

تحلیل هیدروکلیماتولوژیکی نوسان‌های سطح آب دریاچه ارومیه

داریوش یاراحمدی* - استادیار گروه علوم جغرافیایی، دانشگاه لرستان

پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۰۶/۱۷ تأیید نهایی: ۱۳۹۲/۱۲/۲۵

چکیده

دریاچه ارومیه یکی از مهم‌ترین اکوسیستم‌های آبی ایران است که تغییر در آن، تأثیرات گسترده‌ای در وضعیت اقلیمی، اقتصادی - اجتماعی و هیدرولوژی خواهد گذاشت. برای بررسی ارتباط نوسان‌های سطح آب دریاچه ارومیه با تغییرات دما، بارش، سطح ایستابی و دبی رودخانه‌ها، سری‌های زمانی متغیرهای مذکور طی دوره آماری ۲۰۱۰-۱۹۸۱ جمع‌آوری و تنظیم شد. همگنی و تصادفی بودن داده‌ها به کمک آزمون ناپارامتریک ران تست مورد بررسی قرار گرفت. برای بررسی روند تغییرات متغیرها و میزان تأثیرگذاری متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته (سطح آب دریاچه ارومیه)، از روش‌های ناپارامتری من - کندال و پارامتری ضریب همبستگی پیرسون و تحلیل رگرسیون استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد که کمابیش ۳۰ درصد از تغییرات سطح آب دریاچه با متغیرهای دما و بارش توجیه می‌شود. مدل‌های هیدرولوژی مشخص می‌کنند که ۴۲ درصد از نوسانات سطح آب دریاچه، ناشی از تغییرات دبی رودخانه‌های منطقه و سطح ایستابی آبهای زیرزمینی است و افزایش دما بیشتر از کاهش بارندگی در افت سطح آب دریاچه ارومیه مؤثر است. این مطالعه نشان داد که جهش و روند افزایشی دما از سال ۱۹۹۳، کاهش بارش و دبی رودخانه‌ها از سال ۱۹۹۴، روند افزایشی ارتفاع سطح ایستابی و روند کاهش سطح آب دریاچه ارومیه با تأخیر چهار ساله، از سال ۱۹۹۸ آغاز شده است.

کلیدواژه‌ها: بارش، دبی، دریاچه ارومیه، دما، سطح ایستابی.

مقدمه

ایران به دلیل قرار گرفتن در منطقه خشک و نیمه‌خشک، منابع آب مناسبی نداشته و نسبت به متوسط جهانی، از وضعیت مطلوبی برخوردار نیست. وقوع خشکسالی، نوسانات اقلیمی، کمبود بارش و بی‌نظمی آن، مردمان این دیار را بیش‌ازپیش با انواع مشکلات در زمینه آب و غذا مواجه کرده است. در نتیجه از دیرباز برای جبران کمبود آب در بخش‌های مختلف

کشاورزی، اقتصادی، صنعتی و آشامیدن، برداشت از آبهای سطحی و زیرسطحی، کوتاه‌ترین و راحت‌ترین راه چاره بوده است. از سوی دیگر افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای، به‌خصوص دی‌اکسیدکربن، سبب تغییر رژیم بارش و دما و به‌دنبال آن، تغییرات در روند برخی از مؤلفه‌های چرخه هیدرولوژی در دهه‌های اخیر شده است. دریاچه ارومیه نیز یکی از مهم‌ترین و بزرگترین اکوسیستم‌های آبی ایران است که تغییر در آن به‌صورت سیستمی و زنجیروار، تأثیرات گسترده‌ای در وضعیت اقلیمی و شرایط اقتصادی - اجتماعی و هیدرولوژی خواهد گذاشت. بررسی و پایش تغییرات آب دریاچه ارومیه و میزان ارتباط آن با تغییرات اقلیمی و هیدرولوژی منطقه، شایان اهمیت است. در این راستا مطالعات متعددی انجام گرفته است که در ادامه می‌توان به مواردی از آنها اشاره کرد.

گوین پیرسون، گراهام و اندرسون (۲۰۰۵) اثرات تغییر اقلیم را بر افزایش تراز دریاها، به‌خصوص افزایش ارتفاع دریاچه مالارن^۱ برای سال‌های ۲۰۷۰-۲۱۰۰ بررسی کردند. آنها در این مطالعه از مدل ECHAM4، از سری مدل‌های GCM تحت سناریوی A2 استفاده کردند. نتایج حاکی از افزایش تراز سطح آب دریاچه به اندازه ۵۰ سانتی‌متر برای دوره آتی بود.

سینگ (۱۹۸۹) در انجمن تحقیق و فناوری بوپال^۲ در هندوستان، با استفاده از سنجش از دور و معرفی یک روش ترکیبی، به ارزیابی آبهای سطحی و مدیریت دریاچه بوپال پرداختند. نتیجه این پژوهش نشان داد که از داده‌های ماهواره می‌توان برای نقشه‌برداری و پایش مخازن بزرگ آبی در دوره‌های مختلف استفاده کرد. کیش (۲۰۰۲)، بیلان سطح آب دریاچه‌های جکسون و فلوریدا را بر اساس عناصر اقلیمی (بارش و تبخیر) و با استفاده از فناوری‌های سنجش از دور و GIS مطالعه کرد. نتیجه این مطالعه نشان داد که می‌توان نوسان‌های دوره‌ای سطح آب این دو دریاچه را با فناوری‌های سنجش از دور، به‌طور دقیق در طول زمان، پایش و ارزیابی کرد. برایانت (۲۰۰۳) تغییرات کوتاه‌مدت رژیم‌های سیلابی پلایاهای حساس به شرایط آب‌وهوایی جنوب کشور تونس را مطالعه کرد. نتیجه این مطالعه، تأیید تصاویر ماهواره‌ای در پایش پدیده‌های دینامیکی و محیط‌های حساس به شرایط آب‌وهوایی را به‌دنبال داشت. همچنین روند تراز سطح دریاچه ابیاتا^۳ در افریقا برای سال‌های ۱۹۷۶ تا ۲۰۰۰ را آینوو (۲۰۰۴) مورد بررسی قرار داد. نتایج حاکی از وجود یک روند کاهشی در تراز سطح دریاچه تا ۴ متر بود.

در مطالعه‌ای دیگر، اثرات تغییر اقلیم بر افزایش تراز دریاچه ویکتوریا در شرق آفریقا مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش نتایجی به‌دست آمد که نشان داد بین نوسانات تراز دریاچه و بارش روی سطح دریاچه، ارتباط و همبستگی مستقیمی وجود دارد. همچنین یک زمان تأخیر بلندمدت بین زمان بارش‌های حداکثر و زمان رسیدن تراز دریاچه به نقطه پیک وجود دارد (مبستری و کانوی، ۲۰۰۳). مطالعه دیگری را ایتزنگر، کابوو و فارمایر (۲۰۰۴) با هدف بررسی اثرات تغییر اقلیم روی تراز دریاچه کم‌آب نیوسیدلر^۴ در شرق استرالیا، برای سال‌های ۲۰۲۰-۲۰۴۰ انجام دادند که نتایج آن نشان از افزایش دما، کاهش بارش و تراز سطح دریاچه در دهه اول نسبت به دهه دوم دارد.

1. Malaren
2. Bhopal Lake
3. Abyata
4. Neusiedler

کاسکان (۲۰۰۲) مدل‌بندی رواناب - بارندگی حوضه آبریز دریاچه وان در شرق ترکیه را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مطالعه کرد. نتایج این بررسی نشان داد که سنجش از دور، ابزار مطلوبی برای تحلیل ارتباط رواناب و بارندگی در داخل حوضه‌های آبریز است.

پاندا و همکاران (۲۰۰۷) در پژوهشی، برای شناختن و یافتن روند تغییرات سطح آب زیرزمینی در منطقه اوریسای^۱ هند و تأثیر خشکسالی و دخالت بشر، از روش‌های آماری ناپارامتری من - کندال استفاده کردند. نتایج آنان نشان داد که افت سطح آبی که به دلیل دمای بالا و دخالت بشری و کمبود باران در طول سال‌های خشک ایجاد شده، با تغذیه سال‌های مرطوب جبران نشده است. در قبل از فصل مانسون، روند تغییرات نشان داد که ۵۹ درصد از ایستگاه‌های ناظر با تجربه افت آبهای زیرزمینی روبه‌رو بوده‌اند و در مقابل ۵۱ درصد از ایستگاه‌ها پس از فصل مانسون برای منطقه مورد مطالعه تغییرات کلی نشان داده‌اند. نجفی در سال ۲۰۰۳ به بررسی رواناب حاصل از ذوب برف در حوضه دریاچه ارومیه با استفاده از مدل‌بندی فناوری GIS و RS پرداخت. او سنجش از دور را بهترین فناوری در ارزیابی و تخمین مقادیر انباشت برف در حوضه‌های آبریز، به‌ویژه نقاط کوهستانی و صعب‌العبور معرفی کرد.

زبردست و جعفری (۱۳۸۹) در پژوهشی با عنوان «ارزیابی روند تغییرات تالاب انزلی با استفاده از سنجش از دور» در یک دوره ده‌ساله با استفاده از سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی GPS، به‌نوعی مدیریت محیط زیستی برای این دریاچه دست یافت. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که طی ارزیابی ده‌ساله، تالاب انزلی دچار تخریب شده و تغییرات نوسانات آن تحت تأثیر پیشروی و پسروی دریای خزر قرار دارد. پدیده‌های مرتبط با آن مانند نوع پوشش گیاهی و مساحت بخش آبگیر تالاب، به سمت افزایش تغذیه‌گرایی است.

شریفی‌کیا (۱۳۸۹) در پایش تغییرهای تراز آبی در دریاچه هامون، مبتنی بر تحلیل سری زمانی تصاویر سنجش از دور، به کمک تحلیل سری زمانی داده‌های سنجنده‌های ETM، TM و MSS ماهواره لندست و داده‌های زمینی در یک دوره سی‌ساله، به پایش تراز آبی دریاچه هامون پرداخت. نتایج به‌دست‌آمده از این بررسی‌ها، تغییر در عرصه‌های آبی هامون را - که به زبان بخش ایرانی (هامون صابری) و به نفع بخش افغانی (هامون پوزک) است - تأیید می‌کند.

مه‌سافر، مکنون و ثقفیان (۱۳۸۹) در پژوهشی با عنوان «اثرات تغییر اقلیم بر بیلان آبی دریاچه ارومیه از طریق مدل HadCM3»، از سری مدل‌های گردش عمومی جوی (GGM)، تحت سناریوهای گلخانه‌ای (A2 و B2) و با استفاده از شبکه‌های نرو فازی (ANFS)، تراز سطح دریاچه ارومیه ناشی از تغییر اقلیم را برای دوره ۲۰۰۰-۲۱۰۰ شبیه‌سازی کرده‌اند. اثرات تغییر اقلیم بر تراز آبی دریاچه بر اساس پیش‌بینی مدل HadCM3 تحت سناریوی A2، حاکی از افزایش میانگین سالانه دما و کاهش میانگین سالانه تراز سطح دریاچه به‌اندازه ۲/۸ درجه سانتی‌گراد و ۴/۶۰ متر است. با مقایسه سناریوهای B2 و A2 مشاهده شد که سناریوی A2 حالت بحرانی‌تری را برای شرایط آبی دریاچه پیش‌بینی می‌کند و دریاچه تحت سناریوی A2 تا سال ۲۱۰۰ خشک می‌شود.

رسولی، شیرزاد و جهانبخش (۱۳۸۶)، در پژوهشی نوسان‌های سطح آب دریاچه ارومیه را با تصاویر ماهواره‌ای

1. Orissa

2. General Circulation Model

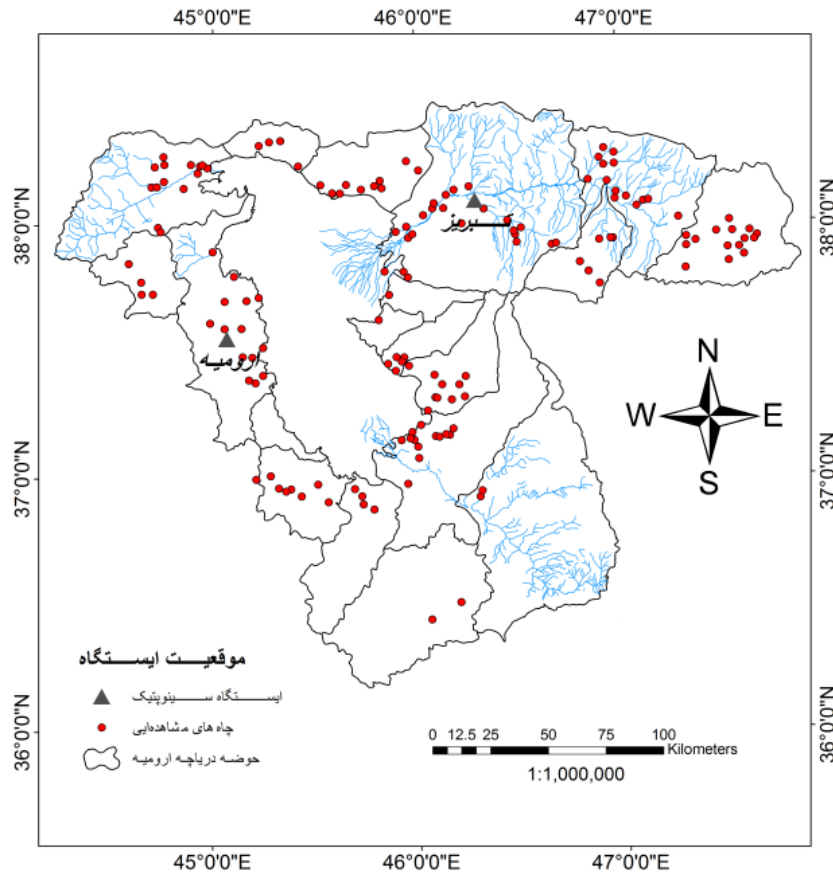
چندسنگنده‌ای لندست از سال ۱۹۷۶ تا ۲۰۰۵ میلادی مورد بررسی و پردازش قرار داده‌اند که مدل‌های نهایی، نشان‌دهنده نوسانات گسترده دوره‌ای و تغییرات چشمگیر فصلی در پارامترهای هندسی دریاچه، به‌ویژه در دهه گذشته است و بیشترین تغییرات به دلیل کاهش ارتفاع آب دریاچه، به‌ویژه در شرق و جنوب شرق آن روی داده است.

محققان بسیاری در خارج (بوناکورسو، کنسلیری و روسی، ۲۰۰۵؛ مورداس و سیلوا، ۲۰۰۵؛ پارتال و کاهای، ۲۰۰۶؛ سنی‌یرز، ۱۹۹۰: ۱۵-۲؛ سالشی، ۲۰۰۴) و داخل کشور (جهانبخش، رحیمی بندرآبادی و حسینی، ۱۳۸۹: ۴؛ نادریان‌فر، ضیایی و داوری، ۱۳۸۹؛ حجازی‌زاده و پروین، ۱۳۸۸) از روش من - کندال استفاده کرده‌اند. جهان‌دیده و شیروانی (۱۳۹۱) روند زیرزنجیره‌های زمانی بارش استان فارس را با استفاده از روش من - کندال دنباله‌ای مورد بررسی قرار دادند. آنها به این نتیجه رسیدند که بارش ایستگاه‌های شیراز، فسا و آباده، یک روند کاهشی را به ترتیب به میزان ۰/۱، ۰/۳ و ۰/۵ ثبت کرده است.

نوسان‌های سطح و حجم آب دریاچه ارومیه و کاهش مساحت آن طی سال‌های گذشته، توجه بسیاری را به خود معطوف کرده و نگرانی‌هایی را به وجود آورده است. پس از بررسی پژوهش‌های انجام گرفته می‌توان چنین برداشت کرد که مطالعه جامعی در مورد تأثیر عوامل اقلیمی، سطح ایستابی آبهای زیرزمینی و دبی رودها (متغیرهای مستقل)، بر نوسانات سطح آب دریاچه ارومیه (تغییر وابسته) و تفکیک سهم هر یک از آنها انجام نشده است؛ لذا پژوهش حاضر در نظر دارد تا با روش‌های آماری، ارتباط عوامل و عناصر اقلیمی و هیدرولوژی بر نوسان‌های سطح دریاچه را بررسی کرده و میزان تأثیر آنها را بر سطح آب دریاچه ارومیه پایش کند.

دریاچه ارومیه در گسترش نهایی خود، در ابعادی حدود ۱۴۰ کیلومتر طول، ۵۵ کیلومتر عرض و حداکثر ۲۰ متر عمق گزارش شده است. دریاچه ارومیه در شمال غرب ایران قرار گرفته و یکی از مهم‌ترین زیستگاه‌های طبیعی در سطح منطقه به‌شمار می‌رود. این دریاچه به دلیل ویژگی‌های منحصر به فردش، از سوی سازمان یونسکو نام پارک ملی را دریافت کرده است. دریاچه ارومیه که مناسب‌ترین محیط زیست برای میگوی آرتمیا است، بزرگترین پهنه آبی در فلات ایران به‌شمار می‌رود که بین دو استان آذربایجان غربی و آذربایجان شرقی قرار گرفته است. مساحت این دریاچه در طول سال‌های گذشته بین ۴۰۰۰ تا ۶۰۰۰ کیلومتر مربع در نوسان بوده است. کمابیش حدود ۲۰ رودخانه دائمی و فصلی و همچنین تعدادی از جریان‌های زیرسطحی و فصلی، دریاچه ارومیه را تغذیه می‌کنند.

تراز کف دریاچه از سطح آزاد دریاها ۱۲۶۸ متر است. میانگین شوری آب دریاچه ارومیه بین ۲۲۰ تا ۳۰۰ گرم در لیتر است که نسبت به شرایط زمانی و مکانی متغیر است. به دلیل شرایط اکولوژیکی خاص دریاچه، سازمان ملل آن را با عنوان یک محیط زیست حفاظت شده ثبت کرده است. دریاچه ارومیه بیستمین دریاچه جهان و دومین دریاچه فوق اشباع نمک در دنیا به‌شمار می‌رود که حوزه آبریز مربوط به آن حدود ۳/۲۵ درصد از مساحت کل کشور را به خود اختصاص می‌دهد. حداکثر عمق این دریاچه حدود ۲۰ متر است و با داشتن ۱۰۲ جزیره در قالب یک زیست‌کره استثنایی، به منزله میراث طبیعی شناخته شده است که در سطح ملی به صورت یک پارک ملی مدیریت می‌شود. این محدوده با اقلیمی نیمه‌خشک، به شدت تحت تأثیر ارتفاعات اطراف قرار دارد (رسولی، شیرزاد و جهانبخش، ۱۳۸۶).



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و ایستگاه‌های اقلیمی و هیدرولوژی

مواد و روش‌ها

با توجه به اهداف پژوهش، برای بررسی نوسان‌های سطح آب دریاچه ارومیه با تغییرات اقلیمی و هیدرولوژی، داده‌های زمینی - هواشناسی بارش و دمای ایستگاه ارومیه برای دوره آماری ۲۰۱۰-۱۹۸۱ از سازمان هواشناسی و داده‌های سطح ایستابی آبهای زیرزمینی، دبی رودخانه‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه و داده‌های تراز آب دریاچه از مدیریت منابع آب ایران دریافت شد. برای تنظیم داده‌های سطح ایستابی آبهای زیرزمینی، از میان ۱۰۵۴ حلقه چاه، ۱۲۳ حلقه که در دوره آماری داده‌های کاملی داشتند، انتخاب شدند و سری‌های زمانی داده‌های دبی رودخانه‌ها نیز از دبی هفت رود عمده حوضه آبریز دریاچه ارومیه به دست آمده است. سپس فایل‌های سری‌های زمانی برای دما و بارش به صورت سالانه و فصلی و داده‌های آبهای زیرزمینی و سطح آب دریاچه به صورت سالانه و ماهانه تشکیل شد. در این پژوهش دما، بارش، سطح ایستابی آبهای زیرزمینی و دبی رودخانه‌ها به منزله متغیر مستقل و تراز آب دریاچه نیز متغیر وابسته تلقی شده است. برای اطلاع از همگنی و تصادفی بودن داده‌ها و احتمال هرگونه روند در سری‌های زمانی، از آزمون ناپارامتریکی به نام ران تست^۱ استفاده شده است. تصادفی بودن متغیرها با احتمال خطای ۰/۰۵ مورد بررسی قرار گرفت و از همگن بودن آنها

اطمینان حاصل شد. این آزمون نشان داد که داده‌ها در سطح ۰/۰۵ همگن هستند. برای محاسبه میزان رابطه میان متغیرهای مستقل و وابسته، روش همبستگی پیرسون به کار گرفته شد که روند محاسبات آن در رابطه ۱ مشاهده می‌شود.

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) - (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 (y_i - \bar{y})^2}} \quad \text{رابطه ۱}$$

در این رابطه x و y متغیرهای مستقل و وابسته هستند و r به دست آمده عددی بین -1 و $+1$ خواهد بود که هرچه به ± 1 نزدیک‌تر باشد، رابطه قوی‌تر است (عساکره و اشرفی، ۱۳۹۰).

برای انتخاب و استفاده از آزمون‌های پارامتریک و ناپارامتریک، نمودارهای توزیع‌های فراوانی سری‌های زمانی و همچنین نمودار منحنی نرمال با روش آزمون شاپیرو - ویلک و روش کلموگروف - اسمیرنوف ترسیم شده و مورد بررسی قرار گرفتند (رحیم‌زاده، ۱۳۹۰: ۲۴۸). برای استفاده از آزمون معادلات رگرسیون، محقق باید شرایط و پیش‌شرط‌هایی چون نرمال بودن داده‌ها و سنجش دوربین واتسون را در نظر داشته باشد. بدین منظور مقادیر استاندارد خطاها را محاسبه کرده و پس از آن نمودار نرمال آنها ترسیم شد و سپس بین دو نمودار مقایسه‌ای انجام گرفت. همچنین به منظور بررسی استقلال خطاها از یکدیگر، آزمون دوربین - واتسون به کار رفت و با توجه به نتایج به دست آمده و پس از بررسی آزمون‌های مختلف پارامتری و ناپارامتری روی داده‌های این پژوهش، استفاده از آزمون‌های پارامتریک رگرسیون چندمتغیره و آزمون‌های ناپارامتریک من - کندال برای داده‌های این پژوهش مناسب تشخیص داده شد (بایزیدی، اولادی و عباسی، ۱۳۹۰: ۱۳۴).

رگرسیون: مدل رگرسیون خطی و مکمل آزمون غیر پارامتری به صورت $Y = a + b_1x_1 + b_2x_2$ است که در این رابطه؛ y : متغیر مورد نظر یا وابسته؛ x_1 و x_2 : دما و بارش یا متغیرهای مستقل؛ a : شیب خط که مقدار و جهت تغییر در متغیر وابسته را نشان می‌دهد و b : عرض از مبدأ است (بساطی، ۱۳۸۵: ۲۶).

روش نموداری من - کندال و آماره‌های آن: این آزمون نیاز به توزیع فراوانی نرمال یا خطی بودن رفتار داده‌ها ندارد و در برابر مقادیر داده‌هایی که چولگی و کشیدگی زیادی دارند (به ویژه باریک‌دگی) و داده‌هایی که انحراف چشمگیری در رفتار خطی دارند، بسیار قوی است و به منظور ارزیابی روند به کار می‌رود. با استفاده از آزمون آماری و گرافیکی من - کندال، جهت روند، نوع و زمان تغییر در نرم افزار MATLAB تعیین شده است که ابتدا آماره (ti) نسبت رتبه i به رتبه‌های قبلی محاسبه می‌شود و پس از آن، فراوانی تجمعی آماره $(\sum ti)$ را به دست می‌آوریم. در ادامه امید ریاضی Ei و واریانس Vi محاسبه و شاخص من - کندال بر اساس رابطه ۲ محاسبه می‌شود (سنی‌برز، ۱۹۹۰؛ سالشی، ۲۰۰۴).

$$U_i = \frac{(\sum ti - Ei)}{\sqrt{Vi}} \quad \text{رابطه ۲}$$

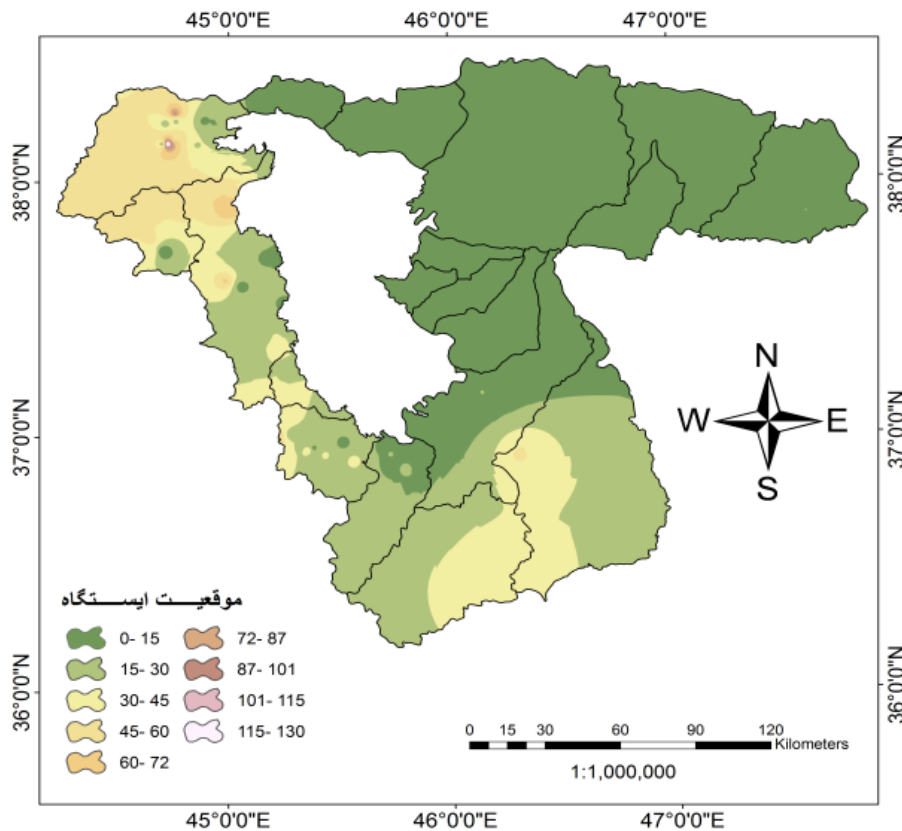
برای بررسی تغییرات، باید شاخص $U'i$ نیز تعیین شود. مقدار این شاخص پس از مشخص کردن آماره ti و محاسبه امید ریاضی، از رابطه ۳ به دست می‌آید (حجازی‌زاده و پروین، ۱۳۸۸).

$$U'i = \frac{-(\sum t'i - E'i)}{\sqrt{V'i}} \quad \text{رابطه ۳}$$

از دیدگاه آماری، زمان تغییر در یک سری زمانی، جایی است که از آن به بعد توزیع آماری دیگری بر داده‌ها حاکم شود (ها و ها، ۲۰۰۶). محل تلاقی دو نمودار u و u' بیانگر نقطه چشمگیر تغییر و وجود روند است؛ به طوری که اگر خطوط مذکور در داخل محدوده بحرانی ($\pm 1/96$) همدیگر را قطع کنند، نشانه زمان آغاز تغییر ناگهانی در داده‌هاست و چنانچه خارج از محدوده بحرانی همدیگر را قطع کنند، بیانگر وجود روند در سری زمانی است (سیورس، ۱۹۹۰). رفتار u' بعد از محل تلاقی وضعیت روند سری را نشان می‌دهد. عدم تلاقی دو شاخص، معرف عدم وقوع تغییر در سری زمانی است (تورکس، ثمر و دمیر، ۲۰۰۲).

یافته‌های پژوهش

تغییرات پارامترهای مختلف اقلیمی و هیدرولوژی همچون دما، بارش، دبی رودخانه‌ها، تغییرات سطح ایستابی آبهای زیرزمینی و تأثیر آنها بر نوسانات آب دریاچه ارومیه در طول دوره آماری مورد نظر، مهم‌ترین هدف این پژوهش است. بدین منظور ابتدا تغییرات آماری این پارامترها در طول دوره آماری بررسی می‌شود (جدول ۱).



شکل ۲. پهنه‌بندی ارتفاع سطح ایستابی به متر (چاه‌های مشاهده‌ای)

جدول ۱. نتایج آمار توصیفی متغیرهای منطقه مورد مطالعه

میانگین	انحراف معیار	چولگی	حداکثر	حداقل	دامنه تغییرات
دبی	۱/۸۳	۱	۴/۰۶	۰/۶۵	۳/۴۱
سطح ایستابی	۱۵/۰۱۳	۰/۹۶	۱۶/۴۱	۱۳/۰۱	۳/۴
بارش	۳۱۵	۹۹/۲	۵۷۹/۵	۱۶۷/۲	۴۱۲/۳
دما	۱۱/۲۶	۱/۰۱	۱۳/۴	۸/۷۴	۴/۶۶
تراز آب دریاچه	۱۲۷۶/۹	۲/۰۵	۱۲۷۷/۸۶	۱۲۷۱/۰۳	۶/۸۳

در این پژوهش برای بررسی تغییرات سطح ایستابی آبهای زیرزمینی، از تغییر ارتفاع سطح چاه‌ها نسبت به سطح زمین استفاده شده که در آن افزایش سطح ایستابی، به معنای افت سطح آب و کاهش میزان آب چاه است (شکل ۲). از ضریب همبستگی نیز برای بررسی امکان یا عدم امکان ارتباط بین متغیرهای مستقل و وابسته و تعیین شیب خط با زمان استفاده شده است. چنانچه همبستگی بین X و Y ، $+1$ و -1 باشد، پیش‌بینی کامل و دقیق هر یک از دو متغیر از روی متغیر دیگر امکان‌پذیر است؛ در غیر این صورت پیش‌بینی‌ها تقریبی است. همان‌گونه که در جدول ۲ دیده می‌شود، بین متغیرهای مستقل و نوسانات سطح آب دریاچه همبستگی نسبتاً قوی وجود دارد و اکثراً در سطح $0/01$ معنادار هستند که نشان‌دهنده اعتبار و قدرت بالای رابطه خطی بین آنها و میزان تأثیرپذیری متغیر وابسته از متغیرهای مستقل است. شیب منفی نشان‌دهنده رابطه معکوس متغیرهای مستقل و سطح آب دریاچه و دوره آماری است و شیب مثبت رابطه مستقیم را نشان می‌دهد.

جدول ۲. ارتباط بین متغیرهای مستقل و تراز آب (وابسته) و روند آن‌ها در طول دوره آماری

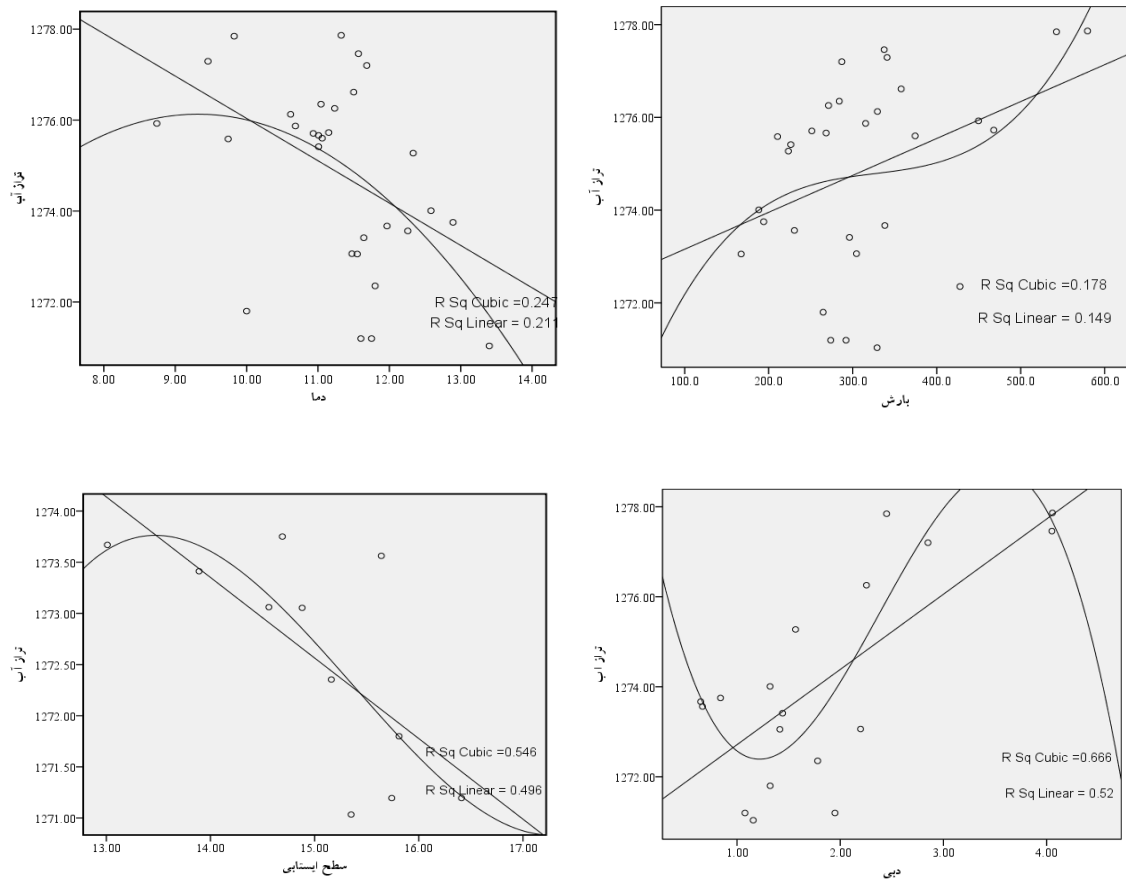
دبی	سطح ایستابی	بارش	دما	تراز آب
دوره آماری	۰/۶۰	۰/۵۵	۰/۲۴	۰/۵۸
تراز آب	۰/۷۲	۰/۷۱	۰/۳۹	۰/۴۶

از میان چهار متغیر مستقل تأثیرگذار، پایین‌ترین همبستگی میان عناصر اقلیمی و تغییرات سطح آب دریاچه وجود دارد که احتمالاً ناشی از عوامل دیگری چون زمین‌شناسی، فاصله بارش‌ها، جنس سنگ‌ها، وضعیت پوشش گیاهی و ساختمان زمین‌شناسی منطقه است؛ در حالیکه تأثیر آنها بر عوامل هیدرولوژی باعث معکوس شدن مقادیر ضریب همبستگی با تراز آب دریاچه شده است؛ به طوری که این ضریب برای دبی رودخانه‌ها و سطح ایستابی به ترتیب به میزان $0/72$ و $-0/71$ می‌رسد.

همچنین در جدول ۲، نتایج آزمون ضریب همبستگی پیرسون شیب خطی آمده است که معناداری را در طول دوره آماری (سال) با افزایش زمان نشان می‌دهد. این شیب خطی در مورد دبی، بارش و تراز آب، منفی و برای سطح ایستابی و دما مثبت است؛ یعنی با کاهش بارش و دبی از یک سو و افزایش عمق سطح ایستابی و دما از سوی دیگر، سطح آب دریاچه در طول دوره آماری با کاهش روبه‌رو بوده است.

پس از اثبات رابطه بین متغیرها، برای تشخیص نوع رابطه از آزمون ناپارامتری من - کندال در نرم‌افزار SPSS (مهدوی و طاهرخانی، ۱۳۹۱) استفاده شد. با توجه به اینکه سطح معناداری پایین‌تر از ۰/۰۵ است و دوربین واتسون بین ۱ و ۳ قرار دارد، پس می‌توان از این آزمون در پژوهش استفاده کرد. برای بررسی رابطه میان متغیرها، اقدام به رسم نمودار پراکنش یا نمودار تغییرات مقادیر دو متغیر در ارتباط با یکدیگر شد و برای تجزیه و تحلیل همبستگی بین سری‌های زمانی و ارتباط آنها با تراز آب، نمودار پراکنش ترسیم شد. نتایج بررسی، حاکی از وجود رابطه خطی بین زوج‌های مختلف متغیرها است؛ به طوری که پراکندگی نقاط در اطراف خط همبستگی دیده می‌شود و پیوند متغیرها با هم و با زمان و تراز آب کاملاً مشهود است.

شیب خط رگرسیون در نمودار پراکندگی (شکل ۳) نشان می‌دهد که هرچه میزان بارش افزایش یابد، تراز آب نیز بالا می‌رود. در جدول ۳ مقادیر منفی حکایت از روند کاهشی و مقادیر مثبت حکایت از روند افزایشی دارند. بالاترین روند کاهشی با ۲/۵۶- مربوط به بارش سالانه است. افزایش دماها و کاهش بارندگی‌ها باعث کاهش بارش برف، افزایش تبخیر و تعرق و در نتیجه، کاهش ورودی آب به دریاچه شده است که این روند کاهشی به میزان ۰/۱۸ متر در سال است.



شکل ۳. نمودارهای پراکنش و ارتباط متغیرهای مستقل با تراز آب دریاچه ارومیه با دو روش خطی و کویک

جدول ۳. روند یابی متغیرهای مورد مطالعه در طول دوره آماری

دوربین واتسون	sig	روند	دوربین واتسون	sig	روند
۱/۴۸	۰/۰۵	-۲/۷	بارش سالانه	۱/۲۷	۰/۰۷
۱/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۱۳	سطح ایستابی	۱/۱	-۰/۱۱۳
۱/۱۶	۰	-۰/۱۸			تراز آب دریاچه

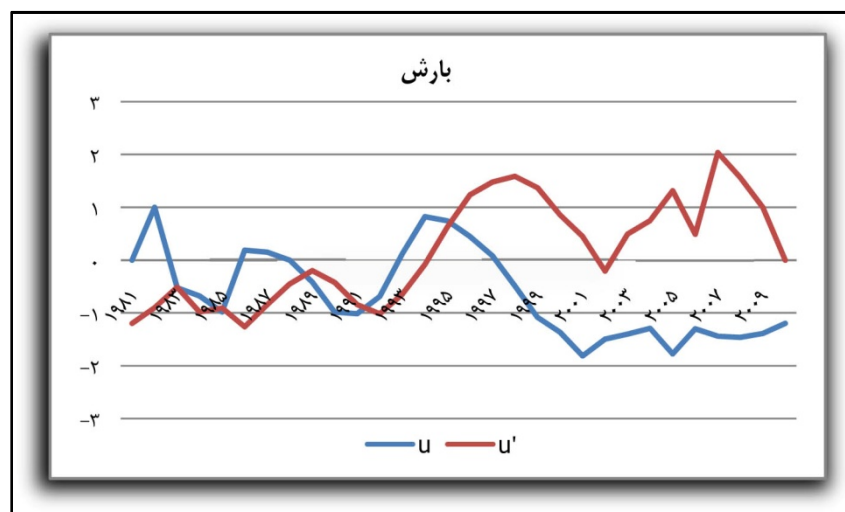
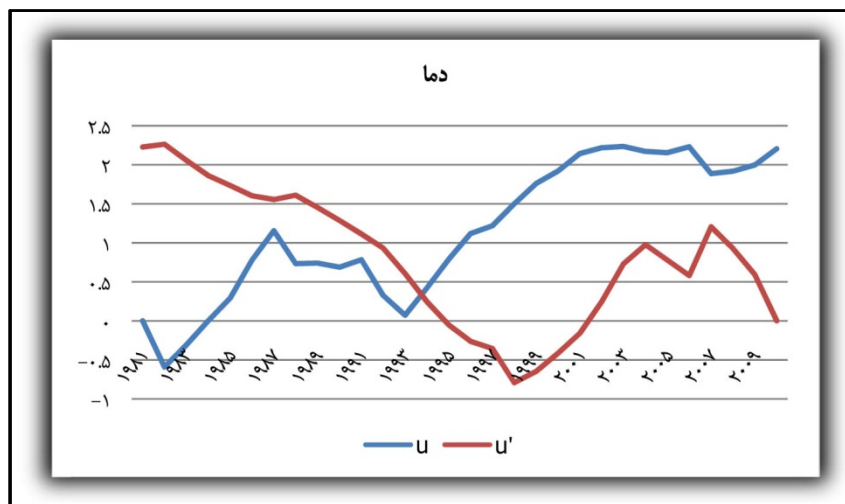
جدول ۴ ضرایب تعیین معادلات رگرسیون سری‌های زمانی پارامترهای مختلف را نشان می‌دهد. به دلیل تداخل تأخیری و تأخیری عوامل اقلیمی و هیدرولوژی در همدیگر و برای از بین بردن این مشکل، مدل‌ها و معادلات رگرسیونی در بازه‌های زمانی مختلف محاسبه و تحلیل شده‌اند. ضریب تعیین تحلیل در این جدول نشان می‌دهد که به فرض ثابت بودن سایر عوامل، تقریباً ۳۰ درصد از پراکندگی مشاهده شده تغییرات سطح آب دریاچه، به کمک متغیرهای دما و بارش توجیه می‌شود. به گفته‌ای متغیرهای مستقل، رابطه خطی با متغیر وابسته (تراز آب) را نشان می‌دهند که این رابطه قدرت بالایی ندارد و نشان می‌دهد عوامل دیگری چون، عوامل انسانی و هیدرولوژی (مانند برداشت از آبهای زیرزمینی، سدسازی، تغییرات دبی رودخانه‌ها و...) نیز، در کاهش تراز آب دریاچه دخالت دارند. در نتیجه در گام دوم به سراغ تعیین و ترسیم مدل پارامترهای هیدرولوژی می‌رویم. به فرض ثابت بودن عوامل اقلیمی و در نظر گرفتن دبی و سطح ایستابی با هم، مشخص شد که ۴۲ درصد از نوسانات سطح آب، ناشی از تغییرات دبی رودخانه‌های منطقه و سطح ایستابی آبهای زیرزمینی است.

اگر تأثیر متغیرهای اقلیمی ثابت در نظر گرفته شود، می‌توان گفت که به ازای هر واحد افزایش دبی رودخانه‌ها، ۱/۶۷۲ متر بر آب دریاچه افزوده می‌شود و به ازای هر واحد افت سطح ایستابی، ۰/۷۸۷ متر از تراز آب دریاچه کاهش می‌یابد. این مدل برای سری‌های زمانی همه متغیرها به صورت مجزا و مختلط نیز پیش‌بینی‌هایی داشته است که از تفسیر آنها، به دلیل محدودیت تعداد صفحات و عدم ضرورت خودداری می‌شود. با بررسی مدل‌های رگرسیونی، درمی‌یابیم که تغییر در پارامترهای هیدرولوژی مرتبط با عوامل انسانی، بیشتر از عوامل اقلیمی در نوسانات سطح آب دریاچه ارومیه تأثیر گذارند. همچنین افزایش دما، بیشتر از کاهش بارندگی در افت سطح آب دریاچه ارومیه تأثیر داشته است. شکل ۳ ارتباط بین متغیرهای هیدرولوژی و اقلیمی با تراز آب دریاچه را به صورت کوپیک و خطی نشان می‌دهد که هر دو آزمون از سطح معناداری نسبتاً ضعیفی برخوردارند.

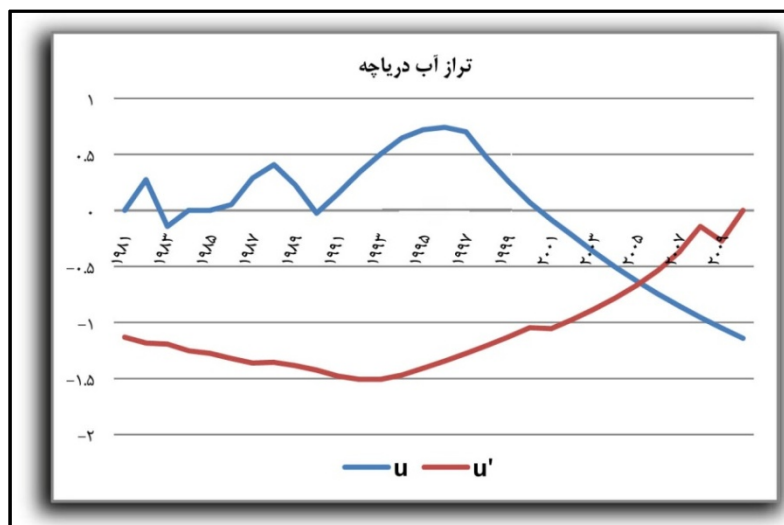
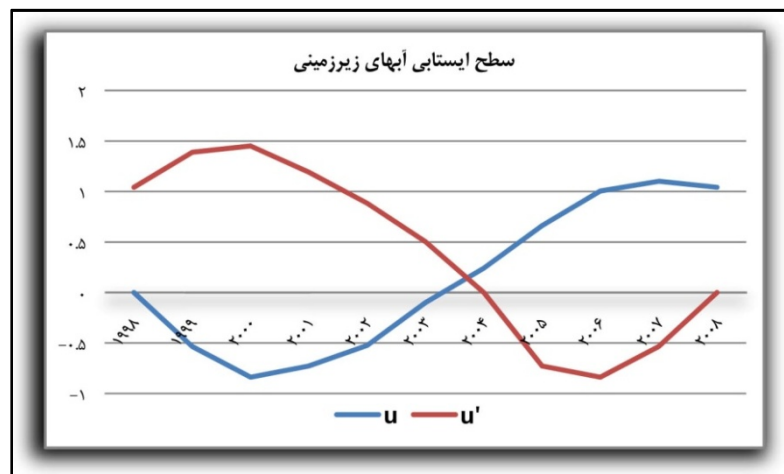
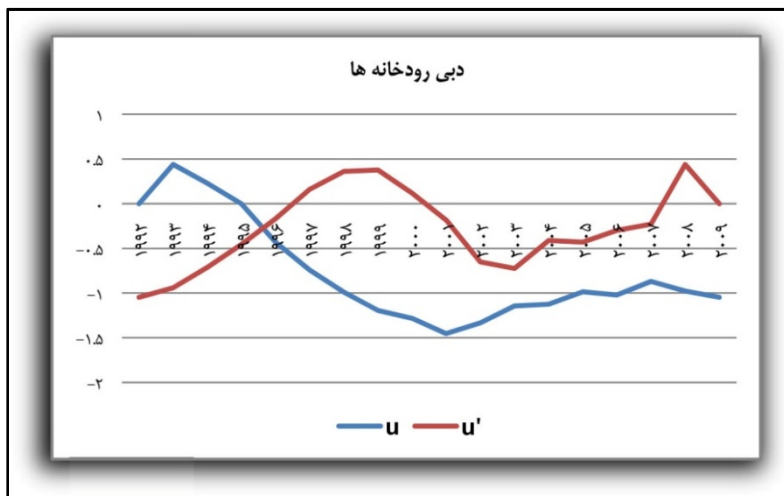
جدول ۴. مدل‌های رگرسیون چندگانه بین متغیرهای مستقل و تراز آب دریاچه

دوره	مدل	R ²
	۱۲۸۴/۳۷۵ - ۰/۷۸۷E	۰/۵
تغییرات هیدرولوژی	۱۲۷۱/۰۴۲ + ۱/۶۷۲D	۰/۵۲
سطح ایستابی و دبی رودها	۱۲۷۶/۸۴ - ۰/۰۵۳E - ۰/۰۸۷D	۰/۴۲
تغییرات اقلیمی	۱۲۸۱/۶۶۲ - ۰/۷۵۵T + ۰/۰۰۵P	۰/۳

یکی از مهم‌ترین مزیت‌های آزمون آماری و نموداری من - کندال، شناسایی جهش، نوع و زمان تغییر در متغیرهای مورد نظر است. برای این کار با استفاده از مؤلفه‌های u و u' ، نمودار من - کندال برای متغیرهای مختلف ترسیم شد و زمان، نوع جهش و تغییر به‌دست آمد (شکل ۴). حد بحرانی در این نمودارها با سطح احتمال $1/96$ بوده است؛ به این معنا که هرگاه دنباله U بالاتر از حد $1/96$ قرار گیرد، وجود یک روند منفی یا مثبت را نشان می‌دهد، اما اگر دو دنباله همدیگر را در داخل محدوده قطع کنند، نشان از آغاز جهش و شروع تغییر ناگهانی در سری زمانی مورد نظر است (حجازی‌زاده و پروین، ۱۳۸۸). همان‌گونه که در شکل ۴ مشخص است، نمودار مربوط به بارش سالانه ایستگاه ارومیه، روند کاهشی و معناداری را در دوره آماری نشان می‌دهد. خطوط نمودار، همدیگر را در سال ۱۹۹۴ قطع کرده‌اند که بیانگر آغاز جهش ناگهانی در داده‌های بارش سالانه است. از سال ۱۹۹۳ به بعد با کاهش بارش و افزایش دما، کاهش شدیدی در تراز آب دریاچه دیده می‌شود و فقط ۳۰ درصد این کاهش ناشی از تغییرات اقلیمی است که قبلاً مدل‌های رگرسیونی این گفته را ثابت کرده‌اند.



شکل ۴. نمودار تغییرات مؤلفه‌های u و u' متغیرهای مورد مطالعه



ادامه شکل ۴. نمودار تغییرات مؤلفه‌های u و u' متغیرهای مورد مطالعه

نوسان‌های نمودارهای تراز آب، باید نسبت به نوسان‌های دبی و سطح ایستابی با تأخیر زمانی همراه باشند، اما در اینجا تأخیر زمانی ضعیف است که عواملی چون ارتفاع، شیب زمین، سرعت تخلیه رواناب و فاصله کم شاخه‌ها با دریاچه در این امر دخالت دارند.

بررسی نمودارهای من - کندال نشان می‌دهد که دما روندی افزایشی دارد و جهش ناگهانی این روند از سال ۱۹۹۳ شروع شده است. جهش افزایشی دما، همزمان با جهش و شروع روند کاهشی بارش و دبی در سال‌های ۹۴-۱۹۹۳ است و به تبع آن، افزایش عمق سطح ایستابی و افت آبهای زیرزمینی با تأخیر زمانی چهارساله (در سال ۱۹۹۸) روی داده است. که امری طبیعی و نرمال تلقی می‌شود. این تغییرات دنباله‌دار، سبب کاهش سطح آب دریاچه در سال ۱۹۹۸ شده است. نتایجی که از مدل‌ها و ضرایب b رگرسیون و شیب خط همبستگی پیرسون به دست آمده در آماره‌های گرافیکی و نموداری من - کندال مورد تأیید قرار گرفته‌اند که نتایج این هماهنگی در جدول ۵ می‌توان به روشنی مشاهده می‌شود.

جدول ۵. آماره دوره آماری مؤلفه‌های u و u' من - کندال

بارش سالانه	دما	دبی	ارتفاع سطح ایستابی	تراز آب دریاچه	
-۰/۶۴	۰/۸	-۰/۲۷	۰/۴	-۱/۵۳	u'
۰/۱۶	۱/۱۵	-۰/۷۸	۰/۱۲	-۰/۴	u

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج آزمون ضرایب همبستگی پیرسون، ارتباط خطی معناداری را بین متغیرهای مستقل و وابسته با همدیگر و نیز ارتباط این متغیرها با طول دوره آماری نشان می‌دهد. شیب خطی آزمون‌های رگرسیون و ضرایب همبستگی پیرسون در مورد دبی، بارش و تراز آب، منفی و برای سطح ایستابی و دما مثبت است؛ یعنی با کاهش بارش و دبی از یک سو و افزایش سطح ایستابی و دما از سوی دیگر، سطح آب دریاچه در طول دوره آماری کاهش می‌یابد. این آزمون مشخص کرد بین متغیرهای مستقل و نوسان‌های سطح آب دریاچه، همبستگی نسبتاً قوی وجود دارد که اکثراً در سطح ۰/۰۱ معنادارند و نشان‌دهنده اعتبار و قدرت بالای رابطه خطی بین آنها و میزان تأثیرپذیری متغیر وابسته از متغیرهای مستقل است.

ضریب تعیین تحلیل رگرسیون نشان می‌دهد که به فرض ثابت بودن سایر عوامل، کمابیش ۳۰ درصد از تغییرات سطح آب دریاچه به کمک متغیرهای دما و بارش توجیه می‌شود. با محاسبه مدل‌های هیدرولوژی مشخص شد که به فرض ثابت بودن عوامل اقلیمی و در نظر گرفتن تأثیر همزمان دبی و سطح ایستابی، ۴۲ درصد از نوسانات سطح آب ناشی از تغییرات دبی رودخانه‌های منطقه و سطح ایستابی آبهای زیرزمینی است. اگر تأثیر تغییرات عوامل هیدرولوژی در معادله ثابت در نظر گرفته شود، می‌توان گفت که به ازای هر میلی‌متر افزایش بارش، ۰/۰۰۵ متر آب دریاچه افزایش می‌یابد و به ازای هر درجه سانتی‌گراد افزایش دمای سالانه، ۰/۷۵۵ سانتی‌متر از تراز آب دریاچه کاسته می‌شود. به فرض ثابت بودن سایر عوامل، به ازای هر واحد افزایش دبی رودخانه‌ها، ۱/۶۷۲ متر به آب دریاچه افزوده می‌شود و به ازای هر واحد افت

سطح ایستابی، ۰/۷۸۷ متر از تراز آب دریاچه کاهش می‌یابد. با بررسی مدل‌های رگرسیونی متوجه می‌شویم که تغییر در پارامترهای هیدرولوژیکی بیشتر از عناصر اقلیمی در نوسانات سطح آب دریاچه ارومیه تأثیر دارند. همچنین افزایش دما بیشتر از کاهش بارندگی در افت سطح آب دریاچه ارومیه تأثیرگذار است. برای بررسی روند، جهش و زمان تغییر در متغیرها، از آزمون من - کندال استفاده شده است. بررسی نمودارهای من - کندال نشان داد دما دارای روندی افزایشی است و جهش ناگهانی این روند از سال ۱۹۹۳ شروع شده است. همزمانی جهش افزایشی دما با شروع روند کاهش بارش و دبی در سال‌های ۱۹۹۳-۱۹۹۴، از نکات بسیار جالب توجه است که با افزایش سطح ایستابی و افت آبهای زیرزمینی با تأخیر زمانی چهارساله، یعنی در سال ۱۹۹۸ همراه شد. این تغییرات دنباله‌دار باعث شروع کاهش سطح آب دریاچه از سال ۱۹۹۸ شده است.

منابع

- بازیدی، ا.؛ اولادی، ب. و عباسی، ن. (۱۳۹۰). تحلیل داده‌های پرسشنامه‌ای با نرم‌افزار آماری SPSS. تهران: نشر عابد.
- بساطی، س. (۱۳۸۵). روندیابی و پهنه‌بندی دماهای میانگین حداکثر و بالاترین دماها در ایران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته جغرافیا گرایش اقلیم‌شناسی، به راهنمایی فیروز مجرد، دانشگاه رازی.
- جهانبخش، س.؛ رحیمی بندرآبادی، س.؛ حسینی، ع. (۱۳۸۹). بررسی تغییرات بارندگی و دما در حوزه کرخه. چهارمین کنگره بین‌المللی جغرافیدانان جهان اسلام، ۲۵ تا ۲۷ فرودین ۱۳۸۹، زاهدان.
- جهان‌دیده، م.؛ شیروانی، ا. (۱۳۹۱). تحلیل روند برای زیر زنجیره‌های زمانی بارش در استان فارس. مجله مهندسی منابع آب، دوره ۵، شماره ۱۲، صص. ۶۹-۷۷.
- حجازی‌زاده، ف. و پروین، ن. (۱۳۸۸). بررسی تغییرات دما و بارش تهران طی نیم‌قرن اخیر. جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، پیش‌شماره ۱۳۸۸، صص. ۴۳-۵۶.
- رحیم‌زاده، ف. (۱۳۹۰). روش‌های آماری در مطالعات هواشناسی و اقلیم‌شناسی. تهران: نشر سید باقر حسینی.
- رسولی، ع. ا.؛ عباسیان، ش.؛ جهانبخش، س. (۱۳۸۶). نوسانات سطح آب دریاچه ارومیه با پردازش ماهواره‌ای چند سنجنده‌ای و چندزمانه‌ای، فصلنامه مدرس علوم انسانی، دوره ۱۲، شماره ۲، صص. ۶۷-۵۴.
- زبردست، ل.؛ جعفری، ح. ر. (۱۳۸۹). ارزیابی روند تغییرات تالاب انزلی با استفاده از سنجنش از دور و ارائه راه‌حل مدیریتی. محیط‌شناسی، دوره ۳۷، شماره ۵۷، صص. ۶۴-۵۷.
- شریفی‌کیا، م. (۱۳۸۹). پایش تغییرهای تراز آبی در دریاچه هامون، مبتنی بر تحلیل سری زمانی تصاویر سنجنش از دوری. مدرس علوم انسانی - برنامه‌ریزی و آمایش فضا، دوره چهاردهم، شماره ۳، صص. ۱۷۶-۱۵۵.
- عساکره، ح.؛ اشرفی، س. (۱۳۹۰). مدل‌سازی تعداد روزهای بارش سالانه بر اساس رطوبت نسبی و دمای سالانه زنجان. نشریه سپهر، دوره ۲۰، شماره ۸۰، صص. ۱۸-۱۳.
- مهدوی، م. و طاهرخانی، م. (۱۳۹۱). کاربرد آمار در جغرافیا. چاپ اول. تهران: نشر قومس.
- مهمسافر، ح.؛ مکنون، ر.؛ ثقفیان، ب. (۱۳۸۹). مدل‌سازی تغییر اقلیم و بیان آبی دریاچه ارومیه. تحقیقات منابع آب ایران، دوره ۷، شماره ۱، صص. ۴۷-۵۸.
- نادریان‌فر، م.؛ ضیایی، ع. ن.؛ داوری، ک. (۱۳۸۹). بررسی روند تغییرات نوسانات سطح آبهای زیرزمینی در حوضه آبریز نیشابور تحت شرایط اقلیمی مختلف. فصلنامه مهندسی آبیاری و آب، دوره اول، شماره ۳، صص. ۳۷-۲۲.

- Asakereh, H., Ashrafi, S., 2011, **Modeling the Days of Yearly Precipitation Based on the Relative Humidity and Temperature of Zanjan**, Sphere Magazine, Vol. 20, No. 80, PP. 13-18.
- Ayeneu, T., 2004, **Environmental Implications of Changes in the Levels of Lakes in the Ethiopian Rift Since 1970**, Regional Environmental Change, Vol. 4, No. 4, PP. 192-204.
- Basati, S., 2006, **Study on Trends and Zonation of Mean and Extreme Maximum Temperatures in the Iran**, M.Sc. Thesis, Geography, Orientation of Climatology, University of Razi.
- Bayazidi, E., Aoladi, B., Abbasi, N., 2011, **Questionnaire Data Analyzed with Statistical Software SPSS**, Abed Publication, Tehran.
- Bonaccorso, B., Cancelliere, A., Rossi, G., 2005, **Detecting Trends of Extreme Rainfall Series in Sicily**, Advanced in Geosciences, Vol. 2, PP. 7-11.
- Bryant, R.G., 1999, **Application of AVHRR to Monitoring a Climatically Sensitive Playa, Case Study: Chott El Djerid, Southern Tunisia**, Earth Surface Processes and Landforms, Vol. 24, No. 4, PP. 283-302.
- Coskun, M., Musaoglu, N., 2002, **Investigation of Rainfall-run off Modeling of the Van Lake Catchments by Using Remote Sensing and GIS Integration**, ITU, Civil Engineering Faculty, Istanbul, Turkey. Available at: <http://www.isprs.org/proceedings/xxxv/congress/comm7/papers/52.pdf>
- Eitzinger, J., Kubu, G., and Formayer, H., 2004, **Impact of Climate Change on the Water Level of a Shallow Lake in Eastern Austria**, Institute of Meteorology, University of Natural Resources and Applied Life Sciences (BOKU), Vienna, Austria.
- Gunn Persson, L., Graham, P., and Andereasson, J., 2005, **Impact of Climate Change Effects on Sea level Rise in Combination with an Altered River Flow in the Lake Malar**, Region Swedish Meteorological and Hydrological Institute, SE601 76 Norrkoping Sweden.
- Ha, J., K, Ha, E., 2006, **Climatic Change and Inter Annual Fluctuation in the Long -term Record of Monthly Precipitation for Seoul**, International Journal of Climatology, Vol. 5, No.26, PP.607-618.
- Hejazizadeh, F., N. Parvin., 2009, **Evaluation of Temperature and Precipitation in Tehran during the Past Half Century**, Geography and Environmental Planning, Number Autumn & Winter 2009, PP. 43-56.
- Jahanbakhsh, S., Rahimi Bandrabady, S., Hosseini, A., 2010, **Annual Rainfall and Temperature Trends in Karkha Rivar Basin**, Fourth International Congress of the Islamic World Geographers, 14-16 April, 2010, Zahedan.
- Jahandideh, M., Shirvani, A., 2009, **Trend Analysis under the Chain to Rainfall in Fars**, Journal of Water Resources, Vol. 5, No 12, PP. 69-77.
- Kish, S. A., 2002, **A Remote Sensing and GIS Study of Long-Term Water Mass Balance Lake Jacson**, College of Engineering Science Technology & Agriculture, Florida, U.S.A, GSA Annual Meeting, Hynes Convention Center, November 5-8.
- Mahdavi, M., Taherkhani, M., 2012, **Application of Statistics in Geography**, First Printing, Ghomes Publication, Tehran.
- Mahsafar, H., Maknoon, R., Saghafian, B., 2010, **Modeling Climate Change and Water Balance of Urmia Lake**, Iran-Water Resources Research, Vol. 7, No. 1, PP. 47-58.
- Mistry, V.V. and Conway, D., 2003, **Remote Forcing of East African Rainfall and Relationships with Fluctuations in Levels of Lake Victoria**, Journal of Climatology, Vol. 1, No. 23, PP. 67-89.
- Modarres, R., Silva V.P.R., 2007, **Rainfall Trends in Arid and Semi-arid Regions of Iran**, Journal of Arid Environments, Vol. 70, No. 2, PP. 344-355.
- Naderianfar, M., Ziaei, A., Davari, K., 2010, **Evaluating the Groundwater Level Fluctuations under Different Climatic Conditions in the Basin Neyshabour**, Journal of Irrigation and Water Engineering, Vol. 1, No. 3, PP. 22-37.
- Najafi, A., 2003, **Investigation of the Snowmelt Runoff Orumiyeh-region Using Modeling GIS and RA-techniques**, International-Institute for Geo-information Science and Observation Enchede the Netherland.
- Panda, D.K., Mishra, A., Jena, S.K., James, B. K., Kumar, A., 2007, **The Influence of Drought and Anthropogenic Effects on Groundwater Levels in Orissa, India**, Journal of Hydrology, Vol. 343, No. 3-4, PP.140-153.

- Partal, T., Kahya, E., 2006, **Trend Analysis in Turkish Precipitation Data**, Hydrological Processes, Vol. 9, No.20, PP. 2011-2026.
- Rahimzadeh, F., 2011, **Statistical Methods in Meteorology and Climatology Studies**, Sayyid Bagher Hosseini Publication, Tehran.
- Rasouli, A., Abbasian, N., Jahanbakhsh, S., 2007, **Water-level Fluctuations in Urmia Lake Processing of Multi-Sensor Satellite and Multi-time**, Human Sciences Modares, Vol. 12, No. 2, PP. 67-54.
- Seleshi, Y. and Zanke, U., 2004, **Recent Changes in Rainfall and Rainy Days in Ethiopia**, International Journal of Climatology, Vol. 24, No. 8, PP. 973-983.
- Sharifikia, M., 2010, **Monitoring Water Level Changes in the Hamoun Lake, based on Analysis of Time Series of Remote Sensing Images**, Human Sciences Modares, Vol. 14, No. 3, PP. 155-176.
- Singh, A., 1989, **Digital Change Detection Techniques Using Remotely Sensed Data**, International Journal of Remote Sensing, Vol.10, No.6, PP. 989-1003.
- Sneyers, R., 1990, **On the Statistical Analysis of Series of Observation**, Unipub, London.
- Turkes, M., Sumer, U.M. & Demir, I., 2002, **Re-Evaluation of Trends and Changes in Mean Maximum and Minimum Temperature of Turkey for the Period 1929-1999**, International Journal of Climatology, Vol. 22, No. 8, PP. 947-977.
- Zebardast, L., Jaafari, H., 2010, **Assessment of Changes in Anzali Wetland Using Remote Sensing and Management Providing Solutions**, Ecology, Vol. 37, No. 57, PP. 64-57.