

بررسی صحت و سقم تحلیل تطبیقی دو دریاچه ارومیه و وان «طرح یک موضوع» مهدی خزایی^۱

دکتری اقلیم شناسی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۴/۰۶ تاریخ صدور پذیرش: ۱۳۹۷/۰۷/۱۷

چکیده

همجواری دو دریاچه ارومیه و وان و تشدید تغییرات سطح تراز آبی دریاچه ارومیه نسبت به دریاچه وان، سبب شده است که در بسیاری از بررسی‌ها، با فرض مشابهت دانستن ویژگی‌های طبیعی دو دریاچه، عامل انسانی را به عنوان مهم‌ترین عامل در رخداد کاهش تراز آبی دریاچه ارومیه دانسته شود. در این پژوهش، تلاش شده است تفاوت‌های طبیعی دو دریاچه فوق‌الذکر که به عنوان مهم‌ترین عامل در بقا و یا زوال دو دریاچه ارومیه و وان در عصر تغییر اقلیم شده است، پرداخته شود. بدین منظور در ابتدا به بررسی وضعیت پهنه آبی دو دریاچه فوق‌الذکر پرداخته و سپس جهت بررسی وضعیت دمایی و نم‌نسی در سطح هر دو دریاچه، از پایگاه داده‌ای ECMWF به تفکیک فصول سال طی یک دوره آماری ۳۹ ساله (۲۰۱۷ - ۱۹۷۹) استفاده شده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد در فصول مختلف سال دمای هوا در سطح دریاچه وان بین ۲ تا ۴ درجه سانتی‌گراد کمتر از دریاچه ارومیه و نم‌نسی آن به استثنای فصل زمستان، ۲ تا ۶ درصد بیشتر است. همچنین (سواً از هرگونه تغییرات انسانی از قبیل احداث سد، حفر چاه عمیق و غیره) تفاوت‌های زیادی به لحاظ عمق، حجم آب، شیب کف بستر، بارش، تبخیر، رواناب ورودی و توپوگرافی در اطراف دو دریاچه وجود دارد؛ به طوری که عمق متوسط دریاچه وان در حدود ۲۹ برابر عمق متوسط دریاچه ارومیه و حجم متوسط آب دریاچه وان بیش از ۱۰۰ برابر حجم آب دریاچه ارومیه و همچنین میزان بارش در ضلع جنوبی، جنوب غرب، غرب و شمال دریاچه وان بیش از ۲ تا ۳ برابر حجم بارش در سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه است. به همین دلیل هرگونه تغییرات اقلیمی که منجر به یک دوره خشک‌سالی و یا ترسالی شود، بازخورد آن در دریاچه ارومیه بسیار متفاوت‌تر از دریاچه وان است. همین مساله نشان می‌دهد که دریاچه ارومیه برخلاف دریاچه وان، به مثابه یک استخر نسبتاً وسیع و بسیار کم عمق بوده که به شدت نسبت به هرگونه تغییرات ناشی از بارش و رواناب ورودی به دریاچه واکنش نشان می‌دهد.

واژگان کلیدی: دریاچه ارومیه، دریاچه وان، عناصر اقلیمی، تحلیل تطبیقی.

مقدمه

در حال حاضر در بسیاری از مجامع علمی وقتی که سخن از تغییر اقلیم به میان می‌آید بسیاری از صاحب‌نظران به مقایسه دو دریاچه وان در ترکیه و ارومیه در ایران می‌پردازند و در این مقایسه تماما به تشابهات ظاهری این دو دریاچه از قبیل فاصله اندک از هم و اقلیم نسبتا مشابه پرداخته می‌شود و از این رو نتیجه‌گیری می‌شود که در صورت بروز هر گونه تغییرات اقلیمی، دو دریاچه فوق‌الذکر با توجه به فاصله اندک از هم، سرنوشت یکسانی را تجربه خواهند کرد؛ به طوری که در یکی از پژوهش‌ها که به رفتار سری زمانی تراز آبی دریاچه‌های ارومیه و وان پرداخته است، نشان می‌دهد که در طی یک دوره آماری مشترک ۴۳ ساله (۲۰۰۸ - ۱۹۶۶) تراز آبی دریاچه ارومیه روندی کاهشی و تراز آبی دریاچه وان روندی افزایشی داشته است (جلیلی و همکاران، ۱۳۹۱: ۹۵). در بسیاری از مجامع با استناد به اینگونه مطالعات و با توجه به تشابهات ظاهری طبیعی دو دریاچه، عامل انسانی و بعضا عامل تکنولوژیکی را مسئول کاهش تراز آبی دریاچه ارومیه به ویژه در چند دهه اخیر نسبت به دریاچه وان دانسته‌اند. در این نوشتار عمیقا تفاوت‌ها و تشابهات این دو دریاچه مورد بحث قرار خواهد گرفت تا بتوان تحلیل‌های مربوط به این دو دریاچه و ارتباط دادن آن‌ها را با هم با دقت بیشتری صورت گیرد. از این رو در ابتدا ویژگی‌های طبیعی دریاچه وان و سپس دریاچه ارومیه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

دریاچه وان بزرگترین دریاچه ترکیه، در ارتفاع ۱۶۴۸ متری از سطح دریا، مساحت آن در حدود ۳۵۷۰ کیلومتر مربع و حداکثر عمق آن ۴۵۱ متر است. دریاچه وان بزرگترین دریاچه قلیایی کره زمین با پ هاش ۹/۷ و چهارمین دریاچه بسته داخلی جهان (بعد از دریای خزر، آرال و دریاچه ایسپک کول واقع در قرقیزستان) با حجم آب ۶۰۷ کیلومتر مکعب است. دارای یک منطقه زهکشی ۱۲۵۰۰ کیلومتر مربع و تحت یک اقلیم قاره‌ای قرار دارد. بیشتر بارش در طی زمستان به شکل برف و باران و در تابستان دارای شرایطی گرم و خشک با میانگین دمای ۲۰ درجه است (دگنس و همکاران، ۱۹۸۴: ۷۰۴ و ۷۰۵؛ کادیوگلو و همکاران، ۱۹۹۷: ۱۴۸۹ و ۱۴۹۰؛ آلتونکاینک و سن، ۲۰۰۷: ۲۲۸؛ ریمر و همکاران، ۲۰۰۹: ۱۹۶ لیت و همکاران، ۲۰۰۹: ۱۵۵۵؛ استوککهک و همکاران، ۲۰۱۲: ۱۴۹ و ۱۵۰؛ هوگوات و همکاران، ۲۰۱۲: ۳۶۳۰ - ۳۶۲۸؛ اکسوی و همکاران، ۲۰۱۳: ۲۲۹۸؛ سایگین و همکاران، ۲۰۱۷: ۹۲؛ نورس و همکاران، ۲۰۱۸: ۱۲۱ و ۱۲۲).

حداکثر طول دریاچه وان ۱۳۰ کیلومتر، در جهتی غرب جنوب غربی - شرق شمال شرقی امتداد یافته است (لیت و همکاران، ۲۰۰۹: ۱۵۵۵؛ کوکر، ۱۱، ۲۰۱۴: ۶۳). این دریاچه به وسیله کوه‌هایی احاطه شده است که ارتفاع برخی از

¹ Degnes et al

² Kadioglu et al

³ Altunkaynak and Sen

⁴ Reimer et al

⁵ Litt et al

⁶ stockhecke et al

⁷ Huguet et al

⁸ Aksoy et al

⁹ Saygin et al

¹⁰ North et al

¹¹ Cucur

آن‌ها به بیش از ۴۰۰۰ متر می‌رسد (کادیوگلو و همکاران، ۱۹۹۷: ۱۴۹۰؛ آلتونکایناک و همکاران، ۲۰۰۳: ۲۳۶). ارتفاعات بلند و آتشفشانی سوفان با قله‌هایی بالاتر از خط برف مرز فعلی با ۴۰۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا در شمال دریاچه وان و کوه‌های کاوسه‌پایا با حداکثر ارتفاع ۳۵۰۳ متر که دارای خط برف مرز ۳۴۰۰ متری است در ۲۰ کیلومتری جنوب دریاچه وان واقع شده است. بخش‌های شرقی دریاچه دارای شیب ملایم ۱ تا ۲ درجه اما شیب بخش‌های شمالی و جنوبی به بیشتر از ۱۰ درجه می‌رسد. رودخانه‌های اصلی ورودی به دریاچه وان شامل کاراسو، مورالی، رودخانه انجیل در نزدیکی شهر وان؛ رودخانه گوزل در نزدیکی شهر تاتوان و رودخانه‌های زیلان، دلیکی و بندی ماهی در نزدیکی شهر ارکیس و رودخانه پاپی کک در نزدیکی شهر اهلت (کوکر و همکاران، ۲۰۱۴: ۶۵). در حدود ۴۰ تا ۵۰ درصد دبی سالانه رودخانه‌های ورودی به این دریاچه از طریق رودهای زیلان، بندی ماهی و رودخانه انجیل فراهم می‌شود؛ در ناحیه دریاچه وان ذوب برف و اوج بارش از آوریل تا ژوئن اتفاق می‌افتد و سبب بالا آمدن آب سطح دریاچه در این زمان در حدود نیم متر می‌شود (کادیوگلو و همکاران، ۱۹۹۷: ۱۴۹۱؛ ریمر و همکاران، ۲۰۰۹: ۱۹۹ و ۲۰۷). نوسانات سالانه آب سطح این دریاچه در حدود ۵۰ تا ۶۰ سانتی‌متر است (کادیوگلو و همکاران، ۱۹۹۷: ۱۴۹۱؛ اکسوی و همکاران، ۲۰۱۳: ۲۲۹۸).

دریاچه وان با سد شدن فوران‌های آتشفشانی در اواخر پلیستوسن ایجاد شده است. این نواحی آتشفشانی در حدود ۲۳۰ کیلومتر مربع مساحت داشته و در امتداد شمال شرقی - جنوب غربی و به کوه‌های آتشفشانی نمرود (با ارتفاع حدود ۳۰۰۰ متر) در جنوب غربی متصل می‌شود (کادیوگلو و همکاران، ۱۹۹۷: ۱۴۹۱). در حقیقت دریاچه وان یک دریاچه سدی بوده که بر اثر بسته شدن قسمتی از حوضه موش ۲ توسط مخروط و گدازه‌های آتشفشان نمرود به وجود آمده است (جداری عیوضی، ۱۳۸۱: ۱۰۷؛ اوزدمیر و همکاران، ۲۰۱۳: ۱۸۹؛ کوکر و همکاران، ۲۰۱۴: ۶۴). عمده آب دریاچه وان از طریق بارش و ذوب برف از محدوده حوضه آبریزی به وسعت ۱۲۵۰۰ کیلومتر مربع دریافت می‌شود. بارش سالانه در شهر وان در حدود ۳۷۹ میلی‌متر است. بیشترین حجم بارش در آوریل و اکتبر به وقوع می‌پیوندد. میانگین دمای تابستانه محدوده دریاچه وان بیشتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد و در فصل زمستان کمتر از ۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد، اما به علت شوری بالا (۲۱ تا ۲۴ درصد یا ۲۱۰ تا ۲۴۰ گرم بر کیلوگرم)، سطح دریاچه در این فصل یخ نمی‌زند (هوگوات و همکاران، ۲۰۱۲: ۳۶۳۰ - ۳۶۲۸؛ استوک‌هک و همکاران، ۲۰۱۲: ۱۵۶). در حال حاضر یک موازنه پویا میان بارش، تبخیر و رواناب در حوضه دریاچه وان برقرار شده است؛ به طوری که سالانه در حدود ۴٫۲ کیلومتر مکعب (۱٫۵ درصد از حجم آب دریاچه) به وسیله تبخیر از دسترس خارج می‌شود؛ در مقابل جریان آب رودخانه‌ها ۲٫۵ کیلومتر مکعب و بارش ۱٫۷ کیلومتر مکعب آن را جبران می‌کند (کمپل، ۱۹۷۷: ۱۲۶؛ دگنس و همکاران، ۱۹۸۴: ۷۱۶؛ لندمن و همکاران، ۱۹۹۶: ۸۰۰؛ اکسوی و همکاران، ۲۰۱۳: ۲۳۰۲) بیلان آبی دریاچه وان نشان می‌دهد که هر تغییر ناگهانی یا تدریجی در تراز آبی دریاچه وان به علت عدم توازن یا تعادل بین بارش، رواناب و تبخیر است (اکسوی و همکاران، ۲۰۱۳: ۲۳۰۲).

¹ Altunkaynak et al

² Mush

³ Ozdemir et al

⁴ Cuker et al

⁵ Landmann et al

بالا آمدن سطح آب این دریاچه حداقل به دو دلیل می‌باشد: ۱- هیچ گونه جریان خروجی طبیعی یا مصنوعی در این دریاچه وجود ندارد و ۲- قلیایی بودن بسیار زیاد آب دریاچه، مانع از هر گونه استفاده از آب آن برای مصارف آب آشامیدنی و یا کشاورزی شده است. بنابراین نوسانات سطح آب دریاچه وان تماماً وابسته به تغییر پذیری طبیعی چرخه هیدرولوژیکی و هرگونه تغییرات اقلیمی موثر بر حوضه زهکشی است (کادیوگلو و همکاران، ۱۹۹۷: ۱۴۸۹). شرق فلات آناتولی دارای اقلیم قاره‌ای با تابستان گرم و طولانی و زمستان سرد است. در امتداد کناره شمالی و شرقی دریاچه وان، میانگین بارش سالانه به ۳۰۰ تا ۴۰۰ میلی متر می‌رسد، در حالی که میزان بارش در جنوب دریاچه به ۶۰۰ تا ۸۰۰ میلی متر و در جنوب غربی دریاچه تا ۱۰۰۰ میلی متر و بیشتر به شکل برف افزایش می‌یابد. بیشتر بارش‌ها در مارس و آوریل ریزش می‌کند. ذوب برف در کوهستان‌ها با تاخیر ۱ تا ۲ ماهه سبب می‌شود که رواناب رودخانه‌ها از اواخر آوریل تا ژوئن سبب بالا آمدن سطح آب دریاچه می‌شود. در ماه‌های ژولای و آگوست میزان تبخیر بیشتر از جریان‌های ورودی به دریاچه است بنابراین سطح آب دریاچه پایین می‌رود که تغییرات این تراز سطح آب در حدود ۵۰ تا ۶۰ سانتی متر است (لندمن و همکاران، ۱۹۹۶: ۸۰۰)؛ اسکوی و همکاران، ۲۰۱۳: ۲۲۹۸) نزدیک به ۸۰ درصد کل رواناب حوضه در فصل بهار همزمان با بارش‌های شدید و ذوب برف تامین می‌شود (آلتونکاینک و همکاران، ۲۰۰۳: ۲۳۶؛ کادیوگلو و همکاران، ۱۹۹۷: ۱۴۸۹ و ۱۴۹۰).

لایه آب فوقانی دریاچه در فصل تابستان دارای دمای ۲۵ درجه سانتی گراد (استوک‌هک و همکاران، ۲۰۱۲: ۱۵۳). در عمق پایین تر از ۷۰ متری دمای آب دامنه‌ای از ۳٫۲ تا ۳٫۷ درجه سانتی گراد را در بازه سالانه به خود می‌گیرد (کادن و همکاران، ۲۰۱۰: ۶؛ استوک‌هک و همکاران، ۲۰۱۲: ۱۵۳؛ هوگوات و همکاران، ۲۰۱۲: ۳۶۳۰). اقلیم دریاچه وان به شدت تحت تاثیر تغییرات در موقعیت جت جنب حاره‌ای، پرفشار جنب حاره‌ای و پرفشار سبیری است که مرز بین اقلیم مدیترانه‌ای مرطوب و اقلیم قاره‌ای را تعیین می‌کند (کویسین و همکاران، ۲۰۱۴: ۴۳).

در مقابل، دریاچه ارومیه بیستمین دریاچه بزرگ جهان با سطحی متغیر بین ۲۳۰۰ تا ۶۰۰۰ کیلومتر مربع و دارای شیب بسیار ملایمی در کف بستر است. این دریاچه دومین دریاچه شور دنیا است و در حدود ۳۵ سد بر روی ۲۱ رودخانه دائمی در حوضه این دریاچه بسته شده است که ورودی آب به دریاچه را به شدت کاهش داده است (دلجو و همکاران، ۲۰۱۳: ۲؛ آسم و همکاران، ۲۰۱۴: ۱۰۴). از سال ۱۹۷۹ تا ۱۹۹۲ (۱۳۵۸ تا ۱۳۷۱ ش) در کم‌عرض‌ترین قسمت دریاچه گذرگاهی به طول ۱۵/۴ کیلومتر برای عبور از عرض دریاچه و اتصال استان آذربایجان غربی به شرقی احداث شده است (زیندینی و همکاران، ۲۰۰۹: ۱۳). مساحت حوضه آبریز دریاچه ارومیه در حدود ۵۱۷۶۲ کیلومتر مربع؛ مساحت خود دریاچه در حدود ۵۸۲۲ کیلومتر مربع؛ حداکثر طول دریاچه در حدود ۱۳۰ تا ۱۴۶ کیلومتر و عرض آن بین ۱۵ تا ۵۸ کیلومتر متغیر است. در صورت حفظ مساحت دریاچه با ۵۸۲۲ کیلومتر مربع و عمق متوسط ۴٫۵ متر، حجم آب این دریاچه در حدود ۳۱ میلیارد مکعب تخمین زده می‌شود، در ۲۷ اسفند ۱۳۹۶ مساحت پهنه آبی دریاچه ارومیه در حدود ۲۲۰۸٫۰۵ کیلومتر مربع که کمتر از نصف مساحت فوق الذکر (۵۸۲۲)

¹ Kaden et al

² Kwiecien

³ Deiju et al

⁴ Asem et al

⁵ Zeinoddini et al

کیلومتر مربع در سال ۱۳۷۸) است و حجم آب آن در حدود ۱,۸۶ میلیارد مترمکعب برآورد شده است. سهم آب ورودی به دریاچه از رودخانه‌های استان آذربایجان غربی ۵۳ درصد، از استان کردستان ۳۲ درصد و از استان آذربایجان شرقی ۱۵ درصد می‌باشد؛ همچنین متوسط بارش طی سالهای ۱۳۴۴ تا ۱۳۹۵ در حوضه آبریز دریاچه ارومیه ۳۴۸/۷ میلی‌متر بوده است (شرکت آب منطقه‌ای آذربایجان غربی، <http://www.agrw.ir/SC.php?type=static&id=161>). حجم متوسط جریان سطحی سالانه در این حوضه در حدود ۵/۳ میلیارد متر مکعب است که رودخانه زرينه رود به تنهایی در حدود ۲ میلیارد متر مکعب کل جریانات سطحی این حوضه را شامل می‌شود (صداقت، ۱۳۸۳: ۵۵ و ۵۸). ارتباط مستقیمی بین حجم رواناب (بوئزه جریان آب رودخانه زرينه رود) با کاهش حجم و سطح آب دریاچه ارومیه در شرق و جنوب شرق این دریاچه وجود دارد (زینالی و اصغری سراسکانرود، ۱۳۹۴: ۹). در صورتی که آب مورد نیاز دریاچه ارومیه طی ماه‌های آوریل تا اکتبر در حد نرمال نیز تامین شود (۳/۱ میلیارد متر مکعب) باز هم روند کاهش سطح و حجم آب دریاچه ارومیه به علت تبخیر ۳/۸ میلیارد متر مکعب (از اکتبر تا نوامبر) تداوم خواهد داشت (سیما و تجریشی، ۱۳۹۴: ۳۲). بررسی‌ها نشان می‌دهد که از سال ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۰ ارتفاع سطح آب دریاچه ارومیه در حدود ۶ تا ۷/۴۰ متر کاهش داشته است (فتحی و همکاران، ۱۳۹۴: ۲۷۱). لک و همکاران (۱۳۹۰: ۳۴۳) مهم‌ترین عامل کاهش تراز آب دریاچه ارومیه را عامل انسانی دانسته و سایر عوامل طبیعی از جمله تغییرات اقلیمی و گرمایش جهانی را به عنوان عامل موثر ثانویه معرفی کرده‌اند. در مقابل واعظی هیر و همکاران (۱۳۹۵: ۱۲۳ و ۱۲۴) خشکسالی هواشناسی را به عنوان مهم‌ترین عامل کاهش جریان رودخانه‌ها در بالا دست حوضه آبریز دریاچه ارومیه را دانسته‌اند. همین خشکسالی‌های هواشناسی سبب خشکسالی هیدرولوژیکی و کاهش دبی جریانات ورودی به دریاچه شده‌اند (ساری صراف و همکاران، ۱۳۹۵: ۴۰). بر اساس بررسی‌های شمشکی و کرمی (۱۳۹۶: ۱۰۱) برای احیای کامل دریاچه ارومیه بیش از ۹/۵ میلیارد متر مکعب آب بایستی به آن وارد کرد. بر اساس آخرین آمار دریافتی اطلاعات مربوط به سدهای مورد بهره‌برداری کشور در سال ۱۳۹۳، تعداد ۵۴ سد در حوضه آبریز دریاچه ارومیه بسته شده است که در شرایط نرمال مجموع حجم آب پشت مخزن تمامی این سد ۱۷۶۲ میلیون مترمکعب تخمین زده شده است. در جدول ۱ مهم‌ترین سدهای احداث شده در حوضه آبریز دریاچه ارومیه نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود ۱۲ سد موجود ۹۶ درصد حجم تمام آب مخازن سدی را در این حوضه به خود اختصاص داده است و در این میان دو سد احداث شده بر روی رودخانه زرينه رود به تنهایی در حدود ۵۰ درصد از حجم آب مخزنی (از میان ۵۴ سد احداثی) را در این حوضه به خود اختصاص داده است.

دریاچه ارومیه در نتیجه حرکات تکتونیکی جدید شکل گرفته (جداری عیوضی، ۱۳۸۱: ۱۰۷) و بزرگ‌ترین دریاچه دائمی ایران بوده که سطح آب آن در حدود ۱۲۷۵ متر (در حال حاضر ۱۲۷۰ متر) بالاتر از سطح آب‌های آزاد است. عمق متوسط این دریاچه در حدود ۶ متر و حداکثر عمق آن در حدود ۱۵ متر است. سطح آب این دریاچه در طول سال در حدود ۸۰ تا ۱۰۰ سانتی متر نوسان دارد (جداری عیوضی، ۱۳۸۳: ۸۱ و ۱۰۷). املاح این دریاچه بین ۲۲۰ گرم در لیتر (در بهار) تا ۲۸۰ گرم در لیتر (در اواخر زمستان) متغیر است. غلظت املاح در نزدیکی سواحل بیشتر و در مصب رودخانه‌ها کمتر است (جداری عیوضی به نقل از جنیدی، ۱۳۸۱: ۱۲۵؛ علایی طالقانی، ۱۳۸۴: ۸۷). میزان

املاح در ضلع جنوب شرقی این دریاچه در اردیبهشت ماه ۱۳۸۴ توسط نگارنده ۳۶۰ گرم در یک لیتر بدست آمده است؛ مقدار این املاح در اواخر تابستان تا اوایل پاییز که بارش و رواناب ورودی به دریاچه کاهش و تبخیر افزایش می‌یابد، بسیار بیشتر خواهد بود.

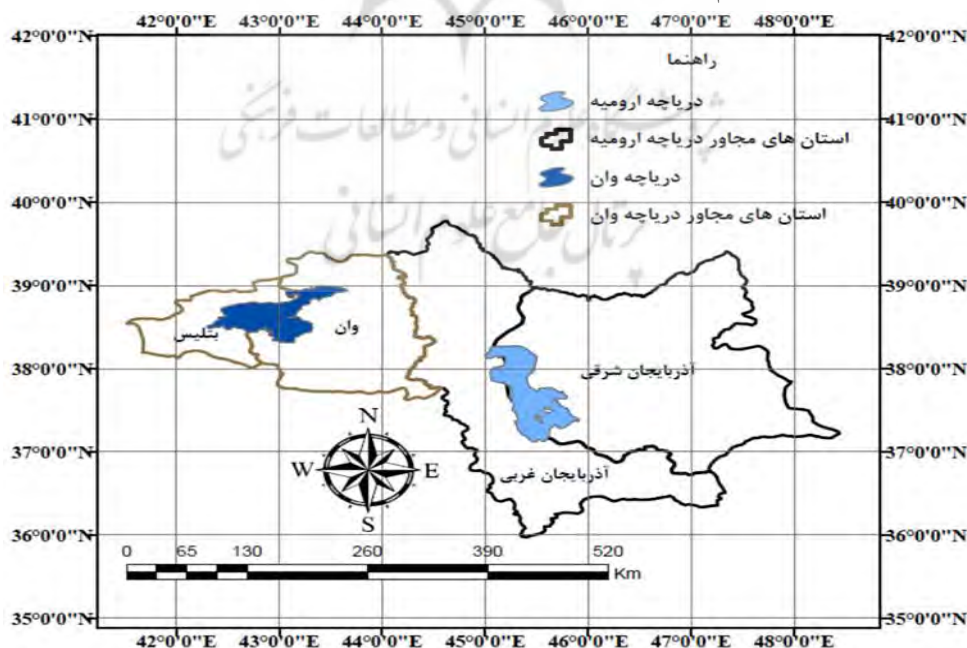
جدول ۱ - مهمترین سدهای احداث شده در حوضه آبریز دریاچه ارومیه (دریافتی از وزارت نیرو، ۱۳۹۳)

نام سد	استان	محل سد	نام رودخانه	حجم مخزن در رقوم نرمال (میلیون متر مکعب)
سد شهید کاظمی بوکان (زرینه رود)	آذربایجان غربی	۳۵ کیلومتری جنوب شرقی بوکان	زرینه رود	۶۵۰
افزایش ارتفاع سد کاظمی بوکان	آذربایجان غربی	۳۵ کیلومتری جنوب شرقی بوکان	زرینه رود	۲۳۲
سد اربطان	آذربایجان شرقی	هریس	خارج بستر زرنق	۲۷
سد حسنلو	آذربایجان غربی	نقده	خارج بستر گدارچای	۹۴/۴
سد زولا	آذربایجان غربی	۱۵ کیلومتری سلماس	زولا چای	۸۵
سد ساروق (گوگردچی)	آذربایجان غربی	۱۷/۵ کیلومتری شمال تکاب	ساروق (قره قیه)	۴۰
سد سلماس (دریک)	آذربایجان غربی	۱۴ کیلومتری غرب سلماس	دریک	۲۲/۲
سد شهرچای	آذربایجان غربی	۱۲ کیلومتری جنوب غربی ارومیه	شهرچای	۲۲۰/۳
سد علویان	آذربایجان شرقی	۳/۵ کیلومتری شمال مراغه	صوفی چای	۶۰
سد قلعه چای عجیشیر	آذربایجان شرقی	۲۰ کیلومتری شمال شرقی عجیشیر	قلعه چای	۴۰/۳
سد مهاباد	آذربایجان غربی	۱۲۰ کیلومتری ارومیه، مهاباد	مهاباد	۱۹۷/۸
سد نهند	آذربایجان شرقی	۴۵ کیلومتری شمال شرقی تبریز	نهند چای	۲۴
مجموع حجم آب پشت سد در شرایط نرمال				۱۶۹۳

منبع: یافته‌های پژوهش

داده‌ها و روش

در این پژوهش جهت بررسی وضعیت اقلیمی دو دریاچه ارومیه و وان در ابتدا دو پارامتر دما و رطوبت نسبی به تفکیک فصل سال طی یک دوره آماری ۳۹ ساله (۲۰۱۷ - ۱۹۷۹) از مرکز پیش بینی میان مدت جوی اروپایی^۱ دریافت و نقشه‌های مورد نظر ترسیم و به تفصیل مورد بررسی قرار گرفته است.



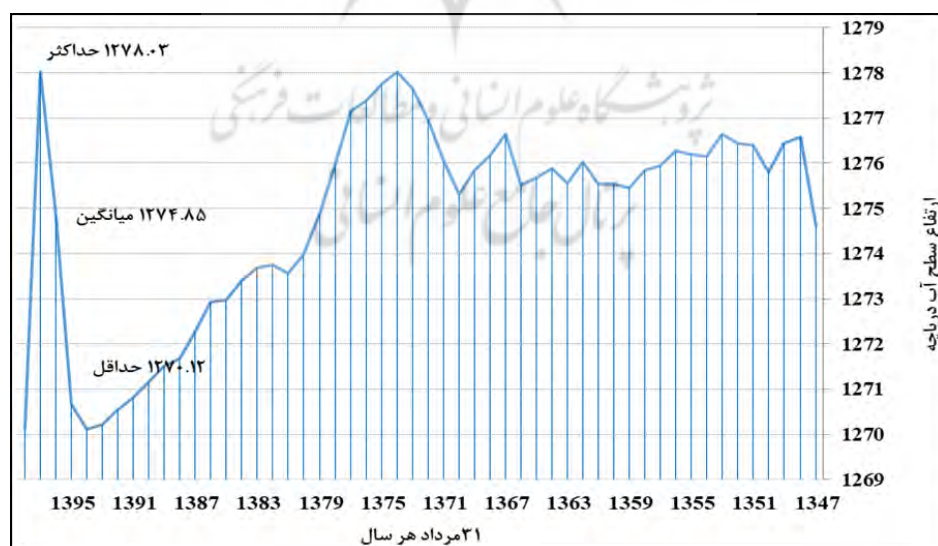
شکل ۱. موقعیت دو دریاچه ارومیه و وان در دو کشور ایران و ترکیه

^۱. European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF)

همچنین جهت بررسی وضعیت تراز سطح آب دریاچه ارومیه داده‌های تراز سطح آب این دریاچه طی دوره آماری ۴۷ ساله (۱۳۹۵ - ۱۳۴۷) از سازمان آب منطقه‌ای استان آذربایجان غربی دریافت گردیده است. جهت نمایی کلی از وضعیت دو دریاچه ارومیه و وان در زمان حاضر، تصویر ماهواره IRS-P6 سنجنده AWIFS با تفکیک مکانی ۶۰ تا ۷۰ متر مورخ ۹۶/۰۴/۲۴ تهیه شده است. شکل ۱. موقعیت دو دریاچه ارومیه و وان را نشان می‌دهد. فاصله غربی ترین نقطه دریاچه ارومیه تا شرقی ترین نقطه دریاچه وان در حدود ۱۵۰ کیلومتر از هم فاصله دارند.

بحث و یافته‌ها

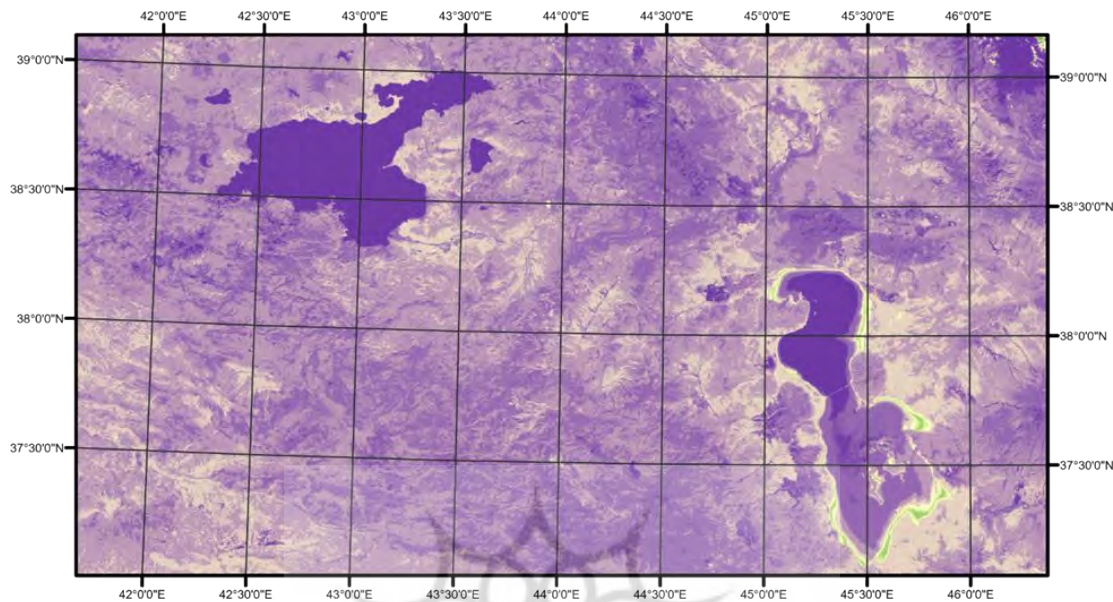
نوسانات سطح آب دریاچه ارومیه طی ۴۷ سال اخیر (۱۳۹۵ - ۱۳۴۷) در شکل ۲ نشان داده شده است (شرکت آب و منطقه‌ای استان آذربایجان غربی، ۱۳۹۵). همانطور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود از سال ۱۳۴۸ تا سال ۱۳۷۰ حداکثر نوسانات سطح آب دریاچه ارومیه در حدود ۱ متر بوده (۱۲۷۵,۹۹ متر) در مقابل از سال ۱۳۷۰ تا ۱۳۷۴ یک روند افزایشی در تراز آبی سطح دریاچه ارومیه مشاهده می‌شود به طوری که در سال ۱۳۷۰ تراز آبی این دریاچه ۱۲۷۵,۳۱ متر بوده و در انتهای سال ۱۳۷۴ به ۱۲۷۸,۰۳ متر رسیده است. از سال ۱۳۷۸ تا سال ۱۳۹۵ روند کاهشی در تراز آب دریاچه ارومیه مشاهده شده است به طوری که در سال ۱۳۹۵ به ۱۲۷۰,۶۷ متر رسیده است (شکل ۲). این نوسان حدود ۸ متری در تراز آبی دریاچه ارومیه طی ۱۷ سال اخیر (۱۳۷۹ تا ۱۳۹۵) سبب شده است مساحت دریاچه ارومیه از ۵۸۲۲ کیلومتر مربع به حدود ۲۲۰۸,۰۵ کیلومتر مربع برسد. افت ۸ متری سطح آب دریاچه ارومیه از سال ۱۳۷۸ تا سال ۱۳۹۶ سبب شده است مساحت دریاچه ارومیه به حدود ۳۷,۹۳ درصد برسد؛ به عبارتی با کاهش ۸ متری سطح آب دریاچه ارومیه، مساحت این دریاچه در حدود ۶۲ درصد کاهش یافته است. در ادامه ملاحظه خواهد شد که کاهش ۱۰ متری سطح آب دریاچه وان، فقط ۶ درصد از سطح و حجم آب این دریاچه می‌کاهد (جدول ۲).



شکل ۲. تراز آبی دریاچه ارومیه در ۳۱ مرداد هر سال طی دوره آماری ۱۳۹۵ - ۱۳۴۷

شکل ۳. تصویر ماهواره‌ای IRS-P6 از سنجنده AWIFS از دو دریاچه ارومیه و وان (مورخ ۹۶/۰۴/۲۴) را نشان می‌دهد. سنجنده AWIFS دارای تفکیک مکانی ۶۰ تا ۷۰ متر، عرض تصویر برداری ۷۰۰ کیلومتر و چهار باندهای محدود طیفی ۰/۵۲ میکرون تا ۱/۷۰ میکرون است. همانطور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود بیش از نیمی از

دریاچه ارومیه که با رنگ بنفش کم رنگ مشاهده است (نیمه جنوبی دریاچه) خشک شده و نیمه شمالی دریاچه که عمیق تر است، هنوز دارای آب است. در مقابل دریاچه وان در تمام جهات پرآب یوده و دلیل اصلی آن عمق زیاد دریاچه و افزایش ناگهانی شیب از ساحل دریاچه به سمت دریاچه است.



شکل ۳. تصویر ماهواره IRS-P6 سنجنده AWIFS مورخ ۹۶۷۰۴/۲۴ از دریاچه ارومیه و وان

همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود دریاچه وان با مساحت نسبتاً کم (در حدود ۳۵۲۲ کیلومتر مربع) حجم آب بسیار زیاد (۱۵۷۶ کیلومتر مکعب) و عمق زیادی را دارا می‌باشد. نکته جالب توجه در این است که در عمق ۲۰ متری در حدود ۸۳ درصد مساحت دریاچه و بیش از ۸۸ درصد حجم آب آن (۵۰۹,۴) حفظ می‌شود (این در حالی است که حداکثر عمق دریاچه ارومیه در حدود ۱۵ متر ذکر گردیده است، یعنی اینکه در حال حاضر اگر سطح آب دریاچه ارومیه در حدود ۷ متر دیگر کاهش یابد، تمام سطح دریاچه از زیر آب خارج خواهد شد). در عمق ۵۰ متری، در حدود ۶۷ درصد مساحت دریاچه و ۷۴,۹ درصد حجم آب دریاچه حفظ می‌شود. در عمق ۱۰۰ متری این دریاچه، در حدود ۵۳ درصد از مساحت و ۵۶ درصد از حجم آب دریاچه حفظ می‌شود و در عمق ۲۰۰ متری از دریاچه ۳۳,۸ درصد از مساحت دریاچه و ۲۹,۳ درصد از حجم آب آن حفظ می‌شود. ذکر این نکته ضروری است که در عمق پایین تر از ۷۰ متری دمای آب دریاچه وان دامنه‌ای از ۳,۲ تا ۳,۷ درجه سانتی گراد را در بازه سالانه را تجربه می‌کند (کادن و همکاران، ۲۰۱۰: ۶؛ استوک‌هک و همکاران، ۲۰۱۲: ۱۵۳). این بدان معنا است که بیش از نیمی از مساحت و حجم آب دریاچه وان به دلیل دمای بسیار پایین، عملاً تبخیر بسیار ناچیزی را تجربه می‌کند.

بررسی‌های ژرفاسنجی دریاچه وان (شکل ۴) نیز نشان می‌دهد که عمیق‌ترین مناطق دریاچه وان در ضلع شمالی، جنوبی و جنوب غربی دریاچه واقع شده است. به طوری که عمق آب بیش از ۲۰۰ متر کاملاً در این مناطق واقع شده است و مناطق شمال شرقی و شرقی از عمق کمتری (۵۰ تا ۱۰۰ متر) برخوردار است. در ضلع جنوبی، جنوب غربی و شمالی شیب کف بستر دریاچه بسیار زیاد و به بیش از ۱۰ درجه یا ۱۷ درصد می‌رسد (کوک‌ر و همکاران،

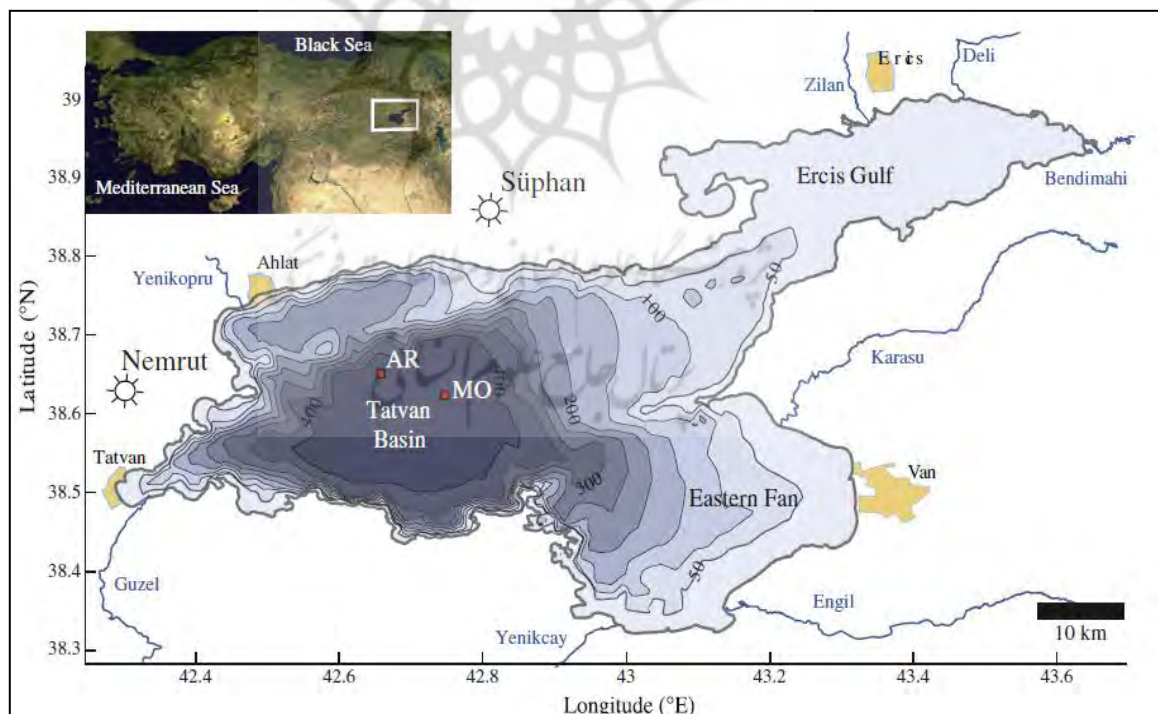
۱. در بسیاری از منابع حجم آب این دریاچه را در تراز آبی ۱۶۴۸ متری ۶۰۷ کیلومتر مکعب ذکر کرده اند که در مقدمه به آن اشاره شده است.

۲۰۱۴: ۶۵). به طوری که در فاصله اندکی از ساحل دریاچه، عمق آب سریعاً افزایش می‌یابد. با اینکه مناطق شمال شرقی و شرقی از عمق کمتری نسبت به قسمت‌های دیگر دریاچه برخوردارند اما رودخانه‌های پرآب حوضه آبریز دریاچه وان، از همین مناطق وارد دریاچه می‌شود (کادیوگلو و همکاران، ۱۹۹۷: ۱۴۹۷؛ استوک‌هک و همکاران، ۲۰۱۲: ۱۵۰).

جدول ۲. کاهش مساحت و حجم با افزایش عمق برای آب دریاچه وان در تراز آبی ۱۶۴۸ متری از سطح دریا (لندمن و همکاران، ۱۹۹۶: ۷۹۸)

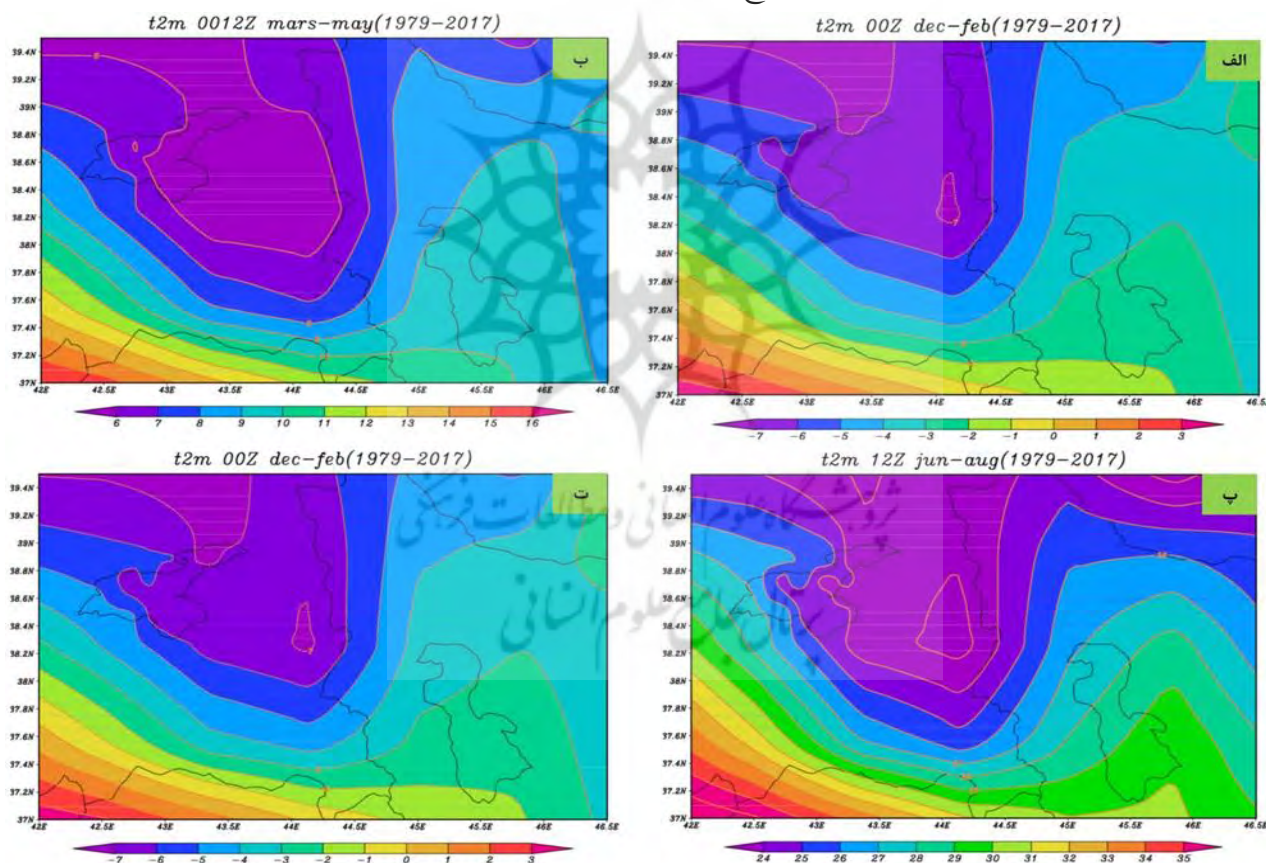
عمق بر حسب متر	مساحت بر حسب کیلومتر مربع	مساحت بر حسب درصد	حجم بر حسب کیلومتر مکعب	حجم بر حسب درصد
۰	۳۵۲۲	۱۰۰	۵۷۵٫۹	۱۰۰
۱۰	۳۳۱۸	۹۴٫۲	۵۴۱٫۳	۹۴
۲۰	۲۷۶۵	۸۳٫۳	۵۰۹٫۴	۸۸٫۵
۳۰	۲۵۵۰	۷۳٫۶	۴۸۱٫۷	۸۳٫۶
۴۰	۲۴۴۶	۷۰٫۵	۴۵۶	۷۹٫۲
۵۰	۲۳۳۰	۶۷	۴۳۱٫۴	۷۴٫۹
۱۰۰	۱۸۶۵	۵۳	۳۴۴٫۲	۵۶٫۳
۱۵۰	۱۵۰۶	۴۲٫۸	۲۳۸٫۲	۴۱٫۴
۲۰۰	۱۱۸۹	۳۳٫۸	۱۶۸٫۹	۲۹٫۳
۲۵۰	۸۸۹	۲۵٫۳	۱۱۵٫۸	۲۰٫۱
۳۰۰	۷۶۲	۲۱٫۶	۷۳٫۸	۱۲٫۸
۳۵۰	۶۲۰	۱۷٫۶	۳۸٫۵	۶٫۷
۴۰۰	۴۰۵	۱۱٫۵	۱۱٫۷	۲
۴۴۰	۷۶	۲٫۲	۰٫۲	۰٫۰

منبع: یافته‌های پژوهش



شکل ۴. نقشه ژرفاسنجی و جریان رودخانه‌های ورودی به دریاچه وان (استوک‌هک و همکاران، ۲۰۱۲: ۱۴۹)

تحلیل نقشه‌های فصلی دمای هوا (دو متری از سطح زمین) همانطور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود تمام سطح دریاچه ارومیه در فصل زمستان (ساعت ۰۰ Z) دمای ۱- تا ۳- را تجربه می‌کند؛ این درحالی است که دریاچه وان در همین فصل از سال دامنه دمایی ۲- تا ۷- را تجربه می‌کند. بیش از نیمی از سطح دریاچه در این فصل دمای ۶- را تجربه می‌کند (شکل الف). در فصل بهار (ساعت ۰۰ و ۱۲ Z) بیشتر پهنه دریاچه ارومیه دمای ۹ تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد را تجربه می‌کند؛ در حالی که در همین فصل دریاچه وان دمای ۶ تا ۷ درجه سانتی‌گراد را تجربه می‌کند (شکل ب). در فصل تابستان (ساعت ۱۲ Z) سطح دریاچه ارومیه، دامنه دمایی ۲۷ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد را تجربه می‌کند. این درحالی است که در همین زمان دریاچه وان دامنه دمایی ۲۴ تا ۲۷ درجه سانتی‌گراد را تجربه می‌کند (شکل پ). در فصل پاییز (ساعت ۰۰ و ۱۲ Z) سطح دریاچه ارومیه دمای ۱۲ تا ۱۳ درجه سانتی‌گراد را تجربه می‌کند؛ این درحالی است که در همین زمان سطح دریاچه وان دمای ۱۰ تا ۱۱ درجه سانتی‌گراد را تجربه می‌کند (شکل ت). همانطور که در شکل ۵ مشاهده شده است در تمام فصول سال دمای دو متری سطح دریاچه وان از حداقل ۲ تا حداکثر ۴ درجه سانتی‌گراد پایین‌تر از دمای سطح آب دریاچه ارومیه است.



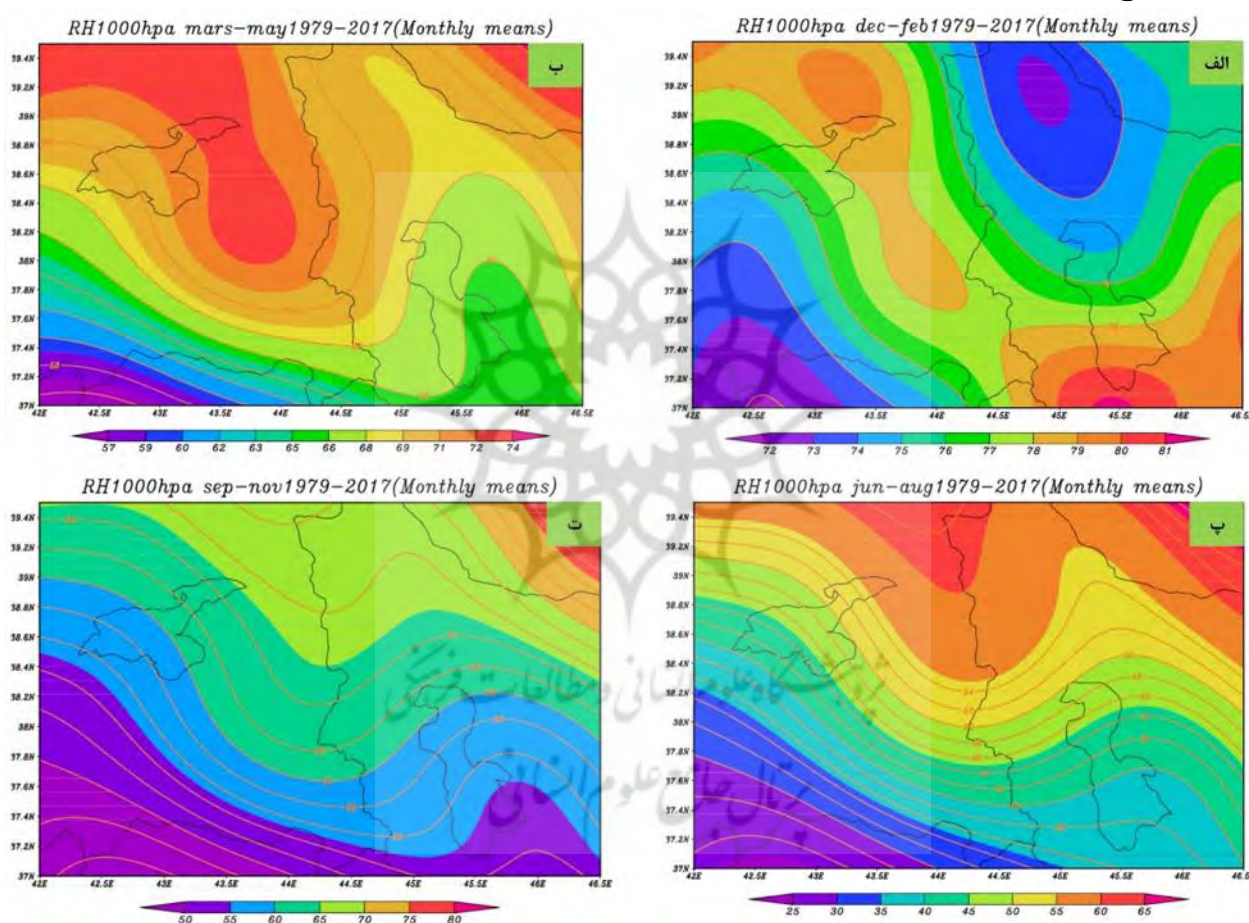
شکل ۵. میانگین دمای هوا در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین در فصل زمستان (الف: ساعت ۰۰ Z دسامبر تا فوریه) بهار (ب: ساعت ۰۰ و ۱۲ مارس تا می) در فصل تابستان (پ: ساعت ۱۲ ژوئن تا اگوست) در فصل پاییز (ت: ساعت ۰۰ و ۱۲ سپتامبر تا نوامبر) طی دوره آماری ۲۰۱۷ - ۱۹۷۹.

تحلیل نقشه‌های فصلی نم نسبی هوا (در دو متری از سطح زمین)

همانطور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود تمام سطح دریاچه ارومیه در فصل زمستان (ساعت ۰۰ Z) نم نسبی ۷۵ تا ۸۰ درصد را تجربه می‌کند؛ نم نسبی بیشتر در نیمه جنوبی و نم نسبی بیشتر در نیمه شمالی قابل مشاهده است. در این

فصل از سال دریاچه وان نم نسبی ۷۵ تا ۷۹ درصد را تجربه می‌کند که تقریباً مقادیر نم نسبی مشابهی را تجربه می‌کند (شکل الف). در فصل بهار (ساعت ۰۰ و ۱۲ Z) دریاچه ارومیه نم نسبی ۶۶ تا ۶۸ درصد و در مقابل دریاچه وان نم نسبی ۶۹ تا ۷۲ درصد را تجربه می‌کند (شکل ب).

در فصل تابستان (ساعت ۱۲ Z) دریاچه ارومیه نم نسبی ۳۸ تا ۵۰ درصد و در مقابل دریاچه وان نم نسبی ۴۲ تا ۵۶ درصد را تجربه می‌کند (شکل پ). در فصل پاییز (ساعت ۰۰ و ۱۲ Z) سطح دریاچه ارومیه نم نسبی ۵۵ تا ۶۲ درصد و سطح دریاچه وان نم نسبی ۵۵ تا ۶۶ درصد را تجربه کرده است (ت). در مجموع در فصل زمستان هر دو دریاچه تقریباً مقادیر نم نسبی مشابهی را تجربه می‌کنند و در فصول دیگر سال سطح دریاچه وان نم نسبی ۴ تا ۶ درصد بیشتر از سطح دریاچه ارومیه را به خود می‌بیند.



شکل ۶. میانگین نم نسبی هوا در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین در فصل زمستان (الف: ساعت ۰۰ Z دسامبر تا فوریه) بهار (ب: ساعت ۰۰ و ۱۲ Z مارس تا می) در فصل تابستان (پ: ساعت ۱۲ Z ژوئن تا اگوست) در فصل پاییز (ت: ساعت ۰۰ و ۱۲ Z سپتامبر تا نوامبر) طی دوره آماری ۲۰۱۷ - ۱۹۷۹

نتیجه گیری

با توجه به اینکه دو دریاچه ارومیه و وان در فاصله نزدیکی از هم قرار دارند به طوری که فاصله شرقی ترین نقطه دریاچه وان و غربی ترین نقطه دریاچه ارومیه در حدود ۱۵۰ کیلومتر و فاصله متوسط این دو دریاچه به لحاظ نصف النهاری در حدود ۲/۵ درجه است و به لحاظ عرض جغرافیایی بین جنوبی ترین نقطه دریاچه ارومیه و شمالی ترین نقطه دریاچه وان حداکثر دو درجه عرض جغرافیایی و تفاوت متوسط این دو دریاچه در حدود یک درجه عرض

جغرافیایی است. بنابراین از منظر اقلیم‌شناسی فاصله دو دریاچه فوق‌الذکر نسبتاً اندک بوده اما روند حیات دو دریاچه کاملاً متفاوت بوده و علت‌های اصلی آن در چند بند زیر خلاصه می‌شود.

۱. می‌توان مهم‌ترین تفاوت طبیعی دو دریاچه ارومیه و وان را در عمق دو دریاچه جستجو کرد. به طوری که حداکثر عمق دریاچه وان در حدود ۴۶۰ متر و حداکثر عمق دریاچه ارومیه در حدود ۱۵ متر است. متوسط عمق دریاچه وان در حدود ۱۷۰ متر و متوسط عمق دریاچه ارومیه در حدود ۶ متر است.

۲. شیب بستر دریاچه وان بسیار زیاد (در بخش‌های شمالی و جنوبی دریاچه به بیش از ۱۰ درجه یا بیش از ۱۷ درصد می‌رسد. در مقابل شیب بستر دریاچه ارومیه بسیار کم بوده به همین دلیل است که با کاهش دو متری عمق آب، ده‌ها کیلومتر از وسعت این پهنه آبی کم می‌شود. همین عامل سبب شده است که هر گونه کاهش بارش و یا به عبارتی کاهش جریانات ورودی به دو دریاچه، واکنش‌های کاملاً متفاوتی را تجربه می‌کنند.

۳. ضلع شمالی، غربی و جنوبی دریاچه وان را کوهستان‌های مرتفع و در مقابل، حوالی دریاچه ارومیه را اغلب مناطق هموار تشکیل می‌دهد. تفاوت فوق‌الذکر سبب شده که در مناطق جنوبی و جنوب غربی، غرب و شمال دریاچه وان بارش سالانه در حدود ۶۰۰ تا ۱۰۰۰ میلی‌متر باشد. در مقابل بارش در حوالی دریاچه ارومیه در حدود ۲۵۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر است.

۴. احاطه شدن دریاچه وان به وسیله کوهستان‌های مرتفع و تفاوت ۴۰۰ متری تراز سطح آب دریاچه وان (۱۶۴۸ متر) نسبت به تراز آب دریاچه ارومیه (۱۳۷۴ متر) سبب شده است که دمای هوا در سطح دریاچه وان به طور متوسط ۳ تا ۴ درجه سانتی‌گراد پایین‌تر از دمای هوا در سطح دریاچه ارومیه بوده است.

۵. مقادیر نم نسبی دو دریاچه ارومیه و وان در فصل زمستان تقریباً مشابه (۷۵ تا ۸۰ درصد) و در دیگر فصول سال دریاچه وان نم نسبی ۲ تا ۶ درصد بیشتر از سطح دریاچه ارومیه را تجربه می‌کند.

۶. در نهایت هرگونه تغییرات طبیعی (بویژه تغییرات انسانی) در دو حوضه آبریز دریاچه ارومیه و وان، واکنش‌ها و به عبارتی تبعات کاملاً متفاوتی را به خود خواهند دید. به طوری که وقوع یک دوره چند ساله خشک سالی، می‌تواند سبب پسروی پهنه زیادی از دریاچه ارومیه (از نیمه جنوبی) شود، درحالی که همین خشکسالی تغییرات چندانی را در دریاچه وان (به دلیل عمق و شیب زیاد بستر) ایجاد نخواهد کرد. به طوری که به هر دلیل طبیعی و یا انسانی، تراز آب دریاچه ارومیه افت حدود ۸ متری را تجربه کند، در حدود ۷۰ درصد از مساحت پهنه آبی دریاچه کاهش می‌یابد در مقابل افت ۱۰ متری آب دریاچه وان تنها سبب کاهش ۶ درصدی مساحت این پهنه آبی می‌شود.

منابع

- جداری عیوضی، جمشید (۱۳۸۱) جغرافیای آب‌ها، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- جداری عیوضی، جمشید (۱۳۸۳) ژئومورفولوژی ایران، تهران، انتشارات دانشگاه پیام نور.
- جلیلی، شیدا؛ مرید، سعید؛ لیوینگستون، دیوید؛ نامدار قنبری، رضا (۱۳۹۱) مقایسه و تحلیل سری زمانی تراز آب دریاچه‌های ارومیه و وان، مجله تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۴۳، شماره ۱، صص ۱۰۱ - ۹۵.
- زینالی، بتول؛ اصغری سراسکانرود، صیاد (۱۳۹۴) بررسی تغییرات خط ساحلی تراز آب دریاچه ارومیه و تاثیر آن بر مناطق شهری اطراف دریاچه، دو فصلنامه پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری، سال ۶، شماره ۱، صص ۲۰ - ۹.

- ساری صراف، بهروز؛ واعظی هیر، عبدالرضا؛ والائی، رهبر؛ ابطحی، وحیده (۱۳۹۵) آشکار سازی خشکسالی های هواشناسی و هیدرولوژیکی جنوب شرق دریاچه ارومیه، مجله مخاطرات محیط طبیعی، سال ۵، شماره ۱۰، صص ۴۲ - ۲۵.
- سیما، سمیه؛ تجریشی، مسعود (۱۳۹۴) برآورد تبخیر از سطح دریاچه ارومیه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده MODIS، فصلنامه تحقیقات منابع آب ایران، سال یازدهم، شماره ۱، صص ۴۸ - ۳۲.
- شرکت آب منطقه‌ای استان آذربایجان غربی «دفتر مطالعات پایه منابع آب» ۱۳۹۵، <http://www.agrw.ir/SC.php?type=static&id=161>.
- شرکت مدیریت منابع آب ایران، دفتر مطالعات پایه منابع آب، گزارش بارندش تجمعی روزانه به تفکیک حوضه‌های آبریز درجه یک و درجه دو (<http://wrs.wrm.ir/m3/gozaresh.asp>).
- شمشکی، امیر؛ کرمی، غلامحسین (۱۳۹۶) مقایسه روند تغییرات کمی و کیفی آب دریاچه ارومیه با تاکید بر اطلاعات کرانه جنوب خاوری آن، فصلنامه علوم زمین، دوره ۲۶، شماره ۱۰۳، صص ۱۰۶ - ۱۰۲.
- صداقت، محمود (۱۳۸۳) منابع و مسائل آب ایران، تهران: انتشارات دانشگاه پیام نور.
- علائی طالقانی، محمود (۱۳۸۴) ژئومورفولوژی ایران، تهران: انتشارات قومس.
- فتحی، محمد حسین؛ مددی، عقیل؛ بهشتی، ابراهیم؛ سرمستی، نادر (۱۳۹۴) ارزیابی نوسان های سطح آب دریاچه ارومیه و افزایش پهنه‌های نمکی در منطقه شمال غرب ایران، پژوهش های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۷، شماره ۲، صص ۲۸۵ - ۲۷۱.
- لک، راضیه؛ درویشی خاتونی، جواد؛ محمدی، علی (۱۳۹۰) مطالعات پائولیمنولوژی و علل کاهش ناگهانی تراز آب دریاچه ارومیه، فصلنامه زمین شناسی کاربردی، سال ۷، شماره ۴، صص ۳۵۸ - ۳۴۳.
- واعظی هیر، عبدالرضا؛ ساری صراف، بهروز؛ والائی، اکرم (۱۳۹۵) بررسی علل کاهش جریان در رودخانه‌های شاخص جنوب شرق دریاچه ارومیه، فصلنامه علمی - پژوهشی فضای جغرافیایی، سال ۱۶، شماره ۵۳، صص ۱۵۰ - ۱۲۳.
- Aksoy, H., Unal, N. E., Eris, E., & Yuce, M. I. (2013). Stochastic modeling of Lake Van water level time series with jumps and multiple trends. *Hydrology and Earth System Sciences*, 17(6), 2297.
- Altunkaynak, A., & Şen, Z. (2007). Fuzzy logic model of Lake water level fluctuations in Lake Van, Turkey. *Theoretical and Applied Climatology*, 90(3-4), 227-233.
- Altunkaynak, A., Özger, M., & Sen, Z. (2003). Triple diagram model of level fluctuations in Lake Van, Turkey. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 7(2), 235-244.
- Asem, A., Eimanifar, A., Djamali, M., De los Rios, P., & Wink, M. (2014). Biodiversity of the hypersaline Urmia Lake national park (NW Iran). *Diversity*, 6(1), 102-132.
- Cukur, D., Krastel, S., Demirel-Schlüter, F., Demirbağ, E., Imren, C., Niessen, F.,... & PaleoVan-Working Group. (2013). Sedimentary evolution of Lake Van (Eastern Turkey) reconstructed from high-resolution seismic investigations. *International Journal of Earth Sciences*, 102(2), 571-585.
- Cukur, D., Krastel, S., Schmincke, H. U., Sumita, M., Çağatay, M. N., Meydan, A. F.,... & Stockhecke, M. (2014). Seismic stratigraphy of lake Van, eastern Turkey. *Quaternary Science Reviews*, 104, 63-84.
- Degens, E. T., Wong, H. K., Kempe, S., & Kurtman, F. (1984). A geological study of Lake Van, eastern Turkey. *Geologische Rundschau*, 73(2), 701-734.
- Delju, A. H., Ceylan, A., Pigué, E., & Rebetz, M. (2013). Observed climate variability and change in Urmia Lake Basin, Iran. *Theoretical and applied climatology*, 111(1-2), 285-296.
- Huguet, C., Fietz, S., Moraleda, N., Litt, T., Heumann, G., Stockhecke, M.,... & Sturm, M. (2012). A seasonal cycle of terrestrial inputs in Lake Van, Turkey. *Environmental science and pollution research*, 19(8), 3628-3635.
- Kaden, H., Peeters, F., Lorke, A., Kipfer, R., Tomonaga, Y., & Karabiyikoglu, M. (2010). Impact of lake level change on deep-water renewal and oxic conditions in deep saline Lake Van, Turkey. *Water Resources Research*, 46(11).
- Kadioğlu, M., Şen, Z., & Batur, E. (1997). The greatest soda-water lake in the world and how it is influenced by climatic change. In *Annales Geophysicae* (Vol. 15, No. 11, pp. 1489-1497). Springer-Verlag.

- Kempe, S. (1977). Warvenchronologie und organische Geochemie des Van Sees, Ostrtürkei (Doctoral dissertation, Ph. D. thesis, Mitt. Geol. Palaeontol. Inst. Univ. Hamburg).
- Kwiecien, Ola, Mona Stockhecke, Nadine Pickarski, Georg Heumann, Thomas Litt, Michael Sturm, Flavio Anselmetti, Rolf Kipfer, and Gerald H. Haug. "Dynamics of the last four glacial terminations recorded in Lake Van, Turkey." *Quaternary Science Reviews* 104 (2014): 42-52.
- Landmann, G., Reimer, A., & Kempe, S. (1996). Climatically induced lake level changes at Lake Van, Turkey, during the Pleistocene/Holocene transition. *Global biogeochemical cycles*, 10(4), 797-808.
- Litt, T., Krastel, S., Sturm, M., Kipfer, R., Örcen, S., Heumann, G.,... & Niessen, F. (2009). 'PALEOVAN', International Continental Scientific Drilling Program (ICDP): site survey results and perspectives. *Quaternary Science Reviews*, 28(15), 1555-1567.
- North, Samuel M., Mona Stockhecke, Yama Tomonaga, and Anson W. Mackay. "Analysis of a fragmentary diatom record from Lake Van (Turkey) reveals substantial lake-level variability during previous interglacials MIS7 and MIS5e." *Journal of Paleolimnology* 59, no. 1 (2018): 119-133.
- Özdemir, Y., Karaoğlu, Ö., Tolluoğlu, A. Ü., & Güleç, N. (2006). Volcanostratigraphy and petrogenesis of the Nemrut stratovolcano (East Anatolian High Plateau): the most recent post-collisional volcanism in Turkey. *Chemical Geology*, 226(3), 189-211.
- Reimer, A., Landmann, G., & Kempe, S. (2009). Lake Van, eastern Anatolia, hydrochemistry and history. *Aquatic Geochemistry*, 15(1-2), 195-222.
- Saygin, Semra, Melek Özpiçak, Mahmut Elp, Nazmi Polat, A. A. Atıcı, and N. Akçanal Ödün. "Comparative Analysis of Otolith Features of Tarek (*Alburnus tarichi* (Güldenstädt, 1814)) from Different Lakes across Van Basin (Van, Erçek, Nazik, Aygır)(Turkey)." *LimnoFish* 3, no. 2 (2017): 91-99.
- Stockhecke, M., Anselmetti, F. S., Meydan, A. F., Odermatt, D., & Sturm, M. (2012). The annual particle cycle in Lake Van (Turkey). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 333, 148-159.
- Zeinoddini, M., Tofighi, M. A., & Vafae, F. (2009). Evaluation of dike-type causeway impacts on the flow and salinity regimes in Urmia Lake, Iran. *Journal of Great Lakes Research*, 35(1), 13-22.