



Available online: <http://ijhe.tums.ac.ir>

مقاله پژوهشی

## پایش روند تغییرات کیفی آب های زیرزمینی چهار دشت استان گیلان طی یک دوره ۱۲ ساله

مریم بیات ورکشی<sup>\*</sup>، روزین فصیحی  
گروه علوم و مهندسی خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

### اطلاعات مقاله: چکیده

زمینه و هدف: خشکسالی و کم‌آبی سال‌های اخیر باعث گرایش برنج کاران به استفاده حداکثری از منابع آب زیرزمینی به عنوان یک منبع مطمئن برای تولید شده است. این درحالی است که برنج علاوه بر کمیت آب، شدیداً تحت تاثیر کیفیت آب مورد استفاده است. هدف از این مطالعه بررسی روند پارامترهای کیفی آب زیرزمینی چهار دشت آستانه، تالش، لاهیجان و فومنات واقع در استان گیلان به تفکیک ماه‌های کم‌آب و پرآب است.

روش بررسی: در این پژوهش، اطلاعات ۱۵ متغیر کیفی آب زیرزمینی چهار دشت استان گیلان از سال ۱۳۸۲ تا سال ۱۳۹۳ مدنظر قرار گرفت. این اطلاعات در قالب ۱۵ سری زمانی چاه پیژومتری دشت آستانه، ۴۱ چاه پیژومتری دشت تالش، ۲۴ چاه پیژومتری دشت لاهیجان و ۴۴ چاه پیژومتری دشت فومنات جمع‌آوری گردید. بدین ترتیب برای هر چاه دو سری زمانی ۱۵ تایی عوامل کیفی، در ماه کم‌آب و پرآب در محیط SPSS ایجاد شد. تجزیه و تحلیل روند با آزمون ناپارامتری من‌کنندال (Mann-Kendall)، صورت گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد در هر دو ماه کم‌آب و پرآب، روند تغییرات بیشتر متغیرهای کیفی کاهش بود، لیکن در ماه پرآب روندهای کاهش مشهود بود. ضمن آن‌که روندهای افزایشی نیز اگرچه با تعداد کم، در ماه پرآب مشاهده گردید. در هر دو ماه پرآب و کم‌آب، روند تغییرات pH و %Na افزایشی بود. لیکن در ماه کم‌آب، روند افزایشی در پارامترهای SAR و  $SO_4$  نیز مشاهده گردید. همچنین کیفیت آب چاه‌های دشت تالش برای کشت برنج، به عنوان کشت غالب استان، مناسب‌تر از سه دشت دیگر ارزیابی شد.

نتیجه‌گیری: مصرف آب زیرزمینی کلیه دشت‌ها در هر دو ماه کم‌آب و پرآب فاقد محدودیت برای کشاورزی و به‌ویژه کشت برنج بود. بنابراین با توجه به کاهش غلظت اغلب متغیرهای مورد مطالعه طی دوره آماری، می‌توان اظهار داشت کیفیت آب زیرزمینی دشت‌های استان گیلان بهبود یافته است.

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۶/۰۱  
تاریخ ویرایش: ۹۶/۰۸/۲۴  
تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۸/۳۰  
تاریخ انتشار: ۹۶/۱۲/۱۶

واژگان کلیدی: پایش، کیفیت آب‌های  
زیرزمینی، گیلان، من‌کنندال

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:  
m.bayat.v@malayeru.ac.ir

## مقدمه

دفع فاضلاب‌های صنعتی، شهری، کشاورزی و بروز خشکسالی‌ها در دهه‌های اخیر به موازات افزایش روزافزون جمعیت، شدت روند صنعتی شدن و بالا رفتن سطح بهداشت بر کمیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی تاثیر گذاشته است. افزایش تولیدات کشاورزی، دارای تبعات زیست محیطی فراوان از جمله آلودگی منابع آب و خاک به واسطه افزایش سطوح مورد آبیاری، مصرف آفت‌کش‌ها و کودها است (۱، ۲). به نظر می‌رسد تاثیرپذیری آب‌های زیرزمینی از محیط اطراف، کمتر از منابع آب‌های سطحی باشد. اما پژوهش‌ها بیانگر تاثیرپذیری کمیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی از عوامل محیطی، همگام با منابع سطحی و گاهی با شدت و دوام بیشتر است (۳-۵). کیفیت آب، از عوامل تاثیرگذار بر تولیدات کشاورزی است و آب‌های دارای کیفیت پایین سبب کاهش کمیت و کیفیت محصول می‌شوند (۶). Bartels و همکار (۷) و Lichtfouse (۶) دریافته‌اند وجود شوری و فلزات سنگین در آب آبیاری، با افزایش غلظت مواد محلول موجود در خاک و کاهش پتانسیل اسمزی خاک، از کمیت و کیفیت محصولات تولیدی به دلیل کاهش جذب آب و مواد غذایی می‌کاهد. Abareshi و همکاران (۸) ارزیابی و پایش کیفی آب زیرزمینی را برای پایداری اکوسیستم‌های آبی لازم دانسته و بر چالشی بودن و بروز مشکلات عدیده در صورت عدم توجه به آن تاکید دارند. یکی از روش‌های ارزیابی کیفی منابع آب‌های زیرزمینی برای تصمیم‌گیری‌های مدیریتی، بررسی نحوه تغییرات متغیرهای کیفی و وجود روند تغییرات است (۹). روند تغییرات متغیرهای کیفی به صورت منفی یا مثبت است که روند منفی بیانگر کاهش غلظت متغیر است، درحالی‌که روند مثبت، افزایش مقدار متغیر طی دوره مورد مطالعه را نشان می‌دهد. روش‌های آماری، ابزاری قدرتمند جهت تعیین اهمیت تغییرات و روند داده‌های کیفیت آب زیرزمینی محسوب می‌گردند (۱۰). روش‌های متعددی برای بررسی روند متغیرهای هیدروژئولوژیکی وجود دارد. روش‌های ناپارامتری به دلیل امکان استفاده از سری داده‌های با طول کم و توزیع آماری غیرنرمال و دارای داده‌های گمشده، مناسب‌تر هستند

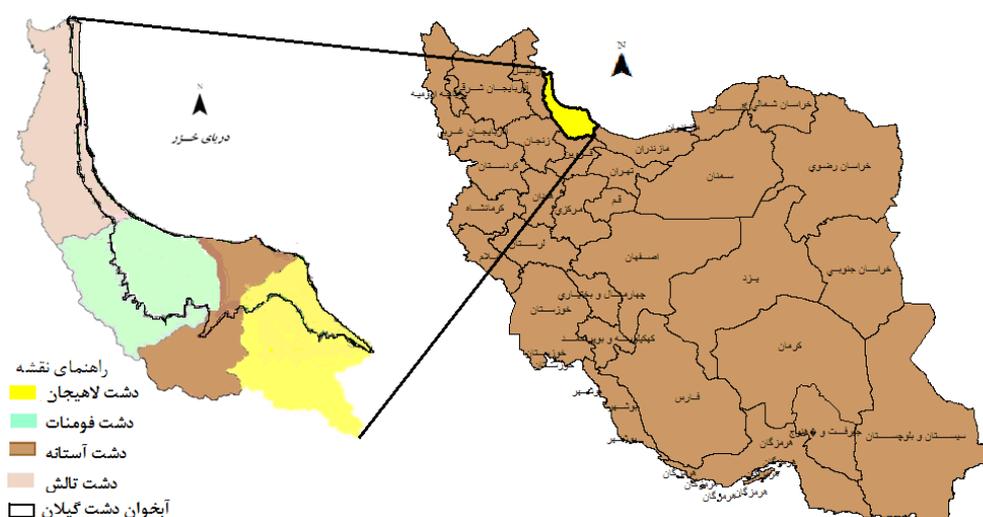
(۱۱). طی سال‌های اخیر، از بین آزمون‌های ناپارامتری مختلف، آزمون من‌کندال (Mann-Kendall) به‌عنوان بهترین گزینه برای بررسی وجود روند یکنواخت داده‌ها از سوی محققین معرفی شده است (۱۱). Holz (۱۲) تغییرات فصلی در کیفیت آب‌های زیرزمینی حوضه آبریز مونتگو واقع در شمال غرب تاسمانی در استرالیا را با روش ناپارامتری Mann-Kendall انجام داد. نتایج افزایش غلظت عناصر برای تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه قبل از شروع بارش‌ها را نشان می‌دهد. Wahlin و همکار (۱۳) با مطالعه روند تغییرات طولانی مدت کیفی آب زیرزمینی جنوب سودان به روش Mann-Kendall نشان دادند غلظت سولفات کاهش، ولی غلظت یون‌های قلیایی فاقد هر نوع روندی بود. Elci و همکار (۱۴) روند تغییرات کیفیت آب زیرزمینی جنوب ترکیه را ارزیابی کردند. نتایج نشان‌دهنده کمتر بودن مقدار غلظت کلراید، فسفات و سختی کل در فصول بارانی نسبت به فصل‌های خشک سال بود. در ایران نیز مطالعات پراکنده‌ای در ارتباط با روند تغییرات کیفیت آب زیرزمینی انجام شده که در اغلب مطالعات افت کیفیت آب زیرزمینی گزارش شده است. از آن جمله می‌توان به مطالعات Abareshi و همکاران (۸) در بررسی روند تغییرات کیفیت آب زیرزمینی دشت زرین گل استان گلستان و Dinpasho و همکاران (۱۱) در تحلیل روند تغییرات کیفیت آب زیرزمینی دشت صوفیان شبستر اشاره داشت. وقوع خشکسالی‌های اخیر منجر به کاهش منابع آب حتی در مناطق شمالی کشور از جمله استان گیلان شده است (۱۵). اگرچه منابع آب‌های سطحی وظیفه تامین آب موردنیاز شالیزارهای استان گیلان را به عهده دارند، اما خشکسالی و کم‌آبی سال‌های اخیر باعث گرایش برنج‌کاران به استفاده حداکثری از منابع آب زیرزمینی به‌عنوان یک منبع مطمئن برای تولید شده است (۵). این درحالی است که برنج علاوه بر کمیت آب، شدیداً تحت تاثیر کیفیت آب مورد استفاده است و گزارشاتی مبنی بر آلودگی آب‌های مناطق شمالی کشور و پرخطر بودن آنها برای سلامتی انسان نیز ارائه شده است (۱۶). با این حال، به نظر می‌رسد تاکنون مطالعه جامعی

(HCO<sub>3</sub>)، درصد سدیم (Na%)، کلسیم (Ca)، پتاسیم (K) و مجموع کاتیون‌ها و آنیون‌ها استفاده شد. این اطلاعات در قالب ۱۵ سری زمانی چاه پیژومتری دشت آستانه، ۴۱ چاه پیژومتری دشت تالش، ۲۴ چاه پیژومتری دشت لاهیجان و ۴۴ چاه پیژومتری دشت فومنات جمع‌آوری گردید. تفسیر و تحلیل اطلاعات در دو گام زمانی شهریور به‌عنوان ماه کم‌آب و اسفند به‌عنوان ماه پرآب صورت گرفت. اهمیت ماه اسفند به‌عنوان ماه پرآب در برداشت حداکثر، به‌منظور انجام آبیاری محصولات کشاورزی و سایر امور به‌موازات بارش‌های بهاره و اهمیت ماه شهریور به‌عنوان ماه کم‌آب، برای تامین آب آبیاری و شرب هستند. ضمن آن‌که اندازه‌گیری‌ها معمولاً در این دو ماه انجام می‌شود. بنابراین با اعمال ۱۵ پارامتر کیفی در ۱۲ سال نمونه‌برداری، جامعه آماری برای هر چاه پیژومتری شامل ۱۸۰ نمونه در ماه پرآب و ۱۸۰ نمونه در ماه کم‌آب بود. از آنجا که تعداد کل چاه‌های پیژومتری مورد مطالعه ۱۲۴ چاه بود، بدین ترتیب برای هر چاه دو سری زمانی ۱۵ تایی عوامل کیفی، در ماه کم‌آب و پرآب و در مجموع برای چهار دشت ۳۷۲۰ سری زمانی از پارامترهای کیفی در محیط SPSS ایجاد شد. در شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه آمده است. نرمال بودن و همگنی داده‌ها با آزمون کلموگروف - اسمیرنوف (Kolmogorov-Smirnov test) در محیط نرم‌افزار SPSS

در مورد تحلیل روند تغییرات کیفیت آب زیرزمینی با روش ناپارامتری برای دشت‌های استان گیلان انجام نشده است. این درحالی است که با توجه به افت سطح آب زیرزمینی، هرگونه تصمیم‌گیری در مدیریت منابع آب زیرزمینی مستلزم شناخت کافی از وضعیت کیفی و کمی این منابع است. بنابراین هدف از این مطالعه بررسی روند تغییرات پارامترهای کیفی چهار دشت آستانه، تالش، لاهیجان و فومنات واقع در استان گیلان به تفکیک ماه‌های کم‌آب و پرآب است.

### مواد و روش‌ها

استان گیلان با مساحت ۱۴۷۰۹ km<sup>2</sup> در مختصات جغرافیایی ۳۶° ۳۶' تا ۳۸° ۲۷' شمالی و ۴۸° ۲۵' تا ۵۰° ۳۴' طول شرقی قرار دارد. سهم آب زیرزمینی از منابع آب تجدیدپذیر استان ۴۷۳ m<sup>3</sup> میلیون و سهم آب‌های سطحی ۶۶۶۷ m<sup>3</sup> میلیون است (۱۷). استان گیلان دارای چهار دشت آستانه، تالش، فومنات و لاهیجان است که برای انجام این پژوهش، اطلاعات کیفی آب زیرزمینی آنها از سال ۱۳۸۲ تا سال ۱۳۹۳ مدنظر قرار گرفت. در این مطالعه از داده‌های کیفی ۱۵ متغیر سختی کل (TH)، هدایت الکتریکی (EC)، pH، کل جامدات محلول (TDS)، نسبت جذب سدیم (SAR)، کلر (Cl)، منیزیم (Mg) سدیم (Na)، سولفات (SO<sub>4</sub>)، بی‌کربنات



شکل ۱- موقعیت دشت‌های مورد مطالعه

q معرف تعداد سری‌هایی است که در آنها حداقل یک داده تکراری وجود دارد و  $t_p$  نشان‌دهنده فراوانی داده‌های با ارزش یکسان است. بخش دوم عبارت داخل کروشه در معادله ۲ عامل تصحیح پراش است که در صورت وجود داده‌های تکراری دارای مقدار است (۲۳). مقدار آماره  $U_c$  برای سطوح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد به ترتیب  $\pm 1/96$  و  $\pm 2/58$  است (۲۴). روند در  $U_c > 0$  صعودی، در  $U_c < 0$  نزولی و در  $U_c = 0$  سری زمانی داده‌ها فاقد روند هستند.

### یافته‌ها

برای طبقه‌بندی آب‌های زیرزمینی در مصارف کشاورزی معمولاً از متغیرهای EC و SAR در قالب نمودار ویلکاکس (Wilcox) استفاده می‌شود. نمودار ۱، نمودار ویلکاکس متغیرهای کیفی آب زیرزمینی هر دشت به تفکیک ماه‌های پرباب و کم‌آب را نشان می‌دهد. براساس گروه‌بندی Doberman و همکار (۲۵) برای کشت برنج، آب آبیاری با EC کمتر از  $500 \mu\text{moh/cm}$  و SAR کمتر از ۱۵ دارای کیفیت مناسب، EC بین ۵۰۰ تا  $2000 \mu\text{moh/cm}$  و SAR بین ۲۵ - ۱۵ در گروه متوسط و EC بیش از  $2000 \mu\text{moh/cm}$  و SAR بزرگ‌تر از ۲۵ نامناسب است.

میانگین هدایت الکتریکی ( $\mu\text{moh/cm}$ ) و SAR در نمونه‌های آب چاه‌های دشت آستانه به ترتیب ۱۱۳۴ و ۱/۸۵، دشت فومنات ۷۱۱ و ۱/۰۳، دشت تالش ۵۷۱ و ۰/۵۹ و دشت لاهیجان ۱۲۱۵ و ۲/۰۱ است. براساس نتایج نمودار ۱، در هر دو ماه پرباب و کم‌آب، کیفیت آب زیرزمینی دو دشت تالش و فومنات در کلاس  $C_1S_1$  و دو دشت لاهیجان و آستانه در کلاس  $C_2S_1$  قرار دارند. هر دو کلاس در طبقه فاقد محدودیت مصرف کشاورزی هستند. میانگین هر دو پارامتر EC و SAR در ماه پرباب نسبت به کم‌آب کاهش یافته است. با در نظر گرفتن مقدار آماره Z آزمون ناپارامتری من کندال

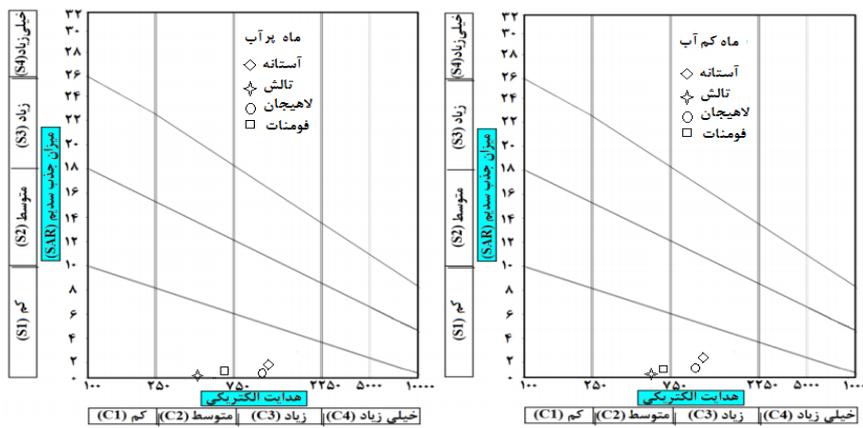
در سطح اطمینان ۹۵ درصد صورت گرفت. شناسایی داده‌های خارج از دامنه با نمودار جعبه‌ای باکس - ویسکر (Box and whiskers plot) انجام و پس از شناسایی حذف شد. داده‌های خارج از دامنه به دلیل گسستگی در داده‌ها، مقادیر غیرعادی نقص‌کننده تئوری زمین آمار محسوب می‌شوند (۱۸). برای بررسی وجود (عدم وجود) روند افزایشی یا کاهشی در سری زمانی داده‌ها از آزمون ناپارامتری Mann-Kendall استفاده شد که به دلیل کارآمدی آن برای داده‌های با طول دوره آماری کوتاه، توزیع غیرنرمال و داده‌های بریده گزارش شده است (۱۱)، (۱۹، ۲۰). این آزمون توسط کندال در سال ۱۹۳۸، با معرفی آماره t جهت اندازه‌گیری رابطه بین دو متغیر ارائه و با لحاظ متغیر زمان در یکی از دو متغیر مدنظر کندال، توسط من در سال ۱۹۴۵ توسعه یافت. آماره t در محدوده  $[-1, +1]$  است که بیانگر اندازه ناپارامتری از شدت پیوند زمانی متغیرهای مورد بررسی است (۲۱، ۲۲). مقدار t از معادله ۱ بدست می‌آید.

$$\tau = \frac{2 \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{k=i+1}^n \text{sgn}(x_k - x_i)}{n(n-1)} \quad (1)$$

$$\text{sgn}(x_k - x_i) = \begin{cases} +1 & \text{if } x_k > x_i \\ 0 & \text{if } x_k = x_i \\ -1 & \text{if } x_k < x_i \end{cases}$$

که در آن: n تعداد مشاهدات، sgn تابع علامت و  $x_k$  و  $x_i$  سری داده‌های مشاهداتی در زمان‌های k و i مشروط به  $i < k$  است. در آزمون من کندال فرض صفر ( $H_0$ )، بیانگر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌ها و فرض یک ( $H_1$ )، موید وجود روند یکنواخت در امتداد زمان است. اگر  $X_j$  سری زمانی مشاهدات  $n, \dots, 2, 1, t$  باشد در این صورت مقادیر قبلی سری ( $X_i = t - t_1, \dots, t - n$ ) با مقادیر بعدی سری یعنی ( $X_k = t + t_1, \dots, t + n$ ) در قالب تابع علامت sgn قابل مقایسه است. آماره  $\tau$  با توزیع نرمال و میانگین صفر ( $\mu=0$ ) براساس تعداد داده‌ها از معادله ۲ بصورت تقریبی محاسبه می‌شود:

$$U_c = \begin{cases} \frac{\text{sgn} + 1}{\sqrt{\text{Var}(\text{sgn})}} & \text{sgn} < 0 \Rightarrow \text{Var}(\text{sgn}) = \frac{1}{18} \left[ n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^q t_p(t_p-1)(2t_p+5) \right] & n > 10 \\ 0 & \text{sgn} = 0 \\ \frac{\text{sgn} - 1}{\sqrt{\text{Var}(\text{sgn})}} & \text{sgn} > 0 \Rightarrow \text{Var}(\text{sgn}) = \frac{1}{18} \left[ n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^q t_p(t_p-1)(2t_p+5) \right] & n < 10 \end{cases} \quad (2)$$



نمودار ۱- نمودارهای Wilcox میانگین عناصر کیفی دشت‌های مورد مطالعه طی سال‌های ۱۳۸۲-۱۳۹۳

Na% مشابه  $SO_4$  است، با این تفاوت که در ماه پرآب تعداد روندهای مثبت افزایش یافته است. روند تغییرات SAR مثبت و در ماه پرآب نسبت به ماه کم‌آب تعداد روندهای مثبت به ۵ سری، افزایش یافته است. سختی کل (TH) روندی مخالف دارد، به طوری که کلیه روندهای معنی‌دار متغیر TH در هر دو ماه کم‌آب و پرآب منفی و تعداد روندها در ماه پرآب بیش از کم‌آب است. متغیر Mg نیز روند منفی داشته است که در ماه پرآب تعداد روندها افزایش یافته است. لیکن در ماه پرآب تعداد روندها افزایش قابل ملاحظه‌ای داشته است. بیشترین روندهای معنی‌دار K منفی است که در هر دو ماه قابل مشاهده است. در خصوص کلسیم، روند تغییرات کاهش یافته است، لیکن برخلاف بیشتر متغیرها، تعداد روندهای منفی در ماه کم‌آب بیش از ماه پرآب است. در مجموع مقایسه درصد روندهای معنی‌دار پارامترهای کیفی آب دشت آستانه بیانگر بهبود کیفیت آب در ماه پرآب نسبت به ماه کم‌آب است. درصد روندهای معنی‌دار دشت تالش نشان می‌دهد، روند کلی تغییرات پارامترهای کیفی در هر دو ماه پرآب و کم‌آب مشابه دشت آستانه است. با این تفاوت که تعداد روندهای معنی‌دار در هر دو جهت منفی و مثبت کاهش یافته است. به طوری که تعداد روندهای معنی‌دار ماه کم‌آب ۱۶/۲۷ درصد و ماه پرآب ۱۵/۷۷ درصد است. بررسی‌های جزئی‌تر جدول ۱ نشان می‌دهد، روند تغییرات

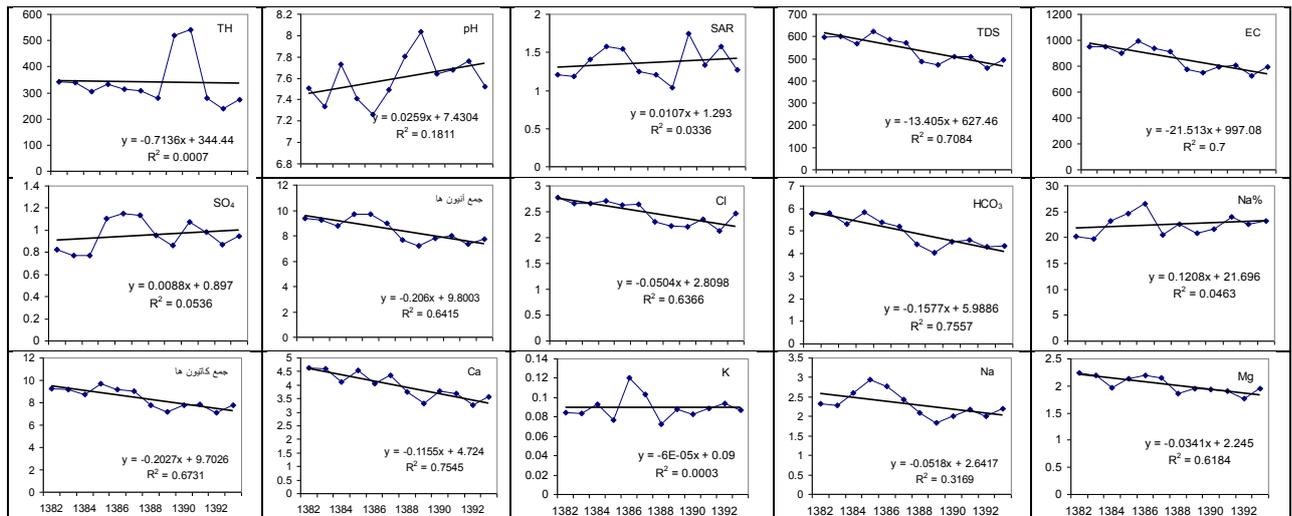
(Mann-Kendall)، ۱۵ متغیر کیفی چهار دشت مورد مطالعه، تعداد روندهای معنی‌دار در سطح ۹۹ و ۹۵ درصد هر دشت به تفکیک دو ماه کم‌آب و پرآب در جدول ۱ گردآوری شد. در جدول ۱، تعداد روندهای معنی‌دار با لحاظ تعداد چاه‌های مورد بررسی هر دشت، ارزیابی شده‌اند. نتایج بررسی جدول ۱ در دشت آستانه نشان می‌دهد که در ماه کم‌آب، ۶۳ سری زمانی از تمامی پارامترهای کیفی معادل ۲۸ درصد سری‌ها، دارای روند معنی‌دار هستند که ۲۰ درصد از آنها دارای روند منفی هستند. این به مفهوم آن است که جهت روندهای معنی‌دار بیشتر پارامترهای کیفی ماه کم‌آب دشت آستانه منفی و کاهش یافته است. حال آن‌که در ماه پرآب، ۸۴ سری زمانی داده‌ها دارای روند معنی‌دار بودند که ۲۵ درصد سری‌ها روند منفی را تجربه نموده‌اند. بنابراین در دشت آستانه، در ماه پرآب، روند متغیرهای کیفی مورد بررسی، کاهش بیشتری نسبت به ماه کم‌آب داشته است. در ماه کم‌آب هر دو روند معنی‌دار pH مثبت است، لیکن در ماه پرآب، یک روند مثبت و یک روند منفی قابل مشاهده است. روند تغییرات  $HCO_3$  در هر دو ماه کم‌آب و پرآب کاهش یافته است، لیکن در ماه‌های پرآب تعداد روندهای منفی از ۵ به ۱۰ سری زمانی افزایش یافته است. در خصوص کلر، بیشترین تعداد روندهای معنی‌دار مربوط به ماه پرآب با جهت مثبت است. روند تغییرات  $SO_4$  مثبت است، اما در ماه پرآب تعداد روندها کاهش یافته است. روند تغییرات

جدول ۱- تعداد روندهای معنی دار متغیرهای کیفی آب زیرزمینی دشت های چهارگانه استان گیلان

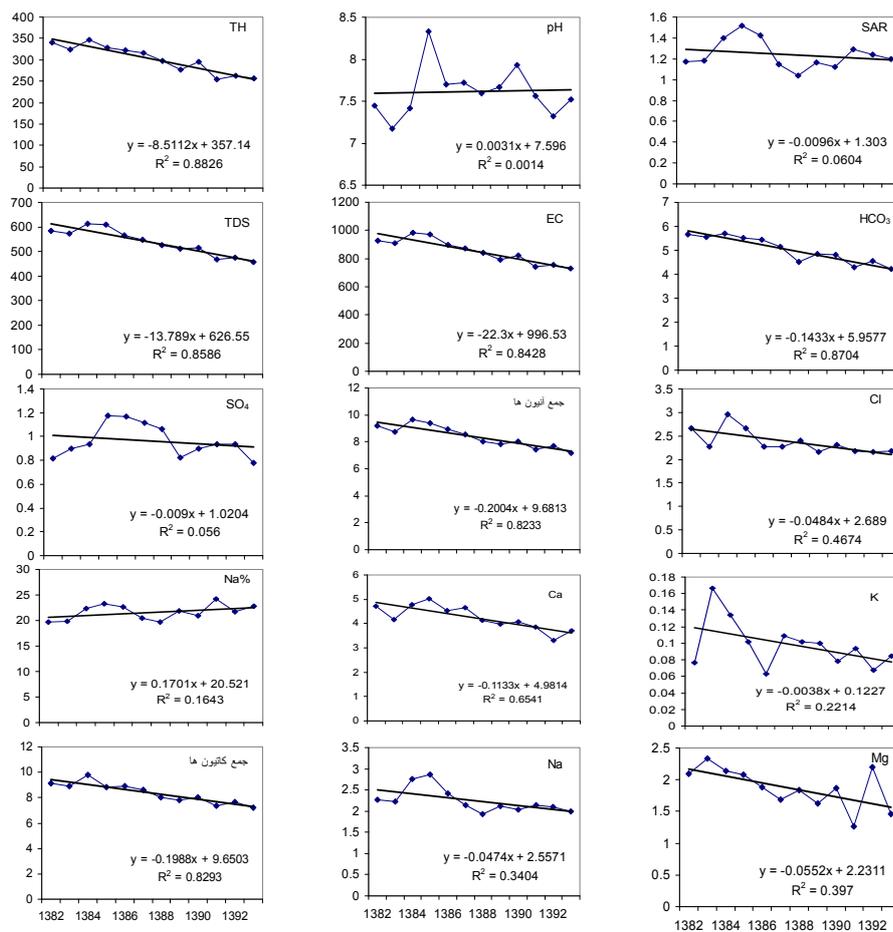
| درصد  | مجموع | مجموع کاتیون ها | Ca | K | Na | Mg | SO <sub>4</sub> | مجموع آنیون ها | Cl | HCO <sub>3</sub> | Na% | TH | pH | SAR | TDS | EC | روند معنی دار | ماه   | دشت                  |
|-------|-------|-----------------|----|---|----|----|-----------------|----------------|----|------------------|-----|----|----|-----|-----|----|---------------|-------|----------------------|
| ۱۹/۵۶ | ۲۵    | ۴               | ۳  | ۳ | ۰  | ۲  | ۱               | ۵              | ۰  | ۴                | ۰   | ۵  | ۰  | ۰   | ۴   | ۴  | %۹۵           | منفی  | آستانه (۱۵ ایستگاه)  |
|       | ۹     | ۰               | ۲  | ۰ | ۰  | ۱  | ۰               | ۱              | ۱  | ۱                | ۰   | ۱  | ۰  | ۰   | ۱   | ۱  | %۹۹           | کم آب |                      |
| ۸/۴۴  | ۱۶    | ۰               | ۰  | ۱ | ۱  | ۱  | ۵               | ۰              | ۰  | ۰                | ۲   | ۰  | ۲  | ۴   | ۰   | ۰  | %۹۵           | مثبت  |                      |
|       | ۳     | ۰               | ۰  | ۰ | ۰  | ۰  | ۰               | ۰              | ۲  | ۰                | ۱   | ۰  | ۰  | ۰   | ۰   | ۰  | %۹۹           | پر آب |                      |
| ۲۴/۸۹ | ۲۹    | ۳               | ۱  | ۲ | ۰  | ۴  | ۱               | ۳              | ۱  | ۵                | ۰   | ۲  | ۱  | ۰   | ۳   | ۳  | %۹۵           | منفی  |                      |
|       | ۲۷    | ۲               | ۲  | ۱ | ۰  | ۲  | ۰               | ۲              | ۱  | ۵                | ۰   | ۶  | ۰  | ۰   | ۳   | ۳  | %۹۹           | کم آب |                      |
| ۱۲/۴۴ | ۱۱    | ۱               | ۰  | ۱ | ۰  | ۰  | ۱               | ۰              | ۲  | ۰                | ۳   | ۰  | ۰  | ۳   | ۰   | ۰  | %۹۵           | مثبت  | تالش (۴۱ ایستگاه)    |
|       | ۱۷    | ۰               | ۰  | ۰ | ۴  | ۰  | ۱               | ۰              | ۴  | ۰                | ۳   | ۰  | ۱  | ۲   | ۱   | ۱  | %۹۹           | پر آب |                      |
| ۱۲/۲۰ | ۴۶    | ۸               | ۲  | ۲ | ۱  | ۱  | ۳               | ۳              | ۳  | ۳                | ۱   | ۶  | ۰  | ۱   | ۶   | ۶  | %۹۵           | منفی  |                      |
|       | ۲۹    | ۲               | ۳  | ۳ | ۱  | ۱  | ۰               | ۵              | ۱  | ۶                | ۰   | ۱  | ۲  | ۱   | ۱   | ۲  | %۹۹           | کم آب |                      |
| ۴/۰۷  | ۲۱    | ۱               | ۱  | ۲ | ۱  | ۲  | ۰               | ۱              | ۲  | ۱                | ۳   | ۰  | ۵  | ۲   | ۰   | ۰  | %۹۵           | مثبت  |                      |
|       | ۴     | ۰               | ۰  | ۰ | ۱  | ۰  | ۰               | ۰              | ۰  | ۰                | ۲   | ۰  | ۰  | ۱   | ۰   | ۰  | %۹۹           | پر آب |                      |
| ۱۱/۸۷ | ۵۲    | ۱               | ۳  | ۷ | ۲  | ۲  | ۲               | ۵              | ۳  | ۴                | ۴   | ۷  | ۰  | ۰   | ۶   | ۶  | %۹۵           | منفی  | لاهیجان (۲۴ ایستگاه) |
|       | ۲۱    | ۱               | ۱  | ۲ | ۰  | ۰  | ۰               | ۳              | ۱  | ۵                | ۰   | ۲  | ۰  | ۲   | ۲   | ۲  | %۹۹           | کم آب |                      |
| ۳/۹۰  | ۱۸    | ۱               | ۰  | ۲ | ۱  | ۰  | ۱               | ۱              | ۲  | ۱                | ۱   | ۳  | ۳  | ۱   | ۱   | ۱  | %۹۵           | مثبت  |                      |
|       | ۶     | ۰               | ۰  | ۱ | ۲  | ۰  | ۰               | ۰              | ۱  | ۰                | ۱   | ۰  | ۰  | ۱   | ۰   | ۰  | %۹۹           | پر آب |                      |
| ۲۰    | ۴۳    | ۳               | ۵  | ۲ | ۱  | ۱  | ۳               | ۴              | ۱  | ۶                | ۲   | ۴  | ۲  | ۱   | ۴   | ۵  | %۹۵           | منفی  |                      |
|       | ۲۹    | ۵               | ۱  | ۰ | ۲  | ۰  | ۰               | ۶              | ۲  | ۳                | ۱   | ۱  | ۰  | ۲   | ۳   | ۳  | %۹۹           | کم آب |                      |
| ۷/۲۲  | ۱۳    | ۰               | ۰  | ۰ | ۱  | ۲  | ۲               | ۰              | ۰  | ۱                | ۵   | ۰  | ۱  | ۱   | ۰   | ۰  | %۹۵           | مثبت  | فومنات (۴۴ ایستگاه)  |
|       | ۱۳    | ۱               | ۱  | ۰ | ۱  | ۰  | ۰               | ۰              | ۱  | ۰                | ۲   | ۱  | ۰  | ۲   | ۲   | ۲  | %۹۹           | پر آب |                      |
| ۲۰/۸۳ | ۴۸    | ۶               | ۱  | ۳ | ۴  | ۴  | ۰               | ۶              | ۴  | ۳                | ۱   | ۳  | ۲  | ۰   | ۶   | ۵  | %۹۵           | منفی  |                      |
|       | ۲۷    | ۲               | ۳  | ۰ | ۱  | ۳  | ۱               | ۲              | ۱  | ۴                | ۱   | ۳  | ۰  | ۲   | ۲   | ۲  | %۹۹           | کم آب |                      |
| ۴/۷۲  | ۱۳    | ۱               | ۱  | ۱ | ۱  | ۰  | ۱               | ۱              | ۱  | ۲                | ۱   | ۰  | ۰  | ۱   | ۱   | ۱  | %۹۵           | مثبت  |                      |
|       | ۴     | ۰               | ۰  | ۰ | ۱  | ۰  | ۱               | ۰              | ۰  | ۰                | ۱   | ۰  | ۰  | ۱   | ۰   | ۰  | %۹۹           | پر آب |                      |
| ۱۱/۳۶ | ۴۵    | ۴               | ۵  | ۵ | ۱  | ۰  | ۵               | ۳              | ۱۱ | ۱                | ۶   | ۰  | ۳  | ۰   | ۱   | ۱  | %۹۵           | منفی  | فومنات (۴۴ ایستگاه)  |
|       | ۳۰    | ۴               | ۲  | ۱ | ۳  | ۱  | ۰               | ۲              | ۰  | ۳                | ۲   | ۴  | ۰  | ۱   | ۳   | ۴  | %۹۹           | کم آب |                      |
| ۴/۲۴  | ۲۰    | ۰               | ۰  | ۰ | ۲  | ۱  | ۱               | ۰              | ۵  | ۱                | ۴   | ۰  | ۰  | ۶   | ۰   | ۰  | %۹۵           | مثبت  |                      |
|       | ۸     | ۰               | ۰  | ۰ | ۲  | ۰  | ۰               | ۰              | ۲  | ۰                | ۴   | ۰  | ۰  | ۰   | ۰   | ۰  | %۹۹           | پر آب |                      |
| ۱۶/۸۲ | ۹۰    | ۱۱              | ۱  | ۷ | ۳  | ۷  | ۱               | ۱۰             | ۳  | ۱۲               | ۲   | ۱۱ | ۱  | ۱   | ۱۰  | ۱۰ | %۹۵           | منفی  |                      |
|       | ۲۱    | ۱               | ۲  | ۰ | ۱  | ۳  | ۲               | ۲              | ۰  | ۵                | ۱   | ۲  | ۰  | ۰   | ۱   | ۱  | %۹۹           | کم آب |                      |
| ۲/۸۸  | ۱۸    | ۲               | ۰  | ۰ | ۰  | ۰  | ۴               | ۱              | ۳  | ۰                | ۲   | ۰  | ۳  | ۱   | ۱   | ۱  | %۹۵           | مثبت  |                      |
|       | ۱     | ۰               | ۰  | ۰ | ۰  | ۰  | ۰               | ۰              | ۱  | ۰                | ۰   | ۰  | ۰  | ۰   | ۰   | ۰  | %۹۹           | پر آب |                      |

بصورت منفی، قابل مشاهده است. به منظور بررسی بیشتر روند تغییرات پارامترهای کیفی استان گیلان، با در نظر گرفتن میانگین پارامترهای کیفی چهار دشت، اقدام به ترسیم سری زمانی تغییرات هر متغیر به تفکیک دو ماه کم‌آب و پرآب به ترتیب در قالب نمودارهای ۲ و ۳ گردید. از آنجا که ضریب  $x$  در معادله خطی برازش یافته  $(y=ax+b)$  بیانگر شیب تغییرات است، بنابراین براساس نتایج نمودار ۲، روند تغییرات کلیه پارامترها به استثنای  $\text{Na}\%$ ، SAR، pH،  $\text{SO}_4$ ، کاهش است. این نتایج در راستای نتایج جدول ۱ نیز است. بیشترین روند کاهش به  $\text{HCO}_3$  تعلق دارد که با شیب تندتری نسبت به سایر پارامترها کاهش یافته است. از آنجا که روند تغییرات منفی Ca در رتبه بعدی قرار دارد، بنابراین احتمال ترسیب بی‌کربنات به‌عنوان فاکتور مهم در ارزیابی کیفیت آب کشاورزی، کاهش می‌یابد که در جهت بهبود کیفیت آب زیرزمینی است. روند افزایش SAR و pH گویای قلیایی بودن آب است. از آنجا که افزایش هم‌زمان SAR و EC منجر به شور شدن آب و نامناسب شدن آن برای مصارف کشاورزی است، لیکن، روند منفی EC در نمودار ۲، خطر شور شدن آب را کاهش می‌دهد. نمودار ۳ نشان می‌دهد، در ماه پرآب، به جز دو پارامتر pH و  $\text{Na}\%$ ، جهت روند تغییرات سایر پارامترها کاهش است که هم‌سو با نتایج جدول ۱ است. بیشترین روند کاهش مربوط به TH است. از آنجا که این پارامتر نقش مهمی در تعیین کیفیت آب زیرزمینی (۲۶) دارد، بنابراین شیب تند کاهش روند تغییرات این پارامتر گویای بهبود وضعیت کیفیت آب زیرزمینی استان گیلان در ماه پرآب است. مقدار شیب روند  $\text{HCO}_3$  نیز نشان می‌دهد، روند کاهش این یون بعد از TH در گام بعدی قرار دارد. همان‌گونه که قبلاً بیان شد وجود بی‌کربنات احتمال ترسیب املاح را در آب زیرزمینی افزایش می‌دهد، بنابراین روند کاهش این پارامتر در جهت افزایش کیفیت آب زیرزمینی است.

Cl و  $\text{SO}_4$  دشت تالش برخلاف آستانه، در هر دو ماه، بیشتر در جهت منفی است. در خصوص دو پارامتر Na و  $\text{Na}\%$  نیز روندهای منفی در هر دو ماه قابل مشاهده است. مجموع کاتیون‌ها و آنیون‌ها دارای روند منفی است لیکن تعداد روندهای منفی کاتیون‌ها به مراتب بیش از آنیون‌ها است که در جهت بهبود کیفیت آب است. بیشترین تعداد روندهای معنی‌دار پارامترهای کیفی در دشت لاهیجان قابل مشاهده است. همان‌طور که از جدول ۱ استنباط می‌شود، تعداد روندهای معنی‌دار در ماه کم‌آب ۲۷/۲ درصد و در ماه پرآب ۲۵/۶ درصد است. در هر دو ماه ۲۰ درصد روندها منفی و مابقی مثبت است. روند تغییرات EC دشت لاهیجان در هر دو ماه کم‌آب و پرآب کاهش است. نکته قابل توجه در خصوص روند EC در جدول ۱، وجود ۲ روند مثبت در ماه کم‌آب و ۱ روند مثبت در ماه پرآب است. روند تغییرات pH در این دشت برخلاف دو دشت تالش و آستانه، در هر دو ماه کم‌آب و پرآب منفی است. در خصوص سولفات، روند این متغیر در ماه کم‌آب، بیشتر منفی و در ماه پرآب، بیشتر مثبت است. بررسی درصد روندهای معنی‌دار دشت فومنات در جدول ۱ نشان می‌دهد، تعداد روندهای منفی کلیه پارامترهای کیفی در هر دو ماه بیش از مثبت است. ضمن آن که درصد روندهای کاهش در ماه پرآب ۱۶/۸۲ درصد است که در مقایسه با مقدار متناظر در ماه کم‌آب (۱۱/۳۶ درصد) نشان‌دهنده، کاهش شیب روند کاهش بیشتر پارامترها در ماه پرآب است. روند پارامترهای EC و TDS مشابه دشت‌های قبلی، در هر دو ماه منفی است. اما تعداد روندهای معنی‌دار منفی TDS در ماه پرآب به مراتب بیش از ماه کم‌آب است. این بدان معناست که غلظت TDS با افزایش بارندگی، به شدت کاهش یافته است. روند تغییرات Cl در دشت فومنات مشابه دشت آستانه است. همان‌طور که جدول ۱ نشان می‌دهد، در هر دو ماه کم‌آب و پرآب روندهای مثبت غالب بر روندهای منفی هستند. تغییرات درصد سدیم در ماه کم‌آب دشت فومنات بصورت مثبت و در ماه پرآب



نمودار ۲- روند تغییرات سری زمانی پارامترهای کیفی دشت‌های چهارگانه استان گیلان در ماه کم‌آب



نمودار ۳- روند تغییرات سری زمانی پارامترهای کیفی دشت‌های چهارگانه استان گیلان در ماه پرآب

## بحث

می‌گردد در مصرف آب دشت آستانه در مناطقی که نفوذپذیری خاک کم است، احتیاط لازم بعمل آید. نتایج Khanduzi و همکاران (۲۷) نیز در همین راستا است که وجود سدیم در آب آبیاری، بافت خاک را از طریق پراکندگی ذرات رس از بین می‌برد و سبب کاهش نفوذپذیری خاک می‌شود. کاهش روند تغییرات بی‌کربنات می‌تواند به منزله کاهش رسوب‌گذاری آب باشد که این علاوه بر کاهش خطر سدیمی شدن خاک، در مصرف آب منطقه در بخش صنعت و انتقال آن در لوله‌های آبرسانی نقش بسزایی دارد (۳۲). تعداد روندهای منفی متغیر EC در هر دو ماه کم‌آب و پرآب، بیش از تعداد روندهای مثبت معنی‌دار EC بود. روند مثبت EC در برخی ایستگاه‌ها نیز می‌تواند ناشی از پیشروی آب دریا به خشکی و آبشویی به آب زیرزمینی باشد (۴). این پدیده به‌ویژه در سال‌های کم آب با افزایش مصرف آب زیرزمینی تشدید می‌گردد که در صورت استمرار و افزایش احتمال شوری در آینده اثرات سوئی بر کشت برنج در سطح بزرگی از منطقه وارد می‌آورد (۵). در حالت کلی، می‌توان نتیجه گرفت درصد روندهای معنی‌دار منفی پارامترهای کیفی مورد بررسی در هر چهار دشت بیش از درصد روندهای مثبت است. در سه دشت آستانه، لاهیجان و فومنات درصد روندهای منفی پارامترهای در ماه پرآب به‌مراتب بیشتر از ماه کم‌آب مشاهده شد. لیکن در دشت تالش نتیجه معکوس حاصل گردید. بیشترین تعداد روندهای منفی نیز در دشت لاهیجان مشاهده گردید. با توجه به روند منفی اغلب متغیرهای مورد مطالعه، کیفیت آب زیرزمینی دشت‌های استان گیلان طی دوره آماری بهبود یافته است. اگرچه وجود روندهای مثبت نیز موید افت کیفیت آب زیرزمینی برخی ایستگاه‌ها است. سازندهای زمین‌شناسی آلاینده و فعالیت‌های انسانی از قبیل برداشت‌های بی‌رویه و نیز آلاینده‌های کشاورزی، شهری و صنعتی، مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار در ایجاد روند کاهش کیفیت آب‌های زیرزمینی برخی ایستگاه‌ها به شمار می‌آیند (۱۱). با توجه به روند افزایشی نیازهای آبی در بخش‌های مختلف از جمله کشاورزی و صنایع، در صورت عدم مدیریت صحیح کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی، می‌توان انتظار داشت

براساس نتایج، کیفیت آب چاه‌های دشت تالش برای کشت برنج، به‌عنوان کشت غالب استان، مناسب‌تر از سه دشت دیگر ارزیابی شد. در مقابل، دشت لاهیجان به‌دلیل EC و SAR بالاتر و دشت آستانه در رتبه بعدی از کیفیت پایین‌تری نسبت به سایر دشت‌ها برخوردار است. خطر سدیم به‌طور عمومی با عنوان نسبت جذب سدیم بیان می‌شود که از نسبت سدیم به کلسیم و منیزیم به‌دست می‌آید. مناسب بودن آب برای مصارف کشاورزی به تاثیر مواد معدنی موجود در آن بر روی گیاهان و خاک مربوط می‌گردد؛ به‌طوری‌که محتوای بالای SAR سبب قلیایی شدن خاک می‌شود (۲۷). این نتیجه در تایید نتایج روند تغییرات pH است به‌طوری‌که روند افزایشی تغییرات pH نیز موید قلیایی بودن آب است. روند مثبت pH به معنای قلیایی شدن کیفیت آب زیرزمینی است که هم‌سو با گزارش Daneshvar Vosooghi و همکاران (۲۶) در دشت اردبیل، Dinpasho و همکاران (۱۱) در دشت شبستر و Kolahdouzan و همکاران (۲۸) در دشت میاندوآب است. بنابراین روند افزایشی تغییرات SAR بیانگر کاهش کیفیت آب برای مصارف کشاورزی است. Navabian و همکاران (۲۹) با بررسی کیفیت آب زیرزمینی استان گیلان اظهار داشتند دشت‌های لاهیجان و آستانه از آسیب‌پذیری بیشتری برخوردار هستند که در راستای نتایج پژوهش حاضر است. اما در مجموع میانگین مقادیر EC و SAR کلیه نمونه‌ها بیانگر کیفیت متوسط آب چاه‌ها برای کشت برنج در منطقه است. این مطالب در مطالعه Rezaei و همکاران (۵) در خصوص کیفیت متوسط آب چاه‌های استان گیلان برای کشت برنج نیز آمده است. غلظت بی‌کربنات نیز منجر به خطر سدیم در آب‌های آبیاری می‌شود. غلظت زیاد بی‌کربنات در آب آبیاری سبب رسوب کلسیم و منیزیم از محلول خاک و در نتیجه افزایش سدیم جذب شده در سطح ذرات رسی می‌گردد که به‌دنبال آن خطر سدیم را افزایش می‌دهد (۳۰). آب آبیاری با سدیم بالا بافت خاک را از طریق پراکندگی ذرات رس از بین می‌برد و سبب کاهش نفوذپذیری خاک می‌شود (۳۱). بنابراین توصیه

کاهش پارامترهای کیفی مورد بررسی در هر چهار دشت بیش از درصد روندهای افزایشی است. در سه دشت آستانه، لاهیجان و فومنات درصد روندهای کاهش پارامترهای در ماه پرآب به مراتب بیشتر از ماه کم آب بود که بیانگر بهبود کیفیت آب زیرزمینی ماه پرآب نسبت به ماه کم آب هستند. لیکن در دشت تالش نتیجه معکوس حاصل گردید. بیشترین تعداد روندهای کاهش نیز در دشت لاهیجان مشاهده گردید. در هر دو ماه پرآب و کم آب، روند تغییرات دو پارامتر pH و Na% افزایشی بود. لیکن در ماه کم آب روند افزایشی در پارامترهای SAR و  $SO_4$  نیز مشاهده گردید. براساس نتایج این مطالعه با توجه به روند کاهش اغلب متغیرهای مورد مطالعه، کیفیت آب زیرزمینی دشت های استان گیلان طی دوره آماری بهبود یافته است.

### منابع

1. Fallah S, Ghobadinia M, Shokrgozar Darabi M, Ghorbani Dashtaki SH. A study on sustainability of groundwater resources of Darab Plain, Iran. *Iranian Journal of Water Research in Agriculture (Formerly Soil and Water Sciences)*. 2012;26(2):161-72 (in Persian).
2. McLay C, Dragten R, Sparling G, Selvarajah N. Predicting groundwater nitrate concentrations in a region of mixed agricultural land use: A comparison of three approaches. *Environmental Pollution*. 2001;115(2):191-204.
3. Xiao D, Li X, Song D, Yang G. Temporal and spatial dynamical simulation of groundwater characteristics in Minqin Oasis. *Science in China Series D: Earth Sciences*. 2007;50(2):261-73.
4. Chandrasekharan H, Sarangi A, Nagarajan M, Singh V, Rao D, Stalin P, et al. Variability of soil-water quality due to Tsunami-2004 in the coastal belt of Nagapattinam district, Tamilnadu. *Journal of Environmental Management*. 2008;89(1):63-72.
5. Rezaei M, Davatgar N, Tajdari KH, Aboulpour B. Investigation the spatial variability of some important groundwater quality factors in Guilan, Iran. *Journal of Water and Soil*. 2011;24(5):932-41 (in Persian).
6. Lichtfouse, E. *Alternative Farming Systems, Bio-*

در آینده روند کاهش کیفی این منابع شیب بیشتری پیدا نماید. ضمن آن که به دلیل عدم اندازه گیری سایر پارامترهای کیفی از جمله نیترات و فلزات سنگین در منابع آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه، نتایج نیاز به بررسی بیشتری دارد. بنابراین توصیه می گردد با توجه به اهمیت پارامترهای مذکور در کیفیت منابع آب زیرزمینی، با اندازه گیری و اطلاع از وضعیت کیفی آنها، بتوان در مدیریت منابع آب منطقه گام مهم و اساسی برداشت.

### نتیجه گیری

در حالت کلی، می توان نتیجه گرفت مصرف آب زیرزمینی کلیه دشت ها در هر دو ماه کم آب و پرآب فاقد محدودیت برای کشاورزی و به ویژه کشت برنج است. درصد روندهای معنی دار

- technology, Drought Stress and Ecological Fertilisation. Dordrecht: Springer; 2011.
7. Bartels D, Sunkar R. Drought and salt tolerance in plants. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 2005;24(1):23-58.
  8. Abareshi F, Meftah Halghi M, Deghani AA. The trend of groundwater quality parameters in Zarringol Plain using Nonparametric Mann-Kendall and Senes Methods. *Journal of Water and Soil Conservation*. 2014;21(3):79-100 (in Persian).
  9. Zare Abyaneh H, Bayat Varkeshi M, Maroufi S. Investigating water table depth fluctuations in the Malayer Plain. *Water and Soil Science*. 2012;22(2):173-90 (in Persian).
  10. Sarraf A. Evaluation of spatial interpolation methods in preparing the groundwater quality maps and their descriptions (Haraz Basin Aquifer Polour Plain). *Geographic Space*. 2015;15(1):121-43 (in Persian).
  11. Dinpasho Y, Fakhari Fard A, Hassanpoor MA, Beheshtee Vayghan V. Trend analysis of groundwater quality of Shabestar - Soofian Plain. *Irrigation Science and Engineering*. 2015;38(1):55-69 (in Persian).
  12. Holz G. Seasonal variation in groundwater levels and quality under intensively drained and grazed

- pastures in the Montagu catchment, NW Tasmania. *Agricultural Water Management*. 2009;96(2):255-66.
13. Wahlin K, Grimvall A. Roadmap for assessing regional trends in groundwater quality. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2010;165(1-4):217-31.
  14. Elçi A, Rahime P. Assessment of the statistical significance of seasonal groundwater quality change in a Karstic Aquifer System near Izmir-Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2011;172(1):445-62.
  15. Karimirad I, Ebrahimi K, Araghinejad SH. Investigation of climate variability impacts on multilayer aquifers (Case Study: Gorgan Plain). *Journal of Water and Irrigation Management*. 2015;5(2):261-75 (in Persian).
  16. Kestkar A. Relation between drinking water hardness and the incidence of esophageal and gastric cancers. *Journal of Gorgan University of Medical Sciences*. 2009;11(3):76-80 (in Persian).
  17. Gilan Regional Water Authority. Water resources in Gilan Province. Rasht: Gilan Regional Water Authority; 2017 [cited 2017 Jan 20]. Available from: <http://www.glrw.ir>.
  18. Zare Abyaneh H. Spatial analysis of groundwater resources quality parameters of Hamadan-Bahar Plain. *Geography and Environmental Hazards*. 2014;2(8):65-86 (in Persian).
  19. Ahmadi F, Radmanesh F. Trend analysis of monthly and annual mean temperature of the northern half of Iran over the last 50 years. *Journal of Water and Soil*. 2014;28(4):855-65 (in Persian).
  20. Pal I, Al-Tabbaa A. Trends in seasonal precipitation extremes—An indicator of ‘climate change’ in Kerala, India. *Journal of Hydrology*. 2009;367(1-2):62-69.
  21. da Silva VdPR. On climate variability in North-east of Brazil. *Journal of Arid Environments*. 2004;58(4):575-96.
  22. Kaviani MR, Asakereh H. Statistical study of annual precipitation trend in Isfahan. *Research Bulletin of Isfahan University (Humanities)*. 2005;18(1):143-62 (in Persian).
  23. Ghahraman N, Gharahkhani A. Trend analysis of mean wind speed in different climatic regions of Iran. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*. 2010;4(1):31-43 (in Persian).
  24. Tabari H, Marofi S, Ahmadi M. Long-term variations of water quality parameters in the Maroon River, Iran. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2011;177(1-4):273-87.
  25. Dobermann A, Fairhurst T. Rice: Nutrient disorders and nutrient management. Canada: Potash and Phosphate Institute of Canada and International Rice Research Institute; 2000.
  26. Daneshvar Vousoughi F, Dinpashoh Y, Aalami M. Effect of drought on groundwater level in the past two decades (Case study: Ardebil Plain). *Water and Soil Science*. 2011;21(4):165-79 (in Persian).
  27. Khanduzi F, Parizanganeh A, Zamani A. Application of multivariate statistics and geostatistical techniques to identify the spatial variability of heavy metals in groundwater resources. *Caspian Journal of Environmental Sciences*. 2015;13(4):333-47.
  28. Kolahdouzan A, Dinpashoh Y, Poor DA, Ghorbani M. Study of groundwater qualitative changes trend in Miandoab Plain using the Mann-Kendall Method. *Journal of Water and Soil Science*. 2015;25(2):221-35 (in Persian).
  29. Navabian M, Yousefi S, Esmaeili Varaki M, Ghodsi M, Fatehi A. Determine the best index to assess the quality of groundwater in Gilan province. *Proceedings of the First National Conference on Challenges on Water Resources & Agriculture*; 2014 Feb 13; Isfahan, Iran (in Persian).
  30. Sharifi Z, Safari Sinegani A. Arsenic and other irrigation water quality indicators of groundwater in an agricultural area of Qorveh Plain, Kurdistan, Iran. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*. 2012;12(4):548-55.
  31. aregarizi A, SheykhAB, SadoddinA, MahiniAR. Quality of Surface Water Chemistry and Its Seasonal Changes. *Proceedings of the First National Conference on Water Crisis Management*; 2008 Mar 11-13; Zabol, Iran (in Persian).
  32. Azari A, Nazemi S, Kakavandi B, Rastgar A. Survey of scaling and corrosion potential in drinking water resources of Shahrood City by using stability indexes in 2013. *Journal of Sabzevar University of Medical Sciences*. 2016;22(6):944-54 (in Persian).



Available online: <http://ijhe.tums.ac.ir>

Original Article



## Monitoring of groundwater quality changes trend in four plains of Gilan province during a 12-year period

M Bayatvarkeshi\*, R Fasihi

Department of Soil Science, Agriculture Faculty, Malayer University, Malayer, Iran

### ARTICLE INFORMATION:

**Received:** 23 August 2017

**Revised:** 15 November 2017

**Accepted:** 21 November 2017

**Published:** 7 March 2018

**Key words:** Monitoring, Groundwater quality, Gilan, Mann Kendall

**\*Corresponding Author:**  
m.bayat.v@malayeru.ac.ir

### ABSTRACT

**Background and Objective:** Drought and water shortage in recent years caused rice farmers to use maximum groundwater as a secure source. However, the rice is affected not only by the quantity but also by the quality of water. The purpose of this study was to evaluate trend of quality parameters of groundwater in wet and dry periods in 4 plains including Astaneh, Talesh, Lahijan and Foumanat, which are all located in Gilan province.

**Materials and Methods:** In this investigation, data was collected for quality parameters from 15 groundwater of the 4 plains of Gilan province from 2003 to 2014. The data was collected from 15 piezometer wells of Astaneh, 41 piezometer wells in Talesh, 24 piezometer wells in Lahijan and 44 piezometer wells in Foumanat. For each well, two time series of 15 quality parameters in wet and dry periods were created in SPSS software. The trend was evaluated by Mann- Kendall test that is a nonparametric method.

**Results:** The results showed that in both periods, the trend of most quality parameters was declined, However, the quality decline in wet period was more severe. In both periods, the pH and Na % were increasing. Additionally, in dry period, the increasing trend of SAR and SO<sub>4</sub> was observed. Overall, the water quality of wells in Talesh plain for cultivation of rice was better than the other plains.

**Conclusion:** Consumption of groundwater of all the plains in both wet and dry periods for agricultural purposes and especially rice cultivation was without limitation. According to the decreased concentration of the measured parameters during the studied period, it can be expected that groundwater quality of Gilan province plains has been improved.