فصلنامه علمی-پژوهشی
جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای)
سال دهم، شماره ۱، زمستان ۱۳۹۸
صص: ۳۷۶-۳۶۳

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: ۱۳۹۷/۰٤/۰٦ 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 بررسی ها، با فرض مشابهت دانستن ویژگی های طبیعی دو دریاچه، عامل انسانی را به عنوان مهم ترین عامل در رخداد کاهش تراز آبی دریاچه ارومیه دانسته شود. در این پژوهش، تلاش شده است تفاوت‌های طبیعی دو دریاچه فوق الذکر که به عنوان مهم ترین 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 فوق الذکر پرداخته و سپس جهت بررسی وضعیت دمایی و نم نسبی در سطح هر دو دریاچه، از پایگاه داده‌ای ECMWF به تفکیک فصول سال طی یک دوره آماری ۳۹ ساله(۲۰۱۷ ـ ۱۹۷۹) استفاده شده است. بررسی ها نشان می‌دهد در فصول مختلف سال دمای هوا در سطح دریاچه وان بین ۲ تا ۴ درجه سانتی گراد کمتر از دریاچه ارومیه و نم نسبی آن به استثنای فصل زمستان، ۲ تا ۶ درصد بیشتر است. همچنین (سوای 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 هر گونه تغییرات اقلیمی که منجر به یک دوره خشک سالی و یا ترسالی شود، بازخورد آن در دریاچه ارومیه بسیار متفاوت تر از دریاچه وان است. همین مساله نشان می‌دهد که دریاچه ارومیه برخلاف دریاچه وان، به مثابه یک استخر نسبتا 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.

۱- (نویسنده مسئول) M.khazaei14@alumni.ut.ac.ir

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 فوق الذکر 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 ٤۳ ساله(۲۰۰۸ ـ ۱۹٦٦) 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 ۱٦٤۸ متری از سطح دریا، مساحت آن در حدود ۳۵۷۰ کیلومتر مربع و حداکثر عمق آن ٤۵۱ 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 ایسیک کول واقع در قرقیزستان)با حجم آب ٦۰۷ کیلومتر مکعب است. دارای یک منطقه زهکشی۱۲۵۰۰ 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 همکاران۱، ۱۹۸٤: ۷۰٤ و ۷۰۵؛ کادیوگلو و همکاران۲، ۱۹۹۷: ۱٤۸۹ و ۱٤۹۰؛ آلتونکاینک و سن۳، ۲۰۰۷: ۲۲۸؛ ریمر و همکاران٤، ۲۰۰۹: ۱۹٦ لیت و همکاران۵، ۲۰۰۹: ۱۵۵۵؛ استوکهک و همکاران٦، ۲۰۱۲: ۱٤۹ و ۱۵۰؛ هوگوات و همکاران۷، ۲۰۱۲: ۳٦۳۰ ـ ۳٦۲۸؛ اکسوی و همکاران۸، ۲۰۱۳: ۲۲۹۸؛ سایگین و همکاران۹، ۲۰۱۷: ۹۲؛ نورس و همکاران۱۰، ۲۰۱۸: ۱۲۱ و ۱۲۲).

حداکثر طول دریاچه وان ۱۳۰ کیلومتر، در جهتی غرب جنوب غربی ـ شرق شمال شرقی امتداد یافته است(لیت و همکاران، ۲۰۰۹: ۱۵۵۵؛ کوکر۱۱، ۲۰۱٤: ٦۳). 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 ٤۰۰۰ متر می‌رسد(کادیوگلو و همکاران، ۱۹۹۷: ۱٤۹۰؛ آلتونکاینک و همکاران[1]، ۲۰۰۳: ۲۳٦). ارتفاعات بلند و آتشفشانی سوفان با قله‌هایی بالاتر از خط برف مرز فعلی با ٤۰۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا در شمال دریاچه وان و کوه‌های کاووسهاپبا با حداکثر ارتفاع ۳٥۰۳ متر که دارای خط برف مرز ۳٤۰۰ متری است در ۲۰ کیلومتری جنوب دریاچه وان واقع شده است. بخش های شرقی دریاچه دارای شیب ملایم ۱ تا ۲ درجه اما شیب بخش های 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، ۲۰۱٤: ٦٥). در حدود ٤۰ تا ٥۰ 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: ۱٤۹۱؛ ریمر و همکاران، ۲۰۰۹: ۱۹۹ و ۲۰۷). نوسانات سالانه آب سطح این دریاچه در حدود ٥۰ تا ٦۰ سانتی‌متر است (کادیوگلو و همکاران، ۱۹۹۷: ۱٤۹۱؛ اکسوی و همکاران، ۲۰۱۳: ۲۲۹۸).

دریاچه وان با سد شدن فوران های آتشفشانی در اواخر پلیئستوسن ایجاد شده است. این نواحی آتشفشانی در حدود ۲۳۰ کیلومتر مربع مساحت داشته و در امتداد شمال شرقی ـ جنوب غربی و به کوههای آتشفشانی نمرود(با ارتفاع حدود ۳۰۰۰ متر) در جنوب غربی متصل می‌شود(کادیوگلو و همکاران، ۱۹۹۷: ۱٤۹۱). در حقیقت دریاچه وان یک دریاچه سدی بوده که بر اثر بسته شدن قسمتی از حوضه موش[2] توسط مخروط و گدازه‌های آتش‌فشان نمرود به وجود آمده است(جداری عیوضی، ۱۳۸۱: ۱۰۷؛ ازدمیر و همکاران[3]، ۲۰۱۳: ۱۸۹؛ کوکر و همکاران[4]، ۲۰۱٤: ٦٤). عمده آب دریاچه وان از طریق بارش و ذوب برف از محدوده حوضه آبریزی به وسعت ۱۲٥۰۰ کیلومتر مربع دریافت می‌شود. بارش سالانه در شهر وان در حدود ۳۷۹ میلی متر است. بیشترین حجم بارش در آوریل و اکتبر به وقوع می‌پیوندد. میانگین دمای تابستانه محدوده دریاچه وان بیشتر از ۲۰ درجه سانتی گراد و در فصل زمستان کمتر از ۰ درجه سانتی گراد می‌باشد، اما به علت شوری بالا(۲۱ تا ۲٤ درصد یا ۲۱۰ تا ۲٤۰ گرم بر کیلوگرم)، سطح دریاچه در این فصل یخ نمی‌زند (هوگوات و همکاران، ۲۰۱۲: ۳٦۳۰ ـ ۳٦۲۸؛ استوکهک و همکاران، ۲۰۱۲: ۱٥٦). در حال حاضر یک موازنه پویا میان بارش، تبخیر و رواناب در حوضه دریاچه وان برقرار شده است؛ به طوری که سالانه در حدود ٤,۲ کیلومتر مکعب(۱,٥ درصد از حجم آب دریاچه) به وسیله تبخیر از دسترس خارج می‌شود؛ در مقابل جریان آب رودخانه‌ها ۲,٥ کیلومتر مکعب و بارش ۱,۷ کیلومتر مکعب آن را جبران می‌کند (کمپل، ۱۹۷۷: ۱۲٦؛دگنس و همکاران، ۱۹۸٤: ۷۱٦؛ لندمن و همکاران[5]، ۱۹۹٦: 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: ۱ـ هیچ گونه جریان خروجی طبیعی یا مصنوعی در این دریاچه وجود ندارد و ۲ـ 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 تماما وابسته به تغییر پذیری طبیعی چرخه هیدرولوژیکی و هرگونه تغییرات اقلیمی موثر بر حوضه زهکشی است (کادیوگلو و همکاران، ۱۹۹۷: ۱٤۸۹).

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 ٤۰۰ میلی متر می‌رسد، در حالی که میزان بارش در جنوب دریاچه به ٦۰۰ تا ۸۰۰ میلی متر و در جنوب غربی دریاچه تا ۱۰۰۰ میلی‌متر و بیشتر به شکل برف افزایش می‌یابد. بیشتر بارش‌ها در مارس و آوریل ریزش می‌کند. ذوب برف در کوهستان ها 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 ٦۰ سانتی متر است(لندمن و همکاران، ۱۹۹٦: ۸۰۰) ؛ اکسوی و همکاران، ۲۰۱۳: ۲۲۹۸) نزدیک به ۸۰ درصد کل رواناب حوضه در فصل بهار همزمان با بارش‌های شدید و ذوب برف تامین می شود(آلتونکاپناک و همکاران، ۲۰۰۳: ۲۳٦؛ کادیوگلو و همکاران، ۱۹۹۷: ۱٤۸۹ و ۱٤۹۰).

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 همکاران۱، ۲۰۱۰: ٦ ؛ استوکهک و همکاران، ۲۰۱۲: ۱۵۳؛ هوگوات و همکاران، ۲۰۱۲: ۳٦۳۰). اقلیم دریاچه وان به شدت تحت تاثیر تغییرات در موقعیت جت جنب حاره‌ای، پرفشار جنب حاره‌ای و پرفشار سیبری است که مرز بین اقلیم مدیترانه‌ای مرطوب و اقلیم قاره‌ای را تعیین می‌کند(کویسین و همکاران۲، ۲۰۱٤: ٤۳).

در مقابل، دریاچه ارومیه بیستمین دریاچه بزرگ جهان با سطحی متغیر بین ۲۳۰۰ تا ٦۰۰۰ 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 حوضه‌این دریاچه بسته شده است که ورودی آب به دریاچه را به شدت کاهش داده است(دلجو و همکاران۳، ۲۰۱۳: ۲؛ آسم و همکاران٤، ۲۰۱٤: ۱۰٤). از سال ۱۹۷۹ تا ۱۹۹۲(۱۳۵۸ تا ۱۳۷۱ ش) در کم‌عرض‌ترین قسمت دریاچه گذرگاهی به طول ۱۵/٤ کیلومتر برای عبور از عرض دریاچه و اتصال استان آذربایجان غربی به شرقی احداث شده است(زیندینی و همکاران۵، ۲۰۰۹: ۱۳). مساحت حوضه آبریز دریاچه ارومیه در حدود ۵۱۷٦۲ کیلومتر مربع؛ مساحت خود دریاچه در حدود ۵۸۲۲ کیلومتر مربع؛ حداکثر طول دریاچه در حدود۱۳۰ تا ۱٤٦ کیلومتر و عرض آن بین ۱۵ تا ۵۸ کیلومتر متغیر است. در صورت حفظ مساحت دریاچه با ۵۸۲۲ کیلومتر مربع و عمق متوسط ٤,۵ متر، حجم آب این دریاچه در حدود ۳۱ میلیارد مکعب تخمین زده می‌شود، در ۲۷ اسفند ۱۳۹٦ 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 ۱٫۸٦میلیارد 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 ۱۳٤٤ تا ۱۳۹۵ در حوضه آبریز دریاچه ارومیه ۳٤۸/۷ 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 زرینه 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 (بویژه جریان آب رودخانه زرینه رود) با کاهش حجم و سطح آب دریاچه ارومیه در شرق و جنوب شرق این دریاچه وجود دارد(زینالی و اصغری سراسکانرود، ۱۳۹٤: ۹). درصورتی 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 کاهشی سطح و حجم آب دریاچه ارومیه به علت تبخیر ۳/۸ میلیارد متر مکعب(از اکتبر نا نوامبر) تداوم خواهد داشت(سیما و تجریشی، ۱۳۹٤:۳۲). بررسی‌ها نشان می‌دهد که از سال ۱۳٦۸ تا ۱۳۹۰ ارتفاع سطح آب دریاچه ارومیه در حدود ٦ تا ۷/٤۰ متر کاهش داشته است(فتحی و همکاران، ۱۳۹٤: ۲۷۱). لک و همکاران(۱۳۹۰: ۳٤۳) مهم ترین 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 ۱۲٤) خشکسالی هواشناسی را به عنوان مهم ترین عامل کاهش جریان رودخانه‌ها در بالا دست حوضه آبریز دریاچه ارومیه را دانسته‌اند. همین خشکسالی های هواشناسی سبب خشکسالی هیدرولوژیکی و کاهش دبی جریانات ورودی به دریاچه شده‌اند(ساری صراف و همکاران، ۱۳۹۵: ٤۰). بر اساس بررسی های شمشکی و کرمی(۱۳۹٦: 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 ۵٤ سد در حوضه آبریز دریاچه ارومیه بسته شده است که در شرایط نرمال مجموع حجم آب پشت مخزن تمامی این سد ۱۷٦۲ 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 ۹٦ 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 زرینه رود به تنهایی در حدود ۵۰ درصد از حجم آب مخزنی(از میان ۵٤ 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 بزرگ ترین 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 ٦ 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، ۱۳۸٤: ۸۷). میزان

املاح در ضلع جنوب شرقی این دریاچه در اردیبهشت ماه ۱۳۸٤ توسط نگارنده ۳٦۰ 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.

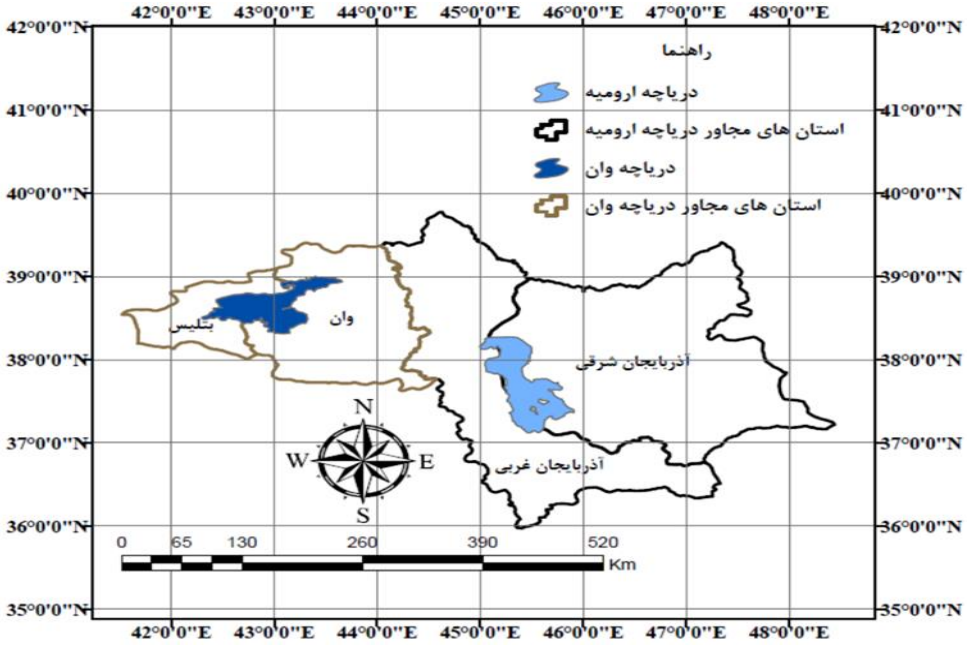
جدول ۱ ـ مهمترین سدهای احداث شده در حوضه آبریز دریاچه ارومیه(دریافتی از وزارت نیرو، ۱۳۹۳)

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	٦۵۰
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	۹٤/٤
سد زولا	آذربایجان غربی	۱۵ کیلومتری سلماس	زولا چای	۸۵
سد ساروق (گوگردچی)	آذربایجان غربی	۱۷/۵ کیلومتری شمال تکاب	ساروق (قره قیه)	٤۰
سد سلماس (دریک)	آذربایجان غربی	۱٤ 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	٦۰
سد قلعه چای عجبشیر	آذربایجان شرقی	۲۰ کیلومتری شمال شرقی عجبشیر	قلعه چای	٤۰/۳
سد مهاباد	آذربایجان غربی	۱۲۰ کیلومتری ارومیه، مهاباد	مهاباد	۱۹۷/۸
سد نهند	آذربایجان شرقی	٤۵ کیلومتری شمال شرقی تبریز	نهند چای	۲٤
مجموع حجم آب پشت سد در شرایط نرمال				۱٦۹۳

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 ـ ۱۹۷۹) از مرکز پیش بینی میان مدت جوی اروپایی[1] دریافت و نقشه‌های مورد نظر ترسیم و به تفصیل مورد بررسی قرار گرفته است.



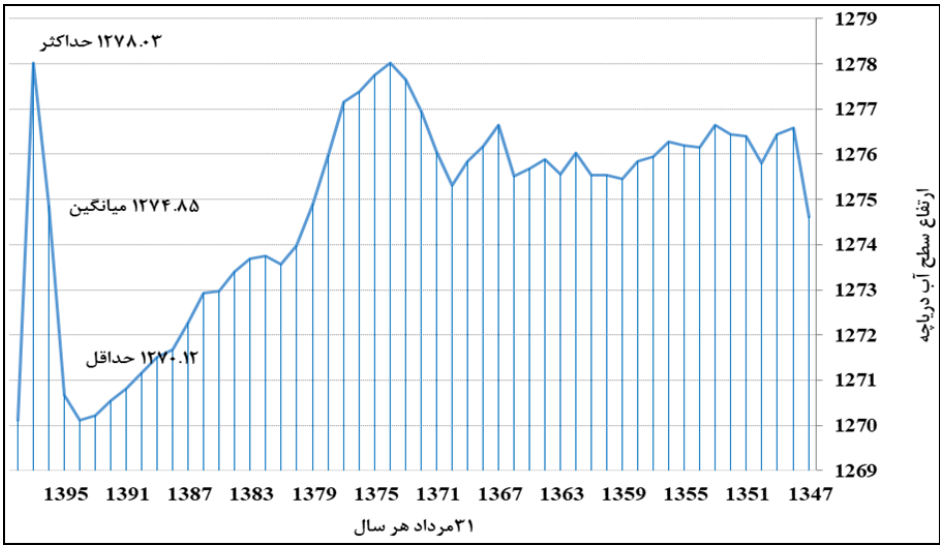
شکل ۱. موقعیت دو دریاچه ارومیه و وان در دو کشور ایران و ترکیه

[1]. 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 ٤٧ ساله(١٣٩٥ ـ ١٣٤٧) 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 ٦٠ تا ٧٠ متر مورخ ٩٦/٠٤/٢٤ تهیه شده است. شکل ١. موقعیت دو دریاچه ارومیه و وان را نشان می‌دهد. فاصله غربی ترین نقطه دریاچه ارومیه تا شرقی ترین نقطه دریاچه وان در حدود ١٥٠ کیلومتر از هم فاصله دارند.

بحث و یافته‌ها

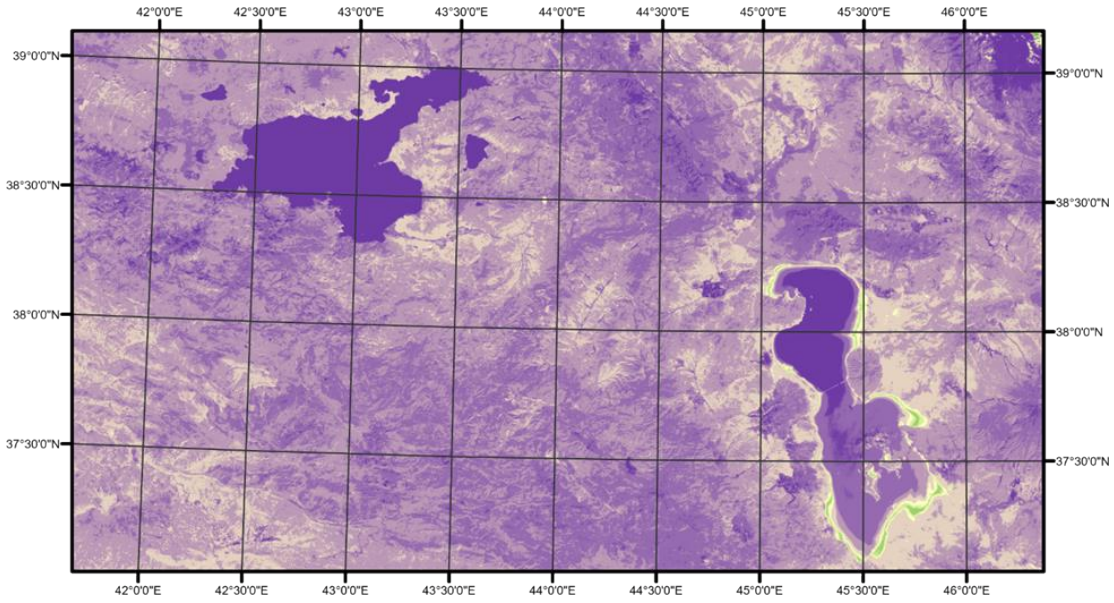
نوسانات سطح آب دریاچه ارومیه طی ٤٧ سال اخیر(١٣٩٥ ـ ١٣٤٧) در شکل ٢ نشان داده شده است(شرکت آب و منطقه‌ای استان آذربایجان غربی، ١٣٩٥). همانطور که در شکل ٢ مشاهده می‌شود از سال ١٣٤٨ تا سال ١٣٧٠ حداکثر نوسانات سطح آب دریاچه ارومیه در حدود ١ متر بوده (١٢٧٥,٩٩ متر) در مقابل از سال ١٣٧٠ تا ١٣٧٤ یک روند افزایشی در تراز آبی سطح دریاچه ارومیه مشاهده می‌شود به طوری که در سال ١٣٧٠ تراز آبی این دریاچه ١٢٧٥,٣١ متر بوده و در انتهای سال ١٣٧٤ به ١٢٧٨,٠٣ متر رسیده است. از سال ١٣٧٨ تا سال ١٣٩٥ روند کاهشی در تراز آب دریاچه ارومیه مشاهده شده است به طوری که در سال ١٣٩٥ به ١٢٧٠,٦٧ متر رسیده است(شکل٢). این نوسان حدود ٨ متری در تراز آبی دریاچه ارومیه طی ١٧ سال اخیر(١٣٧٩ تا ١٣٩٥) سبب شده است مساحت دریاچه ارومیه از ٥٨٢٢ کیلومتر مربع به حدود ٢٢٠٨,٠٥ کیلومتر مربع برسد. افت ٨ متری سطح آب دریاچه ارومیه از سال ١٣٧٨ تا سال ١٣٩٦ سبب شده است مساحت دریاچه ارومیه به حدود ٣٧,٩٣ درصد برسد؛ به عبارتی با کاهش ٨ متری سطح آب دریاچه ارومیه، مساحت این دریاچه در حدود ٦٢ درصد کاهش یافته است. در ادامه ملاحضه خواهد شد که کاهش ١٠ متری سطح آب دریاچه وان، فقط ٦ درصد از سطح و حجم آب این دریاچه می‌کاهد(جدول ٢).



شکل٢. تراز آبی دریاچه ارومیه در ٣١ مرداد هر سال طی دوره آماری ١٣٩٥ ـ ١٣٤٧

شکل ٣. تصویر ماهواره‌ایIRS-P6 از سنجنده AWIFSاز دو دریاچه ارومیه و وان(مورخ ٩٦/٠٤/٢٤) را نشان می‌دهد. سنجنده AWIFS دارای تفکیک مکانی ٦٠ تا ٧٠ متر، عرض تصویر برداری ٧٠٠ کیلومتر و چهار باند در محدوده‌های طیفی ٠/٥٢ میکرون تا ١/٧٠ میکرون است. همانطور که در شکل ٣ 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 بوده 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 ۹۶/۰۴/۲۴ از دریاچه ارومیه و وان

همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود دریاچه وان با مساحت نسبتا کم(در حدود ۳۵۲۲ کیلومتر مربع) حجم آب بسیار زیاد(۱۵۷٦ 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(۵۰۹,٤) 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 ٦۷ درصد مساحت دریاچه و ۷٤,۹ درصد حجم آب دریاچه حفظ می‌شود. در عمق ۱۰۰ متری این دریاچه، در حدود ۵۳ درصد از مساحت و و ٥٦ 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: ٦؛ 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، عملا تبخیر بسیار ناچیزی را تجربه می‌کند.

بررسی‌های ژرفاسنجی دریاچه وان(شکل ٤) 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 کاملا در این مناطق واقع شده است و مناطق شمال‌شرقی 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،

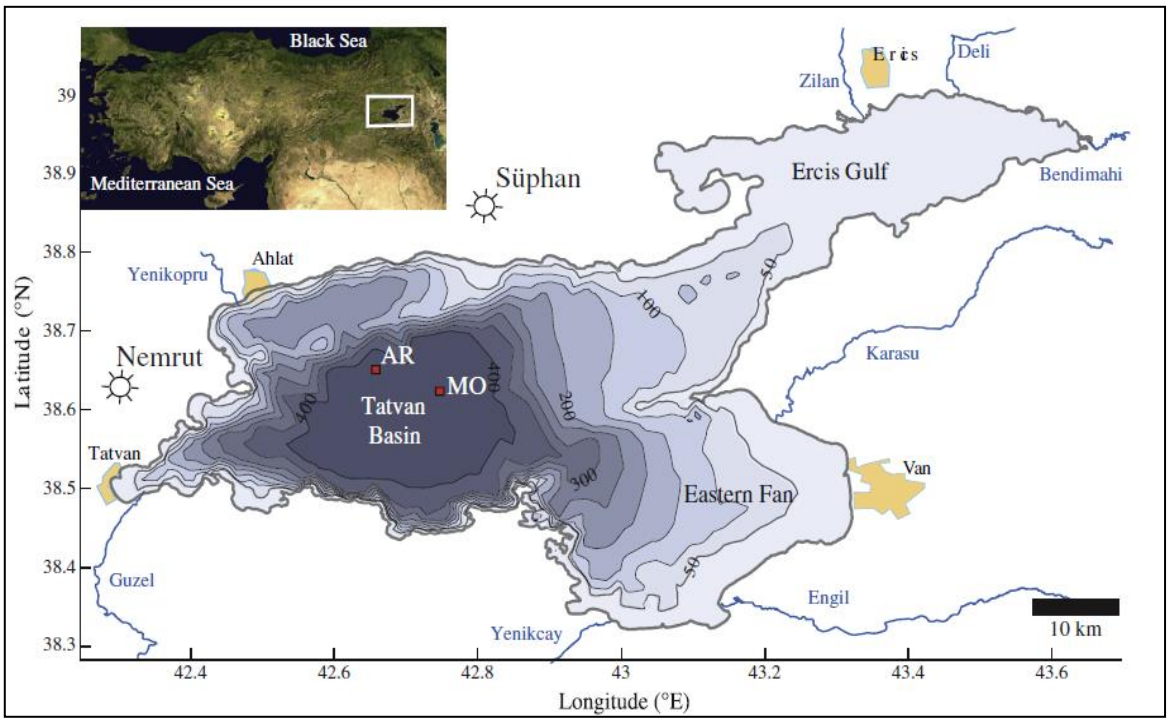
[1]. در بسیاری از منابع حجم آب این دریاچه را در تراز آبی ۱٦٤۸ متری ٦۰۷ کیلومتر مکعب ذکر کرده اند که در مقدمه به آن اشاره شده است.

۲۰۱٤: ٦٥). به طوری که در فاصله اندکی از ساحل دریاچه، عمق آب سریعا 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: ۱٤۹۷؛ استوکهک و همکاران، ۲۰۱۲: ۱٥۰).

جدول ۲. کاهش مساحت و حجم با افزایش عمق برای آب دریاچه وان در تراز آبی ۱٦٤۸ متری از سطح دریا(لندمن و همکاران، ۱۹۹٦: ۷۹۸)

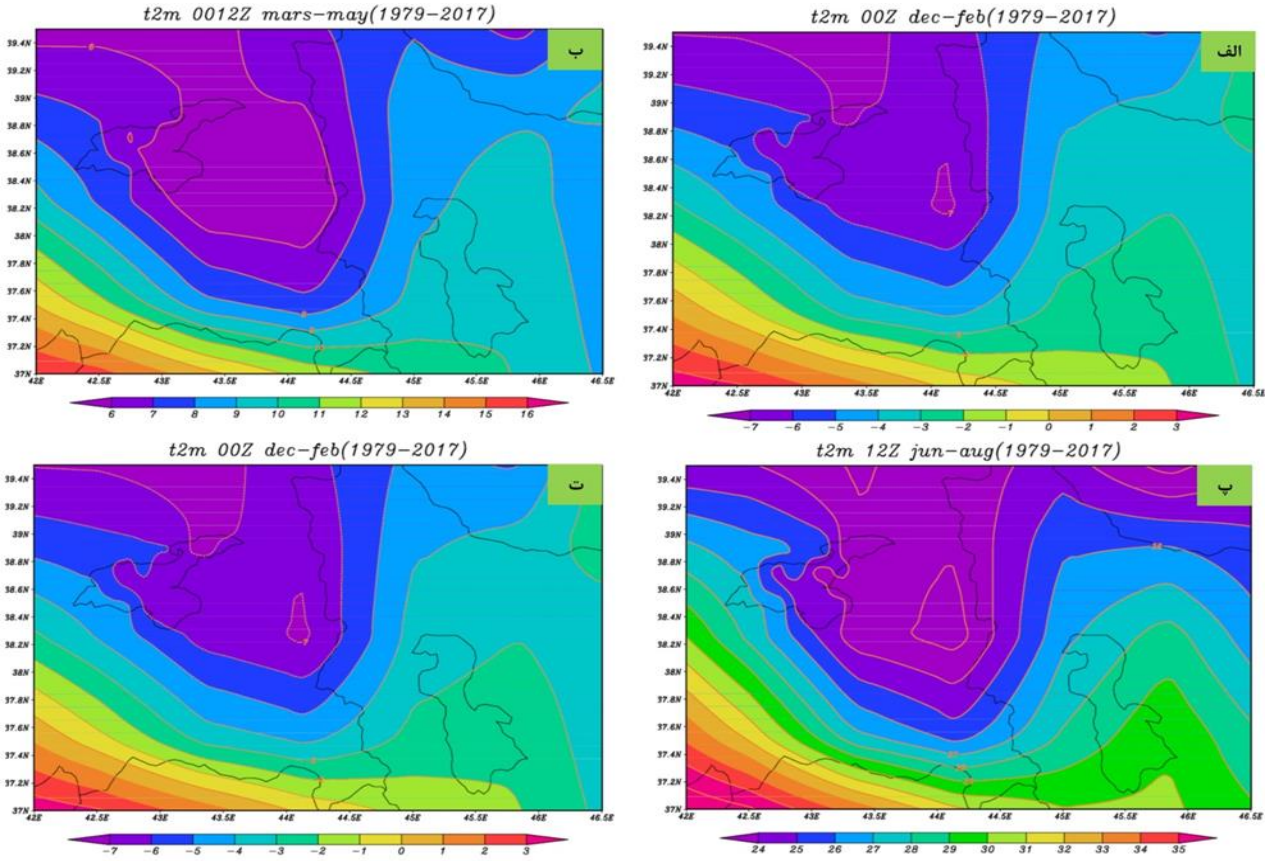
عمق بر حسب متر	مساحت بر حسب کیلومتر مربع	مساحت بر حسب درصد	حجم بر حسب کیلومتر مکعب	حجم بر حسب درصد
۰	۳٥۲۲	۱۰۰	٥۷٥,۹	۱۰۰
۱۰	۳۳۱۸	۹٤,۲	٥٤۱,۳	۹٤
۲۰	۲۷٦٥	۸۳,۳	٥۰۹,٤	۸۸,٥
۳۰	۲٥٥۰	۷۳,٦	٤۸۱,۷	۸۳,٦
٤۰	۲٤٤٦	۷۰,٥	٤٥٦	۷۹,۲
٥۰	۲۳۳۰	٦۷	٤۳۱,٤	۷٤,۹
۱۰۰	۱۸٦٥	٥۳	۳۲٤,۲	٥٦,۳
۱٥۰	۱٥۰٦	٤۲,۸	۲۳۸,۲	٤۱,٤
۲۰۰	۱۱۸۹	۳۳,۸	۱٦۸,۹	۲۹,۳
۲٥۰	۸۸۹	۲٥,۳	۱۱٥,۸	۲۰,۱
۳۰۰	۷٦۲	۲۱,٦	۷۳,۸	۱۲,۸
۳٥۰	٦۲۰	۱۷,٦	۳۸,٥	٦,۷
٤۰۰	٤۰٥	۱۱,٥	۱۱,۷	۲
٤٤۰	۷٦	۲,۲	۰,۲	۰,۰

منبع:یافته‌های پژوهش



شکل٤. نقشه ژرفاسنجی و جریان رودخانه‌های ورودی به دریاچه وان (استوکهک و همکاران، ۲۰۱۲: ۱٤۹)

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 z۰۰) 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 ٦- را تجربه می‌کند(شکل الف). در فصل بهار(ساعت ۰۰ و z۱۲) بیشتر پهنه دریاچه ارومیه دمای ۹ تا ۱۰ درجه سانتی گراد را تجربه می‌کند؛ در حالی که در همین فصل دریاچه وان دمای ٦ تا ۷ درجه سانتی گراد را تجربه می‌کند(شکل ب) در فصل تابستان(ساعت z۱۲) سطح دریاچه ارومیه، دامنه دمایی ۲۷ تا ۳۰ درجه سانتی گراد را تجربه می‌کند. این درحالی است که در همین زمان دریاچه وان دامنه دمایی ۲٤ تا ۲۷ درجه سانتی گراد را تجربه می‌کند(شکل پ). در فصل پاییز(ساعت ۰۰ و z۱۲) سطح دریاچه ارومیه دمای ۱۲ تا ۱۳ درجه سانتی گراد را تجربه می‌کند؛ این درحالی است که در همین زمان سطح دریاچه وان دمای ۱۰ تا ۱۱ درجه سانتی گراد 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 ٤ درجه سانتی گراد پایین تر از دمای سطح آب دریاچه ارومیه است.



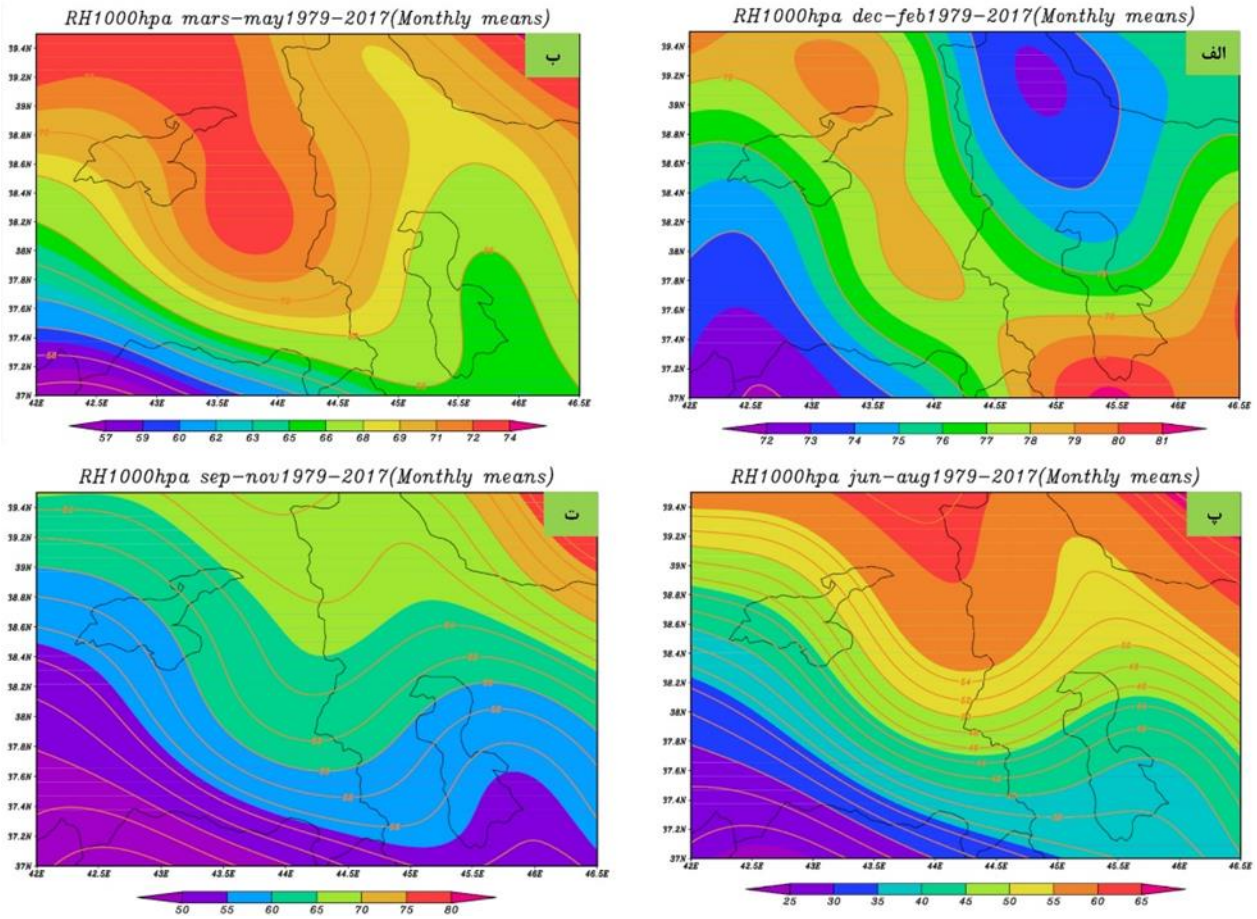
شکل ۵. میانگین دمای هوا در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین در فصل زمستان(الف: ساعت ۰۰ z دسامبر تا فوریه) بهار(ب: ساعت ۰۰ و z۱۲ مارس تا می) در فصل تابستان(پ: ساعت z۱۲ ژوئن تا آگوست) در فصل پاییز(ت: ساعت ۰۰ و ۱۲ z سپتامبر تا نوامبر) طی دوره آماری ۲۰۱۷ ـ ۱۹۷۹.

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

همانطور که در شکل ٦ مشاهده می‌شود تمام سطح دریاچه ارومیه در فصل زمستان(ساعت z۰۰) 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 تقریبا مقادیر نم نسبی مشابهی را تجربه می‌کنند(شکل الف). در فصل بهار(ساعت ۰۰ و z۱۲) دریاچه ارومیه نم نسبی ٦٦ تا ٦٨ درصد و در مقابل دریاچه وان نم نسبی ٦٩ 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 ٤۲ تا ٥٦ درصد را تجربه می‌کند(شکل پ). در فصل پاییز(ساعت ۰۰ و z۱۲) سطح دریاچه ارومیه نم نسبی ۵۵ تا ٦۲ درصد و سطح دریاچه وان نم نسبی ۵۵ تا ٦٦ درصد را تجربه کرده است(ت). در مجموع در فصل زمستان هر دو دریاچه تقریبا مقادیر نم نسبی مشابهی را تجربه می‌کنند و در فصول دیگر سال سطح دریاچه وان نم نسبی ٤ تا ٦ درصد بیشتر از سطح دریاچه ارومیه را به خود می‌بینند.



شکل ٦. 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 z۱۲ مارس تا می) در فصل تابستان(پ: ساعت z۱۲ ژوئن تا آگوست) در فصل پاییز(ت: ساعت ۰۰ و ۱۲ z سپتامبر تا نوامبر) طی دوره آماری ۲۰۱۷ ـ ۱۹۷۹

نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه دو دریاچه ارومیه و وان در فاصله نزدیکی از هم قرار دارند به طوری که فاصله شرقی‌ترین نقطه دریاچه وان و غربی‌ترین 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 جنوبی‌ترین نقطه دریاچه ارومیه و شمالی‌ترین 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 فوق الذکر نسبتا اندک بوده اما روند حیات دو دریاچه کاملا 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 ٤٦۰ 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 ٦ متر است.

۲. شیب بستر دریاچه وان بسیار زیاد(در بخش های 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 کاملا متفاوتی را تجربه می‌کنند.

۳. ضلع شمالی، غربی و جنوبی دریاچه وان را کوهستان های مرتفع و در مقابل، حوالی دریاچه ارومیه را اغلب مناطق هموار تشکیل می‌دهد. تفاوت فوق الذکر سبب شده که در مناطق جنوبی و جنوب غربی، غرب و شمال دریاچه وان بارش سالانه در حدود ٦۰۰ تا ۱۰۰۰ میلی متر باشد. در مقابل بارش در حوالی دریاچه ارومیه در حدود ۲۵۰ تا ۳۰۰ میلی متر است.

٤. احاطه شدن دریاچه وان به وسیله کوهستان های مرتفع و تفاوت ٤۰۰ متری تراز سطح آب دریاچه وان(١٦٤٨ متر) نسبت به تراز آب دریاچه ارومیه(۱۳۷٤ متر) سبب شده است که دمای هوا در سطح دریاچه وان به طور متوسط ۳ تا ٤ درجه سانتی گراد پایین تر از دمای هوا در سطح دریاچه ارومیه بوده است.

۵. مقادیر نم نسبی دو دریاچه ارومیه و وان در فصل زمستان تقریبا مشابه(۷۵ تا ۸۰ درصد) و در دیگر فصول سال دریاچه وان نم نسبی ۲ تا ٦ درصد بیشتر از سطح دریاچه ارومیه را تجربه می‌کند.

٦. در نهایت هرگونه تغییرات طبیعی(بویژه تغییرات انسانی) در دو حوضه آبریز دریاچه ارومیه و وان، واکنش ها و به عبارتی تبعات کاملا 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 ٦ درصدی مساحت این پهنه آبی می‌شود.

منابع

جداری عیوضی، جمشید(۱۳۸۱) جغرافیای آب‌ها، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

جداری عیوضی، جمشید(۱۳۸۳) ژئومورفلوژی 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 ٤۳، شماره ۱، صص ۱۰۱ ـ ۹۵.

زینالی، بتول؛ اصغری سراسکانرود، صیاد(۱۳۹٤) بررسی تغییرات خط ساحلی تراز آب دریاچه ارومیه و تاثیر آن بر مناطق شهری اطراف دریاچه، دو فصلنامه پژوهشه‌های بوم شناسی شهری، سال ٦، شماره ۱، صص ۲۰ ـ 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 ٤۲ ـ ۲۵.

سیما، سمیه؛ تجریشی، مسعود(۱۳۹٤) برآورد تبخیر از سطح دریاچه ارومیه بااستفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده MODIS، فصلنامه تحقیقات منابع آب ایران، سال یازدهم، شماره ۱، صص ٤۸ ـ 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(۱۳۹٦) مقایسه روند تغییرات کمی و کیفی آب دریاچه ارومیه با تاکید بر اطلاعات کرانه جنوب خاوری آن، فصلنامه علوم زمین، دوره ۲٦، شماره ۱۰۳، صص ۱۰٦ ـ ۱۰۲.

صداقت، محمود(۱۳۸۳) منابع و مسائل آب ایران، تهران: انتشارات دانشگاه پیام نور.

علایی طالقانی، محمود(۱۳۸٤) ژئومورفلوژی ایران، تهران: انتشارات قومس.

فتحی، محمد حسین؛ مددی، عقیل؛ بهشتی، ابراهیم؛ سرمستی، نادر(۱۳۹٤) ارزیابی نوسان های سطح آب دریاچهٔ ارومیه و افزایش پهنه‌های نمکی در منطقهٔ شمال غرب ایران، پژوهش های جغرافیای طبیعی، دوره ٤۷، شماره ۲، صص ۲۸۵ ـ ۲۷۱.

لک، راضیه؛ درویشی خاتونی، جواد؛ محمدی، علی(۱۳۹۰) مطالعات پالئولیمنولوژی و علل کاهش ناگهانی تراز آب دریاچه ارومیه، فصلنامه زمین شناسی کاربردی، سال ۷، شماره ٤، صص ۳۵۸ ـ ۳٤۳.

واعظی هیر، عبدالرضا؛ ساری صراف، بهروز؛ والائی، اکرم(۱۳۹۵) بررسی علل کاهش جریان در رودخانه‌های **شاخص جنوب شرق دریاچه ارومیه**، فصلنامه علمی ـ پژوهشی فضای جغرافیایی، سال ۱٦، شماره ۵۳، صص ۱۵۰ ـ 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., Piguet, E., & Rebetez, 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, Ostrrürkei (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., & Vafaee, 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.