پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دورهٔ ۵۱، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۸
ص ۳۱- ۱۷

کاربرد مدل شاخص آسیب‌پذیری تپه‌های ماسه‌ای (DVI) در ارزیابی تپه‌های ماسه‌ای ساحلی از بندر سیریک تا بندر زیارت در جنوب شرق استان هرمزگان

شبنم محمودی- دانش‌آموختهٔ دکتری ژئومورفولوژی دانشکدهٔ جغرافیا و برنامه‌ریزی دانشگاه تبریز
داود مختاری*- استاد گروه ژئومورفولوژی دانشکدهٔ جغرافیا و برنامه‌ریزی دانشگاه تبریز
محمدحسین رضایی مقدم- استاد گروه ژئومورفولوژی دانشکدهٔ جغرافیا و برنامه‌ریزی دانشگاه تبریز
محمد اکبریان- استادیار گروه جغرافیای دانشگاه هرمزگان
عباس مرادی- استادیار گروه جغرافیای دانشگاه هرمزگان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۴/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۴/۱۰

چکیده

تپه‌های ماسه‌ای مانعی در برابر امواج‌اند و می‌توانند سواحل را از فرسایش حفظ کنند. بنابراین، حفاظت از این تپه‌ها امری مهم و نیازمند مدیریت است. هدف از این پژوهش بررسی میزان آسیب‌پذیری تپه‌های ماسه‌ای واقع در حد فاصل بندر سیریک تا بندر زیارت در جنوب شرق استان هرمزگان است، زیرا ساخت اسکله‌های جدید در سال‌های اخیر به تغییراتی در ساحل این منطقه منجر شده است. بنابراین، آگاهی از وضعیت آسیب‌پذیری تپه‌های ساحلی می‌تواند در مدیریت و حفاظت این تپه‌ها اثربخش باشد. در این پژوهش، عوامل مؤثر در آسیب‌پذیری تپه‌های ماسه‌ای ساحلی، شامل شرایط ژئومورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای، عوامل دریایی، فرایندهای بادی، پوشش گیاهی، تأثیر فعالیت‌های انسانی، و عامل مدیریتی، با استفاده از چک‌لیست، ارزیابی شد. داده‌های استفاده‌شده شامل داده‌های آماری، داده‌های مکانی، بازدیدهای میدانی، تصاویر ماهواره‌ای، عکس هوایی، و نتایج گرانومتری است. نتایج نشان داد میزان شاخص آسیب‌پذیری (DVI) در همهٔ محوطه‌ها متوسط است. همچنین، مشخص شد در میان عوامل مورد بررسی، عامل وضعیت ژئومورفولوژیک تپه‌های ماسه‌ای و سپس فرایندهای بادی به‌ترتیب بیشترین تأثیر را در آسیب‌پذیری تپه‌ها دارند. ارزیابی شاخص تعادل نشان داد تعادل میان آسیب‌پذیری و مدیریت تپه‌ها در هیچ کدام از محوطه‌ها وجود ندارد که دلیل آن می‌تواند نبود متولی مشخصی در زمینهٔ مدیریت اجرایی حفاظت از سواحل باشد.

واژگان کلیدی: آسیب‌پذیری، بندر زیارت، بندر سیریک، تپه‌های ماسه‌ای ساحلی.

مقدمه

تپه‌های ماسه‌ای ساحلی از اشکال مورفولوژی مهم مناطق ساحلی به‌شمار می‌روند که در پشت ساحل تشکیل می‌شوند (حجازی و محمودی، ۱۳۹۶: ۱۲۰). این تپه‌ها زاییدهٔ اثرهای متقابل امواج دریا، جریانات دریایی، وزش باد، و مواد رسوبی موجود در ساحل است (شایان و همکاران، ۱۳۹۳: ۸۷). تپه‌های ماسه‌ای سیستم‌های پویا و پیچیده‌ای هستند که به تغییر نیروهای محرکه‌ای که آن‌ها را تشکیل می‌دهند واکنش سریع نشان می‌دهند. این لندفرم‌های سست نتیجهٔ تعامل بین فرایندهای جوی، فرایندهای دریایی، پوشش گیاهی، فعالیت‌های انسانی و ژئومورفولوژی در این سیستم‌اند (الیورا و مول، ۲۰۰۹: ۳۴۲). علاوه بر آن، تپه‌های ماسه‌ای واقع در خشکی و ساحل ارتباط تنگاتنگی با هم دارند و بی‌ثباتی هر یک از آن‌ها باعث عدم ثبات در دیگری و به دنبال آن ناپایداری سیستم تپه‌های ماسه‌ای به‌عنوان یک مجموعهٔ به‌هم پیوسته می‌شود (ویلیامز و همکاران، ۲۰۱۱: ۱۲۶۴).

* نویسندهٔ مسئول: ۰۹۱۴۴۱۵۶۷۱۴
E-mail: d_mokhtari@tabrizu.ac.ir

حساسیت تپه‌های ماسه‌ای به ازدست‌دادن توانایی سیستم تپهٔ ماسه‌ای در برابر حوادث آستانه، مانند طوفان، سیلاب، بادهای سیکلونی، و سونامی، بعد از تغییر وضعیت سیستم از حالت پایداری (steady state) گفته می‌شود (دیاپانجان و همکاران، ۲۰۱۴: ۴۸). تپه‌های ماسه‌ای ساحلی مانعی در برابر امواج‌اند. علاوه بر این، مخزنی از شن و ماسه محسوب می‌شوند که می‌تواند منبع تغذیهٔ ساحل باشد و آن را در برابر فرسایش حفظ کند. همچنین، این تپه‌های ماسه‌ای ساحلی اکوسیستم‌های گیاهی و جانوری خاص خود را تشکیل می‌دهند که دلیل دیگری بر اهمیت حفظ آن‌هاست. ارزیابی آسیب‌پذیری این تپه‌ها می‌تواند به مدیران افزایش آسیب‌پذیری به‌سبب تغییر برون‌زا یا درون‌زا را هشدار دهد (ویلیامز و همکاران، ۲۰۱۱: ۱۲۶۴).

چک‌لیست یکی از ابزارهای مورد استفادهٔ محققان برای ترسیم سطح آسیب‌پذیری تپه‌های ماسه‌ای ساحلی است. افرادی مانند تیلور (۱۹۶۱)، ویلیامز و همکاران (۱۹۹۳؛ ۱۹۹۴؛ ۲۰۰۱)، بودر و همکاران (۱۹۹۴)، دیویس و همکاران (۱۹۹۵ a و b)، پریرا و همکاران (۲۰۰۰)، و گارسیا- مورا و همکاران (۲۰۰۱) چک‌لیست را روش مفیدی شناخته‌اند که در آن عوامل عمده‌ای که به‌طور مستقیم مسئول بی‌ثباتی سیستم تپه‌های ماسه‌ای‌اند، با درنظرگرفتن میزان آسیب‌پذیری و اقدامات حفاظتی، مطالعه می‌شود. استفاده از چک‌لیست در ارزیابی آسیب‌پذیری تپه‌های ماسه‌ای در مقیاس منطقه‌ای در کشورهای مختلف توسط افرادی مانند بودر (۱۹۹۴) در فرانسه، آلورینو و همکاران (۲۰۰۱) در پرتقال، ویلیامز و همکاران (۱۹۹۳؛ ۲۰۱۱) در انگلستان، گارسیا- مورا و همکاران (۲۰۰۱) و والس و همکاران (۲۰۱۱) در اسپانیا، مارلو و موریس (۲۰۰۳) در ترکیه، و مارتینز و همکاران (۲۰۰۶) در مکزیک انجام شده است. در این مطالعات، براساس عوامل ژئومورفولوژیکی، دریایی، جوی، پوشش گیاهی، انسانی، و مدیریتی، گروهی از متغیرها شناسایی شدند که هر متغیر از مجموعه‌ای از پارامترها تشکیل شده است، اما در اینکه چه تعداد پارامتر برای محاسبهٔ این شاخص باید لحاظ شود، با توجه به پیچیدگی محیط تپه‌های ساحلی، توافقی وجود ندارد. پارامترهای درنظرگرفته‌شده در چک‌لیست محققان به‌طور مستقیم به پتانسیل‌های آسیب‌پذیری و وضعیت حساسیت سیستم تپهٔ ماسه‌ای محدودهٔ مطالعاتی مربوط می‌شود (دیویس، a,b ۱۹۹۵: ۸۹). براساس نظر گارسیا (۲۰۰۱)، تعداد پارامترها می‌توانند با درنظرگرفتن میزان تأثیر هر یک از عوامل مؤثر در آسیب‌پذیری تپه‌ها و هدف مطالعه انتخاب شوند (دیاپانجان، ۲۰۱۴: ۴۹).

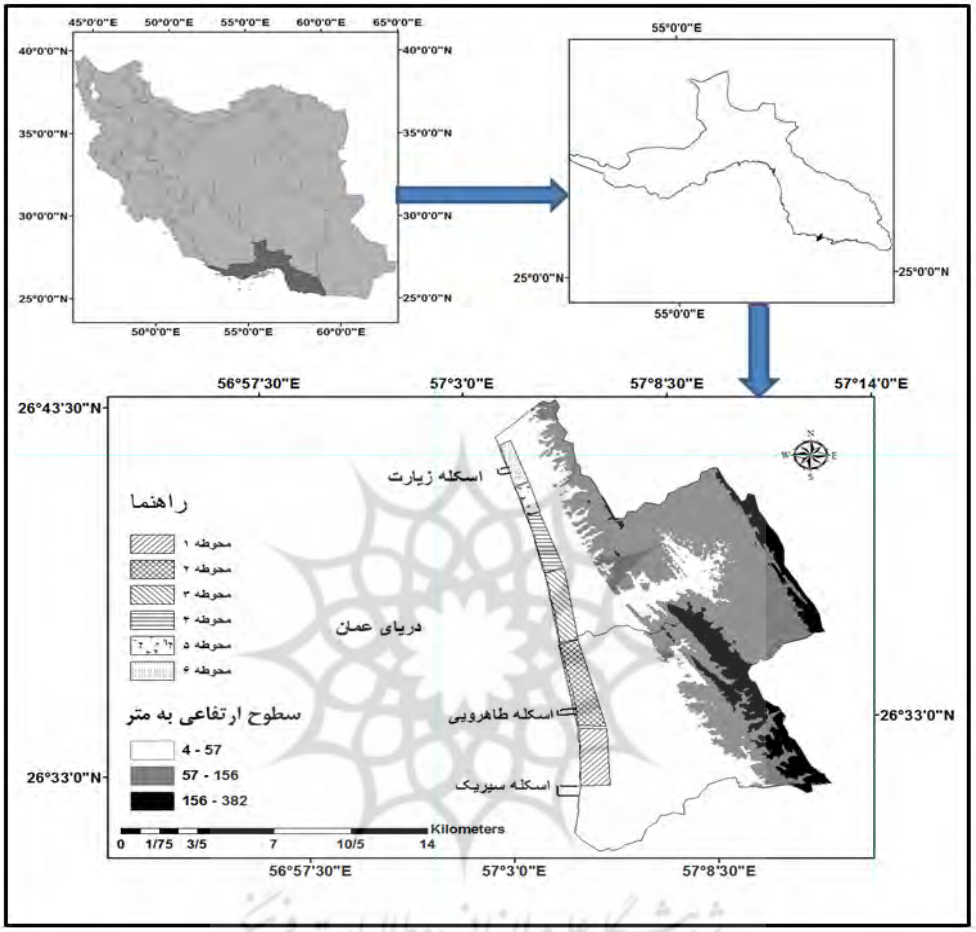
در تعدادی از منابع ارزیابی آسیب‌پذیری با استفاده از چک‌لیست با عنوان ارزیابی شاخص آسیب‌پذیری تپه‌های ماسه‌ای (DVI)[1] بیان شده است، مانند دیاپانجان و همکاران (۲۰۱۴) در هند.

در ایران اولین بار صدوق و همکاران (۱۳۹۲) به بررسی میزان آسیب‌پذیری تپه‌های ماسه‌ای ساحلی در شبه‌جزیرهٔ میانکاله با استفاده از چک‌لیست پرداختند. سپس، مختاری و همکاران (۱۳۹۶) تپه‌های ماسه‌ای بندر جاسک را با این روش ارزیابی کردند.

در این تحقیق، محدودهٔ مطالعاتی از بندر سیریک شروع و به بندر زیارت ختم می‌شود. این محدوده بخشی از ساحل شهرستان سیریک واقع در جنوب شرق استان هرمزگان و شمال دریای عمان است (شکل ۱). در این منطقه، سیلاب‌ها بار رسوبی نسبتاً زیادی را به ساحل می‌آورند (یمانی و هدایی، ۱۳۸۳: ۱۵). به‌علاوه، شیب کم پیش‌کرانه در طول خط ساحلی منطقه و بالابودن دامنهٔ جذرومد باعث شده که در حد فاصل دو مد متوالی سطح وسیعی از آب خارج شود. با توجه به تابش آفتاب در بیشتر ایام سال، ماسه‌های ساحلی به‌سرعت خشک می‌شوند و سپس این ماسه‌ها توسط باد به پیش‌کرانه و سپس به پس‌کرانه حمل می‌شوند (نوحه‌گر و یمانی، ۱۳۸۵: ۱۷۸) و تپه‌های ماسه‌ای را به‌وجود می‌آورند. در سال‌های اخیر، اجرای طرح‌های زیربنایی مانند ساخت سه اسکلهٔ جدید سیریک (۲۰۰۷)، زیارت (۲۰۱۲)، و طاهرویی (۲۰۱۳) در این منطقه باعث تغییر

1. Dune Vulnerability Index

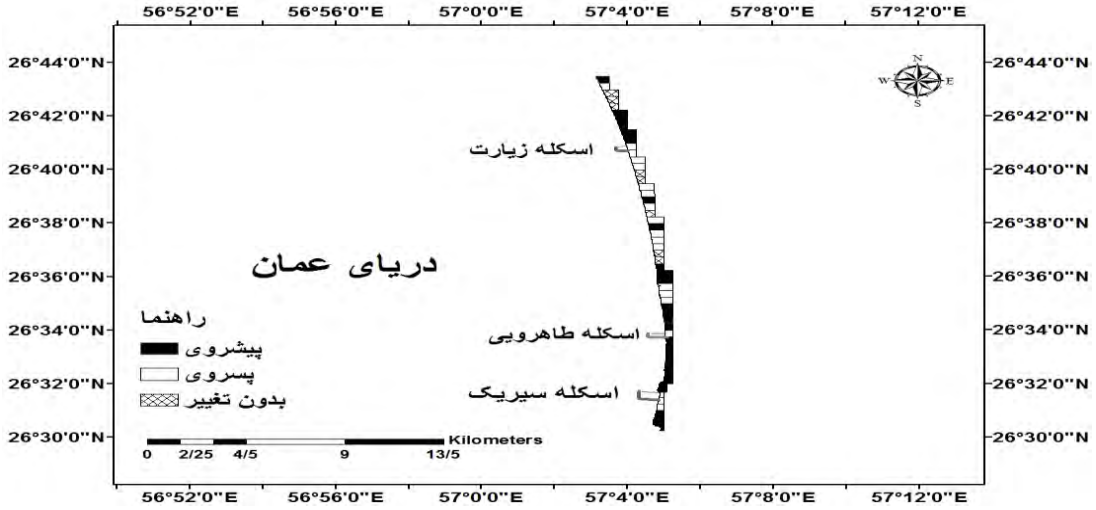
ساحل شده است که می‌تواند باعث افزایش آسیب‌پذیری تپه‌ها و به دنبال آن آسیب‌پذیری ساحل شود. آگاهی از وضعیت تپه‌های ساحلی می‌تواند ما را در حفاظت از آن‌ها یاری دهد. بنابراین، هدف از این مطالعه ارزیابی آسیب‌پذیری تپه‌های ماسه‌ای ساحلی این محدوده با استفاده از مدل شاخص آسیب‌پذیری تپه‌های ماسه‌ای (DVI) است.



شکل ۱. معرفی منطقه و محل محوطه‌های تپه‌های ماسه‌ای مورد مطالعه

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، برای مشخص‌کردن تغییرات خط ساحلی، از باندهای تصاویر لندست متعلق به ۱۶ می ۲۰۱۶ و ۱۵ می ۱۹۸۹ و عملگرهای طیفی در ابزار، calculator bands در محیط ArcMap نقشه تهیه شد (شکل ۲). اطلاعاتی مانند شیب و پهنای منطقهٔ اینترتیدال با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای گوگل‌ارث و عملیات میدانی (شکل ۳) استخراج شد. از هر سایت چندین تپه‌های ماسه‌ای به‌عنوان نمونه انتخاب و ویژگی‌های آن‌ها طبق جدول ۱ بررسی شد. علاوه بر این، از این تپه‌ها نمونهٔ رسوب برداشت و دانه‌بندی شد. داده‌های سازمان نقشه‌برداری برای مشخص‌شدن دامنهٔ جزرومد استفاده شد. بررسی عوامل انسانی با استفاده از مقایسهٔ عکس‌های هوایی ۱۳۴۵ با مقیاس ۱/۲۰۰۰۰ و تصاویر ماهواره‌ای گوگل‌ارث انجام پذیرفت. برای ارزیابی اقدامات حفاظتی و مدیریتی از پرسش‌نامهٔ تکمیل‌شده توسط کارشناسان منابع طبیعی، محیط زیست، و فرمانداری شهرستان سیریک و بعضاً اهالی محلی و بازدید میدانی استفاده شد. از داده‌های یادشده در تکمیل چک‌لیست استفاده شد.



شکل ۲. تغییرات محدودهٔ ساحلی بندر سیریک تا بندر زیارت از سال ۱۹۸۹ تا کنون

شکل ۳. عکس‌هایی از محدودهٔ مطالعاتی

همان‌طورکه در مقدمه گفته شد، تعداد پارامترهای مورد ارزیابی در چک‌لیست می‌تواند با درنظرگرفتن میزان تأثیر هر یک از عوامل مؤثر در آسیب‌پذیری و هدف مطالعه انتخاب شود. براساس شرایط محدودهٔ مطالعاتی تپه‌های ماسه‌ای، عوامل مورد بررسی در این پژوهش در جدول ۱ آمده است.

در اینجا به شرح گام‌های لازم در این تحقیق می‌پردازیم:

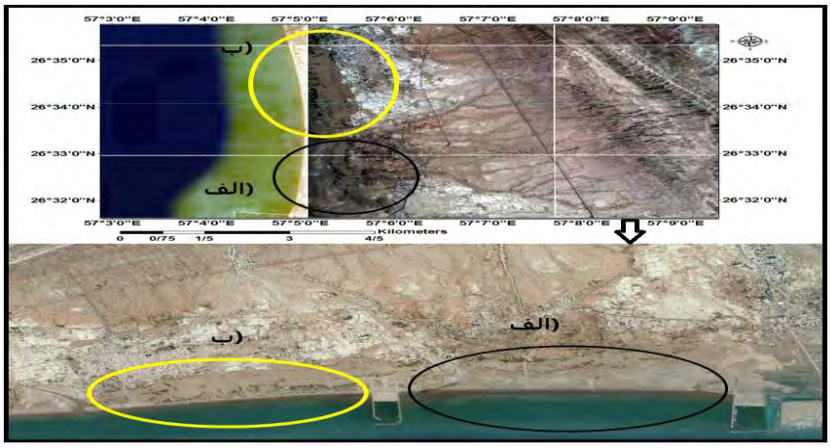
گام اول: نخست محدودهٔ مطالعهٔ تپه‌های ماسه‌ای ساحلی براساس ویژگی‌های مورفولوژیکی و اکولوژیکی و انسان‌شناختی تا فاصلهٔ ۱۰۰۰متری از خط ساحلی به ۶ محوطهٔ تقریباً متجانس تقسیم شد (جدول ۲ و شکل‌های ۴ تا ۶)

جدول ۱. معرفی عوامل مؤثر در آسیب‌پذیری تپه‌های ماسه‌ای (دیاپانجان و همکاران، ۲۰۱۴: ۴۹؛ ویلیامز و همکاران، ۲۰۰۱: ۱۹۴۱؛ گارسیا- مورا و همکاران، ۲۰۰۱: ۸۰۳)

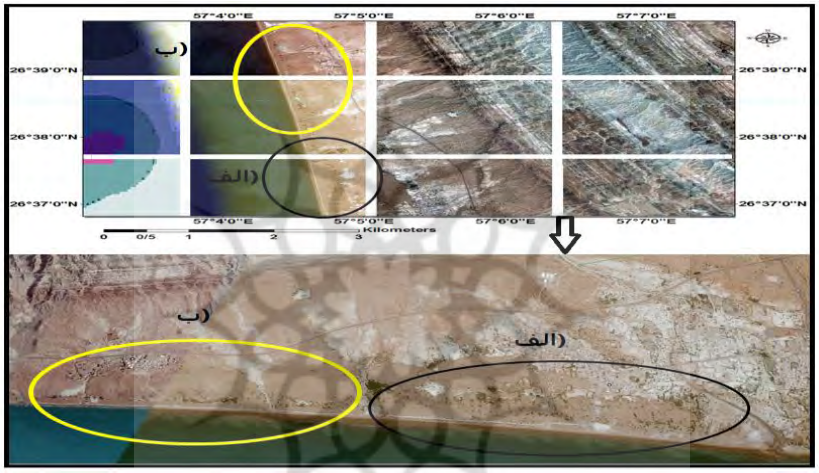
شماره	عوامل مؤثر درنظرگرفته‌شده در ارزیابی آسیب‌پذیری تپه‌های ماسه‌ای	
۱	شرایط ژئومورفولوژیکی سیستم تپه‌های ماسه‌ای شامل محل و مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای ساحلی که تحت تأثیر باد یا امواج‌اند ((GC) (Geomorphological condition)، شامل طول، ارتفاع، پهنا، شیب تپهٔ ماسه‌ای، وجود دره یا شیار، ارتفاع صخره در صورت قرارگیری تپه‌ماسه‌ای روی صخره و جورشدگی رسوبات	
۲	تأثیر عوامل دریایی که عوامل مربوط به فرایندهای فرسایشی دریایی در آن درنظر گرفته می‌شود ((Marine influence) (MI)، شامل شیب منطقهٔ برم، شیب و پهنای منطقهٔ اینترتیدال، حد جزرومد، پهنای منطقه بین حداکثر مد و شروع تپه‌های ماسه‌ای، اندازهٔ رسوبات ساحل	
۳	تأثیر فرایندهای بادی تا فاصلهٔ ۲۰۰متری از ساحل دریا ((Aeolin Effects (AI)، شامل ورودی شن و ماسه، درصد پوشش صدفی در بالادست، درصد پوشش گیاهی تپه‌های ماسه‌ای در سمت رو به دریا، ته‌نشست ماسه در اثر کلونی‌های انسانی، تغییرات خط ساحلی، کلونی گیاهی در منطقه حد فاصل تپه‌های ماسه‌ای و حداکثر مد	
۴	شرایط پوشش گیاهی تا ۲۰۰متری از ساحل (Vegetation Condition (VC)) شامل درصد پوشش گیاهی تیپ ۳، ۲، و ۱ از کنار دریا تا fore dune، نسبت گیاه تیپ ۲ به ۳ در ۱۰۰ متر به طرف خشکی از fore dune، وضعیت پوشش گیاهی از سال ۲۰۰۰	پوشش گیاهی نوع اول (I): شامل گونه‌هایی است که گیاهان آن به‌طور عمده کوچک و یک‌ساله‌اند و برگ‌های نرم دارند. این گیاهان با شرایط محیط تپه‌ماسه‌ای سازگار نیستند.
		پوشش گیاهی نوع دوم (II): گونه‌هایی را دربر می‌گیرد که دارای ریشهٔ دائمی‌اند، ریشه‌های آن‌ها در زمین پخش می‌شود و برگ آن‌ها دارای خصوصیاتی است که در فشار محیطی ساحل امتیاز محسوب می‌شود.
		پوشش گیاهی نوع سوم (III): گیاهانی هستند که قادرند در مقابل مدفون‌شدن در تپه‌های ماسه‌ای ساحلی و در برابر آب مقاومت کنند و از بین نروند.
۵	تأثیر فعالیت‌های انسانی ((Anthropogenic effects (AE)، شامل جاده‌هایی که از تپه‌های ماسه‌ای می‌گذرند، پوشش ضایعات انسانی مانند آشغال و نخاله، مقدار ماسهٔ استخراج‌شده برای مصارف ساختمانی، درصد نسبی جنگل و سطوح کشاورزی در فاصلهٔ ۲۰۰متری fore dune به سمت خشکی، چرای دام، نوع مالکیت، درصد زیرساخت‌هایی که جانشین تپه‌های فعال شده‌اند، مانند جاده خانه، درصد زمین‌های پاک‌شده در بالادست ساحل، میزان تمیزکردن ساحل، وجود لوله‌های چاه در روی تپه‌های ماسه‌ای	
۶	عوامل مدیریت حفاظتی ((Protection measures (PM)، شامل نظارت و مراقبت، درصد مناطق با محدودیت دسترسی، وجود سپرهای حفاظتی بیولوژیک یا تله شن و ماسه، کاشت در مناطق ماسه‌های روان، وجود تابلوی اعلانات، اقدامات، و کارهای حفاظت از سواحل، سواحل حفاظت‌شده و قوانین مربوط به آن	

جدول ۲. ویژگی‌های محوطه‌های انتخابی در محدودهٔ مطالعاتی

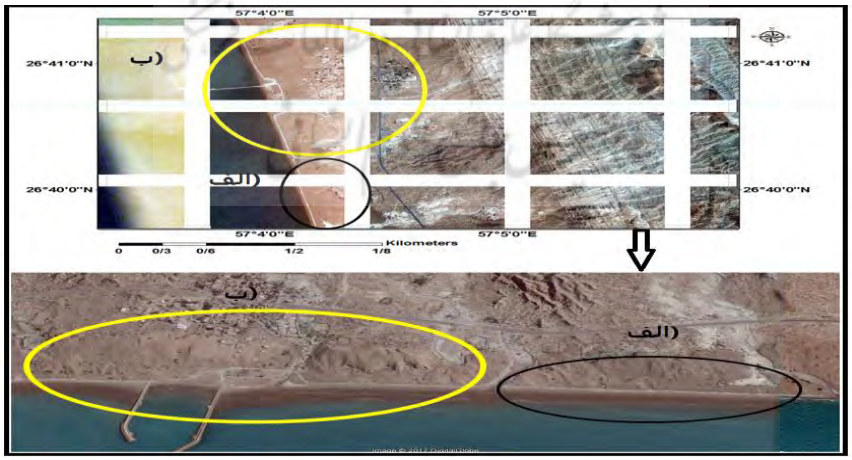
نام شهر یا روستای مهم هر محوطه	ویژگی هر محدوده، از خط ساحلی تا فاصلهٔ ۱۰۰۰متری در خشکی
محوطهٔ شمارهٔ ۱، سیریک	ساخت اسکله، کاربری کشاورزی > مسکونی، جنگل‌کاری در تپه‌های ماسه‌ای فاقد پوشش گیاهی
محوطهٔ شمارهٔ ۲، طاهرویی	ساخت اسکله، دارای کاربری مسکونی و کشاورزی، جنگل‌کاری در تپه‌های ماسه‌ای فاقد پوشش گیاهی، پهنای نسبتاً بیشتر محدودهٔ تپه‌های ماسه‌ای، در برخی نقاط وجود تپه‌های ماسه‌ای ساحلی فاقد پوشش گیاهی بیشتر، نسبت به محوطهٔ ۱ و ۳
محوطهٔ شمارهٔ ۳، کناردان	کاربری کشاورزی > مسکونی، جنگل‌کاری در تپه‌های ماسه‌ای فاقد پوشش گیاهی، در برخی نقاط وجود تپه‌های ماسه‌ای ساحلی فاقد پوشش گیاهی
محوطهٔ شمارهٔ ۴، زیارت حسن‌آباد	زمین کشاورزی بایر> دایر، کاربری مسکونی، جنگل‌کاری در تپه‌های ماسه‌ای فاقد پوشش گیاهی
محوطهٔ شمارهٔ ۵، فاقد روستا یا شهر	زمین کشاورزی بایر> دایر، فاقد کاربری مسکونی
محوطهٔ شمارهٔ ۶، زیارت	ساخت اسکله، زمین کشاورزی بایر> دایر، کاربری مسکونی، در برخی نقاط وجود تپه‌های ماسه‌ای ساحلی فاقد پوشش گیاهی



شکل ۴. الف) محوطهٔ ۱؛ ب) محوطهٔ ۲ (منبع تصاویر ماهواره‌ای گوگل‌ارث)



شکل ۵. الف) محوطهٔ ۳؛ ب) محوطهٔ ۴ (منبع تصاویر ماهواره‌ای گوگل‌ارث)



شکل ۶. الف) محوطهٔ ۵؛ ب) محوطهٔ ۶ (منبع تصاویر ماهواره‌ای گوگل‌ارث)

گام دوم: با استفاده از اطلاعات به‌دست‌آمده از بازدید میدانی، تصاویر ماهواره‌ای، عکس‌های هوایی، و سایر داده‌های به‌دست‌آمده که در روش تحقیق قبلاً ذکر شد، به پُرکردن چک‌لیست اقدام شد (جدول‌های ۳ تا ۸).

جدول ۳. عامل شرایط ژئومورفولوژیکی تپه‌های ماسه‌ای (اقتباس از دیاپانجان و همکاران، ۲۰۱۴: ۵۰-۵۱)

عوامل شرایط ژئومورفولوژیکی مؤثر بر آسیب‌پذیری تپه‌های ماسه‌ای (GC)						
شمارهٔ متغیر	امتیاز / نام متغیر	۴	۳	۲	۱	۰
۱	طول سیستم تپه‌ماسه‌ای فعال به کیلومتر	>۰/۵	>۲	>۵	>۱۰	>۱۵
۲	پهنای سیستم تپه‌ماسه‌ای فعال به کیلومتر	<۰/۱	>۰/۱	>۰/۵	>۱	>۲
۳	ارتفاع متوسط تپه‌های ماسه‌ای به متر	<۱	>۱	>۵	>۱۰	>۲۵
۴	ارتفاع متوسط fore dune به متر	<۵	>۵	>۱۰	>۱۵	>۲۵
۵	تندترین شیب تپه‌ماسه‌ای به درجه	>۳۰		۱۵-۳۰		<۱۵
۶	وجود دره یا شیار	۱	۲	>۲	>۴	>۱۰
۷	ارتفاع صخره در صورت قرارگیری تپه‌ماسه‌ای روی صخره به متر	>۵		۵-۲		<۲
۸	جورشدگی دامنهٔ رو به باد	خیلی خوب	خوب	متوسط	ضعیف	خیلی ضعیف
۹	جورشدگی دامنهٔ پشت به باد	خیلی خوب	خوب	متوسط	ضعیف	خیلی ضعیف
۱۰	جورشدگی قله	خیلی خوب	خوب	متوسط	ضعیف	خیلی ضعیف
	جمع امتیاز	۳۱		حداکثر امتیاز ۴۰ حساسیت بالا		

جدول ۴. عوامل اثرهای دریایی (اقتباس از دیاپانجان و همکاران، ۲۰۱۴: ۵۰-۵۱)

عوامل اثرهای دریایی مؤثر بر آسیب‌پذیری تپه‌های ماسه‌ای (MI)						
شمارهٔ متغیر	امتیاز / نام متغیر	۴	۳	۲	۱	۰
۱	شیب منطقهٔ برم از روی مشاهده	پرشیب		متوسط		کم
۲	شیب منطقهٔ اینترتیدال درجه	>۱۰		۱۰-۵		<۵
۳	پهنای منطقهٔ اینترتیدال به کیلومتر	<۰/۰۵	>۰/۰۵	>۰/۱	>۰/۲	>۰/۵
۴	حد جزرومد به متر	>۴		۴-۲		>۲
۵	پهنای منطقه بین حداکثر مد و شروع تپه‌های ماسه‌ای به متر	<۵	<۱۵	<۲۵	<۵۰	>۷۵
۶	اندازهٔ رسوبات ساحل به فی	۵	۴	۳	۲	۱

جدول ۵. عوامل فرایندهای بادی (اقتباس از دیاپانجان و همکاران، ۲۰۱۴: ۵۰-۵۱)

عوامل فرایندهای بادی مؤثر بر آسیب‌پذیری تپه‌های ماسه‌ای (AE)						
شمارهٔ متغیر	امتیاز / نام متغیر	۴	۳	۲	۱	۰
۱	ورودی شن و ماسه به درصد	کم		متوسط		زیاد
۲	درصد پوشش صدفی در بالادست ساحل	۰	<۵	>۵	>۲۵	>۵۰
۳	درصد پوشش گیاهی تپه‌ها در سمت رو به دریا	<۱۰	>۱۰	>۳۰	>۶۰	>۹۰
۴	درصد سیستم بدون پوشش	>۷۵	>۴۰	>۲۰	>۱۰	<۱۰
۵	ته‌نشست ماسه در اثر کلونی‌های انسانی	کم		متوسط		زیاد
۶	کلونی گیاهی در منطقه حد فاصل تپه‌ها و حداکثر مد	کم		متوسط		زیاد
۷	تغییرات خط ساحلی	پسروی		در حال نوسان		پیشروی

جدول ۶. عوامل پوشش گیاهی (اقتباس از دیاپانجان و همکاران، ۲۰۱۴: ۵۰-۵۱)

عوامل پوشش گیاهی مؤثر بر آسیب‌پذیری تپه‌های ماسه‌ای (CV)						
شمارهٔ متغیر	امتیاز / نام متغیر	۴	۳	۲	۱	۰
۱	درصد پوشش گیاهی تیپ ۳ از کنار دریا تا fore dune ٪	<۱۵	>۱۵	>۳۰	>۶۰	>۹۰
۲	نسبت تقریبی پوشش گیاهی تیپ ۲ از کنار دریا تا fore dune%	>۶۰	<۶۰	<۳۰	<۱۵	<۵
۳	نسبت تقریبی پوشش گیاهی تیپ ۱ از کنار دریا تا fore dune%	>۳۰	>۱۰	>۵	>۱	<۱
۴	نسبت گیاه تیپ ۲ به ۳ در ۱۰۰ متر به‌طرف خشکی از fore dune	<۱۰	>۱۰	>۲۵	>۵۰	>۷۵
۵	وضعیت پوشش گیاهی از سال ۲۰۰۰	کاهش		در نوسان یا ثابت		افزایش

جدول ۷. عوامل انسانی (اقتباس از دیاپانجان و همکاران، ۲۰۱۴: ۵۰-۵۱)

عوامل انسانی مؤثر بر آسیب‌پذیری تپه‌های ماسه‌ای (AE)						
شمارهٔ متغیر	امتیاز نام متغیر	۴	۳	۲	۱	۰
۱	جاده‌هایی که از تپه‌ها می‌گذرند به درصد	>۵۰	>۲۵	>۵	<۵	۰
۲	پوشش ضایعات انسانی مانند آشغال و نخاله به درصد	>۵۰	>۲۵	>۵	<۵	۰
۳	مقدار ماسهٔ استخراج‌شده برای مصارف ساختمانی به درصد	>۵۰	>۲۵	>۵	<۵	۰
۴	درصد نسبی جنگل در فاصلهٔ ۲۰۰متری fore dune به سمت خشکی	<۷۵	>۵۰	<۵۰	<۲۵	<۵
۵	درصد نسبی سطوح کشاورزی در فاصلهٔ ۲۰۰متری از fore dune	<۷۵	>۵۰	<۵۰	<۲۵	<۵
۶	چرای دام	خیلی زیاد	زیاد	معمول	کم	خیلی کم
۷	وجود لوله‌های چاه در روی تپه‌های ماسه‌ای	زیاد		متوسط		کم
۸	مدیران و مالکان اصلی	خصوصی		دولتی		آژانس‌های حفاظتی
۹	درصد زیرساخت‌هایی که جانشین تپه‌های فعال شده‌اند مانند جاده خانه و غیره	<۷۵	>۵۰	<۵۰	<۲۵	<۵
۱۰	درصد زمین‌های پاک‌شده در بالادست ساحل	<۷۵	>۵۰	<۵۰	<۲۵	<۵
۱۱	میزان تمیزکردن ساحل	روزی دو بار		روزانه		به‌ندرت

جدول ۸. عوامل مدیریت حفاظتی (اقتباس از دیاپانجان و همکاران، ۲۰۱۴: ۵۰-۵۱)

عوامل مدیریت حفاظتی مؤثر بر آسیب‌پذیری تپه‌های ماسه‌ای (PM)						
شمارهٔ متغیر	امتیاز نام متغیر	۴	۳	۲	۱	۰
۱	نظارت و مراقبت	زیاد		مقداری		هرگز
۲	درصد مناطق با محدودیت دسترسی	۰	<۱۰	>۱۰	>۲۵	>۵۰
۳	وجود سپرهای حفاظتی بیولوژیک یا تله شن و ماسه	زیاد		مقداری		هرگز
۴	کاشت در مناطق ماسه‌های روان به درصد	۰	<۱۰	>۱۰	>۲۵	>۵۰
۵	وجود تابلوی اعلانات	زیاد		مقداری		هرگز
۶	اقدامات و کارهای حفاظت از سواحل	زیاد		مقداری		هرگز
۷	سواحل حفاظت‌شده و قوانین مربوط به آن	شدید		متوسط		کم

گام سوم: برای محاسبهٔ شاخص آسیب‌پذیری جزئی، نخست آسیب‌پذیری جزئی (Pv) هر عامل جداگانه طبق رابطهٔ ۱ (دیاپانجان و همکاران، ۲۰۱۴: ۴۹) محاسبه شد. مثلاً، نحوهٔ محاسبهٔ آسیب‌پذیری جزئی برای عامل ژئومورفولوژیک در جدول ۹ آمده است. میزان شاخص آسیب‌پذیری جزئی (Pv) بین صفر تا یک تغییر می‌کند (یک حداکثر آسیب‌پذیری و صفر عدم آسیب‌پذیری در برابر هر عامل را نشان می‌دهد). برای طبقه‌بندی کیفی شدت آسیب‌پذیری جزئی می‌توان از جدول ۱۰ استفاده کرد.

$$Pv = \sum_{i=1}^{N} PVi / \sum PVmax \qquad \text{(شاخص آسیب‌پذیری جزئی برای هر عامل)} \qquad (1)$$

گام چهارم: محاسبهٔ شاخص آسیب‌پذیری کلی (DVI) طبق رابطهٔ ۲ (دیاپانجان و همکاران، ۲۰۱۴: ۴۹)، مجموع امتیاز به‌دست‌آمدهٔ آسیب‌پذیری جزئی (Pv)، برای پنج عامل اول جدول ۱ (شامل شرایط ژئومورفولوژیکی سیستم تپه‌های ماسه‌ای، تأثیر عوامل دریایی، تأثیر فرایندهای بادی تا فاصلهٔ ۲۰۰متری از ساحل، شرایط پوشش گیاهی تا ۲۰۰متری از ساحل، تأثیر فعالیت‌های انسانی) را با هم جمع و بر پنج (تعداد عوامل) تقسیم کرده تا شاخص آسیب‌پذیری کلی مشخص شود. میزان شاخص آسیب‌پذیری کلی نیز بین صفر تا یک تغییر می‌کند (یک حداکثر آسیب‌پذیری کلی (*DVI*) و صفر عدم آسیب‌پذیری کلی را نشان می‌دهد). مثلاً، نحوهٔ محاسبهٔ آسیب‌پذیری کلی برای محوطهٔ ۱ در جدول ۹ آمده است. برای طبقه‌بندی کیفی آسیب‌پذیری کلی می‌توان از جدول ۱۰ استفاده کرد.

$$DVI = PV / ۵ = (GC + MI + AI + VC + AE) / ۵ \quad \text{(شاخص آسیب‌پذیری کلی)} \qquad (۲)$$

روش محاسبهٔ آسیب‌پذیری در هر تحقیقی ممکن است با تحقیق دیگر کمی متفاوت باشد. در مطالعاتی که دیویس (۱۹۹۵b) برای محاسبهٔ شاخص آسیب‌پذیری (که از آن با عنوان (VI)[1] یاد می‌شود) ارائه کرده به این صورت عمل شده است که در آن محاسبهٔ شاخص آسیب‌پذیری جزئی انجام نمی‌شود و شاخص آسیب‌پذیری از تقسیم مجموع امتیازات به‌دست‌آمده از همهٔ گروه متغیرها بر حداکثر مجموع کل امتیازات همهٔ گروه متغیرها برای هر سایت به‌دست می‌آید (دیویس، ۱۹۹۵b: ۹۱). مثلاً، نحوهٔ محاسبهٔ این شاخص برای سایت شمارهٔ ۱ در جدول ۹ آمده است. برای طبقه‌بندی کیفی، آسیب‌پذیری کلی در این روش از جدول ۱۰ استفاده شده است.

جدول ۹. مثال برای نحوهٔ محاسبهٔ آسیب‌پذیری جزئی عامل ژئومورفولوژیک، آسیب‌پذیری کلی برای محوطهٔ شمارهٔ ۱ و شاخص VI برای محوطهٔ شمارهٔ ۱

شمارهٔ متغیر	نام عامل		نام عامل		نام عامل		نام عامل		نام عامل	
	شرایط ژئومورفولوژیکی (GC))	امتیاز	*اثرهای دریایی* (MI)	امتیاز	فرایندهای بادی (AI)	امتیاز	پوشش گیاهی (VC)	امتیاز	عوامل انسانی (AE)	امتیاز
۱		۴	۰		۲			۱		۱
۲		۲	۰		۱			۳		۳
۳		۳	۲		۱			۰		۲
۴		۴	۲		۴			۱		۰
۵		۴	۳		۴			۰		۰
۶		۴	۳		۴			–		۰
۷		۰	-		۰			–		۰
۸		۴	-		–			–		۲
۹		۳	-		–			–		۴
۱۰		۳	-		–			–		۴
۱۱		–	–		–			–		۰
امتیاز مکتسبهٔ هر عامل		۳۱	۱۰		۱۶			۵		۱۵
حداکثر امتیاز برای هر عامل		۴۰	۲۴		۲۸			۲۰		۴۴

مجموع امتیاز به‌دست‌آمده برای پنج عامل (شرایط ژئومورفولوژیکی، فرایند دریایی، فرایند بادی، پوشش گیاهی، و فعالیت انسانی)

۱۵+۵+۱۶+۱۰+۳۱ = ۷۷

محاسبهٔ شاخص VI: مجموع حداکثر امتیاز مکتسبه برای هر پنج عامل ۱۵۶ امتیاز شامل ۳۹ متغیر (برای پنج عامل شرایط ژئومورفولوژیکی، فرایند دریایی، فرایند بادی، پوشش گیاهی، و فعالیت انسانی) ضرب در حداکثر ارزش هر متغیر که ۴ است.

محاسبهٔ شاخص VI: ۰/۴۹ =۷۷/۱۵۶

$Pv = Pv = \sum_{i=1}^{N} PVi / \sum PVmax$ (شاخص آسیب‌پذیری جزئی برای هر عامل) (رابطهٔ ۱)

شاخص آسیب‌پذیری جزئی برای عامل ژئومورفولوژیک ۰/۷۷ = ۳۱/۴۰

$DVI = \sum PV / 5 = (GC + MI + AI + VC + AE) / 5$ (شاخص آسیب‌پذیری کلی) (رابطهٔ ۲)

شاخص آسیب‌پذیری کلی: ۰/۴۶= ۵/(۰/۷۷+۰/۴۱+۰/۵۷+۰/۲۵+۰/۳۴)

1. Vulnerability Index

جدول ۱۰. طبقه‌بندی کیفی شدت آسیب‌پذیری

میزان به‌دست‌آمده برا ی شاخص آسیب‌پذیری جزئی و کلی	۰–۰٫۲۵	۰٫۵–۰٫۲۶	۰٫۷۴	۱–۰٫۷۵
وضعیت شدت آسیب‌پذیری	کم	متوسط	شدید	خیلی شدید

گام پنجم: محاسبهٔ عامل مدیریتی و حفاظت است که جدای از پنج عامل دیگر اما به همان روش آسیب‌پذیری جزئی از رابطهٔ ۳ محاسبه می‌شود (دیاپانجان و همکاران، ۲۰۱۴: ۴۹).

$$Pv = \sum_{i=1}^{N} PMi / \sum PMmax \qquad (۳)$$

ذکر این نکته لازم است که نحوهٔ محاسبهٔ آسیب‌پذیری عامل مدیریتی در منابع استنادی تفاوتی نداشته و در هر دو روش (دیاپانجان، ۲۰۱۴؛ دیویس، ۱۹۹۵b) به صورت جدا از پنج عامل دیگر محاسبه شده‌است.

گام ششم: برای طبقه‌بندی نیازهای مدیریتی (در روش دیاپانجان) شاخص مدیریتی از شاخص آسیب‌پذیری کلی کم می‌شود. برای طبقه‌بندی عامل مدیریتی از جدول ۱۱ استفاده شد.

گام آخر: محاسبهٔ شاخص تعادل است که دیویس (b ۱۹۹۵) آن را مطرح کرده و نحوهٔ محاسبهٔ آن به این صورت است که شاخص (VI) برای هر سایت تقسیم بر شاخص مدیریت (PM) برای همان سایت می‌شود (دیویس، ۱۹۹۵b: ۹۱). برای طبقه‌بندی وضعیت مدیریتی براساس شاخص تعادل از جدول ۱۲ استفاده شد.

جدول ۱۱. طبقه‌بندی نیازهای مدیریتی براساس شاخص DVI-PM (دیاپانجان و همکاران، ۲۰۱۴: ۵۵)

شاخص DVI-PM	کمتر یا مساوی ۰٫۱۱-	مساوی یا بیشتر از ۰٫۱۱	بین ۰٫۱- تا ۰٫۱
نیازهای مدیریتی	نیاز به محافظت	نیاز به مدیریت فوری	بدون نیاز به مدیریت

جدول ۱۲. طبقه‌بندی وضعیت مدیریتی براساس شاخص تعادل (دیویس، ۱۹۹۵b: ۹۱)

شاخص تعادل (VI/PM)	کمتر از ۰٫۸	۱٫۳-۰٫۸	بزرگ‌تر از ۱٫۳
وضعیت مدیریتی	تفاوت کم میان میزان مدیریت و آسیب‌پذیری	تعادل میان میزان آسیب‌پذیری و میزان مدیریت	نبود یا ناکافی‌بودن شدید مدیریت

یافته‌های تحقیق

پس از امتیازدهی به هر گروه از متغیرها براساس داده‌های به‌دست‌آمده از منابع و روشی که در بخش روش تحقیق ذکر شد، نخست شاخص آسیب‌پذیری جزئی برای هریک از عوامل مورد مطالعه محاسبه (براساس چک‌لیست) و سپس بر پایهٔ جدول ۱۰ از نظر کیفی طبقه‌بندی شد. سپس، سایر شاخص‌ها شامل آسیب‌پذیری کلی، نیازهای مدیریتی، و شاخص تعادل نیز محاسبه شد که به‌طور خلاصه در جدول ۱۳ نشان داده شده است.

نتایج نشان می‌دهد میزان آسیب‌پذیری جزئی (Pv) برای عامل ژئومورفولوژیک در همهٔ محوطه‌ها بالای ۰٫۷۵ بوده و شدت آسیب‌پذیری (با توجه به طبقه‌بندی جدول ۱۰) خیلی شدید است. ویژگی تپه‌های ماسه‌ای منطقه شامل ارتفاع کم تپه‌ها (عمدتاً کمتر از ۵ متر)، شیب بیش از ۳۰ درجه در دامنه رو به باد تپه‌ها، جورشدگی خوب تا خیلی خوب رسوبات سازندهٔ تپه‌ها، آسیب‌پذیری این تپه‌ها را نسبت به عوامل طبیعی چون فرسایش بادی زیاد کرده است (جدول‌های ۱۰ و ۱۳). میزان آسیب‌پذیری جزئی، نسبت به عامل دریایی، در همهٔ محوطه‌ها متوسط ارزیابی شد (جدول‌های ۱۰ و ۱۳).

آسیب‌پذیری جزئی نسبت به فرایندهای بادی در همهٔ محوطه‌ها بالای ۰/۵ بوده و حساسیت شدید نسبت به این عامل را نشان می‌دهد (جدول‌های ۱۰ و ۱۳). یکی از دلایل آسیب‌پذیری نسبت به فرایندهای بادی، کوچک‌بودن میانگین قطر رسوبات ساحلی (قطر میانگین ۲/۷ فی) است؛ زیرا ماسه‌های ریز (بزرگ‌تر از یک فی) در معرض امواج برگشتی بوده و حساسیت بیشتری نسبت به فرسایش دارند. بنابراین، سواحل با دانه‌های ماسه‌ای ریز مقاومت کمتری به فرسایش دارند (اینگریدا و همکاران، ۲۰۱۵: ۱۲۹). علاوه‌براین، میزان پوشش گیاهی تپه‌ها در سمت رو به دریا در حد فاصل تپه‌ها و حداکثر مد کم است. همچنین، وجود مناطق بدون پوشش از دیگر عوامل حساسیت بالای تپه‌ها نسبت به فرایندهای بادی است.

میزان آسیب‌پذیری جزئی نسبت به عامل پوشش گیاهی در محوطه‌های شمارهٔ ۴، ۵، و ۶ خیلی شدید و در محوطه‌های شمارهٔ ۱، ۲، و ۳ کم است (جدول‌های ۱۰ و ۱۳). مقایسهٔ عکس‌های هوایی سال ۱۳۴۵ (۱۹۶۶ میلادی) و تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶ نشان داد میزان پوشش گیاهی در تپه‌های محوطه‌های شمارهٔ ۱، ۲، و ۳ نسبت به گذشته افزایش یافته است که علت آن می‌تواند نهال‌کاری و مراقبت از آن‌ها توسط منابع طبیعی استان هرمزگان در این محوطه‌ها باشد.

میزان آسیب‌پذیری جزئی نسبت به عوامل انسانی محوطه‌های شمارهٔ ۱ و ۲ متوسط و در بقیهٔ محوطه‌ها ناچیز است (جدول‌های ۱۰ و ۱۳). مقایسهٔ عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای نشان داد در طی سال‌های گذشته جاده‌های جدیدی ساخته شده است که برخی از آن‌ها از تپه‌ها عبور می‌کنند. همچنین، در طی این سال‌ها بخش‌هایی از تپه‌های ماسه‌ای برای ساخت‌وساز پاک‌سازی شده‌اند. به‌علاوه ساخت سه اسکلهٔ جدید ۳ سیریک (۲۰۰۷)، زیارت (۲۰۱۲)، و طاهرویی (۲۰۱۳) نیز از عوامل تغییر ساحل‌اند.

میزان آسیب‌پذیری کلی (DVI) در همهٔ محوطه‌ها متوسط ارزیابی شد (جدول‌های ۱۰ و ۱۳). در میان عوامل مورد بررسی، وضعیت مورفولوژیک تپه‌های ماسه‌ای، عامل فرایندهای بادی به‌ترتیب بیشترین تأثیر را در آسیب‌پذیری تپه‌ها دارند.

طبقه‌بندی نتایج به‌دست‌آمده برای شاخص DVI-PM نشان می‌دهد میزان شاخص DVI-PM به‌دست‌آمده برای همهٔ محوطه‌ها بیش از آن ۰/۳۰ است. بر این اساس، همهٔ محوطه‌ها به مدیریت سریع نیاز دارند (جدول‌های ۱۱ و ۱۳). با توجه به بازدید میدانی و نتایج به‌دست‌آمده از پرسش‌نامه‌ها و همچنین مصاحبه با افراد محلی و کارشناسان منابع طبیعی، محیط زیست، و فرمانداری سیریک هیچ‌گونه اقدام مدیریتی مانند مشخص‌کردن مناطق با محدودیت دسترسی، وجود سپرهای حفاظتی بیولوژیک یا تلهٔ شن و ماسه، وجود تابلوی اعلانات، اقدامات و کارهای حفاظت از سواحل، مشخص‌کردن سواحل حفاظت‌شده و تدوین و اجرای قوانین مربوط به آن در محوطه‌های یادشده انجام نگرفته است. تنها اقدام حفاظتی کاشت نهال در محوطه‌های شمارهٔ ۱، ۲، و ۳ توسط منابع طبیعی است. به‌نظر می‌رسد یکی از علل نبود مدیریت این است که ارگان مشخصی در این زمینه متولی نیست.

براساس شاخص تعادل به‌دست‌آمده، تعادلی میان آسیب‌پذیری و مدیریت تپه‌ها در هیچ یک از محوطه‌ها دیده نشده که نشان از نبود مدیریت است (جدول‌های ۱۲ و ۱۳).

مقایسهٔ دو روش محاسبهٔ آسیب‌پذیری، روش اول (دیاپانجان، ۲۰۱۴) و روش دوم (دیویس، ۱۹۹۵b)، نشان می‌دهد که در هر دو روش مقادیر کمّی به‌دست‌آمده در همهٔ محوطه‌ها بسیار به هم نزدیک و اختلاف ناچیزی حداکثر ۰/۰۳ وجود دارد. مقایسهٔ نتایج کیفی به‌دست‌آمده در دو روش یادشده نشان می‌دهد در هر دو روش شدت آسیب‌پذیری محوطه‌ها متوسط است (جدول ۱۳) و اختلافی بین نتایج به‌دست‌آمده در این دو روش وجود ندارد.

جدول ۱۳. خلاصهٔ نتایج به‌دست‌آمده برای شاخص‌های آسیب‌پذیری و شاخص تعادل

نام عامل یا شاخص محاسبه‌شده / شماره محوطه		محوطهٔ ۱	محوطهٔ۲	محوطهٔ ۳	محوطهٔ ۴	محوطهٔ ۵	محوطهٔ ۶
Pv (GC) میزان آسیب‌پذیری جزئی نسبت به شرایط ژئومورفولوژیکی سیستم تپه‌های ماسه‌ای	امتیاز کمّی	۰/۷۷	۰/۷۵	۰/۷۲	۰/۸	۰/۸	۰/۸
	امتیاز کیفی	خیلی شدید	خیلی شدید	خیلی شدید	خیلی شدید	خیلی شدید	خیلی شدید
Pv (MI) میزان آسیب‌پذیری جزئی نسبت به عوامل دریایی	امتیاز کمّی	۰/۴۱	۰/۳۷	۰/۳۷	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۳۳
	امتیاز کیفی	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط
Pv (AI) میزان آسیب‌پذیری جزئی نسبت به فرایندهای بادی تا فاصلهٔ ۲۰۰متری از ساحل	امتیاز کمّی	۰/۵۷	۰/۵۷	۰/۵۷	۰/۶	۰/۵	۰/۵
	امتیاز کیفی	شدید	شدید	شدید	شدید	شدید	شدید
Pv (VC) میزان آسیب‌پذیری جزئی نسبت به شرایط پوشش گیاهی تا ۲۰۰متری از ساحل	امتیاز کمّی	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۵۵
	امتیاز کیفی	کم	کم	کم	شدید	شدید	شدید
Pv (AE) میزان آسیب‌پذیری جزئی نسبت به فعالیت‌های انسانی	امتیاز کمّی	۰/۳۴	۰/۳۴	۰/۲۲	۰/۱۵	۰/۰۶	۰/۲
	امتیاز کیفی	متوسط	متوسط	ضعیف	ضعیف	ضعیف	ضعیف
مجموع امتیازات شاخص‌های جزئی به‌دست‌آمده ($GC + MI + AI + VC + AE$)		۲/۳۴	۲/۲۸	۲/۱۳	۲/۴۳	۲/۲۴	۲/۳۸
DVI شاخص آسیب‌پذیری کلی	امتیازکمّی	۰/۴۶	۰/۴۵	۰/۴۲	۰/۴۸	۰/۴۴	۰/۴۷
	امتیاز کیفی	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط
(PM) عامل مدیریت حفاظتی	امتیازکمّی	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۰۸	۰	۰
	امتیاز کیفی	ضعیف	ضعیف	ضعیف	ضعیف	ضعیف	ضعیف
DVI-PM	امتیازکمّی	۰/۳۴	۰/۳۳	۰/۳۰	۰/۴۸	۰/۴۴	۰/۴۷
میزان نیاز مدیریتی با توجه به شاخص DVI-PM	امتیاز کیفی	نیاز به مدیریت سریع	نیاز به مدیریت سریع	نیاز به مدیریت سریع	نیاز به مدیریت سریع	نیاز به مدیریت سریع	نیاز به مدیریت سریع
محاسبهٔ امتیاز شاخص VI: مجموع امتیازات به‌دست‌آمده برای پنج عامل (PVGC+ PVMI+ PVAI+ PVVC + PVAE)		۷۷	۷۵	۶۹	۷۶	۷۲	۷۷
محاسبهٔ امتیاز شاخص VI: مجموع حداکثر امتیاز قابل احتساب برای پنج عامل (PVGC+ PVMI+ PVAI+ PVVC + PVAE)		۱۵۶	۱۵۶	۱۵۶	۱۵۶	۱۵۶	۱۵۶
محاسبهٔ امتیاز شاخص VI: VI (شاخص آسیب‌پذیری)	امتیازکمّی	۷۷ / ۱۵۶= ۰/۴۹	۷۵ / ۱۵۶= ۰/۴۸	۶۹/ ۱۵۶= ۰/۴۴	۷۶/ ۱۵۶= ۰/۴۸	۷۲/ ۱۵۶= ۰/۴۶	۷۷ / ۱۵۶= ۰/۴۹
	امتیاز کیفی	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط
محاسبهٔ امتیاز شاخص VI: (شاخص تعادل)VI/PM	امتیازکمّی	۴	۳/۸	۳/۵۸	۵/۷۸	بی نهایت	بی نهایت
میزان آسیب‌پذیری براساس شاخص تعادل VI/PM	امتیاز کیفی	نبود یا ناکافی‌بودن شدید مدیریت	نبود یا ناکافی‌بودن شدید مدیریت	نبود یا ناکافی‌بودن شدید مدیریت	نبود یا ناکافی‌بودن شدید مدیریت	نبود یا ناکافی‌بودن شدید مدیریت	نبود یا ناکافی‌بودن شدید مدیریت

نتیجه‌گیری

نتایج ارزیابی نشان می‌دهد میزان آسیب‌پذیری کلی (DVI) در همهٔ محوطه‌ها متوسط است. در میان عوامل مؤثر در آسیب‌پذیری تپه‌ها، وضعیت مورفولوژیک تپه‌های ماسه‌ای و عامل فرایندهای بادی به‌ترتیب بیشترین تأثیر را در آسیب‌پذیری تپه‌ها دارند. ارزیابی شاخص DVI-PM نشان می‌دهد همهٔ محوطه‌ها به مدیریت سریع نیاز دارند. محاسبهٔ شاخص تعادل نیز نشان از عدم تعادل میان آسیب‌پذیری و مدیریت تپه‌ها در همهٔ محوطه‌هاست. از آنجا که نبود مدیریت و قوانین لازم می‌تواند در طول زمان به این سیستم آسیب وارد آورد و با توجه به گسترش طرح‌های زیربنایی چون احداث اسکله‌های جدید، لزوم توجه به مسئلهٔ مدیریت و حفاظت تپه‌ها اهمیت بیشتری می‌یابد؛ هرچند به‌نظر می‌رسد یکی از علل عدم مدیریت نبود ارگان مشخصی به‌عنوان متولی در این زمینه است.

مقایسهٔ دو روش محاسبهٔ آسیب‌پذیری، روش اول (دیاپانجان) و روش دوم (دیویس)، نشان می‌دهد که در هر دو روش مقادیر کمّی به‌دست‌آمده در همهٔ محوطه‌ها بسیار به هم نزدیک و اختلاف ناچیزی حداکثر ۰/۰۳ وجود دارد. مقایسهٔ نتایج کیفی به‌دست‌آمده در دو روش یادشده نشان می‌دهد در هر دو روش شدت آسیب‌پذیری محوطه‌ها متوسط است و اختلافی بین نتایج به‌دست‌آمده در این دو روش وجود ندارد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

حجازی، س.ا. و محمودی، ش. (۱۳۹۶). بررسی ویژگی‌های بافتی رسوبات تپه‌های ماسه‌ای شرق شهرستان جاسک، فصل‌نامهٔ علمی- پژوهشی اطلاعات سپهر، ۲۶(۱۰۱): ۱۱۹-۱۲۹.

رامشت، م.ح.؛ سیف، ع. و محمودی، ش. (۱۳۹۴). بررسی تغییرات طبیعی تپه‌های ماسه‌ای شرق جاسک در بازهٔ زمانی (۱۳۸۳-۱۳۶۹) به‌وسیلهٔ GIS و RS، جغرافیا و توسعه، ۳۱: ۱۲۱-۱۳۶.

شایان، س.؛ اکبریان، م.؛ یمانی، م.؛ شریفی‌کیا، م. و مقصودی، م. (۱۳۹۳). هیدرودینامیک دریا و تأثیر آن در تشکیل توده‌های ماسه‌ای ساحلی مطالعهٔ موردی: سواحل غربی مکران، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، ۲(۴): ۷۶-۱۰۴.

صدوق، س.ح.؛ نظام‌محله، خ. و نظام‌محله، م.ع. (۱۳۹۲). بررسی میزان آسیب‌پذیری تپه‌های ماسه‌ای ساحلی DVI در شبه‌جزیرهٔ میانکاله با مدل، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، ۲(۱): ۳۷-۴۸.

مختاری، د.؛ رضایی‌مقدم، م.ح. و محمودی، ش. (۱۳۹۶). بررسی آسیب‌پذیری تپه‌های ماسه‌ای ساحل شرقی بندر جاسک با استفاده از مدل DVI، مجلهٔ پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، ۶(۱): ۹۰-۱۰۷.

نوحه‌گر، ا. و یمانی، م. (۱۳۸۵). ژئومورفولوژی ساحل شرقی تنگهٔ هرمز با تأکید بر فرسایش بادی، انتشارات دانشگاه هرمزگان.

یمانی، م. و هدایی، ع. (۱۳۸۳). بررسی وضعیت رسوب و فرسایش در حوضه‌های آبریز منتهی به تنگهٔ هرمز، پژوهش‌های جغرافیایی، ۵۰: ۱۱۷-۱۴۳.

Alveirinho Dias, J.; Williams, A.T.; Garcia Novo, F.; Garcia Mora, M.R.; Curr, R. and Pereira, A. (2001). Integrated coastal dune management: Checklists, Continental Shelf Research, 21: 1937-1960.

Bodere, J.C.l.; Cribb, R.; Curr, R.H.F.; Davies, P.; Hallegouet, B.; Meur, C.; Pirou, N.; Williams, A.T. and Yoni, C. (1994). Vulnerabilite des dunes littorales: Mise aupoint d'une method d'evaluation, In: Miossec, A. (Ed.), Defense des cotesouprotection de l'espace littoral', Cahiers Nantais, URA 904, CNRS, Commission surl' Environnementcotier de l'UGI, 41-42: 197-201.

Davies, P.; Curr, R.H.F.; Williams, A.T.; Halle!gouet, B.; Bodere, J.C.L. and Koh, A. (1995a). Dune management strategies: a semi-quantitative assessment of the interrelationship between coastal dune vulnerability and protection measures. In: Salman, A.P.H.M., Berends, P., Bonazountas, M. (Eds.), Coastal Management and Habitat Conservation, EUCC, Netherlands, PP. 313-331.

Davies, P.; Williams, A.T.1 and Curr, R.H.F. (1995b). Decision making in dune management: theory and practice, Journal of Coastal Conservation, *1: 87-96.*

Dipanjan, D.M.; Swagata, B.; Barendra, P.; Ashis, K. and Paul, U.B. (2014). Insights into the dichotomy of coastal dune vulnerability and protection measures from multi-criteria decision analysis: a case study of West Bengal Coast, Bay of Bengal, India, Journal of coastal sciences, 1(1): 47-57.

Garcia-Mora, M.R.; Gallego-Fernandez, J.B. and Garcia-Novo F. (2000). Plant Diversity as a Suitable Tool for Coastal Dune Vulnerability Assessment, Journal of Coastal Research, 16(4): 990-995.

Garcia-Mora, M.R.; Gallego-Fernandez, J.B.; Williams, A.T. and Garcia-Novo, F. (2001). A Coastal Dune Vulnerability Classification (A Case Study of the SW Iberian Peninsula), Journal of Coastal Research, 17(4): 802-811.

Hejazi, S.A. and Mahmoodi, SH. (2017). Investigation of Textural Characteristics of Sediments of Sandy Dunes in Eastern of Jask county, Scientific - Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR), 26(101): 119-129.

Ingrida, B.; Loreta, K and Tarmo, S. (2015). Multi-criteria evaluation approach to coastal vulnerability index development in micrzo-tidal low-lying areas, Ocean & Coastal Management, 104: 124-135.

Marlow, R. and Morris, A. (2003). The vulnerability and management of three sand dune sites in southwestern Turkey, In: Ozhan, E. (Ed.), Procceedings of the Sixth International Conferenceon the Mediterranean Coastal Environment, MEDCOAST 2003, Ravenna, Italy, PP. 1381-1391.

Martinez, M.L.; GallegoFernandez, J.B.; Garcia Franco, J.G.; Moctezuma, C. and Jimenez, C.D. (2006). Assessment of coastal dune vulnerability to natural and anthropogenic disturbances along the Gulf of Mexico, Environmental Conservation, 33: 109-117.

Mokhtari, D.; Rezaimoghadam, M.H. and Mahmoodi, SH. (2017). Vulnerability assessment sand dunes east coast port of Jask using DVI model, Quantitative geomorphological researches, 6(1): 90-107.

Nohegar, A. and Yamani, M. (2004). The coastal geomorphology of east Hormoz strait with focus on wind erosion, hormozgan university.

Oliveira, A. and Melo e Souza, R. (2009). Coastal dune ecodynamics of the southern coastline from Sergipe, Brazil, Journal of Coastal Research, 56: 342-346.

Pereira, A.R.; Laranjeira, M.M. and Neves, M. (2000). A resilience checklist to evaluate coastal dune vulnerability, Periodicum Biologorum,102,(Suppl. 1): 309-318.

Ramesht, M.H.; Sief, A. and Mahmoodi, SH. (2015). Investigation of natural variations of sand dunes of east jask during the period (1383-1386) by RS, GIS, Geography and development, 31: 121-136.

Sadogh, S.; Nezammahale, KH. and Nezammahale, M.A. (2013). Investigation of the vulnerability of coastal sand dunes in the Miankale Peninsula by DVI model, Quantitative geomorphological researches, 2(1): 37-48.

Shayan, S.; Akbarian, M.; Yamani, M. and Maghsodi, M. (2014). Hydrodynamics of the sea and its effect on coastal sand formation. Case study: Makran's western coasts, Quantitative geomorphological researches, 2(4): 76-104.

Taylor, J.W. (1961). How to create ideas, Englewood Cliffs, Prentice Hall, NJ.Thieler, E.R., Hammar-Klose, E.S., 1999, National Assessment of Coastal Vulnerability to Future Sea-Level Rise: Preliminary Results for the U.S. Atlantic Coast, Open-File Report, U.S. Geological Survey, PP. 99-593.

Valles, S.M.; Fernandez, J.B.G. and Dellafiore, C.M. (2011). Dune vulnerability in relation to tourismpressure in Central Gulf of Cadiz (S W Spain), a case study, Journal of Coastal Research, 27(2): 243-251.

Williams, A.T.; Alveirinho Dias, J.; Garcia Novo, F.; Garcia Mora, M.R.; Curr, R. and Pereira, A. (2001). Integrated coastal dune management: Checklists, Continental Shelf Research, 21: 1937-1960.

Williams, A.T.; Davies, P.; Alveirinho-Dias, J.M.; Pereira, A.R.; Garc!ıa-Mora, M.R. and Tejada, M. (1994). A re-evaluation of dune vulnerability checklist parameters,Gaia 8, 179-182.

Williams, A.T.; Davies, P.; Curr, R.; Koh, A.; Bodere, J.C.; Hallegouet, B.; Meur, C. and Yoni, C. (1993). A checklist assessment of dune vulnerability and protectionin Devon and Cornwall, UK. In: Magoon, O.T. (Ed.), Coastal Zone’93, American Society of Civil Engineering, New York, PP. 3394-3408.

Williams, A.T.; Duck, R.W. and Phillips, M.R. (2011). Coastal dune vulnerability among selected Scottish systems, Journal of Coastal Research, 64: 1263-1267.

Yamani, M. and Hodaei, A. (2005). Assessment of sediment and erosion in the watersheds leading to the Strait of Hormoz, Physical geography reaserch, 5: 117-143.