نشریه علمی- پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی (دانشگاه تبریز)، سال ۱۶، شمارهٔ ۳۷، پاییز ۱۳۹۰، صفحات ۱۳۱-۱۱۱

تاریخ دریافت: ۸۸/۳/۱۰ تاریخ پذیرش نهایی: ۸۸/۱۲/۱۸

ارزیابی ارتباط خشکسالی هواشناسی با افت سطح آب‌های زیرزمینی دشت تبریز

فریبا کرمی[۱]

چکیده

دشت تبریز در ´۱۵ °۴۶-´۳۰ °۴۵ طول شرقی و ´۱۷ °۳۸-´۵۶ °۳۷ عرض شمالی و در شرق دریاچه ارومیه واقع شده است. در دهه‌های اخیر، بطور منطقه‌ای و در دشت تبریز خشکسالی‌های متناوب و گاهی مستمر و شدیدی رخ داده است. همزمان سطح آب زیرزمینی دشت کاهش چشمگیری نشان می‌دهد. از این‌رو به نظر می‌رسد، بین وقوع خشکسالی‌های هواشناسی و افت سطح آب‌های زیرزمینی بتوان رابطهٔ معنی‌داری پیدا کرد. در این راستا، هدف پژوهش حاضر بررسی خشکسالی‌های دشت با شاخص SPI، پیگیری روند بارش‌ها، تحلیل هیدروگراف واحد آب‌های زیرزمینی و ارزیابی تأثیر خشکسالی‌های هواشناسی در افت آب زیرزمینی در دشت تبریز با استفاده از روش آمار دومتغیره می‌باشد. برای این منظور، از داده‌های هواشناسی شامل متوسط بارش ماهانه ایستگاه‌های دشت تبریز در دورهٔ آماری (۸۳-۱۳۵۱) برای تعیین دوره‌های خشکسالی، داده‌های ماهانه سطح آب چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومتر دشت در دوره آماری (۸۳-۱۳۷۰) برای نشان دادن نوسانات سطح آب زیرزمینی، نرم‌افزارهای Arc/GIS، Arc/View، Excell و Surfer استفاده شد. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که در دوره آماری (۸۳-۱۳۷۰) سطح آب‌های زیرزمینی سیر نزولی داشته و ۳/۹۴ متر افت دارند. خشکسالی آب‌های زیرزمینی نیز با دو ماه تأخیر نسبت به خشکسالی هواشناسی بروز می‌کند.

واژگان کلیدی: خشکسالی هواشناسی، خشکسالی آب زیرزمینی، افت سطح آب‌های زیرزمینی، تحلیل هیدروگراف واحد، دشت تبریز.

۱ـ استادیار گروه پژوهشی جغرافیا، دانشگاه تبریز. Email: fkarami@tabrizu.ac.ir.

مقدمه

علت اولیهٔ خشکسالی، کمبود بارش در یک منطقه بزرگ و برای یک دوره زمانی طولانی می‌باشد. چنین خشکسالی، خشکسالی هواشناسی[1] نامیده می‌شود (Machlica and Stojkovova, 2008, 2). در واقع خشکسالی‌ها در دوره‌هایی که میزان بارش‌ها از متوسط نزولات جوی کمتر باشند اتفاق می‌افتند و در سراسر سیستم هیدرولوژی انتشار می‌یابند (Hisdal and Tallaksen, 2003, 231). توسعه خشکسالی در هر بخش از سیستم هیدرولوژی (آب‌های سطحی، منطقه اشباع و غیراشباع آب‌های زیرزمینی) به شدت و مدت کمبود بارش بستگی دارد. فقدان بارش، ظرفیت رطوبی خاک را کاهش داده و موجب تنزل تجدید ذخیره آبخوان‌ها می‌شود. در اثر خشکسالی در سیستم آب‌های زیرزمینی، ابتدا تجدید ذخیره آبخوان‌ها، سپس سطح آب زیرزمینی و در نهایت آبدهی آبخوان‌ها کاهش می‌یابد (Peters et al، ۲۰۰۵: ۳۰۳). تأثیر خشکسالی هواشناسی در سیستم آب‌های زیرزمینی، خشکسالی آب‌های زیرزمینی[2] اطلاق می‌شود که به طور کلی در مقیاس زمانی ماهانه و سالانه اتفاق می‌افتد (Van Lanen and Peters، ۲۰۰۰: ۵۰). در حالت عادی آخرین واکنش به وضعیت خشکسالی در بخش آب‌های زیرزمینی دیده می‌شود، مگر اینکه جریان‌های سطحی از آب‌های زیرزمینی تغذیه کنند. بنابراین تأخیر زمانی بین یک خشکسالی هواشناسی و خشکسالی آب زیرزمینی ممکن است ماه‌ها و حتی سال‌ها طول کشد (Tallaksen and Van Lanen، ۲۰۰۴: ۳۱۸).

سطح آب زیرزمینی (سطح ایستابی و همچنین سطح پیزومتر) ارتفاع فشار جو لایهٔ آبدار یا سفره آب زیرزمینی را نشان می‌دهد. هر پدیده‌ای که بتواند فشار موثر بر آب زیرزمینی را تغییر دهد، نوساناتی را نیز در سطح آب زیرزمینی ایجاد می‌کند (کردوانی، ۱۳۷۴، ۱۸۷). پدیده‌های هواشناسی مانند تغییر فشار اتمسفری، بارش، باد، یخبندان، جزر و مدهای اقیانوسی، شهرنشینی و زلزله از عوامل موثر در نوسانات سطح آب زیرزمینی می‌باشند (Todd ، ۱۹۸۰: ۲۴۲).

1- Meteorological
2- Groundwater Drought

به طور طبیعی دوره‌های متناوب سال‌های خشک و سال‌های تر، یعنی سال‌هایی که بارندگی آن کمتر از متوسط است (خشکسالی) و سال‌هایی که بارندگی آن بیشتر از میزان متوسط بارندگی می‌باشد (ترسال)، نوسان دراز مدت سطح آب زیرزمینی را سبب می‌شود. وقوع خشکسالی‌های متناوب از عوامل اصلی کمبود آب بویژه منابع آب سطحی است که فشار مضاعفی را بر منابع آب‌های زیرزمینی وارد می‌کند (محمدی و شمسی‌پور، ۱۳۸۲، ۱۱۶). فشار به منابع آب و سفره‌های آب زیرزمینی، پایین رفتن سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی و شور شدن سفره‌ها از پیامدهای زیانبار خشکسالی است.

کشور ایران به دلیل استقرار در عرض‌های جغرافیایی ۴۰-۲۵ درجه شمالی و طول‌های جغرافیایی ۶۶-۴۴ درجهٔ شرقی ایران به عنوان یکی از کشورهای واقع در کمربند خشک کره زمین، همواره با مشکل کم‌آبی و خشکسالی‌های متناوب مواجه می‌باشد. رشد فزاینده جمعیت و نیاز ناشی از آن به آب، محصولات زراعی و دامی و محدودیت منابع آب و خاک مسألهٔ کم آبی را به گونه‌ای بسیار جدی فرا روی کشور ما قرار داده است. از سوی دیگر وقوع خشکسالی‌های متناوب و طولانی و نوسانات زیاد آب و هوایی، کمبود آب بویژه منابع آب سطحی را تشدید می‌کند. از این رو، منابع آب‌های زیرزمینی منبع مهم و مطمئنی برای تأمین آب مصرفی در بخش‌های مختلف شرب، کشاورزی، صنعتی و غیره در مناطق مختلف کشور می‌باشد.

طی دهه‌های اخیر در ایران و به طور منطقه‌ای در دشت تبریز، خشکسالی‌های مستمر و شدیدی رخ داده است. از سوی دیگر سفره‌های آب زیرزمینی با افت سطح ایستابی روبرو هستند و به طوری‌که نزول تراز آب‌های زیرزمینی دشت‌های استان آذربایجان‌شرقی از اواخر سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۸۷ گزارش شده است (نشریه پیک آب، ۱۳۸۷). بر این اساس به نظر می‌رسد بین وقوع خشکسالی‌های هواشناسی و افت سطح آب زیرزمینی همبستگی و ارتباط معنی‌داری وجود داشته باشد. در این زمینه سوالی مطرح می‌شود که آیا وقوع خشکسالی‌ها در افت تراز آب‌های زیرزمینی دشت تبریز تأثیری داشته است؟

به این ترتیب، هدف این پژوهش، ضمن تحلیل هیدروگراف واحد (سطح آب‌های زیرزمینی)، بررسی تأثیر خشکسالی‌های هواشناسی در افت سطح آب زیرزمینی در دشت تبریز می‌باشد. با عنایت به تکرار دوره‌های خشکسالی در شمال‌غرب کشور و با علم بر اثرات زیانبار وقوع پدیده خشکسالی بر روی منابع آب (بویژه ذخایر آب زیرزمینی) می‌توان با تدوین برنامه‌های صحیح، اصولی و راهبردی مانند آموزش و فرهنگ‌سازی در امر مصرف بهینه آب و ذخایر زیرزمینی برای مردم و کشاورزان، ارائهٔ الگوهای کشت مناسب به کشاورزان با توجه به میزان آب موجود، جلوگیری و نظارت به حفر چاه‌های غیرمجاز و غیره اثرات زیانبار خشکسالی را بر منابع آب کاهش داد.

تحقیق درباره موضوع خشکسالی و اثرات زیانبار آن بعد از خشکسالی‌های وسیع دهه ۱۹۷۰ در بین محققان و دانشمندان شکل جدی‌تری به خود گرفته است. در مورد خشکسالی تعاریف مختلفی را می‌توان در مقالات (Dracup et al، ۱۹۸۰) و (Wilhite and Glantz، ۱۹۸۵) یافت. خصوصیات خشکسالی می‌تواند به صورت تحلیل مکانی خشکسالی مطالعه شود و یا ویژگی‌های منطقه‌ای خشکسالی مورد مطالعه قرار می‌گیرد. برای مثال (Hisdal and Tallaksen، ۲۰۰۳: ۲۴۷-۲۴۳) ویژگی‌های منطقه‌ای خشکسالی‌های هیدرولوژی و هواشناسی دانمارک را بررسی کردند. انتشار و توزیع مکانی خشکسالی در حوضه آب زیرزمینی Pang انگلستان مطالعه دیگری است که به وسیلهٔ (Peters and et al، ۲۰۰۶: ۲۵۸) انجام داده شد. در زمینهٔ نوسانات آب‌های زیرزمینی پژوهش‌های دیگری نیز وجود دارند برای مثال، Chen et al (۲۰۰۴: ۶۲-۴۳) اهمیت تغییر اقلیم را در نوسانات تراز آب زیرزمینی South Manitoba کانادا بررسی کردند و نتیجه گرفتند بارش‌های سالانه بطور معنی‌داری نوسانات سطح آب‌های زیرزمینی را توضیح می‌دهد. (Keery et al ، ۲۰۰۷: ۱۶-۱) تغییرپذیری مکانی و زمانی آب‌های سطحی و زیرزمینی را با استفاده از سری زمانی مطالعه کردند. (Mencio and Maspla، ۲۰۰۸: ۳۶۶-۳۵۵) در مطالعه‌ای پی بردند که دلیل تغییر رژیم آبدهی آب‌های سطحی و زیرزمینی نواحی مدیترانه علاوه بر وقوع خشکسالی‌ها و سیلاب‌ها، فشار ناشی از افزایش جمعیت و پدیدهٔ شهرنشینی می‌باشد. (Holz، ۲۰۰۹: ۲۶۶-۲۵۵) نوسانات فصلی سطح آب زیرزمینی و کیفیت آنها را در حوضه

Montag در شمال غرب تاسمانی مطالعه کرد و نشان داد تراز ایستابی آب‌های زیرزمینی و کیفیت شیمایی آبها با وقوع دوره‌های خشکسالی و ترسالی تغییر می‌یابد.

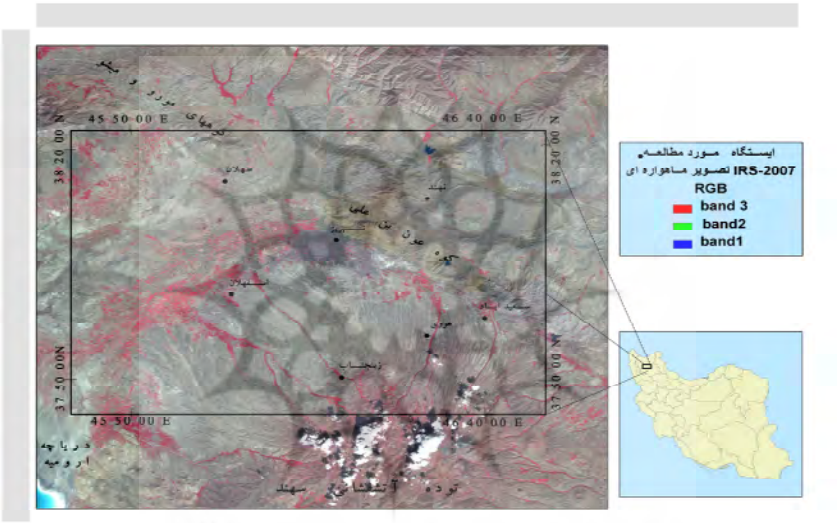
در مورد اثر خشکسالی برآب زیرزمینی در ایران مطالعات ارزشمندی انجام شده است. برای مثال، محمدی و شمسی‌پور (۱۳۸۲: ۱۳۰-۱۱۵) در مطالعه تأثیر خشکسالی‌های اخیر در افت منابع آب زیرزمینی دشت‌های شمال همدان نشان دادند که خشکسالی به صورت غیرمستقیم از طریق کاهش تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی، افزایش برداشت از چاه‌های عمیق برای مصارف کشاورزی، افزایش تبخیر و تعرق و غیره بر منابع آب زیرزمینی دشت‌های شمال همدان مؤثر است. در مطالعهٔ دیگری عزیزی (۱۳۸۲: ۱۴۲-۱۳۱) ارتباط خشکسالی‌های اخیر و منابع آب زیرزمینی دشت قزوین را بررسی کرده است. نتایج حاصله نشان می‌دهند که خشکسالی در آب زیرزمینی با ۳ ماه تأخیر نسبت به خشکسالی‌های اقلیمی بروز می‌کند و به صورت متوسط طی دورهٔ مطالعاتی در هر سال ۲۵ سانتی‌متر سطح آب زیرزمینی دشت قزوین افت داشته است. همچنین میرزایی و همکاران (۱۳۸۴) در تحقیقی، تراز آب زیرزمینی هیدروگراف واحد دشت شهرکرد را با انتخاب مدل ARIMA پیش‌بینی کردند.

در مراکز علمی و سازمان‌های دولتی، در مورد آب‌های زیرزمینی تبریز مطالعاتی مانند Asgahari Moghaddam (1991)، درختی و علی‌نژاد (۱۳۷۹) و ندیری (۱۳۸۶) انجام شده است. همچنین رزاق و همکاران نیز (۱۳۸۵) در پژوهشی با استفاده از مدل‌های PMWI و MT3D به بررسی کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی دشت تبریز پرداخته و پیش‌بینی کردند در ۱۶ سال آینده سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی دشت حدود ۲/۶ متر کاهش خواهد یافت و میزان شوری آب‌های زیرزمینی این دشت در دراز مدت افزایش پیدا خواهد کرد. در این راستا، بررسی تأثیر خشکسالی‌های هواشناسی در منابع آب زیرزمینی و افت سطح ایستابی آب‌ها در دشت تبریز ضروری به نظر می‌رسد.

موقعیت جغرافیایی دشت تبریز

دشت تبریز که بخشی از حوضه آبریز آجی‌چای را شامل می‌شود در ۴۶°۱۵′ - ۴۵°۳۰′ طول

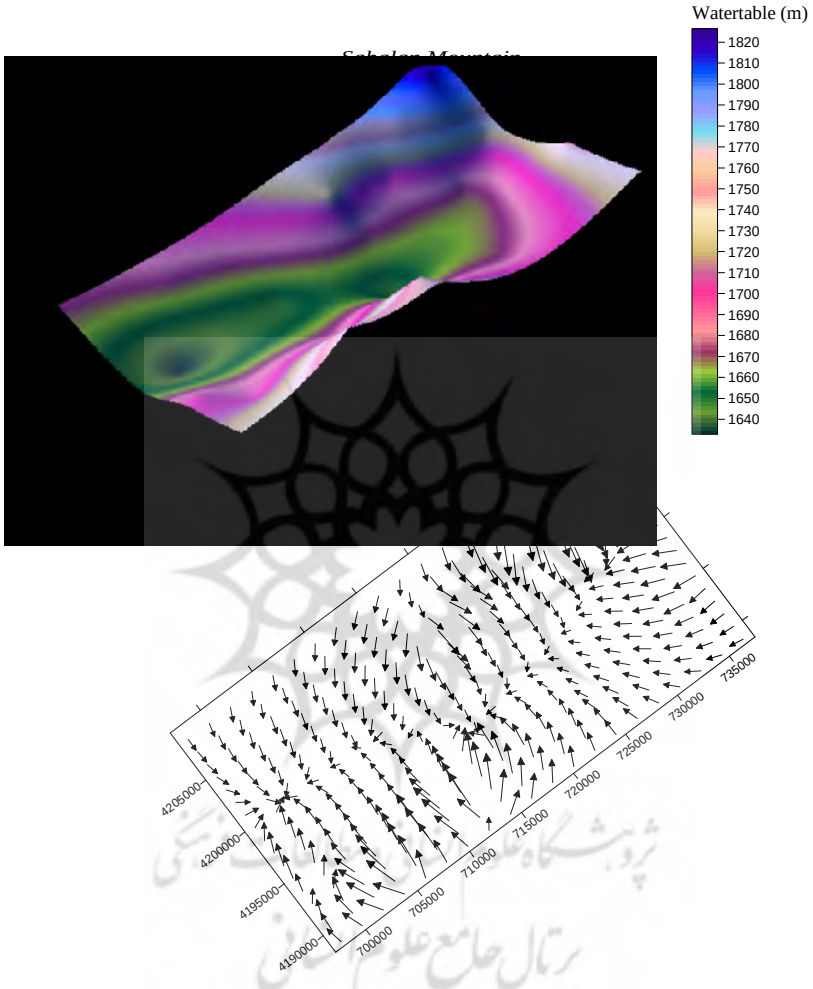
شرقی و۱۷َ ۳۸° –۵۶َ ۳۷° عرض شمالی و در شرق دریاچه ارومیه واقع شده است. بخش شمال و شرق دشت تبریز به ارتفاعات عون‌بن‌علی، کوه‌های مورو و میشو محدود می‌شود. تودهٔ کوهستانی سهند در جنوب و جنوب‌غربی آن قرار دارد و از سمت غرب تا کناره دریاچه ارومیه امتداد دارد (شکل ۱). ارتفاع این دشت از سطح آب‌های آزاد در حدود ۱۳۵۰ متر است و شیب دشت از شرق به غرب می‌باشد.



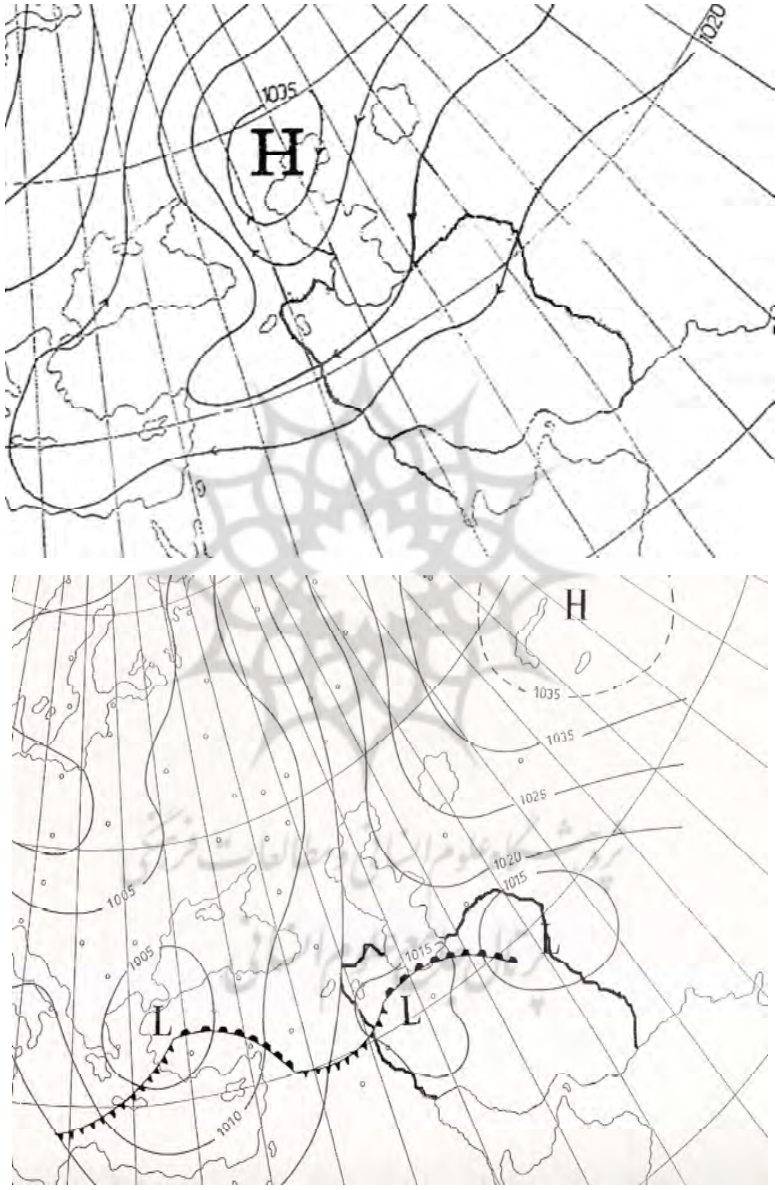
شکل (۱) موقعیت جغرافیایی دشت تبریز

سطوح همتراز آب‌های زیرزمینی و جهت جریان آنها در شکل (۲) ارائه شده است. بطوری‌که ملاحظه می‌شود جهت جریان از دامنه‌های شمالی سهند و ارتفاعات شمالی دشت بطرق غرب دشت می‌باشد (شکل ۲).

دشت تبریز با موقعیت جغرافیایی خاص در منطقه شمال غرب ایران، در طول سال تحت تأثیر توده هواهای مختلفی قرار می‌گیرد. منشأ این توده هواها شرقی ـ غربی بوده و برخی از آنها خشک و گرم و برخی سرد، مرطوب و باران‌زا هستند (شکل ۳).



شکل (۲) خطوط همتراز سطح ایستابی (الف) و جهت جریان (ب) آب‌های زیرزمینی دشت سراب (۱۳۸۷)



شکل (۳) ورود پرفشار سیبری (الف) و جریانات غربی به کشور ایران (ب)

مواد و روش‌ها

داده‌های مورد نیاز

– کتب، گزارش‌ها، مقالات موجود در مورد موضوع مورد پژوهش و منطقهٔ مورد مطالعه؛

– نقشه‌های توپوگرافی در مقیاس‌های ۲۵۰۰۰۰: ۱ و ۵۰۰۰۰: ۱؛

– نقشه‌های زمین‌شناسی ۱۰۰۰۰۰: ۱ و ۲۵۰۰۰۰: ۱؛

– داده‌های هواشناسی شامل متوسط بارش ماهانه ایستگاه‌های انتخابی دشت تبریز در دورهٔ آماری (۸۳– ۱۳۵۱).

– داده‌های ماهانه سطح آب چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومتری دشت تبریز در دورهٔ آماری (۸۳– ۱۳۷۰).

– نرم‌افزارهای Arc/GIS، Arc/View ، Excel و Surfer .

روش‌ها

در این پژوهش برای بررسی پدیده خشکسالی از آمار بارش ماهانه ۳۳ ساله (۱۳۸۳–۱۳۵۱) ایستگاه‌های موجود در دشت تبریز و شاخص بارش استاندارد شده (SPI)[1] رابطه (۱) استفاده شد.

$$SPI_n = [\ P_0 + \sum (P\text{-}i) - \mu_n\ ] / \delta_n \qquad \text{رابطه (۱)}$$

n تعداد ماه‌هایی که بارش تجمعی برای آنها حساب شده است P_0 مقدار نرمال شده بارش ماه فعلی P-i مقدار نرمال شده بارش ماه قبل μ_n میانگین تعداد بارش تجمعی برای n ماه و δ_n انحراف برای ماه‌ها می‌باشد.

1- Standardized Precipitation Index

جدول (۱) طبقات شاخص SPI از Mckee et al (به نقل از Moreiro et al، ۲۰۰۶: ۳۵۱)

کلاس‌های خشکسالی	مقادیر SPI
بدون خشکسالی	۰ SPI≥
نزدیک نرمال	< ۰SPI−۱ <
متوسط	<−۱ SPI−۱/۵<
شدید	−۱/۵≤ SPI

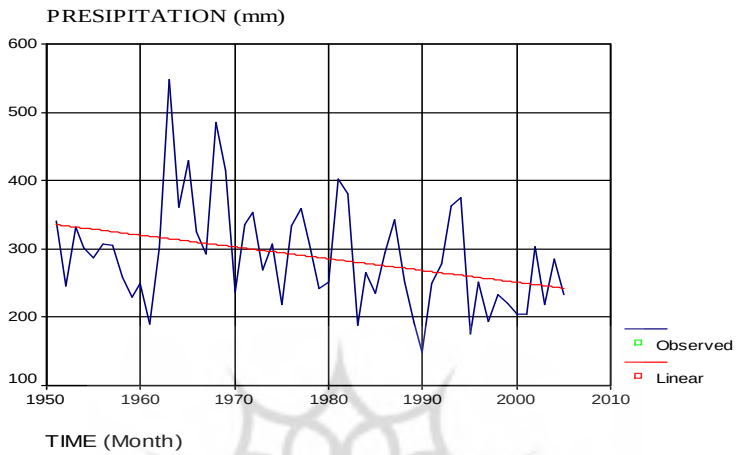
روند بارش سالانه در دوره مطالعاتی بررسی شد و سپس با استفاده از داده‌های ماهانه سطح آب چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومتر دشت تبریز در دوره آماری (۸۳- ۱۳۷۰) هیدروگراف واحد تراز آب زیرزمینی دشت ترسیم شد. با استفاده از هیدروگراف واحد آب زیرزمینی در نقاط مختلف دشت، روند افت سطح آب زیرزمینی مورد مطالعه قرار گرفت. از طریق روش آماری دو متغیره (رابطه۲)، رابطه داده‌های اقلیمی (بارش) و متغیر هیدروژئولوژی (ترازآب زیرزمینی) بررسی شد و سهم بارش در نوسان سطح آب زیرزمینی تعیین شد.

$$y_i = B_0 + B_i x_i + e$$ رابطه (۲)

در این رابطه، تراز آب زیرزمینی به عنوان منغیر وابسته و بارش متغیر مستقل می‌باشد.

یافته‌های پژوهش

برای بررسی روند بارش‌های سالانه در دشت تبریز، ایستگاه تبریز به دلیل داشتن آمار دراز مدت (۲۰۰۵-۱۹۵۱) انتخاب شد. به این ترتیب، بارش متوسط سالانه ایستگاه تبریز ۲۸۸/۹ میلی‌متر محاسبه شد که در پر باران‌ترین سال (۱۹۶۳) دارای ۵۴۷/۵ میلی‌متر بارندگی بوده و در کم باران‌ترین سال (۱۹۹۰) به ۱۴۸ میلی‌متر رسیده است. در این مدت، نشانه‌هایی از روند منفی بارش مشاهده می‌شود (شکل ۴). یعنی در طی ۵۵ سال گذشته، هر سال به طور متوسط ۰/۳۵ میلی‌متر از میزان بارش کاسته شده است.



شکل (٤) نمودار روند بارش ایستگاه تبریز در بازهٔ زمانی ۲۰۰۵-۱۹۵۱

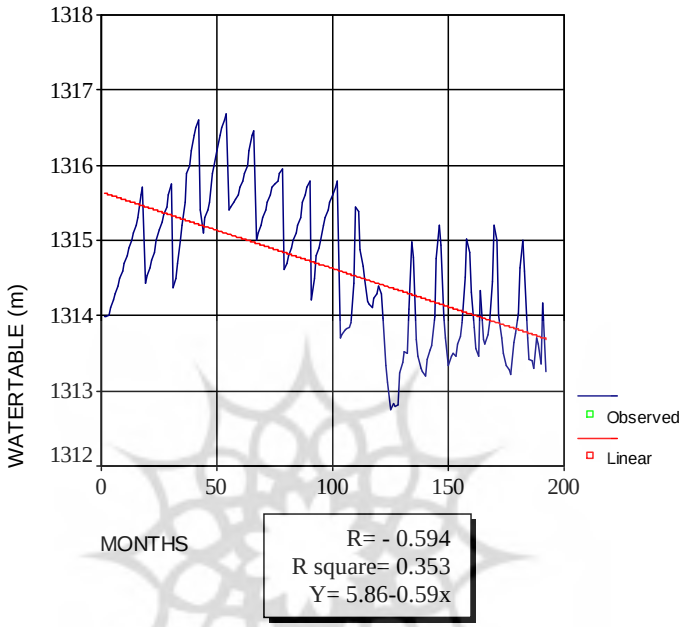
نتایج شاخص SPI دشت تبریز در دوره مطالعاتی (۸۴-۱۳۵۱) در جدول (۲) ارائه شده است. مطابق آن ناهنجاری‌های مثبت بارش در پایکوه‌های اطراف دشت مانند هربی و سعیدآباد بیشتر است. به تدریج به سمت مرکز و شمال‌غرب آن، تعداد ناهنجاری‌های منفی بارش افزایش می‌یابد.

نوسانات تراز آب زیرزمینی دشت تبریز بر اساس داده‌های موجود (۱۳۸۳-۱۳۷۰)، در شکل(۵) مشاهده می‌شود. این نمودار کاهش ذخیره دشت را با یک روند منفی در سطح ایستابی آب زیرزمینی بیان می‌کند. در طی دوره آماری، بالاترین حد سطح ایستابی در دشت تبریز ۱۳۱۶/۶۸ متر در سال ۱۳۷۴ اتفاق افتاده است و پایین‌ترین سطح آن در سال ۸۰-۱۳۷۹ در حدود ۱۳۱۲/۷۴ متر بوده که با خشکسالی در منطقه مصادف است. به این ترتیب، دشت تبریز در این دورهٔ زمانی در حدود ۳/۹۴ متر افت داشته است. علت این روند روبه کاهش سطح ایستابی در طی زمان، کاهش میزان بارندگی نسبت به گذشته، وقوع خشکسالی و افزایش برداشت از منابع آب زیرزمینی می‌باشد.

جدول (۲) طبقه‌بندی مقادیر شاخص SPI در ایستگاه‌های دشت تبریز (۸۴-۱۳۵۱)

سال	نهند	سهلان	زینجناب	تبریز	هروی	سعیدآباد	اسفهلان
۱۳۵۱	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال
۱۳۵۲	نرمال	نرمال	ترسالی	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال
۱۳۵۳	خشکسالی	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	ترسالی
۱۳۵۴	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال
۱۳۵۵	خشکسالی	نرمال	ترسالی	نرمال	نرمال	نرمال	ترسالی
۱۳۵۶	خشکسالی	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	ت.ب.شدید
۱۳۵۷	خ.ب.شدید	نرمال	خشکسالی	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال
۱۳۵۸	نرمال	خشکسالی	خ.شدید	نرمال	نرمال	نرمال	ت.شدید
۱۳۵۹	ترسالی	ترسالی	نرمال	نرمال	ت.ب.شدید	نرمال	نرمال
۱۳۶۰	خشکسالی	نرمال	نرمال	ترسالی	نرمال	نرمال	نرمال
۱۳۶۱	نرمال	نرمال	نرمال	ترسالی	خشکسالی	نرمال	نرمال
۱۳۶۲	خ.شدید	نرمال	خشکسالی	خشکسالی	خشکسالی	نرمال	خ.شدید
۱۳۶۳	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال
۱۳۶۴	نرمال	ت.ب.شدید	نرمال	نرمال	نرمال	ت.ب.شدید	نرمال
۱۳۶۵	نرمال	خشکسالی	نرمال	نرمال	نرمال	خشکسالی	نرمال
۱۳۶۶	نرمال	ت.شدید	نرمال	نرمال	ترسالی	ت.ب.شدید	نرمال
۱۳۶۷	خشکسالی	نرمال	خ.شدید	نرمال	نرمال	نرمال	خشکسالی
۱۳۶۸	ت.شدید	نرمال	نرمال	خشکسالی	نرمال	نرمال	خشکسالی
۱۳۶۹	نرمال	نرمال	خشکسالی	خ.شدید	نرمال	نرمال	خ.ب.شدید
۱۳۷۰	ترسالی	ترسالی	نرمال	نرمال	نرمال	ت.شدید	نرمال
۱۳۷۱	ت.ب.شدید	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال
۱۳۷۲	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	خشکسالی
۱۳۷۳	نرمال	نرمال	ترسالی	ترسالی	نرمال	نرمال	نرمال
۱۳۷۴	نرمال	نرمال	نرمال	خشکسالی	نرمال	نرمال	نرمال
۱۳۷۵	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال
۱۳۷۶	نرمال	نرمال	نرمال	خشکسالی	خشکسالی	نرمال	نرمال
۱۳۷۷	خشکسالی	خشکسالی	نرمال	نرمال	خشکسالی	خ.شدید	خشکسالی
۱۳۷۸	خشکسالی	خشکسالی	نرمال	نرما ل	خشکسالی	خ.شدید	نرمال
۱۳۷۹	نرمال	خشکسالی	نرمال	خشکسالی	خشکسالی	خشکسالی	خ.شدید
۱۳۸۰	نرمال	نرمال	نرمال	خشکسالی	نرمال	نرمال	نرمال
۱۳۸۱	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	ترسالی
۱۳۸۲	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	ترسالی	نرمال	ترسالی
۱۳۸۳	نرمال	ترسالی	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال
۱۳۸۴	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال

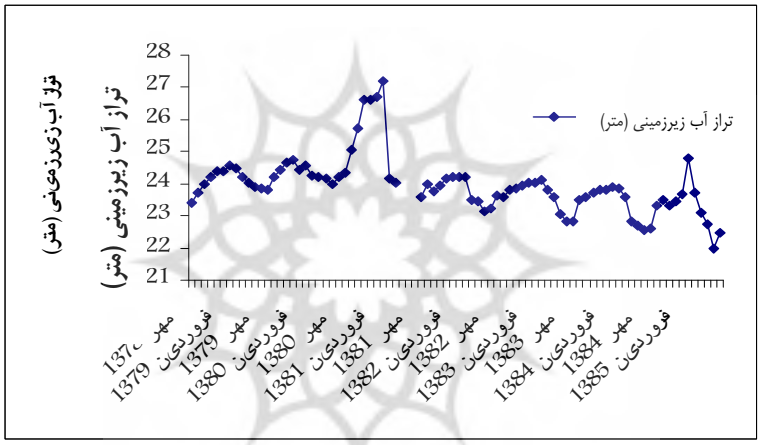
ت.ب.شدید= ترسالی بسیار شدید، خ.ب.شدید= خشکسالی بسیار شدید، ت.شدید=ترسالی شدید، خ.شدید= خشکسالی شدید



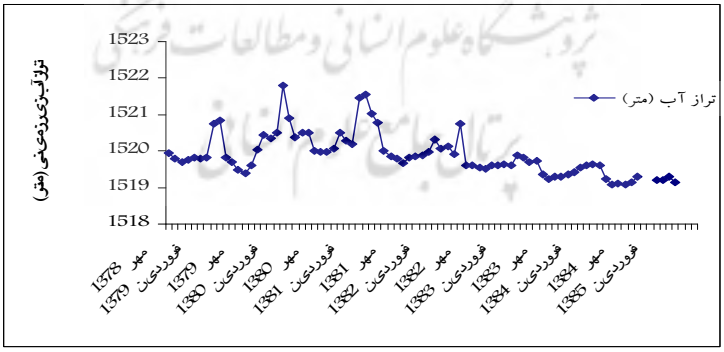
شکل (۵) نوسانات تراز آب زیرزمینی (متر) دشت تبریز در یک دورهٔ پانزده ساله (۸۳-۱۳۷۰)

در ادامه بررسی نوسانات سطح آب زیرزمینی روند روبه کاهش سطح آب زیرزمینی در منطقهٔ ائل‌گلی دشت تـبریز نیز قابل مشاهده است (شکل ۶). بالاترین سطح ایستابی در منطقهٔ ائل‌گلی در سال ۱۳۸۱ در حدود ۱۶۲۷/۲۱ متر بوده است. در حالی که در سال ۱۳۸۵ به پایین‌ترین سطح در حدود ۱۶۲۲ متر رسیده است. به طوری‌که در فاصلهٔ زمانی (۸۵-۱۳۷۸) در این منطقه ۵/۲۱ متر افت منابع آب زیرزمینی وجود داشته است. علاوه بر نوسانات بلندمدت آب زیرزمینی، نوسانات فصلی سطح آب زیرزمینی را در نیمه سرد سال (به طور تقریبی از مهر تا فروردین) و در نیمه گرم سال (به طور تقریب از اردیبهشت و خرداد تا شهریور) دیده می‌شود. قابل ذکر است که چاه دره ائل گلی از نوع عمیق (۱۵۰ متر) است و سفره آب زیرزمینی نسبت به خشکسالی‌های به وقوع پیوسته خیلی حساس نیست.

در دورهٔ مورد مطالعه در بارنج نیز یک کاهش روند و افت سطح ایستابی وجود دارد (شکل ۷). حداکثر سطح آب زیرزمینی در بارنج ۱۵۲۱/۸۱ متر در سال ۱۳۷۹ و حداقل آن ۱۵۱۹/۰۹ متر در سال ۱۳۸۴ می‌باشد. در این مدت سطح آب زیرزمینی در حدود ۲/۷۲ متر افت داشته است. چاه مورد مطالعه در بارنج کم عمق (۱۵ متر) است. چاه‌های کم عمق به دلیل نزدیکی به سطح زمین (نسبت به نوسان یا پایین رفتن سطح آب زیرزمینی) تأثیرپذیری بیشتری از شرایط بیرونی داشته و خیلی حساس هستند.



شکل (٦) نوسانات سطح آب زیرزمینی منطقهٔ ائل‌گلی دشت تبریز (۸۵-۱۳۷۸)

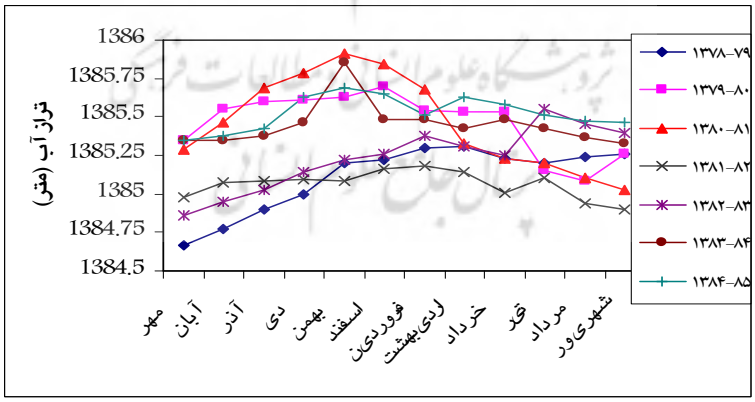


شکل (۷) نوسانات سطح آب زیرزمینی منطقه بارنج دشت تبریز (۸۵-۱۳۷۸)

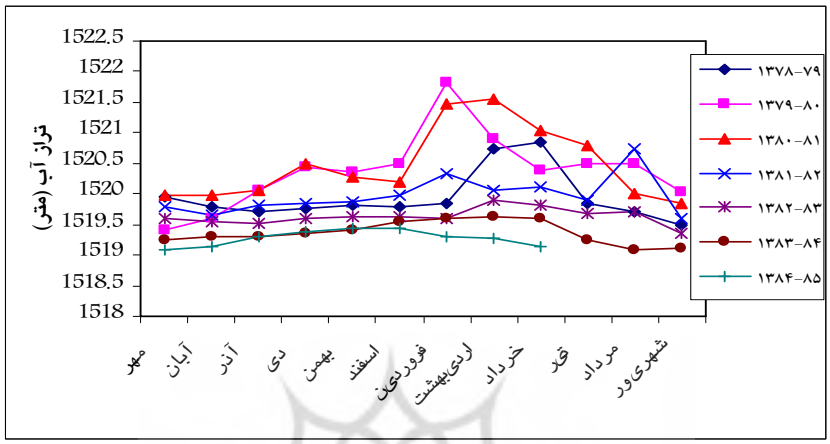
قابل ذکر است در بارنج علاوه بر اینکه سطح آب زیرزمینی در سال‌های اخیر افت داشته است، نوسانات فصلی چند سال اخیر آب‌های زیرزمینی (حداقل‌ها و حداکثرها) نسبت به سال‌های گذشته کمتر شده است.

علاوه بر نوسانات بلندمدت، سطح آب‌های زیرزمینی در دشت تبریز، الگویی از نوسانات فصلی را نیز ارائه می‌دهند. طبق این الگو در اغلب نقاط بالاترین سطح ایستابی آب زیرزمینی در دورهٔ سرد سال مشاهده می‌شود. در نواحیی مانند اسکو، تراز آب زیرزمینی در فصل زمستان (بهمن و اسفند) به بالاترین سطح می‌رسد (شکل ۸). در نقاطی دیگر، مانند بارنج که دوره‌های یخبندان و سرد سال طولانی می‌باشد، سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی به تدریج در زمستان کاهش می‌یابد و در فصل بهار با ذوب برف‌ها و آغاز بارش‌های بهاری، سطح آب سریع و به شدت افزایش پیدا می‌کند (شکل ۹).

در حالت کلی یک روند افزایشی سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی از اواخر مهرماه وجود دارد که تا اواخر اردیبهشت ماه و گاهی خرداد ماه ادامه دارد. علت عمدهٔ این بالا آمدن افزایش بارش‌ها، تغذیه منابع آب زیرزمینی و کاهش برداشت از آب‌های زیرزمینی می‌باشد. پس از آن روند کاهشی شروع می‌شود و تا اواخر مهر ماه تداوم دارد. شکل (۸) و (۹) نوسانات فصلی آب‌های زیرزمینی از دشت تبریز رادر اسکو و بارنج نشان می‌دهند.



شکل (۸) نوسانات ماهانه و فصلی سطح آب زیرزمینی اسکو در دشت تبریز (۸۵-۱۳۷۸)

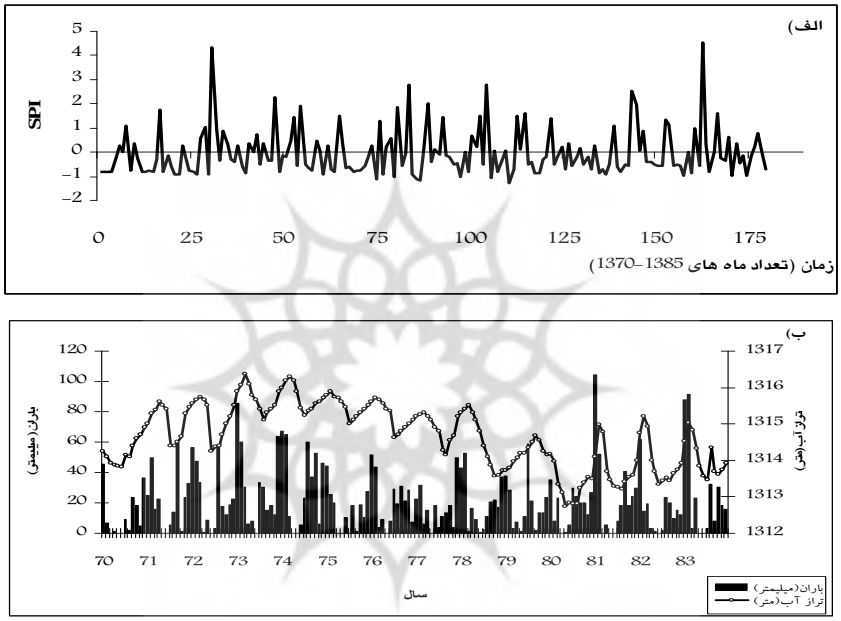


شکل (۹) نوسانات ماهانه و فصلی سطح آب زیرزمینی بارنج در دشت تبریز (۸۵-۱۳۷۸)

شکل (۱۰) ارتباط وقوع خشکسالی، مقادیر بارش‌های ماهانه و نوسان ماهانه تراز آب زیرزمینی دشت تبریز در دورهٔ آماری (۸۳-۱۳۷۰) نشان می‌دهد. براساس این نمودار روند کلی هایدروگراف سیر نزولی دارد و سطح آب زیرزمینی در دههٔ ۱۳۷۰ بالاتر از دههٔ ۱۳۸۰ می‌باشد. پس از کاهش بارندگی‌ها در اواخر دههٔ ۱۳۷۰ و وقوع خشکسالی‌ها، افت شدید سطح آب زیرزمینی آشکار می‌گردد. در اثر رویداد دوره‌های خشک، سال‌های اواخر دهه هفتاد، تراز آب زیرزمینی به پایین‌ترین حد، یعنی ۱۳۱۲/۸۷ متر در سال آبی ۱۳۸۰-۱۳۷۹ تنزل می‌یابد. به تدریج با افزایش بارندگی‌ها از اوایل دهه ۱۳۸۰ به تدریج سطح آب زیرزمینی روند صعودی پیدا کرده و افزایش یافته است. ولی به دلیل روند کاهش میزان بارش و افزایش برداشت از منابع آب زیرزمینی و غیره سطح آب‌ها نتوانسته به میزان اوایل ده ۱۳۷۰ برسد. بالاترین سطح آب زیرزمینی دشت تبریز به سال ۱۳۷۴-۱۳۷۳ تعلق دارد که ۱۳۱۶/۳۷ متر است (شکل ۱۱).

نتایج بررسی ارتباط بین بارش ماهانه و نوسان ماهانه تراز آب زیرزمینی از طریق روش رگرسیون دومتغیره نشان می‌دهد که ارتباط همزمان بین دو متغیره مذکور از سطح اطمینان پایینی برخوردار است. علت ضعف ضریب همبستگی همزمان بین بارش و نوسانات سطح

آب زیرزمینی به این دلیل است که نفوذ آب ناشی از بارش و ذوب برف‌ها به اعماق زمین و رسیدن به سطح آب‌های زیرزمینی با تأخیر زمانی همراه است. این تأخیر در سطوح ایستابی عمیق و رسوبات با نفوذپذیری کم می‌تواند چندین ماه یا حتی سال نیز طول بکشد.



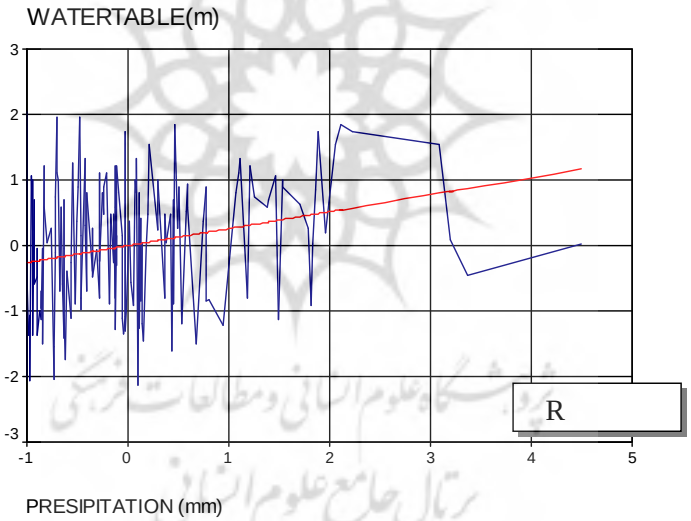
شکل(۱۰) نمودار مقادیر شاخص SPI (الف)، هیدروگراف تراز آب زیرزمینی و مقادیر بارش ماهانه(ب) در دوره آماری ۱۳۸۳-۱۳۷۰)

در دشت تبریز، حداکثر ضریب همبستگی بین سطح آب زیرزمینی (ماهانه) و بارش‌های دو ماه قبل دیده می‌شود (جدول ۳). به طوری‌که بارش دو ماه قبل با r=۰/۲۵۸ در سطح معنادار ۹۹ درصد بالاترین همبستگی را با سطح آب زیرزمینی دارد. جدول (۳) ضرایب همبستگی بین سطح آب زیرزمینی و بارش‌های یک تا هشت ماه قبل را ارائه می‌دهد.

یعنی سهم بارش‌های ماهانه در نوسانات سطح آب زیرزمینی ۲۵/۸ درصد می‌باشد و بقیه به سایر عوامل موثر مربوط می‌شود. ضمن اینکه به تلفات آب‌های سطحی و زیرسطحی هم باید توجه کرد.

جدول (۳) ضرایب همبستگی بین بارش‌های ماهانه و تراز آب زیرزمینی دشت تبریز (۱۳۸۳-۱۳۷۰)

زمان	همزمان	یکماه قبل	دو ماه قبل	سه ماه قبل	چهار ماه قبل	پنج ماه قبل	شش ماه قبل
ضریب همبستگی	۰/۲۱۵	۰/۲۵۷	۰/۲۵۸	۰/۲۴۳	۰/۲۵۱	۰/۱۲۹	۰/۰۲۴
سطح معنی‌داری	۰/۰۰۵	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۹	۰/۰۹۶
تعداد	۱۶۸	۱۶۸	۱۶۸	۱۶۸	۱۶۸	۱۶۸	۱۶۸



شکل (۱۱) نمودار ارتباط بارش دوماه قبل و تراز آب زیرزمینی (۸۳-۱۳۷۰)

نتیجه

دشت تبریز از نظر اقلیمی دارای آب و هوای نیمه خشک سرد می‌باشد. با بررسی بارش‌های دشت تبریز در دورهٔ آماری (۸۳-۱۳۵۱) روند منفی بارش و کاهش مقادیر نزولات جوی در

طی زمان مشخص می‌شود. شاخص SPI نیز وقوع خشکسالی و ترسالی‌های متناوب و گاهی مستمر را در این دورهٔ آماری تأیید می‌کند. روند نزولی سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی دشت تبریز در دورهٔ آماری (۸۳–۱۳۷۰) به وسیلهٔ هیدروگراف واحد آب‌های زیرزمینی آشکار می‌گردد. در دورهٔ مطالعاتی تراز آب زیرزمینی دشت در حدود ۳/۹۴ متر افت داشته است. الگوی نوسانات فصلی سطح آب‌های زیرزمینی در دشت اغلب طوری است که یک روند افزایشی سطح ایستابی آب‌ها از اواخر مهرماه تا اواخر اردیبهشت ماه و در سال‌های ترسالی حتی تا خرداد ماه وجود دارد. پس از آن با آغاز دورهٔ گرم سیر نزولی تراز آب زیرزمینی اتفاق می‌افتد.

با توجه به اینکه زمانی‌که خشکسالی هواشناسی در منطقه‌ای رخ می‌دهد، این پدیده در کلیه بخش‌های سیستم هیدرولولوژی انتشار مـی‌یابد و تمامی چرخهٔ هـیدرولوژی را متأثر می‌سازد، در دشت تبریز هم وقتی که خشکسالی هواشناسی اتفاق می‌افتد، منابع آب زیرزمینی از آن متأثر می‌شوند. بر اساس این مطالعه، سهم دوره‌های با بارش کمتر از متوسط (خشکسالی) در نوسانات آب‌های زیرزمینی ۲۵/۸ درصد می‌باشد. بنابراین نقش سایر عوامل مانند فرآیند تبخیر و عوامل انسانی از قبیل برداشت و بهره‌برداری بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی در ایجاد نوسانات تراز آب زیرزمینی آشکار می‌شود. همچنین بر اساس نگرش سیستمی فوق، در دشت تبریز خشکسالی هواشناسی با دو ماه تأخیر به خشکسالی زیرزمینی منجر می‌شود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

۱- درختی، کاوه، علی‌نژاد، عزیز (۱۳۷۹)، «***گزارش بیلان آب زیرزمینی دشت تبریز***»، سازمان آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی.

۲- رزاق‌منش، مصطفی، سالمی، تلما، سراج، مانی (۱۳۸۵)، «***بررسی کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی دشت تبریز***»، همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۳- کردوانی پرویز (۱۳۸۶)، «***ژئوهیدرولوژی***»، انتشارات دانشگاه تهران، شماره ۲۱۰۲، ۳۵۹ص.

۴- عزیزی، قاسم (۱۳۸۲)، «ارتباط خشکسالی‌های اخیر و منابع آب زیرزمینی در دشت قزوین»، ***پژوهش‌های جغرافیایی***، شماره ۴۶، صص ۱۴۳-۱۳۱.

۵- محمدی، حسین‌مراد، شمسی‌پور، اکبر (۱۳۸۲)، «تأثیر خشکسالی‌های اخیر در افت منابع آب زیرزمینی دشت‌های همدان»، ***پژوهش‌های جغرافیایی***، شماره ۴۵، صص ۱۳۰-۱۱۵.

۶- میرزایی، سید یحی، چیت سازان، منوچهر، چینی پرداز، رحیم (۱۳۸۴)، «***استفاده از مدل باکس جنکیز در پیش‌بینی نوسانات هیدروگراف واحد آبخوان دشت شهرکرد***»، بیست و چهارمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی.

۷- نشریه پیک آب (۱۳۸۷)، «***افت سطح آب‌های زیرزمینی در دشت‌های استان آذربایجان شرقی***»، سازمان آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی.

۸- ندیری، عطاا... (۱۳۷۶)، «***پیش‌بینی سطح آب زیرزمینی با استفاده از شبکه‌های عصبی در محدوده متروی شهر تبریز***»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم طبیعی دانشگاه تبریز.

9- Asghari Moghaddam, A. (1991), "***The Hydrology of Tabriz Area, Iran***", Ph.D Thesis, University College London, London.

10- Dracup, J.A., Lee, K.S., Paulson, E.G., (1980), "On the Definition of Droughts", ***Water Resources Research***, 16(2): 297-302.

11- Hisdal, H., Tallaksen, L.M., (2003), "Estimation of Regional Meteorological and Hydrological Drought Characteristics: A Case Study for Denmark", ***Journal of Hydrology***, 281:230-247.

12- Holz, G.K (2009), "Estimation of Regional Meteorological and Hydrological Drought Characteristics: A Case Study for Denmark", ***Journal of Hydrology***, 281:230-247.

13- Keery, J., Binley, A., Crook, N., Smith, J.W.N (2007), "Temporal and Spatail Variability of Groundwater Surface water Fluxes", ***Journal of Hydrology***, 336:1-16.

14- Machlia, A., Stojkovova, M., (2008), "Groundwater Drought in Different Geological Conditions", ***XXIVth Conference of the Danubian Conteries***.

15-Mencio, A., Mas Pla, J (2008), "Assessment by Multivariate Analysis of Groundwater Surface Interactions in Urbanized Mediterranean Streams", ***Journal of Hydrology***, 352: 355-366.

16- Peters, E., Van Lanen, H.A.J., Torfs, P.J.J.F., Bier, G. (2005), "Drought in Groundwater-drought Distribution and Performance Indicators", ***Journal of Hydrology***, 306:302-317.

17- Peters, E., Bier, G., Van Lanen, H.A.J., Torfs, P.J.J.F. (2006), "Propagation and Spatial Distribution of Drought in a Groundwater Catchment", ***Journal of Hydrology***, 321: 257-275.

18- Tallaksen, L.M., Van Lanen, HA.J. (2004), "Hydrological Drought", ***Development in Water Science***, Elsevier, Netherlands.

19- Todd, D.K., (1980), Groundwater Hydrology, John Wiley & Sons.

20- Van Lanen, H.A.J., Peters, E. (2000), "Definition Effects and Assessment of Groundwater Drought", In: Vogt, J.V., Somma, F. (Eds.), ***Drought and Drought Mitigation in Europe***, Kluwer, Dordrecht, pp.49-61.

21-Wilhite, D.A. Glantz, M.H., (1985), "Understanding the Drought Phenomenon: The Role of Definitions", ***Water International*** 10 (3):111-120.