آشکارسازی و پهنه‌بندی ریز گردهای استان کرمانشاه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای MODIS

سیروس شمشیری[1]، رضا جعفری[1*]، سعید سلطانی[1]، نفیسه رمضانی[1]

(تاریخ دریافت: 1392/8/24 ؛ تاریخ پذیرش: 1393/5/12.)

چکیده

به‌منظور بررسی وضعیت گرد و غبار استان کرمانشاه با استفاده از داده‌های اقلیمی و سنجش از دوری، روزهای گرد و غبار در ۱۲ ایستگاه هواشناسی، جمع آوری و در مقیاس‌های ماهانه و سالانه در دوره آماری ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۱ آنالیز گردید. سپس هم‌بستگی بین داده‌های قدرت دید کمتر از ۱۰۰۰ متر با پارامترهای دما، رطوبت نسبی، بارندگی، جهت و سرعت حداکثر باد به کمک روش رگرسیون چند متغیره مورد ارزیابی قرار گرفت. هم‌چنین به‌منظور پهنه‌بندی گرد و غبار، دو رویداد مهم در تاریخ‌های ۲۰۰۸/۹/۵ و ۲۰۰۹/۷/۵ انتخاب و داده‌های ماهواره‌ی سطح MODIS 1B تهیه و با استفاده از ابزار تبدیل فرمت MODIS این داده‌ها جهت اعمال شاخص‌های گرد و غبار آکرمن، میلر و TDI به دمای ظاهری تبدیل شدند. نتایج بررسی دادهای اقلیمی نشان داد که در ایستگاه‌های کرمانشاه، اسلام آباد غرب و سرپل ذهاب به‌ترتیب ۵۳، ۷۱ و ۱۱۲ روز با قدرت دید کمتر از ۱۰۰۰ متر وجود داشته و حداکثر تعداد روزهای گرد و غبار با ۲۰ روز در سال در ایستگاه سومار مشاهده گردید. آنالیز رگرسیون نشان داد که از بین پارامترهای اقلیمی بارندگی، جهت باد و سرعت آن حداکثر همبستگی (R^2>۰/۷۷) را با داده‌های قدرت دید داشته است. بر اساس داده‌های قدرت دید و نقشه‌های شدت گرد و غبار، مشخص گردید که کارایی شاخص‌های گرد و غبار MODIS از رویدادی به رویداد دیگر متفاوت بوده و شاخص آکرمن بهترین کارایی و بعد از آن شاخص TDI و میلر قرار داشت.

واژه‌های کلیدی: طوفان‌های گرد و غبار، داده‌های اقلیمی، داده‌های سنجش از راه دور، کرمانشاه

1. گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: shamshiri.2011@gmail.com

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1393.3.8.3.3]

مقدمه

طوفان‌های گرد و غبار از پدیده‌های هواشناسی هستند که معمولاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک با بارش سالانه کمتر از 200 تا 250 میلی‌متر در مواقع وزش تند بادهایی با سرعت بیش از حد آستانه رخ می‌دهند. بروز این پدیده، متاثر از هر دو سیستم زمین و اتمسفر می‌باشد به‌طوری‌که دلایل اصلی وقوع آن سرعت زیاد باد، کمبود رطوبت و اراضی لخت بدون پوشش ذکر شده است (18، 33). این فرایند در مناطق برداشت، ایجاد فرسایش خاک و در نقاط دیگر متناسب با قدرت و سرعت باد سبب انباشت رسوبات می‌گردد. این طوفان‌ها با ذرات 0/1 تا 0/5 میلی‌متر (رس و سیلت) می‌توانند مسافت‌های طولانی (بیش از چندین هزار کیلومتر) را طی کنند؛ در این حالت دید افقی در ارتفاع چشم، به کمتر از یک کیلومتر تقلیل می یابد (20). بیابان صحرای آفریقا بزرگ‌ترین منبع تولیدکننده گرد و غبار در جهان است که سالانه 700 میلیون تن گرد و غبار را وارد اتمسفر می‌کند (19، 30، 33 و 39). بیابان‌های شرق آسیا، جنوب شرق و مغولستان به‌همراه نواحی مرکزی و جنوبی آسیا به‌عنوان منشاءهای آسیایی این پدیده شناخته می‌شوند (23، 40 و 41). شمال و جنوب آمریکا، استرالیا، شبه جزیره عربستان و بیابان‌های خاورمیانه نیز از مناطق تولید گرد و غبار موجود در اتمسفر می‌باشند (23، 30 و 38). در ارتباط با منشایابی گرد و غبار در ایران، مطالعات زیادی صورت گرفته که بر اساس نتایج این مطالعات از سال 1385 تاکنون منشاءهای فرامرزی که اغلب نواحی غرب و جنوب غربی کشور را با فراوانی و شدت بیشتری تحت تأثیر قرار می‌دهند، منبع آنها کشور عراق و شرق سوریه ذکر شده است؛ هرچندکه مناطق دیگر از جمله بخش‌هایی از اردن، کویت و شمال عربستان نیز در ایجاد گرد و غبار در ایران نقش دارند (3، 8، 15 و 24). وقوع طوفان‌های گرد و غبار ارتباط نزدیکی با پارامترهای اقلیمی محلی مثل بارندگی، دما و هم‌چنین ویژگی‌های سطح زمین مثل پوشش گیاهی، پوشش برف روی سطح زمین و بافت خاک دارد (6، 32). فرج زاده و همکاران (11) با بررسی توزیع زمانی و مکانی طوفان‌ها و بادهای شدید در ایران نشان دادند که در اغلب ایستگاه‌ها بین میانگین سرعت باد و فراوانی وقوع طوفان‌ها رابطه معناداری وجود ندارد؛ به‌این‌صورت‌که ایستگاه‌هایی که فراوانی بالایی را از نظر وقوع طوفان‌ها دارند لزوماً میانگین سرعت بالایی ندارند. نهستگری و همکاران (36) با بررسی و تحلیل طوفان‌های گرد و غبار 1937 تا 1997 مغولستان به این نتیجه رسیدند که 61 درصد طوفان‌ها، در فصل بهار رخ می‌دهد و در زمان وقوع این طوفان‌ها، میزان رطوبت نسبی به 20 تا 40 درصد کاهش می‌یابد.

امروزه پیامدهای مختلف طوفان‌های گرد و غبار علاوه بر آلودگی هوا، در بخش‌های مختلف محیط زیست، بهداشت و سلامت، اقتصاد، صنعت، گیاهان و محصولات کشاورزی، نظارت و کنترل، آن را به‌صورت امری گریزناپذیر در تمام جوامع در رأس مسائل ملی مطرح کرده است (21). از جمله مهم‌ترین روش‌های مطالعه و بررسی پدیدهٔ غبار و طوفان‌های مرتبط با آن، اطلاعات حاصل از مشاهدات و اندازه‌گیری‌های زمینی و اطلاعات حاصل از مشاهدات و اندازه‌گیری‌های ماهواره‌ای می‌باشد (2 و 3). فناوری سنجش از دور به‌دلیل وسعت زیاد منطقه تحت پوشش، همواره به‌عنوان یکی از کارآمدترین روش‌ها در مطالعهٔ همزمان پدیده‌های مختلف اقلیمی، اتمسفری و فرآیندهای هیدرولوژیکی، راهگشای محققان بوده است. به‌کمک این تکنولوژی تصویر کلی از فعالیت‌های گرد و غبار ارائه می‌شود که امکان ردیابی ستون‌های گرد و غبار را میسر می‌کند (2، 8، 15 و 24). در این میان، استفاده از تصاویر ماهواره MODIS که در چندین طول موج به جمع‌آوری اطلاعات می‌پردازد با توجه به این نکته که اثر ذرات معلق در طول موج‌های مختلف متفاوت می‌باشد، بسیار مفید خواهد بود (17). آکرمن (12) چنین استدلال کرد که ترکیبی از سه باند فرو سرخ نزدیک 8 ،11 و 12 میکرومتر بهترین شیوه شناسایی گرد و غبار است؛ هم‌چنین با آنالیز باندهای 8 و 11 میکرومتر در مقایسه با باندهای 11 و 12 نشان داد که آنها قادر به تفکیک بهتر ذرات از آسمان صاف، هم در اقیانوس و هم در

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1393.3.8.3.3]

خشکی هستند. میلر (35) از اختلاف نرمال بازتاب ماهواره مودیس در باندهای 0/645 و 0/853 میکرومتر همراه با اختلاف درجه حرارت روشنایی برای تشخیص گرد و غبار در سطوح روشن استفاده کرد. هوتچی سون و جکسون (26) نشان دادند که شن و ماسه در منطقه طیفی با طول موج 0/4 تا 0/1 میکرومتر بازتاب را افزایش می‌دهد. لیو و همکاران (29) و زیاجینگ و همکاران (42) تصاویر ماهواره‌ای MODIS را به‌منظور پایش طوفان گرد و غبار در استرالیا به‌کار بردند و از طریق محاسبات اختلاف درجه حرارت روشنایی دو باند حرارتی مادون قرمز موفق به جدا کردن گرد و غبار از ابرها شدند؛ آنها هم‌چنین اشاره نمودند که می‌توان طوفان‌ها را با استفاده از باندهای مرئی و مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز حرارتی شناسایی کرد. هوانگ و همکاران (25) ذکر می‌نمایند که به‌دلیل جذب کم گازها، محدوده طیفی 8 تا 10 و 12 میکرومتر محدوده‌ی مناسبی برای مطالعه گرد و غبار است.

دای و همکاران (18) چهار تصویر سنجنده مودیس را به‌منظور نظارت و پایش گرد و غبار در شمال غرب چین به‌کار بردند و به این نتیجه رسیدند که داده‌های چندزمانه می‌تواند برای پایش و ردیابی حرکت طوفان به‌کار رود. بادوک و همکاران (13) با استفاده از داده‌های مودیس منطقه دریاچه ایر استرالیا اقدام به شناسایی و تفکیک گرد و غبار با پنج روش مختلف کردند و به این نتیجه رسیدند که مطمئن‌ترین و قابل اعتمادترین روش جهت شناسایی طوفان گرد و غبار در این منطقه، اختلاف درجه حرارت روشنایی می‌باشد. پارک و همکاران (37) با استفاده از تصاویر سنجنده مودیس طوفان گرد و غبار را در منطقه شرق آسیا با دقت بالای 80 درصد آنالیز کردند.

با توجه به شرایط اقلیمی ایران و کشورهای هم‌جوار غربی و جنوب‌غربی و افزایش چشمگیر فراوانی وقوع طوفان‌های گرد و غبار در چند دهه اخیر در فصولی خاص مثل بهار و تابستان بالااخص در استان‌های غربی و جنوب غربی به‌عنوان مثال کرمانشاه که مهم‌ترین بحران زیست محیط آن بروز طوفان گرد و غبار قلمداد شده است و هم‌چنین عدم وجود مطالعات جامع و کافی در این زمینه، بررسی و مطالعه این پدیده را به‌منظور مدیریت بهتر اثرات زیانبار آن اجتناب ناپذیر کرده است. شناسایی و تهیه نقشه میزان شدت مکان‌های متأثر از گرد و غبار، دستگاه‌های اجرایی را قادر می‌سازد که به‌وسیله نقشه پهنه‌بندی، نواحی مختلف را مناسب با میزان بحرانی بودن در اولویت قرار داده و اقدامات لازم را انجام دهند. بنابراین، تحقیق حاضر با اهداف ذیل صورت گرفته است:

1. بررسی تغییرات دراز مدت، فصلی و ماهانه پدیده گرد و غبار در ایستگاه‌های هواشناسی استان و انتخاب رویدادهای مهم
2. آشکارسازی و پهنه‌بندی پدیده گرد و غبار منطقه با استفاده از شاخص‌های مبتنی بر داده‌های ماهواره‌ای سنجنده MODIS
3. پتانسیل‌سنجی شاخص‌های پهنه بندی گرد و غبار در رویدادهای مختلف و انتخاب شاخص برتر.
4. ارائه بهترین مدل پیش‌بینی گرد و غبار با استفاده از داده‌های میزان قدرت دید زیر 1000 متر و پارامترهای روزانه شامل متوسط دما، درصد رطوبت نسبی، بارش، سرعت و جهت باد در ایستگاه‌های هواشناسی منطقه.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

در این تحقیق استان کرمانشاه با مساحتی برابر با 25008 کیلومتر مربع، بین 33 درجه و 40 دقیقه تا 35 درجه و 18 دقیقه عرض شمالی و 45 درجه و 24 دقیقه تا 48 درجه و 7 دقیقه طول شرقی می‌باشد (شکل 1). این استان از لحاظ تقسیمات کشوری به 14 شهرستان تقسیم شده است که از شمال به استان کردستان از جنوب به استان‌های لرستان و ایلام، از شرق به استان همدان و از غرب با کشور عراق هم جوار است و بیش از 330 کیلومتر مرز مشترک با این کشور دارد (9) متوسط میزان بارندگی استان 450 میلی‌متر است (7). بر اساس تقسیم‌بندی اقلیمی دوماتن اقلیم استان به چهار گروه اقلیمی خشک، مدیترانه‌ای، نیمه خشک و مرطوب تقسیم می‌گردد (1).

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1393.3.8.3.3]

آنالیز زمینی طوفان گرد و غبار

جهت جمع‌آوری داده‌های هواشناسی و بررسی آنها مراحل ذیل انجام شد:

مشخص کردن تغییرات سالانه، ماهانه و فصلی وقوع گرد و غبار و جهت وقوع آن: پارامتر میزان قدرت دید زیر 1000 متر از اطلاعات 12 ایستگاه هواشناسی شامل اسلام آباد غرب، جوانرود، روانسر، سرپل ذهاب، سنقر، سومار، صحنه، کرمانشاه، کنگاور، گیلان غرب، قصر شیرین و هرسین در طی سال‌های آماری 2011- 1990 به‌منظوربررسی تغییرات دراز مدت، فصلی و ماهانه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. جهت باد غالب نیز با استفاده از داده‌های روزانه در طی سال‌های 1385 تا 1390 در تمام ایستگاه‌ها تعیین شد.

محاسبه بهترین مدل پیش‌بینی گرد و غبار: به‌منظورتهیه بهترین مدل برای هر ایستگاه، رابطه بین پارامتر دید زیر 1000 متر و سایر پارامترهای روزانه شامل متوسط دما، درصد رطوبت نسبی، بارش، سرعت و جهت باد در هر ایستگاه در طی سال 1385 تا 1390 که طوفان‌ها بیشترین شیوع را داشتند جمع‌آوری گردید. سپس برای هر یک از پارامترهای فوق میانگین 3،5، 2 روز قبل و بعد وقوع گرد و غبار نیز به‌طور جداگانه برای رویداد و ایستگاه محاسبه و جدول ماتریس هم بستگی برای آن‌ها تهیه گردید. داده‌های پارامتر دید زیر 1000 متر در روزهای گرد و غبار به‌عنوان متغیر وابسته و میانگین 2، 3 و 5 روز قبل و بعد سایر پارامترها به‌عنوان متغییر مستقل جهت انتخاب بهترین مدل استفاده گردید. ترکیبات مختلفی از پارامترهای مذکور برای ورود به مدل رگرسیون با استفاده از روش گام‌به‌گام مورد بررسی قرار گرفتند. به‌منظورتعیین بهترین مدل از مدل‌های پیشنهادی از معیارهای ضریب همبستگی و خطای استاندارد استفاده شد. هم‌چنین به‌منظوررفع مشکل چند راستایی بین متغیر مستقل، ضرایب همبستگی بین پارامترها و فاکتور تورم واریانس (Variance Inflation Factor, VIF) محاسبه گردید در نهایت مدلی که تعداد پارامتر ورودی کمتر و بالاترین ضریب R^2 را داشت به‌عنوان بهترین انتخاب شد (31). برای متغیر j ، VIF عبارت است از:

$$VIF_j = \frac{1}{\left(1 - R^2 j\right)} \quad [1]$$

که $R^2 j$ ، R^2 رگرسیون j امین متغیر در بین متغیرهاست. VIF در مدل‌های رگرسیونی بین 1 تا بی‌نهایت متغیر است.

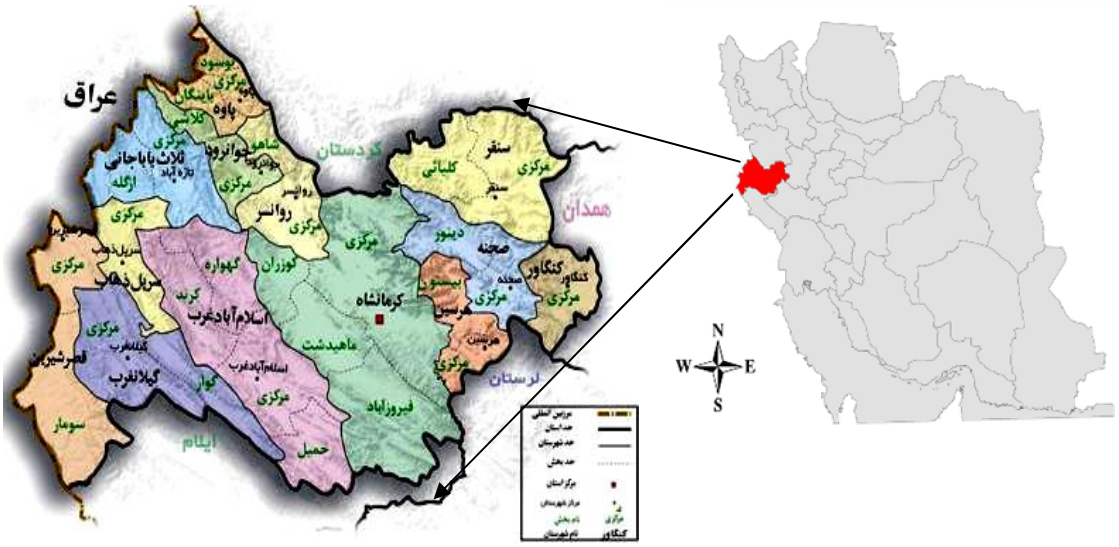
آنالیز تصاویر ماهواره‌ای

جهت تهیه نقشه پهنه‌بندی گرد و غبار با استفاده از سنجش از دور، دو تصویر ماهواره‌ای MODIS با سطح داده 1B برای سال‌های 2008/9/5 (1387/6/25)و 2009/7/5 (1388/4/14) که مصادف با رویداد گرد و غبار شدید بودند، از آرشیو انتخاب گردید. ابتدا تصاویر مذکور به‌لحاظ گستره وسیع به سیستم مختصات جغرافیایی قطبی زمین مرجع شد. در مرحله بعد دمای درخشندگی باندهای حرارتی ماهواره محاسبه و از روش نزدیک‌ترین همسایه به‌منظور تصحیح هندسی استفاده گردید. شناسایی طوفان‌های گرد و غبار با سنجش از دور به‌دلیل این که ذرات موجود در طوفان‌های گرد و غبار بازتابش مشابهی با ذرات موجود در ابر، سطوح زمین های خشک، تپه های ماسه‌ای و مناطق بیابانی دارند تفکیک و شناسایی آن را مشکل می‌کند برای غلبه بر این مشکل روش‌های مختلفی مانند آکرمن، TDI و میلر ارائه شده‌اند که با توجه به وضعیت منطقه و وجود تصاویر بدون ابر از این روش‌ها جهت تفکیک و شناسایی گرد و غبار در استان کرمانشاه استفاده شد (جدول 1) (12و 35).

هر یک از الگوریتم‌های فوق به‌طورجداگانه بر روی دو تصویر اعمال گردید. پس از مشخص شدن محدوده طوفان برروی تصویر در مرحله بعد با توجه به ارزش شاخص‌های خروجی الگوریتم، آستانه بالا و پایین تعیین و برای دو تصویر (رویداد اول: 78/06/25 و رویداد دوم: 1388/04/14) طبقه‌های بسیار شدید (V.H)، شدید (H)، متوسط (M)، ضعیف (L)، بسیار ضعیف (V.L) و بدون گرد و غبار (Non) از طوفان گرد و غبار تعریف گردید. در نهایت نقشه پهنه‌بندی شدت گرد و غبار برای دو رویداد فوق با هر الگوریتم تهیه شد.

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1393.3.8.3.3]



شکل ۱. منطقه مورد مطالعه

جدول ۱. مشخصات شاخص‌های گرد و غبار مورد استفاده

ردیف	عنوان شاخص	سال ارائه	فرمول کلی
۱	آکرمن	۱۹۹۷	$D= (BT_{31} - BT_{32})$ Dust<0 $BT_{31}= 10.780 - 11.280\ \mu m$ $BT_{32}= 11.770 - 12.27\ \mu m$
۲	میلر	۲۰۰۳	D= [(BT31 – BT32) + (2R1 – R3 – R4 – BT31) – (R26) + (1BT31)] R1, R3, R4, R26 = MODIS بازتابش در باندهای ۱،۳،۴ و ۲۶ سنجنده BT31= 10.780 – 11.280 µm BT32= 11.770 – 12.27 µm
۳	TDI	۲۰۰۷	$TDI= C_0+C_1\times BT_{20}+C_2\times BT_{30}+C_3\times BT_{31}+C_4\times BT_{32}$ $C_0= -7.9370, C_1= 0.1227, C_2= 0.0260, C_3= -0.7068, C_4= 0.5883$

بحث و نتیجه‌گیری

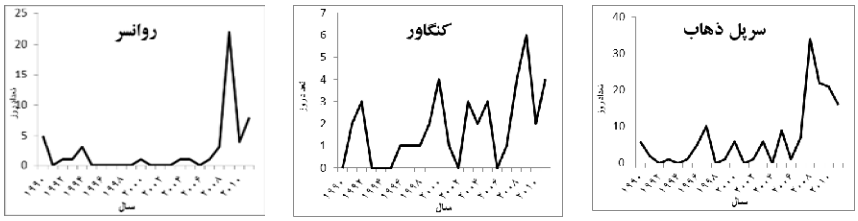
روند تغییرات دراز مدت گرد و غبار

جهت مشخص نمودن تغییرات سالانه گرد و غبار، داده های پارامتر میزان قدرت دید زیر 1000 متر در طول سال‌های 2011-1990 برای ایستگاه‌های مطالعاتی استخراج گردید. در کل دوره مورد مطالعه فقط 5 شهرستان کرمانشاه، سر پل ذهاب، اسلام آباد غرب، روانسر و کنگاور دارای آمار ثبت شده بودند که نتایج تجزیه و تحلیل ها بیانگر آن بود که از سال 1990 تا 2006 گرد و غبار با تعداد زیاد و کم در این ایستگاه‌ها به تناوب اتفاق افتاده است اما از سال 2005 به بعد تعداد وقوع طوفان گرد و غبار ثبت شده در کل ایستگاه‌های استان روند صعودی را نشان می‌دهد که در سال 2009 (1388) به حداکثر میزان خود رسیده است (شکل 2). از بین شهرستان‌های مختلف استان، شهرستان کنگاور به‌دلیل فاصله زیاد از منشاء گرد و غبار با مجموع 34 روز دید کمتر از 1000 متر، دارای کمترین روز همراه با گرد و غبار است و شهرهای کرمانشاه، اسلام آباد غرب و سر پل ذهاب به نسبت نزدیکی و همجواری با صحراهای عراق و کشورهای عربی به‌ترتیب 71، 53 و 112 روز همراه با گرد و غبار را داشته‌اند. با توجه به این‌که در شهر سومار آمار پدیده دید فقط برای 5 سال (2007-2011) ثبت شده است می‌توان این شهر را با میانگین 19/8 روز در سال به‌عنوان شهری که دارای بیشترین روز با دید کمتر از 1000 متر در استان کرمانشاه می‌باشد، معرفی نمود.

آنالیز بررسی تغییرت ماهانه و فصلی گرد و غبار با توجه به نواقص آماری داده‌های هواشناسی مشاهده شده در 12 ایستگاه،

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1393.3.8.3.3]



شکل ۲. تغییرات سالانه گرد و غبار در ایستگاه‌های هواشناسی روانسر، کنگاور و سرپل ذهاب استان کرمانشاه

تنها برای چهار ایستگاه کرمانشاه، اسلام آباد غرب، روانسر و کنگاور انجام گرفت. نتایج نشان داد که بیشترین فراوانی وقوع ماهانه گرد و غبار برای چهار ایستگاه در ماه می (اردیبهشت و خرداد) می‌باشد که به‌عنوان ماه پیک گرد و غبار استان تلقی می گردد. به‌علاوه ماه جولای (تیر و مرداد ماه) نیز پیک دیگروقوع گرد و غبار استان شناسایی شد. هم‌چنین به‌منظور تشخیص ارتباط قطاع معمول ورود طوفان های گرد و غبار با جهت بادهای وزشی، جهت باد غالب در تمام ایستگاه‌ها با استفاده از داده‌های روزانه در طی سال‌های 1385 تا 1390 تعیین گردید. مطابق نتایج حاصله از این مطالعه جهت باد غالب در تمام شهرها به جز سومار ، غربی و شمال‌غربی می‌باشد که به‌طور متوسط 69% از جهت باد ایستگاه‌ها همسو با جهت ورود اکثر طوفان‌های گرد و غبار ورودی به کرمانشاه می‌باشد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که جهت باد غالب منطقه با جهت معمول طوفان‌های گرد و غبار همسو می‌باشد. این نتایج هم‌چنین نشان داد که با غرب سو شدن جهت باد، احتمال وقوع طوفان گرد و غبار بیشتر می‌شود.

انتخاب بهترین مدل پیش‌بینی گرد و غبار

به‌منظورتهیه بهترین مدل از رابطه بین پارامتر دید زیر1000 متر و سایر پارامترهای روزانه شامل متوسط دما، درصد رطوبت نسبی، بارش، سرعت و جهت باد در هر ایستگاه در طی سال 1385 تا 1390 که طوفان ها بیشترین شیوع را داشتند استفاده گردید. نتایج نشان داد که برای ایستگاه اسلام آباد غرب بر اساس پارامترهای دمای سه روز بعد و دو روز قبل از طوفان با پارامتر میزان قدرت دید زیر1000 متر بیشترین هم‌بستگی وجود دارد. در ایستگاه کرمانشاه پارامترهای دمای سه روز بعد، رطوبت نسبی پنج روز بعد، دید پنج روز قبل، سرعت باد دو روز بعد از وقوع طوفان بالاترین هم‌بستگی را با پارامتر دید زیر 1000 متر داشت. در ایستگاه جوانرود بالاترین هم‌بستگی پارامتر دید زیر1000 متر با دما و جهت باد سه روز بعد، سرعت باد پنج روز قبل، بارش پنج روز بعد، جهت باد دو روز قبل مشاهده گردید. برای ایستگاه هواشناسی گیلان غرب فقط پارامتر جهت باد دو روز قبل از طوفان هم‌بستگی بالایی با پارامتر دید زیر1000 متر نشان داد. بهترین مدل پیش‌بینی برای ایستگاه روانسر بر اساس هم‌بستگی 0/60 پارامترهای رطوبت سه روز بعد، سرعت باد سه روز قبل، دید پنج روز بعد و دید زیر1000 متر محاسبه گردید. مدل پیش‌بینی گرد و غبار ایستگاه قصر شیرین با پارامترهای سرعت باد دو روز بعد از وقوع طوفان و دید زیر1000 متر به‌دست آمد. پارامترهای دمای پنج روز بعد، دید دو روز قبل از وقوع طوفان در ایستگاه سر پل ذهاب بالاترین هم‌بستگی را با پارامتر دید زیر1000 متر داشتند. در ایستگاه سنقر پارامتر دید دو روز بعد با هم‌بستگی (0/42) با میزان قدرت دید برای محاسبه مدل پیش‌بینی مناسب تشخیص داده شد. مدل پیش‌بینی ایستگاه هرسین با استفاده از پارامترهای جهت باد دو روز بعد، سرعت باد دو روز قبل، بارش پنج روز بعد با ضریب هم‌بستگی 0/77 محاسبه گردید. ایستگاه سومار که بیشترین روز با دید کمتر از 1000 متر را داشت پارامترهای جهت باد دو روز قبل، سرعت باد سه روز بعد برای محاسبه مدل استفاده گردید. در ایستگاه کنگاور پارامتر باران پنج روز قبل با هم‌بستگی 0/49 جهت محاسبه مدل مورد استفاده قرار گرفت. همان‌طورکه ملاحظه می‌گردد برای ایستگاه صحنه هیچ مدل قابل قبولی ارائه نگردید که علت آن کم بودن رخدادهای گرد و غبار در این شهرستان بوده است.

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1393.3.8.3.3]

یکی از معیارهای بررسی دقت مدل‌های محاسباتی، ضریب تبیین (R^2) است. این ضریب درجه‌ای از شبیه بودن داده‌های مشاهداتی با داده‌های پیش‌بینی را توصیف می‌کند. با توجه به میزان R^2 مشاهده می‌شود که هرچه از سمت غرب استان به سمت شرق می‌رویم مقدار این ضریب بیشتر می‌شود و متغیرهایی که در کاهش میزان گرد و غبار و افزایش میزان دید نقش دارند وارد مدل می‌گردد. به‌دلیل نزدیک بودن غرب استان با مرز عراق و نزدیک بودن به منشا گرد و غبار مدل‌ها از اعتبار کمتری برخوردار هستند و هرچه به سمت مرکز و شرق استان پیش رویم، مدل‌ها معنی‌دارتر شده و نشان از اثر منابع رطوبتی مثل رطوبت نسبی و بارش بر افزایش قدرت دید دارد. هم‌چنین با افزایش میزان R^2 خطای استاندارد مدل‌ها کاهش یافته که ناشی از تأثیر و هم‌بستگی بیشتر متغیرهای وارد شده به مدل در افزایش و یا کاهش قدرت دید می‌باشد.

زینگ کویی (34) وقایع طوفان‌های گرد و غبار و خصوصیات سطح زمین را مورد مطالعه و بررسی قرار داد او در بررسی خود ارتباط معنی‌داری بین وقایع طوفان‌های گرد و غبار و دیگر پارامترهای اتمسفری مانند بارندگی و دما مشاهده کرد. به‌علاوه خصوصیات پوشش سطح زمین (پوشش گیاهی، بارش برف و بافت خاک) را در رخداد طوفان‌های گرد و غبار اثرگذار معرفی نمود؛ وی هم‌چنین دریافت که بارش به شکل جامد مستقیماً بر این گونه رخدادها تاثیر دارد. انصاری (4) میزان هم‌بستگی پارامترهایی مانند رطوبت نسبی، دما، سرعت باد و بارش را با وقوع طوفان‌های گرد و غبار در استان زاهدان بررسی کرد که از بین پارامترها مورد مطالعه، سرعت باد بیشترین هم‌بستگی معنادار و رطوبت نسبی کمترین هم‌بستگی معکوس را به‌خود اختصاص داد. پژوهش‌های لی و همکاران (28) نشان داد که تعداد روزهای با طوفان گرد و غبار، کمتر از تعداد روزهای بادی در مونگولیای چین است و این نشان می‌دهد که پیدایش و شدت این طوفان‌ها علاوه بر این که متاثر از شرایط اقلیمی مثل سرعت باد است متاثر از ویژگی‌های سطح زمین مثل پوشش گیاهی، مقدار رطوبت خاک و غیره نیز می‌باشد. عبدویس و همکاران (10) با بررسی تاثیر کاهش بارندگی بر فراوانی وقوع پدیده گرد و غبار در استان خوزستان نشان داد که سال‌های با بیشترین تعداد روزهای همراه با طوفان گرد و غبار در این استان با سال‌های با کمترین میزان بارندگی همراه است.

یکی از مسائل مهم و جدی که در رگرسیون‌های چند متغیره با آن مواجه می‌شویم، چندخطی و یا هم‌راستایی می‌باشد. این مسئله در شرایطی دیده می‌شود که حداقل یک متغیر مستقل با سایر متغیرها هم‌بستگی بالایی نشان دهد. هم‌راستایی در مدل‌های رگرسیونی منجر به ناپایداری ماتریس خواهد شد و در نتیجه برآورد مدل رگرسیون غیر صحیح خواهد بود. برای بررسی وجود هم‌راستایی در مدل‌ها از فاکتور تورم واریانس (VIF) استفاده می‌شود. در پیش‌بینی متغیرها VIF =1 می‌تواند ایده‌آل باشد. اما مشکل هم‌راستایی چندگانه زمانی می‌تواند جدی باشد که رگرسیون شامل یک و یا چند متغیر با VIF>10باشد. در این‌صورت اگر رگرسیون جهت پیش‌بینی به‌کار برده شود، نتایج تا حدی فراتر از داده‌های مشاهداتی خواهد شد. با توجه به نتایج حاصل از تحلیل مدل‌ها مشاهده می‌شود که عامل تورم واریانس در هیچ‌یک از مدل‌ها بیشتر از 10 نبوده است که نشان دهنده عدم وجود هم راستایی چندگانه بین متغیرهای مستقل می‌باشد و متغیرهای وارد شده به مدل به‌خصوص مدل‌های معتبرتر، صحیح می‌باشد. با توجه به مدل‌ها مشاهده می‌شود که در مدل‌های معتبرتر متغیرهای مؤثرتر و بیشتر نسبت به مدل‌های با اعتبار کمتر وارد شده است که نشان از تأثیر پارامترهای هواشناسی بر افزایش و یا کاهش قدرت دید در این مناطق است.

پهنه‌بندی گرد و غبار با استفاده از شاخص‌های سنجش از دوری

پس از اعمال الگوریتم‌های آکرمن، TDI و میلر به‌کمک آستانه‌های موجود در منابع و هم‌چنین هیستوگرام تک‌باندی تصاویر بارزسازی شده، پیکسل‌های حاوی گرد و غبار از سایر پیکسل‌ها جدا و به‌صورت توده‌های جدا از پس زمینه تفکیک شدند. با توجه به ارزش صفر به‌عنوان مرز جدایی گرد و غبار در مطالعات پیشین در شاخص آکرمن و همین‌طور نمودار پراکنش

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1393.3.8.3.3]

طیفی این شاخص در رویدادهای مختلف منطقه مطالعاتی، پدیده گرد و غبار تشخیص داده شد. برای شاخص TDI براساس تحقیقات صورت گرفته پیکسل‌های بزرگتر از 2+ حاوی گرد و غبار هستند و به‌عنوان آستانه برای این شاخص مشخص گردید (12). در مورد شاخص میلر در منابع حد آستانه مشخصی تعریف نشده است و با مقایسه پیکسل به پیکسل تصویر بارزسازی شده با تصویر با رنگ واقعی (RGB:1,4,3) محدوده پیکسل‌های گرد و غبار از غیر آن مشخص گردید.

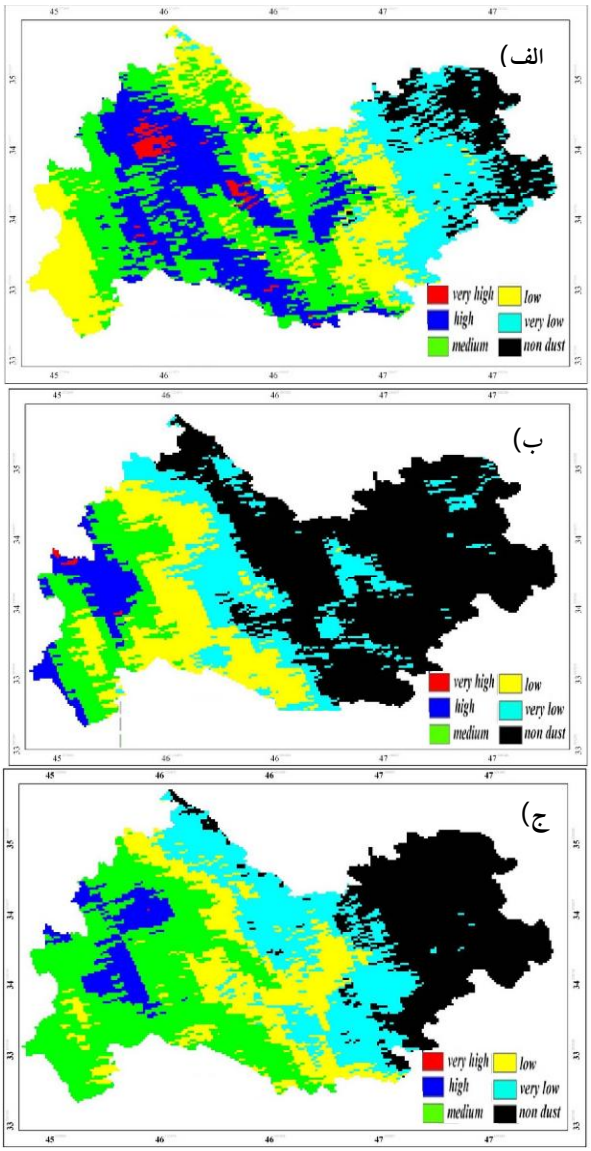
رویداد اول (1387/06/25): نتایج آنالیز پهنه‌بندی طوفان گرد و غبار در این رویداد در (شکل 3) نشان داده شده است. نقشه حاصل از شاخص آکرمن (شکل 3، الف) نشان دهنده وجود گرد و غبار در تمام سطح استان به جز ناحیه باریکی در شرق و شمال شرق می‌باشد. تمرکز و شدت توده گرد و غبار در شمال غرب به سمت نواحی مرکزی و جنوبی است. برای تفکیک پیکسل‌های حاوی گرد و غبار از سایر پیکسل‌های بدون گرد و غبار در شاخص میلر چندین حد آستانه مختلف مورد آزمون قرار گرفت که در نهایت برای پیکسل‌های بدون گرد و غبار 504/84- تا 545- و 620- تا 747/56- و برای پیکسل‌های گرد و غبار 545- تا 620- تعیین گردید. نتایج حاصل از شاخص میلر (شکل 3، ب) شدت گرد و غبار را تنها در نواحی میانه غربی که به سمت داخل استان کشیده است را تایید می‌کند و بر روی سایر مناطق از مرکز به سمت شرق به جز چند توده بسیار ضعیف، خالی از گرد و غبار است. شاخص میلر یک توده از گرد و غبار بر روی شمال شرق را به خوبی تشخیص داده در صورتی که شاخص‌های آکرمن و TDI نتوانسته بودند آن را مشخص کنند. اما آنالیز به‌دست آمده از شاخص TDI (شکل 3، ج) هیچ‌گونه گرد و غبار را در شرق نشان نمی‌دهد درصورتی‌که تصویر با رنگ واقعی نشان‌دهنده زبانه‌هایی از یک توده گرد و غبار در قسمت شرق می‌باشد. در سایر نواحی شاخص TDI پیکسل‌های حاوی گرد و غبار را به‌صورت بسیار بارزی مشخص می‌کند. در این رویداد با مقایسه هر سه شاخص با هم‌دیگر شاخص آکرمن کارایی و دقت بهتری نسبت به دو شاخص دیگر داشت و می‌توان آن را به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص جهت تفکیک گرد و غبار این رویداد نام برد.

رویداد دوم (1388/04/14): شدیدترین رویداد طوفان گرد و غبار در این تاریخ به وقوع پیوسته که نه تنها استان کرمانشاه بلکه بیشتر کشور را در بر گرفته بود. نتایج آنالیز شاخص آکرمن نشان می‌دهد (شکل 4، الف) که کلیه سطح استان، توسط توده گرد و غبار پوشیده شده و شدت آن در نواحی غربی و مرزی با عراق کمتر از نواحی مرکز به سمت شرق می‌باشد. سمت شرق و جنوب شرقی گرد و غبار با شدت بسیار شدید و شدید وجود دارد. در قسمت شمال غرب در تصویر با رنگ واقعی توده‌ای از گرد و غبار و بازتابش مشخص وجود دارد که شاخص آکرمن نتوانست آن را به‌خوبی به‌عنوان یک توده گرد و غبار نشان دهد. هم‌چنین این اتفاق برای توده‌ای که در جنوب غربی وجود داشت نیز رخ داد. نتایج حاصل از آنالیز شاخص میلر با نتایج شاخص آکرمن با توجه به این که کل استان را توده‌های از گرد و غبار فرا گرفته است مشابه بوده اما برخلاف آکرمن شدت بیشتر گرد و غبار در ناحیه غربی استان ملاحظه گردید و توده‌های گرد و غبار در سمت شرق استان از شدت کمتری (کلاس‌های خیلی ضعیف و ضعیف) برخوردار بودند. شاخص میلر وجود توده گرد و غباری که در شمال غرب وجود داشت را تأیید و آن را به‌عنوان توده‌ای از گرد و غبار با شدت بسیار شدید و شدید تفکیک می‌نماید که نشان‌دهنده برتری نسبت به شاخص آکرمن می‌باشد (شکل 4، ب). نتایج آنالیز TDI نیز وجود توده‌های گرد و غبار بر روی کل استان را تایید می‌نماید (شکل 4، ج). نتایج حاصل از این شاخص در مقایسه با شاخص آکرمن و میلر گرد و غبار را بهتر تشخیص داده و ترکیبی از نتایج حاصل از دو شاخص دیگر است. به‌دلیل این که که بر وجود توده‌های گرد و غبار موجود در شمال غرب و جنوب غرب تاکید و هر دو را نشان می‌دهد در صورتی‌که هر یک از شاخص‌های قبلی یکی از آن‌ها را نشان می‌دادند. علاوه بر این توده گرد و غبار واقع در جنوب غرب استان را به‌خوبی از پس زمینه جدا نموده است. در یک نگاه کلی و مقایسه بین آنالیزهای هر سه شاخص، شاخص TDI نتیجه قابل قبول‌تری ازپهنه‌بندی شدت گرد و غبار را در این رویداد ارائه می‌دهد و به‌عنوان بهترین شاخص در این رویداد معرفی می‌گردد.

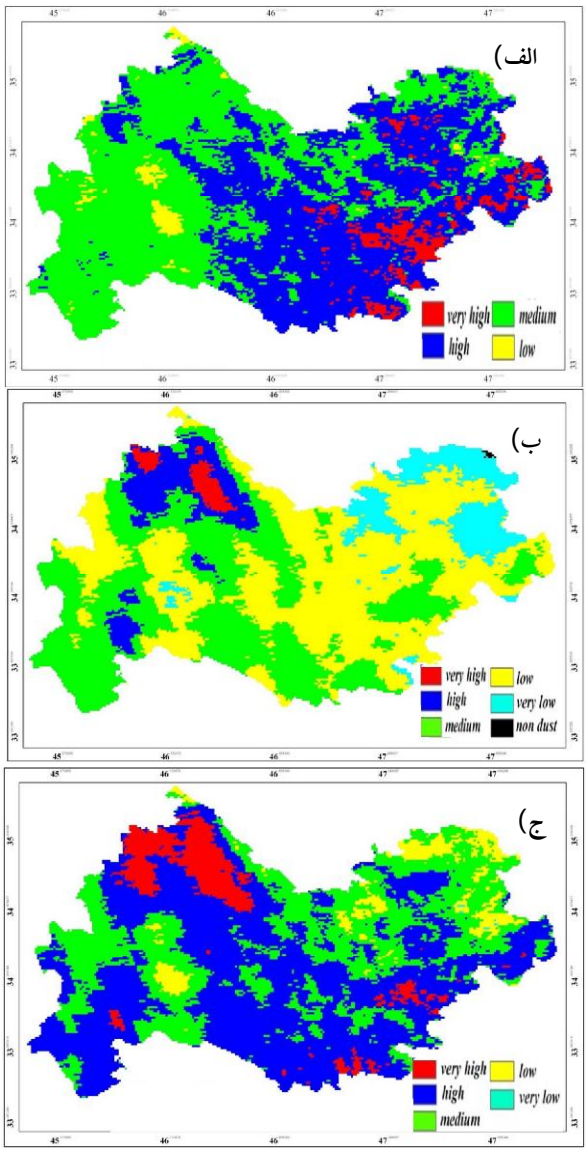
همان‌طوری که نتایج نشان داد کارایی سه شاخص پهنه بندی گرد و غبار در رویدادهای مختلف متفاوت بوده و شاخص

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1393.3.8.3.3]



شکل ۳. نقشه پهنه‌بندی گرد و غبار رویداد اول در تاریخ ۲۵ شهریور ماه ۱۳۸۷:(الف)، شاخص آکرمن (ب)، شاخص میلر و (ج)، شاخص TDI



شکل ۴. نقشه پهنه‌بندی گرد و غبار رویداد دوم در تاریخ ۱۴ تیر ماه ۱۳۸۸: (الف)، شاخص آکرمن (ب)، شاخص میلر و (ج)،شاخص TDI

آکرمن در یک رویداد و شاخص TDI نیز در یک رویداد عملکرد بهتری داشتند. البته مطالعات دیگر نشان داده‌اند که شاخص TDI کارایی بیشتری در تشخیص گرد و غبار روی دریاها و اقیانوس‌ها دارد (22). شاخص میلر در هیچ‌کدام ازرویداها مناسب تشخیص داده نشد که علت آن می‌تواند به‌کارگیری باندهای انعکاسی 1، 3، 4 و 26 سنجنده MODIS باشد که بیشتر تحت تاثیر بازتاب پدیده‌های مختلف مانند سطح زمین و ابر قرار می‌گیرند. از جمله نتایج مهم دیگر تحقیق حاضر آن است که تعیین آستانه‌های تشخیص توده‌های گرد و غبار از رویدای به رویداد دیگر توسط شاخص‌های مورد استفاده متفاوت می‌باشد که این امر باعث عدم ارائه آستانه تشخیص در مقیاس‌های منطقه‌ای و هم‌چنین عدم مقایسه نتایج با مطالعات انجام شده در این زمینه می‌گردد. از جمله دلایل تأثیرگذار در تعیین آستانه‌ها می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود: 1. تغییرات زمانی یا فصلی گرد و غبارها (13) 2.

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1393.3.8.3.3]

خصوصیات کانی‌شناسی کانون‌های تولید گرد و غبارها (14)، 3، تشابه طیفی توده‌های گرد و غبار و سطح زمین (16) و 4، تغییرات کاربری و پوشش سطح زمین (27).

آستانه مورد استفاده در روش آکرمن متغیر بوده که از عوامل تأثیرگذار بر روی میزان آستانه غلظت توده گرد و غبار می‌باشد، زیرا درجایی‌که ضخامت توده گرد و غبار کم است، اختلاف دمای روشنایی بیشتر تحت تأثیر امواج حرارتی سطح زمین قرار می گیرد. بنابراین اگر، هم توده ابری و هم توده گرد و غبار هر دو متراکم باشند شناسایی و تکمیل آستانه قابل فهم و ساده است، اما اگر توده گرد و غبار نازک و غیر متراکم و توده ابری متراکم باشد شناسایی دقیق، دشوار می‌شود و برعکس. اگر توده گرد و غبار متراکم و توده ابر پراکنده باشد تفکیک از طریق آستانه، آسان خواهد بود (12، 13، 25 و 39). در روش TDI از رابطه بین باندهای حرارتی و ضخامت گرد و غبار یا ضخامت نوری ریز گردها، بهره گرفته شده است. در مورد رابطه بین (BT32 – BT31 و AOT) می‌توان گفت که وقتی تفاوت BT32 – BT31 مثبت است نشان‌دهنده AOT بیشتر از یک و هم‌بستگی بالا وجود دارد و بالعکس در صورت منفی بودن اختلاف این دو باند AOT کمتر از یک و هم‌بستگی پایین خواهد بود. در رابطه (BT20-BT30 و AOT)، میانگین AOT با تغییرات BT20-BT30 افزایش می‌یابد. از طرفی تفاوت BT20-BT30 به‌وجود گرد و غبار خیلی حساس است، اما وجود انحراف معیار زیاد باعث می‌شود که رابطه خیلی خوبی بین BT20-BT30 و AOT وجود نداشته باشد. در رابطه بین دمای روشنایی باندهای 20،30 ، 31 و 32 در مقادیر AOT>1.5 و AOT<0.3 تفکیک گرد و غبار آسان‌تر است، اما در بین این دامنه (0/3- 1/5) تفکیک مشکل است که با ارائه ضرایب موجود در روش TDI این محدودیت برطرف شده است (13 و 42).

نتیجه‌گیری

گرد و غبار پدیده‌ای است که در دوران‌های گذشته نیز وجود داشته اما فراوانی و شدت آن در سال‌های اخیر افزایش یافته و پیامدهای مختلف اجتماعی، اقتصادی و اکولوژیکی را باعث شده است (5). بنابراین، مطالعه حاضر با هدف کلی بررسی وضعیت پدیده گرد و غبار استان کرمانشاه با استفاده از داده‌های زمینی (اقلیمی و اقتصادی) و سنجش از دوری صورت گرفت. بدین منظور روند تغییرات روزهای وقوع گرد و غبار، مدل سازی جهت پیش‌بینی میزان قدرت دید افقی و پهنه‌بندی طوفان گرد و غبار در دو رویداد 78/06/25 و 04/14/ 1388 با استفاده از تصاویر ماهواره MODIS و سه شاخص آکرمن، میلر و TDI مورد بررسی قرار گرفت. نتایج پهنه‌بندی نشان داد که شدت طوفان گرد و غبار رویداد دوم (04/14/ 1388) نسبت به رویداد دیگر بیشتر بود و مناطق بیشتری توسط گرد و غبار با غلظت بالا را درگیر نموده است که داده های هواشناسی نیز بر آن تاکید دارند به‌صورتی‌که در تمام ایستگاه‌های منطقه میزان دید افقی در روز، وقوع این طوفان به کمتر از هزار متر و حتی در برخی از ایستگاه ها میزان دید افقی به زیر صد متر نیز رسیده است. هم‌چنین طبق آمار هواشناسی موجود بیشترین تعداد روزهای گرد و غبار مربوط به سال 1388 بوده است، علت آن وقوع خشکسالی بسیار شدید در کشور عراق در طی این سال می‌باشد.

به‌منظور دستیابی به یک مدل جهت پیش‌بینی میزان دید افقی در هر ایستگاه، رگرسیون چند متغیره به‌کار گرفته شد و برای هر کدام از ایستگاه‌ها مدل مربوطه به‌دست آمد. نتایج برآورد دقت هر یک از مدل‌ها با استفاده از مقادیر مشاهداتی در مقابل مقادیر برآوردی از مدل نشان‌دهنده معناداری در مقادیر مشاهداتی و برآوردی از مدل‌ها است و بین پارامتر دید افقی با سایر پارامترهای هواشناسی ارتباط معنادار و هم‌بستگی بالاتر از 77 درصد مشاهده گردید. با توجه به نزدیک بودن غرب استان با مرز عراق و نزدیک بودن به کانون‌های گرد و غبار مدل‌ها از اعتبار کمتری برخوردار هستند و هر چه به سمت مرکز و شرق استان پیش می‌رویم مدل‌ها معنی دارتر شده و نشان از اثر منابع رطوبتی مثل رطوبت نسبی و بارش بر افزایش قدرت دید و

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1393.3.8.3.3]

پارامتر سرعت بر کاهش آن می‌باشد.

با توجه به یافته‌های تحقیق حاضر می‌توان نتیجه گرفت که با استفاده از داده‌های سنجنده MODIS و شاخص‌های موجود می‌توان به‌طورموفقیت آمیزی توده‌های گرد و غبار کشور را شناسایی و نقشه بندی نمود که به‌علت پوشش کلیه مناطق گرد و غبار با شدت‌های مختلف مزیت بسیار بالایی نسبت به داده‌های زمینی دارد. البته در این راستا استفاده از داده‌های اقلیمی و همین‌طور ایستگاه‌های سنجش گرد و غبار مانند AERONET همراه با نقشه‌های سنجش از دوری در جهت نیل به یک سامانه کارآمد لازم و ضروری است. مطابق داده‌های میزان قدرت دید ایستگاه‌های هواشناسی، از میان شاخص‌های پهنه‌بندی کننده گرد و غبار، شاخص آکرمن در اولویت اول و شاخص TDI در الویت دوم قرار گرفت و شاخص میلر کمترین کارایی را در استان کرمانشاه نشان داد. نقشه‌های گرد و غبار حاصل از داده های سنجش از دور به‌عنوان‌مثال تحقیق حاضر دستگاه‌های اجرایی را قادر می‌سازد که نواحی مختلف را مناسب با میزان بحرانی بودن شناسایی و برنامه‌های مدیریتی و احیایی را اولویت‌بندی نمایند.

پدیده گرد و غبار در سال‌های اخیر خسارات زیادی را از جنبه‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی و اکولوژیکی به کشورمان وارده آورد است اما متأسفانه تحقیقات چندانی در این زمینه صورت نگرفته است، بنابراین تحقیق حاضر پیشنهاد می‌نماید که مطالعات جامعی در خصوص خسارت اکولوژیکی و اقتصادی وارد بر بخش‌های مختلف صورت گیرد تا این‌که اهمیت موضوع برای مدیران و مسئولان کشور مشخص گردد تا راهکارهای مقابله در کوتاه‌مدت و بلندمدت ارائه گردد.

منابع مورد استفاده

۱. احمدی، م. 1393 .آب و هوای ایستگاهای هواشناسی کرمانشاه به روش دومارتن، http://www.kermanshahmet.ir/page.aspx?lang=fa-ir&id=d8245f50-f0bf-4eb3-863c-8ee53dc495e9. Site visited on 10:35:00.

2. ادهمی، س. و س. خلاقی. 1386. مفاهیم پردازش تصویر با تاکید بر نرم افزار IMAGINE ERDAS، انتشارات امید مهر، سبزوار.

3. اسماعیلی، ا. 1385. پهنه‌بندی مقدماتی مراکز اصلی تولید گرد و غبار کشور با استفاده از فناوری سنجش از دور، پایان‌نامه کارشناسی ارشد عمران محیط زیست، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف.

4. انصاری رنانی، م. 1390. تحلیل آماری- اقلیمی گرد و غبار استان زاهدان در فاصله زمانی (1986-2005)، اولین کنگره بین المللی پدیده گرد و غبار و مقابله با اثار زیانبار آن، 26-28 بهمن ماه، اهواز.

5. جعفری، ر. 1390 ماهیت و اهمیت طوفان‌های گردو غبار، جنگل و مرتع 89: 19-15.

6. جلالی، م. ، ح. بهرامی و ع. درویشی بلورانی. 1390. بررسی همبستگی بین پارامترهای اقلیمی با وقوع طوفان‌های گرد و غبار در استان خوزستان، اولین کنگره بین المللی پدیده گرد و غبار و مقابله با اثار زیانبار آن، 26-28 بهمن ماه، اهواز.

7. دفتر آمار و اطلاعات. 1387. سالنامه آماری استان کرمانشاه، استانداری کرمانشاه.

8. رسولی، ع. 1387. مبانی سنجش از دور کاربردی با تاکید بر پردازش تصاویر ماهواره‌ای. انتشارات دانشگاه تبریز،11-8..

9. سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح. 1381. فرهنگ جغرافیایی شهرستان‌های کشور (شهرستان کرمانشاه). انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح ، 5-3.

10. عبدویس، س.، ف. ذاکری حسینی، م. نیری راد و ن. ظهرابی. 1390. بررسی تاثیر کاهش بارندگی بر فراوانی وقوع پدیده گرد و غبار در استان خوزستان، اولین کنگره بین المللی پدیده گرد و غبار و مقابله با اثار زیانبار آن، 26-28 بهمن ماه، اهواز.

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1393.3.8.3.3]

11. فرج زاده، م و م. رازی. 1390. بررسی توزیع زمانی و مکانی طوفان‌ها و بادهای شدید در ایران. پژوهش‌های آبخیزداری 91: 32-22.

12. Ackerman, S. A. 1989. Using the radiative temperature difference at 3.7 and 11 μm to tract dust outbreaks. *Remote Sensing of Environment* 27 (2): 129-133.

13. Baddock, M. C., J. E. Bullard and R. G. Bryant 2009. Dust source identification using MODIS: A comparison of techniques applied to the Lake Eyre Basin, Australia. *Remote Sensing of Environment* 113 (7): 1511-1528.

14.Bullard, J. E. and K. White. 2002. Quantifying iron oxide coatings on dune sands using spectrometric measurements: An example from the Simpson-Strzelecki Desert, Australia. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* 107 (B6): ECV 5-1-ECV 5-11.

15. Cakmur, R. V., R. L. Miller and I. Tegen, 2001. A comparison of seasonal and interannual variability of soil dust aerosols over the Atlantic Ocean as inferred by the TOMS AI and AVHRR AOT retrievals. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 106 (D16): 18287-18303.

16. Chu, D. A., Y. J. Kaufman, C. Ichoku, L. A. Remer, D. Tanré and B. N. Holben. 2002. Validation of MODIS aerosol optical depth retrieval over land. *Geophysical Research Letters* 29 (12): MOD2-1-MOD2-4.

17. Ciren, P. and S. Kondragunta, 2014 .Dust aerosol index (DAI) algorithm for MODIS. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 119 (8): 2013JD020855.

18. Di, M., X. Lu, L. Sun and P. Wang. 2008. A Dust-Storm Process Dynamic Monitoring With Multi-Temporal MODIS Data.21st, International Society for Photogrammetry and Remote Sensing. Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 37: 965-970.

19. Engestadler, S. 2001. Dust storm freiquencies and their relationships to land surface conditions. Freidrich-Schiller university press, Germany.

20. Goudie, A., M. S. and N. J. 2006. Desert dust in the global system. Spi pubisher service Press, Springer Berlin.

21. Griffin, D. W. 2007. Atmospheric Movement of Microorganisms in Clouds of Desert Dust and Implications for Human Health. *Clinical Microbiology Reviews* 20 (3): 459-477.

22. Hao, X. and J. J. Qu. 2007. Saharan dust storm detection using moderate resolution imaging spectroradiometer thermal infrared bands. *Journal of Applied Remote Sensing* 1 (1): 013510-013519.

23. Hong, Y. 1993. A nation wide meeting summary of discussing sand-dust storm weathers occurred in china. *Journal of Gansu Meteorology* 11 (3): 6-11.

24. Hua, N.-P., F. Kobayashi, Y. Iwasaka, G.-Y. Shi and T. Naganuma. 2007. Detailed identification of desert-originated bacteria carried by Asian dust storms to Japan. *Aerobiologia* 23 (4): 291-298.

25. Huang, J., J. Ge and F. Weng. 2007. Detection of Asia dust storms using multisensor satellite measurements. *Remote Sensing of Environment* 110 (2): 186-191.

26. Hutchison, K. D. and J .M. Jackson. 2003. Cloud detection over desert regions using the 412 nanometer MODIS channel. *Geophysical Research Letters* 30 (23): 2187.

27. Lee, J. A., T. E. Gill, K. R. Mulligan, M. Dominguez Acosta and A. E. Perez. 2009. Land use/land cover and point sources of the 15 December 2003 dust storm in southwestern North America. *Geomorphology* 105 (1–2): 18-27.

28. Li, N., W. Gu, F. Xie and Z. X. Du. 2004. Threshold value response of soil moisture to dust storms—a case study of Midwestern of Inner Mongolia. *Journal of Natural Disasters* 13 (1): 44-49.

29. Liu, S.-c., Q. Liu, M. Gao and L. Chen. 2006. Detection of dust storms by using daytime and nighttime multi-spectral MODIS Images. Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2006. IGARSS 2006. IEEE International Conference on 294-296

30. Longueville, F., Y. Hountondji, S. Henry and P. Ozer. 2010. What do we know about effects of desert dust on air quality and human health in West Africa compared to other regions. *Science of the Total Environment* 409 (1): 1-8.

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1393.3.8.3.3]

31. Maidment, D. R. 1993. Handbook of Hydrology. McGraw-Hill Pres, New York.

32. Masatoshi, Y. 2002. Climatology of yellow sand (Asian sand, Asian dust or Kosa) in East Asia. *Science in China Series D: Earth Sciences* 45 (1): 59-70.

33. Mattsson, J. O. and T. Nihlén. 1996. The transport of Saharan dust to southern Europe: a scenario. *Journal of Arid Environments* 32 (2): 111-119.

34. Meng, Z. and Q. Zhang. 2007. Damage effects of dust storm PM2.5 on DNA in alveolar macrophages and lung cells of rats. *Food and Chemical Toxicology* 45 (8): 1368-1374.

35. Miller, S. D. 2003. A consolidated technique for enhancing desert dust storms with MODIS. *Geophysical Research Letters* 30 (20): 2071.

36. Natsagdorj, L., D. Jugder and Y. S. Chung. 2003. Analysis of dust storms observed in Mongolia during 1937–1999. *Atmospheric Environment* 37 (9–10): 1401-1411.

37. Park, S. S., J. Kim, J. Lee, S. Lee, J. S. Kim, L. S. Chang and S. Ou. 2014. Combined dust detection algorithm by using MODIS infrared channels over East Asia. *Remote Sensing of Environment* 141 (0): 24-39.

38. Prospero, J. M., P. Ginoux, O. Torres, S. E. Nicholson and T. E. Gill. 2002. Environmental characterization of global sources of atmospheric soil dust identified with the nimbus 7 total ozone mapping spectrometer (toms) absorbing aerosol product. *Reviews of Geophysics* 40 (1): 1002.

39. Schlesinger, P. M. and I. Y. Grishkan. 2006. Transport of microorganisms to Israel during Saharan dust events. *Aerobiologia* 22 (4): 259-272.

40. Wang, J., X. Xu, R. Spurr, Y. Wang and E. Drury. 2010. Improved algorithm for MODIS satellite retrievals of aerosol optical thickness over land in dusty atmosphere: Implications for air quality monitoring in China. *Remote Sensing of Environment* 114 (11): 2575-2583.

41. Washington, R., M. Todd, N. J. Middleton and A. S. Goudie. 2003. Dust-storm source areas determined by the total ozone monitoring spectrometer and surface observations. *Annals of the Association of American Geographers* 93 (2): 297-313.

42. Xiaojing, L., G. Linlin, D. Yusen and C. Hsing-Chung. 2010. Estimating the greatest dust storm in eastern Australia with MODIS satellite images. Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2010 IEEE International.1039-1042

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1393.3.8.3.3]