

1047P-NWWCE

بررسی روند تغییرات تراز آب زیرزمینی در دشت تبریز

فهیمه نگهبان خواجه^{۱*}، یعقوب دین پژوه^۲

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۲- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

fahime.negahaban@yahoo.com

خلاصه

مطالعه روند تغییرات تراز آب زیرزمینی در هر منطقه به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک از اهمیت بسزایی برخوردار است. در این مطالعه روند تغییرات تراز آب زیرزمینی در دشت تبریز بررسی گردید. برای این کار از روش ناپارامتری مان-کندال استفاده شد. در مطالعه روند تغییرات تراز آب زیرزمینی از اطلاعات ۱۴ حلقه چاه پیرومتری طی دوره آماری ۱۳۹۳-۱۳۷۰ استفاده شد. سطوح معنی‌داری ۱، ۵ و ۱۰ درصد در آزمون روند مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج از روش تخمین گر سن جهت ارزیابی شیب خط روند استفاده شد. همگنی روندها نیز با استفاده از روش وان بل- هوگس مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاکی از این است که تراز آب زیرزمینی دشت تبریز در اکثر چاه‌های مورد بررسی روند نزولی معنی‌داری داشت. کمترین شیب خط روند تراز آب زیرزمینی در ایستگاه سعیدآباد در ماه مرداد برابر ۱/۴۵- متر در سال بدست آمد. ماه‌های فروردین، اردیبهشت و بهمن در مقایسه با سایر ماه‌ها روند نزولی بیشتری از خود نشان دادند.

کلمات کلیدی: تخمین گر سن، تراز آب زیرزمینی، دشت تبریز، روند، مان-کندال

۱. مقدمه

با توجه به شرایط اقلیمی ایران پژوهش و برنامه‌ریزی در زمینه حفظ منابع آب شیرین برای محافظت از این سرمایه ملی امری حیاتی محسوب می‌شود. در زمینه روند تغییرات تراز آب زیرزمینی، مطالعات متعددی انجام شده است. در ادامه تعدادی از این مطالعات به صورت مختصر شرح داده می‌شوند. آلبرتسون و گاری [۱]، اثر کاربری اراضی و همچنین احداث سد بر نوسانات تراز آب‌های زیرزمینی را با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و مدل‌های تفاضلات محدود و المان محدود مورد بررسی قرار دادند. گرلس و همکاران [۲]، سری زمانی نوسانات تراز سطحی آب زیرزمینی را در کشور هلند مورد تحلیل و بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که تراز آب زیرزمینی در بخش گسترده‌ای از منطقه کاهش یافته است. لی و همکاران [۳]، عوامل مؤثر بر تغییرات تراز آب زیرزمینی را در شهر داینگو کره در دوره آماری ۲۰۰۳-۱۹۹۹ مطالعه کردند. در این مطالعه تأثیر بارش، پمپاژ چاه‌های اطراف و ساخت تونل مترو بر روی تراز آب زیرزمینی با استفاده از روش مان-کندال بررسی شده است. نتایج بیانگر این بود که احداث تونل مترو بیشترین تأثیر را روی تراز آب زیرزمینی منطقه داشته است.

در ایران نیز کم و بیش مطالعات پراکنده‌ای روی روند تغییرات تراز آب زیرزمینی در دشت‌های مختلف انجام شده است. بیضایی و محمدی [۴]، اثر خشکسالی بر تراز آب زیرزمینی دشت نیشابور را بررسی کردند. نتایج نشان داد که در برداشت بی‌رویه آب برای مصارف کشاورزی، عامل افت سطح آب زیرزمینی می‌باشد. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که میزان افت تراز آب زیرزمینی در مناطق مخروط افکنه نسبت به نواحی مرکزی و جنوبی دشت کمتر است. آباده و همکاران [۵]، با توجه به میزان ضریب همبستگی بین پارامترهای مختلف، مقدار افت سطح آب‌های زیرزمینی و مقدار شوری آن‌ها در منطقه زیدآباد مشخص کردند. نتایج نشان داد که افزایش شوری آب زیرزمینی به علت افزایش افت سطح آب زیرزمینی بوده است. زینالی و همکاران [۶]، افت تراز آب

کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

دانشگاه تهران، تهران

۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵

زیرزمینی دشت شبستر- صوفیان را در طول دوره آماری ۲۳ سال و فرونشست خاک ناشی از آن را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج حاصله حاکی از این بود که افت تراز آب زیرزمینی دشت معادل ۸/۵۷ متر و نیز فرونشست زمین در بعضی مناطق دشت حدود ۵۰ سانتی متر می باشد.

محمدی قلعه‌نی و همکاران [۷]، منابع آب زیرزمینی آبخوان‌های ساوه و اراک را به صورت کمی و کیفی مورد ارزیابی قرار دادند. در مطالعه ایشان از نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی در جهت ارزیابی تغییرات زمانی و مکانی تراز و کیفیت آب زیرزمینی استفاده شده است. نتایج نشان داد که متوسط افت سطح آب زیرزمینی در طی ۷ سال در ۵۷ حلقه چاه محدوده دشت اراک برابر با ۳/۳۸ متر و در ۶۳ حلقه چاه مورد مطالعه در آبخوان ساوه برابر ۱۰/۱۹ متر بوده است. انصاری و همکاران [۸]، اثر خشکسالی بر افت سطح آب زیرزمینی دشت نیشابور را با در نظر گرفتن اثرات تغییر مکانی بررسی نمودند. روش‌های مورد استفاده ایشان در این تحقیق روش IDW و آزمون مان-کندال بود که از نرم GIS استفاده کردند. طول دوره آماری در این مطالعه از سال ۱۳۷۲ تا سال ۱۳۸۵ بوده است. نتایج بیان گر این بود که در کل دوره آماری ۱۴ ساله سطح آب زیرزمینی دشت نیشابور به میزان ۲۳/۱۲ متر افت داشته و نیز میزان متوسط افت سالانه ۰/۷۸ متر در سال می باشد. دانشور و ثوقی [۹]، تأثیر خشکسالی بر تراز آب زیرزمینی در دو دهه اخیر در دشت اردبیل را مورد بررسی قرار داده است. در این مطالعه روند تراز آب زیرزمینی ۳۲ ایستگاه پیزومتری در مقیاس ماهانه در منطقه دشت اردبیل در دوره آماری ۱۳۸۷-۱۳۶۷ با آزمون ناپارامتری مان-کندال مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان داد که در همه ایستگاه‌ها (به جز ایستگاه‌های نیاز مدرسه، پنگچه ملا محمدرضا، آغچه کندی و دروازه آستارا) تراز آب زیرزمینی دارای روند منفی است. بررسی خط روند نیز نشان داد که به طور متوسط تراز آب زیرزمینی در دشت اردبیل حدود ۱۸ سانتی متر در سال افت دارد. نتایج آزمون همگنی نیز نشان داد که روند تراز آب زیرزمینی در ماه‌های مختلف همگن ولی در ایستگاه‌های مختلف غیر همگن می باشد. فلاح و همکاران [۱۰]، گزارش نمودند که سطح آب‌های زیرزمینی دشت داراب به دلیل کاهش بارندگی‌ها و استفاده بیش از حد از این منابع در حال سقوط است. منابع آب‌های زیرزمینی این دشت با توجه به بیابان آب و روند کاهش سطح آب‌های زیرزمینی و افزایش شوری، نترات و pH بسیار ناپایدار می باشند. دانشور و ثوقی و همکاران [۱۱]، روند تغییرات کمی و کیفی آب زیرزمینی را در دشت اردبیل در دوره آماری ۲۰۰۹-۱۹۸۸ با استفاده از آزمون ناپارامتری مان-کندال و تخمین گر شیب سن، ارزیابی نمودند. ایشان برای این منظور از داده‌های ۳۲ چاه مشاهداتی واقع در این دشت و برای حذف اثر خود همبستگی معنی دار از سری‌های زمانی از یک روش پیش سفید کردن بهره جستند. نتایج نشان داد که روند منفی معنی دار در سطح معنی داری یک درصد در مورد ۱۷ چاه مشهود بود. تراز سطح آب زیرزمینی دشت اردبیل نیز کاهشی در حدود ۱۸ سانتی متر در هر سال نشان داده است. در این مطالعه دشت تبریز برای بررسی و ارزیابی روند تغییرات تراز آب زیرزمینی انتخاب و مورد مطالعه قرار گرفته است. روش مورد استفاده در این مطالعه، جهت بررسی روند تغییرات تراز آب زیرزمینی نیز روش ناپارامتری مان کندال می باشد. به نظر می رسد، مطالعه جامعی در زمینه روند تغییرات تراز آب زیرزمینی در دشت تبریز به انجام نرسیده است. بنابراین، هدف این مطالعه بررسی روند تغییرات تراز آب زیرزمینی در دشت تبریز می باشد.

۲. مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه دشت تبریز می باشد. تبریز مرکز استان آذربایجان شرقی در موقعیت جغرافیایی ۴۶ درجه و ۲۵ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۲ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. در دشت تبریز دو نوع آبخوان آزاد و تحت فشار وجود دارد. در شرق، شمال شرق و جنوب شرقی دشت، آبخوان‌های آزاد گسترش یافته است و در قسمت‌های غربی دشت وجود دو نوع آبخوان آزاد و تحت فشار بدیبهی به نظر می رسد [۱۲]. شکل (۱) موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های منتخب را در دشت تبریز نشان می دهد. داده‌های مورد نیاز برای انجام این تحقیق و همچنین نقشه دشت تبریز از سازمان آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی دریافت شده است. در کل محدوده دشت تبریز ۸۹ چاه مشاهداتی وجود دارد که از بین آن‌ها تعداد ۱۴ ایستگاه که دارای طول دوره آماری مناسبی بودند برای این تحقیق انتخاب شدند. جدول (۱) مشخصات ایستگاه‌های منتخب را در دشت تبریز نشان می دهد. عمق دسترسی به آب و تراز سر چاه در هر ایستگاه توسط سازمان آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی به طور منظم اندازه گیری شده است. در این دشت تراز آب زیرزمینی معمولاً در تیر ماه به حداکثر مقدار خود رسیده و در بهمن ماه به کمترین مقدار خود می رسد.

۱،۲. روش مان-کندال MK(1)

به طوری که اشاره شد برای تحلیل روند تغییرات تراز آب زیرزمینی دشت تبریز از روش مان کندال استفاده شد. اساس این روش بر پایه رتبه بندی داده ها می باشد. برای این کار ابتدا داده های تراز آب زیرزمینی هر ایستگاه به ترتیب تاریخی در یک ستون از صفحه گسترده Excel درج شد سپس آماره S و متعاقب آن آماره Z به شرح زیر محاسبه گردید.

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_j - x_i) \quad (1)$$

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی چاه های مشاهداتی منتخب واقع در دشت تبریز.

ردیف	نام چاه	طول جغرافیایی (utm _x)	عرض جغرافیایی (utm _y)	دوره آماری	ارتفاع (m)
۱	بارنج	۶۲۰۹۰۰	۴۲۱۲۷۵۰	۸۴-۱۳۷۰	۱۵۲۵/۲۹
۲	تازه کند	۵۸۹۴۰۰	۴۲۰۳۵۰۰	۹۳-۱۳۷۰	۱۳۶۹/۴۱
۳	سردود	۵۹۹۵۰۰	۴۴۲۱۰۱۰۰	۹۳-۱۳۷۰	۱۳۵۱/۰۵
۴	خواجه مرجان	۵۹۴۶۰۰	۴۲۳۰۶۵۰	۸۸-۱۳۷۰	۱۳۴۳/۰۴
۵	دره کوریجان	۶۹۷۸۰۰	۴۲۰۷۳۰۰	۸۹-۱۳۷۰	۱۵۴۱/۶۳
۶	دره هروی	۶۳۰۳۰۰	۴۲۰۴۱۰۰	۹۳-۱۳۷۰	۱۷۸۷/۴۹
۷	دیزج لیلی خان	۶۳۲۶۵۰	۴۲۰۶۰۵۰	۹۳-۱۳۷۰	۱۸۴۴/۹۹
۸	سعیدآباد	۶۳۷۴۵۰	۴۱۹۸۰۰	۸۸-۱۳۷۰	۱۹۶۰/۵۶
۹	قراملک	۶۰۷۳۵۰	۴۲۱۸۶۰۰	۹۳-۱۳۷۰	۱۳۴۳/۹۹
۱۰	مایان سفلی	۵۹۵۶۰۰	۴۲۱۶۱۰۰	۹۳-۱۳۷۰	۱۳۱۸/۳۷
۱۱	نعمت آباد	۶۲۸۰۰۰	۴۲۰۹۱۰۰	۹۳-۱۳۷۰	۱۶۸۲/۸۲
۱۲	آخولا	۵۹۱۸۵۰	۴۲۰۸۲۰۰	۹۳-۱۳۷۰	۱۳۰۸/۹
۱۳	آناختون	۶۱۰۷۵۰	۴۲۲۳۳۰۰	۹۳-۱۳۷۰	۱۳۹۸/۵۷
۱۴	قلز دیزج	۵۹۰۸۰۰	۴۲۱۵۳۵۰	۹۳-۱۳۷۰	۱۳۰۴/۲۳

توجه: از اطلاعات ایستگاه های مندرج در این جدول برای تحلیل روند تراز آب زیرزمینی این مطالعه استفاده شده است.

که در آن n تعداد داده ها و $\text{sgn}(x_j - x_i)$ تابع علامت می باشد که به صورت زیر تعریف می شود:

$$\text{Sgn}(\theta) = \begin{cases} 1 & \text{if } \theta > 0 \\ 0 & \text{if } \theta = 0 \\ -1 & \text{if } \theta < 0 \end{cases} \quad (2)$$

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{var}(S)}} & \text{if } S > 0 \\ 0 & \text{if } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{var}(S)}} & \text{if } S < 0 \end{cases} : \quad (3)$$

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum d(d-1)(2d+5)}{18} \quad (4)$$

که در آن d تعداد داده های یکسان در هر دسته از داده های تکراری موجود در سری زمانی داده ها است. اگر آماره Z به سمت صفر میل کند مفهوم آن این است که روند معنی دار (اعم از صعودی یا نزولی) در سری وجود ندارد و اگر آماره Z خارج از محدوده ۱/۶۴ و ۱/۶۴- باشد روند در سطح ۱۰٪ معنی دار است. Z مثبت نشان دهنده روند صعودی و Z منفی نشان دهنده روند نزولی می باشد.

برای ایستگاه‌های مورد مطالعه با استفاده از رابطه $Z_{gk} = t^{-1} \sum_{k=1}^t Z_{gk}$ محاسبه شد. که در این رابطه t تعداد ایستگاه‌ها می‌باشد. همچنین میانگین آماره Z برای ماه‌ها و نیز میانگین کل به ترتیب از روابط $Z_{k.} = S^{-1} \sum_{g=1}^S Z_{gk}$ و $Z_{..} = (st)^{-1} \sum_{g=1}^S \sum_{k=1}^t Z_{gk}$ محاسبه شد. در این روش فرض‌های صفر به شرح زیر تعریف و مورد آزمون واقع شد:

$$1- H_0: \tau_{1.} = \tau_{2.} = \dots = \tau_{s.} \quad (\text{آیا روند بین ماه‌ها همگن است؟})$$

$$2- H_0: \tau_{1.} = \tau_{2.} = \dots = \tau_{t.} \quad (\text{آیا روند بین ایستگاه‌ها همگن است؟})$$

$$3- H_0: \tau_{gk} - \tau_{g.} - \tau_{k.} - \tau_{..} = \text{constan} \quad (\text{آیا برهم کنش روند بین ایستگاه و ماه همگن است؟})$$

$$4- H_0: \tau_{..} = 0 \quad (\text{آیا در حالت کلی روند همگن است؟})$$

تأیید فرض صفر اول به منزله یکسان بودن جهت روند در یک ایستگاه ولی در کل ماه‌های سال است در حالیکه تأیید فرض صفر دوم به معنای عدم وجود روند معنی‌دار برای ماه مشخص در کلیه ایستگاه‌ها است.

۳. نتایج و بحث

جدول (۲) مقادیر آماره Z مان-کندال مربوط به متغیر تراز آب زیرزمینی دشت تبریز را نشان می‌دهد. بر طبق جدول روند تراز آب زیرزمینی همه ایستگاه‌ها در ماه فروردین منفی می‌باشند. بیشترین روند منفی متعلق به ایستگاه دیزج لیلی خانی (آماره Z معادل $-6/47$) می‌باشد که در سطح ۱ درصد معنی‌دار است. این ایستگاه در جنوب شرق دشت تبریز واقع است. کمترین روند منفی نیز متعلق به ایستگاه آناختون (آماره Z معادل $-0/322$) می‌باشد. این ایستگاه در قسمت غرب شهر تبریز قرار دارد. در ماه اردیبهشت نیز بیشترین روند مثبت متعلق به ایستگاه آناختون (آماره Z معادل $0/868$) بود. قابل ذکر است که در این ماه تنها دو ایستگاه آناختون و دره کوریجان دارای روند مثبت بودند و بقیه ایستگاه‌ها روند منفی داشتند. در ماه خرداد تنها ایستگاه آناختون روند مثبت (آماره Z معادل $0/297$) داشت و سایر ایستگاه‌ها روند منفی داشتند. در ماه‌های تیر، مرداد و شهریور به جز ۵ ایستگاه که با روند مثبت و یک ایستگاه بدون روند، سایر ایستگاه‌ها از خود روند منفی نشان دادند. ماه‌های مهر، آبان و آذر نیز روند تراز آب زیرزمینی تنها در ایستگاه آناختون مثبت و بقیه ایستگاه‌ها روندها منفی داشتند. در فصل زمستان که معمولاً برداشت آب زیرزمینی برای مصارف کشاورزی متوقف می‌شود روند تراز آب زیرزمینی به‌جز ایستگاه آناختون (با روند مثبت) در همه ایستگاه‌ها منفی بود. این نتیجه تا حد زیادی با نتایج ارائه شده توسط بهشتی وایقان [۱۷] که در آن برای فصل زمستان حدود 89% ایستگاه‌ها در دشت شبستر- صوفیان روند نزولی برای سطح ایستابی داشتند هم‌خوانی دارد. همچنین نتایج به‌دست آمده در این مطالعه هم‌سو با نتایج ارائه شده برای دشت اردبیل که در آن $92/8\%$ ایستگاه‌ها روند نزولی در فصل زمستان از خود نشان داده‌اند، می‌باشد. نتیجه به‌دست آمده با یافته‌های شمس‌الدعا و همکاران [۱۸] در پاره‌ای موارد هم‌سو و در پاره‌ای موارد غیر هم‌سو می‌باشد. زیرا به گزارش ایشان برای منطقه دلتای گانگ- براهما پوترا که در آن 13% ایستگاه پیژومتری برای بررسی روند انتخاب شده بود در ایستگاهی روند شدید نزولی و در ایستگاه دیگر روند نزولی ملایم و در ایستگاه سوم روند صعودی ملایم گزارش شده است. ایشان افت تراز آب زیرزمینی را برای دلتای مذکور 1 متر در سال گزارش کرده است. نتایج مطالعه حاضر با مطالعه دابای و همکاران که در دلتای رودخانه قرمز در ویتنام برای 57 ایستگاه در سفره آبدار آزاد به‌دست آمده، همخوانی ندارد. زیرا در مطالعه دابای و همکاران [۱۹] فقط 35% ایستگاه‌ها روند نزولی نشان داده‌اند و بقیه دارای روند صعودی بوده است. با این حال ایشان علاوه بر سفره آبدار آزاد 63 ایستگاه پیژومتریک را در سفره آبدار تحت فشار در همان منطقه مطالعه کرده است که تقریباً در همه ایستگاه‌های سفره تحت فشار روند نزولی در سطح پیژومتریک گزارش شده است که با مطالعه فعلی برای دشت تبریز همخوانی دارد.

در جدول (۴) نتایج کلی آزمون همگنی آورده شده است. با توجه به شش مرحله از آزمون همگنی انجام شده فقط برای ماه‌ها همگنی روند دیده می‌شود و در آزمون‌های دیگر فرض همگنی روند تراز آب زیرزمینی رد می‌شود. نتایج حاکی از این بود که تراز آب زیرزمینی دشت تبریز در اکثر چاه‌های مورد بررسی روند نزولی معنی‌داری داشتند. روند تغییرات تراز آب زیرزمینی در همه چاه‌ها نزولی و در سطح 1% معنی‌دار بود. کمترین خط روند تراز آب زیرزمینی در ایستگاه سعیدآباد در ماه مرداد برابر $-1/45$ بود. در حالت کلی می‌توان نتیجه گرفت که شیب خط روند در بخش‌های شرقی دشت تبریز در مقایسه با بخش‌های غربی به مراتب بیشتر بود. برخی از عواقب افت تراز آب زیرزمینی به شرح زیر می‌باشند:

۱- افزایش هزینه برداشت آب از چاه به دلیل افزایش عمق دسترسی به آب.

۲- رکود کشاورزی و کاهش تولید محصولات کشاورزی و نیاز به واردات محصولات برای جبران کمبود.

کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

دانشگاه تهران، تهران

۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵

- ۳- نشست زمین و بروز مشکلات زیست محیطی و به دنبال آن مشکلات اقتصادی، اجتماعی و سیاسی.
- ۴- افزایش مهاجرت از روستا به شهر به دلیل نابودی کار کشاورزی و بروز ناهنجاری‌های اجتماعی.
- ۵- تخلیه سفره‌های آب زیرزمینی و عدم دسترسی به آب و در نتیجه بروز نزاع در بین کشاورزان بر سر آب.

جدول ۲- مقادیر آماره Z-کندهال برای متغیر تراز آب زیرزمینی در چاه‌های منتخب دشت تبریز.

نام چاه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	Z _k
بارنج	-۱/۳۸	-۱/۵۸	-۳/۲۶	-۲/۶۷	-۱/۸۳	-۲/۶۷	-۲/۴۲	-۲/۲۷۶	-۲/۲۷	-۲/۳۲	-۲/۴۷۴	-۲/۶۷	-۲/۳۲
تازه کند	-۶/۱۲	-۶/۲۷	-۶/۳۷	-۵/۹۷	-۵/۶۰	-۵/۶۰	-۵/۶۵	-۶/۰۷۷	-۶/۴۷	-۶/۴۲	-۶/۳۷۴	-۶/۴۷	-۶/۱۲
سردرود	-۲/۳۳	-۲/۱۰	-۲/۰۵	-۱/۱۱	-۲/۲۵	-۲/۸۲	-۲/۴۳	-۲/۶۲۹	-۲/۰۸	-۲/۵۷	-۲/۷۵۳	-۳/۶۲	-۲/۳۹
خواجه مرجان	-۲/۶۵	-۳/۱۸	-۳/۰۷	-۲/۸۴	-۱/۶۶	-۱/۷۸	-۲/۶۵	-۲/۱۳۴	-۲/۲۳	-۱/۸۸	-۱/۸۵۴	-۲/۳۰	-۲/۳۵
دره کوریجان	-۰/۵۱	۰/۰۳	-۰/۴۲	-۰/۸۱	۰/۳۸	۰/۰۶	-۱/۰۰	-۰/۶۱۶	-۱/۳۹	-۱/۴۵	-۱/۰۷۰	-۱/۸۱	-۰/۷۱
دره هروی	-۳/۵۹	-۳/۹۴	-۲/۹۵	-۳/۴۹	-۳/۹۰	-۴/۱۲	-۴/۰۹	-۳/۱۷۴	-۴/۴۸	-۴/۳۱	-۴/۵۳۹	-۴/۴۸	-۳/۹۲
دیزج لیلی خان	-۶/۴۷	-۶/۶۷	-۶/۶۷	-۶/۶۷	-۶/۷۲	-۴/۱۰	-۶/۶۹	-۶/۱۰۱	-۶/۳۷	-۶/۵۷	-۶/۵۷۳	-۶/۱۷	-۶/۴۸
سعیدآباد	-۵/۴۵	-۴/۹۹	-۵/۳۵	-۵/۱۴	-۵/۰۷	-۴/۴۴	-۵/۲۱	-۵/۴۲۲	-۵/۴۵	-۵/۴۲	-۵/۴۹۲	-۵/۶۳	-۵/۲۵
قراملک	-۳/۷۹	-۳/۳۹	-۳/۲۹	-۳/۱۹	-۳/۷۴	-۳/۶۹	-۳/۸۱	-۴/۳۴۰	-۴/۱۶	-۴/۳۹	-۴/۳۶۵	-۴/۵۶	-۳/۸۹
مایان سفلی	-۱/۶۳	-۲/۳۵	-۲/۱۰	-۱/۹۰	-۱/۳۸	-۱/۱۱	-۰/۸۷	-۱/۳۸۹	-۲/۶۵	-۳/۱۵	-۳/۱۹۹	-۳/۴۵	-۲/۱۰
نعمت آباد	-۳/۷۲	-۳/۷۴	-۳/۰۵	-۱/۶۱	-۰/۷۸	۰/۰۰	-۱/۸۸	-۲/۷۲۸	-۳/۷۴	-۳/۸۶	-۳/۶۴۶	-۳/۵۳	-۲/۶۹
آخولا	-۵/۷۲	-۵/۵۸	-۵/۶۸	-۵/۵۰	-۵/۵۰	-۵/۵۹	-۵/۴۱	-۵/۵۵۴	-۶/۰۵	-۶/۰۷	-۵/۷۷۹	-۵/۹۱	-۵/۶۹
آناختون	-۰/۳۲	۰/۸۶	۰/۲۹	۲/۴۵	۰/۰۲	۰/۵۵	۱/۲۴	۰/۸۹۲	۱/۱۰	۰/۴۷	۰/۷۰۴	-۰/۰۲	۰/۵۸
قرل دیزج	-۲/۸۰	-۳/۰۷	-۳/۹۴	-۳/۷۹	-۴/۸۶	-۳/۱۰	-۲/۳۲	-۲/۷۷۸	-۲/۷۵	-۲/۸۰	-۳/۵۹۶	-۳/۶۲	-۳/۲۸
Z _g	-۳/۳۳	-۳/۸۷	-۳/۶۸	-۳/۶۲	-۳/۵۴	-۳/۱۶	-۳/۰۸	-۲/۸۸	-۳/۰۶	-۳/۰۲	-۳/۴۲	-۳/۲۸	-۳/۳۲

جدول ۳- مقادیر شیب خط روند (β) برای متغیر تراز آب زیرزمینی ایستگاه‌های منتخب دشت تبریز (m/year).

نام چاه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
بارنج	-۰/۰۷۱	-۰/۰۸۷	-۰/۱۴۰	-۰/۱۴۰	-۰/۰۶۵	-۰/۱۰۲	-۰/۰۷۰	-۰/۰۷۰	-۰/۰۹۶	-۰/۱۰۴	-۰/۱۰۵	-۰/۱۲۳
تازه کند	-۰/۹۵۵	-۰/۹۷۳	-۱/۰۴۷	-۰/۹۵۷	-۱/۱۵۹	-۱/۱۴۹	-۱/۲۱۳	-۱/۱۷۸	-۱/۱۲۸	-۱/۰۹۵	-۱/۰۳۶	-۱/۰۱۵
سردرود	-۰/۰۸۶	-۰/۰۶۸	-۰/۰۹۱	-۰/۰۲۲	-۰/۰۷۱	-۰/۰۹۷	-۰/۱۰۱	-۰/۱۱۱	-۰/۰۸۹	-۰/۱۱۶	-۰/۱۴۴	-۰/۱۴۴
خواجه مرجان	-۰/۱۳۸	-۰/۱۷۲	-۰/۱۷۲	-۰/۱۴۳	-۰/۱۲۳	-۰/۱۱۱	-۰/۱۳۲	-۰/۱۳۱	-۰/۱۲۸	-۰/۱۳۰	-۰/۱۵۶	-۰/۱۶۰
دره کوریجان	-۰/۰۳۲	-۰/۰۰۶	-۰/۰۲۵	-۰/۰۴۹	۰/۰۳۰	۰/۰۰۸	-۰/۱۰۸	-۰/۰۴۲	-۰/۰۹۸	-۰/۰۹۴	-۰/۰۷۶	-۰/۱۱۴
دره هروی	-۰/۴۴۵	-۰/۵۳۰	-۰/۴۲۲	-۰/۴۷۷	-۰/۵۰۵	-۰/۴۸۴	-۰/۵۷۴	-۰/۴۰۲	-۰/۵۵۹	-۰/۵۸۰	-۰/۵۱۴	-۰/۵۳۴
دیزج لیلی خان	-۰/۸۴۸	-۰/۸۶۱	-۰/۸۴۵	-۰/۸۴۲	-۰/۸۳۰	-۰/۷۹۵	-۰/۹۰۰	-۰/۸۷۶	-۰/۸۷۴	-۰/۸۸۵	-۰/۸۸۷	-۰/۸۹۷
سعیدآباد	-۱/۳۲۳	-۱/۳۷۰	-۱/۴۴۵	-۱/۴۵۷	-۱/۴۵۳	-۱/۴۱۳	-۱/۴۴۵	-۱/۳۷۰	-۱/۴۹۰	-۱/۵۰۷	-۱/۵۷۳	-۱/۵۶۰
قراملک	-۰/۱۳۶	-۰/۱۳۶	-۰/۱۲۷	-۰/۱۱۰	-۰/۱۲۲	-۰/۱۲۹	-۰/۱۲۷	-۰/۱۴۹	-۰/۱۴۴	-۰/۱۴۳	-۰/۱۳۷	-۰/۱۳۹
مایان سفلی	-۰/۰۳۸	-۰/۰۴۲	-۰/۰۴۸	-۰/۰۳۰	-۰/۰۲۱	-۰/۰۲۱	-۰/۰۱۶	-۰/۰۲۸	-۰/۰۳۰	-۰/۰۴۰	-۰/۰۵۲	-۰/۰۶۲
نعمت آباد	-۰/۲۴۱	-۰/۲۵۵	-۰/۲۴۲	-۰/۱۱۲	-۰/۰۷۸	۰/۰۸۶	-۰/۲۴۱	-۰/۲۷۳	-۰/۲۷۲	-۰/۲۷۱	-۰/۲۵۴	-۰/۲۵۲
آخولا	-۱/۰۰۴	-۱/۰۱۶	-۰/۹۶۳	-۰/۹۶۶	-۰/۹۵۸	-۰/۹۶۲	-۱/۰۰۰	-۰/۹۷۵	-۰/۹۶۷	-۰/۹۱	-۱/۰۰۴	-۰/۹۷۴
آناختون	-۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
قرل دیزج	-۰/۱۱۲	-۰/۰۹۵	-۰/۰۹۶	-۰/۰۵۰	-۰/۰۵۹	-۰/۰۵۰	-۰/۰۲۳	-۰/۰۵۹	-۰/۰۶۶	-۰/۰۷۲	-۰/۰۸۹	-۰/۰۹۳
میانه شیب‌ها	-۰/۱۵۲	-۰/۱۴۶	-۰/۱۳۶	-۰/۱۳۶	-۰/۱۴۰	-۰/۱۳۰	-۰/۱۰۶	-۰/۱۰۰	-۰/۱۲۶	-۰/۱۵۶	-۰/۱۵۴	-۰/۱۳۷

نتایج در حالت کلی حاکی از افت تراز آب زیرزمینی در دشت تبریز است. این وضعیت سرآغاز چالش‌های جدیدی در زمینه کم‌آبی و اثرات آن در منطقه می‌باشد. به نظر می‌رسد زنگ‌های خطر به طور پی‌درپی در اغلب دشت‌های کشور از جمله تبریز به صدا در آمده است. زیرا علاوه بر افت تراز آب در اکثر دشت‌ها نشست زمین نیز روی داده است در واقع نشست زمین و ایجاد ترک‌های عمیق در سطح خاک نشان‌دهنده نابودی کل سفره آبدار می‌باشد. بهره‌برداری بی‌رویه و استخراج آب‌های پنهانی (زیرزمینی) به‌طور بی‌ملاحظه شرایط مذکور را رقم می‌زند. اگر بخواهیم توسعه کشاورزی را بدون استفاده پایدار از منابع آب زیرزمینی (و سطحی) در برنامه‌ها بگنجانیم به‌طور قطع و یقین چنین توسعه‌ای فرجام خوبی نخواهد داشت و به شکست خواهد انجامید. در این صورت برگشت به وضعیت اولیه محال خواهد بود. بنابراین، لازم است تنها مقدار آبی از دشت‌ها برداشت شود که حداکثر برابر با مقدار تغذیه دشت توسط نزولات جوی باشد. در غیر این صورت افت تراز آب زیرزمینی سال به سال موجب بروز مسائل ناخوشایند در منطقه خواهد شد. انجام مطالعات مشابه در کلیه دشت‌های کشور که در آن از سفره‌های آبدار آزاد یا تحت فشار استفاده می‌شود توصیه می‌گردد.

جدول ۴- نتایج آزمون همگنی زمانی و مکانی برای متغیر تراز آب زیرزمینی دشت تبریز.

منبع تغییر	درجه آزادی	χ^2 محاسباتی	χ^2 جدول	نتیجه آزمون
χ^2_{total}	۱۶۸	۲۵۸۶/۴۱	۱۹۸/۸۶	معنی‌دار
$\chi^2_{homogeneity}$	۱۶۷	۷۱۷/۹۲	۱۹۷/۷۷	معنی‌دار
χ^2_{month}	۱۱	۱۴/۳۲	۱۹/۶۸	معنی‌دار
χ^2_{site}	۱۳	۶۵۵/۴۹	۲۲/۴	غیر معنی‌دار
$\chi^2_{site-month}$	۱۴۳	۷۵۲۲/۰۵	۱۷۱/۵۳	معنی‌دار
χ^2_{trend}	۱	۱۸۶۸/۴۸	۳/۸۴	معنی‌دار

۴. مراجع

- Albertson, P.E. and Gary, W.H., (1996). Groundwater analysis using a geographic Information system following finite-differenced and element techniques. Engineering geology, Vol. 42: 167-173.
- Gehrels, J.C., Van Geer, F.C. and de Vries, J.J., (1994). Decomposition of groundwater level fluctuations using transfer modeling in an area with shallow to deep unsaturated zones. Journal of Hydrology, 157:105-138.
- Lee, J.Y., Yi, M.J., Moon, S.H., Cho, M., Won, J.H., Ahn, K.H. and Lee, J.M., (2007). Causes of the changes in groundwater levels at Daegu, Korea: the effect of subway excavations, Bul Eng Gool Environ, 66:251-258.
- بیضایی، ع. و محمدی، ح. (۱۳۸۲). بررسی اثرات خشکسالی‌های اخیر بر منابع آب زیرزمینی دشت نیشابور. پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا. دانشگاه تهران.
- آبادی، م. اوتق، م. مساعدی، ا. و زین الدینی، ع. (۱۳۸۳). بررسی اثر افت سطح ایستابی در شوری آب زیرزمینی زیدآباد سیرجان. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۳(۲)، ص ۲۷-۱۸.
- زینالی، ع. علاف نجیب، م. و حسن پور اقدم، م. ع. (۱۳۸۸). فرونشست زمین در دشت شبستر-صوفیان به دلیل افت سطح آب زیرزمینی. مجموعه مقالات دومین کنفرانس سراسری آب. ۲۰ اسفند. دانشگاه آزاد اسلامی واحد بهبهان. صفحات ۱۱۳۴-۱۱۲۷.
- محمدی قلعه‌نی، م. ابراهیمی، ک. و عراقی‌نژاد، ش. (۱۳۹۰). ارزیابی کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی (مطالعه موردی: آبخوان‌های ساوه و اراک). مجله دانش آب و خاک، ۲۱(۲)، ص ۱۰۸-۹۳.
- انصاری، ح. نادریان‌فر، م. و مرادی، ح. (۱۳۹۰). پایش و تحلیل اثر تغییرات مکانی خشکسالی‌ها بر تغییرات سطح آب زیرزمینی با استفاده از GIS مطالعه موردی: دشت نیشابور. مجموعه مقالات هفتمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. ۷ و ۸ اردیبهشت. دانشگاه صنعتی اصفهان.
- دانشور و وثوقی، ف. (۱۳۸۹). بررسی تأثیر خشکسالی بر منابع آب زیرزمینی (کمی و کیفی) دشت اردبیل و ارائه راهکارهای منطقی برای مقابله با این تهدیدات. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده عمران-آب. دانشگاه تبریز.



کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

دانشگاه تهران، تهران

۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵



۱۰. فلاح، س. قبادی نیا، م.، شکر گزار دارابی، م. و قربانی دشتکی، ش. (۱۳۹۱). بررسی پایداری منابع آب زیرزمینی دشت داراب استان فارس. مجله پژوهش آب در کشاورزی، (۲۶) ۲، ۱۶۱-۱۷۲.
۱۱. دانشور وثوقی، ف. دین پژوه، ی. و اعلمی، م. (۱۳۹۰). تأثیر خشکسالی بر تراز آب زیرزمینی در دو دهه اخیر (مطالعه موردی: دشت اردبیل). نشریه دانش آب و خاک (۴۲۱)، ص ۱۶۶-۱۷۹.
12. Asghari Moghaddam, A., (1991). The hydrology of Tabriz area. Iran.PH.D Thesis. University College London.
13. Sen, P.K., (1968). Estimates of the regression coefficients based on kendalls tau. Journal of the American Statistical Association, 63: 1379-1389.
14. Theil, H., (1950). A rank invariant method of linear and Polynomial regression analysis, Part 3. Netherlands Akademic van wetenschappen, proceeding, 53: 1379-1412.
15. Van Bell, G. and Hughes. J.P., (1984). Nonparametric tests for trend in water quality. Water Resour. Res. 18(1): 127-136.
16. Gan, T.Y., (1998). Hydroclimatic trends and possible climetic warmingin the Canadian Prairies. Water Resour. Res. 34(11): 3009-3015.
۱۷. بهشتی وایقان، و. (۱۳۹۱). تحلیل روند تغییرات آب زیرزمینی و بارش در دشت شبستر- صوفیان. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز.
18. Shamsudduha, M., Chanller, R.E., Taylor, R.G. and Ahmed, K.M., (2009). Recent trends in groundwater levels in a highly seasonal hydrological system: The Ganges- Brahmaputra- Meghana delta. Hydrology and Earth system science, 13: 2373- 2385.
19. Du Bui, D., Kawamura, A., Tong, T.N., Amaguchi, H. N., (2012). Hydrogeology Journal 20:1635-1650.