نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال دوم، شماره ٤، زمستان ١٣٩٤

صفحات ١٤-١

بررسی تغییرات زمانی- مکانی تپه‌های ساحلی ماسه‌ای با استفاده از سنجش‌ازدور (RS) مورد مطالعه: منطقه غرب زرآباد

محمود خسروی[1]، دانشیار اقلیم شناسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان

صمد فتوحی، دانشیار ژئومورفولوژی، دانشگاه سیستان و بلوچستان

سلیمان پیروزاده، دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مخاطرات محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان

دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۰۴/۱۳ پذیرش نهایی: ۱۳۹۴/۰۹/۰۸

چکیده:

سالانه حجم عظیمی از ماسه‌های بادی، مناطق مسکونی و روستاها را مورد هجوم قرار می‌دهند. در برخی از روستاها که در مسیر حرکت ماسه‌ها قرار دارند، مقدار حجم رسوبات به‌گونه‌ای است که سبب دفن واحدهای مسکونی شده و روستاییان به‌ناچار مجبور به ترک روستاها و خانه‌های خود شده‌اند. هدف از این پژوهش حاضر با دیدگاهی جدید و کاملاً متفاوت از بقیه پژوهش‌ها، درواقع به دنبال آشکارسازی تغییرات فضایی - زمانی تپه‌های ماسه‌ای در منطقه ساحلی غرب زرآباد (کنارک) بوده است. پژوهش حاضر برای رسیدن به هدف ذکرشده ازلحاظ هدف کاربردی و ماهیت روش‌شناسی بر مبنای روش، توصیفی – تحلیلی و از طریق شیوه مطالعه کتابخانه‌ای- اسنادی و پیمایشی برای تحقیق در منطقه روستایی غرب زرآباد پرداخته شد. در این تحقیق برای بررسی تغییرات فضایی- زمانی تپه ماسه‌ای منطقه غرب زرآباد، در دوره زمانی ۲۳ ساله (۲۰۱۴-۱۹۹۱) از نقشه‌های زمین‌شناسی، تصاویر ماهواره‌ای ،GPS، استفاده گردید و به‌وسیله روش‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی(GIS)، و نرم‌افزار (ENVI) مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. نتایج حاصل از گسترش تپه‌های ماسه‌ای نشان می‌دهد که در سال ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۴ مساحت کاربری که به نفع تپه‌های ماسه‌ای تغییر کاربری یافته‌اند، عبارت‌اند از پوشش گیاهی حدود ۰/۱۰۸ کیلومترمربع، رسوبات رودخانه‌ای ۱۰/۶۰ کیلومترمربع و زمین‌های بایر ۲۶۴/۳۵ کیلومترمربع بوده‌اند. همچنین بیشترین تغییر مساحت مربوط به تپه‌های ماسه‌ای بوده که در سال ۱۹۹۱ (۵۶۱/۲۵) کیلومترمربع بوده و در سال ۲۰۱۴(۵۷۸/۴۵) کیلومترمربع رسیده و رشدی معادل (۱۹۸/ ۱۷) کیلومترمربع را داشته است.

واژگان کلیدی: غرب زرآباد، تپه‌های ماسه‌ای، سنجش‌ازدور، تغییرات زمانی – مکانی، دریای عمان

۱ نویسنده مسئول: Email: Khosravi@Gep.usb.ac.ir

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.4.1]

مقدمه

محیط‌های طبیعی همواره در حال تغییر و تحول هستند و این تغییرات به‌طور طبیعی یا فعالیت‌های انسان شکل می‌گیرد (ایلدرمی و میر سنجری، ۱۳۸۹)؛ که ایران جزو ۱۰ کشور اول مستعد وقوع مخاطرات طبیعی دنیا بوده و از ۳۵ مخاطره طبیعی تاکنون حدود ۳۰ مخاطره در ایران اتفاق افتاده است (نگارش و لطیفی، ۱۳۸۸). یکی از انواع مخاطرات طبیعی که هرساله سبب وارد آمدن خسارات زیادی به‌ویژه در مناطق خشک و بیابانی دنیا می‌شود، تپه‌های ماسه‌ای است (امیدوار، ۱۳۸۵) تپه‌های ماسه‌ای در سواحل اکثر دریاها و اقیانوس‌ها به وجود می‌آیند. این تپه‌ها زاییده اثرات متقابل امواج دریا، جریانات دریایی، وزش باد و مواد رسوبی موجود در ساحل می‌باشند. آن‌ها تکمیل‌کننده اجزاء محیط ساحلی بوده و اساس اکوسیستمی را تشکیل می‌دهند که اجتماعات ارزشمندی از گیاهان و جانوران را در خود جای‌داده است (Kidd, ۲۰۰۱). منطقه موردمطالعه جزو بیابان‌های سواحل دریای عمان است؛ جایی که فراوانی بادهای شدید بخصوص در فصل تابستان از ویژگی‌های آن محسوب می‌شود. بعلاوه بخش عمده رسوبات حوضه‌های آبخیز مشرف‌به ساحل که توسط رودخانه‌ها به دریا منتقل‌شده، ممکن است دوباره طی فرایندهای دریایی به خشکی بازگشته و در معرض رفت‌وروب بادی قرار گیرند. با توجه به گزارش‌های سازمان زمین‌شناسی آمریکا، تغییرات و حرکات تپه‌های ماسه‌ای مانند تغییرات اقلیمی، رو به افزایش است (Sparavigna, ۲۰۱۳) و ازآنجایی‌که باد یکی از عوامل اصلی ایجاد فرسایش و تخریب در سطح زمین، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک است (رفاهی،۱۳۷۸:۳۲۰). این تپه‌های ماسه‌ای را می‌توان در سطح وسیعی از منطقه مشاهده کرد و فرسایش بادی در ابعاد مکانی وسیعی رخ می‌دهد. تپه‌های ماسه‌ای نهشته‌ای از ماسه‌های متفاوت ازنظر شکل و اندازه هستند که توسط باد ساخته می‌شوند (Sparavigna, ۲۰۱۳) چنانچه این تپه‌ها تثبیت نشده باشند، می‌توانند حرکت کنند؛ بنابراین مطالعه سرعت و جهت حرکت و یا گسترش تپه‌های ماسه‌ای، به دلیل خسارت‌های ناشی از آن و به‌ویژه، حفظ منابع طبیعی و پروژه‌های دست‌ساز انسان، اهمیت ویژه‌ای در مدیریت مناطق بیابانی دارد (Hermas, ۲۰۱۲). رژیم بادی یا مقدار انرژی باد و تغییرپذیری آن، کنترل قابل‌توجهی روی مورفولوژی، حفظ تغییرات سطح زمین‌بر اثر بادها دارند (Pearce, ۲۰۱٤)؛ به‌ویژه فراوانی، مقدار و جهت بادها، که کنترل اصلی روی شکل تپه‌ها و مورفودینامیک آنها نشان داده است (Al-Awadhi, ۲۰۰۵) که تقریباً حدود ۲۴ میلیون هکتار از اراضی کشور ایران را مناطق تحت فرسایش بادی تشکیل می‌دهند که ۱۲-۱۵ میلیون هکتار از این اراضی در سیطره ماسه‌زارها و تپه‌های ماسه‌ای قرار دارد (مهندسین مشاور تاک سبز، ۱۳۸۱). حرکت و هجوم ماسه‌های روان از مهم‌ترین مخاطرات محیطی سواحل دریای عمان است که هم‌اکنون تعدادی زیاد از سکونتگاه‌های روستایی منطقه را مورد تهدید و آسیب قرار داده و خسارت‌های سنگینی بر جاگذاشته است (صبوری و صیدایی، ۱۳۹۱). فراوانی شدت باد بخصوص در فصل تابستان که بادهای موسمی شروع به وزیدن می‌کنند، از ویژگی‌های مناطق بیابانی سواحل دریای عمان محسوب می‌گردد (دباغ، ۱۳۸۱). عدم وجود مانع و کمی پوشش گیاهی باعث شده که منطقه در اختیار فرسایش بادی قرار گیرد و حجم وسیعی از ماسه‌هایی دریایی کیلومترها دورتر از ساحل انتقال‌یافته و به‌طور پراکنده صدها کیلومترمربع زمین را در زیر ماسه مدفون سازد (محمودی، ۱۳۸۴). بنابراین باعث به وجود آمدن خساراتی به زمین‌های کشاورزی، صدمه به تأسیسات راه و ساختمان، تخریب تأسیسات و تجهیزات زیربنایی، اسکله، شیوع بیماری و آسیب‌های زیست‌محیطی در روستاها می‌گردد. به‌طور ی که روستاهای مانند چنالی، کیدر و ریگ مصطفی، بیاهی و گوگسر

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.4.1]

در غرب زرآباد که میزان جابجایی سالانه تپه‌های ماسه‌ای زیاد است روستاییان به‌ناچار مجبور به مهاجرت می‌شوند. به همین دلیل مطالعه تحول تپه‌های ماسه‌ای می‌تواند اطلاعات خوبی درزمینه ویژگی‌های دینامیکی این عوارض در اختیار متخصصان و مسئولان قرار دهد. در این پژوهش به بررسی تأثیرات تپه‌های ماسه‌ای بر روستاهایی غرب زرآباد از توابع شهرستان کنارک استان سیستان و بلوچستان پرداخته‌شده و مخاطرات ناشی از آن در این روستا موردبحث و بررسی قرارگرفته و در پایان راهکارهایی را در راستای مدیریت و کنترل این مخاطرات ارائه گردیده است. هدف از تحقیق تعیین میزان گسترش و تغییرات فضایی- زمانی تپه‌های ماسه‌ای در منطقه غرب زرآباد است.

غریب رضا و معتمد (۱۳۸۳) در بررسی تغییرات تپه‌های ماسه‌ای ساحلی استان سیستان و بلوچستان با استفاده از مقایسه عکس‌های هوائی ۱۳۴۶ و ۱۳۷۲ و پیمایش میدانی، به این نتیجه رسیدند که تپه‌های ماسه‌ای عرضی، مرکب، پناهگاهی و پهنه‌های ماسه‌ای به علت تبادل رسوب بین دریا و ساحل، رویش گیاهان در کنار رودخانه‌ها و حرکت به سمت مرکز بیابان، رشد کرده و تپه‌های ماسه‌ای طولی، برخان و تپه‌های گنبدی، به لحاظ فرسایش بادی و تغییر شکل به انواع دیگر، دچار کاهش سطح شده‌اند. رامشت (۱۳۹۲) طی پژوهشی به بررسی میزان گسترش تپه ماسه‌ای شرق جاسک با استفاده از GIS و عکس‌های هوایی پرداخت و به این نتیجه رسید که با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۹، مساحت تپه‌های ماسه‌ای ۱۰۱۶۹ کیلومترمربع افزایش داشته است. ایمانی و همکاران (۱۳۹۲) در مقاله‌ای تحت عنوان بررسی تغییرات مورفومتری تپه‌های ماسه‌ای با استفاده از روش سنجش‌ازدور (جنوب شرقی عشق‌آباد) مطالعاتی انجام دادند که نتایج نشان می‌دهد که طی ۱۲ سال موردمطالعه، مساحت و محیط تپه ماسه‌ای به ترتیب کاهشی برابر با ۴۲/۸۷۲ هکتار و ۷۸۱/۳۰۷ متر داشته است که علت اصلی آن مربوط به طرح‌های بیابان‌زدایی اجراشده در قالب تاغ کاری در سال-های گذشته و همچنین زادآوری طبیعی تاغ روی تپه ماسه‌ای و نواحی اطراف آن بوده و اثرات مثبت طرح‌های بیولوژیکی بیابان‌زدایی را در تثبیت تپه ماسه‌های نشان می‌دهد. محمدخان و همکاران در سال (۱۳۹۴) در مقاله‌ای تحت عنوان بررسی جهات انتقال ماسه‌های بادی منطقه اردستان از طریق مقایسه زمانی مورفومتری تپه‌های ماسه‌ای و ویژگی‌های باد پرداختند که نتایج نشان می‌دهد که مخروط شرق و سپس مشرق می‌باشد. بدیهی است برای هرگونه برنامه‌ریزی به‌منظور بهره‌برداری و تثبیت ماسه‌ها باید منشأ و جهات غالب نقل‌وانتقال آن‌ها مدنظر قرارداد. هرماس و همکاران (Hermas, ۲۰۱۲) با استفاده تصاویر ماهواره‌ای اسپات تپه‌های ماسه‌ای در شمال غرب شبه‌جزیره سینا در مصر موردمطالعه قراردادند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که متوسط سرعت حرکت تمام تپه‌های ماسه‌ای بارخانی منطقه برابر با ۱۱/۹ متر در سال و جهت حرکت آن نیز در شرق و شمال شرق است. سیلوستر و همکاران (Silvestro, ۲۰۱۰) با بررسی مورفولوژی تپه‌ها در شرق منطقه تاماسیا مسیر حمل ماسه و مناطق احتمالی منشأ را شناسایی کردند. آن‌ها دریافتند که تغییرات شدید در رژیم باد منجر به پیچیدگی الگوی تلماسه‌ها می‌شود. اریک و همکاران (Eric et al, ۲۰۰۹) نقش بادهای دوجهته را در شکل‌گیری تلماسه‌ها در صحرای سینا مصر موردبررسی قراردادند. ایشان به این نتیجه رسیدند که بادهای دو جهته باعث ایجاد تلماسه‌های سیف می‌باشد. زادی و همکاران (Zaady et al, ۲۰۰۸) با استفاده از روش‌های گرانولومتری و میکرو مورفولوژی به مطالعه‌ی ماسه‌ها در دشت یامین واقع در قسمت شرقی بیابان نجیو اسرائیل پرداختند. آن‌ها برای این منظور از پارامترهای مختلفی از قبیل شکل و اندازه ذرات و همچنین مقدار کشیدگی ذرات ماسه استفاده نمودند که با استفاده از روش‌های توزیع آماری در

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.4.1]

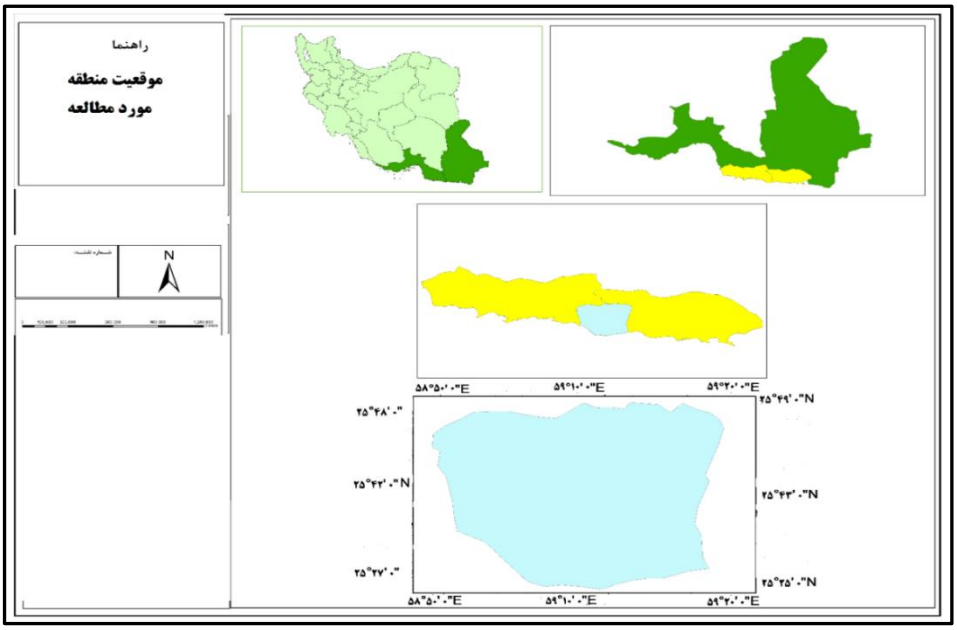
تحلیل داده‌ها به بررسی دقیق تفاوت‌های گرانولومتری رسوبات برخان پرداختند که تفاوت معناداری بین اندازه‌ی ذرات برخان و فرایندهای بادی در فصول مختلف را نشان می‌دهد.

هدف از این پژوهش ،تحلیل علمی این مخاطره با رویکرد بررسی عوامل محیطی و اقلیمی مؤثر بر آن می‌باشد.آشکارسازی تغییرات فضایی- مکانی این پدیده و تحلیل روند و جهات آن از دیدگاه تأثیر بر سکونت‌گاه‌های روستایی منطقه از مواردی است که این مقاله در پی آن است.

داده‌ها و روش کار

الف) قلمرو جغرافیایی مورد مطالعه

منطقه غرب زرآباد یکی منطقه‌های سواحل جنوب شرقی ایران است که با مساحت در حدود ۵۸۷۱/۴۰۴۰ کیلومترمربع بین طول جغرافیایی ″۴۸ ′۲۹ °۵۸ تا ″۱۸′۲۲ °۵۹ طول شرقی و عرض جغرافیایی "۱۸ ′۲۷ °۲۵ تا ″۵۹ ′۱۰ °۲۶ عرض شمالی قرار دارد. این منطقه ازنظر تقسیمات سیاسی در جنوب شرق استان هرمزگان و منطقه جنوبی استان سیستان و بلوچستان درواقع در محدوده شهرستان جاسک و شهرستان کنارک می‌باشد.



شکل ۱: موقعیت منطقه موردمطالعه

منطقه مورد مطالعه در سواحل دریای عمان و از رودخانه سدیچ در هرمزگان، شهرستان جاسک شروع و به رودخانه راپچ در استان سیستان بلوچستان، شهرستان کنارک ختم می‌شود. شمال منطقه را کوه‌های مکران و جنوب آن را دریای عمان فراگرفته است. این محدوده مشتمل بر دهستان‌های سورک و پی وشک در شهرستان جاسک و دهستان زرآباد غربی در شهرستان کنارک است که به‌طورکلی ۱۰ روستای غالباً صیادی و کشاورزی با جمعیتی در حدود ۵۵۴۵ نفر را در برمی‌گیرد (مرکز آمار ایران ،۱۳۹۰). طول فاصله بین دو منطقه ۴۵ کیلومتر می‌باشد. بالاترین ارتفاع این حوضه از سطح دریا ۱۰۰ متر می‌باشد که مربوط به ارتفاعات گتی است. پایین‌ترین آن به ۲۶- متر است. منطقه موردمطالعه از ناشناخته‌ترین محیط-

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.4.1]

های جغرافیایی ایران و اساساً روستایی است. روستاهای منطقه عمدتاً در امتداد ساحل و جاده جاسک – کنارک استقراریافته‌اند و بافت کلان حاصل از استقرار آن‌ها به‌صورت خطی است.

ب) روش‌شناسی

ابتدا به مطالعات کتابخانه‌ای مربوط به موضوع تحقیق پرداخته شد و همزمان با آن مطالعات میدانی صورت گرفت. پس‌ازآن برای بررسی تغییرات میزان جابجایی در تپه‌های ماسه‌ای منطقه موردمطالعه در بازه زمانی بیست‌وسه سال (۱۹۹۱-۲۰۱۴)، از GPS و تصاویر ماهواره‌ای سنجنده ETM^+ ماهواره لندست ۷و ۸ باقدرت تفکیک مکانی ۳۰ و ۱۵متر است، مورداستفاده قرار گرفت. تصاویر مورداستفاده با فواصل ۱۰و ۱۳ سال، به ترتیب مربوط به سال‌های ۱۹۹۱، ۲۰۰۱، ۲۰۱۴ میلادی و مربوط به ماه اوت بوده و از پایگاه اینترنتی سازمان زمین‌شناسی آمریکا (USGS) تهیه‌شده‌اند. شماره ردیف (Row) و ستون (Path) تصاویر با توجه به نمایه مربوط به تصاویر، ETM^+ به ترتیب ۴۲ و ۱۵۸ است. در آخر به‌وسیله روش‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی(GIS)، و نرم‌افزار (ENVI) مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند.

- **تصحیحات هندسی**

قبل از تجزیه‌وتحلیل اطلاعات ماهواره‌ای به‌ویژه در مواردی که اندازه‌گیری‌های مختلف مدنظر باشد، لازم است ابتدا تصحیحاتی ازجمله تصحیح هندسی بر روی تصویر خام صورت گیرد. این نوع تصحیح با استفاده از سامانه‌های موقعیت‌یاب جهانی انجام می‌گیرد (جعفری و همکاران، ۱۳۹۰). لذا با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی رقومی ۱:۲۵۰۰۰ که هم دقت بالایی دارد و هم نسبتاً بهنگام می‌باشند، نقاط کنترل زمینی را انتخاب نموده و این نقاط دارای سیستم مختصات طول و عرض جغرافیایی بودند که به سیستم متریک تبدیل شدند. در این مرحله برای هر کلاس از صفرتا دونقطه با خطای بیشتر از نیم پیکسل حذف گردید. پس از انجام مراحل تصحیح، طبقه‌بندی تصاویر انجام گرفت. ازآنجایی‌که هدف اساسی فن سنجش‌ازدور شناسایی و تفکیک پدیده‌های زمینی است. بنابراین طبقه‌بندی مهم‌ترین مرحله تفسیر اطلاعات محسوب می‌گردد (داوودی ، ۱۳۹۲).

- **تصحیح رادیو متریک**

دو نوع تصحیح رادیومتریک وجود دارد، تصحیح رادیومتریک مطلق و تصحیح رادیومتریک نسبی (Coppin et al, ۲۰۰٤). روش تصحیح رادیومتریک مطلق نیازمند ورود داده‌های مربوط به خصوصیات اتمسفریک و کالیبراسیون سنجنده است. انجام این تصحیح در اغلب موارد و به‌خصوص برای داده‌های قدیمی کار بسیار سختی است (Du et al, ۲۰۰۲). در این مطالعه از روش کاهش تیرگی پدیده که به‌راحتی در نرم‌افزار ENVI قابل‌اجراست، جهت تصحیح رادیومتریک استفاده‌شده است. کاهش تیرگی پدیده، یکی از روش‌های تصحیح رادیومتریک نسبی است که به‌طور گسترده در بسیاری از موارد به کار گرفته می‌شود (Chavez, ۱۹۹۶). در حالت ایده‌آل پدیده‌های تیره‌رنگ دارای تابش صفر در همه طول‌موج‌ها هستند. در این روش فرض می‌شود که در هر باند از تصویر می‌توان پیکسل‌هایی یافت که مقادیر آنها صفر یا نزدیک به یک می‌باشد مثل آب. این ترتیب اثر اتمسفری تابش انحرافی به‌صورت یک مقدار ثابت به پیکسل‌ها در هر باند اضافه می‌گردد. به همین دلیل جهت حذف

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.4.1]

خطای رادیومتریک بایستی ارزش پیکسل‌های هر باند از حداقل DN مربوط به هر باند کم شود. این فرایند جهت کاهش اثرات پخش اتمسفری بر روی تصویر است.

- **طبقه‌بندی تصاویر**

با توجه به هدف اصلی روش سنجش‌ازدور، طبقه‌بندی تصاویر را می‌توان مهم‌ترین بخش تفسیر اطلاعات ماهواره‌ای شمرد (Srivastava, and Gupta, ۲۰۰۳). با توجه به مطالعات مختلف انجام‌شده در این زمینه، سه روش طبقه‌بندی رایج، شامل: نظارت‌شده با بیشترین شباهت، نظارت‌شده با کمترین فاصله از میانگین و روش نظارت‌نشده، برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره-ای به‌منظور مشخص شدن محدوده تپه ماسه‌ای مدنظر، مورداستفاده قرارداد. درروش نظارت‌شده، ابتدا نقاط آموزشی از بخش‌های مختلف تصویر به نرم‌افزار معرفی می‌شود و سپس پیکسل‌های تصویر بر اساس بیشترین شباهت به بخش‌های تعریف‌شده و کمترین فاصله از میانگین ارزش پیکسلی بخش‌های تعریف، طبقه‌بندی می‌شوند. در روش نظارت‌نشده، نرم‌افزار به‌طور خودکار و با توجه به تعداد کلاس‌های دلخواه تعریف‌شده، پیکسل‌های تصویر را طبقه‌بندی می‌کند. روش طبقه‌بندی نظارت‌شده با بیشترین شباهت، نسبت به روش نظارت‌شده با کمترین فاصله از میانگین و روش نظارت‌نشده، تشخیص دقیق‌تری از محدوده تپه ماسه‌ای موردنظر عرضه کرد و این مطابق با نظر ریچارد (۲۰۰۱) بود.

شرح و تفسیر نتایج

الف- تحلیل نتایج تغییرات تپه‌های ماسه‌ای بر اساس تفسیر نقشه‌ها

همان‌طور که قبلاً ذکر شد، در این تحقیق برای طبقه‌بندی تصاویر در سال‌های مختلف از الگوریتم ROI استفاده‌شده است. یکی از مسائل شایسته توجه پس از پردازش در زمینه طبقه‌بندی کاربری اراضی از روی تصاویر ماهواره‌ای، ارزیابی دقت طبقه‌بندی است. این کار با استفاده از یکی از روش‌های جمع‌آوری داده‌ها، بدون اینکه توجهی به نتایج طبقه‌بندی شود، صورت می‌گیرد. یکی از پارامترهای دقت که از ماتریس خطا استخراج می‌شود ضریب کاپا است. ضریب کاپا دقت طبقه‌بندی را نسبت به یک طبقه‌بندی کاملاً تصادفی محاسبه می‌کند. این کار را می‌توان به این صورت معنی کرد که پس از حذف تأثیر شانس در طبقه‌بندی مقدار تطابق با واقعیت زمینی محاسبه خواهد شد. مقدار صفر برای کاپا به این معنی است که طبقه‌بندی بدون هیچ ضابطه‌ای و کاملاً تصادفی انجام‌شده است. مقادیر بالای صفرتا یک سطحی از دقت را نشان می‌دهند. مقدار ۱ به معنی یک طبقه‌بندی کاملاً صحیح بر اساس نمونه‌های گرفته‌شده است. مقادیر منفی کاپا به معنی ضعف طبقه‌بندی و نتایج بسیار بد تفسیر می‌شود(جدول ۱).

جدول ۱: ارزیابی دقت طبقه‌بندی سال‌های ۱۹۹۱، ۲۰۰۱،۲۰۱۴

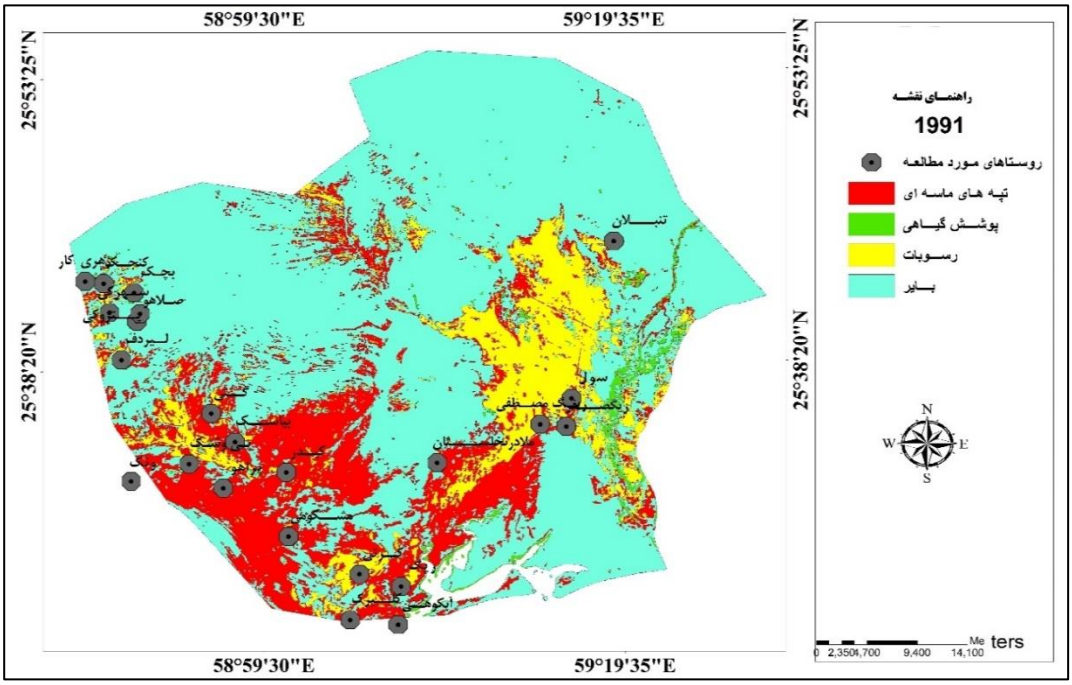
سال	ضریب کاپا
۱۹۹۱	۰/۹۸۷
۲۰۰۱	۰/۹۵۶
۲۰۱۴	۰/۹۳۵

مأخذ: محاسبات نگارندگان ۱۳۹۴

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.4.1]

نتایج حاصل از تفسیر نقشه‌های استخراج‌شده از تصاویر ماهواره ایی و مطالعات میدانی طی سال‌های ۱۹۹۱(۱۳۸۰) تا ۲۰۱۴ (۱۳۹۳) میزان حرکت و جابجایی تپه‌های ماسه‌ای و روستاهای در معرض مخاطره با آسیب بالا و متوسط را نشان می‌دهند. تپه‌های ماسه‌ای در منطقه موردمطالعه طی دوره‌های ۱۹۹۱(شکل ۲) تا ۲۰۰۱ (شکل۳) یعنی طی ۱۰ سال ۶/۸۵ کیلومترمربع رشد داشته است که به‌طور متوسط در هرسال گسترشی معادل ۰/۶۸۵ کیلومترمربع داشته است. با توجه به موقعیت جغرافیایی و مسیر تغییرات این تپه‌ها نقش بادهای دریایی و بخصوص جریانات موسمی درحرکت آنها مشخص می‌گردد.

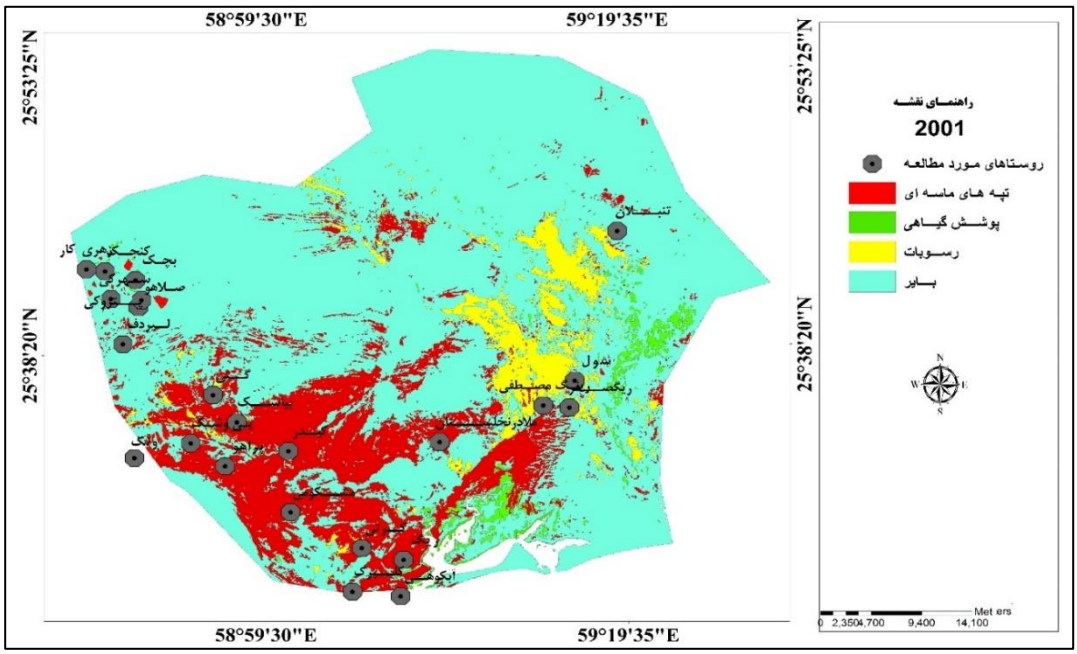


شکل۲: نقشه تغییرات تپه‌های ماسه‌ای منطقه موردمطالعه در سال ۱۹۹۱(۱۳۸۰)

در طی دوره ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۴ (شکل ۴) تپه‌های ماسه‌ای ۳۵/ ۱۰ کیلومترمربع رشد داشته که به‌طور میانگین در هر سال ۰/۷۹۶ گسترش را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج پژوهش برای ۲۳سال آماری رشد فیزیکی تپه‌های ماسه‌ای به سمت روستاهای موردمطالعه، ۱۷/۱۹۵کیلومترمربع بوده که این میزان جابجایی، اثرات فراوانی بر جاده‌ها، سکونتگاه‌ها و زمین‌های کشاورزی روستاها منطقه موردمطالعه وارد ساخته است.با توجه به اینکه منطقه زرآباد یکی از اصلی‌ترین قطب‌های کشاورزی استان سیستان و بلوچستان محسوب می‌شود،تأثیر این تحرکات باعث تهدید حیات و معیشت روستاییان و کاهش عملکرد و سطح زیر کشت محصولات اصلی کشاورزی منطقه می‌گردد.

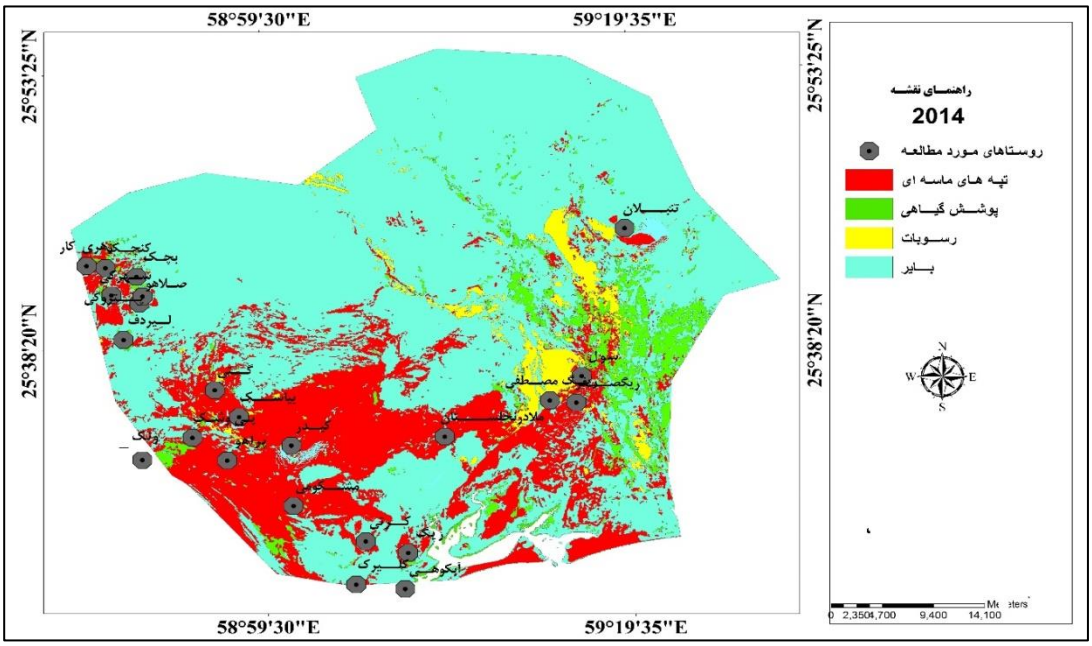
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.4.1]



شکل۳: نقشه تغییرات تپه‌های ماسه‌ای منطقه موردمطالعه در سال ۲۰۰۱

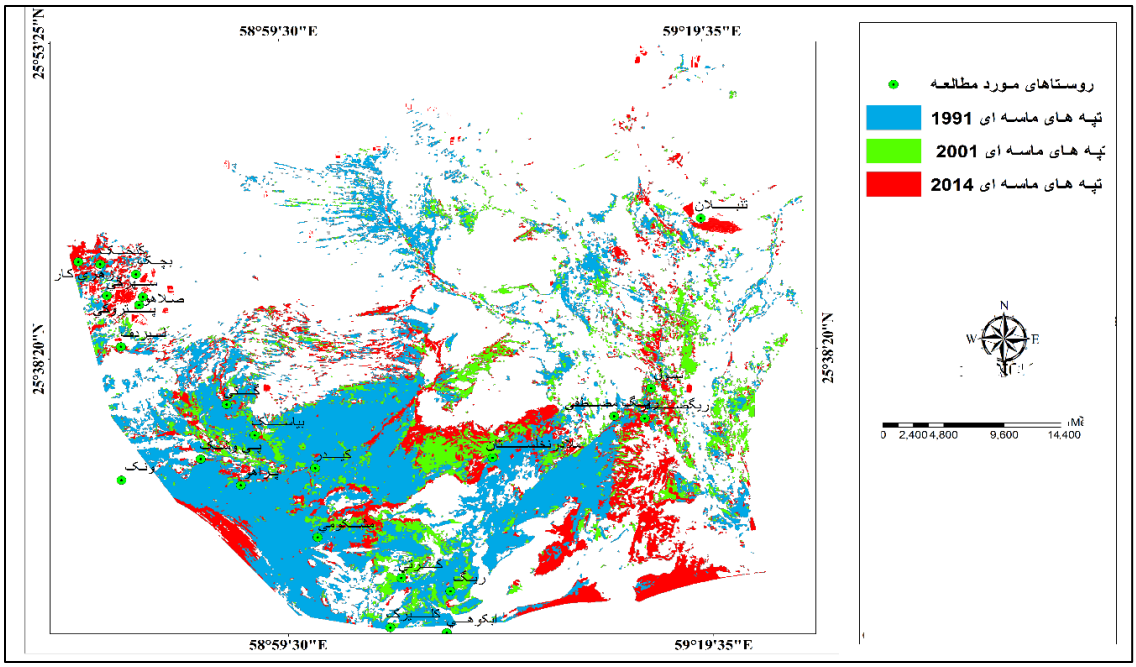
دلیل اصلی آسیب‌پذیری روستاهای موردمطالعه در طی سال‌های آماری ناشی از وزش توفان دریایی ، کاهش پوشش گیاهی، کمی بارش، سست و دانه‌ریز بودن رسوبات، شیب کم، چرای بی‌رویه، فعالیت‌های انسانی، نبود موانع ارتفاعی، افزایش ساعات آفتابی باعث شده که زمینه حرکت ماسه‌ها در روستاهای منطقه فراهم گردد.



شکل۴: نقشه تغییرات تپه‌های ماسه‌ای منطقه موردمطالعه در سال ۲۰۱۴

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.4.1]



شکل۵: مقایسه روند تغییرات موقعیت تپه‌های ماسه‌ای منطقه موردمطالعه در سال‌های ۱۹۹۱-۲۰۰۱-۲۰۱۴

شدت و فصول وزش باد نقش عمده‌ای در انتقال ذرات ماسه دارد با توجه به تحلیل آمارها که به‌وسیله نگارندگان و همچنین مشاهدات میدانی نشان می‌دهد که وزش بادهای پرتداوم (طوفانی) با سرعت بیش از حد آستانه با جهت غربی و جنوبی هستند که حدود ۸۲ درصد بادهای منطقه در تابستان و بهار تشکیل می‌دهند و به دلیل ریزبافت بودن ذرات ماسه، بستر مناسب برای حرکت فضایی - زمانی تپه‌های ماسه‌ای فراهم کرده است. شدت وزش باد به‌خصوص در فصل تابستان به علت جریانات موسمی اقیانوس هند بیشتر از سایر فصل‌هاست. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از تفسیر مقایسه‌ای روند تغییرات (شکل ۵) میزان جابجایی فضایی- زمانی تپه‌های ماسه‌ای در سالهای ۱۹۹۱- تا ۲۰۱۴ به میزان ۱۷/۱۹۸ کیلومترمربع رسیده و باعث حرکت ماسه‌ها به سمت سکونتگاه‌های روستایی و زمین‌های کشاورزی منطقه شده‌اند. عامل اصلی افزایش و جابجایی تپه‌های ماسه‌ای، درصد بالای وزش بادهای بیش از آستانه (۶/۵ متر بر ثانیه) در منطقه است.

بر اساس نتایج روستاهای ونک، کلیرک و پیوشک طی سال‌های ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۱ در معرض حرکت تپه‌های ماسه‌ای بوده اند. که با انجام طرح تثبیت ماسه‌های روان در سال (۲۰۰۵) میزان حرکت تپه‌های ماسه‌ای به سمت روستاها (ونک، کلیرک و پیوشک) کاهش پیداکرده و در سال ۲۰۱۴ در درجه دوم آسیب‌پذیری از مخاطره ماسه‌های روان قرار گرفتند. همچنین مابقی روستاهای موردمطالعه در سال ۲۰۱۴ به‌شدت در معرض هجوم ماسه‌های روان قرارگرفته‌اند.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.4.1]

جدول ۲: روستاهای آسیب‌پذیر در برابر هجوم تپه‌های ماسه‌ای

سطح‌بندی	سال	نام روستا
سطح یک آسیب‌پذیری زیاد	۱۹۹۱	کلیرک، ریگ، براهو، کیدر، ونک پیوشک، بیاسک
سطح دو آسیب‌پذیری متوسط	۱۹۹۱	گتی، کرتی، پترکی، و زهری کار، نخلستان ملا، لیردف، مشکوهی
سطح یک آسیب‌پذیری زیاد	۲۰۰۱	مشکوهی، کیدر، بیاسک، کرتی، ریگ، ونک ، پی وشک، گتی، براهو، نخلستان ملا
سطح دو آسیب‌پذیری متوسط	۲۰۰۱	سول، ریگ مصطفی، ریگ صفر، گنجک، سهرکی، لیردف، زهری کار،پچک،تنبلان
سطح یک آسیب‌پذیری زیاد	۲۰۱۴	کیدر، تنبلان، ریگ مصطفی، ریگ صفر، ملا نخلستان، بیاسک، مشکوهی، گتی، سهرکی، گنجک، زهری کار، ریگ،کرتی
سطح دو آسیب‌پذیری متوسط	۲۰۱۴	ونک، پی وشک، کرتی، لیردف، کلیرک

ب - مقایسه طبقه‌بندی‌ها جهت ارزیابی تغییرات کاربری و پوشش اراضی

در تحقیق حاضر برای پی بردن به تغییرات حادث‌شده در منطقه موردمطالعه نقشه‌های حاصل از طبقه‌بندی تصاویر سال-های موردمطالعه (۱۹۹۱- ۲۰۱۴) با استفاده از روش جداول توافقی (Cross tab) با همدیگر مورد مقایسه قرار گرفت. در این روش نقشه‌های کاربری تهیه‌شده به‌صورت دو به دو مورد مقایسه قرارگرفته و به‌صورت ماتریسی که بر اساس جدول فوق، سطرها بیانگر نوع کاربری و مساحت مربوط به هر یک از آنها در سال ۱۹۹۱ و ستون‌ها نشان‌دهنده این است که در سال ۲۰۱۴ مساحت هر یک کاربری‌ها به چه مقدار رسیده و نسبت به دوره قبل چه میزان تغییریافته است. همان‌طور که در جدول (۲) ملاحظه می‌شود پوشش اراضی این بخش‌ها طی سال‌های موردمطالعه شاهد تغییر و تحولات بسیاری بوده است. این جدول نشان می‌دهد که بیشترین افزایش مربوط به تپه‌های ماسه‌ای بوده که در سال ۱۹۹۱ به ۵۶۱/۲۵ کیلومترمربع و در سال۲۰۱۴ به ۵۷۸/۴۵ کیلومترمربع رسیده و رشدی معادل ۱۹۸/ ۱۷ کیلومترمربع را داشته است. پوشش گیاهی که میزان آن در سال ۱۹۹۱، ۳۲ کیلومترمربع بوده در طی سال ۲۰۱۴ به ۴۵ کیلومترمربع رسیده و افزایش ۱/۶ درصد را نسبت به دوره قبل نشان می‌دهد. رسوبات رودخانه‌ای با تراکم زیادی که در اطراف رودخانه پراکنده هستند میزان آنها در سال ۱۹۹۱، ۹۸/۴۲ کیلومترمربع بوده و میزان آنها در سال ۲۰۱۴ به ۱۱۴/۸۲ کیلومترمربع رسیده و رشدی معادل ۰/۶۷ درصدی را داشته است. همچنین طی سال های ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۴ مساحت پوشش زمینی که به پوشش گیاهی تغییریافته‌اند، عبارت‌اند از تپه‌های ماسه‌ای ۲۴/۸۸ کیلومترمربع ، رسوبات رودخانه‌ای ۱/۱۳ کیلومترمربع و زمین‌های بایر ۵/۱ کیلومترمربع بوده است. طی سالهای ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۴ مساحت پوشش زمینی که به تپه‌های ماسه‌ای تبدیل‌شده‌اند، عبارت‌اند از: پوشش گیاهی حدود ۰/۱۰۸کیلومترمربع، رسوبات رودخانه‌ای۱۰/۶۰ کیلومترمربع و زمین‌های بایر ۲۶۴/۳۵ کیلومترمربع.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

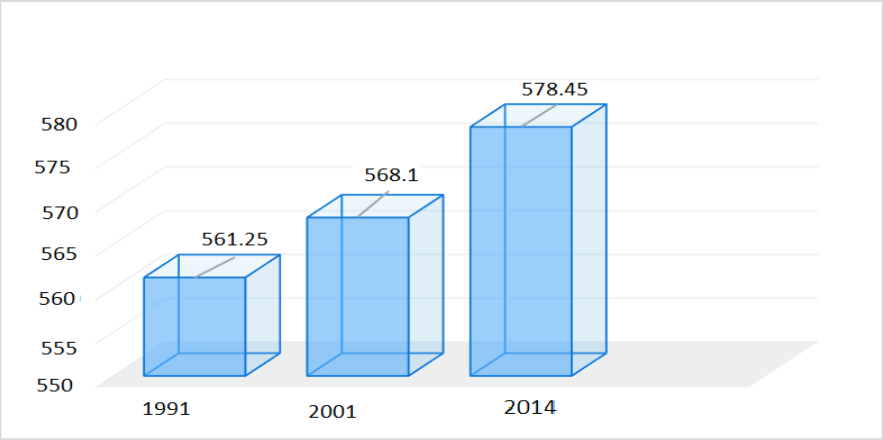
[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.4.1]

میزان پوشش زمینی که به رسوبات رودخانه‌ای تغییریافته‌اند حدود ۲۸/۱۸ کیلومترمربع از تپه‌های ماسه‌ای و ۰/۰۱۴ از پوشش گیاهی، ۱۱/۰۷ کیلومترمربع از زمین‌های بایر به رسوبات رودخانه‌ای تبدیل‌شده‌اند. روند تغییرات فضایی- زمانی تپه‌های ماسه‌ای منطقه هرساله باعث حرکت ماسه‌ها به سمت زمین‌های کشاورزی، مراتع و روستاها می‌گردد.

جدول۳ توزیع مساحت پوشش زمینی منطقه موردمطالعه به کیلومترمربع

کد	تپه‌های ماسه ای	پوشش گیاهی	رسوبات	بایر	مجموع
تپه‌های ماسه‌ای	۲۸۴ /۲۵	۰/۱۰۸	۱۰/۶۰	۲۶۴ /۳۵	۵۶۱/۲۶
پوشش گیاهی	۲۴ /۸۹	۲/۶۴	۱/۱۳	۵/۱	۳۲/۵۴
رسوبات	۲۸/۱۸۰	۰/۰۱۴	۵۹ /۰۶	۱۱/۰۷	۹۸/۴۲
بایر	۲۴۲/۱۲	۴۲/۶۱	۴۳/۰۳	۱۴۸۴/۷۱	۱۹۲۰/۶۶
مجموع	۵۷۸/۴۵	۴۵/۳۸	۱۱۴/۸۲	۱۷۶۴/۵۷	۲۵۱۷/۵۹۲

همان‌طور که اشاره شد این افزایش و تغییرات کاربری منطقه به خاطر کمی بارش، سست و دانه‌ریز بودن رسوبات، شیب کم، چرای بیش از حد دام، نبود موانع ارتفاعی و درصد بالای وزش بادهای بیش از آستانه در این منطقه، زمینه‌ی حرکت ماسه‌ها را فراهم کرده است و افزایش میزان ساعات آفتابی باعث می‌گردد که رطوبت موجود در منطقه تبخیر و کاهش پیدا کند و موجب خشک شدن هر چه سریع‌تر خاک منطقه می‌گردد که این عامل باعث سست شدن ذرات خاک و جابجایی ماسه می‌گردد.



شکل ۶: مساحت تپه‌های ماسه‌ای منطقه موردمطالعه طی دوره مطالعاتی(کیلومتر مربع)

نتایج حاصل از شکل (۶) نشان می‌دهد که مساحت و محیط تپه ماسه‌ای موردنظر طی ۲۳سال (۱۹۹۱ تا ۲۰۱۴)، به ترتیب افزایشی برابر ۱۷/۱۹۵ کیلومترمربع داشته است. همچنین مقدار افزایش در سه فاصله زمانی از سال ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۱ برابر ۶/۸۵ کیلومترمربع و از ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۴، ۱۰/۳۵ کیلومترمربع بوده است که این میزان افزایش به خاطر نبود پوشش

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.4.1]

گیاهی مناسب و درصد بالای وزش بادهای بیش از آستانه در فصل تابستان، زمینه‌ی تغییرات فضایی و زمانی تپه‌های ماسه-ای در منطقه غرب زرآباد فراهم کرده است.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش مخاطرات ناشی از ماسه‌های روان در منطقه غرب زرآباد از توابع شهرستان کنارک استان سیستان و بلوچستان بررسی شد.نتایج مطالعات انجام‌شده در منطقه بر اساس تفسیر تصاویر ماهواره‌ای و کارهای میدانی نشان داد که بیشترین افزایش تغییرات پوشش‌های زمینی موجود در منطقه مربوط به تپه‌های ماسه‌ای بوده که در سال ۱۹۹۰ (۵۶۱/۲۵) کیلومترمربع، در سال ۲۰۰۱ (۱۰/ ۵۶۸) کیلومترمربع و در سال ۲۰۱۴(۵۷۸/۴۵) کیلومترمربع رسیده و رشدی معادل (۱۹۸/ ۱۷) کیلومترمربع را داشته است. پوشش گیاهی که میزان آن در سال ۱۹۹۱، ۳۲ کیلومترمربع بوده در طی سال ۲۰۱۴ به ۴۵ کیلومترمربع رسیده و افزایش ۱/۶ درصد را نسبت به دوره قبل نشان می‌دهد. طی دوره ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۴ پوشش گیاهی ۰/۱۰۸ کیلومترمربع از پوشش گیاهی، ۱۰/۶۰ کیلومترمربع از رسوبات رودخانه‌ای و ۲۶۴/۳۵ کیلومترمربع زمین‌های بایر به تپه‌های ماسه‌ای تغییریافته‌اند. بنابراین تپه‌های ماسه‌ای بعد از هر توفان با سرعت زیاد حرکت می‌کنند و در حین جابجایی خسارات فراوانی به زمین‌های کشاورزی، تأسیسات و سکونتگاه‌های روستایی وارد می‌کنند. بررسی میزان خسارات وارده نشان می‌دهد که سالانه مناطق وسیعی ازجمله روستاها، جاده‌ها و تأسیسات تحت تأثیر ماسه‌های روان قرار می‌گیرند؛ که این روند در سال‌های آتی مناطق بیشتری را درمی‌گیرد. میزان جابجایی تپه‌های ماسه‌ای بر اساس تحلیل‌های صورت گرفته در طی دوره مطالعاتی ۲۳ ساله، به‌اندازه‌ای زیاد بوده که باعث مدفون شدن تعداد زیادی از روستاهای موردمطالعه، تأسیسات، زمین‌های کشاورزی و جاده‌ها و باعث بیکار شدن تعداد زیادی از کشاورزان منطقه شده است. خسارات وارده به سکونتگاه‌های روستایی کمتر از بخش‌های کشاورزی و تأسیسات نبوده است. بنابراین براثر حرکت ماسه-های روان در طی سال‌های اخیر حدود ۱۵ روستا در معرض تخلیه قرار گرفتند، به‌طوری‌که جبران این‌همه خسارت، هزینه‌بر و زمان زیادی را بر جامعه تحمیل کرده است. که درنتیجه حرکت تپه‌های ماسه‌ای به‌طرف روستاهای موردمطالعه، روستاهای بیاهی، مشکوهی، عبد، ریگ مصطفی، کلیرک، کرتی و گتی که در نواحی ساحلی و روستاهای سهرکی، گنجک، تنبلان، زهری کار، و کیدر که با فواصل زیادی از ساحل قرار دارند بیشترین حجم تپه‌های ماسه‌ای و بحرانی‌ترین منطقه ازنظر میزان حرکت تپه‌های ماسه‌ای می‌باشند. در محدوده موردمطالعه کمی بارش، سست و دانه‌ریز بودن رسوبات، شیب کم، نبود موانع ارتفاعی و درصد بالای وزش بادهای بیش از آستانه (توفان) در این منطقه، نبود گونه پوشش گیاهی روی تپه ماسه‌ای و خشکسالی های چندساله اخیر تغییرات فضایی- زمانی تپه‌های ماسه‌ای به سمت روستاها تائید می‌کنند. این مسئله از نمودهای بحران و ناپایداری در این روستاها می‌باشد که با ایجاد مانع بر سر راه توسعه، فرآیند توسعه‌یافتگی روستاهای آسیب‌پذیر را کند کرده است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.4.1]

منابع

امیدوار، کمال. ۱۳۹۰. مخاطرات طبیعی، چاپ اول. انتشارات دانشگاه یزد.یزد

ایلدرمی، علیرضا؛ مهرداد، میر سنجری؛ ۱۳۸۹. بررسی و ممیزی مخاطرات محیطی دامنه‌های مشرف‌به شهر همدان، *تحقیق‌های زیست محیط*، **۲**: ۷۷-۶۷.

ایمانی، رسول، مهدی عبدالهی؛ ولی عباسعلی و علی آل بوعلی. ۱۳۹۲. بررسی تغییرات مورفومتری تپه‌های ماسه‌ای با استفاده از سنجش‌ازدور، مطالعه موردی: جنوب شرقی عشق‌آباد. *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی*، **۳**: ۱۴۰-۱۲۹.

پیروز زاده، سلیمان،۱۳۹۴. بررسی اثر طوفان‌های دریایی بر تغییرات فضایی- زمانی تپه‌های ماسه‌ای غرب زرآباد،پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مخاطرات محیطی، استاد راهنما محمود خسروی،استاد مشاور صمد فتوحی دانشگاه سیستان و بلوچستان،زاهدان.

جعفری، مهدی؛ غلامرضا، زهتابیان؛ امیر هوشنگ، احسانی؛ ۱۳۹۰. بررسی تأثیر باند حرارتی و الگوریتم‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده داده‌های ماهواره‌ای در تهیه نقشه‌های کاربری اراضی، (مطالعه موردی: کاشان). *فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران*، **۱**: ۷۲-۸۷.

داوودی، زهره. ۱۳۹۲. *پیش‌بینی تحولات آتی تغییرات کاربری اراضی کشاورزی شهرستان شهریار، پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی*، استاد راهنما دکتر علی حاجی نژاد. دانشگاه سیستان و بلوچستان. زاهدان.

دباغ، عبدالرحیم. ۱۳۸۱. طرح تفضیلی اجرائی تثبیت شن و بیابان‌زدائی چنالی – سدیچ و بیاهی. بندرعباس، *اداره کل منابع طبیعی استان هرمزگان*.

رامشت، محمدحسین؛ عبدالله، سیف؛ شبنم، محمودی؛ ۱۳۹۱. بررسی میزان گسترش تپه‌های ماسه‌ای شرق جاسک در بازه زمانی، (۱۳۸۳-۱۳۶۹) با استفاده از GIS و RS. *جغرافیا و توسعه*، **۳۱**: ۱۳۶-۱۲۱.

رفاهی، حسینقلی. ۱۳۷۸. *فرسایش بادی و کنترل آن*. چاپ دوم. انتشارات دانشگاه تهران.

صبوری، محمد؛ اسکندر، صیدایی؛ ۱۳۹۱. تحلیلی پرآسیب پذیری روستاهای ساحلی دریای عمان در برابر حرکت ماسه‌های روان. *پژوهش‌های روستایی*، **۲**: ۷۷-۷۶.

طرح شناسایی کانون‌های بحرانی فرسایش بادی و تعیین اولویت‌های اجرایی در کشور. ۱۳۸۱. دفتر فنی تثبیت شن و بیابان‌زدایی. مهندسین مشاور تاک سبز، سازمان جنگل‌ها و مراتع و آبخیزداری کشور.

غریب رضا، محمد؛ احمد، معتمد؛ ۱۳۸۳. بررسی تغییرات تپه‌های ماسه‌ای ساحلی استان سیستان و بلوچستان از سال ۱۳۴۶ تا ۱۳۷۲. *فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی*، **۵۰**: ۴۸- ۳۵.

محمد خان، شیرین؛ فهیمه، سادات کشفی؛ ۱۳۹۴. جهات انتقال ماسه‌های بادی منطقه اردستان از طریق مقایسه زمانی مورفومتری تپه‌های ماسه‌ای و ویژگی‌های باد، *پژوهش‌های ژئومرفولوژی کمّی*، **۱**: ۷۴-۵۹.

محمودی، شبنم. ۱۳۸۴. *بررسی تغییرات طبیعی تپه‌های ماسه‌ای شرق جاسک در بازه زمانی۱۳۸۳- ۱۳۶۹*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. استاد راهنما محمدحسین رامشت. گروه جغرافیا. دانشگاه اصفهان.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.4.1]

مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰. *سرشماری‌های عمومی نفوس و مسکن*. شهرستان کنارک و جاسک .

نگارش، حسین؛ لیلا، لطیفی؛ ۱۳۸۸. بررسی خسارت‌های ناشی از حرکت ماسه‌های روان در شرق زابل با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای. *پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی*، **۶۷**: ۴۴-۴۵.

Al-Awadhi J. M, Al-helal. A, Al-Enezi. ,٢٠٠٥, Sand drift potential in the desert of Kuwait , Journal of Arid Environment, ٦٣(٢): ٤٢٥– ٤٣٨. DOI: ١٠.١٠١٦/j.jaridenv.٢٠٠٥.٠٣.٠١١

Chavez, P.S. ١٩٩٦.Image-based atmospheric corrections-Revisited and improved. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, **٦٢**: ١٠٢٥- ١٠٣٦.

Coppin, P., I. Jonckheere, K. Nackaerts, B. Muys and E. Lambin, ٢٠٠٤.Digital change detection methods in ecosystem monitoring: A review. International Journal of Remote Sensing, **٢٥**: ١٥٦٥-١٥٩٦.

Eric J. R, Orencio Duránb P, Tsoarc H, Schwämmled V, and. Herrmanna H. J. ٢٠٠٩, Dune formation under bimodal winds, PNAS, ١٠٦(٥٢): ٢٢٠٨٥–٢٢٠٨٩. doi: ١٠.١٠٧٣/pnas.٠٨٠٨٦٤٦١٠٦

Hermas, E., Leprince, S., and El-Magd, I. A., ٢٠١٢, Retrieving Sand Dune Movements Using Sub-Pixel Correlation of Multi-Temporal Optical Remote Sensing Imagery, Northwest Sinai Peninsula, Egypt. Remote Sensing of Environment, **١٢١**: ٥١- ٦٠. DOI: ١٠.١٠١٦/j.rse.٢٠١٢.٠١.٠٠٢

Kidd, R. ٢٠٠١.Coastal Done Management, A Manual of Coastal Dune Management and Rehabilitation Techniques, NSW Department of Land and Water Conservation, ٩٦p .Repository Hydraulic Engineering Reports. NSW Government publication ISBN ٠.٧٣٤٧.٥٢٠٢.٤ .٥٣- ٥۴

Lu, D., P. Mausel, E. Brondi´zio and E. Moran. ٢٠٠٤. Change detection techniques. International Journal of Remote Sensing, **١٢(٢٥)**: ٢٣٦٥-٢٤٠٧.

Pearce, Kim I. , Walker, Ian J.٢٠٠٤ , Frequency and magnitude biases in the Fryberger model,with implications for characterizing geomorphically effective winds. Geomorphology, **٦٨** :٣٩- ٥٥. doi:١٠.١٠١٦/j.geomorph.٢٠٠٤.٠٩.٠٣٠

Richardz, J. A., ٢٠٠٠, Remote Sensing Digital Image Analysis, ٣rd Ed, Springer-Verlag, Berlin.

Silvestro, S, Achill Di, G, Ori, G. G. ٢٠١٠, Dune morphology, sand transport pathways and possible source areas in east Thaumasia Region(Mars), Geomorphology, **١٢١**: ٨٤–٩٧. Doi:١٠.١٠١٦/j.geomorph.٢٠٠٩.٠٧.٠١٩

Sparavigna, A. C., ٢٠١٣, A Study of Moving Sand Dunes by Means of Satellite Images, International Journal of Sciences, ٢: ٣٣-٤٢ . DOI: ١٠.١٨٤٨٣/ijSci.٢٢٩

Srivastava, S. K, and Gupta, R. D., ٢٠٠٣, Monitoring of Changes In Land Use/Land Cover Using Multi-Sensor Satellite Data, Map India conference, New Delhi, pp ٦, ٢٨–٣١ January

Zaady, Eli, A Dody, D Weiner, D Barkai, Zvi Yehoshua (٢٠٠٨). A comprehensive method for aeolian particle granulometry and micromorphology analyses, Environmental Monitoring and Aassessment,**١٥٥**: ١٦٩-١٧٥. DOI:١٠.١٠٠٧/s١٠٦٦١-٠٠٨-٠٤٢٦-z

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.4.1]