



جغرافیا و روابط انسانی، پاییز ۱۴۰۳، دوره ۷، شماره ۲، صص ۳۸۷-۴۰۲

پایش و ردیابی طوفان‌های گرد و غباری فراگیر استان خوزستان در دهه گذشته

روحیه جلیلی^۱، برومند صلاحی^{۲*} ID، بتول زینالی^۳، مهدی فروتن^۴

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آب و هواشناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه

محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- استاد آب و هواشناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی،

اردبیل، ایران. salahi@uma.ac.ir

۳- استاد آب و هواشناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل،

ایران.

۴- دانشجوی دکتری تخصصی آب و هواشناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق

اردبیلی، اردبیل، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۲۹

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۰۶

چکیده

به منظور پایش طوفان‌های گرد و غباری استان خوزستان، ابتدا داده‌های آماری از سازمان هواشناسی ایران اخذ شد. روزهایی که گزارش گرد و غبار با حداقل دید افقی کم‌تر از ۱۰ کیلومتر داشتند به عنوان روزهای فرین انتخاب شدند. نتایج پهنه‌بندی و نقشه میانگین تراکم گرد و غبار که با فراخوانی داده‌های ماهواره مودیس در گوگل ارث انجین ترسیم شد. برای بررسی سینوپتیکی طوفان‌های گرد و غباری، شدیدترین گرد و غبارها برای ۹ ایستگاه سینوپتیک استان خوزستان انتخاب و با ترسیم نقشه‌های فشار تراز دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل، جهت جریان و سرعت باد، شار دما و شار رطوبت در grads به تحلیل این روزها پرداخته شد. سپس مسیر حرکت و منشأ برخاست این پدیده و تراکم آن از طریق مدل HYSPLIT نمایش داده شد. نتایج نشان داد که بیشترین تراکم رخداد پدیده گرد و غبار در نواحی غربی، جنوب غربی و مرکزی استان خوزستان بوده است. نتایج همچنین نشان داد که در اغلب رخداد طوفان‌های گرد و غبار در جنوب ایران، سامانه‌های کم‌فشار حرارتی فعالیت داشته و در اروپا سیستم پرفشار حاکم بوده است. وضعیت چرخندی حاکم بر منطقه به ناپایداری هوا افزوده است. در غرب ایران یک فرود شکل گرفته و منطقه مورد مطالعه در جلوی محور فرود قرار گرفته و تقویت واگرایی در وردسپهر به تشدید ناپایداری هوا دامن زده است. بادهای غربی از روی بیابان‌های شمال آفریقا، شمال شبه‌جزیره عربستان، عراق و سوریه گذر نموده و هوای گرم و خشک این مناطق را به استان خوزستان آورده‌اند. همچنین در اتمسفر منطقه مورد مطالعه در اغلب موارد، واگرایی رطوبتی رخ داده و از میزان رطوبت جو کاسته شده که منجر به برخاست ذرات گرد و غبار از نواحی مذکور شده است.

کلیدواژه‌ها: استان خوزستان، تحلیل سینوپتیکی، گرد و غبار، HYSPLIT.

گرد و غبار به عنوان یک بلای طبیعی از مهم ترین پدیده های جوی محسوب می شود. بخصوص کشور ایران که در کمربند خشک و نیمه خشک کره زمین قرار دارد و بیابان های کشورهایمانند عراق، عربستان، سوریه، اردن، کویت، عمان و امارات در فاصله نزدیکی از آن قرار دارد. در بخش های غربی ایران اغلب طوفان های گرد و غباری که در کنار بیابان های وسیع تشکیل می شود ماهیت سیاره ای دارد که از شمال آفریقا، بیابان های عراق و سوریه و شبه جزیره عربستان نشأت می گیرد. سامانه های کم فشار سودانی، پرفشار عربستان یا جابجایی پرفشارهای جنب حاره ای به سوی مناطق بیابانی و جهت بادها در کشیده شدن گرد و غبار به سمت ایران نقش مؤثری دارند (علیجانی، ۱۳۷۴: ۹۱) (به نقل از سلیقه، ۱۳۹۶: ۲۱۸)؛ به عبارت دیگر زمانی که حجم زیادی از ریزگردها از بیابان های وسیع غرب و جنوب غرب آسیا توسط جریان فرابار قوی به سمت عرض های بالاتر حرکت می کند و پس از مدتی انرژی جریان افقی کاسته شده و از حرکت باز می ایستد این ذرات گرد و غبار بر سر مناطق دور و نزدیک فرو می ریزد (کریمی، ۱۳۸۸: ۲۵) (به نقل از سلیقه، ۱۳۹۶: ۲۱۸) (محمدی، ۱۳۸۶). گرد و غبار دید افقی را کاهش می دهد (حسینی صدر و همکاران، ۱۴۰۳؛ خشتابه و همکاران، ۱۴۰۲؛ صلاحی و مرادی، ۱۴۰۳).

مطالعاتی که در مورد روزهای فراوانی گرد و غبار در ایران انجام شده نشان می دهد بیش ترین روزهای گرد و غباری در چاله های مرکزی ایران روی می دهد؛ مانند بادهای ۱۲۰ روزه سیستان که بیش از ۱۵۰ روز از سال در این منطقه افزایش یافته است و شاخص اندکس آئروسول آن بین ۱۴ الی ۲۱ می باشد. آمارهای مربوط به سازمان هواشناسی کشور نیز بیان می دارد در طی ۵۰ سال گذشته متوسط روزهای گرد و غباری در شهرهای اهواز، آبادان، بوشهر و کرمانشاه به طور میانگین به ترتیب ۶۸، ۷۶، ۷۵، ۲۷ روز در طی هر سال بوده است هم چنین مراجعات بیماران ریوی به مراکز درمانی اهواز با رشد ۷۰ درصدی همراه بوده است. میزان خسارات وارده بر محصولات جالیزی، ذرت و گندم بین ۱۵ تا ۲۰ درصد بوده و بیش از ۴ هزار میلیارد تومان در سال بر اثر شرایط نامناسب بهداشتی، تعطیلی مدارس، ادارات و فرودگاه ها و ... خسارت وارد شده است (شاهسونی و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۹۴).

مطالعات فراوانی در مورد تحلیل سینوپتیکی علل وقوع طوفان های گرد و غبار در خارج و داخل کشور صورت گرفته. کی آن و همکاران^۱ (۲۰۰۱)، نوسانات توفان های گرد و غباری در طول سال های ۱۹۹۹ و ۱۹۸۹ چین را بررسی کردند. اکستروم^۲ و همکاران (۲۰۰۴)، با استفاده از تجزیه و تحلیل مؤلفه اصلی و تجزیه و تحلیل خوشه ای الگوهای فشار متوسط سطح دریا موجد گرد و غبار ۹۵ ایستگاه هواشناسی در سراسر استرالیا در طول دوره ۱۹۶۰-۱۹۹۹ را الگوبندی نمودند و این پدیده را به دو گروه طوفان گرد و غبار بهار-تابستان و طوفان گرد و غبار تابستان-پاییز تقسیم

^۱- Qian

^۲- Ekström

نمودند. وانگ و فانگ^۱ (۲۰۰۶)، دو طوفان گرد و غبار شدید آسیای شرقی که در بهار ۲۰۰۲ رخ داده بود را با استفاده از داده‌های سینوپتیک و سنجش از دور تجزیه و تحلیل نمودند. نیپرتز و فینک^۲ (۲۰۰۷)، طوفان گرد و غبار رخ داده در مارس ۲۰۰۴ را که در اقیانوس اطلس گرمسیری و نیمه گرمسیری مشاهده شده بود و موجب دمای پایین و بادهای شدید بر فراز صحرا، بارش شدید در لیبی و موج گرما در سواحل گینه شده بود را مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند همگرایی در سطوح فوقانی جو و واگرایی در عرض‌های پایین و تشکیل یک آنتی‌سیکلون قوی در شمال آفریقا باعث جریان شدید شمالی و گسترش سریع جبهه گرد و غبار به سمت جنوب و غرب شده و شیب فشار قوی بر فراز شمال آفریقا با تشکیل یک طوفان جلوتر از پایین‌ترین سطح افزایش یافته است.

الجمیلی و ابراهیم^۳ (۲۰۱۳)، دو طوفان گرد و غبار شدید در عراق در ۲۲ فوریه ۲۰۱۰ و ۱۰ دسامبر ۲۰۱۱ را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. آواد و مشأت^۴ (۲۰۱۴)، الگوهای سینوپتیک مرتبط با روزهای گرد و غباری گسترده بهاری در مرکز و شرق عربستان سعودی را مورد بررسی قرار دادند. گو و یین^۵ (۲۰۱۵)، گرد و غبارهای معدنی که موجب تغییر در دمای سطح دریا و بارش در شرق آسیا می‌شوند را مورد بررسی قرار دادند. مشأت و آواد (۲۰۱۶)، ویژگی‌های همدیدی الگوهای اولیه گرد و غبار زمستانی گسترده در شمال شبه‌جزیره عربستان را مورد بررسی قرار دادند. اوزدمیر^۶ و همکاران (۲۰۱۸)، طوفان رخ داده در ۲۸ فوریه ۲۰۰۹ در شبه‌جزیره عربستان را مورد بررسی قرار دادند. هرمیدا^۷ و همکاران (۲۰۱۸)، به شناسایی الگوهای همدیدی طوفان‌های گرد و غباری در شبه‌جزیره عربستان پرداختند. جونگ^۸ و همکاران (۲۰۱۹)، الگوهای آب و هوایی سینوپتیک با رویدادهای PM10 بالا و رویدادهای گرد و غبار آسیایی در سئول، کره جنوبی برای دوره ۲۰۰۱-۲۰۱۸ مورد بررسی قرار دادند. آلبوگامی^۹ و همکاران (۲۰۱۹)، تغییرات مکانی و زمانی طوفان‌های گرد و غبار را بین سال‌های ۲۰۰۰-۲۰۱۶ در عربستان مورد مطالعه قرار دادند. روسو^{۱۰} و همکاران (۲۰۲۰)، شرایط سینوپتیک غالب در نفوذ گرد و غبار صحرا در شبه‌جزیره ایبری بین سال‌های ۲۰۰۶-۲۰۱۶ را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. بحیرایی و همکاران (۱۳۹۰)، به بررسی آماری و سینوپتیکی گرد و غبار ایستگاه ایلام و دهلران و خوش‌کیش و همکاران (۱۳۹۰) به تحلیل سینوپتیکی سامانه‌های گرد و غبار استان لرستان پرداختند. طائی‌سمیرمی و همکاران (۱۳۹۲)، عوامل مؤثر بر پدیده گرد و غبار در غرب ایران را مورد مطالعه قرار دادند و بیان

1- Wang & Fang

2- Knippertz & Fink

3- Al-Jumaily & Ibrahim

4- Awad & Mashat

5- Guo & Yin

6- Özdemir

7- Hermida

8- Jung

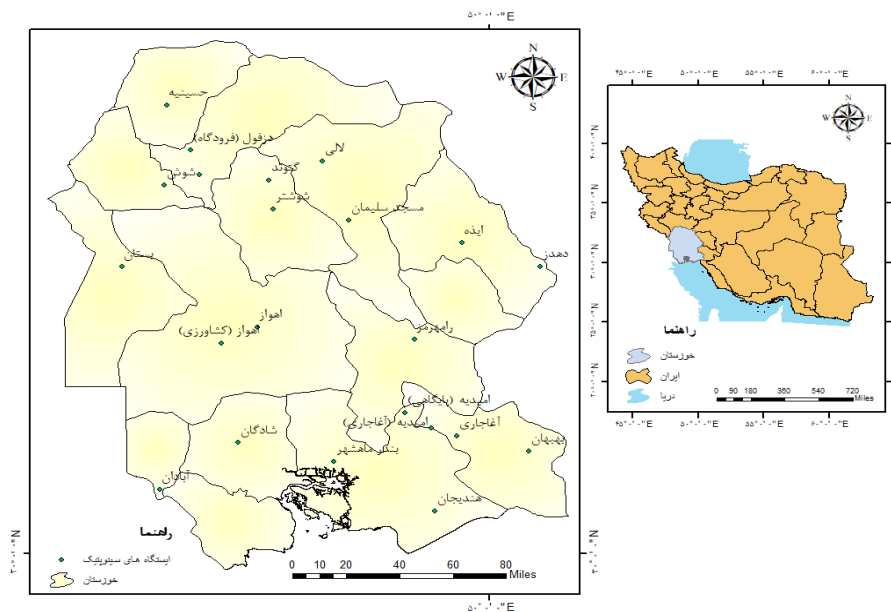
9- Albugami

10- Russo

داشتند که در طی سالیان اخیر با کاهش بارش میزان رطوبت خاک نیز کاهش شدیدی یافته و فرکانس عبور امواج کوتاه و سریع با مؤلفه باد مداری قوی از دلایل اصلی رخداد طوفان‌های منطقه می‌باشد. امیدوار و امید (۱۳۹۲)، پدیده گرد و غبار در جنوب و مرکز استان فارس را مورد تحلیل قرار دادند. فلاح ززولی و همکاران (۱۳۹۳)، گرد و غبار رخ داده در تاریخ ۱۸ ژوئن ۲۰۱۲ را با استفاده از سنجش از دور و GIS پایش نموده و در نهایت به تحلیل سینوپتیکی آن پرداختند. غفاری و مصطفی‌زاده (۱۳۹۴)، گرد و غبارهای رخ داده در ایران را از جهات مختلف مورد بررسی قرار دادند. فرح‌بخش و همکاران (۱۳۹۴)، طوفان‌های گرد و غبار رخ داده از ۱۰ تا ۱۲ مرداد در ایران را مورد تحلیل و بررسی قرار دادند. رنجبر سعادت‌آبادی و همکاران (۱۳۹۵)، گرد و غبارهای غرب ایران را به صورت کوتاه‌مدت و بلندمدت مورد بررسی قرار دادند. رایگانی و همکاران (۱۳۹۵)، با استفاده از داده‌های سنجش از دور و شبیه‌سازی جریان هوا به شناسایی کانون‌های بالفعل تولید گرد و غبار در استان البرز پرداختند. دوستان (۱۳۹۵)، با استفاده از داده ساعتی دید افقی، جهت و سرعت باد ۱۰ ایستگاه سینوپتیکی شمال شرق ایران به بررسی رفتار زمانی و مکانی گرد و غبار پرداخت. چکی‌فورک و همکاران (۱۴۰۱)، به شناسایی کانون‌های شهر بیرجند پرداختند و برای این کار از تصاویر لندست برای تعیین منشأ گرد و غبار استفاده نمودند. بر اساس بررسی‌های انجام شده در مورد الگوهای جوی موجد طوفان‌های گرد و غبار در می‌یابیم که مناطق نزدیک و همجوار به بیابان‌ها و صحراهای بزرگ دنیا توأمان با این پدیده مواجه بوده است. استان خوزستان یکی از مناطقی است که به علت نزدیکی به بیابان‌های عراق و شبه‌جزیره عربستان، کویت و بیابان‌های شمال آفریقا در طول سال این پدیده را تجربه نموده است و یکی از راه‌های مقابله با این پدیده شناسایی قبل از وقوع آن با شناخت عوامل جوی از طریق تحلیل سینوپتیکی و رصد تصاویر ماهواره‌ای می‌باشد.

محدوده مورد مطالعه

استان خوزستان دارای ۲۷ شهرستان است که شهر اهواز مرکز آن می‌باشد. این استان با مساحتی ۶۴۰۵۷ کیلومترمربع از غرب به عراق، از شمال به استان لرستان، از شمال غربی به استان ایلام، از شرق به استان چهارمحال و بختیاری و از جنوب با استان بوشهر و خلیج فارس محدود می‌شود. مختصات جغرافیایی آن بین ۲۹ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی از خط استوا و ۴۷ درجه و ۵۰ درجه و ۴۲ تا ۵۰ درجه تا ۳۹ دقیقه طول شرقی قرار دارد (حاتمی و همکاران، ۱۴۰۰: ۲۵۳). شکل ۱، نقشه موقعیت جغرافیایی استان خوزستان را در ایران نشان می‌دهد.

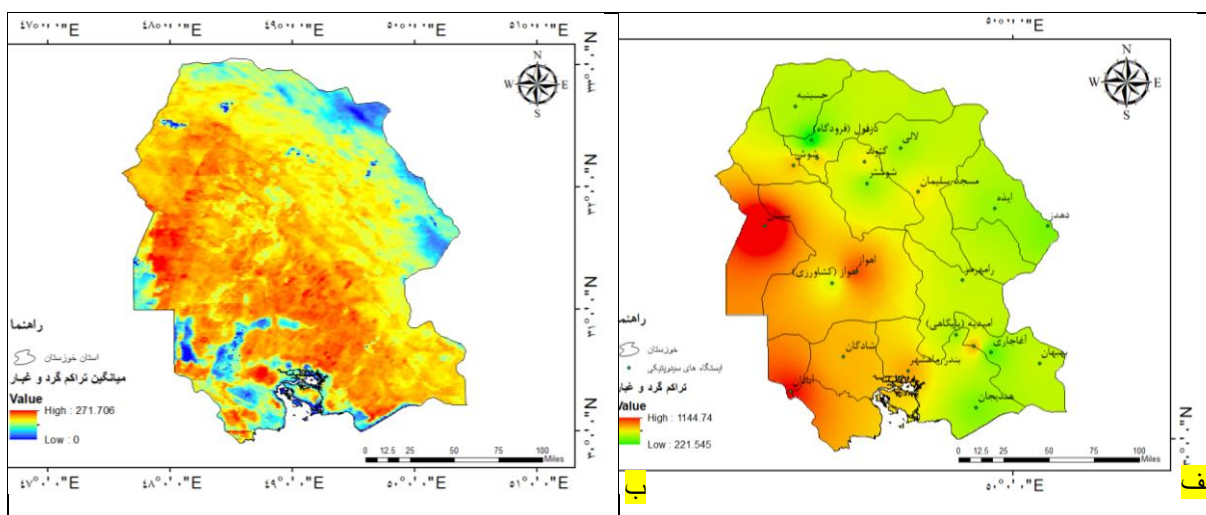


شکل ۱: موقعیت جغرافیایی استان خوزستان در ایران

داده‌ها و روش‌ها

در تحقیق حاضر با رویکرد محیطی به گردشی عوامل جوی وقوع طوفان‌های گرد و غبار استان خوزستان مورد بررسی قرار گرفت. در راستای تحقق این امر ابتدا داده‌های مربوطه از اداره هواشناسی کل برای بازه زمانی (۲۰۱۱-۲۰۲۲) دریافت گردید. در وهله بعد در روزهایی که تعداد گزارش گرد و غبار با حداقل دید افقی ۱۰۰۰۰ متر داشته‌اند به‌عنوان روزهای فرین انتخاب گردیدند و به بررسی آماری این پدیده از قبیل فراوانی ماهیانه و روند سالیانه با روش رگرسیون خطی ساده و پهنه‌بندی فراوانی آن در سطح استان خوزستان پرداخته شد سپس با کدنویسی در محیط گوگل ارث انجین نقشه میانگین تراکم گرد و غبار استان خوزستان با استفاده از داده‌های MCD19A2 و باند Optical-Depth-047 از ماهواره مودیس ترسیم گشت. در مرحله بعد از بین روزهای فرین برای ۹ ایستگاه سینوپتیکی روز نماینده با معیار تعداد گزارش بالا و حداقل دید افقی صد متر انتخاب و به علت رعایت اختصار تحلیل دو روز نماینده آورده شد. برای این کار داده‌های NCEP-NCAR از سایت نوا اخذ گردید و نقشه‌های فشار تراز دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، سرعت باد تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال، جریان باد تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، شار دما و شار رطوبت تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در محیط نرم‌افزار گردس ترسیم گردید هم‌چنین برای نمایش منشأ برخاست ذرات گردوخاک و مسیر حرکت این پدیده به همراه تراکم آن با استفاده از تصاویر مربوط به HYSPLIT از سایت نوا استفاده شد.

بر اساس شکل ۲ نقشه الف، روزهایی که در آن گرد و غبارهایی با دید افقی ۱۰ کیلومتر و کم‌تر از آن در ایستگاه‌های سینوپتیکی استان خوزستان در بازه زمانی (۲۰۱۱-۲۰۲۲) گزارش شده بود مورد پهنه‌بندی قرار گرفت و مشخص است که مناطق مرتفع استان یعنی قسمت‌های شمالی و شرقی گرد و غبارهای کمتری را تجربه کرده‌اند این در حالی است که مناطق هموار یعنی قسمت‌های غربی و جنوب غرب گرد و غبارهای بیش‌تری را متحمل شده‌اند. در شکل ب، میانگین تراکم گرد و غبار استان خوزستان با داده‌های MCD19A2 و باند Optical-Depth-047 از ماهواره مودیس به دست آمده نشان می‌دهد به‌طور متوسط اغلب رخدادهای طوفان گرد و غبار در قسمت‌های غربی و مرکزی استان به وقوع پیوسته است و تقریباً با نتایج شکل الف هم‌خوانی دارد.

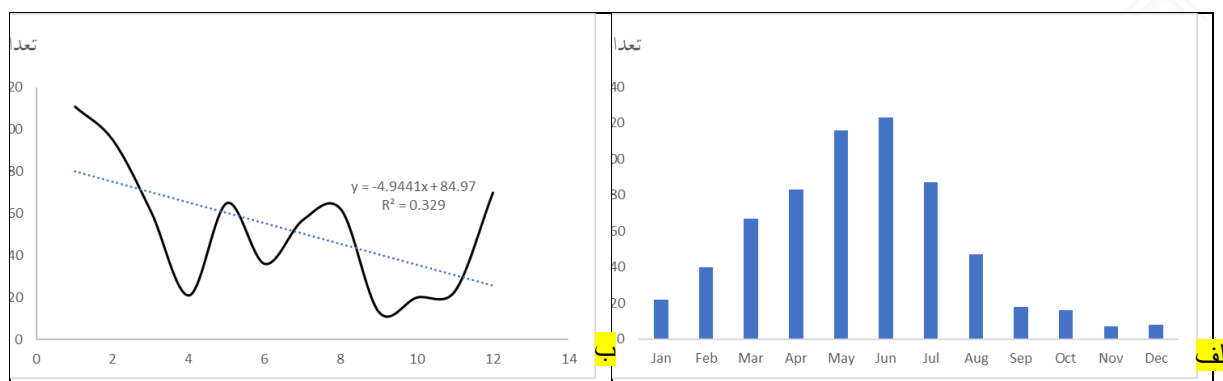


شکل ۲: الف) پهنه‌بندی فراوانی گرد و غبار ایستگاه‌های سینوپتیک استان خوزستان طی سال‌های مشترک (۲۰۱۱-۲۰۲۲)، (ب)

میانگین تراکم گرد و غبار استان خوزستان با داده‌های MCD19A2 ماهواره مودیس

توزیع فراوانی ماهیانه و روند سالیانه گرد و غبارهای ایستگاه سینوپتیکی مسجدسلیمان

شکل ۳ الف، آمار مربوط به فراوانی ماهیانه گرد و غبارهای با دید افقی حداقل ۱۰ کیلومتر ایستگاه سینوپتیکی مسجدسلیمان را برای سال‌های (۲۰۱۱-۲۰۲۲) نشان می‌دهد همان‌طور که مشخص است از بین ماه‌های سال ماه ژوئن (خردادماه) با تعداد گزارش بیش‌تر از ۱۲۰ رخداد بیش‌ترین آمار را نسبت به سایر ماه‌ها داشته و ماه نوامبر (آبان ماه) کم‌ترین مقدار را داشته است. در شکل ب، روند سالیانه فراوانی این پدیده نشان می‌دهد روند این پدیده در طی سال‌های مورد مطالعه شیب نزولی با ضریب R2، ۰/۳ داشته است.



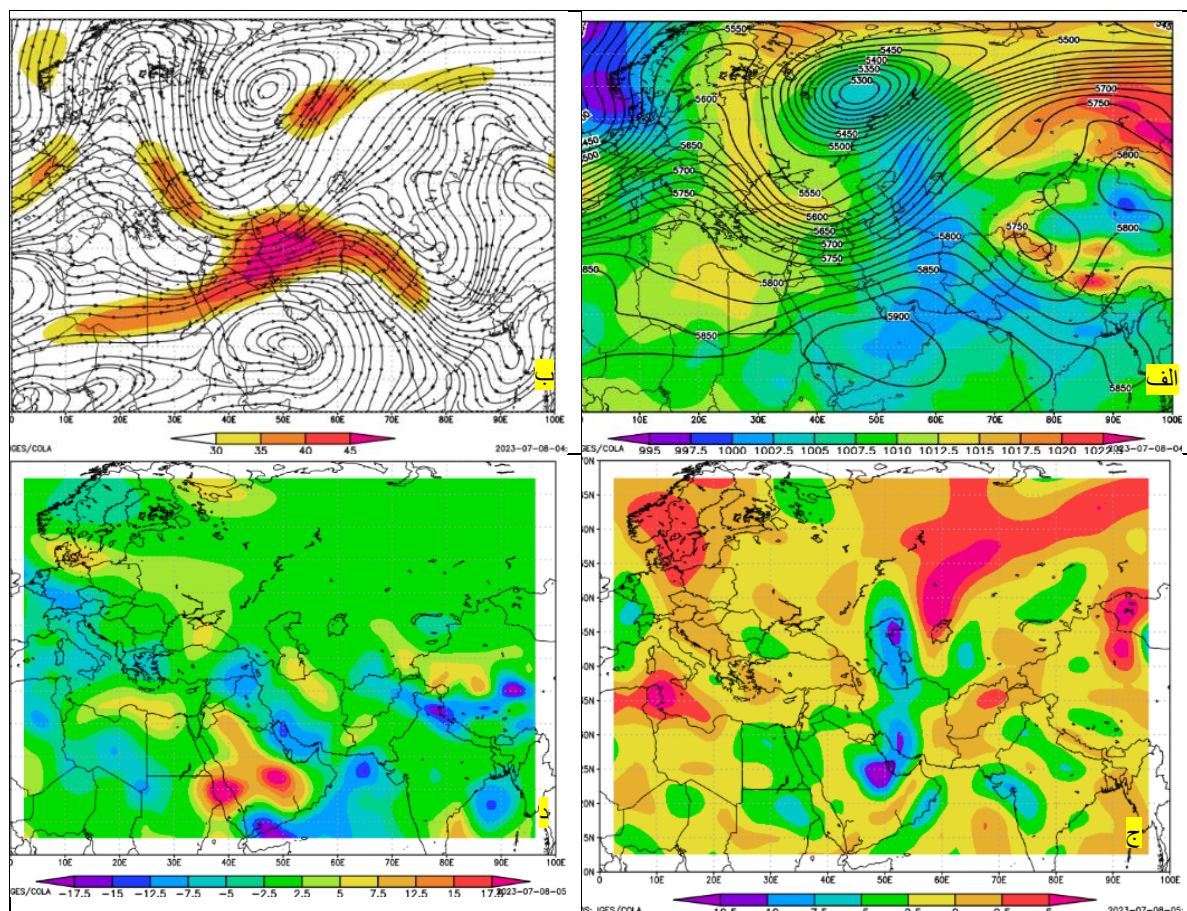
شکل ۳: الف) توزیع ماهیانه فراوانی گرد و غبار، ب) روند سالیانه فراوانی گرد و غبار ایستگاه سینوپتیک مسجدسلیمان طی

سالهای (۲۰۲۲-۲۰۱۱)

تحلیل همدیدی طوفان گرد و غبار مسجدسلیمان مورخه ۲۴ می ۲۰۲۲

بر اساس شکل ۴ الف، وضعیت فشار تراز دریا به صورت رنگی برای روز ۲۴ می ۲۰۲۲ نشان می‌دهد یک سامانه کم‌فشاری در شرق ایران به صورت طولی از روسیه تا یمن ظاهر شده و زبانه ۱۰۰۷/۵ هکتوپاسکال آن بر فراز منطقه مورد مطالعه کشیده شده است. حرکت پادساعتگرد این سامانه باعث مکش جریان هوا از سمت مراکز پرفشار واقع در شمال غرب و شمال شرق خود شده است و شیب گرادیان فشار ایجاد شده بین این سامانه‌ها منجر به هدایت جریان هوا به سمت منطقه مورد مطالعه شده است. از طرفی حاکمیت کم‌فشار یادشده بر روی منطقه مطالعاتی جوی صعودی و ناپایداری به ارمغان آورده است. وضعیت ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال که به صورت خطوط ارتفاعی مشخص است نشان می‌دهد در غرب روسیه یک مرکز کم‌ارتفاعی تشکیل یافته و یک ناوهای در جنوب آن به وجود آمده است محور فرود این ناوه در غرب ایران واقع گشته و منطقه مورد مطالعه در قسمت جلوی آن قرار گرفته و چرخندگی مثبت هوا و واگرایی در وردسپهر و تقویت همگرایی در سطح زمین منجر به صعود هوا شده است. حرکت جریان بادهای غربی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در داخل کانال ناوه در شکل ب، به‌خوبی مشخص است و قسمتی از بادهای هجومی از سمت اروپا وارد منطقه مطالعاتی شده و قسمتی دیگر از سمت بیابان‌های خشک آفریقا، عربستان و عراق هوای گرم و سوزانی را وارد جو منطقه نموده‌اند. در تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال مشاهده می‌شود سرعت بادهای در دست در منطقه مورد مطالعه و غرب ایران به سرعت رودباد رسیده و هسته آن سرعتی معادل ۵۰ متر بر ثانیه داشته است که باعث برهم خوردن تعادل جوی و نابسامانی آن شده است. در شکل ج، وضعیت شار دمایی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برای روز مورد بررسی نشان داده شده است. همان‌طور که مشخص است در نواحی شمال و جنوب ایران هسته‌هایی از واگرایی دمایی به وجود آمده و در منطقه مورد مطالعه که متأثر از این هسته بوده دما تا ۵ درجه سانتی‌گراد کاهش محسوسی داشته است. مشابه این وضعیت در نقشه شار رطوبتی به‌وضوح قابل مشاهده است که

یک واگرایی رطوبتی در جنوب ایران پدید آمده و در منطقه مورد مطالعه از میزان رطوبت موجود در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ۷/۵ گرم در کیلوگرم کاسته شده و این شرایط را برای برخاست ذرات گرد و غبار فراهم آورده است. در نتیجه یک طوفان گرد و غباری با حداقل دید افقی کم‌تر از ۱۰۰ متر در شهرستان مسجدسلیمان به وقوع پیوسته است.

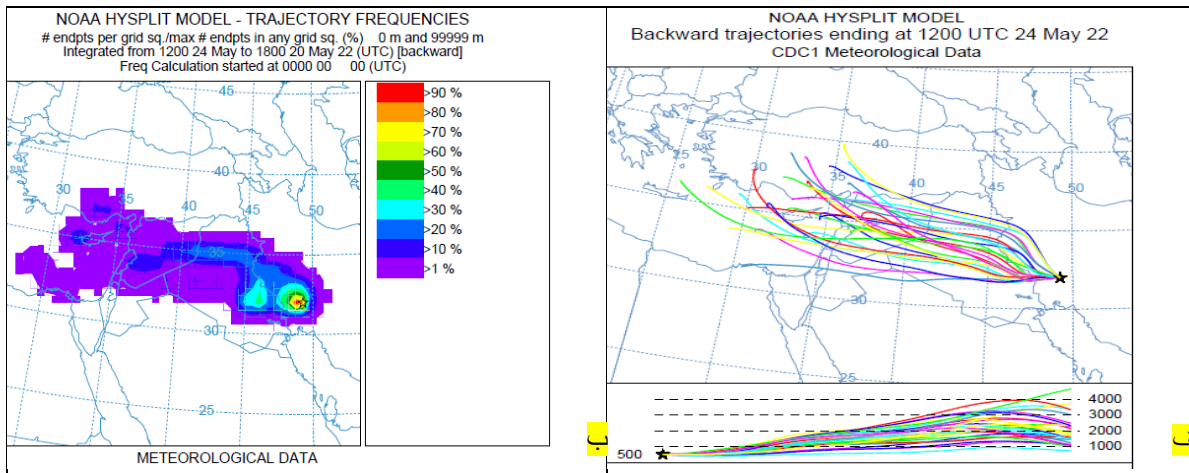


شکل ۴: الف) نقشه ترکیبی فشار تراز دریا با ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، ب) سرعت باد تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال و

جریان باد تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، ج) شار دمای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، د) شار رطوبت تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال روز ۲۴ می ۲۰۲۲

بر اساس نقشه الف از شکل ۵ متوجه می‌شویم منشأ حرکت عمده طوفان گرد و غبار واقعه در روز ۲۴ می ۲۰۲۲ در مسجدسلیمان ترکیه، سوریه و شرق مدیترانه بوده که گسترش عمودی چشمگیری داشته و تا ۴۰۰۰ متری از سطح زمین بلند شده است. با توجه به اینکه محور ناوه در عراق واقع شده و حرکت جریانات عمودی هوا پیش از آن

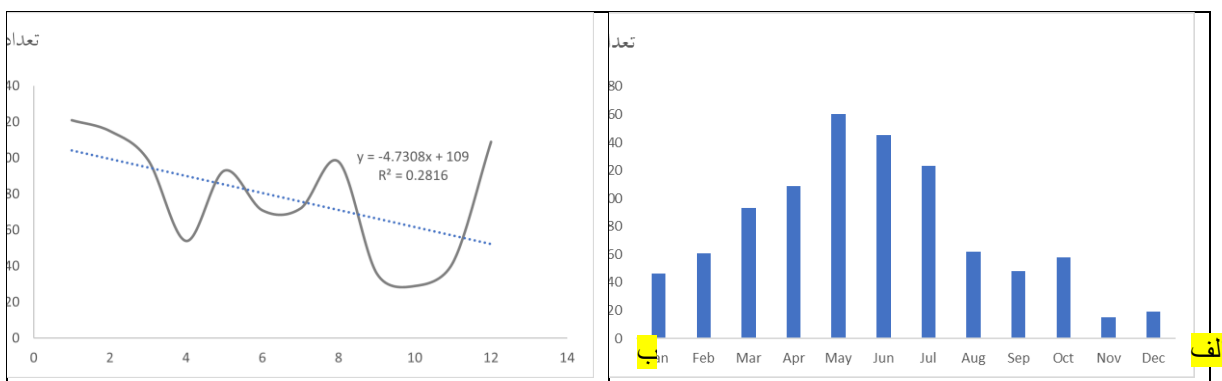
واچرخندی بوده در ریزش این ذرات بر جنوب غرب ایران مؤثر واقع شده و تمرکز بیشینه این پدیده در محور ناوه رقم خورده است که به وضوح در شکل ب نمایان است.



شکل ۵: الف) نقشه مسیر طوفان گرد و غبار، ب) تراکم طوفان گرد و غبار روز ۲۴ می ۲۰۲۲ در مسجده سلیمان

توزیع فراوانی ماهیانه و روند سالیانه گرد و غبارهای ایستگاه سینوپتیکی آبادان

شکل ۶ الف، آمار مربوط به فراوانی ماهیانه گرد و غبارهای با دید افقی ۱۰ کیلومتر را از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۲ برای ایستگاه سینوپتیکی آبادان نشان می‌دهد همان‌طور که معلوم است از بین ماه‌های سال می (اردیبهشت) بیش‌ترین آمار را تا حدود ۱۶۰ رخداد داشته‌اند و ماه نوامبر (آبان) کم‌ترین مقدار را از این حیث داشته است. در شکل ب، روند سالیانه این پدیده به نمایش در آمده است که مشخص است روند رخداد گرد و غبار نزولی با ضریب $R^2 = 0.2816$ در این بازه زمانی داشته است.

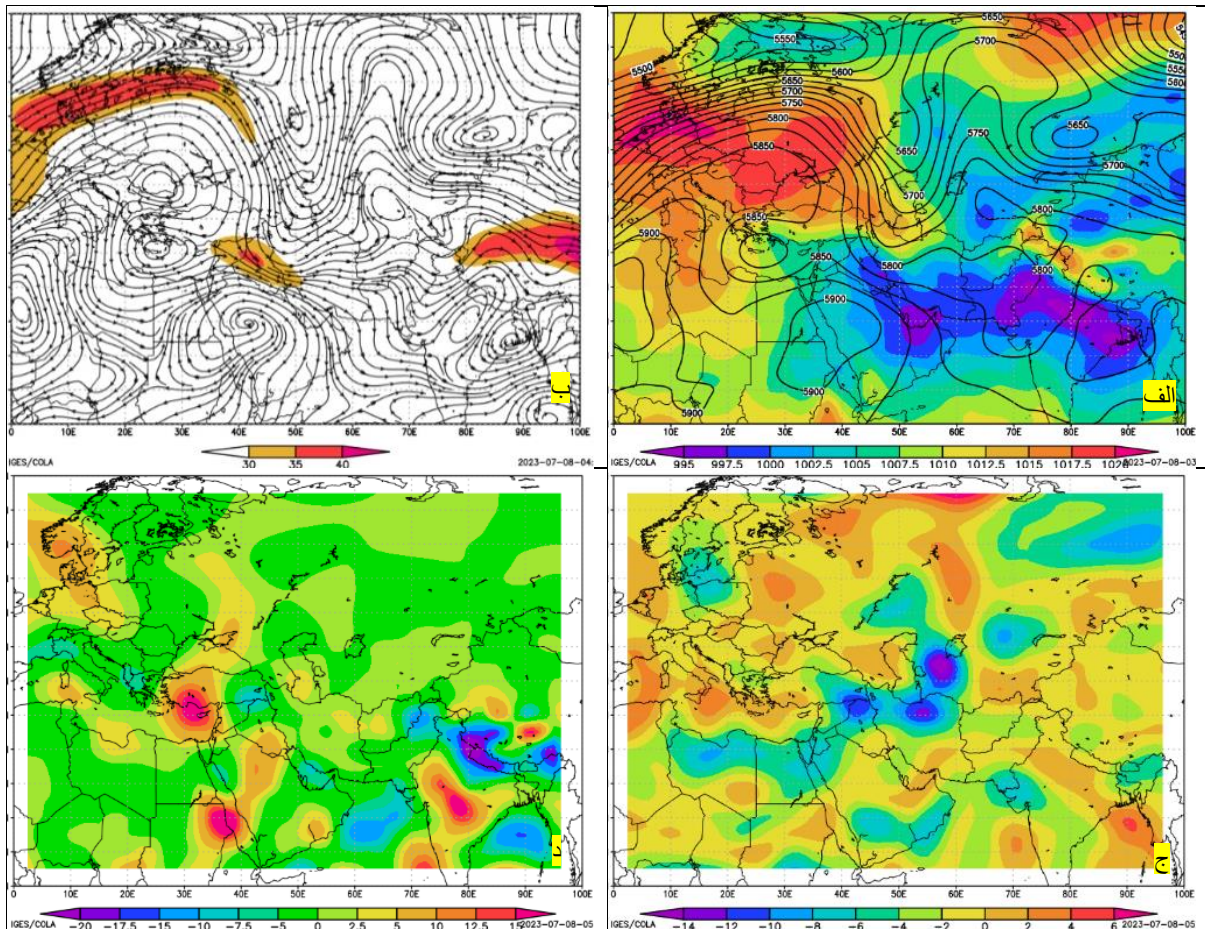


شکل ۶: الف) توزیع ماهیانه فراوانی گرد و غبار، ب) روند سالیانه فراوانی گرد و غبار ایستگاه سینوپتیک آبادان طی سال‌های

(۲۰۲۲-۲۰۱۱)

تحلیل همدیدی طوفان گرد و غبار در آبادان مورخه ۱۹ ژوئن ۲۰۱۲

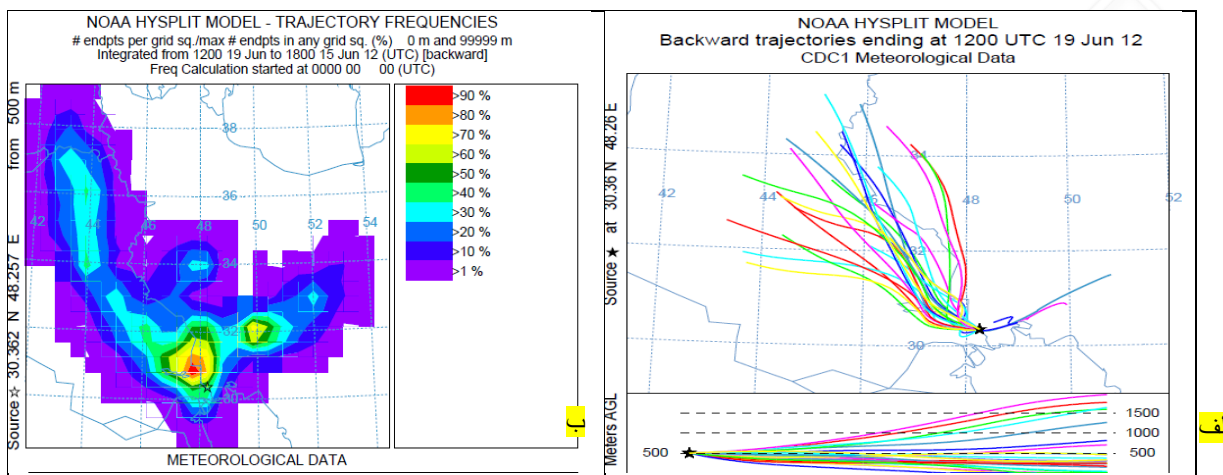
بر اساس شکل ۷ الف، نقشه ترکیبی فشار تراز دریا (شکل رنگی) با ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال را برای روز ۱۹ ژوئن ۲۰۱۲ نشان می‌دهد همان‌طور که مشخص است یک سامانه کم‌فشاری در جنوب ایران تشکیل یافته و از دریای سرخ تا شرق هند امتداد یافته است. این سامانه با دو کانون ۹۹۵ هکتوپاسکالی نیمه جنوب ایران را تحت اشغال خود در آورده و زبانه ۱۰۰۰ هکتوپاسکال بر فراز منطقه مورد مطالعه گسترده شده است. با توجه به عرض‌های بالا متوجه می‌شویم در روی اروپا سامانه پرفشاری تشکیل یافته و جریان برون‌گرد هوا از این سیستم به سمت مراکز کم‌فشار هدایت یافته و با توجه به حاکمیت این سامانه در منطقه مورد مطالعه هوا گرم شده و در نهایت جوی ناپایدار و صعودی به ارمغان آورده است. وضعیت ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نشان می‌دهد یک بلوکینگ رکس در غرب عربستان تشکیل یافته و قرارگیری منطقه مورد مطالعه در مرز شرقی بلوکینگ مذکور یک جریان شمال غرب به جنوب شرق در جهت خطوط مداری ایجاد نموده و هوای گرمی از سمت عراق وارد منطقه مطالعاتی شده است از طرفی دیگر مسدود شدن هوای گرم عرض‌های پایین در قطب پر ارتفاع بلوکینگ رکس و نزدیکی آن به منطقه مورد مطالعه هوای گرمی را بر جنوب غرب ایران حاکم نموده است. در شکل ب که وضعیت جریان باد تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و سرعت باد تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال (به صورت رنگی) را برای روز مورد بررسی نشان می‌دهد و مشخص می‌شود جریانات غربی از سمت اروپا به سمت عرض‌های پایین روانه گشته‌اند و درست در غرب ایران بر سرعت این بادها در ارتفاعات بالا افزوده شده و تا ۴۰ متر بر ثانیه رسیده است در ادامه با سرعت زیادی روانه منطقه مورد مطالعه شده و به اغتشاشات جوی دامن زده است. نقشه شار دمای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ج)، در مرز بین دو سامانه کم‌فشار جنوب ایران و پرفشار اروپا هسته‌هایی از واگرایی دما تشکیل یافته و به سمت عرض‌های جنوبی ایران همگرایی دمایی تشکیل یافته و مقدار دما تا ۲ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته اما در منطقه مورد مطالعه افزایش دما محسوس نبوده است. نقشه شار رطوبت تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال شکل د، یک هسته‌ای از همگرایی رطوبت در جنوب عراق دیده می‌شود که از سودان با کانون ۱۵ گرم در کیلوگرم سرچشمه گرفته و با مکش درون‌گرد سامانه کم‌فشار جنوب ایران این هسته‌های رطوبت به سمت عرض‌های بالا تا خوزستان کشیده شده و در آنجا به ۲/۵ گرم در کیلوگرم رسیده است. سرانجام مجموع شرایط فوق‌الذکر باعث شده طوفان گرد و غباری با تعداد گزارش ۸ بار با حداقل دید افقی ۱۰۰ متر در ایستگاه سینوپتیکی آبادان رخ بدهد.



شکل ۷: الف) نقشه ترکیبی فشار تراز دریا با ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، ب) سرعت باد تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال و جریان باد تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، ج) شار دمای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، د) شار رطوبت تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال روز ۱۹ ژوئن

۲۰۱۲

بر اساس شکل ۶ قسمت الف، مسیر جریان گرد و غبار ورودی به شهرستان آبادان را مشاهده می‌کنیم و مشخص است که منشأ حرکت این پدیده از سمت شمال غرب یعنی کشور عراق بوده و در ارتفاع ۵۰۰ تا ۱۵۰۰ متری از سطح زمین در حرکت بوده‌اند. در شکل ب، تراکم و پهنای پدیده گرد و غبار رخ داده در روز ۱۹ ژوئن ۲۰۱۲ به نمایش در آمده و ملاحظه می‌شود فعالیت این هسته در نیمه غربی ایران بوده و بیشینه آن در جنوب غرب ایران و بخصوص ایستگاه آبادان به وقوع پیوسته است.



شکل ۸: الف) نقشه مسیر طوفان گرد و غبار، ب) تراکم طوفان گرد و غبار روز ۱۹ ژوئن ۲۰۱۲ در آبادان

نتیجه گیری

در این پژوهش عوامل جوی مولد طوفان‌های گرد و غباری استان خوزستان مورد بررسی قرار گرفت. در این راستا ابتدا به بررسی آماری فراوانی روزهای گرد و غباری ۹ ایستگاه نماینده پرداخته شد. توزیع ماهیانه فراوانی این پدیده نشان داد که ماه جولای یعنی تیر بیش‌ترین آمار رخداد طوفان‌های گرد و غباری را داشته و ماه دسامبر یعنی دی‌ماه کم‌ترین رخداد را از آن خود کرده است. روند سالیانه تعداد فراوانی این پدیده از سال ۲۰۱۱-۲۰۲۲ وضعیت ایستگاه‌ها نسبت به هم متفاوت بوده و در نیمی از ایستگاه‌ها روند افزایشی و در نیمی دیگر روند کاهشی مشاهده شد. به‌بندهای روزهای فرین به همراه میانگین تراکم گرد و غباری توسط داده‌های MCD19A2 و باند Optical-Depth-047 از ماهواره مودیس نشان داد اغلب رخداد این پدیده در مناطق پست و هموار استان خوزستان یعنی نواحی غربی، جنوب غربی و مرکزی استان به وقوع پیوسته است. نتایج حاصل از بررسی نقشه‌های سینوپتیکی نشان داد که در ۶۷ درصد موارد سامانه‌های کم‌فشار حرارتی که از سمت جنوب وارد خاک ایران شده و بر روی منطقه مورد مطالعه گسترده می‌شوند با سیستم پرفشار قوی در اروپا که تا شمال غرب ایران کشیده می‌شوند شیب گرادیان فشار ایجاد می‌نمایند و همین عامل باعث حرکت شدید جریانات هوا به سمت استان خوزستان شده و با توجه به شرایط چرخندی ناپایداری هوا را در پی داشته است. در بقیه موارد منطقه مورد مطالعه در بین دو سامانه یادشده یعنی در محل جبهه قرار گرفته یا این‌که در اندکی موارد سیستم پرفشار دینامیکی اروپا بر منطقه مستولی گشته است. وضعیت ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال با همین درصد یادشده نشان داد که یک فرود بلندی در غرب ایران تشکیل یافته و منطقه مطالعاتی در قسمت جلوی محور فرود این ناوه قرار گرفته و چرخندگی مثبت هوا به همراه تقویت واگرایی در وردسپهر منجر به صعود هوا و جوی باروکلینیک شده است. در مابقی روزهای مطالعاتی در روی ترکیه و عراق یک پشته‌ای به وجود آمده و در ادامه باعث سرریز شدن جریانات هوای عرض‌های شمالی بر منطقه مطالعاتی شده است. کانال ایجاد شده توسط ناوه و پشته مسیر حرکت جریان بادهای غربی را

مشخص نموده و وضعیت حرکت جریان بادهای غربی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نشان داد اغلب بادهای نفوذی پس از گذر از شمال آفریقا و شمال شبه جزیره عربستان و عراق وارد اتمسفر منطقه مطالعاتی شده که با خود آورنده هوای گرم عرض‌های جنوبی بوده‌اند در ارتفاعات بالا در تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال مشاهده شد که نزدیک به ۸۰ درصد مواقع سرعت باد به سرعت رودباد رسیده و با تشدید حرکت جریان‌ات غربی بر اغتشاشات جوی دامن زده و در مناطق پیش از استان به برخاست ذرات گرد و غبار کمک نموده است. وضعیت شار دمای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نشان داد که در ۳۳ درصد روزهای مطالعاتی منطقه از همگرایی دمایی برخوردار بوده و در بیش‌تر روزهای موردمطالعه وضعیت واگرایی دمایی حاکمیت داشته است. در مواقعی که همگرایی دمایی رخ داده بر میزان متوسط دمای روزانه افزوده شده و بر رخداد این پدیده مؤثر واقع گشته است؛ اما بررسی نقشه شار رطوبتی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نشان داد که در بیش از ۸۰ درصد مواقع بر روی منطقه مطالعاتی واگرایی رطوبتی رخ داده و جو منطقه رطوبت خود را از دست داده و همین عامل نقش بسزایی در بلند شدن و برخاست ذرات گرد و غبار ایفا نموده است. در وهله آخر تصاویر مسیر ردیابی طوفان‌های گرد و غبار نشان داد منشأ برخاست این پدیده بیش‌تر از کشورهای عراق، سوریه، ترکیه، شمال شبه جزیره عربستان، کشورهای حاشیه جنوبی خلیج فارس و شرق مدیترانه بوده است که در جنوب غرب ایران و مناطق مورد مطالعه تراکم آن به بیشینه خود رسیده است. با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان اذعان نمود که با نتایج کار دیگر محققین تداعی داشته مانند امیدوار و امید (۱۳۹۲) و چکی‌فورک و همکاران (۱۴۰۱) که بیان داشتند بیش‌ترین فراوانی طوفان‌های گرد و غباری در فصل تابستان و بهار رخ داده و از بین ماه‌های سال تیرماه رکورددار رخداد این پدیده بوده است. رنجبر سعادت‌آبادی و همکاران (۱۳۹۵) نیز عواملی که در بروز این پدیده نقش داشته‌اند را در تقویت سامانه کم‌فشار حرارتی و ترکیب آن با کم‌فشار دینامیکی در منطقه، حاکمیت سامانه پرفشار بر روی ترکیه، غرب سوریه و نواحی شمال غرب ایران، وزش باد شدید در جهت غربی-شمال غربی بر روی مناطق گردوخواکی، تشکیل گردادیان فشار قوی مداری و نصف‌النهاری، استقرار تراف در روی ترکیه و عراق و امتداد آن تا شمال غرب عربستان مؤثر دانسته‌اند.

منابع

- امیدوار، کمال و امید، زهرا (۱۳۹۲). تحلیل پدیده گرد و غبار در جنوب و مرکز استان فارس. کاوش‌های جغرافیایی مناطق بیابانی، دوره ۱، شماره ۱، ص ۸۵-۱۱۴.
- بحیرایی، حمید؛ ایازی، سیدمحمدهادی؛ رجایی، محمدعلی و احمدی، حمزه (۱۳۹۰). تحلیل آماری سینوپتیکی پدیده گرد و غبار در استان ایلام. فصلنامه علمی-پژوهشی نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی، سال ۴، شماره ۱، ص ۶۷-۴۷.

چکی فورک، محمد؛ دوستان، رضا و مینائی، مسعود (۱۴۰۱). شناسایی کانون‌های گرد و غبار شهر بیرجند. جغرافیا و آمایش شهری و منطقه‌ای، سال ۱۳، شماره ۴۶، ص ۶۱-۸۴.

حاتمی، داود؛ حاتمی، حمیده و حاتمی، رضا (۱۴۰۰). بررسی پراکندگی جغرافیایی جمعیت شهری استان خوزستان با رویکرد پدافند غیرعامل. جغرافیا و روابط انسانی، دوره ۳، شماره ۴، ص ۲۴۸-۲۶۱.

حسینی صدر، عاطفه؛ صلاحی، برومند و محمدی، غلام حسن. (۱۴۰۳). تحلیل زمانی-مکانی روند دید افقی و ضریب خاموشی در شمال غرب ایران. جغرافیا و روابط انسانی، دوره ۶، شماره ۴، ص ۴۸۶-۵۰۴.

خشتابه، رخساره؛ عسگری، حمیدرضا؛ خشتابه، ریحانه؛ نیوا، سید پدram و موسی فرخانی، احسان. (۱۴۰۲). بررسی و تعیین شدت بیابان‌زایی در استان‌های حاشیه دریای کاسپین (خزر). فصلنامه علمی علوم و فنون آب‌خاکی، دوره ۴، شماره ۲، ص ۳۵-۵۱.

خوش‌کیش، اسدالله؛ علیجانی، بهلول و حجازی‌زاده، زهرا (۱۳۹۰). تحلیل سینوپتیکی سامانه‌های گرد و غبار در استان لرستان. تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی (علوم جغرافیایی)، دوره ۱۱، شماره ۲۱، ص ۹۱-۱۱۰.

دوستان، رضا (۱۳۹۵). تحلیل فضایی گرد و غبار در شمال شرق ایران. مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، سال ۱۴، شماره ۲، شماره پیاپی ۲۷، ص ۶۷-۹۰.

رایگانی، بهزاد؛ خیراندیش، زهرا؛ کرمانی، فرزانه؛ محمدی میاب، منصوره و ترابی‌نیا، عابد. (۱۳۹۵). شناسایی کانون‌های بالفعل تولید گرد و غبار با استفاده از داده‌های از دور و شبیه‌سازی جریان هوا مطالعه موردی: استان البرز. نشریه مدیریت بیابان، دوره ۴، شماره ۸، ص ۱۵-۲۶.

رنجبر سعادت‌آبادی، عباس؛ میهن‌پرست، مجتبی و نوری، فائزه (۱۳۹۵). بررسی پدیده گرد و غبار در غرب ایران از دیدگاه هواشناسی (مطالعه بلندمدت و کوتاه‌مدت). مجله علمی و ترویجی نیوار، دوره ۴۰، شماره ۹۲، ص ۵۳-۶۶.

سلیقه، محمد (۱۳۹۶). آب و هواشناسی سینوپتیک ایران. تهران: انتشارات سمت.

شاهسونی، عباس؛ یاراحمدی، مریم؛ مصداقی‌نیا، علی‌رضا؛ یونسین، مسعود؛ جعفرزاده، نعمت‌الله؛ نعیم‌آبادی، ابوالفضل؛ ثالی، محمود و ندافی، کاظم (۱۳۹۱). تحلیل روند گرد و غبار ورودی به ایران با تأکید بر استان خوزستان. مجله پژوهشی حکیم، دوره ۱۵، شماره ۳، ص ۱۹۲-۲۰۲.

صلاحی، برومند و مرادی، مسعود. (۱۴۰۳). ریزگردانی و بررسی تغییر اقلیم و تأثیر آن بر دما و بارش برخی ایستگاه های غربی و ساحلی ایران (اهواز، بوشهر و بندرلنگه). فصلنامه علمی علوم و فنون آب‌خاکی، doi:

10.22034/jamst.2024.544347.1134

- طائی سمیرمی، سیاوش؛ مرادی، حمیدرضا؛ خداقلی، مرتضی و احمدی آخورمه، مریم (۱۳۹۲). شناخت و بررسی عوامل مؤثر بر پدیده گرد و غبار در غرب ایران. فصلنامه انسان و محیط‌زیست، دوره ۱۱، شماره ۴، ص ۱-۱۰.
- غفاری، دیمین و مصطفی‌زاده، رئوف (۱۳۹۴). بررسی منشأ، اثرات و راهکارهای پدیده گرد و غبار در ایران. نشریه حفاظت و بهره‌برداری از منابع طبیعی، جلد ۴، شماره ۲، ص ۱۰۷-۱۲۵.
- فرح‌بخش، ملودی؛ علیجانی، بهلول و فتاحی، ابراهیم (۱۳۹۴). تحلیل سینوپتیکی مخاطره گرد و غبار (۱۰ تا ۱۲ مرداد ۱۳۹۲) در ایران. مدیریت مخاطرات محیطی، دوره ۲، شماره ۱، ص ۵-۲۰.
- فلاح ززولی، محمد؛ وفایی‌نژاد، علی‌رضا؛ خیرخواه زرکش، میرمسعود و احمدی دهکاء، فریبرز (۱۳۹۳). پایش و تحلیل سینوپتیکی پدیده گرد و غبار با استفاده از سنجش از دور و GIS (مطالعه موردی: گرد و غبار ۱۸ ژوئن ۲۰۱۲). فصلنامه علمی پژوهشی اطلاعات جغرافیایی، دوره ۲۳، شماره ۹۱، ص ۶۹-۸۰.
- محمدی، حسین (۱۳۷۹). مفاهیم و اصطلاحات آب و هواشناسی. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

- Albugami, S., Palmer, S., Cinnamon, J., and Meersmans, J. 2019. Spatial and Temporal Variations in the Incidence of Dust Storms in Saudi Arabia Revealed from In Situ Observations, *Geosciences*, 9(162):1-20.
- Al-Jumaily, kj., Ibrahim, mk. 2013. Analysis of synoptic situation for dust storms in Iraq, *International Journal of energy and environment*, Volume 4, Issue 5, (617): 851-858.
- Awad, A., Mashat, AW. 2014. The Synoptic Patterns Associated with Spring Widespread Dusty Days in Central and Eastern Saudi Arabia, *Atmosphere* 5(4): 889-913.
- Ekström, M., McTainsh, GH., Chappell, A. 2004. Australian dust storms: temporal trends and relationships with synoptic pressure distributions (1960–99), *International Journal of Climatology* 24(12): 1581-1599.
- Guo, G., Yin, Y. 2015. Potential of Mineral Dust in Changing the Sea Surface Temperature and Precipitation over East Asia, *Procedia Engineering* 102: 1160-1166.
- Hermida, L., Merino, A., Sanchez, JL., 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.
- Jung, ML., Son, SW., Kim, HCH., Kim, SW., Park, RJ., Chen, D. 2019. Contrasting synoptic weather patterns between non-dust high particulate matter events and Asian dust events in Seoul, South Korea. *Atmospheric Environment* 214: 116864.
- Knippertz, P., Fink, AH. 2007. Synoptic and dynamic aspects of an extreme springtime Saharan dust outbreak, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 132, Issue 617, pp 1153-1177.
- Mashat, AW., Awad, A. 2016. Synoptic characteristics of the primary widespread winter dust patterns over the northern Arabian Peninsula, *Air Quality. Atmosphere & Health* 9: 503–516.
- Özdemir, ET., Korkmaz, FM., Yavuz, V. 2018. Synoptic analysis of dust storm over Arabian Peninsula: a case study on February 28, 2009, *Natural Hazards* 92: 805–827.
- Qian, w, Quan, l, Shi, S. 2001. Variations of the Dust Storm in China and its Climatic Control, *Journal of climate* 15:1216-1228
- Russo, A., Sousa, PM., Durão, RM., Ramos, AM., Salvador, P., Linares, C., Díaz, J., Trigo, RM. 2020. Saharan dust intrusions in the Iberian Peninsula: Predominant synoptic conditions, *Science of The Total Environment* 717: 137041

Wang, W., Fang, ZY. 2006. Numerical simulation and synoptic analysis of dust emission and transport in East Asia, *Global and Planetary Change* 52(1-4): 57-70.