

بررسی یک روز غباری با شیدسنج کالیتو و رهگیری غبار با مدل HYSPLIT در

یزد

معصومه دهقان بهابادی^۱، محمد جغتایی^۲، علی بیات^۳

^۱دانشجوی کارشناسی/ارشد هواشناسی، دانشگاه یزد، masumedeaghan54@gmail.com

^۲استادیار، گروه فیزیک دانشگاه یزد، mjoghataei@yazd.ac.ir

^۳استادیار، گروه فیزیک دانشگاه زنجان، abayat@znu.ac.ir

چکیده

ذرات جامد و مایع معلق در جو، هواویز نامیده می‌شوند و نقش مهمی در کیفیت هوا و سلامتی انسان‌ها دارند. عمق‌اپتیکی هواویزها، معیاری از میزان هواویزهای موجود در ستون قائم جو زمین و نمای آنگستروم، معیاری کیفی از ابعاد هواویزهای غالب در جو است. در این پژوهش با بررسی روز غباری ۹ می ۲۰۲۱ در شهر یزد توسط شیدسنج خورشیدی دستی کالیتو، عمق‌اپتیکی هواویزها بین ۰/۹۸ تا ۱/۴۲ و نمای آنگستروم بسیار نزدیک به صفر ثبت شده؛ یعنی هواویزهای غالب جو در این روز، درشت‌دانه و از نوع غبار بوده است. با بررسی تصاویر سنجنده MODIS، ماهواره Terra و ماهواره Aqua عمق‌اپتیکی هواویزها بالاتر از ۰/۹۰ می‌باشد. دید افقی تا ۳۲۰۰ متر کاهش یافته و غلظت ذرات با قطر کمتر از ۱۰ و ۲/۵ میکرون به ترتیب ۴/۶ برابر و ۲/۶ برابر حداکثر مقدار مجاز در شبانه روز رسیده است. نتایج مسیریابی روبه‌عقب مدل HYSPLIT حاکی از آن است که احتمالاً چشمه‌ی اصلی انتقال غبار به جو یزد در این روز از کشور عراق بوده است.

واژه‌های کلیدی: سنجش از دور، عمق‌اپتیکی هواویزها، نمای آنگستروم، مدل‌های اسپلیت، مادیس، دید افقی، غلظت ذرات معلق

Investigation of a dusty day using a Calitoo hand-held sun-photometer, and HYSPLIT model in Yazd

Dehghan Bahabadi, Masoumeh¹; Joghataei, Mohammad²; Bayat, Ali³

¹Department of Physics, University of Yazd, Master student of meteorology

²Department of Physics, Yazd University, Yazd

³Department of Physics, Zanjan University, Zanjan

Abstract

Aerosols are tiny liquid and solid suspended particles that play an important role in the air quality and human health. Aerosol optical depth (AOD) is a measure of the amount of particles present in the vertical column of the Earth's atmosphere. Angstrom exponent (AE) is a qualitative measure of the dimensions of the dominant aerosols' sizes. An investigation of the dusty day of May 9, 2021, in the Yazd city with a Calitoo hand-held sun-photometer measures the AOD between 0.98 and 1.42 and the AE very close to zero. The AOD of MODIS-Terra and that of MODIS-Aqua is above 0.90. Horizontal visibility has decreased to 3200 meters and the concentration of PM₁₀ and PM_{2.5} has reached 4.6 times and 2.6 times of the maximum allowable value per day, respectively. The results of the HYSPLIT backward trajectory model introduce the main source of dust transfer to the Yazd atmosphere from the Iraq.

Keywords: Aerosol Optical Depth, Angstrom Exponent, HYSPLIT, MODIS, PM₁₀, PM_{2.5}, Remote Sensing, Visibility.

۱ مقدمه

ذرات جامد و مایع معلق در یک گاز، هواویز نامیده می‌شوند (ژاکوب، ۱۹۹۹). هواویزهای موجود در جو زمین بر اساس اندازه، ترکیبات، منبع و نحوه شکل‌گیری به دسته‌های گوناگونی تقسیم‌بندی می‌شوند. از نظر منشأ تولید هواویزهای طبیعی از وزش باد در نواحی خشک و صحراها، تبخیر آب اقیانوس‌ها و دریاها، سوختن مراتع و جنگل‌ها، فعالیت‌های موجودات زنده و آتش‌فشان‌ها وارد جو زمین می‌شوند. هواویزهای انسان‌ساخت معمولاً از چهار منبع احتراق سوخت‌ها، ذرات ناشی از فعالیت‌های صنعتی، منابع فرار غیرصنعتی (گرد و غبار ناشی از جاده‌های آسفالت شده و آسفالت نشده،

فرسایش مزارع و ساخت و سازها) و هواویزهای ناشی از منابع حمل و نقل به وجود می آیند (سینفلد و پندیس، ۱۹۹۸). در نهایت هواویزها بر اساس نوع غالبشان در جو یک منطقه به چهار نوع هواویزهای غبار، نمک دریایی، هواویزهای حاصل از سوختن مواد زیست توده در نواحی جنگلی و مراتع و هواویزهای شهری - صنعتی دسته بندی می شوند (دوبوویک و همکاران، ۲۰۰۲).

دو روش سنجش در محل و سنجش از دور برای بررسی هواویزها مورد استفاده قرار می گیرد؛ در روش سنجش در محل، اندازه گیری به طور مستقیم با نمونه برداری از محل مورد نظر صورت می گیرد (بیات، ۱۳۹۲). در سنجش از دور، بدون تماس فیزیکی با پدیده، به وسیله ابزارهای نصب شده بر روی ماهواره های هواشناسی، هواپیماها، کشتی ها و ابزارهای نصب شده بر روی سطح زمین مانند رادار، لیدار و شیدسنج خورشیدی، با ثبت امواج الکترومغناطیسی بازتابی یا منتشر شده از پدیده، اطلاعات آن، به دست می آید (زبیری، ۱۳۷۸).

در این مقاله با استفاده از داده های شیدسنج خورشیدی دستی کالیتو (CALITOO) و سنجنده مادیس (MODIS) مستقر بر روی ماهواره های ترا (Terra) و آکوا (Aqua) و داده های سازمان هواشناسی و سازمان محیط زیست و مدل هواشناسی HYSPLIT به بررسی یک روز غباری می پردازیم.

۲ داده و روش

شیدسنج کالیتو (CALITOO) نمای آنگستروم و عمق اپتیکی هواویزها (Aerosol Optical Depth) را در سه طول موج ۴۶۵، ۵۴۰ و ۶۱۹ نانومتر اندازه گیری می کند. در روز غباری ۱۹ اردیبهشت ۱۴۰۰ (9 May 2021) در شهر یزد با استفاده از شیدسنج خورشیدی دستی کالیتو از ساعت ۸:۳۰ تا ۱۶:۳۰ به وقت محلی هر نیم ساعت به نیم ساعت داده برداری انجام گرفت و در هر مرحله، اندازه گیری، سه یا چهار دفعه تکرار شد. سپس داده ها از سطح ۱ به سطح ۱/۵ در دستگاه ارتقاء داده شدند (در هر مرحله اندازه گیری، کمترین مقدار عمق اپتیکی هواویزها نگه داشته شد و بقیه مقادیر حذف شدند). همچنین از سایت جیووانی (Giovanni) داده عمق اپتیکی هواویزها الگوریتم (Deep Blue, Land-only) از سنجنده مادیس (MODIS) مستقر بر روی ماهواره های ترا (Terra) و آکوا (Aqua) استفاده شده است و غلظت ذرات معلق کمتر از ۲/۵ میکرون ($PM_{2.5}$) از سازمان هواشناسی و داده غلظت ذرات معلق کمتر از ۱۰ میکرون (PM_{10}) از سازمان حفاظت محیط زیست استان یزد با نامه نگاری دریافت شده است.

۳ بحث و نتایج

۳-۱ عمق اپتیکی هواویزها و نمای آنگستروم

عمق اپتیکی هواویزها، یک کمیت بدون بعد و نشان دهنده ی خاموشی نور ورودی خورشید در عبور قائم از جو و معیاری از میزان هواویزها و مولکول های موجود در ستون قائم جو زمین است. توجه به شکل ۱ عمق اپتیکی هواویزها در این روز، بین ۰/۹۸ تا ۱/۴۲ متغیر بوده است. میانگین عمق اپتیکی هواویزها، در طول موج آبی، 0.2 ± 1.2 ، در طول موج سبز، 0.2 ± 1.25 و در طول موج قرمز، 0.2 ± 1.22 بوده است.

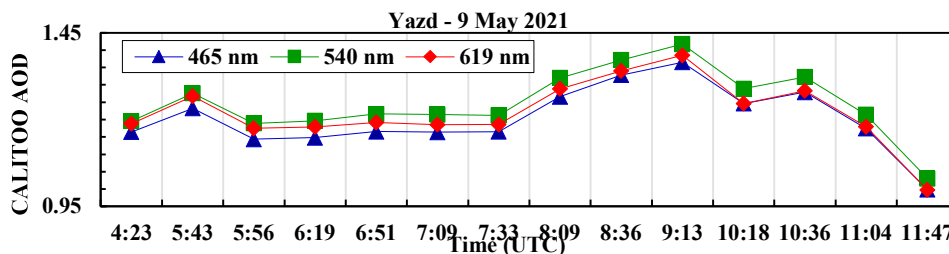
نمای آنگستروم (Angstrom exponent)، معیاری کیفی از ابعاد هواویزهای غالب جو است. با توجه به (شکل ۲ آ) نمای آنگستروم در این روز بسیار نزدیک به صفر و حتی در ساعاتی کمتر از صفر بوده است که نشان دهنده ی ذرات بسیار درشت دانه و غبار است.

۳-۲ غلظت ذرات معلق و دید افقی

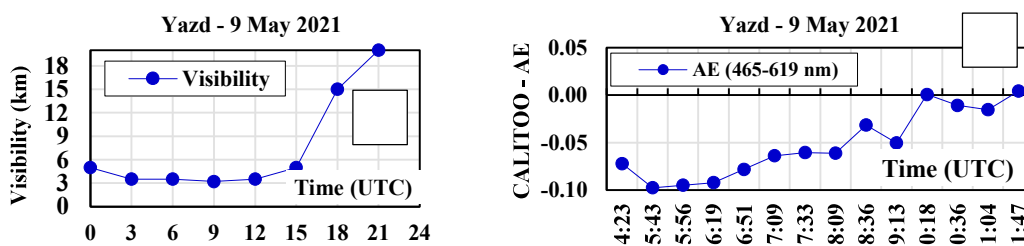
استاندارد کیفیت هوای آزاد طبق اعلام سازمان حفاظت محیط زیست برای ذرات معلق با قطر کمتر از ۱۰ میکرون (PM_{10})، حداکثر ۱۵۰ میکروگرم در مترمکعب در هر ۲۴ ساعت و برای ذرات معلق با قطر کمتر از ۲/۵ میکرون ($PM_{2.5}$)، حداکثر ۳۵ میکروگرم در مترمکعب در هر ۲۴ ساعت می باشد. داده های ساعتی PM_{10} برای روز ۹ می ۲۰۲۱ نشان می دهد در این روز در اکثر زمان ها غلظت این مواد، بالاتر از حد استاندارد بوده و به ۴/۶ برابر حد مجاز در این روز رسیده است (شکل ۳ ب). همچنین داده های ساعتی $PM_{2.5}$ هواشناسی استان یزد برای این روز نشان می دهد غلظت این مواد در این روز به ۲/۶ برابر حد مجاز رسیده است (شکل ۳ آ).

دید افقی به معنای بیشینه ی فاصله ی مشاهده ی جسم، در جو است. داده های سه ساعته ی دید افقی سازمان هواشناسی

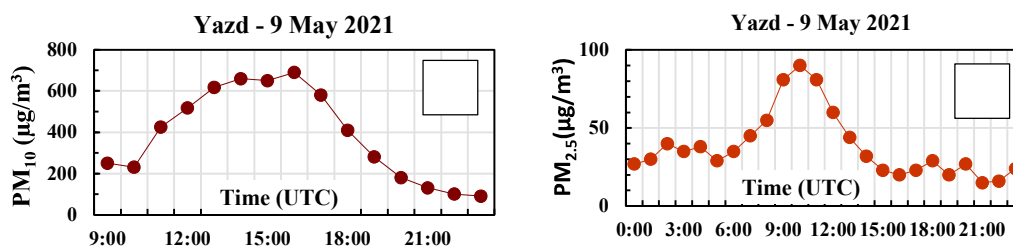
یزد نشان می‌دهد در این روز دید افقی تا ۳۲۰۰ متر کاهش یافته است (شکل ۲ (ب)).



شکل ۱. نمودار تغییرات عمق‌اپتیکی هواویزها، اندازه‌گیری شده توسط شیدسنج کالیتو (مکان داده‌برداری: ۵۴.۲۳ E, ۳۱.۴۹ N).



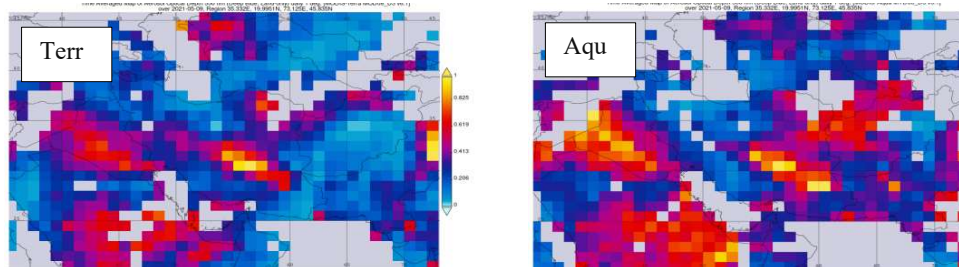
شکل ۲. (آ) نمودار تغییرات نمای آنگستروم، اندازه‌گیری شده توسط شیدسنج کالیتو (مکان داده‌برداری: ۵۴.۲۳ E, ۳۱.۴۹ N)، (ب) نمودار دید افقی (داده‌های سینوپ هواشناسی استان یزد).



شکل ۳. (آ) نمودار غلظت ذرات با قطر کمتر از ۲/۵ میکرون (داده‌های ساعتی سازمان هواشناسی استان یزد)، (ب) نمودار غلظت ذرات با قطر کمتر از ۱۰ میکرون (داده‌های ساعتی سازمان حفاظت محیط زیست یزد).

۳-۳ تصاویر سنجنده مادیس

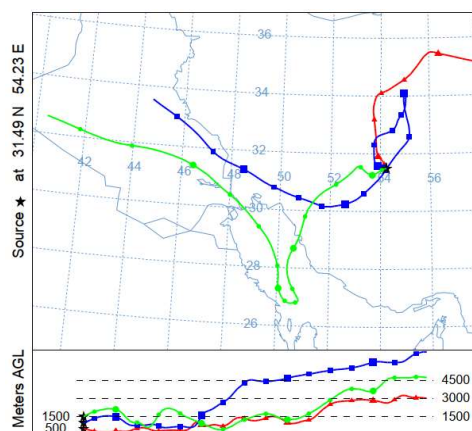
سنجنده‌ی مادیس (تابش‌سنج تصویربرداری با توان تفکیک متوسط) از سال ۱۹۹۹ بر روی ماهواره Terra و از سال ۲۰۰۲ بر روی ماهواره Aqua تاکنون به‌طور روزانه، از جو زمین تصویربرداری می‌کند [۵]. سنجنده‌ی مادیس، ماهواره Terra و Aqua در تاریخ ۹ می ۲۰۲۱ برای منطقه‌ی یزد، عمق‌اپتیکی هواویزها را بالاتر از ۰/۹۰ ثبت کرده است و چشمه‌ی غبار در عراق و عربستان را فعال نشان می‌دهد (شکل ۴).



شکل ۴. عمق‌اپتیکی هواویزها با استفاده از سنجنده‌ی مادیس (سایت جیووانی).

۳-۴ رهگیری چشمه غبار با مدل هواشناسی HYSPLIT

نتایج مسیریابی روبه عقب مدل HYSPLIT برای جو یزد در روز ۹ می ۲۰۲۱ (شکل ۵) نشان می دهد که بسته های هوا در طی ۴ روز قبل از این تاریخ از چه مناطقی و در چه ارتفاعی رد شده اند تا اینکه توانسته اند در ساعت ۱۳:۳۰ (۹ UTC) روز ۱۹ اردیبهشت ۱۴۰۰ در سه ارتفاع ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ متر بالاتر از سطح زمین به جو یزد برسند. دو بسته ی هوا در مسیر حرکتی خود از کشور عراق عبور کرده اند و احتمالاً چشمه اصلی انتقال غبار به جو یزد در این روز، کشور عراق است.



شکل ۵. نتایج مسیریابی روبه عقب مدل HYSPLIT برای جو یزد، روز ۹ می ۲۰۲۱ (۱۹ اردیبهشت ۱۴۰۰).

۴ نتیجه گیری

بررسی روز غباری ۹ می ۲۰۲۱ در شهر یزد نشان می دهد عمق اپتیکی هواویزها بین ۰/۹۸ تا ۱/۴۲ متغیر بوده است. تصاویر سنجنده MODIS در ماهواره Terra و Aqua، عمق اپتیکی هواویزها را بالاتر از ۰/۹۰ نشان می دهند. غلظت ذرات با قطر کمتر از ۱۰ و ۲/۵ میکرون به ترتیب ۴/۶ برابر و ۲/۶ برابر حداکثر مجاز در شبانه روز رسیده و دید افقی تا ۳۲۰۰ متر کاهش یافته است. با توجه به نتایج مسیریابی روبه عقب مدل HYSPLIT احتمالاً چشمه ی اصلی انتقال غبار به جو یزد در این روز، کشور عراق است.

۵ سپاسگزاری

از سازمان هواشناسی استان یزد به خصوص مهندس احسان الله دهقانی و مهندس سید امین طباطبائی عدا و سازمان حفاظت محیط زیست استان یزد به خصوص مهندس میرزاده برای در اختیار قراردادن داده های دید افقی و غلظت ذرات معلق سپاسگزاریم.

۶ منابع

- بیات، ع.، اسفند ۱۳۹۲، دسته بندی هواویزهای جوی با استفاده از داده های قطبیده شیدسنج خورشیدی، پایان نامه دکتری، تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان.
- زبیری، م.، مجد، ع.، (۱۳۷۸، ۲۹)، آشنایی با فن سنجش از دور و کاربرد در منابع طبیعی، دانشگاه تهران، چاپ دوم.
- Jacob, D. J. (1999). Introduction to atmospheric chemistry. In Introduction to Atmospheric Chemistry.
- Seinfeld, J., Pandis, 1998, Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change, Wiley & Sons: New York.
- Dubovik, O., Holben, B., Eck, T., Smirnov, A., Kaufman, Y., King, M., . . . Slutsker, I. (2002). Variability of absorption and optical properties of key aerosol types observed in worldwide locations. *Journal of the atmospheric sciences*, 59(3), 590-608.
- <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/>
- READY - (noaa.gov)
- <https://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod04.php>.