

مدل سازی آماری حجم پیکان های ماسه ای گونه *Seidlitzia florida* (مطالعه موردی: ریگ نجار آباد)

علیرضا عرب عامری^{۱*}، خلیل رضایی^۲، مجتبی یمانی^۳ و کورش شیرانی^۴

*- دانشجوی دکتری ژئومرفولوژی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران، پست الکترونیک: alireza.ameri91@yahoo.com

۲- استادیار، گروه آموزشی زمین شناسی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

۳- استاد، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، ایران

۴- استادیار، بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

تاریخ دریافت: ۹۵/۴/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۲/۲

چکیده

بحران های محیطی و هدررفت منابع طبیعی از عوامل اصلی ایجاد سیستم های مدیریت محیطی می باشند. مدیریت بهینه منابع طبیعی نیازمند ارزیابی و طبقه بندی توانمندی های محیطی و اکولوژیکی می باشد. یکی از مهمترین ناهمواری های بادی ریگ نجار آباد در شمال شرقی روستای طرود پیکان ماسه ای است. در این پژوهش، مؤلفه های مرفومتريک و مرفولوژیک پیکان های ماسه ای و میزان افزایش حجم سالیانه آنها در یک بازه زمانی یکساله اندازه گیری شده است. سپس با استفاده از روش آنالیز رگرسیون نوع و شدت ارتباط بین میزان افزایش حجم پیکان ماسه ای و مؤلفه های مرفومتريک و مرفولوژیک پیکان های ماسه ای بررسی و به منظور برآورد میزان حجم ماسه، مدل هایی ارائه شده است. مؤلفه های مرفومتريک شامل طول پیکان، حداکثر عرض پیکان و مؤلفه های مرفولوژیک شامل ارتفاع گیاه، قطر تاج پوشش و قطر طوقه گیاه می باشد. با استفاده از این مدل ها می توان میزان حجم پیکان های ماسه ای منطقه مورد مطالعه را به آسانی محاسبه نمود. نتایج بیانگر این است که ارتباط بین میزان افزایش حجم و مؤلفه های مرفومتريک و مرفولوژیک پیکان های ماسه ای از روابط خطی، توانی و نمایی پیروی می کند. نتایج بیانگر حداکثر ارتباط خطی بین حجم پیکان ماسه ای با قطر تاج پوشش با بیشترین ضریب تعیین (۰/۸۰۷) و کمترین انحراف معیار برآورد (۰/۱۱۳) می باشد.

واژه های کلیدی: مدل سازی، مؤلفه های مرفولوژیک، مؤلفه های مرفودینامیک، پیکان ماسه ای، ریگ نجار آباد.

مقدمه

(2002, *et al.*) شرایط خشک و فراخشک حاکم بر بخش وسیعی از ایران با بارندگی کمتر از ۱۵۰ میلی متر در سال موجب شده است که حدود ۸۰ میلیون هکتار از مساحت کشور را مناطق کویری، تپه های ماسه ای و مناطق با پوشش گیاهی ناچیز بیوشاند (Refayi, 2004). پوشش گیاهی نقش مهمی در تعیین

کشور ایران در کمربند خشک و بیابانی دنیا قرار دارد و دوسوم از وسعت آن در قلمرو مناطق خشک است (Maghsoudi, 2006). مطالعات انجام شده نشان می دهد که ۱۴ استان کشور تحت تأثیر فرسایش بادی قرار دارد (Iranmanesh

و خصوصیات مورفومتری عوارض حاصل از آنها تحقیقات زیادی انجام شده است (Bishop *et al.*, 2002; Hesp, 2002; Douseri, 1995; Wasson & Hyde, 1983; Werner, 1995; Khalaf *et al.*, 1995; Hesp & Mclachlan, 2000; Danin, Khalaf *et al.*, 1996; Dougill & Thomas, 2002). (۱۹۹۵) ضمن مطالعه عوارض ماسه‌ای در دشت‌های شمال کویت گزارش کرده‌اند که مرفولوژی نیکاها با الگوهای رویشی گونه‌های گیاهی کنترل می‌شود، به طوری که ارتفاع نیکا با ارتفاع تاج بوته و طول نیکا با ارتفاع گیاه رابطه معنی‌داری دارد. Hesp و Mclachlan (۲۰۰۰) ضمن بررسی مرفولوژی و اکولوژی نیکاها در سواحل جنوبی آفریقای جنوبی گزارش کرده‌اند که فرم و رشد گونه‌های گیاهی منعکس‌کننده مرفولوژی نیکا، شرایط اقلیمی و اکولوژی محل رشد آن است. Poorkhosravani و همکاران (۲۰۰۸) به بررسی خصوصیات مرفومتری نیکا و مرفولوژی گیاهی آن با استفاده از روش‌های آماری در کویر سیرجان پرداخته و با تعیین ارتباط آماری بین مشخصه‌های مرفومتری و مرفولوژی گیاهی آن، سازگارترین گونه گیاهی را در منطقه مشخص کرده‌اند. نتایج تحقیقات انجام شده در مورد ارتباطات موجود بین گونه‌های گیاهی و عوارض ایجاد شده بوسیله آنها کمتر از معیارهای کمی تبعیت کرده و عمدتاً دیدگاه‌های کلاسیک را در شکل‌گیری این گونه‌های ناهمواری دنبال کرده است. در این پژوهش با تکیه بر روش‌های اندازه‌گیری کمی و کمک گرفتن از مدلسازی آماری به شناسایی روابط بین مؤلفه‌های مرفومتری و مرفولوژیک پیکان‌های ماسه‌ای منطقه مورد مطالعه پرداخته شده است و هدف از آن ارائه معادلات آماری برآورد حجم پیکان ماسه‌ای برای شناسایی رابطه بین ویژگی‌های مرفومتری و مرفولوژیک پیکان ماسه‌ای با میزان حجم آنها می‌باشد و میزان تأثیر هر یک از این مؤلفه‌ها بر روی میزان حجم پیکان‌های ماسه‌ای ارزیابی شده است. به طوری که با بهره‌گیری از روش‌های رایج مدلسازی آماری، نوع رابطه و شدت آنها با ارائه مشخصات پارامترهای مدل اندازه‌گیری و ارائه شده و نتایج حاصل از مدلسازی با تأکید بر تحلیل نتایج آماری به نتیجه‌گیری نهایی منجر شده است.

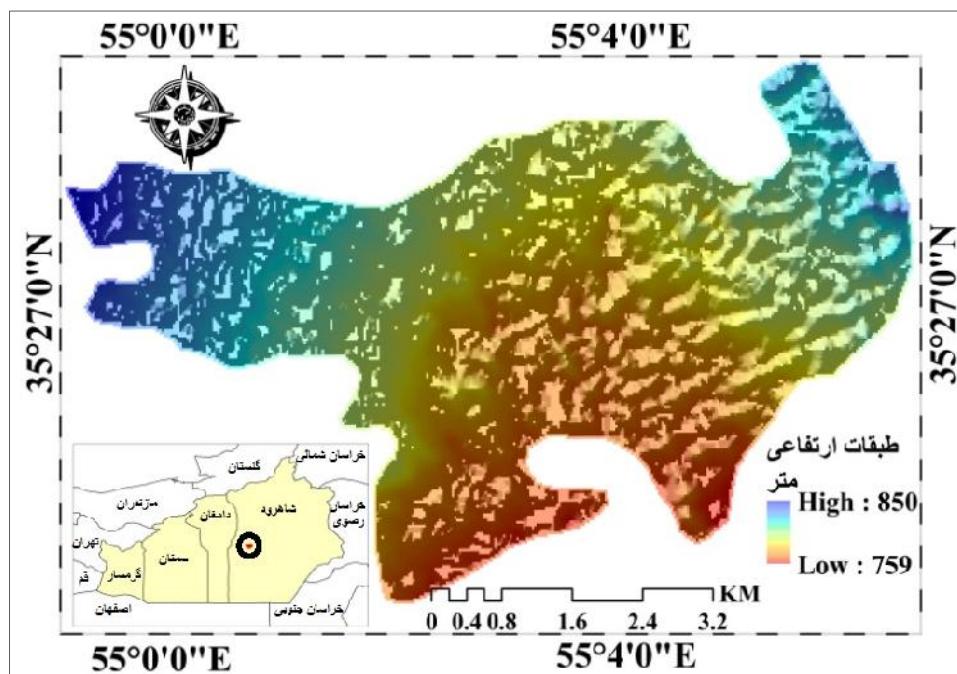
دینامیک و مرفولوژی تپه‌های ماسه‌ای در محیط‌های بیابانی، از طریق تأثیر روی حمل و نقل و به دام انداختن ماسه‌های حمل شده بوسیله بادها دارد (Musick & Gillette, 1996; Wiggs *et al.*, 1996; Tsoar & Moller, 1986; Wolfe & Nickling, 1993). عمل متقابل بین جریان باد، انتقال رسوب‌های بادی، مرفولوژی مکان رسوبگذاری و تشکیل تپه‌های ماسه‌ای سبب ایجاد لندفرم‌های بادی می‌شوند که به طور همزمان شرایط محیطی حاکم بر آن منطقه و فرایندهای مؤثر بر آن را در مقیاس‌های مکانی و زمانی نمایان می‌کند (Bourke *et al.*, 2009; Sauermaun *et al.*, 2001; Sauermaun *et al.*, 2003). البته بین سیستم‌های بادی که از لحاظ مقدار بار رسوب فقیر و غنی هستند، تشکیلات متفاوتی از عوارض ماسه‌ای می‌توان مشاهده کرد (Hersen, 2004) که پیکان‌های ماسه‌ای یکی از آنهاست. ساده‌ترین و ابتدایی‌ترین شکلهای تراکم ماسه، پیکان ماسه‌ای است. بیشترین حجم ماسه‌های بادی از طریق جهش جابه‌جا می‌شوند. اگر در مسیر سقوط این دانه‌ها مانعی وجود داشته باشد به علت کاهش سرعت باد در برخورد با این مانع ذرات رسوب می‌کنند و در محلی که کمترین میزان فشار وجود دارد روی هم متمرکز می‌شوند. مناسب‌ترین نواحی برای ایجاد پیکان‌های ماسه‌ای بیابان‌های با پوشش استپی است (Mahmodi, 2000). مدلسازی به‌مثابه ابزاری برای درک ارتباطات اکولوژیکی پیچیده‌ای است که در سیر تکامل ناهمواری و پوشش گیاهی حاکم است و می‌تواند در مدیریت تغییرات محیطی یا انسانی در سامانه‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک مؤثر واقع شود. برخی از کاربردهای آن به صورت زیر است: پیش‌بینی جهت توالی ناهمواری‌های ساکن و تپه‌های به ظاهر غیرفعال (Arens *et al.*, 2004)، تعدیل و مدیریت بیابان‌زایی و تخریب اراضی نیمه‌خشک (Barbier *et al.*, 2006)، ارزیابی اثرات تغییرات اقلیمی (Anthonsen *et al.*, 1996; Hugenholtz & Wolfe, 2005; Marin *et al.*, 2005; Thomas *et al.*, 2005). اثر تغییر در نوع استفاده از اراضی و احیاء شرایط ایجاد برای تشکیل و پایداری سامانه‌های متأثر از آن (Forman *et al.*, 2003; Hesse *et al.*, 2001; Forman & Pierson, 2003). در رابطه با سنجش ارتباط خصوصیات مرفولوژی گونه‌های گیاهی

مواد و روش‌ها

مشخصات منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش، ریگ نجارآباد بوده که در شمال شرق طرود، از توابع شهرستان شاهرود، در استان سمنان و در حاشیه شمالی کویر بزرگ مرکزی واقع شده است. به دلیل کمبود ریزش‌های جوی در اطراف این کویر، سیستم‌های شکل‌زایی بادی بر دیگر فرایندها حاکمیت دارند و می‌توان انواع رخساره‌های فرسایش بادی را در این منطقه مشاهده کرد. ریگ نجارآباد با وسعت ۲۸۶۴/۸۸۶ هکتار یکی از ریگ‌های موجود در حاشیه شمالی کویر بزرگ مرکزی است

که به صورت نامنظم در امتداد غربی-شرقی در طول ۸ کیلومتر کشیده شده است. این ریگ در محدوده بین ۳۵ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۲۹ دقیقه عرض شمالی و ۵۴ درجه و ۵۹ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۷ دقیقه طول شرقی واقع شده است (شکل ۱). مقدار میانگین بارندگی در این ریگ در یک دوره آماری ۳۰ ساله بر اساس داده‌های ایستگاه کلیماتولوژی طرود که نزدیک‌ترین ایستگاه به منطقه می‌باشد حدود ۶۰/۸۶ میلی‌متر در سال می‌باشد و میانگین سرعت باد در حدود ۸/۲۸ متر بر ثانیه می‌باشد. توپوگرافی منطقه تقریباً هموار و مسطح بوده و شیب آن از شمال به جنوب و بسیار ناچیز می‌باشد.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

جنوب رشته‌کوه البرز و همجواری با دشت‌های خشک ایران مرکزی، دوری از مراکز رطوبتی، عدم نفوذ توده‌های باران‌زا، جهت و امتداد رشته‌کوه‌های مجاور و بادهای خشک محلی، این منطقه را در ردیف نواحی با اقلیم خشک قرار داده است. مقادیر عناصر اقلیمی منطقه مورد مطالعه بر اساس آمار ایستگاه کلیماتولوژی طرود در جدول ۱ نمایش داده شده است.

موقعیت جغرافیایی خاص منطقه، شرایط متضاد اقلیمی را در فصول مختلف سال، هم از نظر منشأ توده‌های هوای باران‌زا و هم در ارتباط با شرایط هوای برودتی و حرارتی به وجود آورده است. علاوه بر این، عوامل تشدید کننده شرایط بیابان‌زایی حاصل از عوامل انسانی و طبیعی خود مزید بر علت شده و سبب ایجاد شرایط متضاد اقلیمی شده است. موقعیت منطقه مطالعاتی در

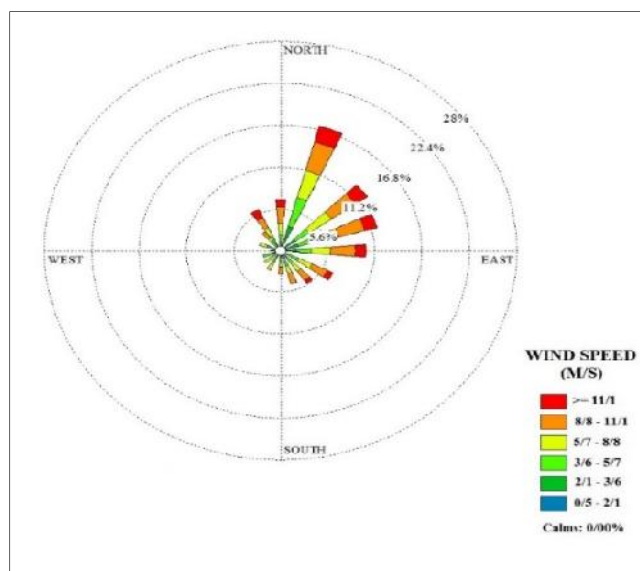
جدول ۱- مقادیر عناصر اقلیمی منطقه مورد مطالعه (میانگین یک دوره آماری ۳۰ ساله - از سال ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۰)

دوره زمانی	عناصر اقلیمی	زمستان	بهار	تابستان	پاییز	سالیانه
	میانگین حداقل دما به سانتی‌گراد	-۰/۶۵	۱۵/۱۵	۲۱/۳۸	۵/۶۸	۱۰/۳۸
	میانگین حداکثر دما به سانتی‌گراد	۱۲/۹۱	۳۰/۶۸	۳۸/۹۷	۲۲/۱۹	۲۶/۱۸
	میانگین حداقل رطوبت نسبی به درصد	۴۳/۲۱	۲۷/۶۸	۳۱/۷۱	۳۸/۱۲	۳۵/۱۸
	میانگین حداکثر رطوبت نسبی به درصد	۶۶/۳۱	۴۵/۱۷	۳۸/۸۹	۵۷/۱۶	۵۱/۸۸
	میانگین بارندگی به میلی‌متر	۱۱۸/۸۹	۷۶/۴۹	۲۹/۹۶	۹۸/۱۲	۸۰/۸۶
	میانگین سرعت باد به متر بر ثانیه	۱۲/۱۵	۸/۳۱	۵/۴۳	۷/۲۴	۸/۲۸

گلباد منطقه مورد مطالعه

باد یکی از مهمترین عوامل مؤثر در فرسایش و جابه‌جایی خاک در نقاط مختلف جهان از جمله ایران به‌شمار می‌رود و به‌عنوان یکی از عوامل دینامیک مؤثر بر سطح زمین می‌باشد که در فرسایش خاک، هوازدگی و تجزیه آن مؤثر است؛ اگر باد وجود نداشته باشد، هر چقدر ماسه در منطقه وجود داشته باشد، تپه‌های ماسه‌ای تشکیل نخواهد شد (Ahmadi, 2008). برای ترسیم گلباد منطقه مورد

مطالعه از آمار یکساله ایستگاه کلیماتولوژی طرود، واقع در روستای طرود که در ۵ کیلومتری منطقه مورد مطالعه قرار گرفته استفاده شده است. گلباد منطقه نشان می‌دهد که بیشترین فراوانی بادها جهت شمال‌شرقی دارند (شکل ۲). با توجه با این موارد جهت پیکان‌های ماسه‌ای در منطقه شمال‌شرق - جنوب‌غرب می‌باشد، زیرا ماسه‌های روان تحت تأثیر بادهای غالب منطقه حرکت کرده و در جهت بادهای غالب پیکان‌های ماسه‌ای شکل گرفته‌اند.

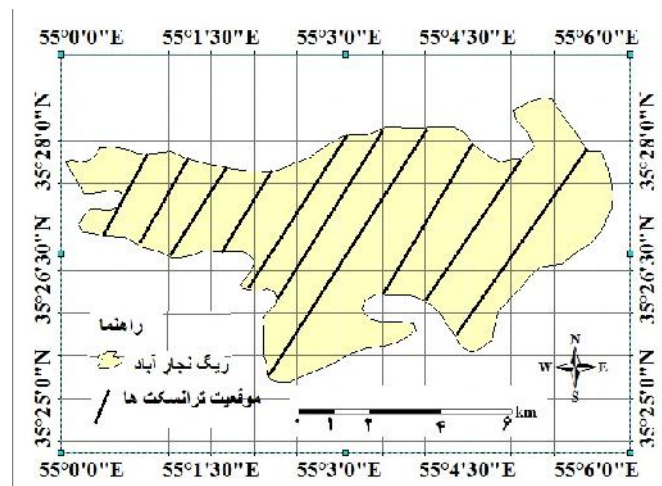


شکل ۲- گلباد سالیانه منطقه مورد مطالعه

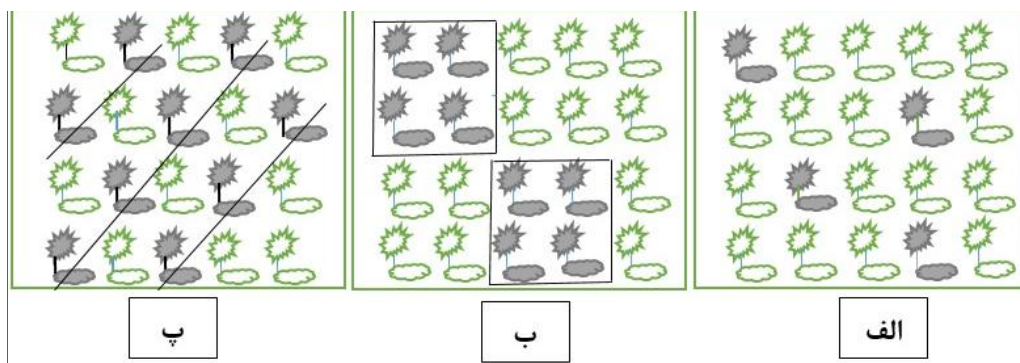
روش پژوهش

تحقیق پیش‌رو از نوع بنیادی- کاربردی می‌باشد. در این پژوهش از مواد و ابزار مختلفی برای بررسی مورفومتری پیکان‌های ماسه‌ای و مرفولوژی گیاه استفاده شده است. برای بررسی مورفومتری پیکان ماسه‌ای و مرفولوژی گیاه از متر، ژالون و GPS و همچنین برای مشخص کردن محدوده مورد مطالعه از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث و بازدیدهای میدانی استفاده شده است. ابتدا با استفاده از عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه تعیین حدود گردید و بعد با مراجعات حضوری به منطقه، قلمرو توسعه پیکان‌های ماسه‌ای مشخص شد. در گام بعد اقدام به نمونه‌برداری گردید. روش‌ها و واحدهای نمونه‌برداری رایج در مطالعات میدانی به سه دسته تقسیم می‌شوند (Bonham, 1989). روش نقطه‌ای: واحد نقطه (شکل

۳ الف)؛ روش تک بعدی: واحد طول (ترانسکت) (شکل ۳ پ)؛ روش دو بعدی: واحد پلات (کوادرات) (شکل ۳ ب). روش نمونه‌برداری در این پژوهش بر اساس روش تک‌بعدی و واحد نمونه‌برداری طولی انجام شده است. این روش امکان نمونه‌برداری تصادفی را در کل محدوده مطالعاتی فراهم می‌کند. بنابراین برای پوشش کامل منطقه مطالعاتی ۱۰ ترانسکت یک کیلومتری با استفاده از دستگاه GPS در نظر گرفته شد (شکل ۴). بدین‌گونه که ابتدا در قسمت جنوبی منطقه مورد مطالعه نقاط ابتدایی ترانسکت‌ها با GPS تعیین و بعد در جهت شمال جغرافیایی مسیری به طول یک کیلومتر طی شد و در امتداد آن پیکان‌های برخورد کرده با مسیر اندازه‌گیری شد. حجم نمونه بستگی به موقعیت پیکان‌های ماسه‌ای نسبت به محل ترانسکت‌های مستقر شده داشته است که در مجموع ۴۸ پیکان ماسه‌ای از گونه *Seidlitzia florida* ارزیابی شده است.



شکل ۳- انواع روش‌های نمونه‌برداری میدانی



شکل ۴- موقعیت ترانسکت‌ها و پیکان‌های ماسه‌ای در منطقه مطالعاتی

نوع پیکان‌های ماسه‌ای و مؤثرترین پارامترهای مرفومتری آنها شامل ارتفاع پیکان ماسه‌ای، حجم پیکان ماسه‌ای، حداکثر عرض پیکان ماسه‌ای، قطر تاج پوشش و ارتفاع گیاه پرداخته شود. مشخصات گونه گیاهی اشنان در جدول ۲ نشان داده شده است. نمونه‌ای از پیکان‌های ماسه‌ای منطقه مورد مطالعه در شکل ۵ نشان داده شده است.

در گام بعدی اقدام به مشخص کردن مؤلفه‌های مرفومتريک و مرفولوژیک پیکان‌های ماسه‌ای گردید. با توجه به ویژگی‌های گیاه‌شناسی، هیدرولوژیکی، زمین‌شناسی، اقلیمی و ژئومورفولوژیکی منطقه مطالعاتی و اهداف طرح‌ریزی شده در پژوهش، می‌توان گفت که نوع پیکان‌های ماسه‌ای و پارامترهای مرفومتری آن متعدد و متفاوت است. در این پژوهش سعی گردیده تا به مهمترین

جدول ۲- مشخصات گونه‌های گیاهی تشکیل دهنده پیکان ماسه‌ای

اسم علمی	علامت اختصاری	اسم فارسی	خانواده	فرم حیاتی	فرم رویشی
<i>Seidlitzia florida</i>	<i>Sl, fl</i>	اشنان	تاماریکاسه	بوته‌ای	فانروفیت



شکل ۵- نمایی از پیکان‌های ماسه‌ای منطقه مطالعاتی

گردید (Dougill & Thomas, 2002).

$$V = 0.5(0.33 \pi R^2 H) \quad (1)$$

در این رابطه V : حجم مخروط پیکان ماسه‌ای به مترمکعب، H : ارتفاع پیکان ماسه‌ای به متر و R : شعاع قاعده مخروط پیکان ماسه‌ای به متر است و از این طریق مشخصات مرفومتريک و مرفولوژیک ۴۸ پیکان ماسه‌ای اندازه‌گیری و ماتریس داده‌ها برای مدل‌سازی آماده گردید (جدول ۳). در مرحله بعد، میزان افزایش سالیانه حجم پیکان‌های ماسه‌ای از طریق اندازه‌گیری حجم

در گام بعدی پس از مشخص کردن مهمترین نوع پیکان ماسه‌ای و مؤثرترین پارامترهای مرفومتريک و مرفولوژیک آن اقدام به اندازه‌گیری مؤلفه‌های مورد نظر گردید. بدین منظور، برای محاسبه قطر تاج پوشش گیاه میانگین دو قطر اندازه‌گیری تاج گیاه و برای اندازه‌گیری ارتفاع گیاه، بلندترین شاخه گیاه انتخاب شدند. همچنین به منظور اندازه‌گیری طول پیکان ماسه‌ای، فاصله قاعده تا نوک پیکان، برای محاسبه قطر طوقه گیاه متوسط قطر ساقه اصلی ۵ سانتی‌متری بالای طوقه گیاه ملاک عمل قرار گرفته است و حجم پیکان ماسه‌ای نیز از طریق رابطه ۱ محاسبه

۱۴ پیکان ماسه‌ای در یک بازه زمانی یکساله (از تاریخ ۹۲/۱۱/۰۸ تا ۹۳/۱۱/۰۸) محاسبه گردید. برای شناسایی دقیق پیکان‌های ماسه‌ای موقعیت ریاضی آنها از طریق دستگاه GPS تعیین مختصات و ثبت شد تا پیکان‌های ماسه‌ای در طول دوره اندازه‌گیری به آسانی

ردیابی و شناسایی شوند. در نهایت در تاریخ ۹۳/۱۱/۰۸ حجم پیکان‌های ماسه‌ای مورد نظر نسبت به حجم آنها در تاریخ ۹۲/۱۱/۰۸ اندازه‌گیری گردید و میزان افزایش حجم آنها در بازه زمانی یکساله در عرصه مطالعاتی مشخص گردید (جدول ۳).

جدول ۳- مشخصات مرفومتريک و مرفولوژيک پيکان‌های ماسه‌ای گونه *Seidlitzia florida*

پارامترها	میانگین	حداقل	حداکثر	دامنه	واریانس	انحراف از معیار
ارتفاع گیاه (cm)	۳۹/۰۷	۳۰	۴۹	۱۹	۰/۳۵۵	۵/۰۰۸
قطر تاج پوشش (cm)	۹۲/۸۳	۸۲	۱۰۹	۲۷	۰/۳۴۳	۶/۹۸۳
قطر طوقه گیاه (cm)	۱۰/۴	۸/۶	۱۳	۴/۴	-۰/۰۴۳	۷/۸۲
طول پیکان (cm)	۷۹/۰۳	۵۵/۷	۱۰۰/۷	۴۵	-۰/۰۷۹	۱۱/۵۲۳
حداکثر عرض پیکان (cm)	۳۵/۲۳	۲۲/۸	۴۵/۸	۲۳	-۰/۲۵۴	۵/۳۳۶
افزایش سالیانه حجم پیکان ماسه‌ای (m ³)	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۴	-۰/۱۶۵	۸/۵۶۹

در آخرین گام اقدام به رابطه‌سنجی و مدل‌سازی با استفاده از نرم‌افزار SPSS گردید. برای این منظور، ابتدا روش‌های رگرسیون ساده خطی و غیرخطی آزمون شد. در روش رگرسیون ساده، روابط گوناگون خطی، توانی، لگاریتمی، نمایی، مکعبی و غیره بین مؤلفه‌های گوناگون محاسبه و از بین روابط رگرسیون ساده روابط با ارزش رجحانی بالاتر انتخاب گردید. به طوری که در این روش، بهترین ارتباطات از توابع خطی، توانی و نمایی پیروی می‌کند. بنابراین در قسمت نتایج فقط به ذکر این روابط اکتفا شده است و در نهایت برای شناسایی نوع رابطه و میزان تأثیر آنها ضریب همبستگی، ضریب تعیین، ضریب تعیین تعدیل شده، انحراف معیار برآورد و سطح معنی‌داری روابط ارائه شد و بهترین روابط با ارجحیت بالا گزارش شده است.

نتایج

نتایج حاصل از بررسی ارتباطات بین حجم پیکان ماسه‌ای و مؤلفه‌های مرفومتريک و مرفولوژي پیکان ماسه‌ای

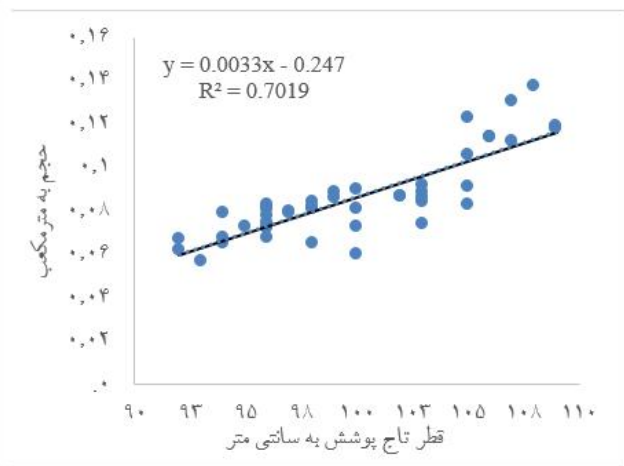
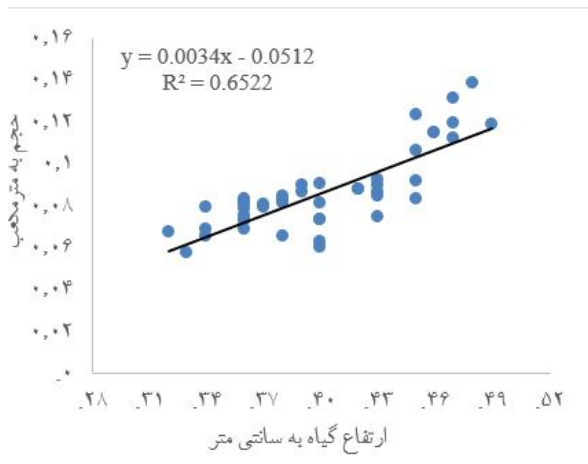
و مدل‌سازی آماری به روش آنالیز رگرسیون در جدول‌های (۴ و ۵) نشان داده شده است. خلاصه‌ای از مدل‌های بدست آمده از تحلیل‌های آماری بین مؤلفه‌های مرفومتريک و مرفولوژي و حجم پیکان ماسه‌ای محدوده مورد مطالعه به شرح جدول (۴) می‌باشد که در آن ضریب همبستگی، ضریب تعیین، ضریب تعدیل شده، انحراف معیار برآورد، مقدار F و سطح معنی‌داری محاسبه و ارائه شده است. نتایج حاصل از روابط معکوس خطی، توانی و نمایی بین مؤلفه‌ها بیانگر این است که بیشترین ضریب همبستگی بین ارتفاع گیاه و حجم، قطر تاج پوشش و حجم و قطر طوقه و حجم مربوط به رابطه معکوس خطی می‌باشد. در رابطه بین طول پیکان ماسه‌ای و حجم بیشترین همبستگی مربوط به رابطه معکوس نمایی می‌باشد و در رابطه بین حداکثر عرض پیکان و حجم بیشترین همبستگی مربوط به رابطه معکوس توانی می‌باشد. در مجموع ارتباطات بدست آمده از روابط بین حجم و مؤلفه‌های پیکان ماسه‌ای حکایت از بیشترین همبستگی ارتباطات با روابط خطی با حداکثر ضریب تعیین دارد. به طوری که

می باشد. بدین معنی که ۸۰/۷ درصد تغییرات میزان حجم پیکان ماسه‌ای بوسیله قطر تاج پوشش در قالب رابطه خطی توجیه می شود، در حالی که سهم دیگر متغیرها فقط ۹/۳ درصد می باشد.

روابط خطی دارای بیشترین مقدار ضریب تعیین و کمترین مقدار انحراف معیار برآورد می باشند. همچنین نتایج بیانگر حداکثر ارتباط معنی دار خطی با مؤلفه قطر تاج پوشش با ضریب تعیین ۰/۸۰۷ و انحراف برآورد ۰/۱۱۳

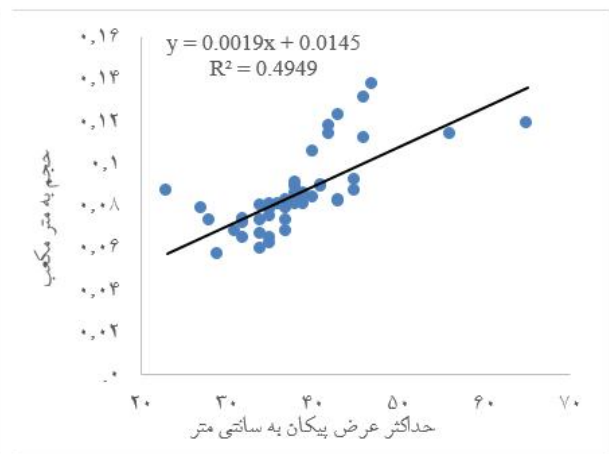
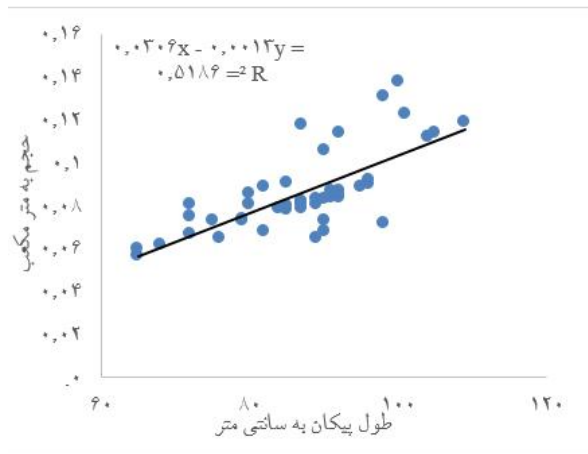
جدول ۴- نتایج حاصل از روابط رگرسیونی بین حجم پیکان و مؤلفه‌های مرفومتربیک و مرفولوژی پیکان

سطح	معنی داری	مقدار f	انحراف معیار برآورد (Std. Error of the Estimation)	ضریب تعیین تعدیل شده (Adjusted R Square)	ضریب تعیین (R2)	ضریب همبستگی (R)	نوع رابطه	پارامترهای مدل
	۰/۰۰۰	۸۰/۲۳	۰/۱۸۹	۰/۶۵۱	۰/۶۵۲	۰/۸۵۹	خطی	
	۰/۰۰۰	۱۲۴/۶۶	۰/۲۶۱	۰/۶۱۸	۰/۶۲۳	۰/۸۳۲	توانی	ارتفاع گیاه و حجم
	۰/۰۰۰	۲۶۵/۲۴	۰/۲۰۸	۰/۶۰۹	۰/۶۱۵	۰/۸۱۲	نمایی	
	۰/۰۰۰	۹۳/۲۸	۰/۱۱۳	۰/۸۰۱	۰/۸۰۷	۰/۹۵۱	خطی	قطر تاج پوشش و
	۰/۰۰۰	۲۳۵/۷۶	۰/۳۶۵	۰/۷۰۲	۰/۷۰۱	۰/۹۱۰	توانی	حجم
	۰/۰۰۰	۱۴۴/۵	۰/۲۷۹	۰/۷۲۴	۰/۷۳۱	۰/۹۲۸	نمایی	
	۰/۰۰۰	۶۱/۸	۰/۱۰۹	۰/۶۵۱	۰/۶۵۸	۰/۷۹۳	خطی	
	۰/۰۰۰	۷۲/۵۷	۰/۱۸۰	۰/۶۳۸	۰/۶۴۶	۰/۷۸۶	توانی	قطر طوقه و حجم
	۰/۰۰۰	۱۲۷۱/۳	۰/۲۲۲	۰/۶۰۹	۰/۶۱۴	۰/۷۶۲	نمایی	
	۰/۰۰۰	۱۴۲/۳	۰/۱۸۴	۰/۴۸۰	۰/۴۸۴	۰/۷۳۲	خطی	طول پیکان
	۰/۰۰۰	۸۳/۶۷	۰/۲۴۹	۰/۵۱۱	۰/۵۱۸	۰/۷۵۶	توانی	ماسه‌ای و حجم
	۰/۰۰۰	۴۵/۳۸	۱/۴۹	۰/۵۱۲	۰/۵۱۷	۰/۷۶۱	نمایی	
	۰/۰۰۰	۱۱۲/۷۶	۰/۲۰۴	۰/۴۷۲	۰/۴۷۵	۰/۶۷۶	خطی	حداکثر عرض
	۰/۰۰	۸۳/۹۳	۱/۷۸	۰/۴۸۷	۰/۴۹۴	۰/۶۸۷	توانی	پیکان و حجم
	۰/۰۰۰	۲۱۴/۶۴	۰/۲۴۱	۰/۴۲۱	۰/۴۲۵	۰/۶۳۵	نمایی	



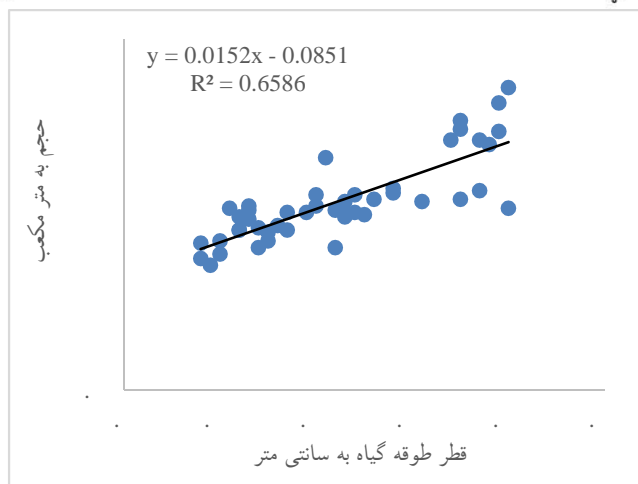
ب

الف



ت

پ



شکل ۶- رابطه بین حجم پیکان ماسه‌ای و مؤلفه‌های مرفومتري و مرفولوژي پیکان ماسه‌ای: الف. رابطه معکوس خطی بین قطر تاج پوشش و حجم پیکان ماسه‌ای؛ ب. رابطه معکوس نمایی بین ارتفاع گیاه و حجم پیکان؛ پ. رابطه معکوس توانی بین حداکثر عرض پیکان و حجم پیکان؛ ت. رابطه توانی بین طول پیکان و حجم پیکان؛ ث. رابطه معکوس نمایی بین قطر طوقه و حجم پیکان

برآورد میزان افزایش حجم پیکان ماسه‌ای بر اساس قطر طوقه گیاه؛ رابطه ۴: برآورد میزان افزایش حجم پیکان ماسه‌ای بر اساس طول پیکان ماسه‌ای؛ رابطه ۵: برآورد میزان افزایش حجم پیکان ماسه‌ای بر اساس حداکثر عرض پیکان ماسه‌ای است. در روابط فوق V: میزان افزایش حجم پیکان ماسه‌ای به مترمکعب، H: ارتفاع گیاه به سانتی‌متر، G: قطر تاج پوشش به سانتی‌متر، K: قطر طوقه گیاه به سانتی‌متر، L: طول پیکان ماسه‌ای به سانتی‌متر و W: حداکثر عرض پیکان ماسه‌ای به سانتی‌متر و e عدد نپر می‌باشد که برابر ۲/۷۱ می‌باشد. با مقایسه نتایج جدول ۴ و روابط ۲ تا ۶ برای محاسبه میزان افزایش حجم پیکان ماسه‌ای در طول یکسال، بر اساس مؤلفه‌های مرفومتري و مرفولوژی گونه *Seidlitzia florida* به ترتیب معادلات ۳ و ۲ به علت دارا بودن حداکثر ضریب تعیین نسبت به دیگر روابط ارجحیت دارند و مناسب‌ترین مدل‌ها برای برآورد میزان افزایش حجم سالیانه در منطقه مورد مطالعه می‌باشند.

بهترین روابط برای مدلسازی آماری میزان افزایش سالیانه حجم پیکان‌های ماسه‌ای محدوده مورد مطالعه به شرح روابط زیر می‌باشد. در ابتدا بین مؤلفه‌های مشترک مناسب‌ترین مدل بر اساس ضریب تعیین مشخص شده و بعد از بین آنها بهترین روابط بر اساس اهمیت رجحانی فاکتورهای سنجش دقت مدل ارائه گردیده است.

$$V = -0.689H + 26.934 \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$V = -0.534G + 49.57 \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$V = 10.87 e^{-0.793K} \quad \text{رابطه (۴)}$$

$$V = 15.843 L^{-0.622} \quad \text{رابطه (۵)}$$

$$V = 13.463 W^{-0.729} \quad \text{رابطه (۶)}$$

رابطه ۱: برآورد میزان افزایش حجم پیکان ماسه‌ای بر اساس ارتفاع گیاه؛ رابطه ۲: برآورد میزان افزایش حجم پیکان ماسه‌ای بر اساس قطر تاج پوشش؛ رابطه ۳:

جدول ۵- روابط و معادلات بین مؤلفه‌های مرفومتری و مرفولوژی پیکان ماسه‌ای با حجم پیکان

معادلات*	معنی‌داری	مقدار T	انحراف از معیار	ضرایب رابطه	پارامترهای رابطه	نوع رابطه	مؤلفه
$26/934H + -0/689V =$	0/000	38/98	0/523	26/934	عرض از مبدأ	خطی	ارتفاع گیاه و حجم
	0/000	-13/41	0/053	-0/689	شیب		
$0/781 H - 17/509V =$	0/000	12/98	1/08	17/509	مقدار ثابت	توانی	حجم
	0/000	-14/45	0/089	-0/781	توان		
$H - 0/978 e^{12/91V} =$	0/000	28/91	0/597	12/91	مقدار ثابت	نمایی	حجم
	0/000	-26/76	0/002	-0/978	توان		
$49/57G + -0/534V =$	0/000	31/5	0/582	49/57	عرض از مبدأ	خطی	قطر تاج پوشش و حجم
	0/000	-8/38	0/0068	-0/534	شیب		
$0/788 G - 35/313V =$	0/000	8/43	14/56	35/313	مقدار ثابت	توانی	حجم
	0/000	-10/96	0/058	-0/788	توان		
$G - 0/636 e^{24/31V} =$	0/000	21/76	3/09	24/31	مقدار ثابت	نمایی	حجم
	0/000	-6/96	0/002	0/636	توان		
$7/404K + -0/710V =$	0/000	32/75	0/645	7/404	عرض از مبدأ	خطی	قطر طوقه و حجم
	0/000	-14/63	0/008	-0/710	شیب		
$0/579 K - 3/894V =$	0/000	5/32	48/53	3/894	مقدار ثابت	توانی	حجم
	0/000	-16/45	0/059	-0/579	توان		
$K - 0/793 e^{10/87V} =$	0/000	7/41	35/32	10/87	مقدار ثابت	نمایی	حجم
	0/000	-21/43	0/031	-0/793	توان		
$49/69L + -0/629V =$	0/000	30/85	0/429	49/69	عرض از مبدأ	خطی	طول پیکان ماسه‌ای و حجم
	0/000	-12/87	0/0053	-0/629	شیب		
$0/632 L - 15/843V =$	0/000	4/19	36/84	15/843	مقدار ثابت	توانی	حجم
	0/000	-13/91	0/041	-0/632	توان		
$L - 0/318 e^{24/76V} =$	0/000	8/54	23/42	24/76	مقدار ثابت	نمایی	حجم
	0/000	-26/74	0/0021	-0/318	توان		
$22/872W + -0/649V =$	0/000	24/65	0/618	22/872	عرض از مبدأ	خطی	حداکثر عرض پیکان و حجم
	0/000	-9/91	0/0068	-0/649	شیب		
$0/729 W - 13/463V =$	0/000	7/34	17/53	13/463	مقدار ثابت	توانی	حجم
	0/000	-17/92	0/0012	-0/729	توان		
$W - 0/423 e^{16/46V} =$	0/000	15/48	18/17	16/46	مقدار ثابت	نمایی	حجم
	0/000	-33/92	0/0018	-0/423	توان		

*V: حجم پیکان ماسه‌ای؛ H: ارتفاع گیاه؛ G: قطر تاج پوشش؛ K: قطر طوقه گیاه؛ e: عدد نپرین برابر ۲/۷۱؛ L: طول پیکان ماسه‌ای؛ W: حداکثر عرض پیکان؛

بحث

رویکرد سیستمی نوعی نگرش همه‌جانبه و چند بعدی برای شناخت سیستم‌ها و نحوه عملکرد آنها در مورد حل مسائلی است که بشر را احاطه کرده‌اند. در این نگرش مسائل بر اساس مجموعه عناصر و روابط بین آنها با مقتضیات محیطی بررسی شده و در نهایت راه‌حلی مطلوب ارائه گردیده است. زیربنای نگرش سیستمی حاکمیت بینش کلی‌گرایی، ژرف‌نگری و رابطه‌سنجی در ابعاد مختلف زمانی-مکانی و در نهایت غایت‌اندیشی است. شناسایی ارتباطات بین سیستم از طریق مفهوم شبکه تعریف می‌شود. شناسایی این شبکه و نحوه رفتار آن منجر به درک درستی از سیستم و عملکرد آن می‌گردد (Mohammadrezayi, 2003). کارایی این سیستم در هنگامی که روابط متقابل خطی و غیرخطی میان اجزا و عناصر سیستم برقرار است، از اهمیت بالایی برخوردار است (Ramesht, 2006). سیستم مورد بررسی در این پژوهش پیکان ماسه‌ای است که از نوع سیستم طبیعی و باز می‌باشد و در سطوح مختلف قابل مدل‌سازی است. در سطح اول عناصر مرفومتريک و مرفولوژیک پیکان ماسه‌ای تعریف و نوع و میزان رابطه بین آنها با تغییرات حجم پیکان ماسه‌ای با پارامترهای روابط خطی، نمایی و توانی تعیین و مدل‌سازی شده است. این پژوهش برآورد دقیق میزان همبستگی بین مؤلفه‌های مرفومتريک و مرفولوژیک با حجم پیکان‌های ماسه‌ای را از طریق روابط آماری امکان‌پذیر کرده است. نتایج بیانگر این است که بین مؤلفه‌های مرفولوژیک و مرفودینامیک و حجم پیکان ماسه‌ای رابطه مستقیم وجود دارد، به عبارت دیگر میزان حجم پیکان ماسه‌ای با مرفولوژی ۳ بعدی آن رابطه مستقیم دارد و هرچه ارتفاع و قطر تاج پوشش گیاه بیشتر باشد، حجم آن نیز افزایش پیدا می‌کند. در این پژوهش برای محاسبه حجم پیکان‌های ماسه‌ای مدل‌هایی ارائه شده است که با استفاده از این مدل‌ها می‌توان از طریق پارامترهای مرفومتريک و مرفولوژیک پیکان ماسه‌ای میزان افزایش حجم سالیانه آن را محاسبه کرد. این معادلات برای منطقه مورد مطالعه با مقدار میانگین بارندگی حدود ۶۰/۸۶

میلی‌متر و سرعت باد در حدود ۸/۲۸ متر بر ثانیه، با تغییرات غیر معنی‌دار شرایط محیطی کارایی دارد و در صورت تغییر معنی‌دار شرایط محیطی باید معادلات جدیدی برای تعیین افزایش حجم طراحی نمود. Poorkhosravani و همکاران (۲۰۰۹) نیز به تحلیل مقایسه‌ای ارتباطات بین مؤلفه‌های مرفومتريک نبکا و مرفولوژی گیاهی گونه‌های *Reaumuria turkestanica* و *Alhagi mannifera* در کفه خیرآباد سیرجان پرداخته‌اند. نتایج تحقیق بیانگر این است که عوامل توجیه‌گر مؤلفه‌های عمودی نبکا در نیکاهای *Ta.ma* و *Re.tu* عوامل سه‌گانه ارتفاع گیاه، قطر طوقه و تاج پوشش گیاه به ترتیب با ضریب تبیین ۰/۷۲۰ و ۰/۷۳۷ است. Mousavi و همکاران (۲۰۰۷) نیز به مدل‌سازی میزان جابه‌جایی سالیانه برخان‌ها و ویژگی‌های مرفومتريک برخان پرداخته‌اند و به این نتیجه رسیدند که حداکثر ارتباط معکوس نمایی بین میزان جابه‌جایی با مؤلفه ارتفاع با ضریب تعیین (۰/۹۱۵) و انحراف معیار برآورد (۰/۱۳۳) است. فرسایش بادی و به تبع آن تخریب اراضی و هجوم ماسه‌های روان به مناطق مسکونی، زمین‌های کشاورزی و تأسیسات زیربنایی یکی از مهمترین مشکلات مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور و از جمله منطقه مورد مطالعه می‌باشد. به منظور برنامه‌ریزی دقیق و مدیریت اصولی برای رفع مشکلات حاکم بر مناطق مسکونی، تولیدی و ارتباطی این مناطق شناسایی و مدل‌سازی دقیق روابط بین مؤلفه‌های مرفومتريک و مرفولوژی پارامترهای مختلف موجود در چشم‌انداز و همچنین عوامل محدود کننده ضروری می‌باشد. نتایج حاصل از این پژوهش در درجه اول مدیران محیطی را از وضعیت سیستم بادرفتی پیکان ماسه‌ای مطلع می‌سازد و در درجه دوم به عنوان ابزاری در خدمت مدیران محیطی، در بازه‌های زمانی مختلف بیانگر روند و گسترش چشم‌انداز پیکان ماسه‌ایست.

245–268.

- Hersen, P., 2004. On the crescentic shape of barchan dunes, *The European Physical Journal*, 37: 507–514.
- Hesse, P. P., Humphreys, G. S. and Selkirk, P. M., 2003. Late Quaternary Aeolian dunes on the presently humid Blue Mountains, Eastern Australia. *Quaternary International*, 108: 13–32.
- Hugenholtz, C. H. and Wolfe, S.A., 2005. Biogeomorphic model of dune field activation and stabilization on the northern Great Plains. *Geomorphology*, 70: 53–70.
- Iranmanesh, F., Arabkhedri, M. and Akram, M., 2002. Investigation of dust origins and characteristics of their spreading in Sistan's storms, Iran region, using image processing, *Pajouhesh & Sazandegi*, 67: 25–33.
- Khalaf, F. I., Miska, R. and Al-Douser, A., 1995. Sedimentological and Morphological characteristics of some nebkha deposits in the northern coastal plain of Kuwait, Arabia. *Journal Arid Environment*, 29: 267–292.
- Marín, L., Forman, S. L., Valdez, A. and Bunch, F., 2005. Twentieth century dune migration at the Great Sand Dunes National Park and Preserve, Colorado, relation to drought variability. *Journal of Geomorphology*, 70: 163–183.
- Mahmodi, F., 2000. *Dynamic Geomorphology*, University of Payamenour Press, Tehran.
- Mohammadrezayi, S. H., 2003. *Systematical Approach to ecosystem analysis*. First publish. Tehran, Iran.
- Mousavi, S. H., Vali, A. A. and Moayeri, M., 2007. Impact of Barchan dunes Morphometry on the movement of its (Case Study: Chah Jam Erg), *Geography and Environmental Planning*. 2: 101–118.
- Maghsoudi, M., 2006. Recognition of affective processes in development of sand features. *Geographical researches*, 56: 149–160.
- Musick, H. B. and Gillette, S. M., 1996. Wind-tunnel Modeling of the Influence of Vegetation Structure on Saltation Threshold. *Earth Surface Processes and Landforms*, 21: 589–606.
- Poorkhosravani, M., Vali, A. and Movahedi, S., 2009. Grouped a Comparative Nebkas Type Sedliziavloreda, Romarlatorkestenica and Alhaji Mannifera the Basis of the Righteousness of Performance of Plants in the Vegetative forms in Kheirabadi Sirjan. *Geography Space*, 31: 137–158.
- Poorkhosravani, M., Vali, A. and Moayeri, M., 2008. Relationship of Plant Morphology and Morphometric Characteristics of Nebkas Romaryaturkstanika. *Geography Research*, 69: 99–113.

منابع مورد استفاده

- Arens S. M and Slings, Q., 2004. Mobility of a remobilized parabolic dune in Kennemerland. The Netherlands. *Geomorphology*, 59: 175–188.
- Anthonsen, K. L., Clemmensen, L. B. and Jensen, J.H., 1996. Evolution of a dune from crescentic to parabolic form in response to short-term climatic changes: Råbjerg Mile, Skagen Odde, Denmark. *Geomorphology*, 17: 63–77.
- Ahmadi, H., 2008. *Application Geomorphology*, Volume 2, Desert-Wind erosion, Tehran university publication.
- Barbier, N., Coutron, P., Lejoly, J., Deblauwe, V. and Lejeune, O., 2006. Self-organized vegetation patterning as a fingerprint of climate and human impact on semi-arid ecosystems. *Journal of Ecology*, 94: 537–547.
- Bishop, S.R., Momiji, H., Carretero-Gonzalez, R. and Warren, A., 2002. Modeling desert dune fields based on discrete dynamics. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 7: 7–17.
- Bourke, M. C., Ewing, R. C., Finnegan, D. and McGowan, H.A., 2009. Sand Dune Movement in the Victoria Valley, Antarctica. *Geomorphology*, 109: 148–160.
- Bonham, C.D., 1989. *Measurement for Terrestrial Vegetation*, John Wiley and Sons, Inc.
- Danin, A., 1996. *Plants of desert dunes*. Springer, 177, 136 p.
- Dougill, A.J. and Thomas, A. D., 2002. Nebkha dunes in the Molopo Basin, South Africa and Botswana formation controls and their validity as indicators of soil degradation. *Journal of arid environment*, 50: 413–423.
- Douser, A., 1995. Sedimentological and Morphological characteristics of some nebkha deposits in the northern coastal plain of Kuwait, Arabia. *Journal of Arid Environments*, 29: 267–292.
- Forman, S. L., Oglesby, R. and Webb, R. S., 2001. Temporal and spatial patterns of Holocene dune activity on the Great Plains of North America: mega droughts and climate links. *Global Planetary Change*, 29: 1–29.
- Forman, S. L. and Pierson, J., 2003. Formation of linear and parabolic dunes on the eastern Snake River Plain, Idaho in the nineteenth century. *Geomorphology*, 56: 189–200.
- Hesp, P. and Mclachlan, A., 2000. Morphology, dynamics, ecology and fauna of Arc Totheca populifolia and Azania regions nebkha dunes. *Journal of arid environments*, 44: 155–172.
- Hesp, P., 2002. Foredunes and blowouts: Initiation, geomorphology and dynamics. *Geomorphology*, 48:

- Allen and Unwin, Boston.
- Wasson, R. J. and Hyde, R., 1983. Factors determining desert dune type. *Nature*, 304: 337-339.
 - Werner, B. T., 1995. Aeolian dunes: computer simulation and attractor interpretation. *Geology*, 23: 1107-1110.
 - Wiggs, G. F. S., Livingstone, I., Thomas, D. S. G. and Bullard, J. E., 1996. Airflow and Roughness Characteristics over Partially Vegetated Linear Dunes in the Southwest Kalahari Desert. *Earth Surface Processes and Landforms*, 21: 19-34.
 - Wiggs, G. F. S., Thomas, D. S. G., Bullard, J.E. and Livingstone, I., 1995. Dune Mobility and Vegetation Cover in the Southwest Kalahari Desert. *Earth Surface Processes and Landforms*, 20: 515-530.
 - Wolfe, S. A. and Nickling, W. G., 1993. The Protective Role of Sparse Vegetation in Wind Erosion. *Progress in Physical Geography*, 17: 50-68.
 - Ramesht, M. H., 2006. *Geomorphology Maps*, Tehran. Samt Publication.
 - Refayi, H. 2004. *Wind Erosion and its control Methods*, Tehran, Tehran university publication.
 - Sauermann, G., Kroy, K. and Herrmann, H. J., 2001. Continuum Saltation Model for Sand Dunes. *Phys. Rev. E*, 64: 1-10.
 - Sauermann, G., Andrade, J.S., Maia, L. P., Costa, U. M. S., Ara'ujo, A. D. and Herrmann, H. J., 2003. Wind Velocity and Sand Transport on a Barchan Dune. *Geomorph*, 1325: 1-11.
 - Thomas, D. S. G., Knight, M. and Wiggs, G.F.S., 2005. Remobilization of southern African desert dune systems by twenty-first century global warming. *Nature*, 435: 1218-1221.
 - Tsoar, H. and Møller, J. T., 1986. The Role of Vegetation in the Formation of Linear Sand Dunes, in Nickling, W. G. (Eds.), *Aeolian Geomorphology*,

Statistical modeling of sand arrows volume of *Seidlitzia florida* (Case study: Njarabad Erg)

A. A. Arabameri^{1*}, Kh. Rezaei², M. Yamani³ and K. Shirani⁴

1*- Corresponding author, Ph.D. Student in Geomorphology, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran,
E-mail: alireza.ameri91@yahoo.com

2- Assistant Professor of Sedimentology, Kharazmi University, Tehran, Iran

3- Professor of Physical Geography (Geomorphology), University of Tehran, Iran

4- Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Isfahan, Iran

Received: 7/1/2016

Accepted: 2/20/2017

Abstract

Environmental crises and loss of natural resources are among the main causes of the establishment of environmental management systems. The optimal management of natural resources requires the assessment and classification of environmental and ecological potentials. Sand arrow is one of the most important accumulations landforms in Njarabad Erg in the northeastern of Toroud village. In this research, the morphometric and morphological parameters of the sand arrows and increase of their volume in the one-year period were measured. Then, using the regression analysis method, the type, and intensity of the relationship between the amount of increase in the volume of the sand arrow and the morphometric and morphological parameters of the sand arrows were investigated and the models were presented to estimate the sand volume. Morphometric parameters include the length and maximum width of the sand arrow and morphological parameters include height, canopy diameter and crown diameter of the plant. These models can easily calculate the volume of sand arrows in the study area. The results indicate that the relationship between the amount of volume increase and the morphometric and morphological parameters of the sand arrows follows the linear, power and exponential functions. The results show the maximum linear correlation between the volume of the sand arrows with canopy diameter with the highest R² (0.807) and the lowest Std error of the estimation (0.13). The results of this study, primarily inform environmental managers about the state of the sand arrows system and secondly, as a tool for serving environmental managers, express the trend and extent of the landscape of the sand arrows in different time periods.

Keywords: Modeling, morphometric characteristic, morphologic parameters, sand arrow, Njarabad Erg.