نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال هفتم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹.

صفحات ۱۵ تا۳۲

واکاوی و مقایسه تولیدات ماهوارهای و شبیهسازیشده AOD در تحلیل گردوغبارهای غرب ایران (۲۰۱۸-۲۰۰۰)

کاوه محمدپور ^۱ دانشجوی دکتری اقلی_مشناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی تهران، ایران.

محمد سلیقه، دانشیار اقلیمشناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی تهران. علی درویشی بلورانی، استادیار گروه سنجشازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

طیب رضئیی، استادیار مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور، کرج، ایران.

دریافت مقاله : ۱۳۹۸/۰۴/۰۵ پذیرش نهایی:۱۳۹۸/۰۴/۰۵

چکیدہ

گردوغبار، تحت تأثیر تعامل سیستم اتمسفر – زمین بوده و با تغییر در انرژی تابشی، شیمی و فیزیک اتمسفر، اقلیم یک منطقه را تحت تأثیر قرار میدهد. بنابر ضرورت نقش گردوغبارها و پراکنش فضایی-دینامیکی گسترده آنها و نیز وجود تکنیکهای پیشرفته سنجشازدور و مدلسازی در شبیهسازی گردوغبار، در پژوهش حاضر سعی در مقایسه، کمیسازی و شبیهسازی رفتار گردوغبار با استفاده از عمق نوری آئروسل (AOD) MODIS و MACC گردید. میزان همبستگی پیرسون بین دادهها نشان داد که در منطقه موردمطالعه بین سنجنده و مدل ارتباط معنیداری وجود دارد و کمترین همبستگی در استان همدان مشاهده شد. توزیع سالانه AOD نمایان ساخت که مقدار گردوغبار دارای دو دوره فعال (۲۰۱۰–۲۰۰۰) و غیرفعال (۲۰۱۸–۲۰۰۰) بود. همچنین توزیع ماهانه DOL نشان داد که منطقه موردمطالعه در ماههای آوریل تا آگوست دارای بیشترین غلظت گردوغبار است؛ که همخوانی ماهانه AOD نشان داد که منطقه موردمطالعه در ماههای آوریل تا آگوست دارای بیشترین غلظت گردوغبار است؛ که میخوانی ماهانه DOL نشان داد که منطقه موردمطالعه در ماههای مرطوب (دسامبر تا مارس) بیشتر از ماههای خشک (آوریل تا نوامبر) است. توزیع مکانی گردوغبار دار هر دو سنجنده و مدل دارای الگوی کلی مورب مکانی جنوبی-شالی است و با افزایش

واژههای کلیدی: عمق نوری آئروسل (AOD)، MACC، AOD، غرب ایران.

مقدمه

گردوغبارها تحت عنوان عمدهترین نوع از آئروسلها هستند که انتقال انرژی تابشی را بهصورت مستقیم (جذب و پخش Tegen et al., 1996, 1997; A. Jayaraman et al., 1998; Satheesh and Ramanathan, 2000; Harrison) تابش) (et al., 2001; S. Jayaraman et al., 2001; Sokolik et al., 2001; Haywood et al., 2003; Bangert et al., 2012 Levin et al., 1996; Rosenfeld et al., 1997; A و نور) (; Nakajima et al., 2001; Haywood et al., 2001; Bangert et al., 2012 و غیرمستقیم (ویژگیهای میکرو فیزیک، تشکیل هسته تراکم و نور) (; Wurzler et al., 2000; Nakajima et al., 2001; Penner et al., 2001; Bangert et al., 2012 Bryson) تحت تأثیر قرار میدهند. همچنین، گردوغبارها بر روی تغییر دمای هوا، شکل گیری ابر، همرفت و میزان بارش اثر میگذارند (Bryson and Barreis, 1967; Maley, 1982; Lohmann and Feichter, 2005; Wong and Dessler, 2005; Rosenfeld et al., 2009; Kaufman et al., 2009; Nakajima et al., 2005; Wong and Dessler, 2005; Rosenfeld et al., 2009 ایجاد میکند، اقلیم یک منطقه را تحت تأثیر خود قرار میدهد (به ویژه گردوغبار ازنظر تغییراتی که در فیزیک و شیمی اتمسفر ایجاد میکند، اقلیم یک منطقه را تحت تأثیر خود قرار میدهد (, ۲۰۰۵; IPCC, 2013

در سال های اخیر، افزایش سنجندهها و مدل های مختلف با دقت زمانی و مکانی مختلف امکان پژوهش در حیطه گردوغبار را دوچندان نموده است (Mao et al., 2014). از این میان، مهمترین مطالعات به بررسی عمق نوری آئروسل (AOD) بهعنوان کلیدی ترین پارامتر در تحلیل گردوغبار پرداختهاند. در دو دهه اخیر، پارامتر AOD بهعنوان اصلی ترین پارامتر ثبت شده در مشاهدات زمینی، ماهوارهها و مدل های پیشرفته جهانی توجه بسیاری از پژوهشگران را در بررسی گردوغبار به خود جلب کرده است (Xuenei Zong et al. 2011; Mao et al., 2014; Cuevas et al, 2015; ار در بررسی گردوغبار CALIPSO MISR MODIS معروف بر مشاهدات زمینی¹سنجندههایی همچون Modif et al. 2009; Mangold et al. 2011; Mao et al., 2014; Cuevas et al, 2015; Oceand و Seawitie et al. 2009; Mangold et al. 2011; Mao et al., 2014; Cuevas et al, 2015; Morcette et al., 2015; Seawitie i Seawif و بر مشاهدات زمینی¹سنجندههایی همچون Kodif و در بالای سطح زمین نشان می دهد (Xuenei Zong et al., 2013; Van Donkelaar et al., 2010, 2015; Ma et al., 2013; Van de زمین نشان می دهد (را تولید می کنند که خاموشی نور توسط آئروسل را در ستونی از جو در بالای سطح زمین نشان می دهد (را تولید می کنند که خاموشی نور توسط آئروسل را در ستونی از جو در بالای سطح زمین نشان می دهد (را تعلی کار), کامش نور خورشید در ستونی از جو توسط ذرات معلق که به علت جذب زمین نشان می دهد (را تعلی دی آلمش نور خورشید در ستونی از جو توسط ذرات معلق که به علت جذب زمین نشان می دهد (را تعلی کار), کامش نور خورشید در ستونی از جو توسط ذرات معلق که به علت جذب می باشد (2014), امتر AOD تخمینی است از مقدار کاهش نور خورشید در ستونی از جو توسط ذرات معلق که به علت جذب زمینی نوان نور اتفاق می افتد و بهعنوان کلیدی ترین فاکتور در مطالعات اثرات آب و هوایی آئروسل ها و آلودگی های جوی می باشد (AOD مدل و سنجنده می باشد (2014), می و انه و می نوان کلیدی ترین فاکتور در مطالعات مذکور میزان AOD مدل و سنجنده می باشد (2009; Mangold et al. 2011; Cuevas et al, 2015; Xuemei Zong et al., 2015; یوه می حاضر به صحتسنجی پرداخته نشده است.

اگرچه مطالعات محدودی به مقایسه آئروسل و گردوغبار با استفاده از دادههای شبیهسازی شده مدل ها با تولیدات ماهواره-ای پرداختهاند (;Morcrette et al. 2009; Mangold et al. 2011; Cuevas et al, 2015). اما، برخی از پژوهش ها با تمرکز بر روی کمیتهای ماهانه و روزانه یعمق نوری آئروسل (AOD) در باند مرئی میانی نشان دادند که دادههای شبیه سازی شده با داده های زمینی و ماهواره ای در مناطق گردوغباری و سواحل دریا همخوانی معنی داری باهم دارند (Morcrette et al. 2009; Mangold et al. 2011)؛ هرچند که در برخی موارد مشاهده می شود که مدل ها مقدار حداکثرها را نادیده می گیرند (Mangold et al. 2011). همچنین، پژوهش های انجام گرفته در ایران نشان می دهد که

'- AERONET '- Aerosol Optical Depth

این پژوهشها با دقت مکانی پایین (۱×۱درجه قوسی یا ۱۰۰ کیلومتر مربع) بوده و مقدار گردوغبار را با استناد به مشاهدات زمینی مقایسه و تحلیل کردهاند. این پژوهشها باهدف ارزیابی مسیریابی پسگرد گردوغبار، ارتباط گردوغبار غرب ایران با بیابانهای عراق، سوریه و عربستان، تأثیر آئروسل بر شار تابش، مقایسه باندهای متفاوت یک سنجنده طی روز خاص و يا تحليل ارتباط بارش و دما با استفاده از مقدار AOD انجام گرفتهاند (,Ashrafi et al., 2017; Ashrafi et al. انجام گرفتهاند (۲۰۱۴; Arkian & Nicholson, 2018; Namdari et al., 2018). در جدیدترین مطالعات در ایران، پژوهشگران نیز بیشتر علاقهمند به ردیابی و مسیریابی، تحلیل فراوانی روزهای گردوغباری و تحلیل همدیدی و ماهوارهای رخدادهای مشخص در قالب رخدادهای محدود و چندروزه در نیمه غربی ایران داشتهاند (ززولی و همکاران، ۱۳۹۳؛ اکبری و فرحبخشی، ۱۳۹۵؛ زینالی، ۱۳۹۵؛ ساری صراف و همکاران، ۱۳۹۶؛ حجازی زاده و همکاران، ۱۳۹۷؛ ترکاشوند، ۱۳۹۷). که علی غم تلاشها در این خصوص، مطالعات جامعی در دهه اخیر در استفاده از AOD و سنجشازدور ماهوارهای و مدلسازی در مقیاسی مشابه پژوهشهای جامع و طولانیمدت جهانی (Cuevas et al, 2015; Mao et al., 2014) مشاهده نمیشود. پس، در غرب ایران نیاز به یک بررسی طولانیمدت رخدادهای گردوغبار در سریهای زمانی روزانه یک دوره کامل سنجشازدوری و پراکنش فضایی و زمانی در قالب شبیهسازی و سنجشازدور ماهوارهای است. فلذا، با توجه به نتایج متنوع حاصله از مدلها و الگوریتمها در مناطق مختلف جهان، عدم قطعیت و چگونگی رفتار پیچیده گردوغبار هنوز بحثی باز در مطالعات محسوب می گردد. بنابراین، واکاوی و تحلیل گردوغبار با انواع مختلفی از دادههای باز واکاوی و شبیهسازیشده و تکنیکهای سنجشازدور کمک شایان توجهی به درک صحیحتر رخدادهای گردوغبار است، که معمولترین و کارامدترین پارامتر مورداستفاده در تحلیل آنها، تحلیل عمق نوری آئروسل (AOD) توسط سنجندهها و نهايتاً مدل هاست (Morcrette et al., 2009; Mao et al., 2014; Cuevas et al, 2015; Xuemei Zong et al., 2015). به همین منظور دادههای ماهوارهای و شبیهسازیشده ازلحاظ ویژگیهای منحصربهفرد خود چون چند زمانه بودن، چند طیفی بودن، وسعت منطقه تحت پوشش و ابعاد بررسی، امکانات مناسبی را برای مطالعه پدیدههای ديناميكي گسترده همچون گردوغبار ارائه ميدهند (Mei et al. 2008).

هدف مطالعه حاضر مقایسه دادههای شبیهسازیشده با مشاهدات ماهوارهای در باند ۵۵۰ نانومتر بر روی غرب ایران است؛ که اساساً منطقهای گردوغباری به حساب نمی آید بلکه گردوغبارهای حاصله در مناطق غربی ایران دارای منشأهای خارجی همچون بیابانهای عراق، سوریه و عربستان و شمال آفریقاست (Akbary & Farahbakhshi, 2015; Ashrafi & Akbary & Farahbakhshi, 2015; Ashrafi افریقاست (et al., 2015 et al., 2014 (et al., 2014). در همین راستا، انجام تحلیل رفتار پیچیده گردوغبار با توجه به خلاً مطالعاتی موجود در ایران ضروری به نظر می رسد. فلذا، موضوع موردبررسی با کمک سنجش ازدور و سنجنده MODIS تحت عنوان مشاهدات ماهوارهای و دادههای شبیه سازی شده در مدل MACC می تواند گامی نوین و بااهمیت در مطالعه و شناسایی رفتار رخداد گردوغبار درگذر زمان در دو دهه اخیر بر روی ایران باشد. همچنین، در این بررسی به مقایسه تغییرات توزیع فضایی گردوغبار با استفاده از مدل سازی و سنجش ازدور بر روی منطقه موردمطالعه پرداخته و گردوغبار را مورد واکاوی قرار می دهد.

دادهها و روش کار

محدوده موردمطالعه در این پژوهش، استانهای ایلام، کرمانشاه، کردستان، لرستان و همدان میباشد که با استفاده از پارامتر AOD در دو سری داده شامل: ۱- دادههای شبیهسازی شده در مدل MACC با دقت مکانی ۱۴ کیلومترمربع و مقیاس زمانی ۳ ساعته و ۲- تولیدات سنجنده MODIS نصب بر روی ماهواره Terra با دقت مکانی ۱۰ کیلومترمربع موردبررسی قرار گرفت. تولیدات این سنجنده از مجموعه ۶ (Collection 6.1) استخراج و از الگوریتم Deep Blue استفاده شده است. جدول (۱) ویژگیهای دادههای مورداستفاده را نشان داده است.

Data	Spatial Resolutio n	Time Scale	Dimensi ons	Layers/Cel ls	Extent	period	Are a
MACC	14km ²	Daily	27×77	3653/560	X: 45.41276 - 50.00153	2003- 2012	We
MODIS	10km ²			6489/560	Y: 32.1126 - 36.50776	2000- 2018	Iran

جدول (۱). ویژگی دادههای مورداستفاده در تحقیق

بهمنظور تحلیل طوفانهای گردوغبار در منطقه موردمطالعه در دوره آماری ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ از روشهای آماری و شبیه-سازی پارامتر AOD در MAC و MODIS بهره گرفتهشده و رخدادهای گردوغباری مورد پردازش قرار گرفتند. روش کار بدینصورت است که قبل از هرگونه پردازش آماری دادههای تولیدشده به ابعاد ۲/۰×۲/۰ درجه جهت مقایسه تبدیل گردید. سپس، میانگین روزانه AOD در ابعاد مکانی ۲۳×۲۲ پیکسل تشکیل و میانگین ۵۶۰ پیکسل برای محدوده موردمطالعه در ماتریسی با ارایه AOک×۳۵ برای MACC و ۶۵×۶۹۸۹ برای MODIS در سریهای زمانی روزانه جهت استخراج میزان AOD تشکیل گردید، و میانگین AOD در طی دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ برای MODIS و در طی جهت استخراج میزان AOD تشکیل گردید، و میانگین AOD در طی دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ برای MODIS و در طی AOD تا ۲۰۱۳ برای MACC با استفاده از معادلات ۱–۱ تا ۲–۲ محاسبه گردید. سپس، پراکنش فضایی میزان AOD در طی ماههای گردوغباری سال برای ایستگاههای سینوپتیک و سراسر استان موردمطالعه با استفاده از مجموعه بستههای R برای سری زمانی روزانه در طول دوره موردمطالعه استخراج شد. درنهایت، توزیع مکانی میزان AOD بدست آمده با استفاده از تابع کریجینگ (Kriging) درونیابی گردید. معادلات (۱–۱، ۲–۱، ۳–۱) و معادلات (۱–۲ و ۲–۲) محاسبه میانگین AOD را برای کل دوره در منطقه موردمطالعه را نشان میدهد:

$$\begin{split} \mathbf{1} & -\mathbf{1} \right) \cdot AOD_{l} = \begin{bmatrix} \tau_{1,1}^{l} & \tau_{1,2}^{l} & \dots & \tau_{l,j}^{l} \\ \tau_{2,1}^{l} & \tau_{2,2}^{l} & \dots & \tau_{l,j}^{l} \\ \tau_{i,j}^{l} & \tau_{i,j}^{l} & \dots & \tau_{i,j}^{l} \end{bmatrix} \qquad l = 1, \dots, n \\ \mathbf{1} - 2 \right) \cdot AOD_{l} = \begin{bmatrix} \tau_{lj}^{l} \end{bmatrix} \\ \mathbf{1} - 3 \right) \cdot \overline{AOD}_{l} = \begin{bmatrix} \tau_{lj}^{l} \\ R \end{bmatrix} \\ \mathbf{1} - 3 \right) \cdot \overline{AOD}_{l} = \frac{\sum_{l=1}^{l} AOD_{l_{22\times23}}}{l} \\ \mathbf{2} - 1 \right) \cdot \overline{AOD}_{Area}^{daily} = \frac{\sum_{pix=1}^{n} (\tau_{1} + \dots + \tau)}{n} \\ \mathbf{2} - 2 \right) \cdot \overline{AOD}_{Area}^{Period} = \frac{\sum_{l=1}^{l} (\overline{AOD}_{1} + \dots + \overline{AOD}_{l})}{l} \\ \mathbf{2} - 2 \right) \cdot \overline{AOD}_{Area}^{Period} = \frac{\sum_{l=1}^{l} (\overline{AOD}_{1} + \dots + \overline{AOD}_{l})}{l} \\ \mathbf{2} - 2 \right) \cdot \overline{AOD}_{Area}^{Period} = \frac{\sum_{l=1}^{l} (\overline{AOD}_{1} + \dots + \overline{AOD}_{l})}{l} \\ \mathbf{2} - 2 \right) \cdot \overline{AOD}_{Area}^{Period} = \frac{\sum_{l=1}^{l} (\overline{AOD}_{1} + \dots + \overline{AOD}_{l})}{l} \\ \mathbf{2} - 2 \right) \cdot \overline{AOD}_{Area}^{Period} = \frac{\sum_{l=1}^{l} (\overline{AOD}_{1} + \dots + \overline{AOD}_{l})}{l} \\ \mathbf{2} - 2 \right) \cdot \overline{AOD}_{Area}^{Period} = \frac{\sum_{l=1}^{l} (\overline{AOD}_{1} + \dots + \overline{AOD}_{l})}{l} \\ \mathbf{3} + \frac{\sum_{l=1}^{l} (\overline{AOD}_{l} + \dots + \overline{AOD}_{l})}{l} \\ \mathbf{3} + \frac{\sum_{l=1}^{l} (\overline{AOD}_{l} + \dots + \overline{AOD}_{l})}{l} \\ \mathbf{4} + \frac{\sum_{l=1}^{l} (\overline{AOD}_{l} + \dots + \overline{AOD}_{l})}{l} \\ \mathbf{4} + \frac{\sum_{l=1}^{l} (\overline{AOD}_{l} + \dots + \overline{AOD}_{l})}{l} \\ \mathbf{4} + \frac{\sum_{l=1}^{l} (\overline{AOD}_{l} + \dots + \overline{AOD}_{l})}{l} \\ \mathbf{4} + \frac{\sum_{l=1}^{l} (\overline{AOD}_{l} + \dots + \overline{AOD}_{l})}{l} \\ \mathbf{4} + \frac{\sum_{l=1}^{l} (\overline{AOD}_{l} + \dots + \overline{AOD}_{l})}{l} \\ \mathbf{4} + \frac{\sum_{l=1}^{l} (\overline{AOD}_{l} + \dots + \overline{AOD}_{l})}{l} \\ \mathbf{4} + \frac{\sum_{l=1}^{l} (\overline{AOD}_{l} + \dots + \overline{AOD}_{l})}{l} \\ \mathbf{4} + \frac{\sum_{l=1}^{l} (\overline{AOD}_{l} + \dots + \overline{AOD}_{l})}{l} \\ \mathbf{5} + \frac{\sum_{l=1}^{l} (\overline{AOD}_{l} + \dots + \overline{AOD}_{l})}{l} \\ \mathbf{5} + \frac{\sum_{l=1}^{l} (\overline{AOD}_{l} + \dots + \overline{AOD}_{l})}{l} \\ \mathbf{5} + \frac{\sum_{l=1}^{l} (\overline{AOD}_{l} + \dots + \overline{AOD}_{l})}{l} \\ \mathbf{5} + \frac{\sum_{l=1}^{l} (\overline{AOD}_{l} + \dots + \overline{AOD}_{l})}{l} \\ \mathbf{5} + \frac{\sum_{l=1}^{l} (\overline{AOD}_{l} + \dots + \overline{AOD}_{l})}{l} \\ \mathbf{5} + \frac{\sum_{l=1}^{l} (\overline{AOD}_{l} + \dots + \overline{AOD}_{l})}{l} \\ \mathbf{5} + \frac{\sum_{l=1}^{l} (\overline{AOD}_{l} + \dots + \overline{AOD}_{l})}{l} \\ \mathbf{5} + \frac{\sum_{l=1}^{l} (\overline{AOD}_{l} + \dots + \overline{AOD}_{l})}{l} \\ \mathbf{5} + \frac{\sum_{l=1}^{l} (\overline{AOD}_{l} + \dots + \overline{AOD}_{l})}{l} \\ \mathbf{5} + \frac{\sum_{l$$

شرح و تفسير نتايج

همبستگی عمق نوری آئروسل بین MACC و MODIS و MACC در شکل ۲ (چپ) نشان میدهد که میزان عمق نوری آئروسل در سطح منطقهی موردمطالعه بین یاختههای مدل و سنجنده بالا (4 ==R) است. در یاختههایی که مقدار AOD افزایش داشته است از میزان همبستگی کاسته شده و همبستگی بالا در یاختههایی مشاهدهشده است که دارای AOD کمتر از ۲۵۸۵ میباشند. بهعبارتدیگر، اختلاف برآورد AOD در مقدارهای بالاتر بوده و از همبستگی کمتری برخوردار است که این موضوع ناشی از مقدار بیشتر آن در برخی از پیکسلهای مدل موردبررسی نسبت به مشاهدات سنجنده بوده است. بنابراین بعد از حذف یاختههای دارای AOD بزرگتر از ۲۵۸۵، میزان ضریب تعیین به ۲۵۸۹ میرسد (شکل ۲: راست). همچنین شکل ۴ (نقشه) نقشه همبستگی مکانی (همبستگی بین ۲۸۸۰ تا ۲۰/۷) را نشان میدهد که نشاندهنده ارتباط معنیدار بین پیکسلهای MACC و MODIS در سطح منطقه موردمطالعه میباشد و این ارتباط در استانهای غربی منطقه مورد مطالعه بیشتر از شمال شرق منطقه (همدان) نمایان است. شایان *ذکر* است، تغییرات حاصله از معربی منطقه مورد مطالعه بیشتر از شمال شرق منطقه (همدان) نمایان است. شایان *ذکر* است، تغییرات حاصله از معربی منطقه مورد مطالعه بیشتر از شمال شرق منطقه (همدان) نمایان است. شایان دکر است، تغییرات حاصله از مربی منطقه مورد مطالعه بیشتر از شمال شرق منطقه (همدان) نمایان است. شایان *دکر* است، تغییرات حاصله از ماستفاده شده و از پیکسلهای کماهمیت (0 flag) چشمپوشی شده است، چشمگیرتر است. جدول (۱) مقایسه میانگین AOD سنجنده و مدل در کل منطقه موردمطالعه را نشان داده است. درمجموع، همبستگی بین سنجنده و مدل در برآورد میزان گردوغبار بالاست (شکل ۲)؛ و در سطح کل منطقه موردمطالعه، بالاترین همبستگی بین منادههای AOD مستجنده و مدل در کل منطقه موردمطالعه را نشان داده است. درمجموع، همبستگی بین سنجنده و مدل در



شکل (۱). نمودار پراکندگی میانگین ماهانه AOD 550nm بین پیکسلهای MACC و MODIS در کل منطقه موردمطالعه

جدول (۱). مقايسه ميانگين ماهانه AOD 550nm بين MACC و MODIS در كل منطقه موردمطالعه

		• •	•	• •	•
فصل	ماه	MAE	RMSE	r	R ²
زمستان	ژانویه	0.04	0.05	0.39	0.15
	فوريه	0.02	0.03	0.80	0.63
	مارس	0.03	0.04	0.61	0.37
بهار	آوريل	0.08	0.09	0.68	0.45
	مى	0.10	0.11	0.57	0.33
	ژوئن	0.10	0.11	0.49	0.23
تابستان	جولای	۰.۱۶	٠.١٧	•.44	٠.١٩
	آگوست	۰.۱۷	۰.۱۸	۵۹.۰	۳۵. ۰
	سپتامبر	۰.۱۲	۰.۱۲	۵۹.۰	۳۵. ۰
پاييز	اكتبر	0.15	0.15	0.72	0.52
	نوامبر	0.12	0.12	0.39	0.15
	دسامبر	0.03	0.04	0.45	0.20



شکل (۲). همبستگی میانگین سالانه AOD 550nm بین پیکسلهای MACC و MODIS در منطقه موردمطالعه

نتایج حاصله از میانگین سالانه عمق نوری آئروسل (AOD) در منطقه موردمطالعه نشان میدهد که تغییرات سالانه مقدار AOD از سال ۲۰۰۰ تا سال ۲۰۰۹ در سنجنده MODIS و از سال ۲۰۰۳ تا سال ۲۰۱۰ در MACC افزایش چشمگیری داشته است (شکل ۳). لازم به یادآوری است که مقدار AOD در سطح هر استان با نشانه MACC و MODIS و در سطح ایستگاهها همراه با پسوند لاتین (ایلام: I، کرمانشاه: K، سنندج: S، خرمآباد: Kh و همدان: H) نشان داده شده است. شکل ۳ نشان میدهد که استان ایلام و ایستگاه سینوپتیک ایلام با بیشترین میزان AOD به ترتیب بین حداقل ۱۰٫۳۹۸ تا حداکثر ۲۹۷/۰ در بین استانهای موردمطالعه و بین حداقل ۱۳۵۵ تا حداکثر ۲۴۳/۰ در بین ایستگاههای موردمطالعه بر اساس مدل هستند.

بررسی روند سالانه عمق نوری آئروسل در شکل ۳ نشان میدهد که مقدار AOD در پنج استان موردمطالعه از سال ۲۰۰۰ تا سال ۲۰۰۹ در سنجنده MODIS روند افزایشی را نشان میدهد و از سال ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۸ دارای شیب کاهشی است. شایانذکر است، مقدار محاسبهشده در سال ۲۰۰۰ به دلیل کمبود تصاویر سنجنده MODIS از ماه ژانویه تا مارس مقدار بیشتری را نشان میدهد و نمیتواند نماینده واقعی AOD در تمام سطح منطقه موردمطالعه در این سال باشد. نکته قابلملاحظه بررسی سالانه AOD در این است که برخلاف بقیه استانها و ایستگاههای موردمطالعه، میزان AOD سنجنده در سطح استان لرستان با ایستگاه خرمآباد در سال ۲۰۰۸ دارای اختلاف قابلملاحظهای است و در ایستگاه خرمآباد نسبت به سطح استان بیشتر مشاهده میشود. تفاوت چشمگیر استان لرستان با دیگر استانهای کردستان، کرمانشاه و ایلام در این نکته است که مقدار AOD سنجنده (۲۰۴۴) بیشتر از مدل (۲/۳۷) در سال ۲۰۰۹ گزارش شده است، این مقدار در ایستگاه خرمآباد تفاوت چشمگیری را نسبت به سطح استان داشته و برآورد پایین مدل را در ایستگاه خرمآباد و سطح استان لرستان نسبت به سنجنده نشان میدهد (شکل ۳: د). اختلاف مشابه استان لرستان در میانگین AOD مدل و مشاهدات سنجنده در شکل ۳ (ر) برای ایستگاه سینوپتیک همدان نیز صادق است. درمجموع، میانگین AOD سالانه بدست آمده از الگوریتم Deep Blue سنجنده در همه ایستگاههای موردمطالعه بجز در مواردی همچون ایستگاههای همدان و خرمآباد در سایر استانهای موردمطالعه مقدار کمتری را نسبت به مدل نشان داد. همچنین روند تغییرات سالانه در مدل در کل دهه موردمطالعه از ۲۰۱۳–۲۰۱۲ روبه افزایش بوده است. ولی AOD مشاهداتی سنجنده در همه استانهای است ولی مقداری مشاهداتی میده در مواردی محون

شکل ۴ نقشه میانگین عمق نوری گردوغبار (DOD) را در سال ۲۰۰۹ نشان میدهد که در این سال سنجنده و مدل در برآورد AOD در استانهای موردمطالعه باهم منطبق بودهاند. در شکل ۴ بهوضوح نمایان است که مقدار گردوغبار دارای الگوی جنوبی- شمالی است و از عرض جغرافیایی تبعیت میکند که دلیل روشنی بر موقعیت استانها با توجه به فصول و ماههای تولید و انتقال گردوغبار و مجاورت آنها با منابع مستعد گردوغبار در خاورمیانه دارد. روند افزایشی گردوغبار حاصل از پژوهش اخیر، پیشتر در مطالعات انجام شده در غرب کشور نیز نشان داده شده است (& Akbary گردوغبار حاصل از پژوهش اخیر، پیشتر در مطالعات انجام شده در غرب کشور نیز نشان داده شده است (& Akbary میکند. همچنین، این میزان افزایش گردوغبار تا سال ۲۰۰۹ نیز در مطالعهای با مقیاس جهانی با استفاده از AOD میکند. همچنین، این میزان افزایش گردوغبار تا سال ۲۰۰۹ نیز در مطالعهای با مقیاس جهانی با استفاده از میکند. همچنین، این میزان افزایش گردوغبار تا سال ۲۰۰۹ نیز در مطالعهای با مقیاس جهانی با استفاده از AOD میکند. همچنین، این میزان افزایش گردوغبار تا سال ۲۰۰۹ نیز در مطالعهای با مقیاس جهانی با استفاده از مOD میکند. همچنین، این میزان افزایش گردوغبار ده مناع ۲۰۰۹ نیز در مطالعهای با مقیاس جهانی با استفاده از مOD میکند. همچنین، این میزان افزایش گردوغبار د مناع میز در مطالعه می با مقیاس جهانی با استفاده از محال منجنده موردمطالعه تابع فعالیت منابع گردوغبار در منطقه خاورمیانه بوده است و منابع گردوغباری محلی و داخلی چندان نقش اساسی در آلودگی منطقه نداشتهاند.





شکل (۳). میانگین سالانه AOD 550nm در استانهای ایلام، کرمانشاه، کردستان، لرستان و همدان (MACC & MODIS) و (۳). می ایستگاههای سینوپتیک ایلام (I)، کرمانشاه (K)، سنندج (S)، خرمآباد (Kh) و همدان (H)



شکل (۴). نقشه میانگین سالانه عمق نوری گردوغبار در سال ۲۰۰۹

نتایج حاصل از بررسی توزیع میانگین ماهانه AOD در منطقه موردمطالعه در شکل ۵ نشان داده شده است. مطابق شکل ۵ میزان AOD مدل در سطح پنج استان موردمطالعه نسبت به میزان مشاهدات سنجنده در ماههای مختلف سال بیشتر است. شکل ۵ نشان می دهد که بیشترین مقدار گردوغبار در بین استانها و ایستگاههای موردمطالعه، متعلق به استان ترتیب برای استان و ایستگاه سینوپتیک ایلام (۵/۱۰) در ماه آوریل و حداقل آن مربوط به ماه دسامبر برابر با ۲۶/۰ و ۲۳/۰ به ترتیب برای استان و ایستگاه سینوپتیک ایلام (۵/۱۰) در ماه آوریل و حداقل آن مربوط به ماه دسامبر برابر با ۲۶/۰ و ۲۳/۰ به ترتیب برای استان و ایستگاه سینوپتیک ایلام بر اساس مدل است. میزان موردبحث در مشاهدات ماهوارهای بین ۲۰ مقدار عمق نوری آئروسل متعلق به استان و ایستگاه سینوپتیک ایلام میباشد (شکل ۵: الف). همچنین کمترین مقدار عمق نوری آئروسل متعلق به استان کردستان و ایستگاه سینوپتیک سنندج بین ۲/۱۰ تا ۲۶/۰ برای مدل و بین مقدار عمق نوری آئروسل متعلق به استان کردستان و ایستگاه سینوپتیک سنندج بین ۲/۱۰ تا ۲۶/۰ برای مدل و بین AOD بین سنجنده و مدل در بین استانهای موردمطالعه از جولای تا نوامبر به چشم میخورد که جزو ماههای خشک موردمطالعه، مقدار AOD قابل توجهی نمایان نیست و ماهواره و مدل میزان مشابهی را نشان میده. یافتههای MODIS سی میزین موردمطالعه، مقدار محما ایل و ایستگاه یوزیع زمانی ماهانه گردوغبار از آوریل تا آگوست دارای بیشترین غلظت است. بنابراین، میزان شدت گردوغبار تا سال ۲۰۰۹ در منطقه خاورمیانه و در فصل تابستان و بهار و انتقال آن به غلطت است. بنابراین، میزان شدت گردوغبار تا سال ۲۰۰۹ در منطقه خاورمیانه و در فصل تابستان و بهار و انتقال آن به غرب کشور در مطالعات پیشین خاورمیانه تائید شده است که تحت تأثیر تغییرات پارامترهای آب و هوایی همچون سرعت بالای باد بر روی دریای سرخ و بیان های عربستان، تغییرات رطوبت نسبی، کاهش بارش و کاهش رطوبت خاک (Klingmüller et al., 2016; Chin et al., 2014) و نیز تغییرات کاربری زمین (Notaro et al., 2015) در منطقه خاورمیانه بوده و منجر به تشدید فعالیتهای گردوغبار شده است. موضوع موردبحثی که در این پژوهش نیز به تبعیت از روند گردوغبار در خاورمیانه، افزایش چشمگیری را در فصل بهار و تابستان در منطقه موردمطالعه نشان داد.



شکل (۳). میانگین ماهانه AOD 550nm در استانهای ایلام، کرمانشاه، کردستان، لرستان و همدان (MACC & MODIS) و ایستگاههای سینوپتیک ایلام (I)، کرمانشاه (K)، سنندج (S)، خرمآباد (Kh) و همدان (H)

درونیابی توزیع مکانی میانگین در MACC طی دهه موردمطالعه نشان داد که روند تغییرات مکانی از جنوب و ایستگاه ایلام به شمال کاهش داشته و به کمترین مقدار خود در شمال استان کردستان میرسد (شکل ۵). مطابق شکل ۵، بیشترین مقدار AOD در کل استان ایلام و غرب و جنوب استان کرمانشاه مشاهده میشود. شرق استان لرستان و شمال استان کردستان دارای کمترین گردوغبار در دهه موردبررسی بر اساس مدل است. استان ایلام با بیشترین سطح گردوغبار تحت عنوان آلودهترین استان گردوغباری در منطقه موردمطالعه نمایان شده است (شکل ۵). پراکندگی مکانی گردوغبار در سطح استان کرمانشاه نیز نشان میدهد که بخشهای غربی و جنوب غرب استان آلوده به حساب میآیند. همچنین توزیع فضایی گردوغبار در استان لرستان نشان میدهد که بیشترین گردوغبار مربوط به غرب استان و در همجواری با استان ایلام به چشم میخورد که بهتدریج بهطرف شرق استان از غلظت آن کاسته میشود. آلایندگی گردوغبار و سطح پوشش آن در استان همدان تقریباً یکسان بوده و AOD همه سطح استان بین ۰۳۳ تا ۲۰ میباشد (شکل ۵). توزیع فضایی گردوغبار سالانه Deep Blue سنجنده MODIS در شکل ۶ نشان داده شده است، که مقدار گردوغبار در منطقه موردمطالعه از جنوب غرب به شمال شرق با کاهش روبهرو بوده است. میزان تغییرات گردوغبار در منطقه بین ۲۰/۰ و ۲۰/۰ میباشد که استان ایلام با بیشترین مقدار گردوغبار در جنوب منطقه موردمطالعه و در همجوار با بیابانهای کشور عراق قابل ملاحظه است. همچنین، جنوب استان ایلام به دلیل ارتفاع کم منطقه نسبت به بقیه مناطق موردمطالعه دارای غلظت و تراکم گردوغبار بالایی است. بیشترین گردوغبار بعد از ایلام به تفکیک استان مربوط به استانهای لرستان، جنوب و غرب کرمانشاه، جنوب کردستان، شمال کرمانشاه و جنوب استان همدان میباشد. کمترین میزان گردوغبار با توجه به شکل ۶ مربوط به نوار باریکی در شمال استان همدان و شمال استان کردستان هست. در کل، روند مکانی گردوغبار در هر دو سنجنده و مدل از جنوب غرب منطقه موردمطالعه به شمال شرق بوده است. با این اختلاف که شرق استان لرستان در MODIS نسبت به سطح منطقه موردمطالعه دارای گردوغبار کمتری است. ولی تغییرات فضایی سالانه گردوغبار در هر دو سنجنده و مدل از جنوب غرب به شمال شرق بوده است. با این اختلاف که شرق استان لرستان در MODIS نسبت به سطح منطقه موردمطالعه دارای گردوغبار کمتری است. ولی تغییرات فضایی سالانه به مورت تدریجی و منظم است (شکل ۶).



شکل (۵). نقشه توزیع مکانی میانگین سالانه AOD 550nm برای MACC در غرب ایران (۲۰۱۲-۲۰۰۳)



شکل (۶). نقشه توزیع مکانی میانگین سالانه AOD 550nm برای MODIS در غرب ایران (۲۰۱۲-۲۰۰۳)

شکل ۷ و ۸ توزیع فضایی گردوغبار را در سنجنده و مدل در ماههایی از سال نشان میدهد که دارای بیشترین گردوغبار در طی دوره مطالعه میباشند. شکل ۷ میزان گردوغبار فصل خشک مدل را نشان میدهد که از الگوی سالانه مدل پیروی می کند و تغییرات گردوغبار از جنوب به شمال در حال کاهش است. به طوری که حداکثر گردوغبار در ایستگاههای جنوبی استان ایلام مشاهده میشود و با حرکت به سمت شمال از شدت آن کاسته میشود. تفاوت الگوی سالانه و فصلی گردوغبار در استان لرستان نشان میدهد که در الگوی سالانه میزان گردوغبار در بخش شرقی استان کمتر از بخشهای دیگر استان بوده است (شکل ۵) ولی میزان گردوغبار در الگوی فضاییِ فصلی از روند عرض جغرافیایی پیروی کرده و با افزایش عرض جغرافیایی از میزان گردوغبار کاسته شده است. میزان مOA در سطح استان لرستان در فصل خشک بین حداقل ۴۶/۰ تا حداکثر ۳/۶۳ (شکل ۷) و الگوی سالانه بین حداقل ۲۰/۱ تا حداکثر ۴/۶۰ در حال تغییر بوده است (شکل ۵). همچنین، شکل ۷ نشان میدهد که توزیع مکانی گردوغبار در استان همدان بین ۴/۰ تا ۵/۰ و از غرب به شرق ۵). همچنین، شکل ۷ نشان میدهد که توزیع مکانی گردوغبار در استان همدان بین ۴/۰ تا ۵/۰ و از غرب به شرق افزایش داشته و تابع طول جغرافیایی است. نتایج حاصل از توزیع گردوغبار نیز بر روی استان کردستان نیز نشان داد که مین استان از یکنواختی گردوغبار برخوردار است (شکل ۷) هرچند که در توزیع الگوی سالانه (شکل ۵) آشکار است که بخشهای غربی به طرف جنوب در استان دارای شدت بیشتری نسبت به بخشهای شمال و شمال شرق دارند.

شکل ۸ میزان توزیع مکانی گردوغبار سنجنده MODIS را در طی دوره موردمطالعه نشان میدهد. در شکل ۸ الگوی گردوغبار بهوضوح نشان میدهد که با افزایش عرض جغرافیایی از شدت و تراکم گردوغبار کاسته شده است. میزان شدت AOD در جنوب منطقه و بر روی کل استان ایلام، بخش جنوبی استان کرمانشاه و نیمه جنوبی استان لرستان بیشتر از ۰/۳۵ مشاهده شده است. الگوی سالانه گردوغبار در استان کرمانشاه با الگوی فصل خشک از مارس تا آگوست کاملاً باهم مطابق بود و تنها اختلاف در نوسان غلظت گردوغبار آنهاست که در توزیع فصلی بیشتر است.

بهطور جامع، یافتههای توزیع مکانی سالانه و فصلی (دوره خشک از آوریل تا آگوست) گردوغبار نشان داد که MACC نسبت به مقدار مشاهداتی MODIS میزان گردوغبار منطقه موردمطالعه را بیشتر نشان داده است و الگوی گردوغبار در هر دو سنجنده و مدل از جنوب به شمال افزایش نشان میدهد. ولی روند مکانی گردوغبار در سنجنده موردبررسی منظمتر از مدل نشان داده شده است بهطوری که در استان همدان میزان گردوغبار سالانه و فصلی در مدل تابع طول جغرافیایی است و از غرب به شرق در حال افزایش است، اما در سنجنده از روند مکانی کل منطقه موردمطالعه تبعیت میکند. بینظمی مذکور برای میانگین سالانه گردوغبار در MACC در شرق استان لرستان نیز قابل ملاحظه است و از روند جنوب به شمال منطقه پیروی نمی کند، بلکه از غرب به شرق افزایش نشان میدهد. توزیع مکانی گردوغبار در استانهای ایلام، کرمانشاه و کردستان در MODIS و MACC نشان میدهد که گردوغبار در جنوبی ترین نقطه استان ایلام دارای بیشترین میزان و از غلظت بالایی برخوردار بوده و کمترین آن در شمال شرق استان کردستان مشاهده میشود. این وضعیت در توزیع مکانی گردوغبار نشان داد که گردوغبار در استان هره استان کردستان مشاهده میشود. این وضعیت در توزیع مکانی گردوغبار نشان داد که گردوغبار در استانهای غربی منطقه موردمطالعه تایع عرض میشود. این وضعیت در توزیع مکانی گردوغبار نشان داد که گردوغبار در استانهای غربی منطقه موردمطالعه تایع عرض میشود. این وضعیت در توزیع مکانی گردوغبار نشان داد که گردوغبار در استانهای غربی منطقه موردمطالعه تایع عرض میشود. این وضعیت در توزیع مکانی گردوغبار نشان داد که گردوغبار در استانهای غربی منطقه موردمطالعه تایع عرض میشود. این وضعیت در توزیع مکانی گردوغبار نشان داد که گردوغبار در استانهای غربی منطقه موردمطالعه تایع عرض میشود. این وضعیت در توزیع مکانی گردوغبار نشان داد که گردوغبار در استانهای غربی منطقه موردمطالعه تایع عرض میزیع شدت میزان گردوغبار نفان داد که گردوغبار در استانهای قرار می میزانی داد در مواع دوره گرم فعالیت گردوغبار افزایش داشته و شدت گردوغبار در ایم توض جغرافیایی تحتالشعاع قرار که با شروع دوره گرم فعالیت گردوغبار افزاین داشته و شدت گردوغبار در ایم توض جغرافیایی تحتالشعاع قرار داده است (۵۰ می می در تشدید گردوغبار افزاین داشته و مدر حرون و محاورت منطقه موردمالعه با بیابانهای داده است (۱۰ می درمال می و و میای در یاختهها، درک دقیقتری از توزیع مکانی گردوغبار استانها و منطقه موردمطالعه در سطح محلی به نمایش گذاشته شده است که تفکیک مکانی پایین موردتوجه مطالعات قبلی انجام گرفته در غرب ایران از نشان دادن آنها عاجز بودند. بنابراین، دقت مطالعه در پراکنش نظم مکانی جنوب به شمال گردوغبار در استانهای غربی منطقه موردمطالعه نشان از رخداد گردوغبار به تبعیت از عرض جغرافیایی است؛ هرچند که از توپوگرافی مرتفع استانهای کرمانشاه و کردستان نسبت به مناطق پستتر در جنوب ایلام، و مجاورت استان ایلام به منابع عمده گردوغبار در توزیع شدت میزان گردوغبار در ایلام و فعالیت الگوهای تابستانه مولد گردوغبار در دوره گرم نمیتوان چشم پوشی کرد.



شکل (۷). نقشه توزیع مکانی میانگین آوریل تا آگوست AOD 550nm برای MACC در غرب ایران (۲۰۱۲–۲۰۰۳)



شکل (۸). نقشه توزیع مکانی میانگین آوریل تا آگوست AOD 550nm برای MODIS در غرب ایران (۲۰۱۲–۲۰۰۳)

نتيجهگيرى

رخداد گردوغبار فرایند پیچیدهای است که تحت تأثیر تعامل سیستم اتمسفر – زمین بوده و اغلب درنتیجه سرعتبالای باد، خاک عریان و خشک و شرایط آب و هوایی خشک ایجاد میشود. هرچند که گردوغبار در آسمان استانهای غربی ایران در دورههای قبل نیز وجود داشته است، اما در دو دهه اخیر با توجه به خشکسالیها و خشکیهای پیاپی، کمبود آب و تغییر رطوبت خاک در منابع تولیدکننده گردوغبار، برشدت آن افزوده است. پس، افزایش تکنیکهای سنجشازدور و مدلهای طراحیشده در شبیهسازی گردوغبار در دو دهه اخیر میتواند مطالعات را به سَمتی هدایت کند که دارای کمترین خطا و بیشترین دقت در تحلیل رفتار گردوغبارها بوده و درک دقیقی را نمایان کند. در این بررسی به بررسی رفتار گردوغبار و مقایسه مدل و سنجنده از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ پرداخته شد. نتایج نشان داد که همبستگی معنی داری در منطقه موردمطالعه بین دادههای تولیدشده سنجنده و مدل وجود دارد و در تمام ماههای سال ضریب تعیین مذکور بیشتر از ۲/۰ می باشد. یافته های حاصل از میزان سالانه گردوغبار در MODIS بر پایه پارامتر AOD نشان داد که مقدار گردوغبار در سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ در همه منطقه موردمطالعه رو به افزایش بوده است و از سال ۲۰۰۹ به بعد این روند سالانه تا سال ۲۰۱۸ روبه کاهش گذاشته است. تغییرات مذکور سالانه AOD در استان ایلام دارای بیشترین مقدار (۱/۰) و کمترین مقدار آن نیز متعلق به استان کردستان (۳۳۰) در سال ۲۰۰۹ بود. یافتههای MACC نیز نشان دادند که AOD در سال های تحت بررسی دارای روند رو رشدی بوده است؛ هرچند که میزان گردوغبار تا سال ۲۰۱۰ دارای شیب شدیدی است ولی از سال ۲۰۱۰ به بعد میزان گردوغبار دارای شیب تغییرات یکنواختی در منطقه مرود مطالعه بود. بنابراین، غرب ایران دو دوره فعال (قبل از سال ۲۰۱۰) و غیرفعال (بعد از سال ۲۰۱۰) گردوغباری در طی مطالعه بود. بنابراین، غرب ایران دو دوره فعال (قبل از سال ۲۰۱۰) و غیرفعال (بعد از سال ۲۰۱۰) گردوغباری در طی مطالعه بود. بنابراین، عرب ایران دو دوره فعال (قبل از سال ۲۰۱۰) و غیرفعال (بعد از سال ۲۰۱۰) گردوغباری در طی مطالعه بود. بنابراین، عرب ایران دو دوره فعال (قبل از سال ۲۰۱۰) و غیرفعال (بعد از سال ۲۰۱۰) گردوغباری در طی مطالعه بود. بنابراین، عرب ایران دو دوره فعال (قبل از سال ۲۰۱۰) و غیرفعال (بعد از سال ۲۰۱۰) گردوغباری در ماه های خشان مرد کا می مود توزیع زمانی سالانه بیشتر از مقدار AOD در MODIS است و اختلاف مذکور در ماههای خشکسال بین سنجنده و مدل نسبت به ماههای مرطوب چشمگیرتر است. یافتههای SODM و صکما در منطقه موردمطالعه بیان می کنند

توزیع مکانی سالانه و فصلی (ماههای دارای بیشترین AOD) گردوغبار در پژوهش حاضر نیز نشان داد که شدت برآورد گردوغبار در MACC نسبت به MODIS در منطقه موردمطالعه بیشتر است. هرچند که میزان گردوغبار در سنجنده و مدل دارای یک الگوی تقریباً مشابه و از جنوب به شمال افزایش دارد، اما روند مذکور در MODIS منظمتر از MACC است. ناهماهنگی الگوی مکانی موردبحث AOD در استان همدان بیشتر نمایان است، بهطوری که میزان گردوغبار سالانه و فصل خشک (ماههای دارای بیشترین AOD) در استان همدان بیشتر نمایان است، بهطوری که میزان گردوغبار سالانه است. و فصل خشک (ماههای دارای بیشترین AOD) در MACC تابع طول جغرافیایی است و از غرب به شرق در حال افزایش است، ولی AOD همدان در IMODIS از روند مکانی کل منطقه تبعیت کرده و بهصورت مورب از جنوب استان ایلام تا شمال استان کردستان به تدریج کاهش می یابد. همچنین، ناهماهنگی بین مدل و سنجنده در الگوی میانگین سالانه نیز نشان داد که میزان گردوغبار در شرق استان لرستان در مدل کمتر از بقیه نقاط استان است و همچون سنجنده از روند منظم جنوب به شمال منطقه پیروی نمی کند. بالعکس، توزیع مکانی گردوغبار در استانهای ایلام، کرمانشاه و کردستان برای MODIS و MACC در جنوبی ترین نقطه استان ایلام دارای بیشترین میزان و کمترین آن در شمال شرق

منابع

اکبری، مهری و فرحناز فرحبخشی .۱۳۹۵. تحلیل سینوپتیکی و شبیهسازی حرکت طوفانهای شدید گردوغبار (مطالعه مورد: جنوب غرب ایران)، *فصلنامهی علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی، ۱*۶(۵۵)،: ۲۹۱–۲۷۲.

ترکاشوند، محمدقاسم ۱۳۹۷. مدلسازی گردش منطقهای جو در رخداد شدیدترین توفان ریز گرد بهاره غرب ایران، مجلهٔ مخاطرات محیط طبیعی، ۵(۲): ۳۴–۱۹.

حجازی زاده، زهرا؛ میثم طولابی نژاد؛ زهرا زارعی چقابلکی و بهزد امرایی ۱۳۹۷. پایش طوفان گردوغبار در نیمه غربی ایران مطالعه موردی: طوفان گردوغبار ۱۶–۱۹ ژوئن ۲۰۱۰، *نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال پنجم*، ۴: ۱۰۷–۱۰۲. ززولی، محمد فلاح، علیرضا وفایی نژاد؛ میر مسعود خیرخواه زرکش و فریبرز احمدی دهکا .۱۳۹۳. پایش و تحلیل سینوپتیکی پدیده گردوغبار با استفاده از سنجشازدور و GIS، (مطالعه موردی: گردوغبار ۱۸ژوئن ۲۰۱۲)، *فصلنامه علمی – پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر*)، ۲۳(۹۱).

زینالی، بتول ۱۳۹۵. بررسی روند تغییرات فراوانی روزهای همراه با توفانهای گردوغباری در نیمه غربی ایران، *مجلهٔ* مخاطرات محیط طبیعی، ۵ (۷): ۱۰۰-۸۷.

ساری صراف، بهروز، علی اکبر رسولی، آذر زرین و محمد سعید نجفی ۱۳۹۶. شبیه قائم سامانههای گردوغبار زا در

ارتباط با سامانههای همدید و توپوگرافی در غرب ایران، *پژوهشهای جغرافیای طبیعی*، ۴۹(۲) : ۱۸۹–۱۸۹

Akbary M. and M. Farahbakhshi (2015), Analyzing and Tracing of Dust Hazard in Recent Years in Kermanshah Province, Int. J. Environ. Res., **9(2):**673-682.

Arkian F. & S. E. Nicholson (2018), Long-term variations of aerosol optical depth and aerosol radiative forcing over Iran based on satellite and AERONET data, *Environ Monit Assess* **190**: 1-15.

Ashrafi Khosro, Majid Shafiepour-Motlagh, Alireza Aslemand and Sarmad Ghader (2014), Dust storm simulation over Iran using HYSPLIT, *Journal of Environmental Health Science and Engineering* :1-9.

Bangert, M., and Coauthors (2012) Saharan dust event impacts on cloud formation and radiation over Western Europe, *Atmos. Chem. Phys.*, **12**: 4045–4063.

Chin, M., Diehl, T., Tan, Q., Prospero, J. M., Kahn, R. A., Remer, L. A., Yu, H., Sayer, A. M., Bian, H., Geogdzhayev, I. V., Holben, B. N., Howell, S. G., Huebert, B. J., Hsu, N. C., Kim, D., Kucsera, T. L., Levy, R. C., Mishchenko, M. I., Pan, X., Quinn, P. K., Schuster, G. L., Streets, D. G., Strode, S. A., Torres, O., and Zhao, X.-P. (2014), Multi-decadal aerosol variations from 1980 to 2009: a perspective from observations and a global model, *Atmos. Chem. Phys.*, **14**: 3657–3690, **doi**:10.5194/acp-14-3657-2014.

Gharibzadeh Maryam, Khan Alam, Abbasali Aliakbari Bidokhti, Yousefali Abedini, Amir Masoumi (2017), Radiative Effects and Optical Properties of Aerosol during Two Dust Events in2013 over Zanjan, Iran, *Aerosol and Air Quality Research*, **17**: 888–898.

Harrison, S. P., K. E. Kohfeld, C. Roelandt, and T. Claquin (2001), The role of dust in climate changes today, at the last glacial maximum and in the future, Earth-Sci. Rev., 54 (1–3): 43–80

Haywood, J. M., and O. Boucher (2000), Estimates of the direct and indirect radiative forcing due to tropospheric aerosols: A review, *Rev. Geophys.*, **38:** 513–543.

Haywood, J., Pete Francis, Simon Osborne, Martin Glew, 1Norman Loeb, Eleanor Highwood, Didier Tanre´, Gunnar Myhre, Paola Formenti, and Edwin Hirst (2003), Radiative properties and direct radiative effect of Saharan dust measured by the C-130 aircraft during SHADE: 1. Solar spectrum, *J. Geophys. Res.*, **108**, D188577, doi: 10.1029/D2002JD002687.

IPCC: Climate Change (2013) the Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, edited by: Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., and Midgley, P. M., Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, *USA*, **1535** p., 2013.

Jayaraman, A., D. Lubin, S. Ramachndran, V. Ramanathan, E. Woodbridge, W. D. Collins, and K. S. Zalupuri (1998), direct observation of aerosol radiative forcing over the tropical Indian Ocean during the January-February 1996 pre-INDOEX cruise, *J. Geophys. Res.*, **103** (D12): 13827–13836.

Jayaraman, S., Y. Song, L. Vetrivel, L. Shankar, and A. S. Verkman (2001) Noninvasive in vivo fluorescence measurement of airway-surface liquid depth, salt concentration, and pH, *J. Clin. Invest.* **107:** 317–324.

Kaufman, Y.J., Tanre, D., Boucher, O. (2002) a satellite view of aerosols in the climate system. *Nature* **419**: 215–223.

Klingmüller, K., Pozzer, A., Metzger, S., Stenchikov, G. L., and Lelieveld, J.(2016), Aerosol optical depth trend over the Middle East, *Atmos. Chem. Phys.*, **16:** 5063–5073, **doi:**10.5194/acp-16-5063-2016.

Levin, Z., E. Ganor, and V. Gladstein (1996), the effect of desert particles coated with sulfate on rain formation in the eastern Mediterranean, *J. Appl. Meteor.*, **35:** 1511–1523.

Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2024-11-14

Levy, R. C., Remer, L. A., and Dubovik, O. (2007): Global aerosol optical properties and application to Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer aerosol retrieval over land, *J. Geophys. Res. Atmos.*, **112**: D13210, doi: 10.1029/2006JD007815.

Levy, R.C., Mattoo, S., Munchak, L.A., et al., (2013) The Collection 6 MODIS aerosol products over land and ocean.*Atmos.Meas.Tech.***6** (11): 2989e3034.

Lohmann, U., Feichter, J., 2005. Global indirect aerosol effects: a review. *Atmospheric Chemistry and Physics* **5**: 715–737.

Ma, Z.-W., Hu, X.-F., Sauer, A.M., et al., (2016), Satellite-based spatiotemporal trends in PM2.5 concentrations: China, 2004e2013. *Environ. Health Perspect.* **124** (2), 184e192. http://dx.doi.org/10.1289/ehp.1409481s.

Maley, J. (1982), Dust, clouds, rain types and climatic variations in tropical north Atlantic, *Quat. Res.*, **18:** 1–6.

Mao K.B., Y. Ma, L. Xia, Wendy Y. Chen, X.Y. Shen, T.J. He, T.R. Xu (2014), Global aerosol change in the last decade: An analysis based on MODIS data, *Atmospheric Environment* **94**: 680-686.

Mei, Di, Xiushan, Lu, Lin, Sun, Ping, Wang. (2008). A Dust-Storm process dynamic monitoring with multi-temporal MODIS data, the international archives of the photogrammetric, *Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. Vol. XXXVII, Part B7, Beijing, pp 965-970.

Morcrette, J.-J., Boucher, O., Jones, L., Salmond, D., Bechtold, P., Beljaars, A., Benedetti, A., Bonet, A., Kaiser, J. W., Razinger, M., Schulz, M., Serrar, S., Simmons, A. J., Sofiev, M., Suttie, M., Tompkins, A. M., and Untch, A. (2009), Aerosol analysis and forecast in the ECMWF integrated forecast system. Part I: Forward modelling, *J. Geophys. Res.*, **114**: D06206 **doi**: 10.1029/2008JD011235.

Nakajima, T., A. Higurashi, K. Kawamoto, and J. E. Penner (2001), A possible correlation between satellite-derived cloud and aerosol microphysical parameters, *Geophys. Res. Lett.*, **28**: 1171–1174.

Namdari Soodabeh, Neamat Karimi, Armin Sorooshian, GholamHasan Mohammadie, Saviz Sehatkashani (2018), Impacts of climate and synoptic fluctuations on dust storm activity over the Middle East, *Atmospheric Environment* **173**: 265–276.

Namdari1 S. & KK Valizade2 & A.A. Rasuly1,3 & B. Sari Sarraf1 (2016), Spatio-temporal analysis of MODIS AOD over western part of Iran, *Arab J Geosci:* **9**:191.

Notaro, M., Yu, Y., and Kalashnikova, O. V. (2015), Regime shift in Arabian dust activity, triggered by persistent Fertile Crescent drought, *J. Geophys. Res.-Atmos.*, **120**: 10229–10249, **doi:** 10.1002/2015JD023855.

Pan, L., H. Che, F. Geng, X. Xia, Y. Wang, C. Zhu, M. Chen, W. GAO and L. Guo, (2010), Aerosol optical properties based on ground measurements over the Chinese Yangtze Delta Region. *Atmos Environ*, **44**: pp. 2587–2596.

Penner, J. E., M. Andreae, H. Annegarn, L. Barrie, J. Feichter, D. Hegg, R. Leaitch, D. Murphy, J. Nganga, and G. Pitari (2001), Aerosols, their direct and indirect effects, in Climate Change 2001: The Scientific Basis, edited by J. T. Houghton et al., pp. 289 – 348, Cambridge Univ. Press, New York

Rosenfeld, D., Lohmann, U., Raga, G. B., O'Dowd, C. D., Kulmala, M., Fuzzi, S., Reissell, A., and Andreae, M. O.(2008), Flood or Drought: How do aerosols affect precipitation?, *Science*, **321**: 1309–1313, **doi**:10.1126/science.1160606.

Rosenfeld, J. E., D. B. Considine, P. E. Meade, J. T. Bacmeister, C.H. Jackman, and M.R. Schoeberl (1997), stratospheric effects of Mount Pinatubo aerosol studied with a coupled two-dimensional model, *J. Geophys. Res.*, **102:** 3649–3670.

Satheesh, S. K., and V. Ramanathan (2000), large differences in tropical aerosol forcing at the top of the atmosphere and Earth's surface, *Nature*, **405**: 60–63.

Sayer, A.M., Hsu, N.C., Bettenhausen, C., et al., (2013), Validation and uncertainty estimates for MODIS Collection 6 "Deep Blue" aerosol data. J. Geophys. Res. Atmos. 118 (14), 7864e7872. http://dx.doi.org/10.1002/jgrd.50600.

Sokolik, I. N., et al. (2001), Introduction to special section: Outstanding problems in quantifying the radiative impacts of mineral dust, *J. Geophys. Res.*, **106** (**D16**): 18015–18028

Tegen, I., A. A. Lacis, and I. Fung (1996), the influence of mineral aerosols from disturbed soils on the global radiation budget, *Nature*, **380**: 419–422, **doi**: 10.1038/380419a0.

Tegen, I., P. Hollrig, M. Chin, I. Fung, D. Jacob, and J. Penner (1997), Contribution of different aerosol species to the global aerosol extinction optical thickness: Estimates from model results. *J. Geophys. Res.*, **102** (**D20**): 23895–23916.

Van Donkelaar, A., Martin, R.V., Brauer, M., et al., (2010), Global estimates of ambient fine particulate matter concentrations from satellite-based aerosol optical depth: development and application. *Environ. Health Perspect.* **118** (6): 847e855.

Van Donkelaar, A., Martin, R.V., Brauer, M., et al., (2015), Use of satellite observations for long-term exposure assessment of global concentrations of fine particulate matter. *Environ. Health Perspect.* **123** (2): 135e143.

Wong Sun, Andrev E. Dessler, Natalie M. Mahowald Ping Yang and Qian Feng (2009), Maintenance of Lower Tropospheric Temperature Inversion in the Saharan Air Layer by Dust and Dry Anomaly, *American Meteorological Society*, **Volume 22:** 5149-5162, **DOI:** 10.1175/2009JCLI2847.1

Wong, S., and A. E. Dessler (2005), Suppression of deep convection over the tropical North Atlantic by the Saharan air layer, *Geophys. Res. Lett.*, **32**: L09808, **doi:** 10.1029/2004GL022295.

Wurzler, S. C., T. G. Reisin, and Z. Levin (2000), Modification of mineral dust particles by cloud processing and subsequent effects on drop size distributions, *J. Geophys. Res.*, **105** (**D4**): 4501–4512. Xuemei Zong 1, Xiangao Xia 1,2, Huizheng Che (2015), Validation of aerosol optical depth and climatology of aerosol vertical distribution in the Taklimakan Desert, *Atmospheric Pollution Research* **6** : 239-244.