

تحلیل ماهواره‌ای - همدیدی پدیده‌ی گردوغبار (گردوغبار تیرماه ۱۳۸۸)

علی‌اکبر شمسی‌پور* - استادیار اقلیم‌شناسی، دانشکده‌ی جغرافیا، دانشگاه تهران
طاهر صفرراد - دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی، دانشکده‌ی جغرافیا، دانشگاه تهران

پذیرش مقاله: ۱۳۹۰/۰۳/۳۱ تأیید نهایی: ۱۳۹۰/۱۲/۲۳

چکیده

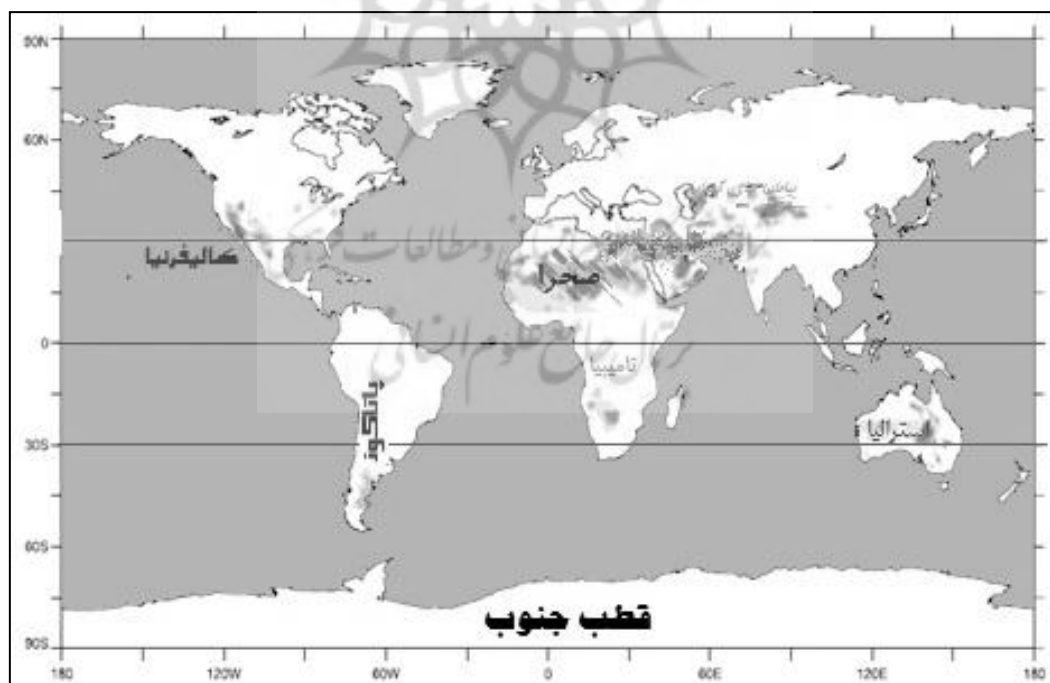
طوفان‌های گردوغبار به‌عنوان پدیده‌های غالب مناطق خشک و نیمه‌خشک در بیرون از فضای شهرهای بزرگ، بیشترین تأثیر را در کیفیت هوا دارند. یکی از شدیدترین طوفان‌های گردوغبار در تیرماه ۱۳۸۸ رخ داد که بیش از ۱۷ استان کشور را تحت پوشش قرار داد. شناسایی منابع و کانون‌های برداشت ذرات معلق، الگو و نحوه‌ی شکل‌گیری و پراکنش گردوغبار، اهداف اصلی این پژوهش را دربرمی‌گیرد. در این ارتباط، برای شناسایی کانون‌های اصلی گردوغبار از تصاویر مادیس محصول MOD02 استفاده شد. این تصاویر پس از تصحیح هندسی و اعمال حدهای مناسب با توجه به ویژگی‌های دمای درخشایی مورد بررسی قرار گرفتند. تفاوت دمای درخشایی^۱ ذرات جامد معلق در طول موج‌های ۸/۵، ۱۱ و ۱۲ میکرومتر، شناسایی پدیده‌ی مزبور را امکان‌پذیر می‌کند، بدین‌صورت که با افزایش مقدار گردوغبار، اختلاف $(BT_{8.5} - BT_{11})$ و $(BT_{11} - BT_{12})$ افزایش و مقدار $(BT_{11} - BT_{12})$ کاهش می‌یابد. پس از بارزسازی گردوغبار و ایجاد تصاویر رنگی کاذب، وضعیت همدیدی مناطق بیابانی واقع در کرانه‌ی شمالی رود فرات در کشور سوریه و مناطق بیابانی عراق، به‌عنوان کانون‌های شکل‌گیری گردوغبار مورد مطالعه شناخته شدند. برای این کار داده‌های مؤلفه‌ی مداری، نصف‌النهاری، خطوط هم‌فشار و خطوط ارتفاع، از نوع داده‌های بازتحلیل‌شده‌ی سطح دو^۲ با قدرت تفکیک مکانی ۲/۵ درجه‌ی طول و عرض جغرافیایی، به‌صورت میانگین روزانه در روزهای معرفی‌شده به‌دست آمده و ترسیم شدند. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که مکان‌گزینی محور ناوه و منطقه‌ی واگرایی بالایی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و شکل‌گیری سلول کم‌فشار حرارتی در سطح زمین، نقش اصلی را در شکل‌گیری و هدایت گردوغبار به‌سمت ایران دارند.

کلیدواژه‌ها: گردوغبار، مادیس، دمای درخشایی، همدید، آلودگی هوا، ایران.

مقدمه

گردوغبار به‌عنوان پدیده‌ای اقلیمی بارز در مناطق بیابانی، اغلب منجر به اختلال در فعالیت‌های انسانی، کشاورزی، زیرساخت‌های اجتماعی، حمل و نقل و صنایع می‌شود. همچنین حجم فراوان ذرات حمل شده به وردسپهر، بیان انرژی را تحت تأثیر قرار داده و در پی آن شرایط آب‌وهوایی ناحیه نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرد (تاکمی و سینو^۱، ۲۰۰۵: ۱). طوفان‌های گردوغبار با فرسایش و رسوب‌گذاری و کاهش توانایی دید به کمتر از یک کیلومتر مشخص می‌شوند (گودی و میدلتون^۲، ۲۰۰۰: ۷۳). شدت طوفان گردوخاک با میزان ماندگاری، فراگیری مکانی و میزان کاهش دید تعیین می‌شود و برحسب تداوم زمانی، به دو نوع طوفان گردوخاک کوتاه‌مدت (تا نیم‌ساعت) و طولانی‌مدت (چند ساعت و گاهی یک شبانه‌روز) تقسیم می‌شود (لشکری و کیخسروی، ۱۳۸۷: ۱۸). چنانچه آثار گردوغبار ایجاد شده را در بیابان صحرا در مناطق غربی‌تر آمازون، کارائیب، برمودا و ایالات متحده‌ی آمریکا ردیابی کرده‌اند (گودی و میدلتون، ۲۰۰۰: ۲۸).

پراسپرو^۳ و همکاران (۲۰۰۲)، بیابان ربع‌الخالی در عربستان و زمین‌های خشک و بی‌آب واقع در مناطق پست کرانه‌ی رودهای دجله و فرات و سواحل عمان را کانون‌های اصلی تولید گردوغبار خاورمیانه ذکر کرده‌اند (شکل شماره ۱). این مراکز همچون کمربندی از غبار، از سواحل شمال‌غربی آفریقا آغاز شده و با عبور از خاورمیانه، آسیای مرکزی و جنوبی به چین می‌رسند.



شکل ۱. کانون‌های پایدار تولید غبار (پراسپرو و همکاران، ۲۰۰۲: ۲-۷)

1. Takemi & Seino
2. Goudie & Middleton
3. Prospero

مطالعات همدید در رابطه با گردوغبار، نقش مراکز کم‌فشار حرارتی سطح زمین و آرایش خطوط هم‌ارتفاع سطوح بالاتر جو را آشکار می‌کند (چان^۱ و همکاران، ۲۰۰۱؛ شائو و دانگ^۲، ۲۰۰۶؛ تاکمی و سینو، ۲۰۰۵؛ بارکن و آلپرت^۳، ۲۰۱۰؛ گانور^۴ و همکاران، ۲۰۱۰؛ لشکری و کیخسروی، ۱۳۸۷؛ ذوالفقاری و حیدرزاده، ۱۳۸۴ و رئیس‌پور و همکاران، ۲۰۱۰). در همین ارتباط علیجانی (۱۳۷۶: ۹۵) ناپایداری هوا و نبود رطوبت را مهم‌ترین دلیل ایجاد گردوغبار بیان کرده است.

از داده‌های سنجش از دور برای ردیابی، تشخیص و بارزسازی و شناسایی منشأ گردوغبار در سطح جهان استفاده‌های فراوانی شده است که بیشتر از تصاویر سنجده‌ی مادیس^۵ و AVHRR^۶، به دلیل ویژگی‌های بی‌همتای آنها بهره‌جسته‌اند (ایوان^۷ و همکاران، ۲۰۰۴؛ هانگ و ونگ^۸، ۲۰۰۷؛ زیو^۹ و همکاران، ۲۰۱۰؛ سان چائو^{۱۰} و همکاران، ۲۰۰۷ و کلوسیر و شیپانسکی^{۱۱}، ۲۰۰۹). از مواردی که در استفاده از تصاویر ماهواره‌ای باید به آن توجه شود، ابرهای واقع در آبهای گرم مناطق عرض‌های پایین است، چنانچه به‌طور معمول، اشتباهی به‌عنوان گردوغبار طبقه‌بندی می‌شوند (ایوان و همکاران، ۲۰۰۴)؛ بنابراین، استفاده از حدهای دمایی برای تفکیک این گونه ابرها از گردوغبار لازم است. تعدادی از پژوهشگران برای آشکارسازی گردوغبار، شاخص‌هایی را مورد استفاده قرار دادند که می‌توان به شاخص گردوغبار تفاضلی نرمال شده (NDDI)^{۱۲} (کیو^{۱۳} و همکاران، ۲۰۰۶) و شاخص گردوغبار تفاضلی مادون قرمز (IDDI)^{۱۴} (بروکس و لگراند^{۱۵}، ۲۰۰۳) اشاره کرد.

پژوهش پیش رو تلاش دارد با بهره‌گیری از ویژگی‌های دمای درخشایی و اعمال حدهای مناسب، گردوغبار را با تصاویر سنجده‌ی مادیس بارزسازی و درنهایت با بهره‌گیری از نقشه‌های همدید جو، تحلیل کاملی از شیوه‌ی شکل‌گیری و انتقال گردوغبار نمونه‌ی مورد مطالعه به داخل ایران از مناطق بیابانی غرب ارائه کند.

معرفی محدوده‌ی مطالعاتی

محدوده‌ی مورد مطالعه نیمه‌ی غربی کشور ایران را دربرمی‌گیرد. موقعیت جغرافیایی آن شامل ۴۶ تا ۵۰ درجه طول جغرافیایی شرقی و ۲۸ تا ۳۶ درجه عرض جغرافیایی شمالی است. منطقه‌ای است در دامنه‌های غربی رشته‌کوه‌های زاگرس که از شمال به منطقه‌ی کردستان تا خلیج فارس در جنوب، از غرب به دشت‌های پست بین‌النهرین و از

1. Chun
2. Shao & Dong
3. Barkan & Alpert
4. Ganor
5. Moderate Resolution Imaging Spectrometer
6. Advanced Very High Resolution Radiometer
7. Evan
8. Huang & Weng
9. Zhao
10. San-chao
11. Klüser & Schepanski
12. Normalized Difference Dust Index (NDDI)
13. Qu
14. Infrared Difference Dust Index (IDDI)
15. Brooks & Legrand

جنوب غرب و جنوب به بیابان‌های شبه‌جزیره عربستان و خلیج فارس منتهی می‌شود. منطقه‌ی مورد مطالعه شامل شهرها و سکونتگاه‌های متراکم، دشت‌های حاصلخیز با اقتصاد کشاورزی و باغداری و منابع آبی فراوان است. آب‌وهوای حاکم بر آن، به‌طور کامل دو دوره‌ی متفاوت زمستانه با ویژگی سرد و مرطوب و دوره‌ی تابستانه با ویژگی گرم و خشک است. بارش‌های سیلابی، برف و تگرگ، یخبندان و طوفان‌های گردوغبار از مهم‌ترین پدیده‌ها و مخاطرات اقلیمی منطقه به‌شمار می‌روند. ارتفاعات بلند زاگرس در ضلع شرقی و بیابان‌های گسترده‌ی شام و شمال شبه‌جزیره‌ی عربستان و صحرای آفریقا از مهم‌ترین عوامل مؤثر در ورود و تشدید وضعیت طوفان‌های گردوغبار منطقه شمرده می‌شوند.

مواد و روش‌ها

داده‌ها و اطلاعات مورد سنجش، شامل سه سری اطلاعات جداگانه است. اطلاعات اسنادی برای تقویت مبانی نظری و اشراف بر روش‌شناسی پژوهش که با جست‌وجوی گسترده‌ی کتابخانه‌ای و مطالعه‌ی منابع مختلف همراه بود. داده‌های سنجش از دور، شامل تصاویر سنجنده‌ی مادیس مربوط به ماهواره‌های ترا و آکوا کشور ایالات متحده، برای طوفان گردوغبار رخ داده در تاریخ‌های ۱۳ تا ۱۵ تیرماه ۱۳۸۸، مشتمل بر ۶ باند از مجموع ۳۶ باند آنها است که از وب‌گاه ناسا کسب شد.^۱

سنجنده‌ی مادیس دستگاهی است با حساسیت رادیومتریک بالا (۱۲ بیت) که در ۳۶ محدوده‌ی باند طیفی در طول موج‌های ۰/۴۰۵ میکرومتر تا ۱۴/۸۳۵ میکرومتر سنجش را انجام می‌دهد، دستگاه مادیس به‌وسیله‌ی دو ماهواره‌ی آمریکایی ترا و آکوا حمل می‌شود. زمان عبور دو ماهواره‌ی ترا و آکوا از خط استوا، ساعت ۱۰:۳۰ و ۱۳:۳۰ به وقت محلی است. محور ترا هنگام چرخش به دور زمین از شمال به جنوب، استوا را در پیش از ظهر قطع می‌کند، در حالی که آکوا با جهت دوران جنوب به شمال، استوا را پس از ظهر قطع می‌کند. باندهای ۱-۳۶ در طول قسمت مدار روز و باندهای ۲۰-۳۶ در قسمت مدار شب جمع‌آوری می‌شوند. توان تفکیک مکانی باندهای ۱ و ۲، ۲۵۰ متر، باندهای ۳ تا ۷، ۵۰۰ متر و باندهای ۸ تا ۳۶، ۱۰۰۰ متر در نادر^۲ هستند. پهنای گذر^۳ ۲۳۳۰ کیلومتر، تصویربرداری از هر نقطه روی سطح زمین را دست‌کم یک‌بار در هر دو روز، امکان‌پذیر می‌کند. داده‌های مادیس در فرم استاندارد، به‌شکل رادیانس‌های تنظیم^۳ شده، در دسترس هستند (Mather, 2004: 36-37). تصاویر مذکور را می‌توان از وب‌گاه سازمان ناسا^۴ دریافت کرد. جدول شماره ۱ باندهای استفاده شده در این پژوهش را نشان می‌دهد.

و همچنین داده‌های جوّی مشتمل بر مؤلفه‌های U و V باد و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ hpa و وضعیت فشار تراز دریا از وب‌گاه^۵ NCEP^۶ دریافت شده است.

1. <http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/realtime/calendar>

2. Nadir

3. Calibrate

4. National Aeronautics and Space Administration (NASA)

5. http://www.esrl.noaa.gov/psd/cgi-bin/db_search/SearchMenu.pl

6. National Center for Environment Predicting

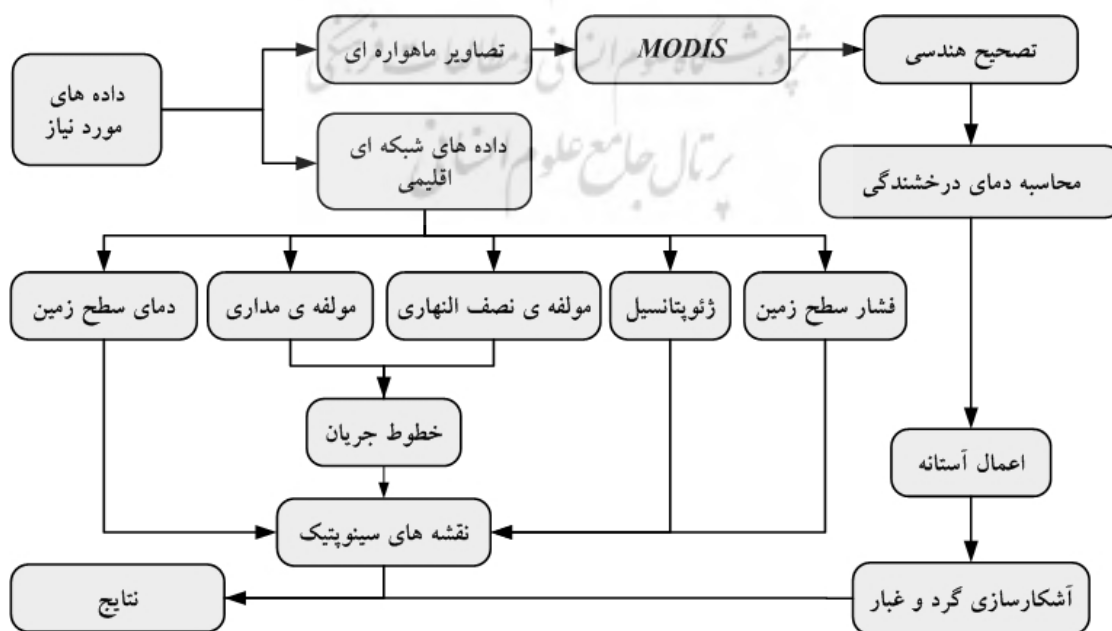
جدول ۱. مشخصات باندهای استفاده شده در پژوهش

شماره‌ی باند	محدوده‌ی طیفی (میکرومتر)	تفکیک مکانی (متر)	کاربرد
۱	۰/۶۲ - ۰/۶۷	۲۵۰	پوشش سطح زمین، کلروفیل پوشش گیاهی
۳	۰/۴۵۹ - ۰/۴۷۹	۵۰۰	تفاوت پوشش گیاهی از خاک
۴	۰/۵۴۵ - ۰/۵۶۵	۵۰۰	پوشش گیاهی سبز
۲۹	۸/۴ ° ۸/۷	۱۰۰۰	دمای سطح
۳۱	۱۰/۷۸ ° ۱۱/۲۸	۱۰۰۰	دمای سطح، ابر و آتش‌سوزی جنگل‌ها و آتش‌فشان‌ها
۳۲	۱۱/۷۷ ° ۱۲/۲۷	۱۰۰۰	دمای سطح، ارتفاع ابر، ابر و آتش‌سوزی جنگل‌ها و آتش‌فشان‌ها

منبع: Mather, 2004: 36-37

روش‌شناسی مطالعه

مطالعه‌ی حاضر در دو بخش جداگانه انجام شده است (شکل شماره‌ی ۲)، ابتدا با کمک تصاویر ماهواره‌ای مادیس و روش‌های سنجش از دور، گردوغبار در منطقه‌ی مورد مطالعه آشکارسازی شده است، مطالعه‌ی شرایط آب‌وهواشناسی منطقه در سطح زمین و سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال امکان‌شناسایی کانون‌های تشکیل گردوغبار و مسیر حرکت آبی آنها را امکان‌پذیر کرد. درنهایت، ترکیب یافته‌های سنجش از دور و آب‌وهواشناسی برای تحلیل شرایط و نتیجه‌گیری استفاده شدند که شرح آن در شکل شماره‌ی ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲. روند نمای روش‌شناسی مطالعه پراکنش پدیده گردوغبار در نیمه‌ی غرب ایران

الف) روش مطالعه‌ی سنجش از دور

تصاویر چندطیفی ماهواره‌ای برپایه‌ی روش رادیومتریک غیرفعال، ابزاری مناسب برای بارزسازی و پایش گردوغبار به‌شمار می‌روند (میلر^۱، ۲۰۰۳: ۱). اختلاف بسیار دمای درخشایی ذرات معلق در برخی از محدوده‌های طیف الکترومغناطیس با عوارض زمینی، امکان آشکارسازی این ذرات را به‌خوبی فراهم می‌کند؛ ضمن آنکه، استفاده از تفاضل دمای درخشایی میان دو، سه یا چهار باند از میان داده‌های سنجنده‌ی مادیس، روند آشکارسازی را بسیار سریع‌تر و ساده‌تر می‌کند (مباشری و غفوری، ۱۳۸۵: ۲۴).

در پژوهش پیش رو از تصاویر سنجنده‌ی مادیس، محصول MOD02 استفاده شده است. تصاویر مربوطه با فرمت HDF^۲ از وب‌گاه سازمان ناسا دریافت شده‌اند که اطلاعات جانبی و فراداده‌های تصاویر نیز در داخل آن گنجانده شده است. تصاویر با کمک برنامه‌ی MCTK^۳ تصحیح هندسی شدند. این برنامه به‌صورت افزونه روی نرم‌افزار ENVI قرار می‌گیرد که توانایی استخراج و تصحیح هندسی تمام محصولات رایج مادیس را دارد. برای تصحیح هندسی از سیستم تصویر جغرافیایی (یا GCS) با نوع بیضوی WGS-84 و تعداد ۲۵۰۰ نقطه‌ی دورانی^۴ استفاده شد که با روش نزدیکترین نزدیکترین همسایه^۵ بازخوانی شدند و درنهایت با رابطه‌ی شماره‌ی ۱ (زایا^۶، ۲۰۱۰: ۱۱۹)، مقادیر رادیانس باندهای حرارتی به دمای درخشایی تبدیل شدند.

$$T = \frac{hc}{\lambda_i k \ln \left(\frac{2hc^2}{L(\lambda_i)\lambda_i^5} + 1 \right)} \quad \text{رابطه‌ی (۱)}$$

که در آن؛

T: دمای درخشایی؛

h: ضریب ثابت پلانک برابر با 6.6265×10^{-34} JS؛

c: سرعت نور برابر با 2.998×10^8 m/s؛

k: ثابت بولتزمن برابر با $1.3806558 \times 10^{-23}$ J/K؛

$L(\lambda_i)$: مقادیر رادیانس باند λ_i ؛

λ_i : طول موج مرکزی باند λ_i بر حسب میکرومتر (m).

پدیده‌ی گردوغبار در تصاویر ماهواره‌ای، دمای درخشایی را در طول موج‌های ۸/۵، ۱۱ و ۱۲ میکرومتر تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. همان‌گونه که آکرمن (۱۹۹۷) و هوانگ و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند، اختلاف دمای درخشایی پدیده‌ی گردوغبار در طول موج‌های ۱۱ و ۱۲ میکرومتری منفی است و دلیل آن، آلودگی بیشتر گردوغبار در طول موج ۱۲ میکرومتر، نسبت به ۱۱ میکرومتر بیان شده است. بدین‌صورت که با افزایش گردوغبار دمای درخشایی در طول موج ۱۲

1. Miller
2. Hierarchical Data Format
3. MODIS Conversion Toolkit
4. Warp Point
5. Nearest Neighbor
6. Xia

میکرومتر، بیشتر از دمای درخشایی در محدوده‌ی طیفی ۱۱ میکرومتر و آن نیز، بیشتر از دمای درخشایی در طول موج ۸/۵ میکرومتر می‌شود. بنابراین، همان‌گونه که سان چائو و همکاران (۲۰۰۷) نیز اشاره کرده‌اند، روابط زیر برای مناطق دارای گردوغبار صادق است:

$$\text{رابطه‌ی ۲)} \quad (BT_{8.5} - BT_{11}) - (BT_{11} - BT_{12}) = \text{بیشینه}$$

$$\text{رابطه‌ی ۳)} \quad (BT_{11} - BT_{12}) < 0$$

که در آن:

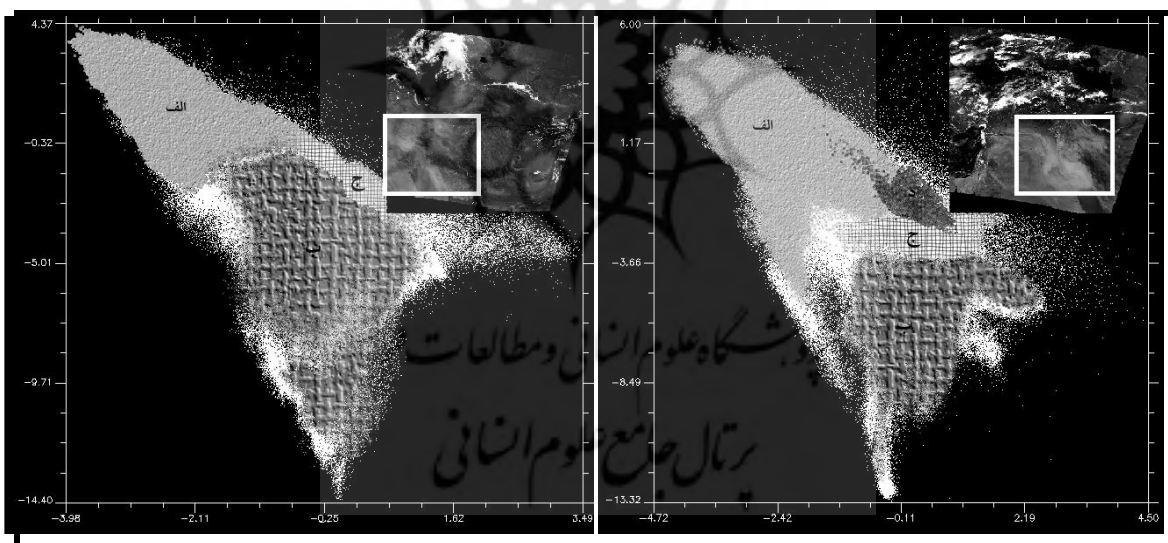
$BT_{8.5}$: دمای درخشایی محدوده‌ی ۸/۵ میکرومتر (باند ۲۹ سنجنده‌ی مادیس)؛

BT_{11} : دمای درخشایی محدوده‌ی ۱۱ میکرومتر (باند ۳۱ سنجنده‌ی مادیس)؛

BT_{12} : دمای درخشایی محدوده‌ی ۱۲ میکرومتر (باند ۳۲ سنجنده‌ی مادیس) هستند.

در این پژوهش با بررسی نمودار پراکنش دمای درخشایی دو رابطه‌ی مذکور، حدّ بزرگتر از ۳- برای رابطه‌ی اول

لحاظ شد (شکل شماره‌ی ۳).

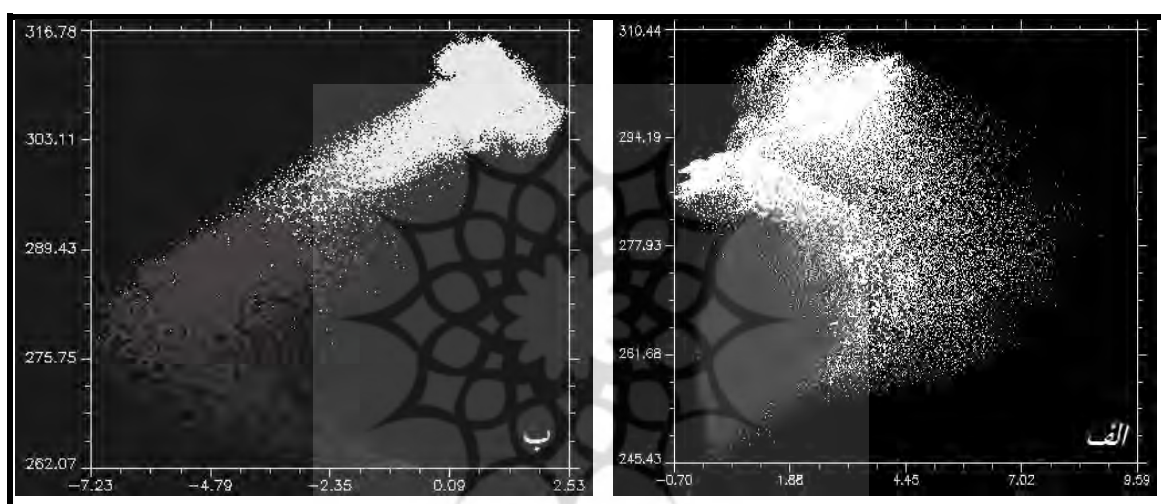


شکل ۳. نمودار پراکنش دمای درخشایی $(BT_{11} - BT_{12})$ ، محور X و $((BT_{8.5} - BT_{11}) - (BT_{11} - BT_{12}))$ محور Y، نواحی الف، ب، ج و د به ترتیب گردوغبار، سایر سطوح خشکی، پهنه‌های آب و ابر هستند.

با مشاهده‌ی شکل شماره‌ی ۳، ویژگی‌های دمای درخشایی گردوغبار در طول موج‌های ۱۱، ۱۲ و ۸/۵ میکرومتر مشخص می‌شود. نمودار فوق ویژگی‌های دمای درخشایی در طول موج‌های اشاره شده برای روزهای ۱۴ (تصویر سمت راست) و ۱۵ (تصویر سمت چپ) تیرماه را نشان می‌دهد، به‌گونه‌ای که پنجره‌ی سفید رنگ روی تصاویر گوشه‌ی فوقانی سمت راست نمودارها، مکان ترسیم نمودار پراکنش را نشان می‌دهد. سطوح آب، ابر و سطوح خشکی نیز همزمان با گردوغبار نشان داده شده است. پدیده‌ی گردوغبار در هر دو نمودار پراکنش، مقادیر کمتر از صفر را برای $(BT_{11} - BT_{12})$ و

مقادیر بیشتر از ۳- را برای رابطه‌ی $(BT_{11}-BT_{12})-(BT_{8.5}-BT_{11})$ نشان می‌دهد. قسمت‌هایی از ابر و سایه‌ی ابر، به دلیل ویژگی‌های دمای درخشایی با گردوغبار تداخل دارند (نواحی (د) در تصویر سمت راست)، بنابراین در خروجی نهایی با اعمال حد مناسب باید از گردوغبار تفکیک شوند.

برای جلوگیری از بارزسازی مناطق ابری و سایه‌ی ابر به‌عنوان گردوغبار، از حد دمایی 290° درجه‌ی کلوین، در باند ۳۲ (۱۲ میکرومتر) بهره گرفته شد. این مقدار برای عرض‌های پایین‌تر از 22° درجه‌ی شمالی به 300° درجه‌ی کلوین افزایش یافت. مقادیر بیان شده نیز با بررسی نمودار پراکنش دمای درخشایی ابر (نمونه‌های انتخاب شده در تصاویر) در طول موج ۱۲ میکرومتر و اختلاف دمای درخشایی ۱۱ و ۱۲ میکرومتر در شمال و جنوب مدار 22° درجه شمالی استخراج شدند (شکل شماره‌ی ۴).



شکل ۴. نمودار پراکنش دمای درخشایی $(BT_{11}-BT_{12})$ محور X و (BT_{12}) محور Y، نواحی خاکستری ابر و سایه‌ی ابر هستند (الف) مناطق شمال 22° درجه‌ی شمالی (ب) مناطق جنوب مدار 22° درجه‌ی شمالی

همان‌گونه که در نمودارهای شکل شماره‌ی ۴ نشان داده شده است، اختلاف دمای درخشایی طول موج ۱۲ و ۱۱ میکرومتر برای ابر، همانند گردوغبار منفی است و اختلاف آن با گردوغبار در دمای درخشایی طول موج ۱۲ میکرومتر است؛ بدین صورت که ابر دماهای کمتر را اختیار می‌کند و در هیچ‌یک از نمونه‌ها دمای بالاتر از 300° درجه‌ی کلوین را نشان نمی‌دهد، در صورتی که گردوغبار دماهای بالاتر را نشان می‌دهد. از ویژگی فوق برای جداسازی نهایی ابر از گردوغبار بهره گرفته شده است.

برای ایجاد تصویر رنگی حقیقی (TCC)^۱ به ترتیب از باندهای ۱ ($0.62 - 0.67$ میکرومتر)، ۴ ($0.545 - 0.565$ میکرومتر) و ۳ ($0.459 - 0.479$ میکرومتر)، به‌عنوان محدوده‌های قرمز، سبز و آبی استفاده شده است. برای نمایش گردوغبار بارزسازی شده، تصویر حاصل از حدهای تعیین شده با باند اول ($0.62 - 0.67$ میکرومتر) جمع شد و برای ایجاد ترکیب رنگی، از تصویر حاصل و تصاویر باندهای ۴ و ۳ لگاریتم گرفته شد که ترکیب به‌دست‌آمده نمایشی از گردوغبار به رنگ قرمز است.

1. True Color Composite (TCC)

ب) روش مطالعه‌ی همدیدی

برای مطالعه و تحلیل شرایط همدیدی منطقه هنگام رخداد گردوغبار، داده‌های مؤلفه‌ی مداری و نصف‌النهاری باد، میانگین شرایط فشار سطحی (SLP)^۱ و میانگین ارتفاع ژئوپتانسیل (HGT)^۲ تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال با تفکیک مکانی ۲/۵ درجه طول و عرض جغرافیایی، از وب‌گاه^۳ اداره‌ی ملی مطالعات اقیانوسی و جوّی (NOAA)^۴ استخراج شدند. برای ترسیم نقشه‌ی جریان هوا، از برابند مؤلفه‌ی مداری (U) (اعداد منفی نماینده‌ی جهت وزش شرقی و اعداد مثبت نشان‌دهنده‌ی جهت وزش غربی) و نصف‌النهاری (V) باد (اعداد منفی نماینده‌ی وزش باد جنوبی و اعداد مثبت نشانگر جهت وزش باد شمالی) برای تحلیل مسیر گردوغبار استفاده شده است. آرایش الگوهای فشار سطح زمین و تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، برای مطالعه‌ی شکل‌گیری مناطق برداشت گردوغبار مورد تحلیل قرار گرفتند.

یافته‌های تحقیق

ابتدا با مراجعه به داده‌های روزانه‌ی آماری گردوغبار از سازمان هواشناسی و براساس مدت دوام بیش از ۳ روز و با دید کمتر از ۱۰۰۰ متر (چنانچه بین ۵ ایستگاه مشترک باشد) روز مورد نظر انتخاب شد. سپس تصاویر مربوط به روزهای مورد نظر اخذ و مورد پردازش قرار گرفتند و درنهایت با کمک نقشه‌های سینوپتیک تفسیر شدند.

تصاویر بارزسازی شده‌ی گردوغبار روزهای ۱۳ تا ۱۵ تیر ماه ۱۳۸۸، گویای شدت، مسیر پراکنش و نیز، حرکت طوفان گردوغبار است. اشکال شماره‌ی ۵، ۶ و ۷ به ترتیب روزهای گسترش طوفان را نشان می‌دهند. در شکل شماره‌ی ۵، محدوده‌ی تمرکز گردوغبار در دامنه‌های غربی رشته‌کوه‌های زاگرس قرار دارد. زبانه‌ی گسترش و انتقال ذرات به سمت جنوب خلیج فارس مشخص است؛ به گونه‌ای که می‌تواند مناطق داخلی ایران را به‌عنوان یکی از منابع ذرات معلق مناطق حاشیه‌ی جنوبی خلیج فارس نشان دهد. در شکل شماره‌ی ۶ منشاء طوفان به‌طور کامل مشخص است؛ به گونه‌ای که ذرات معلق موجود در طوفان بارزسازی شده‌ی ۱۴ تیرماه، همچون نواری از بیابان‌های بین عراق و اردن (بادیه‌الشّام - بخش شمالی شبه‌جزیره‌ی عربستان از حدود فلسطین تا جنوب‌غربی عراق، بین کشورهای عراق، سوریه، اردن و عربستان سعودی - و بیابان الرّاقه) به سمت شرق کشیده شده است.

نکته‌ی چشمگیر، گسترش مکانی طوفان در برخورد با رشته‌کوه‌های زاگرس در ایران است؛ به گونه‌ای که پیش از رسیدن به ارتفاعات، به صورت نواری غربی - شرقی است. ارتفاعات زاگرس به‌عنوان عامل پخشایش و پراکنش مکانی عمل کرده و طوفان گردوغبار را در جهات مختلف شمال و جنوب پراکنده ساخته است. بنابراین در شکل شماره‌ی ۶ با افزایش فاصله از زاگرس، حجم گردوغبار کاهش می‌یابد. در شکل شماره‌ی ۷ گسترش مکانی طوفان به داخل و نیمه‌ی

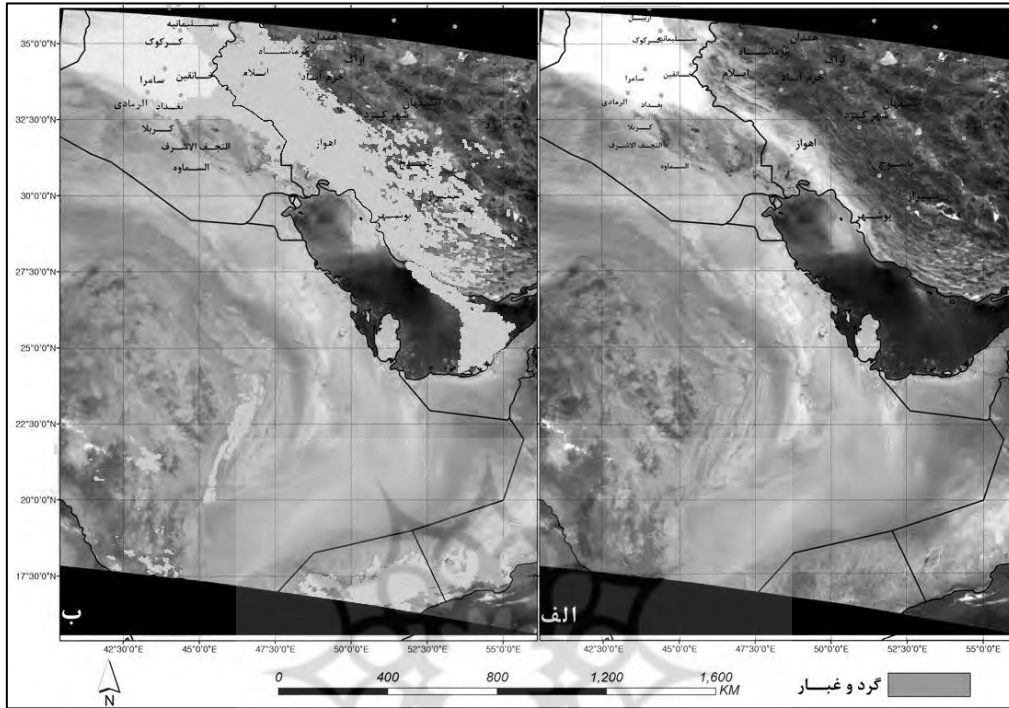
1. Sea Level Pressure

2. Geopotential height

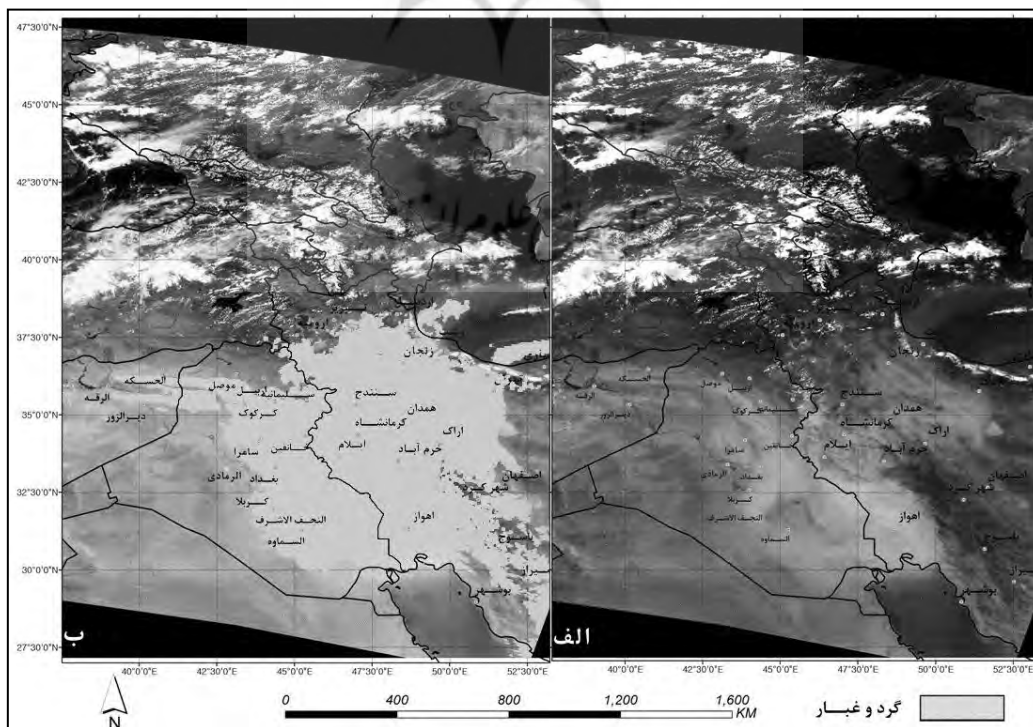
3. <http://www.esrl.noaa.gov>

4. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)

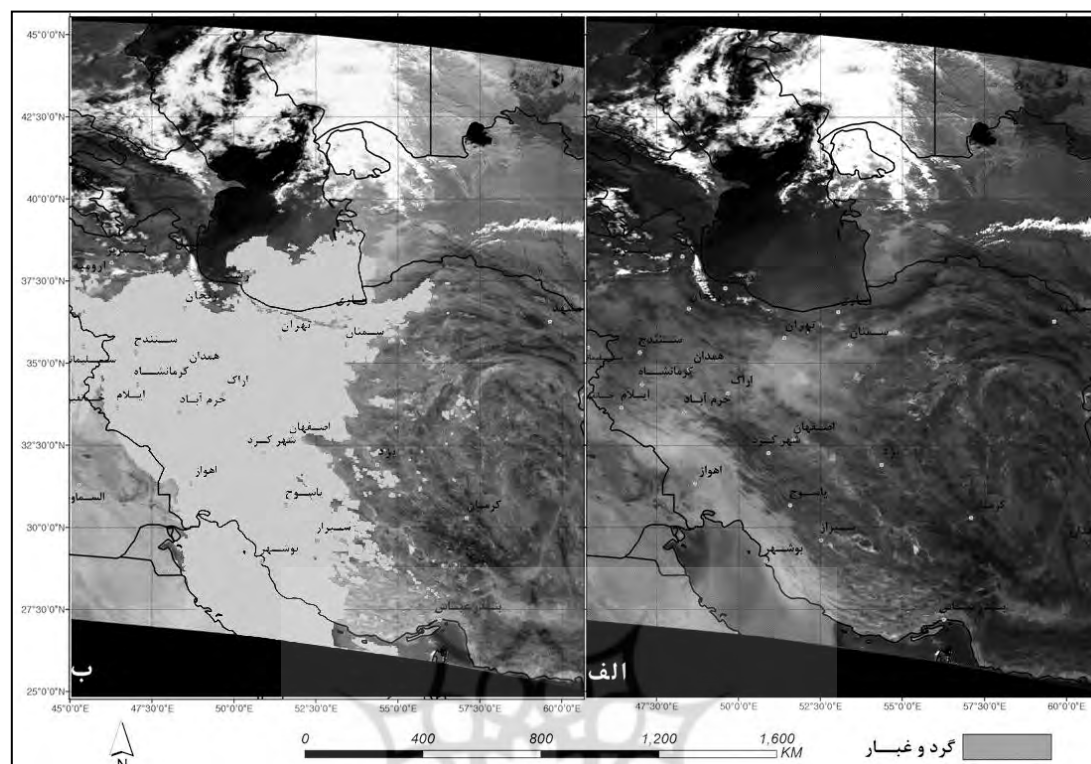
شمالی فلات ایران و حتی روی دریای خزر و از جنوب روی خلیج فارس و حواشی جنوبی آن، مشاهده می‌شود. در هر دو شکل ۶ و ۷، هسته‌ی پیشینه‌ی شدت طوفان گردوغبار روی دامنه‌های زاگرس دیده می‌شود.



شکل ۵. تصویر رنگی حقیقی ۱-۳-۴ (الف) و گردوغبار بارزسازی شده (ب) در ۱۳ تیرماه ۱۳۸۸



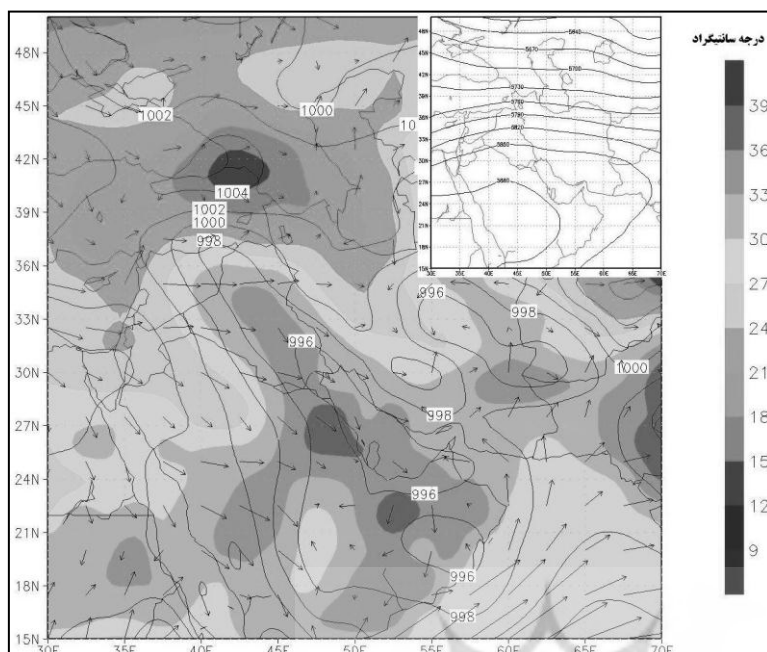
شکل ۶. تصویر رنگی حقیقی ۱-۳-۴ (الف) گردوغبار بارزسازی شده (ب) در ۱۴ تیرماه ۱۳۸۸



شکل ۷. تصویر رنگی حقیقی ۱-۴-۳ (الف) گردوغبار بارزسازی شده (ب) در ۱۵ تیرماه ۱۳۸۸

مطابق با واکاوی عددی تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌های جوّی برای تبیین شرایط هم‌دید جوّی در الگوی پراکنش گردوغبار تهیه شدند. بنابراین نقشه‌های سطح زمین و تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال تهیه شدند. در مراجعه به نقشه‌های جوّی سطح زمین و ترازهای بالایی جو، نتایج زیر به دست آمد.

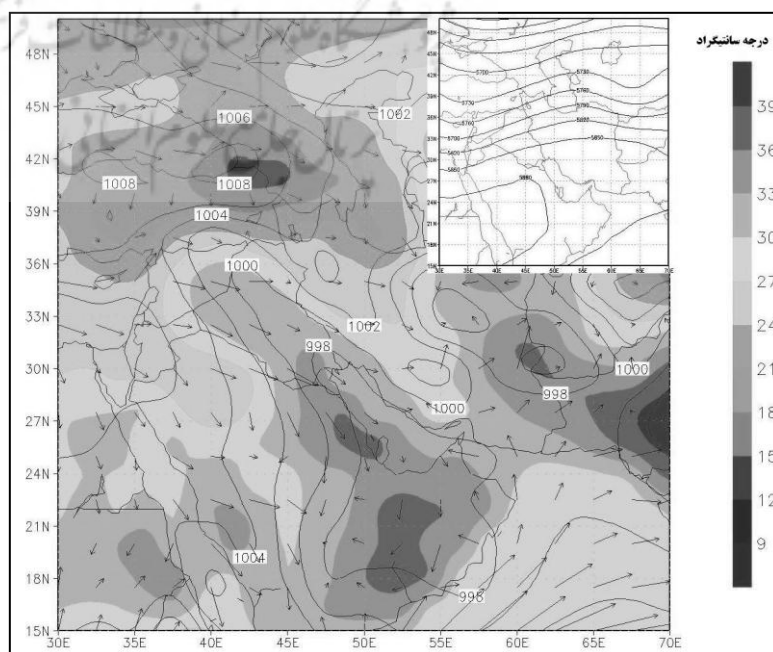
الگوی آرایش خطوط هم‌ارتفاع در ۱۳ تیرماه ۱۳۸۸ در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال حاکی از غلبه‌ی مؤلفه‌ی مداری سرعت باد در شرق مدیترانه و سوریه و هم‌زمان شکل‌گیری یک مرکز پرفشار در سطح زمین در شمال سوریه است. هم‌زمان در سطح زمین، منطقه‌ی کم‌فشار در زیر منطقه‌ی واگرایی بالایی ایجاد شده است که به صورت دو سلول بسته با فشار ۹۹۶ هکتوپاسکال روی خلیج فارس، امارات متّحده‌ی عربی، شبه‌جزیره‌ی عربستان و کویت مشاهده می‌شود. در این مناطق دما بیش از مناطق دیگر و بالای ۳۳ درجه‌ی سلسیوس است که سبب تقویت کم‌فشار مزبور است (شکل شماره‌ی ۸). شرایط تابش طولانی و شدید آفتاب، کم‌فشار حرارتی را در سطح زمین به وجود آورده و چنین شرایطی منطقه‌ی همگرایی در سطح زمین را ایجاد می‌کند که برای توازن با منطقه‌ی واگرایی بالایی، موجب حرکت قائم زیر موج می‌شود (ایجاد ناپایداری در سطح زمین). پیامد چنین شرایطی در صورت نبود رطوبت، ورود گردوغبار به ترازهای بالاتر جوّی است. گردوغبار منتقل شده به ارتفاع بالاتر از سطح زمین، تحت تأثیر حرکات افقی به نواحی دیگر انتقال می‌یابد (شکل شماره‌ی ۸). در چنین شرایطی گردوغبار با منشاء بیابان‌های عراق و سوریه، وارد استان‌های غربی کشور ایران می‌شود (شکل شماره‌ی ۵). امارات متّحده‌ی عربی منشاء گردوغبار روی خلیج فارس در روز ۱۳ تیرماه نیست؛ زیرا با توجه به مسیر حرکت باد در سطح زمین (شکل شماره‌ی ۸) امکان ورود گردوغبار از امارات متّحده‌ی عربی وجود ندارد و گردوغبار روی خلیج فارس از نواحی داخلی ایران آغاز شده است (اشکال شماره‌ی ۵ و ۸).

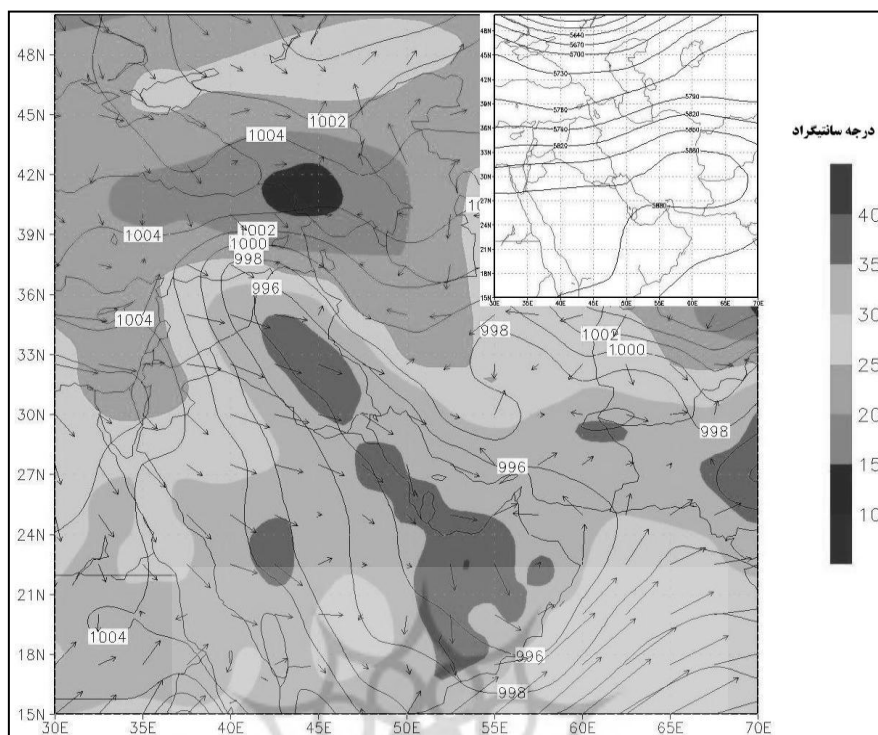


شکل ۸. آرایش سطوح هم‌دما، خطوط هم‌فشار و جهت باد در سطح زمین و نحوه آرایش خطوط هم‌ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (نقشه‌ی گوشه‌ی سمت راست) روز ۱۳ تیرماه ۱۳۸۸

با پیشروی محور ناوه به سمت شرق (شکل شماره ۹) و گسترش زبانه‌ی پُرفشار روی ترکیه و ارمنستان به نواحی جنوبی‌تر (شکل شماره ۹) سرعت بادهای غربی افزایش و در پی آن گردوغبار بیشتری وارد نیمه‌ی غربی و دریای خزر شده است (اشکال شماره ۶ و ۸). منشاء گردوغبار وارد شده به کشور در شکل شماره ۶، مناطق شمالی و جنوبی شهر الرّقه، کرانه‌ی شمالی رود فرات در کشور سوریه و کشور عراق است.

شکل ۹. آرایش سطوح هم‌دما، خطوط هم‌فشار و جهت باد در سطح زمین و نحوه آرایش خطوط هم‌ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (گوشه‌ی سمت راست) روز ۱۴ تیرماه ۱۳۸۸





شکل ۱۰. آرایش سطوح هم‌دما، خطوط هم‌فشار و جهت باد در سطح زمین و نحوه آرایش خطوط هم‌ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال (گوشه‌ی سمت راست) روز ۱۵ تیرماه ۱۳۸۸

افزایش پیشروی محور ناوه به مرز ایران و عراق، سبب خروج گردوغبار از عراق و ورود آن به ایران شده است، چنان‌که گسترش آن، تمام نیمه‌ی غربی کشور از جنوب دریایچه‌ی ارومیه را دربرمی‌گیرد (اشکال شماره‌ی ۷ و ۱۰).

بحث و نتیجه‌گیری

استفاده از دو منبع داده‌ای و اطلاعاتی سنجش از دور و نقشه‌های جوئی، نتایج دقیق‌تر و بیشتری از الگوی پراکنش و انتقال ذرات معلق را ارائه می‌دهند. نتایج پژوهش حاضر از دو دیدگاه سنجش از دور و اقلیمی، قابل مقایسه با کارهای پیشین است. نتایج به‌دست آمده‌ی سنجش از دور با کارهای انجام گرفته از سوی سان چائو و همکاران (۲۰۰۷)، آکرمن و همکاران (۱۹۹۷) و هوآنگ و همکاران (۲۰۰۷) و نتایج بخش همدید با کارهای انجام گرفته‌ی ذوالفقاری و حیدرزاده (۱۳۸۴)، رئیس‌پور و همکاران (۲۰۱۰)، بارکن و آلپرت (۲۰۱۰)، پراسپرو و همکاران (۲۰۰۲) و تاکمی و سینیو (۲۰۰۵) همخوانی دارد. بدین صورت که الگوی فشار سطحی و ارتفاع ژئوپتانسیلی و بردارهای جهت وزش باد نقشه‌های جوئی تهیه شده در سطح زمین و تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، الگوی انتقال و پراکنش به‌دست آمده از بازسازی تصاویر ماهواره‌ای را تأیید می‌کنند. با مشاهده‌ی اشکال دریافتیم که جهت پراکنش و انتقال طوفان از غرب به شرق است و از بیابان‌های غربی عراق و شمال شبه‌جزیره‌ی عربستان منشاء می‌گیرد؛ ولی مهم‌ترین عامل در الگوی پراکنش مکانی طوفان گردوغبار، رشته‌کوه‌های زاگرس هستند که به‌عنوان سدّی، افزون‌بر انباشتگی ذرات معلق در دامنه‌های غربی، جهت انتقال

و پراکنش را به شمال و جنوب هدایت می‌کنند. بنابراین، در نمونه‌ی طوفان گردوغبار مورد مطالعه، دامنه‌های زاگرس بالاترین میزان حجم آلاینده‌ها را دارند. همچنین نقشه‌های سینوپتیکی گویای مکان‌گزینی محور ناوه‌ی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و مرکز کم‌فشار حرارتی سطح زمین واقع در غرب ایران و روی بین‌النهرین، نقش اساسی را در ایجاد و انتقال گردوغبار از مناطق خشک و نیمه‌خشک عراق و سوریه به داخل ایران دارند. نتایج حاصل از بررسی همزمان تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های همدید، نحوه‌ی شکل‌گیری و انتقال گردوغبار را میسر کرد. بهره‌گیری از ویژگی‌های دمای درخشایی، کمک شایانی به بارزسازی گردوغبار کرده و تلفیق نتایج حاصل از بارزسازی گردوغبار با تصاویر ماهواره‌ای سنجنده‌ی مادیس و نقشه‌های همدید، یافتن منشاء و نحوه‌ی انتقال گردوغبار را بهبود می‌دهد و تصمیم‌گیری دقیق‌تری را در رابطه با مدیریت و پیش‌بینی مسیر گردوغبار برای پژوهشگر فراهم می‌کند.

در آخر گفتنی است که نتایج مقاله‌ی حاضر از طریق یک نمونه گردوغبار فراهم شده است؛ بنابراین، تعمیم آن به نمونه‌های دیگر باید با احتیاط انجام گیرد. برای دستیابی به الگویی جامع و درست از منشاء و نحوه‌ی پراکنش گردوغبار، استفاده از روش ترکیبی (ماهواره‌ای - همدیدی) ارائه شده در پژوهش با نمونه‌های بیشتر پیشنهاد می‌شود.

منابع

- Ackerman, S.A., 1997, **Remote Sensing Aerosols Using Satellite Infrared Observations**, Journal of Geophysical Research, Vol. 102, No. D14, PP. 17069-17080.
- Alijani, B., 1995, **Climate of Iran**, Piame Noor University, Tehran.
- Barkan, J. & Alpert, P., 2010, **Synoptic Analysis of a Rare Event of Saharan Dust Reaching the Arctic Region**, Weather, Vol. 65, No. 8, PP. 208-211.
- Brooks, N. & Legrand, M., 2003, **Dust Variability over Northern Africa and Rainfall in the Sahel**, Linking Climate Change to Land Surface Change, Vol. 6, PP.1-25.
- Chun, Y., Boo, K.O., Kim, J., Park, S.U. & Lee, M., 2001, **Synopsis, Transport, and Physical Characteristics of Asian Dust in Korea**, Journal of Geophysical Research, Vol. 106, PP. 18461-18469.
- Evan, A.T., Keidinger, A.K., and Pavolonis, M.J., 2004, **A New Algorithm for Dust Detection over Water Utilizing the AVHRR Imager**, 13th Conference on Satellite Meteorology and Oceanography, Norfolk, VA, 20-23 September 2004, Boston, MA, American Meteorological Society.
- Ganor, E., Stupp, A., Osetinsky, I., & Alpert, P., 2010, **Synoptic Classification of Lower Troposphere Profiles for Dust Days**, Journal of Geophysical Research, Vol. 115, No. D11, PP. 1-8.
- Goudie, A., Middleton, N. J. & Middleton, N., 2006, **Desert Dust in the Global System**, Springer, Verlag.
- Goudie, A.S. & Middleton, N.J., 2000, **Dust Storms in South West Asia**, Acta Universitatis Carolinae, XXXV, Supplement, PP. 73° 83.
- <http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/realtime>.
- <http://www.esrl.noaa.gov>.

- Huang, J., Ge, J. & Weng, F., 2007, **Detection of Asia Dust Storms Using Multisensor Satellite Measurements**, Remote Sensing of Environment, Vol. 110, No. 2, PP. 186-191.
- Jickells, T.D., An, Z.S., Andersen, K.K., Baker, A.R., Bergametti, G., Brokkds, N., Cao, J.J., Boyd, P.W., Duce, R.A., Hunter, K.A., Kawahata, H., Kubilay, N., Laroche, J. Liss, P.S., Mahowald, N., Prospero, J.M., Ridgwell, A.J., Tegen, I. and Torres, R., 2005, **Global Iron Connections between Desert Dust, Ocean Biogeochemistry, and Climate: Science**, Vol. 308, PP. 67-71.
- Klüser, L., & Schepanski, K., 2009, **Remote Sensing of Mineral Dust over Land With MSG Infrared Channels: A New Bitemporal Mineral Dust Index**, Remote Sensing of Environment, Vol. 113, No. 9, PP. 1853-1867.
- Lashkari, H., Keykhosravi, GH., 2008, **Statistical Analysis of Dust Storms Synoptic Khorasan Razavi Province in 2005-1993 Period**, Geographical Research, No. 65, PP.17-33
- Mather, P. M., 2004, **Computer Processing of Remotely Sensed Images: An Introduction**, John Wiley and Sons, London.
- Middleton, N. J., Goudie, A. S., 2001, **Saharan Dust: Sources and Trajectories: Transactions of the Institute of British Geographers**, New Series, Vol. 26, PP. 165-181.
- Miller, S. D., 2003, **A Consolidated Technique for Enhancing Desert Dust Storms With MODIS**, Geophysical Research Letters, Vol. 30, No. 20, PP. 2071-4.
- Mobasheri, M. R. and Ghafouri, A., 2007, **Detection and Study of Atmospheric Dusts in Satellite Images Using Brightness Temperatures**, Monthly of Surveying, No. 84, PP.19- 25.
- Prospero, J. M., Ginoux, P., Torres, O., Nicholson, S. E. & Gill, T. E., 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, Vol. 40, No. 1, 1002.
- Qu, J. J., Hao, X., Kafatos, M., & Wang, L., 2006, **Asian Dust Storm Monitoring Combining Terra and Aqua MODIS SRB Measurements**, Geoscience and Remote Sensing Letters, IEEE, Vol. 3, No. 4, PP. 484-486.
- Raaispoor, K., Tavoosi, T., Khosravi, M., 2010, **Analysis of Formational Causes of Arabic Dust and Its Progress to Iran**, 4th International Congress of the Islamic World Geographers (ICIWG2010), 14 ° 16 April 2010, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran.
- San-chao, L., Qinhuo, L., Maofang, G., & Liangfu, C., 2006, **Detection of Dust Storms by Using Daytime and Nighttime Multi-spectral MODIS Images**, In Geoscience and Remote Sensing Symposium, Denever, USA.
- Shao, Y. & Dong, C. H., 2006, **A Review on East Asian Dust Storm Climate, Modeling and Monitoring**, Global and Planetary Change, Vol. 52, No. 1-4, PP. 1-22.
- Takemi, T. & Seino, N., 2005, **Dust Storms and Cyclone Tracks Over the Arid Regions in East Asia in Spring**, Journal of Geophysical Research, Vol. 110, (D18), D18S11, PP. 11.

- Xia, L., 2010, **Sea Surface Temperature Extraction by MODIS Remote Sensing Data in Lianyungang Sea Area**, Second IITA International Conference on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 1, PP.118-120.
- Zhao, T. X.P., Ackerman, S., & Guo, W., 2010, **Dust and Smoke Detection for Multi-Channel Imagers**, Remote Sensing, Vol. 2, No. 10, PP. 2347-2368.
- Zolfaghari, H., Abedzadeh, H., 2005, **A Synoptic Analysis of Dust Systems at the West Part of Iran**, Geography and Development, No. 6, PP. 173-187.



Satellite and Synopticanalysisof Duststorm in Western Half of Iran (Case Study: July 2009)

Shamsipour A. A. *

Assistant Prof., Faculty of Geography, University of Tehran

Safarrad T.

Ph.D. Candidate in Climatology Faculty of Geography, University of Tehran

Received: 21/06/2011

Accepted: 13/03/2012

Extended Abstract

Introduction

Dust originates from arid and dry regions where high velocity winds are able to remove mostly silt-sized materials, deflating susceptible surfaces. Dust storms as the dominant phenomena in arid and semi arid areas have the greatest impacts on air quality. One-third of the Earth's land area is covered by dust-producing surfaces, made up of hyper-arid regions like the Sahara that covers 0.9 billion hectares, and dry lands which occupy 5.2 billion hectares (Jickells, et al., 2005). Dust consists of particles in the atmosphere that come from various sources such as soil dust lifted by wind (an Aeolian process), volcanic eruptions, and pollution. This airborne dust is considered as an aerosol and once in the atmosphere, it can produce strong local radiative forcing. Saharan dust in particular can be transported and deposited as far as the Caribbean and Amazonia, and may affect air temperatures, cause ocean cooling, and alter rainfall amounts (Middleton, Goudie, 2001). Dust storms are important parts of air pollution resources, Phenomenon that occurs in large areas of Iran in recent years. Conditions in neighboring countries. Iran is located on the arid belt. More than half of the country's land area is arid and semiarid climate. 18 provinces and 82 cities have been identified as a critical focus of wind erosion. The west and southwest regions of Iran periodically were affected by dust storms, which in recent years its frequency and spatial scope have been expanded. One of the most severe dust storms occurred in July 2009 that overed 17 provinces in the western half of Iran. Its impacts can be investigated beyond the closure of schools and agencies, flight cancellation, loss of vision, increased respiratory diseases, etc. Recognition of resources and centers originating

particles, patterns and the formation and dispersion of dust are the main objectives of this study.

Methodology

The area covers approximately half ° west of Iran spanning longitude 46 to 50°E and latitude 28 to 36°N. The area is covered by the Zagros Mountain Ranges and western foothills, including agricultural lands, sparse oak forest. MODIS images were used to identify the main sources of dust. MODIS (or Moderate Resolution Imaging Spectro-radiometer) is a key instrument aboard the Terra (EOS AM) and Aqua (EOS PM) satellites. Terra's orbit around the Earth passes from north to south across the equator in the morning, while Aqua passes south to north over the equator in the afternoon. Terra MODIS and Aqua MODIS are viewing the entire Earth's surface every 1 to 2 days, acquiring data in 36 spectral bands, or groups of wavelengths. MODIS is playing a vital role in the development of validated, global, interactive Earth system models able to predict global change accurately enough to assist policy makers in making sound decisions concerning the protection of our environment. Brightness temperature difference between suspended particles matters in the 8.5, 11 and 12 micrometers wavelengths; providing the possibility of identifying dust phenomenon. Thus, with increasing amounts of dust, the difference (BT8.5-BT11) and (BT11-BT12) is increased and amounts (BT11-BT12) decreased. Also for studying and analyzing of atmospheric synoptic conditions during the dust phenomena, U(Zonal) and V (Meridinal) components of wind, average surface pressure and geo-potential height in 500hpa were used.

Results and Discussion

After the detection of dust and creation of false color images and synoptic situation of desert regions that located in the north and south of Al-raqqeh city, north side of the Euphrates River in Syria and deserts of Iraq were identified as main sources of dust formation. Research results show that Trough axis location, region of upper divergence in 500hpa and formation of thermal low pressure center at ground surface have major role in formation, dispersion and transmission of dust. Interesting point is that the spatial spreads of dust occur in clash with Zagros Mountains Range, so Zagros elevations act as a cause of spatial distribution which spreads dust storms in the north and south side. Trough axis placement in Syria and Mesopotamia in 500hpa level in related with surface low pressure expanded over Persian Gulf and Arabian Peninsula (surface unstable condition) in the absence of moisture result dust storm.

Conclusion

Using two sources of remote sensing and weather maps data and information more accurate results from the transfer and distribution pattern of the suspended particles were provided. So that the surface pressure pattern, geo-potential height and wind vectors drawn on maps of surface and 500hpa level are transmission and dispersion pattern obtained from satellite imagery detection. The most important factor in spatial distribution pattern of dust storms is Zagros

Mountains as a barrier that in addition to the accumulation of suspended particles in the western slopes, leads transmission and dispersion to the north and south directions.

Keywords: Dust Storms, MODIS, Synoptic Charts, Satellite Images