هیدروژئومورفولوژی، شماره ۱، زمستان ۱۳۹۳، صص ۱۰۹-۹۳
وصول مقاله: ۱۳۹۳/۰۹/۱۹ تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۳/۱۰/۲۰

پیش‌یابی و تحلیل روند تغییرات کیفیت آب رودخانه اهر و بررسی تأثیر احتمالی آن بر سلامت انسان

مریم بیاتی خطیبی[۱]
مریم شهبازی[۲]
محمدامین حیدری[۳]

چکیده

ویژگی سازندهای سطحی پهنه‌های خاستگاه شاخابها و تغییرات زیست محیطی در ابعاد متعددی بر حوزه‌های موثر بر حیات انسان، از جمله کیفیت آب اثر می‌گذارند. دست‌کاری غیراصولی شیب‌ها توسط انسان و صنعتی شدن جوامع سبب تولید آلاینده‌های مختلف گردیده که با ورود به محیط زیست انسان و به‌ویژه در منابع آب، باعث کاهش کیفیت آب شده است. ورود مواد جامد به آب و افزایش بیش از حد مجاز غلظت یونهای، موجود در آب کشاورزی و سایر استفاده‌ها از آب، آن را با محدودیت روبه‌رو می‌سازد. لذا آلودگی و یا کاهش کیفیت منابع آب می‌تواند به‌طور مستقیم و غیرمستقیم سلامتی انسان و امنیت غذایی او را به خطر اندازد. رودخانه اهر یکی از رودخانه‌های مهم دامنه‌های غربی سبلان می‌باشد و نقش موثری در سیراب‌سازی و تأمین آب اراضی کشاورزی و شهرها و روستاهای در مسیر خود دارد. ولی در سال‌های اخیر این رودخانه دچار تغییراتی در میزان دبی و رواناب حوضه گردیده است. بنابراین، در این پژوهش به‌صورت موردی تغییرات درازمدت کیفیت آب رودخانه در ایستگاه اهر با استفاده از شاخص‌های (pH, Na، SO4، TDS) مورد بررسی و با استفاده از آزمون آماری من-کندال روندیابی گردیده است و سپس با استفاده از رابطه رگرسیون خطی هر سه شاخص تا سال ۱۴۰۰پیش‌بینی شده است. نتایج این بررسی، نشان می‌دهد، هر سه شاخص در طول دوره چهل ساله مورد مطالعه، روند افزایشی داشته‌اند، که در نتیجه آن شاخص Na همچنان در منطقه خوب، شاخص SO_4، در محدوده خوب و قابل قبول و شاخص TDS به محدوده نامناسب و بد برای مصرف انسان بر اساس آستانه‌های تعیین شده شولر رسیده است. بنابراین بر اساس نتایج و پیش‌بینی‌های انجام شده، مواد جامد محلول در آب منطقه مورد مطالعه به‌شدت افزایش یافته و در صورت تداوم و تشدید این روند منجر به آلودگی آب این رودخانه و مضر برای مصرف انسان می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: کیفیت آب؛ آلودگی آب؛ TDS؛ ویژگی‌های آب؛ سلامتی انسان؛ رودخانه اهر

۱ـ استاد، دانشگاه تبریز، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی Email:m5khatibi@yahoo.com
۲ـ دانشجوی کارشناسی ارشد جغرافیای پزشکی، دانشگاه تبریز، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی
۳ـ دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تهران

مقدمه

ویژگی سطوحی که آبهای جاری را در پهنه خود جمع‌آوری می‌کنند و در نهایت آنها را به رودخانه‌ها جاری می‌سازند، نقش اولیه در کیفیت آبهای سطحی ایفا می‌کنند. فعالیت‌های بشری و تغییرات زیست محیطی، نیز عامل دیگر در تغییر کیفیت آبهای سطحی محسوب می‌شوند. به‌عبارت دیگر دستکاری شیب‌ها و ناپایدارسازی آنها و صنعتی شدن جوامع، سبب تولید آلاینده‌های مختلف گردیده که با ورود به محیط زیست انسان و به‌ویژه در منابع آب، باعث کاهش کیفیت آبهای جاری شده است. از آنجا که آب یکی از مهم‌ترین عناصر طبیعت بوده و ادامه حیات همه موجودات زنده به آن وابسته است، تغییر در کیفیت و یا آلودگی آن پیامدهای وسیع زیستی را به‌همراه دارد. با توجه به این که انسان موجودی وابسته به حیات طبیعی و محیط زیست است، لذا آلودگی و یا کاهش کیفیت منابع آب می‌تواند به‌طور مستقیم و غیرمستقیم سلامتی انسان و امنیت غذایی او را به‌خطر اندازد. امروزه منابع آب شیرین و سالم در دسترس انسان به سرعت در حال کاهش می‌باشد، به نحوی که بر روی نقشه بحران آب در جهان هر ساله مناطق جدیدی به‌عنوان سرزمین‌های در معرض خطر کم‌آبی و یا آلودگی اضافه می‌گردد، توجه به کیفیت آب رودخانه‌های جاری از نظر شرب و استفاده زراعی از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است. امروزه به لحاظ تشدید آلودگی‌ها، بررسی و سنجش کیفیت آب رودخانه‌ها بسیار امر حیاتی محسوب شود.

رودخانه اهر نیز به عنوان یکی از رودخانه‌های مهم دامنه‌های غربی سبلان، ازجمله رودخانه‌هایی است که در سال‌های اخیر دچار تغییراتی در میزان دبی و رواناب حوضه (گزارش سالانه وزارت نیرو) گردیده است، تا قبل از سال ۱۳۷۷ یعنی آغاز بهره‌برداری از سد ستارخان که بر روی این رودخانه احداث گردید، اهرچای یکی از پرآب‌ترین و خروشان‌ترین رودخانه‌های استان آذربایجان شرقی به‌شمار می‌رفت. ولی در حال حاضر تنها شاهد، برای وجود رودخانه در این مسیر رود بسیار باریک و نهر مانندی است که از سد ستارخان رها شده و در بستر پهن رودخانه اهر چای جریان دارد. هدف اصلی این پژوهش تحلیل روند تغییرات کیفیت آب در طول چهار دهه اخیر و پیش‌بینی روند تغییرات شاخص‌های سنجش کیفیت آب در این منطقه برای سالهای آینده به منظور ارائه دورنمایی از چگونگی تغییرات این شاخص‌ها و به احتمال زیاد تداوم این روند، و اثر آن بر کیفیت آب این رودخانه و پس آیندهای آن در دهه‌های آتی است.

میزان مواد معلق و بخشی از سختی آب و همچنین سایر ویژگی‌های مربوط به کیفیت آب رودخانه‌ها به ویژگی‌های حوضه‌ها بـه‌ویژه به زیرحوضه‌های بالا دست شاخاب‌ها بستگی دارد. به‌عبارت دیگر، ویژگی‌ها دامنه‌ها (توپوگرافی و ساختار آنها) تعیین‌کننده میزان مواد معلقی است به اولین آبراهه‌ها رها می‌سازند. در محدوده‌های کوهستانی نشست برف و فعل انفعلات برف بر سطح دامنه و آغشته شدن برف با انواع آلودگی‌ها

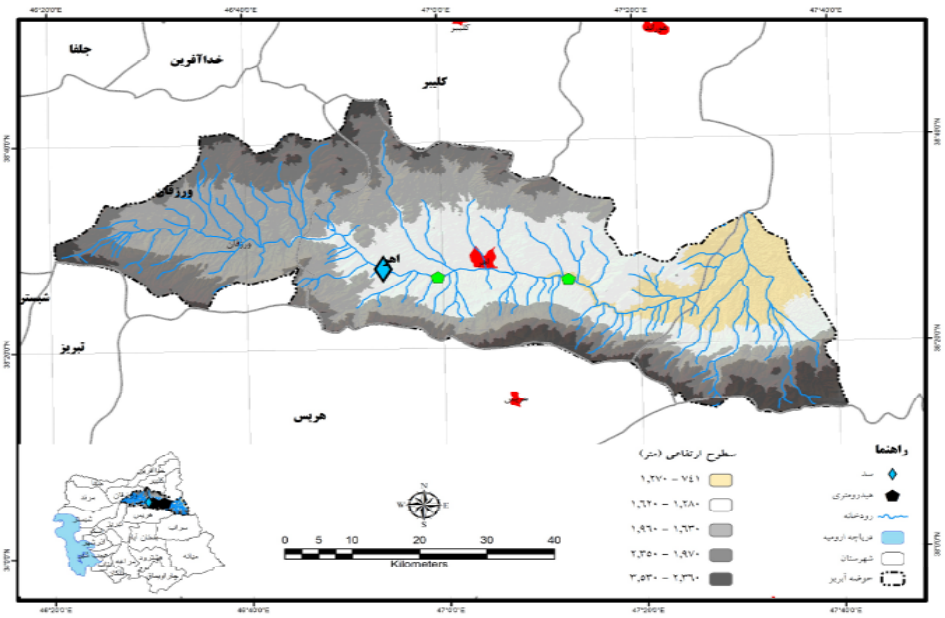
می‌تواند در کیفیت شیمیایی آب رودخانه‌ها نیز تأثیر می‌گذارد. از این دیدگاه محققان زیادی رودخانه‌ها را مورد بررسی قرار داده‌اند. دلال‌اوغلی (۱۳۸۳) و بیاتی خطیبی (۱۳۸۹) از جمله این محققان هستند که ویژگیهای خاک های دامنه ها و فرسایش‌پذیری سطوح دامنه‌ها و رها کردن مقدار معتنابهی از مواد دامنه‌ای را به رودخانه اهرچای را مورد مطالعه قراردادند.گابریل[1] (۱۹۹۹)، هاردن و همکاران[2] (۲۰۰۳) فیتزوگ و همکاران[1] (۲۰۰۳) به‌ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و رابطه آن با ویژگی‌های کیفی آب دامنه‌ها توجه نمودند و در محدوده‌های مورد مطالعه به نتایج ارزنده‌ای دست یافتند. فعالیت‌های انسانی نیز از جمله علل عمده تغییرات کیفی آب رودخانه‌ها در دهه‌های اخیر است. محققان دیـگری از این جنبه به مسأله تغییر کیفیت آب رودخانه‌ها پرداخته‌اند. میرمشتاقی و امیرنژاد (۱۳۹۰)، طی مقاله‌ای با عنوان، بررسی کیفیت آب رودخانه سفیدرود، به این نتیجه رسیدند که، رودخانه سفیدرود با معضل ورود پساب‌های کشاورزی و فاضلاب‌های شهری و صنعتی مواجه شده است به‌طوری که بار آلودگی کلیفرم در طول رودخانه از بالادست به سمت ایستگاههای پایین دست افزایش یافته و استفاده از این آب جهت شرب و کشاورزی و سایر مصارف خطرناک است. ملکوتیان و مومنی (۱۳۹۱)، طی مقاله‌ای با عنوان، بررسی کیفیت آب شرب بردسیر در سالهای ۸۸-۸۹، به این نتیجه رسیدند که:کیفیت میکروبی و شیمیایی آب در محدوده مورد مطالعه در حدود استاندارد بوده ولی حفظ و ارتقاء وضع موجود با توجه به شرایط و پتانسیل‌های آلودگی در منطقه ضرورت داشته و پایشی مستمرمی طلبد. رباط سرپوشی و چوبانی (۱۳۹۱)، با بررسی کیفیت میکروبی و شیمیایی آب شرب روستاهای تحت پوشش رباط سرپوش و دهستان شامکان، به این نتیجه رسیدند که: تمام موارد آزمایشات در حد استاندارد بوده به‌جز سولفات در آب روستای زعفرانیه که با توجه به بررسی به‌عمل آمده باز بودن سرچاه‌ها در مسیر و قدیمی بودن شبکه، می‌تواند عامل احتمالی افزایش سولفات باشد.انتظاری و اکبری (۱۳۹۲)، طی مقاله‌ای با عنوان، بررسی کیفیت آب شرب استحصالی از منابع زیرزمینی بر بیماری‌های انسانی دهه اخیر در دشت مشهد، به این نتیجه رسیدند که: کیفیت آب زیر زمینی دشت در قسمت‌های شمال غربی و جنوبی وضعیت مطلوبی نداشته و این وضعیت درسال۹۰ با افزایش در سطح جلوه‌گر شده است و دو پارامتر سختی کل و مواد جامد محلول در تمام قسمت‌های دشت (به جز در محدوده چناران) به‌خصوص در جنوب شهر مشهد، از میزان بالایی برخوردار بوده است.

1- Gabriel

2- Harden et al.

معرفی منطقه مورد مطالعه

شهرستان اهر با وسعتی معادل ۹۳/۳۰۷۳ کیلومتر مربع ۷۶/۶درصد از کل مساحت استان را به‌خود اختصاص داده است و از این لحاظ رتبه پنجم را بین شهرستانهای استان دارا می‌باشد. این شهرستان از نظر مختصات جغرافیایی در عرض شمالی ۳۸ درجه و ۱۸ دقیقه الی ۳۹درجه و ۵ دقیقه و در طول شرقی ۴۶ درجه و ۴۵ دقیقه الی ۴۷ درجه و ۳۳ دقیقه قرار گرفته است و از سمت شمال با شهرستان کلیبر، از شرق با استان اردبیل، از جنوب با شهرستان هریس و از غرب با شهرستان ورزقان همجوار می‌باشد رودخانه اهر (اهرچای) از ارتفاعات پیرسقا سرچشمه می‌گیرد و در قسمت جنوبی شهرستان اهر به سوی شرق جریان می‌یابد (شکل۱). این رودخانه درمسیرخود پس ازعبور ازدهستان اوزمدل، حومه شهر اهر و نزدیکی آبادی لر در دهستان و رگهان، به رودخانه قره‌سو که از مشگین شهر رو به جنوب جریان دارد، می‌پیوندد. این رودخانه با طول ۲۴۰ کیلومتر پس از عبور از دهستان‌های گرمادوز، ورگهان و یافت، سرانجام پس از مشروب ساختن اراضی زراعی روستاهای هم‌جوار، در اصلاندوز به ارس می‌ریزد.



شکل (۱) نقشهٔ حوضهٔ آبریز اهرچای

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، ویژگی‌های سازندهای سطحی که تعیین‌کننده بخشی از ویژگی‌های آبهای جاری در سطح آنها هستند بررسی شده است و با بررسی نمونه‌های تهیه شده (داده‌های کیفی آب رودخانه اهر) ویژگی‌های

1- Fitzhugh et al.

شیمیایی آنها در رابطه مقدار مواد رها شده به آبها مطالعه شده است. با بررسی اولیه مشخص شد که تغییرات مهمی در کیفیت آب رودخانه اهر در طی سالهای اخیر رخ داده است. به همین دلیل، جهت تعیین میزان تغییرات کیفیت آب این رودخانه در مسیر جریان (بیشن از ۳ ایستگاه موجود در مسیر مانند تازه‌کند قشلاق و...)، از داده‌های دوره چهل ساله (بازه ۱۳۵۱-۱۳۹۰) استفاده شده است و در این راستا از شاخص‌های مهمی چون میزان مواد جامد محلول در آب (TDS)، سدیم (Na) و سولفات (SO4)، از نظر تهدید سلامتی انسانی از اهمیت ویژه ای برخوردار است، استفاده شده است و سپس در محیط نرم‌افزارهای Excel وMinitab داده‌ها در دو بازه سالانه و فصلی مورد بررسی قرارگرفته، که در ابتدا خط روند دوره چهل ساله و مقدار معناداری r خط روند مورد مطالعه قرارگرفته و سپس جهت اطمینان از معناداری روندها در سطح خطای ۰،۰۵ از آزمون آماری روندیابی من-کندال استفاده شده است و نهایتاً به منظور پیش‌بینی تداوم روند این شاخص‌ها از رابطه رگرسیون خطی استفاده شده و هر سه شاخص تا سال ۱۳۹۵ پیش‌بینی شده است. همچنین جهت شناسایی اثرات کیفی تغییرات شاخص‌های مورد مطالعه از دیاگرام شولر استفاده شده است (جدول ۱).

جدول (۱) طبقه‌بندی کیفیت آب به روش دیاگرام شولر (Johansen:1982)

So4 (mg/l)	Na (mg/l)	TDS (mg/l)	درجه کیفیت آب
۵<	۱۰<	<۲۸۰	خوب
۱۰-۵	۱۵-۱۰	۵۰۰-۲۸۱	قابل قبول
۲۰-۱۱	۲۰-۱۶	۱۰۰۰-۵۰۱	نامناسب
۲۵-۲۱	۲۵-۲۱	۲۰۰۰-۱۰۰۱	بد
۳۰-۲۶	۳۰-۲۶	۳۵۰۰-۲۰۰۱	قابل شرب در شرایط اضطراری
۳۵-۳۱	۴۵-۳۱	۴۰۰۰-۳۵۰۱	غیرقابل شرب

مراحل محاسبه مقدارآماره آزمون من کندال در محدوده مورد مطالعه، به شرح زیراست:

الف) محاسبه اختلاف بین تک تک مشاهدات با یکدیگرو اعمال تابع علامت و استخراج پارامتر S به‌شرح زیر:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=K+1}^{n} \mathrm{sgn}(X_j - X_k)$$

که در رابطه فوق، n تعداد مشاهدات سری ،x_j و x_k به ترتیب داده‌های jام و kام سری هستند. تابع علامت نیز به شرح زیر مورد محاسبه می‌باشد:

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

ب) محاسبه واریانس توسط رابطه زیر انجام می‌شود:

$$\mathrm{var(s)} = \frac{\mathrm{n} - (\mathrm{n}-1)(2\mathrm{n}+5) - \sum_{i=1}^{m} \mathrm{t}\,(\mathrm{t}-1)(2\mathrm{t}-5)}{18} \quad if \;\; n > 10$$

که n تعداد داده‌های مشاهده‌ای و m معرف تعداد سری‌هائی است که در آنها کمینه یک داده تکراری وجود دارد. t بیانگر فراوانی داده‌های با ارزش یک‌سان است.

ج) استخراج آماره z به‌کمک یکی از روابط زیر:

$$z = \begin{cases} \dfrac{s-1}{\sqrt{var(s)}} & if \quad s > 0 \\ 0 \quad if \quad s = 0 \\ \dfrac{s+1}{\sqrt{var(s)}} & if \quad s < 0 \end{cases}$$

در یک آزمون دو دامنه‌ای برای روندیابی سری داده‌ها، فرض صفردر حالتی پذیرفته می‌شود که رابطه زیر برقرار باشد:

$$|z| \leq Za/2$$

که α سطح معناداری است که برای آزمون در نظرگرفته می‌شود و آماره توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی‌داری α است که با توجه به دو دامنه بودن آزمون، از آن استفاده شده است. در مطالعه حاضر، این آزمون برای سطوح اطمینان ۹۵٪ استفاده شد. در صورتی که آماره Z مثبت باشد روند سری داده‌ها صعودی و در صورت منفی بودن آن روند نزولی در نظر گرفته می‌شود.

یافته‌های پژوهش

رودخانه‌های جاری در تأمین آب آشامیدنی از اهمیت اولیه برخورداراست. بسیاری از مشکلات بهداشتی کشورهای در حال پیشرفت، عدم برخورداری از آب آشامیدنی سالم است و از آنجایی که محور توسعه پایدار، انسان سالم است و سلامت انسان در گرو بهره‌مندی از آب آشامیدنی مطلوب می‌باشد، بدون تأمین آب سالم جایی برای سلامت مثبت و رفاه جامعه، وجود ندارد. در اینجا روند تغییرات شاخص‌هایی چون میزان مواد جامد محلول در آب (TDS)، سدیم (Na)، سولفات (SO_4) و اثری که بر کیفیت آب در منطقه مورد مطالعه دارند، مورد بررسی قرارگرفته است.

الف- بررسی ویژگی‌های سازندهای سطح خاستگاه شاخاب‌ها

کیفیت آب‌های سطحی در رابطه با نوع سازندهای سطحی قابل بررسی است. بخش زیادی از مواد معلق رودخانه اهر با نوع سازندهای قابل توجیه است. محدوده مورد مطالعه شامل سنگ‌های آذرین و رسوبات دوره

پالئوسن می‌باشد. واحدهای آهکی که در غرب منطقه برونزد دارند از ضخامت قابل ملاحظه‌ای برخوردارند و از واحدهای رسوبی مربوط به کرتاسه می‌باشند. مارن‌ها و شیل‌ها که حاصل فعالیت‌های فرسایشی دوره‌های گذشته می‌باشند، در رسوب‌زایی رودخانه‌ها تأثیر عمده دارند (بیاتی خطیبی، ۱۳۸۹: ۳۶). نشست برف‌های آلوده بر بلندی‌های منطقه که عمدتاً متشکل از سنگ‌های آذرین هستند، در تغییرات ویژگی‌های شیمیایی شاخاب‌ها نقش ایفا می‌کنند. میزان رسوب زایی و مقدار مواد معلق موجود در آب‌های جاری با ویژگی‌های فیزیکی دامنه‌ها در رابطه است (بیاتی خطیبی، ۱۳۸۹: ۴۰). نتیجه بررسی‌ها نشان می‌دهد که مقدار رس در پنجه دامنه‌ها بیشتر بوده که دلیل این امر انتقال مواد رسی در اثر فرسایش سطحی و زیر سطحی به پایین دامنه و انباشتگی آنها است، یعنی جایی که جریانات سطحی مدام با پیچ وخم‌ها و یا طی سیلاب‌ها آنها را روبیده و به طرف پایین دست و در نهایت پشت سدها منتقل می‌کنند. در بخش‌های بالای دامنه‌های منطقه سطوح سنگ‌ها به‌شدت فرسایش یافته و تحت هوازدگی شدید قرارگرفته‌اند که این سنگ‌های هوازده نیز بخشی از مواد ریز را در طی سیلاب‌ها و بارندگی‌ها به پایین رها می‌سازند.

ب- بررسی روند تغییرات شاخص Na در رودخانه اهر

بررسی روند تغییرات سدیم محلول در آب رودخانه اهر در دوره چهل ساله نشان می‌دهد این شاخص علی رغم روند صعودی محسوسی که دارد، تا کنون بر اساس مقادیر جدول۱ (شولر) در محدوده خوب قرارداشته و از این رو مقدار موجود در آب آن، موجب آلودگی و زیان به بدن انسان نمی‌گردد. شکل ۲ روند تغییرات سالانه این شاخص را نشان می‌دهد که بر اساس آن مقادیر r روندیابی شده است و همچنین بر اساس جدول ۲ (نتایج روندیابی آزمون من کندال) می‌توان گفت این شاخص در ایستگاه اهر در ابتدای دوره مورد مطالعه از ۴ میلی‌گرم در لیتر به ۵,۵ میلی‌گرم در لیتر در سالهای انتهایی دوره مطالعاتی رسیده و از این رو، روند افزایشی معناداری داشته است. براساس پیش‌بینی‌های انجام شده تا سال ۱۴۰۰، تداوم و تشدید این روند می‌تواند در آینده مشکلاتی را برای سلامتی انسان ایجاد کند .مطالعه فصلی این تغییرات نشان می‌دهد که فصل بهار با میزان r=0.35، دارای کمترین روند تغییرات و پاییز با مقدار r=0.77 دارای بیشترین میزان تغییرات است. نتایج بررسی‌ها حاکی از این است که، میزان سدیم در فصل پاییز از میزان کمتر از ۴، در ابتدای دوره مطالعاتی به میزان بیش از ۶ میلی‌گرم در پایان دوره مطالعه رسیده است، به‌طور کلی، اگر چه وجود سدیم برای بسیاری از اعمال حیاتی ضروری است و در هدایت پیام‌ها به‌وسیله سیستم اعصاب، نقشی اساسی دارد، کمبود آن در انسان‌ها و حیوانات موجب گرفتگی ماهیچه‌ها می‌شود و در تنظیم PH بدن مؤثر است و موجب جذب بهتر قندهای ساده و اسیدهای آمینه که اجزاء تشکیل‌دهنده مواد نشاسته‌ای و پروتئین‌ها هستند می‌شود. با این وجود طبق پیش‌بینی‌های انجام شده با روند صعودی محسوسی که در این منطقه وجود دارد،

اگرچه ممکن است در آینده نزدیک مشکلات بهداشتی خاصی ایجاد نشود ولی قطعاً اگر این روند صعودی تداوم یابد در آینده شاهد عوارض خطرناکی چون بیماری‌های قلبی-عروقی، سکته و آسیب‌های قلبی و نیز افزایش فشارخون خواهیم بود. در واقع با دریافت بیش از اندازه نمک، کلیه‌ها قادر به دفع سدیم نبوده و در نتیجه حجم خون و مایع بین سلولی به‌صورت مزمن افزایش می‌یابد و بدین ترتیب فشار خون بروز می‌کند. همچنین تماس سدیم با آب مثلاً در هنگام عرق کردن بدن باعث تشکیل بخار هیدروکسید سدیم می‌شود. بخار هیدروکسید سدیم به پوست، چشم‌ها، گوش و گلو آسیب می‌رساند و باعث عطسه و سرفه شده و منجر به سختی تنفس و در نهایت برونشیت شیمیایی می‌شود و بر اثر تماس با پوست در بدن انسان خارش، سوزش، یا سوختگی جزئی و گاهی اوقات آسیب دائمی ایجاد می‌کند.

ت- بررسی روند تغییرات شاخص SO_4

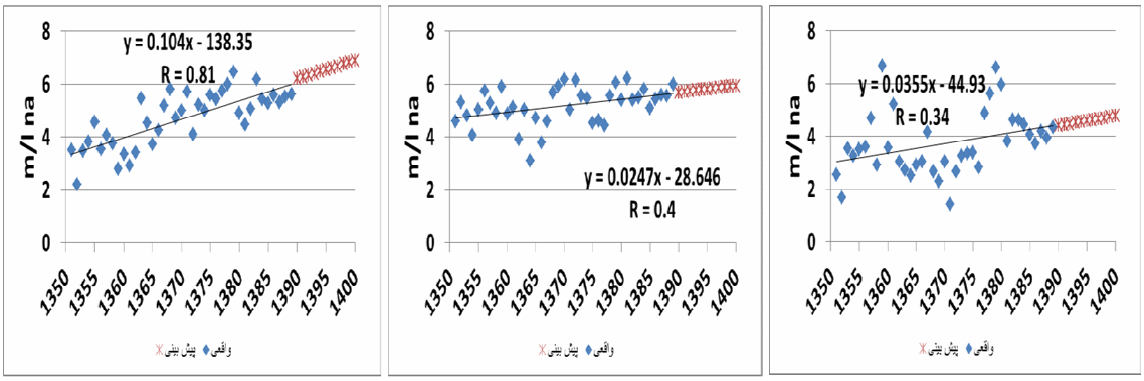
بررسی تغییرات شاخص SO_4 نشان می‌دهد، مقادیر این شاخص در طول دوره مورد مطالعه در ایستگاه اهر دارای تغییرات بسیار شدیدی بوده به شکلی که میزان متوسط سالانه این شاخص از حدود ۲ میلی‌گرم در سال‌های ابتدایی دوره مطالعاتی به بیش از ۵ میلی‌گرم در سالهای انتهایی دوره رسیده است (۲۵۰٪ رشد). به لحاظ فصلی، میزان این تغییرات در زمستان و به ویژه پاییز بیشتر از سایر ماه ها بوده است. کمینه میزان تغییرات در فصل بهار می‌باشد. نتایج آزمون من-کندال (جدول۲) نیز صعودی بوده و افزایش روند تغییرات شاخص مذکور را در تمامی بازه‌ها تأیید می‌نماید. به نظر می‌رسد با توجه به روند صعودی شدید این شاخص که در ابتدای دوره مورد مطالعه در قلمرو خوب براساس جدول۱ (شولر) برای شرب انسان قرار داشته و اکنون به بازه قابل قبول رسیده و طبق پیش‌بینی‌های انجام شده با ادامه یا تشدید روند افزایشی SO_4 در دهه‌های آتی مقادیر این شاخص به قلمرو نامناسب وارد شود که مصرف آن برای انسان زیانبار خواهد شد و احتمال این که مصرف این آب در آینده مشکلات بهداشتی را در این زمینه ایجاد کند، وجود دارد (شکل۳). از جمله این که آب حاوی سولفید هیدروژن دارای تأثیر ضدیبوست بوده و می‌تواند منجر به از دست دادن آب بدن به‌ویژه در کودکان شود، سولفید هیدروژن در آب آشامیدنی هنگامی که در یک فضای بسته رها می‌شود، به‌عنوان عامل تهوع و ناخوشی می‌گردد. گاز سولفید هیدروژن اثرات مزمن و تحت حاد گسترده‌ای دارد. در غلظت‌های خیلی پایین، این گاز باعث سر درد، خواب آلودگی، بی‌حالی، حالت تهوع، استفراغ، تحریک چشم‌ها و سیستم تنفسی می‌گردد. گاز سولفید هیدروژن بسیار سمی می‌باشد. این گاز از طریق ممانعت در عملکرد آنزیم سیتوکروم اکسید، مانع جذب اکسیژن می‌گردد. تماس کوتاه مدت (حاد) با سولفید هیدروژن باعث ایجاد سوزش و حساسیت در حلق، بینی، چشم و ریه‌ها می‌گردد. تماس با غلظت‌های بالاتر آثار جدی بر سلامت دارد علاوه بر این سولفات همانند سایر مواد معدنی دیگر می تواند باعث بروز لایه‌های فلس مانند در لوله‌های

آب شده و طعم نامطلوب در آب ایجاد کند و بو و طعم زننده تخم‌مرغ گندیده را در آب تولید کند و نهایتاً باعث بروز اسهال در انسان و چهار پایان اهلی شود.

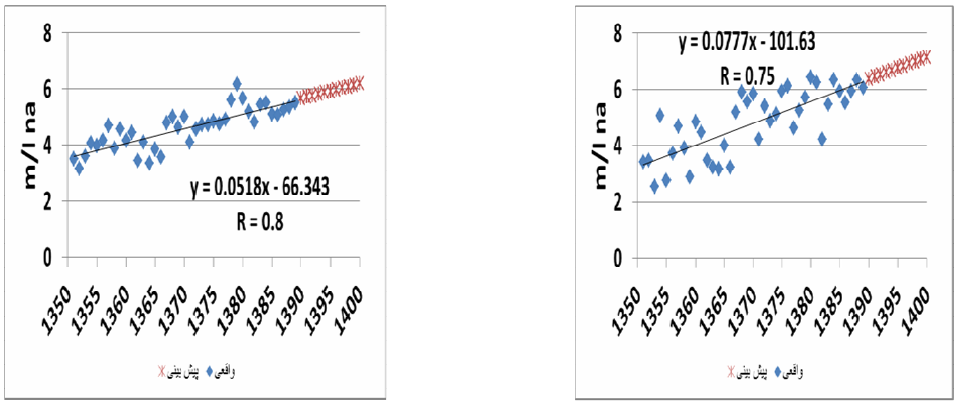
پ- بررسی روند تغییرات شاخص TDS

شاخص TDS به معنای میزان مواد جامد محلول در آب می باشد. بررسی تغییرات این شاخص نشان دهنده روند صعودی شدید در منطقه اهر و در بازه مورد مطالعه است. اضافه بر این، مقادیر این شاخص در طول چهار دهه اخیر از مقدار حدود ۴۰۰ در ابـتدای دوره مطالعاتی که به معنای قابـل قبول بوده به بیش از ۹۰۰ میلی‌گرم در لیتر در انتهای دوره رسیده است (شکل۲) و از این جهت این مقادیر در حال حاضر در وضعیت نامناسب و گاهاً به محدوده بد برای شرب وارد شده است. مطالعه دقیق‌تر این شاخص نشان می‌دهد در بازه فصلی میزان تغییرات در فصل بهار و پاییز بسیار بالا بوده و در حدود ۷۰۰ میلی‌گرم در لیتر در طول چهار دهه اخیر به میزان مواد جامد محلول در آب رودخانه اهر در منطقه مورد مطالعه اضافه گردیده است. با توجه به این که مقادیر این شاخص در حال حاضر به‌طور متوسط از ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر بیشتر شده و با توجه به مقادیر R ، و پیش‌بینی‌های صورت گرفته روند و تداوم این شاخص در آینده مشکلاتی را ایجاد می‌کند و با توجه به بازه TDS جدول شولر، آب این رودخانه در حال حاضر نیازمند تصفیه است. در حالی که دهه‌های پیش میزان TDS در بازه قابل قبول قرار داشته و همچنین روندیابی مقادیر این شاخص با استفاده از آزمون من-کندال معنی‌داری روند افزایشی را در سطح اعتماد ۰,۹۵ نشان می‌دهد و از آنجایی که بسیاری از مواد حل شده در آب نامطلوب هستند.

احتمال این که در آینده نه چندان دور مشکلاتی را برای سلامتی انسان ایجاد نمایند وجود دارد. از جمله این که وجود مواد محلول در آب ممکن است موجب بروز رنگ، طعم و بوی نامطلوب شوند. بوی آب قاعدتاً ارتباط نزدیک با طعم آن دارد برخی از ترکیبات شیمیایی ممکن است سمی باشند و برخی از اجزای آلی محلول سرطان‌زا هستند. جامدات کلوئیدی باعث کدری و ایجاد رنگ تیره در آب می‌شوند. کدری به‌دلیل وجود مواد معلق فوق‌العاده ریز نامحلول در آب می‌باشد. کدرورت ناشی از مواد آلی و معدنی و میکروب‌ها در این منطقه احتمال دارد بو و طعم نامطلوب به آب بخشیده و در آینده بستر مناسبی برای جذب حشره‌کش‌ها و سایر ترکیبات آلی و میکروارگانیسم‌ها باشند و ذرات آلی و معدنی مسبب کدورت با فراهم آوردن مواد غذایی بستر مناسب برای رشد میکروب‌ها در شبکه‌های توزیع شوند و با ایجاد پوشش محافظ مانع از دسترسی و تماس مواد گندزا با میکروب‌ها شوند و نهایتاً بر اساس پیش‌بینی‌های صورت گرفته، تداوم و تشدید این روند در دهه‌های آتی لزوم تصفیه آب و در مقابل تغییرات زیست محیطی رایادآور می‌شود.

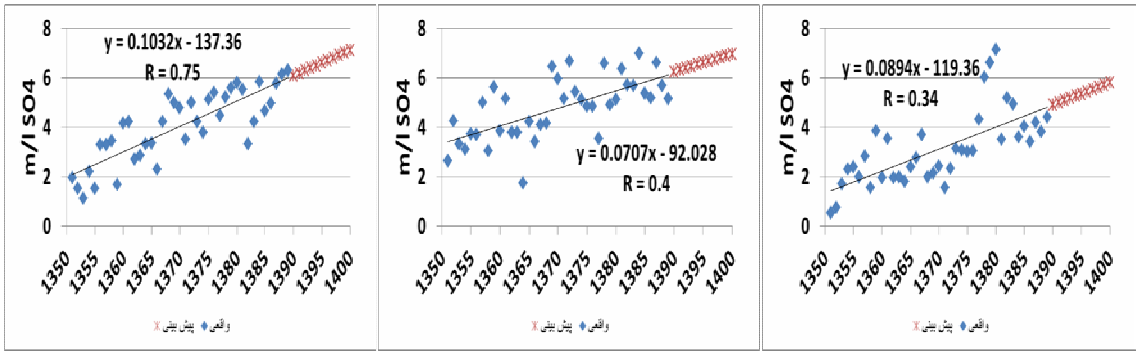


الف) بهار ب) تابستان ت) پاییز

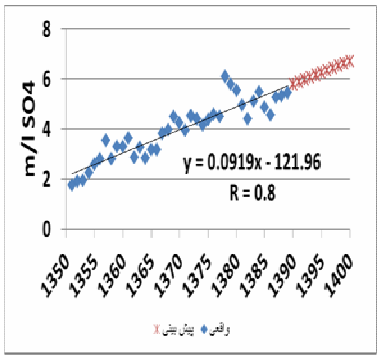


پ) زمستان ث) سالانه

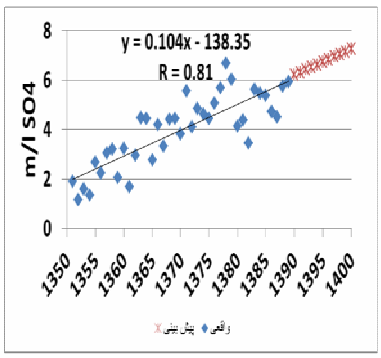
شکل (۲) تغییرات متوسط میزان سدیم محلول در آب در فصول مختلف و به‌طورسالانه



الف) بهار ب) تابستان پ) پاییز



ث) سالانه



ت) زمستان

شکل (۳) تغییرات متوسط میزان SO4 محلول در آب در بازه فصول مختلف و سالانه

از ویژگی‌های شیمیایی و اصلی سازندهای سطحی حضور کربن آلی در آنها است که منبع عمده نیتروژن و فسفر و در نتیجه از عناصر اصلی برای حاصل‌خیزی سازندهای سطحی است. در بخش‌هایی که فرسایش شدید است کربن آلی از سازندها به سرعت انتقال می‌یابد (شکل ۵ و ۶). در محدوده مورد مطالعه میزان کربن آلی متأثر از سطح ایستابی، جهت دامنه و میزان پوشش گیاهی در افق‌های مختلف متفاوت است. مقدار کربن آلی در بخش‌های پایین دامنه که تحت فرسایش قرار گرفته، کم است.

جدول (۲) نتایج آزمون روندیابی من-کندال در سطح اعتماد ۰,۹۵ (جهت روند +، -، ۰)

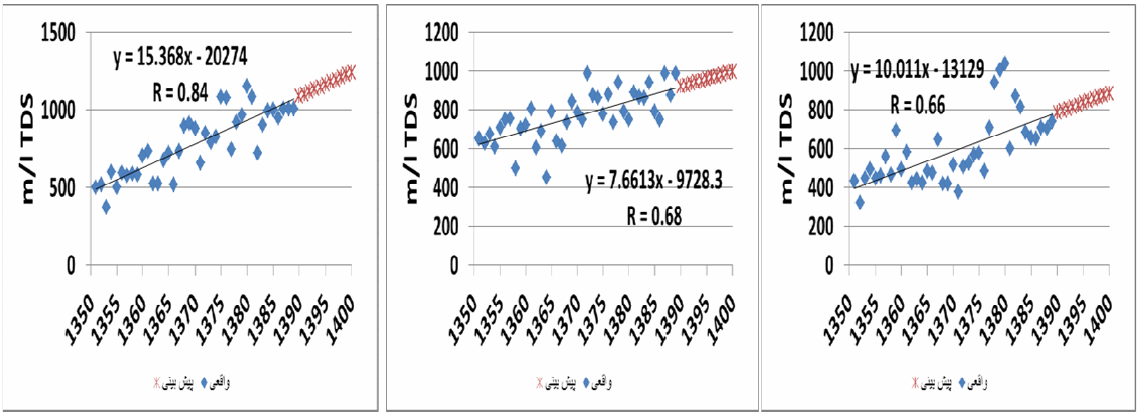
عنصر	Z-value	p-value	TREND
Na سالانه	۵,۷۰۹۷۲	۰,۰۰۰۰۰۰۰	+
Na بهار	۲,۳۲۲۹۴	۰,۰۱۰۰۹۱۲	+
Na تابستان	۲,۳۷۱۹۷	۰,۰۰۸۸۴۶۷	+
Na پاییز	۵,۰۹۳۹۰	۰,۰۰۰۰۰۰۲	+
Na زمستان	۴,۸۶۳۶۵	۰,۰۰۰۰۰۰۶	+
So4 سالانه	۶,۷۹۸۴۴	۰,۰۰۰۰۰۰۰	+
So4 بهار	۵,۷۹۸۴۴	۰,۰۰۰۰۰۰۰	+
So4 تابستان	۴,۹۱۱۳۳	۰,۰۰۰۰۰۰۵	+
So4 پاییز	۴,۱۸۶۷۴	۰,۰۰۰۰۹۸۶	+
So4 زمستان	۵,۶۶۱۳۴	۰,۰۰۰۰۰۰۰	+
TDS سالانه	۷,۲۳۳۹۳	۰,۰۰۰۰۰۰۰	+
TDS بهار	۴,۳۵۴۸۷	۰,۰۰۰۰۰۶۷	+
TDS تابستان	۴,۶۱۱۵۰	۰,۰۰۰۰۰۶۷	+
TDS پاییز	۵,۸۴۲۷۹	۰,۰۰۰۰۰۰۰	+
TDS زمستان	۵,۳۴۶۸۲	۰,۰۰۰۰۰۰۰	+

بررسی نمونه‌های خاکی منطقه نشان می‌دهد که، کائولونیت‌ها از معمول‌ترین سیلیکات‌های رسی هستند که در جائی تمرکز می‌یابد که خاک‌ها خوب زهکشی می‌شوند. اگرکائولونیت‌ها فرسایش یابند و به بخش‌های

پایین ترحمل شوند،می تواند به اسمکتیت[1] تبدیل شوند. در ۱۰ نمونه تهیه شده (جدول ۳) به غیر از نمونه ۵، حضورکانی‌های کائولونیت قابل ملاحظه است که این امر زهکشی مناسب خاک‌های مستقر در بخش‌های مختلف دامنه‌ها را نشان می‌دهد.

جدول (۳) ویژگی نمونه خاک‌های برداشت شده از بخش های مختلف منطقه

نمونه	نوع ذرات تشکیل‌دهنده خاک	نوع کانی	میزان رطوبت (درصد)	نمونه	نوع ذرات تشکیل‌دهنده خاک	نوع کانی	میزان رطوبت (درصد)
۱	رس ریزدانه	کائولونیت	۱۹	۶	رس ریزدانه	کائولونیت	۱۲
۲	رس ریزدانه	کائولونیت	۲۲	۷	ماسه لای‌دار	کائولونیت	۸
۳	رس ریزدانه	کائولونیت	۱۲/۶۵	۸	رس شن‌دار	کائولونیت	۹
۴	رس ریزدانه	کائولونیت	۱۹	۹	مارن سبز	کائولونیت	۱۸/۴
۵	رس ریزدانه	مونت موریونیت	۲۶/۵	۱۰	ماسه شن‌دار	کائولونیت	۱۲

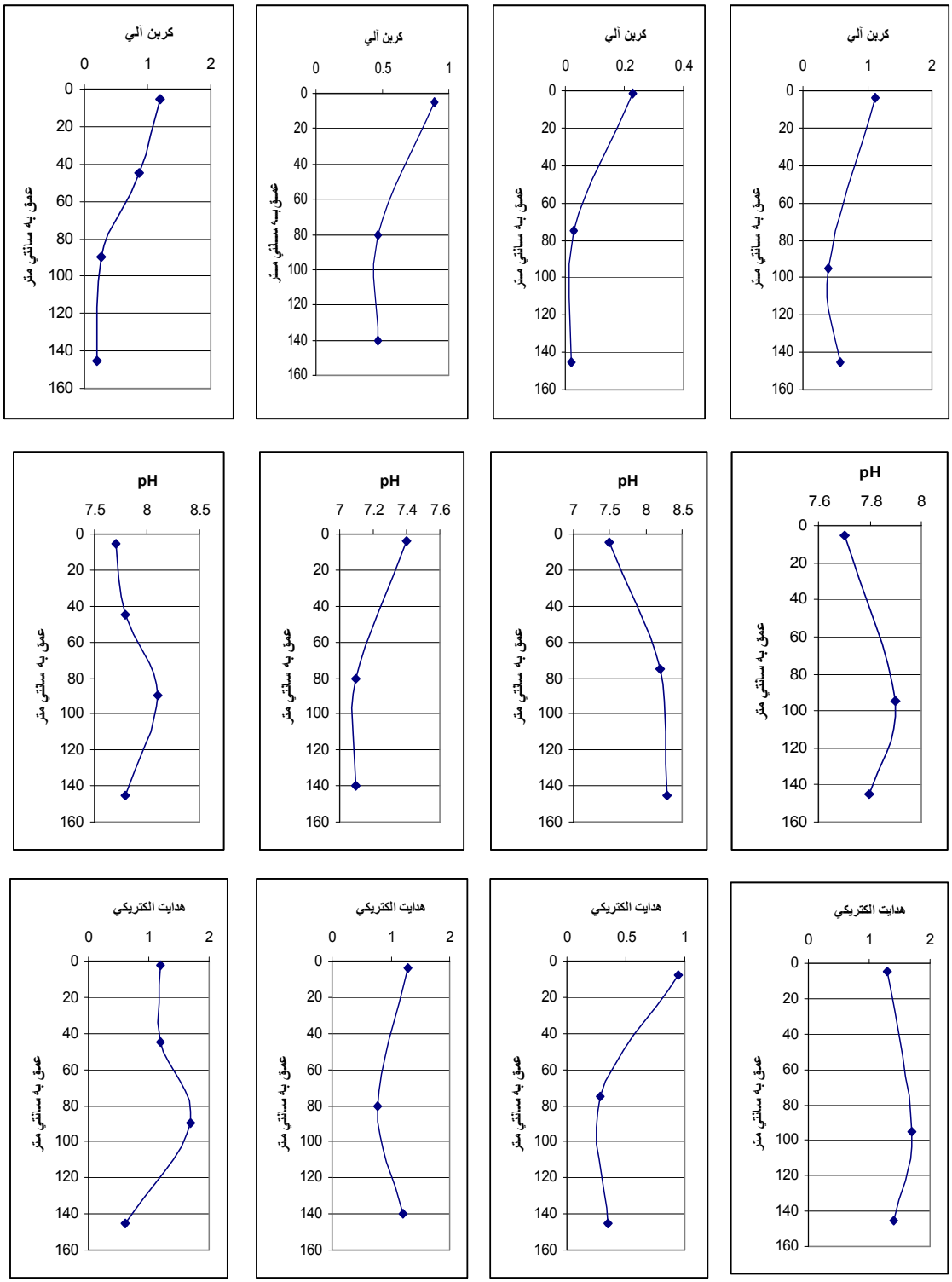


الف) بهار ب) تابستان پ) پاییز

ت) زمستان ث) سالانه

شکل (۴) تغییرات متوسط میزان TDS محلول در آب در بازه فصول مختلف وسالانه

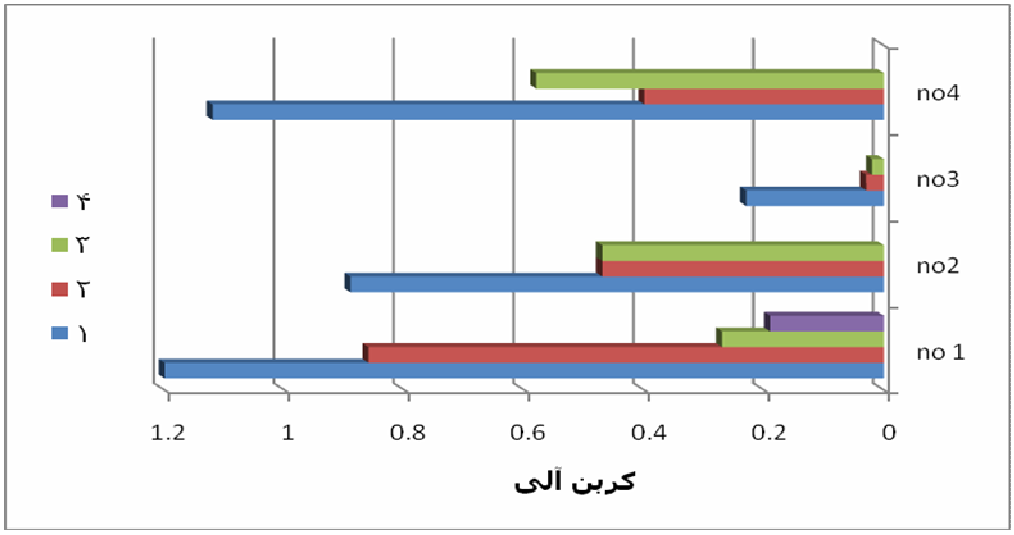
1- Smectite



پنجه دامنه | پای دامنه | شانه دامنه | بالای دامنه

شکل (۵) ویژگی‌های شیمیائی خاک‌های تهیه شده از بخش‌های مختلف دامنه‌های و محدوده مورد مطالعه

بررسی نشان می‌دهد که کم بودن کربن آلی در پای دامنه‌ها به منزله در اختیار قرار گرفتن مواد دامنه‌ای توسط آب های جاری است که این امر در نهایت موجب افزایش میزان TDS آب‌های جاری است.



شکل (۶) مقدار کربن آلی در چهار نمونه برداشت شده و تغییرات آن در چهار افق از سازندهای مورد نظر

نتیجه‌گیری

بررسی تغییرات کیفیت آب رودخانه اهر در منطقه مورد مطالعه بیانگر روند صعودی سه شاخص مهم مورد مطالعه می‌باشد. اگرچه میزان تغییرات شاخص سدیم کاملاً صعودی و کاملاً معنادار می‌باشد و احتمالاً این روند در دهه‌های آتی تشدید گردیده، اما با توجه به آستانه معرفی شده در جدول شولر و پیش‌بینی‌های انجام شده برای سلامتی انسان، این شاخص علی‌رغم روند افزایشی همچنان در قلمرو خوب و قابل قبول قرار داشته و بعید به نظر می‌رسید که در آینده نزدیک افزایش این شاخص برای مصارف حیاتی انسان و حیوانات مشکلی را ایجاد نماید، بررسی تغییرات شاخص SO_4 در طول دوره مطالعه نشان‌دهنده روند افزایشی شدید این شاخص می‌باشد که براساس مقادیر به دست آمده به نسبت افزایش SO_4 مورد بررسی این مقادیر در انتهای دوره در محدوده قابل قبول نیست و علی‌رغم این که تاکنون مقادیر این شاخص برای مصرف انسان مشکلی را ایجاد نمی‌کند، اما براساس پیش‌بینی‌های انجام شده در صورت تداوم و تشدید این روند، به‌نظر می‌رسد رفته رفته مقادیر این شاخص از آستانه خوب برای مصرف انسان خارج شود و مشکلاتی را برای سلامتی در برداشته باشد. بررسی مقادیر شاخص TDS (ذرات جامد محلول در آب) در طول چهار دهه اخیر نشان‌دهنده افزایش شدید این شاخص می‌باشد. مقادیر این شاخص در انتهای دوره مطالعاتی نسبت به ابتدای آن افزایش داشته و به محدوده مناسب برای مصرف و سلامتی انسان بدل شده است و براساس پیش‌بینی‌های انجام شده افزایش این مقادیر به صورت شدید در طول چهار دهه اخیر و به احتمال زیاد تداوم و تشدید این روند در دهه‌های

آتی لزوم تصفیه آب و در مقابل تغییرات زیست محیطی رایادآور می‌گردد. اجرای آزمون من کندال به‌منظور روند یابی و تایید نتایج حاصل از خط روند و میزان معنی‌دار R در سطح ۰,۰۵نشان از افـزایش شدید و معنی‌دار شاخص مورد مطالعه در این پژوهش دارد. ضمن اینکه در تمامی شاخص‌ها فصل پاییز دارای بیشترین افزایش و آلایندگی آب بوده است که درمورد شاخص TDS، فصل پاییز و بهار دارای فزونی بیشتری بوده‌اند. در این راستا توجه بیشتر به بحث آلودگی آب‌ها و مبارزه با علل و عوامل آن‌ها مجدد تأکید می‌گردد.

منابع

ـ بیاتی خطیبی، مریم (۱۳۸۹)، **نقش تغییرات ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی خاکها در طول دامنه‌ها در فرسایش‌پذیر شدن خاک‌های کوهستان‌ها (با تأکید برفرسایش خندقی): دامنه‌های شمال غربی سبلان (از اهر تا مشکین شهر)**. مدرس علوم انسانی، برنامه‌ریزی و آمایش فضا. شماره ۶۵ صص ۳۳-۵۶.

ـ سمائ، محمدرضا؛ ابراهیمی، اصغر و احرامپوش، محمدحسن (۱۳۸۶)، بررسی کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی شهر یزد، **فصلنامه پژوهش طلوع بهداشت**، سال ششم، شماره دوم ۵۷-۵۰ .

ـ شرکت سهامی آب منطقه‌ای گیلان (۱۳۸۸)، **مطالعات کمی و کیفی منابع آب در محدوده دشت آستانه**، جلد اول.

ـ زارع، مریم؛ ایمن‌پور، آزاده؛ میرزازاده، مجید؛ آذر، مهین؛ تذکری، زهرا؛ محرابی، یدا.. و ناصر کلانتری (۱۳۸۵)، **مقایسه تأثیر دو نوع آب آشامیدنی با درجه سختی متفاوت بر عناصر ادراری در مردان مبتلا به سنگ کلسیمی و غیرمبتلا**، فصلنامه علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، شماره ۳ صص ۱تا ۷.

ـ دلال‌اوغلی، علی (۱۳۸۳)، **تغییرات کاتنای خاک در دشت مشکین شهر**، فضای جغرافیایی، شماره ۱۱، صص ۱۳-۱۹.

ـ موسسه استاندارد وتحقیقات صنعتی ایران (۱۳۸۸)، **ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی** .

ـ نامی‌فرد، زهرا (۱۳۸۹)، **بیماری‌های منطقله از آب دانشگاه علوم پزشکی و خدمات درمانی همدان**.

- Agency EPA, 2001, **Managing Storm Water, Runoff to Prevent Contamination of Drinking Water**, Source Water Protection Practices Bulletin,Office of Water Environmental Protection, 816-F-01-020.

- Bauer, Greta. R., 2014, **Incorporating intersectionality theory into population health research methodology: Challenges and the potential to advance health equity**, Social Science & Medicine 110 (2014) 10e17.

- Du, nkang, Hua Xie, Yujun Hu, Youpeng Xu, Chong-Yu Xu, 2009, **Development and testing of a new storm runoff routing approach based on time variant spatially distributed travel time method**, JiJournal of Hydrology 369 (2009) 44-54.

- Fitzhugh R.D., Christenson, L, M., Lovett, GM., 2003, **The fate of NO2 tracer in soil under different tree species of the Catskill mountain**, New York Soil science, Soil Science, Vol: 67, 65-87pp.

- Gabriel, D., 1999, **The effect of slope length on the amount and size distribution of eroded silt loam soil**, Geomorphology, Vol: 28, 122-137 pp.

- Ghannadi M.A., 2008, **Water Microbial Quality in Rural Areas in Iran (Limitation, Challenges, and Opportunities)**, water and environment journal. 2008; 65:23-29.

- Malakootian M, Dowlatshahi S., 2007, **Variation of chemical quality for drinking water sources in Zarand plan**. Iran J Environ Health Sci Eng 2007; 4(4):257-62.

- Shoshany, M. and E,Kelman, 2006, **Assessing mutuality of change in soil and vegetation patch pattern characteristics by means of Cellular Automata simulation**. Geomorphology, Vol: 77, pp 107-120.

- Stuttaford, Maria, 2012, **Sites for health rights: Local, national, regional and global**, Social Science & Medicine 74 (2012) 1-5.

- World Health Organization, 2006, **Organization W. Guidelines for drinking water quality**. Geneva:; 2006.

- WHO, 2008, **Progress on drinking water and sanitation: special focus on sanitation WHO**. NewYork: Geneva and UNICEF; 2008.

- World Health Organization, 1981, **World Health Organization. Environmental Health Criteria 18: Arsenic**. Geneva, Switzerland; 1981. pp. 43.102.

- World Health Organization, 2001, **WHO EHC 224, arsenic and arsenic compounds Environmetal Health Criteria**. Geneva; 2001 p. 521.