



فصلنامه علمی-پژوهشی

پژوهش‌های فرسایش محیطی

سال سوم، شماره ۱۲، زمستان ۱۳۹۲، صص ۸۰-۶۹

www.magazine.hormozgan.ac.ir

مطالعه همدیدی و عددی نشر، انتقال و شناسایی چشمه یک توفان گرد و غبار سنگین در منطقه خاورمیانه

حسین ملکوتی^۱، سمیرا باباحسینی^۲، احمد نوحه‌گر^۳، مجید آزادی^۴، محمدرضا محمدپور^۵

۱- نویسنده مسئول: استادیار دانشکده علوم و فنون دریایی دانشگاه هرمزگان malakooti@hormozgan.ac.ir

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد هواشناسی دانشگاه هرمزگان

۳- استاد دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران

۴- دانشیار پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو سازمان هواشناسی

۵- دانشجوی دکتری هواشناسی دانشگاه هرمزگان

چکیده

یکی از ابزار توانمند در مطالعه توفان‌های گرد و غبار روش‌های عددی می‌باشند که امروزه در دنیا کاربرد زیادی پیدا کرده‌اند. در این مطالعه با استفاده از مدل‌سازی عددی به بررسی توزیع زمانی و مکانی غبار در یکی از شدیدترین رخداد‌های گرد و غباری کشور در طول روزهای ۱۳ تا ۱۷ تیر ۱۳۸۸ پرداخته شده است. مدل WRF/Chem برای شبیه‌سازی شرایط همدیدی حاکم بر طوفان، نشر و توزیع زمانی و مکانی غلظت گرد و غبار و مدل HYSPLIT برای دستیابی و دقیق‌تر شدن روی چشمه توفان بکار گرفته شده است. همچنین داده‌های سنجنده مودیس و مشاهدات دید افقی ایستگاه‌های همدیدی برای صحت سنجی خروجی مدل‌ها استفاده شده است. نتایج حاصل از خروجی مدل WRF/Chem نشان داد که عبور یک چرخند جبهه‌ای قوی از روی خاورمیانه باعث ایجاد یک برش باد سطحی قوی شده و گرد و غبار را از روی دشت آبرفتی دجله و فرات بلند کرده و وارد جو کرده است. غلظت‌های شبیه‌سازی شده غبار، اعتبار خوبی را برای توزیع زمانی و مکانی غلظت گرد و غبار، با توجه به تصاویر مرئی سنجنده مودیس نشان می‌دهد. همچنین نتایج مدل HYSPLIT نشان داد که اغلب مسیرهای بدست آمده، از مناطق شمالی و مرکزی عراق و سوریه گذشته و منشأ توفان گرد و غبار ذکر شده، مناطق کویری و خشک شمال - مرکز عراق و سوریه می‌باشد. که این نتایج مطابقت خوبی با تصاویر بدست آمده از سنجنده مودیس دارد و بیانگر این می‌باشد که مدل‌های عددی ذکر شده توانایی خوبی در پیش‌بینی توفان‌های گرد و غبار دارند.

واژه‌های کلیدی:

توفان گرد و غبار، شبیه‌سازی، مدل WRF/Chem، مدل HYSPLIT

مقدمه

توفان‌های گرد و غبار نوعی از پدیده‌های جوی هستند که هر ساله مقادیر عظیمی از گرد و غبار را از سطوح بیابانی و خشک بلند کرده و وارد جو می‌کنند. حرکت ذرات گرد و غبار و انتشار آن‌ها به مناطق دورتر در طول سال وابسته به شرایط هواشناختی می‌باشد. ذرات گرد و غبار در طی رویدادهای شدید گرد و خاک می‌توانند بالغ بر چند هزار کیلومتر جابجا شوند و سرانجام در مسیر باد به وسیله فرآیندهای نشست خشک و تر، گاهی در مقادیر قابل توجهی به زمین بنشینند (O'Hara et al., 2006). این توفان‌ها می‌توانند اثرات مهمی بر اقلیم و محیط زیست منطقه بر جای گذارند بدین ترتیب که تابش خورشیدی و زمینی را تحت تأثیر قرار داده و همچنین باعث تغییراتی در خواص فیزیکی و طیفی ابرها می‌شوند (Lau et al., 2009). از اثرات دیگر این پدیده می‌توان به کاهش دید و محدود کردن بسیاری از فعالیت‌ها (Song et al., 2007)، اثرات آن بر سلامتی، مخاطرات محیطی به دلیل حمل سایر ذرات از قبیل باکتری‌ها، قارچ‌ها و آلاینده‌های شیمیایی (Bennion et al., 2007) و اثراتی بر چرخه بیوژئوشیمیایی اقیانوس (Ozer et al., 2006) اشاره کرد. از جمله عوامل عمده در شکل‌گیری طوفان‌های گرد و غبار جریان باد قوی است که در حضور سامانه‌های کم‌فشار در مناطق پتانسیل چشمه می‌تواند ایجاد شود (Novlan et al., 2007)، بنابراین بررسی و شناسایی الگوهای جوی موثر بر مناطق خشک و کویری می‌تواند در پیش‌بینی این طوفان‌ها موثر باشد. یکی از روش‌های بررسی طوفان‌های گرد و غبار استفاده از مدل‌های عددی است که می‌تواند حتی برای زمان‌هایی که داده مناسب موجود نبوده و همچنین برای پیش‌بینی این نوع طوفان‌ها بکار رود. شبیه‌سازی دقیق توفان گرد و غبار می‌تواند ابزاری توانمند برای تشخیص مناطق چشمه، مطالعه نحوه شکل‌گیری، انتشار، انتقال و همچنین نشست و رسوب ذرات غبار باشد. همچنین این ابزار برای کاهش خطرات این پدیده طبیعی و کنترل و مدیریت آن نیز بسیار راهگشا خواهد بود. امروزه مطالعات عددی مختلفی در این زمینه به صورت جهانی و منطقه‌ای صورت گرفته است. در سال ۲۰۱۱، های بیان^۱ و همکارانش یک مورد توفان گرد و غبار شدید در چین را با استفاده از مدل عددی WRF_Dust مورد بررسی قرار دادند، از مقایسه تصاویر سنجده‌ی مودیس با خروجی‌های مدل WRF_Dust نشان داده شد که سهم عمده تولید غبار در چین ناشی از بادهای شدید سطحی در بیابان گبی^۲ است و کم‌ترین سهم مربوط به بیابان تاکلامکان^۳ می‌باشد. در سال ۲۰۱۰، شائو^۴ و همکاران توفان‌های منطقه شمال آفریقا را مورد مطالعه قرار دادند و از دو طرح نشر (DUST TRAN, GOCART) و همچنین دو مدول آئروسول (MOSAIC, MADE/SORGAM)، در قالب مدل دینامیکی WRF_Chem استفاده شده است.

یکی از راهکارهای اساسی در کنترل آلودگی‌هایی چون گرد و غبار، شناسایی چشمه آلودگی است. از جمله روش‌های یافتن چشمه آلودگی استفاده از روش‌های سنجش از دور و مدل‌های عددی مسیر انتقال جریان هوا است که در این حالت مسیرهای برگشت از نقطه گیرنده می‌تواند محل چشمه را مشخص کند (Petzold et al., 2009). این روش به نسبت زیاد برای نشان دادن نحوه پخش آلودگی و تعیین چشمه به کار می‌رود (Rousseau et al., 2004). مدل‌های آلودگی می‌توانند انتقال ذرات را از چشمه تا مکان نمونه‌گیری توصیف کنند. با استفاده از مدل‌های مشابه می‌توان مکان هوای نمونه‌گیری شده را به صورت برگشت در زمان محاسبه کرد (Draxler and Hess, 1997). امروزه ترکیب مدل‌های هواشناختی و مسیر یکی از روش‌های متداول در مطالعات عددی طوفان‌های گرد و غبار می‌باشد (Yerramilli et al., 2010). از جمله مدل‌های پرکاربرد در زمینه محاسبه مسیر و پخش ذرات، مدل HYSPLIT است. بعنوان نمونه دراکسلر^۵ (۲۰۰۶) با استفاده از مدل HYSPLIT انتقال و پخش آلودگی را در واشنگتن بررسی کرد. یرامیلی و همکاران (۲۰۱۰) به بررسی آلودگی در خلیج می‌سی‌سی‌پی با استفاده از مدل‌های WRF و HYSPLIT پرداختند.

¹ Hai Bian

² Gobi Desert

³ Taklamakan Desert

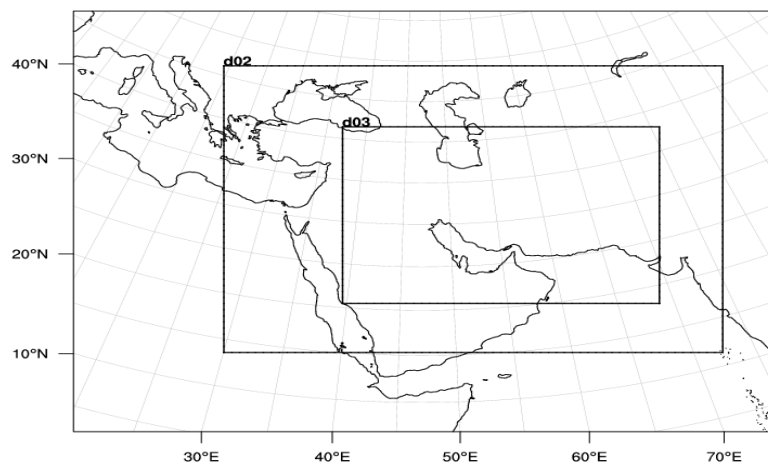
⁴ Shao

⁵ Draxler

در این مطالعه به بررسی یکی از شدیدترین توفان‌های گردوغباری که منطقه خاورمیانه را تحت تاثیر قرار داده، پرداخته شده و وضعیت جوی در طول دوره مورد مطالعه مورد بحث قرار گرفته است. مدل منطقه‌ای WRF/Chem^۱ برای شبیه سازی شار، پخش و انتشار غبار در توفان بکارگرفته شده و نتایج آن با تصاویر مرئی ماهواره و مقادیر دید افقی مشاهده شده در ایستگاه‌های همیدی مسیر توفان مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفته است. سپس برای دقیق‌تر شدن روی مناطق چشمه از مدل HYSPLIT استفاده شده و مسیرهای برگشت از چند ایستگاه کشور برای دستیابی به چشمه‌های احتمالی محاسبه و آنالیز شده است.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه، یکی از توفان‌های گردوغبار شدیدی که در اوایل جولای ۲۰۰۹ منطقه خاورمیانه را تحت تاثیر قرار داد، بررسی شده است. این توفان پس از شکل‌گیری، از روی ایران، ترکمنستان و همچنین شمال افغانستان عبور کرده است. زمانی که توفان به تهران رسیده دید افقی به کمتر از ۱۰۰ متر رسیده و غلظت ذرات معلق در برخی ساعات تا بالای $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ گزارش شده است. برای بررسی این توفان ابتدا با استفاده از نسخه شیمی مدل WRF به بررسی وضعیت جوی و میزان نشر گرد و غبار در منطقه پرداخته شده است. WRF-Chem نسخه شیمی مدل WRF است که برای شبیه‌سازی آلودگی توسعه داده شده است. در این مدل، مدل‌های پخش (Stockwell et al., 1990)، مدل‌های برهمکنش ایروسل و جو (Zaveri et al., 2008) اعمال شده است. همچنین مدل شامل مجموعه‌ای از برنامه‌ها و زیربرنامه‌ها برای پارامترسازی مؤلفه‌های فیزیکی، مانند تابش، پارامتری کردن لایه مرزی، پارامتری کردن همرفت، پخش پیچکی ریز شبکه‌ای، و خردفیزیک لازم است (Skamarocket et al., 2008).



شکل ۱. نمایی از سه آشیانه طرحی شده در شبیه سازی حاضر

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق برای اجرای مدل، از نوع NCEP FNL است که دارای تفکیک $1/0 \times 1/0$ درجه بوده و برای هر ۶ ساعت در دسترس است. این داده‌ها به عنوان شرایط اولیه و مرزی هواشناسی در اجرای مدل استفاده شده است. در این شبیه‌سازی سه آشیانه تودرتو با تفکیک‌های افقی ۸۱، ۲۷ و ۹ کیلومتر (شکل ۱)، همراه با ۴۱ تراز ارتفاعی تا تراز ۵۰۰ پاسکال برای تفکیک عمودی پیکربندی شده است که داخلی‌ترین آشیانه، منطقه تحت تاثیر توفان انتخابی را بطور کامل پوشش می‌دهد.

طرحواره‌های مختلف فیزیکی و دینامیکی و شیمی که در مدل بکار گرفته شده که در جدول ۱ آورده شده است.

⁶ Weather Research and Forecasting/ Chemistry

جدول ۱. طرحواره های فیزیکی بکار گرفته شده در شبیه سازی حاضر

فرآیندهای فیزیکی	طرحواره های فیزیکی مدل WRF/Chem
میکروفیزیک ابر	Lin [Lin et al., 1983]
تابش طول موج کوتاه	Goddard [Grell, 1993]
تابش طول موج بلند	RRTM [Wild et al., 2000]
مدل سطحی خاک	NOAH [Chen and Dudhia, 2001; Ek et al., 2003]
لایه مرزی	YSU [Hong et al., 2006; Hong, 2010]
گرد و غبار	GOCART [Grell et al., 2005]

شرایط اولیه و مرزی غلظت غبار در زمان شروع شبیه سازی (ساعت UTC ۰۰ بیست و نهم ژوئن ۲۰۰۹)، صفر در نظر گرفته شده تا تأثیرات شکل گیری و انتقال غبار بهتر رؤیت شود. در طرحواره GOCART^۷ شار نشر غبار توسط سرعت باد سطحی و ویژگی های سطح از قبیل ترکیبات خاک، پوشش گیاهی و همچنین مقدار رطوبت خاک کنترل می شود (Girini et al., 2005). در این مطالعه، ذرات معلق گردوغبار خاک در ۵ دسته از اندازه های مختلف با متوسط شعاع به ترتیب ۰/۵، ۱/۲، ۲/۴، ۴/۵ و ۸ میکرومتر تقسیم بندی شده اند. شار نشر غبار در هر دسته (F_p) اندازه ثابت است که با توجه به میزان کسر ذرات خاک، عوامل فرسایش، سرعت باد سطحی و سرعت آستانه فرسایش بادی محاسبه می شود. معادله:

$$F_p = \begin{cases} C\alpha_p E_r V_s^2 (V_s - V_t) & \text{if } V_s \geq V_t \\ 0 & \text{if } V_s < V_t \end{cases} \quad (1)$$

که C ضریب تناسب^۸ ($C = 0.8 \text{ ugs}^2\text{m}^{-5}$) و α_p کسر ذرات خاک^۹ در اندازه دسته p ، E_r فرسایش خاک احتمالی^{۱۰}، V_s سرعت باد سطحی^{۱۱} در ۱۰ متری و V_t سرعت آستانه فرسایش بادی^{۱۲} است. سرعت آستانه باد به عنوان تابعی از اندازه و چگالی ذرات و رطوبت خاک مشخص می شود. پس از آن که ذرات تحت شرایط مساعد هواشناسی (روزهای خشک همراه با وزش باد) از سطح جدا شوند، انتقال داده شده و در نهایت تحت تأثیر جاذبه روی سطح نشست می کنند (Ginix et al., 2001).

گام بعد محاسبه مسیره های برگشت و بررسی چشمه طوفان ذکر شده است. مسیره های برگشت مسیر لاگرانژی بسته هوا را از نقطه گیرنده تا مدت زمان معلوم به دست می دهند که می تواند در یافتن مناطق چشمه به کار رود. برای محاسبه مسیره های برگشت از مدل HYSPLIT استفاده شده است. مدل HYSPLIT محدوده ی گسترده ای از انتقال، پخش و نشست ذرات را پشتیبانی می کند. مسیره ها را می توان در ارتفاعات و همچنین ایستگاه های مختلف محاسبه کرد. در این مدل پایداری لایه مرزی با استفاده

⁷The Goddard Global Ozone Chemistry Aerosol Radiation and Transport(GOCART)

⁸Dimensional factor

⁹The soil particle fraction

¹⁰The probability soil erosion factor

¹¹Surface wind velocity at 10 meter

¹²The threshold velocity of wind erosion

از شار گرما و تکانه به دست می‌آید و عمق لایه مرزی از مدل هواشناختی گرفته می‌شود. برای این منظور ابتدا خروجی‌های مدل WRF به فرمت ورودی مدل HYSPLIT تبدیل شده است و سپس با استفاده از این مدل مسیره‌های برگشت را محاسبه می‌کند. بعلاوه این که مسیره‌ها در ارتفاعات مختلف می‌تواند متفاوت باشد مسیره‌ها در سه ارتفاع ۱۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ متر محاسبه شده است. مکان همگرایی مسیره‌ها دقیقاً مکان چشمه را نشان نمی‌دهد بلکه مساحت پشت نقطه همگرایی می‌تواند نشان‌دهنده وجود مناطق چشمه احتمالی در آن ناحیه باشد (Draxler, 1995).

بحث و نتایج

تحلیل همیدی

از اواخر ماه می تا اوایل ماه جولای، یکی از پدیده‌های متناوب هواشناسی در منطقه مرکزی خاورمیانه، باد شمال^{۱۳} تابستانی است که بطور غالب حدود ۴۰ روز می‌وزد که از اهمیت زیادی در شار غبار سطحی برخوردار است (Membrey, 1983). برداشت گردوغبار توسط باد شمال از مناطقی در عراق، ایران و همچنین مناطق مجاور بطور معمول به استقرار یک کم‌فشار حرارتی روی ایران وابسته است که باعث ایجاد گرادیان فشاری قوی با پرفشار نیمه دائم در منطقه عربستان سعودی می‌شود. منطقه همگرایی بین این دو سامانه فشاری، بادهای متلاطم با سرعت بسیار زیاد ایجاد می‌کند که باعث نشر و انتقال گردوغبار محلی همزمان با یک همرفت شدید روی دشت آبرفتی دجله و فرات می‌شود که یکی از دلایل همرفتی بودن دمای بالای سطح زمین در خلال روز در این منطقه است (Membrey, 1983). شرایط همیدی شبیه‌سازی شده برای ترازهای ۸۵۰، ۵۰۰ و ۳۰۰ هکتوپاسکال و تراز سطح دریا در ساعت ۰۰ UTC، روز ۱۳۰ام ماه ژوئن (زمان شکل‌گیری اولیه توفان) و ساعت ۰۰ UTC، روز ۱۶ام ماه جولای (زمان حضور توفان روی ایران مرکزی) در شکل ۲ نمایش داده شده است. همانطور که از نقشه‌های همیدی دریافت می‌شود، در روز ۱۶ام ماه جولای، مکانیزم تشکیل باد شمال تابستانی روی حوضه‌های دجله و فرات برقرار شده و یک چرخند جبهه‌ای^{۱۴} روی منطقه مدیترانه همراه با واداشتهای تراز بالای قابل توجه در حال شکل‌گیری است. پس از آن در طی تشدید این چرخند جبهه‌ای و ورود آن به عراق، شکل‌گیری گردوغبار و صعود آن روی این چشمه، شتاب گرفته است. فرسایش نهایی توسط این سیستم، یک غبار پس‌جبهه‌ای^{۱۵} سنگین را شکل داده است که در طول مسیر حرکت خود، با عبور از محدوده کوه‌های زاگرس، این گردوغبار سنگین را به ناحیه‌ای وسیع منتقل کرده است.

توزیع گردوغبار در منطقه

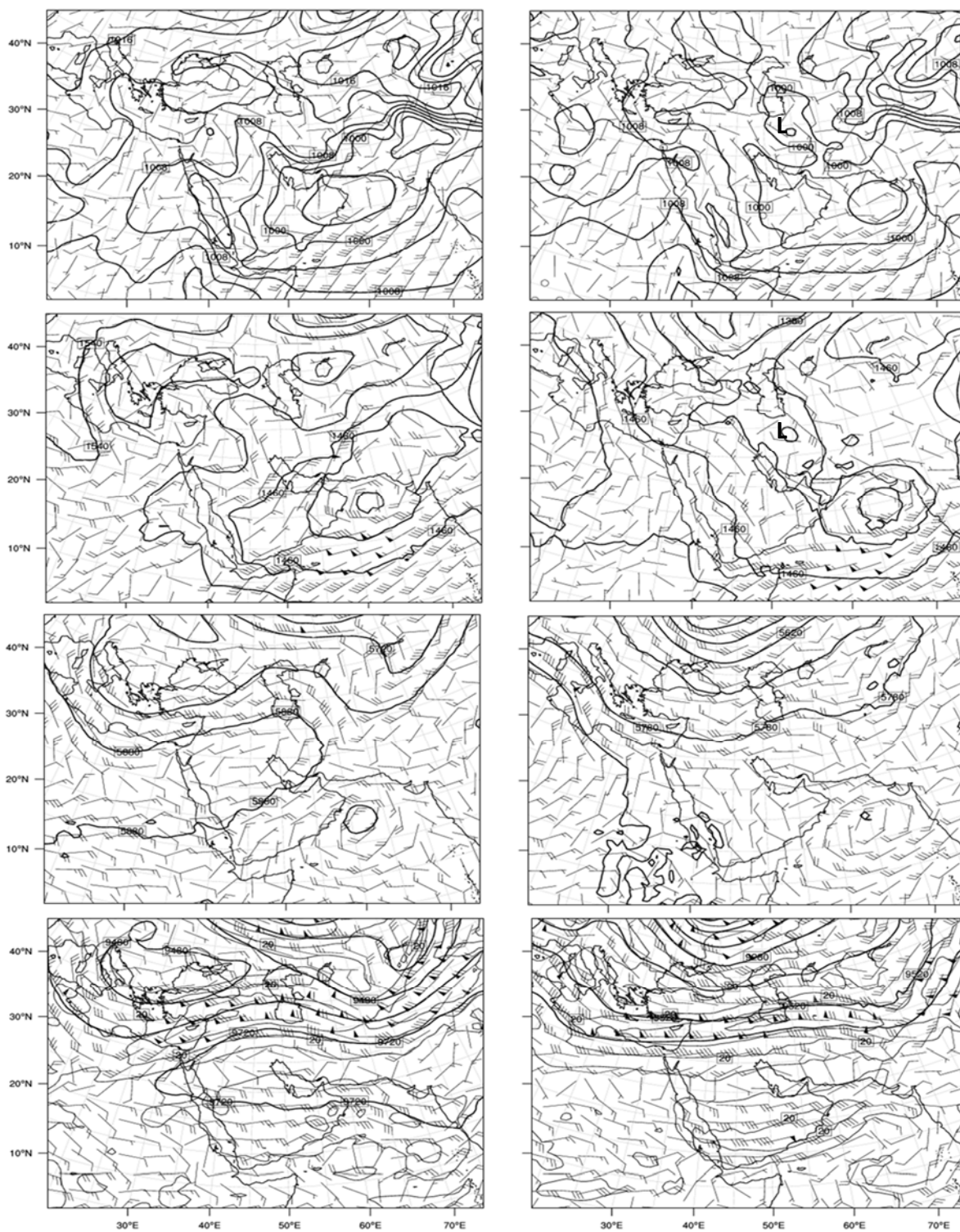
شکل ۳ تصاویر سنجنده مودیس را برای روزهای ۴، ۵ و ۶ جولای ۲۰۰۹ نشان می‌دهد. همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده، قابل تشخیص است که در روز ۱۴ام جولای (زمان شکل‌گیری توفان)، غلظت بالایی از گردوغبار وجود دارد که می‌تواند به دلیل واداشت باد شمال و چرخند جبهه‌ای، پس از ورود جبهه سرد و برش باد سطحی می‌باشد. در ۱۵ام جولای، به علت عبور و واداشتهای چرخند جبهه‌ای روی محدوده کوه‌های زاگرس، امکان انتقال و صعود حجم زیادی از غبار از کوه‌ها فراهم شده است. در ۱۶ام جولای، به دلیل حضور چرخند جبهه‌ای روی مرکز ایران، توده غبار در مسافتی طولانی از جبهه به این منطقه وارد شده و پهنه وسیعی را پوشش داده است. به عبارت دیگر بعد از عبور چرخند جبهه‌ای و انتقال توده غبار، عراق غلظت بسیار کمتری از غبار را تجربه کرده است که در شکل ملاحظه می‌شود. شکل ۲ روند دید افقی و غلظت روزانه غبار در خلال طوفان را در چهار ایستگاه سینوپتیکی کرمانشاه، بندرعباس، تبریز و تهران را نشان می‌دهد. توزیع گردوغبار تفسیر شده توسط تصویر مری سنجنده مودیس بطور کامل با توزیع مکانی غلظت گردوغبار شبیه‌سازی شده توسط مدل WRF-Chem انطباق دارد (شکل ۵). همانطور که در شکل دیده می‌شود، الگوی فشاری باد شمال هنوز در روز ۲ جولای فعال است و همین مسئله باعث نشر قابل توجه

¹³Shamal Wind

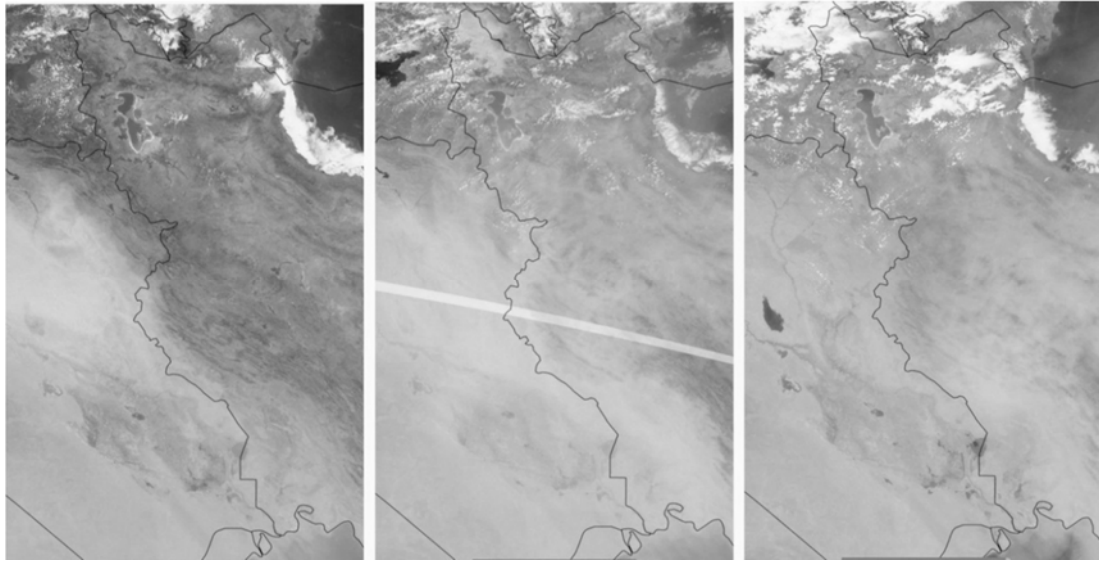
¹⁴Frontal Cyclone

¹⁵Postfrontal Dust Storm

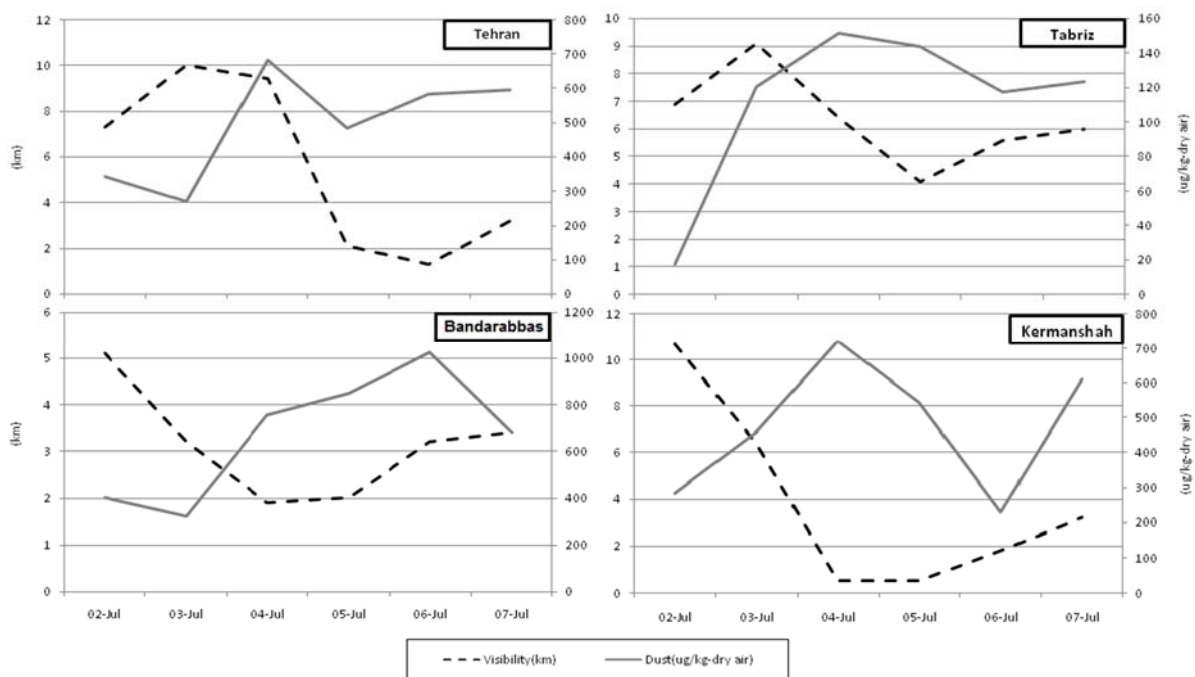
شده و در روز ۴ جولای، الگوی فشاری باد شمال بوسیله واداشت چرخند جبهه‌های تغییر شکل یافته، و این مسئله باعث نشر حجم عظیمی از غبار روی بخش‌های شمالی عراق و سوریه شده است و در ۶ جولای چرخند جبهه‌ای در مرکز ایران همراه با انتقال قابل ملاحظه غبار را باعث شده است. در ۸ جولای الگوی فشاری باد شمال دوباره فعال شده است و توده غبار ایران مرکزی را ترک کرده است.



شکل ۳. نقشه همیدی شبیه سازی شده در ساعت ۰۰ UTC، روز ۳۰ام، ماه جوئن (چپ) و ۰۰ UTC، روز ۶ام ماه جولای ۲۰۰۹ (راست) (نقشه ها از بالا به پایین به ترتیب مربوط به ترازهای سطح دریا، ۸۵۰، ۵۰۰ و ۳۰۰ هکتوپاسکال هستند)

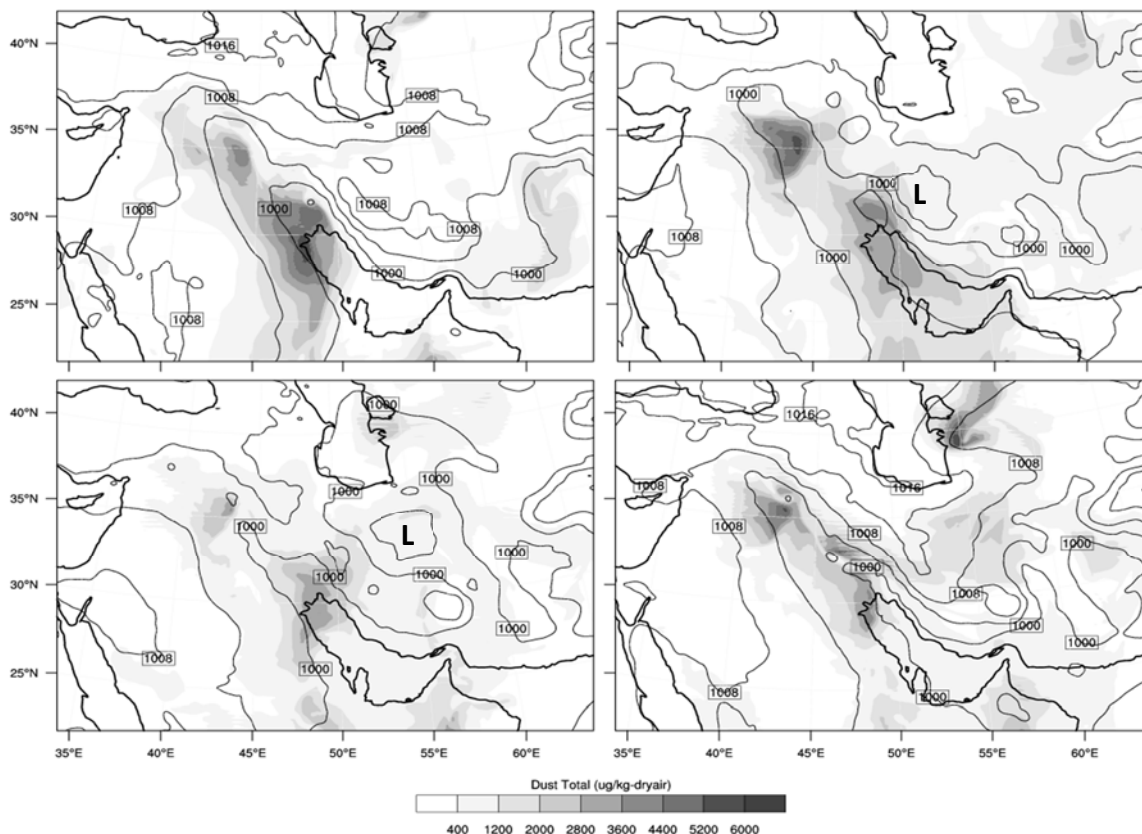


شکل ۴. تصاویر مرئی سنجنده مودیس (VIS, 0.65 μm) در میان روزهای ۴، ۵ و ۶ جولای ۲۰۰۹ (چپ به راست).



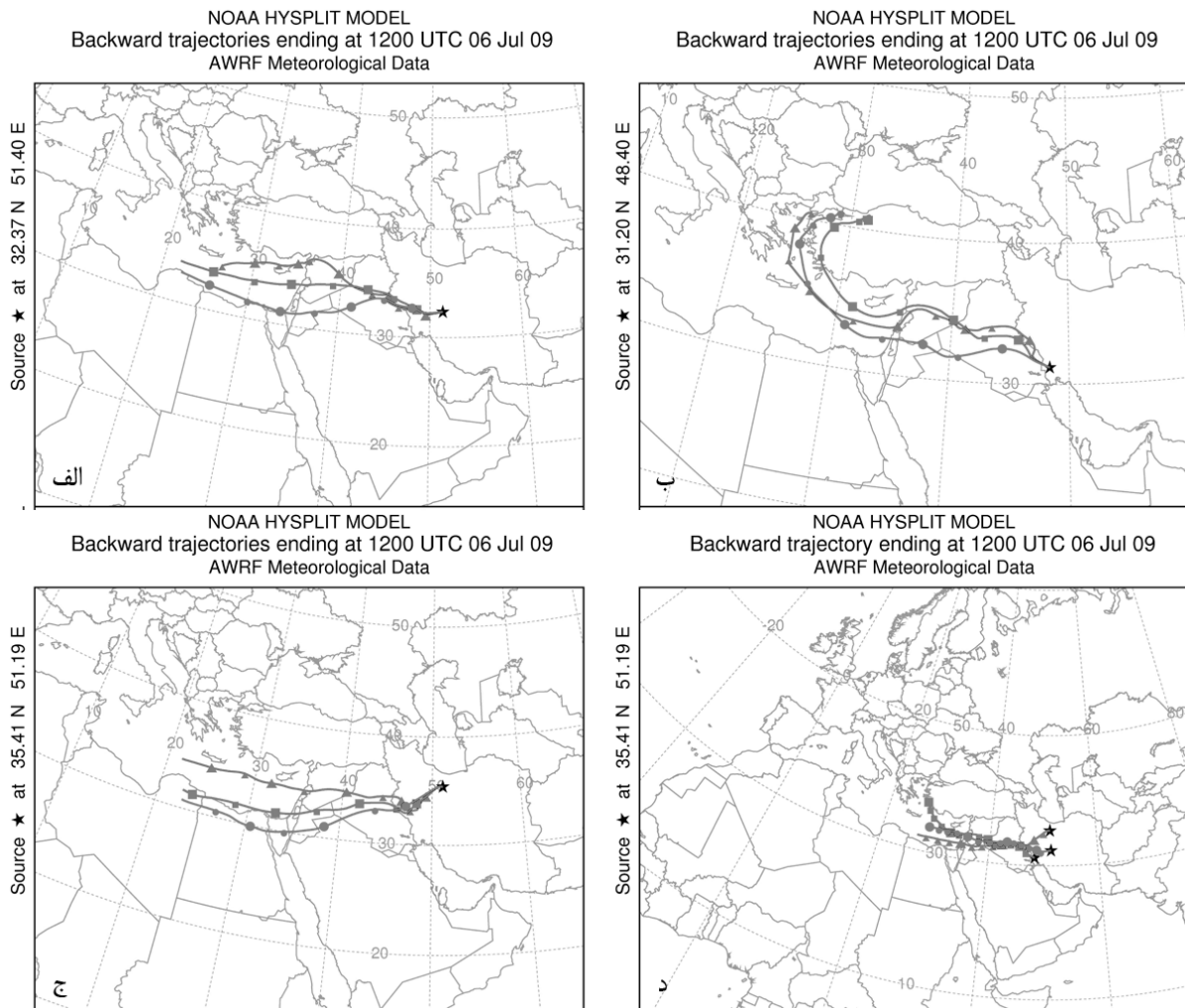
شکل ۵. رفتار غلظت غبار خطوط پر ($\mu\text{g}/\text{kg-dry air}$) و دید افقی خط چین (km) در چهار ایستگاه انتخابی.

در ادامه برای دقیق تر شدن روی مسیر انتقال، پخش و چشمه طوفان مذکور مدل HYSPLIT بکار گرفته شده است. ابتدا خروجی حاصل از مدل WRF به فرمت ورودی مدل HYSPLIT تبدیل شد. سپس مدل HYSPLIT برای دقیق تر شدن روی چشمه طوفان از روز ۶ جولای ۲۰۰۹ به صورت مسیر برگشت اجرا شد.



شکل ۵. توزیع مکانی گردوغبار شبیه‌سازی شده از مدل ($\mu\text{g}/\text{kg-dry air}$) روی همه حوضه‌ها در ساعت ۰۰ UTC، روز ۲ جولای (بالا-چپ)، ۴ جولای (بالا-راست)، ۶ جولای (پایین-چپ) و ۸ جولای (پایین-راست) ۲۰۰۹.

در ادامه برای دقیق‌تر شدن روی مسیر انتقال، پخش و چشمه طوفان مذکور مدل HYSPLIT بکار گرفته شده است. ابتدا خروجی حاصل از مدل WRF به فرمت ورودی مدل HYSPLIT تبدیل شد. سپس مدل HYSPLIT برای دقیق‌تر شدن روی چشمه طوفان از روز ۶ جولای ۲۰۰۹ به صورت مسیر برگشت اجرا شد. همانطور که اشاره شد مسیریها برای سه ایستگاه تهران، اصفهان، اهواز و در سه ارتفاع ۱۰۰، ۷۵۰، ۱۵۰۰ محاسبه شده است. بمنظور کاهش عدم قطعیت مسیریهای بدست آمده در هر ایستگاه میانگین سه ارتفاع برای هر سه ایستگاه مربوطه محاسبه شده است. شکل ۶-الف مسیریها در ایستگاه اصفهان را در سه ارتفاع ذکر شده نشان می‌دهد. همانطور که در شکل دیده می‌شود مسیریها در هر سه ارتفاع از سمت غرب کشور و با عبور از روی کشورهای عراق و سوریه وارد ایستگاه گیرنده می‌شوند. الگوی مشابهی را نیز برای مسیریها در دو ایستگاه دیگر (ایستگاه اهواز شکل ۶-ب و ایستگاه تهران ۶-ج) می‌توان مشاهده کرد. با میانگین‌گیری مسیریها در سه ارتفاع برای هر ایستگاه یک مسیر میانگین بدست آمده است که در شکل ۶-د نشان داده شده است. مکان همگرایی مسیریها در این شکل در غرب کشور و در مرز ایران و عراق دیده می‌شود که نشان دهنده وجود مکان احتمالی چشمه در نواحی پشت این نقطه می‌باشد. مناطق پشت مکان همگرایی شامل بخش‌هایی از کشورهای عراق و سوریه می‌شود که با توجه به اینکه منطقه احتمالی چشمه طوفان گردوغبار مناطق خشک و بیابانی است می‌توان عنوان کرد که مکان چشمه در بخش‌هایی از کشور عراق و سوریه می‌باشد که تصاویر ماهواره‌ای بدست آمده نیز این امر را تایید می‌کنند.



شکل ۶. مسیره‌های برگشت در سه ایستگاه اصفهان (الف)، اهواز (ب) و تهران (ج)، خطوط با نشانگرهای مختلف نشان‌دهنده ارتفاع مختلف هستند. نشانگر مثلی ارتفاع ۱۰۰، نشانگر مربعی ۷۵۰ و نشانگر دایره ای ۱۵۰۰ متر را نشان می‌دهد. (د) مسیر میانگین سه ارتفاع را در ایستگاه تهران، اصفهان و اهواز نشان می‌دهد.

نتیجه گیری

از این مطالعه می‌توان نتیجه گرفت که در اواخر تابستان، با توجه به فعالیت رژیم باد شمال روی عراق، رخداد و عبور یک چرخند جبهه‌ای عمیق خشک می‌تواند توفان گردوغبار بسیار وسیعی را در خاورمیانه تولید کند. در این مطالعه به روشی مشخص شد که استفاده از مدل WRF/Chem همراه با مدل فیزیکی GOCART، تکنیک مناسبی برای شبیه‌سازی توفان گردوغبار است. به این معنی که ساختار این مدل به صورت مطلوبی توانایی شبیه‌سازی توزیع زمانی و مکانی غبار را در طول وضعیت‌های بحرانی گرد و غباری شدید را دارد. بررسی الگوهای غلظت غبار در مراحل آغازین برخاست و فرسایش شدید نشان داد که چشمه‌های گردوغبار در عراق، بویژه حوضه‌های آبرفتی دجله و فرات پتانسیل بالایی در فرسایش شدید خاک در زمان فعالیت باد شمال تابستانی و فعالیت شدید چرخند جبهه‌ای در طول شرایط بسیار گرم و خشک دارند و ذرات سیلت و رس کوچک‌تر از ۲ میکرومتر می‌توانند به هزاران کیلومتر دورتر از چشمه‌های خود مهاجرت کنند.

کارآمدی روش آنالیز مسیر بازگشت بسته هوا توسط مدل HYSPLIT مناسب ارزیابی گردید که با توجه به نیاز کمتر به زمان پردازش می‌تواند بمنظور مکانیابی و ارزیابی چشمه‌های غبار به‌مراه روش‌های متداول سنجش از دوری مفید و کاربردی باشد.

پیشنهاد می‌شود دیگر پارامترسازی‌های فیزیکی برای نشر غبار در مطالعه میزان حساسیت شبیه‌سازی و پیش‌بینی توفان گردوغبار آزمون شود و همچنین داده‌های هواشناسی و شیمیایی تکنیک‌های مشابه با بکارگیری مشاهدات ماهواره‌ای و ایستگاهی جهت شبیه‌سازی بکارگرفته شوند.

مراجع

1. Bennion, P., Hubbard, R., O'Hara, S., Wiggs, G., Wegerdt, J., Lewis, S., Small, I., van der Meer, J. and Upshur, R. (2007). The impact of airborne dust on respiratory health in children living in the Aral Sea region. *International Journal of Epidemiology*, Vol. 36, No. 5, 1103–1110.
2. Bian, H., Tie, X., Cao, J., Ying, Z., Han, S. and Xue, Y. (2011). Analysis of a severe Dust Storm Event over china: Application of the WRF_Dust, *Aerosol Air Quality Research*, Vol. 11, 419–428.
3. Chen, F. and Dudhia, J. (2001). Coupling an advanced land-surface/hydrology model with the Penn State/NCAR MM5 modeling system. Part I: Model description and implementation. *Monthly Weather Review*, Vol. 129, No. 4, 569–585.
4. Draxler, R. R. (2006). The use of global and mesoscale meteorological model data to predict the transport and dispersion of tracer plumes over Washington, D.C. *Weather Forecast*, Vol. 21, No. 3, 383–394.
5. Draxler, R. R. and Hess, G. D. (1997). Description of the HYSPLIT_4 Modeling System: NOAA Technical Memorandum. ERL ARL-224. P1-25.
6. Ek, M. B., Mitchell, K. E., Lin, Y., Rogers, E., Grunmann, P., Koren, V., Gayno, G. and Tarpley, J. D., (2003). Implementation of Noah land surface model advances in the National Centers for Environmental Prediction operational mesoscale Eta model. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 108, No. D22, DOI:10.1029/2002JD003296.
7. Fryrear, D.W. (1981). Long-term effect of erosion and cropping on soil productivity. *Geological Society of America*, Vol. 186, 253–259.
8. Ginoux, P., Chin, M., Tegen, I., Prospero, J., Holben, B., Dubovik, O. and Lin, S.-J. (2001). Sources and distributions of dust aerosols simulated with the GOCART model. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 106, No. D17, 20555–20273.
9. Grell, G. (1993). Prognostic evaluation of assumptions used by cumulus parameterizations. *Monthly Weather Review*, Vol. 121, No. 3, 764–787.
10. Grini, A., Myhre, G., Zender, C. S. and Isaksen, I. S. A. (2005). Model simulations of dust sources and transport in the global troposphere. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 110, No. D2, DOI:10.1029/2004JD005037.
11. Hong, S. Y. (2010). A new stable boundary-layer mixing scheme and its impact on the simulated East Asian summer monsoon. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, Vol. 136, No. 651, 1481–1496.
12. Hong, S. Y., Noh, Y. and Dudhia, J. (2006). A new vertical diffusion package with an explicit treatment of entrainment processes, *Monthly Weather Review*, Vol. 134, No. 9, 2318–2341.
13. Kutiel, H. and Furman, H. (2003). Dust storms in the Middle East: Sources of origin and their temporal characteristics. *Indoor and Built Environment*, Vol. 12, No. 6, 419–426.
14. Lau, K. M., Kim, M. K., Sud, Y. C. and Walker, G. K. (2009). A GCM study of the response of the atmospheric water cycle of West Africa and the Atlantic to Saharan dust radiative forcing. *Annals of Geophysics*, Vol. 27, 4023–4037.

15. Lin, Y. L., Farley, R. D. and Orville, H. D. (1983). Bulk parameterization of the snow field in a cloud model, *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, Vol. 22, No.6, 1065–1092.
16. Membery, D.A. (1983). Low-level wind profiles during the Gulf Shamal. *Weather*, Vol. 38, No. 1, 18–24.
17. Novlan, D. J., Hardiman, M. and Gill, T. E. (2007). A synoptic climatology of blowing dust events in El Paso, Texas from 1932–2005. Preprints of the 16th Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, January 2007, San Antonio, TX, 13 pp.
18. O'Hara, S. L., Clarke, M. L. and Elatrash, M. S. (2006). Field measurements of desert dust deposition in Libya. *Atmospheric Environment*, Vol. 40, No. 21, 3881–3897.
19. Ozer, P., Laghdaf, M. B. O. M., Lemine, S.O.M. and Gassani, J. (2006). Estimation of air quality degradation due to Saharan dust at Nouakchott, Mauritania, from horizontal visibility data. *Water Air Soil Pollution*, Vol. 178, No. 4, 79–87.
20. Petzold, A., Rasp, K., Weinzierl, B., Esselborn, M., Hamburger, T. and Dornbrack, A. (2009). Saharan dust absorption and refractive index from aircraft-based observation during SAMUM 2006. *Tellus*, Vol. 61, No. 1, 118–130.
21. Prospero, J. M., Ginoux, P., Torres, O., Nicholson, S. E. and 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. *Reviews of Geophysics*, Vol. 40, No.1, DOI: 10.1029/2000RG000095.
22. Rousseau, D. D., Duzer, D., Etienne, J. L., Cambon, G., Jolly, D., Ferrier, J. and Schevin, P. (2004). Pollen record of rapidly changing air trajectories to the North Pole. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 109, No., D06, DOI: 10.1029/2003JD003985.
23. Skamarock, WC, Klemp, J., Dudhia, J., Gill, D. O., Barker, D. M., Wang, W. and Powers, J. G. (2008). A description of the advanced research WRF version 2. NCAR technical note, NCAR/TN-468+STR. Meso-scale and Microscale Meteorology Division: National Center for Atmospheric Research, Boulder, CO, USA.
24. Song, Z., Wang, J. and Wang, S. (2007). Quantitative classification of northeast Asian dust events. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 112, No. D04, DOI: 10.1029/2006JD007048.
25. Stockwell, W. R., Middleton, P., Chang, J. S. and Tang, X. (1990). The second generation regional acid deposition model chemical mechanism for regional air quality modeling, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 95, no. D10, 16343–16367.
26. Wild, O., Zhu, X. and Prather, M. J. (2000). Fast-J: Accurate simulation of in- and below-cloud photolysis in tropospheric chemical models. *Journal of Atmospheric Chemistry*, Vol. 37, No.3, 245–282.
27. Yerramilli, A., Rao Dodla, V. B., Challa, V. S., Myles, L., Pendergrass, W. R., Vogel, C. A., Dasari, H. P., Tuluri, F., Baham, J. M., Hughes, R. L., Patrick, C., Young, J. H., Swanier, S. J. and Hardy, M. G. (2011). An integrated WRF/HYSPLIT modeling approach for the assessment of PM_{2.5} source regions over the Mississippi Gulf Coast region. *Air Quality, Atmosphere, and Health*, Vol. 5, No. 4, 401–412.
28. Zaveri, R. A., Easter, R. C., Fast, J. D. and Peters, L. K. (2008). Model for simulating aerosol interactions and chemistry (MOSAIC), *Journal of Geophysical Research*, Vol. 113, No. D13, DOI: 10.1029/2007JD008792.



Quarterly Journal of
Environmental Erosion Researches
No. 12, Winter 2013, pp: 69-80
www.magazine.hormozgan.ac.ir

Numerical and Synoptical Study of Emission, Transport and Identify Potential Sources of a Severe Dust Storm Over Middle East

H. Malakooti¹, S. Babahosseini², A. Nohegar³, M. Azadi⁴, M.R. Mohammadpour⁵

- 1- *Corresponding Author: Assistant professor of Hormozgan university
- 2- M.S. student of Hormozgan university
- 3- Full professor of Tehran university
- 4- Associated professor of Iran meteorological organization
- 5- Ph.D. student of Hormozgan university

Abstract

One of the powerful tools in dust storms analysis that have recently found extensive application is atmospheric-chemistry numerical modeling. Spatial and temporal distribution of Middle Eastern dust for a severe dust event during 4-8 July 2009 was analyzed by Weather Research and Forecasting with Chemistry (WRF/Chem) model simulations and remote sensing observations. The HYSPLIT model is applied to achieve back-trajectories and identify the sources of dust storm in the other way. Analyses of simulated Weather conditions, during maximum dust concentrations in low level, were occurred with high pressure gradient and surface wind shear in present of cyclonic system. This condition was caused extreme value emission of dust and sand from alluvial plain of the Tigris and Euphrates. The simulation results were found to well reproduce spatial and temporal distribution of mineral dust concentrations according to visible images based on the high-spatial resolution NASA MODIS. HYSPLIT model results also showed that most of the back-trajectories from receptors were crossed dry desert areas of north - central Iraq and Syria. These results were also showed good agreement with that obtained from visible bands of MODIS images.

Keywords:

Dust storm, Simulation, WRF/Chem model, HYSPLIT model