بیست و ششمین کنفرانس اپتیک و
فوتونیک ایران و دوازدهمین کنفرانس
مهندسی و فناوری فوتونیک ایران،
دانشگاه خوارزمی،
تهران، ایران.
۱۶-۱۵ بهمن ۱۳۹۸

ارزیابی ارتفاع لایه غبار و بررسی نوع هواویزهای جو دریاچه ارومیه با استفاده از لیدار فضابرد CALIOP

فاطمه قماشی[۱]، حمیدرضا خالصی‌فرد[۱و۲]

[۱] دانشکده فیزیک، دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان، زنجان، f.ghomashi@iasbs.ac.ir

[۲] پژوهشکده تغییر اقلیم و گرمایش زمین، دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان، زنجان، khalesi@iasbs.ac.ir

چکیده - دریاچه ارومیه در دو دهه‌ی اخیر با سناریوی شدید خشک شدن مواجه بوده است. بستر خشک شده دریاچه می تواند به عنوان منبع ذرات نمک عمل کند که جو دریاچه و مناطق اطراف آن را آلوده می‌کند. در این مطالعه، پارامترهای عمق اپتیکی لایه هواویز، ارتفاع لایه هواویز و نسبت واقطبش ذره‌ای از داده‌های لیدار CALIOP به منظور بررسی ارتفاع لایه غبار و نوع هواویزهای جو دریاچه انتخاب شده‌اند. نتایج ارتفاع لایه غبار نشان می‌دهد که لایه‌های غبار در جو بالای دریاچه ارومیه عمدتاً در ارتفاع بالاتر از ۳/۱ کیلومتر مشاهده می‌شوند. مقادیر PDR نشان می‌دهد نوع ذرات در جو دریاچه شامل غبار منتقل شده از منابع خارجی، هواویزهای ناشی از آلودگی‌های شهری-صنعتی و ذرات نمک ناشی از بستر خشک شده دریاچه می‌باشند. همچنین نتایج نشان می‌دهد که دریاچه ارومیه عمدتاً در ماه‌های خشک سال یعنی ژوئن تا اکتبر فعال است و مقدار میانگین PDR مربوط به ذرات نمک برخاسته از آن ۰/۱۶ است.

کلید واژه- دریاچه ارومیه، ذرات نمک، ارتفاع لایه غبار، نسبت واقطبش ذره‌ای.

Assessment of dust layer height and investigation of atmospheric aerosol types over the Urmia Lake using CALIOP space-borne Lidar

Fatemeh Ghomashi[1], Hamid R. Khalesifard[1,2]

[1]Department of Physics, Institute for Advanced Studies in Basic Sciences (IASBS), Zanjan, f.ghomashi@iasbs.ac.ir

[2]Center for Research in Climate Change and Global Warming, Institute for Advanced Studies in Basic Sciences (IASBS), Zanjan, khalesi@iasbs.ac.ir

این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-18]

Abstract- The Urmia Lake has faced a severe drought scenario in the last two decades. The dried parts of the lake bed can act as a source of salt particles that contaminate the lake's atmosphere and surrounding areas. In this study, aerosol **layer** optical depth, aerosol layer height and particulate depolarization ratio were selected from CALIOP Lidar data to evaluate dust layer height and investigate the type of atmospheric aerosols over the Urmia Lake. The aerosol layer height values show that dust layers over the atmosphere of Urmia Lake are commonly observed at 3.1 km. PDR values indicate that the type of particles in the lake atmosphere include **dust transported** from outside sources, air pollutants originated from urban-industrial pollution, and salt particles originated from the dried lake bed. The results also show that Urmia Lake is predominantly active during the dry months of the year i.e. June to October and the mean PDR value of these salts particles is 0.16.

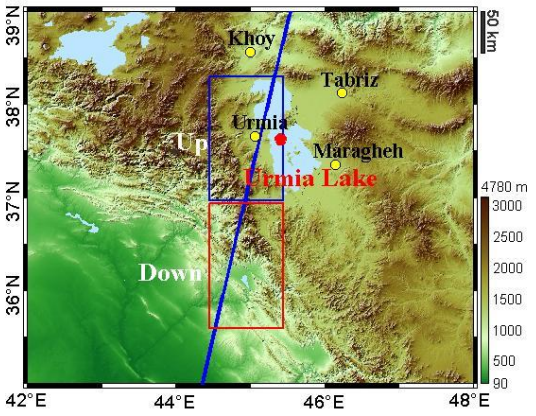
Keywords: Urmia Lake, Salt particles, Dust layer height, Particulate depolarization ratio

مقدمه

دریاچه ارومیه در دو دهه‌ی اخیر با چالش جدی خشک شدن مواجه بوده است و مساحت سطح دریاچه تا سال ۲۰۱۵ بیش از ٪ ۸۸ کاهش یافته است [۱]. یکی از نتایج خشک شدن دریاچه ارومیه، تولید طوفان‌های نمک است که به هنگام وزش بادهای قوی می‌توانند به زمین‌های کشاورزی و مسکونی اطراف دریاچه پراکنده شوند [۲]. ما در این کار، با استفاده از داده‌های لیدار فضابرد CALIOP بر روی ماهواره کالیپسو (CALIPSO) به بررسی نوع هواویزهای جو دریاچه ارومیه و ارتفاع لایه‌های غبار مشاهده شده در جو آن با استفاده از پارامترهای نسبت واقطبش ذره‌ای (PDR)، ارتفاع لایه هواویز و عمق اپتیکی لایه هواویز در بازه‌ی زمانی ژوئن ۲۰۰۶ تا دسامبر ۲۰۱۷ می‌پردازیم.

داده‌ها و روش‌های اندازه‌گیری

ما در این مطالعه به منظور بررسی ارتفاع لایه‌های غبار و نوع هواویزهای جو دریاچه ارومیه و اطراف آن، به‌ترتیب از پارامترهای عمق اپتیکی لایه هواویز (τ_{layer})، ارتفاع لایه هواویز (h_{layer}) و نسبت واقطبش ذره‌ای (PDR یا δ) از مجموعه داده‌های CALIPSO 5-km Aerosol Layer and Profile Product (Level 2, Version 3) در مدت زمان ژوئن ۲۰۰۶ تا دسامبر ۲۰۱۷ استفاده می‌کنیم. در شکل ۱ مسیر عبور لیدار CALIOP که بخشی از آن از روی دریارچه می‌گذرد نشان داده شده است. دوره‌ی تکرار این مسیر ۱۶ روزه است. رنگ در شکل ۱ نشان‌دهنده ارتفاع از سطح دریا است. به منظور بررسی ارتفاع لایه‌های غبار در جو دریاچه ارومیه و اطراف آن، مسیر عبور لیدار CALIOP از روی دریاچه را به دو بخش بالا (Up) و پایین (Down) تقسیم‌بندی می‌کنیم که در شکل ۱ این تقسیم‌بندی نشان داده شده است.



شکل ۱. مسیر عبور لیدار CALIOP از روی دریاچه و تقسیم‌بندی این مسیر به دو بخش Up و Down.

عمق اپتیکی لایه هواویز (τ_{layer}) به عنوان معیاری از میزان هواویزها در جو زمین در نظر گرفته می‌شود و به‌صورت انتگرال‌گیری از ضریب خاموشی (جذب و پراکندگی) ذرات (α_p) در یک ستون قائم از بالای لایه (z_{top}) تا پایین آن (z_{base}) در طول موج ۵۳۲ نانومتر تعریف می‌شود که با رابطه (۱) نشان داده شده است.

$$\tau_{layer} = \int_{z_{top}}^{z_{base}} \alpha_p(z)dz \qquad (۱)$$

این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-18]

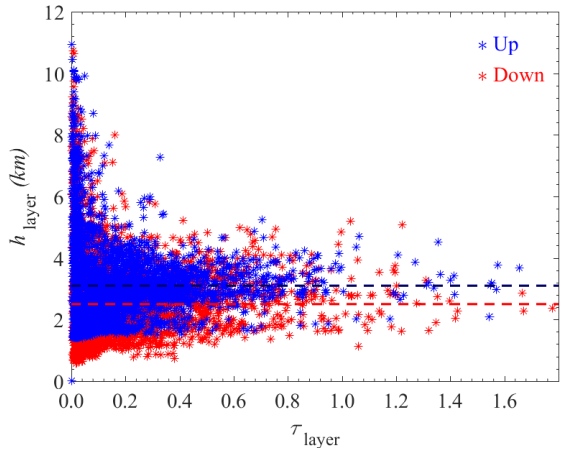
برای بررسی نوع هواویزهای جو دریاچه، از پارامتر نسبت واقطبش ذره ای (PDR یا δ) استفاده می‌کنیم. PDR معیاری از شکل ذرات و نحوه جهت‌گیری آنها نسبت به نور تابیده شده به آنها است. برای ذرات کروی که قطبش نور را تغییر نمی‌دهند مقدار PDR صفر است. هر چه شکل ذره نامنظم‌تر باشد مقدار PDR آن بیشتر است. پارامتر PDR برای تشخیص انواع ذرات و تمایز آنها از همدیگر پارامتر مناسبی است [۳] و از تقسیم مؤلفه عمود به مؤلفه موازی ضریب پس پراکندگی ذره‌ای در طول موج ۵۳۲ نانومتر بدست می‌آید.

$$\delta(z) = \frac{\beta_{\perp}(z)}{\beta_{\parallel}(z)} \qquad (۲)$$

که در این رابطه $\beta_{\perp}$ مؤلفه عمود ضریب پس پراکندگی ذره‌ای و $\beta_{\parallel}$ مؤلفه موازی ضریب پس پراکندگی ذره‌ای است. در این کار به منظور تمایز بین ذرات غبار منتقل شده به جو دریاچه و ذراتی که از منابع محلی نشأت می‌گیرند، پارامتر δ در دو بازه‌ی ارتفاع محاسبه شده است. δ_l (δ_h) که مربوط به میانگین‌گیری PDR از سطح زمین تا ارتفاع ۲ کیلومتر بالاتر از سطح دریا (بالاتر از ۳ کیلومتر) است.

نتایج و بحث

شکل ۲ تغییرات ارتفاع لایه هواویز، h_{layer}، را بر حسب عمق اپتیکی لایه هواویز، τ_{layer}، در بخش‌های Up و Down که از اندازه‌گیری‌های لیدار CALIOP محاسبه شده‌اند نشان می‌دهد. همانطور که در شکل مشاهده می‌شود، لایه‌های هواویز در بخش Up در ارتفاع‌های بالاتری دیده می‌شوند. این می تواند با وضوح بیشتری مشاهده شود وقتی که از تمامی مقادیر h_{layer} که به ازای آنها ، τ_{layer} بزرگتر از ۰/۲ است میانگین‌گیری شود. خط‌چین آبی (قرمز) در شکل ۲ این مقدار را در بخش Up (Down) با ۳/۱ (۲/۵) کیلومتر مشخص می‌کند. به عبارت دیگر، لایه‌های هواویز



شکل ۲. تغییرات h_{layer} بر حسب τ_{layer} در بخش‌های Up و Down. خط چین آبی (قرمز) مربوط به میانگین ارتفاع لایه هواویز با τ_{layer} بزرگتر از ۰/۲ است.

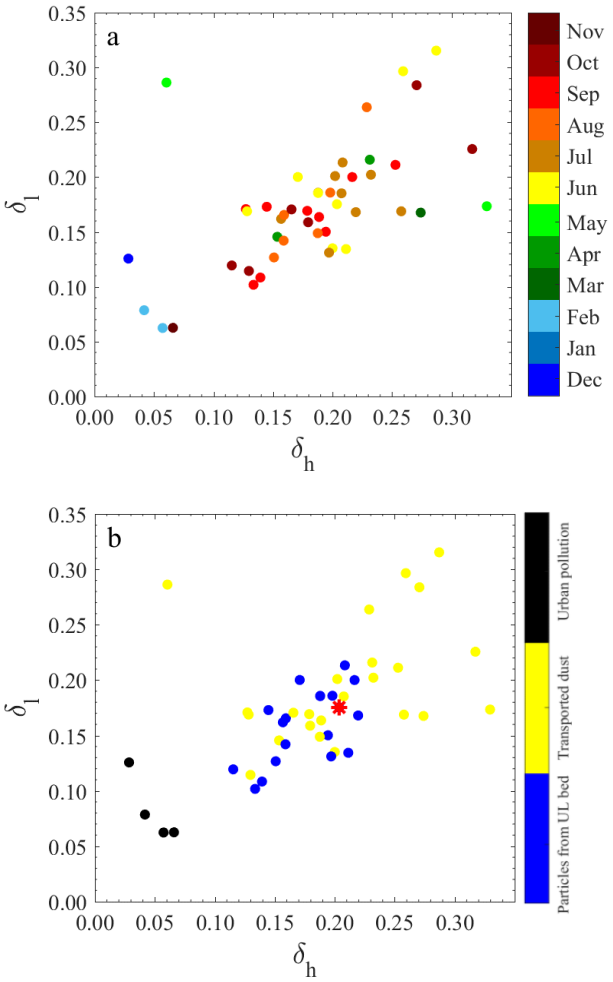
در جو دریاچه ارومیه عمدتاً در بالای خطوط قله کوه‌های اطراف حوضه آبریز دریاچه ارومیه مشاهده می‌شوند.

شکل ۳ تغییرات δ_l بر حسب δ_h را برای تمام داده‌هایی که به ازای آنها عمق اپتیکی هواویز بزرگتر از ۰/۰۴ است نشان می دهد. شکل ۳a نشان می دهد که بیشترین میزان هواویز در جو دریاچه درماه های ژوئن تا اکتبر رخ می دهند اما برای بسیاری از موارد، δ_l و δ_h مقادیر متفاوت با ۰/۲۷ تا ۰/۳۵ دارند که مربوط به نسبت واقطبش ذره‌ای ذرات غبار خالص است [۴]. قبلاً گزارش شده است که نسبت واقطبش مربوط به ذرات نمک خشک تقریباً ۰/۱۵ است [۵]. برای دسته‌بندی نوع هواویزهای جو دریاچه، از مدل HYSPLIT برای بررسی منبع غبار تولید شده و از داده‌های Aerosol subtype لیدار CALIOP برای شناسایی نوع هواویز استفاده کرده‌ایم. تمامی نقاط نشان داده شده در شکل ۳ مواردی است که در آن لایه‌ای از غبار در نزدیکی دریاچه با استفاده از داده‌های Attenuated backscatter مشاهده شده است. در شکل ۳b نقاط آبی رنگ مربوط به مواردی است که غبار نزدیک به بستر دریاچه، مربوط به ذرات نمک ناشی از بستر خشک شده دریاچه است. همانطور که مشاهده می‌شود این ذرات عمدتاً در ماه‌های خشک سال یعنی ژوئن تا اکتبر رخ

این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-18]

می‌دهند و میانگین PDR برای این ذرات $\delta_l = ۰/۱۶ \pm ۰/۰۵$ است که در سازگاری با مقادیر گزارش شده PDR مربوط به نمک خشک است [۵].



شکل۳. تغییرات δ_l برحسب δ_h، a) رخ داده در ماه‌های مختلف سال، b) بر اساس نوع ذرات اتمسفری.

نتیجه‌گیری

با توجه نتایج بدست آمده ما یافتیم که هواویزهای غالب در جو دریاچه ارومیه عمدتاً هواویزهای ناشی از غبار منتقل شده از منابع خارجی به جو دریاچه، آلودگی‌های شهری-صنعتی و ذرات نمک ناشی از بستر خشک شده دریاچه هستند. همچنین نتایج نشان می‌دهد که دریاچه ارومیه در ماه‌های خشک سال یعنی ژوئن تا اکتبر، پتانسیل تولید ذرات نمک در جو خود را دارد که با استفاده از داده‌های لیدار CALIOP نسبت واقطبش ذره‌ای مربوط به این ذرات $۰/۱۶ \pm ۰/۰۵$ است. همچنین ارتفاع لایه‌های غبار در منطقه دریاچه ارومیه عمدتاً در بالای قله کوه‌های اطراف آن یعنی تقریباً بالاتر از ۳ کیلومتر مشاهده می‌شوند.

سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله از مرکز تحقیقات لانگی (LaRC) ناسا برای فراهم نمودن داده‌های لیدار CALIOP و همچنین آزمایشگاه تحقیقات هواشناسی NOAA (ARL) برای فراهم آوردن مدل هواشناسی HYSPLIT سپاس‌گزار هستند.

مرجع‌ها

[1]. A. AghaKouchak, et al., Aral Sea syndrome desiccates Lake Urmia: Call for action, J. Great Lakes Res. 41, 307–311, 2015

[2]. M. Tourian, et al., A spaceborne multisensor approach to monitor the desiccation of lake urmia in iran. Remote Sensing of Environment 156, 349–360, 2015.

[3]. S. Burton, et al., Aerosol classification using airborne high spectral resolution lidar measurements–methodology and examples. Atmospheric Measurement Techniques 5, 73–98, 2012.

[4]. V. Freudenthaler, et al., Depolarization ratio profiling at several wavelengths in pure saharan dust during samum 2006. Tellus B: Chemical and Physical Meteorology 61, 165–179, 2009.

[5]. M. Haarig, et al., Dry versus wet marine particle optical properties: Rh dependence of depolarization ratio, backscatter, and extinction from multiwavelength lidar measurements during saltrace. Atmospheric Chemistry and Physics 17, 14199, 2017

این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-18]