



فهرست مطالب

- ۱-۲۲ ■ کانی‌شناسی و ریخت‌شناسی ذرات تشکیل‌دهنده غبارهای ریزشی در غرب استان تهران
مهین حنیفه‌پور، غلامرضا زهتابیان، حسن احمدی، حسن خسروی، علی‌اکبر نظری سامانی
- ۲۳-۳۸ ■ بررسی قابلیت داده‌های باند L داده‌های رادار دهانه مصنوعی پالسار برای تهیه نقشه
پوشش زمین
سعیده ملکی، وحید راهداری
- ۳۹-۵۲ ■ توزیع مکانی و پایداری رسوبات انباشته شده اطراف *Alhaji* و *Salvadora persica* L.
camelorum L. و مدل‌سازی پیش‌بینی تغییر آن
مرضیه رضایی، فاطمه زرهی
- ۵۳-۶۲ ■ ارزیابی سطوح مختلف شوری آب آبیاری بر شاخص‌های رشد و برخی ترکیبات آنزیمی و
بیوشیمیایی گونه شور (*Salsola imbricata* L.)
میلاد دوست حسینی، حمید سودائی زاده، رستم یزدانی بیوکی، محمدرضا سرافراز، محمدعلی حکیم زاده اردکانی
- ۶۳-۷۸ ■ ارزیابی فرونشست زمین در دشت ابرکوه با استفاده از فناوری تداخل‌سنجی تفاضلی و
سامانه اطلاعات جغرافیایی
مرتضی فلاح‌پور طرنجی، فاطمه برزگری بنادکویی
- ۷۹-۹۰ ■ تأثیر صفح‌های جاذب‌الرطوبه بر رشد گونه سیاه‌تاغ *Haloxylon ammodendron*
(C.A.Mey.) Bunge ex Fenzl در پلایاهای شور (مطالعه موردی، فسااران اصفهان)
مسعود برهانی، شیلا حجه‌فروش

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 ۱۴۰۰

شماره ۴

دوره ۹

- 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 کoirشناسی 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 کoirشناسی دانشگاه یزد
حسین آذرینوند، استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
ناصر باغستانی میدی، دانشیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی یزد
احمد پهلوانروی، دانشیار دانشکده آب و خاک دانشگاه زابل
حسن خسروی، دانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
سید جمال‌الدین خواجه‌الدین، استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان
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 کoirشناسی 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 کoirشناسی دانشگاه یزد

ویراستار فارسی: علی اکبر نظری سامانی، دانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
ویراستار چکیده‌های انگلیسی: محمد زارع، دانشیار دانشکده منابع طبیعی و کoirشناسی دانشگاه یزد

مدیر اجرایی: عاطفه جبالی
تایپ و صفحه‌آرایی: عاطفه جبالی

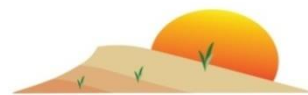
□ آدرس دفتر مجله:

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

□ تیراژ: ۱۰۰ نسخه

داوران مقالات این شماره:

دکتر هادی اسکندری دامنه، دکتر بهاره پارسا مطلق، دکتر مهدی پژوهش، دکتر هادی پیراسته انوشه، دکتر بابک پیله‌ور، دکتر سید کیوان حسینی، دکتر سید جمال‌الدین خواجه‌الدین، دکتر رضا دهقانی بیدگلی، دکتر بهزاد رایگانی، دکتر محمدعلی صارمی نایینی، دکتر محمدجواد قانع بافقی، دکتر مهرانوش قدیمی، دکتر نسرین قرهی، دکتر نوازله مرادی، دکتر ناصر مشهدی، دکتر طیبه مصباح‌زاده، دکتر آرش ملکیان.



فهرست مطالب

- کانی‌شناسی و ریخت‌شناسی ذرات تشکیل‌دهنده غبارهای ریزشی در غرب استان تهران
مهمین حنیفه‌پور، غلامرضا زهتابیان، حسن احمدی، حسن خسروی، علی‌اکبر نظری سامانی
۱-۲۲
- بررسی قابلیت داده‌های باند L داده‌های رادار دهانه مصنوعی پالسار برای تهیه نقشه پوشش زمین
سعیده ملکی، وحید راهداری
۲۳-۳۸
- توزیع مکانی و پایداری رسوبات انباشته شده اطراف *Alhaji* و *Salvadora persica* L.
camelorum L. و مدل‌سازی پیش‌بینی تغییر آن
مرضیه رضایی، فاطمه زرهی
۳۹-۵۲
- ارزیابی سطوح مختلف شوری آب آبیاری بر شاخص‌های رشد و برخی ترکیبات آنزیمی و بیوشیمیایی گونه شور (*Salsola imbricata* L.)
میلاد دوست حسینی، حمید سودائی زاده، رستم یزدانی بیوکی، محمدرضا سرافراز، محمدعلی حکیم زاده اردکانی
۵۳-۶۲
- ارزیابی فرونشست زمین در دشت ابرکوه با استفاده از فناوری تداخل‌سنجی تفاضلی و سامانه اطلاعات جغرافیایی
مرتضی فلاح‌پور طرنجی، فاطمه برزگری بنادکویی
۶۳-۷۸
- تأثیر صفحه‌های جاذب‌الرطوبه بر رشد گونه سیاه‌تاغ *Haloxylon ammodendron*
(C.A.Mey.) Bunge ex Fenzl در پلایاهای شور (مطالعه موردی، فساران اصفهان)
مسعود برهانی، شیلا حجه فروش
۷۹-۹۰

راهنمای نگارش مقاله برای چاپ در نشریه علمی مدیریت بیابان

انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران

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

۱- نوع مقاله

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

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

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

- مشخصات بخش‌های مختلف مقاله:

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

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

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

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

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

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

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

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

۹) سپاسگزاری: در این قسمت از تأمین کنندگان بودجه و امکانات و اشخاص دیگر بجز نگارندگان، که در انجام تحقیق کمک کرده‌اند، سپاسگزاری می‌شود که اختیاری 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، به طور جد خودداری گردد.

۱۰) منابع:

الف) منابع داخل متن:

منابع داخل متن فقط با ذکر شماره ردیف مقاله در لیست منابع انجام می‌گیرد که در داخل پرانتز باید یادداشت شود.

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

در هر مقاله می‌توان از یک پایان نامه کارشناسی ارشد به‌عنوان منبع بهره جست.

ب) منابع انتهای متن:

لیست منابع در آخر مقاله باید به انگلیسی تدوین گردد و مقاله‌های فارسی هم طبق یادداشت‌های خود منبع به انگلیسی نوشته شوند. لذا منابع فارسی و انگلیسی به‌ترتیب نام خانوادگی نفر اول در یک لیست تدوین گردد. از ترجمه آزاد عنوان مقاله و دیگر مشخصات نگارندگان و نام نشریه خودداری نمایید تا از اتلاف وقت برای اصلاح مجدد آن جلوگیری شود. تمامی منابع به‌ترتیب حرف ابتدای نام خانوادگی نویسنده اول یا در صورتی که فاقد نگارنده باشد نام سازمان مربوطه، در

فهرست منابع مورد استفاده قرار گیرد. منابع به صورت پیوسته شماره‌گذاری و همین شماره در متن برای رفرنس دادن استفاده شود. در تنظیم فهرست منابع مورد استفاده از آوردن واژگان به صورت مخفف مانند "J" به جای Journal، یا، U و یا Univ به جای University و ... پرهیز شود. چنانچه از یک نگارنده چند منبع مورد استفاده قرار گیرد، ترتیب ارائه آنها بر حسب سال انتشار از قدیم به جدید است، لازم 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. سال‌های شمسی تمام منابع فارسی مورد استفاده در مقاله به صورت سال میلادی ارائه گردد. در مورد منابعی که فارسی است، به منظور آگاهی خواننده عبارت "in Farsi" در انتهای منبع قبل از نقطه پایانی و در داخل پرانتز آورده شود.

روش ارجاع منابع مختلف:

✓ کتاب تألیفی:

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

✓ کتاب ترجمه شده:

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

✓ مقاله:

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

✓ پایان نامه:

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

✓ منابع اینترنت:

Author, A. A. (2013). *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 به لاتین:

چکیده مقاله به زبان انگلیسی به همراه برگردان کامل عنوان و کلمات کلیدی در یک فایل بدون مشخصات نام و محل کار یا دانشگاه نگارندگان ارسال گردد.

• شیوه نگارش:

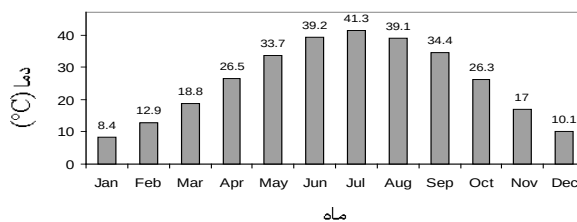
مقاله روی صفحه A4 با حاشیه‌های بالا و پایین ۲۰ میلیمتر و راست و چپ ۲۰ میلیمتر با قلم نازنین بولد (B Nazanin) فونت ۱۱، در قالب نرم افزار Word 2003 تایپ گردد. فاصله بین خطوط به صورت یک فاصله‌ای (Single space) انتخاب گردد. تعداد صفحه‌های مقاله با در نظر گرفتن جدول‌ها، شکل‌ها، نتایج، فهرست منابع نباید از 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 ۵/۰ سانتیمتر فرو رفتگی 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
B Nazanin 11 -Bold	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 به صورت سیاه و سفید و با کیفیت بالا باشد. عنوان هر شکل در پایین آن درج گردد. عکس‌ها باید واضح، مطالب آنها خوانا و دارای مقیاس باشند. در تهیه نقشه‌ها به جای رنگ از علامت "نماد" استفاده گردد. ذکر مأخذ عکس‌ها یا شکل‌های اقتباس شده که از منابع دیگر، الزامی است. فایل‌های اصلی شکل‌ها با فرمت Excel, JPEG, Tiff یا PDF

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

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

$$E = m \cdot c^2 \quad (۱)$$

- کلیه عامل‌های دو طرف علامت مساوی در ذیل معادلات با ذکر واحد آن معرفی شوند.
- واحدهای استفاده شده در متن مقاله باید در سیستم متریک (SI) باشد.
- مقالات بایستی با نرم افزار Word 2003 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.
- مجله مدیریت بیابان به صورت سیاه و سفید چاپ خواهد شد. لذا از ارائه شکل و نمودار رنگی خودداری شود.

● فایل‌های ارسالی شامل:

- (۱) متن اصلی مقاله بدون اسامی نویسندگان با فرمت Word 2003
 - (۲) یک صفحه شامل عنوان فارسی و انگلیسی مقاله به همراه اسامی، سمت و آدرس نویسندگان و نویسنده مسئول
 - (۳) 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 الزامی است.
- فایل‌های مذکور بایستی در سامانه نشریه به آدرس www.jdmal.ir در بخش ارسال مقاله ثبت گردد.

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

۸۹۱۹۵-۷۴۱

تلفکس: ۰۳۵-۳۸۲۱۰۶۹۸

رایانامه: jdm.isadm@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.

Identification of The Mineralogical and Morphological Composition of Dust Particles in Western Tehran Province

M. Honifapour¹, Gh. Zehtabian², H. Ahmadi², H. Khosravi^{*3}, A.A. Nazari Samani³

1. PhD in Combating Desertification, Faculty of Natural Resources, University of Tehran.
2. Professor, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran.
3. Associate Professor, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran.

* Corresponding Author: hakhosravi@ut.ac.ir

Received date: 12/12/2021

Accepted date: 13/02/2022

 [10.22034/JDMAL.2022.544754.1359](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2022.544754.1359)

Abstract

In recent years, droughts, frequent storms, industrial and mining activities have caused a rise in dust in suburbs Tehran, and developing west of the province of Teheran. The Mallard County is located in the west of the province of Tehran with arid and desert climate and has been selected as the study area. This study aims to determine the soluble metals, minerals and morphology of the original sediments and particulates in Mallard County and to determine the origin of the dust. Dust sediment was collected seasonally at 30 stations using dust collector. Soil and surface sediment sampling were conducted systematically and randomly on 14 pediment and playa facies and a total of 83 samples were taken from the work units. Scanning electron microscope (SEM) was used to determine the shape and size of dust particles, and X-ray diffraction (XRD) identified the minerals found in dust particles. The results showed that most of the chemical compounds in the dust particles consist of magnesium, phosphorus, potassium, iron, chromium, vanadium, nickel, lithium, molybdenum, caesium, scandium, zirconium and titanium. These elements are in the form of quartz, calcite and gypsum clay minerals with a coating of dolomite, hematite and muscovite minerals, with an internal origin that have been transported into the region from close distances or through wind flow. According to the results of the SEM analysis, the particle morphology is angular and semi-circular. Most dust particles can be evidence of the existence of a local and human source and are transported closely.

Keywords: Dust; Physical and chemical properties; Mineralogy; Morphology; Mallard





کانی‌شناسی و ریخت‌شناسی ذرات تشکیل‌دهنده غبارهای ریزشی در غرب استان تهران

مهین حنیفه‌پور^۱، غلامرضا زهتابیان^۲، حسن احمدی^۳، حسن خسروی^{۲*}، علی‌اکبر نظری سامانی^۳

۱. دکتری بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران.

۲. استاد، دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران.

۳. دانشیار، دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران.

* نویسنده مسئول: hakhosravi@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۲۴



[10.22034/JDMAL.2022.544754.1359](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2022.544754.1359)

چکیده

در سال‌های اخیر خشکسالی، طوفان‌های مکرر، فعالیت‌های صنعتی و معدنی، سبب افزایش غبار ریزشی در حومه شهر تهران شده و انتشار آن در غرب استان تهران روند رو به رشدی داشته است. شهرستان ملارد در غرب استان تهران با آلودگی خشک و بیابانی، به‌عنوان منطقه مطالعاتی انتخاب شد. هدف از پژوهش حاضر شناسایی فلزات سنگین، کانی‌ها و ریخت‌شناسی ذرات رسوب و منشأیابی آنها در شهرستان ملارد است. رسوبات غبار ریزشی به کمک غبارگیر تیل‌ای به‌طور فصلی، در ۳۰ ایستگاه جمع‌آوری شد. نمونه‌برداری خاک و رسوب سطحی به روش سیستماتیک-تصادفی در ۱۴ رخساره دشت‌سر و پلایا انجام شد و در مجموع ۸۳ نمونه از واحدهای کاری جمع‌آوری شد. به منظور تعیین شکل و اندازه ذرات غبار ریزشی از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) و برای شناسایی کانی‌های موجود در ذرات غبار ریزشی از پراش پرتو ایکس (XRD) استفاده شد. نتایج نشان داد که بخش عمده ترکیبات شیمیایی ذرات غبار ریزشی از Mg ، P ، K ، Fe ، Cr ، V ، Ni ، Li ، Mo ، Sc ، Zr و Ti تشکیل شده است. این عناصر در قالب کانی‌های رسی، کوارتز، کلسیت و ژپس با پوششی از جنس کانی‌های دولومیت، هماتیت و مسکوویت است که منشأ داخلی دارند و از مسافت نزدیک توسط جریان باد به منطقه حمل شده‌اند. براساس نتایج آنالیزهای SEM ریخت ذرات زاویه‌دار و نیمه‌مدور بود و شاهدی بر وجود منبع محلی و انسانی و نزدیک‌بودن منشأ ذرات ریزشی است.

واژگان کلیدی: غبار ریزشی؛ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی؛ کانی‌شناسی؛ مورفولوژی؛ ملارد



■ مقدمه

پدیده‌های گردوغباری رخدادهایی طبیعی‌اند که در مناطق خشک و نیمه‌خشک و به‌ویژه در عرض‌های جنب حاره‌ای رخ می‌دهند. ترکیب پدیده تغییر اقلیم با فعالیت‌های انسانی و الگوهای سکونت آنها موجب افزایش تخریب خاک، فرسایش بادی، بیابانزایی، تخریب خواص خاک و مواد مغذی مورد نیاز گیاهان می‌شود. در ادامه این روند موجب از بین رفتن زی‌توده و کربن آلی خاک و موجب تشدید پدیده‌های گردوغبار می‌شود. با توجه به اثرات مخرب گردوغبار بر سلامت مردم، اقلیم و اکوسیستم نیاز به شناسایی مناطق منبع گردوغبار وجود دارد (۱۹). در نتیجه با شناسایی کانون‌های وقوع گردوغبار امکان مدیریت و برنامه‌ریزی جهت کنترل گردوغبار فراهم می‌شود (۲۳).

تشخیص منابع گردوغبار و تخمین توان انتشار آنها به‌ویژه برای ارزیابی آلودگی اتمسفری ذرات گردوغبار از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۳۹). روش‌های شیمیایی، ایزوتوپی و کانی‌شناسی برای تعیین مناطق تولیدکننده گردوغبار اتمسفری استفاده گردید (۷). همچنین اندازه ذرات گردوغبار اطلاعاتی در مورد شیوه انتقال ذرات و اطلاعات ارزشمندی راجع به منشأ گردوغبار در اختیار قرار داد و برای بازسازی تغییرات در رژیم باد مورد استفاده قرار گرفت (۲۱).

از جمله مطالعات انجام‌شده در خارج از کشور می‌توان به نتایج ویژگی‌ها و ترکیب رسوبات گردوغبار ریزشی در ریاض، پایتخت عربستان سعودی (۴۰)، مطالعه مقادیر عناصر کمیاب ناشی از دخالت‌های بشر را در نمونه‌های گردوغبار شرق دریای مدیترانه (۳۳)، بررسی ترکیبات گردوغبار اعم از کانی‌شناسی، گرده‌ها، عناصر سنگین و میکروارگانیزم‌ها در کشور عراق (۵)، مطالعه ترکیب شیمیایی و نوع عناصر موجود در نمونه‌های گردوغبار شهر پکن (۵۹)، شناسایی ترکیبات عناصر در فرودگاه واشنگتن (۳۵)، غلظت عناصر فلزات سنگین و همچنین تغییرات پذیرفتاری مغناطیسی آنها، کانی‌شناسی و ژئوشیمی ماسه‌ها در رودخانه‌های ناندو و وانکوان جزیره‌های نان^۱ چین

(۴۶) و بررسی کانی‌شناسی و ریخت‌شناسی ماسه‌های بیابانی امارات متحده عربی (۴۳) اشاره کرد.

همچنین در مطالعات داخلی نیز به بررسی کانی‌های حاضر در بخش رس خاک‌های خاتون‌آباد اصفهان (۸)، مطالعه ترکیبات باز گردوغبار در غرب و جنوب غرب ایران (۵۵)، شناسایی کانی‌های گردوغبار از جندق تا کوه‌رنگ (۲۸)، شناسایی ترکیبات موجود در ذرات گردوغبار شهر سنندج (۳۱)، بررسی خصوصیات ژئوشیمیایی ذرات گردوغبار جوی در شهر شیراز (۲۹)، بررسی و آنالیز گردوغبارها از منظر متالورژیکی در شهر اهواز (۱)، بررسی کانی‌های گردوغبار ریزشی شهر ایلام (۵۱)، بررسی کانی‌شناسی گردوغبار جمع‌آوری شده در ۵ ایستگاه مستقر در بخش شهداد استان کرمان (۲۶)، بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی ذرات معلق بزرگ‌تر از $10\mu m$ در خراسان جنوبی (۴۲) و بررسی کانی‌شناسی در پلایای طبس (۲) پرداخته شد.

از نظر مطالعات فلزات سنگین و ریخت‌شناسی نیز می‌توان به مطالعه فلزات سنگین موجود در ذرات گردوغبار خوزستان (۵۷)، مطالعه کانی‌های رسی خاک‌های گچی زمین ریخت‌های مختلف در منطقه شرق اصفهان (۳۰)، بررسی ترکیب کانی‌شناختی و ریخت‌شناسی ذرات تشکیل‌دهنده پدیده گردوغبار در استان خوزستان (۵۶)، شاخص‌های آلودگی و زمین‌انباشت فلز سنگین سرب در بهبهان (۴)، مطالعه عناصر سنگین در گردوغبار ریزشی لنجان اصفهان (۱۸)، شناسایی منابع گردوغبار ۳۶ نقطه در شهرهای اصفهان منطقه شهری با ترافیک سنگین، خمینی‌شهر و فلاورجان منطقه شهری با ترافیک کم و زرین‌شهر و مبارکه منطقه شهری صنعتی (۳۶)، مقادیر غلظت‌های فلزات سنگین و ترکیب شیمیایی ذرات در شهر اهواز (۲۰) و بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی گردوغبار معدنی در حومه شهر اصفهان (۵۰) اشاره کرد. وجود عرصه‌های بیابانی، فقر رطوبت، خشکسالی، هم‌جهت بودن با بادهای غالب غرب استان تهران، کاهش پوشش گیاهی، اراضی کشاورزی رهاشده، نزدیکی معادن شن و ماسه، کانون‌های بحرانی مهم‌ترین عوامل داخلی و

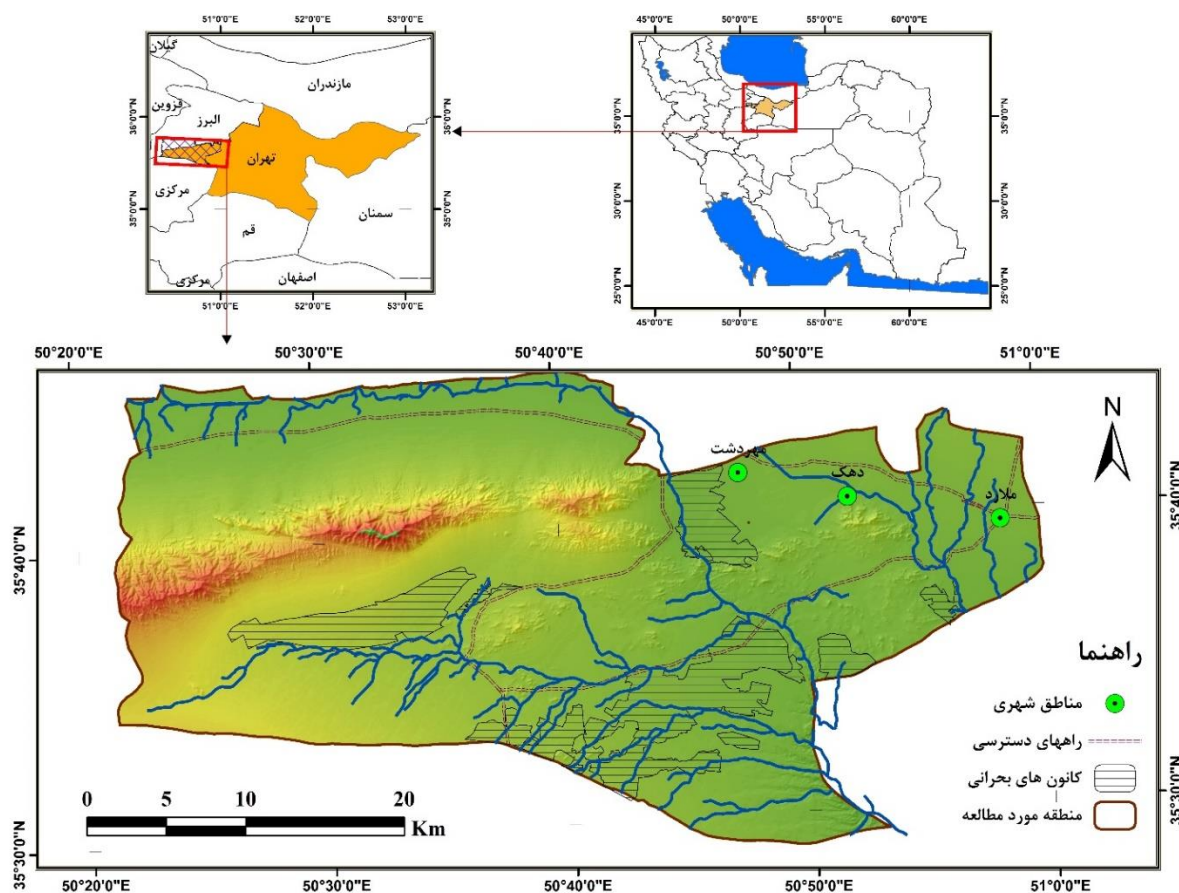
موقعیت منطقه مورد بررسی

منطقه مورد مطالعه با وسعت ۱۱۹۵۴۶ ha از شمال و غرب به استان البرز، از جنوب به استان مرکزی، از شرق به شهرستان شهریار منتهی شده و از نظر موقعیت جغرافیایی در حدفاصل $50^{\circ}20'7''$ تا $50^{\circ}54'54''$ طول شرقی و $35^{\circ}28'49''$ تا $35^{\circ}41'47''$ عرض شمالی واقع است (شکل ۱). شهرک‌های صنعتی مختلفی در محدوده مورد مطالعه وجود دارد. همچنین حدود ۶۰ معدن فعال وجود دارد که ظرفیت تولید ذرات معلق هوا را در این منطقه چندین برابر می‌کند (۳۸).

متوسط بارندگی سالیانه منطقه در طول دوره آماری ۳۰ ساله معادل ۲۶۸ mm و حداکثر و حداقل بارش سالیانه در این دوره به ترتیب ۳۹۲ mm و ۱۰۵ mm اندازه‌گیری شد. متوسط دمای سالیانه $12/5^{\circ}\text{C}$ حداکثر و حداقل مطلق درجه حرارت به ترتیب 42°C و -17°C در ماه‌های تیر و دی است. جهت غالب وزش باد با توجه به گلبادهای سالانه و فصلی منطقه مورد مطالعه، غرب و شمال غربی بود.

خارجی وقوع غبار ریزشی در شهرستان ملارد است. از آنجا که تاکنون مطالعاتی در زمینه ترکیبات غبار ریزشی غرب استان انجام نشده، هدف از پژوهش حاضر شناسایی منشأ غبار ریزشی محلی طی دوره‌ای یکساله، براساس نمونه‌های غبار ریزشی رسوب و نمونه‌های خاک سطحی برداشت‌شده در واحدهای کاری مختلف با استفاده از تجزیه و تحلیل داده‌های بادنجمی، آنالیز فلزات محلول به کمک دستگاه پلاسمای جفت‌شده القایی - طیف‌سنج نشری و پلاسمای جفت‌شده القایی - طیف‌سنج جرمی، پراش پرتو ایکس (XRD) و میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) بود. اطلاعات حاصل از پژوهش حاضر به بررسی اثرات ذرات غبار ریزشی بر هوا، آب و خاک، سلامت انسان کمک می‌کند و زمینه‌ساز اقدامات لازم در راستای کاهش خطرات ناشی از این پدیده در حوزه‌های سلامت، محیط‌زیست و اقتصاد خواهد بود.

■ مواد و روش



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

روش پژوهش آنالیز داده‌های بادسنجی

به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌های بادسنجی از داده ۴ ایستگاه سینوپتیک که نزدیک شهرستان ملارد قرار دارند، شامل شهریار، هشتگرد، کرج و بوئین‌زهره استفاده شد (جدول ۱). گلبادها و گل‌طوفان‌های سالانه و فصلی ایستگاه‌های مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار Wrpplot و با در نظر گرفتن سرعت آستانه $6/5 \text{ m/s}$ ترسیم شد. همچنین گلماسه ایستگاه‌های مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار Sandrose graph 3.0 ترسیم شد.

گلماسه نموداری است که در اثر انجام عملیات پیچیده جبربرداری و محاسبه مقدار انرژی قابل حمل ماسه توسط باد به دست می‌آید. این نمودار بیانگر توان فرسایش بادی و مقدار نسبی حمل ماسه در جهت‌های مختلف است. بررسی مقادیر Dpt در مناطق حساس جهان نشان می‌دهد که حداکثر مقدار Dpt معادل $800-1000$ واحدبرداری در طول سال است. بنابراین فرای برگر و دین (۱۹۷۹) با توجه به مقادیر مختلف توان حمل باد (Dpt)، قدرت فرسایش و دبی حمل ماسه توسط باد را در ایستگاه‌های مختلف مناطق بیابانی جهان به شرح زیر کلاسه‌بندی کرده‌اند. همچنین فرای برگر (۱۹۷۹) تغییرپذیری جهت باد را براساس شاخص همگنی جهت حمل ماسه (UDI) طبق جدول ۲ ارائه کرده است.

نمونه‌برداری

به‌منظور تعیین نقاط نمونه‌برداری از ادغام نقشه‌های کاربری اراضی، کانون‌های بحرانی فرسایش بادی، نقشه معادن و سازمان نقشه‌برداری (۴۴) استفاده شد و در نقاطی که نزدیک معادن و کانون‌های بحرانی بوده برای قراردادن تله غبارگیر تیله‌ای استفاده شد. جمع‌آوری غبار ریزشی رسوبی با استفاده از تله غبارگیر تیله‌ای ($MDCO^1$) انجام شد (۱۸، ۲۲). تله استفاده‌شده شامل ظرف تفلونی با ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر، محتوی دو ردیف تیله شیشه‌ای به قطر $1/6 \text{ cm}$ است. نمونه‌برداری از ابتدای فصل بهار و در ۳۰ نقطه از شهرستان ملارد تله‌های رسوبگیر قرار داده شد (جدول ۳). پراکنش مکانی نقاط نمونه‌برداری براساس نوع محیط، ژئومورفولوژی منطقه، امکانات موجود، اهمیت غبار ریزشی در منطقه و فعالیت‌های مؤثر بر افزایش آن انتخاب شد. نمونه‌های غبار ریزشی طی ۴ دوره، از فروردین تا اسفند، به‌صورت فصلی جمع‌آوری و تعداد ۳۰ نمونه در هر دوره و در مجموع ۱۲۰ نمونه در طول دوره یکسال نمونه‌برداری شد (شکل ۲). رسوبات کف ظرف هر سه ماه یکبار در پاکت‌های پلاستیکی دربدار به روش خشک جمع‌آوری شدند.

جدول ۱. مشخصات ایستگاه‌های سینوپتیک مورد مطالعه

نام ایستگاه	ارتفاع از سطح دریا	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	دوره آماری "از"	دوره آماری "تا"
				سال	سال
شهریار	۱۱۶۲	۵۱ ۰۱	۳۵ ۴۰	۲۰۰۷	۲۰۱۶
هشتگرد	۱۶۱۳	۵۰ ۴۵	۳۶ ۰۰	۲۰۰۶	۲۰۱۶
کرج	۱۲۹۳	۵۰ ۵۷	۳۵ ۴۸	۱۹۸۵	۲۰۱۶
بوئین‌زهره	۱۲۲۵	۵۰ ۱۹	۳۶ ۱۰	۲۰۰۷	۲۰۱۶

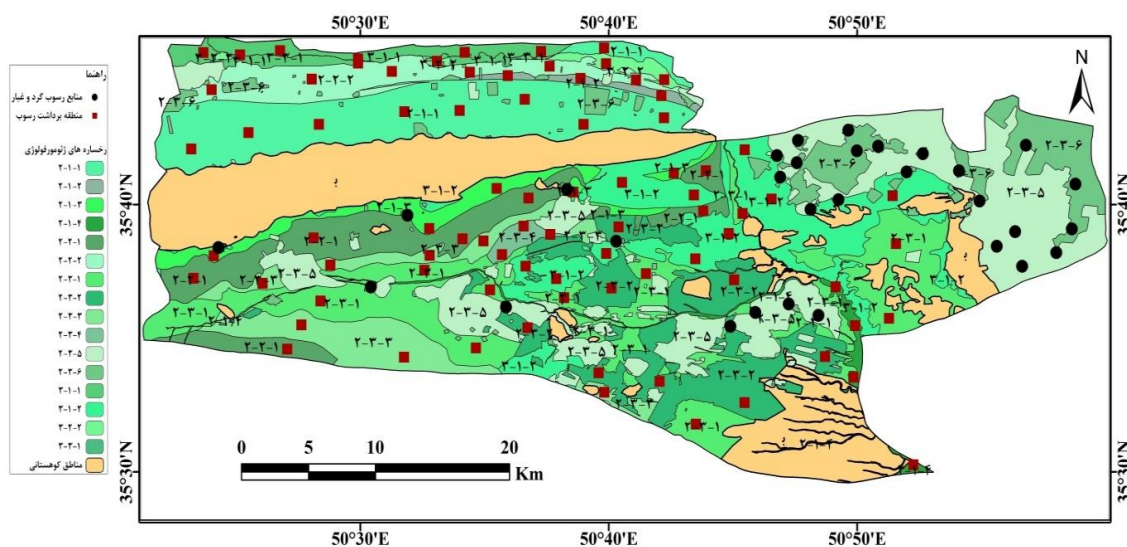
جدول ۲. تقسیم‌بندی توان حمل ماسه توسط باد در محیط‌های بیابانی و تغییرپذیری جهت باد (فرای برگر و دین، ۱۹۷۹)

مقدار Dpt	قدرت فرسایش باد	UDI	تغییرپذیری جهت باد	طبقه‌بندی جهت باد
بیشتر از ۴۰۰	زیاد	بیشتر از ۰/۸	کم	بادهای یک‌جهته
بین ۳۹۹-۲۰۰	متوسط	بین ۰/۳ تا ۰/۸	متوسط	بادهای دوجته با زاویه منفرجه
کمتر از ۲۰۰	کم	کمتر از ۰/۳	زیاد	بادهای چندجهته مرکب با زاویه تند

پلات 3×3 m (میکروپلات) زده شد، سپس از داخل هر میکروپلات تعداد ۵ نمونه خاک به صورت ضربدری از عمق ۱۰-۰ cm برداشت و پس از مخلوط کردن آنها یک نمونه مرکب به وزن حدود ۱ kg برداشت شد (۳۰). در کل تعداد ۸۳ نمونه خاک و رسوب سطحی در منطقه مورد مطالعه از واحدهای کاری جمع‌آوری شد (جدول ۴). لازم به توضیح است که تعداد نمونه‌های جمع‌آوری شده در هر واحد کاری براساس مساحت مشخص شد.

نمونه‌برداری خاک و رسوب سطحی به روش سیستماتیک تصادفی^۱ طبقه‌بندی شده انجام شد و روی بخش‌های دشت سر و پلایا شبکه‌ای منظم، به ابعاد 5000×5000 m به صورت تصادفی، قرار گرفت (۱۸).

در هر شبکه نقطه‌ای به طور تصادفی انتخاب شد و در آن محل نمونه‌گیری به صورت ترکیبی انجام گرفت. بدین ترتیب که در موقعیت نمونه‌برداری یک پلات 20×20 m (ماکروپلات) زده و داخل آن به صورت V سه



شکل ۲. موقعیت محل تله‌های رسوب‌گیر و نقاط نمونه‌برداری خاک سطحی

جدول ۳. نقاط نمونه‌برداری رسوب

ردیف	نام منطقه	مختصات به اعشار	مختصات به اعشار	ردیف	نام منطقه	مختصات به اعشار	مختصات به اعشار
		عرض	طول			عرض	طول
۱	چاقو	۳۵.۶۳۲۵	۵۰.۶۷۱۸	۱۶	مهردشت	۳۵.۶۹۵۳	۵۰.۷۹۳۸
۲	گمرگان	۳۵.۶۶۴۷	۵۰.۶۳۸۸	۱۷	ارسطو	۳۵.۶۸۷۰	۵۰.۸۷۷۵
۳	قملشو محمدآباد	۳۵.۶۴۸۷	۵۰.۵۳۱۷	۱۷	یوسف‌آباد قوام	۳۵.۶۷۶۴	۵۰.۹۰۱۷
۴	قشلاق امیرآباد	۳۵.۶۰۳۹	۵۰.۵۰۷۲	۱۸	سلمیان	۳۵.۷۰۱۷	۵۰.۸۲۷۵
۵	گوی بلاغ	۳۵.۶۲۸۵	۵۰.۴۰۴۹	۲۰	صفادشت	۳۵.۶۹۱۷	۵۰.۸۴۷۵
۶	اخترآباد	۳۵.۵۹۱۴	۵۰.۵۹۷۸	۲۱	دهک	۳۵.۶۷۵۷	۵۰.۸۶۶۶
۷	عباس‌آباد گل شایگان	۳۵.۵۷۹۴	۵۰.۷۴۸۴	۲۲	ملارد	۳۵.۶۶۸۱	۵۰.۹۷۹۸
۸	چهارباغ	۳۵.۵۸۸۱	۵۰.۷۶۵۱	۲۳	شهرک صنعتی	۳۵.۶۸۸۹	۵۰.۸۳۳۲
۹	محمودآباد	۳۵.۵۹۳۴	۵۰.۷۸۷۵	۲۴	دهیاری قیچاق	۳۹.۴۵۹۶۴	۴۹.۲۳۴۸
۱۰	حاجی‌آباد	۳۵.۵۸۶۳	۵۰.۸۰۷۴	۲۵	دهیاری بیدگنه	۳۹.۴۲۸۳۳	۴۹.۳۳۸۶
۱۱	دهشیش	۳۵.۶۵۲۲	۵۰.۸۰۲۱	۲۶	مهرآذین	۳۹.۴۲۳۹۸	۴۹.۷۰۰۸
۱۲	امیریه	۳۵.۶۵۸۴	۵۰.۸۲۰۹	۲۷	حصارشالیپوش	۳۹.۴۱۴۵۳	۴۹.۴۹۴۱
۱۳	امیرآباد	۳۵.۶۸۱۴	۵۰.۷۹۲۹	۲۸	اسفندآباد	۳۹.۴۳۸۴۹	۴۹.۴۵۱۵
۱۴	شریف‌آباد	۳۵.۶۷۲۴	۵۰.۷۸۱۸	۲۹	دهیاری قشلاق	۳۹.۴۴۰۲۸	۴۹.۷۹۶۵
۱۵	علی بیات	۳۵.۶۸۵۹	۵۰.۷۷۹۶	۳۰	قلعه فرامرزی	۳۵.۶۹۲۳	۵۰.۹۴۶۶

جدول ۴. تعداد نمونه‌های برداشتی از رخساره‌های مختلف

کد بروری نقشه	نام رخساره	مساحت	تعداد نمونه
۱-۱-۲	مخروط افکنه دشت سر فرسایشی	۱۱۶۱۴/۵۸	۹
۲-۱-۲	فرسایش سطحی دشت سر فرسایشی	۶۳۹/۱۵	۳
۳-۱-۲	دشت ریگی خیلی درشت‌دانه با تراکم متوسط و زیاد توأم با قلوه‌سنگ‌های درشت با تراکم زیاد دشت سر فرسایشی	۲۸۴۲/۵۶	۵
۴-۱-۲	فرسایش رودخانه‌ای دشت سر فرسایشی	۱۳۹۱/۲۴	۴
۱-۲-۲	دشت ریگی درشت و متوسط‌دانه با تراکم متوسط تا زیاد توأم با قلوه‌سنگ با تراکم کم تا متوسط دشت سر اپانداز	۷۳۳۳/۵۵	۷
۲-۲-۲	فرسایش سطحی دشت سر اپانداز	۴۲۰۵/۰۳	۶
۱-۳-۲	دشت ریگی ریز و متوسط‌دانه با پوشش گیاهی تخریب‌یافته دشت سر پوشیده	۱۳۵۲۲/۵۸	۱۰
۲-۳-۲	فرسایش سطحی دشت سر پوشیده	۹۲۸۳/۳۹	۹
۳-۳-۲	دشت ریگی متوسط دشت سر پوشیده	۵۶۴۸/۲	۷
۴-۳-۲	دق رسی شور و فاقد پوشش گیاهی یا با پوشش گیاهی اندک شورپسند دشت سر پوشیده	۵۶۳/۹۶	۳
۵-۳-۲	اراضی کشاورزی		۰
۶-۳-۲	مناطق مسکونی		۰
۱-۱-۳	اراضی بایر پوسته نمکی پلایا	۲۷۶۲/۲۵	۵
۲-۱-۳	اراضی رها شده	۱۳۶۵۸/۷۹	۱۰
۲-۲-۳	فرسایش سطحی آبرفتی پلایا	۷۵۷/۰۴	۳
۱-۳-۳	فرسایش رودخانه‌ای ناحیه مرطوب پلایا	۱۵/۰۹	۲

آنالیزهای فیزیکی و شیمیایی نمونه‌ها

نمونه‌های خاک و رسوب سطحی به میزان ۰/۱g برای آنالیز غلظت عناصر شیمیایی انتخاب شد و مورد هضم چهار اسید HNO_3 ، HF ، HCl و HClO_4 با حجم نهایی ۲۵ml قرار گرفت (۵۴). غلظت ۸ عنصر شیمیایی Na ، Mg ، Al ، Fe ، K ، Ca ، Ti ، P به کمک دستگاه پلاسما جفت‌شده القایی-طیف‌سنج نشری^۱ (ICP-OES) مدل Varian و همچنین ۴۱ عنصر شیمیایی Co ، Ce ، Cd ، Bi ، Be ، Ag ، Mn ، Lu ، La ، In ، Ho ، Hg ، Gd ، Eu ، Er ، Dy ، Cu ، Cs ، Sn ، Sm ، Sc ، Sr ، Sb ، Rb ، Pr ، Pb ، Ni ، Nd ، Nb ، Mo ، Ta ، Th ، Tl ، Tm ، U ، W ، Y ، Yb ، Zr و Zn با دستگاه پلاسما جفت‌شده القایی - طیف‌سنج جرمی^۲ (ICP-MS) مدل Agilent 7500 cx در آزمایشگاه مرکز پژوهش‌های کاربردی زمین‌شناسی اکتشافات معدنی کشور تعیین شد. کانی‌شناسی نمونه‌های غبار ریزشی به‌وسیله آنالیز پراش پرتو ایکس (XRD) انجام شد که یکی از بهترین روش‌ها برای شناسایی کانی‌های اصلی ذرات گردوغبار

است (۵۲). برای تشخیص کانی‌های موجود رسوب غبار ریزشی کلیه نمونه‌های فصلی به کار گرفته شدند. به دلیل محدودیت‌های آزمایشگاهی تعداد ۲۴ نمونه خاک و رسوب سطحی به‌صورت تصادفی از هر رخساره، برای بررسی کانی‌های موجود انتخاب شد. به این منظور به میزان ۲g از نمونه به‌طور تصادفی جدا و با اسپاتول در قالب مخصوص نمونه در داخل دستگاه XRD آزمایشگاه‌های مرکز پژوهش‌های کاربردی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور با مدل EQUINOX3000 از شرکت Inel فرانسه با تشعشع $\text{CuK}\alpha$ قرار داده شد. نتایج ارائه‌شده توسط دستگاه به کمک نرم‌افزار Match! آنالیز و نوع و درصد کانی‌های غالب مشخص شد.

تعیین شکل و ترکیب شیمیایی ذرات با بررسی میکروسکوپ الکترونی روبشی، کمک شایانی به تعیین اندازه واقعی ذرات، شکل ذرات و در نهایت ترکیب شیمیایی و خاستگاه آنها کرد که برای این منظور از مدل SEM استفاده شد. میکروسکوپ الکترونی روبشی یا SEM نوعی میکروسکوپ الکترونی است که قابلیت عکس‌برداری از

2 Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry

1 Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometer

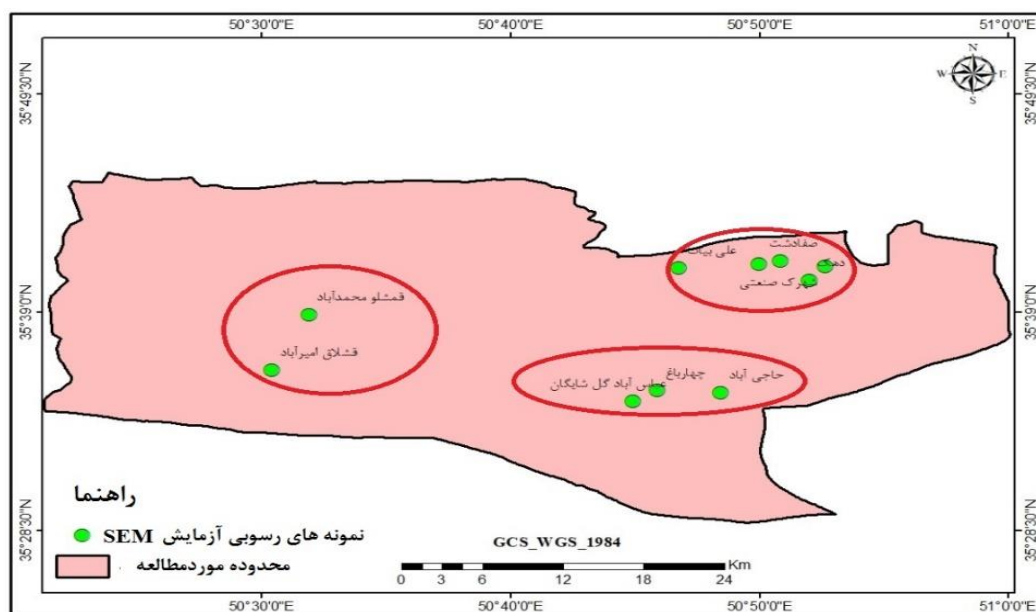
گردوغبار محلی و کاهش فرسایش بادی ارائه داد (۳۷). نتایج ترسیم گلبادهای ۴ ایستگاه سینوپتیک غرب استان تهران نشان داد (شکل ۴) که جهت غالب وزش باد در گلباد سالانه و فصلی در ایستگاه شهریار و کرج از جهت شمال غربی بود. بادهای فصلی نیز نشان‌دهنده این است که جهت غالب در پاییز، زمستان و تابستان از جنوب شرقی و در بهار از غرب است. در ایستگاه هشتگرد جهت غالب وزش بادها در گلباد سالانه از سمت غربی و جهت باد جنوب شرقی و جنوب در رتبه بعدی قرار داشت. گل‌بادهای فصلی ایستگاه نشان داد که در فصل‌های پاییز، زمستان و بهار جهت باد غالب غرب و در فصل تابستان جهت وزش باد غالب جنوب بود. در ایستگاه بوئین‌زهره جهت وزش باد غالب غرب و براساس گلبادهای فصلی در فصل بهار، پاییز و زمستان غرب و در فصل تابستان غرب و شمال غربی بود. نتایج ترسیم گل‌طوفان‌های ۴ ایستگاه سینوپتیک غرب استان تهران نشان داد (شکل ۵) که جهت باد غالب سالانه و فصلی در ایستگاه شهریار شمال غربی، ایستگاه کرج، هشتگرد و بوئین‌زهره جهت باد غالب فرساینده غربی است. در پایش سرعت آستانه فرسایش بادی در منطقه البرز، جهت باد غالب شمال غربی نشان داده شد که دارای توان فرسایشی بوده و توانایی جابجایی ذرات خاک و تولید گردوغبار را داشتند (۶۰).

سطوح با بزرگنمایی ۱۰ تا ۵۰۰۰۰ برابر با قدرت تفکیکی کمتر از ۱ تا ۲۰ نانومتر (بسته به نوع نمونه) دارد. به صورت تصادفی ۱۰ نمونه رسوب از مناطق مختلف منطقه مورد مطالعه در فصول متفاوت به منظور آنالیز به آزمایشگاه ارسال شد (شکل ۳). این نمونه‌ها از ایستگاه قمشلو محمدآباد، صفادشت و عباس‌آباد گل‌شایگان در جنوب منطقه، ارسطو و قشلاق امیرآباد غرب منطقه و چهارباغ، دهک، حاجی‌آباد، علی‌بیات و شهرک صنعتی از شمال شرقی منطقه مورد مطالعه انتخاب شد. مقدار کمی از نمونه‌ها روی پایه‌های مخصوص با چسب رسانا قرار داده شد و تصاویر به کمک دستگاه SEM با بزرگنمایی $5\mu m$ ، $10\mu m$ ، $25\mu m$ و $50\mu m$ گرفته شد. سپس تصاویر SEM به کمک نرم‌افزار Image-J مورد پردازش قرار گرفتند. سپس پارامترهای اولیه مساحت، طول، عرض، محیط، کشیدگی، گردی، گردشگری، کج‌شدگی، کشیدگی، قطرکروی معادل، مساحت سطحی و حجم برای تصاویر ذرات غبار ریزشی به کمک نرم‌افزار محاسبه شدند.

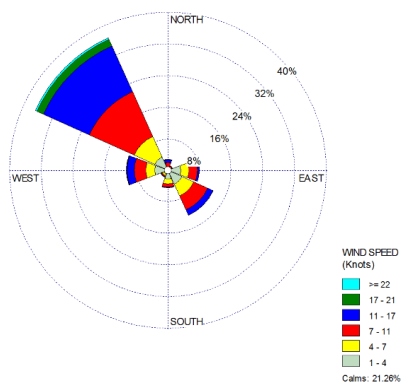
■ نتایج و بحث

بادسنجی

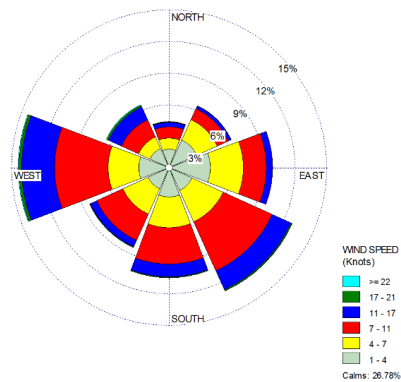
بررسی جهت، شدت و قدرت فرسایشی باد منطقه با استفاده از ترسیم گل‌باد، گل‌طوفان و گلماسه انجام شد که اطلاعات مفیدی را جهت اجرای استراتژی‌های کنترل



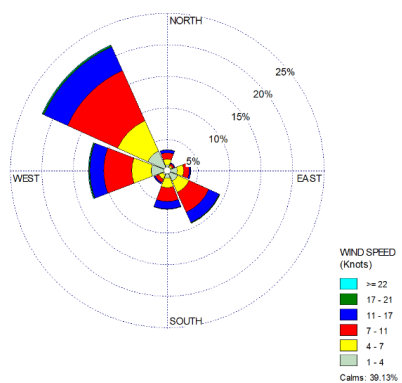
شکل ۳. محدوده نمونه‌های رسوبی تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی SEM



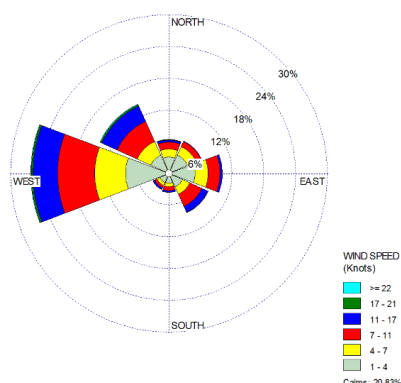
گلباد سالانه ایستگاه سینوپتیک شهریار



گلباد سالانه ایستگاه سینوپتیک هشتگرد

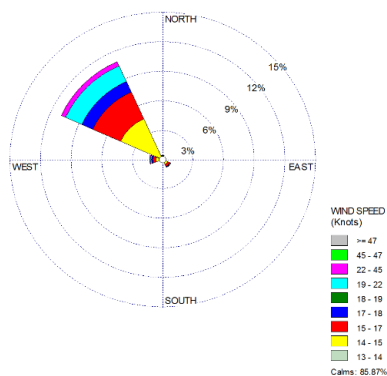


گلباد سالانه ایستگاه سینوپتیک کرج

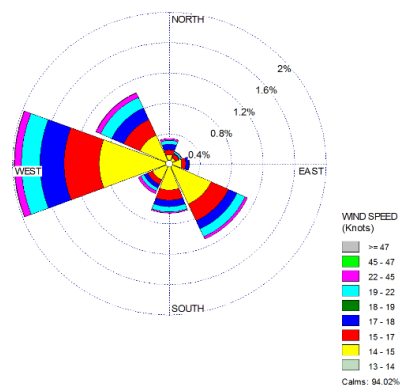


گلباد سالانه ایستگاه سینوپتیک بوئین زهرا

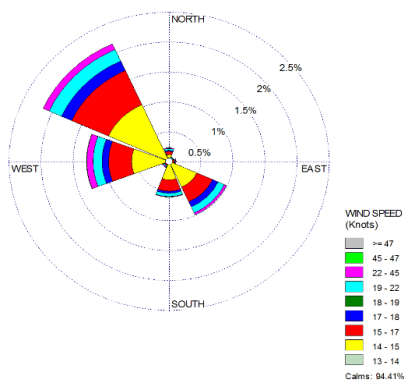
شکل ۴. گلباد سالانه ایستگاه سینوپتیک غرب استان تهران



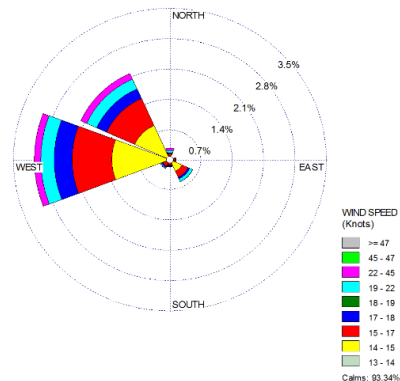
گل طوفان سالانه ایستگاه سینوپتیک شهریار



گل طوفان سالانه ایستگاه سینوپتیک هشتگرد



گل طوفان سالانه ایستگاه سینوپتیک کرج



گل طوفان سالانه ایستگاه سینوپتیک بوئین زهرا

شکل ۵: گل طوفان سالانه ایستگاه سینوپتیک غرب استان تهران

و بوئین‌زهر با تغییرپذیری متوسط جهت باد دارای بادهای دوجته با زاویه منفرجه بودند.

عناصر شیمیایی غبار ریزشی رسوبی

برای مقایسه نسبی غلظت عناصر موجود در غبار ریزشی، عناصر از لحاظ میزان غلظت (ppm) در پنج گروه بیش از ۲۰۰۰ ppm، ۵۰۰-۲۰۰۰ ppm، ۲۰-۵۰۰ ppm و کمتر از ۵ (۴۹) در نمونه‌های رسوب طبقه‌بندی شدند (جدول ۶). بخش عمده ترکیبات ذرات غبار ریزشی در منطقه مورد مطالعه از عناصر K, Na, Mg, Ti, Fe, Al, Ca, Zn, P, Mn و Ba تشکیل شده است.

حداکثر غلظت هر یک از عناصر در رخساره‌های مختلف نشان دادند که بخش عمده ترکیبات ذرات منشأ غبار ریزشی در منطقه مورد مطالعه در رخساره مخروط‌افکنه دشت سر فرسایشی در شمال غربی و دشت ریگی ریز و متوسط‌دانه با پوشش گیاهی تخریب‌یافته دشت سر پوشیده در جنوب‌شرقی و جنوب غربی منطقه بود (شکل ۷).

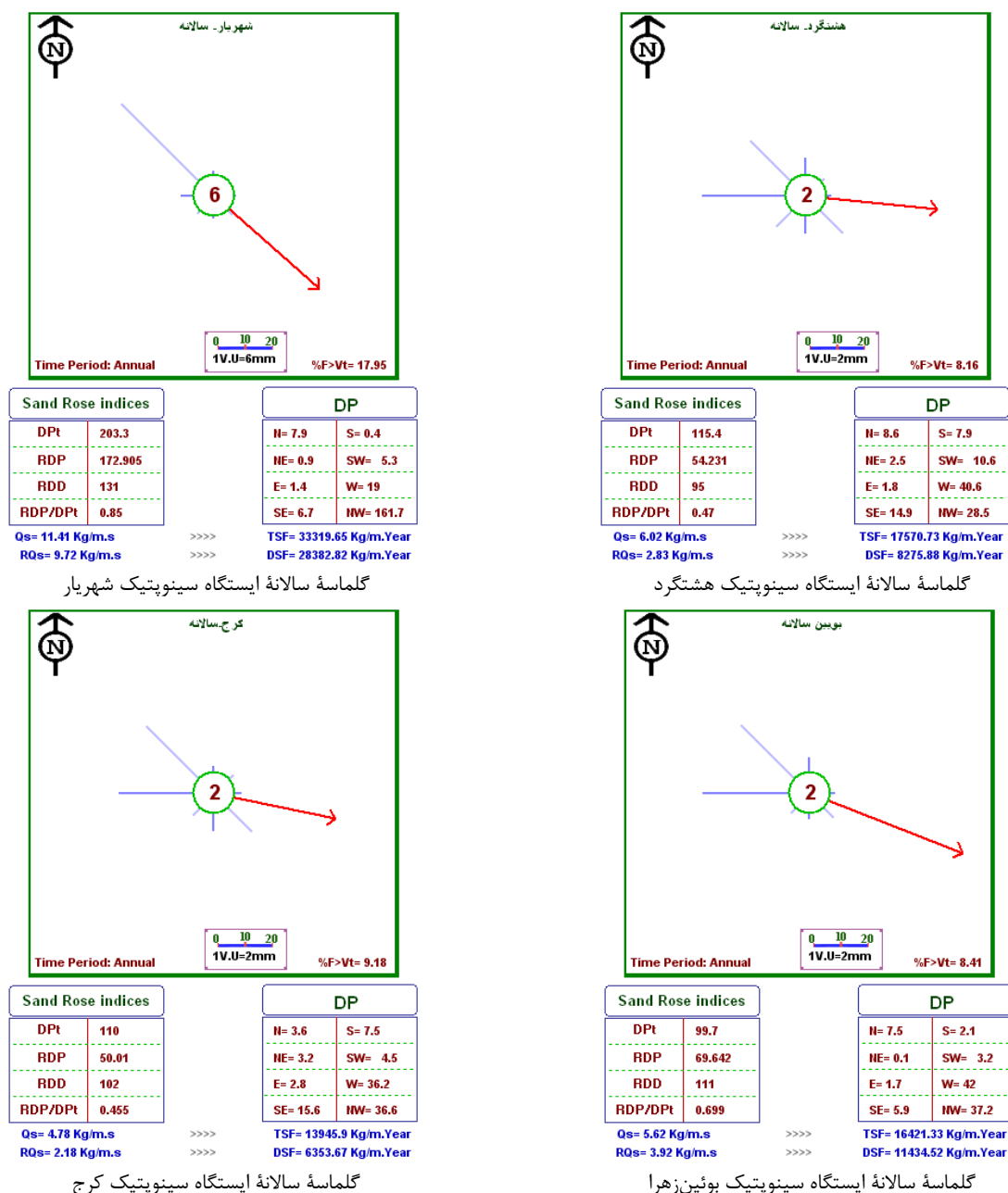
نتایج حاصل از تهیه گلماسه ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان داد (شکل ۶) که توان حمل ماسه^۱ (DPT) در تمام ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه کمتر از ۲۰۰ واحدبرداری در طول سال است که این نشان‌دهنده قدرت فرسایشی کم است. کمترین مقدار DPT مربوط به ایستگاه بوئین‌زهر (۹۹/۷) واحدبرداری در طول سال و بیشترین DPT متعلق به ایستگاه شهریار^۲ (۲۰۳/۳) واحدبرداری در طول سال است که نشان‌دهنده قدرت متوسط فرسایش بادی بود. بنابر طبقه‌بندی فرای‌برگر و دین قدرت فرسایشی باد در تمامی مناطق کم دیده شد. جهت بردار برآیند توان حمل ماسه^۲ (RDD) در منطقه مورد مطالعه نشان داد که رسوبات ماسه‌ای در منطقه شهریار، کرج و بوئین‌زهر از سمت شمال‌غربی به جنوب‌شرقی و هشتگرد از سمت غرب به شرق در حرکتند. بررسی شاخص تغییرپذیری جهت باد در منطقه نشان داد که براساس طبقه‌بندی فرای‌برگر و دین (جدول ۵) منطقه با تغییرپذیری کم جهت‌های باد، بادهای یک‌جته داشت. منطقه شهریار دارای بادهای یک‌جته‌اند و تغییرپذیری جهت باد آن کم است. منطقه هشتگرد، کرج

جدول ۵. تغییرپذیری جهت باد^۳ (UDI) براساس طبقه‌بندی فرای‌برگر

نام ایستگاه	UDI جداول محاسباتی	تغییرپذیری جهت باد	طبقه‌بندی جهت باد
شهریار	۰/۸۵	کم	بادهای یک‌جته
هشتگرد	۰/۴۷	متوسط	بادهای دوجته با زاویه منفرجه
بوئین‌زهر	۰/۶۹۹	متوسط	بادهای دوجته با زاویه منفرجه
کرج	۰/۴۵۵	متوسط	بادهای دوجته با زاویه منفرجه

جدول ۶. طبقه‌بندی عناصر شیمیایی از لحاظ میزان غلظت در ترکیب غبار ریزشی رسوبی

میزان کمی (ppm)	نام عنصر
> ۲۰۰۰	Ca, Al, Fe, Ti
۲۰۰۰-۵۰۰	Mg, Na, K, Zn, P, Mn, Ba
۵۰۰-۲۰	Cr, Cu, Ni, Li, Ce, La, Rb, V, Zr, Sr
۲۰-۵	Nd, Y, Co, Ga, Nb, Sc, Th, Pb
< ۵	Pr, Sm, Gd, U, Dy, Hf, Yb, W, Eu, Cd, Ho, Tb, Tm, Bi, Lu, Be, Sc, Er, Mo, Sb, Ta



شکل ۶. گلماسه سالانه ایستگاه سینوپتیک غرب استان تهران

فلزی و گردوغبار جاده‌ای است (۲۷). مقدار بحرانی Ni در خاک را بسیاری از محققان در دامنه ۲-۵۰ ppm اعلام کرده‌اند (۱۰، ۲۵). براساس مطالعه حاضر، میانگین عنصر فوق (۴۸ ppm) نشان است که آلودگی این عنصر در حد بحرانی است. انتشار عناصر Cr و Ni ناشی از نزدیکی منطقه به معادن شن و ماسه و کارخانه سیمان است که پژوهش ارزیابی آلودگی فلزات سنگین خاک اطراف کارخانه سیمان خاش این نتیجه را تأیید کرد (۴۲). سایر عناصر از قبیل Zn، Ti و سولفات ناشی از فعالیت‌های انسانی، نشانگر منشأ

همچنین دشت ریگی خیلی درشت‌دانه با تراکم متوسط و زیاد توأم با قلوه‌سنگ‌های درشت با تراکم زیاد دشت‌سر فرسایشی، دق رسی شور و فاقد پوشش گیاهی یا با پوشش گیاهی اندک شورپسندها دشت‌سر پوشیده و اراضی بایر پوسته نمکی پلایا فاقد هرگونه حداکثر غلظت عناصر است (جدول ۷).

غلظت بالای عناصر P، Fe، Al، Ca و Mn که نشان از طبیعی و خاک‌زاد بودن منشأ گردوغبار است (۹، ۲۳). همچنین انتشار Cr ناشی از فرآیندهای احتراقی، صنایع

صحرائی با گستردگی زیاد ماسه‌بادی باشد (۵۷، ۵۸). همچنین براساس یافته‌ها، گردوغبارهایی که غنی از کوارتز، فلدسپات یا کربنات‌ها باشد (۴۷)، عمدتاً دارای منشأ داخلی بوده یا از مسافت نزدیک یا متوسط توسط جریان باد به منطقه حمل شده‌اند (۴۸).

تنوع کانی‌ها در فصل تابستان بیشتر از سایر فصل‌هاست. همچنین بیشترین تنوع کانی‌شناسی، مربوط به نمونه یک بود که منشأ این دوره یک گسترده وسیعی از منطقه شامل نواحی داخلی، شمالی و غرب استان تهران را شامل می‌شد که ناشی از تنوع در منشأهای غبار ریزشی در فصل تابستان بوده است. براساس جدول (۹) میزان کوارتز در فصل بهار، آنورتیت سدیم در فصل پاییز و میزان دولومیت نیز در فصل تابستان بیشتر از سایر فصل‌هاست.

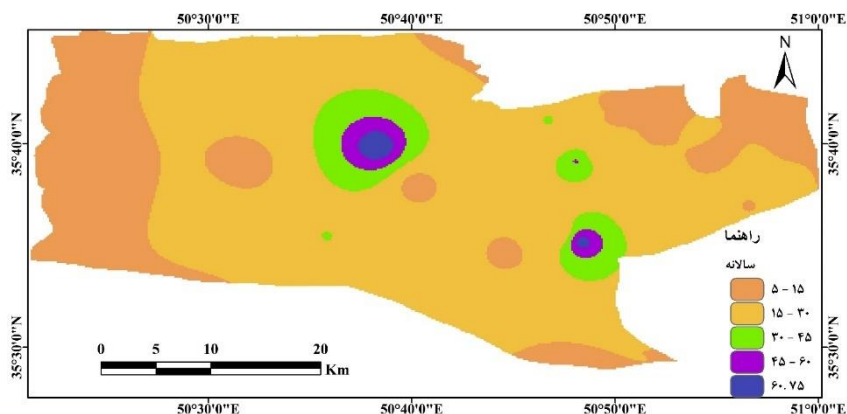
غیرپوسته زمینی است (۶). این عناصر را نیز می‌توان به صنایع اطراف تهران و مصرف زغال‌های فسیلی در این صنایع نسبت داد.

پراش پرتو ایکس (XRD) غبار ریزشی رسوبی

کانی‌های تشکیل‌دهنده نمونه‌های رسوب بیشتر در ۲ فاز کانیایی اصلی شامل کربنات بیشتر کلسیم کربنات، دولومیت و آنورتیتو سیلیکات بیشتر کوارتز قرار گرفت (جدول ۸). کانی‌های شناسایی‌شده عبارتند از کلسیت، دولومیت، آلبیت، هماتیت، مسکوویت، آنورتیت و ژپیس است. در کلیه نمونه‌ها کانی‌های کوارتز، آنورتیت سدیم، کلسیم کربنات، دولومیت و آنورتیت به‌صورت مشترک وجود دارد. خاستگاه کانی کلسیت می‌تواند در نواحی

جدول ۷. ماکزیمم غلظت عناصر در رخساره‌های منطقه مطالعاتی

نام رخساره	عنصر
فرسایش سطحی دشت‌سر فرسایشی	Mn
مخروط‌افکنه دشت‌سر فرسایشی	Na, Ba, Cu, Zn, P, Bi, Cs, Eu, Lu, Pb, Rb, Sm, Th, Yb, W
فرسایش رودخانه‌ای دشت‌سر فرسایشی	Ni, U
دشت ریگی خیلی درشت‌دانه با تراکم متوسط و زیاد توأم با قله سنگ‌های درشت با تراکم زیاد دشت‌سر فرسایشی	-
فرسایش سطحی دشت‌سر اپانداز	Mo, Sn
دشت ریگی درشت و متوسط‌دانه با تراکم متوسط تا زیاد توأم با قله سنگ با تراکم کم تا متوسط دشت‌سر اپانداز	Fe, Cr, V, Ti, Hf, Zr
فرسایش سطحی دشت‌سر پوشیده	Sr, Sb
دشت ریگی ریز و متوسط‌دانه با پوشش گیاهی تخریب‌یافته دشت‌سر پوشیده	K, Ga, Be, Ce, Co, Er, Gd, Ho, La, Nd, Pr, Ta, Tm, Y
دق رسی شور و فاقد پوشش گیاهی یا با پوشش گیاهی اندک شورپسند دشت‌سر پوشیده	-
اراضی بایر پوسته نمکی پلایا	-
فرسایش سطحی آبرفتی پلایا	Al,
فرسایش رودخانه‌ای ناحیه مرطوب پلایا	Ca, Li
کشاورزی ره‌اشده	Cd
دشت ریگی متوسط دشت‌سر پوشیده	Mg, Dy, Nb, Tb



شکل ۷. حجم غبار ریزشی سالانه

فراوانی کلسیت و کوارتز در بیشتر نمونه‌ها به‌عنوان محصول اصلی محیط‌های رسوبی تخریبی، نشان‌دهنده خاستگاه رسوبی برای ذرات غبار ریزشی در غرب استان تهران است. غبارهای ریزشی که غنی از کوارتز، فلدسپات یا کربنات‌ها باشد، عمدتاً دارای منشأ داخلی بوده یا از مسافت نزدیک یا متوسط توسط جریان باد به منطقه حمل شده‌اند (۴۸). بنابراین غالب بودن کانی کوارتز و کلسیت در تمام نمونه‌ها نشان دادند که منشأ اصلی غبارهای ریزشی غرب استان تهران عمدتاً منطقه‌ای و مناطق خشک هستند. وجود کانی ژپس در فصل تابستان نشان‌دهنده وجود خاستگاهی تبخیری برای غبارهای ریزشی غرب تهران است که عمدتاً در زمین‌های بیابانی کرانه‌های رودخانه‌ی شور و پلایا موجود است. همچنین نتایج با یافته‌های بررسی کانی‌شناسی مناطق شهری دشت سیستان (۱۲)، آنالیز خصوصیات شیمیایی ریزگردهای رسوب‌شونده شهر اهواز (۲۰) و شناسایی ترکیب کانی‌شناختی و ریخت‌شناسی ذرات تشکیل‌دهنده پدیده گردوغبار در استان خوزستان (۵۵، ۵۶) مطابقت دارد که شناسایی کانی‌ها در مطالعات فوق شباهت بسیاری با ترکیب کانی‌های غبار ریزشی در شهرستان ملارد دارند. با

توجه به نتایج این تحقیق و مطالعات انجام‌شده، ممکن است کربنات ابزاری جهت ردیابی منشأ گردوغبار آسیایی در حمل و نقل طولانی‌مدت (۵۳) و کانی‌های تبخیری مانند ژپس برای شناسایی منشأ غبار ریزشی در خاورمیانه مفید باشند (۴۵). بنابراین ترکیب کانی‌شناسی و تاحدودی ریخت‌شناسی ذرات غبار ریزشی از دیدگاه زمین‌شناسی منطقه تحت‌تاثیر مسیر غالب باد است. همچنین در بررسی فلزات محلول Ca و K، بیشترین مقدار غلظت را بین تمامی فلزات در نمونه‌های مطالعاتی دارا بوده‌اند که نشان از طبیعی و خاک‌زاد بودن منشأ گردوغبار بود (۹، ۲۴).

همچنین نتایج آنالیز پراش پرتو ایکس (XRD) در ۲۴ نمونه خاک سطحی نیز نشان داد که عمده کانی‌های غالب در نمونه‌ها شامل دولومیت، ژپس، آنورتیت، کوارتز، کلسیت، مسکوویت، آلبیت، پتاسیم و هالیت بود.

تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی SEM

براساس نتایج حاصل از ریخت‌شناسی، غرب و جنوب منطقه مورد مطالعه نسبت به شرق ذرات درشت‌تر و دارای حجم و مساحت بالاتری بود.

جدول ۸. درصد غالب نسبی کانی‌های موجود در غبار ریزشی رسوبی

فصل	کوارتز	آنورتیت سدیم	کلسیم کربنات	دولومیت	آنورتیت
بهار	۳۸	۷	۱۹	۴	۲۰
تابستان	۱۷	۵	۱۰	۲/۴	۶
پاییز	۳۲	۵	۱۸	۴/۲	۲۸
زمستان	۲۲	۳	۱۲	۲/۵	۱۵

جدول ۹. ماکزیمم درصد نسبی کانی‌های غالب موجود در غبار ریزشی رسوبی

نوع عنصر	فصل	درصد
کوارتز	بهار	۷۳
آنورتیت سدیم	پاییز	۴۴/۲
کلسیم کربنات	پاییز	۴۹/۲
دولومیت	تابستان	۱۸/۸
آنورتیت	پاییز	۶۳/۶

جهت بررسی دقیق‌تر اندازه‌دانه‌های پوشش در هر نمونه، مشخصات مورفولوژیک غبار ریزشی رسوبی مربوط به ۱۵۰ ذره اندازه‌گیری شده با استفاده از نرم‌افزار Image-J به شرح جداول ۱۰، ۱۱ و ۱۲ است. بررسی قطر کروی معادل غبار ریزشی رسوبی در ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان داد که ذرات در ایستگاه شمال‌شرقی درشت‌ترین و در ایستگاه غرب منطقه مورد مطالعه ریزترین بودند. براساس نتایج آنالیزهای SEM مورفولوژی زاویه‌دار و نیمه‌مدور اغلب ذرات غبار ریزشی می‌تواند شاهدهی بر وجود منبع محلی و انسانی باشد. شکل نامنظم و زاویه‌دار در این

منطقه نشان داد که از فاصله نزدیک حمل شده است. مورفولوژی و کانی‌شناسی مشابه گردوغبار در ارومیه و آبادان (۳)، آلمان (۱۶)، عربستان (۳۴)، کویت و افغانستان (۱۵)، اهواز (۲۰)، اصفهان (۵۰)، سرخس (۱۳) و بر روی ذرات معلق سواحل ایتالیا (۴۸) نیز ارائه شده است. تصاویر SEM نشان دادند که ذرات غبار عمدتاً دارای اشکال نامنظم، بیضوی، چندگوش و در برخی موارد به‌صورت تجمع‌یافته است که با نتایج ارفعی‌نیا و همکاران (۶) و روغنی (۵۱) مطابقت دارد.

جدول ۱۰. مشخصات مورفولوژیک غبار ریزشی رسوبی در جنوب منطقه مورد مطالعه

پارامتر	قمشلو محمدآباد	صفادشت	عباس‌آباد گل‌شایگان	مجموع
کد نمونه	۳	۲۰	۷	۳۵/۷
مساحت (μm^2) A	۱۳	۵	۸/۳۹	
طول (μm) L	۱/۰۶۶	۲/۸	۳/۹	
عرض (μm) B	۰/۸	۱/۲	۲/۳	
محیط (μm) P	۰/۴۵۹	۸	۶/۲	
کشیدگی AR	۱/۳۳۳	۱/۴۱۸	۱/۳۵۵	
گردی C	۰/۷۶۳	۰/۷۵۷	۰/۶۸۸	
گردشدگی R	۰/۷۵	۰/۷۰۵	۰/۷۳۸	
کج‌شدگی	-۰/۰۲۸	-۰/۰۰۸	-۰/۰۷۰	
کشیدگی	-۱/۲۱۴	-۱/۱۹۶	-۰/۹۹۹	
قطر کروی معادل (μm) ESD	۴/۱۶	۲/۵۸	۳/۲۶	
مساحت سطحی (μm^2) SA	۵۴	۲۰/۹۳	۳۳/۵۳	۲۹۵
حجم (μm^3) V	۳۶/۸۲	۸/۹۸	۱۹/۴۱	۴۸۷

جدول ۱۱. مشخصات مورفولوژیک غبار ریزشی رسوبی در غرب منطقه مورد مطالعه

پارامتر	ارسطو	قشلاق امیرآباد	مجموع
کد نمونه	۱۷	۴	
مساحت (μm^2) A	۱۱/۸	۸/۳	۲۴/۳
طول (μm) L	۴/۷	۳/۶	
عرض (μm) B	۳	۲/۱	
محیط (μm) P	۳۲/۴	۱۱/۳	
کشیدگی AR	۱/۳۶	۱/۳۳	
گردی C	۰/۷۶۶	۰/۷۳	
گردشدگی R	۰/۷۳۶	۰/۷۲۱	
کج‌شدگی	۰/۵۳	۰/۶۵	
کشیدگی	-۰/۸۷	۰/۹۱	
قطر کروی معادل (μm) ESD	۲/۹	۱/۲	
مساحت سطحی (μm^2) SA	۲۵/۷	۲۴/۷	۲۵۱/۸
حجم (μm^3) V	۱۲/۳	۱۲/۱	۳۸۱/۲

جدول ۱۲. مشخصات مورفولوژیک غبار ریزشی رسوبی در شمال شرقی منطقه مورد مطالعه

پارامتر	چهارباغ	دهک	حاجی آباد	علی بیات	شهرک صنعتی	مجموع
کد نمونه	۸	۲۱	۱۰	۱۵	۲۹	
مساحت ($\text{m}\mu^2$) A	۲۴/۳	۱۸/۴	۴/۱	۹/۸	۱۷/۱	۴۰
طول (mm) L	۳۶/۷	۵/۹	۲/۷	۴/۸	۶/۳	
عرض (mm) B	۴/۸	۳/۵	۱/۶	۲/۷	۳/۴	
محیط (mm) P	۰/۴	۳۳/۸	۱۳/۱	۳۵/۲	۴۱/۵	
کشیدگی AR	۸/۲	۰/۳۱	۰/۳۲	۷/۶	۰/۳	
گردی C	۲/۳	۱/۸	۲/۳	۲/۱	۲/۱	
گردشدگی R	۰/۶	۱/۸	۰/۵	۰/۷	۰/۷	
کج شدگی	۰/۸۲	۰/۵۷	۰/۵۶	۰/۴۵	۰/۸۱	
کشیدگی	-۰/۵۴	-۰/۹۳	-۱/۰۱۴	-۰/۷۶	-۰/۵۴	
قطر کروی معادل ESD (mm)	۵/۱	۳/۸	۲/۹	۲/۸	۳/۵	
مساحت سطحی ($\text{m}\mu^2$) SA	۹۷/۲	۷۳/۹	۱۰/۳	۳۸/۸	۶۷/۴	۱۵۳۷
حجم ($\text{m}\mu^3$) V	۱۲۵/۴	۱۱۵/۸	۳/۳	۴۱/۲	۱۰۲/۵	۲۲۵۸

در نمونه‌های غرب منطقه مورد مطالعه عمده کانی دیده شده، اغلب از جنس کانی‌های رسی، کوارتز یا ژئپس با پوششی از دولومیت و همچنین عناصر Si, Al, Ca, O و Mg بوده است (شکل ۸). در تصاویر با بزرگنمایی ۲۵ میکرون عناصر Cl و Na و در تصاویر با بزرگنمایی ۱۰ میکرون عنصر Fe دیده شد. در نمونه‌های جنوب منطقه مورد مطالعه عمده کانی دیده شده در رسوبات غبار ریزشی اغلب از کانی‌های رسی کلسیت، کوارتز و ژئپس تشکیل شده‌اند و دارای پوششی از جنس کانی دولومیت است. همچنین عناصر مشاهده در ذرات نیز شامل Si, K, Ca, O و Mg بود (شکل ۹). در تصاویر با بزرگنمایی زیر ۱۰ میکرون عناصر C و Fe مشاهده شد.

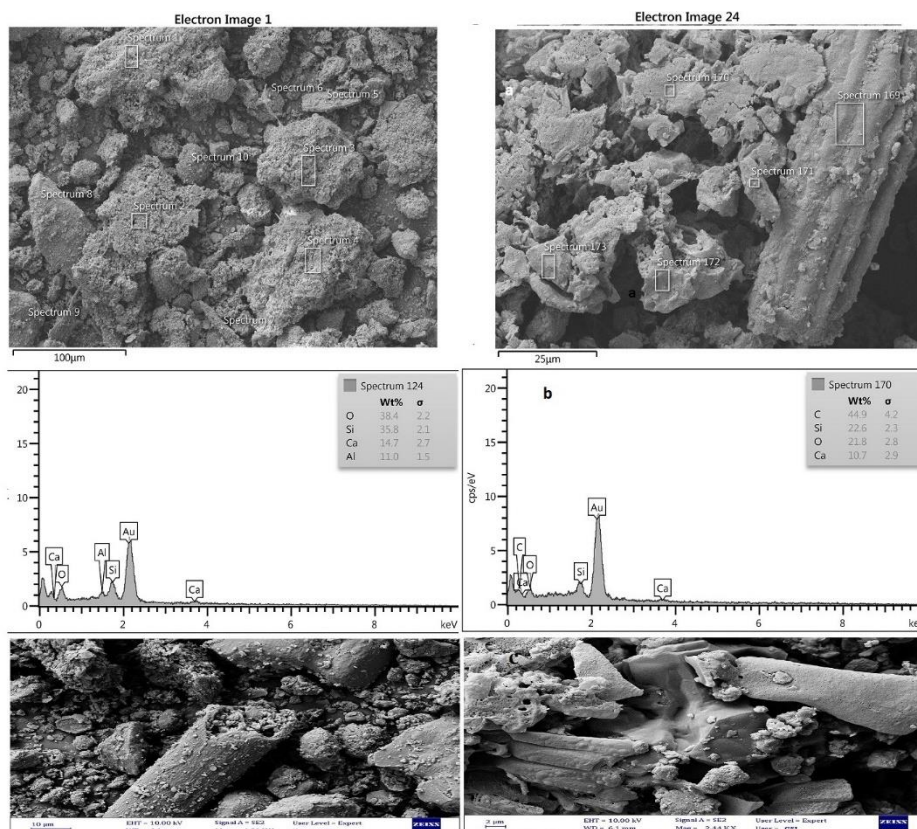
در نمونه‌های شمال شرقی منطقه مورد مطالعه عمده کانی دیده شده در رسوبات غبار ریزشی اغلب از کانی‌های رسی، پلاتین، کوارتز و ژئپس تشکیل شده‌اند و دارای پوششی از جنس کانی دولومیت است. همچنین عناصر مشاهده در ذرات نیز شامل Si, K, Ca, O و Mg بود (شکل ۱۰). در تصاویر با بزرگنمایی ۵۰ میکرون عناصر Pt و در تصاویر با بزرگنمایی زیر ۲۵ میکرون عناصر C و Ti با پوششی از کانی هماتیت مشاهده شد.

در این پژوهش، مناطقی که باید استراتژی‌های حفاظتی در آنها مورد توجه قرار گیرد، نشان داده شده است. نتایج ترسیم گلباد منطقه نشان می‌دهد که جهت باد غالب منطقه با توجه به ایستگاه‌های سینوپتیک موجود در محدوده مورد مطالعه شمال غربی است. محاسبات گلماسه ایستگاه‌های مورد مطالعه نیز نشان دادند که مقدار DPT در تمام ایستگاه‌ها کمتر از ۲۰۰ واحد برداری در سال است که این نشان‌دهنده قدرت فرسایشی کم است و جهت بردار برآیند توان حمل ماسه (RDD) از سمت شمال غربی به جنوب شرقی و شاخص تغییرپذیری منطقه شهریار دارای بادهای یک‌جهته و منطقه هشتگرد، کرج و بوئین‌زهر با تغییرپذیری دارای بادهای دوجته با زاویه منفرجه بود

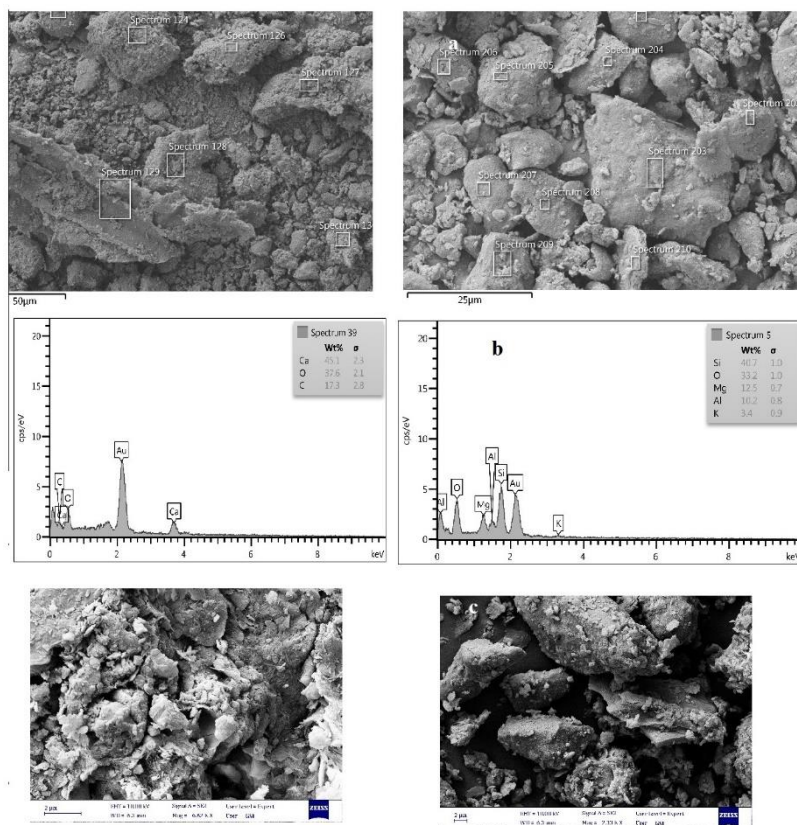
بخش شمال غربی منطقه مورد مطالعه بیشترین حجم رسوبات غبار ریزشی را داشته است؛ با این حال بیشترین غلظت عناصر شیمیایی به‌ویژه فلزات سنگین در ناحیه جنوب غربی و جنوب شرقی مشاهده شد.

در بررسی کانایی نیز براساس نتایج به‌دست‌آمده مشخص شد که ترکیب کانی‌شناسی پدیده غبار ریزشی بیشتر در ۲ فاز کانایی اصلی شامل کربنات بیشتر کلسیم کربنات، دولومیت و آنورتیت و سیلیکات بیشتر کوارتز قرار گرفت.

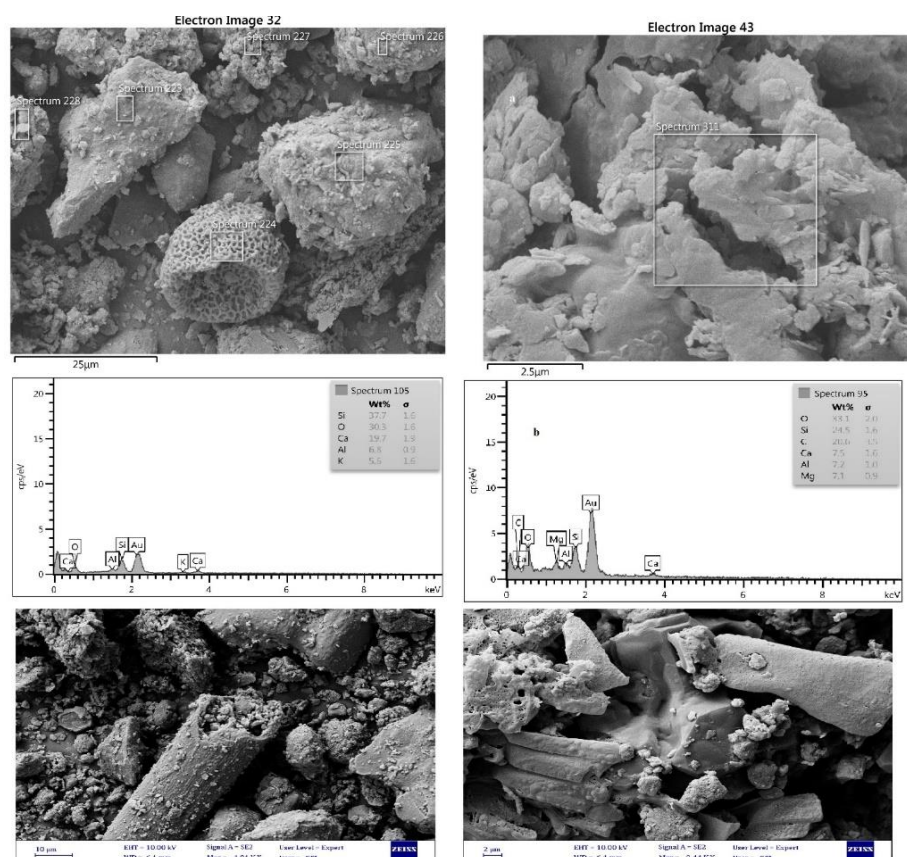
■ نتیجه‌گیری



شکل ۸. تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی با بزرگنمایی ۵۰ و ۱۰۰ (a)، نمودار فراوانی عناصر (b) و تصاویر با بزرگنمایی ۱۰ و ۲ (c) غرب منطقه مورد مطالعه



شکل ۹. تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی با بزرگنمایی ۲۵ و ۵۰ (a)، نمودار فراوانی عناصر (b) و تصاویر با بزرگنمایی ۱۰ و ۲ (c) جنوب منطقه مورد مطالعه



شکل ۱۰. تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی با بزرگنمایی ۲۵ و ۲/۵ (a)، نمودار فراوانی عناصر (b) و تصاویر با بزرگنمایی ۲ و ۱۰ (c) شمال شرقی منطقه مورد مطالعه

و ژئوپس با پوششی از جنس کانی‌های دولومیت، مسکوویت بودند. مورفولوژی ذرات غبار ریزشی زاویه‌دار و نیمه‌مدور بوده که می‌تواند شاهدهی بر وجود منبع محلی آنها باشد. با توجه به حساسیت فرسایش‌پذیری اراضی به‌ویژه در شرق منطقه مورد مطالعه که معادن شن و ماسه در آنها قرار دارند، باید از فعالیت‌های انسانی مخرب و دستکاری اراضی در این مناطق جلوگیری شود. بنابراین بهتر است عملیات مقابله با غبار ریزشی تنها در شرق منطقه اجرا نشود، بلکه کاهش آلاینده‌های صنایع، به‌ویژه در غرب ملارد و اجرای طرحی برای عدم ورود این آلاینده‌ها به محیط شهر تهران نیز انجام شود. همچنین کاهش فعالیت‌های صنایع و معادن با نظارت بیشتر، در فصل تابستان در راستای کنترل غبار ریزشی و عدم ورود آلاینده‌ها به منطقه، می‌تواند مفید باشد. شناسایی نواحی با نخاله‌های صنعتی، معدنی و ساختمانی و پاکسازی این

فاز فرعی کانی‌ها نیز شامل کانی ژئوپس است که مربوط به حوضه‌های تبخیری و پلایاست. به احتمال زیاد، منشأ کانی‌های تبخیری موجود، از ترکیبات نمکی دریاچه‌ها، تالاب‌های فصلی و رسوبات آبرفتی جوان پراکنده در منطقه مطالعاتی، به‌ویژه شمال‌غربی و جنوب‌غربی ملارد، نشأت گرفته است.

براساس نتایج آنالیزهای SEM مورفولوژی زاویه‌دار و نیمه‌مدور اغلب ذرات غبار ریزشی می‌تواند شاهدهی بر وجود منبع محلی باشد. شکل نامنظم و زاویه‌دار در این منطقه نشان داد که از فاصله نزدیک حمل شده است. تصاویر SEM نشان دادند که ذرات غبار عمدتاً دارای اشکال نامنظم، بیضوی، چندگوش و در برخی موارد به‌صورت تجمع‌یافته است. به‌طور کلی بخش عمده ترکیبات شیمیایی کلیه ذرات غبار ریزشی از عناصر Fe, Al, Ca, Mg, Na, K, Ti, Sr, Zn, P, Mn, Pb و Zr تشکیل شده است. این عناصر در قالب کانی‌های رسی، کوارتز، کلسیت

مناطق در حومه منطقه مورد مطالعه نقش ویژه‌ای در کاهش غبار ریزشی محلی خواهد داشت.

از مسئولان محترم مرکز پژوهش‌های کاربردی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور برای حمایت و همکاری در انجام آنالیزهای آزمایشگاهی نمونه‌های گردوغبار صمیمانه سپاسگزاری می‌شود.

■ سپاسگزاری

■ References

1. Abbaspour, O., & Qaisari, Kh. (2010). *Fuzzy and microstructural analysis of dust in Ahvaz, the second national conference on wind erosion and dust storms and dust storms*, Yazd February 2011. (in Farsi)
2. Abdollahi, S., Fotoohi, S., & Hamidianpour, M. (2020). The role of playa tabas messina in the dust of Sistan region with rely on the role of Sistsn' s wind of 120 days. *Arid Regions Geographical Studies*, 10 (39), 52-65. (in Farsi)
3. Ahmady-Birgani, H., Mirnejad, H., Feiznia, S., & McQueen, K.G. (2015). Mineralogy and geochemistry of atmospheric particulates in western Iran, *Atmospheric Environment*, 119, 262-272.
4. Akbari, A. Azimzadeh, H.R., & Borhan Dayani, S. (2012). *Investigation of pollution indicators and land accumulation of heavy metal lead in the soil around Behbahan Cement Factory*, the first national conference on environmental protection and planning. (in Farsi)
5. Al-Dabbas, M. A., Ayad Abbas, M., & Al-Khafaji, R. M. (2010). Dust storms loads analyses- Iraq. *International Journal of Water Resources and Arid Environments*, 1(2), 129- 141.
6. Arfaeinia, H., Hosseini, M., Ranjbar Vakilabadi, D., Alam ol-Hoda, A., Banafsheh Afshan, S., & Kermani, M. (2016). Morphological and mineralogical study of PM 2.5 particles in the air of the 12th district of Tehran based on SEM-EDX analysis images and XRD analyzes, *Health*, 7(2), 135-145
7. Armimoto, R. (2001). Eolian dust and climate: relationships to sources, tropospheric chemistry, transport and deposition, *Earth-Science Reviews*. 54(1), 29-42.
8. Bahmani, M. (2009). *Comparison of mineralogical properties of Calcisols and Vertisols of Isfahan and Charmahal-Va-Bakhtiari provinces and their relationship with potassium status*. M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, 105p.
9. Bashiri Khuzestani, R., & Souri, B. (2016). Study of physicochemical properties of suspended particles larger than 10 micrometers in Kurdistan province, western Iran, *Environmental Science and Technology*. 18(3), 70-79. (in Farsi)
10. Bergman, W. (1992). *Nutritional disorders of plant, development, visual and analytical diagnosis (German, French and Spanish Edition)*, 1st Edition, Gustav Fischer.
11. Changling, H., Madsen, H. B., & Awadzi, T. W. (2007). Mineralogy of dust deposited during the Harmattan season in Ghana. *Danish, Geography*, 107(1), 9-15.
12. Danesh Shahraki, M., Shahriari, A., Ganjali, M., & Bamri, A. (2016), Seasonal and spatial variations in the rate of dust transported from the cities of Sistan plain and its relationship with some climatic parameters, *Water and Soil Conservation Research*, 23(6), 199-215. (in Farsi)
13. Darmani, M., Ara, H., Rashki, A.R., & Mafi, A. (2020). Source and study of physical and chemical properties of dust particles in Sarakhs city, *Geography and environmental hazards*, 35(3), 21-37. (in Farsi)

14. Engelbrecht, J. P., Moosmüller, H., Pincock, S., Jayanty, R. K. M., Lersch, T., & Casuccio, G. (2016). Technical note: Mineralogical, chemical, morphological, and optical interrelationships of mineral dust re-suspensions. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 16(17), 10809-10830.
15. Fromme, H., Diemer, J., Dietrich, S., Cyrys, J., Heinrich, J., Lang, W., Kiranoglu, M., & Twardella, D. (2008). Chemical and morphological properties of particulate matter (PM10, PM2.5) in school classrooms and outdoor air. *Atmospheric Environment*, 42(27), 597-605.
16. Jorkesh, Sh., Salehi, M. H., & Esfandiarpour Boroujeni, I. (2012). *Investigation of the concentration of some heavy metals in atmospheric dust in Lenjanat area of Isfahan*, National Conference on Flow and Air Pollution. (in Farsi)
17. Ghani Bafghi, M. J. (2014). *The role of mineral deposits and mining in the spread of pollution and soil and plant degradation (Case study - Kooshk-Bafgh lead and zinc mine)*. PhD thesis. Faculty of Natural Resources, University of Tehran. (in Farsi)
18. Givvehchi, R., Arhami, M., & Tajrishy, M. (2013). Contribution of the Middle Eastern dust source areas to PM10 levels in urban receptors: Case study of Tehran, Iran. *Atmospheric Environment*, 75, 287-295
19. Goodarzi, Gh.R., Asgharipour Dashtbozorg, N., Naimabadi, A., Ghorbanpoor, R., Hedari Farsani, M., Hashemzadeh, B., & mohammadi, M. J. (2017). Analysis of chemical properties of precipitating particles in Ahvaz, Iran, North Khorasan, *Medical Sciences*, 9(4), 56-65. (in Farsi)
20. Goossens, D. (2007). Bias in grain size distribution of deposited atmospheric dust due to the collection of particles in sediment catchers. *Catena*. 70(1), 16-24.
21. Goossens D. and Louis J. R. (2008). Techniques to measure the dry aeolian deposition of dust in arid and semi-arid landscapes: a comparative study in West Niger, *Earth Surface Processes and Landforms*, 33(2), 178–195.
22. Goudie, A.S. (2014). Desert dust and human health disorders. *Environment International*, 63(2), 101-113
23. Grazulis, S., Chateigner, D., Yokochi, R., Quiros, Y., Lutterotti, M., Manakova, L., Butkus, E., Moeck, J., LeBail, P., Downs, A. (2009). Crystallography open database (COD) an open access collection of crystal structures. *Applied Crystallography*, 42(5), 726-729.
24. Güne, A., Alpaslan, M., & Inal, A. (2004). *Plant growth and fertilizer*, Ankara University, Agriculture Pub, Ankara ,Turkey,1539
25. Hamdam Joe, M. (2014). *Investigation of spatial changes in physical and chemical properties of fine dust in Kerman province. Iran*, Master Thesis. Faculty of Natural Resources. Isfahan University of Technology. (in Farsi)
26. Hojati, S., Khademi, H., Cano, A. F., & Landi, A. (2012). Characteristics of dust deposited along a transect between central Iran and the Zagros Mountains. *Catena*, 88(1), 27-36.
27. Hossein Saeedi. L. jihadi. M. Rastegari. M. (2016) determining the Concentration of Heavy Metals at Urban Ambient Air (Case study: Rey City). *Environmental Science Studies*, 1(1), 23-36
28. Edward. J., Broadley, M., Scott, Y., Black, C., Chilimba, A., Ander, E.L., Barlow, Th., & Watts, M. (2015), Soil type influences crop mineral composition in Malawi, *Science of The Total Environment*, 505(1), 587-595

29. Karimian Torghabeh, A., Afzali, S. F., Jahandari, A., Mahmudy Gharaie, M. H., & Al-Khashman, O. A. (2020). Evaluation of trace elements concentration in surface sediments of Parishan International Wetland (Fars Province, SW Iran) by using geochemical and sedimentological analysis, *Toxin Reviews*, 40(4), 665-675.
30. Karimzadeh, H.R., Jalalian, A., & khademi, H. (2004). Study of clay minerals of gypsum soils of different castings in the eastern region of Isfahan, *Soil and Water Sciences (Agricultural Science and Technology and Natural Resources)*, 8(1), 73-94. (in Farsi)
31. Khoda Karami, L., Sufyanyan, A.R., Mirghafari, N., Ofyoni, M., & Golshahi, A. (2011). Zoning of heavy metals of chromium, cobalt and nickel in soils of three sub-watersheds of Hamadan province using GIS and geostatistics technologies, *Agricultural Science and Technology and Natural Resources, Soil and Water Sciences*, 15 (58), 243 -254
32. Khuzestani, RB. & Sourì, B. (2013). Evaluation of heavy metal contamination hazards in nuisance dust particles, in Kurdistan Province, western Iran. *Environmental Sciences*. 25(7), 1346-54.
33. Kocak, M., Mihalopoulos, N., & Kubilay, N. (2009). Origin and source regions of PM10 in Eastern Mediterranean atmosphere. *Atmospheric Research*, 92(4), 464-474.
34. Krueger, B. J., Grassian, V. H., Cowin, J. P., & laskin, A. (2005). Heterogeneous chemistry of individual mineral dust particles from different dust source regions: the importance of particle mineralogy, *Atmospheric Environment*, 39(2), 395-395.
35. Li, N., Hopke, P. K., Kumar, P., Cliff, S. S., Zhao, Y., & Navasca, C. (2013). Source apportionment of time- and size-resolved ambient particulate matter, *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 129, 15-20.
36. Mahmoudi, Z. & Khademi, H. (2014). Identification of the origin of atmospheric dust in Isfahan using its chemical and mineralogical properties, *Water and Soil Conservation Research*, 21(1), 217-233. (in Farsi)
37. Menendez, I., Diaz-Hernandez, J.L., Mangas, J., Alonso, I., & Sanchez-Soto, P.J. (2007). Airborne dust accumulation and soil development in the North-East sector of Gran Canaria (Canary Islands, Spain), *Arid Environments*, 71(1), 57-81.
38. Menhaje-Bena. R. Koohi. MK. Modabberi. S. Ghazi Khansari. M. and Bakand. S. (2021). Investigation of geological and environmental factors of airborne suspended particles from sand and gravel quarries in the west of Tehran, Iran, *Health and Safety at Work*, 11(1), 117-135
39. Modaish, A.s (1997). Characteristics and composition of the falling dust sediments on Riyadh city Saudi Arabia, *Arid Environments*, 36(2), 211-213.
40. Mousavi, H., Deniaei, A., and Pourkhbaz, A. Rez. (2017). *Study of physicochemical properties of suspended particles larger than 10 µm in South Khorasan province, East Iran*, 4th International Conference on Environmental Planning and Management, Faculty of Environment, University of Tehran.
41. Moslempour, M. E., & Shahdadi, S. (2013). Assessment of heavy metal contamination in soils around of Khash cement plant, SE Iran, *Earth Sciences*, 5(2), 111-118.
42. Mounteney, I., Burton, A. K., Farrant, A. R., Watts, M. J., Kemp, S. J., & Cook, J. M. (2018). Heavy mineral analysis by ICP-AES a tool to aid sediment provenancing. *Geochemical Exploration*, 184, 1–10.

43. Najafi, M. S., Khoshakhllagh, F., Zamanzadeh, S. M., Shirazi, M. H., Samadi, M., & Hajikhani, S. (2013). Characteristics of tsp loads during the Middle East springtime dust storm (MESDS) in western Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 7(12), 5367-5381.
44. National Cartographic Center, (2017). *Topographic maps with scales of 1:25000 and 1:50,000 of the study area*.
45. Norouzi, S., & Khademi, H. (2015). Spatial and temporal variation in dust deposition rate in Isfahan and its relationship with selected climatic parameters. *Water and Soil Science*, 19(72), 149-162
46. Pe-Piper, G., Piper, D. J.W., Wang, Y., Zhang, Y., Trottier, C., Ge, Ch., & Yin, Y. (2016). Quaternary evolution of the rivers of northeast Hainan Island, China: Tracking the history of avulsion from mineralogy and geochemistry of river and delta sands Author links open overlay panel, *Sedimentary Geology*. 333(3), 84-99
47. Perrone, MR., Turnone, A., Buccoieri, A., & Buccolieri, G. (2006). Particulate matter characterization at a coastal site in south-eastern Italy. *Environmental Monitoring*, 8(1), 183-90.
48. Pye, K. (1992). Aeolian dust transport and deposition over Crete and adjacent parts of the Mediterranean Sea. *Earth Surface Processes and Landforms*, 17, 271-288.
49. Roughani, R., Feiznia, S., Soltani, S., & Shahbazi, R. (2019). Physicochemical characteristics of dust deposits collected by MDCO in the suburbs of Isfahan, *Range and Desert Research*, 26(2), 313-324. (in Farsi)
50. Sadrian, M. R., Mohammad Khan, Sh., Mashhadi, N., & Piri, A. (2013). *Mineralogy of sediments caused by falling dust on the city of Ilam in the spring of 2013*, the third national conference on wind erosion and dust storms, Yazd, December 17-18, 2013. (in Farsi)
51. Shao, L., Li, W., Xioa, Z., Sun, Zh. (2008). The Mineralogy characteristics of airborne particles collected in Beijing during a severe Asian dust storm period in spring 2002, *Science in China Series D: Earth sciences* 50 (6), 953-959.
52. Shen, Z. X., Caquineauc, S., Caoa, J., Zhangb, X., Hana, Y., Gaudichetd, A., & Gomese, L. (2009). Mineralogical characteristics of soil dust from source regions in northern China. *Particuology*, 7(6), 507-512.
53. Watts, M.J., Button, M., Brewer, T.S., Jenkin, G.R.T. & Harrington, C.F. (2008). Quantitative arsenic speciation in two species of earthworms from a former mine site, *Environment Monitoring and Assessment* 10(6), 753-759
54. Zarasvandi, A., Carranza, E. J. M., Moore, F. & Rastmanesh, F. (2011a). Spatio-temporal occurrences and mineralogical-geochemical characteristics of airborne dusts in Khuzestan Province (southwestern Iran), *Geochemical Exploration*, 111(3), 138-151.
55. Zarasvandi, A.R., Moore, F., & Nazarpour, A. (2011b). The first report of lead isotopic composition of dust particles in Khuzestan province in 2009 with emphasis on determining the origin and characteristics of environmental geology *Crystallography and Mineralogy*, 19(2), 263-270. (in Farsi)
56. Zarasvandi, A.R., Moore, F., & Nazarpour, A. (2011c). Mineralogy and morphology of dust storms particles in Khuzestan province: xrd and sem analysis concerning, *Crystallography and Mineralogy*, 19(3), 511-518. (in Farsi)

57. Zarasvandi, A.R. (2016). *Distribution of elements and geochemistry of wind sediments in Khuzestan plain*, 34th conference and the second specialized conference on earth sciences, Tehran, March 2016. (in Farsi)
58. Zhang, R., Shen, Z., Cheng, T., Meigen Zhang, M., & Liu, Y. (2010). The elemental composition of atmospheric particles at Beijing during asian dust events in spring 2004, *Aerosol and Air Quality Research*, 10, 67-75.
59. Zohrabi, S., Khosravi, H., Mesbahzadeh, T., Jafari, M., & Dastorani, M. (2019). Investigating wind erosion threshold velocity and the effect of soil characteristics in dust production centers in Alborz province, *Arid Regions Geographic Studies*, 10 (38), 1-13. (in Farsi)

Investigation of L Band PALSAR Synthetic Aperture Radar (SAR) Data in Land Cover Mapping

S. Maleki ^{1*}, V. Rahdari¹

1. Assistant Professor, Department of Environment., Faculty of Natural Resources, University of Zabol, Zabol, Iran.

* Corresponding Author: smaleki@uoz.ac.ir

Received date: 16/09/2021

Accepted date: 21/02/2022

 [10.22034/JDMAL.2022.539088.1352](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2022.539088.1352)

Abstract

Mapping of wetlands using remote sensing has faced challenges due to different land cover classes and similar reflectance across land cover classes. Synthetic aperture radar (SAR) data have a special ability to detect phenomena because of their penetration capacity, as well as their independence from time and weather conditions. In this study, radar data were used to map the land cover of Hamoun wetlands in both wet and dry conditions. For this purpose, L-band capacity has been used to investigate land cover classes. Statistical indicators were used for assessing the separation between land cover classes. The images were classified using the method of the support vector machine. The results of the present study show the capacity of the L-band to separate different land cover classes. The results of the accuracy assessment show an overall accuracy of over 80% in preparing the land cover map of the region. Furthermore, because of the penetration of the L-band, it is possible to detect water in the underlying layer of plants. The results of this study showed that the difference between the reflectance of vegetation that their smaller portion is below the water, and vegetation, most of which is above the water is detectable by the L-band. The difference between their backscatter is 6 dB in the HV and about 2 dB in the HH polarization, which indicates the capacity of the HV polarization to separate these two classes.

Keywords: Arid lands; Sistan plain; Vegetation cover; Remote sensing





بررسی قابلیت داده‌های باند L داده‌های رادار دهانه مصنوعی پالسا برای تهیه نقشه پوشش زمین

سعیده ملکی^{۱*}، وحید راهداری^۱

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

* نویسنده مسئول: smaleki@uoz.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۰۲

doi: [10.22034/JDMAL.2022.539088.1352](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2022.539088.1352)

چکیده

بررسی‌های سنجش از دوری برای تهیه نقشه دقیق از تالاب‌ها، به دلیل تنوع پوشش‌های زمین و شباهت بازتابش بین آنها، همواره با چالش‌هایی روبرو بوده است. داده‌های رادار دهانه مصنوعی به دلیل ایجاد قابلیت نفوذ و عدم وابستگی به زمان و شرایط جوی، قابلیت ویژه‌ای در تشخیص پدیده‌ها دارند. در این مطالعه برای تهیه نقشه مناسب از وضعیت پوشش بخشی از تالاب هامون در شرایط ترسالی و خشکسالی، از داده‌های رادار استفاده شده است. به همین منظور، در پژوهش حاضر قابلیت باند L داده‌های رادار دهانه مصنوعی برای مطالعه پوشش سطح زمین استفاده شده است. برای بررسی قابلیت تفکیک بین طبقه‌های پوشش اراضی از شاخص‌های آماری استفاده شد و تصاویر با روش ماشین پشتیبان‌برداری طبقه‌بندی شد. نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر نشان‌دهنده توانایی باند L برای تفکیک پوشش‌های مختلف زمین و نشان‌دادن تفاوت تراکم پوشش گیاهی بر بازتاب باند L است. جدول خطای تهیه‌شده در این مطالعه نیز نشان‌دهنده صحت کلی بیش از ۸۰٪ در تهیه نقشه پوشش اراضی منطقه است. علاوه‌براین به دلیل قدرت نفوذ باند L، می‌توان آب لایه زیرین گیاهان را تشخیص داد. نتایج این مطالعه نشان داد که تفاوت بازتاب پوشش گیاهی که قسمت کمی از آن داخل آب است، با پوشش گیاهی‌ای که قسمت بیشتر آن درون آب است در باند HV برابر ۶ دسی‌بل و در باند HH حدود ۲ دسی‌بل است که نشان‌دهنده توان تفکیک بهتر باند HV در تفکیک این پوشش است.

واژگان کلیدی: مناطق خشک؛ دشت سیستان؛ پوشش گیاهی؛ سنجش از دور

■ مقدمه

رشد روزافزون جوامع بشری و همچنین آسیب‌های ناشی از تغییر اقلیمی موجب ایجاد تخریب گسترده در بوم‌نظام‌های طبیعی در سرتاسر دنیا شده است (۲۶). تصمیم‌گیری و اجرای اقدامات حفاظتی در برابر تخریب بوم‌نظام‌ها نیازمند در دسترس بودن اطلاعات کمی و کیفی منابع اکولوژیکی از منطقه است. به دلیل محدودیت آب در بوم‌نظام‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک و آسیب‌پذیری بیشتر این بوم‌نظام‌ها به عوامل تخریب، اجرای اقدامات حفاظتی ضروری است (۲۷). علی‌رغم اهمیت وجود اطلاعات لازم برای اقدامات حفاظتی و مدیریتی، مسائلی از جمله دشواری کار در مناطق خشک، دسترسی کم، پوشش گیاهی ضعیف در شرایط خشک و تغییرات مناطق خشک موجب کمبود اطلاعات در این مناطق می‌شود (۲۵، ۴۲). سنجش از دور همواره به‌عنوان ابزار مهم و کارآمدی برای مطالعات بوم‌نظام‌های طبیعی مورد استفاده قرار گرفته است (۳۵، ۱۸، ۱۶، ۱۴، ۱۳). تصاویر چندطیفی^۱ به‌طور گسترده در بررسی پدیده‌های مختلف در شرایط مکانی و زمانی گوناگون کاربرد دارد (۲۶). داده‌های رادار دهانه مصنوعی دسته دیگری از داده‌های سنجش از دوری‌اند که به‌واسطه سیستم خاص مربوط به دریافت پراکنش امواج از سوی سنجنده و همچنین استفاده از طول موج‌های با قابلیت نفوذ بیشتر، توانایی تولید تصاویر در شب و روز و هر شرایط آب و هوایی را فراهم می‌کنند (۱۹، ۱۸). انتخاب این داده‌ها بستگی به ویژگی‌های سنجنده از جمله فرکانس، طول موج، قطبش^۲ و زاویه برخورد^۳ بستگی دارد. به عنوان مثال قدرت نفوذ باند L بیشتر از باند X است و در مطالعات مربوط به خاک و یا اشکوب‌های زیرین پوشش گیاهی کارایی بیشتری دارد (۴۳). در صورتی که باند X با طول موج کوتاه‌تر برای مطالعه لایه بالایی پوشش گیاهی و شناسایی مناطق دارای پوشش گیاهی مفید است (۴۰، ۳۸). قطبش‌های مختلف داده‌های رادار دهانه مصنوعی می‌تواند در مطالعه ویژگی‌های مهم بیوماس و فنولوژی گیاهان مورد استفاده قرار بگیرد (۹). مطالعات نشان

می‌دهند که قطبش HH توانایی بالاتری در جداسازی پوشش گیاهی آبداری‌شده از غیرآبداری‌شده در تالاب‌ها دارد (۱۷). با کاهش زاویه برخورد ضریب پراکندگی امواج رادار افزایش می‌یابد (۲۹). در زاویه برخورد کمتر تفاوت بین پراکنش امواج رادار در مناطق آبداری‌شده با غیرآبداری‌شده بیشتر است، بنابراین جداسازی این مناطق از یکدیگر در زاویه برخورد کمتر به نحو بهتری صورت می‌پذیرد (۱۹).

علاوه بر ویژگی‌های سنجنده، ویژگی‌های مطالعه نیز در زمان انتخاب سنجنده مناسب اهمیت دارد. مطالعات گذشته تأثیر بازتاب دوگانه^۴ را که در اثر تأثیر همزمان پراکنش آب و پوشش گیاهی به‌وجود می‌آید، در مطالعه پوشش گیاهی حائز اهمیت می‌دانند (۴۳، ۳۶). به‌واسطه ویژگی بازتاب دوگانه داده‌های رادار برای مطالعه مناطق تالابی کاربرد بسیاری دارند (۲۳). از سوی دیگر پوشش گیاهی خشک نسبت به پوشش گیاهی سبز بازتاب کمتری دارد (۲۳). همین تفاوت بازتاب امکان جداسازی گیاهانی را که در اثر کمبود آب خشک شده‌اند به‌وجود می‌آورد. زیست توده و تاج پوشش گیاهان نیز بر بازتاب داده‌های رادار تأثیر دارد (۴۱). به‌دلیل این ویژگی‌ها، داده‌های رادار در مطالعات مختلفی مانند مطالعات زیستگاهی و بخصوص برای پرندگان ساکن تالاب‌ها نیز استفاده شده‌اند (۲۲). از توانایی نفوذ بالاتر و در نتیجه پتانسیل بهتر باند L برای مطالعه تغییرات پوشش جنگل‌ها (۳۶) و مطالعه تغییرات تاج پوشش گیاهی در مناطق تالابی استفاده شده است (۷، ۶). با توجه به اینکه در سال‌های اخیر محدودیت منابع آب موجب ناپایداری وضعیت تالاب‌ها در کشور شده است، تغییرات آبداری این بوم‌نظام‌ها موجب می‌شود پوشش اراضی با شرایط متفاوتی نسبت به آبداری یا خشکسالی وجود داشته باشند. این مسئله بر تفکیک‌پذیری پدیده‌ها با استفاده از سنجش از دور تأثیر می‌گذارد. بنابراین مشخص کردن توانایی‌ها و ضعف امواج مورد استفاده در سنجش از دور در انتخاب تصویر، براساس شرایط بوم‌نظام‌ها، حائز اهمیت است. به‌همین دلیل پژوهش حاضر در بخشی از

3 Incidence angle

4 Double-bounce effect

1 Multi spectral

2 Polarization

روش دومارتن فوق خشک است (۳۷). تالاب هامون که از سه بخش شامل هامون صابری، پوزک و هیرمند تشکیل شده است، در این دشت قرار دارد. اهمیت این تالاب در منطقه‌ای خشک و نیمه‌خشک موجب شده که بخش بزرگی از هامون در ایران به‌عنوان یک منطقه تحت حفاظت در کنوانسیون رامسر تصویب شود (۳۳). همچنین این تالاب به‌عنوان ذخیره‌گاه زیست‌کره تحت حفاظت قرار گرفته است. این منطقه در محدوده $30^{\circ}25'$ تا $31^{\circ}27'$ عرض جغرافیایی شمالی و $60^{\circ}52'$ تا $60^{\circ}56'$ طول جغرافیایی شرقی قرار گرفته است. خشکسالی‌های اخیر و همچنین مسدود کردن آب ورودی از افغانستان به تالاب هامون موجب شده که آبیگری تالاب دچار نوسان شدیدی باشد به‌نحوی که در برخی از ماه‌ها تالاب به‌طور کلی خشک می‌شود (۲۰).

روش پژوهش

داده‌ها

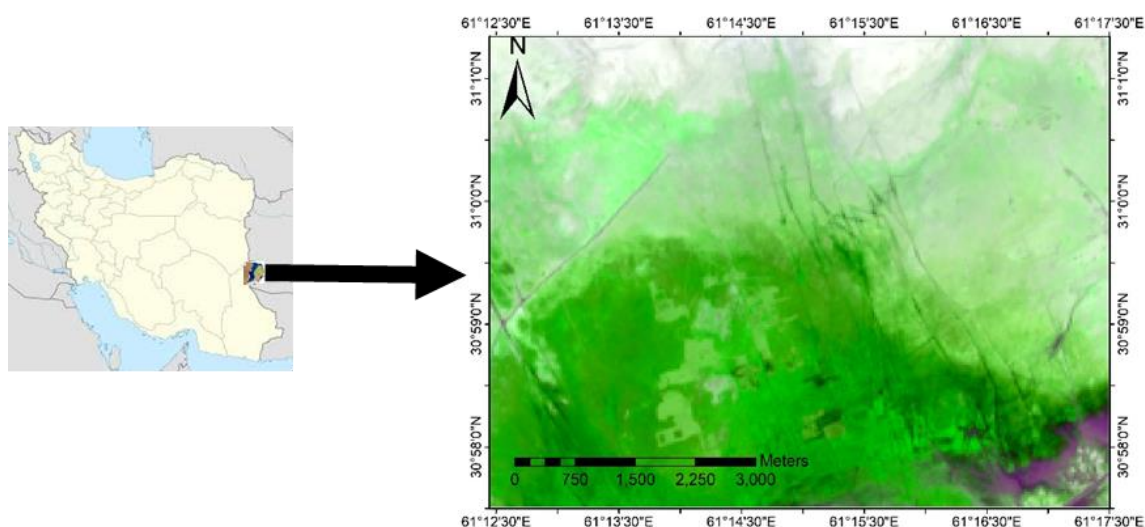
به‌منظور بررسی قابلیت‌های داده‌های رادار دهانه مصنوعی از باند L ماهواره پالسار استفاده شد. این داده‌ها از سازمان اکتشافات هوا و فضای کشور ژاپن^۲ تهیه شد. باند L با طول موج ۲۵cm در دسته امواج میکروویو با طول موج بلند دسته‌بندی می‌شود (۲۳).

تالاب هامون که کمبود منابع آب در سال‌های جاری موجب تغییرات پوشش اراضی آن شده است، انجام گرفت. تالاب هامون تالابی با اهمیت و بین‌المللی است که از جهت تأمین زیستگاه پرندگان بومی و مهاجر بسیار مهم است و تهیه نقشه منابع اکولوژیک آن براساس ساختار و کارکرد آن از اهمیت زیادی برخوردار است. پژوهش حاضر با هدف ارزیابی توانایی داده‌های راداری در مطالعات مناطق تالابی داخلی و تهیه نقشه برخی از مؤلفه‌های زیستگاهی با استفاده از داده‌های باند L ماهواره پالسار^۱ انجام شد. منطقه مطالعه بخشی از دشت سیستان واقع در منطقه خشک شرق کشور است. پراکنش امواج رادار در این منطقه بررسی و امکان تفکیک‌پذیری پدیده‌ها ارزیابی شدند.

■ مواد و روش

منطقه مورد بررسی

منطقه مطالعه بخشی از تالاب هامون در شرق کشور در شمال استان سیستان و بلوچستان، در مجاورت شهرستان زابل و در اطراف کوه خواجه است. این منطقه با توجه به داده‌های در دسترس و اهمیت زیستگاهی بسیار زیاد و دارا بودن انواع پوشش‌های اراضی انتخاب شد (شکل ۱). متوسط بارندگی در دشت سیستان کمتر از ۵۰mm در سال و متوسط تبخیر سالیانه در بازه ۲۰ ساله برابر با ۴۷۵۵mm از تشک تبخیر است. اقلیم منطقه به



شکل ۱. منطقه مطالعه بخشی از تالاب هامون در شرق کشور در شمال استان سیستان و بلوچستان

2 Japanese Aerospace Exploration Agency

1 Phased Array Type L-band Synthetic Aperture Radar (PALSAR)

این نقاط ثبت شد (شکل ۲). ویژگی‌های نقاطی که در مطالعات قبلی نیز ثبت شده بود برای سال ۱۳۹۶ مورد استفاده قرار گرفت که تعداد این نقاط به ۱۵۰ نقطه بالغ شد. در این مطالعات کاربری اراضی آب، پوشش گیاهی داخل آب، پوشش گیاهی خشکی و اراضی بایر مشخص شده بودند (۲۰). توضیح طبقه‌های پوشش اراضی در منطقه مطالعه در جدول (۲) نشان داده شده است.

پیش پردازش داده‌ها

در ابتدا در محیط نرم افزار SNAP تصحیح رادیومتریک بر روی داده‌های پالسر مورد استفاده در پژوهش حاضر انجام شد. سپس به منظور ایجاد بیشترین مطابقت هندسی با واقعیت، تصاویر تصحیح مکانی شدند. برای کاهش نویز اسپکل^۱ از فیلتر لی^۲ استفاده شد (۱۲). وجود نویز اسپکل یکی از مشکلات تصاویر راداری است. امواجی که از هر پراکنشگر دریافت می‌شود اگرچه از لحاظ فرکانس همسان هستند اما از لحاظ فاز یکسان نیستند. این اثر در تصاویر موجب شدت متفاوت در بین پیکسل‌ها می‌شود که نویز قابل ملاحظه‌ای در تصاویر بوجود می‌آورد. به‌منظور پردازش تصاویر رادار، اسپکل بوسیله فیلتر لی کاهش پیدا کرد.

تاریخ برداشت داده‌ها براساس مطالعات قبلی انجام شده در منطقه مطالعه در مورد نحوه آبیگری و خشکی تالاب در منطقه (۲۱، ۲۳)، دوره چرخش ماهواره و در دسترس بودن تصاویر انتخاب شد. جدول (۱) ویژگی‌های تصاویر مورد استفاده را نشان می‌دهد. تالاب در تیر ۱۳۹۶ خشک و در خرداد ۱۳۹۹ آبیگری شده بود.

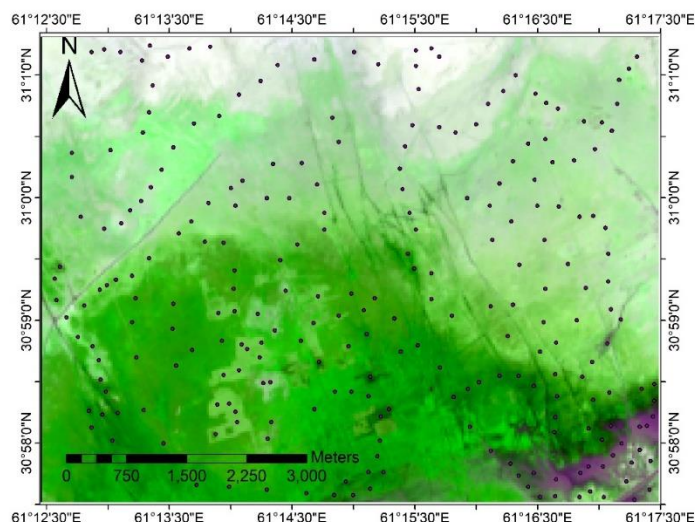
اطلاعات مربوط به واقعیت زمینی از مطالعات قبلی در منطقه (۲۱، ۲۲، ۲۳) و مطالعات صحرایی از وضعیت پوشش گیاهی از جهت تراکم و عمقی که درون آب قرار گرفته است و سایر پوشش‌های اراضی مورد مطالعه، مطابق با برداشت تصاویر در سال ۱۳۹۹ به‌دست آمد. ابتدا طبقه‌های پوشش اراضی براساس مطالعات قبلی در منطقه و همچنین تفاوت بازتاب‌ها بر روی تصاویر انتخاب شدند. با توجه به متغیر بودن شرایط بوم‌شناختی دشت سیستان به‌واسطه تغییر در وضعیت آبیگری تالاب، طبقه‌های انتخاب شده، در دو حالت آبیگری و عدم آبیگری تالاب، تعیین شد. توصیف این طبقه‌های پوشش اراضی در جدول (۲) ارائه شده است. سپس ۲۰۰ نقطه نمونه‌برداری در سال ۱۳۹۹ در هر یک از طبقه‌های انتخاب شد و با استفاده از GPS به موقعیت هر نقطه مراجعه و ویژگی‌های هر یک از

جدول ۱. تصاویر سنجنده PALSAR مورد استفاده

زاویه برخورد	قطبش	تاریخ برداشت تصویر	طول موج (nm)	اندازه پیکسل
۳۰°	HH-VH	۱۳۹۶/۴/۴	۱۵۶۵ – ۱۶۲۵	۶/۲۵ × ۶/۲۵
۳۰°	HH-VH	۱۳۹۹/۳/۱۴	۱۵۶۵ – ۱۶۲۵	۶/۲۵ × ۶/۲۵

جدول ۲. طبقه‌های پوشش اراضی مورد مطالعه

نام طبقه پوشش اراضی	توضیح
پوشش گیاهی ۱	الف پوشش گیاهی مناطقی که در زمان آبیگری تالاب، بخش اعظم گیاه داخل آب است.
پوشش گیاهی ۲	ب پوشش گیاهی مناطقی که در زمان آبیگری تالاب، بخش اعظم گیاه خارج از آب است.
ارضی بایر ۱	پوشش گیاهی مناطقی که در زمان آبیگری تالاب، در مناطق آبیگری‌شده قرار ندارند.
ارضی بایر ۲	مناطق بدون پوشش گیاهی که در زمان آبیگری تالاب، در مناطق آبیگری‌شده قرار دارند.



شکل ۲. موقعیت نقاط نمونه برداری

پردازش داده‌ها

بررسی امکان تفکیک پذیری

برای بررسی قابلیت تفکیک بین طبقه‌های پوشش اراضی از BD^1 و TD^2 استفاده شد. در این شاخص‌ها فاصله بین میانگین طبقه‌های و توزیع مقادیر توسط ماتریس کوواریانس طبقه‌های محاسبه می‌شود (۱۰، ۱۵). برای تهیه این شاخص‌ها فاصله بین میانگین پراکنش طبقه‌های و فاصله مقادیر از میانگین استفاده می‌شود. به همین منظور پلی‌گون‌هایی بر حسب موقعیت مکانی نقاط نمونه برداری در مناطق همگن از هر پوشش زمین ترسیم شدند. میانگین بازتاب براساس دسی بل و واریانس پلی‌گون‌های هر طبقه محاسبه شد (۲۳). این بخش در محیط نرم افزار ENVI5.1 انجام گرفت.

معیارهای تفکیک پذیری BD و TD در محدوده صفر و دو قرار دارند که صفر نشان دهنده این است که هیچ تفکیکی بین پراکنش‌های دو طبقه وجود ندارد و مقدار دو امکان جداسازی کامل را نشان می‌دهد (۱۰، ۱۵). امکان تفکیک پذیری پدیده‌ها به صورت زیر مشخص می‌شود:

صفر $X > 1$ قابلیت تفکیک پذیری ضعیف

$1 < X < 1.7$ قابلیت تفکیک پذیری متوسط

$1 < X < 2$ قابلیت تفکیک پذیری خوب

طبقه بندی تصاویر و ارزیابی دقت نقشه‌ها

تصاویر در محیط نرم افزار ENVI 5.1 با استفاده از روش طبقه بندی نظارت شده و الگوریتم ماشین پشتیبان برداری طبقه بندی شد. در روش ماشین بردار، طبقه‌های در نقشه خروجی براساس فاصله کمتر بین ارزش هر پیکسل و نمونه تعلیمی به دست آمد (۲۳). در زمان اجرای این الگوریتم از تابع کرنل برای تغییر شکل داده‌های غیرخطی ورودی استفاده شد. توابع کرنل رایج در مطالعات سنجش از دور گوسین و تابع رادیال بیس هستند (۳۱، ۸). برای طبقه بندی تصاویر از تابع کرنل رادیال بیس استفاده شد. با استفاده از مطالعات صحرایی مطابق با برداشت تصاویر در سال ۱۳۹۹ و مطالعات قبلی الگوریتم طبقه بندی تعلیم داده شد (۳۰). ارزیابی نقشه‌های تولید شده با محاسبه دقت کلی (رابطه ۱)، دقت تولیدکننده (رابطه ۲)، دقت کاربر (رابطه ۳) و خطای کاهش^۳ (رابطه ۴) و افزایش^۴ (رابطه ۵) و با استفاده از نقاطی که در تعلیم الگوریتم استفاده نشده بود، انجام شد.

$$O.A = \frac{\sum_i E_{ii}}{N} \quad (1)$$

که در آن:

C تعداد کلاس‌ها، N تعداد کل پیکسل‌های معلوم، E_{ii}

اعضای قطری ماتریس خطا و O.A دقت کلی است.

3 Errors of Omission
4 Errors of Commission

1 Bhattacharyya Distance
2 Transformed Divergence

$$P.A = 1 - O \quad (۴)$$

$$P.A = \frac{X_{jj}}{\sum_{i=1}^r X_{ij}} \quad (۲)$$

$$U.A = 1 - C \quad (۵)$$

که در آن:

X_{jj} عنصر قطری هر کلاس و $\sum_{i=1}^r X_{ij}$ مقادیر ستون

هر کلاس و $P.A$ دقت تولیدکننده است.

$$U.A = \frac{X_{ii}}{\sum_{j=1}^r X_{ij}} \quad (۳)$$

کلیه مراحل انجام پژوهش در شکل ۳ ارائه شده است.

■ نتایج و بحث

برای تفسیر نتایج، تغییرات آبدیاری تالاب مد نظر قرار گرفت. در خرداد ۱۳۹۹ تالاب آبدیاری شده اما در تیر ۱۳۹۶ تالاب خشک بود. بنابراین در مورد نتایج سال ۱۳۹۹ اراضی بایر ۱ مناطق آبدیاری شده هستند و پوشش گیاهی ۱ مناطقی اند که پوشش گیاهی در آب رشد کرده بود. به دلیل خشک شدن تالاب، همه کاربری‌های سال ۱۳۹۶ بدون آب بودند.

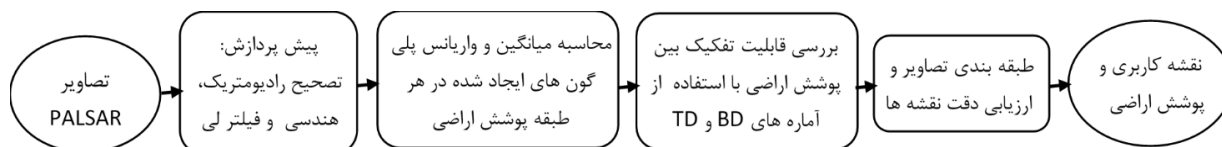
که در آن:

X_{ii} عنصر قطری یک کلاس و $\sum_{j=1}^r X_{ij}$ مجموع

پیکسل‌های سطر همان کلاس و $U.A$ دقت کاربر است.

بر اساس دو دقت یادشده، خطاهای کاهش (O) و

خطای افزایش (C) به صورت زیر تعریف می‌شوند:



شکل ۳. مراحل انجام پژوهش

در سال ۱۳۹۹ که تالاب آبدیاری شده بود پوشش گیاهی ۱-ب بازتاب بیشتری داشته است و این مناطق روی تصاویر روشن‌ترند که در شکل (۴) و (۵) نشان داده شده است. این مورد به دلیل اثر پس‌پراکندگی دوگانه در مناطق دارای پوشش گیاهی آبدیاری شده رخ داد که پوشش گیاهی روی تصاویر رادار روشن‌تر دیده می‌شوند (۱۱). در پس‌پراکندگی دوگانه پالس تابیده به آب پس از پس‌پراکندگی، مجدداً به پوشش گیاهی اصابت کرده است. در این حالت مقادیر معمول بازتابش در هر پیکسل بیشتر می‌شوند. این مسئله دلیل روشن بودن مناطق پوشش گیاهی در آب است (۴، ۲). این ویژگی موجب شد پوشش گیاهی به راحتی از آب تفکیک شود که در تصاویر راداری آب به علت پس‌پراکندگی آینه‌ای تیره هستند.

پراکنش داده‌های رادار باند L

میانگین بازتاب نقاط واقعیت زمینی در قطبش HH توسط شکل ۴ و در قطبش HV باند L توسط شکل ۵ در دو تاریخ مورد مطالعه نشان داده شده است. با توجه به اینکه تصویر خرداد ۱۳۹۹ اراضی بایر ۱ را مناطق آبدیاری شده و اراضی بایر ۲ را مناطق خشک و بدون پوشش گیاهی نشان داد، لذا آب و اراضی بایر کمترین بازتاب را دارند (شکل ۴) و در بین این دو طبقه بازتاب آب از اراضی بایر هم کمتر بود. بنابراین انتظار می‌رفت آب در تصاویر رادار کاملاً تیره مشاهده شود. این نکته به دلیل ویژگی پراکنش طیفی^۱ آب رخ داد. در تیر ۱۳۹۶ که تالاب خشک بود هر دو طبقه اراضی بایر ۱ و بایر ۲ نشان‌دهنده مناطق بایر بودند که کمترین بازتاب را نسبت به سایر طبقه‌های داشتند.

است (۳۸). این نکته در مطالعات مناطق خشک و نیمه‌خشک کاربردی است و می‌توان پوشش گیاهی آن را در شرایط متفاوت رصد کرد. پوشش گیاهی ۲، بازتاب بیشتری از اراضی بایر دارد که موجب می‌شود روی تصاویر رادار نسبت به اراضی بایر روشن‌تر دیده شود. این مسئله امکان تفکیک پوشش گیاهی کم تراکم از اراضی بایر را فراهم می‌کند.

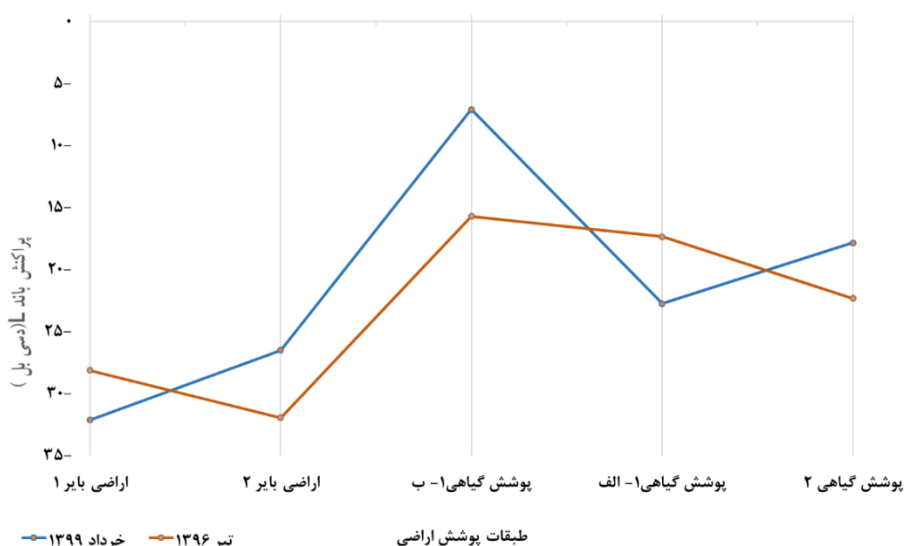
بازتاب طبقه‌های مورد مطالعه در قطبش HV باند L در شکل (۵) نشان داده شده است. اگرچه روند کلی بازتاب‌ها همانند قطبش HH است، اما بازتاب پوشش گیاهی ۱-ب در شرایط خشکی تالاب حدود ۶ دسی‌بل بیشتر از طبقه ۱-الف است که این نکته می‌تواند در جداسازی این دو طبقه مفید باشد. درحالی‌که تفاوت بازتاب این دو طبقه در قطبش HH حدود ۲ دسی‌بل است. این نتایج نشان می‌دهد قطبش HV نسبت به تفاوت ویژگی‌های این دو طبقه حساس است.

توان تفکیک‌پذیری پدیده‌ها با استفاده از باند L

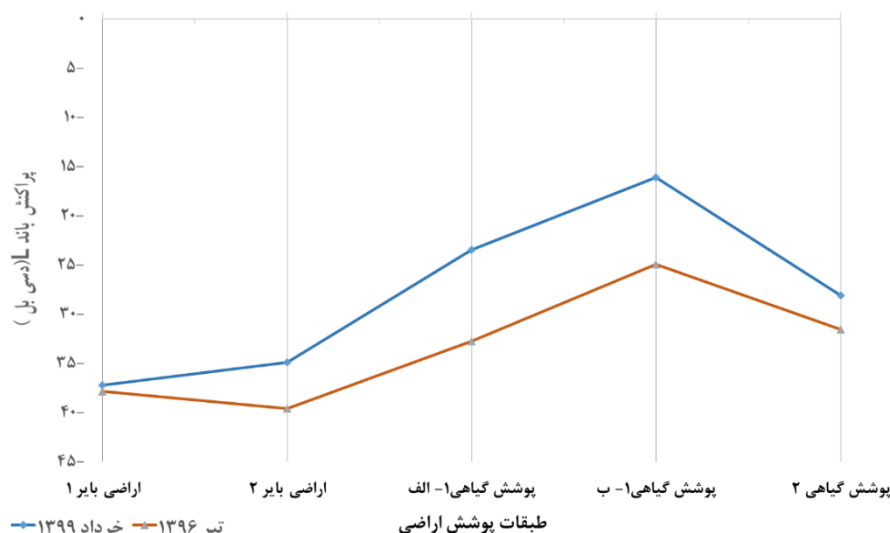
توان تفکیک‌پذیری پدیده‌ها در شکل (۶) ارائه شده است. اعداد بالاتر از ۱/۷ اعداد تفکیک‌پذیری قابل قبول‌اند (۹، ۱۴). بر اساس این شکل دو طبقه پوشش گیاهی ۱-الف (گیاهانی که بخش اعظم آن‌ها بیرون از آب است) و ۱-ب (گیاهانی که بخش اعظم گیاه داخل آب است)، در خرداد ۱۳۹۹ به طور کامل از یکدیگر قابل تفکیک هستند.

نتایج نشان داد که پوشش گیاهی ۱-الف بازتاب کمتری از پوشش گیاهی ۱-ب دارد که در زمان آبیگری تالاب، بخش اعظم گیاه خارج از آب قرار دارد و رقم پیکسل آن کمتر بوده و تیره‌تر دیده می‌شود. با توجه به قدرت نفوذ زیاد باند L، این بازتاب کمتر به دلیل تأثیر آب در پایین پوشش گیاهی می‌باشد. براین اساس باند L در چنین مناطقی می‌تواند آب در لایه زیرین گیاهان را تشخیص دهد (۲۹). این مسئله می‌تواند در تمایز پوشش گیاهی که بخش اعظم آن خارج از آب است از پوشش گیاهی که بخش بیشتری در زیر آب است مورد استفاده قرار بگیرد. چراکه گیاهان پایه در آب که بیشتر از آب خارج هستند بازتاب بیشتری دارند. براساس نتایج مطالعات مشابه، پالسا با استفاده از باند L می‌تواند لایه زیرین پوشش گیاهی را رصد کند که به دلیل قدرت نفوذ این باند است (۴۳). زمانی که تالاب آبیگری نشده (سال ۱۳۹۶) پوشش گیاهی ۱-ب پراکنش امواج رادار بیشتری از سایر طبقه‌های دارند و بنابراین در تصاویر رادار باند L روشن‌تر از سایر مناطق دیده می‌شوند.

در این منطقه، پوشش گیاهی ۲، تراکم کم و بازتاب کمتری نیز داشتند. اما نکته قابل توجه در بازتاب این طبقه، بازتاب بیشتر در سال ۱۳۹۹ نسبت به سال ۱۳۹۶ بود. با توجه به اینکه سال ۱۳۹۹ تالاب آبیگری شده و پوشش گیاهی شرایط مناسب‌تری نسبت به سال ۱۳۹۶ داشته‌اند، این تفاوت بازتاب به دلیل وضعیت مناسب‌تر گیاهان است. زیست توده گیاهان بر بازتاب امواج راداری آنها تأثیرگذار



شکل ۴. پراکنش نقاط واقعیت زمینی طبقه‌های پوشش اراضی در قطبش HH باند L



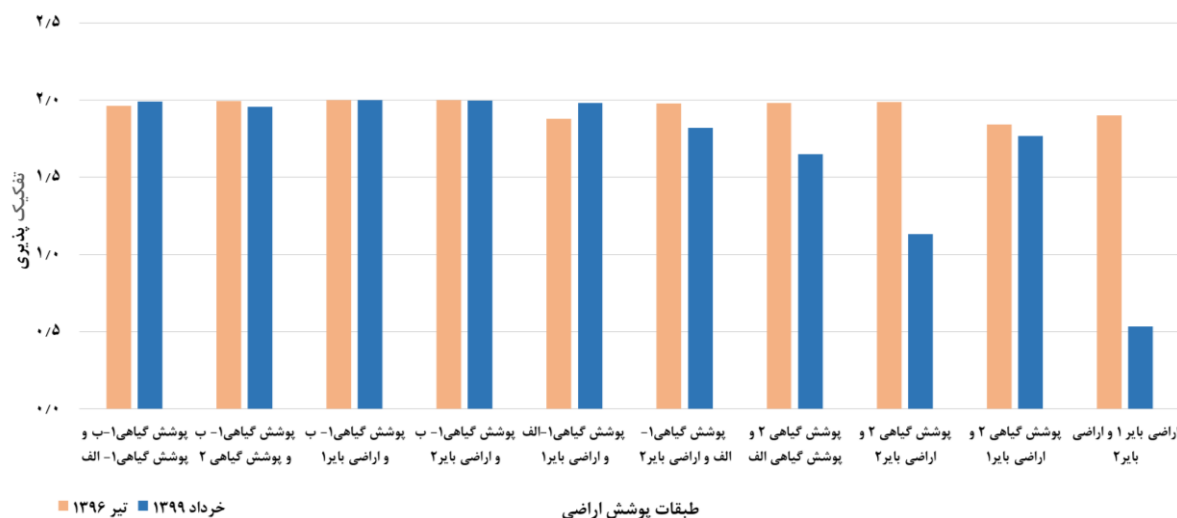
شکل ۵. پراکنش نقاط واقعیت زمینی طبقه‌های پوشش اراضی در قطبش HV باند L

نتایج تفکیک‌پذیری اراضی بایر از پوشش گیاهی نشان می‌دهد که در زمان‌های خشک بودن تالاب باند L می‌تواند این طبقه‌های را از یکدیگر تفکیک کند. حتی پوشش گیاهی کم‌ارتفاع در طبقه ۱-الف و پوشش گیاهی ۲ از اراضی بایر قابل تفکیک هستند. این تفاوت به دلیل حساسیت امواج رادار به زبری سطح است. پوشش گیاهی نسبت به اراضی بایر موجب به وجود آمدن زبری است و بر تصاویر رادار بازتاب متفاوتی دارند که این خصوصیت در مطالعات مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد. نویسندگان مطالعه قبلی با تأکید بر تأثیر پوشش گیاهی در زبری خاک، به توانایی داده‌های رادار در تفکیک پدیده‌های سطح زمین براساس تأثیر آنها بر روی زبری سطح زمین اشاره کرده‌اند (۱۹).

با توجه به اینکه اراضی بایر ۱ در زمان آبیگری تالاب بخشی از پهنه آبی است، نتایج نشان می‌دهد با استفاده از باند L امکان تفکیک پهنه آبی از اراضی بایر وجود ندارد. در زمان خشکی تالاب، هر دو طبقه اراضی بایر ۱ و ۲ مربوط به یک طبقه محسوب می‌شوند. اما نکته جالب توجه درمورد امکان تفکیک‌پذیری در حدود متوسط بین این دو طبقه اراضی بایر است. این نکته می‌تواند نشان‌دهنده امکان تفکیک ویژگی‌های مختلف اراضی بایر در مناطق خشک و نیمه-خشک باشد. این مسئله می‌تواند به دلیل ویژگی‌های مختلف خاک این دو منطقه باشد (۱۲). زبری و رطوبت خاک از جمله مهم‌ترین پارامترهای موثر در ارتباط با داده‌های رادارند (۵).

با توجه به اینکه این طبقه پوشش گیاهی در خرداد ۱۳۹۹ آبیگری شده است این تفکیک‌پذیری به دلیل قدرت نفوذ باند L است که می‌تواند لایه آب زیرین پوشش گیاهی را، که بخش کمتری از آن خارج از آب است، تشخیص دهد و به همین دلیل از گیاهانی که بخش بیشتر آنها خارج از آب است قابل تفکیک بود (۲۳). توانایی تشخیص آب در زیر پوشش گیاهی، علاوه بر مطالعه پوشش گیاهی برای تشخیص روند آبیگری در مناطق دارای گیاه، اهمیت دارد (۲۴).

پوشش گیاهی ۱-ب و پوشش گیاهی پوشش گیاهی ۱-الف در زمان خشک بودن تالاب مربوط به تیر ۱۳۹۶، به خوبی قابل تفکیک بودند. از آنجا که براساس مطالعات قبلی نگارندگان در این منطقه (۲۳)، گیاهان در پوشش گیاهی ۱-الف با ارتفاع کوتاه‌تر بوده است، این نتایج نشان می‌دهد که باند L می‌تواند در مطالعات گیاهان با ارتفاع کمتر از گیاهان بلندتر مثل نیزارهای خشک مورد استفاده قرار بگیرد. براساس نتایج ارائه شده در شکل ۶، باند L قابلیت تفکیک‌پذیری بین پوشش گیاهی ۱-ب از پوشش گیاهی ۲ را دارد. از آنجا که گیاهان ۱-ب در بخش‌های آبیگری شده تالاب بودند و پوشش گیاهی ۲ در زمین‌های خشک، این نتایج نشان‌دهنده توانایی تفکیک گیاهان در مناطق آبیگری-شده از زمین‌های خشک توسط باند L است. در مطالعات گذشته، از این توانایی برای مطالعه زیستگاه پرندگان وابسته به این گیاهان استفاده شده است (۲۲).



شکل ۶. توان تفکیک پذیری طبقه‌های پوشش اراضی

نقشه‌های تولیدشده

نقشه پوشش اراضی تولیدشده پس از طبقه‌بندی ترکیب هر دو پلاریزیشن VV و VH تصاویر پالسار در دو حالت آبگیری تالاب و خشک‌بودن آن در شکل‌های (۷) و (۸) ارائه شده است. صحت نقشه‌های تولیدشده و ماتریس خطای طبقه‌بندی در جدول (۳) ارائه شده است. ماتریس خطا نشان می‌دهد که در بین طبقه‌های مورد مطالعه، جداسازی گیاهان ۱-ب به مقدار ۹۶/۵ برای خرداد سال ۱۳۹۹ و ۹۰/۷۲٪ برای سال ۱۳۹۶ صحت بیشتری دارد. با توجه به اینکه این طبقه مربوط به گیاهانی است که بخش اعظم آنها خارج از آب است، این صحت طبقه‌بندی نیز تأییدکننده امکان جداسازی این گروه از پوشش اراضی توسط داده‌های پالسار است. نتایج تفکیک سایر طبقه‌های نشان دادند که طبقه‌بندی انجام‌شده دارای صحت کافی است. صحت کلی نقشه‌های تولیدشده صحت مناسبی نسبت به واقعیت زمینی دارند. مطالعات گذشته صحت کلی ۸۱/۵ و ۸۴/۶٪ به‌وسیله باند L و بین ۸۰ تا ۸۸٪ به‌وسیله باند C را برای طبقه‌بندی پوشش اراضی تالاب به دست آوردند (۴، ۳۱).

مطالعات مختلفی، با استفاده از داده‌های راداری نشان دهنده توانایی این داده‌ها در طبقه‌بندی پوشش اراضی مناطق مختلف هستند (۳۴، ۱۱). همان‌گونه که شکل (۷) نشان می‌دهد علیرغم اینکه در این تاریخ منطقه آبگیری

شده است، طبقه آب در این شکل وجود ندارد و به‌صورت اراضی بایر ۱ و ۲ نشان داده شده است. این مسئله به دلیل عدم توانایی باند L در جداسازی آب از اراضی بایر است. مطالعات گذشته نشان دادند باند کوتاه‌تر X امکان تفکیک این دو طبقه را دارد (۲۳). بنابراین این دو طبقه که آبگیری تالاب است، به‌صورت یک طبقه مشاهده می‌شوند (شکل ۷). اما در زمان خشکسالی تالاب اراضی (شکل ۸) اراضی بایر به‌صورت دو طبقه قابل تفکیک شدن هستند. به دلیل اینکه در بخش‌های آبگیری‌شده، سطح زمین در زمان خشکی تالاب صاف است اما در اراضی‌ای که بایر هستند و آبگیری نمی‌شوند زبری سطح موجب پراکنش متفاوتی از سطح صاف می‌شود.

نتیجه‌گیری

منطقه مطالعه در غرب دشت سیستان واقع شده است. خشکسالی‌های اخیر و همچنین مسدودکردن آب ورودی از افغانستان به تالاب هامون موجب شده که آبگیری تالاب دچار نوسان شدیدی باشد، به‌نحوی که در برخی ماه‌ها تالاب به‌طورکلی خشک می‌شود (۲۰). با توجه به تغییرات دوره‌ای ورودی آب به تالاب هامون و خشک‌شدن و آبگیری پی‌درپی در قسمت‌های تالاب موجب می‌شود که وضعیت پوشش سطح زمین ازجمله پوشش گیاهی دچار تغییرات زیادی شود.

جدول ۳. ماتریس خطای نقشه‌های تولیدشده الف) خرداد ۱۳۹۹

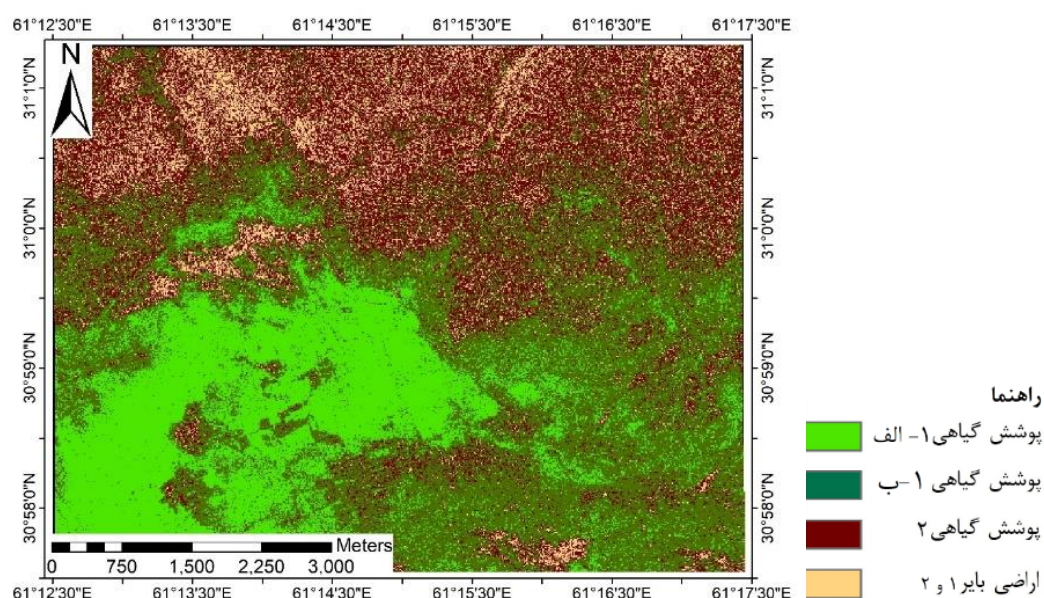
خطای افزایش	دقت کاربر	جمع	اراضی بایر	مرجع			خطای افزایش
				پوشش گیاهی ۱-ب	پوشش گیاهی ۱-الف	پوشش گیاهی ۲	
۰/۱۷	۸۳.۷۱٪	۹۰۲۹	۱۰۲۱	۱۰۰	۳۵۰	۷۵۵۸	پوشش گیاهی ۲
۰/۱۷	۸۳.۲۴٪	۱۱۱۰۷	۲۵۰	۹۵۴	۹۲۴۵	۶۵۸	پوشش گیاهی ۱-الف
۰/۰۴	۹۶.۵۰٪	۱۵۷۹۲	۰	۱۵۲۴۰	۴۱۲	۱۴۰	پوشش گیاهی ۱-ب
۰/۲۱	۷۹.۳۸٪	۱۱۵۷۰	۹۱۸۴	۰	۱۳۳۳	۱۰۵۳	اراضی بایر
			۱۰۴۵۵	۱۶۲۹۴	۱۱۳۴۰	۹۴۰۹	جمع
			۸۷.۸۴٪	۹۳.۵۳٪	۸۱.۵۳٪	۸۰.۳۳٪	دقت تولیدکننده
			۰/۱۳	۰/۰۷	۰/۱۹	۰/۲	خطای کاهش

صحت کل: ۸۷٪

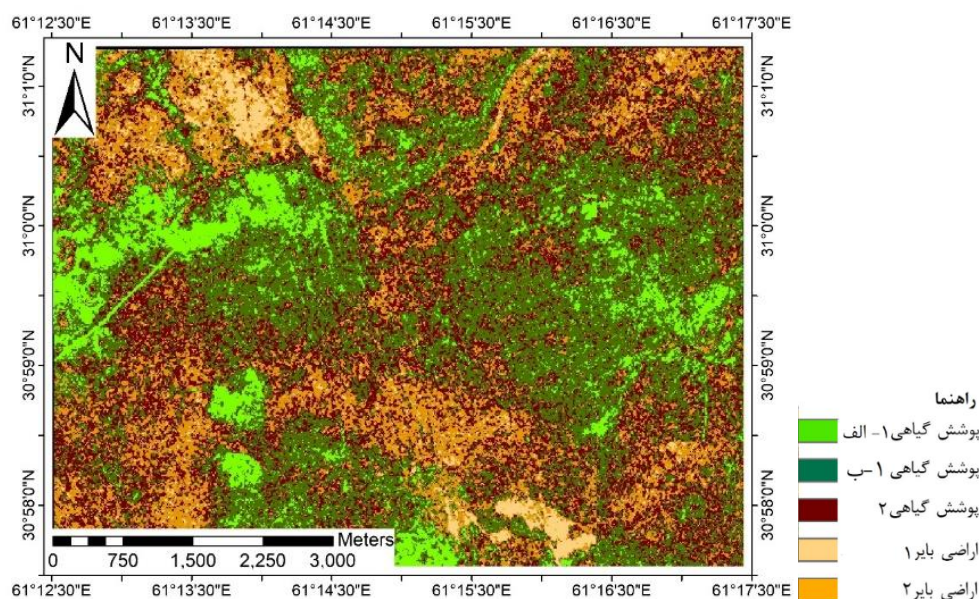
ادامه جدول ۳. ماتریس خطای نقشه‌های تولیدشده ب) تیر ۱۳۹۶

خطای افزایش	دقت کاربر	جمع	اراضی بایر ۲	اراضی بایر ۱	مرجع			خطای افزایش
					پوشش گیاهی ۱-ب	پوشش گیاهی ۱-الف	پوشش گیاهی ۲	
۰/۲۲	۷۸.۰۳٪	۱۲۲۴۹	۹۲۱	۲۰۰	۵۲۰	۱۰۵۰	۹۵۵۸	پوشش گیاهی ۲
۰/۱۸	۸۲.۲۰٪	۱۲۲۲۰	۴۷۳	۱۰۰	۷۶۰	۱۰۰۴۵	۸۴۲	پوشش گیاهی ۱-الف
۰/۱	۹۰.۷۲٪	۱۴۵۹۴	۲۶۰	۰	۱۳۲۴۰	۹۵۴	۱۴۰	پوشش گیاهی ۱-ب
۰/۳	۷۰.۹۸٪	۱۱۳۰۰	۱۳۴۰	۸۰۲۱	۳۶۰	۶۸۴	۸۹۵	اراضی بایر ۱
۰/۲۳	۷۷.۷۲٪	۱۳۱۰۳	۱۰۱۸۴	۸۰۰	۰	۱۱۳۳	۹۸۶	اراضی بایر ۲
			۱۳۱۷۸	۹۱۲۱	۱۴۸۸۰	۱۳۸۶۶	۱۲۴۲۱	جمع
			۷۷.۲۸٪	۸۷/۹۳	۸۸.۹۸٪	۷۲.۴۴٪	۷۶.۹۵٪	دقت تولیدکننده
			۰/۲۳	۰/۱۳	۰/۱۲	۰/۲۸	۰/۲۴	خطای کاهش

صحت کل: ۸۰٪



شکل ۷. نقشه پوشش اراضی منطقه مطالعه با استفاده از تصاویر پالسار خرداد ۱۳۹۹



شکل ۸. نقشه پوشش اراضی منطقه مطالعه با استفاده از تصاویر پالسار تیر ماه ۱۳۹۶

همان‌گونه که این مطالعه نشان داد این داده‌ها در زمینه تهیه اطلاعات لازم از سطح زمین مناسب هستند. قدرت نفوذ داده‌های رادار و همچنین ویژگی‌هایی مانند بازتاب دوگانه و پراکنش آینه‌ای، موجب شده است که بتوان از این داده‌ها در مطالعات پوشش سطح زمین استفاده کرد. از سوی دیگر، این داده‌ها به دلیل عدم وابستگی به شرایط جوی در مطالعات سری زمانی کاربرد دارند. چراکه در زمان استفاده از تصاویر چندطیفی، ابر و ریزگردها موجب محدودیت در انتخاب تصاویر می‌شود. از آنجاکه یکی از محدودیت‌های بررسی در مناطق خشک توفان گردوغبار است، داده‌های رادار در این مناطق می‌تواند ابزار مناسبی در پژوهش‌های آینده باشد.

■ سپاسگزاری

از تأمین‌کننده مالی این پژوهش، دانشگاه زابل با شماره پژوهانه UOZ-GR-1348 تقدیر و تشکر می‌شود.

■ References

1. Ayehu, G., Tadesse, T., Gessesse, B., Yigrem, Y., & Melesse, A. (2020). Combined use of sentinel-1 sar and landsat sensors products for residual soil moisture retrieval over agricultural fields in the upper Blue Nile basin, Ethiopia. *Sensors*, 20(11), 3282.

نتایج حاصل از پژوهش حاضر نشان‌دهنده توانایی باند L برای تفکیک پوشش‌های مختلف زمین است. براساس نتایج به‌دست‌آمده باند L می‌تواند در مطالعات گیاهان با ارتفاع کمتر از گیاهان بلندتر مثل نیزارها مورد استفاده قرار بگیرد. علاوه‌براین به دلیل قدرت نفوذ باند L، می‌توان آب در لایه زیرین گیاهان را تشخیص داد. این مسئله می‌تواند در تمایز پوشش گیاهی که بخش اعظم آن خارج از آب است از پوشش گیاهی که بخش بیشترش زیر آب قرار دارد، استفاده شود. چراکه گیاهان پایه در آب، که بیشتر بخش‌های گیاه از آب خارج هستند، بازتاب بیشتری دارند. این در حالی است که باند X به دلیل قدرت نفوذ کمتر توانایی تمایز این دو طبقه را ندارد و فقط اطلاعات مربوط به لایه سطحی را در اختیار ما قرار می‌دهد (۴۳). علاوه-براین قدرت نفوذ کمتر باند X موجب می‌شود با استفاده از این باند امکان تشخیص آب در زیر لایه پوشش گیاهی وجود ندارد (۳۹). در سال‌های اخیر کاربرد داده‌های راداری در مطالعات منابع طبیعی گسترش پیدا کرده است.

2. Arnesen, A.S., Silva, T.S., Hess, L.L., Novo, E.M., Rudorff, C.M., Chapman, B.D. & McDonald, K.C. (2013). Monitoring flood extent in the lower Amazon River floodplain using ALOS/PALSAR ScanSAR images. *Remote Sensing of Environment*, 130, 51–61.
3. Baghdadi, N., Bernier, P., Gauthier, R., & Neeson, I. (2001). Evaluation of C-band sar data for wetlands mapping. *International Journal of Remote Sensing*, 22, 71–88.
4. Banks, S., White, L., Behnamian, A., Chen, Z., Montpetit, B., Brisco, B., & Duffe, J. (2019). Wetland classification with multi-angle/temporal SAR using random forests. *Remote Sensing*, 11(670), 1-28.
5. Baghdadi, N., Cresson, R., El Hajj, M., Ludwig, R., & La Jeunesse, I. (2012). Estimation of soil parameters over bare agriculture areas from c-band polarimetric SAR data using neural networks. *Hydrology and Earth System Sciences*, 16, 1608–1621.
6. Betbeder, J., Rapinel, S., Corgne, S., Pottier, E., & Hubert-Moy, L. (2015). TerraSAR-X Dual-pol time-series for mapping of wetland vegetation. *ISPRS Photogrammetry and Remote Sensing*, 107, 90–98.
7. Bourgeau-Chavez, L.L., Kasischke, E.S., Brunzel, S.M., Mudd, J.P., Smith, K.B., & Frick, L. (2001). Analysis of space-borne SAR data for wetland mapping in Virginia riparian ecosystems. *Remote Sensing*, 22, 3665–3668.
8. Bousbih, S., Zribi, M., Pelletier, C., Gorra, A., LiliChabaane, Z., Baghdadi, N., & Mougenot, B. (2019). Soil texture estimation using radar and optical data from Sentinel-1 and Sentinel-2. *Remote Sensing*, 11(13), 1-20.
9. Corcione, V., Nunziata, F., Mascolo, L., & Migliaccio, M. (2016). A Study of the use of COSMO-SkyMed SAR Ping Pong polarimetric mode for rice growth monitoring. *Remote Sensing*, 37(3), 633–647.
10. Dabboor, M., Howell, S., Shokr, M., & Yackel, J. (2014). The Jeffries–Matusita distance for the case of complex Wishart distribution as a separability criterion for fully polarimetric SAR data. *Remote Sensing*, 35(19), 6859-6873.
11. Dabrowska-Zielinska, K., Budzinska, M., Tomaszewska, M., Bartold, M., Gatkowska, M., Malek, I., & Napiorkowska, M. (2014). Monitoring wetlands ecosystems using ALOS PALSAR L-Band, HV supplemented by optical data: A case study of Biebrza wetlands in Northeast Poland. *Remote Sensing*, 6, 1605–1633.
12. El Hajj, M., Baghdadi, N., Belaud, G., Zribi, M., Cheviron, B., Courault, D., & Charron, F. (2014). Irrigated grassland monitoring using a time series of terraSAR-X and COSMO-skyMed X-Band SAR data. *Remote Sensing*, 6(10), 10002–10032.
13. Haghighi, K. M., Tajaddod, M., Ravanbakhsh, M., & Jamalzadeh, F. F. (2021). Vegetation classification based on wetland index using object-based classification of satellite images. *RS and GIS for Natural Resources*, 12(3), 1-17. (in Farsi)

14. Heydarian, P., Rangzan, K., Maleki, S., & Taghizadeh, A. (2014). Land use change detection using post classification comparison Landsat satellite images (Case study: land of Tehran). *RS and GIS for Natural Resources*, 4(4), 1-10. (in Farsi)
15. Huang, H., Roy, D.P., Boschetti, L., Zhang, H.K., Yan, L., Kumar, S.S., & Li, J. (2016). Separability analysis of Sentinel-2A Multi-Spectral Instrument (MSI) data for burned area discrimination. *Remote Sensing*, 8(10), 1-18.
16. Hidayat, H., Hoekman, D.H, Vissers, M., Hoitink, A., & Pfister, L. (2012). Flood occurrence mapping of the middle Mahakam low land area using satellite radar. *Hydrology and Earth System Sciences*, 16, 1805–1816.
17. Koch, M., Schmid, T., Reyes, M., & Gumuzzio, J. (2012). evaluating full polarimetric C- and L-Band data for mapping wetland conditions in a semi-arid environment in central Spain. *Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 5, 33–44.
18. Kiage, L.M., Walker, N.D., Balasubramanian, S., Babin, A., & Barras, J. (2005). Applications of radarsat-1 synthetic aperture radar imagery to assess hurricane-related flooding of coastal Louisiana. *Remote Sensing*, 26, 5359–5380.
19. Lang, M.W, Townsend, P.A., & Kasischke, E.S. (2008). Influence of incidence angle on detecting flooded forests using C-HH synthetic aperture radar data. *Remote Sensing of Environment*, 112(10), 3898–3907.
20. Maleki, S., Soffianian, A.R., Koupaei, S.S., Pourmanafi, S., & Saatchi, S. (2018). Wetland restoration prioritizing, a tool to reduce negative effects of drought; An application of multicriteria-spatial decision support system (MC-SDSS). *Ecological Engineering*, 112, 132-139.
21. Maleki, S., Soffianian, A.R., Koupaei, S.S., Saatchi, S., Pourmanafi, S., & Sheikholeslam, F. (2016). Habitat mapping as a tool for water birds' conservation planning in an arid zone wetland: the case study Hamoun wetland. *Ecological Engineering*, 95, 594-603.
22. Maleki, S., Baghdadi, N., & Rahdari, V. (2020). Which water bird groups need greater habitat conservation measures in a wetland ecosystem? *Ecological Engineering*, 143, 1-10.
23. Maleki, S., Baghdadi, N., Soffianian, A., El Hajj, M., & Rahdari, V. (2020). Analysis of multi-frequency and multi-polarization SAR data for wetland mapping in Hamoun-e-Hirmand wetland. *Remote Sensing*, 41(6), 2277-2302.
24. Martinisro, S., & Rieke, C. (2015). Backscatter analysis using multi-temporal and multi-frequency SAR data in the context of flood mapping at river Saale, Germany. *Remote Sensing*, 7, 32-52.
25. Marti-Cardona, B., Lopez-Martinez, C., Dolz-Ripolles, J., & Bladè-Castellet, E. (2010). A SAR polarimetric, multi-incidence angle and multitemporal characterization of Donana wetlands for flood extent monitoring. *Remote Sensing of Environment*, 114, 2802–2815.

26. Morandeira, NS., Grings, F., Facchinetti, C., & Kandus, P. (2016). Mapping plant functional types in floodplain wetlands: an analysis of C-band polarimetric SAR data from RADARSAT-2. *Remote Sensing*, 8(3), 1-17.
27. Mitsch, W.J., & Gosselink, J.G. (2007). *Wetlands*. Hoboken, John Wiley & Sons.
28. Magagi, R., Bernier, M., & Ung, C.H. (2002). Quantitative analysis of radarsat SARdata over a sparse forest canopy. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 40, 1301–1313.
29. Novo, E.M., Costa, M.P.F., Mantovani, J.E., & Lima, L.B.T. (2002). Relationship between Macrophyte Stand Variables and Radar Backscatter at L and C Band, Tucuruí reservoir, Brazil. *Remote Sensing*, 23, 1241–1260.
30. Pal, M. (2005). Random forest classifier for remote sensing classification. *Remote Sensing*, 26, 217-222.
31. Pham, T., Yoshino, K., & Kaida, N. (2017). *Monitoring mangrove forest changes in cat ba biosphere reserve using ALOS PALSAR imagery and a GIS-based support vector machine algorithm*. In International Conference on Geo-Spatial Technologies and Earth Resources, Springer, Cham.
32. Pelletier, C., Valero, S., Inglada, J., Champion, N., & Dedieu, G. (2016). Assessing the robustness of Random Forests to map land cover with high resolution satellite image time series over large areas. *Remote Sensing of Environment*, 187, 156-168.
33. Ramsar. (2016). The list of wetlands of international importance. Ramsar.
34. Reschke, J., Bartsch, A., Schlaffer, S., & Schepaschenko, D. (2012). Capability of C-Band SAR for operational wetland monitoring at high latitudes. *Remote Sensing*, 4, 2923–2943.
35. Santoro, M., Pantze, A., Fransson, J.E., Dahlgren, J., & Persson, A. (2012). Nation-wide clear-cut mapping in Sweden using ALOS PALSAR strip images. *Remote Sensing*, 4, 1693–1715.
36. Sand, M., & Rieke, S. (2015). Backscatter analysis using multi-temporal and multi-frequency SAR data in the context of flood mapping at river Saale. Germany. *Remote Sensing*, 7, 7732–7752.
37. Shamohammadi, Z., & Maleki, S. (2011). *The Life of Human*. Jahad Daneshgahi, Iran (in Farsi).
38. Shen, G., Liao, J., Guo, H., & Liu, J. (2015). Poyang Lake wetland vegetation biomass inversion using polarimetric RADARSAT-2 synthetic aperture radar data. *Applied Remote Sensing*, 9, 451-455.
39. Taft, O.W., Haig, S.M., & Kiilsgaard, C. (2003). Use of radar remote sensing (RADARSAT) to map winter wetland habitat for shorebirds in an agricultural landscape. *Environment Management*, 33, 750-763.
40. Touzi, R., Deschamp, B., & Rother, G. (2007). Wetland characterization using polarimetric RADARSAT-2 capability. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 33(1), 56-67.
41. Wilusz, D.C., Zaitchik, B.F., Anderson, M.C., Hain, C.R., Yilmaz, M.T., & Mladenova, I.E. (2017). Monthly flooded area classification using low resolution SAR imagery in the Sudd wetland from 2007 to 2011. *Remote Sensing of Environment*, 194, 205–218.

42. Widis, D.C., BenDor, T.K., & Deegan, M. (2015). Prioritizing wetland restoration sites: a review and application to a large- scale coastal restoration program. *Ecological Restoration*, 33, 358–377.
43. Zhang, M., Li, Z., Tian, B., Zhou, J., & Tang, P. (2016). The Backscattering characteristics of wetland vegetation and water-level changes detection using multi-mode SAR. *Applied Earth Observation and Geoinformation*, 45, 1–13.

Spatial Distribution of Sediment Around *Salvadora Persica* L. and *Alhaji Camelorum* L. and Modeling Their Future Changes

M. Rezaei^{1*}, F. Zerehi²

1. Assistant Professor, Natural Resources Engineering Department, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Hormozgan, Iran.
 2. M.Sc. of Natural Resources Engineering, Desert Management and Control, University of Hormozgan, Hormozgan, Iran.
- * Corresponding Author: m.rezai@hormozgan.ac.ir

Received date: 29/12/2021

Accepted date: 12/03/2022

 [10.22034/JDMAL.2022.545782.1362](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2022.545782.1362)

Abstract

One of the ecological crises is the degradation of Nebka's ecosystems that threatens environmental stability and causes many regional and trans-regional impacts, such as increasing the risk of wind erosion. The aim of this study was to investigate the trend of spatial and temporal changes in future land cover with Nebka and accumulated erosive sediments around the phanerophyte species *Salvadora persica* L. and *Alhaji camelorum* L. in the Persian Gulf and Oman sea. Thus, Markov chain and satellite images were used to simulate the existing land uses, and trend of temporal and spatial changes. Land cover maps were prepared for the years 2001, 2011, and 2021, using Landsat satellite data and applying maximum likelihood supervised classification method. After model evaluation procedures, the land cover maps for 2030 and 2040 were predicted using both Markov chain and automatic cell model. Results of land cover changes in 2001, 2011 and 2021 showed that the areas of Nebka have decreased by 1047.9 ha. Predictive maps for 2031 and 2041 with an overall accuracy of 91.4% and kappa coefficient of 0.88%, have high accuracy. The sediment levels of nebka will decrease from 8.67% in 2021 to 4.26% in 2031 and 2.09% in 2041, respectively. The decrease in the area of nebka in the past and predicting the downward trend of changes in nebka land in the future showed that the natural barriers to the movement of suspended sediment were destroyed and reduced.

Keywords: Wind erosion; forecasting; Changes; land cover; Hormozgan





توزیع مکانی و پایداری رسوبات انباشته شده اطراف *Salvadora persica* L.

و *Alhaji camelorum* L. و مدل سازی پیش بینی تغییر آن

مرضیه رضایی^{۱*}، فاطمه زرهی^۲

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

۲. کارشناس ارشد مدیریت و کنترل بیابان، دانشگاه هرمزگان، هرمزگان، ایران.

* نویسنده مسئول: m.rezai@hormozgan.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۲۱

doi [10.22034/JDMAL.2022.545782.1362](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2022.545782.1362)

چکیده

یکی از بحران های بوم شناختی (اکولوژیک)، تخریب زیست بوم های دارای نیکا است که پایداری محیط را به خطر انداخته و عوارض منطقه ای و فرامنطقه ای فراوانی مانند افزایش خطر فرسایش بادی را ایجاد می کند. هدف از انجام پژوهش حاضر بررسی روند تغییرات مکانی و زمانی پوشش اراضی دارای نیکا در آینده و رسوبات بادی انباشته شده در اطراف گونه های فانروفیت *Salvadora persica* L. و *Alhaji camelorum* L. در ناحیه خلیج فارس و عمانی است. به این منظور با بهره گیری از زنجیره مارکوف و با استفاده از تصاویر سنجنش از دوری کاربری های موجود، شبیه سازی و روند تغییرات زمانی و مکانی آن بررسی شد. نقشه های پوشش اراضی با استفاده از داده های ماهواره ای لندست و با بهره گیری از روش طبقه بندی نظارت شده حداکثر احتمال برای سال های ۱۳۸۰، ۱۳۹۰، ۱۴۰۰ تهیه شد. سپس با استفاده از مدل توامان زنجیره مارکوف و سلول خودکار نقشه پوشش اراضی برای سال های ۱۴۱۰ و ۱۴۲۰ پیش بینی شد. نتایج تغییر پوشش اراضی در سال های ۱۳۸۰، ۱۳۹۰ و ۱۴۰۰ نشان داد که پهنه های رسوبی در نیکازارها ۱۰۴۷/۹ هکتار کاهش داشته است. نقشه های پیش بینی برای سال های ۱۴۱۰ و ۱۴۲۰ با صحت کلی ۹۱/۴٪ و ضریب کاپای ۰/۸۸٪ دارای دقت زیادی هستند. سطح رسوبات نیکازارها به ترتیب از ۸/۶۷٪ در سال ۱۴۰۰ به ۴/۲۶٪ در سال ۱۴۱۰ و ۲/۰۹٪ در سال ۱۴۲۰ کاهش خواهند داشت. کاهش سطح نیکازارها در گذشته و پیش بینی روند نزولی انباشت رسوب در آینده نشان داد موانع طبیعی که از جابجاشدن رسوبات جلوگیری می کرده اند، تخریب شده و کاهش یافته است.

واژگان کلیدی: پوشش اراضی؛ زنجیره مارکوف؛ سلول خودکار؛ فرسایش بادی؛ هرمزگان

■ مقدمه

تخریب زیست‌بوم‌های دارای نمکا یکی از بحران‌های بوم‌شناختی است که پایداری محیط را به خطر انداخته و عوارض منطقه‌ای و فرامنطقه‌ای فراوانی مانند افزایش مخاطرات فرسایش بادی را ایجاد می‌کند (۴). پویایی ماسه‌های بادی به عنوان مخاطره محیط‌زیستی در نواحی خشک و نیمه‌خشک، موجب می‌شود سالانه هزاران تن ماسه روان، اراضی کشاورزی، مراکز سکونتگاهی و راه‌های دسترسی را در کام خود فرو برده و موجب نابودی آن‌ها، مهاجرت روستاییان و زیان‌های اقتصادی بی‌شمار شده و از طرفی پایداری محیط را به خطر اندازد (۱۴). فعالیت‌های گردوغبار ارتباط مثبت معنی‌داری با سرعت‌های بادهای سطحی در تابستان و ارتباط معکوس با بارش در زمستان دارد (۸). این مسائل باعث عدم اجرای طرح‌های عمرانی و کشاورزی شده و باعث ایجاد فقر مضاعف اقتصادی در بین ساکنان منطقه و مهاجرت آن‌ها به مناطق دیگر می‌شود (۱۹). با وجود این شناخت و بررسی دقیق آماری نمکا مناطق مطالعاتی و تحلیل علمی و پیش‌بینی آن‌ها به عنوان عامل بازدارنده ماسه‌های متحرک می‌تواند در مدیریت محیط منطقه و استفاده بهینه از منابع طبیعی آن بسیار مفید و ارزنده باشد (۱۸). گیاهان در مناطق خشک و نیمه خشک با کاهش سرعت باد و تثبیت ماسه‌های روان، موجب شکل‌گیری بوم نظام نمکا می‌شوند که نقش مهمی را در بیابان‌زدایی و حفاظت از محیط‌زیست ایفا می‌کند (۵). وضعیت بحرانی بوم‌شناختی در مناطق خشک و نیمه‌خشک بیابانی از یک سو و بهره‌برداری بی‌رویه انسان از سویی دیگر، موجب گسترش بیابان‌ها شده و مشکلی بزرگ در سطح ملی ایجاد کرده است. یکی از راه‌حل‌های جلوگیری از گسترش بیابان‌ها، تثبیت ماسه‌های روان به وسیله نمک‌آزارها است (۲۲).

این عوارض در تثبیت ماسه‌های بادی رونده در مناطق بیابانی و نیمه‌بیابانی اهمیت بسیار زیادی دارد و سکونتگاه‌ها و تأسیسات انسانی، مانند جاده‌ها و خطوط انتقال برق و تلفن را تا حدودی از هجوم ماسه‌های بادی ایمن می‌کنند (۳). افزون بر این، نمکا از جمله عوارض بسیار زیبا در مناطق بیابانی است و توجه بسیاری از پژوهشگران و گردشگران را

به خود جلب می‌کنند. پوشش گیاهی از عوامل اصلی تشکیل‌دهنده نمکا است و بازیابی حمل ماسه در بادپناه پوشش گیاهی نمکا سریعتر از شرایط بدون پوشش گیاهی است و در این امر سرعت باد مؤثر است (۱۰). نوع گونه‌های گیاهی نیز در مورفومتری نمکا مؤثر است و سیر تکاملی شکل‌گیری آن و توسعه و تغییر محیط‌های بیابانی تحت‌تأثیر این عامل است (۳۱). ارزیابی مقایسه‌ای نمک‌های کویر نمک سیرجان با استفاده از واکاوی متغیرهای مورفومتری نمکابه خوبی نشان‌دهنده این مطالب بود (۱۷). در صورتی که رسوبات در پای گیاهان فانروفیت و درختی و درختچه‌ای رسوب کنند ربدو و در صورتی که پای گونه‌های همی‌کریپتوفیت و علفی رسوب کنند، نمکا تشکیل می‌شود. اما در پژوهش‌های بسیاری در ایران، این دو واژه به یک معنا در نظر گرفته شده و بیشتر از واژه نمکا استفاده شده است. در مقایسه منطقه‌ای در نوع گونه‌های گیاهی در سیرجان نمکای گز *Tamarix aphylla*. Karst و *Seidlitzia rosmarinus*. (Ehreb) Bge به ترتیب بیشترین و کمترین تأثیر را در تثبیت ماسه‌های روان داشته‌اند. توجه به نوع گونه سازگار به فرسایش بادی و تأثیرگذار در تثبیت ماسه در برنامه‌ریزی‌های مدیریت و کنترل تلماسه‌ها به منظور انتخاب بهترین سامانه نمکایی باید مورد توجه قرار گیرد (۲). از سوی دیگر بررسی روند زوال نمک‌آزارها یا توسعه سطح آن‌ها در طی زمان باید بررسی شود، چه بسا که نابودی و تخریب این اراضی در صورت ثابت‌بودن قدرت فرساینده بادی، می‌تواند هشدار جدی برای منطقه باشد. به‌طوری‌که حجمی از تلماسه که قبلاً در آن سطح ویژه نشست داده می‌شد، به مکان دیگر منتقل شده و از دسترس خارج و به مناطق مسکونی یا صنعتی هجوم می‌برند. رسوبات معلق می‌تواند خسارت‌های زیادی به دستگاه‌های صنعتی وارد آورند یا سلامت ساکنین منطقه را تهدید کند. برای تحلیل عملکرد سامانه زمین در ارزیابی روند نمک‌آزارها در این راستا، می‌توان از الگوها در مقیاس محلی، منطقه‌ای و جهانی، داده‌های مکانی و سنجش از دوری در بازه‌های زمانی مختلف که بسیار دقیق عمل می‌کنند، استفاده نمود (۲۹). امروزه به منظور بررسی روند تغییرات پوشش اراضی و پیش‌بینی آن‌ها از مدل‌ها و روش‌های مختلف سنجش از

مقابل سرعت و شدت زیاد باد، سازگاری زیادی دارند به طوری که ریشه و ساقه های آن حجم زیادی از رسوبات بادی را نشست داده و پس از مقابله با فرسایش بادی، تبدیل به تلماسه ای از ماسه های روان می شوند.

بدین ترتیب ماسه در پای گیاه تثبیت شده و نبکاها به مرور زمان بزرگ تر می شوند. در بسیاری مواقع که باد شدت می گیرد منازل که قبل از آن ها نبکا وجود ندارد رسوبات تا ارتفاع ۲۰ تا ۳۰ Cm پشت درب منازل یا پنجره ها رسوب کرده و گاهی در برخی موارد زندگی مردم را مختل می نماید. این نبکاها را که عامل های پایداری این جغرافیای طبیعی هستند متاسفانه دستخوش تخریب شده و اگر حفاظت و احیایی از این گونه ها انجام نپذیرد، با تخریب پوشش زمین، آثار مخرب فرسایش بادی نیز افزایش خواهد یافت. بدین ترتیب که با کاهش پوشش گیاهی به تبع آن حجم تلماسه تثبیت شده نیز کاهش یافته و رسوبات ریزدانه به صورت گرد و غبار انتقال خواهند یافت و با توجه به اینکه مناطق مسکونی در نزدیک این نبکاها وجود دارد سلامت شهروندان نیز دستخوش تغییر خواهد شد. چه بسا که آمار بیماری های تنفسی در سالهای اخیر در این منطقه بیانگر وجود این مخاطره است. بنابراین پیش بینی تغییرات زمانی و مکانی این نبکاها امری بسیار مهم و ضروری است تا از روند تخریب بیشتر آن جلوگیری گردد. پژوهش حاضر در نبکاها را در بخش شرقی استان هرمزگان انتخاب شد که در سال های اخیر تغییرات فراوانی داشته است. اگر چه گونه اصلی تشکیل دهنده نبکا در سیریک درخت مسواک *S. persica* L. با ۳۷/۸٪ پوشش گیاهی است اما به دلیل اینکه خارشر *Alhaji camelorum* L. با ۸/۷٪ پوشش گیاهی که گونه های همی کریپتوفیت است نیز تشکیل نبکا داده است در منطقه سیریک تغییرات ربدو و نبکا در بازه زمانی گذشته و آینده مورد پژوهش قرار گرفت. بنابراین مهمترین هدف پژوهش حاضر تعیین روند تغییر پوشش اراضی و رسوبات انباشته شده بین سال ۱۳۸۰، ۱۳۹۰ و ۱۴۰۰ و پیش بینی آنتا سال های ۱۴۱۰ و ۱۴۲۰ با بهره گیری از مدل توامان زنجیره مارکوف و سلول خودکار است.

دوری و سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده می گردد (۱۵). در شبیه سازی پوشش های موجود در حوضه دریاچه ارومیه با استفاده داده های سنجش از دوری و به روش ترکیبی سلول خودکار و زنجیره مارکوف، نقشه پوشش برای سال ۱۴۰۷ و ۱۴۱۷ پیش بینی و بررسی روند تغییرات بین سال های ۱۳۷۷ تا ۱۳۹۷ نشان داد که زمین های کشاورزی و اراضی شهری انسان ساخت به ترتیب افزایش ۳/۳۱٪ و ۲/۷۴٪ داشته؛ اما پهنه های آبی ۶/۸۷٪ و سایر پوشش ها ۷۱٪/۰ کاهش نشان داده است (۹). یکی از مدل های استفاده شده که در پیش بینی تغییرات پوشش زمین بسیار کارآمد است، مدل خودکار زنجیره مارکوف^۱ است که از تلفیق دو مدل زنجیره مارکوف و سلول های خودکار بهره می گیرد. بدین ترتیب که مدل زنجیره مارکوف به تنهایی قادر به شرح کمیت حالت های تبدیل بین انواع کاربری نیست، اما توانایی آشکارسازی میزان تبدیل بین انواع کاربری های گوناگون را دارد. از طرفی مدل سلولهای خودکار یک تکنیک مدل سازی است که در فضای رستری تعریف می شود. وضعیت سلول معمولاً پوشش و کاربری اراضی آن سلول را ارایه می دهد و تغییر در نوع کاربری یک سلول به کاربری دیگر، وابسته به وضعیت کاربری سلول های همسایه است (۲۷). در پژوهش های بسیاری از مدل های زنجیره مارکوف به منظور پیش بینی تغییرات زمانی و مکانی اراضی استفاده می شود. مدل تلفیقی سلول های خودکار و زنجیره مارکوف با افزودن مشخصه مجاورت مکانی به مدل تصادفی زنجیره مارکوف، پوشش اراضی را برای سال های آینده شبیه سازی می کند (۲۵).

شهرستان سیریک در استان هرمزگان به دلیل همجواری با خلیج فارس و قرارگرفتن در مسیر بادهای ساحلی که از کشورهای همجوار دبی و عمان به این شهرستان می وزد، دارای بحران فرسایش بادی است (۲۶). باد، در سرعت های بیش از حد آستانه، ماسه های ساحلی را با خود حمل می کند که بیشتر این مواد ریز در هوا مشکل های بسیاری را برای مردم ساکن در این شهرستان ایجاد می کند (۱۰). اما گونه های فانروفیت مسواک یا *Salvadora persica* L. و *Alhaji camelorum* L. در

■ مواد و روش

معرفی منطقه مورد پژوهش

نبکازارهای سیریک در اراضی جنوبی شهرستان سیریک و در نزدیکی مناطق ماندابی خور آذینی واقع شده‌اند. این منطقه در استان هرمزگان و در ۷۵ km جنوب شرقی میناب در ساحل دریای عمان، در مسیر راه آسفالته میناب - سیریک در عرض جغرافیایی ۲۹۳۸۰۰۰ تا ۲۹۶۶۰۰۰ و طول جغرافیایی ۱۰۹۰۰۰۰ تا ۱۱۲۶۰۰۰ در واحد UTM و زون ۴۰ قرار گرفته است. همچنین از شمال به شهرستان میناب، از جنوب به شهرستان جاسک، از شرق به شهرستان بشارگرد، از غرب به خلیج فارس محدود می‌شود (۱۰). مقدار بارش سالانه ۱۳۱/۵ mm، میانگین دمای کمینه سردترین و گرمترین ماه سال به ترتیب $12/22^{\circ}\text{C}$ و $40/95^{\circ}\text{C}$ ، دمای میانگین سالانه $36/8^{\circ}\text{C}$ است. بنا به طبقه بندی آمبرژه نوع اقلیم بیابانی گرم شدید است. منطقه سیریک پس از جاسک دارای بیشترین فرسایش بادی در استان هرمزگان است و در برخی مناطق رسوبگذاری، نبکا تشکیل شده‌است. از نظر بارش تنها دو

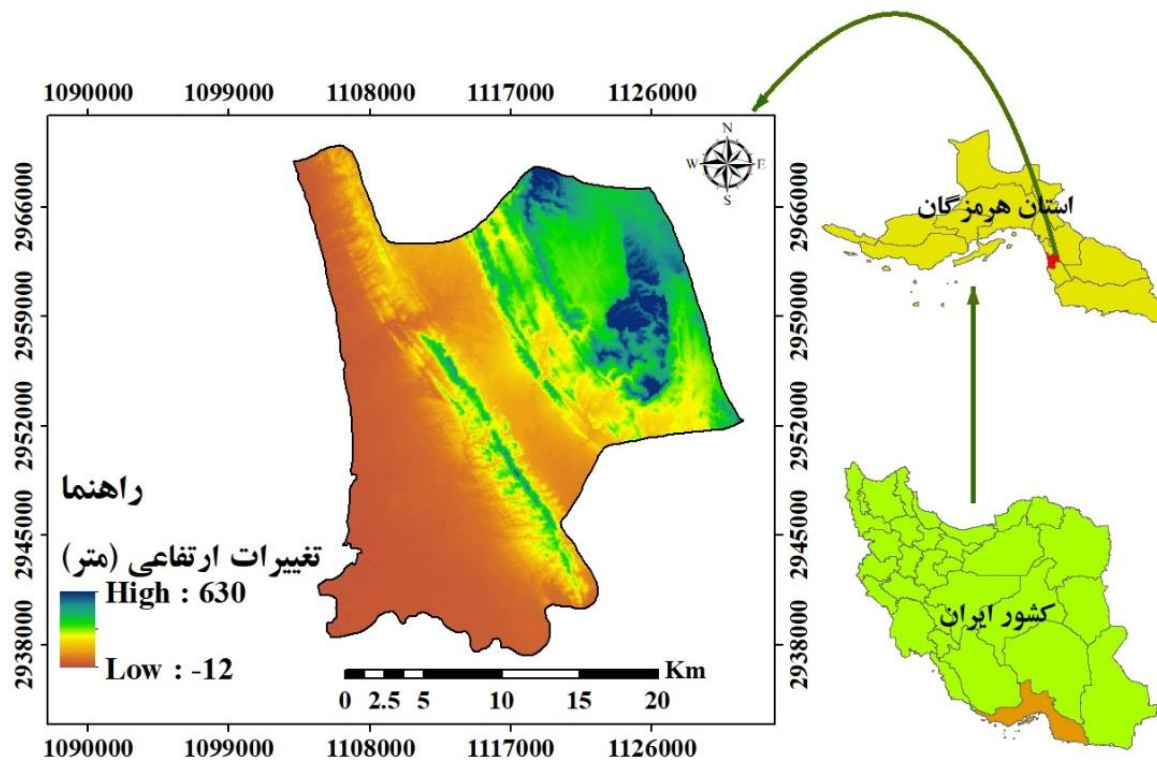
ماه از سال در دی و بهمن خشک نیست و دیگر ماه‌ها خشک و دارای کمبود بارش است (۲۱) (شکل ۱).

داده‌های سنجش از دوری

برای بررسی روند تغییر نبکا شهرستان سیریک پس از تهیه تصاویر TM و OLI از تصاویر ماهواره لندست ۵ و ۸ که جزییات آن‌ها در جدول ۱ آماده است، تصاویر در قالب مرز منطقه برش داده شد (۲۸).

نقشه پوشش اراضی

پس از تهیه تصاویر ماهواره‌ای تصحیحات اتمسفری و رادیومتری با استفاده از ماژول فلش^۱ در نرم‌افزار ENVI5.3 انجام پذیرفت. پارامترهای مورد نیاز برای تصحیحات اتمسفری از فایل متنی همراه با تصاویر تهیه شده استخراج و همچنین از اطلاعات ارتفاعی مورد نیاز از مدل رقومی ارتفاع تهیه شده، به‌دست آمد. تمامی تصاویر از نظر تصحیحات هندسی در سیستم مختصات UTM WGS84^۲ و زون ۴۰ شمالی در قالب مرز منطقه برش داده‌شد.



2 Universal Transverse Mercator (UTM) World Geodetic System (WGS) 1984

¹ FLAASH

جدول ۱. تصاویر استفاده شده

سنجنده	ردیف	گذر	تاریخ	مبنا
TM	۴۱	۱۵۹	۱۳۸۰/۰۳/۰۶	WGS84
TM	۴۱	۱۵۹	۱۳۹۰/۰۴/۰۱	WGS84
OLI	۴۱	۱۵۹	۱۴۰۰/۰۳/۰۸	WGS84

مقدار این ضریب بین صفر تا یک می‌باشد که هرچه به ۱ نزدیک باشد دقت نقشه پوشش اراضی تولیدشده بالاتر است (۲۵). در تهیه نقشه پوشش اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای از دو معیار صحت کلی و ضریب کاپا به همراه داده‌های کنترل زمینی بهره گرفته شد.

پیش‌بینی با استفاده از روش CA-Markov

اخیرا استفاده از روش ترکیبی سلول خودکار و زنجیره مارکوف برای پیش‌بینی تغییرات پوشش اراضی در آینده مورد استفاده، بسیاری از محققین قرار گرفته است (۳۱). مدل ترکیبی CA-Markov3 یک روش قدرتمند، برای مدلسازی دینامیکی و مکانی - زمانی بوده که ترکیبی از سلول خودکار و زنجیره مارکوف است. این روش برای پیش‌بینی تغییرات بین دو تصویر از ماتریس احتمال انتقال استفاده می‌کند (۱۹). مدل ترکیبی CA-Markov براساس داده‌های شبکه (پیکسل) مبنا در قسمت مدل‌ساز تغییرات زمین (LCM^۴) متعلق به نرم افزار TerrSet انجام شد. ورودی‌های این ماژول با فرمت TIF از نرم افزار GIS می‌باشند که ماتریس احتمال انتقال حاصل از مدل زنجیره مارکوف به عنوان ورودی CA می‌باشد (۳۲). بنابراین روش ترکیبی CA-Markov برای پیش‌بینی کاربری اراضی استفاده شد (۳۰). ادغام اطلاعات محیطی حاصل از GIS و نقشه‌های تهیه شده از تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک‌های RS، همراه با مدل CA-Markov، برای پیش‌بینی مکانی و زمانی پوشش‌های مختلف استفاده شد.

■ نتایج

در تهیه نقشه پوشش اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای از دو معیار صحت کلی و ضریب کاپا به همراه

تهیه نقشه پوشش اراضی پس انجام تصحیحات لازم با استفاده از طبقه‌بندی نظارت شده حداکثر شباهت^۱ تصاویر طبقه‌بندی شدند. در طبقه‌بندی تصاویر برای سال‌های ۱۳۸۰، ۱۳۹۰ و ۱۴۰۰ در ۲ طبقه ربدو و نیکا و سایر کاربری‌ها طبقه‌بندی شدند. برای طبقه‌بندی درست تصاویر و انتخاب صحیح نقاط آموزش به برداشت نقاط آموزشی از طریق سامانه گوگل ارث، ترکیب رنگی کاذب^۲ استفاده شد (۲).

ارزیابی دقیق نقشه پوشش زمین

برای ارزیابی دقت نقشه‌های پوشش اراضی تولیدشده در سال‌های ۱۳۸۰، ۱۳۹۰ و ۱۴۰۰ از ماتریس خطا استفاده شد. برای بررسی صحت نقشه‌های پوشش اراضی از ترکیب رنگی کاذب تصاویر استفاده و برای ارزیابی دقت کلی از رابطه ۱ استفاده شد (۱۷).

$$OA = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_{ii} \quad (1)$$

در این رابطه OA صحت کلی، N تعداد پیکسل‌ها، $\sum P_{ii}$ جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطا می‌باشد. همچنین برای هر طبقه کاربری مقدار دقت تولیدکننده و دقت کاربر نیز محاسبه گردید. در ادامه برای بررسی دقیق‌تر نقشه پوشش تولیدشده از ضریب کاپا (رابطه ۲) استفاده شد (۹).

$$Kappa = \frac{P_0 - P_c}{1 - P_c} \quad (2)$$

در این رابطه P_0 درستی مشاهده شده، P_c توافق مورد انتظار می‌باشد.

3 Cellular Automata -Markov Chain
4 Land Change Modeler (LCM)

1 Maximum Likelihood Classification
2 False Color Composite (FCC)

داده‌های کنترل زمینی بهره گرفته شد که روش ماشین بردار پشتیبان با صحت کلی ۹۱/۴٪ و ضریب کاپا ۰/۸۸٪ از دیگر روش‌ها دقت بهتری دارند (۱۴).

بررسی دقت نقشه پوشش‌اراضی تولیدشده در جدول ۲ نشان می‌دهد که دقت نقشه‌های تولیدشده مطلوب بوده است. به طوری که نتایج نشان داد که دقت کلی نقشه پوشش زمین تولیدشده در سال‌های ۱۳۸۰، دقت کلی ۹۵/۵ و ضریب کاپا ۰/۹۰، در سال ۱۳۹۰، دقت کلی ۹۲/۲ و ضریب کاپا ۰/۸۶ و در سال ۱۴۰۰، دقت کلی ۹۵/۶ و ضریب کاپا ۰/۸۵ بود که این نتایج بیان‌کننده دقت بالای نقشه‌های تولیدشده می‌باشد.

تغییرات پوشش اراضی و انباشت رسوبات نیکازارها در سال‌های ۱۳۸۰، ۱۳۹۰ و ۱۴۰۰

نقشه پوشش اراضی برای سه دوره زمانی سال‌های ۱۳۸۰، ۱۳۹۰ و ۱۴۰۰ در شکل ۲ الف، ب و پ آورده شده

است. بر اساس نتایج حاصل‌شده، تغییرات شامل کاهش، افزایش و تغییرات خاص برای هر طبقه نسبت به طبقه دیگر است. با توجه به نتایج در دوره اول، تغییرات خالص کاهش مساحت نیکازارها در نواحی پوشیده از نیکا نشان داد که مساحت این پوشش اراضی در سال ۱۳۸۰، ۶۹۹۰/۷ha و مساحت ۱۲/۸۶٪ را احاطه کرده و در سال ۱۳۹۰، ۵۷۶۳/۳ha که مساحت ۱۰/۶٪ را شامل می‌شود. در نهایت در سال ۱۴۰۰ ۴۷۱۵/۳ha معادل ۸/۶۷٪ از کل منطقه را در بر گرفته است. بررسی تغییرات پوشش اراضی برحسب درصد مساحت در جدول (۳) نشان داد که مساحت نیکازارها حدود ۱۲۲۷/۴ha که معادل ۲/۲۶٪ از کل مساحت می‌باشد، کاهش یافته است. در بازه زمانی ۱۴۰۰-۱۳۸۰ نیز مساحت نیکازارها حدود ۱۰۴۷/۹ha و معادل ۹۳٪ کاهش داشته است (جدول ۴).

جدول ۲. ارزیابی دقت و صحت پوشش اراضی سال‌های ۱۳۸۰، ۱۳۹۰ و ۱۴۰۰

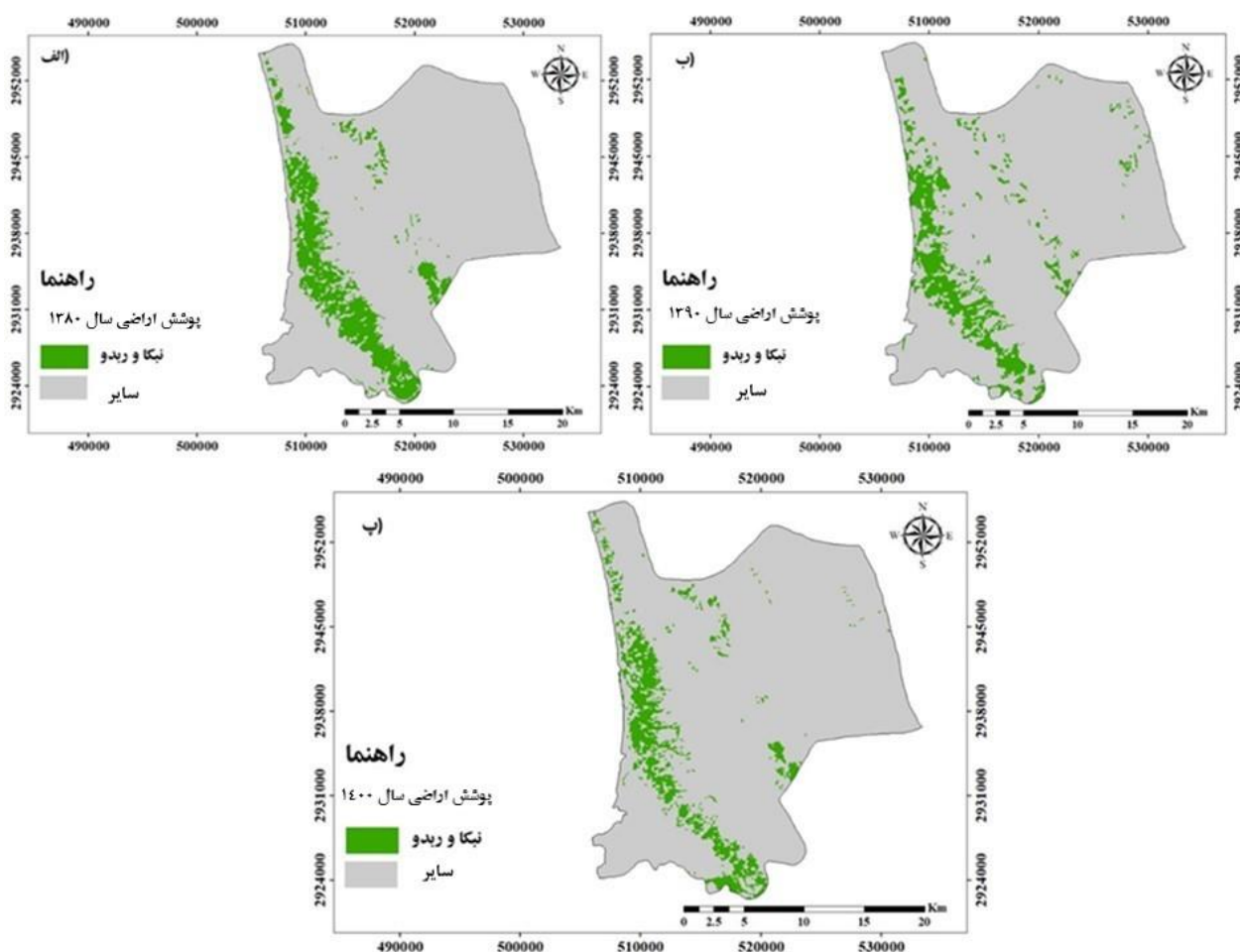
۱۳۸۰				
دقت تهیه‌کننده (%)	کل	پوشش‌های دیگر	ربدو و نیکا	پوشش اراضی
۰/۹۶۷۷	۱۲	۴	۱۲۰	ربدو و نیکا
۰/۹۲	۶۶	۶۱	۵	پوشش‌های دیگر
	۱۹۰	۶۵	۱۲۵	کل
		۰/۹۳	۰/۹۶	دقت کاربر (%)
			۹۵/۵	دقت کلی (%)
			۰/۹	ضریب کاپا
۱۳۹۰				
۰/۹۳	۱۰۵	۷	۹۸	ربدو و نیکا
۰/۹۲	۶۵	۶۰	۵	پوشش‌های دیگر
	۱۷۰	۶۷	۱۰۳	کل
		۰/۸۹	۰/۹۵	دقت کاربر (%)
			۹۲/۲	دقت کلی (%)
			۰/۸۶	ضریب کاپا
۱۴۰۰				
۰/۹۱۷۶	۸۵	۷	۷۸	ربدو و نیکا
۰/۹۴	۷۸	۷۳	۵	پوشش‌های دیگر
	۱۶۳	۸۰	۸۳	کل
		۰/۹۱	۰/۹۴	دقت کاربر (%)
			۹۵/۶	دقت کلی (%)
			۰/۸۵	ضریب کاپا

جدول ۳. مساحت پوشش اراضی سال‌های ۱۳۸۰، ۱۳۹۰ و ۱۴۰۰ (سایر پوشش‌ها: اراضی بایر)

مساحت (%)	مساحت (ha)	مساحت (%)	مساحت (ha)	مساحت (%)	مساحت (ha)
پوشش اراضی	۱۴۰۰	۱۳۹۰	۱۳۸۰	پوشش اراضی	۱۳۸۰
۸/۶۷	۴۷۱۵/۳	۱۰/۶	۵۷۶۳/۳	۱۲/۸۶	۶۹۹۰/۷
۹۱/۳۳	۴۹۶۵۴/۶	۸۹/۴	۴۸۶۰۶/۶	۸۷/۱۴	۴۷۳۷۹/۲
۱۰۰	۵۴۳۶۹/۹	۱۰۰	۵۴۳۶۹/۹	۱۰۰	۵۴۳۶۹/۹

جدول ۴. تغییرات پوشش اراضی بین سال‌های ۱۳۸۰، ۱۳۹۰ و ۱۴۰۰

تغییرات (%)	تغییرات مساحت	تغییرات (%)	تغییرات مساحت	تغییرات (%)	تغییرات مساحت
۱۴۰۰-۱۳۸۰	۱۴۰۰-۱۳۹۰	۱۴۰۰-۱۳۹۰	۱۴۰۰-۱۳۹۰	۱۳۹۰-۱۳۸۰	۱۳۹۰-۱۳۸۰
-۴/۱۸	-۲۲۷۵/۳	-۱/۹۳	-۱۰۴۷/۹	-۲/۲۶	-۱۲۲۷/۴
۴/۱۸	۲۲۷۵/۳	۱/۹۳	۱۰۴۷/۹	۲/۲۶	۱۲۲۷/۴



را به دلیل فرسایش بادی از بین ببرند ولی وجود پوشش گیاهی مناسب مانع از فرسایش آن‌ها می‌شود (۲۱). در واقع یکی از راه‌های مهم حفاظت از نیک‌ها، افزایش پوشش گیاهی آن‌ها است که باید مورد توجه تصمیم‌گیران امر قرارگیرد (۲۳). بنابراین در مدیریت پوشش گیاهی و ایجاد فرصت زادآوری و استقرار گونه‌های مناسب می‌توان برای تقویت بازخورد طبیعی بوم‌نظام منطقه عمل کرد و بیشترین تأکید را در فرآیند تخریب بادی گذاشت.

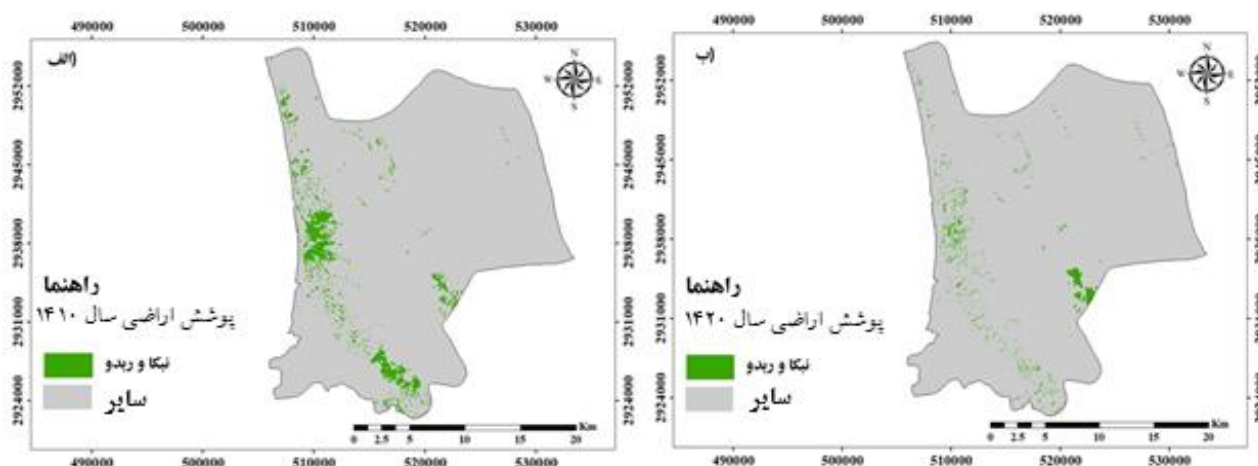
این نکته‌ای است که در پژوهش‌های قبلی با روش مرسوم، توانایی سنجش ابعاد مختلف محیط‌زیستی بوم‌نظام در آینده در سیریک را نداشته‌اند. با این اعتبار، یافته‌ها با فرض وجود یا عدم وجود تخریب نیک‌زارها در سیریک، این امکان را فراهم نمود تا ضمن ارایه نتایجی واقع‌بینانه‌تر از وضعیت بوم‌نظام، یافته‌هایی مبتنی بر واقعیت منطقی‌تر نیز ارائه دهد. چنین امکانی در صورت به کارگیری توانمند رویکرد آینده‌نگرانه زیست‌محیطی با بررسی‌های راهبردی و در چهارچوب ارزیابی روند تغییر از گذشته تا کنون عملی خواهد شد (۲۶).

تغییرات رسوبات نیک‌زار در بازه زمانی ۱۴۱۰ و ۱۴۲۰

بررسی تغییرات رسوبات نیک‌زار در سال ۱۴۱۰ و ۱۴۲۰ در شکل ۳ الف و ب و جدول ۵ نشان داد که سطح انباشت رسوب نیک‌زار روند کاهشی داشته به طوری که در سال ۱۴۱۰ حدود $2316/8 \text{ ha}$ که $4/26\%$ نسبت به کل مساحت نیک‌زارها کاهش یافته است. این در حالی است که این مساحت در سال ۱۴۲۰ به $1135/1 \text{ ha}$ خواهد رسید که حدود $2/09\%$ از شهرستان سیریک را شامل می‌شود. بررسی روند تغییرات رسوبات نیک‌زارها بین سال‌های ۱۴۱۰ و ۱۴۲۰ در جدول ۶ نشان داد که مساحت آن‌ها $1181/6 \text{ ha}$ کاهش یافته است. بر اساس نتایج این جدول روند تغییر گیرش رسوب نیک‌زار بین سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۴۱۰ کاهشی بوده که این کاهش حدود $4/41\%$ بوده است و این در حالی است که در بازه زمانی ۱۴۱۰ تا ۱۴۲۰ مساحت به $6/58\%$ کاهش خواهد یافت.

■ بحث و نتیجه‌گیری

نیک‌ها متأثر از عوامل زیادی مثل پوشش گیاهی، اقلیم و دیگر عوامل محیطی است (۲۹). بادهای شدید در دوره‌های خاص ممکن است بخشی از لایه‌های نیک‌زار و ربدو



شکل ۳. نقشه پوشش اراضی طبقه بندی شده برای سال ۱۴۱۰ (الف) و ۱۴۲۰ (ب)

جدول ۵. مساحت پوشش اراضی سال‌های ۱۴۱۰ و ۱۴۲۰

	مساحت (ha)	مساحت %	مساحت (ha)	مساحت %
پوشش اراضی	۱۴۱۰	۱۴۱۰	۱۴۲۰	۱۴۲۰
نیک‌زار	۲۳۱۶/۸	۴/۲۶	۱۱۳۵/۱	۲/۰۹
سایر پوشش‌ها	۵۲۰۵۳/۱	۹۵/۷	۵۳۲۳۴/۸	۹۷/۹۱
مساحت کل	۵۴۳۶۹/۹	۱۰۰	۵۴۳۶۹/۹	۱۰۰

جدول ۶. تغییرات پوشش اراضی بین سال‌های ۱۳۸۰، ۱۴۱۰ و ۱۴۲۰

تغییرات مساحت	تغییرات %	تغییرات مساحت	تغییرات %	تغییرات مساحت	تغییرات %
۱۴۲۰-۱۳۸۰	۱۴۲۰-۱۴۱۰	۱۴۱۰-۱۳۸۰	۱۴۱۰-۱۳۸۰	۱۴۲۰-۱۳۸۰	۱۴۲۰-۱۳۸۰
پوشش اراضی	۱۴۲۰-۱۴۱۰	۱۴۲۰-۱۴۱۰	۱۴۱۰-۱۳۸۰	۱۴۲۰-۱۳۸۰	۱۴۲۰-۱۳۸۰
نیکا	-۱۱۸۱/۶	-۲/۱۷	-۲۳۹۸/۵	-۴/۴۱	-۳۵۸۰/۲
سایر پوشش‌ها	۱۱۸۱/۶	۲/۱۷	۲۳۹۸/۵	۴/۴۱	۳۵۸۰/۲

زمینی آن‌ها با توجه به ضریب کاپا بالای ۸۵٪ همخوانی زیادی وجود دارد با توجه به زیادبودن ضریب کاپای بالاتر از ۸۰٪ در سیریک، یافته‌ها با یکدیگر هم سو است (۱۶). همچنین نتایج پیش بینی با استفاده از مدل Ca-Markov برای سال ۱۴۰۸ و ۱۴۱۸ نشان داد که نیکازارها نسبت همانند تغییر سال‌های ۱۳۷۸، ۱۳۸۸ و ۱۳۹۸ کاهشی بوده است (۱۱). بنابراین نتایج مدل ترکیبی Ca-Markov با توجه به کارایی و دقت زیادی آن در مناطق مختلف کارآمد بوده و برای پیش‌بینی آینده بسیار مفید است.

در پژوهش دیگری در زمینه کاهش مساحت بوم نظام‌های ماندابی با تعیین ضریب همبستگی بالای ۸۷٪ نتیجه گرفتند در صورت ادامه روند توسعه و تغییرات پوشش اراضی، مناطق زیادی در معرض تهدید و آسیب قرار خواهند گرفت و کنترل و مدیریت آن نیازمند صرف انرژی و هزینه‌های بسیار زیادی خواهد بود، یافته‌های استفاده زنجیره مارکوف و ضریب همبستگی با دارا بودن صحت قابل قبول روش مناسبی جهت پیش‌بینی شرایط آینده بوم نظام‌ها می‌باشد با یافته‌های پژوهش حاضر در تطابق کامل است (۲۱). در نیکازارهای سیریک ۶/۵۸٪ دیگر پوشش‌ها افزایش یافته و از پوشش نیکازار کاسته شده است در پژوهشی دیگر با توجه به اینکه ۱۸٪ از پوشش اراضی نیز به پوشش‌های غیر مرتعی تبدیل شده می‌توان دریافت که نتایج با یکدیگر هم جهت است (۱۲). در تحقیقی نیز مقایسه پوشش فعلی و پوشش پیشنهادی نشان داد که قسمت عمده‌ای بیش از ۱۹٪ از سطح مرتع کاهش یافته و این مناطق تحت استفاده‌های دیگر قرار گرفته‌اند این کاهش پوشش زمین با یافته‌های نیکازار سیریک ۶/۵۸٪ و تغییر پوشش طبیعی به سایر استفاده‌ها، هم گام است (۷). به غیر از شرایط اقلیمی خشکسالی، عمده دلیل کاهش مساحت نیکاه‌ها را می‌توان افزایش و توسعه شدید

پژوهش حاضر، با هدف پیش بینی شرایط نیکازارها در آینده به منظور جلوگیری از کاهش عملکرد نیکاه‌ها در کنترل فرسایش بادی و تثبیت ماسه‌های روان در منطقه سیریک استان هرمزگان انجام شد. نتایج نشان داد که از گذشته تا حال، مساحت نیکاه‌ها کاهش یافته است. این در حالی است که پیش‌بینی شرایط آینده نیز وضعیت مطلوبی را برای نیکاه‌ها نشان نمی‌دهد. مرور نتایج به دست‌آمده بیانگر این واقعیت است که ادامه چنین وضعیتی منجر به کاهش بیش از پیش مساحت این عارضه‌های مفید طبیعی خواهد شد. ادامه چنین روندی زنگ خطر نابودی تمام نیکاه‌های موجود را به صدا درخواهد آورد (۱۹). نتایج تحقیق حاضر در سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۰ نشان داد پهنه‌های نیکازارها ۲۲۷۵/۳ha کاهش داشته است (جدول ۴). یافته‌های پیش‌بینی نشان داد که نیکازارها برای سال‌های ۱۴۰۰، ۲/۰۹٪ و برای سال ۱۴۱۰، ۴/۲۶٪ تغییر خواهند داشت (جدول ۴) که نتایج تغییر پوشش زمین و کاهش نیکازار با نتایج پژوهش انجام شده در دریاچه ارومیه که تغییر پوشش اراضی رخ داده و با کاهش اراضی مرتعی مواجه شدند، هم جهت بود (۹).

در ارزیابی تغییرپذیری بوم‌نظام‌های ماندابی و پیش‌بینی تغییر آن‌ها با استفاده از مدل ترکیبی Ca-Markov ضریب کاپا بالای ۸۶٪ بین نقشه واقعیت زمینی و پیش‌بینی برآورد شد که بیانگر دقت بالای این مدل ترکیبی است (۳۱) با توجه به ضریب کاپای بالای ۸۸٪ در نیکازارهای سیریک می‌توان بیان نمود که نتایج با یافته‌های پژوهش انجام شده مشابهت داشته و هر دو از دقت ضریب کاپای بالایی برخوردارند. پایش تغییرات پوشش اراضی عمان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل Ca-Markov نشان داد که بین نقشه‌های پیش‌بینی شده سال ۱۳۷۸ و ۱۳۹۸ با نقشه‌های واقعیت

کاربری‌های انسانی دانست که حتی در مناطق بیابانی با شدتی غیرقابل مهار در حال افزایش و بلعیدن پوشش‌های طبیعی هستند. با افزایش دخالت انسان در طبیعت، به منظور تامین رفاه و غذای جمعیت در حال افزایش، به تدریج عرصه‌های طبیعی جای خود را به استفاده‌های انسانی داده است که نتیجه آن تخریب سرزمین و کاهش شدید منابع و زیستگاه‌های طبیعی می‌باشد (۱۲). ادامه روند فعلی می‌تواند در آینده‌ای نزدیک زمینه را برای نابودی همه زیستگاه‌های طبیعی فراهم سازد (۶). یافته‌ها در نیکازارهای خارتوران سبزوار نشان داد تغییرات سرعت باد ناچیز بوده و تپه‌های ماسه‌ای و به همراه آن نیکازارها طی سه دهه ثابت شده‌اند و علل تغییرات اقلیمی می‌تواند آن‌ها را دستخوش تغییر قرار دهد (۲۰) نتایج رژیم بادی در شرق ۳۳/۴٪ و در شمال شرقی ۱۴/۳٪ تکرار داشت. این در حالی است که نیکازارهای سیریک ثابت نبوده و تغییرات آن‌ها روند نزولی داشته بنابراین نتایج مغایر یکدیگر است. به عبارت دیگر می‌توان گفت نیکازارهای سبزوار ثابت و پایدارند و نیکازار سیریک به لحاظ فعالیت‌های فرسایش بادی، فعال و ناپایدار هستند.

با مروری بر پژوهش‌های قبلی و مقایسه یافته‌های آن‌ها با نتایج پژوهش حاضر، می‌توان دریافت که تپه‌های ماسه‌ای از پویاترین عارضه‌های ژئومورفیک سطح زمین به شمار می‌روند و تحلیل‌های صورت گرفته و خروجی حاصل از آن در این اثر، در سطح زیادی با واقعیت‌های بیان‌شده پیرامون سامانه بوم‌شناختی نیکازار در سیریک انطباق دارد. به‌طوری‌که در چهارچوب بررسی‌های بوم‌شناختی و آینده‌نگرانه و با بهره‌گیری از رویکرد ارزیابی روند تغییرات نیکازارها، می‌توان ضمن سنجش وضعیت کلی بوم‌نظام، الگوی پایداری یا ناپایداری آن را نیز از چگونگی توزیع فضایی نیکاکا و تغییرات سطح آن‌ها در تصاویر ماهواره‌ای دریافت (۳۲). همچنین مقدار کمی بالای ضریب کاپا (۰/۸۵) میزان دقت پژوهش را در سطح بالایی مورد تایید قرار داد. به این منظور، ضمن سنجش اثرات مستقیم ارتباط نیکا با پوشش گیاهی و تعیین روند تغییرات در گذشته، ابعاد اثرگذاری روند تغییرات گذشته را نیز در پیش‌بینی وضعیت نیکازار در بازه زمانی آینده لحاظ نموده است. این

نکته ای است که در پژوهش‌های قبلی با روش مرسوم، توانایی سنجش ابعاد مختلف زیست‌محیطی بوم‌نظام در آینده در سیریک را نداشته‌اند. با این اعتبار، یافته‌ها با فرض وجود یا عدم وجود تخریب نیکازارها در سیریک، این امکان را فراهم نموده است تا ضمن ارایه نتایجی واقع‌بینانه‌تر از وضعیت بوم‌نظام، با مقایسه تغییرات گذشته و آینده، یافته‌هایی مبتنی بر واقعیتی منطقی‌تر نیز ارائه دهد (۲۰). علاوه بر آن حفظ تعادل چشم‌اندازهای طبیعی در حفاظت از آن‌ها نقش به‌سزایی دارد. در صورت عدم مداخله و فشار بر این چشم‌انداز تراکم گونه‌های گیاهی و بالطبع آن تراکم تپه‌های فیتوژنیک متناسب با قابلیت منطقه استقرار یافته و بر اساس ویژگی‌های مورفومتری آن‌ها عملکرد بازخوردهای طبیعی آن قابل محاسبه است. بنابراین اگر در بازه‌های زمانی نسبتاً طولانی تغییراتی در روند تراکم و عملکرد آن‌ها اتفاق نیافتد این بدان معنی است که سیستم به صورت طبیعی در حال کارکردن است در غیر این‌صورت بایستی با کنترل عوامل فشار و تخریب روندهای موجود سیستم را به سمت تعادل هدایت کرد (۶). بنا به هدف پژوهش که تغییرات پوشش اراضی نیکا و پایداری رسوبات انباشته شده توسط نیکاکا را مورد بررسی قرار داد می‌توان بیان کرد که سطح پوشش اراضی نیکازار در سیریک سیر نزولی داشته و پیش‌بینی آن نیز نشان داد این روند تغییر پوشش زمین تا سال ۱۴۲۰، کاهشی خواهد بود. بدین ترتیب در آینده شاهد کاهش سطح نیکازارها در سیریک خواهیم بود. این بدین معنا است که رسوبات انباشته شده به طور کامل تثبیت نیافته و سطح رسوبات انباشته شده نیز به تبع کاهش پوشش اراضی، کاهش خواهد یافت. یافته‌ها فرضیه نزولی بودن سیر تغییر پوشش نیکازارها و تغییر سطح ذرات رسوب در پای گیاهان، در گذر زمان در گذشته و پیش‌بینی آن در آینده را تایید نمود. نتایج پژوهش حاضر هشدار برای مدیران به منظور جلوگیری از روند تخریب نیکازارها و حفظ پایداری این بوم‌نظام‌های خودکنترل طبیعی است و باید با تلاشی مجدانه، برای برطرف کردن عوامل تخریب آن بکوشند. با این توصیف، کاهش سطح نیکازارها در گذشته و پیش‌بینی روند نزولی تغییرات نیکازارها و رسوبات

سخت‌گیرانه و با مدیریتی اصولی مانع از تاثیر عملکرد فعالیت‌های انسانی بر پیکره منابع طبیعی به ویژه نیکاهای منطقه شد. زیرا در صورت نابودی نیکاهای موجود در سیریک، بایستی منتظر عواقب ناشی از فرسایش بادی بود. در صورت وقوع چنین شرایطی دیگر نیکا وجود نخواهد داشت تا ماسه‌های روان را تثبیت نماید و توفان‌های گرد و غبار در منطقه افزایش خواهد یافت. یافته‌ها به مدیران این امکان را می‌دهد که از روند تخریب این نیکازارها جلوگیری و شرایط پایداری در منطقه را به منظور حفاظت از محیط‌زیست مناطق بیابانی ایجاد نمایند.

انباشته شده در آینده نشان داد موانع طبیعی که از جابجاشدن رسوبات جلوگیری می‌کرده‌اند، مورد تخریب واقع شده و کاهش یافته‌اند. شرایط سیریک بیانگر این است که نیکازارها ناپایدار است و اگر روند تخریب پوشش گیاهی به همین ترتیب ادامه یابد فاجعه بزرگی رخ خواهد داد. آمار بیماری‌های تنفسی و خسارت‌های دستگاه‌های صنعتی و انباشت رسوب پشت درب و پنجره‌های منازل و ادارات و از مشکلات متعدد ایجاد ناپایداری منطقه، تخریب نیکازارها و حمل رسوبات نشست داده نشده به مناطق دیگر و ایجاد مشکلات بیشتر است. بنابراین لازم است با قوانینی

■ References

1. Ahmed, B., Kamruzzaman, M. D., Zhu, X., Rahman, M., & Choi, K. (2013). Simulating land cover changes and their impacts on land surface temperature in Dhaka, Bangladesh. *Remote Sensing*, 5(11), 5969-5998.
2. Arab Ameri, A. & Halabian, A. (2017). Analyzing nebka morphometric parameters and introducing the most appropriate type for sand dune stabilization, using ELECTRE algorithm (Case study: Chah Jam erg). *Geography and environmental planning*. 28(2). 93-108. (in Farsi)
3. Ardon, K., H. Tsoar, D. & Blumberg, G. (2009). Dynamics of nebkhas superimposed on a parabolic dune and their effect on the dune dynamics. *Arid Environments*. 7(1), 1014-1022.
4. Bubenzer, O., Embabi, N., Ashour, M. (2020). Sand sea and dune fields of Egypt. *Geosciences*. 10(101), 1-32.
5. Choudhury, D., Das, K., & Das, A. (2019). Assessment of land use land cover changes and its impact on variations of land surface temperature in Asansol-Durgapur Development Region. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 22 (2), 203-218.
6. Daneshi, A., Najafinejad, A., Panahi, M. & Zarandian, A. (2020). Projecting land use change effects on habitat quality of Narmab dam basin in Golestan province. *Degradation and Rehabilitation of Natural Land*. 1(1), 120-131. (in Farsi)
7. Dewan, A. M., & Yamaguchi, Y. (2009). Land use and land cover change in Greater Dhaka, Bangladesh: using remote sensing to promote sustainable urbanization. *Applied geography*, 29(3), 390-401.
8. Ebrahimi Khusfi, Z., Khosroshahi, M., Roustaei, F. & Mirakbari, M. (2021). Spatial and seasonal variations of sand-dust events and their relation to atmospheric conditions and vegetation cover in semi-arid regions of central Iran. *Geoderma*. 365(1), 114225.
9. Eskandari Damaneh, H., Gholami, H., Khosravi, H., Mahdavi Najafabadi, R., Khorani, A. & Li, G. (2020). Modeling spatial and temporal changes in land-uses and land cover of the Urmia lake basin applying cellular automata and markov chain. *Geography and Sustainability of Environment*. 10(35), 57-72. (in Farsi)
10. General Department of Natural Resources and Watershed Management of Hormozgan Province, Desert Office. (2005). *Desertification plan of Kuhstak plain*, 229 p.

11. Gillies, J., A., Nield, J., M. & Nickling, G. (2014). Wind speed sediment transport recovery in the lee of a vegetated and denuded nebkha within a nebkha dune field. *Aeolian Research*. 12(1), 135-141.
12. Guan, D., Li, H., Inohae, T., Su, W., Nagaie, T., & Hokao, K. (2011). Modeling urban land use change by the integration of cellular automaton and Markov model. *Ecological Modelling*. 222(20-22), 3761-3772.
13. Hsep, P. A., Hernandez-Calvento, L., Gallego, J. & Miot da Silva, G. (2021). Nebkha or not? Climate control fore dune mode. *Arid Environments*. 187(3). 104444.
14. Itzhak, K., (2020). Soil erosion: dust control and sand stabilization. *Applied Sciences*. 10(22), 8044.
15. Khawaldah, H. (2016). A prediction of future land use/land cover in Amman area using GIS-based markov model and remote sensing. *Geographic Information System*. 8(1), 412-427.
16. Mansour, Sh. & Al-Belushi, M. & Al-Awadhi, T. (2020). Monitoring land use and land cover changes in the mountainous cities of Oman using GIS and CA-Markov modelling techniques, *Land Use Policy*, 91(1). 104414.
17. Mahmoudi, T., Khoshhal, J., Mousavi, S. M. & Pourkhosravani, M., (2013). Comparison of the effect of Sirjan desert nebkas on the stabilization of sand dune using the method Hierarchical analysis, *Environmental Erosion Research*, 3(11), 65-79. (in Farsi)
18. Marod, D., Sungkaew, S., Mizunaga, H. & Thinkampheang, S. (2020). Woody plant community and distribution in a tropical coastal sand dune in southern Thailand. *Coastal Conservation*, 24(44), 2-9.
19. Mondal, M. S., Sharma, N., Garg, P. K., & Kappas, M. (2016). Statistical independence test and validation of CA Markov land use land cover (LULC) prediction results. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 19(2), 259-272.
20. Naeemi, M., Zandifar, S., Khosroshahi, M., Ashuri, P., Abbasi, H. R., (2021). Investigating the effect of climate change on the mobility of sand dunes in Sabzevar city, *Desert Management*, 9(2), 1-18. (in Farsi)
21. Petrosian, H., Danehkar, A., Ashrafi, S. & Peghhi, J., (2016). Investigating environmental factors for locating mangrove ex-situ conservation zones using gis spatial techniques and the logistic regression algorithm in mangrove forests in Iran, *Polish Journal of environmental of Studies*, 25(5), 2097–2106.
22. Pal, S., & Ziaul, S. K. (2017). Detection of land use and land cover change and land surface temperature in English Bazar urban center. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*. 20(1), 125-145.
23. Rabbani, A.; Mohseni, N. & Hosseinzadeh, S. R. (2021). Role of geomorphic processes in the morphology of semi-arid Nebkas. *Geography and Environmental Hazards*. 4(36), 23-105. (in Farsi)
24. Rahdari, M. and Rodríguez-Seijo, A., (2021). Monitoring sand drift potential and sand dune mobility over the last three decades (Khartouran erg, Sabzevar, NE Iran), *Sustainability*, 13(50), 1-16.
25. Shafii Sabet, N., Shakiba, A. & Mohamadi, A. (2019). Detection and prediction of land use changes using ca-markov model case study: Tehran Damavand metropolitan area, *Sepehr*, 28(111). 175-190.
26. Solaymani, S. (2021). A Review on energy and renewable energy policies in Iran, *Sustainability*, 13. 7328.
27. Wang, S. Q., Zheng, X. Q., & Zang, X. B. (2012). Accuracy assessments of land use change simulation based on Markov-cellular automata model. *Procedia Environmental Sciences*. 13, 1238-1245.
28. <https://earthexplorer.usgs.gov/> (USGS-28)

29. Yan, L. Translator: Jabari, M. K. & Ahmadi, S. Zanzan, (2012). *Modelling urban development with geographical information systems and cellular automata*. Azar KalaK Publisher. 186P. (in Farsi)
30. Zare Garizi, A., Sheikh, V., Sadoddin, A., & Mahini, S. (2012). Simulating the spatiotemporal changes of forest extent for the Chehelchay watershed (Golestan province), using integrated CA-Markov model. *Forest and Poplar Research*. 20(2). 273-285. (in Farsi)
31. Zhang, J., Faichia, C., Tong, Z., Liu, X., Kazuva, E., Ullah, K., & Al-Shaibah, B. (2020). Using rs data-based CA-Markov model for dynamic simulation of historical and future LUCC in Vientiane, Laos. *Sustainability*, 12(20), 8410.
32. Ye, Y. C., Kuang, L. H., Zhao, X. M., & Guo, X. (2020). Scenario-based simulation of land use in Yingtan (Jiangxi Province, China) using an integrated genetic algorithm-cellular automaton-Markov model. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(24), 30390-30404.

Investigating the Effects of Different Levels of Irrigation Water Salinity on Growth Characteristics and Some Enzymatic and Biochemical Components of *Salsola imbricata*

M. Doost Hossaini¹, H. Sodaiezadeh², R. Yazdani biouki^{3*}, M.R. Sarafraz⁴, M.A. Hakimzadeh Ardakani²

1. MSc of Desert Control and Management, Yazd University, Yazd, Iran.
2. Associate Professor, Faculty of Natural Resources & Desert studies, Yazd University, Yazd, Iran.
3. Assistant Professor, National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran.
4. Assistant Professor Department of Biology, Yazd University, Yazd, Iran.

* Corresponding Author: r.yazdani@areeo.ac.ir

Received date: 30/07/2020

Accepted date: 28/10/2020



[10.22034/JDMAL.2021.131909.1299](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2021.131909.1299)

Abstract

Due to the importance of halophyte species in the reclamation of saline lands, the present study was conducted to investigating the effects of different levels of salinity on growth traits and enzymatic of *Salsola imbricata* in a completely randomized design (CRD) with three replications and seven levels of salinity including 3, 10, 20, 30, 40, 50, and 60 dS m⁻¹ at research greenhouse of National Salinity Research Center. Traits of stem length, root length, root-shoot length ratio, collar diameter, number of branches, protein content, catalase, peroxidase, and proline were measured. Results showed that different levels of salinity were significant for all studied traits except peroxidase. Increasing salinity levels from 3 dS m⁻¹ to 60 dS m⁻¹, significantly reduced shoot length at the rate of 20%, root length 30%, root-shoot length ratio 11%, collar diameter 38%, and the number of branches per plant 29%. Increasing salinity from 3 dS m⁻¹ to 40 dS m⁻¹ decreased protein content by 30%, but the protein content increased by 26.7% by increasing salinity up to 50 and 60 dS m⁻¹. Results of enzymatic activities showed that increasing salinity significantly increased the amount of catalase, peroxidase, and proline, so the highest of these compounds was observed at 60 dS m⁻¹.

Keywords: Catalase; Halophyte; Peroxidase; Proline; Root length





ارزیابی سطوح مختلف شوری آب آبیاری بر شاخص‌های رشد و برخی ترکیبات آنزیمی و بیوشیمیایی گونه شور (*Salsola imbricata* L.)

میلاد دوست حسینی^۱، حمید سودائی زاده^۲، رستم یزدانی بیوکی^{۳*}، محمدرضا سرافراز^۴، محمدعلی حکیم زاده اردکانی^۲

۱. کارشناس ارشد مدیریت و کنترل بیابان، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

۲. دانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه یزد، یزد، ایران.

۳. استادیار، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران.

۴. استادیار گروه زیست‌شناسی دانشگاه یزد، یزد، ایران.

* نویسنده مسئول: r.yazdani@areeo.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۵/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۰۷

doi: [10.22034/JDMAL.2021.131909.1299](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2021.131909.1299)

چکیده

به سبب اهمیت گونه‌های شورپسند، پژوهش حاضر به منظور بررسی اثر شوری بر ویژگی‌های رشدی و آنزیمی گونه شور به‌عنوان یکی از گونه‌های مهم شورپسند برای احیاء اراضی شوری در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و ۷ تیمار شوری شامل ۳، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ dS/m در گلخانه تحقیقاتی مرکز ملی تحقیقات شوری انجام شد. در این مطالعه صفتهایی از قبیل طول ساقه، طول ریشه، نسبت طول ریشه به ساقه، قطر یقه، تعداد شاخه فرعی، پروتئین، کاتالاز، پراکسیداز و پرولین ارزیابی شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که سطوح مختلف شوری بر تمامی صفات مورد مطالعه، به‌جز پراکسیداز معنی‌دار است. افزایش سطوح مختلف شوری از ۳ تا ۶۰ dS/m سبب کاهش معنی‌دار طول ساقه به میزان ۲۰٪، طول ریشه به مقدار ۳۰٪، نسبت طول ریشه به ساقه به میزان ۱۱٪، قطریقه ۳۸٪ و تعداد شاخه فرعی در بوته به مقدار ۲۹٪ شد. افزایش شوری از تیمار ۳ تا ۴۰ dS/m سبب کاهش ۳۰٪ در میزان پروتئین شد، اما با افزایش شوری تا سطح ۵۰ و ۶۰ dS/m به میزان ۲۶/۷٪ پروتئین محلول کل افزایش یافت. نتایج تحلیل فعالیت‌های آنزیمی نشان می‌دهد که افزایش شوری سبب افزایش معنی‌دار میزان کاتالاز، پراکسیداز و پرولین شده است، به طوری که بالاترین این ترکیبات در شوری ۶۰ dS/m دیده می‌شود.

واژگان کلیدی: پراکسیداز؛ پرولین؛ طول ریشه؛ کاتالاز؛ هالوفیت

■ مقدمه

در سراسر جهان منابع آب شیرین به‌طور فزاینده‌ای در حال کم شدن است و پایداری استفاده از منابع آب در دسترس چالش اصلی سیاست آب برای آینده است. علاوه بر مسائل مربوط به مقدار آب، کیفیت آب نیز نقش مهمی را در حفظ قابلیت آبیاری اراضی، به‌خصوص شوری که می‌تواند تأثیرات مضر و نامطلوبی را بر عملکرد محصولات کشاورزی و باغبانی ایجاد کند داشته باشد (۷، ۲۴، ۲۷).

یکی از بزرگ‌ترین تنش‌های غیرزیستی و از عوامل اصلی محیطی محدود کننده رشد و عملکرد گیاه شوری منابع آب و خاک است و این مشکل به دلیل شیوه‌های مختلف کشاورزی افزایش یافته است (۵). سمیت نمک یکی از عوامل عمده محدود کننده تولید محصول و کیفیت محیط‌زیست در خاک شور و یا خاک‌های سدیک در سراسر جهان است (۳۰). در راستای افزایش شوری منابع آب و خاک می‌توان از گیاهان متحمل به شوری ضمن احیا این نوع مناطق از توسعه گیاهان در این شرایط نیز استفاده نمود.

شورزی‌ها گیاهانی هستند که ضمن تحمل بالا به شوری با توانایی بالقوه اقتصادی که علاوه بر کمک شایانی به ترمیم و تجدید محیط‌زیست؛ به‌عنوان ذخیره منابع دارویی هم استفاده می‌شوند، بسیاری از این گیاهان بوته‌های شور پسند چند ساله و تعداد کمی هم شامل بوته‌های علفی یک ساله هستند (۱۶). بررسی پژوهش‌های انجام‌شده؛ مشخص می‌کند افزایش علاقه به مطالعه شورروزی‌ها نشان‌دهنده شناخت توانایی عظیم آن‌ها به‌عنوان منبعی ارزشمند از محصولات گیاهی است (۱۵).

گونه شور (علف شور) *Salsola imbricata* L. گیاهی شورروزی، پایا و بوته‌ای به ارتفاع ۱۲۰ cm است که در مکان‌های شور و شنی با پراکنش در سراسر بیابان گرم کشورهای گرمسیری شرق آفریقا، پاکستان، جنوب و شرق افغانستان و شمال غربی هندوستان و مرکز و جنوب ایران شامل طبس و ابرکوه رشد می‌کند (۱۹ و ۲). این گیاه دارای سابقه اعتقادی و آداب و رسوم قدیمی و اجدادی برای درمان انواع مختلفی از بیماری‌های دستگاه گوارشی و ناراحتی‌های تنفسی است (۴). در طب سنتی از این گیاه

در درمان بیماری‌های سوء هاضمه، اسهال، ضد التهاب، سرماخوردگی و تنگی نفس استفاده می‌شود (۱۷).

بررسی تأثیر سطوح مختلف شوری ۰ تا ۷۰۰ میلی‌مولار نمک طعام بر گونه *Salsola dendroides* نشان داد که وزن تر و خشک، طول ریشه و ساقه گیاه تحت تأثیر تنش شوری کاهش می‌یابد (۲۹). همچنین بررسی تأثیر تیمارهای شوری ۱/۶ dS/m به عنوان شاهد، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ mM نمک طعام بر سه گونه سالسولا *S. dendroides* Pall, *S. richteri* Moq, *S. orientalis* S.C. Gmel. نشان داده است که وزن خشک ساقه و ریشه تا شوری ۲۰۰ mM تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نداشت، همچنین افزایش شوری موجب افزایش میزان پرولین گیاه شد، محققان علت افزایش میزان پرولین را نقش تنظیم کننده اسمزی پرولین بیان کردند (۱۱). نتایج بررسی تیمارهای شوری ۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ mM نمک طعام بر گونه *Salsola arbuscular* Pall نشان داده شده است که مقدار پرولین و قند محلول با افزایش سطوح شوری افزایش یافت، همچنین صفات رشدی گیاه تا شوری ۴۰۰ mM نمک طعام افزایش نشان داد و سپس با افزایش شوری کاهش یافت (۲۲).

با توجه به ارزش علوفه‌ای گونه شور و اهمیت آن در احیا و کاشت در زمین‌های شور و نامناسب و همچنین به دلیل اندک بودن بررسی‌های تأثیر شوری آب آبیاری بر گونه علف شور، هدف از پژوهش حاضر ارزیابی ویژگی‌های رشدی و آنزیمی گونه شور در پاسخ به سطوح مختلف شوری آب آبیاری بود.

■ مواد و روش

پژوهش حاضر در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ به صورت آزمایش گلدانی در گلخانه تحقیقاتی مرکز ملی تحقیقات شوری در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و ۷ تیمار شوری شامل ۳، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ dS/m انجام شد. در این آزمایش تیمار ۳ dS/m به‌عنوان تیمار شاهد منظور شده است. بذور گیاه شور از ایستگاه تحقیقاتی صدوق، واقع در استان یزد از پایه‌های مادری تهیه شد. آب

شور مورد نیاز برای این آزمایش از چشمه‌های کویری ایران مرکزی (عقدا-استان یزد) تهیه شد و قبل از اعمال تیمارهای مورد نیاز توسط دستگاه EC متر در بشکه‌های ۲۲۰ Lit آماده شد و قبل از اعمال تیمار مربوطه، مقدار شوری برای هر تیمار تنظیم شد.

برای کشت، بذرها ۲۴ ساعت در آب تهیه شده از چاه با شوری ۳ dS/m خیس‌انده شد و به مدت ۲۴ hr در پارچه خیس قرار داده شد و پس از آن در داخل کیسه‌های پلاستیکی ۱ Kg کاشته شد و با آب ۳ dS/m آبیاری شد (جدول ۱ و ۲).

نشاءهای آماده شده در ۲۰ آبان‌ماه ۱۳۹۶ به گلدان‌هایی با حجم ۲۳ Lit در محیط گلخانه (فضای کنترل شده)

منتقل و تیمارهای شوری آب آبیاری شامل ۳، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰ dS/m، در مدت ۶ ماه اعمال شد. برای‌سازگاری گیاهان به شوری، اعمال تیمارهای شوری به طور افزایشی به مدت ۱۴ روز انجام شد بدین صورت که برای اعمال شوری ۳ dS/m از همان ابتدا با آب ۳ dS/m اعمال شد، و همزمان برای تمامی تیمارها به مدت ۳ روز این شوری اعمال شد، سپس برای دیگر تیمارها ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ dS/m به مدت ۲ روز با آب آبیاری ۱۰ dS/m آبیاری شدند و به همین ترتیب برای دیگر تیمارها بعد از گذشت دو روز از اعمال تنش، تیمار بعدی اعمال شد تا در پایان به شوری مورد نظر رسانیده شود (جدول ۳).

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش

EC (dS/m)	pH	OC (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)
۳/۸۱	۷/۴۸	۰/۰۱	۶/۶۴	۱۵۵	۸۰/۳۶	۸/۶۴	۱۱

جدول ۲. ویژگی‌های شیمیایی آب آبیاری مورد استفاده در آزمایش

تیمار	EC (dS/m)	pH	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	CO ₃ ²⁻ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	SAR
منبع آب غیرشور	۳	۸/۰۵	۱۹۴/۳۸	۱۰۱/۸۸	۰	۱۷۶/۳۱	۲۷۰/۰۲	۳/۹۱	۶۱۳/۶۳	۴۶۸/۲۹	۳/۹
منبع آب شور ۵۰ برابر رقیق شده	۱۰	۸/۰۰	۶۵/۳۳	۱۵۵/۸۴	۰	۱۶۸/۹۹	۱۸۶/۸۰	۸/۲۱	۳۰۶/۷۱	۳۷۵/۵۹	۲۸/۸۳

جدول ۳. برنامه آبیاری گونه شور (*Salsola imbricata* L.) در آبان و آذرماه ۱۳۹۶ جهت رسیدن به تیمار مورد نظر

تیمار شوری (dS/m)											
آبان‌ماه						آذرماه					
۲۰	۲۳	۲۵	۲۷	۲۹	۳۱	۲	۴	۶	۸	۱۰	۱۲
											۱۴
											۱۶
۳											
۱۰	۳										
۲۰	۳	۱۰									
۳۰	۳	۱۰	۲۰								
۴۰	۳	۱۰	۲۰	۳۰							
۵۰	۳	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰						
۶۰	۳	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰					

محاسبه فعالیت آنزیم پراکسیداز

فعالیت آنزیم پراکسیداز نیز با بهره‌گیری از رابطه محاسبه فعالیت آنزیم کاتالاز و با انجام تغییر زیر محاسبه شد (۱): تغییر ضریب خاموشی H_2O_2 به ضریب خاموشی تتراگوئیکول، تبدیل ΔA ۲۴۰ به ΔA ۴۷۰ و ضریب ۲ به ۴ با توجه به ضریب H_2O_2 در معادله پراکسید هیدروژن فعالیت ویژه آنزیم پراکسیداز به صورت تعداد میکرومول H_2O_2 تجزیه شده در دقیقه در میلی گرم پروتئین گزارش شد.

اندازه‌گیری پرولین

به منظور اندازه‌گیری پرولین با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر Analytic Jena 210, Germany و کالبره کردن آن با تولوئن، مقدار جذب لایه رنگی در طول موج ۵۲۰ nm قرائت گردید (۶)، و از رابطه ۲ غلظت پرولین در نمونه های گیاهی محاسبه گردید:

$$Y = (M \cdot T) / W \quad (2)$$

که در آن:

Y: مقدار پرولین محلول بر اساس mg/g FW وزن تر.

M: عدد قرائت شده با دستگاه اسپکترو فتومتری.

T: حجم تولوئن مورد استفاده در اینجا ۴ ml است.

W: وزن نمونه برگي مورد استفاده برای نمونه های این

مطالعه برابر ۰/۵ g است.

تجزیه واریانس داده‌ها و مقایسه میانگین با استفاده از

آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ صورت گرفت (۲۵).

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر سطوح مختلف شوری بر تمامی صفت‌های مورد مطالعه، به جز پراکسیداز معنی دار بود (جدول ۴).

در پایان آزمایش، کل اندام هوایی و ریشه در ۱۷ فروردین ماه ۱۳۹۷ برداشت و برای اندازه‌گیری صفت‌های رشدی و ترکیبات بیوشیمیایی به آزمایشگاه منتقل شد. به منظور اندازه‌گیری طول ساقه و ریشه ابتدا از محل یقه ساقه و ریشه از هم جدا و سپس با خط کش با دقت میلی‌متر اندازه‌گیری شدند. اندازه‌گیری قطر یقه گیاهان با استفاده از کولیس و با دقت ۰/۱ mm انجام شد. به دلیل این که گیاهان مورد مطالعه از گونه‌های با برگ گوشتی و آبدار بیابانی است بنابراین شمارش دقیق برگ‌ها ممکن نبود از این رو فقط تعداد شاخه‌های نمونه‌های گیاهی مورد مطالعه قرار گرفت.

سنجش پروتئین محلول کل

در این آزمایش پروتئین محلول کل به روش بردفورد اندازه‌گیری گردید (۸).

محاسبه فعالیت کاتالاز

فعالیت آنزیم کاتالاز بر اساس میزان تجزیه شدن H_2O_2 در طول موج ۲۴۰ nm و با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد.

$$\text{Activity (U/ml)} = \frac{\Delta A_{240} \times 1 \times V_t \times d_f}{\epsilon \times l \times t \times V_s} \quad (1)$$

Activity: فعالیت آنزیم

ml: میلی لیتر

U: واحد آنزیمی

ΔA_{240} : تفاوت مقدار جذب مخلوط واکنش در زمان شروع و پایان واکنش.

1: با توجه به ضریب پراکسید هیدروژن در معادله H_2O_2 تعیین می‌شود که معادل ۲-می باشد.

V_t : حجم مخلوط واکنش در این آزمایش برابر سه ml بود.

d_f : فاکتور رقیق کننده برابر با ۵۰

t: مدت زمان واکنش ۱۸۰ ثانیه

V_s : حجم نمونه در این آزمایش برابر ۲۰ μl بود.

ϵ : ضریب خاموشی برابر $3.9/4 \text{ mM}^{-1}\text{cm}^{-1}$.

l: طول مسیر عبور نور از مخلوط واکنش برابر یک است.

جدول ۴. تجزیه واریانس اثر تنش شوری بر صفتهای مورد بررسی در گیاه شور (*Salsola imbricata*).

منابع تغییرات	df	طول ساقه	طول ریشه	ریشه/ساقه	وزن خشک	قطر یقه	تعداد شاخه	پروتئین	کاتالاز	پراکسیداز	پرولین
تیمارهای شوری	۶	**۷۰/۶۲	**۱۰۸/۱۹	**۰/۰۰۵	**۲۳۷/۰۵	**۳/۲۹	**۱۱۲/۲۶	**۸۱۴۹۸/۵۹	**۰/۱۴	ns.۰/۰۹	**۱/۲۴
خطا	۱۴	۰/۱۲	۰/۰۹	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۴	۰/۰۰۷	۰/۵۲	۴۶۲	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۱
ضریب تغییرات (%)		۰/۶۴	۰/۷۳	۰/۹۶	۰/۳۳	۱/۴۵	۱/۵۰	۱/۵۹	۱۱/۸۶	۲۲/۲۲	۲/۷۳

** و ns به ترتیب بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱٪ و بدون اختلاف معنی دار می‌باشد.

ویژگی‌های رشدی

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که افزایش سطوح شوری از تیمار ۳ dS/m تا ۶۰ dS/m به ترتیب موجب کاهش ۲۰٪ و ۳۰٪ طول ساقه و ریشه گونه شور شد (جدول ۵). هرچند که در مورد صفت طول ساقه در سطوح شوری ۵۰ و ۶۰ dS/m اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵).

در مورد بررسی نسبت طول ریشه به ساقه نتایج نشان داد که با افزایش سطوح بالای شوری این نسبت با اختلاف معنی‌دار حدود ۱۱٪ نسبت به تیمار شاهد کاهش پیدا کرد. در حالی که در تیمارهای ۳، ۱۰ و ۲۰ dS/m اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵). همچنین نتایج نشان داد که وزن خشک اندام هوایی با بالا رفتن سطوح شوری

به صورت کاملاً معنی داری کاهش پیدا کرد (جدول ۵). اندازه‌گیری‌های قطر یقه نیز بر کاهش معنی‌دار این صفت در تمام سطوح شوری مورد آزمایش اشاره داشت (جدول ۵).

در گونه شور مطالعه شده تعداد شاخه فرعی رابطه معکوس با مقدار شوری آب داشت. با افزایش غلظت تیمار شوری، تفاوت معنی‌داری در کاهش تعداد انشعابات شاخه رخ داد. با این حال در تیمارهای ۵۰ و ۶۰ dS/m تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۵). تعداد انشعابات طبق نتایج با افزایش شوری کمتر شد که دلیل آن افزایش تنش شوری است، زیرا گیاه برای تولید محلول‌های اسمزی و مکانیسم‌های آنزیمی که برای زنده نگه داشتن خود انجام می‌دهد تمام انرژی تولیدی را مصرف می‌کند (۱۳).

جدول ۵. مقایسه میانگین برخی صفتهای کمی و کیفی گیاه *Salsola imbricata* تحت سطوح مختلف شوری

آب آبیاری	طول ساقه	طول ریشه	نسبت طول ریشه به ساقه	وزن خشک	قطر یقه	تعداد شاخه	پروتئین	کاتالاز	پراکسیداز	پرولین
dS/m	(cm)	(cm)		(g)	(mm)	فرعی در بوته	(µg/ml)	(Unit/mg protein)	(Unit/mg protein)	(mg/g FW)
۳	a۶۱/۱۳	a۵۰/۳۷	a۰/۸۲	a۲۴/۱۰	a۷/۵۰	a۵۹/۶۷	a۱۶۱۵/۲۷	b۰/۸۹	b۰/۹۱	e۳/۱۸
۱۰	b۵۸/۴۰	b۴۷/۹۷	a۰/۸۲	b۲۲/۲۹	b۶/۷۳	b۵۲/۰۰	b۱۴۵۵/۲۰	b۰/۹۴	ab۱/۰۲	e۳/۳۵
۲۰	c۵۵/۸۳	c۴۵/۷۷	a۰/۸۲	c۲۱/۱۶	c۶/۲۰	c۴۸/۳۳	c۱۳۳۵/۰۰	b۰/۸۰	b۰/۸۷	d۳/۷۶
۳۰	d۵۲/۸۰	d۴۱/۱۳	b۰/۷۸	d۱۹/۸۳	d۵/۶۰	d۴۶/۶۷	e۱۱۹۸/۴۰	b۰/۸۷	b۰/۹۴	c۴/۱۲
۴۰	e۵۰/۷۳	e۳۸/۴۷	c۰/۷۶	e۱۸/۳۱	e۵/۲۳	e۴۴/۳۳	f۱۱۲۸/۰۰	b۰/۸۷	b۰/۸۶	b۴/۴۴
۵۰	f۴۸/۹۳	f۳۵/۹۰	d۰/۷۳	f۱۷/۵۰	f۴/۸۷	f۴۳/۰۰	d۱۲۹۸/۳۳	b۰/۸۱	b۰/۸۹	a۴/۶۹
۶۰	f۴۸/۵۰	g۳۵/۲۰	d۰/۷۳	g۱۶/۳۲	g۴/۶۰	f۴۲/۳۳	b۱۴۲۸/۷۳	a۱/۴۳	a۱/۳۷	a۴/۸۲

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵٪، تفاوت معنی‌دار ندارند.

باشد (۱۵). بنابراین با توجه به اینکه یکی از اثرات شوری، کاهش سنتز پروتئین است افزایش شوری موجب کاهش مقدار پروتئین شد، البته با افزایش شوری تا حدودی موجب افزایش پروتئین شد. در پاسخ به تنش شوری ممکن است پروتئین‌های جدید سنتز شوند یا ممکن است مقدار پروتئین‌هایی که از قبل در غلظت‌های کم وجود داشته‌اند همزمان با تنش افزایش یابد (۲۱).

نتایج بررسی مقدار کاتالاز و پراکسیداز از لحاظ آماری تقریباً مشابه بود، یعنی در تیمارهای شوری ۳، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ dS/m اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، ولی در تیمار ۶۰ dS/m افزایش معنی‌دار مقدار کاتالاز و پراکسیداز مشخص بود (جدول ۵). در تحقیقی بر روی گونه *Salsola spp.* نشان داده شده است که افزایش شوری موجب انباشته شدن مقدار کاتالاز و در نتیجه موجب کاهش اثرات شوری شده است (۱۴). خاصیت آنتی اکسیدانی گیاه، بسته به گونه ی گیاهی می تواند متغیر باشد، همچنین این موضوع را نباید نادیده گرفت که مقدار خواص آنتی اکسیدانی گیاهان هر منطقه بستگی به پارامترهای زیادی از جمله آب و هوا، خاک، ارتفاع و گونه های مختلف گیاهان دارد (۹). نتایج تحقیقات مختلف حاکی از وجود ارتباط قوی بین تحمل به تنش های اکسیداتیو ناشی از تنش‌های محیطی و افزایش در غلظت آنتی اکسیدان‌های آنزیمی در گیاهان وجود دارد، لازم به ذکر است که تحت شرایط تنش شوری تولید رادیکال های آزاد بستگی به شدت، مدت زمان اعمال تنش، گونه گیاهی، ژنوتیپ و همچنین مرحله نمو گیاه در معرض تنش دارد (۱۴).

نتایج نشان داد با افزایش تنش شوری از تیمار ۳ dS/m تا ۶۰ dS/m مقدار پرولین در گیاه شور به مقدار ۵۱٪ افزایش یافت (جدول ۵). بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار پرولین به‌ترتیب در تیمارهای ۶۰ و ۳ dS/m مشاهده شد. بین تیمارهای ۳ و ۱۰ و همچنین تیمارهای ۵۰ و ۶۰ dS/m تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. مطابق با نتایج پژوهش حاضر، نشان داده شده است که مقدار پرولین گونه *Salsola orientalis* با افزایش شوری، افزایش یافت (۲۱). همچنین مطالعات بر روی گونه *Salsola tomentosa* حاکی از آن بود

در مطالعه‌ای با بررسی سه گونه شور *S. rigida*، *S. dendroides* Pall.، *S. richteri* Moq.، Pall. تحت سطوح مختلف شوری نشان داده شده است که طول گیاه در تمام گونه‌های مورد مطالعه با کاهش مواجه شد، و دلیل آن را به کاهش جذب و انتقال مواد از ریشه به برگ نسبت دادند (۲۷). محدودیت روزنه‌ای فتوسنتز، فاکتور مهمی در کاهش رشد شوروری‌ها در شرایط شور بیان شده است (۲۸). طول ساقه گونه شور به سطوح بالای شوری حساس هست و کاهش پیدا می‌کند به همین دلیل نسبت طول ریشه به ساقه کاهش پیدا کرده است. افزایش سطوح شوری بر سه گونه *Salsola* موجب کاهش رشد گیاه شد (۲۷). همچنین در مطالعه گونه *Salsola dendroides* گزارش شده است که وزن تر و خشک، طول ریشه و ساقه گیاه تحت تأثیر تنش شوری کاهش یافت، آن‌ها نشان دادند که تنش شوری با افزایش فشار اسمزی محلول خاک، رشد رویشی گیاه را کاهش می‌دهد (۲۹) و پیامد آن کاهش ویژگی‌های مرفولوژیک از جمله طول ساقه، طول ریشه، وزن خشک، تعداد شاخه و قطر یقه می‌باشد (۱۲).

ویژگی‌های آنزیمی و بیوشیمیایی

نتایج بررسی مقدار پروتئین تحت تیمارهای مختلف تنش شوری نشان داد که بیش‌ترین مقدار پروتئین در تیمار ۳ dS/m و کمترین مقدار آن در سطح شوری ۴۰ dS/m مشاهده شد (جدول ۵). از تیمار ۳ تا ۴۰ dS/m با کاهش مقدار پروتئین همراه بود، ولی مقدار پروتئین در تیمارهای ۵۰ و ۶۰ dS/m با روندی افزایشی مواجه شد. مشابه نتایج حاضر، کاهش مقدار پروتئین تا شوری ۴۰ mM در گونه *Salsola arbuscular* مشاهده شده است (۳). از آنجا که سنتز پروتئین نیاز به انرژی دارد، کاهش انرژی ناشی از کمبود آب (به‌علت تنش شوری) و جذب فعال عناصر سدیم و کلر موجب کاهش سنتز پروتئین و در نتیجه کاهش میزان پروتئین می‌گردد. همچنین کاهش در میزان پروتئین به‌دلیل تجزیه‌ی آن از طریق افزایش پروتئولیز، کاهش سنتز پروتئین بوسیله‌ی جلوگیری از تبدیل اسید آمینه به پروتئین و کاهش میزان پلی ریبوزوم‌ها می‌تواند

که افزایش شوری موجب افزایش مقدار پرولین گیاه شد (۲۰). مطالعات شوری بر روی گونه دیودال *Ammodendron persicum conollyi* نیز حاکی از افزایش پرولین با افزایش شوری می‌باشد (۱۸). پرولین یکی از اسمولات‌ها می‌باشد که به عنوان یک ماده‌ی اسمززا، به تنظیم اسمزی و حفاظت از ساختارهای درون سلول کمک می‌کند، به‌طوری‌که در برخی گزارش‌ها یک همبستگی بین تجمع پرولین و مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی نشان داده شده است. شواهد قابل ملاحظه‌ای وجود دارد که سطوح بالای پرولین می‌تواند ساختار و فعالیت پروتئین را حفاظت کند، تجزیه‌ی آنزیم را کاهش دهد و پروتئین‌ها و غشاهای را از آسیب ناشی از غیرفعال‌سازی رادیکال‌های آزاد و گونه‌های شیمیایی واکنش‌پذیر دیگر حفاظت می‌کند (۱۳).

■ نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که سطوح مختلف شوری بر تمامی صفت‌های مورد مطالعه، بجز پراکسیداز معنی‌دار بود. در

خصوص ویژگی‌های مورفولوژیکی، افزایش شوری از ۳ به ۶۰ dS/m موجب کاهش معنی‌دار طول ساقه، طول ریشه، نسبت طول ریشه به ساقه، وزن خشک اندام هوایی، قطریقه و تعداد شاخه در بوته شد. در خصوص مقدار پروتئین نتایج نشان داد که افزایش شوری از تیمار ۳ dS/m به ۴۰ dS/m موجب کاهش ۳۰٪ در مقدار پروتئین شد، و افزایش شوری تا سطح ۵۰ و ۶۰ dS/m موجب افزایش مقدار پروتئین شد. نتایج ترکیبات آنزیمی گونه شور نشان داد که افزایش شوری باعث افزایش معنی‌دار مقدار کاتالاز، پراکسیداز و پرولین شد، به طوری که بالاترین این ترکیبات در شوری ۶۰ dS/m مشاهده شد. باتوجه به یافته‌های پژوهش حاضر، گونه شور می‌تواند سطوح شوری بالای آب و خاک را تحمل کند و باتوجه به ارزش تغذیه‌ای خوبی که این گونه دارد، می‌توان از این گیاه به منظور احیا و بهره‌برداری از مناطق شور و دارای منابع آب شور یا در حال شور شدن با بررسی‌های بیشتر میدانی در جهت بهبود این مناطق استفاده نمود.

■ References

1. Aebi, H. (1984). Catalase in vitro. *Methods in Enzymology*, 105, 121-126.
2. Ajaib, M., Farooq, S., Khan, K. M., Perveen, S., & Shah, S. (2019). Phytochemical analysis and anthelmintic activity of *Salsola imbricate*. *Chemical Society of Pakistan*, 41(1), 198-202.
3. Amini, F., Ghanbarzadeh, Z., & Askary, M. (2017). Biochemical and physiological response of *Salsola arbuscular* callus to salt stress. *Science Technology*, Transactions A: Science, 41(2), 321-328. (in Farsi)
4. Aslam, N., & Janbaz, K. H. (2017). Antispasmodic and bronchorelaxant activities of *Salsola imbricata* are mediated through dual Ca^{+2} antagonistic and β -adrenergic agonistic effects, *Pharmaceutical Biology*, 55(1), 1131-1137.
5. Aslam, R., Bostan, N., Amen, N., Maria, M., & Safdar, W. (2011). A critical review on halophytes: Salt tolerant plants. *Medicinal Plants Research*, 5(33), 7108-7118.
6. Bates, L.S., Waldren, R.P., & Teare, I.D. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil*, 39(1), 205-207.
7. Ben Amor, N., Jimenez, A., Boudabbous, M., Sevilia, F., & Abdelly, c. (2019). Implication of peroxisomes and mitochondria in the halophyte *Cakile maritima* tolerance to salinity stress. *Biological Plantarum*, 63(1), 113-121.
8. Bradford, M.M. (1976). A rapid and sensitive method for quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Annual Review of Biochemistry*, 72(1-2), 248-254.
9. David, R., & Zbigniew, A. (2010). Aqueous extract of *Achillea millefolium* L. (Asteraceae) inflorescences suppresses lipopolysaccharide-induced inflammatory responses in RAW 2647 murine macrophages. *Medicinal Plants Research*, 4(3), 225-234.

10. Hasanuzzaman, M., Nahar, K., & Fujita, M. (2013) Plant response to salt stress and role of exogenous protectants to mitigate salt-induced damages. *Ecophysiology and responses of plants under salt stress*, 25-87.
11. Heidari-Sharifabad, H., & Mirzaie-Nodoushan, H. (2006). Salinity-induced growth and some metabolic changes in three *Salsola* species. *Arid Environments*, 67(4), 715-720.
12. Hosseinzadeh, S.R., Amiri, H., & Ismaili, A. (2016). Effect of vermicompost fertilizer on photosynthetic characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. *Photosynthetica*, 54(1), 87-92.
13. Jamil, M., Lee, K.B., Jung, K.Y., Lee, D.B., Han, M.S., & Rha, E.S. (2007). Salt stress inhibits germination and early seedling growth in cabbage (*Brassica oleracea* L.). *Pakistan Journal of Biological Science*, 10(6), 910-914.
14. Karakas, S., Dikilitas, M., Aslan, M., & Guzel, A. N. (2019). Evaluation of biochemical and physiological responses of *salsola* spp at their natural habitats. *Harran Journal of Agricultural and Food Sciences is an international*, 23(2), 226-233
15. Khan, M.A., Ansari, R. Ali, H. Gul, B., & Nielsen. B. L. (2009). *Panicum turgidum*, potentially sustainable cattle feed alternative to maize for saline areas. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 129(4), 542-546.
16. Loconsole, D., Cristiano, G., & De Lucia, B. (2019). Glassworts: From Wild Salt Marsh Species to Sustainable Edible Crops. *Agriculture*, 9(1), 1-12.
17. Malik, S., Ahmad, S., Sadiq, A., Alam, K., Wariss, H.M., Ahmad, I., Hayat, Q.M., Anjum, S., & Mukhtar, M. (2015). A comparative ethno-botanical study of Cholistan (An arid area) and Pothwar (a semi-arid area) of Pakistan for traditional medicines. *Ethnobiology and Ethnomedicine*, 11(31), 1-20.
18. Mosleh Arany, A., Zahedifar, N., Sovdaeizadeh, H., & Azimzadeh, H. R. (2018). The effect of salinity stress on some morphological and physiological characteristics of *Ammodendron persicum* conollyi. *Desert Management*, 5(10), 57-67. (in Farsi)
19. Mosleh Arany, A., & Azimzadeh, H.R. (2015). Investigation of some ecological characteristic of *Salsola imbricata* in Tabas area. *Desert Ecosystem Engineering Journal*, 4(7), 21-28. (in Farsi)
20. Panahi, F., Asareh, M.H., Jafary, M., Arzani, H., Tavili, A., Givar, A., Ghorbani, M., Attarha, J., & Jahandideh, Z. (2015). Effect of NaCl salinity on *Salsola tomentosa* in greenhouse conditions: growth parameters, water relations, compatible solutions and chlorophyll. *Desert Ecosystem Engineering Journal*, 4(7), 65-74. (in Farsi)
21. Panahi, F., Asareh, M.H., Jafary, M., Givar, A., Arzani, H., Tavili, A., & Ghorbani, M. (2015). *Salsola orientalis* responses to salt stress. *Advanced Biological and biomedical Research*, 3(2), 163-171.
22. Panahi, F., Assareh, M.H., Jafari, M., Jafari, A.A., Arzani, H., Tavili, A., & Zandi Esfahan, E. (2012). Phenological effects on forage quality of *Salsola arbuscula*, *Salsola orientalis* and *Salsola tomentosa* in Three Habitats in the Central Part of Iran, Middle-East. *Scientific Research*, 11(6), 800-807.
23. Phogat, V., Pitt, T., Cox, J.W., Simunek, J., & Skewes, M.A. (2018). Soil water and salinity dynamics under sprinkler irrigated almond exposed to a varied salinity stress at different growth stages. *Agricultural Water Management*, 201(7), 70-82.
24. Qasim, M., Gulzar, S., & Ajmal Khan, M. (2011). *Halophytes as medicinal plants*, chapter 21, Ozturk, M., Mermut, A.R., Celik, A. Urbanisation, Land Use, Land degradation and environment. Daya Publishing House, Karachi-75270, Pakistan.

25. SAS Institute, (2000). The SAS system for windows, release 8.0. statistical analysis systems institute, Carry, NC.
26. Sdouga, D., Ben Amor, F., Ghribi, S., Kabtni, S., Tebini, M., Branca, F., Trifi-Farah, N., & Marghali, S. (2018). An insight from tolerance to salinity stress in halophyte *Portulaca oleracea* L.: Physio-morphological, biochemical and molecular responses. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 172(6), 45-52.
27. Teimouri, A. & Jafari, M. (2010). The effects of salinity stress on some of anatomical and morphological characteristics in three *Salsola* species: *S. rigida*, *S. dendroides*, *S. richteri*. *Range and Desert Reseach*, 17(1), 21-34. (in Farsi)
28. Xianzhao, L., Chunzhi, W., & Qing, S. (2013). Screening for salt tolerance in eight halophyte species from Yellow river delta at the two initial growth stages. *ISRN Agronomy*, 2013(4), 1-8.
29. Zarinkamar, F. & Farkhah, A.S. (2005). Comparative studies between different aspects of the three halophyte speacies, *Salsola dendroides*, *Aeluropus lagopoides*, and *Alhagi persarum*. *Pajouhesh & Sazandegi*, 66, 50-66. (in Farsi)
30. Zhang, T., Zhang, Z., Li, Y., & He, K. (2019). The effects of saline stress on the growth of two shrub species in the Qaidam basin of northwestern China. *Sustainability*, 11(3), 1-13.

Evaluation of Land Subsidence in Abarkooh Plain Using Radar Differential Interferometry Technique And GIS

M. Fallahpoor Tezani¹, F. Barzegari Banadkooki^{2*}

1. Assistant Professor, Geology Department, Payame Noor University, Tehran, Iran.
 2. Assistant Professor, Agricultural Department, Payame Noor University, Tehran, Iran.
- * Corresponding Author: barzegari@pnu.ac.ir

Received date: 10/01/2022

Accepted date: 22/02/2022

 [10.22034/JDMAL.2022.546294.1364](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2022.546294.1364)

Abstract

Land subsidence is a vertical movement downwards of the Earth's surface. It is difficult to identify or measure because of rapidly depleting ground water. This hazard, as a hydrogeomorphology phenomenon, is revealed in many areas of the country because of the uncontrolled depletion of the groundwater. There are a number of methods for identifying and determining the rate and range of subsidence. Radar interferometry (D-INSAR) technique is known as a robust technique for land subsidence measurement. This method has superior features in terms of cost, accuracy, scale of the study area and time, in comparison with other detection methods, and can provide a precise estimation of the phenomenon. In this study, the Abarkooh plain was studied from January 2016 until February 2018. Sentinel 1 sensor images using radar interferometry technique were used to estimate subsidence. To identify the impact of groundwater extraction in land subsidence, groundwater fluctuations data from 44 piezometric wells, and also land subsidence data were analyzed using regression models. Results showed that the highest rate of groundwater depletion occurred in the town of Mehrdasht and around the agricultural fields, which led to the maximum rate of subsidence up to 12 cm/year. Correlation coefficient between aquifer fluctuations and land subsidence rate is 0.79 that indicated significant relation between these parameters.

Keywords: Land subsidence; Remote sensing; Satellite images; Ground water





ارزیابی فرونشست زمین در دشت ابرکوه با استفاده از فناوری تداخل سنجی تفاضلی و سامانه اطلاعات جغرافیایی

مرتضی فلاح پور طزنجی^۱، فاطمه برزگری بنادکوکي^{۲*}

۱. استادیار گروه زمین شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران.

۲. استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران.

* نویسنده مسئول: barzegari@pnu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۰۳

doi: [10.22034/JDMAL.2022.546294.1364](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2022.546294.1364)

چکیده

پدیده فرونشست زمین، به حرکت در جهت پایین سطح زمین گفته می شود که به دلیل روند کند آن به آسانی قابل شناسایی و اندازه گیری نیست. این پدیده به عنوان مخاطره هیدروژئومورفولوژیک، در بخش های مختلفی از کشور تحت تأثیر استخراج بی رویه منابع آب به وقوع پیوسته است. روش های متعددی در زمینه شناسایی و تعیین میزان فرونشست استفاده می شود. از جمله مناسب ترین این روش ها استفاده از تداخل سنجی راداری (D-INSAR) می باشد. این روش مزیت هایی از نظر هزینه، دقت، وسعت منطقه مورد مطالعه و زمان انجام، نسبت به دیگر روش های آشکارسازی دارد. در پژوهش حاضر، مقدار فرونشست دشت ابرکوه در بازه زمانی دی ۱۳۹۴ تا بهمن ۱۳۹۶ مورد بررسی قرار گرفته است. تصاویر سنجنده Sentinel 1 در بازه زمانی مورد نظر تهیه و سپس به کمک تکنیک تداخل سنجی، نرخ فرونشست بررسی شد. نوسانات آب زیرزمینی نیز با استفاده از اطلاعات ۴۴ چاه پیرومتری بررسی شد. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار افت سطح آب زیرزمینی در محدوده شهر مهربدشت و اطراف زمین های کشاورزی می باشد که منجر به بیشترین نرخ فرونشست (۱۲ سانتیمتر در سال) شده است. ضریب همبستگی بین نوسان آب زیرزمینی و مقدار فرونشست ۰/۷۹ است که ارتباط مستقیم بین مقدار افت آب زیرزمینی و فرونشست سطح زمین در این دشت را نشان می دهد.

واژگان کلیدی: نشست زمین؛ سنجش از دور؛ تصاویر ماهواره ای؛ آب های زیرزمینی

■ مقدمه

در پی توسعه جمعیتی، فناوری و نیازهای انسانی در دهه‌های اخیر منابع آبی نیز به‌طور گسترده‌ای مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند، لذا پدیده‌های مرتبط با برداشتها بیش از حد ظرفیت زیادت از قبل رخ می‌دهند. از جمله مخاطرات مرتبط با برداشت بیش از حد منابع آب زیرزمینی می‌توان به پدیده فرونشست زمین اشاره کرد. فرونشست به حرکت قائم رو به پایین سطح زمین که می‌تواند با مولفه افقی کمتر همراه باشد، گفته می‌شود و در مقیاس بزرگ به صورت تدریجی و یا آنی رخ می‌دهد (۲، ۲۸). نتایج حاصل از فرونشست زمین منجر به ضرر اقتصادی چشم‌گیر و خسارات گسترده‌ای در ساختمان‌ها، جاده‌ها و زیرساخت‌ها شود (۵). این عوامل موجب شده است تا این پدیده به عنوان یکی از مهمترین مخاطرات محیطی محسوب شود، ولی از آنجایی که این پدیده تلفات انسانی کمتری نسبت به دیگر پدیده‌های طبیعی دارد، کمتر مورد توجه قرار گرفته است (۳). بر اساس برآورد کارشناسان بیش از ۱۵۰ شهر از شهرهای بزرگ دنیا با گستره‌ای از کشورهای توسعه یافته تا در حال توسعه در معرض این پدیده قرار دارند (۱۲).

اندازه‌گیری تأثیر برداشت آب‌های زیرزمینی و تغییرات سطح زمین موضوعی است که در دهه‌های اخیر مورد توجه محققان بوده است و با استفاده از ابزارهای مختلفی نظیر GPS، نقشه‌برداری و ابزارهای راداری مورد بررسی قرار گرفته است. استفاده از سنجش از دور نسبت به روش‌های سنتی اندازه‌گیری بررسی فرونشست دارای قابلیت‌هایی نظیر پوشش منطقه بزرگ‌تر و اندازه‌گیری تغییرات در مقیاس میلیمتری می‌باشد. به کارگیری روش تداخل سنجی با استفاده از تصاویر Sentinel 1 نسبت به سایر روش‌های موجود دارای مزایایی می‌باشد، نوارهایی با پهنای وسیع ۲۵۰ km هر تصویر، دوره تصویربرداری مجدد شش روز و قدرت تفکیک مکانی ۲۰ m روی زمین، موجب ایجاد بانک اطلاعاتی پویا و وسیع می‌شود که در مقایسه با اطلاعات جمع‌آوری شده از طریق GPS و نقشه‌برداری زمینی بسیار فشرده‌تر است. دقت این روش موجب شده تا در بررسی‌های مربوط به فرونشست زمین در اثر بهره‌برداری آب‌های زیرزمینی (۶، ۲۲، ۲۶) زمین لغزش (۸، ۲۷)

فعالیت‌های آتش‌فشانی (۱۶، ۱۷) و فرونشست در مناطق شهری (۱۸) به وفور مورد استفاده قرار بگیرد. در ایران پدیده فرونشست از سال‌های گذشته وجود داشته و در برخی از مناطق کارهای مطالعاتی انجام شده و گزارش‌هایی از وضعیت منطقه بیان شده است. در سال‌های اخیر به دلیل کاهش نزولات جوی و خشکسالی مربوط به آن شاهد افزایش استخراج آب به وسیله چاه‌های آب بوده‌ایم و این عامل باعث تشدید این پدیده شده است. مهم‌ترین علت فرونشست منطقه‌ای برداشت منابع آبی از این مناطق است (۷). در ایران نزدیک به شصت دشت وجود دارد که بر اثر اعلام نظر کارگروه فرونشست زمین و حفاظت از منابع آب زیرزمینی بیش از نیمی از آن دشت‌ها مستعد پدیده فرونشست می‌باشد. بخشی از بررسی‌های انجام شده در این زمینه عبارتند از:

دشت یزد - اردکان در استان یزد (۲)، قرچک - ورامین، اسلامشهر و هشتگرد در استان تهران (۲۴)، میدان نفتی مارون (۱۰)، نجف آباد در استان اصفهان (۲۵)، نوق، بهرمان در استان کرمان (۲۳)، آبخوان قزوین در استان قزوین (۳)، دشت رفسنجان در استان کرمان (۲۱)، دشت اراک (۱).

بررسی‌های شناسایی پدیده فرونشست در ایران ابتدا به صورت میدانی و بر اساس پیمایش صورت گرفته است. البته در پاره‌ای از موارد از روش‌های مکانیک خاک نیز استفاده شده است، به عنوان مثال می‌توان به استفاده از دستگاه‌های کشش‌سنجی اشاره کرد که از آن‌ها برای بررسی خاک‌های سست استفاده شده و نتایج به دست آمده از آن‌ها در مدل‌سازی‌های ژئوتکنیک و آشکارسازی تغییرات سطح زمین استفاده گردیده است (۱۲). با توجه به این مسئله که پدیده فرونشست دارای سرعت کندی است و در هنگام تأثیر منطقه وسیعی را تحت پوشش قرار می‌دهد، استفاده از این روش‌های قدیمی علاوه بر هزینه‌بر بودن و صرف زمان بسیار زیاد نتایج آن‌ها از صحت بالایی برخوردار نبودند (۹). لذا در بررسی‌های اخیر از روش‌های راداری برای پایش این پدیده استفاده شده است. از جمله پژوهش‌های انجام شده در این زمینه می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

روش سری زمانی و PS مورد ارزیابی قرار گرفت و میانگین فرونشست در دشت قزوین 40 mm/year گزارش شد (۴). در پژوهشی، نرخ فرونشست سطح زمین در آبخوان نجف آباد اصفهان با استفاده از پردازش تداخل سنجی راداری تفاضلی (D-InSAR) و داده‌های سنجنده‌های ASAR و PALSAR تعیین و با داده‌های افت سطح آب زیرزمینی مقایسه شد. پردازش داده‌های رقومی ماهواره‌ای راداری سنجنده ASAR میزان فرونشست زمین در دشت نجف‌آباد را با نرخ متوسط $6/7 \text{ cm}$ در سال و در مجموع 41 cm در مدت ۶ سال برآورد نمود و پردازش داده‌های سنجنده PALSAR نرخ سالیانه $7/7 \text{ cm}$ و در مجموع 30 cm فرونشست در مدت ۴ سال را نشان داد (۲۵).

بررسی پژوهش‌های که در زمینه فرونشست زمین در سال‌های اخیر انجام شده بیانگر این مطلب است که بیشتر محققان، روش پژوهشی خود را تداخل سنجی تفاضلی راداری انتخاب کرده‌اند (۹-۱۱، ۱۴-۱۶، ۲۱-۲۳). این موضوع مؤید این است که روش تداخل سنجی تفاضلی راداری یکی از کارآمدترین و دقیق‌ترین روش‌ها در این زمینه می‌باشد و نتایج قابل اعتمادی می‌دهد. در اکثر پژوهش‌ها مهم‌ترین یا درواقع تنها دلیل فرونشست زمین برداشت از منابع آب زیرزمینی بیش از حد مجاز بیان شده که این امر با توجه به قرار گرفتن کشور ایران در ناحیه بیابانی و نیمه بیابانی جهان و مقدار بارش سالیانه که زیر مقدار میانگین جهانی در دو دهه اخیر می‌باشد، رو به افزایش است.

با توجه به فقدان بررسی تغییرات فرونشست در دشت ابرکوه به عنوان یک دشت ممنوعه که سالانه افت تراز سطح ایستابی بیش از $1/5 \text{ m}$ دارد (۱۹)، هدف از انجام پژوهش حاضر، محاسبه فرونشست دشت ابرکوه و ارتباط بین فرونشست با تغییرات تراز سطح ایستابی آبخوان بود.

پرسش‌های اصلی پژوهش به صورت زیر بود:

(۱) آیا تصاویر ماهواره Sentinel-1 در باند C توانایی محاسبه میزان جابجایی عمودی سطح را در منطقه مطالعاتی دارا هستند؟

(۲) آیا جابجایی حاصل از این داده‌های راداری رابطه‌ای

با میزان کاهش سطح آب زیر زمینی دارند؟

(۳) بیشترین مقدار فرونشست در کدام قسمت‌های

دشت وجود دارد؟

بررسی پدیده فرونشست زمین و شکستگی‌های موجود در منطقه رستاق جنوب میبد، پس از جمع‌آوری اطلاعات طی بازدیدهای صحرایی و با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای محدوده گسترش نشست زمین و جنس آبرفت‌ها در منطقه، مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که برداشت از سفره عمیق رستاق و اردکان موجب کاهش فشار پیژومتریکی در حدود 3 m/year شده است که این کاهش فشار موجب برهم خوردن تعادل و افزایش فشار حاصل از بار رسوبات بالای سطح ایستابی شده و با کاهش تخلخل رسوبات در اثر افزایش تراکم، فرونشست حاصل شده است (۲۹).

مطالعه مقدار و دامنه فرونشست زمین به کمک روش تداخل سنجی راداری در دشت نوق-بهرمان با استفاده از داده‌های راداری در دو باند C و L در بازه‌های زمانی ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۹ نشان داد، مقدار فرونشست با میانگین سالیانه حدود 30 cm در پهنه‌ای به گستره 281 km^2 در بخش میانی دشت می‌باشد و همچنین به سبب ثابت بودن مقدار تأثیرگذاری عوامل ایجابی مانند فعالیت کشاورزی پسته‌کاری، در رویداد این پدیده، تغییرات فصلی و سالیانه مقدار فرونشست بسیار اندک است. اما دامنه برخورد از بیشترین مقدار نشست، از نواحی میانی و شرقی در فصل‌های بهار و تابستان به نواحی جنوبی و غربی در فصل‌های زمستان و پاییز تغییر یافته است. همچنین مقایسه مقدار فرونشست با ارقام تغییرات تراز آبی مستخرج از چاه‌های پیژومتریکی نشان می‌دهد در این دشت هر $3/2 \text{ m}$ افت تراز آبی قادر است فرونشستی به 1 cm ایجاد کند (۲۳).

با کمک فناوری تداخل سنجی راداری و تحلیل سری زمانی، SBAS نرخ فرونشست سالانه دشت استان قم در بازه زمانی ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۹ با استفاده از داده‌های ماهواره Envisat ASAR مورد بررسی قرار گرفت. سپس با استفاده از داده‌های تغییرات تراز سطح ایستابی، ضخامت لایه‌های آبدار و ضخامت لایه‌های ریزدانه، دلایل فرونشست تحلیل شد. نتایج بیانگر تأثیر معنی‌دار برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی بر فرونشست زمین می‌باشد (۱۱).

فرونشست دشت قزوین در سال‌های ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۵ و ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۵ با استفاده از داده‌های ماهواره Envisat و

■ مواد و روش

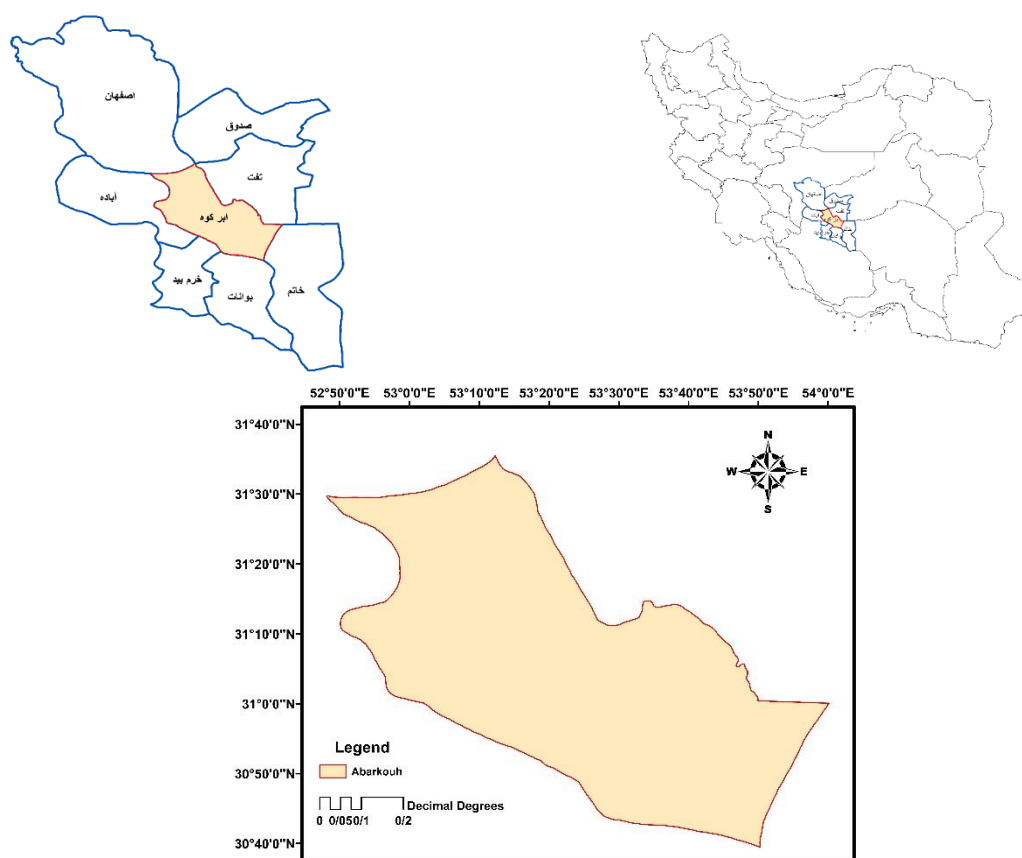
منطقه مورد بررسی

شهرستان ابرکوه در محدوده جغرافیایی $52^{\circ} 50'$ تا $54^{\circ} 01'$ طول شرقی و $30^{\circ} 30'$ تا $31^{\circ} 35'$ عرض شمالی قرار گرفته است (شکل ۱). این شهرستان از شمال به شهرستان صدوق، از شمال غرب به استان اصفهان، از غرب به شهرستان آباده استان فارس، از جنوب و جنوب غرب به شهرستان‌های خرم بید و بوانات استان فارس، از شرق و شمال شرق به شهرستان‌های خاتم و تفت در استان یزد، محدود می‌گردد. ارتفاعات کوه سفید و قنبره در جنوب شرق و کوه اعلاء در شمال غرب شهر ابرکوه واقع شده است. واقع شدن در مسیر مواصلاتی استان‌های فارس، اصفهان، کهگیلویه و بویر احمد، خراسان و استان‌های جنوب شرق به‌عنوان یک مرکزیت نسبی ارزشمند می‌تواند توجیه‌گر توسعه امکانات باراندازی و انبارداری در ابرکوه باشد (۳۰).

وسعت منطقه در حدود 5381 km^2 می‌باشد. ارتفاع این شهرستان از سطح دریا 1506 m است. حداقل ارتفاع

شهرستان ابرکوه در حاشیه کفه نمک 1450 m و حداکثر آن 4040 m در ارتفاعات جنوبی این شهرستان می‌باشد. حدود $79/7\%$ از مساحت منطقه ابرکوه کمتر از 2000 m و فقط 2% آن بیش از 2500 m ارتفاع دارد (۳۰).

میانگین سالانه درجه حرارت $18/9^{\circ}\text{C}$ است. به‌طور کلی موقعیت طبیعی شهرستان ابرکوه دارای ویژگی‌هایی است که بر پدیده‌های هواشناسی منطقه تأثیر چشم‌گیر دارد. از دیدگاه تأثیرات اقلیمی مسأله توپوگرافی شامل سه منطقه مرتفع اصلی و چهار منطقه پست است و این وضعیت باعث صعود و نزول مکرر جریان و پدیده‌های رطوبتی و حرارتی متنوعی گردیده و موجب پیدایش شرایط اقلیمی خاص منطقه می‌گردد. لازم به ذکر است که نزولات اندک جوی همراه با تبخیر شدید رطوبت نسبی ناچیز توأم با گرمای زیاد و نوسانات شدید درجه حرارت این شهرستان را به یکی از مناطق خشک و کویری ایران تبدیل گردانده است.



شکل ۱. موقعیت نسبی شهرستان ابرکوه

داده‌های سنجنده‌های راداری

در پژوهش حاضر از تصاویر ماهواره سنتینل-۱ با نام مخفف SA-1^۱ با مد IW در دو بازه زمانی مجزا از دی‌ماه ۱۳۹۴ تا بهمن ۱۳۹۶ استفاده گردید.

SA-1 سنجنده مایکروویوی است که در طول موج C با محدوده فرکانس اسمی از ۸-۴ GHz در بخش مایکروویو طیف الکترومغناطیس فعالیت دارد و در حالات مختلفی تصویربرداری می‌کند. این سنجنده می‌تواند با درون‌یابی، دقت کمتر از میلی‌متر جابجایی‌های سطح زمین را نشان می‌دهد. تصاویر مورد استفاده در پژوهش حاضر در جدول ۱ آمده است.

داده‌های سطح چاه‌های پیژومتری منطقه

بر اساس آمار مربوط به سال ۱۳۹۶ در دشت ابرکوه تعداد ۴۴ چاه پیژومتری موجود بود که تمامی این چاه‌ها در داخل محدوده مطالعاتی قرار داشتند و مورد ارزیابی قرار گرفتند (شکل ۲).

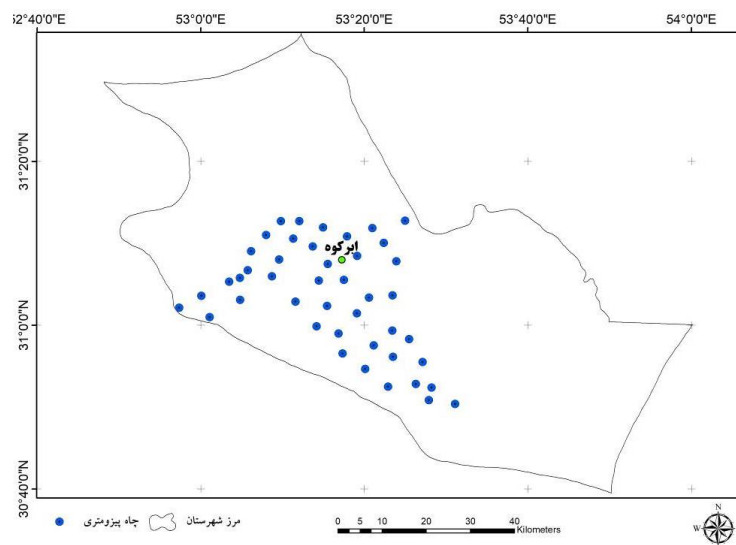
میزان بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی توسط چاه، قنات و چشمه جمعاً معادل $158 \text{ Mm}^3/\text{year}$ معادل ۹۵٪ کل تخلیه محدوده می‌باشد. مقدار تبخیر از آب زیرزمینی معادل $7 \text{ Mm}^3/\text{year}$ محاسبه شده است و با احتساب جریان خروجی معادل $1 \text{ Mm}^3/\text{year}$ ، مجموع عوامل تخلیه، جمعاً معادل $166 \text{ Mm}^3/\text{year}$ می‌باشد. تفاضل دو مقدار تغذیه و تخلیه سفره بیانگر بیلان منفی $20 \text{ Mm}^3/\text{year}$ این سفره می‌باشد (۱۹).

داده‌ها

داده‌های استفاده‌شده در پژوهش حاضر به دو دسته کلی داده‌های زمینی و ماهواره‌ای تقسیم‌بندی می‌شوند. داده‌های ماهواره‌ای از سازمان فضایی اروپا و داده‌های زمینی از دفتر مطالعات آب منطقه‌ای استان یزد و سازمان نقشه‌برداری کشور تهیه شد که در ادامه به پردازش و آماده‌سازی آن‌ها اشاره خواهد شد.

جدول ۱. تصاویر مورد استفاده

فاصله زمانی (روز)	تاریخ	مد تصویر	تفکیک مکانی (m)	قطبش	گذر تصویربرداری
۲۴۷	۱۳۹۴/۱۰/۲۸	IW	۵*۲۰	VV	پائین گذر
	۱۳۹۵/۱۲/۰۲	IW	۵*۲۰	VV	پائین گذر
۳۷۲	۱۳۹۶/۱۲/۰۸	IW	۵*۲۰	VV	پائین گذر



شکل ۲. نقشه پراکندگی چاه‌های پیژومتری منطقه

بررسی مقدار تغییرات سطح آب زیرزمینی منطقه

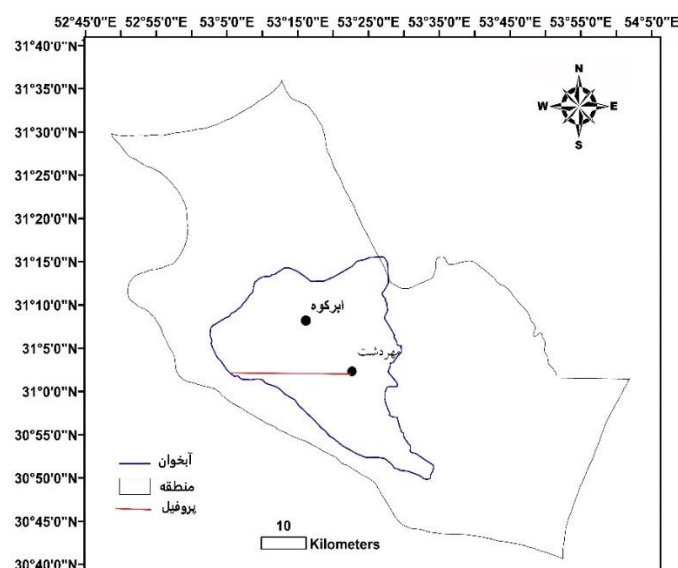
برای بررسی نوسان آب‌های زیرزمینی در طول دوره آماری از اطلاعات ۴۴ چاه پیزومتری استفاده شد. اطلاعات مربوط به افت سطح این پیزومترها وارد نرم افزار ArcGIS10.2 گردید و سپس از طریق روش میان‌یابی IDW¹ نقشه هم‌افت آب زیرزمینی حاصل گردید. به‌منظور نمایش بهتر میزان تغییرات جابه‌جایی و مقایسه آن با تغییرات سطح آب‌های زیرزمینی در محدوده دشت ابرکوه پروفیلی از ابتدای دشت تا ابتدای کویر ترسیم شد شکل (۳). این پروفیل بر منطقه مهردشت که بیشترین میزان فرونشست را دارا بود منطبق است. سپس در محیط نرم افزار ArcGIS 10.2 اطلاعات مقدار جابه‌جایی سطح زمین و اطلاعات تغییر سطح آب برای این پروفیل استخراج شد.

فناوری تداخل‌سنجی تفاضلی راداری (D-InSAR)

مراحل مختلف پردازش اینترفرومتری راداری تفاضلی به منظور آشکارسازی پدیده فرونشست و محاسبه مقدار آن با استفاده از نرم افزار SARscape 4.4 مطابق روند موجود در شکل ۴ انجام شد. برای انجام این بخش، ابتدا تصاویر راداری برای پردازش اینترفرومتری به فرمت SLC² تبدیل شدند. سپس به‌منظور ثبت هندسی تصاویر، یکی از آن‌ها به‌عنوان تصویر مرجع و دیگری به‌عنوان تصویر تابع در نظر

گرفته شد. با ترکیب دو تصویری که نسبت به هم به‌طور دقیق ثبت هندسی شده‌اند، یک اینترفروگرام تهیه گردید. در اصل، یک اینترفروگرام تهیه شده از حاصل ضرب هر پیکسل تصویر اول در مزدوج مختلط تصویر دوم ساخته شد. سپس اینترفروگرام تفاضلی از طریق حذف فاز رفرنس بر اساس مدل رقومی ارتفاعی منطقه تهیه شد. به‌منظور بهبود اینترفروگرام تهیه شده، از فیلتر تطبیقی گلدشتاین استفاده شد. نقشه همدوستی نیز که شاخص کیفیت اینترفروگرام است، از خروجی‌های حاصل از این مرحله به‌دست آمد. سپس مرحله اصلاح فاز انجام شد. به‌منظور تبدیل تصحیح فاز اصلاح شده به مقادیر ارتفاعی و محاسبه جابه‌جایی سطح زمین، مرحله پایش یا تصحیح مجدد فاز، اجرا شد.

اجرای این مرحله موجب می‌شود خطاهای احتمالی مداری تصحیح شده و مقدار انحراف فاز محاسبه شود تا از این طریق مقادیر فاز مطلق به‌دست‌آید. همچنین این کار موجب حذف حالت پله‌ای فاز می‌شود و این فرایند از طریق نقاط کنترل زمینی به تعداد ۴۴ مورد و مدل رقومی ارتفاعی انجام شد. آخرین مرحله از فرایند پردازش اینترفرومتری تفاضلی، تبدیل فاز مطلق نقشه جابه‌جایی و ژئوکد کردن آن است که بر اساس سطح بیضوی WGS84 سامانه تصویر متریکی انجام شد.



شکل ۳. موقعیت پروفیل ایجاد شده بر روی منطقه مطالعاتی

2 Single Look Complex

1 Inverse Distance Weighting

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (oi - pi)^2}{n}} \quad (1)$$

که در آن، n : تعداد داده‌ها، oi : مقادیر مشاهداتی و pi : مقادیر برآوردی است (۲۰).

نتایج و بحث

بررسی نوسان سطح آب زیرزمینی منطقه

نقشه تراز آب‌های زیرزمینی منطقه مطالعاتی مربوط به سال ۱۳۹۶ در شکل ۵ آمده است. شکل مذکور از طریق روش میان‌یابی IDW حاصل شده است. براساس این شکل، بیشترین و کمترین مقدار تراز آبی ثبت شده، به ترتیب در سمت غربی دشت (۱۶۳۰ m) و مرکز دشت و قسمت شرقی (۱۴۰۳ m) می‌باشد. میانگین سالانه نوسان سطح آب زیرزمینی در دشت ابرکوه در شکل ۶ آمده است. با توجه به این شکل می‌توان گفت، در بیشتر نقاط دشت، افت سطح آب زیرزمینی مشاهده می‌شود. در محدوده مهردشت بیشترین افت سطح آب زیرزمینی رخ داده است. به‌طوری که مقدار افت تا ۳/۵ m در سال قسمت‌های جنوبی مهردشت مشاهده می‌شود. در قسمت غربی دشت نیز مقدار افت سطح آب زیرزمینی به ۵/۵ m در سال می‌رسد.

در نقشه‌های پایانی مربوط به جابجایی حاصل از پردازش اینترفرومتری تفاضل همیشه مقادیر مثبت و منفی به ترتی به معنی کاهش فاصله سنجنده تا سطح زمین یا بالا آمدگی سطح زمین و فروافتادگی سطح زمین در جهت دید ماهواره تفسیر می‌شوند. شاخص اصلی تفسیر این قبیل نقشه‌ها تغییرات فاز است که به صورت تغییر ناگهانی در تن رنگی مشخص می‌شود. بدین صورت که مقدارهای مثبت تغییر فاز سیگنال راداری با تن رنگی قرمز و کاهش ارتفاع با تغییر تدریجی تن رنگی آبی بیان می‌شود.

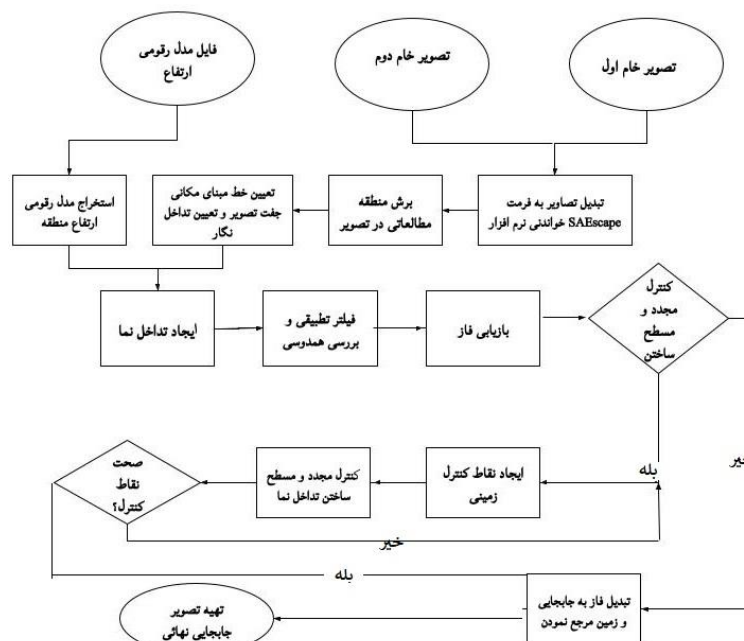
بررسی ارتباط فرونشست با تغییرات سطح آب

در پژوهش حاضر برای بررسی ارتباط مقدار فرونشست با نوسان چاه‌های آب منطقه از روش رگرسیون خطی و در محیط نرم‌افزار SPSS استفاده شد.

اعتبار سنجی

در پایان برای یافتن جواب‌های واقعی و انجام ارزیابی از معادله خطی درجه اول و رگرسیون خطی استفاده شد. از ضریب همبستگی برای بیان شدت وجود رابطه رابطه مستقیم یا معکوس استفاده شد.

همچنین از ضریب میانگین ریشه خطای ($RMSE^1$) نیز برای ارزیابی نتایج استفاده شد (رابطه ۱).



شکل ۴. مراحل تهیه نقشه جابجایی زمین توسط تصاویر راداری

همدوسی استخراجی از تکنیک D-InSAR

یکی از خروجی‌های تکنیک تداخل‌سنجی راداری همدوسی تصاویر استفاده شده در تداخل‌سنجی است. تصویر همدوس تصویری است که از همبستگی توانی دو تصویر هم مختصات شده به دست می‌آید. به‌طور کلی اگر مقدار این شاخص برای یک زوج تصویر مورد استفاده در تداخل‌سنجی کم باشد، بدان معنا است که آن زوج برای تداخل‌سنجی چندان مناسب نمی‌باشد. به منظور ایجاد تداخل‌نگار از تصاویر با همدوسی بیشتر از ۰/۵ استفاده می‌شود. همدوسی زوج تصویرهای مورد استفاده در پژوهش حاضر در شکل‌های ۹ و ۱۰ آمده است.

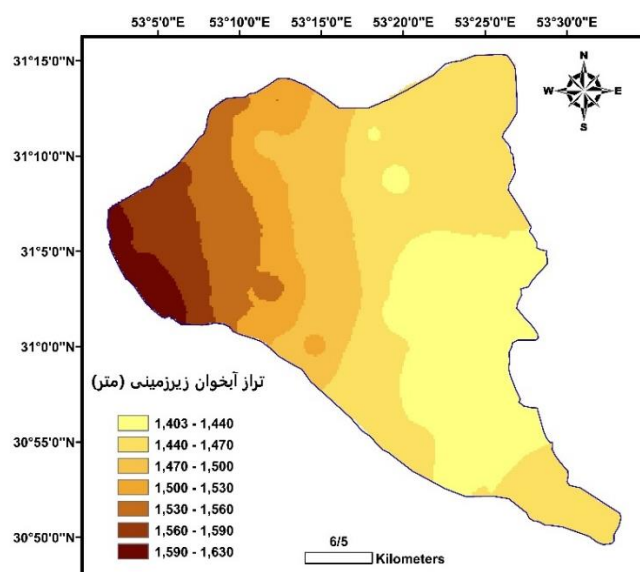
این شکل‌ها، بیانگر شاخص همبستگی مقادیر توان سیگنالی در دو تصویر اخذ شده در دو نمای متفاوت است. مقدار همدوسی از ۰ به معنای غیر همدوس تا ۱ برای همدوسی کامل متغیر می‌باشد. مقدار همدوسی دو دوره در شکل‌های ارائه شده، از نزدیک صفر با رنگ قهوه‌ای تا یک با رنگ زرد مشخص شده است. از آنجا که در محدوده مناطق مورد مطالعه، شامل مهردشت و ابرکوه رنگ زرد مشاهده می‌شود، لذا مقدار همدوسی در منطقه مطالعاتی در حد قابل قبولی می‌باشد. با توجه به شکل کمترین مقدار همدوسی به عبارتی همان نقاط قهوه‌ای رنگ مربوط به مراکز کشاورزی و حواشی کویر می‌باشد.

تداخل‌نگار (اینترفروگرام) های استخراجی از D-InSAR

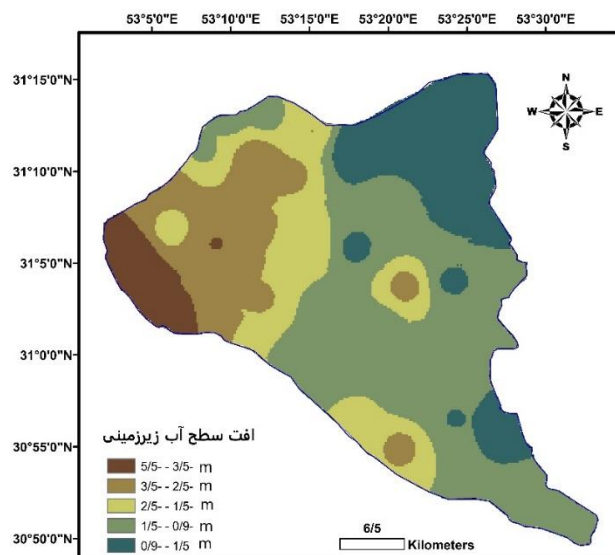
برای ترسیم تداخل‌نگار از تصاویر سنتینل با قطبش VV استفاده شد. زیرا در قطبش‌های همسان مانند VV، به دلیل منطبق بودن تصاویر بر روی هم، بازگشت قوی‌تری ایجاد می‌شود (۱۵). تداخل‌نگار به دست آمده مربوط به دو تصویر با پولاریزاسیون VV (شکل ۷) برای ماه‌های دی‌ماه ۱۳۹۴ تا بهمن‌ماه ۱۳۹۵ می‌باشد. یک چرخه کامل رنگ از آبی تا قرمز، یک فرینچ نامیده می‌شود. مشاهده فرینچ در تصویر تداخل‌نگار به معنای فرونشست می‌باشد. استخراج تداخل‌نگار منطقه مطالعاتی برای اولین بازه مطالعاتی نشان داد که ترکیب این رنگ‌ها در کنار هم یا به عبارتی شکل‌گیری فرینچ در اطراف ابرکوه بود که مهمترین آن در جنوب ابرکوه و بر روی مهردشت واقع شد. علاوه بر این در شمال شهر ابرکوه و غرب آن نیز فرینچ‌های جداگانه‌ای در این بازه زمانی ایجاد شد که بیانگر تغییرات ارتفاعی سطح زمین در این نقاط می‌باشد.

تصویر تداخل‌نگار بازه زمانی دوم یعنی بین دی‌ماه ۱۳۹۵ تا بهمن‌ماه ۱۳۹۶ در شکل ۸ آمده است.

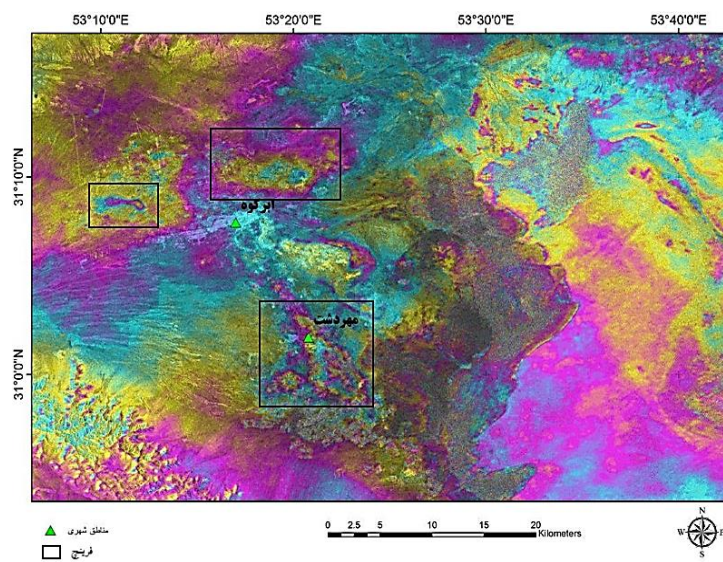
در این دوره زمانی همانند دوره گذشته فرینچ‌هایی در محل‌های قبلی شکل گرفته‌اند که مهم‌ترین آن‌ها بر روی مهردشت واقع شده است. در دیگر مناطق جابه‌جایی مشخصی صورت نگرفته است.



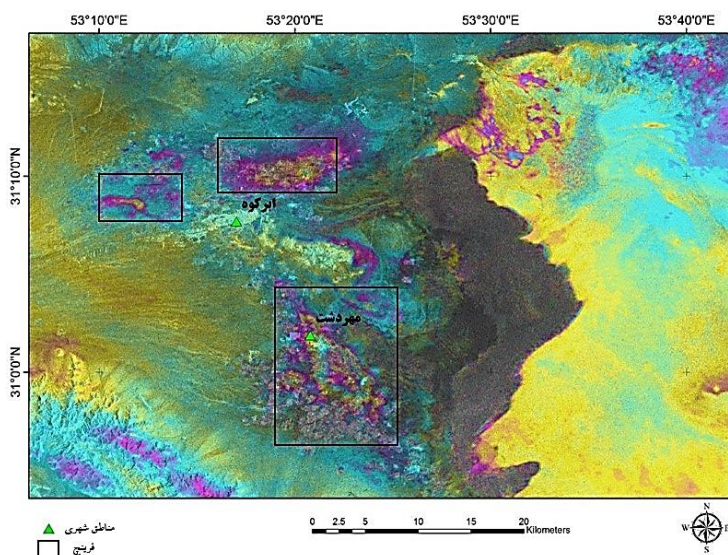
شکل ۵. تراز آب‌های زیرزمینی در دشت ابرکوه



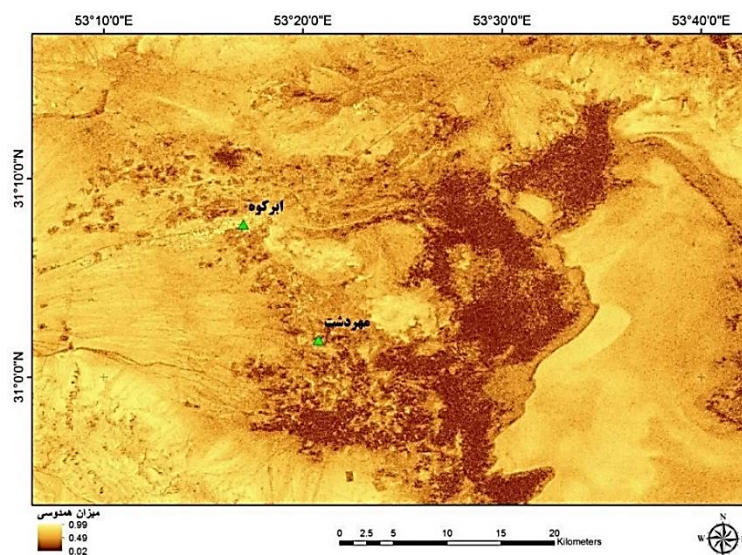
شکل ۶. نوسانات سطح آب‌های زیرزمینی در دشت ابرکوه



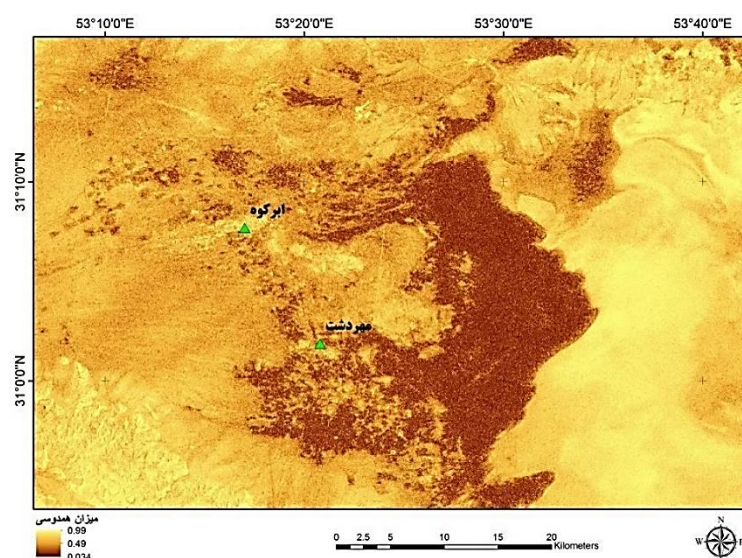
شکل ۷. تداخل‌نگار دشت ابرکوه برای بازه زمانی یک ساله ۱۳۹۴-۱۳۹۵



شکل ۸. تداخل‌نگار دشت ابرکوه برای بازه زمانی یک ساله ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۶



شکل ۹. مقدار همدوسی تصاویر سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵



شکل ۱۰. مقدار همدوسی تصاویر سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶

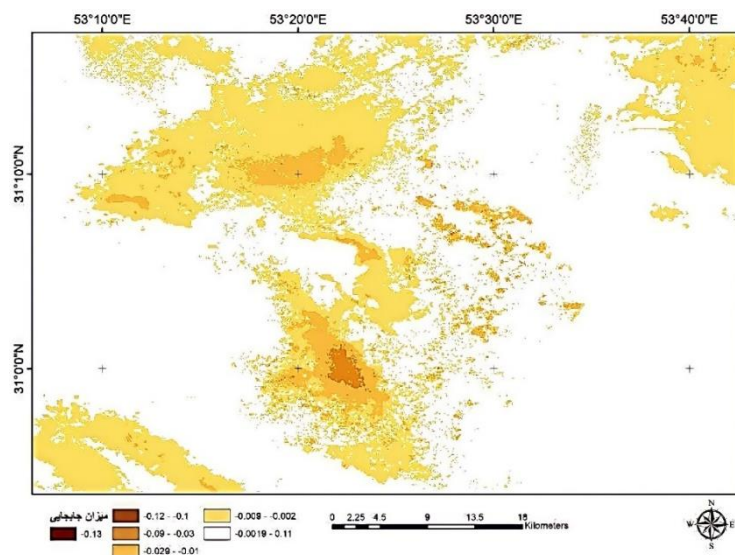
شد. نقشه جابه‌جایی دوره ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۶ در شکل ۱۲ آمده‌است.

براساس شکل (۱۲)، اطراف مهردشت، شمال و غرب ابرکوه، در این دوره نیز دارای فرونشست ملموسی بودند. در اطراف مهردشت مقدار فرونشست نسبت به دوره قبل افزایش یافت و به بیش از ۱۲ cm رسیده بود.

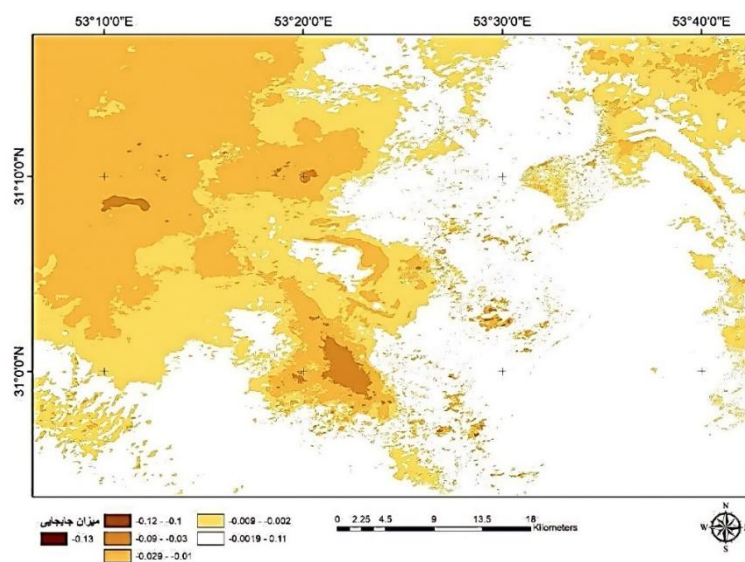
تغییر سطح آب زیرزمینی در طول پروفیل غربی-شرقی مشخص شده در شکل (۳) در شکل (۱۳) نشان داده شده است. با توجه به شکل (۱۳)، بیشترین میزان افت سطح آب‌های زیرزمینی بر روی محدوده مهردشت رخ داده است که این امر منطبق بر بیشترین افت سطح زمین می‌باشد.

مقادیر جابه‌جایی استخراجی از سنجنده Sentinel 1 پس از انجام روش تداخل‌سنجی بر روی تصاویر Sentinel 1 و ایجاد تداخل‌نگار و پردازش نهایی در نرم‌افزار SARscape 4.4 تصاویر تبدیل به مقادیر جابه‌جایی در راستای قائم برحسب میلیمتر شدند. شکل ۱۱ نقشه‌های جابه‌جایی به‌دست‌آمده از تصاویر سنجنده Sentinel 1 در باند C برای دوره ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۵ را نشان می‌دهد.

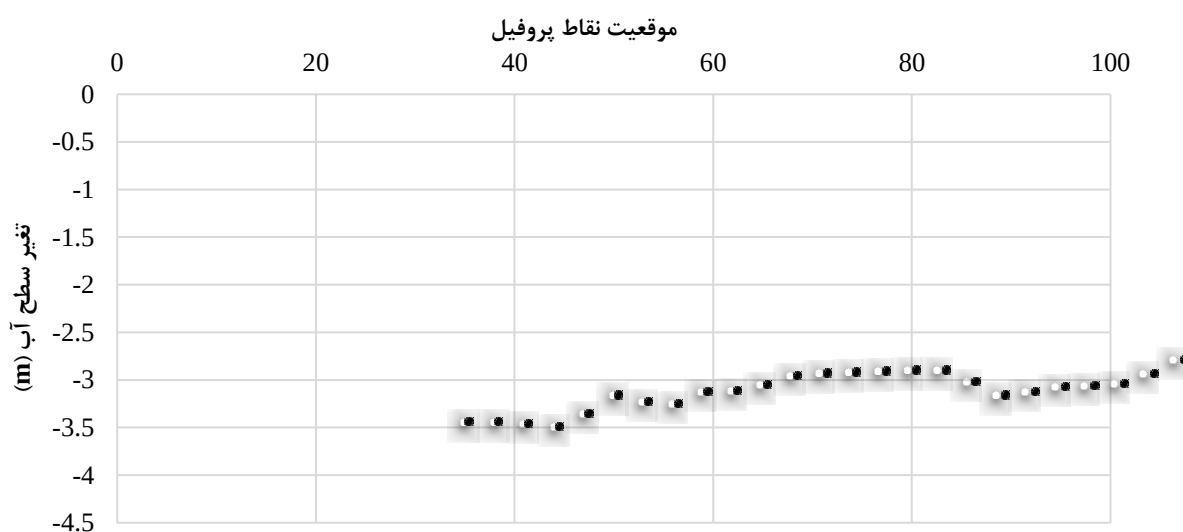
با توجه به شکل (۱۱)، بیشترین مقدار فرونشست با بیش از ۱۰ cm در اطراف محدوده مهردشت واقع شده بود. در شمال شهر ابرکوه نیز مقدار فرونشست بین ۳ cm تا ۱۰ cm بود که این مقدار در سمت غربی شهر نیز مشاهده



شکل ۱۱. میزان جابجایی (m) سطح زمین بین سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵



شکل ۱۲. میزان جابجایی (m) سطح زمین بین سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶



شکل ۱۳. تغییر سطح ایستابی آب در طول پروفیل منطقه

مدل سازی آماری

ابتدا با استفاده از داده های چاه های آب، نقشه تغییرات سطح آب زیرزمینی با استفاده از روش میان یابی ترسیم و سپس با استفاده از نرم افزار آماری SPSS، مدل رگرسیون خطی بین متغیرهای مقدار فرونشست زمین (به عنوان متغیر وابسته) و افت سطح آب زیرزمینی (متغیر مستقل) تعریف شد. نتایج همبستگی در جداول (۲ و ۳) آمده است.

ضریب همبستگی دو متغیر نوسان سطح آب زیرزمینی در منطقه و جابه جایی سطح زمین با توجه به جدول (۲) معادل $0.79/1$ به دست آمد. ضریب R^2 نیز بیش از 0.66 گزارش شد. همچنین با توجه به ضریب معناداری رابطه خطی از شرایط مطلوبی برخوردار بوده و مطابق اطلاعات مندرج در جدول (۳)، مانند رابطه (۲) تعریف گردید:

$$LS = 0.008 + (-0.0002 \times \Delta D) \quad (2)$$

که در آن:

LS: مقدار فرونشست زمین

ΔD : میزان افت سطح آب زیرزمینی

■ نتیجه گیری

پژوهش حاضر به منظور بررسی نرخ فرونشست و ارتباط آن با برداشت آب های زیرزمینی در منطقه ابرکوه استان

یزد، انجام شد. با توجه به پتانسیل مناسب تصاویر سنجنده Sentinel 1 از این داده ها برای بررسی فرونشست استفاده شد. یافته های حاصل از به کارگیری این روش نشان داد که تغییر سطح چاه های پیزومتری یا در واقع برداشت آب زیرزمینی ارتباط تنگاتنگی با فرونشست زمین دارد. با مقایسه مقدار فرونشست با ارقام تغییر تراز آبی مستخرج از چاه های پیزومتریک مشخص شد، در قسمت های بحرانی این دشت هر $1m$ افت تراز آبی قادر است فرونشستی به مقدار $2cm$ ایجاد کند. براساس معادله رگرسیونی مستخرج از این تحقیق، فرونشست یک رابطه مستقیم و خطی با مقدار برداشت آب زیرزمینی توسط عوامل انسانی مانند عامل کشاورزی و غیره دارد. مهم ترین علت فرونشست منطقه ای سطح زمین در این منطقه، استخراج بی رویه منابع آب زیرزمینی است. به دلیل قرارگرفتن منطقه در اقلیم خشک، اتکا بر آبخوان های زیرزمینی، توسعه بی رویه فعالیت های کشاورزی، سیستم نامناسب آبیاری غرقابی و تشکیلات رسوبی آبخوان، استخراج بی رویه منابع آب زیرزمینی و به تبع آن فرونشست زمین رخ داده است. با کاهش سطح ایستابی آب و به تبع آن، کاهش مقدار فشار منفذی در اثر نیروی وزن لایه های بالایی، کاهش ضخامت در لایه های آبدار اتفاق افتاده و خلل و فرج موجود در آنها، آرایش و چیدمان جدیدی یافته و نتیجه آن، فرونشست در منطقه بوده است.

جدول ۲. خلاصه آماری مدل رگرسیونی نوسانات سطح آب زیرزمینی و جابجایی سطح زمین

مدل	ضریب همبستگی	ضریب تعیین	ضریب تعیین تعدیل شده	خطای برآورد
۱	۰/۷۹۱	۰/۶۲۵	۰/۶۲۱	۰/۰۰۱

جدول ۳. جدول ضرایب مدل رگرسیونی نوسانات سطح آب زیرزمینی و جابجایی سطح زمین

مدل	ضرایب غیراستاندارد		ضرایب استاندارد شده		t	سطح معنی داری
	ضریب Beta	خطا	Beta			
۱	۰/۰۰۸	۰/۰۰			۵۴/۲۲۴	۰/۰۰
	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰	-۰/۷۹۱		-۱۲/۰۳۹	۰/۰۰

براساس نتایج حاصل از این پژوهش و با توجه به توسعه منطقه و افزایش روند بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی، می‌توان پیش‌بینی کرد که نشست زمین نیز متناسب با بهره‌برداری از منابع آبی، به صورت تصاعدی در حال افزایش است که این بزرگترین خطر برای زیر ساخت‌های انسانی و طبیعی منطقه می‌باشد. ارتباط مستقیم بین برداشت منابع آب زیرزمینی و فرونشست زمین در پژوهش‌های انجام شده در برخی دشت‌های ممنوعه کشور نیز گزارش شده است که با نتایج تحقیق حاضر همراستاست (۱، ۳، ۴، ۷، ۱۴، ۲۳، ۲۴، ۲۵ و ۲۹).

در هر صورت دشت ابرکوه به علت برداشت بی‌رویه از سفره‌های زیرزمینی و نیز فرونشست آن نیازمند مدیریت قوی و برنامه‌ریزی جامع منابع آب می‌باشد و این امر به‌خصوص برای ارگان‌ها و سازمان‌هایی که به طور مستقیم در تخصیص منابع آبی تاثیر گذارند، قابل بهره‌برداری است.

برای جلوگیری از توسعه فرونشست موارد زیر باید در نظر گرفته شود:

- حفاظت از سفره آب زیرزمینی منطقه و کاهش برداشت از منابع آب زیرزمینی به ویژه برای مناطق حساس.
- از آنجایی که بیشترین فرونشست مربوط به مناطق کشاورزی متمرکز در مهردشت و ابرکوه می‌باشد و با توجه به کشت محصولات پراخ‌خواه در منطقه، تهیه الگوی کشت بهینه و مناسب با اقلیم خشک و به کارگیری روش‌های نوین آبیاری توصیه می‌شود.
- آموزش به کشاورزان منطقه و بهبود راندمان آبیاری و اصلاح مسیرهای انتقال آب.
- مدیریت مناسب و کنترل برداشت از آبخوان با نصب کنتورهای هوشمند و تخصیص سهمیه به بهره‌برداران.
- تقویت آبخوان از طریق تغذیه مصنوعی به ویژه در حاشیه کویر.

■ References

1. Akbari, M. (2021). Monitoring land subsidence due to geological and water resources factors using Differential Radar Interferometry method (Case Study: Arak city). *Soil and Water Resources Protection*, 10(3), 115-131. (in Farsi)
2. Amighpey, M., Arabi, S. & Talebi, A. (2010) Studying Yazd subsidence using InSAR and precise leveling. *Geosciences* 20(77), 157-164. (in Farsi)
3. Angorani, S., Memarian, H., Shariat Panahi, M. & Bolourchi, M.J. (2015). Dynamic modelling of land subsidence in Tehran plain. *Geosciences*, 25(97), 211-220. (in Farsi)
4. Babaee, S., Mousavi, Z., Mousavi Z., Hojati Malekshah, A., Roostaei, M. & Aflaki, M. (2020) Land subsidence from interferometric SAR and groundwater patterns in the Qazvin plain, Iran. *Remote Sensing*, 41(12), 4780-4798.
5. Chatterjee, R.S., Shailaja Thapa, K.B., Singh, G., Varunakumar, E. & Raju, V.R. (2015). Detecting, mapping and monitoring of land subsidence in Jharia Coalfield, Jharkhand, India by spaceborne differential interferometric SAR, GPS and precision levelling techniques. *Earth System Science*, 124(6), 1359-1376.
6. Chen, B., Gong, H., Chen, Y., Li, X., Zhou, C., Lei, K., Zhu, L., Duan, L. & Zhao, X. (2020). Land subsidence and its relation with groundwater aquifers in Beijing Plain of China. *Science of the Total Environment*, 139111.
7. Dehghan-Soraki, Y., Saha, S. K. & Kumari, M. (2013). A modified polarimetric decomposition for applicability in complex agricultural environment, *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-1/W3, 133-137.
8. Dong, J., Zhang, L., Liao, M. & Gong, J. (2019). Improved correction of seasonal tropospheric delay in InSAR observations for landslide deformation monitoring. *Remote Sensing of Environment*, 233, 111370.

9. El Kamali, M., Papoutsis, I., Loupasakis, C., Abuelgasim, A., Omari, K. & Kontoes, C. (2021). Monitoring of land surface subsidence using persistent scatterer interferometry techniques and ground truth data in arid and semi-arid regions, the case of Remah, UAE. *Science of the Total Environment*, 776, 145946.
10. Fatholahi, N., Akhoonzadeh Henzayea, M. & Bahroudi, A. (2017). Investigation of land subsidence due to oil extraction Using radar interferometry method. *Geographical Data (SEPEHR)*.27(105), 23-34. (in Farsi)
11. Hajeb, Z., Mousavi, Z., Masoumi, Z. & Rezaei, A. (2020). Investigation of Qom plain ssubsidence using synthetic aperture radar interferometry and aquifer hydrogeological characterization. *Geosciences*, 29(114), 251-258. (in Farsi)
12. Holdahl, S. R., Zilkoski, D. B., & Holzschuh, J. C. (1991). *Subsidence at Houston, Texas, 1973-1987*. In The 4th International Symposium on Land Subsidence, Houston, TX, USA, 05/12-17/91, pp. 3-14.
13. Hu, R. L., Yue, Z. Q., Wang, L. C. & Wang, S. J. (2004). Review on current status and challenging issues of subsidence in China. *Engineering Geology*, 76(1), 65-77.
14. Janbaz Fotamy, M., Kholgi, M., Abdeh Kolahchi, A. & Roostaei M. (2020). Assessment of land subsidence due to groundwater exploitation by using differential radar interferometry technique, case study: Qazvin province. *Iran-Water Resources Research*, 16(3), 133-147. (in Farsi)
15. Negahban, S., Ganjaeian, H., Saeedi, Sh. & Ghasemi, A. (2020). Study of vertical displacement caused by 2019 Turkmanchay earthquake based on InSAR method. *Earth and Space Physics*, 46(3), 445-456. (in Farsi)
16. Papoutsis, I., Kontoes, C., Paradissis, D. (2017). Multi-stack persistent Scatterer interferometry analysis in wider Athens, Greece. *Remote Sensing*, 9(3), 276.
17. Papoutsis, I., Papanikolaou, X., Floyd, M., Ji, K.H., Kontoes, C., Paradissis, D. & Zacharis, V. (2013). Mapping inflation at Santorini volcano, Greece, using GPS and InSAR. *Geophysical Research Letters*, 40(2), 267-272.
18. Pepe, S., De Siena, L., Barone, A., Castaldo, R., D'Auria, L., Manzo, M., Casu, F., Fedi, M., Lanari, R., Bianco, F. & Tizzani, P. (2019). Volcanic structures investigation through SAR and seismic interferometric methods: the 2011-2013 Campi Flegrei unrest episode. *Remote Sensing of the Environment*, 234, 111440.
19. Pourfallah, S., (2017). *An investigation on the best management approaches in order to groundwater balancing in Abarkooh plain using SWOT and MODFLOW models*. M.Sc. Thesis. Yazd University. (in Farsi)
20. Rezai, A. (2005). Concepts of probability and statistics. Mashhad Publishing Co. ISBN: 964-6157-12-2. (in Farsi)
21. Roozaban, A., Smaeeli, A. & Moatagh, M. (2017). *Investigation of ground subsidence using DInSAR radar differential interferometry method with Using SENTINEL images*. The 2nd National Conference on Geospatial Information Technology (NCGIT), Tehran, Iran. (in Farsi)
22. Ruiz-Constán, A., Ruiz-Armenteros, A.M., Martos-Rosillo, S., Galindo-Zaldívar, J., Lazecky, M., García, M., Sousa, J.J., de Galdeano, C.S., Delgado-Blasco, J.M., Jiménez-Gavilán, P. & Caro-Cuenca, M. (2018). SAR interferometry monitoring of subsidence in a detritic basin related to water depletion in the underlying confined carbonate aquifer (Torremolinos, southern Spain). *Science of the Total Environment*, 636, 670-687.

23. Sharifikia, M. (2012). Land subsidence rate and area assessment in Nogh-Bahraman plain based on D-Insar technique. *Spatial Planning (Modares Human Sciences)*, 16(3), 55-77. (in Farsi)
24. Shemshaki, A., Mohammadi, Y. & Bolorch M.J. (2008) Identification of confined aquifer zone and its role on land subsidence formation in Hashtgerd plain. *Geoscience*, 20(79), 137-142 (in Farsi).
25. Shirani, K., Pasandi, M. & Ebrahimi, B. (2021). Assessment of land subsidence in the Najafabad plain using the differential synthetic aperture radar interferometry (DInSAR) technique. *Water and Soil Science*, 25(1), 105-127. (in Farsi)
26. Svigkas, N., Papoutsis, I., Loupasakis, C., Tsangaratos, P., Kiratzi, A. & Kontoes, C. (2016). Land subsidence rebound detected via multi-temporal InSAR and ground truth data in Kalochori and Sindos regions, Northern Greece. *Engineering geology*, 209, 175–186.
27. Tong, X. & Schmidt, D. (2016). Active movement of the Cascade landslide complex in Washington from a coherence-based InSAR time series method. *Remote Sensing of the Environment*, 186, 405–415.
28. USGS (United States Geological Survey). (2011). *Research and review information located*, Assess on September: water.usgs.gov/ogw/pubs/fs00165.
29. Zare Mehrjerdi, A.A. (2011). Investigation of ground subsidence reasons and fractures in rostagh area, south of Meybod. *Geography and Environmental Planning*, 22(3), 155-166. (in Farsi)
30. Zare Shahabadi, A.R., Zare Shahabadi, A., Samimi, S. & Khorasani, M.A. (2010). Strategic planning for the development of the agricultural sector in Abarkooh city. *Applied Researches in Geographical Sciences*, 18, 29-49. (in Farsi)

The effect of moisture absorption plates on the growth of *Haloxylon ammodendron* (C. A. Mey.) Bunge ex Fenzl species in saline playa (Case study: Fesaran, Isfahan)

M. Borhani^{1*}, Sh. Hajehforosh nia²

1. Assistant professor, Research Division of Natural Resources, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (AREEO), Isfahan, Iran.
2. Assistant professor Research institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

* Corresponding Author: m.borhani@areeo.ac.ir

Received date: 17/12/2021

Accepted date: 24/02/2022



[10.22034/JDMAL.2022.544884.1360](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2022.544884.1360)

Abstract

It is possible to maintain a stable balance and restore desert ecosystems by growing salinity-tolerant species. In this study, Plantebac moisture absorption plates in establishment and growth *Haloxylon ammodendron* (C.A. Mey.) Bunge ex Fenzl were used in the Segzi Salt Plain, in Isfahan province from 2018 to 2021. Soil analysis was also conducted before and after the use of plantbac plates. The desired treatments were the irrigation cycle treatment which was considered at two levels of two and four weeks, plant-bac and control treatment. Results showed that the *Haloxylon ammodendron* seedlings gradually decreased in height, canopy cover and viability. This decline in growth, size and number of seedlings over the past year compared to the previous years was significant at the level of 1% probability for height and canopy level, and 5% for survival. This is due to unfavourable soil and water conditions in the area in terms of texture and salinity. The Plantbac plates block the transport of these soil salts to the surface, while irrigation causes the accumulation of salts into the environment around the roots, and thus reduces the growth of *Haloxylon ammodendron*. The presence of plant-like plates in the soil under the seedlings stopped the capillary flow and as a result, the accumulation of soluble salts in the root zone of the plant, which leads to moisture stress in the plant.

Keywords: soil conditioners; Soil salinity; Desert; Plantbac





تأثیر صفحه‌های جاذب الرطوبه بر رشد گونه سیاه تاغ (*Haloxylon ammodendron* (C.A.Mey.) Bunge ex Fenzl در پلایاهای شور (مطالعه موردی، فساران اصفهان)

مسعود برهانی^{۱*}، شیلا حجه فروش^۲

۱. استادیار، مرتعداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران.

۲. استادیار، ژئومورفولوژی، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
* نویسنده مسئول: m.borhani@areeo.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۰۵

doi [10.22034/JDMAL.2022.544884.1360](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2022.544884.1360)

چکیده

حفظ تعادل پایدار و احیای زیست بوم‌های بیابانی، از طریق کشت گونه‌های مقاوم به شوری امکان‌پذیر است. در شرایط بحران آب در مناطق خشک، استفاده از صفحه‌های جاذب الرطوبه می‌تواند اثر قابل توجهی در رشد گونه گیاهی ایجاد کند. در پژوهش حاضر از صفحه‌های جاذب الرطوبه پلانت‌بک در استقرار و رشد نهال‌های سیاه تاغ (*Haloxylon ammodendron* (C.A.Mey.) Bunge ex Fenzl) در پلایای شور سگزی استان اصفهان از سال ۱۳۹۷ به مدت سه سال استفاده شد. آزمایش‌های خاک قبل و بعد از استفاده از صفحه‌های پلانت‌بک نیز انجام شد. تیمارهای مورد نظر عبارتند از: دور آبیاری (دو سطح ۲ و ۴ هفته یکبار)، پلانت‌بک و شاهد. نتایج نشان داد ارتفاع، سطح تاج پوشش و زنده‌مانی نهال‌های سیاه تاغ به تدریج کاهش یافت این کاهش در رشد، ابعاد و تعداد نهال‌ها، در سال آخر نسبت به سال‌های قبل در سطح احتمال ۱ درصد برای ارتفاع و سطح تاج پوشش، و ۵ درصد برای زنده‌مانی معنی دار بود. این امر ناشی از وضعیت نامساعد خاک و آب منطقه از نظر بافت و شوری است. صفحه‌های پلانت‌بک با ایجاد مانع در مسیر انتقال این املاح خاک به سطح، به هنگام آبیاری موجب تجمع املاح در محیط پیرامون ریشه و در نتیجه کاهش رشد گیاه سیاه تاغ شد. وجود صفحه‌های پلانت‌بک در خاک زیر نهال موجب توقف جریان موئینگی و در نتیجه تجمع نمک‌های محلول در منطقه ریشه گیاه شد که تنش رطوبتی در گیاه را به دنبال دارد.

واژگان کلیدی: اصلاح کننده خاک؛ شوری خاک؛ بیابان؛ پلانت‌بک



■ مقدمه

یکی از راه‌های جلوگیری از فرسایش در نواحی بیابانی از طریق روش‌های تثبیت زیستی (بیولوژیک) مانند کاربرد گونه‌های گیاهی سازگار است. در این مسیر محدودیت منابع آب، چالشی است که همواره موجب شکست و کاهش اثربخشی این پروژه‌ها شده است. این امر ضرورت به‌کارگیری روش‌های کاهش مصرف آب و افزایش راندمان آبیاری را ایجاب می‌کند. یکی از راهکارهای اساسی برای نیل به این هدف، افزایش ظرفیت نگهداری آب قابل استفاده گیاه در خاک است (۲۰، ۲۹).

اختلاط برخی مواد افزودنی مانند بقایای گیاهی، کود دامی، کمپوست و مواد پلیمری سوپر جاذب می‌توانند مقادیر متفاوتی آب را در خود ذخیره کند و قابلیت نگهداری آب خاک را افزایش دهد. ترکیب این مواد با خاک، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و به تعبیری پارامترهای طراحی و مدیریتی آبیاری را متأثر نموده و امکان افزایش بهره‌وری مصرف آب را فراهم می‌کند (۸).

وجود محدودیت‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در موفقیت استفاده از مواد نگهدارنده رطوبت خاک تأثیر به‌سزایی دارد. از مهمترین عوامل محدود کننده ریشه و گسترش پوشش گیاهی مناطق خشک زیاد بودن املاح موجود در خاک است که روی گونه‌های مختلف تأثیر متفاوتی بر جای می‌گذارد (۱۸، ۳). منابع آب زیرزمینی کم عمق که اغلب شور و ماندابی می‌باشند در بسیاری از مناطق خشک و نیمه خشک جهان وجود دارند (۱۱). در این مناطق این آب در تأمین رطوبت مورد نیاز گیاهان به ویژه درختان دارای ریشه‌های عمیق مشارکت چشمگیری دارند. اراضی دارای خاک‌های با درجات مختلف شوری دارای مساحتی بالغ بر $10^5 \times 556$ ha که بیشتر در فلات مرکزی، دشت‌های ساحلی جنوب و دشت خوزستان قراردارند (۲۳)، عوامل مختلفی از جمله زمین شناختی، توپوگرافی، اقلیمی، هیدرولوژیک و مدیریتی در نقاط مختلف کشور وجوددارند که منجر به بروز و تشدید پدیده شوری خاک شده‌اند (۲، ۲۷). در اقلیم‌های گرم و خشک مانند بخش وسیعی از ایران، عواملی نظیر تبخیر زیاد از آب زیرزمینی کم عمق، کمبود بارندگی، دمای زیاد و رطوبت کم می‌توانند

بر بیابان نمک در خاک تأثیر گذاشته و منجر به تشدید شوری زایی گردند (۸، ۲۹). یکی از دلایل بالا بودن سطح ایستابی، در این مناطق، آبیاری بیش از حد است (۳۵) و سرعت تبخیر نیز تابعی از عمق سطح ایستابی و پتانسیل تبخیر منطقه است (۲۸، ۱۶). تبخیر از سطح خاک لخت نه تنها سبب اتلاف آب می‌شود بلکه موجب شور شدن خاک نیز می‌گردد (۱۳، ۱۵، ۲۷). در چنین مناطقی صعود کاپیلاری یکی از مهمترین عواملی است که موجب انباشت نمک در افق‌های مختلف و سطح خاک شده و شرایط را برای استقرار گیاهان نامساعدتر می‌کند (۲، ۱۰).

تبخیر از سطح خاک لخت باعث انتقال املاح به سمت بالا و افزایش شوری در پروفیل خاک می‌شود، در حالیکه میزان تبخیر با خشک شدن سطح خاک کاهش می‌یابد و هنگامی که تقاضای تبخیر اتمسفر بیشتر از توانایی خاک برای ایجاد جریان موئینگی می‌شود، خشک شدن سطح خاک و پایین رفتن جبهه رطوبتی آغاز می‌شود، بنابراین وجود سطح ایستابی کم عمق تأثیر زیادی بر میزان تبخیر از سطح ایفا می‌کند (۱۳، ۱۷). پژوهش‌ها نشان دادند (۲۹) که شوری پروفیل خاک تا حد زیادی وابسته به شوری آب زیرزمینی است و این وابستگی با افزایش عمق آب زیرزمینی افزایش می‌یابد.

تأثیر شوری آب زیر زمینی بر تجمع املاح در سطح خاک لومی رسی سیلتی را در گرگان مورد بررسی قرار گرفت (۳۵) و به نتیجه نشان داد که هر چه غلظت املاح آب زیرزمینی بیشتر باشد، شوری بیشتری به سطح خاک منتقل می‌شود. عوامل ذکر شده بر اثربخشی پروژه‌های بیابان‌زدایی با استفاده از گونه‌های درختی مناطق بیابانی تأثیرگذار است. بررسی رابطه بین رشد گیاه زرد تاغ *Haloxydon persicum* Bunge ex Boiss. & Buhse با ویژگی‌های خاک نشان داد که عوامل خاک نظیر بافت، عمق، درصد سنگریزه، شوری و اسیدیته بیشترین تأثیر را بر صفت‌های رویشی زرد تاغ دارد (۳۱).

از جمله گیاهان مورد استفاده در بیابان‌زدایی، گونه‌های مختلف جنس تاغ *Haloxydon* است که به‌دلیل برخورداری از شرایط مناسب ساختاری و ساختار ریشه‌ای مناسب، قادر به استفاده از منابع آب زیرزمینی است. گیاه سیاه‌تاغ درختی

بخش‌هایی از این مناطق رشد آن را با محدودیت مواجه ساخته است.

تحقیقات بر روی گیاه قره‌داغ *Nitraria schoberi* L. نشان داد که استفاده از صفحه‌های آبدوست پلانت‌بک *Plantbacter* به‌ترتیب منجر به افزایش معنی‌دار در عملکرد ماده خشک اندام هوایی و کارایی مصرف آب در مقایسه با گیاهان شاهد شد. همچنین درصد کلونیزاسیون ریشه با قارچ‌های میکوریز آربسکولار *Arbuscular mycorrhizal* Fungi در گیاه قره‌داغ در تیمار پلانت‌بک بیش از تیمار پلیمر و شن گزارش شد. مطالعات روی قره‌داغ در سمنان نشان داد که استفاده از صفحه‌های پلانت‌بک در مقایسه با سایر مواد آبدوست مانند هیدروژل زیستی، کاه و کلش جو در خاک علاوه بر افزایش معنی‌دار در ذخیره‌سازی آب، سبب کاهش نسبت جذب سدیم و کاهش اسیدیته خاک گردید (۵). هدف از پژوهش حاضر بررسی اثر صفحه‌های جاذب الرطوبه پلانت‌بک در افزایش رشد نهال‌های سیاه‌تاغ در منطقه فساان اصفهان بود.

■ مواد و روش

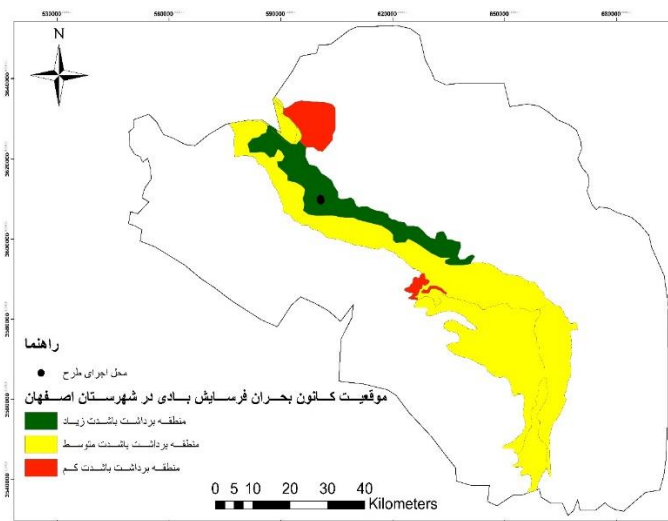
منطقه مورد مطالعه

منطقه طرح در محدوده پروژه بیابان‌زدایی منطقه فساان دشت سگری، به وسعت ۲۰۰ ha واقع می‌باشد. دشت سگری در ۳۰ km کلان شهر اصفهان واقع می‌باشد. حداکثر ارتفاع منطقه ۱۶۴۰ m و حداقل آن ۱۵۱۰ m از سطح دریا و شیب منطقه بین صفر تا ۲٪ می‌باشد (شکل ۱).

کوچک مقاوم به خشکی با تحمل شوری بالا است که به منطقه فلوریستیک ایران و توران تعلق دارد و در دسته گیاهان زروهاوفیت *Xeohaophyte* با فرم حیاتی غالب فانروفیت *Phaneophyte* قرار دارد (۲). این گیاه با مناطق بیابانی، استپی شنی و شوره‌زارها سازگار است (۱۷)، این گونه از گونه‌های بسیار با ارزش در تثبیت ماسه‌های روان و ایجاد فضای سبز با زیست توده نسبتاً زیاد در خاکهای فقیر به حساب می‌آید (۱۰، ۱۹).

کشت این گیاه به صورت غیراندمیک در یک منطقه خاص می‌تواند موجب ایجاد تغییراتی در وضعیت خاک و فلور منطقه شود (۲۰، ۴). سیاه‌تاغ *Haloxylon ammodendron* از طریق جذب Na و Cl از خاک و تجمع آن در بافتهای برگ، فشار اسمزی سلولهای خود را بالا می‌برد و بدین طریق قادر است در خاکهای شور، آب مورد نیاز خود را تأمین کند (۳۰). آگاهی از نسبت سدیم به پتاسیم و میزان تجمع نمک در این گونه معیار مناسبی برای انتخاب این گیاه در امر جنگلکاری و مدیریت صحیح و منطقی براساس اصول اکولوژیک است. محاسبه مقدار تولید به ازای مصرف هر واحد آب نشان داد که هر اصله درخت بالغ سیاه‌تاغ برای رشد مطلوب، به طور میانگین سالانه نیاز به $4/2 m^3$ آب نیاز دارد (۲۴).

جنگل کاری با گونه سیاه‌تاغ به منظور بیابان‌زدایی در شرق اصفهان از سال ۱۳۶۱ و در سطح ۸۰۰۰ ha انجام گرفته است. لیکن وجود محدودیت‌های شیمیایی خاک در



شکل ۱. موقعیت کانون‌های بحران شهرستان اصفهان و موقعیت منطقه فساان در کانون برداشت

قابلیت ذخیره آب به میزان 10 Li/m^3 را دارا می‌باشد، علاوه بر این امکان توسعه آسان ریشه، ایجاد بستری مناسب برای رشد، مقاومت در برابر اشعه ماورابنفش، تسریع کننده تشکیل توده هوموس، تنظیم کننده pH خاک از دیگر مزیت‌های به کارگیری این صفحه‌های می‌باشد در بیابان زدایی استقرار صفحه‌های در محدوده ریشه گیاه مانع از فرسایش خاک می‌گردد (۱) (شکل ۲).

به منظور پیاده سازی طرح، ابتدا چاله‌هایی در ابعاد $30 \times 60 \times 80 \text{ cm}$ حفر و سپس صفحه‌های پلانت‌بک در عمق مورد نظر جاسازی و سپس اقدام به کاشت نهال‌ها شد (شکل ۲). آبیاری نهال‌ها به مدت دو سال که در سال اول از خرداد و در سال دوم از ابتدای فروردین تا پایان مهر ماه انجام گردید. تیمارهای آبیاری شامل دو سطح دو هفته یکبار و چهار هفته یکبار بوده است. تیمار آبیاری دو هفته یکبار بر اساس دستورالعمل اداره کل منابع طبیعی اصفهان انجام و تیمار چهار هفته یکبار نیز معادل ۵۰ درصد آبیاری مطلوب انتخاب گردید. در هر نوبت آبیاری به میزان 30 Li آب توسط لوله در تشتک پای گیاه ریخته می‌شد (شکل ۲). در کل ۲۴۰ اصله نهال در ۱۲ کرت کاشته شد. هر کرت شامل یک ردیف نهال کاری ۲۰۰ متری شامل ۲۰ نهال به فاصله ۱۰ متر بود. کشت در خرداد ماه سال ۱۳۹۷ انجام شد و در دی ماه سال ۱۳۹۹ با قطع سرشاخه‌ها آزمایش خاتمه یافت.

طرح آزمایشی پروژه از لحاظ آماری فاکتوریل (۳۱) در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود. ویژگی‌های رویشی نهال شامل زنده‌مانی، ارتفاع و سطح تاج پوشش، در انتهای هر فصل رویش در طول ۳ سال اندازه گیری شد.

بر اساس آمار ۳۰ ساله ایستگاه هم‌دید (سینوپتیک) شرق اصفهان میانگین بارندگی سالانه منطقه $108/8 \text{ mm}$ می‌باشد. متوسط درجه حرارت سالانه منطقه $15/15^\circ\text{C}$ است. متوسط رطوبت نسبی سالانه حدود $39/76\%$ است و مقادیر حداقل و حداکثر رطوبت نسبی سالانه به ترتیب برابر $23/33\%$ و $61/76\%$ می‌باشد. مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل سالانه منطقه $1666/9 \text{ mm}$ است. سرعت باد غالب در منطقه در طول سال بین $0/5 \text{ m/s}$ تا 6 متغیر و بطور میانگین $2/3 \text{ m/s}$ است. بطور میانگین در منطقه ۵۹ روز از سال همراه با گرد و غبار است. اقلیم منطقه به روش آمبرژه، خشک سرد و به روش گوسن نیمه بیابانی شدید است. از نظر پوشش گیاهی، این منطقه به سه قسمت عمده شامل اراضی کشاورزی، مناطق تاغ کاری شده و تیپ‌های مرتعی تقسیم گردیده است. برای شناخت وضعیت خاک منطقه مورد مطالعه، نمونه‌برداری از دو عمق مختلف ۰-۱۵ و ۱۵-۱۴۰ سانتی‌متری انجام گرفت و برای انجام آنالیز فیزیکوشیمیایی به آزمایشگاه خاک موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع انتقال داده شد (جدول ۱).

روش پژوهش

پژوهش حاضر بین سال‌های ۱۳۹۷-۱۳۹۹ انجام شد. صفحه‌های پلانت‌بک که از طرف شرکت آلمانی پلانت بکتر^۱ برای اجرای پایلوت در اختیار این طرح قرار گرفت، نوعی ماده آبدوست زیستی (بیولوژیک) متشکل از الیاف چوب، نشاسته و رس می‌باشد. این مخلوط خمیری پس از گذر از ماشین خشک‌کن بصورت صفحه از دستگاه خارج می‌شوند. این صفحه‌های در ابعادی به اندازه $80 \times 60 \text{ cm}$ ، به ضخامت 2 cm و با وزن $1/8 \text{ kg}$ عرضه می‌گردند و

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک منطقه اجرای طرح

افق خاک	عمق cm	Na+ meq/l	EC (dS/m)	pH	CaSO ₄ %	SAR	Sand%	silt%	Clay%	Texture
A	۱۵-۰	۲۱۸۹/۶	۹۹/۲	۸/۲	۳۴/۹	۳۶۳/۳	۵۴/۲	۳۱/۸	۱۴	سیلت-لومی
BKYZ	۱۴۰-۱۵	۲۵۹۶/۷	۱۶۳/۱	۸/۱	۳۷۷۶/۲	۳۷/۵	۵۸/۴	۱۴/۳	۲۷/۳	سیلت-لومی و شن



شکل ۲. نحوه کارگذاری صفحه‌های پلانت‌بک در چاله‌های حفر شده

لیکن در آبیاری چهار هفته یکبار این کاهش تنها در تیمار پلانت‌بک محسوس بود.

نتایج تجزیه واریانس صفتهای رویشی سیاه‌تاغ (جدول ۲)، نشان داد که اثر دور آبیاری بر ارتفاع در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود. همچنین کاربرد پلانت‌بک بر ارتفاع، سطح تاج پوشش و زیتوده در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد. اثرات متقابل دوگانه پلانت‌بک و دور آبیاری بر صفت زنده‌مانی، تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ از خود نشان داد. اثر سال بر ارتفاع، سطح تاج پوشش در سطح احتمال ۱٪ و زنده‌مانی در سطح احتمال ۵٪ و اثر متقابل سال و پلانت‌بک در سطح احتمال ۱٪ بر ارتفاع و سطح تاج پوشش معنی‌دار شد، در حالیکه اثر متقابل سال و دور آبیاری تنها بر سطح تاج پوشش در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار گردید. همچنین اثرات متقابل سه‌گانه تیمارها بر ارتفاع و درصد تاج پوشش در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شد. در مورد زی‌توده از آنجا که تنها در سال آخر اندازه‌گیری انجام گرفت، تأثیر سال و اثر متقابل آن نشان داده نشده است.

تغییرات دوره‌های آبیاری بر صفتهای ارتفاع، سطح تاج پوشش، زیتوده و زنده‌مانی سیاه‌تاغ اختلاف معنی‌داری نشان نداد. (جدول ۳).

نتایج نشان داد که استفاده از تیمار پلانت‌بک موجب کاهش معنی‌دار در صفتهای ارتفاع، سطح تاج‌پوشش و زیتوده سیاه‌تاغ در سطح احتمال ۱٪ شد (جدول ۴).

به علاوه، در سال سوم، تولید زیتوده اندام هوایی به روش قطع و توزین اندازه‌گیری شد. توزین سرشاخه‌های برداشت شده، با ترازوی دیجیتالی با دقت 10^{-3} gr انجام گرفت. به منظور اندازه‌گیری سطح تاج پوشش دو قطر عمود بر هم تاج گیاه اندازه‌گیری و سطح از طریق فرمول مساحت دایره محاسبه گردید. در ادامه از طریق محاسبه رابطه رگرسیونی بین سطح تاج پوشش و زیتوده اندام هوایی، زیتوده کل محاسبه گردید. تجزیه و تحلیل آماری این مطالعه به کمک نرم افزارهای آماری آنالیز SAS (۳۱) و مقایسه میانگین تیمارها از روش آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

■ نتایج و بحث

نتایج نشان داد ارتفاع نهال‌های گونه سیاه‌تاغ در طول سه سال آزمایش روند کاهشی داشت که این کاهش در سال پایانی بیشتر مشخص شد. همچنین تغییرات سطح تاج پوشش نهال‌ها در طول سه سال آزمایش نیز روند کاهشی داشت. در بین تیمارهای مورد مطالعه، سطح تاج پوشش نمونه‌های شاهد بیشتر از نمونه‌های دارای پلانت‌بک بود که این تفاوت در آبیاری دو هفته یکبار بیشتر مشاهده شد. تفاوت زیتوده نهال‌های با و بدون پلانت‌بک در دور آبیاری ۴ هفته یکبار بیشتر از دو هفته یکبار بود. در دور آبیاری دو هفته یکبار روند کاهشی در زنده‌مانی دیده شد،

جدول ۲. تجزیه واریانس تیمارهای آزمایش بر صفتهای اندازه گیری شده گیاه سیاه تاغ

میانگین مربعات			ارتفاع	Df	منابع تغییرات
زنده ماننی	زیتوده	سطح تاج			
۴۴/۴۴ ^{ns}	۱۲۱۶/۰۵ ^{**}	۱۱۴۷۰۴۱/۰۰ ^{**}	۶۴/۰۰ ^{**}	۱	تیمار پلانت بک
۲۲۵/۰۰ ^{ns}	۱۸/۲۵ ^{ns}	۱۲۵۴۴/۰۰۰ ^{ns}	۲۵/۰۰ [*]	۱	تیمار دور آبیاری
۱۷۳۶/۱۱ ^{**}	۳۲۰/۳۳ ^{ns}	۷۰۵۶/۰۰ ^{ns}	۱۱/۱۱ ^{ns}	۱	پلانت بک × دور آبیاری
۴۷۹/۸۶ [*]	–	۶۴۸۲۹۸/۵۸ ^{**}	۲۲۹/۱۹ ^{**}	۲	سال
۶۳/۱۹ ^{ns}	–	۷۴۲۲۷/۷۵ ^{**}	۸۸/۵۸ ^{**}	۲	پلانت بک × سال
۱۴/۵۸ ^{ns}	–	۲۴۹۴۴/۰۸ [*]	۱۲/۵۸ ^{ns}	۲	دور آبیاری × سال
۱۵۰/۶۹ ^{ns}	–	۲۰۷۱۵/۵۸ [*]	۱۹/۵۳ [*]	۲	پلانت بک × دور آبیاری × سال
۱۶۴/۵۸	۴۰/۳۱	۵۲۵۴/۵۰	۵/۳۰	۲۴	خطای آزمایش
۱۸/۹۳	۷/۳۵	۷/۴۹	۷/۶۱		ضریب تغییرات (CV)

* ** ns به ترتیب بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد، ۱ درصد و بدون اختلاف معنی دار می باشند

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر دور آبیاری بر صفتهای اندازه گیری شده سیاه تاغ تحت تأثیر پلانت بک

دور آبیاری	ارتفاع (cm)	سطح تاج (cm ²)	زیتوده (g)	زنده ماننی (%)
دو هفته	۳۱/۱۱ ^a	۹۸۶/۸۳ ^a	۸۷/۶۷ ^a	۶۵/۲۸ ^a
چهار هفته	۲۹/۴۴ ^a	۹۴۹/۵۰ ^a	۸۵/۲۰ ^a	۷۰/۲۷ ^a

حروف مختلف در هر ستون نشاندهنده اختلاف معنی دار بین میانگین ها در سطح اطمینان ۹۵٪ است.

جدول ۴. مقایسه میانگین تأثیر بکارگیری پلانت بک بر شاخص های اندازه گیری شده گونه سیاه تاغ

تیمار	ارتفاع (cm)	سطح تاج (cm ²)	زیتوده (g)	زنده ماننی (%)
شاهد	۳۱/۶۱ ^a	۱۱۴۶/۶۷ ^a	۹۶/۵۰ ^a	۶۸/۸۹ ^a
پلانت بک	۲۸/۹۴ ^b	۷۸۹/۶۸ ^b	۷۶/۳۷ ^b	۶۶/۶۷ ^a

حروف مختلف در هر ستون نشاندهنده اختلاف معنی دار بین میانگین ها در سطح اطمینان ۹۵٪ بر اساس آزمون دانکن است.

یافته که این کاهش در سال آخر چشم گیر بود (جدول ۵). ارتفاع میانگین نهال های کاشته شده با پلانت بک در هر دو تیمار آبیاری دو هفته یکبار و چهار هفته یکبار، کمتر از بدون پلانت بک بود، لیکن این اختلاف در هیچیک از تیمارها معنی دار نشد (شکل ۳).

مقایسه صفتهای رویشی سیاه تاغ در طول سه سال اجرای طرح نشان داد که از سال ۹۷ تا ۹۹ ارتفاع، سطح تاج پوشش در سطح ۱٪ و زنده ماننی نهال ها در سطح احتمال ۵٪ معنی دار می باشد، نتایج حاکی از آن است که خشکیدگی اندام ها و مرگ و میر نهال ها به تدریج کاهش

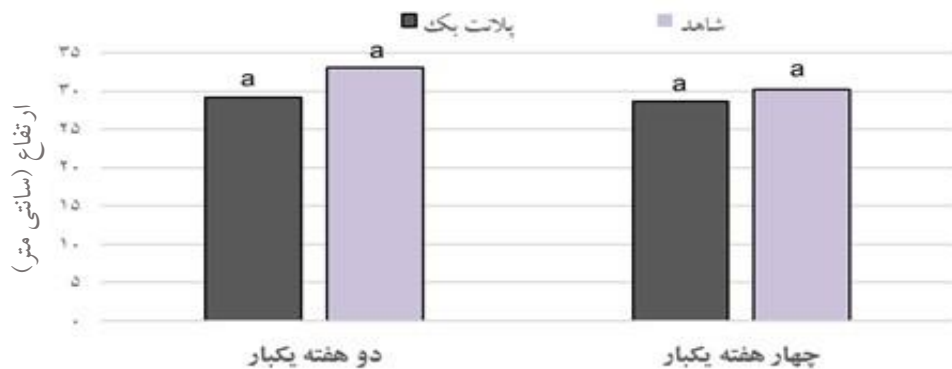
جدول ۵. مقایسه میانگین صفتهای رویشی گونه سیاه تاغ در طول سال های اجرای طرح

سال	ارتفاع (cm)	سطح تاج (cm ²)	زیتوده (g)	زنده ماننی (%)
۹۷	۳۳/۱۷ ^a	۱۱۱۸/۰۸ ^a	–	۷۴/۵۸ ^a
۹۸	۳۲/۴۲ ^a	۱۰۸۶/۰۰ ^a	–	۶۶/۶۷ ^{ab}
۹۹	۲۵/۲۵ ^b	۷۰۰/۴۲ ^b	۸۶/۴۳	۶۲/۰۸ ^b

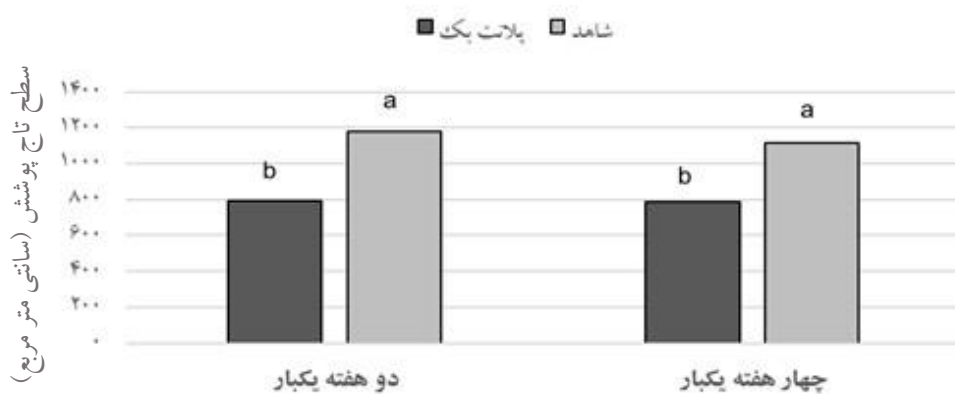
حروف مختلف در هر ستون نشاندهنده اختلاف معنی دار بین میانگین ها در سطح اطمینان ۹۵٪ است.

مقایسه تأثیر دوره‌های مختلف آبیاری بر زنده‌مانی گیاه سیاه تاغ نشان داد که در دور آبیاری دو هفته یکبار، زنده‌مانی تیمار پلانت‌بک بیشتر از شاهد بود، در حالیکه در دور آبیاری چهار هفته یکبار زنده‌مانی شاهد به طور معنی داری در سطح احتمال ۱٪ بیشتر بود (شکل ۵).

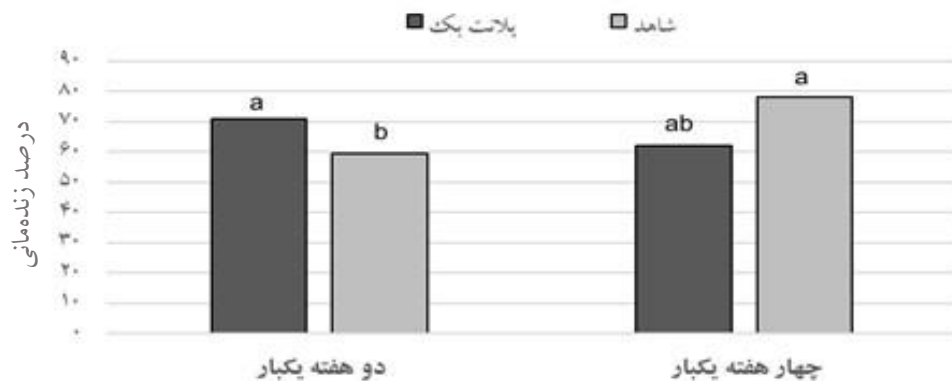
میانگین سطح تاج پوشش سیاه تاغ تحت تأثیر متقابل تیمارها قرار گرفت، به نحوی که در هر دو تیمار آبیاری، اختلاف بین شاهد و پلانت‌بک در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود (شکل ۴).



شکل ۳. مقایسه میانگین ارتفاع سیاه تاغ در دوره‌های مختلف آبیاری در تیمار پلانت‌بک و شاهد. حروف مشابه در ستون‌ها عدم تفاوت معنی‌دار و حروف غیر مشابه تفاوت معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵٪ را نشان می‌دهند.



شکل ۴. مقایسه میانگین سطح تاج پوشش گیاه سیاه تاغ در دوره‌های مختلف آبیاری در تیمار پلانت‌بک و شاهد. حروف مشابه در ستون‌ها عدم تفاوت معنی‌دار و حروف غیر مشابه تفاوت معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵٪ را نشان می‌دهند.



شکل ۵. مقایسه تأثیر دوره‌های مختلف آبیاری در تیمار پلانت‌بک بر میزان زنده‌مانی گونه سیاه تاغ. حروف مشابه در ستون‌ها عدم تفاوت معنی‌دار و حروف غیر مشابه تفاوت معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵٪ را نشان می‌دهند.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمار پلانت بک بر مقدار ارتفاع، سطح تاج پوشش و زیتوده گیاه سیاه تاغ تأثیر معنی داری در سطح احتمال ۱٪ داشت. همچنین ارتفاع نهال‌ها، تحت تأثیر دوره‌های آبیاری قرار گرفت. بر این اساس از سال ۹۷ تا ۹۹ ارتفاع، سطح تاج پوشش و زنده‌مانی نهال‌های سیاه تاغ به تدریج کاهش یافت که این کاهش در رشد، ابعاد و تعداد نهال‌ها، در سال آخر نسبت به سال‌های قبل در سطح احتمال ۱٪ برای ارتفاع و سطح تاج پوشش و ۵٪ برای زنده‌مانی معنی دار بود. پژوهش مشابهی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی در سمنان بر روی گیاه قره داغ نشان داد که استفاده از صفحه‌های پلانت‌بک به ترتیب منجر به افزایش معنی دار در عملکرد خشک اندام هوایی و کارایی مصرف آب در مقایسه با گیاهان شاهد شد (۵). این تفاوت در نتایج ناشی از تفاوت ویژگی‌های خاک هر دو منطقه مورد مطالعه است. شرایط فیزیکی منطقه فساران از جمله بافت و شوری زیاد خاک و آب زیرزمینی موجب کاهش ابعاد و افزایش درصد تلفات نهال‌ها در طول مدت اجرای طرح شد. کاهش اندازه نهال‌ها ناشی از تغییر فرم اندام‌های هوایی (۲۳) و ریزش برگ‌ها بود. در شرایط تنش، اعم از شوری و خشکی، برگ‌های سیاه تاغ کوتاه و تعداد گره‌ها در واحد طول افزایش یافت که منجر به کاهش زاویه انشعاب نسبت به تنه اصلی و در نتیجه کاهش ابعاد تاج شد (۲۴). نتایج پژوهش‌های قبلی نشان داد که رشد کم درختان سیاه تاغ در جنگل‌های دست کاشت ناشی از درجه سنگینی خاک و مقدار بارندگی سالانه است (۲۶). بررسی‌هایی در همین منطقه به تأثیر عوامل محیطی از جمله بافت و میزان املاح موجود در خاک بر رشد گونه سیاه تاغ اشاره دارد. در این مطالعه شوری و سنگین بودن

بافت خاک در منطقه رشد ریشه، از عوامل اصلی محدود کننده رشد این گونه است (۳۵).

محدودیت‌های خاک و آب موجود در منطقه فساران موجب شد که پوشش گیاهی طبیعی، در حد صفر باشد. وجود خاک سنگین به شدت شور منطقه با هدایت الکتریکی ۲۱-۷۹ dS/m، املاح مختلف شامل K, Mg, Na و Ca به میزان حدود ۱۹۲۳۰ mg/L و وجود آب شور با هدایت الکتریکی ۸۵ dS/m در عمق کمتر از ۳m از سطح زمین در کنار تبخیر حدود ۱۷۰۰ mm/year، موجب تجمع املاح در سطح خاک در منطقه اجرای طرح شد. دیگر پژوهش‌ها به شوری بیش از حد خاک منطقه سگری و فساران به دلیل بالا بودن سطح سفره آب زیرزمینی منطقه و تأثیر آن بر استقرار نهال‌های دست کاشت سیاه تاغ اشاره دارد (۳۵). این امر ناشی از پدیده‌ای تحت عنوان خیز موئینگی است. آب به دلیل وجود گرادیان هیدرولیک، از تراز آزاد به ترازهای بالاتر و در جهت عکس نیروی ثقل صعود کرد (۸، ۳۲).

نتایج آزمایش خاک نشان داد که شوری و املاح محلول در خاک در قسمت زیرین صفحه‌های پلانت‌بک نسبت به شاهد بیشتر است. از طرفی میزان املاح در لایه بالایی صفحه‌های پلانت‌بک، کمتر از همین عمق در شاهد بوده است. خود صفحه‌های پلانت‌بک نیز بخشی از شوری خاک را که آبشویی شده است، در خود نگه داشته‌اند به این صورت که در جدول ۶ مشاهده می‌شود.

نتایج نشان داد وجود صفحه‌های پلانت‌بک که دارای بافت متخلخل می‌باشد، در خاک زیر نهال موجب توقف جریان موئینگی و در نتیجه تجمع نمک‌های محلول در منطقه ریشه گیاه شد که تنش رطوبتی در گیاه را به دنبال دارد (۳، ۳۴).

جدول ۶. اطلاعات فیزیکوشیمیایی خاک بعد از اجرای طرح

تیمار	مکان نسبت به پلانت بک	عمق خاک (cm)	نسبت جذب سدیم (SAR)	هدایت الکتریکی (EC) (dS/m)
بدون پلانت بک	-	۰-۳۰	۴۵/۳	۳۱/۷
	-	۳۰-۸۰	۴۵/۳	۳۷/۴
با پلانت بک	بالای صفحه‌های پلانت بک	۰-۳۰	۲۷/۹	۲۱/۱
	زیر صفحه‌های پلانت بک	۳۰-۸۰	۸۴	۵۴/۲

نتایج نشان داد در منطقه مورد مطالعه، با آب زیرزمینی شور، در تحقیقی مشابه با استفاده از مواد پلیمری، توقف جریان موئینگی ناشی از بکارگیری پلیمر سوپر جاذب عامل اصلی در کاهش تجمع نمک در لایه سطحی خاک نسبت به شاهد است (۴).

■ نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که جریان صعود املاح به سطح، تحت تأثیر اندازه ذرات خاک، سطح ایستابی آب زیرزمینی و مقدار تبخیر و تعرق از سطح خاک است و لذا برای متوقف یا کند کردن این جریان سه اقدام زیر قابل انجام است:

۱- احداث زهکش و کاهش سطح سفره آب زیرزمینی ۲- ایجاد یک لایه مالچ روی زمین به نحوی که موجب کاهش

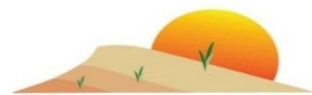
تبخیر از سطح خاک شود. ۳- وجود یک لایه دارای بافت درشت در مسیر جریان موئینگی. این لایه می‌تواند شن، مواد جاذب‌الرطوبه و یا مواد و الیاف گیاهی نظیر صفحه‌های پلانت‌بک باشد. این امر توجیه کننده رشد کمتر نهال‌ها در تیمار پلانت‌بک است. وجود صفحه‌های پلانت‌بک در خاک زیر نهال موجب توقف جریان موئینگی و در نتیجه تجمع نمک‌های محلول در منطقه ریشه گیاه شد که تنش رطوبتی در گیاه را به‌دنبال دارد. بنابراین استفاده از این صفحه‌های در پلایاها و دشتهای سیلابی شور با سطح سفره آب زیرزمینی بالا و خاک‌های دارای بافت سنگین و املاح زیاد توصیه نمی‌گردد، قبل از نهال کاری در خاک‌های سنگین دارای املاح فراوان باید عملیات اصلاح خاک انجام گیرد که این عملیات شامل احداث زهکش، آبشویی و در صورت امکان استفاده از خاک‌پوش‌ها می‌باشد.

■ References

1. Abedi Koupai, J., Eslamian, S. S. & Kazemi, J. A. (2008). Enhancing the available water content in unsaturated soil zone using hydrogel, to improve plant growth indices. *Ecohydrology & Hydrobiology*, (1), 67-75.
2. Akani, H., & M. Ghorbani. (1993). A contribution to the halophytic vegetation and flora of Iran. 35-44p. In: Lieth H. & A. Al-massom (Eds.), towards the rational use of high salinity tolerant plants, Kluwer Academic Publisher., Nether lands.
3. Alizadeh, A., (2005). *New drainage (planning, design and management of drainage systems)*, Astan Quds Razavi Publications, 496p. (in Farsi)
4. Amer, A.M. (2012). Water flow and conductivity into capillary and non-capillary pores of soils, *Soil Science and Plant Nutrition*, 12(1), 99-112.
5. Bahadori, F., Amirjan, M., Solat, M., Banj Shafiee, Sh., Baseri, R., Kiani Rad, M., & Torabi, A. (2018). Technical study of the application of different mulches and desiccants on the rate of establishment and growth response in seedlings of *Nitraria schoberi*. Final report, ministry of jihad agriculture, agricultural research, education and extension organization, agricultural and natural resources research and training center, Semnan Province. (in Farsi)
6. Brown. G. (2003). Factors maintaining plant diversity in degraded areas of northern Kuwait. *Arid Environs*, 54(1), 183-194. (in Farsi)
7. Casazza, G., E. Zappa, M., Mariotti. M. G., Médail, F & Minuto. L. (2008). Ecological and historical factors affecting distribution pattern and richness of endemic plant species: the case of the Maritime and Ligurian Alps hotspot. *Diversity and Distributions*, 14(1), 47-58.
8. Chloe, M., & Hesam, M. (2014). Evaluation of the effect of different levels of superabsorbent polymer on reducing the capillary rise of saline groundwater, *Irrigation and Drainage*, 8(1), 204-197.

9. Djajadi, D., Heliyanto, B., & Hidayah, N. (2011). Changes of physical properties of sandy soil and growth of physic nut (*Jatropha Curcas* L.) due to addition of clay and organic matter. *Agrivita, Agriculture Science*, 33(3), 245-250.
10. El-Keblawy, A. & Al-Shamsi. N. (2008). Salinity, temperature and light affect seed germination of *Haloxylon salicornicum*, a common perennial shrub of the Arabian deserts. *Seed Science and Technolgy*, 36(3), 679-688.
11. Evans, R., Cassel. D.K. & Sneed. R.E. (1996). *Soil, water and crop characteristics important to irrigation scheduling*, North Carolina Cooperative Extension Service Publication, AG. 1-452.
12. Finck, A. (1992). *Dunger und Dungung*. Verlag Chemie, Weinheim, New York.
13. Gardner, W. R. (1958). Some steady-state solutions of the unsaturated moisture flow equation with applications to evaporation from a water table. *Soil Science*, 85(4), 228-232.
14. Gbadamosi A. E. (2014). Effect of watering regimes and water quantity on the early seedling growth of *Picralima nitida* (Stapf). *Sustainable Agriculture Research*, 3(2), 35-43.
15. Gowing, J. W., Konukcu. F., & Rose. D. A. (2006). Evaporative flux from a shallow water table: The influence of a vapour-liquid phase transition. *Hydrology*, 321(1), 77-89.
16. Jalili, S., Moazed, H., Boroomand Nasab, S. & Naseri. A. A. (2011). Assessment of evaporation and salt accumulation in bare soil: Constant shallow water table depth with saline ground water. *Scientific Research and Essays*. 6(29): 6068-6074. (in Farsi)
17. -Jiang, W., Ximing, Z., Lishan, S., Hailong, Y., & Shaoming, L. (2007). Seedling growth dynamic of *Haloxylon ammodendron* and its adaptation strategy to habitat condition in hinterl and of desert, *Science in China Series (Earth Science)*, 50(1), 107-114.
18. Kianian, M.K., Asgari, H.R. & Bahadori, F. (2019). Impact of organic, inorganic and superabsorbent polymer materials on soil properties under plant community of *Nitraria schoberi* in deserts of Semnan, Iran. *Rangeland Science*, 9(1):40-5. (in Farsi)
19. Markoska, V., Spalevic, V., Lisichkov, K., Atkovska, K., & Gulaboski, R. (2018). Determination of water retention characteristics of perlite and peat. *Agriculture & Forestry*, 64(3), 113-126.
20. Markoska, V., Lisichkov, K., Boev, B., & Gulaboski, R. (2018). The influence of the perlite as a substrate for improving on some water Properties on the fluvial soil with an application of retentional curves. *Agriculture and Plant Sciences*, 16(1), 73-82.
21. Mojiri, A., Jalalian, A. & Honarjoo, N. (2011). The Effects of selected soil properties on growth of *Haloxylon specie*. in Segzi plain (Iran). *Animal and Plant Sciences*, 21(4), 691-686. (in Farsi)
22. Momeni, A. (2010). Geographical distribution and salinity levels of Iranian soil resources, *Soil Research*, 24(3):203-215. (in Farsi)
23. Pyankov, I.V., Clanton, C.B., Lackjr, S.G., Artyusheva, E., Voznesnskaya, V., Maurice, S.B., & Gerald, E. (1999). Feature of photosynthesis in *Haloxylon* species of chenopodiaceae that are dominant plants in central Asian deserts, *Plant Cell Physiology*, 40(2), 125-134.
24. Rad M. H., Meshkat M.A. & Soltani M. (2009). The effects of drought stress on some Saxual's (*Haloxylon aphyllum*) morphological characteristics. *Range and Desert Research*, 16(1), 34-43. (in Farsi)

25. Rad, M. H., Mirhoseini, S. R. & Meshkat, M. A. (2008). Effect of water stress on some physiological characteristics of *Haloxylon aphyllum*. *Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*, 16(1), 75-93. (in Farsi)
26. Rafiee, Z. zehtabian. G.R. Tavili.A. & Kianirad.M. (2011). Comparing effect of hydrogel and compost on establishment and growth properties of *Haloxylon aphyllum*. *Arid biome*, 1(3), 24-37. (in Farsi)
27. Rahimian, M., H., village, M., J., Mushkooh, M., corner, M. & Tafti lions, M. (2007). Estimation of soil profile salinity due to groundwater salinity in Azadegan plain. *Soil Research (Soil and Water Sciences)*, 26(4), 389 -381.
28. Rose, D.A., Konukcu, F. & Gowing, J.W. (2005). Effect of water table depth on evaporation and salt accumulation above saline groundwater. *Aust. Australian Journal of Soil Research*, 43(1), 565–573.
29. Schafie, S., Khosroshahi, M., Rouhipour, H., Jafari, A.A., Khaksarian, F. & Kashi Zenouz, L. (2017). Effects of superabsorbent polymer and Plantbac panels on water consumption and growth in Saxaul in order to create green space in desert regions. *Rangeland and Desert Research*, 24(1), 224-237.
30. Shuyskayaa, E. V., Lib, E. V., Rahmankulovaa, Z. F., Kuznetsovaa, N. A., Toderichc, K. & Voronin, P. Yu. (2014). Morphophysiological adaptation aspects of different *Haloxylon aphyllum* (Chenopodiaceae) genotypes along a salinity gradient. *Russian Journal of Ecology*, 45(3), 181–187.
31. Soltani, A. (1392). Application of SAS software in statistical analysis (for agricultural disciplines). Agricultural Jihad Print 6. 186 p.
32. Suzuki, S., Nobel, A. D, Ruaysoongnern, S., & Chinabut, N. (2007). Improvement in water-holding capacity and structural stability of a sandy soil in Northeast Thailand. *Arid Land Research and Management*, 21(1), 37-49.
33. Xuguang Xing, X., Li, X., & Ma, X. (2019). Capillary rise and saliferous groundwater evaporation: effects of various solutes and concentrations. *Hydrology Research*, 50(2), 517-525.
34. Zarei, G., Homaei, M. Liaghat, A. M., & Hoorafar, A. H. (2010). A model for soil surface evaporation based on Campbell's retention curve. *Hydrology*, 380(3/4), 356-361.
35. Zandi Isfahan, A., Khajehuddin, S.J. Jafari, M., Karimzadeh, H.R., & Azarnivand, H. (2007). Investigation of the relationship between the growth of *Haloxylon ammodendron* CA Mey and its characteristics Soil in Segzi plain of Isfahan, *Agricultural Sciences and Technologies and Natural Resources*, 11(40), 463-449. (in Farsi)



Contents

- **Identification of The Mineralogical and Morphological Composition of Dust Particles in Western Tehran Province** 1
Honifapour M., Gh. Zehtabian, H. Ahmadi, H. Khosravi and A.A. Nazari Samani
- **Investigation of L Band PALSAR Synthetic Aperture Radar (SAR) Data in Land Cover Mapping** 23
Maleki S. and V. Rahdari
- **Spatial Distribution of Sediment Around *Salvadora Persica* L. and *Alhaji Camelorum* L. and Modeling Their Future Changes** 39
Rezaei M. and F. Zerehi
- **Investigating the Effects of Different Levels of Irrigation Water Salinity on Growth Characteristics and Some Enzymatic and Biochemical Components of *Salsola imbricata*** 53
Doost Hossaini M., H. Sodaeizadeh, R. Yazdani biouki, M.R. Sarafraz and M.A. Hakimzadeh Ardakani
- **Evaluation of Land Subsidence in Abarkooh Plain Using Radar Differential Interferometry Technique And GIS** 63
Fallahpoor Tezanji M. and F. Barzegari Banadkooki
- **The effect of moisture absorption plates on the growth of *Haloxilon ammodendron* (C. A. Mey.) Bunge ex Fenzl species in saline playa (Case study: Fesaran, Isfahan)** 79
Borhani M. and Sh. Hajehforosh nia

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. 9

No. 4

2022

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 9 - No 4- Winter 2022

20

Contents

- **Identification of The Mineralogical and Morphological Composition of Dust Particles in Western Tehran Province** 1
Honifapour M., Gh. Zehtabian, H. Ahmadi, H. Khosravi and A.A. Nazari Samani
- **Investigation of L Band PALSAR Synthetic Aperture Radar (SAR) Data in Land Cover Mapping** 23
Maleki S. and V. Rahdari
- **Spatial Distribution of Sediment Around *Salvadora Persica* L. and *Alhaji Camelorum* L. and Modeling Their Future Changes** 39
Rezaei M. and F. Zerehi
- **Investigating the Effects of Different Levels of Irrigation Water Salinity on Growth Characteristics and Some Enzymatic and Biochemical Components of *Salsola imbricata*** 53
Doost Hossaini M., H. Sodaieizadeh, R. Yazdani biouki, M.R. Sarafraz and M.A. Hakimzadeh Ardakani
- **Evaluation of Land Subsidence in Abarkooh Plain Using Radar Differential Interferometry Technique And GIS** 63
Fallahpoor Tezani M. and F. Barzegari Banadkooki
- **The effect of moisture absorption plates on the growth of *Haloxylon ammodendron* (C. A. Mey.) Bunge ex Fenzl species in saline playa (Case study: Fesaran, Isfahan)** 79
Borhani M. and Sh. Hajehforosh nia