

## ردیابی طوفان‌های شدید گردوغبار در جنوب غرب ایران با استفاده از مدل

### HYSPLIT

مقاله پژوهشی

سیدعبدالحسین آرامی<sup>۱\*</sup> ابراهیم کریمی سنگچینی<sup>۲</sup>، مهری دیناروند<sup>۳</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۴/۱۹

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۳/۳

صفحات: ۷-۱۷

#### چکیده

رویدادهای طوفان گرد و غبار منطقه‌ای نگرانی اصلی بسیاری از کشورهای واقع در کمربند خشک جهان هستند. در حال حاضر گردوغبار در مقیاس جهانی و به‌ویژه در منطقه خاورمیانه به یک چالش جدی تبدیل شده است. با توجه به اثرات تغییر اقلیم و کاربری اراضی، در چند دهه اخیر خسارت‌بارترین و فراگیرترین بحران محیطی کشور، بروز طوفان گردوغبار قلمداد شده است. این تحقیق در نواحی جنوب غرب ایران با هدف ردیابی مسیر حرکت طوفان‌های گردوغبار فراگیر انجام شده است. بدین منظور تغییرات طوفان گردوغبار برای شش استان جنوب غرب ایران شامل: خوزستان، ایلام، کرمانشاه، چهارمحال و بختیاری، لرستان و کهگیلویه و بویراحمد با مساحتی در حدود ۱۶۹۲۶۶ کیلومترمربع در یک دوره زمانی ۲۲ ساله (۱۹۹۵-۲۰۱۶) مورد آنالیز قرار گرفت. روش تحقیق با بکارگیری مدل ردیابی زمانی- مکانی HYSPLIT است. داده‌های مورد استفاده شامل: داده‌های GDAS، دما، جهت و سرعت باد، ارتفاع ژئوپتانسیل در ترازهای مختلف می‌باشند. از داده‌های GDAS برای ردیابی مسیر باد در محیط مدل HYSPLIT و داده‌های دما، ارتفاع ژئوپتانسیل، جهت و سرعت باد استفاده شده است. شبیه‌سازی مسیر حرکت ذرات گردوغبار نشان داد که اغلب مسیرها از مناطق شمالی و مرکزی عراق و سوریه گذشته و منشاء طوفان‌های گردوغبار، مناطق مرزی کویری و خشک شمال و مرکز عراق و سوریه هستند.

کلیدواژه: طوفان گردوغبار، شبیه سازی، HYSPLIT، جنوب غرب ایران.

- 
- ۱-استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی، اهواز، ایران. [arami1854@areeo.ac.ir](mailto:arami1854@areeo.ac.ir)
  - ۲-استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی، خرم آباد، ایران.
  - ۳-استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی، اهواز، ایران.

## مقدمه

هوا ایفا می‌کند (وانگ<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۹). طوفان‌های بزرگ هنگامی رخ می‌دهند که خشکی طولانی مدتی حاکم و سطح خاک کاملاً خشک باشد و کمبود رطوبت و ناپایداری شدن هوا باعث تشکیل گردوخاک خواهد شد (عظیم زاده و همکاران، ۱۳۸۱). حسینی و رستمی (۱۳۹۷) در تحقیقی به بررسی و شنا سابی منابع گردوغبار منطقه در جنوب و جنوب شرق ایران پرداختند که نتایج آنها نشان داد مسیر شمال - شمال غربی و شمال غربی - جنوب شرقی و در موارد محدودی غربی - شرقی مسیرهای اصلی ورود این پدیده به منطقه مورد مطالعه هستند. گودرزی و همکاران (۱۳۹۶) به بررسی توزیع زمانی و مکانی روزهای همراه با گردوغبار در غرب و جنوب غرب ایران پرداختند. نتایج نشان داد در مناطق غربی در اواسط فصل بهار، اردیبهشت ماه از فراوانی رخداد بالایی برخوردار می‌باشند و توزیع مکانی این پدیده بیشتر از عامل عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا تبعیت می‌نماید. عبدی ویشکایه و همکاران (۲۰۱۱) با بررسی توزیع عمودی انتشار گردوغبار و منابع آن در تابستان ۲۰۰۷ بر روی شمال غرب ایران با استفاده از مدل HYSPLIT<sup>۴</sup> نشان دادند که منابع گردوغبار ایران در ۳-۵ ماه اوت از سوریه-عراق و منطقه قم (دریاچه نمک در نزدیکی دشت کویر) است. نتایج مطالعه مفیدی و جعفری (۱۳۹۰) نشان داد که الگوی ناوه موج غربی، انتقال گردوغبار را در سطوحی گسترده به مناطق جنوب غرب ایران فراهم می‌کند. خروجی‌های مدل HYDPLIT در این مطالعه محدودهای در حدفاصل

رویدادهای طوفان گرد و غبار منطقه‌ای نگرانی اصلی بسیاری از کشورهای واقع در کمربند خشک جهان هستند (برنا و همکاران، ۲۰۲۱). پدیده گردوغبار در سرزمین‌های خشک و نیمه‌خشک کره زمین رخ می‌دهد که با ویژگی‌های اقلیمی این مناطق ارتباط دارد بر اساس تعریف سازمان هوا شناسی جهانی، هرگاه در ایستگاهی سرعت باد از ۱۵ متر بر ثانیه بیشتر شده و دید افقی به واسطه وجود ذرات گردوغبار به کمتر از یک کیلومتر برسد، طوفان گردوغبار گزارش می‌شود (گودی و میدلتون، ۲۰۰۶). همه ساله در ایران مخاطرات طبیعی فراوانی رخ می‌دهد که باعث خسارت و تلفات زیادی از جنبه‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی می‌گردد. از جمله این مخاطرات سیل، زلزله، زمان لغزش و غیره می‌باشند. طوفان‌های گردوغبار یکی دیگر از این مخاطرات طبیعی هستند که اخیراً در ایران و به‌ویژه در نواحی جنوب غرب آن به فراوانی رخ می‌دهند و خسارت زیادی به بار می‌آورند. طوفان‌های گردوغبار در اکثر اوقات نتیجه بادهای متلاطم می‌باشند که مقدار زیادی از گردوغبار را از سطوح بیابان بالا می‌برند و قابلیت دید را به کمتر از یک کیلومتر کاهش می‌دهند (گودی، ۲۰۰۹). غلظت گردوغبار در طوفان‌های شدید می‌تواند از ۶۰۰۰ میکروگرم بر متر مکعب تجاوز کند (سونگ<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۰۷). آمار نشان می‌دهد که فراوانی رخداد این پدیده در مناطق خشک و نیمه‌خشک به مراتب بیشتر می‌باشد (عباسی و همکاران، ۱۳۷۸). گردوغبار تولید شده توسط بادهای غالب در مناطق خشک، نیمه‌خشک و نیمه‌مرطوب جهان نقش مهمی در چرخه جهانی آب و

<sup>۳</sup>Wang<sup>۴</sup>Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory Model<sup>۵</sup>Goudie and Mideleton<sup>۶</sup>Song

و زبانه کم فشار در عرضهای جغرافیایی بالاتر نقش مهمی را در ایجاد الگوهای حرکتی و سرعت جریان سطوح ذکر شده ایفا می‌کند. استفاده از مدل لاگرانژی HYSPLIT نشان‌دهنده اثرات مناطق خشک عربستان سعودی، عراق و بخش‌هایی از سوریه بر روی تولید ذرات گردوغبار وارد شده به تهران است. هامیش و آندریو<sup>۲</sup> (۲۰۰۸) مسیرهای حمل گردوغبار از دریاچه ایر استرالیا را با استفاده از مدل HYSPLIT بررسی نمودند و بیان کردند که گردوغبار این دریاچه تحت تاثیر جریانات جوی در طی یک مدت زمان کوتاه قرار است هزاران کیلومتر از قاره استرالیا را تحت تأثیر قرار دهد. مک‌گوان و کلارک<sup>۳</sup> (۲۰۰۸) از مدل HYSPLIT جهت بررسی اقلیمی ۲۰ ساله خطوط سیر توده‌های هوای حاوی گردوغبار از دریاچه خشک شده ایر<sup>۴</sup> به جو بلند می‌گردد، استفاده نموده است و با تهیه نقشه چگالی خطوط سیر در ۵ لایه ارتفاعی در GIS نشان داده است که این توده‌ها توانایی تحت تاثیر قرار دادن هزاران کیلومتر از سرزمین استرالیا و اطراف آن را در زمان نسبتاً کمی دارند. وانگ<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۱۱)، به بررسی طوفان‌های گردوغباری با مشاهدات هواشناسی و شاخص‌های ماهواره‌ای و مدل HYSPLIT در سال ۲۰۰۸ پرداخته و و طبق این بررسی به این نتیجه رسیدند که توزیع بیشترین تناوب طوفان گردوغباری در شمال آفریقا، خاورمیانه، مغولستان و شمال غربی چین است. در این پژوهش، نتایج ایستگاه‌های اندازه‌گیری تطابق قابل قبولی را با نتایج مدل نشان می‌دهد، اگر چه نتایج مدل HYSPLIT در مناطق شرق آسیا برآورد بیش از حد و در میانه صحرای آفریقا برآورد کمتر از حد نشان می‌دهد. از سوی دیگر رویکرد انتشار با استفاده از شاخص‌های ماهواره‌ای دارای جواب‌های

مرکز تا شمال عراق، شرق سوریه تا شمال عربستان را منابع اصلی تامین ذرات این طوفان‌ها تعیین کرد. برنا و همکاران (۲۰۲۱) در پژوهشی به ارتباط بین مشاهدات زمینی و ماهواره‌ای با مدل HYSPLIT به شناسایی منابع گردوغبار در استان لرستان پرداختند. نتایج نشان داد که شایع‌ترین و قدرتمندترین منبع احتمالاً از بیابان‌های سوریه و عراق بوسیله توده‌های هوایی که از دریای مدیترانه می‌آمدند آغاز می‌شد و به غرب ایران ختم می‌شد، جایی که زنجیره کوه‌های زاگرس بادهای شرقی را مسدود می‌کرد. عزیز و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهشی به ردیابی پدیده گردوغبار بر فراز ایران پرداختند که برای تحقق این هدف، آن‌ها با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای MODIS ذرات گردوغبار را بارسازی نمودند و با استفاده از مدل HYSPLIT مسیر ذرات گردوغبار به غرب کشور را ردیابی کردند. نتایج آن‌ها نشان دارد که منطقه مرزی بین سوریه و عراق، غرب و جنوب غرب عراق بترتیب کانون اصلی گردوغبار برای غرب ایران هستند و مسیر شمال‌غرب- جنوب‌شرق و غرب-شرق بیشترین مسیر جریان انتقال گردوغبار هستند. نصیری و همکاران (۲۰۱۴) بمنظور مطالعه اثرات خشکی دریاچه ارومیه در شمال غرب ایران در کیفیت هوای منطقه‌ای از مدل HYSPLIT استفاده کردند. بمنظور تعیین مناطق متأثر در حاشیه دریاچه ارومیه و برآورد غلظت آئروسولها در این مناطق پراکنش ۲۴ ساعته تحت جهت بادهای مختلف مدلسازی شده است. جهت‌های باد در نظر گرفته شده برای باد غالب در این منطقه که در شمال شرق-جنوب غربی است، انتخاب شده بودند. محمدی و همکاران (۲۰۱۴) در ردیابی منابع گردوغبار در سطوح مختلف جوی شهر تهران از مدل HYSPLIT استفاده کردند و نشان دادند که سیستم پرفشار شناور بالای عربستان

<sup>۲</sup>Hamish and Andrew<sup>۳</sup>McGowan & Clark<sup>۴</sup>Eyre<sup>۵</sup>Wang<sup>۱</sup> انتشار و پراکندگی ذرات بسیار کوچک جامد یا مایع در یک فاز گازی و یا در هوا آئروسول نامیده می‌شود.

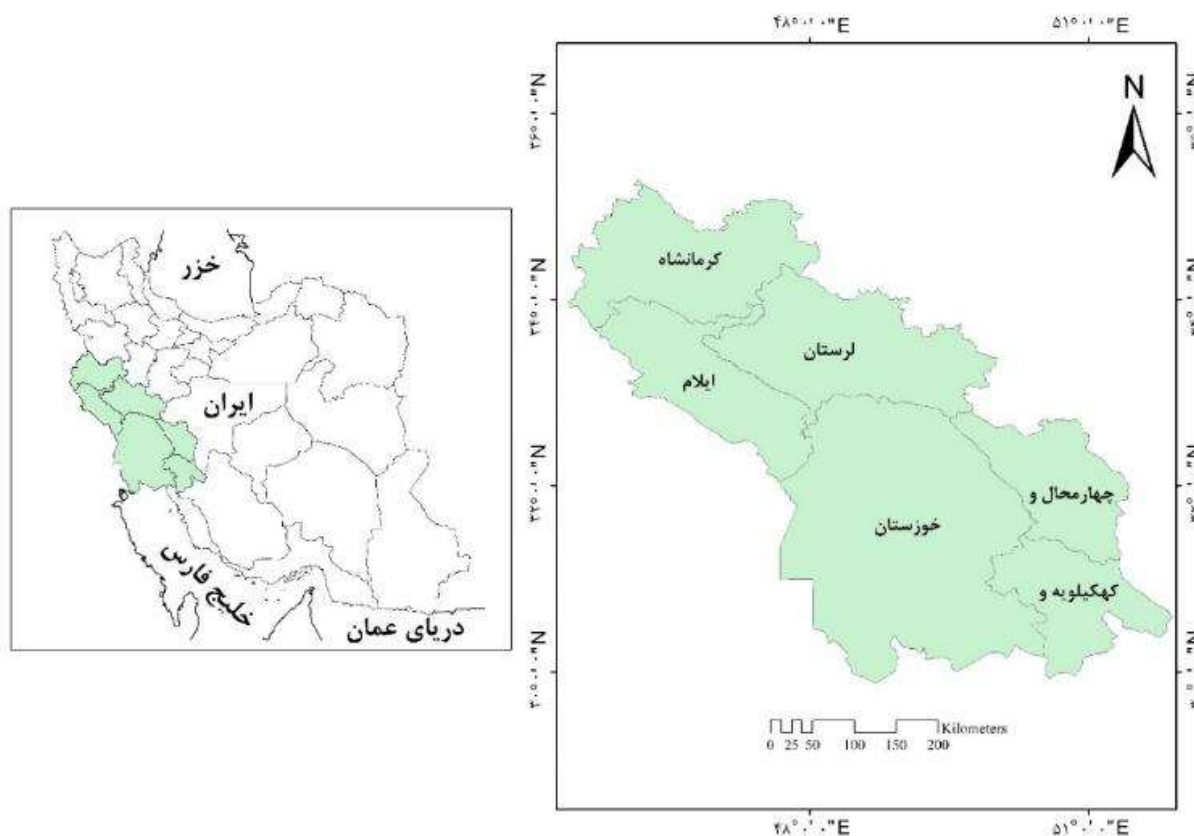
مخاطرات محیطی این مناطق می‌باشند. این منطقه در موقعیت جغرافیایی  $29^{\circ} 57' 20''$  تا  $35^{\circ} 14' 39''$  عرض شمالی و  $45^{\circ} 9' 21''$  تا  $51^{\circ} 57' 18''$  طول شرقی و با مساحتی در حدود ۱۶۸۴۸۰ کیلومتر مربع است. این منطقه از شمال با استان‌های کردستان، همدان و مرکزی، از جنوب با استان بوشهر و خلیج فارس، از شرق با استان‌های اصفهان و فارس و از غرب با کشور عراق هم مرز می‌باشد (شکل ۱). در این منطقه ارتفاعات زاگرس و جلگه پست و کم ارتفاع خوزستان مهمترین واحدهای توپوگرافی هستند. همچنین این منطقه از سمت غرب با بیابان‌های عراق و عربستان ارتباط دارند.

مناسب در صحرای آفریقا بوده ولی در مناطق شرق آسیا برآوردی کمتر از حد مورد انتظار داشته است؛ بنابراین این پژوهش با هدف شناسایی منبع تولید گردوغبار و مسیر حرکت این پدیده به منطقه جنوب غرب ایران با استفاده از مدل ردیابی HYSPLIT می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق شامل مناطق غرب و جنوب غرب ایران می‌باشد که شش استان خوزستان، ایلام، کرمانشاه، لرستان، چهارمحال و بختیاری و کهگیلویه و بویراحمد را در بر می‌گیرد. پدیده‌های خشکسالی، سیل و گردوغبار از مهمترین



شکل ۱: نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه

## روش تحقیق

پیوسته‌ای را برای شرایط هواشناسی فراهم می‌کنند. دقت مدل در مطالعه تا حدود زیادی بسته به داده‌های هواشناسی است و هرچه دقت و تفکیک داده‌های هواشناسی بالاتر باشد، نتایج دقیق‌تر است (اشرفی و همکاران، ۱۳۹۲). در این مطالعه از داده‌های هواشناسی دوباره تحلیل شده که از طرف مرکز NCAR/NCEP فراهم گردیده استفاده شده است. به جز داده‌های هواشناسی، لازم است مواردی از قبیل: زمان شروع، تعداد و مختصات (طول، عرض و ارتفاع مورد نظر) نقاط آغاز، زمان کل اجرا، جهت حرکت (حرکت رو به عقب (پسرو) یا رو به جلو (پیشرو))، تراز بالای مدل (ترازی که بالاتر از آن، ارتفاع در محاسبات حذف خواهد شد) که بطور معمول و پیش‌فرض ۱۰۰۰۰ متر بالای سطح زمین است. چگونگی حرکت عمودی (مدل دارای توانایی محاسبه خط عمودی توده با روش‌های متفاوتی است که داده‌های پیوسته ورودی بهترین گزینه است) در مدل نیز وارد گردد، بنابراین این مطالعه بر مبنای مدل الگوریتم انتشار برای ۶ موج طوفان گردوغبار فراگیر تاریخ‌های ۲۰۰۸/۰۷/۱۹، ۲۰۰۰/۰۷/۱۹، ۲۰۰۵/۰۸/۰۵، ۲۰۰۸/۰۷/۰۲، ۲۰۰۹/۰۷/۰۵، ۲۰۱۲/۰۶/۱۹ و ۲۰۱۶/۰۷/۱۷ در سطح فشاری و برای سه تراز ارتفاعی ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ متر ارزیابی شده است.

## نتایج

جهت تعیین منابع اصلی گردوغبار برای هر یک از موج طوفان‌های گردوغبار از مدل HYSPLIT استفاده شد. مدل لاگرانژی ذکر شده امکان ردیابی رو به عقب ذرات گردوغبار در ایستگاه‌های جنوب غرب کشور را تا ۴۸ ساعت قبل از زمان وقوع هر یک از موج طوفان‌ها فراهم نمود. برای تمامی موج طوفان‌ها، ذرات در سه سطح ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ متری از سطح

مدل HYSPLIT مدلی دوگانه برای محاسبات خط سیر حرکت گردوغبار، پراکندگی و شبیه‌ساز ته‌نشینی آن با استفاده از رویکردهای PUFF و ذرات می‌باشد (دراکسلر<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۹). در این مدل محاسبه خط سیر و غلظت آلاینده با استفاده از حداقل پارامترهای هواشناسی صورت می‌پذیرد (اسکودرو<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۶). روش محاسبه مدل ترکیبی میان دیدگاه‌های اویلری (مجموع غلظت ذرات برای هر شبکه در طول مسیر حرکت تعیین می‌شود) و لاگرانژی (مجموع غلظت ذرات برای هر شبکه با استفاده از حرکات پخش و انتقال ذرات تعیین می‌گردد) می‌باشد و به همین دلیل HYSPLIT را مدلی دوگانه می‌نامند (شان<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۹). در بعد مدل‌سازی گردوغبار لازم است مناطقی که منابع انتشار هستند مشخص گردد. در این مدل به صورت پیش‌فرض مناطقی که دارای کاربری بیابانی هستند تعریف شده‌اند. با توجه به نوع خاک سطحی (ماسه‌ای، شنی، سیلت، رس و ...)، این مناطق دارای حساسیت خاصی به فرسایش بادی هستند. پس از تعیین منابع بیابانی، با انجام تنظیمات مدل و ورودی داده‌های هواشناسی، مدل‌سازی شروع می‌شود. داده‌های هواشناسی مدل را می‌توان از داده‌های دوباره تحلیل شده مرکز ملی اقیانوسی و جو آمریکا<sup>۴</sup> داده‌های تحلیل شده GDAS<sup>۵</sup> و یا مدل‌های میان مقیاس جوی مثل MM5<sup>۶</sup> و یا WRF<sup>۷</sup> به‌دست آورد که این مدل‌های میان مقیاس، میدان‌های

<sup>۱</sup>Draxler<sup>۲</sup>Escudero<sup>۳</sup>Shan<sup>۴</sup>NCAR/NCEP Reanalysis Data<sup>۵</sup>Global Data Assimilation System<sup>۶</sup>Mesoscale Model<sup>۷</sup>Weather Research and Forecasting

زمین در حدفاصل زمانی یک و ۶ ساعت ردیابی شدند (شکل ۲). مدل امکان نمایش مسیر ردیابی شده را در دو نمای افقی (بخش بالا در هر شکل) و قائم (بخش پایین در هر شکل) فراهم می‌نماید. بررسی مسیرهای انتقال ذرات بیانگر آن است که در تمامی موج طوفان‌های گزارش شده، ذرات غبار مسیر مشابهی را از شمال غرب به جنوب شرق تا ایستگاه‌های مورد نظر پیموده‌اند. به عبارتی دیگر با در نظر گرفتن بررسی‌های همدیدی انجام شده و خروجی مدل HYSPLIT، باد شمال سازوکار اصلی انتقال ذرات غبار از محدوده‌ای در حدفاصل عراق، سوریه تا شرق مدیترانه به منطقه مورد مطالعه می‌باشد. نکته دیگری که از بررسی خروجی‌های مدل حاصل می‌گردد آن است که ذرات گردوغبار در لایه‌ای با عمق متوسط و در سطح متوسط لایه‌های جو به منطقه منتقل می‌گردند. یافته فوق توضیح مناسبی را برای این سوال فراهم می‌کند که چرا داده‌های برخی از سنجنده‌های ماهواره‌ای، پدیده گردوغبار و گستردگی و شدت آن را در منطقه عراق و خلیج فارس در قیاس با سایر مناطق خاورمیانه بخوبی آشکار نمی‌سازد. بر این اساس می‌توان گفت اگرچه سنجنده‌های ماهواره‌ای، غبار مسن و ارتفاع یافته را در طول موج‌های برگشتی از زمین بخوبی آشکار می‌سازد (مهووالد و دافرسنه، ۲۰۰۴؛ انگلستادت<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۶؛ والکر<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۹)،

اما در کشف تمرکز بالای گردوغبار در لایه مرزی، چنان که به واسطه تسلط باد شمال در طول تابستان در محدوده خلیج فارس و عراق اتفاق می‌افتد، کارایی لازم را نداشته‌اند (مهووالد و دافرسنه، ۲۰۰۴) همین امر تناقض آشکار بین بررسی‌های پایه مشاهداتی (میدلتون، ۱۹۸۶a، ۱۹۸۶b) و ماهواره‌ای (گادی و میدلتون، ۲۰۰۰، ۲۰۰۶؛ پرسپرو<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۰۲؛ واشنگتن<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۰۳) را در تبیین فضایی فراوانی و شدت طوفان‌های گردوغباری در خاورمیانه موجب گردیده است. خروجی‌های مدل HYSPLIT نشان داد که بطور کلی منابع اصلی غبار برای موج طوفان‌های گردوغباری جنوب غرب ایران، از محدوده‌ای در حدفاصل مرکز تا شمال عراق و شرق سوریه منشأ می‌یابد.

---

<sup>۴</sup>Goudie and Mideleton

<sup>۵</sup>Prospero

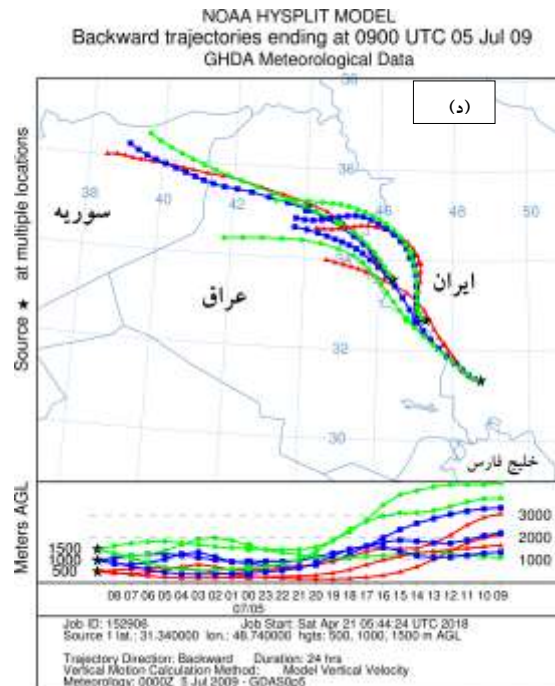
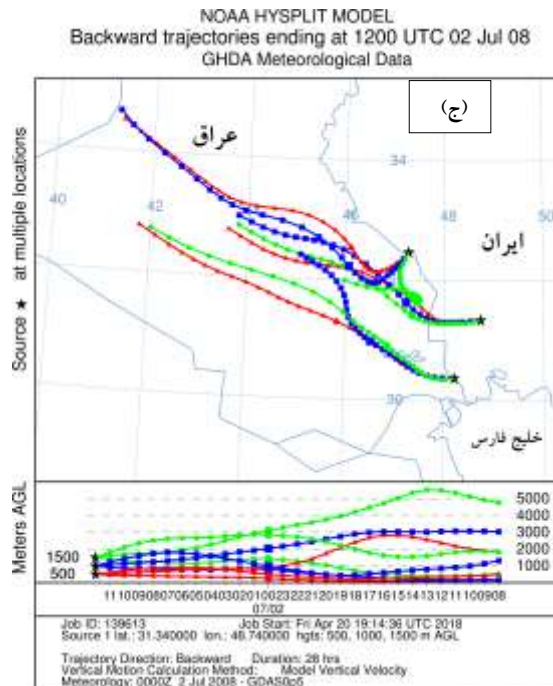
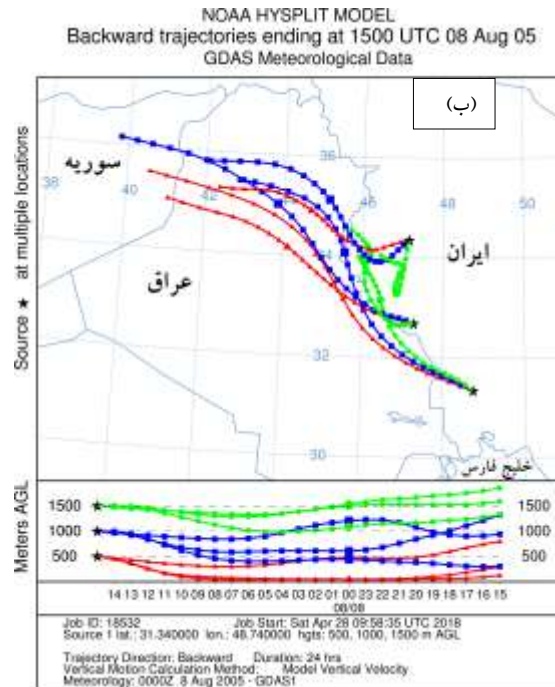
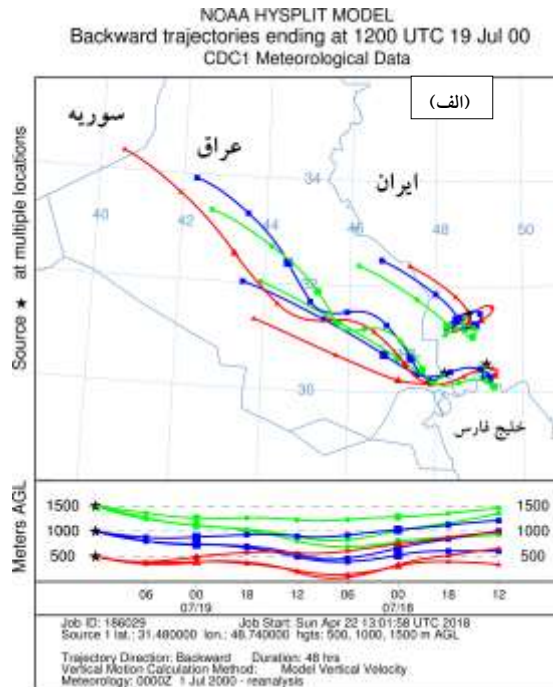
<sup>۴</sup>Washington

---

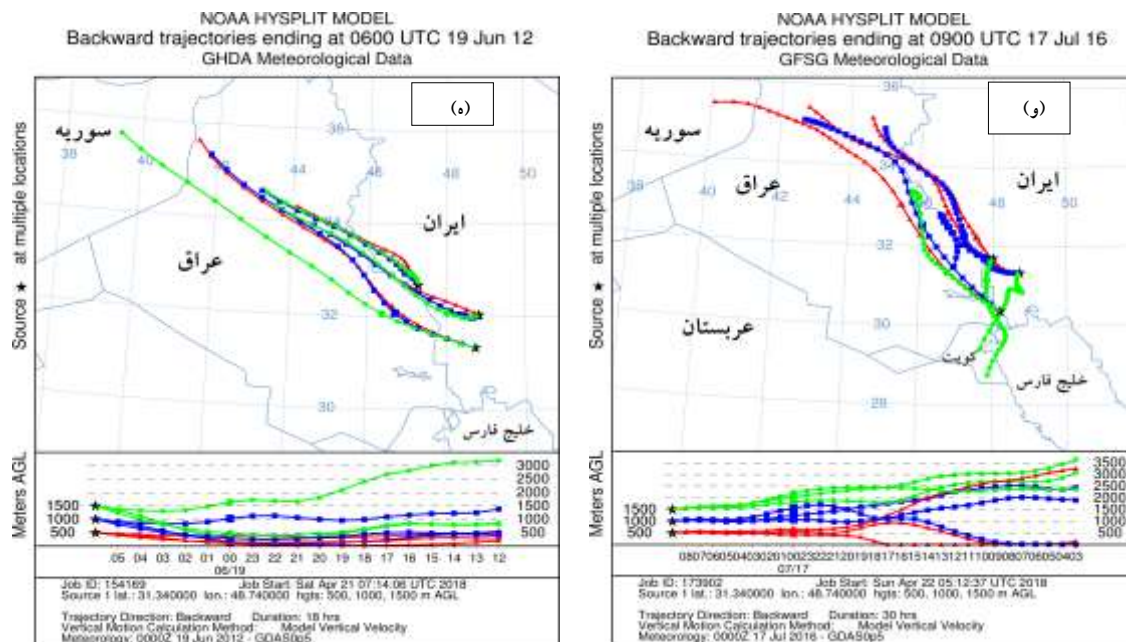
<sup>۱</sup>Mahowald and Dufresne

<sup>۲</sup>Engelstaedter

<sup>۳</sup>Walker







شکل ۲- الگوی مسیرهای برگشت (رو به عقب) شش موج طوفان گردوغبار در سه ایستگاه منطقه مورد مطالعه. خطوط با نشانگرهای مختلف نشان دهنده ارتفاع مختلف هستند. نشانگر مثلی ارتفاع ۵۰۰، نشانگر مربعی ارتفاع ۱۰۰۰ و نشانگر دایره‌ای ارتفاع ۱۵۰۰ متر را نشان می‌دهد. (الف): ۱۹ ژوئیه ۲۰۰۰ (ب): ۸ اوت ۲۰۰۵ (ج): ۲ ژوئیه ۲۰۰۸ (د) ۵ ژوئیه ۲۰۰۹ (ه): ۱۹ ژوئن ۲۰۱۲ (و): ۱۷ ژوئیه ۲۰۱۶

طوفان‌های گردوغبار مسیر شمال غربی-جنوب شرقی در خروجی‌های حاصل از مدل مشاهده می‌شود که با نتایج عزیزی و همکاران (۱۳۹۱) مطابقت دارد. این مسیر را می‌توان مسیر اصلی پراکنش گردوغبار به منطقه دانست. همچنین در برخی از رخدادهای نتایج حاصل نشان داد که مسیر جریان باد در ابتدا جهت غربی-شرقی داشته و با رسیدن به منطقه عراق و مناطق مرزی ایران تغییر جهت داده و گردوغبار را به این مناطق انتقال داده است. همچنین در روی این نقشه‌ها در برخی از ایستگاه‌ها شکل‌گیری جریان‌های منطقه‌ای نیز قابل مشاهده هستند. در واقع این مسیر با مسیر مشاهده شده روی تصاویر ماهواره‌ای که از کانون اولیه یعنی منطقه مرزی بین عراق و سوریه منشأ گرفته بود انطباق دارد.

## بحث و نتیجه‌گیری

بررسی نقشه‌های رهگیری باد حاصل از مدل برای نمونه‌های انتخابی نشان می‌دهد که دومسیر کلی برای حرکت طوفان گردوغبار به منطقه مورد مطالعه قابل تشخیص است. ۱- مسیر شمال غربی-جنوب شرقی که این مسیر با عبور از روی هسته‌های طوفان گردوغبار شکل گرفته در شمال غرب عراق و شرق سوریه عمل انتقال گردوغبار به نواحی جنوب غرب ایران مثل استان‌های ایلام، خوزستان، کهگیلویه و بویراحمد را انجام می‌دهند، ۲- مسیر غربی به شرقی که سبب حرکت توده به سمت نیمه غربی و شمال غرب کشور شده و استان‌های کردستان، کرمانشاه، زنجان و تهران را تحت تاثیر گردوغبار قرار می‌دهد. به‌طوریکه این جریانات توانسته‌اند گردوغبار تا ایستگاه یاسوج و پایین‌تر از آن را نیز انتقال دهند. در بیشتر موج



- Determination of the contribution of northern Africa dust source areas to PM10 concentrations over the central Iberian Peninsula using the Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory model (HYSPLIT) model. *Journal of Geophysical Research*. 111, D06210doi:10.1029/2005JD006395.
- Goudie A, and Mideleton NJ, 2006. Desert Dust in the Global System, Springer, Heidelberg. 1-90.
- Goudie A., and Middleton NJ., 2000. Dust storms in South West Asia, *Acta Univ Car.*, XXXV: 73-83.
- Goudie, A, and N, J, Mideleton. 2006. Desert dust in the global system. Springer, Heidelberg 90:1, DOI: 10.1007/3-540-32355-4
- Goudie, A.S. 2009. Dust storms: Resent Developments. *Journal of Environmental Management*, Volume 90, Issue 1: 89-94.
- Hamish, M., Andrew, C, 2008. Identification of dust transport pathways from Lake Eyre, Australia using Hysplit, *Atmospheric Environment* ۴۲, ۶۹۱۵-۶۹۲۵.
- Mahowald NM., and Dufresne J-L., 2004. Sensitivity of TOMS aerosol index to boundary layer height: Implications for detection of mineral aerosol sources, *Geophys. Res. Lett.*, 31, L03103, doi:10.1029/2003GL018865.
- McGowan, H., Clark. 2008. Identification of dust transport pathways from Lake Eyre, Australia using Hysplit. *Atmospheric Environment*, 30; 42(29):6915-25.
- Middleton, NJ. 1986(a). Dust Storms in the Middle East. *Journal of Arid Environment*. Vol 10, pp, 83-96.
- Middleton, NJ. 1986(b). A Geography of dust storms in South west Asia, *Int. J. Climatol*. 6: 183-196.
- Mohammadi, F., Kamali, S., Eskandary, M. 2014. Tracing dust sources in different atmosphere levels of tehran using hybrid single-particle lagrangian integrated trajectory (hysplit) model. *Scientific Journal of Pure and Applied Sciences*, 3(7) 559-571.
- Nasiri, M., Ashrafi, K., Ghazban, F. 2014. The use of HYSPLIT model to determine the affected areas of dispersed sea-salt Particles of dried Urmia Lake. *Int. Journal of Engineering Research and Applications*, 4(1): 272-279.
- Prospero, J.M., Ginoux, P., Torres, O., Nicholson, S.E., Gill, T.E., 2002, Environmental Characterization of Global Sources of Atmospheric Soil Dust Identified with the NIMBUS 7 Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS) Absorbing Aerosol Product, *Geophys*, Vol. 40, PP. 2-31.
- Shan, W., Yin, Y., Lu, H., & Liang, S. 2009. A meteorological analysis of ozone episodes using HYSPLIT model and surface data. *Atmospheric Research*. 93, 767-776.
- Song, Z., Wang, J., Wang, S. 2007. Quantitative classification of northeast Asian dust events. *Journal of Geophysical Research*, VOL. 112, D04211, doi:10.1029/2006JD007048.
- Walker AL., Liu M., Miller S. D., Richardson K. A., and Westphal D. L., 2009. Development of a dust source database for mesoscale forecasting in southwest Asia, *J. Geophys. Res.*, 114: D18207, doi:10.1029/2008JD011541.
- Wang, X., Dong, Z., Zhang, C., Qian, G., Luo, W. 2009. Characterization of the composition of dust fallout and
- منابع**
- اشرفی، خ؛ شفیع تور، م؛ اصلمند، ع؛ ۱۳۹۲. بررسی مسیرهای طوفان‌های گرد و غبار بر روی ایران با بکارگیری مدل سازی عددی و تصاویر ماهواره‌ای. فصلنامه علمی محیط زیست، شماره ۵۶: ۱۲-۳.
- حسینی، س؛ رستمی، د. ۱۳۹۷. واکاوی و ردیابی پدیده گردوغبار در جنوب و جنوب شرق ایران با استفاده از مدل HYSPLIT و سنجش از دور. نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۵(۳): ۱۰۳-۱۱۹.
- عباسی، ح ر، رفیعی‌امام، ع، روحی‌پور، ح. ۱۳۷۸. تحلیل منشأ گردوغبارهای بوشهر و خوزستان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای. فصلنامه جنگل و مرتع، شماره ۷۸. صص ۴۸-۵۱.
- عزیزی، ق. میری، م. نبوی، س. ا. ۱۳۹۱. ردیابی پدیده گردوغبار در نیمه غربی ایران. فصلنامه مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، سال دوم، شماره هفتم، بهار ۱۹. ص.
- عظیم زاده، حر؛ اختصاصی، مر؛ حاتمی، م؛ محمدآخوان، ق. ۱۳۸۱. مطالعه تاثیر خصوصیات فیزیکی-شیمیایی خاک در شاخص فرسایش پذیری بادی خاک و ارایه مدل جهت پیشگویی آن در دشت یزد- اردکان. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی ایران، ۱: ۱۵۱-۱۳۹.
- گودرزی، م؛ حسینی، س؛ احمدی، ح. ۱۳۹۶. بررسی توزیع زمانی و مکانی روزهای همراه با گردوغبار در غرب و جنوب غرب ایران. علوم و مهندسی آب‌خیزداری ایران، ۳۹: ۱۰-۱.
- مفیدی، ع؛ جعفری، س. ۱۳۹۰. بررسی نقش گردش منطقه‌ای جو بر روی خاورمیانه در وقوع طوفان‌های گردوغباری تابستانه در جنوب غرب ایران. مجله مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، ۲: ۴۵-۱۷.
- Abdi Vishkaee, F., Flamant, J., Cuesta, P., Flamant & Khaledifard, H.R. 2011. Multiplatform servations of dust vertical distribution during transport over northwest Iran in the summertime. *Journal of Geophysical Research*. 116, 1-13.
- Borna, E., Kiani Sadr, M., & Hosseini, S. A. 2021. Linking ground-satellite observations with HYSPLIT Back trajectory modeling to identify dust sources affecting Western Iran: A case study in Lorestan province. *Environmental Health Engineering and Management Journal*, 8(2), 77-86.
- Draxler, R., Stunder, B., Rolph, G., Stein, A., & Taylor, A. ۲۰۰۹. HYSPLIT user's guide, Version 4.9. 1-231.
- Engelstaedter S, Tegen I, Washington R. 2006. North African dust emissions and transport, *Earth-Science Reviews*; 79(1-2): 73-100.
- Escudero, M., Stein, A., Draxler, R.R., Querol, X., Alastuey, A., Castillo, S., & Avila, A. 2006.

Washington R., Todd M., Middleton NJ, and Goudie AS., 2003. Dust storm source areas determined by the Total Ozone Monitoring Spectrometer and surface observations, *Annals of the Association of American Geographers*, 93(2):297–313, doi:10.1111-1467-8306.9302003.

identification of dust sources in arid and semiarid North China. *Geomorphology*. Volume 112, 144–157.  
Wang, Y., Stein, A., Draxler, R., Rosa, D., and Zhang, X., ۲۰۱۱. Global sand and dust storms in 2008: Observation and HYSPLIT model verification, *Atmospheric Environment* ۴۵, ۶۳۶۸-۶۳۸۱.

## Tracking Severe Dust Storms Phenomenon in Southeast Iran by using HYSPLIT

Seyed Abdolhossein Arami<sup>1</sup>, Ibrahim Karimi Sangchini<sup>2</sup>, Mehri Dinarvand<sup>3</sup>

### Abstract

Regional dust storm events are the prime concern of many countries located within the arid belt of the world. Nowadays, dust is a serious challenge in the world, especially in the Middle East. In recent decades, dust storms is known as the most damaging and inclusive environmental crisis in Iran due to the impacts of climate and land use changes. The aim of this study is to detect and simulation of dust storms in southwest regions of Iran. For this purpose, changes in dust were analyzed during a 22-year period (1995-2016) for six provinces southwest of Iran including Khozestan, Ilam, Kermanshah, Chaharmahal va Bakhtiari, Lorestan and Kohgiluyeh, and Boyerahmad with an area of about 169266 square kilometers. For this study were using the HYSPLIT model. The data used covered and include GDAS data, view field, velocity and direction of a wind, temperature, and geopotential height in the atmosphere, which are different at various levels. GDAS data for tracking the winding path in the HYSPLIT model were used. Simulation studies of dust particle movement paths have shown that most of the tracks are from the northern and central parts of Iraq and Syria and the source of dust storms are deserts and dry regions of the northern and central parts of Iraq and Syria.

**Keywords:** dust Storm, Simulation, HYSPLIT, southwest regions of Iran.

---

<sup>1</sup>-Assistant Professor, Forests and Rangelands Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran  
[E.karimi64@gmail.com](mailto:E.karimi64@gmail.com)

<sup>2</sup>-Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Khorramabad, Iran

<sup>3</sup>- Assistant Professor, Forests and Rangelands Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran

---