

## بررسی رابطه تندبادهای سواحل جنوبی ایران با مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای

محمد رضا اختصاصی - دانشیار دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد  
صدیقه دادفر\* - کارشناس ارشد مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشگاه تهران

پذیرش مقاله: ۱۳۹۱/۰۹/۲۰ تأیید نهایی: ۱۳۹۲/۰۷/۱۳

### چکیده

هدف اصلی این پژوهش، تجزیه و تحلیل آماری باد و نقش آن در شکل‌گیری انواع تپه‌های ماسه‌ای است. تجزیه و تحلیل داده‌های بادسنجی پنج ایستگاه سینوپتیک منتخب در سواحل جنوبی ایران، با استفاده از نرم‌افزار WRPLOT انجام گرفت. نتایج حاصل از رسم گل‌باد و گل‌طوفان، نشان داد که جهت باد غالب عموماً غربی است و بادهای طوفان‌زا بیشتر از جهت غرب و جنوب غرب می‌وزند. نتایج حاصل از ترسیم گل‌ماسه با استفاده از نرم‌افزار Sand Rose Graph نشان داد که جهت انتقال ماسه اغلب از قطاع جنوب و جنوب غرب به سمت شمال و شمال شرق است که با مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای موجود منطبق است. نتایج بررسی صحت شاخص RDD با استفاده از منطق بولین نشان داد، اهواز با داشتن ۹۰/۰۵ درصد حضور برای رسوب‌گذاری در قطاع شمال شرقی، از بالاترین صحت برخوردار است. بندر جاسک با  $DP_{tt} = 336/8$  بیشترین توان را در حمل ماسه دارد. مقدار شاخص UDI در تمامی ایستگاه‌ها کمتر از ۰/۵۹ است که نشان‌دهنده دوجبه‌بودن بادهای منطقه است. روی عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارت، وجود تپه‌های ماسه‌ای از نوع تپه‌های طولی، سیلک‌های دندانه‌ای کشیده و سیف نمایان است که حاصل بادهای دوجبه‌ جنوب غربی و جنوب شرقی هستند.

کلیدواژه‌ها: تپه‌های ماسه‌ای، جنوب ایران، شاخص UDI، گل‌باد، گل‌طوفان، گل‌ماسه.

### مقدمه

از آنجایی که باد یکی از عوامل اصلی ایجاد فرسایش و تخریب در سطح زمین، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک است، برای پیشگیری از خسارات ناشی از آن، مطالعه وضع و خصوصیات آن ضروری به نظر می‌رسد (رفاهی، ۱۳۷۸: ۲۲). برای تجزیه و تحلیل دقیق‌تر از وضعیت بادناکی و شرایط دینامیکی باد، روش‌ها، پارامترها، شاخص‌ها و نمودارهای

متفاوتی ارائه شده است که از آن دسته، می‌توان به نمودارهای گل‌باد، گل‌طوفان و گل‌ماسه و شاخص‌هایی مانند توان حمل ماسه، شاخص غبارناکی یا نقشه‌های هم‌سرعت جریان باد اشاره کرد. گل‌ماسه، نموداری است که در اثر انجام عملیات پیچیده جبر برداری و محاسبه مقدار انرژی قابل حمل ماسه توسط باد به دست می‌آید. این نمودار بیانگر توان فرسایش بادی و مقدار نسبی حمل ماسه در جهت‌های مختلف است. در این حالت با در نظر گرفتن سرعت باد و جهت آن، مقدار انرژی باد در جهت مختلف محاسبه و برآیند مقدار نیروی باد و مقدار نیروی برآیند به دست می‌آید و در نهایت با جمع برداری، جهت و مقدار نیروی برآیند<sup>۱</sup> محاسبه می‌شود (احمدی، ۱۳۸۷: ۲۵۳).

اختصاصی و همکاران (۱۳۸۹)، به کمک نرم‌افزار گل‌ماسه‌نما<sup>۲</sup>، داده‌های بادسنجی ایستگاه سینوپتیک بافق را طی یک دوره آماری چهارده‌ساله (۲۰۰۶-۱۹۹۳) مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند و با استفاده از شاخص UDI<sup>۳</sup> حاصل از این نرم‌افزار، شکل تپه‌ها و نوع جریان بادها را پیش‌بینی کردند. نتایج نشان داد که مقدار شاخص UDI برابر با ۰/۲۶ است و این امر نشان‌دهنده چند جهت‌بودن بادهای منطقه است. در نتیجه غالب تپه‌های ماسه‌ای موجود در ارگ، از نوع تپه‌های طولی یا سیلک و سیف و تپه‌های رفت‌وبرگشتی است که حاصل بادهای دوجبهته با یک جهت اصلی و یک جهت فرعی و از یک قطاع هستند.

تازه و همکاران (۱۳۸۴)، با استفاده از ترسیم گل‌باد و گل‌طوفان‌های مربوط به ده ایستگاه سینوپتیک و همچنین استفاده از نتایج مطالعات طرح کانون‌های بحرانی فرسایش بادی در بیش از چهارده استان کشور، در خصوص تعیین جهت رسوب‌گذاری نهشته‌های ماسه بادی ایران اقدام کردند. مطالعات ایشان نشان داد که طوفان‌های گردوخاک و جهت رسوب‌گذاری تپه‌های ماسه‌ای نواحی مرکزی ایران، منطبق با بادهای غربی و شمال غربی است و بخش‌های شمال شرقی ایران نیز، به‌طور عمده تحت تأثیر بادهای شمالی تا شمال شرقی است که از سمت سیبری و ترکمنستان وارد ایران می‌شوند. به‌طور کلی بررسی‌ها نشان داد که جهت شکل‌گیری تپه‌های ماسه‌ای با بادهای طوفان‌زا در یک دوره آماری پنج‌ساله، تطابق قابل قبولی را نشان می‌دهد. همچنین تغییرات موضعی جهت رسوب‌گذاری نیز غالباً تحت تأثیر جهت‌های توپوگرافی است. در واقع شکل گل‌ماسه و شاخص‌های حاصل از آن، اطلاعات مفید و مناسبی در زمینه رژیم طوفان‌های ماسه‌ای، توان حمل و جابه‌جایی رسوب به کمک وزش بادهای منطقه، میزان دبی حمل ماسه در سطح ماسه‌زارها، الگوی شکل‌گیری تپه‌ها، جهت نهایی حمل ماسه و همچنین تغییرات سالانه و فصلی آنها ارائه می‌کند که می‌تواند در تحلیل ویژگی‌های مورفودینامیکی رخساره‌های بادی در منطقه مؤثر باشد؛ به‌گونه‌ای که با تحلیل داده‌های بادسنجی یک ایستگاه، می‌توان نوع تپه‌های ماسه‌ای شکل‌گرفته را پیش‌بینی کرد (واسون، ۱۹۸۳). واسون و هاید (۱۹۸۳) بر اساس شاخص UDI، برای انواع تپه‌های ماسه‌ای تقسیم‌بندی گرافیکی انجام دادند؛ به طوری که با تحلیل داده‌های بادسنجی ایستگاه، می‌توان نوع تپه‌های ماسه‌ای ایجادشده را پیش‌بینی کرد یا برعکس با دیدن تپه‌ها، می‌توان به رژیم بادی منطقه پی برد. فرای برگر (۱۹۸۴)، در شبه‌جزیره عربستان، به تهیه نقشه هم‌پتانسیل حمل ماسه (RDP)<sup>۴</sup>

1. Result Drift Potential  
2. Sand Rose Graph 3.0  
3. Uni-Directional Index  
4. Resultant Drift Potential

اقدام کرد و جهت عمومی جریان ماسه را در ارگ ربع‌الخالی، از سمت شمال غرب به جنوب شرق نشان داد. موریسی، گابر و سماک (۲۰۰۱)، میزان پتانسیل حمل ماسه را در بیابان الخانکای مصر مورد بررسی قرار دادند. آنها با استفاده از تحلیل داده‌های هواشناسی در یک دوره سی‌ساله (۱۹۶۷-۱۹۹۷) و سرعت آستانه  $4\text{m/s}$  نشان دادند، میانگین پتانسیل حمل ماسه  $1400$  واحد برداری (V.U) است.

با توجه به موارد فوق، هدف از 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 بخش جنوبی ایران است. بدیهی است دستیابی به این اهداف، نقش به‌سزایی در طراحی بادشکن‌ها و پروژه‌های تثبیت تپه‌های ماسه‌ای دارد.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش در محدوده تپه‌های ماسه‌ای جنوب ایران، واقع در استان‌های خوزستان، بوشهر، هرمزگان و سیستان و بلوچستان انجام شده است. بخش جنوبی ایران به‌طور عمده در تمام فصول سال تحت تأثیر بادهای غربی و جنوب غربی است (زارعیان، ۱۳۸۶). البته در فصل تابستان به‌دلیل جریان‌های موسمی، بادهای حاکم در منطقه در قطاع شرقی تا جنوب شرقی قرار می‌گیرند. این بادهای توان بالایی برای حمل ماسه دارند و در اواخر زمستان تا اوایل پاییز، سبب وقوع طوفان‌های شدیدی در منطقه می‌شوند.

برای ترسیم گل‌باد، گل‌طوفان و گل‌ماسه، داده‌های بادسنجی ایستگاه‌های سینوپتیک اهواز در استان خوزستان، کنگان‌جم در استان بوشهر، بندرجاسک و بندرلنگه در استان هرمزگان و چابهار در استان سیستان و بلوچستان، طی یک دوره آماری مشترک بیست‌وپنج ساله (۲۰۰۶-۱۹۸۲)، مورد استفاده قرار گرفت. شکل ۱ موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱. موقعیت ایستگاه‌های بادسنجی مورد مطالعه در سواحل جنوبی ایران

برای تجزیه و تحلیل داده‌های بادسنجی، از نرم‌افزار WRPLOT View 5.2.1 استفاده شد. با توجه به اینکه این نرم‌افزار برای انجام محاسبات آماری باد و رسم گل‌باد تهیه شده و برای محاسبه و ترسیم گل‌باد، از فرمت‌های خاصی استفاده می‌کند، از این رو به منظور خوانا کردن داده‌های بادسنجی ایستگاه‌های سینوپتیک برای این نرم‌افزار، از برنامه یا نرم‌افزار تولید داخل دیگری با نام WD Convert 2.0 استفاده شد. یکی از قابلیت‌های بسیار مفید نرم‌افزار WRPLOT این است که علاوه بر رسم گل‌بادهای استاندارد با سرعت پایه یک نات (حدود ۰/۵۴ متر بر ثانیه)، امکان تغییر سرعت پایه و رسم گل‌بادهای با سرعت پایه بیشتر (سرعت آستانه فرسایش بادی) را نیز برای کاربر فراهم کرده است (صارمی نائینی، ۱۳۸۵). این ویژگی انعطاف‌پذیر نرم‌افزار، موجب می‌شود تا کاربر بتواند مقایسه‌ها و تحلیل‌های مختلفی را روی داده‌های بادسنجی منطقه انجام دهد.

در این پژوهش نیز با استفاده از قابلیت‌های مذکور نرم‌افزار و با در نظر گرفتن سرعت پایه‌ای برابر با سرعت آستانه فرسایش بادی، گل‌بادهای جدید طوفان‌زا به نام گل‌طوفان تهیه شد. گل‌طوفان بیانگر ارتباط سرعت فضایی باد با اراضی در معرض بادبردگی است و از قابلیت نمایش طوفان‌خیزی اراضی برخوردار است. از دیگر شیوه‌های تجزیه و تحلیل آماری باد در ارتباط با سرعت‌های آستانه فرسایش بادی، استفاده از گل‌ماسه است که فرای برگر و لتو آن را برای نخستین بار در سال ۱۹۷۵ پیشنهاد کرده و در پژوهش خود به کار بردند. در این روش ابتدا به منظور یکسان‌سازی توان فرسایشی بادها، آن دسته از سرعت‌هایی که بیشتر از سرعت آستانه فرسایش خاک است، به واحدهای بُرداری با نام توان حمل ماسه (DP) تبدیل می‌شوند. سپس با رسم آنها در جهت‌های هشت یا شانزده‌گانه، گل‌ماسه شکل می‌گیرد. برای محاسبه مقادیر DP و رسم گل‌ماسه، بنا به پیشنهاد فرای برگر، کمترین حد سرعت آستانه فرسایش بادی در ارتفاع ده متری اراضی اطراف ایستگاه بادسنجی مورد نظر، سرعت پایه آستانه فرسایش منظور می‌شود. در این حالت، مقادیر DP به دست آمده، دارای بالاترین توان حمل ماسه (ظرفیت بالقوه) برآورد شده خواهد بود. با جمع بُرداری بازوهای گل‌ماسه، می‌توان به بُردار برآیند توان حمل ماسه (RDP) دست یافت که مقدار نسبی و جهت نهایی حمل ماسه (RDD) را در منطقه یا رخساره ژئومورفولوژی مورد نظر نشان می‌دهد. بر اساس طبقه‌بندی فرای برگر و دین (۱۹۷۹)، اگر مقدار DP بیش از ۴۰۰ باشد، قدرت فرسایشی باد زیاد و چنانچه این مقدار کمتر از ۲۰۰ باشد، قدرت فرسایشی باد کم و بین این دو مقدار قدرت فرسایشی باد متوسط است. با توجه به پیچیدگی و حجم بالای محاسبات آماری مربوط به ترسیم گل‌ماسه، از نرم‌افزاری با نام گل‌ماسه‌نما برای محاسبه و ترسیم استفاده شد که اختصاصی و صارمی نائینی آن را بر اساس معادلات و روابط پیشنهادی فرای برگر و لتو طراحی کرده‌اند. این نرم‌افزار می‌تواند با دریافت داده‌های بادسنجی ایستگاه مورد نظر و همچنین سرعت آستانه فرسایش بادی رخساره‌های مختلف مجاور ایستگاه، به تحلیل آماری و ترسیم گل‌ماسه‌های مورد نظر بپردازد. گل‌ماسه‌های رسم شده قادرند در رخساره‌های مختلف اطراف ایستگاه هواشناسی مورد مطالعه، توان حمل ماسه و جهت آن را به خوبی نشان دهند.

در این پژوهش نیز با در نظر گرفتن کمترین حد سرعت آستانه فرسایش بادی (۶/۵ متر بر ثانیه در ارتفاع ۱۰

1. Drift Potential

2. Resultant Drift Direction

متری)، گل‌ماسه ایستگاه‌های مذکور تهیه شد. از دیگر شاخص‌های حاصل از ترسیم گل‌ماسه، شاخص همگنی برای حمل ماسه (UDI) است که بر اساس رابطه ۱ تعریف شده است.

$$UDI = RDP / DP_t \quad \text{رابطه ۱}$$

که در آن؛ RDP: مقدار نهایی حمل ماسه (اندازه بردار منتهجه) و  $DP_t$ : کل توان حمل ماسه.

هرچه این مقدار به عدد یک نزدیکتر باشد، بادهای یک جهتی در منطقه زیادتر بوده و می‌توان نتیجه گرفت تپه‌های ماسه‌ای از نوع بارخان هستند و برعکس هرچه مقدار این نسبت به سمت صفر تمایل پیدا کند، بادهای قدرتمند چندجهتی بر منطقه حاکم خواهند شد، در نتیجه تپه‌ها از نوع تپه‌های ستاره‌ای یا قورد هستند.

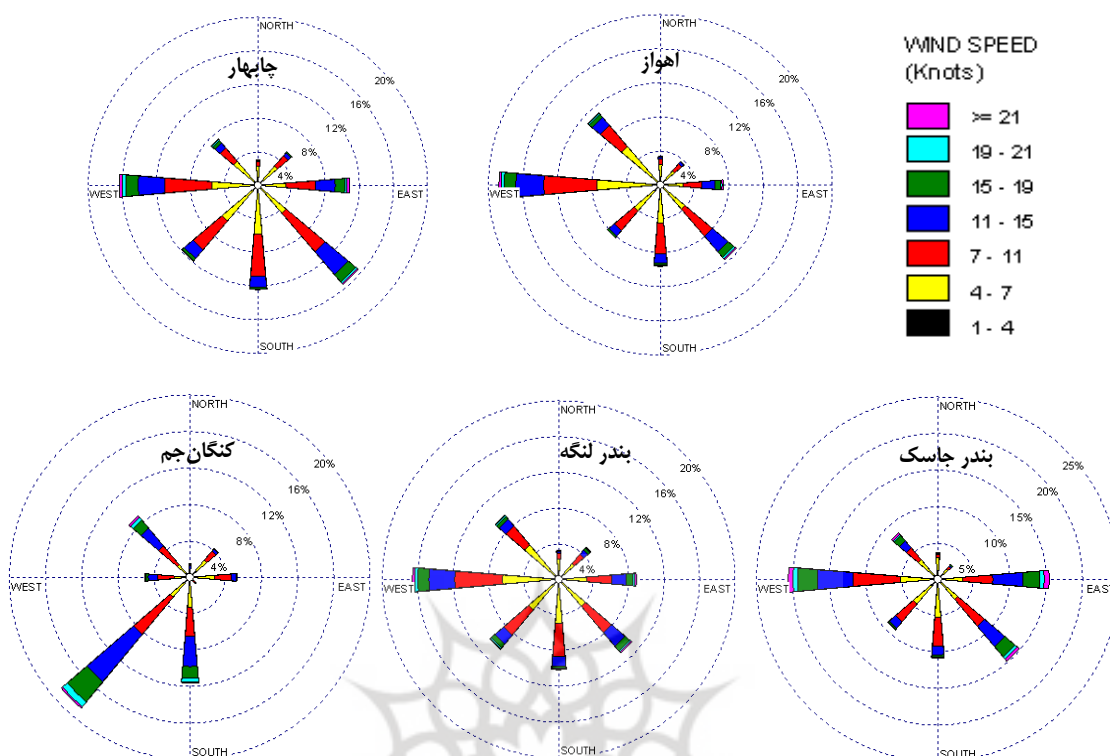
ابعاد تپه‌های ماسه‌ای بسیار متغیر هستند؛ به طوری که عرض تپه‌های ماسه‌ای از یک متر تا حدود یک کیلومتر و محدوده ارتفاعی آنها در حدود ۳۰ سانتی‌متر تا ۳۰۰ متر تغییر می‌کند. در شکل‌گیری ابعاد تپه‌ها، عوامل گوناگونی چون نیروی باد و جهت باد دخالت دارند؛ به گونه‌ای که تپه‌های ماسه‌ای خطی در بادهای شدید که از دو جهت می‌وزند (شاخص UDI به صفر نزدیک است)، دارای ابعاد بزرگتر هستند و فاصله آنها از یکدیگر نسبت به بادهایی که از یک جهت می‌وزند (UDI نزدیک به یک)، کمتر است. پس از محاسبه شاخص‌های فوق، به بررسی شکل تپه‌های ماسه‌ای موجود در منطقه پرداخته شد و انطباق شکل تپه‌های ماسه‌ای با شاخص UDI مورد بررسی قرار گرفت. برای بررسی صحت شاخص RDD حاصل از نرم‌افزار گل‌ماسه‌نما و جهت نهایی حمل ماسه، تعداد بیست‌وپنج نمونه تصادفی از تپه‌های ماسه‌ای موجود در محدوده هر ایستگاه (در مجموع ۱۲۵ تپه نمونه) از روی تصاویر ماهواره‌ای انتخاب و جهت رسوب‌گذاری هر تپه بررسی شد. سپس با استفاده از منطق بولین، وجود و عدم وجود جهت رسوب‌گذاری در راستای جنوب غرب به شمال شرق بررسی شد و درصد صحت شاخص RDD برای هر ایستگاه به دست آمد.

## یافته‌های پژوهش

شکل ۲ گل‌باد ایستگاه‌های مورد بررسی را طی یک دوره آماری مشترک بیست‌وپنج ساله (۲۰۰۶-۱۹۸۲) نشان می‌دهد. نتایج حاصل از ترسیم گل‌باد، نشان می‌دهد که جهت بیشتر بادهای غالب در ایستگاه‌های مورد بررسی، غربی است. البته در فصل تابستان جریان‌های موسمی از قطاع شرقی تا جنوب شرقی منطقه را تحت تأثیر قرار می‌دهند و توان حمل ماسه بالایی دارند. همچنین بادهایی با سرعت ۷-۴ تا ۱۱-۷ نات، بیشترین فراوانی را در تمام جهات به خود اختصاص داده‌اند؛ به گونه‌ای که بیش از ۵۰ درصد از بادهای مربوط به ۲ کلاس سرعت ۷-۴ تا ۱۱-۷ نات است.

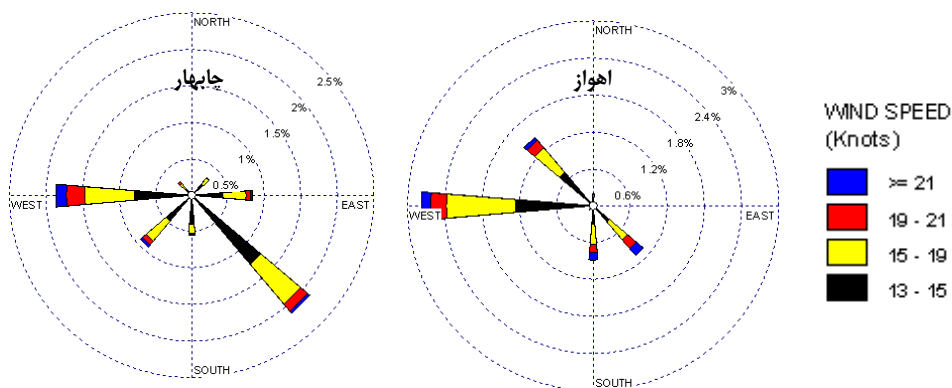
ایستگاه بندر جاسک دارای بیشترین فراوانی بادهای شدید (کلاس سرعت بیش از ۲۱ نات) است. با توجه به این نکته و در نظر گرفتن حداقل سرعت آستانه در ترسیم گل‌ماسه، پیش‌بینی می‌شود بیشترین توان حمل ماسه در این منطقه انجام شود؛ هرچند که شواهد طبیعی (مانند افزایش و گسترش سطح تپه‌های ماسه‌ای)، در آبادی‌های شرق جاسک، از جمله سورگلم، سدیح، بیاهی و... که منجر به تمرکز بخش‌های اجرایی در انجام عملیات مالچ‌پاشی و تثبیت تپه روان در این منطقه شده است، این گفته را تأیید می‌کند.



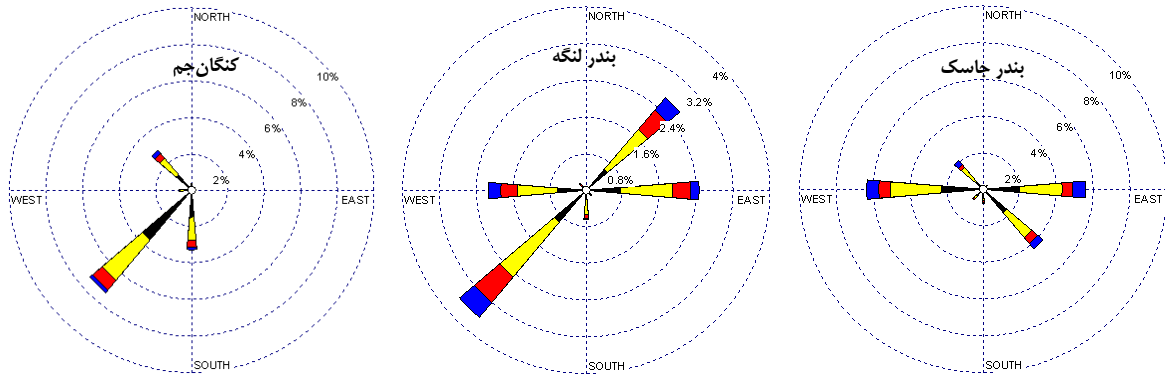


شکل ۲. گل‌باد ایستگاه‌های سینوپتیک اهواز، کنگان‌جم، بندر لنگه، بندر جاسک و چابهار (۲۰۰۶-۱۹۸۲)

بهم‌نظور تحلیل بادهای فرساینده و طوفان‌زا در هر منطقه، از گل‌طوفان‌های مربوط به کمترین سرعت آستانه فرسایش بادی در ارتفاع ۱۰ متری (۶/۵ متر بر ثانیه) استفاده شده است و بر اساس آن، وضعیت بادهای فرساینده در منطقه بررسی شد. در واقع نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل، بیانگر ظرفیت بالقوه فرسایش بادی در منطقه است. نتایج حاصل از محاسبه و ترسیم گل‌طوفان‌ها (شکل ۳)، نشان می‌دهد که بخش جنوبی ایران، به‌طور عمده تحت تأثیر بادهای طوفان‌زای غرب و جنوب غرب قرار دارد که از سمت دریا وارد سواحل ایران می‌شوند.



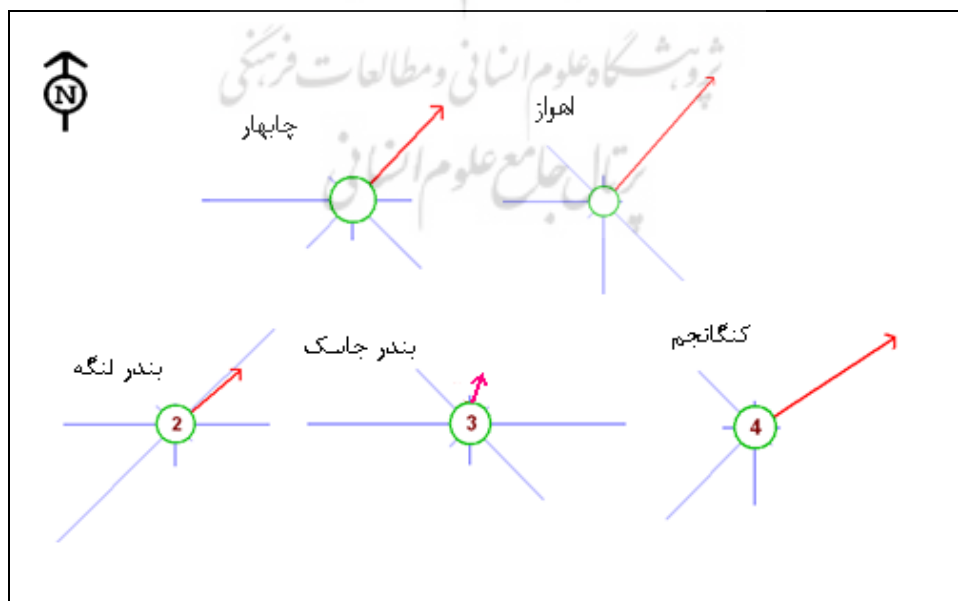
شکل ۳. گل‌طوفان ایستگاه‌های سینوپتیک اهواز و چابهار (۲۰۰۶-۱۹۸۲)



ادامه شکل ۳. گل‌طوفان ایستگاه‌های سینوپتیک کنگان، بندر لنگه و بندر جاسک (۱۹۸۲-۲۰۰۶)

نتایج حاصل از محاسبه و ترسیم گل‌ماسه (شکل ۴)، نشان می‌دهد در بین ایستگاه‌های مذکور، ایستگاه بندر جاسک با توان حمل ماسه ( $DP_t$ ) برابر با  $336/8$  واحد برداری، بیشترین توان حمل ماسه را در میان ایستگاه‌های مورد بررسی دارد.

با توجه به شکل ۴، جهت نهایی حمل ماسه (RDD) در منطقه، از سمت جنوب غرب (اراضی ساحل دریا) به سوی شمال شرق (اراضی دشتی و کوهپایه‌ای) است که نشان‌دهنده جهت انتقال اغلب ماسه‌ها از عرصه‌های نسبتاً خشک و شور ساحلی (سبخاهای ساحلی)، به سمت دشت‌های دامنه‌ای و اراضی کوهستانی در امتداد سواحل جنوبی ایران است. گاهی این پدیده موجب مدفون شدن جاده‌های اصلی و فرعی یا روستاها و آبادی‌ها در زیر خروارها ماسه بادی می‌شود.



شکل ۴. گل‌ماسه‌های ایستگاه‌های سینوپتیک اهواز، کنگان، بندر لنگه، بندر جاسک و چابهار (۱۹۸۲-۲۰۰۶)

جدول ۱ شاخص‌های محاسبه‌شده نرم‌افزار گل‌ماسه‌نما را نشان می‌دهد. مقدار شاخص UDI حاصل از ترسیم گل‌ماسه، در تمامی ایستگاه‌ها کمتر از ۰/۵۹ است که دوجهته‌بودن بادهای منطقه را نشان می‌دهد. در نتیجه، براساس مدل گرافیکی واسون و هاید (۱۹۸۳)، انتظار حضور تپه‌های ماسه‌ای طولی در منطقه بیشتر است. نتایج حاصل از تفسیر عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای و همچنین بازدیدهای میدانی از تپه‌های ماسه‌ای مناطق جنوبی ایران نیز، بیانگر وجود تپه‌های ماسه‌ای از نوع تپه‌های طولی، سیف یا سیلک‌های دندان‌های کشیده حاصل از بادهای دوجهته‌ای هستند که از یک قطاع می‌وزند. در سواحل جنوبی ایران، اغلب بادهای اصلی از جهت جنوب غرب و بادهای فرعی از جنوب شرق با منشأ ساحل به دریا، در شکل‌گیری تپه‌های ماسه‌ای مؤثر هستند.

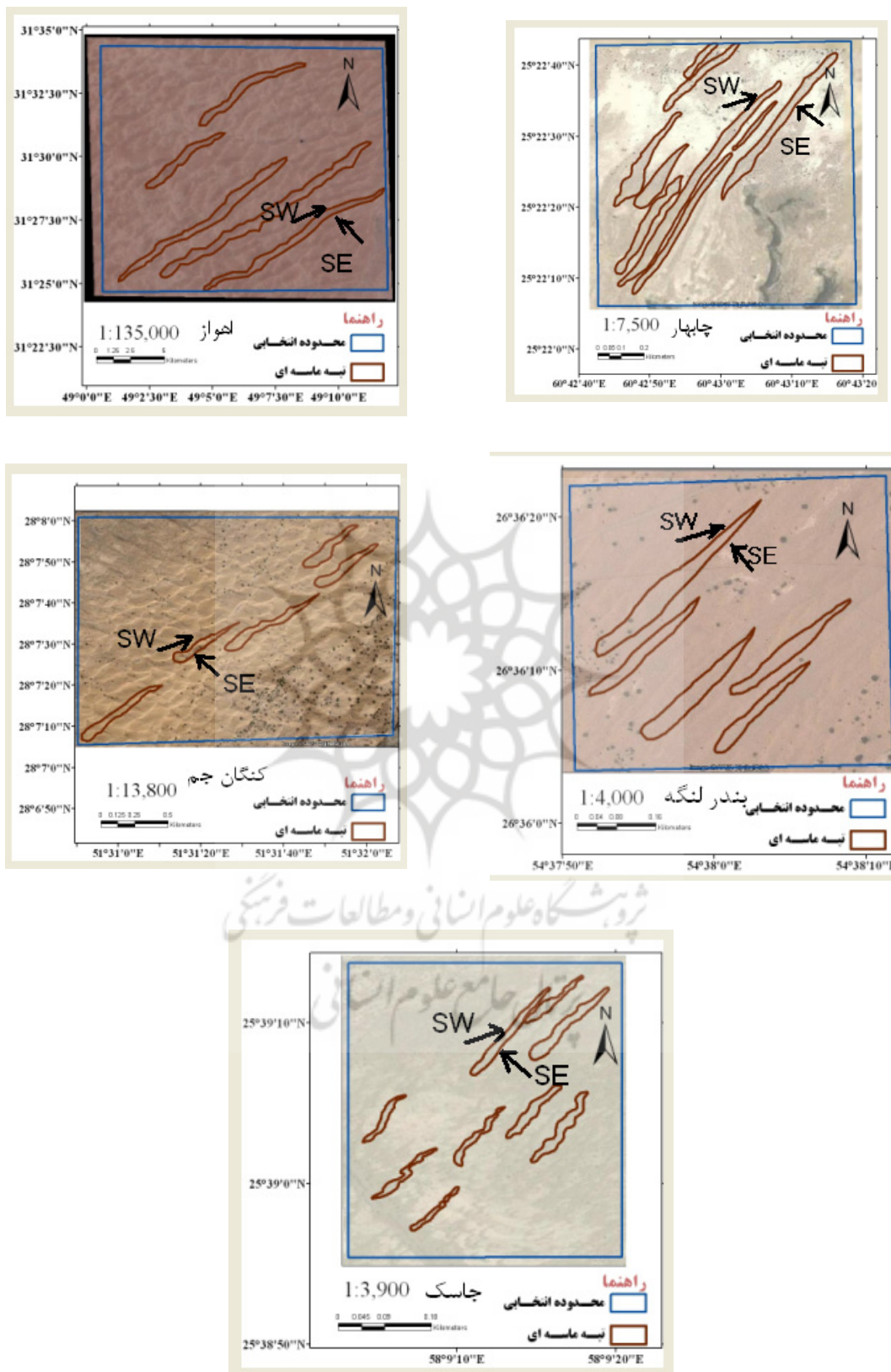
جدول ۱. مقادیر شاخص‌های محاسبه‌شده نرم‌افزار گل‌ماسه‌نما ( $V_t = 6/5m/s$ )

ایستگاه	بندر جاسک	بندر لنگه	اهواز	چابهار	کنگان جم
DP <sub>t</sub>	۳۳۶/۸	۲۵۱/۱	۱۴۴	۶۹/۴	۲۳۱/۶
RDP	۲۳/۵۴	۳۴/۷۱	۵۰/۳۳	۲۳/۳۴	۱۳۸/۶۸
RDD (0-360 Degree)	۳۴	۴۹	۴۱	۴۳	۵۷
UDI	۰/۱۷	۰/۱۴	۰/۳۵	۰/۳۴	۰/۵۹
(%F > V <sub>t</sub> )*	۲۳/۸۱	۱۵/۴۹	۱۰/۹۸	۸/۶۲	۲۶/۹

\* درصد بادهای دارای سرعت بیش از سرعت آستانه فرسایش بادی ( $V_t = 6/5m/s$ )

شکل ۵، تأثیر بادهای دوجهته جنوب غربی (SW) و جنوب شرقی (SE) را در شکل‌گیری تپه‌های ماسه‌ای طولی در سواحل جنوبی ایران نشان می‌دهد که بیشتر از نوع سیف و سیلک هستند. با توجه به شکل مشخص می‌شود، جهت کشیدگی و حمل ماسه منطبق با جهت بادهای فرساینده است که از سمت جنوب غرب (SW) می‌وزند و بادهای جنوب شرقی (SE)، بیشتر در تغییر فرم یا شکل‌دهی آنها به تپه‌های طولی مؤثرند. همان‌طور که در جدول ۱ و شکل ۴ نشان داده شد، جهت بردار نهایی گل‌ماسه (RDD) در تمام ایستگاه‌های مورد بررسی، از سمت قطاع جنوب غرب به سمت شمال شرق است که با کشیدگی تپه‌ها انطباق نزدیکی را نشان می‌دهد. برای صحت‌سنجی نتایج تجزیه و تحلیل داده‌های آماری مربوط به باد که از طریق گل‌طوفان و گل‌ماسه به دست آمده است با نتایج تفسیر بصری ناشی از مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای، از منطق بولین نیز استفاده شد. شکل ۶ نتایج بررسی صحت تطابق داده‌های جهت بادهای فرساینده (RDD) با مورفولوژی یا کشیدگی تپه‌های ماسه‌ای را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در تمام پنج منطقه‌ای که در امتداد سواحل جنوبی ایران مورد بررسی قرار گرفت، جهت برداری بادهای فرساینده (RDD) با کشیدگی تپه‌های ماسه‌ای طولی (جنوب غربی - شمال شرقی)، بیش از ۷۰ درصد انطباق یا صحت را نشان می‌دهد.





شکل ۵. تأثیر بادهای دوجبهته جنوب غربی و جنوب شرقی در شکل‌گیری تپه‌های ماسه‌ای طولی سیف و سیلک، در سواحل جنوبی ایران



شکل ۶. درصد صحت تطابق جهت تأثیر بادهای فرساینده (RDD) با جهت رسوب‌گذاری تپه‌های ماسه‌ای سواحل جنوبی ایران

## بحث و نتیجه‌گیری

هر چند که در بسیاری از موارد نگاه کلی به طول بازوهای گل‌باده‌ها، می‌تواند به تحلیل شرایط بادناکی کمک کند، ولی استفاده از روش‌های دیگر تجزیه و تحلیل داده‌های بادسنجی، از جمله رسم گل‌طوفان و گل‌ماسه، می‌توانند اطلاعات دقیق‌تری را در اختیار پژوهشگر قرار دهند. کاربرد گل‌طوفان و گل‌ماسه در تجزیه و تحلیل مسائل مرتبط با فرسایش بادی و جهت حرکت گردوغبار یا ماسه‌ها، از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است که نتایج عملی و کاربردی آنها را می‌توان در این پژوهش مشاهده کرد.

تفسیر نتایج به‌دست‌آمده از شکل گل‌ماسه‌ها و همچنین تپه‌های ماسه‌ای در بخش وسیعی از سواحل جنوبی ایران، نشان داد که بادهای قطاع جنوبی (جنوب غربی تا جنوب شرقی) که به‌طور عمده منشأ ناحیه‌ای دارند، با عبور از دریا و ساحل گرم و خشک (شرایط آناباتیک) تا حدی تقویت شده و موجب فرسایش خاک و حمل ماسه از سواحل پست به سمت دشت‌ها و کوهپایه‌ها می‌شوند. این دسته از بادهای خشکی به دریا (شرایط کاتاباتیک) که گاهی فراوانی بیشتری دارند، در انتقال ماسه و شکل‌دهی تپه‌های ماسه‌ای نقش بیشتری ایفا می‌کنند. زارعیان (۱۳۸۶) در پژوهش خود به نقش بادهای جنوب غربی در شکل‌گیری تپه‌های ماسه‌ای اشاره کرده است.

تقابل بادهای جنوب غربی و جنوب شرقی از سمت دریا به سمت ساحل و تفاوت در میزان توان حمل ماسه، موجب کاهش شاخص یک‌جهتی (UDI) در تمامی سواحل جنوبی شده است؛ به‌گونه‌ای که نسبت این شاخص در بسیاری از موارد بین ۰/۲ تا ۰/۵ متغیر است و توان شکل‌گیری تپه‌های طولی در منطقه را نشان می‌دهد. فرای‌برگر (۱۹۸۴) و واسون و هاید (۱۹۹۳)، نیز در پژوهش‌های خود بیان کرده‌اند که در شرایطی که مقدار عددی UDI کمتر از ۰/۵ باشد، امکان شکل‌گیری تپه‌های طولی زیاد می‌شود.

همان‌طور که نتایج حاصل از بررسی شاخص‌های UDI و RDD به‌دست آمده از گل‌ماسه‌ها و نتایج بررسی تپه‌های نمونه‌گیری شده (بیست‌وپنج تپه در هر محدوده) نشان داد، می‌توان چنین برداشت کرد که اغلب تپه‌های ماسه‌ای سواحل جنوبی ایران را تپه‌های طولی، از نوع سیف و سیلک‌های دندان‌های کشیده یا خطی تشکیل می‌دهند. این نوع

تپه‌ها معمولاً حاصل بادهای دوجهته‌ای هستند که به‌طور عمده منشأ دریایی داشته و توان یکی از آنها (جنوب غرب) بیش از دیگری (جنوب شرقی) است. نتایج به‌دست‌آمده در این بخش از پژوهش با یافته‌های تازه و همکاران (۱۳۸۴) در استان یزد، مصباح‌زاده و احمدی (۱۳۸۹) در تپه‌های ماسه‌ای سبزووار، اختصاصی و همکاران (۱۳۸۹) در شهرستان بافق و واسون و هاید (۱۹۸۳) در آمریکا مطابقت دارد.

در پایان ضمن پیشنهاد مطالعات مشابه در دیگر ایستگاه‌های دارای آمار مناسب، توجه کارشناسان و مجریان بخش تثبیت ماسه‌های روان را به‌احداث بادشکن روی دامنه‌های جنوب غربی و غربی تپه‌های ماسه‌ای و در امتداد جنوب شرق به شمال غرب (عمود بر جهت بردار منتجه بادهای فرساینده یا RDD) جلب می‌کنیم.

## منابع

- اختصاصی، م. ر.؛ دادفر، ص.؛ تجملیان، م.؛ شاه‌بندری، ر. و کامرانی، ف. (۱۳۸۹). *بررسی رابطه شاخص همگنی حمل ماسه (UDI) با شکل تپه‌های ماسه‌ای*، دومین همایش ملی فرسایش بادی و طوفان‌های گردوغبار، ۲۷ بهمن ۱۳۸۹، یزد.
- احمدی، ح. (۱۳۸۷). *ژئومورفولوژی کاربردی*. جلد دوم (بیابان - فرسایش بادی). چاپ سوم. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- پورعلی، م.؛ تقی‌زاده، ع. (۱۳۹۰). *بررسی علل و منشأ ایجاد گردوغبار در استان خوزستان*، فصلنامه آموزش جغرافیا، دوره بیست‌وپنجم، شماره ۳، صص. ۸-۱۳.
- تازه، م.؛ اختصاصی، م. ر.؛ طهماسبی، ع. م.؛ سرداری، ف.؛ حسینی، س. ز.؛ اسدی، س.؛ فرودی، م. (۱۳۸۴). *تعیین جهت رسوب‌گذاری نهشته‌های ماسه بادی ایران با استفاده از اطلاعات کانون‌های بحرانی فرسایش بادی و رسم گل‌طوفان*، اولین همایش ملی فرسایش بادی، ۲۷ بهمن ۱۳۸۴، یزد.
- رفاهی، ح. (۱۳۷۸). *فرسایش بادی و کنترل آن*. چاپ دوم. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- زارعیان جهرمی، م. (۱۳۸۶). *بررسی مورفودینامیک تپه‌های ماسه‌ای جنوب ایران (مطالعه موردی: منطقه سدیح جاسک)*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی.
- سیف، ع. (۱۳۸۴). *تحولات محیطی و ژئومورفولوژیکی سواحل شمالی خلیج فارس در کواترنر*، بیست‌ویکمین گردهمایی علوم زمین‌شناسی، یکم آبان ۱۳۸۴، سازمان زمین‌شناسی کشور.
- صارمی نائینی، م. ع. (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 بیابان‌زدایی، دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی.
- مصباح‌زاده، ط.؛ احمدی، ح. (۱۳۸۹). *نقش رژیم بادی در میزان دبی و جهت انتقال رسوبات تپه‌های ماسه‌ای (مطالعه موردی: سبزووار)*، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، دوره ۲۵، شماره ۹۹، صص. ۱۱۴-۱۰۱.
- Ahmadi, H., 1998, *Applied Geomorphology- Desert and Wind Erosion*, Vol. 2, First Edition, Tehran University Publications, Tehran.
- Ekhtesasi, M.R., Dadfar, S., Tajamolian, M., Shahbandari, R., Kamrani, F., 2010, **The Relationship between Sand Transport Homogeneity Index (UDI) by the Sand Dunes**, the Second National Conference on Wind Erosion and Dust Storms, February 16, 2011, Yazd.
- Fryberger, S.G., 1984, **Dune forms and wind Regimes**, in E.D. McKee (ed), *A Study of Global Sand Seas*, 137-140, United States Geological Survey, Professional Paper.
- Hu, X., Liu, L.Y., Li, Sh.J., Xiao, B.L., Liu, M., 2009, **Estimation of Sand Transportation Rate for Fixed and Semi-Fixed Dunes Using Meteorological Wind Data.**, Pedosphere, Vol. 19, No. 1, PP. 129-136.
- Mesbahzade, T., Ahmadi, H., 2010, **The Role of the Wind in the Direction of Flow and Sediment Transport in a Sand Dune, Case Study: Sabzevar**, Geographical Research, Vol. 25, No. 99, PP. 101- 114.
- Moursy, F., Gaber, E.I., Samak, M., 2001, **Sand Drift Potential in EL-Khanka, Egypt**, Water, Air & Soil Pollution, Vol. 136, No. 1-4, PP. 225-242.

- Poor Ali, M. & Taghizade, A, 2011, **Investigate the Cause and Origin of the Dust Generated in the Khozestan Province**, Journal of Geography Education, Vol. 25, No. 3, PP. 8-13.
- Rafahi, H., 1999, **Wind Erosion & Conservation**, Tehran University Publications, Tehran.
- Sarami Nacini, M. A., 2006, **Comparative Analyses on Spatial Distribution of Wind Rose, Storm Rose and Sand Rose in Wind Erosion Studies of Yazd Plains Lands-Ardakan Using GIS Technique**, M.S Thesis in Tehran University.
- Seif, A., 2006, **Developments in Quaternary Environmental and Geomorphologic Northern Coast of Persian Gulf**, Twenty-first Meeting of Geological Sciences, Geological Country, October 23, 2005.
- Taze, M., Ekhtesasi, M.R., Tahmasbi, A.M., Hoseini, S.Z.A., Sardari, F., Asadi, S. & Foroodi, M., 2006, **Determine the Direction of Wind Deposited Sand Deposits Using Information from Wind Erosion Hotspots and Draw Storm Rose**, the First National Conference on Wind Erosion and Dust Storms, Yazd, February 16, 2006.
- Wasson, R. J., Hyde, R., 1983, **Factors Determining Desert Dune Type**, Nature, 304, PP. 337- 339.
- Zareian Jahromi, M., 2008, **Investigation of Iran's southern sandy hills Morphodynamic, Case Study: Sedyj Jask**, M.S Thesis in Tehran University.

