نشریه علمی-پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز
جلد ۱۲، شماره ۲، ۱۳۹۹، صفحات ۴۱۵-۴۲۷

Journal of Watershed Engineering and Management
Volume 12, Issue 2, 2020, Pages 415-427
DOI: 10.22092/ijwmse.2019.124426.1580

بررسی اثرات فعالیت‌های انسانی بر روند منابع آب دشت ارومیه

بهزاد حصاری*[1] و کامران زینال‌زاده[2]

[1] استادیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه و پژوهشکده مطالعات دریاچه ارومیه و [2] دانشیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه و پژوهشکده مطالعات دریاچه ارومیه

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۹/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۱۲

چکیده

با توجه به اهمیت دریاچه ارومیه، هدف از این پژوهش، ارزیابی فعالیت‌های انسانی بر روند تغییرات آب‌های سطحی و زیرزمینی در دشت ارومیه است. بدین‌منظور، بر اساس آمار مربوط به نه ایستگاه هیدرومتری (۱۳۹۰-۱۳۵۷)، اطلاعات ۷۴ پیزومتر و تصاویر ماهواره‌ای، تغییرات دبی ورودی و خروجی، تخلیه آبخوان و تغییرات کاربری اراضی در دشت ارومیه مورد مطالعه قرار گرفت. آزمون مورد استفاده برای تحلیل روند، آزمون ناپارامتری من-کندال با در نظر گرفتن اثر خودهمبستگی بود. بر اساس نتایج، روند دبی ورودی از سمت زیرحوضه‌های نازلوچای، روضه‌چای و باراندوزچای به دشت ارومیه کاهشی بوده، روند منفی دبی خروجی از زیرحوضه‌های روضه‌چای، شهرچای و باراندوزچای در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار بود. مقایسه نتایج میانگین دو دوره قبل و بعد از سال ۱۳۷۴ (سال شروع خشک شدن دریاچه) نشان داد که در همه ایستگاه‌ها جز قاسملو، اختلاف معنی‌دار بین میانگین دبی در طی این دو دوره وجود دارد. مقدار آماره (Z=-۲/۱۸) نشان‌دهنده روند کاهشی معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد برای حجم تجمعی تخلیه مخزن آبخوان بود. نتایج مطالعه مذکور نشان داد که جریان تخلیه‌شده به دریاچه ارومیه در تمامی فصول دارای روند کاهشی طی بازه زمانی مورد مطالعه بوده، باید اقدامات جدی برای مدیریت منابع آب در منطقه صورت پذیرد.

واژه‌های کلیدی: آزمون من-کندال، تخلیه آبخوان، خودهمبستگی، دریاچه ارومیه، کاربری اراضی

مقدمه

تغییرات سطح آب دریاچه ارومیه همانند سایر دریاچه‌ها نشانگر تغییرات جهانی، محلی و شرایط عملکرد انسانی در ارتباط با آن‌ها است. بنابراین، تحلیل روند و تغییرات جریان‌های ورودی به دریاچه، تغییرات کاربری اراضی و تخلیه آبخوان که با عوامل انسان‌ساخت از جمله سدها و افزایش سطح زیرکشت و تغییرات الگوی کشت دشت‌های حوضه در ارتباط است، می‌تواند برای تحلیل فعالیت‌های انسانی و عوامل بخش کشاورزی در افت سطح آب دریاچه ارومیه موثر باشد. یکی از مهمترین دشت‌های این حوضه در بخش غربی، دشت ارومیه است. این دشت در زیرحوضه‌های نازلوچای، روضه‌چای، شهرچای و باراندوزچای قرار دارد. این رودخانه‌ها از منابع آبی مهم دریاچه ارومیه هستند و با تأمین تقاضای آب کشاورزی دشت ارومیه و شرب-صنعت مناطق شهری و روستایی در مسیر جریان خود نهایتا به دریاچه ارومیه تخلیه می‌شوند. در این راستا، مطالعه روند تغییرات در دبی رودخانه‌های مذکور می‌تواند در میزان آب ورودی به دریاچه ارومیه و در نتیجه تغییرات سطح آب آن موثر باشد.

* مسئول مکاتبات: b.hessari@urmia.ac.ir

Zhang و همکاران (۲۰۰۱) روند تغییرات ۱۱ متغیر هیدرولوژیکی در ۲۴۳ ایستگاه هیدرومتری را در حوضه‌های کانادا با طول دوره آماری ۳۰ تا ۵۰ سال با آزمون من-کندال[1] مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که میانگین سالانه جریان رودخانه‌ها در منطقه مورد مطالعه به‌خصوص مناطق جنوبی کانادا دارای روند منفی معنی‌دار است. Xiong و Guo (۲۰۰۴) از سه روش من-کندال، اسپیرمن-رائو و رگرسیون خطی برای ارزیابی روند داده‌های ۱۲۰ ساله دبی‌های متوسط، کمینه و بیشینه سالانه ایستگاه هیدرومتری ییچانگ[2] رودخانه یانگتزی[3] چین استفاده کردند. نتایج به‌دست آمده نشان داد که بر اساس هر سه روش، دبی کمینه سالانه و متوسط سالانه، روند نزولی معنی‌داری را در سطح اعتماد ۹۵ درصد داشتند، ولی دبی بیشینه سالانه فاقد روند معنی‌دار بود. Fathian و همکاران (۲۰۱۵) به شناسایی روند در متغیرهای هیدرولوژیکی و هواشناسی در حوضه دریاچه ارومیه به‌وسیله سه آزمون من-کندال، اسپیرمن-رائو و تخمین‌گر سن پرداختند و از داده‌های سالانه و فصلی دما، بارش و جریان رودخانه در ۹۵ ایستگاه در سراسر حوضه در بازه‌های زمانی مختلف استفاده کردند. نتایج روند افزایشی معنی‌داری در دما در طول حوضه و روند بارش در یک منطقه خاص را نشان داد. این آزمون‌ها همچنین، روند کلی کاهشی در جریان رودخانه‌های حوضه را که در ایستگاه‌های پایین‌دست‌تر بود، تأئید کرد. Salehi Bavil و همکاران (۲۰۱۷) روند تغییرات فراوانی بارندگی روزانه را در حوزه آبخیز دریاچه ارومیه مورد بررسی قرار دادند. ایشان از آمار ۶۰ ایستگاه طی بازه زمانی ۲۰۱۱-۱۹۸۱ و روش‌های من-کندال، اسپیرمن-رائو و رگرسیون خطی استفاده کردند. بر اساس نتایج به‌دست آمده، روند فراوانی بارندگی‌های با مقدار کم (کمتر از پنج میلی‌متر) افزایشی و روند فراوانی بارندگی‌های با مقدار زیاد (بیشتر از ۱۵ میلی‌متر) کاهشی بود. Nazeri Tahroudi و همکاران (۲۰۱۸) روند تغییرات دبی جریان رودخانه‌های حوضه دریاچه ارومیه را با استفاده از آزمون من-کندال اصلاح‌شده مورد بررسی قرار دادند و از آمار ۲۵ ایستگاه هیدورمتری طی بازه زمانی ۱۳۹۲-۱۳۶۳ استفاده کردند. نتایج مطالعه مذکور، روند کاهشی جریان سالانه را در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان داد.

از دیگر عوامل موثر بر تغییرات سطح آب دریاچه ارومیه، برداشت از آب زیرزمینی دشت ارومیه و تخلیه آبخوان ارومیه به‌وسیله چاه، چشمه و قنات در منطقه است. تخلیه آبخوان بر تغییرات تراز آب زیرزمینی تاثیرگذار خواهد بود. در این راستا، مطالعه تغییرات تراز آب زیرزمینی در منطقه امری ضروری است. بررسی نوسانات سطح آب زیرزمینی نیز از جمله موضوعاتی است که پژوهشگران طی سال‌های گذشته به آن پرداخته‌اند (Azizi، ۲۰۰۳؛ Thomas و همکاران، ۲۰۰۹؛ Akbari و همکاران، ۲۰۰۹؛ Hessari و Tayfeh، ۲۰۱۰؛ Amirataee و Zeinalzadeh، ۲۰۱۶).

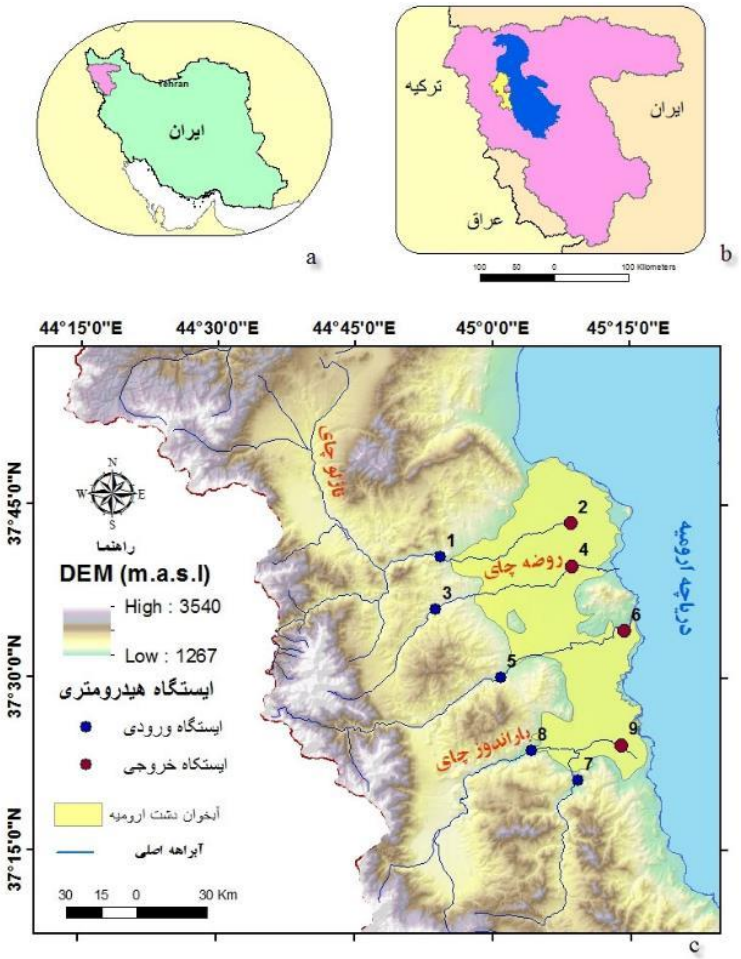
نظر به افت سطح آب دریاچه ارومیه طی سال‌های اخیر، شناسایی عوامل موثر بر آن جزء ضروریات است. فعالیت‌های انسانی صورت گرفته در دشت ارومیه به‌عنوان بخشی از حوزه آبخیز دریاچه و به‌عنوان مهمترین دشت واقع در غرب دریاچه که کانون جذب درآمد برای ساکنین منطقه می‌باشد، می‌تواند از عوامل موثر بر کاهش سطح آب دریاچه بوده، بر نوسانات آن تاثیر گذارد. همچنین، این فعالیت‌ها می‌تواند در نوسانات آب‌های سطحی و زیرزمینی تاثیرگذار باشد. مرور منابع نشان می‌دهد که با وجود اهمیت و نقش فعالیت‌های انسانی در دشت ارومیه بر تغییرات آب ورودی به دریاچه و نوسانات آب زیرزمینی و در نتیجه نوسانات سطح آب دریاچه، پژوهشی مبنی بر بررسی توامان تغییرات دبی ورودی به دشت و خروجی از آن، به‌همراه تخلیه آبخوان دشت و کاربری اراضی در دشت ارومیه که هدف اصلی پژوهش حاضر است، صورت نگرفته است. با توجه به ارتباط اجزای چرخه هیدرولوژیکی با یکدیگر، بررسی توامان تغییرات آب‌های سطحی و زیرزمینی به همراه تغییرات پوشش گیاهی در یک منطقه می‌تواند در ارائه دیدی جامع

[1] Mann-Kendall
[2] Yichang
[3] Yangtze

برای بررسی تغییرات سطح آب دریاچه ارومیه و یافتن عوامل تاثیرگذار بر آن موثر باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: حوزه آبخیز دریاچه ارومیه با داشتن دشت‌هایی بسیار حاصلخیز یکی از کانون‌های ارزشمند فعالیت‌های کشاورزی و دامداری در ایران به‌شمار می‌رود. روند نزولی تراز دریاچه ارومیه طی سال‌های اخیر از موضوعات بحرانی و مهم زیست‌محیطی منطقه بوده، مطالعه عوامل موثر بر این پدیده می‌تواند در مدیریت و احیای دریاچه نقش اساسی داشته باشد. دشت ارومیه با طول جغرافیایی '۵۲ °۴۴ تا '۱۵ °۴۵ و عرض جغرافیایی '۱۸ °۳۷ تا '۴۷ °۳۷ در شمال غرب ایران واقع است. این دشت در اراضی ساحلی و کم‌شیب ضلع غربی دریاچه ارومیه قرار داشته و دارای اقلیم سرد و خشک است (بر اساس اقلیم‌نمای آمبرژه). بر اساس اطلاعات اخذ شده از لایه‌های GIS آب منطقه‌ای، دشت و آبخوان میاندوآب به‌عنوان بزرگ‌ترین دشت و آبخوان حوزه آبخیز در آذربایجان غربی به‌ترتیب دارای ۱۳۴۷ و ۱۲۵۶ کیلومترمربع مساحت و دشت و آبخوان ارومیه پس از میاندوآب به‌عنوان دومین دشت و آبخوان حوزه آبخیز دریاچه ارومیه در استان به‌ترتیب دارای ۹۱۷ و ۸۷۳ کیلومتر مربع مساحت بوده، تحت تاثیر چهار سامانه رودخانه‌ای نازلوچای، روضه‌چای، شهرچای و باراندوزچای است. موقعیت حوزه آبخیز دریاچه ارومیه و دشت ارومیه در شکل ۱ ارائه شده است.



شکل ۱- نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه، a) ایران و حوضه دریاچه ارومیه، b) دریاچه ارومیه، حوزه آبخیز و موقعیت آبخوان ارومیه و c) آبراهه‌های حوضه غربی و ایستگاه‌های هیدرومتری ورودی و خروجی دشت

در پژوهش حاضر، تغییرات دبی ورودی به دشت ارومیه و خروجی از آن، تغییرات حجم تخلیه مخازن آبخوان ارومیه و تغییر کاربری اراضی در دشت ارومیه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. بر این اساس، برای انجام پژوهش حاضر، آمار و اطلاعات مربوط به تغییرات دبی آب‌های سطحی ورودی و خروجی دشت ارومیه، آمار سطح آب‌های زیرزمینی و کاربری اراضی در دشت مذکور مورد استفاده قرار گرفت.

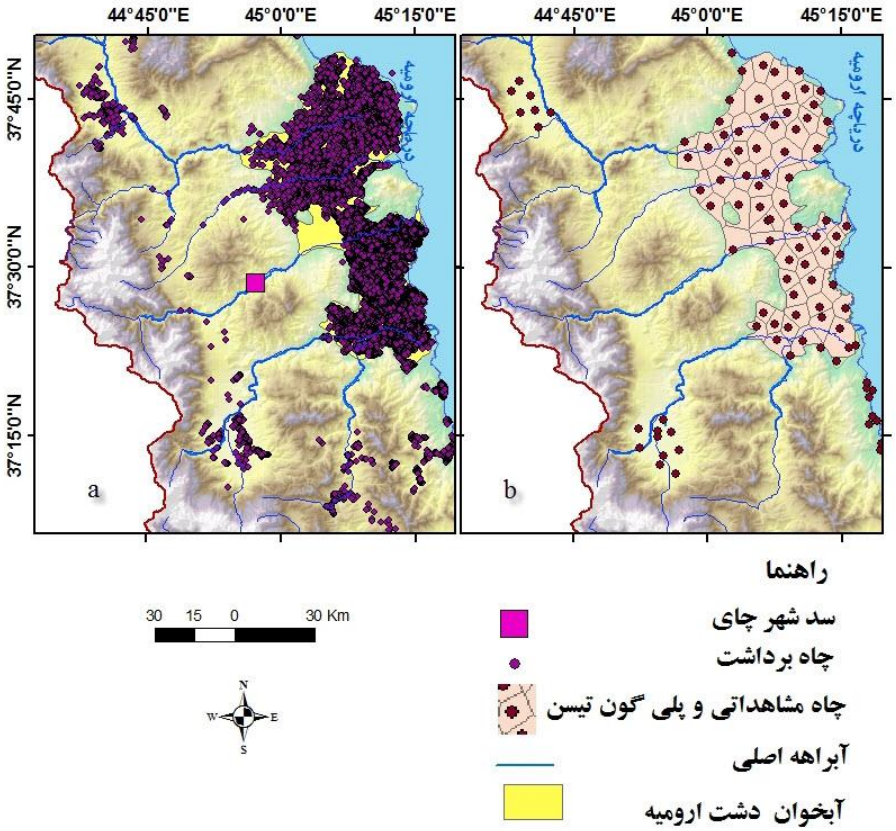
تغییرات دبی ورودی به دشت ارومیه و خروجی از آن: در این پژوهش، برای بررسی تغییرات دبی ورودی به دشت و خروجی از آن، ایستگاه‌های هیدرومتری واقع در بالادست و پایین‌دست زیرحوضه‌های نازلوچای، روضه‌چای، شهرچای و باراندوزچای انتخاب و اطلاعات مربوطه از بدو تأسیس تا سال ۱۳۹۳ جمع‌آوری و میانگین دبی سالانه ورودی به دشت و خروجی از آن در طول دوره مطالعاتی منتخب ۱۳۹۰-۱۳۵۷ که آمار کامل داشتند، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در این مطالعه، منظور از دبی ورودی، دبی مربوط به اولین ایستگاه واقع در ابتدای حوزه‌های آبخیز مورد مطالعه می‌باشد. همچنین، مفهوم دبی خروجی، دبی ثبت شده در آخرین ایستگاه حوضه (نزدیک خروجی حوضه) است. لازم به ذکر است که ایستگاه‌های هیدرومتری ورودی، لزوما تحت تأثیر مصارف و برداشت نیستند و از این لحاظ اهمیت دارند که دبی جریان یافته در آن‌ها طبیعی بوده، در حالی‌که در ایستگاه‌های خروجی میزان مصارف و برداشت نیز در دبی مستتر است. در زیرحوضه رودخانه نازلوچای، ایستگاه هیدرومتری تیپک در ورودی و ایستگاه هیدرومتری آباجالوسفلی در خروجی دشت، در زیرحوضه رودخانه روضه‌چای، ایستگاه هیدرومتری کلهور در ورودی و ایستگاه هیدرومتری پل ازبک در خروجی دشت، در زیرحوضه رودخانه شهرچای، ایستگاه هیدرومتری بند ارومیه در ورودی و ایستگاه هیدرومتری کشتیبان در خروجی دشت و در زیرحوضه رودخانه باراندوزچای دو ایستگاه هیدرومتری قاسملو و هاشم‌آباد بی‌بکران در ورودی و ایستگاه هیدرومتری بابارود در خروجی دشت، انتخاب شدند. اطلاعات این ایستگاه‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.

تغییرات حجم تخلیه مخازن آبخوان ارومیه: با جمع‌آوری اطلاعات پیزومترهای مشاهداتی برای دشت ارومیه، روند تغییرات آب‌های زیرزمینی برای داده‌های ثبت‌شده در ۷۴ پیزومتر طی بازه زمانی ۱۳۹۴-۱۳۸۳ محاسبه شده، هیدروگراف واحد دشت برای دوره مذکور مورد بررسی قرار گرفت. لازم به ذکر است که حجم تخلیه از ضرب مقادیر مساحت، افت سطح آب و ضریب ذخیره آبخوان حاصل شد. طبق اطلاعات اخذ شده از واحد مطالعات منابع آب، آب منطقه‌ای ضریب ذخیره آبخوان ۰/۰۶ است (Mahab Ghods Consulting Engineers، ۲۰۱۳). شکل ۲، موقعیت آبخوان ارومیه، چاه‌های پیزومتری و چاه‌های بهره-برداری را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری و پلی‌گون تیسن نیز در این شکل ارائه شده است.

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های هیدرومتری در دشت ارومیه به تفکیک زیرحوضه

ردیف	زیرحوضه	نام ایستگاه	مختصات جغرافیایی			سال تأسیس	وضعیت ایستگاه
			طول	عرض	ارتفاع (متر)		
۱	نازلوچای	تپیک	۴۴-۵۴	۳۷-۴۰	۱۴۵۰	۱۳۲۹	ورودی به دشت
۲		آباجالو سفلی	۴۵-۰۸	۳۷-۴۳	۱۲۹۰	۱۳۴۳	خروجی از دشت
۳	روضه‌چای	کلهور	۴۴-۵۳	۳۷-۳۶	۱۵۰۰	۱۳۵۵	ورودی به دشت
۴		پل ازبک	۴۵-۱۱	۳۷-۳۹	۱۲۸۵	۱۳۶۱	خروجی از دشت
۵	شهرچای	بند ارومیه	۴۵-۰۱	۳۷-۳۰	۱۳۹۰	۱۳۲۸	ورودی به دشت
۶		کشتیبان	۴۵-۱۵	۳۷-۳۳	۱۲۸۵	۱۳۴۳	خروجی از دشت
۷		قاسملو	۴۵-۰۹	۳۷-۲۱	۱۳۸۰	۱۳۵۲	ورودی به دشت
۸	باراندوزچای	دیزج	۴۵-۰۴	۳۷-۲۳	۱۳۲۰	۱۳۳۵	ورودی به دشت
۹		بابا رود	۴۵-۱۴	۳۷-۲۴	۱۲۸۵	۱۳۲۸	خروجی از دشت

با توجه به آمار سال ۱۳۹۶-۱۳۹۵، تعداد چاه‌های دشت ارومیه ۱۸۷۰۸ حلقه می‌باشد که تعداد ۷۸۹ حلقه از آن‌ها از نوع عمیق و مابقی (۱۷۹۱۹ حلقه) نیمه عمیق هستند که به‌ترتیب با تخلیه سالانه ۱۸۷/۳۷ میلیون متر مکعب و ۱۴۱/۴۳ میلیون متر مکعب و با مجموع تخلیه سالیانه ۳۲۸/۸۰ میلیون متر مکعب مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند. علاوه بر چاه‌ها، ۴۶ دهنه چشمه و نه رشته قنات منابع آب زیرزمینی را تخلیه می‌کنند.



شکل ۲- a) موقعیت آبخوان ارومیه و چاه‌های برداشت و b) پیزومترهای مشاهداتی و چند ضلعی‌های تیسن در آبخوان ارومیه

تغییر کاربری اراضی در دشت ارومیه: برای مطالعه تغییر کاربری اراضی در دشت ارومیه، از نتایج تصاویر ماهواره‌ای که به‌صورت فایل‌های GIS از ماهواره‌های ETM^+، MSS، SPOT و TM حاصل گزارش‌های ستاد احیای دریاچه ارومیه و نتایج مهندسین مشاور آشنا سامانه و سایر محققین استفاده شد. نتایج مذکور، شامل مساحت کاربری اراضی آب، باغ، بایر، کوهستانی، زراعت آبی، زراعت دیم، مرتع و نمک‌زار در سال‌های ۱۳۵۳، ۱۳۶۹، ۱۳۷۷ و ۱۳۸۸ بود. علاوه بر این، در این پژوهش، آمار استعلامی کلیه اراضی از جهاد کشاورزی جمع‌آوری شده، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. لازم به ذکر است که این داده‌ها با منابع معتبر منتشر شده بین‌المللی صحت‌سنجی شد.

تحلیل روند

آزمون من-کندال: آزمون ناپارامتری من-کندال که به‌وسیله Mann (۱۹۴۵) مطرح و به‌وسیله Kendall (۱۹۷۵) تکمیل شده است، بر پایه رتبه داده‌ها در یک سری زمانی استوار می‌باشد. مزیت این آزمون نسبت به سایر آزمون‌های تعیین روند، استفاده از رتبه داده‌ها در سری زمانی، بدون در نظر داشتن مقدار متغیرهاست که به‌دلیل وجود چنین خاصیتی، می‌توان از این آزمون برای داده‌های دارای چولگی نیز استفاده کرد و نیازی نیست که داده‌ها در قالب توزیع خاصی قرار گیرند. اثرپذیری ناچیز این روش از مقادیر حدی که در برخی از سری‌های زمانی مشاهده می‌شود، نیز از دیگر مزایای این روش است (Xu و Singh، ۲۰۰۴).

روابط (۱) تا (۴) مراحل محاسبه آماره این آزمون را نشان می‌دهند (Delshad، ۲۰۱۶).

$$S=\sum_{i=1}^{N-1}\sum_{j=i+1}^{N}\mathrm{sgn}(x_j-x_i) \quad (۱)$$

$$\mathrm{sgn}(x_j-x_i)=\begin{cases}+1 & if\,(x_j-x_i)\succ 0\\ 0 & if\,(x_j-x_i)=0\\ -1 & if\,(x_j-x_i)\prec 0\end{cases} \quad (۲)$$

$$Var(S)=\frac{1}{18}[N(N-1)(2N+5)-\sum_{i=1}^{m}t_i(t_i-1)(2t_i+5)] \quad (۳)$$

$$Z=\begin{cases}\dfrac{S-1}{\sqrt{Var(S)}} & if\ S\rangle 0\\ 0 & if\ S=0\\ \dfrac{S+1}{\sqrt{Var(S)}} & if\ S\langle 0\end{cases} \quad (۴)$$

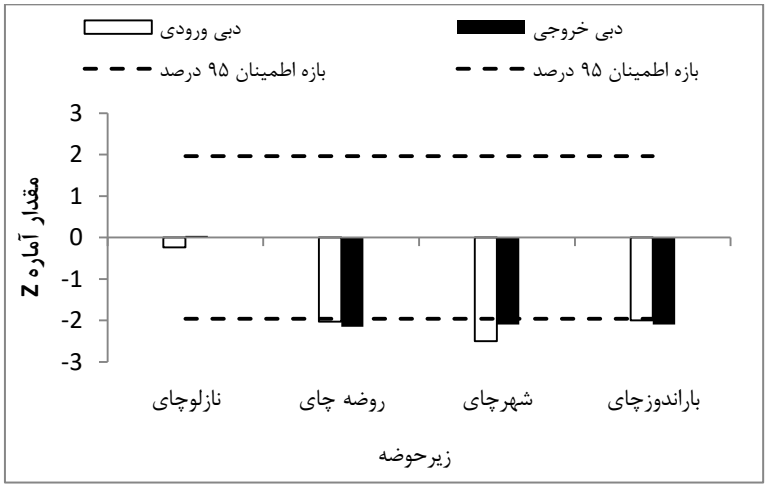
که در آن‌ها، x_i و x_j به‌ترتیب داده‌های متوالی در سال i و j، N طول دوره آماره، $sgn(x_j-x_i)$ تابع علامت، $Var(S)$ واریانس آماره S که دارای میانگین صفر بوده، به ازای $n\geq 8$ دارای توزیع نرمال است، t_i تعداد داده یکسان در دسته iام، m تعداد سری‌هایی که در آن‌ها کمینه یک داده تکراری وجود دارد و Z آماره آزمون است. مقدار منفی Z بیانگر روند کاهشی و مقدار مثبت آن نشان‌دهنده روند افزایشی در سری داده‌ها است. با توجه به سطح معنی‌داری ۹۵ درصد، اگر $|Z|>۱/۹۶$ باشد، فرض صفر رد شده و سری زمانی پارامتر مورد مطالعه دارای روند معنی‌دار است (Shadmani و همکاران، ۲۰۱۲). لازم به ذکر است که در پژوهش حاضر، از روش پیش سفید کردن (Yue و همکاران، ۲۰۰۲؛ Gao و همکاران، ۲۰۱۷) برای حذف اثر خودهمبستگی از سری داده‌ها استفاده شد و روند تغییرات دبی ورودی و خروجی دشت ارومیه و تغییرات حجم تخلیه آبخوان این دشت با آزمون من-کندال و به‌وسیله نرم‌افزار TREND و XLSTAT مورد ارزیابی قرار گرفت.

نتایج و بحث

تغییرات دبی ورودی به دشت ارومیه و خروجی از آن: برای بررسی تغییرات دبی ورودی به دشت ارومیه و خروجی از آن، با انتخاب ایستگاه‌های مناسب در ورودی و خروجی زیرحوضه‌های واقع در دشت ارومیه، تحلیل روند دبی ایستگاه‌های هیدرومتری صورت گرفت. قبل از استفاده از روش من-کندال، وجود خودهمبستگی معنی‌دار در سری داده‌های مورد مطالعه مورد ارزیابی قرار گرفت. سری داده‌های ورودی به سه زیرحوضه نازلوچای، شهرچای و باراندوزچای و سری داده‌های خروجی از زیرحوضه‌های شهرچای و باراندوزچای دارای خودهمبستگی معنی‌دار بودند که اثر این خودهمبستگی از سری داده‌ها حذف شد. بعد از حذف اثر خودهمبستگی از سری داده‌ها، روند آن‌ها با استفاده از روش من-کندال محاسبه شد. روند دبی ورودی به زیرحوضه‌های دشت ارومیه و خروجی از آن در شکل ۳ ارائه شده است. بر اساس شکل مذکور، مشاهده می‌شود که روند تغییرات دبی ورودی به زیرحوضه‌های نازلوچای، روضه‌چای و باراندوزچای منفی بوده، اما این روند برای دبی ورودی به شهرچای مثبت (معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد) است. این امر بدین مفهوم است که در بازه زمانی مورد مطالعه، روند دبی ورودی به دشت از سمت حوزه آبخیز شهرچای افزایشی بوده است، اما دبی ورودی از سمت زیرحوضه‌های نازلوچای، روضه‌چای و باراندوزچای به دشت ارومیه در این سال‌ها کاهش یافته است. لازم به ذکر است که در زیرحوضه شهرچای بر خلاف سه زیرحوضه دیگر، سازه تنظیم آب (سد شهرچای) وجود دارد. همچنین، بر اساس این شکل، دبی خروجی از زیرحوضه‌های روضه‌چای، شهرچای و باراندوزچای منفی و معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد بود. دبی خروجی از زیرحوضه نازلوچای نیز دارای روندی مثبت در حدود ۰/۰۴ است که بسیار ناچیز است. متوسط آماره روند تغییرات (Z) آب‌های ورودی به دشت ارومیه و خروجی از آن، به‌ترتیب ۰/۳- و ۱/۶- به‌دست آمد. بر این اساس، روند دبی ورودی به دشت ارومیه مثبت و روند خروجی از آن منفی است که بیانگر روند کاهشی دبی ورودی به دریاچه ارومیه است.

مشابه پژوهش حاضر، روند کاهشی در جریان رودخانه‌های حوزه آبخیز دریاچه ارومیه، نتیجه پژوهش Fathian و همکاران (۲۰۱۵) بود. همچنین، نتایج پژوهش حاضر مشابه نتایج Nazeri Tahroudi و همکاران (۲۰۱۸) بود. در مطالعه یاد شده، روند دبی

در ایستگاه‌های بند، کلهور، آباجالوسفلی و تپیک دارای روندی منفی بود. علاوه بر بخش غربی حوزه آبخیز دریاچه ارومیه، بر اساس نتایج Zhang و همکاران (۲۰۰۱)، میانگین سالانه جریان رودخانه‌ها در حوضه کانادا نیز دارای روند منفی بود. دبی متوسط سالانه در ایستگاه هیدرومتری مورد مطالعه Xiong و Guo (۲۰۰۴) نیز دارای روند نزولی بود.



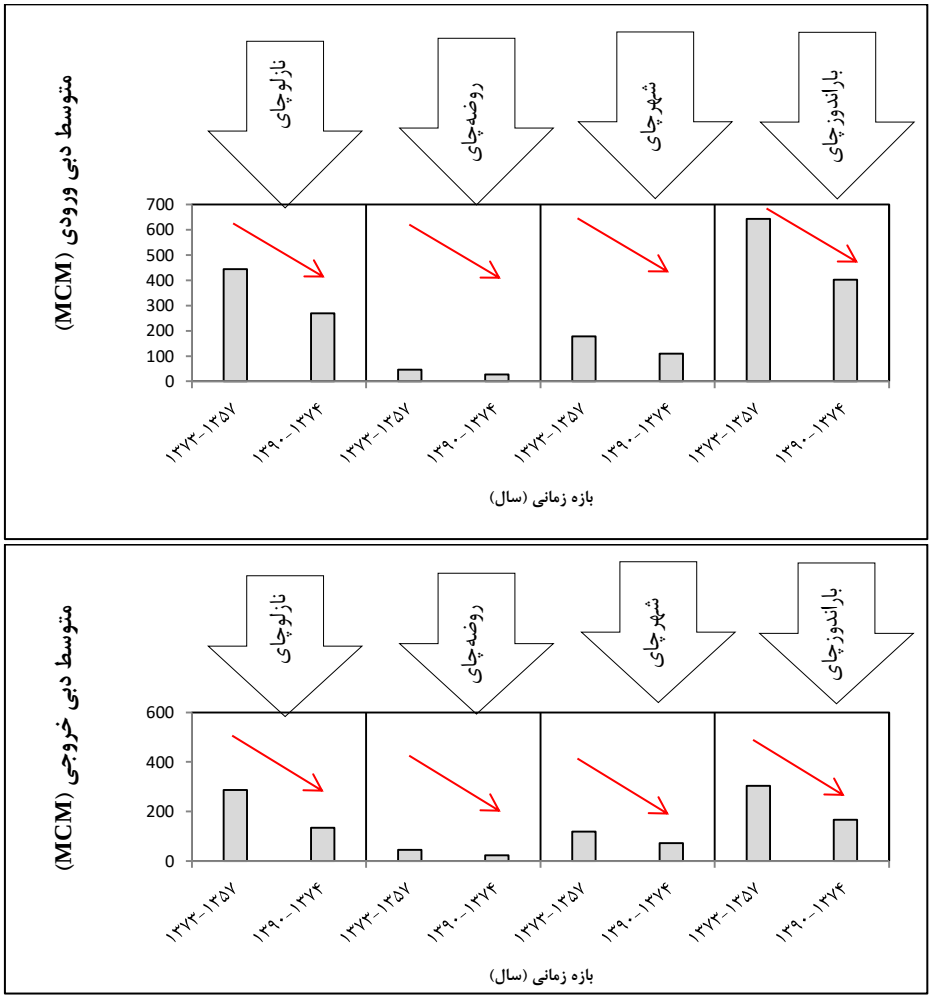
شکل ۳- روند تغییرات دبی ورودی به دشت ارومیه و خروجی از آن

با توجه به شروع خشک شدن دریاچه ارومیه از سال ۱۳۷۴، برای بررسی اختلاف در میانگین دو دوره قبل و بعد از سال ۱۳۷۴، سال مذکور که سال شروع خشکسالی دریاچه ارومیه است، به‌عنوان سال مبنا انتخاب شد و میانگین مقادیر متوسط دبی ورودی به چهار زیرحوضه نازلوچای، روضه‌چای، شهرچای و باراندوزچای و خروجی از آن بررسی و نتایج آن در شکل ۴ ارائه شد. بر این اساس، متوسط دبی ورودی به زیرحوضه‌های نازلوچای، روضه‌چای، شهرچای و باراندوزچای و یا به‌عبارت دیگر، متوسط دبی ورودی به دشت ارومیه، در بازه زمانی ۱۳۹۰-۱۳۷۴ نسبت به بازه زمانی ۱۳۷۳-۱۳۵۷ کاهش یافته است. آورد آبدهی رودخانه، متوسط حسابی کلیه دبی‌های روزانه است که هم دبی پایه و هم دبی‌های سیلابی را شامل می‌شود. نتایج شکل، همچنین نشان‌دهنده کاهش دبی خروجی از دشت و در نتیجه کاهش حجم آب ورودی به دریاچه ارومیه بعد از سال ۱۳۷۴ است. برای کمی کردن اختلاف دو دبی ورودی و یا خروجی مربوط به دو دوره قبل و بعد از سال ۱۳۷۴، از آماره t استیودنت استفاده شد. نتایج این آماره در جدول ۲ ارائه شده است. لازم به ذکر است که مقدار بحرانی این آماره برای سطح اطمینان ۹۵ درصد و بر اساس تعداد سال‌های مورد مطالعه، ۲/۰۴ است. بر اساس نتایج این جدول، میانگین دو دوره قبل و بعد از سال ۱۳۷۴ در همه ایستگاه‌ها جز قاسملو دارای اختلاف معنی‌دار است. به‌عبارت دیگر، مقدار میانگین دبی در طی سال‌های قبل و بعد از ۱۳۷۴ در همه ایستگاه‌های هیدرومتری دشت ارومیه، جز یک ایستگاه، دارای اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد است.

مهمترین نتیجه به‌دست آمده از شکل ۴ این است که دبی ورودی به زیرحوضه‌ها و در نتیجه میزان آب سطحی قابل دسترس برای انجام عملیات کشاورزی در منطقه کاهش یافته است. به‌تبع کاهش دبی ورودی، دبی خروجی نیز کاهش‌یافته است. برای اطمینان از این امر که کاهش دبی خروجی علاوه بر کاهش دبی ورودی، در نتیجه افزایش مصرف بوده است یا نه، درصد تغییرات دبی ورودی و خروجی در دو بازه قبل و بعد از سال ۱۳۷۴ مورد مقایسه قرار گرفت.

شکل ۵، درصد کاهش دبی خروجی نسبت به ورودی زیرحوضه‌های نازلوچای، روضه‌چای، شهرچای و باراندوزچای، طی سال‌های قبل (۱۳۷۳-۱۳۵۷) و بعد (۱۳۹۰-۱۳۷۴) از سال ۱۳۷۴ (آغاز خشک شدن دریاچه) نشان می‌دهد. بر اساس نتایج شکل مذکور، تغییرات دبی ورودی و خروجی و به‌عبارت دیگر،

کاهش و اختلاف این دو دبی در زیرحوضه‌های مورد مطالعه در بازه زمانی بعد از سال ۱۳۷۴ افزایش یافته است. این امر بدین‌معنی است که کاهش میزان دبی خروجی در دوره بعد از سال ۱۳۷۴ تنها مربوط به کاهش دبی ورودی نبوده و مصرف آب سطحی برای مصارف مختلف ازجمله کشاورزی در دشت ارومیه نیز افزایش یافته است.

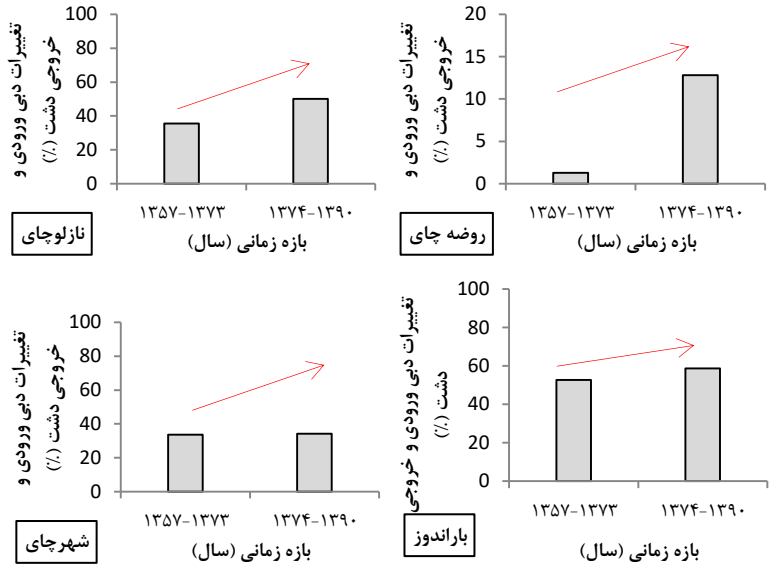


شکل ۴- متوسط دبی ورودی به دشت ارومیه و خروجی از آن طی بازه زمانی قبل و بعد از سال ۱۳۷۴

جدول ۲- نتایج مقایسه میانگین دبی ثبت‌شده در دو دوره قبل و بعد از خشک شدن دریاچه بر اساس آزمون t استیودنت

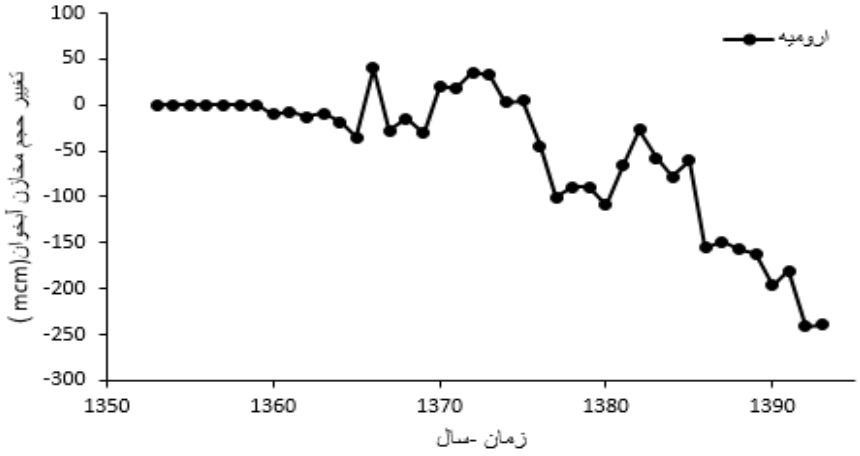
ایستگاه	میانگین دبی تا ۱۳۷۴ (m^3s^{-1})	میانگین دبی از ۱۳۷۴ (m^3s^{-1})	مقدار آماره
قاسملو	۱/۶۵	۱/۳۵	۰/۳
دیزج	۸/۹۹	۶/۸۴	۳/۳*
بابا رود	۹/۵۰	۵/۱۲	۳/۷*
کلهور	۱/۴۶	۰/۸۵	۲/۹*
پل ازبک	۱/۵۷	۰/۷۴۱	۳/۱*
بند ارومیه	۵/۵۹	۳/۴۷	۳/۱*
کشتیبان	۳/۴	۱/۰۴	۲/۷*
تپیک	۱۴/۶۳	۸/۵۲	۳/۰*
آباجالو سفلی	۹/۰۶	۴/۲۶	۳/۱*

* معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد



شکل ۵- درصد کاهش دبی خروجی نسبت به ورودی زیرحوضه‌های مورد مطالعه طی سال‌های قبل و بعد از ۱۳۷۴

تغییرات حجم تخلیه مخزن آبخوان ارومیه: میزان تخلیه تجمعی آب زیرزمینی از آبخوان ارومیه و تغییر حجم آبخوان در طول زمان در شکل ۶ ارائه شده است. طبق این شکل مشاهده می‌شود که بعد از سال ۱۳۷۴، رفته‌رفته با گذشت زمان، میزان تخلیه از آبخوان ارومیه افزایش یافته است و حجم آبخوان رفته‌رفته کاهش یافته است. برای تعیین روند تغییرات حجم آبخوان، از آزمون من-کندال، بعد از حذف اثر خودهمبستگی معنی‌دار از سری داده‌های هیدروگراف واحد آبخوان استفاده شد. مقدار آماره Z=-۲/۱۸ روند کاهشی معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد را برای حجم تخلیه مخزن آبخوان ارومیه نشان داد. نتایج این شکل، همانند شکل ۵، افزایش مصرف آب در دشت ارومیه را نشان می‌دهد. نتایج این شکل و شکل ۵ نشان می‌دهد که نه‌تنها برداشت آب سطحی، بلکه برداشت آب زیرزمینی نیز در دشت ارومیه طی سال‌های بعد از سال ۱۳۷۴ افزایش یافته است. بر اساس نتایج Hessari و Tayfeh (۲۰۱۰)، افت سطح آب زیرزمینی نسبت به کاهش بارش تأثیر بیشتری را روی افت سطح آب دریاچه ارومیه داشته است. علاوه‌بر دشت ارومیه، کاهش سطح آب زیرزمینی در برخی دشت‌های کشور نیز مشاهده شده است. روند منفی سطح آب زیرزمینی برای دشت قزوین به‌وسیله Azizi (۲۰۰۳) و برای دشت مشهد به‌وسیله Akbari و همکاران (۲۰۰۹) گزارش شده است.



شکل ۶- تغییرات حجم تخلیه آبخوان ارومیه

از دلایل کاهش حجم آبخوان و کاهش آب سطحی در ایستگاه‌های خروجی، می‌توان به تغییرات جمعیت و تغییرات کاربری اراضی آبی اشاره کرد. علاوه بر مباحث توسعه کشاورزی و تخلیه آبخوان به یک عامل اولیه نیز باید توجه شود. بیشتر عوامل منطقه به‌طور غیرمستقیم متأثر از مسئله افزایش جمعیت و برنامه‌های توسعه اقتصادی در منطقه بوده است. جمعیت شهر ارومیه در سال‌های ۱۳۳۵، ۱۳۷۰، ۱۳۸۵، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵ به‌ترتیب برابر ۶۷۶۰۵، ۳۵۷۳۹۹، ۵۷۷۳۰۷، ۶۶۷۹۵۱ و ۷۳۶۲۲۴ نفر بوده است. جمعیت جوامع روستایی هم دارای همان روند بوده و جمعیت شهرستان ارومیه در سال ۱۳۹۵ که عمدتا در دشت گسترش یافته‌اند، برابر ۱۰۴۰۵۶۵ نفر می‌باشد. نسبت جمعیت ۱۳۹۵ به ۱۳۷۰ برابر ۲/۰۵ است. این عامل علاوه بر تأثیر روی مصارف کشاورزی از طریق افزایش برداشت از آب سطحی و زیرزمینی، روی مصارف شرب نیز تأثیر معنی‌داری داشته است. سد شهرچای در سال ۱۳۸۳، با حجم تنظیمی ۱۹۹ میلیون مترمکعب و با حجم نرمال ۲۲۰/۳ میلیون مترمکعب، دبی‌های رودخانه شهرچای را به‌صورت کنترل شده در آورده است.

اطلاعات ارائه شده مربوط به کاربری اراضی از تصاویر ماهواره‌ای برای حوضه دریاچه ارومیه و دشت ارومیه دارای دامنه گسترده‌ای است. بر اساس نتایج جمع‌بندی شده پژوهشکده مطالعات و تحقیقات منابع آب (تماب)، مهندسین مشاور آشنا سامانه، مشاور یکم و مطالعات مستقل مندرج در جدول ۳، مساحت اراضی آبی حوضه دریاچه ارومیه ارزیابی و گزارش شده است (Delshad، ۲۰۱۶؛ Youneszadeh و همکاران، ۲۰۱۷). عمده مطالعات بر اساس تصاویر ماهواره‌ای و پردازش تصاویر و کنترل ضریب اعتبارسنجی کاپا در سنجش از راه دور حاصل شده است. ضریب کاپا ضریب خطا بوده، میزان دقت را بر اساس تمامی پیکسل‌هایی که درست طبقه‌بندی شده‌اند، محاسبه می‌کند و بین ۱ و ۱- متغیر بوده، مقدار ۱، به‌معنی تطابق کامل است. همچنان که جدول ۳ نشان می‌دهد. نتایج خصوصا در اراضی دیم به‌خاطر ماهیت پیروی از بارش و ترسالی‌ها و خشکسالی‌ها از دامنه بسیار زیادی برخوردار است و همچنین، نتایج پردازش تصاویر گاها تحت تأثیر زیاد مهاجرت طیف و ناهمگنی طیف[1] از اراضی بایر، مراتع فقیر و غیره روی می‌دهد. بیشتر مناطق حوضه از روند کلی تغییرات اراضی آبی و دیم حوضه پیروی کرده و روند یکسانی را طی کرده‌اند. نتایج آمار رسمی جهاد کشاورزی برای اراضی آبی (باغی و زراعی) برای شهرستان ارومیه (دشت ارومیه، زیوه، سرو، سیلوانا) در شکل ۷ نشان داده شده است. رابطه برازش داده شده در زیر یک درصد معنی‌دار بوده، نتایج حاکی از روند افزایشی مصرف آب کشاورزی در اراضی زراعی و باغی و فشار بر منابع سطحی و زیرزمینی است. لازم به‌ذکر است، داده‌های سازمان جهاد کشاورزی حاصل اطلاعات جمع‌آوری شده در مراکز خدمات کشاورزی بوده و اراضی غیر مجاز توسعه را پوشش نمی‌دهد و عملا توسعه اراضی بیشتری در منطقه روی داده است.

جریان سطحی ورودی به دریاچه ارومیه: برای تعیین میزان جریان سطحی ورودی به دریاچه ارومیه از هر زیرحوضه مورد مطالعه، از اطلاعات ایستگاه‌های خروجی استفاده شد. ایستگاه آباجالوسفلی در نازلوچای، ایستگاه پل ازبک در روضه‌چای، ایستگاه کشتیبان در شهرچای و ایستگاه بابا رود در باراندوزچای آخرین ایستگاه‌های زیرحوضه‌های مورد مطالعه و نزدیک‌ترین ایستگاه‌های هیدرومتری به دریاچه ارومیه بودند. میزان متوسط حجم جریان فصلی ورودی به دریاچه ارومیه در بازه زمانی مورد مطالعه (سال آبی ۵۰-۴۹ تا ۹۵-۹۴) از چهار زیرحوضه نازلوچای، روضه‌چای، شهرچای و باراندوزچای در شکل ۷ ارائه شده است. لازم به ذکر است که در مسیر ایستگاه‌های انتخابی به‌عنوان آخرین ایستگاه حوضه تا دریاچه ارومیه، برداشت برای مصارف کشاورزی صورت می‌گیرد، اما به‌دلیل عدم وجود آمار، میزان این مصرف قابل برآورد نیست. بر اساس نتایج شکل ۷، جریان تخلیه شده به دریاچه ارومیه در تمامی فصول دارای روند کاهشی طی بازه زمانی مورد مطالعه می‌باشد. بدین مفهوم که رفته‌رفته با گذشت زمان، جریان سطحی کمتری در تمامی فصول وارد دریاچه شده است. همچنین، بر اساس این شکل، در فصل تابستان، طی سال‌های اخیر، تقریبا آبی وارد دریاچه نشده است.

[1] Spectral heterogeneity

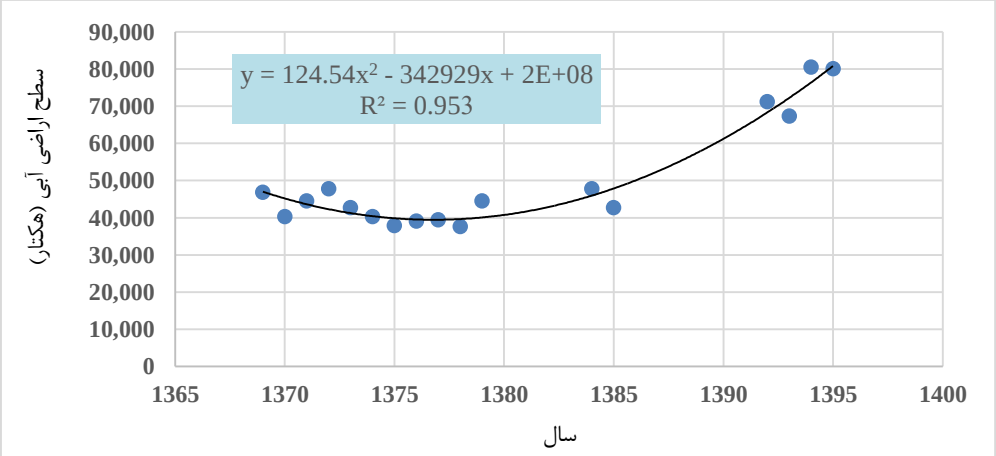
اما خوشبختانه نتایج حاکی از افزایش ورودی به دریاچه ارومیه در سال آبی ۹۵-۹۴ نسبت به دو سال آبی ۹۴-۹۳ و ۹۳-۹۲ است. برای مطالعه جزئی‌تر، نتایج مربوط به میزان تخلیه ماهانه از چهار زیرحوضه طی پنج سال اخیر در شکل ۸ ارائه شده است. بر اساس نتایج این شکل، میزان جریان سطحی ورودی به دریاچه ارومیه در سال آبی ۹۵-۹۴ در همه ماه‌های سال، جز ماه‌های فصل پاییز، نسبت به چهار سال آبی قبل افزایش یافته است.

نتیجه‌گیری

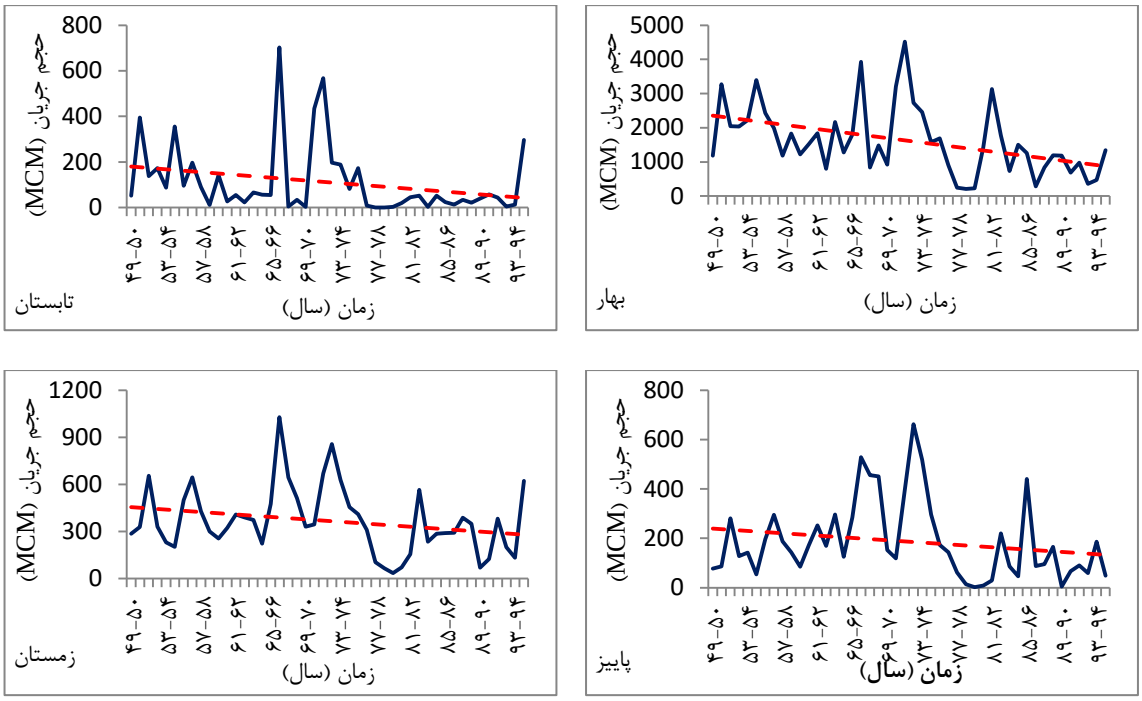
پژوهش حاضر، تلاشی برای بررسی فعالیت‌های انسانی در قالب تغییرات دبی ورودی و خروجی، تخلیه آبخوان و کاربری اراضی در دشت ارومیه است. بدین منظور از آمار و اطلاعات مربوط به دبی ورودی و خروجی نه ایستگاه واقع در دشت ارومیه، اطلاعات پیزومتری دشت و تصاویر ماهواره‌ای MSS، TM، ETM^+ و SPOT استفاده شد. با مرزبندی زیرحوضه رودخانه‌های نازلوچای، روضه‌چای، شهرچای و باراندوزچای و در دشت ارومیه که مشرف به دریاچه ارومیه است و با تعیین ایستگاه‌های ورودی و خروجی دشت، روند تغییرات دبی ورودی و خروجی دشت‌ها، کاربری اراضی و تخلیه آبخوان به‌صورت مجزا مورد بررسی قرار گرفت. متوسط مقدار آماره آزمون من-کندال که برای بررسی تغییرات دبی ورودی به دشت ارومیه ۰/۳- و خروجی از آن ۱/۶- مورد استفاده قرار گرفت، نشان داد که روند دبی ورودی به دشت ارومیه و خروجی از آن منفی است که بیانگر روند کاهشی دبی ورودی به دریاچه ارومیه است. مقایسه نتایج میانگین دو دوره قبل و بعد از سال ۱۳۷۴ (سال شروع خشک‌شدن دریاچه ارومیه) نشان داد که متوسط دبی ورودی به دشت ارومیه، در بازه زمانی ۱۳۹۰-۱۳۷۴ نسبت به بازه زمانی ۱۳۷۳-۱۳۵۷ کاهش یافته است. نتایج میزان تخلیه تجمعی آب زیرزمینی از آبخوان ارومیه و تغییر حجم آبخوان نشان داد که بعد از سال ۱۳۷۴، رفته‌رفته با گذشت زمان، میزان تخلیه از آبخوان ارومیه افزایش یافته است و حجم آبخوان رفته‌رفته کاهش یافته است.

جدول ۳- سطح اراضی آبی و دیم در حوضه دریاچه ارومیه (Youneszadeh و همکاران، ۲۰۱۷)

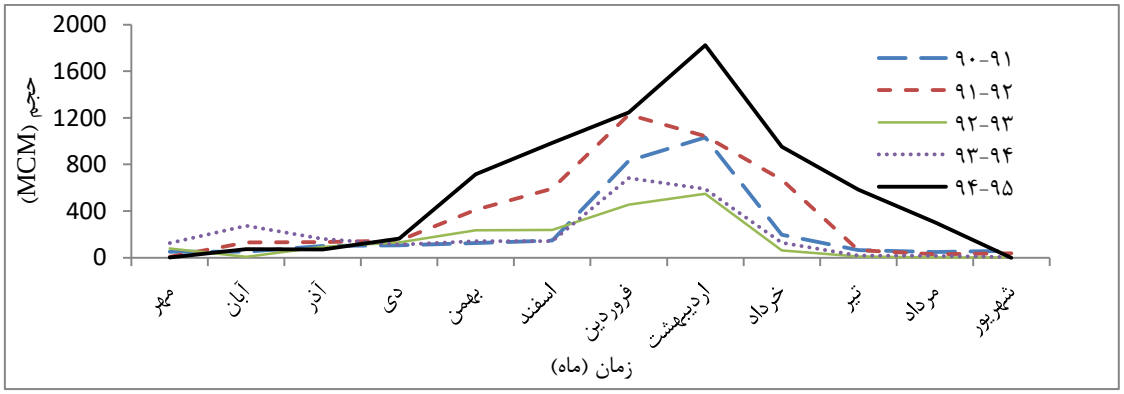
سال	سطح اراضی آبی (زراعی و باغی) (km^2)	سطح اراضی دیم (km^2)	ماهواره	ضریب کاپا	منبع
۱۳۶۳	۳۷۷۰	۶۷۳۰	لندست TM	--	تماب
۱۳۶۹	۳۱۳۰	۱۰۳۸۰	لندست TM	۸۶/۹	آشناسامانه
۱۳۷۷	۳۹۳۹	۹۲۷۸	لندست TM	۸۴/۲۵	خسروشاهی و همکاران
۱۳۸۸	۴۶۲۰	۱۰۹۱۰	اسپات و استر	۸۷/۶	آشناسامانه
۱۳۸۹	۵۱۶۹	--	مودیس	--	یونس‌زاده و همکاران
۱۳۹۱	۵۸۶۴	--	مودیس	--	یونس‌زاده و همکاران



شکل ۷- تغییرات سطح اراضی آبی (باغی و زراعی) شهرستان ارومیه در سال‌های مختلف (هکتار)



شکل ۷- متوسط حجم جریان فصلی تخلیه‌شده به دریاچه ارومیه از چهار زیرحوضه مورد مطالعه



شکل ۸- متوسط حجم جریان ماهانه تخلیه‌شده به دریاچه ارومیه از چهار زیرحوضه مورد مطالعه طی پنج سال اخیر

بر اساس نتایج تصاویر ماهواره‌ای، در طی زمان، مساحت زمین‌های آبی و دیم افزایش پیدا کرده، زراعت آبی زراعی و باغی معنی‌دار رونق یافته است. افزایش میزان دبی ورودی به دشت ارومیه و کاهش میزان دبی خروجی از آن، به‌همراه نتایج تخلیه آب زیرزمینی نشان می‌دهد که فعالیت‌های انسانی در کاهش جریانات ورودی به دریاچه ارومیه و در نتیجه کاهش سطح آن در کنار عوامل اقلیمی همانند کاهش تغییرات فراوانی بارش در حوضه (Salehi Bavil و همکاران، ۲۰۱۷) نقش داشته‌اند. البته، در مطالعات صورت گرفته توسط دیگر اشخاص نیز نقش فعالیت‌های انسانی، ناهنجاری‌های منفی آب‌های زیرزمینی در بیشتر دشت‌های کشور (Azizi، ۲۰۰۳) و تأثیر بیشتر افت سطح آب زیرزمینی در مقایسه با کاهش بارش روی افت سطح آب دریاچه ارومیه (Hessariو Tayfeh، ۲۰۱۰) و کاهش سطح آب دریاچه ارومیه به‌علت افزایش دما در حوضه و بهره‌برداری بیش از حد از منابع آب (Fathian و همکاران ۲۰۱۵) اشاره شده است. برای کاهش اثرات بخش کشاورزی در کاهش سطح آب دریاچه ارومیه می‌توان کشاورزان منطقه را به کاشت محصولات کم‌مصرف، افزایش راندمان آبیاری و یکپارچه‌سازی اراضی برای مدیریت بهتر آب در منطقه مورد مطالعه سوق داد.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از طرح تحقیقاتی شماره ۰۰۴/آ/۹۴ با شماره قرارداد ۱۰/۲۰۷ مصوبه سال ۱۳۹۴ دانشگاه ارومیه، پژوهشکده مطالعات دریاچه ارومیه بوده، بدین وسیله از زحمات حامیان مالی و معنوی طرح قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

1. Akbari, M., M.R. Jarge and H. Madani Sadat. 2009. Assessment of decreasing of groundwater-table using Geographic Information System (GIS), case study: Mashhad Plain Aquifer. Journal of Water and Soil Conservation, 16(4): 63-78 (in Persian).
2. Amirataee, B. and K. Zeinalzadeh. 2016. Trends analysis of quantitative and qualitative changes in groundwater with considering the autocorrelation coefficients in west of Lake Urmia, Iran. Journal of Environmental Earth Sciences, 75: 1-10.
3. Azizi, G. 2003. The relationship between recent droughts and groundwater resources in Gazvin Plain. Journal of Geography Research, 46: 131-143 (in Persian).
4. Delshad, S. 2016. Investigation on variations of cropping areas and groundwater withdrawal in Urmia Lake Basin. MSc Thesis, Faculty of Agriculture, Urmia University, 99 pages.
5. Fathian, F., S. Morid and E. Kahya. 2015. Identification of trends in hydrological and climatic variables in Urmia Lake Basin, Iran. Theoretical and Applied Climatology, 119(3-4): 443-464.
6. Gao, Z., J. He, K. Dong and X. Li. 2017. Trends in reference evapotranspiration and their causative factors in the west Liao River Basin, China. Journal of Agricultural and Forest Meteorology, 232: 106-117.
7. Hessari, B. and N. Tayfeh. 2010. Investigation of Urmia Lake water level fluctuation and its similarity to Caspian Sea and Turkry-Van Lake water level fluctuations and the region climatological observations. 2nd National Conference on Environmental Crisis of Urmia Lake, Naghadeh, 62-68.
8. Mahab Ghods Consulting Engineers. 2013. The Comprehensive water management in the Aras, Sefidrood, between Sefidrood and Haraz, Atrac and Urmia. Agricultural Water Use Study in Urmia Lake Basin, Report No. 2385070-4420-19464, Iran Ministry of Energy, Deputy of Water and Wastewater, Macro Planning Bureau.
9. Kendall, M.G. 1975. Rank correlation methods. Charles Griffin, London, 15 pages.
10. Mann, H.B. 1945. Non-parametric test against trend. Econometrica, 13: 245–259.
11. Nazeri Tahroudi, M., F. Ahmadi and K. Khalili. 2018. Evaluation of 30 years changing of river flow discharges in Urmia Lake Basin. Journal of Irrigation and Drainage, 12(2): 424-433 (in Persian).
12. Salehi Bavil, S., K. Zeinalzadeh and B. Hessari. 2017. The changes in the frequency of daily precipitation in Urmia Lake Basin, Iran. Journal of Theoretical and Applied Climatology, 133: 205-214.
13. Shadmani, M., S. Marofi and M. Roknian. 2012. Trend analysis in reference evapotranspiration using Mann-Kendall and Spearman's Rho tests in arid regions of Iran. Journal of Water Resources Management, 26: 211-224.
14. Thomas, T., R.K. Jaiswal, R. Galkate and S. Singh. 2009. Development of a rainfall-recharge relationship for a fractured basaltic aquifer in Central India. Water Resources Management, 23: 3101-3119.
15. Xiong, L. and S. Guo. 2004. Trend test and change-point detection for the annual discharge series of the Yangtze River at the Yichang Hydrological Station. Journal of Hydrological Sciences, 49: 99-112.
16. Xu, C.Y. and V.P. Singh. 2004. Review on regional water resources assessment models under stationary and changing climate. Journal of Water Resource Management, 18: 591-612.
17. Yue, S., P. Pilon, B. Phinney and G. Cavadias. 2002. The influence of autocorrelationon the ability to detect trend in hydrological series. Journal of Hydrological Processes, 16: 1807-1829.
18. Youneszadeh Jalili, S., M. Kamali and P. Daneshkar Araste. 2017. Analytical study of land use changes (irrigated agriculture) in the watershed of Lake Urmia using Landsat Imagery. Isfahan University of Technology, 20(78): 15-28.
19. Zhang, X., K.D. Harvey, W.D. Hogg and R. Yuzyk. 2001. Trends in Canadian streamflow. Journal of Water Resources Research, 37: 987-998.