نشریه علمی- پژوهشی

علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management Science & Engineering

سال هشتم- شماره ۲۷- زمستان ۱۳۹۳ Vol. 8, No. 27, Winter 2015

بررسی اثر کاربری اراضی و سنگ‌شناسی بر کیفیت آب چشمه‌های حوزه آبخیز پیرانشهر

امید رحمتی[۱]، نریمان محمودی[۲]، ابوالفضل مساعدی[۳] و فرزانه حیدری[٤]

تاریخ دریافت :۱۳۹۲/۷/۲۱ تاریخ پذیرش :۱۳۹۳/٤/۲۲

چکیده

چشمه‌های حوزه آبخیز پیرانشهر یکی از منابع مهم تامین منابع آب شرب و آبیاری اراضی کشاورزی است. به همین منظور، در این پژوهش تاثیر وضعیت سنگ‌شناسی و فعالیت‌های کشاورزی به عنوان مهمترین عوامل موثر بر کیفیت آب این چشمه‌ها مورد ارزیابی قرار گرفته است. پس از ثبت موقعیت جغرافیایی ۱٤٥ چشمه، نمونه‌برداری آنها در تیر ماه ۱۳۹۱ انجام شد. مقدار پارامتر هدایت الکتریکی (EC) در محل نمونه‌برداری و مقدار سایر پارامترها از جمله یون‌های سدیم، کلسیم، منزیم، پتاسیم، کربنات، بیکربنات، کلر و سولفات در آزمایشگاه اندازه‌گیری گردید. پس از انجام تجزیه و تحلیل پارامترهای کیفی نمونه‌های آب، دیاگرام پایپر نشان داد که شش تیپ آب شامل $Ca-HCO_3$، $Mg-HCO_3$، $Na-HCO_3$،$Mg-SO_4$،$Ca-SO_4$ و $Na-SO_4$ از چشمه‌های منطقه مورد مطالعه جاری است. برای بررسی تاثیر سنگ‌شناسی (۷ نوع جنس سنگ) و کاربری اراضی (۲ نوع کاربری اراضی) بر کیفیت آب چشمه‌ها، به ترتیب از آزمون‌های آماری تجزیه واریانس (ANOVA) و t استفاده شد. نتایج تحلیل‌های آماری نمونه آب چشمه‌ها نشان داد که پارامترهای Cl^-، HCO_3^-،CO_3^{2-}،TDS،EC، Mg^{2+}، Ca^{2+} و TH در سازندهای مختلف منطقه مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری دارند. درنهایت مقایسه میانگین پارامترهای کیفی در سنگ‌ها با آزمون دانکن صورت پذیرفت. همچنین کاربری اراضی فقط تاثیر معنی‌داری بر پارامترهای CO_3^{2-}، Cl^- و K^+ داشت. دیاگرام گیبس بر اساس نتایج آنالیز شیمیایی نشان داد که ساختار شیمیایی آب چشمه‌ها تحت تاثیر سنگ‌شناسی منطقه است. بنابراین در اولویت اول عامل سنگ‌شناسی و در اولویت دوم عامل کاربری اراضی بر کیفیت آب چشمه‌های حوزه آبخیز پیرانشهر تاثیر معنی‌داری دارند.

واژه‌های کلیدی: کیفیت آب، چشمه، متغیرهای هیدروشیمیایی، تجزیه واریانس (ANOVA)، حوزه آبخیز پیرانشهر

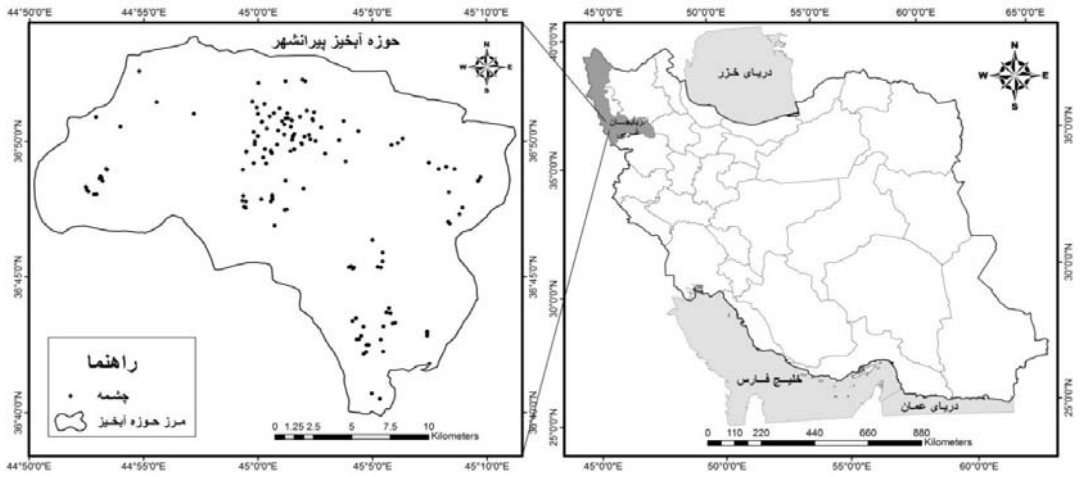
مقدمه

پایش کیفیت آب یک فرایند مهم در زمینه توسعه پایدار و مدیریت منابع آب است [۱۳]. کیفیت آب بیشتر تحت تاثیر سنگ‌شناسی، هوازدگی مواد، اقلیم، حلالیت نمکها، تبادلات یونی و فعالیتهای انسان مانند فعالیتهای کشاورزی و... است [۷و۸]. آلان و فلکر [۲] بیان کردند که ترکیب شیمیایی آب چشمه‌ها بیشتر تحت تأثیر عوامل طبیعی نظیر تکتونیک، سنگ‌شناسی، پوشش زمین و استفاده از آن قرار دارد.

میروسلاو و همکاران [۹] در پژوهشی به این نتیجه دست یافتند که علاوه بر ساختار زمین‌شناسی، عوامل دیگری نظیر کیفیت جریان‌های سطحی بر کیفیت آب چشمه‌ها تأثیر می‌گذارند. نگراجان و همکاران [۱۰] نشان دادند که آب باران و رواناب حاصل از آن باعث حل شدن مواد آلی و معدنی سطح زمین و همچنین کودها و سموم کشاورزی شده و با نفوذ به داخل زمین باعث آلوده شدن آب چشمه‌ها می‌شود. بنابراین منابع آلوده‌کننده سطحی ارتباط نزدیکی با کیفیت آب چشمه‌ها دارند. ال خشمان [٤] در پژوهشی به منظور بررسی عوامل تاثیرگذار بر کیفیت آب چشمه از روش تحلیل عاملی استفاده کرد؛ برطبق این مطالعه، در وهله اول فعالیت‌های کشاورزی و در وهله دوم فرایندهای طبیعی از مهمترین عوامل تاثیرگذار بر کیفیت آب چشمه‌های منطقه مورد مطالعه بود.

تیپ‌های مختلف کیفیت آب چشمه‌ها در ارتباط نزدیک با سازندهای زمین‌شناسی منطقه می‌باشد [۱۰]. آکو [۱] در یک پژوهش برای ارزیابی کیفیت آب چشمه‌ها از آنالیز داده‌های هیدروژئوشیمی و فاکتور R-mode استفاده نمود؛ بر طبق این مطالعه، شیمی آب چشمه‌های مورد مطالعه بیشتر توسط ارتباط سنگ و آب کنترل می‌شود. همچنین ال خشمان [۳] با انجام پژوهشی در منطقه‌ای از اردن به منظور بررسی کیفیت آب چشمه نتایج نشان داد که دلیل بالا بودن املاح نمونه‌های آب، طولانی بودن تماس آب چشمه‌ها با پوشش سنگی منطقه است.

۱- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه لرستان
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشگاه تهران
۳- نویسنده مسئول و استاد دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه فردوسی مشهد E-mail: mosaedi@um.ac.ir
٤- دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه بوعلی سینا



شکل۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و چشمه‌های نمونه‌برداری

Fig. 1 Geographical location of study area and springs

با توجه به اینکه چشمه‌های حوزه آبخیز پیرانشهر یکی از منابع مهم تامین آب شرب و کشاورزی منطقه هستند، هدف از انجام این پژوهش، ارزیابی تاثیر عوامل سنگ‌شناسی و کاربری اراضی بر کیفیت آب چشمه‌های حوضه و تعیین میزان اهمیت آنها می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز پیرانشهـر بین طول‌های جغرافیایی ″۰۲ ′۵۷ °٤٤ تا ″۳۳ ′۱۱ °٤٥ شرقی و عرض‌های جغرافیایی ″۰۲ ′٤۰ °۳٦ تا ″٥۰ ′٥۳ °۳٦ شمالی و در جنوب غرب استان آذربایجان غربی واقع شده است (شکل۱). حوزه پیرانشهر بخشی از حوزه آبخیز ارومیه است که شبکه زهکشی آن به دریاچه ارومیه متصل می‌گردد. منطقه مورد مطالعه از لحاظ ژئومرفولوژی در واحد کوهستان قرار گرفته است که دارای ارتفاع ۱٤۰۰ تا ۳۲٥٤ متر از سطح دریا می‌باشد. همچنین گسل‌ها و شکستگی‌های تکتونیکی کم و بیش زیادی نیز در این منطقه مشاهده می‌گردد. مساحت منطقه مورد مطالعه ۲۳۳۸٥ هکتار است که حدود ٤۱ درصد آن به کاربری کشاورزی و باغات و مابقی به (٥۹٪) مراتع اختصاص دارد. میانگین بارندگی سالیانه ٦٥۰ میلیمتر بوده که بیشتر آن در فصل زمستان و به شکل برف می‌باشد. آب چشمه‌های این حوزه برای اهداف مختلفی از جمله آبیاری اراضی کشاورزی، شرب و سایر مصارف خانگی و روستایی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

روش تحقیق

● جمع‌آوری نمونه‌های آب و آنالیز آنها

در حوزه آبخیز پیرانشهر ۱٤٥ چشمه وجود دارد. به منظور ارزیابی کیفیت فیزیکو- شیمیایی آب چشمه‌ها پس از ثبت موقعیت جغرافیایی، از تمامی آنها در تیر ماه ۱۳۹۱ نمونه‌برداری شد. اندازه‌گیری هدایت الکتریکی (EC) در عرصه و سایر پارامترها در آزمایشگاه صورت گرفت که روش‌های مورد استفاده در جدول (۱) ارائه شده است. سختی کل (TH) آب چشمه‌ها با استفاده از رابطه ۱ تعیین شد [۱۲]:

$$TH\ (as\ CaCO_3) = (Ca^{2+}+Mg^{2+})\times 50$$

که در این رابطه TH سختی آب برحسب $mg\,l^{-1}$ و میزان یون‌های کلسیم و منزیم برحسب $meq\,l^{-1}$ است.

ترکیب شیمیایی نمونه‌های آب چشمه‌ها با استفاده از نرم‌افزار RockWare Aq.QA مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. داده‌های حاصل از آزمایش نمونه‌ها وارد نمودار پایپر شد و با توجه به اطلاعات هریک از نمونه‌های آب چشمه‌ها، تیپ کیفیت آب نمونه‌ها مشخص گردید.

به منظور تعیین منشأ یونهای حل شده در آب و عوامل کنترل‌کننده ساختار شیمی آب، از دیاگرام گیبس استفاده شد. در یک نیمه‌ی این دیاگرام TDS در مقابل نسبت یون سدیم به مجموع یونهای سدیم و کلسیم و در نیمه‌ی دیگر TDS در مقابل نسبت یون کلر به مجموع یون‌های کلر و بیکربنات قرار میگیرد. همچنین سه بخش اساسی در آن تعبیه شده که شامل غالبیت بارش[1]، غالبیت هوازدگی سنگ‌ها[2] و غالبیت تبخیر[3] می‌باشد.

● تهیه نقشه‌های کاربری اراضی و سنگ‌شناسی

ابتدا نقشه کاربری اراضی با استفاده از نرم‌افزار ENVI و تصاویر ماهوارهای ETM^+، براساس روش طبقه‌بندی نظارت شده تهیه و سپس با مشاهدات میدانی تصحیح شد. نقشه‌های سنگ‌شناسی و زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه نیز از سازمان زمین‌شناسی کشور دریافت شده و با استفاده از نرم‌افزار ۱۰ ArcGIS رقومی گردید.

● آنالیز مکانی داده‌های کیفیت آب

به منظور بررسی اثر عامل سنگ‌شناسی بر پارامترهای کیفی آب چشمه‌ها، تعدادی از چشمه‌ها به گونه‌ای انتخاب شدند که دارای کاربری اراضی یکسان و جنس سنگ متفاوتی باشند. برای دستیابی

1 - Precipitation Dominance
2 - Rock-Weathering Dominance
3- Evaporation Dominance

جدول۱- روش‌های آزمایش پارامترهای موردنظر

Table 1. Experiment methods of parameters

پارامتر		
Parameter	Experiment method	روش آزمایش
TDS	Evaporation	تبخیر
Ca^{2+} ، Mg^{2+}	EDTA titration	تیتراسیون EDTA[1]
K^{+} ، Na^{+}	Flam Photometer	نشر فلام فتومتر
HCO_3^{-} ، CO_3^{2-}	HCl titration	تیتراسیون اسید کلریدریک
SO_4^{2-}	Spectrophotometer	اسپکتروفتومتر
Cl^{-}	$AgNO_3$ titration	تیتراسیون نیترات نقره

جدول۲- خلاصه آماری ترکیب شیمیایی آب چشمه‌ها (تمام پارامترها بر حسب (mg/L) بجز pH و (EC µMohs/cm)

Table 2. Summary statistics of chemical component of spring water samples (All of unites are mg/l, except pH and EC (µMohs/cm))

پارامتر آماری		هدایت الکتریکی	اسیدیته	یون کربنات	یون بیکربنات	یون کلر	یون کلسیم	یون منزیم	یون پتاسیم	یون سدیم	یون سولفات
	Statistical parameter	Electrical conductivity	pH	CO_3^{2-}	HCO_3^{-}	Cl^{-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	Na^{+}	SO_4^{2-}
میانگین	Average	326.7	۷،۶	2.26	3.59	0.376	2.25	1.56	0.31	2.04	1.35
انحراف معیار	Standard deviation	194.2	0.25	0.95	0.801	0.073	0.658	0.927	0.088	1.31	1.49
بیشینه	Max	540	8.5	7.2	5.8	0.72	5.8	4.8	1.26	11.03	8.66
کمینه	Min	106	6.9	0	1.75	0.2	0.44	0.34	0.29	0.525	0.01

به این امر پایگاه داده زمینی در سامانه اطلاعات جغرافیایی تهیه شد. با این تکنیک تاثیر کاربری اراضی بر کیفیت آب چشمه‌ها به طور صحیحی حذف گردید. بنابراین مقدار میانگین پارامترهای کیفی چشمه‌های مزبور از طریق آزمون تجزیه واریانس با یکدیگر مقایسه شد. در نهایت با به کارگیری آزمون دانکن، سنگ‌های منطقه مورد مطالعه از لحاظ اثر معنی‌داری بر پارامترهای کیفیت آب گروه‌بندی شدند. به طور مشابه، برای ارزیابی اثر عامل کاربری اراضی بر پارامترهای کیفی آب چشمه‌های منطقه مورد مطالعه، تعدادی چشمه به گونه‌ای انتخاب شد که همزمان دارای سنگ‌شناسی یکسان اما کاربری اراضی متفاوتی باشند. با این روش اثر عامل سنگ‌شناسی بر کیفیت آب چشمه‌ها حذف شد. در نهایت مقدار میانگین پارامترهای کیفی آب این چشمه‌ها با استفاده از آزمون t مقایسه گردید.

نتایج

ترکیب شیمیایی نمونه‌های آب چشمه‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS ۱۷ مورد آنالیز آماری قرار گرفت. نتایج آن در جدول (۲) آمده است.

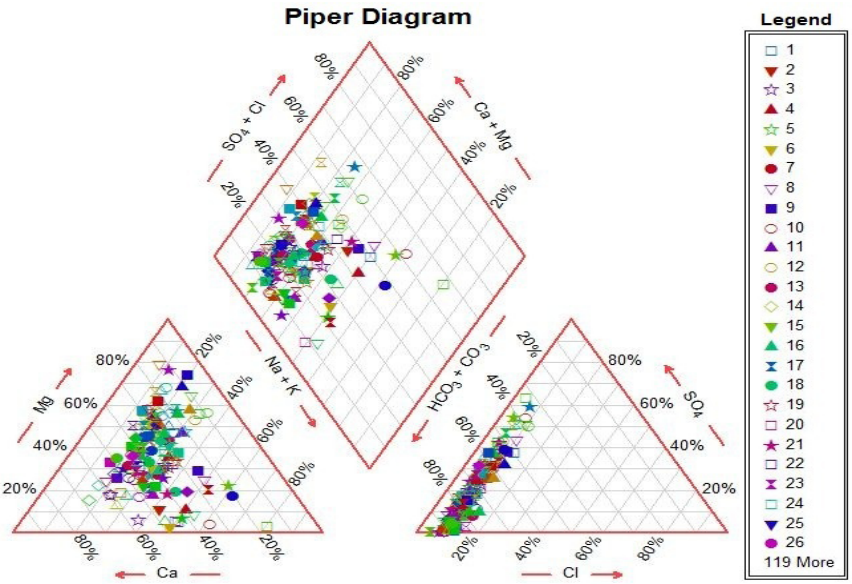
● **رخساره هیدروشیمی[1]**

هدف از استفاده‌ی نمودار پایپر، ارائه دید کلی از وضعیت هیدروشیمیایی آب چشمه‌های مورد مطالعه می‌باشد. بنابراین برای تعیین تیپ نمونه‌های آب چشمه‌های منطقه مورد مطالعه از دیاگرام پایپر استفاده شد (شکل۲). مطابق این دیاگرام، آنیون‌های غالب در وهله اول کربنات و بیکربنات می‌باشند که گرایش ثانوی‌های به سمت سولفات نیز وجود دارد. همچنین در بین کاتیون‌ها، کلسیم و منزیم کاتیون‌های غالب بوده و گرایش ثانوی‌های به سمت سدیم و پتاسیم مشاهده می‌شود. بر اساس کاتیون‌ها و آنیون‌های غالب نمونه آب چشمه‌ها، شش تیپ آب شامل $Ca\text{-}HCO_3$، $Mg\text{-}HCO_3$، $Ca\text{-}Mg\text{-}SO_4$، $Na\text{-}HCO_3$، $Na\text{-}SO_4$ تشخیص داده شد؛ که فراوانی آنها به ترتیب ۴۲، ۲۹، ۱۵، ۱۱، ۲ و ۱ درصد کل نمونه‌های آب آزمایش شده است (شکل ۲). شایان ذکر است که تیپ‌های $Ca\text{-}HCO_3$ و $Mg\text{-}HCO_3$ نشان‌دهنده تاثیر سنگ‌های کربناته بر کیفیت آب می‌باشد. باتوجه به اینکه سنگ‌های کربناته بخش وسیعی از منطقه مورد مطالعه را دربرمی‌گیرند، دو تیپ مزبور درصد فراوانی زیادی را به خود اختصاص داده‌اند.

● **تأثیر کاربری اراضی بر کیفیت آب چشمه‌ها**

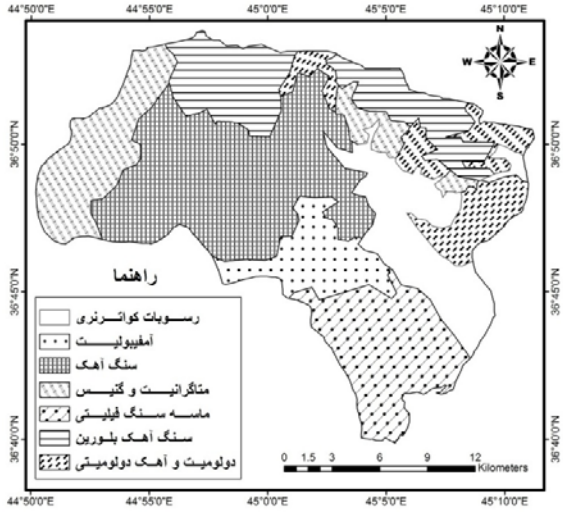
شکل (۳) نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد؛ همانگونه که مشاهده می‌گردد، کاربری‌های مرتع و کشاورزی در این منطقه غالب است. به منظور بررسی تأثیر کاربری اراضی بر کیفیت

1- Hydrochemistry faces



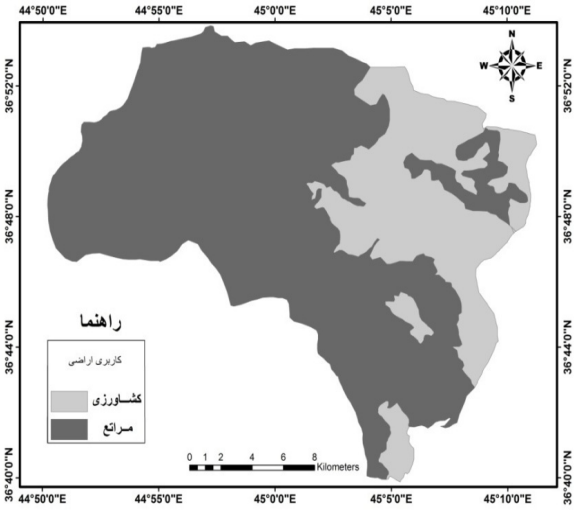
شکل۲- دیاگرام پایپر نمونه‌های آب چشمه‌ها

Fig 2. Landuse map of study area



شکل٤- نقشه سنگ‌شناسی منطقه مورد مطالعه

Fig 4. Piper diagram of spring water samples



شکل۳- نقشه کاربری منطقه مورد مطالعه

Fig 3. Lithology map of study area

آب چشمه‌ها، ابتدا چشمه‌هایی که دارای سنگ‌شناسی یکسان بودند انتخاب شد. با این تکنیک اثر سنگ‌شناسی بر کیفیت آب چشمه‌ها حذف گردید. پس از انتخاب چشمه‌هایی با وضعیت سنگ‌شناسی یکسان به صورتی که قبلاً بیان شده است، میانگین هر پارامتر در دو کاربری موجود با استفاده از آزمون t مقایسه گردید (جدول۵). نتایج نشان داد که کاربری اراضی فقط بر پارامترهای Cl^-، CO_3^{2-} و K^+ تاثیرمعنی‌دار دارد. دلیل این امر استفاده از کودهای شیمیایی در اراضی کشاورزی می‌باشد.

● **تأثیر سنگ‌شناسی بر کیفیت آب چشمه‌ها**

سنگ‌شناسی منطقه شامل رسوبات کواترنری، آمفیبولیت، سنگ آهک، متاگرانیت و گنیس، ماسه سنگ فیلیتی و سیلتستون، سنگ آهک بلورین، دولومیت و آهک دولومیتی می‌باشد (شکل٤). بدین منظور برای تعیین اثر سنگ‌شناسی بر کیفیت آب چشمه‌ها، همانگونه که در بالا ذکر گردیده ابتدا چشمه‌هایی که دارای کاربری اراضی یکسان بودند انتخاب شده تا اثر کاربری اراضی بر پارامترهای کیفیت آب حذف گردد. سپس میانگین هر پارامتر با استفاده از آزمون تجزیه واریانس در نرم افزار SPSS 17 مقایسه گردید (جدول۳). همانگونه که در جدول (۳) مشاهده میگردد، پارامترهای HCO_3^-،CO_3^{2-}،TDS،EC Mg^{2+} ،Ca^{2+}،Cl^- و TH در سازندهای مختلف اختلاف معنی‌داری داشتند. همچنین به منظور گروه بندی سنگ های منطقه مورد مطالعه بر اساس میانگین پارامترهای کیفی نمونه‌های آب، از آزمون دانکن استفاده شد که نتایج آن در جدول (٤) ارائه شده است.

● **منشاء یون‌های محلول آب چشمه‌ها**

منشاء یون‌های محلول در آب را می‌توان توسط نمودار گیبس

جدول۳- میانگین پارامترهای مختلف کیفیت آب چشمه‌ها و اختلاف معنی‌داری آنها در سنگ‌های مختلف

Table 3. Average of water quality parameters and these significant differences in several lithology types

سختی کل	یون سدیم	یون پتاسیم	یون منزیم	یون کلسیم	یون کلر	یون کربنات	کل مواد جامد محلول	هدایت الکتریکی		
Total hardness	Na^{+}	K^{+}	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Cl^{-}	CO_3^{2-}	Total dissolved solid	Electrical conductivity	Lithology type	جنس سنگ
198.8	0.06	0.007	1.36	2.62	0.36	1.77	204.43	333.44	Crystallized limestone	آهک بلورین
200	0.08	0.0079	0.30	2.70	0.37	2.52	240.52	۳۷۵,۵۰	Dolomite and Limestone-Dolomite	دولومیت و آهک دولومیتی
202.5	0.08	0.0095	1.90	2.15	0.32	2.50	200.89	327.60	Phyllitic sandstone	ماسه سنگ فیلتی
253.3	0.1	0.0076	2.13	2.93	0.43	2.36	267.26	۴۱۵,۶۷	Quaternary sediments	کواترنری
192.5	0.08	0.0080	1.59	2.26	0.40	1.86	207.02	۳۱۱,۹۲	Limestone	سنگ آهک
0.01*	0.717	0.581	0.018*	0.002*	0.004*	0.033*	0.002*	0.001*	Significant	معنی‌داری

* اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد

جدول٤- گروه‌بندی میانگین پارامترهای کیفیت آب چشمه‌ها در سنگ‌های مختلف

Table 4. Grouping the average of water quality parameters in different lithology types

گروه سوم	گروه دوم	گروه اول		
Group 3	Group 2	Group 1	Parameter	پارامتر
p^l	Q^t	k^{ph} ،p^d ،mb^m	Electrical conductivity	هدایت الکتریکی
p^l	Q^t	k^{ph} ،p^d ،mb^m	Total dissolved solid	کل مواد جامد محلول
-	p^l ،Q^t ،k^{ph} ،p^d	p^l ،Q^t ،k^{ph} ،mb^m	CO_3^{2-}	یون کربنات
-	p^d ،mb^m ،p^l	p^d ،mb^m ،k^{ph} ،Q^t	HCO_3^{-}	یون بیکربنات
-	p^l ، Q^t ،p^d ،mb^m	p^l ،p^d ،mb^m ،k^{ph}	Cl^{-}	یون کلر
-	Q^t ،p^d ،mb^m	p^l ،p^d ،mb^m ،k^{ph}	Ca^{2+}	یون کلسیم
-	p^l ،p^d ،mb^m ،k^{ph}	Q^t ،p^d ،mb^m ،k^{ph}	Total hardness	سختی کل
-	p^d ،Q^t	،P^l ،mb^m ، K^{ph}	Mg^{2+}	یون منزیم

(mb^m: سنگ آهک بلورین،P^d: دولومیت و آهک دولومیتی، K^{ph}: ماسه‌سنگ فیلتی، P^l: سنگ آهک، Q^t: رسوبات کواترنری)

توصیف کرد. در یک نیمه‌ی این دیاگرام TDS در مقابل نسبت یون سدیم به مجموع یون‌های سدیم و کلسیم و در نیمه‌ی دیگر TDS در مقابل نسبت یون کلر به مجموع یون‌های کلر و بیکربنات قرار می‌گیرد. همچنین سه بخش اساسی در آن تعبیه شده که شامل غالبیت بارش، غالبیت هوازدگی سنگ و غالبیت تبخیر است [۱۰ و ۱۱]. همانگونه که در شکل (۵) مشاهده می‌گردد، تمام نمونه‌های آب چشمه‌ها در این مطالعه در محدوده غالبیت هوازدگی سنگ‌ها قرار گرفته‌اند. به عبارت دیگر ساختار شیمی آب چشمه‌های منطقه مورد مطالعه، توسط ارتباط و واکنش بین آب چشمه‌ها و سنگ‌شناسی آبخوان کنترل می‌شود. بنابراین نمودار گیبس هم نتایج حاصل از آزمون‌های آماری تاثیر سنگ‌شناسی بر کیفیت آب چشمه‌ها را به صورت کاملاً واضح تائید می‌نماید.

بحث و نتیجه‌گیری

پایش کیفیت آب چشمه‌های حوزه آبخیز پیرانشهر و تعیین عوامل تأثیرگذار بر آن دارای اهمیت فراوانی است. سنگ‌شناسی و کاربری اراضی از مهمترین عوامل تأثیرگذار بر کیفیت آب چشمه‌ها است [۲]. در بررسی تأثیر سنگ‌شناسی منطقه بر پارامترهای کیفی آب این چشمه‌ها، نتایج نشان داد که پارامترهای EC، HCO_3^{-}، CO_3^{2-}، TDS، Cl^{-}، Ca^{2+}، Mg^{2+} و TH در آب چشمه‌های مختلف اختلاف معنی‌دار دارند. بیشترین معنی‌داری مربوط پارامتر HCO_3^{-} می‌باشد که دلیل آن را می‌توان انحلال زیاد این پارامتر در سنگ‌های کربناته (آهکی و دولومیتی) بیان کرد، که با نتایج پژوهش فریادی و همکاران [۵] مبنی بر انحلال سنگ‌های کربناته و تأثیرگذاری بر پارامتر HCO_3^{-} آب، مطابقت کامل دارد. آزمون دانکن توانست سنگ‌های منطقه مورد مطالعه را براساس معنی‌داری تاثیر بر پارامترهای کیفیت آب مورد مقایسه و گروه‌بندی قرار دهد.

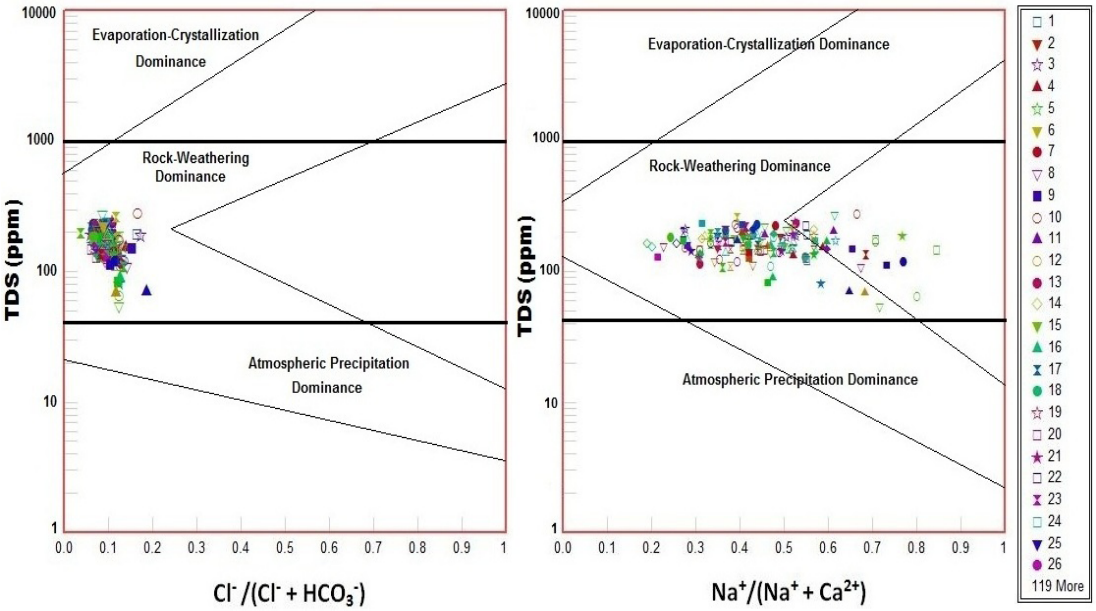
در بررسی تاثیر کاربری اراضی بر کیفیت آب چشمه‌ها نتایج نشان داد که میانگین پارامترهای CO_3^{2-}، K^{+} و Cl^{-} در کاربری کشاورزی

جدول ۵- مقایسه میانگین پارامترهای مختلف کیفیت آب چشمه‌ها در کاربری‌های کشاورزی و مرتع

Table 5. The comparison of spring water quality averages in agriculture and rangeland landuse types

معنی‌داری	پارامتر	
Significant	Parameter	
0.068	Electrical conductivity	هدایت الکتریکی
0.321	Total dissolved solid	کل مواد جامد محلول
0.04*	CO_3^{2-}	یون کربنات
0.708	HCO_3^-	یون بیکربنات
0.031*	Cl^-	یون کلر
0.941	Ca^{2+}	یوم کلسیم
0.63	Mg^{2+}	یون منزیم
0.038*	K^+	یون پتاسیم
0.094	Na^+	یون سدیم
0.052	Total hardness	سختی کل

*اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد



شکل ۵- مکانیسم‌های کنترل‌کننده کیفیت آب چشمه‌ها در منطقه مورد مطالعه (دیاگرام گیپس)

Fig. 5 Controlling mechanisms of spring water quality in the study area

در مقایسه با کاربری مرتع اختلاف معنی‌دار دارد. این امر نتیجه فعالیت‌های کشاورزی از جمله استفاده از کودهای شیمیایی می‌باشد. بنابراین مدیریت فعالیت‌های کشاورزی نقش مهمی در کنترل کیفیت آب چشمه‌های این منطقه دارد.

دیاگرام گیبس بر اساس نتایج آنالیز شیمیایی نشان داد که ساختار شیمیایی آب چشمه‌ها تحت تاثیر سنگ‌شناسی منطقه است که با نتایج پژوهش نگراجان و همکاران [۱۰] مبنی بر تأثیرگذاری زیاد عامل سنگ‌شناسی بر کیفیت آب چشمه‌ها همخوانی دارد. همچنین یکی از دستاوردهای علمی این پژوهش این است که تحلیل روش‌های آماری نمونه‌های کیفیت آب با روش گیبس همخوانی داشته و نتایج آن توسط روش گیبس تأیید گردید.

در این پژوهش مشخص گردید که برخی از پارمترهای کیفیت آب چشمه‌ها متأثر از کاربری اراضی و برخی دیگر متأثر از سنگ‌شناسی منطقه مورد مطالعه است؛ اما به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که

عامل سنگ‌شناسی تاثیر معنی‌دار بیشتری را نسبت به عامل کاربری اراضی بر کیفیت آب چشمه‌های حوزه پیرانشهر دارا می‌باشد. در پایان به منظور مدیریت کیفیت آب چشمه‌های این منطقه پیشنهاد می‌گردد که کودهای شیمیایی در چارچوب برنامه‌ریزی شده‌ای، استفاده گردد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از پرسنل آزمایشگاه آب و خاک دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران که در انجام آزمایش‌های کیفیت آب کمال همکاری را داشتند، تشکر و قدردانی میشود.

منابع

1- Ako, A.A., Shimada, J., Hosono, T., Kagabu, M., Ayuk, A.R., Nkeng, G.E., Eyong, G.E.T. and Takounjou, A.L.F. 2012. Spring water quality and usability in the Mount Cameroon area revealed by hydrogeochemistry. Environmental Geochemistry and Health. 34: 615–639.

2- Allan, J.D. and Flecker, A.S. 1993. Biodiversity conservation in running waters. Journal of BioScience. 43: 32-43.

3- Al-Khashman, O.A. 2007. Study of water quality of springs in Petra region, Jordan: A three-year follow-up. Journal of Water Resource Management. 21: 1145–1163.

4- Al-Khashman, O.A. 2008. Assessment of the spring water quality in The Shoubak area, Jordan. Journal of Environmentalist. 28: 203–215.

5- Faryadi, S., Shahedi, K. and Nabatpoor, M. 2011. Investigation of Water Quality Parameters in Tadjan River using Multivariate Statistical Techniques. Iranian journal of watershed management. 6: 75-92. (In Persian)

6- Hamilton, P.A. and Helsel, D.R. 1995. Effects of agriculture on ground-water quality in five regions of the United States. Journal of Groundwater. 33: 217–226.

7- Jiang, Y and Yan, J. 2010. Effects of land use on hydrochemistry and contamination of Karst groundwater from Nandong underground river system, China. Journal of Water Air Soil Pollution. 210: 123–141.

8- Kouras, A., Katsoyiannis, I. and Voutsa, D. 2007. Distribution of arsenic in groundwater in the area of Chalkidiki, Northern Greece Original Research Article. Journal of Hazardous Materials. 147: 890–899.

9- Miroslaw, Z., Aleksander, A., Anna, W. and Stanis, M. 2012. Spatiotemporal dynamics of spring and stream water chemistry in a high-mountain area. Journal of Environmental Pollution. 159: 1048-1057.

10- Nagarajan, R., Rakmohan, N., Mahendran, U. and Senthamilkumar, S. 2010. Evaluation of groundwater quality and its suitability for drinking and agricultural use in Thanjavur city, Tamil Nadu, India. Environmental Monitoring and Assessment. 171: 289-308.

11- Oinam, J.D. and Singh, A.L.R.G. 2012. Geochemical and statistical evaluation of groundwater in Imphal and Thoubal district of Manipur, India. Journal of Asian Earth Sciences. 48: 136–149.

12- Sawyer, C.N., McCarty, P.L. and Parkin, G.F. 2003. Chemistry for environmental engineering and science, McGraw-Hill, 5th Edition. 430p.

13- Zhou, W., Beck, B.F., Pettit, A.J. and Wang, J. 2008. Application of water quality control charts to spring monitoring in karst terranes. Journal of Environmental Geology. 53: 1311–1321.