نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال سوم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۵

صفحات ۱۰۲-۹۱

تحلیل همدیدی و دینامیکی پدیده گرد و غبار و شبیه سازی آن در جنوب غرب ایران در تابستان ۱۳۸۴

نسیم حسین حمزه[۱]، دانشجوی دکتری هواشناسی، پژوهشکده هواشناسی، تهران، ایران.

ابراهیم فتاحی، دانشیار اقلیم شناسی، پژوهشکده هواشناسی، تهران، ایران.

مجتبی ذوالجودی، استادیار هواشناسی، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، تهران، ایران.

پروین غفاریان ، استادیار هواشناسی، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، تهران، ایران.

عباس رنجبر، استادیار هواشناسی، پژوهشکده هواشناسی، تهران، ایران.

دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۰۷/۱۶ پذیرش نهایی:۱۳۹۴/۱۲/۲۷

چکیده

یکی از مشکلات زیست محیطی کشور ما وقوع رخداد توفانهای گردوغبار به ویژه در استانهای غربی و جنوبغرب کشور است. در این مطالعه، به بررسی توفان شدید و فراگیر مرداد ماه ۱۳۸۴ می پردازیم که در آن بخش وسیعی از کشور تحت تأثیر این توفان قرار گرفت. ملاک انتخاب روزهای گرد و غباری شاخص، گزارش گرد و غبار در اکثر ایستگاهها، حداقل دید و حداکثر تداوم می-باشد. ابتدا جدول حداقل دید افقی روزانه با کمک داده های سازمان هواشناسی در ۵ شهر غربی کشور ارائه می‌شود. سپس نقشه‌های همدیدی مربوط به این پدیده از وبگاه NOAA استخراج می‌شود و تفسیر همدیدی و دینامیکی آنها انجام می شود. سپس تصاویر سنجنده MODIS ماهواره Aqua و میانگین غلظت جرمی ذرات گردوغبار این سنجنده در پدیده مورد نظر مورد بررسی قرار می‌گیرد. سپس با کمک مدل لاگرانژی HYSPLIT مسیر ذرات گردوغبار ردیابی می‌شوند. پس از مسیریابی پس گرد ذرات گردوغبار، مناطق بیابانی کشور سوریه بعنوان کانون شکل گیری گردوغبار شناسایی شدند. در آخر، خروجی‌های غلظت گردوغبار مدل WRF-Chem مورد بررسی قرار می‌گیرد. به منظور صحت سنجی، خروجیهای مدل در شهر تبریز این خروجیها با داده‌های غلظت سازمان محیط زیست و داده‌های دید افقی سازمان هواشناسی کشور مقایسه می‌شود. نتایج خروجیهای مدل به خوبی روند افزایش گردوغبار و روز حداکثر گردوغبار را نشان می‌دهد، اما این خروجیهای غلظت گردوغبار تفاوت چشمگیری با مقادیر واقعی دارد.

واژگان کلیدی : توفان گردوغبار، مدل WRF-Chem، تصاویر ماهواره، غلظت گردوغبار، دید افقی

[۱]- نویسنده مسئول: Email: nasim_hh@yahoo.com

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.3.1.91]

مقدمه

امروزه وقوع توفان‌های شدید گردوغبار در بیشتر مناطق دنیا، به ویژه غرب و جنوب غربی آسیا سبب مختل شدن زندگی مردم و بروز خسارات شدید مالی و جانی می‌گردد. پیش بینی درست و به موقع پدیده توفان گردوغبار می‌تواند در صدور هشدارهای لازم به منظور کاهش خسارات ناشی از این پدیده‌ها مؤثر باشد. در سال‌های اخیر به دنبال تغییرات اقلیمی و همچنین تخریب‌های گستردهٔ محیط زیست ناشی از فعالیت‌ها و دخالت‌های انسانی مانند جنگ، سدسازی و غیره پدیدهٔ گردوغبار شکل و ابعاد جدیدی به خود گرفته و به صورت مشکلی جدی درآمده است. زمانی‌که سرعت باد در بیابان‌ها از حد مشخصی (۸ متر بر ثانیه) بیشتر شود با توجه به زبری عناصر سطوح، رطوبت خاک، اندازه دانه، پوشش گیاهی، بافت خاک، باندهای انرژی (نشان‌دهندهٔ چسبندگی ذرات خاک) و پستی و بلندی‌های زمین، ذرات ریز وارد جو می‌شوند و تولید گرد و غبار می‌کنند.(Xuan et al,۲۰۰۱)

توفان‌های گردوغبار به طور عمده در مناطق خشک و نیمه خشک که دارای خاک مستعد فرسایش بادی است رخ می‌دهد. این توفان‌ها علاوه بر این که عامل مهمی در هدر رفت مقدار قابل توجهی از خاک سطحی مناطق مرکزی ایران محسوب می‌شوند، می‌توانند باعث تهدید زندگی انسان هم از نظر سلامتی و هم تولیدات غذایی باشد. بررسی منابع و عوامل تولید آن و نحوهٔ پراکنش مکانی آن موضوع مهمی در مطالعات اخیر است. توفان گردوغبار از پدیده‌های مخرب اقلیمی است که همه ساله خسارت‌های جبران‌ناپذیری به سلامتی انسان و دام، مزارع، تأسیسات مسکونی و صنعتی و جاده‌ها وارد می‌کند. این پدیده متأثر از شرایط جوی است که در صورت بررسی دقیق، می‌توان آسیب‌های آن را کاهش داد. (Engelstaedter et al , ۲۰۰۶) لذا بررسی سینوپتیکی و دینامیکی توفانهای گردوغبار و شبیه‌سازی آنها در تعیین روش‌های پیش بینی و کنترل آن نقش بسزایی دارد.

ذوالفقاری و همکاران به بررسی منشأ گردوغبار در غرب ایران در یک دوره ۵ ساله پرداخته اند و مهمترین منابع تولیدکنندهٔ گردوغبار غرب ایران را صحراهای کشور سوریه، صحرای نفوذ در شمال شبه جزیره عربستان و صحرای کبیر آفریقا دانسته‌اند(ذوالفقاری و همکاران،۱۳۸۴). لشکری و همکاران به تحلیل آماری و سینوپتیکی گردوغبار در استان خراسان رضوی در بازه زمانی ۱۴ ساله پرداخته‌اند. وجود کم‌فشار در جنوب خراسان و کشور افغانستان و پرفشار بر روی دریای خزر موجب گرادیان فشاری شدیدی در منطقه می‌شود که همراه شدن آن با گرادیان دمایی موجب ایجاد بادهای شدید و به وجود آمدن توفانهای گردوغباری در این منطقه می‌شود(لشکری و همکاران، ۱۳۸۷).

مدل‌های زیادی به منظور پیش‌بینی غلظت ذرات معلق و چگونگی انتشار و نهشت آنها ارائه شده است (Nickovic، ۲۰۰۱ ؛ Woodward , ۲۰۰۱؛ Colarco et al, ۲۰۰۹ ؛ Zakey et al,۲۰۰۶). از آنجایی که در این مدل‌ها برای شناسایی مناطق گسیل و نهشت گردوغبار علاوه بر داده‌های هواشناسی، داده‌های آماری زیادی از جمله جنس خاک و پوشش گیاهی مورد نیاز است، امکان دارد یک مدل در برخی مناطق به خوبی عمل کرده و در برخی دیگر به خوبی عمل نکرده باشد. بنابراین بررسی یک مدل در یک منطقه و مقایسه خروجی‌های آن با داده‌های مشاهداتی می‌تواند در ارزیابی آن برای پیش‌بینی توفان‌های گردوغبار بسیار مفید باشد.

یکی از مشکلاتی که در بررسی پدیده‌های گردوغبار همواره وجود داشته عدم دسترسی به داده‌هایی با دقت مکانی مناسب و در بازه‌های زمانی قابل قبول است. اگرچه سازمان هواشناسی جهانی[۱] در سال‌های اخیر با توسعه شبکه AERONET و استفاده از فوتومترهای خورشیدی سعی در جبران این کمبود کرده است، ولی همچنان گستردگی این شبکه به ویژه در منطقه کشور ما با

۱ .WMO

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.3.1.91]

توجه به حوادث شدید توفان‌های گردوغبار و وسعت منطقه، بسیار کم است همچنین محدودیت اصلی این داده‌ها عدم دسترسی به آنها تحت شرایط آسمان ابری و در طول شب است. امروزه استفاده از داده‌های ماهواره نیز به منظور محاسبه کمیت‌های مربوطه مورد استفاده قرار می‌گیرد که البته آن نیز دارای محدودیت و خطاهایی است. یکی دیگر از روش‌های مورد استفاده برای تعیین میزان غلظت گردوغبار استفاده از روابط تجربی برای محاسبه آن از طریق داده‌های دید افقی گزارش شده از ایستگاه‌ها است که در مطالعات زیادی از جمله مک تانش(McTainsh,۲۰۰۱)، شائو و همکاران(Shao,۲۰۰۳) و رضازاده و همکاران (Rezazadeh,۲۰۱۳) بکار رفته است.

در این مقاله به بررسی توفان گردوغبار ۱۶ تا ۲۰ مرداد ماه سال ۱۳۸۴ پرداخته‌ایم. ضمن بررسی داده‌های ماهواره و شرایط همدیدی حاکم بر منطقه، مدل WRF-Chem را در این دوره زمانی اجرا کردیم و خروجی های آن را با داده‌های غلظت بدست آمده از داده‌های غلظت سازمان محیط زیست کشور در یک ایستگاه مقایسه کردیم.

داده‌ها و روش کار

ابتدا با استفاده از داده‌های سایت NOAA با دقت ۲.۵ درجه، توفان گردوغبار روزهای ۱۶ تا ۲۰ مرداد ماه سال ۱۳۸۴ از دیدگاه همدیدی بررسی می‌شود، سپس به منظور شناسایی چشمه گردوغبار در این توفان تصویر ماهواره MeteoSat۷ و خروجی مدل Hysplit که داده‌های هواشناسی مورد نیاز برای اجرای آن داده‌های GDAS با دقت ۰.۵ درجه است را بدست می‌آوریم.

مدل WRF-Chem برای شبیه‌سازی توفان گردوغبار اجرا شده و داده‌های FNL با دقت ۱ درجه برای شرایط اولیه و مرزی آن بکار گرفته می‌شود. در ادامه برای بررسی این پدیده از دیدگاه تاوایی، دو کمیت تاوایی نسبی و فرارفت آن را که با استفاده از داده‌های NOAA محاسبه شده مورد مطالعه قرار می‌دهیم و به مقایسه آن با خروجی مدل می‌پردازیم. سرانجام برای راستی‌آزمایی نتایج مدل به مقایسه سری زمانی غلظت گردوغبار ایستگاه تبریز با استفاده از داده‌های گرفته شده از سازمان محیط زیست ایران با خروجی مدل می‌پردازیم.

مدل WRF_Chem برای شبیه‌سازی غلظت و انتقال گردوغبار بکار رفته است، به عنوان بخشی از مدل WRF می باشد که همان طور که از نام آن مشخص است، کاربرد اصلی آن در بررسی شیمی جو می باشد. از این مدل می توان به منظور شبیه سازی و پیش‌بینی غلظت ذرات معلق موجود در جو ناشی از مکانیسم های طبیعی، فعالیت‌های بشری(آلاینده ها) و گردوغبار در اندازه‌های مختلف، نحوهٔ انتشار و نهشت آنها استفاده کرد. همچنین اثرات مستقیم ذرات معلق به طور مثال بر بودجه تابشی جو و اثرات غیر مستقیم آنها بر میکروفیزیک ابرها قابل بررسی است.

مدل WRF_Chem برخلاف بیشتر مدل‌های مشابه، نیازی به جفت شدن با یک مدل جوی و یا وارد کردن پارامترهای جوی ندارد و به صورت روی خط پارامترهای جوی را نیز محاسبه می‌کند، بنابراین علاوه بر پارامترهای مرتبط با شیمی جو، پارامترهای جوی از قبیل باد در سطوح مختلف، فشار و ارتفاع ژئوپتانسیلی را نیز به عنوان خروجی مدل ارائه می‌دهد. اطلاعات کامل در ارتباط با مدل در کارهای گرل و همکاران(Grell,۲۰۰۵) و فست و همکاران(Fast,۲۰۰۶) ارائه شده است. در این مطالعه طرحوارهٔ گسیل ذرات معلق GOCART [۱] تنها با در نظر گرفتن ذرات معلق گردوغبار استفاده شده است. این طرحواره، چشمه‌های پتانسیلی

۱.Goddard Global Ozone Chemistry Aerosol Radiation and Transport

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.3.1.91]

گردوغبار را بر پایه کسر قابل فرسایش در نظر می‌گیرد(Cavazos Guerra ،۲۰۰۱). شار گردوغبار قائم از سطح به صورت زیر محاسبه می‌گردد(Ginoux et al ,۲۰۰۴،۲۰۰۱).

$$F = cSs_p u_{10}^2 . (u_{10} . - u_{tp})\ u_{10} . > u_{tp} \quad (1)$$

که c یک ثابت تجربی و برابر $\frac{\mu g s^2}{m^5}$ ۱.۹ در نظر گرفته شده، u_{10}. سرعت باد ۱۰ متری، u_{tp} سرعت آستانه برای فرسایش بادی سایز ذره p است که در سرعت‌های پایین تر از آن هیچ گسیلی صورت نمی‌گیرد. s_p کسر هر دسته اندازه گردوغبار و S کسر نشست تجمعی در مناطقی که سطوح قابل فرسایش کمی دارند، می باشد(Chin et al، ۲۰۰۳). مهمترین عامل عدم قطعیت در گسیل گردوغبار، سرعت آستانه است(Ginoux et al ۲۰۱۲,). علاوه بر سرعت آستانه، میزان رطوبت سطحی نیز باید از مقدار آستانه ۰.۵ کمتر باشد، زیرا افزایش رطوبت سطحی، سبب افزایش چسبندگی ذرات خاک می‌شود(Tegen ،۲۰۰۳). در این طرحواره ۵ سایز مختلف برای ذرات خاک با شکل ایده ال کروی با سایز ۰.۱ تا ۱۰μm در نظر گرفته شده است. شعاع‌های موثر ذرات عبارتند از: ۰/۷۳، ۱/۴، ۲/۴، ۴/۵ و ۸ μm که کلیه محاسبات برای هر یک از آنها انجام می‌شود.

ذرات گردوغبار می‌توانند توسط فرارفت یا انتشار پیچکی منتقل شده و از طریق نهشت خشک یا تر از بین روند. نهشت خشک شامل نهشت گرانی است که تابعی از سایز ذرات، وشکسانی هوا، نوع سطح و پایداری جو است(Wesely et al،۱۹۸۹). طرحواره نهشت تر شسته شدن ذرات توسط بارش را در نظر می‌گیرد(Balkanski et al, ۱۹۹۳).

شرح و تفسیر نتایج

در جدول ۱ حداقل دید افقی برای پنج شهر ایلام، بوشهر، آبادان، دزفول و اهواز واقع در غرب و جنوبغربی ایران با استفاده از داده‌های دید افقی ۳ ساعته سازمان هواشناسی در تاریخهای ۱۶ تا ۲۰ مرداد ماه ۱۳۸۴ نشان داده شده است که در روز ۱۷ و ۱۸ مرداد این کمیت به حداقل می‌رسد.

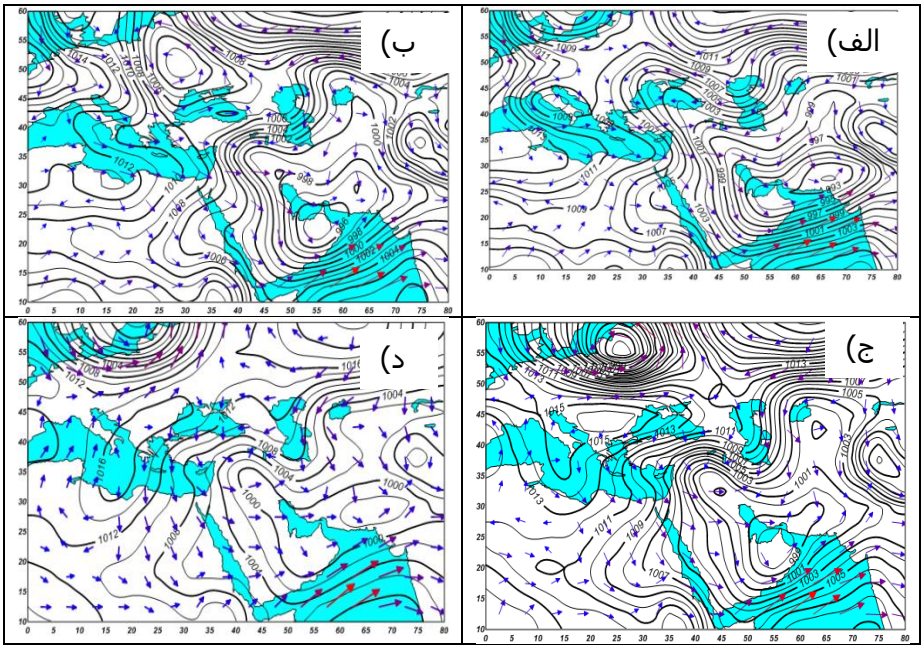
جدول۱: حداقل دید افقی روزانه در شهرهای مختلف غرب و جنوب غرب ایران بین ۱۶ تا ۲۰ مرداد ماه ۱۳۸۴

تاریخ	ایلام	بوشهر	آبادان	دزفول	اهواز
۱۳۸۴/۰۵/۱۶	۵۰۰۰ متر	۵۰۰۰ متر	۱۵۰۰ متر	۳۰۰۰ متر	۱۰۰۰متر
۱۳۸۴/۰۵/۱۷	۲۰۰ متر	۵۰۰ متر	۴۰۰ متر	۱۰۰ متر	۱۰۰ متر
۱۳۸۴/۰۵/۱۸	۵۰۰ متر	۱۰۰۰ متر	۸۰۰ متر	۱۰۰ متر	۸۰۰ متر
۱۳۸۴/۰۵/۱۹	۵۰۰ متر	۲۰۰۰ متر	۸۰۰۰ متر	۱۰۰۰ متر	۳۰۰۰ متر
۱۳۸۴/۰۵/۲۰	۸۰۰ متر	۳۰۰۰ متر	۶۰۰۰ متر	۴۰۰۰ متر	۷۰۰۰ متر

شکل ۱ نقشهٔ میانگین فشار سطح دریا و باد ۱۰ متری را در روزهای ۱۶ تا ۱۹ مرداد ۱۳۸۴ ساعت ۱۲UTC نمایش می‌دهد. در روز ۱۶ مرداد یک مرکز کم‌فشار بر روی جنوب شرقی ایران تشکیل شده که زبانه‌های آن تا شمال غربی ایران و دریای سیاه کشیده شده است. همچنین یک مرکز پرفشار بر روی اروپا واقع شده که تا مناطق غربی مدیترانه را نیز در برگرفته است به گونه‌ای که گرادیان فشاری شدیدی بر روی کشور سوریه و غرب عراق مشاهده می‌شود که سبب وزش بادهای شدید در مناطق خشک و مستعد گسیل گردوغبار واقع در این منطقه می‌گردد. در روز ۱۷ مرداد مرکز کم‌فشار تضعیف شده و اندکی به سمت غرب جابه‌جا

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.3.1.91]

شده است و سامانهٔ پرفشار تقویت شده و به سمت شرق حرکت کرده است و زبانه‌های آن تا شرق مدیترانه رسیده است. همچنین وزش بادهای غربی سبب ورود گردوغبار به مناطق غربی ایران می‌شود. در روز ۱۸ مرداد، سامانهٔ کم‌فشار همچنان سراسر ایران را دربرگرفته و مرکز پرفشار واقع بر اروپا به سمت شمال جابه‌جا شده است. در روز ۱۹ هر دو سامانهٔ کم‌فشار و پرفشار تضعیف شده و اندکی به سمت شرق جابه جا شده اند.

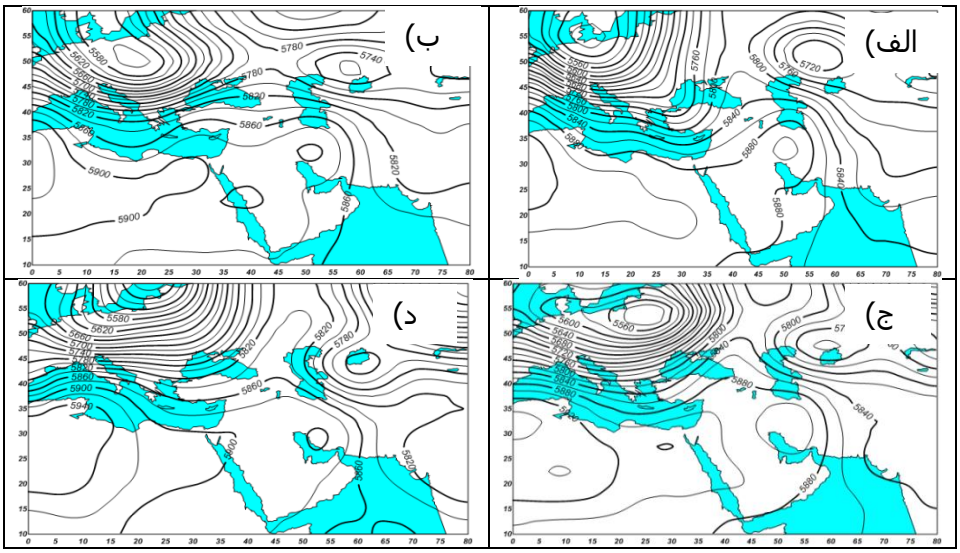


شکل ۱. نقشهٔ میانگین فشار سطح دریا و باد ۱۰ متری را در روزهای ۱۶ تا ۱۹ مرداد ۱۳۸۴ ساعت ۱۲UTC

در روز ۱۶ مرداد یک مرکز پرارتفاع از سمت جنوبغربی وارد ایران شده و سراسر کشور را در بر می‌گیرد. همچنین یک ناوهٔ عمیق بر روی اروپا واقع شده که زبانه‌های آن تا جنوب دریای مدیترانه کشیده شده است به گونه‌ای که کشورهای عراق و سوریه در جلوی محور تراف واقع شده‌اند، بنابراین تحت تأثیر حرکات صعودی قرار گرفته که سبب برخاستن گردوغبار تا ارتفاعات بالای جو می‌شود. در روز ۱۷ مرداد سامانهٔ پرارتفاع همچنان بر روی ایران قرار دارد و ناوهٔ بر روی اروپا به سمت شرق جابه‌جا شده است. همچنین بر روی شرق مدیترانه و کشورهای عراق و سوریه تراف کوچکی مشاهده می‌شود که شرق عراق و غرب ایران در جلوی محور آن قرار دارند. در روز ۱۸ مرکز پرارتفاع بر روی ایران تضعیف شده و تراف واقع بر روی اروپا اندکی به سمت شرق جابه‌جا شده است. در روز ۱۹ سامانهٔ پرارتفاع تضعیف شده و ناوهٔ بر روی اروپا به سمت عرضهای بالاتر حرکت کرده است.

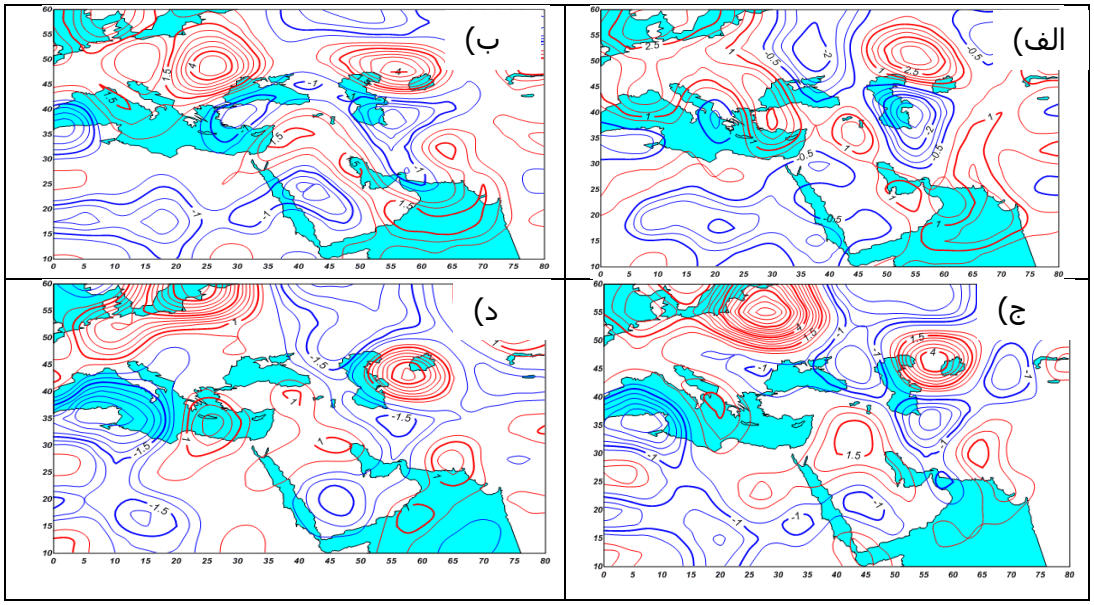
[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.3.1.91]



شکل ۲. نقشه ارتفاع ژئوپتانسیلی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکالی در ساعت ۱۲UTC روزهای ۱۶ تا ۱۹ مرداد ۱۳۸۴

مولفهٔ قائم تاوایی نسبی در شکل ۳ نشان داده شده است. یک مرکز تاوایی مثبت بر روی شرق مدیترانه و کشور ترکیه قرار گرفته است و مرکز تاوایی مثبت دیگری نیز بر روی کشور عراق و سوریه مشاهده می‌شود که نشاندهندهٔ وجود حرکات صعودی در بیابانهای واقع در کشور سوریه و غرب عراق است. همچنین یک مرکز تاوایی منفی بر روی ایران واقع شده که بیانگر حرکات نزولی بر کشور ما است. در روز ۱۷ مرکز تاوایی مثبت گسترده شده و جنوبغربی ایران را نیز پوشش می‌دهد. همچنین تاوایی منفی واقع بر مرکز ایران، نشاندهندهٔ حرکات نزولی و نشست گردوغبار در این مناطق است. در روز ۱۸ همچنان دو مرکز تاوایی مثبت و منفی در غرب و مرکز ایران مشاهده می‌شوند. در روز ۱۹ مرکز تاوایی مثبت بر روی کشورهای سوریه و عراق تضعیف شده و مرکز تاوایی منفی که معرف حرکات نزولی و نشست گردوغبار است اندکی به سمت شرق جابه‌جا شده است.

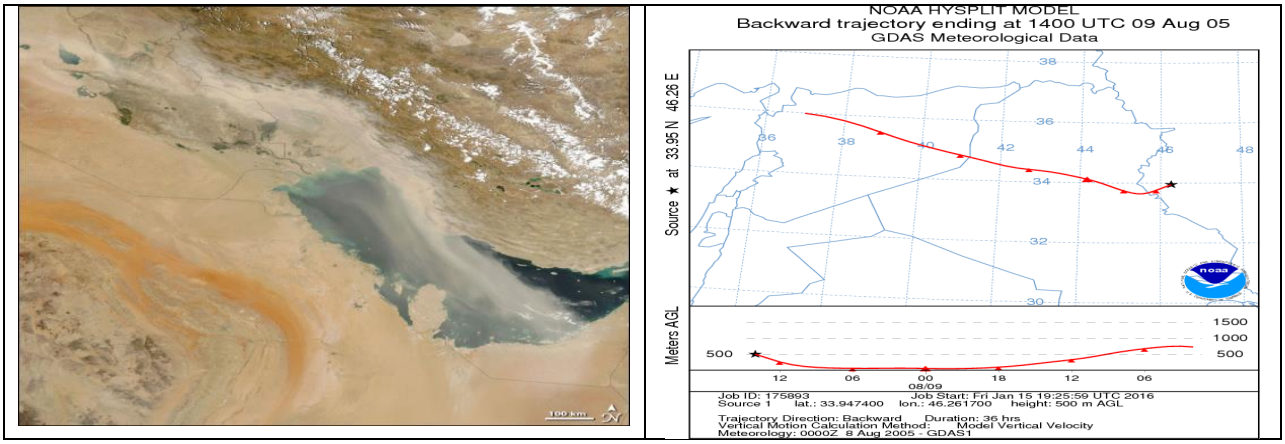


شکل ۳. تاوایی نسبی تراز ۷۰۰ هکتوپاسکالی در روزهای ۷ تا ۱۰ آگوست ۲۰۰۵ ساعت صفر و ۱۲

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]

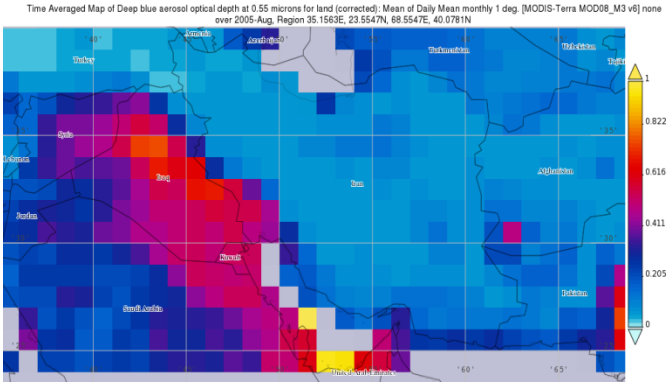
[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.3.1.91]

در شکل ۴ الف خروجی مدل HYSPLIT به روش Backward که برای روز ۱۷ مرداد ماه سال ۱۳۸۴ اجرا شده، نمایش داده شده است و در شکل ۴ ب تصویر مدیس روی ماهواره آکوا در روز ۱۷ مرداد ۱۳۸۴ مشاهده می‌شود. خروجی مدل و تصویر ماهواره نشان می‌دهند که گسیل گردوغبار از سوریه صورت گرفته است و به تدریج ذرات گردوغبار به داخل ایران نفوذ کرده و به سمت غرب و جنوبغربی حرکت کرده‌اند.



شکل ۴: الف) اجرای مدل HYSPLIT به روش Backward در روز ۱۸ مرداد ۱۳۸۴ ساعت ۱۴ ب) تصویر مدیس روی ماهواره آکوا در روز ۱۷ مرداد ۱۳۸۴

در شکل ۵ میانگین عمق نوری در روزهای ۱۶ تا ۲۰ مرداد در شرق سوریه، کشور عراق و جنوبغربی ایران دارای مقادیر قابل توجهی است که نشاندهندهٔ مقادیر بالای غلظت گردوغبار در این مناطق می‌باشد.

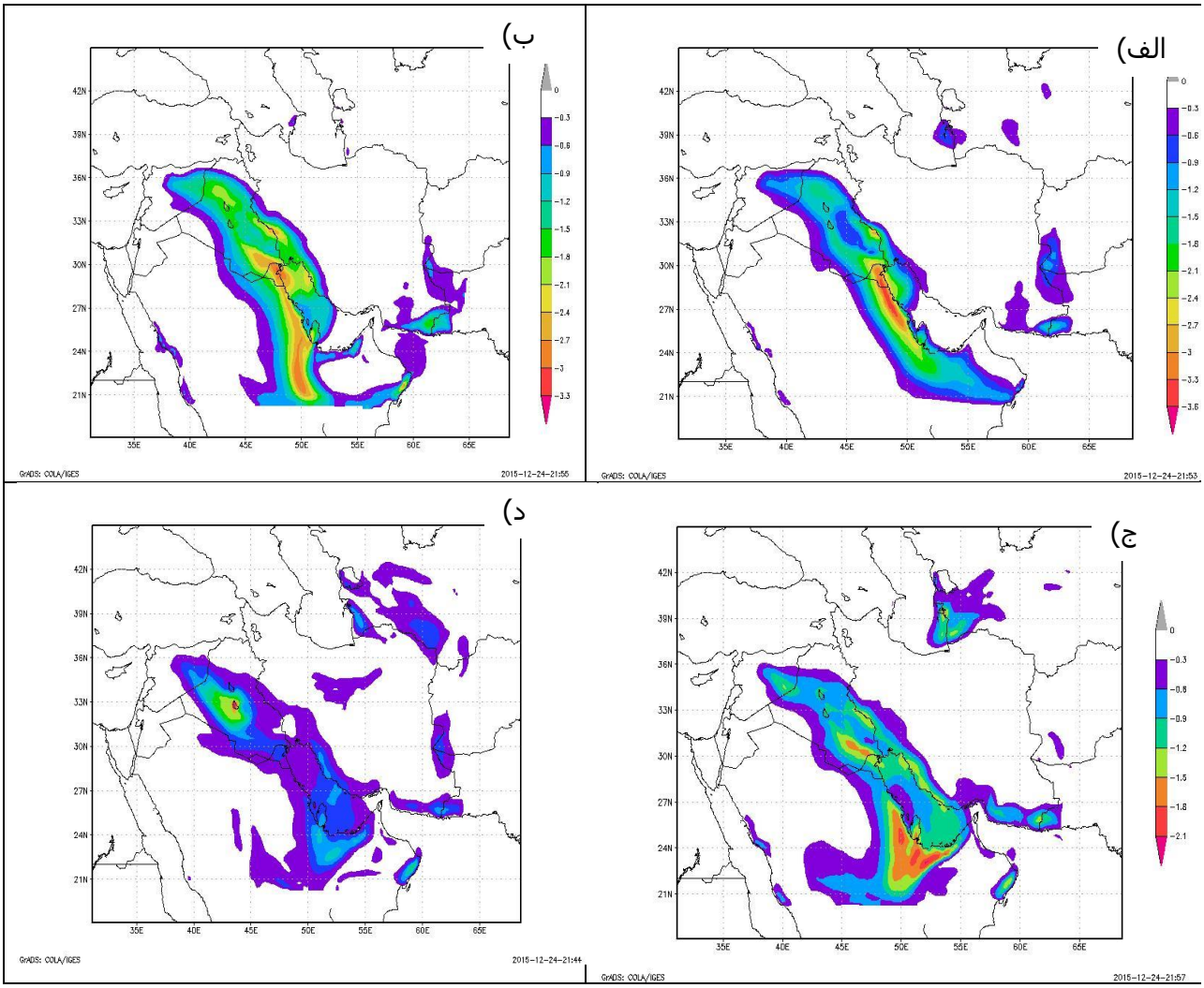


شکل ۵: میانگین عمق نوری بدست آمده از داده‌های MODIS ماهواره Aqua در کانال ۵۵۰nm برای روزهای ۱۶ تا ۲۰ مرداد ۱۳۸۴

شکل ۷ نشست گرانشی کل خروجی مدل در ساعت دوازده روزهای ۱۶ تا ۱۹ مرداد نشان داده شده است. در روز ۱۶ مرداد بیشترین میزان نشست گرانشی گردوغبار بر روی شرق سوریه، عراق و جنوبغربی ایران مشاهده می‌شود. با گذشت زمان در روز ۱۷ مرداد، میزان نشست گرانشی بر روی عراق و سوریه افزایش یافته است و مناطق بیشتری از جنوبغربی ایران را در برگرفته است. در روز ۱۸ مرداد گستردگی مناطقی که تحت تأثیر نشست گرانشی گردوغبار در ایران قرار گرفته‌اند افزایش یافته است و به طور کلی

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.3.1.91]

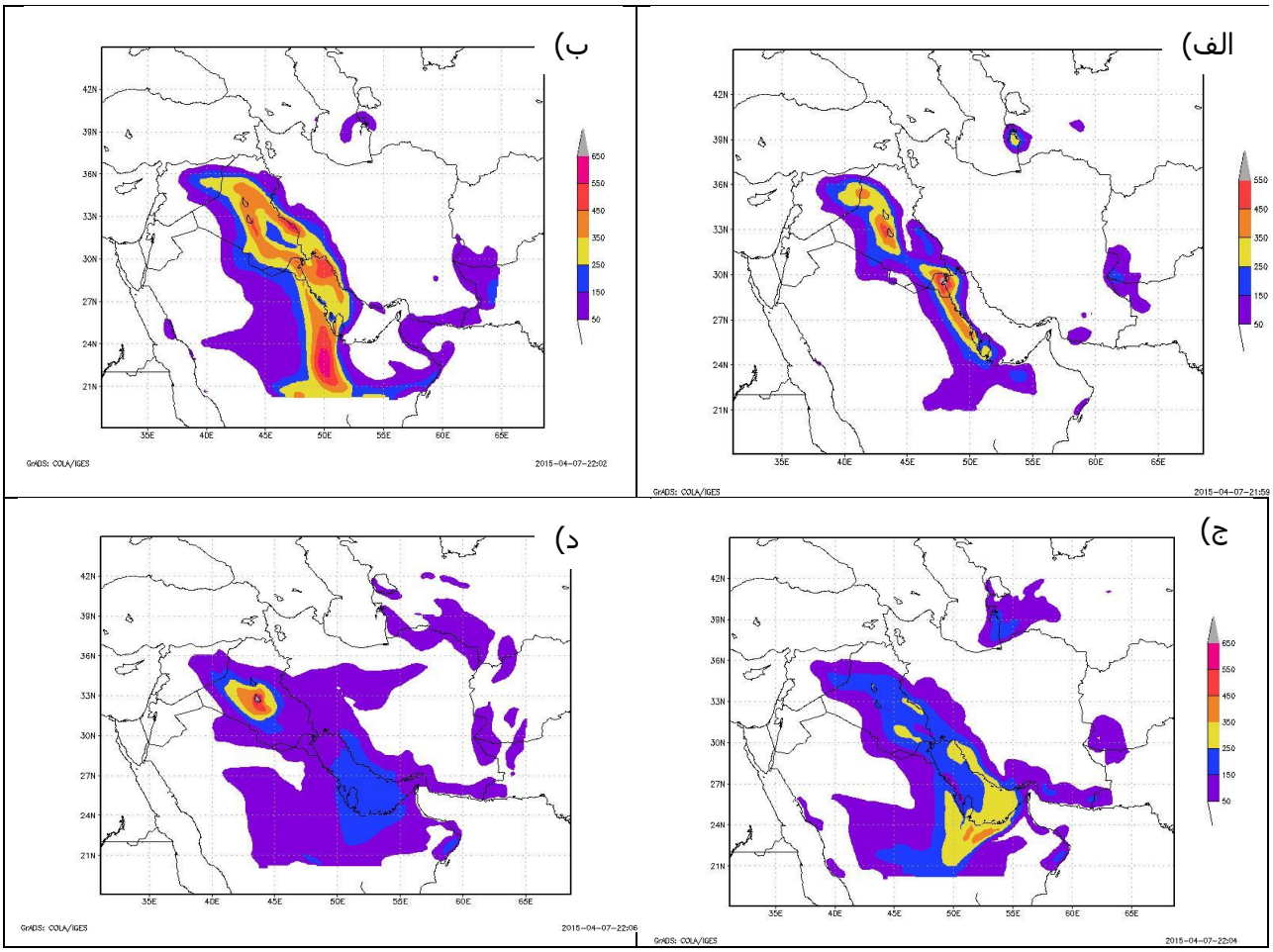
سواحل شمالی خلیج فارس دارای مقادیر قابل توجهی نشست گرانشی گردوغبار می باشند. در روز ۱۹ مرداد، گرچه مقادیر نشست گرانشی گردوغبار کمتر شده است ولی بخشهایی از مناطق مرکزی ایران را نیز تحت تأثیر قرار داده است.



شکل ۶) نشست گرانشی کل ($\frac{\mu g}{kg(dry\ air)}$) خروجی مدل WRF-Chem در ساعت ۱۲ روزهای۱۶ تا ۱۹ مرداد ماه سال ۱۳۸۴

در شکل ۷ غلظت گردوغبار کل خروجی مدل در ساعت دوازده روزهای ۱۶ تا ۱۹ مرداد نشان داده شده است. در روز ۱۶ مرداد (شکل الف) ذرات گردوغبار تولید شده در کشور سوریه و عراق وارد ایران شده و غرب و جنوبغرب ایران را تحت تاثیر قرار می‌دهد. در روز ۱۷ مرداد (شکل ب) غلظت ذرات بر روی استانهای ایلام و خوزستان افزایش یافته است که با داده‌های دید افقی سازمان هواشناسی همخوانی دارد. در روز ۱۸ مرداد (شکل ج) از شدت ذرات گردوغبار به میزان قابل توجهی کاسته شده است. در روز ۱۹ مرداد شدت ذرات بسیار کم شده اما در محدودهٔ وسیعی از کشورمان گسترش یافته است و استانهای تهران، قم و سمنان را نیز تحت تأثیر خود قرار داده است.

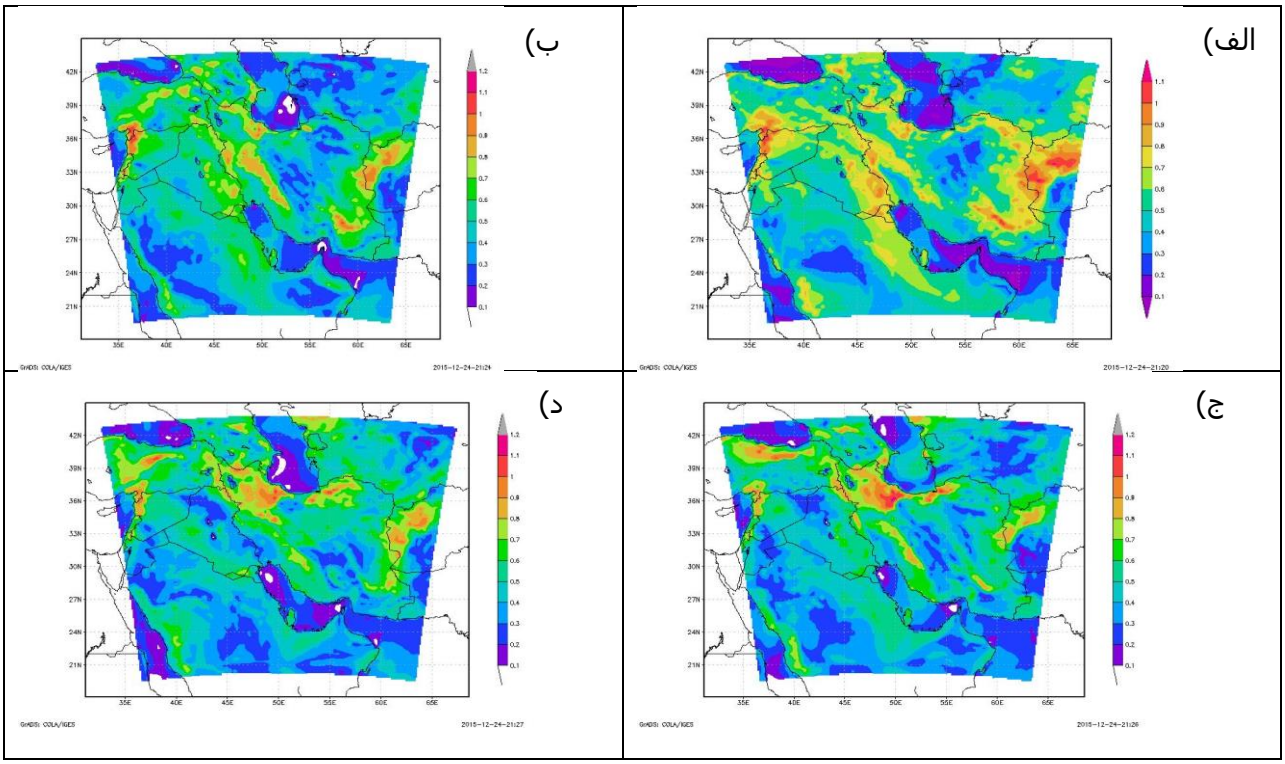
[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.3.1.91]



شکل ۷: غلظت گردوغبار کل ($\frac{\mu g}{kg(dry\ air)}$) خروجی مدل WRF-Chem در ساعت ۱۲ روزهای۱۶ تا ۱۹ مرداد ماه سال ۱۳۸۴

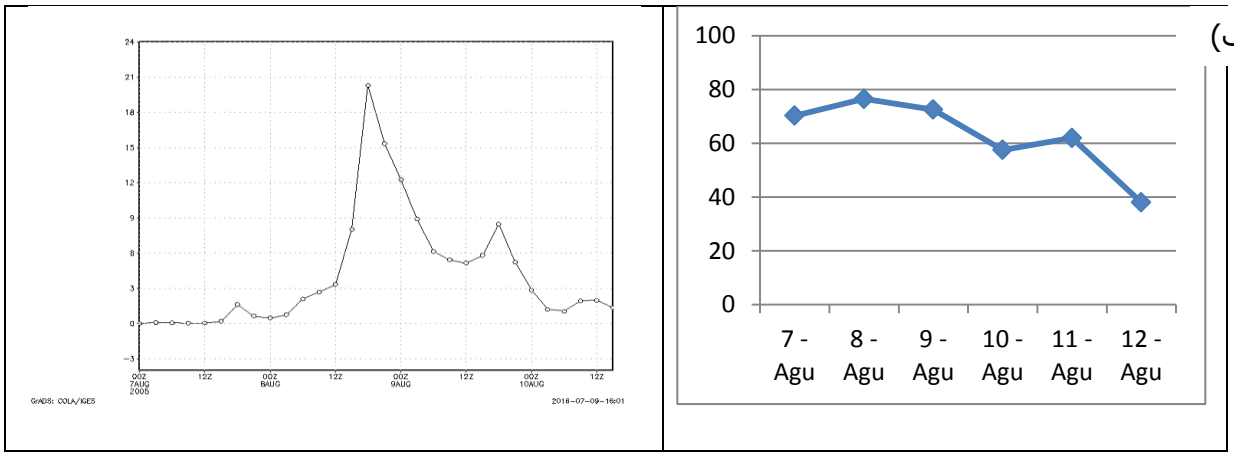
در شکل ۸ سرعت اصطکاکی خروجی مدل WRF-Chem در ساعت ۱۲ روزهای۱۶ تا ۱۹ مرداد ماه سال ۱۳۸۴ نشان داده شده است. در روز ۱۶ مرداد سرعت اصطکاکی در کشور عراق و سوریه دارای مقادیر زیادی است و ازآنجایی که هر چه سرعت اصطکاکی بیشتر باشد، میزان گسیل گردوغبار بیشتر است می توان نتیجه گرفت گسیل گردوغبار از شرق کشور در این زمان آغاز شده است. با گذشت زمان در روزهای آینده از مقادیر سرعت اصطکاکی کاسته می شود.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.3.1.91]



شکل ۸: سرعت اصطکاکی خروجی مدل WRF-Chem در ساعت ۱۲ روزهای۱۶ تا ۱۹ مرداد ماه سال ۱۳۸۴

در شکل ۹ غلظت گردوغبار کل در روزهای ۱۶ تا ۱۹ مرداد(۷ تا ۱۰ آگوست) در شهر تبریز برگرفته از میانگیری داده‌های ساعتی سازمان محیط زیست و خروجی مدل WRF-Chem رسم شده است. حداکثر غلظت داده‌های سازمان محیط زیست $\frac{\mu g}{kg(dry\ air)}$۷۸ است در حالی که این عدد برای خروجی مدل $\frac{\mu g}{kg(dry\ air)}$ ۲۱ است و مدل در تشخیص غلظت به میزان قابل توجهی دچار خطای کم برآوردی است. روز رخداد اوج غلظت گردوغبار را مدل روز سوم یعنی ۱۸ مرداد برآورد کرده است. داده های سازمان محیط زیست حداکثر غلظت را در روز ۱۷ مرداد برآورد کرده که همخوانی خوبی با داده های دید افقی سازمان هواشناسی کشور دارد. شکل منحنی غلظت کل خروجی مدل با منحنی غلظت کل سازمان محیط زیست همخوانی دارد اما اعداد کمتری را نشان می دهد و به سمت راست نیز جابه جا شده است.



شکل ۹: غلظت گردوغبار کل ($\frac{\mu g}{kg(dry\ air)}$) در روزهای۱۶ تا ۱۹ مرداد ماه سال ۱۳۸۴ در شهرتبریز الف) میانگین گیری شده از داده های ساعتی سازمان محیط زیست کشور ب)اجرای مدل WRF-Chem

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.3.1.91]

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، پدیدهٔ توفان گردوغبار روزهای ۱۶ تا ۱۹ مردادماه سال ۱۳۸۴ مورد بررسی قرار می‌گیرد که بسیاری از مناطق ایران را تحت تاثیر قرار داده است. یک سامانهٔ کم‌فشار بر روی دریای عمان قرار گرفته است که زبانه‌های آن تا شمال غرب ایران کشیده شده است. ازطرف دیگر یک مرکز پرفشار بر روی اروپا واقع شده که تا شرق مدیترانه کشیده شده است بنابراین گرادیان فشاری شدیدی بر روی کشورهای عراق و سوریه برقرار شده و منجر به وزش بادهای شدید در بیابان‌های مستعد گسیل گردوغبار واقع در شرق سوریه و غرب عراق می‌شود. در سطح ۵۰۰hpa زبانه‌های یک مرکز پرارتفاع بسیار قوی از سمت جنوب غربی وارد ایران شده و تمام مناطق کشور را پوشش می‌دهد که مانع از انتقال گردوغبار تا ترازهای بالایی جو شده و سبب معلق ماندن گردوغبار در ترازهای میانی جو می‌گردد.

تصاویر ماهواره نشان می‌دهد که مدل WRF-Chem چشمهٔ گسیل، نحوهٔ انتشار و گستردگی مناطق تحت پوشش گردوغبار را به خوبی شبیه‌سازی کرده است. مقایسه خروجی مدل با مقادیر غلظت PM۱۰ سازمان محیط زیست و داده‌های دید افقی گزارش شده از ایستگاه شهر تبریز نشان می‌دهد که مدل تغییرات روزانه غلظت را به خوبی پیش بینی می‌کند، اما میزان آن به مقدار قابل توجهی کمتر برآورد شده که می‌تواند ناشی از این باشد که مدل تنها مقادیر گردوغبار را در نظرمی‌گیرد در حالیکه وجود سایر آلاینده‌ها نیز در داده‌های دید افقی موثر است. به طور کلی می‌توان گفت که در این رخداد توفان گردوغبار مقادیر غلظت گردوغبار بویژه بیشینه‌ها، توسط مدل کمتر محاسبه شده است.

منابع

ذوالفقاری، حسن و حیدر عابدزاده.۱۳۸۴. تحلیل سینوپتیک سیستم های گرد و غبار در غرب ایران. فصلنامه جغرافیا و توسعه، **۶**: ۱۷۳-۱۸۸ .

لشکری، حسن و قاسم کیخسروی.۱۳۸۷. تحلیل آماری سینوپتیکی توفانهای گردوغبار استان خراسان رضوی در فاصله زمانی ۲۰۰۵-۱۹۹۳. فصلنامه پژوهشهای جغرافیای طبیعی، **۶۵**: ۳۳-۱۷ .

Ferreira, J.; Rodriguez, A.; Monteiro, A.; Miranda, A.; Dios, M.; Souto, J.A.; Yarwood, G.; Nopmongcol, U. and Borrego, C. ۲۰۱۲. Air quality simulations for North America - MM۵-CAMx modelling performance for main gaseous pollutants. Atmospheric Environment, **۵۳**: ۲۱۲-۲۲٤

Balkanski, Y. J.; Jacob, D. J.; Gardner, G. M.; Graustain, W. C. and Turekian, K. K. ۱۹۹۳. Transport and residence times of tropospheric aerosols inferred from a global three-dimensional simulation of ۲۱۰Pb, J. Geophys. Res. ۹۸(D۱۱), ۲۰۵۷۳-۲۰۵۸٦.

Cavazos Guerra, C. D. C.; ۲۰۱۱, Modelling the atmospheric controls and climate impact of mineral dust in The Sahara Desert . PhD Thesis. University College London.

Chin, M.; Ginoux, P.; Lucchesi, R.; Huebert, B.; Weber, R.; Anderson, T. and Thornton, D. ۲۰۰۳, A global aerosol model forecast for the ACE-Asia field experiment. J. Geophys. Res.: Atmospheres,۱۰۸(D۲۳).

Colarco, P.; da Silva, A.; Chin, M. and Diehl, T. **۲۰۰۹**, Online simulations of global aerosol distributions in the NASA GEOS-٤ model and comparisons to satellite and ground-based aerosol optical depth. J. Geophys. Res., ۱۱۵, D۱٤۲۰۷, doi:۱۰.۱۰۲۹/۲۰۰۹JD۰۱۲۸۲۰.

Fast, J. D.; Gustafson, W. I.; Easter, R. C.; Zaveri, R. A.; Barnard, J. C.; Chapman, E. G. and Peckham, S. E. ۲۰۰٦. Evolution of ozone, particulates, and aerosol direct radiative forcing in the vicinity of Houston using a fully coupled meteorology-chemistry-aerosol model. J. Geophys. Res.: Atmospheres , ۱۱۱(D۲۱).

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.3.1.91]

Ginoux, P.; Chin, M.; Tegen, I.; Prospero, J. M.; Holben, B.; Dubovik, O. and Lin, S. J. ۲۰۰۱. Sources and distributions of dust aerosols simulated with the GOCART model. J. Geophys. Res.: Atmospheres ,۱۰٦(D۱۷), ۲۰۲۵۵-۲۰۲۷۳.

Ginoux, P.; Prospero, J. M.; Torres, O. and Chin, M. ۲۰۰٤, Long-term simulation of global dust distribution with the GOCART model correlation with North Atlantic Oscillation. Environmental Modelling & Software, ۱۹(۲), ۱۱۳-۱۲۸.

Ginoux, P.; Prospero, J. M.; Gill, T. E.; Hsu, N. C. and Zhao, M. ۲۰۱۲. Global-scale attribution of anthropogenic and natural dust sources and their emission rates based on MODIS Deep Blue aerosol products. Reviews of Geophysics,۵۰(۳).

Grell, G. A.; Peckham, S. E.; Schmitz, R.; Mc Keen, S. A.; Frost, G.; Skamarock, W. C. and Eder, B. ۲۰۰۵. Fully coupled "online" chemistry within the WRF model. Atmospheric Environment, ۳۹(۳۷), ٦۹۵۷-٦۹۷۵.

Nickovic, S.; Kallos, G.; Papadopoulos, A. and Kakaliagou, O. ۲۰۰۱. A model for prediction of desert dust cycle in the atmosphere. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, ۱۰٦(D۱٦), ۱۸۱۱۳-۱۸۱۲۹.

Rezazadeh, M.; Irannejad, P. and Shao, Y., ۲۰۱۳, Climatology of the Middle East dust events. Aeolian Research, ۱۰, ۱۰۳-۱۰۹.

Shao, Y.; Yang, Y.; Wang, J.; Song, Z.; Leslie, L. M.; Dong, C. and Chun, Y. ۲۰۰۳. Northeast Asian dust storms: Real-time numerical prediction and validation. J. Geophys. Res.: Atmospheres ,۱۰۸(D۲۲).

Tegen, I. ۲۰۰۳. Modeling the mineral dust aerosol cycle in the climate system.Quaternary Science Reviews, ۲۲(۱۸), ۱۸۲۱-۱۸۳٤

Wesely, M. L. ۱۹۸۹. Parameterization of surface resistances to gaseous dry deposition in regional-scale numerical models. Atmospheric Environment , ۲۳(٦), ۱۲۹۳-۱۳۰٤.

Woodward, S. ۲۰۰۱. Modeling the atmospheric life cycle and radiative impact of mineral dust in the Hadley Centre climate model, J. Geophys. Res., ۱۰٦, D۱٦.

Zakey, S.; Solmon, F. and Giorgi, F. ۲۰۰٦. Implementation and testing of a desert dust module in a regional climate model, Atmos. Chem. Phys., ٦, ٤٦۸۷-٤۷۰٤.

Choobari, O.A.; Zawar-Reza, P. and Sturman, A. ۲۰۱۲. Feedback between windblown dust and planetary boundary-layer characteristics: sensitivity to boundary and surface layer parameterizations. Atmospheric Environment, ٦۱, pp.۲۹٤-۳۰٤.

Choobari, O.A. ; Zawar-Reza, P. and Sturman, A., ۲۰۱٤. The global distribution of mineral dust and its impacts on the climate system: A review.Atmospheric Research, ۱۳۸, pp.۱۵۲-۱٦۵.

Choobari, O.A.; Zawar-Reza, P. and Sturman, A., ۲۰۱۳. Simulation of the spatial distribution of mineral dust and its direct radiative forcing over Australia. Tellus B, ٦۵.

Alizadeh Choobari, O.; Zawar-Reza, P. and Sturman, A. ۲۰۱۲. Atmospheric forcing of the three-dimensional distribution of dust particles over Australia: A case study. Journal of Geophysical Research: Atmospheres (۱۹۸٤–۲۰۱۲), ۱۱۷(D۱۱).

Shao, Y. ۲۰۰۱. A model for mineral dust emission. Journal of Geophysical Research: Atmospheres (۱۹۸٤–۲۰۱۲), ۱۰٦(D۱۷), pp.۲۰۲۳۹-۲۰۲۵٤.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.3.1.91]