

تأثیر خشک شدن زاینده رود بر تغییرات تراز آب زیرزمینی دشت نجف آباد در دو دهه اخیر

علی کلاهدوزان^{۱*}، یعقوب دین پزوه^۲، رسول میرعباسی نجف آبادی^۳، اسماعیل اسدی^۴، صابره دربندی^۵

۱. کارشناسی ارشد منابع آب دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

۲. دانشیار منابع آب دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

۳. استادیار منابع آب دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد

۴. استادیار منابع آب دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

۵. استادیار منابع آب دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۷/۷ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۸/۱۷)

چکیده

بررسی تغییرات منابع آب زیرزمینی دشت نجف آباد، به ویژه بعد از خشک شدن رودخانه زاینده رود، در برنامه ریزی منابع آب اهمیت بالایی دارد. در این مطالعه روند تراز آب زیرزمینی سی و سه چاه پیژومتری در مقیاس ماهیانه در منطقه دشت نجف آباد در دوره آماری ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۱ با آزمون ناپارامتری من-کندال بررسی شد. برای هر سری زمانی، شیب خط روند با روش تخمینگر سن محاسبه شد. همگنی روند تغییرات تراز آب زیرزمینی با روش وان بل و هوقس آزمایش شد. نتایج نشان داد در همه ایستگاه‌ها، به جز ایستگاه‌هایی که در محدوده شبکه‌های آبیاری و زهکشی قرار ندارند، تراز آب زیرزمینی دارای روند منفی معنادار است. در بیش از ۵۲ درصد ایستگاه‌ها روند منفی (P<0.1) معنادار بود. بررسی شیب خط روند نشان داد به طور متوسط تراز آب زیرزمینی دشت نجف آباد حدود ۳۲ سانتی‌متر در سال افت دارد. بیشترین افت تراز آب زیرزمینی متعلق به ایستگاه کهرپز سنگ جدید بود که شیب منفی ۵/۹۲ متر را در سال داشت. نتایج آزمون همگنی نشان داد روند تراز آب زیرزمینی در ماه‌های مختلف همگن ولی در ایستگاه‌های مختلف غیر همگن است. نقشه‌های روند نشان می‌دهد بیشترین تغییرات تراز آب زیرزمینی در محدوده شبکه‌های آبیاری و زهکشی رخ داده است؛ به طوری که طبق نقشه‌های تراز در برخی ایستگاه‌های واقع در شبکه‌های آبیاری و زهکشی در این دوره هفده ساله افت تراز آب زیرزمینی بین ۵۰ تا ۱۰۰ متر است. برای انجام دادن آزمون پتیت سری‌های آماری، که مقدار آماره Z آن‌ها در سطح ۱ درصد معنادار بود، انتخاب شد. نتایج آزمون پتیت نشان داد بیشترین تغییر در تراز آب زیرزمینی بین سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۱ رخ داده است که در این سال‌ها رودخانه زاینده رود خشک شده بود و ایستگاه‌های واقع در شبکه‌های آبیاری و زهکشی بیشترین پرش را در این سال‌ها داشتند. همچنین نمودار آزمون پتیت نشان می‌دهد در برخی چاه‌های واقع در این منطقه افتی برابر ۵۰ تا ۱۰۰ متر در این سال‌ها رخ داده است که فاجعه‌ای در این منطقه به شمار می‌رود.

کلیدواژگان: تحلیل روند، تخمین گرسن، تراز آب زیرزمینی، دشت نجف آباد، من-کندال، همگنی روند.

مقدمه

روند معنادار در سری‌های هیدرولوژیکی می‌تواند از عوامل مختلف ناشی شود؛ از جمله تغییرات آب‌وهوایی کلان، مانند خشک‌سالی، و تغییرات آب‌وهوایی خرد، مانند خشک شدن رودخانه در یک منطقه. با توجه به نرمال نبودن این گونه سری‌ها و همچنین داده‌های گم شده، برای بررسی روند آن‌ها می‌توان از روش‌های ناپارامتری استفاده کرد. با این حال، نبود خودهمبستگی معنادار در سری زمانی داده‌ها شرط استفاده از این آزمون‌هاست. خودهمبستگی مثبت باعث تخمین بیشتر از

واقعیت معناداری روند (مثبت یا منفی) و خودهمبستگی منفی باعث تخمین کمتر از واقعیت معناداری روند (مثبت یا منفی) می‌شود (Hamed and Rao, 1998).

آزمون‌های ناپارامتری بسیاری برای تعیین روند در سری داده‌ها تا کنون بسط داده شده‌اند. از بین آزمون‌های ناپارامتری، آزمون من-کندال (Mann, 1945; Kendall, 1975) بهترین انتخاب برای بررسی روند یکنواخت در سری داده‌هاست (Xu et al., 2003).

در زمینه مطالعات روند تغییرات تراز آب زیرزمینی مطالعات متعددی انجام شده است. Lee et al (2007) دلایل

به این نتیجه رسیدند که این تراز به طور متوسط سالیانه ۱۸ سانتی متر افت می‌کند. بیشترین افت در ایستگاه خلیفه‌لو، سالیانه ۱/۹۳ متر، بوده است.

همچنین در مطالعات متعددی روند متغیرهای هواشناسی با روش من- کندال بررسی شد. مثلاً، Gandomkar (2011) با بررسی دما و بارش در یک دوره ۴۰ ساله در حوضه زاینده‌رود به این نتیجه رسیدند که مقدار بارش و دما در این حوضه هیچ تغییر معناداری نکرده است؛ به‌ویژه بعد از خشک‌شدن رودخانه زاینده‌رود.

Zarenistanak et al (2014) با بررسی روند بارش، دمای میانگین، دمای بیشینه، و دمای کمینه در طول دوره آماری ۱۹۵۰ تا ۲۰۰۷ روی پنجاه ایستگاه باران‌سنجی و سی و نه ایستگاه هواشناسی در شمال شرقی ایران به روش‌های من- کندال دنباله‌دار و من- کندال و آزمون پتیت^۳ به این نتیجه رسیدند که در اکثر ایستگاه‌ها برای بارش روند معناداری وجود نداشته و روند افزایشی برخی ایستگاه‌ها بیشتر در زمستان بوده و در تابستان هیچ روند معناداری دیده نشده است. به طور کلی، هیچ روند کاهشی معناداری در مقیاس سالیانه و فصلی در داده‌ها مشاهده نشد. نتایج تحلیل روند دما نشان داد دمای بیشینه نسبت به دمای کمینه و میانگین پایدارتر و دما در زمستان نسبت به تابستان و بهار و پاییز پایدارتر است. همچنین در این داده‌ها از سال ۱۹۹۰ جهش معنادار رو به بالا دیده می‌شود.

با توجه به بررسی پژوهش‌های پیشین به نظر می‌رسد تا کنون بر تراز آب زیرزمینی دشت نجف‌آباد، به‌ویژه بعد از خشک‌شدن زاینده‌رود، مطالعه‌ای صورت نگرفته است. بنابراین، هدف این پژوهش بررسی روند تغییرات تراز آب زیرزمینی دشت نجف‌آباد، به‌ویژه بعد از خشک‌شدن زاینده‌رود، با روش ناپارامتری من- کندال است.

مواد و روش‌ها

دشت نجف‌آباد به طور تقریبی در ۳۲ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۴۹ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۵۷ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۴۴ دقیقه طول شرقی واقع شده است. بر اساس نقشه‌هایی که شرکت مدیریت منابع آب کشور برای آب‌خوان‌های کشور تهیه کرده‌اند، مساحت این دشت حدود ۱۷۱۱/۶ کیلومتر مربع است. متوسط بارش سالیانه در ایستگاه سینوپتیک نجف‌آباد حدود ۱۴۹ میلی‌متر است. بر اساس آمار، پرباران‌ترین ماه سال فروردین و کم‌باران‌ترین آن شهریورماه

تغییر تراز آب زیرزمینی را در شهر دایگو^۱ کره جنوبی در دوره آماری ۱۹۹۹-۲۰۰۳ بررسی کردند. آن‌ها اثر بارش، پمپاژ چاه‌های اطراف، و ساخت تونل مترو را بر تراز آب زیرزمینی با روش من- کندال بررسی کردند. نتایج نشان داد احداث تونل مترو بیشترین تأثیر را روی تراز آب زیرزمینی این منطقه داشته است. Zhang et al (2009) الگوی مکانی و زمانی مقادیر حداقل و حداکثر تراز آب زیرزمینی را در ناحیه دلتای رودخانه پرل چین با روش من- کندال و روش پیش‌سفیدکردن^۲ (حذف خودهمبستگی‌ها) شناسایی کردند. نتایج نشان داد در قسمت بالایی دلتا روند تغییرات تراز آب زیرزمینی کاهشی و در قسمت‌های میانی و پایینی آن افزایشی است. Shahid and Hazarika (2009) خشک‌سالی آب زیرزمینی را در سه ناحیه در شمال غرب بنگلادش در هشتاد و پنج حلقه چاه در دوره آماری ۱۹۹۸-۲۰۰۲ مطالعه کردند. نتایج نشان داد کمبود آب در ۴۲ درصد نواحی ناشی از استخراج آب زیرزمینی برای آبیاری است. در ایران نیز مطالعات متعددی بر روند تغییرات تراز آب زیرزمینی در نقاط مختلف کشور انجام شده است که اغلب آن‌ها حاکی از روند منفی تراز آب زیرزمینی است. مثلاً، Chitsazan et al (2009) تأثیر خشک‌سالی را بر کمیت و کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت خویس در شمال استان خوزستان مطالعه کردند. نتایج نشان داد خشک‌سالی سال ۱۳۸۶-۱۳۸۷ در پایین‌آمدن کیفیت و افت تراز آب زیرزمینی مؤثر بوده است. آن‌ها بحرانی‌ترین ناحیه دشت را بخش‌های بالادست آب‌خوان و در مجاورت رودخانه کرخه معرفی کردند. Jahanbakhsh and Karami (2009) ارتباط خشک‌سالی و منابع آب زیرزمینی دشت تبریز را در چهل حلقه چاه عمیق و نیمه‌عمیق در دوره آماری ۱۳۷۰-۱۳۸۳ بررسی کردند. نتایج نشان داد تراز آب زیرزمینی این دشت روندی منفی داشته و دشت تبریز در دوره آماری مورد مطالعه حدود ۳/۹۴ متر افت کرده است. Karami and Khatibi (2009) اثر خشک‌سالی‌ها را بر افت منابع آب زیرزمینی دشت سراب بررسی کردند. آن‌ها برای ارزیابی وقوع خشک‌سالی در افت سطح آب‌های زیرزمینی از روش رگرسیون دومتغیره و برای آشکارسازی خشک‌سالی هواشناسی از شاخص Z استفاده کردند. نتایج نشان داد در دوره آماری مورد مطالعه افت سطح آب‌های زیرزمینی دشت سراب بین ۰/۲۴ تا ۵/۹۴ متر بوده است و روند کاهشی معنادار در تراز آب آب‌خوان‌های پای کوه‌های سبلان و بزغوش مشاهده شد. Vousoughi et al (2013) با بررسی روند تغییرات تراز آب زیرزمینی دشت اردبیل

1. Daegu
2. Pre- whitening

آزمون من- کندال اصلاح شده (MK2)

اگر ضریب خودهمبستگی مرتبه اول معنادار باشد، با روش پیش‌سفید کردن اثر خودهمبستگی از سری داده‌ها حذف می‌شود (Kumar et al, 2009). برای این کار ابتدا سری داده‌های جدید با توجه به شیب خط روند، β ، با رابطه ۶ محاسبه شد (Partal and Kahya, 2006).

$$X'_i = X_i - (\beta * i) \quad (\text{رابطه ۶})$$

β شیب خط روند است. این شیب در ادامه تشریح می‌شود. پس، سری جدید با رابطه ۷ به دست آمد:

$$y'_i = X'_i - r_1 * X'_{i-1} \quad (\text{رابطه ۷})$$

با افزودن مجدد جمله روند، $(\beta * i)$ ، به سری داده‌های اخیر رابطه ۸ به دست آمد:

$$y_i = y'_i + (\beta * i) \quad (\text{رابطه ۸})$$

و آماره Z من- کندال برای سری اخیر محاسبه شد.

شیب خط روند (تخمینگر سن)

یک شاخص بسیار مفید در آزمون MK شیب سن است که با β نمایش داده می‌شود و شیب روند یکنواخت را در سری داده‌ها نشان می‌دهد. مقدار شیب روند با رابطه ۹ برآورد شد (Sen, 1968; Theil, 1950).

(رابطه ۹)

$$\beta_{gk} = \text{Median} \left(\frac{X_{igk} - X_{jgk}}{i - j} \right), \quad \forall 1 \leq i < j \leq n$$

β_{gk} برآوردگر شیب خط روند برای ایستگاه Kام در ماه گام است. مقادیر مثبت نشان‌دهنده روند افزایشی و مقادیر منفی نشان‌دهنده روند کاهشی است.

آزمون همگنی روند

آزمون همگنی روند بر پایه تفکیک مجموع مربعات آماره Z بنا شده است. این روش از آماره χ^2 برای تعیین همگنی روند بین ماه‌ها (فصل‌ها) و ایستگاه‌ها و برهم‌کنش ماه و ایستگاه استفاده می‌کند (Van belle and Hughes, 1984). در این روش، ابتدا جدول آماره من- کندال Z_{gk} تهیه شد. سپس، میانگین آماره مذکور برای ایستگاه‌ها با رابطه $Z_g = t^{-1} \sum_{k=1}^t Z_{gk}$ که در آن t تعداد ایستگاه‌هاست، به دست آمد. همچنین میانگین آماره Z برای ماه‌ها با رابطه $Z_k = s^{-1} \sum_{g=1}^s Z_{gk}$ که در آن s تعداد ماه‌های سال (۱۲) است به دست آمد. آن‌گاه میانگین کل با رابطه $Z_{..} = (st)^{-1} \sum_{g=1}^s \sum_{k=1}^t Z_{gk}$ محاسبه شد.

$$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_s. \quad (۱) \text{ (آیا روند بین ماه‌ها همگن است؟)}$$

$$H_0: \tau_{.1} = \tau_{.2} = \dots = \tau_{.t}. \quad (۲) \text{ (آیا روند بین ایستگاه‌ها همگن است؟)}$$

$$H_0: \tau_{gk} - \tau_{g.} - \tau_{.k} - \tau_{..} = \text{constan}. \quad (۳) \text{ (آیا برهم‌کنش روند بین ایستگاه و ماه همگن است؟)}$$

است. میانگین دمای سالیانه ایستگاه سینوپتیک نجف‌آباد حدود ۱۵ درجه سانتی‌گراد است. حداقل دمای ثبت شده در ایستگاه سینوپتیک نجف‌آباد ۳- درجه سانتی‌گراد است. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی دشت نجف‌آباد را نشان می‌دهد.

داده‌های تراز آب زیرزمینی سی و سه ایستگاه پیژومتری در دشت نجف‌آباد در مقیاس ماهیانه از سال ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۱ از شرکت آب منطقه‌ای استان اصفهان گرفته شد. در این مطالعه، روند تغییرات تراز آب زیرزمینی ایستگاه‌های پیژومتری با آزمون ناپارامتری من- کندال (MK) (Mann, 1945; Kendall, 1975) بررسی شد. چون شرط لازم برای استفاده از این آزمون نداشتن ضریب خودهمبستگی معنادار در سری زمانی داده‌هاست (Partal and Kahya, 2006; Kumar et al, 2009)، در این مطالعه از آزمون MK اصلاح شده (پس از حذف اثر خودهمبستگی مرتبه اول)، که از این به بعد با MK2 نشان داده می‌شود، برای تحلیل روند در سری‌های زمانی مورد نظر استفاده شد. در ادامه این روش‌ها تشریح می‌شوند.

روش من- کندال (MK)

در این روش آماره S برای ماه گام و ایستگاه kام با رابطه ۱ محاسبه شد (Panda et al, 2007):

(رابطه ۱)

$$S_{gk} = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(X_{jgk} - X_{igk}), \quad \forall 1 \leq i < j \leq n$$

n تعداد داده‌های سری و $\text{sgn}(\theta)$ تابع علامت است که با رابطه ۲ تعیین می‌شود:

$$\text{sgn}(\theta) = \begin{cases} 1 & \text{if } \theta > 0 \\ 0 & \text{if } \theta = 0 \\ -1 & \text{if } \theta < 0 \end{cases} \quad (\text{رابطه ۲})$$

Mann and Kendall نشان دادند وقتی $n \geq 10$ باشد، آماره S تقریباً به طور نرمال توزیع می‌شود با میانگین ۰ و انحراف معیار مطابق رابطه ۳:

$$(\sigma_{gg})_k = \frac{[n(n-1)(2n+5) - \sum d(d-1)(2d+5)]}{18} \quad (\text{رابطه ۳})$$

d تعداد داده‌های یکسان در سری زمانی است که با رابطه ۴ نرمال شد (Panda et al, 2007):

$$S'_{gk} = S_{gk} - \text{sgn}(S_{gk}) \quad (\text{رابطه ۴})$$

سپس آماره آزمون Z یا Z استاندارد شده، که دارای توزیع نرمال استاندارد با میانگین ۰ و واریانس ۱ است، مطابق رابطه ۵ به دست آمد:

$$Z_{gk} = \frac{S'_{gk}}{(\sigma_{gg})_k^{1/2}} \quad (\text{رابطه ۵})$$

فرض ۰ (نبود روند در سطح معناداری α) به شرطی که $-Z_{1-\alpha/2} < Z_{gk} < Z_{1+\alpha/2}$ باشد پذیرفته می‌شود. در این مطالعه سطح معناداری ۱۰ درصد به کار رفت.

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

فرض‌های ۰ به معنای این است که روند بین اجزای مختلف همگن است. در این مطالعه برای آزمون درستی یا نادرستی فرض‌های ۰، آماره‌های χ^2 و درجات آزادی هر یک به شرح زیر محاسبه و با مقادیر نظیر جدول χ^2 در سطح معناداری α مقایسه شدند:

۱. کمیت $X_{total, st}^2 = \sum_{g=1}^{s=12} \sum_{k=1}^{k=t} Z_{gk}^2$ با درجه آزادی st که در آن s تعداد ماه‌ها و t تعداد ایستگاه‌هاست؛

۲. کمیت $X_{homogeneity, st-1}^2 = \sum_{g=1}^{s=12} \sum_{k=1}^{k=t} (Z_{gk} - Z_{..})^2$ با درجه آزادی $st - 1$ ؛

۳. کمیت $X_{season, s-1}^2 = t \sum_{g=1}^{s=12} (Z_g - Z_{..})^2$ با درجه آزادی $s - 1$ ؛

۴. کمیت $X_{site, t-1}^2 = s \sum_{k=1}^{t=32} (Z_{.k} - Z_{..})^2$ با درجه آزادی $t-1$ ؛

۵. کمیت $X_{site-season, (t-1)(s-1)}^2 = \sum_{g=1}^{s=12} \sum_{k=1}^{k=t} (Z_{gk} - Z_{g.} - Z_{.k} + Z_{..})^2$ با درجه آزادی $(t-1)(s-1)$ ؛

۶. $X_{trend, 1}^2 = st Z_{..}^2$ با درجه آزادی ۱.

اگر کمیت‌های محاسبه‌شده بزرگ‌تر از مقدار متناظر مستخرج از جدول χ^2 (در سطح معناداری α) باشد، فرض همگنی روند مربوطه رد می‌شود.

مراحلی که در ادامه می‌آید برای آزمون فرض ۰ استفاده شد (Panda et al, 2007):

۱. تحت فرض‌های ۰ اشاره‌شده در مرحله قبل کمیت‌های لازم برای آزمون همگنی روند بین ایستگاه‌ها χ^2_{site} ، بین ماه‌ها χ^2_{season} و همگنی ایستگاه-ماه $\chi^2_{site-season}$ محاسبه می‌شود.

۲. اگر همگنی روند بین ایستگاه‌ها و ماه‌ها و برهم‌کنش ایستگاه-ماه معنادار نباشد، آزمون همگنی روند کلی با استفاده از کمیت χ^2_{trend} انجام می‌شود.

۳. اگر روند بین ایستگاه‌ها غیر همگن و بین ماه‌ها همگن باشد، آزمون همگنی روند فقط برای ایستگاه‌ها با استفاده از کمیت $sZ_{.k}^2$ ($k = 1, 2, \dots, t$) انجام می‌شود که تحت

فرض ۰ $H_0 = \tau_{.k} = 0$ دارای توزیع χ^2 است.

۴. اگر روند بین ماه‌ها غیر همگن و بین ایستگاه‌ها همگن باشد، آزمون روند فقط برای ماه با محاسبه کمیت tZ_g^2 ($g = 1, 2, \dots, s$) انجام می‌شود که تحت فرض ۰ $H_0 = \tau_{g.} = 0$ دارای توزیع χ^2 است.

۵. اگر روند هم بین ماه‌ها و هم بین ایستگاه‌ها ناهمگن باشد یا برهم‌کنش ایستگاه-فصل معنادار باشد، آزمون همگنی روند ایستگاه-ماه به‌تنهایی انجام می‌شود. برای این کار فقط لازم است برای هر ایستگاه و ماه کمیت Z_{gk} ($g=1, 2, \dots, s; k=1, 2, \dots, t$) محاسبه و معناداری آن آزمایش شود. فرض ۰ نبود روند در سطح معناداری α پذیرفته می‌شود اگر $-Z_{\alpha/2} < Z_{gk} < Z_{\alpha/2}$ باشد.

آزمون همگنی وان بل و هوقس در مطالعات مشابه استفاده شده است.

آزمون پتیت

آزمون پتیت برای تشخیص جهش در مقدار میانگین داده‌ها در طول زمان و معمولاً همراه آزمون من-کندال به کار می‌رود؛ پس از اینکه معناداری روند با این آزمون در سطوح مختلف تأیید شد، روابط آزمون پتیت در ادامه می‌آید (لی و همکاران، ۲۰۱۴):

۱. ابتدا سری زمانی $U_{t,n}$ با رابطه ۱۰ به دست می‌آید:

$$U_{t,n} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_j - x_i) \quad (\text{رابطه ۱۰})$$

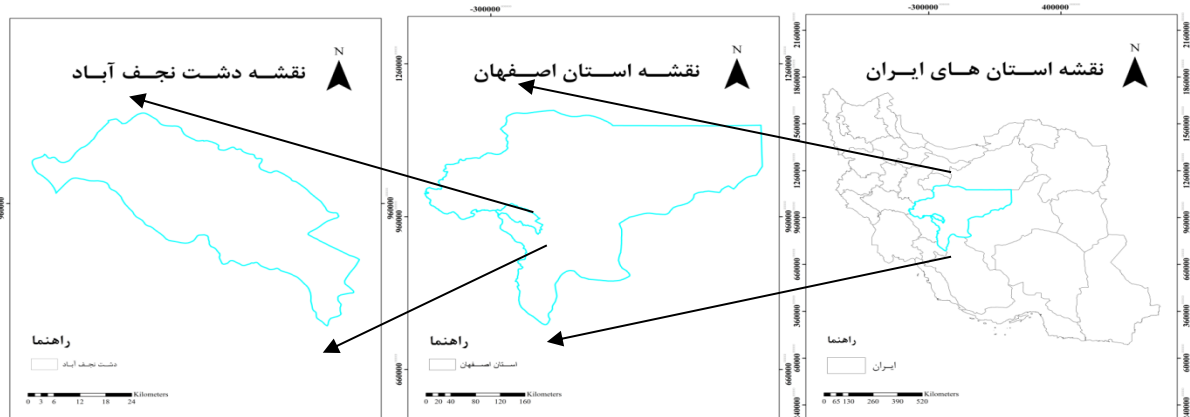
t طول دوره آماری و n تعداد داده در سری آماری است.

۲. تابع $\text{sgn}(\cdot)$ با رابطه ۱۱ محاسبه می‌شود:

$$\text{sgn}(\theta) = \begin{cases} 1 & \text{if } \theta > 0 \\ 0 & \text{if } \theta = 0 \\ -1 & \text{if } \theta < 0 \end{cases} \quad (\text{رابطه ۱۱})$$

۳. مقدار k با رابطه ۱۲ محاسبه می‌شود:

$$K = \max_t |U_{t,n}| \quad (\text{رابطه ۱۲})$$



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعه‌شده

جدول ۱. مقادیر آماره Z آزمون من- کندال برای متغیر تراز آب زیرزمینی دشت نجف آباد (۱۳۷۴-۱۳۹۱)

ایستگاه‌ها	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	Z _k
اشترجان	-۴,۱۶	-۴,۰۶	-۴,۰۶	-۴,۲۶	-۴,۵۵	-۴,۴۶	-۴,۳۷	-۴,۱۶	-۳,۹۶	-۴,۴۶	-۴,۴۶	-۴,۱۶	-۴,۳
بلیمچه	-۱,۳۶	-۱,۸۹	-۱,۳۳	-۰,۴۵	-۰,۸۳	-۲,۱	-۱,۸۵	-۲,۹۲	-۲,۰۱	-۱,۵۹	-۰,۸	-۱,۳۶	-۱,۴۱
جلال آباد	-۱,۰۳	۰	-۰,۶۲	-۰,۴۵	-۰,۲۱	-۱,۱۱	-۰,۲۹	-۰,۴۵	-۰,۲۱	-۰,۵۴	-۰,۷۸	-۱,۰۳	-۰,۶۴
جنوب پلی اکریل	-۴,۷۱	-۳,۹۷	-۴,۰۹	-۴,۵۸	-۴,۰۵	-۴,۲۱	-۴,۳۳	-۴,۰۹	-۴,۲۱	-۴,۳۲	-۳,۳۶	-۴,۷۱	-۴,۲۱
جنوب حاجی آباد	-۲,۰۲	-۰,۵۹	-۰,۶۲	-۱,۵۹	-۰,۶۲	-۰,۲۹	-۱,۱۱	-۰,۸۷	-۰,۱۶	۰,۰۴	-۰,۷۸	-۲,۰۲	-۰,۷۷
جنوب شرق تیرانچی	-۴,۱۶	-۳,۷۵	-۳,۹۱	-۳,۹۱	-۳,۹۱	-۳,۸۳	-۳,۴۲	-۳,۶۷	-۴,۰۸	-۴,۴۱	-۴,۶۵	-۴,۱۶	-۴
جنوب غرب قلعه ابراهیم خان	-۰,۸۷	-۰,۵۹	-۱,۰۳	-۱,۱۹	-۱,۵۲	-۱,۶۱	-۱,۹۴	-۱,۵۲	-۱,۸۵	-۰,۷۷	-۱,۸۵	-۰,۸۷	-۱,۳۷
جنوب غرب قلعه قریب خان	-۰,۱۲	۱,۲۲	۰,۸۷	۰,۷	۱,۰۳	۰,۵۴	۰,۵۴	۰,۳۷	۰,۳۳	۰,۱۴	۰,۴۵	-۰,۱۲	۰,۵۷
جوزدان	-۳,۴۷	-۳,۷۴	-۳,۷۴	-۳,۵۶	-۳,۵۶	-۳,۳۷	-۳,۵۶	-۳,۵۶	-۳,۲۹	-۳,۷۴	-۳,۴۷	-۳,۴۷	-۳,۵۲
جون آباد جلال آباد	-۰,۲۱	-۰,۴۵	-۰,۲۹	-۰,۱۲	-۰,۴۵	-۰,۵۴	-۰,۲۹	۰	۱,۰۳	۱,۳۱	۰,۳۷	-۰,۲۱	۰,۱۲
درچه	-۲,۱۸	-۳,۴۸	-۳,۱۱	-۳,۵۶	-۲,۲۸	-۱,۶۸	-۳,۲۱	-۳,۰۲	-۳,۲	-۳,۹۲	-۲,۵۷	-۲,۱۸	-۲,۹
سلطان آباد	-۳,۰۷	-۳,۶۱	-۳,۶۱	-۲,۸۱	-۲,۶۷	-۳,۳۶	-۳,۰۹	-۳,۱۱	-۲,۸۷	-۳,۳۶	-۳,۴۶	-۳,۰۷	-۳,۱۷
سیاه افشار	-۵,۰۷	-۵,۱۵	-۵,۴	-۵,۱۵	-۵,۱۵	-۵,۰۷	-۴,۹۸	-۵,۱۵	-۴,۹۸	-۵,۱۵	-۵,۱۵	-۵,۰۷	-۵,۱۲
شرق مزرعه شیرعلی	۰,۹۵	۱,۳۱	۱,۲۸	۱,۱۹	۱,۱۹	۱,۳۶	۱,۶۷	۱,۵۸	۱,۰۳	۰,۸۶	۱,۲۸	۰,۹۵	۱,۲۶
شرق تیران	-۰,۷۳	-۰,۵۲	-۰,۷۳	۰,۳۶	۰	۰	۰,۷۸	۰,۴۷	-۰,۳۶	۰,۷۲	-۰,۳۶	-۰,۷۳	۰,۰۵
شرق دانشگاه آزاد	-۳,۱۷	-۳,۱۷	-۳,۲۵	-۲,۵۱	-۱,۸۵	-۱,۶۹	-۲,۳۵	-۲,۱۸	-۱,۴۴	-۱,۶۹	-۱,۱۹	-۳,۱۷	-۲,۱۲
شرق کتی آباد	-۰,۹۱	-۱,۵۲	-۱,۵۲	-۱,۱۹	-۰,۷۸	-۰,۵۴	-۰,۶۸	-۰,۸۳	-۰,۸۳	-۰,۸۳	-۰,۵۳	-۰,۹۱	-۰,۹۷
شمال امیرآباد	۲,۷۶	۲,۸۴	۳,۳۴	۳,۰۱	۲,۹۲	۳,۶۷	۳,۵۸	۳,۴۲	۳,۸۳	۴,۵۷	۳,۹۱	۲,۷۶	۳,۴۷
شمال تیران	-۰,۳	-۰,۳۸	-۰,۳	-۱,۱۴	-۰,۶۱	-۰,۵۳	۰	-۰,۱۵	۰,۲۷	۰,۱۵	۰,۲۷	-۰,۳	-۰,۲۱
شمال مزرعه اسلام آباد	۰,۳۷	-۰,۸۲	-۰,۴	۱,۱۱	-۰,۲۱	-۰,۹۵	-۰,۸۷	-۰,۷۸	-۰,۲۹	-۰,۰۴	-۰,۶۲	۰,۳۷	-۰,۲۶
غرب حیدرآباد	۰,۳	۰,۳۸	۱,۷۷	۲,۵۱	۰,۵۷	۱,۴۴	۱,۹۴	۱,۷۷	۲,۱۲	۲,۴۸	۲,۶	۰,۳	۱,۶۶
قبرستان اراضی	-۴,۹۸	-۵,۱۵	-۵	-۵,۱۵	-۴,۹۱	-۴,۸۵	-۴,۸۲	-۵,۱۵	-۵,۱۵	-۵,۱۵	-۴,۹۸	-۴,۹۸	-۵,۰۳
قبرستان افجد	-۴	-۳,۸۳	-۳,۸۳	-۴	-۴,۰۱	-۴,۲۴	-۴,۰۸	-۴,۲۴	-۴,۱۶	-۴,۱۶	-۴,۴۹	-۴	-۴,۰۴
قبرستان هویه	-۳,۶۷	-۳,۵۸	-۳,۵۸	-۳,۲۵	-۲,۸۴	-۲,۴۳	-۳,۳۴	-۳,۶۷	-۴,۰۸	-۳,۸۳	-۴,۶۵	-۳,۶۷	-۳,۶
قلعه امیریه	-۲,۸۴	-۳,۵۸	-۳,۵۸	-۳,۲۵	-۳,۱۷	-۳,۶۷	-۳,۶۷	-۳,۵	-۳,۵۸	-۳,۵۸	-۳,۳۴	-۲,۸۴	-۳,۴۳
قلعه سرخ	-۳,۸۳	-۴,۳۳	-۴,۱۶	-۳,۸۳	-۴,۱	-۳,۹۱	-۴	-۴,۴۹	-۴,۱	-۴,۵۷	-۴,۱۶	-۳,۸۳	-۴,۱۶
قلعه سفید	-۴,۲۶	-۳,۹۶	-۴,۲۶	-۳,۶۶	-۳,۵۶	-۴,۵۵	-۴,۰۶	-۴,۱۶	-۴,۲۶	-۴,۳۵	-۴,۲۶	-۴,۲۶	-۴,۱۴
قهدریجان جنب زهکش	-۴,۲۴	-۴,۱۶	-۴,۰۸	-۴,۵۷	-۴,۴۱	-۴,۵۷	-۴,۲۴	-۴,۵۷	-۴,۵۷	-۴,۵۷	-۴,۳۳	-۴,۲۴	-۴,۳۹
قهدریجان جنب کانال	-۲,۴	-۲,۴	-۲,۴	-۱,۴۴	-۱,۸۵	-۱,۴۴	-۱,۷۱	-۲,۲۶	-۲,۵	-۲,۳۸	-۲,۸۷	-۲,۴	-۲,۲۱
کروچ شروان	-۳,۹۲	-۳,۷۴	-۴,۲۸	-۴,۳۷	-۳,۸۳	-۳,۵۶	-۳,۳۷	-۳,۵۶	-۳,۸۳	-۳,۵۶	-۳,۷۶	-۳,۹۲	-۳,۸۸
کهریز سنگ جدید	-۴,۳۵	-۴,۶۵	-۴,۲۶	-۴,۲۶	-۴,۵۵	-۴,۳۵	-۴,۲۸	-۴,۲۸	-۴,۳۷	-۴,۰۶	-۳,۹۶	-۴,۲۸	-۴,۲۸
مهدی آباد	-۰,۴۳	۰,۵۵	۰,۲۱	-۰,۷۹	۰	-۰,۰۶	۰	-۱,۶۴	-۱,۰۹	-۰,۷۷	-۰,۸۸	-۰,۴۳	-۰,۵۱
یزدآباد	-۰,۴۹	-۱,۶۷	-۱,۸۶	-۲,۹۲	-۲,۷۶	-۲,۶	-۲,۹۲	-۲,۹۲	-۰,۶۴	-۲,۸۴	-۰,۷	-۰,۴۹	-۱,۹۹
Z _g	-۲,۲	-۲,۲	-۲,۱۷	-۲,۰۹	-۲,۰۵	-۲,۰۸	-۲,۱۲	-۲,۲۲	-۲,۰۵	-۲,۰۷	-۲,۰۵	-۲,۰۳	-۲,۱۱

Z_k میانگین زمانی Z_{ها}، Z_g میانگین مکانی Z_{ها}، و اعداد پررنگ بیانگر ارقام معنادار در سطح ۵ درصد است.

استنباط کرد مجموع تعداد سری‌های زمانی تراز آب زیرزمینی، که روند نزولی دارند، خیلی بیشتر از مقادیر نظیر با روند صعودی است. افزون بر این، غالب سری‌ها با روند منفی نیز در سطح ۱ درصد معنادار بودند. نتایج نشان داد تعداد ۲۳۰ سری زمانی دارای روند منفی معنادار در سطح ۱۰ درصد است؛ در حالی که تعداد سری‌های با روند صعودی معنادار در این سطح ۲۱ سری است. در سطح ۱۰ و ۵ و ۱ به ترتیب ۲۱ و ۱۷ و ۱۵ سری زمانی از نظر آماری معنادار بود.

ایستگاه‌های سیاه‌افشار، قبرستان اراضی، قهدریجان جنب زهکش، اشترجان، کهریز سنگ جدید، جنوب پلی‌اکریل، قلعه

۴. مقدار k در رابطه ۱۳ جایگزین و آماره P با رابطه ۱۳ محاسبه می‌شود:

$$p = 2 \cdot e^{-\frac{6k^2}{n^3+m^2}} \quad (\text{رابطه ۱۳})$$

هر چه آماره P به ۰ نزدیک‌تر باشد اختلاف میانگین سری قبل از پرش و بعد از پرش معنادارتر می‌شود و معمولاً اگر (P<0.05) معنادار تلقی می‌شود.

یافته‌ها و بحث

جدول ۱ مقادیر آماره Z من- کندال را در زمینه متغیر تراز آب زیرزمینی دشت نجف‌آباد نشان می‌دهد. از این جدول می‌توان

که نشان می‌دهد واریانس داده‌های شیب خط روند ایستگاه‌ها، که بالاتر از رقم میانه‌اند، کمتر از مقدار متناظر در پایین رقم میانه است. به عبارت بهتر، ایستگاه‌هایی که شیب خط روند آن‌ها بالاتر از رقم میانه است شیب‌های نزدیک به هم دارند. این موضوع در خصوص فاصله بین حداقل رقم مشاهده‌شده در منطقه و صدک ۲۵ (طول خط قائم در قسمت زیر مستطیل) و فاصله نظیر بین حداکثر رقم مشاهده‌شده در منطقه و صدک ۷۵ (طول خط قائم در قسمت بالای مستطیل) صادق است. در حالت کلی می‌توان نتیجه گرفت بین ایستگاه‌هایی که در محل شبکه‌های آبیاری و زهکشی هستند و ایستگاه‌هایی که دور از شبکه‌های آبیاری و زهکشی واقع شده‌اند تفاوت بسیار وجود دارد؛ به طوری که شیب خط روند در ایستگاه‌های واقع در شبکه‌های آبیاری و زهکشی به شدت منفی‌اند و با ایستگاه‌هایی که دور از این شبکه‌ها واقع شده‌اند تفاوت بسیار دارند. اگر برداشت بی‌رویه آب با روال گذشته، به‌ویژه بعد از خشک‌شدن زاینده‌رود، ادامه پیدا کند، بدون شک سفره آب زیرزمینی در دشت نجف‌آباد به سمت نابودی پیش خواهد رفت و منطقه از نظر اقتصادی و اجتماعی دچار تنش خواهد شد.

جدول ۳ نتایج آزمون همگنی روند را برای تراز آب زیرزمینی دشت نجف‌آباد نشان می‌دهد. از جدول ۳ می‌توان دریافت که مقدار χ^2 محاسباتی برای ماه‌ها ($X_{\text{Season}}^2=1,77$) کمتر از مقدار نظیر جدول χ^2 (۱۹,۶۸) با درجه آزادی ۱۱ است. بنابراین، ماه‌ها از نظر داشتن روند تغییرات سطح ایستابی همگنی کامل در سطح معناداری ۵ درصد دارند و مفهوم آن این است که روند منفی در همه ماه‌های سال در خصوص تراز سطح ایستابی ایستگاه‌های پیرومتری دشت نجف‌آباد حاکم است. نتایج آزمون همگنی مکانی تراز سطح ایستابی دشت نجف‌آباد نشان می‌دهد از آنجا که χ^2 محاسبه‌شده برای ایستگاه‌ها (معادل ۱۸۳۱,۶۵) بزرگ‌تر از χ^2 متناظر جدول با درجه آزادی ۳۲ (معادل ۲۰,۱۰) است، ایستگاه‌ها از نظر روند تغییرات سطح ایستابی در سطح معناداری ۵ درصد همگن نیستند (جدول ۳). در آخر $X_{\text{Trend}}^2=1755,65$ بسیار بزرگ‌تر از χ^2 جدول (معادل ۳,۸۴) به دست آمد که نشان می‌دهد این روند همگن نیست. زمان همگن است، ولی ایستگاه‌ها همگن نیستند. این ناهمگنی ناشی از ناهمگنی ایستگاه‌هاست؛ یعنی بعضی ایستگاه‌ها، مانند ایستگاه‌های واقع‌شده در مکان شبکه‌های آبیاری و زهکشی، روندی به شدت منفی دارند و در ایستگاه‌هایی که دور از این شبکه‌ها هستند این روند معنادار دیده نمی‌شود.

نقشه‌های روند و نقشه‌های تراز آب زیرزمینی

شکل‌های ۴ و ۵ نقشه‌های روند تراز آب زیرزمینی دشت نجف‌آباد را به ترتیب برای ماه‌های فروردین و اردیبهشت نشان

سرخ، و قلعه سفید شدیدترین روند منفی معنادار ($\alpha=0,01$) را داشتند. این ایستگاه‌ها به ترتیب دارای آماره Z من- کندال معادل $-5,12$ ، $-5,03$ ، $-4,39$ ، $-4,30$ ، $-4,28$ ، $-4,21$ ، $-4,16$ ، و $-4,14$ بودند که چون قدر مطلق آن‌ها از رقم بحرانی $2,33$ (برای $\alpha=0,01$) به مراتب بیشتر است روند نزولی در سطح ۱ درصد معنادار محسوب می‌شود. همچنین در کل دشت نجف‌آباد (میانگین سی و سه ایستگاه)، از بین ماه‌های سال، آبان‌ماه شدیدترین روند منفی ($Z=-2,22$) را داشت. در این ماه به جز ایستگاه‌های جنوب غرب قلعه قریب‌خان، شرق مزرعه شیرعلی، شرق تیران، غرب حیدرآباد، شمال امیرآباد، و جون‌آباد جلال‌آباد ایستگاه‌های دیگر روند نزولی دارند. میانگین آماره Z برای کل دشت نجف‌آباد برای همه ماه‌های سال منفی است. کمترین مقدار قدر مطلق آماره Z_g با مقدار $Z_g=-2,03$ نیز متعلق به اسفندماه بود.

میانگین آماره Z روند برای ماه‌ها (با توجه به مقادیر $Z_{i,k}$) در نوزده ایستگاه منفی و معنادار (در سطح ۱۰٪) بود؛ ولی این رقم در شش ایستگاه مثبت بود.

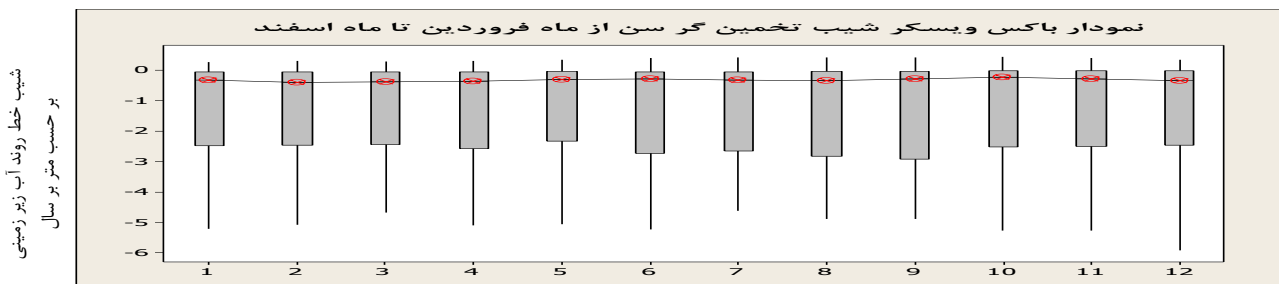
بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت در حالت کلی روند تراز آب زیرزمینی در دشت نجف‌آباد نزولی است. این وضعیت بحران در دشت مذکور را نشان می‌دهد و لازم است جهت جلوگیری از فاجعه‌ای زیست‌محیطی اقدامات جدی در دشت مذکور، جهت معکوس کردن شیب خط روند (یا دست‌کم کاهش دادن شیب نزولی) انجام شود.

جدول ۲ مقادیر شیب خط روند متغیر تراز آب زیرزمینی دشت نجف‌آباد نشان می‌دهد. از جدول ۲ می‌توان استنباط کرد میانه شیب‌ها بین $-0,23$ و $-0,39$ متر در سال به ترتیب در دی‌ماه و فروردین‌ماه نوسان دارد. بنابراین، در شرایط فعلی سطح ایستابی در دشت نجف‌آباد بین $2,3$ متر تا حداکثر $3,9$ متر در هر دهه کاهش می‌یابد. بین ایستگاه‌های با روند منفی معنادار (در سطح ۱۰٪) بیشترین روند منفی مربوط به اسفندماه و در ایستگاه کهرئز سنگ جدید با شیب $-5,92$ متر و بیشترین روند مثبت مربوط به دی‌ماه در ایستگاه شمال امیرآباد با شیب $+0,44$ متر در سال است. گفتنی است ایستگاه کهرئز سنگ جدید در مرکز دشت نجف‌آباد و در محل شبکه‌های آبیاری و زهکشی و ایستگاه شمال امیرآباد در مرکز دشت است، ولی روی شبکه‌های آبیاری و زهکشی نیست.

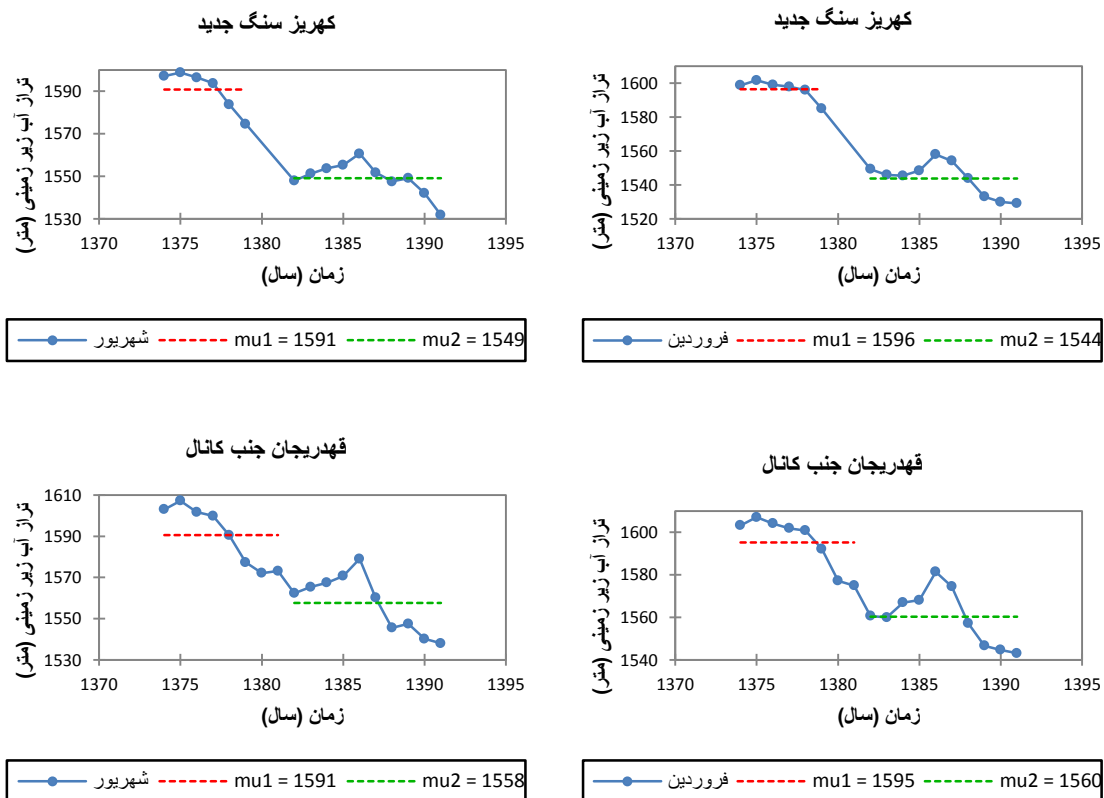
شکل ۲ نمودار باکس و ویسکر شیب خط روند تغییرات تراز آب زیرزمینی دشت نجف‌آباد را در ماه‌های مختلف نشان می‌دهد. از این شکل می‌توان استنباط کرد میانه شیب‌های خط روند برای همه ماه‌های سال منفی است. در همه ماه‌ها فاصله میانه تا صدک ۷۵ کمتر از فاصله نظیر میانه تا صدک ۲۵ است؛

خشک بوده، این کانال‌ها خشک شده‌اند. این پدیده از یک سو باعث شده برداشت از منابع زیرزمینی افزایش پیدا کند و از سوی دیگر آب‌خوان از این کانال‌ها تغذیه نشود و این وضعیت باعث افت شدید تراز آب زیرزمینی نزدیک این کانال‌ها شده است. در حالت کلی، الگوی نقشه‌های روند در دوازده ماه سال تقریباً مشابه است. در بخش‌های جنوبی، شرقی، جنوب شرقی، و به طور کلی مناطقی که شبکه‌های آبیاری و زهکشی گسترش یافته است وضعیت بحرانی است. حتی هنگام جریان آب در رودخانه زاینده‌رود کشاورزان، با استفاده از پمپاژ، اجازه نمی‌دهند آب به پایین‌دست حرکت کند و از آب رودخانه استفاده می‌کنند.

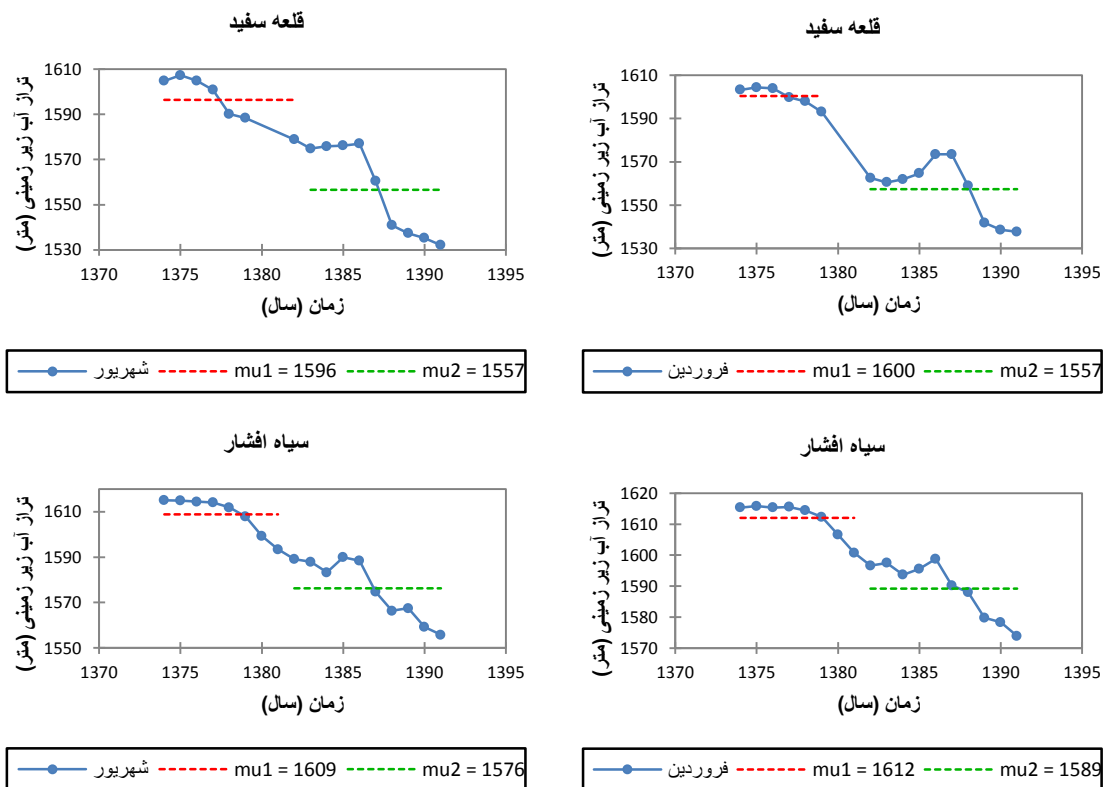
می‌دهند. نتایج نقشه‌های روند در ماه‌های مختلف حاکی از آن است که شش ایستگاه سیاه‌افشار، قبرستان اراضی، قهدریجان جنب زهکش، اشترجان، کهریز سنگ جدید، جنوب پلی‌اکریل، قلعه سرخ، و قلعه سفید، که شدیدترین روند را نسبت به سایر ایستگاه‌ها دارند، نزدیک رودخانه زاینده‌رود یا نزدیک کانال‌های آبرسانی قرار دارند. بیشترین روند معنادار نزولی نزدیک شبکه‌های آبرسانی یا نزدیک رودخانه زاینده‌رود است. این شبکه‌ها در جنوب و مرکز دشت گسترش یافته‌اند و در ایستگاه‌هایی که در مرکز دشت قرار دارند و از شبکه‌های آبرسانی دورند این روند معنادار (رو به پایین) دیده نمی‌شود. احتمالاً در سال‌های اخیر، که رودخانه زاینده‌رود به دلیل ذخیره‌سازی آب در سد زاینده‌رود و انتقال آب به استان یزد



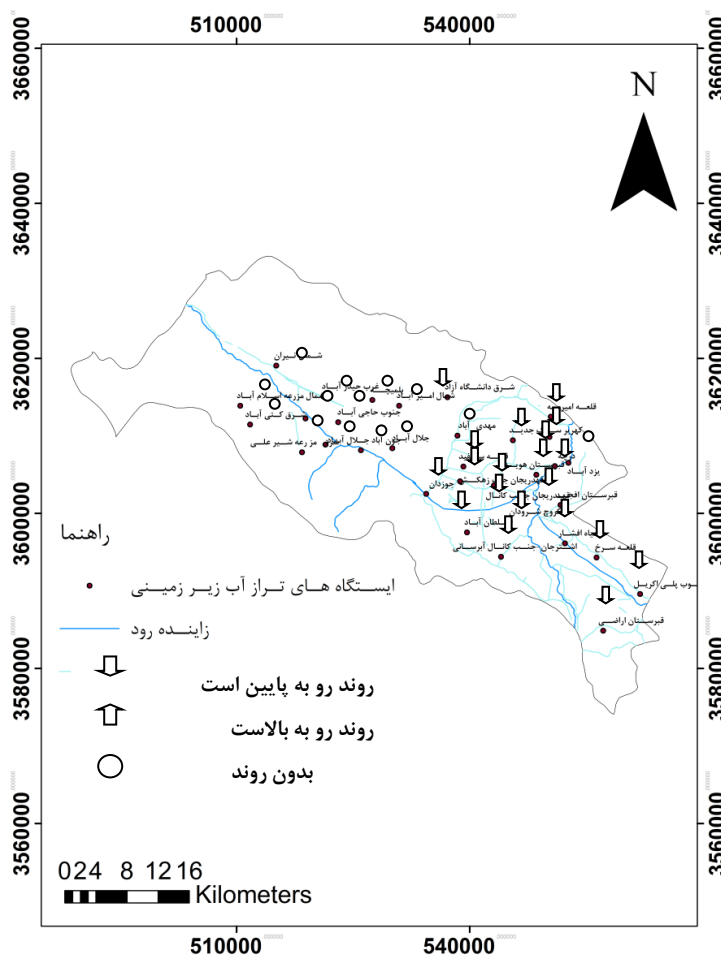
شکل ۲. نمودار باکس ویسکر شیب خط روند تغییرات تراز آب زیرزمینی دشت نجف‌آباد از ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۱



شکل ۳. نمودار آزمون پتیت آب زیرزمینی دشت نجف‌آباد از ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۱



ادامه شکل ۳



شکل ۴. نقشه روند تراز آب زیرزمینی دشت نجف آباد در فروردین ماه

جدول ۲. مقادیر آماره β شیب خط روند آزمون من-کندال (متر در سال) تراز آب زیرزمینی دشت نجف آباد از ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۱

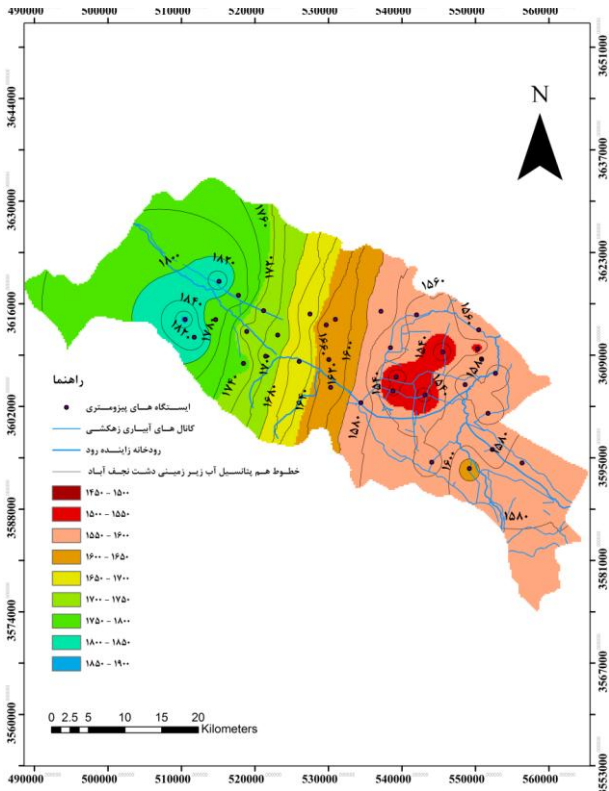
ایستگاه ها	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
اشترجان	-۲/۹۴	-۳/۱۱	-۳/۵۵	-۳/۷۳	-۳/۶۰	-۳/۷۰	-۳/۶۳	-۳/۵۸	-۳/۶۵	-۳/۲۰	-۲/۹۵	-۳/۰۴
بلیمچه	-۰/۰۹	-۰/۰۸	-۰/۰۵	-۰/۰۵	-۰/۰۲	-۰/۰۶	-۰/۰۶	-۰/۰۷	-۰/۰۴	-۰/۰۴	-۰/۰۴	-۰/۰۴
جلال آباد	-۰/۳۱	-۰/۱۴	-۰/۲۷	-۰/۲۱	-۰/۱۷	-۰/۲۵	-۰/۱۵	-۰/۲۰	-۰/۱۱	-۰/۲۲	-۰/۲۲	-۰/۴۰
جنوب پلی اکریل	-۲/۴۵	-۲/۷۷	-۲/۸۹	-۲/۸۸	-۳/۲۶	-۲/۹۴	-۳/۱۵	-۳/۱۳	-۳/۳۰	-۳/۰۸	-۳/۲۷	-۳/۰۸
جنوب حاجی آباد	-۰/۱۵	-۰/۱۲	-۰/۰۸	-۰/۰۹	-۰/۰۶	-۰/۰۵	-۰/۰۵	-۰/۰۳	۰/۰۰	-۰/۰۲	-۰/۱۱	-۰/۰۹
جنوب شرق تیرانچی	-۲/۴۹	-۲/۲۳	-۲/۳۵	-۲/۲۶	-۲/۳۶	-۲/۵۱	-۲/۷۶	-۲/۴۳	-۲/۲۲	-۲/۴۲	-۲/۵۵	-۲/۳۵
جنوب غرب قلعه ابراهیم خان	-۰/۳۵	-۰/۳۹	-۰/۳۹	-۰/۳۶	-۰/۳۰	-۰/۳۷	-۰/۳۲	-۰/۲۳	-۰/۱۶	-۰/۲۱	-۰/۱۸	-۰/۲۱
جنوب غرب قلعه قریب خان	-۰/۰۵	۰/۰۱	-۰/۰۲	-۰/۰۱	۰/۰۱	-۰/۰۲	-۰/۰۱	-۰/۰۲	-۰/۰۵	-۰/۰۲	۰/۰۰	۰/۰۲
جوزدان	-۱/۷۴	-۱/۶۱	-۱/۵۵	-۱/۸۴	-۱/۸۷	-۱/۸۴	-۱/۷۷	-۱/۸۳	-۱/۵۷	-۱/۷۱	-۱/۶۳	-۱/۵۵
جون آباد جلال آباد	-۰/۰۶	-۰/۰۶	-۰/۰۵	-۰/۰۴	-۰/۰۳	-۰/۰۴	-۰/۰۴	-۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۱۷	۰/۰۳
درجه	-۰/۰۷	-۰/۱۰	-۰/۱۳	-۰/۲۱	-۰/۱۳	-۰/۱۴	-۰/۱۵	-۰/۱۱	-۰/۱۱	-۰/۱۰	-۰/۰۸	-۰/۰۷
سلطان آباد	-۲/۱۱	-۲/۲۳	-۲/۴۸	-۳/۰۷	-۲/۲۱	-۳/۶۱	-۲/۵۴	-۲/۶۷	-۳/۰۰	-۲/۴۰	-۲/۲۰	-۲/۱۱
سیاه افشار	-۲/۵۲	-۲/۷۰	-۳/۱۳	-۳/۴۶	-۳/۵۸	-۳/۷۱	-۳/۲۳	-۲/۹۵	-۲/۸۲	-۲/۶۱	-۲/۴۶	-۲/۵۸
شرق مز رع شیر علی	۰/۰۹	۰/۱۴	۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۱۲	۰/۲۶	۰/۲۹	۰/۱۳	۰/۱۵	۰/۲۷	۰/۲۷
شرق تیران	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۷
شرق دانشگاه آزاد	-۰/۳۸	-۰/۳۹	-۰/۳۸	-۰/۳۷	-۰/۳۳	-۰/۳۰	-۰/۲۹	-۰/۲۷	-۰/۲۱	-۰/۲۳	-۰/۱۸	-۰/۱۸
شرق کتی آباد	-۰/۰۳	-۰/۰۳	-۰/۰۶	-۰/۰۹	-۰/۱۸	-۰/۱۴	-۰/۰۶	-۰/۱۱	-۰/۱۵	-۰/۱۴	-۰/۰۹	-۰/۱۰
شمال امیر آباد	۰/۲۷	۰/۳۰	۰/۲۹	۰/۳۰	۰/۳۵	۰/۴۰	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۴۳	۰/۴۴	۰/۴۰	۰/۳۶
شمال تیران	-۰/۰۳	-۰/۰۴	-۰/۰۶	-۰/۱۰	-۰/۰۳	-۰/۰۶	-۰/۰۰	-۰/۰۲	-۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۳
شمال مزرعه اسلام آباد	-۰/۰۶	-۰/۰۹	-۰/۰۶	-۰/۰۰	-۰/۰۵	-۰/۰۳	-۰/۰۵	-۰/۰۵	-۰/۰۳	-۰/۰۲	-۰/۰۳	-۰/۰۲
غرب حیدر آباد	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۰۷
قبرستان اراضی	-۲/۹۱	-۳/۲۸	-۳/۹۳	-۳/۸۳	-۳/۸۴	-۳/۷۸	-۳/۸۵	-۳/۵۵	-۳/۳۲	-۳/۲۳	-۳/۰۸	-۲/۹۹
قبرستان افجد	-۰/۳۲	-۰/۴۲	-۰/۴۹	-۰/۶۵	-۰/۸۱	-۰/۸۶	-۰/۷۲	-۰/۵۲	-۰/۴۳	-۰/۳۵	-۰/۳۴	-۰/۳۵
قبرستان هویه	-۰/۲۳	-۰/۲۵	-۰/۲۸	-۰/۲۳	-۰/۲۴	-۰/۲۸	-۰/۳۲	-۰/۳۵	-۰/۲۹	-۰/۳۰	-۰/۲۸	-۰/۲۵
قلعه امیریه	-۱/۱۳	-۱/۲۳	-۱/۱۲	-۰/۹۵	-۰/۹۶	-۱/۰۶	-۱/۰۳	-۱/۱۵	-۱/۲۰	-۱/۲۳	-۱/۰۷	-۰/۵۵
قلعه سرخ	-۱/۴۷	-۱/۴۷	-۱/۵۲	-۱/۵۹	-۱/۱۸	-۱/۳۷	-۱/۳۱	-۱/۳۸	-۱/۵۸	-۱/۴۷	-۱/۴۷	-۱/۴۴
قلعه سفید	-۴/۳۳	-۴/۳۴	-۴/۶۸	-۵/۱۰	-۵/۰۵	-۵/۲۳	-۴/۶۱	-۴/۸۸	-۴/۸۳	-۴/۶۸	-۴/۷۹	-۴/۷۷
قهدریجان جنب زهکش	-۲/۹۸	-۲/۷۲	-۲/۴۱	-۱/۷۰	-۲/۲۸	-۱/۶۸	-۲/۳۷	-۳/۲۷	-۳/۱۱	-۲/۹۶	-۲/۵۵	-۳/۳۷
قهدریجان جنب کانال	-۳/۸۳	-۳/۸۲	-۳/۸۵	-۳/۷۸	-۳/۷۵	-۳/۹۲	-۳/۸۹	-۳/۸۱	-۳/۷۶	-۳/۷۴	-۳/۷۰	-۳/۷۴
کروج شروان	-۰/۷۰	-۰/۷۵	-۰/۸۷	-۰/۷۸	-۰/۸۳	-۰/۸۲	-۰/۹۸	-۰/۹۷	-۰/۹۹	-۰/۸۶	-۰/۷۳	-۰/۸۸
کهریز سنگ جدید	-۵/۲۱	-۵/۰۸	-۴/۵۴	-۴/۰۶	-۴/۲۷	-۴/۳۳	-۴/۱۴	-۴/۴۹	-۴/۸۸	-۵/۲۷	-۵/۲۷	-۵/۹۲
مهدی آباد	-۰/۱۹	-۰/۱۶	-۰/۱۸	-۰/۱۹	-۰/۲۰	-۰/۱۶	-۰/۵۶	-۰/۴۴	-۰/۲۹	-۰/۲۳	-۰/۳۸	-۰/۳۷
یزد آباد	-۰/۰۱	-۰/۰۲	-۰/۰۴	-۰/۰۶	-۰/۰۸	-۰/۰۸	-۰/۰۸	-۰/۰۵	-۰/۰۲	-۰/۰۴	-۰/۰۱	-۰/۰۲
میانه شیب ها	-۰/۳۲	-۰/۳۹	-۰/۳۸	-۰/۳۶	-۰/۳۰	-۰/۲۸	-۰/۳۲	-۰/۳۵	-۰/۲۹	-۰/۲۳	-۰/۲۸	-۰/۳۵

جدول ۳. نتایج آزمون همگنی برای متغیر تراز آب زیرزمینی دشت نجف آباد (۱۳۷۴-۱۳۹۱)

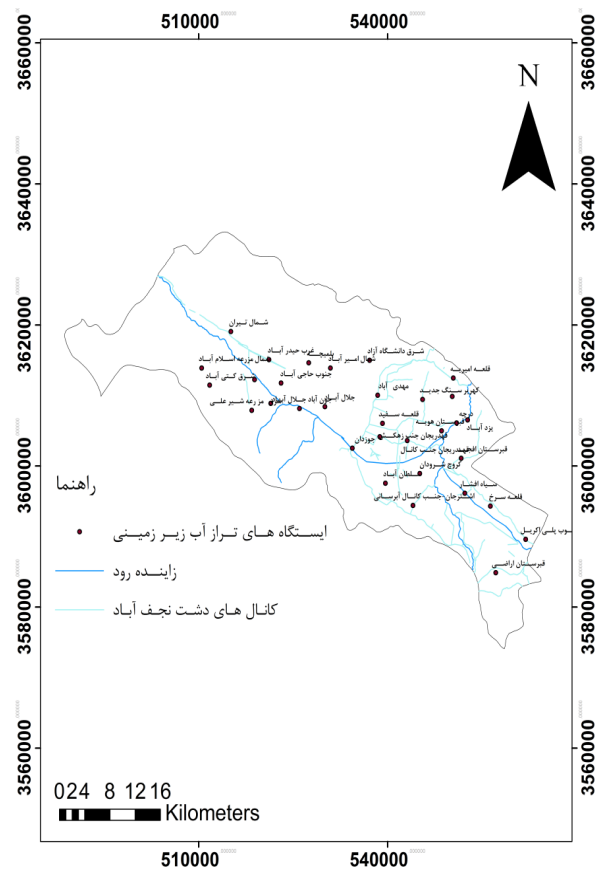
منبع	درجه آزادی	X^2 محاسباتی	X^2 جدول	معناداری
X^2 -total	۳۹۶	۳۶۷۶۷۳	۴۴۲۹۷	معنادار
X^2 homog	۳۹۵	۱۹۲۱۶۲	۴۴۱۹۱	معنادار
X^2 -season	۱۱	۱۷۷	۱۹۶۸	غیر معنادار
X^2 -site	۳۲	۱۸۳۱۶۵	۲۰۱۰	معنادار
X^2 site-season	۳۵۲	۷۱۰۸۶۶	۳۹۶۱۳۳	معنادار
X^2 -trend	۱	۱۷۵۵/۱۱	۳۸۴	معنادار

نجف آباد را در مهرماه سال‌های ۱۳۷۴ و ۱۳۹۱ نشان می‌دهند. همان‌طور که در این شکل‌ها دیده می‌شود، جهت حرکت آب زیرزمینی از شمال به جنوب دشت و به طور کلی در امتداد رودخانه زاینده‌رود است. اما این رودخانه طبق نقشه‌های تراز در

ایستگاه جلال آباد و ایستگاه‌های اطراف مهدی آباد به دلیل احداث سد خمیران، اجرای طرح آبیاری تحت فشار، و انتقال آب قنات جلال آباد به منطقه روند نزولی تراز آب زیرزمینی نداشتند. شکل‌های ۶ و ۷ به ترتیب نقشه تراز آب زیرزمینی دشت



شکل ۷. منحنی‌های هم‌پتانسیل آب زیرزمینی دشت نجف‌آباد در مهرماه ۱۳۹۱



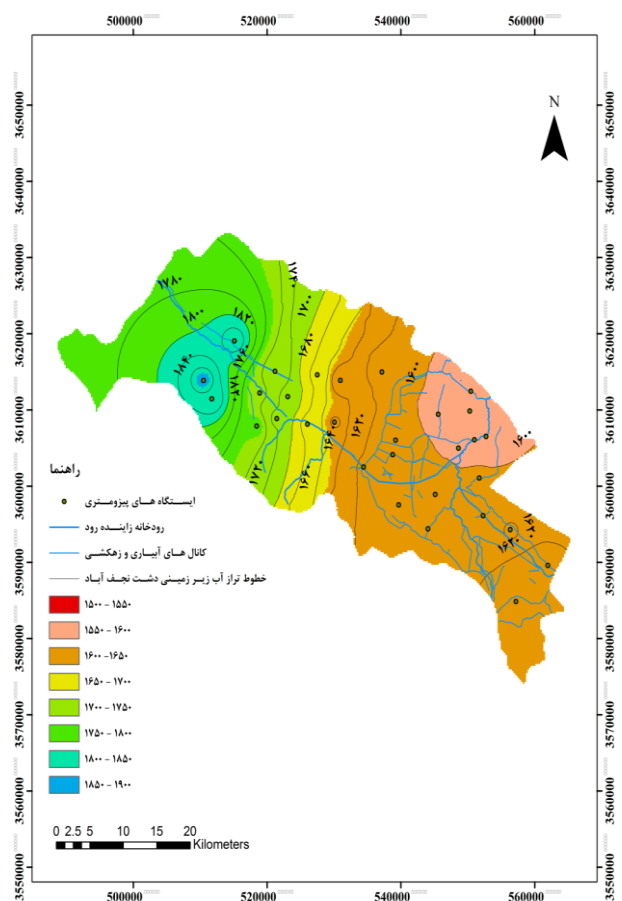
شکل ۵. نقشه روند تراز آب زیرزمینی دشت نجف‌آباد در اردیبهشت‌ماه

شمال غربی دشت (به دلیل وجود رشته‌کوه‌هایی مانند کوه سنجر، چشمه، لاسیمان، و صالح در این منطقه) مانند یک زهکش و در جنوب و به طور کلی در محل شبکه‌های آبیاری و زهکشی مانند یک تغذیه‌کننده عمل می‌کند. به همین دلیل خشک‌سالی رودخانه بر شمال غربی این دشت کمتر از مکان شبکه‌های آبیاری و زهکشی تأثیر داشته است.

طبق نقشه‌های پهنه‌بندی، که برای این دشت تهیه شده است، تراز آب زیرزمینی ایستگاه‌هایی که در محل شبکه‌های آبیاری و زهکشی قرار دارند- مانند ایستگاه‌های کهریز سنگ جدید، قلعه سفید، قهدریجان جنب زهکش، قهدریجان جنب کانال و جنوب شرق تیرانچی- از تراز ۱۶۵۰-۱۶۰۰ در سال ۱۳۷۴ به تراز ۱۵۵۰-۱۵۰۰ در سال ۱۳۹۱ افت پیدا کرده است که بیانگر افت ۸۰ تا ۱۰۰ متری در دوره مورد بررسی یا افت سالیانه ۲/۹۴ تا ۵/۸۸ متری در این ایستگاه‌هاست و وضعیت وخیمی را برای این منطقه رقم زده است.

نتایج آزمون پتیت

جدول‌های ۴ و ۵ نشان می‌دهد بیشترین پرش رو به پایین (۲۷/۸۴٪) در سال ۱۳۸۱ رخ داده است که در سال‌های آغاز خشک‌سالی زاینده‌رود است. به طور کلی، بیشترین پرش رو به پایین در سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۲ و سال ۱۳۸۶ رخ داده است که در سال‌های آغاز خشک‌سالی زاینده‌رود است. بیشتر این



شکل ۶. منحنی‌های هم‌پتانسیل آب زیرزمینی دشت نجف‌آباد در مهرماه ۱۳۷۴

سبز نشان‌دهنده میانگین بعد از پرش است. همان‌طور که نمودارهای شکل ۳ نشان می‌دهند، در بعضی ایستگاه‌ها تفاوت دو میانگین بین ۵۰ تا ۱۰۰ متر است؛ مثلاً، تفاوت این دو میانگین برای ایستگاه کهرپز سنگ جدید ۵۲ متر است که در سال ۱۳۷۹ رخ داده است.

پرش‌ها در محل شبکه‌های آبیاری و زهکشی رخ داده که با توجه به نقشه تراز آب زیرزمینی نشان‌دهنده تأثیر این رودخانه در منطقه است.

شکل ۳ نمودارهای آزمون پتیت را نشان می‌دهد. نقطه چین قرمز نشان‌دهنده میانگین قبل از پرش و نقطه چین

جدول ۴- نتایج آزمون پتیت برای متغیر تراز آب زیرزمینی دشت نجف آباد (۱۳۹۱-۱۳۷۴).

نام ایستگاه	ماه	کمترین تراز	بیشترین تراز	میانگین	انحراف معیار	K	سال پرش در میانگین	مقدار P	سطح معنی داری	میانگین بخش اول	میانگین بخش دوم	اختلاف
اشترجان	فروردین	۱۵۶۹/۱۵۰	۱۶۱۵/۳۳۰	۱۵۹۸/۰۰۴	۱۵/۲۴۸	۶۴	۱۳۸۱	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۵	۱۶۱۱	۱۵۸۵	۲۶
اشترجان	شهریور	۱۵۵۲/۲۸۰	۱۶۱۴/۵۰۰	۱۵۹۱/۴۶۵	۱۹/۳۴۰	۷۲	۱۳۸۱	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۵	۱۶۰۸	۱۵۷۷	۳۱
جنوب پلی اکریل	اردیبهشت	۱۵۹۰/۲۱۰	۱۶۲۳/۴۷۰	۱۶۰۶/۲۰۶	۱۳/۲۰۸	۴۹	۱۳۸۱	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۵	۱۶۱۸	۱۵۹۵	۲۳
جنوب پلی اکریل	آبان	۱۵۸۹/۹۶۰	۱۶۲۴/۳۵۰	۱۶۰۶/۱۴۵	۱۳/۷۵۱	۴۹	۱۳۸۰	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۵	۱۶۱۸	۱۵۹۴	۲۴
جنوب شرقی تیرانچی	اسفند	۱۵۵۰/۲۶۰	۱۵۹۳/۳۶۰	۱۵۷۰/۸۸۹	۱۳/۷۵۱	۷۰	۱۳۷۹	۰/۰۰۱	۰/۰۵	۱۵۸۷	۱۵۶۳	۲۴
جنوب شرقی تیرانچی	شهریور	۱۵۳۹/۲۱۰	۱۵۸۳/۲۱۰	۱۵۵۸/۷۱۰	۱۵/۴۰۳	۷۰	۱۳۷۹	۰/۰۰۳	۰/۰۵	۱۵۷۷	۱۵۵۰	۲۷
جوزدان	مرداد	۱۵۹۰/۲۷۰	۱۶۱۸/۰۸۰	۱۶۰۲/۷۸۶	۱۰/۰۹۵	۵۵	۱۳۷۸	۰/۰۰۵	۰/۰۵	۱۶۱۶	۱۵۹۷	۱۹
جوزدان	آبان	۱۵۸۸/۰۶۰	۱۶۲۰/۶۶۰	۱۶۰۳/۲۳۲	۱۰/۷۶۰	۶۰	۱۳۷۸	۰/۰۰۶	۰/۰۵	۱۶۱۷	۱۵۹۸	۱۹
درچه	فروردین	۱۵۹۱/۸۳۰	۱۵۹۴/۰۳۰	۱۵۹۲/۹۳۸	۰/۵۸۵	۶۵	۱۳۷۸	۰/۰۰۸	۰/۰۵	۱۵۹۴	۱۵۹۳	۱
درچه	شهریور	۱۵۸۹/۷۸۰	۱۵۹۴/۰۷۰	۱۵۹۲/۶۴۸	۱/۰۹۹	۵۱	۱۳۷۸	۰/۰۱۶	۰/۰۵	۱۵۹۴	۱۵۹۲	۲
سیاه افشار	فروردین	۱۵۷۳/۸۸۰	۱۶۱۵/۸۵۰	۱۵۹۹/۳۵۸	۱۳/۸۱۲	۸۰	۱۳۸۱	۰/۰۰۰	۰/۰۵	۱۶۱۲	۱۵۸۹	۲۳
سیاه افشار	شهریور	۱۵۵۵/۷۵۰	۱۶۱۵/۱۱۰	۱۵۹۰/۷۴۱	۱۹/۹۹۰	۸۰	۱۳۸۱	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۵	۱۶۰۹	۱۵۷۶	۳۳
قبرستان اراضی	فروردین	۱۵۸۷/۸۴۰	۱۶۳۷/۲۳۵	۱۶۱۶/۶۲۸	۱۶/۱۳۱	۸۰	۱۳۸۱	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۵	۱۶۳۲	۱۶۰۵	۲۷
قبرستان اراضی	شهریور	۱۵۷۳/۸۴۰	۱۶۳۵/۵۷۵	۱۶۱۲/۳۰۹	۱۹/۵۲۸	۶۴	۱۳۸۱	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۵	۱۶۲۸	۱۵۹۷	۳۱
قبرستان افجد	مرداد	۱۵۸۷/۴۳۰	۱۶۰۲/۲۰۰	۱۵۹۴/۸۵۸	۴/۵۱۴	۶۰	۱۳۷۹	۰/۰۰۶	۰/۰۵	۱۶۰۰	۱۵۹۳	۷
قبرستان افجد	شهریور	۱۵۸۴/۷۳۰	۱۶۰۲/۳۳۰	۱۵۹۵/۰۶۸	۵/۱۹۳	۷۲	۱۳۷۹	۰/۰۰۲	۰/۰۵	۱۶۰۱	۱۵۹۲	۹
قلعه سفید	فروردین	۱۵۳۷/۷۳۰	۱۶۰۴/۳۵۰	۱۵۷۳/۴۹۴	۲۴/۰۰۴	۶۰	۱۳۷۹	۰/۰۰۱	۰/۰۵	۱۶۰۰	۱۵۵۷	۴۳
قلعه سفید	شهریور	۱۵۳۲/۱۶۰	۱۶۰۷/۲۸۰	۱۵۷۴/۰۶۴	۲۵/۹۵۴	۶۳	۱۳۸۲	۰/۰۰۰	۰/۰۵	۱۵۹۶	۱۵۵۷	۳۹
قهدریجان جنب زهکش	اردیبهشت	۱۵۴۲/۶۰۰	۱۵۹۴/۷۶۰	۱۵۶۷/۶۹۷	۱۲/۷۴۳	۳۶	۱۳۸۷	۰/۰۱۲	۰/۰۵	۱۵۷۵	۱۵۵۲	۲۳
قهدریجان جنب کانال	فروردین	۱۵۴۳/۱۲۰	۱۶۰۷/۰۸۰	۱۵۷۵/۸۳۲	۲۱/۶۸۹	۷۶	۱۳۸۱	۰/۰۰۱	۰/۰۵	۱۵۹۵	۱۵۶۰	۳۵
قهدریجان جنب کانال	شهریور	۱۵۳۸/۰۱۰	۱۶۰۷/۲۶۰	۱۵۷۲/۲۹۰	۲۱/۷۶۴	۷۴	۱۳۸۱	۰/۰۰۱	۰/۰۵	۱۵۹۱	۱۵۵۸	۳۳
کروچ شروان	اردیبهشت	۱۵۹۷/۱۴۰	۱۶۱۰/۳۴۰	۱۶۰۳/۱۱۴	۴/۰۸۰	۶۶	۱۳۷۹	۰/۰۰۱	۰/۰۵	۱۶۰۹	۱۶۰۱	۸
کروچ شروان	مهر	۱۵۹۴/۴۱۰	۱۶۱۰/۵۹۰	۱۶۰۳/۰۰۶	۵/۱۲۸	۵۵	۱۳۷۸	۰/۰۰۵	۰/۰۵	۱۶۰۹	۱۶۰۰	۹
کهرپز سنگ جدید	فروردین	۱۵۲۹/۱۳۰	۱۶۰۱/۶۰۰	۱۵۶۳/۴۸۸	۲۷/۶۰۵	۶۰	۱۳۷۹	۰/۰۰۱	۰/۰۵	۱۵۹۶	۱۵۴۴	۵۲
کهرپز سنگ جدید	شهریور	۱۵۳۱/۸۶۰	۱۵۹۸/۸۲۰	۱۵۶۴/۷۵۳	۲۲/۳۸۴	۶۰	۱۳۷۹	۰/۰۰۱	۰/۰۵	۱۵۹۱	۱۵۴۹	۴۲

جدول ۵- سال‌های پرش در آزمون پتیت برای متغیر تراز آب زیرزمینی دشت نجف آباد (۱۳۹۱-۱۳۷۴).

پرش سال	تعداد	درصد
۱۳۸۱	۲۷	۲۷/۸۴
۱۳۷۹	۲۴	۲۴/۷۴
۱۳۷۸	۱۸	۱۸/۵۶
۱۳۸۰	۱۵	۱۵/۴۶
۱۳۸۲	۸	۸/۲۵
۱۳۸۳	۳	۳/۰۹
۱۳۸۷	۲	۲/۰۶

نتایج بررسی روند بارش

روند بارش سالیانه نشان می‌دهد روند غیر معنادار رو به پایین در این بازه زمانی در داده‌ها وجود دارد و با آزمون پتیت بر این سری داده‌ها مشخص می‌شود در سال ۱۳۸۵ در داده‌های بارندگی پرش غیر معنادار رو به پایین رخ داده است. این پرش با خشک شدن زاینده رود روی بعضی ایستگاه‌ها با تأخیر یک تا دو سال تأثیرگذار بوده است.

نتیجه‌گیری

زهکشی روی داده است. بنابراین تأثیرگذارترین عامل افت تراز آب زیرزمینی دشت نجف‌آباد خشک‌شدن رودخانه زاینده‌رود و به تبع آن برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی بوده است؛ به‌ویژه در محل شبکه‌های آبیاری و زهکشی. در مکان‌های دور از این شبکه‌ها افت معنادار وجود نداشت. افت آب زیرزمینی در این منطقه اگر با همین روند پیش رود، بدون شک باعث بحران‌های اجتماعی و اقتصادی خواهد شد. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد دشت نجف‌آباد با حداکثر افت ۵/۹۲- متر در سال (ایستگاه کهریز سنگ جدید) در مقایسه با سایر دشت‌های کشور، از جمله دشت اردبیل که بیشترین مقدار افت آن ۱/۹۳- متر در سال بوده است (Vousoughi, 2013)، وضعیت وخیمی دارد. نتایج آزمون پتیت نشان داد بیشترین تغییر در تراز آب زیرزمینی بین سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۱ رخ داده است. در این سال‌ها رودخانه زاینده‌رود خشک شده بود و ایستگاه‌های واقع در شبکه‌های آبیاری و زهکشی بیشترین پرش را در این سال‌ها داشتند. همچنین نمودار آزمون پتیت نشان می‌دهد در بعضی چاه‌های واقع در این منطقه افتی برابر ۵۰ تا ۱۰۰ متر در این سال‌ها رخ داده است که نشان می‌دهد با خشک‌شدن رودخانه زاینده‌رود فاجعه‌ای در منطقه رخ داده است. از راهکارهای مفید در این زمینه می‌توان به احیای زاینده‌رود، افزایش راندمان آبیاری، و جلوگیری از پمپاژ در مسیر رودخانه اشاره کرد.

در این مطالعه روند تغییرات تراز آب زیرزمینی در مقیاس زمانی ماهیانه در منطقه دشت نجف‌آباد در خلال سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۳۷۴ با استفاده از آزمون ناپارامتری من- کندال پس از حذف اثر خودهمبستگی مرتبه اول از سری داده‌ها بررسی شد. همچنین شیب روند برای همه سری داده‌ها با روش تخمینگر Sen تعیین شد. شدیدترین روند منفی با آماره Z معادل ۵/۱۲- مربوط به ایستگاه سیاه‌افشار در محل شبکه‌های آبیاری و زهکشی بود. نتایج نشان داد در همه ماه‌های سال روند تغییرات تراز آب زیرزمینی در سطح معناداری ۵ درصد همگن است؛ ولیکن این موضوع در خصوص ایستگاه‌ها صادق نیست. نتایج نقشه‌های روند نشان می‌دهد بیشترین افت معنادار در مکان شبکه‌های آبیاری و زهکشی روی داده است. همچنین در قسمت‌های شمال غربی دشت رودخانه نقش زهکش و در محل شبکه‌های آبیاری و زهکشی رودخانه نقش تغذیه‌کننده دارد. در بعضی نقاط در محل شبکه‌های آبیاری و زهکشی افت سالیانه ۲/۴۷ تا ۵/۸۸ متر بود که باعث افت ۵۰ تا ۱۰۰ متری در دوره هفده‌ساله بررسی‌شده و به‌ویژه بعد از خشک‌شدن زاینده‌رود شده است. طبق پژوهش‌های قبلی، افت تراز آب زیرزمینی معلول افت بارندگی و دما نیست (Gandomkar, 2011). با توجه به نتایج آزمون من- کندال، آزمون‌های همگنی، نقشه‌های روند، و نقشه‌های تراز بیشترین افت در محل شبکه‌های آبیاری و

REFERENCES

- Chitsazan, M., Mirzaee, Y., M. Behzad, H.M., Ghafari, H.R., Mousavi, M., (2009). Drought impact on the quantity and quality of groundwater resources Plain Khoisan. *Second National Conference*, the Second National Seminar on Drought Effects/Management (DEM), 15-16 May., Isfahan, Iran, pp.105-116. (In Farsi)
- D. Vousoughi, F., Dinpashoh, Y., Aalami, M. T., Jhahharia, D. (2013). Trend analysis of groundwater using non-parametric methods (case study: Ardabil plain). *Journal of Stoch Environ Res Risk Assess*, 27, 547-559.
- Gandomkar A, 2011, Investigating the precipitation and temperature change procedure in Zayanderood watershed, *World Academy of Science, Engineering and Technology* 5: 43-47.
- Hamed KH, Rao AR, 1998, A modified Mann-Kendall trend test for autocorrelated data, *Journal of Hydrology* 204: 182-196.
- Jahanbakhsh, S. and Karami, F. (2009). *Relationship between drought and groundwater resources of Tabriz plain*. Final report of research project, Tabriz university. (In Farsi)
- Karami, F. and B.Khatibi, M. (2009). *Drop impact on groundwater resources*. Final report of research project, Tabriz university. (In Farsi)
- Kendall MG, (1975), Rank Correlation Measures. Charles Griffin, London.
- Kumar S, Merwade V, Kam J and Thurner K, 2009, Stream flow trends in Indiana: Effects of long term persistence, precipitation and subsurface drains, *Journal of Hydrology*, 374:171-183.
- Lee JY, Yi MJ, Moon SH, Cho M, Won JH, Ahn KH and Lee JM, (2007), Causes of the changes in groundwater levels at Daegu, Korea: the effect of subway excavations, *Bull Eng Geol Environ* 66, 251-258.
- Li D, Xie H and Xiong L (2014), Temporal change analysis based on data Characteristics and nonparametric test, *Water resource management*, 28,227-240.
- Mann HB, (1945), Non-parametric test against trend. *Econometrica* 13, Mathsci Net, Pp. 245-259.
- Panda K, Mishra A, Jena SK, James BK, Kumar A, (2007), The influence of drought and anthropogenic effects on groundwater levels in Orissa, India. *Journal of Hydrology* 343, 140-153.
- Partal T and Kahya E, (2006), Trend in Turkish precipitation data, *Hydrol. Process.* 20,2011-2026.
- Theil H, (1950), A rank invariant method of linear and Polynomial regression analysis Part3 Netherlands

- Akademic van wettenschappenproceedings, 53, 1379-1412.
- Sen Pk, (1966), Estimates of the regression coefficients based on kendall's tau, *Journal of the American Statistical Association* 63, 1379-1389.
- Van Belle G and Hughes JP, (1984), Nonparametric tests for trend in water quality, *Water Res. Res.* 20(1), 127-136.
- Xu, Z.X., Takeuchi, K. and Ishidaira, H. 2003. Monotonic trend and step changes in Japanese precipitation. *Journal of Hydrology*, 279, 144-150.
- Zarenistanak M, Dhorde1 AG and Kripalani RH, (2014), Trend analysis and change point detection of annual and seasonal precipitation and temperature series over southwest Iran, *Earth System Science* 123,281-295.
- Zhang W, Yan Y, Zheng J, Li L, Dong X and Cai H, (2009), Temporal and spatial variability of annual extreme water level in the Pearl River Delta region, China, *Global and Planetary Change* 69, 35-47.