



فهرست مطالب

- ۱-۱۸ ■ ارزیابی ویژگی‌های رسوب‌شناسی و الگوی توزیع اندازه رسوبات هامون هیرمند
سمیرا زندی فر، عادلہ جمالیان، مریم نعیمی
- ۱۹-۳۶ ■ ارزیابی موفقیت عملیات اصلاحی کاشت آنگوزه در مراتع نیمه‌استپی با مرتبط کردن صفت‌های
کارکردی به تنوع گونه‌ای
اسفندیار جهانتاب، اعظم خسروی مشیزی، محسن شرافتمندراد
- ۳۷-۵۶ ■ بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر تغییرات سطح زیر کشت محصولات کشاورزی منتخب دشت جیرفت
محمدجواد مهدی‌زاده راینی، حمید محمدی، سامان ضیایی، علی آذره
- ۵۷-۷۴ ■ تصحیح داده‌های بارش ماهانه TRMM 3B43 با استفاده از مدل رگرسیون چندکی در حوضه
آبریز دریاچه ارومیه
سیما کاظم‌پور چورسی، مهدی عرفانیان، هیراد عبقری، میرحسن میریعقوب‌زاده، خدیجه جوان
- ۷۵-۸۴ ■ تحلیل اقتصادی روش‌های کشت نواری و چاله‌ای در طرح‌های بیابان‌زدایی
رضا برزگر اردکانی، سعیده کلانتری، محمدرضا فاضل‌پور، مهدی تازہ
- ۸۵-۱۰۰ ■ عوامل حامی و بازدارنده مؤثر در حضور *Astragalus curvirostris* Boiss. مطالعه موردی
مراتع نیمه استپی زاغه لرستان
رضا سیاه منصور، نادیا کمالی، حمیدرضا میرداوودی، جواد معتمدی

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 ۱

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 آذرنیوند، 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 جبال
تایپ و صفحه‌آرایی: عاطفه جبال

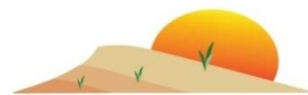
آدرس دفتر مجله:

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 خالد احمدآلی، دکتر مریم آذرخشی، دکتر مرتضی اکبری، دکتر حامد اسکندری دامنه، دکتر هادی اسکندری دامنه، دکتر محمدحسین اهتمام، دکتر مسعود بازگیر، دکتر مسلم برجی، دکتر سعید برخوردار، دکتر ام البنین بذرافشان، دکتر ملیحه بهرنگ‌منش، دکتر فاطمه پناهی، دکتر زینب جعفریان، دکتر بهرام چوبین، دکتر سیدجمال‌الدین خواجه‌الدین، دکتر علیرضا سپهوند، دکتر سعید سلطانی، دکتر اسماعیل علی‌زاده، دکتر حمیدرضا غفاریان مالگیری، دکتر مرضیه قدسی، دکتر مهدی معمری



فهرست مطالب

- ۱-۱۸ ■ ارزیابی ویژگی‌های رسوب‌شناسی و الگوی توزیع اندازه رسوبات هامون هیرمند
سمیرا زندی فر، عادلہ جمالیان، مریم نعیمی
- ۱۹-۳۶ ■ ارزیابی موفقیت عملیات اصلاحی کاشت آنغوزه در مراتع نیمه‌استپی با مرتبط کردن صفت‌های
کارکردی به تنوع گونه‌ای
اسفندیار جهانتاب، اعظم خسروی مشیزی، محسن شرافتمندراد
- ۳۷-۵۶ ■ بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر تغییرات سطح زیر کشت محصولات کشاورزی منتخب دشت جیرفت
محمدجواد مهدی‌زاده رایینی، حمید محمدی، سامان ضیایی، علی آذره
- ۵۷-۷۴ ■ تصحیح داده‌های بارش ماهانه TRMM 3B43 با استفاده از مدل رگرسیون چندکی در حوضه
آبریز دریاچه ارومیه
سیما کاظم‌پور چورسی، مهدی عرفانیان، هیراد عبقری، میرحسن میریعقوب‌زاده، خدیجه جوان
- ۷۵-۸۴ ■ تحلیل اقتصادی روش‌های کشت نواری و چاله‌ای در طرح‌های بیابان‌زدایی
رضا برزگر اردکانی، سعیده کلانتری، محمدرضا فاضل‌پور، مهدی تازه
- ۸۵-۱۰۰ ■ عوامل حامی و بازدارنده مؤثر در حضور *Astragalus curvirostris* Boiss. مطالعه موردی
مراتع نیمه استپی زاغه لرستان
رضا سیاه منصور، نادیا کمالی، حمیدرضا میرداوودی، جواد معتمدی

راهنمای نگارش مقاله برای چاپ در نشریه علمی مدیریت بیابان

انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران

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

۱- نوع مقاله

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

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

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

• مشخصات بخش‌های مختلف مقاله:

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

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

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

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

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

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

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

۸) بحث و نتیجه‌گیری: در 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. نگارنده (گان) در این قسمت می‌توانند توصیه‌ها و پیشنهادها را 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.

الف) منابع داخل متن:

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

ب) منابع 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 به ترتیب نام خانوادگی نفر اول در یک لیست تدوین گردد. از ترجمه آزاد عنوان مقاله و دیگر مشخصات نگارندگان و نام نشریه خودداری نمایید تا از اتلاف وقت برای اصلاح مجدد آن جلوگیری شود. تمامی منابع به ترتیب حرف ابتدای نام خانوادگی نویسنده اول یا در صورتی که فاقد نگارنده باشد نام سازمان مربوطه، در فهرست منابع مورد استفاده قرار گیرد. منابع به صورت پیوسته شماره‌گذاری و همین شماره در متن برای رفرنس دادن استفاده شود. در تنظیم فهرست منابع مورد استفاده از آوردن واژگان به صورت مخفف مانند "J" به جای Journal، یا، U و یا Univ به جای University و ... پرهیز شود. چنانچه از یک نگارنده چند منبع مورد استفاده قرار گیرد، ترتیب ارائه آنها بر حسب سال انتشار از قدیم به جدید است، لازم به ذکر است در صورتی که مقالات منفرد و مشترک از یک نگارنده وجود دارد، ابتدا مقالات منفرد و سپس بقیه آنها به ترتیب حروف الفبای نام نگارندگان بعدی مرتب گردد. از به کارگیری عبارت "et al." در لیست مقالات به جای نام نویسندگان مقاله خودداری شود و اسامی تمامی نویسندگان به ترتیب ذکر شده در منبع مورد نظر آورده شده و نام کامل خانوادگی و حرف اول نام نویسندگان با ویرگول و قبل از نام آخرین نویسنده با & از یکدیگر تفکیک گردند. از ایجاد ارتباط یا Link منابع با شماره‌های آنها در متن خودداری شود. سال‌های شمسی تمام منابع فارسی مورد استفاده در مقاله به صورت سال میلادی مطابق اصل منبع ارائه گردد. لینک DOI مقالات در انتهای منابع مربوط اضافه شود. در مورد منابعی که فارسی است، به منظور 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., Rousta, I., & Ghaffarian, H. R. (2022). Temporal and Spatial Monitoring and Forecasting of Suspended Dust Using Google Earth Engine and Remote Sensing Data (Case Study: Qazvin Province). *Desert Management*, 10(1), 77-98. DOI: 10.22034/jdmal.2022.548083.1372 [In Persian]

✓ رساله دکترا:

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

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

✓ کنفرانس:

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

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

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

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

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

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

۱۱- برگ چکیده مبسوط به لاتین:

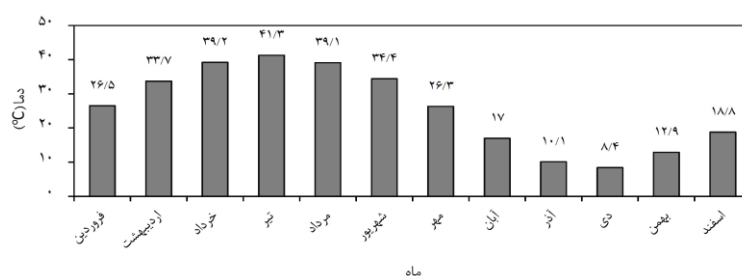
چکیده مقاله به زبان انگلیسی به صورت مبسوط همراه برگردان کامل عنوان و کلمات کلیدی در یک فایل بدون مشخصات نام و محل کار یا دانشگاه نگارنده (گان) ارسال گردد. این چکیده باید مجموعه کوتاه و گویایی از مقاله با تأکید بر تشریح مسئله، هدف پژوهش، روش کار و نتایج مهم و ارزیابی آنها بوده و از ۱۰۰۰ واژه بیشتر نباشد.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

• شیوه نگارش:

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

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

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



شکل ۱. نمونه فرمت شکل‌های مورد نظر مجله مدیریت بیابان

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

جدول ۱. نمونه جدول مورد نظر مجله مدیریت بیابان

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

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

$$E = m \cdot c^2 \quad (۱)$$

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

● فایل های ارسالی شامل:

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

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

۷۴۱-۸۹۱۹۵

تلفکس: ۰۳۵-۳۸۲۱۰۶۹۸

رایانامه: jdm.isadmc@yahoo.com

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

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

Analyzing the Sedimentological Parameters and Size Distribution Pattern in Hamoun Hirmand Sediments

S. Zandifar^{1*}, A. Jamalian², M. Naeimi¹

1. Desert Research Division, Research Institute of Forests and Rangeland, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.
2. Postdoctoral Researcher, Faculty of Petroleum Engineering, Amirkabir University of Technology (Tehran Polytechnic), Tehran, Iran.

* Corresponding Author: Zandifar@rifr-ac.ir

Received date: 11/03/2024

Accepted date: 22/05/2024

 [10.22034/JDMAL.2024.2024636.1456](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2024636.1456)

Extended Abstract

Introduction

Sistan, located in the southeast of Iran, is one of the driest areas in the world that has been impacted by dust storms. The region characterized by a shortage of water resources and fragile ecosystems that are highly sensitive to climate change. Due to the lack of vegetation, this region is considered one of the windiest deserts in the world, with a high speed of wind erosion and sand movement. Sistan dust is believed to come from the sediments found in the Hamon Hirmand wetland in Sistan and Baluchistan province, yet there is little information available about their condition, which restricts our comprehension of the dynamics of wind-blown dust and the mechanisms of sediment movement. Identifying the characteristics and distribution pattern of sediments in the Hamon lagoon bed is the primary objective of this research.

Material and Methods

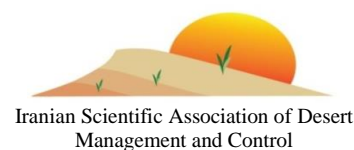
After the initial visit and determining the boundary of the study area, 271 sediment samples were taken from the depths of 30 cm and 60 cm in Hamon Sabri area and a part of Hamon Hirmand. The samples were granulated by a sieving machine and particles smaller than 0.063 microns were separated. The isolated samples were used for study with a Zeiss 47 2500-9901 binocular microscope and a lens with 4X magnification, grain measurement by sieve and laser. The size of the particles in the collected sediment samples ranges from 75 to 600 microns and they are sieved with sieves with a diameter of 25, 35, 50, 60, 80, 120, 140, 200 and smaller than 200 mesh. The sedimentology laboratory examined the texture (size, texture, circulation) and mineralogy of the samples after preparing them. In this research, particles smaller than 63 microns were measured by sieving and laser method using the Laser Scattering Particle Size Distribution Analyzer, Horiba-LA950 at the National Institute of Oceanography. The final step was to draw the zonings by interpolation in the Arc GIS 10.3 software environment.

Discussion and Conclusion



Desert Management

www.isadmc.ir



As the abundance of destructive particles shifts from east to west, the direction of sediment carrier flow is shifting from east to west of the region. This causes the eastern part to have larger particles. As we move further west in the studied area, we find that there is a greater amount of fine-grained clay particles and less destructive large-grained and well-circulated particles like quartz and unstable mica minerals. It is evident that there is a trend of changes from the north to the south of the studied area. The study's middle part has the maximum displacement of destructive coarse-grained particles, while the southern part is filled with particles ranging from sand to clay. It appears that the carrier flow's direction can be divided into two directions, north to south and west to east. At the top of the Lagoon, where the sediments are from multiple sources and the velocity is higher, coarse and fine particles are transported together, and sedimentation is weaker. By moving towards the center of the basin, the wind speed is decreased, and with the sediments coming from only one source, the settling will gradually improve. A trend has been observed in the Hamon wetland area that deviates from the defined path, but it can be justified. Wetland sediments are supplied by wind in addition to water, which indicates that there is weak sedimentation. The particles become more elongated as they move away from the border and towards the center of the basin. This shows that the sediments have suffered more erosion under the influence of wind and the long distance from the source. The wetland does not follow this trend. Due to the low water velocity and short distance from the source, particles tend to not have good elongation towards the center of the study area. The direction of the wind is indicated by tilts with low values in the samples under study. Moving away from the border and closer to the center of the basin causes a decrease in the multi-origin sediments and an increase in tilting degree. This research indicates that the particles are gradually becoming smaller and have a similar origin. A low degree of tilting is observed in the wetland part, which indicates that the sediments come from multiple sources and are blue in color. Three main breaking points have been observed in particles with sizes of 1, 2, and 3 ϕ . Different mechanisms have influenced the transport of sediment particles in the Sistan Basin, and they have different origins and are not of a single origin, as shown by this issue. Folk's gravel-sand-mud triangle indicates that the Sistan samples lie in the sand-mud axis, and their concentration is frequently at the top of the sand and mud of the Folk diagram. The clay particles of these samples contain the most colloidal particles in the southern part of Hamon Hirmand. The distribution map of clay particles shows that the northwest, center-west, and southeast of the studied area have the highest polymodal abundance. The southwest of the region has the least abundance observed. The study area's clay particle distribution method reveals that sediments originate from two regions in Afghanistan and an internal origin. Due to the windy nature of the feeding system in the west and southwest of the study area, fine and colloidal particles have the highest amount in this area and in the center of the study area, especially the wetland. Due to the multi-origin nature of the sedimentary system, Hamoun includes a wider range of particles in terms of size. The distribution of clay particles in the studied area shows that the sediments originate from two different regions. The findings of this research can help to improve the management of wind erosion in the sediment source areas and the sustainable development of the region.

Keywords: Sistan; Dust; Provenance; Sorting; Wind erosion





ارزیابی ویژگی‌های رسوب‌شناسی و الگوی توزیع اندازه رسوبات هامون هیرمند

سمیرا زندی فر^{۱*}، عادلہ جمالیان^۲، مریم نعیمی^۱

۱. استادیار بخش تحقیقات بیابان، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

۲. پژوهشگر پسادکتری، دانشکده مهندسی نفت، دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)، تهران، ایران.

* نویسنده مسئول: zaresalman@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۰۲

doi [10.22034/JDMAL.2024.2024636.1456](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2024636.1456)

چکیده

یکی از خشک‌ترین مناطق جهان که زیر تأثیر توفان‌های گردوغبار قرار دارد، منطقه سیستان در شرق ایران است که منابع آبی کم و بوم‌سازگان شکننده آن نسبت به تغییرات اقلیمی بسیار حساس هست. با این حال، اطلاعات بسیار کمی در مورد وضعیت رسوبات در تالاب هامون هیرمند در استان سیستان و بلوچستان به‌عنوان منبع گردوغبارهای سیستان در دسترس است که درک ما را از دینامیک گردوغبار بادی و سازوکارهای حرکت رسوب محدود می‌کند. هدف اصلی پژوهش حاضر شناسایی ویژگی‌ها و الگوی توزیع رسوبات بستر تالاب هامون می‌باشد. بر این اساس پس از نمونه‌برداری از ۲۷۱ نقطه از رسوبات بستر تالاب، ذرات ریزتر از $63\mu\text{m}$ توسط الک و روش لیزری دانه‌سنجی و توزیع ذرات رسوب بررسی شدند. بررسی ویژگی‌های جوشدگی، کج‌شدگی و کشیدگی توسط روش فولک انجام شد و نقشه توزیع آن‌ها ترسیم شد. در منطقه مورد بررسی کج‌شدگی‌های با مقدار کم (۰.۱ تا ۱) نشان‌دهنده منشأ بادی هستند. با فاصله گرفتن از مرز تالاب و نزدیک‌تر شدن به مرکز حوضه ذرات کشیده‌تر می‌شوند و این نشان می‌دهد که رسوبات تحت تأثیر باد و طولانی بودن مسیر از منشأ، فرسایش بیشتری را متحمل شده‌اند. همچنین نتایج نشان داد که ذرات کلونیدی در جنوب محدوده مورد بررسی در هامون هیرمند بیشترین فراوانی را در ذرات رسی این نمونه‌ها دارند. به‌علاوه به‌دلیل بادی بودن سیستم تغذیه در غرب و جنوب غربی تالاب، ذرات ریز و کلونیدی بیشترین مقدار را در این محدوده دارند و در مرکز محدوده مطالعاتی و به ویژه دریاچه هامون به‌دلیل چند منشأ بودن سیستم آوردهای رسوبی، محدوده وسیع‌تری از ذرات از نظر اندازه را در برمی‌گیرد. شیوه توزیع ذرات رسی در محدوده مورد بررسی نشان می‌دهد که برخاستگاه رسوبات از دو منطقه متفاوت می‌باشد. این یافته‌ها می‌تواند به بهبود مدیریت فرسایش بادی در مناطق منبع رسوب کمک کند.

واژگان کلیدی: سیستان؛ گردوغبار؛ منشأ؛ جوشدگی؛ فرسایش بادی



■ مقدمه

منطقه سیستان در انتهای یک حوضه بزرگ داخلی در یکی از خشک‌ترین مناطق جهان قرار دارد. با توجه به وابستگی تالاب هامون به رودخانه هیرمند، هرگونه تغییری در میزان آب رودخانه، مشکلاتی را برای کل حوضه به وجود می‌آورد. حوضه هیرمند از سال ۱۳۷۸ با خشکسالی شدید روبرو بوده و پیامدهای ناگواری برای منطقه داشته است (۲۸). در دوره‌های خشکسالی، بستر تالاب‌ها و مخروط‌افکنه‌های رودخانه‌های شمالی به منبع تولید گردوغبار تبدیل شده و موجب وقوع توفان‌های شدید گردوغبار در منطقه می‌شوند (۲۲). سیستان به دلیل موقعیت جغرافیایی خود، نقطه کانونی برخورد هوای سرد ارتفاعات با هوای گرم و خشک دشت است. در این منطقه، بادهای قوی نزدیک سطح زمین حداقل به مدت چهار ماه از سال می‌وزند. این بادهای بسیار شدید که به نام بادهای ۱۲۰ روزه شناخته می‌شوند و سرعت آن‌ها گاه به 28 m/s می‌رسد، هم‌زمان با گرمای زیاد حوضه در اوایل خرداد آغاز و تا اواخر شهریور به طول می‌انجامد (۱۸). بادهای ۱۲۰ روزه تأثیرهای قابل توجهی بر طبیعت منطقه و زندگی مردم از جمله زمان آبیاری و فعالیت‌های کشاورزی دارند. این بادهای که بیشتر از سمت شمال و شمال غربی می‌وزند، ناشی از اختلاف فشار زیاد بین کمربند پرفشار دائمی در ارتفاعات شمالی و منطقه کم‌فشار تابستانی در دشت سیستان هستند. توپوگرافی خاص دشت سیستان با ایجاد کانال‌های هدایت باد بین ارتفاعات غربی، شمالی و شرقی بر سرعت این بادهای می‌افزاید. این بادهای زمانی که سرعت باد در ارتفاع زیر 1 km از سطح زمین افزایش یابد، شکل می‌گیرند. تعامل اقلیم فراخشک با بادهای شدید، موجب تبخیر بسیار زیاد و بیش از 4000 میلی‌متر در طی ۴ سال شده‌است که در زمره بیشترین نرخ‌های تبخیر در جهان است (۵). تلفیق عوامل فوق با خشکی رسوبات و همچنین فقدان پوشش گیاهی متراکم موجب شکل‌گیری توفان‌های گردوغبار سهمگین در سیستان از اواسط بهار تا تابستان و اوایل پاییز می‌گردد. بررسی رسوبات بادی عهد حاضر که در محیط‌های خشک و نیمه‌خشک نهشته شده‌اند، یک گام اساسی برای درک تکامل محیطی و توسعه پایدار

است (۱۴، ۱۶، ۱۸). این منطقه به‌عنوان یکی از باد خیزترین بیابان‌های جهان شناخته می‌شود که سرعت فرسایش باد و حرکت ماسه در آن به دلیل کمبود پوشش گیاهی زیاد است (۲۹) و شهرستان زابل در جنوب غربی آسیا در حوزه سیستان بیشترین توفان‌های گردوغبار و غبارآلودترین روزهای جهان را تجربه کرده است (۱۹). فعالیت رسوبات بادی در منطقه سیستان اغلب وابسته به بادهای ۱۲۰ روزه است که در داخل چهار دالان فرسایشی بر اساس توپوگرافی سطح زمین از سطح تالاب هامون انجام می‌شود (۱، ۲). در اینجا نهشته‌های بادی نقش مهمی بر کیفیت ساکنان این منطقه، بوم‌سازگان، سلامت انسان و کیفیت هوا دارند. توفان‌های شن و گردوغبار ساکنان محلی و زیرساخت‌های اطراف تالاب را با مشکلات عدیده‌ای روبرو کرده است.

بررسی‌های کلی که در این منطقه منتشر شده است به بررسی رسوبات، غبار و ویژگی‌ها آن می‌پردازند (۲۲)، ارزیابی نقش باد محلی «لوور» بر غبارزایی (۵، ۶)، غلظت ذرات معلق (PM) و کیفیت هوا (۲۳)، کانی‌شناسی غبار و ترکیب شیمیایی آن‌ها (۲۴) و بررسی تأثیر خشکی دریاچه‌های هامون بر قرار گرفتن در معرض آن، اقتصاد محلی و بوم‌سازگان‌ها (۲۶)، بررسی‌های پیشین روی سوابق رسوبی در این منطقه عمدتاً بر توفان‌های گردوغبار عهد حاضر، تپه‌های ماسه‌ای (۲، ۲۶) و بررسی نهشته‌های بادی تالاب هامون در دوره هولوسن (۱۲) متمرکز است. پژوهش‌های متعددی در مورد رسوبات تالاب هامون هیرمند و پدیده گردوغبار در منطقه سیستان انجام شده است که در اینجا به بیان برخی از آن‌ها می‌پردازیم. در تحقیقی با استفاده از مدل‌های داده‌کاوی و تلفیق داده‌های مختلف از جمله تصاویر ماهواره‌ای، داده‌های آب و هوایی، خاک و توپوگرافی، با دقت بالایی حساسیت زمین در منطقه سیستان را نسبت به گردوغبار نقشه‌برداری کردند (۱۳). روشی مبتنی بر مدل‌سازی ایزوتوپی^۱ برای تفکیک منشأ گردوغبار اتمسفر پیشنهاد شد. با استفاده از این روش می‌توان سهم منابع مختلف گردوغبار از جمله تالاب هامون هیرمند را در نقاط مختلف تعیین کرد (۸). عزیزاده چوباری و همکاران (۵) به بررسی تأثیر گردوغبار بر شدت باد و جریان‌های جوی در منطقه سیستان پرداختند.

^۱ GLUE

رسوب‌شناسی و ارائه مدل‌های دقیق‌تر از نحوه توزیع و حرکت رسوبات در این مناطق مفید است.

برای درک بهتر توزیع دانه‌ها در رسوبات که به‌وسیله فرایندهای مختلفی پراکنده شده‌اند از تحلی‌های آماری استفاده شد. این تحلیل‌ها شامل محاسبه ویژگی‌های جورشدگی، کج‌شدگی و کشیدگی رسوبات می‌باشد. پژوهش حاضر باهدف تعیین شیوه پراکنش نهشته‌های بادی تالاب هامون در جنوب شرق ایران بر اساس تحلیل‌ها و بررسی‌های پتروگرافی انجام شده است. در پایان ویژگی‌های رسوب‌شناسی رسوبات بستر تالاب و نحوه توزیع آن‌ها در منطقه، مشخص و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

■ مواد و روش

منطقه مورد بررسی

منطقه سیستان شامل یک گودی وسیع به مساحت 61000 km^2 در بخش جنوب غربی حوضه هیرمند است. دلتای رود هیرمند و سه پهنه آبی فصلی به نام‌های هامون پوزک، هامون صابری و هامون هیرمند به ترتیب با وسعت 480 km^2 ، 800 km^2 و 561 km^2 این گودی را پوشانده‌اند. دریاچه‌های هامون در مرز بین ایران و افغانستان و در محدوده $31^{\circ}39'$ تا $61^{\circ}35'$ طول شرقی و $31^{\circ}15'$ تا $31^{\circ}32'$ عرض شمالی واقع شده‌اند. در زمان پرآبی این تالاب‌ها با هم متصل شده و وسیع‌ترین دریاچه آب شیرین در ایران و افغانستان را به نام تالاب‌های هامون می‌سازند. وسعت تالاب هامون در زمان پرآبی 5660 km^2 است که از این مقدار 382 km^2 متعلق به ایران و بقیه متعلق به افغانستان است.

از نظر زمین‌شناسی استان سیستان و بلوچستان بخشی از یک قلمرو ساختاری-رسوبی با مورفولوژی متغیر است و به چند زیرپهنه شامل زابل-زاهدان-سراوان، زابل، لوت، جازموریان، مکران تقسیم می‌شود (۳).

بر اساس تقسیم‌بندی کوپن اقلیم کشور ما به دو اقلیم خشک و نیمه‌خشک تقسیم می‌شود (۲۱). همچنین مسعودیان با بررسی ۲۷ عنصر اقلیمی و اعمال خوشه‌بندی بر روی نواحی اقلیمی ایران، استان سیستان و بلوچستان در گروه بادی و غباری و تندری قرار گرفته است (۱۷). اقلیم

در بررسی دیگری آن‌ها (۶) نشان دادند که گردوغبار می‌تواند بر الگوهای باد و احتمال وقوع توفان‌های گردوغبار تأثیرگذار باشد. همچنین آن‌ها در سال ۲۰۱۴ (۷) به‌طور خاص به تأثیر بادهای ۱۲۰ روزه بر فعالیت توفان‌های گردوغبار در حوضه سیستان پرداختند. نتایج این بررسی نشان می‌دهد که بادهای ۱۲۰ روزه نقش مهمی در برانگیختن گردوغبار و ایجاد توفان در منطقه دارند. نتایج بررسی تغییرات سطح آب تالاب هامون و ارتباط آن با فعالیت گردوغبار و کیفیت هوا (۲۲، ۲۴) نشان داد که کاهش سطح آب تالاب، موجب خشکی بستر تالاب و افزایش گردوغبار می‌شود. همچنین محققان در پژوهش دیگری، به بررسی ویژگی‌های توفان‌های گردوغبار و میزان بار غبار افقی آن‌ها در منطقه سیستان پرداختند (۲۲، ۲۵). این مطالعه به درک بهتر شدت و وسعت این پدیده کمک می‌کند. در بررسی جامع در مورد منشأ گردوغبار در جنوب غرب ایران از روش‌های پیشرفته برای تجزیه و تحلیل آن استفاده شد و به درک بهتر منشأ این ذرات در این منطقه کمک کرد (۴). در منطقه سیستان گردوغبار زیادی از حوضه هامون به سایر نقاط منتقل می‌شود. میزان این ذرات به مدت زمان توفان، سرعت باد و فاصله از کانون گردوغبار بستگی دارد. اندازه ذرات گردوغبار در ایستگاه‌های نزدیک‌تر به هامون درشت‌تر است و در ایستگاه‌های دورتر ریزتر می‌شود (۲۵).

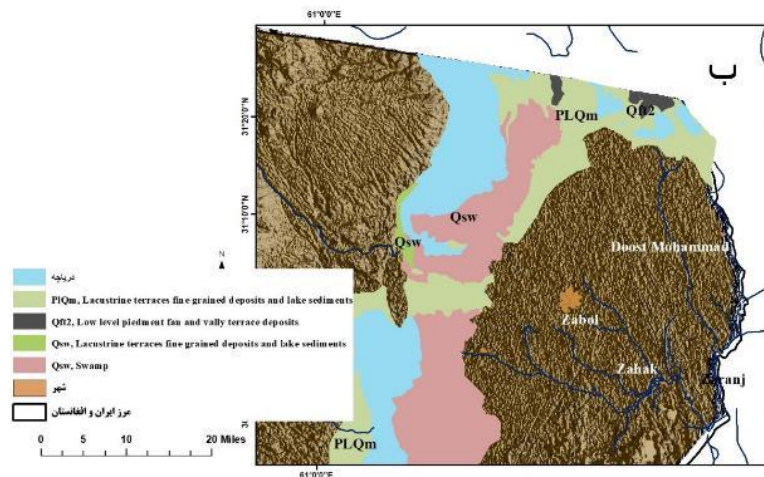
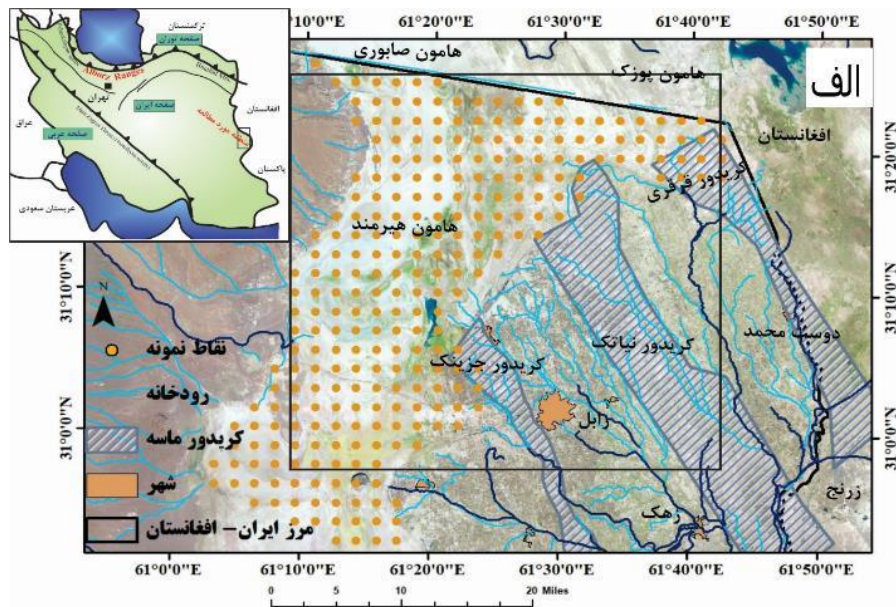
بررسی رسوبات تالاب هامون هیرمند می‌تواند اطلاعات ارزشمندی را در مورد منشأ این ذرات گردوغبار و نحوه انتشار آن‌ها در محیط ارائه دهد. این اطلاعات می‌تواند در تدوین راهکارهای مناسب برای کنترل و کاهش توفان‌های گردوغبار مفید باشد. بنابراین بررسی رسوبات این تالاب می‌تواند به درک بهتر فرآیندهای فرسایش و رسوب‌گذاری در منطقه کمک کند و برای مدیریت پایدار منابع آب‌وخاک و جلوگیری از تخریب بیشتر تالاب ضروری است. از منظر بررسی‌های اقلیمی نحوه تأثیرگذاری این تغییرات بر فرآیندهای رسوب‌گذاری و فرسایش در منطقه برای پیش‌بینی و برنامه‌ریزی اثرات تغییرات اقلیمی بر منطقه لازم می‌باشد. همچنین بررسی رسوبات تالاب هامون هیرمند می‌تواند به درک بهتر فرآیندهای رسوب‌شناسی در مناطق خشک و نیمه‌خشک کمک کند. این بررسی برای توسعه دانش

ارتفاعات غربی و شمالی ایران از ورود جریان‌های هوای مرطوب به نقاط مرکزی جلوگیری می‌کنند (۴)؛ به همین دلیل دشت سیستان میزان اندکی بارندگی و کمتر از 60 mm/y دریافت می‌کند (۴).

روش تحقیق

در ابتدا موقعیت منطقه مورد بررسی در کشور مشخص شد و گزارش‌ها و مطالعات گذشته جمع‌آوری شد. همچنین داده‌های زمین‌شناسی نظیر نقشه‌ها، عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای، موجود بررسی شد. پس از بازدید اولیه و مشخص شدن مرز منطقه مورد بررسی، ۲۷۱ نمونه رسوبی در منطقه هامون صابری و بخشی از هامون هیرمند، از اعماق 30 cm برداشت شدند.

سیستان از نوع قاره‌ای است که دارای زمستان‌های سرد و تابستان‌های گرم و خشک می‌باشد. میانگین دمای سالانه در حوضه سیستان 27°C است. بارندگی در سیستان و حوضه آبخیز آن کاملاً فصلی است و به شدت تحت تأثیر مرکز کم‌فشار غربی قرار دارد. سامانه‌های مدیترانه‌ای زمانی به استان می‌رسند که از نظر مقدار رطوبت بارش کافی در استان را ایجاد نمی‌کند. رژیم بارندگی سیستان و حوضه آبخیز آن کاملاً فصلی و مرتبط با مرکز کم‌فشار غربی است. رژیم باد در سیستان شامل بادهای 120 روزه در فصل تابستان است (۱۲). بادهای غربی عرض‌های میانی رطوبت گسترده‌های آبی غرب ایران را که مهم‌ترین آن دریای مدیترانه است، به سمت ارتفاعات غربی و در مرحله بعد فلات مرکزی ایران، هدایت می‌کنند. البته در این میان



شکل ۱. الف: موقعیت منطقه مورد بررسی و نقاط نمونه‌برداری. مستطیل مشکی محدوده مشخص در شکل‌های ۷ تا ۱۰ است، ب: نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد بررسی

جنگل‌ها و مراتع کشور جدا و به روش لیزری^۱ در موسسه ملی اقیانوس‌شناسی مورد دانه‌سنجی قرار گرفتند. برای بررسی بهتر و دقیق‌تر نمونه‌ها لازم است تا تعدادی از ویژگی‌های رسوب‌شناسی مورد بررسی قرار گیرند. جورشدگی^۲ ذرات و فراوانی ذرات دانه‌ریز و دانه‌درشت در نمونه‌ها، کج‌شدگی^۳ و کشیدگی^۴ توسط فرمول‌های ارائه‌شده به‌وسیله فولک انجام شد (۱۰، ۱۱). محاسبه آماری تحلیل اندازه دانه‌ها به روش هیستوگرام ترسیمی و برای ارزشیابی از ویژگی‌های آماری از قبیل میانگین، مد، جورشدگی و کج‌شدگی استفاده شد. برای طبقه‌بندی اندازه ذرات موجود در نمونه‌ها، از طبقه‌بندی نمونه‌های فولک (۱۰) استفاده شد.

روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری جورشدگی ذرات در رسوبات وجود دارد. در این بررسی، از روش انحراف معیار جامع ترسیمی در مقیاس لگاریتمی برای نمونه‌های رسوبات سیستان استفاده شد. این روش توسط فولک ارائه‌شده است و در مقایسه با انحراف معیار ترسیمی ساده، جورشدگی ذرات را با دقت بیشتری نشان می‌دهد. در انحراف معیار ترسیمی ساده، فقط جورشدگی ذرات در محدوده دوسوم زیر منحنی محاسبه می‌شود، درحالی‌که در انحراف معیار ترسیمی جامع، حدود ۹۰٪ توزیع ذرات در منحنی اندازه‌گیری شده و جورشدگی بهتری را نشان می‌دهد. این روش با رابطه (۱) محاسبه می‌شود: در این رابطه فی (Φ) معادل اندازه ذرات است. در منحنی نرمال توزیع ذرات از نقاط با فراوانی ۰.۸۴٪، ۰.۱۶٪، ۰.۹۵٪ و ۰.۵٪ استفاده شد.

$$\text{Sorting} = \frac{\Phi_{84} - \Phi_{16}}{4} + \frac{\Phi_{95} - \Phi_5}{6.6} \quad (1)$$

طبقه‌بندی جدول ۱ برای نوع جورشدگی ذرات بر اساس مقدار انحراف معیار در یک سری رسوب توسط فولک آورده شده و در نقشه هم‌تراز جورشدگی رسوبات در منطقه سیستان نیز از این طبقه‌بندی استفاده شد.

موقعیت نمونه‌های برداشت‌شده در شکل ۱ (الف) به نمایش گذاشته شده است. پراکندگی نقاط نمونه‌گیری با توجه به ویژگی‌های زمین‌شناسی (شکل ۲ ب) و توپوگرافی منطقه با فاصله استاندارد انجام شده است.

نمونه‌ها پس از برداشت به آزمایشگاه رسوب‌شناسی انتقال داده شدند. عملیات آماده‌سازی شامل پودر کردن کلوخه‌ها و بسته‌بندی و نام‌گذاری انجام شد. نمونه‌های برداشت‌شده با اندازه ذرات متفاوت برای بررسی با استریو میکروسکوپ انتخاب شدند. نمونه‌ها در سه حالت خشک، افزودن آب و افزودن اسید رقیق HCl بررسی و عکس‌برداری انجام شد. ذرات در نمونه‌های مورد بررسی در دو دسته تخریبی و غیرتخریبی و اغلب کربناته مورد بررسی قرار گرفتند. سپس نمونه‌ها توسط دستگاه غربالگر دانه‌بندی شده و ذرات ریزتر از ۰/۰۶۳mm جدا شدند. نمونه‌های جداشده برای بررسی با استریو میکروسکوپ مدل Zeiss 47 2500-9901 و عدسی با بزرگنمایی 4X، دانه سنجی توسط الک و لیزر استفاده شدند. اندازه ذرات در نمونه‌های رسوبی برداشت‌شده دامنه‌ای بین کمتر از ۴μm تا ۶۰۰μm را در برمی‌گیرند و با غربال‌هایی با قطر ۲۵، ۳۵، ۵۰، ۶۰، ۸۰، ۱۲۰، ۱۴۰، ۲۰۰ و کوچک‌تر از ۲۰۰ مش (Pan) غربال شدند. مقیاس کرومباین که به نام مقیاس ونتورث نیز شناخته می‌شود، طبقه‌بندی لگاریتمی برای اندازه ذرات رسوبی است که در سال ۱۹۳۲ ابداع شد. مقیاس کرومباین ذرات رسوبی را به هشت طبقه اصلی تقسیم می‌کند. هر طبقه به‌نوبه خود به زیرمجموعه‌هایی با قطر دانه‌های خاص تقسیم می‌شود. برای تعیین اندازه‌ذرات رسوبی با استفاده از این مقیاس، از روش‌های مختلفی مانند غربالگری، تحلیل تصویری و هیدرومتر استفاده شد.

پس از آماده‌سازی نمونه‌ها در آزمایشگاه رسوب‌شناسی، بررسی بافت یعنی اندازه، جورشدگی، گردشگی و کانی‌شناسی رسوبات بر روی نمونه‌ها انجام شد. روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری قطر دانه‌ها وجود دارد. ذرات ریزتر از ۶۳μm توسط الک در آزمایشگاه خاکشناسی موسسه تحقیقات

³ Skewness

⁴ Kurtosis

¹ Laser Scattering Particle Size distribution Analyzer
Horiba -LA950

² Sorting

کشیدگی عبارت است از اندازه‌گیری نوک‌تیزی یا کشیدگی منحنی توزیع ذرات که از نسبت جورشدگی دنباله منحنی به جورشدگی قسمت وسط منحنی به‌دست‌آمده و با رابطه (۳) محاسبه می‌شود. فولک برای طبقه‌بندی کشیدگی منحنی‌ها مقیاسی به شرح جدول ۳ ارائه داده است.

$$\text{Kurtosis} = \frac{\varphi_{95} - \varphi_5}{2.44(\varphi_{75} - \varphi_{25})} \quad (۳)$$

کشیدگی منحنی توزیع دانه پارامتری مهم در بررسی رسوبات است که اطلاعات ارزشمندی در رابطه با جورشدگی و اندازه دانه‌ها ارائه می‌دهد. این اطلاعات برای تفسیر و تعبیر محیط رسوبی و همچنین مشخص نمودن فرایندهای رسوب‌گذاری از اهمیت بالایی برخوردار است. درنهایت پهنه‌بندی‌ها توسط درون‌یابی در محیط نرم‌افزار Arc GIS 10.3. رسم شدند. ArcGIS 10.3 طیف وسیعی از روش‌های درون‌یابی را برای تخمین مقادیر داده‌ها در نقاطی که داده‌ای وجود ندارد، ارائه می‌دهد.

در این بررسی از روش درون‌یابی کریجینگ استفاده شد. این روش از آمار فضایی برای تخمین مقادیر در نقاط ناشناخته با در نظر گرفتن همبستگی فضایی بین نقاط نمونه استفاده می‌کند. ویژگی‌های مورد استفاده شامل اندازه دانه و جورشدگی بودند.

کشیدگی منحنی توزیع دانه پارامتری مهم در بررسی رسوبات است که اطلاعات ارزشمندی در رابطه با جورشدگی و اندازه دانه‌ها ارائه می‌دهد. این اطلاعات برای تفسیر و تعبیر محیط رسوبی و همچنین مشخص نمودن فرایندهای رسوب‌گذاری از اهمیت بالایی برخوردار است.

کج‌شدگی به معنای عدم تقارن یا عدم تناسب در منحنی توزیع ذرات است که توسط دنباله منحنی توزیع مشخص می‌شود. در منحنی‌های متقارن، مقدار کج‌شدگی صفر است. در منحنی‌هایی که دنباله آن‌ها به سمت راست (سمت رسوبات دانه‌ریز) متمایل باشد، کج‌شدگی مثبت است. در منحنی‌هایی که دنباله آن‌ها به سمت چپ (سمت رسوبات دانه‌درشت) متمایل باشد، کج‌شدگی منفی است. بررسی کج‌شدگی منحنی از روی دنباله آن صورت می‌گیرد که این خود در ارتباط با اندازه ذرات تشکیل‌دهنده رسوب یا سنگ است؛ بنابراین، از کج‌شدگی برای تعبیر و تفسیر محیط رسوبی و فرایندهایی که باعث حمل‌ونقل ذرات شده‌اند استفاده می‌شود. برای مثال اگر ذرات تشکیل‌دهنده رسوب از نوع دانه‌ریزها (مانند سیلت و رس) باشند، دنباله منحنی به سمت راست رفته و نشان‌دهنده رسوب‌گذاری در یک محیط آرام است. اگر دنباله منحنی به سمت چپ متمایل باشد، نشان‌دهنده فراوانی ذرات دانه‌درشت در محیط‌های پرت انرژی می‌باشد. محاسبه کج‌شدگی در این بررسی بر اساس روش کج‌شدگی ترسیمی جامع بود که در این روش ۹۰٪ منحنی در نظر گرفته شد و مقدار به‌دست‌آمده دقیق‌تر است (رابطه ۲) (۱۰).

مطابق رابطه ۱، در این رابطه نیز فی (φ) معادل اندازه ذرات است. در رابطه کج‌شدگی از ذرات با فراوانی در نقاط ۱۶٪، ۸۴٪، ۵۰٪، ۹۵٪ و ۵٪ در منحنی نرمال توزیع ذرات استفاده شد. در جدول ۲ طبقه‌بندی انواع کج‌شدگی ارائه شد (۱۰).

$$\text{SKI} = \frac{\varphi_{16} + \varphi_{84} - 2\varphi_{50}}{2(\varphi_{84} - \varphi_{16})} + \frac{\varphi_5 + \varphi_{95} - 2\varphi_{50}}{2(\varphi_{95} - \varphi_5)} \quad (۲)$$

جدول ۱. طبقه‌بندی جورشدگی ذرات رسوبی (۱۰، ۱۱)

مقدار	نوع جورشدگی
کمتر از φ ۰/۳۵	بسیار خوب
۰/۵ تا ۰/۳۵	خوب
۰/۷۱ تا ۰/۵	خوب متوسط
۱ تا ۰/۷۱	متوسط
۲ تا ۱	اندک
۴ تا ۲	بسیار اندک
بیشتر از φ ۴	بی‌نهایت ضعیف

جدول ۲. طبقه‌بندی کج‌شدگی ذرات رسوبی (۱۰، ۱۱)

مقدار	نوع کج‌شدگی
از +۱ تا +۰/۳	ذرات بسیار ریز یا بسیار مثبت
از +۰/۳ تا +۰/۱	ذرات ریز یا مثبت
از +۰/۱ تا -۰/۱	متقارن
از -۰/۱ تا -۰/۳	ذرات درشت یا منفی
از -۰/۳ تا -۱	ذرات بسیار درشت یا بسیار منفی

جدول ۳. طبقه‌بندی کشیدگی ذرات رسوبی (۱۰، ۱۱)

کشیدگی	بسیار پهن	پهن	متوسط	کشیده	بسیار کشیده	بی‌نهایت کشیده
مقدار	کمتر از ۰/۶۷	۰/۶۷ تا ۰/۹	۰/۹ تا ۱/۱۱	۱/۱۱ تا ۱/۵	۱/۵ تا ۳	بیشتر از ۳

موجود در نمونه‌ها نیز در آزمایش با اسید، انحلال‌یافتگی نشان می‌دهد. علاوه بر کوارتز، میکاها نیز به‌وفور در میان ذرات مشاهده می‌شوند. بررسی نمونه‌های رسوبات بخش‌های میانی و غربی منطقه مورد بررسی نشان می‌دهد که این رسوبات دارای ویژگی‌های متمایزی نسبت به رسوبات حاشیه شرقی منطقه هستند. مهم‌ترین ویژگی‌های این رسوبات عبارت‌اند از ۱- حضور ذرات تخریبی کوارتز با فراوانی کمتر: در مقایسه با حاشیه شرقی منطقه، رسوبات بخش‌های میانی و غربی از ذرات تخریبی کوارتز کمتری برخوردار هستند. این امر می‌تواند نشان‌دهنده شرایط شیمیایی و فیزیکی متفاوت در زمان تشکیل این رسوبات باشد. ۲- ریزدانگی و فراوانی ذرات سیلت و رس: رسوبات بخش‌های میانی و غربی به‌طور کلی ریزتر هستند و از ذرات سیلت و رس بیشتری نسبت به حاشیه شرقی منطقه تشکیل شده‌اند. این امر می‌تواند نشان‌دهنده انرژی کمتر جریان سیال در زمان رسوب‌گذاری این رسوبات باشد. نمونه‌های نیمه شمالی منطقه دارای کانی تخریبی کوارتز با اندازه‌ای در حد سیلت هستند که فراوانی آن به سمت شرق منطقه کاهش یافته و فراوانی ذرات رسی بیشتر می‌شود. با حرکت به سمت غرب حوضه از میزان فراوانی و درستی این ذرات تخریبی کاسته شده و فراوانی رس‌ها قابل توجه می‌گردد.

با توجه به روند تغییرات فراوانی ذرات تخریبی از شرق به غرب، به نظر می‌رسد جهت جریان حامل رسوبات از شرق به غرب منطقه بوده که ذرات درشت‌تر را در قسمت شرقی برجای گذاشته و با حرکت به سمت غرب محدوده

در نهایت پهنه‌بندی‌ها توسط درون‌یابی در محیط نرم‌افزار Arc GIS 10.3 رسم شدند. Arc GIS 10.3 طیف وسیعی از روش‌های درون‌یابی را برای تخمین مقادیر داده‌ها در نقاطی که داده‌ای وجود ندارد، ارائه می‌دهد. در این بررسی از روش درون‌یابی کریجینگ استفاده شد. این روش از آمار فضایی برای تخمین مقادیر در نقاط ناشناخته با در نظر گرفتن همبستگی فضایی بین نقاط نمونه استفاده می‌کند. ویژگی‌های مورد استفاده شامل اندازه دانه و جورشدگی بودند.

نتایج و بحث

بررسی نمونه‌ها با استریو میکروسکوپ

ذرات در نمونه‌های مورد بررسی در دو دسته تخریبی و غیرتخریبی و اغلب کربناته مورد بررسی قرار گرفتند. در میان ذرات تخریبی، دانه‌های کوارتز، فلدسپار و میکا مشاهده شدند. ذرات کوارتز با گرد شدگی متوسط و اغلب به رنگ شیری، قهوه‌ای تا قرمز و دودی با جلای خوب نمایان بودند. بخش کربناته نمونه به‌صورت ذرات در ابعاد سیلت و رس به رنگ قهوه‌ای و خاکستری روشن تا تیره می‌باشد که با اسید HCl جوشش دارد.

در نمونه‌های قسمت جنوبی محدوده مورد بررسی کانی‌های تخریبی شامل کوارتز و میکا مشاهده می‌شود. نمونه‌ها که همگی ماهیت کربناته دارند، با اسید HCl مورد آزمایش قرار گرفتند. ریزدانه بودن ذرات به دلیل حمل و نقل آبی یا بادی تا قسمت جنوبی منطقه می‌باشد. نمونه‌های واقع در بخش میانی و شرقی منطقه مورد بررسی دارای ذرات درشت‌دانه، صیقلی و گرد شده کوارتز هستند. $CaCO_3$

زمین‌شناسی منطقه و تغییرات محیطی در طول زمان استفاده شود. روش‌های مختلفی برای تحلیل توزیع دانه وجود دارد، از جمله الک کردن، لیزر سنجش ذرات و تصویربرداری میکروسکوپی. انتخاب روش مناسب به نوع رسوبات و اطلاعات مورد نیاز بستگی دارد.

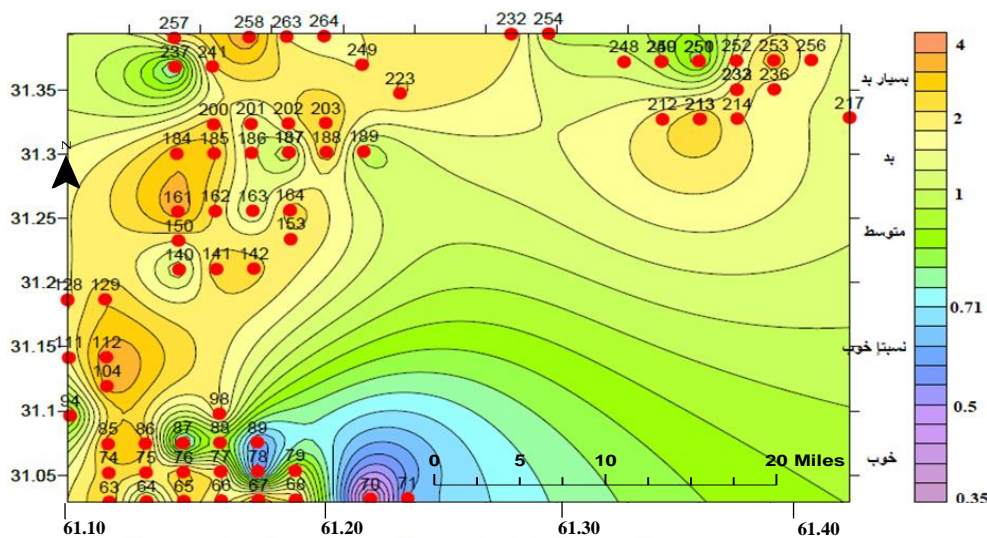
نتایج بررسی جورشدگی رسوبات نشان می‌دهد که در قسمت بالایی منطقه مطالعاتی که سرعت حمل بالاتر است، انتقال ذرات درشت و ریز با هم صورت می‌گیرد و جورشدگی ضعیف‌تر است. با حرکت به سمت مرکز حوضه از سرعت باد کاسته شده و جور شدگی نیز به تدریج بهتر می‌شود (شکل ۲). در محدوده تالاب هامون روندی مستثنا از مسیر تعریف‌شده، مشاهده می‌شود که این نیز قابل توجیه است. فاصله کم از منشأ این اجازه را نمی‌دهد رسوبات مسیر زیادی را طی کنند و جورشدگی بهتری داشته باشند. رسوبات تالاب علاوه بر آورد آبی توسط باد هم تأمین می‌شود و این مطلب دلالت بر جورشدگی ضعیف دارد. همچنین سرعت و قدرت جریان آب در دریاچه‌ها کم است و در نتیجه جورشدگی ضعیف می‌باشد.

در نمونه‌های مورد بررسی در تالاب هامون کج شدگی با مقدار کمی نشان‌دهنده منشأ بادی است. در نقشه کج‌شدگی با دور شدن از مرز و نزدیک شدن به مرکز حوضه مقدار آن بزرگ‌تر می‌شود که نشان می‌دهد ذرات رفته‌رفته ریزتر و منشأ آن‌ها به همدیگر شبیه است. در قسمت تالاب شاخص کج‌شدگی کمتر می‌شود (شکل ۳).

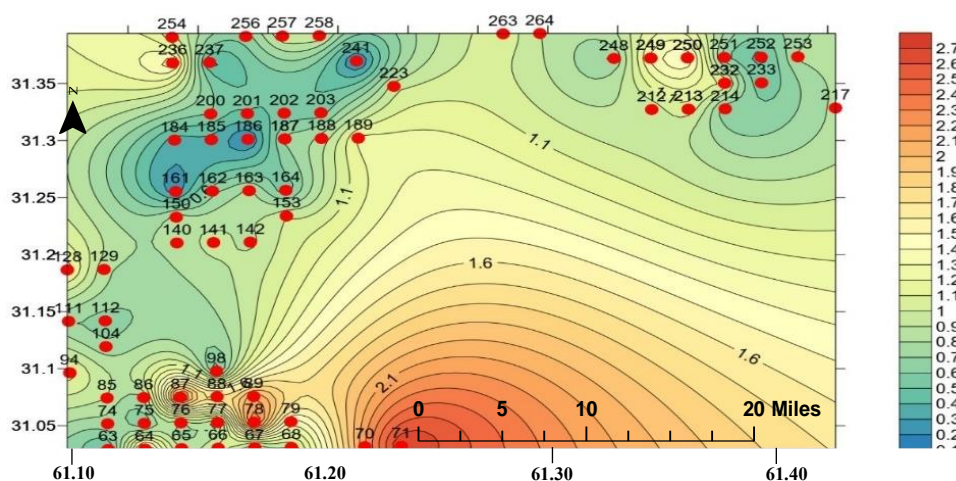
مورد بررسی، فراوانی بیشتر ذرات ریزدانه رسی و عدم حضور ذرات درشت‌دانه و خوب گردشده تخریبی نظیر کوارتز و نیز کانی‌های ناپایدار میکا دیده می‌شود. این روند تغییرات از شمال به جنوب محدوده مورد بررسی نیز مشهود است، به گونه‌ای که بیشترین جابجایی ذرات درشت‌دانه تخریبی تا قسمت میانی محدوده مورد بررسی بوده و قسمت جنوبی با فراوانی ذرات در حد رس مواجه هست؛ بنابراین به نظر می‌رسد برای جهت جریان حامل، دو مسیر شمال به جنوب و شرق به غرب را بتوان در نظر گرفت.

اهمیت تحلیل توزیع دانه در رسوبات

تحلیل توزیع دانه‌های رسوبی از اهمیت زیادی در بررسی رسوبات برخوردار است. این تحلیل امکان درک مشخصات مختلف رسوبات و فرایندهایی که باعث تشکیل آن‌ها شده‌اند را به‌طور دقیق‌تر فراهم می‌کند. ذرات رسوبی عمدتاً توسط آب و هوا جابجا می‌شوند. با کاهش سرعت جریان، ذرات با اندازه‌های مختلف از یکدیگر جدا شده و رسوب می‌کنند. اگر رسوب از منابع مختلفی سرچشمه گرفته باشد، ذرات می‌توانند از گراول تا رس متغیر باشند و توزیع ذرات به منبع اولیه و فرایندهای حاکم بر رسوب‌گذاری، به‌ویژه قدرت جریان بستگی دارد. بررسی توزیع دانه می‌تواند اطلاعات ارزشمندی در مورد منشأ رسوبات و شناسایی سنگ‌های مادر، محیط رسوبی، فرایندهای غالب حمل و نقل ذرات، مانند معلق شدن، غلتش یا کشش و تاریخچه



شکل ۲. نقشه خطوط هم‌تراز جورشدگی در رسوبات تالاب هامون

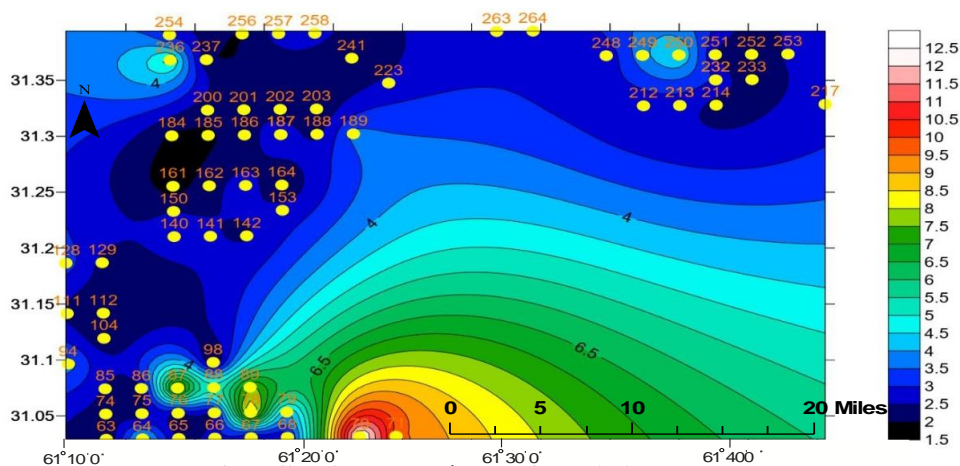


شکل ۳. نقشه خطوط هم‌تراز کج‌شدگی در رسوبات تالاب هامون

کمتر است. این امر نشان‌دهنده حمل‌ونقل کوتاه‌تر ذرات، منشأهای متنوع‌تر و فرسایش بیشتر ذرات در این بخش‌ها است. هرچه از مرز دورتر و به مرکز حوضه نزدیک شویم ذرات کشیده‌تر می‌شوند و نشان‌دهنده این است که رسوبات تحت تأثیر باد و طولانی بودن مسیر از منشأ، فرسایش بیشتری را متحمل شده‌اند. این روند در تالاب صادق نیست و چون سرعت آب در تالاب‌ها معمولاً کم و فاصله از منشأ پایین است پس نشان می‌دهد که ذرات کشیدگی خوبی نسبت به مرکز حوضه ندارند (شکل ۴). در نمودارهای تجمعی رسوبات، شیب خط نقشی کلیدی در تفسیر جورشدگی ایفا می‌کند. این شیب در واقع تابعی از انحراف معیار یا جورشدگی ذرات رسوبی است. در نموداری با شیب تند، ذرات رسوبی اندازه‌های مشابهی دارند و به‌طور متمرکز در اطراف یک اندازه خاص تجمع یافته‌اند.

کشیدگی منحنی توزیع دانه اطلاعات ارزشمندی در مورد جورشدگی و اندازه ذرات در رسوبات ارائه می‌دهد. این اطلاعات برای تفسیر محیط رسوبی و فرایندهای رسوب‌گذاری حائز اهمیت است.

در مورد رسوبات سیستان، توزیع شاخص کج‌شدگی ذرات نشان می‌دهد که هرچه عدد کج‌شدگی بالاتر باشد، ذرات از حالت پهن خارج شده و به سمت کشیدگی می‌روند. این امر با نسبت جورشدگی دنباله منحنی به جورشدگی قسمت وسط منحنی به دست می‌آید. افزایش کشیدگی در بخش‌های مرکزی و شرقی تالاب هامون نشان‌دهنده حمل‌ونقل طولانی‌تر ذرات از منشأ است. به این معنی که ذرات در این بخش‌ها از منشأ واحدتری سرچشمه می‌گیرند و کمتر دچار فرسایش شده‌اند. فرایند رسوب‌گذاری در این بخش‌ها در شرایط آرام‌تر و با سرعت کمتری انجام شده است. کشیدگی ذرات در بخش‌های غربی و جنوبی تالاب



شکل ۴. نقشه خطوط هم‌تراز کج‌شدگی در رسوبات تالاب هامون.

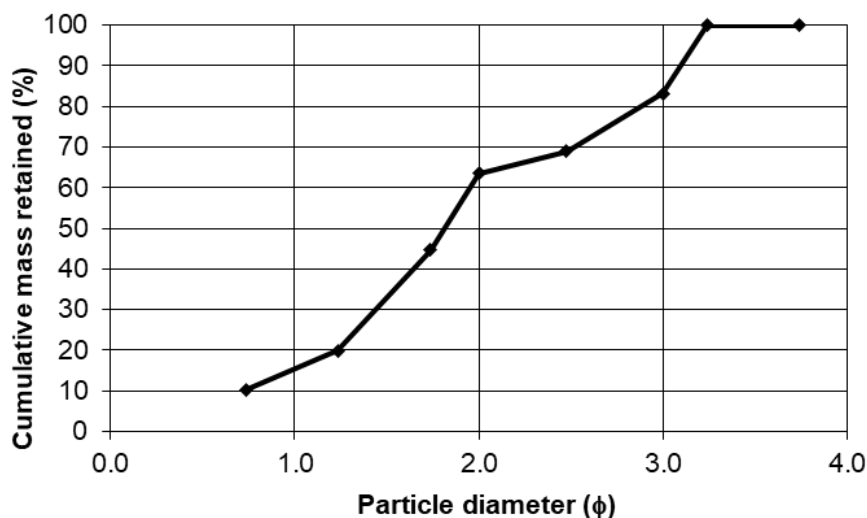
محدوده ماسه و ماسه گلی و تا حدودی سیلت و گل قرار دارد، برای نام‌گذاری دقیق‌تر رسوبات، از مثلث سه‌تایی ماسه، سیلت و رس فولک استفاده شد (شکل ۲). طبق تعریف، اگر بیش از ۹٪ ذرات موجود در یک نمونه در اندازه ماسه باشند، آن سنگ ماسه‌سنگ نامیده می‌شود. با این حال بیشتر نمونه‌های برداشت‌شده دارای ۹٪ ماسه می‌باشد که طبق نمودار فولک ماسه نام دارند.

تحلیل دانه بندی رسوبات بخش سیلت - رس تالاب هامون
نقشه توزیع فراوانی ذرات کلوئیدی، رس‌ها و ذرات در اندازه سیلت بسیار ریز در شکل‌های ۷، ۸ و ۹ نمایش داده شده است. همچنین فراوانی درشت‌ترین ذرات موجود در هر نمونه که طیف اندازه آن‌ها از سیلت متوسط تا ماسه متوسط بود، در شکل ۱۰ دیده می‌شود.

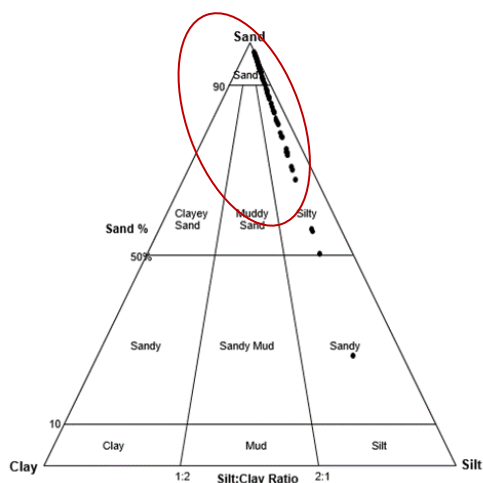
تحلیل دانه‌سنجی نمونه‌های منتخب، ذرات کلوئیدی را در نمونه‌های ۸۶، ۹۸، ۱۱۱، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۰۱ و ۲۵۸ نشان داد. بیشترین فراوانی ذرات کلوئیدی در نمونه ۸۶ و کمترین فراوانی آن در نمونه ۲۰۱ مشاهده شد. اندازه ذرات کلوئیدی در این تحلیل ریزتر از $0.82\mu\text{m}$ است. نقشه توزیع این ذرات در شکل ۷ ارائه شده است. همان‌طور که در نقشه مشاهده می‌شود، فراوانی ذرات کلوئیدی در جنوب محدوده مورد بررسی در دشت سیستان بیشترین فراوانی را دارد. ذرات رسی ریزتر از $3.28\mu\text{m}$ و درشت‌تر از $0.82\mu\text{m}$ در این تحلیل حضور دارند. در تمام نمونه‌های منتخب ذرات رسی با فراوانی‌های متفاوت مشاهده می‌شوند.

این نشان‌دهنده جورشدگی خوب و انتقال ذرات توسط یک جریان با سرعت ثابت است. در نموداری با شیب ملایم، ذرات رسوبی اندازه‌های متنوعی دارند و در طیف وسیعی از اندازه‌ها توزیع شده‌اند. اگر ذرات از نظر اندازه در گروه‌های مختلفی قرارگیرند بر روی منحنی به‌وسیله‌ی خط‌های مستقیم شکسته می‌شوند که این خود منعکس‌کننده سازوکارهای مختلف حمل است. سه نقطه شکست اصلی در ذرات با اندازه‌های ۱/۳، ۲ و ۳ فی مشاهده می‌شود (شکل ۵). همین موضوع نشان می‌دهد که سازوکارهای متفاوتی بر حمل ذرات رسوبی در حوضه سیستان اثرگذار بوده‌اند و ذرات دارای منشأهای متفاوتی هستند و تک منشأیی نمی‌باشند. طبق طبقه‌بندی کرومباین اندازه ذرات برمبنای فی از ۸- تا ۸+ متغیر است که ۸- معادل اندازه ذرات در حد قطعه سنگ و بزرگ‌تر از 256mm ، صفر معادل اندازه ماسه و 1mm و ۸ معادل ذرات در حد رس و کوچک‌تر از 0.039mm است. از آنجایی که دامنه اندازه ذرات مورد بررسی از رس تا حدود ماسه متغیر است لذا برای ترسیم نمودار فراوانی ذرات در محدوده اندازه‌های صفر تا 4ϕ اندازه گرفته شد. درصد فراوانی ساده ذرات محاسبه و سپس درصد فراوانی تجمعی محاسبه شد.

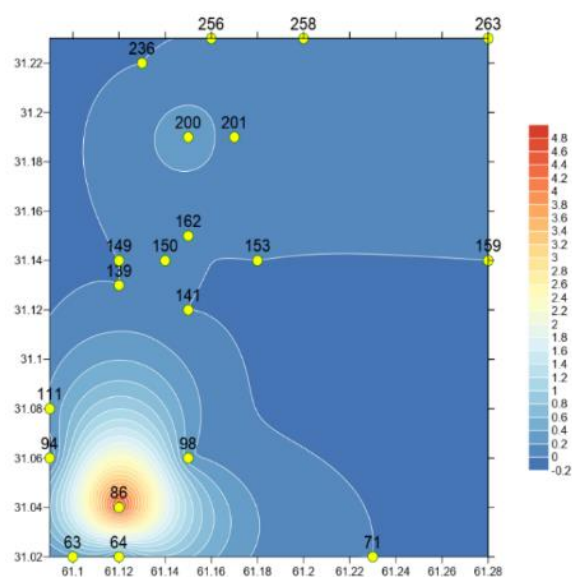
بر اساس مثلث گراول-ماسه-گل نمونه‌های سیستان در محور ماسه-گل مثلث فولک قرار می‌گیرند و تمرکز نمونه‌ها اغلب در رأس ماسه و ماسه گلی نمودار فولک قرار می‌گیرد (شکل ۶). با توجه به این که تمرکز نمونه‌ها اغلب در



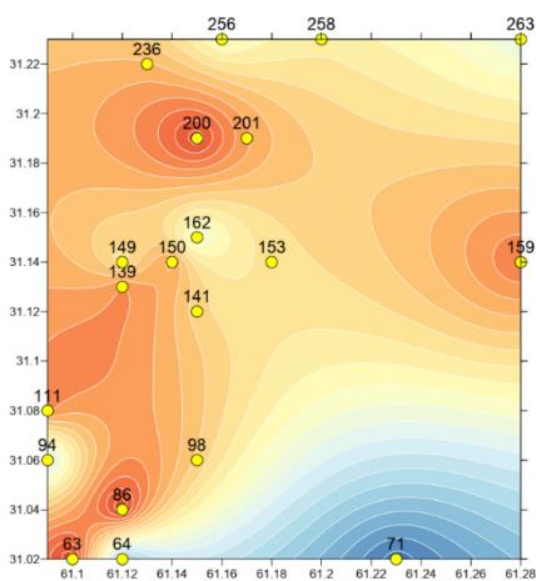
شکل ۵. نمودار تجمعی رسوبات منطقه مورد بررسی با توجه به قطر ذرات



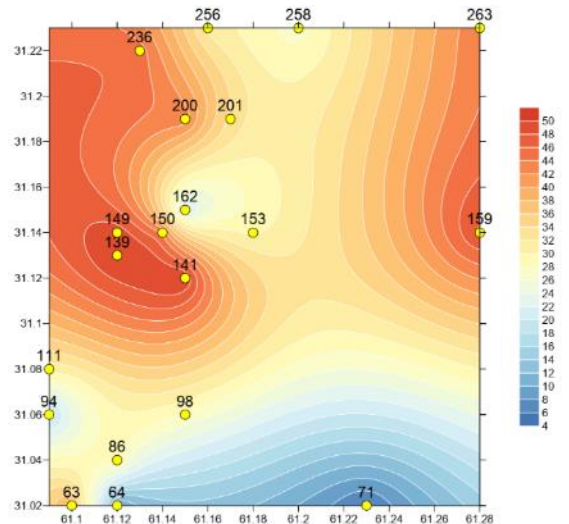
شکل ۶. توزیع رسوبات بر روی مثلث گراول - ماسه - گل و مثلث ماسه - سیلت - رس (۱۰)



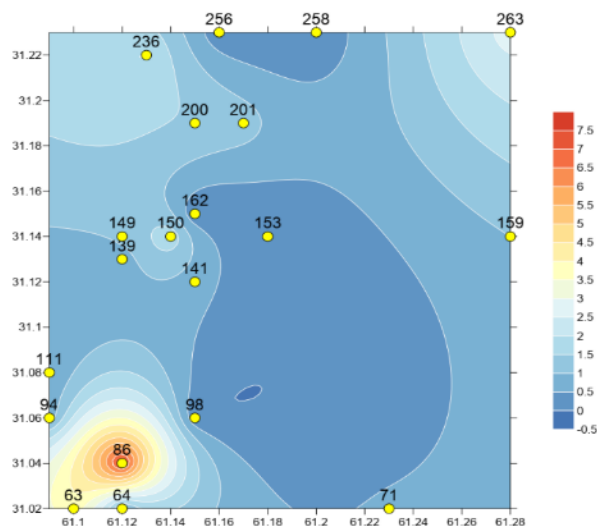
شکل ۷. نقشه توزیع مکانی فراوانی ذرات کلئیدی بر اساس نتایج دانه‌بندی لیزری در منطقه مورد بررسی (محدوده نقشه در شکل ۱ نشان داده شده است)



شکل ۸. نقشه توزیع مکانی فراوانی ذرات رسی بر اساس نتایج دانه‌بندی لیزری در منطقه مورد بررسی (محدوده نقشه در شکل ۱ نشان داده شده است)



شکل ۹. نقشه توزیع مکانی فراوانی ذرات سیلت خیلی ریز بر اساس نتایج دانه‌بندی لیزری در منطقه مورد بررسی (محدوده نقشه در شکل ۱ نشان داده شده است)



شکل ۱۰. نقشه توزیع مکانی فراوانی مکانی درشت‌ترین ذرات هر نمونه (از سیلت متوسط تا ماسه متوسط) بر اساس تحلیل لیزر در منطقه مورد بررسی

ذرات سیلت خیلی ریز مشابه ذرات رسی و در قسمت‌های شرق و شمال شرقی، مرکز غرب و جنوب شرق محدوده مورد بررسی است.

همان‌طور که توزیع فراوانی ریزترین ذرات یعنی ذرات کلوئیدی و رسی در محدوده مورد بررسی متفاوت است، توزیع ذرات درشت نیز در نمونه‌های منتخب، فراوانی و اندازه‌های متفاوتی را نشان می‌دهد. طیف اندازه ذرات در ۲۰ نمونه رسوبی که با استفاده از نتایج دانه‌بندی لیزری بررسی شدند، از ماسه درشت تا سیلت متوسط را شامل می‌شود. توزیع فراوانی این ذرات در شکل ۱۰ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین فراوانی ذرات درشت در جنوب غربی محدوده مورد بررسی متمرکز شده است.

فراوانی ذرات رسی از ۱/۳۷٪ تا ۲۴/۱۱٪ متفاوت هست. مطابق نقشه توزیع فراوانی ذرات رسی، بیشترین فراوانی به‌صورت پلی‌مودال در شمال غرب، مرکز-غرب و جنوب شرق محدوده مورد بررسی مشاهده می‌شود و کمترین فراوانی در جنوب غرب منطقه در محدوده نمونه‌های ۶۴ و ۷۱ دیده می‌شود (شکل ۸). شکل توزیع ذرات رسی در محدوده مورد بررسی تاییدی بر نتایج مطالعات توسط استریومیکروسکوپ نیز هست و نشان می‌دهد که برخاستگاه رسوبات از دو منطقه در شرق ایران از کشور افغانستان و شمال غرب و جنوب غرب تالاب از برخاستگاه داخلی می‌باشد. در این تحلیل سیلت خیلی ریز به ذرات درشت‌تر از $28/3 \mu\text{m}$ و ریزتر از $57/6 \mu\text{m}$ اطلاق می‌شود. توزیع فراوانی

می‌کند. عوامل متعددی بر حمل‌ونقل رسوبات در حوضه سیستان تأثیر می‌گذارند، از جمله:

باد نقش مهمی در فرسایش و حمل و نقل رسوبات در این منطقه خشک و کم‌بارش ایفا می‌کند. جهت غالب بادهای از غرب به شرق است که به جابجایی ذرات ریزتر به سمت غرب کمک می‌کند.

شیب زمین نیز در حمل‌ونقل رسوبات نقش دارد. حوضه سیستان دارای شیب ملایمی از شرق به غرب است که به حرکت ذرات در این جهت کمک می‌کند.

آب نیز در حمل و نقل رسوبات، به‌خصوص در قسمت‌های مرکزی حوضه که سرعت باد کمتر است، نقش دارد. این موضوع در بیابان‌های اوردوس چین نیز مورد بررسی قرار گرفته است و نشان داد که فعالیت رودخانه‌ای نقش به‌سزایی در فرآیند انتقال رسوب و تأمین رسوبات تالاب‌ها ایفا می‌کند و حتی گاهی نقش تعیین‌کننده دارد؛ بنابراین، برای درک شکل‌گیری و تکامل تالاب‌های عهد حاضر، باید نقش فرآیندهای رودخانه‌ای را جدی گرفت (۹).

تالاب هامون نقش مهمی در دینامیک رسوبات در حوضه سیستان دارد. این تالاب به‌عنوان یک حوضه رسوبی عمل می‌کند و ذرات رسوبی را از مناطق اطراف جمع‌آوری می‌کند. سرعت آب در تالاب کم است که منجر به رسوبگذاری ذرات درشت‌تر و جورشدگی ضعیف‌تر رسوبات می‌شود. بررسی حاضر نشان می‌دهد که رسوبات در حوضه سیستان دارای منشأهای مختلفی هستند. برخی از رسوبات از افغانستان (منطقه شرقی حوضه) و برخی دیگر از داخل حوضه (منطقه شمال‌غربی و جنوب‌غربی) منشأ می‌گیرند. بررسی نتایج حاصل از پژوهش‌های دیگری در منطقه مورد بررسی نیز نشان داد که رسوبات کلوتک‌های دلتای قدیمی رودخانه هیرمند دارای دو منشأ داخلی و خارجی هستند (۱۲، ۲۱، ۲۲). همچنین نتایج پتروگرافی و رسوب‌شناسی در مناطقی در کشور چین نیز نشان می‌دهد که تفاوت‌های منشأ قابل‌توجهی در میان بخش‌های مختلف ماسه‌زار مواس^۱ وجود دارد، به‌عنوان مثال، رسوبات بادی از منطقه جنوب‌غربی به‌وضوح از سایر مناطق در ماسه‌زار مواس متمایز است و منشأ خارجی مشابهی را با بیابان هوبک^۲ نشان می‌دهد که به

نتایج دانه‌بندی لیزری و نقشه‌های تهیه شده، اطلاعات ارزشمندی در مورد توزیع فضایی ذرات در این حوضه ارائه می‌دهند. باد به‌عنوان عامل اصلی جابجایی ذرات ریز و کلوئیدی، نقشی کلیدی در توزیع فضایی آن‌ها ایفا می‌کند. در این بررسی، مشاهده شد که فراوانی ذرات ریز و کلوئیدی در جنوب‌غربی حوضه که تحت تأثیر بادهای غربی و جنوب‌غربی قرار دارد، به‌طور قابل‌توجهی بیشتر است. این امر نشان می‌دهد که باد این ذرات را از مناطق دیگر به این منطقه منتقل کرده و در آنجا انباشته می‌کند. نوع خاک نیز می‌تواند بر میزان جابجایی ذرات ریز و کلوئیدی توسط باد تأثیر بگذارد. خاک‌های با بافت ریزتر، ذرات ریز و کلوئیدی بیشتری را در خود جای می‌دهند و به دلیل چسبندگی کمتر، توسط باد جابجا می‌شوند.

وجود چندین منشأ برای سیستم‌های آورد رسوبی در مرکز حوضه و به‌خصوص در تالاب هامون، منجر به تنوع در اندازه ذرات در این منطقه می‌شود. این تنوع نشان‌دهنده آن است که منابع رسوبی مختلف، ذرات با اندازه‌های متفاوت را به این منطقه منتقل می‌کنند. هر یک از منابع رسوبی ممکن است تحت تأثیر عوامل مختلفی مانند فرسایش خاک، فعالیت‌های انسانی و شرایط آب و هوایی باشد. این عوامل می‌توانند بر اندازه و نوع ذراتی که توسط هر منبع رسوبی به این منطقه منتقل می‌شود، تأثیر بگذارند. تالاب هامون به‌عنوان یک رسوب‌گیر طبیعی، ذرات رسوبی مختلف را از منابع مختلف جمع‌آوری می‌کند. این امر می‌تواند به افزایش تنوع ذرات در این تالاب و اطراف آن موجب شود. علاوه بر باد و چند منشایی، عوامل دیگری مانند توپوگرافی، پوشش گیاهی و فعالیت‌های انسانی نیز می‌توانند بر توزیع فضایی ذرات در این منطقه تأثیر بگذارند. نتایج نشان می‌دهند که جهت غالب حمل‌ونقل رسوبات در حوضه سیستان از شرق به غرب است. این امر با کاهش تدریجی اندازه ذرات و افزایش فراوانی ذرات رسی در جهت غرب تأیید می‌شود. همچنین، حضور ذرات درشت‌تر در قسمت شرقی و عدم وجود ذرات درشت‌دانه و خوب‌گردشده تخریبی نظیر کوارتز و نیز کانی‌های ناپایدار میکا در غرب، این روند را تأیید

² Hobq Desert

¹ Mu Us Sandy Land

رسی این نمونه‌ها دارند. مطابق نقشه توزیع فراوانی ذرات رسی، بیشترین فراوانی به صورت پلی‌مودال در شمال غرب، مرکز-غرب و جنوب شرق محدوده موردبررسی مشاهده می‌شود و کمترین فراوانی در جنوب غرب منطقه مشاهده می‌گردد. شیوه توزیع ذرات رسی در محدوده موردبررسی نشان می‌دهد که برخاستگاه رسوبات از دو منطقه در افغانستان از شرق تالاب و یک برخاستگاه داخلی از شمال غرب و جنوب غرب محدوده مطالعاتی می‌باشد.

با توجه به نتایج تحلیل‌های لیزری و نقشه‌های تهیه شده می‌توان این‌طور تفسیر کرد که به دلیل بادی بودن سیستم تغذیه در غرب و جنوب غربی منطقه مورد بررسی، ذرات ریز و کلوئیدی بیشترین میزان را در این محدوده دارند و در مرکز محدوده مطالعاتی و مخصوصاً تالاب هامون به دلیل چند منشأ بودن سیستم آوردهای رسوبی، محدوده وسیع‌تری از ذرات از نظر اندازه را در برمی‌گیرد. یافته‌های حاصل از این پژوهش می‌تواند به بهبود مدیریت فرسایش بادی در مناطق منبع رسوب و رشد توسعه پایدار منطقه کمک کند.

■ سپاسگزاری

پژوهش حاضر در قالب طرح پژوهشی "مطالعات زمین‌شناسی، رسوب‌شناسی و پتروگرافی دشت سیستان" با کد مصوب ۹۹۱۴۳۰-۹۹۰۶۲-۹۹-۱۰۷-۰۹-۰۹-۱۲۴ با بهره‌مندی از اعتبارات موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور به انجام رسیده است. بدین‌وسیله نویسندگان از معاونت پژوهشی و همکاران آزمایشگاه خاک بخش بیابان موسسه مربوطه کمال تشکر و قدردانی را دارند.

جورشدگی، ویژگی‌های ژئوشیمیایی و مورفولوژی دانه کوارتز اشاره دارد (۹).

فعالیت‌های انسانی مانند کشاورزی و چرای دام نیز می‌توانند بر حمل‌ونقل رسوبات در حوضه سیستان تأثیر بگذارند. این فعالیت‌ها می‌توانند منجر به افزایش فرسایش خاک و افزایش رسوبات در حوضه شوند. تغییرات اقلیمی نیز می‌تواند بر دینامیک رسوبات در حوضه سیستان تأثیر بگذارد. افزایش دما و کاهش بارندگی می‌تواند منجر به افزایش فرسایش خاک و تغییر الگوهای باد شود که به‌نوبه خود بر حمل‌ونقل رسوبات در حوضه تأثیر می‌گذارد.

حوضه سیستان دارای دینامیک رسوبی پیچیده‌ای است که تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله باد، شیب، آب، منشأ رسوبات، فعالیت‌های انسانی و تغییرات اقلیمی قرار دارد. درک این دینامیک برای مدیریت پایدار منابع آب‌وخاک در این منطقه ضروری است.

■ نتیجه‌گیری

بیشتر نمونه‌های برداشت‌شده از بستر تالاب هامون دارای ۹۰٪ ماسه می‌باشند که طبق نمودار فولک آن‌ها را ماسه می‌نامیم. برای جهت جریان حامل، دو جهت شمال به جنوب و غرب به شرق را می‌توان در نظر گرفت.

بررسی ویژگی‌های آماری رسوبی مانند جورشدگی، کشیدگی، کج‌شدگی و همچنین بررسی نمودارهای دانه‌بندی رسوبات محدوده مطالعاتی گویای این مطلب است که مکانیزم‌های متفاوتی بر حمل ذرات رسوبی بستر تالاب اثرگذار بوده‌اند و ذرات دارای منشأهای متفاوتی هستند و تک منشأیی نمی‌باشند.

ذرات کلوئیدی (کوچکتر از ۱۱۱) در جنوب محدوده موردبررسی در هامون هیرمند بیشترین فراوانی را در ذرات

■ References

1. Abbasi, H., Gohardoust, A., Khaksarian, F., & Ganjali, M. (2018a). Morphologic characteristics of aeolian deposits and erosive winds in Sistan plain. *Desert Management*, 5(10): 28-42. DOI: 10.22034/jdmal.2018.30648 [In Persian].
2. Abbasi, H.; Opp, C.; Groll, M.; Rohipour, H.; Khosroshahi, M.; Khaksarian, F.; & Gohardoust, A. (2018b). Spatial and temporal variation of the aeolian sediment transport in the ephemeral Baringak Lake (Sistan Plain, Iran) using field measurements and geostatistical analyses. *Geomorphology*, 61(4): 315-326. DOI: 10.1127/zfg/2018/0451.

3. AghaNabati, A. (2004). *Geology of Iran*. Geological survey and Mineral Explorations of Iran [In Persian].
4. Akbari, Z., Kakuee, O., Shahbazi, R., Khatooni, J. D., & Mashal, M. (2022). Application of positive matrix factorization and pollutants tracing for identification of dust sources: A case study in Khuzestan, Iran. *Environmental Engineering Research*, 27(6). DOI: <https://doi.org/10.4491/eer.2021.365>.
5. Alizadeh Choobari, O., Zawar-Reza, P., & Sturman, A. (2012). Feedback between windblown dust and planetary boundary layer characteristics: Sensitivity to boundary and surface layer parameterizations. *Atmosphere Environment*, 61, 294–304. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.07.038>.
6. Alizadeh Choobari, O., Zawar-Reza, P., & Sturman, A. (2013). Low level jet intensification by mineral dust aerosols. *Annales Geophysicae*, 31(4), 625–632. DOI: <https://doi.org/10.5194/angeo-31-625-2013>
7. Alizadeh-Choobari, O., Zawar-Reza, P., & Sturman, A. (2014). The “wind of 120 days” and dust storm activity over the Sistan Basin. *Atmospheric Research*, 143, 328-341. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2014.02.001>.
8. Behrooz, R. D., Gholami, H., Telfer, M. W., Jansen, J. D., & Fathabadi, A. (2019). Using GLUE to pull apart the provenance of atmospheric dust. *Aeolian research*, 37, 1-13. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aeolia.2018.12.001>
9. Chen, G., Dong, Z., Li, C., Shi, W., Shao, T., Nan, W., & Yang, J. (2021). Provenance of Aeolian Sediments in the Ordos Deserts and Its Implication for Weathering, Sedimentary Processes. *Front. Earth Sci*, 9:711802. DOI: 10.3389/feart.2021.711802.
10. Folk, R.L. (1974). *Petrology of sedimentary rocks*. Hemphill Publishing Company Austin: Texas.
11. Folk, R.L. (1980). *Petrology of Sedimentary Rocks*. Hemphill Publishing Company.
12. Fotoohi, S., Negaresh, H., Darvishi Khatooni, J., & Bayat, M. (2022). Investigating aeolian deposits in Hamun Lake located in east of Iran during Holocene period. *Environmental Earth Science*, 81, 12. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12665-021-10085-y>
13. Gholami, H., Mohammadifar, A., Pourghasemi, H. R., & Collins, A. L. (2020). A new integrated data mining model to map spatial variation in the susceptibility of land to act as a source of aeolian dust. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 42022-42039. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10168-6>.
14. Jiang, Q., & Yang, X. (2019). Sedimentological and Geochemical Composition of Aeolian Sediments in the Taklamakan Desert: Implications for Provenance and Sediment Supply Mechanisms. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 124: 1217–1237. DOI: <https://doi.org/10.1029/2018JF004990>
15. Jooybari, S. A., Peyrowan, H., Rezaee, P., & Gholami, H. (2022). Evaluation of pollution indices, health hazards and source identification of heavy metal in dust particles and storm trajectory simulation using HYSPLIT model (Case study: Hendijan center dust, southwest of Iran). *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(2), 107. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-022-09760-9>
16. Lancaster, N., Wolfe, S., Thomas, D., Bristow, C., Bubbenzer, O., Burrough, S., Duller, G., Halfen, A., Hesse, P., Roskin, J., Singhvi, A., Tsoar, H., Tripaldi, A., Yang, X., & Zárate, M. (2016). The INQUA dunes atlas chronologic database. *Quaternary International*, 410, 3–10. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.10.044>.
17. Masoudian, A. 2003. Climatic regions of Iran. *Journal of Geography and Development*, 1(2), 171-184. DOI: 10.22111/GDIJ.2003.3821 [In Persian].

18. McMahon, H. (1906). Recent survey and exploration in Seistan. *The Geographical Journal*, 28: 209-228. DOI: <https://doi.org/10.2307/1776729>
19. Middleton, N. (2019). Variability and Trends in Dust Storm Frequency on Decadal Timescales: Climatic Drivers and Human Impacts. *Geosciences*, 9: 261. DOI: <https://doi.org/10.3390/geosciences9060261>
20. Nazemosadat, M. J., & Cordery, I. (2018). On the relationships between ENSO and autumn rainfall in Iran. *International Journal of Climatology*, 20(1), 47-61. DOI: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0088\(200001\)20:1<47::AID-JOC461>3.0.CO;2-P](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0088(200001)20:1<47::AID-JOC461>3.0.CO;2-P)
21. Negaresh, H., Fotoohi, S., & khammar, E. (2018). The origin of kaloutaks sediments in old delta of Hirmand River. *Journal of Arid Regions Geographic Studies*, 9(33), 83-102 [In Persian].
22. Rashki, A., Kaskaoutis, D., Rautenbach, C.J.D., & Eriksson, P. (2012 a). Changes of Permanent Lake Surface, and Their Consequences for Dust Aerosol and Air Quality: The Hamoun Lakes of the Sistan Area, Iran. *InTech*. DOI: 10.5772/48776.
23. Rashki, A., Kaskaoutis, D.G., Rautenbach, C.J.W., Eriksson, P.G., Qiang, M., & Gupta, P. (2012 b). Dust storms and their horizontal dust loading in the Sistan region, Iran. *Aeolian Research*, 5, 51–62. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aeolia.2011.12.001>
24. Rashki, A., Rautenbach, C.J. deW., Eriksson, P.G., Kaskaoutis, D.G., & Gupta, P. (2013a). Temporal changes of particulate concentration in the ambient air over the city of Zahedan, Iran. *Air Quality, Atmosphere Health*, 6, 123–135. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11869-011-0152-5>
25. Rashki, A., Eriksson, P.G., Rautenbach, C.J. deW., Kaskaoutis, D.G., Grote, W., & Dykstra, J. (2013b). Assessment of chemical and mineralogical characteristics of airborne dust in the Sistan region, Iran. *Chemosphere*, 90, 227–236. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.06.059>
26. Rashki, A., Kaskaoutis, D.G., Goudie, A.S., & Kahn, R.A. (2013c). Dryness of ephemeral lakes and consequences for dust activity: The case of the Hamoun drainage basin, southeastern Iran. *Science of The Total Environment*, 463(464), 552–564. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.06.045>
27. Sharifikia, M. (2013). Environmental challenges and drought hazard assessment of Hamoun Desert Lake in Sistan region, Iran, based on the time series of satellite imagery. *Natural Hazard*, 65, 201–217. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11069-012-0353-8>
28. Vekerdy Z. Dost R. Reinink G. & Partow H. (2006). *History of Environmental Change in the Sistan Basin Based on Satellite Image Analysis: 1976–2005*. UNEP Post-Conflict Branch Geneva. United Nations Environment Programme. Nairobi, Kenya. 56 p.
29. Whitney, JW. (2006). *Geology, water, and wind in the Lower Helmand Basin, Southern Afghanistan*. U.S. Geological Survey. Reston Virginia.

Assessing the Success of *Ferula Assa-Foetida* L. Plantation Restoration Operations in Semi-Steppe Rangelands by Linking Plant Functional Traits to Species Diversity

E. Jahantab^{1*}, A. Khosravi Mashizi², M. Sharafatmandrad²

1. Associate Professor, Department of Range and Watershed Management (Nature Engineering), Faculty of Agriculture, Fasa University, Fasa, Iran
2. Associate Professor, Department of Ecological Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Jiroft, Jiroft, Iran.

* Corresponding Author: e.jahantab@fasau.com

Received date: 05/05/2024

Accepted date: 06/06/2024

 [10.22034/JDMAL.2024.2028225.1464](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2028225.1464)

Extended Abstract

Introduction

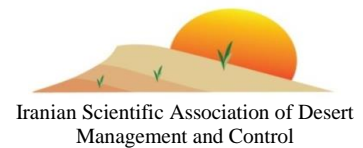
Successful ecosystem restoration requires the reproduction of valuable plant species in the plant community. This is more important for monocultures because the interaction between species changes more with the increase of a species. The planting of native species with highly competitive power is controversial in restoration operations, due to their highly competitive abilities, their dominance and persistence after restoration can make reproduction of other species difficult (9). Evaluation of the success of restoration operations has been done using various indicators. To examine the success of restoration operations or the intensity of ecosystem exploitation, species diversity is a suitable indicator (8). Margalef richness, Simpson diversity, and Shannon diversity indices are commonly employed to monitor changes in species diversity (5, 7). By studying the dynamics of plant communities, we can understand how the structure, composition, and function of plant communities respond to restoration operations. Plantation is a restoration operation that can have a significant impact on the composition of plant communities. Plantation can alter the interaction between species, which can lead to changes in the functioning of the ecosystem. To determine the success of a restoration operation, it is important to select species for plantation in degraded ecosystems, which will lead to the increase of other valuable species. Recognizing the success of restoration operations, particularly in plantation, can be achieved by identifying important functional types related to species diversity. Thus, this investigation is focused on the objectives listed below: 1) investigating the impact of the plantation of *Assafoetida* on the species diversity in semi-steppe rangelands, 2) identification of important functional traits in relation to species diversity in the degraded areas, and 3) examining the mediation role of *Assafoetida* in the relationship between plant functional traits and diversity.

Material and Methods



Desert Management

www.isadmc.ir



The studied area is located in Tang-e Sorkh rangelands, 45 km from Yasuj city (Kohgiluyeh and Boyer Ahmad Province) and has the geographical coordinates of 51°40'04" to 51°46'08" E and 30°22'35" to 30°27'37" N. Due to the implementation of Tang-e Sorkh multi-purpose project, which aims to ensure continuity and sustainability of the rangeland, Assafoetida has been planted in this area. *Ferula assa-foetida* L. is the scientific name of Assafoetida. This plant is a significant native plant that grows in the rangelands of Iran. To conduct the present research, two areas were selected, including the enclosure area interseted by Assafoetida and the control area. Three 100-meter transects were laid out in each of the grazed and enclosure areas, according to the features of the area. Each transect consisted of ten plots that measured 1 square meter each. Each of the grazed and enclosure areas had thirty plots established. The canopy cover and density of plant species were recorded in every plot. Functional traits (growth form, life form, palatability, life span, leaf life span, root depth, woodiness, flowering start, length of flowering period, height, and stem density) were measured according to literature (1, 2, 3, 4, 6, 10, 11). The analysis of diversity indices in the grazed and enclosure sites was conducted using a T-test. To summarize the relationship between plant functional traits and ecosystem management, principal component analysis (PCA) was employed. Structural equation modeling (SEM) was used to evaluate the relationship between plant functional traits and diversity. SEM was employed to examine how Assafoetida mediates the connection between plant functional traits and diversity indices using variance-accounted for (VAF). The VAF parameter is calculated by dividing the indirect effect by the total effect of the variables.

Discussion and Conclusion

The t-test results showed that the two grazed and enclosure sites had significant differences in terms of Simpson, Shannon and Margalef indices ($P < 0.05$). PCA findings showed that the most significant functional traits associated with ecosystem management are growth form, life form, life span, leaf life span, and palatability. The most significant impact on species diversity was due to palatability ($p < 0.001$). Life form had a positive effect on species diversity, while life span and leaf life span had negative effects on species diversity ($p < 0.01$). However, growth form had no significant impact on species diversity ($p > 0.05$). A VAF of 0.3 was obtained for the mediating role of Assafoetida in the relationship between growth forms and diversity indices, suggesting a partial mediating role. According to the findings, the development of Assafoetida has had an impact on mutual relationships between species. The success of ecosystem restoration cannot be attributed solely to the improvement in species diversity with the plantation of Assafoetida. The technique used to recognize the success of the restoration operations in this study was to increase the number of valuable species in relation to the diversity of species. Structured equation modeling allowed for the study of important individual species in vegetation composition with Assafoetida's mediating role. Our findings showed that Assafoetida played a partial mediating role in the relationship between plant functional traits and diversity. Enclosure along with the Assafoetida plantation has caused the development of valuable species in the vegetation composition. The success of Assafoetida plantation in restoring semi-steppe rangelands can be determined by both species' diversity and plant functional traits.

Keywords: Structural equation model; Ecosystem restoration; Mediation role; Principal component analysis





ارزیابی موفقیت عملیات اصلاحی کاشت آنغوزه در مراتع نیمه‌استپی با مرتبط کردن صفتهای کارکردی به تنوع گونه‌ای

اسفندیار جهانتاب^{۱*}، اعظم خسروی مشیزی^۲، محسن شرافتمندراد^۲

۱. دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری (مهندسی طبیعت)، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فسا، فسا، ایران.

۲. دانشیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران.

* نویسنده مسئول: e.jahantab@fasau.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۱۷

doi [10.22034/JDMAL.2024.2028225.1464](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2028225.1464)

چکیده

اصلاح بوم‌سازگان‌ها زمانی موفقیت‌آمیز است که گونه‌های باارزش در جوامع گیاهی شانس توسعه پیدا کنند. در اصلاح بوم‌سازگان‌ها از طریق کشت یک گونه این امر بیشتر اهمیت دارد زیرا با افزایش یک گونه، ارتباط بین گونه‌ها تغییر بیشتری می‌کند. هدف از پژوهش حاضر، ارزیابی موفقیت عملیات اصلاحی کاشت آنغوزه در مراتع نیمه‌استپی با استفاده از ارتباط صفتهای کارکردی و تنوع گونه‌ای است. دو منطقه شامل منطقه قرق کپه‌کاری شده با گیاه آنغوزه و منطقه شاهد انتخاب و در هر یک، سه ترانسکت ۱۰ m مستقر شد. در امتداد هر ترانسکت، ۱۰ پلات ۱ m² مستقر و متغیرهای درصد تاج پوشش و تراکم گونه‌های گیاهی تعیین شد. صفتهای عملکردی (طول عمر، خوشخوراکی، فرم رویشی، فرم زیستی، طول عمر برگ، عمق ریشه‌دوانی، چوبی بودن، آغاز گلدهی، طول دوره گلدهی، ارتفاع و تراکم ساقه) نیز برای هر گیاه اندازه‌گیری شدند. تجزیه و تحلیل مؤلفه اصلی برای خلاصه کردن ارتباط صفتهای عملکردی گیاه و مدیریت بوم‌سازگان بکار برده شد. برای ارزیابی رابطه بین صفتهای عملکردی گیاهان و تنوع گونه‌ای از مدل معادلات ساختاری استفاده شد. نتایج نشان داد که آنغوزه به‌طور معنی‌داری شاخص‌های تنوع را افزایش داده است ($P < 0.05$). مدل معادلات ساختاری نشان داد که خوشخوراکی مهم‌ترین صفت عملکردی گیاهان در ارتباط با تنوع در منطقه قرق (مدیریت نشده) بود و گیاهان یک‌ساله غیر خوشخوراک بیشترین اهمیت را در تعیین تنوع گونه‌ای داشتند. نتایج نشان داد که آنغوزه نقش واسطه‌گری جزئی در ارتباط بین صفتهای عملکردی و تنوع گونه‌ای دارد. با نقش واسطه‌گری آنغوزه، فرم رویشی مهم‌ترین صفت عملکردی در ارتباط با تنوع گونه‌ای بود. همی کریپتوفیت‌ها، مهم‌ترین فرم رویشی در ارتباط با تنوع گونه‌ای بودند که بیانگر موفقیت برنامه اصلاحی کاشت آنغوزه است. ارتباط دادن صفتهای کارکردی به تنوع گونه‌ای جهت بررسی موفقیت عملیات اصلاح مرتع، به مدیران برای بررسی نقش واسطه‌گری گونه‌های کشت شده بر تغییر ساختار و عملکرد جوامع گیاهی کمک می‌کند.

واژگان کلیدی: مدل معادلات ساختاری؛ اصلاح بوم‌سازگان‌ها؛ نقش واسطه‌گری؛ تجزیه و تحلیل مؤلفه اصلی



■ مقدمه

مراتع نیمه‌خشک با توجه به سودهایی که برای افراد ذینفع دارد، از اهمیت زیادی برخوردار هستند (۵۶). در سال‌های اخیر شاهد کاهش تنوع گونه‌ای به دلیل بهره‌برداری شدید یا تغییر اقلیم در مراتع ایران هستیم (۱۴). بنابراین حفظ تنوع زیستی در این بوم‌سازگان‌ها یکی از وظایف پیشگام برای جوامع انسانی است (۲۵). اصلاح جوامع بومی گیاهی مستلزم درک کامل شرایط و سطح اصلاح طی اجرای شیوه‌های مختلف است (۳۹). هنگامی که اصلاح شامل تعداد گونه‌های محدودی باشد، جامعه گیاهی نمی‌تواند به بیشترین عملکرد برسد و نمی‌تواند گونه‌های در معرض تهدید را کمک کند (۴۵). در برنامه‌های معمولاً کاشت چندگونه، به کاشت با تعداد کم ترجیح داده می‌شوند، زیرا با کاشت تعداد گونه‌های بیشتر گروه‌های عملکردی گیاهان بیشتری وجود دارد (۳۷). البته کاشت تعداد زیاد گونه‌ها می‌تواند یک چالش اساسی برای گونه‌های بومی باشد و توسعه آن‌ها را با مشکل همراه کند (۵).

در عملیات اصلاح یک یا چندگونه که می‌توانند به راحتی و آسان تهیه شده و جوانه بزنند توسط مدیران انتخاب می‌شوند. این انتخاب‌های سهل‌انگارانه نتایج مقرون به صرفه با خطر کم را برای اجرای برنامه‌های اصلاح در پی دارد، اما آن‌ها تنها بخشی از گونه‌های موردنیاز برای اصلاح یک بوم-سازگان تخریب یافته هستند (۵۲). در عملیات اصلاح، استفاده از گونه‌هایی بومی که قدرت رقابتی بالایی دارند بحث‌برانگیز است زیرا به دلیل توانایی رقابتی بالا ممکن است منجر به تسلط و تداوم پس از رویش مجدد شده و توسعه گونه‌های دیگر را با مشکل روبرو می‌کنند (۳۹). لذا اگرچه استفاده از این ارقام بومی یک روش ایده‌آل برای اصلاح سریع پوشش گیاهی باشد، اما ممکن است مانع بازگشت جامعه گیاهی بومی قبل از تخریب شوند (۹).

شاخص‌های متفاوتی برای بررسی موفقیت عملیات اصلاح استفاده شده‌اند. تنوع گونه‌ای شاخص مناسبی برای بررسی عملیات اصلاح یا شدت استفاده از بوم‌سازگان‌ها است (۳۴). معمولاً برای بررسی تغییر تنوع گونه‌ای از شاخص غنا، سیمپسون و شانون استفاده می‌شود (۲۷، ۱۴). البته برخی محققان نشان دادند که روش‌های مختلف احیا تأثیرات

متفاوتی بر تنوع گونه‌ای داشتند اما هیچ‌کدام به تنوع گونه‌ای مراتع دست‌نخورده نزدیک نشده‌اند (۱۵). گاهی یک ویژگی گیاهان بیشتر از تنوع گونه‌ای بر بقا گونه‌های گیاهی بومی تأثیرگذار می‌باشند و شاخص مناسب‌تری برای بررسی موفقیت اصلاح بوم‌سازگان‌ها هستند. در مطالعه‌ای پژوهشگران اظهار داشتند درختان با پوشش سایه‌انداز بزرگ نسبت به تنوع گونه‌ای، بر سطح زنده‌مانی نهال‌های درختان در جنگل‌های خشک تأثیر بیشتری داشتند، لذا انتخاب گونه‌هایی با این ویژگی برای اصلاح جنگل‌های خشک را پیشنهاد کردند (۱۳).

عکس‌العمل متفاوت انواع کارکردی گیاهان نسبت به فشارهای خارجی منجر به تعریف گروه‌های پاسخ شده است. انواع کارکردی پاسخ را می‌توان به صورت ترکیبی از گونه‌ها تعریف کرد که در نتیجه‌ی صفات مشترک زیستی به یک عامل محیطی ویژه، به شیوه‌ای یکسان پاسخ می‌دهند (۸). شناسایی انواع پاسخ، می‌تواند ابزاری مفید برای ارزیابی تغییرات بلندمدت در سیستم‌های مدیریتی باشد. علاوه بر این، انواع کارکردی گیاهان را می‌توان هم به عنوان شاخص‌های تغییر پوشش گیاهی در ارتباط با عوامل محیطی و مدیریتی و هم به عنوان شاخص‌های پایداری مراتع و دیگر بوم‌سازگان‌های نیمه‌طبیعی به کار برد (۵۲). برای به کمینه کردن کاهش تنوع گونه‌ای و کاهش بالقوه‌ی ارتجاع بوم‌سازگان، درک و پیش‌بینی بهتر چگونگی رفتار گروه‌های کارکردی پاسخ گوناگون ضرورت دارد (۳۰). گروه‌های کارکردی را می‌توان جهت ساده‌سازی تنوع بالای موجودات زنده با صفات‌های مشترک، بکار برد. این ساده‌سازی در بسیاری از رشته‌ها مرسوم است طبقه‌بندی‌های کارکردی گیاهان را می‌توان در مدیریت محیط‌زیست مورداستفاده قرار داد (۴). تیپ‌های عملکردی گروهی از گونه‌های گیاهی هستند که از نظر صفات‌هایشان با گیاهان دیگر متفاوت هستند، تیپ‌های عملکردی در واقع زیربنای تنوع گونه‌ها و جنبه‌های مختلف عملکرد بوم‌سازگان است (۲۱). تیپ‌های عملکردی گیاهان ابزار مناسبی برای بررسی پاسخ بوم‌سازگان‌ها به مسائل مهم بوم‌شناختی مانند اصلاح بوم‌سازگان‌ها است (۳). در واقع تیپ‌های عملکردی گیاهان یک ویژگی پاسخ محیطی برای گیاهان هستند (۲۴) و می‌توانند تغییرات پوشش گیاهی را

کشت بذر آن در برنامه‌های مرتع‌کاری هم در مناطق خشک و هم در مناطق نیمه‌خشک کشور وجود دارد. آنغوزه است. در این پژوهش میزان اثربخشی عملیات اصلاحی (مرتع‌کاری آنغوزه) بر احیاء بوم‌سازگان از طریق ارتباط دادن تیپ‌های کارکردی و تنوع گونه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفته است؛ بنابراین پژوهش حاضر اهداف زیر را بررسی می‌کند: ۱- بررسی تأثیر توسعه گونه آنغوزه بر تنوع گونه‌ای مراتع نیمه استپی؛ ۲- شناسایی تیپ‌های مهم عملکردی در ارتباط با تنوع گونه‌ای در منطقه تخریب یافته و ۳- بررسی نقش واسطه‌گری آنغوزه در ارتباط بین تیپ‌های عملکردی و تنوع گونه‌ای.

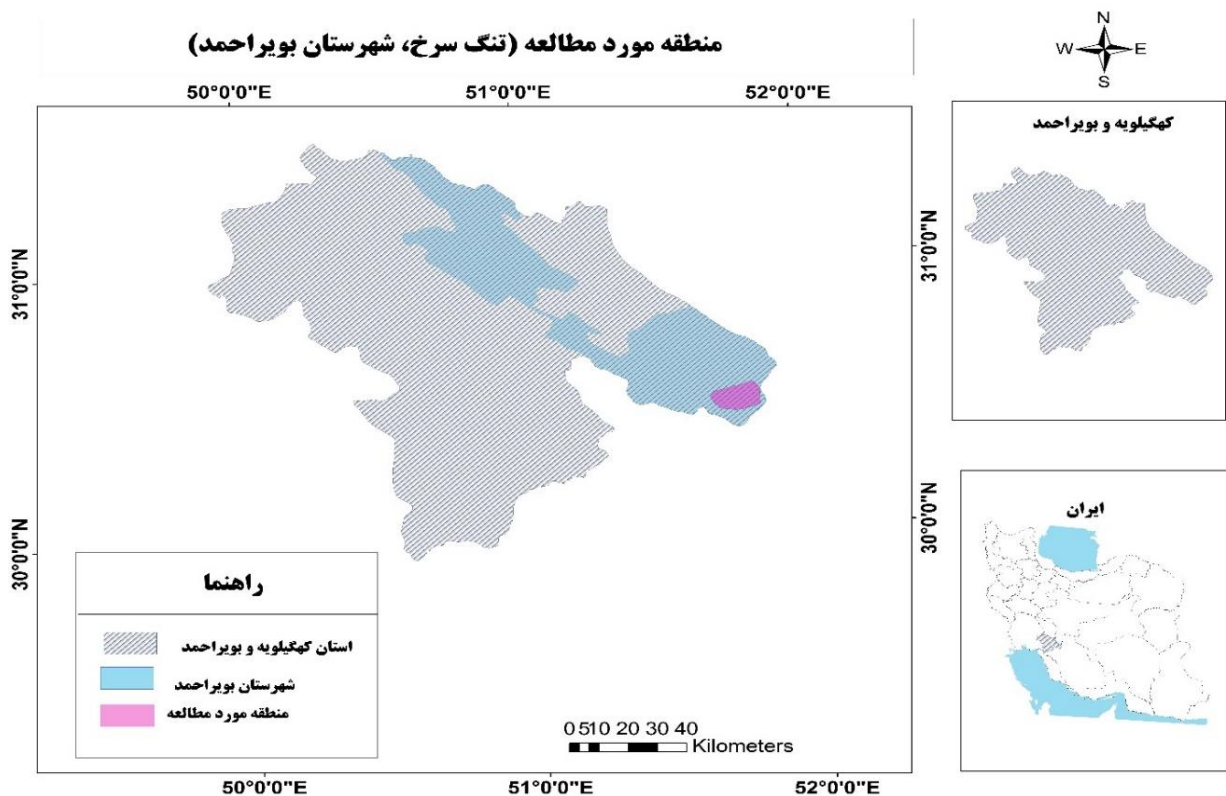
■ مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

مراتع تنگ‌سرخ واقع در ۴۵km شهر یاسوج و در محدوده $35^{\circ} 04' 04''$ تا $51^{\circ} 40' 08''$ طول شرقی و $30^{\circ} 22' 37''$ تا $30^{\circ} 27' 37''$ عرض شمالی جهت انجام پژوهش حاضر انتخاب شد (شکل ۱). میانگین ارتفاع از سطح دریا ۲۱۰۰m می‌باشد. میانگین بارندگی سالانه ۸۳۲/۳mm و متوسط دمای سالانه $15/4^{\circ}C$ است.

نشان دهند لذا بیانگر پاسخ جوامع گیاهی تحت تأثیر تغییر کاربردی یا شدت استفاده هستند (۵۷، ۱۷).

مطالعه پویایی جوامع گیاهی این امکان را می‌دهد که پاسخ ساختار و ترکیب و عملکرد جوامع گیاهی به عملیات احیا درک شود. یکی از عملیات اصلاح که ترکیب جوامع گیاهی را ممکن است به شدت تغییر دهد کشت گیاهان است. با کشت گیاهان تعامل بین گونه‌ای تغییر می‌کنند و لذا عملکرد بوم‌سازگان هم ممکن است تغییر کند. نتایج مطالعه‌ای نشان داد که کاشت بعضی گونه‌ها ممکن است گونه‌های کلیماکس را با تهدید روبرو کنند (۳۱). ارتقا تنوع گونه‌ای به تنهایی نمی‌تواند بیانگر موفقیت یک عملیات اصلاح باشد لذا گونه‌هایی را باید برای اصلاح بوم‌سازگان‌های تخریب‌یافته انتخاب کرد که سبب ارتقا گونه‌های بارز در بوم‌سازگان شود. شناسایی تیپ‌های عملکردی مهم در ارتباط با تنوع گونه‌ای می‌تواند راهکاری کارآمد در شناخت موفقیت عملیات اصلاح بخصوص در عملیات مرتع‌کاری باشد. یکی از روش‌های اصلاحی که در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است کاشت گیاهان دارویی جهت اصلاح مرتع است. یکی از این گیاهان دارویی که امکان



شاهد ۳۰ پلات ۱m² مستقر شد. در هر پلات، گونه‌های گیاهی لیست و درصد تاج پوشش و تراکم آن‌ها تعیین شد. علاوه بر این، برای گیاهان صفت‌های عملکردی شامل فرم رویشی، فرم زیستی، خوشخوراکی، طول عمر گیاه، طول عمر برگ، عمق ریشه‌دوانی، چوبی بودن، آغاز گلدهی، طول دوره گلدهی، ارتفاع، تراکم ساقه بر اساس مطالعات گذشته اندازه‌گیری شدند (۱، ۲، ۷، ۱۲، ۲۶، ۴۱، ۴۵). فرم زیستی گونه‌های گیاهی بر اساس روش رده‌بندی رانکایر تعیین شد (۳۶).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

شاخص‌های تنوع شانون و سیمپسون طبق رابطه‌های ۱ و ۲ با استفاده از داده‌های پوشش گونه‌های گیاهی محاسبه شدند (pi پوشش نسبی گونه i در هر پلات است) (۲۷).

$$H' = - \sum p_i \ln p_i \quad (1)$$

$$1 - \sum p_i^2 \quad (2)$$

آنغوزه گیاهی علفی کرکدار، چندساله، یک‌پایه^۱ و مونوکارپیک^۲ است که ارتفاع آن تا ۲ متر می‌رسد (۶۰). آنغوزه سومین جنس بزرگ از خانواده چتریان است و به‌طور گسترده از منطقه مدیترانه تا آسیای مرکزی پراکنده است. به‌عنوان یک گیاه بومی، به دلیل محتوای رزین زیاد در ریشه و ساقه آن، ارزش دارویی زیادی دارد (۱۹). یکی از گونه‌های بومی و با ارزش دارویی جنس آنغوزه، آنغوزه با نام علمی *Ferula assa-foetida* L. است. این گیاه از جمله گیاهان بومی بسیار مهمی است که در مراتع ایران رویش دارد (شکل ۲).

روش کار

برای انجام پژوهش حاضر، دو منطقه، شامل منطقه قرق کپه‌کاری شده با گیاه آنغوزه و منطقه شاهد انتخاب شد. منطقه قرق کپه‌کاری مورد کشت گیاه دارویی آنغوزه قرار گرفته و منطقه شاهد فاقد گیاه آنغوزه می‌باشد. دو منطقه در مجاورت یکدیگر می‌باشند. در هر یک از مناطق قرق و تحت چرای دام، با توجه به وضعیت منطقه، سه ترانسکت ۱۰۰m مستقر شد. در راستای هر ترانسکت ۱۰ پلات ۱m² مستقر شد. در مجموع در هر یک از مناطق کپه‌کاری شده و



شکل ۲. گیاه آنغوزه

²- Monocarpic

¹- Monocious

متغیرها محاسبه شد. سپس میزان نقش میانجی آنگوزه با استفاده از جدول ۱ برآورد شد.

■ نتایج

نتایج آزمون تی نشان داد که دو مکان (سایت) مدیریت نشده با میانگین 0.13 ± 0.45 و مدیریت شده با میانگین 0.29 ± 0.68 از نظر شاخص سیمپسون دارای اختلاف معنی داری هستند ($P < 0.05$) (شکل ۳). دو سایت مدیریت نشده با میانگین 0.12 ± 0.88 و مدیریت شده با میانگین 0.38 ± 1.37 از نظر شاخص شانون دارای اختلاف معنی داری هستند ($P < 0.05$). همچنین نتایج نشان داد که دو سایت مدیریت نشده با میانگین 0.28 ± 0.92 و مدیریت شده با میانگین 0.46 ± 1.52 از نظر شاخص مارگالف دارای اختلاف معنی داری هستند ($P < 0.05$). نتایج PCA نشان دهنده این است که فرم رویشی، فرم زیستی، طول عمر، طول عمر برگ و خوشخوراکی مهم ترین صفت های عملکردی مربوط به مدیریت بوم سازگان ها هستند (جدول ۲). مقادیر اعتبار همگرا (AVE) و قابلیت اطمینان ترکیبی (CR) برای اجزای مدل معادلات ساختاری (SEM) به منظور بررسی ارتباط صفت های عملکردی گیاهان و تنوع گونه ای برآورد شد (جدول ۳). تمام اجزای مدل دارای اعتبار همگرا (AVE) و قابلیت اطمینان ترکیبی (CR) به ترتیب بیشتر از 0.5 و 0.7 بودند که نمایانگر اعتبار و پایایی مدل ارائه شده است. ارتباط صفت های عملکردی گیاهان و تنوع گونه ای در منطقه مدیریت نشده بررسی شد (شکل ۴). صفت عملکردی خوشخوراکی بیشترین تأثیر را بر تنوع مثبت و طول عمر و طول عمر برگ به طور منفی بر تنوع گونه ای تأثیر داشتند ($P < 0.01$). فرم رویشی تأثیر معنی داری بر تنوع گونه ای نداشت ($p > 0.05$).

شاخص غنای مارگالف طبق رابطه ۳ با استفاده از تعداد تاکسون (ها) و تعداد افراد (n) محاسبه شد (۲۸).

$$S - 1 / \ln(n) \quad (3)$$

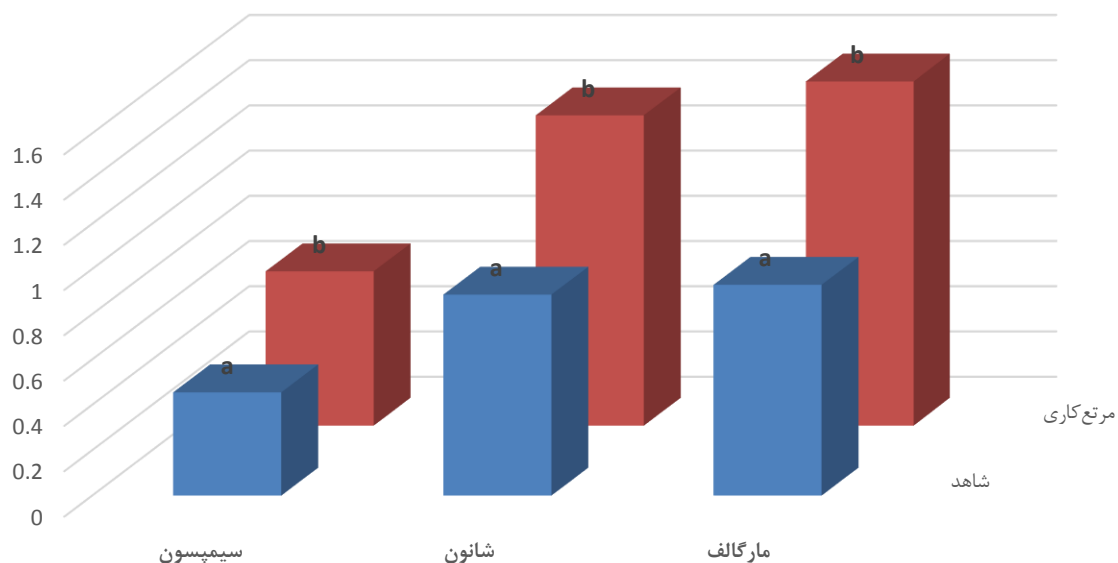
برای مقایسه شاخص های تنوع بین سایت های مدیریت شده (قرق کپه کاری شده با گیاه آنگوزه) و سایت های مدیریت نشده (منطقه شاهد) از آزمون t استفاده شد. تجزیه و تحلیل مؤلفه اصلی (PCA) برای خلاصه کردن ارتباط صفت های عملکردی گیاه و مدیریت بوم سازگان بکار برده شد (۲۲). برای ارزیابی رابطه بین صفت های عملکردی گیاهان و تنوع گونه ای از مدل معادلات ساختاری (SEM¹) استفاده شد. اهمیت مدل معادلات ساختاری به دلیل توانایی آن در برآورد روابط پیچیده شامل چندین متغیر وابسته و مستقل در یک چارچوب تحلیلی یکپارچه است. این ظرفیت آن را به ابزاری ایده آل برای آزمایش مدل های نظری تبدیل می کند که مسیرهای علی و وابستگی های متقابل بین متغیرها را مطرح می کنند مدل معادلات ساختاری به دلیل کاربردش در آزمون روابط علی فرضی بین متغیرها، اغلب به عنوان مدل سازی علی شناخته می شود. این یک روش جامع برای پژوهشگران برای آزمون و اصلاح مدل های نظری فراهم می کند و آن را به ابزاری ضروری در علوم مختلف تبدیل می کند. SEM با ارائه بینش در مورد روابط مستقیم و غیرمستقیم بین متغیرها، درک عمیق تر مکانیزم های اساسی را که پدیده های مشاهده شده را هدایت می کنند، تسهیل می کند (۴۳، ۴۶، ۴۸). مدل معادلات ساختاری همچنین برای ارزیابی نقش میانجی آنگوزه در رابطه صفت های عملکردی گیاه و تنوع گونه ای با استفاده از آماره شمول واریانس یا VAF² استفاده شد. پارامتر VAF از نسبت تأثیر غیرمستقیم بر تأثیر کل

جدول ۱. میزان میانجی گری آنگوزه با استفاده از آماره شمول واریانس (VAF)

تغییرات	ویژگی
VAF > 0.8	آماره شمول واریانس (VAF)
0.2 ≤ VAF ≤ 0.8	میزان میانجی گری
VAF < 0.2	میانجی گری صفر
میانجی گری کامل	میانجی گری جزئی

² Variance Accounted For

¹ Structural Equation Model



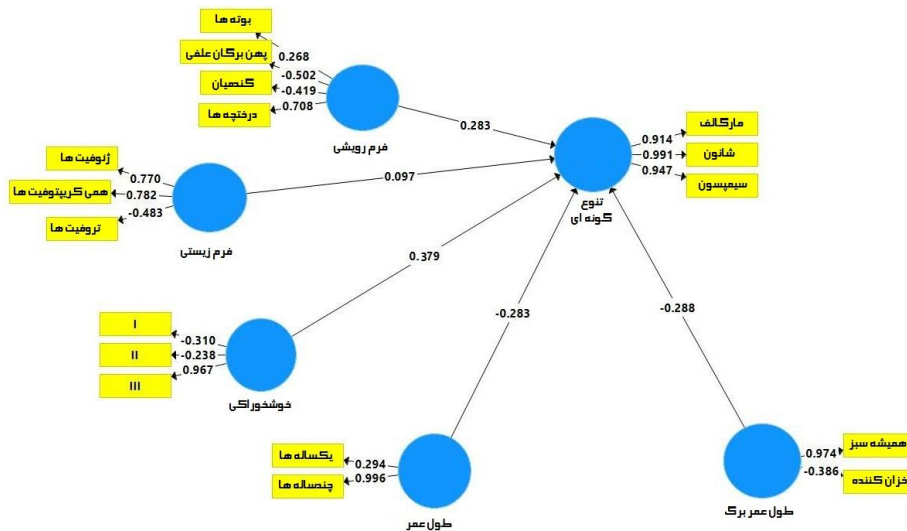
شکل ۳. مقایسه سایت‌های مدیریت شده و مدیریت نشده از نظر شاخص‌های تنوع گیاهی

جدول ۲. سهم صفت‌های عملکردی گیاه در دو محور نخست PCA. مهم‌ترین عامل با ستاره نشان داده شده‌اند ($P < 0.05$)

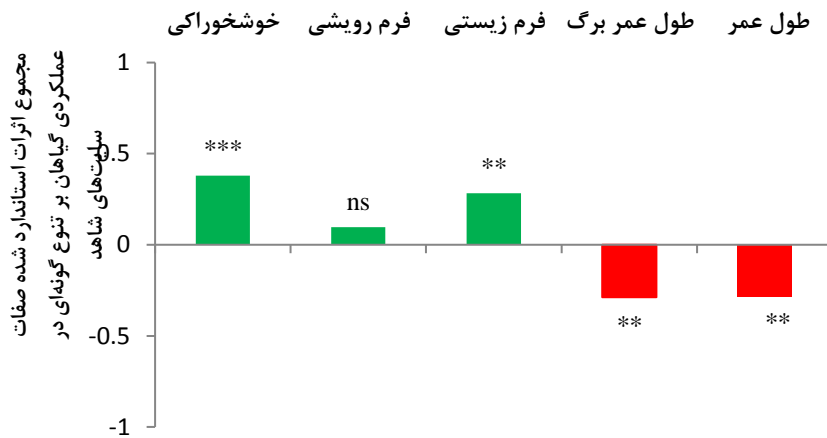
عامل	محور ۱	محور ۲
دروه گلدهی	+۰/۱۲۳	-۰/۱۷۸
عمق ریشه دوانی	+۰/۱۸۵	+۰/۱۵۵
فرم رویشی	+۰/۴۵۸*	+۰/۰۶۵
فرم زیستی	+۰/۳۶۵*	-۰/۱۳۸
طول عمر	+۰/۲۵۴	+۰/۳۴۲*
طول عمر برگ	-۰/۳۴۴*	-۰/۱۳۲
آغاز گلدهی	-۰/۱۶۸	+۰/۲۳۱
چوبی بودن	+۰/۱۱۶	+۰/۲۱۸
تراکم ساقه	-۰/۱۶۸	+۰/۲۴۵
خوشخوراکی	-۰/۳۶۸*	+۰/۲۳۸
ارتفاع	-۰/۱۳۸	+۰/۲۶۷

جدول ۳. قابلیت اطمینان ترکیبی (CR) و اعتبار همگرا (AVE) برای صفت‌های عملکردی و تنوع گونه‌ها در مکان‌های مدیریت نشده

ویژگی	اعتبار همگرا (AVE)	قابلیت اطمینان ترکیبی (CR)
خوشخوراکی	۰/۷۵	۰/۷۶
فرم رویشی	۰/۸۴	۰/۷۷
فرم زیستی	۰/۸۲	۰/۷۴
طول عمر برگ	۰/۸۴	۰/۸۸
طول عمر	۰/۷۶	۰/۸۲
تنوع گونه‌ای	۰/۸۳	۰/۸۱



شکل ۴. بررسی تأثیر صفتهای عملکردی گیاه بر تنوع گونه‌ای در سایت مدیریت نشده با مدل سازی معادلات ساختاری



شکل ۵. مجموع تأثیر استاندارد شده صفتهای عملکردی گیاهان بر تنوع گونه‌ها در سایت مدیریت نشده. فرم زیستی، خوشخوراکی داری تأثیر مثبت و طول عمر گیاه و طول عمر برگ دارای تأثیر منفی هستند. اثر فرم رویشی معنی دار نبوده است

مقدار اعتبار همگرا (AVE) و قابلیت اطمینان ترکیبی (CR) برای اجزای مدل معادلات ساختاری (SEM) به منظور بررسی ارتباط تیپ‌های عملکردی و تنوع با نقش واسطه‌گری آنغوزه در منطقه مدیریت شده برآورد شد (جدول ۵). تمام اجزای مدل دارای اعتبار همگرا (AVE) و قابلیت اطمینان ترکیبی (CR) به ترتیب بیشتر از ۰/۵ و ۰/۷ بودند که نمایانگر اعتبار و پایایی مدل ارائه شده است. ارتباط تیپ‌های عملکردی و تنوع گونه‌ای با نقش واسطه‌گری آنغوزه در منطقه مدیریت شده بررسی شد (شکل ۸). ارتباط غیرمستقیم از طریق آنغوزه برای تیپ عملکردی فرم رویشی معنی دار بود (جدول ۵) ($p < 0.05$) و ارتباط غیرمستقیم آنغوزه برای دیگر تیپ‌های عملکردی غیرمعنی‌داری بود ($p > 0.05$). در مجموع تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم از طریق آنغوزه، فرم

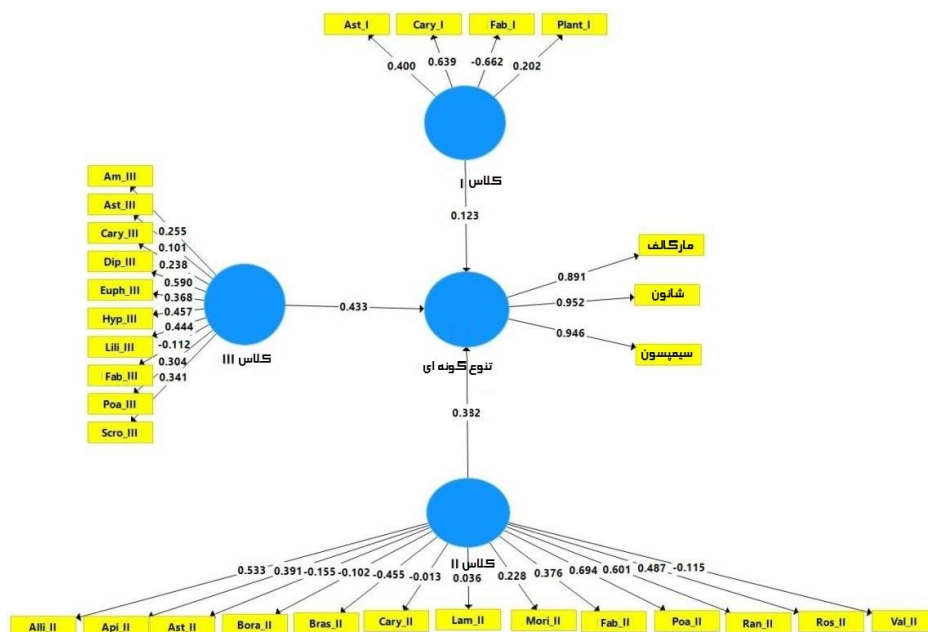
مقادیر اعتبار همگرا (AVE) و قابلیت اطمینان ترکیبی (CR) برای اجزای مدل معادلات ساختاری (SEM) به منظور بررسی ارتباط طبقه‌های خوشخوراکی و تنوع گونه‌ای برآورد شد (جدول ۴). تمام اجزای مدل دارای اعتبار همگرا (AVE) بیشتر از ۰/۵ و قابلیت اطمینان ترکیبی (CR) بیشتر از ۰/۷ بودند که نمایانگر اعتبار و پایایی مدل ارائه شده است. ارتباط طبقه‌های خوشخوراکی و تنوع گونه‌ای در منطقه مدیریت نشده بررسی شد (شکل ۶). طبقه سه خوشخوراکی بیشترین تأثیر را بر تنوع گونه‌ای داشت (شکل ۵) ($p < 0.01$). طبقه دوم خوشخوراکی بر تنوع گونه‌ای تأثیر داشت ($p < 0.05$) و طبقه اول خوشخوراکی تأثیر معنی‌داری بر تنوع گونه‌ای نداشت ($p > 0.05$).

که بیانگر نقش واسطه‌گری جزئی آنگوزه در ارتباط بین تیپ‌های عملکردی گیاهان و تنوع گونه‌ای بود. مقادیر اعتبار همگرا (AVE) و قابلیت اطمینان ترکیبی (CR) برای اجزای مدل معادلات ساختاری (SEM) به منظور بررسی ارتباط فرم‌های رویشی و تنوع گونه‌ای با نقش واسطه‌گری آنگوزه در منطقه مدیریت‌شده برآورد شد (جدول ۷).

رویشی بیشترین تأثیر را بر تنوع گونه‌ای داشت (جدول ۶) ($p < 0.001$). فرم زیستی ($p < 0.01$) و خوشخوراکی ($p < 0.05$) بر تنوع گونه‌ای تأثیر داشتند طول عمر و طول عمر برگ تأثیر معنی‌داری بر تنوع گونه‌ای نداشت ($p > 0.05$). VAF برای نقش واسطه‌گری آنگوزه در ارتباط بین تیپ‌های عملکردی گیاهان در ارتباط تنوع زیستی ۰/۳۷ به دست آمد

جدول ۴. قابلیت اطمینان ترکیبی و اعتبار همگرا برای طبقه‌های خوشخوراکی و تنوع گونه‌ای در مکان‌های مدیریت نشده

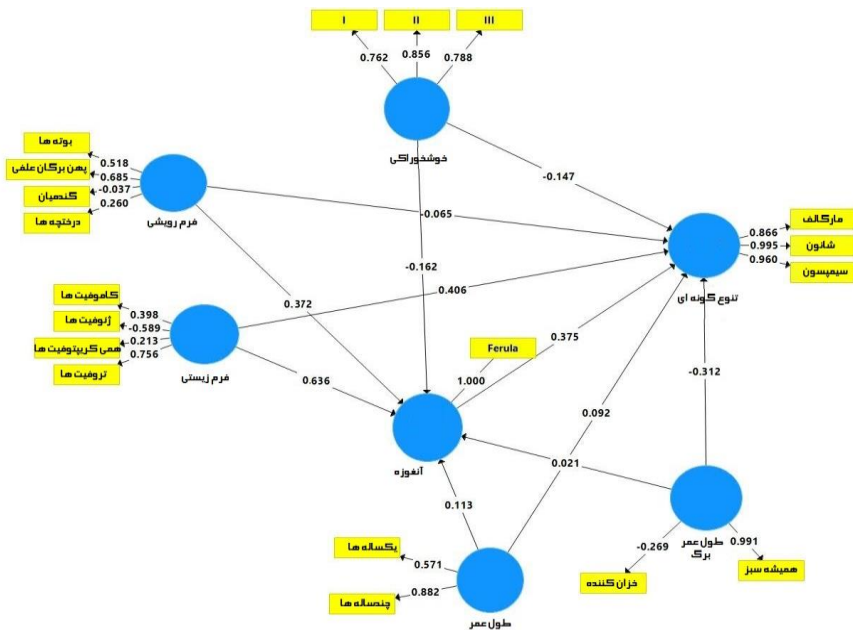
ویژگی	اعتبار همگرا (AVE)	قابلیت اطمینان ترکیبی (CR)
طبقه خوشخوراکی اول	۰/۸۵	۰/۸۲
طبقه خوشخوراکی دوم	۰/۷۲	۰/۷۸
طبقه خوشخوراکی سوم	۰/۸۵	۰/۸۳
تنوع گونه‌ای	۰/۸۱	۰/۸۳



شکل ۶. بررسی تأثیر طبقه‌های خوش‌خوراکی بر تنوع گونه‌ها در مکان مدیریت‌نشده با مدل‌سازی معادلات ساختاری

جدول ۵. قابلیت اطمینان ترکیبی (CR) و اعتبار همگرا (AVE) برای صفات‌های عملکردی و تنوع گونه‌ای در مکان‌های مدیریت‌شده

ویژگی	اعتبار همگرا (AVE)	قابلیت اطمینان ترکیبی (CR)
خوشخوراکی	۰/۶۱	۰/۸۴
شکل رویشی	۰/۷۵	۰/۷۲
شکل زیستی	۰/۶۶	۰/۸۰
طول عمر برگ	۰/۶۲	۰/۷۸
طول عمر	۰/۷۵	۰/۷۵
آنگوزه	۰/۸۹	۰/۹۲
تنوع گونه‌ای	۰/۷۸	۰/۷۴



شکل ۸. بررسی اثرات چند متغیره صفتهای عملکردی گیاه بر تنوع گونه‌ای در مکان مدیریت‌شده با مدل‌سازی معادلات ساختاری

جدول ۶. اثرات مستقیم، غیرمستقیم و استاندارد شده صفتهای عملکردی و تنوع گونه‌ای در مکان مدیریت‌شده

تأثیر	مسیر به ارزش بصری منظر	پیش‌بینی کننده
- ۰/۱۴۷	مستقیم	
- ۰/۱۰۳	غیرمستقیم	خوشخواری
۰/۲۵۰*	کل	
۰/۴۰۶**	مستقیم	
۰/۲۹۲*	غیرمستقیم	شکل رویشی
۰/۶۹۸**	کل	
- ۰/۳۱۲**	مستقیم	
۰/۱۲۳	غیرمستقیم	شکل زیستی
- ۰/۴۳۵**	کل	
- ۰/۰۶۵	مستقیم	
۰/۰۱۱	غیرمستقیم	طول عمر برگ
۰/۰۷۶	کل	
۰/۰۹۲	مستقیم	
۰/۰۸۳	غیرمستقیم	طول عمر
۰/۱۷۵	کل	
۰/۳۷۵**	کل	آنگوزه

*اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵؛ **اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱؛ ***اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۰۱

جدول ۷. قابلیت اطمینان ترکیبی (CR) و اعتبار همگرا (AVE) برای اشکال زیستی و تنوع گونه‌ای در مکان مدیریت‌شده

قابلیت اطمینان ترکیبی (CR)	اعتبار همگرا (AVE)	ویژگی
۰/۸۰	۰/۸۶	کاموفیت
۰/۸۴	۰/۷۵	تروفیت
۰/۷۶	۰/۷۵	ژئوفیت
۰/۷۳	۰/۸۱	همی کریپتوفیت‌ها
۰/۸۴	۰/۸۶	آنگوزه
۰/۸۵	۰/۸۸	تنوع گونه‌ای

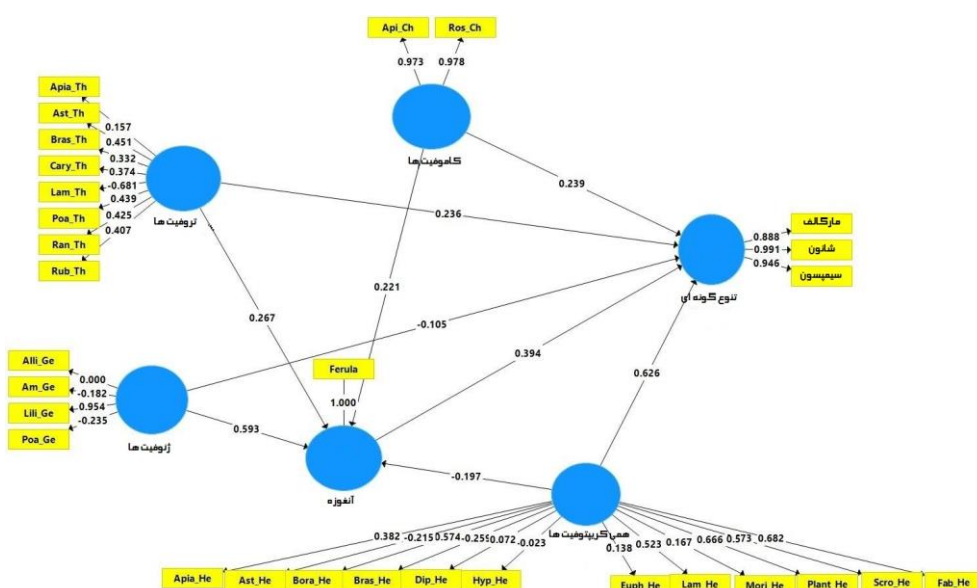
داشتند. آماره شمول واریانس (VAF) برای نقش واسطه‌گری آنگوزه در ارتباط بین فرم‌های رویشی در ارتباط تنوع زیستی ۰/۳ به دست آمد که بیانگر نقش واسطه‌گری جزئی آنگوزه در ارتباط بین فرم‌های رویشی و تنوع گونه‌ای بود.

■ بحث و نتیجه‌گیری

تأثیر توسعه گونه آنگوزه بر تنوع گونه‌ای

مدل معادلات ساختاری برای درک رابطه بین تنوع زیستی و عملکرد بوم‌سازگان تحت مداخلات انسانی مفید است (۵۸).

تمام اجزای مدل دارای اعتبار همگرا (AVE) و قابلیت اطمینان ترکیبی (CR) به ترتیب بیشتر از ۰/۵ و ۰/۷ بودند که نمایانگر اعتبار و پایایی مدل ارائه شده است. ارتباط فرم‌های رویشی و تنوع گونه‌ای با نقش واسطه‌گری آنگوزه در منطقه مدیریت‌شده بررسی شد (شکل ۹). در مجموع تأثیر مستقیم و غیرمستقیم از طریق آنگوزه کریپتوفیت‌ها بیشترین تأثیر را بر تنوع گونه‌ای داشت (جدول ۸) ($p < 0.001$). به ترتیب تروفیت‌ها ($p < 0.01$)، ژئوفیت‌ها ($p < 0.01$) و کاموفیت‌ها ($p < 0.05$) نیز بر تنوع گونه‌ای تأثیر



شکل ۹. بررسی تأثیرات چند متغیره اشکال حیات بر تنوع گونه‌ای در مکان مدیریت‌شده با مدل‌سازی معادلات ساختاری

جدول ۸. اثرات مستقیم، غیرمستقیم و استاندارد شده کل صفت‌های عملکردی و تنوع گونه‌ای در مکان مدیریت‌شده بر اساس

مدل‌های معادلات ساختاری

تأثیر	مسیر به ارزش بصری منظر	پیش‌بینی کننده
- ۰/۱۰۵	مستقیم	
۰/۲۵۲	غیرمستقیم	ژئوفیت
۰/۳۵۷**	کل	
۰/۲۳۶*	مستقیم	
۰/۱۵۷	غیرمستقیم	تروفیت
۰/۳۹۳**	کل	
۰/۶۲۶**	مستقیم	
- ۰/۱۰۳	غیرمستقیم	همی کریپتوفیت‌ها
۰/۷۲۹***	کل	
۰/۲۳۹*	مستقیم	
۰/۰۱۱	غیرمستقیم	کاموفیت
۰/۲۵۰*	کل	
۰/۳۹۴**	کل	آنگوزه

*اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۵؛ **اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۱؛ ***اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱

مناطق خشک و نیمه‌خشک که دارای محدودیت اصلاح هستند، تأثیر گونه‌های کشت‌شده بر ترکیب گیاهی بیشتر مورد توجه است؛ زیرا با توسعه یک گونه باید شاهد تغییر ترکیب گیاهی حال حاضر و حتی در دو یا سه دهه‌های آینده بود (۵۳).

تأثیر توسعه گونه آنگوزه بر خصوصیات عملکردی گیاهان

در منطقه تخریب یافته، خوشخوراکی گونه‌ها مهم‌ترین تیپ عملکردی گیاهان در ارتباط با تنوع گونه‌ای بود. دام‌ها معمولاً انتخاب‌گر هستند و گونه‌های خوشخوراک معمولاً به تکرار چرا می‌شوند که در نتیجه در رقابت با گونه‌های دیگر ضعیف شده و شرایط برای توسعه گونه‌های مهاجم و غیر خوشخوراک بیشتر می‌شود. یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که گیاهان طبقه سه خوشخوراکی بیشترین اهمیت را در تنوع گونه‌های گیاهی دارند. محققان در بررسی گزارش دادند که گیاهان با خوشخوراکی کم زیر تأثیر چرا شدید در ترکیب گیاهی توسعه می‌یابند (۵۰). مهم‌ترین گونه غیر خوشخوراک که در تنوع بیشترین تأثیر را داشت نیز گونه مهاجم و یک‌ساله مانند *Bromus tectorum* L. بود. گونه *B. tectorum* ارزش غذایی بسیار پایینی دارد. در شرایط تخریب جوانه‌زنی بذری بومی به‌طور کلی غیرقابل‌پیش‌بینی است و گیاهان مهاجم در منطقه توسعه‌یافته‌اند. در بررسی، محققان گزارش دادند برخی از گونه‌های گیاهی که دام از آن‌ها دوری می‌کردند در مرتع افزایش یافتند که نشان‌دهنده خطر بالقوه تغییر ترکیب علفزارها به سمت وضعیت‌های بارزش علوفه پایین است (۱۰). در منطقه تخریب یافته که معمولاً منابع غذایی کاهش می‌یابد، گونه‌های گیاهی استراتژی محافظه‌کارانه را برای بهبود توانایی‌های رقابتی خود تحت نوسانات محیطی را انتخاب می‌کنند. استراتژی محافظه‌کارانه گونه‌ها از طریق کاهش سطح برگ و کاهش محتوای نیتروژن است (۴۲) که موجب کاهش گیاهان خوشخوراک می‌شوند. البته مهم‌ترین ویژگی‌های گیاهی دیگری مانند ارتفاع نیز در ارتباط با چرا دام گزارش شده‌اند (۶۱)؛ زیرا واکنش‌های ویژگی عملکردی به چرا نه‌تنها با در دسترس بودن منابع تعیین می‌شود، بلکه به گونه‌های گیاهی یا هویت گروه

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که در منطقه تخریب یافته فشار چرای شدید سبب کاهش تنوع گونه‌ای و غنای گونه‌ای شده است. در همین راستا برخی محققان اظهار داشتند که تنوع گونه‌ای در منطقه با چرای شدید کاهش یافته است (۵۳). اگرچه بررسی‌ها نشان می‌دهد افزایش تنوع گونه‌ای در چمنزارهای کوهستانی اتفاق افتاده است (۵۹)؛ زیرا در آن مناطق چرای دام با کاهش ارتفاع گیاهان فضا را برای توسعه گونه‌های دیگر فراهم می‌کند (۲۰)؛ اما در بوته‌زارها دام‌ها با خوردن گونه‌های خوشخوراک، تنوع گونه‌ای را کاهش می‌دهند (۲۳). در این مناطق، چرای طولانی‌مدت، موجب افزایش لگدکوبی خاک و با کاهش تبدیل زیتوده گیاهان به مواد آلی خاک میزان مواد غذایی خاک را به شدت کاهش می‌دهد (۵۴). تشدید کمبود مواد غذایی مانعی جدی برای توسعه گیاهان در جوامع گیاهی می‌شود. همچنین گزارش شده است که چرای دام در مناطقی با تولید زیاد موجب افزایش غنا گونه-ای می‌شوند اما در مناطقی که توانایی تولید کم است چرای دام موجب کاهش غنای گونه‌ای شده است (۳۳). علت کاهش غنای گونه‌ای در این مناطق می‌تواند، عدم امکان رویش گیاهان خوشخوراک از بانک بذر خاک و یا از اندام‌های رویشی باشد (۴۷). برخی از گونه‌ها مانند *Euphorbia spp.* به مناطق چرا شده محدود شدند. این گونه‌ها غیرخوشخوراک یا سمی هستند که شاخصی برای مناطق با شدت چرای زیاد محسوب می‌شوند (۳۸).

با توسعه گونه آنگوزه در مرتع تخریب یافته تنوع گونه‌ای به‌طور معنی‌داری ارتقا یافته است. یافته‌های مطالعه‌ای نشان داد که اصلاح بوم‌سازگان سبب ارتقا غنا و تنوع گونه‌ای شده است (۴۰). نتایج بررسی نشان داد که اصلاح سطح سیمای سرزمین، تنوع جامعه گیاهی و زیستگاه حیات‌وحش را در بوم‌سازگان‌ها پس از معدن‌کاوی بهبود داده است (۱۵). توسعه گونه آنگوزه همراه با فرق ده‌ساله، شرایط را برای رشد گونه‌های آسیب‌دیده فراهم کرده و در نتیجه تنوع گونه‌ای را بهبود دادند. پس از کاشت، بسیاری از گونه‌های جدید دیگر ممکن است از طریق بذرهایی که از بوم‌سازگان‌های اطراف می‌آیند به جامعه اضافه شوند (۱۱، ۳۲). لذا ترکیب گیاهی پس از کاشت گونه‌ها تغییر می‌کند. در بوم‌سازگان‌های

گونه‌های مرغوب جایگزین گونه‌های مقاوم به چرا می‌شوند (۴۴، ۳۵). نتیجه بررسی نشان داد که در روند توالی ثانویه گونه‌های باارزشی مشاهده شد که بیانگر اهمیت کارهای مدیریتی هستند (۳۱).

یافته‌ها بیانگر این است که با توسعه گونه آنگوزه ارتباطات متقابل بین گونه‌ها، تحت تأثیر قرار گرفته‌اند. اگرچه تنوع گونه‌ای با کشت گونه آنگوزه ارتقا یافته است؛ اما تنوع گونه‌ای به‌تنهایی بیانگر موفقیت اصلاح بوم‌سازگان‌ها نیست. ارتقا گونه‌های باارزش در ارتباط با تنوع گونه‌ای روشی بود که برای شناخت موفقیت برنامه اصلاح در این مطالعه استفاده شد. بهره‌گیری از معادلات ساختاری امکان مطالعه گونه‌های انفرادی مهم در تنوع گونه‌ای را با نقش واسطه‌گری گونه‌ها آنگوزه را امکان‌پذیر کرد. یافته‌های ما نشان داد که آنگوزه نقش واسطه‌گری جزئی در ارتباط تیپ‌های عملگری گیاهان و تنوع گونه‌ای داشت. قرق همراه با توسعه آنگوزه موجب توسعه گونه‌های باارزشی در تنوع گونه‌ای شده بود؛ بنابراین هر دو تنوع گونه‌ای و تیپ‌های عملگری گیاهان در ارتباط با آن بیانگر موفقیت‌آمیز بودن کاشت گونه آنگوزه برای اصلاح مراتع نیمه‌استپی است. روش ارائه شده در این بررسی به مدیران این امکان را می‌دهد که نقش واسطه‌گری گونه‌های توسعه‌یافته در عملیات اصلاح را بر ارتباط گونه‌ها با تنوع گونه‌ای را فراهم کند.

■ سپاسگزاری

پژوهش حاضر با همکاری دانشگاه فسا انجام شد، بدین وسیله نویسندگان مقاله از دانشگاه فسا برای حمایت‌های لازم تقدیر و تشکر می‌نمایند.

■ References

- Asadi, N., Bahmani, M., Shahsavari, S. & Asadi-Samani, M. (2017). Identification and introduction of the medicinal plants used by Honey bees in Markazi Province. *International Journal of Pharmaceutical and Phytopharmacological Research*. 7(2), 15–18.
- Azeria, E.T., Santal, K., McIntosh, A.C.S. & Aubin, I. (2020). Plant traits as indicators of recovery of reclaimed wellsites in forested areas: Slow but directional succession trajectory. *Forest Ecology and Management*. 468, 118180. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118180>
- Binkenstein, J. & Schaefer, H.M. (2015). Flower colours in temperate forest and grassland habitats: a comparative study. *Arthropod-Plant Interactions*. 9(3), 289–299. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11829-015-9369-9>

عملکردی نیز بستگی دارد (۲۹، ۵۵). در مطالعه‌ای گزارش شد که تیپ‌های عملکردی در پاسخ به چرا تحت تأثیر عوامل محیطی تغییر می‌کنند (۶۱).

یافته‌ها نشان داد که با توسعه گونه آنگوزه در مکان‌های مدیریت‌شده، اهمیت تیپ‌های عملکردی گیاهان نیز تغییر کرده است. طی عمل اصلاح و ارتقا ارقام بومی فرصت حمله گونه‌های غیربومی به مناطق آشفته را کاهش می‌دهند (۶). بعد از اصلاح بوم‌سازگان فرم‌های رویشی تیپ عملکردی گیاهان در ارتباط با تنوع زیستی بودند. در بررسی، فرم رویشی به‌عنوان سریع‌ترین ویژگی گیاهان بود که به اصلاح گراسلندها پاسخ داده بود (۲۴). در بین فرم‌های رویشی همی کریپتوفیت‌ها بیشترین نقش را در تنوع گونه‌ای داشتند. بر اساس مطالعات گذشته قسمت‌های هوایی گیاه بیشتر از قسمت‌های زیرزمینی تحت تأثیر چرای دام قرار می‌گیرند (۵۱). لذا در منطقه تخریب یافته فرم‌های رویشی مانند هموکریپتوفیت‌ها که در منطقه تحت چرا کاهش یافته، با اصلاح بوم‌سازگان‌ها این گیاهان فرصت توسعه پیدا می‌کنند. از بین خانواده‌های همی کریپتوفیت، دو خانواده بقولات و بارهنگ که دارای گونه‌های باارزشی هستند بیشترین نقش را داشتند. لگوم‌ها از گونه‌های مهم بوم‌سازگان‌های خشکی هستند که با ارتقا نیتروژن خاک در بهبود تولید بوم‌سازگان‌ها نقش مهمی را بازی می‌کنند (۱۸). بررسی‌های گذشته نشان می‌دهد که لگوم‌ها با بهبود خاک‌های مناطق خشک شرایط را برای استقرار جوامع گیاهی بهبود بخشیده و تنوع گونه‌ای را ارتقا می‌دهند (۱۶). بعد از مدیریت بوم‌سازگان، گونه‌های باارزش بیشترین اهمیت را در تنوع گونه‌ای دارند که بیانگر ارزش کاشت با گونه آنگوزه در مراتع نیمه‌خشک است یافته‌های گذشته بیانگر این است که با قرق مراتع

4. Bonada, N., Doledec, S. & Statzner, B. (2007). Taxonomic and biological trait differences of stream macroinvertebrate communities between mediterranean and temperate regions: implications for future climatic scenarios. *Global Change Biology*. 13(8), 1658–1671. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2007.01375.x>
5. Bozzano, M., Jalonen, R., Thomas, E., Boshier, D., Gallo, L., Cavers, S., Bordacs, S., Smith, P. & Loo, J. (2014). *Genetic Considerations in Ecosystem Restoration Using Native Tree Species. State of the World's Forest Genetic Resources E Thematic Study*. FAO/Bioversity International 281
6. Braun, Ch., Troeger, D., Garcia, R., Aguayo, M., Barra, R. & Vogt, J. (2017). Assessing the impact of plantation forestry on plant biodiversity: A comparison of sites in Central Chile and Chilean Patagonia. *Global Ecology and Conservation*. 10, 159-172. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2017.03.006>
7. Canadell, J., Jackson, R., Ehleringer, J., Mooney, H.A., Sala, O. & Schulze, E.D. (1996). Maximum rooting depth of vegetation types at the global scale. *Oecologia*. 108(4), 583–503. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00329030>
8. Cheng, Zh., Cui, Z., Shi, J., Liu, Y., La Pierre, K.J. & Wu, G.L. (2021). Plant functional types drive differential responses of grassland ecosystem functions along a precipitation gradient. *Ecological Indicators*. 133, 108433. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108433>
9. Chu, Sh., Ouyang, J., Liao, D., Zhou, Y., Liu, S., Shen, D., Wei, X. & Zeng, Sh. (2019). Effects of enriched planting of native tree species on surface water flow, sediment, and nutrient losses in a *Eucalyptus* plantation forest in southern China. *Science of The Total Environment*. 675, 224-234. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.04.214>
10. Cingolani, A.M., Posse, G. & Collantes, M.B. (2005). Plant functional traits, herbivore selectivity and response to sheep grazing in Patagonian steppe grasslands. *Journal of Applied Ecology*. 42(1), 50–59. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2004.00978.x>
11. Corlett, T. (2016). Plant diversity in a changing world: Status, trends, and conservation needs. *Plant Diversity*. 38(1), 10-16. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pld.2016.01.001>
12. Cornelissen, J.H.C., Lavorel, S., Garnier, E., Díaz, S., Buchmann, N., Gurvich, D.E., Reich, P.B., ter Steege, H., Morgan, H.D., van der Heijden, M.G.A., Pausas, J.G. & Poorter, H. (2003). A handbook of protocols for standardized and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian journal of Botany*. 51(4), 335–380. DOI: <https://doi.org/10.1071/BT02124>
13. Damtew, A., Birhane, E., Messier, Ch., Paquette, A. & Muys, B. (2024). Shading and species diversity act as safety nets for seedling survival and vitality of native trees in dryland forests: Implications for restoration. *Forest Ecology and Management*. 552, 121559. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121559>
14. de Bello, F., Lavorel, S., Gerhold, P., Reier, U. & Pärtel, M. (2010). A biodiversity monitoring framework for practical conservation of grasslands and shrublands. *Biological Conservation*. 143(1), 9–17. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.04.022>
15. Fleisher, K.R. & Hufford, K.M. (2020). Assessing habitat heterogeneity and vegetation outcomes of geomorphic and traditional linear-slope methods in post-mine reclamation. *Journal of Environmental Management*. 255, 109854. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109854>
16. García-Sánchez, R., Camargo-Ricalde, S.R., García-Moya1, E., Luna-Cavazos1, M., Romero-Manzanares1, A. & Montaña, N.M. (2012). *Prosopis laevigata* and *Mimosa biuncifera* (Leguminosae), jointly influence plant diversity and soil fertility of a Mexican semiarid ecosystem. *Revista de Biología Tropical*. 60(1), 87-103.

17. Golivets, M., Knapp, S., Essl, F., Lenzner, B., Latombe, G., Leung, B. & Kühn, I. (2024). Future changes in key plant traits across Central Europe vary with biogeographical status, woodiness, and habitat type. *Science of The Total Environment*. 907, 167954. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167954>
18. Gou, X., Reich, P.B., Qiu, L., Shao, M., Wei, G., Wang, J. & Wei, X. (2023). Leguminous plants significantly increase soil nitrogen cycling across global climates and ecosystem types. *Global Change Biology*. 29, 4028-4043. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.16742>
19. Jiang, M., Lan, Sh., Peng, M. & Wang, Zh. (2023a). The diversity of *Ferula* species and environmental factors on metabolite composition using untargeted metabolomics. *Food Bioscience*. 56, 103075. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.103075>
20. Jiang, Sh., Zhang, J., Tang, Y., Li, Zh., Liu, H., Wang, L., Wu, Y. & Liang, C. (2023b). Plant functional traits and biodiversity can reveal the response of ecosystem functions to grazing. *Science of The Total Environment*. 899, 165636. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165636>
21. Jin, H., Xu, J., Peng, Y., Xin, J., Peng, N., Li, Y., Huang, J., Zhang, R., Li, Ch., Wu, Y., Gong, B. & Wang, R. (2023). Impacts of landscape patterns on plant species diversity at a global scale. *Science of the Total Environment*. 896, 165193. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165193>
22. Jolliffe, I.T. & Cadima, G. (2016). Principal component analysis: a review and recent developments. *Philosophical transactions of the royal society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 374(2065), 20150202. DOI: <https://doi.org/10.1098/rsta.2015.0202>
23. Karami, P., Bandak, I., Gorgin Karaji, M. & Dragovich, D. (2021). Effects of seasonal grazing and annual mowing on floristic composition and plant diversity in the Saral rangeland, Kurdistan, Iran. *Global Ecology and Conservation*, 27(1), e01515. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01515>
24. Krickl, P. & Poschlod, P. (2023). Calcareous grassland restored by clearance and subsequent sheep grazing show fast recovery of plant functional traits – Results from a 25-year-long experiment. *Global Ecology and Conservation*. 45, e02509. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2023.e02509>
25. Larigauderie, A. & Mooney, H.A. (2010). The Intergovernmental science-policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services: moving a step closer to an IPCC-like mechanism for biodiversity. *Current opinion in environmental sustainability*. 2(1), 9–14. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2010.02.006>
26. Litvaitis, J.A., Sherburne, J.A. & Bissonette, J.A. (1985). Influence of understory characteristics on snowshoe hare habitat use and density. *The journal of wildlife management*. 49(4), 866–873. DOI: <http://dx.doi.org/10.1644/10-MAMM-A-095.1>
27. Magurran, A.E. (1998). *Ecological Diversity and Its Measurement*. Springer Dordrecht.
28. Magurran, A.E. (2004). *Measuring biological diversity*. Blackwell Sci, Victoria, United Kingdom.
29. McLaren, J.R. & Turkington, R. (2010). Ecosystem properties determined by plant functional group identity. *Journal of Ecology*. 98(2), 459–469. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2009.01630.x>
30. Mitchell, R.J., Auld, M.H.D., Le Duc, M.G. & Marrs, R.H. (2000). Ecosystem stability and resilience: a review of their relevance for the conservation management of lowland heaths. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*. 3(2), 142-160. DOI: <https://doi.org/10.1078/1433-8319-00009>
31. Mo, X.X., Zhu, H., Zhang, Y.J., Ferry Slik, J.W. & Liu, J.X. (2011). Traditional forest management has limited impact on plant diversity and composition in a tropical seasonal rainforest in SW China. *Biological Conservation*. 144(6), 1832-1840. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.03.019>
32. Oliveira, I.R., Bouillet, J.P., Guillemot, J., Brandani, C.B., Bordron, B., Frayret, C.B., Laclau, J.P., Ferraz, A.V., Gonçalves, J.L.M. & le Maire, G. (2024). Changes in light use efficiency explains why diversity effect on biomass production is lower at high planting density in mixed-species plantations of *Eucalyptus grandis*

- and *Acacia mangium*. *Forest Ecology and Management*, 554, 121663. DOI: [https://doi.org/10.1016/j.-foreco.2023.121663](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121663)
33. Osem, Y., Perevolotsky, A. & Kigel, J. (2002). Grazing effect on diversity of annual plant communities in a semi-arid rangeland: Interactions with small-scale spatial and temporal variation in primary productivity. *Journal of Ecology*. 90(6), 936 – 946. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2745.2002.00730.x>
 34. Pfestorf, H., Wei, L., Müller, J., Bochc, S., Socher, S.A., Prati, D., Schöning, I., Weisser, W., Fischer, M. & Jeltsch, F. (2013). Community mean traits as additional indicators to monitor effects of land-use intensity on grassland plant diversity. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*. 15(1), 1-11. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2012.10.003>
 35. Pykala, J., Luoto, M., Heikkinen, R.K. & Kontula, T. (2005). Plant species richness and persistence of rare plants in abandoned semi-natural grasslands in northern Europe. *Basic and applied ecology*. 6(1), 25–33. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.baae.2004.10.002>
 36. Raunkiaer, C. (1934). *The life forms of plants and statistical plant geography*. Clarendon Press, Oxford.
 37. Rodrigues, R.R., Lima, R.A.F., Gandolfi, S. & Nave, A.G. (2009). On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. *Biological conservation*. 142(6), 1242-1251. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.12.008>
 38. Sharafatmandrad, M., Sepehry A. & Barani H. (2014). Plant Species and Functional Types' Diversity in Relation to Grazing in Arid and Semi-arid Rangelands, Khabr National Park, Iran. *Journal of Rangeland Science*. 4(3), 203-215.
 39. Singh, K. & Byun, Ch. (2023). Ecological restoration after management of invasive alien plants. *Ecological Engineering*. 197, 107122. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2023.107122>
 40. Soulodre, E.M.J., Dhar, A. & Naeth, M.A. (2022). Plant community development trends on mixed grass prairie well sites 5 years after reclamation. *Ecological Engineering*. 179, 106635. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2022.106635>
 41. Tallis, H., Ricketts, T., Guerry, A., Wood, S., Sharp, R., Nelson, E., Ennaanay, D., Wolny, S., Olwero, N., Vigerstol, K., Pennington, D., Mendoza, G., Aukema, J., Foster, J., Forrest, J., Cameron, D., Arkema, K., Lonsdorf, E., Kennedy, C., Verutes, G., Kim, C., Guannel, G., Papenfus, M., Toft, J., Marsik, M. & Bernhardt, J. (2011). *InVEST 2.2.2 User's Guide*. The Natural Capital Project, Stanford.
 42. Tecco, P.A., Diaz, S., Cabido, M. & Urcelay, C. (2010). Functional traits of alien plants across contrasting climatic and land-use regimes: do aliens join the locals or try harder than them? *Journal of Ecology*. 98(1), 17–27. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2009.01592.x>
 43. Thompson, B. (2000). Ten commandments of structural equation modeling. In L. Grimm & P. Yarnell (Eds.), *Reading and understanding more multivariate statistics* (pp. 261-284). Washington, DC: American Psychological Association.
 44. Tilman, D. & Lehman, C. (2001). Human-caused environmental change: impacts on plant diversity and evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 98(10), 5433–5440. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.091093198>
 45. Toopchi-Khosroshahi, Zh. & Lotfalizadeh, H. (2011). Identification of honey plants and their attractiveness to honey bee in Kandovan, Northwest of Iran. *Biharean Biologist*. 5(1), 36–41.
 46. Ullman, J. B. (2001). Structural equation modeling. In B. G. Tabachnick & L. S. Fidell (Eds.), *Using Multivariate Statistics* (4th ed.) (pp. 653-771). Needham Heights, MA: Allyn & Bacon.

47. Valone, T.J., Meyer M, Brown, J.H. & Chew, R.M. (2002). Timescale of perennial grass recovery in desertified arid grasslands following livestock removal. *Conservation Biology*. 16(4), 995–1002.
48. Vermunt, J. K., & Magidson, J. (2005). Structural equation models: Mixture models. In *Encyclopedia of statistics in behavioral science* (pp. 1922-1927). Chichester, UK: John Wiley & Sons.
49. Volis, S. (2016). Conservation-oriented restoration how to make it a success? *Israel Journal of Plant Sciences*. 63(4), 276-296. DOI: <https://doi.org/10.1080/07929978.2016.1255020>
50. Wan, H.W., Bai, Y.F., Hooper, D.U., Schonbach, P., Gierus, M., Schiborra, A. & Taube, F. (2015). Selective grazing and seasonal precipitation play key roles in shaping plant community structure of semi-arid grasslands. *Landscape ecology*. 30, 1767–1782. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10980-015-0252-y>
51. Wang, Ch., Li, X., Lu, X., Wang, Y. & Bai, Y. (2023a). Intraspecific trait variation governs grazing-induced shifts in plant community above- and below-ground functional trait composition. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 346, 108357. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108357>
52. Wang, J., Zhao, W., Xu, Z., Ding, J., Yan, Y. & Santos Ferreira, C.S. (2023b). Plant functional traits explain long-term differences in ecosystem services between artificial forests and natural grasslands. *Journal of Environmental Management*. 345, 118853. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118853>
53. Wang, X., Wang, Z., Miao, H., Zhang, Ch., Zou, H., Yang, Y., Zhang, Zh. & Liu, J. (2024). Appropriate livestock grazing alleviates the loss of plant diversity and maintains community resistance in alpine meadows. *Journal of Environmental Management*. 351, 119850. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119850>
54. Wang, Y.X., Hodgkinson, K.C., Hou, F.J., Wang, Z.F. & Chang, S.H. (2018). An evaluation of government-recommended stocking systems for sustaining pastoral businesses and ecosystems of the Alpine Meadows of the Qinghai-Tibetan Plateau. *Ecology and Evolution*. 8(8), 4252–4264. DOI: <https://doi.org/10.1002/ece3.3960>
55. Wardle, D.A., Lagerstrom, A. & Nilsson, M.C. (2008). Context dependent effects of plant species and functional group loss on vegetation invasibility across an island area gradient. *Journal of Ecology*. 96(6), 1174–1186. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2008.01437.x>
56. Wilson, J.B., Peet, R.K., Dengler, J. & Pärtel, M. (2012). Plant species richness: the world records. *Journal of vegetation Science*. 23(4), 796–802. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2012.01400.x>
57. Wong, M.R., Morgan, J.W., Wong, N.K. & Cavagnaro, T.R. (2015). The incorporation of fungal to bacterial ratios and plant ecosystem effect traits into a state-and-transition model of land-use change in semi-arid grasslands. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 201, 11-19. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.10.012>
58. Wu, J., Li, M., Fiedler, S., Ma, W., Wang, X., Zhang, X. & Tietjen, B. (2019). Impacts of grazing exclusion on productivity partitioning along regional plant diversity and climatic gradients in Tibetan alpine grasslands. *Journal of Environmental Management*. 231, 635-645. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.10.097>
59. Xiong, D.P., Shi, P.L., Sun, Y.L., Wu, J.S. & Zhang, X.Z. (2014). Effects of grazing exclusion on plant productivity and soil carbon, nitrogen storage in alpine meadows in northern Tibet. *China. Chinese geographical science*. 24, 488–498. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11769-014-0697-y>
60. Zargari, A. (1990). *Medicinal plants*. Tehran University, Publication, 4, 77-78. [In Persian]
61. Zheng, S., Li, W., Lan, Z., Ren, H. & Wang, K. (2015). Functional trait responses to grazing are mediated by soil moisture and plant functional group identity. *Scientific reports*. 5, 18163.

Investigating the Impact of Climate Change on Changes in The Cultivated Area of Selected Agricultural Products in Jiroft Plain

M. J. Mehdizadeh Rayen^{1*}, H. Mohammdi², S. Ziaee³, A. Azareh⁴

1. PhD Student, Department of Agriculture Economic, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Agriculture Economic, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran.
3. Associate Professor, Department of Agriculture Economic, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran.
4. Associate Professor, Department of Geography, Faculty of Literature and Human Sciences, Jiroft University, Jiroft, Iran.

* Corresponding Author: Javadmehdizadeh55@uoz.ac.ir

Received date: 11/02/2024

Accepted date: 08/04/2024

 [10.22034/JDMAL.2024.2022733.1454](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2022733.1454)

Extended Abstract

Introduction

Many human civilizations have collapsed due to the climate. Historical and geographical evidence demonstrates that the majority of significant and stable civilizations were established in specific geographical-climatic areas with suitable biological conditions. Human civilizations have faced serious damages and collapses due to unfavorable climatic conditions. The existence of most human civilizations can be attributed to climatic conditions, with historical and geographic evidence, especially the special environmental condition of the world in the current situation. Countries that deal with biological, economic, social, and even political issues may not give special importance to this issue. The climate conditions around the world are constantly changing, and there will be severe problems in different dimensions in the not-too-distant future. Their existence could even be threatened by economic problems they will face. The world's population increase and energy demand in today's industrial world also result in damage to the planet's climate and atmosphere, as well as the effects of natural disasters. The human burden has not been spared and has been affected by many fundamental changes, of which the phenomenon of climate change is one of the clear examples. The most important indicators of climate change are temperature and precipitation. The change of each of these factors causes climate variability, which also has consequences on people's lives. The increase in greenhouse gases and suspended particles in the atmosphere, along with variations in the earth's surface, are among the most apparent consequences, and the damage caused by the world's industrial activities and human societies in the past two centuries. Different economic sectors, such as agriculture, industry, tourism, water, and health, are affected by this phenomenon. Based on what has been stated, it can be concluded that climate change will definitely occur in Iran. The agricultural sector will



face significant challenges due to the occurrence of such things, given the climatic situation, hydrological characteristics, and limitations of the country's agricultural sector. It has created a unique climatic situation in Iran due to its location. The high-pressure rule in the subtropical zone causes the total amount of precipitation in Iran to be low.

Material and Methods

The LARS-WG model is a model that is utilized for exponential micro-scale GCM models. This model is a great choice for generating random weather data, which can be used to generate rainfall, radiation, and maximum and minimum daily temperatures at a station for both current and future climate. In order to model meteorological variables, the LARS-WG model uses a complex statistical distribution. Modeling is based on the length of dry and wet periods, daily precipitation and radiation series, and semi-empirical distribution. Climatic parameters such as minimum temperature, maximum temperature, precipitation, and solar radiation are inputs for the LARS-WG model, which are all in the daily time frame. In this model, temperature is not taken into account when modeling radiation, and the sundial can be utilized instead. From the semi-empirical distribution of the rainfall for the month in question, and without taking into account the wet series or the amount of precipitation from the previous day, the amount of precipitation for one day is calculated. In this model, the temperature is estimated using Fourier series. The daily minimum and maximum temperatures are modeled as random processes using the average and standard deviation of the daily standards, which depend on whether the day is wet or dry. The mean and standard deviation of the seasonal temperature are simulated using the third-order Fourier series. Residue values are determined by subtracting the average values from the observed values, and the minimum and maximum data are utilized in time autocorrelation analysis. Minimum temperature, maximum temperature, precipitation, and radiation are the outputs of this model. LARS-WG model data generation involves three stages: calibrating, evaluating, and creating meteorological data. In the next step, using LARS-WG models under RCP 2.6, 4.5, and 8.5 scenarios and the micro-scale exponential LARS-WG generating model of Jiroft City climate changes during the planting period of each crop in the periods of 2011-2045, 2065-2046, 2066-2079 and 2080-2099. In the final stage, a positive mathematical programming model was utilized to investigate the impact of climate change scenarios on Jiroft City's planting patterns using predicted climate change results. The cultivation pattern of Jiroft city today and the predicted effects of climate change parameters during the periods 2011-2045, 2046-2065, 2066-2079, and 2080-2099 are examined in this section. The current cultivation pattern will be discussed in the previous step. A positive mathematical programming model and GAMS25 software have been employed in this regard. Separate information about the area under cultivation, production, and performance of selected agricultural products, as well as the consumption of inputs, for the agricultural year 2021-2022 is presented in the table.

Discussion and Conclusion

The results indicate that the performance of selected products is significantly affected by the climatic parameters of temperature and precipitation. Also, by applying the forecast of climate variability in the cultivation pattern model of all selected crops in the periods 2011-2045, 2046-2065, 2066-2079 and 2080-2099 based on the noses of the HadCM3 model are affected by different climate scenarios. The improvement of agricultural productivity and climate change are both negative effects of this phenomenon. The findings of this investigation can be advantageous for agricultural planning and economic development in Hamadan province.

Keywords: Mathematical programming; Temperature; Precipitation; Simulation; Crop cultivation



بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر تغییرات سطح زیر کشت محصولات کشاورزی منتخب دشت جیرفت

محمدجواد مهدی‌زاده رایینی^{۱*}، حمید محمدی^۲، سامان ضیایی^۳، علی آذره^۴

۱. دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

۲. استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

۳. دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

۴. دانشیار گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران.

* نویسنده مسئول: Javadmehdizadeh55@uoz.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۱/۲۰

doi [10.22034/JDMAL.2024.2022733.1454](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2022733.1454)

چکیده

ارزش و ضرورت اقلیم به‌عنوان یکی از عامل‌های زیستی انسان هرگز به‌اندازه امروز در مسائل بزرگ و توسعه یافته اقتصادی و اجتماعی بیان نشده است و در حال حاضر همچنین تعداد زیادی از تصمیم‌گیران مسائل کلان اقتصادی و اجتماعی مخصوصاً در کشور ایران بسیار مؤثر هستند. در جهان کنونی تعداد زیادی از صاحب‌نظران مسائل سیاسی، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی تغییر اقلیم را یکی از مهم‌ترین و تأثیرگذارترین معضلات در عرصه‌ها و مراحل مختلف زندگی انسان قلمداد می‌کنند و پیش‌بینی می‌کنند که این موضوع به‌صورت فزاینده‌ای مشکلات مختلفی را به همراه خواهد داشت. تغییرات آب و هوایی تأثیر قابل توجهی بر تولید جهانی محصولات کشاورزی داشته است. بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر تولید محصولات کشاورزی برای اتخاذ تصمیمات پیشگیرانه برای بهبود کشاورزی بسیار مهم است. هدف پژوهش حاضر شبیه‌سازی الگوی کشت محصولات کشاورزی شهرستان جیرفت تحت تأثیر سناریوهای مختلف اقلیمی است. بدین منظور در آغاز با استفاده از روش‌های رگرسیونی تأثیر متغیرهای اقلیمی دما و بارندگی بر عملکرد محصولات منتخب در دوره ۱۹۹۱-۲۰۲۲ (۱۳۷۰-۱۴۰۱) بررسی شد. آنگاه با استفاده از مدل گردش عمومی HadCM3 تغییرپذیرهای اقلیم شهرستان جیرفت برای دوره‌های ۲۰۱۱-۲۰۴۵ (۱۳۸۹-۱۴۲۳)، ۲۰۴۶-۲۰۶۵ (۱۴۲۴-۱۴۴۳)، ۲۰۶۶-۲۰۷۹ (۱۴۴۴-۱۴۵۷) و ۲۰۸۰-۲۰۹۹ (۱۴۵۸-۱۴۷۷) پیش‌بینی شد. در پایان با به‌کارگیری رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی مثبت الگوی کشت منطقه شبیه‌سازی و اثرگذاری‌های تغییر اقلیم بر الگوی کشت در دوره‌های یادشده بررسی شد. نتایج نشان داد متغیرهای اقلیمی دما و بارش تأثیر معنی‌داری بر عملکرد محصولات منتخب دارد. همچنین با اعمال پیش‌بینی تغییرپذیری‌های اقلیم در مدل الگوی کشت همه محصولات منتخب در دوره‌های ۲۰۱۱-۲۰۴۵، ۲۰۴۶-۲۰۶۵، ۲۰۶۶-۲۰۷۹ و ۲۰۸۰-۲۰۹۹ بر اساس پیش‌بینی‌های مدل HadCM3 تحت تأثیر سناریوهای مختلف اقلیمی قرار می‌گیرند. با در نظر گرفتن تأثیرهای تغییر اقلیم و بهبود بهره‌وری محصولات کشاورزی می‌توان از اثرگذاری‌های سوء این پدیده فروکاست. نتایج پژوهش حاضر می‌تواند در برنامه‌ریزی کشاورزی و توسعه اقتصادی شهرستان جیرفت به‌کارگرفته شود.

واژگان کلیدی: برنامه‌ریزی ریاضی؛ دما؛ بارش؛ شبیه‌سازی؛ الگوی کشت

■ مقدمه

هیچ وقت ارزش اقلیم به عنوان یکی از عامل‌های مؤثر زیستی انسان‌ها را در بحث‌های گسترده اقتصادی-اجتماعی زیر تأثیر نداشتند است و لیکن در حال حاضر تعداد اندکی از صاحب نظران اقتصادی-اجتماعی، با ضرورت تأثیرگذار این مسئله آشنایی دارند. هم‌اکنون طبق اظهارات تعداد زیادی از کارشناسان مسائل سیاسی، اقتصادی، اجتماعی و محیطی که بیان می‌کنند یکی از مسائل ضروری و مؤثر در عرصه‌ها و مراحل مختلف زندگی جوامع بشری تغییر اقلیم است و پیش‌بینی می‌کنند این مسئله به‌طور افزایشی برای ملت‌های انسانی بر مبنای بافت اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی آن‌ها مشکلات و عوارض گوناگونی را به همراه می‌آورد (۱۶).

همچنین، بر اساس شواهد تاریخی-جغرافیایی، نمی‌توان منکر نقش‌آفرینی مؤثر اقلیم در تاریخ بشریت شد. اقلیم در سقوط بیشتر تمدن‌های انسانی نقش مؤثری داشته و حتی شواهد تاریخی-جغرافیایی بیان می‌دارند بیشتر تمدن‌های بزرگ و باثبات در مناطق جغرافیایی-اقلیمی ویژه‌الی تشکیل شده‌اند که وضعیت زیستی مناسبی دارند و همچنین شرایط نامناسب اقلیمی بعضی مواقع باعث آسیب‌های جدی به تمدن‌های انسانی شده و آن‌ها را به‌سوی فروپاشی کشانده است (۱۲).

با رشد روزافزون جمعیت جهان و نیاز جوامع بشری به انرژی و به‌کارگیری سایر انواع سوخت‌ها در دنیای صنعتی امروزه، مانند دیگر قسمت‌های این کره خاکی وضعیت آب و هوایی و جو زمین نیز از صدمات، آسیب‌ها و اثرات فاجعه‌بار بشر در امان نمانده است و گرفتار تغییرات زیاد و اساسی قرار گرفته است که پدیده تغییرات اقلیم از نمونه‌های بارز این تغییرات به شمار می‌رود. مهم‌ترین شاخص‌های تغییر اقلیم دما و بارش است که تغییر هر یک از آن‌ها عوامل موجب تغییرپذیری‌های آب و هوایی می‌شود که پیامد آن زندگی انسان‌ها را نیز تغییر می‌دهد (۹).

کم‌شدن بهره‌وری تولیدات کشاورزی، کاهش درآمد کشاورزان و درنهایت کاهش بهره‌وری اقتصادی از آثار گرمای زمین، قحطی، جاری شدن آب و تغییرات زیاد در

اوضاع آب‌وهوا می‌باشد، بنابراین تغییر اقلیم می‌تواند کشاورزی را که یک فعالیت اقتصادی است و یکی از اهداف آن تولید محصولات کشاورزی و تأمین غذا برای جمعیت در حال رشد در جهان و در نتیجه امنیت غذایی حال و آینده می‌باشد، می‌تواند این امنیت را با مشکلات و مسائل جدی مواجه نماید. زیان‌های مالی برگرفته از قحطی، سیل، تندبادها و طوفان‌ها تریلیون دلار می‌شود. بر مبنای ارزیابی‌های متخصصین مجمع جهانی اقتصاد، جهانی ۱/۵٪ تولید ناخالص داخلی و یا ۱/۲ تریلیون دلار هر ساله به علت کاهش رشد مرتبط با تأثیرات تغییرات اقلیمی در سطح جهانی را از دست داده است. به اعتقاد بسیاری از کارشناسان تا سال ۲۰۳۰ این شاخص‌ها دو برابر رشد خواهند کرد. لازم به ذکر است به اعتقاد کارشناسان ضررهای اقتصادی ۱۱٪ از تولید ناخالص داخلی برای دولت‌های ضعیف جهان پیش‌بینی شده است (۷).

با توجه به این‌که تغییرات اقلیمی یک امر مهم برای اوضاع مالی جهان می‌باشد، با این وجود، سنجش تأثیرگذاری مالی از تحولات آب‌وهوا با مشکلات گوناگونی روبرو است؛ که از جمله این مشکلات، بررسی مجموعه سازوکارهای مثبت و منفی می‌باشد که تحولات جوی به‌وسیله آن بر یافته‌های مالی تأثیر می‌گذارد و همچنین اگر این سازوکارها هم قابل تشخیص باشند، با مشکل کیفیت همکاری سازوکارهای مختلف جهت وصل به نتایج بزرگ روبرو می‌شوند (۱۴).

زیادشدن متوسط درجه حرارت به‌عنوان یک مشکل واقعی برای منطقه‌های خشک و کم‌بارش از جمله کشور ایران و به‌ویژه شهرستان جیرفت می‌باشد. هیئت بین‌دولتی تغییر اقلیم (IPCC)^۱ این موضوع را به‌عنوان یک مشکل محیط‌زیستی می‌داند و گمان می‌کند که تولید محصولات کشاورزی و به‌ویژه تولید محصول راهبردی غلات در کشور ایران تا ۹۰ سال آینده به مقدار قابل توجهی (۹۰٪) در مقایسه با سطح تولید کنونی کاهش خواهد یافت که از آن به‌عنوان یک نتیجه خطرناک یاد می‌شود (۸). کشور ایران در تقسیم‌بندی اقلیمی دنیا، جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک واقع شده است. یافته‌های پژوهش‌های هیئت

^۱ Intergovernmental Panel on Climate Change

تداوم یا مدت، بزرگی و اوج خشک‌سالی در دوره تاریخی در بخش زیادی از کشور بدون روند معنی‌دار است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که بخش‌های جنوبی کشور به‌ویژه استان‌های هرمزگان، بخش‌های شمال شرق و غرب استان خراسان رضوی، سیستان و بلوچستان، گلستان و آذربایجان بیشترین آسیب‌پذیری را از تغییر اقلیم خواهند داشت (۱۰). نتایج بررسی تأثیر گرمایش جهانی و تحولات اقلیمی بر پیشرفت مالی پژوهش مقطعی: استان‌های کشور ایران در طول دوره ۱۳۹۰-۱۳۸۰ نشان می‌دهد بخش‌های اقتصادی ایران متأثر از تغییرات اقلیمی هست و آن دسته از بخش‌هایی که رابطه زیاد و متقابلی با بخش کشاورزی دارد بیشتر تأثیر می‌پذیرند. همین‌طور یافته‌ها نشان می‌دهد که تحولات دما و بارش باران در کشور ایران طی سال‌های اخیر حاکی از روند نامناسب و نامطلوب این تغییرات است (۱۴). ارزیابی تأثیرهای اقتصادی دگرگونی‌های اقلیمی در زندگی ملل انسانی نشان می‌دهد که تغییرات اقلیمی به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم در زمینه‌های مختلفی مخصوصاً کشاورزی، گردشگری، انرژی، سلامتی انسان، بهره‌وری انسانی، اشتغال، رشد اقتصادی، زیاده‌شناسی، تنگدستی، زیاده‌شناسی مهاجرت و ... تأثیر مالی چشم‌گیری را بر ملل انسانی می‌گذارند. باین‌حال، تأثیر اوضاع مالی تحولات اقلیمی در سطح جهانی یکسان نخواهد بود. به عبارتی، از دید مالی، برای بعضی مناطق می‌توان تغییرات اقلیمی را مخصوصاً در محدوده اقتصاد جهانی و مناسبات اقتصادی، یک فرصت و مزیت اقتصادی محسوب شود و برعکس، تحولات اقلیمی برای بسیاری از مناطق و کشورهای پیشرفته در مناطق خشک و با گرمای زیاد، یک بحران و ورشکستگی جغرافیایی-اقتصادی به حساب می‌آید (۱۶). با توجه به آنچه بیان شد می‌توان به این نتیجه رسید که تغییر اقلیم به‌عنوان پدیده اجتناب‌ناپذیری در ایران خواهد بود و با توجه به اوضاع اقلیمی و کمبودهای قسمت کشاورزی کشور، برای بخش کشاورزی بسیار مبحث مهمی می‌باشد. چون به‌دلیل قراردادن کشور ایران در عرض میانه، اوضاع اقلیمی ویژه‌ای را، به وجود خواهد آورد. حدود ۳۵/۵٪ سرزمین‌های کشور ایران آب‌وهوای بسیار خشک دارد که ۲۹/۹٪ مناطق آب‌وهوای خشک دارد و ۲۰/۱٪ نیمه‌خشک است، ۵٪ آن مدیترانه‌ای است و ۱۰٪ آن

بین دول تغییر اقلیم (IPCC) در گزارش سال ۲۰۱۹ از این مسئله حکایت دارد که در کشور ایران سناریوهای تغییرات اقلیمی، با زیاد شدن متوسط دما تا 2°C در ۳۰ سال آینده همراه می‌باشد که در این صورت، بارش باران کاهش چشمگیر و محسوسی خواهد داشت. پیش‌بینی وضعیت اقلیمی ایران، بیانگر به وجود آمدن پدیده تغییر اقلیم در دهه‌های گذشته و ادامه این روند در آینده است (۱۲). بر اساس آمار و اطلاعات بانک مرکزی در سال ۱۳۹۷، سهم ۱۰٪ کشاورزی در ارزش افزوده کشور، حساسیت نسبت به تغییرپذیری در این بخش را دوچندان می‌کند. در شرایط کنونی بخش کشاورزی کشور با مشکلاتی مانند پایین بودن سطح بارندگی، بالا بودن میزان تبخیر و تعرق، کمبود آب در بخش کشاورزی و در نتیجه عدم تولید مناسب و بهینه محصولات کشاورزی روبه‌رو است، از این‌رو قرار گرفتن در وضعیتی که با زیاد شدن دما و کم شدن بارش باران همراه باشد، می‌تواند به میزان زیادی بخش کشاورزی کشور را با مشکل روبه‌رو سازد. می‌توان نتیجه گرفت که وقوع هرگونه تغییر احتمالی اقلیمی در آینده نه‌چندان دور، تولید محصولات در بخش کشاورزی را در سطوح متفاوت دچار تغییرات جدی نموده و موجب خواهد شد نظام‌هایی فعلی را که تحت شرایط اقلیمی کنونی و رایج تکامل یافته‌اند را به‌طور چشم‌گیری متحول سازد. آشکار است میزان این تأثیر از شدت تغییرات اقلیمی آینده متأثر خواهد بود. مقابله با این تغییرات و پیدا کردن راه‌حلی در راستای موافق بودن سیستم‌های کنونی تولید با این تغییرات، نیاز دارد شناخت همه‌جانبه و دقیق علل و عوامل به‌وجودآورنده این تغییرات و پیش‌بینی احتمال وقوع این تغییرات در آینده می‌باشد (۸). در پژوهشی، پژوهشگران مطالعه‌ای با عنوان تأثیر تغییر اقلیم بر پراکنش جغرافیایی گونه داروئی آویشن کوهی با نام علمی *Thymus kotschyanus* Boiss and Hohen با بهره‌گیری از مدل‌سازی ترکیبی انجام دادند. نتایج نشان می‌دهد که تغییر اقلیم محدوده پراکنش گونه را تغییر داده و به سمت ارتفاعات بالاتر در آینده جابجا خواهد کرد (۱۱). در پژوهشی دیگر، پژوهشگران مطالعه‌ای با عنوان تغییرات زمانی و مکانی خصوصیات خشک‌سالی هواشناسی در ایران زیر تأثیر سناریوهای تغییر اقلیم انجام دادند. نتایج نشان می‌دهد، روند مشخصه‌های شدت، زمان

کوهستانی می‌باشد. ارتفاع شهرستان جیرفت از سطح دریا ۶۸۰m می‌باشد. میانگین بارندگی این منطقه سالیانه حدود ۲۲۰mm و میانگین مقدار دمای سالیانه ۴۵°C ، بر مبنای سامانه (سیستم) اقلیمی دومارتن^۱ دارای اقلیمی گرم و خشک می‌باشد. بر اساس آمار و ارقام اداره جهاد کشاورزی جنوب کرمان، مناطق تحت کشت محصولات کشاورزی این قسمت در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در حدود ۱۵۴۵۸۱ha است. یکی از مدل‌هایی که برای ریزمقیاس نمایی مدل‌های GCM، مورد استفاده قرار می‌گیرد مدل LARS-WG است. این مدل یکی از بهترین مدل‌های مولد داده‌های تصادفی وضع هوا است که برای تولید مقادیر بارش باران، تابیدن نور خورشید، درجه حرارت‌های حداکثر و حداقل روزانه در یک ایستگاه برای اقلیم کنونی و آتی استفاده شده است. جهت مدل‌سازی متغیرهای هواشناسی توزیع‌های آماری پیچیده‌ای را مدل LARS-WG استفاده شد. مدت زمان دوره‌های خشک و تر، بارندگی هرروز و سری‌های تابش، توزیع نیمه‌تجربی اصل و که اساس این مدل برای مدل‌سازی است. پارامترهای اقلیمی کم‌ترین دما و بیشترین دما، بارندگی و تابش نور خورشید ورودی‌های مدل LARS-WG است که همه در قلمرو زمانی روزانه واقع است. در این نمونه تابش خورشید به‌طور جدا از درجه حرارت مدل شده است و به‌جای آن از ساعت آفتابی نیز می‌توان استفاده کرد. از توزیع نیمه تجربی بارش ماه مورد استفاده و جدای از سری‌های تر با اندازه بارندگی روز قبل، اندازه بارندگی یک روز تر اندازه‌گیری می‌شود. در این نمونه درجه حرارت را سری‌های فوریه اندازه‌گیری می‌کنند. به‌صورت جریان‌هایی تصادفی با میانگین و انحراف معیارهای روزانه که به وضعیت تر یا خشک بودن روز مورد نظر بستگی دارند، درجه حرارت‌های کمتر و بیشتر روزانه مدل‌سازی شده است. جهت شبیه‌سازی میانگین و انحراف معیار درجه حرارت فصلی سری فوریه مرتبه سوم استفاده شد. از تفریق مقادیر میانگین از مقدار مشاهده‌شده مقادیر مانده‌ها به دست آمدند، داده‌های کمتر و بیشتر در تحلیل خود همبستگی زمانی استفاده شد. کمترین دما، بیشترین دما، بارندگی و تابش خروجی‌های این مدل را شامل شد. کالیبره

مرطوب از نوع کوهستانی می‌باشد که این امر به علت توزیع نامتناسب بارندگی‌ها در ایران است. در نتیجه و با توجه به اینکه بالغ بر ۸۲٪ وسعت کشور در نواحی خشک و همچنین مناطق نیمه‌خشک قرار گرفته است، می‌توان گفت بخش کشاورزی همواره با کمبود بارندگی‌ها و خطرات وقوع خشک‌سالی روبه‌رو می‌باشد. برای تولید کشاورزی کشور این شرایط اقلیمی تنگناها و محدودیت‌های فراوانی را ایجاد کرده است که از بارزترین و مهم‌ترین این محدودیت‌ها فقدان منابع آبی روی زمینی و عمقی و زیاد شدن وقوع پدیده خشک‌سالی است، به‌طوری‌که می‌توان بیان نمود که خشک‌سالی پدیده‌ای است که در ایران به‌طور میانگین یک سال در میان با خسارت‌های فراوان اقتصادی و زیست‌محیطی روی می‌دهد (۱۶).

بنابراین پیش‌بینی تغییرات اقلیمی متناسب با مدل‌های روز دنیا و به‌کارگیری آن در شبیه‌سازی الگوهای کشت سازگار با وضعیت اقلیمی در دوره‌های آتی می‌تواند به‌عنوان یک قدم مهم و اساسی جهت برنامه‌ریزی در آینده در نظر گرفته شود؛ بنابراین وضعیت تغییر اقلیم در آینده تفاوت‌های محسوسی با وضعیت کنونی خواهد داشت و برنامه‌ریزی‌های کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت به‌عنوان راهبردی برای مدیریت این شرایط ضروری به نظر می‌آید. به علت اینکه کشاورزی رکن پایه در امنیت غذایی می‌باشد، هدف پژوهش حاضر، پیش‌بینی تغییرات اقلیم با به‌کارگیری مدل ریزمقیاس‌سازی LARS-WG و نتایج خروجی‌های مدل HadCM3 با در نظر گرفتن سناریوهای گوناگون و در پایان به‌کارگیری آن در شبیه‌سازی الگوی کشت محصولات کشاورزی شهرستان جیرفت است.

■ مواد و روش‌ها

در تحقیق حاضر مکانی که در مورد آن پژوهش انجام می‌شود، دشت جیرفت در طول جغرافیایی $۵۶^{\circ}۴۵'$ الی $۳۱^{\circ}۵۸'$ و عرض جغرافیایی $۲۸^{\circ}۱۰'$ الی $۲۹^{\circ}۲۰'$ قرار دارد و در فاصله ۲۲۵ km جنوب استان کرمان واقع شده است. این منطقه در ارتفاع ۷۲۰m از سطح دریا و در دره‌ای پهن گسترش یافته است و دارای موقعیتی دشتی و

¹ De Martonne

ایجاد داده‌های مصنوعی

پارامترهای هواشناسی بعد از کالیبره کردن و ارزیابی مدل، باید تولید شوند؛ بنابراین یک سناریوی تغییر اقلیم برای تولید داده‌های آب‌وهوای مصنوعی مورد نیاز است (۳). روشی که داده‌های اقلیمی را در ۳ دوره اول ۲۰۴۵-۲۰۱۱ (۱۳۸۹-۱۴۲۳)، دوره دوم سال‌های ۲۰۶۵-۲۰۴۶ (۱۴۲۴-۱۴۴۳) و دوره سوم ۲۰۹۹-۲۰۸۰ (۱۴۷۷-۱۴۵۸) میلادی ریزمقیاس و ایجاد می‌کند، آخرین نسخه مدل LARS-WG، یعنی مدل LARS-WG 5.5 است. در پژوهش حاضر دوره ۱۹۸۹-۲۰۱۰ (۱۳۶۷-۱۳۸۸) یک‌بار برای واسنجی مورد استفاده قرار گرفت و سپس کل این دوره ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۰ (۱۳۶۷-۱۳۸۸) برای صحت‌سنجی مدل در نظر گرفته شد و نتایج به‌دست‌آمده از روش با تعداد قابل‌رؤیت مقایسه و مدل ارزیابی شد. پس از سنجش شیوه سری زمانی روزانه متغیرهای دما و بارندگی محله برای بازه زمانی آینده شبیه‌سازی شد. در پایان از معیارهای خطای NSE، RMSE و R^2 به‌منظور ارزیابی مدل و سناریو استفاده گردید.

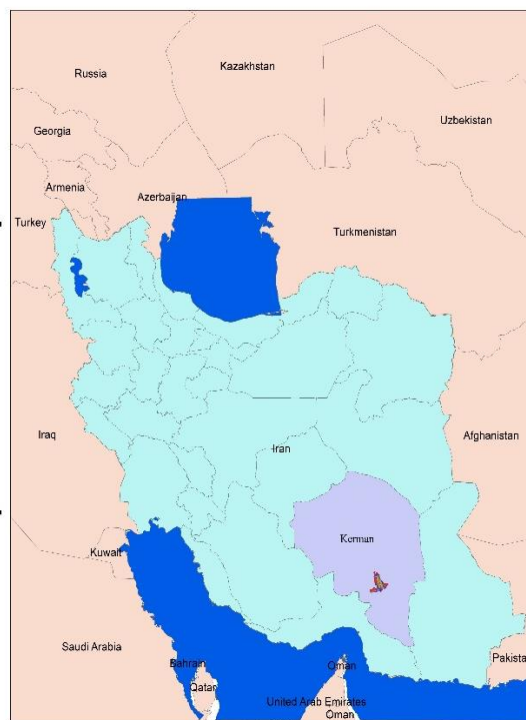
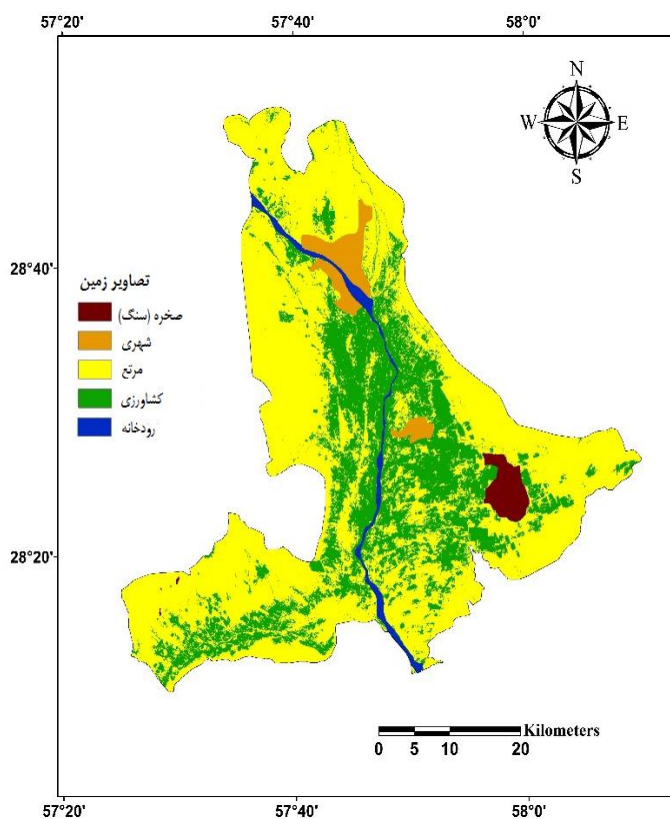
کردن، ارزیابی و به وجود آمدن داده‌های هواشناسی مراحل سه‌گانه تولید داده‌های مدل LARS-WG را به وجود آورده است (۱).

کالیبره کردن مدل

تمام پارامترهای لازم برای تولید داده‌های مصنوعی این مرحله را در بر می‌گیرد. LARS-WG میانگین بین داده‌های دیده‌بانی شده را برای مدل کردن بیشترین دما و کم‌ترین دما و تابیدن برای خودهمبستگی که عبارت است از فرایند تصادفی که وابستگی بین مقادیر فرایند در نقاط متفاوت زمانی را به‌عنوان تابع دو زمانه یا تفاضل زمانی تعریف می‌کند را استفاده می‌کند (۱۵).

ارزیابی مدل

تعیین اینکه مدل مورد نظر برای تولید داده‌های تصادفی در منطقه و مکان مورد مطالعه مناسب می‌باشد و یا نمی‌باشد، گام دوم در اجرای LARS-WG می‌باشد.



شکل ۱. موقعیت دشت جیرفت در جنوب ایران

$$R_m = \max[Z_{t,m}] - \min[Z_{t,m}] \quad (4)$$

R دامنه تعدیل شده، Z سری زمانی جدید.
 رابطه (۵) محاسبه انحراف معیار داده‌ها:

$$S_m = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_{i,m} - E_M)^2} \quad (5)$$

S انحراف معیار داده‌ها، X سری زمانی، E میانگین زیرسری‌ها.

رابطه (۶) محاسبه دامنه تجدید مقیاس شده:

$$R_m^d = \sum_{m=1}^d \frac{R_m}{S_m} \quad (6)$$

R دامنه تعدیل شده، S انحراف معیار داده‌ها.
 رابطه (۷) هرست رابطه زیر را تعریف کرد:

$$\frac{R_n}{S_n} = cn^H \quad (7)$$

cn^H شاخص هرست، R دامنه تعدیل شده، S انحراف معیار داده‌ها.

که در آن $\frac{R_n}{S_n}$ دامنه تجدید مقیاس شده، c عدد ثابت، n تعداد مشاهدات و H نمای هرست می‌باشد. لازم به ذکر است سری زمانی هر فرآیند، به الگوی زمانی مقادیر متغیر تصادفی اشاره دارد. پایداری یکی از ویژگی‌های سری زمانی است و اشاره به این دارد که وقایع آینده چگونه به رویدادهای گذشته وابسته است. نمای هرست، H معیاری از پایداری بلندمدت است.

در مرحله تحلیل رگرسیونی، با استفاده از روش حداقل مربعات معمولی^۳ (OLS)، روند تغییر و معنی‌داری هر یک از متغیرهای دما و بارندگی سالانه و تأثیرات آن‌ها بر میانگین عملکرد محصولات مورد مطالعه شهرستان جیرفت، با استفاده از بسته نرم‌افزاری Eviews10 بررسی شد. برای رفع مشکل خودهمبستگی رابطه ۱، از فرآیند خود رگرسیون مرتبه اول به‌کار گرفته شد. به این صورت که پیش‌بینی متغیر ملاک یا همان متغیر وابسته در زمان t یک نسبتی از

آزمون نمای هرست^۱

نمای هرست، با تعیین وابستگی دوربرد سری‌های زمانی، به بررسی تغییرات غیرخطی طولانی‌مدت در سری‌های زمانی می‌پردازد که می‌تواند به‌عنوان معیاری برای تمایز سری‌های تصادفی از آشوبناک استفاده شود. این آزمون توسط Harold Hurst (۱۹۵۱)، هیدرولوژیست بریتانیایی ارائه شد. وی نشان داد که اگر مقدار نمای هرست (H)، $0.5 < H < 1.5$ باشد، دلالت بر فرآیندی مستقل، کاملاً تصادفی، با حافظه بسیار طولانی و قابل پیش‌بینی دارد. اگر $0.5 < H < 1.5$ باشد، آن سری زمانی بی‌دوام و غیرقابل پیش‌بینی می‌باشد. برای محاسبه نمای هرست، هرست از روش دامنه تجدید مقیاس شده^۲ استفاده کرده است. این روش به این صورت است که سری زمانی X به طول N را به d سری زمانی کوتاه‌تر با طول $n = N/2, N/4, \dots$ تبدیل می‌شود. به‌نحوی که $N = d \times n$ باشد. برای هر کدام از این سری‌های زمانی $m = 1, 2, \dots, d$ به ترتیب روابط زیر عمل می‌شود:

رابطه (۱) محاسبه میانگین زیرسری‌های m:

$$E_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (1)$$

E میانگین زیرسری‌ها، X سری زمانی، n طول سری زمانی کوتاه‌تر.

رابطه (۲) محاسبه مقدار نرمال شده داده‌ها:

$$Y_{t,m} = X_{t,m} - E_{t,m}, t = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

Y مقدار نرمال شده داده‌ها، X سری زمانی، میانگین زیرسری‌ها.

رابطه (۳) محاسبه سری زمانی جدید:

Z سری زمانی جدید، Y مقدار نرمال شده داده‌ها

$$Z_{t,m} = \sum_{i=1}^t Y_{i,m}, t = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

رابطه (۴) محاسبه دامنه تعدیل شده:

³ Ordinary Least Squares

¹ Hurst Exponen

² Rescaled Range

وابسته به نحوه عکس‌العمل بهره‌برداران نسبت به سیاست اعمال شده می‌باشد. عکس‌العمل بهره‌برداران نیز وابسته به شرایط مزرعه، نگرش و ویژگی‌های فردی آن‌ها می‌باشد. امروزه این امر از طریق مدل PMP فراهم شده است (۲). به‌طور کلی روش PMP معرفی شده توسط هاویت از سه مرحله زیر پیروی می‌کند (۵):

(۱) صراحت روش برنامه‌ریزی خطی برای توجه کردن به کمبودهای کالیبراسیون؛

(۲) عملکرد مقادیرهای دوگان مرحله اول برای مشخص شدن پارامترهای تابع هدف غیرخطی؛

(۳) عملکرد پیرو هدف کالیبره شده در قالب یک روش برنامه‌ریزی غیرخطی جهت بررسی سیاست‌ها در مرحله اول، کمبودهای کالیبراسیون که سطح فعالیت‌ها را به سطوح رؤیت شده دوره پایه مقید می‌کند، به مجموعه کمبودهای منابع یک روش برنامه‌ریزی خطی اضافه می‌شوند.

در مجموع در طول سه مرحله صراحت روش برنامه‌ریزی خطی با مدنظر قرار دادن کمبودهای کالیبراسیون، عملکرد تعداد دوگان دوره نخست شناسایی پارامترهای تابع هدف غیرخطی دوره نخست، عملکرد تابع هدف کالیبره شده در چارچوب یک روش برنامه‌ریزی غیرخطی جهت بررسی سیاست‌ها از راه مدل PMP محاسبه می‌شود. برای تعیین الگوی بهینه کشت، مدل برنامه‌ریزی ریاضی مورد استفاده در پژوهش حاضر دارای شکل استاندارد زیر در حالت بیشینه‌سازی بازده ناخالص است.

$$\text{Maximize } Z = Px - dx - \frac{1}{2}xQx \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^n k_i x_i \leq T\text{Capital} \quad (10)$$

$$\sum_{i=1}^n x_i \leq T\text{Land} \quad (11)$$

$$\sum_{i=1}^n p_i x_i \leq T\text{Poison} \quad (12)$$

$$\sum_{i=1}^n f_i x_i \leq T\text{Fertilizer} \quad (13)$$

آن مقدار در زمان $t-1$ است. جهت تعیین شکل نهایی، در آغاز شکل‌های مختلف لگاریتمی، نیمه لگاریتمی، خطی درجه یک، درجه دو و درجه دو با اثرات متقابل متغیرها، برآورد شد و بنا بر نتایج به دست آمده از معیارهای موجود در مدل مانند R^2 تعدیل شده به تعیین شکل نهایی از بین شکل‌های بالا پرداخته و از نتایج مدل نهایی برای تفسیر معادله‌ها و ارتباط بین متغیرها استفاده شد (۱۳).

به‌طور کلی ساختار یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی خطی به صورت رابطه ۸ است:

$$\begin{aligned} \text{Maximize } Z &= \sum_{i=1}^n C_i X_i \\ \text{Subject to: } & \sum a_{ij} X_i \leq b_i \end{aligned} \quad (8)$$

که در آن Z تابع هدف، X_i متغیرهای تصمیم، C ضریب متغیر، a_{ij} ضریب فنی نهاده یک واحد سطح زیر کشت و b_i میزان نهاده آم در دسترس کشاورز است. امروزه مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی، ابزاری مهم در اقتصاد کشاورزی است. برای تحلیل سیاست‌های کشاورزی طیفی گسترده‌ای از مدل‌های برنامه‌ریزی وجود دارد. این مدل‌ها به سه دسته کلی مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی دستوری^۱ (NMP) یا مدل‌های بهینه‌سازی، مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی اقتصادسنجی^۲ (EMP) و مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) تقسیم‌بندی می‌شوند؛ که در ادامه به معرفی مدل PMP پرداخته شد. هدف اصلی مدل‌های PMP ایجاد تصویری به نسبت حقیقی از شرایط موجود و در مرحله بعد شبیه‌سازی رفتار کشاورزان می‌باشد. این مدل در راستای رفع اشکالات موجود در الگوهای NMP توسعه یافت و اولین بار توسط هاویت ۱۹۹۵ معرفی شد. در مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی مثبت فرض می‌شود که کشاورزان در شرایط موجود و با توجه به قیمت نهاده‌ها و محصول به‌طور بهینه عمل می‌کنند، زیرا محدودیت‌های بسیاری در شرایط واقعی تصمیم کشاورزان و تصمیم‌گیران را تحت تأثیر قرار می‌دهد که مدل‌ساز قادر به لحاظ تمام آن‌ها در مدل نیست ولی کشاورز و تصمیم‌گیران در زمان تصمیم‌گیری در شرایط واقعی آن‌ها را در نظر می‌گیرند (۶). نتیجه اعمال یک سیاست و اثرگذاری آن تا حد زیادی

² Econometrics Mathematical Programming

¹ Normative Mathematical Programming

را بیشینه می‌نماید. قیدهای مدل بیانگر این موضوع هستند که کل منابع اختصاص یافته بین فعالیت‌های تولیدی نمی‌تواند بیشتر از کل منابع موجود که شامل سرمایه، زمین، سم‌های شیمیایی، کودهای شیمیایی، نیروی کار، ماشین‌آلات و منابع آب موجود در منطقه مورد مطالعه باشد. قید مرتبط با سم‌ها و کودهای شیمیایی به ترتیب برای هر یک از سم‌ها علف‌کش، حشره‌کش، قارچ‌کش و کودهای نیتروژن، فسفر و پتاس تکرار می‌شود. سطوح فعالیت‌های تولیدی که در واقع سطح زیر کشت محصولات مختلف برحسب هکتار است که نمی‌تواند مقادیر منفی به خود بگیرد (رابطه ۹). سطح زیر کشت محصولات در تناوب نمی‌تواند از سطح محصول اول کشت شده در همان زمین بیشتر باشد را نشان می‌دهد (رابطه ۱۸).

نتایج

در مرحله نخست برای اجرای مدل، داده‌های اقلیمی کمترین دما، بیشترین دما و اندازه بارش باران جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل‌های لازم صورت گرفته و نتایج ارائه شده است (جدول ۱). در دومین دوره از پیش‌بینی پارمترهای اقلیمی توسط مدل LARS-WG به وسیله آماره‌های ضریب تعیین، جذر میانگین مربعات خطا و میانگین خطای مطلق که به ترتیب نشان‌دهنده درجه ارتباط بین دو متغیر (مقادیر مشاهده شده و پیش‌بینی شده) مقدار متوسط خطا و تفاوت مقدار به دست آمده از آزمایش‌ها و مدل می‌باشند به ارزیابی مدل پرداخته شد (جدول ۲).

$$\sum_{i=1}^n l_i x_i \leq TLabor \quad (14)$$

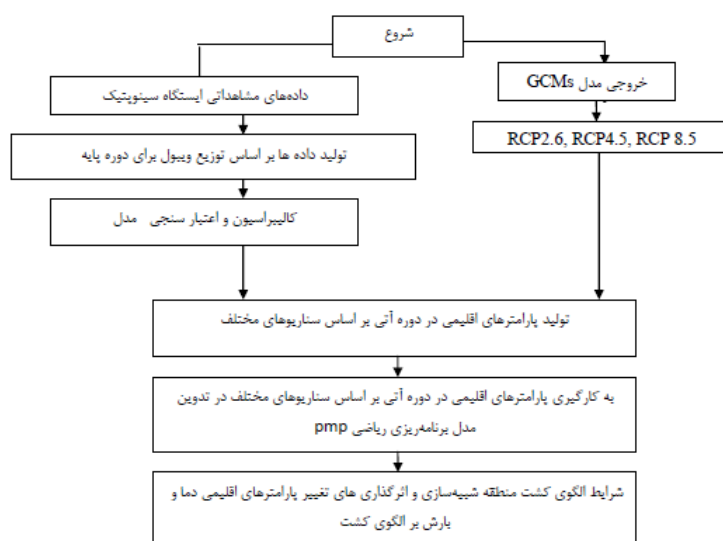
$$\sum_{i=1}^n m_i x_i \leq TMachinery \quad (15)$$

$$\sum_{i=1}^n w_i x_i \leq TWater_m \quad (16)$$

$$x_i \geq 0 \quad (17)$$

$$x_{t1} - x_{t2} \leq 0 \quad (18)$$

در این رابطه Z ارزش پیرو هدف است؛ P بردار $n \times 1$ قیمت کالاها است؛ x بردار $n \times 1$ غیرمنفی از سطح فعالیت‌های تولیدی است؛ d پارامترهای واسنجی کالیبره شده جزء خطی و ماتریس Q درجه دو تابع هزینه می‌باشد و ضرایب w میزان استفاده از منابع سرمایه، m سموم شیمیایی، l کودهای شیمیایی، f نیروی کاری، p تجهیزات (ماشین‌آلات)، k آب برای ایجاد کالا i در یک هکتار زمین زراعتی در سطح منطقه مورد مطالعه می‌باشند. $TWater_m$ مقدار کل آب، $TMachinery$ مقدار کل تجهیزات، $TFertilizer$ مقدار کل کودهای شیمیایی، $TPoison$ (مقدار کل سموم شیمیایی)، $TLand$ (مقدار کل زمین، $TCapital$ مقدار کل سرمایه در دسترس در منطقه برای عملکردهای کشاورزی است. پیرو هدف (رابطه ۱) و قیدهای مطرح شده در روش (روابط ۱ تا ۹). پیرو هدف، سود ناخالص سالانه به دست آمده از کل فعالیت‌های کشاورزی شهرستان جیرفت



شکل ۲. نمودار جریان روش شناختی مطالعه

با توجه به یافته‌های به‌دست‌آمده؛ در مجموع کمترین دما در هر سه سناریوی RCP2.6، RCP4.5، RCP8.5 در دوره زمانی ۲۰۴۵-۲۰۱۱ روند رو به رشدی نسبت به مرحله پایه دارا می‌باشد. همین‌طور بیشترین دما نیز در سناریوهای یادشده و در طول دوره موردتحقیق روند رو به رشدی دارد. بارندگی همچنین در سناریوهای مورد پژوهش برای دوره زمانی ۲۰۴۵-۲۰۱۱ کاهش می‌یابد (جدول ۳). دمای کمینه در هر سه سناریوی RCP2.6، RCP4.5، RCP8.5 در دوره زمانی ۲۰۸۰ تا ۲۰۹۹ روند افزایشی نسبت به دوره پایه دارد. همچنین دمای بیشینه نیز در سناریوهای یادشده و در طول دوره مورد بررسی روند افزایشی دارد. بارش نیز در سناریوهای مورد بررسی برای دوره زمانی ۲۰۴۵-۲۰۱۱ کاهش می‌یابد (جدول ۴).

با توجه به یافته‌های به‌دست‌آمده؛ در مجموع کمترین دما در هر سه سناریوی RCP2.6، RCP4.5، RCP8.5 در دوره زمانی ۲۰۴۵-۲۰۱۱ روند رو به رشدی نسبت به مرحله پایه دارا می‌باشد. همین‌طور بیشترین دما نیز در سناریوهای یادشده و در طول دوره موردتحقیق روند رو به رشدی دارد. بارندگی همچنین در سناریوهای مورد پژوهش برای دوره زمانی ۲۰۴۵-۲۰۱۱ کاهش می‌یابد (جدول ۳). دمای کمینه در هر سه سناریوی RCP2.6، RCP4.5، RCP8.5 در دوره زمانی ۲۰۴۵-۲۰۶۵ روند رو به رشدی نسبت به دوره پایه دارد. همین‌طور بیشترین دما نیز در سناریوهای یادشده و در طول دوره موردبررسی روند رو به رشدی دارا می‌باشد. بارندگی نیز در سناریوهای موردپژوهش برای دوره زمانی

جدول ۱. مقادیر میانگین متغیرهای اقلیمی شهرستان جیرفت طی دوره آماری سال ۱۹۸۹ تا سال ۲۰۱۰

مقدار	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
کمترین دما	۶/۳	۶/۵	۹/۵	۱۵/۵	۱۹/۷	۲۲/۸	۲۵/۶	۲۶/۷	۲۳/۶	۱۸/۵	۱۴/۱	۱۰/۲
بیشترین دما	۱۶/۵	۱۷/۲	۲۳/۶	۲۹/۶	۳۶/۸	۴۲/۴	۴۳/۲	۴۳	۴۰/۳	۳۴/۱	۲۹/۷	۲۲/۴
بارندگی	۷/۱۵	۳۳/۹	۶	۶/۵	۰/۳	۰	۰	۰	۲/۵	۱۳/۵	۲۵/۵	۲۹/۸

جدول ۲. مقادیر آماره‌های ارزیابی مدل LARS-WG در دوره آماری سال ۱۹۸۹ تا سال ۲۰۱۰

آماره	کمترین دما	بیشترین دما	بارندگی
ضریب تعیین (R ²)	۰/۷۸	۰/۸۱	۰/۰۰۰۱۵
میانگین خطای مطلق (MAE)	۳/۴۷	۳/۲۵	۰/۸۸
جذر میانگین مربعات خطا (RMSE)	۴/۲۹	۴/۲۸	۴/۵۸
خطای میانگین مربعات (MSE)	۰/۷۵	۰/۹۲	۰/۹۴

جدول ۳. مقدار پیش‌بینی‌شده پارامترهای اقلیمی در دوره ۲۰۴۵-۲۰۱۱

پارامتر	سناریو	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
دما	RCP2.6	۹/۰۲	۱۰/۹۹	۱۵/۲۱	۱۹/۳۸	۲۴/۲۶	۲۷/۵۵	۲۹/۴۷	۲۷/۷۷	۲۴/۰۸	۱۹/۰۲	۱۳/۶۹	۹/۷۲
	RCP4.5	۸/۸۳	۱۰/۷۳	۱۴/۸۷	۱۹/۱۵	۲۴/۱۶	۲۷/۴۳	۲۹/۳۰	۲۷/۶۰	۲۳/۸۷	۱۹/۱۰	۱۴/۰۹	۱۰/۱۱
	RCP8.5	۹/۲۳	۱۱/۱۸	۱۵/۲۸	۱۹/۴۲	۲۴/۱۷	۲۷/۳۱	۲۹/۲۹	۲۷/۸۴	۲۴/۳۱	۱۹/۳۸	۱۴/۱۸	۱۰/۲۹
بارندگی	RCP2.6	۲۰/۳۵	۲۳/۶۴	۲۳/۹۰	۳۴/۶۲	۴۰/۶۴	۴۴/۲۷	۴۴/۹۴	۴۳/۶۰	۴۰/۱۶	۳۴/۶۷	۲۸/۰۵	۲۲/۵۴
	RCP4.5	۱۹/۶۰	۲۲/۹۴	۲۸/۷۱	۳۴/۹۳	۴۱/۰۵	۴۴/۴۰	۴۴/۶۶	۴۳/۱۴	۴۰/۰۴	۳۴/۹۱	۲۸/۲۵	۲۲/۳۴
	RCP8.5	۲۰/۱۸	۲۳/۶۴	۲۹/۳۴	۳۵/۰۹	۴۰/۵۲	۴۳/۶۷	۴۴/۵۰	۴۳/۵۷	۴۰/۴۹	۳۵/۱۶	۲۸/۴۰	۲۲/۶۸
بارندگی	RCP2.6	۱/۱۶	۱/۴۱	۰/۹۴	۰/۴۷	۰/۲۶	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۹	۰/۱۲	۰/۱۹	۰/۳۳	۱/۲۰
	RCP4.5	۱/۵۹	۱/۲۰	۱/۰۲	۰/۴۶	۰/۲۲	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۱۰	۰/۰۷	۰/۱۱	۰/۴۱	۱/۸۰
	RCP8.5	۱/۵۶	۱/۲۰	۱/۰۷	۰/۵۱	۰/۲۸	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۱۴	۰/۱۱	۰/۱۴	۰/۳۷	۱/۷۵

جدول ۴. مقدار پیش‌بینی شده متغیرهای اقلیمی در دوره ۲۰۴۶-۲۰۶۵

پارامتر	سناریو	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
	RCP2.6	۹/۷۶	۱۱/۴۰	۱۵/۴۰	۱۹/۵۱	۲۴/۶۶	۲۷/۶۷	۲۹/۹۱	۲۸/۵۲	۲۵/۲۲	۲۰/۳۲	۱۵/۱۳	۱۰/۸۹
کمترین دما	RCP4.5	۱۰/۰۴	۱۱/۵۳	۱۵/۴۹	۲۰/۰۰	۲۵/۱۳	۲۸/۳۹	۳۰/۷۰	۲۹/۱۰	۲۵/۷۷	۲۰/۹۸	۱۶/۰۷	۱۱/۶۵
	RCP8.5	۱۱/۰۹	۱۲/۵۳	۱۶/۵۳	۲۰/۷۲	۲۵/۸۳	۲۸/۸۸	۳۱/۲۷	۲۹/۹۹	۲۶/۷۴	۲۱/۷۸	۱۶/۵۹	۱۲/۲۵
	RCP2.6	۲۰/۴۱	۲۳/۳۴	۲۸/۶۱	۳۴/۵۸	۴۱/۰۸	۴۴/۶۸	۴۵/۲۶	۴۴/۲۲	۴۱/۴۱	۳۶/۳۱	۲۹/۵۸	۲۳/۶۶
بیشترین دما	RCP4.5	۲۱/۳۳	۲۴/۰۵	۲۹/۳۸	۳۵/۵۵	۴۱/۸۷	۴۵/۲۸	۴۵/۸۳	۴۴/۷۲	۴۱/۸۰	۳۶/۵۷	۳۰/۲۶	۲۴/۵۶
	RCP8.5	۲۱/۲۲	۲۴/۳۹	۳۰/۱۱	۳۶/۲۱	۴۲/۲۶	۴۵/۶۱	۴۶/۲۸	۴۵/۲۴	۴۲/۴۴	۳۷/۴۲	۳۰/۶۳	۲۴/۵۲
	RCP2.6	۲/۱۱	۱/۶۴	۱/۵۸	۰/۷۵	۰/۳۲	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۱۶	۰/۱۷	۰/۰۴	۰/۲۷	۱/۵۵
مقدار بارش	RCP4.5	۱/۰۹	۱/۰۷	۱/۱۲	۰/۴۵	۰/۲۷	۰/۱۰	۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۱۰	۰/۱۶	۰/۳۸	۱/۲۷
	RCP8.5	۲/۲۰	۱/۵۵	۱/۱۵	۰/۵۸	۰/۳۰	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۱۳	۰/۱۴	۰/۰۳	۰/۵۱	۱/۶۳

جدول ۵. مقدار پیش‌بینی شده متغیرهای اقلیمی در دوره ۲۰۶۶-۲۰۷۹

پارامتر	سناریو	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
	RCP2.6	۹/۳۲	۱۱/۱۴	۱۴/۸۸	۱۹/۲۹	۲۴/۲۵	۲۷/۷۰	۳۰/۰۸	۲۸/۵۶	۲۵/۳۰	۲۰/۴۲	۱۵/۱۲	۱۰/۳۶
کمترین دما	RCP4.5	۱۰/۵۱	۱۲/۰۲	۱۶/۰۲	۲۰/۲۰	۲۵/۴۴	۲۸/۵۱	۳۰/۸۷	۲۹/۶۷	۲۶/۲۷	۲۱/۲۰	۱۶/۰۲	۱۱/۵۲
	RCP8.5	۱۲/۸۱	۱۳/۸۰	۱۷/۵۱	۲۱/۶۰	۲۶/۸۰	۳۰/۱۲	۳۲/۶۵	۳۱/۵۱	۲۸/۳۸	۲۳/۵۸	۱۸/۵۱	۱۴/۰۷
	RCP2.6	۲۰/۴۲	۲۳/۳۸	۲۹/۰۱	۳۴/۸۲	۴۰/۸۹	۴۴/۵۸	۴۵/۴۳	۴۴/۴۰	۴۱/۴۷	۳۶/۲۷	۲۹/۴۸	۲۳/۲۹
بیشترین دما	RCP4.5	۲۱/۹۵	۲۴/۷۸	۳۰/۱۱	۳۵/۷۲	۴۱/۹۴	۴۵/۵۰	۴۶/۲۳	۴۵/۲۴	۴۲/۲۲	۳۷/۱۶	۳۰/۷۵	۲۵/۰۹
	RCP8.5	۲۲/۴۵	۲۴/۶۹	۳۰/۳۳	۳۶/۵۴	۴۲/۲۳	۴۶/۹۶	۴۷/۶۶	۴۶/۸۰	۴۴/۱۳	۳۹/۱۵	۳۲/۳۸	۲۶/۲۶
	RCP2.6	۱/۵۳	۱/۴۵	۱/۰۴	۰/۵۲	۰/۲۵	۰/۱۱	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۱۴	۰/۲۲	۰/۱۸	۱/۶۴
مقدار بارش	RCP4.5	۱/۱۲	۱/۰۶	۱/۰۶	۰/۸۰	۰/۳۲	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۹	۰/۱۹	۰/۰۴	۰/۱۵	۱/۰۰
	RCP8.5	۲/۶۰	۲/۱۸	۱/۵۱	۰/۸۸	۰/۳۲	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۹	۰/۲۳	۰/۰۳	۰/۲۳	۱/۷۷

جدول ۶. مقدار پیش‌بینی شده پارامترهای اقلیمی در دوره ۲۰۸۰-۲۰۹۹

پارامتر	سناریو	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
	RCP2.6	۹/۲۴	۱۰/۹۹	۱۵/۴۹	۱۹/۸۲	۲۴/۶۸	۲۷/۸۷	۳۰/۰۳	۲۸/۶۹	۲۵/۲۹	۲۰/۳۵	۱۵/۱۱	۱۰/۶۶
کمترین دما	RCP4.5	۱۰/۶۴	۱۲/۳۰	۱۶/۴۸	۲۰/۹۰	۲۵/۹۲	۲۹/۱۱	۳۱/۳۲	۳۰/۰۱	۲۶/۶۳	۲۱/۵۰	۱۶/۳۰	۱۲/۰۹
	RCP8.5	۱۴/۰۳	۱۵/۰۱	۱۸/۹۰	۲۳/۱۸	۲۸/۳۷	۳۲/۰۲	۳۴/۴۲	۳۳/۳۶	۳۰/۴۸	۲۵/۸۴	۲۰/۵۰	۱۵/۸۴
	RCP2.6	۲۰/۴۷	۲۳/۵۲	۲۹/۷۴	۳۵/۸۲	۴۱/۸۶	۴۴/۷۷	۴۵/۲۷	۴۴/۳۴	۴۱/۲۶	۳۵/۷۲	۲۹/۱۴	۲۳/۴۹
بیشترین دما	RCP4.5	۲۱/۹۳	۲۵/۰۳	۳۰/۶۵	۳۶/۵۱	۴۲/۸۹	۴۶/۲۵	۴۶/۷۷	۴۵/۷۳	۴۲/۷۴	۳۷/۲۱	۳۰/۴۹	۲۴/۷۳
	RCP8.5	۲۳/۸۵	۲۶/۰۲	۳۱/۴۷	۳۷/۶۹	۴۴/۵۱	۴۸/۲۴	۴۹/۰۶	۴۸/۳۱	۴۵/۷۶	۴۰/۵۵	۳۳/۵۲	۲۷/۳۵
	RCP2.6	۱/۱۸	۱/۴۳	۱/۰۹	۰/۵۱	۰/۲۰	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۱۰	۰/۱۲	۰/۲۸	۰/۳۱	۱/۳۹
مقدار بارش	RCP4.5	۱/۱۰	۱/۲۲	۱/۲۲	۰/۶۲	۰/۲۵	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۹	۰/۳۴	۱/۴۳
	RCP8.5	۲/۰۰	۲/۴۵	۱/۶۰	۰/۶۹	۰/۲۷	۰/۰۸	۰/۰۶	۰/۱۲	۰/۱۴	۰/۳۲	۰/۴۲	۲/۰۷

نتایج حاصل از آزمون نمای هرست

با استفاده از مقدار شاخص هرست (H)، پیش‌بینی پذیر بودن متغیرهای اقلیمی کمترین دما، بیشترین دما و مقدار بارندگی شهرستان جیرفت در طول دوره آماری ۱۹۸۶-۲۰۱۸

موردبررسی قرار گرفت و نتایج مربوط به

این آزمون گزارش شده است (جدول ۷). بر اساس این موضوع که مقدار محاسباتی شاخص هرست برای هر سه متغیر $0.5 < H < 1$ می‌توان نتیجه گرفت

سطح زیر کشت، تولید و عملکرد محصولات منتخب و مصرف نهاده‌ها به تفکیک در سال زراعی ۲۰۲۲-۲۰۲۳ (۱۴۰۰-۱۴۰۱) نشان داده شده است (جدول ۸).

که سری‌های زمانی موجود دوام‌دار، دارای حافظه طولانی و با احتمال تکرار در آینده می‌باشند. لذا پیش‌بینی می‌شود متغیرهای اقلیمی کمترین دما، بیشترین دما و مقدار بارندگی با همان روند قبلی ادامه یابند.

جدول ۷. مقدار نمای هرست برای پارامترهای اقلیمی

نام متغیر	مقدار نمای هرست
کمترین دما	۰/۸۴
بیشترین دما	۰/۶۷
میزان بارندگی	۰/۷۰

جدول ۸. سطح زیر کشت، تولید و عملکرد محصولات منتخب و مصرف نهاده‌ها به تفکیک در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱

کد	بادمجان	گوجه فرنگی	محصول نهاده
۵۶۰	۱۶۲۰	۹۵۳۵	سطح زیر کاشت (زمین-هکتار)
۲۸۰۰۰	۲۹۰۰۰	۳۶۱۰۰/۰۵	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)
۱۵۶۸۰	۴۶۹۸۰	۳۴۴۲۱۴	تولید (تن)
۴۸۰	۴۸۰	۷۳۰	هزینه تولید در هکتار (میلیون ریال)- سرمایه
۲۶۸۸۰۰	۷۷۷۶۰۰	۶۹۶۰۵۵۰	جمع کل هزینه تولید (میلیون ریال)
۹۵۰۰۰	۹۵۰۰۰	۴۷۰۰۰	قیمت عمده فروشی هر کیلوگرم (ریال)
۱۴۸۹۶۰۰	۴۴۶۳۱۰۰	۱۶۱۷۸۰۵۸	درآمد ناخالص کل (میلیون ریال)
۱۲۲۰۸۰۰	۳۶۸۵۵۰۰	۹۲۱۷۵۰۸	سود خالص (میلیون ریال)
۳۷۷	۳۷۷	۱۳۲	نرخ بازدهی سرمایه %
۱۵۶۰	۲۶۰۰	۲۷۷۰	آب مورد نیاز در هکتار (مترمکعب)
۵۰۰	۶۵۰	۶۵۰	کود شیمیایی مورد نیاز (کیلوگرم در هکتار)
۲	۱۴	۱۲	سم شیمیایی (لیتر در هکتار)
۴۲	۴۵	۹۶	نیروی کار (نفر-روز)
۱۴	۱۴	۱۸	ماشین‌آلات (ساعت در هکتار)

شبیه‌سازی شده است. این مزیت کمک می‌کند تا شبیه‌سازی رفتار بهره‌برداران واقع‌گرایانه و قابل‌انعطاف باشد و در این شرایط می‌توان با تغییر شرایط و تعریف سناریوهای مختلف به شبیه‌سازی و تحلیل سیاست‌های مختلف کشاورزان مشغول شد. در نهایت با توجه به مقایسه سطوح فعالیت‌ها و مقادیر تابع هدف در دو وضعیت مذکور، می‌توان عنوان نمود که روش به‌کاررفته توانایی بالایی در تولید وضعیت پایه دارد و در مجموع می‌توان گفت که نتایج حاصل از واسنجی مدل قابل قبول می‌باشد؛ بنابراین در ادامه می‌توان از مدل کالیبره شده برای شبیه‌سازی و تحلیل شرایط اقلیمی پیش‌بینی شده استفاده کرد. برای بررسی اثرات تغییر اقلیمی بر الگوی

نتایج پارامترهای تابع هدف به‌منظور کالیبراسیون مدل بر مبنای طریقه برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، از راه تبدیل تابع هدف برنامه‌ریزی خطی به برنامه‌ریزی غیرخطی مشخص کرد که تفاوت چشم‌گیری میان تعداد سطح زیر کشت قابل‌رؤیت در سال پایه و مقادیر حاصل از کالیبراسیون روش برنامه‌ریزی موجود وجود ندارد؛ بنابراین کالیبراسیون مدل با دقت زیادی انجام شده است. پارامترهای غیرخطی به نحوی برآورد شده‌اند که بازتولید صحیح وضعیت پایه را به همراه داشته‌اند که این امر حاکی از توانایی مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت در تولید دوباره مقادیر سال پایه و افزایش اطمینان در اجتناب از تفاوت بین موقعیت پایه فعلی و موقعیت فعلی

تأثیر بارش‌های سال قبل بوده و این بارش‌ها بر تصمیم‌گیری زارعان تأثیر داشته است. متغیرهای بارش دوره قبل اثر مثبت و متوسط دمای سالانه نیز در منطقه جیرفت دارای اثر منفی بر عملکرد محصول بادمجان دارند. بر طبق نتایج، با افزایش یک واحد در بارش سال قبل، ۰/۰۰۵ واحد بر میزان عملکرد محصول بادمجان افزوده می‌شود. همچنین افزایش متوسط دما به میزان یک واحد حدوداً ۰/۳۸ واحد عملکرد محصول بادمجان را کاهش می‌دهد (جدول ۹). بر اساس نتایج نتایج می‌توان شرح‌دهندگی مدل برآورد شده برای محصول گوجه‌فرنگی برابر ۰/۴۴ است. به دیگر سخن، متغیرهای مقدار بارندگی سالانه و متوسط دمای سالانه قادر بوده است ۴۴٪ از تغییرات متغیر وابسته عملکرد محصول گوجه‌فرنگی را توضیح دهند. از طرفی آزمون دوربین واتسون برای سایر توابع نیز نشان‌دهنده وجود عدم خودهمبستگی می‌باشد. توان شرح‌دهندگی مدل برآورد شده برای محصول کدو برابر ۰/۵۲ است. متغیرهای مقدار بارندگی سالانه و متوسط دمای سالانه قادر بوده است ۷۱٪ از تحولات متغیر وابسته عملکرد محصول کدو را توضیح دهند. آزمون دوربین واتسون نیز برای سایر توابع نیز نشان‌دهنده وجود عدم خودهمبستگی است. توان شرح‌دهندگی مدل برآورد شده برای محصول بادمجان برابر ۰/۷۱ است. متغیرهای میزان بارندگی سالانه و متوسط دمای سالانه قادر بوده است ۷۱٪ از تحولات متغیر وابسته (عملکرد محصول بادمجان) را توضیح دهند. آزمون دوربین واتسون برای سایر توابع نیز نشان‌دهنده وجود عدم خودهمبستگی است (جدول ۱۰).

کشت بدین صورت عمل شد که از اطلاعات اقلیمی پیش‌بینی شده در بخش‌های قبل در قالب سناریوهای تغییر اقلیم در مرحله کاشت تا مرحله برداشت هر محصول جهت بررسی اثرات آن بر الگوی کشت فعلی مورد بررسی قرار گرفته است. در این تحقیق، از روش حداقل مربعات معمولی جهت بررسی روند تغییر، معناداری و اثر هر یک از متغیرهای دما و بارش بر متوسط عملکرد محصول در منطقه مطالعاتی استفاده شد. با استفاده از آماره ضریب تعیین تعدیل شده و دیگر معیارهای موجود در مدل به انتخاب نمونه با بهترین شکل تابعی برازش داده شده، برای مشخص کردن رابطه بین عملکرد و متغیرهای اقلیمی پرداخته شد. بر این مبنا محصولات مختلف یا دارای شکل تابعی خطی اند یا شکل تابعی درجه دو دارند. در ادامه رابطه متغیرهای اقلیمی دما و بارندگی و اثرپذیری‌های آن‌ها بر میانگین عملکرد محصولات شهرستان جیرفت، طی دوره ۳۰ ساله ۱۳۷۱ تا ۱۴۰۰ بررسی و نتایج گزارش شده است (جدول ۹). ستون AR فرآیند خودتوضیح سری زمانی واریانس همسان است. سری زمانی واریانس همسان، اگر مقادیر پیشین داده‌های یک متغیر (وقفه)، بتوانند تغییرات داده‌های زمان حال را توضیح دهند به سری زمانی، فرآیند خودتوضیح می‌گویند. با توجه به نتایج به دست آمده متغیرهای دما و بارندگی رابطه عکس با عملکرد کدو (*Cucurbita pepo L*) و ارتباط مستقیمی با عملکرد محصول گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum*) دارند. در محصول بادمجان (*Solanum melongena*) بارش سال قبل اثر مثبت بر عملکرد سال کنونی آن‌ها داشته است. بدین معنا که کشاورزان و زمین تحت نظارت آن‌ها تحت

جدول ۹. تأثیر متغیرهای اقلیمی دما و بارندگی بر عملکرد محصولات منتخب جیرفت

محصول	عرض از مبدأ	بارش	دما	توان دوم دما
گوجه‌فرنگی	-۶۱۳/۳۱	۰/۰۰۳	۱۶/۱	
بادمجان	-۶۶۰/۸۳	۰/۰۰۵	-۰/۳۸	
کدو	۰/۰۲	-۰/۰۲	-۰/۱۰	-۳/۸۱

جدول ۱۰. آماره‌های مدل رگرسیونی

محصول	ضریب تعیین (R^2)	ضریب تعیین تعدیل شده (R^2)	احتمال	دوربین واتسون
گوجه‌فرنگی	۰/۴۴	۰/۳۵	۰/۰۰۵۵	۱/۹۲
بادمجان	۰/۷۱	۰/۶۸	۰/۰۰۰۰	۱/۹۰
کدو	۰/۵۲	۰/۴۲	۰/۰۰۰۰	۱/۶۰

سناریوهای اول و دوم افزایش می‌یابد ولی در سناریوی سوم کاهش می‌یابد. سطح زیرکشت طی این دو سناریو نیز کاهش می‌یابد. این مسئله موجب شد تا در این دو سناریو سود از ۳۳٪ کاهش در سال پایه به حدود ۸۵٪ در سال پایه تحت سال‌های آخر برسد. در سناریوی آخر در دوره ۲۰۱۱ تا ۲۰۴۵ سطح زیرکشت بادمجان صفر می‌شود یعنی از الگوی کشت حذف می‌گردد ولی در دوره‌های بعد مجدداً تولید خواهد شد ولی با کاهش عملکرد، تولید و سود همراه خواهد بود (جدول ۱۲). با توجه به نتایج، برای محصول بادمجان عملکرد طی دو سناریوی اول کاهش یافته و این عامل موجب می‌شود تولید نیز کاهش یابد. محصول کدو نیز با تغییر اقلیم کاهش در عملکرد در سه سناریو دارد. ولی سطح زیر کشت در دو سناریوی اول و دوم افزایشی و در سناریوی سوم کاهش یافته است. (۱۳). با توجه به نتایج محصول کدو نیز با تغییر اقلیم کاهش در تولید در سه سناریو دارد. ولی سطح زیر کشت در دو سناریوی اول و دوم افزایشی و در سناریوی سوم کاهش یافته است (جدول ۱۴).

قبل از هر مسئله باید ابتدا خوبی مدل ایجاد شده نشان داده شود. پس از ورود داده‌های مورد مطالعه در نرم‌افزار، باید مدل طراحی شده کالیبره شود. نتایج نشان می‌دهد که آیا داده‌های سطح زیرکشت سال پایه با اطلاعات به دست آمده از مدل مطابقت دارند یا خیر (جدول ۱۱). مدل طراحی شده توسط محقق کالیبره بوده و به خوبی می‌تواند بیانگر داده‌های حقیقی باشد. لذا از این مدل برای بررسی و تحلیل سناریوهای مختلف استفاده نمود (جدول ۱۱). یافته‌های تحول در کارکرد، سطح زیر کشت و سود ناخالص کشاورزان به همراه عملکرد (کیلوگرم در هکتار)، سطح زیرکشت پایه (هکتار) و سود ناخالص فعلی کشاورزان (میلیون ریال) ارائه شده است. در مرحله آخر با استفاده از نتایج عناصر اقلیمی پیش‌بینی شده و با کمک مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، تأثیر سناریوهای تغییر اقلیم بر عملکرد، تولید، هزینه، درآمد ناخالص، سود و الگوی کشت شهرستان جیرفت بررسی شد. با توجه به نتایج سطح زیرکشت می‌توان گفت، محصول گوجه‌فرنگی تحت سناریوهای اقلیمی با کاهش عملکرد و تولید مواجه است. این در حالی است که سطح زیرکشت در

جدول ۱۱. اعتبارسنجی مدل PMP شهرستان جیرفت

محصول	سطح زیر کاشت پایه (هکتار)	سطح زیر کشت محاسباتی (هکتار)
گوجه‌فرنگی	۹۵۳۵	۹۵۳۵/۰۰۱
بادمجان	۱۶۲۰	۱۶۲۰
کدو	۵۶۰	۵۶۰

جدول ۱۲. تحولات سطح زیر کشت محصولات انتخاب شده بر مبنای پیش‌بینی‌های مدل HadCM3

محصول	سناریو	تغییرات سطح زیر کشت (%)			
		دوره	دوره	دوره	دوره
		۲۰۹۹-۲۰۸۰	۲۰۷۹-۲۰۶۶	۲۰۶۵-۲۰۴۶	۲۰۴۵-۲۰۱۱
گوجه‌فرنگی	RCP2.6	۲۲/۸۴	۱۷/۰۶	۱۱/۲۷	۸/۸۷
	RCP4.5	۲۱/۸۷	۱۷/۰۶	۱۲/۷۲	۸/۳۸
	RCP8.5	۱۷/۵۴	۱۳/۲۰	۱۰/۷۹	۲۸/۱۲
	RCP2.6	-۸۵/۶۲	-۶۳/۹۲	-۴۲/۲۱	-۳۳/۱۷
بادمجان	RCP4.5	-۸۲/۰۱	-۶۳/۹۲	-۴۷/۶۴	-۳۱/۳۶
	RCP8.5	-۶۵/۷۳	-۴۹/۴۵	-۴۰/۴۱	-۱۰۰/۰۰
	RCP2.6	۲۷/۳۰	۲۰/۴۰	۱۳/۵۰	۱۰/۶۳
	RCP4.5	۲۶/۱۵	۲۰/۴۰	۱۵/۲۳	۱۰/۰۶
کدو	RCP8.5	۲۰/۹۸	۱۵/۸۰	۱۲/۹۳	۳۲/۲۶

جدول ۱۳. تغییر عملکرد محصولات منتخب بر پایه پیش‌بینی‌های مدل HadCM3

تغییرات عملکرد (%)				سناریو	محصول
دوره					
۲۰۹۹-۲۰۸۰	۲۰۷۹-۲۰۶۶	۲۰۶۵-۲۰۴۶	۲۰۴۵-۲۰۱۱		
۱/۰۱	۱/۱۳	۱/۲۰	۱/۳۱	RCP2.6	
۱/۰۱	۱/۱۳	۱/۲۲	۱/۳۵	RCP4.5	گوجه‌فرنگی
۱/۰۲	۱/۱۷	۱/۳۱	۱/۴۷	RCP8.5	
۱/۴۰	۱/۶۰	۱/۷۲	۱/۹۰	RCP2.6	
۱/۴۲	۱/۵۳	۱/۶۷	۱/۸۸	RCP4.5	بادمجان
۱/۴۲	۱/۵۷	۱/۷۳	۱/۹۱	RCP8.5	
۱/۰۹	۱/۱۴	۱/۳۵	۱/۵۷	RCP2.6	
۱/۰۵	۱/۲۴	۱/۴۱	۱/۵۷	RCP4.5	کدو
۱/۰۴	۱/۱۵	۱/۲۴	۱/۴۳	RCP8.5	

جدول ۱۴. تغییر مقدار تولید محصولات منتخب بر پایه پیش‌بینی‌های مدل HadCM3

تغییرات تولید (%)				سناریو	محصول
دوره					
۲۰۹۹-۲۰۸۰	۲۰۷۹-۲۰۶۶	۲۰۶۵-۲۰۴۶	۲۰۴۵-۲۰۱۱		
۱۹/۱	۲۴/۵	۲۵/۲	۳۰/۰	RCP2.6	
۱۸/۷	۲۴/۳	۲۷/۶	۳۱/۸	RCP4.5	گوجه‌فرنگی
۱۶/۴	۲۴/۳	۳۱/۱	۴۶/۹	RCP8.5	
-۷۹/۸	-۴۲/۴	-۰/۸	۲۶/۹	RCP2.6	بادمجان
-۷۴/۴	-۴۲/۷	-۱۲/۵	۲۸/۹	RCP4.5	
-۵۱/۳	-۲۰/۷	۳/۲	-۱۰۰/۰	RCP8.5	
-۲۷/۰	-۳۷/۸	-۶۱/۳	-۳۲/۹	RCP2.6	کدو
-۲۸/۵	-۲۱/۶	-۲۹/۰	-۴۳/۲	RCP4.5	
-۷۹/۵	-۷۶/۸	-۵۷/۵	-۳۴/۳	RCP8.5	

جدول ۱۵. تغییر سطح درآمد ناخالص کل محصولات منتخب بر پایه پیش‌بینی‌های مدل HadCM3

تغییرات سطح درآمد ناخالص (%)				سناریو	محصول
دوره					
۲۰۹۹-۲۰۸۰	۲۰۷۹-۲۰۶۶	۲۰۶۵-۲۰۴۶	۲۰۴۵-۲۰۱۱		
۱۹/۰۶	۲۴/۵۴	۲۵/۲۲	۳۰/۰۰	RCP2.6	
۱۸/۷۵	۲۴/۳۵	۲۷/۵۵	۳۱/۸۳	RCP4.5	گوجه‌فرنگی
۱۶/۴۲	۲۴/۲۷	۳۱/۰۶	۴۶/۹۰	RCP8.5	
-۷۹/۸۳	-۴۲/۴۲	-۰/۸۵	۲۶/۸۹	RCP2.6	
-۷۴/۴۱	-۴۴/۷۱	-۱۲/۴۷	۲۸/۸۸	RCP4.5	بادمجان
-۵۱/۲۶	-۲۰/۷۰	۳/۲۱	-۱۰۰/۰۰	RCP8.5	
-۲۷/۰۵	-۳۷/۷۵	-۶۱/۳۴	-۳۲/۸۸	RCP2.6	
-۲۸/۵۲	-۲۱/۶۴	-۲۹/۰۱	-۴۳/۲۲	RCP4.5	کدو
-۷۹/۴۷	-۷۶/۸۵	-۵۷/۵۵	-۳۴/۳۵	RCP8.5	

جدول ۱۶. تغییر کل هزینه تولید محصولات منتخب بر پایه پیش‌بینی‌های مدل HadCM3

تغییرات کل هزینه تولید (%)				سناریو	محصول
دوره					
۲۰۹۹-۲۰۸۰	۲۰۷۹-۲۰۶۶	۲۰۶۵-۲۰۴۶	۲۰۴۵-۲۰۱۱		
۱۸/۵۹	۱۴/۵۷	۱۰/۱۳	۸/۱۴	RCP2.6	
۱۷/۹۵	۱۴/۵۷	۱۱/۲۸	۷/۷۴	RCP4.5	گوجه‌فرنگی
۱۴/۹۲	۱۱/۶۶	۹/۷۴	۲۱/۹۵	RCP8.5	
-۸۵/۶۲	-۶۳/۹۲	-۴۲/۲۱	-۳۳/۱۷	RCP2.6	
-۸۲/۰۱	-۶۳/۹۲	-۴۷/۶۴	-۳۱/۳۶	RCP4.5	بادمجان
-۶۵/۷۳	-۴۹/۴۵	-۴۰/۴۱	-۱۰۰/۰۰	RCP8.5	
۲۷/۳۰	۲۰/۴۰	۱۳/۵۰	۱۰/۶۳	RCP2.6	
۲۶/۱۵	۲۰/۴۰	۱۵/۲۳	۱۰/۰۶	RCP4.5	کدو
۲۰/۹۸	۱۵/۸۰	۱۲/۹۳	۳۲/۲۶	RCP8.5	

جدول ۱۷. تغییر سود خالص محصولات منتخب بر پایه پیش‌بینی‌های مدل HadCM3

تغییرات سود خالص (%)				سناریو	محصول
دوره					
۲۰۹۹-۲۰۸۰	۲۰۷۹-۲۰۶۶	۲۰۶۵-۲۰۴۶	۲۰۴۵-۲۰۱۱		
۱۸/۵۹	۱۴/۵۷	۱۰/۱۳	۸/۱۴	RCP2.6	
۱۷/۹۵	۱۴/۵۷	۱۱/۲۸	۷/۷۴	RCP4.5	گوجه‌فرنگی
۱۴/۹۲	۱۱/۶۶	۹/۷۴	۲۱/۹۵	RCP8.5	
-۸۵/۶۲	-۶۳/۹۲	-۴۲/۲۱	-۳۳/۱۷	RCP2.6	
-۸۲/۰۱	-۶۳/۹۲	-۴۷/۶۴	-۳۱/۳۶	RCP4.5	بادمجان
-۶۵/۷۳	-۴۹/۴۵	-۴۰/۴۱	-۱۰۰/۰۰	RCP8.5	
۲۷/۳۰	۲۰/۴۰	۱۳/۵۰	۱۰/۶۳	RCP2.6	
۲۶/۱۵	۲۰/۴۰	۱۵/۲۳	۱۰/۰۶	RCP4.5	کدو
۲۰/۹۸	۱۵/۸۰	۱۲/۹۳	۳۲/۲۶	RCP8.5	

دوم افزایش می‌یابد ولی در سناریوی سوم کاهش می‌یابد. همین کاهش سطح زیرکشت منجر می‌شود در سناریوی سوم سود خالص گوجه‌فرنگی از حدود ۲۲٪ افزایش در سناریوی RCP8.5 طی سال اول به حدود ۱۵٪ افزایش نسبت به سال پایه برسند. برای محصول بادمجان عملکرد طی دو سناریوی اول کاهش یافته و این عامل منجر می‌شود تولید نیز کاهش یابد. سطح زیرکشت طی این دو سناریو نیز کاهش یافته است. این مسئله منجر شده تا در این دو سناریو سود از ۳۳٪ کاهش در سال پایه به حدود ۸۵٪ در سال پایه تحت سال‌های آخر برسد. در سناریوی آخر در دوره ۲۰۴۵-۲۰۱۱ سطح زیرکشت بادمجان صفر

در سناریوی سوم سود خالص گوجه‌فرنگی از حدود ۲۲٪ افزایش در سناریوی RCP8.5 طی سال اول به حدود ۱۵٪ افزایش نسبت به سال پایه برسند. سود خالص در سناریوهای RCP2.6 و RCP4.5 از حدود ۱۰٪ افزایش نسبت به سال پایه به حدود ۲۷٪ خواهد رسید. ولی در سناریوی RCP8.5 این سودها کاهش یافته و از ۳۲٪ کاهش در سال پایه به حدود ۲۱٪ خواهد رسید (جدول ۱۷). به‌طور کلی با توجه به نتایج، سطح زیرکشت، تولید و سود خالص می‌توان گفت، محصول گوجه‌فرنگی تحت سناریوهای اقلیمی با کاهش عملکرد و تولید مواجه است. این در حالی است که سطح زیرکشت در سناریوهای اول و

می‌شود یعنی از الگوی کشت حذف می‌گردد ولی در دوره‌های بعد مجدد تولید شده ولی با کاهش عملکرد، تولید و سود مواجه می‌باشد. در پایان محصول کدو نیز با تغییر اقلیم کاهش در عملکرد و تولید در سه سناریو دارد. ولی سطح زیر کشت در دو سناریوی اول و دوم افزایشی و در سناریوی سوم کاهش است. لذا در آخر سود خالص در سناریوهای RCP2.6 و RCP4.5 از حدود ۱۰٪ افزایش نسبت به سال پایه به حدود ۲۷٪ خواهد رسید. ولی در سناریوی PCR8.5 این سودها کاهش یافته و از ۳۲٪ کاهش در سال پایه به حدود ۲۱٪ خواهد رسید.

■ **بحث و نتیجه‌گیری**

بر اساس گزارش مجمع بین‌المللی تحولات جوی که با عنوان گزارش‌های بررسی تحول اقلیم منتشر شده است، افزایش جهانی دما و رویداد تحول اقلیم با بهره‌برداری از داده‌های اندازه‌گیری شده دمای سطح خشکی‌ها و آب‌های جهان، مورد پذیرش قرار گرفته است. در حال حاضر نمونه‌های گردش عمومی جو، پر قدرت‌ترین وسیله برای ایجاد سناریوهای اقلیمی می‌باشند. برای ریزمقیاس‌نمایی داده‌های اقلیمی نیز از میان روش‌های ریزمقیاس‌نمایی، بیشتر از روش‌های آماری بکار برده می‌شود. یکی از علت‌های استفاده از این روش‌ها، مثل روش به‌کاررفته در پژوهش حاضر، عملکرد سریع و قابل‌دسترس آن‌ها نسبت به بقیه روش‌ها می‌باشد. در این بررسی ابتدا به بررسی رابطه پارامترهای اقلیمی دما و میزان بارندگی و اثرگذاری‌های آنها بر میانگین عملکرد منتخب محصولات منتخب شهرستان جیرفت پرداخته شد، آنگاه تغییرپذیری‌های متغیرهای اقلیمی، با بهره‌گیری از داده‌های سناریوهای دوره RCPs پیش‌بینی شد. در مرحله بعد با کمک مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، تأثیر سناریوهای تغییر اقلیم بر الگوی کشت شهرستان بررسی شد. نتایج تحلیل رگرسیونی نشان می‌دهد که تغییر اقلیم تأثیر معنی‌داری بر عملکرد محصولات منتخب منطقه موردبررسی دارد. در پایان سناریوهای تحول اقلیم در مرحله کاشت تا دوره برداشت هرکدام از محصولات در جهت بررسی تغییرپذیری‌های سطح‌های کشت تعریف شد که این سناریوها در مورد اغلب

محصولات همراه با افزایش دما و بارش بوده است. در ادامه تأثیرهای این سناریوها بر عملکرد و الگوی کشت کنونی با کمک مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت بررسی شد. نتایج نشان داد متغیرهای اقلیمی دما و میزان بارندگی اثر معنی‌داری بر عملکرد محصولات منتخب دارد. همچنین با اعمال پیش‌بینی تغییرپذیری‌های اقلیم در مدل الگوی کشت همه محصولات منتخب در دوره‌های ۲۰۴۵-۲۰۱۱ (۱۳۸۹-۱۴۲۳)، ۲۰۴۶-۲۰۶۵ (۱۴۲۴-۱۴۴۳)، ۲۰۷۹-۲۰۶۶ (۱۴۴۴-۱۴۵۷) و ۲۰۹۹-۲۰۸۰ (۱۴۵۸-۱۴۷۷) بر اساس پیش‌بینی‌های مدل HadCM3 تحت تأثیر سناریوهای مختلف اقلیمی قرار می‌گیرند. این نتایج با نتایج مطالعه برخی محققان هم‌خوانی دارد آن‌ها در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند که تغییر اقلیم محدوده پراکنش گونه‌ها را تغییر داده و به سمت ارتفاعات بالاتر در آینده جابجا خواهد کرد (۱۱). در پژوهشی دیگر، نتایج بیانگر آن بود که بخش‌های جنوبی کشور به‌ویژه استان‌های هرمزگان، بخش‌های شمال شرق و غرب استان خراسان رضوی، سیستان و بلوچستان، گلستان و آذربایجان بیشترین آسیب‌پذیری را از تغییر اقلیم خواهند داشت (۱۰). نتایج دیگر پژوهش‌ها نشان داد بخش‌های اقتصادی ایران متأثر از تغییر اقلیمی می‌باشد و آن دسته از بخش‌هایی که رابطه زیاد و متقابلی با بخش کشاورزی دارد بیشتر تأثیر می‌پذیرند. همین‌طور یافته‌ها حکایت از آن دارد که تغییر دما و بارش باران در کشور ایران طی سال‌های اخیر حاکی از روند نامناسب و نامطلوبی است (۱۴). نتایج بررسی دیگر نشان می‌دهد که تغییرات اقلیمی به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم در زمینه‌های مختلفی به‌ویژه کشاورزی، گردشگری، انرژی، سلامتی انسان، بهره‌وری انسانی، اشتغال، رشد اقتصادی، زیادشدن تنگدستی، زیادشدن مهاجرت و ... تأثیر مالی چشم‌گیری را بر ملل انسانی می‌گذارند. باین‌حال، تأثیر اوضاع مالی تحولات اقلیمی در سطح جهانی یکسان نخواهد بود. به عبارتی، از دید مالی، برای بعضی مناطق می‌توان تغییرات اقلیمی را مخصوصاً در محدوده اقتصاد جهانی و مناسبات اقتصادی، یک فرصت و مزیت اقتصادی محسوب شود و برعکس، تحولات اقلیمی برای بسیاری از مناطق و کشورهای پیشرفته در مناطق خشک و با گرمای زیاد، یک

موردبررسی اقلیمی در برنامه‌ریزی‌ها و تصمیم‌گیری‌های خود استفاده کنند.

■ سیاست‌گذاری

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند مراتب تشکر و قدردانی خود را از دانشگاه زابل و کلیه کسانی که ما را در انجام این پژوهش یاری کردند، اعلام کنند.

بحران و ورشکستگی جغرافیایی-اقتصادی به حساب می‌آید (۱۶). با توجه به نتایج به دست آمده در این بررسی و اثبات تأثیرگذاری شرایط اقلیمی بر عملکرد محصولات و همچنین پرهیز ناپذیر بودن رخداد تغییرپذیری‌های اقلیمی ضرورت دارد سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیران بخش کشاورزی برای استفاده از اثرگذاری‌های مثبت و کاهش و رویارویی با اثرگذاری‌های منفی این پدیده از پیش‌بینی‌های دوره‌های

■ References

- Babaeian, E., Nagafineikm, Z., Zabolabasi, F., Habeibei, M., Adab, H. & Malbisei, S. (2010). Climate change assessment over iran during 2010-2039 by using statistical downscaling of echo- g model. *Journal of Geography and Development*, 7(16), 135-152. DOI: 10.22111/gdij.2009.1179 [In Persian]
- Bakhshi, A., Moghaddasi, R. & Daneshvar Kakhki, M. (2011). An application of positive mathematical programming model to analyze the effects of alternative policies to water pricing in mashhad plain. *Journal of Agricultural Economics and Development* 25(3), 284-294. DOI: 10.22034/iaes.2018.26446.1130 [In Persian]
- Beecham, S., M. Rashid. & Chowdhury, R.K. (2014). Statistical downscaling of multi-site daily rainfall in a south australian catchment using a generalized linear model. *International Journal of Climatology*, 34(14), 3654-3670. DOI: 10.1002/joc.3933
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2020) <www.fao.org>.
- Howitt, R.E. (1995). Positive mathematical programming. *American Journal of Agricultural Economics*, 77, 329-342. DOI:10.2307/1243543
- Keramatzadeh, A., Chizari, A. & Sharzehi, G. (2011). The role of water market in determining the economic value of irrigation water through positive mathematical programming (PMP). *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 42(1), 29-44. DOI: 20.1001.1.20084838.1390.42.1.3.4 [In Persian]
- Khaleghi, S., Bazazan, F. & Madani, SH. (2015). The effects of climate change on agricultural production and Iranian Economy. *Journal of Agricultural Economics Research*, 7(25), 113-135. DOI: 20.1001.1.20086407.1394.7.25.6.1 [In Persian]
- Koocheki, A., Nasiri Mahallati, M. & Jafari, L. (2016). Evaluation of climate change effect on agricultural production of iran: predicting the future agroclimatic conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 13(4), 651-664. DOI:10.22067/gsc.v14i1.51157 [In Persian]
- Kwon, M. & Sung, J.H. (2019). Changes in future drought with hadgem2-ao projections. *Water*, 11(2), 312. DOI:10.3390/w11020312
- Mazaffari, E., Moradi, N. & Bazrafshan, O. (2021). Spatio-temporal variability of characteristics of meteorological drought in Iran under climate change scenarios. *Desert Management*, 8(16), 153-163. DOI: 10.22034/jdmal.2021.243146 [In Persian]
- Nazari, S., Jafarian, Z., Alavi, J. & Naghi poor, A. (2021). The impact of climate change on the geographic distribution of thymus kotschyanus (boiss and hohen) using ensemble modelling. *Desert Management and Control*, 9(3), 1-16. DOI: 10.22034/jdmal.2021.526831.1338 [In Persian]

12. Nguyen, N., Ozarska, B., Fergusson, M. & Vinden, P. (2018). Comparison of two dye uptake measurement methods for dyed wood veneer assessment. *European Journal of Wood and Wood Products*, 76, 1757–1759. DOI: 10.1007/s00107-018-1344-6
13. Nofarsti, M. (2016). *The root of unit and collective in econometrics*. Rasa Publications.
14. Panahi, H. & Esmaeel Darjani, N. (2020). Effects of global warming and climate changes on economic growth (case study: Iran provinces during 2002-2012). *Journal of Environmental Science and Technology*, 2(1), 79-88. DOI: 10.30495/jest.2020.22073.3114 [In Persian]
15. Semenov, M.A. (2007). Developing of high-resolution UKCUP02-based climate change scenarios in the UK. *Agricultural and forest meteorology*, 144(1-2), 127-138. DOI:10.1016/j.agrformet.2007.02.003
16. Valigholizadeh, A. (2019). Explaining the economic impacts of climate change on the life of human societies. *Journal of Geographic Space*, 19(67), 161-198. [In Persian]

Correction of TRMM 3B43 Monthly Precipitation Data Using Quantile Regression Model in The Urmia Lake Basin

S. Kazempour Choursi¹, M. Erfanian^{2*}, H. Abghari², M. Miryaghoubzadeh², Kh. Javan³

1. Ph.D. Student, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran.
2. Associate Professor, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran.
3. Associate Professor, Department of Geography, Faculty of Literature and Humanities, Urmia University, Urmia, Iran.

* Corresponding Author: m.erfanian@urmia.ac.ir

Received date: 28/01/2024

Accepted date: 16/11/2024

 [10.22034/JDMAL.2024.2021488.1452](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2021488.1452)

Extended Abstract

Introduction

Improving the precision of rainfall data is essential for hydrological modeling, water resources management, and drought monitoring. The spatial variations of precipitation are often not captured by traditional rain gauge data. Remote sensing, such as the TRMM 3B43, can provide a more accurate spatial distribution of rainfall, particularly in regions that lack rain gauge stations. The TRMM 3B43 algorithm is aimed at providing the most precise rainfall estimates by utilizing a combination of multi-sensor measurements gathered from different satellites. The objective of this study is to use quantile regression models to adjust TRMM 3B43 precipitation in the Urmia Lake basin for the period 2001-2019. This study is centered around the Urmia Lake basin, which is known for its ecological significance and vulnerability to climate variability. By analyzing TRMM 3B43 data in this region, our goal is to provide valuable insights that can be used to enhance water resource planning and management. The purpose of this research is not just to address the shortcomings of traditional rain gauge stations, but also to highlight the importance of tailored approaches for regions with unique hydro-climatic conditions.

Material and Methods

The monthly precipitation data from TRMM 3B43 was calibrated through the use of quantile regression models and Ordinary Least Squares regression with the assistance of 12 synoptic station data from the Urmia Lake basin. The calibration process utilized 70% of the data from 2001 to 2019, with the remaining 30% reserved for validation. Quantile regression was applied across various quantiles ($\tau = 0.05$ to $\tau = 0.99$) to capture a comprehensive range of conditions. To assess accuracy, established metrics like RMSE, MAE, PBIAS, and KGE were applied to evaluate the regression equations' ability to correct TRMM monthly precipitation data.

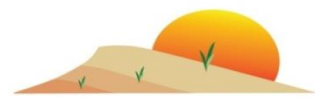


Discussion and Conclusion

The scatter plots comparing monthly observations and TRMM precipitation data showed a consistent overestimation by the TRMM satellite across all months. The studies conducted confirmed this overestimation pattern across different time scales. Linear Regression was not enough to correct the TRMM data, as the corrected data still showed both underestimation and overestimation. However, using quantile regression in different quantiles successfully corrected TRMM 3B43 data. The results indicated that the TRMM satellite data was almost identical to the observed data in every month. The RMSE reached its highest value in January, December, February, March, April, November, and May, with values of 22.64, 20.76, 20.04, 17.99, 17.35, 15.07, and 13.67, respectively. After correction using quantile regression, the RMSE values decreased to less than 2.35 in all months. Furthermore, the Mean Absolute Error (MAE) significantly decreased after quantile regression correction, demonstrating a closer alignment between TRMM data and observed rainfall. According to PBIAS, TRMM overestimated the rainfall in all months from January to December by different percentages. However, after quantile regression correction, the PBIAS values were generally below 2.10 in all the studied months. In all months, the Kling-Gupta efficiency (KGE) values showed a rise when the quantile regression method was used instead of the original TRMM data and the linear regression method. The corrected TRMM data using the quantile regression model has a superior performance, as indicated by KGE values above 0.97. The calibration process involved correcting 30% of randomly selected data with quantile regression equations obtained from the remaining 70% of the data. The process led to almost all points aligning closely with the ideal line of 1:1 after using quantile regression. The comparison of monthly rainfall data across all studied stations revealed a similar pattern between TRMM precipitation data and observed rainfall, with TRMM frequently assigning higher values than the actual observed rainfall. It is noteworthy that the TRMM satellite data at stations such as Sarab, Salmas, and Sahand initially differed significantly from the observed data. After calibrating with quantile regression, the satellite rainfall data closely matched the observed data. The quantile regression method is proven to be effective in correcting TRMM data, making it suitable for various studies, including water resources management and drought monitoring. To conclude, the use of quantile regression was successful in correcting TRMM 3B43 precipitation data, addressing the persistent overestimation issues seen in the Urmia Lake basin between 2001 and 2019. The method's accuracy was significantly improved, as evidenced by decreased RMSE and MAE values, improved PBIAS alignment, and superior KGE performance. These findings confirm that quantile regression-corrected TRMM data is a reliable tool for diverse studies, particularly in water resources management and drought monitoring applications. These compelling findings not only demonstrate the success of the quantile regression approach but also emphasize its potential to refine precipitation data in other hydro-climatically sensitive regions. The corrected TRMM data, which has been validated by rigorous metrics, is a reliable and valuable resource for different applications, especially in the areas of water resources management and drought monitoring. This study contributes to the development of precipitation correction methodologies and underscores the importance of personalized approaches to enhance the precision of remote sensing-derived data in hydrological studies.

Keywords: Tropical Rainfall; Calibration Techniques; Satellite Data





تصحیح داده‌های بارش ماهانه TRMM 3B43 با استفاده از مدل رگرسیون چندکی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه

سیما کاظم‌پور چورسی^۱، مهدی عرفانیان^{۲*}، هیراد عبقری^۳، میرحسن میریعقوب‌زاده^۴، خدیجه جوان^۳

۱. دانشجوی دکتری، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

۲. دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

۳. دانشیار گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

* نویسنده مسئول: m.erfanian@urmia.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۲۶

doi: [10.22034/JDMAL.2024.2021488.1452](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2021488.1452)

چکیده

استفاده از داده‌های بارش ماهواره‌ای در پژوهش‌های مدیریت منابع آب و هیدرولوژی در شرایط کشور ایران ضرورت دارد. مقدار بارش ماهواره‌ای را می‌توان تنها منبع داده‌ای و جایگزین در مناطق فاقد آمار در نظر گرفت. در پژوهش حاضر، داده‌های بارش ماهانه ماهواره TRMM 3B43 با بهره‌گیری از مدل‌های رگرسیون خطی OLS و رگرسیون چندکی QR برای حوزه آبخیز دریاچه ارومیه در دوره آماری سال‌های ۲۰۰۱-۲۰۱۹ (۱۳۹۸-۱۳۸۰)، تصحیح و اعتبارسنجی شد. کارایی این دو مدل در تصحیح داده‌های TRMM بر اساس معیارهای RMSE، MAE، PBIAS و KGE مورد ارزیابی قرار گرفت. مقدار PBIAS نشان داد که داده‌های خام TRMM، در تمام ماه‌های سال، بارش را با احتمال ۲۰٪ بیشتر از مقادیر مشاهده‌ای در ۱۲ ایستگاه سینوپتیک واقع در حوضه برآورد کرده است. نتایج مدل OLS نشان داد که مقادیر تصحیح‌شده بارش ماهانه، دارای درصد اریبی PBIAS نسبتاً زیاد در اغلب ماه‌های سال می‌باشد. مقادیر تصحیح‌شده بر اساس رگرسیون چندکی به دلیل اعمال ضرایب مختلف شیب و عرض از مبدأ، در تمام ماه‌های سال تقریباً نزدیک به مقادیر مشاهداتی ایستگاه‌ها می‌باشند. پس از تصحیح با مدل QR، مقادیر RMSE و PBIAS به کمتر از ۲/۳۵mm و ۲/۱٪ رسید. معیار KGE مدل رگرسیون چندکی در تمام ماه‌ها، بیشتر از ۰/۹۷ بود و مقدار آن در مقایسه با داده‌های خام TRMM و مقادیر تصحیح‌شده با رگرسیون خطی، به عدد ۱ نزدیک‌تر به دست آمد. نتایج نشان داد که استفاده از مدل رگرسیون چندکی QR می‌تواند به‌طور قابل توجهی در تصحیح داده‌های خام TRMM مورد استفاده قرار گیرد و نتایج بهتری نسبت به مدل رگرسیون خطی OLS داشته باشد. از نظر کاربردی، توصیه می‌شود که ابتدا داده‌های ماهانه خام TRMM با مقادیر شیب و عرض از مبدأ خطوط رگرسیون چندکی تصحیح شوند و سپس در پژوهش‌های مدیریت منابع آب و پایش خشک‌سالی استفاده گردند.

واژگان کلیدی: بارش گرمسیری؛ تکنیک‌های واسنجی؛ داده‌های ماهواره‌ای



■ مقدمه

مدیریت پایدار منابع آب نقش مهمی را در مبارزه یا کاهش فرآیندهای بیابان‌زایی ایفا می‌کند (۱۲). بارش، ورودی اصلی منابع آب شیرین موجود بر روی زمین است و دسترسی به داده‌های دقیق بارش و تغییرات زمانی-مکانی آن برای برنامه‌ریزی و مدیریت کارآمد حوزه آبخیز ضروری می‌باشد (۲۹، ۳۵). داده‌های سنتی بارش از اندازه‌گیری باران‌سنج‌ها به دست می‌آیند، این اندازه‌گیری‌های نقطه‌ای نمی‌توانند اطلاعات مکانی بارش را ارائه دهند. معمولاً، برای تهیه داده‌های شبکه‌ای بارش بر اساس داده‌های باران‌سنج‌ها، روش‌های درون‌یابی مکانی مورد استفاده قرار می‌گیرند. با این حال، پراکنش نامنظم ایستگاه‌های باران‌سنجی به‌ویژه در مناطق کوهستانی منجر به عدم قطعیت نتایج درون‌یابی می‌شوند (۲۷، ۳۶). فقدان داده‌های بارش باکیفیت، مانع بزرگی برای ارزیابی صحیح تأثیرات تغییر اقلیم بر منابع آب در این مناطق است (۳۲). با توسعه ماهواره‌های پیشرفته، سنسورهای دور به ابزار اصلی برای تخمین بارش در مناطق فاقد شبکه‌های باران‌سنج تبدیل شده است (۲۸). در سال‌های اخیر، مجموعه‌ای از داده‌های بارش شامل پروژه بارش اقلیم جهانی^۱ GPCP (۱۵)، پروژه نقشه ماهواره‌ای بارش جهانی^۲ GSMaP (۱۹)، محصولات CHIRPS^۳ (۱۱)، بارش همادی-وزنی چند منبعی^۴ MSWEP (۶)، اندازه‌گیری بارش جهانی^۵ GPM (۱۴)، کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در تخمین بارش ماهواره‌ای برای داده‌های رکورد اقلیمی^۶ PERSIANN-CDR (۱۶) و مأموریت اندازه‌گیری بارش گرمسیری^۷ TRMM (۱۷، ۲۶) توسعه یافته‌اند.

مأموریت اندازه‌گیری بارش گرمسیری TRMM ماهواره تحقیقاتی است که برای ارائه اطلاعات بارش در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری کره زمین با قدرت تفکیک مکانی ۰/۲۵ درجه طراحی شده است. TRMM 3B43 الگوریتمی است که بهترین تخمین بارش را بر اساس ترکیبی از اندازه‌گیری‌های چند سنسور روی چندین ماهواره ارائه می‌دهد (۱۵). TRMM 3B43 مقادیر بارش ماهانه را بین سال‌های ۱۹۹۸ و ۲۰۱۹ ارائه می‌کند و یکی

از ارزش‌ترین مجموعه داده‌های بارش زمانی-مکانی است. این داده‌ها به‌طور گسترده برای تحقیقات میان‌رشته‌ای استفاده شده است و کاربردهایی مانند مدل‌سازی سطح زمین (۳۷)، پایش خشک‌سالی (۷، ۱۸) و شبیه‌سازی هیدرولوژیک (۲) دارد. با این حال، داده‌های ماهواره‌ای به دلیل ماهیت اندازه‌گیری غیرمستقیم تشعشعات نیاز به تصحیح دارند. داده‌های بارش TRMM بر اساس داده‌های ۲۹ ایستگاه باران‌سنجی طی سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۹ در عربستان سعودی تصحیح شدند. مقایسه‌های بارش روزانه نشان می‌دهد که روند بارش TRMM بسیار شبیه به روند داده‌های مشاهده‌ای است. علاوه بر این، TRMM در فصل مرطوب بارندگی را کمتر تخمین می‌زند. پس از تصحیح با مدل رگرسیون خطی، مقادیر تعیین شده بارش TRMM به مقادیر مشاهده‌ای خیلی شبیه شد (۴). تصحیح داده‌های بارش TRMM در چین با استفاده از مدل‌های رگرسیون خطی بر اساس داده‌های ایستگاه‌های باران‌سنجی در ۲۲۵۷ ایستگاه از سال ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۳ انجام شد. نتایج نشان می‌دهد که مقادیر تصحیح شده در مقیاس ماهانه و سالانه به‌وضوح دقت بارش TRMM را بهبود داده‌اند و مقادیر ماهانه کمی بهتر از مقادیر سالانه در چین عمل می‌کند (۲۳). عملکرد محصولات ماهانه TRMM 3B43 و GPM از آوریل ۲۰۱۴ تا اگوست ۲۰۱۷ در چین مورد بررسی قرار گرفت. خطای داده‌ها با استفاده از رگرسیون گام‌به‌گام تصحیح شد. مقایسه بین تخمین‌های داده‌های ماهواره‌ای و مشاهده‌ای بیانگر این می‌باشد که به‌طور کلی هر دو منبع بارش را بیش‌ازحد برآورد می‌کنند. نتایج نشان می‌دهد که مقادیر بارش تصحیح شده عملکرد بهتری در توزیع بارش نسبت به داده‌های ماهواره‌ای تصحیح نشده و داده‌های مشاهده‌ای دارد (۲۲). صحت داده‌های بارش روزانه و ماهانه TRMM در ۸۷ ایستگاه سینوپتیک ایران ارزیابی شد. نتایج بررسی مقدار بارش با TRMM مشخص کرد که در ۶۸٪ از ایستگاه‌ها، بارش روزانه و ماهانه بیشتر از مقادیر مشاهده‌ای برآورد شده‌اند. مقادیر TRMM در دو

^۱Multi-Source Weighted-Ensemble Precipitation^۲Global Precipitation Measurement^۳PERSIANN Climate Data Record^۴Tropical Rainfall Measuring Mission^۱Global Precipitation Climatology Project^۲Global Satellite Mapping of Precipitation^۳Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data

رگرسیون چندکی در زمینه‌های مختلف در هیدرولوژی استفاده شده است که می‌توان به تحلیل روند بارش و خشکسالی (۱)، تحلیل فراوانی منطقه‌ای سیلاب با استفاده از ویژگی‌های مکانی (۳)، برآورد عمق آب زیرزمینی (۲۰) و تحلیل روند فصلی و سالانه بارندگی در ایران (۵) مورد استفاده قرار گرفته است. استفاده از روش رگرسیون چندکی برای تصحیح داده‌های ماهواره‌ای بارش برای اولین بار در ایران مورد استفاده قرار می‌گیرد و به‌عنوان نوآوری پژوهش در موضوع تصحیح خطا قلمداد می‌شود. بررسی منابع و سوابق تحقیق نشان می‌دهد، تصحیح خطای داده‌های ماهواره‌ای بارش به‌ویژه داده‌های سری TRMM 3B43 با مدل رگرسیون چندکی در ایران انجام نشده است. هدف پژوهش حاضر، تصحیح و اعتبارسنجی داده‌های بارش ماهانه TRMM است؛ بنابراین از دو مدل رگرسیون خطی LR و رگرسیون چندکی QR به‌منظور تصحیح اریبی داده‌های ماهانه بارش TRMM در ۱۲ ایستگاه سینوپتیک واقع در حوزه آبخیز دریاچه ارومیه طی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۸ (۲۰۱۹-۲۰۰۱) استفاده شد. ارزیابی میزان کارایی این دو مدل در مرحله مدل‌سازی و اعتبارسنجی بر اساس معیارهای آماری مختلف، انجام شد.

■ مواد و روش‌ها

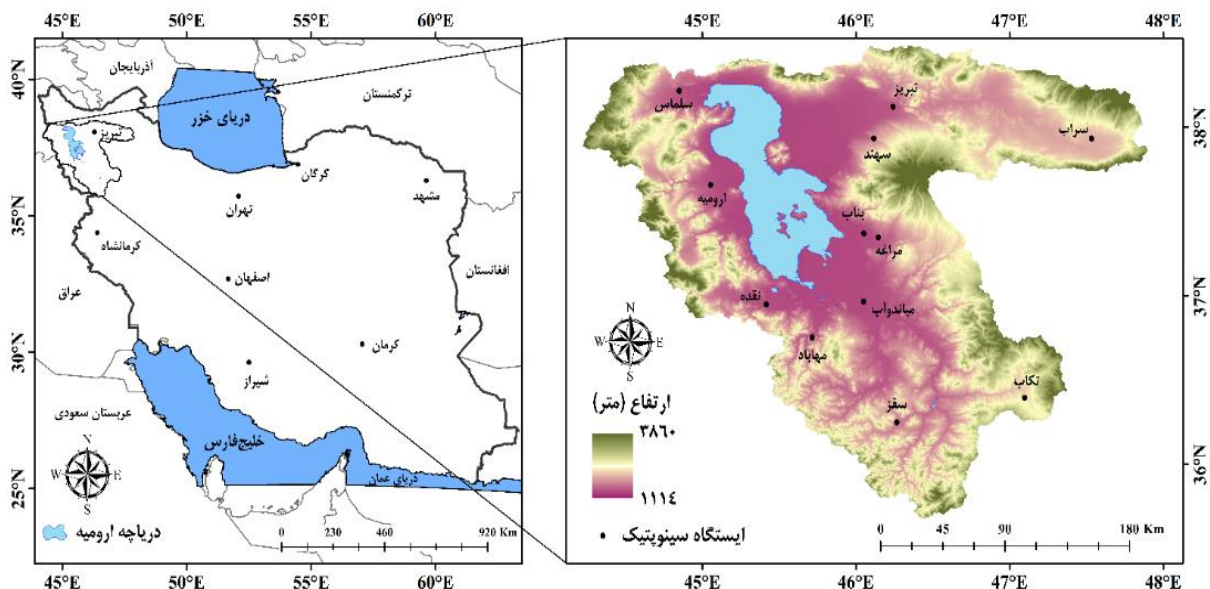
حوزه آبخیز دریاچه ارومیه

حوضه دریاچه ارومیه واقع در شمال‌غرب ایران با مساحت 51876 km^2 یکی از شش حوزه آبخیز اصلی کشور است (شکل ۱). این حوضه بین استان‌های آذربایجان غربی ۴۶٪، آذربایجان شرقی ۴۳٪ و کردستان ۱۱٪ قرار دارد. دریاچه ارومیه بزرگ‌ترین دریاچه داخلی ایران می‌باشد و در ایران و جهان از مهم‌ترین و باارزش‌ترین بوم‌سازگان آبی محسوب می‌شود. این دریاچه نمونه‌ای شاخص از یک حوضه بسته است که رودخانه‌های متعددی به آن زهکش می‌شوند. این حوضه به‌وسیله دامنه‌های جنوبی کوه سبلان، دامنه‌های شمالی، غربی و جنوبی کوه سهند و بخش شمالی کوه‌های زاگرس محصور شده است. توپوگرافی پیچیده و تغییرات مکانی بارش در حوضه، آن را به مکانی مناسب برای ارزیابی تخمین‌های بارش ماهواره‌ای تبدیل می‌کند.

مقیاس زمانی به تفکیک شش زون اقلیمی واسنجی شد و ضرایب تصحیح بر اساس مدل رگرسیون خطی ارائه شد. داده‌های واسنجی شده TRMM در بیشتر زون‌ها و ایستگاه‌ها نزدیک به مقادیر مشاهده‌ای بود. خطای داده‌های TRMM در زون اقلیمی مرطوب واقع در شمال ایران کاهش نیافت (۱۰). داده‌های TRMM 3B43 در ۴۰ ایستگاه باران‌سنجی و ۹ ایستگاه سینوپتیک استان هرمزگان در مقیاس ماهانه طی دوره آماری ۱۹۹۸-۲۰۱۲ مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج بیانگر این می‌باشد که بیشترین دقت ماهواره TRMM در فصل‌های زمستان و بهار و کمترین آن در تابستان اتفاق افتاده است. به‌عبارت‌دیگر، ماهواره TRMM توانسته است وقوع بارش در ماه‌های سرد سال را بهتر از ماه‌های گرم سال پیش‌بینی کند. داده‌های TRMM در بیشتر ماه‌های سال مقدار باران را بیشتر برآورد می‌کند که پس از واسنجی با مدل رگرسیون خطی، با توجه به نقشه‌های پهنه ماه‌های آگوست و دسامبر بهبود قابل‌ملاحظه‌ای در تخمین بارش توسط ماهواره TRMM اتفاق افتاد (۳۱). تصحیح داده‌های روزانه B423 ماهواره TRMM با استفاده از روش حذف اریبی MBR در دامنه جنوبی رشته‌کوه البرز ایران بر اساس مفهوم شباهت یا همگنی (شرایط ارتفاع، طول و عرض جغرافیایی) انجام شده است (۸). نتایج نشان می‌دهد روش MBR قادر است مقدار اریبی داده‌های بارش روزانه را به‌طور متوسط ۵۷٪ در سلول‌های اندازه‌گیری شده و ۲۵٪ در سلول‌های اندازه‌گیری نشده، حذف کند (۸). در پژوهش دیگر، داده‌های بارندگی روزانه ماهواره TRMM در مناطق اقلیمی مختلف ایران در ۱۰۳ ایستگاه زمینی طی سال‌های ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۷ مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج تصحیح داده‌های بارش بر اساس مدل‌های رگرسیون خطی، شبکه عصبی مصنوعی و شبکه عصبی آبخاری سه لایه نشان می‌دهد مدل رگرسیون خطی در مقیاس سالانه و مدل شبکه عصبی مصنوعی ANN در مقیاس ماهانه، کارایی بالاتری دارند. به‌علاوه، مدل ANN در تصحیح داده‌های بارش ایستگاه‌های واقع در مناطق خشک و نیمه‌خشک فلات مرکزی ایران و نواحی غربی دریاچه خزر، عملکرد نامناسبی دارد (۳۲).

داده‌های بارش ماهانه ایستگاه‌های سینوپتیک حوضه به‌منظور تصحیح داده‌های بارش سری 3B43 ماهواره TRMM از داده‌های بارش ماهانه ۱۲ ایستگاه سینوپتیک واقع در محدوده منطقه مورد مطالعه طی سال‌های ۱۳۹۸-۱۳۸۰ (۲۰۱۹-۲۰۰۱) استفاده شد. موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه در شکل ۱ نمایش داده شده است. مطالعه حاضر از روش‌های استاندارد کنترل کیفیت داده‌های هواشناسی، از جمله Run-Test، رویکردی آماری برای ارزیابی یکنواختی داده‌ها و شناسایی الگوهای توزیع استفاده کرد. مشخصات جغرافیایی و میانگین بارش سالانه ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است.

داده‌های بارش ماهانه ایستگاه‌های سینوپتیک حوضه به‌منظور تصحیح داده‌های بارش سری 3B43 ماهواره TRMM از داده‌های بارش ماهانه ۱۲ ایستگاه سینوپتیک واقع در محدوده منطقه مورد مطالعه طی سال‌های ۱۳۹۸-۱۳۸۰ (۲۰۱۹-۲۰۰۱) استفاده شد. موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه در شکل ۱ نمایش داده شده است. مطالعه حاضر از روش‌های استاندارد کنترل کیفیت داده‌های هواشناسی، از جمله Run-Test، رویکردی آماری برای ارزیابی یکنواختی داده‌ها و شناسایی الگوهای توزیع استفاده کرد. مشخصات جغرافیایی و میانگین بارش سالانه ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی حوضه آبخیز دریاچه ارومیه و ایستگاه‌های سینوپتیک منتخب

جدول ۱. مشخصات جغرافیایی و میانگین سالانه بارش ایستگاه‌های مورد مطالعه

ردیف	ایستگاه	طول جغرافیایی (درجه)	عرض جغرافیایی (درجه)	میانگین بارش سالانه (mm)	ارتفاع (m)
۱	ارومیه	۴۵.۰۶	۳۷.۶۶	۳۰۳.۶۴	۱۳۲۸
۲	بناب	۴۶.۰۵	۳۷.۳۷	۲۶۷.۰۵	۱۲۸۱
۳	تبریز	۴۶.۲۴	۳۸.۱۲	۲۵۷.۷۱	۱۳۶۱
۴	تکاب	۴۷.۱۰	۳۶.۴۰	۲۹۹.۳۵	۱۸۱۷
۵	سراب	۴۷.۵۳	۳۷.۹۳	۲۳۷.۵۵	۱۶۸۲
۶	سقز	۴۶.۲۷	۳۶.۲۵	۴۰۹.۲۷	۱۴۸۲
۷	سلماس	۴۴.۸۵	۳۸.۲۲	۲۴۵.۶۸	۱۳۳۹
۸	سهند	۴۶.۱۲	۳۷.۹۳	۲۱۳.۰۲	۱۶۴۱
۹	مراغه	۵۴۶.۱	۳۷.۳۵	۲۵۷.۰۳	۱۳۴۴
۱۰	مهاباد	۴۵.۷۲	۳۶.۷۵	۳۷۱.۷۵	۱۳۵۲
۱۱	میاندوآب	۴۶.۰۵	۳۶.۹۷	۲۸۴.۴۴	۱۳۰۰
۱۲	نقده	۴۵.۴۲	۳۶.۹۵	۳۲۱.۱۱	۱۳۰۷

اعتبارسنجی، نسبت به سایر روش‌های اعتبارسنجی متقابل^۱ اولویت دارد (۳۴). لازم به ذکر است ویژگی‌های آماری داده‌های آموزشی و تست باید مشابه باشند که این شرط در تمام ماه‌های سال، برقرار بوده است. رگرسیون چندکی برای $\tau=0.05$ تا $\tau=0.99$ با فواصل 0.05 اجرا شد (شکل ۲). حداقل مقدار خطا بین مقدار مشاهده‌ای و ماهواره‌ای از بین ۲۰ معادله رگرسیونی به‌عنوان مقدار تصحیح‌شده بارش ماهانه TRMM در نظر گرفته شد.

معیارهای ارزیابی صحت داده‌های خام و تصحیح‌شده

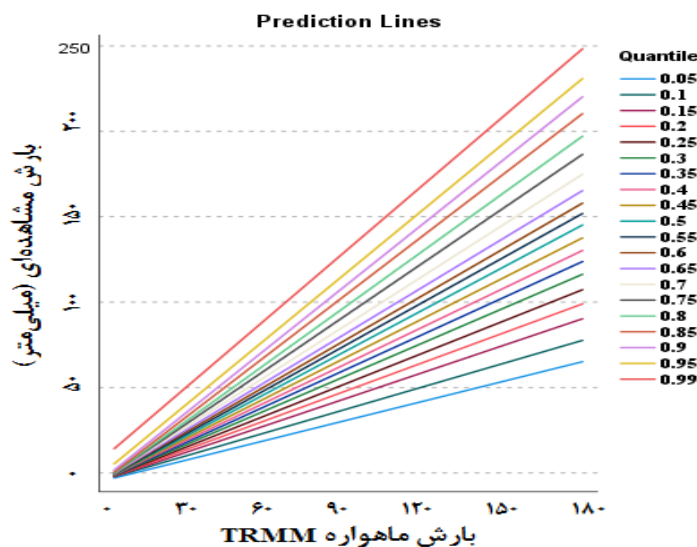
عملکرد داده‌های ماهانه TRMM، داده‌های تصحیح‌شده با مدل رگرسیون خطی TRMM' OLS و مدل رگرسیون چندکی TRMM' QR با استفاده از معیارهای آماری خطای جذر میانگین مربعات $RMSE^2$ ، خطای میانگین مطلق MAE^3 ، درصد اریبی $PBIAS^4$ و KGE^5 بین مقادیر بارش مشاهده‌ای و TRMM طی دوره آماری ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۸ (۲۰۱۹-۲۰۰۱) ارزیابی شد. در پژوهش حاضر، $PBIAS$ منفی نشان داد که مدل، مقدار بارش را کمتر تخمین زده، درحالی‌که مقدار مثبت نشان‌دهنده تخمین بیش‌ازحد توسط مدل بود. KGE به‌عنوان معیار جامع متمایز شد که شامل سه جزء کلیدی است: همبستگی، اریبی و تغییرپذیری (۱۳).

مدل رگرسیون چندکی QRM: Quantile Regression Model

مدل QR مبتنی بر کمینه‌سازی مجموع قدر مطلق وزنی اختلاف بین مشاهده y_i و خط چندک τ $(\beta_0(\tau) + \beta_1(\tau)x_i)$ در x_i منظور شد (۳۸):

$$Q_Y(\tau) = \min_{\beta_0(\tau), \beta_1(\tau)} \left(\sum_{y_i \geq (\beta_0(\tau) + \beta_1(\tau)x_i)} \tau |y_i - (\beta_0(\tau) + \beta_1(\tau)x_i)| + \sum_{y_i < (\beta_0(\tau) + \beta_1(\tau)x_i)} (1-\tau) |y_i - (\beta_0(\tau) + \beta_1(\tau)x_i)| \right) \quad (1)$$

با استفاده از رابطه (۱) می‌توان عرض از مبدأ β_0 و شیب β_1 خط رگرسیون را در چندک τ برای هر $0 < \tau < 1$ نشان داد. نقش τ و $1-\tau$ وزن‌دهی فواصل عمودی است که به موقعیت مشاهدات نسبت به خط چندک τ بستگی دارد. نقاط بالای خط چندک با τ و نقاط زیر خط چندک با $1-\tau$ وزن می‌شوند، به این معنی که هر چه چندک در نظر گرفته شده بیشتر باشد، نقاط بالاتر از خط چندک در ارزیابی شیب و عرض از مبدأ خط رگرسیون مهم‌تر هستند. در هر ماه میلادی، سری داده‌های بارش ایستگاه‌ها به‌طور تصادفی با نرم‌افزار SPSS به دو بخش 70% و 30% تقسیم‌بندی شد و به ترتیب به‌منظور مدل‌سازی و اعتبارسنجی مدل‌های رگرسیون خطی و چندکی، مورد استفاده قرار گرفت. در مدل‌سازی آماری به‌منظور دستیابی به ضرایب یا پارامترهای یک مدل رگرسیونی، استفاده از این روش تقسیم‌بندی و



شکل ۲. خطوط رگرسیون چندکی به‌دست آمده در ایستگاه‌های منتخب در مرحله واسنجی

³Mean Absolute Error

⁴Percent Bias

¹Cross Validation

²Root Mean Squared Error

این معیار نابرابری در میانگین و تغییرپذیری را در نظر می‌گیرد و ارزیابی جامع‌تری از عملکرد مدل ارائه می‌دهد. مقادیر KGE نزدیک به ۱ نشان‌دهنده عملکرد برتر مدل منظور شد، درحالی‌که مقادیر پایین‌تر نشان‌دهنده سطح کاهش‌یافته دقت بود. معیارهای آماری شامل RMSE، MAE، PBIAS و KGE با استفاده از رابطه‌های ۲ تا ۵ محاسبه شدند:

این معیار نابرابری در میانگین و تغییرپذیری را در نظر می‌گیرد و ارزیابی جامع‌تری از عملکرد مدل ارائه می‌دهد. مقادیر KGE نزدیک به ۱ نشان‌دهنده عملکرد برتر مدل منظور شد، درحالی‌که مقادیر پایین‌تر نشان‌دهنده سطح کاهش‌یافته دقت بود. معیارهای آماری شامل RMSE، MAE، PBIAS و KGE با استفاده از رابطه‌های ۲ تا ۵ محاسبه شدند:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_{TRMM} - P_{obs})^2} \quad (2)$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |P_{TRMM} - P_{obs}| \quad (3)$$

$$PBias = \frac{\sum_{i=1}^n (P_{TRMM} - P_{obs})}{\sum_{i=1}^n P_{obs}} \times 100 \quad (4)$$

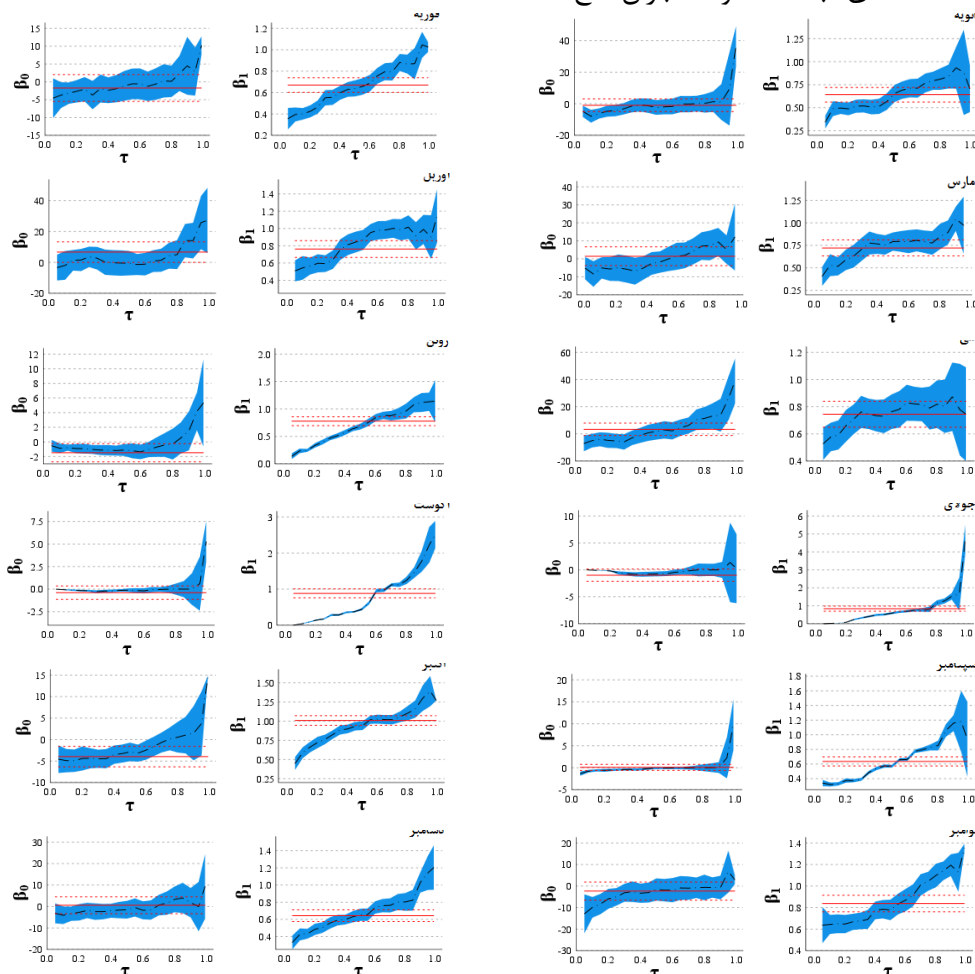
$$KGE = 1 - \sqrt{((r - 1)^2 + (\sigma_{TRMM}/\sigma_{obs} - 1)^2 + (\mu_{TRMM}/\mu_{obs} - 1)^2)} \quad (5)$$

در رابطه‌های ۲ تا ۵ اختصارات عبارت‌اند از: n تعداد کل مشاهدات، P_{obs} داده‌های ثبت‌شده توسط باران‌سنج‌ها،

نتایج

ضرایب رگرسیون چندکی در ماه‌های مختلف

عرض از مبدأ β_0 و شیب β_1 خط رگرسیون در چندک‌های مورد مطالعه به تفکیک هرماه در شکل ۳ نشان داده شده است. نقاط سیاه نشان‌دهنده عرض از مبدأ و شیب خطوط رگرسیون برای سطوح مختلف چندک می‌باشند درحالی‌که نوارهای آبی فاصله اطمینان ۹۰٪ شیب و عرض از مبدأ را نشان می‌دهند. QR برای گام‌های مساوی ۰/۰۵ اعمال شده است. چندک‌ها از ۰/۰۵ تا ۰/۹۵، همراه با چندک ۰/۹۹ به‌منظور بررسی گسترده رابطه بین شیب و چندک تعریف شده است.

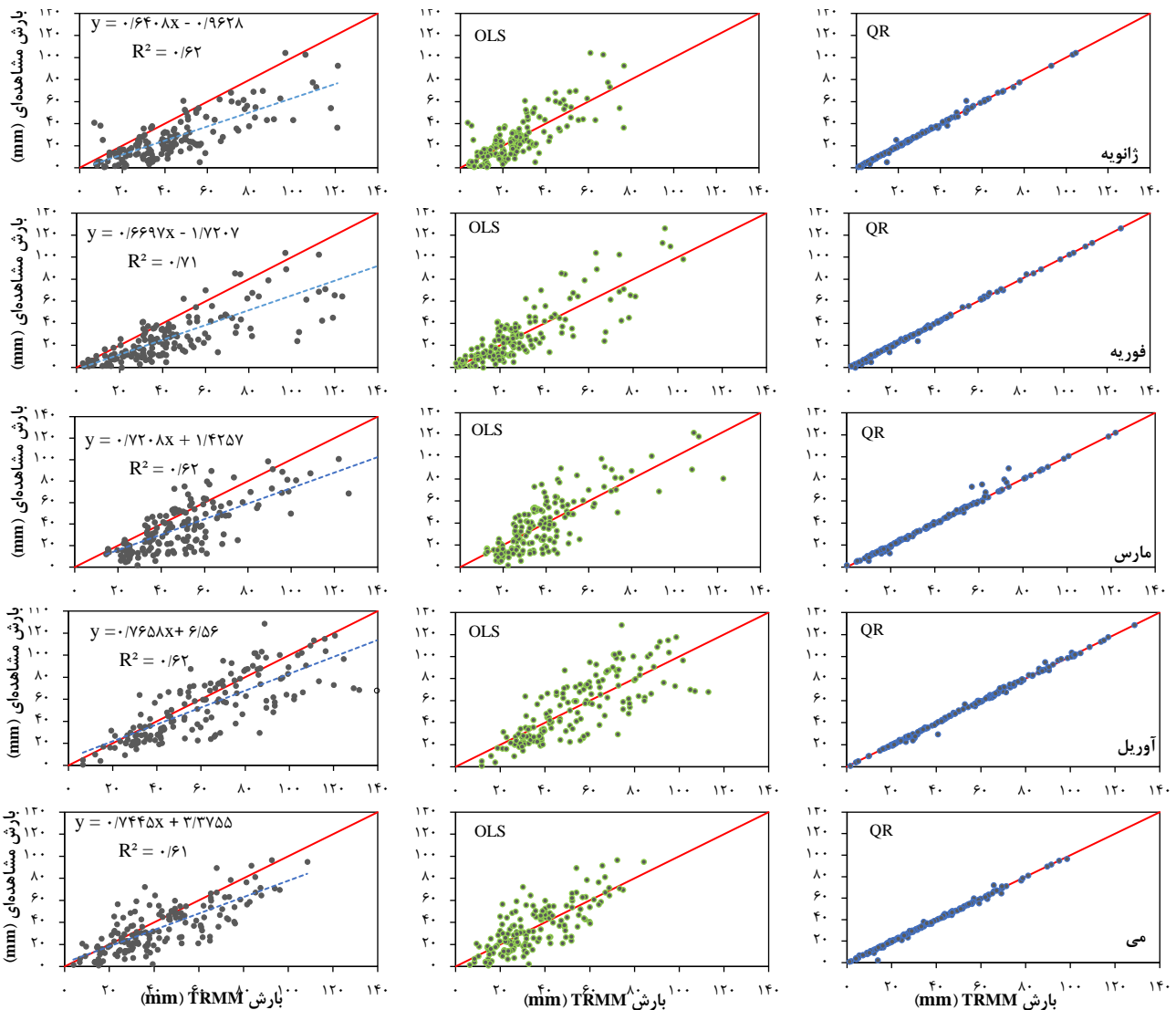


شکل ۳. عرض از مبدأ β_0 و شیب β_1 خط رگرسیون در چندک‌های مختلف برای ماه‌های سال

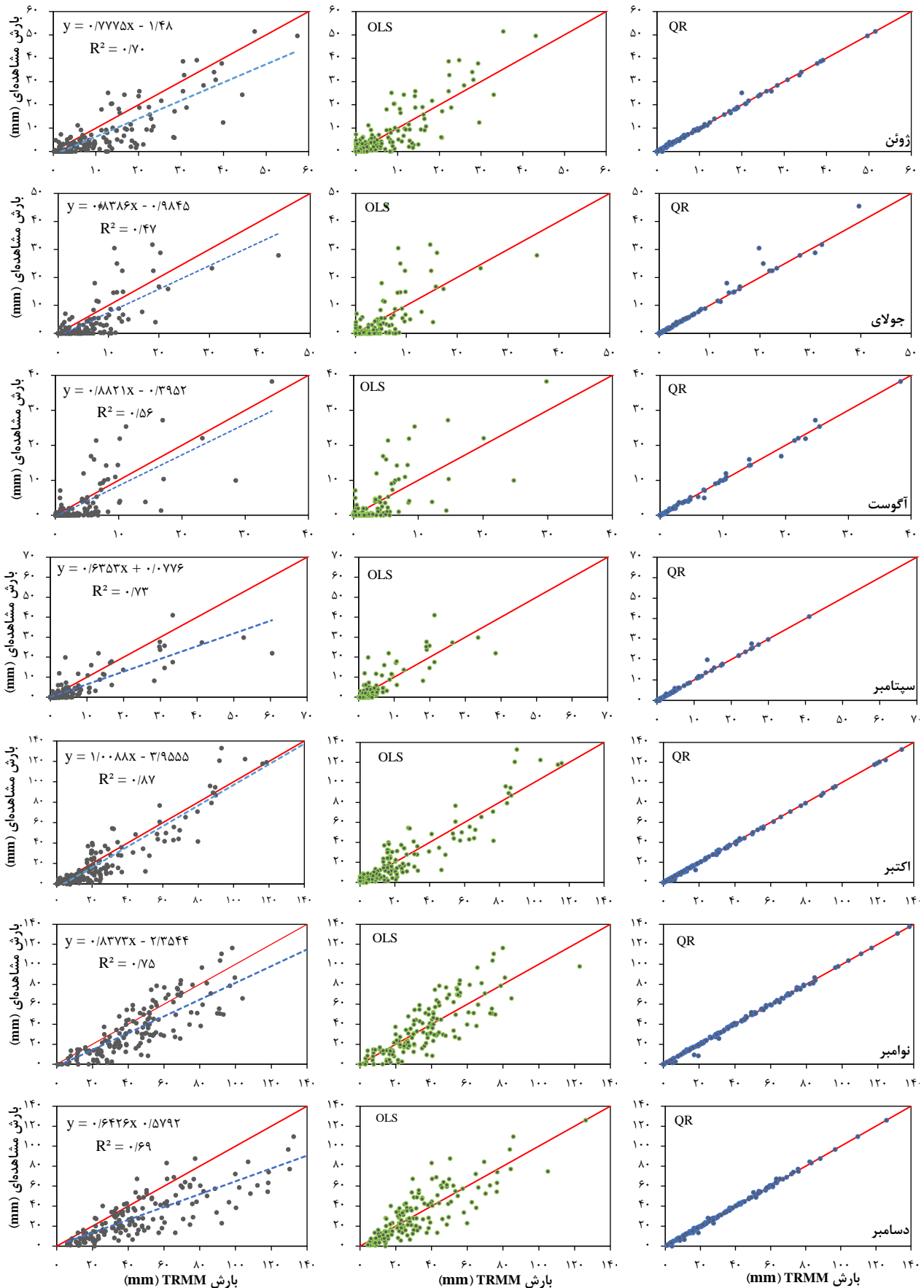
نمودار پراکنش بارش ماهانه داده‌های TRMM و داده‌های تصحیح‌شده بر اساس مدل‌های رگرسیون خطی و رگرسیون چندکی به تفکیک ماه میلادی بر اساس ۷۰٪ داده‌های انتخاب شده به‌طور تصادفی در دوره آماری مورد مطالعه، در شکل ۴ نشان داده شده است. مقدار ضریب تعیین R^2 برای داده‌های TRMM 3B43 طی ماه‌های ژانویه تا دسامبر به ترتیب ۰/۶۲، ۰/۷۱، ۰/۶۲، ۰/۶۲، ۰/۶۱، ۰/۷۰، ۰/۴۷، ۰/۵۶، ۰/۷۳، ۰/۸۷، ۰/۷۵، ۰/۶۹ به‌دست آمد. نمودار پراکنش بارش بین مقادیر مشاهده‌ای و داده‌های TRMM نشان می‌دهد که ماهواره TRMM بارش را در تمام ماه‌ها بیش از مقدار واقعی برآورد کرده است. با توجه به وجود خطا بین داده‌های TRMM و داده‌های مشاهده‌ای (جدول ۲)، تصحیح داده‌ها با استفاده از مدل‌های رگرسیون خطی ساده OLS و رگرسیون چندکی QR انجام شده است.

در شکل ۳ خطوط قرمز رنگ افقی، بیانگر عرض از مبدأ و شیب خط هر مدل رگرسیون خطی در سطوح چندک‌ها، می‌باشد و فواصل اطمینان عرض از مبدأ و شیب با خطوط خط-چین قرمز نشان داده شده است. نمودارهای مربوط به تحلیل رگرسیون چندکی نشان می‌دهد که در بیشتر ماه‌ها، مقادیر شیب و عرض از مبدأ در چندک‌های بالاتر از ۰/۵، بزرگ‌تر می‌باشند. لازم به ذکر است برای چندک ۰/۹۹ مقدار شیب مدل QR در تعدادی از ماه‌های سال، نسبت به سایر چندک‌ها، مقدار کمتری داشته است که به دلیل افزایش مقدار عرض از مبدأ در چندک ۰/۹۹ می‌باشد.

تصحیح داده‌های TRMM 3B43 در مرحله واسنجی



شکل ۴. نمودار پراکنش داده‌های بارش ماهانه TRMM 3B43 (سمت چپ) و داده‌های تصحیح‌شده با مدل‌های رگرسیون خطی (وسط) و رگرسیون چندکی (سمت راست) در مرحله واسنجی با ۷۰٪ داده‌های انتخابی در ایستگاه‌های سینوپتیک حوضه



ادامه شکل ۴. نمودار پراکنش داده‌های بارش ماهانه TRMM 3B43 (سمت چپ) و داده‌های تصحیح‌شده با مدل‌های رگرسیون خطی (وسط) و رگرسیون چندکی (سمت راست) در مرحله واسنجی با ۷۰٪ داده‌های انتخابی در ایستگاه‌های سینوپتیک حوضه

همان‌طور که مشاهده می‌شود RMSE بیشترین مقدار را در ماه‌های ژانویه، دسامبر، فوریه، مارس، آوریل، نوامبر و می با ۲۲/۶۴، ۲۰/۷۶، ۲۰/۰۴، ۱۷/۹۹، ۱۷/۳۵، ۱۵/۰۷ و ۱۳/۶۷ دارد. مقدار RMSE در ماه‌های ژوئن تا اکتبر به ترتیب ۶/۰۳، ۴/۸۱، ۳/۳۶، ۴/۶۱ و ۹/۵۰ است. پس از تصحیح داده‌ها از طریق رگرسیون خطی، مقدار RMSE در ماه‌های ژانویه تا فوریه به ترتیب به ۱۲/۵۱، ۱۱/۲۶، ۱۲/۸۱، ۱۴/۸۹، ۱۱/۱۹، ۴/۶۱، ۴/۴۶، ۳/۲۵، ۳/۱۲، ۸/۹۳، ۱۲/۰۰ و ۱۱/۸۷ کاهش یافته است. مقدار RMSE پس از تصحیح با مدل QR به کمتر از ۲/۳۵ در تمامی ماه‌ها رسیده است. مقدار آن به ۱/۳۶، ۰/۹۳، ۲/۱۱، ۲/۳۵، ۱/۲۴، ۰/۴۲، ۰/۹۴، ۰/۳۴، ۰/۴۸، ۰/۶۴، ۰/۲۱ و ۰/۹۷ کاهش یافته است. مقدار MAE در ماه‌های ژانویه تا دسامبر به ترتیب از ۱۸/۰۶، ۲/۰۴، ۱۱/۶۸، ۱۰/۴۵، ۹/۰۰، ۳/۷۰، ۲/۶۵، ۱/۶۵، ۲/۰۴، ۵/۸۴، ۹/۷۲ و ۱۲/۹۹ در داده‌های اصلی TRMM به ۰/۵۸۹، ۰/۳۸۵، ۰/۶۷۷، ۰/۶۸۴، ۰/۴۹۷، ۰/۱۳۱، ۰/۱۷۰، ۰/۰۸۶، ۰/۰۹۰، ۰/۲۶۷، ۰/۴۵۲، ۰/۴۵۵ در رگرسیون چندکی کاهش یافته است. مقادیر PBIAS نشان می‌دهد که TRMM در تمامی ماه‌های سال بارش را بیشتر از مقدار واقعی برآورد کرده است، از ماه ژانویه تا ماه دسامبر به ترتیب به ۶۱/۶۳، ۵۸/۱۹، ۳۳/۵۰، ۱۵/۲۶، ۲۱/۸۶، ۵۵/۳۲، ۵۲/۹۸، ۳۰/۷۸، ۵۴/۰۳، ۱۶/۵۳، ۲۷/۲۶ و ۵۳/۹۳٪ بیشتر. مقادیر منفی PBIAS بیانگر برآورد کمتر از مقدار واقعی داده‌های TRMM تصحیح شده است.

داده‌های ماهانه TRMM با استفاده از معادلات رگرسیون خطی ارائه شده در شکل ۴ (سمت چپ) تصحیح شده و نتایج آن به صورت نمودار پراکنش OLS ارائه شده است. در تمامی ماه‌ها نتایج نشان می‌دهد که رگرسیون خطی نتوانسته است داده‌های TRMM را به خوبی تصحیح کند، چراکه، TRMM تصحیح شده با رگرسیون خطی همچنان دارای برآورد کمتر و بیشتر از مقدار واقعی است. با اعمال رگرسیون چندکی در چندک‌های مختلف (شکل ۳)، مقادیر ماهانه TRMM تصحیح شده است. نتایج QR در شکل ۴ نشان می‌دهد که داده‌های TRMM تصحیح شده با مدل رگرسیون چندکی در تمام ماه‌های سال، نزدیک و مشابه مقادیر اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های سینوپتیک حوضه می‌باشند

نتایج ارزیابی مدل‌های تصحیح داده‌های TRMM

نتایج ارزیابی داده‌های اصلی TRMM 3B43 و داده‌های TRMM تصحیح شده با مدل‌های رگرسیون خطی و چندکی در جدول ۲ ارائه شده است. RMSE خطای کلی داده‌ها را نشان می‌دهد و هر چه مقدار آن کمتر باشد، همبستگی بین داده‌های بارش اندازه‌گیری شده و بارش ماهواره‌ای بالاتر است. MAE مقدار میانگین خطای مطلق است و مقدار کمتر آن نشان‌دهنده همبستگی بالا بین دو منبع اطلاعاتی است. PBIAS تفاوت بین کمیت‌های شبیه‌سازی شده و مشاهده شده را با مقدار بهینه آن در حالت صفر تعیین می‌کند.

جدول ۲. معیارهای ارزیابی داده‌های خام و تصحیح شده TRMM در مرحله واسنجی یا برآورد ضرایب مدل‌های رگرسیونی بر اساس

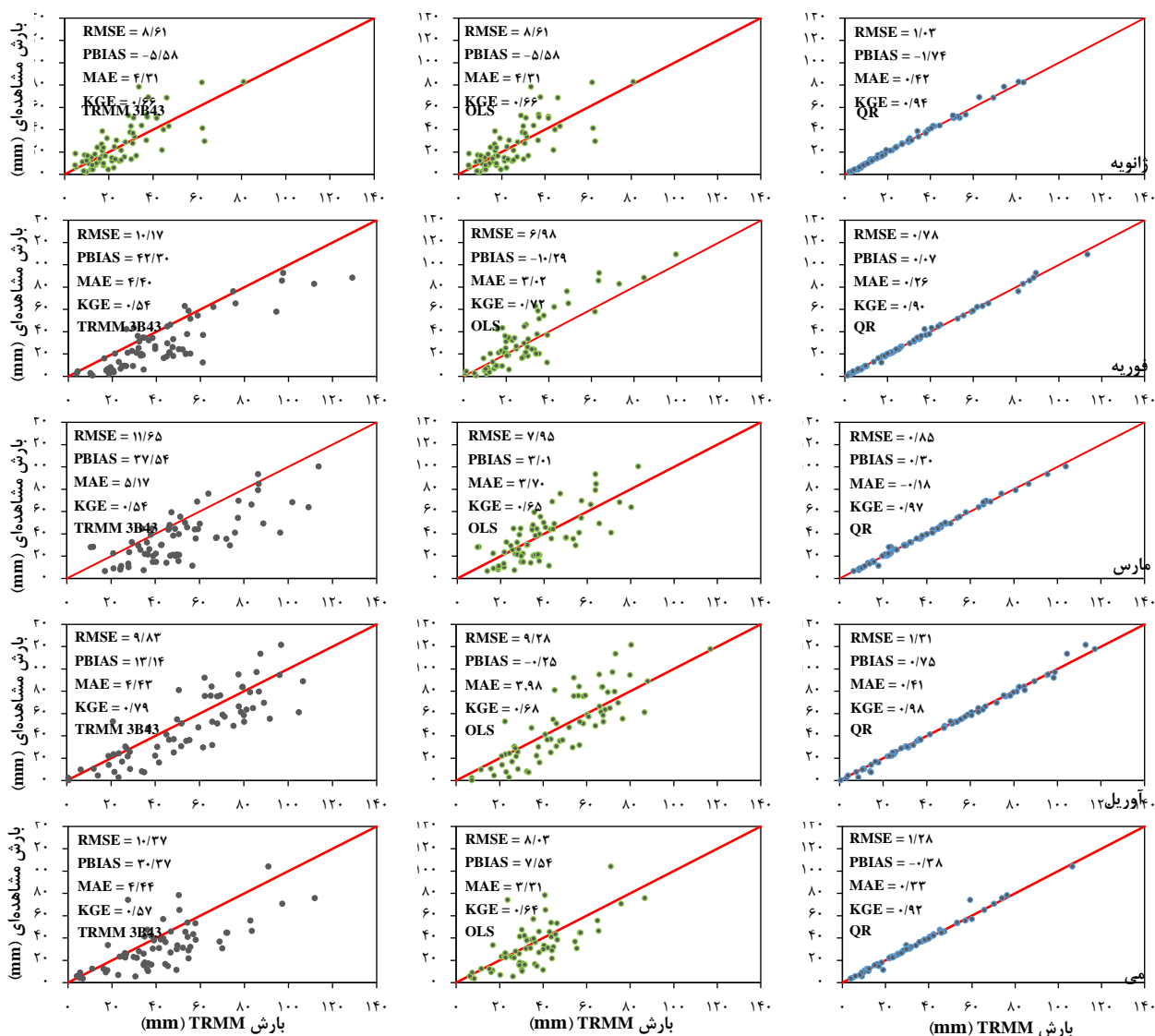
۷۰٪ داده‌های انتخابی در ایستگاه‌های سینوپتیک حوضه

ماه	RMSE (mm)			MAE			PBIAS (%)			KGE		
	QR	OLS	TRMM	QR	OLS	TRMM	QR	OLS	TRMM	QR	OLS	TRMM
ژانویه	۱/۳۶	۱۲/۵۱	۲۲/۶۴	۰/۵۸۹	۹/۵۴	۶۱/۶۳	-۰/۰۴	-۰/۰۱	۶۱/۶۳	۰/۷۰	۰/۳۱	-۰/۹۹۲
فوریه	۰/۹۳	۱۱/۲۶	۲۰/۰۴	۰/۳۸۵	۶/۹۴	۵۸/۱۹	۰/۱۱	۰/۰۱	۵۸/۱۹	۰/۷۸	۰/۳۴	-۰/۹۹۲
مارس	۲/۱۱	۱۲/۸۱	۱۷/۹۹	۰/۶۷۷	۸/۴۸	۳۳/۵۰	-۰/۸۵	-۰/۰۹	۳۳/۵۰	۰/۷۰	۰/۵۹	-۰/۹۷۳
آوریل	۲/۳۵	۱۴/۸۹	۱۷/۳۵	۰/۶۸۴	۹/۸۸	۱۵/۲۶	۰/۴۰	۱/۲۳	۱۵/۲۶	۰/۶۹	۰/۷۳	-۰/۹۸۰
می	۱/۲۴	۱۱/۱۹	۱۳/۶۷	۰/۴۹۷	۷/۴۲	۲۱/۸۶	۰/۶۲	۰/۴۲	۲۱/۸۶	۰/۶۹	۰/۶۹	-۰/۹۹۵
ژوئن	۴/۶۱	۴/۶۱	۶/۰۳	۰/۱۳۱	۲/۵۶	۵۵/۳۲	۰/۲۰	۱/۲۴	۵۵/۳۲	۰/۷۶	۰/۴۲	-۰/۹۸۷
جولای	۴/۴۶	۴/۴۶	۴/۸۱	۰/۱۷۰	۱/۹۷	۵۲/۹۸	۱/۰۲	۴/۶۸	۵۲/۹۸	۰/۵۴	۰/۳۶	-۰/۹۲۱
اگوست	۳/۲۵	۳/۲۵	۳/۳۶	۰/۰۸۶	۱/۴۸	۳۰/۷۸	-۰/۴۲	۳/۰۴	۳۰/۷۸	۰/۶۴	۰/۵۷	-۰/۹۷۰
سپتامبر	۳/۱۲	۳/۱۲	۴/۶۱	۰/۰۹۰	۱/۴۱	۵۴/۰۳	-۱/۱۱	-۲/۰۶	۵۴/۰۳	۰/۷۹	۰/۳۴	-۰/۹۷۹
اکتبر	۸/۹۳	۸/۹۳	۹/۵۰	۰/۲۶۷	۵/۱۷	۱۶/۵۳	۰/۵۸	۱/۰۶	۱۶/۵۳	۰/۹۰	۰/۸۱	-۰/۹۹۲
نوامبر	۱۲/۰۰	۱۲/۰۰	۱۵/۰۷	۰/۴۵۲	۷/۷۷	۲۷/۲۶	۰/۶۰	۰/۱۵	۲۷/۲۶	۰/۸۱	۰/۶۹	-۰/۹۹۴
دسامبر	۱۱/۸۷	۱۱/۸۷	۲۰/۷۶	۰/۴۵۵	۷/۲۳	۵۳/۹۳	۰/۲۱	۰/۷۷	۵۳/۹۳	۰/۷۶	۰/۳۷	-۰/۹۹۱

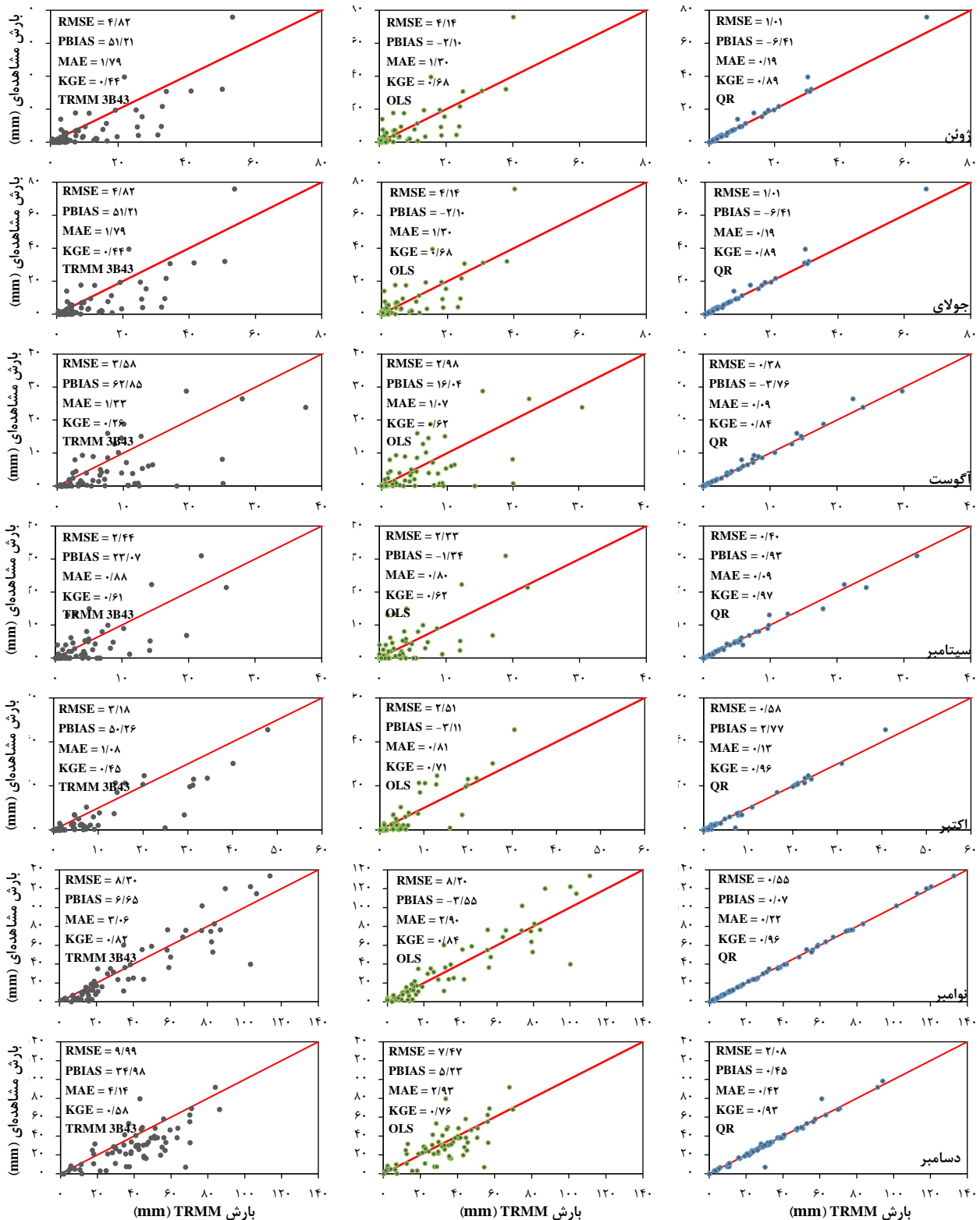
همان‌طور که قبلاً اشاره شد، در مدل رگرسیون چندکی، ۷۰٪ از داده‌ها برای واسنجی و ۳۰٪ برای اعتبارسنجی استفاده شد. ۳۰٪ از داده‌ها که به صورت تصادفی انتخاب شده بودند با استفاده از معادلات به دست آمده در رگرسیون چندکی در مرحله واسنجی ۷۰٪ داده‌ها تصحیح شدند. نمودارهای پراکنش بین داده‌های ماهانه TRMM و داده‌های مشاهده‌ای (سمت چپ)، داده‌های تصحیح شده با مدل‌های رگرسیون خطی (وسط) و رگرسیون چندکی (سمت راست) و داده‌های مشاهده‌ای در شکل ۵ نشان داده شده است. معیارهای ارزیابی داده‌های خام TRMM 3B43 و داده‌های TRMM تصحیح شده با مدل‌های رگرسیون خطی و چندکی در مرحله اعتبارسنجی در شکل ۵ ارائه شده است.

در حالی که مقدار PBIAS پس از تصحیح QR در ماه‌های فوریه، آوریل، می، ژوئن، اکتبر، نوامبر و دسامبر به ترتیب ۰/۱۱، ۰/۴۰، ۰/۶۲، ۰/۲۰، ۰/۵۸، ۰/۶۰ و ۰/۲۱ برآورد بیشتر از مقدار واقعی و در ماه‌های ژانویه، مارس، جولای، آگوست، سپتامبر به ترتیب ۰/۰۴، ۰/۸۵، ۲/۱۰، ۰/۴۲ و ۱/۱۱ برآورد کمتر از مقدار واقعی را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که مقادیر KGE در مدل رگرسیون چندکی در تمامی ماه‌های سال بالای ۰/۹۷ نسبت به داده‌های اصلی TRMM و مدل تصحیح رگرسیون خطی بیشتر شده است. مقدار این معیار نشان‌دهنده عملکرد برتر TRMM تصحیح شده با استفاده از مدل رگرسیون چندکی QR است.

تصحیح داده‌های TRMM 3B43 در مرحله اعتبارسنجی



شکل ۵. نمودار پراکنش داده‌های بارش ماهانه TRMM 3B43 (سمت چپ) و داده‌های تصحیح شده با مدل‌های رگرسیون خطی (وسط) و رگرسیون چندکی (سمت راست) در مرحله اعتبارسنجی با ۳۰٪ داده‌های انتخابی در ایستگاه‌های سینوپتیک حوضه



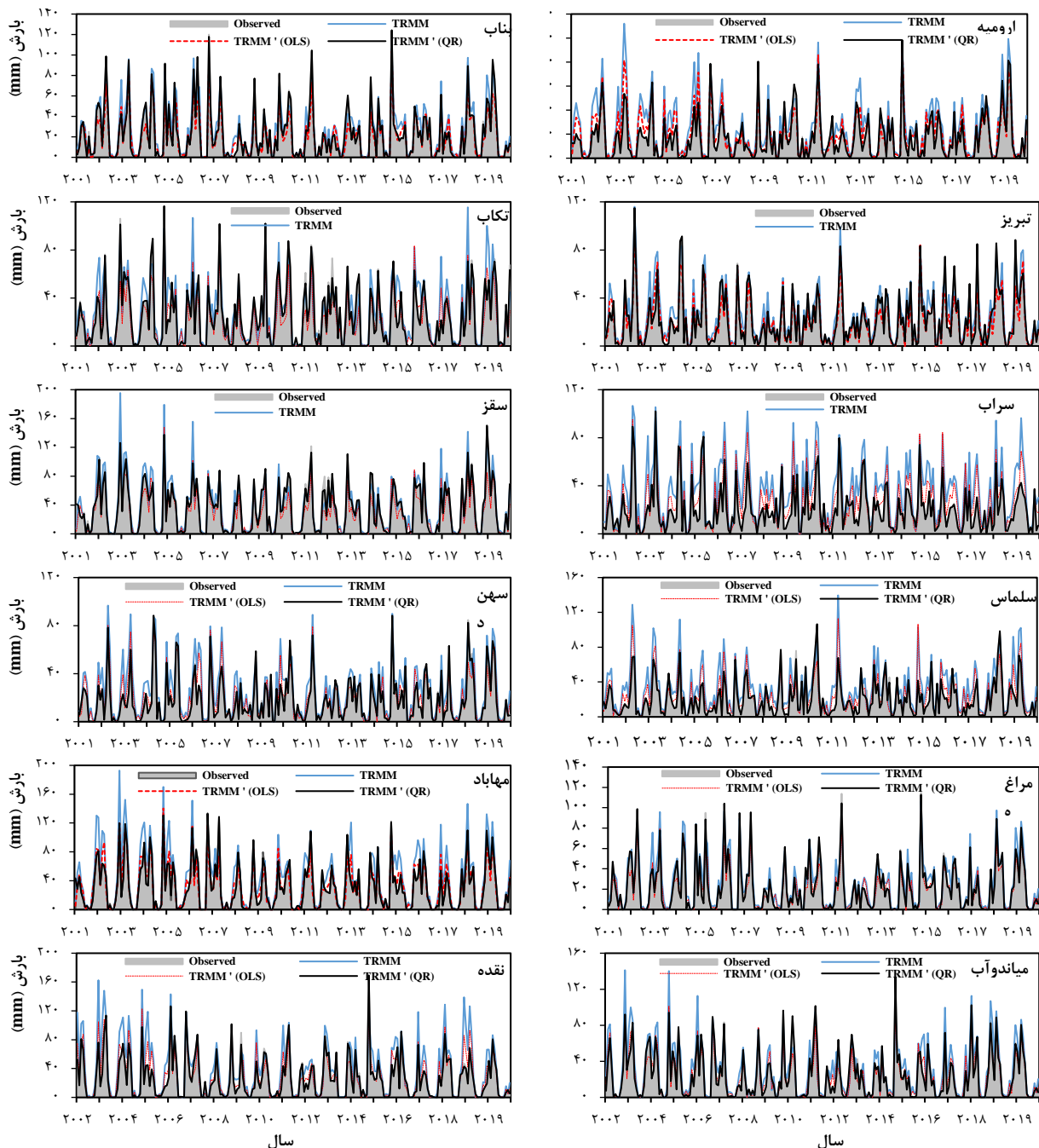
شکل ۵. نمودار پراکنش داده‌های بارش ماهانه TRMM 3B43 (سمت چپ) و داده‌های تصحیح‌شده با مدل‌های رگرسیون خطی (وسط) و رگرسیون چندکی (سمت راست) در مرحله اعتبارسنجی با ۳۰٪ داده‌های انتخابی در ایستگاه‌های سینوپتیک حوضه

اعمال رگرسیون چندکی بیشتر نقاط روی خط ایده‌آل ۱:۱ قرار گرفته و مقادیر RMSE و PBIAS در مدل رگرسیون چندکی کمتر از داده‌های اصلی TRMM و مقادیر تصحیح

در این مرحله، مشاهده می‌شود که داده‌های TRMM مقادیر بارش ماهانه را در بیشتر ماه‌ها بیشتر از مقدار واقعی برآورد کرده است. همچنین، نتایج نشان می‌دهد که پس از

برآورد کرده است. نتایج نشان داد پس از واسنجی، مقادیر بارش TRMM QR مشابه و نزدیک به مقادیر بارش ایستگاه‌ها می‌باشد. در ایستگاه‌های سراب، سلماس و سهند، مقادیر خام بارش ماهواره TRMM تفاوت زیادی با مقادیر مشاهده‌ای داشت و پس از کالیبراسیون با مدل چندکی، بارش ماهواره‌ای تقریباً مشابه و نزدیک به داده‌های مشاهده‌ای در ایستگاه‌های مذکور می‌باشد که بیانگر کارایی مدل چندکی در تصحیح داده‌ها است.

شده با مدل OLS به دست آمده است. مقادیر بارش ماهانه داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک، داده‌های TRMM پس از تصحیح با مدل رگرسیون خطی TRMM OLS و رگرسیون چندکی QR TRMM طی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۸ (۲۰۰۱-۲۰۱۹) به تفکیک ایستگاه‌های مورد مطالعه در شکل ۶ ارائه شده است. مقایسه مقادیر بارش ماهانه نشان می‌دهد که در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه، مقادیر بارش TRMM روند مشابهی با مقادیر بارش مشاهده‌ای دارد و در اکثر ماه‌ها بارش را بیشتر از مقدار واقعی



شکل ۶. مقایسه مقادیر بارش ماهانه مشاهده‌ای، ماهواره TRMM، TRMM OLS و TRMM QR طی سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۹

■ بحث و نتیجه‌گیری

تصحیح داده‌های ماهانه بارش TRMM برای شبیه‌سازی هیدرولوژیک، مدیریت منابع آب و پایش خشکسالی ضروری است. اندازه‌گیری‌های نقطه‌ای بر اساس ایستگاه‌های باران‌سنجی به‌طور مؤثر قادر به انعکاس تغییرات مکانی بارش نیستند. از سوی دیگر، سنجش‌ازدور می‌تواند این محدودیت را با ارائه مستقیم توزیع مکانی بارش در مناطق وسیع، به‌ویژه در مناطق فاقد ایستگاه‌های باران‌سنجی برطرف کند. TRMM 3B43 خوارزمی (الگوریتم) است که بهترین تخمین بارش را بر پایه ترکیبی از اندازه‌گیری‌های چند سنجنده روی چندین ماهواره ارائه می‌دهد. با این حال، داده‌های TRMM با توجه به بررسی‌های انجام‌شده نیاز به تصحیح در مقیاس‌های زمانی مختلف دارند (۴، ۱۸، ۲۱، ۳۰، ۳۹). هدف از بررسی حاضر، تصحیح داده‌های بارش ماهانه ماهواره TRMM برای حوزه آبخیز دریاچه ارومیه با استفاده از داده‌های ۱۲ ایستگاه سینوپتیک طی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۸ (۲۰۱۹-۲۰۰۱) بوده است. لذا، داده‌های ماهانه بارش TRMM با مدل‌های رگرسیون خطی ساده و رگرسیون چندکی با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک مورد مطالعه تصحیح شدند. رگرسیون چندکی مدل توسعه‌یافته رگرسیون خطی استاندارد در نظر گرفته می‌شود (۲۴)؛ زیرا رگرسیون را بر روی چندک‌ها اعمال می‌کند و نه فقط بر روی میانگین. توانایی بررسی در هر سطح کمی و رابطه خطی بین دو یا چند متغیر، دید کامل‌تری از ویژگی‌های آماری یک نمونه و دنباله‌های توزیع آن را ارائه می‌دهد (۳۸). علاوه بر این، مدل‌های رگرسیون استاندارد به‌شدت تحت تأثیر داده‌های پرت قرار می‌گیرند که می‌تواند به‌ویژه در تشخیص روندها در طول زمان بسیار پیچیده باشد. ۷۰٪ از داده‌ها طی سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۹ برای واسنجی و ۳۰٪ باقی‌مانده به‌منظور اعتبارسنجی مورد استفاده قرار گرفت. نمودار پراکنش بارش بین مقادیر مشاهده‌ای و داده‌های TRMM نشان داد که ماهواره TRMM بارش را در تمامی ماه‌ها بیش از مقدار واقعی برآورد کرده است. همچنین، نتایج مطالعات انجام‌شده بیانگر برآورد بیش از مقدار واقعی داده‌های TRMM در مقیاس‌های زمانی متفاوت می‌باشند (۹، ۲۵، ۴۰). نتایج تصحیح TRMM نشان داد که رگرسیون خطی

نتوانسته است داده‌های TRMM را به‌خوبی تصحیح کند، چراکه، TRMM تصحیح‌شده با رگرسیون خطی همچنان دارای برآورد کمتر و بیشتر از مقدار واقعی بود. با اعمال رگرسیون چندکی در چندک‌های مختلف، مقادیر ماهانه TRMM تصحیح شد. نتایج QR نشان داد که داده‌های TRMM تصحیح‌شده با مدل رگرسیون چندکی در تمام ماه‌های سال، نزدیک و مشابه مقادیر اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های سینوپتیک حوضه می‌باشند. مقدار RMSE پس از تصحیح با مدل QR به کمتر از ۲/۳۵ در تمامی ماه‌ها رسید. مقادیر PBIAS نشان داد که TRMM در تمامی ماه‌های سال بارش را بیشتر از مقدار واقعی بالای ۲۰٪ برآورد کرده است. در حالی که مقدار PBIAS پس از تصحیح QR در تمامی ماه‌های مورد مطالعه کمتر از ۲/۱۰ شد. مشاهده شد که مقادیر KGE در مدل رگرسیون چندکی در تمام ماه‌ها، بالای ۰/۹۷ نسبت به داده‌های خام TRMM و مقادیر تصحیح‌شده با رگرسیون خطی، بیشتر شده است. مقدار این معیار نشان‌دهنده عملکرد برتر TRMM تصحیح‌شده با استفاده از مدل رگرسیون چندکی QR است. ۳۰٪ از داده‌ها که به‌صورت تصادفی انتخاب شده بودند با استفاده از معادلات به دست آمده در رگرسیون چندکی در مرحله واسنجی ۷۰٪ داده‌ها تصحیح شدند. مشاهده شد که پس از اعمال رگرسیون چندکی بیشتر نقاط روی خط ایده‌آل ۱:۱ قرار گرفتند. مقایسه مقدار بارش ماهانه نشان داد که در تمامی ایستگاه‌های مورد بررسی، بارش TRMM روند مشابهی با مقدار بارش مشاهده‌ای دارد (۴، ۱۰) و در بیشتر ماه‌ها بارش را بیشتر از مقدار واقعی برآورد کرده است. پس از تصحیح مقادیر بارش QR TRMM مشاهده شد که تقریباً مشابه بارش مشاهده‌ای در تمامی ایستگاه‌ها شده است. در ایستگاه‌های سراب، سلماس و سهند، مقادیر خام بارش ماهواره TRMM تفاوت زیادی با مقادیر مشاهده‌ای دارند که پس از تصحیح با مدل چندکی، بارش ماهواره‌ای تقریباً برابر مقادیر مشاهده‌ای بود. داده‌های TRMM در مناطق مرطوب دارای خطای زیادی هستند (۴، ۱۰). تصحیح داده‌های ماهانه TRMM 3B43 با استفاده از مدل رگرسیون چندکی در زون‌های اقلیمی مختلف ایران به‌ویژه زون اقلیمی مرطوب ضروری است. همچنین، دخالت دادن سایر عامل‌های تأثیرگذار بر مقدار بارش از جمله

با مدل رگرسیون چندکی، می‌توان از داده‌های TRMM در بررسی‌های مختلف از جمله مدیریت منابع آب و خشک‌سالی استفاده کرد.

■ سپاسگزاری

از سازمان هواشناسی کشور برای ارائه داده‌های بارندگی روزانه ایستگاه‌های سینوپتیک منطقه موردبررسی سپاسگزاریم.

ارتفاع ایستگاه‌های باران‌سنجی در مدل رگرسیون چندکی می‌تواند نتایج تصحیح را بهبود دهد. داده‌های TRMM 3B43 از سال ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۹ در دسترس می‌باشند. لذا، می‌توان برای تصحیح داده‌های بارش ماهانه TRMM از داده‌های تعداد بیشتری از ایستگاه‌های سینوپتیک در سطح ایران استفاده کرد. همچنین از رگرسیون چندکی می‌توان برای تصحیح سایر داده‌های ماهواره‌ای بارش از جمله GPM، MERRA، و CHIRPS استفاده نمود. پس از تصحیح

■ References

1. Abbas, S. A., Xuan, Y., & Song, X. (2019). Quantile regression based methods for investigating rainfall trends associated with flooding and drought conditions. *Water Resources Management*, 33(12), 4249-4264. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11269-019-02362-0>
2. Abdelmoneim, H., Soliman, M. R., & Moghazy, H. M. (2020). Evaluation of TRMM 3B42V7 and CHIRPS satellite precipitation products as an input for hydrological model over Eastern Nile Basin. *Earth Systems and Environment*, 4, 685-698. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41748-020-00185-3>
3. Ahn, K. H., & Palmer, R. (2016). Regional flood frequency analysis using spatial proximity and basin characteristics: Quantile regression vs. parameter regression technique. *Journal of Hydrology*, 540, 515-526. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.06.047>
4. Almazroui, M. (2011). Calibration of TRMM rainfall climatology over Saudi Arabia during 1998–2009. *Atmospheric Research*, 99(3-4), 400-414. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2010.11.006>
5. Bararkhanpour, S., Ghorbani, K., Salari Jazi, M., & Rezaei Ghaleh, L. (2020). Study of seasonal and annual rainfall changes with quantile regression method (case study: Gorgan Hashem-Abad station. *Journal of Climate Research*, 10(39), 89-104. [In Persian]
6. Beck, H. E., Van Dijk, A. I., Levizzani, V., Schellekens, J., Miralles, D. G., Martens, B., & De Roo, A. (2017). MSWEP: 3-hourly 0.25 global gridded precipitation (1979–2015) by merging gauge, satellite, and reanalysis data. *Hydrology and Earth System Sciences*, 21(1), 589-615. DOI: <https://doi.org/10.5194/hess21-589-2017>
7. Brasil Neto, R. M., Guimaraes Santos, C. A., Marques da Silva, R., & Costa dos Santos, C. A. (2022). Evaluation of TRMM satellite dataset for monitoring meteorological drought in northeastern Brazil. *Hydrological Sciences Journal*, 67(14), 2100-2120. DOI: <https://doi.org/10.1080/02626667.2022.2130333>
8. Choubin, B., Khalighi-Sigaroodi, S., Mishra, A., Goodarzi, M., Shamshirband, S., Ghaljaee, E., & Zhang, F. (2019). A novel bias correction framework of TMPA 3B42 daily precipitation data using similarity matrix/homogeneous conditions. *Science of The Total Environment*, 694, 1-11. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133680>
9. de Almeida, K. N., dos Reis, J. A. T., Buarque, D. C., Mendonça, A. S. F., Rodrigues, M. B., & de Laia Nascimento Sá, G. (2020). Performance analysis of TRMM satellite in precipitation estimation for the Itapemirim River basin, Espírito Santo state, Brazil. *Theoretical and Applied Climatology*, 141, 791-802. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00704-020-03204-5>
10. Erfanian M., Kazempour S., & Heidari H. (2016). Calibration of TRMM satellite 3B42 and 3B43 rainfall data in climatic zones of Iran. *Physical Geography Research*. 48(2): 287-303. DOI: 10.22059/JPHGR.-2016.59370 [In Persian]
11. Funk, C., Peterson, P., Landsfeld, M., Pedreros, D., Verdin, J., Shukla, S., L., & Michaelsen, J. (2015). The climate hazards infrared precipitation with stations—a new environmental record for monitoring extremes. *Scientific data*, 2(1), 1-21. DOI: <https://doi.org/10.1038.sdata.2015.66>

12. Ghiglieri, G., Barbieri, G., Vernier, A., Carletti, A., & Pittalis, D. (2010). Sustainable water resources management to combat desertification in the Nurra region, northwestern Sardinia, Italy. *Italian Journal of Agronomy*, 5(3), 7-14.
13. Gupta, H. V., Kling, H., Yilmaz, K. K., & Martinez, G. F. (2009). Decomposition of the mean squared error and NSE performance criteria: Implications for improving hydrological modelling. *Journal of hydrology*, 377(1-2): 80-91. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.08.003>
14. Hou, A. Y., Kakar, R. K., Neeck, S., Azarbarzin, A. A., Kummerow, C. D., Kojima, M., Oki, R., Nakamura, K., & Iguchi, T. (2014). The global precipitation measurement mission. *Bulletin of the American meteorological Society*, 95(5), 701-722. DOI: <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-13-00164.1>
15. Huffman, G. J., Adler, R. F., Arkin, P., Chang, A., Ferraro, R., Gruber, A., Janowiak, j., McNab, A., Rudolf, B., & Schneider, U. (1997). The global precipitation climatology project (GPCP) combined precipitation dataset. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78(1), 5-20. DOI: [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(1997\)078<0005:TGPCPG>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(1997)078<0005:TGPCPG>2.0.CO;2)
16. Hsu, K. L., Gao, X., Sorooshian, S., & Gupta, H. V. (1997). Precipitation estimation from remotely sensed information using artificial neural networks. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 36(9), 1176-1190. DOI: [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(1997\)036<1176:PEFRSI>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(1997)036<1176:PEFRSI>2.0.CO;2)
17. Huffman, G. J., Bolvin, D. T., Nelkin, E. J., Wolff, D. B., Adler, R. F., Gu, G., Hong, y., Bowman, k.p., & Stocker, E. F. (2007). The TRMM multisatellite precipitation analysis (TMPA): Quasi-global, multiyear, combined-sensor precipitation estimates at fine scales. *Journal of hydrometeorology*, 8(1), 38-55. DOI: <https://doi.org/10.1175/JHM560.1>
18. Kazempour Choursi, S., Erfanian, M., & Ebadi Nehari, Z. (2019). Evaluation of MODIS and TRMM satellite data for drought monitoring in the Urmia Lake basin. *Geography and Environmental Planning*. 30(2): 17-34. DOI: <https://doi.org/10.22108/gep.2019.115381.1115> [In Persian]
19. Kubota, T., Shige, S., Hashizume, H., Aonashi, K., Takahashi, N., Seto, S., Hirose, M., Takayabu, Y.N., Ushio, T., Nakagawa, K., & Okamoto, K. I. (2007). Global precipitation map using satellite-borne microwave radiometers by the GSMaP project: Production and validation. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 45(7), 2259-2275. DOI: <https://doi.org/10.1109/TGRS.2007.895337>
20. Li, F., Wei, W., Zhao, Y., & Qiao, J. (2017). Groundwater depth prediction in a shallow aquifer in north China by a quantile regression model. *Hydrogeology Journal*, 25(1), 191-202. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10040-016-1473-0>
21. Li, Y., Guo, B., Wang, K., Wu, G., & Shi, C. (2020). Performance of TRMM product in quantifying frequency and intensity of precipitation during daytime and nighttime across China. *Remote Sensing*, 12(4), 740. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs12040740>
22. Liu, S., Yan, D., Qin, T., Weng, B., & Li, M. (2016). Correction of TRMM 3B42V7 based on linear regression models over China. *Advances in Meteorology*, 2016(1), 1-13. DOI: <https://doi.org/10.1155/2016/3103749>
23. Lu, X., Wei, M., Tang, G., & Zhang, Y. (2018). Evaluation and correction of the TRMM 3B43V7 and GPM 3IMERGM satellite precipitation products by use of ground-based data over Xinjiang, China. *Environmental earth sciences*, 77(209), 1-18. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7378-6>
24. Koenker, R., & Bassett, G. (1978). Regression Quantiles. *Econometrica*, 46(1), 33-50. DOI: <https://doi.org/10.2307/1913643>
25. Kolios, S., & Kalimeris, A. (2020). Evaluation of the TRMM rainfall product accuracy over the central Mediterranean during a 20-year period (1998–2017). *Theoretical and Applied Climatology*, 139(1-2), 785-799. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00704-019-03015-3>

26. Kummerow, C., Barnes, W., Kozu, T., Shiue, J., & Simpson, J. (1998). The tropical rainfall measuring mission (TRMM) sensor package. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 15(3), 809-817. DOI: [https://doi.org/10.1175/1520-0426\(1998\)015<0809:TTRMMT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0426(1998)015<0809:TTRMMT>2.0.CO;2)
27. Kyriakidis, P. C., Kim, J., & Miller, N. L. (2001). Geostatistical mapping of precipitation from rain gauge data using atmospheric and terrain characteristics. *Journal of Applied Meteorology*, 40(11), 1855-1877. DOI: [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(2001\)040<1855:GMOPFR>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(2001)040<1855:GMOPFR>2.0.CO;2)
28. Mahesh, C., Prakash, S., Sathiyamoorthy, V., & Gairola, R. M. (2011). Artificial neural network based microwave precipitation estimation using scattering index and polarization corrected temperature. *Atmospheric research*, 102(3), 358-364. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2011.09.003>
29. Petty, G. W. (1995). The status of satellite-based rainfall estimation over land. *Remote Sensing of Environment*, 51(1), 125-137. DOI: [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(94\)00070-4](https://doi.org/10.1016/0034-4257(94)00070-4)
30. Ouatiki, H., Boudhar, A., & Chehbouni, A. (2023). Accuracy assessment and bias correction of remote sensing-based rainfall products over semiarid watersheds. *Theoretical and Applied Climatology*, 154(3), 763-780. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00704-023-04586-y>
31. Safavi Gherdini, M., Delbari, M., Amiri, M., & piri, J. (2019). Calibration of TRMM 3B43 precipitation data in Hormozgan. *Irrigation and Water Engineering*. 9(3): 99-112. DOI: <https://doi.org/10.22125/IWE.2019.88673> [In Persian]
32. Scheel, M. L. M., Rohrer, M., Huggel, C., Santos Villar, D., Silvestre, E., & Huffman, G. J. (2011). Evaluation of TRMM Multi-satellite Precipitation Analysis (TMPA) performance in the Central Andes region and its dependency on spatial and temporal resolution. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15(8), 2649-2663. DOI: <https://doi.org/10.5194/hess-15-2649-2011>
33. Shahbazdashti, R., Sharafati, A., Kheyri, Y., Ghasemzadeh, F., & Mohajeri, S. H. (2024). Enhancing the TRMM precipitation product in diverse regions of Iran through an intelligent-based post-processing approach. *Acta Geophysica*, 72, 2925-2940. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11600-023-01280-5>
34. Shao, J. (1993). Linear model selection by cross-validation. *Journal of the American statistical Association*, 88(422), 486-494. DOI: <https://doi.org/10.1080/01621459.1993.10476299>
35. Shukla, A. K., Ojha, C. S. P., Singh, R. P., Pal, L., & Fu, D. (2019). Evaluation of TRMM precipitation dataset over Himalayan catchment: the upper Ganga basin, India. *Water*, 11(3), 1-25. DOI: <https://doi.org/10.3390/w11030613>
36. Strauch, M., Kumar, R., Eisner, S., Mulligan, M., Reinhardt, J., Santini, W., Vetter, T., & Friesen, J. (2017). Adjustment of global precipitation data for enhanced hydrologic modeling of tropical Andean watersheds. *Climatic Change*, 141, 547-560. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-016-1706-1>
37. Tian, Y., Peters-Lidard, C. D., Choudhury, B. J., & Garcia, M. (2007). Multitemporal analysis of TRMM-based satellite precipitation products for land data assimilation applications. *Journal of Hydrometeorology*, 8(6), 1165-1183. DOI: <https://doi.org/10.1175/2007JHM859.1>
38. Treppiedi, D., Cipolla, G., Francipane, A., & Noto, L. V. (2021). Detecting precipitation trend using a multiscale approach based on quantile regression over a Mediterranean area. *International Journal of Climatology*, 41(13), 5938-5955. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.7161>
39. Vallejo-Bernal, S. M., Urrea, V., Bedoya-Soto, J. M., Posada, D., Ollarte, A., Cárdenas-Posso, Y., Ruiz-Murcia, F., Martínez, M. T., Petersen, W. A., Huffman, G. H., & Poveda, G. (2021). Ground validation of TRMM 3B43 V7 precipitation estimates over Colombia. Part I: Monthly and seasonal timescales. *International Journal of Climatology*, 41(1), 601-624. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.6640>
40. Zhang, T., Yang, Y., Dong, Z., & Gui, S. (2021). A multiscale assessment of three satellite precipitation products (TRMM, CMORPH, and PERSIANN) in the three gorges reservoir area in China. *Advances in Meteorology*, 2021, 1-27. DOI: <https://doi.org/10.1155/2021/9979216>

Economic Analysis of Strip and Pit Cultivation Methods in Desertification Projects

R. Barzegar Ardakani¹, S. Kalantari^{2*}, M. R. Fazelpour³, M. Tazeh⁴

1. MSc of Desert management and control, Department of Nature Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Nature Engineering, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran.
3. PhD in engineering and watershed management, General Department of Natural Resources and Watershed Management of Yazd province, Yazd, Iran.
4. Associated Professor, Department of Nature Engineering, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran.

* Corresponding Author: skalantari@ardakan.ac.ir

Received date: 12/01/2024

Accepted date: 03/04/2024



[10.22034/JDMAL.2024.2020191.1450](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2020191.1450)

Extended Abstract

Introduction

Biological stabilization by using compatible plant species is a way to prevent the expansion of desert areas. Strip cultivation and pit cultivation are the most commonly used methods for planting *Haloxylon aphyllum* C. A. Mey. Bunge plants. The North Ardakan desertification plan has employed both cultivation methods. In order to choose the best planting method economically in areas with the same conditions, the economic analysis of these two methods for one hectare of cultivation and for the establishment of one sapling can be effective in saving the costs of executive bodies. The present research is carried out by using the meter analysis method and its estimation and comparison with the real analysis method in order to identify the most suitable cultivation method from the economic point of view in desertification projects.

Material and Methods

In terms of country divisions, the studied area is located in Yazd province and Ardakan city, and is 20 kilometers away from its center. To investigate the costs of implementing two methods of strip (channel) and pit cultivation, two methods of metering, estimation, and real analysis were used. The meter and estimation method begins by determining the work components based on the plan and executive plan, and then extracting the cost of each part from the relevant price list. According to the operation volume, the final cost per surface unit and the cost per each *Haloxylon aphyllum* seedling are calculated. Then, the real cost is calculated by the real analysis method, which is done by being in the field and calculating the costs based on the time of using the tools and the number of workers in the form of real wages. The real cost is computed by calculating the unit of surface and each cultivated seedling. From an economic standpoint, the best method



can be determined by comparing the estimated and actual costs of implementing both strip and pit cultivation methods.

Discussion and Conclusion

The cost of cultivating *Haloxylon aphyllum* using the pit method was estimated at 260 million Rials per hectare. The estimated cost for strip cultivation was around 220 million Rials per hectare. The second method had a cost of approximately 40 million Rials less. Comparing actual costs, it was discovered that the actual cost was less than the estimated amount of around 6 million rials for pit cultivation. Comparing the actual cost of planting, it was found that the strip method was approximately 67 million rials cheaper than the pit method per hectare. The ratio of the actual cost to the estimate in the pit method is 0.95. There is economic justification for a price reduction of 12 to 13%. The strip cultivation method yielded a ratio of 0.89 between the actual cost and the estimate, indicating that up to 24% below the price has economic justification. In the pit cultivation method, due to the different nature of the work, which involves more volume of excavation and embankment, the construction of a pit is more expensive and takes longer to complete than in the strip method. The cost per unit area of operation is higher, but it's best if conditions are the same and the location is suitable. The strip cultivation method was used to reduce the cost. The cost calculated for each *Haloxylon aphyllum* plant in the pit cultivation method is 1308.164 thousand Rials, while for each *Haloxylon aphyllum* plant in the strip cultivation method is 1125.884 thousand Rials. The research conducted to estimate the actual cost of the two cultivation methods under investigation showed that one hectare of planting seedlings using the pit method requires 268,000 Rials. In strip cultivation method, the actual cultivation cost per hectare was calculated to be 86/201142 thousand Rials. The cost of planting each seedling using the pit cultivation method was estimated at 1340 thousand rials. The strip cultivation method involved a cost of 714,005,000 rials to grow each seedling. The calculation showed a difference of 14,66857,000 rials between the actual cost of the two cultivation methods. The strip method, which is cost-effective and time-efficient, can be utilized to implement desertification on a wider area than the pit method. It can be concluded that the cost of pit cultivation is higher than the cost of strip cultivation, both by estimation method and actual analysis method. Therefore, under the same conditions, in terms of cost reduction and economics of cultivation methods, striping is more economical. Furthermore, the actual cost of implementing both cultivation methods is lower than the estimated cost. The estimate and actual cost for pit and strip cultivation were calculated to be 6367.2 and 24033.94 thousand rials, respectively.

Keywords: Biological Stabilization; Meter Analysis; Actual Analysis; Seedling Cultivation; *Haloxylon aphyllum*





تحلیل اقتصادی روش‌های کشت نواری و چاله‌ای در طرح‌های بیابان‌زدایی

رضا برزگر اردکانی^۱، سعیده کلانتری^{۲*}، محمدرضا فاضل‌پور^۳، مهدی تازه^۴

۱. کارشناس ارشد مدیریت کنترل و بیابان، گروه طبیعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران.
 ۲. استادیار گروه طبیعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران.
 ۳. دکتری علوم مهندسی و آبخیزداری، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان یزد، یزد، ایران.
 ۴. دانشیار گروه طبیعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران.
- * نویسنده مسئول: skalantari@ardakan.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۱/۱۵

doi [10.22034/JDMAL.2024.2020191.1450](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2020191.1450)

چکیده

استان یزد به‌عنوان سومین استان دارای کانون‌های بحران فرسایش بادی، به علت ناهنجاری‌های اقلیمی به‌شدت درگیر بیابان‌زایی است. یکی از راه‌های جلوگیری از گسترش عرصه‌های بیابانی دارای ماسه‌های روان، تثبیت زیستی (بیولوژیک) با بهره‌گیری از گونه‌های گیاهی سازگار همانند سیاه‌تاغ (*Haloxylon aphyllum* C. A. Mey. Bunge) است. رایج‌ترین شیوه‌های کاشت گیاه سیاه‌تاغ (*Haloxylon aphyllum*) کشت نواری و کشت چاله‌ای می‌باشد. با توجه به اینکه هزینه‌های اجرای طرح‌ها دارای اهمیت است؛ اگر به‌توان هزینه آنها را کاهش داد، عملیات تاغ‌کاری در سطح وسیع‌تری انجام خواهد شد. لذا در پژوهش حاضر، تاغ‌کاری‌های صورت‌گرفته در شمال شهرستان اردکان مورد ارزیابی قرار گرفت و با استفاده از روش تحلیل متره و برآورد و مقایسه آن با روش تحلیل واقعی مناسب‌ترین روش کشت از دیدگاه اقتصادی شناسایی شد. در هر دو روش، هزینه‌های کشت به ازای هر نهال سیاه‌تاغ محاسبه شد و برای شناسایی اقتصادی‌ترین روش کاشت، هزینه‌های مربوط به هر دو روش مقایسه شد. نتایج نشان داد که بین هزینه برآوردی و هزینه واقعی، در هر دو روش کشت اختلافی وجود دارد، به‌طوری‌که این اختلاف در روش چاله‌ای ۶۳۶۷/۲ هزار ریال و در روش نواری ۲۴۰۳۳/۹۴ هزار ریال بوده است. در کل روش کشت چاله‌ای هزینه بیشتری نسبت به روش کشت نواری دارد. اختلاف هزینه این دو روش به ازای یک هکتار بر اساس تحلیل متره و برآورد ۳۶۴۵۶ هزار ریال می‌باشد. همچنین اختلاف بین هزینه واقعی دو روش کشت نیز ۶۶۸۵۷/۱۴ هزار ریال محاسبه شد. در هر دو روش برآوردی و تحلیل واقعی، هزینه کشت نواری کمتر از کشت چاله‌ای می‌باشد. این موضوع نشان می‌دهد با صرفه‌جویی هزینه و با استفاده از روش نواری می‌توان سطح بیشتری را با کاشت سیاه‌تاغ (*Haloxylon aphyllum*) برای بیابان‌زدایی زیر پوشش قرارداد.

واژگان کلیدی: تثبیت زیستی (بیولوژیک)؛ تحلیل متره؛ تحلیل واقعی؛ کشت نهال؛ سیاه‌تاغ



■ مقدمه

یکی از ارزشمندترین سرمایه‌های ملی هر کشور، منابع طبیعی آن می‌باشد (۱۳). استان یزد به دلیل کمبود بارش، درگیر مسائل ناشی از بیابان‌زایی نظیر فرسایش بادی است (۱۲). جهت شناسایی موانع توسعه همه‌جانبه در این‌گونه مناطق، شناخت فرآیندهای بیابان‌زایی و عوامل کنترل‌کننده آن لازم است (۱۵). یکی از روش‌های مؤثر در جلوگیری از بیابان‌زایی و مبارزه با حرکت ماسه‌های روان، مبارزه زیستی می‌باشد (۲۱). با توجه به اینکه گونه سیاه‌تاغ (*Haloxylon* سازگار با شرایط اقلیمی و آب‌بزرزمینی منطقه هست، برای مبارزه زیستی در پدیده بیابان‌زایی به‌طور گسترده در طرح‌های بیابان‌زدایی استان مورد استفاده قرار می‌گیرد. (۱۳). مهم‌ترین مسئله در دو روش کشت ذکرشده، هزینه‌های اجرایی استقرار گیاه می‌باشد. لذا به‌منظور انتخاب بهترین روش کاشت از نظر اقتصادی، در مناطق با شرایط یکسان، تحلیل اقتصادی این دو روش به ازای یک هکتار تاغ‌کاری و به ازای استقرار یک نهال سیاه‌تاغ (*Haloxylon aphyllum*) می‌تواند در کاهش هزینه‌های مربوطه مؤثر باشد (۴). در حالت کلی، متره و برآورد پروژه‌ها به دو صورت بسته و باز انجام می‌شود (۷). بررسی‌های اقتصادی پروژه شامل دو وجه کلی تحلیل اقتصادی و تحلیل مالی است. تحلیل اقتصادی از دیدگاه جامعه و تحلیل مالی از نظر اشخاص حقیقی یا حقوقی شرکت‌کننده در پروژه انجام خواهد شد (۱۰). ارزشیابی پروژه‌ها برحسب مرحله‌ای که پروژه در آن پایش می‌شود، شامل ارزشیابی آغازین، مستمر، پایانی و بعد از اجرا است. پس هر چه از طول مدت اجرای پروژه می‌گذرد، جنبه‌های ارزشیابی^۱ بیش از ارزشیابی^۲ نمود پیدا می‌کند. برای ارزشیابی اقتصادی نیاز به انجام تعدیل‌هایی در مقدارهای به‌دست‌آمده از ارزشیابی مالی است. چون ارزشیابی پروژه‌های بیابان‌زدایی، در چهارچوب ارزشیابی اقتصادی انجام می‌شود (۷). ارزشیابی طرح پخش سیلاب در چنداب پاکدشت استان تهران نشان داد که نسبت سود به هزینه آن با نرخ تنزیل ۱۰٪ رقمی حدود ۱/۰۸ است. در این بررسی ارزشیابی اقتصادی احداث پخش سیلاب با

بهره‌گیری از روش‌های رایج تحلیل اقتصادی و برآورد نسبت هزینه - منفعت در طول عمر مفید ۲۵ ساله طرح انجام شد (۵). در پژوهشی با عنوان "اثرات اقتصادی و اجتماعی عملیات پخش سیلاب در آذربایجان غربی" نتیجه گرفته شد که نرخ بازده داخلی حدود ۱۱٪ و نسبت فایده به هزینه ۱/۲۴ و مقدار تأثیر بر اشتغال‌زایی ۱۵٪؛ بیانگر تأثیر مثبت طرح در دوره ۱۰ ساله می‌باشد (۲۰). در پژوهشی به‌منظور ارزشیابی اقتصادی طرح پخش سیلاب میانکوه، از روش تحلیلی نسبت سود به هزینه استفاده شد. میزان نسبت سود به هزینه برابر با ۸۴٪ به‌دست آمد که نشان‌دهنده عدم توجیه اقتصادی طرح می‌باشد (۲۳). در تحقیقی دیگر عملکرد پروژه‌های مکانیکی و زیستی حوزه ننگ‌چنار یزد مقایسه شد و پس از بررسی اقتصادی مشخص شد که پروژه‌های زیستی موجب افزایش تولید علوفه شدند و دارای راندمان اقتصادی بهتری نسبت به پروژه‌های مکانیک بودند (۸). نتایج پژوهش تحلیل حساسیت اقتصادی طرح مرتع‌داری کنارلو خون شهرستان بوشهر حاکی از این بود که با کاربرد روش‌های ارزش حال خالص، نسبت منفعت به سود و نرخ بازده داخلی این طرح در شش سال دارای توجیه مالی بوده و نرخ بازده داخلی این طرح ۲۴٪ محاسبه شد (یعنی این طرح در نرخ تنزیل ۲۴٪ دارای توجیه مالی است). همچنین نتایج حاصل از نرخ‌های متفاوت تنزیل، درآمدها و هزینه‌ها و سال‌های اجرای طرح تحت بررسی تحلیل حساسیت نیز قرار گرفت. نتایج حاصل از تحلیل حساسیت نشان داد که در دامنه نرخ تنزیل کمتر از ۴٪ طرح دارای بازدهی مالی خواهد بود و با تغییر درآمدها ۵٪ قبل از اجرای طرح نرخ بازده داخلی مثبت و برابر ۲۶/۲٪ است. با افزایش ۱۵ تا ۳۵٪ هزینه‌ها، همچنان این طرح بازدهی مناسبی دارد و با افزایش ۳۵٪ هزینه‌ها نرخ بازده داخلی ۱۰/۹۸٪ خواهد رسید و از آن پس تقریباً ثابت خواهد شد (۱). در تحقیقی به ارزشیابی اقتصادی از شیوه‌های مدیریت خاکورزی در مقیاس حوضه در جنوب مانتوبا پرداخته شد. جمع‌آوری داده‌ها مدیریت زمین برای تقریباً ۲۰ سال انجام شد. نتایج نشان می‌دهد که برای چرخش گندم (*Triticum aestivum* Rech.f.)، کلزا (*Brassica napus* Rech.f.) تفاوت معنی‌داری بین روش‌های

² Appraisal¹ Evaluation

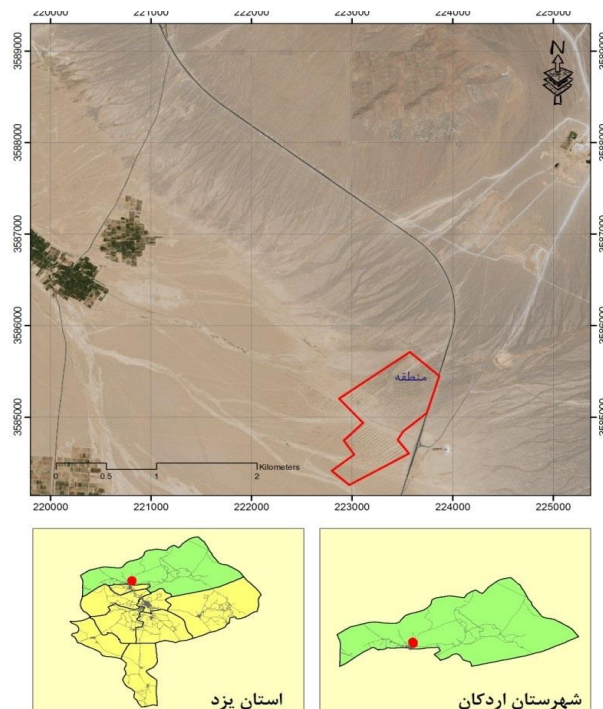
مناسب‌ترین روش کشت از نظر اقتصادی در طرح‌های بیابان‌زدایی انجام شد و نوآوری پژوهش حاضر در این است که تاکنون در مورد گونه سیاه‌تاغ (*Haloxylon aphyllum*) تحقیقی مشابه صورت نگرفته است و بیشتر پژوهش‌های انجام‌شده تأثیر اقتصادی طرح‌های بیابان‌زدایی را پس از اجرا، ارزیابی کرده‌اند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

محدوده مطالعاتی در شمال شهر اردکان است. منطقه مورد بررسی از لحاظ تقسیم کشوری در استان یزد و شهرستان اردکان و از نظر موقعیت جغرافیایی در شمال شهرستان اردکان و در فاصله ۲۰ km مرکز آن واقع شده است (شکل ۱). مختصات منطقه طرح در محدوده ۲۲۴۰۰۰-۲۲۱۵۰۰ طول شرقی و ۳۵۸۹۲۰۰-۳۵۸۴۲۰۰ عرض شمالی در سامانه UTM در زون ۴۰ واقع شده است (۳). بیشترین بارندگی در سال در فصل زمستان به میزان ۳۳/۵mm اتفاق می‌افتد و بارندگی فصل رویش در منطقه حدوداً ۲۳mm می‌باشد. میانگین دمای سالانه منطقه ۱۹/۲c و میانگین دمای بیشینه در تیرماه به ۴۰/۸c، کمینه آن به ۱/۳c- در دی‌ماه می‌رسد و منطقه دارای آب‌وهوای گرم و خشک است.

برداشت وجود دارد. باین‌حال، تفاوت معنی‌داری در سه سطح شخم در مناطق از هزینه کل و درآمد خالص وجود نداشت (۱۴). در پژوهشی بررسی اقتصادی کشت نشا در مقابل کشت بذر در مورد چغندر قند (*Grain Maize Buhse.b.*) صورت گرفت و در قالب طرح بلوک تصادفی با سه تیمار این هدف را مورد آزمایش قرار دادند و نتایج نشان‌دهنده اقتصادی بودن کشت بذر در مقابل کشت نشا می‌باشد (۲). هدف از انجام پژوهش حاضر، تحلیل و تحلیل هزینه‌های اجرای دو روش کشت زیستی مورد استفاده در طرح‌های بیابان‌زدایی می‌باشد. با توجه به اینکه هر ساله پروژه‌های کشت سیاه‌تاغ (*Haloxylon aphyllum*) در مناطق کنون‌های بحرانی استان یزد اجرا می‌گردد و رایج‌ترین شیوه‌های کاشت گیاه سیاه‌تاغ (*Haloxylon aphyllum*) کشت نواری و کشت چاله‌ای می‌باشد، مهم‌ترین مسئله برای دستگاه اجرایی، هزینه‌های اجرای آن می‌باشد. لذا انتخاب مناسب‌ترین روش از نظر مالی و صرفه‌جویی در هزینه‌ها در راستای اقتصاد مقاومتی از ضروریات انجام پژوهش حاضر می‌باشد و انتخاب بهترین روش کاشت از نظر مالی به ازای استقرار یک نهال سیاه‌تاغ (*Haloxylon aphyllum*)، می‌تواند در صرفه‌جویی هزینه‌های دستگاه‌های اجرایی مؤثر باشد. لذا تحقیق حاضر با استفاده از روش تحلیل متره و برآورد و مقایسه آن با روش تحلیل واقعی، در راستای شناسایی



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

■ مواد و روش‌ها

سیاه‌تاغ (*Haloxylon aphyllum*) از خانواده اسفناجیان (*Chenopodiaceae*) و گونه‌ای فراتوفیت است که دارای پوست خاکستری تیره است و به علت ویژگی شوری و خشکی‌پسندی آن یکی از گونه‌های سازگار مناطق خشک و بیابانی قلمداد می‌شود (۲۵). نهال‌کاری شمال شهرستان اردکان با استفاده از گونه سیاه‌تاغ (*Haloxylon aphyllum*) و با روش‌های کشت چاله‌ای و نواری صورت گرفته است (شکل ۲). به منظور بررسی هزینه‌های اجرای دو روش کشت نواری و چاله‌ای از روش‌های متره و برآورد و تحلیل واقعی استفاده شد. در روش کشت چاله‌ای، نهال‌کاری با حفر چاله صورت گرفته و فاصله نهال‌ها از هم در حدود ۳m در نظر گرفته شده بود. در کشت نواری، ابتدا یک ردیف کشت نهال مشخص شده و بقیه ردیف‌ها به فاصله ۲۵ تا ۳۰m از یکدیگر و به موازات ردیف اول تعیین شد. سپس خاک هر نوار توسط بیل مکانیکی به ابعاد ۷۰ در ۱۰۰cm برداشته شد (۱۸). در روش متره و برآورد ابتدا برای هر دو روش اجزای کار بر پایه طرح و نقشه اجرایی و تفصیلی مشخص شد و هزینه هر قسمت از طریق فهرست بهاء مربوطه، استخراج شد (۱۹). با توجه به حجم عملیات، هزینه پایانی در واحد سطح و هزینه به ازای هر نهال سیاه‌تاغ (*Haloxylon aphyllum*) محاسبه شد.

■ نتایج

نتایج متره و برآورد هزینه‌های دو روش کشت

با توجه به دستورالعمل کاشت بخش‌های موردنظر برای هر دو روش، از فهرست بهاء منابع طبیعی و آبخیزداری سال ۱۴۰۱ استخراج شد و هزینه‌های مربوطه نیز محاسبه شد (۱۹). جداول شماره ۱ و ۲ نتایج متره و برآورد روش‌های کشت چاله‌ای و نواری را در سطح یک هکتار نشان می‌دهند.

نتایج تحلیل واقعی دو روش کشت

برای انجام تحلیل واقعی با استفاده از فهرست‌بها آبخیزداری، محاسبه‌های لازم انجام شد (۱۹). به طوری که نتایج مربوط به تحلیل واقعی مربوط به یک هکتار نهال‌کاری با روش کشت چاله‌ای در جدول ۳ آورده شده است. همچنین جدول ۴ محاسبات مربوط به تحلیل واقعی کشت نواری را نشان می‌دهد. برای هر هکتار کشت تاغ به روش چاله‌ای حدود ۲۶۰ میلیون ریال هزینه برآورد شد. در حالی که در صورت کشت به روش نواری هزینه برآوردی تقریباً ۲۲۰ میلیون ریال در هر هکتار بود. حدود ۴۰ میلیون ریال روش دوم هزینه کمتری داشت.



شکل ۲. نهال‌کاری با روش‌های: الف) کشت نواری ب) کشت چاله‌ای

برآوردی در روش چاله‌ای ۰/۹۷۵ است (۱۲ تا ۱۳٪ زیر قیمت توجیه اقتصادی دارد). در خصوص نسبت هزینه واقعی به برآوردی در روش کشت نواری ۰/۸۹ به دست آمد (۲۴٪ زیر قیمت دارای توجیه اقتصادی است).

با مقایسه هزینه‌های واقعی نیز مشخص شد که در خصوص کشت چاله‌ای حدود ۶ میلیون ریال هزینه واقعی کمتر از مقدار برآورد بود. مقایسه هزینه واقعی دو روش نیز نشان داد هزینه روش نواری در هکتار حدود ۶۷ میلیون ریال کمتر از روش چاله‌ای بود. نسبت هزینه واقعی به

جدول ۱. متره و برآورد یک هکتار نهال کاری به روش چاله‌ای

ردیف	شرح	واحد	بهای واحد (هزار ریال)	مقدار کل عملیات	هزینه عملیات (هزار ریال)
۱	کندن چاله	چاله	۳۳۲	۲۰۰	۶۶۴۰۰
۲	احداث تشتک	تشتک	۱۹۲	۲۰۰	۳۸۴۰۰۰۰
۳	ریختن خاک کنار کانال به درون آن‌ها	مترمکعب	۵۵/۳	۲۰۰	۱۱۰۶۰۰۰
۴	توزیع و کاشت نهال گلدانی	اصله	۲۴۰	۲۰۰	۴۸۰۰۰۰۰
۵	حمل نهال گلدانی	کیلومتر	۷۸۲۰	۰/۲	۱۵۶۴۰۰۰
۶	هزینه آبیاری	اصله	۷۸/۵	۱۲۰۰	۹۴۲۰۰۰۰
۷	هزینه حمل آب	مترمکعب	۷/۴۴	۲۷۰	۲۰۰۸/۸
جمع					۲۶۱۶۳۲/۸

به ازای هر اصله: ۱۳۰۸/۱۶۴ هزار ریال

جدول ۲. متره و برآورد یک هکتار نهال کاری به روش نواری

ردیف	شرح عملیات	واحد	بهای واحد (هزار ریال)	مقدار کل عملیات	هزینه عملیات (هزار ریال)
۱	کانال کنی	مترمکعب	۳۷۸	۱۴۴	۵۴۴۳۲
۲	ریختن خاک کنار کانال به درون آن‌ها	مترمکعب	۵۵/۳	۱۴۴	۷۹۶۳/۲
۳	مرمت و اصلاح جوی توسط کارگر	متر طول	۲۵	۶۰۰	۱۵۰۰۰
۴	توزیع و کاشت نهال گلدانی	اصله	۲۴۰	۲۰۰	۴۸۰۰۰
۵	حمل نهال گلدانی	کیلومتر	۷۸۲۰	۰/۲	۱۵۶۴
۶	هزینه آبیاری	اصله	۷۸/۵	۱۲۰۰	۹۴۲۰۰
۷	هزینه حمل آب	مترمکعب	۷/۴۴	۵۴۰	۴۰۱۷/۶
جمع					۲۲۵۱۷۶/۸

به ازای هر اصله: ۱۱۲۵/۸۸۴ هزار ریال

جدول ۳. هزینه واقعی یک هکتار نهال کاری به روش چاله‌ای

ردیف	شرح	واحد	بهای واحد (هزار ریال)	مقدار عملیات مورد نیاز	هزینه عملیات (هزار ریال)
۱	کندن چاله	ساعت	۱۲۰۰۰	۱۰	۱۲۰۰۰۰
۲	احداث تشتک	روز-کارگر	۸۰۰۰	۲	۱۶۰۰۰
۳	توزیع و کاشت نهال گلدانی	روز-کارگر	۸۰۰۰	۱/۵	۱۲۰۰۰
۴	حمل نهال گلدانی	-	۱۲۰۰۰	-	۱۲۰۰۰
۵	هزینه آبیاری	تانکر+ کارگر	-	۲/۵ تانکر + ۲ کارگر	۱۰۸۰۰۰
جمع					۲۶۸۰۰۰

به ازای هر اصله: ۱۳۴۰ هزار ریال

جدول ۴. هزینه واقعی یک هکتار نهال کاری به روش نواری

ردیف	شرح	واحد	بهای واحد (هزار ریال)	مقدار عملیات مورد نیاز	هزینه عملیات (هزار ریال)
۱	احداث کانال	ساعت	۱۶۰۰	۶/۵	۱۰۴۰۰۰
۲	مرمت و اصلاح جوی توسط کارگر	روز-کارگر	۸۰۰۰	۴	۳۲۰۰۰
۳	توزیع و کاشت نهال گلدانی	روز-کارگر	۸۰۰۰	۱/۵	۱۲۰۰۰
۴	حمل نهال گلدانی	-	۱۲۰۰۰	-	۱۲۰۰۰
۵	هزینه آبیاری	تانکر+ کارگر	-	۱ تانکر + ۱ کارگر	۴۱۱۴۲/۸۶
جمع					۲۰۱۱۴۲/۸۶

به ازای هر اصله: ۱۰۰۵/۷۱۴۳ هزار ریال

■ بحث و نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر در خصوص مقایسه هزینه‌های دو روش کشت چاله‌ای و نواری در طرح بیابان‌زدایی شمال اردکان نشان داد که هزینه‌های برآوردی برای یک هکتار نهال کاری سیاه‌تاغ (*Haloxylon aphyllum*) به روش کشت چاله‌ای ۲۶۱۶۳۲/۸ هزار ریال بود، که ۱۰۴۸۰۰ هزار ریال آن مربوط به عملیات کندن چاله و احداث تشتک دور چاله‌ها برای کشت بود. هزینه مربوط به عملیات توزیع و کشت نهال، ۴۸۰۰۰ هزار ریال محاسبه شد. نگهداری و آبیاری نهال‌ها، ۹۴۲۰ هزار ریال برآورد هزینه شد. در مورد عملیات حمل خاک و آب، ۱۳۰۶۸/۸ هزار ریال محاسبه شد و همچنین حمل نهال از نهالستان به عرصه کشت مبلغ ۱۵۶۴ هزار ریال برآورد شد.

در خصوص روش کشت نواری هزینه‌های برآوردی برای یک هکتار نهال کاری سیاه‌تاغ (*Haloxylon aphyllum*) معادل ۲۲۵۱۷۶/۸ هزار ریال تخمین زده شد که هزینه‌های مرمت و اصلاح جوی، ۱۵۰۰۰ هزار ریال محاسبه شد. ۴۸۰۰۰ هزار ریال مربوط به عملیات توزیع و کشت نهال بود. هزینه‌های نگهداری و آبیاری نهال‌ها، ۹۴۲۰ هزار ریال برآورد شد. همچنین ۶۶۴۱۲/۸ هزار ریال مربوط به هزینه‌های کانال‌کشی، ریختن خاک به داخل نوار و هزینه حمل آب بود. درنهایت هزینه مربوط به حمل نهال از نهالستان به عرصه کشت مبلغ ۱۵۶۴ هزار ریال برآورد شد. بررسی‌های مالی مقایسه هزینه‌های این دو روش کشت نشان داد که هزینه آن‌ها، باهم تفاوت داشت که با نتایج تحقیق (۹ و ۱۴) که هزینه‌های تولید را در روش‌های کشت مختلف به بررسی گذاشته بود، مطابقت دارد. پژوهش حاضر نشان داد روش کشت چاله‌ای، هزینه بیشتری نسبت به روش کشت نواری دارد. مقایسه هزینه به تفکیک نیز نشان داد که تفاوت هزینه کندن چاله و اصلاح جوی، ۸۹۸۰۰ هزار ریال بود. این تفاوت برای کشت چاله‌ای بوده و به دلیل حجم زیاد عملیات خاک‌برداری و استفاده از بیل مکانیکی و وقفه حرکت برای کندن چاله‌های به فاصله ۳m از همدیگر است. در صورتی که در روش نواری با گریدر با هزینه کمتری و حتی با بیل مکانیکی با توجه به ابعاد کمتر و پیوسته بودن کار پیشرفت فیزیکی بهتر و کاهش هزینه را به همراه دارد. حتی در مورد

عمق کاشت، طبق پژوهش حاضر روش نواری عمقی کمتر دارد که نتایج حاصل از این بررسی با نتایج تحقیق (۱۱) که عمق کمتر کاشت تاغ را مناسب می‌داند، مطابقت دارد.

هزینه‌های حمل و کشت آبیاری نهال برای هر دو روش یکسان می‌باشد و با نتایج تحقیق (۲۲) که استقرار آکاسیا در جنگل کاری‌های دست کاشت را به بررسی گذاشته است، مطابقت دارد. از طرفی با توجه به نتیجه پژوهش قبلی (۶) که دور و حجم آبیاری مناسب تاغ را بررسی کردند، می‌توان در پژوهشی دیگر این عامل را هم بررسی کرد. اختلاف ۵۳۳۴۴ هزار ریال در مورد هزینه‌های کانال‌کشی و حمل نیز وجود دارد که در روش نواری به دلیل کانال‌کشی و تفاوت ماهیت کار با روش چاله‌ای این هزینه برآورد شد. با مقایسه جمع هزینه‌های مربوط به کندن چاله و حمل، مشاهده شد که هزینه روش کشت چاله‌ای ۳۶۴۵۶ هزار ریال بیشتر از هزینه کشت نواری است.

در روش کشت چاله‌ای به دلیل ماهیت متفاوت کار که حجم خاک‌برداری و خاک‌ریزی بیشتر، احداث تشتک و اتلاف زمان را نسبت به روش نواری دارد، هزینه بیشتری در واحد سطح عملیات دارد و بهتر است در صورت یکسان بودن شرایط و مکان‌یابی مناسب از روش کشت نواری به‌منظور کاهش هزینه استفاده کرد. هزینه محاسبه‌شده برای هر اصله نهال تاغ در روش کشت چاله‌ای ۱۳۰۸/۱۶۴ هزار ریال و برای هر اصله در روش کشت نواری ۱۱۲۵/۸۸۴ هزار ریال می‌باشد. در خصوص نتایج تحقیق برای برآورد هزینه واقعی دو روش کشت موردبررسی مشاهده شد که برای یک هکتار نهال کاری به روش چاله‌ای ۲۶۸۰۰۰ هزار ریال هزینه لازم است. این در حالی است که هزینه کشت واقعی به ازای یک هکتار در روش کشت نواری ریال ۲۰۱۱۴۲/۸۶ هزار ریال محاسبه شد. اختلاف بین هزینه واقعی دو روش کشت نیز ۶۶۸۵۷/۱۴ هزار ریال محاسبه شد. هزینه واقعی کاشت هر اصله نهال در روش کشت چاله‌ای و نواری به ترتیب ۱۳۴۰ و ۱۰۵/۷۱۴ هزار ریال محاسبه شد. این موضوع نشان می‌دهد در عرصه و با صرفه‌جویی هزینه و زمان با استفاده از روش نواری می‌توان سطح بیشتری را برای انجام بیابان‌زدایی نسبت به روش چاله‌ای اجرا کرد. در پژوهشی روش‌های کشت تاغ را به بررسی گذاشته‌اند و نتایج تحقیق نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در روش‌های مختلف کشت بود و پژوهش حاضر از

هر دو روش کشت از هزینه برآوردی کمتر می‌باشد. اختلاف بین هزینه برآوردی و هزینه واقعی برای کشت چاله‌ای و نواری به ترتیب $۶۳۶۷/۲$ و $۲۴۰۳۳/۹۴$ هزار ریال محاسبه شد.

■ سیاست‌گذاری

بدینوسیله از اداره منابع طبیعی شهرستان اردکان به دلیل در اختیار قراردادن اطلاعات لازم قدردانی می‌گردد.

این حیث با پژوهش (۲۴) مطابقت دارد. همچنین این تحقیق نشان از تفاوت دو روش کشت تاغ دارد که با تحقیق (۱۷) که روش‌های مختلف کشت بادام را به بررسی گذاشته، مطابقت دارد.

در پایان می‌توان این‌گونه نتیجه‌گیری کرد که هزینه کشت چاله‌ای چه به روش برآوردی و چه به روش تحلیل واقعی از روش کشت نواری بیشتر می‌باشد، لذا در شرایط یکسان از نظر کاهش هزینه‌ها و صرفه‌جویی، روش کشت نواری اقتصادی‌تر است و همچنین هزینه واقعی برای اجرای

■ References

1. Abbasi, A., Razmjooi, D., Kazemi, R., & Kalantari Hormazi, S. (2014). *economic sensitivity analysis of Kanaralo Khoon Valley pasture project, Dashtestan city (Bushehr province)*. International Conference on Sustainable Development with a focus on Agriculture, Environment and Tourism, Tabriz, East Azerbaijan, Iran. [In Persian]
2. Asadi, H., & Maherkh, A. (1400). Economical Evaluation of Transplanting and Seed Hydropriming in Comparison with Conventional Planting in Grain Maize: A case study in Alborz province. *Agricultural Economics*, 15(2), 113-132. DOI: 10.22034/iaes.2021.538624.1864 [In Persian]
3. Azad, M., Kalantari, S., Shirmardi, M., & Tazeh, M. (2021). Investigation the Effect of Land Use and Soils Physico-Chemical Properties on Wind Erosion Threshold Velocities via Data Mining. *Desert Ecosystem Engineering*, 9(29), 1-14. DOI: 10.22052/DEEJ.2020.9.29.1 [In Persian]
4. Barzegar, A., Kalantari, S., Fazelpour, M. R., Ghanei-Bafghi, M. J., & Tazeh, M. (2022). Assessing the Effects of Combating Desertification Projects from the Peoples' Point of view (Case study: Meybod–Ashkezar Project). *Journal of Arid Biome*, 12(2), 83-94. DOI: 10.29252/ARIDBIOM.2023.20057.1934 [In Persian]
5. Chahardoli, H. A. (2013). *Economic Evaluation of Flood Spreading Plan in Chandab Pakdasht, Tehran*. 3rd Conference of Waatershed Management. Urmia, West Azerbaijan, Iran. [In Persian].
6. Fayaz, M. (2003). Determination suitable irrigation period and water volume for Haloxylon persicum establishment. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 10(3), 289-300. DOI: 10.22092/ijrdr.2019.119963 [In Persian]
7. Fazelpour, M. R., Derakhshan, G.R., & Bakhshari, J. (2017). *Meters and estimates of watershed projects*, Gorgan: Noruzi Publisher. [In Persian]
8. Gazripour, H., Ghasemi, A., zare, A., & Hasanzadeh Nafiti, A. (2013). *comparison of the performance of mechanical structures and biological regeneration methods in the control of pasture erosion in arid and semi-arid areas (case study of Tang Chenar watershed)*. The first national conference on the application of new sciences and technologies in agriculture and natural resources, University of yazd, yazd, Iran. [In Persian]
9. Gohari, J., Rouhi, A., Talaee, A., & Gholizadeh, R. (1996). Economic analysis of the two methods of paper pot and direct sowing of sugar beet crop in Iran. *Journal of Sugar Beet*, 11(1), 30-40. DOI: 10.22092/JSB.1996.116527 [In Persian]
10. Jafari Nadoshan, H., Kalantari, S., & Tazeh, M. (2023). Evaluation of socio-economic factors affecting the destruction of Niyuk Meybod rangelands using AHP hierarchical analysis method. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 30(2), 281-296. DOI: 10.22092/ijrdr.2023.129902 [In Persian]

11. Jahani, A., Etemad, V., Doolati, M., & Avani, N. (2011). Effects of planting depth and planting density on height growth, basal diameter and viability of Saxaul (*Haloxylon persicum*). *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 18(3), 463-473. DOI: 10.22092/ijrdr.2011.102180 [In Persian]
12. Kamali, P., Tazeh, M., Kalantari, S., Fehrest, M., & Jebali, A. (2023). Investigating the Relationship Between Dust Storm Index and Some Climatic Parameters, Vegetation Index and Land Form Types (Yazd-Ardakan Plain). *Desert Management*, 10(4), 93-108. DOI: 10.22034/JDMAL.2023.1989675.1407 [In Persian]
13. Kargar, F., Kalantari, S., Ghanei Bafghi, M. J., & Tazeh, M. (2017). The Compare of grading criteria in Coarse ripple Mark on the windward and leeward slopes (Case Study: Hassan Abad erg in Bafg). *Quantitative Geomorphology Research*, 5(19), 111-120. DOI: 20.1001.1.22519424.1395.5.3.8.2 [In Persian]
14. Khakbazan, M., & Hamilton, C. (2012). Economic evaluation of tillage management practices at the watershed scale in southern Manitoba. *Soil and Tillage Research*, 118, 40-51. DOI: 10.1016/j.still.2011.10.009
15. Kharazmi, H., Kalantari, S., Sadeghinia, M., & Ghanei Bafghi, M. J. (2023). Investigation of Environmental Factors Affecting the Distribution of *Calligonum bungei* Species in Rangelands of Kerman Province. *Journal of Rangeland*, 17(2), 285-295. DOI: 20.1001.1.20080891.1402.17.2.8.9 [In Persian]
16. Momenzadeh, Z., Kalantari, S., Tazeh, M., & Taghizadeh Mehrjardi, R. (2021). Zoning and locating solar power station using AHP and GIS in Yazd province. *Journal of Environmental Science and Technology*, 22(12), 259-271. DOI: 10.22034/JEST.2020.37606.4373 [In Persian]
17. Monjeri, F., Kiani, B., Tabandeh Saravi, A., & Falahati, A. (2020). Investigating the Results of Natural Lands Restoration by Implementing Wild Pistachio and Mountain Almond Reforestation in Khatam County, Yazd Province. *Degradation and Rehabilitation of Natural Land*, 1 (1), 33-44. DOI: 20.1001.1.27174425.1399.1.1.6.5 [In Persian]
18. North Ardakan *Haloxylon* planting Project. (2022). Department of Natural Resources and Watershed Management of Ardakan city.
19. President's Office of Strategic Planning and Supervision. (2022). Guide to Economic Evaluation of Watershed Projects, Publication No. 642.
20. Saberi, E. (2003). *Investigating the economic and social effects of the flood spreading operation in West Azarbaijan*. 3rd Conference of Watershed Management, Urmia, West Azerbaijan, Iran. [In Persian]
21. Seyedhoseini, S., Kalantari, S., Jalaliyan, A., Ghaneibafghi, M. J., & Sadeghinia, M. (2023). Investigating the Effect of Bentonite Clay Mulch Combined with the Cultivation of *Nitraria Schoberi* in Controlling Wind Erosion (Case Study: Sejzi Region of Isfahan). *Environmental Erosion Research Journal Hormozgan University*, 13(3), 131-147. DOI: 20.1001.1.22517812.1402.13.3.7.3 [In Persian]
22. Soltanipour, M. H. (1999). Comparison of plantation with four indigenous *Acacia* species and determination of least irrigation period in the first year after plantation. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 3(1), 109-154. DOI: 10.22092/IJFPR.1999.109753 [In Persian]
23. Talebi, A., Forohar, K., & Fatahi, A. (2013). *Economic evaluation of watershed projects in desert areas (case study: Mehriz flood spreading)*. The 8th National Conference on Watershed Sciences and Engineering, Lorestan University, Lorestan, Iran. [In Persian]
24. Zare, A., Hakimzadeh, M. A., & Karimian, A. A. (2021). Determining Successful Methods of *Haloxylon Aphyllum* Iljin Planting in Desert and its Effect on Improving of Vegetation and Soil Characteristics (Case Study: Dosangi, Meybod). *Desert Management*, 9(1), 67-80. DOI: 20.1001.1.24763985.1400.9.1.5.2 [In Persian]
25. Zare Chahoki, T., Kalantari, S., Fazelpour, M. R., & Tazeh, M. (2023). *Investigation of the effect of irrigation quality and irrigation interval on the growth of the Haloxylon Aphyllum*. The third national conference on deficit irrigation and the use of non-conventional water for agriculture in dry regions, Kermanshah, Iran. [In Persian]

Habitat Characteristics and The Species Response of *Astragalus Curvirostris* Boiss. To the Environmental Factors in Lorestan Rangelands

R. Siahmansour^{1*}, N. Kamali², H. R. Mirdavoodi³, J. Motamedi²

1. Associate Prof., Forests and Range Lands Research Department, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Khorramabad, Iran.

2. Associate Prof, Research institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

3. Associate Prof., Forests and Range Lands Research Department, Markazi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Arak, Iran.

* Corresponding Author: siahmansour191@gmail.com

Received date: 19/02/2024

Accepted date: 18/03/2024

 [10.22034/JDMAL.2024.2023327.1455](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2023327.1455)

Extended Abstract

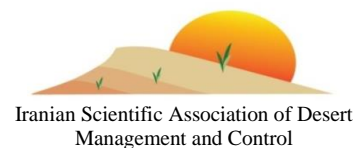
Introduction

To analyze complex ecological data, it is necessary to employ flexible and robust analytical methods that can handle non-linear relationships, interactions, and missing data control. The generalized additive model is a simple method for investigating species' reactions to environmental variables, and the results can be easily interpreted. Multivariable regressions such as the Monotonic increase model can play a role in expressing the ecological niche of a particular species. In this ecological domain, non-living and living factors have mutual effects, but the relative importance of living factors, such as species competition, is unclear when compared to non-living factors. More research is necessary for this issue. The response curve studies only investigate the behavior of the species along an environmental gradient, if multiple factors come together to determine the distribution and behavior of the species, it is important to take this into account. The comparison between the findings of researchers in different regions on the species *Astragalus curvirostris* Boiss consistently shows the extreme effectiveness of the species in terms of environmental factors or their combination. Understanding the relationship between plants and environmental factors and how plants respond to changes in environmental factors is one of the important topics in plant ecology. Unfortunately, in recent years, disturbances such as livestock grazing, changes in land use, and climate change have caused the destruction of *A. curvirostris* habitats. Many pastures and forests throughout Iran experience vegetation destruction, loss of biodiversity, and soil erosion due to these threats. To restore degraded pastures in steppe and semi-steppe areas, it is necessary to understand *A. curvirostris*' response to environmental variables and model its distribution. Comprehending the positive and negative effects of environmental factors, as well as the factors that inhibit and support the growth, establishment, and distribution of *Astragalus curvirostris* Boiss., it became possible to use it for the restoration and modification of appropriate and similar pasture ecosystems.



Desert Management

www.isadmc.ir



Material and Methods

The habitat of *A. curvirostris* was selected in a way that includes a wide range of abundance of the studied species. Therefore, according to the 40-hectare enclosure range in the research site of Zaghe rangelands plants in Lorestan province, this habitat was selected as a study site. Then, according to the gradient of environmental changes, five transects with a length of 400 meters and distances of 100 meters were used. Each of them had six plots with dimensions of 4 meters by 4 meters set up according to the species' sizes, with equal distances. The ecological unit consisted of 30 plots and recorded the geographic location, quantitative and qualitative vegetation amounts in each plot. Additionally, the Lorestan Meteorological Department provided climatic parameters. In order to investigate the effect of environmental factors on species distribution, a soil sample with three replicates (0-30 cm) was taken from each of the plots and their physical and chemical characteristics including soil texture, acidity, percentage of neutralized substances, absorbable phosphorus, absorbable potassium, organic carbon and total nitrogen were measured. Considering the importance of species in fodder production and soil protection in pastures, the canonical correspondence analysis was used to determine the factors affecting changes in the species composition. To investigate the changes in the performance of this species along the slope of the environmental factors from the Generalized Additive Models was used. A random-systematic method was used to sample environmental and plant characteristics from 2016 to 2018.

Discussion and Conclusion

The forward selection method in conic ranking was used to select 4 variables from 19 primary variables while investigating the effect of a set of environmental factors on vegetation changes in communities. The geographical direction of the range was determined by the percentage of organic carbon, clay, acidity, and litter on the soil surface, as well as the topographic group. Investigating the correlation between the percentage of *A. curvirostris* vegetation and the studied ecological factors showed that distribution of this species has positive correlation with factors such as the percentage of O.C and N. Applying the GAM with Poisson error distribution showed that the variables, height above sea level, percentage of organic matter and soil nitrogen, as well as the percentage of stone are effective on the yield of the species. Investigating the performance of the species in relation to the variable of height above sea level, and the percentage of stones and pebbles from the Monotonic decrease model and vice versa, the response of this species along the slope of changes in the amount of organic carbon, soil nitrogen and the percentage of soil litter from the Monotonic increase model mathematical expression of relationships between environmental variables and biological and biophysical characteristics is only an aid for interpreting field observations. The ecological needs of the species are depicted in this model, which can be useful for natural resource managers in improving pastures in similar areas. Corrective and pasture management programs can use forecasting models that have adequate accuracy to suggest species that are compatible with the region's conditions. Therefore, it is important to include disturbances as predictors in regression-based distribution modeling. In summary, the dynamic of biological factors in grassland ecosystems makes it impossible to definitively assume even the strongest correlations, both in static and dynamic studies, in grassland ecosystems. This information, along with the field investigation, provides the appropriate information.

Keywords: Akaike Information Criterion; Monotonic decrease; Monotonic increase; Plant species; Generalized Additive Models





عوامل حامی و بازدارنده مؤثر در حضور *Astragalus curvirostris* Boiss. مطالعه موردی مراتع نیمه استپی زاغه لرستان

رضا سیاه منصور^{۱*}، نادیا کمالی^۲، حمیدرضا میرداوودی^۳، جواد معتمدی^۴

۱. نویسنده مسئول، دانشیار پژوهش، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم‌آباد، ایران.
 ۲. دانشیار، بخش تحقیقات مرتع، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
 ۳. دانشیار پژوهش، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اراک، ایران.
- * نویسنده مسئول: siahmansour191@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۲۸

doi [10.22034/JDMAL.2024.2023327.1455](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2023327.1455)

چکیده

پردازش و تحلیل اطلاعات درهم‌تنیده بوم‌شناختی نیاز به شیوه‌های تحلیلی منعطف دارد تا بتواند رابطه‌های غیرخطی بین عملکرد گونه گیاهی و عوامل محیطی را به خوبی نشان دهد. در این بررسی انتخاب رویشگاه *Astragalus curvirostris* به شکلی صورت گرفت که دامنه وسیعی از فراوانی گونه را در بر داشته باشد. این مطالعه در منطقه زاغه در ۳۵km جاده خرم‌آباد به بروجرد با ارتفاع ۱۹۶۵m از سطح دریا انجام شد. جهت ارزیابی پنج ترانسکت با طول ۴۰۰m و فاصله ۱۰۰m بکار برده شد. بر روی هر یک از آن‌ها با توجه به ابعاد گونه‌های همراه، شش پلات به ابعاد ۴×۴m² با فواصل یکسان، مستقر شد. از هر پلات، یک نمونه خاک با سه تکرار به عمق صفر تا ۳۰cm برداشت شد. بررسی تأثیر مجموعه‌ای از عوامل محیطی بر تغییرات پوشش گیاهی در جوامع، با استفاده از روش انتخاب روبه‌جلو در رسته‌بندی کانیک، موجب انتخاب ۴ متغیر از بین ۱۹ متغیر اولیه شد. همبستگی بین درصد پوشش گیاهی گونه و عوامل اکولوژیک مورد مطالعه، نشان داد پراکنش گونه با عواملی مانند TOC و N/ خاک همبستگی مثبت دارد. مدل جمعی تعمیم‌یافته با توزیع خطا پواسون، نشان داد، ارتفاع از سطح دریا، درصد بقایای گیاهان و موجودات زنده و نیتروژن خاک و همچنین درصد سنگ و سنگریزه بر حضور گونه مؤثرند. بررسی حضور گونه با پارامتر ارتفاع از سطح دریا و درصد سنگ از مدل کاهشی و پاسخ در امتداد شیب تغییرات کربن آلی، نیتروژن و درصد بقایای گیاهی سطح خاک از مدل افزایشی پیروی کرده است. این مدل، نیازهای بوم‌شناختی گونه را ارائه و می‌تواند در عملیات اصلاح مراتع در مناطق مشابه، استفاده شود. البته، به دلیل عدم ثبات عوامل زیستی، حتی مؤثرترین رابطه‌های همبستگی نمی‌توانند قطعی تلقی شوند؛ اما بررسی این روابط همراه با بررسی میدانی اطلاعات مناسبی ارائه می‌دهند.

واژگان کلیدی: تحلیل تطبیقی متعارفی؛ مدل کاهشی؛ مدل افزایشی؛ گونه گیاهی؛ مدل جمعی تعمیم‌یافته



■ مقدمه

مدیران منابع طبیعی به درک اساسی از ویژگی‌های بوم‌شناختی گونه‌های گیاهی و نحوه واکنش آن‌ها به متغیرهای محیطی و نوع مدیریت نیاز دارند. این نیاز آگاهی از گونه‌های گیاهی سازگار با شرایط محیطی متفاوت برای حفظ زیست‌بوم‌ها و احیای آن‌ها را شامل می‌شود (۱۴). در واقع، عوامل غیرزیستی تأثیر عمده‌ای بر پراکنش و عملکرد گونه‌های گیاهی دارند (۳۲، ۳۵). در اکولوژی، پراکنش جغرافیایی یک گونه با کمی کردن رابطه بین گونه و محیط پیش‌بینی می‌شود. بر این اساس، می‌توان فرضیه‌های متعددی را در رابطه با کنترل عوامل محیطی که بر پراکنش گونه تأثیر می‌گذارد، در نظر گرفت (۱۲). مدل‌سازی پیش‌بینی پراکنش گونه‌های گیاهی بر اساس ارتباط بین داده‌های حضور یک گونه و متغیرهای محیطی تعریف می‌شود (۲۸). درک اثرات خاک و عوامل توپوگرافی بر پراکنش گیاهان و استفاده از این اطلاعات برای احیای پوشش گیاهی و بهبود اکوسیستم‌های آسیب‌دیده بسیار مهم است. جنس *Astragalus* با نزدیک به ۸۵۰ گونه یکی از بزرگ‌ترین جنس‌های فلور ایران است (۲۲).

گونه *Astragalus curvirostris* Boiss از تیره بقولات، گونه‌ای علفی و چندساله است که انحصاری ایران می‌باشد و در نواحی شمال، شمال‌غرب، غرب و مرکز ایران پراکنش دارد (۱). گونه‌ها در بسیاری از مراتع خشک و نیمه‌خشک ایران وجود دارند (۲۴) که علاوه بر جنبه تولید علوفه تغذیه دام‌های اهلی و وحشی، نقش مهمی در حفظ خاک دارند. جنس گون با ۸۴۴ گونه از بزرگ‌ترین جنس‌های گیاهی ایران است که ۶۲۰ گونه آن انحصاری ایران است (۲۴).

با بررسی همبستگی بین مقدار پوشش گیاهی و عوامل بوم‌شناختی در گونه *A. curvirostris* نشان داده شد، پراکنش این گونه با عواملی مانند TOC، Si، N، لاشبرگ، P و K همبستگی مثبت و با وزن مخصوص ظاهری خاک، جهت شیب، خاک لخت و سنگ و سنگریزه همبستگی منفی دارد (۱۱). در حالی که (۱)؛ همبستگی مقدار و پراکنش گونه *A. curvirostris* با عوامل محیطی از قبیل، درصد شیب، EC، رس، سنگ و سنگریزه، سیلت و جهت شیب را

مثبت و اثر ارتفاع از سطح دریا، شیب بالای ۰.۵٪، شوری زیاد و pH بالای ۷ را منفی گزارش نمودند. مقایسه بین یافته‌های محققین در مناطق مختلف بر روی این گونه به‌طور ثابت بیانگر اثرپذیری شدید گونه از عوامل محیطی و یا ترکیب آن‌ها می‌باشد.

متأسفانه، در سال‌های اخیر، آشفستگی‌هایی مانند چرای بیش‌ازحد دام، تغییر در کاربری اراضی و تغییرات آب و هوایی باعث تخریب رویشگاه‌های *A. curvirostris* شده است. همچنین، خشک‌سالی و کاهش بارش در سال‌های متوالی در رویشگاه مورد مطالعه باعث تسریع در روند تخریب شده است. با این وصف و با توجه به اهمیت گونه در تأمین علوفه و حفاظت خاک، گونه مذکور جهت بررسی انتخاب شد. این تهدیدات با کاهش پوشش گیاهی، از بین بردن تنوع زیستی و افزایش فرسایش خاک در بسیاری از مراتع و جنگل‌های ایران، نقش تخریبی را ایفا نموده است، (۳)؛ بنابراین، آگاهی از پاسخ *A. curvirostris* به متغیرهای محیطی و مدل‌سازی پراکنش این گونه، برای استفاده از آن در احیای مراتع تخریب‌شده در مناطق استپی و نیمه استپی ضروری است. برای مدل‌سازی آشیان بوم‌شناختی گونه‌ها، بسیاری از رویکردهای تحلیلی را می‌توان برای پاسخ به این سؤال اساسی استفاده کرد که فاکتورهای بوم‌شناختی تأثیرگذار بر حضور گونه‌ها چه فاکتورهایی می‌باشند؟ (۲۵) تجزیه و تحلیل تطبیقی متعارفی^۱ و مدل جمعی تعمیم‌یافته^۲ از جمله روش‌هایی هستند که بیشترین استفاده را برای تجزیه و تحلیل واکنش گونه‌های گیاهی به عوامل محیطی دارند (۶، ۳۰). لذا هدف پژوهش حاضر بررسی عوامل مؤثر بر پراکنش و عملکرد گونه *A. curvirostris* شامل شاخص‌های تولید، تاج‌پوشش، تراکم و حضور و فنولوژی گونه بود. تا به‌توان پیشنهادی لازم برای اصلاح و احیای مراتع تخریب‌شده در عرصه‌های نیمه استپی استان لرستان و در رویشگاه‌های مناسب و مشابه رویشگاه مورد مطالعه این گیاه را ارائه کرد. همچنین با توجه به اهمیت مطالعات فنولوژیک در تعیین زمان مناسب استفاده دام از گیاه و بهترین زمان جمع‌آوری بذر، فعالیت‌های حیاتی گیاه نیز مورد مطالعه قرار گرفت.

² Generalized Additive Models; GAM¹ Canomial Correspondence Analysis; CCA

■ مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

انتخاب رویشگاه *A. curvirostris* به شکلی صورت گرفت که دامنه وسیعی از فراوانی گونه مورد مطالعه را در بر داشت. لذا با توجه به قرق محصور ۴۰ ha در سایت قرق گیاهان مرتعی گردنه زاغه استان لرستان، این رویشگاه و اطراف آن انتخاب شد (شکل ۱). این رویشگاه در ۳۵ km جاده خرم‌آباد به بروجرد در مختصات جغرافیایی 33° و $29'$ و $33''$ تا 33° و $30'$ و $12''$ عرض شمالی و 48° و $38'$ و $57''$ تا 48° و $40'$ و $56''$ طول شرقی و با ارتفاع ۱۹۶۵ m از سطح دریا می‌باشد. نمونه‌برداری از پوشش طی سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۸ انجام شد. برای این منظور، با توجه به شیب تغییرات محیطی در محل پراکنش پنج ترانسکت با طول ۴۰۰ m و فاصله ۱۰۰ m نسبت به یکدیگر بکار برده شد. سپس بر روی هر یک از آن‌ها، شش پلات مربعی شکل با طول هر ضلع ۴ m با توجه به ابعاد گونه با فواصل یکسان، مستقر شد. در مجموع در واحد بوم‌شناختی، ۳۰ پلات بکار برده شد و موقعیت جغرافیایی هر یک از پلات‌ها نیز، ثبت شد. نمونه‌برداری از پوشش گیاهی به روش سیستماتیک- تصادفی (۵)، در داخل پلات‌های مستقر در امتداد ترانسکت‌های خطی، انجام شد.

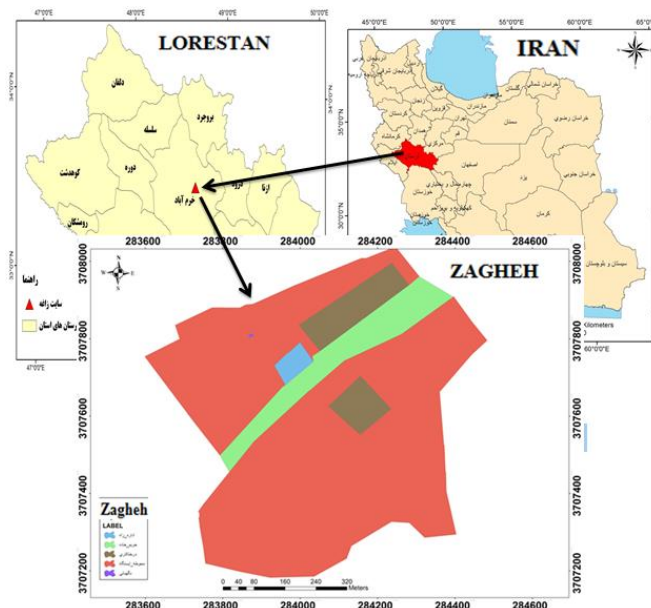
روش کار

پس از استقرار شبکه نمونه‌برداری در هر یک از پلات‌ها، تراکم و درصد پوشش تاجی هر یک از گونه‌های واقع در داخل آن‌ها و رشد سال جاری گونه مورد پژوهش، اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری کلیه متغیرها در مرحله گلدهی صورت گرفت. تراکم با شمارش تعداد پایه‌ها و پوشش تاجی آن‌ها از طریق برآورد نظری، تخمین زده شد. مقدار رشد سال جاری گونه مورد پژوهش نیز از طریق قطع و توزین اندازه‌گیری شد. ضمن اینکه در هر پلات، درصد‌های پوشش تاجی کل، سنگ، خاک بدون پوشش و لاشبرگ نیز برداشت شد (۱۱، ۲۲).

عوامل اقلیمی از قبیل متوسط بارش و دمای سالانه با استفاده از داده‌های ایستگاه هواشناسی در ۲ km منطقه مورد مطالعه و با استفاده از منابع اقلیمی موجود در استان، نظیر خطوط هم‌بارش و هم‌دما تعیین شد. مختصات جغرافیایی محل هر یک از پلات‌ها نیز با استفاده از دستگاه موقعیت‌یاب GPS^1 مشخص و ویژگی‌های توپوگرافی از قبیل ارتفاع از سطح آب‌های آزاد، مقدار شیب به درصد و جهت جغرافیایی برای هر پلات ثبت گردید. متغیر جهت جغرافیایی بر اساس چهار جهت اصلی ۹۰، ۱۸۰، ۲۷۰ و ۳۶۰ درجه، برداشت و پس از تبدیل داده‌ها، (رابطه ۱) وارد تحلیل شد (۸).

$$A' = \text{Cos}(45 - A) + 1 \quad (1)$$

در این رابطه، A مقدار آزیموت جهت و A' مقدار تبدیل‌شده جهت جغرافیایی است.



شکل ۱. موقعیت لرستان و ایستگاه مورد بررسی در کشور

¹ Global Positioning System, GPS

نسخه 4.5 استفاده شد (۳۱). برای بررسی فعالیت‌های حیاتی گیاه، در فواصل مختلف زمانی طی سال‌های ۱۳۹۶ الی ۱۳۹۸، به رویشگاه گونه مورد بررسی، مراجعه و مراحل مختلف رشد شامل؛ آغاز و خاتمه مرحله رویشی، آغاز و خاتمه مرحله گلدهی، آغاز و خاتمه مرحله رسیدن بذر، ریزش بذر و خشک شدن گیاه و مرحله رکود و خواب زمستانه، ثبت شد (۱۱، ۲۲).

■ نتایج

مطالعه رستنی‌های موجود در منطقه که به روش پیمایش میدانی، شناسایی در عرصه، جمع‌آوری و شناسایی نمونه در آزمایشگاه و هرباریوم مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان صورت پذیرفت، حضور ۵۵ گونه مرتبط به ۴۳ جنس و ۱۰ تیره گیاهی را نشان داد (جدول ۱). نتایج حاصل از آماربرداری‌های پوشش سطح خاک رویشگاه مورد مطالعه نشان داد که پوشش گیاهی با بیش از ۷۴٪ از بین سایر عوامل سهم و نقش بیشتری در بین عوامل حفاظتی دارد. در واقع کمتر از ۶٪ از سطح خاک بدون محافظت در برابر عوامل فرساینده قرار دارد هرچند در کل با احتساب بقایای گیاهی و مواد آلی برجای مانده حاصل از کنش و واکنش گیاهان با یکدیگر و سایر عوامل و عناصر محیطی و پوشش سطح خاک بالغ بر ۹۴٪ می‌باشد (شکل ۲ الف).

در بین گیاهان این منطقه، گندمیان و پهن‌برگان یکساله با درصد نسبی ۴۹/۴۲، فرم‌رویشی غالب را تشکیل داده است و بعد از آن، علفی‌های چندساله، گندمیان چندساله، بوته‌ای‌ها و درختچه‌ای‌ها قرار داشتند، (شکل ۲ ب). همچنین از ۱۰۰٪ پوشش گیاهی این رویشگاه نزدیک به ۳۰٪ آن مربوط به گیاهان کاملاً خوش‌خوراک است. گونه *A. curvirostris* نیز در این دسته با تولید ۸۳kg/ha قرار دارد. این شرایط در مقایسه با وضع موجود غالب مراتع کشور مقدار مناسبی است که از پتانسیل مطلوب رویشگاه حکایت دارد و نشان می‌دهد که در صورت مدیریت صحیح این رویشگاه‌ها می‌توان به ترکیب مناسب برای بهره‌برداری بهینه از منابع دست یافت، (شکل ۳ الف).

به‌منظور بررسی تأثیر عوامل محیطی بر پراکنش گونه، از هر یک از پلات‌ها، یک نمونه خاک با سه تکرار به‌صورت نمونه مرکب تا عمق ریشه دوانی گیاه ۳۰cm- صفر برداشت شد و پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن‌ها شامل بافت خاک به روش هیدرومتری، اسیدیته با گل اشباع و با استفاده از pH متر، درصد مواد خنثی‌شونده یا درصد آهک به روش تیتراسیون، فسفر قابل جذب به روش السون، پتاسیم قابل جذب به روش استات‌آمونیم، کربن آلی به روش والکی- بلاک، ازت کل به روش کج‌دال، اندازه‌گیری شد (۱، ۱۱، ۲۲). برای بررسی ارتباط متغیرهای محیطی اثرگذار و معنی‌دار با پوشش گیاهی و انتخاب روش مناسب خطی و غیرخطی، تحلیل تطبیقی قوس‌گیری شده^۱ بر روی داده‌های پوشش گیاهی یا اطلاعات پاسخ انجام و طول گرادیان مشخص شد. با توجه به طول گرادیان محور اول بزرگ‌تر از ۴ بود، از روش تحلیل تطبیقی متعارفی^۲ به‌عنوان روش غیرخطی استفاده شد. در تجزیه و تحلیل اطلاعات با استفاده از این روش، شیب تغییرات گونه‌ها از طریق شبیه‌سازی داده‌ها، تحت شرایط مختلف فاکتورهای محیطی، بررسی و معنی‌داری رابطه بین ترکیب گونه‌ای و محورهای حاصله از متغیرهای رویشگاهی، با روش آزمایشی جای‌گشت^۳ مونت‌کارلو تبیین شد (۳۰). برای پیش‌بینی پاسخ گونه‌های گیاهی به تغییرات عوامل محیطی از مدل افزایشی تعمیم‌یافته استفاده شد (۶) در این راستا پارامترهای تولید، تاج‌پوشش و فراوانی به مدل وارد شد. تحلیل تابع اتصال لگاریتمی^۴ برای برازش منحنی پاسخ به شکل گوسن و توزیع خطا پواسون^۵ برای برازش مدل افزایشی تعمیم‌یافته، مورد استفاده قرار گرفت و به‌منظور اجتناب از بیش‌برازش متغیرهای پیشگو، به‌صورت انفرادی وارد مدل شدند (۳۲). به‌منظور رتبه‌بندی متغیرهای اثرگذار بر حضور گونه‌ها، سنجش اطلاعاتی آکاییک^۶ استفاده شد (۲). هرچه مقدار AIC کوچکتر باشد، در نتیجه متغیر موردنظر، دارای اثرگذاری بیشتر بر پراکنش گونه و شاخص‌های درصد تاج‌پوشش، تولید و وفور گونه می‌باشد. یا اینکه مدل ارائه‌شده، مناسب‌ترین مدل در برازش منحنی عکس‌العمل گونه خواهد بود (۲۹). برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، از نرم‌افزار Canoco

^۱ Log link function

^۲ Poisson error distribution

^۳ Akaike Information Criterion; AIC

^۱ Detrended Correspondence Analysis; DCA

^۲ Canonical Correspondence Analysis; CCA

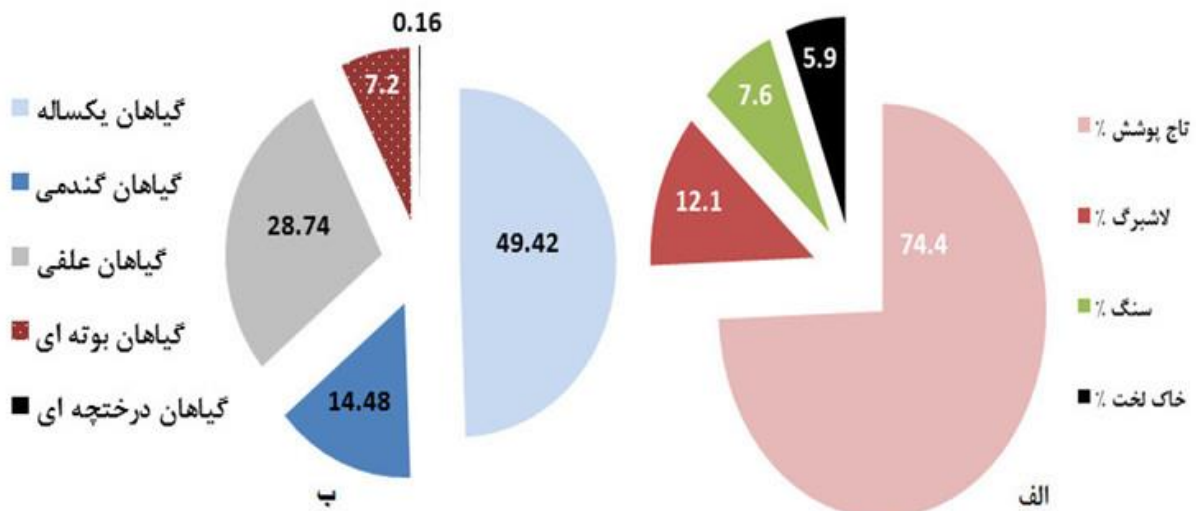
^۳ Permutation

جدول ۱. لیست گونه‌های موجود در رویشگاه مورد بررسی

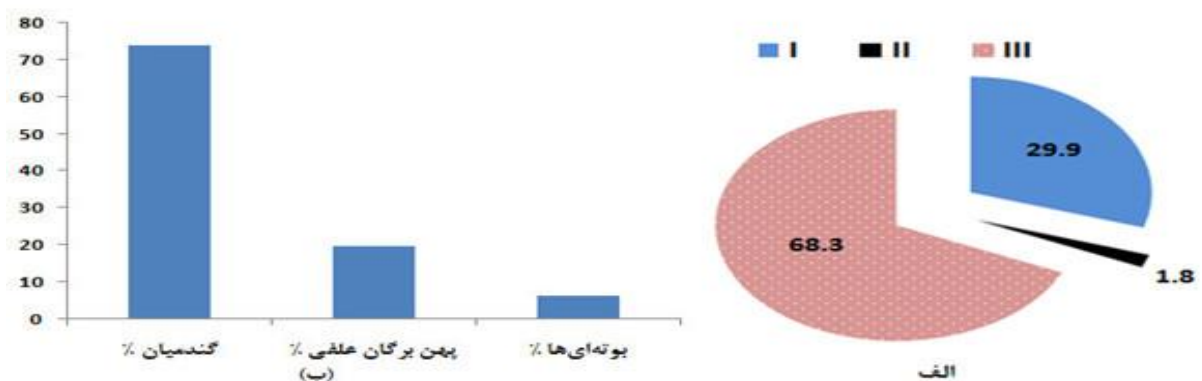
ردیف	تیره	نام گونه	دیرزیستی
۱		<i>Nonea pulla</i> (L.) DC.	چندساله
۲	Boraginaceae	<i>Onosma macrophyllum</i> Bomm.	چندساله
۳		<i>Rochelia bungei</i> Trauty.	علفی یک‌ساله
۴		<i>Silene elymatica</i> Boiss.	یک‌ساله
۵		<i>Vaccaria pyramidata</i> Boiss.	یک‌ساله
۶	Caryophyllaceae	<i>Minuartia weisneri</i> (Stapt) Schisck	علفی یک‌ساله
۷		<i>Vaccaria oxyodonata</i> Boiss.	علفی یک‌ساله
۸	Chenopodiaceae	<i>Noaea mucronata</i> (Forsk.) Aschers. Et Schweinf	چندساله، خاردار
۹	Cistaceae	<i>Helianthemum ledifolium</i> (L.) Miller.	یک‌ساله
۱۰		<i>Achillea wilhelmsii</i> C. Koch.	چندساله
۱۱		<i>Anthemis odontostephana</i> Boiss.	یک‌ساله
۱۲		<i>bracteosum</i> (L.) DC. <i>Cirsium</i>	چندساله
۱۳		<i>Centaurea virgata</i> Lam.	چندساله
۱۴		<i>Cirsium arvense</i> DC.	چندساله
۱۵		<i>Echinops endotrichus</i> Rech.f.	چندساله
۱۶	Asteraceae	<i>Cirsium hydrophilum</i> var. <i>hydrophilum</i> .	دوساله
۱۷		<i>Matricaria recutita</i> L.	علفی یک‌ساله
۱۸		<i>Centaurea aucheri</i> DC.	چندساله
۱۹		<i>Centaurea iberica</i> Rech.f.	یک‌ساله
۲۰		<i>Centaurea virgata</i> var. <i>squarrosa</i> .	چندساله
۲۱		<i>Picris strigosa</i> M. Bieb.	چندساله
۲۲		<i>Descurinia sophia</i> (flixweed)	علفی یک‌ساله
۲۳	Brassicaceae	<i>Diplotaxis erucooides</i> - (L.) DC.	علفی یک‌ساله
۲۴		<i>Thlaspi perfoliatum</i> L.	یک‌ساله
۲۵	Hypericaceae	<i>Hypericum perforatum</i> L.	چندساله
۲۶		<i>Stachys lavandulifolia</i> Vahl.	چندساله
۲۷		<i>Teucrium polium</i> L.	چندساله
۲۸		<i>Thymus eriocalyx</i> (Ronniger) J alas.	چندساله
۲۹		<i>Marrubium vulgare</i> L.	چندساله
۳۰	Lamiaceae	<i>Phlomis olivieri</i> Benth.	چندساله
۳۱		<i>Salvia syriaca</i> L.	چندساله
۳۲		<i>Salvia multicaulis</i> Vahl.	چندساله
۳۳		<i>Stachys pilifera</i> Benth.	چندساله
۳۴		<i>Ziziphora tenuior</i> L.	یک‌ساله
۳۵		<i>Glaucium grandiflorum</i> Boiss & Huet.	چندساله
۳۶	Papaveraceae	<i>Papaver argemone</i> L.	علفی یک‌ساله
۳۷		<i>Astragalus curvirostris</i> Boiss.	چندساله
۳۸	Papilionaceae	<i>Lens orientalis</i> (Boiss.) Popov.	علفی یک‌ساله
۳۹		<i>Medicago polymorpha</i> L.	علفی یک‌ساله
۴۰		<i>Vicia hyrcanica</i> Fisch.	علفی یک‌ساله
۴۱		<i>Vicia peregrina</i> L.	علفی یک‌ساله
۴۲	Papilionaceae	<i>Vicia sepium</i> L.	یک‌ساله
۴۳		<i>Onobrychis bungei</i> Boiss.	چندساله، علفی
۴۴		<i>Onobrychis melanotricha</i> Boiss.	چندساله، علفی

ادامهٔ جدول ۱. لیست گونه‌های موجود در رویشگاه مورد بررسی

ردیف	تیره	نام گونه	دیرزیستی
۴۵		<i>Trigonella monspeliaca</i> L.	یک‌ساله
۴۶		<i>Astragalus gossypinus</i> Fisch.	چندساله، تیغ‌دار
۴۷		<i>Agropyron tauri</i> Boiss. & Balansa.	چندساله
۴۸		<i>Festuca ovina</i> L.	چندساله
۴۹		<i>Poa bulbosa</i> L.	چندساله
۵۰		<i>Secale montanum</i> Guss.	چندساله، علفی
۵۱	Poaceae	<i>Aegilops cylindrica</i> Host.	علفی یک‌ساله
۵۲		<i>Boissiera squarrosa</i> Banks & Sol.	یک‌ساله
۵۳		<i>Danthonia decumbens</i> (L.) DC.	یک‌ساله
۵۴		<i>Bromus tomentolus</i> Bioss.	چندساله
۵۵		<i>Poa annua</i> L.	علفی یک‌ساله



شکل ۲. درصد پوشش پارامترهای سطح خاک (الف) و فراوانی نسبی فرم‌های رویشی در رویشگاه مورد مطالعه (ب)



شکل ۳. درصد پوشش گیاهی بر پایهٔ خوش‌خوراکی (الف) و تراکم نسبی فرم‌های رویشی عمده (ب) گونه‌های کاملاً خوش‌خوراک، II با خوش‌خوراکی متوسط و III گونه‌های با خوش‌خوراکی کم یا دارای محدودیت چرای

As. curvirostris, پهن‌برگان علفی غالباً با گونه‌های *Onobrychis melanotricha*, *Astragalus bungei* و *Picris strigosa* می‌باشد. همچنین گونه‌های متفاوتی از

بیشترین تراکم نسبی با گندمیان چندساله از قبیل *Hordeum bolbosum*, *Agropyron trichophorum*، و *Poa bulbosa* و *tomentellus Festuca ovina*, *Bromus*

۴۰- صفر٪ بوده است. جدول ۳ نشان‌دهنده میانگین عوامل خاکی موردبررسی در رویشگاه گیاه موردنظر است. یافته‌های حاصل از تعیین حدود ویژگی‌های بوم‌شناختی مورد مطالعه، پایین‌ترین و بالاترین مقدار عامل بوم‌شناختی در رویشگاه *A. curvirostris* با توجه به حضور گونه مورد مطالعه در آن، در جدول ۴ نشان داده شده است. این جدول دامنه تغییرات عوامل بوم‌شناختی گونه را نشان می‌دهد. بررسی تأثیر مجموعه‌ای از عوامل محیطی بر تغییرات پوشش گیاهی در جوامع، با استفاده از روش انتخاب روبه‌جلو در رسته‌بندی کانونیک، منجر به انتخاب ۴ متغیر از بین ۱۹ متغیر اولیه شد. متغیرهای انتخاب‌شده از گروه خاک؛ T.O.C٪، درصد رس، pH و درصد لاشبرگ سطح خاک و از گروه توپوگرافی جهت جغرافیایی دامنه بودند، (جدول ۵).

جنس‌های *Centaurea Stachys*, *Phlomis*, *Tragopogon* و با تراکم کمتر سایر جنس‌های این فرم رویشی را در رویشگاه شامل می‌شوند، (شکل ۳ ب). همچنین مقادیر میانگین تاج پوشش و تراکم گیاهان پرتکرار در پلات‌ها در رویشگاه مورد مطالعه خلاصه شده است (جدول ۲). از نظر سیمای سرزمین، این رویشگاه کوهستانی با خاک کم‌عمق و نسبتاً عمیق همراه با بیرون‌زدگی سنگی نسبتاً زیاد می‌باشد و بیشتر از سازندهای آهکی و دولومیت آسماری-شهبازان دوران سوم زمین‌شناسی، تشکیل شده است. دامنه ارتفاعی رویشی گونه ۲۴۵۰ m تا ۱۴۵۰ m از سطح آب‌های آزاد است. مقادیر متغیرهای هدایت الکتریکی خاک معادل Ec(ds/m) ۳۹/۳۴-۰/۰، اسیدیته خاک معادل ۷/۱ تا ۷/۵، آهک ۲-۷/۹ درصد، کربن آلی خاک ۱/۴-۲/۵ درصد، نیتروژن ۰/۱۲-۰/۲۴ و بافت خاک، لومی-رسی و درصد بیرون‌زدگی سنگی

جدول ۲. میانگین تاج پوشش و تراکم گونه‌های تکرارشونده در پلات‌ها در رویشگاه مورد بررسی

نام گونه‌ها	تاج پوشش (%)	تراکم (m ² /تعداد)
<i>Annual species (spp)</i>	۳۱/۷۷	-
<i>Agropyron trichophorum</i>	۸/۸	۱۵/۰۷
<i>Bromus tomentellus</i>	۴/۹	۱/۷
<i>Festuca ovina</i>	۳/۸۳	۰/۹۳
<i>Hordeum bulbosum</i>	۶/۷	۲/۴
<i>Poa bulbosa</i>	۰/۱	۰/۱۳
<i>Astragalus curvirostris</i>	۲/۹۳	۰/۸۷
<i>Astragalus bungei</i>	۲	۱
<i>Onobrychis melanotricha</i>	۱/۹۷	۰/۷۷
<i>Picris strigosa</i>	۶/۵۳	۲/۲
<i>Echinops endotrichus</i>	۰/۰۶	۰/۰۷
<i>Tragopogon collinus</i>	۰/۲	۰/۱
<i>Tragopogon sp</i>	۲/۷	۲/۶۳
<i>Centaurea virgata</i>	۰/۵	۰/۱۷
<i>Pimpinella saxifraga</i>	۰/۳۳	۰/۲۷
<i>Cousinia bakhtiaricha</i>	۰/۱	۰/۰۳
<i>Salvia sp</i>	۰/۴۷	۰/۳
<i>Taucrium polium</i>	۰/۲۳	۰/۱
<i>Astragalus gossipinus</i>	۰/۲	۰/۰۷
<i>Astragalus adscendense</i>	۱/۵۷	۰/۲

جدول ۳. میانگین ویژگی‌های رویشگاهی گونه *Astragalus curvirostris*

متغیر	مقدار	متغیر	مقدار
درصد مواد آلی خاک (O. M)	۲/۲۷	Sand%	۱۲/۲
pH	۷/۴	Silt%	۴۲/۸
EC (ds/m)	۰/۳۳	Clay%	۴۱/۳
Elevation (m)	۱۹۵۰ - ۲۴۰۰	آهک T.N.V%	۳/۸
مکان / رویشگاه Habitat	ارتفاعات و بلومان (زاغه)	Organic carbon%	۱/۹
پتاسیم قابل جذب K(av.) P.P.m	۴۱۴/۷۵	فسفر قابل جذب P(av.) P.P.m	۶/۲۳
بارندگی سالیانه سال زراعی ۹۶-۹۷ (mm)	۶۹۰		

جدول ۴. کمینه و بیشینه مقدار عوامل محیطی در رویشگاه مورد بررسی با توجه به حضور گونه *Astragalus curvirostris* در آن

عوامل محیطی	پایین ترین مقدار	بالاترین مقدار	عوامل محیطی	پایین ترین مقدار	بالاترین مقدار
درصد شن	۶	۱۸	فسفر خاک (ppm)	۲/۴	۱۰/۸
درصد سیلت	۳۶	۴۹	پتاسیم خاک (ppm)	۳۸۲	۴۹۴
درصد رس	۳۸	۴۸	ارتفاع از سطح دریا (m)	۱۹۵۰	۲۴۰۰
EC (dS/m)	۰/۳۱	۰/۴	درصد کربن آلی O.C.	۱	۵/۶
pH	۷/۱۵	۷/۵۰	شیب زمین %	۸	۱۴
درصد آهک	۲	۷/۹	درصد خاک بدون پوشش	صفر	۲۸
رطوبت اشباع %	۷/۳۹	۷/۵۰	سنگ %	صفر	۴۰
کربن آلی خاک %	۱/۴	۲/۵	بقایای گیاهان %	۵	۲۳
ازت کل %	۰/۱۲	۰/۲۴	درصد پوشش گیاهی	۱	۹۵

جدول ۵. متغیرهای مهم و اثرگذار بر تغییرات پوشش گیاهی در رویشگاه گونه *Astragalus curvirostris*

متغیرهای انتخاب شده	درصد واریانس بیان شده	F*	P* (p≤0.05)
جهت جغرافیایی	۱۶/۵	۵/۵	۰/۰۰۲
کربن آلی %	۶/۴	۲/۲	۰/۰۰۸
لاشبرگ %	۵/۱	۱/۸	۰/۰۲۶
اسیدیته	۴/۹	۱/۸	۰/۰۱۸
رس %	۴/۳	۱/۷	۰/۰۵

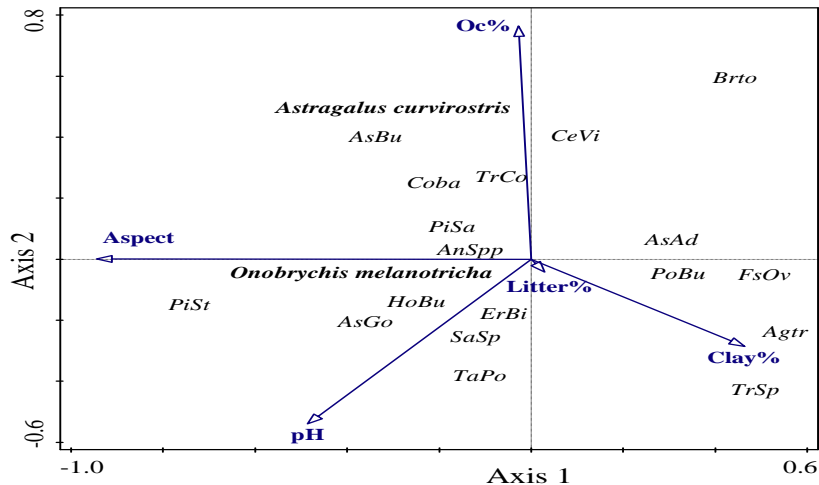
F آماره آزمون محاسبه شده برای معنی داری محورهای کانونی، P مقدار سطح احتمال به دست آمده از آزمون جایگشت مونت کارلو (با ۹۹۹ جایگشت تصادف)

درصد کربن آلی و ازت خاک همبستگی مثبت دارد. به کارگیری مدل جمعی تعمیم یافته با توزیع خطا پواسون، برای هر یک از متغیرهای محیطی، نشان داد که متغیرهایی مثل ارتفاع از سطح دریا، درصد مواد آلی و ازت خاک و همچنین درصد سنگ و سنگریزه، درصد لاشبرگ و درصد خاک بدون پوشش به همراه درصد شیب زمین بر مقدار تاج پوشش *A. curvirostris* مؤثر هستند (جدول ۶). با توجه به عکس العمل معنی دار گونه *A. curvirostris* در رابطه با عوامل فوق الذکر در منطقه مورد مطالعه، منحنی پاسخ این گونه نسبت به هر یک از متغیرهای محیطی اثرگذار، مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۵). بررسی عملکرد گونه گون از لحاظ درصد پوشش گیاهی در رابطه با فاکتور ارتفاع از سطح آب های آزاد و سنگ سطح خاک نشان داد که پاسخ این گونه نسبت به تغییرات مقادیر این عوامل از مدل کاهشی^۱ پیروی کرده و با افزایش این عامل، حضور و درصد پوشش گیاهی در محدوده مورد مطالعه، کاهش یافته است، (شکل ۵، الف و پ). برعکس، پاسخ این گونه در امتداد شیب تغییرات مقدار کربن آلی، نیتروژن خاک و مقدار % لاشبرگ سطح خاک از مدل افزایشی^۲ پیروی کرده و با افزایش مقادیر مذکور، فراوانی و درصد پوشش گیاهی آن نیز در محدوده مورد مطالعه، بیشتر شد، (شکل ۵، ب و ت).

مقدار کل واریانس موجود در پوشش گیاهی که با استفاده از رسته بندی کانونیک بیان شد برابر ۲/۲۷ می باشد. با در نظر گرفتن تمامی متغیرهای انتخاب شده به عنوان متغیر محدوده کننده و در نظر گرفتن همبستگی مکانی به عنوان متغیر همراه و حذف تأثیر این متغیر بر تغییرات پوشش گیاهی، مدل فوق ۳۷/۲ درصد از کل این واریانس را بیان می نماید که این مقدار با توجه به پیچیدگی های موجود در جوامع طبیعی، مطلوب به نظر می رسد (۲۲). محور اول با مقدار ویژه ۰/۱۸۰۷، ۱۸/۰۷ % و محور دوم با مقدار ویژه ۰/۰۸۵، ۸/۵ % از کل تغییرات پوشش گیاهی را توجیه می کنند. نتایج حاصل از رسته بندی تحلیل تطبیقی متعارفی بر اساس محورهای اول و دوم و عوامل مهم مشخص شده در روش انتخاب روبه جلو، در شکل ۴ ارائه شده است. مقدار فاصله نقطه ها از محورهای افقی و عمودی، حکایت از قدرت یا تقلیل رابطه دارد. در این روابط همبستگی بین متغیرها و گیاهان با افزایش طول بردار رابطه مستقیم و با افزایش زاویه بردارها با محور معکوس می باشد. به عبارتی دیگر افزایش طول بردار همبستگی بیشتر و قوی تری بین متغیرهای رویشگاهی و فاکتورهای معرف آن ها برقرار می نماید. بررسی همبستگی بین درصد پوشش گیاهی *A. curvirostris* و عوامل بوم شناختی مورد مطالعه، نشان داد که پراکنش این گونه با عواملی مانند

² Monotonic increase

¹ Monotonic decrease



شکل ۴. حضور گونه‌های گیاهی در ارتباط با عوامل اکولوژیک یک Clay% درصد رس خاک، pH اسیدیته خاک، Litter% درصد لاشبرگ سطح خاک، Aspect جهت جغرافیایی

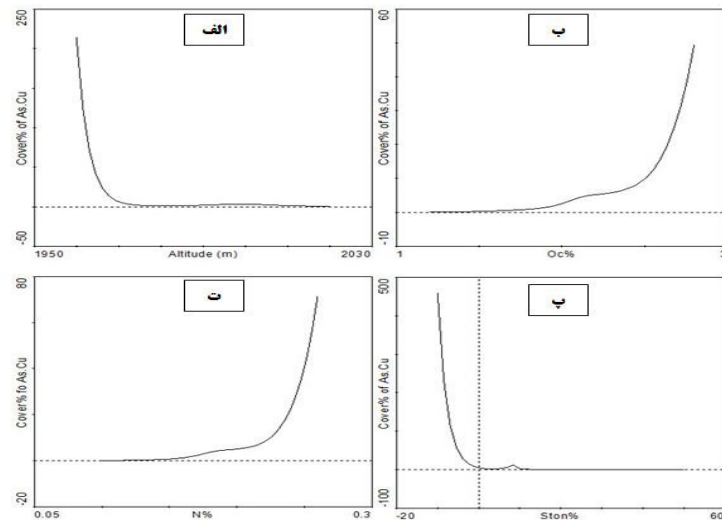
جدول ۶. همبستگی معنی‌دار بین عوامل محیطی با درصد پوشش گیاهی *Astragalus curvirostris*

عوامل محیطی	ضریب همبستگی	سطح معنی‌دار بودن
مقدار کربن آلی در خاک %	۰/۴۴۸	۰/۰۱۳
نیترژن خاک %	۰/۴۴۶	۰/۰۱۳

جدول ۷. نتایج برازش مدل جمعی تعمیم‌یافته نسبت به هر یک از متغیرهای تبیینی معنی‌دار ($p \leq 0.05$)

متغیر محیطی	F*	P*	معیار اطلاعاتی آکائیک
ارتفاع از سطح آب‌های آزاد (m)	۳/۶۳	۰/۰۲۷*	۲۷۸/۵۷
ماده آلی خاک %	۴/۰۵	۰/۰۱۷*	۲۶۰/۹۶
ازت کل %	۳/۲۲	۰/۰۳۹*	۲۸۵/۳۸
سنگ و سنگریزه سطح خاک %	۲/۹۷	۰/۰۵*	۲۹۸/۰۸۸

F آماره آزمون محاسبه‌شده برای معنی‌داری برازش مدل، P مقدار سطح احتمال به‌دست‌آمده از آزمون برازش مدل، * معنی‌داری در سطح ۵٪



شکل ۵. منحنی پاسخ گونه به هر یک از متغیرهای تبیینی معنی‌دار *A. curvirostris*

فروردین‌ماه، با بالا رفتن درجه حرارت هوا، سریع‌تر می‌شود. ظهور گل، معمولاً از دهه سوم فروردین‌ماه، آغاز و گلدهی به مدت ۲۵ تا ۳۰ روز ادامه دارد. تشکیل بذر و شیرگی شدن از دهه اول خردادماه، شروع و تا نیمه دوم خردادماه، رسیدن

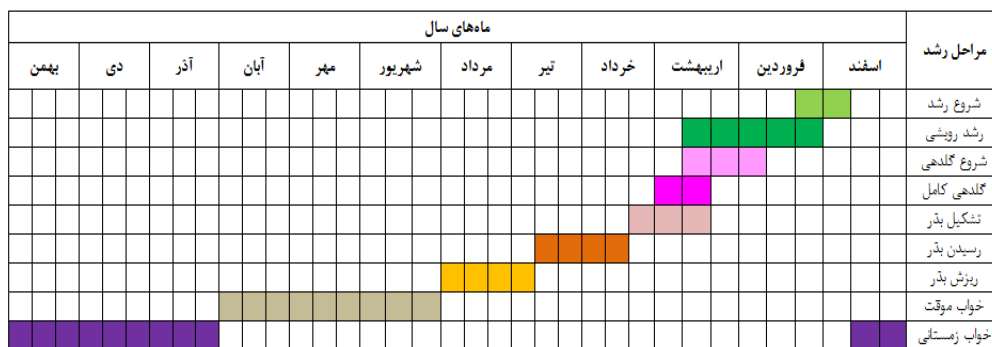
نتایج آمار فنولوژی گونه *A. curvirostris* نشان داد که رویش این گیاه با گرم شدن تدریجی هوا از نیمه دوم اسفند، شروع می‌شود. با توجه به سردی هوا، معمولاً رشد آن تا اواسط فروردین‌ماه، کند می‌باشد ولی رشد رویشی آن از

نقش مهمی در تغییرات ترکیب گیاهی در رویشگاه مورد مطالعه داشتند، این نتایج با یافته‌های مطالعات مشابه مطابقت داشت (۱، ۱۷، ۲۰، ۲۳). درصد رس خاک به‌عنوان یکی از اجزای اصلی و مؤثر بافت خاک، اثر مهمی در مقدار رطوبت و مواد غذایی در دسترس برای گیاهان و همچنین تهویه خاک و عمق نفوذ ریشه گیاه دارد همچنین در حضور و پراکنش گیاهان، نقش مهمی بر عهده دارد، این یافته با نتایج و یافته‌های مشابه هم‌راستا می‌باشد (۹، ۱۸، ۱۹، ۲۲). این مطالعه همچنین نشان داد که *Astragalus spp-Agropyron* *trichophorum-Bromus tomentellus* به‌عنوان تیپ گیاهی عرصه مورد بررسی بوده و از گونه‌های علفی همراه این تیپ، می‌توان به *Astragalus curvirostris* و *Onobrychis melanotricha* و از گندمیان مهم همراه آن می‌توان به *Hordeum spontaneum*، *Festuca ovina*، *Hordeum bolbosum* اشاره کرد. نتایج بررسی حاضر، نشان داد که از ۱۹ متغیر محیطی مورد مطالعه، ۴ پارامتر بوم‌شناختی بر تغییرات نباتی در عرصه مورد پژوهش تأثیرگذار بودند. همچنین نتایج نشان داد که ۷ متغیر ارتفاع از سطح دریا، میزان مواد آلی و نیتروژن خاک و همچنین مقدار سنگ سطح خاک، بقایای مرده گیاهان و میزان خاک بدون پوشش به همراه درصد شیب زمین بر عملکرد گونه *A. curvirostris* مؤثر بوده‌اند.

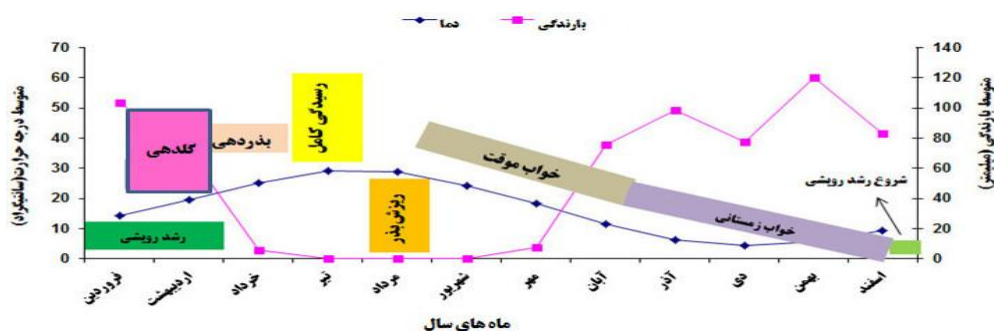
مرحله‌ای بذرها متناسب با طول دوره گلدهی تا اواخر تیر ادامه دارد. ریزش بذر این گیاه معمولاً از اواخر تیرماه، شروع و تا اواخر مرداد، هم‌زمان با رسیدن ادامه دارد. از دهه سوم تیرماه، رشد گیاه به حداقل خود رسیده و بسته به شرایط اقلیمی تا آخر مردادماه خشک می‌شود. در اوایل شهریور به خواب موقت رفته و در صورت وقوع بارش یا دریافت رطوبت مجدداً به شکل مقطعی رشد رویشی مجدد می‌یابد؛ اما در اواخر آبان ماه به خواب زمستانی فرورفته و باوجود رطوبت و افزایش حرارت در اواخر اسفندماه شروع سیکل فوق را از سر می‌گیرد (شکل‌های ۶ و ۷). یکی از مشخصه‌های ویژه در موفقیت گیاهان تطابق رشد در ماه‌های دارای بارندگی و تناسب دمایی است، این ویژگی تضمین‌کننده سازگاری و استقرار گیاه در رویشگاه طبیعی خود به شمار می‌رود. به همین دلیل نمودار تطابق مراحل فنولوژیک گونه *A. curvirostris* با نمودار آمبروترمیک مکان مورد بررسی به شکل زیر ارائه شده است، (شکل ۷).

■ بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از تحلیل تطبیقی متعارف نشان داد که جهت شیب ۱۶/۵، T.O.C ۶/۴، لاشبرگ ۵/۱، pH ۴/۹ و مقدار با رس ۴/۳٪ از واریانس موجود در ترکیب گیاهی،



شکل ۶. دیاگرام فنولوژیکی گونه *As. curvirostris* در استان لرستان



شکل ۷. تطابق مراحل فنولوژیک گونه *As. curvirostris* با نمودار آمبروترمیک سایت مورد بررسی

که هرچه دامنه ارتفاعی بیشتر شود به سبب کاهش دمای هوا و تمایل به تغییر شکل رطوبت از مایع به برف و یخ گونه زمان کمتری برای تطابق داشته و رشد آن محدودتر خواهد شد، این موضوع و همچنین نتایج پاسخ گونه نسبت به عامل ارتفاع به وضوح از مدل کاهشی پیروی می‌نماید (شکل ۶ و ۷). الگوی پاسخ گونه *A. curvirostris* طول گرادیان ارتفاعی، از مدل کاهشی پیروی کرده و با افزایش این عامل، حضور بیشتر درصد پوشش گیاهی، کاهش یافته است. حضور بیشتر این گونه در دامنه ارتفاعی ۱۹۶۵ را شاید بتوان به دلیل وجود ترکیبی از عوامل زیستی مناسب در این محدوده ارتفاعی دانست که نشان‌دهنده حالت تعادلی جامعه با محیط خود است. این موضوع توسط سایر محققین نیز مورد اشاره قرار گرفته است (۷، ۳۳). کاهش حضور و عملکرد این گونه گون در خارج از این محدوده نیز می‌تواند تا حدودی به دلیل محدودیت‌های اکوفیزیولوژیک نظیر کاهش فصل رشد، کاهش ظرفیت نگهداشت آب، درجه حرارت کم و توان تولید پائین اکوسیستم در ارتفاعات بالاتر و همچنین کمبود بارندگی، افزایش درجه حرارت و تبخیر بالا در ارتفاعات پایین‌تر باشد (۱۰، ۳۳). نتایج پژوهش حاضر که بیان کرد، آشفتگی‌های محیطی یا اقلیمی بر کاهش گونه *A. curvirostris* به دلیل ضریب محافظه‌کاری بالا و حساسیت بیشتر به آشفتگی، کاملاً مؤثر است، مطالعه مشابه این نظر را تایید نمود (۱). در ادامه اهم آشفتگی‌های محدوده بررسی را خشک‌سالی، آتش‌سوزی، حرارت زیاد و چرای مفرط دام ابراز نمودند. در واقع در تحقیق آن‌ها افزایش ضریب محافظه‌کاری با میدان بردباری رابطه معکوس دارد.

پاسخ گونه *A. curvirostris* به درصد سنگ و سنگریزه سطح خاک، نیز از مدل کاهشی پیروی کرد و با افزایش این عامل، حضور و درصد پوشش گیاهی، کاهش یافت. در مجموع نتایج این پژوهش، نشان‌داد که مدل افزایشی تعمیم‌یافته، اطلاعات ارزشمندی برای تعیین نیازهای بوم‌ساختی گونه‌ها ارائه می‌دهد که می‌تواند در مدیریت پوشش گیاهی و عملیات اصلاح مراتع و مرتع‌کاری در مناطق مشابه، مورد توجه مدیران منابع طبیعی قرار گیرد. این روش سنجشی، با برقراری معادله بین دقت مدل و ترکیب آن، به انتخاب بهترین روش مدلی آماری و ارائه

نتایج حاصل بر روی گونه *A. curvirostris* نشان می‌دهد این گیاه، بیشتر بر روی خاک‌های لومی رسی پراکنش دارد. به طوری که در مقدار زیاد رس و سیلت با ۴۸٪ و درصد کم ماسه خاک با ۱۸٪ بیشترین عملکرد را دارد. به نظر می‌رسد که مواد مغذی و آلی مناسب در این خاک‌ها، از جمله دلایلی است که موجب رشد بیشتر این گونه در این نوع خاک‌ها شده است و با برخی از یافته‌های دیگران همسو می‌باشد (۱، ۱۱، ۱۹). به طور کلی، بافت خاک حرکت آب در خاک را تحت تأثیر قرار داده و عامل مهمی در دسترس بودن مواد غذایی و یک عامل در پتانسیل فرسایشی خاک می‌باشد (۴). عکس‌العمل گونه *A. curvirostris* به درصد کربن آلی و ازت خاک حاکی از وجود ارتباط مثبت بین عملکرد این گونه با عوامل مزبور است. با افزایش درصد این عوامل، حضور و درصد پوشش گیاهی آن افزایش یافته و از مدل افزایشی پیروی می‌نماید. افزایش نیتروژن در خاک شاخصی با اهمیت در حاصلخیزی است که موجب افزایش فعالیت میکروارگانسیم‌های خاک شده و عمل تجزیه لاشبرگ، سریع‌تر صورت گرفته و در نتیجه رشد گیاه افزایش می‌یابد (۱۳، ۱۵). افزایش فراوانی و عملکرد گیاه در مناطقی با درصد لاشبرگ بالاتر را می‌توان به این دلیل دانست که درصد بالای لاشبرگ، باعث ایجاد بستر مناسب برای بذر و همچنین فراهم نمودن رطوبت لازم برای افزایش جوانه‌زنی و استقرار آن شده است، هرچند در دستیابی به این یافته نقش قرق در انباشت لاشبرگ غیرقابل‌انکار است. برعکس، کاهش حضور این گونه در مناطقی با خاک بدون پوشش، با نتایج پژوهش در خصوص سایر گیاهان مطابقت داشت (۱۷). به طوری که عملکرد *A. curvirostris* یک ارتباط منفی با درصد خاک بدون پوشش داشته و پاسخ آن به این عامل، از مدل کاهشی پیروی کرده است. کاهش حضور و عملکرد این گونه در مناطقی از رویشگاه که درصد خاک بدون پوشش آن بالاست، می‌تواند تا حدودی به دلیل کاهش نفوذپذیری و کاهش ذخیره رطوبت خاک، افزایش رواناب و فرسایش خاک باشد. این امر نقش بسیار مهمی بر عدم جوانه‌زنی و استقرار پوشش گیاهی ایفا می‌کند. نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های دیگران در مطالعات هم‌راستا تائید شد (۱۷، ۲۱، ۳۴). تطبیق منحنی آمبروترمیک با مراحل رویشی گیاه نشان داد

پراکنش و رفتار گونه‌ها را تعیین می‌نماید که این مهم نیز باید مدنظر قرار گیرد. علاوه بر این، بسیاری از مراتع و جنگل‌های ایران از بروز اختلالات انسانی و طبیعی مثل چرای دام، آتش‌سوزی، تغییر کاربری اراضی و تکه‌تکه شدن رویشگاه‌های گیاهان مصون نبوده و این موضوع فرض تعادل در این بوم‌سازگانان را بر هم زده است. لذا این محدودیت به‌ویژه برای گونه‌ها یا جوامعی که دوره زندگی کوتاهی دارند یا سریع در برابر تغییرات محیطی، واکنش نشان می‌دهند مانند مناطق ساحلی و چمنزارها، محدودکننده است؛ بنابراین اطلاعاتی مثل آشفتگی‌ها نیز باید در مدل‌سازی توزیع مبتنی بر رگرسیون در نظر گرفته شوند. در خاتمه باید خاطر نشان کرد که بیان ریاضی روابط بین متغیرهای محیطی و مجموع شاخص‌های بیولوژیک، ساختاری و ریختاری، فقط اهرمی برای تفسیر یافته‌ها و مشاهدات عملیات میدانی است. چون در رویشگاه‌های مرتعی بسته به پویایی عناصر زیستی، حتی قوی‌ترین رابطه‌های مبین همبستگی هم در مطالعات استاتیک و دینامیک، فرض بر قطعیت ندارند.

■ سپاسگزاری

این مقاله از پروژه "بررسی نیازهای اکولوژیک گونه مرتعی *Astragalus curvirostris* در استان لرستان"، مصوب موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع ایران استخراج گردید و توسط مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی لرستان، وابسته به سازمان آموزش و تحقیقات وزارت جهاد کشاورزی و موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع ایران حمایت شده است. لذا بدین‌وسیله از همکاری و مساعدت مسئولین و همکاران گرامی و اساتید ارجمندی که در این راستا ما را یاری نمودند صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نماییم.

پارامترهای مؤثر بر عملکرد گونه، کمک می‌کند (۲۹). ذکر این نکته ضروری است که مدل‌ها و روابط ارائه‌شده برای این گونه، تنها در حیطه ویژگی‌های بوم‌شناختی محدوده موردتحقیق، صدق می‌نماید و برای به‌کارگیری در مناطق دیگر، باید آن را در رویشگاه‌های دیگر این گونه در چند منطقه سنجش کرد تا به‌توان میزان قابلیت همپوشانی مدل را تعیین کرد. سپس با بهره‌گیری از مدل‌ها، می‌توان محدوده قابل پیش‌بینی رویشگاه گونه *A. curvirostris* را در مقیاس وسیع تهیه کرد. با این وصف، اگر مدل‌های پیش‌بینی، دربرگیرنده دقت بالا باشند، می‌توان آن‌ها را در برنامه‌های اصلاحی و مدیریتی در مرتع جهت تعیین و پیشنهاد گونه‌های گیاهی سازگار با شرایط بوم‌شناختی منطقه، سودمند دانست. در پایان تجزیه و تحلیل آمار و اطلاعات چند وجهی بوم‌شناختی وابسته به روش‌های برازشی منعطف و قدرتمند است که توانایی کنترل و تحلیل روابط، اثرات مرکب و متقابل و اطلاعات محدودشده را داشته باشد. مدل جمعی تعمیم‌یافته، روش ساده برای بررسی عکس‌العمل گونه‌ها با توجه به متغیرهای محیطی می‌باشد که نتایج حاصله به‌راحتی قابل تفسیر است؛ اما اگرچه رگرسیون‌های چند متغیره نظیر مدل افزایشی تعمیم‌یافته می‌توانند در بیان آشیان بوم‌شناختی یک گونه خاص نقش داشته باشند و این دامنه بوم‌شناختی می‌تواند شامل تأثیرات متقابل عوامل غیرزنده و زنده باشد ولی نقش نسبی فاکتورهای زنده نظیر رقابت گونه‌ها در مقایسه با عوامل غیرزنده مشخص نیست و این از جمله مسائلی است که نیاز به بررسی بیشتری دارد. همچنین دربررسی‌های مرتبط با منحنی پاسخ، رفتار گونه‌ها در طول تنها یک گرادیان محیطی موردبررسی قرار می‌گیرد، در صورتی که عوامل متعددی به‌صورت ترکیبی و توأمان

■ References

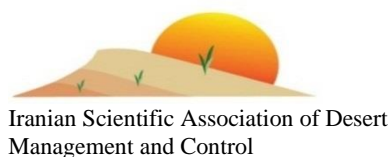
1. Aghajanolou, F., Mirdavoudi, H., Shojaee, M., MacSweeney, E., Mastinu, A., & Moradi, P. (2021). Rangeland management and ecological adaptation analysis model for *Astragalus curvirostris* Boiss. *Horticulturae*, 7(4), 1-14. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae7040067>
2. Akaike, H. A. (1974). *New look at the statistical model identification*. IEEE Trans. Autom. Control, 19, 716–723.
3. Akhani, H., Mahdavi, P., Noroozi, J., & Zarrinpour, V. (2013). Vegetation patterns of the Irano-Turanian steppe along a 3000 m altitudinal gradient in the Alborz Mountains of Northern Iran. *Folia Geobotanica*, 48, 229–255. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12224-012-9147-8>

4. Alavi, J., Zahedi Amiri, G., Rahmani, R., Marvi Mohajer, M., Muys, B., & Fathi, J. (2011). 'Extracting ecological optimum and amplitude of *Fagus orientalis* along environmental gradients in Kheyroud forest, Nowshahr', *Journal of Natural Environment*, 64(4), pp. 399-415.
5. Arzani, H. & Abedi, M. (2014). *Rangeland assessment, vegetation measurement*. Tehran University. 305p. [In Persian]
6. Austin, M. P., Belbinb, J.A., Meyers, M., Dohertya, M.D., & Luotoc, M. (2006). Evaluation of statistical models used for predicting plant species distributions: Role of artificial data and theory. *Ecological Modelling*, 199(2), 197-216. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2006.05.023
7. Balent, G., & Stafford Smith, D. M. (1991). *Conceptual model for evaluating the consequences of management practices on the use of pastoral resources*. In Proceedings of the fourth International Rangeland Congress, Montpellier, France, 22–26.
8. Beers, T.W., Dress, P.E., & Wensel, L. C. (1966). Aspect trans-formation in site productivity research. *Journal of Forestry*. 64, 691–692. DOI: <https://doi.org/10.1093/jof/64.10.691>
9. Esfanjani, J., Zare Chahouki, M. A., Rouhani, H., Esmaeli, M. & Behmanesh, B. (2016). Suitability habitat modeling species using ecological niche factor analysis (ENFA) in rangelands Chaharbagh of Golestan province, Iran', *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 23(3), pp. 516-526. DOI: <https://doi.org/10.22092/ijrdr.2021.107608> [In Persian]
10. Haghian, I., & Sharafatmandrad, M. (2019). Identification of physical and chemical soil factors effects on medical plants distribution with use ordination method (Case Study: Deraseleh rangeland, Savadkouh, Mazandaran Province). *Journal of Agroecology*, 11(4), 1327-1341. DOI: <https://doi.org/10.22067/JAG.V11I4.61976> [In Persian]
11. Ghelichnia, H., Mirdavoodi, H., & Cherati, A. (2023). The study of habitats properties and response pattern of *Astragalus retamocarpus* Boissier & Hohen. to environmental factors in rangelands of Mazandaran province. *Journal of Rangeland*, 17(2), 216-231. DOI: 20.1001.1.20080891.1402.17.2.4.5 [In Persian]
12. Gogina, M. (2010). *Investigation of Interrelations between Sediment and Near-Bottom Environmental Parameters and Macrozoobenthic Distribution Patterns for the Baltic Sea*. Ph.D. Thesis, Ernst Moritz Arndt University of Greifswald, Greifswald, Germany.
13. Guisan, A., Edwards, T. C., & Hastie, T. (2002). Generalized linear and generalized additive models in studies of species distributions: setting the scene. *Ecological medelling*, 157(2-3), 89-100. DOI: 10.1016/s0304-3800(02)00204-1
14. Hosseini, A. (2012). The study of quality and quantity some of foage *Astragalus* species in Golestan national park. *Journal of Protection and Exploitation of Natural Resources*, 1(2), 45-56. [In Persian].
15. Jaberalansar, Z., Borhani, M., Bahreininejad, B., & Mirdavodi, H. (2021). Habitat study of *Krascheninnikovia ceratoides* (L.) Guldenst rangeland response pattern to environmental factors in Isfahan province. *Iranian Journal of Rangeland and Desert research*, 28(3), 551-563. DOI: <https://doi.org/10.22092/ijrdr.2021.125015> [In Persian]
16. Jafari, M., Chahouki, M.A.Z., Tavili, A., Azarnivand, H. & Amiri, G.Z. (2004). Effective environmental factors in the distribution of vegetation types in Poshtkouh rangelands of Yazd Province (Iran). *Journal of Arid Environments*. 56, 627–641. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-1963\(03\)00077-6](https://doi.org/10.1016/S0140-1963(03)00077-6)
17. Jayaraman, S., Sahu, M., Sinha, N.K., Mohanty, M., Chaudhary, R.S., Yadav, B., Srivastava, L.K., Hati, K.M., Patra, A.K., & Dalal, R.C. (2022). Conservation agricultural practices impact on soil organic carbon, soil aggregation and greenhouse gas emission in a Vertisol. *Agriculture*, 12(7), 1004. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture12071004>

18. Kamali, P., Heshmati, G., Sepehri, A., & Ahmadi, V. (2017). 'Effects of nanoclay particles contained-acrylic resin and plant mulch on morphological characteristics of pistachio (*Pistacia vera* L.) in Gorgan rangeland, Esfarāyen', *Natural Ecosystems of Iran*, 8(2), pp. 101-113. [In Persian]
19. Khalasi Ahvazi, L., Zare Chahouki, M. A., & Ghorbannezhad, F. (2013). Comparing discriminant analysis, ecological niche factor analysis and logistic regression methods for geographic distribution modelling of *Eurotia ceratoides* (L.) C. A. Mey. *Journal of Rangeland Science*, 3(1), 45-57. DOI: 20.1001.1.20089996.2013.3.1.6.2
20. Khoury, C. K., Greene, S., Wiersema, J., Maxted, N., Jarvis, A. & Struik, P. C. (2013). An inventory of crop wild relatives of the United States. *Crop Science*. 53, 1496–1508. DOI: 10.2135/cropsci2012.10.0585
21. Laris, P., & Wardell, D. A. (2006). Good, bad or 'necessary evil'? Reinterpreting the colonial durning experiment in savanna landscapes of West Africa. *Geographical Journal*, 172, 271–290.
22. Mahmoodian Chooplu, A., Dianati Tilaki, G., & Alavi, S. J. (2017). Investigating *Aeluropus lagopoides* and *Salsola turcomanica* response curves to some environmental gradients using HOF function in Inchehboroun rangelands. *Journal of Rangeland*, 10(3), 268-281. DOI: 20.1001.1.20080891.1395.10.3.3.7 [In Persian]
23. Masoumi, A.A., (2005). *The Genus Astragalus in Iran*, Research institute of forest and rangeland [In Persian].
24. Masoumi, A.A., (2016). The role of *Astragalus* in ecosystem equilibrium. *Iran Nature*, 1(1), 47-41. DOI: 10.22092/IRN.2016.107529 [In Persian]
25. Moisen, G. G., & Frescino, T. S. 2002. Comparing five modelling techniques for predicting forest characteristics. *Ecological Modelling*, 157, 209–225. DOI: [https://doi.org/10.1016/S03043800\(02\)00197-7](https://doi.org/10.1016/S03043800(02)00197-7)
26. Mukaro, E., Nyakudya, I. W. & Jimu, L. (2017). Edaphic conditions, aboveground carbon stocks and plant diversity on nickel mine tailings dump vegetated with *Senegalia polyacantha* (Willd.) Seigler & Ebinger. *Land Degrad. Dev.* 28, 1641–1651. DOI: 10.1002/ldr.2696
27. Pourbabaei, H., Rahimi, V. & Adel. M. N. (2015). Effect of environmental factors on rangeland vegetation distribution in Divan-Darre area, Kurdistan. *Iranian Journal of Applied Ecology*, 4(11), 27-39. DOI: 10.18869/acadpub.ijae [In Persian]
28. Shahsavarzadeh, R., Tarkesh, M., Rahmati, Z., & Ghazizadeh, M. (2016). Potential habitat modelling *Ferula ovina* Boiss. using by genetic algorithms in Ferydoun shahr, Isfahan. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 31(6), 977-987. DOI: 10.22092/ijmapr.2016.105887 [In Persian]
29. Stewart, P. S., Stephens, P. A., Hill, R. A., Whittingham, M. J., & Dawson, W. (2022). Model selection in occupancy models: Inference versus prediction. *BioRxiv*. DOI: <https://doi.org/10.1002/ecy.3942>
30. Ter Braak, C.J.F., (1985). Correspondence analysis of incidence and abundance data: properties in terms of a unimodal response model. *Biometrics*, 41(4), 859–873. DOI: <https://doi.org/10.2307/2530959>
31. Ter Braak, C. J. F., & Smilauer, P. (2002). *Canoco, reference manual and Cano draw for windows user's guide: Software for Canonical Community Ordination, version 4.5; Microcomputer Power: Ithaca, Greece.*
32. Traore, S., Zerbo, L., Schmidt, M., & Thiombiano, L. (2012). Acacia communities and species responses to soil and climate gradients in the Sudano-Sahelian zone of west Africa. *Journal of Arid Environments*, 87, 144-152. DOI: 10.1016/j.jaridenv.2012.07.010
33. Wang, G., Yang, Y., Kong, Y., Ma, R., Yuan, J., & Li, G. (2022). Key factors affecting seed germination in phytotoxicity tests during sheep manure composting with carbon additives. *Journal of Hazardous Materials*, 421, 126809. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126809>
34. Wassie, A., Sterck, F. JTeketay, D., & Bongers, F. (2009). Effects of livestock exclusion on tree regeneration in church forests of Ethiopia. *Forest Ecology and Management*. 257, 765–772. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.07.032>
35. Whittaker, R.H. (1973). *Direct Ggradient Analysis. Handbook of vegetation science 5: Ordination and classification of communities*; Whittaker, R.H., Ed.; Junk Publishers: Hague, The Netherlands, pp. 19–50.

Desert Management

Vol. 12, No. 1, Spring 2024



Contents

- **Analyzing the Sedimentological Parameters and Size Distribution Pattern in Hamoun Hirmand Sediments** 1
Zandifar S., A. Jamalian and M. Naeimi

- **Assessing the Success of *Ferula Assa-Foetida* L. Plantation Restoration Operations in Semi-Steppe Rangelands by Linking Plant Functional Traits to Species Diversity** 19
Jahantab E., A. Khosravi Mashizi and M. Sharafatmandrad

- **Investigating the Impact of Climate Change on Changes in The Cultivated Area of Selected Agricultural Products in Jiroft Plain** 37
Mehdizadeh Rayen M.J., H. Mohammdi, S. Ziaee and A. Azareh

- **Correction of TRMM 3B43 Monthly Precipitation Data Using Quantile Regression Model in The Urmia Lake Basin** 57
Kazempour Choursi S., M. Erfanian, H. Abghari, M. Miryaghoubzadeh and Kh. Javan

- **Economic Analysis of Strip and Pit Cultivation Methods in Desertification Projects** 75
Barzegar Ardakani R., S. Kalantari, M. R. Fazelpour and M. Tazeh

- **Habitat Characteristics and The Species Response of *Astragalus Curvirostris* Boiss. To the Environmental Factors in Lorestan Rangelands** 85
Siahmansour R., N. Kamali, H. R. Mirdavoodi and J. Motamedi

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. 1

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 1- Spring 2024

29

Contents

- **Analyzing the Sedimentological Parameters and Size Distribution Pattern in Hamoun Hirmand Sediments** 1
Zandifar S., A. Jamalian and M. Naeimi
- **Assessing the Success of *Ferula Assa-Foetida* L. Plantation Restoration Operations in Semi-Steppe Rangelands by Linking Plant Functional Traits to Species Diversity** 19
Jahantab E., A. Khosravi Mashizi and M. Sharafatmandrad
- **Investigating the Impact of Climate Change on Changes in The Cultivated Area of Selected Agricultural Products in Jiroft Plain** 37
Mehdizadeh Rayen M.J., H. Mohammdi, S. Ziaee and A. Azareh
- **Correction of TRMM 3B43 Monthly Precipitation Data Using Quantile Regression Model in The Urmia Lake Basin** 57
Kazempour Choursi S., M. Erfanian, H. Abghari, M. Miryaghoubzadeh and Kh. Javan
- **Economic Analysis of Strip and Pit Cultivation Methods in Desertification Projects** 75
Barzegar Ardakani R., S. Kalantari, M. R. Fazelpour and M. Tazeh
- **Habitat Characteristics and The Species Response of *Astragalus Curvirostris* Boiss. To the Environmental Factors in Lorestan Rangelands** 85
Siahmansour R., N. Kamali, H. R. Mirdavoodi and J. Motamedi