



موسسه محیط زیست

فصلنامه علوم محیطی، دوره دوازدهم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۳

۹۵-۱۰۲

مسیریابی رخدادهای گرد و غبار در نواحی غرب و جنوب غرب ایران (سپتامبر ۲۰۰۸)

ساويز صحت کاشانی^{۱*}، غلامعلی کامالی^۲، مجید وظیفه دوست^۳

عباسعلی علی اکبری بیدختی^۴ و محمد فخرایی پور^۵

^۱ دانشجوی دکتری هواشناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

^۲ دانشیار گروه هواشناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران

^۳ استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت

^۴ استاد گروه فیزیک فضا، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، تهران

^۵ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد هواشناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۳/۳/۲۰

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۱/۱۴

چکیده

یکی از مهم‌ترین چالش‌های زیست‌محیطی سال‌های اخیر در منطقه خاورمیانه و ایران، رخداد گرد و غبار می‌باشد. پایش و کنترل کیفیت ذرات گرد و غبار، در سطح وسیع و با روش‌هایی که از سرعت و دقت بیش‌تر و هزینه کم‌تری برخوردار باشند، از اهمیت فراوانی برخوردار است. در این تحقیق نقش تاوایی نسبی در شکل‌گیری رخداد گرد و غبار در نواحی غرب و جنوب غرب کشور بررسی می‌گردد. به‌علاوه شاخص اختلاف دمای درخشندگی معرفی شده، بارزسازی گرد و غبار بر اساس خصوصیات مربوط به دمای درخشندگی در محدوده مادون قرمز حرارتی سنجنده مادیس ارائه و آستانه‌های دمایی به‌منظور تفکیک این رخداد از اراضی بیابان، ابرها و نیز گرد و غبار موجود بر روی دریا تعیین می‌گردد. به‌منظور ردیابی مسیر ذرات گرد و غبار مدل لاگرانژی HYSPLIT به‌کار گرفته شده است. پس از بارزسازی و مسیر یابی پس‌گرد ذرات گرد و غبار، مناطق بیابانی عراق به‌عنوان کانون‌های شکل‌گیری گرد و غبار مورد مطالعه شناسایی شدند. به‌منظور اعتبارسنجی، بین دید افقی ایستگاه‌های هم‌دید موجود در منطقه و اختلاف دمای درخشندگی باندهای ۳۱ و ۳۲ سنجنده مادیس همبستگی قوی با ضریب ۰/۸۲۶ به‌دست آمد. هم‌چنین در ارتباط با اختلاف دمای درخشندگی و MODIS AOT در محدوده ۵۵۰ نانومتر مقدار ضریب همبستگی ۷۴۹/۰ محاسبه گردید. نتایج ناشی از مطالعه هم‌زمان بارزسازی گرد و غبار با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای، بررسی دینامیکی و مدل‌سازی عددی به‌منظور تعیین عوامل تاثیر گذار در شکل‌گیری و ردیابی مسیر ذرات گرد و غبار و اعتبارسنجی آن با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های هم‌دید و سنجش آلودگی هوا حاکی از توانایی این رهیافت به‌منظور پیش‌بینی و پیش‌آگاهی رخداد گرد و غبار در منطقه می‌باشد.

کلمات کلیدی: گرد و غبار، تاوایی نسبی، دمای درخشندگی، مادیس.

Dust Routing in West and South West of Iran (September 2008)

Saviz Sehat kashani,^{1*} Gholamali Kamali,² Majid Vazifedoust,³ Abbasali Akbari Bidokhti⁴ & Mohammad Fakhracipour⁵

¹PhD. Student of Meteorology, Faculty of Sciences, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

²Associate Professor, Department of Meteorology, Faculty of Sciences, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

³Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Guilan, Rasht, Iran

⁴Professor, Department of Space Physics, Institute of Geophysics, University of Tehran, Tehran, Iran

⁵MSc. of Meteorology, Faculty of Sciences, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Abstract

The monitoring of dust particles by using accurate methods is of great importance. In this study, the role of relative vorticity on dust genesis was evaluated over west and south western of Iran. Moreover, based on Moderate Resolution Imagine Spectroradiometer (MODIS) imagery, the sequential separation of the dust clouds from bright underlying surface and water clouds is accomplished using Brightness Temperature Difference (BTD). Validations using ground meteorological and air pollution monitoring data over the region indicated the brightness temperature of MODIS bands of 31 and 32 could be matched well with visibility ($R^2=0.826$). The aerosol optical thickness (AOT) at 550 nm showed very close relationships with the brightness temperature of MODIS bands of 31 and 32 ($R^2=0.749$). The proposed thresholds of BTD revealed the MODIS images good enough in separating dust from bright surface and clouds, which obviate the deficiency of remote-sensing data products of dust particles near the source. In order to trace the dust dispersion, the HYSPLIT model was applied leading to distinguish Iraq deserts as the main sources of dust over the studied area. The results showed that applying remote sensing data, dynamical evaluation and numerical modeling provided the advantages in enhancing dust measurement capabilities. Statistical analysis of ground based observation suggested the utilization of this approach for dust forecasting in the studied region.

Keywords: Dust, Relative vorticity, Brightness temperature, MODIS.

* Corresponding author. E-mail Address: savizsehat@yahoo.com

۱- مقدمه

اختلاف دمای درخشندگی طول موج‌های ۱۱ میکرومتر و ۱۲ میکرومتر مربوط به رخداد گرد و غبار منفی می‌گردد که به‌عنوان یک تکنیک به‌منظور شناسایی پدیده گرد و غبار با استفاده از مشاهدات مادون قرمز حرارتی^۱ مطرح است [۱۱]. در سال‌های اخیر مناطق غربی و جنوب غرب کشور به‌طور گسترده‌ای تحت تاثیر رخداد گرد و غباری قرار گرفته‌اند. با توجه به اثرات منفی و مخرب این رخداد از جمله تاثیر بر آلودگی هوا، سلامتی انسان، محصولات کشاورزی و غیره مطالعات در این زمینه حائز اهمیت است. پژوهش پیشرو تلاش دارد با بهره‌گیری از مدل‌سازی عددی و به‌کارگیری نقشه‌های هم‌دیدگی به شناسایی مسیر و منشأ آلودگی جوی ناشی از رخداد گرد و غبار شاخص ۱۷ سپتامبر ۲۰۰۸ بپردازد. در نهایت با به‌کارگیری ویژگی‌های دمای درخشندگی و اعمال آستانه‌های دمایی، بارزسازی رخداد گرد و غبار با استفاده از تصاویر سنجنده مادیس صورت می‌پذیرد. نتایج این تحقیق را می‌توان به‌عنوان گامی در جهت پیش بینی و پیش‌آگاهی این رخداد در نظر گرفت و با ارائه راهکارها و اقدامات اساسی در این زمینه، اثرات زیان‌بار این پدیده را در منطقه مورد مطالعه کاهش داد.

۲- مواد و روش‌ها

در این تحقیق روش‌های هم‌دیدگی-دینامیکی، سنجش از دور و مدل‌سازی عددی به‌کار گرفته شد. در ابتدا به تحلیل مولفه قائم تاوایی نسبی به‌عنوان یک کمیت مهم دینامیکی در شکل‌گیری و گسترش آلودگی جوی ناشی از رخداد گرد و غبار در غرب و جنوب غرب کشور پرداخته می‌شود. برای محاسبه مولفه قائم تاوایی نسبی مطابق رابطه (۱) از مولفه‌های مداری و نصف‌النهاری میدان باد استفاده می‌شود.

$$\xi_{rel} = \hat{k} \cdot (\nabla \times V) = \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \quad (1)$$

که در رابطه (۱) ξ_{rel} : مولفه قائم تاوایی نسبی، u : مولفه مداری میدان باد و v : مولفه نصف‌النهاری میدان باد می‌باشد. داده‌های مولفه نصف‌النهاری و مداری میدان باد در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال از مرکز ملی پیش‌بینی محیطی پژوهش‌های جوی^{۱۱} (NCEP/NCAR) اخذ گردید. نقشه روزهای قبل از ورود رخداد و روز وقوع رخداد با برنامه‌نویسی در محیط نرم افزار گرس^{۱۲} ترسیم شد.

رخداد گرد و غبار نقش قابل توجهی در کیفیت هوای شهری دارد. با توجه به طول عمر کوتاه این رخداد و ارتباط آن با وضعیت الگوهای هم‌دیدگی مستقر در منطقه، پیش آن با چالش روبرو است [۱]. به‌دلیل موقعیت جغرافیایی ایران در کمربند خشک و نیمه‌خشک جهان، این کشور همواره در معرض سامانه‌های گرد و غباری قرار می‌گیرد [۲]. طوفان‌های گرد و غبار^۱ به‌عنوان یکی از منابع اصلی ذرات معدنی یک خطر جدی زیست‌محیطی محسوب می‌شود [۳]. بیش‌تر گرد و غبارهای فراگیر و گسترده مشاهده شده در مناطق غرب و جنوب غرب کشور منشأ فرامحلی دارد. از طرفی این مناطق در مسیر ورود چرخندها و سامانه‌های منتقل‌کننده گرد و غبار به کشور قرار دارد [۲]. در عرض‌های میانی و در مقیاس هم‌دیدگی^۲، ویژگی‌های دینامیک مربوط به چرخش ذرات هوا حائز اهمیت است. چرخش ذرات سیال بوسیله متغیر تاوایی^۳ توضیح داده می‌شود. دوران هوا به‌دور محور عمود بر سطح زمین را تاوایی نسبی گویند. چرخندهای عرض‌های میانی، توفندها و تندبادها مثال بارزی از شاره‌های دوار در صفحه افقی می‌باشد. به‌همین دلیل در هواشناسی دینامیکی غالباً با مولفه عمودی تاوایی نسبی سروکار داریم [۴]. نتایج بررسی یانگ-ینگ^۴ و همکاران (۲۰۰۸) درباره ارتباط دینامیکی میان طوفان‌شن و کرل^۵ تاوایی مبین این مطلب است که هنگامی که کرل تاوایی در مرکز خود کوچک‌تر یا مساوی $1000 \text{ m}^2/\text{s}^2$ باشد، امکان رخداد طوفان‌های گرد و غباری بسیار قوی طی ۶ ساعت با دید کم‌تر از ۵۰ متر وجود دارد [۵]. از طرفی با توجه به محدودیت در دیدبانی‌های ایستگاه‌های زمینی سنجش آلودگی هوا، به‌کارگیری روش‌های سنجش از دور به‌منظور بارزسازی رخداد گرد و غبار یاری‌رسان است [۶]. سنجنده مادیس (MODIS) که بر روی دو ماهواره اکوا^۷ و ترا^۸ نصب شده است، به‌منظور تعیین ویژگی‌های رخداد گرد و غبار و پیش‌آن مفید می‌باشد [۷، ۱]. به‌منظور تفکیک آلاینده‌های معدنی از عوارض زمینی که دارای بازتاب مشابه هستند، تحقیقات فراوانی در ارتباط با دمای درخشندگی (BT)^۹ صورت گرفته است. [۸، ۶] از آن‌جا که آلبیدوی رخداد گرد و غبار در طول موج ۱۲ میکرومتر بیش‌تر از طول موج ۱۱ میکرومتر است [۹، ۱۰] بنابراین

در خلاء معادل $2/997925 \times 10^{10} \text{ cm/sec}$ ، I_{λ} مقادیر مربوط به رادیانس باند مورد نظر و λ طول موج مرکزی باند مورد نظر بر حسب میکرومتر می باشد به منظور بارزسازی توده های گرد و غبار از عوارض زمینی آستانه دمایی تعیین می گردد. در گام بعدی ارتباط بین دید افقی و اختلاف دمای درخشندگی طول موج های ۱۱ میکرومتر و ۱۲ میکرومتر رخداد گرد و غبار در تاریخ ۱۷ سپتامبر ۲۰۰۸ برای ۲۵ ایستگاه هم دیدی در غرب و جنوب غرب کشور بررسی شد. همچنین در این مطالعه از تصاویر ضخامت اپتیکی هواویزها^{۲۱} در محدوده ۵۵۰ نانومتر محصول سطح^{۲۲} سنجنده مادیس به صورت روزانه جهت تخمین شدت رخداد گرد و غبار استفاده شد و ارتباط آن با اختلاف دمای درخشندگی طول موج های ۱۱ میکرومتر و ۱۲ میکرومتر برای ۲۵ ایستگاه هم دیدی در غرب و جنوب غرب کشور مورد مطالعه قرار گرفت. همچنین ارتباط بین داده های ضخامت نوری سنجنده مادیس در زمان های مرتبط با وقوع گرد و غبار با اندازه گیری های زمینی پی ام تن^{۲۳} ایستگاه اهواز مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت جهت مسیریابی از یک مدل لاگرانژی^{۲۴} با امکان ردیابی پس گرد^{۲۵} ذرات در ترازهای مختلف جو موسوم به HYSPLIT^{۲۶} استفاده شد. [۱۲] ذرات در سه سطح ۱۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ متری از سطح زمین و در فاصله زمانی ۶ ساعته تا ۲۴ ساعت قبل ردیابی شدند. در اجرای مدل از مجموع داده های FNL استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تحلیل هم دیدی-دینامیکی

در ابتدا به تحلیل مولفه قائم تاوایی نسبی می پردازیم. در روز ۱۴ سپتامبر مرکز تاوایی بیشینه در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال با مقدار $4 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ در غرب سوریه مستقر است. زبانه تاوایی مثبت نشان می دهد که محور ناوه از شرق ترکیه به سمت شمال دریای سرخ کشیده شده است. همچنین زبانه $2 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ این مرکز بیشینه بخش های غربی عراق را تحت تاثیر قرار داده است. به سمت شرق تا روی عراق گرادیان شدید تاوایی را داریم. در شرق دریای سرخ بر روی بخش های مرکزی عربستان یک هسته تاوایی منفی با مقدار $4 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ دیده می شود که نشان گر یک مرکز واچرخندی است. زبانه این واچرخند بر روی

به علاوه در این پژوهش از داده های دید افقی ۲۵ ایستگاه هم دیدی غرب و جنوب غرب کشور استفاده شده است. داده های سنجنش از دور Level 1B سنجنده مادیس مربوط به ماهواره ترا برای رخداد گرد و غبار شاخص سال ۲۰۰۸ مشتمل بر ۲ باند می باشد که از وبگاه ناسا^{۱۳} اخذ گردید^{۱۴}. سنجنده مادیس با در اختیار داشتن ۳۶ باند طیفی مختلف از محدوده مرئی ($0/415 \mu\text{m}$) تا مادون قرمز ($14/235 \mu\text{m}$) دارای داده هایی با ۳ قدرت تفکیک مکانی ۲۵۰ متر^{۱۵}، ۵۰۰ متر^{۱۶} و ۱ کیلومتر^{۱۷} است. از آن جا که تصاویر دارای تنوع تفکیک مکانی بوده و فواصل زمانی تصویربرداری از یک منطقه کوتاه است (۴ بار در روز) در تحلیل رخداد گرد و غبار مفید می باشد. پس از تصحیح هندسی تصاویر و برش منطقه مورد مطالعه، مقادیر رادیانس^{۱۸} تصاویر مربوط به طول موج های مذکور با استفاده از عکس تابع پلانک به دمای درخشندگی تبدیل شد. تصحیحات و پردازش تصاویر در محیط نرم افزار اریاس^{۱۹} صورت پذیرفت. با توجه به تاثیر عمده ای که ذرات گرد و غبار بر روی میزان بازتابش و دمای درخشندگی باندهای ۳۱ و ۳۲ سنجنده مادیس می گذارند، از تفاضل دمای درخشندگی دو باند مذکور به منظور بارزسازی توده های گرد و غبار استفاده می شود. از آن جا که آلبیدوی^{۲۰} رخداد گرد و غبار در طول موج ۱۲ میکرومتر بیش تر از طول موج ۱۱ میکرومتر است [۹]، بنابراین اختلاف دمای درخشندگی طول موج های ۱۱ میکرومتر و ۱۲ میکرومتر مربوط به رخداد گرد و غبار منفی می گردد.

$$BT_{11} - BT_{12} < 0 \quad (2)$$

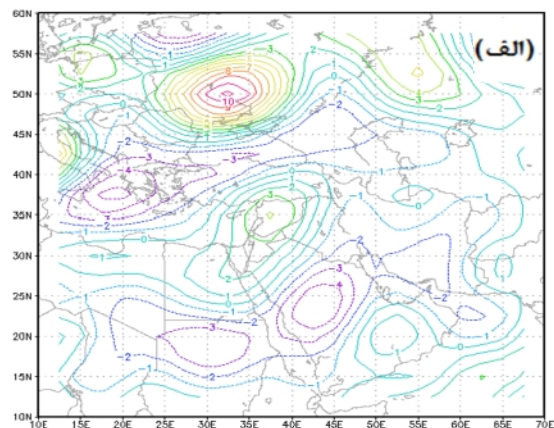
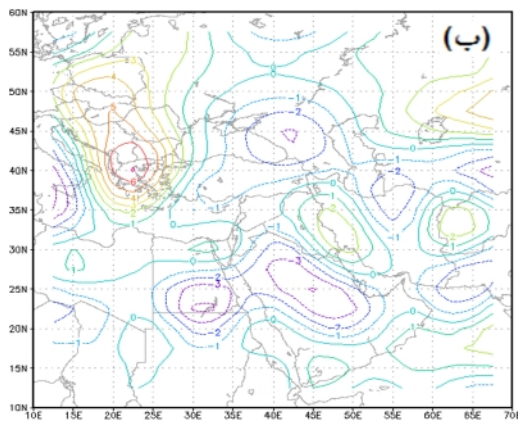
که در رابطه فوق BT_{11} ، دمای درخشندگی مربوط به محدوده طیفی ۱۱ میکرومتر و BT_{12} ، دمای درخشندگی مربوط به محدوده طیفی ۱۲ میکرومتر می باشد. همچنین به منظور ممانعت از آشکارسازی نواحی ابری آستانه دمایی ۲۹۰ کلوین مربوط به محدوده طیفی ۱۲ میکرومتر اعمال شد. دمای درخشندگی با استفاده از عکس تابع پلانک طبق معادله (۱) به دست می آید.

$$T = \left(\frac{hc}{k\lambda} \right) \left(\frac{1}{\ln \left(\frac{2hc^2\lambda^{-5}}{I_{\lambda}} + 1 \right)} \right) \quad (3)$$

که در آن T دمای درخشندگی بر حسب کلوین، h ثابت پلانک معادل $6/626068 \times 10^{-27} \text{ erg sec}$ ، k ثابت بولتزمن معادل $1/38066 \times 10^{-16} \text{ erg deg}^{-1}$ ، C سرعت نور

مناطق مرزی ایران و عراق دیده می‌شود. با توجه به قرارگیری هسته تاوایی بیشینه، این مناطق نیز می‌توانند به‌عنوان مناطق مستعد تولید ذرات گرد و خاک غرب کشور عمل کنند. در این روز در اکثر ایستگاه‌ها گزارش گرد و غبار با حداقل دید را داشتیم. هم‌چنین شاهد حاکمیت تاوایی منفی بر روی سوریه و مناطق غربی عراق هستیم که در واقع نمایشگر عدم تولید گرد و خاک و پایداری هوا در این مناطق می‌باشد (شکل ۱-ب).

بخش‌های جنوبی کشور کشیده شده است. در عین حال گرادیان تاوایی در محدوده و اچرخند خیلی ضعیف است. در این روز بر روی ایران شرایط پایداری را مشاهده می‌کنیم. تاوایی مثبت بر روی سوریه و عراق امکان تشکیل ذرات گرد و خاک بر روی این مناطق را فراهم می‌کند (شکل ۱-الف). در روز ۱۷ سپتامبر (وقوع رخداد) هسته تاوایی بیشینه با مقدار $2 \times 10^{-5} S^{-1}$ با سرعت زیاد به سمت شرق حرکت کرده و در غرب ایران بر روی خوزستان، ایلام و

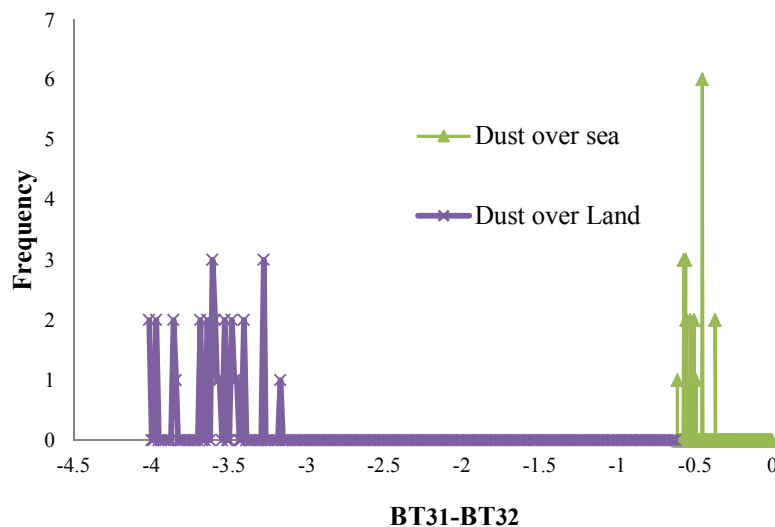


شکل ۱- مولفه قائم تاوایی نسبی در تراز ۵۰۰ هکتو پاسکال (الف) در روز ۱۴ سپتامبر ۲۰۰۸ و (ب) ۱۷ سپتامبر ۲۰۰۸ (اعداد در ۱۰ ضرب شده‌اند)

زمینی را دارد. این آستانه دمایی با تحقیقات شائو [۱]^{۲۷} هم‌خوانی دارد. در شکل ۲ آستانه‌های مربوط به گرد و غبار موجود بر روی خشکی‌ها، گرد و غبار موجود بر روی دریا برای شاخص $BT_{11}-BT_{12}$ سنجنده MODIS مشخص گشته است.

۲-۳- تحلیل سنجش از دور

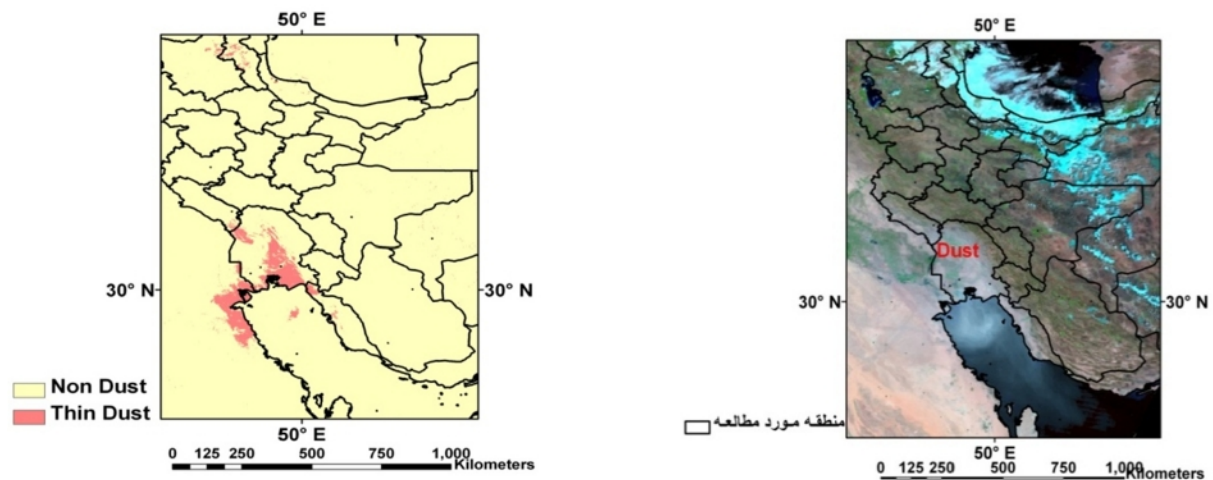
بررسی فراوانی اختلاف دمای درخشندگی مربوط به رخداد گرد و غبار در باندهای ۳۱ و ۳۲ در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که آستانه دمایی کوچک‌تر و مساوی ۰/۵- کلون توانایی بارسازی توده‌های گرد و غبار از عوارض



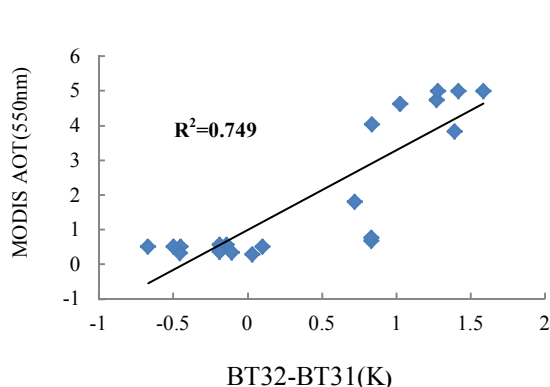
شکل ۲- فراوانی مقادیر اختلاف دمای درخشندگی باندهای ۳۱ و ۳۲ مادیس در هنگام گرد و غبار بر روی دریا و خشکی

اختلاف دمای درخشندگی در باندهای ۳۱ و ۳۲ سنجنده مادیس همخوانی قابل قبولی دارد (۳-ب). با استفاده از روش رگرسیون ارتباط بین اختلاف دمای درخشندگی طول موج های ۱۱ و ۱۲ میکرومتر با پارامتر دید افقی و MODIS AOT در محدوده ۵۵۰ نانومتر برای رخدادهای گرد و غبار ۱۷ سپتامبر ۲۰۰۸ در ۲۵ ایستگاه هم‌دید غرب و جنوب غرب به دست آمد. نتایج نشان می‌دهد که میان پارامتر دید افقی و $BT_{32}-BT_{31}$ یک رابطه خطی با مقدار همبستگی قوی $R^2 = 0.826$ وجود دارد (شکل ۴). همچنین رابطه خطی با مقدار همبستگی $R^2 = 0.749$ نیز برای اختلاف دمای درخشندگی و MODIS AOT در محدوده ۵۵۰ نانومتر به دست آمد (شکل ۵).

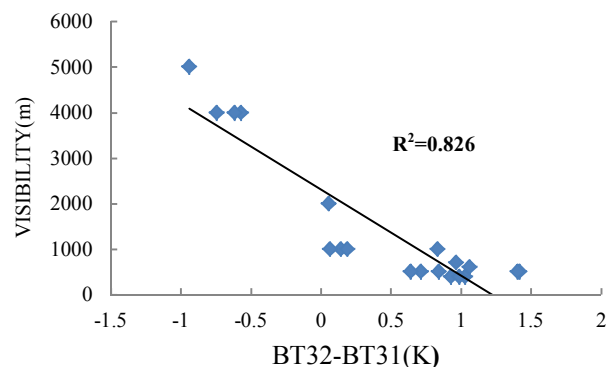
از طرفی در این مطالعه آستانه دمای کمتر از ۲۷۸ کلون دمای درخشندگی باند ۳۱ به منظور تفکیک ابرها از رخدادهای گردوغبار بکار گرفته شد. ابرها در باندهای مرئی طیف الکترومغناطیس به‌عنوان پدیده‌هایی شناسایی می‌شوند که نسبت به سایر پدیده‌های زمینی دارای میزان بازتابندگی بالاتری بوده و از طرفی در باندهای حرارتی نیز دارای دمای پایین‌تری می‌باشند [۱۳]. همان‌طور که در شکل (۳-الف) که تصویر رنگ واقعی^{۲۸} رخدادهای گرد و غبار، است با روش اختلاف دمای درخشندگی در باندهای ۳۱ و ۳۲ سنجنده مادیس نشان داده شده است، شاهد غلظت شدید گرد و غبار در شرق کشور عراق و استان‌های خوزستان، ایلام و کرمانشاه هستیم که با تصویر بازسازی شده با روش



شکل ۳- (الف) تصویر رنگ واقعی رخدادهای گرد و غبار، (ب) تصویر بازسازی شده رخدادهای گرد و غبار ۱۷ سپتامبر ۲۰۰۸ با روش BTD



شکل ۵- پراکنش MODIS AOT و $BT_{32}-BT_{31}(K)$

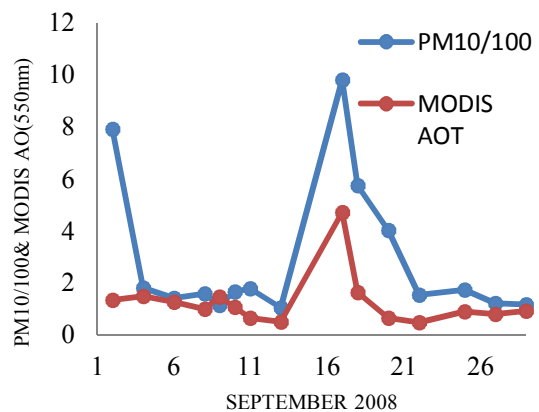


شکل ۴- پراکنش $BT_{32}-BT_{31}(K)$ و دید افقی

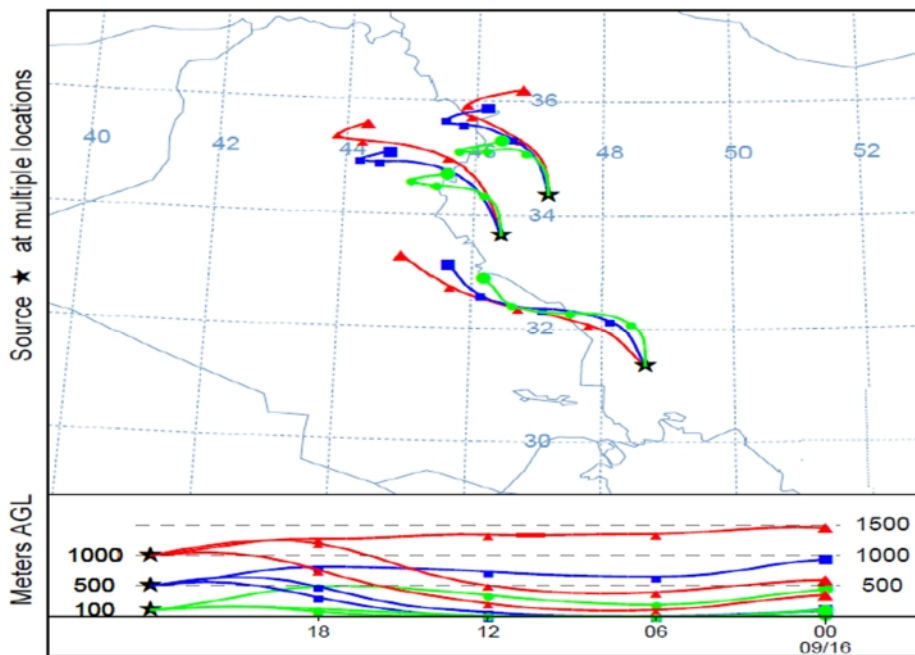
۳-۳- تحلیل عددی

در این پژوهش مدل HYSPLIT به منظور مسیریابی پس گرد برای ۳ ایستگاه هم‌دید اهوآز، ایلام و کرمانشاه در تاریخ ۱۷ سپتامبر ۲۰۰۸ اجرا و ذرات در سه سطح ۱۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ متری از سطح زمین و در حد فاصل زمانی ۶ ساعته تا ۲۴ ساعت قبل ردیابی شدند (شکل ۷). بررسی مسیره‌های انتقال ذرات در رخداد گرد و غبار شاخص سپتامبر ۲۰۰۸ بیان‌گر آن است که، ذرات غبار در ارتفاعات مختلف مسیر مشابهی را از شمال غرب به جنوب شرق تا ایستگاه‌های اهوآز، کرمانشاه و ایلام پیموده‌اند. ذراتی که به ارتفاع ۱۰۰ متری از سطح زمین رسیده‌اند، ذراتی هستند که نزدیک سطح زمین تا ارتفاع ۵۰۰ متری در ۲۴ ساعت قبل بوده‌اند و همراه جریانات جوی به سوی شرق پیشروی داشته‌اند. ذراتی که در ارتفاع ۱۰۰ متری از سطح زمین قرار دارند و موجب کاهش دید افقی می‌شوند، منشاء آن‌ها در ۲۴ ساعت قبل در روز ۱۶ سپتامبر کشور عراق بوده است. در تاریخ ۱۷ سپتامبر ۲۰۰۸، حداقل دید افقی در شهرهای اهوآز، ایلام، کرمانشاه ناشی از پدیده گرد و غبار به ترتیب به ۴۰۰، ۱۰۰۰ و ۵۰۰ متر کاهش یافته است، که با تصاویر ماهواره هم‌خوانی دارد.

از طرفی تحلیل داده‌های متوسط عمق اپتیکی در زمان وقوع گرد و غبار نشان می‌دهد که در تاریخ ۱۷ سپتامبر ۲۰۰۸ برای ایستگاه اهوآز میزان AOT بالایی را در مقایسه با روزهای صاف داشته‌ایم. و در این روز برای ایستگاه اهوآز مقادیر MODIS AOT در محدوده ۵۵۰ نانومتر و PM10/100 در مقایسه با سایر روزها بالاترین مقدار را داشته است (شکل ۶).



شکل ۶- مقایسه بین MODIS AOT در محدوده ۵۵۰ نانومتر و PM10/100 رخداد گرد و غبار ۱۷ سپتامبر ایستگاه اهوآز



شکل ۷- نتایج خروجی مدل HYSPLIT در ایستگاه‌های سینوپتیکی اهوآز، ایلام و کرمانشاه

- ²² MOD08_D3
²³ PM10
²⁴ Lagrangian
²⁵ Backward
²⁶ The Air Resources Laboratory's Hybrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory (HYSPLIT) Model
²⁷ Zhao
²⁸ True Color
²⁹ Xu
³⁰ Qu

۴- نتیجه گیری

کاربرد ویژگی‌های مربوط به دمای درخشندگی و اعمال آستانه‌های دمایی به منظور تفکیک گرد و غبار از عوارض زمینی به خصوص در مناطق با پس زمینه روشن که دارای بازتابندگی مشابه هستند و نیز تفکیک گرد و غبار از ابرها، در بارزسازی گرد و غباری یاری رسان بوده است که با نتایج مطالعات شائو (۲۰۱۲)، کریمی و همکاران (۲۰۱۲)، زو^{۲۹} و همکاران (۲۰۱۱) و کو^{۳۰} و همکاران (۲۰۰۶) همخوانی دارد. نتایج بررسی هم‌دیددی-دینامیکی رخداد گرد و غبار شاخص سپتامبر ۲۰۰۸ نشان می‌دهد که وجود یک هسته بیشینه تاوایی مثبت بر روی سوریه سبب شکل‌گیری گرد و غبار می‌شود و به تدریج در مناطق غرب و جنوب غرب ایران نیز تاثیر می‌گذارد. از طرفی نتایج مدل HYSPLIT حاکی از آن است که در مطالعه موردی صورت گرفته منشا گرد و غبارهای غرب و جنوب غرب کشور، مرکز و شرق عراق بوده که در این مناطق گرادیان شدید تاوایی حاکم است. نتایج ناشی از مطالعه هم‌زمان بارزسازی گرد و غبار با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای، بررسی دینامیکی و مدل‌سازی عددی به منظور تعیین عوامل تاثیر گذار در شکل‌گیری و ردیابی مسیر ذرات گرد و غبار قادر است بنابراین به منظور تعمیم آن آن‌جام موارد مطالعاتی بیش‌تر پیشنهاد می‌گردد.

پی‌نوشت‌ها

- منابع**
- [1] X. Zhao, "Asian Dust Detection from the Satellite Observations of Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS)", *Aerosol and Air Quality Research*; 2012; (12): 1073-1080.
- [2] Zolfaghari H, Abedzadeh H. Synoptical analysis of dust systems in western Iran. *Geography and Development Journal*, 2005:173-188. [In Persian]
- [3] Prospero J.M, Ginoux P, Torres O, Nicholson S.E, Gill T. Environmental Characterization of Global Sources of Atmospheric Soil Dust Identified with the NIMBUS 7 Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS) Absorbing Aerosol Product, *American Geophysical Union* 40; 2002; 40(1):1002. doi: 10.1029/2000RG 000095.
- [4] Martin J. Mid-Latitude Atmospheric Dynamics, John Wiley & Sons Ltd.; 2006.p.123.
- [5] Yang-Ying L, Qiang Z, Yao-Hui L, Ai-Zhi S, Bao-Yu S, Long-Quan C. Dynamic Relationships between the horizontal helicity and the sandstorm, *Chinese journal of geophysics* 5; 2008; (5):505-517.
- [6] Qu J, Hao X., Kafatos M., and Wang L. Asian dust storm monitoring combining Terra and Aqua MODIS SRB measurements. *IEEE Geosciences and Remote Sensing Letters*; 2006; 3(4):484-486.
- [7] Karimi N, Moridnejad A, Golian S, Samani J.M.V, Karimi D, Javadi S. Comparison of dust source identification techniques over land in the Middle East region using MODIS data, *Can. J. Remote Sensing*; 2012; 38(5):586_599.
- [8] Roskovensky J.K and Liou K.N, Differentiating airborne dust from cirrus cloud using MODIS data, *Geophys. Res. Lett.* L12809; 2005; (32): [doi: 10.1029/2005GL022798].
- [9] Huang J, Ge J, Weng F. Detection of Asia Dust Storms Using Multisensor Satellite Measurements, *Remote Sensing of Environment*; 2007; (110):186-191.
- [10] San-chao L, Qinhuo L, Maofang G, Liangfu

- ¹Dust Storm
²Synoptic
³Vorticity
⁴LI Yan-Ying
⁵Curl
⁶Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
⁷Aqua
⁸Terra
⁹Brightness Temperature
¹⁰Thermal- infrared
¹¹National Centers for Environmental Prediction/
National Center for Atmospheric Research
¹²GrADS
¹³National Aeronautics and Space Administration
¹⁴modis.gsfc.nasa.gov
¹⁵MOD 02 Qkm
¹⁶MOD 02 Hkm
¹⁷MOD 02 Ikm
¹⁸Radiance
¹⁹ERDAS
²⁰Albedo
²¹Aerosol Optical Thickness

C.Detection of Dust Storms by Using Daytime and Nighttime Multi-spectral MODIS Images”, In Geoscience and Remote Sensing Symposium ;2006.

- [11] Zhao T.X.P, Ackerman S, Guo W.Dust and Smoke Detection for Multi-Channel Imagers Remote Sensing; 2010; (2):2347-2368.
- [12] Draxler, R.R. and Rolph, G.D. HYSPLIT (HYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory) Model access via NOAA ARL READY Website (<http://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT.php>). NOAA Air Resources Laboratory, Silver Spring, MD (assessed: November 05, 2013[7]).
- [13] Ackerman S. A., Strabala K. I., Menzel W. P., Frey R.A., Moeller C.C., and Gumley L.E. Discriminating clear sky from clouds with MODIS. *Journal of Geophysical Research*; 2006; 103(24):32141-32157.

