بیست و سومین کنفرانس اپتیک و فوتونیک و نهمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران
دانشگاه تربیت مدرس
۱۲-۱۴ بهمن ۱۳۹۵
23rd Iranian Conference on Optics and Photonics and 9th Conference on Photonics Engineering and Technology
Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
January 31- February 2, 2017

طراحی و ساخت شیدسنج خورشیدی تک‌کاناله برای مطالعه هواویزها

مسعود ایمانی، علی بیات، احمد درودی

گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان، زنجان

چکیده –هواویزها ذرات جامد یا مایع معلق در هوا هستند که تاثیرات زیادی در کیفیت هوا، سلامتی انسان و تغییرات اقلیم دارند. شیدسنج خورشیدی طیف‌سنجی است که شدت نور خورشید را در طول موج‌های مختلف اندازه‌گیری می‌کند. از اندازه‌گیری شیدسنج خورشیدی میزان هواویزهای داخل جو زمین یا عمق اپتیکی هواویزها استخراج می‌شود. در این مقاله، به معرفی شیدسنج خورشیدی تک‌کاناله ساخته شده در دانشگاه زنجان می‌پردازیم.

کلید واژه- شیدسنج خورشیدی، هواویز، سنجش از دور ، عمق اپتیکی.

Design and building one channel sun-photometer for study of aerosols

Masoud Imani, Ali Bayat, Ahmad Daroudi

Department of physics University of Zanjan, Zanjan

Abstract- Aerosols are liquid or solid particles suspended in the air have a strong influence on air quality, human health and climate change. Sun-phtometer is a spectrometer that measures the intensity of sunlight at different wavelengths. Aerosol optical depth can be retrieved from Sun-photometer measurement. In this paper, we introduce a single-channel sun-phtometer that has been built in Zanjan University.

Keywords: Sun-photometer, Aerosols, Remote sensing, Aerosol optical depth

[Downloaded from opsi.ir on 2025-12-08]

این مقاله به شرط در دسترس بودن در وبگاه www.opsi.ir معتبر است.

۱- مقدمه

ایران در منطقه خاومیانه و در کمربند غبار کره زمین قرار دارد و با بارش میانگین کمتر از ۴۰۰ میلی‌متر درسال، جزء کشورهای خشک و کم باران محسوب می‌شود.خشک سالی های اخیر، خشک شدن تالاب‌ها و دریاچه‌ها،از بین رفتن پوشش گیاهی مراتع ودرختان جنگل‌ها ،سدسازی‌های غیر اصولی وگسترش زندگی شهری و افزایش مصرف بی‌رویه سوخت‌های فسیلی باعث رشد چشم‌گیر تولید آلاینده‌های هوا و گازهای موسوم به گازهای گلخانه‌ای در کشور شده است [1]. از طرفی غبار ایجاد شده از برخی منابع داخلی و غبار منطقه ای که از کشورهای دیگر از جمله عراق به سمت ایران می‌آیند باعث تقویت این اثر می‌گردد. به طوری که سالانه شاهد افزایش تعداد روزهای ناسالم در اکثر شهرهای بزرگ می باشیم.برای نمونه روزهای سالم در تهران و شهرهایی مانند اهواز هرساله روبه کاهش است و همه ساله شاهد افزایش روزهای تعطیل مدارس و ادارات دولتی بدلیل آلودگی هوا و افزایش بیماری‌ها و مرگ و میر ناشی از تاثیرات افزایش هواویزها هستیم [2].

هواویزها که ذرات جامد یا مایع معلق در هوا هستند، تاثیرات زیادی بر بودجه تابشی ،کیفیت هوا و سلامتی انسان دارند [3,4]. همچنین افزایش تولید هواویزها موجب تغییر الگوی آب و هوای زمین می شود که از دغدغه های مهم جهان امروز به حساب می آید. از سوی دیگر بر اساس تحقیقات بانک جهانی، آلودگی هوا سالانه باعث مرگ زودرس حدود ۵/۵ میلیون نفر شده و بیش از ۵ تریلیون دلار هزینه برای اقتصاد جهانی به همراه دارد و چهارمین عامل موثر در بروز مرگ زودرس جهانی محسوب می‌شود [5]. از این رو پایش و اندازه‌گیری ذرات معلق در جو و بررسی تاثیرات و همبستگی آن با دیگر پارامترهای جو نظیر دما از اهمیت خاصی بر خوردار است. به همین خاطر اغلب کشورها با راه اندازی ایستگاه‌های زمینی سنجش درمحل و سنجش از راه دور و با استفاده از مدل های هواشناسی و اندازه‌گیری‌های ماهواره‌ای به بررسی هواویزها می پردازند [1].

از ابزارهای مهم اندازه‌گیری هواویزها می‌توان به شیدسنج خورشیدی اشاره کرد. شیدسنج خورشیدی نوعی ایران در منطقه خاومیانه و در کمربند غبار کره زمین قرار دارد و با بارش میانگین کمتر از ۴۰۰ میلی‌متر درسال، جزء کشورهای خشک و کم باران محسوب می‌شود.خشک سالی‌های اخیر، خشک شدن تالاب‌ها و دریاچه‌ها،از بین رفتن پوشش گیاهی مراتع ودرختان جنگل‌ها ،سدسازی‌های غیر اصولی وگسترش زندگی شهری و افزایش مصرف بی‌رویه سوخت‌های فسیلی باعث رشد چشم‌گیر تولید آلاینده‌های هوا و گازهای موسوم به گازهای گلخانه‌ای در کشور شده است [1]. از طرفی غبار ایجاد شده از برخی منابع داخلی و غبار منطقه ای که از کشورهای دیگر از جمله عراق به سمت ایران می‌آیند باعث تقویت این اثر می‌گردد. به طوری که سالانه شاهد افزایش تعداد روزهای ناسالم در اکثر شهرهای بزرگ می باشیم.برای نمونه روزهای سالم در تهران و شهرهایی مانند اهواز هرساله روبه کاهش است و همه ساله شاهد افزایش روزهای تعطیل مدارس و ادارات دولتی بدلیل آلودگی هوا و افزایش بیماری ها و مرگ و میر ناشی از تاثیرات افزایش هواویزها هستیم [2].

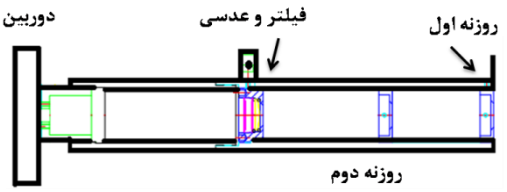
هواویزها که ذرات جامد یا مایع معلق در هوا هستند، تاثیرات زیادی بر بودجه تابشی ،کیفیت هوا و سلامتی انسان دارند [3,4]. همچنین افزایش تولید هواویزها موجب تغییر الگوی آب و هوای زمین می شود که از دغدغه های مهم جهان امروز به حساب می آید. از سوی دیگر بر اساس تحقیقات بانک جهانی، آلودگی هوا سالانه باعث مرگ زودرس حدود ۵/۵ میلیون نفر شده و بیش از ۵ تریلیون دلار هزینه برای اقتصاد جهانی به همراه دارد و چهارمین عامل موثر در بروز مرگ زودرس جهانی محسوب می‌شود [5]. از این رو پایش و اندازه‌گیری ذرات معلق در جو و بررسی تاثیرات و همبستگی آن با دیگر پارامترهای جو نظیر دما از اهمیت خاصی بر خوردار است. به همین خاطر اغلب کشورها با راه اندازی ایستگاه‌های زمینی سنجش درمحل و سنجش از راه دور و با استفاده از مدل های هواشناسی و اندازه‌گیری‌های ماهواره‌ای به بررسی هواویزها می پردازند [1].

از ابزارهای مهم اندازه‌گیری هواویزها می‌توان به شیدسنج خورشیدی اشاره کرد. شیدسنج خورشیدی نوعی چیدمان و روش کار دستگاه

چیدمان اپتیکی شیدسنج خورشیدی تک‌کاناله ساخته شده در دانشگاه زنجان در شکل (۱) آورده شده است. مکانیک شیدسنج با نرم افزار سالیدورک و اپتیک آن با نرم افزار زیمکس طراحی شده است.

این مقاله به شرط در دسترس بودن در وبگاه www.opsi.ir معتبر است.

[Downloaded from opsi.ir on 2025-12-08]



شکل ۱. شمایی از بخش اپتیکی شیدسنج خورشیدی ساخته شده.

اجزای بخش اپتیکی که عبارتند از:

۱) عدسی با قطر ۱ اینچ و فاصله کانونی ۱۷۵ میلی‌متر

۲) فیلتر تداخلی با طول موج عبور ۴۴۰ نانومتر و پهنای باند ۱۰ نانومتر

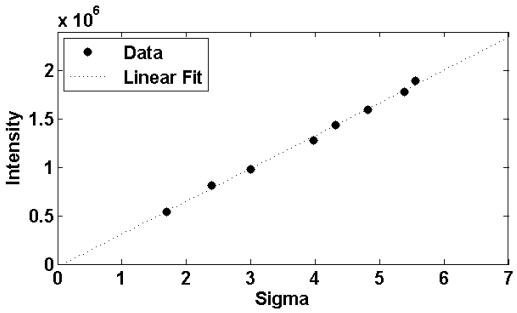
۳)فیلتر شدتی مایلار

۴)CCD تورلب، ۱۲۴۰×۱۰۸۰ پیکسل

۵) دو روزنه بند برای حذف نورهای سرگردان

۶)بخش تنظیم کننده فاصله آشکار ساز تا عدسی

۷) بدنه آلومینیومی



شکل ۲: نمودار تعیین خطی بودن دوربین.

طول بخش اپتیکی حدود ۴۰ سانتی‌متر بوده و زاویه دید ۱ درجه برای کل شیدسنج تعیین شده است. برای اندازه‌گیری نور مستقیم خورشید و حذف نورهای سرگردان از روزنه‌بندها و اندایزینگ سطح داخلی شیدسنج استفاده شده است. برای اطمینان از اندازه‌گیری دقیق تغییرات شدت نور خورشید در تصاویر ثبت شده از CCD تورلب که دارای پاسخ دهی کاملا خطی است استفاده شده است (شکل ۲). همچنین از یک فیلترشدتی مایلار برای کاهش شدت نور خورشید و فیلتر تداخلی برای جداسازی طول موج ۴۴۰ نانومتر مورد مطالعه از نور خورشید استفاده شده است.

شکل۳: دستگاه شیدسنج خورشیدی نصب شده روی پایه تلسکوپ.

پاسخ CCD تورلب در شدت‌های مختلف به شرح زیر اندازه-گیری شد. ۱) از یک سطح صاف و روشن دو تصویر با فاصله زمانی کم تهیه شد. ۲) از هر دو تصویر، سطحی به اندازه۱۰۰×۱۰۰پیکسل انتخاب گردید و میانگین شدت هر کدام را تعیین شد. ۳) نسبت دو میانگین شدت در میانگین شدت تصویر اول ضرب شد. ۴) سپس شدت تصویر دوم از مقدار بدست آمده در قسمت ۳ کم می‌شود. ۵) انحراف معیار و واریانس تصویر بدست آمده از مرحله ۴ محاسبه می‌شود [7]. این پنج مرحله برای شدت‌های مختلف تکرار می‌شود. در شکل ۲ نمودار شدت بر حسب واریانس رسم شده است. این نمودار با دقت 98 درصد خطی رفتار می‌کند.

پس از طراحی و ساخت، بخش اپتیکی روی پایه تلسکوپ Mead Lx100 نصب گردید. در شکل ۳ بخش اپتیکی ساخته شده نشان داده شده است.

۲- روش محاسبه عمق اپتیکی هواویزها

نور خورشید هنگام عبور از جو به خاطر پراکندگی و جذب توسط مولکول‌ها و هواویزهای موجود در جو تضعیف می-شود. طبق قانون بیر- لامبرت میزان تضعیف شدت تابش نور خورشید در طول موج‌هایی که جذب شدیدی ندارند هنگام عبور از یک جزء کوچک به ضخامت dr و سطح مقطع واحد، با چگالی ذرات جاذب و پراکننده ρ در طول موج λ و در ارتفاع z، ضخامت جزء dr رسیده به سطح مقطع I_λ رابطه مستقیم دارد. بنابراین

$$dI_\lambda = -\kappa_\lambda I_{0\lambda} \rho_{\lambda,z} dr$$

اگر جو زمین را متشکل از لایه‌های موازی همگن در نظر بگیریم

$$dz = dr\cos\theta \qquad (۲)$$

این مقاله به شرط در دسترس بودن در وبگاه www.opsi.ir معتبر است.

[Downloaded from opsi.ir on 2025-12-08]

که در آن θ زاویه موازی‌ساز نسبت به سرسو است. با جایگذاری در رابطه بالا و انتگرال گیری به رابطه زیر می‌رسیم:

$$I_\lambda = I_{0\lambda} \exp\left(-\frac{1}{\cos\theta}\int_z^\infty \kappa_\lambda \, \rho_{\lambda,z}\, dz\right) \quad (۳)$$

با جایگذاری $m=\frac{1}{\cos\theta}$ و $\tau_\lambda=\int_z^\infty \kappa_\lambda \, \rho_{\lambda,z}\, dz$ در رابطه بالا داریم [1]

$$I_\lambda = I_{0\lambda}\exp(-m\tau_\lambda) \quad (۴)$$

که درآن m ثابت درجه بندی و τ_λ عمق اپتیکی کل است.

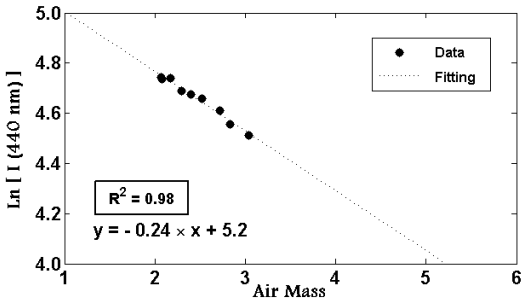
برای درجه‌بندی شیدسنج خورشیدی به روش لانگلی با لگاریتم‌گیری از رابطه (3) داریم [1]:

$$\ln I_\lambda = \ln I_{0\lambda}/R^2 - m\tau_\lambda \quad (۵)$$

با رسم lnI_λ برحسب m و برون‌یابی نمودار در m=0 شدت نور خورشید در طول موج ۴۴۰ نانومتر در پشت جو زمین بدست می‌آید.

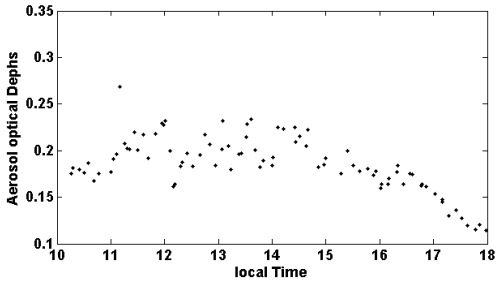
به منظور درجه‌بندی شیدسنج خورشیدی تک‌کاناله ساخته شده، درمنطقه گاوازنگ زنجان با ارتفاع ۲۱۶۵متری، در یک روز صاف اندازه‌گیری از طلوع تا غروب خورشید انجام شد. در شکل ۴، لگاریتم شدت تصاویر برحسب پارامتر میزان هوا برای داده‌ها ترسیم شده است.

پس از درجه‌بندی شیدسنج خورشیدی، داده برداری در ۱۵ شهریور ۱۳۹۵ با فاصله زمانی ۵ دقیقه برای یک روز در پشت‌بام دانشکده علوم دانشگاه زنجان انجام شد.



شکل ۴: نمودار لگاریتم شدت بر حسب m برای تعیین ثابت درجه بندی

شکل۵: نمونه از داده‌های گرفته شده با کمک شیدسنج خورشیدی.



شکل ۶: نمودار عمق اپتیکی کل بر حسب زمان برای روز ۱۵ شهریور ۱۳۹۵.

با استفاده از معادلات بالا عمق اپتیکی هواویزها که از کاستن عمق اپتیکی ریلی از عمق اپتیکی کل بدست می‌آید. عمق اپتیکی ریلی با دانستن میزان فشار در سطح زمین به دست می‌آید [1]. در شکل ۶، عمق اپتیکی هواویزها برای روز ۱۵ شهریور ۱۳۹۵ نشان شده است. میانگین روزانه عمق اپتیکی هواویز برابر ۰,۱۲ است.

۳- نتیجه‌گیری

در این مقاله، طراحی و ساخت شیدسنج خورشیدی تک‌کاناله در طول موج ۴۴۰ نانومتر ساخته شده در دانشگاه زنجان توضیح داده شده است.عمق اپتیکی هواویزها که نشان دهنده میزان ذرات جامد یا مایع معلق در جو است ازاندازه‌گیری شیدسنج خورشیدی در ۱۵ شهریور ۱۳۹۵ محاسبه شد. پس از مقایسه میانگین عمق اپتیکی بدست آمده با عمق اپتیکی حاصل از شیدسنج خورشیدی دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان مشاهده شد که رفتار اندازه‌گیری شده یکسان است. اما مقدار اختلاف بین میانگین روزانه شیدسنج خورشیدی دانشگاه تحصیلات تکمیلی زنجان با شیدسنج تک کاناله ما ۰,۰۶ است.

مراجع

[۱] بیات، علی، *مطالعه پارامترهای اپتیکی جو زنجان با استفاده از شیدسنج خورشیدی*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تحصیلات تکمیلی زنجان، ۱۳۸۷.

[۲] بیات، علی، معصومی،امیر،خالصی فرد حمیدرضا، استخراج تابع فاز قطبیده هواویزها ازداده‌های شیدسنج خورشیدی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی زنجان.

[3] L. V. Beatman, Design and performance of the COOPS sun photometer, Master's Theses, San José state university 2006.

[4] A.R.Ehsani,Design of a microprocessor based auto sun-tracking multi-channel solar radiometer system, Master's Theses,University of Arizona, 1992

[5] http://aeronet.gsfc.nasa.gov

[6] http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/en

[7] http://www.mirametrics.com/tech_note_ccdgain.htm

این مقاله به شرط در دسترس بودن در وبگاه www.opsi.ir معتبر است.

[Downloaded from opsi.ir on 2025-12-08]