

شناسایی الگوهای گردشی متوسط مقیاس مؤثر بر رخدادهای

پدیده گرد و غبار در استان بوشهر

- ۱- اسماعیل عباسی، استادیار گروه محیط زیست، پژوهشکده خلیج فارس، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران
 esmaeil.abbasi@pgu.ac.ir
- ۲- هانا اعتمادی، استادیار گروه محیط زیست، پژوهشکده خلیج فارس، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران
- ۳- محمدحسن ماهوتچی، دکتری اقلیم‌شناسی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۱۷

پذیرش: ۱۳۹۹/۰۵/۲۰

چکیده

پدیده گردوغبار خطرهای فراوانی را برای جامعه بشری داشته و اهمیت ویژه‌ای برای ساکنان در کمربند گردوغبار یعنی غرب و جنوب‌غرب ایران، دارد. پژوهشگران مختلف از زوایای متفاوت این پدیده را مورد مطالعه قرار داده‌اند و از نظر اهمیت موضوع و مخاطرات ناشی از آن، همچنان در صدر موضوع‌های مورد علاقه پژوهشگران در سراسر جهان قرار دارد. هدف از پژوهش حاضر نیز شناسایی الگوهای گردشی متوسط مقیاس مؤثر بر رخداد پدیده گردوغبار در استان بوشهر است. ایستگاه‌های مورد مطالعه در این پژوهش شامل ایستگاه سینوپتیک فرودگاهی بوشهر، دیلم، دیر، جم و عسلویه در یک بازه‌ی آماری ۱۷ ساله (۲۰۰۱ تا ۲۰۱۷) است. در این پژوهش از داده‌های سازمان هواشناسی (کد ۰۶ برای شناسایی غیر محلی بودن پدیده گردوغبار) و داده‌های مرکز اروپایی پیش‌بینی میان‌مدت جو استفاده شده است. همچنین مولفه‌های مورد بررسی شامل فشار تراز دریا، مؤلفه مداری و نصف‌النهار باد، سرعت قائم و سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متری است. نتایج این مطالعه نشان داد که در طی دوره آماری مورد بررسی، در مجموع ۱۷۷ رخداد گردوغبار در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه به ثبت رسیده است. پدیده گردوغبار در طی بازه زمانی پژوهش در قالب شش الگوی گردشی متوسط مقیاس، استان بوشهر را متأثر می‌سازد. این الگوها شامل سه الگوی زمستانی، یک الگوی بهاره و دو الگوی تابستانی است. سهم فراوانی وقوع هر الگو در رخداد پدیده گردوغبار در استان بوشهر شامل الگوی اول زمستانه ۷/۶ درصد، الگوی دوم زمستانه ۹/۹ درصد، الگوی سوم زمستانه ۹/۳ درصد، الگوی بهاره ۳۹ درصد، الگوی اول تابستانه ۱۸ درصد و الگوی دوم تابستانه ۱۶/۲ درصد از فراوانی وقوع است.

واژگان کلیدی: پدیده گردوغبار، الگوی گردشی جو، کانون‌های گردوغبار، الگوی فصلی، بوشهر.

مقدمه

پدیده گردوغبار در این منطقه بیشتر به صورت فصلی است که حداکثر آن در اواخر زمستان و بهار بر روی دشت‌های واقع در کشور عراق، سوریه و شمال‌غرب عربستان [۳۵ و ۳۹] و در ماه ژوئن تا آگوست بیشتر بر روی شبه‌جزیره عربی، ایران، پاکستان و افغانستان دیده می‌شود [۳۱]. سامانه‌های همدیدی جوی به‌شدت بر روی انتشار گردوغبار از بیابان‌های یادشده تأثیر می‌گذارد [۷، ۱۱، ۲۰]. ابعاد و منطقه قلمرو الگوهای گردشی متوسط - مقیاس بین حدود ۳۰۰ تا ۳۵۰۰ کیلومتر است؛ بنابراین سامانه‌های گردشی متوسط مقیاس به‌صورت منطقه‌ای

تشدید رخداد گردوغبار در بیشتر نقاط کشور ایران به‌ویژه مناطق جنوب‌غرب، لزوم توجه هرچه بیشتر به این مخاطره جوی را می‌طلبد. درواقع کشور ایران به دلیل قرار گرفتن در کمربند خشک و نیمه‌خشک جهان، در معرض سامانه‌های متعدد گردوغبار محلی و فرا منطقه‌ای است [۲۲]. وجود چند بیابان در جنوب‌غرب آسیا مانند بیابان‌های واقع در کشور عراق و سوریه، بیابان ربع‌الخالی، الدهنا، النفود و چند بیابان دیگر عامل انتشار گردوغبار وسیع در غرب و جنوب‌غرب ایران است [۲۵].

عربستان بیشترین تأثیرپذیری را از رخداد توفان گردوغبار با منشأ مناطق یادشده دارا است. وقوع توفان‌های گردوغبار در جنوب‌غرب ایران نتیجه قرارگیری این منطقه در مسیر جریان‌های جوی حامل ذرات گردوغبار از کشور عراق و سایر مناطق خشک است [۴۱].

مطالعات گذشته نشان می‌دهد که الگوهای گردش جوی رخداد گردوغبار در بیابان عربی و غرب ایران را می‌توان به دو الگوی اصلی تقسیم‌بندی نمود. الگوی نخست الگوی رخداد گردوغبار شمال می‌باشد که در دوره‌ی گرم سال رخ می‌دهد و الگوی دوم الگوی رخداد گردوغبار جبهه‌ای است که در دوره‌ی سرد سال به وقوع می‌پیوندد. در الگوی باد شمال، واپرخندهای عربستان، ترکمنستان و کم‌فشار حرارتی زاگرس نقش مهمی را در تشکیل این الگو ایفا می‌کنند. الگوهای تابستانه و انتقالی دو زیرمجموعه از الگوی باد شمال هستند. در الگوی ناوه‌ی تابستانه، ناوه‌ی وردسپهر میانی به تشدید سامانه‌های حرارتی سطح زمین در جنوب‌غرب آسیا می‌انجامد و ناپایداری و افزایش سرعت باد در منطقه را سبب می‌گردد. در الگوی ترکیبی باد شمال و ناوه‌ی تابستانه، گردوغبار تحت تأثیر ناوه‌ی وردسپهر میانی و همچنین وجود سامانه‌های منطقه‌ای که در تشکیل الگوی باد شمال نقش دارند، ایجاد می‌گردد. همینطور الگوی نوع دوم (الگوی جبهه‌ای، ناوه‌ی غربی یا بندالی)، در تراز میانی به ناپایداری، جبهه‌زایی و صعود هوا در ترازهای زیرین وردسپهر در جنوب‌غرب آسیا منجر می‌شود [۳۴].

واکوی فعل و انفعالات جوی توفان‌های گردوغبار جبهه‌ای در جنوب‌غرب آسیا نشان می‌دهد که در فصول غیر تابستان سامانه‌ی پرفشار بر فراز جنوب‌شرق شبه‌جزیره‌ی عربی و نواحی اطراف همراه با سامانه‌ی کم‌فشاری بر فراز شرق دریای مدیترانه و نواحی اطراف، مسئول رخداد طوفان‌های گردوغباری قابل توجه بر فراز پهنه رودخانه‌های دجله و فرات به عنوان چشمه غبار هستند. این سامانه‌های گردشی شرایط مناسبی را برای فرارفت شرق سو، جنوب‌شرق سو و شمال‌شرق سو از توده‌های غباری فراهم می‌کنند. مرکز عراق، غرب و جنوب‌غرب ایران و شمال‌شرق عربستان مناطقی هستند که بیشترین تأثیر را از طوفان‌های گردوغباری جبهه‌ای پذیرفته‌اند.

عمل می‌کنند؛ یعنی در محدوده گردش عمومی جو (الگوهای گردشی بزرگ‌مقیاس یا سیاره‌ای) به وجود می‌آیند و در مسیرهای معینی که این گردش تعیین‌کننده آن است، حرکت و پس از مدتی از بین می‌روند؛ به‌گونه‌ای که عمر متوسط آن‌ها بین ۲ تا ۱۲ روز بیشتر نیست. این الگوهای گردشی مقیاسی وسیع‌تر از الگوهای گردش محلی مثل نسیم‌های دریا، کوه و بادهای محلی داشته و برای شناسایی کانون‌های منطقه‌ای گردوغبار اهمیت زیادی دارند [۲۸].

در واقع این سامانه‌ها با قرارگیری بر روی مناطق مستعد فرسایش در نتیجه‌ی ایجاد نیروی گرادیان فشار (بین مراکز چرخندی و واپرخندی) به آسانی قادر به جابجایی ذرات گردوغبار در مقیاس‌های متوسط و حتی بزرگ هستند. به‌نحوی که ذرات گردوغبار قادر هستند مسافت‌های بسیار طولانی را با قرار گرفتن در مسیر جریان‌های جوی طی کرده و پدیده گردوغبار را در مناطق غیر منشأ به ثبت رسانند. با مطالعه سامانه‌های گردشی جو در زمان رخداد پدیده گردوغبار می‌توان به الگوهای گردشی غالب فصلی دست یافت.

شناخت این الگوها و یا شناسایی الگوهای گردشی جو به پژوهشگران در شناسایی کانون‌های گردوغبار و مسیرهای ورود گردوغبار به مناطق تحت تأثیر پدیده گردوغبار کمک زیادی می‌کند. بنابراین برتری نسبی استفاده از این روش (شناسایی الگوهای گردشی) نسبت به سایر روش‌های شناسایی کانون‌های گردوغبار (استفاده از شاخص‌های شناسایی گردوغبار و یا مدل‌سازی شیمی جو) توانسته است توجه پژوهشگران حوزه علوم جوی را به خود جلب نماید. با شناسایی الگوی گردشی خاص در یک فصل می‌توان پس از استقرار چنین الگویی، انتظار رخداد پدیده گردوغبار با تمامی ویژگی‌های این پدیده در قالب یک بسته که همراه با این الگو هستند را در مناطق مختلف داشت.

در سال‌های اخیر وقوع خشکسالی‌های مداوم، کاهش رطوبت نسبی، نابودی نیزارها و وقوع جنگ، سبب خشک شدن برخی از تالاب‌ها و دریاچه‌های واقع در کشور سوریه و عراق شده است. مناطق غرب و جنوب‌غربی کشور ایران به دلیل همسایگی با بیابان‌های کشورهای سوریه، عراق،

بررسی پژوهش‌های پیشین نشان داد که آن‌ها از مطالعه الگوهای فصلی در منطقه مورد مطالعه غافل مانده به طوری که منطقه مورد بررسی از نبود چنین پژوهشی رنج می‌برد. بنابراین هدف از پژوهش حاضر شناسایی و بررسی الگوهای گردشی متوسط مقیاس برای شناخت سازوکارهای جوی رخداد پدیده گردوغبار در استان بوشهر به صورت فصلی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

بازه‌ی زمانی پژوهش حاضر شامل یک دوره آماری ۱۷ ساله (۲۰۰۱ تا ۲۰۱۷) مربوط به پنج ایستگاه دبلم، فرودگاه بوشهر، دیر، جم و عسلویه است (شکل ۱). ایستگاه‌های یادشده به نحوی انتخاب گردید که در ابتدا بتوان یک دوره آماری مشترک نسبتاً بلندمدت را از آن استخراج و سپس ایستگاه‌های منتخب بتواند نماینده کل جامعه آماری باشد.

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش را می‌توان به دو دسته کلی تقسیم‌بندی نمود. دسته اول شامل کد پدیده به همراه دید افقی مربوط به سازمان هواشناسی کشور و دسته دوم داده‌های شبکه‌ای ۰/۷۵ درجه مرکز اروپایی پیش‌بینی متوسط مقیاس جو است. دسته اول داده‌ها (دید افقی کمتر از ۱۰۰۰ متر و کد ۰۶) به منظور استخراج روزهای رخداد پدیده گردوغبار با منشأ غیر محلی استفاده شده است. در واقع در بین کدهای ثبت شده برای پدیده گردوغبار در ایستگاه‌های سینوپتیک، ثبت کد ۰۶ نشان از غیر محلی بودن پدیده گردوغبار دارد.

مشخصات ایستگاه‌های همدیدی مورد بررسی همراه با فراوانی روزهای غباری را می‌توان در جدول (۱) مشاهده نمود. دسته دوم داده‌ها (داده‌های شبکه‌ای که شامل مولفه‌های باد مداری و نصف‌النهار، سرعت قائم، سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متری و فشار تراز دریا) در راستای ترسیم نقشه‌های جوی استفاده شده است. به منظور شناسایی الگوهای گردشی متوسط مقیاس جو در ابتدا نقشه‌های فشار تراز دریا برای روزهای رخداد پدیده گردوغبار با کد ۰۶ در طی دوره آماری ۱۷ ساله در پنجره‌ای به وسعت ۱۰ تا ۶۵ درجه طول شرقی و ۱۵ تا ۴۵ درجه عرض شمالی در نرم‌افزار (GrADS and The Grid Analysis and

بیشینه‌ی طوفان‌های گردوغباری جبهه‌ای در ماه‌های مارس و آوریل رخ می‌دهد [۱۹].

بر اساس پژوهش‌های صورت گرفته انتشار گردوغبار از چشمه‌های گردوغباری بیشترین همبستگی را با بیشینه‌ی سرعت باد از خود نشان می‌دهد [۳۷]. به طوری که بر اساس شبیه‌سازی‌ها مشخص گردید کانون‌های منطقه‌ای ایجاد گردوغبار (عراق و سوریه) تحت تأثیر سامانه‌های فشاری و رسیدن سرعت باد به بیش از حد آستانه، در تمرکز ذرات PM در شهر تهران نقش موثری داشته است [۲۴]. همچنین مطالعه‌ی همدیدی دیگری که بر روی طوفان گردوغبار بر فراز شمال عربستان در طول فصل بهار انجام شده است، نشان از وجود دو سامانه‌ی همدیدی مرتبط با رخداد گردوغبار شامل سامانه‌های جبهه‌ای و شمال است. مطالعه‌ی دینامیکی این طوفان‌ها نیز بیانگر این واقعیت است که در مرحله‌ی پیش از رخداد گردوغبار، وضعیت جوی به صورت ناپایدار بوده و آشفتگی‌های دینامیکی به وسیله‌ی سامانه‌های جبهه‌ای برجسته شده است [۳۲]. پژوهش‌های زیادی به کانون‌های گردوغبار، مسیرهای انتقال، عمق اپتیکی ذرات گردوغبار و بازه‌های زمانی آن‌ها در خاورمیانه، اثرات آن و الگوهای جوی هم‌زمان با رخداد این پدیده پرداخته‌اند [۳، ۴، ۱۳، ۱۵ و ۲۶].

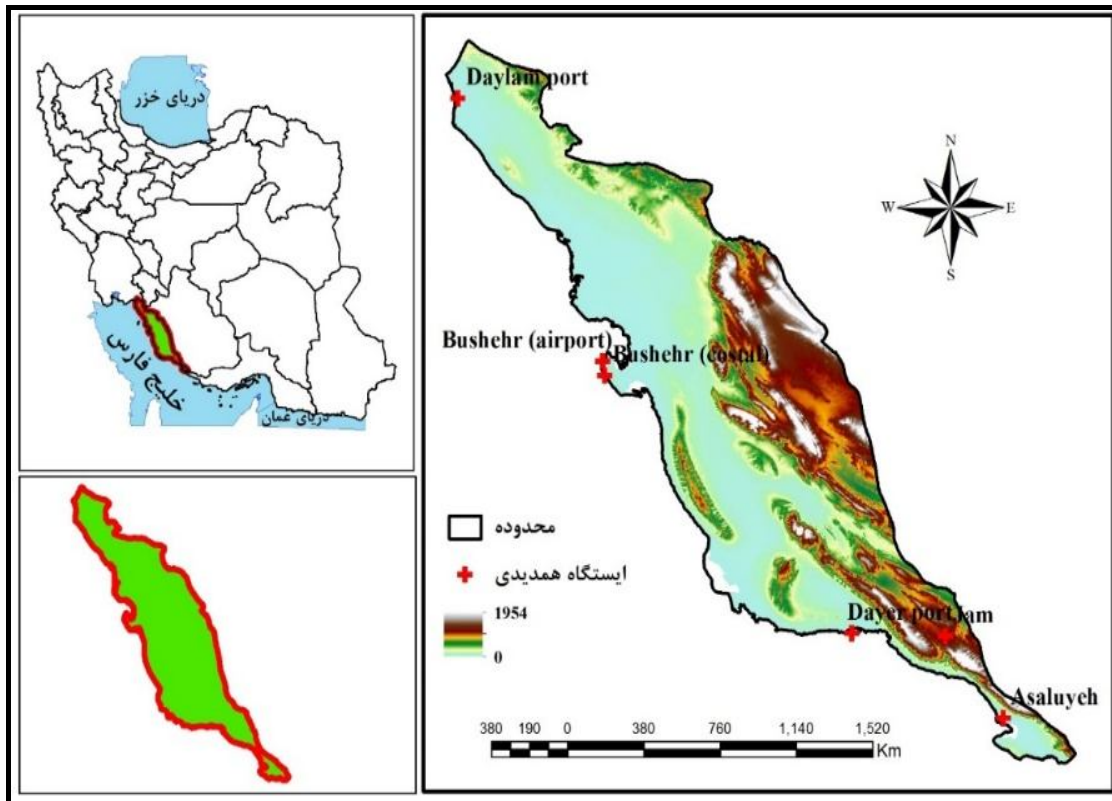
یکی از مهم‌ترین این مطالعات [۱۸]، وقوع طوفان‌های گردوغبار در خاورمیانه را ناشی از استقرار یک مرکز چرخندی در جنوب ایران و یک مرکز واچرخندی بر بخش‌های شمالی شبه‌جزیره عربستان که نتیجه آن ایجاد یک جریان باد شدید و مداوم موسوم به باد شمال بر روی منطقه دانسته است. در واقع گسترش غرب‌سوی یک مرکز چرخندی از جنوب آسیا همراه با گسترش شرق‌سوی زبانه‌ی واچرخندی واقع بر فراز نواحی بیابانی شمال آفریقا عامل افزایش شیب فشار، شکل‌گیری باد شمال و سرانجام رخداد طوفان‌های گردوغبار در خاورمیانه معرفی شده است [۱۲ و ۱۴]. پژوهش‌های دیگری نیز در حوزه شناسایی الگوهای زمانی و مکانی و همچنین واکاوی سینوپتیکی و آماری در داخل کشور صورت گرفته است [۱، ۲، ۸، ۱۰، ۱۷، ۲۹، ۳۰، ۳۳، ۴۰ و ۳۰].

(روزهای واقع) هر الگو استفاده شده است. به این معنی که از طریق روش تحلیل همبستگی بین مقادیر فشار تراز دریا مربوط به روزهای هر الگو در پنجره ترسیم (۱۰ تا ۶۵ درجه طول شرقی و ۱۵ تا ۴۵ درجه عرض شمالی)، روزی که با سایر روزها در هر الگو بیشترین همبستگی را نشان داد به عنوان روز منتخب یا نماینده الگو انتخاب گردید (شکل ۲).

همچنین به منظور واکاوی الگوهای گردشی متوسط - مقیاس شناسایی شده، برای هر کدام از روزهای نماینده نقشه‌های ترکیبی فشار تراز دریا همراه با سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متری و همچنین نقشه نیمرخ قائم جو برای مؤلفه‌های باد مداری و نصف‌النهاری و سرعت قائم (مگا) در امتداد مدار ۲۷ تا ۳۱ درجه شمالی با طول ثابت ۵۱/۵۵ درجه شرقی از تراز ۱۰۰۰ تا ۷۰۰ هکتوپاسکالی ترسیم شد.

(Display System) ترسیم گردید. سپس با توجه به موقعیت مراکز فشار (چرخندی و واچرخندی) بر روی نقشه‌های فشار تراز دریا در روزهای رخداد پدیده گردوغبار، با روش چشمی روزهای مشابه به لحاظ سامانه‌های فشاری در الگوی یکسان قرار گرفتند. در واقع هر کدام از روزهای رخداد پدیده گردوغبار که از نظر استقرار مراکز فشار مشابه هم عمل نموده در یک خوشه یا الگو قرار گرفته است.

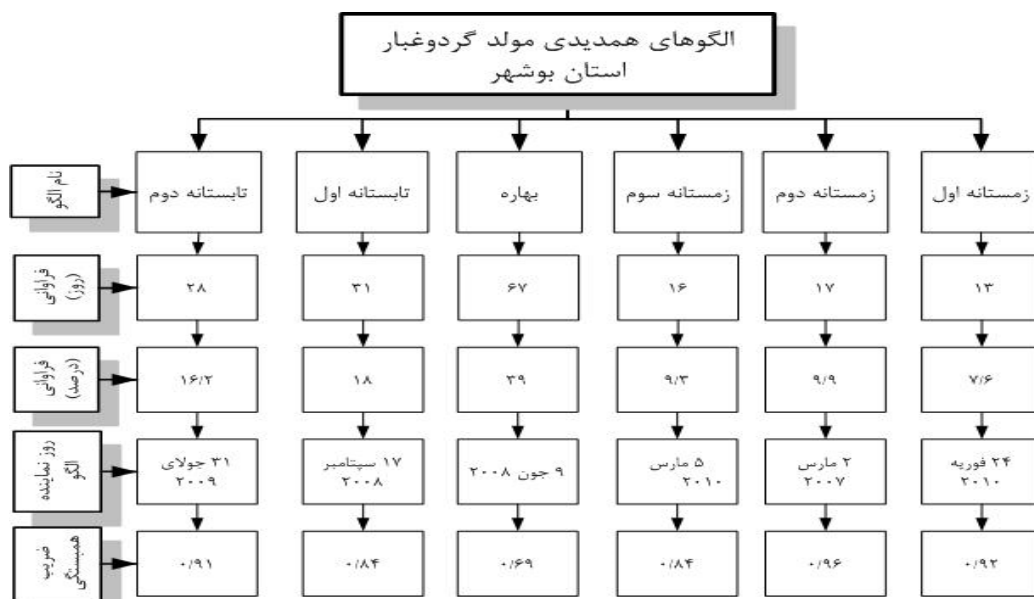
سهم هر کدام از الگوها نیز از طریق تعداد روزهای واقع در هر الگو نسبت به کل روزهای همراه با پدیده گردوغبار در طی دوره آماری مورد بررسی، مشخص شده است. در آخر با توجه به این که تمامی روزهای واقع در یک الگو از نظر وضعیت گردشی جو دارای بالاترین میزان شباهت هستند، به همین منظور برای واکاوی همدیدی آن الگو از یک روز نماینده استفاده شده است. به منظور انتخاب روز نماینده هر الگو، از روش همبستگی بین اعضای



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های پهنه‌ی پژوهش

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های همدیدی مورد بررسی همراه با فراوانی روزهای غباری در طی دوره آماری ۱۷ ساله (۲۰۱۷-۲۰۰۱)

ایستگاه همدیدی	عرض جغرافیایی (°)	طول جغرافیایی (°)	ارتفاع (m)	فراوانی روز غباری (کد ۰۶)
بوشهر (فرودگاه)	۲۸/۹۶	۵۰/۸۱	۹	۵۲
بندر دیر	۲۷/۸۳	۵۱/۹۳	۴	۳۰
بندر دیلم	۳۰/۰۵	۵۰/۱۶	۳/۹	۶۶
جم	۲۷/۸۲	۵۲/۳۵	۶۵۹	۱۹
عسلویه	۲۷/۴۸	۵۲/۶۱	۷	۹



شکل ۲- روند نما مشخصه الگوهای زمانی مولد پدیده گردوغبار در استان بوشهر

نتایج

پس از ترسیم نقشه‌های فشار تراز دریا با توجه به مراکز فعالیت جوی، شش الگو استخراج شد. از این میان سه الگو مربوط به فصل زمستان، یک الگو مربوط به فصل بهار و دو الگو مربوط به فصل تابستان است.

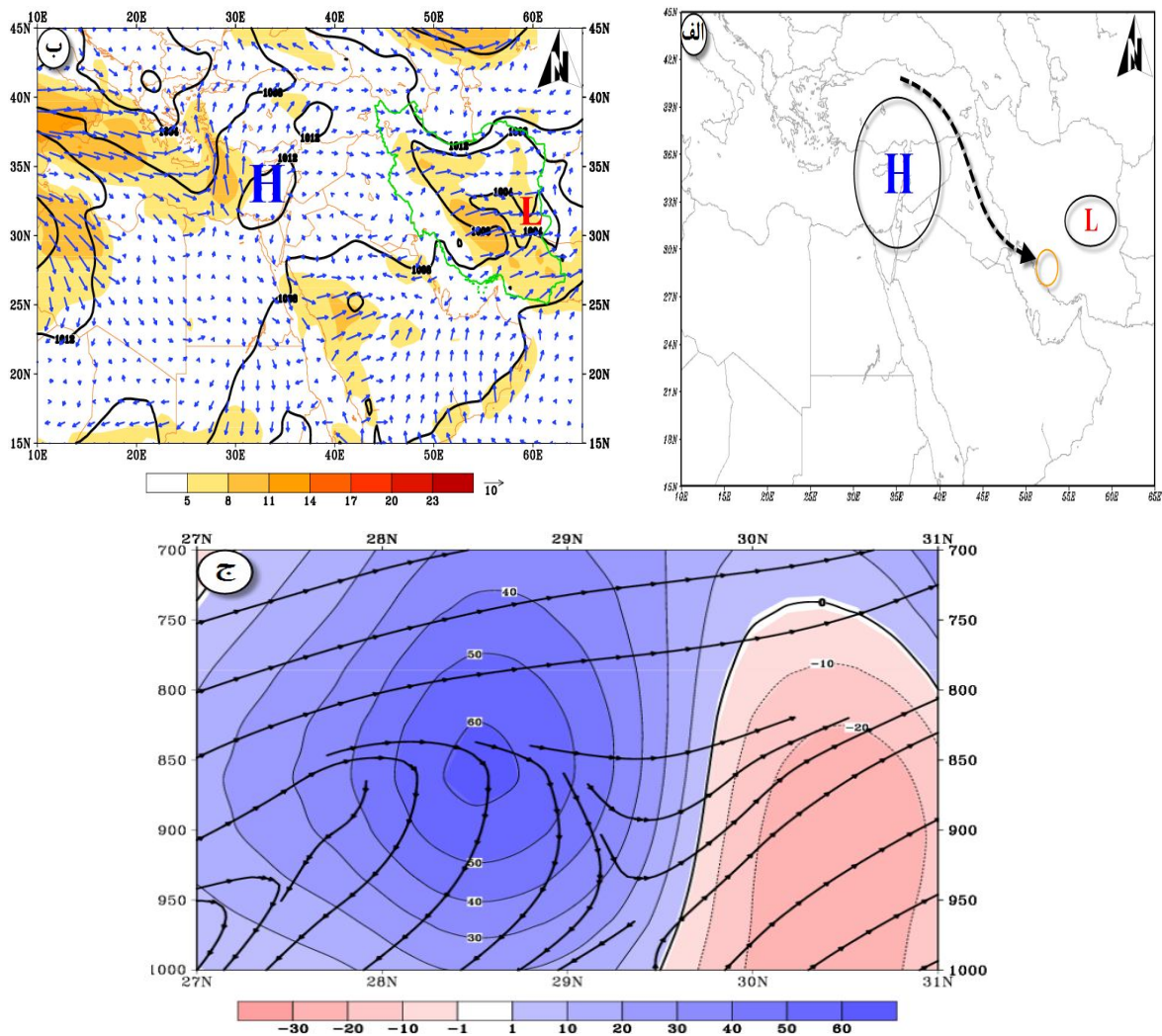
شکل ۳- الف، الگوی زمستانه اول را نشان می‌دهد. در این الگو مراکز فعالیت جوی برجسته بر روی نقشه هوا شامل یک هسته و اچرخندی است که بر فراز کشور عراق و بخش‌های جنوبی کشور ترکیه قرار گرفته است. زبانه‌های این هسته و اچرخندی بر فراز شبه جزیره عربی واقع شده است؛ و دیگری مرکز چرخندی متناظر آن است که بر روی شرق ایران واقع شده است. اما همان‌طور که در نقشه فشار تراز دریا (شکل ۳-ب) قابل مشاهده است در این روز یک مرکز و اچرخندی بر روی کشور عراق و بخش‌هایی از جنوب کشور ترکیه قرار گرفته است. قرارگیری این مرکز

واچرخندی بر روی مناطق مستعد ایجاد گردوغبار در کشور عراق سبب ایجاد جریان‌های ساعت‌گردی هوا بر روی این مناطق شده و با توجه به اینکه مرکز چرخندی متناظر با آن بر روی شرق کشور ایران قرار گرفته است، جریان‌های با جهت شمال غرب- جنوب شرقی به سمت استان بوشهر فرارفت نموده است. طبیعی است که علاوه بر مراکز فشار مستولی در سطح زمین، ناوه و پشته‌های واقع در ترازهای فوقانی جو نیز در انتقال گردوغبار به سمت منطقه مورد مطالعه نقش مهمی را ایفا نموده است. توجه به عبور این جریان‌های جوی ناشی از واچرخند یادشده و زبانه‌های آن، که بر روی شبه جزیره عربی و مناطق مستعد گردوغبار واقع شده است، در زمان استقرار این الگو تمامی ایستگاه‌های سینوپتیک استان بوشهر شاهد رخداد پدیده گردوغبار بوده است. نزدیک به ۷/۶ درصد از رخدادهای گردوغباری استان بوشهر از الگوی

خلیج فارس و جنوب شرق عربستان و مرکز دیگر بر روی جنوب غرب و مرکز ایران واقع شده است. اختلاف گرادیان فشاری بین این مراکز فعالیت، باعث جابجایی جریانات جوی از مراکز واچرخندی به سمت مراکز چرخندی گردیده و با توجه به عبور جریان‌های جوی در ترازهای زیرین جو از روی مناطق مستعد تولید گردوغبار در شبه جزیره عربی و کشور عراق، پدیده گردوغبار را در مناطق واقع در مسیر این جریان‌ها به همراه داشته باشد. یکی از مناطق درگیر پدیده گردوغبار استان بوشهر است که رفتار جوی نشست گردوغبار در آن تابع الگوی یادشده است.

یادشده تبعیت می‌نماید. اما بررسی نقشه نیمرخ قائم جو (شکل ۳-ج) نشان می‌دهد که در روز نماینده این الگو، تقریباً از بخش‌های شمالی تا جنوبی استان نشست جریانات انتقالی جو از سمت غرب و شمال غرب یعنی مناطق مستعد گردوغبار به سمت ایستگاه‌های مورد مطالعه به خوبی صورت گرفته است.

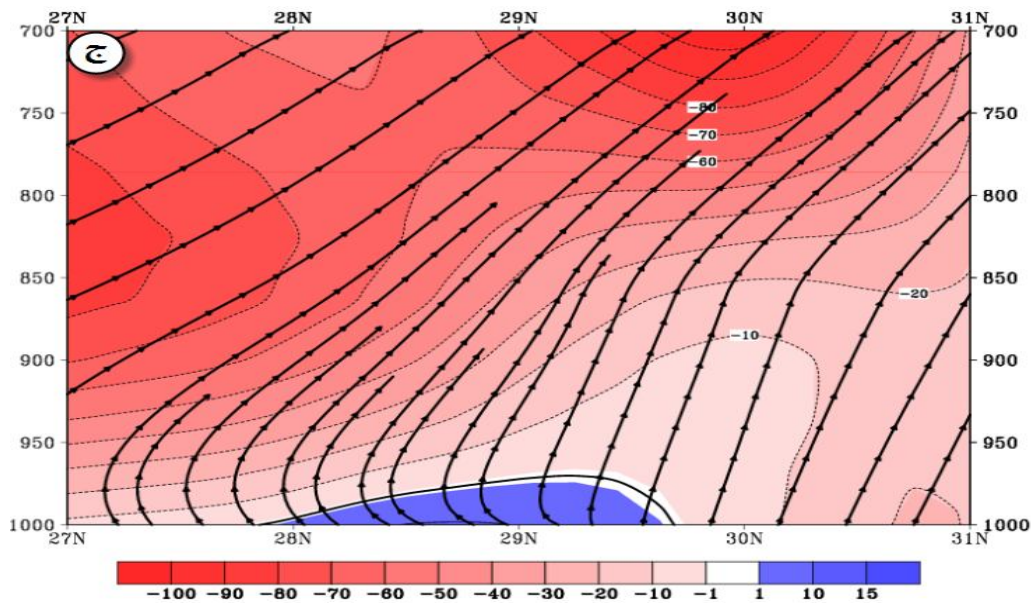
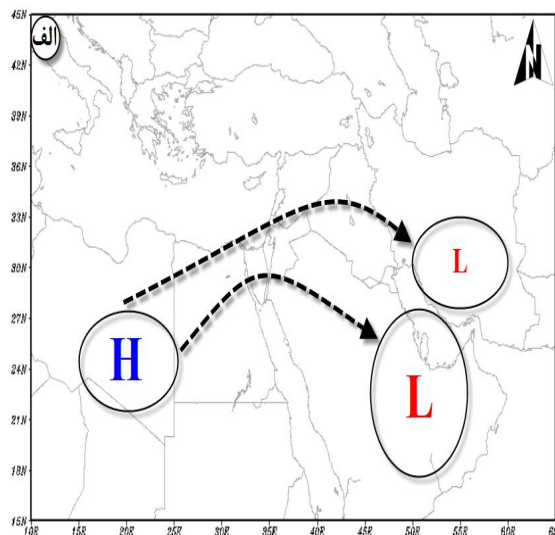
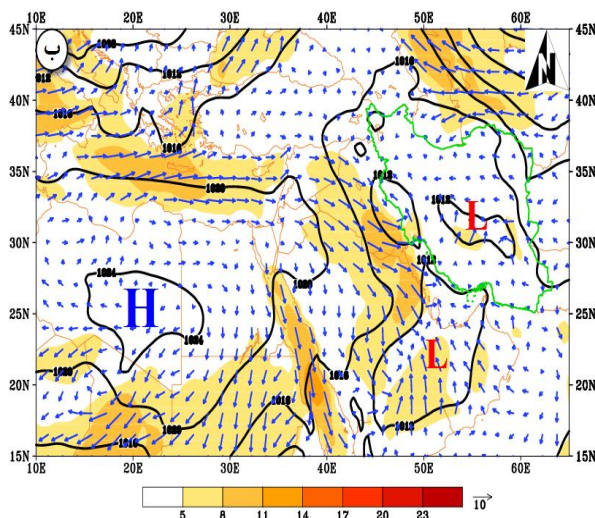
شکل ۴- الف و ب الگوی زمستانه دوم را نشان می‌دهد. در این الگو به طور متوسط یک سامانه واچرخندی قوی بر روی مرکز تا شمال آفریقا قرار گرفته و از طرف دیگر دو مرکز چرخندی نیز یکی بر روی بخش‌هایی از



شکل ۳- الف) الگوی همدیدی مولد گردوغبار، ب) موقعیت مراکز اصلی فشار و سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متر، ج) نیمرخ قائم جو از مؤلفه‌های سرعت قائم (رنگی)، باد مداری و نصف‌النهاری (جریان‌ها) برای طول ۵۱/۵۵ درجه شرقی (روز منتخب ۲۴ فوریه ۲۰۱۰).

به‌طور کلی این الگو ۹/۹ درصد از فراوانی روزهای غباری در استان را به خود اختصاص می‌دهد و با توجه به نحوه استقرار مراکز فشار و زبانه‌های آن‌ها، بخش‌های شمالی استان از کانون‌های مستعد گردوغبار در کشور عراق و بخش‌های مرکزی و جنوبی استان از کانون‌های مستعد گردوغبار در شبه‌جزیره عربی متأثر می‌گردند. با توجه به ثبت پدیده گردوغبار در ساعات مختلف (نزول هوا)، نیمرخ قائم جو به خوبی نتوانسته است نشست هوا را نشان دهد (شکل ۴-ج).

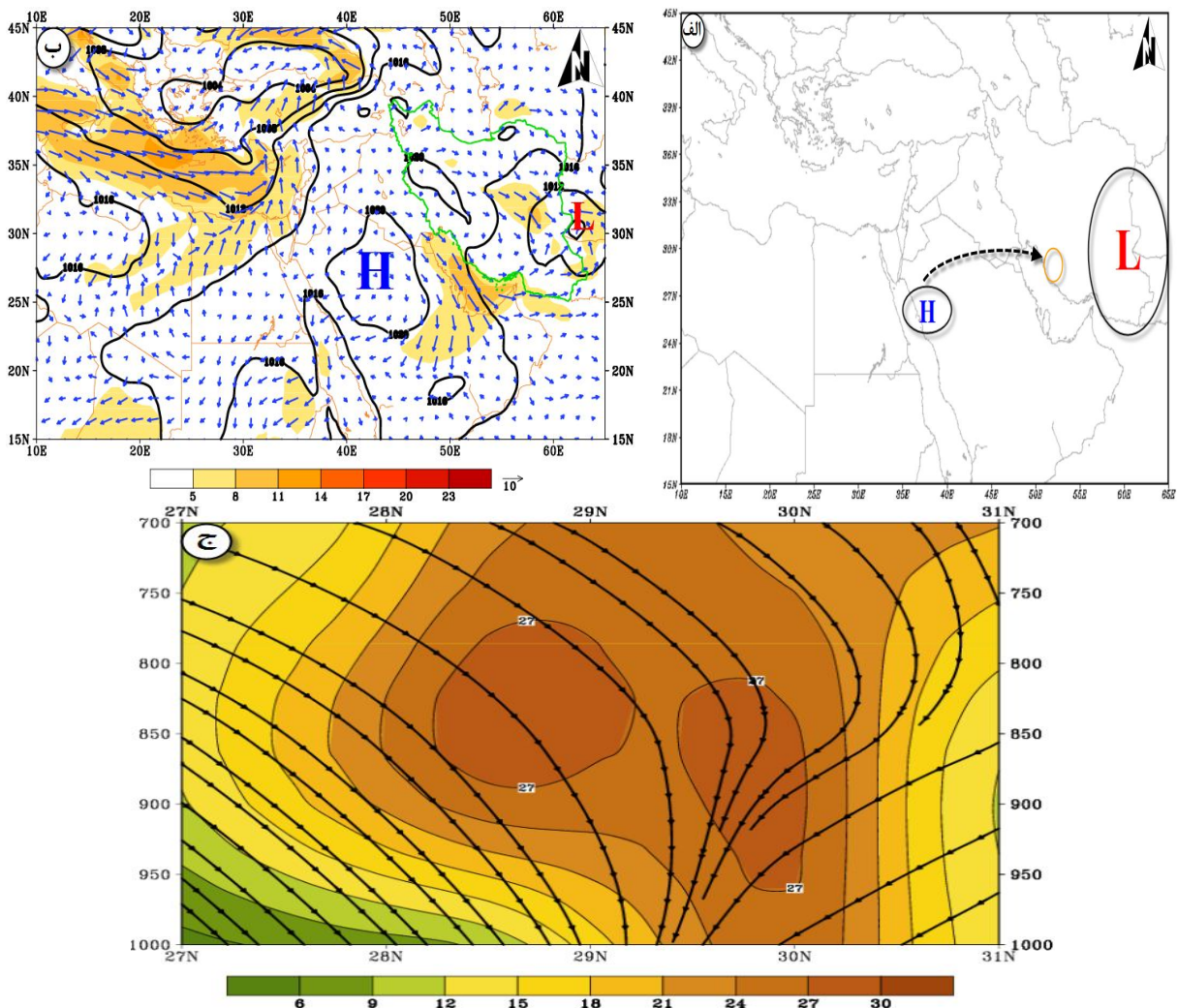
شکل شماره ۴ - ب نقشه فشار تراز دریا و جهت جریان‌ها حول مراکز فعالیت جوی برای روز نمونه این الگو را نشان می‌دهد. در زمان رخداد این الگو یک مرکز واپرخندی بسیار قوی بر روی آفریقا و دو مرکز چرخندی یکی بر روی خلیج فارس و جنوب شرق عربستان و دیگری بر روی جنوب غرب و مرکز ایران قرار گرفته و باعث جابجایی جریان از مرکز واپرخندی به صورت ساعت‌گرد و شرق سو به سمت منطقه مورد مطالعه می‌گردد.



شکل ۴- الف) الگوی همدیدی مولد گردوغبار، ب) موقعیت مراکز اصلی فشار و سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متر، ج) نیمرخ قائم جو از مؤلفه‌های سرعت قائم (رنگی)، باد مداری و نصف‌النهاری (جریان‌ها) برای طول ۵۱/۵۵ درجه شرقی (روز منتخب ۲ مارس سال ۲۰۰۷).

جریان‌هایی با جهت شمال‌غربی - جنوب‌شرقی و در بخش‌های شمال‌شرقی عراق ایجاد شده است که به‌راحتی با عبور از روی مناطق مستعد ایجاد گردوغبار یعنی مناطق آبرفتی رودخانه‌های دجله و فرات، ذرات گردوغبار همراه با جریانات جوی به سمت استان بوشهر جابجا شده است. نقشه نیمرخ قائم جو در این روز نشان از نزول هوای حاوی ذرات گردوغبار در تمامی ایستگاه‌ها دارد که شدت آن در بخش‌های شمالی استان به مراتب بیشتر از سایر بخش‌هاست (شکل ۵-ج).

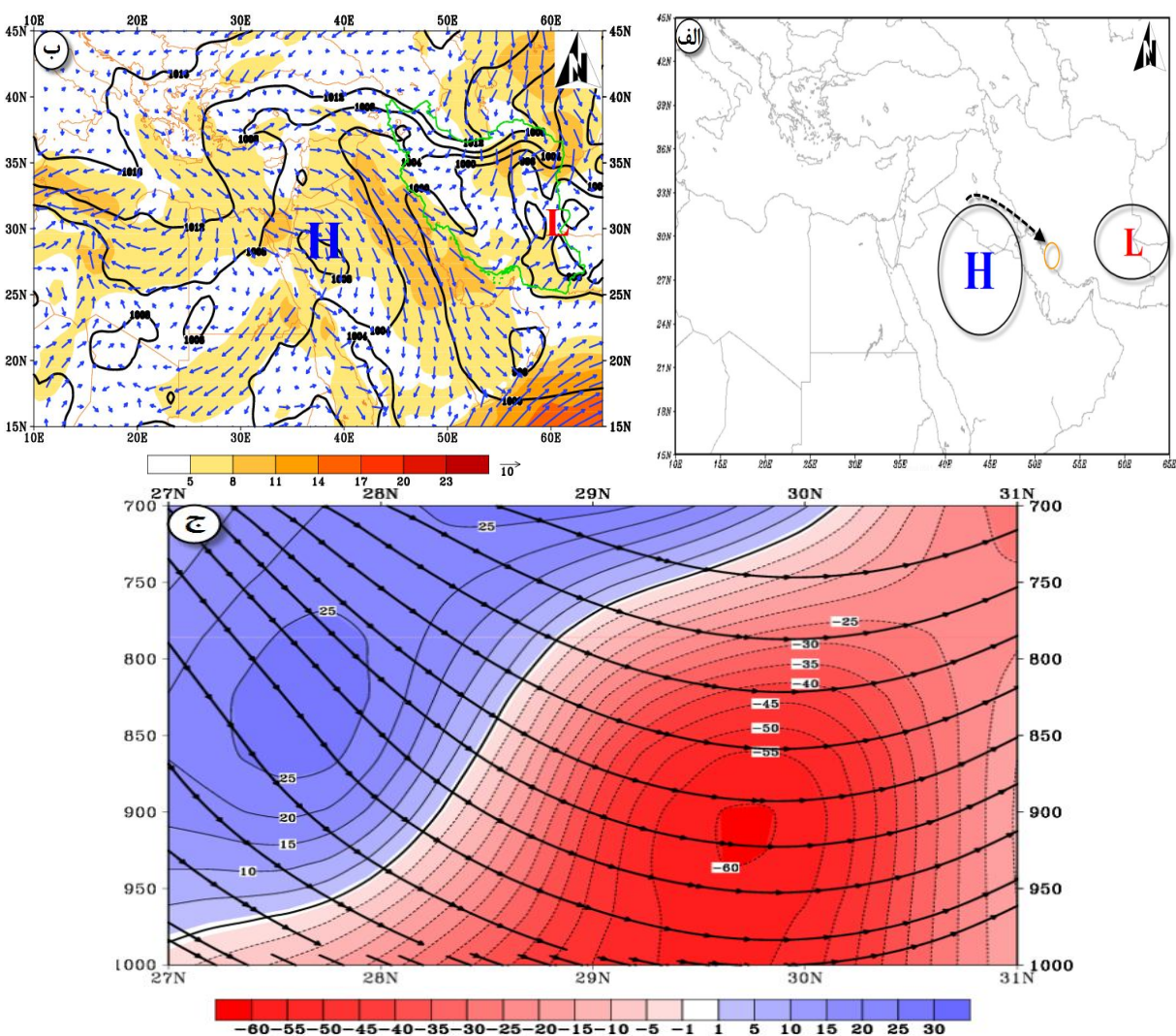
الگوی دیگر الگوی زمستانه سوم (۹/۳ درصد) است (شکل ۵- الف و ب) که ویژگی غالب این الگو قرارگیری یک مرکز وچرخندی بر روی شمال‌شرق دریای سرخ و یک مرکز چرخندی بسیار قوی بر روی شرق تا جنوب شرق ایران است. با توجه به موقعیت قرارگیری این سامانه‌ها نسبت به هم، جهت جریان‌های شکل گرفته بر روی سطح به‌گونه‌ای است که استان بوشهر را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد. در حقیقت استان بوشهر در منطقه همگرایی این دو سامانه فعال قرار گرفته است. با بررسی نقشه‌های فشار تراز دریا، جهت و سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متری مشخص گردید در روز نمونه الگوی مورد اشاره



شکل ۵- الف) الگوی همدیدی مولد گردوغبار، ب) موقعیت مراکز اصلی فشار و سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متر، ج) نیمرخ قائم جو از مؤلفه‌های سرعت قائم، باد مداری و نصف‌النهاری برای طول ۵۱/۵۵ درجه شرقی (روز منتخب ۵ مارس سال ۲۰۱۰).

نشان می‌دهد. بررسی نقشه‌های فشار تراز دریا، جهت و سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متری مشخص گردید در این روز سرعت باد بر روی بخش‌های جنوب شرقی عراق به بالای ۱۱ متر بر ثانیه رسیده و از حد آستانه نیز عبور نموده است. چنین جریان‌هایی پس از عبور از روی مناطق مستعد تولید گردوغبار سبب حمل این ذرات غبار با جهت شمال غربی - جنوب شرقی به سمت استان بوشهر شده است. نقشه نیمرخ قائم جو (شکل ۶-ج) نیز نشان از شدت این پدیده در بخش‌های جنوبی استان دارد.

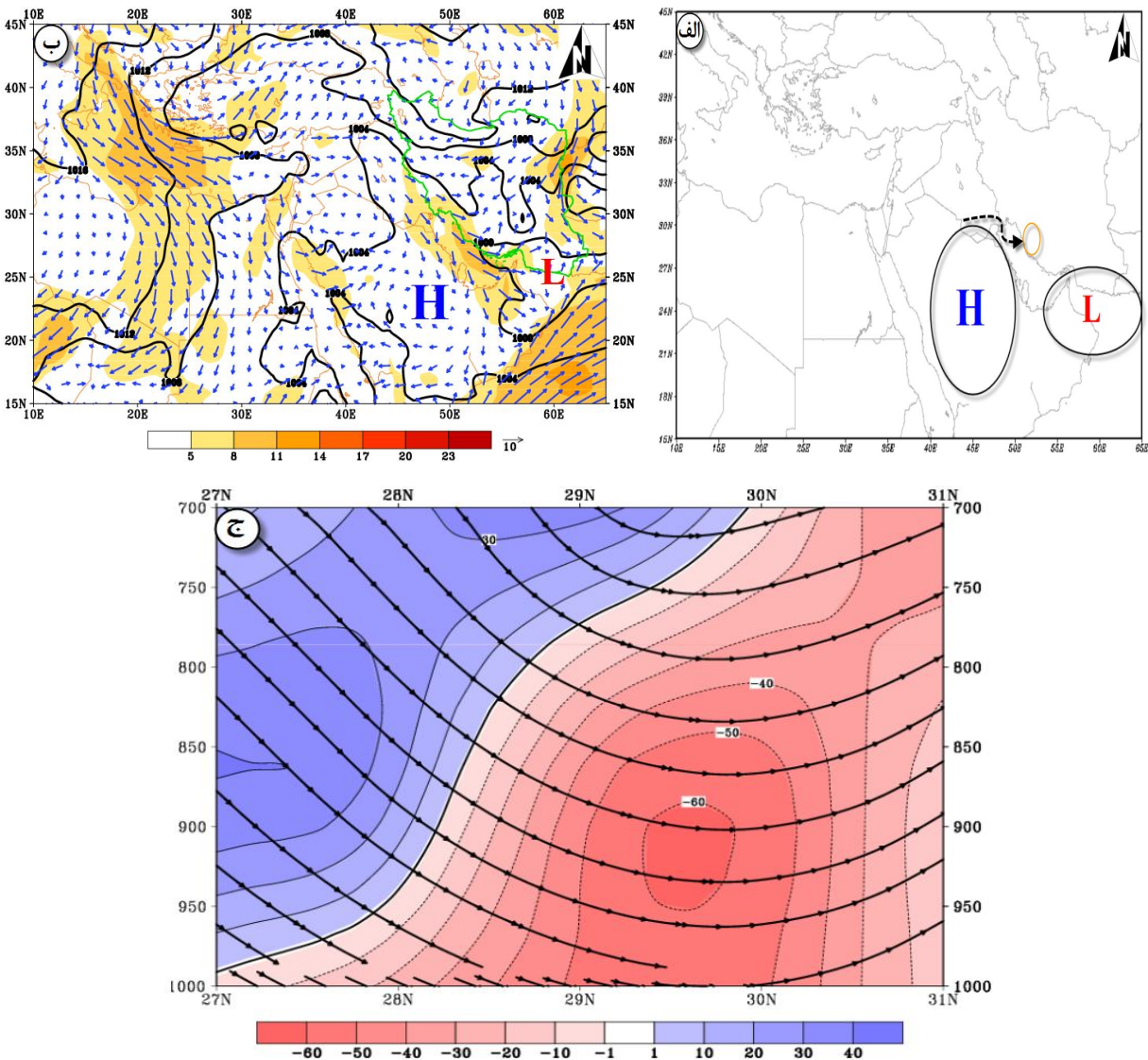
شکل ۶- الف و ب الگوی بهاره (۳۹ درصد) را نشان می‌دهد. از مؤلفه‌های اصلی این الگو قرارگیری یک مرکز واپرخندی بر روی مرکز تا شمال شبه جزیره عربی و یک مرکز چرخندی بر روی شرق تا جنوب شرق کشور ایران است. در این الگو مسیر جریان‌های به تبعیت از گرادیان فشار ایجاد شده بین دو مرکز فعالیت یادشده از سمت شمال غرب به سمت جنوب شرق تا شرق است که منحنی خط چین بر روی شکل مسیر یادشده را نشان می‌دهد (شکل ۶- الف). شکل ۶- ب نقشه فشار تراز دریا و جهت جریان‌های جوی تراز یادشده را برای روز نمونه این الگو



شکل ۶- الف الگوی همیدی مولد گردوغبار، ب) موقعیت مراکز اصلی فشار و سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متر، ج) نیمرخ قائم جو از مؤلفه‌های سرعت قائم (رنگی)، باد مداری و نصف‌النهاری (جریان‌ها) برای طول ۵۱/۵۵ درجه شرقی (روز منتخب ۹ ژوئن سال ۲۰۰۸).

گردوغبار شامل بیابان النفود و جلگه‌های آبرفتی دجله و فرات واقع در کشور عراق، پدیده گردوغبار را در استان بوشهر به همراه دارد. بررسی نقشه نیمرخ قائم جو نیز نشان از نزول هوا در قسمت‌های جنوبی استان در روز نماینده الگو دارد؛ اما با توجه به ساعات متفاوت ثبت پدیده در ایستگاه‌ها، نقشه نیمرخ قائم جو به خوبی قادر به نمایش چگونگی نزول هوا در تمامی ایستگاه‌های منطقه نیست (شکل ۷-ج).

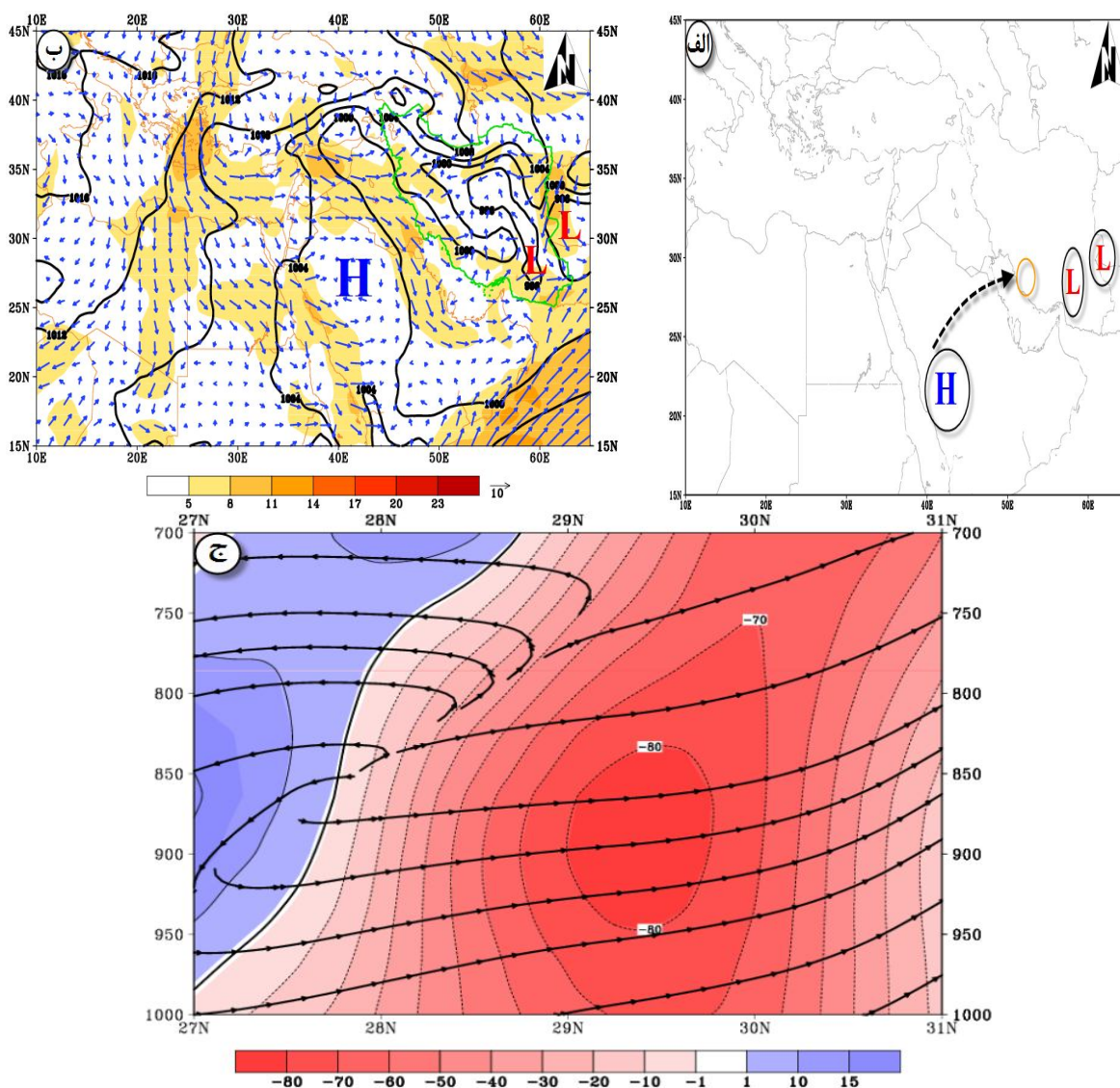
شکل ۷- الف و ب یکی از الگوهای جوی تابستانه (۱۸ درصد) ایجاد گردوغبار در استان بوشهر را نشان می‌دهد. در این الگو به‌طور کلی یک مرکز واچرخندی بر روی شمال شبه‌جزیره عربی و مرکز چرخندی متناظر آن بر روی دریای عرب و عمان، بخش‌هایی از خلیج فارس و نوار جنوبی ایران واقع شده است. منحنی خط‌چین در شکل ۷- الف نشان می‌دهد که با توجه به گرادیان فشار ایجاد شده بین این دو مرکز فعالیت، جهت جریان‌های جوی به‌گونه‌ای است که پس از عبور از روی مناطق مستعد



شکل ۷- الف) الگوی همدیدی مولد گردوغبار، ب) موقعیت مراکز اصلی فشار و سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متر، ج) نیمرخ قائم جو از مؤلفه‌های سرعت قائم (رنگی)، باد مداری و نصف‌النهاری (جریان‌ها)، برای طول ۵۱/۵۵ درجه شرقی (روز منتخب ۱۷ سپتامبر سال ۲۰۰۸).

است که قرارگیری این مرکز و زبانه‌های آن بر روی مناطق مستعد ایجاد گردوغبار سبب ایجاد جریانات ساعت‌گردی هوا بر روی این مناطق شده و با توجه به اینکه دو مرکز بر روی کشور ایران قرار گرفته است، جریان‌های با جهت جنوب‌غربی - شمال‌شرقی و غربی - شرقی به سمت استان بوشهر فرارفت شده است. در پی عبور این جریانات جوی از روی مناطق مستعد گردوغبار، در این روز هم در بخش‌های شمالی و هم در بخش‌های جنوبی استان بوشهر پدیده گردوغبار رخ می‌دهد.

شکل ۸ - الف دومین الگوی تابستانه (۱۶/۲ درصد) ایجاد پدیده گردوغبار در استان بوشهر را نشان می‌دهد. در این الگو مراکز فعالیت جوی برجسته بر روی نقشه هوا شامل یک هسته و اچرخندی است که بر روی مرکز تا شمال شبه‌جزیره عربی (بیابان ربع‌الخالی) واقع شده و دیگری دو مرکز چرخندی است که بر روی شرق ایران و غرب افغانستان و پاکستان قرار گرفته است. شکل ۸ - ب نقشه فشار تراز دریا همراه با جهت باد برای روز نمونه این الگو را نشان می‌دهد. در این روز یک مرکز و اچرخندی بر روی بخش‌های مرکز تا شمالی شبه‌جزیره عربی قرار گرفته



شکل ۸- الف الگوی همدیدی مولد گردوغبار، ب) موقعیت مراکز اصلی فشار و سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متر، ج) نیمرخ قائم جواز مؤلفه‌های سرعت قائم (رنگی)، باد مداری و نصف‌النهاری (جریان‌ها) برای طول ۵۱/۵۵ درجه شرقی (روز منتخب ۳۱ جولای سال ۲۰۰۹).

گردوغبار را تجربه نموده‌اند؛ چنین فعل و انفعالاتی برای رخداد پدیده گردوغبار در کانون‌های مستعد ایجاد گردوغبار (در منطقه خاورمیانه) در مطالعات دیگری نیز ثابت شده است. به طوری که واکای جوی نشان می‌دهد در فصول غیرتابستان سامانه‌ی پرفشار بر فراز جنوب شرق شبه‌جزیره‌ی عربی و نواحی اطراف همراه با سامانه‌ی کم-فشاری بر فراز شرق دریای مدیترانه و نواحی اطراف مسئول رخداد طوفان‌های گردوغباری قابل توجه بر فراز دره رودخانه‌های دجله و فرات به عنوان چشمه غبار هستند [۱۹]، اما در الگوی زمستانه دوم به طور متوسط همیشه یک سامانه واچرخندی قوی بر روی مرکز تا شمال آفریقا قرار گرفته و از طرف دیگر دو مرکز چرخندی نیز یکی بر روی بخش‌هایی از خلیج فارس و کشور عمان و مرکز دیگر بر روی جنوب غرب و مرکز ایران مستولی است. نتیجه قرارگیری این الگو، جابجایی جریان از مرکز واچرخندی به صورت ساعت گرد و شرق سو به سمت منطقه پژوهش است.

به طور کلی، در این الگو با توجه به نحوه استقرار مراکز فشار و زبانه‌های آن‌ها، بخش‌های شمالی استان از کانون‌های مستعد گردوغبار در کشور عراق و بخش‌های مرکزی و جنوبی استان از کانون‌های مستعد تولید گردوغبار در شبه‌جزیره عربی متأثر می‌گردند. تعدادی از پژوهش‌ها کانون گردوغبار غرب و جنوب غرب ایران را بیابان‌های عراق و سوریه (به عنوان چشمه‌های اصلی گردوغبار) معرفی کرده‌اند [۵، ۶، ۸، ۹، ۱۶، ۲۱، ۲۳، ۲۷، ۳۶ و ۳۸]. با بررسی فصلی این پدیده، مشخص گردید که برخلاف پژوهش‌های یادشده، کانون‌های شناسایی شده تنها مختص به دو فصل از سال بوده و بررسی تمامی فصول و یا ایستگاه‌ها در استان بوشهر نشان از کانون‌های دیگری نیز دارد. اما ویژگی غالب الگوی زمستانه سوم قرارگیری یک مرکز واچرخندی بر روی شمال شرق دریای سرخ و یک مرکز چرخندی بسیار قوی بر روی شرق تا جنوب شرق ایران است به گونه‌ای که استان بوشهر در منطقه همگرایی این دو سامانه فعال قرار می‌گیرد.

الگوی دیگر الگوی بهاره است که از مؤلفه‌های اصلی این الگو قرارگیری یک مرکز واچرخندی بر روی مرکز تا شمال شبه‌جزیره عربی و یک مرکز چرخندی بر روی شرق

بررسی نقشه‌های فشار تراز دریا و سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متری (شکل ۸ - ب) نشان می‌دهد که سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متری و در شرق مرکز واچرخندی سطح زمین بر روی شبه‌جزیره عربی به بیش از ۸ متر در ثانیه افزایش یافته است. بررسی نقشه نیمرخ قائم جو نیز مانند دیگر الگوی تابستانه با توجه به رخداد پدیده گردوغبار در ساعات مختلف به خوبی قادر به نمایش چگونگی نزول هوا در تمامی ایستگاه‌های منطقه نیست (شکل ۸-ج).

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که پدیده گردوغبار در طی بازه زمانی مورد مطالعه در قالب شش الگوی کلی همدیدی، استان بوشهر را تحت تأثیر قرار می‌دهد. این الگوها شامل سه الگوی زمستانی، یک الگوی بهاره و دو الگوی تابستانه است. در رخداد پدیده گردوغبار در استان بوشهر الگوی زمستانه اول ۷/۶ درصد، الگوی زمستانه دوم ۹/۹ درصد، الگوی زمستانه سوم ۹/۳ درصد، الگوی بهاره ۳۹ درصد، الگوی تابستانه اول ۱۸ درصد و الگوی تابستانه دوم ۱۶/۲ درصد از فراوانی وقوع را به خود اختصاص داده است.

مشخصه اصلی هر کدام از الگوها را به این صورت می‌توان خلاصه نمود؛ در الگوی زمستانه اول مراکز عمده فعالیت جوی بر روی منطقه شامل یک هسته واچرخندی و یک هسته چرخندی است. به این صورت که هسته واچرخندی بر روی کشور عراق و بخش‌های جنوبی کشور ترکیه واقع شده به گونه‌ای که زبانه‌های آن بر روی شبه‌جزیره عربی قرار می‌گیرد؛ و مرکز چرخندی متناظر آن بر روی شرق ایران واقع شده است. قرارگیری این مرکز واچرخندی بر روی مناطق مستعد ایجاد گردوغبار در کشور عراق سبب ایجاد جریانات ساعت‌گردی هوا بر روی این مناطق شده و با توجه به اینکه مرکز چرخندی متناظر با آن بر روی شرق کشور ایران قرار گرفته است، جریانات با جهت شمال غربی - جنوب شرقی به سمت استان بوشهر هدایت شده است.

با توجه به عبور این جریان‌های جوی از روی مناطق مستعد گردوغبار، در زمان استقرار این الگو، تمامی ایستگاه‌های سینوپتیک استان بوشهر رخداد پدیده

بینی مشخصه‌های (از قبل مطالعه شده) بسیار زیادی در مناطق تحت تأثیر خواهیم بود. به این معنا که هر کدام از الگوهای گردشی شناسایی شده می‌تواند خود حاوی مجموعه‌ای از مولفه‌های از قبل مطالعه شده باشد. شاید بتوان گفت محدودیت قابل توجهی در روش مورد استفاده وجود ندارد اما افزایش تعداد متغیرهای درون هر الگو (به‌طور مثال مشخصات فیزیکی و شیمیایی ذرات گردوغبار در هر الگو) در کارآیی بهتر و عملیاتی‌تر شدن این روش بسیار مؤثر است. هر چند شناخت چنین مشخصه یا مولفه‌ها، نیازمند مطالعه میدانی در مناطق فعالیت الگوی گردشی است که در حال حاضر هم به خاطر هزینه-بر بودن و هم به لحاظ نبود امنیت در مناطق منشأ، چندان قابل استفاده نیست. پیشنهاد می‌شود در ادامه چنین تحقیقاتی با استفاده از ابزارهای سنجش‌ازدور اقدام به افزایش متغیرهای (مشخصات فیزیکو-شیمیایی بخصوص فلزات سنگین) درون هر الگو گردد.

با انجام چنین مطالعه‌ای می‌توان پس از مشاهده هر کدام از الگوهای شناسایی شده بر روی نقشه‌های هوا نه‌تنها انتظار رخداد پدیده گردوغبار در مناطق تحت تأثیر را داشت بلکه به تمامی متغیرهای مورد مطالعه (اندازه ذرات، چگالی ذرات، نحوه انتقال، مسیر انتقال، محل نشست، میزان فلزات سنگین و غیره) درون هر الگو در مناطق مقصد نیز دست یافت.

سپاسگزاری

از صندوق حمایت از پژوهشگران جوان (INSF) به دلیل کمک مالی برای انجام طرح شناسایی کانون‌های منطقه‌ای و محلی گردوغبار در استان بوشهر که مقاله حاضر مستخرج از این طرح است، تشکر به عمل می‌آید.

تا جنوب‌شرق کشور ایران است. الگوی بعدی الگوی تابستانه اول است که در این الگو به‌طور کلی یک مرکز واپرخندی بر روی شمال شبه‌جزیره عربی و مرکز چرخندی متناظر آن بر روی دریای عرب و عمان، بخش-هایی از خلیج فارس و نوار جنوبی ایران واقع می‌شود. و در الگوی آخر یعنی الگوی تابستانه دوم مراکز فعالیت جوی برجسته بر روی منطقه شامل یک هسته واپرخندی است که بر روی مرکز تا شمال شبه‌جزیره عربی واقع شده است و دو مرکز چرخندی که بر روی شرق ایران و غرب افغانستان و پاکستان قرار گرفته است. در زمان استقرار این الگو، بخش‌های شمالی و جنوبی استان بوشهر شاهد رخداد پدیده گردوغبار رخ می‌باشد.

همان‌طور که اشاره شد در زمان استقرار هر کدام از الگوهای گردشی جو، بسته به موقعیت قرارگیری مراکز فشار (مشخصه ذاتی هر الگو) ممکن است بخش‌های مختلفی از استان بوشهر (محل نشست) درگیر پدیده گردوغبار گردد؛ بنابراین توجه به مشخصه اصلی هر کدام از این الگوهای گردشی متوسط مقیاس (دامنه جغرافیایی فعالیت، منطقه منشأ، مسیر انتقال، منطقه نشست ذرات) در هنگام استقرار بر روی مناطق مستعد تولید گردوغبار، می‌تواند مناطق متأثر از پدیده گردوغبار در مناطق مختلف استان بوشهر را قابل پیش‌بینی نماید. علاوه بر این با توجه به موقعیت استقرار مراکز فشار در مناطق مستعد تولید گردوغبار یا به عبارت بهتر با توجه به حاکمیت هر کدام از الگوهای گردشی متوسط مقیاس شناسایی شده می‌توان علاوه بر مناطق احتمالی درگیر پدیده گردوغبار در استان بوشهر به سرعت انتقال ذرات، تراز ارتفاعی و حتی مشخصات فیزیکو-شیمیایی ذرات نیز پی برد.

هر چند دستیابی به چنین مشخصاتی نیازمند مطالعه قبلی است (خارج از دامنه مطالعه حاضر) اما از محاسن شناخت الگوهای گردشی جو می‌توان به این نکته اشاره نمود که در زمان استقرار هر کدام از الگوها قادر به پیش-

References

[1] Ahmadi, H., Baaghideh M. (2014). The analysis of dust hazard occurrence and its variations trend in west and southwest of Iran. *Journal of Rescue & Relief*, 6 (2). (in Farsi).

[2] Ahmadi, Z., Doostan, R., Mofidi, A. (2015). Synoptic Analysis of Dust from the Warm Half of the Year in Southern Khorasan Province. *Journal of Physical Geography*, 8(29), 41-62. (in Farsi)

- [3] Alharbi, B. H., Maghrabi, A. L., & Tapper, N. (2013). The March 2009 dust event in Saudi Arabia: Precursor and supportive environment. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 94(4), 515-528.
- [4] Alobaidi, M., Almazroui, M., Mashat, A., & Jones, P. D. (2017). Arabian Peninsula wet season dust storm distribution: regionalization and trends analysis (1983–2013). *International Journal of Climatology*, 37(3), 1356-1373.
- [5] Arami A., Onagh, M., Mohammadian Behbahani, A., Akbari, M., Zarasvandi, A., (2018). Statistical analysis of space-time pattern of dust storm in western and southwestern Iran. *Journal of Water and Soil Conservation Research*, 25(1): 61-83. (in Farsi).
- [6] Ataei, SH., Mohammadzadeh, A., Abkar, A, A., (2015). Dust detection using tree Decision method of Madis sensor images. *Scientific-Research Journal of Surveying Science and Technology*, 4(4): 151-160. (in Farsi).
- [7] Awad, A. M., & Mashat, A. W. S. (2016). Synoptic characteristics of spring dust days over northern Saudi Arabia. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 9(1), 41-50.
- [8] Azizi, G., Shamsipour, A., Miri, M., Safarrad, T. (2012). Statistic and Synoptic Analysis of Dust Phenomena in West of Iran. *Journal of Environmental Studies*, 38(3): 123-134. (in Farsi).
- [9] Azizi, Gh., Miri, M., Nabavi, S. O. (2012). Dust Phenomena Tracking in the Western half of Iran. *Geographical Studies of Dry Areas*, 2(7), 63-81. (in Farsi).
- [10] Babaei Fini, O., Safarrad, T., Karimi, M. (2016). Analysis and identification of synoptic patterns of dust storms in western Iran. *Geography and environmental hazards*, 5(17), 105-119. (in Farsi).
- [11] Barkan, J., & Alpert, P. (2010). Synoptic analysis of a rare event of Saharan dust reaching the Arctic region. *Journal of Weather*, 65(8), 208-211.
- [12] Bartlett, K. S. (2004). Dust storm forecasting for Al Udeid AB, Qatar: an empirical analysis. Air force institute of technology Wright-Pattersonafb OH School of Engineering, 103 pp.
- [13] Bou Karam, F. D., Flamant, C., Chaboureau, J. P., Banks, J., Cuesta, J., Brindley, H., & Oolman, L. (2017). Dust emission and transport over Iraq associated with the summer Shamal winds. *Aeolian Research*, 24, 15-31.
- [14] Crook, J. (2009). Climate analysis and long-range forecasting of dust storms in Iraq. Naval Postgraduate School Monterey CA., 85 pp.
- [15] Das, S., Dey, S., Dash, S. K., & Basil, G. (2013). Examining mineral dust transport over the Indian subcontinent using the regional climate model, RegCM4. 1. *Atmospheric research*, 134, 64-76.
- [16] Deiraviapour, M., Asgari, M., Farhadi, H., Saeed and Iman Najafi (2019). Detection of dust phenomenon in southwestern Iran using NDDI and BTD indicators and neural network. *Journal of Geographical Information Science (Sepehr)*, 28(111): 218-234. (in Farsi).
- [17] Doostan, R. (2017). Dust Spatial Analysis in Northeastern Iran. *Journal of Geography and Regional Development (Peer-Reviewed)*, 14(2): 67-90. (in Farsi).
- [18] Goudie, A. S., & Middleton, N. J. (2006). Desert dust in the global system. Springer Science & Business Media, 1-90.
- [19] Hamidi, M. (2019). Atmospheric investigation of frontal dust storms in Southwest Asia. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences*, 55(2), 177-193.
- [20] Hermida, L., Merino, A., Sánchez, J. L., Fernández-González, S., García-Ortega, E., & López, L. (2018). Characterization of synoptic patterns causing dust outbreaks that affect the Arabian Peninsula. *Atmospheric Research*, 199, 29-39.
- [21] Hossein Hamzeh, N., Fattahi, E., Zoljoudi, M., Ghaffarian, P., Ranjbar, A., (2016). Synoptic and dynamic analysis of dust phenomenon and its simulation in southwestern of Iran in the summer of 2005. *Journal of Spatial Analysis Environmental hazards*, 3(1): 91-102. (in Farsi).
- [22] Jafari, M., Zehtabian, G., Mesbahzadeh, T. (2019). Statistical analysis the phenomenon of Dust Storm (case study: Isfahan). *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 25(4): 863-876. (in Farsi).

- [23] Jalali, N., Iranmanesh, F., Davoodi, M, H. (2017). Identification of the source and areas affected by dust storms in southwestern Iran using Madis images. *Scientific - Research Journal of Watershed Engineering and Management*, 9(3): 318-331. (in Farsi).
- [24] Jalali Farahani, V., Arhami, M. (2020). Contribution of Iraqi and Syrian dust storms on particulate matter concentration during a dust storm episode in receptor cities: Case study of Tehran. *Atmospheric Environment*, 222, 117163.
- [25] Jin, Q., Yang, Z. L., & Wei, J. (2016). Seasonal responses of Indian summer monsoon to dust aerosols in the Middle East, India, and China. *Journal of Climate*, 29(17), 6329-6349.
- [26] Jose, S., Gharai, B., Rao, P. V. N., & Dutt, C. B. S. (2016). Satellite-based shortwave aerosol radiative forcing of dust storm over the Arabian Sea. *Atmospheric Science Letters*, 17(1), 43-50.
- [27] Karimi, Kh., Taheri Shahr-e-Aini, H., Habibi-Nokhandan, M., Hafezi Moqaddas, N., (2011). Identifying the origins of dust storms in the Middle East using remote sensing. *Journal of Climate Research*, 2(7-8): 57-72. (in Farsi).
- [28] Kaviani, M.R., & Alijani, B. (2007). *The Foundations of Climatology*. Tehran, Iran, Samat Publications, (in Farsi).
- [29] Khoshhal Dastjerdi, J., Mousavi, S., Kashki, A. (2012). Synoptic analysis of Ilam dust storms (1987 - 2005). *Geography and Environmental Planning*, 23(2): 15-34. (in Farsi)
- [30] Lashkari, H., Keykhosravi, Gh. (2009). Statistical Synoptic Analysis of Dust Storm in Khorasan Razavi Province (1993-2005). *Physical Geography Research Quarterly*, 40(65), 17-33. (In Farsi)
- [31] Mashat, A. W. S., Alamoudi, A. O., Awad, A. M., & Assiri, M. E. (2018). Seasonal variability and synoptic characteristics of dust cases over southwestern Saudi Arabia. *International Journal of Climatology*, 38(1), 105-124.
- [32] Mashat, A. W. S., Awad, A. M., Assiri, M. E., & Labban, A. H. (2020). Dynamic and synoptic study of spring dust storms over northern Saudi Arabia. *Theoretical and Applied Climatology*, 1-16.
- [33] Mofidi, A., Jafari, S. (2011). The Role of Regional Atmospheric Circulation over the Middle East on the Occurrence of Summer Dust-storms in Southwest Iran. *Arid Regions Geographic Studies*, 2 (5), 17-45. (in Farsi)
- [34] Najafi, M. S., Sarraf, B. S., Zarrin, A., & Rasouli, A. A. (2017). Climatology of atmospheric circulation patterns of Arabian dust in western Iran. *Environmental monitoring and assessment*, 189(9), 1-13.
- [35] Notaro, M., Yu, Y., & Kalashnikova, O. V. (2015). Regime shift in Arabian dust activity, triggered by persistent Fertile Crescent drought. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 120(19), 10-229.
- [36] Shamsipoor, A, A., Safarrad, T., (2012). Satellite-synoptic Analysis of dust. *Natural Geographical Research*, (79), 111-126. (in Farsi).
- [37] Shi, L., Zhang, J., Yao, F., Zhang, D., & Guo, H. (2020). Temporal variation of dust emissions in dust sources over Central Asia in recent decades and the climate linkages. *Atmospheric Environment*, 222, 117176.
- [38] Vali, A, A., Khamoushi, S., Mousavi, S, H., Panahi, F., Tamsaki, E., (2014). Climate Analysis and Tracking of Inclusive Dust Storms in Southern and Central Iran. *Ecology*, 40(4): 961-972. (in Farsi).
- [39] Yu, Y., Notaro, M., Liu, Z., Kalashnikova, O., Alkolibi, F., Fadda, E., & Bakhrjy, F. (2013). Assessing temporal and spatial variations in atmospheric dust over Saudi Arabia through satellite, radiometric, and station data. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118(23), 13-253.
- [40] Zeinali, B., Asghari, S. (2018). Evaluation of some indicators to identify and monitor dust storm (case study: dust storms 10 August 2008 East the Iran). *Geography and Planning*, 22(65), 205-222. (in Farsi)
- [41] Zolfaghari, H., & Abedzadeh, H. (2005). Synoptic analysis of dust systems in the West of Iran. *Geography and Development Iranian Journal (Iran)*, 6, 173 188. (in Farsi).

Identification of Synoptic Scale Circulation Patterns Affecting Dust Phenomenon Occurrence in Bushehr Province

1-Esmaeil Abbasi, Assiatant Professor of Environment Department, Persian Gulf Research Institue, Persian Gulf University, Bushehr, Iran

esmaeil.abbasi@pgu.ac.ir

2- Hana Etemadi, Assiatant Professor of Environment Department, Persian Gulf Research Institue, Persian Gulf University, Bushehr, Iran

3- Mohammad Hasan Mahutchi, Ph. D. in Climatology, University of Tehran, Tehran, Iran

Received: 07 Jan 2020

Accepted: 10 Aug 2020

Abstract

Dust storms create hazards for human society in numerous ways and are particularly significant to people who are living in the dust belt which stretches in the west to the southwest of Iran. Numerus studies have been performed by scholars in various ways on this phenomenon which is still hot research topics throughout the world because of its critically importance and adverse consequent impacts. The present research purpose is to identify the synoptic scale circulation patterns responsible for dust storm in Bushehr province. The studied stations include Bushehr synoptic Station, Deylam, Dayyer and Jam during a 17-year (2001-2017). Meteorological data (code 06 to identify the dust locality) and data from the ECMWF are used. Also, sea level pressure, Uwind, Vwind component, vertical velocity and wind velocity at 10 m as the meteorological parameters are considered. The number of recorded dusty days across all studied stations were 177 events during the study period. The results revealed that six synoptic scale circulation patterns influence Bushehr province in dusty days from 2001 to 2017. These patterns include one spring pattern, three winter and two summer patterns. Each pattern contribution to the occurrence of dust in Bushehr province was as follows: The spring pattern was 39%, the first, second and third winter patterns were 7.6%, 9.9%, 9.3% respectively, and also the first and second summer patterns were 18% and 16.2% respectively.

Keywords: Dust phenomenon, Circulation pattern of atmosphere, Dust sources, Seasonal pattern, Bushehr.