نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال یازدهم، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۳

صفحات ۱ – ۱۶

ارزیابی داده‌های زمینی و تصاویر ماهواره‌ای در تحلیل گرد و غبارهای نیمه غربی ایران

کاوه محمدپور[1]؛ دکترای اقلیم شناسی، گروه اقلیم شناسی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی تهران، تهران، ایران.

علی محمد خورشیددوست؛ استاد اقلیم شناسی، گروه اقلیم شناسی، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

گونا احمدی؛ کارشناسی ارشد اقلیم شناسی، گروه اقلیم شناسی، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

دریافت مقاله : 1399/6/23 پذیرش نهایی: 1399/11/26

چکیده

طوفان گرد و غبار فرایند پیچیده‌ای است که تحت تاثیر تعامل سیستم اتمسفر–زمین بوده و از نظر اقلیم‌شناسان و هواشناسانی که تغییرهای اقلیمی و اتمسفری را بررسی می‌کنند، پایش پوشش گرد و غبار یک پدیده دینامیکی مهم است. در این مطالعه با استفاده از داده‌های دید افقی و سنجش از دور ماهواره‌ای (MODIS) و شاخص NDDI به آشکارسازی گردوغبار در نیمه غربی ایران پرداخته شده است. طبق بررسی‌های انجام شده، نقشه میانیابی تعداد روز غبارآلود در نیمه غربی ایران نشان داد که محدوده مورد مطالعه غرب ایران از لحاظ فراوانی وقوع پدیده گرد و غبار و چگونگی روند آن دارای نظام همگنی نیست و تعداد روزهای گرد و غباری از شمال به سمت جنوب افزایش می‌یابد. هسته بیشینه وقوع پدیده گرد و غبار در بخش جنوبغربی منطقه و بر روی اهواز، امیدیه و بوشهر قرار دارد که با منشأ مناطق بیابانی در عراق–سوریه و عربستان است. نتایج پراکنش فضایی دید افقی ایستگاه‌های زمینی با آشکارسازی شاخص NDDI بر روی تصاویر مطابقت دارد و نشان داد که بیشترین سطح پوشش گردوغبار بر روی اتمسفر استان‌های فارس و بوشهر و کمترین مقدار آن در سطح استان‌های آذربایجان غربی و شرقی، قم و مرکزی مشاهده می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تصاویر ماهواره‌ای، داده زمینی، شاخص NDDI، گرد و غبار، غرب ایران

[1] نویسنده مسئول: Email: Kawe.m@hotmail.com

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1403.11.2.1.3]

[DOI: 10.61186/jsaeh.11.2.1]

مقدمه

طوفان گرد و غبار فرایند پیچیده‌ای است که تحت تاثیر تعامل سیستم اتمسفر– زمین بوده و اغلب در نتیجه سرعت بالای باد، خاک عریان و خشک و شرایط آب و هوایی خشک ایجاد می‌شود (Mei et al., 2008). طوفانهای گرد و غبار تابش رسیده به سطح زمین را کاسته و بر روی اقلیم محلی تاثیر مستقیم و غیر مستقیم زیادی به جا می‌گذارند. همچنین گرد و غبار تاثیرات فوق‌العاده‌ای را بر زندگی انسانی، اقتصاد، هوا (Bangert et al., 2012; Chang et al., 2010; Wong et al., 2009) ترافیک، کیفیت هوا، سلامت انسان و تاسیسات زیر بنایی و عمومی (Wang et al., 2004; Qian et al., 2002; Ye et al., 2000) دارد. از نظر اقلیم‌شناسان و هواشناسانی که تغییرهای اقلیمی و اتمسفری را بررسی می‌کنند در یک دید جهانی، پایش پوشش گرد و غبار یک نیاز است. در سال‌های اخیر مطالعات زیادی به ردیابی گرد و غبار با استفاده از داده‌های زمینی و تصاویر ماهواره‌ای پرداخته‌اند که نیاز به تصاویر ماهواره‌ای را در کنار داده‌های زمینی توجیه می‌کنند (Thuraya & Al-Dashti, 2011; Natsagdorj & Jugder, 2002; Park et al., 2010; Guleria et al., 2011; Desouza et al., 2011; Mao et al., 2014; Arkian & Nicholson, 2018). در حال حاضر، تجهیزات اندازه‌گیری که در روی زمین نصب شده‌اند (از جمله: دید افقی در ایستگاه‌های سینوپتیک و شیدسنج-های خورشیدی برای سنجش AOD) و تکنیک سنجش از دور، دو روش برای پایش و ردیابی طوفان گرد و غبار می باشند (Haiping et al., 2003; Albaqami, 2019). اما، به دلیل قدرت تفکیک پایین زمانی و مکانی سنجش‌های ایستگاهی، صرف استفاده از روش اندازه‌گیری زمینی نمی‌تواند روش کاملی برای ردیابی و پیش بینی دقیق طوفان گرد و غبار باشد (Ghedira et al., 2009؛ محمدپور و همکاران، ۱۳۹۹). برای نمونه، استفاده از شاخص آئروسل[۲] (AI) سنجنده TOMS[۳] نشان داد که بالاترین مقادیر شاخص آئروسل در ماه‌های می، ژوئن و جولای در صحرا بوده است (Barkan et al., 2004) و اثرات طوفان‌های گردوغبار ناشی از صحرا نیز تا نواحی مرکزی اروپا و حتی انگلستان گسترش یافته است (Goudie and Middleton, 2001). اورلووسکی و همکاران (Orlovsky et al., 2005) نیز در بررسی خود به این نتیجه رسیدند که طوفان‌های گرد و خاک ترکمنستان بالاترین فراوانی متوسط سالانه طوفان گرد و غبار در فصل بهار در بیابان قراقوم (۶۷ روز) مشاهده شده است و بیشترین تعداد روزهای توفانی با ۱۴۶ روز در غرب ترکمنستان ثبت شده است. همچنین تقوی و اسدی (Taghavi. & Asadi, 2008) طوفان گرد و غباری را در منطقه جنوب‌غرب ایران مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها مدل‌های عددی را برای نمایش دینامیک طوفان گرد و غبار با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و مشاهدات ایستگاه‌های هواشناسی بکار بردند. تحلیل روند خصوصیات ناحیه‌ای طوفان‌های گرد و خاک برای ۷۰۱ ایستگاه هواشناسی توسط شیگونگ و همکاران (Shigong et al., 2005) مورد ارزیابی قرار گرفت. آنها نشان دادند که تعداد طوفان‌های گرد و خاک در فصل بهار رو به افزایش بوده و تغییرات سالانه آنها حاکی از دو سیکل ۴-۳ و ۱۲-۱۱ سال دارد. مطالعات مشابه در خاورمیانه نیز نشان می‌دهد عراق، سوریه، عربستان صعودی و سواحل خلیج فارس علاوه بر تولید گردوغبار از جمله مناطقی هستند که تحت تاثیر طوفان گرد و غبار در فصل تابستان هستند (Middleton & Chaudhary, 1988; Kutiel & Furman, 2003; Nabavi et al., 2016; Ghazal, 2020).

2- Aerosol index
3- Total Ozon Mapping Spectrometer

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1403.11.2.1.3]
[DOI: 10.61186/jsaeh.11.2.1]

در دو دهه اخیر برای مطالعه طوفان‌های گردوغبار، رویکرد چند طیفی شناسایی و آشکارسازی طوفان گرد و غبار برای تفکیک از ابر، برف و زمین با کمک چند اندازه‌گیری در باندهای انعکاسی خورشیدی استفاده شده است (Han et al., 2005; Taheri Shahraiyni et al., 2014؛ جبالی و همکاران، ۱۳۹۸). برای نمونه، می و همکاران (Mei et al., 2008) با استفاده از تصاویر چندزمانی MODIS و با اعمال شاخص NDDI[۴]، مسیر و پوشش جوی طوفان‌های گردوغبار را مشخص کردند. در بررسی‌های دقیق‌تری با استفاده از تصاویر MODIS و شاخص NDDI پایش پدیده گرد و غبار، فرایند طوفان گرد و غبار از مناطق منبع داخلی آشکارسازی شد و نتایج پژوهش نشان دادند که این فرایند طوفانی در مسیر بادهای غربی، شمال شرقی و جنوب غربی قرار گرفته بود (Sanchao et al., 2006)، در منطقه شرق آسیا نیز نتایج نشان داد که NDDI می‌تواند به خوبی طوفان گرد و غبار را از آب، ابر یخی و دیگر اشکال زمین در منطقه گبی تفکیک کند (Qu et al., 2006). پایش آئروسل‌های دود و گرد و غبار هم در سطوح روشن و هم در سطوح تاریک با استفاده از روش‌های چند طیفی نشان می‌دهد که مقادیر منفی و مثبت شاخص به ترتیب ابر را از گرد و غبار قابل تفکیک کرده است (Yong, 2009; Albaqami, 2019; Albarakat and Lakshmi, 2019). ترکیب داده‌های زمینی و سنجش از دور برای پایش طوفان گرد و غباری قدرت آشکارسازی شاخص اعمال شده بر روی تصاویر را نشان می‌دهد که با داده‌های زمینی مطابقت دارد (Lee et al., 2010; Li & Song, 2010; Albarakat and Lakshmi, 2019; Ghazal, 2020) همچنین بررسی‌ها نشان می‌دهد که با توجه به ویژگی‌های طیفی طوفان شن و گرد و غبار، میزان انعکاس طوفان گرد و غبار با افزایش طول موج افزایش می‌یابد (Guo et al., 2005)، و معمولا در اطراف سیکلون مقادیر NDDI به حداکثر می‌رسد (Qu et al., 2005).

در سال‌های اخیر، معیارهای بکار گرفته شده در سنجش از دور (Yue et al., 2017; Albaqami, 2019; Albarakat & Lakshmi, 2019) به عنوان مهم‌ترین ابزار در جهت پایش پدیده گرد و غبار محسوب می‌گردند. به همین منظور داده‌های ماهواره‌ای امکانات مناسبی را برای مطالعه و پراکنش فضایی پدیده‌های دینامیکی ارائه می‌دهند. پس، کاربرد تولیدات و تصاویر ماهواره‌ای در خصوص استخراج اطلاعات مربوط به پدیده گرد و غبار با توجه به ویژگی‌های طیفی پدیده‌های زمین (خاک، آب، گیاه و ...) برای آشکارسازی و شناسایی پدیده‌های سطح زمین متناسب است و با توجه به این‌که ماهواره‌ها به صورت دوره‌ای در طول زمان‌های متوالی از هر منطقه جغرافیایی تصاویری تهیه می‌کنند، می‌توان روند تغییرات را در طی زمان بررسی نمود. بنابراین در این پژوهش نظر به دیدگاه جغرافیایی و جامع پدیده دینامیکی گردوغبار سعی در استفاده از باندهای انعکاس خورشیدی مودیس و داده زمینی در تحلیل طوفان‌های شاخص براساس رویکرد روش چند طیفی برای پایش، ردیابی، آشکارسازی و مسیر جابجایی طوفان گردوغبار پرداخته شده است. مطالعه حاضر به بررسی روند تغییرات مشاهدات ماهواره‌ای و زمینی گردوغبار روی نیمه غربی ایران پرداخته است؛ که اساساً منطقه‌ای گردوغباری به‌حساب نمی‌آید بلکه گردوغبارهای حاصله در مناطق غربی ایران دارای منشأهای خارجی همچون بیابان‌های عراق، سوریه و عربستان و شمال آفریقاست (Akbary & Farahbakhshi, 2015; Ashrafi et al., 2014; Namdari et al., 2016; Taghavi. & Asadi, 2008)؛ که در دهه اخیر تمرکز بیشتر مطالعات بر روی شبیه‌سازی، خاستگاه، مسیریابی عقب گرد و تحلیل سینوپتیکی گردوغبار در بررسی روز رخدادها و طوفان‌ها بدون در نظر گرفتن روند جوی تغییرات گردوغبار بوده‌اند (اکبری و فرحبخشی، ۱۳۹۵؛ احمدی ملاوردی و همکاران، ۱۳۹۹؛ آرامی و همکاران،

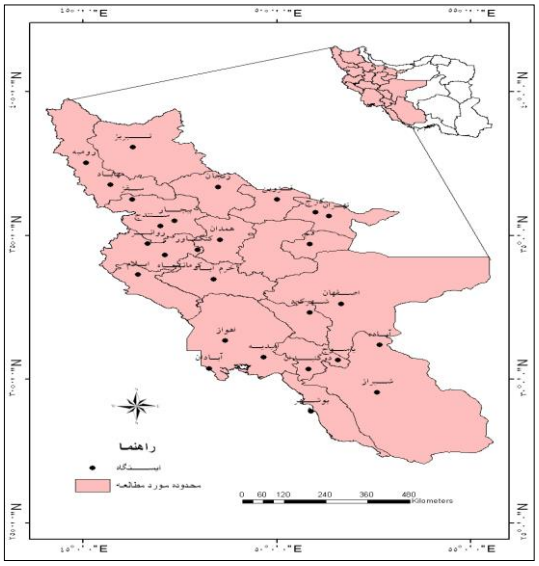
4 - normalized difference dust index

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1403.11.2.1.3]
[DOI: 10.61186/jsaeh.11.2.1]

۱۳۹۷؛ رنجبر سعادت آبادی و همکاران، ۱۳۹۵؛ زینالی، ۱۳۹۵؛ ساری صراف و همکاران، ۱۳۹۶؛ ترکاشوند، ۱۳۹۷؛ محمدپور و همکاران، ۱۳۹۹). در همین راستا، انجام تحلیل رفتار پیچیده ماهواره‌ای گردوغبار با توجه به خلأ روند موجود درارتباط با روند تغییرات گردوغبار جوی با استفاده از مشاهدات ماهواره‌ای در تکمیل مشاهدات زمینی ضروری به نظر می‌رسد. همان مساله‌ای که به بررسی دینامیک اتمسفری گردوغبار پرداخته و خلاء مطالعات مبتنی بر مشاهدات زمینی را پرنموده است. فلذا، موضوع مورد بررسی با کمک سنجش‌ازدور تحت عنوان سیر تکوینی مشاهدات ماهواره‌ای می‌تواند گامی بااهمیت در مطالعه و شناسایی رفتار رخداد پوشش جوی گردوغبار بر روی نیمه غربی ایران باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه غرب ایران محدوده مورد مطالعه این تحقیق می‌باشد (شکل ۱). داده‌های مورد استفاده در این پژوهش به دو دسته داده‌های زمینی و داده‌های دورسنجی تقسیم شده‌اند. داده‌های زمینی یعنی داده‌های کدبندی شده هوای حاضر[5] و میزان دید افقی ۲۷ ایستگاه سینوپتیک (جدول ۱) در نیمه غربی کشور از سازمان هواشناسی کشور استخراج شده است. برای بررسی توزیع مکانی روزهای غبارآلود ایستگاه‌های زمینی (جدول۱) در نیمه غربی ایران، با تشکیل پایگاه داده‌ها روزهای غبارآلود ایستگاه‌های مورد مطالعه در دوره اقلیمی (۲۰۱۰-۱۹۹۸)، داده‌های روزانه مورد استفاده استخراج گردید. سپس با استفاده از درونیابی کرجینگ نقشه مجموع تعداد روز غبارآلود طی دوره مورد مطالعه در ایستگاه‌های سینوپتیک ترسیم گردید. جهت شناسایی سامانه ورودی گرد و غبار بر پایه معیارهای الف) بالاترین فراوانی ایستگاه‌های ثبت گرد و غبار و ب)پایین‌ترین میانگین افق دید شهرهای غبارآلود، روزهای اول تا چهارم جولای در سال ۲۰۰۸ روز اوج و گسترش طوفان بازیابی شد.



شکل(۱). موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

پس از بررسی‌های انجام شده روی ماهواره‌های Aqua و Terra و نیز به علت حجم بالای تصاویر روزانه دریافتی از آن‌ها و چون ماهواره Aqua از لحاظ تناسب و تناوب مداری با موقعیت ایران، که تقریباً به هنگام عبور از نواحی مرکزی

5- Present Weather

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1403.11.2.1.3]
[DOI: 10.61186/jsaeh.11.2.1]

متمایل به غرب کشور می‌گذرد، و اینکه در هر لحظه زمانی موقعیت مکانی ماهواره نسبت به مناطق مورد نظر قابل قبول خواهد بود تصاویر استخراجی برای این مطالعه از ماهواره Aqua، انتخاب شدند[۶]. سپس با استفاده از Arc GIS و نرم افزارهای ENVI و IDRISI تصاویر روزانه گرد آوری شده در مناطق تعیین شده مورد مطالعه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و نقشه‌های سطح پوشیده از گرد و غبار با بهره‌گیری از این تصاویر بدست آمد. با توجه به نتایج حاصل از تحلیل داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک زمینی، تصاویر ماهواره‌ای چهار روز اول جولای سال ۲۰۰۸ مورد بررسی قرار گرفتند. از سال ۲۰۰۸، ۷ تصویر MODIS برای پایش طوفان گرد و غبار که در نیمه غربی ایران در جولای ۲۰۰۸ رخ داده بود انتخاب شدند (جدول ۲). در این تحقیق برای برآورد سطح پوشش گرد و غبار از روی تصاویر ماهواره‌ای از شاخص NDDI استفاده شده است، که در زیر به بررسی این روش پرداخته شده است.

شاخص NDDI

پس از گردآوری تصاویر، پردازش تصاویر به سه مرحله‌ی پیش پردازش، پردازش و پس پردازش تقسیم شد. البته با توجه به نوع سنجنده و سطح پردازش تصویر دریافتی، برخی از خطاها (اتمسفری، هندسی و رادیومتریکی) قبلاً در تصویر دریافتی تصحیح شده‌اند. در ادامه کار و پس از انجام بررسی‌های لازم روی داده‌های ثبت شده‌ی ایستگاه‌های زمینی، بر اساس تصاویر ماهواره‌ای سنجنده MODIS و با استفاده از شاخص نرمال شده تفاضل غبار (NDDI[۷]) دامنه طوفان گرد و غبار و مسیر جابجایی طوفان ردیابی شد. در طول روز، با توجه به انعکاس اشیاء مختلف، زمین و ابر می‌توانند از یکدیگر جدا شوند. انعکاس گرد و غبار شبیه به انعکاس زمین که با طول موج افزایش می‌یابد، می‌باشد. با توجه به ویژگی‌های طیفی، انعکاس ابر و برف در باند ۳ MODIS (۰/۴۵۹ میکرون تا ۰/۴۷۹ میکرون) به حداکثر می‌رسد، اما در باند ۷ (۲/۱۰۵ میکرون تا ۲/۱۵۵ میکرون) به حداقل می‌رسد. براساس اختلاف انعکاس گرد و غبار، ابر و برف، شاخص NDDI می‌تواند برای حذف تاثیر ابر و برف به طور موٌثری استفاده شود (Qu et al., 2006). شاخص NDDI از طریق معادله (۱) محاسبه می‌شود.

$$NDDI = (\rho 2.13\mu m - \rho 0.469\mu m) / (\rho 2.13\mu m + \rho 0.469\mu m) \quad \text{معادله (۱)}$$

که $\rho 2.13\mu m$ و $\rho 0.469\mu m$ در بالای اتمسفر (TOA[۸]) در باندهای ۷ و ۳ به ترتیب انعکاس می‌یابند (Mei et al., 2008). حاصل بکارگیری شاخص NDDI پیکسل‌هایی با ارزش ۱- تا ۱+ ایجاد خواهد کرد که از ۱- تا صفر نشاندهنده مناطقی است که گرد و غبار در آنها وجود ندارد و از صفر تا ۱+ مناطقی را شامل می شود که شدت گرد و غبار در آنها به تدریج ضرایب مثبت یا افزایشی را به خود اختصاص می‌دهد. هرقدر شدت گرد و غبار بیشتر باشد، عدد مورد نظر به ۱ نزدیکتر و هر چه شدت کمتر باشد به صفر متمایل می‌شود.

بعد از تهیه نقشه‌های شدت گرد و غبار NDDI برای روزهای مورد نظر با استفاده از Reclass به استخراج مطلق محدوده‌های گرد و غباری از محدوده‌های بدون گرد و غبار پرداخته شده است. بدین صورت که نقاطی که ارزش پیکسل‌های آن بیشتر از صفر بود به عنوان نقاط غباری و پیکسل‌های با ارزش صفر و کمتر، بیانگر نقاط فاقد غبارند. لذا،

6 - http://daac.gsfc.nasa.gov
7- normalized difference dust index
8- Top of Atmosphere.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1403.11.2.1.3]
[DOI: 10.61186/jsaeh.11.2.1]

در این مدل، کل تصویر به دو پهنه غباری و بدون غبار طبقه بندی می‌گردد. در تصاویر حاصله، لکه‌های تیره نشان‌دهنده پوشش غباری و نواحی روشن فاقد غبارند.

جدول (۱) مشخصات ایستگاه‌های سینوپتیک مورد استفاده

ردیف	ایستگاه	عرض جغرافیایی(درجه-دقیقه)	طول جغرافیایی(درجه- دقیقه)	ارتفاع ازسطح دریا (متر)	سال تأسیس
۱	زنجان	۳۶/۶۸	۴۸/۴۸	۱۶۶۳	۱۹۵۵
۲	بیجار	۳۵/۵۱	۴۷/۳۶	۱۸۸۳	۱۹۸۷
۳	سقز	۳۶/۲۵	۴۶/۲۶	۱۴۷۶	۱۹۶۱
۴	مهاباد	۳۶/۷۶	۴۵/۷۱	۱۳۵۰	۱۹۸۵
۵	سنندج	۳۵/۳۳	۴۷/۰۰	۱۵۰۰	۱۹۳۹
۶	کرمانشاه	۳۴/۳۱	۴۷/۱۱	۱۳۲۲	۱۹۵۱
۷	کنگاور	۳۴/۵	۴۷/۹۵	۱۵۰۰	۱۹۸۷
۸	روانسر	۳۴/۷۱	۴۶/۶۶	۱۴۰۰	۱۹۸۸
۹	ایلام	۳۳/۶۳	۴۶/۴۱	۱۳۶۳	۱۹۸۶
۱۰	خرم‌آباد	۳۳/۴۸	۴۸/۳۶	۱۱۳۵	۱۹۳۱
۱۱	یاسوج	۳۰/۶۶	۵۱/۵۸	۱۸۰۰	۱۹۸۷
۱۲	شهرکرد	۳۲/۳۱	۵۰/۸۵	۲۰۵۱	۱۹۵۵
۱۳	دوگنبدان	۳۰/۳۵	۵۰/۸۱	۷۰۱	۱۹۸۵
۱۴	آبادان	۳۰/۳۶	۴۸/۲۵	۳	۱۹۵۱
۱۵	اهواز	۳۱/۳۳	۴۸/۶۶	۲۰	۱۹۳۱
۱۶	امیدیه	۳۰/۷۶	۴۹/۶۵	۲۶	۱۹۸۳
۱۷	بوشهر	۲۸/۸۷	۵۰/۸۹	۲۰	۱۹۵۱
۱۸	شیراز	۲۹/۵۳	۵۲/۵۸	۱۴۹۱	۱۹۵۱
۱۹	آباده	۳۱/۱۸	۵۲/۶۶	۲۰۰۴	۱۹۷۷
۲۰	اصفهان	۳۲/۶۱	۵۱/۶۶	۱۵۹۰	۱۹۵۱
۲۱	همدان	۳۴/۸۵	۴۸/۵۳	۱۷۴۹	۱۹۵۱
۲۲	قزوین	۳۶/۲۵	۵۰/۰۰	۱۳۰۰	۱۹۵۹
۲۳	تهران	۳۵/۶۸	۵۱/۳۵	۱۱۹۱	۱۹۵۱
۲۴	قم	۳۴/۷	۵۰/۸۵	۸۷۷	۱۹۸۶
۲۵	کرج	۳۵/۸	۵۱/۰۰	۱۳۱۲	۱۹۸۵
۲۶	ارومیه	۳۷/۵۳	۴۵/۰۸	۱۳۱۳	۱۹۵۱
۲۷	تبریز	۳۸/۰۸	۴۶/۲۸	۱۳۶۱	۱۹۵۱

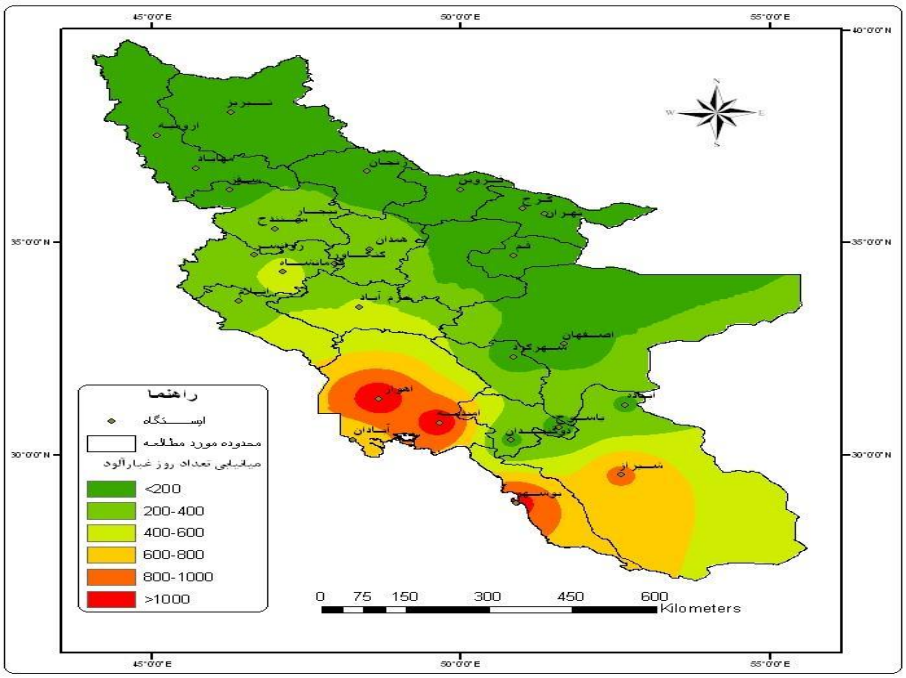
جدول (۲) مشخصات تصاویر مورد استفاده در این مطالعه

ماهواره	ساعت (GMT)	تاریخ	تصویر
Aqua	۱۰/۲۰	۲۰۰۸/۰۶/۰۱	۱
Aqua	۹/۲۵	۲۰۰۸/۰۶/۰۲	۲
Aqua	۱۰/۰۵	۲۰۰۸/۰۶/۰۳	۳
Aqua	۱۰/۱۰	۲۰۰۸/۰۶/۰۳	۴
Aqua	۹/۱۰	۲۰۰۸/۰۶/۰۴	۵
Aqua	۹/۱۵	۲۰۰۸/۰۶/۰۴	۶
Aqua	۱۰/۵۰	۲۰۰۸/۰۶/۰۴	۷

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1403.11.2.1.3]
[DOI: 10.61186/jsaeh.11.2.1]

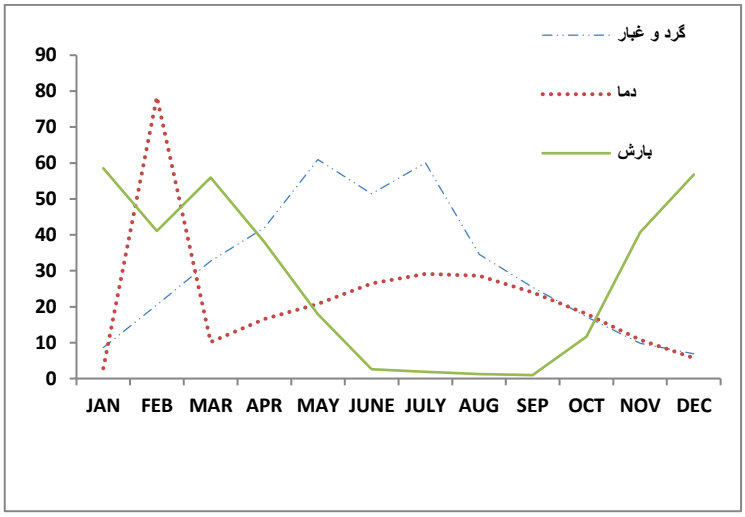
شرح و تفسیر نتایج

توزیع مکانی روزهای غبارآلود ایستگاه‌های زمینی در نیمه غربی ایران در شکل (۲) نشان می‌دهد که تعداد روز غبارآلود در ایستگاه‌های سینوپتیک به طور کلی از شمال به سمت جنوب افزایش می‌یابد. بطوریکه کمترین تعداد روزهای غبارآلود در ایستگاه مهاباد (۸ روز) است. حال آنکه هسته بیشینه وقوع پدیده گرد و غبار در ایستگاه‌های واقع در بخش جنوبغربی منطقه مورد مطالعه که شامل ایستگاه‌های اهواز، امیدیه، بوشهر و تقریباً شیراز بوده، قرار دارد. همانطور که در شکل می‌توان دید ایستگاه‌های واقع در بخش شمالی منطقه مورد مطالعه روزهای گرد و غبار کمتری را تجربه کرده‌اند. پس، توزیع روزهای گرد و غباری در طول ماه‌های سال (شکل ۳) در غرب ایران بر این دلالت می‌کند که فراوانی وقوع طوفان‌ها تابع شرایط دمایی و بارش (ویژگی‌های سینوپتیک) اقلیمی غالب بر منطقه است. بطوری‌که کمترین فراوانی در ماه‌های سرد و پربارش و بیشترین فراوانی آن در ماه‌های گرم و خشک اتفاق می‌افتد. این شرایط در کنار سرعت بالای باد بر روی بیابان‌های عربستان، 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 تشدید فعالیت‌های گردوغبار را به سمت جنوبغرب ایران در فصل گرم فراهم کرده است. نتایج مورد بحث مطالعه حاضر مطابق با مطالعات قبلی در غرب کشور (محمدپور و همکاران، ۱۳۹۹) نشان داد که با شروع دوره گرم، پوشش ابر گردوغبار همزمان با تضعیف بادهای شَمال تابستانی به سوی شمالغرب ایران و شدت جریان آنها بر روی حوضه رسوبی دجله - فرات به سوی جنوبغرب ایران (Hamidi et al., 2013; Namdari et al., 2016)، افزایش قابل توجهی دارد. پس، فعالیت الگوهای گردش جوی و مجاورت منطقه مورد مطالعه با بیابان‌های عراق، سوریه و عربستان، نقش بادهای شَمال شمالغربی را در تمرکز گردوغبار بر روی جنوبغرب ایران توجیه می‌کند.



شکل (۲). توزیع مکانی مجموع تعداد روزهای همراه با گرد و غبار در نیمه غربی ایران

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1403.11.2.1.3]
[DOI: 10.61186/jsaeh.11.2.1]



شکل (۳). توزیع ماهانه دما، بارش و روزهای همراه با گرد و غبار در غرب کشور

شاخص NDDI برای پایش پدیده گرد و غبار با استفاده از تصاویر ماهواره Aqua سنجنده MODIS در نیمه غربی ایران بکار گرفته شد. بر طبق شاخص مذکور حدود ۱۸ استان (جدول ۳) تحت تأثیر پدیده گسترده گردوغبار در طی چهار روز مورد مطالعه قرار دارند. رخداد اول تا چهارم جولای ۲۰۰۸ از شدیدترین پدیده گرد و غباری بود که در منطقه غرب ایران در طی دوره مورد مطالعه اتفاق افتاده است. در جدول شماره (۳)، نیز میانگین برآورد شده برای سطوح پوشیده از گرد و غبار در ۱۸ استان شناسایی شده با پوشش بالای گردوغبار بر اساس زمان‌های منتخب در تصاویر ارائه شده است.

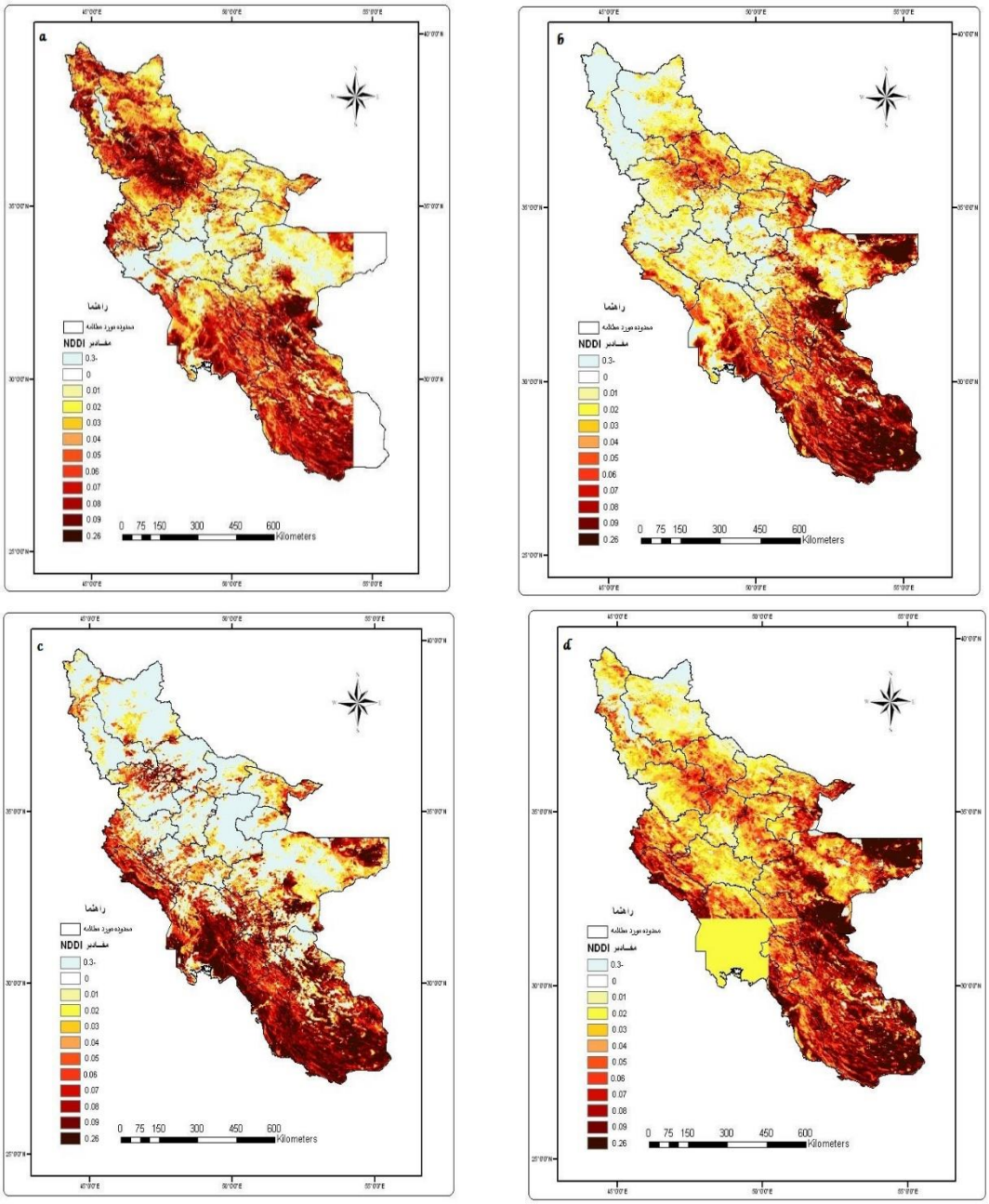
جدول (۳). میانگین برآورد شده توسط شاخص NDDI بر روی تصاویر مورد نظر

استان	۲۰۰۸/۰۶/۰۱	۲۰۰۸/۰۶/۰۲	۲۰۰۸/۰۶/۰۳	۲۰۰۸/۰۶/۰۴
فارس	۰/۰۴۲	۰/۰۴۹	۰/۰۴۵	۰/۰۴۹
کردستان	۰/۰۴۲	۰/۰۱۷	۰/۰۱۸	۰/۰۲۳
بوشهر	۰/۰۳۹	۰/۰۴۳	۰/۰۵۳	۰/۰۴۴
کهکیلویه و بویراحمد	۰/۰۳۹	۰/۰۳۱	۰/۰۴۳	۰/۰۳۵
زنجان	۰/۰۳۹	۰/۰۲۸	۰/۰۰۹	۰/۰۲۴
آذربایجان غربی	۰/۰۳۸	۰/۰۰۵	۰/۰۰۸	۰/۰۱۸
چهارمحال بختیاری	۰/۰۳۳	۰/۰۲۴	۰/۰۳۴	۰/۰۳۳
خوزستان	۰/۰۳۲	۰/۰۲۵	۰/۰۳۹	۰/۰۱۸
کرمانشاه	۰/۰۳۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۹	۰/۰۲۹
آذربایجان شرقی	۰/۰۲۹	۰/۰۰۹	۰/۰۰۵	۰/۰۱۱
اصفهان	۰/۰۲۲	۰/۰۳۳	۰/۰۲۱	۰/۰۴۳
همدان	۰/۰۲۱	۰/۰۱۰	۰/۰۰۷	۰/۰۲۳
تهران	۰/۰۲۰	۰/۰۲۸	۰/۰۱۹	۰/۰۳۱
قزوین	۰/۰۱۷	۰/۰۱۸	۰/۰۰۷	۰/۰۱۹
ایلام	۰/۰۱۶	۰/۰۱۷	۰/۰۴۱	۰/۰۴۲
مرکزی	۰/۰۱۵	۰/۰۱۳	۰/۰۰۴	۰/۰۲۷
قم	۰/۰۱۴	۰/۰۲۱	۰/۰۰۶	۰/۰۲۹
لرستان	۰/۰۰۹	۰/۰۰۹	۰/۰۱۹	۰/۰۲۲

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1403.11.2.1.3]
[DOI: 10.61186/jsaeh.11.2.1]

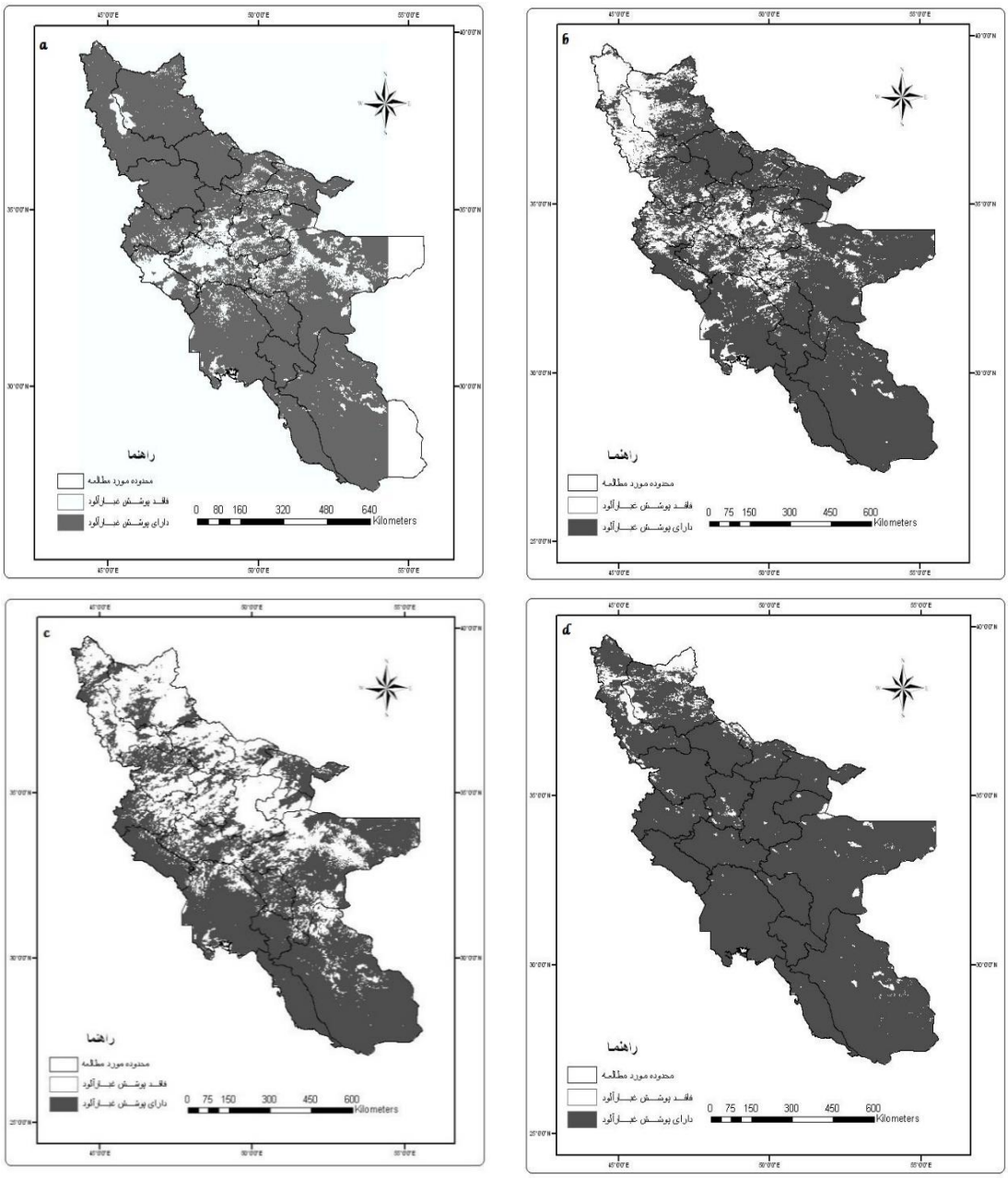
شکل۴ و ۵ (a، b، c، d) تصاویر حاصل از اعمال شاخص NDDI بر روی تصاویر خام و نقشه نهایی سطح پوشش گردوغبار (Reclass) منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. بر طبق تصاویر می‌توان مشاهده کرد که حرکت گرد و غبار به وضوح آشکارسازی و شناسایی شده است. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که میانگین روزانه شاخص NDDI در روزهای اول تا چهارم جولای ۲۰۰۸، به ترتیب ۰/۰۲۸، ۰/۰۲۲، ۰/۰۲۲ و ۰/۰۲۹ می‌باشد. مقدار شاخص در روز اول نشان می‌دهد که گردوغبار نیمه شمالی و جنوبی محدوده مورد مطالعه را با درصد بالایی و تقریباً بجز بخش شمالی استان ایلام و بخشی از لرستان، کل محدوده مورد مطالعه را پوشانده است (شکل ۴ و a۵ و شکل ۶). بر اساس این شکل‌ها، حداکثر مقدار پوشش گردوغبار در روز اول جولای در استان‌های فارس، کردستان و بوشهر و کمترین میزان پوشش در استان‌های لرستان، قم و مرکزی مشاهده می‌شود. اما در روز دوم و همراه با خروج موج اول گردوغبار به سمت شرق در روز دوم مقدار پوشش آن در نیمه شمالی محدوده رو به کاهش گذاشته است، ولی همچنان پدیده غالب بر روی نیمه جنوبی است (شکل ۴ و ۵ b) و استان‌های فارس، بوشهر و اصفهان (شکل ۶) بیشترین درصد پوشش گردوغبار را تجربه کرده‌اند. در روز سوم با افزایش مجدد پوشش گرد و غبار بر روی نیمه جنوبی منطقه مورد مطالعه (شکل ۴ و c۵) به ویژه بر روی استانهای فارس، بوشهر، کهکیلویه و بویراحمد، چهارمحال، خوزستان، ایلام (شکل ۶) نفوذ و تقویت مجدد گردوغبار را برای سومین روز پیاپی به دنبال داشته است. همچنانکه در روز چهارم (شکل ۴ و d۵) میزان پوشش گردوغبار تقریبا کل محدوده مورد مطالعه در تمام استانها بجز آذربایجان شرقی را به همراه داشته است (شکل ۶). شکل ۵ نقشه‌های نهایی درصد پوشش گردوغبار بر اساس شاخص NDDI در طول ۴ روز مورد مطالعه را نشان می‌دهد که دارای تغییرات کلی سطح پوشش بوده است. بر اساس شکل، کاهش سطح پوشش گردوغبار در روز دوم و سوم در بخشهای مرکزی و شمالغربی منطقه مورد مطالعه به دلایل ورود یک سیستم مرطوب و ابرآلود است که به وضوح می‌توان در (شکل۵ b، c) مشاهده کرد. همچنین، می‌توان مشاهده کرد که شدت گرد و غبار در استان‌های واقع در بخش غربی ایران دارای تغییراتی است که با میانگین سالانه استانهای ایلام، فارس، بوشهر و خوزستان (شکل ۲) همخوانی دارد و این مساله دلالت می‌کند که نیمه جنوبی در تمام سال تحت تاثیر گردوغبار و سامانه‌های سینوپتیکی زمستانه و تابستانه انتشار و انتقال گردوغبار قرار دارند. بنابراین، مطابقت نتایج بدست آمده از پژوهش حاضر با یافته‌های بلند مدت اقلیمی دید افقی ایستگاه‌ها (شکل ۳) و نتایج بلندمدت ماهواره‌ای در غرب کشور بویژه استان‌های ایلام (ترکاشوند، ۱۳۹۷؛ محمدپور و همکاران، ۱۳۹۹) و اهواز (Salmabadi et al., 2020) و در مجموع منطقه جنوبغرب ایران (Mohammadpour et al., 2021) از جمله مناطقی است که به دلیل مجاورت بیشتر با بیابان‌ها و دشت‌های رسوبی دارای ارتباط مدام و مستقیمی با حجم و گسترش فرین‌های گردوغباری در سطح منطقه است و پیوستگی طوفان‌های گردوغبار در خاورمیانه موجب شکل‌گیری هسته‌های گردوغبار تحت تاثیر سامانه‌های جوی و بادهای غالب بر روی منطقه است.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1403.11.2.1.3]
[DOI: 10.61186/jsaeh.11.2.1]

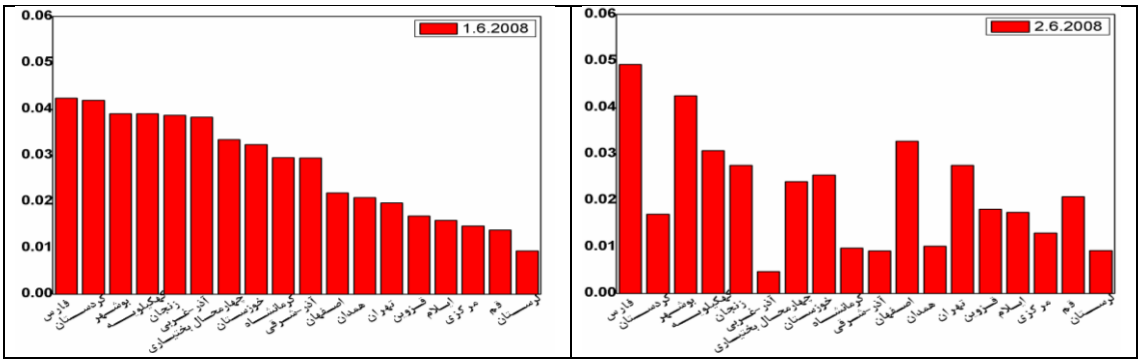


شکل (۴). نقشه‌های حاصل از بکارگیری روش شاخص NDDI بر روی تصاویر روزهای (a): اول، (b): دوم، (c): سوم و (d): چهارم جولای ۲۰۰۸

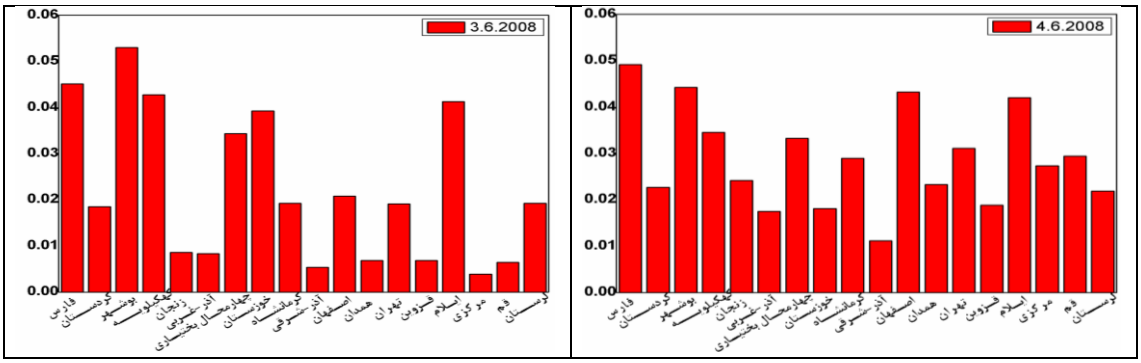
[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1403.11.2.1.3]
[DOI: 10.61186/jsaeh.11.2.1]



شکل (۵). نقشه‌های نهایی (reclass) حاصل از بکارگیری شاخص NDDI بر روی تصاویر روزهای (a): اول، (b): دوم، (c): سوم و (d): چهارم جولای ۲۰۰۸



[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1403.11.2.1.3]
[DOI: 10.61186/jsaeh.11.2.1]



شکل (۶). مقایسه درصد سطح پوشش گرد و غبار منطقه مورد مطالعه طی روزهای ۱ تا ۴ جولای ۲۰۰۸

نتیجه‌گیری

گرد و غبار یکی از پدیده‌های جوی بارز دهه اخیر است که به دلیل موقعیت جغرافیایی ایران و همجواری با بیابان‌های عربی، به طور مستقیم و غیر مستقیم آثار و پیامدهای زیست‌محیطی نامطلوبی برجای می‌گذارد. لذا بررسی و مطالعه پدیده مذبور و تاثیر آن بر روی کشور و به ویژه محدوده غربی آن در دهه اخیر به عنوان یک نیاز اساسی مطرح است. پس، پراکندگی فضایی طوفان‌های گردوغبار ایستگاه‌های مشاهداتی زمینی بررسی و با استفاده از شاخص نرمال شده تفاضل غبار (NDDI) تصاویر ماهواره‌ای سنجنده MODIS به بررسی تکوینی و ردیابی و مسیر جابجایی دامنه فرین گرد و غبار پرداخته شد. طبق نتایج به دست آمده، نقشه میانیابی مجموع تعداد روز غبارآلود در نیمه غربی ایران نشان داد که منطقه غرب ایران از لحاظ فراوانی وقوع پدیده گرد و غبار و چگونگی روند آن دارای نظام همگنی نیست، به‌طوری که تعداد روزهای گرد و غباری از شمال به سمت جنوب افزایش می‌یابد و ایستگاه‌های واقع در بخش شمالی منطقه مورد مطالعه روزهای گرد و غبار کمتری را تجربه کرده‌اند (ایستگاه مهاباد). حال آنکه هسته بیشینه گرد و غبار در ایستگاه‌های واقع در بخش جنوبغربی منطقه مورد مطالعه شامل ایستگاه‌های ایلام، اهواز، امیدیه، بوشهر و شیراز قرار داشت. افزایش غلظت گردوغبار حاصله از نتایج مطالعه حاضر ایستگاه‌های مشاهداتی با مطالعات قبلی غرب کشور همخوانی دارد که نشان می‌دهند که افزایش غلظت گردوغبار به تبعیت از عرض جغرافیایی تحت‌الشعاع دوری و نزدیکی منابع منبع گردوغبار در خاورمیانه است (Akbary and Farahbakhshi, 2015; Mohammadpour et al., 2021; Namdari et al., 2016). همچنین، نتیجه بلندمدت اقلیمی مشاهدات زمینی گردوغبار با شاخص NDDI محاسبه شده بر روی فرین‌های گردوغبار در نیمه غربی ایران مطابقت داشت و نشان داد که میانگین روزانه شاخص NDDI در کل منطقه مورد مطالعه و بر روی استان‌های جنوبی‌تر (ایلام، اهواز، امیدیه، بوشهر و شیراز) در طی روزهای اول تا چهارم جولای ۲۰۰۸، پیوسته تداوم داشته است. اما، در استان‌های شمالی گاهاً به دلیل ورود یک سیستم سینوپتیک مرطوب و ابرآلود (در روز دوم و سوم) در بخش‌های مرکزی و شمالغربی منطقه مورد مطالعه کاهش سطح پوشش گردوغبار را به همراه داشته است. این افزایش گردوغبار در استان‌های جنوبی و کاهش آن در استان‌های شمالی با مطالعات ماهواره‌ای و اقلیمی مبتنی بر مشاهدات زمینی، همخوانی داشت (Mohammapour et al., 2021; Nabavi et al., 2016; Salmabadi et al., 2020)؛ با این تفاوت که در مطالعات قبلی به بررسی روز رخداد پرداخته شده بود. اما، در مطالعه حاضر علاوه بر بررسی روز رخداد به سیر تکوینی ماهواره‌ای پیوسته طوفان در طی چهار روز نیز پرداخته شد و سطح پوشش گردوغبار جوی با استفاده از شاخص مذکور برآورد شد. زیرا، بررسی پیوسته پوشش گردوغبار در طی روزهای فرین چگونگی سطح پوشش

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1403.11.2.1.3]
[DOI: 10.61186/jsaeh.11.2.1]

ابر گردوغبار را آشکار می‌کند. پس، با توجه به اینکه این افزایش سطح گردوغبار در زمان وقوع رخدادهای گردوغبار از موانع اصلی ورود بخش بزرگی از انرژی تابش رسیده به سطح زمین و تغییر شار تابشی است (Arkian & Nicholson, 2018) و به دلیل نوسانی که در شار تابشی ایجاد می‌کند، منجر به تغییرات محسوسی در محیط طبیعی و آب و هوایی منطقه خواهد شد که با مطالعه و آشکارسازی تولیدات و تصاویر ماهواره‌ای امکانپذیر بوده و رویکردی به مراتب جغرافیایی (با توجه به پهنه سطح پوشش ابر گردوغبار) در ارزیابی پدیده مذکور و مخاطرات محیطی است. بنابراین، مطابقت نتایج چهار روز مورد مطالعه ماهواره‌ای و بلند مدت اقلیمی (دید افقی کمتر از هزار متر ایستگاه‌ها) تایید می‌کند که مجاورت منطقه جنوبغرب ایران با بیابان‌های و دشت‌های رسوبی و ارتباط مدام و مستقیم منطقه با حجم و گسترش فرین‌های گردوغبار در خاورمیانه موجب شکل‌گیری هسته‌های گردوغبار تحت تاثیر سامانه‌های جوی و بادهای غالب در منطقه شده است (اکبری و فرحبخشی، ۱۳۹۵؛ ترکاشوند، ۱۳۹۷؛ ساری صراف و همکاران، ۱۳۹۶؛ رنجبر سعادت آبادی و همکاران، ۱۳۹۵)، که با توجه به پتانسیل تصاویر ماهواره‌ای و ویژگی‌های طیفی MODIS در پایش تغییرات پدیده گرد و غبار به خوبی آشکارسازی شد. در مجموع، استفاده از داده‌های ماهواره‌ای نه تنها خلاء داده‌های مشاهداتی سطح زمین برای شناسایی، بارزسازی و تحلیل پدیده گرد و غبار را پر می نماید، بلکه رویکردی به مراتب جغرافیایی‌تر در تحلیل مخاطرات محیطی همچون گردوغبار می‌باشد که برای مطالعات مربوط به ترکیبات اتمسفری همچون آئروسل‌های جوی مناسب می‌باشد. در پایان، به دلیل اینکه تکیه صرف بر مشاهدات ایستگاهی نمی‌تواند سطح پوشش طوفان‌های گرد و غبار و پیامدهای ناشی از آن را در یک دیدگاه جامع جغرافیایی به خوبی نمایان کند، پیشنهاد می‌گردد بررسی سیر تکوینی رخدادهای گردوغبار با استفاده از هر دو داده‌های مشاهداتی ماهواره‌ای و زمینی در یک دوره طولانی مدت مداوم انجام گیرد.

منابع

احمدی ملاوردی مجید، جباری ایرج و امان‌اله فتح‌نیا. ۱۳۹۹. شناسایی، ارزیابی و مدیریت خاستگاه‌های‌گردوغبار در غرب ایران. پژوهشهای‌جغرافیای‌طبیعی، دورهٔ ۵۲، **شمارهٔ ۳**،پاییز ۱۳۹۹: ۴۴۵-۴۶۵.

آرامی، سید عبدالحسین، اونق مجید، محمدیان بهبهانی علی، اکبری مهری و علیرضا زراسوندی .۱۳۹۷. تحلیل مطالعات مخاطره گردوغبار در جنوب غرب ایران در دوره ۲۲ ساله (۱۹۹۶ – ۲۰۱۷)، مجله تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال پنجم، **شماره ۱**، بهار ۱۳۹۷: ۳۹-۶۶.

اکبری، مهری و فرحناز فرحبخشی .۱۳۹۵. تحلیل سینوپتیکی و شبیه‌سازی حرکت طوفان‌های شدید گردوغبار (مطالعه مورد: جنوب غرب ایران)، فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی، سال شانزدهم، **شماره ۵۵**، پاییز ۱۳۹۵: ۲۷۳-۲۹۱.

ترکاشوند، محمدقاسم .۱۳۹۷. مدل‌سازی گردش منطقه‌ای جو در رخداد شدیدترین توفان ریز گرد بهاره غرب ایران، مجلهٔ مخاطرات محیط طبیعی، سال پنجم، **شماره ۲**، تابستان ۱۳۹۷: ۱۹-۳۴.

جبالی، عاطفه؛ زارع، محمد ؛ اختصاصی، محمدرضا و رضا جعفری .۱۳۹۸. ارزیابی عملکرد الگوریتم‌های آشکارساز طوفان‌های گردوغبار در مناطق خشک (مطالعه موردی استان یزد)، مجله علمی-پژوهشی مهندسی اکوسیستم بیابان، سال هشتم، **شماره بیست و سوم**، تابستان ،۱۳۹۸: ۸۵ـ۱

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1403.11.2.1.3]
[DOI: 10.61186/jsaeh.11.2.1]

رنجبر سعادت آبادی، عباس، میهن پرست، مجتبی و فائزه نوری . ۱۳۹۵. بررسی پدیده گردوغبار در غرب ایران از دیدگاه هواشناختی (مطالعه بلند مدت و کوتاه مدت)، مجله علمی و ترویجی نیوار، شماره ۹۳-۹۲، بهار و تابستان ۹۵.

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

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، دوره ۴۹، **شماره ۲**، تابستان ۱۳۹۶، : ۱۸۹-۱۶۹

محمدپور، کاوه؛ سلیقه، محمد؛ درویشی بلورانی، علی و طیب رضیئی .۱۳۹۹. واکاوی و مقایسه تولیدات ماهواره‌ای و شبیه‌سازی شده AOD در تحلیل گردوغبارهای غرب ایران (۲۰۰۰ - ۲۰۱۸)، تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، **۷ (۱)** :۱۵-۳۲.

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

Albaqami, S. 2019. Spatial and temporal analysis of dust storms in Saudi Arabia and associated impacts, using Geographic Information Systems and remote sensing, PhD thesis, King Abdulaziz University.

Albaraka, R., Lakshmi, V., 2019. Monitoring Dust Storms in Iraq Using Satellite Data, Sensors, **19**: 3687; doi:10.3390/s19173687.

Arkian, F., Nicholson, S. E. 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, K., Shafiepour-Motlagh, M., Aslemand, A., Ghader, S. 2014. Dust storm simulation over Iran using HYSPLIT, Journal of Environmental Health Science and Engineering :1-9.

Bangert, M., Nenes A., Vogel B., Vogel H., Barahona D., Karydis V. A., Kumar P., Kottmeier C., Blahak U. 2012. Saharan dust event impacts on cloud formation and radiation over Western Europe, Atmos. Chem. Phys., **12**: 4045–4063.

Barkan. J, Kutiel. H, Alpert. P. 2004. Climatology of source in North Africa and the Arabian Peninsula, Based on TOMS Data. Original Article, Indoor Built Environ 2004, **13**: 000-000.

Chang, SC., Chou, CCK., Chen, WN., Lee, CT. 2010. Asian dust and pollution transport—a comprehensive observation in the downwind Taiwan in 2006. Atmos Res **95**: 19–31.

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., 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.

Desouza, Nirmala D., Baby, S., Qureshi, Muhammad S..2011. Evolutionary characteristics of a dust storm over Oman on 2 February 2008, Meteorol Atmos Phys **114**:107–121.

Ghazal, Nawal K. .2020. Monitoring dust storms using normalized difference dust index (NDDI) and brightness temperature variation in Simi arid areas over Iraq, Iraqi journal of physic, 2020: Vol: 18, No: **10**: 68-75

Ghedira. H., AL Rais. A., AL Suwaidi. A. 2009. Developing a new automated tool for detecting and monitoring dust and sand storms using Modis and Meteosat SEVIRI- MSG data. IGARSS.pp. 905-908.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1403.11.2.1.3]
[DOI: 10.61186/jsaeh.11.2.1]

Goudie, A. S, Middleton, N. J. 2001. Saharan dust storms: nature and consequences. Earth-Science Reviews, **56**: 179-204.

Guleria, RP., Jagdish, CK., Pan SR., Nand, LSh., Harinder KTh., Pitamber PD., Mahavir S. 2011. The assessment of aerosol optical properties over Mohal in the northwestern Indian Himalayas using satellite and ground-based measurements and an influence of aerosol transport on aerosol radiative forcing, Meteorol Atmos Phys **113**:153–169.

Guo, N., Liang, Y., Wang X. 2005. Quantitative Identification of Dust and Sand Storm Using MODIS Data. Key Laboratory of climate changes and reduced disaster, Institute of Arid Meteorology, CMA, Lanzhou,730020, China 0-7803-9050-4/05/$20.00 ©2005 IEEE.

Haiping, L., Xiong, L., Zhuang, D. 2003. Research Progress and Future Development of Remote Sensing Monitoring on Sand-dust Disaster in China. Progress In Geography, **22**(1): 45-52.

Han, T., Li. Y., Han, H., Zhang, Y, Wang. Y. 2005. Automatic detection of dust storm in the northwest of China using decision tree classifier based on MODIS visible bands data. Geoscience and Remote Sensing Symposium, Proceedings of IGARSS, IEEE International, vol. **5**, NO. 25-29, 3603-3606.

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

Kutiel, H., Furman, H. .2003. Dust Storm in the Middle East: Sources of origin and their temporal characteristics. Environmental Problems Affecting Health Original Paper, Indoor Built Environ 2003; **12**: 419-426.

Lee, Y. C., Yang, X., Wenig M. 2010. Transport of dusts from East Asian and non- East Asian sources to Hong Kong during dust related events 1996- 2007. Atmospheric Environment **XXX**: 1-11.

Li, X., Song W. .2010. Dust Storm Detection Based on Modis Data. Liaoning Technology University, No. **47** Zhonghua Road, Fuxin, LIAONING, lee_xian@126.com.

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

Mei, DI., Xiushan, LU., Lin. SUN., Ping, W. 2008. A dust-storm process dynamic monitoring with multi-temporal Modis data. Geomatics College, Shan Dong University of Science and Technology, Shan Dong Qingdao, 266510, China.

Middleton, N. J, Chaudhary, QZ. 1988. Severe Dust Storm at Karachi, 31 May 1986. Weather; **438**: 298–301.

Mohammadpour, K., Sciortino, M., Saligheh, M., Raziei, T., Darvishi Boloorani A. 2021, Spatiotemporal regionalization of atmospheric dust based on multivariate analysis of MACC model over Iran, Atmospheric Research, **249**, Available online 17 October 2020, 105322. https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.105322.

Nabavi S.O., Haimberger L., Samimi C. 2016. Climatology of dust distribution over West Asia from homogenized remote sensing data, Aeolian Research **21**: 93–107. http://dx.doi.org/10.1016/j.aeolia.2016.04.002

Namdari, S., Valizade, KK., Rasuly A.A., Sari Sarraf, B. 2016. Spatio-temporal analysis of MODIS AOD over western part of Iran, Arab J Geosci: **9:**191.

Natsagdorj, L. D, Jugder, S. Y. 2002. Analysis of Dust Storm Observed Mongolia During 1937-1999. **p12**.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1403.11.2.1.3]
[DOI: 10.61186/jsaeh.11.2.1]

Notaro, M., Yu, Y., 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.

Orlovsky. L, Orlovsky. N, Durdyev. A. 2005. Dust storm in Turkmenistan. Journal of Arid Environments **60**: 83-97.

Park, SU., Anna, C., Lee, E-H., Park, M-S., Song X.2010. The Asian Dust Aerosol Model 2 (ADAM2) with the use of Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) obtained from the Spot4/vegetation data, Theor Appl Climatol **101**:191–208.

Qian, W., Quan, L., Shi, S. .2002. Variations of the dust storms in China and its climatic control. Journal of Climate, **15**: 1216–1229.

Qu. J., Hao. X., Kafatos, M., Wang. L. 2006. Asian dust storm monitoring combining Terra and Aqua Modis SRB measurments. Geosciences and Remote Sensing Letters, **3 (4):** 484-486.

Qu. J., Hao. X., Wang. W., Wang, L., Kafatos. M. 2005. A Study of African Dust Storm and Its Effects on Tropical Cyclones over Atlantic Ocean from Space. CEOSR/SCS, George Mason University, 4400 University Drive, Fairfax, VA 22030, USA NASA/GSFC/614.4, Greenbelt, MD 20771, USA, 0-7803-9050-4/05/$20.00 ©2005 IEEE.

Sanchao, L., Qinhuo, L., Maofang, G. 2006. On Asian dust storm in China by combining daytime and nighttime Terra and Aqua Modis data. IEEE Geomantic and Information Science of Wunan University, **31 (20)**: 1051-1054.

Shigong, W., Wang, J., Zhou, Z. , Shang, K. 2005. Regional characteristics of three kinds of dust storm events in China, Atmospheric Environment, 39: 509-520.

Taghavi. F., Asadi. A. 2008. The Persian Gulf 12th April 2007 dust storm: observation and model Analysis, EUMETSAT Meteorological Satellite Conference, Darmstadt, Germany, 8-12 September, EUMETSAT P-52.

Taheri Shahraiyni, H., Karimi, Kh., Habibi Nokhandan, M., Hafezi Moghadas, N. 2014. Monitoring of dust storm and estimation of aerosol concentration in the Middle East using remotely sensed images, Arab J Geosci , DOI 10.1007/s12517-013-1252-3.

Thuraya, M. S., Al-Dashti H. 2011. Optical and physical characterization of "Iraqi freedom" dust storm, a case study, Theor Appl Climatol **104**:123–137.

Wang, X. M., Dong, Z. B., Zhang, J. W., Liu, L. C. 2004. Modern dust storms in China: an overview. Journal of Arid Environments, **58**: 559–574.

Ye, D. Z., Chou, J. F., Liu, J. Y. .2000. Causes of sand storm weather in northern China and control measures. Acta Geographic Sinica**, 55(5)**: 513–521.

Yong X. 2009. Detection of Smoke and Dust Aerosols Using Multi-sensor Satellite Remote Sensing Measurements. A dissertation Phd, George Mason University.

Yue, H., He, C., Zhao, Y., Ma, Q., & Zhang, Q. 2017. The brightness temperature adjusted dust index: An improved approach to detect dust storms using MODIS imagery. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, **57**, 166–176. doi: 10.1016/j.jag.2016.12.016.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1403.11.2.1.3]
[DOI: 10.61186/jsaeh.11.2.1]