

بررسی تطبیقی جهات باد و مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای ریگ جن

یلدا فتاحی*^۱، علی اکبر نظری سامانی^۲، حمیدرضا عباسی^۳، حسن احمدی^۴

۱- دانشجوی دکترای بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۲- دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۳- مربی پژوهشی موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور

۴- استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۷/۲۱

تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۵/۹/۷

چکیده

پژوهش حاضر به بررسی نقش جهات باد بر مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای ریگ جن پرداخته است. برای دستیابی به این هدف آمار باد ایستگاه‌های سینوپتیک اطراف ریگ بررسی شد و جهت باد غالب و جهت انتقال ماسه تعیین شد. سپس به کمک بررسی عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث و بازدید میدانی ضمن تعیین دقیق مرز جغرافیایی ریگ، انواع تپه‌های ماسه‌ای موجود در ارگ شناسایی و نقشه مورفولوژی ارگ تهیه شد. نتایج نشان داد که جهت بادهای فرساینده مؤثر در شکل‌گیری تپه‌های ماسه‌ای و جهت انتقال ماسه در سرتاسر منطقه یکسان نبوده و بنابراین ریگ جن را می‌توان از نظر مورفولوژی تپه‌ها به دو بخش کاملاً مجزا تقسیم نمود. رشته‌های طولی بلند در نیمه شمالی ارگ، که با جهات باد شمال شرقی جنوب غربی این نیمه منطبق است و تپه‌های شبکه‌ای و هرم‌های ماسه‌ای قسمت جنوبی ارگ که علاوه بر جهات بادهای چندگانه شمال غرب، شمال شرق، غرب و شرق، عوامل توپوگرافی نیز بر روی مورفولوژی این دسته از تپه‌ها مؤثر است.

واژه‌های کلیدی: تپه‌های ماسه‌ای، ریگ جن، گلباد، گلماسه، مورفولوژی.

مقدمه

ریگزارها را بدون احتساب پهنه‌های ماسه‌ای ۳/۵ میلیون هکتار برآورد کرده‌اند. اختصاصی و همکاران (۱۳۸۴) در تحقیقی در منطقه یزد، کاربرد گل‌باد، گل‌توفان و گل‌ماسه را در فرسایش بادی مورد مطالعه قرار دادند و به کمک آن‌ها، جهت بادهای غالب یزد را تعیین کردند. صارمی نائینی و همکاران (۱۳۸۵) با بررسی و آنالیز گل‌باد، گل‌توفان و گل‌ماسه در دشت یزد- اردکان به این نتیجه رسیدند که جهت حرکت عمومی ماسه‌های روان از سمت جنوب‌غرب به سمت شمال‌شرق است که با مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای موجود در سطح منطقه به خوبی انطباق دارد و جهت بادهای فرساینده نیز از غرب تا شمال‌غرب تشخیص داده شد. مشهدی و همکاران (۱۳۸۵) در مقاله خود تحت‌عنوان مطالعه مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای ارگ خارتوران، ضمن شناسایی اشکال مختلف تپه‌های ماسه‌ای موجود در این ارگ بر اساس فرم این تپه‌ها، نتیجه‌گیری کرده‌اند که باد غالب منطقه شمال‌شرق- جنوب‌غرب و بادهای فرعی و بعضاً بادهای قوی شمالی- جنوبی می‌باشند. با توجه به موارد فوق، هدف مقاله پیش رو، تعیین جهت بادهای غالب و طوفان‌زا، بررسی نقش رژیم باد بر شکل‌گیری انواع مختلف تپه‌های ماسه‌ای و تعیین جهت نهایی حمل ماسه در ریگ جن است. بدیهی است دستیابی به این اهداف، نقش بسزایی در طراحی بادشکن‌ها و پروژه‌های تثبیت تپه‌های ماسه‌ای دارد.

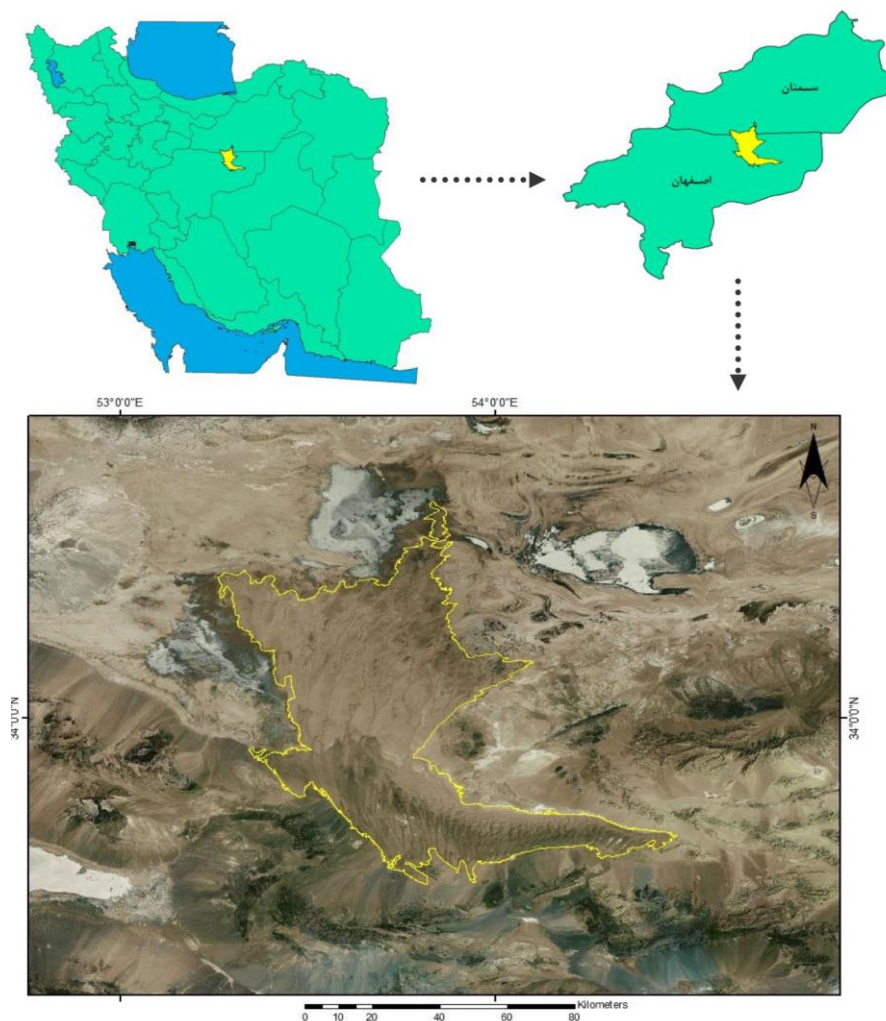
مواد و روش‌ها

ریگ جن سومین ریگ بزرگ ایران است که در جنوب‌غربی دشت کویر پراکنده می‌باشد. گسترش ریگ از شمال‌غرب به جنوب‌شرق است و وسعتی در حدود ۴۵۲۶ کیلومتر مربع دارد و در محدوده

حدود ۲۴ میلیون هکتار از اراضی کشور ایران تحت‌تأثیر فرسایش بادی است (سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور، ۱۳۸۱)، که نزدیک به ۴/۸ میلیون هکتار از این اراضی در سیطره ناهمواری‌ها و پهنه‌های ماسه‌ای قرار دارد (عباسی و همکاران، ۱۳۹۲). باد عامل فرساینده و کمیتی برداری است که دارای جهت، سرعت و تلاطم بوده و تعیین کننده شکل و میزان فعالیت تپه‌های ماسه‌ای است (تسوار، ۲۰۰۵). برای تشخیص جهت و مسیر حرکت باد و منبع رسوبات در مناطق مختلف می‌توان از گل‌باد، گل‌توفان، گلماسه و اشکال فرسایش بادی موجود بهره برد. تعیین جهت باد از روی اشکال تپه‌های ماسه‌ای به سادگی امکان‌پذیر است (احمدی، ۲۰۰۱). بگنولد به‌عنوان یکی از پیشگامان علم فرسایش بادی در مطالعات آزمایشگاهی خود سرعت آستانه فرسایش بادی، که نشان‌دهنده آستانه حرکت ذرات مختلف خاک است را به‌عنوان شاخصی برای تعیین ارتباط بین قطر ذرات و سرعت آستانه برشی سیال و آستانه ضربه‌ای ارائه نمود (بگنولد، ۱۹۷۳). وانگ و همکاران (۲۰۰۵) ژئومورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای شمال شرق تاکلماکان را مورد بررسی قرار داده و بر اساس نقش شرایط بادی در تغییرات مورفولوژی عوارض ماسه‌ای، تپه‌های ماسه‌ای را به سه دسته تپه‌های بارخانی مرکب، تپه‌های ماسه‌ای زنجیره‌ای و تپه‌های ستاره‌ای تقسیم کردند. سیلوسترو و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی مورفولوژی تپه‌ها در شرق منطقه تاماسیا مسیر حمل ماسه و مناطق احتمالی منشأ را شناسایی کردند، آنها دریافتند که تغییرات شدید در رژیم باد منجر به پیچیدگی الگوی تلماسه‌ها می‌شود. در ایران نیز محققینی از جمله محمودی (۱۳۸۱) به بررسی ویژگی‌های کلی ریگزارهای بزرگ ایران پرداخته و مساحت

تیره رنگی استقرار یافته که اغلب به طور پراکنده، در داخل آن دشت‌های کویری مشاهده می‌شوند. چون هیچ مانع خاصی در داخل دشت وجود ندارد، بنابراین ریگ به صورت قطعات کشیده و جدا از هم در امتداد باد تشکیل شده و به سمت جنوب به تدریج، بازوهای آن به وسیله پل‌های (رشته‌های) ارتباطی به هم اتصال یافته‌اند. در حد فاصل بازوها، دشت‌های وسیع ریگی در امتداد بادهای مسلط یعنی در جهت شمال شرقی به جنوب غربی قرار دارند (محمودی، ۱۳۸۱). در شکل ۱، موقعیت ریگ جن در نقشه ایران نشان داده شده است.

جغرافیایی $30^{\circ}N$ تا $34^{\circ}N$ عرض شمالی و $45^{\circ}E$ تا $54^{\circ}E$ طول شرقی قرار دارد و پیدایش آن بیشتر در ارتباط با رسوب‌های تبخیری چین خورده میوسن و آبرفت مخروط افکنه‌های دامنه جنوبی البرز در نیمه غربی دشت کویر است که تحت تأثیر بادهای محلی در جهت شمال شرقی به جنوب غربی و تقریباً متکی به کوهستان‌های حاشیه جنوب غربی دشت کویر، شکل گرفته است. زیر بنای ریگ جن یک دشت فرسایش یافته است که در حال حاضر تپه‌های ماسه‌ای آن را اشغال کردند. نیمه شمالی ریگ بر سطح دشت ریگی



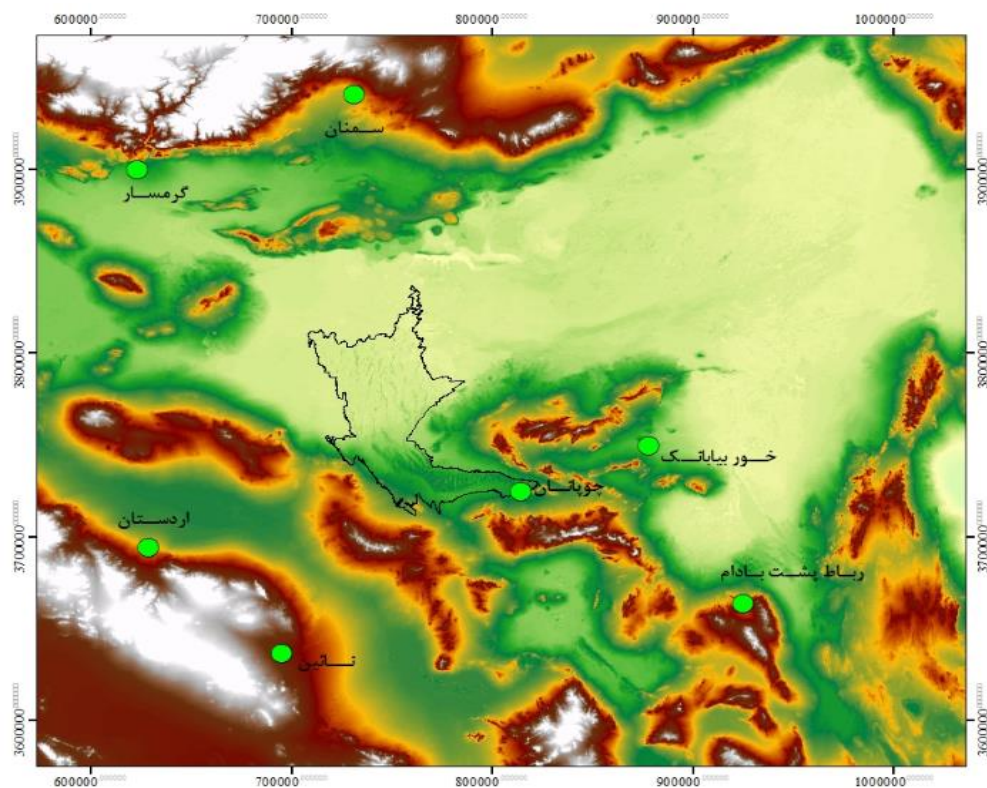
شکل ۱: موقعیت ریگ جن در نقشه ایران

سمنان و گرمسار (طی یک دوره آماری ۱۸ ساله ۲۰۱۰-۱۹۹۲) از سازمان هواشناسی اخذ گردید (جدول ۱). شکل ۲ موقعیت این ایستگاه‌ها در اطراف ریگ جن را نشان می‌دهد.

در این تحقیق به منظور بررسی ارتباط بین مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای واقع در ریگ جن و رژیم بادی منطقه، آمار بلندمدت روزانه باد ایستگاه‌های سینوپتیک مجاور ریگ جن شامل ایستگاه‌های نائین، اردستان، چوپانان، خوروبیابانک، رباط پشت بادام،

جدول ۱: ایستگاه‌های سینوپتیک مورد مطالعه و فاصله آنها از ریگ جن

ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	فاصله از ارگ (Km)
نائین	۵۳° ۵۰' E	۳۲° ۵۱' N	۹۸
اردستان	۵۲° ۲۳' E	۳۳° ۲۳' N	۱۱۰
چوپانان	۵۴° ۲۳' E	۳۳° ۳۷' N	واقع در حاشیه ریگ
خوروبیابانک	۵۵° ۵۰' E	۳۳° ۴۷' N	۶۰
رباط پشت بادام	۵۵° ۳۳' E	۳۳° ۲۰' N	۱۲۴
سمنان	۵۳° ۳۳' E	۳۵° ۳۵' N	۱۱۲
گرمسار	۵۲° ۲۱' E	۳۵° ۱۴' N	۱۲۶



شکل ۲: موقعیت ایستگاه‌های سینوپتیک اطراف ریگ جن

خلاف گل توفان درصد فراوانی بادها در نظر نبوده و به جای آن عامل دیگری تحت عنوان توانمندی حمل ماسه (DP^۲) را، که در حقیقت بازگو کننده توان باد در حمل ذرات خاک می باشد، برای جهات مختلف محاسبه می کند، سپس با جمع برداری آن ها جهت نهایی حمل ماسه (RDD^۳) در منطقه مشخص می شود. نمایه دیگری که از ترسیم گلماسه توسط این نرم افزار حاصل می شود، نمایه همگنی جهت حمل ماسه (UDI^۴) است که نسبت مقدار نهایی حمل ماسه (اندازه بردار منتهجه، RDP^۵) به کل توان حمل ماسه (DPt^۶) را نشان می دهد. هرچه مقدار این نمایه به عدد یک نزدیک تر باشد، بادهای یک جهته در منطقه زیادتر بوده و به تبع آن تپه های ماسه ای از نوع بارخان می باشند و برعکس هر چه این مقدار به سمت صفر تمایل پیدا کند، بادهای قدرتمند چند جهتی بر منطقه حاکم خواهند شد، در نتیجه تپه ها از نوع ستاره ای یا قورد می باشند. در شکل گیری ابعاد تپه ها عوامل گوناگونی از جمله نیروی باد و جهت باد دخالت دارند به طوری که تپه های ماسه ای خطی در بادهای شدید که از دو جهت می وزند یعنی نمایه به صفر نزدیک تر است، دارای ابعاد بزرگتر بوده ولی فاصله آنها از یکدیگر نسبت به بادهایی که از یک جهت می وزند کمتر می باشد. تپه های ماسه ای دارای تنوع شکلی گسترده ای هستند (شکل ۳) و بین دو منطقه تپه ماسه ای یا در طول یک منطقه ارگ تپه های ماسه ای متفاوت یافت می شوند. همچنین یک شکل ممکن است بر روی تپه دیگری ایجاد شود. قدر مسلم، تپه های تپه ماسه ای پایه ای وجود دارند که در بسیاری از بیابان های جهان به صورت مشترک یافت می شوند. در خصوص طبقه بندی مورفولوژی

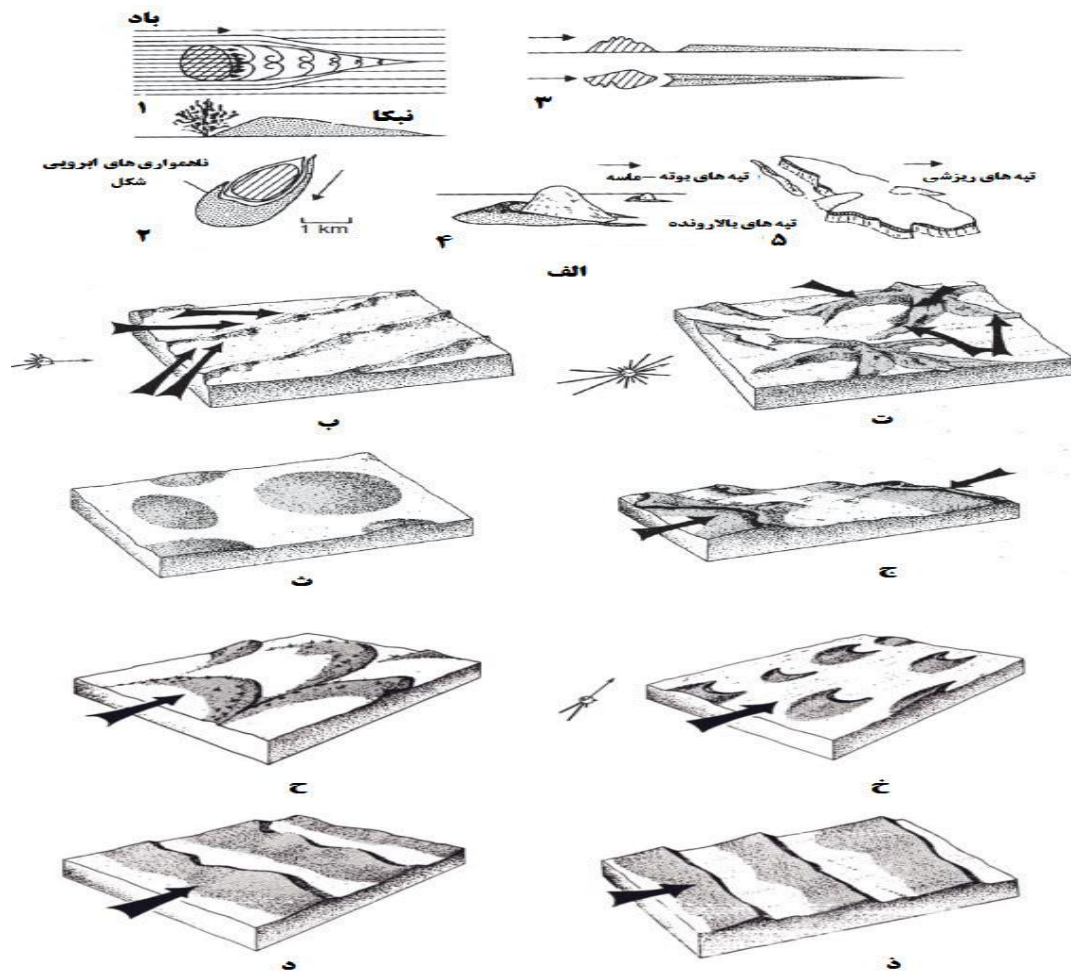
به کمک نرم افزارهای گلباد و گلماسه نما وضعیت بادهای فرساینده در منطقه مورد بررسی قرار گرفت. جهت ترسیم گلباد با استفاده از نرم افزار WRPLOT View 5.2.1، ابتدا داده های باد سنجی ایستگاه مورد نظر با استفاده از نرم افزار WD 2.0 convert، به صورت یکی از قالب هایی که نرم افزار قادر به قرائت آن است، تبدیل شد. در حقیقت نرم افزار واسطه ای است که با هدف تبدیل داده های بادسنجی ثبت شده در ایستگاه های هواشناسی کشور به فرمت هایی نظیر Lakes، SCRAM و غیره طراحی گردیده است، تا امکان قرائت داده های بادسنجی توسط نرم افزار WRPLOT فراهم گردد. بعد از تبدیل داده های هواشناسی به فرمت مورد نظر، گلبادهای سالانه ایستگاه های مطالعاتی در جهات ۸ گانه ترسیم شد. گلباد فراوانی، سمت و سرعت بادها را در هر جهت نمایش می دهد که به کمک آن می توان تا حدی به جهت و فراوانی شدیدترین بادهای منطقه پی برد، ولی شاخص مناسبی برای تحلیل و بررسی بادهای توفانی و گرد و غبار نیست، چرا که در محاسبات مربوط به رسم گلباد، کلیه بادهای با سرعت بیش از یک نات (۰/۵۴ متر بر ثانیه) دخالت داده می شوند. در حقیقت گلباد صرفاً تحلیل سینوپتیکی و هواشناسی باد است (احمدی، ۱۳۸۷). برای رفع مشکل مذکور و تحلیل دقیق تر بادهای فرساینده و مولد توفان گرد و خاک، نمودار دیگری با عنوان گل توفان ترسیم شد. سرعت آستانه ای که برای رسم گل توفان منظور شد ۶/۵ متر بر ثانیه (۱۳ نات) بود. برای رسم گلماسه از نرم افزار Sand Rose Graph 3.0 استفاده شد، گلماسه همانند گل توفان با توجه به میزان سرعت آستانه ترسیم می گردد. با این اختلاف که در گلماسه بر

5-RDP: Resultant Drift Potential
6-DPt: : Total Drift Potential

2-DP: Drift Potential
3-RDD: Resultant Drift Direction
4-UDI: Uni directional Index

این اساس تپه‌های ماسه‌ای به انواع سیف، بارخان، سیلک، تپه‌های موج و هرم‌های ماسه‌ای تفکیک گردیده‌است (احمدی، ۱۳۸۷).

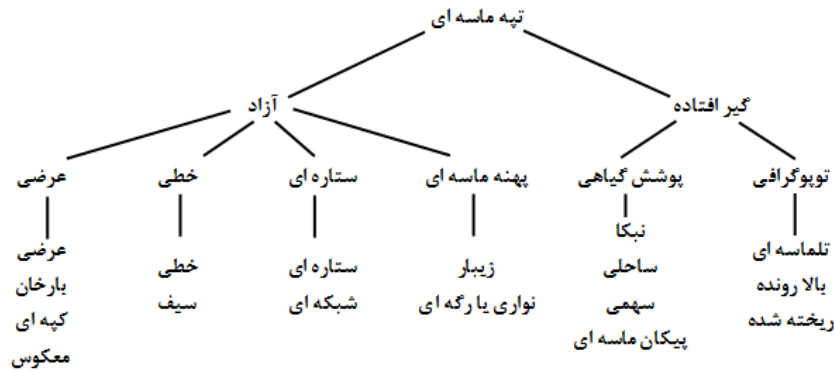
تپه‌های ماسه‌ای روش‌های متفاوتی توسط محققین مختلف ارائه شده‌است. روش‌های اولیه توسط فرانسوی‌ها ارائه شد که در ایران توسط احمدی بر روی ناهمواری‌های کشور منطبق گردید که بر



شکل ۳: برخی از تپه‌های اصلی تپه‌های ماسه‌ای که در بیابان‌های جهان قابل تشخیص‌اند. الف) تپه‌های مانعی یا توپوگرافیک. ۱- تپه‌های کوچک یا نیکا که در مناطق با سرعت کم باد در دامنه پشت به باد بوت‌ه تشکیل می‌شود. ۲- ناهمواری‌های ابرویی شکل هلالی که در دامنه مخالف وزش باد یک فرورفتگی (چاله یا کفه) بیابانی تشکیل می‌شود. ۳- تپه‌های ماسه‌ای باد-پناهی که در دامنه پشت به باد ناهمواری‌ها تشکیل می‌شود (مانند پیکان ماسه‌ای). ۴- تپه‌های ماسه‌ای که در دامنه رو به باد ناهمواری‌ها (توپوگرافی یا منفرد) تشکیل می‌شوند. ۵- تپه‌های ماسه‌ای تشکیل شده در مجاورت یک فلات. ب) تپه‌های خطی یا سیف. جهت فلش نشان دهنده باد غالب احتمالی است؛ ت) تپه‌های ستاره‌ای شکل. فلش نشان دهنده جهت باد موثر است؛ ث) تپه‌های گنبدی شکل؛ ج) تپه‌های رفت و برگشتی (معکوس)؛ ح) تپه‌های سهمی شکل؛ خ) تپه‌های بارخانی؛ د) پشته‌های بارخان‌نوییدی؛ ذ) تپه‌های عرضی (گودی، ۱۹۸۴).

ماسه‌ای) و گیرافتاده توسط پوشش گیاهی (شامل نیکا، تلماسه و غیره) یا شرایط توپوگرافی (بالارونده، ریخته‌شده و غیره) تقسیم کردند. در شکل ۴، جزئیات این طبقه‌بندی ارائه شده است.

طبقه‌بندی جامع دیگری در خصوص شکل‌گیری تپه‌های ماسه‌ای توسط لیوینگستون و وارن (۱۹۹۶) ارائه شده است، که تپه‌ها را به دو دسته آزاد (شامل تپه‌های عرضی، خطی، ستاره‌ای و پهنه آزاد)



شکل ۴: طبقه‌بندی تپه‌های ماسه‌ای براساس مرفولوژی (لیوینگستون و وارن، ۱۹۹۶)

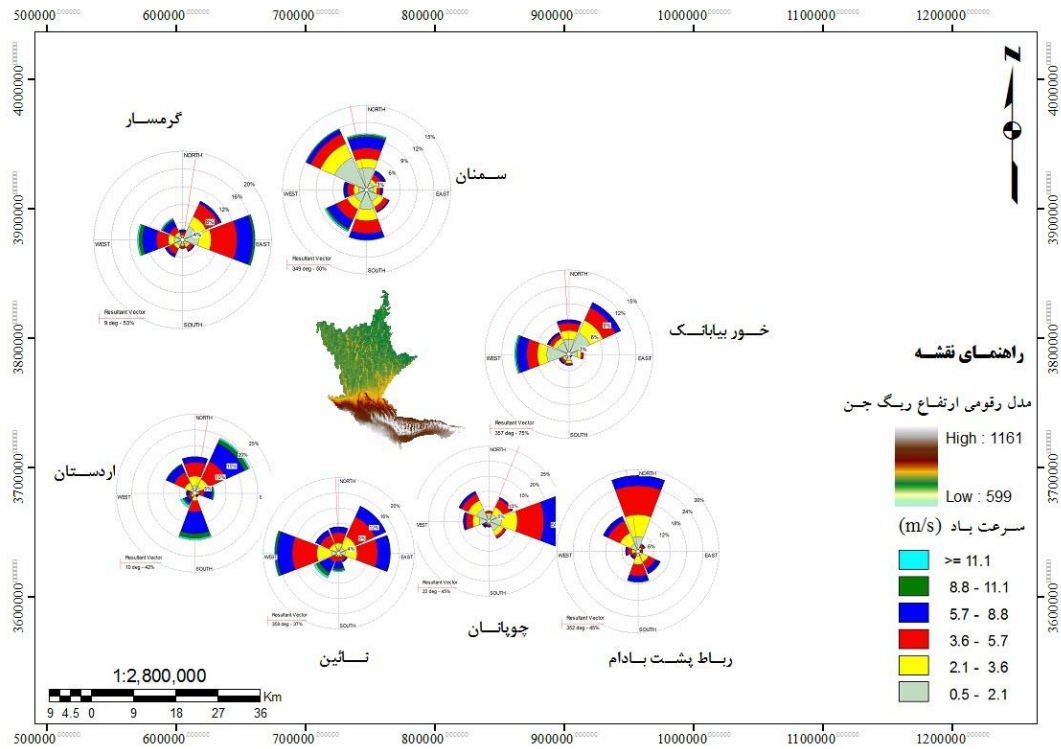
بحث و نتایج

تجزیه و تحلیل داده‌های باد: شکل ۵، گل‌باد ایستگاه‌های مورد بررسی را طی یک دوره آماری مشترک هجده ساله (۲۰۱۰-۱۹۹۲) نشان می‌دهد. گل‌باد سالانه ایستگاه‌ها، نشان می‌دهد که وزش بادهای در نائین از سمت غرب، اردستان از سمت شمال شرق و جنوب، چوپانان و گرمسار از سمت شرق، خورویبایانک از سمت شمال شرق، رباط‌پشت‌بادام از سمت شمال و سمنان از سمت شمال غرب، بیشترین فراوانی را دارند. به منظور تحلیل بادهای فرساینده و توفان‌زا در هر منطقه، از گل‌توفان‌های مربوط به کمترین سرعت آستانه فرسایش بادی در ارتفاع ۱۰ متری (۶/۵ متر بر ثانیه) استفاده و بر اساس آن وضعیت بادهای فرساینده در منطقه بررسی شد (شکل ۶). گل‌توفان سالانه ایستگاه‌ها نشان می‌دهد که بادهای فرساینده به ترتیب در نائین از سمت جنوب غرب، اردستان از سمت جنوب، چوپانان از

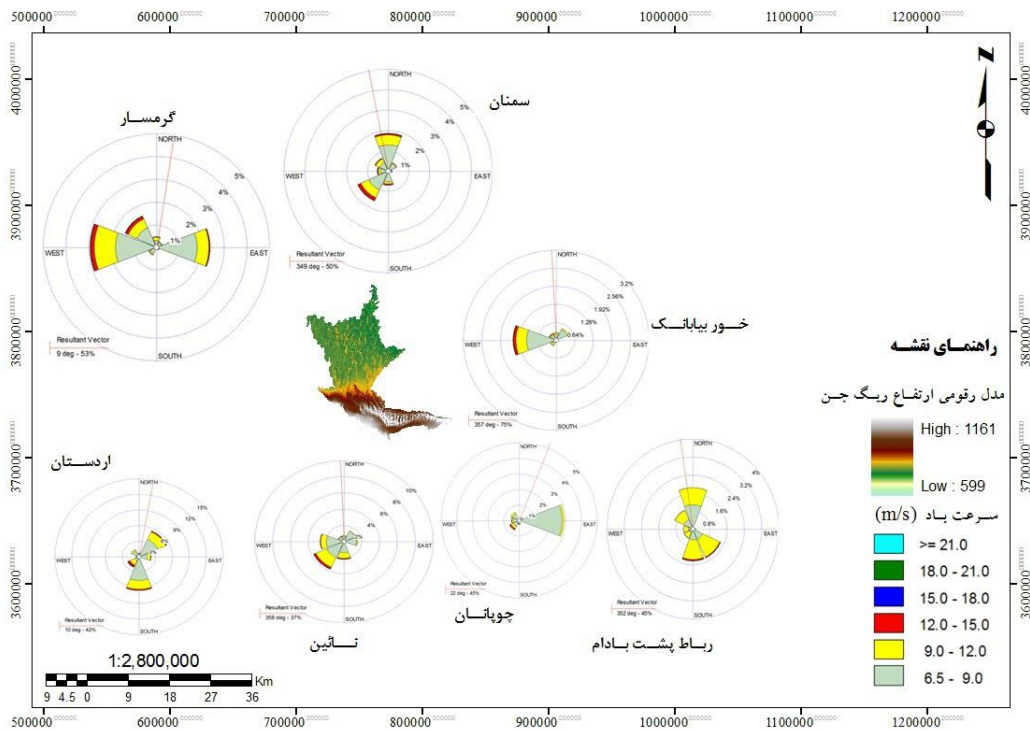
در مطالعه حاضر سعی شد تا براساس منابع اطلاعاتی موجود و همچنین بازدیدها و برداشت‌های صحرایی زمینه لازم برای تجزیه و تحلیل و شکل‌سنجی تپه‌های ماسه‌ای ریگ جن فراهم گردد. به همین منظور ابتدا با استفاده از عکس‌های هوایی به مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ و نقشه‌های توپوگرافی به مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰۰، محدوده تپه‌های ماسه‌ای مرزبندی و نوع اشکال تپه‌های ماسه‌ای با توجه به تقسیم‌بندی‌های تشریح شده، تشخیص داده شد. با استفاده از دستگاه GPS و تصاویر ماهواره‌ای جدید اخذ شده از Google Earth-pro4، محدوده هر کدام از اشکال تپه‌های ماسه‌ای کنترل و در نرم‌افزار Arc GIS 9.3، نقشه‌ها رقومی شده و وسعت این ناهمواری‌ها تعیین شد. سپس میزان انطباق شکل تپه‌ها با شاخص‌های محاسبه شده از جمله شاخص UDI، مورد بررسی قرار گرفت.

در هر یک از ایستگاه‌ها را نشان می‌دهد. مشابه نتایج به‌دست آمده از ترسیم گل‌باد و گل‌توفان، شاخص‌های گلماسه نیز، رژیم‌های بادی متفاوتی را در ایستگاه‌های منتخب گزارش می‌دهد.

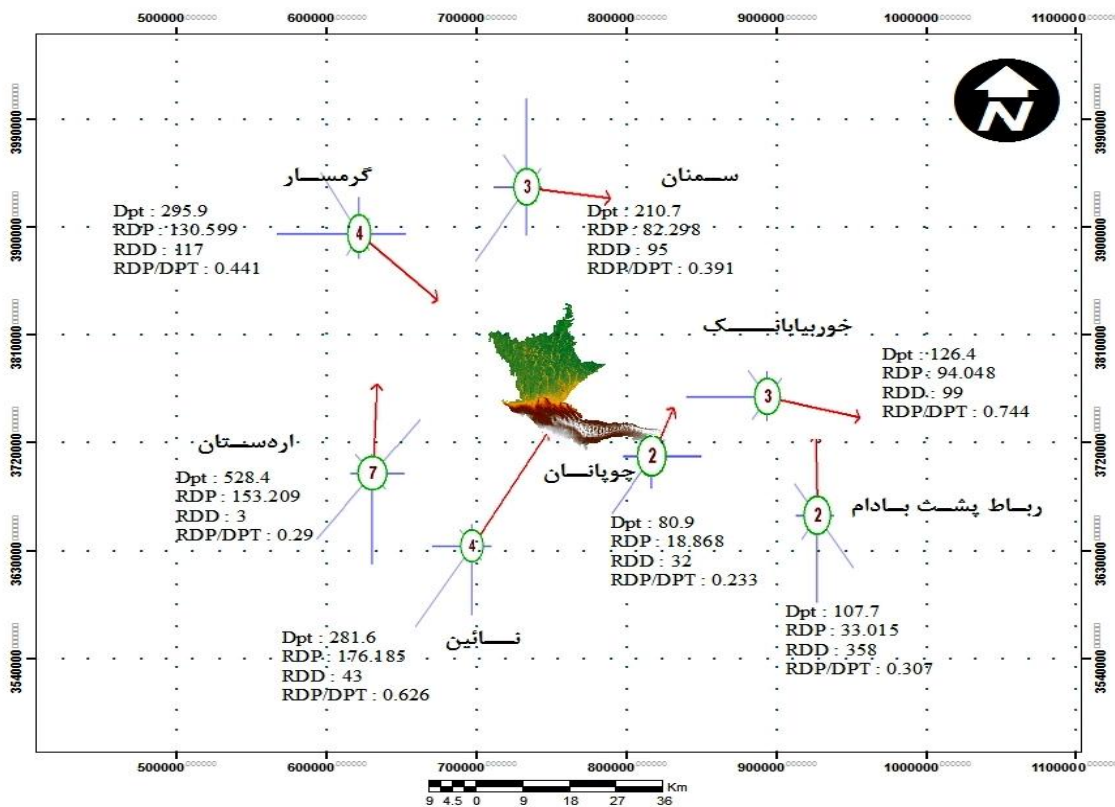
سمت شرق، خورویبابانک و گرمسار از سمت غرب و رباط پشت بادام از سمت شمال بیشترین فراوانی را دارند. شکل ۷، نتایج حاصل از ترسیم گلماسه و شاخص‌های محاسبه شده نرم افزار گلماسه‌نما، از جمله جهت نهایی حمل ماسه و دبی حمل ماسه



شکل ۵: گل‌باد سالانه ایستگاه‌های سینوپتیک اطراف ریگ جن (۲۰۱۰-۱۹۹۲)



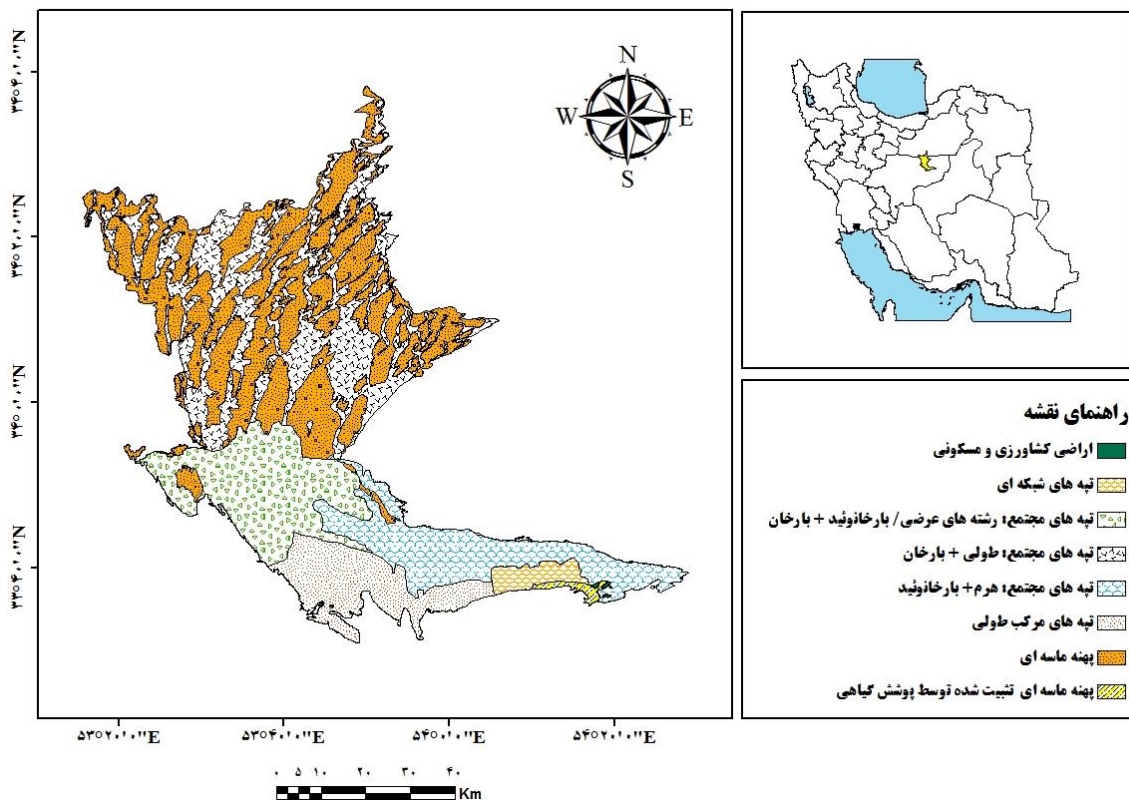
شکل ۶: گل توفان سالانه ایستگاه‌های سینوپتیک اطراف ریگ جن (۲۰۱۰-۱۹۹۲)



شکل ۷: گلماسه سالانه ایستگاه‌های سینوپتیک اطراف ریگ جن (۲۰۱۰-۱۹۹۲)

طولی مجتمع و مرکب و تپه‌های ستاره‌ای (هرم). پهنه‌های ماسه‌ای و اراضی کشاورزی و مسکونی، از دیگر عوارض موجود در منطقه می‌باشند. بازدیدهای صحرایی و استفاده از نرم‌افزار Earth Google نشان می‌دهد که هرکدام از انواع تپه‌ها در کدام قسمت ارگ واقع شده‌اند. شکل ۹ نمونه تصویر ماهواره‌ای هرکدام از تپه‌ها را نشان می‌دهد.

تهیه نقشه مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای به‌منظور بررسی انواع تپه‌های ماسه‌ای موجود و تعیین ارتباط مورفولوژی تپه‌ها با رژیم بادی منطقه نقشه مورفولوژی منطقه تهیه گردید (شکل ۸). با توجه به نقشه مورفولوژی، انواع تپه‌های ماسه‌ای موجود در منطقه عبارتند از: بارخان، بارخانوئید، تپه‌های شبکه‌ای، تپه‌های



شکل ۸: نقشه مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای ریگ جن

از پهنه‌های ماسه‌ای بیش‌ترین مساحت و پهنه‌های ماسه‌ای تثبیت شده کم‌ترین مساحت از ارگ را به خود اختصاص داده‌اند.

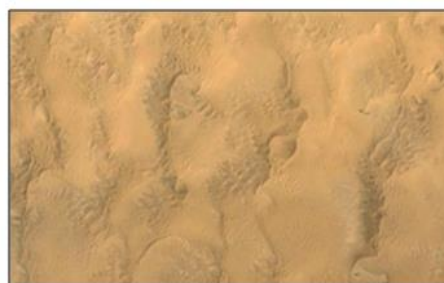
جدول ۲، به مساحت و درصد مساحت انواع تپه‌های ماسه‌ای موجود در ارگ اشاره می‌کند. نتایج نشان می‌دهد که تپه‌های مجتمع (طولی و بارخان) بعد

جدول ۲: مساحت انواع تپه‌های ماسه‌ای موجود در ارگ

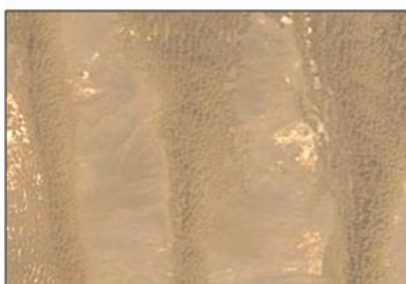
نوع تپه	مساحت (هکتار)	درصد مساحت
تپه‌های مجتمع (بارخانویید یا رشته‌های عرضی و بارخان)	۶۶۹۳۶	۱۴/۷۸
تپه‌های مجتمع (طولی و بارخان)	۱۰۶۰۱۶	۲۳/۴۲
تپه‌های مجتمع (هرم و بارخانویید)	۵۷۸۰۰	۱۲/۷۶
تپه‌های مرکب طولی	۴۲۰۰۳/۲	۹/۲۷
پهنه‌های ماسه‌ای تثبیت شده	۴۲۷۵	۰/۹۴
اراضی کشاورزی و مسکونی	۳۷۵۳۷۵	۰/۰۸
تپه‌های شبکه‌ای	۷۰۳	۱/۵۵
پهنه‌های ماسه‌ای	۱۶۸۲۳۲	۳۷/۱۶
مجموع	۴۵۲۶۷۲/۲	۱۰۰



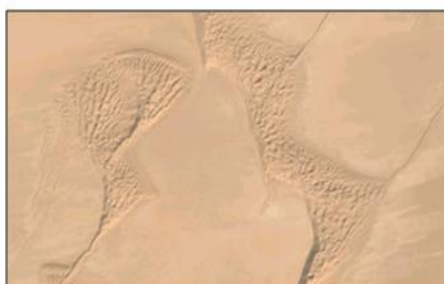
(ب)



(الف)



(د)



(ج)

شکل ۹: نمایش وضعیت مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای ریگ جن بر روی تصویر ماهواره‌ای Landsat

الف) تپه‌های مجتمع (هرم و پشته‌های بارخانویید، ب) تپه‌های شبکه‌ای

ج) تپه‌های مجتمع (طولی، سیلک و بارخان)، د) تپه‌های مرکب طولی

می‌باشند. در بخش‌های جنوبی ریگ عامل توپوگرافی، به عوامل بادهای فرساینده و موقعیت قرار گرفتن منبع ماسه‌ای اضافه می‌شود. در نتیجه برهم‌کنش عوامل مذکور، این قسمت از ارگ به‌صورت متراکم درآمد و نقش کوهستان‌های اطراف (حاشیه جنوب‌غربی ارگ) در این تراکم بسیار مشهود است. رشته کوه‌های نخلک در قسمت‌های پایینی ریگ جن به‌صورت یک سد

بخش شمالی ارگ (بیش‌تر تحت‌تأثیر عوامل بادهای فرساینده و موقعیت قرار گرفتن منبع ماسه‌ای)، متشکل از رشته‌های طولی مرکب به همراه بارخانویید است (سیلک‌های مجتمع)، که در بین آن‌ها پهنه‌های ماسه‌ای و یا اراضی دشت ریگی، و در برخی نقاط شوره‌زارهای مرطوب مشهود است. براساس طبقه‌بندی احمدی (۱۳۸۷)، این اشکال در قالب سیلک‌های مجتمع

حمل ماسه در ایستگاه چوپانان عدد ۰/۲۳ را نشان می‌دهد که با نوع تپه‌های ماسه‌ای موجود در منطقه کاملاً هم‌خوانی دارد و مرتفع‌ترین تپه‌ها را در این بخش می‌توان یافت. در واقع این بخش از ارگ از ابرتپه‌ها تشکیل شده است که (محمودی، ۱۳۸۱) معتقد است به واسطه داشتن رنگ تیره جزء تپه‌های قدیمی این ارگ می‌باشند. در سال‌های اخیر اداره تثبیت شن چوپانان اقدام به تثبیت حاشیه این ارگ که به صورت پهنه ماسه‌ای است، نموده است.

بزرگ عمل کرده و مانعی در جهت حرکت ارگ به سمت جنوب گشته است (شکل ۱۰). در این بخش از ارگ تپه‌های شبکه‌ای و هرم‌های ماسه‌ای مشاهده می‌شوند که بسته به نیروی بادهای فرساینده و غالب این شکل‌ها تغییر می‌نماید. به طوری که در نزدیکی‌های ارتفاعات نخلک و علم‌حاج باقر تپه‌ها بیش‌تر از نوع طولی با جهت شمالی-جنوبی با دامنه‌های یکسان غربی-شرقی مشاهده می‌شوند. در صورتی که در اطراف چوپانان و زورمند بیش‌تر از نوع تپه‌های شبکه‌ای و هرم‌های ماسه‌ای می‌باشند شاخص همگنی جهت



شکل ۱۰: نیمه جنوبی ریگ جن بر روی تصویر ماهواره‌ای Google Earth

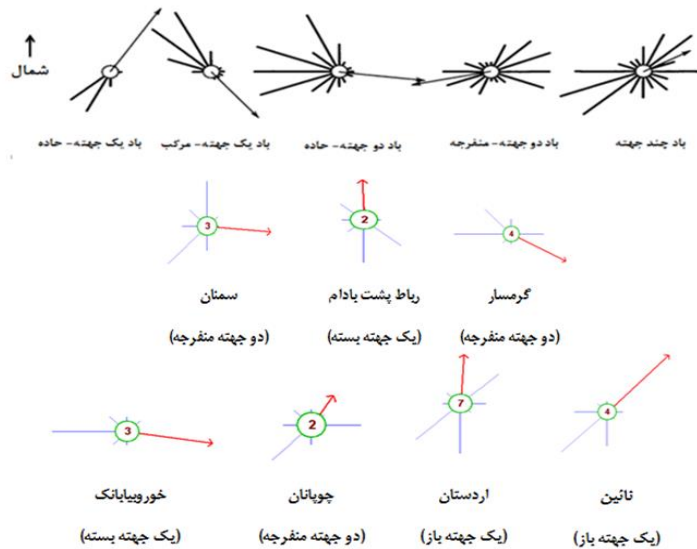
نتیجه‌گیری

تپه‌های مختلف می‌باشد. مقایسه رژیم بادی ارگ جن با نتایج (فراایبرگر، ۱۹۷۹) (شکل ۱۱)، نیز نشان داد که هر یک از ایستگاه‌های سینوپتیک اطراف ارگ جن دارای رژیم بادی خاص خود بوده و سیستم‌های بادی متفاوتی در این منطقه حاکم می‌باشد. همچنین مقایسه مطالعات فراایبرگر در ایستگاه‌های متعدد در جهان با توجه به میزان حمل ماسه در ارگ جن نشان داد که این منطقه

مطالعات رژیم باد در منطقه بیانگر این موضوع بود که در مجموع بادهای شمال شرقی- جنوب غربی در نیمه شمالی ارگ و بادهای غربی- شرقی در بخش جنوبی منطقه به عنوان باد غالب در نظر گرفته شده‌اند، که این موضوع را می‌توان در الگوی شکل‌گیری تپه‌ها در تپه‌های مختلف به راحتی دید. منطقه مورد مطالعه از یک سیستم با رژیم بادی چندگانه برخوردار است و نشان‌دهنده

مطالعاتی می‌باشد در خصوص پتانسیل حمل ماسه در کلاس کم واقع شده است (شکل ۱۲).

در ارتباط با میزان حمل ماسه بسیار خطرناک نیست و چوپانان که نزدیک‌ترین ایستگاه به منطقه



شکل ۱۱: مقایسه رژیم بادی در منطقه مورد مطالعه با نتایج (فرایبرگر، ۱۹۷۹)

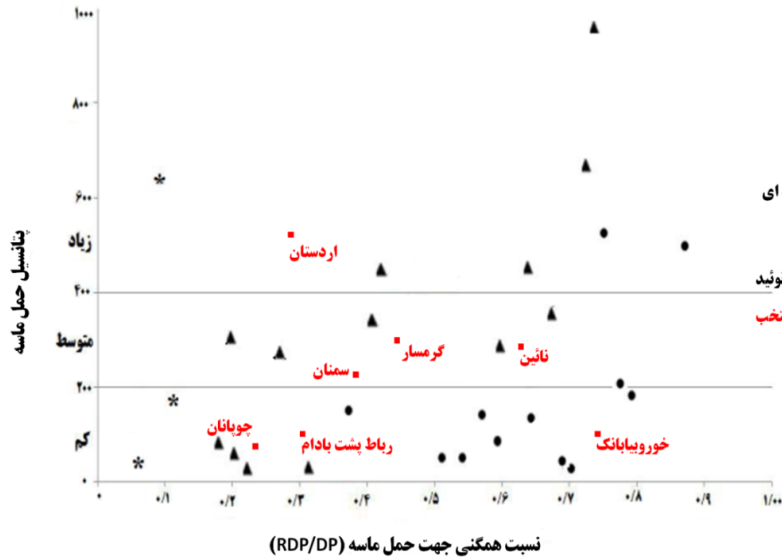


شکل ۱۲: مقایسه پتانسیل حمل ماسه در ایستگاه‌های مورد مطالعه نسبت به موقعیت جهانی

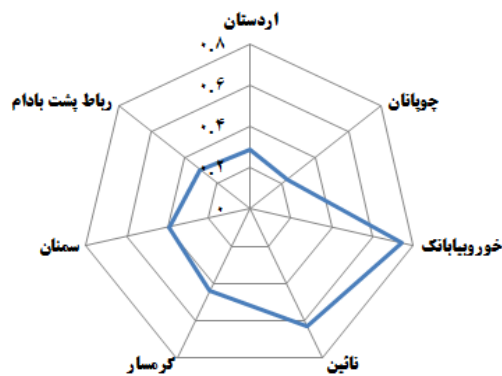
ستاره‌ای و ایستگاه‌های نائین و خورویبابانک در نزدیکی تپه‌های بارخانویید است، که به ترتیب متأثر از بادهای چند جهته و یک جهته می‌باشند که نتایج مورد مطالعه نیز این روند را نشان

نوع تپه‌های ماسه‌ای هر یک از ایستگاه‌های واقع در اطراف ارگ نیز بیانگر این بود که این ایستگاه‌ها دارای روند جهانی می‌باشند (شکل ۱۳)، به عنوان مثال موقعیت ایستگاه چوپانان در نزدیکی تپه‌های

می‌دهد. از آنجایی که ایستگاه‌های منتخب دیگر با فاصله زیادی نسبت به ارگ قرار گرفته‌اند، نمی‌توان وضعیت آنها را به طور کامل بر منطقه تعمیم داد (شکل ۱۴).



شکل ۱۳: مقایسه ایستگاه‌های مورد مطالعه با توجه به مقدار حمل ماسه و تپه‌های ماسه‌ای در موقعیت جهانی



شکل ۱۴: مقایسه تغییرات شاخص UDI در ایستگاه‌های مطالعاتی

طبیعی بر روی تپه‌های ماسه‌ای این روستا، تغییر جهت باد در فصل‌های تابستان و زمستان (غربی-شرقی، شرقی-غربی) می‌باشد، به گونه‌ای که نقش یک عامل محدودکننده برای هجوم تپه‌ها به محدوده این روستا می‌باشد.

روستای چوپانان واقع در مجاورت این ارگ، سال‌هاست که به همین صورت می‌باشد و زیر تپه‌های ماسه‌ای نرفته است (شکل ۱۵)، که با توجه به مورفولوژی تپه‌ها و همین‌طور اظهارات افراد محلی منطقه، از موارد بسیار تاثیرگذار محیط



شکل ۱۵: نمایی از روستای چوپانان واقع در حاشیه جنوب شرقی ارگ جن

سایر ایستگاه‌ها به دلیل فاصله بیشتر، تطابق کم‌تری وجود داشت. نتایج به دست آمده در این پژوهش با یافته مقصودی و همکاران (۱۳۹۲)، در تپه‌های ماسه‌ای دشت کویر مطابقت دارد. با توجه به اینکه در شکل‌گیری تپه‌های ماسه‌ای مطالعات بادسنجی از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد و حتی برخی از این مناطق می‌توانند به عنوان کانون‌های بحرانی فرسایش بادی قلمداد شوند، از داده‌های بادسنجی موجود در ایستگاه‌های هواشناسی نزدیک منطقه استفاده می‌شود. ایستگاه‌های مورد مطالعه در این پژوهش به جز ایستگاه چوپانان به دلیل فاصله نسبتاً زیاد به خوبی وضعیت رژیم بادی منطقه را آشکار نساخت. لذا توصیه می‌گردد به منظور افزایش دقت مطالعات در این زمینه اقدام به تأسیس ایستگاه‌هایی جهت ثبت وضعیت بادناکی گردد، تا با استفاده از داده‌های حاصل از آنها نتایج مناسب‌تری حاصل شود.

نقشه مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای ریگ جن نیز، از نظر شکل‌شناسی تپه‌ها، بیان‌گر یک واقعیت کلی است که جهت بادهای فرساینده و مؤثر در شکل‌گیری تپه‌های ماسه‌ای در طول منطقه مورد مطالعه یکسان و یکنواخت نبوده، بلکه جهت و حتی سرعت آنها با توجه به عوامل توپوگرافی و غیره دست‌خوش تغییراتی می‌باشد. تا زمانی که ایستگاه‌های بادسنجی دیگری در منطقه نصب نشده باشد، چاره‌ای جز استفاده از ویژگی‌های مورفولوژیک و دینامیکی تپه‌های ماسه‌ای در تحلیل تغییرات سمت و سوی باد در منطقه نمی‌باشد. بررسی نوع تپه‌های ماسه‌ای و پتانسیل تشکیل آنها نشان‌دهنده این است که در مطالعات مربوط به ارگ، هر چه ایستگاه‌های مورد مطالعه به ارگ نزدیک‌تر باشند، نتایج بهتری به دست خواهد آمد. داده‌های بادسنجی ایستگاه سینوپتیک چوپانان و خورویبابانک به دلیل نزدیکی با ارگ، با مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای تطابق داشت، ولی در

منابع

- احمدی، ح.، ۱۳۸۷. ژئومورفولوژی کاربردی (فرسایش بادی)، چاپ سوم، انتشارات دانشگاه تهران، ۷۰۶ ص.
- اختصاصی، م.ر.، صارمی نایینی، م.ع. و صارمی نایینی، ع.، ۱۳۸۴. طراحی نرم‌افزار گل‌ماسه‌نما (sand rose graph 2.0) پردازشگر توان فرسایش خاک و حمل رسوب توسط باد، اولین همایش ملی فرسایش بادی، یزد.
- دفتر فنی تثبیت شن و بیابان‌زدایی با همکاری شرکت مهندسین مشاور توسعه و احیای کشاورزی تاک سبز، ۱۳۸۱. طرح شناسایی کانون‌های بحرانی فرسایش بادی و تعیین اولویت‌های اجرایی، سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور.
- صارمی نایینی، م.ع.، احمدی، ح.، خلیلی، ع. و اختصاصی، م.ر.، ۱۳۸۵. تحلیل مقایسه‌ای بر توزیع مکانی گل‌باد، گل‌طوفان و گل‌ماسه در مطالعات فرسایش بادی با استفاده از تکنیک GIS (مطالعه موردی: دشت یزد-اردکان)، پایان‌نامه کارشناسی-ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
- Ahmadi, H., Feiznia, S., ekhtesasi, M.R. and ghanei, M.J., 2001. Investigation on sand dune resource in southern Bafgh, desert journal, v. 2, p. 1-15.
- Bagnold, R.A., 1941. The Physics of Blown Sand and Desert, Methuen, London, 356 p.
- Fryberger, S.G., 1979. Dune forms and wind regimes, In E.D.makee (ed), A study of global sand sea United states geological survey, professional paper 1052, p. 137-140.
- Goudi, A. S., 1984. The Nature of the Environment, Oxford: Blackwell, 312 p.
- Krinsley, D.P., 1970. A geomorphological and palaeoclimatological study of playas of Iran: US geological survey final scientific report.
- Lancaster, N., 1995. Orgin of Grandeserto sand sea, in Desert Aeolian Processes, Tchakerian, W.p., Ed: Chapman & Hall.
- Livingstone, I. and Warren, A., 1996, Aeolian Geomorphology, Addison Wesley Longman, Harlow.
- McKee, E.D., 1979. Introduction to a study of global sand seas, In: McKee ED (ed) A Study of Global Sand Seas, Geological Survey Professional Paper 1052, United States Department of Interior: Washington.
- Silvestro, S., Achill Di, G. and Ori, G.G., 2010. Dune morphology, sand

transport pathways and possible source areas in east Thaumasia Region (Mars), *Geomorphology*, v. 121, p. 84-97.

-Tsoar, H., 2005. Sand Dunes Mobility and Stability in Relation to Climate, *Physical Journals*, v. 357, p. 50-56.

-Wang, X., Dong, Z., Yan, P., Zhang, J. and Chen, G., 2005. Wind Energy Environments and Dune Field Activity in the Chinese Deserts, *Geomorphology*, v. 65, p. 33-48.