پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی، سال دوم، شماره ۱، تابستان ۱۳۹۲
صص. ٤٨-۳۷

بررسی میزان آسیب‌پذیری تپه‌های ماسه‌ای ساحلی در شبه‌جزیرهٔ میانکاله با مدل DVI

سید حسن صدوق ـ دانشیار دانشکدهٔ علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی
سکینه‌خاتون نظام‌محله ـ کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی در برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه شهید بهشتی
محمدعلی نظام‌محله* ـ دانشجوی دکترای ژئومورفولوژی، دانشکدهٔ جغرافیا، دانشگاه تهران

پذیرش مقاله: ۱۳۹۱/۱۱/۲۰ تأیید نهایی: ۱۳۹۲/۰۳/۲۸

چکیده

این پژوهش به بررسی میزان آسیب‌پذیری تپه‌های ماسه‌ای ساحلی در منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ شبه‌جزیره میانکاله، واقع در بخش شرقی استان مازندران پرداخته است. قسمت عمدهٔ این منطقه را تپه‌های ماسه‌ای ساحلی تشکیل می‌دهد. این تپه‌ها در کل جهان، تحت تأثیر فشارهای گوناگون طبیعی و انسانی سیستم‌های بسیار حساسی هستند که حفظ آنها در نقش اکوسیستم‌های مهم، نیاز به مدیریت صحیح دارد. این پژوهش بر آن است که میزان آسیب‌پذیری سیستم تپه‌های ماسه‌ای را که زیستگاه گونه‌های گیاهی و جانوریِ این منطقه هستند، با استفاده از مدل DVI که برای نخستین‌بار در ایران انجام می‌شود، بررسی کند. برای انجام این بررسی از داده‌های آماری، داده‌های مکانی و بازدیدهای میدانی استفاده شده است. ابتدا منطقه به چهار قطعه تقسیم شده و این قطعات با پنج گروه از متغیرهای تأثیرگذار در این سیستم، مورد ارزیابی قرار گرفتند. مؤلفه‌های پنج‌گانه شامل شرایط ژئومورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای، عوامل دریایی، عوامل جوی، شرایط پوشش گیاهی و تأثیر فعالیت‌های انسانی، اندازه‌گیری و مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج آسیب‌پذیری برای قطعه‌های اول، دوم، سوم و چهارم به‌ترتیب برابر ٤۲، ۳۷، ٤۳ و ٤۹ درصد به‌دست آمد. از آنجایی که ضریب کمتر از ۵۰ درصد آسیب‌پذیری پایین است، می‌توان نتیجه گرفت که این منطقه براساس استانداردهای شاخص، درکل درصد آسیب‌پذیری پایینی دارد.

کلیدواژه‌ها: شبه‌جزیرهٔ میانکاله، تپه‌های ماسه‌ای ساحلی، آسیب‌پذیری، شاخص DVI.

---

* نویسنده مسئول: ۰۹۳۶۶۸۲۹۹۴۷ E-mail: Mnezammahalleh@ut.ac.ir

مقدمه

نظریه‌های متفاوتی دربارهٔ مدیریت تپه‌های ماسه‌ای وجود دارد (Williams et al, 2001). بعضی از این نظریه‌ها بر حفظ الگوی فضایی موجود تمرکز می‌کنند و در تلاش‌اند تا تپه‌های ماسه‌ای را با ثبات کنند (Davies, 1995; Mitasova, 2005; Levin and Ben-Dor, 2004)، برخی بر اهمیت تشخیص ویژگی پویایی سیستم تپه‌های ماسه‌ای تأکید دارند (Davies, 1995; Anthony, 2012). رویکردهای ایستا، تأکید فزاینده‌ای بر ثبات این سیستم‌ها دارند و بهتر است از آنها اجتناب شود. گاهی برخی از تغییرات ایجاد شده، می‌توانند تأثیر مثبتی بر این سیستم‌ها داشته باشند (Kleemann, 2010). برای مثال، برخی بخش‌های عریان می‌توانند برای مقاومت در برابر تحلیل رفتن تپه‌های ماسه‌ای ضروری باشند و اگر به‌طور طبیعی وجود نداشته باشند، درصورت نیاز می‌توان آنها را به‌شکل مصنوعی در محیط‌های تپه‌های ماسه‌ای ایجاد کرد (Davies et al, 1995). برخی نویسندگان نیز با رویکرد ایستا به مدیریت اکوسیستم‌های ارزشمند مخالف هستند. به نظر این افراد، پویایی سبب ایجاد اکوسیستم‌های جدید می‌شود (Davies et al, 1995). این موضوع امروزه شناخته‌شده است که یک نظر کلیدی مدیریت، آزادی عمل فرایندهای طبیعی است (Williams et al, 2001; Davies et al, 1995; Kleemann, 2010). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت در مدیریت تپه‌های ماسه‌ای، باید از مؤلفه‌ها و الگوهای موجود آگاه بود تا بتوان اختلاف‌هایی را که بروز می‌کند به خوبی شناسایی کرد.

درگذشته بیشتر محققان تپه‌های ماسه‌ای را سیستم‌های آسیب‌پذیر در نظر می‌گرفتند؛ چرا که در اثر فشارها تغییرات چشمگیری در آنها ایجاد می‌شد (Davies et al, 1995). آسیب‌پذیری را می‌توان این‌گونه تعریف کرد، شرایطی که موجب تسریع فرسایش و تخریب اکوسیستم شود یا وضعیت پیشرفته‌ای که به از بین رفتن تپه‌های ماسه‌ای می‌انجامد (Williams et al, 2001; Davies et al, 1995). این وضعیت یا شرایط می‌تواند به‌واسطهٔ عوامل طبیعی و انسانی باشد، اما همهٔ این تغییرات منفی نیستند؛ چرا که در مواردی تنوع زیستی می‌تواند درنتیجهٔ چرای حیوانات باشد (Baldi, 2013). مدیریت مؤثر، نیازمند منطقی‌ترین ارزیابی ممکن از محیط است تا بتواند فرایندهایی را که در این سیستم عمل می‌کنند، شناسایی کرده و زمینهٔ جمع‌آوری داده را از راه‌های مختلف فراهم کند (Stoll-Kleenamm, 2010). سطح مدیریت معمولاً تعیین می‌کند که درجهٔ آسیب‌پذیری وابسته به شرایط چقدر است. در بیشتر موارد این آسیب‌پذیری در جاهایی با سیاست‌های مدیریتی مؤثر پایین دیده می‌شود و جاهایی که سیاست‌های مدیریتی وجود ندارد، این آسیب‌پذیری از شدت بالاتری برخوردار بوده به تخریب بیشتری منجر می‌شود، جاهایی که درجه استفاده ناچیز است، شاید یک سیاست عدم مدیریتی پاسخی منطقی باشد (Williams et al, 2001; Ghahroudi Tali et al, 2012).

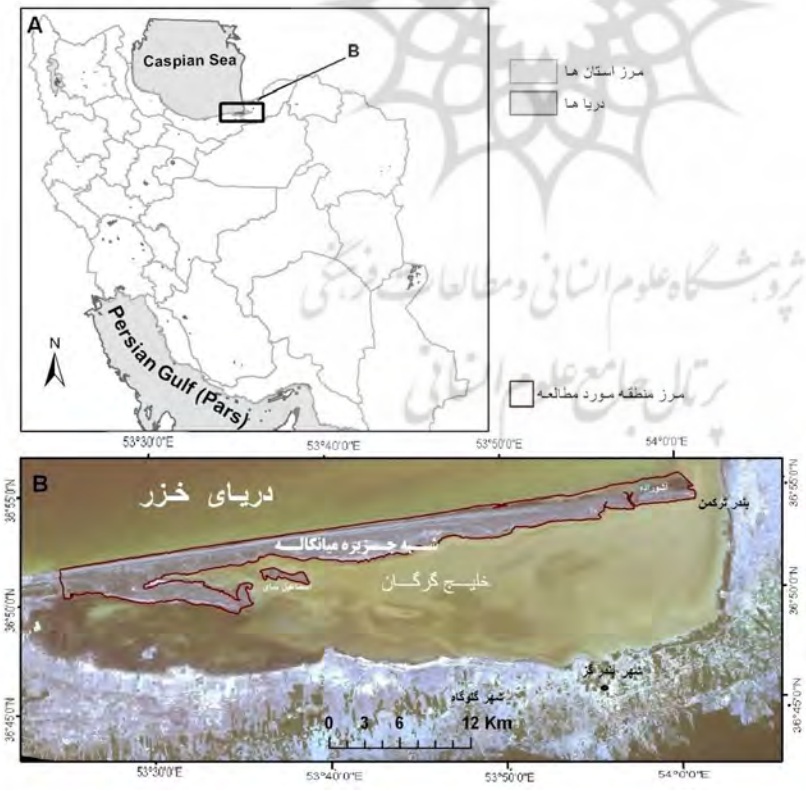
پاسخ به مسائل محیطی که بتواند موافق نظر همگان باشد، بسیار دشوار است. این مطالعه در ایران نخستین پژوهشی است که درخصوص آسیب‌پذیری تپه‌های ماسه‌ای ساحلی با مدل DVI[1] انجام شده است. این مدل را نخستین‌بار دیویس در سال ۱۹۹۵ به‌طور نظری و عملی مطرح کرد و در مطالعات بعدی (Williams et al, 2001, Garcia mora et al 2001, Mitasova, 2005) در ترکیب با روش‌های دیگر استفاده شد و توسعه یافت.

1. Dune Vulnerability Index

هدف این مطالعه تعیین ارزش آسیب‌پذیری تپه‌های ماسه‌ای ساحلی با استفاده از مدل DVI برای منطقهٔ مورد مطالعه است. تپه‌های ماسه‌ای ساحلی، ازجمله عوارض ژئومورفولوژی هستند که به سبب تنوع جانوران و گیاهان، اکوسیستم‌هایی را تشکیل می‌دهند که حفاظت از آنها باید در هر برنامه‌ریزی جدی گرفته شود. تپه‌های ماسه‌ای در هر منطقه، اکوسیستم‌های خاصی هستند و به‌دلیل حساس و شکننده‌بودن، حفاظت از آنها از اهداف توسعهٔ پایدار و از وظایف سازمان محیط زیست است؛ به همین دلیل درکل هدف این پژوهش برآورد میزان آسیب‌پذیری این مورفولوژی‌ها در برابر فعالیت‌های انسانی و طبیعی است.

محدودهٔ مورد مطالعه

شبه‌جزیرهٔ میانکاله در جنوب شرقی دریای خزر بین عرض ′۴۹ °۳۶ تا ′۵۲ °۳۶ شمالی و طول ′۲۲ °۵۳ تا ′ ۰۰ °۵۴ شرقی واقع شده است. محیط خشکی پناهگاه حیات وحش میانکاله که شبه‌جزیرهٔ میانکاله (۱۲۲۲۸هکتار)، جزیرهٔ اسماعیل‌سای (۱۸۳/۱۲ هکتار) و جزیرهٔ آشوراده (۶۷۰/۰۸ هکتار) را شامل می‌شود، پهنه‌ای به مساحت ۱۳۰۸۴/۲ هکتار را دربرگرفته است. این شبه‌جزیره که از مناطق حفاظت‌شدهٔ سازمان محیط زیست به‌شمار می‌رود، پوشیده از تپه‌های ماسه‌ای ساحلی جدید و قدیم[1] است. تپه‌های ماسه‌ای غیر فعال قدیمی، همزمان با عقب‌نشینی دریا به‌وسیلهٔ باد فرسایش پیدا کرده‌اند و به‌صورت تپه‌هایی درآمده‌اند که به‌وسیلهٔ گیاهان روییده بر آن تثبیت شده‌اند. تپه‌های ماسه‌ای فعال که شن‌های جوان منطقه را تشکیل می‌دهند، در امتداد دریای مازندران و شمال میانکاله قرار دارند و به‌دلیل مجاورت با دریا و فعال‌بودن، بیشترین فرسایش‌پذیری را دارند. میانگین دمای ماهانهٔ منطقه ۱۷ درجهٔ سانتیگراد و مجموع بارش سالانهٔ آن ۵۶۰ میلی‌متر گزارش شده است (Ghahroudi Tali et al, 2012) (شکل ۱).



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی شبه‌جزیرهٔ میانکاله

1. Young dunes, old dunes

مواد و روش‌ها

تپه‌های ماسه‌ای، سیستم‌های پویا و پیچیده‌ای هستند که به نیروهای محرکه‌ای که آنها را تشکیل می‌دهند، به‌سرعت پاسخ می‌دهند (Geoarcia Mora, 2001). تغییرات در سیستم تپه‌های ماسه‌ای، از طریق تعامل بین متغیرهای عینی (محیط طبیعی) و متغیرهای غیر عینی (عوامل محیط انسانی) انجام می‌گیرد (Davies et al., 1995). این لندفرم‌های سست نتیجهٔ تعامل بین فشارهای جوی، فرایندهای دریایی، پوشش گیاهی، فعالیت‌های انسانی و ژئومورفولوژی این سیستم است. آسیب‌پذیری تپه‌های ماسه‌ای ساحلی برآیند ادغام این تعاملات است (Garcia Mora, et al., 2001). براساس فعالیت‌های ژئومورفولوژیکی، دریایی، جوی، پوشش گیاهی و انسانی، پنج گروه از متغیرها شناسایی می‌شوند. هر متغیر را مجموعه‌ای از پارامترها تشکیل می‌دهند، اما در اینکه چه تعداد پارامتر برای محاسبهٔ این شاخص باید لحاظ شود، توافقی وجود ندارد. براساس نظر گارسیا (Garcia Mora etal., 2001) با توجه به پیچیدگی محیط تپه‌های ساحلی، تعداد پارامترها می‌توانند با در نظر گرفتن میزان تأثیر هر یک از عوامل مؤثر (متغیرهای پنج‌گانه) و هدف مطالعه انتخاب شوند. متغیرهای لحاظ‌شده در این پژوهش عبارتند از:

۱. شرایط ژئومورفولوژیکی سیستم تپه‌های ماسه‌ای (GCD)[1]؛
۲. تأثیر عوامل دریایی (MI)[2]؛
۳. تأثیر عوامل جوی (AI)[3]؛
۴. شرایط پوشش گیاهی (VC)[4]؛
۵. تأثیر فعالیت‌های انسانی (HE)[5].

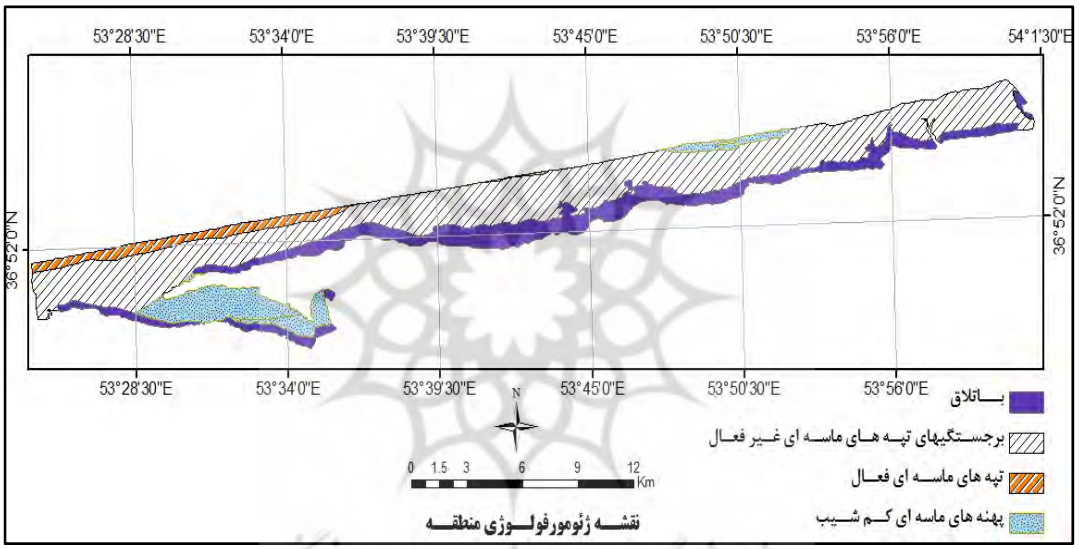
هریک از پارامترهای موجود در عوامل پنج‌گانه، به‌طور جداگانه در مقیاس صفر تا چهار ارزش‌گذاری شدند. از مجموع ارزش‌های هر ستون از متغیرها، تقسیم بر حاصل‌ضرب تعداد مؤلفه‌ها و عدد چهار (حداکثر ارزشی که هر مؤلفه می‌تواند بگیرد)، درصد هر یک از متغیرها محاسبه می‌شود و میانگین درصد هریک از متغیرها، به‌منزلهٔ شاخص آسیب‌پذیری آن قطعه است. با اتصال این شاخص‌های پنج‌گانه، نمودار چند ضلعی به‌دست می‌آید که هرچه مساحت نمودار بیشتر باشد، آسیب‌پذیری بیشتر است. (ارزش چهار بیشترین میزان آسیب‌پذیری و ارزش صفر به‌معنای عدم تأثیر پارامتر مورد نظر در نظر گرفته می‌شود).

تپه‌های ماسه‌ای شبه‌جزیرهٔ میانکاله، ابتدا براساس ویژگی‌های مورفولوژیکی و رسوب‌شناسی، اکولوژیکی و انسان‌شناختی به چهار قطعه[6] با ویژگی‌های درونی متجانس تقسیم شدند. قطعهٔ اول براساس جداافتادگی مورفولوژیکی قطعهٔ دوم و سوم براساس پوشش گیاهی مسلط و اندازهٔ تپه‌های ماسه‌ای و قطعهٔ چهارم براساس نوع کاربری (کشاورزی) و نوع مورفولوژی متفاوت، از یکدیگر جدا شدند.

1. Geomorphology Condition Dune
2. Marine Influence
3. Aeolian Influence
4. Vegetation Condition
5. Human effect
6. Segment

عوامل ژئومورفولوژیکی

ظرفیت برگشت‌پذیری (ارتجاع) سیستم تپه‌های ماسه‌ای ساحلی، بستگی به سنخیت‌شناسی (تیپولوژی) و میزان ایمنی تپه‌ها دارد (طول، عرض و ارتفاع). هرچه بودجهٔ رسوبی در تپه‌های ماسه‌ای بیشتر باشد، این تپه‌ها به‌طور مؤثرتری مانند یک سد در مقابل امواج شدید (دریایی) مقاومت می‌کنند. مهم‌ترین عامل در تشکیل، مورفولوژی و توسعهٔ تپه‌های ماسه‌ای ساحلی، عامل اندازهٔ ذرات ماسه است (Browh, Mclachlam, 1990). از آنجایی که تپه‌های ماسه‌ای بخش عمده‌ای از عوارض ژئومورفولوژیکی شمرده می‌شوند و با توجه به نقش مؤثر خود این عوامل در تغییر و تکامل آنها، این عوارض در نقشهٔ ژئومورفولوژی مشاهده می‌شود (شکل ۲).



شکل ۲. نقشهٔ ژئومورفولوژی شبه‌جزیرهٔ میانکاله

متغیرهای ژئومورفولوژیکی لحاظشده در این پژوهش با روش‌های مختلف مطالعات میدانی، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای LANSAT و IRS و نقشه‌های ۱:۵۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰۰، هرکدام به‌ترتیب با نرم‌افزارهای ERDAS، ArcGIS و Microstation اندازه‌گیری و ارزش‌دهی شدند.

مؤلفه‌های اندازه‌گیری‌شده برای متغیر ژئومورفولوژیکی عبارتند از:

۱. طول سیستم تپهٔ ماسه‌ای فعال به کیلومتر؛
۲. پهنای تپهٔ ماسه‌ای پویا به کیلومتر؛
۳. ارتفاع متوسط تپه‌های ماسه‌ای به متر؛
۴. میزان شیب تپه‌های ماسه‌ای به درجه؛
۵. اندازهٔ ذرات موجود در تپه‌های ماسه‌ای به میلی‌متر.

تأثیر عوامل دریایی

گذشته از بودجهٔ رسوبی، یکی از عوامل مؤثر در آسیب‌پذیری تپه‌های ماسه‌ای مربوط به فرایندهای فرسایش دریایی است. از عوامل دریایی کلیدی که فرسایش تپه‌های ماسه‌ای ساحلی را تحت تأثیر قرار می‌دهند، متغیرهای مربوط به عمل امواج و گستره‌ای از ساحل است که در معرض امواج قرار می‌گیرد. در منطقهٔ مورد مطالعه، سه مؤلفه از عوامل دریایی مؤثر شناسایی و اندازه‌گیری شدند که عبارتند از:

۱. شیب باریکهٔ ساحلی به درجه؛
۲. پهنای زون داخلی به کیلومتر در شکستن امواج؛
۳. جهت‌گیری امواج نسبت به خط ساحل به درجه.

شیب باریکهٔ ساحلی از روی نقشهٔ ۱:۲۵۰۰۰ و پهنای زون درونی و جهت‌گیری نسبت به ساحل از روی تصاویر ماهواره‌ای اندازه‌گیری شده‌اند.

تأثیر عوامل جوی

باد تأثیر نیرومندی در گسترش بخش جلویی تپه‌های ماسه‌ای ایفا می‌کند، تپه‌های ماسه‌ای ساحلی در طول زمان تغییر می‌کنند. فعالیت باد و تسلط فرایندهای کاوشی یا تراکمی، شکل و حجم تپه‌های ماسه‌ای ساحلی را در طول زمان تغییر می‌دهند. فعالیت باد در بخش‌هایی با پوشش گیاهی ضعیف، موجب حرکت شن‌ها به بخش‌های درونی تپه‌های ماسه‌ای می‌شود. عوامل جوی لحاظشده عبارتند از:

۱. درصد پوشش سنگ‌ریزه در سطح؛
۲. درصد پوشش گیاهی تپهٔ ماسه‌ای در جهت دریا؛
۳. درصدی از سیستم بدون پوشش گیاهی.

درصد پوشش سنگ‌ریزه از روی تصاویر ماهواره‌ای با طبقه‌بندی نظارت‌شدهٔ TM و ETM از طریق نمونه‌های برداشت‌شدهٔ میدانی به‌دست آمد و درصد زمین با پوشش گیاهی و بدون پوشش گیاهی از روی تصاویر ETM+ و TM اندازه‌گیری شد.

شرایط پوشش گیاهی

پوشش گیاهی در تشکیل و توسعهٔ تپه‌های ماسه‌ای ساحلی نقش مهمی دارند، تعامل بین باد و پوشش گیاهی در توسعهٔ تپهٔ ماسه‌ای فرایندی کلیدی است و اختلاف در پوشش گیاهی سطحی، موجب ایجاد الگوهای مورفولوژیکی متفاوتی در تپه‌های ماسه‌ای می‌شود. عملکرد پوشش گیاهی در به‌دام‌انداختن رسوبات و تثبیت رسوبات بادرُفتی بستگی به خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاهان دارد. براساس مطالعات گارسیا (۲۰۰۱) معمولاً در تپه‌های ماسه‌ای سه نوع پوشش گیاهی وجود دارد:

الف) پوشش گیاهی نوع اول (I) شامل گونه‌هایی است که گیاهان آن به‌طور عمده کوچک و یک‌ساله هستند و برگ‌هایی نرم دارند. این گیاهان با شرایط محیط تپهٔ ماسه‌ای سازگار نیستند.

ب) پوشش گیاهی نوع دوم (II) را گونه‌هایی دربر می‌گیرند که دائمی هستند، ریشه‌های آنها در زیر زمین پخش می‌شوند و برگ‌های آنها دارای خصوصیاتی است که در شرایط فشار محیطی ساحلی امتیازهایی دارند.

ج) پوشش گیاهی نوع سوم (III) گیاهانی هستند که قادرند در مقابل مدفون شدن در شن‌های ساحلی و در برابر آب مقاومت کنند و از بین نروند.

دسته‌ای از پارامترهای پوشش گیاهی با توجه به میزان تأثیری که در آسیب‌پذیری تپه‌های ماسه‌ای دارند، دراین مطالعه لحاظ شدند و پارامترهایی که تأثیر چندانی نداشتند، حذف شدند. پارامترهای پوشش گیاهی عبارتند از:

۱. درصد پوشش نوع سوم (III) در ساحل شنی[1]؛
۲. درصد پوشش نوع سوم (III) در بخش جبهه‌ای رو به دریای تپه‌های ماسه‌ای؛
۳. درصد نسبی گیاهان نوع دوم (II) در بخش جبهه‌ای رو به دریای تپه ماسه‌ای؛
۴. درصد پوشش گیاهان نوع اول (I) در بخش جبهه‌ای رو به دریای تپه ماسه‌ای؛
۵. درصد نسبی گیاهان نوع دوم و سوم (II و III) در ۱۰۰ متر از جبههٔ تپهٔ ماسه‌ای به سمت داخل آن؛
۶. درصد نسبی گیاهان مقاوم یا با دوام در بخش رو به دریای جبهه تپه ماسه‌ای.

تمام این پوشش‌ها از روی تصاویر ماهواره‌ای ETM و TM مشخص و طبقه‌بندی شدند و از روی نقشهٔ پوشش گیاهی و نقشهٔ ۱:۲۵۰۰۰ اصلاحاتی روی آنها انجام گرفت.

تأثیرات انسانی

تپه‌های ماسه‌ای ساحلی به‌طور گسترده در طول زمان به‌وسیلهٔ فرآیندهای انسانی تغییر یافته‌اند. فعالیت‌های سنتی در تپه‌های ماسه‌ای شامل کشاورزی، چرای دام، استخراج ماسه‌های ساحلی و فعالیت‌های تفریحی است. برای عامل تأثیرات انسانی هفت معیار مؤثر در نظر گرفته شده است که عبارتند از:

۱. فشار ناشی از گردشگران؛
۲. سختی دسترسی؛
۳. درصد تراکم شبکه‌راه‌ها در بخش جبهه‌ای تپهٔ ماسه‌ای؛
۴. درصد پوشش زراعی در سیستم تپهٔ ماسه‌ای؛
۵. میزان چرای دام در سیستم فعال؛
۶. تعداد و تراکم جانوران حفار در سیستم؛
۷. درصد جنگل در دست کاشت در ۲۰۰ متر داخل جبههٔ تپه‌های ماسه‌ای.

1. Beach

معیارهای مورد نظر از جنبه‌های مختلف اندازه‌گیری شدند. اندازه‌گیری معیارهای انسانی، براساس اطلاعات ۱۵۰ پرسش‌نامه از بازدیدکنندگان (میزان بازدید، زمان اقامت و غیره) و بازدیدهای میدانی انجام شده است. معیار سختی دسترسی از اطلاعات راه‌های دسترسی به منطقه و موانع طبیعی به‌دست آمد. میزان چرا از طریق بازدیدهای میدانی و میزان دام‌ها از طریق اطلاعات طرح جامع میانکاله و درصد جنگل‌های در دست کاشت از روی تصاویر ماهواره‌ای (ETM) برای هر چهار قطعه مورد سنجش قرار گرفت.

یافته‌های پژوهش

از کل محدودهٔ مورد مطالعه، حدود ۹۵۲۱ هکتار آن، یعنی کمابیش ۷۱ درصد از منطقه را تپه‌های ماسه‌ای فعال و غیر فعال تشکیل می‌دهد که پوشش گیاهی گوناگونی داشته و در معرض فعالیت‌های انسانی متفاوت قرار گرفته است. قطعهٔ اول با طول کمابیش ۵ کیلومتر، دارای مقدار DVI ۴۲ درصد است. از دید مورفولوژیکی نسبت به بخش‌های دیگر مسطح بوده و به‌صورت یک قطعهٔ جداافتاده در نظر گرفته می‌شود (جزیرهٔ آشوراده)، طول سیستم تپه‌ماسه‌ای آن بیشتر از ۵ کیلومتر اندازه‌گیری شده، پهنای تپه‌های ماسه‌ای کمتر از ۱ کیلومتر است و از نظر ارتفاع، تپه‌های کوتاهی دارد که به سهم خود، موجب افزایش آسیب‌پذیری می‌شود. جهت‌گیری امواج نسبت به ساحل بین ۴۵- ۱۰ درجه تغییر می‌کند که تأثیر بسیار ناچیزی (ارزش ۵) دارد. پوشش گیاهی نوع سوم در ساحل شنی کمتر از ۵ درصد است که از این لحاظ آسیب‌پذیر بالایی دارد. پراکندگی گیاهان نوع دوم در این قطعه، در قسمت جبهه‌ای رو به دریای تپه‌های ماسه‌ای بیشتر از ۶۰ درصد بوده و دارای ارزش ۳ است. دشواری دسترسی در این قطعه پایین است که در کاهش نسبت آسیب‌پذیری این قطعه سهیم است. میانگین درصد هریک از متغیرها در قطعهٔ اول ۰/۴۲ محاسبه شده است (جدول ۱).

جدول ۱ . ارقام اندازه‌گیری شدهٔ مؤلفه‌های به‌کار رفته برای هریک از عوامل پنج‌گانهٔ مدل ویلیامز در قطعهٔ اول

شمارهٔ مؤلفه	GCD	MI	AI	VC	HE
مؤلفهٔ ۱	۲	۲	۲	۴	۰
مؤلفهٔ ۲	۴	۰	۲	۲	۴
مؤلفهٔ ۳	۴	۰	۱	۳	۱
مؤلفهٔ ۴	۲			۰	۱
مؤلفهٔ ۵	۲			۱	۰
مؤلفهٔ ۶				۱	۳
مؤلفهٔ ۷					۲
مؤلفهٔ ۸					
مجموع ارزش مؤلفه‌ها	۱۴	۲	۵	۱۱	۱۲
درصد هریک از متغیرها	۰/۷	۰/۱۶۷	۰/۴۱۷	۰/۴۵۸	۰/۳۷۵

قطعهٔ دوم به‌طول تقریبی ۱۵ کیلومتر، درادامهٔ قطعهٔ اول به سمت غرب قرار می‌گیرد. نسبت شاخص DVI در آن ۳۷ درصد است. این قطعه با پهنای سیستم تپه‌های ماسه‌ای فعال حدود ۴۸ کیلومتر، آسیب‌پذیر بوده و از نظر پهنای زون درونی و جهت‌گیری ساحلی، ارزش آسیب‌پذیری بالایی دارد. درصد پوشش گیاهان نوع سوم در ساحل شنی حدود ۸/۳ است که ارزش آسیب‌پذیری ۳ را به خود اختصاص می‌دهد. اغلب پوشش گیاهی قطعهٔ دوم سازیل گزارش شده است. به‌دلیل واقع‌شدن در منطقهٔ امن و سختی دسترسی، فشار بازدیدکنندگان و گردشگران (Ghahroudi and Nezammahalleh, 2012) و نیز فعالیت‌های کشاورزی در این قطعه محدود است. به‌همین دلیل فشار کشاورزی در این قطعه پایین است و در بین چهار قطعهٔ مورد مطالعه از نظر تأثیرات انسانی، کمترین آسیب‌پذیری را دارد و این میزان آسیب‌پذیری با مطالعات گارسیا و همکاران (۲۰۰۱) که از این مدل استفاده کردند، مطابقت دارد. میانگین درصد هریک از متغیرها در قطعهٔ دوم ۰/۳۷ است (جدول ۲).

جدول ۲. ارقام اندازه‌گیری شدهٔ مؤلفه‌های به‌کار رفته برای هریک از عوامل پنج‌گانهٔ مدل ویلیامز در قطعهٔ دوم

شمارهٔ مؤلفه	GCD	MI	AI	VC	HE
مؤلفهٔ ۱	۱	۲	۱	۳	۰
مؤلفهٔ ۲	۳	۰	۲	۲	۲
مؤلفهٔ ۳	۲	۰	۲	۱	۱
مؤلفهٔ ۴	۲			۱	۰
مؤلفهٔ ۵	۲			۲	۳
مؤلفهٔ ۶				۲	۳
مؤلفهٔ ۷					۰
مؤلفهٔ ۸					۲
مجموع ارزش مؤلفه‌ها	۱۰	۲	۵	۱۱	۱۱
درصد هریک از متغیرها	۰/۵	۰/۱۶۷	۰/۴۱۷	۰/۴۵۸	۰/۳۴۴

نسبت DVI قطعهٔ سوم که به‌طول ۱۶ کیلومتر از ادامهٔ قطعهٔ دوم به سمت غرب گسترش می‌یابد، ۴۳ درصد است. این قطعه از نظر درصد نسبی گیاهان نوع دوم و سوم در ۱۰۰متر به سمت داخل جبههٔ تپه‌های ماسه‌ای آسیب‌پذیری متوسطی دارد و عمدهٔ این بخش را گیاهانی چون انار ـ تنگرس و سازیل پوشانده است. به دستور سازمان حفاظت محیط زیست، درختانی در قسمت شمالی این قطعه کاشته شده که آسیب‌پذیری این قطعه را کاهش داده است. از نظر درصد نسبی پوشش گیاهی مقاوم و گیاهان درختی، قسمت شمالی این قطعه پوشیده از درختچه‌های انبوه انار است و از نظر کشاورزی درصد زیادی از منطقه (حدود ۱۰/۳۳ درصد) پوشیده از کشاورزی آبی و ترکیب باغ و جنگل است که میزان آسیب‌پذیری را کاهش می‌دهد. میانگین درصد هریک از متغیرها در قطعهٔ سوم ۰/۴۳ است (جدول ۳).

جدول ۳. ارقام اندازه‌گیری شدهٔ مؤلفه‌های به‌کار رفته برای هریک از عوامل پنج‌گانهٔ مدل ویلیامز در قطعهٔ سوم

شماره مؤلفه	GCD	MI	AI	VC	HE
مؤلفهٔ ۱	۱	۲	۱	۳	۲
مؤلفهٔ ۲	۳	۱	۱	۲	۳
مؤلفهٔ ۳	۳	۰	۲	۱	۱
مؤلفهٔ ۴	۲			۱	۱
مؤلفهٔ ۵	۲			۲	۳
مؤلفهٔ ۶				۴	۳
مؤلفهٔ ۷					۱
مؤلفهٔ ۸					۲
مجموع ارزش مؤلفه‌ها	۱۱	۳	۴	۱۳	۱۶
درصد هریک از متغیرها	/۵۵.	۰/۲۵	۰/۳۳۳	۰/۵۴۲	۰/۵

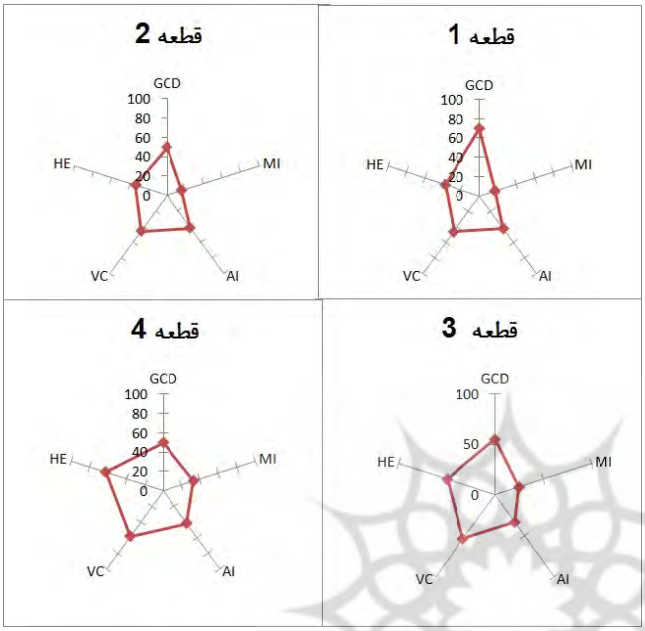
قطعهٔ چهارم به طول ۱۶/۵ کیلومتر از ادامهٔ قطعهٔ سوم به طرف غرب گسترش می‌یابد و در قسمت جنوبی، این قطعه به طرف پایین کشیدگی دارد. شاخص DVI در این قطعه حدود ۴۹ درصد به‌دست آمده است که بیان می‌کند این منطقه در مقایسه با قطعه‌های دیگر آسیب‌پذیرتر است. حدود ۳۰ درصد از این قطعه را جنگل‌های نیمه‌متراکم پوشانده است که باعث کاهش آسیب‌پذیری می‌شود. پوشش گیاهان نوع دوم در سمت رو به دریای جبههٔ تپهٔ ماسه‌ای حدود ۳۴ درصد محاسبه‌شده و عمدهٔ گیاهان آن از گونهٔ سازیل است. فعالیت‌های انسانی، ازجمله کشاورزی و چرای دام‌ها و فعالیت‌های ماهی‌گیری دراین قطعه، زیادتر از قطعه‌های دیگر بوده و دارای بیشترین میزان آسیب‌پذیری است. شیب تمام این قطعه‌ها بسیار ملایم است. بنابراین براساس نتایج این مطالعه، آسیب‌پذیری کل منطقهٔ میانکاله کمتر از ۰/۵ است (جدول ۴).

جدول ٤. ارقام اندازه‌گیری شدهٔ مؤلفه‌های به‌کار رفته برای هریک از عوامل پنج‌گانهٔ مدل ویلیامز در قطعهٔ چهارم

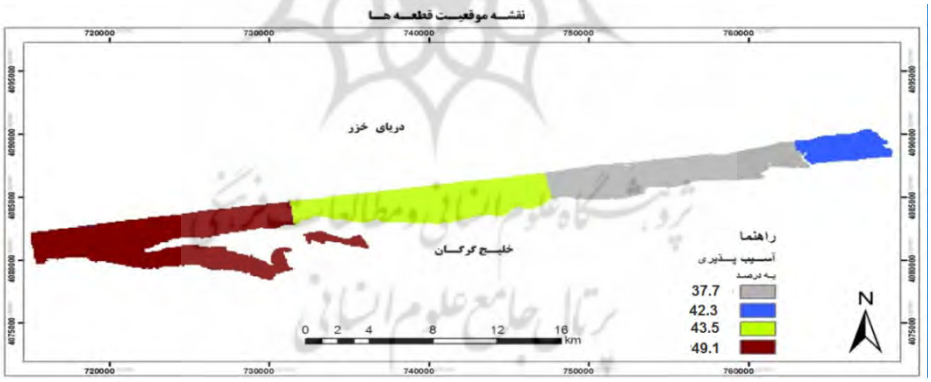
شماره مؤلفه	GCD	MI	AI	VC	HE
مؤلفهٔ ۱	۱	۲	۲	۳	۳
مؤلفهٔ ۲	۲	۲	۲	۳	۴
مؤلفهٔ ۳	۳	۰	۱	۳	۲
مؤلفهٔ ۴	۲			۱	۲
مؤلفهٔ ۵	۲			۱	۳
مؤلفهٔ ۶				۳	۴
مؤلفهٔ ۷					۳
مؤلفهٔ ۸					۱
مجموع ارزش مؤلفه‌ها	۱۰	۴	۵	۱۴	۲۰
درصد هریک از متغیرها	۰/۵	۰/۳۳۳	۰/۴۱۷	۰/۵۸۳	۰/۶۲۷

شکل ۳، نمودار چند ضلعی آسیب‌پذیری تپه‌های ماسه‌ای ساحلی را برای هر یک از چهار قطعه نشان می‌دهد. در این نمودار چندضلعی، هرچه مساحت پلی‌گون بیشتر باشد، آسیب‌پذیری کل بیشتر است. همچنین محورهای شکل ۳، درصد تأثیر هر یک از عوامل پنج‌گانه را در آسیب‌پذیری نشان می‌دهند. میانگین درصد هریک از متغیرها در قطعهٔ چهارم

۰/۴۹ است (شکل ۳ و ۴). میزان DVI کل و DVI برای هر گروه از این پنج متغیر در شکل ۴ نشان داده شده است. براساس مطالعات ویلیامز و گارسیا که در چند پژوهش این مدل را توسعه دادند، میزان آسیب‌پذیری کمتر از ۵۰ درصد پایین است و تهدیدی جدی به‌شمار نمی‌رود. در مطالعهٔ حاضر، این درصد برای کل منطقه پایین به‌دست آمده است.



شکل ۳. نمودار چند ضلعی آسیب‌پذیری تپه‌های ماسه‌ای ساحلی برای هر یک از چهار قطعه. هر یک از محورها درصد آسیب‌پذیری یک گروه از متغیرها را نشان می‌دهد. هر چه مساحت این چندضلعی بیشتر باشد درصد آسیب‌پذیری بیشتر است.



شکل ٤. موقعیت هر یک از قطعه‌ها و ضریب DVI آنها

بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش با مدل DVI برای نخستین‌بار در ایران انجام شده است و با توجه به شرایط منطقه نشان می‌دهد که روش مناسبی برای سنجش آسیب‌پذیری تپه‌های ماسه‌ای در شبه‌جزیره میانکاله است. این شبه‌جزیره که از دسته مناطق حفاظت‌شده به‌شمار می‌رود، نیاز به مدیریت صحیح تپه‌های ماسه‌ای دارد و به‌طور عمده زیستگاه گونه‌های گیاهی و جانوری است. بر اساس یافته‌های پژوهش، آسیب‌پذیری کل منطقه پایین ارزیابی شده است؛ اما به‌منظور حفاظت بیشتر از منطقه، بهتر است در بخش‌هایی که میزان آسیب‌پذیری کمی بالاتر بوده است، فعالیت‌های انسانی کاهش یابد و پوشش گیاهی و تنوع زیستی در قسمت‌های حساس توسعه داده شود.

سپاس‌گزاری

نویسندگان این مقاله از حمایت مالی دانشگاه شهید بهشتی و نیز، نظرات ارزنده و مفید داوران در بهبود متن مقاله قدردانی می‌کنند.

منابع

شرکت مهندسان مشاور روان آب (۱۳۸۱). **گزارش مطالعات زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی**، (جلد دوم)، ساری: سازمان محیط زیست استان مازندران.

نظام محله، س. خ. (۱۳۸۹). **اکوتوریسم و توسعهٔ پایدار (مطالعهٔ موردی: شبه‌جزیرهٔ میانکاله)**. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی.

Anthony, E. J., 2013, **Storms, Shoreface Morphodynamics, Sand Supply, and the Accretion and Erosion of Coastal Dune Barriers in the Southern North Sea**. Geomorphology, Vol. 199, PP. 8-21.

Baldi, A., Batary, P., Kleijn, D., 2013, **Effects of Grazing and Biogeographic Regions on Grassland Biodiversity in Hungary-analysing Assemblages of 1200 Species**. Agriculture, Ecosystem and Environment, Vol. 166, PP. 28-34.

Davies, P., Williams, A.T., Curr, R.H.F., 1995, **Decision Making in Dune Management: Theory and Practice,** Journal of Coastal Conservation, Vol. 1, No. 1, PP. 87-96.

Garcia-Mora, M.R., Gallego-Fernandez, J.B., Williams, A.T., Garcia-Novo, F., 2001, **A Coastal Dune Vulnerability Classification (A Case Study of the SW Iberian Peninsula)**. Journal of Coastal Research, Vol. 17, No. 4, PP. 802-811.

Ghahroudi Tali, M., Sadough, S.H., Nezammahalleh, M.A., Nezammahalleh S.K., 2012, **Multi-Criteria Evaluation to Select Sites for Ecotourism Facilities: A Case Study Miankaleh Peninsula**. Anatolia – An International Journal of Tourism and Hospitality Research, Vol. 23, No. 3, PP. 373-394.

Ghahroudi Tali, M., Nezammahalleh, M. A., 2012, **Damaging Effects of Climate Change on Playa Geotourism, Gavkhouni,** International Conference on Geomorphic Processes and Geoarchaeology, in Moscow, Russia, August 20-24.

Ghahroudi Tali, M., Sadough, S. H., Nezammahalleh, M. A., 2012, **Site Selection for Ecotourism with Emphasis Red List (IUCN), Case Study: Miankaleh Peninsula (Iran),** International Geographical Congress, in Cologne, Germany, August 29.

Levin, N., Ben-Dor, E., 2004, **Monitoring Sand Dune Stabilization Along the Coastal Dunes of Ashdod-Nizanim, Israel, 1945-1999,** Journal of Arid Environments, Vol. 58, No. 3, PP. 335 - 355.

Mitasova, H., Overton, M., Harmon, R.S., 2005, **Geospatial Analysis of a Coastal Sand Dune Field Evolution: Jockeys Ridge, North Carolina**. Geomorphology, Vol. 72, No. 1, PP. 204-221

Stoll-Kleenamm, S., 2010, **Evaluation of Management Effectiveness in Protected Areas: Methodologies and Results**. Basic and Applied Ecology, Vol. 11, No. 5, PP. 377-382.

Williams A.T., Alveirinho-Dias J., Garcia Novo F., Garcia Mora M.R., Curr R., Pereira A., 2001, **Integrated Coastal Dune Management, Checklist,** Continental Shelf Research, Vol. 21, No. 18-19, PP.1937-1960.