مطالعه همدیدی و طرحواره‌های گسیل مدل WRF-Chem توفان شرق کشور

محمد اصغری[1] ، امیرحسین مشکواتی[2]، عباس رنجبر سعادت‌آبادی[3]، محمد مرادی[4]

[1 و 2] گروه علوم زمین، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات m_asghari_2000@yahoo.com
[3 و 4] گروه آلودگی هوا و شیمی جوّ، پژوهشگاه هواشناسی و علوم جوّ، تهران، ایران

چکیده

در این پژوهش با استفاده از داده‌های بازتحلیل (ERA5)، برای توفان شدید خاک (7 تا 9 آگوست 2019) تحلیل همدیدی و با استفاده از مدل WRF-Chem، و طرحواره‌های مختلف گسیل شبیه‌سازی انجام شده است. در مدت توفان، با استقرار پرفشار حوالی دریای خزر و ترکمنستان و کم‌فشار فصلی حرارتی بر روی جنوب‌شرق ایران، هند و پاکستان و نفوذ هوای خنک از شمال و سپس گرادیان‌های شدید دمایی و فشاری منجر به وزش بادهای شدید می‌شوند. شبیه‌سازی نشان داد مدل، آغاز گردوخاک از جنوب‌شرق و گسیل آن به مناطق شرق را به خوبی مشخص کرد. طرحواره‌های گسیل AFWA و GOCART در شبیه‌سازی گسیل گرد و خاک، سازگاری بیشتری با مشاهدات (تصاویر RGB) دارند؛ اما طرحواره‌های SHAO، خطای قابل‌ملاحظه‌ای دارند. طرحواره AFWA، غلظت را بیشتر از مشاهدات شبیه‌سازی کرد اما روند تغییرات آن تطابق قابل‌قبولی دارد. طرحواره GOCART، ازنظر کمیت، به مشاهدات نزدیکتر است اما در زمان اوج گرد و خاک، خطای قابل‌توجهی دارد.

واژه‌های کلیدی: توفان گرد و خاک، مدل WRF-Chem، طرحواره گسیل ، جنوب‌شرق ایران، زابل

Synoptic analysis and WRF-Chem emission schemes in east of Iran dust

Mohammad Asghari [1], Amir Hossein Meshkati [2], Abbas Ranjbar Saadat Abadi [3], Mohammad Moradi [4]

[1 & 2] Department of Earth Sciences, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran
[3 & 4] Department of Air Pollution and Atmospheric Chemistry, Atmospheric Science & Meteorogical Research Center, Tehran, Iran

Abstract

In the present study, using ERA5 data, the atmospheric conditions of severe soil storms from 16 to 18 August 98 (7 to 9 August 2019) were analyzed. It is then simulated using WRF-Chem model, using different emission schemes including AFWA, GOCART, SHAO1, SHAO2, SHAO3, severe east wind. Synoptic analysis showed that during the storm, with the establishment of high pressure near the Caspian Sea and Turkmenistan and seasonal thermal low pressure over the southeastern Iran, India and Pakistan as well as the penetration of cool air from the north and the formation of temperature and pressure gradients led to winds. The simulation results showed that the model well characterized the onset of dust from the south-east of the country in Sistan and Baluchestan province and then emitted it to large areas of east and south-east. AFWA and GOCART emission schemas are more consistent with observations (RGB images), while SHAO schemas have a significant error. The AFWA schema estimates dust concentration more than observations, but the trend of changes is consistent. The GOCART scheme is closer to the observations but has a significant error at the time of the dust peak.

Keywords: : dust storm, emission scheme, WRF-Chem, simulation, Zabol.

1 مقدمه

وقوع توفان‌های شدید گرد و خاک در شرق و جنوب‌شرق به‌ویژه در سال‌های اخیر که با شدت و بسامد بیشتر اتفاق می‌افتد، خسارات زیادی را وارد می‌کند. اگر چه منشأ و سرچشمه تولید گرد و خاک معمولاً مناطق خشک، نیمه‌خشک و مناطق فاقد پوشش گیاهی مناسب و همچنین مناطق آبرفتی دارای رسوبات ریزدانه است (پروسپرو و همکاران،2002)؛ گرد و خاک معلق در جو، می‌تواند توسط گردش کلی جو به مناطق بسیار دورتر از منبع تولید خود منتقل شود (تیگن و فانگ، 1994؛ جینوکس و همکاران،2001). اولین مطالعه و استفاده از یک مدل عددی انتقال گرد و خاک چندبعدی با فیزیک کامل و در نظرگرفتن اندازه ذرات، مدل وستفال و همکاران (1987, 1988) است که شبیه‌سازی کاربردی توفان‌های خاک را ارائه دادند. از افرادی که برای گرد و خاک مدلسازی تحقیقاتی و عملیاتی انجام داده‌اند، می‌توان به زاکی و همکاران (2006) و کلارکو و همکاران (2009)، اشاره کرد.

در مطالعات داخلی، رضازاده و همکاران(1391)، شبیه‌سازی گسیل گرد و خاک با مدل WRF-Chem را با استفاده از داده‌های سطحی جدید در منطقه خاورمیانه انجام دادند و این افزایش تفکیک داده‌های سطحی، نتایج شبیه‌سازی را به میزان قابل توجهی بهبود داد. همچنین خسروسرشکی و همکاران(1392) دو طرحواره گسیل گرد و خاک مارتیکورونا-برگامتی-آلفارو و شائو2012 را با یکدیگر مقایسه کرده‌اند.کرمی و همکاران (1397)، الگوی جوی حاکم بر توفان گرد و خاک جبهه‌ای در جنوب‌غرب کشور را بررسی و شبیه‌سازی کرده‌اند.

2 روش تحقیق

در این مطالعه، توفان گرد و خاک 7 تا 9 آگوست 2019 در شرق کشور با استفاده از طرحواره‌های مختلف گسیل (AFWA، GOCART، SHAO1، SHAO2 و SHAO3) مدل WRF-Chem، شبیه‌سازی شده است. برای اجرای مدل، از داده‌های GFS با تفکیک 0/5 درجه به عنوان شرایط اولیه و مرزی استفاده شده است. سپس خروجی مدل با تصاویر ماهواره‌ای RGB، Eumetsat مقایسه کیفی می‌شود. به منظور مقایسه کمی، داده‌های دیدبانی غلظت‌سنجی PM_{10}، ایستگاه زابل و برای تحلیل همدیدی داده‌های بازتحلیل ECMWF (ERA5)، بکار گفته شده است.

طرحواره گسیل GOCART چشمه‌های بالقوه گردوخاک را بر پایه کسر فرسایش‌پذیر در نظر می‌گیرد (کاوزوس گوئروا، 2011). شار قائم گردوخاک از سطح به‌صورت زیر محاسبه می‌شود (جینوکس و همکاران، 2001, 2004).

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

که c ثابتی تجربی است و برابر $1.9\ \frac{\mu g s^2}{m^5}$ در نظر گرفته شده، u_{10} سرعت باد تراز 10 متر، u_{tp} سرعت آستانه برای فرسایش بادی ذره به اندازه p است. s_p کسر هر دسته گردوخاک و S کسر نشست تجمعی در مناطقی که سطوح فرسایش پذیر کمی دارند، می باشد (چین و همکاران، 2003). در طرحواره AFWA از سرعت اصطکاکی استفاده می‌شود که با سرعت اصطکاکی آستانه نیز در توافق است. شار جهش[1] ذرات گرد و خاک به صورت زیر محاسبه می‌شود (کاوامورا، 1951):

$$H(D_p) = C\frac{\rho_\alpha}{g} u_*^3 \left(1 + \frac{u_{*t}}{u_*}\right)\left(1 - \frac{u_{*t}^2}{u_*^2}\right) \qquad (2)$$

شائو (2004) یک طرحواره گسیل گرد و خاک با درنظر گرفتن اندازه ذرات ارائه کرد:

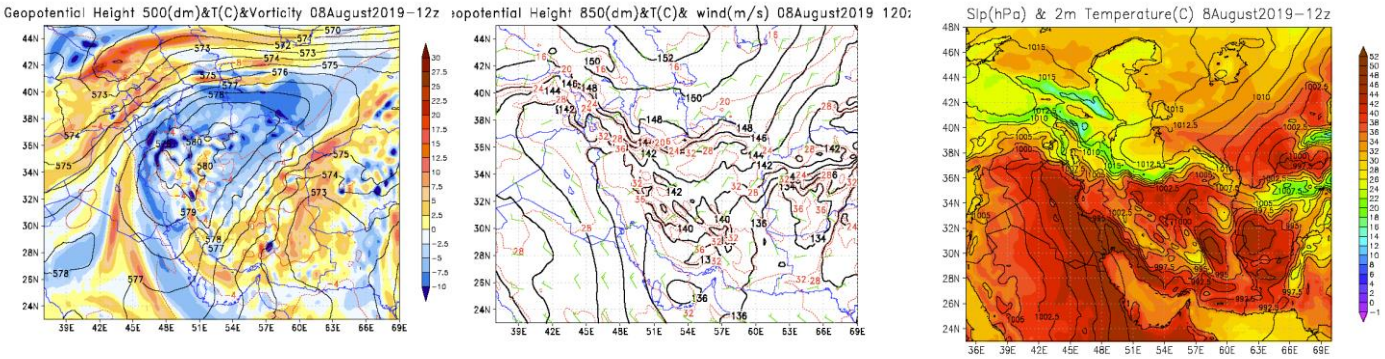
$$F(d_i d_s) = C_y \eta_f \left[(1-\gamma) + \gamma\sigma_p\right](1+\sigma_m) g \frac{Q_{ds}}{u_*^2} \qquad (3)$$

که در آن $F(d_i d_s)$: آهنگ گسیل گرد و خاک با اندازه d_i که توسط جهش ذره با اندازه d_s ایجاد می شود.

شکل1- الف، فشار تراز دریا در روز 8 آگوست 2019 (اوج توفان) را نشان می‌دهد. بر اساس این شکل، یک کم‌فشار حرارتی قوی با فشار مرکزی کمتر از 992/5 هکتوپاسکال در شرق ایران و سیستم پرفشاری با فشار مرکزی بیشتر از 1017/5 هکتوپاسکال بر روی شمال‌غرب دریای خزر مستقر شده است. با گسترش پرفشار و نفوذ زبانه آن به

[1] saltation

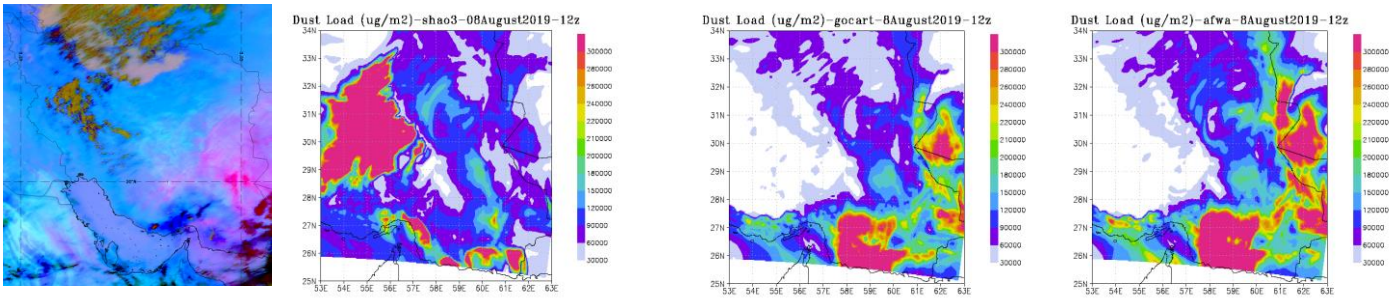
نوار شمالی گرادیان شدید فشاری ایجاد شده است. شکل 1- ب ارتفاع ژئوپتانسیلی، دما و باد تراز 850 هکتوپاسکالی را برای 8 آگوست 2019 ، نمایش می‌دهد. مرکز کم‌ارتفاع در مرز افغانستان و پاکستان در شرق ایران و با مرکز بسته کمتر از 1340 ژئوپتانسیل‌متر و مرکز پرارتفاع نیز بر فراز دریای سیاه شکل گرفته است. در تراز میانی جو، پرارتفاع جنب‌حاره‌ای همراه با تاوایی نسبی منفی و قابل‌توجه نیمه شمالی و غربی کشور را فراگرفته است (شکل 1- ج). زبانه کم‌ارتفاع و تاوایی نسبی مثبت مستقر بر روی پاکستان نیز به نواحی کشور نفوذ کرده است؛ با نفوذ تاوایی‌نسبی مثبت تراز 500 هکتوپاسکالی با مقادیر بیش از 10×10^{-5} (s^{-1}) به شرق کشور، گرد و خاک اوج گرفته است.



ج ب الف

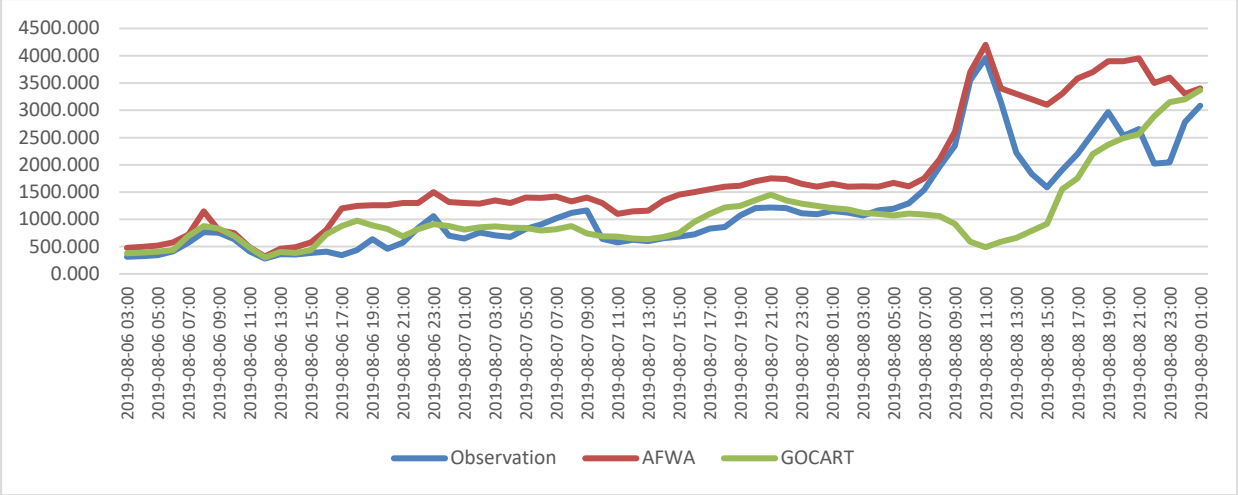
شکل 1 الف: فشار تراز دریا (هکتوپاسکال) و دمای دو متری (درجه سلسیوس)، ب: ارتفاع ژئوپتانسیلی (ژئوپتانسیل متر)، باد (متر بر ثانیه) و دما (درجه سلسیوس) در تراز 850 هکتوپاسکالی، ج: ارتفاع ژئوپتانسیل (ژئوپتانسیل متر)، دما (درجه سلسیوس) و تاوایی‌نسبی (s^{-1}) تراز 500 هکتوپاسکالی. 8 آگوست 2019 ساعت 12.

شکل‌های 2-الف، 2-ب، 2-ج به ترتیب خروجی مدل WRF-Chem، برای طرحواره های AFWA، GOCART و SHAO3 برای روز 8 آگوست 2019 را برای کمیت بار گرد و خاک نشان می‌دهد. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد از بعد ازظهر 8 ام مقادیر بار گرد و خاک بر روی سیستان و بلوچستان افزایش قابل‌توجه نشان می‌دهد که می‌توان نتیجه گرفت علاوه بر انتقال بخشی از توده گرد و خاک، منطقه زابل نیز به عنوان کانون عمل کرده و (گزارش کد 07) از داخل منطقه موجب این افزایش شده است.



د ج ب الف

شکل 2: بار گرد و خاک (میکروگرم بر مترمکعب) خروجی مدل WRF-Chem، 8 آگوست 2019، ساعت 12.الف: طرحواره AFWA، ب: طرحواره GOCART، ج: طرحواره SHAO3، د: تصویر ماهواره ای RGB .



شکل 3: مقایسه غلظت ذرات PM_{10} بر حسب میکروگرم بر مترمکعب، ایستگاه زابل براساس داده‌های دیدبانی و خروجی مدل WRF-Chem

.

3 نتیجه‌گیری

طرحواره‌های گسیل AFWA و GOCART مدل WRF-Chem، چشمه گسیل و تغییرات غلظت گرد و خاک توفان 7 تا 9 آگوست 2019 را تا حد زیادی مشابه شبیه‌سازی کرده‌اند. نتایج خروجی این طرحواره با تصاویرRGB نیز سازگاری دارد. این در حالیست که نتایج شبیه‌سازی طرحواره‌های SHAO، بویژه SHAO1 و SHAO2 کاملا متفاوت و دارای خطای قابل‌توجهی هستند. مقایسه کمّی خروجی مدل برای طرحواره‌های مختلف گسیل با داده‌های مشاهداتی ایستگاه زابل در شکل 3 نشان داده شده است. طرحواره AFWA ، غلظت گرد و خاک را بیشتر از مشاهدات شبیه‌سازی کرده است اما روند تغییرات آن تطابق قابل‌قبولی دارد. طرحواره GOCART، ازنظر کمیت، به مشاهدات نزدیکتر است اما در زمان اوج گرد و خاک، خطای قابل‌توجهی دارد. تحلیل همدیدی در فصل گرم حاکی از حضور کم‌فشار فصلی در پاکستان و پرفشار در ترکمنستان در شمال خزر و در فصل سرد پرفشار سیبری و کم‌فشار دینامیکی در شرق ایران و ایجاد گرادیان فشاری و تشدید وزش باد است.

منابع

رضازاده، م.، ایران نژاد، پ.، و شائو، ی.، 1392شبیه سازی گسیل غبار با مدل پیش‌بینی عددی وضع هوا WRF-Chem و با استفاده از داده‌های جدید سطح در منطقه خاورمیانه :مجله فیزیک زمین و فضا: **39**(11) ، 191-212.

خسروسرشکی، ل.، ایران‌نژاد، پ.، علی‌اکبری بیدختی، ع.، 1392، مقایسه طرحواره‌های گسیل گرد و خاک در برآورد شار قائم آن در نواحی چشمه‌ای ایران، فیزیک زمین و فضا، دوره 40، شماره 1، 201-216.

کرمی، س.، حسین حمزه، ن.، رنجبرسعادت‌آبادی، ع.، موسوی، م.، 1397، بررسی همدیدی و شبیه‌سازی توفان خاک استان خوزستان در بهمن ماه سال 1395، نشریه هواشناسی و علوم جو، جلد 1، شماره 2، تابستان 1397، 177-189.

Chin, M., Ginoux, P., Lucchesi, R., Huebert, B., Weber, R., Anderson, T., Masonis, S., Blomquist, B., Bandy, A. and Thornton, D., 2003. A global aerosol model forecast for the ACE-Asia field experiment. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, *108*(D23).

Ginoux, P., Chin, M., Tegen, I., Prospero, J.M., Holben, B., Dubovik, O., Lin, S.J., 2001. Sources and distributions of dust aerosols simulated with the GOCART model. J. Geophys. Res. 106 (D17), 20255–20273.

Shao, Y., Dong, C.H., 2006. A review on East Asian dust storm climate, modelling and monitoring. Glob. Planet. Chang. 52 (1), 1–22.

Zakey, S., Solmon, F., and Giorgi, F., 2006, Implementation and testing of a desert dust module in a regional climate model, Atmos. Chem. Phys., 6, 4687–470.