



بیست و هفتمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران و سیزدهمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.
۱۴-۱۶ بهمن ۱۳۹۹



کد مقاله : ۲-۲۳۴۴-۱۰-A

بررسی جو دریاچه ارومیه با استفاده از لیدار قطبشی، مدل های هواشناسی و سنجنده MODIS

سالار علیزاده^۱، حمیدرضا خالصی فرد^{۱-۲}، حسین پناهی فر^۱، روح اله مرادحاصلی^۳

۱- دانشکده فیزیک، دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان

۲- پژوهشکده تغییر اقلیم و گرمایش زمین، دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان

۳- گروه فیزیک، واحد زنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، ایران، کدپستی ۵۸۱۴۵ - ۴۵۱۵۶

salizadeh@iasbs.ac.ir, khalesi@iasbs.ac.ir, h.panahifar@iasbs.ac.ir,
r.moradhaseli.iau@gmail.com

چکیده- در این گزارش به بررسی نوع و ارتفاع ذرات معلق موجود در جو دریاچه ارومیه می پردازیم. در تابستان ۲۰۲۰، با استفاده از یک لیدار قطبشی جو دریاچه در راستای عمود پایش شد. برای راستی آزمایی داده های لیدار را با اطلاعات سنجنده MODIS مقایسه خواهیم کرد. و با مدل HYSPLIT مسیر برگشت پدیده ها را ردیابی می کنیم. از داده های ایستگاه هواشناسی پل میانگذر دریاچه نیز استفاده خواهیم کرد. در این مدت ذرات با ضریب واقطبش ۱۵٪ تا ارتفاع بیش از ۳۰۰۰ متر در جو دریاچه ارومیه مشاهده شده اند.

کلید واژه- دریاچه ارومیه، ذرات نمک، لیدار قطبشی.

Investigation of Urmia Lake atmosphere using a polarization LiDAR, meteorological models, and MODIS recordings

Salar Alizadeh¹, Hamid R. Khalesifard¹⁻², Hossein Panahifar¹, Ruhollah Moradhaseli³

1 Department of Physics, Institute for Advanced Studies in Basic Sciences (IASBS)

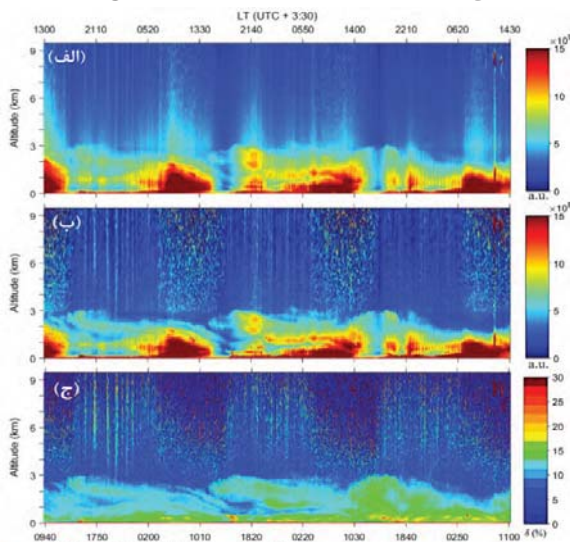
2 Center for Research in Climate Change and Global Warming (CRCC), IASBS

3 Department of Physics, Zanjan Branch, Islamic Azad University, Zanjan, Iran

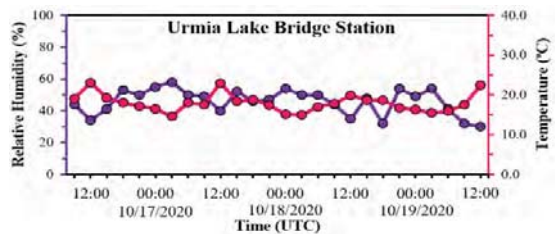
Abstract- In this report, we investigate the type and height of particles in the atmosphere of Urmia Lake (UL). In the summer of 2020, the UL atmosphere was monitored in the zenith direction using a polarization LiDAR. For verification, we will compare LiDAR data with MODIS recordings. And with the HYSPLIT model, we find the back trajectory direction to phenomena. We will also use the data from the UL Bridge weather station. At this time, particles with a depolarization ratio of ~15% to a height of more than 3000 meters have been observed in the UL atmosphere.

Keywords: polarization LiDAR, salt particles, Urmia Lake.

هوایی از سطح زمین تا ارتفاع ۳ کیلومتری قابل تشخیص است. تغییرات زمانی این بسته‌های هوایی با گذشت زمان ثبت شده است. در شکل ۱ ب برای نمایش بهتر پدیده‌ها، سیگنال ۱۰ برابر تقویت شده است. در این شکل در طول روز، سیگنال حاوی نوفه بسیار است. منبع این نوفه‌ها نور پس‌زمینه آسمان است و بخاطر تابش مستقیم نور خورشید، در سیگنال لیدار نوفه بوجود آمده است. میزان نوفه بسیار، سبب شده برد مفید سیگنال در طول روز به زیر ۴ کیلومتر نیز برسد. در شکل ۱ ج چون پارامتر ضریب و اقطبش نسبت سیگنال کانال عمود به موازی است. پروفایل ضریب و اقطبش حجمی نیز در طول روز حاوی نوفه می‌باشد. عمده ضریب و اقطبش ثبت شده برای این پدیده‌ها ۱۵٪ است. این میزان از ضریب و اقطبش بیانگر وجود ذرات غباری از جنس نمک در نمونه گزارش شده است. ذرات با ضریب و اقطبش بیشتر (۲۵٪-۲۰٪) نیز در ارتفاع زیر ۵۰۰ متر مشاهده می‌شوند. نکته قابل توجه در این نمونه، ارتفاع بسته‌های هوایی با ضریب و اقطبش ۱۵٪ است (شکل ۱ ج).



شکل- ۱ سیگنال تصحیح فاصله شده کانال الف) موازی، ب) عمود و ج) تغییرات ضریب و اقطبش حجمی، از ۱۶-۱۹ اکتبر ۲۰۲۰ در موقعیت ایستگاه ISPL



شکل- ۲ تغییرات دما و رطوبت نسبی گزارش شده از ایستگاه هواشناسی پل میانگذر دریاچه ارومیه در بازه داده‌برداری شده.

مقدمه

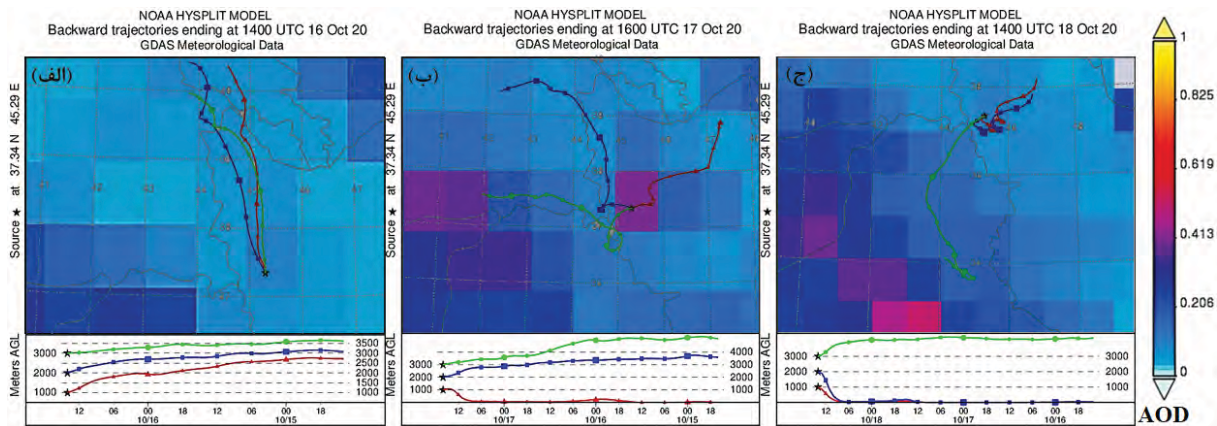
دریاچه ارومیه در شمال غرب ایران در چند سال اخیر در شرایط بحرانی بوده است. تراز آب دریاچه بیش از ۸ متر در دو دهه گذشته کاهش داشت. این کاهش سبب شده در بخش‌های جنوبی، بستر دریاچه تبدیل به زمین‌های شورزار شود [۱]. این صحرای نمکی می‌تواند منبعی برای برخاستن ذرات نمک باشد [۲]. برای مطالعه و بررسی فعالیت دریاچه ارومیه به عنوان منبع تولید ریزگردهایی از جنس نمک تحقیقاتی در سالهای گذشته انجام شده است [۳-۶]. لیدار قطبشی جاروبگر دانشگاه تحصیلات تکمیلی در علوم پایه زنجان (IASBS Scanning and Polarization Lidar, ISPL) برای مطالعه جو دریاچه ارومیه از نزدیک در اواخر تابستان سال ۲۰۱۸ در ساحل جنوبی دریاچه مستقر گردید [۳-۵].

ایستگاه ISPL از اوایل اکتبر ۲۰۱۸ تا اواخر اکتبر ۲۰۲۰ در حال کار بوده است. در این مدت با استفاده از این دستگاه، جو دریاچه در راستای افق جاروب و در راستای عمود (سرسو) پروفایل عمودی ذرات معلق جوی ثبت می‌شده است. از تابستان سال ۲۰۲۰ تا شروع بارندگی‌های فصلی در پاییز همان سال، این لیدار در آرایش سرسو داده‌برداری می‌کرد. در این گزارش به بررسی داده‌برداری‌های انجام شده در این مدت می‌پردازیم. و با استفاده از مدل‌های هواشناسی بسته‌های هوایی مشاهده شده توسط لیدار را ردیابی می‌کنیم. و با اطلاعات سنجنده Terra-MODIS و Aqua-MODIS داده‌های ایستگاه هواشناسی پل میانگذر دریاچه ارومیه مقایسه خواهیم کرد.

نتایج پژوهشی

• مطالعه موردی ۱۶ تا ۱۹ اکتبر ۲۰۲۰

شکل ۱ سری‌های زمانی پروفایل جو دریاچه ارومیه از سطح زمین تا ارتفاع ۹ کیلومتری را نمایش می‌دهد. زمان شروع (پایان) داده‌برداری، رأس ساعت ۱۳:۰۰ به وقت محلی روز ۱۶ (۱۴:۳۰) به وقت محلی روز ۱۹) اکتبر ۲۰۲۰ بود. در این مدت بیش از ۷۲ ساعت بدون توقف داده‌برداری انجام شد. شکل ۱ الف پروفایل سیگنال تصحیح فاصله شده کانال موازی را نمایش می‌دهد. شکل ۱ ب و شکل ۲ ج به ترتیب پروفایل سیگنال تصحیح فاصله شده کانال عمودی و ضریب و اقطبش حجمی (VDR) را نمایش می‌دهند. در شکل ۱ الف، ۳ بسته -



شکل- ۳ ردیابی مسیر برگشت بسته‌های هوایی با استفاده از مدل HYSPLIT در موقعیت ایستگاه ISPL در تاریخ الف) (UTC) ۱۴:۰۰ روز ۱۶، ب) (UTC) ۱۶:۰۰ روز ۱۷ و ج) (UTC) ۱۴:۰۰ روز ۱۸، اکتبر ۲۰۲۰ [۷]. و به همراه تغییرات AOD ثبت شده توسط ماهواره Aqua در منطقه دریاچه ارومیه برای روزهای ۱۶، ۱۷ و ۱۸ اکتبر ۲۰۲۰ [۸].

آرایش سرسو از روزهای سرد سال که ارتفاع بسته‌های هوایی با ضریب واقتبش ۱۵٪ زیر ۱۰۰۰ متر ثبت و گزارش شده بود [۴-۵]. با توجه به داده‌های این گزارش، دریاچه ارومیه در روزهای گرم سال ظرفیت تولید این ذرات و انتقال آنها تا ارتفاع ۳ کیلومتری جو را دارد. در واقع خشک بودن بستر دریاچه احتمال برخاستن این ذرات را در روزهای گرم سال افزایش می‌دهد. سنجنده MODIS بر روی ماهواره Aqua در بازه داده‌برداری شده در بالاس دریاچه ارومیه، میزان عمق اپتیکی هواویزها در طول موج ۵۵۰ نانومتر را کمتر از ۰/۵ گزارش کرده است (شکل ۳). با توجه به اینکه در زمان آماده‌سازی این گزارش داده‌های ماهواره CALIPSO برای زمان داده‌برداری شده بارگذاری نشده بود. اطلاعاتی در مورد نتایج این ماهواره برای مقایسه با اطلاعات ایستگاه ISPL گزارش نشده است.

• بررسی ۱۴ جولای تا ۲۷ اکتبر ۲۰۲۰

از تاریخ ۱۴ جولای تا ۲۷ اکتبر ۲۰۲۰ در ایستگاه ISPL با استفاده از لیدار در آرایش داده‌برداری سرسو، به مدت ۵۰ روز جو دریاچه مورد پایش قرار گرفت. شکل ۴ الف تغییرات میانگین سرعت باد روزانه و تغییرات میانگین جهت باد روزانه گزارش شده توسط ایستگاه هواشناسی پل میانگذر در بازه داده‌برداری شده را نشان می‌دهد. شکل ۴ ب تغییرات میانگین رطوبت نسبی روزانه و میانگین دمای روزانه برای این مدت را نشان می‌دهد. در این دو شکل میزان سرعت باد و دمای میانگین روند نزولی داشته و رطوبت نسبی در این مدت روند صعودی دارد. شکل ۴ ج AOD گزارش شده در بالاس دریاچه توسط ماهواره‌های Aqua و Terra در طول موج ۵۵۰ نانومتر برای بازه داده‌برداری شده را نشان می‌دهد. در غالب روزها

این بسته‌ها تا ارتفاع ۳۰۰۰ متر از سطح زمین فاصله گرفته‌اند. نسبت به داده‌های گزارشات قبلی [۴-۵]، ارتفاع این پدیده‌ها به مراتب بیشتر می‌باشد.

شکل ۲ تغییرات ۳ ساعته دما و رطوبت نسبی از ایستگاه هواشناسی پل میانگذر دریاچه ارومیه، در بازه داده‌برداری شده توسط لیدار را نشان می‌دهد. میزان رطوبت نسبی در این ۷۲ ساعت بین ۶۰٪-۳۰٪ در حال نوسان بود. در روزهای بارشی میزان رطوبت نسبی ثبت شده توسط این ایستگاه تا ۱۰۰٪ افزایش می‌یابد. و رطوبت نسبی زیر ۳۰٪ نیز توسط این ایستگاه در روزهای خشک ثبت گردیده است. میزان دما نیز در این مدت بین ۲۵-۱۵ درجه سانتیگراد نوسان داشت.

در شکل ۳ با استفاده از مدل HYSPLIT بسته‌های هوایی مشاهده شده در موقعیت ایستگاه ISPL در ۳ ارتفاع ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ متری از سطح زمین ردیابی شده است. شکل ۳ الف برای رأس ساعت (UTC) ۱۴:۰۰ روز ۱۶ اکتبر ۲۰۲۰، نشان می‌دهد بسته‌های هوایی طی ۴۸ ساعت گذشته از چه مسیری عبور کرده است. شکل ۳ ب و ج به ترتیب برای ساعت (UTC) ۱۶:۰۰ روز ۱۷ اکتبر ۲۰۲۰ و برای ساعت (UTC) ۱۴:۰۰ روز ۱۸ اکتبر ۲۰۲۰ است. و مسیر برگشتی بسته‌های هوایی طی ۷۲ ساعت گذشته را نمایش می‌دهد. منحنی رسم شده در ارتفاع ۱۰۰۰ متری در شکل ۳ ب و منحنی‌های رسم شده در ارتفاعات ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ متری شکل ۳ ج در مسیر برگشت به سطح زمین نزدیک شده‌اند. با استناد به این منحنی‌ها می‌توان نتیجه گرفت بسته‌های هوایی، منشأ محلی داشته و از بستر خشک دریاچه و یا زمین‌های اطراف آن وارد جو شده‌اند. برخلاف داده‌های بدست آمده در

استان آذربایجان غربی بخاطر در اختیار گذاشتن داده‌های هواشناسی تشکر می‌کنیم.

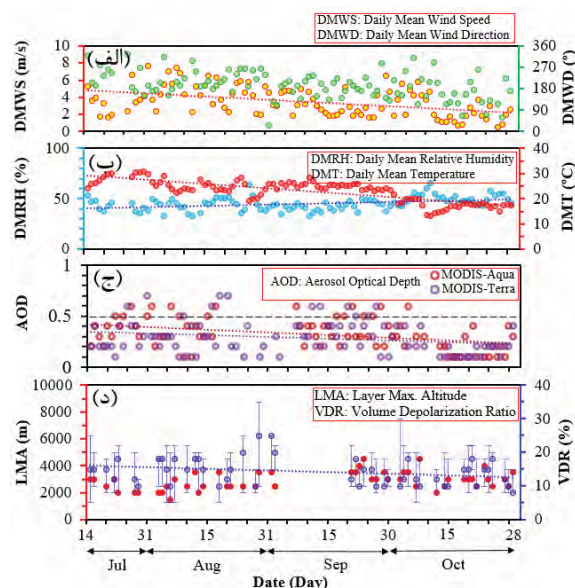
جمع بندی و نتیجه‌گیری

برای جمع‌بندی، در این گزارش ابتدا به مطالعه موردی یکی از داده‌پردازی‌های انجام شده توسط لیدار در ایستگاه ISPL پرداخته‌ایم. نتایج ما نشان می‌دهد در طول تابستان ۲۰۲۰ تا قبل از شروع بارندگی‌های فصلی پاییز، دریاچه ارومیه می‌تواند ذرات غباری از جنس نمک تولید کند. این ذرات در ارتفاع بالاتر از ۳۰۰۰ متر نیز مشاهده شده‌اند. AOD گزارش شده با میزان سرعت باد و دما منطقه رابطه مستقیم و با رطوبت نسبی رابطه معکوس دارد. با نزدیک شدن به روزهای سرد سال از میزان ضریب واقتبش بسته‌های هوایی کاسته می‌شود.

مرجع‌ها

- [1] Golabian, H. (2010). Urumia Lake: Hydro-ecological stabilization and permanence. In Macro-engineering seawater in unique environments (pp. 365-397). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [2] Zarghami, M. (2011). Effective watershed management; case study of Urmia Lake, Iran. *Lake and Reservoir Management*, 27(1), 87-94.
- [3] Khalesifard, H. R., Panahifar, H., Ghomashi, F., Alizadeh, S., & Moradhaseli, R. MONITORING ATMOSPHERIC AEROSOLS OVER THE URMIA LAKE BY CALIPSO AND A GROUND BASE DEPOLARIZED LIDAR.
- [4] علیزاده، سالار و خالصی فرد، حمیدرضا و پناهی فر، حسین، ۱۳۹۸، راه اندازه‌گیری ایستگاه سنجش از دور در ساحل غربی دریاچه ارومیه برای مطالعه ذرات معلق جوی، ششمین کنفرانس منطقه ای تغییرات اقلیم، تهران، <https://civilica.com/doc/1002699>
- [5] Alizadeh S, Panahifar H, Moradhaseli R, Khalesifard H R. Study of Urmia Lake Atmosphere using a ground-based LiDAR. ICOP & ICPET - INPC. 2020; 26 :973-976. URL: <http://opsi.ir/article-1-2176-fa.html>
- [6] Ghomashi, F., & Khalesifard, H. R. (2020). Investigation and characterization of atmospheric aerosols over the Urmia lake using the satellite data and synoptic recordings. *Atmospheric Pollution Research*, 11(11), 2076-2086.
- [7] <https://www.ready.noaa.gov>
- [8] <https://giovanni.gsfc.nasa.gov>

میزان AOD کمتر از ۵/۵ گزارش شده است. و روند هر دو نمودار نزولی است. شکل ۴ د بیشترین ارتفاع بسته‌هوایی مشاهده شده از سطح زمین، و میزان ضریب واقتبش آن بسته هوایی به همراه بازه تغییرات ضریب واقتبش در روز داده- برداری را نشان می‌دهد (نتایج از اطلاعات لیدار واقتبشی). غالب بیشترین ارتفاع بسته‌های هوایی زیر ۴۰۰۰ متر بود. دامنه نوسانات ضریب واقتبش بطور عمده ۲۰٪-۱۰٪ گزارش شده است. و روند تغییرات ضریب واقتبش نیز سیر نزولی داشت. از ابتدای نوامبر ۲۰۲۰ داده‌برداری توسط یک دستگاه شیدسنج دستی Calitoo در موقعیت ایستگاه ISPL شروع شده است. این پروژه توسط نویسندگان این مقاله با همکاری دانشکده فیزیک دانشگاه زنجان انجام می‌شود، تا میزان AOD ذرات معلق در جو دریاچه ارومیه در محل این ایستگاه با جزئیات بیشتری ثبت شود.



شکل- ۴ الف) تغییرات میانگین سرعت باد روزانه و میانگین جهت باد روزانه، ب) تغییرات رطوبت نسبی روزانه به همراه تغییرات میانگین دمای روزانه، از ایستگاه هواشناسی پل میانگذر دریاچه ارومیه، ج) تغییرات AOD در بالاسر دریاچه ارومیه گزارش شده توسط ماهواره Aqua و Terra، و د) تغییرات ارتفاع بالاترین بسته هوایی به همراه ضریب واقتبش آن و دامنه نوسانات ضریب واقتبش گزارش شده توسط لیدار واقتبشی، از تاریخ ۱۴ جولای تا ۲۷ اکتبر ۲۰۲۰.

تشکر و قدردانی

این پروژه با حمایت مالی کارگروه احیای دریاچه ارومیه با شماره طرح ۱۰۰۲۰۱۹۶۱۰۰ انجام گردیده است. از اداره هواشناسی