

بررسی روند تغییرات سالانه، فصلی و ماهانه تراز آب‌های زیرزمینی (مطالعه موردی: زیرحوضه میقان)

طاهره انصافی مقدم^{۱*}

۱- نویسنده مسئول، استادیار، بخش تحقیقات بیابان، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران،

پست الکترونیک: ensafi@rifr-ac.ir

تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۸/۲۱

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۱/۳۰

چکیده

در مطالعه حاضر، تغییرات زمانی و مکانی تراز آب زیرزمینی در نه قنات (کانال‌های زیرزمینی) زیر حوضه میقان در منطقه اراک به صورت کمی مورد بررسی قرار گرفت. در این روش ارزیابی، سری زمانی داده‌های تولید شده سال‌های آبی (۱۳۹۰-۱۳۶۵) دفتر مطالعات منابع آب، اداره کل امور آب استان مرکزی جمع‌آوری شده و با کمک نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی مورد پردازش و تجزیه تحلیل قرار گرفت. در این روش ابتدا سری‌های زمانی داده‌های میانگین دبی و برداشت از قنات به صورت روزانه، ماهانه و سالانه، جمع‌آوری شده، تنظیم و مورد پایش قرار گرفت. سپس روند تغییرات تراز آب همه چاه‌های مورد بررسی در طی ۲۶ سال مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفته و با استفاده از روش‌های آماری-ترسیمی روندیابی شد. سپس روند تغییرات تراز آب همه چاه‌های مورد بررسی به ترتیب و با استفاده از روش‌های آماری-ترسیمی در سری‌های زمانی ۲۶ ساله تعیین شد. از روش‌های رگرسیون خطی و آماره من-کندل برای آزمون معنی‌داری روند تغییرات سری چاه‌ها و یا آبخوان‌های مربوط به قنات‌ها استفاده شد. در ادامه با استفاده از نرم افزار ARC GIS، درون‌یابی نقاط بر روی نقشه، انجام و نقشه‌های مربوطه تهیه گردید. نتایج نشان داد مطابق هیدروگراف ۲۶ سال، تراز آب زیرزمینی به شدت کاهش یافته است. اطلاعات هیدروژئولوژیکی موجود، افت شدید تراز آب آبخوان را در سال‌های اخیر نشان داده است. حداکثر میزان افت در قسمت‌های مرکزی زیر حوضه میقان مشاهده شده است. مهمترین دلایل افزایش میزان تراز آب‌های زیرزمینی، مدیریت نادرست و برداشت بی‌رویه منابع آب زیرزمینی توسط کشاورزان و همچنین کاهش مکرر بارش است.

واژه‌های کلیدی: آبخوان، تراز آب زیرزمینی، زیر حوضه میقان اراک، قنات.

مقدمه

پس از یخچال‌ها، منابع آب زیرزمینی دومین منبع مهم آب شیرین موجود در جهان هستند. پیش‌بینی سازمان‌های جهانی نشان می‌دهد که تا سال ۲۰۲۵ بسیاری از کشورهای جهان به ویژه در دو منطقه کاملاً خشک جهان یعنی خاورمیانه و آفریقای شمالی به شدت با مشکل کمبود آب مواجه خواهند شد. فشار مضاعف به سفره آب‌های زیرزمینی توسط چاه‌های بهره‌برداری مجاز و غیرمجاز موجب شده که میزان تغذیه از راه‌های مختلف نتواند با مقدار برداشت به تعادل برسد و موجب بیلان منفی آب زیرزمینی دشت شده و افت سطح آب

زیرزمینی، کاهش حجم مخازن آنها، کاهش آبدهی چاه‌ها، چشمه‌ها، قنات‌ها، جابه‌جایی و کف‌شکنی چاه‌ها و افزایش هزینه پمپاژ از عمق، فرونشست زمین و کاهش غیرقابل برگشت حجم آبخوان را در بیشتر مناطق موجب شود (Specialized parent company of Iranian Water Resources Management Company, 2008).

در کشور ایران، منابع آب زیرزمینی به‌عنوان یکی از مهمترین منابع تأمین آب مورد نیاز برای بخش کشاورزی، شرب و صنعت از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. کشاورزی با اختصاص سهم ۹۵ درصدی و برداشت بیش از ۸۰ درصد آن

به وسیله پمپاژ از درون چاه ها بالا کشیده شده است. موتور پمپ ها رگه های درونی زمین را نیز متلاشی کرده و شبکه های درون زمین را از بین برده اند. فاجعه در استان های کرمان در دشت زرنند و رفسنجان منجر به تغییر کیفیت آب چاه ها از شوری به تلخی گردیده است. زمانی که در دل زمین آبی نباشد طبعاً در قناتها هم آبی وجود ندارد» (KWC, 2013).

« این نوع تغییرات سطح آب، شامل دوره های ماهانه و یا چندین ساله یا بیشتر از آن است. دوره هایی از سال های خشک و مرطوب که طی آن مقدار بارش بیشتر یا کمتر از میانگین بوده و می تواند نوسانهای درازمدت سطحی را به وجود بیاورد. اگر استخراج آب های زیرزمینی در سطح حوضه بیشتر از مقدار تغذیه باشد ممکن است روند افت سطح آب های زیرزمینی برای سال ها ادامه پیدا کند. به عنوان مثال استفاده بیش از یک قرن از سفره آبدار ماسه سنگ در منطقه متروپلتن شیکاگو باعث افت سطح پیرومتریکی حداکثر تا ۱۸۰ متر گردیده است» (Pars Geology site, 2014).

بر مبنای اطلاعات ثبت شده از سال ۲۰۰۳ توسط ماهواره های گراس، بیان شده که در بخش های سوریه، عراق و ایران در امتداد حوزه رودخانه های دجله و فرات، به علت ضعف مدیریت، افزایش تقاضا برای منابع آب زیرزمینی (هزاران چاه حفر شده در عراق) و آثار خشکسالی سال ۲۰۰۷ (کاهش ذخایر برف کوه ها و خشک شدن خاک)، حدود ۱۴۴ کیلومتر مکعب از مجموع منابع آب شیرین ذخیره شده از دست رفته است. این میزان منابع آب شیرین از دست رفته، دومین کاهش سریع ذخیره آب زیرزمینی پس از هند محسوب شده و به اندازه حجم آب دریای مرده است (Sadeghi & Asayesh., 2016).

در این زمینه در ایران و دیگر نقاط جهان مطالعات فراوان و مشابهی انجام شده است. Lashkari Pour و همکاران (۲۰۰۶) به این نتیجه رسیدند که افت شدید عمق آب زیرزمینی در دشت کاشمر سبب ایجاد پدیده نشست و شکاف و ترک های طولی در سطح زمین شده است. از دیگر مطالعات انجام شده می توان به یافته های Nakhaei & Mahdloo Torkmani (۲۰۱۱) اشاره کرد.

از منبع آب زیرزمینی نقش عمده ای در تغییرات کمی و کیفی آبخوان ها دارد (Ahmadi and Sedghamiz, 2007).

«پدیده بیابانزایی یک مشکل بحرانی در آب و هوای خشک است. تالاب ها، پلایاها و دریاچه های کم عمق از مناظر طبیعی عمده در حوضه های بسته ایران هستند که تحت تأثیر عوامل زمین ساختی و آب و هوایی در طول دوره های پلیستوسن و هولوسن تشکیل شده اند. به علت تغییرات آب و هوایی، کمبود بارش، فعالیت های انسانی و سوء مدیریت منابع آب، ورودی آب کاهش یافته و موجب خشکی فصلی یا دائمی شده است. خشکسالی به رسوبگذاری مواد معدنی و نمک محلول در آب تالاب منجر شده و تالاب را به بیابان تبدیل کرده است. میقان، حوضه آبریزی با مساحت حدود ۵۵۲۸ کیلومتر مربع است که با کاهش آب و پدیده بیابانزایی مواجه شده است. تالاب میقان در شمال شرق اراک در دشت فراهان واقع شده است. مساحت آن از حدود ۱۰۰ تا ۱۱۰ کیلومتر مربع متغیر است. حوضه میقان در امتداد خطوط گسل ساخته شده است و آب آن شور است. ارتفاع آن از سطح دریا ۱۶۶۰ متر است و از دو بخش تشکیل شده است: منطقه کوهستانی و دشت رسوبی» (Ghahroudi Tali et al., 2012).

« بر اساس نتایج حاصل از مطالعات در منطقه، بالا رفتن سطح زیر کشت، و معضلاتی همچون برداشت بی رویه از منابع آب زیرزمینی از طریق حفر چاه های غیرمجاز و غیر قانونی عدم بهره برداری مناسب از منابع آب در بخش کشاورزی و صنعت از مهمترین دلایل کاهش سطح آب سفره های زیرزمینی و زوال منابع آب در مناطق خشک به شمار می رود. در گذشته در مناطق خشک کشور مانند استان های یزد، کرمان، خراسان جنوبی، سیستان و بلوچستان، فارس و هرمزگان، قنات مهمترین عامل آبیاری بوده ولی امروزه متأسفانه حلقه قنات های قابل ملاحظه ای در این استان ها دیده نمی شود. مگر قنات هایی که به علت دارا بودن آب فراوان توانسته اند در مقابل برداشت بی رویه از سفره های زیرزمینی مقاومت کرده و خشک نشوند. در طی دهه های اخیر متأسفانه تعداد چاه های عمیق به شکل بی رویه ای افزایش پیدا کرده اند. آبی که قرن ها در سفره های زیرزمینی تجمع یافته بود در عرض ۳۰ سال

بررسی به چهار واحد آبیاری تقسیم شد. نتایج تحقیق آنان نشان داد که عمق آب زیرزمینی در ناحیه آبیاری شماره ۲ در طول ۱۶ سال آینده ۲/۶ متر نزول خواهد داشت. نتایج تحقیق آنان بیانگر این مطلب بود که افزایش برداشت در طولانی مدت باعث افت سطح ایستایی تا حدود ۵ متر خواهد شد و میزان شوری آب زیرزمینی در بلندمدت افزایش پیدا خواهد کرد.

Chitsazan و همکاران (۲۰۰۹) به بررسی تأثیر خشکسالی بر کیفیت و کمیت منابع آب زیرزمینی دشت خویس در شمال خوزستان پرداختند. آنان برای تحلیل زمانی از هیدروگراف واحد دشت و برای تحلیل مکانی از سامانه اطلاعات جغرافیایی و برای بررسی کیفی منابع آب زیرزمینی از کموگراف دشت استفاده کردند. نتایج تحقیق آنان مؤید تأثیر خشکسالی اخیر روی نزول عمق آب زیرزمینی و پایین آمدن کیفیت آبخوان مورد مطالعه بود.

Fattahi (۲۰۰۹) به بررسی روند بیابان‌زایی در استان قم با استفاده از داده‌های هیدرومتری و هواشناسی پرداخت. نتایج تحقیق وی نشان داد که میزان افت عمق آب زیرزمینی در دشت قم تا قبل از احداث سد ۱۵ خرداد به‌طور متوسط حدود ۰/۵ متر در سال بوده و بعد از احداث سد یادشده، به‌طور متوسط به ۱/۴ متر در سال افزایش یافت. به‌علاوه بیابان آب زیرزمینی نیز کاهش قابل توجهی را نشان می‌دهد.

Shafiei Motlagh (۲۰۰۹) خطر بحران منابع آب ناشی از کاهش شدید بارش و روش‌های غلط آبیاری و برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی را در آینده پیش‌رو نگران‌کننده توصیف می‌کند.

Akbari و همکاران (۲۰۰۹) افت سطح آب‌های زیرزمینی آبخوان دشت مشهد را با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی مورد بررسی قرار دادند. به‌منظور انجام این پژوهش، آماره ۷۰ حلقه چاه مشاهده‌ای در طی ۲ دوره ۱۰ ساله (۷۶-۱۳۶۶ و ۱۳۷۷-۱۳۷۷) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تحقیق نشان داد که عمق آب زیرزمینی در بخش‌های مرکزی و غربی آبخوان تا ۳۰ متر افت داشته است، یعنی به‌طور متوسط هر ساله ۶۰ سانتی‌متر سطح آب افت داشته است.

Mohammadi Ghaleni و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی

Azizi (۲۰۰۳) ارتباط خشکسالی‌های اقلیمی و هیدرولوژیک را در دشت قزوین مطالعه کرده و نشان می‌دهد که تعداد ناپهنجاری‌های منفی بارش طی دوره مورد مطالعه بیش از ناپهنجاری‌های مثبت بوده است و خشکسالی در آب‌های زیرزمینی با دو تا سه ماه تأخیر نسبت به خشکسالی‌های اقلیمی بروز کرده و به‌طور متوسط طی دوره مطالعاتی در هر سال ۲۵ سانتی‌متر عمق آب زیرزمینی افت داشته است.

Abdi Rahimpour-Bonab و همکاران (۲۰۱۲) با مطالعه ژئوشیمیایی رسوبات دریاچه میقان نشان داد که تغییرات آب و هوایی اواخر دوره پلیستوسن موجب شده آب و هوای سرد نسبتاً مرطوب‌تر جای خود را به آب و هوای گرم نیمه خشک با میزان تبخیر بالاتر در دوره هولوسن بدهد.

Ghahroudi Tali و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی‌های مورفوسکوپی از سطوح درونی مقاطع، شناسایی کردند که بخش خشک این تالاب قبلاً زیر آب بوده و آثار هوازگی‌های شیمیایی در مقاطع وجود دارد. آنان نتیجه گرفتند که تالاب میقان در طول تحولات اقلیمی، چنین خشکی را تجربه نکرده بوده است و اگر روند خشکی ادامه یابد این تالاب به کویری دائمی تبدیل می‌شود که امکان احیای آن وجود نخواهد داشت.

Ahmadi و Sedghamiz (۲۰۰۷) تغییرات زمانی و مکانی نوسانهای ماهانه عمق آب زیرزمینی را در ۳۹ چاه پیزومتری در طول ۱۲ سال (۱۹۹۳-۲۰۰۴) بررسی کرده و تغییرات آنالیز مکانی و زمانی را به‌ترتیب ۹/۷ کیلومتر و ۷/۲ ماه مشخص کردند.

Nourani و همکاران (۲۰۰۸) تغییرات زمانی و مکانی عمق آب زیرزمینی را در دشت تبریز با استفاده از شبکه عصبی انجام دادند. آنان از ۶ نوع معماری و الگوریتم آموزشی در تعیین بهترین ساختار شبکه عصبی برای پیش‌بینی عمق آب زیرزمینی استفاده کردند. نتایج تحقیق آنان نشان داد که شبکه عصبی مصنوعی پس‌خور با الگوریتم آموزشی لونیگ-مارکوارت بهترین پیش‌بینی‌ها را در بین انواع شبکه‌ها انجام می‌دهد.

Razzaghmanesh و همکاران (۲۰۰۶) به‌منظور بررسی کمی و کیفی آب زیرزمینی دشت تبریز از مدل‌های PMWIN و MT3D استفاده کردند. در انجام این مطالعه، منطقه مورد

مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفته است. انجام این مطالعه در این حوضه آبخیز با توجه به ویژگی‌های هیدرولوژیکی زیرحوضه میقان در منطقه خشک و نیمه‌خشک کشور و با توجه به حساسیت زیاد اکولوژیکی آن می‌تواند از اولویت‌های خاصی برخوردار باشد.

مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه مورد مطالعه

زیرحوضه میقان با وسعتی در حدود ۵۴۷۵ کیلومتر مربع و با میانگین ارتفاع حدود ۱۶۰۰ متر از سطح دریاست (مرتفع ترین و پست‌ترین نقاط به ترتیب دارای ارتفاع ۲۲۰۰ متر و ۱۴۰۰ متر از سطح دریا هستند). در محدوده ۴۹ درجه و ۲۱ دقیقه و ۴۸ ثانیه تا ۵۰ درجه و ۲۵ دقیقه و ۵۲ ثانیه شرقی و عرض ۳۳ درجه و ۴۷ دقیقه و ۵۶ ثانیه تا ۳۴ درجه و ۴۴ دقیقه و ۳ ثانیه شمالی واقع شده است. در محدوده این حوزه آبخیز شهرهای اراک، آشتیان و بخش‌های گرکان، فرمهین و داوودآباد و کویر میقان قرار دارند که خود بخشی از حوزه آبخیز مرکزی ایران محسوب می‌شود. «این حوضه که پلایای میغان در آن قرار گرفته در غرب زون ایران مرکزی، در قسمت‌های مرکز و جنوب‌غربی استان مرکزی واقع شده است» (Khanjani & Qadimi, 2008). «پلایای میقان شامل دشت سیلابی و اراضی پست است، به طوری که تمام آبراه‌ها و آبهای زیرزمینی اراک به این حوضه ختم می‌شود» (Zehtabian, 2010). «حوضه میقان بر مبنای معدل بارش دوره آماری (۲۸۰/۹۶) و معدل دمای سالانه دوره ۱۳/۱۴ درجه سانتیگراد، از میانگین ضریب خشکی ۱۲/۴۴ در طول دوره آماری ۵۰ ساله برخوردار بوده و این رقم بیانگر اقلیم غالب نیمه‌خشک در طول دوره مورد بررسی می‌باشد» (Ensafi, 2013). «گزارش‌های رسوب‌شناسی این دریاچه (پلایا) تغییرات آب و هوایی مهمی را در منطقه از آب و هوای سرد نسبتاً مرطوب‌تر در اواخر دوره پلیستوسن به آب و هوای گرم نیمه‌خشک با میزان تبخیر بالاتر در هولوسن نشان می‌دهد» (Rahimpour -Bonab& Abdi, 2012).

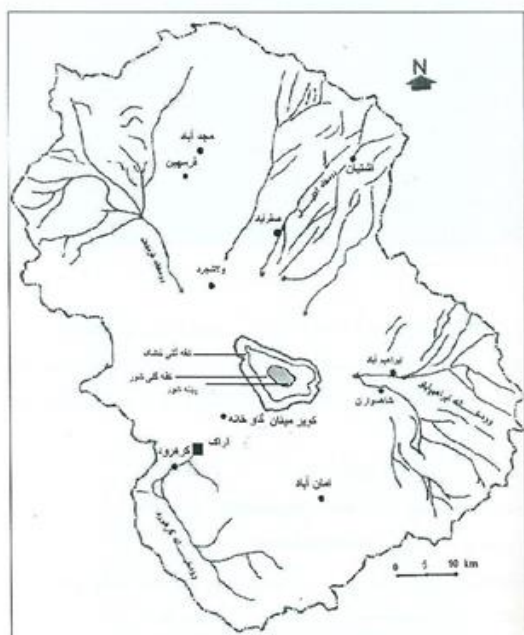
تطبیقی دو آبخوان ساوه و اراک، ضمن بررسی کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی میانگین افت عمق آب زیرزمینی را مورد محاسبه قرار داده و اثبات کردند که کیفیت آب زیرزمینی در فصول تر نسبت به فصول خشک و در چاه‌های با عمق کمتر نامطلوب‌تر است.

Azhdari (۲۰۱۴) در تحلیل اثرهای بارش و سطح پوشش برف بر سطح تراز سفره، نشان داد که بارش بیشترین اثر خود را دو ماه بعد و سطح پوشش برف بیشترین اثر خود را سه ماه بعد بر روی آب زیرزمینی نمایان می‌کند و از میان دو پارامتر سطح پوشش برف و بارش، اثر سطح پوشش برف بر سطح تراز سفره آب زیرزمینی بیشتر است. همچنین تأثیر این دو عامل بر سطح تراز سفره آب زیرزمینی ناچیز است و میزان بارش و برف حوضه نمی‌تواند برداشت و بهره‌برداری بی‌رویه از آب زیرزمینی این منطقه را جبران نماید.

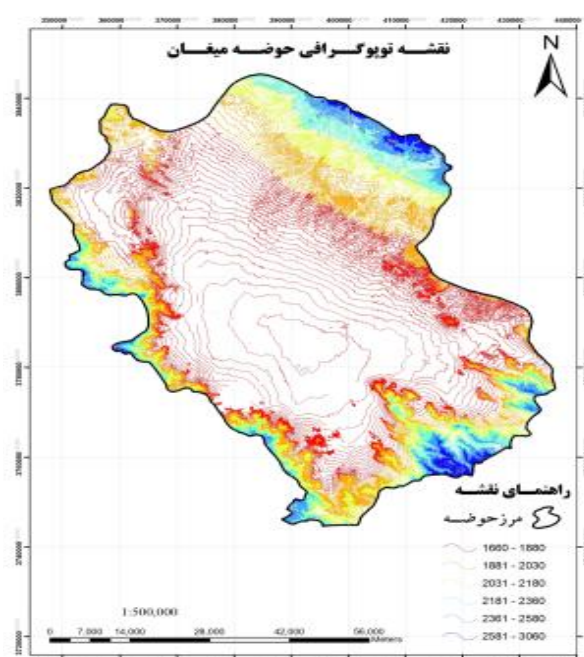
Zandifar (۲۰۱۹) استفاده صد درصدی از چشمه‌ها به همراه چاه‌ها و قنوات برای مصارف کشاورزی، شرب و صنعت را شروعی برای کسری شدید مخزن آبخوان‌ها و کاهش دبی پایه رودخانه‌ها دانست و این شرایط را از منظر مدیریت منابع آب زیرزمینی، زنگ خطری برای رودخانه‌های پایین دست و درنهایت تالاب‌ها و دشتهای مستعد ایجاد کانون‌های گردوغبار در حوضه‌های آبریز معرفی کرد.

Zandifar و همکاران (۲۰۲۰) تحلیل روند تغییرات آب زیرزمینی و ارزیابی خشکسالی آب زیرزمینی در حوزه آبریز زهره- جراحی را با استفاده از شاخص‌های خشکسالی GRI و SDI در یک دوره آماری ده ساله (۱۳۹۵-۱۳۸۵) انجام دادند. نتایج نشان داد، در بیشتر محدوده‌های مطالعاتی همبستگی بین شاخص‌های SDI و GRI وجود دارد. نتایج مقایسه بین دو نوع خشکسالی نشان می‌دهد که عوامل دیگری همچون برداشت بیش از حد از منابع آب زیرزمینی نیز در این امر موثر هستند.

در این تحقیق به منظور مقایسه تغییرات کمی آب زیرزمینی آبخوان دشت اراک داده‌های آب نه حلقه قنات نمونه انتخاب شده و تغییرات آبهای زیرزمینی در طی یک دوره بلندمدت



شکل ۲- رودخانه‌های فصلی زیرحوضه آبریز میقان



شکل ۱- نقشه توپوگرافی زیرحوضه آبریز میقان

روش تحقیق

در این تحقیق به منظور مطالعه روند تغییرات تراز آب‌های زیرزمینی در زیرحوضه میقان اراک، آمار داده‌های حجم آب زیرزمینی یک دوره طولانی مدت طی سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۱ به صورت روزانه، ماهانه و سالانه از دفتر مطالعات منابع آب اداره کل امور آب استان مرکزی تهیه شده و مورد پایش قرار گرفت. مجموعه آبخوان‌های مربوط به نه حلقه قنات، با ارائه نمودارها و جدول‌های مختلف، شرایط برداشت گستره‌های حوضه و نیز افت سطح آبهای زیرزمینی منطقه مورد ارزیابی قرار گرفته و بعد با استفاده از نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی تغییرات مکانی و زمانی تراز آب زیرزمینی ارزیابی شده است. «برای بررسی وجود روند در مجموعه‌های هیدرولوژیک روش‌های آماری پارامتری و ناپارامتری مختلفی وجود دارد، ولی در مطالعات هیدرومتئورولوژیک اغلب از روش‌های ناپارامتری استفاده می‌شود، زیرا آزمون‌های ناپارامتری برای مجموعه داده‌هایی که توزیع آماری آنها نرمال نیست و یا دارای داده‌های سانسور شده می‌باشد، مناسب‌تر

است» (Zamani et al., 2014). از این رو، مقادیر آزمون پارامتری رگرسیون خطی، آزمون‌های ناپارامتری من-کندال و سن در مجموعه‌های زمانی ماهانه، فصلی و سالانه در این دوره آماری محاسبه و نتایج آن برای تشخیص روند در مقیاس‌های زمانی سالانه و فصلی مورد استفاده قرار گرفت. به منظور تحلیل ترسیمی روند، از نتایج هر سه آزمون رگرسیون خطی و آزمون ناپارامتری من-کندال و روش ناپارامتری تخمینگر شیب سن استفاده شده است. همچنین آزمون ران-تست برای آزمون همگنی داده‌ها (Mahdavi, 2015) مورد استفاده قرار گرفت و بعد داده‌ها توسط مشخصات ایستگاه‌ها کنترل شد. رگرسیون خطی یک آزمون پارامتری است که بر مبنای آن فرض می‌شود که داده‌ها توزیع نرمال دارند و وجود روند خطی بین متغیر زمان (X) و متغیر شیب خط (Y) ارزیابی می‌شود. شیب خط رگرسیون بر مبنای رابطه (۱) و (۲) محاسبه می‌گردد.

$$a = \bar{Y} - b\bar{X} \quad (1)$$

کاهششی را نشان می دهد. مقدار آماره Z به دست آمده از رابطه فوق با مقدار Z استاندارد نرمال در سطح معنی داری α مقایسه می شود. $1/64 > Z$ در سطح معنی دار ۱۰ درصد، $1/960 > Z$ در سطح معنی داری ۵ درصد و $Z \geq 2/574$ در سطح معنی داری ۱ درصد قابل تبیین می باشد. فرض صفر (با عدم وجود روند) رد می شود» (Kendall, 1975).

نتایج

در شکل ۳، خطوط هم عمق آب زیرزمینی آبخوان های دشت اراک در فاصله سال های ۱۹۸۶ الی ۲۰۱۱ ترسیم شده است. در تصویر سمت راست (شکل ۳)، میزان برداشت آب زیرزمینی در قسمت های شمال و شمال شرقی و شرق زیرحوضه میقان کمتر از بخش های دیگر آن است. به عبارتی هر چه از شمال و شرق به طرف مرکز و غرب حرکت کنیم بر میزان برداشت آب زیرزمینی افزوده می شود.

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X}) - (Y_i - \bar{Y})}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (2)$$

آماره تک متغیره من-کندال برای یک مجموعه زمانی خاص ($N, \dots, 2, Z_{KK} = 1$) توسط رابطه (۳) تعریف می شود.

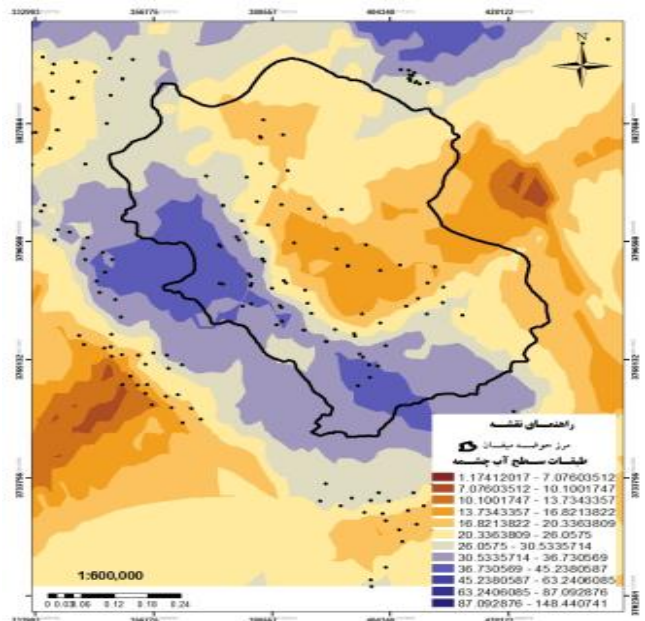
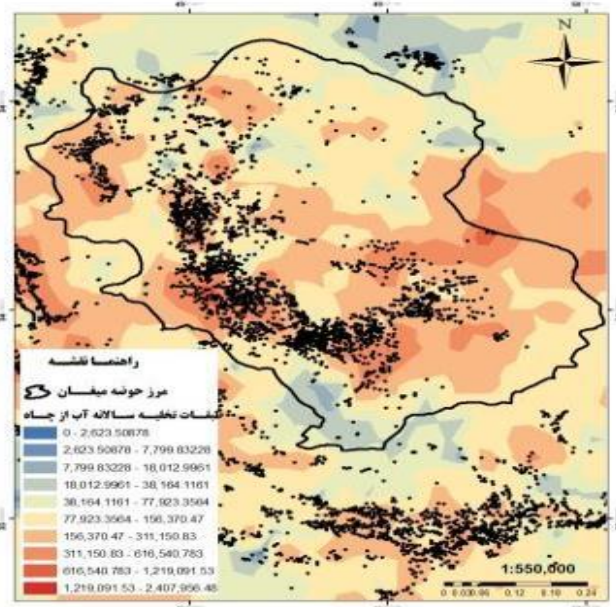
$$T = \sum_{j=1}^n \text{sgn} (Z_i - Z_j) \quad (3)$$

$$\text{sgn} (x) = \begin{cases} 1, & \text{if } x > 0 \\ 0, & \text{if } x = 0 \\ -1, & \text{if } x < 0 \end{cases}$$

در صورتی که هیچ گونه ارتباطی بین متغیرها وجود نداشته باشد و مجموعه ها بدون روند باشند، رابطه (۴) می تواند وجود داشته باشد (Yazdani و همکاران، ۲۰۱۱).

$$\text{Var} (T) = N (N-1) (2N + 5) / 18 \quad (4)$$

«مقدار مثبت Z روند افزایشی و مقدار منفی آن روند



شکل ۳: مدل رقمی سالانه طبقات برداشت از آب چاه (راست) و سطح آب چشمه ها (چپ) در طول دوره (۲۰۱۱-۱۹۸۶)

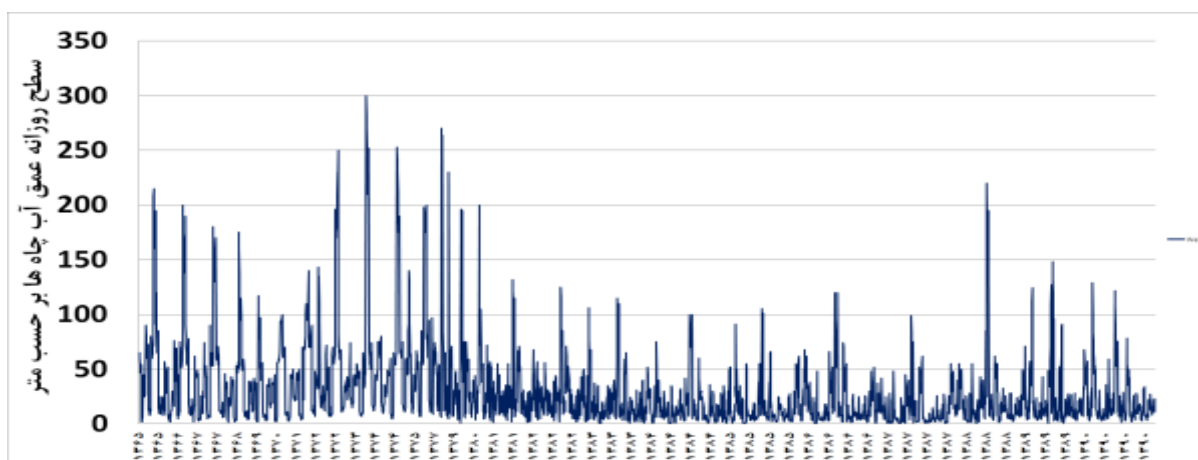
غربی محدوده مطالعاتی به چشم می خورد. قسمت مرکزی محدوده مورد مطالعه، تقریباً انتهای مسیر حرکت هر چهار رودخانه فصلی زیر حوضه میقان (آشتیان: شمال

تصویر سمت چپ (شکل ۳) تراکم چشمه ها و سطح آب را نشان می دهد. علیرغم بالانزین میزان برداشت آب، بیشترین میزان دسترسی به منابع آب در بخش جنوب

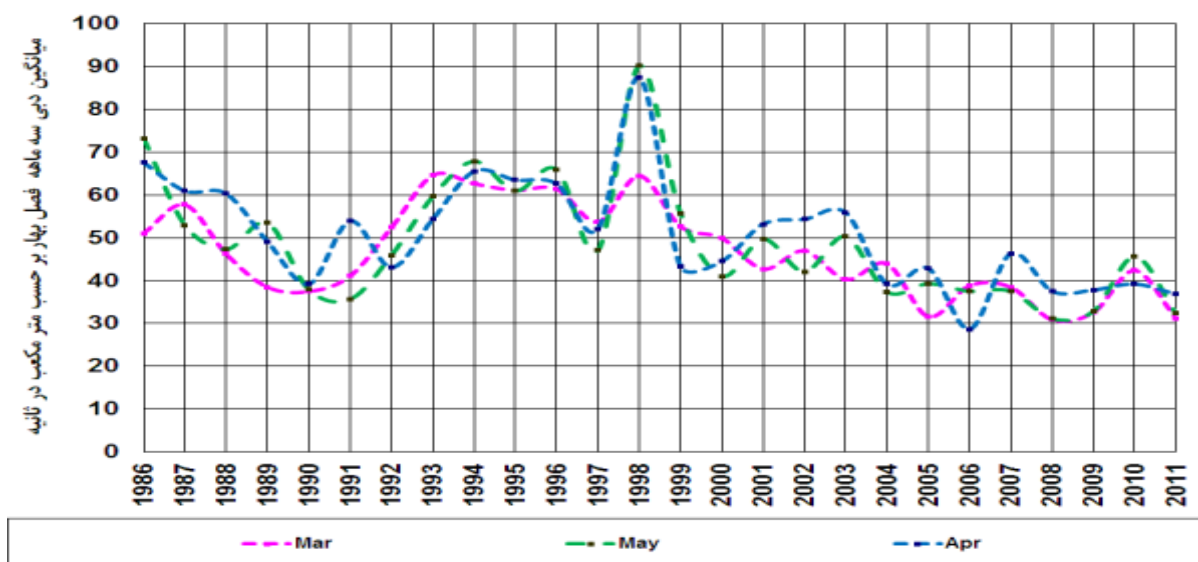
تغییرات روزانه تراز سطح آب زیرزمینی

در این بخش از مقاله نمودارهای ترسیمی روند تغییرات روزانه، فصلی و سالانه عمق آب زیرزمینی در نه حلقه قنات منتخب در حوضه میقان اراک در طی روند ۲۵ ساله از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۱ مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است. نمودار شکل ۴ تغییرات افت روزانه آب زیرزمینی چاه‌ها را در طول دوره مورد بررسی به وضوح نشان می‌دهد.

شرق، فرمهین: شمال غرب، ابراهیم آباد: جنوب شرق و کرهرود واقع در جنوب غرب منطقه مورد مطالعه) می باشد. از آنجا که قسمت مرکزی دشت اراک محل خروج آب‌های سطحی از این محدوده است، عمق آب زیرزمینی در این قسمت کمتر از سایر قسمت‌هاست. این موضوع به ارتفاع کمتر مرکز دشت نسبت به محدوده اطراف دشت اراک مربوط می‌شود.



شکل ۴- میانگین روزانه عمق آب‌های زیرزمینی در چاه‌های زیرحوضه میقان در دوره (۲۰۱۱-۱۹۸۶)



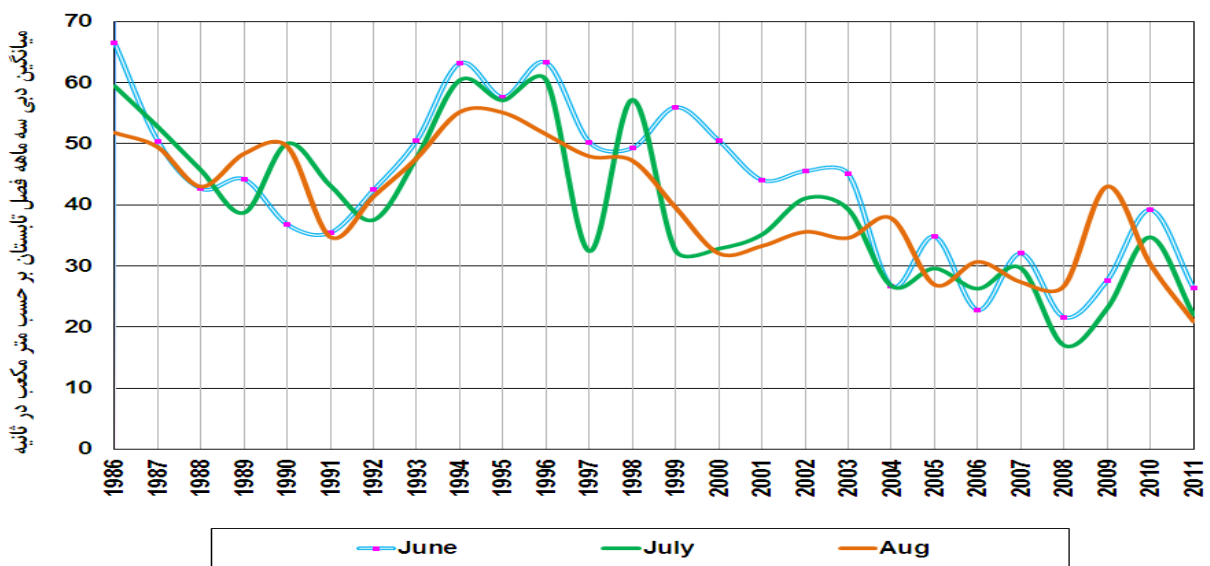
شکل ۵- روند تغییرات میانگین دبی ماهانه آب‌های زیرزمینی در فصل بهار در طول دوره (۲۰۱۱-۱۹۸۶)

تغییرات فصلی تراز سطح آب زیرزمینی

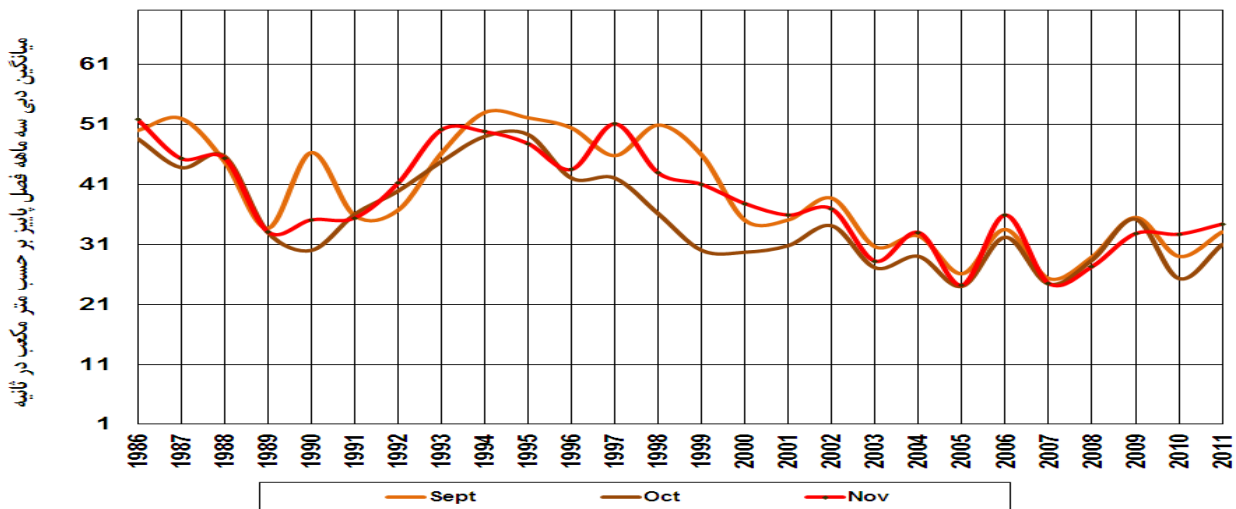
بیشتر آب‌های زیرزمینی دارای نوسان‌های فصلی می‌باشند. این نوسان‌ها بیشتر متأثر از نزولات بارش و پمپاژ آب زیرزمینی برای مصارف کشاورزی است که به خوبی با تغییرات فصلی مطابقت دارند. بالاترین عمق آب معمولاً در فصل بهار و پایین‌ترین عمق آب زیرزمینی در فصل زمستان اتفاق می‌افتد. در مناطقی که زمستان‌ها آب یخ نمی‌بندد پمپاژ آب زیرزمینی برای مصارف کشاورزی در کشت زمستانه انجام می‌شود. پایین‌ترین عمق آب زیرزمینی معمولاً

در آخرین روزهای فصل آبیاری مشاهده می‌شود. شدت و ضعف نوسان‌ها به مقدار تغذیه، میزان پمپاژ و نوع سفره بستگی دارد. معمولاً در سفره تحت فشار شدت و ضعف نوسان‌ها بیشتر از سفره آبدار آزاد می‌باشد.

به استناد شکل ۵، بالاترین سطح عمق آب زیرزمینی سه ماهه فصل بهار در دوره بلندمدت ۲۵ ساله به سال ۱۹۹۸ (۱۳۷۷) و پایین‌ترین سطح عمق آب زیرزمینی در همین فصل به سال ۲۰۰۶ (۱۳۸۵) اختصاص داشته است.



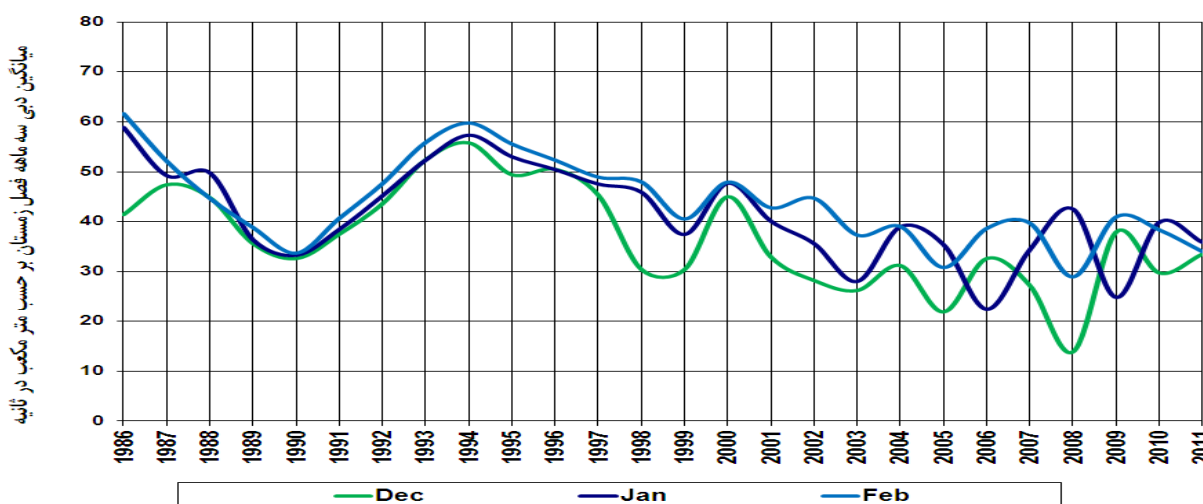
شکل ۶- روند تغییرات میانگین دبی ماهانه آب‌های زیرزمینی در فصل تابستان در طول دوره (۲۰۱۱-۱۹۸۶)



شکل ۷- روند تغییرات میانگین دبی ماهانه آب‌های زیرزمینی در فصل پاییز در طول دوره (۲۰۱۱-۱۹۸۶)

به استناد شکل ۷، بالاترین سطح عمق آب زیرزمینی سه ماهه فصل پاییز در دوره بلندمدت ۲۵ ساله به سال ۱۹۹۴ (۱۳۷۳) و پایین‌ترین سطح عمق آب زیرزمینی در همین فصل به سال ۲۰۰۵ (۱۳۸۴) اختصاص داشته است.

به استناد شکل ۶، بالاترین سطح عمق آب زیرزمینی سه ماهه فصل تابستان در دوره بلندمدت ۲۵ ساله به سال ۱۹۹۶ (۱۳۷۵) و پایین‌ترین سطح عمق آب زیرزمینی در همین فصل به سال ۲۰۰۸ (۱۳۸۷) اختصاص داشته است.



شکل ۸- روند تغییرات میانگین دبی ماهانه آب‌های زیرزمینی در فصل زمستان در طول دوره (۲۰۱۱-۱۹۸۶)

زیرزمینی بر حسب متر، X زمان بر حسب سال و $R2$ (ضریب تبیین) نشان‌دهنده درصدی از تغییرات کل است که به وسیله رابطه خطی بین تراز سطح آب زیرزمینی با زمان مشخص می‌شود. شیب منفی خط برازش داده شده (علامت منفی ضریب X) نشانگر افت سطح آب زیرزمینی در قنات‌های نمونه می‌باشد» (Mohammadi Ghaleni et al., 2011).

ایستگاه داوودآباد

در شکل ۹، مشاهده دو دوره پرآبی با دو دوره خشک، در آهنگ سری زمانی تغییرات دبی قنات داوودآباد، امکان‌پذیر شده است. وجود یک نقطه اوج، افزایش دبی را در سال ۱۹۸۷ نشان می‌دهد و دو دوره کم آب، با پایین‌ترین حد کم آبی در سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۰۹، شکافی در بین دو دوره پر آب نمایان شده است و بیانگر اختلاف عمق آب زیرزمینی در طی دوره ۲۵ ساله است. در پایان روند شیب خط Trend با جهت منفی دلیل بر گرایش قنات ایستگاه داوودآباد به سمت نزول

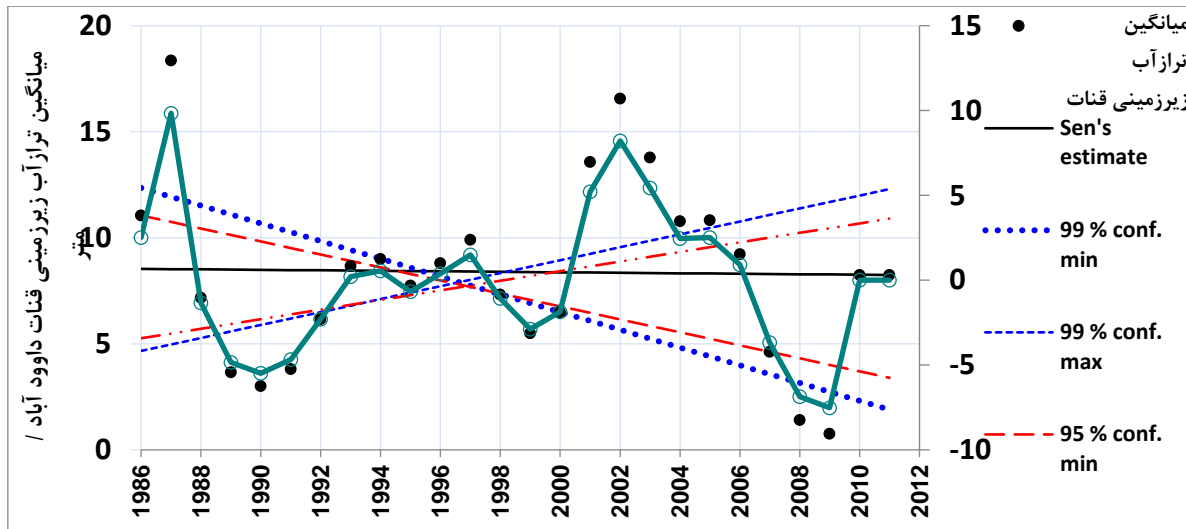
به استناد شکل ۸، بالاترین سطح عمق آب زیرزمینی سه ماهه فصل زمستان در دوره بلندمدت ۲۵ ساله به سال ۱۹۹۴ (۱۳۷۳) و پایین‌ترین سطح عمق آب زیرزمینی در همین فصل به سال ۲۰۰۸ (۱۳۸۷) اختصاص داشته است.

نتایج تحلیل روند تغییرات بلندمدت سالانه تراز سطح آب زیرزمینی قنات‌ها

به منظور بررسی تغییرات تراز سطح آب زیرزمینی در نه حلقه قنات نمونه (آهنگران، ابراهیم‌آباد، داوودآباد، جونوش، چشمه خورزن، سنجان قلقله، شیران، محمودآباد و ناصری) میزان تراز سطح آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. تغییرات میانگین سالانه تراز آب زیرزمینی قنات‌ها طی سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۶۵ در نمودارهای جداگانه ترسیم شده و «به منظور تعیین روند تغییرات تراز عمق آب زیرزمینی خط ترند بر نمودارهای مربوطه برازش داده شده است.» در معادله خط برازش داده شده، Y بیانگر تراز عمق آب

است، به دلیل اینکه $Z > 1/64$ در سطح ۱۰ درصد معنی‌دار می‌باشد. این موضوع گویای این مطلب می‌باشد که قنات داوودآباد با شیئی ملایم به سوی کم آبی گرایش پیدا کرده است (شکل ۹ و جدول ۱ و ۲).

سطح سفره‌های آب زیرزمینی دارد. مقدار آماره Z به‌دست آمده از رابطه من- کندال $-0/02$ می‌باشد. با توجه به اینکه مقدار مثبت Z روند افزایشی و مقدار منفی آن روند کاهش را نشان می‌دهد، روند تغییرات قنات داوودآباد، منفی یا کاهش می‌دهد.



شکل ۹- نمودار روند تغییرات تراز سطح آب زیرزمینی در قنات داوودآباد در مقیاس سالانه در طول دوره (۱۹۸۶-۲۰۱۱)

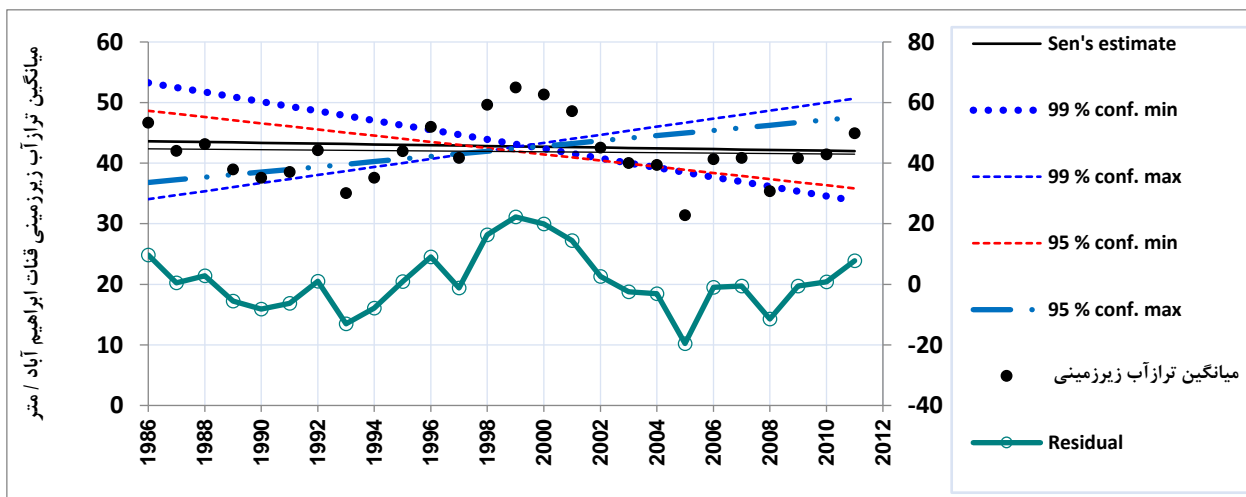
جدول ۱- نتایج تحلیل تغییرات تراز سطح آب زیرزمینی در قنات داوودآباد در مقیاس سالانه در طول دوره (۱۹۸۶-۲۰۱۱)

سال	میانگین تراز آب زیرزمینی	تضمین سن	٪۹۹ سطح اطمینان حداقل	٪۹۹ سطح اطمینان حداکثر	٪۹۵ سطح اطمینان حداقل	٪۹۵ سطح اطمینان حداکثر	باقیمانده
۱۹۸۶	۱۱/۰۵	۸/۵۳	۱۲/۳۵	۴/۶۶	۱۱/۰۵	۵/۲۶	۲/۵۲
۱۹۸۷	۱۸/۳۶	۸/۵۲	۱۱/۹۳	۴/۹۷	۱۰/۷۴	۵/۴۹	۹/۸۴
۱۹۸۸	۷/۱۷	۸/۵۱	۱۱/۵۲	۵/۲۸	۱۰/۴۴	۵/۷۱	-۱/۳۴
۱۹۸۹	۳/۶۶	۸/۵۰	۱۱/۱۰	۵/۵۸	۱۰/۱۳	۵/۹۴	-۴/۸۴
۱۹۹۰	۳/۰۰	۸/۴۹	۱۰/۶۸	۵/۸۹	۹/۸۳	۶/۱۶	-۵/۴۹
۱۹۹۱	۳/۸۰	۸/۴۸	۱۰/۳۶	۶/۱۹	۹/۵۲	۶/۳۹	-۴/۶۸
۱۹۹۲	۶/۱۶	۸/۴۶	۹/۸۴	۶/۵۰	۹/۲۱	۶/۶۲	-۲/۳۰
۱۹۹۳	۸/۶۶	۸/۴۵	۹/۴۲	۶/۸۰	۸/۹۱	۶/۸۴	-۲/۲۱
۱۹۹۴	۹/۰۰	۸/۴۴	۹/۰۱	۷/۱۱	۸/۶۰	۷/۰۷	-۵/۵۶
۱۹۹۵	۷/۷۵	۸/۴۳	۸/۵۹	۷/۴۱	۸/۲۹	۷/۲۹	-۱/۶۸
۱۹۹۶	۸/۸۰	۸/۴۲	۸/۱۷	۷/۷۲	۷/۹۹	۷/۵۲	-۱/۳۸
۱۹۹۷	۹/۹۰	۸/۴۱	۷/۷۵	۸/۰۲	۷/۶۸	۷/۷۵	۱/۴۹
۱۹۹۸	۷/۳۳	۸/۳۹	۷/۳۳	۸/۳۳	۷/۳۸	۷/۹۷	-۱/۰۶
۱۹۹۹	۵/۵۰	۸/۳۸	۶/۹۲	۸/۶۳	۷/۰۷	۸/۲۰	-۲/۸۸
۲۰۰۰	۶/۵۰	۸/۳۷	۶/۵۰	۸/۹۴	۶/۷۶	۸/۴۲	-۱/۸۷
۲۰۰۱	۱۳/۵۷	۸/۳۶	۶/۰۸	۹/۲۵	۶/۴۶	۸/۶۵	۵/۲۱
۲۰۰۲	۱۶/۵۶	۸/۳۵	۵/۶۶	۹/۵۵	۶/۱۵	۸/۸۷	۸/۲۱
۲۰۰۳	۱۳/۷۸	۸/۳۴	۵/۲۴	۹/۸۶	۵/۸۴	۹/۱۰	۵/۴۴

سال	میانگین تراز آب زیرزمینی	تخمین سن	٪۹۹ سطح اطمینان حداقل	٪۹۹ سطح اطمینان حداکثر	٪۹۵ سطح اطمینان حداقل	٪۹۵ سطح اطمینان حداکثر	یاقیمتده
۲۰۰۴	۱۰/۷۸	۸/۳۳	۴/۸۲	۱۰/۱۶	۵/۵۴	۹/۲۳	۲/۴۵
۲۰۰۵	۱۰/۸۳	۸/۳۱	۴/۴۱	۱۰/۴۷	۵/۲۳	۹/۵۵	۲/۵۲
۲۰۰۶	۹/۲۲	۸/۳۰	۳/۹۹	۱۰/۷۷	۴/۹۳	۹/۷۸	۰/۹۲
۲۰۰۷	۴/۶۲	۸/۲۹	۳/۵۷	۱۱/۰۸	۴/۶۲	۱۰/۰۰	-۳/۶۷
۲۰۰۸	۷/۴۱	۸/۲۸	۳/۱۵	۱۱/۳۸	۴/۳۱	۱۰/۲۳	-۶/۸۷
۲۰۰۹	۰/۷۵	۸/۲۷	۲/۷۳	۱۱/۶۹	۴/۰۱	۱۰/۴۵	-۷/۵۲
۲۰۱۰	۸/۲۵	۸/۲۶	۲/۳۱	۱۱/۹۹	۳/۷۰	۱۰/۶۸	-۰/۰۱
۲۰۱۱	۸/۲۵	۸/۲۴	۱/۹۰	۱۲/۳۰	۳/۴۰	۱۰/۹۱	۰/۰۱

جدول ۲- نتایج تحلیل روند مجموعه زمانی قنات داوودآباد با آزمون من کندال و تخمین گرسن در طول دوره (۲۰۱۱-۱۹۸۶)

مجموعه زمانی	اولین سال	آخرین سال	تعداد	آزمون Z	سطح معنی داری	شیب خط روند	Q min %99	Q max %99	Q min %95	Q max %95	B	B min %99	B max %99	B min %95	B max %95
میانگین تراز آب در قنات داوودآباد (متر)	۱۹۸۶	۲۰۱۱	۲۶	-۰/۰۲	-	-۰/۰۱۲	-۰/۴۱۸	۰/۳۰۵	-۰/۳۰۶	۰/۲۲۶	۸/۵۲	۱۲/۳۵	۴/۶۶	۱۱/۰۵	۵/۲۶



شکل ۱۰- نمودار روند تغییرات تراز سطح آب زیرزمینی در قنات ابراهیم آباد در مقیاس سالانه در طول دوره (۲۰۱۱-۱۹۸۶)

پی در پی را به دنبال داشته است. نقطه اوج افزایش دبی مربوط به سال ۱۹۹۹ می شود. دو دوره کم آبی با پایین ترین حد آن در سال های ۱۹۹۳ و ۲۰۱۱ شکافی را در دو طرف یک دوره پر آب نمایان کرده است. آغاز روند حکایت از بهره برداری زیاد از قنات و

ایستگاه ابراهیم آباد در تجزیه و تحلیل روند تغییرات دبی آب های زیرزمینی قنات ابراهیم آباد (شکل ۱۰) آنچه که در نگاه اول به چشم می خورد، فراوانی و شدت درجات پرآبی و کم آبی است که فراز و فرودهای

می‌شود. مقدار آماره Z به‌دست آمده از رابطه من-کندال، رقم $0/24-$ است. با توجه به اینکه مقدار مثبت Z مبین روند افزایشی و مقدار منفی آن بیانگر روند کاهشی است و به دلیل اینکه $Z > 1/64$ در سطح ۱۰ درصد معنی‌دار می‌باشد، این نتیجه عاید می‌شود که قنات ابراهیم‌آباد با شیبهی ملایم به طرف کم آبی گرایش پیدا کرده است. (شکل ۱۰ و جدول ۳ و ۴).

افت سطح آب و اواسط دوره حکایت از فراوانی آب دارد و با وجودی که دوباره گرایش به سمت برداشت بی‌رویه است اما پایان روند قنات محمودآباد عبور از مرز کم آبی و متمایل شدن به طرف پراپی را به خوبی نشان می‌دهد. انتهای روند گویای این مطلب است که قنات یادشده از حد کم آبی عبور کرده و به سمت پراپی سوق می‌یابد. این مورد در بین قنات‌های مطالعه شده یک استثناء محسوب

جدول ۳- نتایج تحلیل تغییرات تراز سطح آب زیرزمینی در قنات ابراهیم‌آباد در مقیاس سالانه در دوره (۲۰۱۱-۱۹۸۶)

سال	میانگین تراز آب زیرزمینی	نخستین سن	۹۹٪ سطح اطمینان حدال	۹۹٪ سطح اطمینان حدال	۹۵٪ سطح اطمینان حدال	۹۵٪ سطح اطمینان حدال	بالیمانه
۱۹۸۶	۴۲,۲۰	۴۲,۶۱	۴۲,۲۷	۴۱,۰۴	۴۰,۶۲	۳۹,۸۱	۹,۶۹
۱۹۸۷	۴۱,۰۸	۴۲,۵۵	۴۲,۴۹	۴۱,۷۹	۴۰,۹۲	۳۹,۲۴	۰,۵۳
۱۹۸۸	۴۶,۲۵	۴۲,۴۸	۴۱,۷۹	۴۰,۲۸	۳۹,۶۱	۳۹,۶۷	۲,۷۷
۱۹۸۹	۳۷,۹۰	۴۲,۴۲	۴۰,۹۲	۳۹,۰۴	۳۸,۰۹	۳۸,۱۰	-۵,۵۲
۱۹۹۰	۳۵,۲۰	۴۲,۲۵	۴۰,۱۵	۳۹,۷۹	۳۸,۵۸	۳۸,۵۳	-۸,۱۵
۱۹۹۱	۳۷,۰۰	۴۲,۲۹	۴۱,۲۸	۳۹,۲۷	۳۸,۰۷	۳۸,۹۶	-۶,۲۹
۱۹۹۲	۴۱,۲۰	۴۲,۲۲	۴۰,۶۰	۳۸,۰۴	۳۷,۵۶	۳۹,۳۹	۰,۹۸
۱۹۹۳	۳۰,۰۸	۴۲,۶۶	۴۱,۸۲	۳۸,۷۰	۳۷,۰۵	۳۹,۸۲	-۱۳,۰۸
۱۹۹۴	۳۵,۲۰	۴۲,۰۹	۴۱,۰۴	۳۹,۲۷	۳۸,۵۳	۳۰,۲۴	-۷,۸۹
۱۹۹۵	۴۲,۹۲	۴۲,۰۲	۴۱,۲۶	۳۰,۰۲	۳۸,۰۲	۳۰,۶۷	۰,۸۹
۱۹۹۶	۴۲,۰۰	۴۲,۹۶	۳۸,۴۸	۳۰,۶۹	۳۲,۵۹	۳۱,۱۰	۹,۰۴
۱۹۹۷	۴۱,۷۳	۴۲,۹۰	۳۸,۷۰	۳۱,۳۶	۳۲,۰۰	۳۱,۵۳	-۱,۱۷
۱۹۹۸	۴۹,۲۰	۴۲,۸۲	۴۲,۹۲	۳۲,۰۲	۳۲,۴۸	۳۱,۹۶	۱۶,۳۷
۱۹۹۹	۶۵,۰۰	۴۲,۷۷	۴۲,۱۵	۳۲,۶۹	۳۱,۹۷	۳۲,۳۹	۲۲,۲۴
۲۰۰۰	۶۲,۶۳	۴۲,۷۰	۴۲,۳۷	۳۲,۳۵	۳۱,۴۶	۳۲,۸۲	۱۹,۹۳
۲۰۰۱	۴۷,۹۹	۴۲,۶۴	۳۹,۵۹	۳۱,۰۲	۳۰,۹۵	۳۲,۲۵	۱۴,۴۸
۲۰۰۲	۴۵,۱۳	۴۲,۵۷	۳۰,۸۹	۳۱,۶۸	۳۰,۴۲	۳۲,۶۸	۲,۵۶
۲۰۰۳	۴۰	۴۲,۵۹	۳۰,۰۲	۳۰,۲۴	۳۱,۹۲	۳۱,۹۱	-۲,۵۹
۲۰۰۴	۳۹,۲۲	۴۲,۴۴	۳۹,۲۵	۳۱,۰۹	۳۱,۴۹	۳۱,۵۴	-۲,۹۱
۲۰۰۵	۴۲,۸۲	۴۲,۳۸	۳۸,۴۷	۳۱,۶۷	۳۸,۹۰	۳۱,۹۷	-۱۹,۵۵
۲۰۰۶	۴۱,۲۹	۴۲,۳۹	۳۷,۶۹	۳۱,۳۴	۳۸,۳۸	۳۰,۴۰	-۹,۰۲
۲۰۰۷	۴۱,۷۹	۴۲,۲۵	۳۶,۹۲	۳۰,۰۰	۳۷,۸۷	۳۰,۸۳	-۰,۵۳
۲۰۰۸	۳۰,۶۷	۴۲,۱۸	۳۶,۴۴	۳۰,۶۷	۳۷,۳۶	۳۱,۳۶	-۱۱,۵۹
۲۰۰۹	۴۱,۵۸	۴۲,۱۲	۳۵,۳۶	۳۱,۳۳	۳۶,۵۵	۳۱,۶۹	-۰,۵۳
۲۰۱۰	۴۲,۸۸	۴۲,۰۵	۳۴,۵۸	۳۱,۹۹	۳۶,۳۳	۳۱,۱۲	۰,۸۲
۲۰۱۱	۴۱,۷۹	۴۱,۹۹	۳۳,۵۰	۳۰,۶۶	۳۵,۸۲	۳۱,۵۵	۷,۸۹

جدول ۵- نتایج تحلیل تغییرات تراز سطح آب زیرزمینی در قنات محمودآباد در مقیاس سالانه در دوره (۱۹۸۶-۲۰۱۱)

سال	میانگین تراز آب زیرزمینی	تخمین سن	%۹۹ سطح اطمینان		%۹۵ سطح اطمینان		باقیمانده
			حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	
۱۹۸۶	۵۳/۳۰	۴۳/۶۱	۵۳/۲۷	۳۴/۰۵	۴۸/۶۳	۳۶/۸۱	۹/۶۹
۱۹۸۷	۴۴/۰۸	۴۳/۵۵	۵۲/۴۹	۳۴/۷۱	۴۸/۱۲	۳۷/۲۴	۰/۵۳
۱۹۸۸	۴۶/۲۵	۴۳/۴۸	۵۱/۷۱	۳۵/۳۸	۴۷/۶۱	۳۷/۶۷	۲/۷۷
۱۹۸۹	۳۷/۹۰	۴۳/۴۲	۵۰/۹۳	۳۶/۰۴	۴۷/۰۹	۳۸/۱۰	-۵/۵۲
۱۹۹۰	۳۵/۲۰	۴۳/۳۵	۵۰/۱۵	۳۶/۷۱	۴۶/۵۸	۳۸/۵۳	-۸/۱۵
۱۹۹۱	۳۷/۰۰	۴۳/۲۹	۴۹/۳۸	۳۷/۳۷	۴۶/۰۷	۳۸/۹۶	-۶/۲۹
۱۹۹۲	۴۴/۲۰	۴۳/۲۲	۴۸/۶۰	۳۸/۰۴	۴۵/۵۶	۳۹/۳۹	۰/۹۸
۱۹۹۳	۳۰/۰۸	۴۳/۱۶	۴۷/۸۲	۳۸/۷۰	۴۵/۰۵	۳۹/۸۲	-۱۳/۰۸
۱۹۹۴	۳۵/۲۰	۴۳/۰۹	۴۷/۰۴	۳۹/۳۷	۴۴/۵۳	۴۰/۲۴	-۷/۸۹
۱۹۹۵	۴۳/۹۲	۴۳/۰۳	۴۶/۲۶	۴۰/۰۳	۴۴/۰۲	۴۰/۶۷	۰/۸۹
۱۹۹۶	۵۲/۰۰	۴۲/۹۶	۴۵/۴۸	۴۰/۶۹	۴۳/۵۱	۴۱/۱۰	۹/۰۴
۱۹۹۷	۴۱/۷۳	۴۲/۹۰	۴۴/۷۰	۴۱/۳۶	۴۳/۰۰	۴۱/۵۳	-۱/۱۷
۱۹۹۸	۵۹/۲۰	۴۲/۸۳	۴۳/۹۲	۴۲/۰۲	۴۲/۴۸	۴۱/۹۶	۱۶/۳۷
۱۹۹۹	۶۵/۰۰	۴۲/۷۷	۴۳/۱۵	۴۲/۶۹	۴۱/۹۷	۴۲/۳۹	۲۲/۲۴
۲۰۰۰	۶۲/۶۳	۴۲/۷۰	۴۲/۳۷	۴۳/۳۵	۴۱/۴۶	۴۲/۸۲	۱۹/۹۳
۲۰۰۱	۵۷/۱۱	۴۲/۶۴	۴۱/۵۹	۴۴/۰۲	۴۰/۹۵	۴۳/۲۵	۱۴/۴۸
۲۰۰۲	۴۵/۱۳	۴۲/۵۷	۴۰/۸۱	۴۴/۶۸	۴۰/۴۳	۴۳/۶۸	۲/۵۶
۲۰۰۳	۴۰	۴۲/۵۱	۴۰/۰۳	۴۵/۳۴	۳۹/۹۲	۴۴/۱۱	-۲/۵۱
۲۰۰۴	۳۹/۳۳	۴۲/۴۴	۳۹/۲۵	۴۶/۰۱	۳۹/۴۱	۴۴/۵۴	-۳/۱۱
۲۰۰۵	۲۲/۸۳	۴۲/۳۸	۳۸/۴۷	۴۶/۶۷	۳۸/۹۰	۴۴/۹۷	-۱۹/۵۵
۲۰۰۶	۴۱/۲۹	۴۲/۳۱	۳۷/۶۹	۴۷/۳۴	۳۸/۳۸	۴۵/۴۰	-۱/۰۲
۲۰۰۷	۴۱/۷۱	۴۲/۲۵	۳۶/۹۲	۴۸/۰۰	۳۷/۸۷	۴۵/۸۳	-۰/۵۳
۲۰۰۸	۳۰/۶۷	۴۲/۱۸	۳۶/۱۴	۴۸/۶۷	۳۷/۳۶	۴۶/۲۶	-۱۱/۵۱
۲۰۰۹	۴۱/۵۸	۴۲/۱۲	۳۵/۳۶	۴۹/۳۳	۳۶/۸۵	۴۶/۶۹	-۰/۵۳
۲۰۱۰	۴۲/۸۸	۴۲/۰۵	۳۴/۵۸	۴۹/۹۹	۳۶/۳۳	۴۷/۱۲	۰/۸۳
۲۰۱۱	۴۹/۷۹	۴۱/۹۹	۳۳/۸۰	۵۰/۶۶	۳۵/۸۲	۴۷/۵۵	۷/۸۱

جدول ۶- نتایج تحلیل روند مجموعه زمانی قنات محمودآباد با آزمون من کندال و تخمین گر سن در طول دوره (۱۹۸۶-۲۰۱۱)

مجموعه زمانی	آرین سال	آرین سال	تعداد	آزمون Z	سطح معنی داری	Q شیب خط روند	Q min %99	Q max %99	Q min %95	Q max %95	B مقدار ثابت	B min %99	B max %99	B min %95	B max %95
میانگین تراز آب در قنات محمود آباد (متر)	۱۹۸۱	۲۰۱۱	۳۱	-۳/۰۴	**	۷۱۶/۰۰	۶۶۳/۰۰	۰۰/۰۵	۸۸۳/۰۰	۳۰۱/۰۰	۶۱/۴۱	۱۷/۶۵	۰۵/۱۱	۱۶/۷۵	۱۲/۱۱

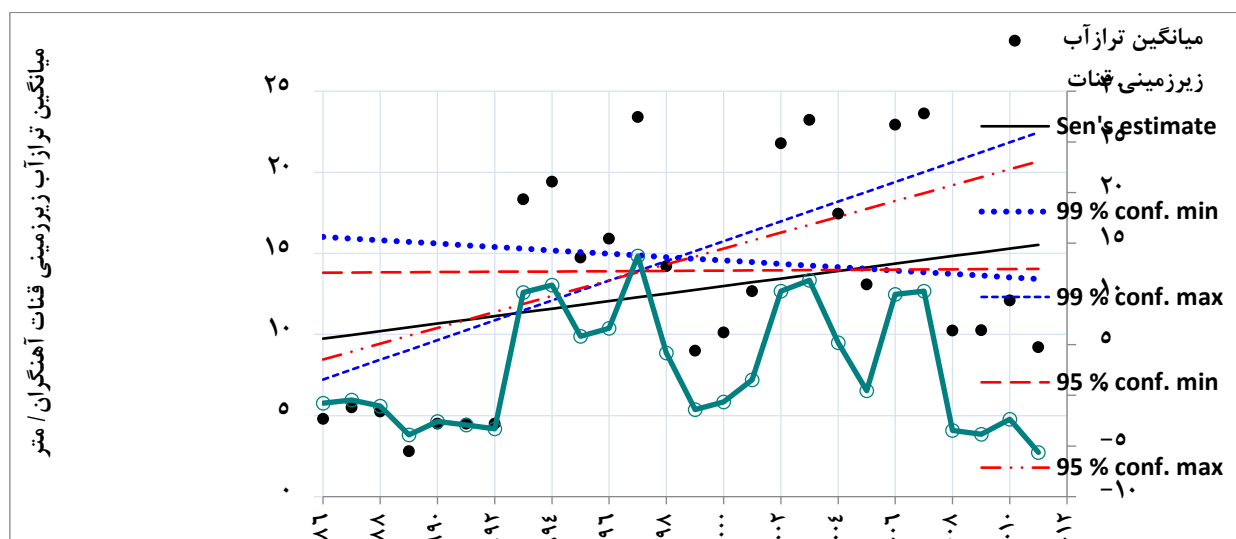
ایستگاه آهنگران

قنات آهنگران با شدت برداشت بی‌رویه با افت شدید عمق آب زیرزمینی مواجه بوده است. پس از آن به‌طور متناوب با دو دوره پرآب و دو دوره کم آب روبرو شده است. دوباره از سال ۲۰۰۷ تا پایان دوره، افت شدیدی در میزان دبی بوجود آمده

در بررسی نمودار روند تغییرات دبی آب‌های زیرزمینی قنات آهنگران (شکل ۱۲)، ملاحظه می‌شود در ابتدای روند طی دوره در حدود هفت ساله از سال ۱۹۸۶ تا سال ۱۹۹۲،

کندال، رقم ۲/۰۵ بوده و با توجه به مقدار مثبت Z، روند تغییرات قنات آهنگران افزایشی بوده و به دلیل اینکه $Z > 1/960$ است، روند در سطح ۵ درصد و معنی دار می باشد. در مجموع، قنات آهنگران گرایش به سمت کم آبی ندارد (شکل ۱۲ و جدول های ۷ و ۸).

که به معنای برداشت بی رویه از آب زیرزمینی می باشد. اگرچه روند رو به نزول افت آب در پایان دوره مشاهده می شود اما خط Trend، با گرایش مثبت حداقل خاطر نشان می سازد که در قنات آهنگران افت عمق آب زیرزمینی مانند سایر قنات ها در مرز بحرانی نیست. مقدار آماره Z به دست آمده از رابطه من-



شکل ۱۲- نمودار روند تغییرات تراز سطح آب زیرزمینی در قنات آهنگران در مقیاس سالانه در طول دوره (۱۹۸۶-۲۰۱۱)

جدول ۷- نتایج تحلیل تغییرات تراز سطح آب زیرزمینی در قنات آهنگران در مقیاس سالانه در دوره (۱۹۸۶-۲۰۱۱)

سال	میانگین تراز آب زیرزمینی	تخمین سن	۹۹٪ سطح اطمینان حداقل	۹۹٪ سطح اطمینان حداکثر	۹۵٪ سطح اطمینان حداقل	۹۵٪ سطح اطمینان حداکثر	باقیمانده
۱۹۸۶	۴/۸۰	۵/۵۹	۱۵/۶۳	۱/۵۵	۱۲/۰۹	۳/۵۳	-۰/۷۹
۱۹۸۷	۵/۵۰	۵/۹۶	۱۵/۴۶	۲/۵۳	۱۲/۱۱	۴/۳۱	-۰/۴۶
۱۹۸۸	۵/۲۵	۶/۳۳	۱۵/۲۹	۳/۵۰	۱۲/۱۲	۵/۰۹	-۱/۰۸
۱۹۸۹	۲/۸۰	۶/۷۰	۱۵/۱۳	۴/۴۸	۱۲/۱۴	۵/۸۷	-۳/۹۰
۱۹۹۰	۴/۵۰	۷/۰۷	۱۴/۹۶	۵/۴۵	۱۲/۱۵	۶/۶۶	-۲/۵۷
۱۹۹۱	۴/۵۰	۷/۴۴	۱۴/۷۹	۶/۴۳	۱۲/۱۷	۷/۴۴	-۲/۹۴
۱۹۹۲	۴/۵۰	۷/۸۱	۱۴/۶۳	۷/۴۰	۱۲/۱۸	۸/۲۲	-۳/۳۱
۱۹۹۳	۱۸/۳۳	۸/۱۸	۱۴/۴۶	۸/۳۸	۱۲/۲۰	۹/۰۰	۱۰/۱۵
۱۹۹۴	۱۹/۴۲	۸/۵۵	۱۴/۳۰	۹/۳۵	۱۲/۲۱	۹/۷۸	۱۰/۸۷
۱۹۹۵	۱۴/۷۵	۸/۹۲	۱۴/۱۳	۱۰/۳۲	۱۲/۲۳	۱۰/۵۶	۵/۸۳

سال	میانگین تراز آب زیرزمینی	تخمین سن	۹۹٪ سطح اطمینان حداقل	۹۹٪ سطح اطمینان حداکثر	۹۵٪ سطح اطمینان حداقل	۹۵٪ سطح اطمینان حداکثر	باقی‌مانده
۱۹۹۶	۱۵/۹۰	۹/۲۹	۱۳/۹۶	۱۱/۳۰	۱۲/۲۴	۱۱/۳۵	۶/۶۱
۱۹۹۷	۲۳/۴۰	۹/۶۶	۱۳/۸۰	۱۲/۲۷	۱۲/۲۶	۱۲/۱۳	۱۳/۷۴
۱۹۹۸	۱۴/۲۰	۱۰/۰۳	۱۳/۶۳	۱۳/۲۵	۱۲/۲۷	۱۲/۹۱	۴/۱۷
۱۹۹۹	۹/۰۰	۱۰/۴۰	۱۳/۴۷	۱۴/۲۲	۱۲/۲۹	۱۳/۶۹	-۱/۴۰
۲۰۰۰	۱۰/۱۳	۱۰/۷۷	۱۳/۳۰	۱۵/۲۰	۱۲/۳۰	۱۴/۴۷	-۰/۶۴
۲۰۰۱	۱۲/۶۷	۱۱/۱۴	۱۳/۱۳	۱۶/۱۷	۱۲/۳۲	۱۵/۲۵	۱/۵۳
۲۰۰۲	۲۱/۷۸	۱۱/۵۱	۱۲/۹۷	۱۷/۱۵	۱۲/۳۳	۱۶/۰۳	۱۰/۲۷
۲۰۰۳	۲۳/۲۲	۱۱/۸۸	۱۲/۸۰	۱۸/۱۲	۱۲/۳۵	۱۶/۸۲	۱۱/۳۴
۲۰۰۴	۱۷/۴۴	۱۲/۲۵	۱۲/۶۳	۱۹/۱۰	۱۲/۳۶	۱۷/۶۰	۵/۱۹
۲۰۰۵	۱۳/۰۸	۱۲/۶۲	۱۲/۴۷	۲۰/۰۷	۱۲/۳۸	۱۸/۳۸	۰/۴۶
۲۰۰۶	۲۲/۹۳	۱۲/۹۹	۱۲/۳۰	۲۱/۰۵	۱۲/۳۹	۱۹/۱۶	۹/۹۴
۲۰۰۷	۲۳/۶۳	۱۳/۳۶	۱۲/۱۴	۲۲/۰۲	۱۲/۴۱	۱۹/۹۴	۱۰/۲۷
۲۰۰۸	۱۰/۲۵	۱۳/۷۳	۱۱/۹۷	۲۳/۰۰	۱۲/۴۲	۲۰/۷۲	-۳/۴۸
۲۰۰۹	۱۰/۲۷	۱۴/۱۰	۱۱/۸۰	۲۳/۹۷	۱۲/۴۴	۲۱/۵۱	-۳/۸۳
۲۰۱۰	۱۲/۱	۱۴/۴۷	۱۱/۶۴	۲۴/۹۵	۱۲/۴۵	۲۲/۲۹	-۲/۳۷
۲۰۱۱	۹/۲۱	۱۴/۸۴	۱۱/۴۷	۲۵/۹۲	۱۲/۴۷	۲۳/۰۷	-۵/۶۳

جدول ۸- نتایج تحلیل روند مجموعه زمانی قنات آهنگران با آزمون من کندال و تخمین‌گر سن در طول دوره (۲۰۱۱-۱۹۸۶)

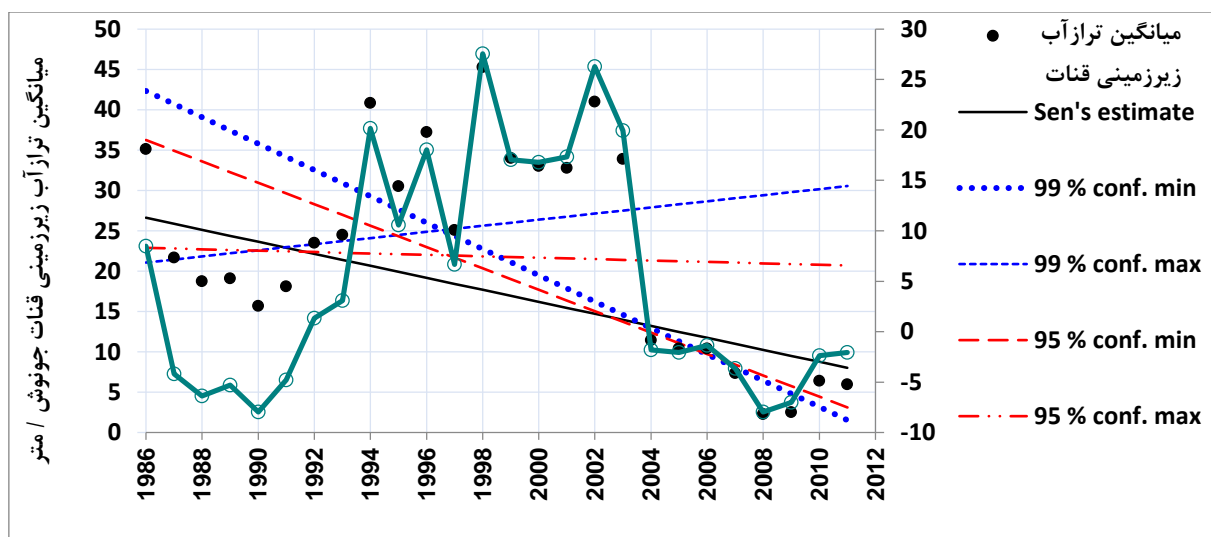
مجموعه زمانی	اولین سال	آخرین سال	تعداد	آزمون Z	سطح منفی داری	Q شیب خط روند	Q min %99	Q max %99	Q min %95	Q max %95	B مقدار ثابت	B min %99	B max %99	B min %95	B max %95
میانگین تراز آب در قنات آهنگران (متر)	۱۹۸۶	۲۰۱۱	۲۶	۲/۰۵	*	۰/۳۷	-۰/۱۶۶	۰/۹۷۵	۰/۰۱۵	۰/۷۸۲	۵/۵۹	۱۵/۶۲	۱/۵۵	۱۲/۰۹	۳/۵۳

ایستگاه جونوش

اختصاص داشته است. از سال ۲۰۰۴ تا پایان روند با افزایش برداشت، روند نزولی افت آب زیرزمینی آغاز شده است. در نگاه کلی شیب تند خط Trend با جهت منفی نشانگر گرایش افت بسیار زیاد عمق آب زیرزمینی در روند ۲۵ ساله است. با توجه به مقدار منفی Z و آماره Z به دست

با استناد به نمودار ۱۳، در این روند در پی یک دوره کم آب، هر چند با شدت کم و مدت کوتاه، دوره نسبتاً طولانی پرآبی با دوام حدود چهارده سال آغاز شده است. بیشترین میزان دبی آب زیرزمینی در این قنات به سال ۱۹۹۸

آمده از رابطه من- کندال، (رقم ۲/۱۲-) روند قنات گرایش کاهشی را نشان می‌دهد. با توجه به $Z ۱/۹۶۰$ > روند در سطح ۵ درصد و معنی‌دار بوده و قنات جونوش به سوی کم آبی تمایل پیدا کرده است (شکل ۱۳ و جدول ۹ و ۱۰).



شکل ۱۳- نمودار روند تغییرات تراز سطح آب زیرزمینی در قنات جونوش در مقیاس سالانه در طول دوره (۱۹۸۶-۲۰۱۱)

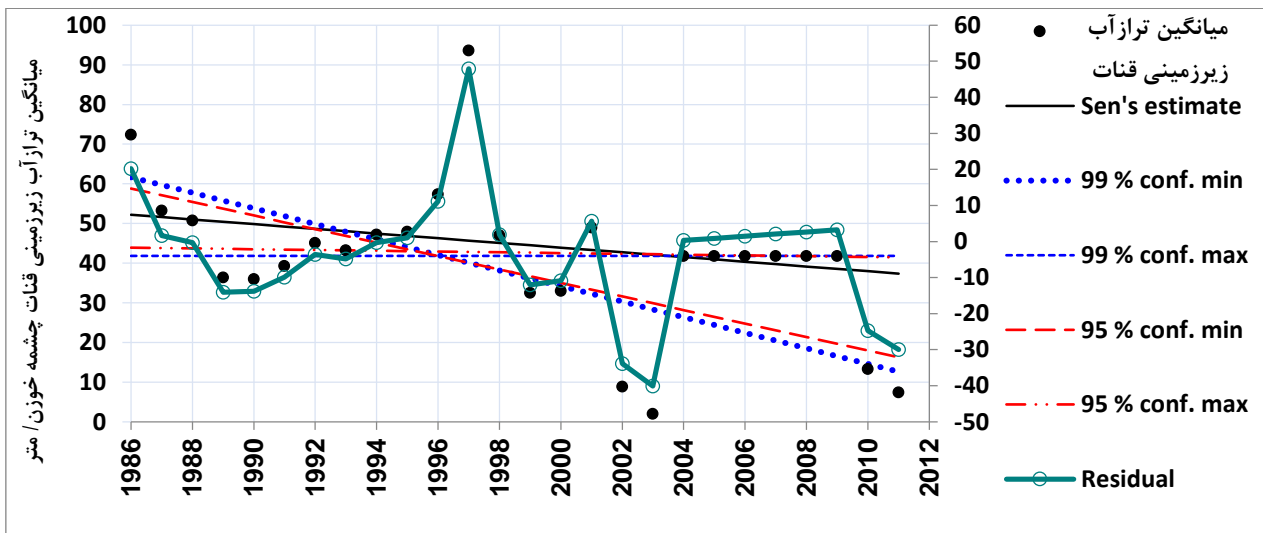
جدول ۹- نتایج تحلیل تغییرات تراز سطح آب زیرزمینی در قنات جونوش در مقیاس سالانه در دوره (۱۹۸۶-۲۰۱۱)

سال	میانگین تراز آب زیرزمینی	تخمین سن	۹۹٪ سطح اطمینان حداقل	۹۹٪ سطح اطمینان حداکثر	۹۵٪ سطح اطمینان حداقل	۹۵٪ سطح اطمینان حداکثر	باقیمانده
۱۹۸۶	۳۵/۱۰	۲۶/۶۱	۴۲/۳۳	۲۱/۰۷	۳۶/۲۵	۲۲/۸۹	۸/۴۹
۱۹۸۷	۲۱/۶۷	۲۵/۸۷	۴۰/۷۰	۲۱/۴۵	۳۴/۹۳	۲۲/۸۰	-۴/۲۰
۱۹۸۸	۱۸/۷۵	۲۵/۱۲	۳۹/۰۶	۲۱/۸۳	۳۳/۶۰	۲۲/۷۲	-۶/۲۷
۱۹۸۹	۱۹/۱۰	۲۴/۳۸	۳۷/۴۳	۲۲/۲۱	۳۲/۲۷	۲۲/۶۳	-۵/۲۸
۱۹۹۰	۱۵/۶۷	۲۳/۶۴	۳۵/۸۰	۲۲/۵۹	۳۰/۹۵	۲۲/۵۴	-۷/۹۷
۱۹۹۱	۱۸/۱۰	۲۲/۸۹	۳۴/۱۷	۲۲/۹۷	۲۹/۶۲	۲۲/۴۵	-۴/۷۹
۱۹۹۲	۲۳/۵۰	۲۲/۱۵	۳۲/۵۴	۲۳/۳۵	۲۸/۳۰	۲۲/۳۷	۱/۳۵
۱۹۹۳	۲۴/۵۰	۲۱/۴۱	۳۰/۹۱	۲۳/۷۳	۲۶/۹۷	۲۲/۲۸	۳/۱۰
۱۹۹۴	۴۰/۸۳	۲۰/۶۶	۲۹/۲۸	۲۴/۱۱	۲۵/۶۵	۲۲/۱۹	۲۰/۱۷
۱۹۹۵	۳۰/۵۰	۱۹/۹۲	۲۷/۶۴	۲۴/۴۸	۲۴/۳۲	۲۲/۱۱	۱۰/۵۸
۱۹۹۶	۳۷/۲۰	۱۹/۱۸	۲۶/۰۱	۲۴/۸۶	۲۳/۰۰	۲۲/۰۲	۱۸/۰۳
۱۹۹۷	۲۵/۰۹	۱۸/۴۳	۲۴/۳۸	۲۵/۲۴	۲۱/۶۷	۲۱/۹۳	۶/۶۶
۱۹۹۸	۴۵/۲۵	۱۷/۶۹	۲۲/۷۵	۲۵/۶۲	۲۰/۲۵	۲۱/۸۴	۲۷/۵۶
۱۹۹۹	۳۴/۰۰	۱۶/۹۵	۲۱/۱۲	۲۶/۰۰	۱۹/۰۲	۲۱/۷۶	۱۷/۰۶
۲۰۰۰	۳۳/۰۰	۱۶/۲۰	۱۹/۴۹	۲۶/۲۸	۱۷/۶۹	۲۱/۶۷	۱۶/۸۰

سال	میانگین تراز آب زیرزمینی	تخمین سن	۹۹٪ سطح اطمینان حداقل	۹۹٪ سطح اطمینان حداکثر	۹۵٪ سطح اطمینان حداقل	۹۵٪ سطح اطمینان حداکثر	باقیمانده
۲۰۰۱	۳۲/۷۸	۱۵/۴۶	۱۷/۸۵	۲۶/۷۶	۱۶/۳۷	۲۱/۵۸	۱۷/۳۲
۲۰۰۲	۴۱/۰۰	۱۴/۷۲	۱۶/۲۲	۲۷/۱۴	۱۵/۰۴	۲۱/۵۰	۲۶/۲۹
۲۰۰۳	۳۳/۸۹	۱۳/۹۷	۱۴/۵۹	۲۷/۵۲	۱۳/۷۲	۲۱/۴۱	۱۹/۹۲
۲۰۰۴	۱۱/۴۴	۱۳/۲۳	۱۲/۹۶	۲۷/۹۰	۱۲/۲۹	۲۱/۳۲	-۱/۷۹
۲۰۰۵	۱۰/۴۲	۱۲/۴۹	۱۱/۳۳	۲۸/۲۸	۱۱/۰۷	۲۱/۲۳	-۲/۰۷
۲۰۰۶	۱۰/۳۹	۱۱/۷۴	۹/۷۰	۲۸/۶۶	۹/۷۴	۲۱/۱۵	-۱/۳۵
۲۰۰۷	۷/۳۷	۱۱/۰۰	۸/۰۶	۲۹/۰۴	۸/۴۲	۲۱/۰۶	-۳/۶۳
۲۰۰۸	۲/۲۹	۱۰/۲۶	۶/۴۳	۲۹/۴۲	۷/۰۹	۲۰/۹۷	-۷/۹۷
۲۰۰۹	۲/۵	۹/۵۱	۴/۸۰	۲۹/۷۹	۵/۷۷	۲۰/۸۹	-۷/۰۱
۲۰۱۰	۶/۴	۸/۷۷	۳/۱۷	۳۰/۱۷	۴/۴۴	۲۰/۸۰	-۲/۳۷
۲۰۱۱	۵/۹۸	۸/۰۳	۱/۵۴	۳۰/۵۵	۳/۱۲	۲۰/۷۱	-۲/۰۵

جدول ۱۰- نتایج تحلیل روند مجموعه زمانی قنات جونوش با آزمون من کندال و تخمین گر سن در دوره (۱۹۸۶-۲۰۱۱)

مجموعه زمانی	اولین سال	آخرین سال	تعداد	آزمون Z	سطح معنی داری	شیب خط روند Q	Q min %99	Q max %99	Q min %95	Q max %95	B مقدار ثابت	B min %99	B max %99	B min %95	B max %95
میانگین تراز آب در قنات جونوش (متر)	۱۹۸۶	۲۰۱۱	۲۶	-۲/۱۲	*	-۰/۷۴۳	-۱/۶۳۲	۰/۲۷۹	-۱/۳۲۵	-۰/۸۷	۲۶/۶۱	۴۲/۳۳	۲۱/۰۷	۲۶/۲۵	۲۲/۸۹



شکل ۱۴- نمودار روند تغییرات تراز سطح آب زیرزمینی در قنات چشمه خوزن در مقیاس سالانه در دوره (۱۹۸۶-۲۰۱۱)

قنات چشمه خوزن، آهنگ تغییرات ابتدا به طور ملایم و در حول و حوش محور X انجام شده و از اواسط روند به بعد

ایستگاه چشمه خوزن در سیر حرکتی روند تغییرات دبی آب‌های زیرزمینی

منفی گرایش به کم آبی را خاطرنشان می‌سازد. مقدار آماره Z به دست آمده از رابطه من- کندال، $-۲/۴۲$ بوده و با توجه به مقدار منفی Z ، روند کاهشی و به دلیل اینکه $۱/۹۶۰ > Z$ روند در سطح ۵ درصد معنی‌دار بوده و مؤید این مطلب است که قنات چشمه خوزن به سوی کم آبی گرایش پیدا کرده است. (شکل ۱۴ و جدول ۱۱ و ۱۲).

سیر حرکت تند و با شدت، اُفت و خیزهای پی در پی را تا پایان دوره نشان می‌دهد. نقطه اوج نمودار که بیانگر بالاترین آستانه پرآبی است، در سال ۱۹۹۷ و پایین‌ترین حد در سال ۲۰۰۳ مشاهده می‌شود. شیب خط Trend گرایش نمودار در پایان دوره با روند نزولی را به خوبی نمایان کرده است. خط Trend با دو سوی مخالف در آغاز و پایان روند با جهت

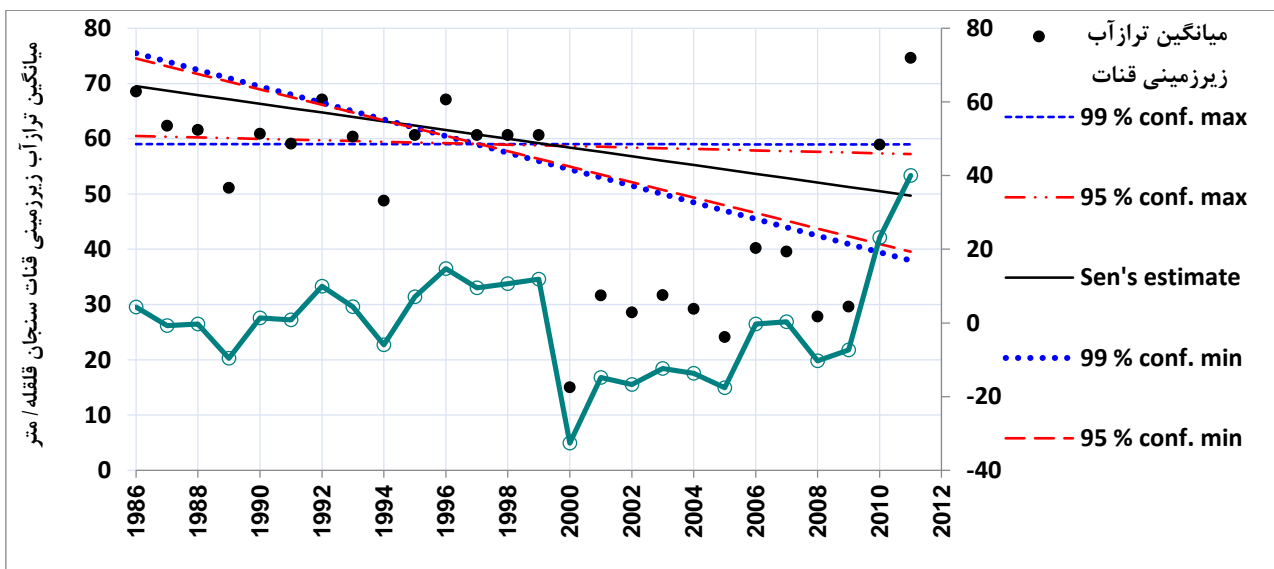
جدول ۱۱- نتایج تحلیل تغییرات تراز سطح آب زیرزمینی در قنات چشمه خوزن در مقیاس سالانه در دوره (۲۰۱۱-۱۹۸۶)

سال	میانگین تراز آب زیرزمینی	تخمین سن	۹۹٪ سطح اطمینان حداقل	۹۹٪ سطح اطمینان حداکثر	۹۵٪ سطح اطمینان حداقل	۹۵٪ سطح اطمینان حداکثر	باقیمانده
۱۹۸۶	۷۲/۴۰	۵۲/۲۱	۶۱/۶۶	۴۱/۸۲	۵۸/۸۰	۴۳/۹۰	۲۰/۱۹
۱۹۸۷	۵۳/۲۷	۵۱/۶۲	۵۹/۷۰	۴۱/۸۲	۵۷/۱۰	۴۳/۸۰	۱/۶۶
۱۹۸۸	۵۰/۷۳	۵۱/۰۲	۵۷/۷۳	۴۱/۸۲	۵۵/۴۰	۴۳/۷۱	-۰/۲۹
۱۹۸۹	۳۶/۳۶	۵۰/۴۳	۵۵/۷۷	۴۱/۸۲	۵۳/۷۰	۴۳/۶۱	-۱۴/۰۷
۱۹۹۰	۳۶/۰۰	۴۹/۸۴	۵۳/۸۱	۴۱/۸۲	۵۱/۹۹	۴۳/۵۱	-۱۳/۸۴
۱۹۹۱	۳۹/۳۰	۴۹/۲۴	۵۱/۸۵	۴۱/۸۲	۵۰/۲۹	۴۳/۴۱	-۹/۹۴
۱۹۹۲	۴۵/۰۸	۴۸/۶۵	۴۹/۸۹	۴۱/۸۲	۴۸/۵۹	۴۳/۳۲	-۳/۵۷
۱۹۹۳	۴۳/۲۵	۴۸/۰۶	۴۷/۹۳	۴۱/۸۲	۴۶/۸۹	۴۳/۲۲	-۴/۸۱
۱۹۹۴	۴۷/۱۷	۴۷/۴۶	۴۵/۹۷	۴۱/۸۲	۴۵/۱۹	۴۳/۱۲	-۰/۲۹
۱۹۹۵	۴۷/۹۲	۴۶/۸۷	۴۴/۰۱	۴۱/۸۲	۴۳/۴۹	۴۳/۰۲	۱/۰۵
۱۹۹۶	۵۷/۴۰	۴۶/۲۸	۴۲/۰۵	۴۱/۸۲	۴۱/۷۹	۴۲/۹۳	۱۱/۱۳
۱۹۹۷	۹۳/۶۰	۴۵/۶۸	۴۰/۰۹	۴۱/۸۲	۴۰/۰۹	۴۲/۸۳	۴۷/۹۲
۱۹۹۸	۴۷/۰۰	۴۵/۰۹	۳۸/۱۲	۴۱/۸۲	۳۸/۳۸	۴۲/۷۳	۱/۹۱
۱۹۹۹	۳۲/۵۰	۴۴/۵۰	۳۶/۱۶	۴۱/۸۲	۳۶/۶۸	۴۲/۶۳	-۱۲/۰۰
۲۰۰۰	۳۳/۰۰	۴۳/۹۰	۳۴/۲۰	۴۱/۸۲	۳۴/۹۸	۴۲/۵۴	-۱۰/۹۰
۲۰۰۱	۴۸/۹۹	۴۳/۳۱	۳۲/۲۴	۴۱/۸۲	۳۳/۲۸	۴۲/۴۴	۵/۶۸
۲۰۰۲	۸/۸۵	۴۲/۷۲	۳۰/۲۸	۴۱/۸۲	۳۱/۵۸	۴۲/۳۴	-۳۳/۸۷
۲۰۰۳	۲/۰۰	۴۲/۱۲	۲۸/۳۲	۴۱/۸۲	۲۹/۸۸	۴۲/۲۴	-۴۰/۱۲
۲۰۰۴	۴۱/۸۲	۴۱/۵۳	۲۶/۳۶	۴۱/۸۲	۲۸/۱۸	۴۲/۱۴	۰/۲۹
۲۰۰۵	۴۱/۸۲	۴۰/۹۴	۲۴/۴۰	۴۱/۸۲	۲۶/۴۷	۴۲/۰۵	۰/۸۸
۲۰۰۶	۴۱/۸۲	۴۰/۳۴	۲۲/۴۴	۴۱/۸۲	۲۴/۷۷	۴۱/۹۵	۱/۴۸
۲۰۰۷	۴۱/۸۲	۳۹/۷۵	۲۰/۴۷	۴۱/۸۲	۲۳/۰۷	۴۱/۸۵	۲/۰۷
۲۰۰۸	۴۱/۸۲	۳۹/۱۶	۱۸/۵۱	۴۱/۸۲	۲۱/۳۷	۴۱/۷۵	۲/۶۶
۲۰۰۹	۴۱/۸۲	۳۸/۵۶	۱۶/۵۵	۴۱/۸۲	۱۹/۶۷	۴۱/۶۶	۳/۲۶
۲۰۱۰	۱۴/۲۷	۳۷/۹۷	۱۴/۵۹	۴۱/۸۲	۱۷/۹۷	۴۱/۵۶	-۲۴/۷۰
۲۰۱۱	۷/۳۹	۳۷/۳۸	۱۲/۶۳	۴۱/۸۲	۱۶/۲۷	۴۱/۴۶	-۲۹/۹۹

جدول ۱۲- نتایج تحلیل روند مجموعه زمانی قنات چشمه خوزن با آزمون من کندال و تخمین گر سن در دوره (۱۹۸۶-۲۰۱۱)

مجموعه زمانی	اولین سال	آخرین سال	تعداد	آزمون Z	سطح معنی داری	Q شیب خط روند	Q min %99	Q max %99	Q min %95	Q max %95	B مقدار ثابت	B min %99	B max %99	B min %95	B max %95
میانگین تراز آب در قنات چشمه خوزن (متر)	۱۹۸۶	۲۰۱۱	۲۶	-۲/۴۲	*	-۰/۵۹۲	-۱/۹۶۱	۰/۰۰۰	-۱/۷۰۱	-۰/۰۹۸	۵۲/۲۱	۱۱/۶۶	۴۱/۸۲	۵۸/۸۰	۴۳/۹۰

ایستگاه سنجان قلقله



شکل ۱۵- نمودار روند تغییرات تراز سطح آب زیرزمینی در قنات سنجان قلقله در مقیاس سالانه در دوره (۱۹۸۶-۲۰۱۱)

کرده اما به علت سابقه طولانی بهره‌برداریهای بی‌رویه آب، شیب منفی خط Trend نمودار با گامی تند، گرایش به سمت کم آبی را نشانه رفته است. مقدار آماره Z به دست آمده از رابطه من-کندال، $-۲/۶۹$ و با توجه به مقدار منفی Z روند نمودار کاهشی و به دلیل $Z > ۲/۵۷۴$ ، در سطح ۱ درصد معنی دار می‌باشد. این موضوع گویای گرایش کم آبی این قنات است (شکل ۱۵ و جدول ۱۱ و ۱۲).

با نگاه به نمودار روند تغییرات دبی آب‌های زیرزمینی قنات سنجان قلقله یک دوره پراپی با طول عمر حدود چهارده سال در ابتدای روند و پس از آن در دوره برداشت مداوم و نسبتاً طولانی قابل مشاهده است. بالاترین شدت درجه برداشت آب یا نقطه فرود کم آبی، به واسطه روند و سال ۲۰۰۰ و بالاترین نقطه پراپی به انتهای روند و سال ۲۰۱۱ مربوط می‌شود. این ارتقاء میزان آب، اگرچه آینده روند قنات سنجان قلقله را به سمت وضع مطلوب هدایت

جدول ۱۳- نتایج تحلیل تغییرات تراز سطح آب زیرزمینی در قنات سنجان قلقله در مقیاس سالانه در دوره (۲۰۱۱-۱۹۸۶)

سال	میانگین تراز آب زیرزمینی	تخمین سن	۹۹٪ سطح اطمینان حداقل	۹۹٪ سطح اطمینان حداکثر	۹۵٪ سطح اطمینان حداقل	۹۵٪ سطح اطمینان حداکثر	باقیمانده
۱۹۸۶	۶۸/۵۰	۶۴/۲۳	۷۳/۲۲	۵۹/۰۲	۷۱/۷۸	۶۰/۵۰	۴/۲۷
۱۹۸۷	۶۲/۳۳	۶۳/۰۵	۷۰/۹۷	۵۹/۰۲	۶۹/۶۸	۶۰/۳۷	-۰/۷۲
۱۹۸۸	۶۱/۵۸	۶۱/۸۶	۶۸/۷۲	۵۹/۰۲	۶۷/۵۹	۶۰/۲۴	-۰/۲۸
۱۹۸۹	۵۱/۱۰	۶۰/۶۷	۶۶/۴۷	۵۹/۰۲	۶۵/۴۹	۶۰/۱۱	-۹/۵۷
۱۹۹۰	۶۰/۸۷	۵۹/۴۸	۶۴/۲۲	۵۹/۰۲	۶۳/۳۹	۵۹/۹۸	۱/۳۹
۱۹۹۱	۵۹/۱۰	۵۸/۳۰	۶۱/۹۷	۵۹/۰۲	۶۱/۲۹	۵۹/۸۵	۰/۸۰
۱۹۹۲	۶۷/۰۸	۵۷/۱۱	۵۹/۷۲	۵۹/۰۲	۵۹/۲۰	۵۹/۷۲	۹/۹۷
۱۹۹۳	۶۰/۳۳	۵۵/۹۲	۵۷/۴۶	۵۹/۰۲	۵۷/۱۰	۵۹/۵۸	۴/۴۱
۱۹۹۴	۴۸/۷۵	۵۴/۷۴	۵۵/۲۱	۵۹/۰۲	۵۵/۰۰	۵۹/۴۵	-۵/۹۹
۱۹۹۵	۶۰/۶۷	۵۳/۵۵	۵۲/۹۶	۵۹/۰۲	۵۲/۹۰	۵۹/۳۲	۷/۱۲
۱۹۹۶	۶۷/۱۰	۵۲/۳۶	۵۰/۷۱	۵۹/۰۱	۵۰/۸۱	۵۹/۱۹	۱۴/۷۴
۱۹۹۷	۶۰/۶۷	۵۱/۱۷	۴۸/۴۶	۵۹/۰۱	۴۸/۷۱	۵۹/۰۶	۹/۵۰
۱۹۹۸	۶۰/۶۷	۴۹/۹۹	۴۶/۲۱	۵۹/۰۱	۴۶/۶۱	۵۸/۹۳	۱۰/۶۸
۱۹۹۹	۶۰/۶۷	۴۸/۸۰	۴۳/۹۶	۵۹/۰۱	۴۴/۵۱	۵۸/۸۰	۱۱/۸۷
۲۰۰۰	۱۵	۴۷/۶۱	۴۱/۷۱	۵۹/۰۱	۴۲/۴۲	۵۸/۶۷	-۲۲/۶۱
۲۰۰۱	۳۱/۶۳	۴۶/۴۲	۳۹/۴۶	۵۹/۰۰	۴۰/۳۲	۵۸/۵۴	-۱۴/۷۹
۲۰۰۲	۲۸/۵۶	۴۵/۲۴	۳۷/۲۱	۵۹/۰۰	۳۸/۲۲	۵۸/۴۱	-۱۶/۶۸
۲۰۰۳	۳۱/۶۷	۴۴/۰۵	۳۴/۹۶	۵۹/۰۰	۳۶/۱۲	۵۸/۲۸	-۱۲/۳۸
۲۰۰۴	۲۹/۲۲	۴۲/۸۶	۳۲/۷۱	۵۹/۰۰	۳۴/۰۳	۵۸/۱۵	-۱۳/۶۴
۲۰۰۵	۲۴/۰۹	۴۱/۶۸	۳۰/۴۶	۵۹/۰۰	۳۱/۹۳	۵۸/۰۲	-۱۷/۵۹
۲۰۰۶	۴۰/۲۱	۴۰/۴۹	۲۸/۲۱	۵۸/۹۹	۲۹/۸۳	۵۷/۸۹	-۰/۲۸
۲۰۰۷	۳۹/۵۸	۳۹/۳۰	۲۵/۹۶	۵۸/۹۹	۲۷/۷۳	۵۷/۷۵	۰/۲۸
۲۰۰۸	۲۷/۸۳	۳۸/۱۱	۲۳/۷۱	۵۸/۹۹	۲۵/۶۴	۵۷/۶۲	-۱۰/۲۸
۲۰۰۹	۲۹/۵۸	۳۶/۹۳	۲۱/۴۶	۵۸/۹۹	۲۳/۵۴	۵۷/۴۹	-۷/۳۵
۲۰۱۰	۵۸/۹۱	۳۵/۷۴	۱۹/۲۱	۵۸/۹۹	۲۱/۴۴	۵۷/۳۶	۲۳/۱۷
۲۰۱۱	۷۴/۶	۳۴/۵۵	۱۶/۹۶	۵۸/۹۹	۱۹/۳۴	۵۷/۲۳	۴۰/۰۵

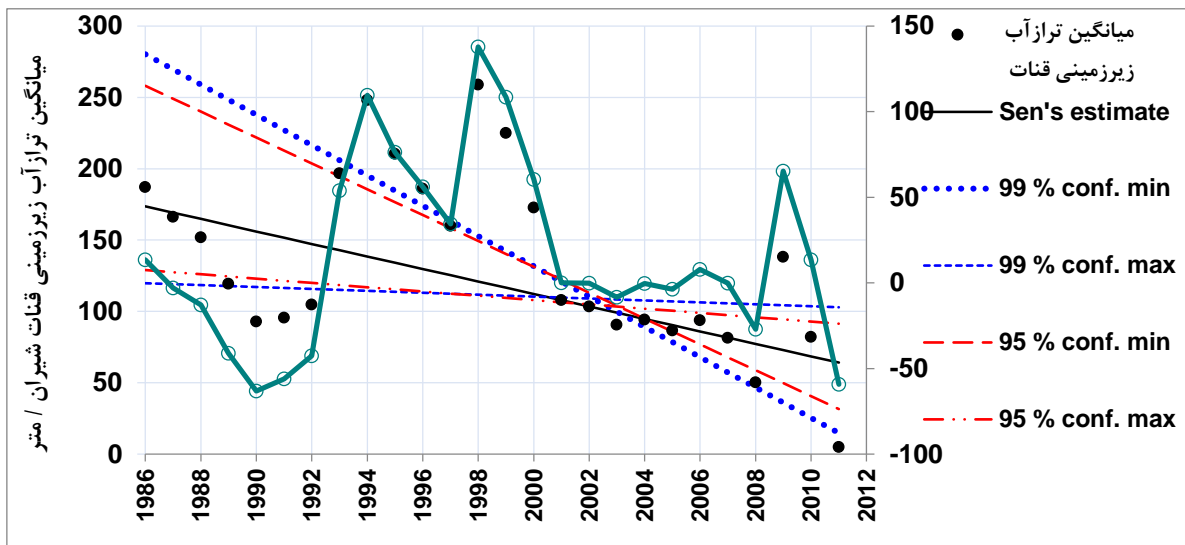
جدول ۱۴- نتایج تحلیل روند مجموعه زمانی قنات سنجان قلقله با آزمون من کندال و تخمین گر سن در دوره (۲۰۱۱-۱۹۸۶)

مجموعه زمانی	اولین سال	آخرین سال	تعداد	آزمون Z	سطح معنی داری	Q شیب خط روند	Q min %99	Q max %99	Q min %95	Q max %95	B مقدار ثابت	B min %99	B max %99	B min %95	B max %95
میانگین تراز آب در قنات سنجان قلقله (متر)	۱۹۸۶	۲۰۱۱	۲۶	-۲/۶۹	**	-۱/۱۸	-۲/۲۵	-۰/۰۲	-۲/۰۹۸	-۰/۱۳	۶۴/۲۳	۷۳/۲۲	۵۹/۰۳	۷۱/۷۸	۶۰/۰۵

ایستگاه شیران

در بررسی دوره ۲۵ ساله نمایش گرافیکی قنات شیران، وجود یک دوره مساعد در بین دو دوره خشک قابل مشاهده است. یک دوره پرآب، در اواسط روند که از سال ۱۹۹۲ تا سال ۲۰۰۰ به طول انجامیده است با نقاط اوج آن در سال‌های ۱۹۹۴ و ۱۹۹۸ بالاترین حد آب و سال ۲۰۰۸ پایین‌ترین سطح آب را نشان داده است. در گرایش خط Trend با شیب تند نزولی،

اختتام روند به روشنی قابل رؤیت بوده و مقدار آماره Z به‌دست آمده از رابطه من- کندال ۲/۶۹- می‌باشد. با توجه به مقدار منفی Z روند قنات شیران و به‌دلیل اینکه $Z > ۲/۵۷۴$ روند کاهشی در سطح ۱ درصد معنی‌دار بوده و بازگو می‌کند که ایستگاه شیران رو به خشکی سوق می‌یابد (شکل ۱۶ و جدول ۱۵ و ۱۶).



شکل ۱۶- نمودار روند تغییرات تراز سطح آب زیرزمینی در قنات شیران در مقیاس سالانه در دوره (۱۹۸۶-۲۰۱۱)

جدول ۱۵- نتایج تحلیل تغییرات تراز سطح آب زیرزمینی در قنات شیران در مقیاس سالانه در دوره (۱۹۸۶-۲۰۱۱)

سال	میانگین تراز آب زیرزمینی	تخمین سن	۹۹٪ سطح اطمینان حداقل	۹۹٪ سطح اطمینان حداکثر	۹۵٪ سطح اطمینان حداقل	۹۵٪ سطح اطمینان حداکثر	باقیمانده
۱۹۸۶	۱۸۷/۱۰	۱۷۳/۵۵	۲۸۰/۱۷	۱۱۹/۷۶	۲۵۸/۰۷	۱۲۹/۰۲	۱۳/۵۵
۱۹۸۷	۱۶۶/۲۰	۱۶۹/۱۷	۲۶۹/۵۶	۱۱۹/۰۹	۲۴۹/۰۲	۱۲۷/۵۲	-۲/۹۷
۱۹۸۸	۱۵۱/۹۰	۱۶۴/۸۰	۲۵۸/۹۵	۱۱۸/۴۱	۲۳۹/۹۶	۱۲۶/۰۱	-۱۲/۹۰
۱۹۸۹	۱۱۹/۴۰	۱۶۰/۴۲	۲۴۸/۳۴	۱۱۷/۷۴	۲۳۰/۹۰	۱۲۴/۵۱	-۴۱/۰۲
۱۹۹۰	۹۲/۸۲	۱۵۶/۰۴	۲۳۷/۷۳	۱۱۷/۰۷	۲۲۱/۸۴	۱۲۳/۰۰	-۶۳/۲۲
۱۹۹۱	۹۵/۶۰	۱۵۱/۶۶	۲۳۷/۱۲	۱۱۶/۳۹	۲۱۲/۷۸	۱۲۱/۵۰	-۵۶/۰۶
۱۹۹۲	۱۰۴/۸۰	۱۴۷/۲۹	۲۱۶/۵۰	۱۱۵/۷۲	۲۰۲/۷۳	۱۱۹/۹۹	-۴۲/۴۹
۱۹۹۳	۱۹۶/۸۰	۱۴۲/۹۱	۲۰۵/۸۹	۱۱۵/۰۵	۱۹۴/۶۷	۱۱۸/۴۹	۵۳/۸۹
۱۹۹۴	۲۴۸/۱۰	۱۳۸/۵۳	۱۹۵/۲۸	۱۱۴/۳۷	۱۸۵/۶۱	۱۱۶/۹۸	۱۰۹/۵۷
۱۹۹۵	۲۱۰/۴۰	۱۳۴/۱۵	۱۸۴/۶۷	۱۱۳/۷۰	۱۷۶/۵۵	۱۱۵/۴۸	۷۶/۲۵
۱۹۹۶	۱۸۵/۹۰	۱۲۹/۷۸	۱۷۴/۰۶	۱۱۳/۰۳	۱۶۷/۴۹	۱۱۳/۹۷	۵۶/۱۲

سال	میانگین تراز آب زیرزمینی	تخمین سن	۹۹٪ سطح اطمینان حداقل	۹۹٪ سطح اطمینان حداکثر	۹۵٪ سطح اطمینان حداقل	۹۵٪ سطح اطمینان حداکثر	باقیمانده
۱۹۹۷	۱۵۹/۹۱	۱۲۵/۴۰	۱۶۳/۴۴	۱۱۲/۳۵	۱۵۸/۴۴	۱۱۲/۴۷	۳۴/۵۱
۱۹۹۸	۲۵۸/۸۰	۱۲۱/۰۲	۱۵۲/۸۳	۱۱۱/۶۸	۱۴۹/۳۸	۱۱۰/۹۷	۱۳۷/۷۸
۱۹۹۹	۲۲۵/۰۰	۱۱۶/۶۴	۱۴۲/۲۲	۱۱۱/۰۱	۱۴۰/۳۲	۱۰۹/۴۶	۱۰۸/۳۶
۲۰۰۰	۱۷۲/۷	۱۱۲/۲۷	۱۳۱/۶۱	۱۱۰/۳۳	۱۳۱/۲۶	۱۰۷/۹۶	۶۰/۴۳
۲۰۰۱	۱۰۸	۱۰۷/۸۹	۱۲۱/۰۰	۱۰۹/۶۶	۱۲۲/۲۰	۱۰۶/۴۵	۰/۱۱
۲۰۰۲	۱۰۳/۴	۱۰۳/۵۱	۱۱۰/۳۹	۱۰۸/۹۹	۱۱۳/۱۵	۱۰۴/۹۵	-۰/۱۱
۲۰۰۳	۹۰/۶۷	۹۹/۱۳	۹۹/۷۷	۱۰۸/۳۱	۱۰۴/۰۹	۱۰۳/۴۴	-۸/۴۶
۲۰۰۴	۹۴/۳۳	۹۴/۷۶	۸۹/۱۶	۱۰۷/۶۴	۹۵/۰۳	۱۰۱/۹۴	-۰/۴۳
۲۰۰۵	۸۶/۶۷	۹۰/۳۸	۷۸/۵۵	۱۰۶/۹۷	۸۵/۹۷	۱۰۰/۴۳	-۳/۷۱
۲۰۰۶	۹۳/۸۶	۸۶/۰۰	۶۷/۹۴	۱۰۶/۲۹	۷۶/۹۱	۹۸/۹۳	۷/۸۶
۲۰۰۷	۸۱/۴۲	۸۱/۶۲	۵۷/۳۳	۱۰۵/۶۲	۶۷/۸۵	۹۷/۴۳	-۰/۲۰
۲۰۰۸	۵۰/۲۵	۷۷/۲۵	۴۶/۷۲	۱۰۴/۹۵	۵۸/۸۰	۹۵/۹۲	-۲۷/۰۰
۲۰۰۹	۱۳۸/۲	۷۲/۸۷	۳۶/۱۰	۱۰۴/۲۷	۴۹/۷۴	۹۴/۴۲	۶۵/۳۳
۲۰۱۰	۸۲/۰۴	۶۸/۴۹	۲۵/۴۹	۱۰۳/۶۰	۴۰/۶۸	۹۲/۹۱	۱۳/۵۵
۲۰۱۱	۴/۹	۶۴/۱۱	۱۴/۸۸	۱۰۲/۹۳	۳۱/۶۲	۹۱/۴۱	-۵۹/۲۱

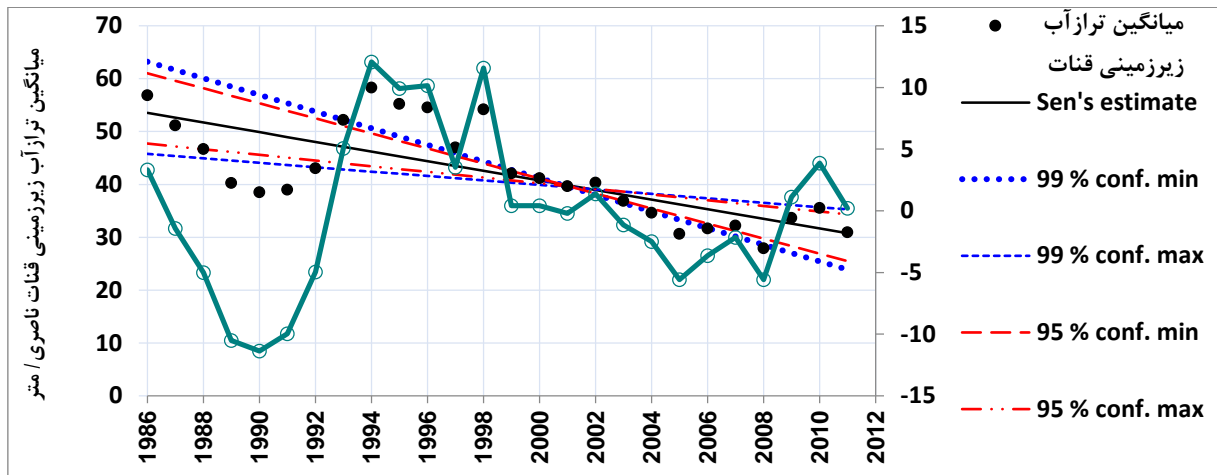
جدول ۱۶- نتایج تحلیل روند مجموعه زمانی قنات شیران با آزمون من کندال و تخمین گر سن در دوره (۲۰۱۱-۱۹۸۶)

مجموعه زمانی	اولین سال	آخرین سال	تعداد	آزمون Z	سطح معنی داری	Q. شیب خط روند	Q min %99	Q max %99	Q min %95	Q max %95	B. مقدار ثابت	B min %99	B max %99	B min %95	B max %95
میانگین تراز آب در قنات شیران (متر)	۱۹۸۶	۲۰۱۱	۲۶	-۲/۶۹	**	-۱/۸۸۷	-۲/۲۵	-۰/۰۲	-۲/۰۹۸	-۰/۱۳۱	۶۴/۳۳	۷۳/۲۲	۵۹/۰۳	۷۱/۷۸	۶/۵۰

ایستگاه ناصری

در شکل (۱۷) فراوانی شدت دوره‌های خشک و پر آب در سال‌های روند نمودار قنات ناصری قابل توجه است. بلندترین فرازهای نمودار در سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۰۲ پر آب ترین سال‌ها را نشان داده و خشک‌ترین سال‌ها عمیق‌ترین فرودها را در سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۰۹ نمایان کرده است. مقادیر سطح آب بر حسب مترمکعب در محور لایها نشانگر بضاعت اندک در دریافت ورودی و تغذیه قنات بوده و فرودهای عمیق حکایت از برداشت‌های بی‌رویه آب در سال‌های متوالی دارد. شیب خط Trend، به سمت محور

منفی متمایل شده و تمایل قنات را در مسیر روند منفی به‌طور بسیار بطئی تأیید می‌کند. مقدار آماره Z به‌دست آمده از رابطه من - کندال ۳/۹۷- می‌باشد. با توجه به مقدار منفی Z روند تغییرات قنات ناصری منفی یا کاهشی است و به‌دلیل اینکه $Z > ۲/۵۷۴$ است روند کاهشی در سطح ۱ درصد معنی دار می‌باشد. این موضوع گویای این مطلب می‌باشد که در قنات ناصری گرایش به سمت کم آبی در سطح کاملاً معنی دار اتفاق افتاده است (شکل ۱۷ و جدول ۱۷ و ۱۸).



شکل ۱۷- نمودار روند تغییرات تراز سطح آب زیرزمینی در قنات ناصری در مقیاس سالانه در دوره (۱۹۸۶-۲۰۱۱)

جدول ۱۷- نتایج تحلیل تغییرات تراز سطح آب زیرزمینی در قنات ناصری در مقیاس سالانه در دوره (۱۹۸۶-۲۰۱۱)

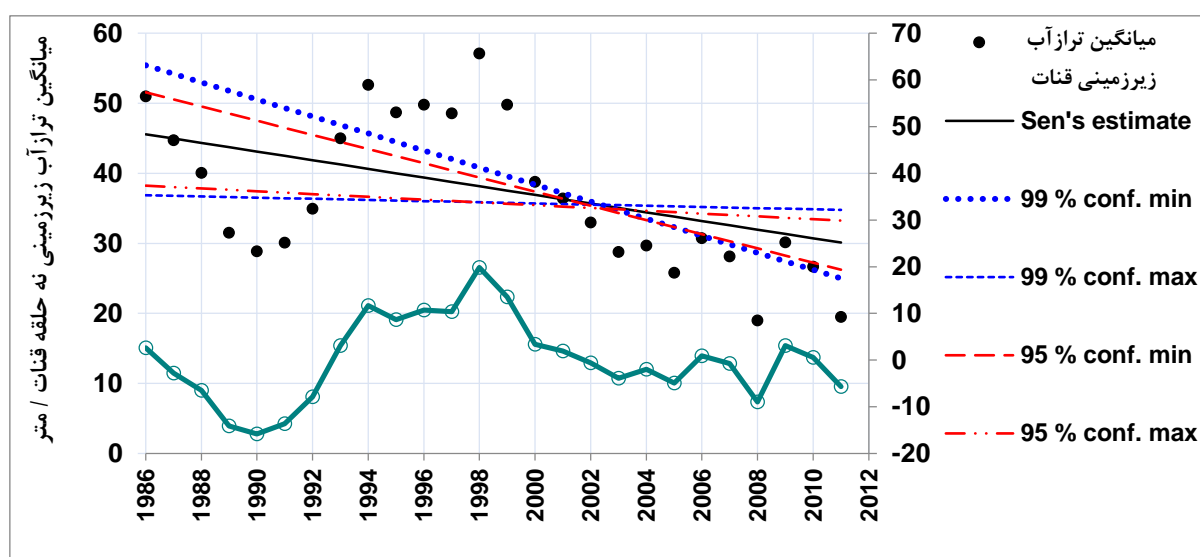
سال	میانگین تراز آب زیرزمینی	تخمین سن	%۹۹ سطح اطمینان		%۹۵ سطح اطمینان		باقیمانده
			حدافل	حداکثر	حدافل	حداکثر	
۱۹۸۶	۵۶/۸	۵۳/۵۲	۶۳/۲۲	۴۵/۷۸	۶۱/۰۳	۴۷/۷۳	۳/۳۳
۱۹۸۷	۵۱/۲	۵۲/۶۱	۶۱/۶۵	۴۵/۳۶	۵۹/۶۱	۴۷/۲۰	-۱/۴۲
۱۹۸۸	۴۶/۷	۵۱/۷۰	۶۰/۰۷	۴۴/۹۴	۵۸/۱۸	۴۶/۶۶	-۵/۰۰
۱۹۸۹	۴۰/۳	۵۰/۷۹	۵۸/۵۰	۴۴/۵۲	۵۶/۷۶	۴۶/۱۲	-۱۰/۵۲
۱۹۹۰	۳۸/۵	۴۹/۸۷	۵۶/۹۲	۴۴/۱۰	۵۵/۳۴	۴۵/۵۹	-۱۱/۳۸
۱۹۹۱	۳۹/۰	۴۸/۹۶	۵۵/۳۵	۴۳/۶۸	۵۳/۹۲	۴۵/۰۵	-۹/۹۷
۱۹۹۲	۴۳/۱	۴۸/۰۵	۵۳/۷۸	۴۳/۲۶	۵۲/۵۰	۴۴/۵۱	-۴/۹۶
۱۹۹۳	۵۲/۲	۴۷/۱۴	۵۲/۲۰	۴۲/۸۴	۵۱/۰۷	۴۳/۹۸	۵/۰۶
۱۹۹۴	۵۸/۳	۴۶/۲۳	۵۰/۶۳	۴۲/۴۲	۴۹/۶۵	۴۳/۴۴	۱۲/۰۸
۱۹۹۵	۵۵/۲	۴۵/۳۲	۴۹/۰۵	۴۲/۰۰	۴۸/۲۳	۴۲/۹۰	۹/۹۱
۱۹۹۶	۵۴/۶	۴۴/۴۱	۴۷/۴۸	۴۱/۵۸	۴۶/۸۱	۴۲/۳۷	۱۰/۱۴
۱۹۹۷	۴۷/۰	۴۳/۵۰	۴۵/۹۰	۴۱/۱۶	۴۵/۳۹	۴۱/۸۳	۳/۵۲
۱۹۹۸	۵۴/۲	۴۲/۵۹	۴۴/۳۳	۴۰/۷۴	۴۳/۹۶	۴۱/۲۹	۱۱/۵۹
۱۹۹۹	۴۲/۱	۴۱/۶۸	۴۲/۷۶	۴۰/۳۲	۴۲/۵۴	۴۰/۷۶	-۰/۴۱
۲۰۰۰	۴۱/۲	۴۰/۷۷	۴۱/۱۸	۳۹/۹۰	۴۱/۱۲	۴۰/۲۲	-۰/۴۱
۲۰۰۱	۳۹/۶	۳۹/۸۶	۳۹/۶۱	۳۹/۴۸	۳۹/۷۰	۳۹/۶۸	-۰/۲۱
۲۰۰۲	۴۰/۳	۳۸/۹۵	۳۸/۰۳	۳۹/۰۶	۳۸/۲۸	۳۹/۱۵	۱/۳۷
۲۰۰۳	۳۶/۹	۳۸/۰۴	۳۶/۴۶	۳۸/۶۴	۳۶/۸۵	۳۸/۶۱	-۱/۱۳
۲۰۰۴	۳۴/۶	۳۷/۱۲	۳۴/۸۸	۳۸/۲۲	۳۵/۴۳	۳۸/۰۷	-۲/۵۰
۲۰۰۵	۳۰/۶	۳۶/۲۱	۳۳/۳۱	۳۷/۸۰	۳۴/۰۱	۳۷/۵۴	-۵/۵۸
۲۰۰۶	۳۱/۷	۳۵/۳۰	۳۱/۷۴	۳۷/۳۸	۳۲/۵۹	۳۷/۰۰	-۳/۶۳
۲۰۰۷	۳۲/۲	۳۴/۳۹	۳۰/۱۶	۳۶/۹۶	۳۱/۱۷	۳۶/۴۶	-۲/۱۵
۲۰۰۸	۲۷/۹	۳۳/۴۸	۲۸/۵۹	۳۶/۵۴	۲۹/۷۴	۳۵/۹۳	-۵/۵۸
۲۰۰۹	۳۳/۷	۳۲/۵۷	۲۷/۰۱	۳۶/۱۲	۲۸/۳۲	۳۵/۳۹	۱/۱۲
۲۰۱۰	۳۵/۵	۳۱/۶۶	۲۵/۴۴	۳۵/۷۰	۲۶/۹۰	۳۴/۸۵	۳/۸۷
۲۰۱۱	۳۱/۰	۳۰/۷۵	۲۳/۸۶	۳۵/۲۸	۲۵/۴۸	۳۴/۳۲	-۰/۲۱

جدول ۱۸- نتایج تحلیل روند مجموعه زمانی قنات شیران با آزمون من کندال و تخمین گر سن در دوره (۱۹۸۶-۲۰۱۱)

مجموعه زمانی	اولین سال	آخرین سال	تعداد	آزمون Z	سطح معنی داری	Q شیب خط روند	Q min %99	Q max %99	Q min %95	Q max %95	B مقدار ثابت	B min %99	B max %99	B min %95	B max %95
میانگین تراز آب در قنات ناصری (متر)	۱۹۸۶	۲۰۱۱	۲۳	-۳/۹۷	***	-۰/۹۱	-۱/۵۷	-۰/۴۲۰	-۱/۴۲	-۰/۵۳۷	۵۲/۵۲	۶۳/۲۲	۴۵/۷۸	۶۱/۰۳	۴۷/۷۳

میانگین تراز سطح آب نه حلقه قنات در مسیر روند به طور بسیار بطئی مشاهده می شود. مقدار آماره Z به دست آمده از رابطه من- کندال $3/13$ می باشد. با توجه به مقدار منفی Z، روند تغییرات میانگین تراز سطح آب زیرزمینی در نه حلقه قنات منفی یا کاهشی است و به دلیل اینکه $Z 2/574$ > است، روند قابل مشاهده در سطح ۱ درصد معنی دار می باشد (شکل ۱۸ و جدول ۱۹ و ۲۰).

اختلاف میانگین تراز سطح آب زیرزمینی در نه حلقه قنات به منظور بررسی تغییرات مکانی، تفاوت تراز سطح آب زیرزمینی نه حلقه قنات (تفاوت تراز سطح آب زیرزمینی در مهرماه اولین و آخرین سال اندازه گیری در هر قنات می باشد) در محدوده مورد مطالعه با استفاده از روش آماری- ترسیمی مورد تحلیل قرار گرفته است. شیب خط Trend، به سمت محور منفی متمایل گردیده و تمایل ملایم



شکل ۱۸- نمودار روند تغییرات میانگین تراز سطح آب زیرزمینی نه حلقه قنات در مقیاس سالانه در دوره (۱۹۸۶-۲۰۱۱)

جدول ۱۹- نتایج تحلیل تغییرات میانگین تراز سطح آب زیرزمینی نه حلقه قنات در مقیاس سالانه در دوره (۲۰۱۱-۱۹۸۶)

سال	میانگین تراز آب زیرزمینی	تخمین سن	%۹۹ سطح اطمینان		%۹۵ سطح اطمینان		باقیمانده
			حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	
۱۹۸۶	۵۱/۰	۴۸/۳۹	۶۳/۱۴	۳۵/۳۱	۵۷/۳۶	۳۷/۳۶	۲/۶۰
۱۹۸۷	۴۴/۷	۴۷/۴۶	۶۱/۳۲	۳۵/۱۸	۵۵/۸۴	۳۷/۰۶	-۲/۷۷
۱۹۸۸	۴۰/۱	۴۶/۵۳	۵۹/۴۹	۳۵/۰۶	۵۴/۳۲	۳۶/۷۷	-۶/۴۸
۱۹۸۹	۳۱/۵	۴۵/۶۰	۵۷/۶۶	۳۴/۹۳	۵۲/۸۰	۳۶/۴۷	-۱۴/۱۲
۱۹۹۰	۲۸/۸	۴۴/۶۷	۵۵/۸۴	۳۴/۸۰	۵۱/۲۸	۳۶/۱۷	-۱۵/۸۲
۱۹۹۱	۳۰/۱	۴۳/۷۴	۵۴/۰۱	۳۴/۶۸	۴۹/۷۶	۳۵/۸۷	-۱۳/۶۶
۱۹۹۲	۳۴/۹	۴۲/۸۱	۵۲/۱۹	۳۴/۵۵	۴۸/۲۴	۳۵/۵۷	-۷/۹۱
۱۹۹۳	۴۵/۰	۴۱/۸۸	۵۰/۳۶	۳۴/۴۳	۴۶/۷۲	۳۵/۲۷	۳/۱۰
۱۹۹۴	۵۲/۶	۴۰/۹۵	۴۸/۵۴	۳۴/۳۰	۴۵/۲۰	۳۴/۹۷	۱۱/۶۵
۱۹۹۵	۴۸/۷	۴۰/۰۲	۴۶/۷۱	۳۴/۱۸	۴۳/۶۸	۳۴/۶۷	۸/۶۴
۱۹۹۶	۴۹/۸	۳۹/۰۹	۴۴/۸۸	۳۴/۰۵	۴۲/۱۶	۳۴/۳۷	۱۰/۶۹
۱۹۹۷	۴۸/۵	۳۸/۱۷	۴۳/۰۶	۳۳/۹۳	۴۰/۶۴	۳۴/۰۷	۱۰/۳۷
۱۹۹۸	۵۷/۱	۳۷/۲۴	۴۱/۲۳	۳۳/۸۰	۳۹/۱۲	۳۳/۷۷	۱۹/۸۵
۱۹۹۹	۴۹/۸	۳۶/۳۱	۳۹/۴۱	۳۳/۶۷	۳۷/۶۰	۳۳/۴۸	۱۳/۴۹
۲۰۰۰	۳۸/۷	۳۵/۳۸	۳۷/۵۸	۳۳/۵۵	۳۶/۰۸	۳۳/۱۸	۳/۳۷
۲۰۰۱	۳۶/۴	۳۴/۴۵	۳۵/۷۶	۳۳/۴۲	۳۴/۵۶	۳۲/۸۸	۱/۹۱
۲۰۰۲	۳۲/۹	۳۳/۵۲	۳۳/۹۳	۳۳/۳۰	۳۳/۰۴	۳۲/۵۸	--/۵۷
۲۰۰۳	۲۸/۷	۳۲/۵۹	۳۲/۱۰	۳۳/۱۷	۳۱/۵۲	۳۲/۲۸	-۳/۸۶
۲۰۰۴	۲۹/۷	۳۱/۶۶	۳۰/۲۸	۳۳/۰۵	۳۰/۰۰	۳۱/۹۸	-۱/۹۹
۲۰۰۵	۲۵/۸	۳۰/۷۳	۲۸/۴۵	۳۲/۹۲	۲۸/۴۸	۳۱/۶۸	-۴/۹۵
۲۰۰۶	۳۰/۷	۲۹/۸۰	۲۶/۶۳	۳۲/۸۰	۲۶/۹۶	۳۱/۳۸	۰/۹۲
۲۰۰۷	۲۸/۱	۲۸/۸۷	۲۴/۸۰	۳۲/۶۷	۲۵/۴۴	۳۱/۰۸	--/۷۷
۲۰۰۸	۱۹/۰	۲۷/۹۵	۲۲/۹۷	۳۲/۵۴	۲۳/۹۲	۳۰/۷۸	-۸/۹۶
۲۰۰۹	۳۰/۱	۲۷/۰۲	۲۱/۱۵	۳۲/۴۲	۲۲/۴۰	۳۰/۴۹	۳/۱۰
۲۰۱۰	۲۶/۷	۲۶/۰۹	۱۹/۳۲	۳۲/۲۹	۲۰/۸۸	۳۰/۱۹	۰/۵۷
۲۰۱۱	۱۹/۵	۲۵/۱۶	۱۷/۵۰	۳۲/۱۷	۱۹/۳۶	۲۹/۸۹	-۵/۷۱

جدول ۲۰- نتایج تحلیل روند مجموعه زمانی نه حلقه قنات شیران با آزمون من کندال و تخمین گر سن در دوره (۲۰۱۱-۱۹۸۶)

مجموعه زمانی	اولین سال	آخرین سال	تعداد	آزمون Z	سطح معنی داری	Q	شیب خط روند	Q min %99	Q max %99	Q min %95	Q max %95	B	مقدار ثابت	B min %99	B max %99	B min %95	B max %95
میانگین تراز سطح آب نه حلقه قنات (متر)	۱۹۸۶	۲۰۱۱	۲۶	-۲/۱۲	**	-۰/۹۲۹		-۱/۷۲۶	-۰/۱۲۶	-۱/۵۲۰	-۰/۲۹۹	۴۸/۲۹		۱۳/۱۴	۲۵/۲۱	۵۷/۳۶	۲۷/۳۶

نتیجه گیری

استفاده از آزمون ناپارامتری من-کندال و روش ناپارامتری تخمینگر شیب سن تطبیق و مقایسه روند تغییرات و برداشت منابع آب زیرزمینی در نه حلقه قنات منطقه مورد مطالعه به روش علمی انجام شود. بدین منظور تغییرات روند

بهره برداری و برداشت بیش از حد مجاز از منابع آب زیرزمینی زیرحوضه میقان باعث افت شدید عمق آب زیرزمینی شده است. در این تحقیق، تلاش بر این بود تا با

- Chitsazan, M., Mirzayee, Y., Behzad, M. H., Shaban, M., 2009. Impact of Drought on the Quantity and Quality of Groundwater Resources (Case Study of Khovis plain in northern Khuzestan). The Second National Seminar on Drought Effects/Management, Esfahan, 7(5): 154-163.
- Ensafi Moghaddam, T., 2013. Influence of Climate Changes on ground and surface water using fifty years (Case study: Mighan watershed of Arak), Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran.
- Fattahi, M.M., 2009. Study of trend of desertification trend in Qom province base on remote sensing with emphasis on Landuse changes and water quality and quantity resources, Iranian journal of Range and Desert Research, 16: 234-253.
- Ghahroudi Tali, M., Mirzakhani, B. and Asgari, A., 2012. Desertification and playa expansions in Everglades of Iran (Case study: Meghan Lake). Geography and Environmental Hazards. 1: 4. 97-112.
- Kendall, M.G., 1975. Rank Correlation Measures, Charles Griffin, London.
- Khanjani, M. and Qadimi Aroos Mahalleh, F., 2008. Desert Sediments Mighan Arak To investigate the potential desertification, Thesis MA Geology Field Islamic Azad University, Science and Research.
- KWC., 2013. Conversation with Mohammad Bershan, The aqueduct and irrigation historian, Issue No.64. August 2013 p: 2.
- Lashkari Pour, Gh. R., Rostami Barani, H. R., Kohandel, A. and Tarshizi, H., 2006. Groundwater level drop and land subsidence in Kashmar plain, 10th Conference of Iranian Geological Society, Tarbiat Moallem University, 2428-2438.
- Mahdavi, M., 2015. Applied Hydrology, Volume 1, Fourth Edition, Tehran University Press.
- Mohammadi Ghaleni M., Ebrahimi, K. and Araghinejad, S.H., 2011. Groundwater quantity and quality evaluation: A Case Study for Saveh and Arak Aquifers, Journal of Water and Soil Science, 21 (2):93-108.
- Nakhaei, M., and Mahdloo Torkmani, S., 2011. Investigation of Groundwater Fluctuations in Abhar Plain, 5th Special Conference on Geology, Zanjan Province, Payam Noor University of Abhar.
- Nourani, V., Asghari, M.A. and Nadiri, A.O., 2008. An ANN-based model for spatiotemporal groundwater level forecasting. Hydrological Processes 22:5054-5066.
- Rahimpour-Bonab, H. and Abdi, L., 2012. Sedimentology and origin of Meyghan lake/playa deposits in Sanandaj-Sirjan zone, Iran, Carbonates and Evaporites, 27(3-4):375-393.
- آبخوان‌های مربوط به قنات‌ها برای دوره‌های کم آبی و پربابی از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۱ بررسی شد. یافته‌های این تحقیق نشان داد که تغییرات روند بلندمدت سالانه سطح تراز آب قنات‌ها به استثناء قنات آهنگران، در جهت منفی بوده است. تغییرات مجموعه‌های مربوط به برداشت (برداشت)، نوسانهای پی در پی داشته و با شیب نسبتاً تند روند نقصان آب را در دوره ۲۵ ساله نشان می‌دهد. بیشترین تغییرات ناگهانی در مجموعه‌های سالانه و فصلی در فاصله سال‌های ۱۹۸۶ تا اوایل دهه ۲۰۰۰ رخ داده که نشان از برداشت بی‌رویه منابع آب زیرزمینی دارد. روند بررسی فصلی نتایج نیز نشان داد که در این مقایسه دبی قنات‌ها دارای رفتاری کاهش‌ی و عمدتاً حاصل افزایش برداشت از منابع آب، به دلیل مصارف کشاورزی، شرب و صنعت بوده است. نتایج بدست‌آمده از روند تغییرات منابع آب زیرزمینی در سالهای گذشته می‌تواند تبیین‌کننده این مطلب باشد که سطح آب در دهه‌های آینده منطقه نیز با کاهش چشمگیر مواجه خواهد شد. به طوری که در صورت ثابت ماندن الگوی مصرف و همچنین عدم تغییرات در روند تغذیه سفره، نتایج حاصل از روند مقادیر پیش‌بینی شده می‌تواند به وسیله مدل مجموعه زمانی نسبت به وضعیت فعلی سطح سفره نشان داده شود.

منابع مورد استفاده

- Ahmadi, S.H. and Sedghamiz, A., 2007. Geostatistical analysis of spatial and temporal variations of groundwater level, Environ Monit Assess, Vol. 129, PP. 277-294.
- Akbari, M., Jarge, M.R. and Madani Sadat, H., 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.
- Azhdari, Z., 2014. Investigation of the impact of precipitation (snow and rain) on groundwater level using RS and GIS, Master of Science in Watershed Management, Yazd University, Faculty of Natural Resources and Desertology, Watershed Management Group.
- Azizi, G.H., 2003. Relation between recent drought and groundwater resources in the Qazvin plain. Geographical Research Journal, 35 (46): 131-143.

- Rainfall and Air Temperature Data in the Zayandehrud Basin, *Journal of Applied Sciences* Volume 11 (12): 2125-2134.
- Zamani, R. Abdollahi Asadabadi, S., Mir Abbasi and Najafabadi, R., 2014. Analysis of the trend of hydrometeorological parameters of four important dams in southwestern Iran, *Geographical Studies of Arid Areas*, Fifth Year, 18: 57-55.
 - Zandifar S., 2019. Investigation of the causes of spring drying in the catchment area of Zohreh-Jarahi river, *Journal of Iranian Nature*, 4 (1): 9-13.
 - Zandifar S., Fijani, E., Naeimi, M. and Khosroshahi, M., 2020. Spatiotemporal variations of groundwater drought indices, Case study: Zohreh- Jarrahi watershed, *Journal of Hydrology*, 2(4): 108-130 .
 - Zehtabian, G.H., Ghadimi, R., Tavili, A. and Bakhshi, J., 2010. Effect of underground water properties on distribution of vegetation types in marginal lands of Meighan playa - Arak province, *Iranian journal of Range and Desert Reseach*,. 17(3):253-267.
 - Razzaghmanesh, M. , Salemi, T. and Seaj, M., 2006. Quantitative and Qualitative Investigation of Groundwater Difficulties. National Conference on Irrigation and Drainage Networks Management, Shahid Chamran University, Ahvaz, September 12-14.
 - Sadeghi, H. and Asayesh, H., 2016. Water Market Formation from the Perspective of Islamic Economics, *Islamic Economics and Banking Quarterly*, 15: 92-71.
 - Shafiei Motlagh, K.H., 2009. The Study of Recent Droughts impact on Groundwater Resources Drop in Kohgiluyeh and Boyer province, First Groundwater Conference, CIVILICA - Specialist Publisher of Conference Articles and Journals.
 - Specialized parent company of Iranian Water Resources Management Company 2008 www.wrm.ir
 - Yazdani M. , Khoshhal Dastjerdi, J., Mahdavi M. and Sharma A., 2011, Trend Detection of the

Investigation of annual, seasonal and monthly changes in groundwater level (Case study: Miqan sub-basin)

T. Ensafi Moghaddam^{1*}

^{1*}- Corresponding author, Assistant Professor, Desert Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran, Email: Ensafi@rifr-ac.ir

Received:02/19/2017

Accepted:11/12/2019

Abstract

In the present study, the Miqan sub-basin of the Arak region was quantitatively investigated to find out the temporal and spatial variations of groundwater level in the nine Qanats (subterranean canals). The methodology to evaluate the spatial and temporal changes of groundwater level, the 26 years data of changes in underground water (1365 -1390) produced by the Water Authority Bureau of Arak city for the Miqan-sub-catchment were collected and analyzed using GIS software and time series methodology processing of data. In this methodology, firstly the mean of water discharge and withdrawals of qanats water for daily, monthly and annually were analyzed and monitored. Then the trend of changes in the water level of all investigated wells for the 26 years data was graphically determined for those time series respectively. Secondly, a group of hydrograph for this sub-catchment were presented in figures and compared for all-time series based on daily, monthly, seasonally and annually respectively mentioned in the paper. Linear regression (simple linear) and Mann-Kendall statistics method were used to test the significant trend of changes in the underground level for all the periods' mentioned above. In the last stage, to produce the sub-catchment maps for showing the groundwater hydrograph of the plain, interpolation on maps was performed using ARC GIS software. The results indicated that according to the hydrograph of the 26 years of groundwater level has decreased drastically. Available hydrogeological data also show a sharp drop in aquifer water levels in recent years. The maximum rate of decline has been observed in the central parts, located below the Miqan basin. The most important reasons in increasing the rate of groundwater level are the mismanagement and uncontrolled withdrawal of groundwater resources by resident farmers and also the frequent reduction of precipitation.

Keywords: Miqan sub-basin, groundwater level, Qanat, Hydrograph diagrams.