



فهرست مطالب

- ۱-۱۴ ■ امکان‌سنجی استفاده از ساقه نی به‌عنوان بادشکن مکانیکی کوتاه برای تثبیت ماسه‌های روان
مریم باقرپور، سلمان زارع، محمدرضا اختصاصی، علی‌اکبر نظری سامانی، معصومه صالحی، قاسم قوهستانی،
مجید آخشی
- ۱۵-۳۲ ■ امکان‌سنجی برآورد درصد سنگفرش بیابان با استفاده از شاخص‌های تبدیل تسلدکپ مستخرج
از تصاویر لندست ۸
فرزانه فتوحی فیروزآباد، عاطفه جبالی
- ۳۳-۴۸ ■ بررسی سازگاری اولیه گیاهان در سطوح مختلف شوری در کانون گردوغبار ۴ خوزستان
معصومه موقری، بیژن خلیلی مقدم، لیلا خلاصی اهوازی، اشکان یوسفی، امین ذرتی پور، معصومه فروزانی،
سید عطاالله سیادت، زینب حزباوی، محمدحسن صالحه شوشتری
- ۴۹-۶۴ ■ بررسی ارتباط مورفولوژی گونه‌های شورگز، اسکنبیل و کهور ایرانی با ویژگی‌های مورفومتری
نبکاه‌ها در شهرستان ریگان کرمان
عبدالمجید امیرزاده قصری، سعیده کلاتتری، مهدی تازه، علی‌بمان میرجلیلی
- ۶۵-۸۲ ■ ارزیابی ویژگی‌های میراث جغرافیایی و بیوزئوتوریستی مناظر به منظور توسعه بوم‌گردی در
تالاب‌های بین‌المللی هرمزگان
منیره اشرفی، عباس مرادی، محمد اکبریان، مرضیه رضایی
- ۸۳-۹۸ ■ ارزیابی تغییرات شاخص شدت بیابان‌زایی در استان کرمان با استفاده از سنجش‌ازدور
سعید برخوردار، مجتبی دولت‌کردستانی، کیمیا جواهری

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 ۲

دوره ۱۲

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

هیأت تحریریه (به ترتیب حروف الفبا):

محمدرضا اختصاصی، استاد دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی دانشگاه یزد
حسین آذرینوند، استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
ناصر باغستانی میدی، دانشیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی یزد
احمد پهلوانروی، دانشیار دانشکده آب و خاک دانشگاه زابل
حسن خسروی، دانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
سیدجمال‌الدین خواجه‌الدین، استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان
محمدتقی دستورانی، استاد دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه فردوسی مشهد
سعید سلطانی، استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان
امیر همایون صفارزاده، دانشیار، دانشگاه Kyushu، ژاپن
علی طالبی، استاد دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی دانشگاه یزد
سادات فیض‌نیا، استاد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
محسن محسنی‌ساروی، استاد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
حسین ملکی‌نژاد، دانشیار دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی دانشگاه یزد

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

مدیر اجرایی: عاطفه جبالی

تایپ و صفحه‌آرایی: عاطفه جبالی

آدرس دفتر مجله:

یزد، دانشگاه یزد، پژوهشکده مناطق خشک و بیابانی، انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران

صندوق پستی: ۷۶۱-۸۹۱۹۵

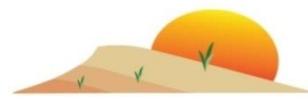
تلفن و فکس: ۰۳۵-۳۸۲۱۰۶۹۸

پست الکترونیک: jdm.isadmc@yahoo.com

تیراژ: ۱۰۰ نسخه

داوران مقالات این شماره:

دکتر سیدمرتضی ابطحی، دکتر اعظم ابوالحسنی، دکتر حسام احمدی بیرگانی، دکتر مرتضی اکبری، دکتر سعید برخوردار، دکتر حسین بشری، دکتر مهدی تازه، دکتر مهین حنیفه‌پور، دکتر رستم خلیفه‌زاده، دکتر فرهاد ذوالفقاری، دکتر مرضیه رضایی، دکتر محمدجواد قانع‌باقری، دکتر مجید کریم‌پور ریحان، دکتر محمدحسین مختاری، دکتر نوازاله مرادی، دکتر ناصر مشهدی، دکتر حمیدرضا ناصری



فهرست مطالب

- ۱-۱۴ ■ امکان‌سنجی استفاده از ساقه نی به‌عنوان بادشکن مکانیکی کوتاه برای تثبیت ماسه‌های روان
مریم باقرپور، سلمان زارع، محمدرضا اختصاصی، علی‌اکبر نظری سامانی، معصومه صالحی، قاسم قوهستانی،
مجید آخشی
- ۱۵-۳۲ ■ امکان‌سنجی برآورد درصد سنگفرش بیابان با استفاده از شاخص‌های تبدیل تسلدکپ مستخرج
از تصاویر لندست ۸
فرزانه فتوحی فیروزآباد، عاطفه جبالی
- ۳۳-۴۸ ■ بررسی سازگاری اولیه گیاهان در سطوح مختلف شوری در کانون گردوغبار ۴ خوزستان
معصومه موقری، بیژن خلیلی مقدم، لیلا خلاصی اهوازی، اشکان یوسفی، امین ذرتی پور، معصومه فروزانی،
سید عطاالله سیادت، زینب حزباوی، محمدحسن صالحه شوشتری
- ۴۹-۶۴ ■ بررسی ارتباط مورفولوژی گونه‌های شورگز، اسکنبیل و کهور ایرانی با ویژگی‌های مورفومتری
نبکاه در شهرستان ریگان کرمان
عبدالمجید امیرزاده قصری، سعیده کلانتری، مهدی تازه، علی‌بمان میرجلیلی
- ۶۵-۸۲ ■ ارزیابی ویژگی‌های میراث جغرافیایی و بیوژئوتوریستی مناظر به منظور توسعه بوم‌گردی در
تالاب‌های بین‌المللی هرمزگان
منیره اشرفی، عباس مرادی، محمد اکبریان، مرضیه رضایی
- ۸۳-۹۸ ■ ارزیابی تغییرات شاخص شدت بیابان‌زایی در استان کرمان با استفاده از سنجش‌ازدور
سعید برخوردار، مجتبی دولت‌کردستانی، کیمیا جواهری

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 لازم جهت انجام بررسی‌های بعدی را نیز ارائه کند. نگارنده (گان) می‌توانند بخش بحث را همراه با نتایج تدوین نموده و عنوان "نتایج و بحث" را انتخاب نمایند. در این صورت بخش نتیجه‌گیری مقاله با عنوان "نتیجه‌گیری" به صورت کوتاه و فقط نتیجه‌گیری از نتایج پژوهش، تدوین می‌گردد.

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

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

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

الف) منابع داخل متن:

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

ب) منابع انتهایی متن:

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

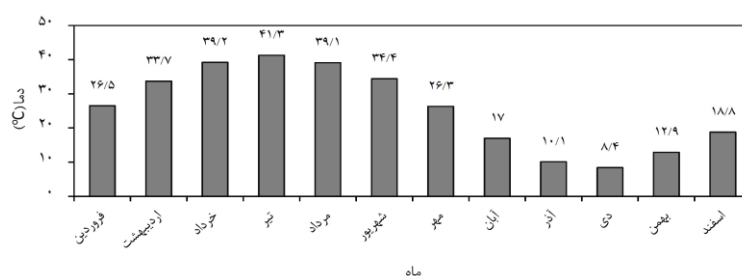
چکیده مقاله به زبان انگلیسی به صورت مبسوط همراه برگردان کامل عنوان و کلمات کلیدی در یک فایل بدون مشخصات نام و محل کار یا دانشگاه نگارنده (گان) ارسال گردد. این چکیده باید مجموعه کوتاه و گویایی از مقاله با تأکید بر تشریح مسئله، هدف پژوهش، روش کار و نتایج مهم و ارزیابی آنها بوده و از ۱۰۰۰ واژه بیشتر نباشد. 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.

Feasibility of Developing Reed Stems as A Checkerboard Barrier to Stabilize Shifting Sands

M. Bagherpour¹, S. Zare^{2*}, M.R. Ekhtesasi³, A.A. Nazari Samani⁴, M. Salehi Mourkani¹, Gh. Ghoohestani¹, M. Akhshi⁵

1. Ph.D. Student, Department of Reclamation of Arid and Mountainous Regions, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Reclamation of Arid and Mountainous Regions, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran.
3. Professor, Department of Rangeland and Watershed management, Faculty of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University, Yazd, Iran.
4. Professor, Department of Reclamation of Arid and Mountainous Regions, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran.
5. Soil Science Laboratory Expert, Department of Reclamation of Arid and Mountainous Regions, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran.

* Corresponding Author: zaresalman@ut.ac.ir

Received date: 28/04/2024

Accepted date: 14/06/2024

 [10.22034/JDMAL.2024.2027524.1462](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2027524.1462)

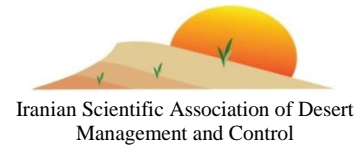
Extended Abstract

Introduction

Wind erosion is one of the natural and important factors that contribute to desertification and land degradation in semi-arid, arid, and hyper-arid regions. Wind erosion is more likely to occur in these areas, which encompass 40% of the earth's surface, due to drought and low soil moisture, limited vegetation, soil characteristics, and erosive winds. Sand transport by erosive winds is a common wind process in arid and semi-arid regions, and it has become a widespread global problem. The biological and economic resources are damaged by this process. To control wind erosion and stabilize shifting sands in these areas, a barrier can be used to reduce wind speed to less than the threshold speed of wind erosion. Depending on the purpose, sand barriers can be used in different heights, dimensions, and arrangements. One of these barriers is a straw checkerboard barrier. The use of this method began in the Soviet Union; then it was transferred to China. Ghana, Egypt, and Mongolia have also introduced and used it in a limited capacity. Sand barriers have a long history in Iran, but their use has declined due to limited and scattered applications. Barriers can be constructed in every region using materials like reed plant stems, cotton plant stems, palm tree leaves, and straw. The aim of this research is to evaluate the efficiency of a checkerboard barrier made from the stem of a reed plant in stabilizing shifting sands. Compared to other materials, their use is cheaper and does not cause any environmental pollution in nature. By controlling wind erosion, improving the conditions of the area and reducing damages caused by the shifting sands, it leads to achieving sustainable development.

Desert Management

www.isadmc.ir



Material and Methods

The research was conducted in the sand dunes surrounding the village of Hossein Abad Mish Mast in the center of Qom province. The results of the sand rose and wind rose demonstrate that the winds in this region are multidirectional. This research examined the feasibility of utilizing a checkerboard barrier made from reed stems. In order to attain this objective, the surface of a sand dune was covered with the barriers mentioned. The height of these barriers was about 20 cm. The characteristics of sediment grain size were assessed by sampling the surface of the sand inside checkerboard barriers and the control dune in this research. Also, mode, average diameter, skewness, and sorting were investigated. A stabilization efficiency coefficient was calculated to evaluate the impact of the barrier on stabilizing sand dunes. For this purpose, wooden stacks were installed in different parts of the dunes in such a way that they could well express the amount of sand detachment and deposition, and in general the changes in the mobility and displacement of the dunes. The checkerboard barrier's concave shape was measured by installing steel stacks with 10-cm intervals vertically inside a cell on the windward side of the dune. Weekly monitoring of the steel stacks resulted in the drawing of the concave curve of the barrier in Excel.

Discussion and Conclusion

The reed stem barrier's sediment grain size characteristics showed that it had a significant impact on the accumulation of fine sand particles compared to the control. Consequently, the particles are scattered within the diameter layer of 250-125 microns, while the granulation analysis before the barrier and control dune was implemented revealed that approximately 64% of the particles were scattered within the diameter layer of 250-500 microns. The control dune sediment granulation analysis showed that the particles' average diameter increased by 45.5% from the control dune sample before the barrier was implemented. The reason for this is that the activity of erosive winds in the region has increased. The wind flow passes a large amount of sand particles over the dune due to the intensity of wind erosion in the region. Smaller particles are transported and larger particles remain on the surface of the dunes due to the absence of barriers in the way of wind and sand flow. According to the concave shape of the checkerboard barrier, a small amount of sand particles was observed in the examined cell. The concave surface was not formed during the study period. The height and density of the reed stem barrier are the reasons for this. The height of the reed stem barrier, which is 30 cm, and its semi-denseness caused the flow of sand and wind to lose its energy upon hitting the first rows of the barrier, and deposit the sand particles in the first rows. Therefore, there is a lack of particle deposition in the middle grids of the dune. Using reed stem barriers to control wind erosion is one of the appropriate and effective measures that stabilize the surface of sand dunes. In fragile ecological conditions of desert areas, where it is not possible to establish a plant without support, this method is highly effective.

Keywords: Sand and Dust Storm; Stabilization Efficiency Coefficient; Concave Curve; Sand Barrier; Erosion – Deposition



امکان‌سنجی استفاده از ساقه نی به‌عنوان بادشکن مکانیکی کوتاه برای تثبیت ماسه‌های روان

مریم باقرپور^۱، سلمان زارع^{۲*}، محمدرضا اختصاصی^۳، علی‌اکبر نظری سامانی^۴، معصومه صالحی^۱، قاسم قوهستانی^۱، مجید آخشی^۵

۱. دانشجوی دکتری گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۲. استادیار، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۳. استاد، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی دانشگاه یزد، یزد، ایران.
۴. استاد، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۵. کارشناس آزمایشگاه خاکشناسی، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، تهران، ایران.

* نویسنده مسئول: zaresalman@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۲۵

doi [10.22034/JDMAL.2024.2027524.1462](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2027524.1462)

چکیده

فرسایش بادی از فرایندهای مهم تخریب سرزمین و بیابان‌زایی می‌باشد که در مناطق خشک و نیمه‌خشک موجب خسارت‌های جبران‌ناپذیر به منابع زیستی و اقتصادی می‌شود. از آنجایی که فرسایش بادی بر ۳۰mha از مساحت کشور تأثیر می‌گذارد، کنترل و مقابله با آن امری ضروری تلقی می‌شود. از مؤثرترین روش‌های کنترل فرسایش بادی کاهش سرعت باد در نزدیکی سطح زمین به‌وسیله بادشکن‌های کوتاه و بلند می‌باشد. هدف از پژوهش حاضر بررسی اثربخشی بادشکن کوتاه تهیه‌شده از ساقه گیاه نی (*Phragmites australis* Cav.) برای تثبیت ماسه‌های روان می‌باشد. بدین منظور یک تپه ماسه‌ای در منطقه حسین‌آباد میش‌مست در استان قم انتخاب و بادشکن‌های ایجادشده توسط ساقه گیاه نی بر روی آن اجرا شد. سپس شاخص‌هایی نظیر چولگی، جورشدگی، قطر میانه ذرات ماسه، ضریب اثر تثبیت‌کنندگی و پروفیل طولی شبکه بادشکن موردبررسی قرار گرفت. یافته‌های تحقیق در بخش دانه‌بندی حاکی از آن بود که حضور بادشکن گیاه نی در مقایسه با تپه شاهد تجمع ذرات ریز ماسه را به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای افزایش داده است. مقدار ضریب تأثیر تثبیت‌کنندگی برابر با ۰/۷۵ می‌باشد که نشان‌دهنده اثربخشی بودن بادشکن در تثبیت سطح تپه ماسه‌ای نسبت به تپه شاهد می‌باشد. بررسی پروفیل طولی شبکه بادشکن نشان‌دهنده این است که مراحل تشکیل سطح مقعر در آن آغاز شده و با فعالیت بادهای منطقه در گذر زمان و تغییرات میزان فرسایش و رسوب در شبکه‌های بادشکن، سطح داخل شبکه‌های بادشکن متقارن و مسطح می‌گردد و منحنی مقعر شکل خواهد گرفت که نشان‌دهنده تثبیت سطح ماسه می‌باشد. به‌طور کلی، استفاده از گیاه نی به‌عنوان بادشکن مکانیکی کوتاه، اقدامی مناسب برای تثبیت تپه‌های ماسه‌ای و کنترل کردن فرسایش بادی می‌باشد. این روش با بهبود شرایط خاک و جلوگیری از انتقال ذرات ماسه، به گیاه فرصت کافی برای استقرار می‌دهد و می‌تواند در پروژه‌های تثبیت ماسه و بیابان‌زدایی مورد استفاده قرار گیرد.

واژگان کلیدی: توفان ماسه و گردوغبار؛ ضریب تأثیر تثبیت‌کنندگی؛ منحنی مقعر؛ موانع ماسه



■ مقدمه

فرسایش بادی یکی از عوامل طبیعی و مهم بیابان‌زایی و تخریب سرزمین در مناطق نیمه‌خشک، خشک و فراخشک می‌باشد (۲۰). در این مناطق که ۴۰٪ از سطح زمین را به خود اختصاص می‌دهند، عواملی نظیر پوشش گیاهی فقیر، خشک‌سالی و رطوبت محدود خاک، خصوصیات خاک و وقوع بادهای شدید احتمال وقوع و تشدید فرسایش بادی را افزایش می‌دهد (۶). آمار نشان می‌دهد 549000 km^2 از سطح جهان که در مناطق خشک قرار دارند توسط تپه‌های ماسه‌ای پوشیده شده است (۱۳). انتقال ماسه و فرسایش بادی ناشی از بادهای شدید در مناطق خشک و نیمه‌خشک به مشکل گسترده جهانی تبدیل شده است و شهرها و مناطق اطراف ماسه‌زارها تحت تأثیر آن قرار دارد. تأسیسات و زیرساخت‌های حمل‌ونقل واقع در مناطق بیابانی در برابر حرکت ماسه‌های روان آسیب‌پذیر هستند و حفاظت از آن‌ها در سال‌های اخیر توجه زیادی را به خود جلب کرده است. یکی از راه‌های مقابله با توفان‌های ماسه و گردوغبار و فرسایش بادی در این مناطق کاهش سرعت باد به زیر سرعت آستانه فرسایش بادی به‌وسیله یک مانع مانند بادشکن مکانیکی می‌باشد (۱). بادشکن‌های مکانیکی انواع متفاوتی دارند؛ و با ارتفاع، ابعاد و آرایش گوناگون بسته به هدف به کار می‌روند. یکی از این بادشکن‌ها، موانع شطرنجی کوتاه ساخته‌شده از بقایای گیاهی است. این روش یکی از مؤثرترین اقدامات تثبیت ماسه‌های روان است که از دهه ۱۹۵۰ به‌طور گسترده در کشور چین برای حفاظت راه‌آهن و جاده‌ها مورد استفاده قرار گرفته است (۸). برخی پژوهش‌ها نشان داد که موانع شطرنجی تثبیت ماسه با ایجاد زبری در سطح زمین، شرایط سطح خاک را تغییر می‌دهند (۲۵)، سرعت انتقال جریان باد و ماسه را تضعیف می‌کنند (۳)، سبب تغییر توزیع ذرات از نظر قطر و میزان کربن آلی خاک می‌شوند (۵) و با کاهش دادن سرعت باد، موجب تثبیت سطح ماسه‌زارها و مقابله با فرسایش بادی می‌شوند (۱۴). محققان کشور چین سابقه طولانی در زمینه معرفی و ارزیابی بادشکن‌های مکانیکی دارند (۸، ۹، ۱۶، ۱۷، ۲۱). از بادشکن‌های مکانیکی در مناطقی که در اثر فرسایش بادی

آسیب جدی دیده‌اند، نظیر اطراف خطوط ارتباطی راه‌آهن‌ها (۷) و پهنه‌های ماسه‌ای بادخیز در کنار جاده‌های مناطق بیابانی مانند بزرگراه صحرای تکله‌مکان^۱ استفاده شده است (۸). بررسی سختی خاک سطحی تپه‌هایی که با بادشکن‌های پلی‌لاکتیک‌اسیدی پوشانده شده‌اند در مقایسه با تپه‌هایی که با بقایای گیاهی به‌صورت سنتی پوشانده شده و تپه‌های بدون پوشش، نشان داد سختی خاک سطحی تپه‌های پوشانده شده به‌وسیله بادشکن نسبت به شاهد به‌صورت معنی‌دار بیش‌تر بود. بیشترین سختی خاک به‌ترتیب در شیب رو به باد، بالای شیب و شیب پشت به باد مشاهده شد (۱۰). بررسی پیشرفت‌ها و چالش‌های توسعه پژوهش‌ها و اقدامات در زمینه بادشکن مکانیکی نشان داد بزرگترین این نوع از بادشکن‌های مکانیکی، پر شدن زود هنگام آن است. اگرچه بادشکن‌های مکانیکی کوتاه می‌توانند تنوع گیاهی و زبری سطح را افزایش دهند اما پس از پر شدن عملکرد انسداد ماسه را به‌تدریج از دست می‌دهند. اثر سطح مقعر و ویژگی‌های دانه‌بندی رسوب ماسه در موانع ماسه‌ای^۲ از جنس پلی‌لاکتیک اسید^۳ نتایج نشان داد هر سه تیمار می‌توانند سطح مقعر و پایدار را تشکیل دهند (۱۷). بررسی دانه‌بندی تیمارها حاکی از آن بود که پراکندگی ذرات از نوع ماسه بسیار ریز بود به‌جز بادشکن‌هایی که ابعاد سلول‌های آن ۱m بود. با توجه به مقایسه هزینه و اثر حفاظتی ابعاد مختلف بادشکن، در مناطق مسطح با باد ضعیف، بادشکن‌هایی با ابعاد ۲m مناسب است (۱۷). بررسی سازوکار تثبیت ماسه و ارزیابی اثر سه نوع بادشکن مکانیکی کوتاه در ماسه‌زارهای بیابان موآس^۴ در چین حاکی از آن بود که تأثیر هر نوع بادشکن بسته به موقعیت توپوگرافی منطقه و ویژگی‌های جریان باد متفاوت است (۲۷). در منطقه مورد بررسی، بادشکن‌های شطرنجی با ابعاد ۱m در ۱m از سرشاخه‌های گیاهی بهترین اثر و بادشکن‌های با ابعاد ۲m در ۲m از جنس پلی‌لاکتیک‌اسید بدترین اثر را داشتند (۲۷). اثر موانع شطرنجی کلش بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و کاهش گردوغبار در اراضی در معرض فرسایش بادی بررسی شد و نتایج نشان داد میزان رسوب در بازه زمانی مورد مطالعه از اول موانع به

³ Polylactic acid⁴ Mu Us Desert¹ Taklamakan Desert² Sand Barriers

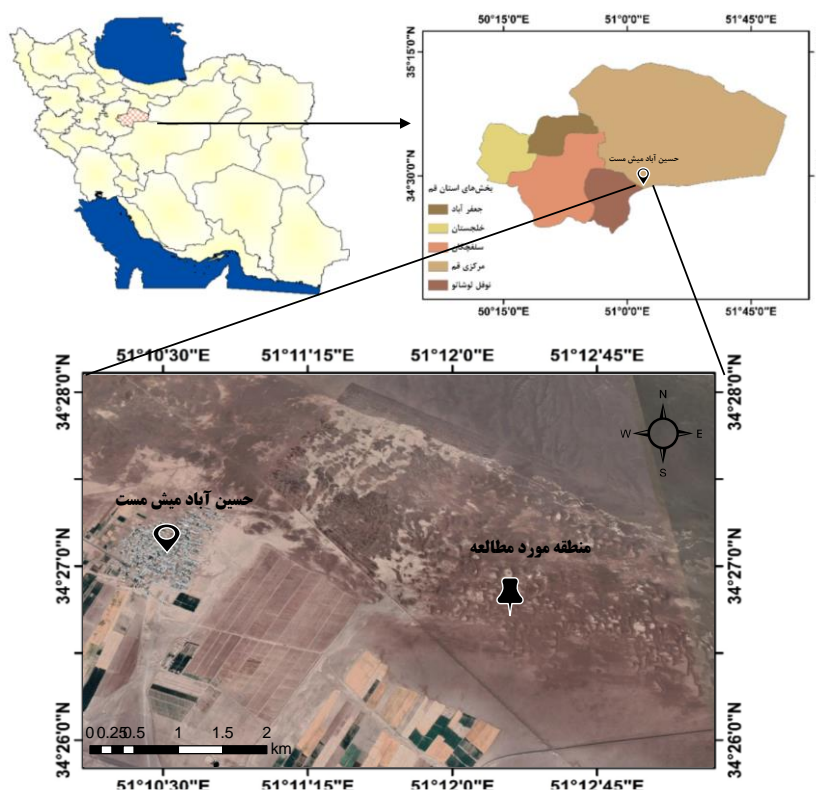
Cav.) برای تثبیت ماسه‌های روان می‌باشد. استفاده از این بادشکن‌ها نسبت به دیگر مواد ارزان‌تر است و هیچ‌گونه آلودگی محیط‌زیستی در طبیعت ایجاد نمی‌کند و با کنترل فرسایش بادی، بهبود شرایط منطقه و کاهش خسارت‌های ناشی از حرکت ماسه‌های روان سبب دستیابی به توسعه پایدار می‌گردد.

■ مواد و روش

منطقه مورد مطالعه

پژوهش حاضر در ماسه‌زارهای اطراف روستای حسین‌آباد میش مست واقع در $11^{\circ}51'42''$ طول شرقی و $27^{\circ}34'2''$ عرض شمالی در بخش مرکزی استان قم انجام شد (شکل ۱). این منطقه از نظر فرسایش بادی فعال بوده و آثار و رخساره‌های مناطق برداشت، حمل و رسوبگذاری در آن دیده می‌شود. متوسط بارش سالانه بلندمدت در منطقه مورد مطالعه 111mm ، میانگین حداقل و حداکثر دما به ترتیب برابر با $16/5^{\circ}\text{C}$ و $22/4^{\circ}\text{C}$ و متوسط دمای هوا $16/5^{\circ}\text{C}$ می‌باشد.

سمت آخر موانع به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد که دلیل آن می‌توان به افزایش طول زبری آئرودینامیک، کاهش سرعت باد و افزایش نشست رسوبات نسبت داد (۲). همین‌طور ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک پس از اجرا موانع کل بهبود یافت (۲). استفاده از بادشکن‌های مکانیکی، برای اولین بار در شوروی سابق مورد استفاده قرار گرفته؛ سپس دانش استفاده از آن به کشور چین منتقل و در بیابان‌های منطقه شاپوتو^۱ مورد استفاده قرار گرفته است. همچنین در کشورهایی مانند: غنا، مصر، مغولستان نیز معرفی و به‌صورت محدود مورد استفاده قرار گرفته است. استفاده از بادشکن مکانیکی در کشور ایران نیز سابقه طولانی دارد؛ اما به دلیل محدود و پراکنده بودن موارد مصرف، استفاده از آن ادامه‌دار نبوده است (۲۲). در هر منطقه، با استفاده از مصالح موجود نظیر بقایای گیاهان بومی منطقه، می‌توان نسبت به احداث بادشکن مکانیکی کوتاه اقدام کرد. هدف پژوهش حاضر، بررسی اثربخشی بادشکن کوتاه تهیه‌شده از ساقه گیاه نی (*Phragmites australis*)



شکل ۱. معرفی منطقه مورد مطالعه

^۱ Shapotou

روش پژوهش

در پژوهش حاضر امکان‌سنجی استفاده از بادشکن تهیه‌شده از ساقه گیاه نی (*Phragmites australis* Cav.) مورد بررسی قرار گرفت. گیاه نی از یک نی‌زار در نزدیکی منطقه مورد مطالعه تهیه و با ارتفاع ۴۰ cm برش خورد. بادشکن تهیه‌شده از ساقه گیاه نی، در دامنه رو به باد یک تپه ماسه‌ای بارخانی احداث شد. نحوه استقرار این بادشکن بدین‌صورت است که ابتدا با بیل یک شیار در سطح ماسه ایجاد شد، سپس سرشاخه‌های نی به‌صورت ردیفی در شیار قرار داده شد؛ به‌طوری‌که ۲۰ cm از آن در داخل خاک و ۲۰ cm از آن بیرون از سطح خاک قرار دارد. در مرحله بعد خاک دو طرف نی با بیل فشرده شد تا در برابر نیروی باد از استحکام کافی برخوردار باشد. ابعاد شبکه در بادشکن مورد بررسی ۱ m در ۱ m می‌باشد. یک تپه ماسه‌ای بارخانی بدون پوشش با ابعاد مشابه تپه‌ای که بادشکن بر روی آن مستقر شده بود، به‌عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شد (شکل ۲). لازم به ذکر است واحد آزمایش در پژوهش حاضر برای هر تیمار یک تپه ماسه‌ای بارخانی بود و در مجموع دو تیمار (بادشکن و شاهد) بررسی شد. زمان اجرا بهار ۱۴۰۲ بود و داده‌برداری به‌صورت ماهانه به مدت زمان یک سال تا بهار سال ۱۴۰۳ انجام شد.

شاخص‌های مورد بررسی

گل‌باد، گل‌توفان و گلماسه

به‌منظور بررسی شرایط باد منطقه و حمل ماسه از داده‌های نزدیک‌ترین ایستگاه سینوپتیک به منطقه که ایستگاه کهک می‌باشد، استفاده شد. داده‌ها به فرمت قابل

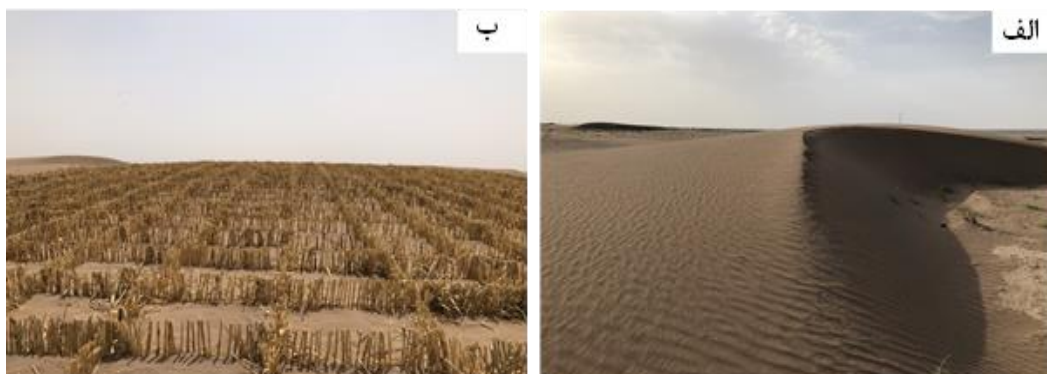
اجرا در نرم‌افزار تبدیل شدند. سپس نمودار گل‌باد و گل‌توفان با استفاده از نرم‌افزار WRPLOT view 8.02 و نمودار گل‌ماسه با استفاده از نرم‌افزار Sandrose graph 3.0 ترسیم شد. سرعت آستانه فرسایش بادی نیز ۵/۵ m/s در نظر گرفته شد.

دانه‌بندی

برای بررسی اثر بادشکن و رسوبات برجای‌مانده در تغییر نحوه توزیع ذرات ماسه، آزمایش دانه‌بندی به روش الک خشک استفاده شد (۱۱). نمونه‌برداری از تپه‌ها هم‌زمان با اجرای بادشکن و یک سال پس‌از آن به مقدار ۵۰۰ g از هر تپه از عمق صفر تا ۵ cm در قسمت میانی دامنه رو باد تپه انجام شد و دانه‌بندی آن مورد بررسی قرار گرفت. سپس با استفاده از نرم‌افزار Gradistat منحنی دانه‌بندی و ویژگی‌های مد، چولگی، قطر میانه ذرات و جورشدگی برای هر تیمار محاسبه شد. شاخص چولگی و جورشدگی به ترتیب مطابق با جدول ۱ و ۲ طبقه‌بندی شدند.

ضریب تأثیر تثبیت‌کنندگی

برای ارزیابی اثر بادشکن در تثبیت تپه‌های ماسه‌ای از ضریبی به نام «ضریب تأثیر تثبیت‌کنندگی» استفاده شد (۱۵). بدین منظور تعداد ۱۵ پیکه‌چوبی مدرج در قسمت‌های مختلف تپه‌ای تثبیت‌شده به‌وسیله بادشکن و تپه شاهد (خط‌الرأس، دامنه رو به باد و یال‌ها)، به‌گونه‌ای مستقر شد که به‌خوبی بیانگر مقدار برداشت و رسوب ماسه و به‌طور کلی تغییرات در میزان تحرک و جابجایی تپه باشند (شکل ۳-الف).



شکل ۲. تپه شاهد بدون پوشش (الف) و تپه پوشانده شده توسط بادشکن کوتاه ساقه نی (ب)

تثبیت شده بادشکن) توسط باد برداشته شده است.

پروفیل طولی شبکه بادشکن

پروفیل طولی شبکه بادشکن یا منحنی مقعر^۱ حاصل از برداشت و رسوب ماسه در داخل شبکه‌های بادشکن شطرنجی، شاخصی برای ارزیابی کارایی بادشکن می‌باشد (۹). برای اندازه‌گیری این شاخص، میله‌های مدرج فلزی به طول ۴۰ cm با فواصل ۱۰ cm در داخل یک سلول از شبکه شطرنجی بادشکن بر روی دامنه رو به باد و در قسمت میانی تپه، به صورت عمود بر هم نصب شد (شکل ۴). شاخص‌های نصب شده به صورت ماهانه پایش شدند پروفیل طولی شبکه بادشکن به صورت فصلی برای یک سال ترسیم شد.

پیکه‌های چوبی ۱ m ارتفاع داشتند که نیمی از آن‌ها درون ماسه قرار گرفت. داده‌های حاصل از شاخص‌های مدرج نصب شده در قسمت‌های مختلف تپه به صورت ماهانه به مدت یک سال پایش شدند. سپس، ضریب تأثیر تثبیت‌کنندگی مطابق با رابطه ۱ محاسبه شد.

$$E = \frac{H_c - H_w}{H_c} \times 100 \quad (1)$$

که در آن:

E: ضریب تثبیت ماسه، H_c : ضخامت لایه ماسه که از سطح تثبیت نشده (تپه شاهد) توسط باد برداشته شده است، H_w : ضخامت لایه ماسه که از سطح تثبیت شده (تپه

جدول ۱. طبقه‌بندی شاخص چولگی (۱)

توصیف کیفی	شاخص چولگی (SKI)
زیاد به سمت ذرات ریزدانه	۰/۳۵ - صفر
به سمت ذرات ریزدانه	۰/۳۵ - ۰/۵
متقارن	۰/۵ - ۰/۷۱
به سمت ذرات درشت‌دانه	۰/۷۱ - ۱
زیاد به سمت ذرات درشت‌دانه	بزرگ‌تر از ۴

جدول ۲. طبقه‌بندی شاخص جورشدگی (۱)

توصیف کیفی	شاخص جورشدگی (f)
جورشدگی خیلی بالا	۰/۳۵ - صفر
جورشدگی بالا	۰/۳۵ - ۰/۵
جورشدگی نسبتاً بالا	۰/۵ - ۰/۷۱
جورشدگی متوسط	۰/۷۱ - ۱
جورشدگی ضعیف	۱ - ۲
جورشدگی خیلی ضعیف	۲ - ۴
جور نشده	بزرگ‌تر از ۴



(ب)



(الف)

شکل ۳. نصب پیکه‌های چوبی جهت اندازه‌گیری ضریب اثر تثبیت‌کنندگی در تپه شاهد (الف) و در تپه پوشیده شده به وسیله بادشکن گیاه نی (ب)

¹ Concave Shape of Checkerboard Sand Barrier

■ نتایج

گل‌باد و گل‌توفان حاصل‌نشان‌دهنده چندجهت بودن بادهای منطقه می‌باشد (شکل ۵). تنها ۱۳٪ از بادهای منطقه برای ایجاد توفان می‌شوند که از این مقدار، باد غالب فرساینده منطقه که ۷/۳۵٪ از کل بادهای خود اختصاص می‌دهد از سمت شرق می‌وزد. به علت چندجهت بودن بادهای منطقه، برآیند گل‌توفان به سمت جنوب شرق می‌باشد که با برآیند حمل ماسه در نمودار گل‌ماسه همخوانی دارد. رسوبات دو تیمار موردبررسی (بادشکن گیاه

نی و تپه شاهد) در زمان قبل و بعد از اجرای بادشکن از نظر چولگی در طبقه متقارن قرار دارند (جدول ۳). قطر میانه قطری است که نصف ذرات درشت‌تر و نصف دیگر ریزتر از آن هستند. این شاخص برای نمونه موردبررسی گیاه نی در انتهای بازه داده‌برداری برابر با $175/8 \mu m$ است و در طبقه ماسه ریز قرار دارد. بررسی‌ها نشان داد رسوبات ماسه در بادشکن گیاه نی نسبت به تپه شاهد و حالت قبل از اجرای بادشکن، ریزتر شده است (شکل ۶). رسوبات تیمارهای موردبررسی از نظر شاخص جورشدگی نیز در کلاس متوسط قرار دارند.

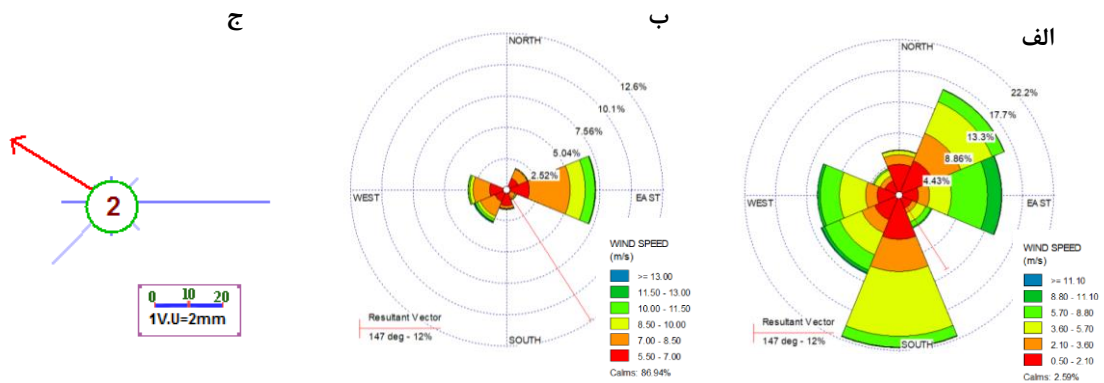


(ب)



(الف)

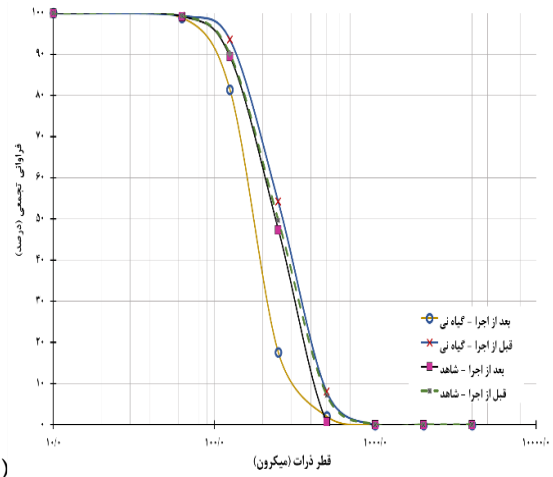
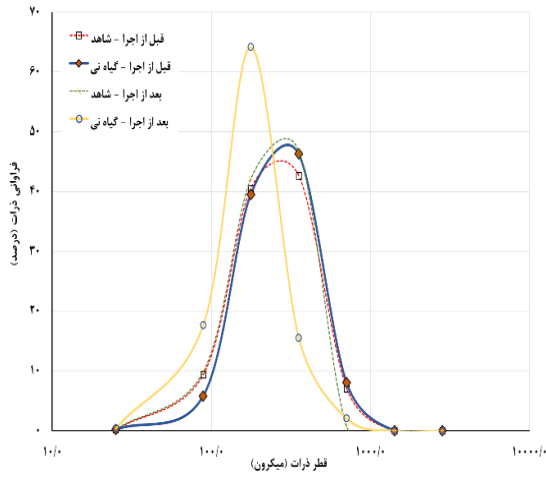
شکل ۴. نصب پیکه‌های فلزی جهت بررسی منحنی مقعر (پروفیل طولی) در یک سلول بادشکن (الف) و در یک سلول فرضی بر روی تپه شاهد (ب)



شکل ۵. گل‌باد (الف)، گل‌توفان (ب) و گل‌ماسه (ج) سالانه ایستگاه سینوپتیک کهک

جدول ۳. ویژگی‌های دانه‌بندی تیمارهای موردبررسی

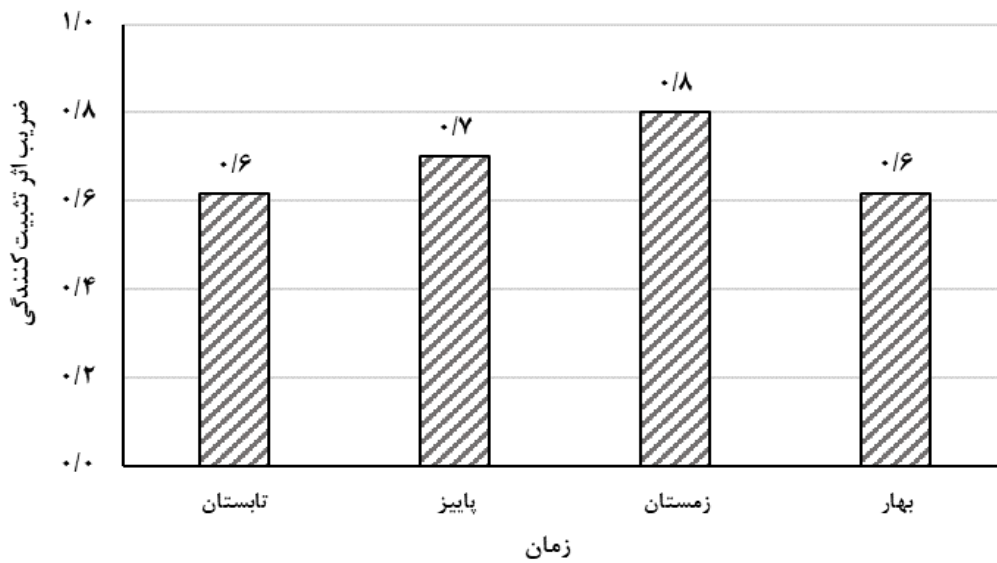
زمان	تیمار	قطر میانه (μm)	مد (μm)	چولگی	جورشدگی (f)
قبل اجرا	گیاه نی شاهد	۲۶۶/۴	۳۷۵	۰/۰۴۲	۰/۷۹۲
پس از اجرا	گیاه نی شاهد	۱۷۵/۸	۳۷۵	۰/۰۴۹	۰/۸۳۸
		۳۶۱/۸	۱۸۷/۵	۰/۰۰۲	۰/۷۰۴
			۳۷۵	۰/۰۵۷	۰/۹۴۶



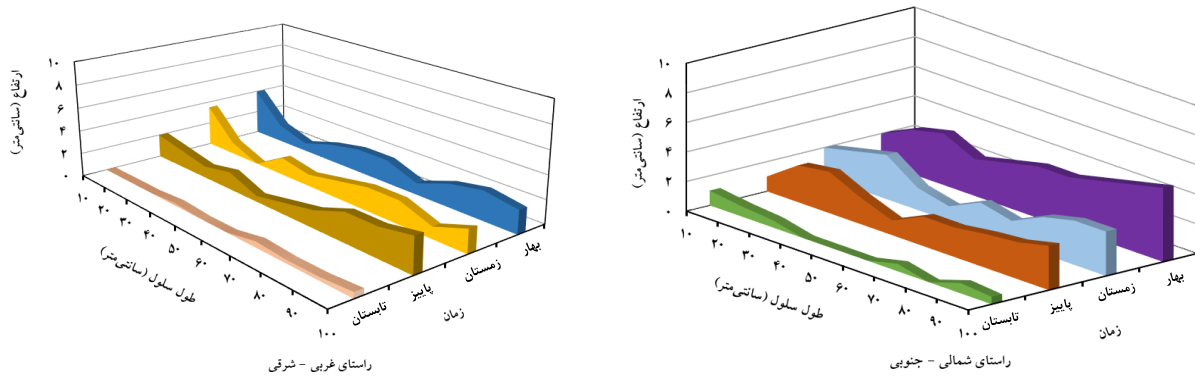
شکل ۶. منحنی درصد فراوانی تجمعی (الف) و توزیع فراوانی (ب) ذرات ماسه در تپه بادشکن گیاه نی و تپه شاهد قبل و پس از اجرای بادشکن



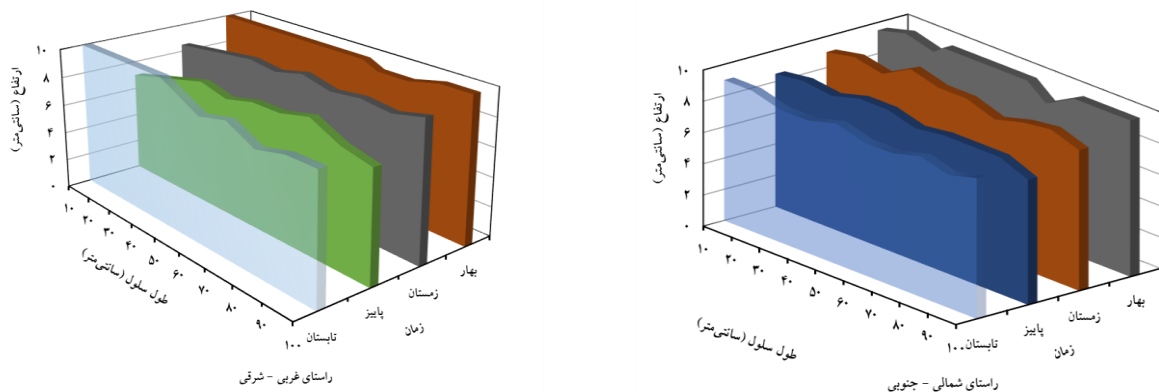
شکل ۷. به دام افتادن بذر در شبکه‌های بادشکن (الف) و رشد پوشش گیاهی در کناره شبکه‌های بادشکن (ب)



شکل ۸. نمودار ضریب اثر تثبیت کنندگی بادشکن گیاه نی در فصل‌های مختلف



شکل ۹. منحنی مقعر (پروفیل طولی) یک سلول از شبکه بادشکن در دو راستای غربی-شرقی و شمالی-جنوبی



شکل ۱۰. منحنی مقعر (پروفیل طولی) یک سلول فرضی بر روی قسمت میانی تپه شاهد در دو راستای غربی-شرقی و شمالی-جنوبی

بادشکن موجب کاهش سرعت باد گردید و در نتیجه، میزان رسوب ذرات ماسه و ارتفاع رسوبات در سطح سلول مورد بررسی افزایش داشت. حداکثر ارتفاع ذرات ماسه در کناره‌های شبکه بادشکن برابر با ۴cm در فصل بهار سال بعدی مشاهده گردید. به دلیل عدم پوشانده شدن تپه شاهد به وسیله بادشکن، ذرات توسط نیروی باد از روی تپه عبور کرده و مقداری از آن‌ها در قسمت‌های مختلف تپه برجای ماند و به‌طور کلی پروفیل طولی یک سلول فرضی بر روی تپه شاهد از روند خاصی تبعیت نمی‌کند (شکل ۱۰).

■ بحث و نتیجه‌گیری

در مناطقی که تحت تأثیر فرسایش بادی قرار دارند و حرکت ماسه‌های روان موجب ایجاد خسارت‌های زیادی می‌شود، بهره‌گیری از انواع بادشکن‌های مکانیکی یکی از اثربخش‌ترین روش‌های کنترل فرسایش و تثبیت ماسه می‌باشد. با توجه به لزوم کنترل فرسایش بادی در کشور، در این تحقیق امکان‌سنجی استفاده از گیاه نی به‌عنوان

شبکه‌های بادشکن گیاهی نی موجب به دام افتادن بذره‌های منتقل شده به وسیله نیروی باد شده و از طرفی با ریزتر شدن قطر رسوبات به دام افتاده و تثبیت شدن سطح ماسه در شبکه‌های بادشکن شرایط خاک برای رشد گیاه بهبود یافته و در بخش‌های مختلف تپه پوشش گیاهی مستقر شد (شکل ۷).

پس از اندازه‌گیری دوره‌های شاخص‌های فلزی نصب شده، پروفیل طولی شبکه بادشکن در دو جهت غربی - شرقی و شمالی - جنوبی ترسیم گردید (شکل ۹). تشکیل سطح مقعر در سلول‌های بادشکن با آرایش شطرنجی، نشان از اثربخشی کامل بادشکن و تثبیت شدن سطح تپه می‌باشد. در اوایل فصل تابستان، با شروع فعالیت بادهای فرساینده، بادشکن اثر تثبیت‌کنندگی خود را آغاز کرد و ردیف‌های ابتدایی در دامنه رو به باد از ماسه پر شد؛ اما از آنجایی که سلول مورد بررسی در میانه دامنه رو به باد قرار داشت، میزان رسوبات در آن اندک بود. گذشت زمان و فعالیت بادهای فرساینده در طی فصول مختلف، اثر حفاظتی

افزایش داشته است. علت این امر را می‌توان به افزایش فعالیت بادهای فرساینده در منطقه نسبت داد. با شدت گرفتن فرسایش بادی در منطقه، مقدار ذرات زیادی توسط جریان باد از روی تپه عبور می‌کنند. از آنجایی که در تپه ماسه‌ای بدون پوشش در مسیر جریان باد و ماسه هیچ مانعی وجود ندارد، به دلیل عدم حفاظت مؤثر در لایه تماس مستقیم باد ذرات ریزتر منتقل می‌شوند و ذرات درشت‌تر بر روی سطح تپه باقی می‌مانند (۱۲).

نتایج حاصل از بررسی پروفیل طولی شبکه بادشکن حاکی از آن بود که مقدار اندکی از ذرات ماسه در سلول مورد بررسی رسوب کرده است. در بازه مورد مطالعه، سطح مقعر در سلول مورد بررسی ایجاد نشد. علت این امر را می‌توان در ارتفاع و تراکم بادشکن جستجو کرد. ارتفاع ۳۰ cm گیاه نی مورد استفاده در ایجاد بادشکن مکانیکی و نیمه‌متراکم بودن آن سبب شده تا جریان ماسه و باد با برخورد به ردیف‌های اول بادشکن انرژی خود را از دست بدهند و ذرات ماسه را در ردیف‌های ابتدایی رسوب دهند؛ بنابراین در سلول‌های میانی تپه مقدار رسوب ذرات بسیار اندک می‌باشد.

محققان در پژوهشی دیگر معتقدند تشکیل تفرع در داخل شبکه‌های بادشکن با گذر زمان حاصل می‌شود و در بازه مورد مطالعه خود، شکل نهایی مقعر در بادشکن‌های مورد بررسی به دست نیامد (۱۸). با این حال، می‌توان پیش‌بینی کرد که پس از مدت‌زمان کافی از جابه‌جایی و انباشتگی ذرات تحت تأثیر جریان باد و ماسه، وضعیت تجمع ماسه در سطح داخلی شبکه‌های بادشکن شطرنجی به تعادل رسیده و یک سطح مقعر صاف را تشکیل می‌دهد. نتایج تحقیق Zhang و همکاران نیز همسو با نتایج پژوهش حاضر است. آنها بیان کردند ظرفیت حمل ماسه به سرعت باد مرتبط است، هنگامی که سرعت باد افزایش یابد سبب حرکت ذرات ماسه و رسوب آنها در سلول‌های بادشکن می‌گردد. نتایج پژوهش آنها نشان داد در سلول‌های ۱ m در ۱ m بادشکن شطرنجی مورد بررسی به سبب انباشته شدن ماسه هیچ سطح مقعری شکل نگرفت. علت آن را

بادشکن کوتاه برای تثبیت کردن سطح تپه‌های ماسه‌ای با استفاده از شاخص‌هایی نظیر: دانه‌بندی، ضریب تأثیر تثبیت‌کنندگی، ویژگی‌های فرسایش - رسوب در داخل شبکه‌های بادشکن و پروفیل طولی شبکه بادشکن مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌های حاصل از دانه‌بندی رسوبات به دام افتاده در شبکه بادشکن حاکی از آن بود که حضور بادشکن گیاه نی در مقایسه با شاهد تجمع ذرات ریز ماسه را به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای افزایش داده است. به‌طوری‌که بیشترین ذرات در طبقه قطری ۱۲۵ - ۲۵۰ μm پراکندگی دارند؛ در حالی که نتایج حاصل از بررسی دانه‌بندی قبل از اجرای بادشکن و در تپه شاهد نشان داد حدود ۶۴٪ ذرات در طبقه قطری ۵۰۰ - ۲۵۰ μm پراکندگی دارند. یافته‌های تحقیق با نتایج پژوهش بسیاری از محققین همخوانی دارد. یافته‌های پژوهشی نشان دادند که تجمع ذرات ماسه و گردوغبار بستگی به مکان اجرای بادشکن‌ها و فصل مورد بررسی دارد، اما به‌طور کلی استقرار بادشکن‌هایی از نوع بقایای گیاهی موجب افزایش رسوب ذرات ریزدانه‌تر نسبت به تپه بدون پوشش شاهد می‌گردد. نتایج تحقیق آنها نشان داد بادشکن بقایای گیاهی سبب توسعه خاک سطحی به سبب افزایش تجمع سیلت و رس و در نتیجه بهبود زیستگاه خاک برای استقرار گیاهان می‌شود (۸). در پژوهش حاضر نیز حضور بادشکن گیاه نی موجب افزایش تجمع رسوبات ریزدانه و بهبود شرایط رویش گیاه در کناره‌های شبکه‌های آن شد و در نتیجه تعدادی گیاه در بخش‌های مختلف رویش پیدا کرد. در تحقیقی دیگر، محققان دانه‌بندی ۶ نوع بادشکن مختلف در حاشیه شرقی بیابان تنگرا^۱ در کشور چین را نسبت به تپه ماسه‌ای بدون پوشش بررسی کردند و نتایج آنها نشان داد رسوب در تپه شاهد به‌طور عمده ماسه متوسط، درشت و کمی ریز بود، در حالی که در بادشکن‌های شطرنجی ساخته‌شده با بقایای گیاهی، رسوب‌ها ماسه ریز و متوسط بود (۱۹). بررسی دانه‌بندی رسوب در تپه شاهد حاکی از آن بود که قطر متوسط ذرات حدود ۴۵/۵٪ نسبت به نمونه شاهد قبل از اجرای بادشکن

^۱ Tengger Desert

حساس و شکننده مناطق بیابانی که امکان استقرار گیاه بسیار سخت است و بدون حمایت امکان‌پذیر نیست، از کارایی مناسبی برخوردار است؛ زیرا عمر مفیدی در حدود ۵ سال دارد و گیاه فرصت کافی برای استقرار پیدا می‌کند. از طرفی با افزایش میزان رسوبات ریزدانه که شامل ذرات سیلت و ذرات رس می‌باشند، شرایط خاک بهبود پیدا می‌کند. با توجه به اثربخشی مناسب این روش، می‌توان از گیاه نی یا دیگر نهاده‌های مشابه در دسترس به‌عنوان بادشکن کوتاه در پروژه‌های مدیریت بیابان و کنترل توفان‌های ماسه و گردوغبار استفاده به عمل آورد.

■ سپاسگزاری

پژوهش حاضر، بخشی از طرح پژوهشی تحت عنوان "ارزیابی روش‌های نوین تثبیت ماسه‌های روان در چارچوب تفاهم‌نامه سه‌جانبه با کشور چین، سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور و دانشگاه تهران" می‌باشد. بدین‌وسیله نویسندگان این مقاله از سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور جهت حمایت مالی کمال تشکر و قدردانی را دارند.

می‌توان به ظرفیت تجمع ماسه بیشتر در بادشکن شطرنجی با ابعاد ۱m در ۱m نسبت به بادشکن‌هایی با ابعاد بزرگ‌تر نسبت داد (۲۴).

به‌طور کلی بادشکن‌های مکانیکی کوتاه عملکرد مشابهی برای کنترل جریان باد و ماسه دارند؛ در آغاز این مانع به‌عنوان عامل زبری عمل می‌کند و طول زبری آئروودینامیک سطح زمین را صد تا هزار برابر افزایش می‌دهد (۴)؛ بنابراین سرعت باد ارتفاع صفر تا ۳۰cm سطح زمین کاهش می‌یابد و در نتیجه موجب کاهش نرخ فرسایش ناشی از بادهای فرساینده و شدت انتقال ماسه می‌شود. این فرآیند هم‌زمان موجب تثبیت سطح اصلی ماسه در داخل سلول‌های بادشکن نیز می‌شود. با گذشت زمان همراه با تجمع ذرات، سطح داخلی سلول‌های بادشکن شطرنجی متقارن‌تر و مسطح‌تر می‌گردد. زمانی که بادشکن کارایی تثبیت ماسه خود را آغاز می‌کند، به‌مرور زمان یک سطح مقعر در داخل شبکه‌های آن شکل می‌گیرد (۱۴). استفاده از گیاه نی به‌منظور کنترل فرسایش بادی یکی از اقدام‌های مناسب و مؤثر است که موجب تثبیت سطح تپه‌های ماسه‌ای و ماسه‌زارها می‌شود. این روش در شرایط بوم‌شناختی

■ References

- Ahmadi, H. (2012). *Applied Geomorphology (Desert - Wind Erosion)*. Tehran: University of Tehran press. [In Persian]
- Ahmadpoor Dehkordi, E., Abbasi Surki, A., Pajouhesh, M., & Tahmasebi, P. (2022). Effect of straw checkerboard barriers method on physicochemical properties of soil and dust reduction in lands exposed to wind erosion of "Margh" meadow of Shahrekord. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 11(4), 29-54. DOI: <https://doi.org/10.22069/ejsms.2022.18691.2000> [In Persian]
- Bo, T. L., Ma, P., & Zheng, X. J. (2015). Numerical study on the effect of semi-buried straw checkerboard sand barriers belt on the wind speed, *Aeolian reserch*, 16, 101-107. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aeolia.2014.10.002>
- Chepil, W.S., & Woodruff, N.P. (1963). The physics of wind erosion and its control. *Advances in Agronomy*, 15, 211-302. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60400-9](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60400-9)
- Dai, Y., Dong, Z., Li, H., He, Y., Li, J., & Guo, J. (2019). Effects of checkerboard barriers on the distribution of aeolian sandy soil particles and soil organic carbon, *Geomorphology*, 338, 79-87. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2019.04.016>
- Du, H., Wang, T., Xue, X., & Li, S. (2018). Modelling of sand/dust emission in Northern China from 2001 to 2014. *Geoderma*, 330, 162-176. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.05.038>
- Huang, H. (2023). Modeling the inhibition effect of straw checkerboard barriers on wind-blown sand. *Earth Surface Dynamic*, 11(2), 167-181. DOI: <https://doi.org/10.5194/egusphere-2022-714>

8. Li, X.R., Xiao, H.L., He, M.Z. & Zhang, J.G. (2006). Sand barriers of straw checkerboards for habitat restoration in extremely arid desert regions. *Ecological engineering*, 28(2), 149-157. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2006.05.020>
9. Lihui, T., Wangyang, W., Dengshan, Z. Ruijie, L. & Zuequan, W. (2015). Characteristics of erosion and deposition of straw checkerboard barriers in alpine sandy land. *Environmental Earth Science*. 74, 573–584. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s12665-015-4059-6>
10. Limin, Y., Yong, G., Yi, Y., Quiye, G., Jingyu, J. & Tiepeng, X. (2010). Effects of Poly Lactic Acid sand barrier on soil hardness. *Science of Soil and Water Conservation*, 8(4), 90-100.
11. Lopez, G. (2016). Grain Size Analysis. In: Gilbert, A.S. (2016). *Encyclopedia of Geoarchaeology*. Berlin: Springer. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4020-4409-0_18
12. Pan, X., Wang, Z. & Gao, Y. (2020). Effects of Compound Sand Barrier for Habitat Restoration on Sediment Grain-size Distribution in Ulan Buh Desert. *Scientific Report*, 10, 2566. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-59538-7>
13. Pye, K. & Tsoar, H. (2009). *Aeolian Sand and Sand Dunes*. Berlin Heidelberg: Springer.
14. Qu, J., Zu, R., Zhang, K., & Fang, H. (2007). Field observations on the protective effect of semi-buried checkerboard sand barriers, *Geomorphology*, 88(1-2), 193-200. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.11.006>
15. Refahi, H. (2013). *Wind erosion and its control*. Tehran: University of Tehran press. [In Persian]
16. Shen, J., Yuan, W., Yu, Y., & Song, X. (2017). *Study on the abrasive resistance of Polylactic acid fiber sand barrier*, 6th International Conference on Energy, Environment and Sustainable Development, Zhuhai, China.
17. Wang, T., Qu, J., & Niu, Q. H. (2020). Comparative study of the shelter efficacy of straw checkerboard barriers and rocky checkerboard barriers in a wind tunnel. *Aeolian Research*, 43, 100575. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aeolia.2020.100575>
18. Xi, C., Zuo, H., Wei, X. & Yan, M. (2023). Sand-fixing effect and compound change of nylon checkerboard sand barrier. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(13), 35727–35744. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-022-24741-8>
19. Xie, Y., Dang, X., Zhou, Y., Hou, Z., Li, X., Jiang, H., Zhou, D., Wang, J. Hai, Ch. & Zhou, R. (2020). Using sediment grain size characteristics to assess effectiveness of mechanical sand barriers in reducing erosion. *Scientific Report*, 10, 14009. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-71053-3>
20. Xin, G., Huang, N., Zhang, J., & Dun, H. (2021). Investigations into the design of sand control fence for Gobi buildings. *Aeolian Research*, 49, 100662. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aeolia.2020.100662>
21. Yuan, W. (2014). *Study on the degradation and aging performance of polylactic acid fiber sandbag sand barrier*. PhD thesis, Chinese Academy of Forestry: China.
22. Zare, S. (2021). *Wind erosion control by windbreak*. doctoral pamphlet, University of Tehran: Iran. [In Persian]
23. Zare, S., Jafari, M., Ahmadi, H., Rouhipour, H. & Khalil Arjomandi, R. (2019). Studying the effectiveness of some non-oil mulches on sand dunes fixation. *Journal of Range and Watershed Management*, 71(4), 939-948. DOI: <https://doi.org/10.22059/jrwm.2018.264506.1294> [In Persian]

24. Zhang, C., Li, Q., Zhou, N., Zhang, J., Kang, L., Shen, Y., & Jia, W. (2016). Field observations of wind profiles and sand fluxes above the windward slope of a sand dune before and after the establishment of semi-buried straw checkerboard barriers, *Aeolian Research*, 20, 5-70. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aeolia.2015.11.003>
25. Zhang, S., Ding G.D., Yu, M.H., Gao, G.L., Zhao, Y.Y., Wu, G.H., & Wang, L. (2018). Effect of straw checkerboards on wind proofing, sand fixation, and ecological restoration in shifting sandy land. *International Journal of Environment Research*, 15(10), 2184. DOI: <https://www.mdpi.com/1660-4601/15/10/2184>
26. Zhaofeng, C., Shizeng, L., Qi, W., Shujuan, L., & Fei, W. (2018). Progress and problems of development research and application of sand barriers. *Meteorological and Environmental Research*, 9(3), 18-23. DOI: <https://doi.org/10.19547/j.issn2152-3940.2018.03.005>
27. Zhou, Y., Li, H., Wu, Z., Wang, Zh., Yin, J., Qing, D. & Hasi, E. (2023). Sand fixation mechanism and effect evaluation of sand barriers in Mu Us sandy land, China. *Science Chian press*, 68(11), 1312-1329. DOI: <https://doi.org/10.1360/TB-2022-0203>

Feasibility of Estimating the Percentage of Desert Pavement Using Tasseled Cap Transformation Indices Extracted from Landsat 8 Images

F. Fotouhi Firoozabad^{1*}, A. Jebali²

1. Assistant Professor of Department of Nature Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran.
 2. PhD of Combating Desertification, General Directorate of Natural Resources and Watershed Management of Yazd Province, Yazd, Iran.
- * Corresponding Author: f.fotouhi@ardakan.ac.ir

Received date: 04/06/2024

Accepted date: 17/08/2024

 [10.22034/JDMAL.2024.2031223.1467](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2031223.1467)

Extended Abstract

Introduction

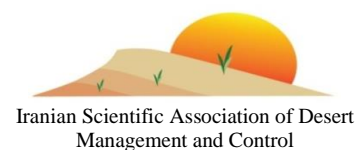
Desert pavements, which are one of the drylands landforms, play a crucial role in the processes of these ecosystems. Desert surfaces that are covered in stones, rubble, and sand that can't be carried by wind are known as desert pavements. The identification of areas that have desert pavement and the estimated percentage of pavement coverage, as well as the sensitivity of the land unit to wind erosion, can lead to the identification of critical centers of wind erosion. Creating a detailed surface map is the initial step towards quantitative analysis of this role. Remote sensing technology is an effective tool for identifying and classifying landforms because it produces satellite images with spectral and spatial resolution, and it can also be a valuable tool for classifying desert pavements. Satellite images have been used in research to reveal the desert pavement. In these studies, the land cover classification method has been used to distinguish between the desert pavement surface and other types of land cover. Satellite image classification methods can adequately distinguish between desert pavement surfaces and other land covers. Knowing the percentage of paved stones in the region is of special importance in the study of natural resources, particularly in desert zones. Remote sensing techniques can be used to separate desert pavements, and their integration with field observations and statistical methods can help improve the estimation of the percentage of desert pavements, especially in vast, inaccessible and remote areas. This study is aimed at defining a model to estimate the percentage of desert pavement by employing statistical methods and satellite images to explore the possibility of estimating the amount of desert pavement coverage. The correlation between Tasseled Cap Transformation (TCT) bands and ground sampling points of the pavement percentage was utilized for this purpose. Finally, a map of the amount of desert pavement coverage in the study area was prepared.

Material and Methods

The study area falls within a 20-kilometer distance of Yazd city, situated at north latitude 3526361 to 3551713 and east longitude 215108 to 238866. A long strip runs from Khezrabad mountain

Desert Management

www.isadmc.ir



upstream to Ashkezar and Zarch cities downstream, and it is composed of coarse, medium, and fine glacial plains. The study area's boundary was determined using topographic maps, aerial photos, Landsat ETM images, and Google Earth images. Geological maps, lithology units, and geomorphological facies were prepared based on the UTM coordinate system of the study area. The percentage of desert pavement coverage was measured on 27/12/2023 using the aforementioned maps and stratified-random sampling method. The OLI sensor image of the Landsat satellite was obtained simultaneously with the field sampling date. The initial process involved performing pre-processing operations on the satellite image, including radiometric and geometric corrections, to prepare it for processing operations. In the image processing stage, Tasseled Cap Transformation (TCT) was used and images of brightness, greenness, humidity, fourth, fifth and sixth bands were extracted based on standard coefficients for Landsat 8 satellite. After that, the TCT bands' numerical values, which were related to the locations of the sampled points on the ground, were retrieved. Pearson's correlation coefficient was used to calculate the statistical correlation between ground pavement coverage and TCT bands. Using a factor analysis method, the suitable variables were determined to prepare the desert pavement percentage estimation model. The desert pavement model was created using a stepwise multiple regression method after determining the appropriate variables. In this method, the values of one variable (dependent variable Y) were estimated from the values of two or more variables. (independent variables X1, X2, ..., XP).

Discussion and Conclusion

To determine the most suitable model for estimating the percentage of desert pavement, factor analysis was used. Tasseled cap transformation functions were used to present the characteristics of soil brightness, greenness, and moisture in six distinct maps. The indicated indices are a single-band index that ranges from zero to 1. The problem is more easily distinguished when the values are close to zero. Statistical correlation between the percentage of pavement and six components of TCT by Pearson's method, indicate a significant correlation at 1% between the components of Brightness, Greenness, Tasseled Cap Transformation 5, and the percentage of pavement coverage. The highest correlation coefficients between the percentage of pavement coverage and the Brightness components and TCT (respectively 0.64 and 0.62), and the lowest one related to the humidity component, were estimated at 0.02. The principal component analysis algorithm in the factor analysis method detected the selected indicators of Greenness and Brightness by analyzing the input data output. Greenness and brightness variables were considered independent variables. Their relationship with desert pavement was investigated as a dependent variable using the stepwise regression method. The selected model shows the relationship between the amount of desert pavement and the Greenness and Brightness variables, with a correlation coefficient of 0.61 and a standard error of 23.2. The obtained model can predict approximately 61% of surface pavement changes in the study area. The connection between the bands obtained from Tasseled Cap Transformation 5 and the ground collection points of pavement percentage was employed for this purpose. At last, a map of the desert pavement coverage in the study area was created. The research's findings indicated that a suitable model for preparing a map of desert pavement percentage can be created by combining ground observations with statistical methods and satellite images.

Keywords: Tasseled Cap Transformation; Factor Analysis; Desert pavement; Landsat8

امکان سنجی برآورد درصد سنگفرش بیابان با استفاده از شاخص‌های تبدیل تسلدکپ مستخرج از تصاویر لندست ۸

فرزانه فتوحی فیروزآباد^{۱*}، عاطفه جبالی^۲

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

۲. دکتری تخصصی بیابان‌زدایی، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان یزد، یزد، ایران.

* نویسنده مسئول: f.fotouhi@ardakan.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۲۷

 [10.22034/JDMAL.2024.2031223.1467](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2031223.1467)

چکیده

سنگفرش بیابان به‌عنوان یکی از ناهموارهای مناطق بیابانی می‌باشد که از جنبه‌های مختلفی همچون توزیع مکانی شار گرمایی سطح زمین و مقاومت خاک سطحی در برابر فرسایش بادی اهمیت دارد. در پژوهش حاضر، درصد پوشش سنگی با روش پلات گذاری میدانی اندازه‌گیری شد. سپس تصویر سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ هم‌زمان با تاریخ نمونه‌برداری، دریافت شد. در مرحله پردازش تصاویر با بهره‌گیری از باندهای روشنایی، سبزیگی، رطوبت، چهارم، پنجم و ششم بر اساس ضرایب استاندارد تبدیل تسلدکپ (TCT) انجام شد. همبستگی آماری بین مقدار درصد پوشش سنگفرش زمینی و باندهای TCT با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون محاسبه شد. برای تعیین متغیرهای مناسب برای تهیه مدل برآورد مقدار کمی سنگفرش از روش تحلیل عاملی استفاده شد و با ارتباط بین باندهای حاصل از تبدیل تسلدکپ و نقاط برداشت زمینی نقشه مقدار پوشش سنگفرش بیابان تهیه شد. نتایج همبستگی آماری بین مقادیر درصد سنگفرش و شش مؤلفه TCT به روش پیرسون، همبستگی معنی‌داری در سطح یک درصد بین مؤلفه‌های درخشندگی، سبزیگی، تبدیل تسلدکپ ۵ با درصد پوشش سنگفرش محاسبه شد. به طوری که بیشترین ضریب همبستگی بین درصد پوشش سنگفرش و مؤلفه‌های درخشندگی و تبدیل تسلدکپ ۵ به ترتیب ۰/۶۴ و ۰/۶۲ و کمترین آن مربوط به مؤلفه رطوبت به مقدار ۰/۰۲ برآورد شد. با توجه به خوارزمیک (الگوریتم) تجزیه مؤلفه اصلی، خروجی داده‌های ورودی، شاخص‌های سبزیگی و روشنایی تشخیص داده شد. سپس، با استفاده از روش رگرسیون گام‌به‌گام ارتباط آنها با سنگفرش بیابان بررسی شد. مدل انتخابی، رابطه بین مقدار سنگفرش بیابان با متغیرهای سبزیگی و روشنایی را با ضریب همبستگی ۰/۶۱ و خطای استاندارد ۲۳/۲ نشان می‌دهد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که امکان برآورد درصد سنگفرش بیابان با استفاده از شاخص‌های تبدیل تسلدکپ مستخرج از تصاویر لندست ۸ وجود دارد.

واژگان کلیدی: تحلیل عاملی؛ درصد سنگفرش؛ مدل‌سازی؛ رگرسیون؛ لندست ۸

■ مقدمه

سنگفرش‌های بیابانی به‌عنوان یکی از ناهمواری‌های مناطق خشک، نقش اساسی در فرآیندهای سطحی دارند. سنگفرش بیابانی، ناحیه‌ای موزاییک مانند سنگی به‌نسبت هموار در سطح زمین است که در اثر برداشت مواد ریزدانه‌تر (توسط آب، باد و یخبندان)، به شکل نزدیکی، کنار یکدیگر جای می‌گیرند. به‌عبارت‌دیگر، به سطوح بیابانی که از سنگ، قلوه‌سنگ و ریگ‌ها پوشیده شده باشند که باد قادر به حمل آن‌ها نیست، سنگفرش بیابانی یا رگ می‌گویند. مهمترین کارکرد آنها در بحث فرسایش بادی است؛ و بنابراین با شناسایی مناطق دارای سنگفرش بیابان و برآورد درصد پوشش سنگفرش مذکور می‌توان حساسیت آن واحد اراضی را نسبت به فرسایش بادی و تعیین موقعیت کانون‌های بحرانی فرسایش بادی شناسایی کرد. اولین گام برای تجزیه و تحلیل کمی آنها، تهیه نقشه مکانی دقیق آنها می‌باشد. برای بیان تغییرات فیزیکی سطح سنگفرش بیابانی در مقیاس بزرگ، واحد نقشه dm/m در نظر گرفته شده است (۱۱). فناوری سنجنش‌ازدور به دلیل تولید تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک طیفی و مکانی، وسیله‌ای کارآمد برای شناسایی و طبقه‌بندی ناهمواری‌هاست (۲، ۱۸) و می‌تواند ابزاری ارزشمند برای شناسایی و طبقه‌بندی سنگفرش‌های بیابانی به‌عنوان یکی از مهمترین ناهمواری‌های مناطق خشک باشد (۳، ۱۴). پژوهش‌های متعددی برای بررسی رخساره‌های مناطق بیابانی و ویژگی‌های آنها از طریق روش‌های سنجنش‌ازدور، انجام شده است. نتایج حاصل از این تحقیقات حاکی از دقت خوب و روبه‌پیشرفت داده‌های ماهواره‌ای در شناسایی و طبقه‌بندی رخساره‌های ژئومورفولوژیک مناطق بیابانی است. تاکنون پژوهش‌هایی با هدف آشکارسازی پوشش سنگفرش بیابانی با بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای در داخل (۴، ۲۵) و در خارج از کشور (۲۳) انجام شده است. در این پژوهش‌ها از روش طبقه‌بندی پوشش‌های اراضی برای تفکیک رخساره سنگفرش بیابانی استفاده شده است. در ادامه به چند مورد از این پژوهش‌ها اشاره می‌شود. کارایی روش‌های طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان و سطوح موازی تصاویر ماهواره‌ای در تهیه نقشه سنگفرش بیابان مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفته است

(۲۵). شاخص کاپای برآورد شده برای دو روش مورد بررسی ماشین بردار پشتیبان $۸۵/۰۵$ و سطوح موازی $۲۱/۰۶$ بودند که بر این اساس روش ماشین بردار پشتیبان از دقت بیشتری برخوردار بوده است (۲۵). بررسی ضرایب دقت کلی به‌دست‌آمده نیز حاکی از برتری روش ماشین بردار پشتیبان نسبت به روش سطوح موازی بوده است به‌طوری‌که به‌ترتیب برابر با $۸۸/۷۸$ و $۴۱/۲۵$ برآورد گردیدند. با شناسایی و طبقه‌بندی انواع سنگفرش بیابانی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ETM^+ در منطقه خشک جنوب سمنان نشان داده شد که تصاویر حاصله از سنجنده ETM^+ توانایی قابل‌توجهی در تفکیک طبقات سنگفرش بیابان دارد. همچنین بر اساس شاخص کاپا روش‌های حداکثر احتمال $۸۶/۸۵$ ، ماشین بردار پشتیبان $۸۵/۰۵$ ، آرت‌مپ فازی $۸۱/۴۴$ ، حداقل فاصله از میانگین $۷۵/۵۴$ ، فاصله ماهالانویی $۶۸/۸۹$ ، شبکه عصبی $۵۵/۱۷$ ، نقشه زاویه طیفی $۵۳/۸۹$ ، واگرایی اطلاعات طیفی $۵۰/۲۲$ و سطوح موازی $۴۲/۲۵$ به ترتیب بیشترین توانایی را در تفکیک طیفی طبقات مختلف سنگفرش بیابان منطقه خشک جنوب سمنان دارند. بر پایه روش حداکثر احتمال، $۵۶/۶۲$ ٪ از منطقه در طبقه سنگفرش با تراکم $۴۰ - ۲۰$ ٪، $۲۰/۶۲$ ٪ در طبقه سنگفرش با تراکم $۴۰ - ۷۰$ ٪ و $۱۹/۹۲$ ٪ از منطقه در طبقه سنگفرش با تراکم $۷۰ - ۹۰$ ٪ قرار گرفت (۲۵). قابلیت سنجنش‌ازدور و زمین‌آمار در اندازه‌گیری متغیرهای دانه‌بندی سنگفرش بیابان مورد ارزیابی قرار گرفت. در بررسی تصاویر ماهواره‌ای نتایج نشان دادند که مؤلفه تبدیل تسلدکپ ۵ بیشترین ضریب همبستگی ($۰/۷۲۵$) را با درصد پوشش سنگفرش دارد. نقشه درصد پوشش با کمک معادله رگرسیون و باند ۵ تهیه شد. در ضمن پهنه‌بندی درصد پوشش با روش کریجینگ انجام گرفت و همچنین از باند ۵ و قطر میانگین به‌عنوان داده‌های کمکی برای پهنه‌بندی درصد پوشش به روش کوکریجینگ استفاده گردید (۴). قابلیت تصاویر ماهواره‌ای سنتینل را در برآورد درصد پوشش سنگفرش بیابان را مورد بررسی قرار دادند. نتایج همبستگی بین تک‌تک باندها و درصد پوشش سنگفرش نشان داد که بهترین باند معرف درصد پوشش سنگفرش حاصل از ترانسکت، مربوط به باند ۲ با مقدار $۰/۵۲$ بود و در روش پلات نیز بیشترین همبستگی مربوط به باند ۳ با مقدار $۰/۰۷۶$ می‌باشد. با توجه به کم بودن مقدار

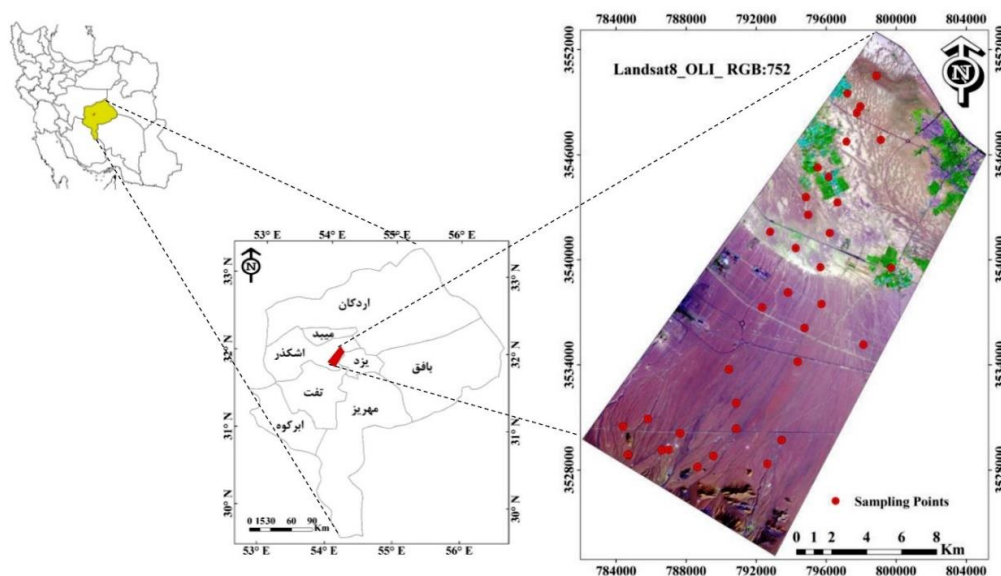
جداسازی سنگفرش بیابانی و تلفیق آن با مشاهدات میدانی و به‌کارگیری روش‌های آماری می‌تواند در برآورد درصد سنگفرش‌های بیابانی به‌ویژه در مناطق وسیع، صعب‌العبور و دور از دسترس مرتفع سازد. هدف از پژوهش حاضر تعریف مدلی برای برآورد درصد سنگفرش بیابان با بهره‌گیری از روش‌های آماری و تصاویر ماهواره‌ای می‌باشد. بدین منظور از ارتباط بین باندهای حاصل از تبدیل تسلدکپ و نقاط برداشت زمینی درصد سنگفرش استفاده شد و در نهایت نیز نقشه میزان پوشش سنگفرش بیابان در منطقه مطالعاتی تهیه گردید.

■ مواد و روش

مشخصات کلی منطقه

موقعیت مکانی منطقه مورد بررسی واقع در ۲۰ km شهر یزد و محدوده دشت یزد- اردکان می‌باشد؛ و در سیستم مختصات متریک با موقعیت $35^{\circ}23'09.2''$ تا $35^{\circ}53'03.9''$ عرض شمالی و $78^{\circ}20'08.0''$ تا $80^{\circ}51'39.9''$ طول شرقی واقع شده‌است. منطقه با وسعت 208 km^2 به شکل نوار طولی است که در حد واسط کوه خضرآباد در بالادست و شهرهای اشکذر و زارچ در پایین‌دست واقع شده و دشت‌سره‌های لخت، اپانداژ و پوشیده را در بر می‌گیرد. بیشترین و کمترین ارتفاع از سطح دریا به ترتیب 1780 m و 1140 m (شکل ۱).

همبستگی، در نتیجه نمی‌توان از آن برای تعیین درصد سنگفرش بهره‌گیری کرد (۵). جداسازی طبقه‌های مختلف سنگفرش بیابانی با بهره‌گیری از تصاویر سنجنده ETM^+ از ماهواره لندست در جنوب استان سمنان نشان می‌دهد که تصاویر مذکور توانایی قابل‌توجهی را در تفکیک طبقات سنگفرش بیابان دارد. در پژوهش مذکور خوارزمیک حداکثر احتمال نسبت به دیگر خوارزمیک‌های حداقل فاصله از میانگین، فاصله ماهالانویس و سطوح موازی بیشترین کارایی را در تفکیک طبقات مختلف سنگفرش نشان می‌دهد (۶). بررسی قابلیت خوارزمیک‌های مختلف طبقه‌بندی نظارت شده مانند خوارزمیک حداکثر احتمال، ماشین بردار پشتیبان، شبکه عصبی در آشکارسازی رخساره سنگفرش بیابان نشان داد که روش ماشین بردار پشتیبان در هر سه کرنل با دقت $0.83/0.42$ ، بیشترین دقت را نسبت به دو روش دیگر دارد (۲۲). همچنین، در پژوهش‌هایی دیگر، مشاهدات میدانی و به‌کارگیری روش‌های زمین‌آمار برای پهنه‌بندی میزان سنگفرش در مناطق بیابانی انجام شده است (۱۳)، (۱۴). اگرچه به‌کارگیری روش‌های طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای قابلیت مناسبی را در تفکیک رخساره سنگفرش بیابانی از سایر پوشش‌های اراضی دارد. با این وجود در مطالعات منابع طبیعی به‌ویژه بیابان آگاهی داشتن از مقدار درصد سنگفرش در منطقه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به نظر می‌رسد که بهره‌گیری از فناوری سنجش از دوری برای



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد بررسی و نقاط نمونه‌برداری



شکل ۲. نحوه پلات گذاری در صحرا برای برآورد درصد پوشش سنگفرش بیابانی

جدول ۱. مشخصات تصویر ماهواره‌ای مورد استفاده

ماهواره	سنجنده	گذر	ردیف	تاریخ (میلادی)	تاریخ (شمسی)	قدرت تفکیک مکانی (m)
لندست ۸	OLI	۱۶۲	۳۸	۲۰۲۳/۱۲/۲۷	۱۴۰۲/۱۰/۰۶	۳۰

عملیات صحرائی

در پژوهش حاضر، ابتدا به کمک نقشه‌های توپوگرافی مرز منطقه مطالعاتی مشخص و نقشه‌های واحدهای سنگ‌شناسی و رخساره‌های ژئومورفولوژی بر اساس سیستم مختصات UTM از منطقه مطالعاتی تهیه شد. در ادامه، با استفاده از روش نمونه‌برداری تصادفی طبقه‌بندی شده^۱ در تاریخ ۱۴۰۲/۱۰/۰۶ درصد پوشش سنگفرش بیابانی در صحرا با پلات گذاری در ۳۷ نقطه اندازه‌گیری شد.

تصویر ماهواره‌ای

نمونه‌برداری میدانی در تاریخ ۰۶ دی‌ماه ۱۴۰۲ صورت گرفت و سپس تصویر سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ هم‌زمان با تاریخ نمونه‌برداری صحرائی، دریافت شد. جزئیات تصویر مورد استفاده در جدول ۱ ارائه شده است.

در آغاز عملیات پیش‌پردازش بر روی تصویر ماهواره‌ای شامل تصحیحات رادیومتریک و هندسی برای آماده‌سازی تصویر برای اجرای عملیات پردازشی، انجام شد (۲۶). در مرحله پردازش تصاویر از روش تبدیل تسلدکپ (TCT)^۲ استفاده شد و تصاویر باندهای روشنایی (رابطه ۱)، سبزی‌نگی (رابطه ۲)، رطوبت (رابطه ۳) و دیگر پوشش‌های سطحی در قالب تسلدکپ چهارم (رابطه ۴)، پنجم (رابطه ۵) و ششم (رابطه ۶) بر اساس ضرایب استاندارد برای ماهواره لندست ۸ استخراج شد (۱۰). در ادامه، مقادیر ارزش رقومی^۳ باندهای TCT، متناظر با محل نقاط نمونه‌برداری شده زمینی استخراج شد. مقدار به‌دست‌آمده به همراه نمونه‌های درصد سنگفرش حاصل از مشاهدات میدانی برای تجزیه و تحلیل آماری استفاده شد.

³ Digital Number (DN)

¹ Stratified Random sampling pattern

² Tassled Cap Transformation (TCT)

$$Z_{ji} = a_{j1}F_{1i} + \dots + a_{jm}F_{mi} + d_j U_{ji} \quad (۷)$$

که در آن:

Z_{ji} : نمره‌ی معیار فرد i ام در پارامتر j ام است، F_{1i} : نمره‌ی معیار فرد i در اولین عامل مشترک و F_{mi} : نمره‌ی معیار وی در m امین عامل مشترک است. عبارت U_{ji} : نمره‌ی معیار فرد i در چیزی است که عامل اختصاصی نامیده می‌شود؛ یعنی عاملی که تنها در یک متغیر واحد موجود است که در این مورد متغیر z است. ضرایب a_{jm} : بارهای عاملی هستند. ضرایبی هستند که به نمره‌های عامل مشترک اختصاص می‌یابد. ضریب d_j : وزنی است که به نمره‌های عامل اختصاصی نسبت داده می‌شوند (۲۷).

در پایان برای مدل‌سازی برآورد مقدار کمی سنگفرش بیابان، روش رگرسیون چندگانه گام‌به‌گام^۱ به کار برده شد. رابطه رگرسیون خطی چندمتغیره به صورت رابطه (۸) مورد توجه بوده است: (۲۷، ۲۱)

$$Y = b_0 + b_1(x_1) + b_2(x_2) + \dots + b_p(x_p) \quad (۸)$$

که در آن:

$b_0, b_1, b_2, \dots, b_p$: ضرایب متغیرهای مستقل، b_0 : مقدار ثابت رگرسیون، x_1, x_2, \dots, x_p : متغیرهای مستقل و Y : متغیر وابسته می‌باشد. در این روش با اهمیت‌ترین متغیرها مرحله‌به‌مرحله وارد معادله رگرسیون می‌شود و این عمل تا هنگامی ادامه پیدا می‌کند که سطح خطای آزمون معنی‌داری به ۵ درصد برسد. ضریب تبیین تعدیل‌شده از رابطه (۹) محاسبه شد (۲۷).

$$R_{adjusted}^2 = 1 - \frac{(1 - R^2)(N - 1)}{N - P - 1} \quad (۹)$$

که در آن:

R^2 : مجذور ضریب همبستگی چند متغیره، N : تعداد کل مشاهدات، P : تعداد متغیرهای پیش‌بینی و $R_{adjusted}^2$: ضریب تبیین تعدیل‌شده می‌باشد.

$$\text{Brightness} = (b_1 \times 0.3029) + (b_2 \times 0.2786) + (b_3 \times 0.4733) + (b_4 \times 0.5599) + (b_5 \times 0.508) + (b_6 \times 0.1872) \quad (۱)$$

$$\text{Greenness} = (b_1 \times (-0.2941)) + (b_2 \times (-0.243)) + (b_3 \times (-0.5424)) + (b_4 \times (0.7276)) + (b_5 \times 0.0713) + (b_6 \times (-0.1608)) \quad (۲)$$

$$\text{Wetness} = (b_1 \times 0.1511) + (b_2 \times 0.1973) + (b_3 \times 0.3283) + (b_4 \times 0.3407) + (b_5 \times (-0.7117)) + (b_6 \times (-0.4559)) \quad (۳)$$

$$\text{TC4} = (b_1 \times (-0.8239)) + (b_2 \times 0.0849) + (b_3 \times 0.4396) + (b_4 \times (-0.058)) + (b_5 \times (0.2013)) + (b_6 \times (-0.2773)) \quad (۴)$$

$$\text{TC5} = (b_1 \times (-0.3294)) + (b_2 \times 0.0557) + (b_3 \times 0.1056) + (b_4 \times (0.1855)) + (b_5 \times (-0.4349)) + (b_6 \times 0.8085) \quad (۵)$$

$$\text{TC6} = (b_1 \times (0.1079)) + (b_2 \times (-0.9023)) + (b_3 \times 0.4119) + (b_4 \times (0.0575)) + (b_5 \times (-0.0259)) + (b_6 \times 0.0252) \quad (۶)$$

که در آن:

b_1 : باند آبی، b_2 : باند سبز، b_3 : باند قرمز، b_4 : باند مادون قرمز نزدیک، b_5 : باند مادون قرمز میانی ۱، b_6 : باند مادون قرمز میانی ۲ در ماهواره لندست ۸، $TC4$: تسلدکپ ۴، $TC5$: تسلدکپ ۵ و $TC6$: تسلدکپ ۶ است (۱۰). همبستگی آماری بین مقدار درصد پوشش سنگفرش زمینی و باندهای TCT با بهره‌گیری از ضریب همبستگی پیرسون محاسبه شد.

مدل برآورد درصد سنگفرش بیابان

به منظور تعیین مهم‌ترین متغیرها برای برآورد سنگفرش بیابان از روش تحلیل عاملی اکتشافی استفاده شد. عمده‌ترین هدف استفاده از تحلیل عاملی، کاهش حجم داده‌ها و تعیین مهم‌ترین متغیرهای مؤثر در شکل‌گیری پدیده‌هاست (۲۷). در تحلیل عاملی نمره‌ی فرد i در پارامتر z را می‌توان به عنوان مجموع ضرایب نمره‌ها تعریف کرد. هر فاکتور، ترکیب خطی پارامترهاست و بر اساس رابطه‌ی (۷) به دست می‌آید (۲۷).

^۱ Stepwise Regression

نقطه در سه تپ از دشت سر اندازه‌گیری شد. در منطقه مورد مطالعه سه تپ از دشت سر به شرح ذیل مشاهده شد.

تپ دشت سر لخت یا فرسایشی

دشت سر فرسایشی بعد از واحد کوهستان واقع شده است (شکل ۳). عمق رسوبات حدود ۱ تا ۳m و شیب ۲۰-٪ تا ۸-٪ می‌باشد (۱۳). حدوداً ۱۰۰٪-۸۰٪ سطح از سنگفرش درشت پوشیده شده است (۱۴). ۳۳٪ از قطر سنگریزه‌ها در خاک سطحی و ۶۷٪ آن آزاد است. بافت خاک درشت تا متوسط می‌باشد. دامنه تغییرات قطر سنگریزه ۳/۷-۵cm می‌باشد و درصد پوشش گیاهی ۲۰٪-۵ بوده است. مساحت رخساره رگ درشت‌دانه حدود ۴۲/۳km² می‌باشد.

تپ دشت سر ایپانداژ

این دشت سر، بین دشت سر فرسایشی و پوشیده قرار دارد (شکل ۴) و عمق رسوبات حدوداً ۱۰m و شیب نیز ۳ تا ۸٪ می‌باشد (۱). ۶۰-۸۰٪ از سنگفرش متوسط پوشیده شده است و ضخامت سله ۵cm-۱۰ است. دامنه تغییرات قطر سنگریزه ۵/۵cm-۵/۳ و پوشش گیاهی ۵٪- است. مساحت دشت سر ایپانداژ با رخساره رگ متوسط تا ریزدانه حدود ۸۵/۵km² می‌باشد.

تپ دشت سر پوشیده

شیب تقریباً ۳٪-۵٪ و ضخامت رسوب تا ۱۰۰m است (شکل ۵). خاک بدون سنگفرش، عمق سله ۴cm-۳/۰ و پایداری آن نسبتاً متوسط می‌باشد. پوشش گیاهی متغیر و مساحت آن برابر ۸۰km² می‌باشد. خلاصه برخی از ویژگی‌های مختلف رخساره‌های ژئومورفولوژی منطقه مطالعاتی در جدول ۲ عنوان شده است.

همان‌طور که قبلاً نیز اشاره شد، با استفاده از روش نمونه‌برداری تصادفی طبقه‌بندی شده، درصد پوشش سنگفرش بیابانی در صحرا با پلات‌گذاری در ۳۷ نقطه اندازه‌گیری شد. مختصات جغرافیایی نقاط نمونه‌برداری شده به همراه درصد پوشش سنگفرش و همچنین شاخص‌های تبدیل تسلدکپ مستخرج از تصاویر لندست ۸ در جدول (۳) آورده شده است.

در آخر با بررسی مدل‌های به‌دست‌آمده از روابط رگرسیونی، مدل بهینه برای برآورد میزان درصد سنگفرش بیابان در منطقه مورد مطالعه معرفی شد. سپس بعد از تهیه نقشه حاصل از مدل سنگفرش برای صحت‌سنجی مدل نهایی و ارزیابی دقت مدل برآوردی، ابتدا مقدار درصد پوشش سنگفرش مطابق با مدل اشتقاقی برآورد شد و سپس بین مقدار اندازه‌گیری و برآورده شده درصد پوشش سنگفرش، رگرسیون خطی برازش داده شد. ضرایب صحت‌سنجی از جمله RMSE، MAD، MSE و MAPE از طریق روابط (۱۰)، (۱۱)، (۱۲) و (۱۳) به دست آمد (۲۷).

$$MAD = \text{median}(|x_i - \text{median}(x_i)|) \quad (10)$$

$$RMSE = \left[\frac{\sum (Z^*(x_i) - Z(x_i))^2}{n} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (11)$$

$$MSE = \frac{\sum (Z^*(x_i) - Z(x_i))^2}{n} \quad (12)$$

$$MAPE = \frac{100\%}{n} \sum_{x=1}^n \frac{Z(x_i) - Z^*(x_i)}{Z(x_i)} \quad (13)$$

که در آن:

$Z^*(x_i)$: مقدار برآورد شده متغیر مورد نظر، $Z(x_i)$: مقدار اندازه‌گیری شده متغیر مورد نظر، n : تعداد داده‌ها، x_i : متغیر مورد نظر، median: میانگین، MAD: میانگین قدر مطلق خطا، RMSE: مجذور میانگین مربع خطا، MSE: میانگین مربع خطا و MAPE: میانگین درصد قدر مطلق خطا می‌باشد.

نتایج و بحث

همان‌طور که قبلاً نیز اشاره شد، هدف از پژوهش حاضر تعریف مدلی برای برآورد درصد سنگفرش بیابان با بهره‌گیری از روش‌های آماری و تصاویر ماهواره‌ای می‌باشد. درصد پوشش سنگفرش بیابانی در صحرا با پلات‌گذاری در ۳۷



شکل ۳. مقطعی از رخساره دشت سر لخت یا فرسایشی در منطقه مطالعاتی



شکل ۴. مقطعی از رخساره دشت سر اپانداژ در منطقه مطالعاتی



شکل ۵. رخساره دشت سر پوشیده در منطقه مورد بررسی

جدول ۲. مقایسه نسبی برخی از ویژگی‌های مختلف رخساره‌های ژئومورفولوژی

تیپ دشت سر	وسعت (Km ^۲)	وسعت (%)	شیب عمومی (%)	پوشش سنگفرش (%)	پوشش گیاهی (%)	دامنه قطر سنگفرش (cm)
فرسایشی	۴۲/۳	۲۰/۴	۸-۲۰	۱۰۰-۸۰	۵-۲۰	۳/۵-۷
اپانداژ	۸۵/۵	۴۱/۱	۳-۸	۶۰-۸۰	۱-۵	۰/۵-۳/۵
پوشیده	۸۰	۳۸/۵	۰/۵-۳	فاقد سنگفرش	متغیر	-

جدول ۳. مشخصات نمونه‌های برداشت‌شده در صحرا و مؤلفه‌های مستخرج شده از تصاویر لندست ۸

ردیف	X (m)	Y (m)	پوشش سنگفرش (%)	تابع درخشندگی	تابع سبزی‌نگی	تابع رطوبت	تبدیل ۴ تسلدکپ	تبدیل ۵ تسلدکپ	تبدیل ۶ تسلدکپ
۱	۲۱۷۰۰۳	۳۵۲۸۸۰۷	۱۰۰	۰/۴۷۳	۰/۰۴۱	۰/۰۶۵	-۰/۰۱۰	۰/۰۷۹	-۰/۰۲۳
۲	۲۱۸۹۱۳	۳۵۲۸۹۷۶	۹۰	۰/۴۸۸	۰/۰۲۸	۰/۰۵۹	-۰/۰۱۷	۰/۰۷۸	-۰/۰۳۴
۳	۲۲۰۰۲۱	۳۵۲۹۸۷۱	۹۰	۰/۵۵۵	۰/۰۳۵	۰/۰۸۷	-۰/۰۱۶	۰/۰۹۴	-۰/۰۳۳
۴	۲۲۵۷۹۶	۳۵۲۹۱۶۹	۹۰	۰/۵۵۰	۰/۰۲۹	۰/۰۸۹	-۰/۰۲۲	۰/۰۹۶	-۰/۰۳۴
۵	۲۱۸۲۱۸	۳۵۳۰۷۹۶	۸۰	۰/۵۳۰	۰/۰۳۱	۰/۱۰۰	-۰/۰۱۶	۰/۰۹۰	-۰/۰۳۲
۶	۲۲۴۸۹۷	۳۵۲۷۸۵۵	۸۰	۰/۵۴۷	۰/۰۳۱	۰/۰۸۶	-۰/۰۱۸	۰/۰۹۶	-۰/۰۳۴
۷	۲۲۵۷۸۷	۳۵۲۹۱۶۳	۹۰	۰/۵۵۰	۰/۰۲۹	۰/۰۸۹	-۰/۰۲۲	۰/۰۹۶	-۰/۰۳۴
۸	۲۲۱۸۵۱	۳۵۲۸۴۷۴	۸۰	۰/۵۳۸	۰/۰۳۲	۰/۰۹۵	-۰/۰۱۷	۰/۰۹۳	-۰/۰۳۲
۹	۲۱۹۳۱۰	۳۵۲۸۹۸۱	۱۰	۰/۵۴۰	۰/۰۳۲	۰/۰۹۵	-۰/۰۱۴	۰/۰۹۶	-۰/۰۳۱
۱۰	۲۱۶۹۷۷	۳۵۲۸۸۳۲	۷۰	۰/۵۳۶	۰/۰۳۶	۰/۰۹۵	-۰/۰۱۵	۰/۰۹۶	-۰/۰۲۹
۱۱	۲۲۰۸۹۹	۳۵۲۷۹۱۱	۸۰	۰/۵۰۶	۰/۰۳۲	۰/۰۸۶	-۰/۰۱۶	۰/۰۸۹	-۰/۰۳۰
۱۲	۲۱۶۷۸۸	۳۵۳۰۴۴۱	۸۰	۰/۵۱۷	۰/۰۳۴	۰/۰۹۲	-۰/۰۱۷	۰/۰۸۹	-۰/۰۲۹
۱۳	۲۲۳۲۴۱	۳۵۲۹۹۵۶	۹۰	۰/۵۱۵	۰/۰۳۵	۰/۰۵۹	-۰/۰۱۷	۰/۰۷۹	-۰/۰۳۳
۱۴	۲۳۰۷۵۷	۳۵۳۳۴۳۹	۸۰	۰/۶۱۲	۰/۰۳۶	۰/۰۷۵	-۰/۰۱۷	۰/۱۱۱	-۰/۰۳۴
۱۵	۲۲۶۹۶۱	۳۵۳۳۵۸۷	۸۰	۰/۵۵۳	۰/۰۲۵	۰/۰۸۱	-۰/۰۲۰	۰/۰۹۰	-۰/۰۳۶
۱۶	۲۲۳۳۲۰	۳۵۳۱۴۲۱	۸۰	۰/۵۰۳	۰/۰۲۶	۰/۰۶۹	-۰/۰۲۱	۰/۰۷۹	-۰/۰۳۴
۱۷	۲۲۷۴۵۶	۳۵۳۵۴۸۸	۵۰	۰/۵۸۵	۰/۰۲۴	۰/۰۷۴	-۰/۰۲۱	۰/۰۹۷	-۰/۰۳۹
۱۸	۲۲۳۰۰۰	۳۵۳۳۳۷۲	۸۰	۰/۵۱۱	۰/۰۲۳	۰/۰۷۷	-۰/۰۲۱	۰/۰۸۲	-۰/۰۳۴
۱۹	۲۲۸۴۹۲	۳۵۳۶۷۹۸	۶۰	۰/۶۴۸	۰/۰۳۷	۰/۰۸۴	-۰/۰۲۱	۰/۱۱۴	-۰/۰۴۰
۲۰	۲۲۸۵۴۸	۳۵۳۸۸۹۹	۵۰	۰/۶۵۸	۰/۰۳۲	۰/۰۸۰	-۰/۰۲۳	۰/۱۱۳	-۰/۰۴۲
۲۱	۲۲۶۶۱۲	۳۵۳۷۵۷۰	۶۰	۰/۵۶۲	۰/۰۲۵	۰/۰۷۰	-۰/۰۲۳	۰/۰۹۱	-۰/۰۳۸
۲۲	۲۲۵۰۹۵	۳۵۳۶۷۹۰	۵۰	۰/۵۴۰	۰/۰۲۲	۰/۰۸۳	-۰/۰۲۴	۰/۰۸۸	-۰/۰۳۷
۲۳	۲۳۲۳۵۴	۳۵۴۹۶۳۲	۵	۰/۵۰۱	۰/۰۴۵	۰/۰۷۵	-۰/۰۱۵	۰/۰۸۸	-۰/۰۲۴
۲۴	۲۳۰۶۳۹	۳۵۴۸۷۳۰	۰	۰/۶۰۰	۰/۰۴۰	۰/۱۰۰	-۰/۰۱۶	۰/۱۱۶	-۰/۰۳۳
۲۵	۲۲۸۷۰۲	۳۵۴۴۵۹۵	۰	۰/۶۴۴	۰/۰۵۷	۰/۰۸۶	-۰/۰۱۰	۰/۱۲۳	-۰/۰۲۹
۲۶	۲۲۷۱۹۷	۳۵۴۰۰۷۳	۰	۰/۷۸۱	۰/۰۵۷	۰/۰۷۶	-۰/۰۲۳	۰/۱۳۸	-۰/۰۴۵
۲۷	۲۳۲۵۸۴	۳۵۳۸۶۵۱	۵	۰/۴۵۵	۰/۱۸۲	۰/۰۰۷	-۰/۰۱۲	۰/۰۶۹	-۰/۰۰۹
۲۸	۲۳۱۳۳۰	۳۵۴۷۹۴۸	۱۰	۰/۶۷۶	۰/۰۴۹	۰/۱۰۰	-۰/۰۱۳	۰/۱۲۷	-۰/۰۳۳
۲۹	۲۳۱۱۱۱	۳۵۴۷۵۸۳	۰	۰/۶۳۴	۰/۰۴۵	۰/۱۰۴	-۰/۰۱۲	۰/۱۲۱	-۰/۰۲۹
۳۰	۲۳۰۴۲۵	۳۵۴۵۹۸۹	۰	۰/۸۷۶	۰/۰۵۸	۰/۰۸۷	-۰/۰۲۰	۰/۱۶۲	-۰/۰۴۷
۳۱	۲۲۷۹۴۶	۳۵۴۲۹۴۵	۳۰	۰/۶۲۱	۰/۰۳۶	۰/۰۸۸	-۰/۰۲۰	۰/۱۱۳	-۰/۰۳۵
۳۲	۲۲۹۲۹۴	۳۵۴۴۰۳۴	۰	۰/۶۳۱	۰/۰۵۹	۰/۰۶۱	-۰/۰۲۴	۰/۰۸۹	-۰/۰۳۴
۳۳	۲۲۹۱۸۵	۳۵۴۰۸۲۱	۵	۰/۷۱۳	۰/۰۴۳	۰/۰۸۵	-۰/۰۲۰	۰/۱۲۶	-۰/۰۴۱
۳۴	۲۳۲۴۰۳	۳۵۴۵۹۷۷	۰	۰/۶۹۹	۰/۰۵۴	۰/۰۹۴	-۰/۰۱۵	۰/۱۳۲	-۰/۰۳۵
۳۵	۲۲۸۰۱۴	۳۵۴۱۹۳۵	۱۰	۰/۶۰۰	۰/۰۲۹	۰/۰۸۵	-۰/۰۲۰	۰/۱۰۶	-۰/۰۳۵
۳۶	۲۲۵۷۸۳	۳۵۴۱۰۸۲	۲۵	۰/۷۰۶	۰/۰۴۰	۰/۰۸۰	-۰/۰۲۰	۰/۱۲۳	-۰/۰۴۱
۳۷	۲۲۹۷۲۰	۳۵۴۲۵۴۹	۵	۰/۷۷۲	۰/۰۵۸	۰/۰۶۹	-۰/۰۲۴	۰/۱۳۹	-۰/۰۴۴

نقشه توابع تبدیل تسلدکپ

با به‌کارگیری توابع TCT، ویژگی‌های درخشندگی، میزان سبزی‌نگی و رطوبت خاک و دیگر ویژگی‌های سطحی

زمین، در قالب شش نقشه مجزا تولید شد (شکل ۶). شاخص‌های بیان‌شده، شاخصی تک بانندی در محدوده عددی ۱- تا ۱ است که هر چه مقادیر به یک نزدیک‌تر باشد

۴). با توجه به جدول ۴ اعدادی که دو ستاره دارند بدین معنی است که در سطح اطمینان ۹۹٪ و خطای ۱٪ معنی دار شده است و اعدادی که یک ستاره دارند در سطح اطمینان ۹۵٪ و خطای ۵٪ معنی دار است. نتایج همبستگی آماری بین مقادیر درصد سنگفرش و شش مؤلفه TCT به روش پیرسون نشان داد که همبستگی منفی و معنی داری در سطح اطمینان ۹۹٪ بین مؤلفه‌های روشنایی، سبزیگی و تبدیل تسلدکپ ۵ با درصد پوشش سنگفرش به ترتیب با مقادیر $(R^2 = -0/۶۴)$ ، $(R^2 = -0/۴۶)$ و $(R^2 = -0/۶۲)$ وجود دارد.

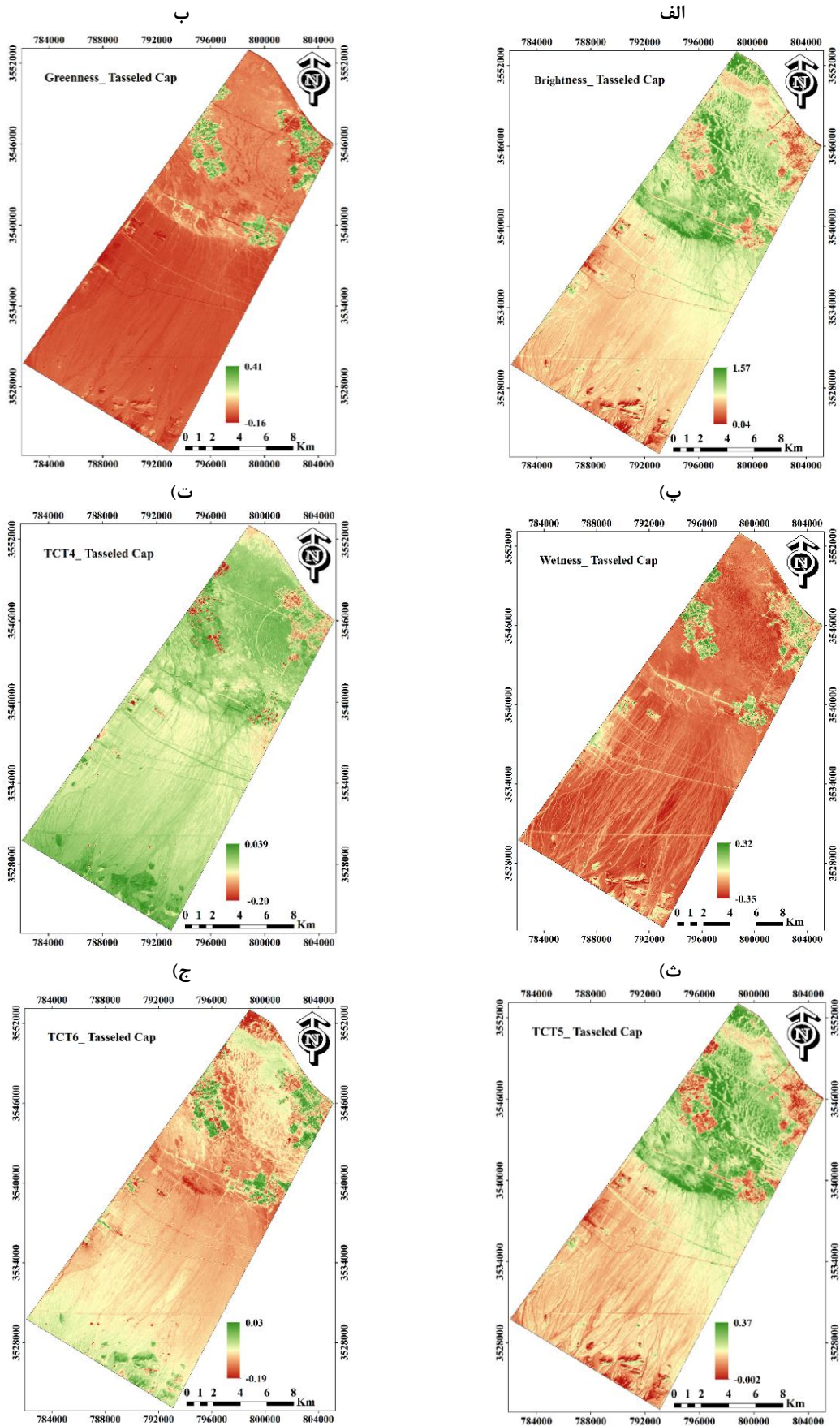
همبستگی منفی بین درصد پوشش سنگفرش و مقادیر درخشندگی، سبزیگی و تابع تسلدکپ ۵ ارتباط قوی اما در راستای عکس را بین متغیرها نشان داد. به عبارتی دیگر، هراندازه مقدار درخشندگی در سطح منطقه بیشتر باشد بیانگر این موضوع است که زمین بدون پوشش بوده و ذرات خاک به طور مستقیم در معرض تابش خورشید و امواج الکترومغناطیس قرار می‌گیرد بنابراین از نظر دمایی درجه حرارت در این نقاط که روشن می‌باشد بیشتر بوده و میزان امواج دریافتی نیز مقادیر بالاتری را نشان می‌دهد (۱۵) اما زمانی که پوشش زمین توسط سنگریزه به‌ویژه با رنگ تیره قرار گیرد، میزان درخشندگی ارائه شده در امواج کمتر است. این موضوع در مورد حضور پوشش گیاهی و سایر عوارض سطحی زمین نیز وجود دارد. هراندازه پوشش گیاهی بیشتر باشد از میزان درصد سنگریزه در محیط کاسته خواهد شد و ارتباط معکوس بین شاخص‌ها وجود دارد

عارضه موردنظر مناسب‌تر تفکیک می‌شود. به‌عنوان مثال در نقشه ارائه‌دهنده میزان سبزیگی حاصل از تابع TCT مقادیر نزدیک به یک نشان‌دهنده میزان پوشش گیاهی بیشتر و مقادیر نزدیک به صفر پوشش کمتری را نشان می‌دهد (۸، ۲۴). امروزه در مطالعات سنجش‌ازدور به‌کارگیری توابع TCT به دلیل فشرده‌سازی داده‌های چندطیفی در چند باند متناسب با ویژگی‌های فیزیکی مرتبط کاربرد بیشتری را نسبت به تحلیل مؤلفه اصلی^۱ (PCA) در شناخت بهتر پوشش‌های اراضی دارد (۱۶، ۱۹). تصویر حاصل از تابع درخشندگی با حداکثر مشارکت تمام باندهای مورد استفاده در تهیه این تابع، بیشترین اطلاعات از منطقه مورد مطالعه را در خود جای داده است. درجه درخشندگی در این تصویر نشان‌دهنده خاک‌های روشن و یا اراضی بدون پوشش است (شکل ۶-الف). در تصویر حاصل از تابع سبزیگی، میزان مختلف تراکم پوشش گیاهی ارائه شده است (شکل ۶-ب). میزان اطلاعات ارائه‌دهنده منطقه مورد مطالعه در تصویر سبزیگی بعد از تصویر درخشندگی در درجه دوم قرار دارد. ویژگی رطوبتی در سومین مؤلفه حاصل از TCT ارائه می‌شود (شکل ۶-پ). مؤلفه‌های تبدیل تسلدکپ ۴ (شکل ۶-ت)، تبدیل تسلدکپ ۵ (شکل ۶-ث) و تبدیل تسلدکپ ۶ (شکل ۶-ج) کمترین اطلاعات موجود در تصویر را دارند. نتایج همبستگی آماری بین مقادیر درصد سنگفرش و شش مؤلفه TCT به روش پیرسون همبستگی معنی داری را بین مؤلفه‌های درخشندگی، سبزیگی، تبدیل تسلدکپ ۵ و درصد پوشش سنگفرش در محدوده مورد مطالعه نشان داد (جدول

جدول ۴. ماتریس همبستگی پیرسون مقادیر درصد پوشش سنگفرش زمینی و مؤلفه‌های TCT

درصد سنگفرش	روشنایی	سبزیگی	رطوبت	تبدیل تسلدکپ ۴	تبدیل تسلدکپ ۵	تبدیل تسلدکپ ۶
۱						
روشنایی	۱					
سبزیگی	-۰/۶۴**	۱				
رطوبت	-۰/۴۶**	۰/۰۶۳	۱			
تبدیل تسلدکپ ۴	-۰/۰۲	-۰/۲۷	۰/۷۱**	۱		
تبدیل تسلدکپ ۵	-۰/۰۶	-۰/۳۲	۰/۳۱	-۰/۰۲	۱	
تبدیل تسلدکپ ۶	-۰/۶۲**	۰/۹۶**	۰/۰۳	-۰/۴۱*	-۰/۱۲	۱
	۰/۱۱	-۰/۷۳**	۰/۵۱**	۰/۴۱*	-۰/۶۳**	۱

^۱ Principal Component Analysis (PCA)



شکل ۶. نقشه‌های ویژگی زمین بر اساس توابع TCT (الف) تابع درخشندگی (ب) تابع سبزیگی (پ) تابع رطوبت (ت) مؤلفه تبدیل تسلدک ۴ (ث) مؤلفه تبدیل تسلدک ۵ (ج) مؤلفه تبدیل تسلدک ۶

نتایج تحلیل عاملی

استفاده از ضریب^۱ KMO یکی از روش‌های تشخیص مناسب بودن داده‌ها برای استفاده از روش تحلیل عاملی می‌باشد. مقدار آن همیشه بین صفر و یک متغیر است. در صورتی که مقدار KMO از ۰/۵ کمتر باشد، داده‌ها برای تحلیل عاملی مناسب نیستند و اگر بین ۰/۵ تا ۰/۶۹ باشد می‌توان با ملاحظه بیشتری روش تحلیل عاملی را بکار برد؛ اما اگر مقدار آن از ۰/۷ بیشتر باشد، همبستگی‌های بین داده‌ها جهت تحلیل عاملی مناسب است (۲۷). از آنجایی که مقدار شاخص KMO در پژوهش حاضر برابر با ۰/۷۶ به دست آمد، بنابراین همبستگی موجود بین داده‌ها برای تحلیل عاملی مناسب می‌باشد.

بررسی مقدار سنگفرش بیابان در منطقه مطالعاتی با استفاده از ۶ متغیر روشنایی، سبزی‌نگی، رطوبت، مؤلفه‌های تبدیل تسلدکپ ۴، ۵ و ۶ انجام شد. به‌منظور کاهش تعداد متغیرها، از روش تحلیل عاملی اکتشافی استفاده شد. تعداد فاکتورها با توجه به مقدار ویژه هر عامل مشخص می‌شود. فاکتورهایی که معیار مقدار ویژه آن‌ها بزرگ‌تر از یک باشد، به‌عنوان عامل‌های معنی‌دار حساب می‌شود (۲۷). از بین شاخص‌های ارائه‌شده شاخص‌هایی که معیار مقادیر ویژه آن‌ها بالاتر از یک بود، انتخاب شدند (۱۲). مقدار ویژه هر فاکتور، نسبتی از واریانس کل پارامترهاست که به‌واسطه‌ی آن فاکتور بیان می‌شود. کم بودن این مقدار برای یک فاکتور نشان‌دهنده‌ی این موضوع است که آن فاکتور نقش کمی در تبیین واریانس متغیرها داشته است. مقدار ویژه واریانس متناظر با عامل‌ها در جدول (۵) نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود دو عامل قابلیت تبیین واریانس‌ها را دارند. عامل اول و دوم به ترتیب ۶۷/۴٪ و ۱۶/۸٪ و در مجموع ۸۴/۲٪ از واریانس را در بردارند.

بنابراین روش تحلیل عاملی، شاخص‌های انتخابی را سبزی‌نگی و روشنایی تشخیص داد. متغیرهای سبزی‌نگی و روشنایی به‌عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شد. سپس، با استفاده از روش رگرسیون مرحله‌ای ارتباط آن‌ها با مقدار سنگفرش بیابان به‌عنوان متغیر وابسته بررسی شد. جدول (۶) نتایج تجزیه واریانس رابطه رگرسیون را نشان

می‌دهد که در آن مجموع و میانگین مربعات برای منابع رگرسیون و باقیمانده ذکر شده است. تجزیه واریانس رگرسیون فرض وجود رابطه خطی معنی‌دار بین متغیرها را بررسی می‌کند. با توجه به مقدار معنی‌دار؛ که کمتر از ۰/۰۱ است، پس با اطمینان ۹۹٪، رابطه رگرسیونی خطی بین متغیر وابسته و متغیرهای مستقل وجود دارد. مدل انتخابی رابطه بین مقدار سنگفرش بیابان با متغیرهای سبزی‌نگی و روشنایی را با ضریب همبستگی برابر ۰/۶۱ و خطای استاندارد ۲۳/۲ نشان می‌دهد (رابطه ۱۴). این بدین معناست که مدل به‌دست‌آمده قادر است حدود ۶۱٪ تغییرات سنگفرش سطحی را در منطقه مطالعاتی پیش‌بینی کند.

$$R = 185.97 - (385.45 \times B) - (874.51 \times G) \quad (14)$$

که در آن R: Rockfragment، B: Brightness و G: Greenness به ترتیب درصد پوشش سنگفرش، روشنایی و سبزی‌نگی است. نقشه حاصل از مدل که در واقع نقشه درصد سنگفرش بیابان است در شکل (۸) آورده شده است. مقادیر صفر نشان‌دهنده مناطق بدون پوشش سنگفرش است و هرچه مقدار زیاد باشد درصد سنگفرش در منطقه بیشتر است. ارتباط معکوس بین میزان درصد سنگفرش با مقدار شاخص‌های درخشندگی و سبزی‌نگی تابع تسلدکپ در رابطه به‌دست‌آمده موجب شد تا ضرایب رگرسیونی شاخص‌های روشنایی تسلدکپ و سبزی‌نگی، منفی باشد. در بررسی آشکارسازی جزایر حرارتی نیز با توجه به ارتباط معکوس بین میزان سبزی‌نگی حاصل از پوشش گیاهی و میزان رطوبت خاک با مناطق دارای دمای زیاد و جزایر حرارتی ضرایب شاخص‌های مذکور در رابطه ارائه شده منفی می‌باشد (۱۵). بعد از تهیه نقشه حاصل از مدل سنگفرش برای صحت‌سنجی مدل نهایی و جهت ارزیابی دقت مدل برآوردی، ابتدا مقدار درصد پوشش سنگفرش مطابق با مدل اشتقاقی (رابطه ۱۰) برآورد شد و سپس بین مقدار درصد پوشش سنگفرش اندازه‌گیری و برآوردی، رگرسیون خطی برازش داده شد که نتایج حاصل از آن در شکل ۹ آمده است. ضرایب صحت‌سنجی از جمله MAD، MSE، RMSE و MAPE به دست آمد (جدول ۷).

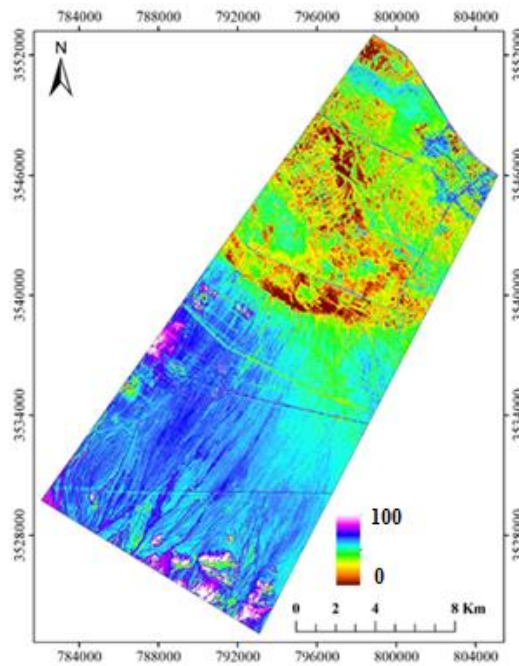
^۱ Kaiser Meyer Olkin

جدول ۵. درصد واریانس و مقادیر ویژه عامل‌های مختلف

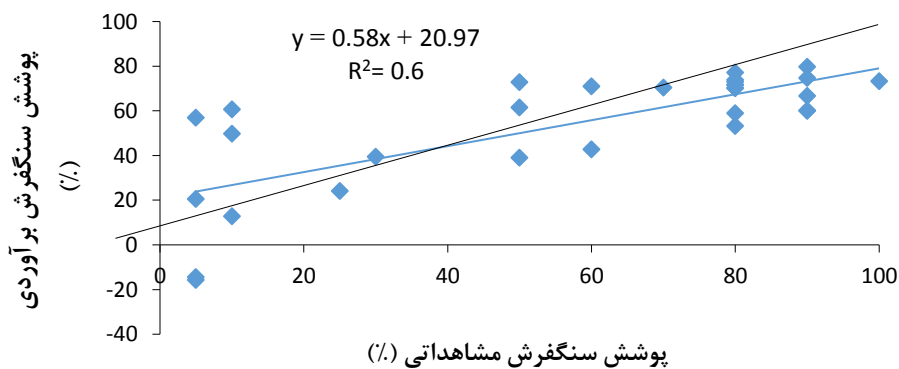
مؤلفه	مقادیر ویژه اولیه			مجموع ضرایب عامل چرخش داده نشده		
	درصد واریانس	کل	درصد تجمعی	درصد واریانس	کل	درصد تجمعی
۱	۶۷/۴۰۲	۴/۰۴۴	۶۷/۴۰۲	۶۷/۴۰۲	۴/۰۴۴	۶۷/۴۰۲
۲	۱۶/۸۳۳	۱/۰۱۰	۸۴/۲۳۵	۱۶/۸۳۳	۱/۰۱۰	۸۴/۲۳۵
۳	۹/۴۰۰	۰/۵۶۴	۹۳/۶۳۵	۹/۴۰۰	۰/۵۶۴	۹۳/۶۳۵
۴	۳/۲۳۳	۰/۱۹۴	۹۶/۸۶۸	۳/۲۳۳	۰/۱۹۴	۹۶/۸۶۸
۵	۲/۴۵۰	۰/۱۴۷	۹۹/۳۱۸	۲/۴۵۰	۰/۱۴۷	۹۹/۳۱۸
۶	۰/۶۸۳	۰/۰۴۱	۱۰۰/۰۰	۰/۶۸۳	۰/۰۴۱	۱۰۰/۰۰

جدول ۶. آزمون تجزیه واریانس رگرسیون

مدل	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	Sig.
رگرسیون	۳۱۷۶۶/۳۴	۲	۱۵۸۸۳/۱۷	۲۹/۴۰۳۵۳	۰.۸e-۳/۸۶
باقیمانده	۱۸۳۶۶/۰۹	۳۴	۵۴۰/۱۷۹۱		
کل	۵۰۱۳۲/۴۳	۳۶			



شکل ۸. نقشه درصد سنگفرش بیابان در منطقه مطالعاتی



شکل ۹. ارتباط مقادیر درصد پوشش سنگفرش مشاهداتی و برآوردی

جدول ۷. مقادیر انواع شاخص‌های آماری خطا (ضرایب صحت سنجی)

مقادیر	انواع شاخص‌های آماری خطا
۱۷/۳۷	MAD (میانگین قدر مطلق خطا)
۴۷۲/۲۵	MSE (میانگین مربع خطا)
۲۱/۷۳	RMSE (مجذور میانگین مربع خطا)
۱۱۷/۶۷	MAPE (میانگین درصد قدر مطلق خطا)

نیز، به منظور کاهش تعداد متغیرها و گروه‌بندی آن‌ها در چهارچوب شاخص‌های مرتبط و همسان، از روش تحلیل عاملی استفاده شد (۷). از این نظر نیز نتایج تحقیق مذکور با پژوهش حاضر مطابقت دارد.

■ نتیجه‌گیری

برای آماده‌سازی نقشه درصد پوشش سنگفرش بیابانی با کمک سنجش‌ازدور، روش ریاضی دقیقی وجود ندارد، بنابراین ارائه روشی مناسب برای آماده‌سازی نقشه درصد پوشش سنگفرش، می‌تواند برای محققان مفید باشد. نتایج پژوهش حاضر بیانگر این موضوع است که با کمک نمونه‌برداری زمینی و داده‌های سنجش‌ازدور می‌توان مدل مناسبی برای آماده‌سازی نقشه پوشش سنگفرش بیابان ارائه داد. به‌طور کلی نتایج پژوهش نشان داد که هراندازه مقدار درخشندگی در سطح منطقه بیشتر باشد بیانگر این موضوع است که زمین بدون پوشش بیشتر است و مقدار بازتابش خورشید از سطح زمین بیشتر می‌شود؛ بنابراین از نظر دمایی، درجه حرارت در این نقاط که روشن می‌باشد، کمتر است و میزان امواج دریافتی نیز مقادیر کمتری را نشان می‌دهد (۱۵) اما زمانی که پوشش زمین توسط سنگریزه به‌ویژه با رنگ تیره قرار گیرد، میزان درخشندگی ارائه‌شده در امواج کمتر است. این موضوع در مورد حضور پوشش گیاهی و سایر عوارض سطحی زمین نیز وجود دارد. هراندازه پوشش گیاهی بیشتر باشد از میزان درصد سنگریزه در محیط کاسته خواهد شد و ارتباط معکوس بین پارامترها وجود دارد.

■ سپاسگزاری

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

طبق شکل ۹ مدل به‌دست آمده در مقدار سنگریز کمتر از ۵۰٪ بیش‌برآورد و در مقدار زیاد کم‌برآورد می‌باشد. پژوهش‌های معدودی در خصوص ارتباط بین باندهای تصاویر ماهواره‌ای از طریق پردازش تصاویر لندست با اجرای خوارزمیک‌های مختلف طبقه‌بندی نظارت‌شده برای تفکیک بخش سنگفرش بیابانی از سایر مناطق انجام‌شده است (۶). با این وجود برای آماده‌سازی نقشه درصد پوشش سنگفرش بیابانی با کمک سنجش‌ازدور، روش ریاضی دقیقی وجود ندارد، بنابراین ارائه روشی مناسب برای آماده‌سازی نقشه درصد پوشش سنگفرش، می‌تواند برای محققان مفید باشد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که امکان برآورد و تهیه نقشه درصد سنگفرش بیابان با استفاده از شاخص‌های تبدیل تسلدکپ مستخرج از تصاویر لندست ۸ وجود دارد. در پژوهش حاضر مدلی برای برآورد درصد سنگفرش بیابان با بهره‌گیری از روش آماری و تصاویر ماهواره‌ای تعریف شد تا امکان برآورد میزان پوشش سنگفرش بیابان فراهم شود. بدین منظور از ارتباط بین باندهای حاصل از تبدیل تسلدکپ و نقاط برداشت زمینی درصد سنگفرش استفاده‌شده است و در پایان نیز نقشه مقدار پوشش سنگفرش بیابان تهیه شد. نتایج به‌دست آمده از پژوهش حاضر نشان داد که کاربرد داده‌های ماهواره‌ای لندست روشی مناسب و کم‌هزینه برای برآورد سنگفرش سطحی است. در پژوهشی دیگر نقشه هدایت الکتریکی خاک با استفاده از شاخص‌های تبدیل تسلدکپ مستخرج از تصاویر لندست ۸ و تحلیل عاملی تهیه شد (۱۸). از این جهت که امکان تلفیق تکنیک سنجش‌ازدور و روش‌های آماری برای برآورد و تهیه نقشه فاکتورهای از جمله سنگفرش بیابان و شوری خاک وجود دارد، نتایج تحقیق مذکور با پژوهش حاضر مطابقت دارد. در بررسی برآورد شوری سطح خاک با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست

■ References

1. Ahmadi, H., (2009). *Applied Geomorphology: Desert - Wind Erosion (Volume 2)*. University of Tehran Press. [In Persian]
2. Akbari Nasab, M., Safarrad, T., & Akbarzadeh, M. (2018). *Detection of Coastline Using Satellite Image-Processing Technique. Environmental Erosion Research Journal*, 7(4), 58-81.[In Persian]
3. Alavi Panah, S.K. (2000). Landsat TM spectral bands effectiveness evaluation in the studies of the deserts of Iran, *Iranian Journal of Natural Resources*, 53(1), 67-78. [In Persian]
4. Amiri doumari, S., Tazeh, M., Sadeghinia, M. & Ghaneii Bafghi, M.J. (2017). *Investigation of the capability of remote sensing and geostatistic in grain size assessment of desert pavement*. M.Sc. Thesis in Natural Resources Engineering Desertification. Ardakan University. [In Persian]
5. Amiri doumari, S., Tazeh, M., Sadeghinia, M. & Ghaneii Bafghi, M.J. (2018). *Investigating the capability of Sentinel satellite images in estimating the percentage of desert pavement coverage*. The first national conference on agriculture, natural resources and veterinary medicine, Ardakan University, Ardakan, Iran. [In Persian]
6. Ara, H., kianiyan, M. K., Sohrabi, H., & Ahmadabadi, A. (2020). Studying Effectiveness of Landsat ETM⁺ Satellite Images Classification Methods in Identification of desert pavements (Case study: South of Semnan). *Environmental Erosion Research Journal*, 10(2), 1-20. DOI: 20.1001.1.22517812.1399.10.2.1.4 [In Persian]
7. Arehki, S. & Niazi, Y. (2014). Comparison of Different Vegetation Land Use Monitoring Techniques Using RS and GIS (Case Study: Valley city watershed, Ilam Province). *Journal of the Application of Remote Sensing and GIS in Natural Resources Sciences*, 5(3), 13-28. [In Persian]
8. Azimzadeh, H.R. & Fotouhi, F. (2013). The study on the effects of desert pavement on wind erodibility (Case study: Yazd- Ardakan plain). *Iranian Journal of Range and Desert Reseach*, 20(4), 695-705. DOI: <https://doi.org/10.22092/ijrdr.2014.5809> [In Persian]
9. Baig, M.H.A., Zhang, L., Shuai, T & Tong, Q. (2014) Derivation of a tasselled cap transformation based on Landsat 8 at-satellite reflectance, *Remote Sensing Letters*, 5(5), 423-431. DOI: <https://doi.org/10.1080/2150704X.2014.915434>
10. Balcik, F. B. & Ergene, E. M. (2016). *Determining the impacts of land cover/use categories on land surface temperature using Landsat8-OLI*. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing Spatial Information Sciences Volume XLI-B8, XXIII ISPRS Congress, Prague, Czech Republic. DOI: 10.5194/isprsarchives-XLI-B8-251-2016
11. David, P.A., Staid, M.I., Plescia, J.B. & Johnson, J.R. (2002). *Evaluation of airborne image data for mapping riparian vegetation within the Grand Canyon*. Report 02-470. U.S. Geological Survey, Flagstaff, USA.
12. Fotouhi firoozabad, F. (2022). Presenting Prediction Equation of Soil Erodibility Amount Based on Physicochemical Properties Affecting It (Case Study: Crosssection of Yazd-Ardakan Plain), *Journal of Environmental Erosion Research*, 12(1), 129-144. [In Persian]

13. Fotouhi, F., Azimzadeh, H.R., Talebi, A. & Ekhtesasi, M.R. (2011). Effect of Pavement Cover Variation on Erodibility Factor of USLE Model Using Geostatistics Technique (Case Study: Yazd-Ardakan plain), *Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering*, 5(16), 1-12. [In Persian]
14. Fotouhi, F. (2010). *Zonation of the soil erodibility index of USLE in Yazd-Ardakan plain faces (Kheezrabad-Elahabad transect)*. M.Sc. Thesis. Faculty of Natural Resources, Yazd University. [In Persian]
15. Ghiasvand Nanji, H., Tashayo, B., Momeni, M., & Yazdanpanah, H. (2021). Modelling the Effective Factors on Temporal and Thermal Island Distribution of Qom applying Tasseled Cap Transformation (TCP). *Geography and Environmental Sustainability*, 11(1), 73-91. DOI: 10.22126/GES.2021.5922.2322 [In Persian]
16. Ghorbani, A. & Sadeghi, V. (2022). Unsupervised change detection of water, soil and vegetation covers using multi-sensor remote sensing images based on Tasseled Cap transformation. *Iranian Journal of EchoHydrology*, 8 (4), 1173-1187. [In Persian]
17. Gohari, Z., Ara, H., & Memarian, H. (2019). Comparison of Performance in Image Classification Algorithms of Satellite in Detection of Sarakhs Sandy zones. *Environmental Erosion Research*, 9 (2), 19-36. [In Persian]
18. Hakimzadeh, M.A., Mahdavi Ardakani, S.R. Jebali, A. & Esfandiari, M. (2014). Evaluation of soil salinity by using satellite images and statistical methods: A case study of Chah-Afzal area, Ardakan. *The Journal of Geographical Research on Desert Areas*, 3 (2), 25-46. [In Persian]
19. Liu, Q., Guo, Y., Liu, G. & Zhao, J. (2014). *Classification of Landsat 8 OLI image using support vector machine with Tasseled Cap Transformation*. Paper presented at the 2014 10th International Conference on Natural Computation (ICNC), 10, 665-669.
20. McCormack, D. E., Young, K. K. & Darby, G. M. (1984). *Rock fragments and the K factor of the Universal Soil Loss Equation*. In: J. D. Nichols, P. L. Brown, and W. J. Grant (Eds.), *Erosion and Productivity of Soils Containing Rock Fragments*. SSSA Special Publication No. 13, Madison, WI. pp. 73-81.
21. Mokhtari, M.H., Adnan, R. & Busu, I. (2013). A new approach for developing comprehensive agricultural drought index using satellite-derived biophysical parameters and factor analysis method. *Natural Hazards*, 65, 1249–1274. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11069-012-0408-x>
22. Noroozi, A.A., Homaei, M., & Farshad, A. (2014). Estimating Topsoil Salinity from LANDSAT Data: A Comparison between Classic and Spatial Statistics, *Journal of Range and Watershed Management*, 66(4), 609-620. DOI: <https://doi.org/10.22059/jrwm.2014.50034> [In Persian]
23. Potter, C. (2016). Mapping changes in desert pavement surfaces of the lower colorado desert of southern california using landsat time series analysis. *International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS*, 5(6), 1747-1754.
24. Rahman, S., & Mesev, V. (2019). Change Vector Analysis, Tasseled Cap, and NDVI-NDMI for Measuring Land Use/Cover Changes Caused by a Sudden Short-Term Severe Drought: 2011 Texas Event. *Remote sensing*, 11(19), 1-21. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs11192217>
25. Sohrabi, H., Ara, H., Ahmadabadi, A. & kianiyan, M.K. (2016). *Comparing the effectiveness of vector machine classification methods and parallel planes of satellite images in preparing the desert pavement*

- map*. The first research congress on the application of modern sciences in geographical studies of Iran, Mashhad. [In Persian]
26. Vidhya, S., Balaji, M., & Kamaraj, V. (2024). Satellite Image Classification using CNN with Particle Swarm Optimization Classifier, *Procedia Computer Science*, 233, 979-987. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.03.287>
27. Zare Chahouki, M.A. (2014). *Data analysis in natural resources research using SPSS software*. Tehran: Publications of Daneshgahi Jahad. [In Persian]

Investigating the Preliminary Adaptation of Plants to Different Levels of Salinity (Case Study: Dust Hotspot No 4, Khuzestan)

M. Movaghari^{1*}, B. Khalili Moghadam², L. Khalasi Ahvazi³, A. Yousefi⁴, A. Zorati Pour⁵, M. Forouzani⁶, S.A. Siadat⁷,

Z. Hazbavi⁸, M.H. Salehe Shooshtari⁹

1. Assistant Professor, Department of Nature Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Khuzestan, Iran.
2. Associate Professor, Department of Soil Science, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Khuzestan, Iran.
3. Department of Natural Resources and Watershed Management of Khuzestan Province, Khuzestan, Iran.
4. Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Khuzestan, Iran.
5. Associate Professor, Department of Nature Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Khuzestan, Iran.
6. Associate Professor, Department of Agricultural Engineering and Rural Development, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Khuzestan, Iran.
7. Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Khuzestan, Iran.
8. Associate Professor, Department of Range and Watershed Management, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
9. Agriculture and Natural Recourse Centre of Khuzestan Province, Khuzestan, Iran.

* Corresponding Author: movaghari@asnruk.ac.ir

Received date: 09/04/2024

Accepted date: 17/07/2024

 [10.22034/JDMAL.2024.2026258.1459](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2026258.1459)

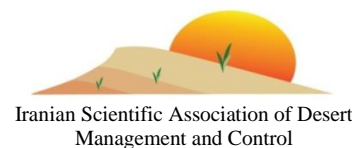
Extended Abstract

Introduction

Khuzestan province is one of the main hotspots of dust generation in Iran due to special geomorphological and climatic conditions, which expose it to the highest amount of dust. The dust hotspots of Khuzestan are located in seven areas with an area of 350,000 hectares, among them. The dust hotspot in the south and southeast of Ahvaz (dust hotspot No. 4) is the largest and one of the most critical dust hotspots in the province. Rehabilitation projects prioritize this location because of its salinity, alkalinity, and severe climate conditions. Identification of plant species is the first step in rehabilitating these ecosystems that can withstand environmental stress, decrease ecosystem interference, and provide more ecosystem services to local communities while protecting water and soil resources. The above goals can be achieved by planting native species, which also increases the chances of species adaptation (establishment and survival). Numerous studies have been conducted to determine the most suitable species for land reclamation. A researcher is investigating the possibility of planting, establishing, and supplying fodder for four species of halophytes in the Miqan Arak desert. The study's findings indicate that *Halimion verrucifera*, a native species in the region, is more advantageous in terms of fodder production and palatability. Therefore, cultivation of this species is recommended in this area. In another study, researchers evaluated salt-resistant wood species for land reclamation in Australia. This study focuses on comparing several species from *Eucalyptus*, *Melaleuca*, *Acacia*, and *Casuarina* in both greenhouse and field conditions. They

Desert Management

www.isadmc.ir



suggested two species, *E. camaldulensis* and *E. occidentalis*, for further and supplementary investigations. Despite the extensive plantings in the Khuzestan dust hotspots in recent years, no research has been conducted to choose the suitable species for land reclamation in these areas. On the other hand, dominant species in these projects was *Prosopis juliflora*, which is a non-native species. The objective of the current study is to evaluate the establishment, survival, and growth characteristics of *Pr. juliflora* (Sw.) with 5 species: *Tamarix aphylla* (L.), *Tamarix passerinoides* (Delile ex Desv.), *Lycium depressum* (L.), *Eucalyptus camaldulensis* (Dehnh.) *Seidlitzia rosmarinus* (Bunge ex Boiss).

Material and Methods

Dust hotspot No 4, Khuzestan is located approximately 25 km southeast of Ahvaz city and along the Ahvaz-Mahshahr highway, at a geographic coordinate system of 48° 47' to 49° 17' east longitude and 30° 15' to 31° 15' north latitude. This region experiences an average rainfall of 218 mm, a maximum temperature of 27.7 degrees Celsius, and a minimum temperature of 24.4 degrees Celsius. The climate of the region is classified as hyper-arid by the de Martonne climate classification method. After selecting the plant species, three levels of salinity were selected: high (61-105 dS/m) (Zone 1), medium (16-60 dS/m) (Zone 2), and low (0-15 dS/m) (Zone 3) with an area of about 30560 m². 288 seedlings were planted in each salinity level and 864 in total number of seedlings = 3 (different salinity levels) × 6 (different species) × 48 (repetition) (four farrow and 12 repetitions in each farrow). Seedlings were prepared from Dezful, Hamidiyeh, Ramhormoz and Bagh Malik Plant nurseries. Planting distances and dimensions of holes for four species of *T. passerinoides*, *T. aphylla*, *Pr. juliflora* and *Eu. camaldulensis* were determined as 5 meters and 50x50x50 cm, respectively, and for two species *Se. rosmarinus* and *Ly. depressum*, 3 meters and 30x30x30 cm, respectively. After planting the seedlings, the first watering was carried out immediately with an average of 20 liters per seedling hole. Then, watering was done every 10 days until the dry season, and every week during it. Until the seedlings were fully established, livestock was prevented from entering the planted areas with the help of local forces. Measurements were taken after planting the seedlings, including canopy cover (large and small diameter), basal cover, and height of seedlings for every treatment, and replicates three times immediately after planting, six months after planting, and one year after planting. The survival rates were recorded at intervals of six months and one year after planting. The investigated characteristics at different salinity levels were compared using one-way analysis of variance and least significant difference (LSD) methods. The analysis of data was done using SPSS statistical software while graphs were done using EXCEL software.

Discussion and Conclusion

The results revealed that among six plant species, *T. aphylla*, *T. passerinoides*, *Se. rosmarinus* and *Pr. juliflora* with average survival percentage (in all three regions), 95.8, 91.6, 81.9 and 75.6% respectively, had greatest chance to be present in the adverse environmental conditions of this region. *Eu. camaldulensis* was able to survive in low salinity (66.6%), even though it failed to survive in high salinity and had a very low survival percentage (6.2%) in medium salinity. *Ly. depressum*'s inability to survive in high and medium salinity and a low survival percentage (27%) in low salinity were reasons why it was not recommended for biological rehabilitation projects in similar ecological conditions. The height and canopy cover of all the studied species, except for *Pr. juliflora*, had significant differences at different salinity levels. It is recommended to plant native plants, such as *T. aphylla*, *T. passerinoides*, and *Sei. rosmarinus*, in this area and areas with similar ecological conditions, based on the results.

Keywords: Biological restoration; Southeast Dust hotspot of Ahvaz, *Prosopis juliflora*; Native plant



بررسی سازگاری اولیه گیاهان در سطوح مختلف شوری در کانون گردوغبار ۴ خوزستان

معصومه موقری^{۱*}، بیژن خلیلی مقدم^۲، لیلا خلاصی اهوازی^۲، اشکان یوسفی^۴، امین ذرتی پور^۵، معصومه فروزانی^۶، سید عطاءالله سیادت^۷، زینب حزباوی^۸، محمدحسن صالحه شوشتری^۹

۱. استادیار گروه مهندسی طبیعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، خوزستان، ایران.
۲. دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، خوزستان، ایران.
۳. کارشناس اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان خوزستان، خوزستان، ایران.
۴. کارشناس آزمایشگاه، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، خوزستان، ایران.
۵. دانشیار گروه مهندسی طبیعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، خوزستان، ایران.
۶. دانشیار گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، خوزستان، ایران.
۷. استاد بازنشسته گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، خوزستان، ایران.
۸. دانشیار گروه مهندسی مرتع و آبخیزداری، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۹. کارشناس بازنشسته مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، خوزستان، ایران.

* نویسنده مسئول: movaghari@asnrukh.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۲۷

doi: 10.22034/JDMAL.2024.2026258.1459

چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی استقرار، زنده‌مانی و برخی ویژگی‌های نهال‌های شش گونه گیاهی در ۳ سطح شوری کم (۱۵dS/m)، متوسط (۶۰-۱۶dS/m) و زیاد (۱۰۵-۶۱dS/m) در کانون گردوغبار جنوب و جنوب شرق اهواز (شماره ۴)، در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با ۴۸ تکرار انجام شد. در مجموع تکرارها و تیمارها تعداد ۸۶۴ پایه نهال از ۶ گونه گیاهی شورگز *Tamarix Delile ex Desv.*، گز شاهی *Tamarix aphylla L.*، سریم *Lycium depressum L.*، کهور پاکستانی (آمریکایی) *Prosopis juliflora*، اکالیپتوس *Eucalyptus camaldulensis Dehnh.* و اشنان *Seidlitzia rosmarinus Bunge ex Boiss.* کشت شد. در فاصله‌های زمانی مشخص، زنده‌مانی و شاخص‌های ارتفاع، قطر بزرگ و کوچک تاج پوشش و قطر یقه گیاهان اندازه‌گیری شد. برای مقایسه ویژگی‌های موردبررسی از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه و روش LSD استفاده شد. نتیجه حاکی از آن بود که گونه‌های گز شاهی، شورگز، اشنان و کهور پاکستانی به ترتیب با میانگین زنده‌مانی ۹۵/۸٪، ۹۱/۶٪، ۸۱/۹٪ و ۷۵/۶٪ قدرت بیشتری برای حضور در شرایط نامساعد محیطی این منطقه دارند. گونه اکالیپتوس با وجود عدم زنده‌مانی در شوری زیاد و زنده‌مانی بسیار کم (۶/۲٪) در شوری متوسط، در منطقه شوری کم، زنده‌مانی ۶۶/۶٪ را نشان داد که در شرایط پرتنش منطقه مقدار قابل‌قبولی است. درحالی‌که گونه سریم با توجه به عدم زنده‌مانی در شوری زیاد و میانگین زنده‌مانی کم (۲۷٪) در شوری کم در پروژه‌های احیای زیستی (بیولوژیک) در شرایط بوم‌شناختی مشابه این منطقه قابل توصیه نبود. ارتفاع همه گونه‌های موردبررسی و تاج پوشش همه آن‌ها به‌غیراز گونه کهور پاکستانی در سطوح مختلف شوری دارای اختلاف معنی‌دار بود؛ بنابراین با توجه به نتایج پژوهش حاضر و باوجوداینکه کاشت گیاهان بومی گز شاهی، شورگز و اشنان در اراضی این منطقه موفقیت‌آمیز بوده است می‌توان این گونه‌ها را در پروژه‌های نهال‌کاری در مناطقی با شرایط اکولوژیک مشابه به‌جای گونه غیربومی کهور پاکستانی توصیه کرد.

واژگان کلیدی: احیای زیست؛ کانون گردوغبار؛ جنوب و جنوب شرق اهواز؛ کهور پاکستانی؛ گونه بومی



■ مقدمه

یکی از چالش‌های محیط‌زیستی دهه اخیر در جهان، گردوغبار است که افزایش تکرار و شدت وقوع آن‌ها، قابلیت پیمایش مسافت‌های طولانی و تأثیر منفی محیط‌زیستی آنها موجب شده است تا بررسی‌های زیادی در زمینه عامل مؤثر بر ایجاد و راه‌های مقابله با آن برنامه‌ریزی شود. گردوغبار به ذرات جامد خاک‌های سطحی گفته می‌شود که به دلیل اندازه کوچکشان مدت زیادی در هوا معلق هستند و حتی می‌توانند همراه جریان هوا جابه‌جا شوند (۱). خاورمیانه یکی از مناطق پنج‌گانه تولیدکننده بیشترین میزان گردوغبار در جهان است (۴۶) و ایران به دلیل واقع شدن در کمربند خشک و نیمه‌خشک جهان، بیشتر در معرض گردوغبارهای محلی و فرامنطقه‌ای است (۲۰، ۴۴). از طرفی استان خوزستان به دلیل شرایط خاص ژئومورفولوژیک و اقلیمی یکی از کانون‌های اصلی ایجاد گردوغبار در کشور است و در معرض بیشترین مقدار گردوغبار قرار دارد. محققان در بررسی پدیده گرد و غبار به عنوان یکی از معضلات زیست محیطی جهان اسلام به این نتیجه رسیدند که منطقه غرب بغداد و موصل تا دریای نمک و هورالعظیم نقش زیادی در تولید گردوغبار در این ناحیه دارند (۱۰). همچنین بررسی همدیدی (سینوپتیک) دو توفان گردوغبار در کشور عراق نشان می‌دهد که این توفان‌ها نخست از مناطق منشأ (چشمه‌های گردوغبار) نزدیک مرز عراق - سوریه به واسطه گرمایش سطح زمین و حرکات عمودی هوا با خیزش ذرات گرد و غبار به سمت بالا آغاز شده و بادهای شدید غربی گرد و غبار را به سمت شرق (کشور ایران) هدایت می‌کند (۴). از طرفی خوزستان یکی از کانون‌های اصلی جمعیتی کشور می‌باشد و بخش قابل توجهی از زیرساخت‌های راهبردی و مهم کشور در این استان واقع شده است (۷، ۱۱) در نتیجه گردوغبار در این استان مشکلات زیادی به همراه دارد و موجب تأثیرهای نامطلوب بهداشتی، محیط‌زیستی و اقتصادی می‌شود (۱۶). طبق گزارش اداره زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی جنوب غرب، کانون‌های گردوغبار خوزستان در هفت محدوده جنوب غرب هویزه، شمال و شرق خرمشهر، شرق اهواز، جنوب و جنوب شرق اهواز، بندر امام - امیدیه، ماهشهر

هندیجان و شرق هندیجان با سطحی برابر ۳۵۰۰۰۰ha قرار دارند (۲۲). از بین این مناطق هفت‌گانه، کانون گردوغبار جنوب و جنوب شرق اهواز یا کانون شماره ۴ بزرگترین و یکی از بحرانی‌ترین کانون‌های استان می‌باشد که به تنهایی با مساحت ۱۱۲۰۰۰ha و ۳۳٪ از کانون‌های گردوغبار داخلی را به خود اختصاص می‌دهد و بیشترین تأثیر را بر شهر اهواز به‌عنوان مرکز استان دارد (۱۵) در نتیجه این کانون در اولویت پروژه‌های احیایی عرصه‌های طبیعی قرار دارد.

عمدتاً در انتخاب گونه‌های گیاهی برای پروژه‌های جنگل‌کاری در مناطق دارای تنش‌های محیطی، مقاومت در برابر تنش در نظر گرفته شده و ویژگی‌هایی نظیر تأثیرهای محیط زیستی، اجتماعی و اقتصادی آنها نادیده گرفته می‌شود. این رویکرد در استان خوزستان موجب ایجاد جنگل‌های دست‌کاشتی از گونه غیربومی کهور پاکستانی *Prosopis juliflora* SW. DC. شده است که در برابر تنش‌های محیطی مقاوم هستند، اما گاهی به بوم‌سازگان‌های طبیعی آسیب می‌رسانند. در واقع گونه‌های غیربومی چنانچه به دلیل رشد سریع و سازگاری زیاد تأثیر چشم‌گیر در بوم‌سازگان‌های طبیعی ایجاد کنند، گونه مهاجم تلقی می‌شوند (۳۴) و با ورود به بوم‌سازگان‌های بومی باعث ایجاد آسیب‌های زیست‌محیطی، اقتصادی و گاهی مشکلاتی در سلامتی انسان می‌شوند (۳۲). این گونه‌ها با تغییر در چرخه مواد غذایی باعث کاهش گرده‌افشانی، جوانه‌زنی و تولید بذر در گیاهان بومی شده و در نتیجه عامل کاهش تنوع زیستی و انقراض گونه‌ای در جهان بوده (۵، ۳۱، ۳۳) و می‌توانند از احیای موفقیت بوم‌سازگان‌ها جلوگیری کنند (۴۱). توجه به کاشت گونه‌های بومی به جای گونه‌های غیربومی می‌تواند آسیب‌های وارده به عرصه‌های طبیعی را کاهش داد و خدمات بوم‌سازگان را برای جوامع محلی فراهم کند؛ بنابراین در احیای این گونه بوم‌سازگان‌ها قدم اول شناسایی گونه‌های گیاهی مناسب با تأکید بر گونه‌های بومی بوده به طوری که ضمن برخورداری از زنده‌مانی و استقرار مناسب با رشد و تولید قابل قبول در این عرصه‌ها زمینه حفاظت از منابع آب‌و خاک را فراهم کرده و بتوانند تا حد امکان نیاز دام موجود در این مناطق را فراهم کنند. کاشت گونه‌های بومی برای احیای اراضی علاوه بر منافع بوم‌شناختی از نظر

را در سه سطح بدون شوری یا شاهد، ۸ و ۱۶dS/m در محیط گلخانه بررسی و نتیجه گرفتند که گونه *E. camaldulensis* وضعیت رشد مناسب‌تری داشته و بهتر می‌تواند در حذف نمک از خاک‌های شور کمک کند (۸). بررسی مربوط به شناسایی و معرفی گونه‌های مناسب برای کاشت هم‌زمان با گونه سیاه تاغ *Haloxylon ammodendron* C.A.Mey. در ایستگاه تحقیقات منابع طبیعی سمنان از گونه‌های *Atriplex canescens* Pursh، *Salsola rigida* Pall.، *Nutt.*، *Seidlitzia rosmarinus* Bunge ex Boiss.، *Nitraria* L. و *Anabasis setifera* Moq. استفاده شد. نتایج این مطالعه نشان داد که از نظر تعداد شاخه‌های فرعی به ترتیب گونه‌های *A. canescens* و *S. rosmarinus*، *A. setifera* و *S. rigida*، *H. ammodendron* به ترتیب در وضعیت مناسب‌تری قرار دارند؛ در حالی که از نظر استقرار تفاوت معنی‌دار بین گونه‌ها مشاهده نشد (۱۹). در مطالعه‌ای در کشور استرالیا وضعیت مقاومت به نمک تعدادی گونه‌های چوبی شامل جنس‌های *Casuarina* و *Acacia*، *Melaleuca*، *Eucalyptus* پروژه‌های احیایی ارزیابی شد (۳۹). در این بررسی نتایج متناقضی بین آزمایش‌های گلخانه‌ای و مزرعه وجود داشت و آنها دو گونه *E. Camaldulensis* و *E. Camaldulensis* Endl. و *occidentalis* از جنس اکالیپتوس را برای بررسی‌های بیشتر و تکمیلی پیشنهاد دادند. هدف پژوهش حاضر بررسی سازگاری شش گونه گیاهی در شرایط تنش شوری به منظور احیای بیولوژیک بزرگ‌ترین کانون گردوغبار استان خوزستان است. البته با توجه به اینکه گونه غالب در بیشتر پروژه‌های نهال‌کاری و مبارزه با گردوغبار در استان خوزستان گونه غیربومی کهور پاکستانی *P. juliflora* است در پژوهش حاضر تلاش شد استقرار، زنده‌مانی و همچنین ویژگی‌های رشد این گونه در مقایسه با پنج گونه شورگزر *Tamarix passerinoides* Delile ex Desv.، گز شاهی *Tamarix aphylla* L.، سریم *Lycium depressum* L. و اکالیپتوس *E. camaldulensis* و اشنان *S. rosmarinus* که در پژوهش‌های قبلی به آن پرداخته نشده، بررسی شود.

■ مواد و روش

اقتصادی نیز می‌تواند مورد توجه قرار گیرد (۳۵). تاکنون بررسی‌های زیادی به منظور انتخاب بهترین گونه برای احیای اراضی در بین منابع داخلی و خارجی انجام شده است که در اینجا به بیان برخی از آنها می‌پردازیم. بررسی امکان کاشت، استقرار و کیفیت علوفه چهار گونه گیاهی شورپسند در کویر میقان اراک نشان داد که گیاه بومی *Halimion verrucifera* M.Bien، نسبت به دیگر گونه‌های مورد بررسی از نظر تولید علوفه و میزان خوشخوراکی برتری دارد و بنابراین کشت این گونه در این منطقه توصیه شد (۳۶). همچنین نتایج ارزیابی ویژگی‌های رشد و استقرار چند گونه گیاه مرتعی در منطقه‌های استپی استان مرکزی نشان داد که کشت گیاه بومی *Kochia prostrata* L. Schrad. نسبت به دیگر گونه‌ها از نظر استقرار، شادابی و پوشش گیاهی برتری دارد (۳۵). نتایج پژوهش انتخاب بهترین گونه به منظور جنگل‌کاری در منطقه زاگرس جنوبی نشان داد که بهتر است از گونه‌های بومی استفاده شود و در بین گونه‌های مورد مطالعه بلوط ایرانی *Quercus persica* Jaub. & Spach، بنه *Pistacia atlantica* Desf.، گلابی یا خج *Pyrus communis* L.، سرو نقره‌ای *Cupressus arizonica* Greene و سرو خمره‌ای *Thuja orientalis* L.، گونه بلوط ایرانی نسبت به دیگران بیشترین سازگاری و زنده‌مانی را دارد (۱۸). در پژوهشی مدل‌سازی پراکنش مکانی و مهم‌ترین عوامل محیطی مؤثر بر پراکنش هجوم گونه غیربومی کهور پاکستانی *Pr. juliflora* در منطقه مکران مورد بررسی قرار گرفت تا نقشه‌های پیش‌بینی حاصل از این مطالعه به سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیرندگان جهت جلوگیری از گسترش بیشتر گونه‌های مهاجم کمک کند (۶) همچنین در پژوهشی دیگر گونه‌های رایج در تثبیت ماسه‌های روان شهرستان جاسک در استان هرمزگان شامل گونه‌های *P. juliflora*، *Calotropis procera* Aiton f.، *Acacia nobica* Benth. و *Prosopis cineraria* L. Druce. مورد بررسی قرار گرفتند و نتایج نشان داد که گونه *P. juliflora* از نظر گستره و دوام تاج پوشش بهترین وضعیت و گونه *P. cineraria* ضعیف‌ترین وضعیت را دارند (۳). محققان در ایالت پنجاب پاکستان، تحمل به شوری و پتانسیل احیای دو گونه درختی *Syzgium cumini* L. و *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.

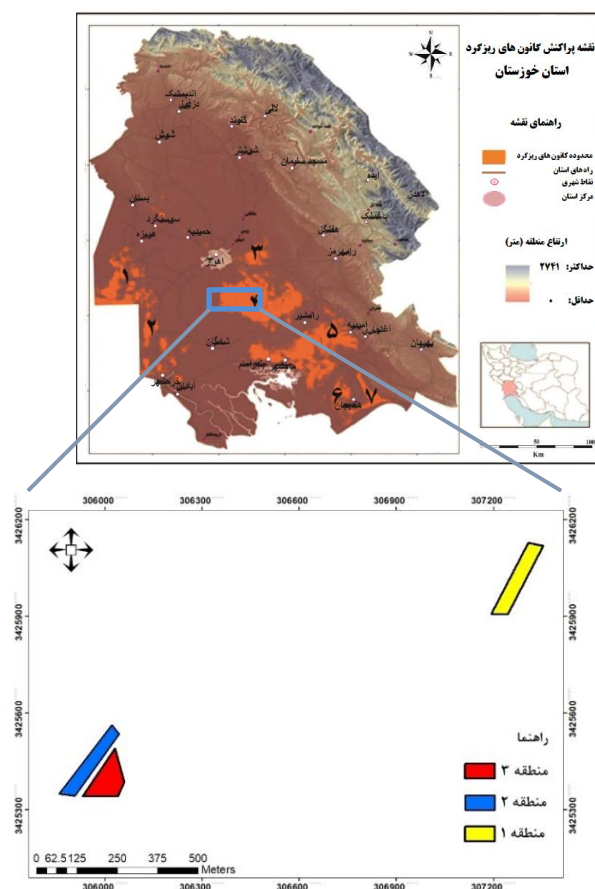
منطقه مورد بررسی

کانون گردوغبار شماره ۴ خوزستان در فاصله حدود ۲۵km از جنوب شرقی شهر اهواز و در امتداد بزرگراه اهواز ماهشهر در موقعیت $48^{\circ}47'$ تا $49^{\circ}17'$ طول شرقی و $30^{\circ}45'$ تا $31^{\circ}15'$ عرض شمالی قرار دارد. مرز شمالی این کانون به اراضی فرودگاه در دست احداث اهواز، مرز شرقی آن به اراضی غیزانیه، مرز جنوبی آن به تالاب شادگان و مرز غربی آن به نهر مالح محدود می‌شود (۴۵). اقلیم محدوده مطالعاتی بر اساس روش طبقه‌بندی اقلیمی دمارتن اصلاح شده، فراخشک گرم می‌باشد. داده‌های دوره آماری ۱۵ ساله ایستگاه همدیدی اهواز میانگین سالانه بارش، رطوبت نسبی و تبخیر و تعرق پتانسیل را به ترتیب ۲۰۱mm، ۴۸٪ - ۴۴ و ۱۲۵mm - ۱۲۰ نشان می‌دهد. دمای متوسط سالانه 27°C - 26°C ، دمای بیشینه و کمینه مطلق به ترتیب $53/7^{\circ}\text{C}$ و $-1/2^{\circ}\text{C}$ می‌باشد (۴۵). محدوده کانون بر پایه کاربری اراضی، توپوگرافی و سازندهای زمین‌شناسی به ۲۷ واحد اراضی تقسیم می‌شود که بیشتر واحدهای آن متشکل از

خاک عمیق با بافت سنگین تا متوسط و با محدودیت شوری و سدیمی زیاد است (۴۵). بیشترین مساحت این کانون متعلق به اراضی مرتعی با وضعیت ضعیف و اراضی بدون پوشش می‌باشد و به یکی از مهم‌ترین کانون‌های گردوغبار در استان تبدیل شده است. سطح زیر کشت گندم *Triticum aestivum* L. و جو *Hordeum vulgare* L. که به‌عنوان زراعت اصلی در این مناطق مطرح است در سال‌های اخیر به دلیل کمبود بارندگی به شدت محدود شده و به دلیل کاهش رشد و عدم اطمینان از برداشت محصول قابل قبول و کمبود علوفه، به تعلیف دام‌ها (قصیل) اختصاص داده می‌شود (۴۵).

روش پژوهش

پژوهش حاضر در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی اثر سه سطح شوری کم، متوسط و زیاد را بر ۶ گونه گیاهی با ۴۸ تکرار در کانون گردوغبار جنوب و جنوب شرق اهواز در فاصله سال‌های ۱۳۹۸-۱۴۰۰ بررسی کرد.



شکل ۱. موقعیت کانون ریزگرد شماره ۴ در بین کانون‌های هفت‌گانه در شهر اهواز (حیدریان و همکاران، ۲۰۱۷) و موقعیت مناطق مطالعاتی در این کانون (منطقه ۱ شوری ۶۱dS/m-۱۰۵، منطقه ۲ شوری ۱۶dS/m-۶۰، منطقه ۳ شوری ۰dS/m-۱۵)

انتخاب سطوح شوری خاک

برای اجرای تیمارهای آزمایشی سه منطقه با طبقه شوری زیاد (منطقه ۱) با مقدار شوری ۶۱dS/m-۱۰۵، شدت شوری متوسط (منطقه ۲) با مقدار شوری ۶۰-dS/m و شدت شوری کم (منطقه ۳) با مقدار شوری ۱۶ و ۰dS/m-۱۵، به مساحت $30.560 m^2$ با انجام نمونه‌برداری‌های گروه خاکشناس پژوهش و با روش عصاره گل اشباع انتخاب شد (شکل ۱). البته لازم به توضیح است که در منطقه مورد پژوهش، به دلیل مسائل اجتماعی و وجود معارض، در دو مرحله باوجود تعیین سطوح شوری و آماده‌سازی ابتدایی زمین برای کاشت نهال‌ها، ناچار به ترک محل شد و در مرحله سوم کاشت گیاهان با موفقیت انجام شد.

انتخاب گونه‌های گیاهی

یکی از مهم‌ترین مراحل در پژوهش حاضر، تعیین گونه‌های گیاهی برای انجام آزمایش است که با در نظر گرفتن چند معیار انجام شد. معیار اول در نظر گرفتن شرایط اقلیمی، توپوگرافی و خاک منطقه، معیار دوم انتخاب گونه‌های بومی در کنار گونه‌های غیربومی و معیار سوم انتخاب گونه‌ها با فرم‌های رویشی مختلف بود. درواقع تلاش شد که گونه‌های مورد بررسی هم از شکل رویشی درختی و هم درختچه‌ای انتخاب شوند، با این فرض که از ترکیب پوشش گیاهی با انواع شکل رویشی به‌توان بیشتر به هدف تثبیت خاک و کاهش گردوغبار در این منطقه نائل شد. به این دلیل که فرم‌های رویشی مختلف گیاهان به دلیل اختلاف در ساختار، دارای تأثیر متفاوتی بر روی پایداری خاک هستند (۱۲). محققان زیادی معتقدند که تأثیر پوشش گیاهی بر فرسایش بادی برحسب نوع پوشش، ارتفاع و عرض گیاه متفاوت است (۱۲، ۲۱، ۲۵، ۲۹، ۳۰، ۵۰، ۵۲، ۵۳). با توجه به معیارهای مدنظر و مرور منابع مختلف، چهار گونه گیاهی بومی شامل شورگز *T. passerinoides*، گز شاهی *T. aphylla*، سریم *L. depressum*، اشنان *S. rosmarinus* و دو گونه غیربومی کهور پاکستانی *P. juliflora* و اکالیپتوس *E. camaldulensis* برای بررسی انتخاب شدند.

آماده‌سازی زمین و کاشت نهال

به‌منظور جمع‌آوری هرز آب‌های سطحی و استفاده از حداقل بارندگی‌ها، نهال‌ها در شیارهایی به فاصله ۵m کشت شد. در هر سطح شوری تعداد ۲۸۸ و در مجموع سطوح شوری تعداد ۸۶۴ نهال (تعداد نهال‌ها = ۳ (سطوح مختلف شوری) × ۶ (نوع گونه) × ۴۸ (پایه در قالب چهار شیار و در هر شیار ۱۲ پایه)) پایه نهال سالم و شاداب دوساله که از نهالستان‌های واقع در شهرستان‌های دزفول، حمیدیه، رامهرمز و باغ‌ملک تهیه شده بودند کشت شد. فاصله نهال کاری و ابعاد چاله‌ها برای چهار گونه شورگز، گز شاهی، کهور پاکستانی و اکالیپتوس به ترتیب ۵m و ۵۰×۵۰×۵۰cm و برای دو گونه اشنان و سریم به ترتیب ۳m و ۳۰×۳۰×۳۰cm تعیین شد. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت نهال‌ها یعنی بهمن‌ماه ۱۳۹۸ و به مقدار حدود ۲۰L در هر چاله نهال انجام شد تا هوای اضافی خارج و گیاه محکم شود. آبیاری‌های بعدی در ۸ ماه خشک سال که از اول اسفندماه شروع و تا اوایل آبان امتداد دارد هر هفته انجام. آبیاری در ماه‌های مرطوب سال یعنی حدفاصل بین آبان تا بهمن‌ماه هم در صورت عدم بارش هر ۱۰ روز یک‌بار انجام شد. آبیاری‌ها در ساعات اولیه صبح و در فصول خشک به‌منظور کاهش تبخیر و هدررفت آب، در ساعات پایانی روز انجام شد. از آنجایی که به دلیل مسائل اجتماعی امکان قرق کامل منطقه وجود نداشت تا زمان اطمینان از استقرار کامل نهال‌ها از ورود دام به مناطق نهال کاری شده جلوگیری شد. البته تلاش شد تمامی مراحل اجرایی، آبیاری، حفاظت و جلوگیری از چرای دام به نیروهای بومی منطقه واگذار شود. به امید آنکه از طریق ایجاد فرصت شغلی و کسب درآمد برای ساکنان محلی، انگیزه حفاظت از پروژه نهال کاری در این منطقه بیشتر فراهم شود.

اندازه‌گیری و پایش نهال‌ها

پس از کاشت نهال‌ها، اندازه‌گیری‌هایی شامل قطر بزرگ و کوچک تاج پوشش، قطر یقه و ارتفاع نهال‌ها برای همه تیمارها و تکرارها در سه زمان بلافاصله پس از کاشت در بهمن‌ماه ۱۳۹۸، شش ماه پس از کاشت در مردادماه ۱۳۹۹ و یک سال پس از کاشت در بهمن‌ماه ۱۳۹۹ انجام شد. در فواصل زمانی شش ماه و یک سال پس از کاشت

اشنان ۱۰۰٪، گز شاهی ۹۳/۷٪، شورگز ۷۵٪ و کهور پاکستانی ۴۱/۶٪ بود (شکل ۳).

منطقه با شوری کم (۰-۱۵ dS/m)

در این منطقه دو گونه گز شاهی و شورگز با متوسط زندهمانی ۱۰۰٪ و گونه سریم با متوسط زندهمانی ۲۷٪، بیشترین و کمترین میزان زندهمانی را به خود اختصاص دادند. گونه کهور پاکستانی با متوسط زندهمانی ۸۷/۵٪، اشنان ۸۱/۲٪ و اکالیپتوس ۶۶/۶٪ بقای قابل قبولی را نشان دادند (شکل ۳). همچنین نتایج تجزیه واریانس یک طرفه و آزمون LSD به تفکیک گونه در این بخش ارائه می‌گردد.

شورگز

نتایج در مورد گونه شورگز نشان داد که ارتفاع گیاه، قطر بزرگ و کوچک تاج پوشش و قطر یقه گیاه در سطوح مختلف شوری دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ بود. همچنین نتایج آزمون LSD نشان داد در مورد ارتفاع گیاه این تفاوت در بین سه سطح شوری و در مورد سایر ویژگی‌ها، این تفاوت بین منطقه با کمترین شوری و دو منطقه دیگر وجود داشته است. اندازه تاج پوشش و یقه گیاه در شرایط شوری زیاد و متوسط اختلاف معنی‌دار نداشت و بیشترین مقدار ارتفاع، قطر تاج پوشش و یقه گیاه مربوط به منطقه با کمترین میزان شوری بود (جدول ۱).

علاوه بر ویژگی‌های مذکور درصد زندهمانی نیز ثبت شد. برای مقایسه ویژگی‌های مورد بررسی در سطوح مختلف شوری از آزمون تجزیه واریانس یک طرفه و روش کمترین اختلاف معنی‌دار (LSD) استفاده شد. تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار SPSS و ترسیم نمودارها با نرم‌افزار EXCEL صورت گرفت.

نتایج

نتایج مربوط به درصد زندهمانی گونه‌های مورد مطالعه به تفکیک مناطق با سطوح مختلف شوری عبارتند از:

منطقه با شوری زیاد (۶۱-۱۰۵ dS/m)

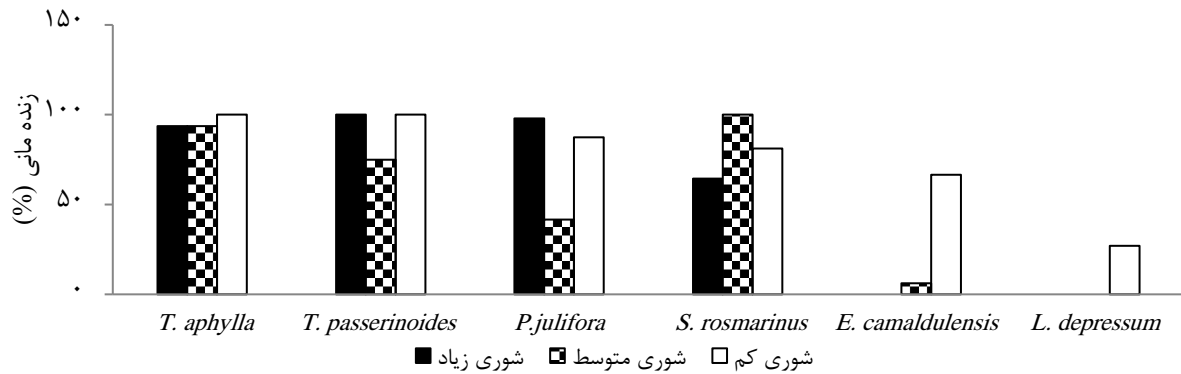
در این منطقه دو گونه سریم و اکالیپتوس به هیچ‌عنوان زندهمانی نداشتند. متوسط زندهمانی گونه شورگز ۱۰۰٪، کهور پاکستانی ۹۷/۹٪، گز شاهی ۹۳/۷٪ و اشنان ۶۴/۵٪ بود (شکل ۳).

منطقه با شوری متوسط (۱۶-۶۰ dS/m)

در این منطقه گونه سریم مانند منطقه با شوری زیاد به هیچ‌عنوان زندهمانی نداشت و گونه اکالیپتوس زندهمانی ناچیز به مقدار ۶/۲٪ را نشان داد. متوسط زندهمانی گونه



شکل ۲. مراحل اجرایی پروژه نهال کاری در منطقه آزمایشی



شکل ۳. درصد زنده‌مانی گونه‌های گیاهی در مناطق با شوری مختلف

جدول ۱. نتایج آزمون تجزیه واریانس و مقایسه میانگین در شش گونه مورد مطالعه و سه سطح شوری

نام گونه	صفت مورد بررسی	مقدار F	میانگین (cm) در شوری زیاد ۱۰۵-۶۱ds/m	میانگین (cm) در شوری متوسط ۶۰-۱۶ds/m	میانگین (cm) در شوری کم ۱۵-۰ds/m
<i>T. passerinoides</i>	ارتفاع	۲۱/۱۷۵**	۸۵/۲۴±۷/۴ ^a	۵۶/۴۰±۸/۹ ^b	۱۰۱/۳۵±۸/۳ ^c
	قطر بزرگ گیاه	۲۱/۸۴۶**	۳۹/۲۶±۰۱/۹ ^a	۳۴/۳۵±۱/۶ ^a	۷۰/۳۲±۴/۹ ^b
	قطر کوچک گیاه	۲۲/۵۰۶**	۳۱/۲۰±۰۳/۱ ^a	۲۶/۳۱±۴/۸ ^a	۶۰/۳۳±۵/۴ ^b
<i>T. aphylla</i>	قطر یقه	۵/۹۱۳**	۳/۴±۴/۶ ^a	۲/۲±۳/۰ ^a	۵/۵±۳/۰ ^b
	ارتفاع	۷۳/۴۳۲**	۴۸/۲۶±۰۲ ^a	۱۲۳/۳۲±۲/۶ ^b	۱۰۴/۳۱±۵/۰ ^c
	قطر بزرگ گیاه	۴۱/۶۲۸**	۲۹/۲۰±۳/۸ ^a	۷۵/۲۵±۶/۷ ^b	۴۷/۲۵±۶/۸ ^c
	قطر کوچک گیاه	۳۱/۴۷۵**	۲۳/۱۶±۸/۷ ^a	۵۷/۲۳±۵/۴ ^b	۳۵/۱۸±۴/۸ ^c
<i>S. rosmarinus</i>	قطر یقه	۱/۷۴۸ ^{ns}	۴/۲±۴/۴ ^a	۵/۲±۲/۳ ^a	۴/۲±۳/۵ ^a
	ارتفاع	۵/۳۳**	۱۴±۴۴/۵ ^a	۵۰/۱۶±۸/۰۵ ^{ab}	۵۷/۱۸±۱/۲ ^b
	قطر بزرگ گیاه	۳/۰۸۶*	۶۱/۲۱±۵/۶ ^{ab}	۶۰/۱۹±۲/۳ ^a	۷۱/۲۳±۰۵/۲ ^b
<i>P. juliflora</i>	قطر کوچک گیاه	۵/۵۳۹**	۵۵/۲۱±۵/۳ ^a	۵۴/۱۶±۰۸/۱ ^a	۶۶/۱۹±۸/۴ ^b
	قطر یقه	۰/۶۱۲ ^{ns}	۱/۰±۲/۳ ^a	۱/۱±۳/۰ ^a	۱/۰±۳/۵ ^a
	ارتفاع	۴/۹۸۹**	۹۱/۴۷±۸/۳ ^a	۸۶/۴۱±۳/۷ ^a	۱۲۱/۵۶±۵/۴ ^b
	قطر بزرگ گیاه	۰/۹۲۹ ^{ns}	۶۱/۶۲±۵/۵ ^a	۵۷/۴۴±۳/۸ ^a	۷۵/۵۴±۴/۶ ^a
<i>E. camaldulensis</i>	قطر کوچک گیاه	۰/۲۹۶ ^{ns}	۴۵/۴۱±۱/۸ ^a	۳۹/۲۳±۳/۴ ^a	۴۰/۳۲±۰۷/۳ ^a
	قطر یقه	۱۳/۵۲۸**	۳/۲±۳/۰ ^a	۳/۱±۷/۵ ^a	۴±۷/۹ ^b
	ارتفاع	۰/۹۰۲*	-	۲۱±۵۵/۲ ^a	۸۶/۲۸±۴/۲ ^b
<i>L. depressum</i>	قطر بزرگ گیاه	۰/۲۱۹*	-	۷±۱۵/۰ ^a	۲۵/۹±۱/۲ ^b
	قطر کوچک گیاه	۰/۰۰۹*	-	۷±۱۵/۰ ^a	۲۳/۶±۵/۶ ^b
	قطر یقه	۶/۲۸۹ ^{ns}	-	۰±۳ ^a	۴/۰±۱/۸ ^a
	ارتفاع	-	-	-	۲۲/۱۹±۵/۲
	قطر بزرگ گیاه	-	-	-	۱۴/۱۱±۴/۹
	قطر کوچک گیاه	-	-	-	۹/۹±۶/۰۳
	قطر یقه	-	-	-	۱/۰±۵/۵

± : انحراف معیار

** : معنی‌دار در سطح ۱٪

* : معنی‌دار در سطح ۵٪

ns : عدم معنی‌داری

گز شاهی

مختلف شوری دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ بود درحالی‌که قطر یقه گیاه در سطوح مختلف اختلاف معنی‌دار نداشت. همچنین نتایج آزمون LSD نشان داد که اختلاف مشاهده

نتایج در مورد گونه گز شاهی نشان داد که ارتفاع و اندازه تاج پوشش گیاه شامل قطر بزرگ و قطر کوچک در سطوح

معنی دار نداشت. همچنین نتایج آزمون LSD نشان داد که در مورد صفت ارتفاع گیاه، اختلاف مربوط به منطقه با کمترین میزان شوری با منطقه با بیشترین میزان شوری، در مورد قطر بزرگ گیاه اختلاف مربوط به منطقه با شوری کم و منطقه با شوری متوسط و در مورد قطر کوچک گیاه این اختلاف بین منطقه با کمترین میزان شوری و هر دو منطقه با شوری متوسط و زیاد وجود داشت. بیشترین مقدار ارتفاع و قطر تاج پوشش گیاه مربوط به منطقه با شوری کم بود (جدول ۱).

اکالیپتوس

با توجه به اینکه گونه اکالیپتوس در منطقه با شوری زیاد زنده مانده نداشت از آزمون t مستقل برای مقایسه میانگین‌ها در دو منطقه دیگر استفاده شد. نتایج این آزمون نشان داد که اندازه ارتفاع و قطر بزرگ و کوچک تاج گیاه در دو منطقه دارای اختلاف معنی دار در سطح ۰/۵ بود. در حالی که در مورد قطر یقه این اختلاف معنی دار نبود. بیشترین مقدار ارتفاع و قطر تاج پوشش گیاه به منطقه با شوری کم اختصاص داشت (جدول ۱).

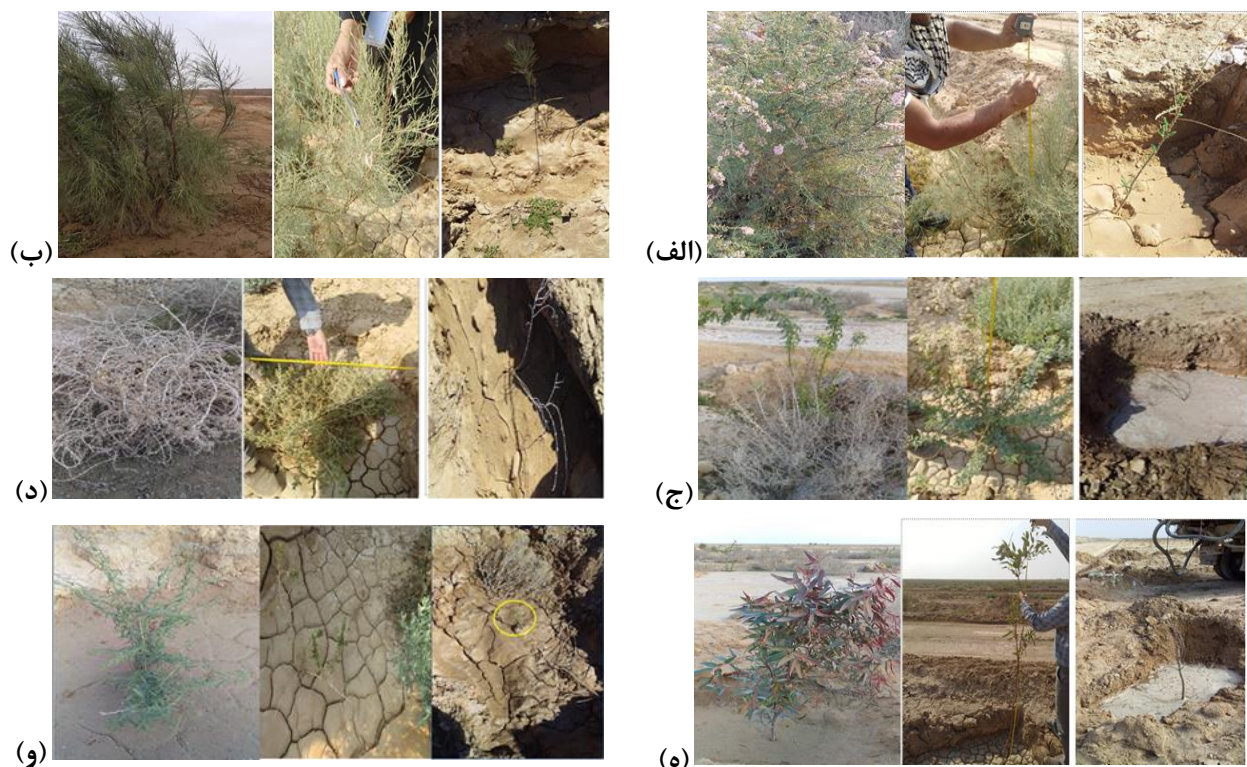
شده در ویژگی‌های مورد بررسی در بین سه سطح شوری وجود داشته است. کمترین میزان ارتفاع و قطر تاج پوشش گیاه مربوط به منطقه با میزان شوری زیاد بود (جدول ۱).

کهور پاکستانی

نتایج در مورد گونه کهور پاکستانی نشان داد که ارتفاع و قطر یقه گیاه دارای اختلاف معنی دار در سطوح مختلف شوری در سطح ۰/۱ بود در حالی که در مورد اندازه قطر بزرگ و کوچک تاج پوشش در سطوح مختلف این اختلاف معنی دار نبود. همچنین نتایج آزمون LSD نشان داد که بیشترین مقدار ارتفاع و قطر یقه گیاه مربوط به منطقه شوری کم می‌باشد و این اختلاف با دو منطقه شوری متوسط و زیاد معنی دار بود (جدول ۱).

اشنان

نتایج در مورد گونه اشنان نشان داد که ارتفاع و قطر کوچک گیاه دارای اختلاف معنی دار در سطوح مختلف شوری در سطح ۰/۱ و قطر بزرگ دارای اختلاف در سطح ۰/۵ بود در حالی که قطر یقه گیاه در سطوح مختلف اختلاف



شکل ۴. وضعیت گونه‌های مورد بررسی بلافاصله (شکل سمت راست)، شش ماه (شکل وسط) و یک سال پس از کشت (شکل سمت چپ) (الف - شورگز، ب - گز شاهی، ج - کهور پاکستانی، د - اشنان، ه - اکالیپتوس، و - سریم)

سریم

با توجه به اینکه این گونه در دو منطقه با شوری زیاد و متوسط زنده‌مانی نداشت نتایج مربوط به میانگین ویژگی‌های مورد بررسی در منطقه با شوری کم در جدول ارائه شده است (جدول ۱). تصاویر گونه‌های مورد مطالعه در زمان کشت، شش ماه و یک سال پس از کشت در شکل مشاهده می‌شود (شکل ۴ قسمت الف تا و).

■ بحث و نتیجه‌گیری

بررسی استقرار، زنده‌مانی و ویژگی‌های رشد گیاهان خشکی _ شورپسند با تأکید بر گیاهان بومی می‌تواند گامی مؤثر در کاربرد گونه‌های بومی و سازگار با منطقه، در برنامه‌های احیا و تثبیت بیولوژیک خاک باشد. نتایج این پژوهش نشان داد که گونه گز شاهی بیشترین درصد زنده‌مانی را در بین شش گونه مورد بررسی به خود اختصاص داده است. در تحقیق دیگری نیز گونه گز شاهی، درختی مقاوم با قابلیت زیاد جذب نمک خاک و رشد بیشتر در مقایسه با دیگر گونه‌های شورپسند نظیر پده، سیاه‌تاغ و سفیدتاغ معرفی شد و کاشت این درخت را در مناطق دارای خاک‌های شور و اقلیم‌های گرمسیری و نیمه‌گرمسیری توصیه شده است (۲۶). در تحقیقی دیگر کاشت این گونه در اراضی شور و سدیمی و مناطقی که دارای زمستان‌های سرد هستند، همچون حاشیه کویر مرکزی ایران توصیه شده است (۴۷). گونه شورگز بعد از گز شاهی دومین رتبه را از نظر درصد زنده‌مانی و زنده‌مانی به میزان ۱۰۰٪ را در منطقه با شوری زیاد به خود اختصاص داد. جنس گز دارای این قابلیت است که نمک‌های موجود در آب‌های زیرزمینی و اعماق پایین خاک را خارج کرده و در بافت‌های گیاه رسوب دهد و سپس آن‌ها را از طریق برگ‌ریزی برگ‌های مسن از داخل گیاه دفع کند (۴۰). در این رابطه بررسی دیگری بر روی پوشش گیاهی کانون‌های گردوغبار در استان خوزستان نتیجه گرفت که دو گونه شورگز محلی *T. leptopetala* و *T. passerinoides* با دفع نمک از غدد ترش‌خی به‌خوبی توان تحمل شوری خاک را دارند (۱۷). گونه اشنان رتبه سوم درصد زنده‌مانی را در بین شش گونه به خود اختصاص داد. مقاومت به شوری در گیاه اشنان از نوع بردباری یا تحمل است به این معنا که اشنان املاح

موجود در خاک را جذب و در اندام هوایی خود به‌ویژه در برگ‌ها ذخیره می‌کند. نتایج پژوهشی نشان داد که تراکم یون‌های Na و Cl با افزایش شوری در گیاه افزایش می‌یابد و این افزایش در اندام‌های هوایی بیشتر از اندام زیرزمینی است؛ این در حالی است که افزایش شوری موجب کاهش محتوای یون‌های K، Ca و Mg در گیاه می‌شود (۲۳). یافته‌های پژوهشی، علت تجمع یون‌های معدنی Na و Cl در اشنان را گوشتی بودن آن دانسته‌اند (۲۴) به همین دلیل گیاه هالوفیت اشنان را برای بازسازی اراضی شور گزینه‌ای اقتصادی و مناسب دانسته (۲۳) و آن را با وجود داشتن اندام‌های گوشتی و قابلیت تنظیم فشار اسمزی برای کشت در کانون‌های گردوغبار استان خوزستان توصیه کرده‌اند (۱۷).

کهور پاکستانی رتبه چهارم درصد زنده‌مانی و در منطقه با شوری زیاد، بعد از شورگز بیشترین مقدار زنده‌مانی به مقدار ۹۷٪/۹ را داشته است. باوجود سازگاری به شوری و قابلیت زنده‌مانی زیاد این گیاه در شرایط بوم‌شناختی این منطقه اما عده‌ای از محققان معتقدند که این گیاه به دلیل تشکیل توده‌های متراکم، موجب تأثیرات نامطلوب بر محیط اطراف خود و بر فعالیت‌های اقتصادی می‌شود. گزارش‌هایی در مورد کشت این گیاه در استان‌های ساحلی جنوب ایران منتشر شده که نشان می‌دهد به دلیل سهولت انتقال بذر آن توسط جانوران و سیلاب، بیشه‌های متراکمی را به وجود آورده است و در نتیجه جلوگیری از گسترش آن در این مناطق با مشکل روبرو شده است (۳۷، ۴۲، ۴۳، ۳۱، ۳۸). کهور پاکستانی به‌محض چیره شدن در منطقه، به دلایلی مانند جذب عناصر غذایی، تثبیت عناصر غذایی توسط گیاهان و جانداران همزیست، استفاده مؤثر از نور و قدرت رقابتی زیاد، موجب نابودی گونه‌های گیاهی دیگر می‌شود (۶). علاوه بر آن به دلیل داشتن ساختار ریشه‌ای عمیق و تشکیل بیشه‌های متراکم، از رسیدن آب به دیگر گیاهان جلوگیری می‌کند (۲۸) و در نتیجه موجب حذف گونه‌های علفی و کاهش تنوع زیستی و افزایش فرسایش خاک می‌شود (۶). همچنین وجود ترکیبات آلوشیمیایی و تأثیر بازدارندگی آنها بر جوانه‌زنی و رشد گیاهان همزیست، موجب افزایش قدرت رقابتی آن‌ها می‌شود. در پژوهشی وجود مواد حساسیت‌زا در دانه‌های گرده این گیاه و

ترکیبی شوری و تنش رطوبتی نسبت به حالت منفرد، اثر منفی بیشتری بر عملکرد گیاهی دارد (۴۸). این محققان در شرایط گلخانه‌ای واکنش این گیاه در برابر دو تنش شوری و رطوبتی و تأثیرات متقابل آن‌ها را بررسی کرده و نشان دادند که سطوح شوری بیشتر از 30 dS/m و خشکی بیشتر از 0.25 MPa (۴۸) بر رشد اندام‌های گیاهی تأثیر منفی گذارده و منجر به کاهش عملکرد گیاه و حتی در برخی موارد مرگ کامل گیاه شده است. افزایش شوری خاک موجب کاهش معنی‌دار تمام ویژگی‌های مورد مطالعه در گیاه اشنان و اکالیپتوس شد؛ در این رابطه بررسی دیگری نتیجه گرفت که افزایش شوری خاک، بیشتر عوامل رشد را در گیاه اشنان به‌طور بیشینه کاهش داد و منجر به کاهش توده و طول ساقه گیاه شد (۲۳). نتایج تحقیقی که بر روی واکنش گونه‌های مختلف اکالیپتوس به شوری انجام شد نیز نشان داد که افزایش شوری باعث کاهش رشد و درصد زنده‌مانی و کاهش بیوماس گونه‌های مختلف این جنس شده است (۲). بیشترین مقدار صفت ارتفاع، قطر تاج پوشش و یقه برای گونه‌های شورگز، اشنان، کهور پاکستانی و اکالیپتوس در منطقه ۳ با کمترین میزان شوری اتفاق افتاد؛ البته در تمامی صفت‌ها برای گونه اکالیپتوس و در مورد صفت تاج پوشش برای گونه کهور پاکستانی اختلاف معنی‌دار نبود. برخلاف چهار گونه قبلی بیشترین عملکرد گز شاهی از نظر ارتفاع و قطر تاج پوشش در منطقه ۲ با میزان شوری $16-60 \text{ dS/m}$ رخ داده است؛ این نتیجه می‌تواند بیانگر نیاز این گیاه به محیط‌های شور باشد که موجب شد عملکرد گیاه در شوری متوسط بیشتر از شوری کم باشد و به احتمال بتوان آن را یک هالوفیت اجباری به شمار آورد. بررسی دیگری بر روی گیاه *Atriplex verrucifera* M.Bieb نشان داد بیشترین رشد و تولید این گیاه در سطوح شوری تا 200 mmol NaCl به دست آمد که بیانگر نیاز این گیاه به محیط‌های شور بوده و در نتیجه محققان آن را یک هالوفیت اجباری معرفی کردند (۲۷). کمترین مقدار صفت برای گونه شورگز و کهور در منطقه ۲ با شوری متوسط و برای اشنان و گز شاهی در منطقه ۱ با شوری زیاد رخ داد. شاید کاهش در ویژگی‌های مورد مطالعه در منطقه با شوری متوسط نسبت به منطقه با شوری زیاد در دو گونه شورگز و کهور پاکستانی علتی دیگر غیر از شوری خاک از جمله

در نتیجه بروز حساسیت و مشکلات ناشی از آن در استان خوزستان را به اثبات رسیده است (۹). اکالیپتوس با توجه به اینکه یک گونه غیربومی است اما قابلیت زیادی برای احیای اراضی فقیر و حتی زمین‌های غرقابی داشته و از سوی دیگر از نظر تولید ماده خام صنایع چوبی، سوخت چوبی و تولید علوفه استفاده می‌شود (۵۱). در بررسی که بر روی سه گونه اکالیپتوس انجام شد گونه *E. camaldulensis* در مقایسه با دیگر گونه‌ها تحمل بیشتری به شوری نشان داد (۱۳). در پژوهشی دیگر در بین گونه‌های مورد مطالعه گونه *E. camaldulensis* تا غلظت 200 mmol NaCl و *Eucalyptus sargentii* subsp. *onesia* تا غلظت 300 mmol NaCl مقاومت نشان داده و بیشترین تحمل را به شوری نشان دادند (۱۴). بنابراین در این پژوهش گونه *E. camaldulensis* که در بررسی منابع صورت گرفته مقاومت بیشتری به شوری نشان داده بود برای مقایسه با دیگر گونه‌ها انتخاب شد. نتایج این پژوهش نشان داد که اکالیپتوس رتبه پنجم درصد زنده‌مانی را در بین شش گونه به خود اختصاص داده است. از طرفی با توجه به عدم زنده‌مانی اکالیپتوس در شوری زیاد وزنده‌مانی ناچیز در شوری متوسط، این گونه برای شوری بیش از 15 dS/m در شرایط بوم‌شناختی مشابه این منطقه و در شرایط آبیاری مشابه این پژوهش توصیه نمی‌شود. سریم یکی از گونه‌های مرتعی ارزشمند و درعین حال مقاوم به خشکی و شوری و همچنین مناسب در رژیم غذایی حیات‌وحش در مراتع بوده و بذر آن در دسته بذور مقاوم در برابر تنش خشکی و شوری است و استفاده از آن در اصلاح و احیای مراتع در اراضی خشک و شور توصیه شده است (۴۹). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که این گونه در شوری بیش از 15 dS/m زنده‌مانی نداشته و در شوری کم‌تر از 15 dS/m رتبه آخر درصد زنده‌مانی را در بین شش گونه به خود اختصاص داده است. البته علت این امر می‌تواند وجود تنش خشکی شدید در این کانون باشد که علیرغم آبیاری در فصول خشکی نتوانسته است نیاز آبی گیاه را تأمین نماید. یافته‌های پژوهشی دیگر نیز نشان داده است که تنش رطوبتی تأثیر منفی بیشتری بر روی عملکرد گیاهی نسبت به تنش شوری دارد که به‌طور چشم‌گیری موجب کاهش تعداد برگ و توقف طول ریشه و ارتفاع گیاه شده و همچنین مشاهده شد که تیمارهای

کاشت این گونه غیربومی جلوگیری شود. ضمن اینکه پیشنهاد می‌شود بررسی وضعیت استقرار بلندمدت گونه‌ها و همچنین تأثیر آن‌ها بر تنوع و دیگر ویژگی‌های پوشش گیاهی زیراشکوب و همچنین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه برای بررسی‌های تکمیلی انجام شود تا امکان معرفی گونه‌هایی که در عین رشد مطلوب، کمترین پیامد محیط‌زیستی منفی را دارند فراهم شود.

■ سپاسگزاری

این مقاله حاصل طرح پژوهشی با عنوان "بررسی عوامل مؤثر بر تخریب اراضی و تعیین مناسب‌ترین روش‌های مؤثر بر احیاء پوشش گیاهی به‌منظور کنترل گردوخاک و کاهش اثرات اقتصادی و اجتماعی آن، در کانون گردوغبار جنوب و جنوب شرق اهواز" دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان است. نویسندگان بر خود لازم می‌دانند مراتب تشکر صمیمانه خود را از حمایت مالی معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه و همچنین اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان خوزستان به سبب همکاری جهت در اختیار قرار دادن عرصه منابع طبیعی در پروژه نهال‌کاری در این طرح را اعلام نمایند.

اختلاف در نگهداشت رطوبت خاک داشته باشد به این دلیل که محققانی نیز در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند که جامعه گیاهی شورگزر ترجیح خاصی نسبت به شوری یا عمق سطح ایستایی ندارد اما رویشگاه‌های با نگهداشت رطوبت زیاد خاک را ترجیح می‌دهد (۱۷). با توجه به نتایج پژوهش حاضر، گونه سریم در دو منطقه با شوری متوسط و زیاد زنده‌مانی نداشته و در منطقه با مقدار شوری کم نیز از کمترین مقدار زنده‌مانی در بین گونه‌ها برخوردار بوده و در نتیجه در پروژه‌های احیای زیستی در این منطقه قابل توصیه نمی‌باشد. گونه اکالیپتوس با وجود عدم زنده‌مانی در شوری زیاد و زنده‌مانی بسیار پایین در شوری متوسط، در منطقه شوری کم زنده‌مانی قابل‌قبولی داشت و در نتیجه می‌تواند یکی از گزینه‌های مورد بررسی در پژوهش‌های آتی در شرایط عرصه باشد تا با کشت این گونه در خاک‌های با شوری کمتر زمینه زراعت چوب در این عرصه‌ها فراهم شود. گونه غیربومی کهور پاکستانی بعد از گیاهان بومی گز شاهی، شورگزر و اشنان در رتبه چهارم درصد زنده‌مانی در این منطقه قرار داشته است؛ بنابراین با وجود نتایج موفقیت‌آمیز این گونه‌ها می‌توان آنها را در پروژه‌های نهال‌کاری در مناطقی با شرایط بوم‌شناختی مشابه به‌جای گونه غیربومی کهور پاکستانی جایگزین کرد تا در آینده از عوارض احتمالی

■ References

1. Abbasi, A., & Malayeri, M. R. (2019). Comparative study of sandstorm properties in Iran and the world in terms of particle size and material. *Environmental Researches*, 9(18), 53-65. [In Persian]
2. Adams, M.A., Richter, A., Hill, A.K., & Colmer, T.D. (2005). Salt tolerance in *Eucalyptus* spp.: identity and response of putative osmolytes. *Plant, Cell and Environment*, 28(6), 772-787. DOI: 10.1111/j.1365-3040.2005.01328.x
3. Akbarian, M., & Biniiaz, M. (2011). Evaluation of plant species used in wind erosion control (Case Study Jask city, Hormozgan province. *Environmental Erosion Research*, 1(2), 29-42. [In Persian]
4. Al-Jumaily, K.J., & Ibrahim, M. K. (2013). Analysis of synoptic situation for dust storms in Iraq. *Energy and Environment*, 4(5), 851-858.
5. Amiri, M., Solaimani, K., & Miryaghoubzadeh, M. (2013). Fuzzy classification for mapping invasive species from multispectral imagery. *Indian Society of Remote Sensing*, 41, 749-755. DOI: 10.1007/s12524-013-0261-8
6. Amiri, M., Moslemi, S.M., Tarkesh Esfahani, M., & Shafiezadeh, M. (2023). Ensemble modelling of the potential invasion of *Prosopis juliflora* (SW.) DC in Makuran region. *Environmental Sciences*, 21(1), 205-224. DOI: 10.48308/ENVS.2023.1148 [In Persian]

7. Arami, S.A., Ownegh, M., Mohammadian Behbahani, A., Akbari, M., & Zarasvandi, A. (2018). The analysis of dust hazard studies in southwest region of Iran in 22 years (1996-2017). *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards*, 5(1), 39-66. DOI: 10.29252/jsaeh.5.1.39 [In Persian]
8. Arif, A., Ashraf, I., Hussain, M.S., & Iqbal, R. (2024). Salinity tolerance and reclamation potential of two widely distributed subtropical tree species. *Pakistan Journal of Botany*, 56(4), 1-7. DOI: 10.30848/PJB2024-4(14)
9. Assarehzadegan, M.A., Khodadadi, A., Amini, A., Shakurnia, A.H., Marashi, S.S., Ali-Sadeghi, H., Zarinhadideh, F., & Sepahi, N. (2015). Immunochemical characterization of *Prosopis juliflora* pollen allergens and evaluation of cross-reactivity pattern with the most allergenic pollens in tropical areas. *Iranian Journal of Allergy and Asthma Immunology*, 14(1), 74-82. [In Persian]
10. Ataiee, H., & Ahmadi, F. (2010). *The dust as one of the environmental problems of the Islamic world case study: Khuzestan Province*. The Fourth International Congress on Islamic Geographers, Zahedan, Iran. 132p. [In Persian]
11. Azizi, G., Shamsipour, A., Miri, M., & Safarrad, T. (2012). Statistic and synoptic analysis of dust phenomena in west of Iran. *Journal of Environmental Studies*, 38(3), 123-134. DOI: 10.22059/JES.2012.29154 [In Persian]
12. Bestelmeyer, B.T., Ward, J.P., Herrick, J.E., & Tugel, A.J. (2006). Fragmentation effects on soil aggregate stability in patchy arid grassland. *Rangeland Ecology & Management Journal*, 59(4), 406 - 415. DOI: 10.2111/05-180R1.1
13. Cha-um, S., & Kirdmanee, C. (2008). Assessment of salt tolerance in *Eucalyptus*, rain tree and thai neem under laboratory and the field conditions. *Pakistan Journal of Botany*, 40(5), 2041-2051. DOI: 10.1023/A:1024474813116
14. Corney, H.J., Sasse, J.M., & Ades, P.K. (2003). Assessment of salt tolerance in *Eucalyptus* using chlorophyll fluorescence attributes. *New forests*, 26(3), 233-246. DOI: 10.1023/A:1024474813116
15. Dargahian, F., Lotfinasabasl, S., & Khosroshahi, M. (2019). Analysis of the role of internal dust sources in creating critical conditions in Ahvaz with an emphasis on the southeastern area. *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research*, 16(2), 157-170. DOI: 10.22092/IJFRPR.2019.118689 [In Persian]
16. Darvishi Khatooni, J., Narimisa, S., Abasaghi, F., Mohammadi, A., Hamdollahi, M., Salehipour Milani, A., & Asgharipour Dashtbozorg, N. (2017). Composition and source of dust entering Khuzestan province from an external origin. *Environmental Sciences*, 15(2), 93-110. [In Persian]
17. Dinarvand, M., Keneshloo, H., & Fayyaz, M. (2018). Vegetation of dust sources in Khuzestan Province. *Iran Nature*, 3(3), 32-42. DOI: 10.22092/IRN.2018.116781 [In Persian]
18. Fazlollahi Mohammadi, M., Najafi, A., Soleimani, A., Ezati, S., & Sepahvand, A. (2014). Selection of the most suitable species in order to forestation in southern Zagros forests using AHP & TOPSIS techniques. *Ecology of Iranian Forest journal*, 2(4), 45-55. [In Persian]
19. Ghorbanian, D., Ghodrati, M., Sharafieh, H., Mozafari, M., & Moslem, A. (2012). Comparison of cultivation and establishment of different xerophyte species for restoration and enhancement of vegetation in arid lands. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 19(3), 443-456. DOI: 10.22092/IJRDR.2012.3790 [In Persian]
20. Goudie, A.S. (2014). Review desert dust and human health disorders. *Environment International*, 63, 101-113. DOI: 10.1016/j.envint.2013.10.011
21. He, Q., Yang, X., Mamtimin, A., & Tang, S.H. (2011). Impact factors of soil wind erosion in the center of Taklimakan Desert. *Journal of Arid Land*, 3(1), 9-14. DOI: 10.3724/SP.J.1227.2011.00009

22. Heidarian, P., Azhdari, A., Jodaki, M., Darvishi Khatooni, J., & Shahbazi, R. (2017). Identifying interior sources of dust storms using remote sensing, GIS and geology (case study: Khuzestan province). *Scientific Quarterly Journal of Geosciences*, 27(105), 33-46. DOI: 10.22071/gsj.2017.53928 [In Persian]
23. Heydarnezhad, S., Ranjbarfordoei, A., & vali, A. (2015). The Study of changes Photosynthetic Pigment Content, Chlorophyll fluorescence Parameters and Nutrients in Saltwort Plants (*Seidlitzia rosmarinus* L.) under Salt Stress. *Plant Process and Function*, 4(13), 37-45. [In Persian]
24. Heydarnezhad, S., & Ranjbar fordoei, A. (2022). Effects of salt stress on growth characteristics and ion accumulation in saltwort plants (*Seidlitzia rosmarinus* L.). *Desert Ecosystem Engineering*, 3(4), 1-10. [In Persian]
25. Jahantigh, M. (2014). *The assessment of vegetation changes and their impact on wind erosion in arid areas (Case Study: north of Sistan)*. 2nd National Conference on desert Management and Approach on arid areas and desert, Semnan, Iran [In Persian]
26. Javanshir, K., Dastmalchi, H., & Emarati, A. (1997). Ecological and physiological study on *Haloxylon aphyllum*, *Haloxylon persicum*, *Populus euphratica* and *Tamarix aphylla* in deserts of Iran. *Journal of Desert*, 1(1-4), 67-79. [In Persian].
27. Karimi, G., Ghorbanli, M.L., Heidari, H., & Asareh, M. (2007). Investigation of salt tolerance mechanism in range speices of *Atriplex verrucifera* (M.B). *Pajouhesh-va-Sazandegi*, 19(3), 42-48. [In Persian]
28. Khosroshahi, M. (2013). Estimating water requirement of *Prosopis juliflora* at different habitats of Persian Gulf - Aman Sea region of Iran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 21(2), 300-315. DOI: 10.22092/IJFPR.2013.3859 [In Persian]
29. Laeuchi, A., & Luetge, U. (2002). *Salinity*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 341 pages.
30. Levin, N., Kidron, G.H., & Ben-Dor, E. (2006). The spatial and temporal variability of sand erosion across a stabilizing coastal dune field. *Sedimentology*, 53(4), 697-715. DOI: 10.1111/j.1365-3091.2006.00787.x
31. Linders, T.E.W., Schaffner, U., Eschen, R., Abebe, A., Choge, S.K., Kigatu, L., Mbaabu, P.R., Shiferaw, H., & Allan, E. (2019). Direct and indirect effect of invasive species: Biodiversity loss is a major mechanism by which an invasive an invasive tree affects ecosystem functioning. *Ecology*, 107(6), 2660-2672. DOI: 10.1111/1365-2745.13268
32. Madani, S., Ravanbakhsh, M., & Panahandeh, M. (2017). A review of the assessment and management of the ecological risk of invasive plants. *Environmental Research and Technology*. 2(2), 25-33. DOI: 10.29252/.2.2.25 [In Persian]
33. McCary, M.A., Mores, R., Farfan, M.A., & Wise, D.H. (2016). Invasive plants have different effects on tropical structure of green and brown food webs in terrestrial ecosystems: a meta-analysis. *Ecology Letters*, 19(3), 328-335. DOI: 10.1111/ele.12562
34. Mehrabian, A., Khajoei Nasab, F., Naghizadeh, S., & Malek Mohammadi, L. (2021). Distribution patterns of introduced plants of Iran. *Applied Ecology*, 35(3), 115-157. [In Persian]
35. Mirdavoodi, H. (2014). Investigation on growth characteristics and establishment of range species in steppe regions of Markazi province. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 21(1), 165-175. DOI: 10.22092/ijrdr.2014.8088 [In Persian]
36. Mirdavoodi, H. (2014). Investigation on the feasibility of cultivation, establishment and forage quality of four halophytes in Arak Meyghan playa, Iran. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 21(2), 283-294. DOI: 10.22092/ijrdr.2014.11369 [In Persian]
37. Mwuangi, E., & Swallow, B. (2005). Invasive *Prosopis juliflora* and local livelihoods; case study from the lake Baringo of Kenya. *Working Paper Series*, World Agroforestry Centre. 69 pages.

38. Nadjafi-Tireh-Shabankareh, K., Jalili, A., & Asadpoor, R. (2014). Investigation on invasion effects of *Prosopis juliflora* (SW.) DC. *Journal of Arid Biome*, 4(1), 54-64. [In Persian]
39. Niknam, S.R., & McComb, J. (2000). Salt tolerance screening of selected Australian woody species- a review. *Forest ecology and management*. 139(1-3), 1-19. DOI: 10.1016/S0378-1127(99)00334-5
40. Ohrtman, M.K., & Lair, K.D. (2013). *Tamarix: A Case Study of Ecological Change in the American West*. United States of America: Oxford University Press, 488pages
41. Panda, R.M., Behera, M.D., & Roy, P.S. (2018). Assessing distributions of two invasive species of contrasting habits in future climate. *Journal of Environmental Management*, 213, 478-488. DOI: 10.1016/j.jenvman.2017.12.053
42. Pasiecznik, N.M., Harris, P.J.C., & Smith, S. (2003). Identifying tropical *Prosopis* species: A Field Guide. *Henry Doubleday Research Association*, United Kingdom, 36 pages.
43. Qureshi, H., Arshad, M., & Bibi, Y. (2014). Invasive flora of Pakistan: a critical analysis. *International Journal of Biosciences*, 4(1), 407- 424. DOI: 10.12692/ijb/4.1.407-424
44. Rashki, A., Kaskaoutis, D. G., Goudie, A. S., & Kahn, R. A. (2013). 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: 10.1016/j.scitotenv.2013.06.045
45. Research Institute of Forests and Rangelands. (2017). *Report of the comprehensive study on the dust hotspot of Khuzestan, The first phase: Dust hotspot in the south and southeast of Ahvaz*, 394 pages. [In Persian]
46. Reza zadeh, M., Irannejad, P., & Shao, Y. (2013). Climatology of the middle dust events. *Aeolian Research*, 10, 103-109. DOI: 10.1016/j.aeolia.2013.04.001
47. Sadeghzadeh Hallaj, H.M., Azadfar, D., & Mirakhori, R. (2015). Growth performance of various population of salt cedar in saline-alkaline soils. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 22(1), 151-165. [In Persian]
48. Sharifian Bahraman, A., Sepehry, A., & Barani, H. (2020). Plant responses to individual and combined effects of abiotic stress: *Lycium depressum* L. vegetative parameters under salinity and drought. *Journal of Rangeland Science*, 10(3), 228-243.
49. Sharifian Behrman, A., Sepehri, A., & Barani, H. (2021). Investigating the physical and chemical characteristics of the soil of the habitat of the species Kam Tigh in the saline and alkaline pastures of the north of Golestan province. *Journal of Plant Ecosystem Protection*, 9(2), 62-47. DOI: 10.22067/JSW.2022.76508.1163 [In Persian]
50. Suter-Burri, K., Gromke, C.H., Leonard, K.C., & Graf, F. (2013). Spatial patterns of aeolian sediment deposition in vegetation canopies: Observations from wind tunnel experiments using colored sand. *Aeolian Research*, 8, 65-73. DOI: 10.1016/j.aeolia.2012.11.002
51. Tavakoli niya, A., Assareh, M.H., Shariat, A., & Bakhshi -Khaniki, GH.R. (2016). Effects of salinity stress on morphological and physiological parameters in three Eucalyptus species. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*, 24(1), 42-53. DOI: 10.22092/IJRFPGR.2016.106166 [In Persian]
52. Xu, L., Liu, H., Chu, X., & Su, K. (2006). Desert vegetation pattern at the northern foot of Tianshan mountains: The role of soil conditions. *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 201(1), 44-50. DOI: 10.1016/j.flora.2005.04.003
53. Yuzhang, L., Guangrong, D., & Changzi, L., (1992). Study on some factors influencing soil erosion by wind tunnel experiment. *Journal of Desert Research*, 12(4), 41-49.

Investigating the Relationship Between the Morphology of Tamarix, Calligonum, And Iranian Mesquite with The Morphological Characteristics of Nebkas (Case Study: Rigan, Kerman)

A. Amirzadeh Ghasri¹, S. Kalantari², M. Tazeh^{3*}, A. Mirjalili⁴

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. Associated Professor, Department of Nature Engineering, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran.
 4. PhD in engineering Rangeland management, General Dipartment of Agriculture and Natural Resources Management of Yazd province, Yazd, Iran.
- * Corresponding Author: mtazeh@ardakan.ac.ir

Received date: 14/06/2024

Accepted date: 27/07/2024

 [10.22034/JDMAL.2024.2032285.1468](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2032285.1468)

Extended Abstract

Introduction

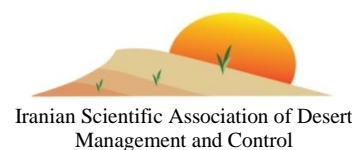
Today, erosion is a major factor in land degradation in Iran. Since a large portion of Iran is located in arid and semi-arid climates, wind erosion can be an effective means of destroying and causing damage in these areas. Nabkhas have distinct morphometric components from other erosional forms, but some of these parameters can affect the amount of wind sediment transfer. Identifying and measuring the relationship between these parameters and examining the process of changes in certain physical and chemical characteristics of sediments can have a significant impact on planning operations to reduce wind sand transfer and improve the analysis of sediment characteristics. The phenomenon of sand entering human centers in the southeast of Kerman province and Rigan city is considered a problem. This research aims to investigate the impact of the morphology of the species Tamarix, Calligonum, and Iranian mesquite on the morphometrics of the nabkhas in Rigan city and analyzing the measured parameters of the Nabkhas morphometry and their correlations using statistical methods.

Material and Methods

The city of Rigan, which covers 8600 square kilometers, is located south of Kerman. This city is one of the most important centers with the highest priority. Aerial photographs and Google Earth images were used to determine the area of Nabkhas, and a field visit was conducted to assess the development of Nabkhas' territory. This area is a major source of wind erosion in Kerman province and even in the country. The severity of erosion is such that date trees with a height of more than 5 meters are buried under sand sediments. The first step was to measure the morphometric characteristics of Nabkhas along 6 one-kilometer transects. The characteristics of the Nabkhas of

Desert Management

www.isadmc.ir



each of the Calligonum, Iranian mesquite, and Tamarix plants were measured separately. To investigate the characteristics of Nabkhas, the morphological characteristics of Nabkhas including height and diameter of the base were measured. The characteristics of the vegetation that forms Nabkhas were studied by measuring plant morphological factors, such as crown diameter and plant height. Statistics were collected from 44 farms that use Tamarix plants, 51 farms that use Iranian mesquite plants, and 38 farms that use Calligonum plants in total.

Discussion and Conclusion

The regression analysis between plant height and Nabkhas height indicates that the slope of changes in Nabkhas height compared to changes in vegetation height is higher in sedge and mesquite plants than in Calligonum. The height of Nebka is more affected by Tamarix changes than the other two plants. Based on the evaluation of the regression results between the canopy diameter and the canopy height, it can be concluded that the slope of the canopy height changes is greater than the slope of the canopy diameter changes in Calligonum and Iranian mesquite plants, respectively. It can be concluded that the Calligonum plant's crown diameter has a greater effect on Nabkhas' height changes than the other two plants. The regression results between plant height and root diameter indicate that the slope of root diameter changes is greater than that of plant height changes, respectively. It can be concluded that the height changes of the Tamarix plant are more significant in influencing the diameter changes of the Nabkhas base than the other two plants. The slope of diameter changes of the base compared to the changes of diameter of the plant crown, respectively, is higher in calligonum and mesquite plants than in Tamarix. Changes in the diameter of the crown of the Calligonum plant have a greater effect than the changes in the diameter of the other two plants on the changes in the diameter of the base of Nabkhas. Nabkhas with Iranian mesquite have a longer base length in proportion to height than Nebkhas with Tamarix and Calligonum. The geomorphological characteristics of four plant species in Lut Plain's western region were examined, and it was found that the nabkhas with Tamarix have an average height of 1.5 meters and an average base of 4.2 meters. The Nabkhas' Iranian mesquite has an average height of 1.5 meters and an average base of 1.6 meters. Thus, their research results are in accord with the results of this research. According to the correlation results, the morphology of Tamarix, Calligonum, and Iranian mesquite species is significant compared to the morphometric characteristics of Nabkhas, which is consistent with the results (2 and 16). According to the regression results, Tamarix plant has a higher slope of changes in height compared to vegetation. The Calligonum plant has a higher slope of changes in height compared to diameter of plant canopy compared to the other two plants. On the other hand, the slope of changes in the diameter of the Nabkhas base compared to the changes in plant height of Tamarix is greater than that of the other two plants. The slope of the changes in the diameter of the base compared to the changes in the diameter of the plant crown is greater than that of the other two plants. The morphological characteristics of the sediments in the studied area indicate that storms are extremely strong throughout the year, causing a significant movement of sand in the area.

Keywords: Pearson correlation; Linear regression; Plant height; Nabkhas height



بررسی ارتباط مورفولوژی گونه‌های شورگز، اسکنبیل و کهور ایرانی با ویژگی‌های مورفومتری نبکاها در شهرستان ریگان کرمان

عبدالمجید امیرزاده قصری^۱، سعیده کلانتری^۲، مهدی تازہ^{۳*}، علی‌بمان میرجلیلی^۴

۱. کارشناس ارشد مدیریت و کنترل 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. دانشیار گروه طبیعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران.
 ۴. دکتری علوم مهندسی مرتع، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، یزد، ایران.
- * نویسنده مسئول: mtazeh@ardakan.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۰۶

doi: [10.22034/JDMAL.2024.2032285.1468](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2032285.1468)

چکیده

پوشش گیاهی با حفاظت از سطح خاک بر حمل رسوبات بادی، موجب تشکیل ناهمواری نبکا در مناطق بیابانی می‌شود؛ نوع پوشش گیاهی نقش زیادی در تعیین دینامیک و مورفولوژی نبکاها در محیط‌های بیابانی دارد. نبکاها نشان‌دهنده کاهش موضعی بادبردگی در منطقه حمل می‌باشد. هدف پژوهش حاضر بررسی ارتباط مورفولوژی گونه‌های شورگز (*Tamarix hispida* C. Linnaeus)، اسکنبیل (*Calligonum comosum* E. Boissier) و کهور ایرانی (*Prosopis cineraria* L. Druce) با ویژگی‌های مورفومتری نبکاها در تشکیل شده در محدوده شهرستان ریگان استان کرمان است. بدین منظور در آغاز به روش ترانسکت تصادفی، شاخص‌های ارتفاع نبکا، ارتفاع گیاه، قطر تاج پوشش و قاعده نبکا از ۴۴ نبکا حاصل از گیاه شورگز *Tamarix hispida*، ۵۱ نبکا حاصل از گیاه کهور ایرانی *Prosopis cineraria* و ۳۸ نبکا حاصل از گیاه اسکنبیل *Calligonum comosum* آماربرداری شد و با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف نرمال بودن داده‌ها بررسی شد. سپس همبستگی پیرسون و رگرسیون ارتفاع و قطر تاج پوشش گیاه با ارتفاع نبکا و قطر قاعده آن مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد میانگین ارتفاع و قطر قاعده نبکا حاصل از گز *Tamarix hispida* ۱/۳m و ۳/۲m، نبکا حاصل از کهور ایرانی *Prosopis cineraria* میانگین ارتفاع ۰/۹m و قطر قاعده ۴/۵m و نبکاها حاصل از اسکنبیل *Calligonum comosum* میانگین ارتفاع ۰/۶m و قطر قاعده ۱/۸m می‌باشد؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت در نبکاها حاصل از کهور ایرانی *Prosopis cineraria* به نسبت ارتفاع، طول قاعده بیشتری نسبت به نبکاها حاصل از گز و اسکنبیل *Calligonum comosum* دارد. نتایج همبستگی شاخص‌های اندازه‌گیری شده نشان داد که ارتباط مورفولوژی گونه‌های مورد بررسی، با ویژگی‌های مورفومتری نبکاها معنی‌دار است. نتایج رگرسیون بین ارتفاع گیاه و ارتفاع نبکا نشان داد که شیب تغییرات ارتفاع نبکا نسبت به تغییرات ارتفاع پوشش گیاهی و قطر قاعده نبکا نسبت به تغییرات ارتفاع گیاه در گیاه شورگز *Tamarix hispida* بیشتر از دو گیاه دیگر است. همچنین شیب تغییرات ارتفاع نبکا، نسبت به تغییرات قطر تاج پوشش گیاه و شیب تغییرات قطر قاعده نسبت به تغییرات قطر تاج پوشش گیاه، در اسکنبیل *Calligonum comosum* بیشتر از دو گیاه دیگر می‌باشد.

واژگان کلیدی: دینامیک؛ رگرسیون خطی؛ ارتفاع گیاه؛ ارتفاع نبکا



■ مقدمه

فرایند فرسایش خاک، تخریب گسترده اراضی را به همراه دارد. با توجه به وضعیت اقلیمی ایران، یکی از علل مهم تخریب در کشور، پدیده فرسایش بادی است. در بعضی مناطق مقدار فرسایش و خسارت ناشی از فرسایش بادی تا چندین هزار برابر فرسایش آبی است، لذا اهمیت آن به وضوح مشخص می‌باشد (۴، ۱۴). در مناطق بیابانی، پوشش گیاهی با تأثیرگذاری بر حمل و به دام انداختن ماسه‌هایی که به همراه باد حمل می‌شوند، نقش زیادی بر کاهش فرسایش بادی دارند (۱۵) و یکی از راه‌حل‌های جلوگیری از گسترش بیابان‌ها، تثبیت ماسه‌زارهای روان به وسیله نیکازارها می‌باشد. از جمله اشکال فرسایش بادی که در حضور توأم گیاه و فرسایش بادی ایجاد می‌گردد، نیکاهای می‌باشند (۲۰). تلماسه‌های منفردی که بر اثر تجمع رسوبات بادی در پای درختچه‌ها و یا بوته‌ها به وجود می‌آید را نیکا می‌نامند. شکل ظاهری نیکا از نوع گونه‌ی گیاهی و ارتفاع و سطح پوشش گیاه میزبان تبعیت می‌کند. طول نیکا از یک متر تا چندین متر و ارتفاع آن از چند دسی‌متر تا چند متر متغیر است و در صورتی که دانه‌های ماسه‌ی تشکیل‌دهنده‌ی نیکا چسبندگی نداشته باشند، اندازه و حجم پشته‌های نیکا با تغییر سرعت باد دچار دگرگونی می‌شود (۲۳). در صورت افزایش میزان رسوب، گیاه برای جلوگیری از مدفون شدن به رشد خود ادامه می‌دهد و این رشد تا آنجا ادامه پیدا می‌کند که ریشه گیاه قادر به تأمین رطوبت مورد نیاز گیاه را نداشته باشد؛ اما اگر جایی آب زیرزمینی افت کند یا ریشه گیاه به رطوبت نرسد، این ارتباط قطع و تخریب نیکا آغاز می‌شود (۲۰). نیکاهای در دشت، حاشیه پلایاها، اطراف گونه‌های شورپسند و در محل‌های وجود گیاه، یافت می‌شوند. از جمله نقش نیکاهای علاوه بر گیرش ماسه‌های متحرک در مناطق بیابانی و حفظ تأسیسات انسانی از هجوم ماسه‌های بادی، می‌توان به تغییرات در وضعیت خاک مثل تغییر در pH، افزایش مواد آلی^۱، بهبود ساختار و افزایش مواد مغذی اشاره نمود. نیکا دارای تأثیر زیادی در پایداری بوم نظام‌های مناطق خشک و فراهشک دارد و مهم‌ترین نقش آن در نگهداری و

حفظ پوشش گیاهی است. به عبارت دیگر، نیکا سازگاری با طبیعت در شرایط خشک بیابانی می‌باشد، پارامترهای گیاهی مثل تاج پوشش، تراکم و ...، ناهمواری و میزان شیب از جمله عوامل مؤثر بر تشکیل نیکا می‌باشند (۹).

محققان برای ارزیابی مقایسه‌ای کارایی نیکاهای دشت نگار بردسیر در برابر رسوبات بادی از مدل‌های TOPSIS و AHP استفاده کردند تا بتوانند به شناختی مطلوب برای انتخاب مناسب‌ترین گونه گیاهی برای تثبیت ماسه‌های روان دست یابند. به همین دلیل در آغاز مهم‌ترین متغیرهای مورفومتری ۲۴۱ نیکا از گونه‌های گیاهی اسکنبیل *Calligonum Bungei* E. Boissier و شورگز *Tamarix gallica* C. Linnaeus که شامل ارتفاع، قطر قاعده، شیب و حجم نیکا و قطر تاج پوشش و ارتفاع گیاه می‌باشد را به روش میدانی و طولی نمونه‌برداری کردند. در ادامه پژوهش به وسیله مدل‌های TOPSIS و AHP به ارزیابی مقایسه‌ای و اولویت‌بندی مؤلفه‌های ژئومورفومتری نیکا پرداختند. طبق نتایج به دست آمده مشخص گردید که نیکای درختچه‌گز *Tamarix gallica* دارای بالاترین ارجحیت در تثبیت ماسه‌های روان هستند. در همین راستا، توسعه ژئوسیستم نیکای این گونه، دارای بالاترین و بهترین کارایی جهت تثبیت ماسه‌های روان می‌باشند (۲۱). در پژوهشی در دشت صوفیکم استان گلستان به بررسی ژئومورفو-پدولوژیک رخساره نیکا پرداخته شده است. در این پژوهش مهم‌ترین مؤلفه‌های دانه‌بندی ذرات در فرسایش بادی شامل اندازه ذرات ماسه، رس، سیلت و ویژگی‌های مورفومتری شامل جورشدگی، کج‌شدگی و میانگین قطر ذرات، ۳۰ عدد نیکا در دشت صوفیکم در حاشیه شرقی خزر مورد بررسی قرار گرفت. طبق نتایج پژوهش مشخص شد که بین شاخص جورشدگی، اندازه رسوبات با قطر ماسه خیلی ریز، لیمون و رس و مقدار EC، pH و ماده آلی در دو محیط نیکا و اراضی مجاور آن، تفاوت معنی‌دار وجود ندارد. لذا اثر و زمان عوامل فرساینده بر روی رسوبات زیاد نمی‌باشد و فاصله آن‌ها از منطقه برداشت کم است، به عبارتی منشأ رسوبات تشکیل‌دهنده و حمل‌شده نیکا در منطقه محلی است (۳).

¹ Organic materials

در پژوهشی در منطقه مطالعاتی نیمروز سیستان تأثیر احیای پوشش گیاهی بر مؤلفه‌های مورفومتری نبکا و نقش آن در تثبیت ماسه‌های روان به بررسی گذاشته شد. در این پژوهش بر اساس روش تک‌بعدی و استقرار ۵ ترانسکت خطی، متغیرهای ارتفاع، حجم نبکا، قطر تاج پوشش، قطر قاعده، ارتفاع گیاه، دامنه رو به باد و دامنه پشت به باد در ۴۵ نبکا گونه گز *Tamarix gallica*، در بازه زمانی ۱۶ ساله اندازه‌گیری شد. طبق نتایج به دست آمده عامل پوشش گیاهی با مؤلفه‌های مورفومتری نبکاها، دارای همبستگی معنادار است (۱۳). پژوهشگرانی، در ارزیابی آماری شکل نبکا‌های بیابان‌های ساحلی خلیج فارس، به این نتیجه رسیدند که با افزایش ارتفاع گیاه در سیریک از ۱/۷m تا ۲/۲m، حجم تلماسه رسوب $15m^3$ تا $72m^3$ افزایش و در منطقه میشی نیز با افزایش ارتفاع گیاه از ۱/۶۵m تا ۳/۵m، حجم رسوب از $15m^3$ تا $45m^3$ افزایش داشته است (۲۲). نتایج بررسی تغییرات در مراحل مختلف متوالی در مورفولوژی نبکای *Nitraria tangutorum* C. Bobrov در شمال غربی چین نشان می‌دهد که تراکم نبکای یک نوع گونه گیاهی در اراضی ماسه‌ای متحرک ۳۴، نیمه ثابت ۵۱ و ثابت ۷۷ تپه در هکتار بود و تراکم نبکا به تدریج افزایش یافت و با افزایش تثبیت زمین‌های ماسه‌ای شروع به انحطاط کردند. مرحله توالی نبکاها بر تمامی ویژگی‌های مورفولوژیک تأثیر معنی‌داری داشت و انواع زمین‌های ماسه‌ای تأثیر معنی‌داری بر طول، ارتفاع، حجم، مقیاس افقی و نسبت عرض به ارتفاع داشتند. تقریباً تمام پارامترهای مورفولوژیک نبکا‌های مورد مطالعه، در مراحل مختلف متوالی همبستگی داشتند که نشان‌دهنده رابطه متقابل قوی بین پارامترهای مورفولوژیکی نبکاها می‌باشد (۱۷). پژوهشگری، طی پژوهشی به تشریح اهمیت نبکا، توزیع آن‌ها در مقیاس جهانی و محلی، مورفولوژی آن‌ها و گیاهانی که با آنها مرتبط هستند پرداخت. برای این کار از Google Earth استفاده شد. ارتفاع نبکاها از چند cm تا ۲۰m برآورد شد. پوشش‌های گیاهی مرتبط با نبکاها باید ویژگی‌های خاصی را برای این نقش داشته باشند. از جمله، توانایی مقاومت در برابر خشک‌سالی، تحمل نمک، رشد در شرایط دفن ماسه، سیستم ریشه‌زایی گسترده و کم‌عمق

برای به دست آوردن آب از مه و باران، استخراج رطوبت از آب‌های زیرزمینی (۱۲). در کشور چین در پژوهشی به بررسی اثرات گیاهان چندساله غالب بر تشکیل نبکا پرداختند. آن‌ها دریافتند که ارتفاع نبکاها با ارتفاع بوته همبستگی کمتری دارد و در عوض با طول، عرض و سطح تاج پوشش و همچنین نیمرخ رو به باد گیاه همبستگی بالایی نشان می‌دهد (۱۰). پژوهشگرانی در پژوهش خود درختچه معمولی در مناطق بیابانی را به عنوان هدف تحقیق در نظر گرفتند و ظرفیت به دام انداختن ماسه را بررسی کردند. نتایج نشان می‌دهد که تک درختچه به دلیل تراکم زیاد شاخه‌ها، مقادیر زیادی رسوبات را به دام می‌اندازد و نبکا‌هایی را تشکیل می‌دهد که با اندازه درختچه همبستگی مثبت دارند (۲۳). برای بررسی نوع گیاهان در توسعه نبکاها، دو منطقه مجزا در شمال چین به بررسی گذاشته شد و نتایج نشان داد درختچه‌ها موجب افزایش طول نبکاها شده‌اند، در حالی که در مورد بوته‌ها بیشتر نبکاها تحت تأثیر رژیم بادی منطقه بودند (۱۱). نبکاها از نظر مؤلفه‌های مورفومتری با یکدیگر و دیگر اشکال فرسایشی متفاوت هستند و از سویی برخی از این پارامترها بر روی میزان انتقال رسوب بادی تأثیرگذار است، لذا شناسایی و اندازه‌گیری روابط بین این پارامترها و بررسی روند تغییرات برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی رسوبات، می‌تواند برای برنامه‌ریزی در عملیات کاهش انتقال ماسه‌های بادی و تجزیه و تحلیل بهتر ویژگی‌های رسوبات نقش مهمی ایفا نماید، چراکه هجوم ماسه‌های روان به مراکز انسانی یکی از معضلات جنوب شرق استان کرمان و شهرستان ریگان محسوب می‌شود که سالانه خسارت‌های زیادی را به مراکز سکونت‌گاهی و راه‌های ارتباطی وارد می‌کند و باعث از بین رفتن حاصلخیزی خاک می‌شود (۲۲). بر این اساس و نبود پژوهش‌های پیشین در منطقه مورد مطالعه، هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر مورفولوژی گونه‌های شورگز *Tamarix hispida* C. Linnaeus اسکنبیل *Calligonum comosum* E. Boissier و کهورایرانی *Prosopis cineraria* L. Druce بر مورفومتری نبکا‌های شهرستان ریگان و بررسی پارامترهای مورد اندازه‌گیری مورفومتری

است. اراضی شوری که خاک مرطوب دارد و تحت تأثیر جریانات فصلی رودخانه‌ها و آبراهه‌ها قرار دارند، از جمله نقاط رویشگاه‌های این درختچه می‌باشند. انشعابات فرعی ساقه‌ها، شکل کپه‌ای کروی به این درختچه می‌بخشد. این گیاه بیشتر در مناطق خشک، در زمین‌های شورزار، کنار رودخانه‌ها و کنار آب‌های شور رشد می‌کند و یکی از گونه‌های گیاهی است که در کشور ایران بخصوص در نواحی مجاور دشت لوت، تأثیر بسزایی در تشکیل و تکامل نبکاها دارد و دارای سازش با انواع مختلف محیط است. رشد این گیاه در مناطق بیابانی و نیمه بیابانی مزایای بسیار زیادی چون تحمل به خشکی و شوری، مقاومت در برابر فرسایش و رسوب، بادشکن، ثبات ماسه و جنگلداری، عمر طولانی و ریشه‌های عمیق دارد. نبکاهای این درختچه به وسیله ماسه‌های بادی تشکیل می‌شوند، به این شکل که ماسه‌ها در اثر برخورد به این درختچه، در پای آن تجمع یافته و به مرور زمان تپه‌ی ماسه‌ای در اطراف گیاه شکل می‌گیرد. در مناطقی که گیاهانی با مورفولوژی مختلف تحت تأثیر ماسه‌های بادی قرار دارند، اشکال مختلف تجمع ماسه‌های بادی، از جمله نبکاها تشکیل می‌شوند. از دیگر درختچه‌های سازگار به شرایط بیابان، در ماسه‌زارها به‌عنوان گونه‌ای شاخص و مقاوم به خشکی و کم‌آبی اسکنبیل *Calligonum comosum* می‌باشد. این گونه گیاهی، دارای جایگاه ویژه در شرایط مختلف اقلیمی به‌ویژه تپه‌های ماسه‌ای و ماسه‌های روان برخوردار است. دامنه انتشار این گیاه بسیار گسترده است و اغلب در نواحی مرکزی ایران مانند بیابان‌های ماسه‌ای کرمان، نائین، کویر مرکزی، ریگ جن، دامغان، خور و بیابانک، سیستان و بلوچستان، کرج و آذربایجان حضور دارند و دارای تنه‌ای منشعب یا غیر منشعب، ساقه ایستا و افراشته، سفیدرنگ، برگ‌ها اغلب حالت آویز به خود می‌گیرند. ارتفاع این گونه معمولاً بین یک تا سه متر متغیر است و در عرصه‌های تپه‌های ماسه‌ای به‌راحتی مستقر می‌گردد که سیستم ریشه‌های آن با خاک‌های سبک سازگاری پیدا نموده است. همچنین نوسانات شدید حرارتی و رطوبتی را به‌راحتی تحمل می‌نماید. دیگر گونه مورد مطالعه، کهور ایرانی *Prosopis cineraria* است که درختی است که در مناطق خشک و بدون پوشش رشد می‌کند؛ رویشگاه این درخت

نبکاها و ارتباطات بین پارامترهای مورفومتری به کمک روش‌های آماری صورت گرفت.

■ مواد و روش

منطقه مورد مطالعه

شهرستان ریگان، دارای مساحت 8600 km^2 ، در 300 km جنوب کرمان واقع شده است. موقعیت جغرافیایی این شهرستان بین عرض‌های $28^{\circ}51'53/46''$ تا $28^{\circ}3'58/27''$ شمالی و طول‌های $58^{\circ}21'9/8''$ تا $59^{\circ}34'58/37''$ شرقی می‌باشد (شکل ۱). شهرستان ریگان دارای وسعت بیابانی 473284 ha ، که از این مقدار، 109895 ha جزء کانون‌های بحرانی با اولویت اول است (۱۶). بر مبنای نقشه خطوط هم‌بارش ایران، بارش در غرب شهرستان ریگان از حدود 400 mm شروع شده و با حرکت به سمت شرق تا کمتر از 50 mm کاهش می‌یابد. در نتیجه به‌طور کلی نواحی غربی مرطوب‌تر از نواحی شرقی هستند. میانگین دمای سالانه شهرستان ریگان از 12°C در غرب تا نزدیک 22°C در شرق نوسان دارد؛ بنابراین از سمت غرب به سمت شرق میانگین دما افزایش یافته و هوا گرم‌تر می‌شود. بر اساس نقشه اقلیم کشور، شهرستان ریگان در سه طبقه نیمه‌خشک، خشک و فراخشک قرار می‌گیرد. طبقه فراخشک در نواحی شرقی قرار گرفته و دارای بیشترین مساحت می‌باشد. سپس طبقه خشک، در پایان در غربی‌ترین ناحیه طبقه نیمه‌خشک قرار گرفته است. ارزیابی ویژگی‌های توپوگرافیکی محدوده مورد مطالعه، نشان داد که محدوده دارای ارتفاع بیشینه 2942 m ، کمینه 515 m و متوسط 944 m می‌باشد. نواحی غربی مناطق مرتفع و نیمه‌شرقی در نواحی پست‌تر قرار گرفته است. مراتع فقیر $42/7\%$ و اراضی بدون پوشش $35/9\%$ از محدوده مورد مطالعه می‌باشند، کمترین مساحت نیز مربوط به کاربری‌های مسکونی با $0/1\%$ و کشاورزی با $2/3\%$ است (شکل ۲) (۷).

پوشش گیاهی مورد مطالعه

شورگز *Tamarix hispida* یکی از درختچه‌های مناطق بیابانی و شور می‌باشد. این گیاه اغلب در نواحی خشک و بستر آبراهه‌ها و رودخانه‌های شور و قلیایی رویش دارد و گیاهی مقاوم به خشکی و سازگار با شرایط سخت بیابان

شدت فرسایش به نحوی است که درختان خرما با ارتفاع بیش از ۵m، زیر رسوبات ماسه‌ای مدفون شده‌اند. نمونه‌ای از این رویداد در شکل ۳ نشان داده شده است.

نحوه نمونه‌برداری

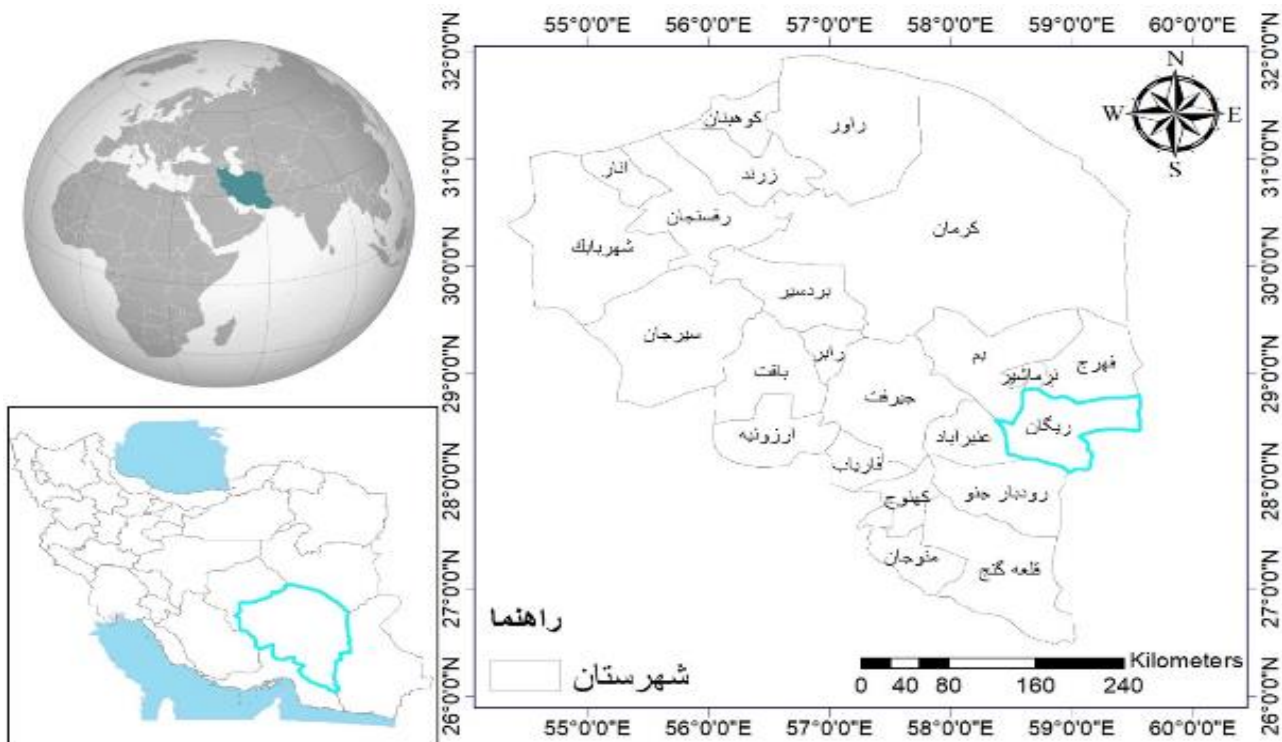
در محدوده انتخابی، آثار فرسایش بادی به‌وفور دیده می‌شوند. به‌طوری‌که نبکاهای فراوان با ویژگی‌های متفاوتی در محدوده انتخابی با تراکم زیاد دیده می‌شوند (شکل ۴). در این مرحله نمونه‌برداری در امتداد ۶ ترانسکت یک کیلومتری انجام شد و در امتداد هر ترانسکت ویژگی‌های مورفومتری نبکاها اندازه‌گیری شد. ویژگی‌های نبکاهای هرکدام از گیاهان اسکنبیل *Calligonum comosum*، کهور ایرانی *Prosopis cineraria* و شورگز *Tamarix hispida* به‌صورت جداگانه اندازه‌گیری شد. به‌منظور بررسی ویژگی‌های نبکاها، متغیرهای مورفومتری نبکا شامل صفات ارتفاع و قطر قاعده اندازه‌گیری شد و برای بررسی ویژگی‌های پوشش گیاهی تشکیل‌دهنده نبکا، عوامل مورفولوژی گیاهی شامل قطر تاج پوشش و ارتفاع گیاه، اندازه‌گیری شد.

نقاطی با میانگین بارش سالانه کمتر از ۵۰۰mm است. باوجود تغییر شرایط آب و هوایی در چنین مناطق اقلیمی، در مقابل بدترین بادهای گرم و خشک‌ترین فصول سال مقاومت می‌کند، یعنی زمانی که گیاهان دیگر مقهور شرایط متأثر اقلیمی می‌شوند، هم چنان به حیات خود ادامه می‌دهد و در مقابل شرایط خشک‌سالی دارای مقاومت قابل توجهی می‌باشد. این درخت دارای توانایی استفاده از آب و جذب رطوبت باران از میان شاخ و برگ‌ها می‌باشد، لذا می‌تواند در نواحی با بارش سالانه ۱۰۰mm رشد کند. رویشگاه این درخت از استان سیستان و بلوچستان تا خوزستان امتداد دارد (۲۰).

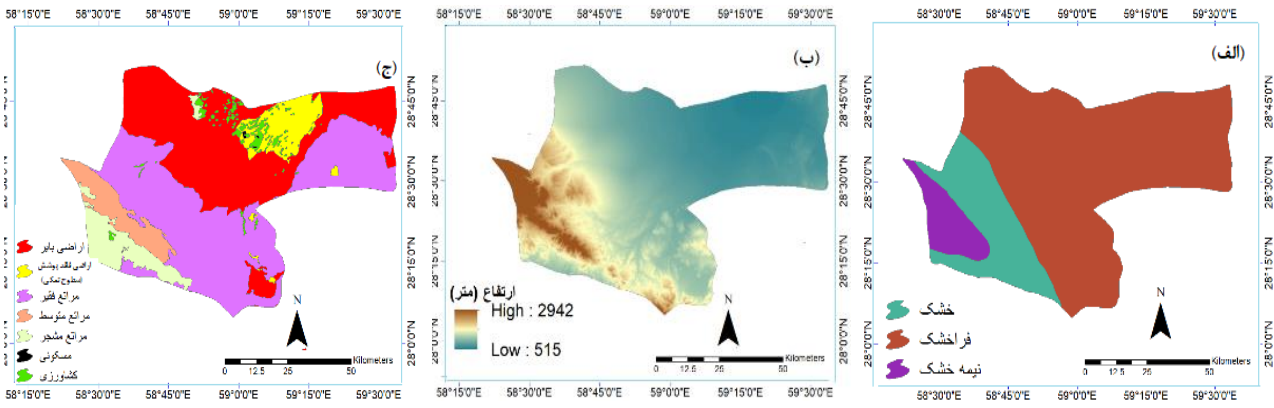
روش پژوهش

انتخاب محدوده نمونه‌برداری

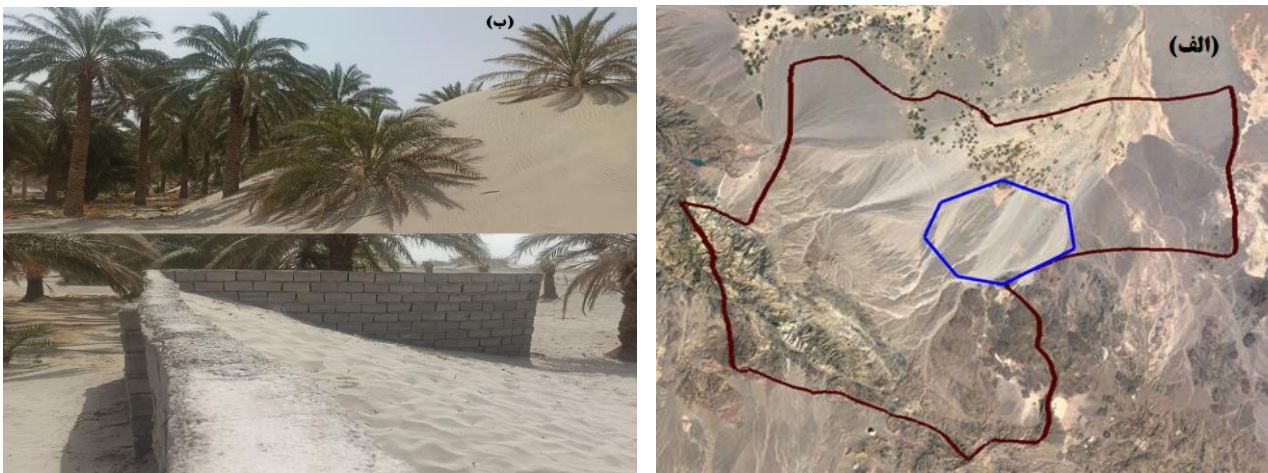
ابتدا با بهره‌گیری از پایگاه Google Earth، محدوده نبکازارها مشخص شد و سپس با بازدید میدانی منطقه قلمرو توسعه نبکاها تعیین شد. محدوده انتخابی دشت بمبویان ریگان در جنوب غربی شهر ریگان بود. این محدوده مساحتی بالغ بر ۵۰۳۰ha دارد و یکی از اصلی‌ترین کانون‌های فرسایش بادی در استان کرمان و حتی کشور است (۷).



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی شهرستان ریگان



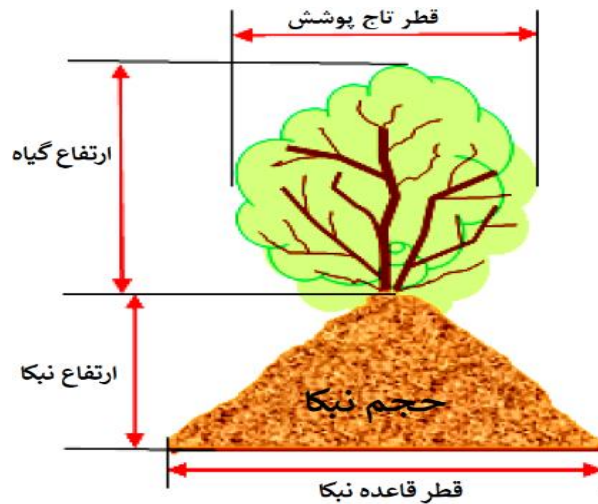
شکل ۲. الف) نقشه طبقه‌بندی اقلیمی (ب) مدل رقومی ارتفاع (ج) کاربری اراضی محدوده مورد مطالعه (۱۹)



شکل ۳. الف) محدوده انتخابی (ب) نمونه شدت رسوب‌گذاری بادی در دشت بمبویان ریگان



شکل ۴. نیکبای محدوده انتخابی



شکل ۵. پارامترهای مورد اندازه‌گیری نیکاهای و پوشش گیاهی آنها

تجزیه و تحلیل آماری

اولین مرحله تجزیه و تحلیل آماری داده‌های اندازه‌گیری شده، بررسی نرمال بودن آنها بود و از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف استفاده شد (۶). آزمون کولموگروف-اسمیرنوف آزمونی ناپارامتری است که برای تعیین همگنی داده‌های تجربی با توزیع‌های آماری مورد نظر به کار می‌رود. از مزایای آزمون کولموگروف-اسمیرنوف این است که در آن از مشاهدات رده‌بندی نشده استفاده می‌شود.

بعد از بررسی نرمال بودن داده‌ها، ابتدا در نرم‌افزار SPSS همبستگی متغیرهای اندازه‌گیری شده، بررسی شد. در این مرحله با استفاده از رابطه همبستگی پیرسون، همبستگی محاسبه گردید (رابطه ۱).

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

در این رابطه r ضریب همبستگی پیرسون، x_i متغیرهای مستقل و \bar{x} میانگین آنها و y_i متغیرهای وابسته و \bar{y} میانگین آنها می‌باشد. مقدار ضریب همبستگی بین -۱ تا ۱ متغیر است که +۱ همبستگی مثبت کامل، صفر نبود همبستگی و -۱ همبستگی منفی کامل را نشان می‌دهد.

در مرحله بعد برای مدل‌سازی مورفولوژی گونه‌های مورد مطالعه، با ویژگی‌های مورفومتری نیکاهای از رگرسیون خطی استفاده شد. به این منظور از (رابطه ۲) ضریب رگرسیون (شیب خط) محاسبه شد.

$$SSlope = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \quad (2)$$

در این رابطه: X_i متغیر مستقل و Y_i متغیر وابسته هستند و n تعداد نمونه‌های موجود است. به طور کلی، اگر شیب بزرگ‌تر از صفر باشد، متغیر وابسته هم‌جهت با متغیر مستقل تغییر می‌کند. در حالی که اگر شیب کوچک‌تر از صفر باشد، متغیر وابسته در خلاف جهت متغیر مستقل تغییر می‌کند. هر چه اندازه شیب تغییرات بیشتر باشد، شدت تغییرات متغیر وابسته نسبت به تغییرات متغیر مستقل بیشتر است (۵). در این رابطه: X_i متغیر مستقل و Y_i متغیر وابسته هستند و n تعداد نمونه‌های موجود است. به طور کلی، اگر شیب بزرگ‌تر از صفر باشد، متغیر وابسته هم‌جهت با متغیر مستقل تغییر می‌کند. در حالی که اگر شیب کوچک‌تر از صفر باشد، متغیر وابسته در خلاف جهت متغیر مستقل تغییر می‌کند. هر چه اندازه شیب تغییرات بیشتر باشد، شدت تغییرات متغیر وابسته نسبت به تغییرات متغیر مستقل بیشتر است (۵).

نتایج

ارزیابی داده‌ها و بررسی نرمال بودن آنها

با توجه به نتایج حاصله میانگین ارتفاع نیکا حاصل از شورگژ، $1/3m$ و انحراف معیار آنها $0/3$ است. بیشترین ارتفاع نیکا اندازه‌گیری شده $1/8m$ و کمترین آن $0/9m$

۴/۵m و میانه ۴/۷m با انحراف معیار ۱ بوده است. کمترین مقدار قاعده اندازه‌گیری شده نبکاهای حاصل از کهور ایرانی، ۳/۱m و بیشترین آن ۶/۲m است. چولگی و کشیدگی قطر قاعده نبکاهای حاصل از کهور ایرانی ۰/۰۱ و ۰/۸۵- می‌باشد که با توجه این مقادیر، این داده‌ها نرمال می‌باشد. ارتفاع‌های گیاهان کهور ایرانی در نبکاهای محدوده مورد مطالعه دارای میانگین ۱/۸m، میانه ۱/۹m، حداقل ۱/۱m، حداکثر ۲/۵m و انحراف معیار ۰/۵ می‌باشد. همچنین با توجه به مقادیر کشیدگی و چولگی، این داده‌ها دارای توزیع نرمالی هستند. قطر تاج پوشش گیاهان کهور ایرانی نبکاها دارای میانگین ۱/۲m، حداقل ۰/۶m، حداکثر ۱/۷m و انحراف معیار ۰/۳ می‌باشد و بر اساس مقادیر کشیدگی و چولگی دارای توزیع نرمال هستند. در بررسی نبکا حاصل از اسکنبیل، میانگین و میانه ارتفاع نبکا مذکور، ۰/۶m و ۰/۷m و انحراف معیار آن‌ها ۰/۳ به دست آمد.

بیشترین ارتفاع نبکا اندازه‌گیری شده ۱ و کمترین آن ۰/۳m بوده است. دارای چولگی ۰/۰۴- و کشیدگی ۰/۷۶- می‌باشد که حاکی از آن است که از نظر این دو معیار، داده‌های ارتفاع نبکاهای دارای اسکنبیل دارای توزیع نرمالی هستند. همچنین قطر قاعده نبکاهای حاصل از اسکنبیل نیز دارای میانگین ۱/۸m و میانه ۱/۶m با انحراف معیار ۰/۶ بوده است. کمترین مقدار قاعده اندازه‌گیری شده نبکاهای حاصل از آن ۱m و بیشترین آن ۲/۸m است.

بوده است و دارای چولگی ۰/۱۸ و کشیدگی ۱/۴۱- می‌باشد (جدول ۱) و نشان‌دهنده این است که از نظر این دو معیار، داده‌های ارتفاع نبکاهای حاصل از شورگز وضعیت نرمالی دارد. همچنین قطر قاعده نبکاهای حاصل از شورگز نیز دارای میانگین و میانه ۳/۲m و ۳/۳m متر با انحراف معیار ۰/۸ بوده است. کمترین مقدار قاعده اندازه‌گیری شده نبکاهای حاصل از شورگز ۲/۲m و بیشترین آن ۴/۱m است. چولگی و کشیدگی قطر قاعده نبکاهای دارای گز ۰/۲۲- و ۱/۳۳- می‌باشد که با توجه به مقادیر، این داده‌ها نرمال می‌باشد. گیاهان شورگز در نبکاهای محدوده مورد مطالعه دارای میانگین ۲m، حداقل ۱/۷m، حداکثر ۲/۲m و انحراف معیار ۰/۰۹ می‌باشد. همچنین با توجه به مقادیر کشیدگی و چولگی، این داده‌ها دارای توزیع نرمالی هستند. قطر تاج پوشش گیاهان شورگز نبکاها دارای میانگین ۱m، حداقل ۰/۶m، حداکثر ۱/۵m و انحراف معیار ۰/۳ می‌باشد و بر اساس مقادیر کشیدگی و چولگی، دارای توزیع نرمال هستند.

میانگین و میانه ارتفاع نبکا حاصل از کهور ایرانی، ۰/۹m و انحراف معیار آن‌ها ۰/۳ است. بیشترین ارتفاع نبکا اندازه‌گیری شده ۱/۵m و کمترین آن ۰/۵m بوده است. چولگی ۰/۳ و کشیدگی آن ۱/۲۷- می‌باشد که حاکی از آن است که از نظر این دو معیار، داده‌های ارتفاع نبکاهای حاصل از کهور ایرانی دارای توزیع نرمالی هستند. همچنین قطر قاعده نبکاهای حاصل از کهور ایرانی نیز دارای میانگین

جدول ۱. ویژگی‌های آماری نمونه‌های نبکاهای مختلف

نوع گیاه	شورگز			کهور ایرانی			اسکنبیل			آماره	
	ارتفاع	ارتفاع	ارتفاع	ارتفاع	ارتفاع	ارتفاع	ارتفاع	ارتفاع			
میانگین	۱/۳	۲	۱	۳/۲	۰/۹	۱/۸	۱/۲	۴/۵	۰/۶	۰/۹	۱/۸
میانه	۱/۳	۲	۱	۳/۳	۰/۹	۱/۹	۱/۲	۴/۷	۰/۷	۰/۹	۱/۶
واریانس	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۶۴	۰/۰۹	۰/۲۵	۰/۰۹	۱	۰/۰۴	۰/۰۹	۰/۳۶
انحراف معیار	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۸	۰/۳	۰/۵	۰/۳	۱	۰/۲	۰/۳	۰/۶
کمترین مقدار	۰/۹	۱/۷	۰/۶	۲/۲	۰/۵	۱/۱	۰/۶	۳/۱	۰/۳	۰/۴	۱
بیشترین مقدار	۱/۸	۲/۲	۱/۵	۱/۴	۱/۵	۲/۵	۱/۷	۶/۲	۱	۱/۴	۲/۸
دامنه	۰/۹	۰/۵	۰/۹	۱/۹	۱	۱/۴	۱/۱	۳/۱	۰/۷	۱	۱/۸
محدوده میان چارکی	۱/۳	۲	۱	۳/۳	۰/۹	۱/۹	۱/۲	۴/۷	۰/۷	۰/۹	۱/۶
چولگی	۰/۱۸	-۰/۲	۰/۱۷	-۰/۲۲	۰/۳	-۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۰۱	-۰/۰۴	۰/۱	۰/۳۱
کشیدگی	-۱/۴۱	-۱/۱۳	-۱/۱۵	-۱/۳۳	-۱/۲۷	-۱/۱۲	-۱/۰۳	-۰/۸۵	-۰/۷۶	-۰/۹۴	-۱/۳

جدول ۲. نتایج آزمون کلموگروف - اسمیرنوف نمونه‌های نیکاهای مختلف

نوع گیاه	اجزا آزمون	ارتفاع نیکا	ارتفاع گیاه	قطر تاج پوشش	قطر قاعده نیکا
شورگز	آماره آزمون	۰/۱۰۳	۰/۰۹۹	۰/۱۱	۰/۱۰۸
	Sig. (2-tailed)	۰/۲	۰/۲۲	۰/۲	۰/۲
کهور	آماره آزمون	۰/۰۹	۰/۱۲	۰/۰۸	۰/۱۰۳
	Sig. (2-tailed)	۰/۲۳	۰/۲۱	۰/۳	۰/۲
اسکنبیل	آماره آزمون	۰/۱۲۱	۰/۱	۰/۲۲	۰/۲۲
	Sig. (2-tailed)	۰/۲	۰/۲۱	۰/۱۸	۰/۱۸

** همبستگی در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است.

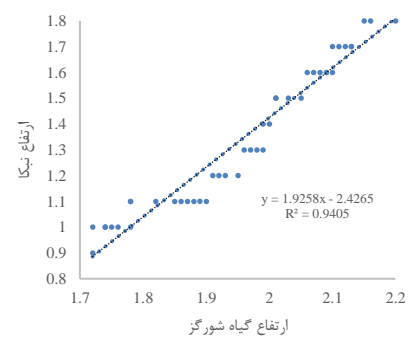
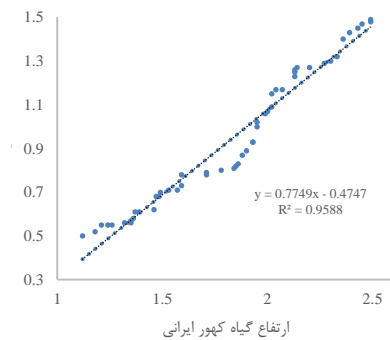
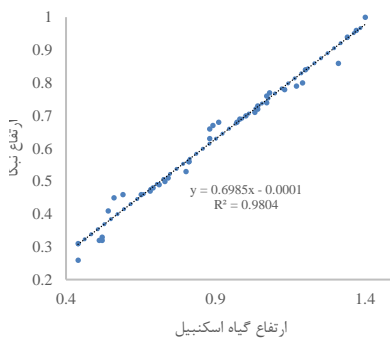
* همبستگی در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار است.

جدول ۳. نتایج آزمون همبستگی پیرسون ارتفاع گیاه و ارتفاع نیکا

اجزا آزمون	شورگز	کهور	اسکنبیل
آماره آزمون	۰/۹۷۱	۰/۹۷۹	۰/۹۹
	۰/۰۰**	۰/۰۰**	۰/۰۰**

** همبستگی در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است.

* همبستگی در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار است.



شکل ۶. رگرسیون بین ارتفاع گیاه و ارتفاع نیکا

نتایج آزمون کلموگروف-اسمیرنوف نمونه‌های نیکاهای موردبررسی در جدول ۲ نشان داده شده است. با توجه به این جدول، نرمال نبودن داده‌های ارتفاع نیکا، ارتفاع گیاه، قطر تاج پوشش قطر قاعده نیکا در سطح پنج درصد معنی‌دار نشده است که نشان از نرمال بودن داده‌ها دارد.

ارزیابی رابطه ارتفاع گیاه و ارتفاع نیکا

همبستگی ارتفاع گیاه و ارتفاع نیکا در هر سه نوع نیکاهای، در سطح یک درصد معنی‌دار است (جدول ۳). شدت همبستگی در نیکاهای حاصل از اسکنبیل از نیکاهای انتخابی دیگر بیشتر است. همچنین با توجه به مثبت شدن مقادیر همبستگی پیرسون، رابطه این دو شاخص مستقیم

چولگی و کشیدگی قطر قاعده نیکاهای دارای اسکنبیل ۰/۳۱ و ۱/۳- می‌باشد که با توجه این مقادیر، این داده‌ها نرمال می‌باشد. ارتفاع‌های گیاهان اسکنبیل در نیکاهای محدوده موردبررسی، دارای میانگین ۰/۹m، میانه ۰/۹m، حداقل ۰/۴m، حداکثر ۱/۴m و انحراف معیار ۰/۳ می‌باشد. همچنین با توجه به مقادیر کشیدگی و چولگی، این داده‌ها دارای توزیع نرمالی هستند. قطر تاج پوشش گیاهان اسکنبیل نیکاهای دارای میانگین ۰/۴m، حداقل ۰/۲m، حداکثر ۰/۷m و انحراف معیار ۰/۱ می‌باشد و بر اساس مقادیر کشیدگی و چولگی دارای توزیع نرمال هستند. چولگی و کشیدگی قطر قاعده، ارتفاع و قطر تاج پوشش نیکاهای مورد مطالعه نرمال می‌باشد (جدول ۱).

می‌باشد. به عبارت دیگر با افزایش ارتفاع گیاهان هر سه گیاه مورد بررسی، ارتفاع نبکا حاصل از آن نیز افزایش می‌یابد. رگرسیون بین ارتفاع گیاه و ارتفاع نبکا در نیکاهای مورد مطالعه در (شکل ۶) نشان داده شده است. با توجه به این شکل شیب تغییرات ارتفاع نبکا نسبت به تغییرات ارتفاع گیاه شورگز حدود ۰/۹۹ و اسکنبیل ۱/۳۵ است. به عبارت دیگر با تغییر یک واحد از قطر تاج پوشش گیاه، ارتفاع نبکا برای گیاه شورگز ۰/۹۹، کهور ایرانی ۰/۹۹ و اسکنبیل ۱/۳۵ واحد تغییر می‌کند. با توجه به ارزیابی نتایج رگرسیون بین قطر تاج پوشش گیاه و ارتفاع نبکا می‌توان گفت که شیب تغییرات ارتفاع نبکا نسبت به تغییرات قطر تاج پوشش گیاه در گیاهان اسکنبیل و کهور ایرانی بیشتر از شورگز است؛ بنابراین تغییرات قطر تاج پوشش گیاه اسکنبیل تأثیر بیشتری نسبت به دو گیاه دیگر بر تغییرات ارتفاع نبکا دارد.

ارزیابی رابطه ارتفاع گیاه و قطر قاعده نبکا

همبستگی ارتفاع گیاه و قطر قاعده نبکا در هر سه نوع نیکاهای حاصل از شورگز، کهور و اسکنبیل در سطح یک درصد معنی‌دار است (جدول ۵). شدت همبستگی در نیکاهای حاصل از شورگز از نیکاهای انتخابی دیگر بیشتر است. همچنین با توجه به مثبت شدن ضریب رگرسیون، رابطه این دو شاخص مستقیم می‌باشد. به عبارت دیگر، با افزایش ارتفاع گیاه، قاعده نبکا حاصل از آن نیز افزایش می‌یابد. شیب تغییرات قطر قاعده نبکا نسبت به تغییرات ارتفاع گیاه شورگز ۴/۴۶، کهور ایرانی ۲/۶ و اسکنبیل ۲/۱ است. به عبارت دیگر با تغییر یک واحد از ارتفاع شورگز، قطر قاعده نبکا ۴/۴۶، ۲/۶ و ۲/۱ واحد تغییر می‌کند (شکل ۸).

می‌باشد. به عبارت دیگر با افزایش ارتفاع گیاهان هر سه گیاه مورد بررسی، ارتفاع نبکا حاصل از آن نیز افزایش می‌یابد. رگرسیون بین ارتفاع گیاه و ارتفاع نبکا در نیکاهای مورد مطالعه در (شکل ۶) نشان داده شده است. با توجه به این شکل شیب تغییرات ارتفاع نبکا نسبت به تغییرات ارتفاع گیاه شورگز حدود ۱/۹، کهور ایرانی حدود ۰/۷۷ و اسکنبیل حدود ۰/۷ است. به عبارت دیگر با تغییر ۱/۹ واحد از ارتفاع گز، ۰/۷۷ واحد از کهور ایرانی و ۰/۷ واحد از اسکنبیل، یک واحد از ارتفاع نبکا تغییر می‌کند. با توجه به ارزیابی نتایج رگرسیون بین ارتفاع گیاه و ارتفاع نبکا، می‌توان گفت که شیب تغییرات ارتفاع نبکا نسبت به تغییرات ارتفاع پوشش گیاهی در گیاهان شورگز و کهور ایرانی بیشتر از اسکنبیل است؛ بنابراین می‌توان گفت که تغییرات ارتفاع شورگز تأثیر بیشتری نسبت به دو گیاه دیگر بر تغییرات ارتفاع نبکا دارد.

ارزیابی رابطه قطر تاج پوشش گیاه و ارتفاع نبکا

که همبستگی این دو شاخص در هر سه نوع نبکا، در سطح یک درصد معنی‌دار است (جدول ۴). شدت همبستگی در نیکاهای دارای کهور ایرانی از نیکاهای انتخابی دیگر بیشتر است. همچنین با توجه به مثبت شدن مقادیر همبستگی پیرسون رابطه قطر تاج پوشش گیاه و ارتفاع نبکا مستقیم می‌باشد. به عبارت دیگر با افزایش قطر تاج پوشش هر سه گیاه مورد بررسی، ارتفاع نبکا حاصل از آن نیز افزایش می‌یابد. رگرسیون بین قطر تاج پوشش گیاه و

جدول ۴. نتایج آزمون همبستگی پیرسون قطر تاج پوشش گیاه و ارتفاع نبکا

اسکنبیل	کهور	شورگز	اجزا آزمون
۰/۹۵۲	۰/۹۸۵	۰/۹۷۷	آماره آزمون
۰/۰۰**	۰/۰۰**	۰/۰۰**	

** همبستگی در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است.

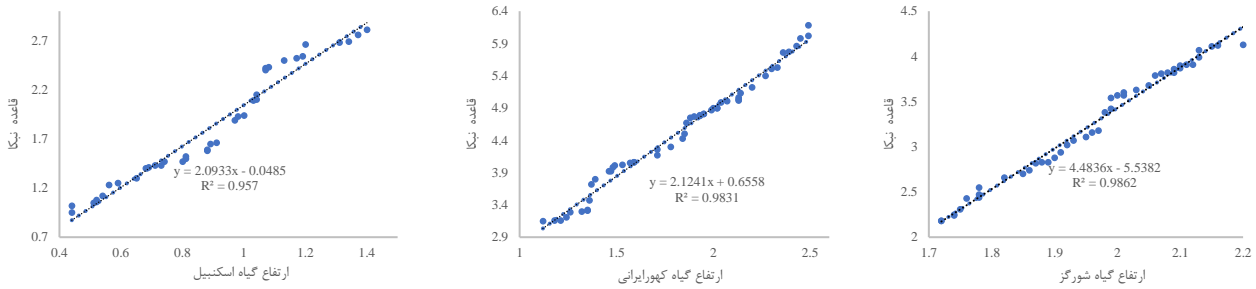
* همبستگی در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار است.

جدول ۵. نتایج آزمون همبستگی پیرسون ارتفاع گیاه و قطر قاعده نبکا

اسکنبیل	کهور	شورگز	اجزا آزمون
۰/۹۷۹	۰/۹۷۱	۰/۹۹۴	آماره آزمون
۰/۰۰**	۰/۰۰**	۰/۰۰**	

** همبستگی در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است.

* همبستگی در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار است.

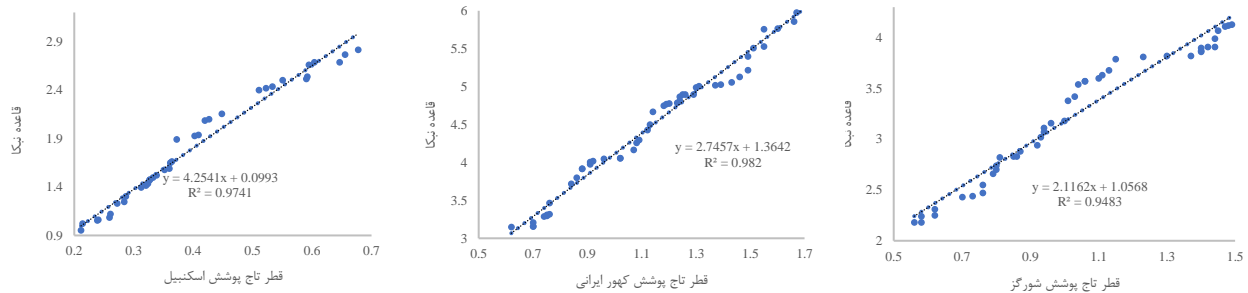


شکل ۸. رگرسیون بین ارتفاع گیاه و قطر قاعده نبکا

جدول ۶. نتایج آزمون همبستگی پیرسون قطر تاج پوشش گیاه و قطر قاعده نبکا

اسکنبیل	کهور	شورگز	اجزا آزمون
۰/۹۸۷	۰/۹۹۱	۰/۹۷۴	آماره آزمون
۰/۰۰**	۰/۰۰**	۰/۰۰**	

** همبستگی در سطح ۰/۰۱ معنی دار است. * همبستگی در سطح ۰/۰۵ معنی دار است.



شکل ۹. رگرسیون بین قطر تاج پوشش گیاه و قطر قاعده نبکا

پوشش گیاه شورگز ۲/۱۲، کهور ایرانی ۲/۷ و اسکنبیل ۴/۲۵ است (شکل ۹). به عبارت دیگر با تغییر یک واحد از قطر تاج پوشش گیاه شورگز، قطر قاعده نبکا ۲/۱۳ واحد تغییر می کند. با توجه به ارزیابی نتایج رگرسیون بین قطر تاج پوشش گیاه و قطر قاعده نبکا می توان گفت که شیب تغییرات قطر قاعده نسبت به تغییرات قطر تاج پوشش گیاه در گیاهان اسکنبیل و کهور ایرانی بیشتر از شورگز است؛ بنابراین می توان گفت که تغییرات قطر تاج پوشش گیاه اسکنبیل، تأثیر بیشتری نسبت به دو گیاه دیگر بر تغییرات قطر قاعده نبکا دارد.

■ بحث و نتیجه گیری

نبکاهای نوعی تپه ماسه‌ای تثبیت شده است که موقعیت و وضعیت آن‌ها به وسیله پوشش گیاهی کنترل می شود (۱۸). مورفولوژی نبکا وابستگی زیادی به نوع گونه گیاهی دارد، به طوری که سازگاری زیاد گونه‌ها موجب مقاومت زیاد نسبت

با توجه به ارزیابی نتایج رگرسیون بین ارتفاع گیاه و قطر قاعده نبکا می توان گفت که شیب تغییرات قطر قاعده نبکا نسبت به تغییرات ارتفاع گیاه در گیاهان شورگز و کهور ایرانی بیشتر از اسکنبیل است؛ بنابراین می توان گفت که تغییرات ارتفاع گیاه شورگز تأثیر بیشتری نسبت به دو گیاه دیگر بر تغییرات قطر قاعده نبکا دارد.

ارزیابی رابطه قطر تاج پوشش گیاه و قطر قاعده نبکا

همبستگی قطر تاج پوشش گیاه و قطر قاعده نبکا در هر سه نوع نبکا در سطح یک درصد معنی دار است (جدول ۶). شدت همبستگی در نبکاهای حاصل از کهور ایرانی از نبکاهای انتخابی دیگر بیشتر است. همچنین با توجه به مثبت شدن مقادیر همبستگی پیرسون رابطه این دو شاخص مستقیم می باشد. به عبارت دیگر با افزایش قطر تاج پوشش هر سه گیاه، قاعده نبکا حاصل از آن نیز افزایش می یابد. شیب تغییرات قطر قاعده نبکا نسبت به تغییرات قطر تاج

نتایج رگرسیون بین ارتفاع گیاه و ارتفاع نبکا نشان داد که شیب تغییرات ارتفاع نبکا نسبت به تغییرات ارتفاع پوشش گیاهی در گیاه شورگز، بیشتر از دو گیاه دیگر است. همچنین شیب تغییرات ارتفاع نبکا نسبت به تغییرات قطر تاج پوشش گیاه در گیاه اسکنبیل بیشتر از دو گیاه دیگر است. از طرف دیگر شیب تغییرات قطر قاعده نبکا، نسبت به تغییرات ارتفاع گیاه در گیاه شورگز بیشتر از دو گیاه دیگر است و شیب تغییرات قطر قاعده نسبت به تغییرات قطر تاج پوشش گیاه در گیاه اسکنبیل بیشتر از دو گیاه دیگر می‌باشد. علاوه بر آنچه گفته شد، ویژگی‌های مورفولوژیک نبکاهای محدوده مورد بررسی نشان می‌دهد که در این ناحیه توفان‌ها در طول سال بسیار قوی هستند، به طوری که حجم گسترده‌ای از ماسه‌ها را در منطقه جابه‌جا می‌نمایند. نبکاهای مورد مطالعه شواهدی برای نشان دادن قدرت حمل و جابه‌جایی حجم وسیعی از ماسه در شهرستان ریگان می‌باشند. علاوه بر این، همان‌گونه که پیش‌تر گفته شد، اندازه گونه گیاهی، نقش زیادی در ارتفاع تپه‌های نبکا دارد؛ زیرا هرچه بلندتر و حجیم‌تر باشد، می‌تواند ماسه‌های بیشتری را به دام انداخته و در نتیجه تپه ماسه‌ای بلندتری ایجاد کند. با توجه به نتایج این پژوهش، در هر سه گیاه انتخابی بین ارتفاع نبکا با تاج پوشش گیاهی و ارتفاع گیاه رابطه مستقیم و معنی‌دار وجود دارد، همچنین گونه‌های مختلف گیاهی نبکاهای متفاوت ایجاد می‌کند و مورفولوژی نبکا وابستگی زیادی به نوع گونه گیاهی دارد، به طوری که سازگاری زیاد گونه‌های گیاهی، موجب مقاومت زیاد نسبت به مدفون شدن گونه در زیر ماسه‌های روان شده و تجمع رسوبات بادی در اطراف آن و حجم نبکا بیشتر می‌شود. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آینده، کارایی گیاهان در شدت‌های مختلف فرسایش بادی نیز مورد بررسی قرار گیرد.

■ سپاسگزاری

دینوسیله از اداره منابع طبیعی شهرستان بم، به دلیل در اختیار قرار دادن اطلاعات لازم قدردانی می‌گردد.

■ References

1. Afrasiabi, S., Tazeh, M., Taghizadeh Mehrjardi, R., Ghaneei Bafghi, M.J. & Kalantari, S. (2019). Performance of two measurement methods of pin meter and laser disto meter in the measurement of

به مدفون شدن گونه در زیر ماسه‌های روان شده و موجب رشد این‌گونه تجمع رسوبات بادی در اطراف آن و تشکیل نبکا در سطح وسیع می‌شود (۸). نتایج نشان داد که در نبکا حاصل از شورگز میانگین ارتفاع $1/3m$ و قطر قاعده نبکا $3/2m$ ، نبکا حاصل از کهور ایرانی، میانگین ارتفاع $0/9m$ و قطر قاعده نبکا $4/5m$ و نبکاهای حاصل از اسکنبیل میانگین ارتفاع $0/6m$ و قطر قاعده نبکا $1/8m$ می‌باشد؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت در نبکاهای حاصل از کهور ایرانی به نسبت ارتفاع، طول قاعده بیشتری نسبت به نبکاهای حاصل از شورگز و اسکنبیل دارد. محققینی در پژوهش خود ویژگی‌های ژئومورفولوژیک را در نبکاهای چهار گونه گیاهی در غرب دشت لوت به مقایسه گذاشتند و بیان داشتند که نبکاهای حاصل از شورگز با میانگین ارتفاع $1/5m$ دارای میانگین قاعده $4/2m$ هستند، در حالی که نبکاهای حاصل از کهور ایرانی با میانگین ارتفاع $1/5m$ ، دارای میانگین قاعده $6/1m$ می‌باشند (۲۰)؛ بنابراین نتایج ایشان با یافته‌های پژوهش حاضر برای بزرگ‌تر بودن قاعده نبکا در گیاهان با ارتفاع بیشتر، همسو می‌باشد، به طوری که در هر دو پژوهش با افزایش ارتفاع گیاه، قاعده نبکا نیز بزرگ‌تر شده است.

نتایج همبستگی شاخص‌های اندازه‌گیری شده نشان داد که تمامی مورفولوژی گونه‌های شورگز، اسکنبیل و کهور ایرانی با ویژگی‌های مورفومتری نبکاها معنی‌دار است؛ که با نتایج (۲، ۱۸) مطابقت دارد و در این دو تحقیق همانند پژوهش حاضر، نیز مورفولوژی گونه گیاهی نقشی مؤثر در ظاهر نبکا داشته است. هرچند مقدار ضریب پیرسون در تحقیقات آن‌ها کمتر از پژوهش حاضر بود، ضریب پیرسون در تمامی روابط در پژوهش حاضر بیشتر از $0/9$ بوده است. دلیل این امر شدت زیاد فرسایش بادی در محدوده مورد بررسی است. به طوری که شدت فرسایش به حدی است که چاله‌های نهال‌کاری اگر خالی بماند ظرف دو ماه پر از رسوب می‌شود؛ بنابراین هر نوع مانعی در سر راه فرسایش بادی با توجه به ارتفاع و قطر مانع، به سرعت رسوب صورت می‌گیرد. در پایان این‌گونه می‌توان نتیجه‌گیری کرد که ارزیابی

- microtopography created by desert pavement. *Desert Ecosystem Engineering Journal*, 8(22), 1-14. DOI: 10.22052/DEEJ.2018.7.22.45 [In Persian]
2. Akhond, M., Kalantari, S., Sadeghinia, M., & Tazeh, M. (2021). The relationship between physiognomic characteristics of *Tamarix aphylla* and *Seidlitzia rosmarinus* with morphometric parameters of Khour Va Biabanak county nebkhas using regression methods and artificial neural network. *Desert*, 26(2), 237-249. DOI: 10.22059/JDESERT.2021.318279.1006805
 3. Alinezhad, M., Hosseinalizadeh, M., Ownegh, M., & Mohammadian Behbahani, A. (2017). Geomorphopedological analysis of nebka landscape in Sufikam plain, Golestan province. *Desert Ecosystem Engineering Journal*, 6(16), 59-70. DOI: 10.22052/6.16.59 [In Persian]
 4. 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 Journal*, 9(29), 1-14. DOI: 10.22052/DEEJ.2020.9.29.1 [In Persian]
 5. 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]
 6. Barzegar Ardakani, R., Kalantari, S., Fazelpour, M., & Tazeh, M. (2024). Economic analysis of strip and pit cultivation methods in desertification projects. *Desert Management*, 12(1), 77-89. DOI: 10.22034/JDMAL.2024.2020191.1450 [In Persian]
 7. Behnood, M., Morovati, M., & Ghanei Bafghi, M. J. (2021). Assessment of the environmental impacts of wind erosion in three economic, social and environmental environments using the DPSIR model. (Case Study: Regan County). *Human & Environment*, 3(19), 143-154. [In Persian]
 8. Bing, L., Wenzhi, Z., & Rong, Y. (2008). Characteristics and spatial heterogeneity of *Tamarix ramosissima* nebkhas in desert-oasis ecotones. *Acta Ecologica Sinica*, 28(4), 1446-1455. DOI: 10.1016/S1872-2032(08)60053-0
 9. Bochet, E., Poesen, J., & Rubio, J. L. (2000). Mound development as an interaction of individual plants with soil, water erosion and sedimentation processes on slopes. *Earth Surface Processes and Landforms*, 25(8), 847-867. DOI :10.1002/1096-9837(200008)25:8<847::AID-ESP103>3.0.CO;2-Q
 10. Cao, X., Jiao, J., Li, J., Qi, H., Bai, L., Wang, X., & Sun, X. (2022). Morphometric characteristics and sand intercepting capacity of dominant perennial plants in the Eastern Qaidam Basin: Implication for aeolian erosion control. *Catena*, 210, 105939. DOI :10.1016/j.catena.2021.105939
 11. Cheng, L., Wu, B., Pang, Y., & Jia, X. (2024). Shrub growth improves morphological features of nebkhas: a case study of *Nitraria tangutorum* in the Tengger Desert. *Plants*, 13(5), 624. DOI: 10.3390/plants13050624
 12. Goudie, A. S. (2022). Nebkhas: An essay in aeolian biogeomorphology. *Aeolian Research*, 54, 100772. DOI : 10.1016/j.aeolia.2022.100772
 13. Jahantigh, M., & Jahantigh, M. (2020). Investigating the effect of vegetation restoration on morphometric components of nebaka and its role in the stabilization of sand dunes in Nimroz Area of Sistan Province. *Geography and Environmental Planning*, 31(2), 105-120. DOI: 10.22108/GEP.2020.119973.1225
 14. 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]

15. Kargaran, F., Kalantari, S., Ghanei Bafghi, M.J., & Tazeh, M. (2017). The Compare of grading criteria in coarse ripplemark 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]
16. 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]
17. Liu, M., Wei, Y., Li, W., & Wang, J. (2023). Changes in morphology of *Nitraria tangutorum* nebkhas at different successional stages in the Oasis-Desert ecotone, Northwest China. *Polish Journal of Environmental Studies*, 32(2). DOI: 10.15244/pjoes/155196
18. Maghsoudi, M., Negahban, S., Bagheri said-Shokeri, S., & Chezgheh, S. (2012). Comparative and analysis of nebkas geomorphologic features four plant species in west of Lut (East of Shahdad - Takab plain). *Physical Geography Research*, 44(1), 55-76. DOI: 10.22059/JPHGR.2012.24734 [In Persian]
19. Mehrabi, A. (2020). Detecting areas vulnerable to sand encroachment using remote sensing and GIS techniques; Case study: Rigan, Fahraj and Narmashir counties, Kerman province. *Journal of Natural Environmental Hazards*, 9(24), 47-62. DOI: 10.22111/JNEH.2019.29225.1505 [In Persian]
20. Negahban, S., Yamani, M., maghsoudi, M., & Azizi, Gh. (2013). Investigating the density, geomorphology and altitudinal zonation of the Nebkas in the western margin of the Lot plain and the effects of vegetation on their morphology. *Quantitative Geomorphological Research*, 1(4), 17-42. DOI: 20.1001.1.22519424.1392.1.4.2.4 [In Persian]
21. Pourkhosravani, M., & Mousavi, S. H. (2016). Analysis of nebka landscape in Negar plain of Bardsir. *Desert Ecosystem Engineering Journal*, 5(10), 45-56. [In Persian]
22. 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]
23. Wang, X., Xiao, H., Li, J., Qiang, M., & Su, Z. (2008). Nebkha development and its relationship to environmental change in the Alaxa Plateau, China. *Environmental Geology*, 56, 359-365. DOI: 10.1007/s00254-007-1171-22
24. Zehtabian, G., Azarnivand, H., Ahmadi, H., & Kalantari, S. (2013). Presentation of suitable model to estimate vegetation fraction using satellite images in arid region (Case study: Sadough-Yazd, Iran). *Journal of Rangeland Science*, 3(2), 108-117.
25. Zerehi, F., Rezai, M., & Moradi, N. (2021). Statistical analysis of the geological shape of coastal desert nebkas adjacent to the Persian Gulf in order to stabilize quicksands and land use changes of nebkazars (Case study: Hormozgan, Sirik). *Quantitative Geomorphological Research*, 10(2), 176-196. DOI: 10.22034/GMPJ.2021.259426.1231 [In Persian]
26. Zhai, B., Dang, X. H., Liu, X. J., & Wang, J. (2022). Fertile island effect in the sedimentary process of *Tetraena mongolica Maxim* nebkhas in steppe desert ecotones on the Inner Mongolia plateau, China. *Journal of Mountain Science*, 19(10), 2791-2805. DOI: 10.1007/s11629-022-7416-4
27. Zhao, H. L., Yi, X. Y., Zhou, R. L., Zhao, X. Y., Zhang, T. H., & Drake, S. (2006). Wind erosion and sand accumulation effects on soil properties in Horqin Sandy Farmland, Inner Mongolia. *Catena*, 65(1), 71-79. DOI: 10.1016/j.catena.2005.10.001

Evaluation of the Features of Geographical and Biogeotourism Heritage of Landscapes in Order to Develop Wetland Ecotourism in the International Wetlands of Hormozgan

M. Ashrafi¹, A. Moradi^{2*}, M. Akbarian³, M. Rezaei⁴

1. Master of Ecotourism, University of Hormozgan, Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.
2. Corresponding author, Assistant Professor of Environmental Planning and Management, Department of Geographical Sciences, Faculty of Humanities, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Geographical Sciences, Faculty of Humanities, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.
4. Academic member, Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.

* Corresponding Author: Moradi@hormozgan.ac.ir

Received date: 26/03/2024

Accepted date: 25/05/2024

 [10.22034/JDMAL.2024.2025472.1457](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2025472.1457)

Extended Abstract

Introduction

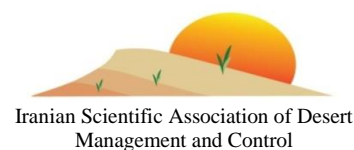
One of the most important tourist destinations in the country is Iran's wetlands, which have a surface area of around three million hectares. The Azini wetland, which covers 28000 ha, boasts unique ecotourism opportunities as a tropical wetland situated in the coastal desert east of Hormozgan province. Due to having mangrove forests with two species of *Avicennia marina* and *Rhizophora mucronata*, the special geographical location, beautiful scenery, and rich habitat of birds and animals are all reasons to visit. The desert and wetland ecosystem of Azini lagoon, which has two mangrove trees, is a significant aquatic or wetland ecosystem in the desert areas adjacent to the sea coast. This ecotone has a great variety of habitats and diversity that have been created in and around the coastal wetlands. They provide favorable conditions to attract and welcome various forms of plant and animal life, which therefore have many visual attractions. The ecotourism sector has seen the fastest growth in the tourism industry, developing between 2.5 and 7% faster than other tourism sectors. A tourism protection program is necessary to use mangrove biodiversity as a tourist attraction. In examining the suitability of areas for tourism in Indonesia, the factors of water clarity and clarity, ocean currents, beach type, layer and beach typology were evaluated (1). Other researches have been conducted on topics such as Nebkazar Sirik and other mandabi ecosystems of Hormozgan and its relationship with tourism, but so far no research has been conducted on the biogeotourism features of landscapes in the international wetlands of Hormozgan. The current research was carried out with the aim of evaluating the characteristics of the geographical and biogeotourism heritage of the landscapes in the international wetlands of Hormozgan in order to develop wetland ecotourism.

Material and Methods

The international wetland known as Azini is found in Sirik City in the eastern part of Hormozgan province. It is located between latitudes of 26 degrees 15 minutes to 26 degrees 26 minutes north

Desert Management

www.isadmc.ir



and lengths of 57 degrees 4 minutes to 57 degrees 7 minutes east. The Azini wetland is categorized as a tropical wetland by the World Register, and is composed of mangrove forests with the two dominant species, mangrove and *Rhizophora mucronate*. Due to its special geographical location and beautiful scenery, as well as its rich habitat for birds and animals, it has special ecotourism attractions. The present research examined the compatibility of tourism development with ecotourism through the combined document-field method of Azini international wetland located in Sirik city, Hormozgan Province. The appropriateness of tourism development is determined by eight criteria of the distance from the protected area of the wetland, access to the electricity network, distance from the main road, land use and cover, distance from law enforcement centers, diversity and abundance of attractions, access to population points and distance from the fault line. The FUZZY ANP model was used to determine the appropriate development zone for the area. The security category and tourism industry have a strong connection; it is widely accepted that the standard of security in tourism is the level of security perceived by tourists. Security is crucial for a trip to take place and discussing tourism is pointless without it. Traveling and tourism-related activities can flourish when there is a suitable platform at the international level for people to travel. Tourists won't travel to a destination if they feel insecure about it. In other words, tourism security is so significant that tourists are constantly searching for safer tourist destinations when choosing their travel destination. The issue of security and the negative image of Iran in the minds of foreign tourists is one of the factors that have been identified as problematic for Iran's tourism. The reason for this is unhealthy competition in the industry of attracting foreign tourists among countries, and the arrogant efforts of advanced countries' media against the Islamic Republic. Law enforcement centers and tourists' access to them are essential factors that can ensure tourism security and provide a sense of peace of mind for tourists. In choosing areas for tourism development, it is important to prioritize areas that are close to and have better access to law enforcement centers. A naval post is located near Khor Azini in the investigation area and the 10-km buffer, which serves as a point of control for the order and security of the area. To guarantee security for tourists, it's crucial to select areas that are close to this checkpoint.

Discussion and Conclusion

The current study investigated the suitability of Azini Wetland for tourism development by studying an area of 376 square kilometers using 8 criteria. According to the assessment of tourism development suitability in the selected area, 31% of the total area has favorable conditions, 36% has moderate conditions, and 33% has unfavorable conditions. The Azini Wetland territory is close to the conditions considered for tourism development, which is why each zone has taken up about 30% of the area. It is certain that the conditions will change for the benefit of the appropriate area of development when infrastructure and facilities are established and developed. This potential can be utilized by planning in this field to benefit from the development of sustainable tourism and its economic benefits. In the current research, an area of 2376 Km as the territory of Azini Wetland was investigated in terms of the appropriateness of tourism development using selected criteria, 8 criteria. The findings showed that about 31% of the area has suitable conditions for tourist use, 36% has average conditions and 33% has poor conditions in this regard; Therefore, the territory of Azini Wetland is seen to be close to the conditions between the three types of appropriateness considered for the development of tourism; So that each area has taken up approximately 30% of the area. Undoubtedly, with the establishment and development of infrastructure and facilities, the conditions will change for the benefit of the appropriate area of development, which requires fundamental planning and preparation of thematic or positional plans to achieve sustainable tourism in this direction.

Keywords: Wetland ecosystem; Ecotourism; Scenery; Natural attraction



ارزیابی ویژگی‌های میراث جغرافیایی و بیوژئوتوریستی مناظر به منظور توسعه بوم‌گردی در تالاب‌های بین‌المللی هرمزگان

منیره اشرفی^۱، عباس مرادی^{۲*}، محمد اکبریان^۳، مرضیه رضایی^۴

۱. کارشناسی ارشد اکوتوریسم، دانشگاه هرمزگان، هرمزگان، بندرعباس، ایران.
 ۲. استادیار برنامه‌ریزی و مدیریت محیط، گروه علوم جغرافیایی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.
 ۳. استادیار گروه علوم جغرافیایی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.
 ۴. عضو هیات علمی گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه هرمزگان، هرمزگان، بندرعباس، ایران.
- * نویسنده مسئول: Moradi@hormozgan.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۰۵

doi [10.22034/JDMAL.2024.2025472.1457](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2025472.1457)

چکیده

در توسعه صنعت گردشگری، سریع‌ترین رشد در بخش بوم‌گردی (اکوتوریسم) بوده که بین ۲/۵ تا ۷٪ سریع‌تر از دیگر بخش‌های گردشگری توسعه یافته است. تالاب‌های ایران با سطحی حدود ۳ha میلیون یکی از مهم‌ترین مکان‌های گردشگری کشور هستند. در این میان تالاب آذینی با وسعت ۲۸۰۰ha به‌عنوان تالاب گرمسیری در بیابان ساحلی شرق استان هرمزگان به‌واسطه داشتن مناظر زیبا، موقعیت خاص جغرافیایی، زیستگاه غنی پرندگان و جانوران، از جاذبه‌های بیوژئوتوریستی ویژه‌ای برخوردار است. پژوهش حاضر باهدف ارزیابی ویژگی‌های میراث جغرافیایی و بیوژئوتوریستی سیمای طبیعی تالاب‌های بین‌المللی هرمزگان به‌منظور توسعه بوم‌گردی تالابی انجام شد. با استفاده از روش ترکیبی اسنادی-میدانی تالاب بین‌المللی آذینی واقع در شهرستان سیریک استان هرمزگان، مناظر سطح‌بندی و ۸ معیار فاصله از محدوده حفاظت‌شده تالاب، دسترسی به شبکه برق، فاصله از جاده اصلی، کاربری و پوشش اراضی، فاصله از مراکز انتظامی، تنوع و تعدد جاذبه مناظر، دسترسی به نقاط جمعیتی و فاصله از غسل در نظر گرفته و با استفاده از مدل ANP-FUZZY محدود از نظر تناسب مناظر پهنه‌بندی شد. یافته‌های پژوهش نشان داد که سطح‌بندی تناسب توسعه گردشگری قلمرو انتخابی حاکی از آن بود که از کل وسعت محدوده، حدود ۳۱٪ آن یا ۱۱۷Km² دارای شرایط تناسب مطلوب، ۳۶٪ آن (۱۳۶Km²) دارای شرایط تناسب متوسط و ۳۳٪ (۱۲۳Km²) دارای وضعیت نامناسب است. با توجه به یافته‌های پژوهش باید گردشگری تالاب، متناسب با ظرفیت برد منطقه هم‌زمان با آموزش استفاده از طبیعت و حفظ محیط‌زیست توسعه یابد.

واژگان کلیدی: بوم‌سازگان ماندابی؛ پرندگان، فازی؛ مناظر؛ جاذبه طبیعی



■ مقدمه

بوم‌سازگان‌های بیابانی و ماندابی تالاب آذینی به واسطه داشتن دو گونه درختی حرا با نام علمی *Avicennia marina* Forsk و چنل با نام علمی *Rhizophora mucronate* Lam از مهم‌ترین بوم‌نظام‌های آبی یا تالابی مناطق بیابانی مجاور ساحل دریا هستند که به دلیل اکوتون بودن از تنوع فراوان زیستگاهی برخوردارند. تنوع ایجادشده در درون و حاشیه تالاب‌های ساحلی شرایط مساعد و مطلوبی را برای جلب و پذیرایی از چهره‌های گوناگون حیات گیاهی و جانوری فراهم می‌آورند و از همین رو از جاذبه‌های دیداری فراوانی برخوردارند (۸). در توسعه سریع صنعت گردشگری، سریع‌ترین رشد در بخش بوم‌گردی یا بوم‌گردی بوده که بین ۲/۵ تا ۷٪ سریع‌تر از دیگر بخش‌های توریسم توسعه یافته است (۵). برای استفاده از تنوع زیستی مانگرو به‌منظور جاذبه‌های گردشگری ضروری است برنامه حفاظتی حمایتی گردشگری انجام پذیرد (۱۴). یکی از مکان‌های مهم و درعین‌حال حساس برای گردشگری تالاب‌های ساحلی می‌باشند که با دارا بودن جنبه‌های متعدد می‌توانند مقصد حضور بسیاری از گردشگران و با سلیقه‌های مختلف باشند؛ اما نکته مهم این است که تالاب‌های ساحلی جزو اکوسیستم‌های بسیار حساس بوده که برای حفظ آنان از هرگونه آسیب در اثر توسعه فعالیت‌های گردشگری لازم است که موضوع تعیین میزان تناسب توسعه گردشگری آنان با جدیت در دستور کار قرار گیرد (۳). با توجه جاذبه‌های تالاب خورآذینی از جمله ساحل دریا با شکل‌های گوناگون ژئودایورسیتی، پوشش مانگرو به‌عنوان یکی از زیباترین جنگل‌های مانگرو ایران، لندفرم‌های زمین‌شناسی و جاذبه‌های فرهنگی-انسانی بودند، تاکنون اقدامات مدیریتی اصولی در این زمینه انجام نشده‌است. این منطقه دارای موانعی برای جذب گردشگر هستند که با شناخت این موانع می‌توان محدودیت‌ها را برطرف و رونق اقتصادی در منطقه ایجاد نمود. توزیع فضایی پراکنش تفرج با تأکید بر کریدور زوج سمان خشکی زی و حیات‌وحش در مناطق حفاظت‌شده بیابانی هرمزگان انجام شد (۲۷). در این بررسی با استفاده از متغیرهای محیطی و بوم‌شناختی دما، پوشش گیاهی، خاک، منابع آب و جاذبه‌های طبیعی سیمای سرزمین، پوشش گیاهی

شامل زیرمدل شایستگی گیاهان آندمیک، آسیب‌پذیر، کم‌خطر و نادر، نوع حیات‌وحش و تراکم حیات‌وحش، ارتفاع و متغیرهای زیرساختی، نشان داده‌شد که شایستگی تفرج‌کنندگان علمی دارای ۳۵/۴٪ با طبقه شایستگی با محدودیت زیاد و ۶۴/۶٪ در طبقه شایستگی N قرار دارد. بنابر یافته‌ها در زیرمدل زیست‌شناس منطقه برای متخصصان زیست‌شناسی و گیاه‌شناسی از شایستگی بیش از ۸۰٪ برخوردار است. مدیریت بیابان‌های ساحلی با ارزیابی تناسب اراضی بوم‌نظام‌های ماندابی در جذب گردشگر از روش محدودیت وضعیت کیفیت سرزمین و چهارچوب دستور کار فائو برای تعیین درجه شایستگی اراضی ارزیابی شد (۴). یافته‌ها نشان داد که ۱۵/۶۱٪ از مساحت حوزه دارای طبقه S_۱ با شایستگی زیاد و ۴۵/۸٪ در طبقه S_۲ شایستگی متوسط، ۱۸/۰۱٪ در طبقه S_۳ طبقه شایستگی کم و ۱۲/۴۸٪ در طبقه N یا عدم شایستگی قرار داشت. متغیرهای درجه حرارت، ارتفاع، فاصله تا شهر و امکانات رفاهی، از عوامل افزایش‌دهنده و فاصله از منابع آب و فاصله از جاذبه‌های طبیعی، از عوامل محدودکننده بود. در حوضه کولغان شهرستان بندرعباس، ۱۰ عامل به‌عنوان نقاط قوت مطرح بوده که با دارا بودن بوم‌نظام‌های جنگل حرا ظرفیت بسیار مناسبی برای گردشگری ایجاد خواهد کرد (۴). ارزیابی توان اراضی ذخیره‌گاه گنو برای کاربری گردشگری در هرمزگان ارزیابی شد. مطابق یافته‌ها روستای گنو دارای اولویت اول گردشگری متمرکز و روستاهای جونگان، بندر و تنگ‌باغ از اولویت دوم برای گردشگری متمرکز برخوردارند. در نتیجه از کل مساحت ذخیره‌گاه گنو ۱۰/۸۴٪ به تفرج متمرکز طبقه ۱ و ۲ تعلق گرفت و ۴۰/۶۴٪ به تفرج گسترده اختصاص یافت. مطابق نتایج پژوهش، با توجه به اینکه ۴۰/۶۴٪ از مراتع که تحت حفاظت قرار دارند، این مراتع می‌توانند مورد استفاده طبیعت‌گردی، گیاه‌شناسی، جانورشناسی، کوه‌نوردی، صخره‌نوردی، پرندنگری، مشاهده حیات‌وحش، پاراگلایدر و غیره برای گردشگران علمی و عادی قرار گیرند (۲۶). در تعیین مناطق شایسته گردشگری اراضی پشتکوه استان یزد بر اساس روش ارزیابی فائو نشان داده شد که از بین پارامترهای محیطی، فاکتورهای درجه حرارت و شیب و از بین متغیرهای زیرساختار فاصله تا شهر و امکانات رفاهی از عوامل افزایش‌دهنده شایستگی جهت گردشگری بودند (۲۸).

شایستگی زیاد و عدم شایستگی قرار داشت. از بین متغیرهای بوم‌شناختی، دسترسی به منابع آب و از بین متغیرهای زیر ساختار، دسترسی به جاده و مسیر از عامل‌های کاهش‌دهنده شایستگی بیابان‌گردی و دسترسی به مراکز خدماتی-رفاهی از عوامل افزایش‌دهندگی شایستگی گردشگری بیابان بود (۷). در ارزیابی اثرات محیط زیستی گردشگری کوهستانی در منطقه درحال توسعه لاداخ در هیمالیای هند از طریق میدانی عوامل استرس‌زا در ارتباط با راه‌نوردی شامل استفاده از مسیر، دفن زباله، کمپینگ، چرای حیوانات و رانندگی خارج از جاده و گیرنده‌های زیست‌محیطی شامل خاک، آب، حیات‌وحش و پوشش گیاهی شناسایی و به تجزیه و تحلیل آن‌ها پرداخته شد (۱۲). در بررسی دیگری در منطقه الهدا در کشور عربستان سعودی آنالیز شایستگی تعیین مکان‌های مناسب ایجاد زیرساخت‌های استفاده گردشگر با روش چند متغیره در ۱۲۴ سایت انجام و سایت‌های مناسب دارای شاخص‌های با امتیاز وزن‌دهی شده ۵ تا ۱۰ انتخاب شدند (۱۳). در بررسی شایستگی مناطق برای گردشگری در اندونزی فاکتورهای صافی و زلالی آب، جریان‌ات اقیانوسی، تپ ساحل، لایه و نوع‌شناسی ساحل مورد ارزیابی قرار گرفت (۱). معمولاً تنوع و تعدد جاذبه‌های گردشگری با تناسب ایجاد و توسعه گردشگری در یک محدوده رابطه مستقیمی دارد. در این بررسی، جاذبه‌های تالاب خورآذینی ساحل دریا با اشکال متنوع، پوشش مانگرو به‌عنوان یکی از زیباترین جنگل‌های مانگرو ایران، اشکال و ناهمواری‌های زمین‌شناسی و جاذبه‌های فرهنگی - انسانی بودند. محدوده ساحلی تالاب و پوشش مانگرو به‌عنوان مناطق حساس و حفاظت‌شده قرار داشت. کاربری اراضی در تعیین طبقات شایستگی در منطقه حفاظت‌شده گنو هرمزگان به‌عنوان عوامل محدودکننده تفرج نام‌برده شده است (۲۷). در حوزه کولگان هرمزگان فاصله از منابع آب و فاصله از جاذبه‌های طبیعی، از عوامل محدودکننده بود (۴). در منطقه ذخیره‌گاه گنو اگرچه منطقه حفاظت‌شده است اما یافته‌ها نشان داد که کاربری اراضی شامل مناطق مسکونی روستاها در مرکز منطقه حفاظت‌شده است که این عامل می‌تواند عامل تخریب پوشش طبیعی در منطقه بوده و از جاذبه‌های گردشگری بکاهد (۲۶). معیارهای منابع آب،

در ارزیابی تعیین شایستگی گردشگری اراضی مراتع حوضه آبخیز ولنجک-درکه، شمال استان تهران، بررسی‌ها نشان داد که مناطق دارای شایستگی بالا ۳۰/۴۷٪ است. از معیارهای موردبررسی، کاربری اراضی، پوشش گیاهی، نزدیکی به رودخانه، زمین‌شناسی، ارتفاع و شیب مکان‌های مناسب جهت گردشگری بودند (۱۹). در پژوهشی با هدف ارزیابی توان گردشگری پناهگاه و پارک ملی قمیشلو با استفاده از مدل قوت-ضعف و فرصت - تهدید، یافته‌ها نشان داد که این منطقه از لحاظ شرایط آب و هوایی، چشم‌اندازهای طبیعی، وجود قلعه‌های تاریخی می‌تواند به‌عنوان یکی از قطب‌های گردشگری استان به شمار آید (۲۱). در بررسی عوامل مؤثر بر شایستگی اراضی برای دام و حیات‌وحش با مدل فائو در حوضه جلیزجند در شمال شهرستان فیروزکوه در استان تهران نتایج نشان داد که ۱۱/۳٪ در طبقه متوسط، ۸۰/۵٪ در طبقه ضعیف، ۸/۲٪ در طبقه نامناسب قرار داشتند و هیچ سطحی در طبقه شایستگی خوب تعیین نگردید. نتایج نشان داد منطقه شایستگی بالایی برای حیات‌وحش ندارد (۱۱). در ارزیابی توان اراضی ارسباران واقع در استان آذربایجان شرقی به دلیل وضعیت خاص بوم‌شناختی منطقه، ۲۸/۴۷٪ را به گردشگری گسترده و ۰/۱٪ را به گردشگری متمرکز و بقیه را به حفاظت اختصاص دادند (۹). در ارزیابی توان اکولوژیکی گردشگری در سامان عرفی چم‌حاجی لرستان به این نتیجه رسیدند که ارتفاع از سطح دریا، تقاضای تفرجی و کاربری فعلی اراضی، عوامل کلیدی مؤثر در فرایند ارزیابی منطقه برای کاربری گردشگری بوده‌اند و کاربری فعلی اراضی را مؤثرترین عامل ارزیابی نمودند (۲۳). با توجه به تغییر کاربری‌های انجام‌شده و تخریب منطقه حفاظت‌شده مینودشت در استان گلستان به‌وسیله انسان، ارزیابی توان بوم‌شناختی با به‌کارگیری GIS و با استفاده از مدل بوم‌گردی مخدوم مشخص کرد که از ۱۳۶۲ واحد محیط‌زیست شناسایی‌شده در منطقه، ۸۳ واحد توان گردشگری متمرکز و ۱۰۳۶ واحد توان گردشگری گسترده داشتند. ۲۴۳ واحد مستعد گردشگری نبودند (۲۹). تخمین ظرفیت و عوامل مؤثر بر بیابان‌گردی در منطقه حفاظت‌شده بیابان ساحلی هماگ هرمزگان انجام شد. یافته‌ها نشان داد که ۴۳/۱۷٪ و ۱۰/۳۰٪ به ترتیب در طبقه

(۲۹). پژوهش‌های دیگری درباره موضوعاتی مانند نیکازار سیریک و بوم‌سازگان‌های ماندابی دیگر هرمزگان و ارتباط آن با گردشگری انجام شده اما تاکنون درباره ویژگی‌های بیوژئوتوریستی مناظر در تالاب‌های بین‌المللی هرمزگان پژوهشی انجام نشده است. پژوهش حاضر باهدف ارزیابی ویژگی‌های میراث جغرافیایی و بیوژئوتوریستی مناظر در تالاب‌های بین‌المللی هرمزگان به‌منظور توسعه بوم‌گردی تالاب انجام پذیرفت.

■ مواد و روش

منطقه مورد بررسی

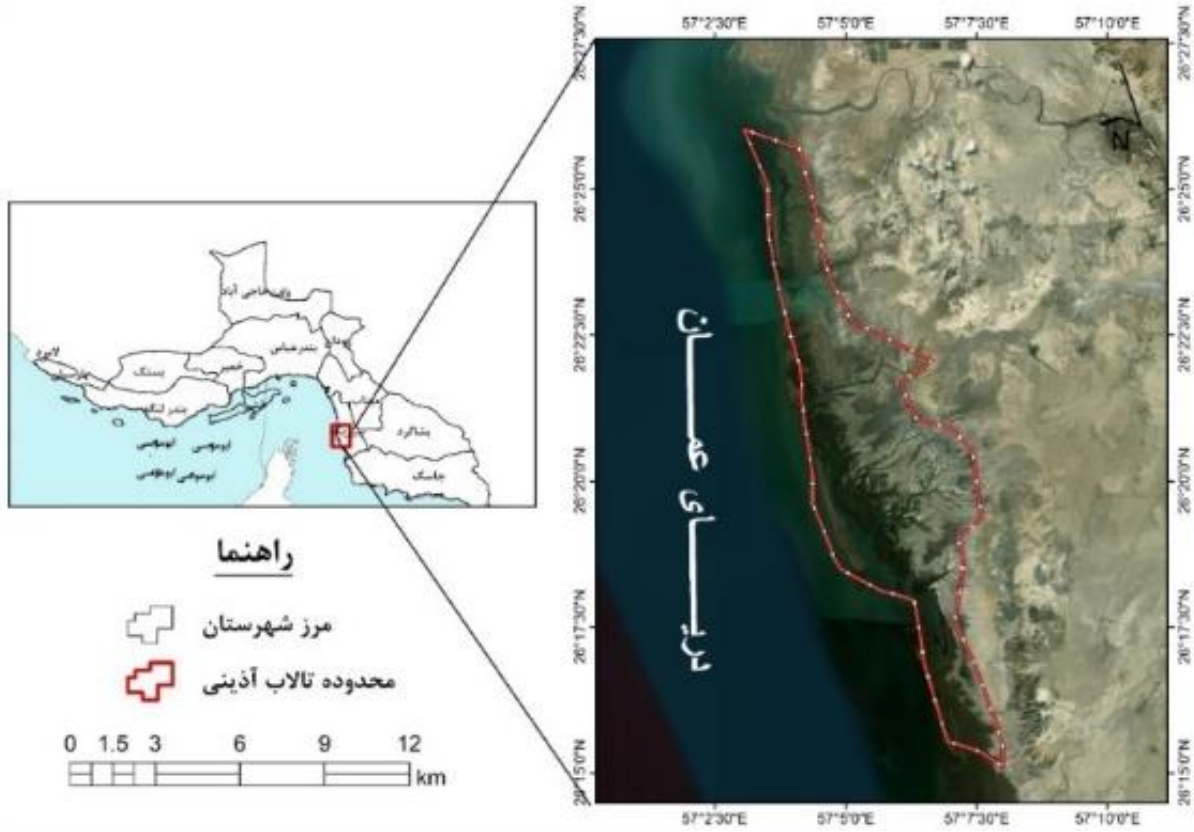
تالاب بین‌المللی آذینی واقع در شهرستان سیریک در شرق استان هرمزگان و بین عرض $26^{\circ}15'$ تا $26^{\circ}26'$ شمالی و طول $57^{\circ}4'$ تا $57^{\circ}7'$ شرقی واقع شده و از بوم‌سازگان‌های ثبت‌شده جهانی می‌باشد (شکل ۱) که به‌عنوان تالاب گرمسیری دارای مجموعه‌ای از جنگل‌های مانگرو با دو گونه غالب حرا *Avicennia marina* Forsk. و چندل *Rhizophora mucronata* Lam است و به دلیل داشتن موقعیت خاص جغرافیایی و مناظر زیبا، زیستگاه غنی برای پرندگان و جانوران، از جاذبه‌های بوم‌گردی خاصی برخوردار است. گونه‌های درختی حرا در این تالاب در زمان مد، در آب دریا غرق می‌شوند. در زمان جذر آب دریا، وجود گونه‌های مختلف آبزیان مانند صدف‌ها و خرچنگ‌ها در مجاورت ریشه‌های درختان و حضور پرندگان مانند اگرت خاکستری *Egretta gularis gularis* و حواصیل دریایی کرده‌اند، زیبایی خاصی در منطقه ایجاد می‌نمایند. این جاذبه‌های گردشگری تالابی منحصر به فرد است و در دیگر منطقه‌ها و بوم‌سازگان‌ها به‌آسانی قابل مشاهده نیست.

مواد پژوهش

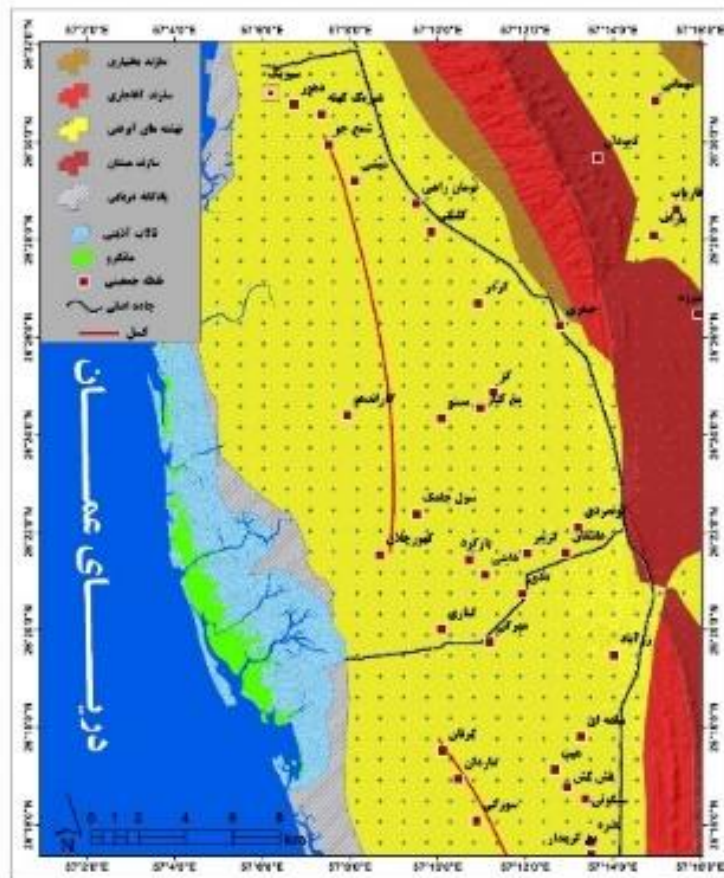
در پژوهش حاضر از لایه‌های اطلاعات رقومی زمین‌شناسی (۱:۱۰۰۰۰۰) (۳۰)، کاربری اراضی، شبکه زهکشی طبقه‌بندی شده به روش استرالر، مدل رقومی ارتفاع صفر تا ۲۸m، نقشه همدمما $25^{\circ}C$ ، آمار جمعیتی و شبکه انتقال برق (۳۰) و تشخیص پارامترهای مؤثر با ابزار پرسشنامه استفاده شد.

ارزش جاذبه‌ای پوشش گیاهی، فاصله تا اماکن و مناظر جاذبه‌ای و جاده و مسیرهای دسترسی از عوامل محدودکننده شایستگی اراضی برای گردشگری در اراضی پشتکوه استان یزد بود (۲۸). در منطقه درحال توسعه لاداخ در هیمالیای هند عوامل استرس‌زا در ارتباط با راه‌نوردی مانند استفاده از مسیر، دفن زباله، کمپینگ، چرای حیوانات، رانندگی خارج از جاده را محدودکننده تفرج عنوان شد (۹). در ارزیابی توان بوم‌شناختی گردشگری سامان عرفی چم‌حاجی لرستان ارتفاع از سطح دریا، تقاضای تفرجی و کاربری فعلی اراضی، عوامل کلیدی مؤثر در فرایند ارزیابی منطقه برای کاربری گردشگری مؤثر بودند (۲۳).

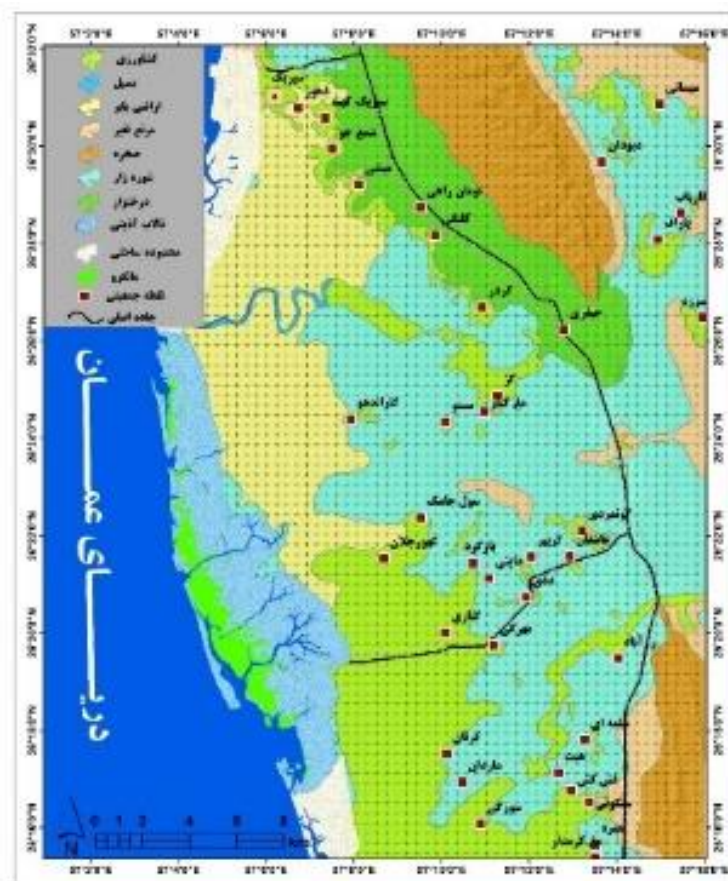
جاذبه‌های گردشگری ذخیره‌گاه گنو (استان هرمزگان) طبیعت‌گردی، گیاه‌شناسی، جانورشناسی، کوه‌نوردی، صخره‌نوردی، پرندنگری، مشاهده حیات‌وحش، پاراگلایدر و برای گردشگران علمی و عادی معرفی شده است که بر این اساس روستای گنو دارای اولویت اول گردشگری متمرکز و روستاهای جونگان، بندر و تنگ‌باغ از اولویت دوم برای گردشگری متمرکز برخوردارند. در نتیجه از کل مساحت ذخیره‌گاه گنو (۶۱/۰۴ha) $10/84\%$ به تفرج متمرکز طبقه ۱ و ۲، $40/64\%$ به تفرج گسترده (۱۸۰۶۷/۰۱ha) تعلق یافت (۲۷). در بررسی عوامل مؤثر بر شایستگی اراضی برای دام و حیات‌وحش نشان داده شد که $11/3\%$ یا $1560/3ha$ در طبقه متوسط، $80/5\%$ یا $11148ha$ در طبقه ضعیف، $8/3\%$ یا $1146/5ha$ در طبقه نامناسب قرار داشت. هیچ سطحی در طبقه شایستگی خوب تعیین نگردید. نتایج نشان داد منطقه شایستگی بالایی برای حیات‌وحش ندارد (۱۲). در ارزیابی توان مراتع مشجر ارسباران به دلیل وضعیت خاص اکولوژیکی منطقه، $47/28\%$ به گردشگری گسترده و $0/01\%$ را به گردشگری متمرکز و بقیه به حفاظت اختصاص داده شد (۱۱). با توجه به تغییر کاربری‌های انجام‌شده و تخریب مراتع منطقه حفاظت‌شده مینودشت به‌وسیله انسان، ارزیابی توان اکولوژیکی با به‌کارگیری GIS و با استفاده از مدل بوم‌گردی مخدوم مشخص نمود که از ۱۳۶۲ واحد زیست‌محیطی شناسایی شده در منطقه، ۸۳ واحد به مساحت $211Km^2$ توان گردشگری متمرکز و ۱۰۳۶ واحد به مساحت $1355Km^2$ ، توان گردشگری گسترده داشتند و ۲۴۳ واحد به مساحت $219Km^2$ مستعد گردشگری نبودند



شکل ۱. موقعیت تالاب آذینی در شرق تنگه هرمز



شکل ۲. نقشه زمین‌شناسی محدوده تالاب آذینی



شکل ۳. نقشه کاربری و پوشش اراضی محدوده تالاب آذینی

روش پژوهش

تعیین قلمرو تالاب

ابتدا تصویر ماهواره Sentinel2 مربوط به محدوده مورد مطالعه برای سال ۲۰۲۲ از پایگاه سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده USGS دانلود شد (۱۵) که مشخصات تصاویر مورد استفاده در جدول ۱ آمده است. مراحل انجام پژوهش حاضر شامل تهیه و آماده‌سازی داده‌های مورد نیاز یا دانلود، اجرای تکنیک‌های پردازش تصاویر تصحیحات رادیومتری و اتمسفری، محاسبه شاخص پوشش گیاهی برای تصاویر و تعیین محدوده ماندابی تالاب بود. سپس نقشه نهایی با نقشه مرز محدوده تالاب در سازمان محیط زیست تطبیق داده و نهایی گردید.

محاسبه شاخص پوشش گیاهی

شاخص پوشش گیاهی NDVI بر اساس تفاوت بین مادون قرمز نزدیک NIR و جذب رنگ‌دانه در باند قرمز RED است. این شاخص به‌عنوان شناخته‌شده‌ترین شاخص

پوشش گیاهی، برای ارزیابی سلامت و تراکم پوشش گیاهی با اندازه‌گیری تغییرات در جذب کلروفیل گیاه است که بر پایه رابطه ۱ محاسبه شد (۲۵).

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

در این رابطه RED مقدار بازتاب در محدوده باند قرمز و NIR مقدار بازتاب در باند مادون قرمز نزدیک است. مقدار این شاخص بین ۱- و ۱ تغییر می‌کند. مقادیر منفی نشان می‌دهد که زمین توسط ابرها، آب یا برف پوشانده شده است. مقدار صفر نشانگر وجود سنگ‌ها یا خاک‌های برهنه است؛ در واقع سنگ‌ها و خاک‌های بایر که واکنش‌های طیفی مشابه در دو باند مورد استفاده دارند با مقادیر نزدیک به صفر دیده می‌شوند. در این شاخص خاک معمولی معادل یک منظور می‌شود. هر قدر فاصله شاخص یک پیکسل بالاتر از اندازه خاک باشد نشان‌دهنده تراکم پوشش گیاهی است مقدار مثبت وجود پوشش گیاهی را نشان می‌دهد (۷).

با وجود این توافق نظر و ثبات عقیده متخصصان می‌توان ارسال پرسشنامه‌ها را تنها در یک مرحله انجام داد (۳۲). لذا در پژوهش حاضر، مفهوم توافق نظر به‌عنوان شرط همگنی و یا سازگاری عقیده میان متخصصان تعریف شد. از آلفای کرونباخ که یک سنجه آماری است برای اندازه‌گیری سطح توافق نظر و سازگاری میان گروهی پرسشنامه حاصل از روش دلفی استفاده شد (۱۶). مقدار آلفای کرونباخ بین صفر تا یک متغیر است. مقادیر نزدیک به صفر بیان‌کننده توافق نظر اندک میان متخصصان و مقادیر نزدیک به یک نشان‌دهنده وجود توافق نظر بالا میان افراد است. با توجه به بالا بودن میزان آلفای کرونباخ، ارسال پرسشنامه‌ها تنها در یک مرحله انجام شد. برای جمع‌بندی آرای پرسش‌شوندگان نیز از آماره میانگین برای محاسبه امتیاز وزن‌دار هر عامل اثرگذار و در نهایت درصد و درجه اهمیت آن استفاده شد. مواردی که به‌عنوان جاذبه بوم‌گردی در معیار جاذبه در نظر گرفته شد عبارت‌اند از:

جاذبه‌های طبیعی

جاذبه تالاب و درختان شناور در دریا، گونه‌های مختلف آبزیان مانند خرچنگ‌ها، صدف‌ها، لاک‌پشت دریایی، ماهیان و پرندگان دریایی مانند اگرگت خاکستری و حواصیل.

جاذبه‌های فرهنگی

روستای ساحلی، جاذبه‌های صیادی با انواع روش‌های مختلف ماهیگیری، غذاهای سنتی و نان‌های خانگی مانند انواع نان‌های مهبیوه، سوراغ، نان توموشی و نان رگاک، انواع نوشیدنی مانند چای کرک و دمنوش‌های مختلف، بستنی گاو‌میش، انواع لباس بندری با طرح‌های صنایع دستی تهیه‌شده با الیاف زربافت با خوس، آیین‌های مردمان ساحلی مانند مراسم ازدواج و تهیه اتاق‌های آیین‌بندان و مراسم رزف همراه با موسیقی محلی جاذبه‌های زمین‌شناسی: جاذبه سازندهای زمین‌شناسی و وجود فسیل آبزیان.

پس از دانلود تصاویر از مرجع ماهواره در محیط نرم‌افزار SNAP در مرحله اول چون این تصاویر باید تصحیح هندسی شوند، تصحیح هندسی شده و سپس محدوده منطقه از کل تصویر برش زده و محدوده تالاب و همچنین پوشش مانگرو آن استخراج شد.

تعیین پارامترهای مؤثر

در این بخش، متغیرهای مؤثر با استفاده از روش دلفی، شناسایی و غربال شد (۲۷). در پژوهش حاضر پرسشنامه نظرسنجی متخصصان به‌صورت بسته طراحی شده بود که طی آن متغیرهای مؤثر شناسایی شده برای تعیین درجه اهمیت در اختیار کارشناسان و متخصصان قرار گرفت. در این راستا پرسشنامه در اختیار ۳۰ کارشناس خبره قرار داده شد تا معیارها را موردسنجش و امتیازدهی قرار دهند. پرسشنامه‌ها به‌گونه‌ای طراحی شده بود که متخصصان بتوانند نظرات خود را در زمینه میزان اهمیت آن‌ها و مطابق طیف لیکرت با یکی از پنج درجه اهمیت بیان کنند. درجات اهمیت عبارت‌اند از: خیلی کم‌اهمیت با امتیاز ۱ که معرف دامنه وزنی صفر تا ۲، کم‌اهمیت با امتیاز ۳ معرف دامنه وزنی ۲ تا ۴، بااهمیت با امتیاز ۵ معرف دامنه وزنی ۶ تا ۸، بااهمیت زیاد با امتیاز ۷ معرف دامنه وزنی ۸ تا ۱۰ و دارای اهمیت خیلی زیاد با امتیاز ۹ معرف دامنه وزنی ۸ تا ۱۰.

براساس مطالعات موجود، شناسایی و انتخاب متخصصان با استفاده از روش‌های مختلفی مانند قضاوت و تصمیم‌گیری مدیریت اصلی پروژه، موقعیت سازمانی افراد و تجارب حرفه‌ای آنان که دارای سابقه علمی و عملی کافی در این حوزه بودند، انجام شد. در صورت انتخاب صحیح و آگاهانه متخصصان توسط گروه ناظر بر اجرای فرآیند دلفی، تکرار ارسال پرسشنامه تغییر قابل‌توجهی را در سطح توافق انجام شده در مورد گزینه‌های مطرح‌شده، ایجاد نخواهد کرد و

جدول ۱. مشخصات تصاویر مورد استفاده

ماهواره	تفکیک مکانی متر	ساعت به وقت گرینویچ	ساعت به وقت ایران	تاریخ میلادی	تاریخ شمسی
SENTINEL 2	۱۰*۱۰	۱۸:۱۴:۵۰	۲۱:۴۴:۵۰	۲۰۲۲/۰۶/۰۳	۱۴۰۱/۰۳/۱۴

مدل ANP

با بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی، لایه‌های اطلاعاتی مربوط به متغیرهای مؤثر تهیه و از توابع منطق فازی که انعطاف مناسبی جهت وزن دادن داشتند برای استانداردسازی استفاده شد. در مرحله بعد لایه‌های وزن‌دار استاندارد شده فازی با استفاده از مدل تحلیل شبکه‌ای (ANP) پهنه‌بندی گردید و قلمرو تالاب آذینی از نظر تناسب توسعه گردشگری سطح‌بندی شد. مدل حاضر امکان همپوشانی مناسب لایه در جهت ایجاد یک خروجی منطبق و نزدیک به واقعیت را فراهم می‌کند. در پژوهش حاضر برای پهنه‌بندی محدوده از نظر تناسب توسعه گردشگری از مدل تحلیل شبکه‌ای (ANP) استفاده شده است. اساس منطق ANP بر این استوار است که بتوان روابط و اثرات معیارها و دسته‌ها بر یکدیگر را وارد مسئله نموده در این هنگام باید هر عنصر درون گروه را به عناصر دیگری که چه در داخل همان گروه و چه در داخل گروه‌های دیگر مؤثر است را مشخص و عنصر مبدأ را به آن عناصر متصل کرد. فلوچارت مراحل پژوهش در شکل ۴ نشان داده شده است. فرایند مدل‌سازی ANP شامل چندین مرحله به شرح زیر است:

تعیین معیارها و زیر معیارها

در این مرحله ابتدا مسئله تبیین و به صورت سامانه‌ی منطقی شبکه تجزیه شد. به عبارتی ساخت مدل ANP مستلزم شناخت مسئله، تعریف معیارها و زیر معیارها و تبیین روابط و اثرات متقابل آن‌هاست.

تعیین روابط و وابستگی‌های بین خوشه‌ها و عناصر مورد بررسی

پس از تعیین دسته‌های شبکه مشخص، آن‌ها به یکدیگر متصل شده که این اتصال بر اساس نوع ارتباط عناصر داخلی آن‌ها صورت می‌گیرد. روش اصلی ANP استفاده از ابر ماتریس است به این ترتیب که ماتریس وابستگی و بدون وابستگی خوشه‌ها و عناصر و گزینه‌ها در جای مناسب هم قرار گرفته و با استفاده از عملیات ریاضی وزن نهایی محاسبه شد.

انجام مقایسه زوجی و برآورد بردارهای اولویت

مقایسه زوجی در ANP در بستر ماتریسی انجام شد. مقایسه‌ها شامل دو قسمت اصلی است که به ترتیب عبارت‌اند از: مقایسه خوشه‌ها و مقایسه عناصر خوشه‌ها.

محاسبه سوپر ماتریس یا ماتریس تصمیم

در روش ANP برای نشان دادن اولویت گزینه‌های مسئله از سوپر ماتریس استفاده شد. یک سوپر ماتریس در حقیقت ماتریس جز بندی شده است که در آن هر بخش از ماتریس، رابطه میان دو گروه یا عنصر را در کل مسئله تصمیم‌گیری نشان داد. در مدل ANP محاسبه سوپر ماتریس‌ها در سه مرحله انجام گرفت.

الف) تشکیل سوپر ماتریس اولیه یا غیر وزنی

ب) تشکیل سوپر ماتریس موزون وزنی

ج) محاسبه بردار وزنی عمومی یا سوپر ماتریس حدی

تعیین وزن نهایی

در پایان با نرمال کردن ضرایب سوپر ماتریس حدی با ضرایب خوشه‌ها، وزن نهایی عناصر مورد محاسبه قرار گرفت. وزن نهایی از ترکیب همه ماتریس‌ها و خوشه‌ها به دست آمد. برای آماده و استانداردسازی لایه‌های مربوط به معیارهای مؤثر از توابع فازی بهره گرفته شد. رابطه ۲ نشان‌دهنده تابع فازی فاصله از تنوع و تعداد جاذبه و رابطه ۳ رابطه فازی لایه کاربری و پوشش اراضی است.

$$F_d = \text{Con}((\text{"dis - attractive"} < 2401), (2401 - \text{"dis - Settlement"}) / 2401) \quad (2)$$

که در این رابطه F_d تابع فازی فاصله از تنوع و تعداد جاذبه و dis-attractive فاصله از جاذبه و dis-settlement فاصله از سکونتگاه را نشان می‌دهد.

$$F_i = \text{Con}(\text{"Land use"} \geq 1) \& (\text{"Land use"} \leq 7), (\text{"Land use"} / 7) \quad (3)$$

که در این رابطه F_i : تابع فازی نحوه استفاده از زمین و Land use : نشان‌دهنده کاربری اراضی است. رابطه تابع فازی فاصله از مرکز شهر در رابطه ۴ و رابطه تابع فازی دسترسی به جاده اصلی در رابطه ۵ ارائه شده است. همچنین رابطه ۶

نتایج

در پژوهش حاضر، مقدار آلفای کرونیخ در دور اول بیشتر از ۸۹٪ بود که نشان دهنده همگنی و یا سطح زیادی از توافق نظر در زمینه میزان اهمیت فاکتورهای مؤثر مطرح شده میان متخصصان منتخب بود. با توجه به مبانی نظری و نظرسنجی جامعه آماری گروه متخصصین، شش معیار تنوع و تعدد جاذبه، کاربری و پوشش اراضی، فاصله از مراکز جمعیتی، فاصله از گسل، دسترسی به منبع آب، دسترسی به از جاده اصلی به عنوان معیارهای مؤثر در توسعه گردشگری قلمرو انتخابی تعیین شد.

یافته‌های حاصل از استانداردسازی پارامترهای مؤثر در تناسب توسعه گردشگری

تنوع و تعدد جاذبه‌های گردشگری

نتایج نشان داد که نقاط جمعیتی به دلیل دارا بودن جاذبه‌های متنوع فرهنگی، ساحل به دلیل داشتن انواع جاذبه‌ها و ارتفاعات محدوده به دلیل دارا بودن اشکال فرسایشی بی نظیر مناسب‌ترین مکان جهت توسعه گردشگری از نظر معیار تنوع و تعدد جاذبه هستند (شکل ۵a). هرچه مناطق در فاصله کمتری از جاذبه‌های گردشگری قرار گیرند از تناسب بیشتری برای بازدید گردشگر دارا هستند. هرچه فاصله این نواحی از جاذبه گردشگری بیشتر باشد برای بازدید گردشگر مناسب نیستند و از تناسب کافی برخوردار نیست.

کاربری اراضی

از نظر کاربری و پوشش اراضی در قلمرو انتخابی ۷ پهنه: اراضی بایر، اراضی ساحلی، اراضی کشاورزی، اراضی شوره‌زار، مسیل رودخانه و مناطق مسکونی و صنعتی دیده شد (شکل ۵b).

فاصله از مراکز روستایی

در قلمرو انتخابی نقاط جمعیتی بیشتر به شکل خطی در امتداد ساحل استقرار پیدا کرده‌اند. از مجموع نقاط مسکونی در محدوده تحت دو شهر سیریک و گروگ وجود دارد که تقریباً در ناحیه شمالی پهنه مورد بررسی واقع شده است.

گویای رابطه تابع فازی دسترسی به شبکه انتقال برق و رابطه ۷ گویای رابطه تابع فازی فاصله از معیار گسل است.

$$F_c = \text{Con}((\text{dis-Settlement} < 4348), (4348 - \text{"dis-Settlement"}) / 4348) \quad (۴)$$

که در این رابطه، F_c نشان‌دهنده رابطه فازی لایه فاصله از مرکز شهر و dis-Settlement فاصله از سکونتگاه است.

$$F_r = \text{Con}((\text{"dis-Road"} <= 10960), (10960 - \text{"dis-Road"}) / 10960) \quad (۵)$$

که در این رابطه F_r نشان‌دهنده تابع فازی دسترسی به جاده اصلی و dis-Road بیانگر فاصله از جاده اصلی است.

$$F_p = \text{Con}((\text{"dis-power transmission"} < 9424), (9424 - \text{"dis-a-power transmission"}) / 9424) \quad (۶)$$

که در این رابطه F_p نشان‌دهنده تابع فازی دسترسی به شبکه انتقال برق و dis-power transmission مبین فاصله از شبکه انتقال برق است.

$$F_b = \text{Con}((\text{"dis-fault"} >= 0) \& (\text{"dis-fault"} <= 2000), 0, \text{Con}((\text{"dis-fault"} > 2000) \& (\text{"dis-fault"} <= 16890), (\text{"dis-fault"} - 2000) / 16890) \quad (۷)$$

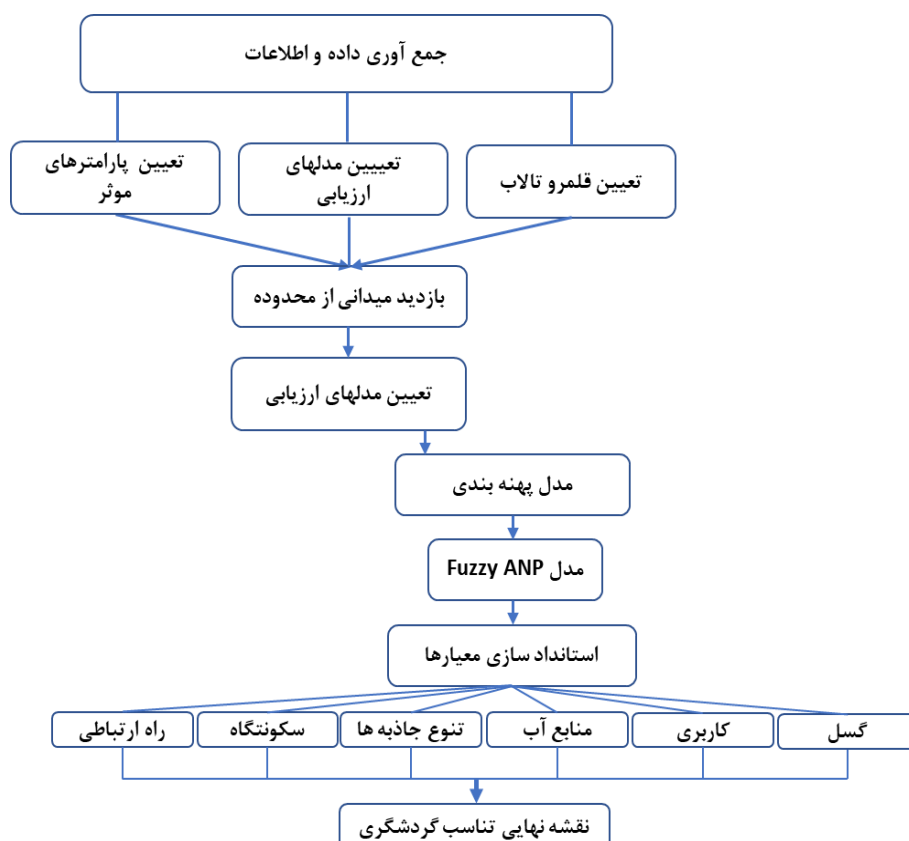
که در این رابطه F_b نشان‌دهنده تابع فازی فاصله از معیار گسل و dis-fault نشان‌دهنده فاصله از گسل است. تابع فازی استفاده شده برای فاصله از محدوده حفاظت‌شده تالاب در رابطه ۸ و رابطه تابع فازی تعریفی برای فاصله از مراکز انتظامی در رابطه ۹ بیان گردیده است.

$$F_w = \text{Con}((\text{dis-wetland} <= 5000), (5000 - \text{"dis-wetland"}) / 5000) \quad (۸)$$

که در این رابطه F_w نشان‌دهنده تابع فازی تعریفی برای فاصله از محدوده حفاظت‌شده تالاب و dis-wetland بیانگر فاصله از گسل است.

$$F_s = \text{Con}((\text{"dis-police station"} < 4348), (4348 - \text{"dis-police station"}) / 4348) \quad (۹)$$

که در این رابطه F_s نشان‌دهنده رابطه تابع فازی تعریفی برای فاصله از مراکز امنیتی و dis-police بیانگر فاصله از مراکز امنیتی است.



شکل ۴. فلوچارت مراحل پژوهش

استفاده گردشگر است. نواحی ساحلی و پهنه سواحل دارای وسعت زیادی هستند که وجود امکانات برق برای استفاده در زمان‌های بعد از غروب آفتاب از زیرساخت‌های لازم برای استفاده گردشگران است. بدین منظور نواحی‌ای که از امکانات برق برخوردار بودند به‌عنوان مناطق باقابلیت برای استفاده گردشگر در نظر گرفته شد (شکل ۵ع).

فاصله از گسل

بررسی نقشه زمین‌شناسی قلمرو انتخابی حاکی از این می‌باشد که گسل کوچکی با راستای شمال غرب-جنوب شرق در بخشی از محدوده واقع شده است؛ گسل مذکور کوچک و محلی و پوشیده است. مناطقی که از گسل فاصله داشت به‌عنوان مناطق باقابلیت بیشتر برای گردشگران در نظر گرفته شد (شکل ۵ف).

فاصله از محدوده حفاظت‌شده تالاب

یکی از معیارهای مورد بررسی فاصله از محدوده حفاظت شده تالاب بود (شکل ۵گ). هرچه فاصله مناطق از تالاب بیشتر بود منطقه از تناسب کمتر گردشگر برای بازدید برخوردار بود.

بقیه نقاط جمعیتی مربوط به روستاهای محدوده بوده که از نظر وسعت و جمعیت متفاوت می‌باشند (شکل ۵ح). به دلیل امکاناتی مانند خدمات بهداشتی، درمانی، آموزشی و اقتصادی که نواحی مرکز روستا یا شهردارند هرچه منطقه به مرکز روستا یا شهر نزدیک باشد از تناسب بیشتری برای گردشگر برخوردار است.

دسترسی به جاده اصلی

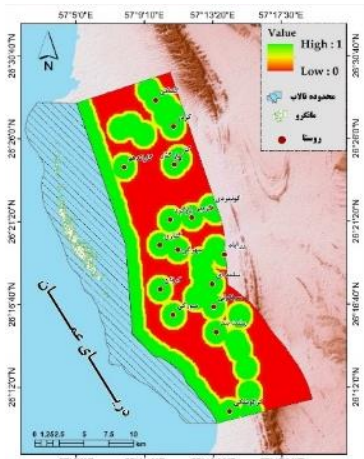
در قلمرو مورد بررسی یک راه ارتباطی اصلی که محور ارتباطی میناب-سیریک-جاسک است وجود دارد (شکل ۵د). دسترسی به جاده از معیارهای مهم برای بازدید گردشگر از جاذبه‌های گردشگری است. مناطق صعب‌العبور و بدون جاده شرایط مناسبی برای گردشگر ندارند؛ بنابراین مناطقی که دارای شبکه جاده‌ای بودند و نزدیک به جاده از تناسب بیشتری در نظر گرفته شد.

دسترسی به شبکه انتقال برق

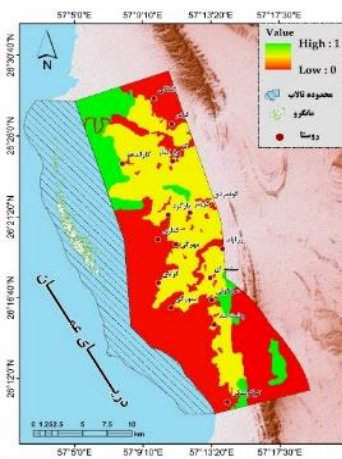
نقشه به‌دست‌آمده حاکی از این است که نواحی نزدیک به امکانات استفاده از شبکه برق دارای قابلیت بیشتری برای

جدول ۲. مساحت محدوده از نظر تناسب توسعه

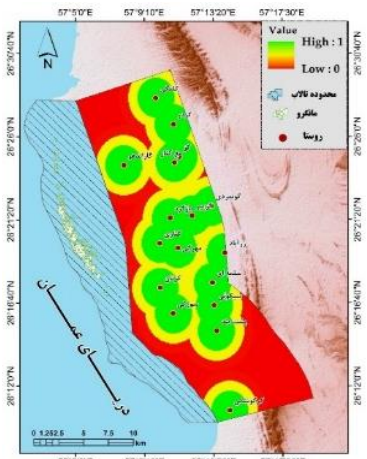
تناسب توسعه	تناسب متوسط	عدم تناسب	پهنه تناسب توسعه
۱۱۷	۱۳۶	۱۲۳	مساحت (Km ²)
۳۱	۳۶	۳۳	درصد مساحت



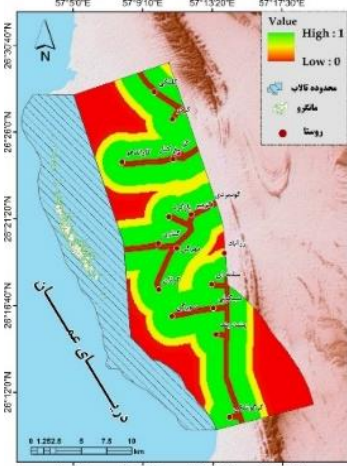
(a)



(b)



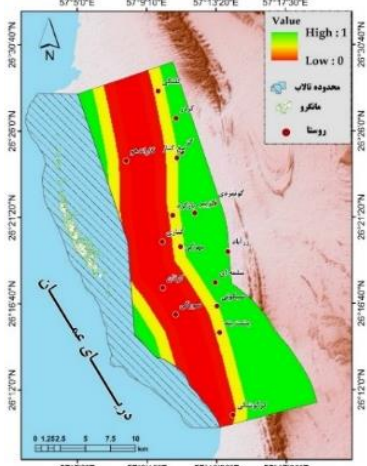
(c)



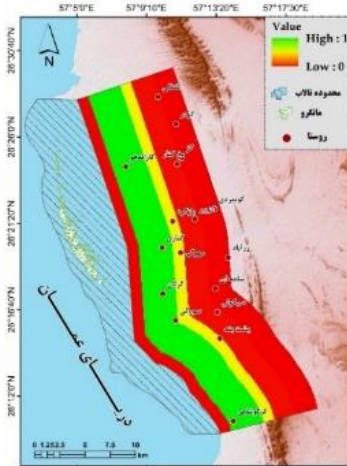
(d)



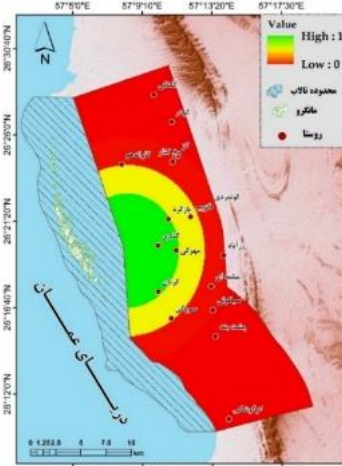
(e)



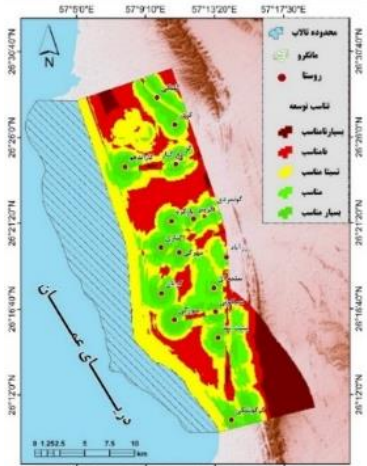
(f)



(g)

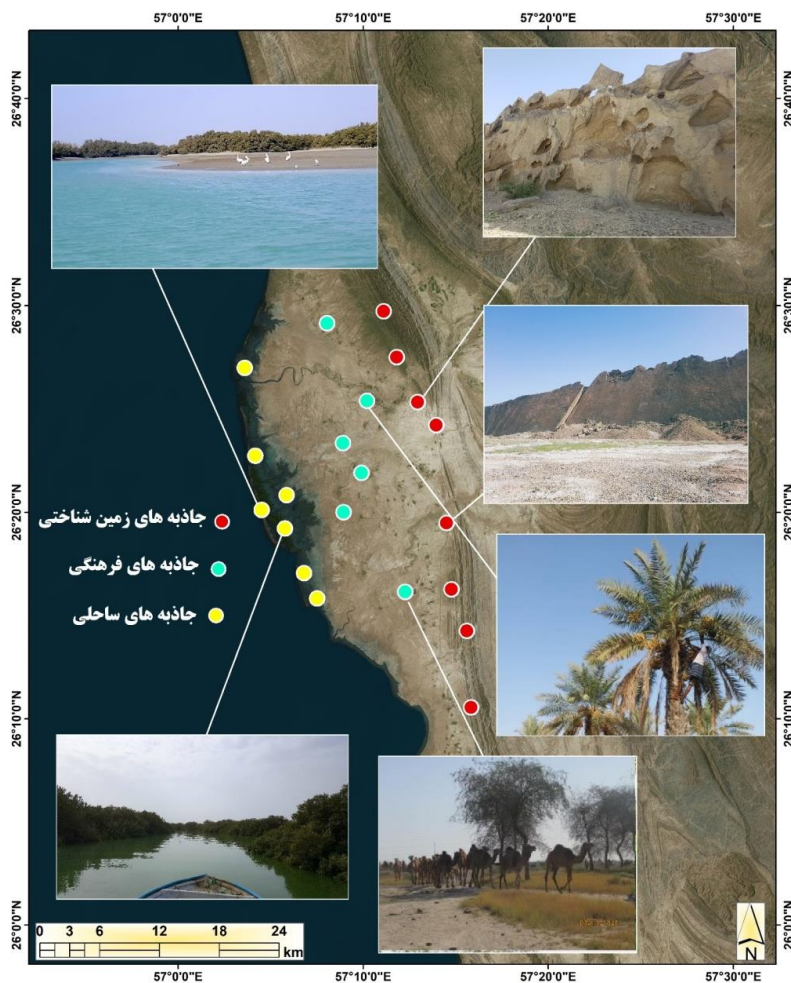


(h)



(i)

شکل ۵. نقشه عوامل مختلف در مدل منطق فازی این پژوهش. (a) نقشه فازی تنوع و تعدد جاذبه. (b) نقشه فازی کاربری و پوشش اراضی. (c) نقشه فازی فاصله از سکونتگاه. (d) نقشه فازی دسترسی به جاده اصلی. (e) نقشه فازی دسترسی به شبکه انتقال برق. (f) نقشه فازی فاصله از گسل. (g) نقشه فازی فاصله از محدوده حفاظت شده تالاب. (h) نقشه فازی فاصله از مراکز انتظامی. (i) نقشه نهایی تناسب توسعه محدوده.



شکل ۶. پراکندگی جاذبه‌های طبیعی

فاصله از مراکز انتظامی

در محدوده مورد نظر یک پاسگاه دریابانی در مجاورت خور آذینی وجود دارد که به‌نوعی کنترل‌کننده نظم و امنیت در محدوده بود و مناطقی که امنیت بیشتری برای گردشگران داشت به‌عنوان مناطق باقابلیت بیشتر در نظر گرفته شد (شکل ۵h). هرچه فاصله از مراکز امنیتی کمتر بود به دلیل تأمین امنیت محیط، آن منطقه دارای تناسب بیشتری برای گردشگری در نظر گرفته شد.

پهنه‌بندی قلمرو انتخابی توسعه گردشگری

نتایج نشان داد که در پهنه‌بندی حاضر تنوع و تعدد جاذبه بیشترین وزن را دارد و معیارهای: فاصله از محدوده حفاظت‌شده تالاب، دسترسی جاده اصلی، دسترسی به نقاط جمعیتی، فاصله از شبکه انتقال برق، فاصله از مراکز انتظامی، کاربری و پوشش اراضی و فاصله از گسل به ترتیب در رتبه‌های دوم تا هشتم قرار گرفته‌اند. پس از مشخص

شدن اوزان نهایی معیارها، در محیط ARC MAP لایه‌های استاندارد شده فازی با توجه به وزن خود در یکدیگر همپوشانی شدند و نقشه نهایی تناسب توسعه گردشگری قلمرو تالاب آذینی به دست آمد (شکل ۵i). سطح‌بندی تناسب توسعه گردشگری قلمرو انتخابی حاکی از آن بود که از کل وسعت محدوده حدود ۳۱٪ آن 117Km^2 دارای شرایط تناسب مطلوب، ۳۶٪ آن با مساحت 136Km^2 دارای شرایط تناسب متوسط و ۳۳٪ با مساحت 123Km^2 دارای وضعیت نامناسب از این حیث است (جدول ۲). پراکندگی جاذبه‌های طبیعی منطقه متناوب و قابل توجه است (شکل ۶).

■ بحث و نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر نقاط جمعیتی بیشتر به شکل خطی در امتداد ساحل استقرار داشت. از مجموع نقاط مسکونی در محدوده تحت دو شهر سیریک و گروگ تقریباً در ناحیه

شرقی قلمرو مورد مطالعه در حریم گسل بوده و متأثر از آن هستند. در پژوهش حاضر مناطق نزدیک به محدوده جنگل‌های ماندابی از ارزش بالاتر برای استفاده بوم‌گردی نسبت به مناطق با فاصله بیشتر از بوم‌سازگان‌های ماندابی بود. مناطق حفاظت‌شده معمولاً ابزار اساسی و ضروری جهت حفاظت از گونه‌ها، زیستگاه‌ها، اکوسیستم‌ها و تنوع زیستی است (۲۴). گرچه پروژه‌های گردشگری دارای آثار مثبت قابل توجهی از جمله توسعه فعالیت‌های گردشگری، تجاری، اشتغال‌زایی و درآمدزایی در منطقه است، ولی آثار منفی ناشی از اجرای پروژه بسیار بیشتر از آثار مثبت هستند. مهم‌ترین آثار منفی آن شامل برهم زدن تعادل بوم‌سازگان منطقه حفاظت‌شده و تالاب بین‌المللی رود شور، شیرین و میناب و سایر بوم‌سازگان‌های حساس دریایی - ساحلی در منطقه، تهدید گونه‌های حیات‌وحش مهم و برجسته و تهدید سفره‌های آب زیرزمینی است (۲۴)؛ بنابراین در برنامه‌ریزی‌های مربوط به توسعه گردشگری تالاب باید پهنه‌های استقرار ادوات و امکانات گردشگری با توجه به رعایت فاصله استاندارد از تالاب در نظر گرفته شود تا تأثیرهای منفی مستقیم یادشده بر روی این بوم‌سازگان کمینه شود؛ از طرفی چون تالاب و جاذبه‌های آن مقصد اصلی گردشگرانی است که به این مکان سفر می‌کنند باید پهنه‌های مستعد برای توسعه گردشگری طوری در نظر گرفته شوند که فاصله بسیار زیادی از تالاب نیز نداشته باشد تا دسترسی گردشگران به جاذبه‌های تالاب نیز حفظ شود.

صنعت گردشگری و مقوله امنیت ارتباط تنگاتنگی باهم دارند؛ این را هم باید دانست و اعتقاد داشت که ملاک امنیت در گردشگری امنیت احساس شده توسط گردشگران است. از جمله عوامل بسیار مهمی که می‌تواند موضوع امنیت گردشگری را تأمین و نوعی آرامش خاطر را برای گردشگران فراهم سازد وجود مراکز انتظامی و دسترسی گردشگران به مراکز مربوط به پلیس است. در پژوهش حاضر مکان‌یابی پهنه‌های متناسب برای توسعه گردشگری مناطق نزدیک و دارای دسترسی بهتر به مراکز انتظامی از اولویت برخوردار بود. در محدوده مورد نظر یک پاسگاه دریابانی در مجاورت خور آذینی وجود داشت که به‌نوعی کنترل‌کننده نظم و امنیت در محدوده بود؛ بنابراین برای ایجاد امنیت برای

شمالی پهنه مورد بررسی واقع بود. بقیه نقاط جمعیتی موجود روستاهای محدوده بود که از نظر وسعت و جمعیت متفاوت بود. در بررسی مدیریت بیابان‌های ساحلی، فاصله تا شهر و امکانات رفاهی از عوامل افزایش‌دهنده تفرج در حوزه کولگان هرمزگان معرفی شده است (۴). منطقه ذخیره‌گاه گنو جاذبه گردشگری آب‌درمانی دارد و توسعه تفرج متمرکز در این مکان از اولویت اول برخوردار است (۵). فاصله تا اماکن و مناظر جاذبه‌ای و جاده و مسیرهای دسترسی از عوامل محدودکننده شایستگی اراضی جهت گردشگری اراضی پشتکوه استان یزد معرفی شده است (۲۸).

در قلمرو مورد بررسی یک راه ارتباطی اصلی که محور ارتباطی میناب-سیریک-جاسک است وجود دارد. این راه در چشم‌انداز توسعه آینده منطقه و توسعه سواحل مکران نقش بسزایی دارد؛ در نزدیکی روستای گونمردی راه ارتباطی فرعی دیگری وجود دارد که این راه، محور اصلی دسترسی به تالاب آذینی می‌باشد. این راه ارتباطی از برخی روستاهای محدوده عبور کرده و در نهایت به تالاب منتهی می‌شود. در منطقه ذخیره‌گاه گنو، روستاهای جونگان و بندر و تنگ‌باغ به دلیل دوری از جاده و فاصله از جاذبه‌های طبیعی در اولویت دوم برای تفرج متمرکز می‌باشند (۲۶). در اراضی پشتکوه استان یزد، معیارهای فاصله تا اماکن و مناظر جاذبه‌ای و جاده و مسیرهای دسترسی از عوامل محدودکننده شایستگی اراضی برای گردشگری معرفی شده است (۲۸).

نواحی نزدیک به جاده ارتباطی اصلی و روستاهای محدوده از نظر این معیار شرایط مناسبی را دارا هستند و با فاصله گرفتن از این مناطق حالت غیرقابل‌دسترس برای گردشگر ایجاد می‌گردد. پهنه‌های نزدیک به ساحل از نظر این معیار نیز شرایط مطلوبی را دارا نیستند. بررسی نقشه زمین‌شناسی در پژوهش حاضر حاکی از این است که گسلی کوچک با راستای شمال غرب-جنوب شرق در بخشی از محدوده واقع شده بود؛ به‌طوری‌که شهر سیریک و روستاهای دهور، سیریک کهنه، شمع جو و میشی در بخش شمالی محدوده، روستاهای گارندهو، مستو، سول جامک، کهورچلان، بازگرد و گنار در بخش مرکزی محدوده و روستاهای کرتان، ماردان، سورگی و کرمدار در بخش جنوب

بسیار مناسبی برای گردشگری ایجاد نموده است. جاذبه‌های طبیعی (چشم‌انداز پوشش گیاهی: زیرمدل شایستگی گیاهان آندمیک، آسیب‌پذیر، کم‌خطر و نادر، نوع حیات‌وحش و تراکم حیات‌وحش) عامل شایستگی منطقه حفاظت‌شده گنو هستند. در این منطقه شایستگی تفرج کنندگان علمی دارای ۳۵/۴٪ با طبقه شایستگی با محدودیت زیاد و ۶۴/۶٪ در طبقه شایستگی N است (۲۷). در پژوهش حاضر محدوده‌ای بالغ بر مساحت 376 Km^2 به‌عنوان قلمرو تالاب آذینی از نظر تناسب توسعه گردشگری با استفاده از معیارهای انتخابی، ۸ معیار بررسی شد. یافته‌ها نشان داد از کل وسعت محدوده حدود ۳۱٪ آن دارای شرایط مناسب برای استفاده گردشگر، ۳۶٪ آن دارای شرایط متوسط و ۳۳٪ دارای وضعیت نامناسب از این حیث می‌باشد؛ بنابراین قلمرو تالاب آذینی شرایط بین سه نوع تناسب در نظر گرفته برای توسعه گردشگری نزدیکی دیده می‌شود؛ به‌طوری‌که هر پهنه با اغماض و به‌طور تقریبی ۳۰٪ از وسعت محدوده را به خود اختصاص داده‌اند. قدر مسلم با استقرار و توسعه زیرساخت‌ها و امکانات شرایط به سود پهنه تناسب توسعه تغییر خواهد کرد که باید برنامه‌ریزی اصولی انجام گرفته و تهیه طرح موضوعی یا موضعی برای رسیدن به گردشگری پایدار در این راستا بسیار ضروری است. بدین ترتیب با بوم‌گردی پایدار از این قابلیت در توسعه گردشگری به‌منظور بهره‌مندی از عواید اقتصادی آن برای بومیان محلی می‌توان سود جست.

■ سپاسگزاری

بدینوسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه هرمزگان به دلیل تسهیل در انجام پژوهش در این راستا و از اداره کل سازمان حفاظت محیط زیست هرمزگان به دلیل همکاری در نمونه‌برداری تشکر و قدردانی می‌گردد.

■ References

1. Agnes, D., Akbar Nandatama, A., Isdyantoko, B. A., Nugraha, F. A., Ghivarry, G., Aghni, P., ChandraWijaya, R. & Widayani, P. (2016). *Remote sensing and GIS-based site suitability analysis for tourism development in Gili Indah, East Lombok*. 2nd International Conference of Indonesian Society for Remote Sensing (ICOIRS), 47, 1-4.

گردشگران مناطق انتخابی باید به این پاسگاه انتخابی نزدیک باشند. اگر گردشگران نسبت به مقصدی احساس ناامنی داشته باشند هرگز به آنجا سفر نمی‌کنند (۲۰). به عبارتی امنیت در گردشگری از چنان اهمیتی برخوردار است که گردشگران در انتخاب مقصد سفر هرروز به دنبال مناطق گردشگری امن‌تری هستند. در حال حاضر یکی از عواملی که از معضلات گردشگری ایران شناخته می‌شود مسئله امنیت و تصویر منفی ایران در ذهن گردشگران خارجی است که این امر ناشی از رقابت ناسالم در صنعت جذب گردشگران خارجی بین کشورها و تلاش استکبار و رسانه‌های کشورهای پیشرفته که نسبت به جمهوری اسلامی دشمنی دارند است (۱۵).

پهنه‌بندی قلمرو انتخابی توسعه گردشگری

یافته‌ها نشان داد در پژوهش حاضر تالاب خورآذینی به علت داشتن جاذبه‌های متعدد و متنوع تأثیر زیادی در جذب گردشگران دریایی داشت؛ مانند ساحل دریا با اشکال متنوع، پوشش مانگرو به‌عنوان یکی از زیباترین جنگل‌های مانگرو ایران، اشکال و لندفرم‌های زمین‌شناسی و جاذبه‌های فرهنگی - انسانی. از کل وسعت محدوده حدود ۳۱٪ آن دارای شرایط تناسب مطلوب، ۳۶٪ آن دارای شرایط تناسب متوسط و ۳۳٪ دارای وضعیت نامناسب از این حیث می‌باشد؛ بنابراین قلمرو تالاب آذینی شرایط بین سه نوع تناسب در نظر گرفته جهت توسعه گردشگری نزدیکی دیده می‌شود؛ به‌طوری‌که هر پهنه با اغماض و به‌طور تقریبی ۳۰٪ از وسعت محدوده را به خود اختصاص داده‌اند. حوزه کولغان با دارا بودن بوم‌نظام‌های جنگل حرا (*Avicennia marina*) دارای ۱۵/۶۱٪ از مساحت حوزه دارای طبقه S_1 با شایستگی زیاد، ۴۵/۸٪ در طبقه S_2 یا شایستگی متوسط، ۱۸/۰۱٪ در طبقه S_3 یا طبقه شایستگی کم و ۱۲/۴۸٪ در طبقه N یا عدم شایستگی قرار دارد (۴). وجود جنگل‌های مانگرو (حرا و چندل) در تالاب آذینی و حرا در منطقه کولغان ظرفیت

2. Amini, M. (2020). The Effect of Electricity Transmission Lines on Urban and Human Environment. *Human and Environment*, 18(1), 49-56.
3. Ashrafi Alawijeh, M., Moradi, A. & Akbarian, M. (2022). *Development of ecotourism in the protected area of Azini wetland in the east of Hormozgan with emphasis on the concept of environmental range capacity*. Master's thesis, Hormozgan University, 80 pages. [In Persian]
4. Bagherzadeh Homaii, M., Mahdavi, R. & Rezaei, M. (2020). Coastal Deserts Management by Assessing the Land Suitability of Mangrove Wetland Ecosystems in Attracting Tourists. *Desert Management*, 15(1), 191-204. DOI: 10.22034/JDMAL.2020.44932 [In Persian]
5. Baubekova, A., Ahrari, A. H., Etemadi, H., Klöve, B., Torabi Haghghi, A. (2024). Environmental flow assessment for intermittent rivers supporting the most poleward mangroves. *Science of the Total Environment*, 167981. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167981>
6. Bunruamkaew, K. H. & Murayama. Y. (2011). Site suitability evaluation for ecotourism using GIS & AHP: a case study of Surat Thani province Thailand. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 21, 269-278. DOI: 10.1016/j.sbspro.2011.07.024
7. Cham Cham, A., Rezai, M., Esmailpoor, Y. (2024). Estimating the Potential and Factors Affecting Desert Tourism in Protected Areas of Coastal Deserts (Case study: Hemag Protected Area of Hormozgan). *Desert management*, 11(4), 83-96. DOI: 10.22034/JDMAL.2024.2022639.1453
8. Cronbach, L. J., (2004). My current thoughts on coefficient alpha and successor procedures. *Educational Psychological Measurement*, 64(3), 391-418.
9. Dehdar Dargahi, M. & Makhdoum, M. (1998). Arasebaran forest land preparation, *Journal of Environmental Studies*, 26(1), 25-34. [In Persian]
10. Farashi kahnooj, V., Rezai, M., Mahdavi, R., Moslehi, M., Eskandari, S. (2023). Effect of dieback on the vegetative, chemical and physiological status of mangrove forests, Iran. *Journal of Arid Land*, 15(11), 1391-1404. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40333-023-0031-6>
11. Fraser, D. M., (1999). Delphi technique: one cycle of an action research project to improve the pre-registration midwifery curriculum. *Nurse Education Today*, 19(6), 495-50.
12. Farazmand, A., Arzani, H., Javadi, S. A. & Sanadgol, A. A. (2019). Determination the factors affecting rangeland suitability for livestock and wildlife grazing. *Applied Ecology and Environmental*, 17(1), 317-329. DOI: http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1701_317329.
13. Geneletti, D. & Dorje, D. (2009). Environmental impact assessment of mountain tourism in developing regions: A study in Ladakh, Indian Himalaya. *Environmental Impact Assessment Review*, 29, 229-242. DOI:10.1016/j.eiar.2009.01.003
14. Gomaa, D. (2013). Suitability Analysis for Tourist Infrastructures Utilizing Multi-Criteria GIS: A Case Study in Al-Hada. *International Journal of Geomatics and Geosciences*, 4(2), 313-324.
15. <https://irimo.ir>
16. <https://ers.cr.usgs.gov/log>
17. Hakim, L., Siswanto, D. & Makagoshi, N. (2017). Mangrove conservation in east Java: the ecotourism development perspectives. *Journal of Tropical Life Science*, 7(3), 277-285. DOI: <https://doi.org/10.11594/jtls.07.03.14>

18. Hormozgan Land Survey Plan Report, (2019). GIS and Remote Sensing Unit, Hormozgan cost Program Organization, p.86, [In Persian].
19. Hosseini, S.T., Momeni, E. & Kamkar, M. (2020). Disciplinary strategies for tourism development. *Journal of National Security*, 10(37), 451-472. DOI: 20.1001.1.33292538.1399.10.37.14.7 [In Persian]
20. Javadi, S. A., Arzani, H., Zandi Esfahani, E. & Shadkami, M. J. (2010). The study of rangeland suitability for outdoor recreation and tourism purpose using geographic information system (GIS). *International Conferences on Cartography and GIS*. 3rd International Conferences on Cartography and GIS. Nessebar. Bulgaria.
21. Jesarti, A. and Aghaei, A. (2013). The role of improving security in the development of tourism in Ardabil province. *Journal of Police Geography*, 2(5), 148-125. DOI: 20.1001.1.2345332.1400.9.2.8.2 [In Persian]
22. Liu, J., (1988). Hawaii Tourism to the year 2000: A Delphi Forecast. *Tourism Management*, 9(4), 79-290.
23. Nastaran, M. & Hajehforosh Nia, Sh. (2012). Application of GIS for Evaluating Ecotourism Potential of Protected Area (Case study: Ghamishloo Wildlife Refuge). *Geography and Environmental Planning Journal*, 46(2), 173-188. [In Persian].
24. Pirmohamadi, Z., Jahangeir Fegghi, J., Zahedi Amiri, Gh. & Sharifi, M. (2010). Environmental capability evaluation appropriate to ecotourism in Zagros forests (Case study: Saman-e-orfie Cham-Haji of Kakareza forest in Lorestan Province). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 18(2), 230-241. [In Persian]
25. Rabiei, J., Khademi, M. S., Bagherpour, S., Ebadi, N., Karimi, A., & Ostad-Ali-Askari, K. (2022). Investigation of fire risk zones using heat-humidity time series data and vegetation. *Applied Water Science*, 12(9), 1-12. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13201-022-01742-z>
26. Regional Water Joint Stock Company of Hormozgan Province. (2016). *Studies to determine the limit of the bed and the boundary of international wetlands of Shur, Shirin, Minab and Vegs*. 150 pages.
27. Rezaei, M., Arzani, H., Azarnivand, H., Najafi Shabankare, K. & Mahdavi. R. (2018). Assessing the ability of dry and semi-arid rangelands to use tourism in Hormozgan, *Rangeland*, 1, 73-82. DOI: 20.1001.1.20080891.1396.11.1.9.6 [In Persian]
28. Rezaei, M. & Moslemi, H. (2021). Spatial distribution of proper region for recreation tourism utility emphasize identifying xerophyte herbivores and carnivores wild life corridor in desert region. *The Journal of Geographical Research on Desert Areas*, 9 (1), 1-19. [In Persian]
29. Sour, A. & Heidari Alamdarloo. E. (2012). Determination of tourism merit of Poshtkuh rangelands in Yazd using GIS. *Natural Ecosystems of Iran*, 2, 71-84. [In Persian]
30. Sirik International Wetland Protection Plan Report, (2021). Studies and Planning Office, Natural Resources office of Hormozgan. p.164. [In Persian].
31. Studies and Planning Office, (2022). Iran Oil Exploration Organization.
32. Statistics Center of Iran, (2015). Population of Iranian Cities. <https://amar.org.ir/population-and-migration>
33. Ziai, M., Bani kamali, S. & Sharifikia, M. (2011). Ecological potential evaluating and categorize proper region for ecotourism (Case study: Minodasht). *Planning and space evaluating Journal*, 15(4), 109-128. [In Persian]

Assessment of Desertification Trends in Kerman Province Using Remote Sensing

S. Barkhori^{1*}, M. Dolatkordestani¹, K. Javaheri²

1. Associate Professor, Department of Ecological Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Jiroft, Jiroft, Iran.
2. MSc. Student of Desert Management and Control, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

* Corresponding Author: Barkhori.s@ujiroft.ac.ir

Received date: 27/04/2024

Accepted date: 09/07/2024

 [10.22034/JDMAL.2024.2027464.1461](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2027464.1461)

Extended Abstract

Introduction

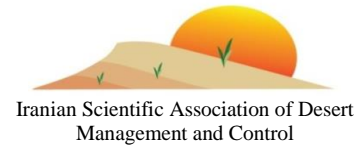
Desertification is land degradation that occurs in arid, semi-arid, and dry sub-humid areas, where water is the most important limiting factor for land use in the ecosystem (19). Desertification (31) is a term used to describe the decrease in biological productivity in ecosystems of arid, semi-arid, and dry sub-humid regions caused by climate change and human activities. To provide management solutions and prevent desertification spread globally, it is necessary to evaluate the phenomenon and its changes over time. At the global level, numerous studies have been conducted to evaluate and monitor desertification using various methods and evaluate its changes over time. In recent years, there has been a lot of attention given to remote sensing in this regard. Lamchin et al. (2016) examined land cover changes and desertification in Mongolia using remote sensing indices such as NDVI, albedo, and TGSI. It was discovered that the study area has experienced an increase in desertification each year (16). Ontel et al. (2023) investigated the trend of land degradation and desertification in Romania using remote sensing indices. The research findings revealed that 60% of the limited study area (22) had been improved and restored. In Iran, the majority of the land is located in arid, semi-arid, and hyper-arid climates (4), and the duration of the warm season is increasing in 80 percent of the regions (10). These conditions will lead to the continued growth and expansion of desertification in Iran. Therefore, finding methods to assess this phenomenon, its causes, and predict its trends will become increasingly important. The management of vegetation cover and natural resources requires an assessment of the desertification process due to the semi-arid and desert climate of Kerman province. This study aims to examine the trend of desertification over time using remote sensing due to the issue's importance and the climatic conditions of Kerman province.

Material and Methods

Kerman province, with an area of 183,000 square kilometers, accounts for approximately 11% of the total area of the country. Satellite images were used to calculate the intensity of desertification to achieve the set objectives. To calculate the intensity of desertification, the DDI index introduced by Pan and Li (2013) was utilized in this study. To evaluate desertification in Kerman province, the first step was to establish the target months by utilizing the monthly NDVI average.

Desert Management

www.isadmc.ir

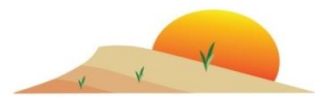


Estimates of NDVI were made on the Google Earth Engine platform from 2001 to 2022 using the MOD09A1 product layers of the MODIS sensor, and the monthly average for the study period was then determined. An average Albedo coefficient map was calculated for the period 2001 to 2022 after determining the target months and obtaining the average NDVI map from 2001 to 2022 in these months. The intensity of desertification for the target months was calculated by performing a linear regression between NDVI and Albedo coefficient in the next step. The highest intensity of desertification for every target month was determined by determining the year with the lowest DDI value at pixel level. After calculating the DDI index for the 22-year study period, to examine the trend of desertification changes, the trend of DDI index changes for the target months was calculated from 2001 to 2022 using the non-parametric Kendall test in the TerrSet software. The slope of changes in the DDI index for the target months in time units was calculated using TerrSet software for 22 years. To simulate the trend of changes, linear regression analysis can be utilized.

Discussion and Conclusion

The highest NDVI values over the 22 years are in March, April, May, and June, which indicate the highest growth and greenness of vegetation during these months, as per the results obtained. The four months with the highest NDVI values were chosen to investigate the trend of desertification changes based on the results of this section. The most severe desertification in March was 23.93% in 2012, while the lowest was 23.0% in 2016. The highest and lowest severity of desertification in April were 22.23% and 35.0% in 2012 and 2006, respectively. The most severe desertification was recorded at 20.14% and 22.42% during May and June in 2001, while the least was 32.0% and 11.0% in 2017, respectively. The results indicate that the trendless class has allotted the largest area throughout the 22-year period, with values of 82.45%, 59.83%, 49.96%, and 51.79% in March, April, May, and June, respectively. The results indicate that desertification changes with high and very high intensity mostly occur in the southwest, south, and southeast regions of Kerman province. The northwest and northeast regions of the province are also a part of this class. The vegetation cover values in March, April, May, and June were the highest in the year, as shown by the average monthly NDVI results. Behrangmanesh et al. (2019) and Alamdarloo et al. (2018) reported that the vegetation cover in most regions of Iran is at its peak during these months. The results indicated that the intensity of desertification is increasing considerably in Kerman province in all four selected months, particularly in the southern regions. The assessment of desertification changes showed that the southern regions of Kerman province are classified as high and very high in all four selected months. The effectiveness of the desertification intensity assessment method proposed by Pan and Li (2013) can be demonstrated by analyzing the results of this study in Kerman province and comparing it to previous research in this area.

Keywords: Albedo; Desertification; Linear Regression; NDVI



ارزیابی تغییرات شاخص شدت بیابان‌زایی در استان کرمان با استفاده از سنجش‌ازدور

سعید برخوردار^{۱*}، مجتبی دولت‌کردستانی^۱، کیمیا جواهری^۲

۱. استادیار، گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران.
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت و کنترل بیابان، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

* نویسنده مسئول: Barkhori.s@ujiroft.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۱۹

doi [10.22034/JDMAL.2024.2027464.1461](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2027464.1461)

چکیده

با توجه به اهمیت پدیده بیابان‌زایی و گسترش آن در سطح جهان، در پژوهش حاضر با استفاده از فناوری سنجش‌ازدور به ارزیابی روند تغییرات بیابان‌زایی استان کرمان پرداخته شد. بدین منظور ابتدا بر اساس میانگین بلندمدت NDVI ماه‌های مارس (اسفند-فروردین)، آوریل (فروردین-اردیبهشت)، می (اردیبهشت-خرداد) و ژوئن (خرداد-تیر) انتخاب شدند. با بهره‌گیری از داده‌های سنجنده مودیس، تصاویر NDVI و سپیدایی در طول سال‌های ۲۰۰۱-۲۰۲۲ (۱۳۸۰-۱۴۰۱) تهیه و شاخص شدت بیابان‌زایی (DDI) برای ۲۲ سال محاسبه شد. سپس با آزمون من‌کنندال، روند تغییرات شاخص مذکور بررسی شد. همچنین با استفاده از تحلیل رگرسیون خطی، شدت تغییرات بیابان‌زایی در قالب ماه‌های زمانی موردنظر در طول ۲۲ سال با استفاده از شاخص DDI برآورد شد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که طبقه بدون روند تغییرات در تمام ماه‌های موردبررسی بیشترین مساحت را به خود اختصاص داده است که برای ماه‌های مارس، آوریل، می و ژوئن به ترتیب ۸۲/۴۵، ۵۹/۸۳، ۴۹/۹۶ و ۵۱/۷۹٪ می‌شود. بیشترین درصد مساحت شدت بیابان‌زایی ماه مارس با مقدار ۲۳/۹۳٪ به سال ۲۰۱۲ اختصاص داشت. همچنین بیشترین شدت بیابان‌زایی ماه آوریل، می و ژوئن به ترتیب با مقدار ۲۲/۲۳، ۲۰/۱۴ و ۲۲/۴۲٪ به سال‌های ۲۰۱۲، ۲۰۰۱ و ۲۰۰۱ مربوط بود. نتایج شدت تغییرات بیابان‌زایی در واحد زمان نیز نشان داد که طبقه زیاد شدت تغییرات بیابان‌زایی در ماه مارس ۱۴/۸۱٪، در ماه آوریل ۱۷/۸۳٪، در ماه می ۱۷/۴۸٪ و در ماه ژوئن ۱۷/۷۵٪ مساحت استان را شامل می‌شود.

واژگان کلیدی: آزمون من‌کنندال؛ سپیدایی؛ روند؛ رگرسیون خطی؛ شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی



■ مقدمه

تخریب سرزمین، به‌عنوان یک معضل محیط‌زیستی مهم، نیازمند ارزیابی مکانی وضعیت آن در مناطق مختلف است (۲). به‌طور کلی بیابان‌زایی دارای تعاریف متعددی می‌باشد. برای نمونه بیابان‌زایی عبارت است کاهش توان زیستی در مناطق خشک، نیمه‌خشک و خشک نیمه مرطوب در نتیجه فعالیت‌های انسانی که اغلب به دلیل تغییرات اقلیمی شدت می‌گیرد (۳۲). بیابان‌زایی و فرایند تخریب سرزمین در مناطق خشک، نیمه‌خشک و خشک نیمه‌مرطوب که آب مهم‌ترین عامل محدوده‌کننده عملکرد کاربری اراضی در بوم‌سازگان است، رخ می‌دهد (۲۲ و ۲۹)؛ اما وحدت نظر بر سر تعریف مشخص و موردتوافق همگان از بیابان‌زایی، تعریف موجود در معاهده‌نامه بین دولت‌ها به‌منظور مبارزه با بیابان‌زایی یا ICCD^۱ در سال ۱۹۹۴ می‌باشد که در آن بیابان‌زایی شامل تخریب سرزمین در مناطق خشک، نیمه‌خشک و نیمه مرطوب خشک تحت اثر عوامل مختلفی شامل فعالیت‌های انسانی و عوامل طبیعی مثل تغییرات اقلیمی است (۳۱). بیابان‌زایی به‌طور پیوسته و متمادی خود را به‌عنوان یکی از بحرانی‌ترین مسائل محیط‌زیستی که جامعه با آن مواجه است، نشان می‌دهد (۱۵). سامانه‌های محیط‌زیستی اغلب در حالت تعادل پویا قرار دارند و کوچک‌ترین تغییر در اقلیم یا کاربری اراضی می‌تواند منجر به ریسک بیابان‌زایی و افزایش شدت این پدیده در یک منطقه گردد (۱۷). بیابان‌زایی تهدید جدی بوم‌شناختی، محیط‌زیستی و اقتصادی-اجتماعی در سطح جهان است که نیاز به توسعه روش‌های منطقی و قابل تکرار برای ارزیابی آن در مقیاس‌های مختلف می‌باشد (۱۸). بیابان‌زایی اغلب با تغییراتی همراه است که ممکن است همیشگی و غیرقابل بازگشت باشند (۵). این پدیده در نتیجه تغییر ترکیبی از عوامل طی زمان و مکان رخ می‌دهد که شامل تخریب سرزمین، تغییر در رژیم بارندگی، تغییر و یا کاهش ترکیب پوشش گیاهی و تنوع زیستی می‌باشد. دیگر عواملی که بر بیابان‌زایی اثرگذار هستند شامل فرسایش بادی و آبی، افزایش سیلاب و رواناب، شوری خاک، کاهش حاصلخیزی خاک، کاهش آب سطحی و زیرزمینی و غیره

می‌باشد (۷). با توجه به گسترش پدیده بیابان‌زایی در سطح جهان، ارزیابی این پدیده و روند تغییرات آن در طول زمان، جهت ارائه راهکارهای مدیریتی و جلوگیری از گسترش آن لازم و ضروری است. در واقع شیوه‌های اجرایی کنترل بیابان‌زایی باید مبتنی بر شناخت وضعیت فعلی بیابان‌زایی و شدت آن باشد (۲۸). به‌طور کلی شناخت فرآیندهای بیابان‌زایی و عوامل به وجود آورنده آن، آگاهی از شدت و ضعف این فرآیندها و عوامل و نیز ارزیابی روند تغییرات بیابان‌زایی در طول زمان، به‌منظور هشدار اولیه بیابان‌زایی و کاهش ریسک آن و همچنین جلوگیری از پیشروی آن امری مهم و ضروری است (۳۴). تاکنون بررسی‌های گوناگونی در سطح جهان انجام شده است که با بهره‌گیری از روش‌های مختلف به ارزیابی و پایش پدیده بیابان‌زایی و بررسی تغییرات آن در طول زمان پرداخته است. در این راستا سنجش‌ازدور ابزاری است که به‌طور گسترده موردتوجه قرار گرفته است. با توجه به اینکه داده‌های ماهواره‌ای در زمان‌های مختلف و باندهای طیفی مختلف موجود هستند، می‌توانند ابزاری مناسب در بررسی زمانی بیابان‌زایی بر اساس معیارهای مختلف این پدیده باشند. در واقع سنجش‌ازدور یکی از مهم‌ترین فناوری‌های مبتنی بر مطالعات مکانی و خصوصیات طیفی پدیده‌ها است که می‌تواند نقش مهمی در مطالعات پدیده‌های زمینی ایفا کند (۲۷). نتایج بررسی شاخص‌های سنجش‌ازدور از جمله NDVI^۲، سبیدایی (آلبدو) و TGS^۳ تغییرات پوشش زمین و بیابان‌زایی در مغولستان نشان‌داد که بیابان‌زایی منطقه موردبررسی هرساله روندی افزایشی داشته است (۱۸). در پژوهشی دیگر، روند تغییرات تخریب سرزمین و بیابان‌زایی در رومانی با استفاده از شاخص‌های سنجش‌ازدور موردبررسی قرار گرفت. نتایج پژوهش‌گویای بهبود و احیای ۶۰/۸٪ وسعت محدود مطالعاتی بود (۲۵). در پژوهشی دیگری با استفاده از داده‌های سری زمانی سنجش‌ازدور به بررسی روند بیابان‌زایی در مرکز استان خوزستان پرداخته شد و نتیجه گرفته شد که طبقه شدید و زیاد بیابان‌زایی به ترتیب با مقدار p-value برابر با ۰/۹ و ۰/۵ در سطح ۱۰٪ روند معنی‌داری از خود نشان دادند

^۳ Topsoil Grain Size Index

^۱ International Convention to Combat Desertification

^۲ Normalized difference vegetation index

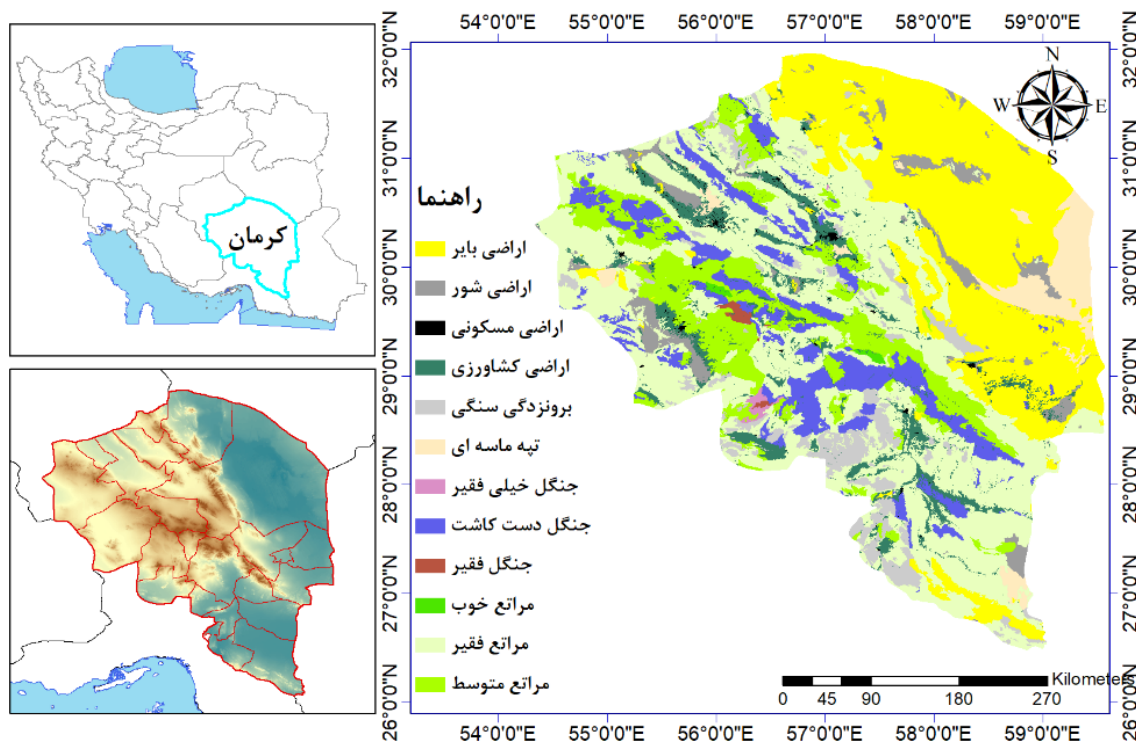
آن از اهمیت روزافزونی برخوردار خواهد بود. با توجه به اینکه استان کرمان دارای اقلیم نیمه‌خشک بیابانی و گرم می‌باشد، مدیریت پوشش گیاهی و منابع طبیعی مستلزم ارزیابی روند تغییرات بیابان‌زایی است. با توجه به اهمیت موضوع و شرایط اقلیمی استان کرمان، هدف از پژوهش حاضر ارزیابی روند تغییرات بیابان‌زایی در طول زمان با استفاده از سنجش‌ازدور می‌باشد.

■ مواد و روش

محدوده موردبررسی

استان کرمان با وسعت 183000 Km^2 ، حدود ۱۱٪ مساحت کشور را شامل می‌شود (شکل ۱). این استان که در جنوب شرقی فلات مرکزی کشور واقع شده است. مجاورت ایران با منطقه نزول پرفشارهای جنب مداری باعث شده که نوار بیابانی نیم‌کره شمالی از قلب این کشور عبور کند و شرایط نامساعد طبیعی را بر وسعت زیادی از ایران از جمله استان کرمان حکم‌فرما سازد (۲۴).

(۱۰). نتایج پژوهشی باهدف ارزیابی بیابان‌زایی منطقه سیستان نشان داد که از بین شاخص‌های پوشش گیاهی NDVI^1 ، RVI^2 ، DVI^3 ، PVI^4 ، SAVI^5 و TSAVI^5 ، شاخص NDVI بیشترین همبستگی را با مقادیر آلبدو داشته و بهترین شاخص برای ارزیابی بیابان‌زایی می‌باشد (۳۶). در مطالعه‌ی دیگر به‌منظور ارزیابی تغییرات شدت بیابان‌زایی در محدوده تالاب هامون، شدت بیابان‌زایی با استفاده از رابطه آلبدو و شاخص NDVI در چهار دوره، آگوست سال‌های ۱۹۹۹، ۲۰۰۹، ۲۰۱۵ و ۲۰۲۰ محاسبه شد و نتایج نشان داد که در محدوده مورد مطالعه از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۲۰ میانگین نرخ بیابان‌زایی ۱۳/۱۱٪ است (۳۷). در کشور ایران حدود ۸۵٪ اراضی در اقلیم فراهشک، خشک، نیمه‌خشک و خشک نیمه مرطوب قرار دارد (۴، ۳۱) و در ۸۰٪ نواحی ایران مدت‌زمان فصل گرم در حال افزایش است (۱۱). با توجه به این شرایط، ایران دارای قابلیت بالقوه بیابان‌زایی زیادی است؛ بنابراین یافتن روش‌های ارزیابی این پدیده، علل ایجاد آن و همچنین پیش‌بینی روند



شکل ۱. موقعیت محدوده موردبررسی

⁴ Soil Adjusted Vegetation Index

⁵ Transformed Soil-Adjusted Vegetation Index

¹ Ratio Vegetation Index

² Difference Vegetation Index

³ Perpendicular Vegetation Index

سنجنده مودیس مطابق رابطه ۱ از ابتدای ۲۰۰۱ (۱۳۸۰) تا انتهای ۲۰۲۲ (۱۴۰۱) در فضای ابری Google Earth Engine برآورد شد و سپس میانگین ماهانه دوره مورد بررسی محاسبه شد.

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

در این رابطه NIR و RED مربوط به بازتاب طیفی در باند مادون قرمز نزدیک و باند قرمز موجود در محصول MOD09A1 است. مقادیر شاخص NDVI بین ۱- که بیانگر سطوح پوشیده از آب و برف و ۱+ که نشان‌دهنده مناطق دارای پوشش گیاهی هست متفاوت می‌باشد (۹). محصول MOD09A1 سنجنده مودیس با قدرت تفکیک زمانی ۸ روزه و قدرت تفکیک مکانی ۵۰۰m در دسترس کاربران می‌باشد. این محصول که شامل ۱۳ لایه از جمله انعکاس باندهای یک تا هفت روز تصویربرداری هر پیکسل و داده‌های قابلیت اطمینان پیکسل^۲ است، حاصل پردازش تصاویر سنجنده MODIS ماهواره Terra می‌باشد (۳۳). بعد از تعیین ماه‌های هدف، در این ماه‌ها علاوه بر استخراج نقشه میانگین NDVI از ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۲، نقشه میانگین ضریب سپیدایی نیز از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۲ محاسبه شد. Albedo یا همان ضریب بازتاب، میزان بازتاب نور از سطح یک شیء است که به‌طور عمومی بین صفر و یک (یا درصدی از صفر تا ۱۰۰) نسبت داده می‌شود. صفر نشان‌دهنده عدم بازتاب و یک نشان‌دهنده بازتاب کامل می‌باشد. برای محاسبه ضریب سپیدایی از رابطه ۲ استفاده شد (۱۹).

$$Albedo = 0.16 \times b_1 + 0.291 \times b_2 + 0.243 \times b_3 + 0.116 \times b_4 + 0.112 \times b_5 + 0.081 \times b_6 - 0.0015 \quad (2)$$

در این رابطه b₁, b₂, b₃, b₄, b₅, b₆ به ترتیب انعکاس سطحی باندهای اول، دوم، سوم، چهارم، پنجم و هفتم سنجنده MODIS می‌باشد. در مرحله بعد به‌منظور محاسبه شدت بیابان‌زایی ماه‌های هدف، رگرسیون خطی بین شاخص NDVI به‌عنوان متغیر مستقل و ضریب

میانگین بارندگی سالانه در استان کرمان حدود ۱۴۰mm است که ۵۸٪ متوسط بارش سالانه کشور و ۱۹٪ میانگین بارش کره زمین را شامل می‌شود. استان کرمان از شمال به استان‌های خراسان جنوبی و یزد، از شرق به سیستان و بلوچستان، از جنوب به استان هرمزگان و از غرب به استان فارس محدود شده است. اقلیم استان از نظر تقسیم‌بندی‌های اقلیمی جزء اقلیم نیمه‌خشک بیابانی و گرم محسوب می‌شود (۲۴). استان کرمان از لحاظ ژئومورفولوژی به علت واقع شدن در محل تلاقی رشته‌کوه‌های زاگرس و ایران مرکزی و مناطق پست بیابانی به طول تقریباً ۱۶۰ کیلومتر، از تنوع پیکرشناسی زیادی برخوردار است. این تلاقی استثنائی بین بلندی و پستی، ناحیه کوهستانی و کویری، گرما و سرما، ویژگی‌های محیطی کم‌نظیر و اوضاع طبیعی خاصی را به وجود آورده است که در کمتر منطقه‌ای از فلات ایران زمین می‌توان مشاهده کرد. امتداد سلسله جبال زاگرس و کوه‌های مرکزی، استان پهناور کرمان را به دو بخش متمایز خشک بیابانی و معتدل کوهپایه‌ای تفکیک نموده است. به همین علت کرمان از معدود مناطقی است که دارای چهره‌های گوناگون محیطی و طبیعی می‌باشد و به علت وسعت منطقه و وجود پستی‌وبلندی‌ها و شرایط خاص اقلیمی آب‌وهوای آن در نواحی مختلف متفاوت است. در دید کلی مهم‌ترین چشم‌انداز طبیعی استان کرمان بیش از ۵۰٪ کوهستانی است (۱۶).

روش پژوهش

محاسبه شدت بیابان‌زایی

در اولین گام از این پژوهش، شدت بیابان‌زایی به کمک تصاویر ماهواره‌ای محاسبه گردید. در پژوهش حاضر برای برآورد شدت بیابان‌زایی از شاخص شدت بیابان‌زایی (DDI^۱) استفاده شد (۲۶). اساس این شاخص بر پایه رابطه بین شاخص NDVI یا شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی و ضریب سپیدایی می‌باشد. نخستین گام در راه ارزیابی بیابان‌زایی استان کرمان، تعیین ماه‌های هدف با استفاده از میانگین ماهانه NDVI بود. در این پژوهش NDVI از لایه‌های موجود در محصول MOD09A1

² Quality reliability of VI pixel

¹ Desertification Difference Index

شاخص DDI از ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۲ برای ماه‌های هدف بر اساس روابط ۶ تا ۱۰ محاسبه شد (۲۰).

$$S = \sum_{i=2}^n \sum_{j=1}^{i-1} (\text{sign}(x_i - x_j)) \quad (۶)$$

در این رابطه، S آماره من‌کندال، n طول سری زمانی یا تعداد داده‌های مشاهداتی و مقادیر i و j مرتبه مشاهدات هستند. همچنین $\text{sign}(x_i - x_j)$ تابع علامت است که بر اساس رابطه ۷ محاسبه شد.

$$\text{sign}(x_i - x_j) = \begin{cases} +1 & \text{اگر } (x_i - x_j) > 0 \\ 0 & \text{اگر } (x_i - x_j) = 0 \\ -1 & \text{اگر } (x_i - x_j) < 0 \end{cases} \quad (۷)$$

بر اساس این آزمون در صورتی که مقدار S که اختلاف معنی‌داری با صفر نداشته باشد روند وجود ندارد و در غیر این صورت، روند صعودی یا نزولی خواهد بود. برای آزمون معنی‌دار بودن روند و محاسبه احتمال آن، از متغیر Z نرمال استاندارد طبق رابطه ۸ استفاده شد.

$$Z_M = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{VAR}(S)}} & \text{اگر } S > 0 \\ 0 & \text{اگر } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{VAR}(S)}} & \text{اگر } S < 0 \end{cases} \quad (۸)$$

در این رابطه $\text{Var}(S)$ واریانس پارامتر S که از رابطه ۹ محاسبه شد.

$$\text{VAR}(S) = \frac{1}{18} [n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^q tp(tp-1)(2tp+5)] \quad (۹)$$

در این رابطه، tp تعداد دنباله‌ها برای p امین مقدار که ارزش مشابه دارند و q تعداد دنباله‌ها است. مقدار مثبت Z روند افزایش و مقدار منفی Z روند کاهشی سری زمانی را نشان می‌دهد. طبقه‌بندی احتمال روند تغییرات با توجه به مقادیر Z_M در جدول ۱ نشان داده شده است.

سپیدایی به‌عنوان متغیر وابسته محاسبه شد. فرمول کلی بین این دو شاخص در رابطه ۳ نشان داده شده است.

$$\text{Albedo} = \alpha \times \text{NDVI} + \beta \quad (۳)$$

در این رابطه α شیب تغییرات ضریب سپیدایی برحسب تغییرات شاخص NDVI و β عرض از مبدأ این رابطه می‌باشد. در مرحله بعد با استفاده از رابطه ۴ شاخص DDI محاسبه شد (۲۶).

$$\text{DDI}_i = \varphi \times \text{NDVI}_i - \text{Albedo}_i \quad (۴)$$

در این رابطه DDI_i شدت بیابان‌زایی ماه ام، NDVI_i میانگین شاخص NDVI ماه ام و Albedo_i میانگین ضریب سپیدایی ماه ام است. φ شیب رابطه DDI است که بر مبنای α رابطه ۳ محاسبه شد. نحوه محاسبه φ در رابطه ۵ نشان داده شده است.

$$\varphi = -\frac{1}{\alpha} \quad (۵)$$

در این رابطه φ شیب رابطه DDI و α شیب تغییرات ضریب سپیدایی برحسب تغییرات شاخص NDVI است. لازم به ذکر است شاخص DDI رابطه عکس با شدت بیابان‌زایی دارد.

تعیین زمان بیشترین شدت بیابان‌زایی

به‌منظور تعیین زمان بیشترین شدت بیابان‌زایی برای هریک از ماه‌های هدف، پیکسل به پیکسل سالی که شدیدترین شدت بیابان‌زایی (کم‌ترین مقدار شاخص DDI) را داشت، تعیین شد.

روند تغییرات بیابان‌زایی

پس از محاسبه شاخص DDI برای ۲۲ سال مطالعاتی، جهت بررسی روند تغییرات بیابان‌زایی، با استفاده از آزمون ناپارامتریک من‌کندال در نرم‌افزار TerrSet، روند تغییرات

شدت تغییرات بیابان‌زایی در واحد زمان

شیب تغییرات شاخص DDI در ماه‌های هدف در واحد زمان توسط نرم‌افزار TerrSet، برای ۲۲ سال محاسبه شد. بدین منظور تجزیه و تحلیل رگرسیون خطی برای شبیه‌سازی روند تغییرات استفاده شد (۸، ۳۰). این روش مشخص کرد که چه رابطه خطی بین تمام داده‌های یک متغیر وابسته با داده‌های متناظر شاخص مستقل وجود دارد. جهت برآورد شیب تغییرات متغیر وابسته بر اثر تغییرات متغیر مستقل بر مبنای روابط رگرسیون خطی از رابطه ۱۰ استفاده شد.

$$Slope = \frac{n \sum_{i=1}^{i=n} x_i y_i - \sum_{i=1}^{i=n} x_i \sum_{i=1}^{i=n} y_i}{n \sum_{i=1}^{i=n} x_i^2 - (\sum_{i=1}^{i=n} x_i)^2} \quad (10)$$

در این رابطه X_i و Y_i به ترتیب مقادیر متغیر مستقل یعنی زمان و متغیر وابسته یعنی DDI ماه هدف در سال n ام است و n تعداد سال‌ها در طول دوره مطالعه است. به‌طور کلی، اگر شیب بزرگ‌تر از صفر باشد، متغیر وابسته هم‌جهت با متغیر مستقل تغییر می‌کند. در حالی که اگر شیب کوچک‌تر از صفر باشد، متغیر وابسته در خلاف جهت متغیر مستقل تغییر می‌کند. هرچه اندازه شیب تغییرات بیشتر باشد شدت تغییرات DDI در واحد زمان یعنی سال، بیشتر است. در این پژوهش به منظور طبقه‌بندی شدت تغییرات بیابان‌زایی در واحد زمان از روش شکست طبیعی^۱ در نرم‌افزار Arc GIS استفاده شد.

■ نتایج

تعیین ماه‌های هدف

میانگین بلندمدت ماهانه شاخص NDVI در سری زمانی ۲۰۰۱-۲۰۲۲ (۱۳۸۰-۱۴۰۱) در شکل ۲ نشان داده شده است. با توجه به این شکل، ماه‌های مارس (اسفند-فروردین)، آوریل (فروردین-اردیبهشت)، می (اردیبهشت-خرداد) و ژوئن (خرداد-تیر) بیشترین مقدار NDVI را در طول ۲۲ سال دارند که نشان‌دهنده بیشترین رشد و شادابی پوشش گیاهی در این ماه‌ها است. با توجه به نتایج این بخش، چهار ماه مذکور که دارای بیشترین مقدار شاخص NDVI بودند، برای بررسی روند تغییرات بیابان‌زایی در نظر گرفته شد.

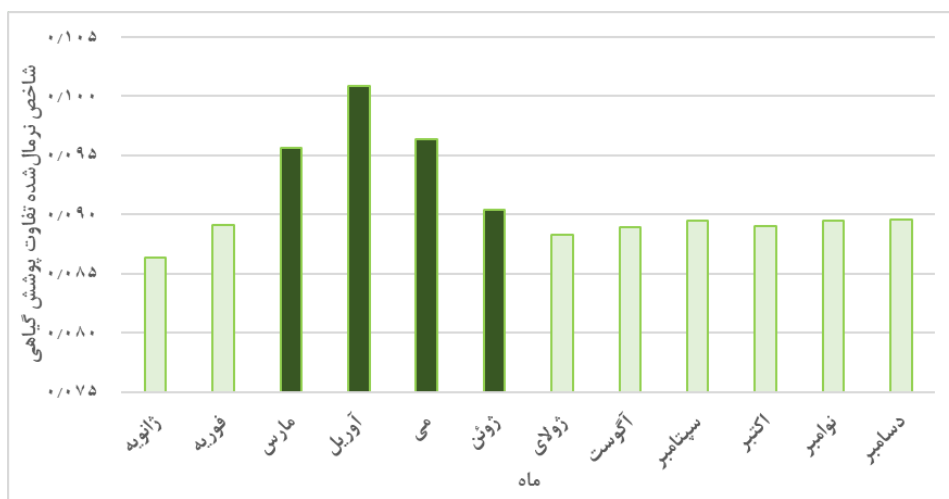
تعیین زمان بیشترین شدت بیابان‌زایی

نتایج شدت بیابان‌زایی ماه‌های مطالعاتی در طول ۲۲ سال در شکل‌های ۳ و ۴ ارائه شده است. جدول ۲ نیز درصد مساحت شدت بیابان‌زایی چهار ماه مارس، آوریل، می و ژوئن در سال‌های مطالعاتی را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج حاصل شده، بیشترین درصد مساحت شدت بیابان‌زایی ماه مارس با مقدار ۲۳/۹۳٪ به سال ۲۰۱۲ اختصاص داشته و کم‌ترین آن با مقدار ۰/۲۳٪ در سال ۲۰۱۶ بوده است. بیشترین و کم‌ترین شدت بیابان‌زایی ماه آوریل به ترتیب با مقدار ۲۲/۲۳ و ۰/۳۵٪ به سال‌های ۲۰۱۲ و ۲۰۰۶ اختصاص دارد. در ماه می و ژوئن به ترتیب بیشترین درصد مساحت شدت بیابان‌زایی با مقدار ۲۰/۱۴٪ و ۲۲/۴۲٪ مربوط به سال ۲۰۰۱ بود و کم‌ترین آن به ترتیب با مقدار ۰/۳۲ و ۰/۱۱٪ به سال ۲۰۱۷ و ۲۰۱۴ مربوط بوده است.

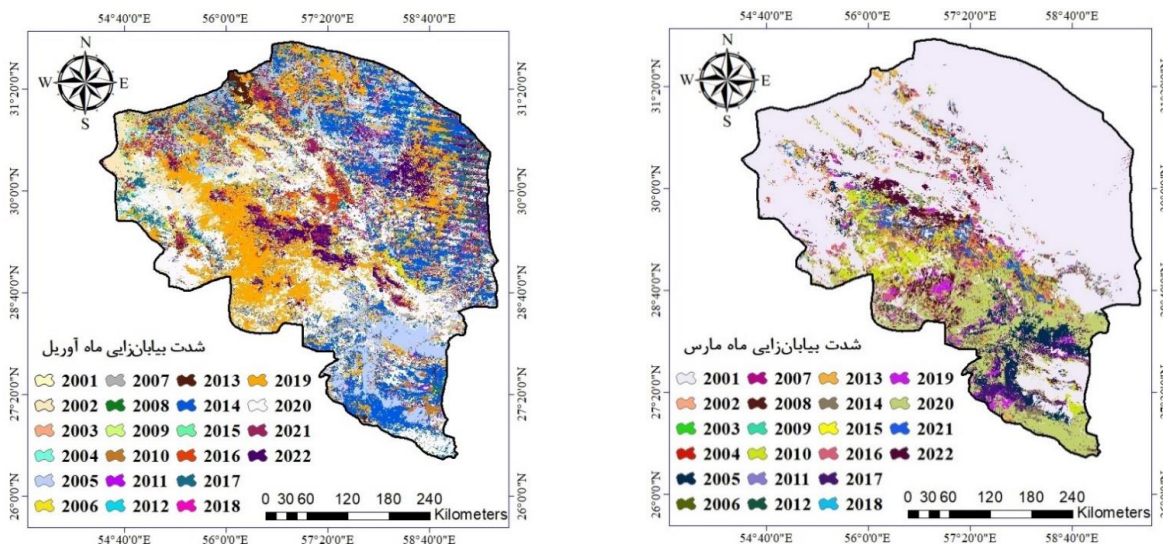
جدول ۱. طبقه‌بندی احتمال روند تغییرات بر مبنای Z_M (۲۰)

طبقه	طبقه سطح اطمینان	مقادیر Z_M
۱	کاهشی با احتمال بیش از ۹۹٪	$-2/57 >$
۲	کاهشی با احتمال بین ۹۵٪ تا ۹۹٪	$-1/96$ تا $-2/57$
۳	کاهشی با احتمال بین ۹۰٪ تا ۹۵٪	$-1/64$ تا $-1/96$
۴	بدون روند	$-1/64$ تا $+1/64$
۵	افزایشی با احتمال بین ۹۰٪ تا ۹۵٪	$-1/64$ تا $+1/96$
۶	افزایشی با احتمال بین ۹۵٪ تا ۹۹٪	$+1/96$ تا $+2/57$
۷	افزایشی با احتمال بیش از ۹۹٪	$+2/57 <$

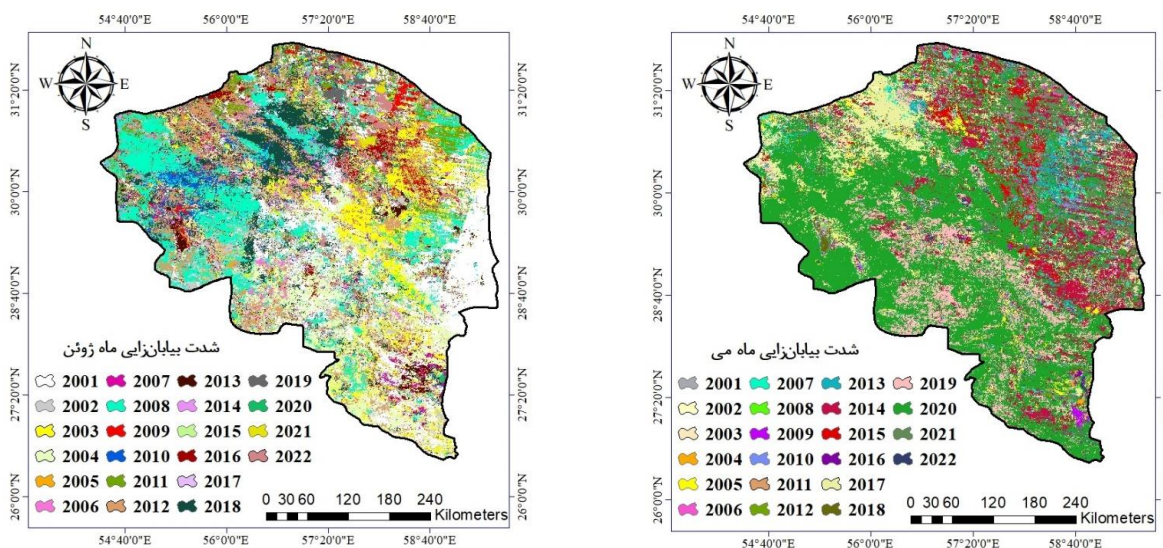
¹ Natural Breaks



شکل ۲. میانگین بلندمدت ماهانه شاخص NDVI در سری زمانی ۲۰۰۱-۲۰۲۲



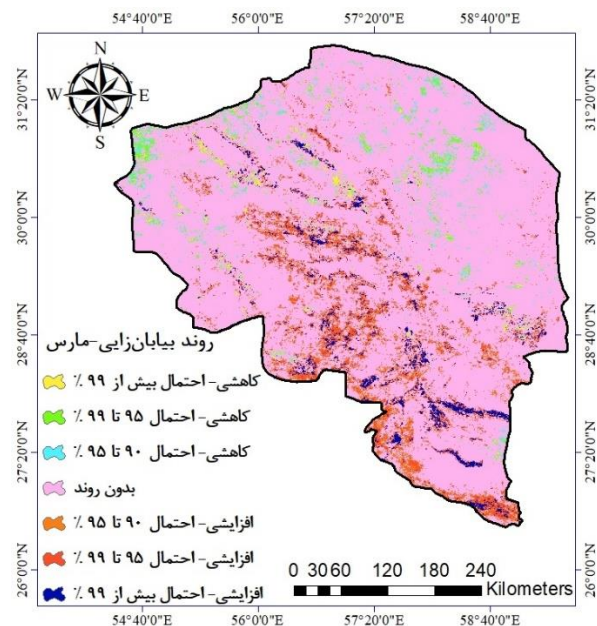
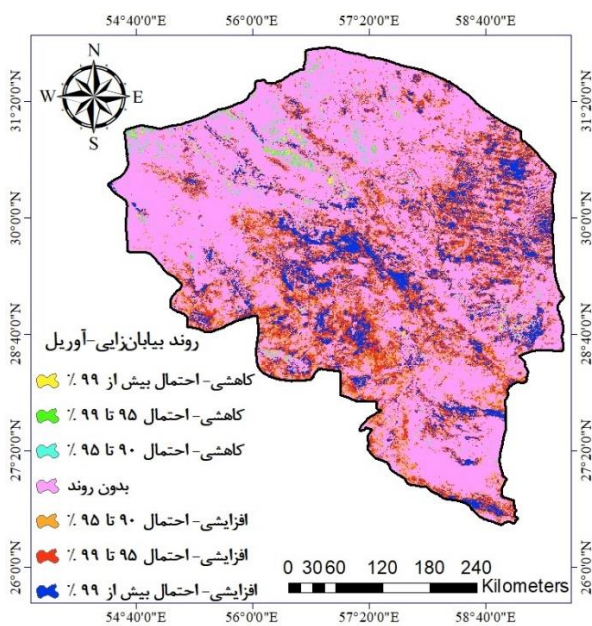
شکل ۳. نقشه سال وقوع شدیدترین بیابان‌زایی ماه‌های مارس و آوریل



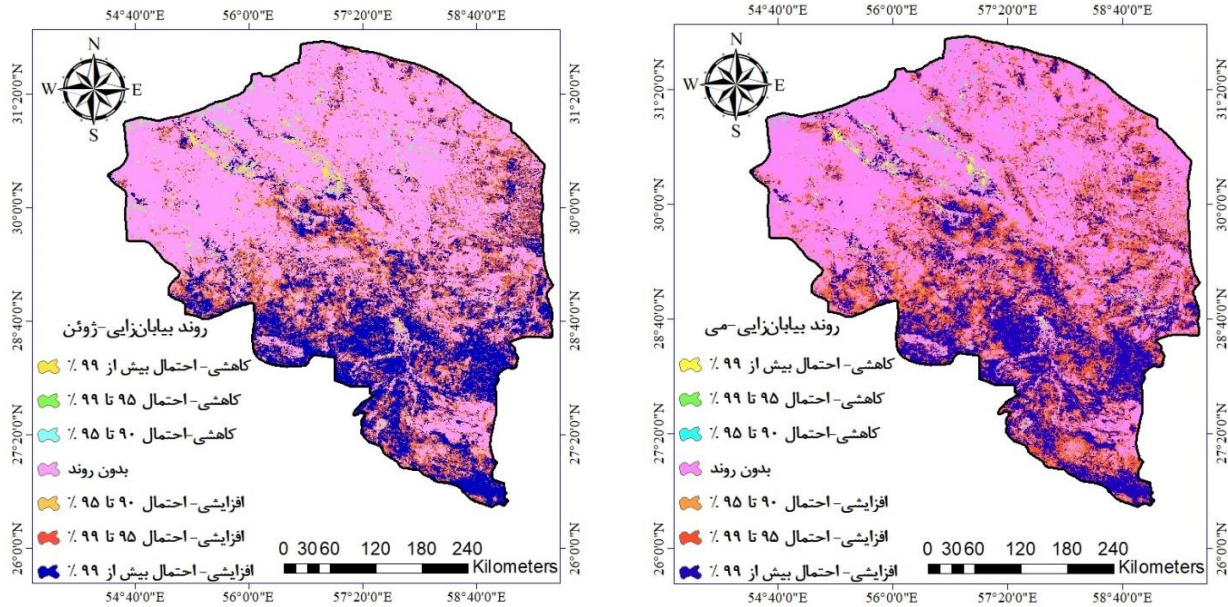
شکل ۴. نقشه سال وقوع شدیدترین بیابان‌زایی ماه‌های می و ژوئن

جدول ۲. درصد مساحت شدت بیابان‌زایی ماه‌های مطالعاتی در طول ۲۲ سال

سال	ماه			
	ژوئن	می	آوریل	مارس
۲۰۰۱	۲۲/۴۲	۲۰/۱۴	۹/۶۲	۰/۲۵
۲۰۰۲	۲/۲۱	۴/۰۸	۳/۰۷	۴/۸۷
۲۰۰۳	۳/۶۸	۱۰	۴/۶۷	۶/۰۵
۲۰۰۴	۱۷/۲۶	۸/۵۳	۱۲/۵	۵/۲۴
۲۰۰۵	۰/۹۴	۰/۷	۲/۱۱	۱/۶۷
۲۰۰۶	۰/۸۷	۲/۵۵	۰/۳۵	۰/۸۳
۲۰۰۷	۰/۴۶	۱/۷۱	۱	۱/۳۵
۲۰۰۸	۱۶/۰۴	۱۵/۶۱	۹/۰۴	۱۲/۷۷
۲۰۰۹	۳/۳۴	۲/۰۸	۱۱/۴۶	۱۶/۴۷
۲۰۱۰	۱/۶۹	۲/۲۶	۳/۱۷	۴/۱۵
۲۰۱۱	۳/۰۱	۱/۴	۱/۰۷	۱/۱۲
۲۰۱۲	۱۱/۶۵	۷/۱۶	۲۲/۲۳	۲۹/۹۳
۲۰۱۳	۱/۰۲	۱/۳۷	۰/۶۲	۰/۹۳
۲۰۱۴	۰/۱۱	۱/۱۳	۰/۶۵	۰/۹۴
۲۰۱۵	۰/۴۷	۰/۵۶	۱/۴۱	۱/۰۷
۲۰۱۶	۳/۰۴	۲/۵	۰/۹۶	۰/۲۳
۲۰۱۷	۰/۳۷	۰/۳۲	۰/۶۱	۱/۶۴
۲۰۱۸	۴/۶۹	۷/۶۹	۸/۶۷	۲/۸۹
۲۰۱۹	۱/۱	۱/۲۳	۱/۷۲	۳/۱۲
۲۰۲۰	۰/۶۹	۰/۳۵	۱/۲۳	۰/۸۲
۲۰۲۱	۱/۶۴	۱/۶۲	۰/۹۳	۱/۶۸
۲۰۲۲	۳/۲۸	۴/۳۲	۲/۹۱	۲/۴۴



شکل ۵. روند تغییرات بیابان‌زایی ماه‌های مارس و آوریل



شکل ۶. روند تغییرات بیابان‌زایی ماه‌های می و ژوئن

جدول ۳. درصد مساحت طبقه‌های روند تغییرات بیابان‌زایی ماه‌های مطالعاتی در طول زمان

طبقه	ماه	مارس	آوریل	می	ژوئن
کاهشی با احتمال بیش از ۹۹٪	۰/۸۲	۰/۳۹	۰/۶۲	۰/۸۹	
کاهشی با احتمال بین ۹۵٪ تا ۹۹٪	۱/۹۳	۰/۷	۰/۴۴	۰/۷۲	
کاهشی با احتمال بین ۹۰٪ تا ۹۵٪	۱/۹۳	۰/۶۱	۰/۳۵	۰/۵۴	
بدون روند	۸۲/۴۵	۵۹/۸۳	۴۹/۹۶	۵۱/۷۹	
افزایشی با احتمال بین ۹۰٪ تا ۹۵٪	۴/۸۲	۱۰/۳۵	۸/۸۲	۷/۷	
افزایشی با احتمال بین ۹۵٪ تا ۹۹٪	۵/۵۲	۱۷/۴۴	۱۸/۷۱	۱۶/۶۵	
افزایشی با احتمال بیش از ۹۹٪	۲/۵۴	۱۰/۶۹	۲۱/۰۹	۲۱/۷۱	

روند تغییرات بیابان‌زایی

روند تغییرات بیابان‌زایی در ماه‌های مطالعاتی در طول ۲۲ سال در شکل‌های ۵ و ۶ ارائه شده است. جدول (۳) نیز درصد مساحت طبقه‌های مختلف روند تغییرات بیابان‌زایی را برای هرماه نشان می‌دهد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده طبقه بدون روند در تمام ماه‌های مطالعاتی بیشترین مساحت را در طول ۲۲ سال به خود اختصاص داده است که برای ماه‌های مارس، آوریل، می و ژوئن به‌ترتیب مقادیرهای ۸۲/۴۵، ۵۹/۸۳، ۴۹/۹۶ و ۵۱/۷۹٪ را شامل می‌شود. در ماه مارس و آوریل طبقه روند افزایشی بیابان‌زایی با احتمال ۹۵ تا ۹۹٪ پس از طبقه بدون روند، بیشترین مساحت را به خود اختصاص داده و در ماه‌های می و ژوئن طبقه روند افزایشی بیابان‌زایی با احتمال بیش از ۹۹٪ به‌ترتیب با مقادیرهای ۲۱/۰۹٪ و ۲۱/۷۱٪ بیشترین مساحت را پس از طبقه بدون

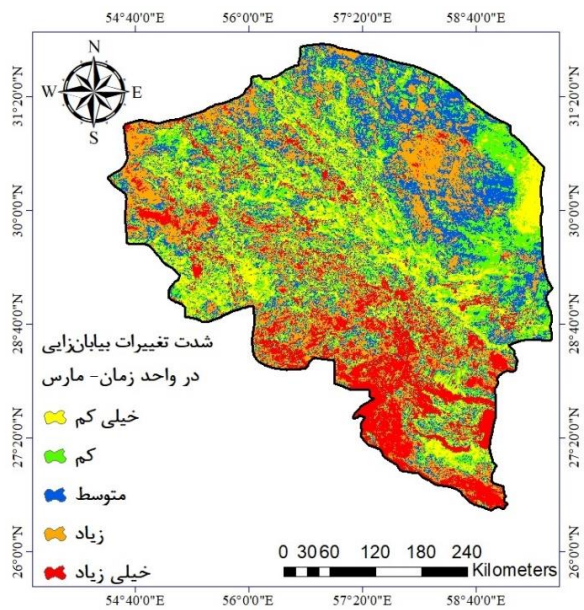
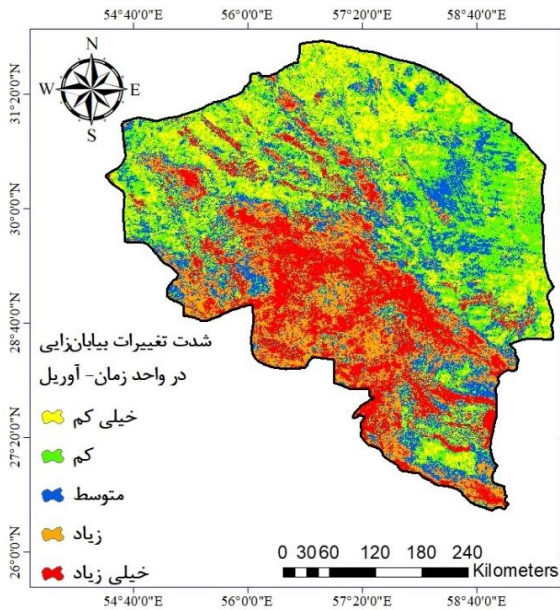
روند شامل می‌شود. عمدتاً روند افزایشی تغییرات بیابان‌زایی به قسمت‌های مرکزی، جنوب تا جنوب غرب، جنوب شرق و شرق استان کرمان اختصاص دارد.

شدت تغییرات بیابان‌زایی در واحد زمان

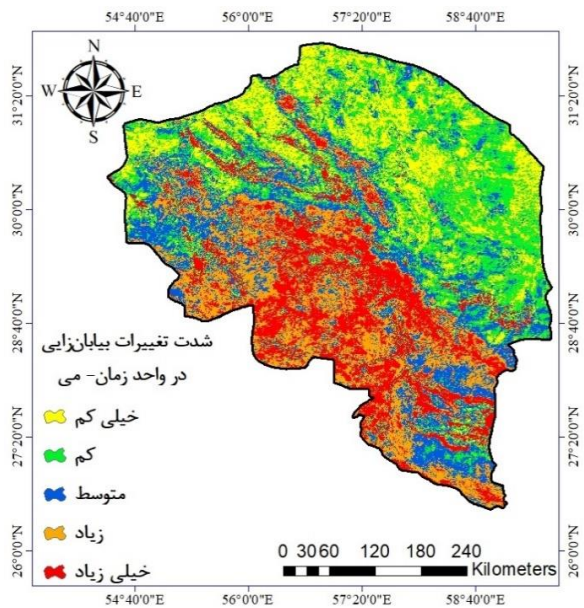
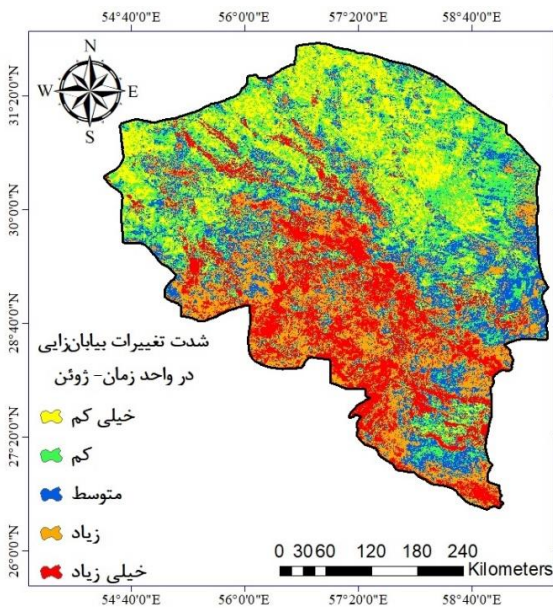
شدت تغییرات بیابان‌زایی در واحد زمان در شکل‌های ۷ و ۸ ارائه شده است. همچنین درصد مساحت طبقه‌های مختلف شدت تغییرات بیابان‌زایی در جدول ۴ نشان داده شده است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده طبقه شدت زیاد و خیلی زیاد تغییرات بیابان‌زایی عمدتاً به نواحی جنوب غرب، جنوب تا جنوب شرق استان کرمان اختصاص دارد. همچنین قسمت‌هایی از شمال غرب و شمال شرق استان نیز در این طبقه قرار دارد. بیشترین درصد مساحت شدت تغییرات بیابان‌زایی در ماه‌های مارس، آوریل، می و

آوریل ۱۷/۸۳٪، در ماه می ۱۷/۴۸٪ و در ماه ژوئن ۱۷/۷۵٪ مساحت استان را شامل می‌شود.

ژوئن به ترتیب با مقدار ۲۳/۴۶، ۲۶/۱، ۲۳/۱۵ و ۲۲/۳۸٪ به طبقه‌های زیاد، کم، کم و کم اختصاص دارد. طبقه زیاد شدت تغییرات بیابان‌زایی در ماه مارس ۱۴/۸۱٪، در ماه



شکل ۷. شدت تغییرات بیابان‌زایی ماه‌های مارس و آوریل



شکل ۸. شدت تغییرات بیابان‌زایی ماه‌های می و ژوئن

جدول ۴. درصد مساحت طبقه‌های مختلف شدت تغییرات بیابان‌زایی در واحد زمان

طبقه	ماه	مارس	آوریل	می	ژوئن
خیلی کم		۱۶/۵۸	۱۸/۴۹	۱۸/۸۴	۱۹/۰۳
کم		۲۱/۸۸	۲۶/۱	۲۳/۱۵	۲۲/۳۸
متوسط		۲۳/۲۷	۲۰/۱۲	۲۱/۱۶	۲۰/۶۶
زیاد		۲۳/۴۶	۱۷/۴۵	۱۹/۳۷	۲۰/۱۹
خیلی زیاد		۱۴/۸۱	۱۷/۸۳	۱۷/۴۸	۱۷/۷۵

■ بحث و نتیجه‌گیری

تخریب اراضی و بیابان‌زایی یک تهدید بزرگ برای امنیت غذایی، پایداری معیشت، خدمات بوم‌سازگان و حفاظت از تنوع زیستی است (۱)؛ بنابراین در پژوهش حاضر به ارزیابی روند تغییرات بیابان‌زایی در استان کرمان با استفاده از سنجش‌ازدور پرداخته شد. به‌این منظور با بهره‌گیری از شاخص DDI، شدت بیابان‌زایی استان کرمان محاسبه شد (۲۶). شاخص DDI بر اساس دو شاخص NDVI و سپیدایی محاسبه می‌شود. ترکیب این دو مورد در شاخص DDI باعث می‌شود که ویژگی این شاخص بر پایه تبادل تابش سطحی باشد (۲۶). لازم به ذکر است که سپیدایی علاوه بر پوشش گیاهی تحت تأثیر رطوبت خاک نیز می‌باشد (۲۶، ۳۵). نتایج برخی پژوهش‌ها نشان داد که دو جزء شاخص NDVI و سپیدایی یکی از بهترین ترکیب‌ها در ارزیابی بیابان‌زایی می‌باشد (۳۷). با توجه به نتایج میانگین ماهانه NDVI، ماه‌های مارس (اسفند-فروردین)، آوریل (فروردین-اردیبهشت)، می (اردیبهشت-خرداد) و ژوئن (خرداد-تیر) بیشترین مقدار پوشش گیاهی در سال را داشته‌اند. پژوهش‌های دیگری نیز بیان داشتند که پوشش گیاهی در این ماه‌ها برای اکثر نواحی ایران در اوج شادابی خود قرار دارد (۳، ۶). ارزیابی زمان وقوع بیشترین شدت بیابان‌زایی در ماه‌های انتخابی نشان می‌دهد که در هرماه در سال‌های مختلف شدیدترین بیابان‌زایی رخ می‌دهد که دلیل این امر شرایط اقلیمی متفاوت در هر سال می‌باشد. در پژوهش دیگری با عنوان پایش فرآیند بیابان‌زایی بلندمدت و ارزیابی نقش‌های نسبی محرک‌های آن در آسیای مرکزی این نتیجه به دست آمد که عوامل کاهش بارندگی و افزایش دما محرک‌های اصلی بیابان‌زایی به‌ویژه برای مراتع و نواحی با پوشش گیاهی کم هستند (۱۳). همچنین نتایج نشان داد که شدت بیابان‌زایی به‌طور قابل توجهی در هر چهار ماه انتخابی در استان کرمان

در حال افزایش است. این افزایش در نواحی جنوبی کرمان بیش‌تر در حال رخ دادن می‌باشد. ارزیابی شدت تغییرات بیابان‌زایی نیز نشان داد نواحی جنوبی استان کرمان در هر چهار ماه انتخابی در طبقه زیاد و بسیار زیاد قرار می‌گیرند. پژوهشگران با مطالعه شدت بیابان‌زایی در نواحی مختلف استان کرمان بیان داشتند که شرایط بیابان‌زایی در این استان در حال وخیم‌تر شدن است (۱۴، ۲۱). ارزیابی نتایج این تحقیق در استان کرمان و مقایسه آن با تحقیقات صورت گرفته در این محدوده نشان از کارایی روش ارزیابی شدت بیابان‌زایی ارائه شده می‌باشد (۲۶). از محاسن این روش امکان ایجاد سری زمانی و پایش تغییرات شدت بیابان‌زایی در فواصل زمانی سالانه و ماهانه فراهم می‌نماید؛ بنابراین پیشنهاد می‌شود کارایی این روش در دیگر نواحی مورد ارزیابی قرار گیرد تا به توان دیدگاه مناسبی از توانایی این روش به دست آورد. بر اساس نتایج این پژوهش استان کرمان به‌ویژه نواحی جنوبی آن به‌شدت درگیر بیابان‌زایی است و شدت این پدیده در این نواحی در حال افزایش است. لازم به ذکر است که نواحی جنوبی استان کرمان بخش‌های دشتی و نواحی شمالی، بخش‌های کوهستانی را شامل می‌شوند. در بخش‌های دشتی به علت اقلیم شکننده‌تر و شرایط حادث‌تر بیشتر درگیر بیابان‌زایی هستند. سایر تحقیقات بیان داشتند که فعالیت‌های کشاورزی و در کنار آن تغییر کاربری اراضی بیشترین تأثیر روند بیابان‌زایی در این ناحیه داشته‌اند که می‌توان با مدیریت و نظارت فعالیت‌های کشاورزی و تغییر کاربری اراضی به کنترل این پدیده در این استان کمک کند (۲۳).

■ سپاسگزاری

پژوهش حاضر با همکاری دانشگاه جیرفت انجام شد، بدینوسیله نویسندگان مقاله از این دانشگاه برای حمایت‌های لازم تقدیر و تشکر می‌نمایند.

■ References

1. AbdelRahman, M. A. (2023). An overview of land degradation, desertification and sustainable land management using GIS and remote sensing applications. *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali*, 34(3), 767-808. DOI: 10.1007/s12210-023-01155-3

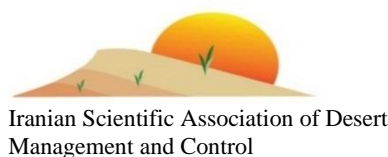
2. Abolhasani, A., Khosravi, H., Zehtabian, G., Rahmati, O., Heydari Alamdarloo, E., & D'Odorico, P., (2024). Contribution of predictive factors of land degradation occurrence applying maximum entropy model. *Arid Land Research and Management*, 38(3), 1-19. DOI:10.1080/15324982.2023.2298996.
3. Alamdarloo, E. H., Manesh, M. B., & Khosravi, H. (2018). Probability assessment of vegetation vulnerability to drought based on remote sensing data. *Environmental monitoring and assessment*, 190, 1-11. DOI: 10.1007/s10661-018-7089-1
4. Bagheri, S., Zahtabian, G., Khosravi, H., & Heydari Alamdarloo, I. (2022). Investigating the trend of desertification changes in different land uses of Gavkhoni Basin using change vector analysis method. *Desert Ecosystem Engineering Journal*, 10(33), 39-52. DOI: 10.22052/deej.2021.10.33.31 [In Persian]
5. Bazgeer, S., Fakhravar, H., Darban Astane, A. R., & Shamsipour, A. A. (2019). Assessing direction of desertification changes in an Arid Region (a case study: Semnan County, Iran). *Desert*, 24(2), 217-227. DOI: 10.22059/jdesert.2019.76362
6. Behrang Manesh, M., Khosravi, H., Heydari Alamdarloo, E., Saadi Alekasir, M., Gholami, A., & Singh, V. P. (2019). Linkage of agricultural drought with meteorological drought in different climates of Iran. *Theoretical and Applied Climatology*, 138, 1025-1033. DOI: 10.1007/s00704-019-02878-w
7. D'Odorico, P., Bhattachan, A., Davis, K. F., Ravi, S., & Runyan, C. W. (2013). Global desertification: Drivers and feedbacks. *Advances in water resources*, 51, 326-344. DOI: 10.1016/j.advwatres.2012.01.013
8. Darvand, S., Eskandari Damaneh, H., Eskandari Damaneh, H., & Khosravi, H. (2021). Prediction of the change trend of temperature and rainfall in the future period and its impact on desertification. *Water and soil management and modelling*, 1(1), 53-66. DOI: 10.22098/mmws.2021.1181
9. Gillespie, T. W., Ostermann-Kelm, S., Dong, C., Willis, K. S., Okin, G. S., & MacDonald, G. M. (2018). Monitoring changes of NDVI in protected areas of southern California. *Ecological indicators*, 88, 485-494. DOI: 10.1016/j.ecolind.2018.01.031
10. Hashem Geloogardi, S., Vali, A., & Sharifi, M. R. (2022). Investigation of desertification trend in the center of Khuzestan Province using remote sensing time series data. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 52(11), 2843-2857. DOI: 10.22059/ijswr.2021.331741.669092 [In Persian]
11. Heydari Alamdarloo, E., Moradi, E., Abdolshahnejad, M., Fatahi, Y., Khosravi, H., & da Silva, A. M. (2021). Analyzing WSTP trend: a new method for global warming assessment. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193, 1-15. DOI: 10.1007/s10661-021-09600-2
12. Hu, Y., Han, Y., & Zhang, Y. (2020). Land desertification and its influencing factors in Kazakhstan. *Journal of Arid Environments*, 180, 104203. DOI: 10.1016/j.jaridenv.2020.104203
13. Jiang, L., Jiapaer, G., Bao, A., Kurban, A., Guo, H., Zheng, G., & De Maeyer, P. (2019). Monitoring the long-term desertification process and assessing the relative roles of its drivers in Central Asia. *Ecological Indicators*, 104, 195-208. DOI: 10.1016/j.ecolind.2019.04.067
14. Kamali, E., Kamali, M A., & Khanamani, A. (2021). Investigation and preparation of desertification map based on Iranian Model Of Desertification Potential (IMDPA) with an emphasis on two criteria of soil and vegetation (Case study: Faryab-Kerman Province). *Journal of Environmental Science and Technology*, 22(12): 163-178. DOI: 10.22034/jest.2021.30618.3917 [In Persian]
15. Karavitis, C. A., Tsesmelis, D. E., Oikonomou, P. D., Kairis, O., Kosmas, C., Fassouli, V., Ritsema, C., Hessel, R., Jetten, V., Moustakas, N., & Quaranta, G. (2020). A desertification risk assessment decision support tool (DRAST). *Catena*, 187, 104413. DOI: 10.1016/j.catena.2019.104413

16. Kerman Management and Planning Organization. (2016). Studies of the second phase of Land use planning in Kerman province and revision of the first phase. *The first chapter: analysis of the state of the province*. 43 pages
17. Kourgialas, N. N. (2021). A critical review of water resources in Greece: The key role of agricultural adaptation to climate-water effects. *Science of The Total Environment*, 775, 145857. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.145857
18. Lamchin, M., Lee, J. Y., Lee, W. K., Lee, E. J., Kim, M., Lim, C. H., Choi, H. A., & Kim, S. R. (2016). Assessment of land cover change and desertification using remote sensing technology in a local region of Mongolia. *advances in space Research*, 57(1), 64-77. DOI: 10.1016/j.asr.2015.10.006
19. Liang, S. (2001). Narrowband to broadband conversions of land surface albedo I: Algorithms. *Remote sensing of environment*, 76(2), 213-238. DOI: 10.1016/S0034-4257(00)00205-4
20. Martin, A., Wang, Y., Li, J., & Mends, G. (2018). Technical risk factors of international construction. *The Journal of Engineering*, 2018(3), 138-146. DOI: 10.1049/joe.2016.0389
21. Mijani, K., Mahdavi, R., Gholami, H., & Rezaei, M. (2022). Monitoring and modeling of desertification intensity using landsat satellite images (Case Study of Yazdanabad-Zarand watershed). *Irrigation and Water Engineering*, 13(2), 446-462. DOI: 10.22125/iwe.2022.162688 [In Persian]
22. Morianou, G., Kourgialas, N. N., Pisinaras, V., Psarras, G., & Arambatzis, G. (2021). Assessing desertification sensitivity map under climate change and agricultural practices scenarios: the island of Crete case study. *Water Supply*, 21(6), 2916-2934. DOI: 10.2166/ws.2021.132
23. Narmashiri, F., Ghorbani, M., Zehtabian, G., Azarnivand, H., Alambeigi, A., & Scholz, R. W. (2022). Evaluation and analysis of desertification change using change vector analysis method (Region of study: Ghalehgang County). *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 29(1), 53-65. DOI: 10.22092/ijrdr.2022.126004 [In Persian]
24. Nasabpour, S., Khosravi, H., & Heydari Alamdarloo, E. (2017). National assessment of climate resources for tourism seasonality in Iran using the tourism climate index. *Desert*, 22(2), 175-186.
25. Ontel, I., Cheval, S., Irimescu, A., Boldeanu, G., Amihaesei, V.A., Mihailescu, D., Nertan, A., Angearu, C.V., Craciunescu, V. (2023). Assessing the recent trends of land degradation and desertification in Romania using remote sensing indicators. *Remote Sensing*, 15(19), 4842. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs15194842>.
26. Pan, J., & Li, T. (2013). Extracting desertification from Landsat TM imagery based on spectral mixture analysis and Albedo-Vegetation feature space. *Natural hazards*, 68, 915-927. DOI: 10.1007/s11069-013-0665-3
27. Rayegani, B., Arzani, H., Heydari Alamdarloo, E., & Moghadami, M M. (2019). Application of remote sensing to assess climate change effects on plant productivity and phenology (Case study area: Tehran Province). *Journal of Rangeland*, 13(3) :450-460. DOI: 20.1001.1.20080891.1398.13.3.9.4 [In Persian]
28. Sadeghiravesh, M. H., Khosravi, H., Abolhasani, A., Ghodsi, M., & Mosavi, A. (2021). Fuzzy logic model to assess desertification intensity based on vulnerability indices. *Acta Polytechnica Hungarica* 18(3):2021-2028. DOI: 10.12700/APH.18.3.2021.3.1
29. Savari, M., Damaneh, H. E., & Damaneh, H. E. (2024). Managing the effects of drought through the use of risk reduction strategy in the agricultural sector of Iran. *Climate Risk Management*, 100619. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2024.100619>

30. Tang, Z., Ma, J., Peng, H., Wang, S., & Wei, J. (2017). Spatiotemporal changes of vegetation and their responses to temperature and precipitation in upper Shiyang river basin. *Advances in Space Research*, 60(5), 969-979. DOI: 10.1016/j.asr.2017.05.033
31. Tavousi, T., Kajeheamiri Khaledi, C., & Salari Fanoudi, M. M. R. (2021). Review of Iran's climatic zoning based on some climate variables. *Desert Management*, 8(16), 17-36. doi: 10.22034/jdmal.2021.243138
32. UNCCD. (1994). United Nations Convention to Combat Desertification, elaboration of an international convention to combat desertification in countries experiencing serious drought and/or desertification, particularly in Africa (UN Doc. A/AC). 241/27, 33 ILM 1328.
33. Vermote, E. F., Roger, J. C., & Ray, J. P. (2015). MODIS surface reflectance user's guide (MOD 09). MODIS land surface reflectance science computing facility. 35p.
34. Yaghobi, S., Faramarzi, M., & Karimi, H. (2021). Assessment the desertification trend using the imdpa model with emphasis on three criteria climate, water and geomorphology and geology (case study: Dehloran plain in Ilam province). *Degradation and Rehabilitation of Natural Land*, 1(2) :1-12. DOI: 20.1001.1.27174425.1399.1.2.2.3 [In Persian]
35. Zeng, Y., Feng, Z., & Xiang, N. (2006). Albedo-NDVI space and remote sensing synthesis index models for desertification monitoring. *Scientia Geographica Sinica*, 26(1), 75. DOI: 10.13249/j.cnki.sgs.2006.01.75
36. Zolfaghari, F., & Abdollahi, V. (2022). Determining the most suitable vegetation index for mapping of desertification intensity in arid lands of Sistan using sentinel images. *Desert Management*, 10(1), 1-14. DOI: 10.22034/jdmal.2022.548652.1375
37. Zolfaghari, F., Azarnivand, H., Khosravi, H., Zehtabian, G., & Sigaroudi, S. K. (2022). Monitoring the severity of degradation and desertification by remote sensing (case study: Hamoun International Wetland). *Frontiers in Environmental Science*, 10, 902687. DOI: 10.3389/fenvs.2022.902687

Desert Management

Vol. 12, No. 2, Summer 2024



Contents

- **Feasibility of Developing Reed Stems as A Checkerboard Barrier to Stabilize Shifting Sands** 1
Bagherpour M., S. Zare, M.R. Ekhtesasi, A.A. Nazari Samani, M. Salehi Mourkani, Gh. Ghoohestani and M. Akhshi

- **Feasibility of Estimating the Percentage of Desert Pavement Using Tasseled Cap Transformation Indices Extracted from Landsat 8 Images** 15
Fotouhi Firoozabad F. and A. Jebali

- **Investigating the Preliminary Adaptation of Plants to Different Levels of Salinity (Case Study: Dust Hotspot No 4, Khuzestan)** 33
Movaghari M., B. Khalili Moghadam, L. Khalasi Ahvazi, A. Yousefi, A. Zorati Pour, M. Forouzani, S.A. Siadat, Z. Hazbavi and M.H. Salehe Shooshtari

- **Investigating the Relationship Between the Morphology of Tamarix, Calligonum, And Iranian Mesquite with The Morphological Characteristics of Nebkas (Case Study: Rigan, Kerman)** 49
Amirzadeh Ghasri A., S. Kalantari, M. Tazeh^{3*} and A. Mirjalili

- **Evaluation of the Features of Geographical and Biogeotourism Heritage of Landscapes in Order to Develop Wetland Ecotourism in the International Wetlands of Hormozgan** 65
Ashrafi M., A. Moradi, M. Akbarian and M. Rezai

- **Assessment of Desertification Trends in Kerman Province Using Remote Sensing** 83
Barkhori S., M. Dolatkordestani and K. Javaheri

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. 2

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 2- Summer 2024

30

Contents

- **Feasibility of Developing Reed Stems as A Checkerboard Barrier to Stabilize Shifting Sands** 1
Bagherpour M., S. Zare, M.R. Ekhtesasi, A.A. Nazari Samani, M. Salehi Mourkani, Gh. Ghoohestani and M. Akhshi
- **Feasibility of Estimating the Percentage of Desert Pavement Using Tasseled Cap Transformation Indices Extracted from Landsat 8 Images** 15
Fotouhi Firoozabad F. and A. Jebali
- **Investigating the Preliminary Adaptation of Plants to Different Levels of Salinity (Case Study: Dust Hotspot No 4, Khuzestan)** 33
Movaghari M., B. Khalili Moghadam, L. Khalasi Ahvazi, A. Yousefi, A. Zorati Pour, M. Forouzani, S.A. Siadat, Z. Hazbavi and M.H. Salehe Shooshtari
- **Investigating the Relationship Between the Morphology of Tamarix, Calligonum, And Iranian Mesquite with The Morphological Characteristics of Nebkas (Case Study: Rigan, Kerman)** 49
Amirzadeh Ghasri A., S. Kalantari, M. Tazeh^{3*} and A. Mirjalili
- **Evaluation of the Features of Geographical and Biogeotourism Heritage of Landscapes in Order to Develop Wetland Ecotourism in the International Wetlands of Hormozgan** 65
Ashrafi M., A. Moradi, M. Akbarian and M. Rezaei
- **Assessment of Desertification Trends in Kerman Province Using Remote Sensing** 83
Barkhori S., M. Dolatkordestani and K. Javaheri