بیست و هشتمین کنفرانس اپتیک و
فوتونیک ایران و چهاردهمین
کنفرانس مهندسی و فناوری
فوتونیک ایران،
دانشگاه شهید چمران اهواز،
خوزستان، ایران.
۱۲-۱۴ بهمن ۱۴۰۰

بررسی تاثیر غبار در شمال غرب ایران بر دما و زور تابشی جو با استفاده از داده‌های شیدسنج خورشیدی

افروز جوزدانی[۱]، حمیدرضا خالصی‌فرد[۱]، علی بیات[۲]
[۱]دانشکده فیزیک دانشگاه تحصیلات تکمیلی در علوم پایه زنجان، زنجان
[۲] گروه فیزیک، دانشگاه زنجان، زنجان
afrooz.jouzdani@iasbs.ac.ir, khalesi@iasbs.ac.ir, abayat@znu.ac.ir

چکیده – ذرات گرد و غبار در جو زمین، با پراکنش و جذب تابش فرودی خور شید و بازتاب شده از سطح زمین، می‌توانند تعادل تابشی جو را تغییر دهند. غبار اثر مهمی بر زور تابشی جو زمین دارد. در فصل بهار و اوایل تابستان، غبار هواویز غالب شهر زنجان است. در این مطالعه با محاسبه همبستگی میان عمق اپتیکی هواویز (AOD)، دمای سینوپتیکی و زور تابشی هواویز (ARF)، به بررسی تاثیر حضور غبار، بر تغییرات دما و ARF، طی رویدادهای غباری رخ داده در این منطقه، بین سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۲۱ می‌پردازیم. مقادیر بالای AOD و مقادیر پایین نمای آنگستروم (AE) نشان دهنده‌ی حضور ذرات درشت‌دانه، مانند غبار است. روزهای غباری با شرط $AOD_{۸۷۰nm} > ۰٫۳۵$ و $AE < ۰٫۵$ مشخص شده‌اند. پارامترهای اپتیکی ذرات غبار از اندازه‌گیری‌های شیدسنج خورشیدی مدل Cimel CE-۳۱۸، دانشگاه تحصیلات تکمیلی زنجان استخراج شده است. نتایج نشان می‌دهد، با ورود توده غبار به جو زنجان، طی یک تا دو روز بعد از رویداد غباری، دمای میانگین روزانه بین ۱° C تا ۳° C کاهش داشته است. دما با AOD ذرات غبار، دو روز بعد از رویداد همبستگی منفی (r = -۰٫۲۱) دارد. در حالی که زورتابشی و AOD همبستگی بالایی با یکدیگر (r = ۰٫۸۳) دارند.

کلید واژه- دما، زورتابشی، شیدسنج خورشیدی، غبار، هواویز

Investigating impacts of dust events in Northwest Iran on atmospheric temperature and radiative forcing using sunphotometer recordings

Afrooz Jouzdani[۱], Hamid R. khalesifard[۱], Ali Bayat[۲]
[۱] [illegible]
[۲] [illegible]
afrooz.jouzdani@iasbs.ac.ir, khalesi@iasbs.ac.ir, abayat@znu.ac.ir

Abstract- Dust particles affect the atmospheric radiation balance by scattering and absorbing solar radiation at various wavelengths. In Zanjan, a city in northwest Iran, dust is the dominant aerosol during spring and early summer. In this study, we analyzed the impacts of dust on synoptic temperature and the radiative forcing of the atmosphere. High AOD values and low Angstrom exponent (AE) values indicate the presence of coarse particles, such as dust. Dusty days are identified by $AOD_{۸۷۰nm} > ۰٫۳۵$ and $AE < ۰٫۵$. The Optical properties of dust particles

[Downloaded from opsi.ir on 2026-01-31]

have been evaluated using ground-based sunphotometer Cimel CE-۳۱۸. By calculating the correlation between AOD, temperature, and ARF, the impacts of dust events on the temperature and radiative forcing can be determined. Results show, the temperature and AOD are negatively correlated (r = -۰٫۲۱). During a typical dust event and two following days of it, we found that the mean daily temperature drops down ۱°C to ۳ °C. Additionally, there was a significant correlation between ARF and AOD (r = ۰٫۸۳).

Keywords: Aerosol, Aerosol radiative forcing, Dust, Sunphotometer,Temperature

[Downloaded from opsi.ir on 2026-01-31]

مقدمه

هواویزها، ذرات جامد و مایع معلق در جو هستند. غبار، یکی از انواع هواویزها است. این ذرات به صورت مستقیم و غیرمستقیم بر بودجه تابشی جو زمین اثر می‌گذارند و نقش مهمی در تعادل انرژی سیستم جو-زمین دارند [۱]. میزان اثر گرمایشی و سرمایشی مولفه‌های سازنده‌ی جو، بر بودجه تابشی جو زمین توسط زور تابشی مشخص می‌شود. اثر غبار بر دما و زور تابشی غبار، در شهر زنجان به طور دقیق مشخص نیست. در این مطالعه به بررسی تغییرات روزانه دمای سینوپتیک، زور تابشی و عمق اپتیکی هواویز در طول پدیده‌های غباری رخ داده، در این منطقه با استفاده از داده‌های شیدسنج خورشیدی واقع در دانشگاه تحصیلات تکمیلی زنجان (۳۶,۶۸۳۰° N, ۴۸,۵۰۸۷° E) و داده‌های ایستگاه هواشناسی زنجان، پرداختیم. هم‌چنین همبستگی میان عمق اپتیکی غبار، زور تابشی و دما برای روزهای قبل و بعد از رویدادهای غباری محاسبه شده است.

داده‌ها و ابزار مطالعه

شیدسنج خورشیدی مدل **Cimel CE-۳۱۸-۲** ساخت فرانسه، ابزاری است که شدت نور مستقیم خورشید و شدت نور پراکنده شده از جو زمین، در زوایای پراکندگی مختلف نسبت به نور مستقیم خورشید، در طول موج‌های ۴۴۰، ۶۷۵، ۸۷۰، ۹۳۶ و ۱۰۲۰ نانومتر اندازه‌گیری می‌کند [۱]. عمق اپتیکی هواویز (AOD)، معیار کمّی، از میزان حضور هواویزها در ستون قائم جو، از سطح زمین تا بالای جو را مشخص می‌کند و با رابطه (۱) محاسبه می‌شود [۲].

$$V(\lambda) = V_0(\lambda) d^2 e^{(-AOD(\lambda)_{Tot}\, m)} \qquad (۱)$$

V ولتاژ دیجیتال در طول موج λ است. $V_0(\lambda)$ ولتاژ در بالای جو، d متوسط فاصله زمین تا خورشید و m جرم اپتیکی هوا است. ولتاژهای ذکر شده با توجه به شدت نورهای دریافتی شیدسنج نشان داده می‌شوند. نمای آنگستروم (AE)، معیاری از توزیع اندازه ذرات غبار است و از معادله آنگستروم، رابطه (۲) محاسبه می‌شود [۲].

$$AOD_\lambda = \beta \lambda^{-AE}, \qquad (۲)$$

AOD_λ عمق اپتیکی هواویز در طول موج λ، β ضریب تاریکی و AE نمای آنگستروم است. زور تابشی هواویز (ARF)، به تفاوت میان شار خورشیدی خالص در حضور هواویزها و بدون آن‌ها گفته می‌شود و با واحد W/m^2 در بالای جو (TOA) و پایین جو (BOA) اندازه‌گیری می‌شود، رابطه‌ی (۳). زورتابشی مثبت و منفی به ترتیب منجر به گرم و سرد شدن جو می‌شود [۳،۲].

$$\boldsymbol{ARF} = (\boldsymbol{F_{a\downarrow}} - \boldsymbol{F_{a\uparrow}}) - (\boldsymbol{F_{0\downarrow}} - \boldsymbol{F_{0\uparrow}}), \qquad (۳)$$

ARF زور تابشی و $(F_\downarrow - F_\uparrow)$ نشان دهنده‌ی شار خالص تابش خورشید (شار رو به بالا – شار رو به پایین) است، که در حضور هواویزها F_a و در صورت عدم وجود آن‌ها F_0، در سطح زمین یا بالای جو محاسبه می‌شود. تفاوت بین زور تابشی در سطح ARF_{BOA} و در بالای جو ARF_{TOA} مقدار ARF_{ATM} در میان جو را نشان می‌دهد، که با رابطه (۴) مشخص می‌شود [۲].

$$ARF_{ATM} = ARF_{TOA} - ARF_{BOA}, \qquad (۴)$$

در سال‌های ۲۰۱۴ و ۲۰۱۵ به دلیل کالیبراسیون سیستم داده ثبت نشده است. هم‌چنین تعدادی از داده‌ها به طور همزمان برای بررسی همه‌ی پارامترها وجود نداشته و حذف شده‌اند. داده‌های سینوپتیکی میانگین‌گیری شده از ساعات ۹:۳۰، ۱۲:۳۰ و ۱۵:۳۰ به وقت محلی، دریافت شده از سایت سازمان هواشناسی زنجان، به عنوان میانگین دمای روزانه و میزان پوشش ابر در نظر گرفته شده‌اند.

محاسبه همبستگی

همبستگی متقابل، روشی برای مقایسه دو سری زمانی است. مقادیر ضریب همبستگی بین ۱- تا ۱ است. با ایجاد تاخیرهای زمانی یک روزه طبق رابطه (۵)، میزان

[Downloaded from opsi.ir on 2026-01-31]

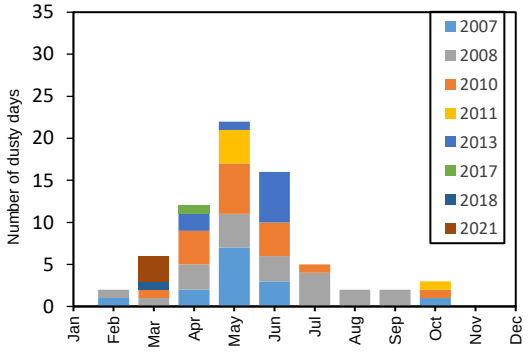
همبستگی وجود غبار در جو و دما در روزهای قبل و بعد از پدیده‌ی غباری نیز محاسبه شده است.

$$r_{m(AOD,T)} = \frac{\sum_{i=1}^{N-m}(AOD_i-\overline{AOD})(T_{i+m}-\overline{T})}{\left\{\sum_{i=1}^{N}(AOD_i-\overline{AOD})^2 \sum_{j=1}^{N}(T_j-\overline{T})^2\right\}^{1/2}} \qquad (۵)$$

$r_{m(AOD,T)}$ همبستگی میان AOD و (T) دما، m تاخیر یک روزه که برای روزهای بعد از پدیده‌ی غباری مثبت و برای روزهای قبل از پدیده‌ی غباری منفی است، $\overline{AOD}$ میانگین AOD و $\overline{T}$ میانگین دما را در این رابطه مشخص می‌کنند.

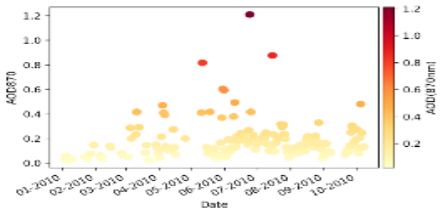
نتایج و بحث

در این پژوهش ابتدا پدیده‌های غباری منطقه در بازه‌ی زمانی سال‌های (۲۰۰۷-۲۰۲۱) شناسایی شده‌اند. در شکل۱ تعداد پدیده‌های غباری با شرط AOD > ۰٫۳۵ و AE < ۰٫۵، در این بازه‌ی زمانی نشان داده شده است [۱]. در سال‌های ۲۰۰۷، ۲۰۰۸، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۳ شهر زنجان، تعداد رویدادهای غباری بیشتری را در بهار و اوایل تابستان تجربه کرده است.

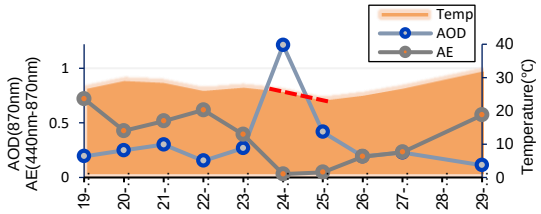


شکل۱- نمودار توزیع فراوانی پدیده‌های غباری سایت شیدسنج خورشیدی زنجان، به تفکیک هر ماه در بازه‌ی زمانی (۲۰۰۷_۲۰۲۱).

همانطور که در شکل۲ نشان داده شده است، بیشینه مقدار AOD در سال ۲۰۱۰ مربوط به روزهای ۱۱ مه، ۲۴ ژوئن و ۱۵ ژوئیه با مقادیر به ترتیب۰٫۸۱، ۱٫۲ و ۰٫۸۷ است. شکل۳ نمودار تغییرات AOD، AE و دما را برای ۵ روز قبل و ۵ روز بعد از روز ۲۴ ژوئن که به عنوان روز غباری با AOD = ۱٫۲ و AE = ۰٫۰۳، در نظر گرفته شده است را نشان می‌دهد. در روزهای پیش از رخداد غباری، با افزایش AOD و کاهش AE، دما تقریبا روند افزایشی داشته است. اما در روز وقوع رویداد و روز پس از آن یعنی ۲۴ و ۲۵ ژوئن دما کاهش یافته و به ترتیب از ۲۷٫۶° به ۲۶° و ۲۴° سانتی‌گراد رسیده است.



شکل۲- مقادیر میانگین روزانه AOD در طول سال ۲۰۱۰، بیشینه مقادیر AOD با رنگ قرمز مشخص شده است.

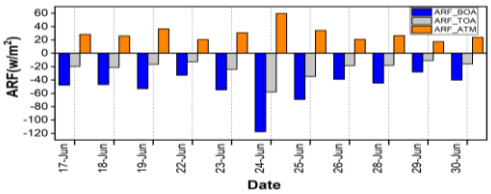


شکل۳- روند تغییرات AOD، AE و دما ، برای بازه‌ی ۱۱ روزه (۵ روز قبل و بعد از رویداد غباری ۲۴ ژوئن با AOD = ۱٫۲ و AE = ۰٫۰۳) خط چین روند کاهشی دما را مشخص می‌کند.

شکل۴ روند تغییرات میانگین روزانه‌ی زور تابشی در سطح زمین، بالا و میان جو را که به ترتیب ARF_BOA، ARF_TOA و ARF_ATM نامگذاری شده‌اند، در طول بازه‌ی زمانی ۵ روز قبل و ۵ روز بعد از رویداد غباری ۲۴ ژوئن نشان می‌دهد. مقادیر ARF در بالای جو و سطح زمین منفی است. مقادیر زور تابشی میان جو مثبت است، که نشان دهنده‌ی جذب تابش در میان جو است و باعث می‌شود، شارخورشیدی که به سطح زمین می‌رسد کاهش یابد. همانطور که در شکل ۴ نشان داده شده است، بیشترین میزان زور تابشی در سطح زمین و میان جو به ترتیب با مقادیر $-۱۱۸\ W/m^2$ و $۶۰\ W/m^2$ برای روز غباری اتفاق افتاده است، همچنین روز بعد از روز غباری

[Downloaded from opsi.ir on 2026-01-31]

نیز نسبت به سایر روزها مقادیر زور تابشی بیشتری دارد. افزایش زور تابشی غبار و کاهش دما در روز غباری و روز بعد از آن، در شرایطی که کمترین میزان پوشش ابر نیز در نظر گرفته شده است، نشان دهنده اثر خنک‌کنندگی غبار در سطح زمین در طول این پدیده‌ی غباری است.

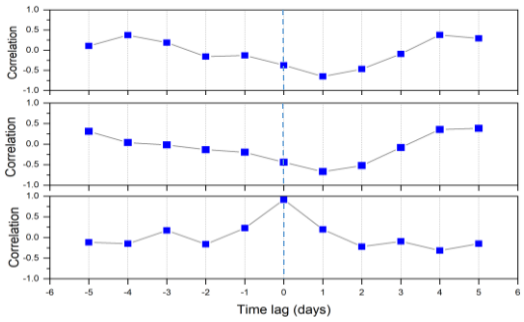


شکل ۴- مقادیر روزانه زور تابشی در سطح زمین (ARF_BOA)، بالای جو (ARF_TOA) و میان جو (ARF_ATM)، برای بازه‌ی ۱۱ روزه (۵ روز قبل و بعد از رویداد غباری ۲۴ ژوئن با AOD = ۱٫۲ و AE = ۰٫۰۳.

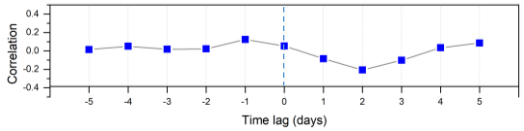
نمودار ضرایب همبستگی برای تاخیرهای زمانی یک روزه برای جفت سری‌های زمانی AOD-دما، ARF-دما و AOD- ARF در شکل ۵ به ترتیب نشان داده شده است. Time lag = ۰ همبستگی میان پارامترها بدون تاخیر زمانی را نشان می‌دهد. در شکل ۵ الف ضریب همبستگی AOD و دما در تاخیر زمانی ۱ و ۲ روز بعد از روز غباری، به ترتیب ۰٫۶۵- و ۰٫۴۶- است، به همین صورت در شکل (۵) ب ضریب همبستگی ARF و دما در تاخیر زمانی ۱ و ۲ روز بعد از روز غباری، به ترتیب ۰٫۶۶- و ۰٫۵۲- است، مقادیر منفی نشان می‌دهند، با افزایش مقدار AOD و ARF، دما طی یک و دو روز بعد از روز غباری کاهش پیدا کرده‌است. در شکل ۵ ج ضریب همبستگی ARF-AOD دارای مقادیر مثبت است. r = ۰٫۹۱ نشان دهنده‌ی همبستگی بالای AOD و ARF است. با افزایش غبار در جو زنجان، مقدار زور تابشی غبار هم در سطح زمین و هم در میان جو افزایش می‌یابد. مقادیر ضرایب همبستگی با تاخیر زمانی برای ۱۸ پدیده‌ی غباری، در طول سال‌های (۲۰۰۷-۲۰۲۱) محاسبه و برای هر تاخیر زمانی میانگین‌گیری شده است. شکل (۶). میانگین همبستگی ۲ روز بعد از روزهای غباری ۰٫۲۱- است.

جمع بندی و نتیجه‌گیری

در این گزارش ابتدا پدیده‌های غباری در بازه‌ی زمانی سال‌های (۲۰۰۷-۲۰۲۱) شناسایی شدند. پدیده‌ی غباری در تاریخ ۲۴ ژوئن ۲۰۱۰ با بیشینه مقدار AOD = ۱٫۲ و کمینه مقدار AE = ۰٫۰۳ به عنوان نمونه، مورد بررسی قرار گرفت. با محاسبه همبستگی میان AOD، دما و ARF طی این پدیده‌ی غباری و سایر پدیده‌ها، مشخص شد، یک تا دو روز بعد از پدیده‌ی غباری، دما حدود ۱ تا ۳ درجه سانتی‌گراد کاهش می‌یابد. همچنین با افزایش AOD، ARF نیز افزایش پیدا می‌کند.



شکل۵- نمودار ضرایب همبستگی برحسب تاخیرهای زمانی (۲۴ ژوئن ۲۰۱۰)، برای جفت سری‌های زمانی الف. AOD– دما ب. ARF-دما و ج. AOD- AR



شکل۶- نمودار ضرایب همبستگی میانگین AOD – دما برای ۱۸ پدیده غباری بازه‌ی (۲۰۰۷-۲۰۲۱) برحسب تاخیرهای زمانی.

مراجع

[۱] Masoumi, A., Laleh, E. and Bayat, A., ۲۰۱۹. Optical and physical properties, time-period, and severity of dust activities as a function of source for the main dust sources of the Middle East. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, *185*, pp.۶۸-۷۹, ۲۰۱۹.

[۲] Gharibzadeh, M., Alam, K., Abedini, Y., Bidokhti, A.A. and Masoumi, A., Monthly and seasonal variations of aerosol optical properties and direct radiative forcing over Zanjan, Iran. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, *164*, pp.۲۶۸-۲۷۵, ۲۰۱۷.

[۳] Lin, J., Zheng, Y., Shen, X., Xing, L. and Che, H., Global Aerosol Classification Based on Aerosol Robotic Network

[Downloaded from opsi.ir on 2026-01-31]

(AERONET) and Satellite Observation. *Remote Sensing*, *13*(٦), p.١١١٤, ٢٠٢١.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-01-31]