

بررسی یک روز غباری با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای، مدل هواشناسی HYSPLIT و اندازه‌گیری‌های زمین-پایه برای شهر تهران

احمد عصار عنایتی، علی بیات

ahmadassar1375@gmail.com

۱- دانشجوی کارشناسی رشته فیزیک، دانشگاه زنجان

abayat@znu.ac.ir

۲- عضو هیئت علمی گروه فیزیک، دانشگاه زنجان

چکیده - در این مقاله با استفاده از داده‌های ماهواره‌های MODIS و OMI، مدل هواشناسی HYSPLIT و اندازه‌گیری‌های زمین پایه توسط سازمان هواشناسی و داده‌های مرکز کنترل کیفیت هوا تهران یک روز غباری مورد بررسی قرار گرفته است. عمق اپتیکی هواویز، معیاری از ذرات جامد یا مایع معلق در جو را نشان می‌دهد. سنجنده MODIS که بر روی ماهواره‌های Aqua و Terra قرار دارد، مقدار عمق اپتیکی هواویز در طول موج ۵۵۰ نانومتر برای روز ۶ جولای ۲۰۰۹ را بالاتر از ۲ ثبت کرده است. همچنین شاخص هواویز اندازه‌گیری شده با سنجنده OMI مقدار بالای ۴ را برای این روز نشان می‌دهد. نمای آنگستروم، معیاری از ابعاد ذرات جوی را نشان می‌دهد که اندازه‌گیری سنجنده MODIS برای این روز نزدیک صفر است که نشان‌دهنده ذرات درشت دانه است. در این روز غباری، غلظت PM_{10} بالای ۸۰۰ میکروگرم در سانتی متر مکعب و دید افقی به زیر ۲ کیلومتر رسیده است. مدل بازگشتی HYSPLIT، نقشه‌های عمق اپتیکی و شاخص هواویز نشان می‌دهند که غبار از چشمه عراق آمده است.

کلید واژه - شاخص هواویز، عمق اپتیکی هواویز، مدل HYSPLIT، نمای آنگستروم، MODIS.

Study of a dusty day by using satellite data, HYSPLIT meteorological model and ground-based measurements over Tehran city

Ahmad Assar Enayati, Ali Bayat

1-Bachelor student of Physics, University of Zanjan, Zanjan, Iran

ahmadassar1375@gmail.com

2- Faculty member of physics, University of Zanjan, Zanjan, Iran

abayat@znu.ac.ir

Abstract- In this paper, by using MODIS and OMI satellites sensor data, the HYSPLIT meteorological model and ground-based measurements by the Meteorological Organization and the Air Quality Control Center of Tehran data, a dusty day has been investigated. Aerosol optical depth shows a measure of solid or liquid suspended particles in the atmosphere. The MODIS sensor, which is located on Aqua and Terra satellites, records the amount aerosol optical depth at 550 nm for July 6, 2009 above 2. Also, the aerosol Index measured with OMI sensor is above 4 for the day. The Angstrom exponent shows a measure of atmospheric particle size that the measurement of MODIS sensor for the day is close to zero, indicating coarse particles. On the dusty day, the concentration of PM_{10} is higher than $800 \mu g / cm^3$ and the horizontal visibility below 2 km. The HYSPLIT model, aerosol optical depth maps and aerosol indexes show that dust is coming from the Iraq.

Keywords: Aerosol Index, Aerosol Optical Depth, HYSPLIT model, Angstrom Exponent, MODIS.

۱- مقدمه

هواویزها ذرات معلق جامد یا مایع در جو هستند که اثرات زیادی در سلامتی انسانها، دید افقی، خواص ابرها و بودجه تابشی جو زمین دارد [1]. غبار، آلودگی شهری و صنعتی، هواویز دریایی و هواویزهای ناشی از سوختن جنگلها و مراتع انواع مختلف هواویزها هستند. به دلیل تغییرات زیاد فضایی و زمانی هواویزها باید بطور پیوسته از فضا و زمین اندازه گیری شوند.

روشهای مختلفی که در اندازه گیری هواویزها به کار می روند عبارتند از: سنجش هواویزها توسط ابزارهای فضا برد مانند ماهواره ها، و سنجش هواویزها توسط ابزارهای زمین-پایه مانند شیدسنجها، لیدارها یا ابزارهای سنجش در محل. در حالت کلی سنجنده ها به ۲ دسته عامل و غیر عامل تقسیم می شوند. سنجنده های عامل موج-الکترومغناطیسی مشخصی را به جو می زنند و از پراکندگی آن ذرات موجود در جو را مورد مطالعه قرار می دهند. سنجنده های غیر عامل از تابش خورشید در طول موجهای مختلف استفاده می کنند و از میزان پراکندگی یا جذب آن، ذرات معلق موجود در جو را اندازه گیری می کنند [2].

سنجنده های غیر عامل معمولاً ارتفاع غبار را تشخیص نمی دهند و صرفاً عددی را به جمع مقادیر موجود در ستون جو، نسبت می دهند. عمق اپتیکی هواویزها، معیاری از غلظت ذرات موجود در جو است که توسط سنجنده های متفاوتی در طول موجها و الگوریتمهای مختلف اندازه گیری می شود. در اینجا از سنجنده MODIS که سنجنده ای غیرعامل است و بر روی ۲ ماهواره Terra و Aqua قرار دارد استفاده شده است. این سنجنده در طول موج ۵۵۰ نانومتر با استفاده از اندازه گیری میزان جذب و پراکندگی در آن طول موج، عددی را به عنوان عمق اپتیکی هواویزها اعلام می کند [3]. داده های هر کدام از ۲ ماهواره، با ۳ الگوریتم Deep blue، Dark Target و الگوریتم Combine که ترکیبی از ۲ الگوریتم قبل است، بررسی می شوند. باتوجه به بررسی تمام الگوریتمهای این سنجنده، الگوریتم Deep blue برای منطقه مورد مطالعه ما نتایج بهتری را نشان داد.

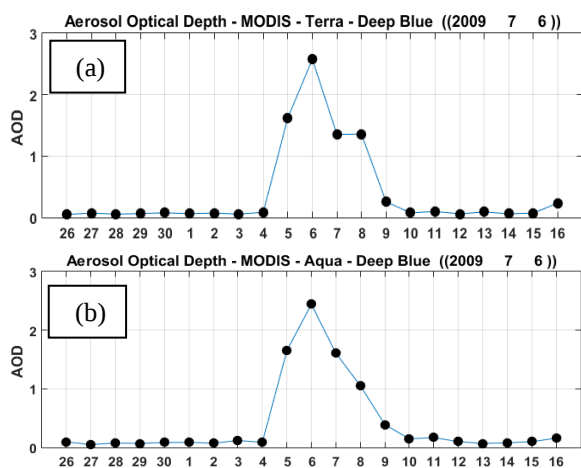
نمای آنگستروم، معیاری از اندازه ذرات موجود در جو زمین است. این ضریب معمولاً عددی بین ۰ تا ۲ است که هر چه از ۱ به صفر نزدیک شویم ذرات درشت تر بوده و به اصطلاح درشت دانه می شوند و هر چه از ۱ به ۲ نزدیک شویم ذرات ریزتر بوده و به اصطلاح ریز دانه می شوند. این ضریب هم توسط چند سنجنده از جمله MODIS اندازه گیری می شود [4]. شاخص هواویزها معیاری از میزان هواویزهای موجود در جو است که بر اساس جذب تابش UV خورشید و تباین ایجاد شده بین طول موجهای ۳۴۰ و ۳۸۰ نانومتر توسط سنجنده OMI اندازه گیری می شود [5].

در این مقاله، با استفاده از داده های ماهواره ای در کنار داده های سطحی آلودگی و هواشناسی به بررسی یک روز غباری می پردازیم. داده های ماهواره ای از سازمان فضایی آمریکا (NASA)، داده های سطحی PM10 از مرکز کنترل کیفیت هوای تهران و داده های هواشناسی، از مرکز هواشناسی ایران دریافت شد.

۲- نتایج

عمق اپتیکی هواویزها (AOD)

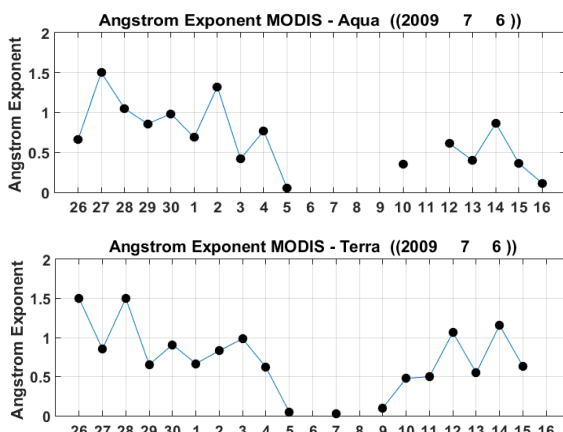
عمق اپتیکی هواویز، معیاری از میزان ذرات موجود در جو را نشان می دهد. در شکل ۱، عمق اپتیکی هواویز در طول موج ۵۵۰ نانومتر اندازه گیری شده توسط (a) سنجنده MODIS-Terra و (b) سنجنده MODIS-Aqua برای ۲۱ روز رسم شده است. مشاهده می کنیم که پدیده غباری از ۵ جولای شروع شده و در روز ۶ جولای به بیشترین حد خود رسیده است.



شکل ۱- نمودار عمق اپتیکی هواویز در طول موج ۵۵۰ نانومتر برای پیکسل بالاسر شهر تهران (a) سنجنده MODIS-Aqua و (b) MODIS-Terra

نمای آنگستروم (Angstrom Exponent)

نمای آنگستروم معیاری از اندازه ذرات هواویز را نشان می دهد. برای ذرات بزرگتر (کوچکتر) از ۱ میکرومتر این ضریب کمتر (بیشتر) از یک است. شکل ۲، نمای آنگستروم اندازه گیری شده توسط دو سنجنده MODIS-Terra و MODIS-Aqua را برای ۲۱ روز نشان می دهد. مشاهده می کنیم که در پدیده غباری مقدار نمای آنگستروم به صفر میل می کند که نشان دهنده ذرات بسیار درشت دانه است.

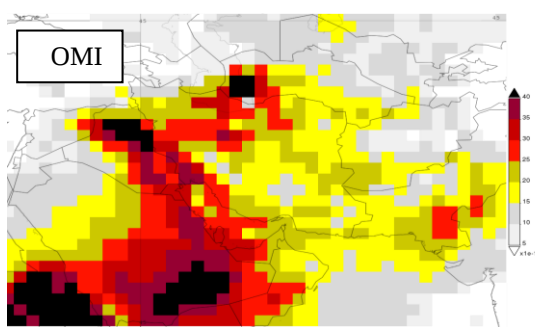
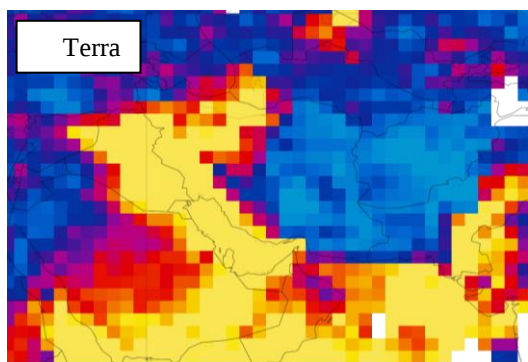
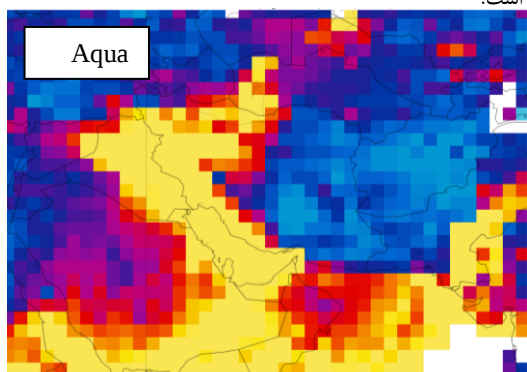


شکل ۲- سری زمانی نمای آنگستروم برای پیکسل بالای سر شهر تهران سنجنده MODIS-Aqua و MODIS-Terra

بازه مورد نظر نشان می‌دهد که شاهد کاهش شدید دید افقی (کمتر از ۲ کیلومتر) هستیم.

بررسی چشمه غبار

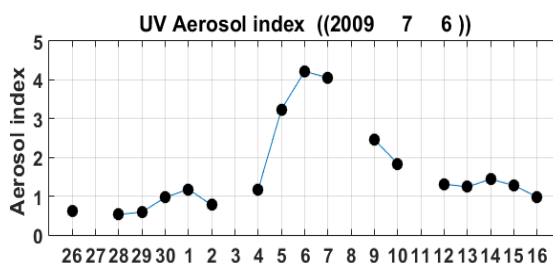
برای تعیین چشمه غبار، نقشه عمق اپتیکی هواویز از دو سنجنده MODIS-Aqua و MODIS-Terra و نیز نقشه شاخص هواویز از داده‌های سنجنده OMI برای ۴۸ ساعت قبل روز غباری در شکل ۶ آورده شده است.



شکل ۶- نقشه عمق اپتیکی هواویز از دو سنجنده MODIS-Aqua و MODIS-Terra. مناطق زرد نشان‌دهنده افزایش شدید عمق اپتیکی در آن منطقه است. همچنین شاخص هواویز سنجنده OMI. رنگ قرمز و تیره نشان‌دهنده افزایش غبار در آن منطقه بوده است.

شاخص UV هواویز (UV Aerosol Index)

برای اطمینان بیشتر از نتایج به دست آمده و همچنین تشخیص دقیق‌تر گرد و غبار از شاخص هواویز استفاده می‌کنیم. این شاخص با استفاده از ۲ طول موج و اندازه‌گیری میزان UV جذب شده، معیاری از غبار در جو را به ما می‌دهد.

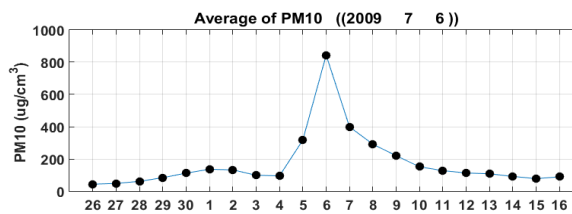


شکل ۳- سری زمانی شاخص هواویز برای پیکسل بالای سر تهران سنجنده OMI.

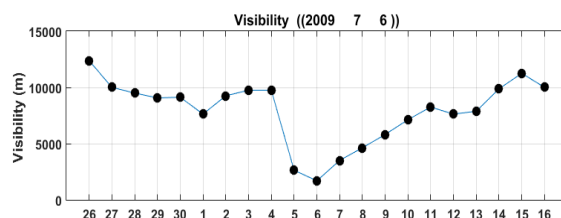
شکل ۳، نشان می‌دهد که در روز نمونه، شاخص هواویز به اوج خود رسیده است و نشان‌دهنده افزایش غبار در ستون بالا سر تهران است.

اندازه‌گیری‌های زمین-پایه

برای تطبیق اطلاعات به دست آمده از ماهواره با داده‌های سطحی که از اعتبار و اهمیت بیشتری برخوردار است، از داده‌های میانگین ایستگاه‌های مرکز کنترل کیفیت هوای تهران و داده‌های سازمان هواشناسی استفاده کردیم.



شکل ۴- نمودار سری زمانی غلظت PM10 - میانگین ۷ ایستگاه مرکز کنترل کیفیت هوای تهران.



شکل ۵- نمودار سری زمانی دید افقی - مرکز هواشناسی ایران ایستگاه مهرآباد

شکل ۴ سری زمانی غلظت ذرات ۱۰ میکرومتر را نشان می‌دهد، نتایج نشان می‌دهند که در روز ۶ جولای میزان ذرات معلق کوچک‌تر از ۱۰ میکرون به بیش از ۱۶ برابر حد مجاز خود رسیده که با داده‌های ماهواره کاملاً مطابقت دارد. شکل ۵، سری زمانی دید افقی را برای

۴- منابع

- [1] معینی، ل، ارتباط بین غلظت آلاینده‌های استنشاقی دی‌اکسید نیتروژن، دی‌اکسید گوگرد، منواکسید کربن و عملکرد ریوی، مجله دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، دوره ۱۳ - شماره ۱ - فروردین و اردیبهشت ۱۳۸۸.
- [2] بیات، علی، دسته‌بندی هواویزهای جوی با استفاده از داده‌های قطبیده شیدسنگ خورشیدی، پایان نامه دکتری، دی‌ماه ۹۲.

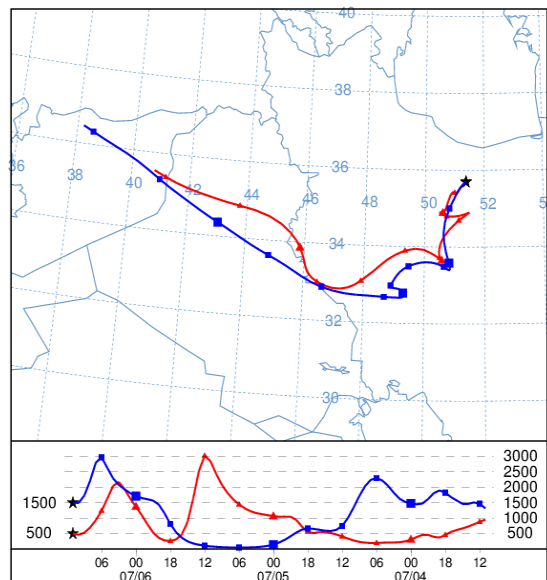
[3]

<https://disc.gsfc.nasa.gov/information/glossary>

- [4] بیات، علی و حمیدرضا خالصی فرد، ۱۳۸۷، بررسی توزیع ابعادی هواویزها در طول دو سال در جو زنجان با استفاده از محاسبه نمایه آنگستروم، پانزدهمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران، اصفهان، دانشگاه اصفهان.

[5] https://disc.sci.gsfc.nasa.gov/datasets/OMTO3d_003/summary

هر سه این نقشه‌ها نشان می‌دهند که چشمه غبار در عراق فعال می‌باشد. برای بررسی مسیر بازگشتی حرکت بسته‌های هوایی از مدل HYSPLIT استفاده می‌کنیم که به ما اطلاعات مسیر حرکت بسته هوای بالاسر تهران را می‌دهد (شکل ۹).



شکل ۹- مسیر بازگشتی بسته‌های هوا برای ۲ ارتفاع ۵۰۰ و ۱۵۰۰ متری از سطح زمین استخراج شده از مدل HYSPLIT در ۶ جولای ۲۰۰۹ برای ۷۲ ساعت قبل.

این مدل نشان می‌دهد که بسته‌های هوا در ارتفاعات مختلف در ۷۲ ساعت قبل از کدام مناطق عبور کرده‌اند و در آن مناطق چه ارتفاعی داشته‌اند که با توجه به خطوط قرمز و آبی می‌توان گفت که این بسته‌های غباری از چشمه‌های شمال عراق به تهران رسیده است.

۳- نتیجه گیری

در اینجا یک روز غباری (۶ جولای ۲۰۰۹) در شهر تهران را بررسی می‌کنیم. عمق اپتیکی هواویز در طول موج ۵۵۰ نانومتر، نمای آنگستروم اندازه‌گیری شده با سنجنده MODIS که بر روی دو ماهواره Aqua و Terra قرار دارند و شاخص هواویز استخراج شده از داده‌های سنجنده OMI برای بررسی روز غباری از فضا مورد استفاده قرار گرفته‌اند. عمق اپتیکی و شاخص هواویز نشان می‌دهند که در روز غباری مقدار آنها به شدت افزایش می‌یابد. دید افقی و غلظت PM10 نشان می‌دهند که غبار موجب کاهش دید افقی و افزایش ذرات معلق کوچکتر ۱۰ میکرومتر شده است. ردیابی بسته‌های هوای بالاسر شهر تهران در دو ارتفاع مختلف از سطح زمین نشان می‌دهد که غبار، ناشی از چشمه‌های فعال عراق است. همچنین نقشه عمق اپتیکی هواویز و شاخص هواویز نشان می‌دهد که در ۴۸ ساعت قبل از روز غباری، چشمه عراق به شدت فعال بوده است.