تغییرات گسترش تپه‌های ماسه‌ای و پوشش سطوح تحت‌تأثیر سرعت باد در بیابان‌های همجوار اکوسیستم‌های ماندابی

فاطمه زرهی: *کارشناس ارشد رشتهٔ مهندسی منابع طبیعی، مدیریت و کنترل بیابان، دانشگاه هرمزگان*
مرضیه رضایی*: *استادیار گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان*

نوع مقاله: پژوهشی
تاریخچه مقاله (تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۵/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۹/۱۷)
20.1001.1.22517812.1401.12.1.6.1

چکیده

نبکازارها، رخساره‌های فرسایشی در مرحلهٔ حمل و انتقال است که تخریب پوشش گیاهی به کاهش نشست رسوبات در اطراف پوشش گیاهی منجر می‌شود و پس از آن، فرسایش همچنان ادامه می‌یابد. این پژوهش، با هدف بررسی روند سرعت باد و تغییرات رسوب در نبکازارهای شرق هرمزگان و همجوار اکوسیستم‌های ماندابی انجام شد. در پژوهش حاضر، نمونه‌برداری پوشش گیاهی و خاک انجام و عوامل رسوب (حجم تلماسه، عرض و ...) اندازه‌گیری شد. در بخش دیگر، از داده‌های ایستگاه سینوپتیک جاسک، میناب و سیریک طی دورهٔ آماری ۱۹۹۰-۲۰۲۰ و پایگاه بازتحلیل شدهٔ ECMWF استفاده شد. همچنین برای بررسی تغییرات سطح نبکا، از تصاویر ماهوارهٔ لندست مربوط به سه دهه استفاده شد. برای صحت‌سنجی داده‌های پایگاه نیز از روش‌های R^2 ، MSE و RMSE و برای محاسبهٔ روند، از آزمون ناپارامتریک من ـ کندال (M-k) استفاده شد. بر اساس نتایج، ارتفاع گیاه به عنوان مهم‌ترین و تأثیرگذارترین متغیر مستقل در انباشت رسوب سیریک شناسایی شد. مقدار R^2 در ایستگاه‌های مورد مطالعه، بین ۰/۷۳ تا ۰/۹۴ متغیر بود و متوسط سرعت باد در سیریک به میزان ۱۰/۳۵m/s محاسبه شد. نتایج مطالعات سرعت باد و تغییرات مساحت مناطق رسوب‌گذاری شدهٔ منطقه طی چند دههٔ اخیر، نشان داد که میزان سطح رسوبات موجود در منطقه کاهش یافته‌است. با توجه به اینکه یافته‌ها نشان داد سرعت باد تغییرات زیادی نداشته‌است؛ بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که عوامل نشست رسوبات یا پوشش گیاهی در منطقه دستخوش تغییر و تخریب شده‌است. این امر بیانگر کاهش عملکرد رسوب‌گذاری نبکاها در کنترل فرسایش بادی است که به انتقال رسوبات بادی به مناطق مجاور منجر شده‌است.

واژگان کلیدی: رسوب، تلماسه، من - کندال، ماهوارهٔ لندست.

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

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.6.1]

۱ـ مقدمه

حدود چهل میلیون هکتار از مساحت کشور، با مناطق کویری، تپه‌های ماسه‌ای و مناطق با پوشش گیاهی ناچیز پوشیده شده‌است (Petrosian, 2021). انباشت رسوبات بادی در بین اندام‌های گیاهی و اطراف آن، به ایجاد رخساره‌های فرسایشی نبکا منجر می‌شود (Quentin, 2021) . نتایج حاصل از حجم انباشت رسوبات در اطراف گیاهان نشان می‌دهد که هر درخت می‌تواند به‌طور متوسط، حجمی حدود سیزده مترمکعب از رسوب‌ها را در اطراف خود تثبیت کند؛ بنابراین، گیاهان در تجمع رسوبات و کاهش فرسایش بادی نقش بسیار مهمی دارند. عوامل زیادی مانند نوع گونه‌های گیاهی، سرعت باد (Liu , 2021)، دانه‌بندی خاک، اقلیم و منبع تأمین رسوبات، در تشکیل نبکاها مؤثرند که در این بین، نقش خصوصیات رویشی گیاهان اهمیت بیشتری دارد (Valentine, 2020). از جمله گونه‌های گیاهی که در منطقهٔ پژوهش به تولید نبکا پرداخته‌اند، می‌توان به کلیر (*Caparis decidua*) ، لگجی (*C. spinosa*) و *Tamarix aphylla* اشاره کرد.

ارزیابی روابط بین رسوب و عوامل رشد گونه‌های گیاهی *Alhaji manifera* ، *Reaumuria turcestanica* و *Tamarix mascatensis* با استفاده از تحلیل رگرسیون خطی چندگانه نشان داد که شکل رویشی گیاهان، مؤثرترین عامل در توجیه شکل و تکامل نبکا است. اگرچه برخی از گونه‌های همی‌کریپتوفیت تشکیل نبکا می‌دهند، برخی گونه‌های فانروفیت و کامفیت نیز تشکیل‌دهندهٔ نبکا است (Laporte-Fauret, 2020). به نظر می‌رسد نبکاهای تشکیل‌شده با گونه‌های دستهٔ دوم به دلیل فرم رویشی متفاوت خود، حجم رسوب بیشتری را در اطراف گیاهان انباشته می‌کنند و توسعهٔ نبکا در آنها سریع‌تر اتفاق می‌افتد (Andriolo, 2020).

تغییرات تلماسه‌های بادی و میزان فرسایش، با پوشش سطح زمین تناسب داشت و در برخان‌های فلسطین معنی‌دار بود (Ardan, 2009). تشکیل، جایگزینی و توزیع فضایی نبکاها در زمینهٔ خصوصیات جریان هوا و فیزیولوژی پوشش گیاهی در مناطق خشک شمال چین، بیانگر این امر است که تنوع پوشش گیاهی در توسعهٔ نبکاها و انباشت رسوبات بادی نقش مؤثرتری دارد (Marod, 2020). مورفولوژی نبکا، به‌وسیلهٔ الگوی رشد گونهٔ گیاهی کنترل می‌شود (Jasim and Al-Awadi, 2014)؛ به‌طوری که ارتفاع نبکا به مقدار زیادی به ارتفاع تاج پوشش گیاه بستگی دارد؛ اما طول نبکا به ارتفاع گیاه، عرض گیاه و سرعت باد وابسته است (Jihan, 2010). مقایسه و تحلیل ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی نبکاهای چهار گونهٔ گیاهی نشان داد که نوع گونه، در اندازهٔ رسوبات هر یک از نبکاها تأثیر شایانی دارد و ویژگی رسوبات نبکاها با توجه به نوع گونهٔ گیاهی با یکدیگر متفاوت است (Maghsoudi et al, 2011). همچنین لاشبرگ گیاهان در نبکاها به افزایش ماده آلی لایهٔ سطحی خاک منجر می‌شود و پیوستگی خاکدانه‌ها در لایهٔ سطحی خاک را نیز افزایش می‌دهد و به تبع آن، فرسایش کاهش می‌یابد (Laporte-Fauret, 2021).

علاوه بر فرم رویشی گیاه، عوامل اقلیمی به ویژه سرعت باد از دیگر شاخص‌های مهم کنترل‌کنندهٔ مورفولوژی نبکا است. بررسی برخی از آثار محیط زیستی نبکای گونهٔ کلیر در جاسک نشان داد که مقدار ماده آلی در خاک نبکا به‌طور معنی‌دار بیش از خاک بین نبکاها بود و در بین عوامل اقلیمی، حرکت خاکدانه‌ها بیشتر متأثر از سرعت باد بود (Iman talab, 2012). در مطالعهٔ مورفولوژیکی و توسعهٔ نبکاهای ساحلی شمال شرق کویت، رسوبات تاج نبکا در انرژی بالای باد

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.6.1]

از رسوبات دنباله و پیشانی نبکا بیشتر انباشته شده بود (Jasem et al, 2013). بررسی مورفولوژی تپه‌ها در شرق منطقهٔ تاماسیا، با شناسایی مناطق احتمالی منشأ نشان داد که تغییرات شدید در رژیم باد به ویژه سرعت آن، به پیچیدگی الگوی تلماسه‌ها منجر می‌شود.

سرعت باد و بازیابی انتقال رسوب در بادپناه پوشش گیاهی نبکا و نبکاهای بدون پوشش، بررسی‌شد و یافته‌ها حاکی از آن است که پوشش گیاهی نیمهٔ متراکم، بر میزان بهبود تدریجی تشکیل نبکا تأثیر داشته، همچنین بازیابی حمل ماسه در بادپناه پوشش گیاهی نبکا با سرعت باد پایین، سریع‌تر از شرایط با سرعت بالای باد است (John Glaze, 2014). در این راستا، مدل عددی برای تخمین باد آستانه در انتقال ماسه‌های روان ارائه شده‌است. بر این اساس به کمک روش عددی بر مبنای سولاواف[1]، در مدل پیشنهادی سعی شد به پیش‌بینی باد آستانه در انتقال رسوب پرداخته شود. به منظور محاسبهٔ باد آستانه، خصوصیات سطحی شن، نیمرخ باد در سطح زمین و بر همکنش باد و سطوح شنی در نظر گرفته شد. براساس این مدل، آهنگ انتقال شن روان حدود ۳۰ ـــ ۲۰ kg/hr برآورد شد که در واقع، حدود نیم تن ماسهٔ روان در واحد سطح در هر شبانه‌روز حمل می‌شود (Aliakbari, 2003). روند تغییرات سرعت باد در ایران مرکزی نیز با استفاده از داده‌های بازتحلیل شدهٔ ECMWF انجام شد (Molaii, 2020) .

فرسایش بادی و هجوم ماسه‌های روان، شاخصی جدی در زمینهٔ وقوع پدیدهٔ بیابان‌زایی و تهدیدی جدی برای مناطق خشک به شمار می‌رود. یکی از گونه‌هایی که در مقابل باد قابلیت استقامت بالایی دارد و ریشه و ساقه‌های آن حجم زیادی از رسوبات بادی را نشست می‌دهد و با فرسایش بادی مقابله می‌کند، گونهٔ چوج است که می‌تواند ماسه‌های روان را در جنوب کشور تثبیت کند و تاکنون پژوهش‌های چندانی بر آن صورت نگرفته‌است. گرچه مطالعات بسیاری دربارهٔ نبکا و تغییرات رسوب و ... انجام شده، تاکنون به تغییرات رسوبات انباشت‌شده در نبکا با روند سرعت باد پرداخته نشده‌است. مشاهدات میدانی و مصاحبه با مردم بیانگر این است که سطح نبکازارها نسبت به گذشته کاهش یافته و در سال‌های اخیر، رسوبات بادی زیادی در پشت درب منازل یا پنجره‌ها جمع شده و گاه در زندگی مردم اختلال به وجود آورده‌است؛ در حالی که در گذشته، رسوبات در کنار دیوار و پنجره‌های منازل انباشته نمی‌شد. بنابراین، نویسندگان این پژوهش برای بررسی این مورد و موارد دیگر ـــ که در ادامه ذکر خواهد شد ـــ بر این شدند تا به بررسی این موضوع بپردازند؛ از جمله اینکه آیا با کاهش نبکازار، فعالیت فرسایش بادی در این مناطق کاهش یافت، یا سرعت باد تغییری نداشت و کاهش سطح نبکازار و سطح رسوب‌گیر اولیه باعث شد بقیهٔ رسوبات در منازل مردم رسوب کنند.

این پژوهش با هدف پاسخ به این سؤالات انجام شد که روند تغییرات سرعت باد در منطقهٔ سیریک چگونه بود و رسوب‌گذاری در نبکازارهای محدوده چه تغییراتی داشت؟ این فرض قابل‌توجه قرار گرفت که تغییرات سرعت باد و وضعیت فرسایش بادی، فاقد روند و مانند روال پیشین است، اما سطح رسوبات انباشته‌شده در منطقه و سطح نبکازار کاهش یافته‌است. در راستای آزمون فرض مذکور، بررسی سرعت باد و تغییرات رسوب و عوامل پوشش‌گیاهی در نبکازارهای

[1] SOL-VOF

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.6.1]

منطقه برای بررسی شرایط تثبیت ماسه‌های روان انجام شد. مطالعاتی در راستای موفومتری و بررسی روابط بین پوشش گیاهی، نبکا و رسوب نیز صورت گرفت، اما روند سرعت باد و تغییرات رسوب در نبکازارها به طور همزمان بررسی نشد.

۲ـ منطقهٔ مورد مطالعه

شهرستان سیریک در ۲۶ درجه و ۱۵ دقیقه و ۴ ثانیه و ۲۶ درجه و ۵۵ دقیقه و ۳۰ ثانیهٔ پهنای شمالی و ۵۷ درجه و ۵ دقیقه و ۳ ثانیه و ۵۷ درجه و ۲۵ دقیقه و ۰۷ ثانیهٔ پهنای شرقی در ازای خاوری نسبت به نیمروز گرینویچ قرارگرفته است. این شهرستان با وسعت ۳۵۰۰ کیلومتر مربع، در استان هرمزگان و در ۷۵ کیلومتری جنوب شرقی میناب در ساحل دریای عمان واقع شده‌است که از جنوب به شهرستان جاسک، از شرق به شهرستان بشاگرد و از غرب به دریای مکران (عمان) محدود می‌شود. این منطقه، آب و هوایی گرم و مرطوب دارد و کمترین درجهٔ هوا در زمستان به پنج درجه و در تابستان بعضی از مواقع به بالاترین درجه حرارت یعنی بیش از ۴۵ درجه می‌رسد. بررسی نوع اقلیم با شاخص خشکی دومارتن نشان می‌دهد که این منطقه در ردیف اقلیم خشک (بیابانی) قرار می‌گیرد. همچنین مطالعات نشان می‌دهد که تقریباً در ۹ ماه نخست سال، شرایط خشک و کم آب بر منطقه حکمفرما است (Taghizadeh,1387). گونهٔ چوج یا مسواک با نام علمی (*Salvadora persica Linn*) و خانوادهٔ *Salvadoraceae* است و پراکنش جغرافیایی آن در ایران شامل بندرعباس، میناب، بندرلنگه، بندر خمیر، جاسک، همچنین در بلوچستان چابهار و ... است. برگ‌هایش استخوانی، بیضوی نیزه‌ای به ابعاد (۵-۳)*(۱-۲) سانتی‌متر و دم‌برگ آن کوتاه به طول پنج میلی‌متر است (Mozafarian, 2004 & Javanshir, 1999) و گیاهی کم‌توقع و بسیار مقاوم به خشکی، چرای نامنظم، آتش‌سوزی و باد و حساس به سرما است. مقدار بارندگی برخی از رویشگاه‌های چوچ در جنوب کشور، حدود صد میلی‌متر تخمین زده می‌شود (Damizadeh , 2009). در سیریک، این گونه به تشکیل نبکا می‌پردازد.

در سیریک مشخصات آماری سرعت باد بر اساس کیلومتر بر ساعت، با استفاده از پایگاه ECMWF سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ در جدول ۱ ارائه شده‌است.

جدول ۱: مشخصات آماری سرعت باد (کیلومتر بر ساعت) با استفاده از پایگاه ECMWF سیریک در سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰

ماه	کمینه	بیشینه	میانگین	ماه	کمینه	بیشینه	میانگین
ژانویه	۹/۸	۱۶/۱	۸/۹	جولای	۷/۳	۱۸/۵	۱۱/۱
فوریه	۱۰/۱	۱۵/۸	۱۰/۱	آگوست	۷/۳	۱۸	۱۱/۲
مارس	۹/۱	۱۵/۶	۹/۸	سپتامبر	۸/۶	۱۷/۸۹	۱۲/۱
آوریل	۷/۹	۱۶/۳	۱۱/۶	اکتبر	۶/۹	۱۷/۹	۹/۷
می	۶/۵	۱۷/۲	۱۱/۶	نوامبر	۶/۵	۱۷/۱	۸/۹
ژوئن	۸/۱	۱۷	۱۰/۱	دسامبر	۱۰/۵	۱۶/۵	۹/۱

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.6.1]

۳ـ مواد و روش

در این پژوهش پس از شناسایی مناطق و تعیین قلمرو توسعهٔ نبکاهابه روش فیزیونومیک،با مراجعهٔ میدانی‌به نمونه‌برداری و اندازه‌گیری مؤلفه‌های مورفومتری نبکاها به ترانسکت توأم با پلات پرداخته شد. این روش، نمونه‌برداری تصادفی نبکاها را در کل محدودهٔ مطالعاتی فراهم کرد. برای شروع نمونه‌برداری، نقاطی به‌وسیلهٔ GPS به‌عنوان شاخص به فواصل مساوی از شروع چشم‌انداز نبکاها در پنج محدوده انتخاب شد. نمونه‌برداری با پنج منطقهٔ معرف، ده ترانسکت هزار متری با فاصلهٔ پانصد متر از یکدیگر و در شیب‌های شمالی ـــ جنوبی و شرقی ـــ غربی صورت گرفت. برای تعیین نقطهٔ شروع هر ترانسکت و شروع نمونه‌برداری، ترانسکت‌ها طوری انتخاب شدند که محدوده‌های موردمطالعه را به‌صورت عرضی در برگیرند. اندازهٔ پلات با توجه به شکل رویشی گیاه، تراکم پایه در واحد سطح و الگوی پراکنش آن و از روش حداقل سطح[1] به‌دست آمد. در هر ترانسکت خطی، تعداد پنج پلات به ابعاد ۴*۴ متر و با فاصلهٔ دویست از همدیگر قرار گرفت. در مجموع در یک منطقهٔ معرف، ده ترانسکت و پنجاه پلات و در کل منطقه با پنج منطقهٔ معرف، پنجاه ترانسکت و ۲۵۰ پلات قرار داده و پوشش گیاهی اندازه‌گیری شد.

به منظور تعیین میزان تغییرات سطح نبکاها در طول دورهٔ سی ساله نیز از تصاویر ماهوارهٔ لندست استفاده شد. تصاویر از باندهای ۳، ۴ و ۵ ماهوارهٔ لندست و مربوط به سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ بود که از ماه ژوئن و با توان تفکیک سی متر استفاده شد. داده‌های رقومی به فرمت GeoTIF نیز از سایت USGS تهیه شد. برای پردازش و آماده‌سازی تصاویر و طبقه‌بندی و خروجی گرفتن نقشه‌های نهایی‌به ترتیب از نرم‌افزارهای Envi 5.3، Arcmap 10.4.1 و eCognition 9.1 استفاده شد. پیش از بررسی، تصحیح‌های هندسی و رادیومتری بر روی داده‌ها انجام شد. پس از دانلود تصاویر، اجرای تصحیح و اطمینان از فقدان خطا، برای تعیین طول موج، نوع سنجنده و ادغام تصاویر مورد نیاز از نرم‌افزار Envi5.3 استفاده شد. تصویر تلفیق شده بعد از این مرحله، در محیط نرم‌افزار Arcmap 10.4.1 براساس محدودهٔ مورد مطالعه با دستور clip برش داده شد. در مرحلهٔ آخر در فرمت Imagin Image ذخیره شد. در نهایت نیز نرم‌افزار eCognition 9.1 برای طبقه‌بندی و استخراج نقشهٔ نهایی آماده و نقشهٔ نبکازارها و سایر کاربری‌های اراضی تهیه شد.

۳ـ۱ـ اندازه‌گیری خصوصیات مورفومتری رسوب

در این مرحله، خصوصیات مورفومتری نبکا مانند حجم رسوب، ارتفاع تلماسه، قطر قاعدهٔ تلماسه، شیب نبکا، ارتفاع گیاه و قطر تاج پوشش گیاه اندازه‌گیری شد. مبنای اندازه‌گیری مؤلفه‌های مورفومتری نبکا به شرح زیر است:

به‌منظور اندازه‌گیری ارتفاع نبکا، ارتفاع قلهٔ نبکا تا سطح قاعدهٔ آن و برای قطر قاعدهٔ نبکا، اندازه‌گیری قطر متوسط قاعده به‌وسیلهٔ متر اندازه‌گیری شد. شیب مخروط نبکا، از طریق دستگاه شیب‌سنج و حجم مخروط آن نیز از طریق رابطهٔ ۱ محاسبه شد. همچنین به‌منظور به دست آوردن میانگین ارتفاع نبکاها در رویشگاه اصلی و بزرگ‌تر، پس از جستجوی فراوان در جنگل ارتفاع کل نبکاها در تمامی قطعات نمونهٔ یک هکتاری (Zobeiri, 2009) ـــــ که به‌صورت سامانمند

[1] Minimal area

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.6.1]

تصادفی در رویشگاه پراکنده‌اند ـــ اندازه‌گیری شد. سپس نسبت مساحت تاج پوشش به مساحت نبکا (برحسب درصد) و حجم هر نبکا با استفاده از رابطهٔ ۱ نیز برآورد شد (Dougil, 2002).

رابطهٔ ۱

$$V=\frac{1}{3}(h\times A)$$

A: مساحت قاعدهٔ نبکا، h: ارتفاع نبکا و V: حجم نبکا است.

مبنای اندازه‌گیری مؤلفه‌های تحلیل مکانی نبکا، شکل ۱ است که انواع مشخصه‌های قابل‌اندازه‌گیری نبکا و گیاه میزبان را نشان می‌دهد (Mousavi, 1391).

۳-۲ بررسی خصوصیات باد

به منظور بررسی پارامتر اقلیمی، به یکی از مهم‌ترین عوامل مانند سرعت باد پرداخته شد. برای این منظور، از داده‌های ایستگاه سینوپتیک جاسک، میناب و سیریک طی دوره آماری ۱۹۹۰-۲۰۲۰ و پایگاه بازتحلیل شدهٔ مرکز اروپایی پیش‌بینی‌های میان‌مدت جوی[1] نسخهٔ ERA-Interim با تفکیک مکانی ۰/۷۵×۰/۷۵ درجهٔ قوسی استفاده شد. برای درستی‌سنجی داده‌های این پایگاه، از روش‌های R^2[2]، MSE و مقادیر شاخص ریشهٔ متوسط مربع خطا RMSE و برای محاسبهٔ روند، از آزمون ناپارامتریک من ـ کندال (M-K) استفاده شد (Molaii, 2020) .

خطای جذر میانگین مربعات یا انحراف جذر میانگین مربعات یا خطای جذر میانگین مربع‌ها (root-mean-square deviation (RMSD)) یا (root-mean-square error (RMSE))، تفاوت میان مقدار پیش‌بینی شده توسط مدل یا برآوردگر آماری و مقدار واقعی است. RMSE، ابزار خوبی برای مقایسهٔ خطاهای پیش‌بینی توسط یک مجموعه داده است. برای مطالعهٔ سرعت باد، میانگین انحراف خطا[2] (رابطهٔ ۲)، مقادیر شاخص ریشه متوسط مربع خطا[3] (رابطهٔ ۳) و ضریب تعیین بین پایگاه دادهٔ مرکز پیش‌بینی میان‌مدت جوی اروپایی بر روی گسترهٔ ایران مطالعه شد (Rezai, 2019).

رابطهٔ ۲

$$MSE=1/n\sum_{i=1}^{n}(yi-y\hat{}i)$$

MSE: میانگین انحراف خطا، n: تعداد داده، y_i: دادهٔ مشاهده شده و $y\hat{}i$: دادهٔ برآورد شده است.

رابطهٔ ۳

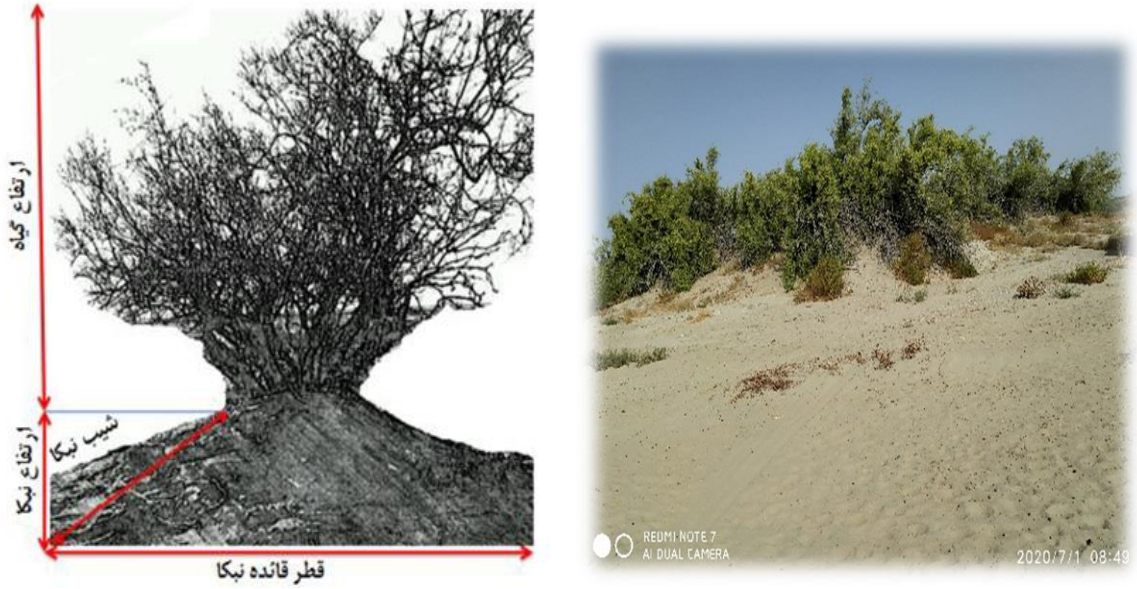
$$RMSE=\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x1i-x2i)}/n$$

RMSE: مقادیر شاخص ریشهٔ متوسط مربع خطا، N: تعداد داده، X_{1i}: دادهٔ اولیه و X_{2i}: دادهٔ برآورد شده است.

مقادیر R^2 به دست آمده نیز در صورتی که از میزان ۰/۷ بیشتر باشد، قابل قبول در نظر گرفته می‌شود.

[1] ECMWF
[2] MSE
[3] RMSE

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.6.1]



شکل ۱: مؤلفه‌های مورفومتری نبکاهای مطالعاتی (Mosleharani, 2014) و شکل نبکازار سیریک

۳-۳ آنالیز داده‌ها

تکنیک رابطه‌سنجی بین صفات گیاهی با صفات مورفومتری نبکا (شکل ۲)، بر بررسی همبستگی و تحلیل رگرسیون چند متغیره استوار شد. به‌منظور مقایسه و بررسی پارامترهای اندازه‌گیری‌شدهٔ نبکا و گیاه پس از میانگین‌گیری داده‌ها، بررسی روابط بین آنها و اجرای آزمون مقایسهٔ میانگین برای بررسی تفاوت بین پارامترهای اندازه‌گیری‌شده در سایت موردمطالعه، از نرم‌افزارهای EXCEL 2013 و SPSS16.0 استفاده شد. به‌منظور مقایسهٔ شاخص‌های بررسی شده در پژوهش برای بررسی چگونگی روند تغییرات آنها، از آزمون پیرسون استفاده شد. برای بررسی ضریب همبستگی و رابطهٔ تبیین بین شاخص‌های مورفولوژی گیاه و شاخص‌های مورفومتری نبکا، به نرمال‌سازی داده‌ها پرداخته شد. سپس با در نظر گرفتن شاخص‌های اندازه‌گیری شده، رابطهٔ رگرسیونی و میزان همبستگی بین شاخص‌های اندازه‌گیری‌شده بررسی شد.

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.6.1]



شکل۲: اندازه‌گیری عوامل مورفولوژیکی رسوب و محل قرارگیری ترانسکت بر نبکا

۴ـ یافته‌ها (نتایج)

نتایج حاصل از اندازه‌گیری مؤلفه‌های مورفومتری نبکاها، در جدول ۲ و یافته‌های بررسی نرمال‌بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کلوموگروف ـ اسمیرنوف نیز در جدول ۳ نشان داده شده‌است.

جدول ۲: مشخصات مورفومتری برداشت‌شدهٔ نبکاهای منطقه

تیمار / عامل	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
ارتفاع تلماسه (متر)	۱.۹	۲	۲.۵	۲.۲۰	۲.۱۶	۱.۸۵	۱.۸۰	۲.۴	۲.۴۱	۲.۲۸
طول نبکا (متر)	۸	۱۴.۵۰	۱۵	۱۶	۱۵	۷.۵۰	۸	۱۴	۱۳.۷۹	۱۲.۵۱
عرض نبکا (متر)	۶	۱۳.۱۰	۱۳.۶	۱۴	۱۴	۶	۵.۵	۱۲.۵	۱۲.۳۳	۱۱.۸
ارتفاع گیاه (متر)	۱.۸۰	۱.۹	۱.۹۷	۲	۱.۹۰	۱.۷۶	۱.۷۳	۱.۹۰	۲	۱.۸۹
قطر پوشش گیاه	۶.۲۷	۷.۲۶	۳.۷۸	۴.۸۶	۷.۲۱	۶	۴.۳۵	۵	۷	۵.۸
حجم رسوب	۱۶.۰۸	۵۴.۴	۷۲.۸	۷۲.۹	۶۲.۹	۱۳.۴۷	۱۴.۹	۶۰.۹	۵۸.۴	۴۶.۱۴
قطر قاعده تلماسه	۸	۱۴.۵	۱۵	۱۶	۱۵	۷.۵۰	۸	۱۴	۱۳.۷۹	۱۲.۵۱
مساحت	۱۰۶.۰۳	۳۳۶.۱	۳۶۱.۷	۴۰۹	۳۵۹.۹	۹۲.۳۷	۱۰۵.۳	۳۱۵.۸	۳۰۷.۵۲	۲۵۲.۹

حداقل ارتفاع گیاه ۱/۷۳ متر بود و عرض نبکا از ۵/۵ متر به ۱۴ متر تغییر اندازه داشت. همچنین ارتفاع تلماسه نیز تا ۲/۲ تغییر یافت و قطر قاعدهٔ نبکا تا ۱۶ متر افزایش داشت. در نهایت، حجم رسوب انباشته شده ۷۲/۹ متر مکعب بود؛ بنابراین می‌توان به این نتیجه رسید که با افزایش ارتفاع گیاه، افزایش رسوب تلماسه نیز به طور قابل ملاحظه و غیر خطی بیشتر می‌شود.

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.6.1]

جدول ۳: نتایج آزمون کلوموگروف ـ اسمیرنوف برای بررسی نرمال بودن داده‌های منطقه

متغیر	سیریک	
	درجه آزادی	Sig.
ارتفاع تلماسه	۴۹	۰/۱۰۵
طول نبکا	۴۹	۰/۰۵۴
عرض نبکا	۴۹	۰/۰۷۴
حجم رسوب	۴۹	۰/۱۹۷
قطر قائده نبکا	۴۹	۰/۰۵۴
مساحت نبکا	۴۹	۰/۱۰۸
ارتفاع گیاه	۴۹	۰/۱۸۲
قطر پوشش گیاه	۴۹	۰/۱

۴-۱ نتایج بررسی همبستگی بین متغیرها

نتایج بررسی همبستگی بین متغیرهای نبکا و گیاه در منطقه نشان داد که بین همهٔ متغیرهای اندازه‌گیری شده به جز قطر پوشش گیاه، همبستگی معنی‌داری در سطوح ۹۵ و ۹۹ درصد وجود دارد (جدول ۴). بر اساس این نتایج، قطر پوشش گیاه با هیچ یک از سایر متغیرها ارتباط همبستگی نشان نداده‌است.

جدول ۴: نتایج همبستگی بین متغیرهای رسوب تلماسه و نبکا با ویژگی‌های گیاه در منطقه

متغیرها	ارتفاع نبکا	طول نبکا	عرض نبکا	حجم رسوب	قطر قائده نبکا	مساحت نبکا	ارتفاع گیاه	قطر پوشش گیاه
ارتفاع تلماسه	–	۰/۷۸۵*	۰/۸۲۱*	۰/۸۵۵*	۰/۷۸۵*	۰/۷۷۶*	۰/۸۶۴*	-۰/۱۷۸ ns
طول نبکا		–	۰/۹۴۱**	۰/۹۸۷**	۰/۹۸۰**	۰/۹۹۸**	۰/۹۰۷*	۰/۰۵۰ ns
عرض نبکا			–	۰/۹۴۰**	۰/۹۴۱**	۰/۹۳۴**	۰/۹۱۹**	-۰/۰۴۱ ns
حجم رسوب				–	۰/۹۸۷**	۰/۹۸۹**	۰/۹۲۷**	-۰/۰۵۸ ns
قطر قائده نبکا					–	۰/۹۹۸**	۰/۹۰۷*	۰/۰۵۰ ns
مساحت نبکا						–	۰/۹۰۸*	۰/۰۲۸ ns
ارتفاع گیاه							–	۰/۰۴۹ ns
قطر پوشش گیاه								–

* در سطح ۰/۹۵، ** در سطح ۰/۹۹ و ns فقدان معنی‌داری

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.6.1]

۴-۲ نتایج رگرسیون خطی چند متغیره

نتایج رگرسیون خطی چند متغیره با استفاده از متغیرهای مستقل ارتفاع گیاه و قطر پوشش گیاه در منطقه، رابطهٔ معنی‌داری را برای برآورد ارتفاع تلماسه و حجم رسوب نشان داد. براساس نتایج، ارتفاع گیاه مهم‌ترین و تأثیرگذارترین متغیر مستقل در برآورد ارتفاع و حجم رسوب تلماسه در منطقه بود (جدول ۵ و ۶).

جدول ۵: نتایج رگرسیون چند متغیره برای ارتفاع تلماسه (متر)

متغیر	ضریب	آماره t	Sig.
عرض تلماسه	-۱/۷۵	-۱/۸۶	۰/۱۰۵
ارتفاع گیاه	۲/۲۱	۴/۴۹	۰/۰۰۳
قطر پوشش گیاه	-۰/۰۴۵	-۱/۱۷	۰/109

جدول ۶: نتایج رگرسیون چند متغیره برای حجم رسوب (m^3)

متغیر	ضریب	آماره t	Sig.
عرض تلماسه	-۳۸۰/۴۸	-۵/۸۱	۰/۰۰۱
ارتفاع گیاه	۲۳۲/۹۶	۶/۸۳	۰/۰۰۰
قطر پوشش گیاه	-۱/۹۷	-۰/۷۵	۰/۰۸۰

۴-۳ میزان تغییرات نبکاهای اندازه‌گیری شده در طول دورهٔ سی ساله

با دریافت تصاویر ماهواره‌ای لندست برای سال‌های ۱۳۶۹ و ۱۳۹۹، تصحیح داده‌ها و بررسی توزیع مکانی نبکاهای موجود و برداشت‌شدهٔ منطقه در تصویر سال ۱۳۹۹، با استفاده از نرم‌افزار Envi طبقه‌بندی نظارت شده برای تعیین مناطق دارای نبکا و سایر کاربری‌های موجود در این منطقه صورت گرفت و در نهایت، نقشهٔ کاربری اراضی برای سال‌های مذکور تهیه شد (جدول ۷).

جدول ۷: میزان تغییرات کاربری‌های مختلف در دورهٔ زمانی سال‌های ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۹

نام کاربری	مساحت کاربری سال ۱۳۶۹		مساحت کاربری سال ۱۳۹۹		میزان تغییرات	
	هکتار	درصد	هکتار	درصد	هکتار	درصد
نبکا	۶۷.۳۲	۰.۰۲۹۱	۵۹.۳۱۵	۰.۰۲۵۷	-۸.۰۰۵	-۰.۰۰۳۳
مرتع درجه ۲	۳۴۲۵۹.۶۲	۱۴.۸۲	۱۴۰۰۸۳.۶۲	۶۰.۷۸۱	-۱۸۴۱۷۶	۴۵.۹۵
پهنه آبی	۳۹۴.۳۱	۰.۱۷	۶۱۲.۵۹	۰.۲۶۵۷	۲۱۸.۲۸	۰.۰۹۵۱
جنگل	۵۸۹۵.۹۶	۲.۵۵۱	۲۳۸۶۱.۵۴	۱۰.۳۵۳	۱۷۹۶۵.۶	۷.۸
مرتع درجه ۱	۱۱۱۹۹۸.۴۹	۴۸.۴۷	۱۴۲۳۷.۵۱	۶.۱۷۷	-۹۷۷۶۰.۹۸	-۴۲.۲۹
اراضی بایر	۷۸۴۴۵.۹۴	۳۳.۹۵	۵۱۶۱۶.۲۹۶	۲۲.۳۹۶	-۲۶۸۲۹.۶۴	-۱۱.۵۵

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.6.1]

نتایج حاصل از بررسی و طبقه‌بندی رخسارهٔ نبکای منطقهٔ سیریک در طول دورهٔ سی ساله نشان داد که کاربری مرتع، بیشترین تغییرات را داشت و کمترین میزان تغییرات، مربوط به مناطق دارای نبکا بود. همچنین منطقهٔ مورد پژوهش در طول زمان سپری شده، تحت‌تأثیر فرسایش بادی بود که به میزان هشت هکتار از مساحت نبکاهای آن کم شد.

مقادیر شاخص ریشه متوسط مربع خطا (RMSE) و میانگین انحراف خطا (MSE) در داده‌های سرعت باد ایستگاه سینوپتیک برای دورهٔ ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰، در جدول ۸ ارائه شده‌است. مقادیر R^2 نیز از ۰/۷۳۸ تا ۰/۸۶۶ به دست آمد که از میزان ۰/۷ بیشتر و قابل قبول بود. مقدار خطای برآورد سرعت باد پایگاه ECMWF در مقایسه با مقدار سرعت باد دریافتی بر روی این مناطق نیز بسیار ناچیز بود.

جدول ۸: مقادیر شاخص ریشه متوسط مربع خطا (RMSE)، میانگین انحراف خطا (MSE) و ضریب تعیین بین پایگاه دادهٔ ECMWF و ایستگاه سینوپتیک برای دورهٔ ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ (کیلومتر بر ساعت)

نام منطقه	RMSE	MSE	R^2
میشی	۰/۶۰۵	-۰/۲۲۸	۰/۸۶۶
شمع جو	۱/۰۶۷	-۰/۹۱۳	۰/۷۳۸
سیریک	۰/۷۴۶	-۰/۷۲۸	۰/۹۴

متوسط سرعت باد در سیریک، ۱۰/۳۵ کیلومتر بر ساعت بود. همچنین کمینه سرعت باد در ماه نوامبر، ۶/۵ کیلومتر بر ساعت و بیشینه سرعت باد در ماه جولای، ۱۸/۵ کیلومتر بر ساعت بود.

سرعت باد متوسط در فصول بهار و تابستان، افزایش و در فصول زمستان و پاییز کاهش بسیار جزئی داشت. به نظر می‌رسد با افزایش سرعت به ویژه در ماه‌های بهار و تابستان، سرعت آستانهٔ باد نسبت به فصول پاییز و زمستان نیز تغییر می‌یابد و می‌تواند مواد رسوب بیشتری را حمل کند. در نتیجه، شکل‌گیری و توسعهٔ تلماسه‌ها و نشست رسوب در پاییز و زمستان محتمل‌تر است.

۵ـ بحث و نتیجه‌گیری

هجوم ماسه‌های روان به مناطق شهری و تأسیسات زیربنایی، یکی از مهم‌ترین مشکلات بخشی از مناطق خشک و نیمه خشک ایران و به ویژه سیریک هرمزگان است. سرعت باد، یکی از عوامل محرک تلماسه‌های بادی به اراضی با کاربری زراعی و مناطق مسکونی و صنعتی است و سالیانه خسارت‌های مالی زیادی را برای روستاییان، کشاورزان و بخش صنعت به همراه دارد. در نتیجه، به مهاجرت روستاییان به مناطق دیگر منجر می‌شود. در این راستا، مقایسه و بررسی پارامترهای مورفومتری این تلماسه‌ها ــ که از سرعت باد پیروی می‌کنند ــ می‌تواند یافته‌های مفیدی را برای مدیرانی که هدف آنها مبارزه با فرسایش بادی در مناطق بیابانی است، به همراه داشته باشد. نتایج رگرسیون خطی چند متغیره با استفاده از متغیرهای مستقل ارتفاع گیاه نبکا و قطر پوشش آن در مناطق مورد مطالعه نشان داد که در منطقهٔ سیریک، بین

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.6.1]

ارتفاع نبکا و حجم آن رابطهٔ معنی‌داری وجود دارد. بر اســـاس این نتایج، ارتفاع گیاه مهم‌ترین و تأثیرگذارترین متغیر مســـتقل در برآورد ارتفاع و حجم نبکا در منطقهٔ ســـیریک اســـت. این نتایج با یافته‌های Gliese و همکاران (2014) که بازیابی انتقال رسوب در بادپناه پوشش گیاهی نبکا و نبکاهای بدون پوشش و سرعت باد را مطالعه کردند، در یک راستا می‌باشد. بررسی روابط رسوب تلماسه‌های روان و گونهٔ گیاهی در جنوب تایلند بیانگر این امر است که رسوب در نبکاهای در جهت باد و در پای گونه‌های گیاهی فانروفیت[1]، نسبت به گونه‌های همی‌کریپتوفیت و کریپتوفیت و در خلاف جهت باد بیشتر بود. با توجه به اینکه رسوبات در پای گونه‌های فانروفیت *Salvadora persica* در این پژوهش نیز بیشتر بود، نتایج این دو پژوهش با هم در یک راستا است (Marod, 2020). نتایج Bobenzer (2020) مبنی بر کاهش سطح تثبیت ماسه با الگوی خطی نیز با یافته‌های این پژوهش در یک راستا بود. همچنین Valentine (2020) بیان کرد که کاربری نبکازارها در جوار ساحل در بخش شمالی، کاهش و در بخش جنوبی افزایش داشت؛ به طوری که سطح نبکازار در مجموع رو به رشد بود و یافته‌های وی با یافته‌های این پژوهش همخوانی نداشت. همچنین نتایج پژوهش Hogan Holtz (2012) نشان داد که مناطق تحت تثبیت ماسه‌های روان به ویژه نبکاهای فعال، در فرایند افزایشی قرار داشت و نسبت به چهار دههٔ گذشته، حجم رسوب و ماسه‌های روان بیشتری را به خود اختصاص داد. با توجه به اینکه سطح نبکازار در منطقه به دلیل افزایش چرای دام سنگین شتر جمازه از گونه‌های گیاهی مسواک یا چوج و خشکسالی کاهش یافته‌است، یافته‌های این پژوهش با یافته‌های این تحقیق مغایرت داشـــت. نتایج مطالعات Pourkhosravani and Mousavi (۲۰۰۶) پس از اندازه‌گیری رســـوب نشـــســـت داده شـــده، ویژگی‌های متفاوت ۲۴۱ نبکای گز *Tamarix stenophylla*، اســـکنبیل *Callygonum* Spو خارشتر *Alhaji camelorum* نشان داد که گونهٔ فانروفیت گز نسبت به بقیهٔ گونه‌ها حجم رسوب بیشتری داشت و از این نظر که در پژوهش حاضر، گونهٔ فانروفیت چوج *Salvadora persica* نیز رسوب زیادی را به خود اختصـاص داده، نتایج دو تحقیق مؤید یکدیگر اسـت. پژوهشـگران بسـیاری به بررسـی میزان رسـوب و ویژگی‌های مورفولوژی گونه‌های گیاهی در نبکازارها پرداخته‌اند. Donin (۱۹۹۶) در تحلیل روابط موجود بین میزان ترسیب رسوبات در اطراف نبکا با اجزای تراکم پوشـــش تاجی، وجود پیچیدگی در روابط حاکم را به کمک تنوّع تراکم پوشـــش تاجی و نحوهٔ عملکرد آنها در به دام انداختن رسـوبات بادی و شـکل‌گیری صـورت‌های مختلف ناهمواری نبکا توجیه کرده‌اسـت. Maghsoudi (2006)، ضـمن مطالعهٔ فرایندهای مؤثر بر تحول عوارض ماسـه‌ای چالهٔ سیرجان، توسعهٔ منطقهٔ رسوب‌گذاری را حاصـل وجود گیاهان خشـکی‌پسـند و عناصـر ریزدانه در مناطق مختلف دانسـت. یافته‌های پژوهش Moeini و همکاران (۲۰۱۶) نشـان داد مناطقی که توان اکولوژیک مرتع دارد در طی زمان، کاهش و کاربری‌های دیگر افزایش یافته‌اسـت که یافته‌های این تحقیق به دلیل کاهش توان اکولوژیک در هر دو منطقه و کاهش پوشـــش گیاهی ســـطح اراضـــی در هر دو پژوهش و تبدیل آنها به کاربری‌های دیگر، با نتایج این پژوهش در یک جهت بود. همچنین یافته‌های تغییرات ســـرعت باد در این پژوهش، با یافته‌های Molaii (2020) از این نظر که روند تغییرات سرعت باد در هر دو پژوهش شدت بالایی نداشت، در یک راستا بود.

[1] Phanerophyte

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.6.1]

بررسی تغییرات مساحتی نبکاهای منطقهٔ مورد مطالعه طی سی سال اخیر، با استفاده از پردازش داده‌های رقومی نشان داد که مساحت نبکاهای موجود در منطقه کاهش یافته و از حدود ۶۷ هکتار در سال ۱۳۶۹ به حدود ۵۹ هکتار در سال ۱۳۹۹ رسیده‌است. با توجه به اینکه تغییرات اقلیمی چندانی در منطقه مشاهده نشده و روند سرعت باد نیز در سال‌های اخیر تغییر چندانی نداشته، فرسایش مانند روال گذشته با قدرت قبلی در حال انجام است. همچنین چرای شدید دام‌های سنگین شتر جمازه از گونه‌های تشکیل‌دهندهٔ نبکا، خشکسالی‌های احتمالی و کاهش هشت هکتاری نبکازارها در سی سال اخیر بیانگر این امر است که پوشش گیاهی تخریب شده و به دنبال آن، موادی که قبلاً در اطراف گیاهان رسوب داده می‌شد، اکنون با از بین رفتن موانع پوشش گیاهی به منطقهٔ دوم برداشت و احتمالاً مناطق مسکونی رسیده‌است. این در حالی است که در بین کاربری‌های موجود، مرتع درجه یک بیشترین تغییرات را در طی این سی سال داشته و ۴۵ درصد از مساحت آن کاهش یافته‌است. از طرفی، مرتع درجه دو نیز بیشترین تغییرات را داشته و ۴۲ درصد از مساحت آن افزایش یافته‌است. با توجه به اینکه در سال‌های اخیر تغییر متفاوتی در سرعت باد در این نبکازار ایجاد نشده، کاهش پوشش گیاهی بیانگر سیر قهقرایی و تخریب گیاهان در منطقه و به تبع آن، کاهش نشست رسوبات در اطراف گونه‌های گیاهی است.

منابع

1. Aliakbari bidokhti, A. A.; Maleki fard, F.; & M. Mir rokni, 2003. Numerical model for estimating the threshold wind speed in the transfer of quicksand, *Desert*, 8(1), 127- 136.
2. Amini, A.; Mousavi Harami, R.; Lahijani, H.; & A. Mahboubi, 2011. Spatial and form analysis of nebkas to investigate wind erosion and soil protection (Case study: Miankaleh in the southeast of the Caspian Sea), *Journal of Soil and Water Conservation Research*, 18 (4), 233-240.
3. Andriolo, U.; Gonçalves, G.; Bessa, F.; & P. Sobral, 2020. Mapping marine litter on coastal dunes with unmanned aerial systems: a showcase on the Atlantic Coast, *Sci. Total En-viron*, 736, 139632.
4. Bohloli, M., 2006. Estimation of wind erosion in selective farm in Yazd Plain with use of WEPS and IRIFR.E.A -2 Models. M. Sc Thesis, Faculty of Natural Resource, University of Tehran.
5. Damizadeh, G. R.; Talebi, S.; & M. Demizadeh, 2009. The effect of canopy cover as a nurse tree on the initial establishment of forest trees and shrubs, *Iranian Journal of Forests*, 1 (1), 11-23.
6. Danin. A., 1996. Plants of desert dunes. Springer 177,136.
7. Dougill, A. J., & A. D. Thomas., 2002. Sand dunes in the Molopo Basin, South Africa and Botswana: formation controls and their validity as indicators of soil degradation. *Journal of Arid Environments*. 50(3), 413-428.
8. Gillies, J.; Nield, J.; & W. Nickling, 2014. Wind speed and sediment transport recovery in the lee of a vegetated and denuded nebkha within a nebkha dune field, *Aeolian Research*, 12, 135-141.
9. Gao, J.; Kennedy, D. M.; & T. M. Konlechner, 2020.Coastal dune mobility over the past century: a global review, *Prog. Phys. Geogr*, 44 (6), 814-836.
10. Hugenholds, C. H.; Levin, N.; Barchyn, T. E.; & M. C. Baddock, 2012. Remote sensing and spatial analysis of Aeolian sand dunes, *Earth Science*, 111 (3), 319-334.
11. Iman Talab, N.; Mosleh Arani, A.; Exclusive, M. R.; Azimzadeh, H. R.; & A. Sepahvand, 2013. Investigation of some environmental effects of Capparis decidua in Jask region, *Environmental Research*, 4 (8), 131-138.

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.6.1]

12. Jasem, M.; Al-Awadhi.; & A. M. Al-Dousari, 2013. Morphological characteristics and development of coastal nabkhas, north-east Kuwait, *International Journal of Earth Sciences*, 102, 949-958.
13. Kong, K.; Nandintsetseng, B.; Shinoda, M.; Ishizuka, M.; Kurosaki, Y.; Bat-oyun, T.; & B. Gantsetseg, 2021. Seasonal variations in Threshold wind speed for saltation depending on soil temperature and vegetation: Case study in the Gobi Desert, Aeolian Reserch, 52, https://doi.org/10.1016/j.aeolia. 2021.100716Get rights and content.
14. Laporte-Fauret, Q.; Alonso Ayuso, A. T.; Rodolfo-Damiano, T.; Marieu, V.; Castelle, B.; Bujan, S.; Rosebery, D.; & R. Michalet, 2021.The role of physical disturbance for litter decomposition and nutrient cycling in coastal sand dunes, *Ecol. Eng*, 162, 106181.
15. Laporte-Fauret, Q.; Marieu, V.; Castelle, B.; Michalet, R.; Bujan, S.; & D. Rosebery, 2019. Low-cost UAV for high-resolution and large-scale coastal dune change monitoring using photogrammetry, *J. Mar. Sci. Eng*, 7, 63.
16. Laporte-Fauret, Q.; Castelle, B.; Marieu, V.; Bujan, S.; Michalet, R.; & D. Rosebery, 2020. Coastal dune morphology evolution combining Lidar and UAV surveys, Truc Vert beach 2011–2019. *Journal of Coastal Research*; (95), 162-168.
17. Maghsoudi, M.; Neghaban, S.; Bagheri Seyed Shokri, S.; & S. Chezgheh, 2012. Comparison and analysis of geomorphological features of four plant species in the west of Lut plain (east of Shahdad, Takab plain), *Journal of Natural Geography Research*, 44 (1), 55-76.
18. Maghsoudi, M., 2006. Recognition of processes affecting the development and evolution of sand trails (Case study: Sirjan pit sand traits), *Journal of Geographical Research*, 56, 149-160.
19. Marod, D.; Sungkaew, S.; Mizunaga, H.; & S. Thinkampheang, 2020. Woody plant community and distribution in a tropical coastal sand dune in southern Thailand, *Journal of Coastal Conservation*, 24 (42), 2-10, 10. 1007/s11852-020-00761-9.
20. Moiini, A.; Sadooghi, L.; Mofidi, S.; & F. Sharifi Far, 2017. The Comparison of current land-use proposed of three methods such as Makhdoum, FAO and the Forest, range and Watershed (Case study: Watershed Zanjanrudand Qareh Poshtelu), *Iranian Natural Environment Journal*, 69 (4), 1129-1143.
21. Molai, A., & H. Lashgri., 2020. Investigating the trend of wind speed changes in Central Iran using the analyzed data ECMWF. *Natural Geographic Research.* 52 (3), 481- 498.
22. Mousavi, S. H.; Moayeri, M. S.; & A. A. Abdullah Wali, 2012. Selection of the most suitable type of Nebka plant species for stabilization of quicksands using AHP model (Case study: Najarabad sand, northeast of Taroud), *Journal of Environmental Science*, 38 (61), 105-116.
23. Mosleh Arani, A.; Azimzadeh, H. R.; Ekhtesasi, M. R.; Iman Talab, N.; & A. Dolati, 2014, Morphological reactions and Nebka formation in two species of Clear (*Caparis decidua*) and Loggi (*C. spinosa*) in arid and desert areas, *Rangeland and Watershed Management (Iranian Journal of Natural Resources*, 67(3), 475-485.
24. Petrosian, H.; Nazari samani, A. A.; Daneh Kar, A.; & N. Mashhadi, 2021, Predicting the change in the impact of land use and land cover on the development of sand dunes in coastal deserts of southeastern Iran using the CA-Marcov model, *Desert management Journal*, 9 (1), 17, 51-66.
25. Pourkhosravani, M., & S. H. Mousavi., 2016. Nebka landscape analysis in Bardsir plain, *Journal of Desert Ecosystem Engineering*, 5(10), 45-56.
26. Pourkhosravani, M.; Vali, A.; & M. Moayeri, 2006. Investigation of the relationship between plant morphology and morphometric characteristics of rheumatoid arthropods, *Natural Geography Research (formerly Geographical Research)*, 41 (69).

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.6.1]

27. Pourkhosravani, M., & A. A. Vali., 2010. The Modeling of Nebkha dune with vegetation factors. International Applied Geological Congress, Department of Geology, Islamic Azad University - Mashad Branch, Iran, 26-28.

28. Pourkhosravani, M.; Vali, A. A. & S. Movahedi, 2010. A comparative classification for nebkhas; *Seidlitzia florida*, *Alhaji mannifera* and *Reaumaria turceatanica*, based on vegetative performance of plants in Khair Abad desert in Sirjan, *Geographic space*, 10 (31), 137- 158.

29. Quentin, L.; Castelle, B.; Michalet, R.; Marieu, V.; Bujan, S.; & D. Rosebery, 2021. Morphological and ecological response of managed coastal sand dune to experimental notches, *Science of the Total Environment*, 782.

30. Rezai, M.; Kaviani, S.; & S. Javizadeh, 2019. Applied spatial statistics, *University of Hormozgan*, p, 174.

31. Welfare, H., 2004. Wind erosion and its control methods. University of Tehran, Tehran. Third Edition 517 p.

32. Zobeiri, M., 2009. Forest and forest measurements, Tehran University, p, 424.

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.6.1]

Changes in the Spread of Sand Dunes and Surface Cover under the Influence of Wind Speed near Mangrove Ecosystems

Fatemeh Zerehi: *Master of Science of Natural Resources Engineering, Desert Management and Control, University of Hormozgan, Hormozgan, Iran.*

Marzieh Rezaei[1]: *Assistant Professor, Natural Resources Engineering Group, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Hormozgan, Iran*

Article History (Received: 2021/08/09 Accepted: 2021/12/08)

Extended abstract

Introduction

Dry and ultra-dry conditions, prevailing in a large part of Iran with less than 710 mm of rainfall per year, have caused about 40 million hectares of the country to cover desert areas, sand dunes and areas with low vegetation (Refahi, 2004). Nebkas are very important in stabilizing mobile sands in arid and semi-arid areas and protecting human settlements and facilities to some extent from the onslaught of wind sands. They are found and usually formed in semi-arid, hot and dry and hot and humid areas (Amini et al., 2011, quoted by Thomas and Tousar). Nebka plays a very important role in the stability of ecosystems in arid and semi-arid areas. One of the species that has high resistance to wind and its roots and stems settle large volumes of aerosols and wind sediments and fights against wind erosion is Choug species that can stabilize quick sands in the south of the country. No studies have been conducted on this species. Therefore, this study aimed to investigate sediment changes in relation to vegetation in sediments and its comparative analysis against wind erosion to evaluate the process of stabilization of quick sands.

3- Materials and methods

In this research, one-dimensional sampling method and longitudinal unit have been used. This method allows random sampling of nebkas throughout the study area. After identifying the study areas and determining the scope of development of nebkas, by field reference, sampling and measurement of morphometric components of nebkas were performed. Sampling was done with 5 representative areas, 10 transects of 1000 meters with a distance of 500 meters from each other and perpendicular to each other. To determine the starting point of transect and the beginning of sampling, transects were selected so that they transversely cover the study areas. In each linear transect, 5 plots with dimensions of 4 * 4 meters were placed equal to 50 plots at each transect. The size of plot was determined by minimal area method. A total of 10 transects and 50 plots were used in each area; vegetation measurement was performed on totally 250 plots put at the region. Then, to start the sampling, the points were selected by GPS as an indicator at equal distances from the start of the Nebka landscape in the 5 areas under the study. Two Landsat satellite images from 1990 and 2020 were also used to determine a mount of morphometric changes in the sampled nebulae over a 30-year period. Then, using Envi 4.7 software, the region's nebkas and other existing uses were determined. Finally, after preparing land use maps, the area in the region was surveyed.

3-1: Measurement of morphometric properties of nebkas

At this stage, the morphometric characteristics of Nebka such as sediment volume, dune height, dune base diameter, nebka slope, plant height and canopy diameter were measured. The basis for measuring the morphometric components of Nebka is as follows:

In order to measure the height of Nebka, the height of Nebka peak to the level of its base and for the diameter of the base of Nebka, the average diameter of the base were measured by a tape measure. The slope of the Nebka cone is calculated by means of a slope gauge and the volume of the Nebka cone is calculated by Equation (1). Also, in order to obtain the average height of nebkas in the main and larger

[1] Corresponding author, M.rezai@hormozgan.ac.ir

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.6.1]

habitat, after many rounds of forest, the total height of nebkas was measured in all sample plots of one hectare that were systematically randomly distributed in the habitat (Zobeiri, 2009). Then, the ratio of canopy area to nebka area (in percentage) and the volume of each nebka were estimated using Equation (1).

3-2: Data analysis

The relationship between plant traits and Nebka morphometric traits was estimated based on correlation analysis and multivariate regression analysis. In order to compare and evaluate the measured parameters of sediment and plant, to investigate the relationships between them and to perform the mean comparison test to evaluate the differences between the measured parameters in the study site, EXCEL 2013 and SPSS16.0 software were used. In order to compare the indicators studied in the study, Pearson correlation test with 95% confidence level was used to investigate the trend of their changes. In order to investigate the correlation coefficient and the explanatory relationship between plant morphological indices and sediment morphometric indices, after determining the non-normality of the data, the data were normalized by multiplying each data by 2. After normalizing the data, considering the indices measured from Nebka as a dependent variable and the indices measured from the plant as an independent variable, the regression relationship was examined and also the degree of correlation between the different measured indices was computed.

4- Findings (Results)

4-1 Results of correlation study between variables

The results of correlation between sediment and plant variables in the Sirik region showed that there is a significant correlation between all measured variables except the canopy diameter of the plant at 95 and 99% levels.

4-2 Multivariate linear regression results

The results of multivariate linear regression using independent variables of plant height and canopy diameter in the Sirik region showed a significant relationship for estimating dune height and sediment volume. Based on the results, plant height was the most important and effective independent variable in estimating the height and volume of dune sediment in the old Sirik region.

4-3: The rate morphometric changes of the measured nebulae during a period of 30 years

The results of the study and classification of Nebka in the Sirik region during the 30-year period showed that the rangeland use has undergone the most changes and the least amount of changes were related to areas with Nebka. In addition, the study area has been affected by wind erosion over time, which has reduced the area of nebkas in the study area by 8 hectares.

5- Discussion and Conclusion

The results of multivariate linear regression using independent variables of plant height and plant canopy diameter in the study areas showed that there is a significant relationship between sediment height and nebka volume only in the Sirik region. Based on these results, plant height was the most important and effective independent variable in estimating the height of sand dune and volume of Nebka in the old Sirik region. These results were in line with the findings of Glaze et al. (2014), who studied sediment transport recovery in Nebka vegetation and uncovered Nebka vegetation and wind speed influences. Examination of sediment relations between flowing dunes and plant species in southern Thailand showed that sediment in windmills in the direction of wind and at the foot of phanrophite plant species was more than hemicryptophyte and criptophyte species and in the opposite direction of wind. Considering this fact, the sediments at the foot of *Salvadora persica* phanrophytic species in this study, along with the species, was more than Caparis *decidua* or *Alhaji camelorum*; this fidning confirmed a similarity in the results of these two studies. The results of Bobenzer (2020) in Egypt confirmed that the level of sand stabilization with a linear pattern has decreased, which is in line with the findings of this study. Valentini (2020) also stated that the changes in the use of Nebka habitat near the coast in the northern part are decreasing and in the southern part are increasing, so that the level of Nebka habitat is generally growing; these findings are not in line with the findings of this study. Also, the results of Hogan Holtz (2012) showed that the areas stabilized by quick sands, especially active nebulae, are in an increasing process and have deposited more

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.6.1]

sediment and quicksand than the last four decades; in fact, their findings contradicted the findings of this study.

Key Words: Sediment, Sand Dune, Kendall, Landsat Satellite.

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.6.1]