نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال بیست و چهارم، شماره ۷۲، بهار ۱۴۰۳

مدل‌سازی دینامیکی ویژگی‌های مکانی- زمانی گردوغبار در جنوب و جنوب‌شرق ایران با مدل REG-CHEM4

دریافت مقاله: ۹۹/۲/۱۰ **پذیرش نهایی**: ۹۹/۵/۲۲
صفحات: ۱۳۷-۱۱۵

مطهّره زرگری: دانشجو دکتری آب‌وهواشناسی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران[۱].
Email: motahharehzargari@yahoo.com
مهدی بروغنی: استادیار مرکز پژوهشی مطالعات جغرافیایی و علوم اجتماعی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران.
Email: m.boroughani@hsu.ac.ir
علیرضا انتظاری: دانشیار آب‌وهواشناسی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران.
Email: entezari@hsu.ac.ir
عبّاس مفیدی: استادیار آب‌وهواشناسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
Email: abbasmofidi@um.ac.ir
محمّد باعقیده: دانشیار آب‌وهواشناسی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران.
Email: mbaaghideh2005@yahoo.com

چکیده

گردوغبار یکی از مخاطرات جوی است که در نواحی خشک و نیمه‌خشک دارای پیامدهای اقلیمی و زیست‌محیطی نامطلوبی می‌باشد. هدف تحقیق حاضر مدل‌سازی دینامیکی ویژگی‌های مکانی- زمانی گردوغبار در جنوب و جنوب‌شرق ایران با مدل REG-CHEM4 با استفاده از داده‌های ماهانه گردوغباری و داده‌های مدل RegCM4 می‌باشد. بدین منظور، توزیع مکانی گردوغبار به روش IDW به همراه نمودارهای گردوغبار ترسیم شدند. مدل RegCM4 با در نظرگیری سیستم تصویر لامبرت با قدرت تفکیک افقی ۴۰ کیلومتر با مدل جفت شده شیمی اجرا شد. توزیع مکانی گردوغبار ماهانه و سالانه بالاترین مقادیر فراوانی گردوغبار را برای شهرهای زابل، بندرعباس، زاهدان و جاسک نسبت به ایستگاه‌های سیرجان، کهنوج و لار نشان می‌دهد. علاوه بر این، بیشترین وقوع فراوانی گردوغبار در استان‌های سیستان و بلوچستان (۴۸٪)، هرمزگان (۲۷٪) و فارس با ۱۶ درصد و کمترین فراوانی آن برای استان کرمان (۹٪) نشان داده شده است. به‌طورکلی، فصول تابستان (در ایستگاه سیستان) و زمستان (ایستگاه کرمان) به ترتیب بیشینه و کمینه رخداد گردوغبار را دارند. بررسی زمانی نیز بیشترین میزان گردوغبار را برای ماه‌های گرم سال و کمترین را برای ماه‌های سرد سال به همراه دارد. ماه جولای در ایستگاه زابل و ماه‌های نوامبر و دسامبر در ایستگاه سیرجان به ترتیب بیشترین و کمترین فراوانی گردوغبار را دارند. همچنین، مدل اقلیمی RegCM4 برای متغیرهای مختلف نیز بیشینه گردوغبار را بر روی جنوب‌شرق، جنوب و سواحل جنوب به‌خوبی نشان داده است.

کلید واژگان: گردوغبار، توزیع زمانی، توزیع مکانی، RegCM4، جنوب و جنوب‌شرق ایران

۱ . **نویسنده مسئول:** سبزوار، دانشگاه حکیم سبزواری، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.162.5]
[DOI: 10.52547/jgs.24.72.115]

مقدمه

پدیده گردوغبار از مهم‌ترین بحران‌های محیطی در نواحی خشک و نیمه‌خشک در عرض‌های جنب‌حاره‌ای است (گودی، ۲۰۰۹) و هنگامی‌که باد متلاطم منجر به انتشار غبار در سطح هوا شود، رخ می‌دهد. در حقیقت، زمانی که سرعت باد در بیابان‌ها از حد آستانه بیشتر (۸ متر بر ثانیه) شود، ذرات ریز بسته به زبری سطح خاک، رطوبت و بافت خاک، اندازه دانه، پوشش گیاهی و پستی‌وبلندی‌های زمین، وارد هوا شده و گردوغبار ایجاد می‌شود. این ذرات ممکن است تا ارتفاع شش کیلومتری از سطح زمین صعود کرده و تا مسافت ۲۰۰۰۰ کیلومتر انتقال یابند (بمانی خرانق و دهقان منشادی، ۱۳۹۷) و در نتیجه باعث کاهش دید افقی (اکبری، ۲۰۱۱) در مناطق مختلف جهان گردند. بزرگ‌ترین و پایدارترین مناطق تولید غبار در نیمکره شمالی قرار دارند که به‌مثابه‌ی کمربندی از سواحل شمال‌غربی آفریقا آغاز شده و ضمن در برگرفتن خاورمیانه، آسیای مرکزی و جنوبی به چین می‌رسد. یکی از نکات قابل‌توجه آن است که ایران به‌عنوان سرزمین وسیع که تقریباً بیش از ۷۰ درصد از مساحت آن در مناطق خشک و نیمه‌خشک در عرض‌های جنب‌حاره قرار دارد در این کمربند گردوغباری واقع شده است (جورجیان و قبادیان، ۲۱۰۵؛ علیزاده چوباری و نجفی، ۲۰۱۷) و بیشتر طوفان‌های گردوغباری در ایران در نواحی شرقی و چاله‌های مرکزی، جنوب و جنوب‌غرب کشور به وقوع می‌پیوندد (صفری، ۱۳۹۲). در این میان، یکی از مناطق اصلی تولید گردوغبار در ایران، بخش‌های جنوب و جنوب‌شرقی (علیزاده چوباری و همکاران، ۲۰۱۴؛ راشکی و همکاران، ۲۰۱۵؛ راشکی و همکاران، ۲۰۱۷) می‌باشد که گردوغبار در این مناطق عمدتاً منشأ محلی دارد. وجود خشک‌سالی، خشک شدن دریاچه هامون و در نتیجه ایجاد بادهای ۱۲۰ روزه و همچنین بیابان لوت منجر به وقوع طوفان‌های گردوغباری سالانه شدیدی در منطقه می‌شود (راشکی و همکاران، ۲۰۱۲؛ ۲۰۱۳- الف). همچنین، بسیاری از مناطق کشور که دارای شرایط خشک و نیمه‌خشک می‌باشند در طول سال با پدیده گردوغبار مواجه می‌شوند (حسینی و همکاران، ۲۰۱۲) که بیشترین مقادیر گردوغبار از نواحی طبیعی واقع در کمربند بیابانی در شرایط ناپایدار، خشک و توأم با باد رخ می‌دهد (اردبیلی، ۱۳۸۹). پدیده گردوغبار به‌عنوان یکی از بحران‌های جوی اقلیمی باعث خسارت‌هایی در زمینه‌های مختلف شامل محیط‌زیست (کروگر و همکاران، ۲۰۰۴؛ وانگ و همکاران، ۲۰۰۵؛ انگلستدتر و همکاران، ۲۰۰۶) و سلامت (پیترز، ۲۰۰۵؛ هوآ و همکاران، ۲۰۰۷؛ کائو[۲] و همکاران، ۲۰۰۹) می‌گردد. علاوه بر این، فرسایش باد تأثیرات متعددی بر بودجه تابشی، کیفیت هوا، دید، فعالیت‌های آنزیمی، محصولات کشاورزی و سلامت انسان را در مناطق بیابانی به همراه دارد (گودی و میدلتون[۳]، ۲۰۰۱؛ آنتون[۴] و همکاران، ۲۰۱۲؛ رمان[۵] و همکاران، ۲۰۱۳؛ پیرز[۶] و همکاران، ۲۰۱۴؛ یانگ[۷] و همکاران، ۲۰۱۷؛ ریچون[۸] و همکاران، ۲۰۱۸).

با توجه به اهمیت این پدیده جوی محققان بی‌شماری با دیدگاه‌ها و اهداف مختلف بـه تحقیق درباره ماهیت، ویژگی‌ها، شرایط سینوپتیکی طوفان‌های گردوغبار پرداخته‌اند. در تحقیقات بین‌المللی صورت گرفته، اکرمن[۹] و چانگ[۱۰] (۱۹۹۲)

---

۲. Cao
3. Goudie and Middleton
4. Antón
5. Roman
6. Pérez
7. Yang
8. Richon
9. Ackerman

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.162.5]
[DOI: 10.52547/jgs.24.72.115]

نشان دادند هنگامی‌که هوای بالای اقیانوس‌ها گردوخاکی است طول‌موج کوتاه بالای لایه‌های اتمسفر تا $40-90 w/m^2$ افزایش می‌یابد درحالی‌که در شرایط بدون گردوغبار این طول‌موج $5-20 w/m^2$ است. همچنین، تاناکا[11] و چیبا[12] (۲۰۰۶) اشاره نموده‌اند که ذرات گردوغبار از طریق انعکاس و جذب نور خورشید به‌طور مستقیم تغییرات آب‌وهوایی مؤثر است به‌طوری‌که لیگرند[13] و همکاران (۱۹۸۸) همین امر را در بیابان‌های صحرا به اثبات رسانیدند. در دسته‌ای دیگر از تحقیقات، حمیدی و همکاران (۲۰۱۳) طوفان‌های گردوغباری در خاورمیانه را به دو دسته اصلی تقسیم کردند که طوفان گردوغباری شمال مربوط به آنتی‌سیکلون‌هایی است که بر روی شمال آفریقا تا شرق اروپا، عراق، جنوب ایران، پاکستان و شبه‌قاره هند واقع شده است. همچنین، خواص نوری و فیزیکی، مدت‌زمان و شدت فعالیت‌های گردوغبار در چهار منطقه واقع در خاورمیانه توسط معصومی و همکاران (۲۰۱۹) بیانگر آن است که گردوغبار در بخش شمالی شبه‌جزیره عربستان عمدتاً از منابع شمالی عربستان در بهار سرچشمه می‌گیرد و گردوغبار موجود در فلات ایران می‌تواند از وزش باد شدید در حوضه دجله و فرات در ارتفاعات بالا ناشی شود. علاوه بر این، نتایج بررسی فراوانی ماهانه برای پدیده گردوخاک معلق در هوا در استان هرمزگان توسط نوحه گر و همکاران (۱۳۹۱) نشان داد که بیشترین فراوانی مربوط به ماه‌های گرم و کمترین فراوانی مربوط به ماه‌های سرد سال می‌باشد. همچنین، امیدوار و امیدی (۱۳۹۲) در بررسی گردوغبار در جنوب و مرکز استان فارس نشان دادند که اکثر روزهای همراه با گردوغبار در فصول بهار و تابستان اتفاق می‌افتد و بیشترین فراوانی ماهانه در ایستگاه‌های مرکزی استان (شیراز و فسا) مربوط به اردیبهشت‌ماه و در ایستگاه‌های جنوبی استان (لار، لامرد و داراب) مربوط به تیر ماه است. همچنین ایستگاه لار بیشترین میانگین سالانه روزهای گردوغبار را در بین ایستگاه‌های منتخب داشته است. بعلاوه، خاستگاه اصلی ۹۸٪ از پدیده گردوغبار در این استان بیرونی است. در تحقیق دیگر، پور اصغریان و همکاران (۱۳۹۳) در ارزیابی فراوانی پدیده گردوغبار در استان هرمزگان نشان دادند که در بین کدهای موردمطالعه در تمام ایستگاه‌ها (به‌جز جاسک) کد ۰۵ فراوانی بیشتری را در وقوع روزهای گردوغباری داشته است. همچنین، در تحقیقات مختلفی نیز تحلیل زمانی- مکانی گردوغبار در ایران (فرج زاده اصل و علیزاده، ۱۳۹۰؛ موحدی و همکاران، ۱۳۹۳)، جنوب‌شرق ایران (رستمی، ۱۳۹۰) و جنوب و مرکز ایران (ولی و همکاران، ۱۳۹۳) موردبررسی قرار گرفته است. علاوه بر این، ارجمند و همکاران (۱۳۹۷) در پایش زمانی و مکانی پدیده گردوغبار در جنوب‌شرق ایران نشان دادند که عمده وقایع گردوغبار در منطقه جازموریان در دو فصل بهار و تابستان اتفاق می‌افتد و به ترتیب در فصل زمستان و پاییز از شدت آن کاسته می‌شود؛ بنابراین فعالیت گردوغبار در چهار ماه می، ژوئن، جولای و آگوست شدید و در چهار ماه نوامبر، دسامبر، ژانویه و فوریه ضعیف‌تر از سایر ماه‌ها می‌باشد. همچنین، بررسی دهقان منشادی و بمانی خرائق (۱۳۹۸) در اثرات و راهکارهای پدیده گردوغبار در شرق و جنوب‌شرقی ایران حاکی از آن است که طوفان‌های گردوغبار به‌صورت بحران جدی استان‌های شرق و جنوب‌شرقی کشور از جمله زابل را درگیر نموده است. در این میان مطالعات اندکی در زمینه پدیده گردوغبار با بهره‌گیری از مدل RegCM4 در دشت سیستان صورت گرفته است (مفیدی و همکاران، ۱۳۹۱؛ مفیدی و همکاران، ۱۳۹۲- الف؛ مفیدی و همکاران، ۱۳۹۲- ب؛ حمیدیان پور و همکاران، ۱۳۹۵).

[10]. Hyosange Chung
[11]. Tanaka
[12]. Chiba
[13]. Legrand

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.162.5]
[DOI: 10.52547/jgs.24.72.115]

با توجه به مطالعات انجام شده، طوفان گردوغبار منجر به کاهش پوشش گیاهی و به دنبال آن فرسایش بادی در نتیجه فعالیت‌های انسانی و وزش باد نسبتاً شدید بر روی سطوح لخت خاک در نتیجه فعالیت طبیعی می‌شود (شائو و همکاران، ۲۰۱۱؛ علیزاده چوباری و همکاران، ۲۰۱۴؛ چن و همکاران، ۲۰۱۸). با توجه به اهمیت گردوغبار در جنوب و جنوب‌شرق به‌عنوان یکی از کانون‌های مهم گردوغبار در ایران و از طرفی به دلیل اینکه تاکنون مطالعه‌ای با استفاده از مدل RegCM4 برای منطقه موردمطالعه انجام نشده است، لذا بررسی دینامیک ویژگی‌های مکانی- زمانی گردوغبار در ناحیه‌های آسیب‌دیده ضروری به نظر می‌رسد (بوکرم[۱۴] و همکاران، ۲۰۰۹؛ سالوادور[۱۵] و همکاران، ۲۰۱۴؛ کاسکوتیس[۱۶] و همکاران، ۲۰۱۶؛ یو[۱۷] و همکاران، ۲۰۱۵؛ شپانسکی[۱۸] و همکاران، ۲۰۱۶).

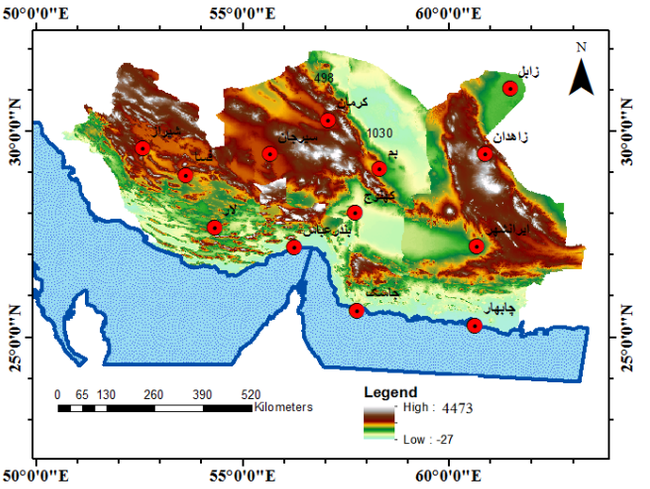
روش تحقیق

معرفی محدوده موردمطالعه

شرایط طبیعی و ویژگی‌های زمین‌شناسی، آب و هوایی، آب‌شناسی، ژئومورفولوژی، پوشش گیاهی و خاک (کنگ و همکاران، ۲۰۰۴) در ایران آن را در وضعیت ویژه‌ای قرار داده است. عرض جغرافیایی، پرفشار جنب‌حاره‌ای و دوری و نزدیکی به دریاها از مهم‌ترین عوامل ناشی از موقعیت جغرافیایی است که منجر به شکل‌گیری آب‌وهوای متنوع در کشور شده است. ایران دارای اقلیمی قاره‌ای با تابستان‌های گرم و خشک و زمستان‌های بسیار سرد می‌باشد. مناطق بیابانی بیش از ۳۲٫۵ میلیون هکتار دارند که تقریباً طوفان باد نزدیک به ۲۰ میلیون هکتار از آن را در بر می‌گیرد. جنوب‌شرق ایران یکی از مناطق اصلی گردوغبار در جهان می‌باشد. گردوغبار در مناطق جنوب و جنوب‌شرق بیشتر منشأ محلی دارد. استان سیستان و بلوچستان (راشکی و همکاران، ۲۰۱۳- ب) منطقه‌ای است که نسبت به مناطق دیگر مانند استان‌های کرمان و هرمزگان بیشتر از طوفان ماسه رنج می‌برد. گردوغبارهای استان هرمزگان یا در اثر گردوخاک و وزش باد نسبتاً شدید در خود منطقه تولید می‌گردد یا در اثر ورود سامانه‌های سینوپتیکی از جانب کشورهای عراق و عربستان به این استان اتفاق می‌افتد (پور اصغریان و همکاران، ۱۳۹۳). همچنین، افزایش روزهای غباری در استان فارس به دلیل قرارگیری در عرض‌های جغرافیایی پایین و دوری از مسیرهای رطوبتی و نزدیکی به بیابان‌های عربستان و عراق می‌باشد. استان کرمان نیز در محل تلاقی رشته‌کوه‌های مرتفع زاگرس، مرکزی و مناطق پست کویری در جنوب‌شرقی کویر مرکزی بزرگ واقع شده است و به دلیل گسترش عرض جغرافیایی و اختلاف ارتفاع زیاد، دارای آب‌وهوای متنوعی است شکل (۱).

14. Bou Karam
15. Salvador
16. Kaskaoutis
17. Yu
18. Schepanski

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.162.5]
[DOI: 10.52547/jgs.24.72.115]



شکل (۱). موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های موردمطالعه

در تحقیق حاضر از داده‌های ماهانه گردوغباری برای سال‌های ۲۰۱۶- ۱۹۹۰ برای ایستگاه‌های مختلف استان‌های سیستان و بلوچستان، هرمزگان، فارس و کرمان جدول (۱) استفاده شد.

جدول (۱). موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های جنوب و جنوب‌شرق ایران

ردیف	ایستگاه‌ها	عرض جغرافیایی (N)	طول جغرافیایی (E)	ارتفاع (m)
۱	ایرانشهر	۲۷° ۱۲′	۶۰° ۴۲′	۵۹۱,۱
۲	بم	۲۹° ۰۶′	۵۸° ۲۱′	۱۰۶۷
۳	بندرعباس	۲۷° ۱۰′	۵۶° ۱۵′	۱۰,۷۷
۴	جاسک	۲۵° ۳۸′	۵۷° ۴۶′	۵
۵	چابهار	۲۵° ۱۷′	۶۰° ۳۷′	۸
۶	زابل	۳۱° ۲′	۶۱° ۲۹′	۴۸۹
۷	زاهدان	۲۹° ۲۸′	۶۰° ۵۳′	۱۳۷۰
۸	سیرجان	۲۹° ۲۸′	۵۵° ۴۱′	۱۷۳۹
۹	شیراز	۲۹° ۳۲′	۵۲° ۳۶′	۱۴۸۴
۱۰	کرمان	۳۰° ۱۵′	۵۶° ۵۸′	۱۷۵۳,۸
۱۱	فسا	۲۸° ۵۸′	۵۳° ۴۱′	۱۲۸۸
۱۲	لار	۲۷° ۴۲′	۱۷° ۵۴′	۸۰۰
۱۳	کهنوج	۲۷° ۵۸′	۵۷° ۴۲′	۴۶۹,۷

در تحقیق حاضر از مدل اقلیم RegCM4 استفاده شده است. اولین نسخه مدل اقلیمی مقیاس منطقه‌ای (RegCM) در سال ۱۹۸۹ منتشر شد. از آن زمان به بعد نسخه‌های جدیدتری جایگزین نسخه‌های قدیمی گردید. در سال ۱۹۹۳ نسخه RegCM2، در سال ۱۹۹۹ نسخه RegCM2.5، در سال ۲۰۰۶ نسخه RegCM3 و در سال ۲۰۱۰ نسخه

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.162.5]
[DOI: 10.52547/jgs.24.72.115]

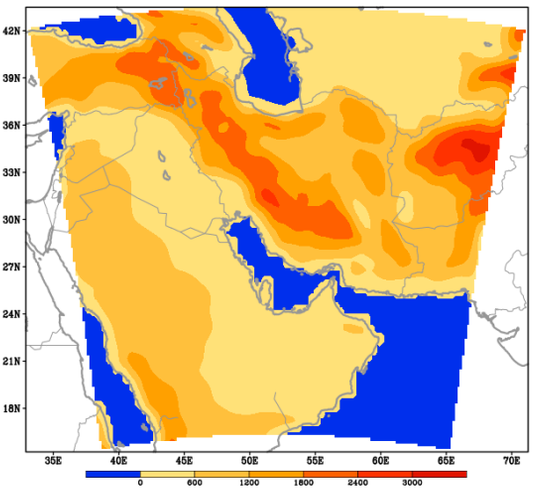
RegCM4 به‌روزرسانی شد. هسته دینامیکی مدل RegCM از مدل MM4 استخراج گردیده است. داده‌های شرایط مرزی اولیه شامل داده‌های توپوگرافی، کاربری اراضی، بافت خاک، رطوبت، با قدرت تفکیک ۳۰ ثانیه دریافت شده از سازمان زمین‌شناسی ایالات‌متحده آمریکا (USGS)[۱۹] به‌عنوان داده‌های پوشش سطحی و داده دمای سطح آب (SST)[۲۰] به‌صورت هفتگی با قدرت تفکیک ۱×۱ درجه از اداره ملی جو و اقیانوس امریکا (NOAA)[۲۱] و داده‌های ویژگی‌های سطح زمین[۲۲] و داده‌های شرایط مرزی ثانویه برای سال ۲۰۰۳ شامل داده‌های ارتفاع ژئوپتانسیل (hgt)، مؤلفه باد مداری(U)، باد نصف‌النهاری(V)، دمای هوا، سرعت قائم برای ۱۸ تراز فشاری، فشار سطحی، رطوبت نسبی و داده‌های آئروسل در مقیاس جهانی با قدرت تفکیک افقی یک درجه از سرور مرکز بین‌المللی فیزیک نظری عبدالسلام تهیه گردید و در فرآیند اجرای مدل مورداستفاده قرار گرفت. همچنین، پارامتریزه کردن غبار در مدل RegCM4 زمانی کارایی بهتری دارد که نقطه شبکه‌ها از پوشش سطحی تیپ بیابانی و نیمه بیابانی برخوردار باشند. برای محاسبه مقادیر دانه‌های خاکی در امتداد افقی در حرکت می‌باشند از رابطه (۱) استفاده می‌شود (زکی و همکاران، ۲۰۰۶؛ مارسلا و الناهیر، ۲۰۱۰).

$$dHF(\mathrm{Dp}) = E * \frac{pa}{g} * u * 2 * \left(1 + R(Dp)\right) * \left(1 - R2(Dp)\right) * dSrd(Dp) \qquad \text{رابطه (۱)}$$

در این راستا، توزیع مکانی گردوغبار برای منطقه جنوب و جنوب‌شرق در نرم‌افزار GIS به روش IDW برای هرماه و سالانه به همراه نمودارهای پراکندگی گردوغبار در ایستگاه‌ها و استان‌های موردمطالعه تهیه و مورد تفسیر قرار گرفت. همچنین، نمودارهای زمانی ماهانه، فصلی گردوغبار نیز ترسیم شد. در ادامه از مدل دینامیکی RegCM4 برای بررسی گردوغبار در منطقه جنوب و جنوب‌شرق استفاده شد. در این راستا، عملکرد مدل RegCM4 با دوره تطبیق (spin–up) ۵ ماهه مورد آزمایش قرار گرفت و سپس با توجه به هدف تحقیق ماه جولای سال ۲۰۰۳ برای مدل‌سازی انتخاب شد. با توجه به قدرت تفکیک داده‌های حاضر، محدوده موردمطالعه برای نمایش بهتر و جزئی‌تر اغتشاشات جوی برای قدرت تفکیک افقی ۴۰ کیلومتر شکل (۲) اجرا گردید. برای سنجش توانایی مدل در شبیه‌سازی شرایط جوی، مدل RegCM4 با مدل شیمی پیوند داده شد. در این تحقیق مدل RegCM4 با تعداد ۸۰ گام شبکه در راستای عرض جغرافیایی و طول جغرافیایی، ۱۸ تراز در راستای قائم در دستگاه سیگما، عرض مرکزی ۲۹ درجه شمالی و طول مرکزی ۵۹ درجه شرقی با در نظرگیری سیستم تصویر لامبرت اجرا شد. پس از اجرای مدل، چهار سری داده تحت عنوان داده‌های اتمسفری، سطحی، تابشی و شیمی به‌عنوان خروجی از مدل حاصل گردید که برای مطالعه حاضر، از داده‌ی شیمی و سطحی برای بررسی گردوغبار بهره گرفته شد. داده‌های خروجی شامل واداشت تابشی موج‌کوتاه (w/m^2)، نسبت آلبدو سطحی به موج تابشی کوتاه، سرعت باد در تراز ۱۰ متری از سطح زمین (m/s^{-1})، دمای سطح زمین($^{\circ}c$)، بیشینه و کمینه دما در تراز ۲ متری از سطح زمین ($^{\circ}c$)، گسیل سطحی و واداشت تابشی طول‌موج بلند (w/m^2) در محیط GrADS تهیه و ترسیم گردیدند.

[19]. United States Geological Survey
[20]. Sea Surface Temperature
[21]. National Oceanic and Atmospheric Administration
[۲۲]. SURFACE

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.162.5]
[DOI: 10.52547/jgs.24.72.115]



شکل (۲). محدوده‌ی دامنه انتخابی موردمطالعه (۴۰ کیلومتر) برای اجرای مدل RegCM4

نتایج

توزیع مکانی گردوغبار ماهانه برای ایستگاه‌های جنوب و جنوب‌شرق ایران در اشکال (۳) نشان‌دهنده‌ی آن است که در ماه ژانویه بیش‌ترین فراوانی رخداد گردوغبار در شهرهای زاهدان و جاسک با ۱۸۰ و ۱۳۹ روز به وقوع پیوسته است. همچنین، ایستگاه زابل با فراوانی ۹۸ روز دارای بیشترین گردوغبار می‌باشد. اگرچه شهرهای لار (۰ روز)، سیرجان (۵ روز) و کهنوج (۷ روز) کمترین گردوغبار را تجربه می‌کنند اما در سطح استان‌ها، ایستگاه‌های زاهدان، جاسک، بم (۳۲ روز) و شیراز (۲۹ روز) بیشینه گردوغبار را دارا هستند و ایستگاه‌های سیرجان، بندرعباس (۷۴)، ایرانشهر (۷۴) و لار کمترین فراوانی را دارند.

این شرایط برای ماه فوریه همچنان ادامه دارد و از همان الگوی ماه قبلی پیروی می‌کند و شهرهای جاسک (۲۳۳ روز)، زاهدان (۲۱۶ روز) و زابل (۱۶۲ روز) دارای بیشترین رخداد گردوغبار هستند. همچنین، کهنوج، لار و سیرجان به ترتیب با ۸، ۱۱ و ۱۲ روز دارای کمترین فراوانی گردوغبار می‌باشند. همچنین، شهرهای جاسک، زاهدان، شیراز (۷۵ روز) و بم (۷۲ روز) و کهنوج، لار، چابهار (۱۵ روز) و بندرعباس (۱۵۲ روز) کمترین فراوانی را در سطح استان دارا می‌باشند.

پهنه‌بندی فراوانی پدیده گردوغبار در ماه مارس در ایستگاه‌های بندرعباس با ۲۶۶ روز و جاسک با ۲۶۵ روز به بالاترین میزان می‌رسد که یکی از دلایل آن عرض جغرافیایی می‌باشد و به علت قرارگیری در عرض‌های پایین مقادیر گردوغبار افزایش‌یافته و شهر زاهدان با ۲۵۶ روز در رتبه بعدی قرار می‌گیرد. در این میان شهرهای کهنوج (۲۸ روز)، سیرجان (۳۰ روز) و لار (۳۷ روز) تعداد کمی از روزهای غباری را دارند. به‌عبارتی‌دیگر، هر چه به سمت عرض‌های جغرافیایی بالاتر پیش رفته از تعداد روزهای گردوغباری نسبت به ایستگاه‌های جاسک و بندرعباس در این ماه کاسته شده است. در سطح استان به ترتیب ایستگاه‌های بندرعباس، زاهدان، شیراز (۱۶۷ روز) و بم (۱۰۹ روز) و ایستگاه‌های کهنوج، لار، چابهار (۱۳۷ روز) و جاسک بیشترین و کمترین میزان گردوغبار را دارا هستند.

در حقیقت، این وضعیت برای ماه آوریل نیز به همین شکل می‌باشد و ایستگاه‌های بندرعباس (۳۶۴ روز)، زاهدان (۲۵۳ روز) و جاسک (۲۳۲ روز) بالاترین فراوانی و شهرهای کهنوج (۹ روز)، لار (۲۴ روز) و سیرجان (۲۶ روز) کمترین

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.162.5]
[DOI: 10.52547/jgs.24.72.115]

فراوانی را در سطح منطقه دارا می‌باشند. در سطح استان نیز شهرهای بندرعباس، زاهدان، شیراز (۲۲۰ روز) و بم (۱۰۲ روز) بیشترین فراوانی را نسبت به شهرهای کهنوج، لار، چابهار (۱۷۰ روز) و جاسک به خود اختصاص داده‌اند.

گردوغبار در مناطق جنوب و جنوب‌شرق منشأ محلی دارد و بادهای ۱۲۰ روزه سیستان یکی از عوامل مهم در تشدید روزهای گردوغباری در این منطقه می‌باشد که از اواسط ماه می تا ماه سپتامبر در جنوب‌شرق می‌وزد و از نظر شدت و فراوانی در کنار عوامل دیگری مانند شدت و سرعت باد، خشکی خاک، عدم رطوبت و پوشش گیاهی کم در فراوانی وقوع گردوغبار در منطقه اهمیت ویژه‌ای دارد. وزش باد شدید در سیستان یک سیستم فشار قوی مداوم بر روی کوه‌های مرتفع هندوکش در شمال افغانستان، همراه با یک کم‌فشار حرارتی در اراضی بیابانی شرق ایران و غرب افغانستان گرادیان فشار قوی را به وجود می‌آورد (علیزاده چوباری و همکاران، ۲۰۱۴). با توجه به این نکات، ایستگاه زابل از ماه می تا سپتامبر در منطقه موردمطالعه بالاترین فراوانی گردوغبار را دارد.

بر این اساس، در ماه می ایستگاه‌های زابل با ۳۴۹ روز، بندرعباس با ۳۹۰ روز و شیراز با ۳۰۸ روز بالاترین گردوغبار را در مقابل ایستگاه‌های کهنوج (۱۹ روز)، سیرجان (۲۵ روز) و لار (۳۳ روز) تجربه کرده‌اند. همان‌طور که امیدوار و امیدی (۱۳۹۲) اظهار کرده‌اند که بیشترین فراوانی ماهانه گردوغبار در ایستگاه شیراز مربوط به اردیبهشت با مجموع ۲۰۴ روز می‌باشد و البته تا حدودی مشابه فراوانی روزهای گردوغباری در سطح استان است و شهرهای زابل، بندرعباس، شیراز و بم (۱۲۹ روز) بیشینه پدیده گردوغبار و شهرهای کهنوج، لار، چابهار (۱۶۵ روز) و جاسک (۲۱۱) کمینه وقوع گردوغبار را تجربه می‌کنند.

در ماه ژوئن ایستگاه بندرعباس با ۳۷۹ روز بیشترین فراوانی گردوغبار را دارد. در واقع، روزهای گردوغباری به دلیل ارتفاع پایین منطقه همچنان ادامه دارد. همچنین، شهر زابل با ۴۸۰ روز و زاهدان با ۳۲۹ روز بیشترین فراوانی گردوغبار را دارند. در این ماه به دنبال حاکمیت بادهای ۱۲۰ روزه فراوانی گردوغبار در منطقه افزایش‌یافته است. ارتفاع پایین منطقه نسبت به نواحی مجاور منجر به اختلاف فشار زیاد و وزش بادهای شدید و در نتیجه افزایش روزهای گردوغباری شده است و ایستگاه‌های کهنوج (۱۵ روز)، سیرجان (۱۸ روز) و لار (۲۳ روز) کمترین فراوانی گردوغبار را دارا هستند. در سطح استان نیز ایستگاه‌های زابل، بندرعباس، شیراز (۲۴۳ روز) و بم (۱۲۸ روز) بالاترین فراوانی گردوغبار را دارا هستند، اگرچه کهنوج، لار، چابهار (۱۶۷ روز) و جاسک (۲۲۰ روز) کمترین فراوانی را دارند.

در ماه جولای ایستگاه‌های زابل با ۶۱۹ روز، بندرعباس با ۴۳۶ روز و ایرانشهر با ۳۶۳ روز نسبت به ایستگاه‌های سیرجان (۶ روز)، لار (۲۷ روز) و کهنوج (۳۰ روز) بیشترین وقوع فراوانی گردوغبار را دارا می‌باشند. شهرهای زابل، بندرعباس، شیراز (۲۹۹ روز) و بم (۱۷۸ روز) بالاترین فراوانی گردوغبار را نسبت به سیرجان، لار، چابهار (۱۶۲ روز) و جاسک (۲۱۴ روز) دارند.

این شرایط در سطح منطقه برای ماه آگوست همچنان ادامه دارد و شهرهای زابل (۵۸۲ روز)، بندرعباس (۴۰۶ روز) و ایرانشهر (۳۱۰ روز) روزهای گردوغباری بیشتری را در مقابل شهرهای سیرجان (۱۰ روز)، کهنوج (۱۴ روز) و لار (۲۱ روز) تجربه می‌کنند. از لحاظ استانی نیز همان شرایط مشابه در ماه قبل برقرار می‌باشد و شهرهای زابل، بندرعباس، شیراز (۱۶۶ روز) و بم (۱۳۳ روز) بیشترین و شهرهای سیرجان، لار، چابهار (۱۰۸ روز) و جاسک (۱۸۳ روز) کمترین فراوانی را دارا هستند.

بررسی وقوع گردوغبار در ماه سپتامبر بالاترین فراوانی را برای زابل (۴۵۶ روز)، بندرعباس (۲۶۲ روز) و زاهدان (۱۶۱ روز) به همراه دارد درحالی‌که رخداد گردوغبار در ایستگاه‌های کهنوج، سیرجان و لار به ترتیب با ۱، ۲ و ۸ روز کمترین

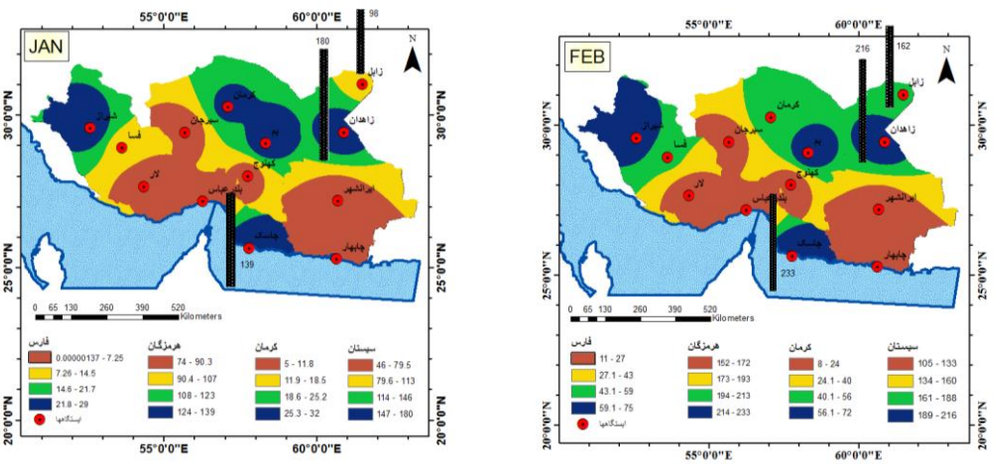
[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.162.5]
[DOI: 10.52547/jgs.24.72.115]

فراوانی را به همراه داشته است. در ماه‌های جولای، آگوست و سپتامبر در سطح استان همچنان شهرهای زابل، بندرعباس، شیراز (۷۹ روز) و بم (۶۱ روز) بیشترین و کهنوج، لار، چابهار (۵۶ روز) و جاسک (۱۵۵ روز) کمترین فراوانی را دارند.

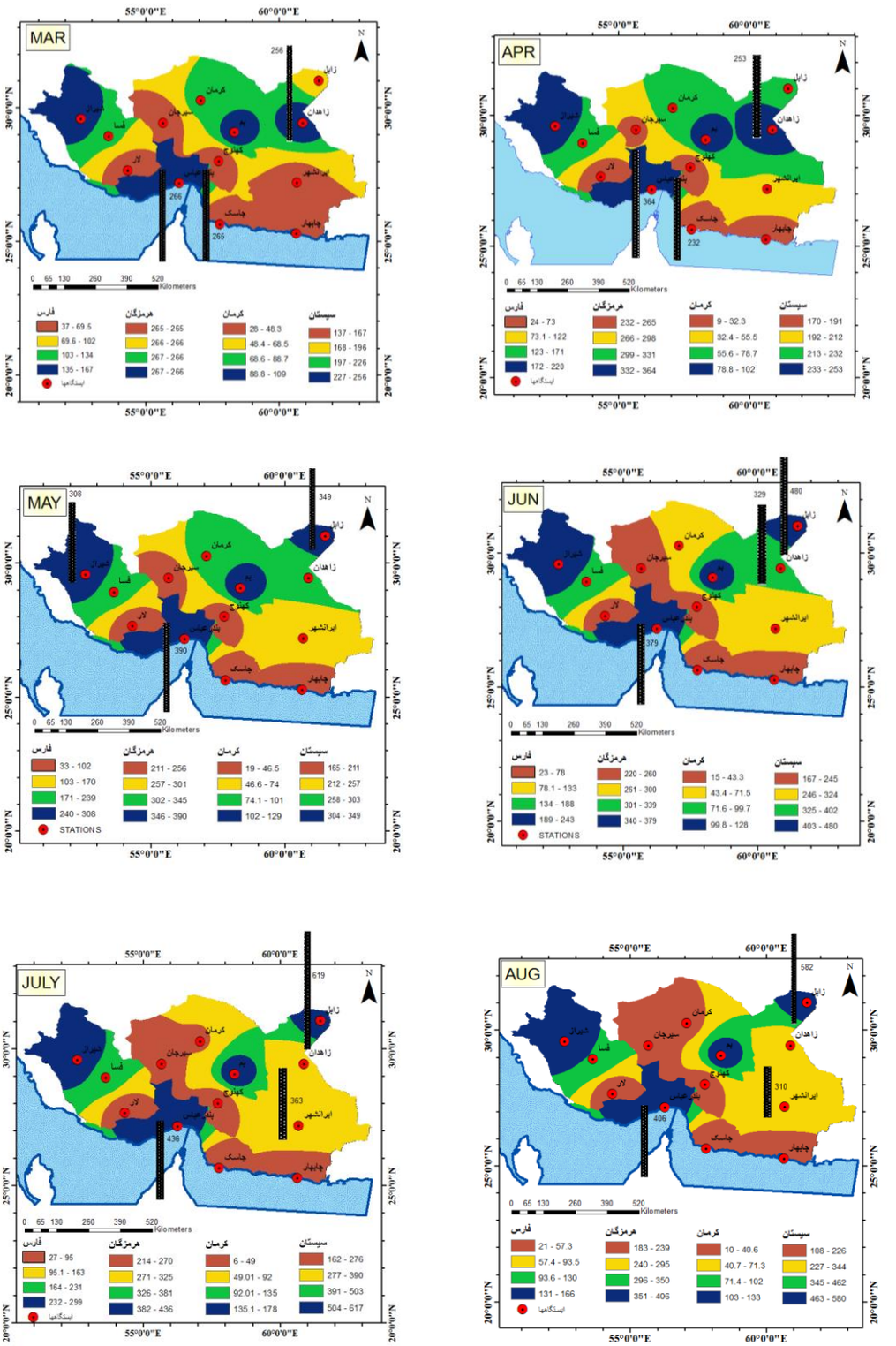
در ماه اکتبر شهرهای زابل، جاسک و زاهدان به ترتیب با ۲۸۰ روز، ۱۴۹ روز و ۱۳۸ روز بیشترین گردوغبار و شهرهای لار، کهنوج و سیرجان به ترتیب با ۲ روز، ۳ روز و ۴ روز کمترین گردوغبار را در میان سایر شهرها به خود اختصاص داده‌اند. در این میان شهرهای زابل، جاسک، شیراز (۵۷ روز) و بم (۲۹ روز) بیشترین فراوانی و شهرهای لار، کهنوج، چابهار (۴۹ روز) و بندرعباس (۱۳۶ روز) کمترین فراوانی گردوغبار را دارا می‌باشند.

در پهنه‌بندی گردوغبار در ماه نوامبر این‌چنین به نظر می‌رسد که بالاترین فراوانی در شهرهای زابل (۱۳۷ روز)، جاسک (۱۲۶ روز) و بندرعباس (۱۱۹ روز) و پایین‌ترین فراوانی در شهرهای سیرجان (۰)، کهنوج (۲) و لار (۲) قابل‌مشاهده است. اگرچه که همچنان شهرهای زابل، جاسک، بم (۳۳ روز) و شیراز (۳۱ روز) بیشترین فراوانی و شهرهای سیرجان، لار، ایرانشهر (۱۷ روز) و بندرعباس کمترین فراوانی را در سطح استان دارند.

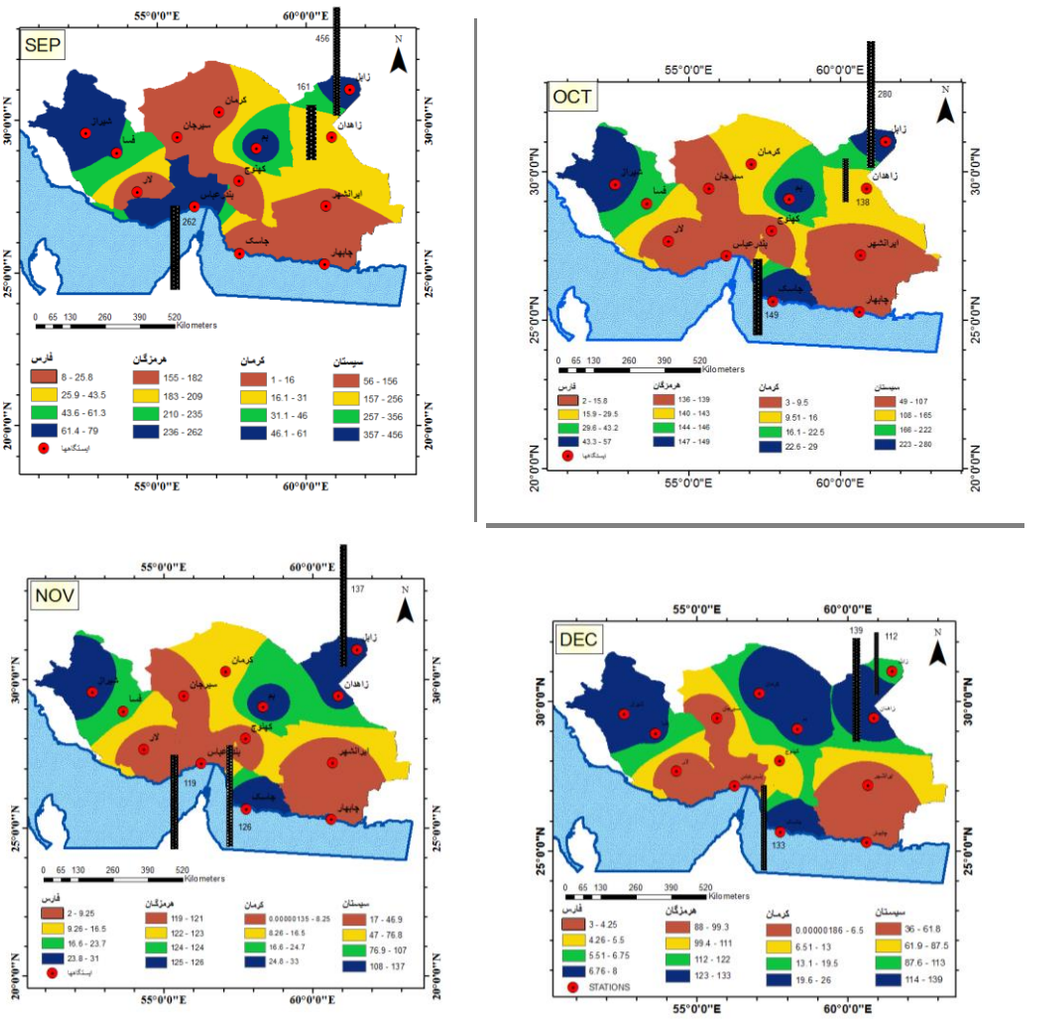
در ماه دسامبر شهرهای زاهدان (۱۳۹ روز)، جاسک (۱۳۳ روز) و زابل (۱۱۲ روز) تعداد روزهای گردوغباری بیشتری را نسبت به سایر ایستگاه‌ها از جمله سیرجان (۰ روز)، لار (۳ روز) و فسا (۷ روز) داشته‌اند. همچنین، ایستگاه‌های زاهدان، جاسک، بم (۲۴ روز) و شیراز (۱۸ روز) در مقابل ایستگاه‌های سیرجان، لار، ایرانشهر (۳۶ روز) و بندرعباس (۸۸ روز) بالاترین گردوغبار را تجربه کرده‌اند. در بررسی سالانه گردوغبار نیز ایستگاه‌های زابل، بندرعباس و زاهدان بالاترین فراوانی را نسبت به ایستگاه‌های سیرجان، کهنوج دارند. علاوه بر این، ایستگاه‌های زابل، بندرعباس، شیراز و بم بیشترین فراوانی را در مقابل ایستگاه‌های سیرجان، لار، جاسک و چابهار در سطح استان‌ها دارا هستند شکل (۴).



[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.162.5]
[DOI: 10.52547/jgs.24.72.115]

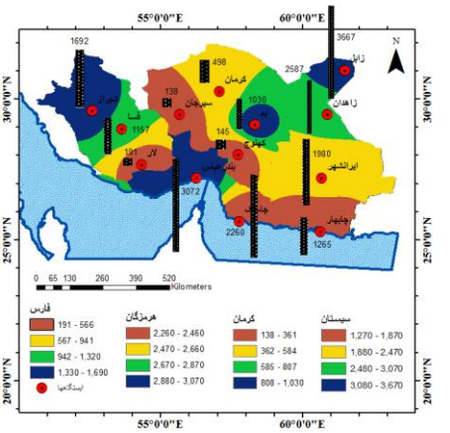


[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.162.5]
[DOI: 10.52547/jgs.24.72.115]



شکل (۳). پهنه‌بندی فراوانی گردوغبار به تفکیک هر ماه ا ز سال ۲۰۱۶-۱۹۹۰ در ایستگاه‌های جنوب و جنوب‌شرق ایران

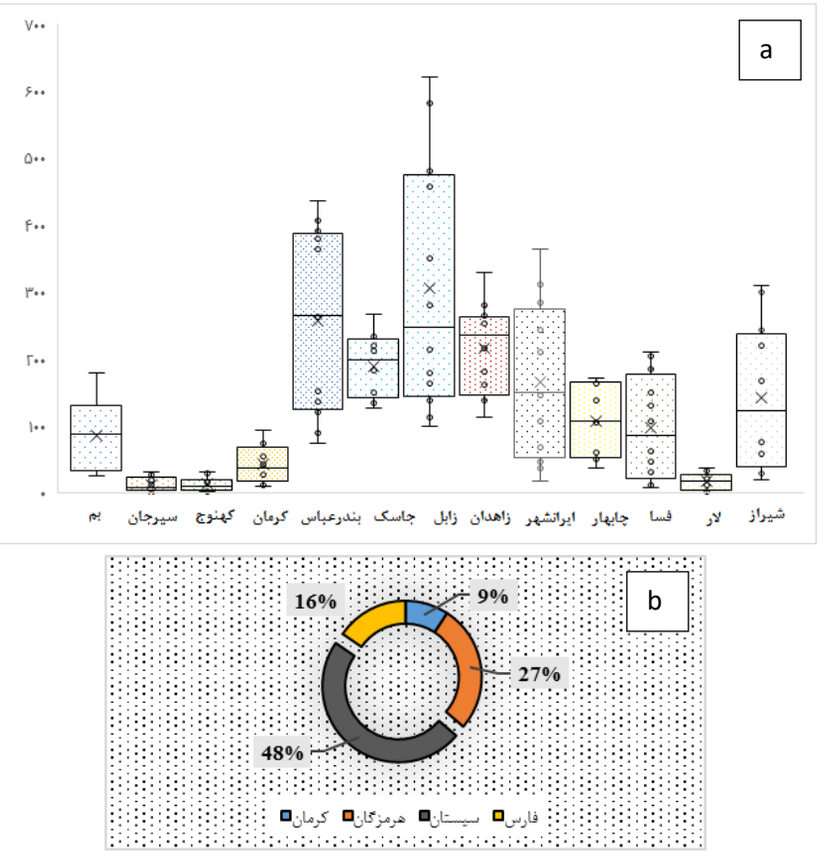
[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.162.5]
[DOI: 10.52547/jgs.24.72.115]



شکل (۴). پهنه‌بندی مجموع فراوانی گردوغبار سالانه در ایستگاه‌های منتخب

همان‌طور که در شکل (۵) مشاهده می‌شود ایستگاه‌های جنوب و جنوب‌شرق مانند زابل (۳۶۶۷ روز)، بندرعباس (۳۰۷۲ روز)، زاهدان (۲۵۸۷ روز) و جاسک (۲۲۶۰) بالاترین فراوانی و سیرجان (۱۳۸ روز) کهنوج (۱۴۵ روز) و لار (۱۹۱ روز) کمترین فراوانی گردوغبار را تجربه می‌کنند (a). همان‌طور که نتایج بررسی زنگنه (۱۳۹۳) اشاره می‌کند که ایستگاه‌های بندرعباس با ۲۳۳۵ روز، زاهدان با ۲۲۲۷ روز و جاسک با ۱۹۹۷ روز بیشترین فراوانی طوفان‌های گردوغبار را دارند. همچنین، خطر گردوغبار در استان‌های سیستان و بلوچستان، کرمان و هرمزگان نسبت به سایر استان‌ها بیشتر می‌باشد (محمودی و همکاران، ۱۳۸۹). استان سیستان و بلوچستان با اختصاص مجموع فراوانی ۹۴۹۹ روز (۴۸ درصد) دارای بیشینه روزهای گردوغباری در بین سایر استان‌ها می‌باشد. در حقیقت، قرارگیری ایستگاه‌های این منطقه در عرض‌های جغرافیایی پایین و به دلیل تأثیر عوامل محلی به‌ویژه توپوگرافی و ناهمواری‌ها و شیو فشاری و دمایی شدید بین دو منطقه‌ی سیستان و دریای خزر منجر به ایجاد بادهای شدید و طوفان گردوخاک می‌گردد (علیجانی و رییس‌پور،۱۳۹۰). پس‌ازآن استان هرمزگان و فارس با ۲۷ ٪ و ۱۶٪ دارای بالاترین فراوانی گردوغبار می‌باشند. استان هرمزگان در جنوب ایران به علت وجود سیستم‌های گردوغبار محلی، ریز اقلیم و سینوپتیک و یا قرارگیری در مسیر کشورهای عراق و عربستان با این پدیده مواجهه شده است. همچنین، از مهم‌ترین شرایط ایجاد گردوغبار در کنار هوای ناپایدار، عدم وجود رطوبت است. در حقیقت، دوری از مسیرهای رطوبتی و نزدیکی به بیابان‌های عربستان و عراق در کنار عرض جغرافیایی پایین منجر به افزایش روزهای غباری در استان فارس شده است. استان کرمان نیز با ۹٪ دارای کمترین فراوانی گردوغبار می‌باشد که احتمال وقوع طوفان‌های گردوغبار به دلیل کمبود پوشش گیاهی در منطقه کرمان بسیار بالا می‌باشد (b).

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.162.5]
[DOI: 10.52547/jgs.24.72.115]

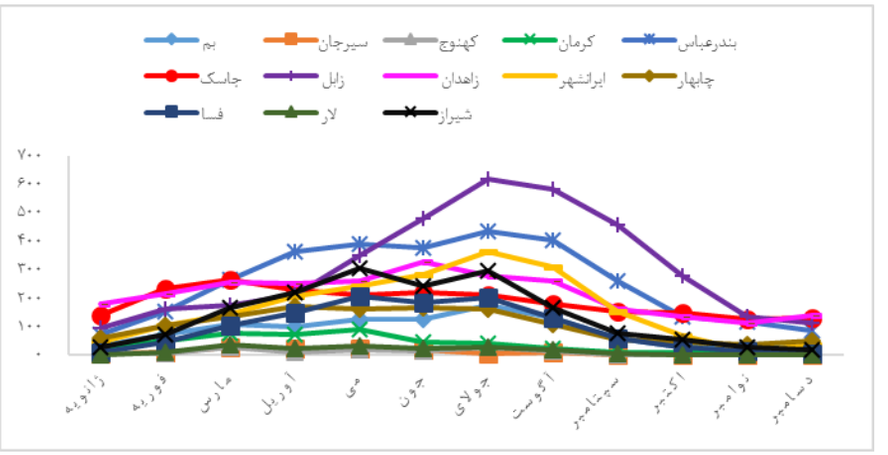


شکل (۵). توزیع مکانی گردوغبار در منطقه جنوب و جنوب‌شرق

توزیع زمانی ماهانه پدیده گردوغبار در شکل (۶) در ایستگاه‌های موردمطالعه نشان می‌دهد که در ایستگاه شیراز و فسا بیشترین فراوانی ماهانه گردوغبار مربوط به ماه می با مجموع ۳۰۸ و ۲۰۹ روز و کمترین مربوط به ماه دسامبر با مجموع فراوانی ۱۸ و ۷ روز می‌باشد. همان‌طور که نتایج امیدوار و امیدی (۱۳۹۲) این قضیه را تأیید می‌کند. در ایستگاه لار بالاترین فراوانی ماهانه مربوط به مارس (۳۷ روز) و کمترین مربوط به ژانویه (۰ روز) می‌باشد. از سوی دیگر، بالاترین مجموع فراوانی ماهانه گردوغبار در ایستگاه‌های بم و کهنوج در ماه جولای (۱۷۸ و ۳۰ روز) رخ داده است. همچنین، در شهر کرمان بالاترین فراوانی گردوغبار در ماه می با مجموع ۹۲ روز و در ایستگاه سیرجان در ماه مارس با مجموع ۳۰ روز به وقوع پیوسته است. کمترین فراوانی گردوغبار برای ایستگاه بم در دسامبر با مجموع ۲۴ روز و برای کرمان و کهنوج در ماه سپتامبر با ۹ و ۱ روز می‌باشد. همچنین، ماه‌های نوامبر و دسامبر با کمترین مقادیر (صفر روز) دارای پایین‌ترین فراوانی گردوغبار می‌باشند. ماه جولای با مجموع فراوانی ۴۳۶ روز و ماه مارس با مجموع فراوانی ۲۶۵ روز در ایستگاه‌های بندرعباس و جاسک بیشترین و ماه‌های ژانویه (۷۴ روز) و دسامبر (۱۳۳ روز) به ترتیب برای بندرعباس و جاسک کمترین سهم گردوغبار را به خود اختصاص می‌دهند. در ایستگاه زابل بیشترین گردوغبار مربوط به ماه جولای و آگوست با مجموع فراوانی ماهانه ۶۱۹ و ۵۸۲ روز می‌باشد که در مطالعات محققان دیگر نیز مورد تأیید می‌باشد (سبحانی و همکاران، ۱۳۹۴) و کمترین مربوط به ماه ژانویه (۹۸ روز) می‌باشد. بیشترین فراوانی گردوغبار در

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.162.5]
[DOI: 10.52547/jgs.24.72.115]

ایستگاه زاهدان مربوط به ماه ژوئن (۳۲۹ روز)، در ایستگاه ایرانشهر مربوط به ماه جولای (۳۶۳ روز) و در ایستگاه چابهار مربوط به ماه آوریل (۱۷۰ روز) می‌باشد. کمترین فراوانی گردوغبار ماهانه در شهرهای زاهدان، ایرانشهر و چابهار در ماه نوامبر با مجموع فراوانی ۱۱۲ روز، ۱۷ روز و ۳۶ روز می‌باشد.

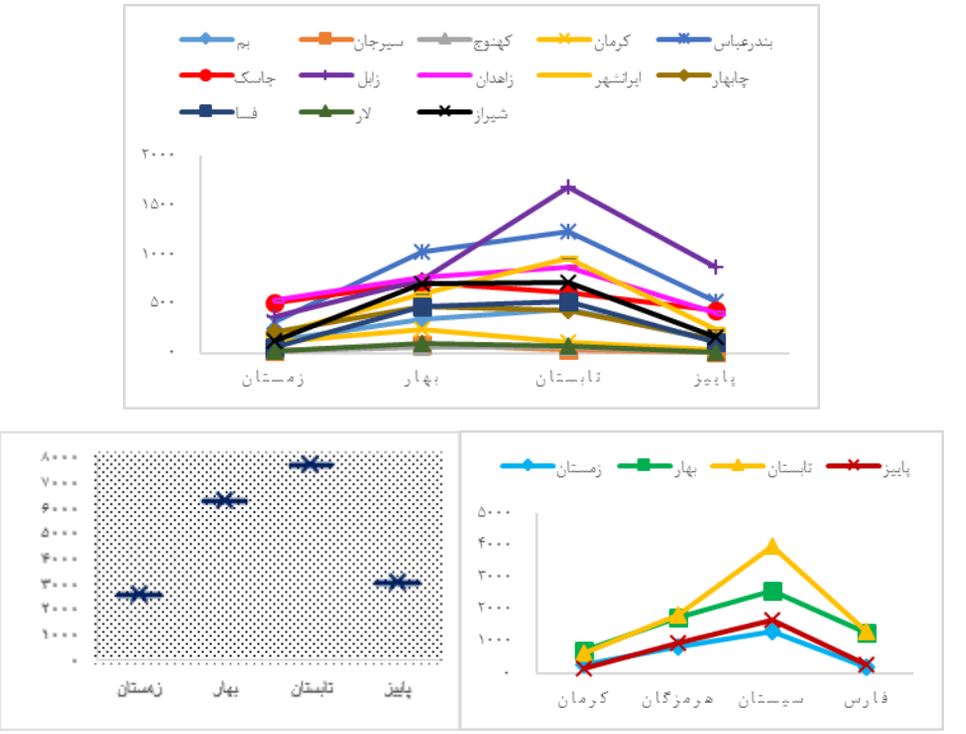


شکل (۶). توزیع گردوغبار ماهانه در ایستگاه‌های جنوب و جنوب‌شرق ایران

بررسی نمودار رخداد فصلی گردوغبار برای ایستگاه‌های موردمطالعه در شکل (۷) نشانگر آن است که ایستگاه‌های بم و کهنوج با مجموع فراوانی ۴۳۹ و ۵۹ روز در فصل تابستان دارای بیشینه گردوغبار و در فصل پاییز با مجموع فراوانی ۱۲۳ و ۶ روز دارای کمینه روزهای گردوغباری می‌باشند. همچنین، ایستگاه‌های کرمان و سیرجان به ترتیب با مجموع فراوانی ۲۴۲ و ۸۱ روز در فصل بهار دارای بیشترین رخداد گردوغبار هستند و در فصل پاییز با مجموع فراوانی ۳۵ و ۶ روز دارای کمترین تعداد گردوغبار می‌باشند. بر این اساس، فصل بهار با مجموع فراوانی ۷۱۹ روز بیشترین و فصل پاییز با مجموع فراوانی ۱۷۰ روز کمترین وقوع گردوغبار را به همراه داشته است. همچنین، فصل تابستان با مجموع فراوانی ۱۲۲۱ روز دارای بیشترین فراوانی و فصل زمستان با مجموع فراوانی ۳۱۴ روز دارای کمترین فراوانی روزهای گردوغباری در ایستگاه بندرعباس می‌باشند. اگرچه که ایستگاه جاسک بالاترین فراوانی را در فصل تابستان با مجموع ۷۰۸ روز و کمترین فراوانی را در فصل پاییز با ۴۳۰ روز تجربه می‌کند؛ بنابراین، فصل تابستان (۱۸۳۸ روز) و فصل زمستان (۸۱۹ روز) به ترتیب تعداد زیاد و تعداد کم فراوانی گردوغبار را تجربه می‌کنند. ایستگاه‌های زابل، ایرانشهر و زاهدان با مجموع فراوانی ۱۶۸۱، ۹۵۶، ۸۷۲ روز در فصل تابستان و ایستگاه چابهار با مجموع فراوانی ۴۷۲ روز در فصل بهار دارای بیشینه پدیده گردوغبار می‌باشند. در شهرهای زابل و ایرانشهر کمترین فراوانی گردوغبار در فصل زمستان و در شهرهای زاهدان و چابهار در فصل پاییز به وقوع پیوسته است. فصل تابستان با مجموع ۳۹۴۶ روز و فصل زمستان با ۱۳۱۱ روز به ترتیب بالاترین و کمترین رخداد این پدیده را دارند. ایستگاه‌های شیراز و فسا به ترتیب با مجموع فراوانی ۷۰۸ و ۵۱۸ روز در فصل تابستان و ایستگاه لار با مجموع فراوانی ۹۴ روز در فصل بهار بیشترین فراوانی پدیده گردوغبار را در این زمان به همراه دارند. علاوه بر این، پایین‌ترین مجموع روزهای گردوغباری در فصل زمستان برای شهرهای شیراز و فسا به ترتیب با ۱۲۲ و ۶۳ روز و برای شهر لار در فصل پاییز با ۱۲ روز می‌باشد. فصل تابستان (۱۲۹۷ روز) بالاترین و فصل زمستان (۱۹۹ روز) کمترین فراوانی گردوغبار را دارند. اگرچه که امیدوار و امیدی (۱۳۹۲) در یافته‌های خود طی سال‌های ۱۹۹۲ تا ۲۰۰۸ اظهار کرده‌اند که فراوانی روزهای همراه با گردوغبار در

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.162.5]
[DOI: 10.52547/jgs.24.72.115]

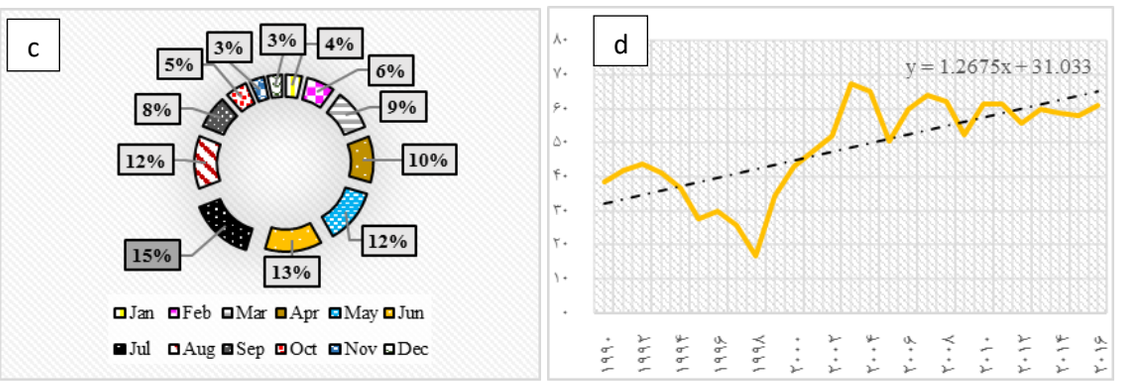
ایستگاه‌های شیراز و فسا در فصل بهار و در ایستگاه لار در فصل تابستان بیشتر از سایر فصول است. همچنین، کمترین فراوانی روزهای گردوغبار در شیراز و فسا در فصل پاییز و در ایستگاه لار در فصل زمستان می‌باشد.



شکل (۷). توزیع گردوغبار فصلی در ایستگاه‌های جنوب و جنوب‌شرق ایران

همان‌طور که در شکل (۸) نشان داده شده است، پس از بررسی‌های صورت گرفته به‌منظور بررسی توزیع مکانی- زمانی گردوغبار در منطقه جنوب و جنوب‌شرق ماه جولای سال ۲۰۰۳ به‌عنوان ماه پرگردوغبار برای فرایند مدل‌سازی در مدل RegCM4 انتخاب شد (c). ماه جولای با مجموع فراوانی ۲۸۶۱ روز (۱۵ درصد) در بین سایر ماه‌ها بیشترین گردوغبار را در فصل تابستان دارا است. همچنین بر اساس میانگین روزهای گردوغباری، سال ۲۰۰۳ با میانگین ۶۷ روز بیشترین میزان گردوغبار را در بین سال‌های آماری موردمطالعه به خود اختصاص داده است (d)؛ بنابراین، ماه جولای سال ۲۰۰۳ به‌منظور آشکارسازی پدیده گردوغبار برای فرایند مدل‌سازی انتخاب شد.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.162.5]
[DOI: 10.52547/jgs.24.72.115]



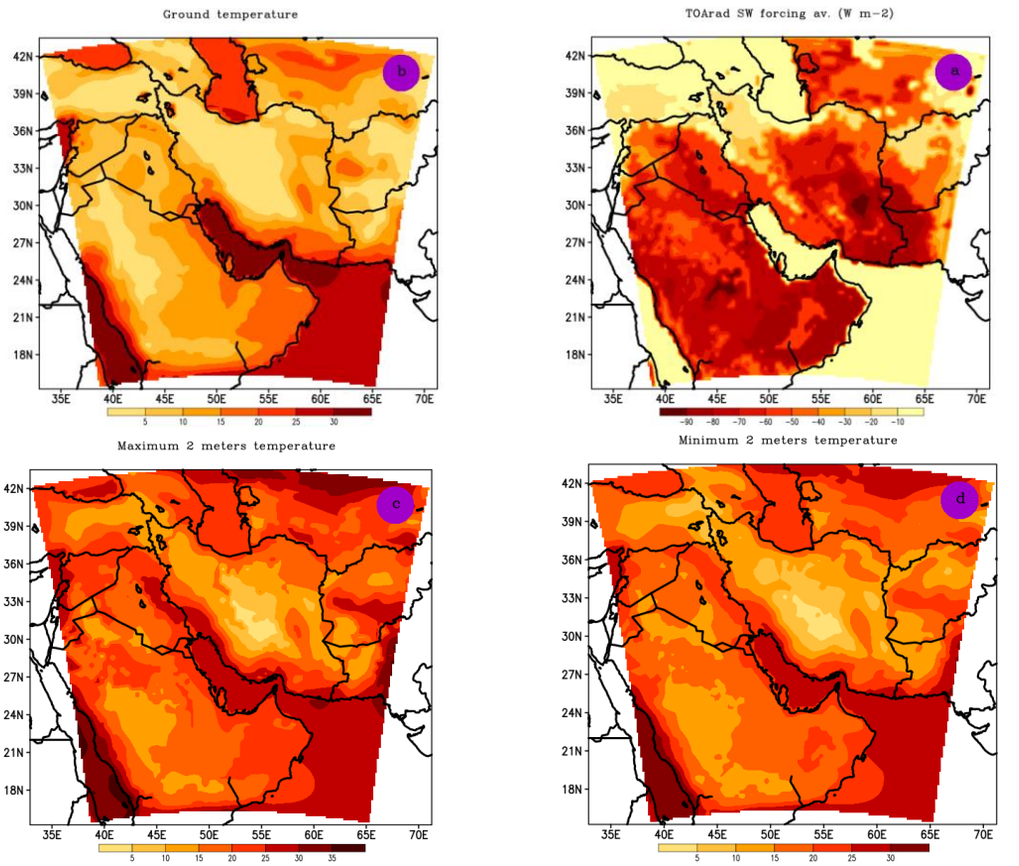
شکل (۸). مجموع فراوانی گردوغبار ماهانه (c) و سالانه (d) در ایستگاه‌های موردمطالعه

خروجی‌های شیمی و سطحی در مدل RegCM4 در شکل (۹) موردمطالعه قرار گرفتند. انرژی خورشید، منبع اصلی به حرکت درآوردن جو می‌باشد. خروجی‌های شار تابشی خالص موج‌کوتاه سطح بالا در فرآیند مدل‌سازی بالاترین مقادیر منفی را بر روی جنوب و جنوب‌شرق ایران نشان می‌دهد که تقریباً در مسیری بر روی عرض‌های ۲۵ تا ۳۳ درجه کشیده شده است. آنچه در نقشه‌ی موردبررسی مهم به نظر می‌رسد بالاترین مقادیر منفی در روی خشکی‌ها در مسیر یادشده می‌باشد که بر روی جنوب‌شرق به بیشینه خود می‌رسد و ایستگاه‌های زابل، زاهدان، ایرانشهر و چابهار و جاسک که در این راستا هستند را فرا می‌گیرد که بین ۵۰- تا ۸۰- متغیر می‌باشد (a). بالاترین مقادیر دمای زمینی بر روی جنوب ایران به‌ویژه بر روی ایستگاه‌های بندرعباس، جاسک، چابهار (بین ۲۵ تا ۳۰) درجه سانتی‌گراد می‌رسد. در واقع میزان دمای هوا در نوار ساحلی جنوب طی ماه جولای در سطح زمین به بالاترین میزان می‌رسد (b). بیشینه و کمینه درجه حرارت در سطح ۲ متری از زمین نیز بالاترین و کمترین دما را بر روی جنوب و جنوب‌شرق بر روی شهرهای نزدیک به نوار ساحلی نشان می‌دهد (c-d). بیشینه سرعت باد در تراز ۱۰ متری که بیشتر تحت تأثیر عوامل محلی و ناهمواری‌ها می‌باشد بر روی ایستگاه‌های جنوب سیستان و هرمزگان بالاترین مقادیر را تجربه می‌کند. در حقیقت، وجود توپوگرافی در این منطقه منجر به شکل‌گیری باد سیستان و بالتبع طوفان‌های گردوغباری در دشت سیستان می‌شود (e) (حسین زاده ۱۳۷۶). اثر تابشی گردوغبار ناشی از تغییر حالت مواد شیمیایی، ترکیب گردوغبار با انواع آئروسل، آلبدو سطح زیرزمین و ارتفاع نسبی بین ذرات گردوغبار و ابرها بسیار متفاوت است (کلاکین[۲۳] و همکاران، ۱۹۹۸؛ پاتادی[۲۴] و همکاران، ۲۰۰۹؛ کومار[۲۵] و همکاران، ۲۰۱۵؛ سلیمان[۲۶] و همکاران، ۲۰۱۵)؛ بنابراین، با در نظرگیری این نکات بالاترین مقادیر آلبدو بر روی استان سیستان و بلوچستان مشاهده می‌شود. ازآنجایی‌که نوع غالب طوفان در آنجا ماسه می‌باشد منجر به افزایش میزان آلبدو در زمین‌های ماسه‌ای می‌شود و در نتیجه سطح بالایی از تابش را انعکاس می‌دهند که منجر به افزایش درجه حرارت و بالتبع افزایش گردوغبار به دلیل خشکی ذرات خاک، جنس خاک و کمبود پوشش گیاهی در سطح زمین می‌شود (f). میزان گسیل سطحی در مناطق جنوب و جنوب‌شرق نیز بیشترین مقادیر را به همراه دارند که به‌ویژه بر روی زابل به بیشینه خود می‌رسد (g). مقادیر واداشت تابشی طول

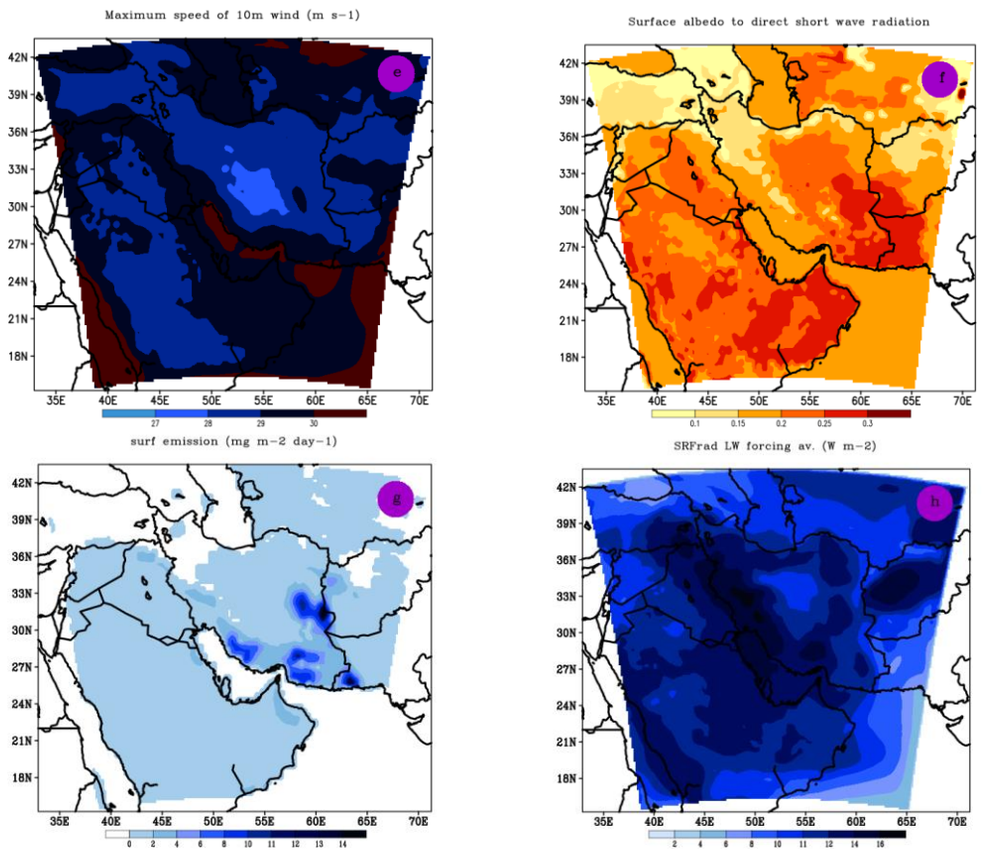
23. Claquin
24. Patadia
25. Kumar
26. Solmon

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.162.5]
[DOI: 10.52547/jgs.24.72.115]

مو بلند بر روی جنوب و جنوب‌شرق ایران بین ۱۲ w/m^2 تا ۱۰ متغیر می‌باشد که افزایش آن نشان‌دهنده‌ی حجم بالای ذرات معلق در شرایط وقوع گردوغبار می‌باشد که بیشینه آن بر روی غرب و جنوب غرب کشور به ۱۶ w/m^2 می‌رسد. اهمیت این شاخص ازآن‌جهت است که با افزایش ذرات گردوغباری، میزان تابش طول‌موج بلند نیز افزایش پیدا می‌کند و مناطق دارای طوفان گردوغباری از مقادیر طول‌موج بلند خروجی گیرافتاده ی بیشتری برخوردار خواهند بود (مفیدی و همکاران، ۱۳۹۲- ب) (h).



[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.162.5]
[DOI: 10.52547/jgs.24.72.115]



شکل (۹). متوسط واداشت تابشی موج‌کوتاه (a)، دمای سطح زمین (b)، بیشینه (c) و کمینه (d) دما در تراز ۲ متری از سطح زمین، حداکثر سرعت باد در تراز ۱۰ متری از سطح زمین (e)، نسبت آلبدوی سطحی به تابش موج‌کوتاه (f)، گسیل سطحی (g) و متوسط واداشت تابشی طول‌موج بلند (h) با قدرت تفکیک ۴۰ کیلومتر در مدل RegCM4

نتیجه‌گیری

طوفان گردوغبار نقش مهمی در سیستم زمین بازی می‌کند (گودی و میدلتون، ۲۰۰۶؛ راوی و همکاران، ۲۰۱۱؛ شائو و همکاران، ۲۰۱۱). توزیع مکانی گردوغبار بالاترین فراوانی گردوغبار را در ایستگاه‌های جنوب و جنوب‌شرق شامل زابل، بندرعباس، زاهدان و جاسک و فراوانی کم پدیده گردوغبار را برای شهرهای سیرجان، کهنوج و لار نشان می‌دهد. همان‌طور که نتایج بررسی آماری زنگنه (۱۳۹۳) اشاره می‌کند که ایستگاه‌های بندرعباس، زاهدان و جاسک بیشترین فراوانی طوفان‌های گردوغبار را دارند. پهنه‌بندی گردوغبار در سطح استان‌ها نیز بیشترین وقوع گردوغبار را در استان‌های سیستان و بلوچستان (۴۸٪)، هرمزگان (۲۷٪) و فارس با ۱۶ درصد و کمترین فراوانی آن را برای استان کرمان (۹٪) نشان داده است. توزیع زمانی پدیده گردوغبار در ایستگاه‌های مختلف بیشترین فراوانی را در ماه‌های گرم و فصل تابستان (سیستان) و کمترین را در ماه‌های سرد و فصل زمستان (کرمان) نشان می‌دهد. به‌طورکلی سهم ماه جولای (سبحانی و همکاران، ۱۳۹۴) و ایستگاه زابل در مقابل سیرجان (در ماه‌های نوامبر و دسامبر) در تولید گردوغبار بسیار مهم می‌باشد. همان‌طور که فرج زاده اصل و علیزاده (۱۳۹۰) معتقدند بیشترین فراوانی ماهانه پدیده گردوخاک در ایران مربوط به ماه جولای و کمترین آن‌ها مربوط به ماه دسامبر است و ایستگاه زابل بیشترین فراوانی وقوع گردوغبار

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.162.5]
[DOI: 10.52547/jgs.24.72.115]

را داشته است. مدل RegCM4 نیز برای مطالعه گردوغبار مورداستفاده محققان در دشت سیستان قرار گرفته است (مفیدی و همکاران، ۱۳۹۲؛ مفیدی و همکاران، ۱۳۹۲) که برای متغیرهای موردبررسی گویای آن است که بالاترین مقادیر واداشت تابشی موج‌کوتاه در جنوب‌شرقی و جنوب ایران شامل ایستگاه‌های زابل، زاهدان، ایرانشهر، چابهار و جاسک قرار دارد. بالاترین مقادیر دما بر روی جنوب‌شرق و جنوب ایران به‌ویژه بر روی ایستگاه‌های بندرعباس، جاسک، چابهار و ایرانشهر و نزدیک به نوار ساحلی نشان داده شده است. حداکثر سرعت بادها که بیشتر تحت تأثیر عوامل محلی و ناهمواری‌ها می‌باشد بر روی ایستگاه‌های سیستان و هرمزگان قابل‌مشاهده می‌باشد. در حقیقت، وجود توپوگرافی در این منطقه منجر به شکل‌گیری باد سیستان و به دنبال آن طوفان‌های گردوغباری می‌شود (حمیدیان پور و همکاران، ۱۳۹۵). بالاترین مقادیر آلبدو بر روی ایستگاه‌های سیستان اتفاق می‌افتد. در واقع، به دلیل آنکه این منطقه سهم بالاتری از طوفان ماسه را نسبت به استان‌های هرمزگان و کرمان به خود اختصاص داده است (راشکی و همکاران، ۲۰۱۳- ب) آلبدو نیز افزایش می‌یابد که به دلیل پوشش گیاهی کم و خشکی خاک منجر به شکل‌گیری طوفان‌های گردوغبار می‌شود. همچنین، گسیل سطحی و واداشت تابشی طول‌موج بلند نیز مقادیر قابل‌توجهی را بر روی جنوب و جنوب‌شرق ایران نشان می‌دهد که حاکی از افزایش پدیده گردوغبار در این مناطق می‌باشد.

منابع

ارجمند، مریم . راشکی، علیرضا. سرگزی، حسین. (۱۳۹۷). **پایش زمانی و مکانی پدیده گردوغبار با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در جنوب‌شرق ایران، با تأکید بر منطقه جازموریان**، اطلاعات جغرافیایی سپهر، **۲۷(۱۰۶)**: ۱۵۳-۱۶۸.

اردبیلی، لیلا. (۱۳۸۹). **بررسی فرآیندهای مؤثر در تشدید گردوغبار سال‌های اخیر ایران. دومین همایش ملی فرسایش بادی، یزد، انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران**، یزد، ایران، ۲۸-۲۷ بهمن، ۴۵-۵۳.

امیدوار، کمال. امیدی، زهرا. (۱۳۹۲). **تحلیل پدیده گردوغبار در جنوب و مرکز استان فارس**، نشریه کاوش‌های جغرافیایی مناطق بیابانی، **۵(۱)**: ۸۵-۱۱۴.

بمانی خرانق، اکرم. دهقان منشادی، زهرا. (۱۳۹۷). **بررسی روش‌های پایش زیست‌محیطی پدیده گردوغبار**، سیزدهمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران و سومین همایش ملی صیانت از منابع طبیعی و محیط‌زیست، ۱۰ و ۱۱ مهرماه، اردبیل، دانشگاه محقق اردبیلی با همکاری انجمن آبخیزداری ایران و اداره کل منابع طبیعی استان اردبیل.

پوراصغریان، آرزو. نکوآمال کرمانی، محمد. سی سی پور، مرضیه. رنجبر سعادت‌آبادی، عباس. (۱۳۹۳). **ارزیابی فراوانی پدیده گردوغبار در استان هرمزگان**، دومین همایش ملی بیابان با رویکرد مدیریت مناطق خشک و کویری، سمنان، دانشکده کویرشناسی دانشگاه سمنان، مرکز بین‌المللی بیابان دانشگاه تهران.

حسین زاده، سید رضا. (۱۳۷۶). **بادهای ۱۲۰ روزه سیستان**. تحقیقات جغرافیایی. **۴۶**. ۱۰۳-۱۲۷.

حمیدیان پور، محسن.، مفیدی، عباس.، سلیقه، محمد.، (۱۳۸۸). **تحلیل ماهیت و ساختار باد سیستان**، مجله ژئوفیزیک ایران ۱۰ (۲)، ۸۳-۱۰۹.

دهقان منشادی، زهرا. بمانی خرانق، اکرم. (۱۳۹۸). **بررسی اثرات و راهکارهای پدیده جوی گردوغبار در شرق و جنوب‌شرقی ایران**، کنفرانس بین‌المللی گردوغبار در جنوب غرب آسیا، زابل، دانشگاه زابل.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.162.5]
[DOI: 10.52547/jgs.24.72.115]

رستمی، دانا. (۱۳۹۰). **تحلیل تغییرات زمانی شدت، گستره و منشأ طوفان‌های گردوغبار در جنوب‌شرق**، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.

زنگنه، معصومه. (۱۳۹۳). **آب‌وهواشناسی توفان‌های گردوغبار در ایران**، آب‌وهواشناسی کاربردی، **۱**: ۱-۱۲.

سبحانی، بهروز. صلاحی، برومند. گل دوست، اکبر. (۱۳۹۴). **بررسی گردوغبار و ارزیابی امکان پیش‌بینی آن بر اساس روش‌های آماری و مدل ANFIS در ایستگاه زابل**، جغرافیا و توسعه، **۳۸**: ۱۲۳-۱۳۸.

صفری، اعظم. (۱۳۹۲). **شناسایی منابع غبار طوفان‌های گردوغباری جنوب غرب ایران**. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گرایش اقلیم‌شناسی در برنامه‌ریزی محیطی. دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه فردوسی مشهد.

علیجانی، بهلول. رئیس پور، کوهزاد.(۱۳۹۰). **تحلیل آماری همدیدی طوفان‌های گردوخاک در جنوب‌شرق ایران (مطالعه موردی؛ منطقه سیستان)**، مجله مطالعات جغرافیایی مناطق خشک. **۵**: ۱۰۷-۱۳۰.

فرج زاده، منوچهر. علی زاده، خاطره. (۱۳۹۰). **تحلیل زمانی و مکانی طوفان‌های گردوخاک در ایران**، برنامه‌ریزی و آمایش فضا، **۱۵(۱)**: ۶۵ - ۸۴.

محمودی، فرید. کریم زاده، حمیدرضا. روغنی، ربانه. (۱۳۸۹). **بررسی و تحلیل سینوپتیکی پدیده گردوغبار در ایران از سال ۲۰۰۶-۱۹۹۷**. دومین همایش ملی فرسایش بادی، یزد، انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران.

مفیدی، عباس. کمالی، سمیه. (۱۳۹۱). **بررسی و تحلیل ساختار توفان‌های گردوغباری در دشت سیستان با استفاده از مدل اقلیمی مقیاس منطقه‌ای RegCM4: مطالعه موردی ۳۰ جولای ۲۰۰۱**، اولین همایش ملی بیابان (علوم، فنون و توسعه پایدار)، کرج ۲۷ و ۲۸ خرداد ۱۳۹۱.

مفیدی، عباس. کمالی، سمیه. زرین، آذر. (۱۳۹۲- الف). **ارزیابی توان مدل RegCM4 پیوند خورده با طرح‌واره غبار در آشکارسازی ساختار طوفان‌های گردوغباری تابستانه در دشت سیستان**. جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای). **۳(۳)**: ۵۱-۶۹.

مفیدی، عباس. کمالی، سمیه. زرین، آذر. (۱۳۹۲- ب). **ارزیابی توان مدل RegCM4 پیوند خورده با طرح‌واره غبار در آشکارسازی ساختار توفان‌های گردوغباری تابستانه در دشت سیستان**، نخستین کنفرانس ملی آب و هواشناسی ایران، ۳۱ اردیبهشت و ۱ خرداد ۱۳۹۲، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران.

موحدی، سعید. حاتمی بهمن بیگلو، خداکرم. نارنگی فرد، مهدی. (۱۳۹۳). **پایش مکانی و زمانی پدیده‌های آب‌وهوایی مرتبط با گردوغبار در شهرهای ایران**، جغرافیا و مطالعات محیطی، **۳(۱۱)**: ۳۷-۴۸.

نوحه گر، احمد. ارشادی، سیروس. احمدی دوست، بهروز. بهرامی، فهیمه. (۱۳۹۱). **تجزیه‌وتحلیل آماری وقوع طوفان‌های گردوغبار (مطالعه موردی حوزه آبخیز جاماش استان هرمزگان)**، همایش ملی جریان و آلودگی هوا، تهران، موسسه آب دانشگاه تهران.

ولی، عباسعلی. خاموشی، سجاد. موسوی، سید حجت. پناهی، فاطمه. تمسکی. احسان. (۱۳۹۳). **تحلیل اقلیمی و ردیابی توفان‌های گردوغبار فراگیر در جنوب و مرکز ایران**، محیط‌شناسی، **۴۰(۴)**: ۹۷۲-۹۶۱.

Ackerman, S. A. Hyosang Ch., (1992**), Radiative Effects of Airborne Dust on Regional Energy Vudgets at the Top of Atmosphere**. American Meteorological Society, 31: 223-233.

Akbari, S., (2011), **Dust storms, sources in the Middle East and economic model for survey it's impacts.** Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 5(12): 227-233.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.162.5]
[DOI: 10.52547/jgs.24.72.115]

Alizadeh-Choobari, O., Zawar-Reza, P. and Sturman, A., (2014), **The "wind of 120days" and dust storm activity over the Sistan Basin.** Atmospheric Research, 143: 328-341.

Antón, M., Valenzuela, A., Cazorla, A., Gil, J.E., Fernández-Gálvez, J., Lyamani, H., Foyo-Moreno, I., Olmo, F.J., Alados-Arboledas, L., (2012), **Global and diffuse shortwave irradiance during a strong desert dust episode at Granada (Spain),** Atmos. Res. 118: 232–239.

Bou Karam, D., Flamant, C., Tulet, P., Todd, M.C., Pelon, J., Williams, E., (2009), **Dry cyclogenesis and dust mobilization in the intertropical discontinuity of the West African Monsoon: A case study**. J. Geophys. Res. 114: 1-14.

Cao J, Shen Z, Chow JC, Qi G, Watson JG, (2009), **Seasonal variations and sources of mass and chemical composition for PM10 aerosol in Hangzhou,** China, Particuology, 7(3): 161-8.

Chen, S. Y., Jiang, N. X., Huang, J. P., Xu, X. G., Zhang, H. W., Zang, Z., Huang, K. N., Xu, X. C., Wei, Y., Guan, X. D., Zhang, X. R., Luo, Y., Hu, Z. Y., Feng, T. C., (2018), **Quantifying contributions of natural and anthropogenic dust emission from different climatic regions, Atmos.** Environ., 191: 94-104.

Claquin, T., Schulz, M., Balkanski, Y., Boucher, O., (1998), **Uncertainties in assessing radiative forcing by mineral dust**. TellusB 50: 491–505.

Engelstaedter S, Tegen I, Washington R, (2006), **North African dust emissions and transport, Earth-Science Reviews**, 79(1-2): 73-100.

Gorjian. S., Ghobadian., B, (2015), **Solar desalination: A sustainable solution to water crisis in Iran, Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 48: 571–584.

Goudie AS, Middleton NJ., (2006), **Desert dust in the global system, Heidelberg: Springer Verlag**, 225p.

Goudie, A.S., Middleton, N.J., (2001), **Saharan dust storms: nature and consequences, Earth Sci. Rev**. 56: 179–204.

Goudie, A.S., (2009), **Dust storms: recent developments**, Journal of Environmental Management, 90: 89–94.

Hamidi, M., Kavianpour, M., & Shao, Y., (2013), **Synoptic analysis of dust storms in the Middle East.** Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences, 49(3): 279-286.

Hosseini, S., Parvari, H., Pahlavanravi, M., Moghaddamnia, A., ShahriariA, R. Ekhtesasi, M. R., (2012), **Comparison of nICD and ESAs models to desertification map in the Nyatk region of Sistan**, Journal of Watershed Management Research (Pajouhesh and Sazandegi), 90: 42-54.

Hua, NP., Kobayashi, F., Iwasaka, Y., Shi, GY., Naganuma, T., (2007), **Detailed identification of desert-originated bacteria carried by Asian dust storms to Japan,** Aerobiologia, 23(4): 291-8.

Kang, KK., Chu, JM., Jeong, HS., Han, WJ., Yu, NM., (2004**), A Study on the Analysis of Damages of Northeast Asian Dust and Sand Storm and of the Regional Cooperation Strategies**, Korea Environment Institute, 2(1):112-8.

Kaskaoutis, D.G., Houssos, E.E., Rashki, A., Francois, P., Legrand, M., Goto, D., Bartzokas, A., Kambezidis, H.D., Takemura, T., (2016), **The Caspian Sea – HinduKush Index (CasHKI): a regulatory factor for dust activity over southwest Asia, Glob.** Planet. Change 137: 10-23.

Krueger, BJ., Grassian, VH., Cowin, JP., Laskin, A., (2004), **Heterogeneous chemistry of individual mineral dust particles from different dust source regions: the importance of particle mineralogy**, Atmospheric Environment, 38(36): 6253- 61. 22.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.162.5]
[DOI: 10.52547/jgs.24.72.115]

Kumar, S., Kumar, S., Kaskaoutis, D.G., Singh, R.P., Singh, R.K., Mishra, A.K., Srivastava, M.K., Singh, A.K., (2015**), Meteorological, atmospheric and climatic perturbations during major dust storms over Indo-Gangetic basin**, Aeol. Res. 17: 15-31.

Legrand, M., Desbois, M., Vovor, K., (1988), **Satellite detection of Saharan dust: Optimized imaging during nighttime,** Journal of climate, 1(3): 256-264.

Marcella, M.P., and Eltahir, E.A., (2010), **Effects of mineral aerosols on the summertime climate of southwest Asia: Incorporating sub grid variability in a dust emission scheme**, Journal of Geophysical Research, 115: 14-27.

Masoumi, A., Laleh, E., Bayat, A., (2019), **Optical and physical properties, time-period, and severity of dust activities as a function of source for the main dust sources of the Middle East,** Journal Of Atmospheric And Solar-Terrestrial Physics, 185: 68-79.

Patadia, F., Yang, E.S., Christopher, S.A., (2009), **Does dust change the clear sky top of atmosphere shortwave flux over high surface reflectance regions?,** Geophys. Res. 36: 1-5.

Pérez., García-Pando, C., Stanton, M.C., Diggle, P.J., Trzaska, S., Miller, R.L., Perlwitz, J.P., Baldasano, J.M., Cuevas, E., Ceccato, P., Yaka, P., Thomson, M.C., (2014), **Soil Dust Aerosols and Wind as Predictors of Seasonal Meningitis Incidence in Niger.** Environ. Health Perspect. 122: 679–686.

Peters., A, (2005), **Paticulate matter and heart disease: Evidence from epidemiological studies**, Toxicol Appl Pharmacol, 1(207): 477-80.

Rashki, A., Arjmand, M. and Kaskaoutis, D., (2017), **Assessment of dust activity and dust-plume pathways over Jazmurian Basin, southeast Iran,** Aeolian Research, 24: 145-160.

Rashki, A., Eriksson, P., Rautenbach, C., Kaskaoutis, D., Grote, W. and Dykstra, J. (2013b), **Assessment of chemical and mineralogical characteristics of airborne dust in the Sistan region**, Iran, Chemosphere, 90(2): 227-236.

Rashki, A., Kaskaoutis, D., Francois, P., Kosmopoulos, P. and Legrand, M., (2015), **Dust-storm dynamics over Sistan region, Iran: Seasonality, transport characteristics and affected areas**, Aeolian Research, 16: 35-48.

Rashki, A., Kaskaoutis, D., Goudie, A. and Kahn, R., (2013a)., **Dryness of ephemeral lakes and consequences for dust activity: The case of the Hamoun drainage basin, southeastern Iran,** Science of The Total Environment, 463-464: 552-564.

Rashki, A., Kaskaoutis, D., Rautenbach, C., Eriksson, P., Qiang, M. and Gupta, P., (2012), **Dust storms and their horizontal dust loading in the Sistan region, Iran**. Aeolian Research, 5: 51-62.

Ravi, S., D'Odorico, P., Breshears, DD., Field, JP., Goudie, AS., Kahn, RA., (2011), **Aeolian processes and the biosphere,** Rev Geophys, 49(3): 1-45.

Richon, C., Dutay, J.-C., Dulac, F., Wang, R., Balkanski, Y., (2018), **Modeling the biogeochemical impact of atmospheric phosphate deposition from desert dust and combustion sources to the Mediterranean Sea**, Biogeosciences 15: 2499-2524.

Roman, R., Antón, M., Valenzuela, A., Gil, G.E., Lyamani, H., De Miguel, A., Olmo, F.G., Bilbao, J., Alados-Arboledas, L., (2013), **Evaluation of the desert dust effects on global, direct and diffuse spectral ultraviolet irradiance,** TellusB 65: 1-14.

Salvador, P., Alonso-Pérez, S., Pey, J., Artíñano, B., de Bustos, J.J., Alastuey, A., Querol, X., (2014), **African dust outbreaks over the western Mediterranean Basin: 11-year characterization of atmospheric circulation patterns and dust source areas,** Atmos. Chem. Phys., 14: 6759–6775.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.162.5]
[DOI: 10.52547/jgs.24.72.115]

Schepanski, K., Mallet, M., Heinold, B., Ulrich, M., (2016), **North African dust transport toward the western Mediterranean basin: atmospheric controls on dust source activation and transport pathways during June–July 2013**, Atmos. Chem. Phys. 16: 14147-14168.

Shao Y, Wyrwoll KH, Chappell A, Huang J, Lin Z, McTainsh GH, et al., (2011), **Dust cycle: an emerging core theme in Earth system science**. Aeolian Res, 2: 181–204.

Solmon, F., Nair, V.S., Mallet, M., (2015), **Increasing Arabian dust activity and the Indian summer monsoon,** Atmos. Chem. Phys. 15: 8051–8064.

Tanaka, T.Y., Chiba, M., (2006), **A numerical study of the contributions of dust source regions to the global dust budget**, Global Planet Change, 52: 88–104.

Wang, YQ., Zhang, XY., Arimoto, R., Cao, JJ., Shen, ZX., (2005), **Characteristics of carbonate content and carbon and oxygen isotopic composition of northern China soil and dust aerosol and its application to tracing dust sources,** Atmospheric Environment, 39(14): 2631-42.

Yang, G., Song, L., Lu, X., Wang, N., Li, Y., (2017), **Effect of the exposure to suspended solids on the enzymatic activity in the bivalve Sinonovacula constricta**, Aquaculture and Fisheries 2: 10–17.

Yu, Y., Notaro, M., Liu, Z., Wang, F., Alkolibi, F., Fadda, E., Bakhrjy, F., (2015), **Climatic controls on the interannual to decadal variability in Saudi Arabian dust activity: toward the development of a seasonal dust prediction model**, J. Geophys. Res.Atmos., 120: 1739-1758.

Zakey, A.S., Solmon, F., Giorgi, F., (2006), **Implementation and testing of a desert dust module in a regional climate model, Atmospheric Chemistry and Physics**, 6: 4687-4704.

Yu, Y., M. Notaro, Z. Liu, F. Wang, F. Alkolibi, E. Fadda, and F. Bakhrjy (2015), **Climatic controls on the interannual to decadal variability in Saudi Arabian dust activity: Toward the development of a seasonal dust prediction model,** J. Geophys. Res. Atmos., 120.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.162.5]

[DOI: 10.52547/jgs.24.72.115]