

## بررسی نقش و تأثیر پوشش گیاهی بر مورفومتری پیکان‌های ماسه‌ای در ساحل دریای عمان (محدوده بین جاسک-لیردف)

سعید نگهبان\* - استادیار ژئومورفولوژی بخش جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شیراز

پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۱۲/۱۵      تأیید نهایی: ۱۳۹۴/۰۵/۱۱

### چکیده

با توجه به واقع شدن مساحت وسیعی از سرزمین ایران در مناطق خشک و نیمه‌خشک و فعال بودن سیستم شکل‌زایی بادی در این مناطق و با توجه به اینکه باد و لند فرم‌های حاصل از آن به صورت یک محدودیت جدی در توسعه جوامع انسانی این‌گونه مناطق مطرح می‌شوند شناسایی چگونگی شکل‌گیری و تحول این لند فرم‌ها امری اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. پیکان‌های ماسه‌ای به‌عنوان یکی از ساده‌ترین لندفرم‌های تراکمی باد در مناطق بیابانی می‌باشند که تحت تأثیر عوامل مختلفی شکل گرفته و تحول پیدا می‌کنند، چنانچه در مسیر باد و سقوط دانه‌های در حال جهش، مانعی وجود داشته باشد، به علت کاهش سرعت باد در اثر برخورد با مانع، دانه ماسه به زمین می‌افتد. این دانه‌ها در محلی که کمترین میزان فشار وجود دارد بر روی هم متمرکز می‌شوند. تراکم ماسه همیشه در جبهه پشت به باد مانع صورت می‌گیرد و در طول زمان پیکان‌های ماسه‌ای شکل می‌گیرند. این پژوهش سعی دارد که به بررسی تأثیرپذیری ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی پیکان‌های ماسه‌ای از گونه گیاهی *Cyperus conglomerates* در ساحل دریای عمان بپردازد. تحقیق از نوع توصیفی - تحلیلی مبتنی بر روش‌های میدانی، کتابخانه‌ای و آزمایشگاهی است بدین صورت که پس از مشخص کردن محدوده مورد مطالعه، با استفاده از ترانسکت، پیکان‌های ماسه‌ای مورد نظر مشخص و سپس به بررسی مورفومتری (طول تپه، عرض تپه در سه مقطع، ارتفاع تپه، ارتفاع گیاه)، و با نمونه‌برداری از آن‌ها به گرانولومتری نمونه‌ها در آزمایشگاه پرداخته شد. نتایج نشان می‌دهد که طول پیکان ماسه‌ای با ارتفاع تپه و ارتفاع گیاه در سطح ۹۵ درصد معناداری ارتباط دارند. اما ارتفاع گیاه با ارتفاع تپه ماسه‌ای در سطح ۹۹ درصد معناداری با یکدیگر ارتباط دارند. با توجه به موارد ذکر شده، با افزایش ارتفاع گیاه، طول پیکان بیشتر شده و همچنین ارتفاع تپه ماسه‌ای افزایش پیدا می‌کند. میانگین ارتفاع گیاه ۱۹/۶ سانتی‌متر است و حداکثر ارتفاع گیاه در بین گونه‌های مورد مطالعه ۳۳ سانتی‌متر و حداقل آن ۱۰ سانتی‌متر است. این موارد نشان می‌دهد که پیکان‌های ماسه‌ای مورد مطالعه به صورت کوچک و در حد چند ۱۰ سانتی‌متر می‌باشد و نسبت به پیکان‌های ماسه‌ای مناطقی مانند دشت لوت، تفاوت زیادی دارد. در بین پیکان‌های ماسه‌ای مورد مطالعه، طویل‌ترین پیکان ۲۹۰ سانتی‌متر و کوتاه‌ترین آن‌ها ۳۳ سانتی‌متر و تفاوت بین آن‌ها ۲۵۷ سانتی‌متر است. میانگین طول پیکان‌های مورد مطالعه ۱۰۰ سانتی‌متر و انحراف معیار آن‌ها ۰/۶۵ می‌باشد. نتایج دانه سنجی رسوبات نشان می‌دهد که درشت‌دانه‌ترین رسوبات در رأس پیکان قرار داشته و هرچقدر به سمت قاعده و محل گیاه حرکت می‌کنیم از اندازه رسوبات کاسته می‌شود.

واژگان کلیدی: پیکان ماسه‌ای، پوشش گیاهی، ژئومورفولوژی ساحلی، دریای عمان

## مقدمه

مسائل مربوط به چگونگی شکل‌گیری و تکامل عوارض ماسه‌ای در مناطق بیابانی توجه بسیاری از دانشمندان داخلی و خارجی را به خود معطوف کرده است (لیو، ۱۹۶۰، مک کی، ۱۹۷۹، زوو، ۱۹۸۰، بگنولد، ۱۹۴۱، لی، ۱۹۹۲، لینگ، ۱۹۹۰). طیف گسترده‌ای از اشکال عوارض ماسه‌ای که در مناطق بیابانی یافت می‌شوند، توسط ژئومورفولوژیست‌ها در طبقات متعددی تقسیم‌بندی شده‌اند. نوع این اشکال در هر منطقه‌ای به مقدار شن و ماسه و جهت غالب باد در طول سال وابسته می‌باشد (بگنولد، ۱۹۴۱، پی و تسوار، ۱۹۹۰، بیسلر، ۱۹۹۲، لنکستر، ۱۹۹۵، نیکلینگ، ۱۹۸۶، بروکفیلد و اهلبراندت، ۱۹۸۳، دانگ و همکاران، ۲۰۰۸، لیوینگستون و همکاران، ۲۰۰۷، کوکرک، ۱۹۹۶).

در محیط‌های بیابانی، پوشش گیاهی با تأثیر بر حمل‌ونقل و به دام انداختن ماسه‌هایی که به همراه بادهای حمل می‌شوند، نقش مهمی در تعیین پویایی و مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای دارند (تسوار و مولر، ۱۹۸۶، ویگ و همکاران، ۱۹۹۵ و ۱۹۹۶، ولف و نیکلینگ، ۱۹۹۳، موسیک و گیلت، ۱۹۹۶). تعیین خاصیت تأثیرات پوشش گیاهی بر روی حمل‌ونقل رسوبات می‌تواند جهت شناسایی تأثیرات تغییر اقلیم و اختلالات انسان بر روی مناطق استفاده شود، و همچنین به تثبیت شن و ماسه و بازسازی محیط‌زیست کمک شایانی کند به‌علاوه پوشش گیاهی از طریق ایجاد پوشش سطحی، به دام انداختن ذرات و مهم‌تر از همه کاهش سرعت جریان هوا، باعث حفاظت از سطح زمین در برابر فرسایش می‌شود (کاواس و همکاران، ۲۰۰۵، کوریگان و همکاران، ۲۰۰۸، هانی و همکاران، ۲۰۰۸، ولف و نیکلینگ، ۱۹۹۳).

یکی از ساده‌ترین اشکالی که تحت تأثیر پوشش گیاهی و باد در مناطق ماسه‌ای ایجاد می‌شوند و در تقسیم‌بندی آن‌ها، جزو اشکال تراکمی بادی محسوب می‌شوند، پیکان ماسه‌ای می‌باشد، این اشکال تحت تأثیر تجمع ماسه در دامنه پشت به باد یک مانع که در مسیر باد قرار گرفته باشد به وجود می‌آیند. حال اگر این مانع پوشش گیاهی باشد شکل تپه‌یک و بسیار زیبایی را رقم می‌زند که در بیشتر مناطق بیابانی و یا مناطقی دیگر که ماسه‌زار در آن‌ها وجود دارد مانند مناطق ساحلی، چنین اشکالی شکل می‌گیرند. فرآیند شکل‌گیری این پیکان‌ها بدین صورت است که، چنانچه در مسیر حرکت و سقوط ماسه‌های جهشی که توسط بادهای حمل می‌شوند مانعی وجود داشته باشد، به علت کاهش سرعت باد در اثر برخورد

1. Liu

2. Mckee

3. Zhu

4. Bagnold

5. Li

6. Ling

7. Pye and Tsoar

8. Besler

9. Lancaster

10. Nickling

11. Brookfield and Ahlbrandt

12. Dong and etal

13. Livingstone and etal

14. Kocurek

15. Tsoar and Moller

16. Wiggs &amp; et al

17. Wolfe and Nickling

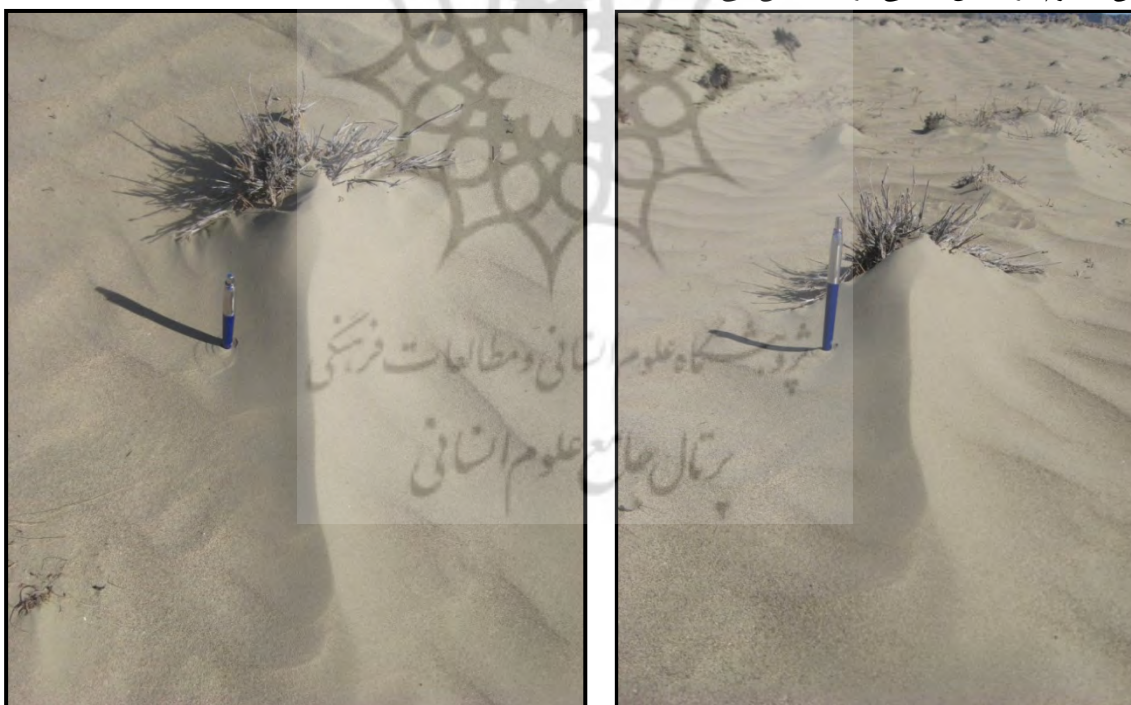
18. Musick and Gillette

19. Karavas and etal

20. Corrigan and etal

21. Haney and etal

با مانع، دانه ماسه به زمین می‌افتد. این دانه‌ها در محلی که کمترین میزان فشار وجود دارد بر روی هم متمرکز می‌شوند. مناسب‌ترین نواحی در این زمینه که پتانسیل تشکیل پیکان‌های ماسه‌ای را دارند، بیابان‌های با پوشش گیاهی استپی هستند. هراندازه ترکم بوته‌ها بیشتر باشد ماسه‌های بیشتری به دام می‌افتند (شکل‌های ۱ و ۲). تراکم ماسه همیشه در جبهه پشت به باد مانع صورت می‌گیرد. زیرا جبهه رو به باد، مستقیماً در برابر فشار هوا قرار دارد (محمودی، ۱۳۸۵). در رابطه با پیکان‌های ماسه‌ای پژوهش زیادی در داخل و یا خارج از کشور، آن‌هم به‌طور مجزا صورت نگرفته و فقط در گوشه‌ای از پژوهش‌ها به این لندفرم اشاره شده است. تنها پژوهشی که در کشور ایران بر روی پیکان‌های ماسه‌ای به‌عنوان یک عارضه خاص کار کرده و کل کار بر روی پیکان‌ها بوده است توسط مقصودی و همکاران (۱۳۹۳) انجام شده است. بدین صورت که به بررسی ویژگی‌های مورفومتری پیکان‌های ماسه‌ای در حاشیه غربی دشت لوت پرداخته‌اند و چنین نتیجه گرفته‌اند که اندازه پوشش گیاهی تأثیر مستقیمی بر طول و حتی پهنای پیکان ماسه‌ای دارد. پیکان‌های ماسه‌ای به‌عنوان یکی از ساده‌ترین لندفرم‌های تراکمی باد در مناطق بیابانی می‌باشد که تحت تأثیر عوامل مختلفی شکل گرفته، تحول پیدا می‌کنند و از بین می‌روند، شناسایی عوامل مؤثر در این رابطه می‌تواند در زمینه شناخت بیشتر از این لندفرم و کنترل ماسه‌های روان مؤثر و مفید واقع گردد. این پژوهش یک تحقیق بنیادی - کاربردی است که هدف از آن بررسی ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی پیکان‌های ماسه‌ای و یافتن ارتباط منطقی بین ویژگی‌های مورفومتری پیکان‌ها با قطر ذرات ماسه و ویژگی‌های مورفومتری پوشش نباتی باهدف شناخت بهتر مکانیسم شکل‌گیری این لندفرم در ساحل شمالی دریای عمان می‌باشد.

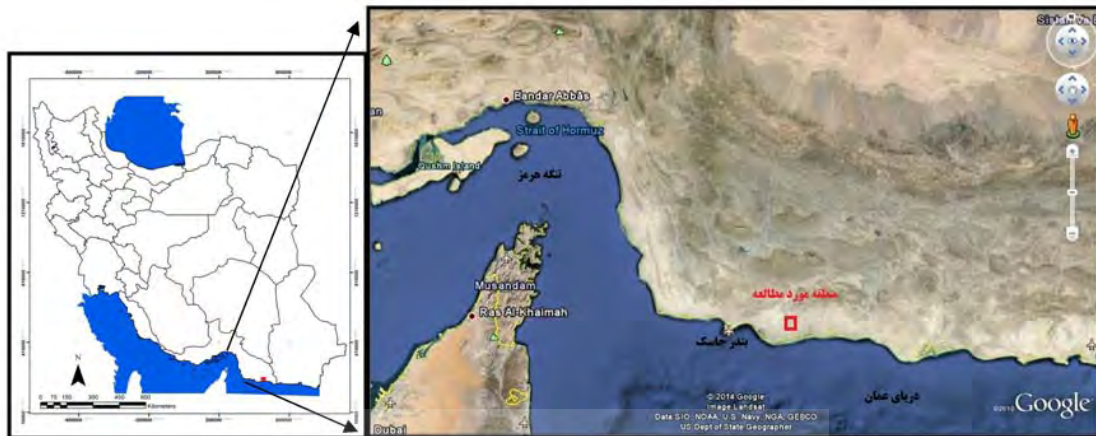


شکل‌های شماره ۱ و ۲: نمونه‌ای از پیکان ماسه‌ای در منطقه

#### منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در ساحل شمالی دریای عمان و مابین شهرستان‌های جاسک (استان هرمزگان) و منطقه لیردف در مرز استان سیستان و بلوچستان و هرمزگان در طول جغرافیایی ۵۷:۲۴:۲۵ تا ۵۷:۴۴:۱۸ شرقی و عرض ۲۵:۳۸:۲۳ تا ۲۵:۳۹:۱۵ شمالی با ارتفاع متوسط ۶ متر از سطح دریا واقع شده است. این منطقه در بین شهر جاسک و منطقه لیردف، فاصله حدود ۷۵ کیلومتری شرق شهر جاسک و حدود ۴۰ کیلومتری غرب لیردف قرار دارد. در این منطقه پوشش گیاهی

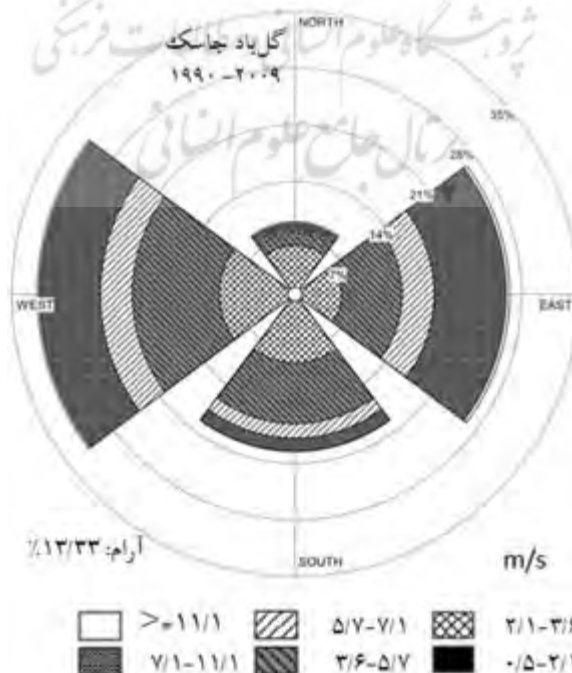
بوته‌ای به صورت پراکنده وجود دارد و سرتاسر منطقه مورد مطالعه پوشیده از ماسه‌های بادی می‌باشد که بخشی از این ماسه‌ها از دلتاهای رودخانه‌های اطراف و بخشی دیگر از خط ساحلی منتقل شده‌اند (شکل شماره ۳).



شکل شماره ۳: موقعیت منطقه مورد مطالعه

### تحلیل فراوانی سرعت بادها

نزدیک‌ترین ایستگاه سینوپتیک به محدوده مورد مطالعه، ایستگاه هواشناسی شهرستان جاسک در فاصله حدود ۷۵ کیلومتری شرق منطقه واقع شده است، که با توجه به شرایط توپوگرافی و عدم تغییر شرایط آب و هوایی در فاصله‌های کم، از آمار آب و هوایی این منطقه جهت مشخص کردن فراوانی بادها و ترسیم گلباد استفاده شد. از آنجاکه جهت نسیم دریا و زمان شروع آن وابسته به سرعت باد همدیدی است، وجود باد غالب و قوی همدیدی، سبب تغییر نسیم دریا می‌شود (صدیق‌زاده و همکاران، ۱۳۸۹). لیکن با توجه به روند شرقی - غربی جلگه در ساحل منطقه مورد مطالعه، می‌توان نتیجه گرفت که نسیم خالص دریا به خشکی از جهت تقریبی جنوبی وزش داشته و ۱۹/۴۸ درصد بادهای منطقه را تشکیل داده است. (شکل شماره ۴ و جدول شماره ۱). (اکبریان و همکاران، ۱۳۹۳).



شکل شماره ۴: گلباد سالانه ایستگاه سینوپتیک جاسک در چهار جهت اصلی (اکبریان و همکاران، ۱۳۹۳)

جدول ۱: توزیع فراوانی جهت‌های مختلف باد و نسیم دریا در ساحل منطقه مورد مطالعه (اکبریان و همکاران، ۱۳۹۳)

جمع (%)	11/1 <=	-11/1 8/8	5/7-8/8	3/6-5/7	2/1-3/6	0/5-1/2	سرعت (m/s)	
							جهت	
8/97	0/22	0/43	0/70	1/55	6	0/11	شمالی	جهت غالب
26/45	0/41	1/29	11/54	7/45	5/7	0/05	شرقی	
19/82	0/07	0/18	3/22	7/50	8/4	0/09	*جنوبی	
31/74	0/27	0/88	10/51	10/74	9/3	0/07	غربی	
13/33	-	-	-	-	-	-	آرام	

\*جهت جنوبی در ساحل دریای عمان و جهت غربی در ساحل تنگه هرمز منطبق با نسیم دریا به ساحل است.

## مواد و روش‌ها

پژوهش موردنظر از لحاظ روش کار به چهار قسمت تقسیم می‌شود:

- الف:** مطالعات میدانی منطقه و مشخص کردن محدوده‌ای که در آن به بررسی پیکان‌های ماسه‌ای پرداخته شود. در پژوهش موردنظر محدوده‌ای به وسعت حدود ۵۲۵۰ مترمربع انتخاب شده است.
- ب:** مشخص کردن ترانسکت‌هایی جهت سهولت مطالعه پیکان‌های ماسه‌ای. در این پژوهش، ۶ ترانسکت انداخته شده که حدود ۲۰ پیکان ماسه‌ای مورد بررسی قرار گرفته است (شکل شماره ۵).
- ج:** بررسی و اندازه‌گیری مورفومتری پیکان‌های ماسه‌ای، که در این پژوهش طول پیکان، عرض پیکان در رأس، وسط و قاعده، نوع پوشش گیاهی، ارتفاع تپه ماسه‌ای و گیاه، جهت پیکان و شیب دو پهلوئی پیکان مورد بررسی قرار گرفته است.
- د:** نمونه‌برداری رسوب از قسمت‌های مختلف (رأس، وسط و قاعده) پیکان و گرانولومتری آن‌ها در آزمایشگاه.
- ه:** با استفاده از نرم‌افزارهای spss و Gradstate همبستگی بین اجزای مورفومتری و تحلیل داده‌های گرانولومتری انجام شده و در نهایت نمودارهای مربوطه ترسیم گردید.



شکل شماره ۵: شکل شماتیک ترانسکت‌ها و محدوده بررسی پیکان‌های ماسه‌ای



## یافته‌های پژوهش

نام علمی : *Cyperus conglomerates*

گونه‌ای از «جگن» که در گویش محلی بیابان‌نشینان بنام «کلبیت» شهرت دارد، گیاهی است بوته‌ای پایا که در تمام عرصه‌های شنی استقرار دارند (شکل شماره ۶).

کلبیت از جمله گیاهان شن دوست بسیار سازگار به خاک‌های شنی و فقیر از مواد غذایی می‌باشد. این گیاه به صورت پوشش غالب، ایجاد تیپ گیاهی یکنواختی و همگنی را در شنزارها به وجود می‌آورد. از طرفی، در جوامع گیاهی اسکنیبل، دم گاوی، خارسوف، نترنسی، به صورت گونه غالب یا همراه، مشاهده می‌شود. به علت انعطاف اکولوژیکی بسیار وسیع این گونه گیاهی، انتشار جغرافیایی آن در ایران بسیار وسیع می‌باشد به طوری که از شنزارهای جنوب کشور، مرکزی و تا شمال کشور نیز گسترش نموده است. این گیاه دارای برگ‌هایی باریک، کشیده و معمولاً از میان برگ‌ها، یک ساقه گل دهنده، به طول ۳۰ تا ۶۰ سانتیمتر خارج می‌شود. بذره‌های گیاه پس از رسیدن به راحتی از پوشش محافظ گل‌آذین جدا و توسط باد پراکنده می‌شود (ثابتی، ۱۳۸۲).



شکل شماره ۶: عکسی از گیاه کلبیت

اغلب در سال‌هایی که متوسط بارندگی سالیانه (زمستان و بهار) مناسب باشد، رویشگاه‌های کلبیت، با ایجاد ساقه‌های گل دهنده و رشد رویشی بسیار مناسب، بستر را به شنزارها می‌بخشد. کلبیت دارای سیستم ریشه‌ای بسیار فعال، به صورت ریزوم‌های جانبی (افقی و عمودی) فراوان، معمولاً ایجاد توده‌های وسیع به صورت کلنی، در عرصه‌های شنی می‌نماید. بر روی ریزوم‌های افقی، جست‌های عمودی، به صورت جوانه‌های فعال رویشی که تولید اندام‌های هوایی می‌کند، ظاهر می‌شود (ثابتی، ۱۳۸۲).

## نتایج

## مورفومتری پیکان‌های ماسه‌ای

در بررسی مورفومتری پیکان‌های ماسه‌ای منطقه مورد مطالعه به بررسی پارامترهای مختلف مربوط به پیکان‌ها پرداخته شده است که همه این موارد در جدول شماره ۲ ارائه گردیده است.

جدول شماره ۲: موفومتري پيكان‌هاي ماسه‌اي منطقه مورد مطالعه

نوع گیاه	عرض در قاعده پيكان (CM)	عرض در وسط پيكان (CM)	عرض در محل گیاه (CM)	ارتفاع گیاه (CM)	ارتفاع تپه ماسه‌ای (CM)	طول پيكان (متر)	پيكان ماسه‌ای
Cyperus conglomerates	۱۰	۲۵	۳۵	۱۹	۱۳	۰.۹۰	P1
Cyperus conglomerates	۵	۱۰	۲۵	۲۴	۱۷	۰.۷۵	P2
Cyperus conglomerates	۱۳	۲۶	۳۵	۳۲	۲۳	۲.۹	P3
Cyperus conglomerates	۱۱	۲۳	۴۵	۳۳	۲۹	۱.۴	P4
Cyperus conglomerates	۶	۹	۲۹	۱۸	۱۳	۰.۸۳	P5
Cyperus conglomerates	۱۲	۲۵	۲۹	۲۴	۱۸	۰.۸۶	P6
Cyperus conglomerates	۷	۲۳	۴۶	۲۶	۲۲	۰.۸۳	P7
Cyperus conglomerates	۷	۱۱	۱۷	۱۸	۱۳	۰.۸۹	P8
Cyperus conglomerates	۸	۲۲	۳۳	۱۷	۱۴	۰.۷۷	P9
Cyperus conglomerates	۹	۱۳	۳۶	۲۸	۲۳	۰.۶۴	P10
Cyperus conglomerates	۵	۹	۲۴	۱۲	۹	۰.۷۳	P11
Cyperus conglomerates	۱۳	۲۲	۳۱	۲۷	۲۱	۲.۵۵	P12
Cyperus conglomerates	۸	۱۲	۲۹	۱۷	۱۴	۰.۸۸	P13
Cyperus conglomerates	۴	۷	۱۲	۱۳	۹	۰.۳۳	P14
Cyperus conglomerates	۶	۱۱	۲۶	۱۹	۱۵	۰.۶۷	P15
Cyperus conglomerates	۳	۷	۲۱	۱۱	۸	۰.۶۲	P16
Cyperus conglomerates	۱۲	۱۷	۲۵	۱۰	۷	۱.۵۹	P17
Cyperus conglomerates	۶	۱۲	۲۱	۱۳	۸	۰.۵۵	P18
Cyperus conglomerates	۳	۹	۱۳	۱۷	۱۳	۰.۸۱	P19
Cyperus conglomerates	۳	۵	۸	۱۴	۹	۰.۵۶	P20

### بررسی تأثیر پوشش گیاهی بر مرفومتري پيكان‌هاي ماسه‌اي

در این قسمت به بررسی ارتباط و همبستگی بین طول پيكان ماسه‌ای با ارتفاع تپه و تاج گیاه پرداخته شده است. نتایج نشان می‌دهد که طول پيكان ماسه‌ای با ارتفاع تپه و ارتفاع گیاه در سطح ۹۵ درصد معناداری ارتباط دارند. اما ارتفاع گیاه با ارتفاع تپه ماسه‌ای در سطح ۹۹ درصد معناداری با یکدیگر ارتباط دارند. با توجه به موارد ذکر شده، با افزایش ارتفاع گیاه، طول پيكان بیشتر شده و همچنین ارتفاع تپه ماسه‌ای افزایش پیدا می‌کند، هرچند ارتباط بعضی از آن‌ها در سطح ۹۵ یا ۹۹ درصد معناداری است، اما مهم این است که با یکدیگر ارتباط داشته و این مورد وابسته بودن متغیرهای مختلف پيكان ماسه‌ای به یکدیگر را ثابت می‌کند (جدول شماره ۳).

جدول شماره ۳: همبستگی بین پارامترهای طول پیکان با ارتفاع گیاه و تپه ماسه‌ای

ارتفاع گیاه	ارتفاع تپه ماسه‌ای	طول پیکان (متر)	همبستگی پیرسون	طول پیکان (متر)
۰/۵۳۹*	۰/۴۵۷*	۱	همبستگی پیرسون	طول پیکان (متر)
۰/۰۱۴	۰/۰۳۴		معناداری	
۰/۹۷۹**	۱	۰/۴۵۷*	همبستگی پیرسون	ارتفاع تپه ماسه‌ای
۰/۰۰		۰/۰۳۴	معناداری	
۱	۰/۹۷۹**	۰/۵۳۹*	همبستگی پیرسون	ارتفاع گیاه
	۰/۰۰	۰/۰۱۴	معناداری	

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed). (رابطه در سطح ۹۵ درصد معنادار است).

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed). (رابطه در سطح ۹۹ درصد معنادار است).

پس از تحلیل همبستگی اجزای مورفومتری بالا، از پارامترهای دیگری جهت تحلیل بیشتر همبستگی اجزای مورفومتری استفاده گردید تا ارتباطات به روشنی نشان داده شود، به همین منظور از ۳ پارامتر بالا به اضافه عرض پیکان ماسه‌ای در محل گیاه، وسط و انتهای پیکان استفاده گردید که تحلیل‌های آماری آن‌ها در جدول شماره ۴ ارائه شده است.

جدول شماره ۴: همبستگی بین ۶ پارامتر مورفومتری پیکان ماسه‌ای

عرض در رأس پیکان	عرض در وسط پیکان	عرض در محل گیاه	ارتفاع گیاه	ارتفاع تپه ماسه‌ای	طول پیکان (متر)	همبستگی پیرسون	طول پیکان (متر)
۰/۷۴۸**	۰/۵۹۷**	۰/۳۷۴	۰/۵۳۹*	۰/۴۵۷*	۱	همبستگی پیرسون	طول پیکان (متر)
۰/۰۰	۰/۰۰۵	۰/۱۰۴	۰/۰۱۴	۰/۰۳۴		معناداری	
۰/۵۶۱*	۰/۶۲۲**	۰/۷۶۰**	۰/۹۷۹**	۱	۰/۴۵۷*	همبستگی پیرسون	ارتفاع تپه ماسه‌ای
۰/۰۱۰	۰/۰۰۳	۰/۰۰	۰/۰۰		۰/۰۳۴	معناداری	
۰/۵۸۵**	۰/۶۳۴**	۰/۷۰۳**	۱	۰/۹۷۹**	۰/۵۳۹*	همبستگی پیرسون	ارتفاع گیاه
۰/۰۰۷	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱		۰/۰۰	۰/۰۱۴	معناداری	
۰/۶۳۷**	۰/۷۶۶**	۱	۰/۷۰۳**	۰/۷۶۰**	۰/۳۷۴	همبستگی پیرسون	عرض در محل گیاه
۰/۰۰۳	۰/۰۰		۰/۰۰۱	۰/۰۰	۰/۱۰۴	معناداری	
۰/۸۴۷**	۱	۰/۷۶۶**	۰/۶۳۴**	۰/۶۲۲**	۰/۵۹۷**	همبستگی پیرسون	عرض در وسط پیکان
۰/۰۰		۰/۰۰	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۵	معناداری	
۱	۰/۸۴۷**	۰/۶۳۷**	۰/۵۸۵**	۰/۵۶۱*	۰/۷۴۸**		عرض در قاعده پیکان
	۰/۰۰	۰/۰۰۳	۰/۰۰۷	۰/۰۱۰	۰/۰۰		

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed). (رابطه در سطح ۹۵ درصد معنادار است).

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed). (رابطه در سطح ۹۹ درصد معنادار است).

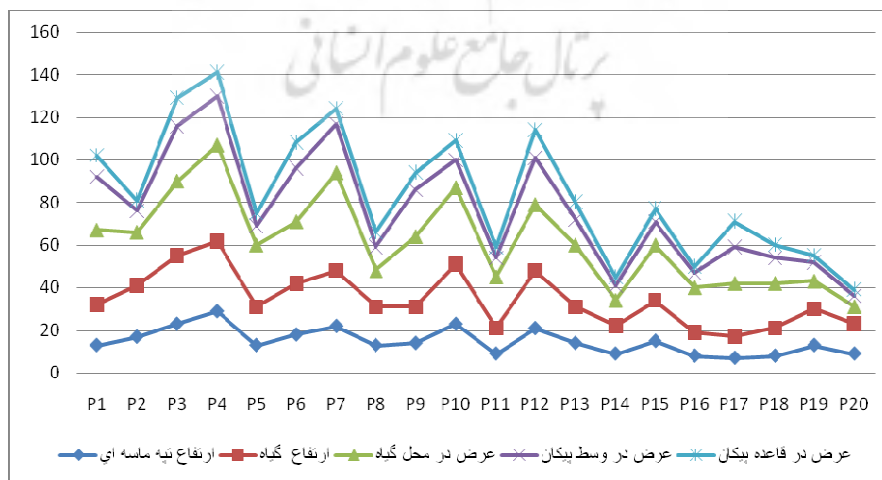


ارتباط معناداری پارامترهای انتخاب شده پیکان ماسه‌ای با یکدیگر نتایج متنوع و متفاوتی را نشان می‌دهد بدین صورت که، بین طول پیکان ماسه‌ای که از مهم‌ترین متغیرهای پیکان ماسه‌ای به شمار می‌رود، با پهنای پیکان در محل گیاه هیچ‌گونه ارتباط معناداری وجود ندارد و ارتباط آن بسیار ضعیف است، اما با پهنای آن در وسط و رأس رابطه تنگاتنگی در حد ۹۹ درصد معناداری را دارا می‌باشد. این مطلب نشان‌دهنده تأثیر کم حجم تپه ماسه‌ای در محل گیاه در اندازه پیکان می‌باشد، هرچند این موضوع ممکن است در بعضی دیگر از انواع پیکان‌های ماسه‌ای در دیگر مناطق بیابانی صدق نکند، امام در منطقه مورد مطالعه گویای چنین واقعیتی می‌باشد (جدول شماره ۴).

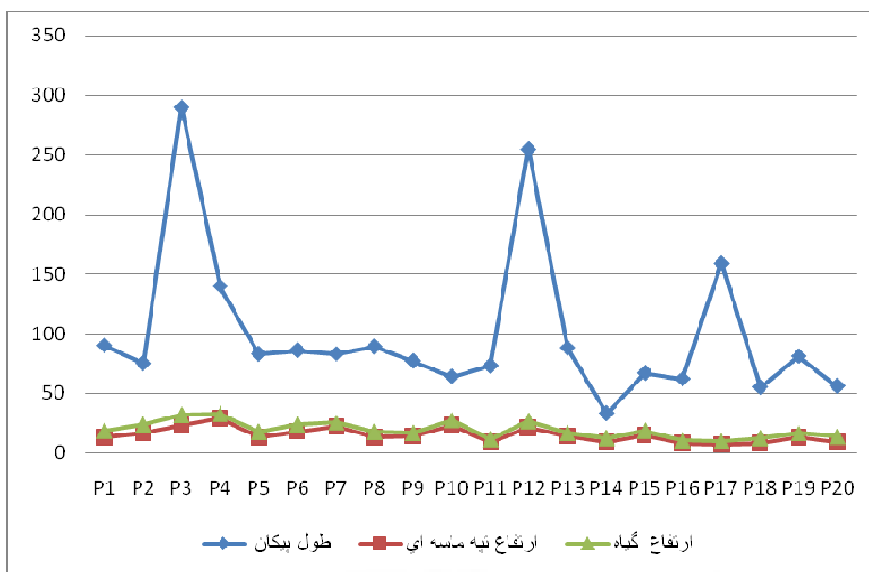
ارتباط ارتفاع تپه ماسه‌ای با سه پارامتر مربوط به پهنای پیکان، عکس ارتباط طول پیکان می‌باشد، بدین صورت که ارتفاع تپه ماسه‌ای با پهنای پیکان در محل گیاه و در وسط پیکان در حد ۹۹ درصد معناداری بوده اما با رأس پیکان در حد ۹۵ درصد معناداری است. بین ارتفاع گیاه با سه پارامتر یادشده همبستگی تنگاتنگی در سطح ۹۹ درصد معناداری وجود دارد. بدین صورت که با افزایش ارتفاع گیاه، پهنای پیکان در قسمت‌های مختلف نیز بیشتر می‌شود. هرچند ممکن است از دید یک ژئومورفولوژیست این موارد بدیهی و روشن باشد اما در این پژوهش با استفاده از مشاهدات تجربی و میدانی و همچنین استدلال‌ها و ابزارهای علمی و عملی، همه این مباحث به اثبات می‌رسد.

در شکل شماره ۷ به مقایسه ۵ پارامتر پرداخته شده است و طول پیکان از نمودار حذف گردیده (به دلیل اندازه بزرگ‌تر آن نسبت به دیگر متغیرها باعث فشردگی دیگر بخش‌های نمودار می‌شد) تا ارتباطات پارامترها تحت تأثیر یکدیگر به روشنی بیان شود. همان‌طور که از روی شکل نیز ملاحظه می‌گردد، پارامترهای انتخاب شده ارتباط تنگاتنگی با یکدیگر دارند و تغییر در هر یک از آن‌ها، باعث تغییر در دیگر پارامترها می‌شود. مسئله قابل توجه در این میان، نقش و تأثیر پوشش گیاهی به عنوان عامل اصلی به وجود آورنده پیکان ماسه‌ای می‌باشد، و تغییر در دیگر پارامترها به‌طور کامل به پوشش گیاهی ارتباط دارد.

در شکل شماره ۸ نیز ۳ پارامتر اصلی پیکان ماسه‌ای با یکدیگر مقایسه شده است، که به روشنی ارتباط و تأثیرپذیری ویژگی‌های مورفومتری اصلی پیکان ماسه‌ای یعنی طول پیکان و ارتفاع تپه از ارتفاع گیاه را نشان می‌دهد. موارد ذکر شده تأثیر مستقیم اندازه گیاه بر ویژگی‌های مورفومتری پیکان‌های ماسه‌ای در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. دلیل اینکه طول پیکان‌ها نسبت به دیگر مناطق بیابانی زیاد نیست، به اندازه پوشش گیاهی مربوط می‌شود.



شکل شماره ۷: مقایسه تغییرات هماهنگ در ارتفاع پارامترهای مورفومتری



شکل شماره ۸: مقایسه تغییرات در ارتفاع پارامترهای منتخب تحت تأثیر یکدیگر

#### تحلیل آماری اجزای مورفومتری پیکان‌ها

در این قسمت از پژوهش به بررسی و تحلیل آماری ویژگی‌های مورفومتری پیکان‌های ماسه‌ای مورد مطالعه پرداخته شده است. اجزای مورفومتری هر پدیده و یا عارضه‌ای، ویژگی‌های شکلی و اندازه و تفاوت هر یک از گونه‌های مورد مطالعه با یکدیگر را بیان می‌کند. پرداختن به این عوامل نشان می‌دهد که در بین پیکان‌های مورد بررسی، بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین آن‌ها چه اندازه می‌باشد و یا اینکه میزان چولگی و کشیدگی و ... بین عوارض مورد مطالعه چگونه است. در بین ۲۰ پیکان ماسه‌ای مورد مطالعه، میانگین ارتفاع گیاه ۱۹/۶ سانتی‌متر است که مد (بیشترین فراوانی) مربوط به اندازه ۱۷ سانتی‌متر است. حداکثر ارتفاع گیاه در بین گونه‌های مورد مطالعه ۳۳ سانتی‌متر و حداقل آن ۱۰ سانتی‌متر است. این موارد نشان می‌دهد که پیکان‌های ماسه‌ای مورد مطالعه به صورت کوچک و در حد چند ۱۰ سانتی‌متر می‌باشد و نسبت به پیکان‌های ماسه‌ای دیگر نقاط تفاوت زیادی دارد، حال وقتی که اندازه گیاهان مورد نظر کوتاه باشد، بالتبع اندازه تپه‌های ماسه‌ای ایجاد شده کوتاه‌تر است به طوری که میانگین اندازه تپه ماسه‌ای ۱۴/۹ سانتی‌متر بوده و مد آن ۱۳ سانتی‌متر است و بزرگ‌ترین تپه ماسه‌ای ایجاد شده ۲۹ سانتی‌متر و کوتاه‌ترین آن ۷ سانتی‌متر است.

طول پیکان ماسه‌ای بسیار مهم است و مهم‌ترین بخش مورفومتری پیکان‌ها محسوب می‌شود زیرا ماهیت و اساس وجودی پیکان و شکل ظاهری پیکان ماسه‌ای به طول آن می‌باشد و اگر پیکان ماسه‌ای طول و کشیدگی نداشته باشد ممکن است در زمره دیگر تپه‌های ماسه‌ای مانند نیکاها قرار بگیرند. در بین پیکان‌های ماسه‌ای مورد مطالعه، طویل‌ترین پیکان ۲۹۰ سانتی‌متر و کوتاه‌ترین آن‌ها ۳۳ سانتی‌متر و تفاوت بین آن‌ها ۲۵۷ سانتی‌متر است. میانگین طول پیکان‌های مورد مطالعه ۱۰۰ سانتی‌متر و انحراف معیار آن‌ها ۰/۶۵ می‌باشد.

در بین عرض‌های مختلف پیکان ماسه‌ای در محل گیاه، وسط و قاعده پیکان، به طور طبیعی بیشترین عرض مربوط به محل گیاه و سپس وسط و در آخر، قاعده پیکان می‌باشد و به همین ترتیب واریانس و انحراف معیار نیز از این روند تبعیت می‌کنند اما در بخش چولگی و کشیدگی کمترین میزان مربوط به عرض پیکان در محل گیاه بوده و بیشترین میزان به قاعده آن اختصاص می‌یابد که این مورد قابل تأمل است (جدول شماره ۵).

جدول شماره ۵: تحلیل آماری اجزای مورفومتری پیکان‌های ماسه‌ای

عرض در قاعده پیکان (CM)	عرض در وسط پیکان (CM)	عرض در محل گیاه (CM)	ارتفاع گیاه (CM)	ارتفاع تپه ماسه‌ای (CM)	طول پیکان (CM)	
۷/۵۵	۱۴/۹	۲۷	۱۹/۶	۱۴/۹	۱۰۰/۳	میانگین
۷	۱۲	۲۷/۵	۱۸	۱۳/۵	۸۲	میانه
۳	۹	۲۹	۱۷	۱۳	۸۳	مد
۳/۳۶	۷/۱۲	۱۰/۰۷	۶/۹	۶/۱۱	۶/۵۲	انحراف معیار
۱۱/۳۱	۵۰/۸۳	۱۰۱/۵۷	۴۷/۷۲	۳۷/۳۵	۴۲/۶	واریانس
۱۰	۲۱	۳۸	۲۳	۲۲	۲۵۷	دامنه تغییرات
۳	۵	۸	۱۰	۷	۳۳	کمترین
۱۳	۲۶	۴۶	۳۳	۲۹	۲۹۰	بیشترین

## گرانولومتری رسوبات پیکان‌های ماسه‌ای

در نمونه برداری از رسوبات مربوط به پیکان ماسه‌ای از سه قسمت رأس، وسط و قاعده پیکان نمونه برداری به عمل آمده است و نتیجه گرانولومتری این رسوبات که در آزمایشگاه انجام شده، در جدول شماره ۶ ارائه گردیده است.

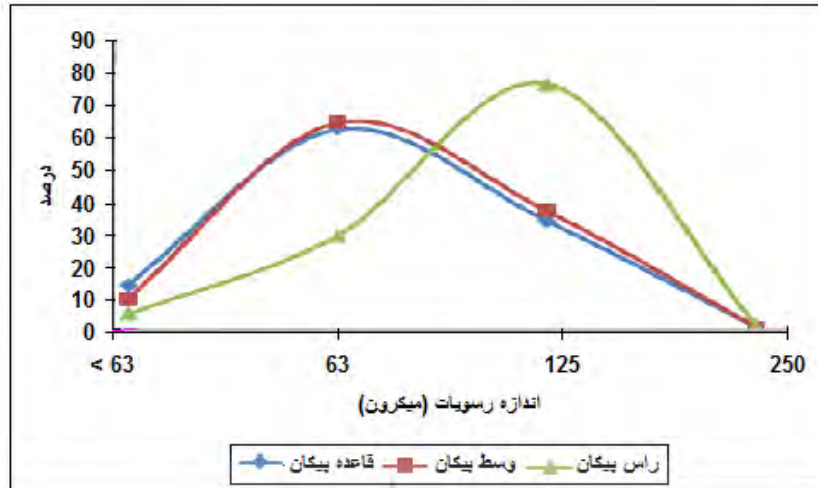
جدول شماره ۶: نتایج گرانولومتری نمونه‌های مختلف پیکان ماسه‌ای

شماره الک کد نمونه	۲۰۰۰ میکرون	۱۰۰۰ میکرون	۵۰۰ میکرون	۲۵۰ میکرون	۱۲۵ میکرون	۶۳ میکرون	کمتر از ۶۳ میکرون	جمع
قاعده پیکان	-	-	-	۰/۴۷	۳۰/۵۶	۵۶/۴۲	۱۲/۵۵	۱۰۰
وسط پیکان	-	-	-	۰/۲۴	۳۳/۱۶	۵۸/۲۱	۸/۳۹	۱۰۰
رأس پیکان	-	-	-	۰/۸۶	۶۸/۸۹	۲۶/۲	۴/۱۵	۱۰۰

## تحلیل فراوانی رسوبات

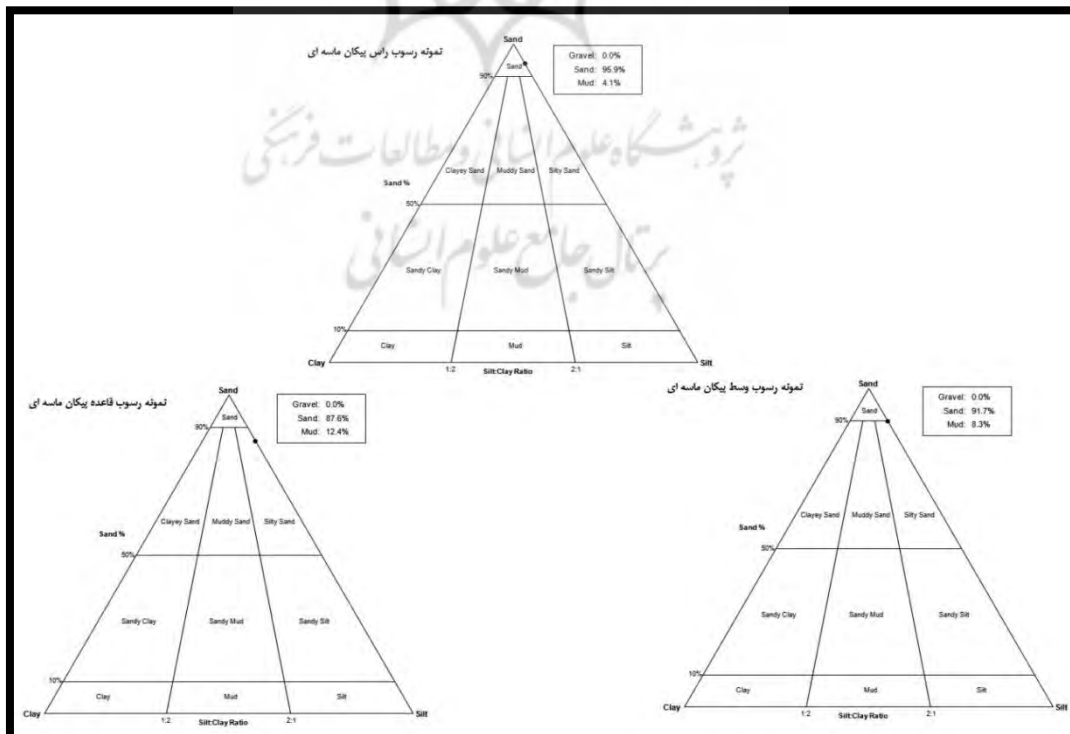
جهت گرانولومتری رسوبات پیکان ماسه‌ای، از سه قسمت پیکان (قاعده، وسط و رأس پیکان) نمونه برداری رسوب انجام شد و رسوبات در آزمایشگاه دانه سنجی شدند. همان‌طور که در جدول شماره ۵ ملاحظه می‌گردد، در هر سه نمونه گرفته شده از قاعده، وسط و رأس پیکان، رسوبات درشت‌دانه با اندازه‌های بیشتر از ۲۵۰ میکرون وجود ندارد، در قسمت ۲۵۰ میکرون ملاحظه می‌گردد که در رأس پیکان نسبت به وسط و قاعده (محل گیاه) آن، رسوبات درشت‌دانه بیشتری وجود دارد که به دلیل حرکت رسوبات درشت‌دانه‌تر به سمت نوک پیکان می‌باشد و بدین صورت است که رسوبات درشت‌دانه‌تر بیشتر در قسمت نوک پیکان دیده می‌شوند که این مورد در برخی دیگر از تپه‌های ماسه‌ای نیز دیده می‌شود مانند برخان که بازوها به نسبت دارای رسوبات درشت‌دانه تری هستند. شکل شماره فراوانی رسوبات در هر یک از اندازه‌ها را نشان می‌دهد. همچنین ریزدانه‌ترین رسوبات که مربوط به خانواده رس‌ها می‌باشند، هرچقدر از محل گیاه به سمت نوک پیکان حرکت کنیم فراوان‌تر می‌باشند و کمترین مقدار رسوبات ریزدانه در نوک پیکان و بیشترین آن در قسمت قاعده (محل گیاه) می‌باشد. در نمونه قاعده و وسط پیکان، ذرات بین ۶۳ تا ۱۲۵ میکرون فراوان‌ترین هستند اما در

نمونه رأس پیکان، ذرات بین ۱۲۵ تا ۲۵۰ میکرون، که این امر نیز حرکت ذرات درشت‌دانه به سمت رأس پیکان را نشان می‌دهد (شکل شماره ۹).



شکل شماره ۹: فراوانی رسوبات در هر یک از اندازه‌ها

نمونه رسوبات وارد نرم‌افزار Gradstaet شد و سپس دیاگرام رسوبات ترسیم گردید. در دیاگرام‌های ترسیم‌شده که مربوط به هر سه نمونه است و در شکل شماره ۱۰ ارائه گردیده است، نشان می‌دهد که نمونه رسوب مربوط به رأس پیکان ماسه‌ای با دارا بودن حدود ۹۵ درصد ماسه، و حدود ۴ درصد رس و گل، در قسمت ماسه قرار می‌گیرد. نمونه رسوبات مربوط به وسط پیکان ماسه‌ای با داشتن حدود ۹۱ درصد ماسه و همچنین ۸ درصد گل و رس در مرز بین ماسه‌ای و سیلتی قرار می‌گیرند و نمونه مربوط به قاعده پیکان، با دارا بودن ۸۷ درصد ماسه و ۱۲ درصد گل و رس در محدوده سیلتی- ماسه‌ای قرار می‌گیرد.



شکل شماره ۱۰: دیاگرام تحلیلی نرم‌افزار Gradstate

### نتیجه‌گیری

فرآیند شکل‌زایی مسلط در مناطق بیابانی فرآیندهای بادی است که باعث به وجود آمدن اشکال متنوعی تحت تأثیر جابجایی و حمل ماسه می‌شود. در این مناطق بادهای مسلح به ذرات ماسه هستند و به محض کاهش سرعت باد رسوب‌گذاری ماسه‌ها آغاز می‌شود، ذرات معلق به صورت پوششی نازک بر سطح زمین فرود می‌آیند، ذرات غلطان به محض برخورد با مانع متوقف می‌شوند اما جابجایی ذرات در حال جهش بیش از ذرات غلطان است. یکی از اشکال ماسه‌ای که در محیط‌های بیابانی استپی توسط ذرات جهشی به وجود می‌آید پیکان‌های ماسه‌ای است.

در این پژوهش که به بررسی ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی پیکان‌های ماسه‌ای در ساحل شمالی دریای عمان پرداخته شده، این نتایج استخراج گردیده است. ابتدا به بررسی ارتباط و همبستگی بین طول پیکان ماسه‌ای با ارتفاع تپه و تاج گیاه پرداخته شده است و نتایج نشان داد که طول پیکان ماسه‌ای با ارتفاع تپه و ارتفاع گیاه در سطح ۹۵ درصد معناداری ارتباط دارند. اما ارتفاع گیاه با ارتفاع تپه ماسه‌ای در سطح ۹۹ درصد معناداری با یکدیگر ارتباط دارند. با توجه به موارد ذکر شده، با افزایش ارتفاع گیاه، طول پیکان بیشتر شده و همچنین ارتفاع تپه ماسه‌ای افزایش پیدا می‌کند. ارتباط ارتفاع تپه ماسه‌ای با سه پارامتر مربوط به پهنای (عرض) پیکان، عکس ارتباط طول پیکان می‌باشد، بدین صورت که ارتفاع تپه ماسه‌ای با پهنای پیکان در محل گیاه و در وسط پیکان در حد ۹۹ درصد معناداری بوده اما با رأس پیکان در حد ۹۵ درصد معناداری است. بین ارتفاع گیاه با سه پارامتر یادشده همبستگی تنگاتنگی در سطح ۹۹ درصد معناداری وجود دارد. بدین صورت که با افزایش ارتفاع گیاه، پهنای پیکان در قسمت‌های مختلف نیز بیشتر می‌شود. علاوه بر این، بین طول پیکان ماسه‌ای که از مهم‌ترین متغیرهای پیکان ماسه‌ای به شمار می‌رود، با پهنای پیکان در محل گیاه هیچ‌گونه ارتباط معناداری وجود ندارد و ارتباط آن بسیار ضعیف است، اما با پهنای آن در وسط و رأس رابطه تنگاتنگی در حد ۹۹ درصد معناداری را دارا می‌باشد.

میانگین ارتفاع گیاه ۱۹/۶ سانتی‌متر است که مد (بیشترین فراوانی) مربوط به اندازه ۱۷ سانتی‌متر است. حداکثر ارتفاع گیاه در بین گونه‌های مورد مطالعه ۳۳ سانتی‌متر و حداقل آن ۱۰ سانتی‌متر است. این موارد نشان می‌دهد که پیکان‌های ماسه‌ای مورد مطالعه به صورت کوچک و در حد چند ۱۰ سانتی‌متر می‌باشد و نسبت به پیکان‌های ماسه‌ای دیگر نقاط تفاوت زیادی دارد. در بین پیکان‌های ماسه‌ای مورد مطالعه، طولی‌ترین پیکان ۲۹۰ سانتی‌متر و کوتاه‌ترین آن‌ها ۳۳ سانتی‌متر و تفاوت بین آن‌ها ۲۵۷ سانتی‌متر است. میانگین طول پیکان‌های مورد مطالعه ۱۰۰ سانتی‌متر و انحراف معیار آن‌ها ۰/۶۵ می‌باشد. نتایج دانه سنجی رسوبات نشان می‌دهد که درشت‌دانه‌ترین رسوبات در رأس پیکان قرار داشته و هرچقدر به سمت قاعده و محل گیاه حرکت می‌کنیم از اندازه رسوبات کاسته می‌شود.

### منابع

- محمودی، فرج‌اله. ۱۳۸۵. ژئومورفولوژی دینامیک. انتشارات پیام نور.
- ثابتی، حبیب‌الله. ۱۳۸۲. جنگل‌ها، درختان و درختچه‌های ایران. انتشارات دانشگاه یزد.
- مقصودی، مهران. نگهبان، سعید. باقری سیدشکری، سجاد. ۱۳۹۳. تحلیل مورفومتری پیکان‌های ماسه‌ای حاصل از گونه خارشتر (*Alhagi maurorum*) در غرب دشت لوت (شرق شهداد). کاوش‌های جغرافیایی مناطق بیابانی. سال دوم. شماره ۳. صص ۲۰-۱.

- Bagnold R. A., 1941. *The Physics of Blown Sand and Desert Dune*. London: Methuen & Co. Ltd. 172 - 218.
- Besler, H., 1992. *Geomorphology der ariden Gebiete*. Wiss.Buchges, Darmstadt.
- Brookfield, T.S., Ahlbrandt, M.E., 1983. *Eolian Sediments and Processes*. Elsevier, Amsterdam.

- Corrigan B.M., B-E. Van Wyk, C.J. Geldenhuys, J.F. Durand. 2008. *Vegetation cover changes of the Sand Forest in the KwaNibela Peninsula, St Lucia from 1937–2002. South African Journal of Botany, Volume 74, Page 364.*
- Dong Zhibao, Jianjun Qu, Xunming Wang, Guangqiang Qian, Wanyin Luo, Zhenhai Wei. 2008. *Pseudo-feathery dunes in the Kumtagh Desert. Geomorphology, Volume 100, Pages 328-334.*
- Haney Alan, Marlin Bowles, Steven Apfelbaum, Emily Lain, Tom Post. 2008. *Gradient analysis of an eastern sand savanna's woody vegetation, and its long-term responses to restored fire processes. Forest Ecology and Management, Volume 256, Pages 1560-1571.*
- Karavas Nikolas, Kyriacos Georghiou, Margarita Arianoutsou, Dimitris Dimopoulos. 2005. *Vegetation and sand characteristics influencing nesting activity of Caretta caretta on Sekania beach. Biological Conservation, Volume 121, Pages 177-188.*
- Kocurek, G., 1996. *Desert aeolian systems. In: Reading, H.G. Ed. , Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy. 3rd edn. Blackwell, Oxford, pp. 125–153.*
- Lancaster, N., 1995. *Geomorphology of desert dunes. Routledge, London.*
- Li Houqiang, Ai Nanshan, 1992. *Turbulent theory for wind-accumulated landform formation. Journal of Desert Research, 12. (3): 1-9. (in Chinese).*
- Ling Yuquan, 1990. *Flow field characteristics and their relationship to the intensity of drifting sand activity in the Taklimakan Desert. In: DIEERDE, Berlin. 6: 113-121.*
- Liu Zhenxing, 1960. *Movement of dune under the action of wind. Acta Meteorologica Sinica, 31 ( 1 ) : 84 - 91. (in Chinese).*
- Livingstone Ian, Giles F.S. Wiggs, Corinne M. Weaver. 2007. *Geomorphology of desert sand dunes: A review of recent progress. Earth-Science Reviews, Volume 80, Pages 239-257.*
- Mckee E. D. , 1979. *A Study of Global Sand Sea. Washington: U. S. Govement Printing Office. 8 - 19.*
- Musick, H. B. and Gillette, S. M. 1996. 'Wind-tunnel modelling of the influence of vegetation structure on saltation threshold', *Earth Surface Processes and Landforms, 21, 589–606.*
- 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, Vol. 21, PP.589-606.*
- Nickling, W.G., 1986. *Aeolian Geomorphology. Allen and Un-win, London.*
- Pye, K., Tsoar, H., 1990. *Aeolian Sand and Sand Dunes. Unwin Hyman, London.*
- Tsoar, H. and Møller, J. T. 1986. 'The role of vegetation in the formation of linear sand dunes', in Nickling, W. G. (Ed.), *Aeolian Geomorphology, Allen and Unwin, Boston, 75–95.*
- 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. ۴۸–۵۰.*
- Zhu Zhenda, Wu Zhen, Liu Shu et al. , 1980. *Desert in China. Beijing: Science press. 36-55 (ir~ Chinese).*