فصلنامهٔ کواترنری ایران (علمی ـ پژوهشی)، دورهٔ ٤، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۷
ص ۲۰۱-۲۱٤

# نقش جهت باد و شاخص همگنی وزش در توسعهٔ زمانی و تعیین مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای (مطالعهٔ موردی: ارگ صادق‌آباد ــ بافق)

**علی شهریار***؛ استادیار ژئومورفولوژی، دانشگاه یزد، یزد
**کاظم طاهری‌نژاد**؛ کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه یزد، یزد

تاریخ دریافت: ۱۳۹/۰۱/۲۰ ۷تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۶/۲۸

## چکیده

**یکی از جنبه‌های ژئومورفولوژیکی مورد توجه در مناطق خشک با مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای مرتبط است. در این زمینه، به منظور مطالعهٔ مورفولوژی ارگ صادق‌آباد بافق، باد غالب و جهت باد غالب حامل ماسه (RDD) و شاخص همگنی وزش باد (UDI) بررسی شد. به این ترتیب، با استفاده از آمار بیست‌سالهٔ هواشناسی ایستگاه بافق در نرم‌افزار Wrplot باد غالب سالیانه و فصلی تعیین و مقادیر RDD و UDI نیز با استفاده از نرم‌افزار SandRose Graph در مقیاس‌های زمانی سالیانه و فصلی و ماهیانه محاسبه شد. نتایج نشان داد بیشترین ثبات حاکم بر جهت باد مربوط به تابستان و به صورت بادهای یک‌جهتی شمال غربی است که بهترین شرایط را برای ایجاد تپه‌های ماسه‌ای هلالی و برخانی دارد. شاخص‌های بادی زمستانی و بهاری نیز از وجود بادهای دوجهته و در نتیجه توسعهٔ سیف‌ها حکایت دارد. فصل پاییز و به‌خصوص آبان‌ماه نیز با حداقل مقادیر مربوط به UDI بهترین زمان جهت توسعهٔ هرم‌های ماسه‌ای است. از طرفی مقدار پایین شاخص UDI سالیانه نیز سبب شده تپه‌های ماسه‌ای هرمی در ارگ صادق‌آباد بافق در سراسر سال پایدار باقی بمانند.**

**کلیدواژه‌ها: ارگ، بافق، شاخص همگنی وزش باد، مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای**

## مقدمه

در حال حاضر حدود ۳۶ درصد سطح خشکی‌های زمین را مناطق خشک و نیمه‌خشک دربرگرفته که ۱۹ درصد آن کاملاً خشک و فاقد حیات گیاهی است. در ایران نیز بین یک‌سوم تا یک‌چهارم سطوح خشک با ماسه‌های روان پوشیده شده است (اختصاصی ۱۳۷۵: ۹۷). شرایط خشک و نیمه‌خشک حاکم بر بخش وسیعی از ایران با بارندگی کمتر از ۱۵۰ میلی‌لیتر در سال موجب شده حدود هشتادمیلیون هکتار از مساحت ایران را مناطق کویری و تپه‌های ماسه‌ای و مناطقی با پوشش گیاهی ناچیز بپوشاند (رفاهی ۱۳۸۴: ۲۸). در این بین، تپه‌های ماسه‌ای یکی از تیپ‌های ژئومورفولوژیکی غالب مناطق خشک و بیابانی است که وسعت قابل ملاحظه‌ای از مساحت بیابان‌های ایران را اشغال کرده است. به این تجمع تپه‌های ماسه‌ای ارگ گفته می‌شود. تپه‌های ماسه‌ای غالباً تجمعی از ذرات ماسه‌های قابل انتقال تعریف می‌شوند که با باد رسوب‌گذاری شده‌اند (مشهدی و همکاران ۱۳۸۵).

* رایانامهٔ نویسندهٔ مسئول: a.shahriar@yazd.ut.ac.ir

[ Downloaded from journal.iranqua.ir on 2023-02-22 ]

در ارتباط با بررسی تپه‌های ماسه‌ای می‌توان گفت بیشتر پژوهش‌های مربوط به تپه‌های ماسه‌ای، که در سرتاسر جهان صورت گرفته، یا در ارتباط با عامل انتقال‌دهندهٔ ماسه انجام‌شده یا مربوط به مورفودینامیک تپه‌های ماسه‌ای بوده است (گارس و همکاران ۱۹۹۶: ۴۳). با وجود این، می‌توان ادعا کرد اولین مطالعهٔ علمی در این زمینه مربوط است به پژوهش بگنولد[1] در سال ۱۹۴۱، که نشان داد تحت تأثیر قطر ذرات ماسه و شرایط حاکم بر باد یک ناحیه اشکال تپه‌های ماسه‌ای، اعم از عوارض خیلی سطحی و کوچک تا عوارض خیلی مرتفع، ایجاد می‌شود و از آنجا که مورفولوژی و رفتار تپه‌های ماسه‌ای با یک‌دیگر شباهت دارند، به این نتیجه رسید که در این زمینه می‌توان از مدل‌های مختلفی برای بررسی مورفولوژی ارگ‌ها استفاده کرد. از طرفی از آنجا که یک ریگزار دارای اشکال متنوع تپه‌های ماسه‌ای است تنوع مورفولوژیکی تپه‌های ماسه‌ای، به‌خصوص از نظر محققان مناطق خشک و ژئومورفولوژیست‌ها، به روش‌های مختلف، بررسی شده است. در این زمینه برخی محققان تپه‌های ماسه‌ای را از نظر شکل در سه ردهٔ کلی تپه‌های ماسه‌ای عرضی و تپه‌های ماسه‌ای خطی و تپه‌های ماسه‌ای ستاره‌ای یا هرمی طبقه‌بندی کرده‌اند (لنکستر[2] ۱۹۹۵). همچنین طبق نظر مک‌کی[3] (۱۹۷۹) می‌توان تپه‌های ماسه‌ای را از نظر شکل به سه رده تپه‌های ماسه‌ای ساده و پیچیده و مرکب طبقه‌بندی کرد یا با در نظر گرفتن شرایط اقلیمی و فعالیت تپه‌های ماسه‌ای می‌توان دو شکل تپه‌های ماسه‌ای فعال و غیر فعال را شناسایی کرد (تسور[4] ۲۰۰۵). ویسون و هاید[5] (۱۹۸۳) انواع تپه‌های ماسه‌ای را به صورت گرافیکی تقسیم کردند. آن‌ها نوع مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای ایجادشده را با تحلیل داده‌های بادسنجی ایستگاه‌های هواشناسی پیش‌بینی کردند و با مشاهدهٔ نوع مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای رژیم بادی منطقه را تشخیص دادند. جوآنا و همکاران (۲۰۰۸) عوامل و عناصر اقلیمی و نقش آن‌ها در کنترل مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای بیابان‌های قطبی درهٔ ویکتوریا را بررسی کردند. تانیگوچی[6] و همکاران (۲۰۱۲) اثر تغییرات دوره‌ای جهت وزش باد بر تغییر شکل و مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای را بر اساس آزمایش فلوم و داده‌های میدانی از صحرای غربی بررسی کردند. تحقیقات آن‌ها نشان داد تپه‌های ماسه‌ای در اثر جریان باد در ماسه‌های روان و تراکم آن‌ها شکل گرفته و مورفولوژی آن‌ها از تغییرات فصلی جهت وزش باد تأثیر پذیرفته است. حمدان و همکاران[7] (۲۰۱۶) در مطالعهٔ مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای در بیابان مصر میزان جابه‌جایی و حرکت برخان‌های واقع در حاشیهٔ جنوب شرقی و غرب بیابان مصر را بررسی کردند. نتایج تحقیق در چهار منطقهٔ مورد بررسی نشان داد، بر حسب میزان اندازهٔ برخان‌ها و شدت باد، برخان‌ها می‌توانند بین ۳ تا ۱۰٫۸۲ متر در سال جابه‌جا شوند؛ طوری که میانگین سرعت حرکت آن‌ها در جهت جنوب غربی، با سرعت ۶ متر در سال، تعیین شد. هیرهر[8] (۲۰۱۸) به بررسی نقش پتانسیل حمل ماسه در ماسه‌زارهای مصر پرداخت. نتایج تحقیق وی نشان داد مناطقی که پتانسیل حمل ماسه در آن پایین است عمدتاً مستعد تشکیل تپه‌های ماسه‌ای خطی یا معکوس‌اند و مناطق با میزان پتانسیل بالای حمل ماسه شرایط پیدایش

1. Bagnold
2. Lancaster
3. Mckee
4. Tsoar
5. Wasson & Hyde
6. Taniguchi
7. Hamdan
8. Hereher

[ Downloaded from journal.iranqua.ir on 2023-02-22 ]

برخان‌ها را دارند. مشهدی و همکاران (۱۳۸۵) در مطالعهٔ مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای ارگ خارتوران به این نتیجه دست یافتند که ارگ خارتوران ساختار رسوبی فعال دارد و شامل دو تیپ کلی تپهٔ ماسه‌ای است؛ تیپ اول زنجیره‌ای ـ هلالی و عرضی است شامل اشکال پیش‌برخانی و برخان‌ها و تپه‌های عرضی و تیپ دوم خطی یا کشیده است شامل تپه‌های خطی ساده (سیف) و اشکال ترکیبی سیف (سیلک). از نظر موقعیت و پراکنش تپه‌های ماسه‌ای، اشکال ساده و مجزا همانند اشکال پیش‌برخانی و برخان‌ها و نیز سیف در مناطق حاشیه‌ای و کناری ارگ هستند و تپه‌های مرکب بخش داخلی ارگ را اشغال کرده‌اند. کاظمی‌نیا و همکاران (۱۳۸۹) به مطالعهٔ مورفولوژی و کانی‌شناسی تپه‌های ماسه‌ای اهواز با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و مطالعات میدانی پرداختند. آن‌ها از داده‌های سنجنده‌های TM۱۹۹۱ و ETM+۲۰۰۲ ماهواره لندست برای ارزیابی و مطالعهٔ تپه‌های ماسه‌ای موجود در اراضی شمال غرب و غرب شهر اهواز استفاده کردند و پس از تصحیح هندسی و رادیومتریک تصاویر مذکور، برای تعیین مورفولوژی و کانی‌شناسی تپه‌های ماسه‌ای، تصاویر ماهواره‌ای را پردازش و با بارزسازی و به کار بردن انواع فیلترها و تحلیل مؤلفه‌های اصلی و نسبت‌گیری طیفی و غیره در کنار مطالعات میدانی تحقیق خود را کامل کردند. صادقی و همکاران (۱۳۹۴) در بررسی تأثیر بادهای فرساینده بر مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای دشت سمنان به این نتیجه رسیدند که پتانسیل حمل ماسهٔ بادی در همهٔ ایستگاه‌های مورد بررسی بر اساس سرعت آستانهٔ شش متر بر ثانیه نسبتاً زیاد و بیش از ۳۰۰۰ واحد برداری (VU) در طول سال است که زیاد بودن پتانسیل بادها در ایجاد فرسایش بادی و حمل ماسه در منطقه را نشان می‌دهد. شاخص (UD) سالیانهٔ باد در ایستگاه دامغان بیشتر از ۰٫۹ و در سایر ایستگاه‌ها بین ۰٫۸ تا ۰٫۳ متغیر برآورد شد و شاخص RDD نیز بیانگر تغییرات جهت باد از ۱۳۰ تا ۱۸۰ درجه بود. دو شاخص مذکور نشان‌دهندهٔ شکل‌گیری تپه‌های ماسه‌ای برخانی، برخانوئید، یا تپه‌های طولی سیلک‌مانند در دشت سمنان ـ گرمسار است که در امتداد بادهای شمال ـ شمال غرب به سمت جنوب ـ جنوب شرق شکل می‌گیرد. این وضعیت با توجه به موقعیت ارتفاعات البرز در شمال منطقه و موقعیت جنوبی دشت‌های گرمسار و دامغان و سمنان نشان‌دهندهٔ شرایط مناسب برای ایجاد بادهای کوه ـ دشت است و با دالان‌های توپوگرافی موجود انطباق مناسبی دارد. شریفی و میری (۱۳۹۶) به بررسی نقش بادهای محلی در فرسایش و تعیین مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای در ریگ زرین پرداختند. آن‌ها، با بررسی نقشه‌های توپوگرافی و داده‌های هم‌دما، وجود بادهای محلی از سمت دامنه‌ها در تابستان را عامل مؤثر در مورفولوژی هرمی ریگ زرین معرفی کردند. همچنین رضازاده بلگوری و همکاران (۱۳۹۶) ارتباط بین پارامترهای رسوب‌شناسی و مورفولوژی بیست و یک نمونه تپهٔ ماسه‌ای خطی در شمال آهنگران را بررسی و این تپه‌ها را به دو دستهٔ مرکب و ساده تقسیم کردند و نشان دادند که رابطه‌ای معنادار بین پارامترهای رسوبی و مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای به‌خصوص در خط‌الرأس تپه‌های ماسه‌ای وجود دارد. احراری رودی (۱۳۹۶) نقش گسترش تپه‌های ماسه‌ای بر مورفولوژی سواحل دریای عمان را بررسی کرد؛ به این صورت که با گرفتن پانزده نمونهٔ رسوبی از بخش‌های مختلف تپه‌های ماسه‌ای ساحلی و دانه‌سنجی نمونه‌ها نشان داد ذرات مورد نظر توسط باد به نواحی ساحلی عمان منتقل و به صورت تپه‌های ماسه‌ای سبب تغییر مورفولوژی ساحل شده‌اند.

با توجه به تحقیقاتی که در ارتباط با تپه‌های ماسه‌ای انجام شده و نقشی که باد و به‌خصوص تغییر جهت باد در تعیین مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای ایفا می‌کند، سعی بر آن است تا به صورت کمّی رابطهٔ بین تغییرات مربوط به جهت باد

[ Downloaded from journal.iranqua.ir on 2023-02-22 ]

و آستانهٔ تشکیل انواع مختلف تپه‌های ماسه‌ای در منطقهٔ ارگ صادق‌آباد، به عنوان نمونهٔ مورد مطالعه، برآورد شود. بر این اساس می‌توان، به جای مفاهیم توصیفی مرتبط با نقش جهت باد در ایجاد مورفولوژی‌های غالب تپه‌های ماسه‌ای در سطح یک ریگزار، با استفاده از شاخص همگنی وزش باد و تعیین میزان پایداری جهت باد، شرایط خلق مورفولوژی غالب تپه‌های ماسه‌ای را در سطح یک منطقه مشخص کرد.

## مواد و روش‌ها

چالهٔ ساختمانی درانجیر، با مختصات جغرافیایی ″۱۵ ′۰۰ °۵۵ تا ″۳۰ ′۴۹ °۵۵ طول شرقی و ″۵۰ ′۳۴ °۳۲ تا ″۲۰ ′۰۸ °۳۱ عرض شمالی، در امتداد جنوب شرقی یزد واقع شده و از خرانق تا بافق گسترش دارد و شهرستان بافق و ارگ صادق‌آباد را نیز در بر گرفته است. ارگ صادق‌آباد نیز داخل پلایای درانجیر در مختصات جغرافیایی ″۳۰ ′۱۷ °۵۵ تا ″۲۲ ′۱۹ °۵۵ طول شرقی و ″۳۲ ′۴۴ °۳۱ تا ″۱۹ ′۴۶ °۳۱ عرض شمالی در پانزده‌کیلومتری شهر بافق واقع شده است (شکل ۱).

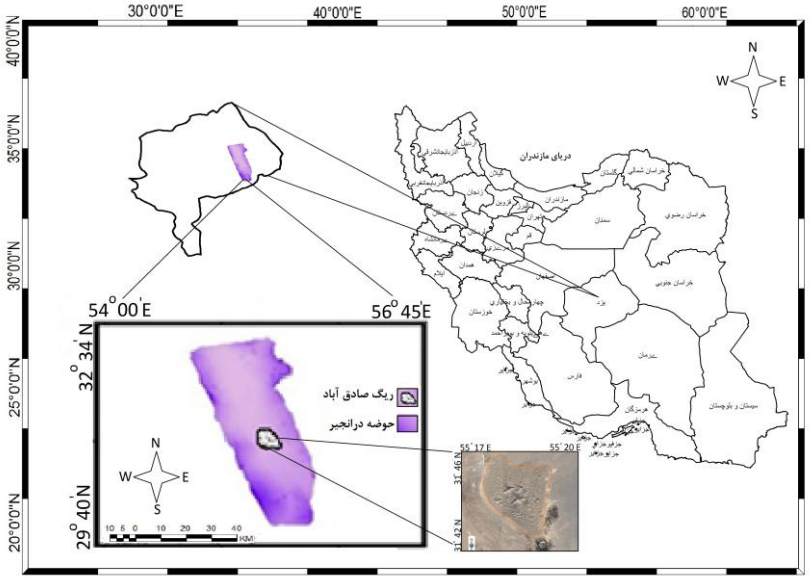
موقعیت ارگ صادق‌آباد بافق داخل چالهٔ ساختمانی درانجیر به گونه‌ای است که از اطراف توسط ارتفاعات مجاور آن محصور است؛ طوری که از نظر زمین‌شناسی دو گسل امتدادلغز بافق در شرق و گسل درانجیر در غرب درانجیر نقشی مؤثر در ایجاد گرابن درانجیر به صورت چالهٔ ساختمانی با روند شمال غربی ـ جنوب شرقی دارد و این جهت توپوگرافیکی گرابن درانجیر در تعیین جهت جریان بادهای غالب شمال غربی تأثیر می‌گذارد. از طرفی، با توجه به اینکه مورفولوژی غالب تپه‌های ماسه‌ای واقع در یک ارگ تا حد زیادی وابسته به میزان تغییرات جهت باد است، مطالعهٔ پایداری جهات باد و به‌خصوص رسم گل‌باد در زمینهٔ شناخت مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای ضروری است. در این پژوهش از آمار بیست‌سالهٔ ایستگاه هواشناسی بافق (۱۳۷۶ تا ۱۳۹۶) در نرم‌افزار Wrplot جهت بررسی رژیم باد حاکم بر ریگ صادق‌آباد و تعیین جهت باد غالب منطقهٔ مورد مطالعه در مقیاس‌های زمانی مختلف استفاده شد تا بتوان بر اساس آن جهت باد غالب ماه‌های مختلف سال در محدودهٔ ارگ صادق‌آباد را مشخص کرد.

علاوه بر جهت باد غالب، می‌توان جهت باد غالب حامل ماسه را نیز مشخص کرد. زیرا از آنجا که رسم گل‌باد نشان‌دهندهٔ جهت باد غالب با سرعت‌های مختلف است نمی‌توان به مشاهدات حاصل از گل‌باد در این زمینه بسنده کرد؛ طوری که باد غالب نشان‌دهنده در یک گل‌باد می‌تواند دربردارندهٔ بادهای آرامی باشد که هیچ اثری در جابه‌جایی ماسه ندارند. در این زمینه لازم است با رسم گل‌ماسه در دوره‌های زمانی مختلف در نرم‌افزار Sand Rose Graph جهت غالب حمل ماسه به سمت ارگ صادق‌آباد بافق را بررسی کرد. برای این منظور بر اساس معادلهٔ پیشنهادی فرای‌برگر و دین[1] در نرم‌افزار Sand Rose Graph با استفاده از آمار باد ایستگاه هواشناسی بافق اقدام به رسم گل‌ماسه و تعیین شاخص‌های مختلف ـ از قبیل DP[2] (توانایی حمل ماسه)، RDP[3] (مقدار برآیند وضعیت حمل ماسه)، RDD[4] (جهت حمل ماسه)، شاخص UDI[5] (شاخص همگنی وزش باد) ـ شد. UDI میزان ثبات یا تغییر جهت بادهای حامل ماسه را نشان می‌دهد که

1. Fryberger & Dean
2. Drift Potential
3. Resultant Drift Potential
4. Resultant Drift Direction
5. Uni Directional Index

[ Downloaded from journal.iranqua.ir on 2023-02-22 ]

از نسبت RDP/DP محاسبه می‌شود؛ به گونه‌ای که هر قدر نسبت UDI به ۱ نزدیک‌تر شود میزان ثبات باد در یک جهت خاص و هر قدر UDI به صفر نزدیک شود عدم ثبات در جهت باد و وجود بادهای چندجهتی را نشان می‌دهد.




**شکل ۱. موقعیت جغرافیایی ارگ صادق‌آباد بافق و حوضهٔ درانجیر در استان یزد**

در مرحلهٔ بعد به منظور تعیین میزان اعتبار روش‌های مربوط به تعیین شاخص همگنی وزش باد و شناسایی مورفولوژی غالب تپه‌های ماسه‌ای در ریگ صادق‌آباد بافق اقدام به شناسایی انواع مورفولوژی‌های متنوع تپه‌های ماسه‌ای در نرم‌افزار Google Earth شد. در نهایت، با استفاده از اطلاعات حاصله و شناخت نسبتاً کامل انواع مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای، در نرم‌افزار FreeHand10، اقدام به رسم نقشهٔ مورفولوژی ریگزار صادق‌آباد بافق شد.

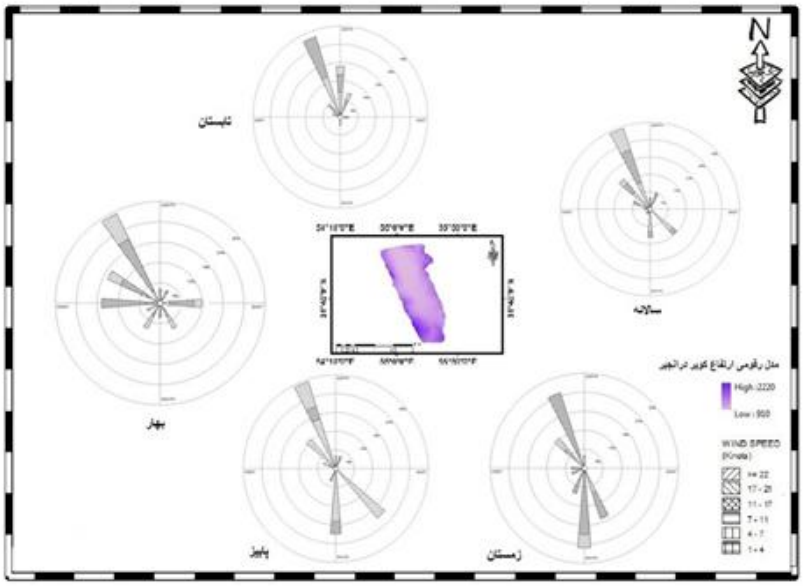
## نتایج و یافته‌های تحقیق

با توجه به اینکه نوع مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای وابسته به میزان پایداری و درصد تغییر جهت باد است، به منظور بررسی و شناخت این خصوصیت بادی در یک ایستگاه هواشناسی، می‌توان پایداری جهت باد را طی دوره‌های زمانی مختلف، ماهیانه یا فصلی یا سالیانه، بررسی کرد؛ به نحوی که ممکن است با تغییر جهت باد در یک ماه یا فصل روند تعیین نوع مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای نیز در طول زمان تغییر کند که در این زمینه در مرحلهٔ اول به منظور تعیین جهت باد غالب در فصول مختلف سال گل‌بادهای فصلی و سالیانه رسم و بررسی شدند. در مرحلهٔ بعد، با توجه به اینکه شاخص همگنی وزش باد به صورت کمّی تغییر جهت باد را نشان می‌دهد، با رسم گل‌ماسه‌های سالیانه و فصلی و ماهیانه آمار باد ایستگاه بافق، شاخص همگنی وزش باد محاسبه شد.

[ Downloaded from journal.iranqua.ir on 2023-02-22 ]

## ویژگی‌های فصلی و سالیانهٔ گل‌باد

تجزیه و تحلیل داده‌های باد با استفاده از آمار بیست‌سالهٔ ایستگاه سینوپتیک بافق، در فاصلهٔ حدود هجده‌کیلومتری ارگ صادق‌آباد، انجام شده است. گل‌باد سالیانهٔ ایستگاه بافق نشان می‌دهد جهت وزش باد غالب در راستای امتداد چالهٔ ساختمانی درانجیر و به صورت بادهای شمال غربی است. هرچند در برخی مواقع سال می‌توان علاوه بر باد غالب شمال غربی شاهد بادهایی با جهات دیگر نیز بود، بین فصول مختلف، وجود بادهای شمال غربی در تابستان نسبت به فصول دیگر از فراوانی بیشتری برخوردار است؛ طوری که در فصول پاییز و زمستان می‌توان شاهد بادهایی با جهت مخالف بادهای غالب شمال غربی، یعنی به صورت بادهایی از سمت جنوب شرقی و تا حدودی بادهای جنوبی، بود یا گل‌باد فصل بهار نشان می‌دهد علاوه بر باد غالب شمال غربی می‌توان شاهد بادهایی از جهات مختلف در طول فصل بهار بود، طوری که رژیم بادی فصل بهار با داشتن بادهای با جهات مختلف بیشترین شباهت را با گل‌باد سالیانه دارد (شکل ۲).




**شکل ۲. گل‌بادهای فصلی و سالیانهٔ ایستگاه سینوپتیک بافق در یک دورهٔ آماری بیست‌ساله (۱۳۷٦ ـ ۱۳۹٦)**

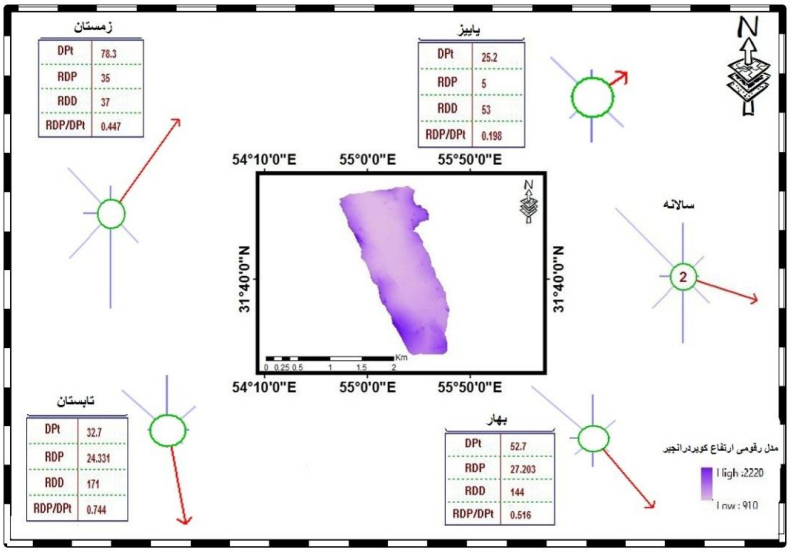
## ویژگی‌های فصلی و سالیانهٔ گل‌ماسه

به منظور مطالعهٔ جریان حمل ماسه می‌توان با استفاده از آمار باد ایستگاه‌های سینوپتیک اقدام به رسم گل‌ماسه کرد. به دلیل اهمیت بالای رسم گل‌ماسه‌ها در مباحث مربوط به ماسه‌های روان و تپه‌های ماسه‌ای، سعی شد مبحث گل‌ماسه‌ها و شاخص‌های مربوط به حمل ماسه دقیق‌تر بررسی شود و علاوه بر مطالعهٔ فصلی و سالیانه به صورت ماهیانه اثر هر ماه در مورفولوژی غالب تپه‌های ماسه‌ای ارگ بافق بررسی شوند. به دلیل نقشی که جهت باد در نوع مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای دارد، شاخص RDD و شاخص UDI (شاخص همگنی جهت وزش باد که محاسبهٔ آن نیازمند برآورد مقادیر DP و RDP است) اهمیتی ویژه دارند؛ طوری که از نسبت UDI می‌توان به منزلهٔ یک شاخص کلیدی مناسب جهت تفسیر مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای استفاده کرد (ژانگ و همکاران ۲۰۱۵).

[ Downloaded from journal.iranqua.ir on 2023-02-22 ]

## نتایج حاصل از مقادیر RDD یا جهت بادهای حمل ماسه

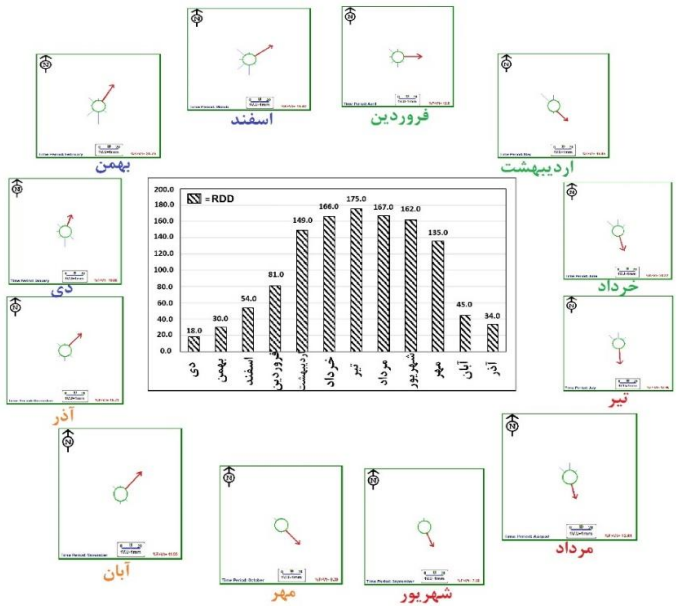
همان‌طور که در بررسی گل‌باد سالیانه اشاره شد، باد غالب سالیانه با جهت شمال غربی مشخص می‌شود. از طرفی گل‌ماسهٔ سالیانه و گل‌ماسه‌های فصول تابستان و بهار نشان می‌دهند جهت غالب حمل ماسه تا حدودی هم‌سو با جهت باد غالب در گل‌بادهاست. با وجود این، گل‌ماسه‌های فصول پاییز و زمستان نتایجی خلاف این موضوع را نشان می‌دهند؛ به این صورت که برخلاف نتایج حاصل از وجود بادهای شمال غربی، که در گل‌بادهای فصلی مشاهده می‌شود، می‌توان در گل‌ماسه‌های مربوط به فصول پاییز و زمستان، شاهد بادهای غالب حامل ماسه در جهتی عمود بر جهت بادهای غالب شمال غربی بود (شکل ۳).




**شکل ۳. گل‌ماسه‌های فصلی و سالیانهٔ ایستگاه سینوپتیک بافق طی دورهٔ آماری بیست‌ساله (۱۳۹۶ ـ ۱۳۷۶)**

به منظور بررسی دقیق‌تر جهت باد و میزان پایداری آن، لازم شد، علاوه بر مطالعه و رسم گل‌ماسه‌های فصلی و سالیانه، شاخص‌های مربوط به باد نیز به صورت ماهیانه بررسی شود. در زمینهٔ مطالعهٔ تغییر و تحول مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای، بررسی جهت باد و میزان ثبات و تغییرات آن ضروری است. در مطالعهٔ جهت بادهای ماهیانه، به طور کلی، آمار جهت باد در ایستگاه بافق نشان‌دهندهٔ آن است که طی ماه‌های سال تغییر باد در همهٔ جهات جغرافیایی وجود دارد؛ طوری که در نمایش میزان RDD ماهیانه و تغییر جهت بادهای حامل ماسه می‌توان دید که مقدار آن به‌تدریج از دی‌ماه (RDD=18) افزایش می‌یابد و این روند افزایشی تغییر زاویهٔ جهت باد در اردیبهشت‌ماه بیشترین شیب را می‌یابد، به صورتی که RDD در اردیبهشت‌ماه نسبت به فروردین‌ماه ۶۸ درجه افزایش پیدا می‌کند تا اینکه در تیرماه به حداکثر مقدار خود می‌رسد (RDD=175). از تیرماه روند کاهشی RDD مجدداً شروع می‌شود و بیشترین شیب کاهش مقادیر RDD در آبان‌ماه قابل مشاهده است؛ طوری که کاهش RDD در آبان‌ماه نسبت به مهرماه حدود ۹۰ درجه اختلاف دارد (شکل ۴).

[ Downloaded from journal.iranqua.ir on 2023-02-22 ]




**شکل ٤. جهت غالب حمل ماسه و مقادیر RDD در ماه‌های مختلف ایستگاه بافق**

## نتایج حاصل از شاخص همگنی وزش باد یا UDI

علاوه بر تعیین جهت باد و بررسی شاخص RDD، فاکتور دیگری که در تغییرات مورفولوژی و تعیین شکل غالب تپه‌های ماسه‌ای در یک ارگ نقشی مهم ایفا می‌کند شاخص UDI یا به عبارتی میزان ثبات جهت باد در یک ایستگاه طی دوره‌های زمانی مختلف است. بنابراین، بر حسب اینکه باد از یک جهت یا دو جهت یا چند جهت بوزد نوع مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای در یک منطقه نیز تغییر می‌کند. تغییرات جهت باد را می‌توان به صورت کمّی با شاخص UDI در یک منطقه بیان کرد (طاهری‌نژاد جوزم و زارع ۱۳۹۷: ۶۹). همان‌طور که گفته شد، به منظور تعیین مقدار UDI باید ابتدا شاخص‌های حمل ماسه، از قبیل DP و RDP، تعیین و بر اساس نسبت RDP/DP مقدار UDI محاسبه شود. ابتدا شاخص همگنی وزش باد یا UDI در مقیاس زمانی سالیانه در ایستگاه بافق حدود ۰٫۲۴ محاسبه شد. این مقدار تا عدد ۱ فاصلهٔ نسبتاً زیادی دارد. به عبارت دیگر، به صورت میانگین، منطقه به گونه‌ای نیست که بادهای حاکم بر آن از یک جهت خاص در جریان باشند؛ درحالی‌که برعکس، با صفر فاصلهٔ نسبتاً کمتری دارد. در مطالعهٔ میزان شاخص همگنی وزش باد در گل‌ماسه‌های فصلی نیز مشخص می‌شود شاخص همگنی وزش باد در ایستگاه بافق به استثنای فصل تابستان (UDI=0.74) در همهٔ فصول سال مقادیر پایینی را از خود نشان می‌دهد. بنابراین، در بین فصول سال، فصل پاییز با کمترین مقدار شاخص همگنی وزش باد (UDI=0.19) نشان می‌دهد جهت باد در این فصل نسبت به فصول دیگر ثبات بالایی ندارد و باد از جهات مختلف می‌وزد؛ درحالی‌که شاخص همگنی وزش باد در تابستان، برخلاف پاییز، به صورت بادهای شمال غربی از بیشترین میزان ثبات در این جهت برخوردار است. در این بین فصول بهار و زمستان تقریباً شرایط بینابین دارند؛ به‌خصوص در فصل بهار شاخص همگنی وزش باد تقریباً به یک نسبت از صفر و ۱ فاصله دارد (UDI=0.51)، به نحوی که در بهار و تا حدودی در زمستان شرایطی حاکم است که نه مانند فصل تابستان می‌توان شاهد

[ Downloaded from journal.iranqua.ir on 2023-02-22 ]

ثبات در جهت بادها و وجود بادهای نسبتاً یک‌طرفه بود نه مانند فصل پاییز شاهد بادهای با جهات مختلف به سمت ارگ صادق‌آباد بود. بنابراین، در شرایطی مانند مقادیر شاخص همگنی وزش باد در فصل بهار، که مقادیر UDI مابین صفر و ۱ قرار می‌گیرد، می‌توان به وجود بادهای دوجهتی در یک منطقه پی برد (جدول ۱).

**جدول ۱. شاخص‌های فصلی و سالیانهٔ حمل ماسهٔ ایستگاه هواشناسی بافق**

| فصل سال / شاخص‌ها | فصل بهار | فصل تابستان | فصل پاییز | فصل زمستان | سالیانه |
|---|---|---|---|---|---|
| DP | ۵۲/۷ | ۳۲/۷ | ۲۵/۲ | ۷۸/۳ | ۶۱/۲ |
| RDP | ۲۷/۲ | ۲۴/۳ | ۵ | ۳۵ | ۱۴/۶۰ |
| RDD | ۱۴۴ | ۱۷۱ | ۵۳ | ۳۷ | ۱۰۷ |
| UDI | /۵۱ | /۷۴ | /۱۹ | /۴۴ | /۲۴ |

علاوه بر نتایج فصلی حاصل از بررسی و محاسبهٔ UDI، می‌توان این شاخص را به صورت ماهیانه نیز در منطقهٔ مورد مطالعه بررسی کرد. همان‌طور که میزان UDI فصلی نشان داد، کمترین میزان UDI در فصل پاییز مشاهده می‌شود. بررسی ماهیانهٔ شاخص UDI در ماه‌های پاییز نیز نشان می‌دهد همهٔ ماه‌های پاییز نسبت به ماه‌های فصول دیگر از مقادیر نسبتاً پایینی برخوردارند. در این بین، ماه آبان با UDI= 0.19 کمترین مقدار UDI ماهیانه را طی سال به خود اختصاص می‌دهد و به عبارتی در آبان‌ماه به‌ندرت می‌توان یک سمت غالب باد حامل ماسه را جهت باد غالب به شمار آورد؛ طوری که طی ماه‌های پاییز و به‌خصوص آبان باد از جهات مختلف در منطقه جریان پیدا می‌کند. برعکس، باد حاکم بر ایستگاه بافق در مردادماه با مقدار UDI=0.77 از بیشترین میزان ثبات در جهت باد برخوردار است که عمدتاً به صورت بادهای شمال غربی در منطقه جریان دارد. از طرفی با وجود اینکه میانگین فصلی بهار شرایط بهتری را برای غلبهٔ بادهای دوطرفه نشان می‌دهد، در بررسی ماهیانه مشخص شد ماه‌های بهمن و اسفند به ترتیب با مقدار UDI برابر با ۰/۴۹ و ۰/۴۸ بهترین حالت توسعهٔ بادهای دوطرفه در محدودهٔ ایستگاه بافق را دارند (جدول ۲).

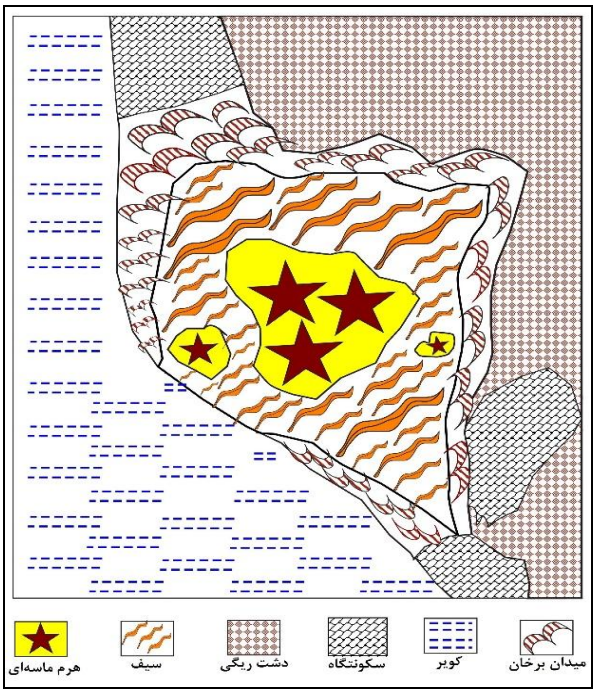
**جدول ۲. شاخص‌های فصلی و سالیانهٔ حمل ماسهٔ ایستگاه هواشناسی بافق**

| ماه شمسی / شاخص‌ها | فروردین | اردیبهشت | خرداد | تیر | مرداد | شهریور |
|---|---|---|---|---|---|---|
| DP | ۱۷/۸ | ۱۸/۳ | ۱۶/۷ | ۱۵/۷ | ۱۱/۹ | ۵ |
| RDP | ۶/۰۸ | ۱۱/۶۶ | ۱۲/۳۶ | ۱۲/۰۴ | ۹/۲۲ | ۳/۱۶ |
| RDD | ۸۱ | ۱۴۹ | ۱۶۶ | ۱۷۵ | ۱۶۷ | ۱۶۲ |
| UDI | /۳۴ | /۶۳ | /۷۴ | /۷۶ | /۷۷ | /۶۳ |

[ Downloaded from journal.iranqua.ir on 2023-02-22 ]

| ماه شمسی / شاخص‌ها | مهر | آبان | آذر | دی | بهمن | اسفند |
|---|---|---|---|---|---|---|
| DP | ۵ | ۷/۱ | ۱۳/۲ | ۲۲ | ۲۸/۲ | ۲۷/۹ |
| RDP | ۱/۴۲ | ۱/۴۱ | ۳/۶ | ۹/۴۸ | ۱۳/۸۹ | ۱۳/۶ |
| RDD | ۱۳۵ | ۴۵ | ۳۴ | ۱۸ | ۳۰ | ۵۴ |
| UDI | /۲۸ | /۱۹ | /۲ | /۴۳ | /۴۹ | /۴۸ |

بنابراین رژیم بادی ماهیانهٔ حاکم بر ایستگاه بافق نشان می‌دهد می‌توان طی ماه‌های مختلف سال شاهد سلطهٔ بادهای مختلف یک‌جهته یا دوجهته یا چندجهته بود. از طرفی مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای واقع در یک ارگ تا حدود زیادی وابسته به نوع رژیم بادی حاکم بر آن منطقه و میزان تغییر جهت بادهای حاکم بر آن است؛ طوری که جهت دامنهٔ تپه‌های ماسه‌ای و مورفولوژی آن‌ها می‌تواند رژیم بادی منطقه را نشان دهد (اشتری مهرجردی ۱۳۸۰: ۱۳۸). در مناطق بادهای یک‌جهته تپه‌های ماسه‌ای از گروه تپه‌های هلالی و میدان‌های برخانی شکل می‌گیرد و در مناطق بادهای دوجهته و چندجهته به ترتیب می‌توان شاهد تپه‌های ماسه‌ای به صورت سیف و هرم‌های ماسه‌ای بود (محمودی ۱۳۸۹: ۲۲۰). بنابراین، با تنوع میزان UDI طی ماه‌ها و فصول مختلف سال می‌توان شاهد مورفولوژی‌های متنوع تپه‌های ماسه‌ای در ارگ صادق‌آباد بافق بود؛ طوری که میزان توسعهٔ هر نوع از مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای، طی فصول و ماه‌های مختلف، با تغییر میزان UDI همراه است (شکل ۵).




**شکل ۵. پراکندگی مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای و ژئومورفولوژی محدودهٔ ارگ صادق‌آباد بافق**

[ Downloaded from journal.iranqua.ir on 2023-02-22 ]

## بحث و نتیجه‌گیری

ارگ‌های ماسه‌ای محصول تراکم ذرات ماسه‌های بادی‌اند که با اندازه‌های مختلف در یک منطقه به صورت تپه‌های ماسه‌ای متراکم می‌شوند. بنابراین، مساعدترین منطقه برای توسعهٔ ارگ‌ها مناطق خشک و نیمه‌خشکی است که بادهای فرسایشی دارند. ازین‌رو، در ارگ صادق‌آباد بافق در چالهٔ ساختمانی درانجیر، مانند دیگر مناطق پست داخلی ایران، باد قابلیت مناسبی جهت فرسایش خاک و انتقال ذرات ماسه دارد. جدای از موجودیت ارگ‌ها، نکتهٔ دیگری که می‌توان به آن اشاره کرد در ارتباط با نوع مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای تشکیل‌دهندهٔ یک ارگ است. این نوع مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای تا حدودی وابسته به رژیم بادی یک منطقه و به‌خصوص جهت باد و میزان پایداری آن است. قبل از تحلیل مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای یک ارگ باید رژیم بادی حاکم بر آن منطقه مشخص شود که در این زمینه از گل‌باد و گل‌ماسه استفاده شد.

نتایج حاصل از گل‌باد ایستگاه بافق نشان داد در اکثر مواقع سال جهت باد غالب در امتداد چالهٔ ساختمانی درانجیر و به صورت بادهای شمال غربی ظاهر می‌شود. اما در زمینهٔ مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای، جدای از باد غالب یک منطقه، باد غالب حامل ماسه اهمیت دارد. بررسی گل‌ماسهٔ سالیانهٔ ایستگاه بافق نشان می‌دهد با وجود اینکه باد غالب حامل ماسهٔ سالیانهٔ ایستگاه بافق هم‌سو با جهت باد غالب است، جریان حمل ماسه (RDD) در برخی فصول و ماه‌ها از جهات دیگری بوده است؛ بدین صورت که بادهای حامل ماسه در فصول زمستان و پاییز به صورت بادهای جنوب غربی یا غربی در مسیری تقریباً عمود بر جهت بادهای غالب در چالهٔ درانجیر و محدودهٔ ارگ صادق‌آباد بافق جریان دارند. از طرفی در بررسی ماهیانهٔ تغییر میزان RDD مشخص شد بیشترین شیب تغییر جهت باد در پاییز و بین دو ماه مهر و آبان با حدود ۹۰ درجه است که این تغییر جهت ناگهانی باد در آبان‌ماه به صورت بادهای جنوب غربی نقشی مؤثر در تغییر مورفولوژی تپه‌های هلالی و برخان‌هایی دارد که تحت تأثیر بادهای شمال غربی تابستانه قرار دارند؛ طوری که در آبان‌ماه با ظهور بادهای چندجهته زمینهٔ توسعهٔ تپه‌های ماسه‌ای ستاره‌ای یا هرمی فراهم می‌شود.

از طرفی در بررسی میزان شاخص همگنی وزش باد یا UDI نیز مشخص شد کمترین مقدار این شاخص مربوط به ماه آبان است. این شاخص نیز تغییر بیشتر جریان باد و تغییر حالت آن از بادهای یک‌جهته به بادهای چندجهته را نشان می‌دهد. بنابراین، با توجه به میزان UDI=0.19 در فصل پاییز می‌توان شاهد بهترین شرایط سال جهت توسعهٔ تپه‌های هرمی در ارگ صادق‌آباد بود؛ طوری که این شرایط در ماه‌های فصل پاییز در آبان‌ماه از ماه‌های دیگر مساعدتر است. از طرفی وجود میزان شاخص همگنی وزش سالیانه با مقدار ۰٫۲۴ نیز از فراوانی نسبتاً بالای وقوع بادهای چندجهته در ایستگاه بافق و ارگ صادق‌آباد حکایت دارد. این موضوع را می‌توان به وجود چندین هرم ماسه‌ای مرتفع در ارگ صادق‌آباد مرتبط دانست که در طول سال و طی سالیان متمادی تحت تأثیر رژیم بادهای با جهات مختلف پایدار باقی مانده‌اند. علاوه بر هرم‌های ماسه‌ای، می‌توان به سیف‌ها اشاره کرد. این سیف‌ها هرم‌های ماسه‌ای را احاطه کرده و سبب تشکیل آن‌ها شده‌اند. از آنجا که مهم‌ترین اصل مورد نیاز جهت توسعهٔ سیف‌ها وجود بادهای متقابل و دوجهته در یک منطقه است و بهترین حالت نشان‌دهندهٔ وجود بادهای دوجهته آن است که میزان UDI دارای مقادیری با فاصلهٔ نسبتاً یکسان بین صفر و ۱ باشد، در فصول بهار (UDI=0.51) و زمستان (UDI=0.44) می‌توان بهترین شرایط جهت توسعهٔ سیف‌ها را مشاهده کرد.

[ Downloaded from journal.iranqua.ir on 2023-02-22 ]

در بررسی شاخص همگنی وزش ماهیانه نیز مشخص شد توسعهٔ بادهای دوجهته و به‌تبع آن گسترش سیف‌ها تقریباً از دی‌ماه (UDI=0.43) شروع می‌شود و تا اوایل اردیبهشت‌ماه ادامه می‌یابد و از خردادماه، که مقارن با شروع دورهٔ گرما و خشکی بافق است، به‌تدریج شاخص همگنی وزش باد افزایش پیدا مـی‌کنـد (UDI=0.74) و در مردادمـاه بـه حـداکثر مقدار سالیانهٔ خود می‌رسد (UDI=0.77). این مقادیر تغییر رژیم بادی منطقه از حالت بادهای دوجهتهٔ بهـاره بـه بادهـای غالب یک‌جهتهٔ شمال غربی در تابستان را نشان می‌دهد. بنابراین، در فصل تابستان، به عنوان خشک‌تـرین فصـل بـافق، بادهای یک‌جهته و شدید شمال غربی با توسعهٔ برخان‌های متحرک سبب انتقال ماسه از شمال غـرب چالـهٔ درانجیـر بـه سمت ارگ بافق می‌شوند. از طرفی برخان‌ها در مناطقی تشکیل می‌شوند که از یک طرف تراکم ماسه‌ها در آنجا کم باشد و از طرفی بادهای حاکم بر آن به صورت بادهای یک‌جهته باشند (برید و گروو[1] ۱۹۷۹: ۱۱). با توجه بـه شـرایط توسـعهٔ تپه‌های برخانی می‌توان گفت که از نظر مکانی حاشیه‌های ارگ صادق‌آباد بافق (تراکم کم ماسه) و از نظر زمـانی فصـل تابستان (توسعهٔ بادهای یک‌جهته) بهترین فصل سال جهت توسعهٔ برخان‌هاست. بنابراین با بررسی رژیم بـادی ایسـتگاه بافق در دوره‌های زمانی مختلف می‌توان به صورت کلی گفت بهترین شرایط برای توسعهٔ هرم‌هـای ماسـه‌ای در فصـول زمستان و اواسط بهار فراهم می‌آید؛ درحالی‌که تابستان با بیشترین مقدار شاخص همگنی وزش باد (UDI=0.74) و پاییز با کمترین مقدار شاخص همگنی وزش باد (UDI=0.19) به ترتیب بهترین فصول جهت توسعهٔ برخـان‌هـا و هـرم‌هـای ماسه‌ای در ارگ صادق‌آباد بافق هستند.

## منابع


احراری رودی، محی‌الدین (۱۳۹۶). «بررسی نحوهٔ تشکیل و گسترش تپه‌های ماسه‌ای و تـأثیر آن بـر مورفولـوژی محـیط سـاحلی دریای عمان»، *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی*، ج ۳، صص ۱۶۳ ـ ۱۷۵.

اختصاصی، محمدرضا (۱۳۷۵). «منشأیابی تپه‌های ماسه‌ای در حوزهٔ دشت یزد ـ اردکان»، انتشارات مؤسسهٔ تحقیقات جنگـل‌هـا و مراتع کشور، تهران، ش ۱۴۵.

اشتری مهرجردی، عالیه (۱۳۸۰). «منشأیابی شن‌های روان منطقهٔ اردستان»، پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان.

رضازاده بلگوری، بنیامین و آرش امینی، غلامرضا میـراب شبسـتری (۱۳۹۶). «تعیـین ارتبـاط بـین پارامترهـای رسـوب‌شناسـی و مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای خطی شال آهنگران»، *زمین‌شناسی ایران*، ج ۴۴، صص ۶۵ ـ ۷۸.

رفاهی، حسین‌قلی (۱۳۸۴). *فرسایش بادی و کنترل آن*، چ ۳، انتشارات دانشگاه تهران.

شریفی، محمد و زینب میری (۱۳۹۶). «ارزیابی نقش بادهای محلی در فرسایش بـادی (مـورد مطالعـه: ریـگ زریـن)»، چهـارمین همایش ملی فرسایش بادی و طوفان‌های گرد و غبار، دانشگاه یزد.

صادقی، معصومه و مصطفی کریمی احمدآبادی، محمدرضا اختصاصـی، محمـد رضـارجبی (۱۳۹۴). «تـأثیر بادهـای فرسـاینده بـر مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای دشت سمنان»، *مهندسی و مدیریت آبخیز*، ج ۷، ش ۱، صص ۵۳ ـ ۶۳.

طاهری‌نژاد جوزم، کاظم و فاطمه زارع (۱۳۹۷). *تحلیل مکان‌گزینی، منشأیابی، و مورفولوژی تپـه‌هـای ماسـه‌ای* (ارگ‌هـای دروازه قرآن یزد و صادق‌آباد بافق)، اندیشمندان یزد.


1. Breed & Breed

[ Downloaded from journal.iranqua.ir on 2023-02-22 ]

کاظمی‌نیا، عبدالرضا و کاظم رنگ‌زن، علی‌رضا زراسوندی (۱۳۸۹). «مطالعهٔ مورفولوژی و کانی‌شناسی تپه‌های ماسه‌ای اهواز با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و مطالعات میدانی»، دومین همایش ملی فرسایش بادی، انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران.

محمودی، فرج‌الله (۱۳۸۹). *ژئومورفولوژی دینامیک*، تهران، انتشارات پیام نور.

مشهدی، ناصر و فرشاد امیراصلانی، مجید کریم‌پور ریحان (۱۳۸۵). «مطالعهٔ مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای ارگ خارتوران»، *بیابان*، ج ۱۱، ش ۱، صص ۲۲۵ ـ ۲۳۳.

Ashteri Mehrjerdi, A. (2001).“*The origin of sand in the Ardestan region*", Master's thesis, Isfahan University of Technology. pp. 138.

Breed, C. S. & Breed, W. J. (1979).“Dunes and other wind landforms of central Australia (and a comparison with linear Dunson the Moenkopi Plateau, Arizona).” *U.S National Aeronautics and Space Administration, Washington.*

Ahrari Roodi, M. (2018). “A study on Sand Dunes and Their Improvement on the Morphology of the Oman Sea Environment”, *Quantitative Geomorphological Researches, Vol. 3, pp. 163-175.*

Ekhtesasi, M. R. (1996). *The Source of Sand Dunes in the Yazd-Ardakan Plain.* Publications of the Institute of Forest and Rangelands Research, First Printing, Tehran, No 145, pp. 97.

Gares, P. A., Davidson-Arnott, R. G. D., Bauer, B. O., Sherman, D. J., Carter, R. W. G., Jackson, D. W. T., & Nordstrom, K. F. (1996). “Alongshore Variations in Aeolian Sediment Transport: Carrick Finn Strand, Ireland”, *Journal of Coastal Research, Vol. 12, pp. 673-682.*

Hamdan, M. A., Refaat, A. A., & Abdel Wahed, M. (2016). “Morphologic characteristics and migration rate assessment of barchan dunes in the Southeastern Western desert of Egypt”. *Geomorphology 257, pp. 57–74.*

Hereher, M. (2018). “Geomorphology and drift potential of major Aeolian sand deposits in Egypt”. *Geomorphology 304, pp. 113-120.*

Johanna C. Speirs, Hamish A. McGowan, & David T. Neil. (2008). “Meteorological controls on sand transport and dune morphology in a polar-desert: Victoria Valley, Antarctica”, *Earth Surf. Process. Landforms, No. 33, pp. 1875–1891.*

Kazemnia, A., Rangzan, K., Dargizan, & Zarasvandi, A. R. (2010). “Morphology and Mineralogy Studies of Ahwaz Mine Hills Using Field Testing and Measurement Techniques”, *Second National Conference on Wind Erosion, Scientific Association for Management and Control of Desert Regions of Iran.*

Lancaster, N. (1995). *The Geomorphology of Desert Dunes*. Routledge, London (290 p.).

Mahmoudi, F. (2010). *Dynamic geomorphology*. Payam Noor-Tehran Publishing, pp. 269.

Mashhadi, N., Amirsalani, F., & Karimpour Reyhan, M. (2006). “Morphology study of the sand dunes of Kharturan Erg*”, Journal of the Desert, No. 11, pp. 223-225.*

McKee, E. (1979). *A study of global sand seas*. United States Geological Survey, Professional Paper 1052, Washington, D. C.

Relfahi, H. (2005). *Wind erosion and control*, Tehran University Press, Third edition, pp. 8.

Rezazadeh Belgouri, Benjamin, Amini, A., Mirab Shabestari, Gh. (1396). “Determining the Relationship Between Sedimentary Paretheses and Morphology of the Mounds of the Mines of Shah Ahangaran, East of Iran”, *Journal of Geological Survey of Iran, Vol. 44, pp. 65-78.*

Sadeghi, M., Karimi, M., Ekhtesasi, M. R., & Rajabi, M. R. (2014). “Effect of erosion winds on the morphology of the sand dunes of Semnan Plain”, *Scientific and Research Journal of Watershed Engineering and Management. No 7, pp. 53-63.*

[ Downloaded from journal.iranqua.ir on 2023-02-22 ]

Sharifi, M. & Miri, Z. (2018). "Assessment of the role of wind in the local area in wind damage (Case study: Zarin Rig)". *Fourth National Conference on Wind Erosion and Dust Storm, Yazd University.*

Taheri Nejad Jousam, K. & Zare, F. (2017). *Analysis of location, origin and morphology of sand dunes (Darvazeh qoran of Yazd and Sadegh Abad Bafgh),* Andishmandan Publishers. Yazd, pp. 69.

Taniguchi, Keisuke. Endo, Noritaka. Sekiguchi, Hideo (2012). "The effect of periodic changes in wind direction on the deformation and morphology of isolated sand dunes based on flume experiments and field data from the Western Sahara". *Geomorphology, Vol. 179, 15, pp. 286-299.*

Tsoar, H. (2005). "Sand dunes mobility and stability in relation to climate". *Phys. A 357, pp. 50–56.*

Wasson, R. J. & Hyde, R. (1983). "Factors Determining Desert Dune Type", *Nature, 304, pp. 337-339.*

Zhang, Z., Dong, Z., & Li, C. (2015). "Wind regime and sand transport in China's Badain Jaran Desert". *Aeolian Res. 17, pp. 1–13.*

[ Downloaded from journal.iranqua.ir on 2023-02-22 ]