مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره نهم، شماره بیست و چهارم، تابستان ۱۳۹۹
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۱۲/۱۹
تاریخ بازنگری نهایی مقاله: ۱۳۹۸/۰۲/۲۸
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۴/۰۴
صفحات: ۶۲ - ۴۷

# شناسایی مناطق در معرض هجوم ماسه‌های روان با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و GIS مطالعه موردی: شهرستان‌های ریگان، فهرج و نرماشیر، استان‌کرمان

علی مهرابی [۱*]

## چکیده

پیشرفت تپه‌های شنی و ماسه‌ای تهدید بزرگی برای زمین‌های کشاورزی، مناطق مسکونی و ساکنان بخش‌های شرقی و جنوب‌شرقی استان کرمان است. به‌طوری‌که امروزه وقوع طوفان‌های مکرر شن و ماسه، از اساسی‌ترین معضل‌های زیست‌محیطی این مناطق به شمار می‌آید. هدف از این تحقیق، شناسایی و پتانسیل‌یابی محدوده شهرستان‌های ریگان، فهرج و نرماشیر به لحاظ هجوم ماسه‌های روان است. بدین منظور از شاخص آسیب‌پذیری گسترش تپه‌های ماسه‌ای (SDEVI)* استفاده شد. در این راستا از ۵ فاکتور و عامل در گسترش شن‌های روان شامل شدّت باد، رطوبت خاک، توپوگرافی، نوع لیتولوژی و پوشش گیاهی استفاده شد. بعد از تهیه نقشه‌های مربوطه، تمامی آنها به لحاظ میزان تأثیر در آسیب‌پذیری رتبه‌بندی و در محیط GIS باهم تلفیق‌شده و نقشه آسیب‌پذیری نهایی تهیه گردید. بر این اساس، منطقه‌ای به وسعت ۳۶۵۰ کیلومترمربع از محدوده موردمطالعه در بخش آسیب‌پذیری خیلی زیاد و زیاد قرار دارد. نیمه جنوبی شهر نرماشیر، تعداد ۶۸ روستا و بخش‌هایی از راه ارتباطی بین سه شهرستان فهرج، ریگان و نرماشیر در معرض خطر خیلی زیاد هجوم شن‌های روان قرار دارند. به منظور صحت سنجی نتایج حاصل از شاخص SDEVI از تصاویر سنجنده OLI مربوط به ماهواره‌ای لندست ۸ و تصاویر راداری SENTINEL 1 استفاده شد. با تقسیم باند مادون‌قرمز بر باند آبی، مناطق ماسه‌ای مشخص‌شده و با اعمال تکنیک بارزسازی تغییرهای همبستگی (CCD) ** بر روی تصاویر راداری، میزان پایداری و ثبات پهنه‌های ماسه‌ای مشخص شد. نتایج به‌دست‌آمده، صحت شاخص آسیب‌پذیری یادشده را مورد تأیید قرار می‌دهد.

**واژگان کلیدی:** گسترش تپه‌های ماسه‌ای، آسیب‌پذیری، شاخص SDEVI، پردازش تصاویر ماهواره‌ای، استان کرمان.

*Sand Dune Encroachment Vulnerability Index

**Coherency Change Detection

۱ - استادیار بخش جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان(نویسنده مسئول) mehrabi@uk.ac.ir

**مقدمه**

وقوع و تداوم خشک‌سالی‌های پی‌درپی در ایران باعث افزایش بیابان‌زایی در بخش‌های وسیعی از کشور شده است (خسروی و همکاران، ۱۳۹۴). تأثیر خشک‌سالی برافزایش شدّت بیابان‌زایی روشن و مشخص است (جیانینی[1] و همکاران، ۲۰۰۸). طبق تعریف آمده در معاهده مبارزه با بیابان‌زایی سازمان ملل متحد (UNCCD[2])، بیابان‌زایی عبارت است از تخریب زمین در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان ناشی از عوامل مختلف مانند تغییرهای اقلیمی و فعالیت‌های انسانی. تخریب زمین باعث ایجاد مشکلات و مسائل متعددی ازجمله فقر و بیکاری، کاهش امنیت غذایی و دیگر مسائل اجتماعی اقتصادی می‌شود (هولدن و شیفرو[3]، ۲۰۰۴). طبق نظر پی و سوار[4] (۲۰۰۸)، ۶ درصد از سطح زمین پوشیده از تپه‌های ماسه‌ای بوده و ۹۷ درصد از این محدوده‌ها در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان که مستعد بیابان‌زایی و هجوم ماسه‌های روان هستند، قرار دارد. این مسأله می‌تواند در آینده نزدیک با توجّه به تغییرهای اقلیمی رخ‌داده اخیر در جهان، تشدید شود. کاهش و افزایش فزاینده دوره‌های بارندگی، باعث تأثیر در میزان آب قابل‌دسترس شده و درنتیجه باعث تخریب پوشش گیاهی و تحرک و گسترش تپه‌های ماسه‌ای می‌شود (شلنکر و لوبل[5]، ۲۰۱۰). با تخریب پوشش گیاهی زمین، هجوم شن‌های روان، یکی از مهم‌ترین مخاطرات طبیعی برای سکونتگاه‌های انسانی، راه‌ها و خطوط مواصلاتی و محصول‌های کشاورزی می‌باشد (عفت و همکاران[6]، ۲۰۱۱).

در حدود ۶۵ درصد از فلات ایران در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک قرارگرفته که ازنظر طول و عرض جغرافیایی با کمربند بیابانی جهان انطباق دارد. شرایط خشک و نیمه‌خشک حاکم بر بخش وسیعی از ایران با بارندگی کمتر از ۱۵۰ میلی‌متر در سال، موجب شده است که حدود ۸۰ میلیون هکتار از مساحت ایران را مناطق کویری، تپه‌های ماسه‌ای و مناطقی با پوشش گیاهی ناچیز بپوشاند. از این مساحت، حدود ۱۲ میلیون هکتار را ریگ‌های روان اشغال کرده است که حدود ۶ میلیون هکتار آن تپه‌های شنی فعّال است و بخشی از آنها کانون‌های بحران و تهدیدکننده حریم شهرها و روستاها و مراکز اقتصادی، نظامی و خطوط مواصلاتی می‌باشد (رفاهی، ۱۳۸۳). مطالعه‌های انجام‌شده نشان می‌دهد ۱۴ استان کشور تحت تأثیر فرسایش بادی قرار دارند که استان کرمان دارای شرایط حادتری در این زمینه است (مقصودی و همکاران، ۱۳۹۱). در حدود ۳۴ درصد از سطح استان کرمان را اراضی بیابانی تشکیل داده است که از این میزان ۳/۳ میلیون هکتار اراضی کویری و بیابانی و سه میلیون هکتار شنزارهای فعال و نیمه فعال هستند که بخش اعظم این شنزارها در بخش‌های غربی و جنوب‌غربی استان گسترش دارند. شن‌های روان این مناطق با وزش باد جابجا شده و با هجوم خود به اراضی کشاورزی، نهرها، راه‌های ارتباطی، شهرها و روستاها، تأسیسات اقتصادی و حیاتی منطقه مشکلات عدیده‌ای را برای زندگی مردم فراهم می‌کند و به فعالیت‌های زیربنایی منطقه

1 - Giannini et al.
2 - United Nations Convention to Combat Desertification
3 - Holden and Shiferaw
4 - Pye and Tsoar
5 - Schlenker and Lobell
6 - Effat et al

لطمه‌های جبران‌ناپذیری می‌زند. طی چند سال اخیر با تداوم خشک‌سالی‌ها این مسأله وارد مرحله حادتری گردیده و در حال تبدیل‌شدن به یک فاجعه انسانی است.

تاکنون مطالعه‌های زیادی در سطح بین‌المللی و ملی درزمینه‌ی شناخت مناطق تحت تأثیر هجوم ماسه‌های روان انجام‌گرفته است؛ به‌طوری‌که الحارثی[1] (۲۰۰۲) در تحقیقی با عنوان ارزیابی خطر تپه‌های ماسه‌ای بین جّده و البته در غرب عربستان سعودی، پس از بررسی جهت حرکت تپه‌های ماسه‌ای و بررسی مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای منطقه، خطر این تپه‌های ماسه‌ای به جاده‌ها، ساختمان‌ها و روستاها را موردبررسی قرار داده است. همچنین ژائو و همکاران[2] (۲۰۰۶)، به بررسی اثرهای ماسه‌های روان بر روی خاک‌های اراضی کشاورزی هورگین مغولستان پرداخته‌اند. نتایج این پژوهش حاکی از آن است که ماسه‌های روان و فرسایش بادی در طولانی‌مدت باعث ناباروری خاک می‌شود. هوجن هولتز و همکاران[3] (۲۰۱۰) نیز به بررسی پیامدهای زیست‌محیطی تثبیت تپه‌های ماسه‌های روان در دشت-های جنوب کانادا پرداخته‌اند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد روند فعلی تثبیت ماسه‌های روان موجب کاهش فرسایش بادی شده است. همچنین اقدام‌های صورت گرفته به‌صورت غیرمستقیم منجر به ادامه حیات و تنوع زیستی بندپایان، مهره‌داران و گیاهان شده است. مقصودی و همکاران (۱۳۹۶) در تحقیقی با عنوان پایش جابجایی ریگ و برخان‌های غرب لوت (پشوئیه)، میزان تحرک تپه‌های شنی را طی چندین دوره موردمطالعه قرار داده‌اند؛ نتایج مطالعه‌های ایشان نشان می‌دهد که تپه‌های ماسه‌ای به‌طور متوسط سالانه بین ۹۶ تا ۱۳۵ متر تحرک و جابجایی دارند. آتانیاکی و همکاران[4] (۲۰۱۸) بامطالعه تپه‌های شنی منطقه ساسکچوان کانادا، مراحل پیشرفت و نفوذ این توده‌های شنی را به مناطق مسکونی موردبررسی قرار داده و ضمن تعیین نرخ جابجایی آنها، میزان پیشرفت آنها را اندازه‌گیری کرده‌اند.

تاکنون شاخص‌های متفاوتی جهت ارزیابی جابجایی شن‌های روان ارائه‌شده است، که بیشتر نیاز به سوابق طولانی از داده‌های آب و هوایی و ثبت و اندازه‌گیری مداوم آنها دارد، درحالی‌که بسیاری از مواقع این امکان وجود ندارد (لنکاستر و هلم، ۲۰۰۰). علاوه بر آن روش‌های اعتبارسنجی نیز اغلب دشوار است؛ زیرا اندازه‌گیری‌های زمینی به-طورمعمول کوتاه‌مدت بوده و چندین سال را شامل نمی‌شود. بعضی از مطالعه‌ها بر کاهش آسیب‌پذیری مناطق تمرکز کرده (احمدی بیرگانی و همکاران[5]، ۲۰۱۷؛ میهی و همکاران[6]، ۲۰۱۷) و برخی بر پایش تحرک تپه‌های ماسه‌ای (الس و همکاران[7]، ۲۰۱۵). به‌منظور اطمینان از موفقیت این نوع پروژه‌ها، روش‌های سنجش‌از راه‌دور ماهواره‌ای مورداستفاده قرارگرفته‌اند تا بتوان مناطق وسیع و مشکل به جهت دسترسی را، به‌طور ویژه بررسی کرد (بودارت و اوزر[8]، ۲۰۰۷). علاوه بر اطلاعات ارائه‌شده توسط سنسورهای نوری پلتفرم ماهواره‌ای، سنجش‌ازدور رادار و تداخل

1 - Al-Harthi
2 - Zhao et al.
3 - Hugenholtz et al.
4 - Attanayake et al.
5 - Ahmadi Birgani et al.
6 - Mihi et al.
7 - Els et al.
8 - Bodart and Ozer

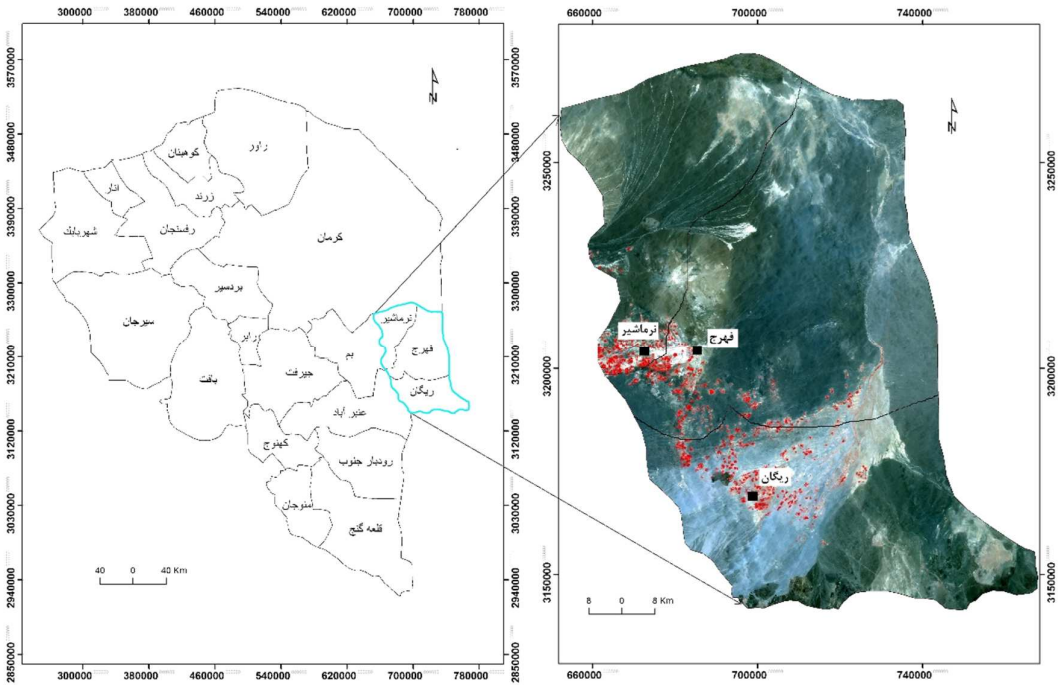
سنجی راداری دارای ظرفیت بسیار زیادی برای تشخیص تغییرهای سطح زمین و بیابان‌زایی دارد (گابر و همکاران[1]، ۲۰۱۸). محققان زیادی از این ظرفیت جهت بررسی و پایش جابجایی شن‌های روان استفاده کرده‌اند. به‌طوری‌که خسروی و همکاران (۱۳۹۴)، تغییرهای زمانی- مکانی تپه‌های ساحلی ماسه‌ای منطقه زرآباد استان سیستان و بلوچستان را با استفاده از سنجش‌ازدور موردبررسی قرار داده و ایشان میزان پیشرفت تپه‌های ماسه‌ای را طی ۲۰ سال در حدود ۱۷ کیلومترمربع برآورد کرده‌اند. فدهیل[2] (۲۰۱۳)، با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و GIS، تپه‌های ماسه‌ای پراکنده در مناطق مختلف کشور عراق را مورد پایش قرار داده است، ایشان بر تأثیر میزان رطوبت خاک و شدّت باد در پیشروی تپه‌های ماسه‌ای تأکید دارد. وارما و همکاران[3] (۲۰۱۴)، ایشان با استفاده از روش‌های طبقه-بندی طیفی، میزان تغییرهای رخ‌داده بر روی تپه‌های شنی بیابان گوبی در آسیای میانه را مشخص کرده‌اند. افراسینی و همکاران[4] (۲۰۱۸)، با استفاده از آنالیز طیفی و شاخص پوشش گیاهی در جنوب کشور تونس، مناطق مستعد برای نفوذ و جای‌گیری شن‌های روان را مشخص کرده‌اند.

با توجّه به اینکه تاکنون هیچ‌گونه مطالعه‌ای بر روی گسترش توده‌های شن و ماسه در مناطق شرقی استان کرمان انجام نگرفته است و علاوه بر آن به دلیل اهمیت این موضوع در مناطق یادشده، در این تحقیق سعی بر آن شده است تا با استفاده از شاخص SDEVI مناطق در معرض هجوم و گسترش تپه‌های ماسه‌ای موردبررسی و شناسایی قرار گیرد. همچنین در این راستا از تصاویر راداری SENTINE 1 و تصاویر نوری OLI جهت ارزیابی دقت شاخص SDEVI استفاده‌شده است.

## محدوده موردمطالعه

محدوده موردمطالعه شامل مناطق شرقی استان کرمان، شهرستان‌های ریگان، فهرج و نرماشیر است. مساحت منطقه در حدود۹۶۰۰ کیلومترمربع می‌باشد. منطقه موردمطالعه از سمت جنوب توسط ارتفاعات جبال بارز و از سمت شمال توسط بیابان لوت محصورشده است. اقلیم این منطقه گرم و خشک و کویری بوده و متوسط بارندگی کمتر از ۸۰ میلی‌متر در سال است. (امانداری و همکاران، ۱۳۸۳)

1 - Gaber et al.
2 - Fadhil
3 - Varma et al.
4 - Afrasinei et al.



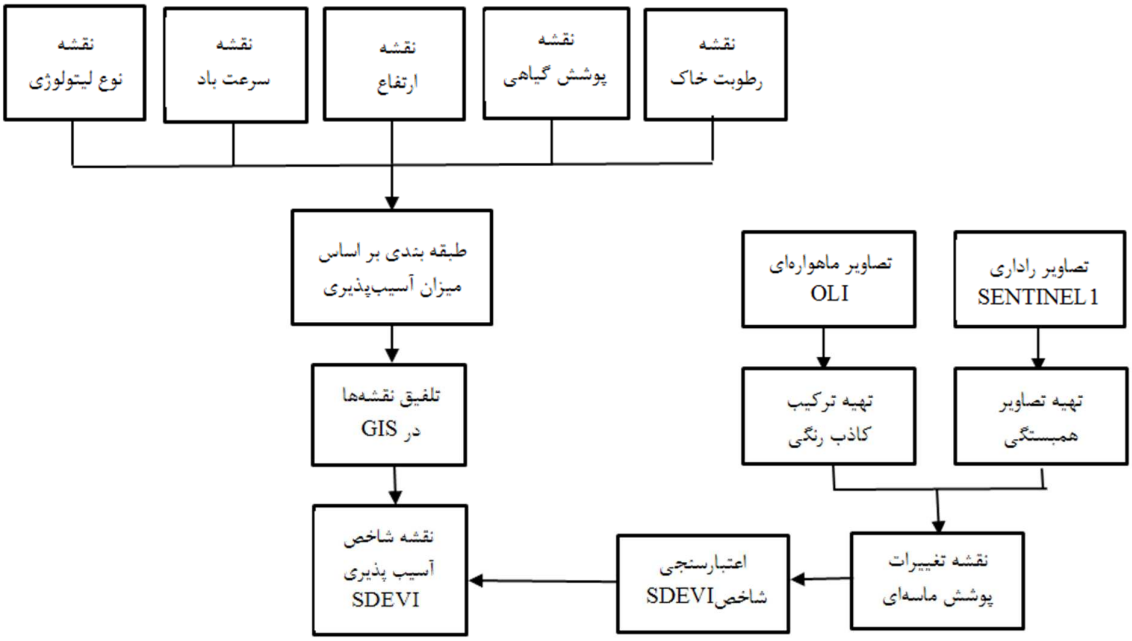

**شکل ۱: محدوده موردمطالعه**

## داده‌ها و روش‌ها

### تحلیل آسیب‌پذیری

مطالعه‌های قبلی نشان داده است که چه‌طور حرکت و هجوم شن و ماسه تحت تأثیر عوامل محیطی خاص مانند سرعت باد، در دسترس بودن شن و ماسه و یا مورفولوژی تپه‌های شن و ماسه، می‌باشد (حمدان و همکاران[1]، ۲۰۱۶؛ احمدی بیرگانی و همکاران، ۲۰۱۷). در این تحقیق از شاخص آسیب‌پذیری گسترش تپه‌های ماسه‌ای (SDEVI[2]) (گومز و همکاران[3]، ۲۰۱۸) استفاده‌شده است. این شاخص ۵ پارامتر مشخص و تأثیرگذار در گسترش شن و ماسه، شامل سرعت باد، ارتفاع، نوع لیتولوژی، پوشش گیاهی و رطوبت خاک را باهم ادغام می‌کند. میزان هر پارامتر با اعداد ۱ تا ۵ رتبه‌بندی می‌شود؛ به‌طوری‌که عدد ۱ نشانگر آسیب‌پذیری پایین و عدد ۵ معادل حداکثر آسیب‌پذیری می‌باشد. ارزیابی نهایی میزان آسیب‌پذیری گسترش شن و ماسه بر اساس شاخص یادشده در جدول شماره ۱ قابل‌مشاهده است. همچنین مراحل روش کار در شکل شماره ۲ ارائه‌شده است.

1 - Hemdan et al.
2 - Sand Dune Encroachment Vulnerability Index
3 - Gomez et al.




**شکل ۲: فلوچارت روش تحقیق**

**جدول ۱: آسیب‌پذیری گسترش شن و ماسه بر اساس اندیس SDEVI**

| رتبه | درجه آسیب‌پذیری | اندیس آسیب‌پذیری SDEVI |
|---|---|---|
| ۱ | خیلی کم | <۱۱ |
| ۲ | کم | ۱۱ تا ۱۳ |
| ۳ | متوسط | ۱۳ تا ۱۵ |
| ۴ | بالا | ۱۵ تا ۱۷ |
| ۵ | خیلی بالا | > ۱۷ |

پارامترهای یادشده بعد از به نقشه درآمدن در محیط GIS باهم تلفیق می‌شوند. قابل‌یادآوری است که به دلیل رزولوشن و اندازه پیکسل‌های متفاوت هر یک از نقشه‌ها (نقشه‌های رطوبت و سرعت باد، ۲۵۰ متری و بقیه ۳۰ متری هستند) قبل از تلفیق، با اعمال عملیات نمونه‌برداری مجدد[1] همه نقشه‌ها، هم مقیاس شدند. فاکتور شدّت باد، اطلاعاتی در مورد ظرفیت باد برای حمل شن و ماسه ارائه می‌دهد. داده‌های شدّت باد مربوط به پلتفرم جیوانی[2] و از سایت ناسا به آدرس (https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/) تهیه‌شده است. این پلتفرم یک نقشه میانگین متوسط سرعت باد نزدیک به سطح را بین مهروموم‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ تولید کرده است. فاکتور ارتفاع از روی مدل

1 - Resampling
2 - Giovanni

ارتفاع رقومی ۳۰ متری SRTM استخراج شد. مطالعه‌های قبلی رابطه بین میزان تحرک ماسه با افزایش میزان ارتفاع سطح زمین را نشان داده است (لیوینگستون[1]، ۲۰۱۴). به‌طوری‌که سطوح قرارگرفته در مناطق مرتفع‌تر بیشتر در معرض تحرک و نفوذ ماسه‌های روان قرار دارند. عامل نوع لیتولوژی زمین نیز یکی دیگر از عوامل مؤثر در آسیب-پذیری است که از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ استخراج شد. وزن دهی به این عامل بر اساس میزان استحکام و مقاومت سنگ در برابر هوازدگی و فرسایش و تأثیر هر یک از سازندهای زمین‌شناسی در تغذیه و تولید شن و ماسه، انجام می‌گیرد (الحارثی، ۲۰۰۲؛ پی و سوار، ۲۰۰۸؛ هوجن هولتز و همکاران، ۲۰۱۰). به‌طوری‌که تپه‌های ماسه‌ای به‌عنوان منابع اصلی تغذیه ماسه در بالاترین رتبه آسیب‌پذیری و سنگ‌های آذرین و آتش‌فشانی موجود در منطقه به دلیل کمترین تأثیر در گسترش شن‌های روان، پایین‌ترین رتبه آسیب‌پذیری را به خود اختصاص می‌دهند. فاکتور پوشش گیاهی یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در آسیب‌پذیری محسوب می‌شود. تحرک و ثبات تپه‌های ماسه‌ای به عوامل متعددی بستگی دارد که از مهم‌ترین آنها پوشش گیاهی است (یژق و همکاران[2]، ۲۰۰۹). نقشه پوشش گیاهی منطقه با اعمال شاخص NDVI بر روی تصویر ماهواره‌ای تهیه شد. آخرین فاکتور، عامل رطوبت خاک است که این فاکتور از طریق پلتفرم جیوانی سایت ناسا به آدرس (https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni) تهیه‌شده است.

## داده‌های سنجش‌ازدور

برای اعتبارسنجی شاخص مورداستفاده در این تحقیق، از دو روش سنجش‌ازدور استفاده‌شده است. در اولین روش، از ۲ تصویر سنجنده نوری OLI از ماهواره لندست مربوط به زمان‌های ۱۳۹۵/۰۶/۲۳ و ۱۳۹۷/۰۶/۲۷ که از سایت USGS دانلود شد، استفاده شد. در این روش بعد از انجام تصحیح‌های هندسی، رادیو متریک و اتمسفری موردنیاز توسط نرم‌افزار ENVI 5.3، و ازآنجایی‌که بر اساس خواص بازتاب طیفی مواد، شن و ماسه بیابان در باند ۲ دارای کمترین بازتاب و در باند ۵ دارای بیشترین بازتاب می‌باشند (بولارد و وایت[3]، ۲۰۱۲)، ترکیب‌های رنگی کاذب شامل نسبت باند ۵ به باند ۲ در کانال قرمز، باند ۵ در کانال سبز و باند ۲ در کانال آبی، از هر دو تصویر تهیه شد. در این ترکیب رنگی توده‌های ماسه‌ای فعّال بهتر شناسایی می‌شوند. بدین منظور تصاویر ترکیب رنگی مربوط به هر تاریخ با تصاویر ترکیب رنگی مربوط به زمان‌های دیگر مقایسه شد.

روش دوم استفاده از تکنیک شناسایی تغییرهای همبستگی (CCD[4]) است. این روش پیش‌ازاین جهت پایش تغییرهای مورفودینامیک ساختارهای بادی با موفقیت به‌کاررفته است (لیو و همکاران[5]، ۲۰۰۱؛ حویوی و همکاران[6]، ۲۰۱۸). در این روش دو تصویر رادار از یک منطقه ولی مربوط به دو زمان مختلف جهت آشکارسازی تغییرها باهم

1 - Livingstone
2 - Yizhaq et al
3 - Bullard and White
4 - Coherence Change Detection
5 - Lio et al.
6 - Hvivi et al.

تلفیق می‌شوند. در محیط‌های خشک، تغییرهای تپه‌های ماسه‌ای تحت کنترل عواملی چون فرسایش، حمل و رسوب‌گذاری قرار دارند؛ درنتیجه باعث تأثیر در بازتابش طیفی[1] رسیده به سنسور ماهواره می‌شود (گابر و همکاران، ۲۰۱۸). بدین منظور تعداد ۳ تصویر راداری Sentinel 1 به فرمت slc با پولاریزاسیون VV و به تاریخ‌های ۱۳۹۵/۰۶/۱۲، ۱۳۹۵/۰۸/۲۳و ۱۳۹۷/۰۶/۰۲که تقریباً به زمان تصاویر نوری مطابقت دارد، از سایت داده‌های سازمان فضایی اروپا (https://scihub.copernicus.eu) دانلود شد. تحلیل‌های مربوط به تصاویر راداری در نرم‌افزار SNAP انجام گرفت. جهت انجام روش CCD، ابتدا با در نظر گرفتن اولین تصویر به‌عنوان تصویر پایه[2] و تصاویر دیگر به‌عنوان تصویر پیرو[3] اقدام به انجام روش تداخل‌سنجی راداری کرده و درنهایت تعداد ۲ تداخل نگار تهیه شد. کاربرد روش تداخل‌سنجی راداری علاوه بر تحلیل تغییرهای ارتفاعی سطح زمین (مهرابی، ۱۳۹۷) در تعیین میزان همبستگی[4] اطلاعات دو تصویر می‌باشد (بودارت، ۲۰۰۷). ارزش داده‌های همبستگی بین اعداد ۰ (کمترین همبستگی) و ۱ (بیشترین همبستگی) تغییر می‌کند. تغییرهای فیزیکی رخداده بر روی زمین باعث کاهش همبستگی می‌شود. درنتیجه محدوده‌های کشاورزی در مقایسه با مناطق شهری دارای ارزش همبستگی پایین‌تری می‌باشند (سریواستاوا وهمکاران[5]، ۲۰۰۶). تصاویر همبستگی نهایی به دو کلاس محدوده‌های تغییریافته و تغییرنکرده تقسیم‌بندی می‌شود.

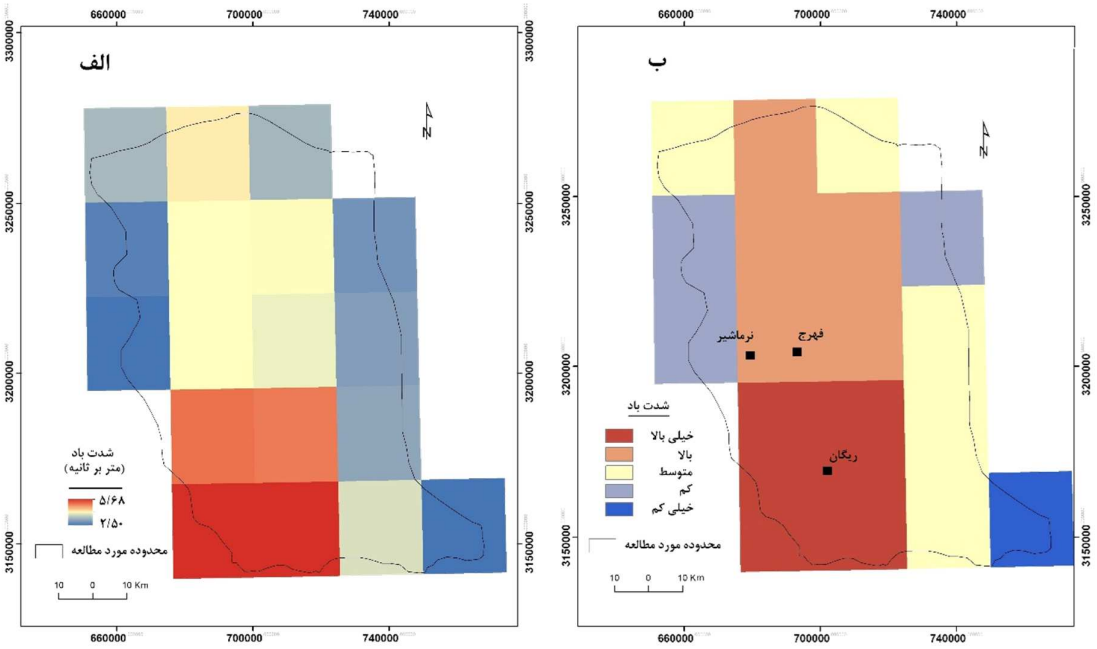
## نتایج و بحث

عوامل مؤثر در تحرک و گسترش تپه‌های ماسه‌ای بر اساس میزان تأثیر هر یک در این امر، به ۵ طبقه تقسیم‌شده است؛ به‌طوری‌که طبقه ۱ دارای حداقل تأثیر و طبقه ۵ بیشترین تأثیر را دارد (جدول ۲). بر این اساس نقشه مربوط به هر یک از این عوامل تهیه شد (اشکال ۳ تا ۷).

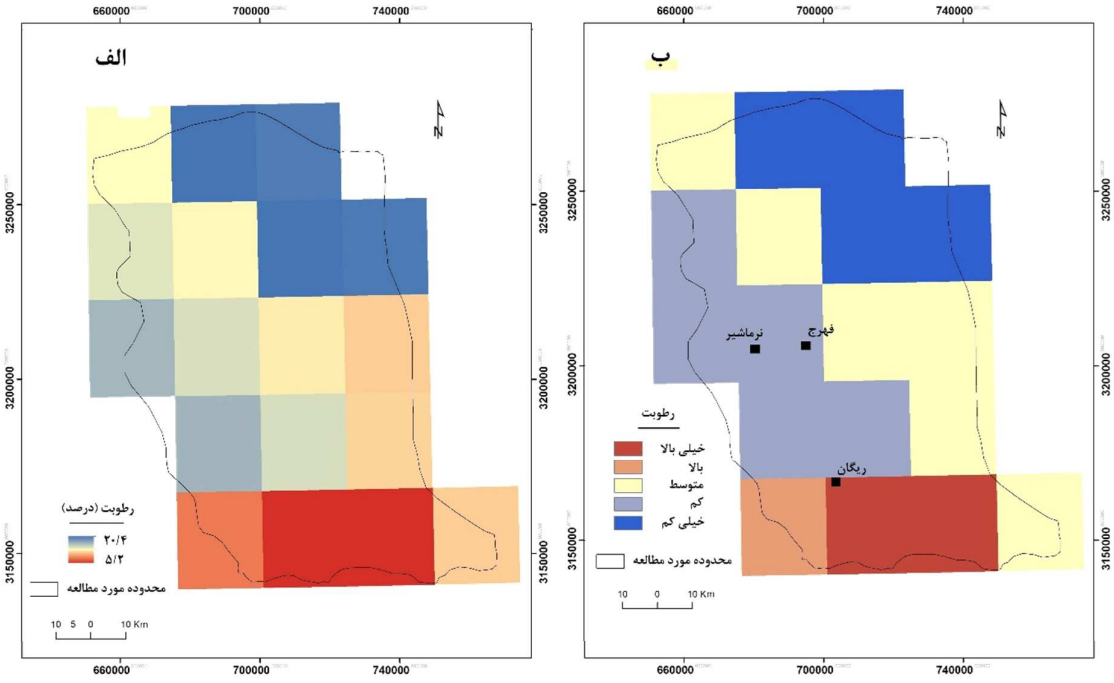
**جدول ۲: طبقه‌بندی عوامل مؤثر در تحرک و گسترش تپه‌های ماسه‌ای**

| فاکتورها | طبقه ۱ | طبقه ۲ | طبقه ۳ | طبقه ۴ | طبقه ۵ |
|---|---|---|---|---|---|
| شدّت باد (متر بر ثانیه) | ۲/۵ -۲/۸ | ۲/۸ -۳/۵ | ۳/۵ -۴/۲ | ۴/۲ – ۵ | ۵ < |
| رطوبت (درصد) | ۱۷ < | ۱۴ -۱۷ | ۱۱ -۱۴ | ۸ – ۱۱ | ۵-۸ |
| ارتفاع (متر) | ۳۰۴ - ۴۰۰ | ۴۰۰-۵۰۰ | ۵۰۰-۷۰۰ | ۷۰۰-۸۰۰ | ۸۰۰ < |
| پوشش گیاهی | مزرعه و چمنزار | مرتع | پوشش درختچه‌ای | پوشش گیاهی ضعیف | زمین بایر |
| لیتولوژی | سازندهای آتشفشانی و آذرین | رسوبات آبرفتی | پهنه‌های رسی- شنی | مارن و ماسه‌سنگ | تپه‌های ماسه‌ای |

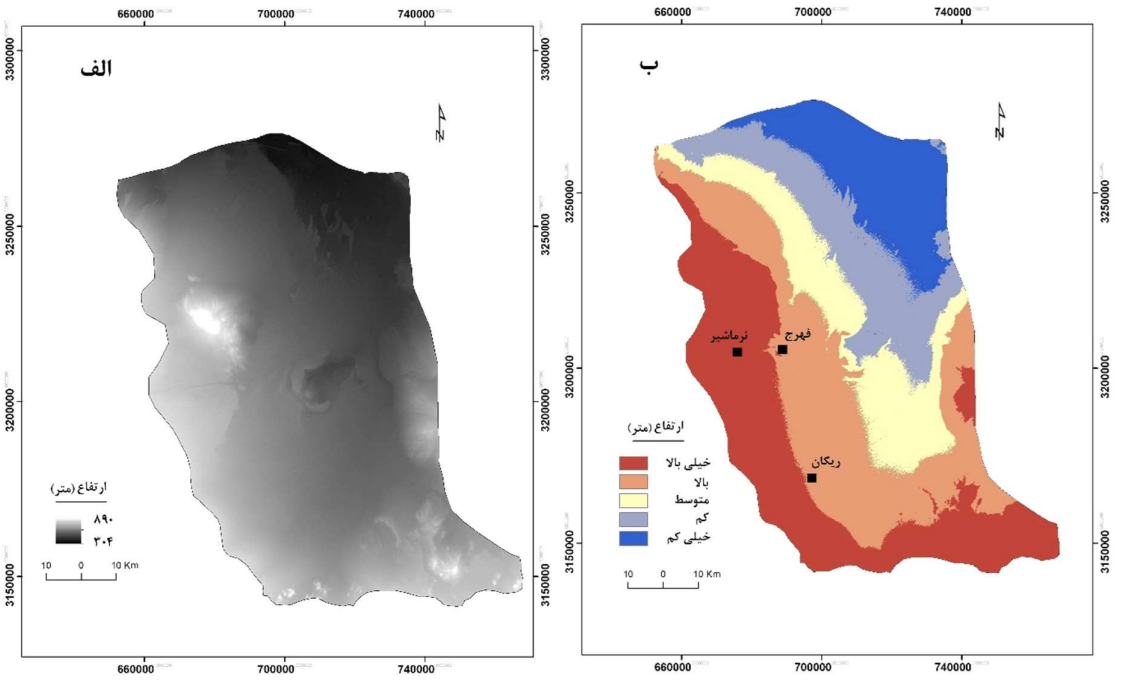
1 - Backscatter
2 - Master
3 - Slave
4 - Coherency
5 - Srivastava et al



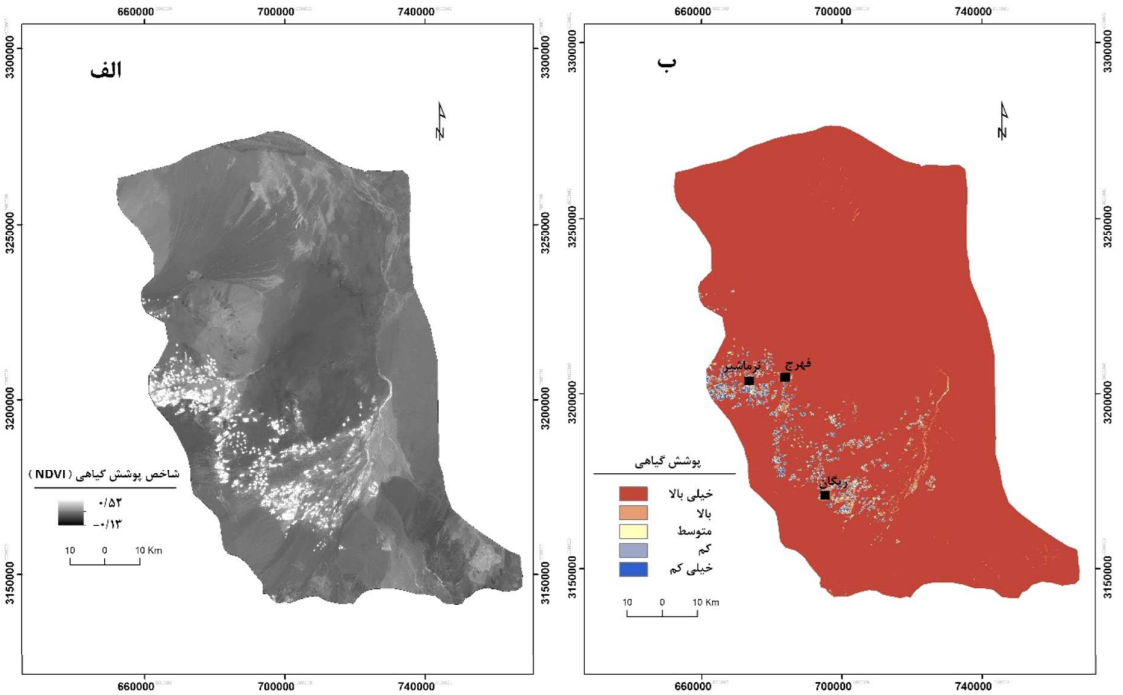

**شکل۳: الف- نقشه شدّت باد، ب- نقشه میزان آسیب‌پذیری بر اساس عامل شدّت باد**



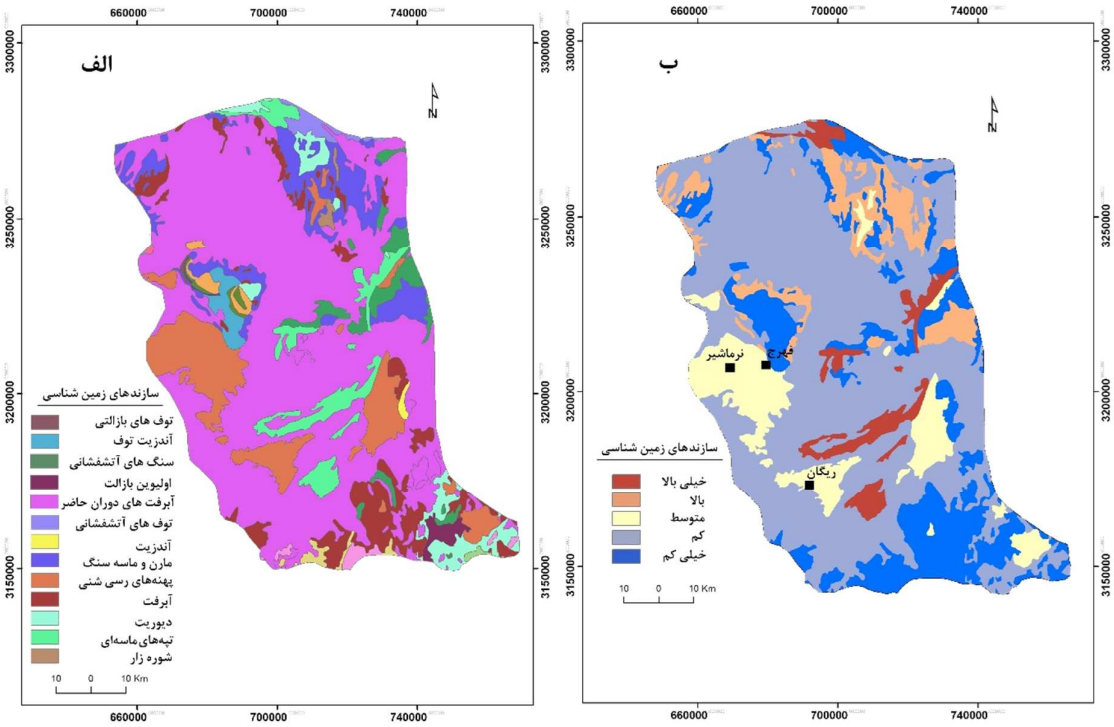

**شکل۴: الف- نقشه رطوبت خاک، ب- نقشه میزان آسیب‌پذیری بر اساس عامل رطوبت**




**شکل۵: الف- نقشه ارتفاع، ب- نقشه میزان آسیب‌پذیری بر اساس عامل ارتفاع**



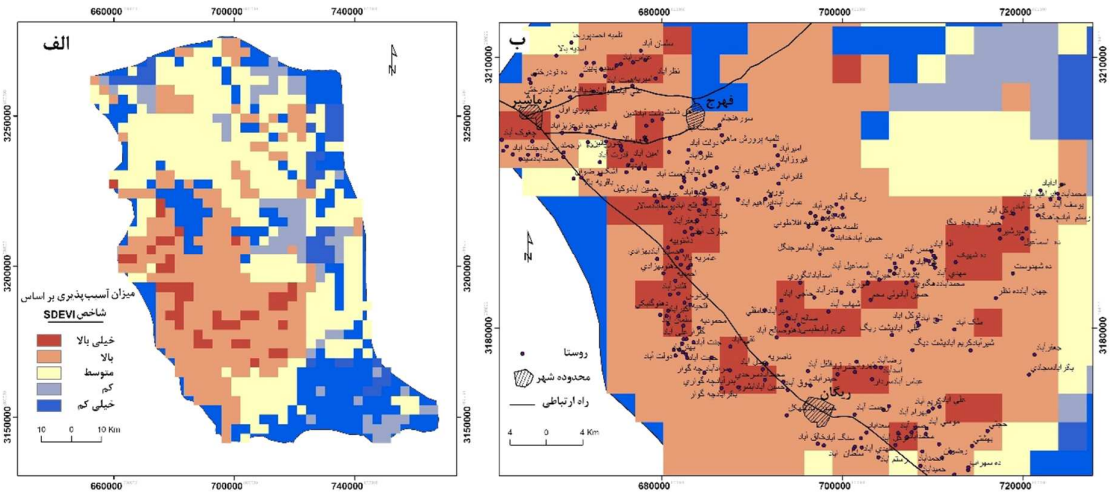

**شکل۶: الف- نقشه پوشش گیاهی، ب- نقشه میزان آسیب‌پذیری بر اساس عامل پوشش گیاهی**




**شکل۷: الف- نقشه لیتولوژی، ب- نقشه میزان آسیب‌پذیری بر اساس عامل لیتولوژی**

با انجام عملیات تلفیق در محیط GIS، نقشه‌ها و لایه‌های آسیب‌پذیری مختلف با ارزش‌های درون لایه‌ای متفاوت با یکدیگر جمع شده و درنهایت بر مبنای جدول شماره یک، نقشه جدیدی با ارزش‌گذاری و طبقه‌های جدید به نام نقشه نهایی شاخص SDEVI تهیه شد (شکل ۸)، در نقشه نهایی آسیب‌پذیری تهیه‌شده، مناطق باارزش عددی بیشتر از ۱۷ در طبقه با آسیب‌پذیری خیلی بالا و محدوده‌های دارای ارزش کمتر از ۱۱ جزء مناطق با کمترین آسیب‌پذیری قرار می‌گیرند. چنان‌که در شکل شماره ۸ مشاهده می‌شود، محدوده موردمطالعه به لحاظ آسیب‌پذیری در مقابل هجوم و پیشروی ماسه‌های روان به ۵ منطقه خیلی زیاد تا کم تقسیم‌شده است. بر این اساس مساحتی بالغبر ۷۵۰ کیلومترمربع از محدوده موردمطالعه در طبقه با آسیب‌پذیری خیلی بالا، ۲۹۰۰ کیلومترمربع جزء طبقه با آسیب-پذیری بالا، ۲۸۰۰ کیلومترمربع جزء طبقه با آسیب‌پذیری متوسط، و مابقی مساحت منطقه موردمطالعه در طبقه‌های با آسیب‌پذیری کم و خیلی کم قرار می‌گیرد. مناطق با آسیب‌پذیری خیلی بالا در بخش‌های مرکزی و جنوبی محدوده موردمطالعه واقع‌شده‌اند، به‌طوری‌که بخش‌های جنوبی شهر نرماشیر و تعداد ۶۸ روستا از روستاهای قرارگرفته در محدوده موردمطالعه در طبقه با آسیب‌پذیری خیلی بالا قرارگرفته است. همچنین شهرهای فهرج و ریگان و بسیاری از روستاهای این شهرستان‌ها در طبقه با آسیب‌پذیری بالا قرار دارند. علاوه بر آن بخش‌هایی از راه ارتباطی بین شهرهای فهرج به نرماشیر و نرماشیر به ریگان در محدوده آسیب‌پذیری خیلی بالا قرارگرفته است.

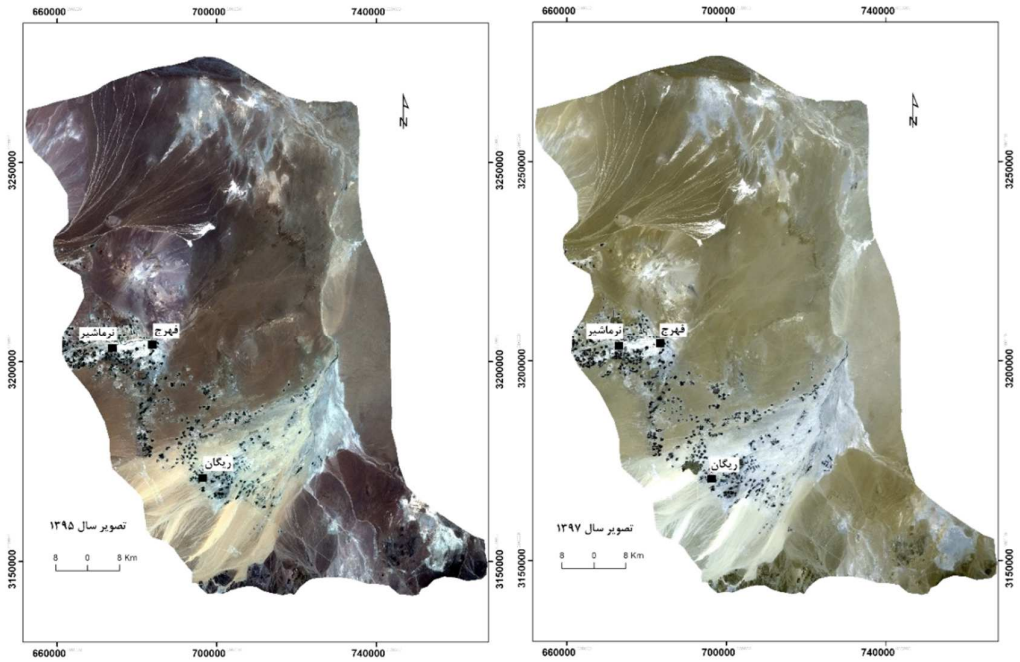
به‌طوری‌که در حدود ۱۲ کیلومتر از جاده ارتباطی بین شهرهای ریگان و نرماشیر و ۸ کیلومتر از راه ارتباطی بین شهرهای فهرج و نرماشیر در معرض خطر خیلی بالای نفوذ شن‌های روان قرار دارد.



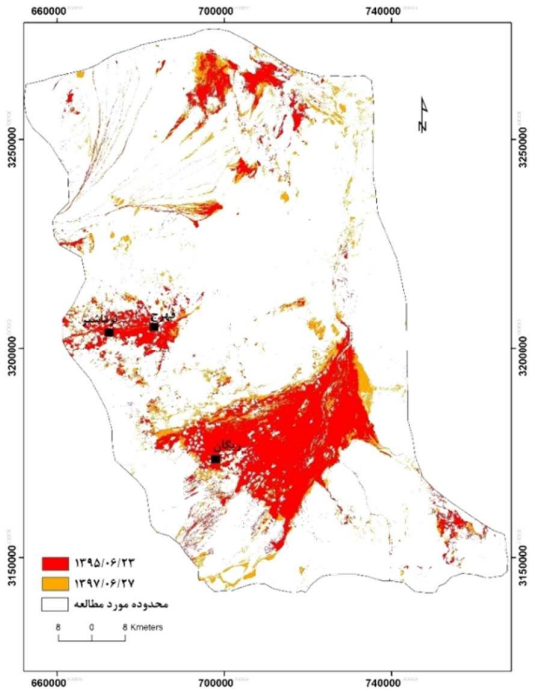

**شکل۸: نقشه شاخص آسیب‌پذیری SDEVI**

به منظور تعیین مناطق تحت پوشش شن‌های روان و تعیین میزان دقّت و کارایی شاخص SDEVI از تصاویر ماهواره‌ای OLI استفاده شد. ازآنجایی‌که رفتار بازتابش طیف الکترومغناطیس توسط شن و ماسه در باندهای مادون‌قرمز و سبز (در مادون‌قرمز بیشترین بازتاب و در باند سبز بیشترین جذب را دارد) متفاوت است. نسبت این دو باند می‌تواند به‌خوبی پهنه‌های ماسه‌ای را مشخص سازد. بنابراین از نسبت این دو باند در ایجاد ترکیب رنگی کاذب استفاده شد؛ به‌طوری‌که با تهیه ترکیب رنگی کاذب (باند۵/باند۲، ۵ و ۲) (شکل ۹) مناطق و سطوح پوشیده شده از شن و ماسه به رنگ روشن و اراضی عاری از شن و ماسه به رنگ قهوه‌ای روشن تا تیره بارز سازی می‌شود.

به‌منظور جداسازی مناطق تحت پوشش شن و ماسه و تعیین میزان تغییرهای آن، حد آستانه ۲/۵۱ اعمال شد. شکل شماره ۱۰ میزان تغییرهای پوشش شن و ماسه و نحوه گسترش آنها بین سال‌های ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۷را نشان می‌دهد. مناطق تحت پوشش ماسه‌های روان در سال ۱۳۹۷ به رنگ نارنجی نشان داده‌شده است و محدوده‌های تحت پوشش ماسه سال ۱۳۹۵ به رنگ قرمز و روی مناطق نارنجی‌رنگ قرارگرفته تا میزان تغییرها مشخص شود. همان‌طور که در شکل شماره ۱۰ مشاهده می‌شود، طی این دو سال بر وسعت ماسه‌های روان اضافه‌شده است. علاوه بر آن مقایسه نقشه آسیب‌پذیری تهیه‌شده (شکل ۸) با محدوده‌های پوشیده شده از شن و ماسه، به‌دست‌آمده از روش دورسنجی (شکل ۱۰)، نشان می‌دهد که روند کلی محدوده‌های با آسیب‌پذیری بالا و خیلی بالا تطابق خوبی با پهنه‌های تحت پوشش شن و ماسه کنونی دارد که این هماهنگی می‌تواند دال بر دقّت و کارایی شاخص یادشده در شناسایی محدوده‌های در معرض هجوم و تجاوز ماسه‌های روان باشد.

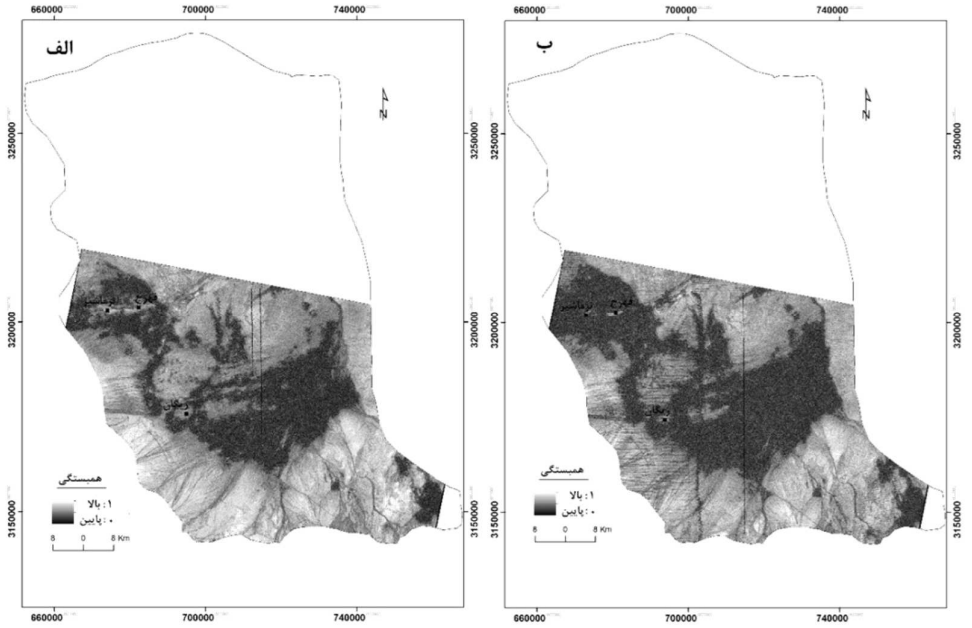



**شکل ۹: ترکیب رنگی کاذب شامل نسبت باند ۵ به باند ۲ در کانال قرمز، باند ۵ در کانال سبز و باند ۲ در کانال آبی، مربوط به دو سال ۱۳۹۵ و ۱۳۹۷**




**شکل ۱۰: تغییرات پوشش شن و ماسه طی سال‌های ۹۵و ۹۷**

علاوه بر آن در این تحقیق از تصاویر راداری SENTINEL 1 جهت صحت سنجی شاخص یادشده استفاده می‌شود. تکنیک CCD جهت تعیین میزان تغییرهای رخداده طی زمان در جفت تصاویر مربوط به منطقه موردمطالعه استفاده‌شده است. تصویر راداری مربوط به تاریخ ۹۵/۰۶/۱۲ به‌عنوان تصویر پایه و تصاویر مربوط به تاریخ ۹۵/۰۸/۲۳ و ۹۷/۰۶/۰۲ به‌عنوان تصاویر پیرو استفاده شد. درنتیجه تصاویر همبستگی که نشانگر میزان تغییرهای سطح زمین است، تهیه شد (شکل۱۱). در این تصاویر مناطق با همبستگی بالا (پیکسل‌های روشن) نشانگر مناطق مسکونی و زمین‌هایی که دچار تغییر نشده‌اند، است. و مناطق با همبستگی پایین‌تر از ۰/۶ نشان‌دهنده تغییر در بازتاب امواج راداری و درنتیجه تغییرهای فیزیکی سطح می‌شود. این تغییرهای رخداده می‌تواند تغییرها در زمین‌های کشاورزی و تغییر در نوع پوشش خاک باشد (بودارت و اوزر، ۲۰۰۷؛ گابر و همکاران، ۲۰۱۸). با توجّه به اینکه از دلایل اصلی تغییر در نوع پوشش خاک در منطقه موردمطالعه، گسترش تپه‌های شنی و سطوح ماسه‌ای است، بنابراین همان‌طور که در شکل شماره ۱۱ مشاهده می‌شود، اول اینکه محدوده‌های تغییریافته با موقعیت مناطق تحت پوشش شن و ماسه (شکل ۱۰) مطابقت دارد، دوم سطح پوشش شن و ماسه طی سال‌های ۹۵ تا ۹۷ گسترش‌یافته است، و روند گسترش نیز با روند گسترش به‌دست‌آمده از تصاویر نوری هم‌خوانی دارد. علاوه بر این، آن‌طور که از مقایسه شکل شماره ۱۱ با شکل شماره ۸ مشخص است، نتایج به‌دست‌آمده از تکنیک CCD به‌مانند نتایج حاصل از پردازش تصاویر نوری، بر انطباق آنها با نقشه آسیب‌پذیری حاصل از شاخص SDEVI دلالت دارد. مقایسه نتایج حاصل از این تحقیق با مطالعه‌های مشابه (وارما و همکاران، ۲۰۱۴؛ حمدان و همکاران، ۲۰۱۶؛ حویوی و همکاران، ۲۰۱۸؛ گومز و همکاران، ۲۰۱۸) ضمن تائید روش کار، نشانگر کاربردی بودن شاخص یادشده در پتانسیل‌یابی مناطق مستعد هجوم ماسه‌های روان است.




**شکل ۱۱: تصاویر همبستگی الف- مربوط به دوره زمانی ۹۵/۰۶/۱۲ -۹۵/۰۸/۲۳ ب- مربوط به دوره زمانی ۹۵/۰۶/۱۲ -۹۷/۰۶/۰۲**

## نتیجه‌گیری

گسترش و نفوذ شن‌های روان یکی از مخاطرات طبیعی عمده در قسمت‌های شرقی استان کرمان محسوب می‌شود؛ به‌طوری‌که تهدیدکننده جدی سکونتگاه‌ها، مزارع کشاورزی و راه‌های ارتباطی منطقه است. در این پژوهش به‌منظور شناسایی مناطق مستعد هجوم شن و ماسه، از شاخص SDEVI استفاده شد. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که تمامی شهرهای ریگان، فهرج و نرماشیر و اکثر روستاهای محدوده موردمطالعه در معرض آسیب‌پذیری زیاد ناشی از گسترش و نفوذ شن‌های روان قرار دارند. علاوه بر بخش‌های جنوبی محدوده شهر نرماشیر، تعداد ۶۸ روستا و بخش-هایی از راه ارتباطی بین سه شهرستان فهرج، ریگان و نرماشیر در معرض خطر خیلی زیاد قرار دارد؛ که بایستی در این مناطق تمهیدات ویژه‌ای جهت مقابله با این معضل اندیشیده شود. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک‌های سنجش‌ازدور می‌تواند به‌خوبی در پایش و گسترش شن و ماسه مفید و سودمند باشد. به‌طوری‌که از نسبت باند مادون‌قرمز به آبی می‌توان به‌خوبی در شناسایی پهنه‌های ماسه‌ای استفاده کرد. علاوه بر آن تکنیک CCD تصاویر راداری، نیز باعث شناسایی مناطق پوشیده از شن و ماسه می‌شود. ضمن اینکه تکنیک‌های سنجش‌ازدور اعمال‌شده بر روی هر دو نوع تصویر ماهواره‌ای مورداستفاده در این تحقیق، اعتبار و کارایی شاخص SDEVI را مورد تأیید قرار می‌دهند.

## منابع


امانادی روح الله (۱۳۸۳). بررسی و مطالعه رسوب‌شناسی نهشته‌های رسوبی تلماسه‌ای منطقه فهرج و ریگان بم. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شاهرود.

خسروی محمود.، فتوحی صمد.، پیروزاده سلیمان (۱۳۹۴). بررسی تغییرات زمانی- مکانی تپه‌های ساحلی ماسه‌ای با استفاده از سنجش‌ازدور موردمطالعه: منطقه غرب زرآباد. نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال دوم، شماره ۴،صص. ۱-۱۴.

رفاهی حسینقلی (۱۳۸۳). فرسایش بادی و کنترل آن. چاپ سوم. تهران، انتشارات دانشگاه تهران.

مقصودی مهران.، محمدی ابوطالب.، خانبابائی زهرا.، محبوبی صدیقه.، بهاروند مهدی.، حاجی‌زاده عبدالحسین (۱۳۹۶). پایش جابجایی ریگ و بر خان‌های غرب لوت (پشوئیه). پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال ۵، شماره ۴، صص. ۱۷۶-۱۸۹.

مهرابی علی (۱۳۹۷). شناسایی شواهدی بر وجود گنبد نمکی مدفون و جدید در ناحیه زاگرس با استفاده از روش تداخل‌سنجی تصاویر راداری سنتینل-۱ و ایسار. نشریه سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، دوره ۹، شماره ۴، صص. ۹۰-۱۰۱.

Afrasinei, G., Melis, M., Claudio Arras, C., Pistis, M., Buttau, C., Ghiglieri, G., (2018), Spatiotemporal and spectral analysis of sand encroachment dynamics in southern Tunisia, European Journal of Remote Sensing, 51(1): 352–374

Ahmady-Birgani, H., McQueen, K.G., Moeinaddini, M., Naseri, H., (2017), Sand dune encroachment and desertification processes of the Rigboland Sand Sea, Central Iran. Sci. Rep. 2017, 7, 1523

Al-Harthi, A.A., (2002), Geohazard Assesment of Sand Dunes between Jeddah and Al-lith, Western Saudi Arabia, Environmental geology.

Attanayake, A., Xu, D., Guo, X., Lamb, E., (2018), Long-term sand dune spatiotemporal dynamics and endemic plant habitat extent in the Athabasca sand dunes of northern Saskatchewan, Remote Sensing in Ecology and Conservation, 9(3): 1-17.

Bodart, C., Ozer, A., (2007), The use of SAR interferometric coherence images to study sandy desertification in southeast Niger: Preliminary results, In Proceedings of the Envisat Symposium, Montreux, Switzerland, 23–27 April

Bullard, J.E., White, K., (2012), Quantifying iron oxide coatings on dune sands using spectrometric measurements: An example from the Simpson-Strzelecki Desert, Australia. J. Geophys. Res. Solid Earth 107. ECV 5-1–ECV 5-11.

Effat, H.A., Hegazy, M.N., Haack, B., (2011), Mapping sand dunes risk related to their terrain characteristics using SRTM data and cartographic modeling, J. Land Use Sci. 23(6): 231–243.
Fadhil, A., (2013), Sand dunes monitoring using remote sensing and GIS techniques for some sites in Iraq, Intelligent Information, Control, and Communication Technology for Agricultural Engineering, PIAGENG.
Gaber, A., Abdelkareem, M., Abdelsadek, I.S., Koch, M., El-Baz, F., (2018), Using InSAR Coherence for Investigating the Interplay of Fluvial and Aeolian Features in Arid Lands: Implications for Groundwater Potential in Egypt, Remote Sens. 2018(10): 832-845.
Giannini, A., Biasutti, M., Verstraete, M.M., (2008), A climate model-based review of drought in the Sahel: Desertification, the re-greening, and climate change. Glob. Planet. Chang. 24(64): 119–128.
Gomez, D., Salvador, P., Sanz, J., Casanova, C., Casanova J., (2018), Detecting Areas Vulnerable to Sand Encroachment Using Remote Sensing and GIS Techniques in Nouakchott, Mauritania, Remote Sens. 24(10): 541-564.
Hamdan, M.A., Refaat, A.A., Abdel Wahed, M., (2016), Morphologic characteristics and migration rate assessment of barchan dunes in the Southeastern Western Desert of Egypt, Geomorphology 16(257): 57–74.
Havivi, S., Amir, D., Schvartzman, I., August, Y., Maman, S., Rotman, S.R., Blumberg, D.G., (2018), Mapping dune dynamics by InSAR coherence, Earth Surf. Process. Landf. 2018(43): 1229–1240.
Holden, S., Shiferaw, B., (2004), Land degradation, drought and food security in a less-favored area in the Ethiopian highlands: A bioeconomic model with market imperfections. Agric. Econ. 20(30): 31–49.
Hugenholtz, C.H., Bender, D., Wolfe, C.A., (2010), Declining sand dune activity in the southern Canadian prairies: Historical. context, controls, and ecosystem implications, Journal of Aeolian Research, 21(12): 71–82.
Lancaster, N., Helm, P. A., (2000), a test of a climatic index of dune mobility using measurements from the southwestern United States. Earth Surf. Process. Landf. J. Br. Geomorphol. Res. Group 20(25): 197–207.
Livingstone, I., Warren, A., (2014), Aeolian Geomorphology: An Introduction; Longman: Harlow, UK.
Liu, J.G., Black, A., Lee, H., Hanaizumi, H., Moore, J.M., (2001), Land surface change detection in a desert area in Algeria using multi-temporal ERS SAR coherence images, Int. J. Remote Sens., 22(31): 2463–2477.
Mehrabi, A., Dastanpour, M., Radfar, Sh., Vaziri, MR., Derakhshani, R., (2015), Detection of fault lineaments of the Zagros fold-thrust belt based on Landsat imagery interpretation and their spatial relationship with Hormoz Series salt dome locations using GIS analysis, Geosciences, 24 (95): 17-32.
Mehrabi, A., Derakhshani, R., Rahnama-Rad, J., (2009), Spatial Association of Mineralization and Fractures in Meiduk Porphyry Copper Mine, Journal of Geotechnical Geology (Applied Geology), 5(2): 148-155.
Mehrabi, A., Derakhshani, R., (2010), Generation of an integrated geochemical-geological predictive model of porphyry-Cu potential, Chahargonbad District, Iran, Geochimica et Cosmochimica Acta, 74(12): A694-A694.
Mihi, A., Tarai, N., Chenchouni, H., (2017), Can palm date plantations and oasification be used as a proxy to fight sustainably against desertification and sand encroachment in hot drylands? Ecol. Indic. 12(2): 23-41.
Pye, K., Tsoar, H., (2008), Aeolian Sand and Sand Dunes; Springer: Berlin, Germany.
Schlenker, W., Lobell, D.B., (2010), Robust negative impacts of climate change on African agriculture, Environ. Res. Lett. 2010(5): 10-23.
United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD)., (2004), Preserving Our Common Ground: UNCCD 10 Years on; United Nations Convention to Combat Desertification: Bonn, Germany.
Varma, S., Shah, V., Banerjee, B., Buddhiraju, K., (2014), Change Detection of Desert Sand Dunes: A Remote Sensing Approach, Advances in Remote Sensing, 2014(3): 10-22.
Yizhaq, H., Ashkenazy, Y., Tsoar, H., (2009), Sand dune dynamics and climate change: A modeling approach. J. Geophys. Res. Earth Surf, 9(12):103-114.
Zhao, H., Yi. Y., Zhou. R., Zhao. X., Zhang, T., Drake, S., (2006), Wind erosion and sand accumulation effects on soil properties in Horqin Sandy Farmland, Inner Mongolia, Journal of Catena, 6(2): 71-79.

**Research Article**

# Detecting Areas Vulnerable to Sand Encroachment Using Remote Sensing and GIS Techniques; Case Study: Rigan, Fahraj and Narmashir Counties, Kerman Province

**Ali Mehrabi*[1]**

Received: 10-03-2019 Revised: 18-05-2019 Accepted: 25-06-2019

## Abstract

Sand dune advancement poses a major threat to agricultural land, residential areas and residents of the eastern and southeastern parts of Kerman province. So that the occurrence of frequent sandstorms today is one of the most important environmental problems in these areas. The purpose of this research is to identify the range of Rigan, Fahraj and Narmeshir cities in terms of Sand Encroachment potential. For this purpose, the sand dunes vulnerability index (SDEVI) was used. In this regard, five effective factors in the spread of sand, including wind intensity, soil moisture, topography, lithology type, and vegetation were used. After preparing the relevant maps, all of them were ranked in terms of impact on vulnerability and integrated into the GIS environment and the final vulnerability map was prepared. Accordingly, an area of 345 square kilometers is located in the area of high and very high vulnerability. The southern half of the city of Narmashir, 68 villages and parts of the communication network between the three Fahraj, Rigan and Narmeshir counties are in very high risk of Sand Encroachment. In order to verify the results of the SDEVI index, OLI sensor images related to Landsat 8 satellite and SENTINEL 1 radar images were used. By dividing the infrared band on the blue band, the sandy areas were identified and applying the correlation change technique (CCD) to radar images, the stability of sandy areas was determined. The results confirm the accuracy of the vulnerability index.

**Keywords**: Sand Dunes Expansion, Vulnerability, SDEVI Index, Satellite Image Processing, Kerman Province.

[1]*- Assistant Professor, Department of Geography and Urban Planning, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
Email: Mehrabi@uk.ac.ir

## References

## References (in Persian)

Amandadi, R., (2004), Investigation of sedimentary deposits of Fahrej, Rigan, and Bam, Master's thesis, Department of Geology, Islamic Azad University, Shahrood branch. [In Persian]

Khosravi, M., Fotohi, S., Piruzzadeh, S., (2016), A Survey on Spatial-temporal Changes of Coastal Sand Dunes Using Remote Sensing (RS). Case Study: West of Zarabad Region, Jsaeh., 2 (4):1-14. [In Persian]

Refahi, H., (2004), Wind erosion and its control, Third edition. Tehran, Tehran University Press.

Maghsoodi, M., Mohamadi, A., Khanbabaie, Z., Mahboobi, S., Baharvand, M., Hajizadeh, A., (2017), Reg movement monitoring and Barchans in West of Lot region (Pashoeyeh), Quantitative Geomorphological Research, 5(4): 176- 189. [In Persian]

Mehrabi A., (2018), Identification of the new and active buried salt dome evidence in the Zagros region using interferometry method of SENTINEL-1 and ASAR radar images, 9(4): 90-101. [In Persian]

### References (in English)

Afrasinei, G., Melis, M., Claudio Arras, C., Pistis, M., Buttau, C., Ghiglieri, G., (2018), Spatiotemporal and spectral analysis of sand encroachment dynamics in southern Tunisia, European Journal of Remote Sensing, 51(1): 352–374

Ahmady-Birgani, H., McQueen, K.G., Moeinaddini, M., Naseri, H., (2017), Sand dune encroachment and desertification processes of the Rigboland Sand Sea, Central Iran. Sci. Rep. 2017, 7, 1523

Al-Harthi, A.A., (2002), Geohazard Assesment of Sand Dunes between Jeddah and Al-lith, Western Saudi Arabia, Environmental geology.

Attanayake, A., Xu, D., Guo, X., Lamb, E., (2018), Long-term sand dune spatiotemporal dynamics and endemic plant habitat extent in the Athabasca sand dunes of northern Saskatchewan, Remote Sensing in Ecology and Conservation, 9(3): 1-17.

Bodart, C., Ozer, A., (2007), The use of SAR interferometric coherence images to study sandy desertification in southeast Niger: Preliminary results, In Proceedings of the Envisat Symposium, Montreux, Switzerland, 23–27 April

Bullard, J.E., White, K., (2012), Quantifying iron oxide coatings on dune sands using spectrometric measurements: An example from the Simpson-Strzelecki Desert, Australia. J. Geophys. Res. Solid Earth 107. ECV 5-1–ECV 5-11.

Effat, H.A., Hegazy, M.N., Haack, B., (2011), Mapping sand dunes risk related to their terrain characteristics using SRTM data and cartographic modeling, J. Land Use Sci. 23(6): 231–243.

Fadhil, A., (2013), Sand dunes monitoring using remote sensing and GIS techniques for some sites in Iraq, Intelligent Information, Control, and Communication Technology for Agricultural Engineering, PIAGENG.

Gaber, A., Abdelkareem, M., Abdelsadek, I.S., Koch, M., El-Baz, F., (2018), Using InSAR Coherence for Investigating the Interplay of Fluvial and Aeolian Features in Arid Lands: Implications for Groundwater Potential in Egypt, Remote Sens. 2018(10): 832-845.

Giannini, A., Biasutti, M., Verstraete, M.M., (2008), A climate model-based review of drought in the Sahel: Desertification, the re-greening, and climate change. Glob. Planet. Chang. 24(64): 119–128.

Gomez, D., Salvador, P., Sanz, J., Casanova, C., Casanova J., (2018), Detecting Areas Vulnerable to Sand Encroachment Using Remote Sensing and GIS Techniques in Nouakchott, Mauritania, Remote Sens. 24(10): 541-564.

Hamdan, M.A., Refaat, A.A., Abdel Wahed, M., (2016), Morphologic characteristics and migration rate assessment of barchan dunes in the Southeastern Western Desert of Egypt, Geomorphology 16(257): 57–74.

Havivi, S., Amir, D., Schvartzman, I., August, Y., Maman, S., Rotman, S.R., Blumberg, D.G., (2018), Mapping dune dynamics by InSAR coherence, Earth Surf. Process. Landf. 2018(43): 1229–1240.

Holden, S., Shiferaw, B., (2004), Land degradation, drought and food security in a less-favored area in the Ethiopian highlands: A bioeconomic model with market imperfections. Agric. Econ. 20**(**30): 31–49.

Hugenholtz, C.H., Bender, D., Wolfe, C.A., (2010), Declining sand dune activity in the southern Canadian prairies: Historical. context, controls, and ecosystem implications, Journal of Aeolian Research, 21(12): 71–82.

Lancaster, N., Helm, P. A., (2000), a test of a climatic index of dune mobility using measurements from the southwestern United States. Earth Surf. Process. Landf. J. Br. Geomorphol. Res. Group 20**(**25): 197–207.

Livingstone, I., Warren, A., (2014), Aeolian Geomorphology: An Introduction; Longman: Harlow, UK.

Liu, J.G., Black, A., Lee, H., Hanaizumi, H., Moore, J.M., (2001), Land surface change detection in a desert area in Algeria using multi-temporal ERS SAR coherence images, Int. J. Remote Sens., 22(31): 2463–2477.

Mehrabi, A., Dastanpour, M., Radfar, Sh., Vaziri, MR., Derakhshani, R., (2015), Detection of fault lineaments of the Zagros fold-thrust belt based on Landsat imagery interpretation and their spatial relationship with Hormoz Series salt dome locations using GIS analysis, Geosciences, 24 (95): 17-32.

Mehrabi, A., Derakhshani, R., Rahnama-Rad, J., (2009), Spatial Association of Mineralization and Fractures in Meiduk Porphyry Copper Mine, Journal of Geotechnical Geology (Applied Geology), 5(2): 148-155.

Mehrabi, A., Derakhshani, R., (2010), Generation of an integrated geochemical-geological predictive model of porphyry-Cu potential, Chahargonbad District, Iran, Geochimica et Cosmochimica Acta, 74(12): A694-A694.

Mihi, A., Tarai, N., Chenchouni, H., (2017), Can palm date plantations and oasification be used as a proxy to fight sustainably against desertification and sand encroachment in hot drylands? Ecol. Indic. 12(2): 23-41.

Pye, K., Tsoar, H., (2008), Aeolian Sand and Sand Dunes; Springer: Berlin, Germany.

Schlenker, W., Lobell, D.B., (2010), Robust negative impacts of climate change on African agriculture, Environ. Res. Lett. 2010(5): 10-23.

United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD)., (2004), Preserving Our Common Ground: UNCCD 10 Years on; United Nations Convention to Combat Desertification: Bonn, Germany.

Varma, S., Shah, V., Banerjee, B., Buddhiraju, K., (2014), Change Detection of Desert Sand Dunes: A Remote Sensing Approach, Advances in Remote Sensing, 2014(3): 10-22.

Yizhaq, H., Ashkenazy, Y., Tsoar, H., (2009), Sand dune dynamics and climate change: A modeling approach. J. Geophys. Res. Earth Surf, 9(12):103-114.

Zhao, H., Yi. Y., Zhou. R., Zhao. X., Zhang, T., Drake, S., (2006), Wind erosion and sand accumulation effects on soil properties in Horqin Sandy Farmland, Inner Mongolia, Journal of Catena, 6(2): 71-79.