

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



بررسی خصوصیات اپتیکی هواویزها در منطقه دریاچه ارومیه با استفاده از شیدسنج خورشیدی دستی کالیتو

سالار علیزاده^ر، علی بیات^۲ و حمیدرضا خالصیفرد^ر ۱- دانشکده فیزیک، دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان، زنجان ۲- گروه فیزیک، دانشگاه زنجان، زنجان <u>salizadeh@iasbs.ac.ir</u>, <u>abayat@znu.ac.ir</u>, <u>khalesi@iasbs.ac.ir</u>

چکیده – شیدسنج خورشیدی یک ابزار اپتیکی برای اندازه گیری عمق اپتیکی هواویزها (AOD) و نمایه آنگستروم (AE) است. در این مقاله، اندازه گیری های انجام شده توسط شیدسنج دستی کالیتو (Calitoo) در بازه ۶ ماهه در شهر ارومیه و منطقه رشکان گزارش شده است. دوره اندازه گیری از ۱ نوامبر ۲۰۲۰ شروع و تا ۳۰ آوریل ۲۰۲۱ ادامه داشت. در این مدت، ۱۱۷ روز اندازه گیری انجام شد. میانگین AOD در ۳ طول موج ۴۶۵، ۵۹۰ و ۶۱۹ نانومتر و AE برابر با ۲۰٫۵، ۲۱٫۱۰، ۱۱٫۸ و ۲۰٫۸ بود. هواویزها بر اساس AOD و AE اندازه گیری شده دستهبندی می شوند. نتایج نشان می دهد، در ۸۵ روز از کل روزهای اندازه گیری AOD در بازه ۲۰٫۷ – ۰ و AE در بازه ۷٫۱ – ۷٫۰ (آلودگی شهری صنعتی) است. برای ۱۲ روز AOD از ۱۵٫۵ – ۲٫۰ و AE از ۲٫۰ – ۰ (غبار) است. برای ۲۲ روز دیگر AOD در ناحیه ۲٫۰ – ۰ (A از آلودگی شهری حنعتی) است. نیها در ۲ روز AOD از ۱۵٫۵ – ۲٫۰ و AE از ۲٫۰ – ۰ (غبار) است. برای ۲۲ روز دیگر AOD در ناحیه ۲٫۰ – ۰ (AD در ۲۰٫۰ – ۰ (غبار آلوده) است. تنها در ۲ روز AD از ۱٫۵ – ۲٫۰ و AE از ۲٫۰ – ۰ (غبار) است. است.

كليد واژه- شيدسنج دستي، عمق اپتيكي هواويزها، نمايه آنگستروم.

Investigation of optical properties of aerosols in Urmia Lake area using Calitoo handheld sun-photometer

Salar Alizadeh¹, Ali Bayat², Hamid R. Khalesifard¹ 1- Department of Physics, Institute for Advanced Studies in Basic Sciences (IASBS) 2- Department of Physics, University of Zanjan, Zanjan salizadeh@iasbs.ac.ir, abayat@znu.ac.ir, khalesi@iasbs.ac.ir

Abstract- Sun-photometer is an optical tool for measuring the Aerosol Optical Depth, AOD and Ångström Exponent, AE. In this paper, measurements with Calitoo sun-photometer in Urmia city and Rashkan region, which has been done for six months, are reported. The measurement period started on November 1, 2020, and lasted until April 30, 2021. During this period, 117 days were measured. The average AOD at three wavelengths of 465, 540, and 619 nm and AE was equal to 0.25, 0.21, 0.18, and 1.08. Aerosols were classified based on AOD and AE. Results show that, in 85 days, AOD was equal to 0-0.7 also AE was equal to 0.7-1.7 (industrial urban pollution). For 12 days AOD was 0.2-1.5, and AE was 0-0.7 (dust). For another 12 days, AOD was 0-0.2 also AE was 0-0.7 (mixed dust). Only in two days, AOD was 0-0.2 also AE was 1.7-2 (clear air).

Keywords: Ångström exponent, Aerosol optical depth, Calitoo handheld Sun-photometer

مقدمه

هواویزها ذرات جامد و مایع هستند که بصورت طبیعی و یا با دخالت بشر وارد جو میشوند. به دلیل پراکنده بودن منابع تولیدکننده هواویزها، توزیع فضایی و زمانی آنها در جو زمین غیریکنواخت است [۱]. برای مطالعه و بررسی هواویزها از علم سنجش از دور استفاده میشود. شیدسنج یک ابزار اپتیکی بوده که عمق اپتیکی هواویزها را اندازه گیری می کند. عمق اپتیکی هواویزها (بدون بعد) معیاری از وجود این ذرات در جو است. با دانستن مقدار معیاری از وجود این ذرات در جو است. با دانستن مقدار آنگستروم (بدون بعد) را محاسبه کرد. این پارامتر معیاری از ابعاد ذرات معلق در جو است [۲]. در این گزارش به بررسی اندازه گیریهای انجام شده در دوره ۶ ماهه در منطقه دریاچه ارومیه می پردازیم.

مبانی نظری

پرتوهای نور در هنگام عبور از جو زمین بوسیله ذرات موجود در جو، جذب و پراکنده میشوند. در این شرایط عمق اپتیکی کل برابر خواهد بود با:

 $\tau_{\lambda} = \tau_{\lambda, \text{ Rayleigh}} + \tau_{\lambda, \text{ Abs}} + \tau_{\lambda, \text{ Aerosol}} \tag{1}$

در رابطه بالا $\tau_{\lambda, \text{Rayleigh}}$ عمق اپتیکی ناشی از پراکندگی رایلی، $\tau_{\lambda, \text{Abs}}$ عمق اپتیکی برای گازهای جاذب و $\tau_{\lambda, \text{Abs}}$ عمق اپتیکی هواویزها در طول موج Λ است. طول موجهای انتخابی برای دستگاه شیدسنج خورشیدی کالیتو (Calitoo) در ناحیه جذب گازهای جاذب در درون جو قرار نمی گیرد. پس میتوان از عبارت $\tau_{\lambda, \text{Abs}}$ در رابطه (۱) صرف نظر کرد [۲]. عمق اپتیکی مربوط به پراکندگی رایلی وابسته به مولکولهای بالای محل اندازه گیری است که با اندازه گیری فشار هوا میتوان آن را محاسبه کرد [۳و۴]. درنهایت با اندازه گیری عمق اپتیکی کل بوسیله شیدسنج، میتوان عمق اپتیکی هواویزها را محاسبه کرد.

روش کار و داده

جو منطقه دریاچه ارومیه برای اولین بار توسط یک دستگاه شیدسنج دستی کالیتو مورد بررسی قرار گرفت. شیدسنج خورشیدی دستی کالیتو یک دستگاه نورسنج است که نور خورشید را در سه طول موج در طول روز به صورت دستی اندازه گیری می کند. از این دادهها عمق اپتیکی هواویزها در هر سه طول موج و نمایه آنگستروم استخراج می شود. از ۱ نوامبر تا ۳۰ دسامبر ۲۰۲۰ اندازه گیری در کنار دریاچه ارومیه در منطقه رشکان با مختصات جغرافیایی ارومیه در منطقه رشکان با مختصات جغرافیایی تا ۳۰ آوریل ۲۰۲۱ اندازه گیری در شهر ارومیه در مختصات جغرافیایی ۲۰۲۱ اندازه گیری در شهر ارومیه در مختصات جغرافیایی ۲۰۲۱ اندازه گیری ۲۳ حیلومتر است (شکل۱).



شکل۱: موقعیت محلهای اندازهگیری در منطقه دریاچه ارومیه.

اندازه گیری در طول روز در ساعات مشخص با فاصله زمانی معین توسط شیدسنج صورت می گرفت. فقط در مواقعی که خورشید پشت ابر قرار داشت اندازه گیری انجام نمی شد. در این مدت، در ۱۱۷ روز اندازه گیری شده و در مجموع ۲۴۰۳ داده سطح ۱ (اندازه گیری های اولیه دستگاه) ثبت گردید. در نهایت، ۵۹۱ داده سطح ۱/۵ (استخراج شده از داده سطح

۱ که تأثیر ابر و خطای انسانی در آن کاهش یافته است) بدست آمد (جدول۱). هر داده سطح ۱٫۵ شامل اطلاعاتی درباره میزان AOD در ۳ طول موج ۴۶۵، ۴۶۰ و ۶۱۹ نانومتر و AE استخراج شده از AOD در دو طول موج ۴۶۵ و ۶۱۹ نانومتر است. جدول۱ تعداد روزهای اندازه گیری در هر ماه و تعداد داده سطح ۱ و ۱٫۵ ثبت شده در این مدت را نشان میدهد.

نتايج

شکل ۲ (الف) تغییرات میانگین روزانه AOD در ۳ طول موج ۵۴۰، ۴۶۵ و ۶۱۹ نانومتر را نمایش می دهد. در شکل ۲ (ب) سری زمانی تغییرات میانگین روزانه AE در طول موج ۴۶۵–۴۱۹ نانومتر مشخص است. به وضوح مشاهده می شود تغییرات میانگین روزانه AE روند نزولی دارند. نتایج نشان مىدهد، گاهى با كاهش (افزايش) AE ،AOD روند افزايشى (کاهشی) داشته است. بخش عمده AOD اندازه گیری شده زیر ۰٫۵ بوده و تعداد روزهایی که در آنها AOD بالاتر از ۰٫۵ بوده، کمتر است. میانگین کل AOD در طول موج ۴۶۵، ۵۴۰ و ۶۱۹ نانومتر و AE برابر با ۲۵،۰۰، ۲۱،۰۱ و ۱٬۰۸ و است. هر چه طول موج کوتاهتر باشد ضریب پراکندگی افزایش می باید، در نتیجه همواره AOD ثبت شده برای طول موج کوتاه (۴۶۵ نانومتر) بیشتر از طول موج بلندتر (۶۱۹ نانومتر) است. در شکل۳ تغییرات پارامترهای فوق بصورت میانگین ماهانه گزارش شده است. بیشترین (کمترین) میزان AOD ثبت شده در طول موج ۴۶۵ نانومتر برای ماه نوامبر (مارس) و بیشترین (کمترین) میزان AE ثبت شده برای ماه دسامبر (آوریل) است. هرچه میزان AE بیشتر (کمتر) باشد ذرات ریزتر (درشتتر) است. چون میانگین AE برای کل بازه اندازه گیری بزر گتر از ۱ است

جدول ۱ : تعداد روزهای اندازه گیری در هر ماه به همراه تعداد داده سطح ۱ و ۱٫۵ ثبت شده با استفاده از شیدسنج دستی کالیتو.

	(اروميه) ۲۰۲۱				(رشکان)۲۰۲۰		سال
مجموع	Apr	Mar	Feb	Jan	Dec	Nov	ماہ
117	74	78	74	۱۸	11	14	تعداد روز
							اندازه گیری
74.7	540	۵۷۳	847	۳۸۷	149	111	تعداد داده
							سطح ۱
۵۹۱	۱۲۸	١٣٩	180	٩٢	36	۳۱	تعداد داده
							سطح ۱٫۵

(۱٬۰۸)، پس در این مدت ذرات ریز دانه بر ذرات درشت دانه (ذرات با ابعاد بزرگتر از یک میکرون) غلبه داشتند.

در شکل ۴ برای ۱۱۷ روز اندازه گیری، پراکندگی AOD در طول موج ۴۶۵ نانومتر نسبت به AE در طول موج ۶۱۹-۴۶۵ نانومتر نشان داده شده است. با دانستن AOD و AE اندازه گیری شده میتوان ذرات را دستهبندی کرد. در این شکل ذرات در ۴ گروه غبار، غبارآلوده، آلودگی شهری صنعتی و هوای پاک تفکیک شدهاند [۵ و۶]. در این مدت، بخش عمدهای از ذرات در دسته آلودگی شهری صنعتی قرار داشت. در تعدادی از روزها غبار و غبار آلوده عامل آلودگی جو ارومیه بوده و تعداد روزهای عاری از آلودگی به نسبت کمتر بود.



شکل ۲: (الف) تغییرات میانگین روزانه AOD در ۳ طول موج ۴۶۵، ۵۴۰ و ۶۱۹ نانومتر و (ب) تغییرات میانگین روزانه AE در طول موج ۶۱۹-۴۶۵ نانومتر از ۱ نوامبر ۲۰۲۰ تا ۳۰ آوریل ۲۰۲۱.

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

اساس اندازه گیریهای انجام شده تنها در ۲ روز هوای این منطقه عاری از هواویز بود. همچنین در بازه اندازه گیری سهم ذرات ریز دانه بیشتر از ذرات درشت دانه است. میانگین AE ثبت شده در ماههای نوامبر، دسامبر، ژانویه و فوریه بالاتر از ۱ است. یعنی ذرات ریزدانه در ماههای سرد سال عامل اصلی آلود گی بوده. اما با نزدیک شدن به ماههای گرمتر سهم ذرات درشت دانه افزایش مییابد که نشان میدهد ذرات غبار و غبار آلوده بیشتر در ماههای گرم این منطقه را تحت تأثیر قرار میدهند.

مرجعها

- Ramachandran, S., Kedia, S., "Aerosol optical properties over South Asia from ground-based observations and remote sensing," a review. Climate 1, pp. 84-119, 2013.
- [Y] Calitoo handheld sun-photometer, "User Manual," [Online]. Available: <u>http://www.tenumshop.com/en/home/1-</u> calitoo-aerosol-photometer.html.
- [٣] Bayat, A., Khalesifard, H.R., Masoumi, A., "Retrieval of aerosol single-scattering albedo and polarized phase function from polarized sun-photometer measurements for Zanjan's atmosphere.," Atmospheric Measurement Techniques 6, p. 2659–2669, 2013.
- [*] Bayat, A., Masoumi, A., Khalesifard, H.R., "Retrieval of atmospheric optical parameters from ground-based sun-photometer measurementsfor Zanjan, Iran," Atmospheric Measurement Techniques 4, p. 857–863, 2011.
- [۵] Toledano C, Cachorro VE, Berjon A, De Frutos AM, Sorribas M, De la Morena BA, Goloub P. Aerosol optical depth and Ångström exponent climatology at El Arenosillo AERONET site (Huelva, Spain). Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society: A journal of the atmospheric sciences, applied meteorology and physical oceanography. 2007 Apr;133(624):795-807.
- [۶] Deep A, Pandey CP, Nandan H, Singh N, Yadav G, Joshi PC, Purohit KD, Bhatt SC. Aerosols optical depth and Ångström exponent over different regions in Garhwal Himalaya, India. Environmental Monitoring and Assessment. 2021 Jun;193(6):1-9.



شکل ۳: تغییرات میانگین ماهانه AOD در ۳ طول موج ۴۶۵-۵۶۰ و ۶۱۹ نانومتر و میانگین ماهانه AE در طول موج ۶۱۹-۴۶۵ نانومتر.



اندازه گیری با استفاده از شیدسنج دستی کالیتو در منطقه دریاچه ارومیه ادامه دارد تا خصوصیات هواویزها با استفاده از این دستگاه در دراز مدت (از زمان شروع اندازه گیری) مورد پایش قرار گیرد. نتایج تکمیلی در آینده گزارش خواهد شد.

نتيجهگيرى

نتایج این پژوهش نشان میدهد، در ۸۵ روز از کل روزهای اندازه گیری آلایندههای شهری صنعتی عامل اصلی آلودگی هوا بوده. سپس غبار برای ۱۲روز و غبار آلوده برای ۱۲ روز دیگر منطقه دادهبرداری را تحت تأثیر قرار داده است. بر