

مقاله پژوهشی

ارزیابی کیفیت منابع آب آثار طبیعی ملی دهلران با استفاده از شاخص کیفیت آب (WQI)

عیسی سلگی^{۱*}، محمد ملک محمدی^۲، فوزیه بیگ محمدی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۵/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۶/۲۶

چکیده

در بحران کنونی آب، استفاده از چشمه‌ها در بسیاری از مناطق به بشر کمک کرده است. کاربرد شاخص‌ها و روش‌های آماری اطلاعات مفیدی در راستای درک کیفیت آب و برنامه‌ریزی برای مدیریت درست آن، ارائه می‌دهد. زمانی که منابع آب علاوه بر استفاده متعارف ویژگی‌های منحصر به فردی دارند؛ از جمله رودخانه، چشمه‌های آبگرم و چشمه قیر دهلران، این موضوع اهمیت بیشتری می‌یابد. در این مطالعه، ۲۸ نمونه از آب چشمه‌های آبگرم، ۴ نمونه از آب رودخانه و ۴ نمونه از آب چشمه قیر برداشت شدند. پارامترهای مورد اندازه‌گیری دما، pH، EC، سدیم، پتاسیم و نیترات بودند. آزمون‌های آماری آنالیز واریانس یک‌طرفه و تی تک نمونه‌ای به ترتیب برای مقایسه سه منطقه با هم و مقایسه با استاندارد WHO و استاندارد ملی ایران بکار گرفته شدند. همچنین برای طبقه‌بندی کیفیت آب از شاخص‌های ویلکاکس، WQI و INWQS استفاده شد. بر اساس نتایج به دست آمده، آب چشمه قیر از نظر تمام پارامترها با دو منطقه دیگر دارای تفاوت معنی‌دار آماری بود و همه پارامترها در سه منطقه دارای اختلاف معنی‌داری با استاندارد WHO و استاندارد ملی ایران و کمتر از آن بودند. بر اساس شاخص ویلکاکس همه نمونه‌ها نامناسب برای آبیاری؛ بر اساس شاخص WQI دارای کیفیت عالی و بر اساس INWQS از نظر pH برای آبیاری پروری گونه‌های حساس تصفیه نیاز ندارند و از نظر نیترات تنها برای آبیاری مناسب هستند. با توجه به مدیریت و حفاظت منطقه به عنوان آثار طبیعی ملی، به نظر می‌رسد که نقش عوامل طبیعی از جمله زمین شناسی و وقوع سیلاب در ترکیب شیمیایی منابع آب بسیار مهم‌تر باشد و در مجموع بر اساس نتایج روش‌های به کار رفته بجز ویلکاکس، کیفیت آب مناسب ارزیابی شد. با این وجود با توجه به استفاده بهداشتی درمانی از چشمه‌های آبگرم و احتمال احداث امکانات رفاهی برای گردشگران نباید از نقش عوامل انسانی بر کیفیت منابع آب منطقه غافل شد.

واژه‌های کلیدی: آثار طبیعی ملی دهلران، چشمه قیر، شاخص‌های کیفیت آب، نیترات

مقدمه

اتخاذ راهکارهای مناسب جهت جلوگیری از کاهش کیفیت و یا بهبود آن ضروری است (Ramirez and Solano, 2004). کمبود آب در بسیاری از نقاط جهان به یک واقعیت ناخوشایند تبدیل شده است. استفاده از آب‌های زیرزمینی مثل چشمه‌ها می‌تواند در این زمینه کمک‌کننده باشد (Taloor et al., 2020). به طور کلی چشمه‌ها محل‌هایی هستند که در آنها جریان آب از سفره‌های زیرزمینی به سطح زمین در جایی که سطح زمین و صخره‌های غیرقابل نفوذ با آبخوان‌های زیرزمینی تلاقی می‌کنند؛ راه پیدا می‌کند (et al., 2020) که آبگرم به‌طور مرتب در سطح زمین می‌جوشد و دمای محیط آن با دمای زمین تفاوت معنی‌داری دارد (Dash et al., 2013).

تمدن‌های باستان به چشمه‌های آبگرم احترام می‌گذاشتند زیرا اعتقاد بر این بود که آنها دارای قدرت‌های فوق طبیعی و شفا بخش

افزایش مصرف آب، کاهش ذخایر آب‌های طبیعی، آلودگی‌های محیط زیستی و افزایش نیاز آبی فعالیت‌های انسانی باعث شده تا ارزیابی کیفیت منابع آب از موضوعات مهم در سال‌های اخیر محسوب گردد (خلجی و همکاران، ۱۳۹۵). تعیین وضعیت کیفی منابع آب برای

۱- دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر

۳ دانشجوی دکتری آلودگی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر

(Email: e.solgi@malayeru.ac.ir)

(*) نویسنده مسئول:

کاتیون‌ها و آنیون‌ها در آب آنها انجام می‌شود (رقیمی و یحکشی، ۱۳۸۱) چون منشا چشمه‌های آبگرم روی نوع ترکیبات شیمیایی آنها اثر دارد (Yazdi et al., 2016).

در کنار روش‌های آماری، شاخص‌های مختلف به‌عنوان ابزارهایی که نشان دهنده‌ی کیفیت آب هستند، مورد استفاده قرار می‌گیرند. شاخص‌های کیفی، روش‌هایی هستند که مقادیر ویژگی‌های کیفی آب (پارامترهای اندازه‌گیری شده) را به یک عدد تبدیل می‌نمایند تا برای مدیریت و تحلیل کیفیت آب و همچنین پایش تغییرات کیفی آب در طول زمان و مکان مورد استفاده قرار گیرند (et al., 2013). شاخص WQI ابزاری است که از سال ۱۹۷۰ جهت ارزیابی و پایش میزان تغییرات پارامترهای کیفیت آب استفاده شده و می‌تواند اطلاعات بسیار مفیدی در ارتباط با کیفیت منبع آب در اختیار ما قرار دهد (Ocampo-Duque et al., 2007). شاخص ویلکاکس یکی از رایج‌ترین شاخص‌ها به‌منظور بررسی کیفیت آب برای استفاده کشاورزی است (Wilcox, 1984). استاندارد INWQS مربوط به سازمان محیط زیست کشور مالزی است که بر اساس پارامترهای فیزیکی و شیمیایی کیفیت آب را در شش سطح طبقه‌بندی می‌کند (Rahaman et al., 2016).

در مورد چشمه‌های آبگرم به دلیل اهمیت و کاربردهای مختلفی که دارند، تجزیه و تحلیل فیزیکی‌وشیمیایی آب آنها در مناطق مختلف جهان گزارش شده است (Ghilamical et al., 2017; Vardhan et al., 2015; Dash et al., 2013; Rajapaksha et al., 2016; Yazdi et al., 2016؛ موثق و همکاران، ۱۳۹۷ و نعمتی مقدم و همکاران، ۱۳۹۱). کیفیت آب سطحی داده‌های مهمی در مورد منابع موجود برای حمایت از زندگی در این اکوسیستم فراهم می‌کند (Manikannan et al., 2011). علاوه بر چشمه‌ها، رودخانه‌ها به‌عنوان یکی از منابع آب سطحی زیستگاه‌های طبیعی برای زندگی آبزیان و منابع بسیار مهمی برای انسان هستند (Basudha and Nongmaithem, 2017). رودخانه‌ها از مهم‌ترین منابع آبی هستند که نقش مهمی در تأمین آب مورد نیاز فعالیت‌های مختلف نظیر کشاورزی، صنعت و شرب دارند، لذا حفاظت و استفاده بهینه از منابع آبی یکی از اصول توسعه پایدار هر کشور محسوب می‌گردد (رهنما و سیاری، ۱۳۹۸). اکوسیستم‌های رودخانه‌ی نه تنها برای توسعه اقتصادی و اجتماعی جوامع بشری مهم هستند، بلکه نقش مهمی در حفاظت محیط‌زیست، گسترش تنوع زیستی و بهبود کیفیت محیط فراهم می‌آورند (Sun et al., 2019). رودخانه‌ها گاهی از به هم پیوستن آب چندین چشمه شکل می‌گیرند مانند رودخانه‌ی آبگرم که از به هم پیوستن چشمه‌های آبگرم دهلران شکل گرفته است و در پایین دست منطقه برای آبیاری زمین‌های کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین رودخانه و رواناب‌های حاصل از چشمه قیر در منطقه مورد بررسی زیستگاه مناسبی برای گیاهان و پرندگان فراهم

هستند (Tanner and LaMoreaux, 2001). همچنین در کشورهای مثل هند در دوران باستان از آنها به عنوان امکاناتی برای استحمام استفاده می‌کردند (Olivier et al., 2008). اخیراً آب چشمه‌های حرارتی به‌طور فزاینده‌ای در فرآیندهای صنعتی، کشاورزی، آبی‌پروری و استخراج عناصر کمیاب مورد استفاده قرار می‌گیرند (Petraçcia et al., 2005). اما همچنان استفاده از آنها در استفاده‌های بهداشتی و درمانی در حال افزایش است (Harvey, 2007). ترکیب معدنی چشمه‌های آبگرم به سازندهای زمین شناسی و عمقی که از آن منشا گرفته‌اند بستگی دارد (Olivier et al., 2008). خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب می‌تواند در طبقه‌بندی و ارزیابی کیفیت آب برای استفاده از آن جهت آبیاری برای کشاورزی، آشامیدنی و مقاصد صنعتی موثر باشند (Lakshmi et al., 2016). فعالیت هیدروترومال باعث ایجاد اثرات متقابل شیمیایی بین آبگرم و سنگ‌های اطراف می‌شود، به‌طوری که ترکیب عناصر محلول در آن را تغییر می‌دهد (German and VonDamm, 2003). و بسته به جنس بستر این املاح معدنی متفاوت خواهد بود. به‌طور کلی چشمه‌های آبگرم از نظر دما، ترکیب شیمیایی و pH بسیار متفاوت می‌باشند (Hussein et al., 2017). بر اساس استانداردهای بهداشتی، آب مصرفی در حوضچه‌های شنای چشمه‌های آبگرم همانند آب آشامیدنی باید دارای ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و میکروبی مناسب باشد و چون به‌طور هم‌زمان توسط افراد مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند با مسائل و خطرات بهداشتی همراه می‌باشند (موثق و همکاران، ۱۳۹۷).

شناخت و بررسی کیفیت منابع آب در مدیریت و استفاده بهینه از آن از اهمیت بالایی برخوردار است (رهنما و سیاری، ۱۳۹۸) و یکی از موضوعات مهم در هیدرولوژی، کیفیت آب است که به دلیل کاربردهای متعدد آن و با بررسی کیفیت می‌توان از آلودگی آن جلوگیری کرد (Alley, 1993). اهمیت آنالیز ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی برای چشمه‌های آبگرم تا جایی است که برای طبقه‌بندی آنها از این ویژگی‌ها استفاده می‌شود از جمله سابتاوانگ و همکاران بر اساس pH چشمه‌های آبگرم، را به شش طبقه تقسیم کردند که شامل چشمه‌های بسیار اسیدی ($pH < 2$)، چشمه‌های اسیدی ($2 < pH < 4$)، چشمه‌های با اسیدیته ضعیف ($4 \leq pH < 6$)، چشمه‌های خنثی ($6 \leq pH < 7/5$)، چشمه‌های با قلیائیت ضعیف ($7/5 \leq pH < 9$) و چشمه‌های قلیایی ($pH > 9$) هستند (Subtavewung et al., 2005). همچنین ریس و همکاران چشمه‌های آبگرم را بر اساس آنیون‌ها و کاتیون‌های آن‌ها به پنج طبقه شامل آب‌های آهن‌دار (حاوی Fe^{+2} و Fe^{+3})، آب‌های کلره (حاوی Cl⁻)، آب‌های سولفور (حاوی S^{2-})، آب‌های سولفات (حاوی S_4^{-2}) و آب‌های بی‌کربنات (حاوی HCO_3^{-}) طبقه‌بندی نموده‌اند (Reyes et al., 2015). به‌علاوه در برخی مطالعات به‌منظور تعیین منشاء چشمه‌های آبگرم آنالیزهای شیمیایی

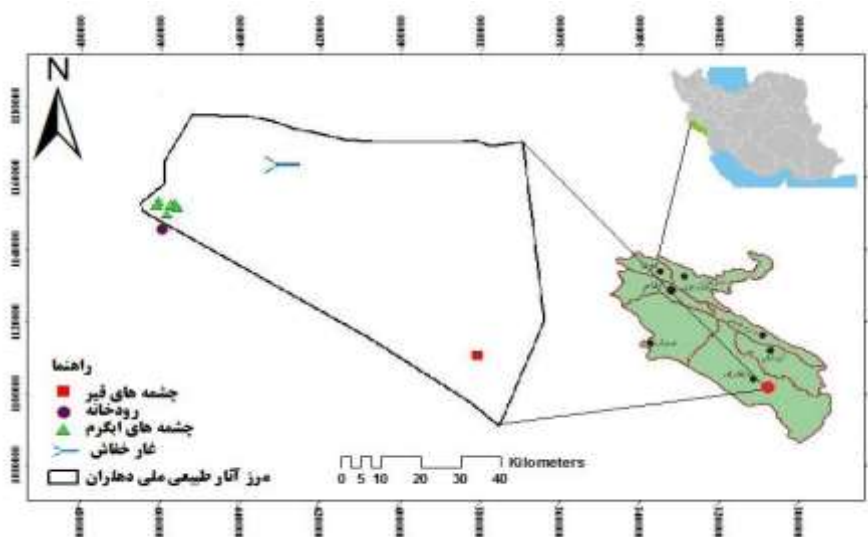
چشمه قیر شهرستان دهلران در استان ایلام با مختصات جغرافیایی ۴۷ درجه و ۱۷ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۲۱ دقیقه طول شرقی و ۳۲ درجه و ۴۱ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۴۳ دقیقه عرض شمالی می‌باشند. تمامی چشمه‌ها در یک مسیر مشخص تشکیل رودخانه داده و در پایین دست از آب آن برای مصارف کشاورزی استفاده می‌شود. چشمه‌های آبگرم و چشمه قیر جزء آثار طبیعی ملی دهلران هستند که با وسعت ۱۴۰۰ هکتار در سه کیلومتری شمال دهلران واقع شده‌اند که به دلیل برخورداری از پدیده‌های یونیک و ویژگی‌های منحصر به فرد (چشمه‌های قیر، چشمه‌های آبگرم و غار خفاش) در تاریخ ۱۳۵۵/۵/۶ تحت عنوان آثار طبیعی ملی به ثبت رسیده است. موقعیت نقاط نمونه‌برداری در شکل ۱ نشان داده شده است. چشمه‌های آبگرم در ابتدای منطقه آثار طبیعی ملی به صورت مجموعه‌ای از چشمه‌های بزرگ و کوچک از زمین می‌جوشند. آب این چشمه‌ها از نوع فسیلی هستند که به علت وجود گوگرد بوی آن‌ها محدوده وسیعی را در بر می‌گیرد و به منظور استحمام برای دفع بیماری‌های پوستی و آبیاری زمین‌های کشاورزی استفاده می‌شود. چشمه قیر نیز در بخش جنوبی محدوده آثار طبیعی ملی دهلران در منطقه‌ای دشتی واقع شده است (توکلی، ۱۳۹۷).

آورد است (توکلی، ۱۳۹۷). بنابراین بررسی کیفیت آب این رودخانه علاوه بر موجودات زنده‌ای (پرنده‌گان، آبزیان و گیاهان) که از آن تغذیه می‌کند در بحث امنیت غذایی محصولات کشاورزی منطقه بسیار مهم خواهد بود. چشمه قیر دهلران از دیگر مناطق نمونه‌برداری در این مطالعه است. از این چشمه‌ها، قیر به همراه آب از زمین می‌جوشد و پس از جمع شدن در حوضچه طبیعی، روی سطح زمین روان شده و قیرها در مسیر پراکنده شده‌اند. آب این چشمه‌ها سبب رویش گیاهان آبی مانند نی و لوتی شده که زیستگاه مساعدی را برای پرنده‌گان شکل داده است (توکلی، ۱۳۹۷). به‌طور کلی بررسی کیفیت آب چشمه قیر، چشمه‌های آبگرم و رودخانه حاصل از آن، در کنار جنبه حفاظتی و اهمیت منطقه به عنوان آثار طبیعی ملی، همچنین از نظر سلامت موجودات زنده‌ی تغذیه کننده، کاربردهای کشاورزی و استفاده‌های درمانی و بهداشتی همواره باید مورد پایش قرار گیرد. در مطالعه حاضر برای نخستین بار با به کارگیری روش‌های آماری و شاخص‌های کیفیت آب به بررسی کیفیت آب چشمه‌های آبگرم، رودخانه و چشمه قیر پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

در این پژوهش مناطق مورد مطالعه شامل چشمه‌های آبگرم و



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و نقاط نمونه‌برداری

جدول ۱ ارائه شده است. از هر یک از این چشمه‌ها و رودخانه، ۴ نمونه آب سطحی برداشت شد و نمونه‌ها پس از برچسب‌گذاری در شرایط استاندارد به آزمایشگاه منتقل شدند.

نمونه‌برداری و آماده‌سازی نمونه‌ها

نمونه‌های آب از ۷ چشمه آبگرم و رودخانه حاصل از آن‌ها و چشمه قیر جمع‌آوری شد. خصوصیات مورفولوژی این چشمه‌ها در

جدول ۱- خصوصیات مرفولوژی مناطق مورد بررسی

محل نمونه برداری	چشمه های آبگرم							چشمه قیر	رودخانه
	چشمه ۱	چشمه ۲	چشمه ۳	چشمه ۴	چشمه ۵	چشمه ۶	چشمه ۷		
عمق (متر)	۱/۵	۲/۲	۱/۲	۳/۱	۳	۱/۸	۲/۴	۵	۰/۱-۰/۲
قطر (متر)	۰/۵	۰/۲۸	۰/۱۷	۰/۷	۰/۲۸	۰/۳۵	۰/۴۵	۰/۸	۳-۴

سنجش پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب

برای هر یک از نمونه های جمع آوری شده پارامترهای دما، pH، EC، NO₃، Na و K اندازه گیری شد. روش های آنالیز در این پژوهش بر اساس کتاب استاندارد متد انجام شد. pH (S.M-4500 pH-B) با استفاده از pH متر (AZ 86552) و EC (S.M-2510 EC-B) با استفاده از EC متر (AZ 86505) سنجش شد. اندازه گیری نیترات به روش رنگ سنجی انجام شد که پس از صاف کردن نمونه ها به ۵۰ میلی لیتر از هر نمونه، یک میلی لیتر اسید کلریدریک یک نرمال اضافه و در طول موج ۲۲۰ با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر (DR 6000) اندازه گیری نیترات (S.M-4500 NO₃-B) انجام گرفت. برای اندازه گیری سدیم و پتاسیم تا زمان قرائت، نمونه ها در دمای ۴- درجه سانتی گراد و pH کمتر از ۲ (با استفاده از اسید نیتریک) نگهداری شدند و با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر (405G) سنجش سدیم (S.M-3500 Na- B) و پتاسیم (S.M-3500 K-B) انجام شد.

آنالیزهای آماری

داده های به دست آمده از آنالیزهای آزمایشگاهی وارد نرم افزار SPSS شده و پس از بررسی آماره های توصیفی داده ها، توزیع نرمال داده ها با استفاده از آزمون شاپیروویلک انجام شد. به منظور مقایسه کیفیت آب مناطق مورد بررسی با یکدیگر از نظر پارامترهای اندازه گیری شده با توجه به نرمال بودن توزیع داده ها آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) انجام شد. به منظور مقایسه ی پارامترهای اندازه گیری شده با استانداردهای مختلف از آزمون تی تک نمونه استفاده شد.

استانداردها و شاخص های کیفیت آب

استانداردهای مورد استفاده در این مطالعه شامل WHO، استاندارد ملی ایران و INWQS^۱ بودند. از شاخص های ویلکاکس و WQI نیز جهت بررسی کیفیت آب استفاده شد. به منظور طبقه بندی کیفیت آب مناطق مورد بررسی از استاندارد ملی کیفیت آب (INWQS) که مربوط به کشور مالزی است استفاده شد. شاخص ویلکاکس از شاخص های سنجش کیفیت آب کشاورزی است که یکی از معیارهای طبقه بندی آن، هدایت الکتریکی است و در مطالعه حاضر

از آن استفاده شده است. افزون بر این به منظور ارزیابی کیفیت آب در مناطق مورد بررسی از شاخص WQI استفاده شد که روابط (۱) تا (۴) برای محاسبه آن به کار گرفته می شوند. برای محاسبه این شاخص ابتدا با توجه به اهمیت نسبی هر پارامتر وزنی به آن اختصاص داده می شود (جدول ۲) و پس از آن وزن نسبی با استفاده از رابطه (۱) محاسبه می شود، در مرحله بعدی مقیاس نرخ کیفیت با استفاده از رابطه (۲) به دست می آید و در نهایت شاخص WQI با استفاده از رابطه (۳) و (۴) محاسبه می شود.

$$WI = \frac{Wi}{\sum_{i=1}^n Wi} \quad (1)$$

$$Qi = \frac{Ci}{Si} \quad (2)$$

$$Si = Wi \times Qi \quad (3)$$

$$WQi = \sum_{i=1}^n Si \quad (4)$$

در این روابط WI: وزن نسبی، Wi: وزن هر پارامتر، n: تعداد پارامتر، Qi: مقیاس نرخ کیفیت، Ci: غلظت هر پارامتر، Si: استاندارد هر پارامتر شیمیایی، Si: زیر شاخص کیفیت آب و WQi: شاخص کیفیت آب است. زمانی که مقدار شاخص WQI کمتر از ۵۰، ۵۰-۱۰۰، ۱۰۰-۳۰۰، ۳۰۰-۲۰۰ و بیشتر از ۳۰۰ به دست آید کیفیت آب به ترتیب عالی، خوب، ضعیف، بسیار ضعیف و نامناسب برای اهداف آسایشی ارزیابی می شود.

جدول ۲- وزن و استاندارد مورد استفاده برای پارامترهای مورد

بررسی (Taloor et al., 2020)

پارامتر	واحد	وزن
pH	-	۴
EC	μS/cm	۴
سدیم		۲
پتاسیم	mg/L	۲
NO ₃		۴

نتایج

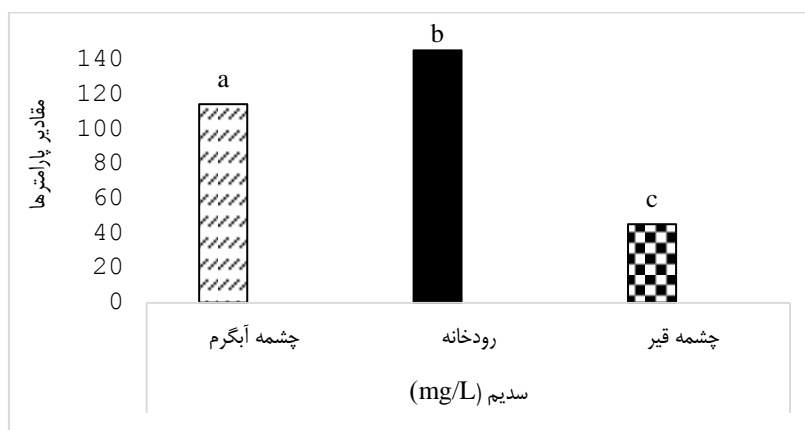
نتایج توصیفی برای پارامترهای مورد بررسی به تفکیک مناطق نمونه برداری در جدول ۳ ارائه شده است. بر اساس نتایج به دست آمده مقادیر پارامترهای مورد بررسی برای چشمه های آبگرم و رودخانه به هم نزدیک تر است.

جدول ۳- میانگین و انحراف معیار پارامترهای مورد بررسی به تفکیک مناطق نمونه برداری

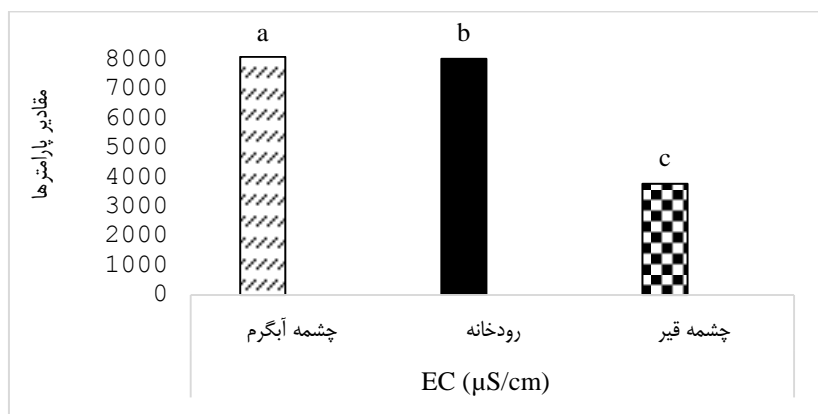
نیترات	پتاسیم	سدیم	EC	pH	دما	واحد
mg/L	mg/L	mg/L	µS/cm	-	C°	
۵/۲۲±۲/۰۶	۲/۹۸±۱/۱۳	۱۴۴/۵±۳۴/۸	۸۰۹۵±۸۷/۸۳	۶/۷±۰/۲۹	۴۵/۰۳±۱/۴۵	چشمه‌های آبگرم
۴/۰۲±۰/۰۹	۳/۲۲±۰/۶۱	۱۴۵/۷±۲۵/۸	۸۰۲۲/۵±۳۷/۷۴	۷/۰۵±۰/۰۸	۳۳/۲۵±۲/۷۵	رودخانه
۴/۱۲±۰/۸۸	۰/۹۲±۰/۳۶	۴۵/۲۵±۲۵/۵۶	۳۷۸۰±۸/۱۶	۶/۸۳±۰/۰۲	۲۸±۲/۹۴	چشمه قیر

آورده شده است. بر اساس این نتایج بین سه منطقه مورد بررسی از نظر دما اختلاف آماری معنی‌داری وجود دارد و برای هر سه پارامتر دیگر، آب چشمه قیر دارای اختلاف آماری معنی‌دار با دو منطقه دیگر است و مقادیر این پارامترها در چشمه قیر کمتر از دو منطقه دیگر است. در این نمودارها حروف مشترک نشان دهنده عدم معنی‌داری است.

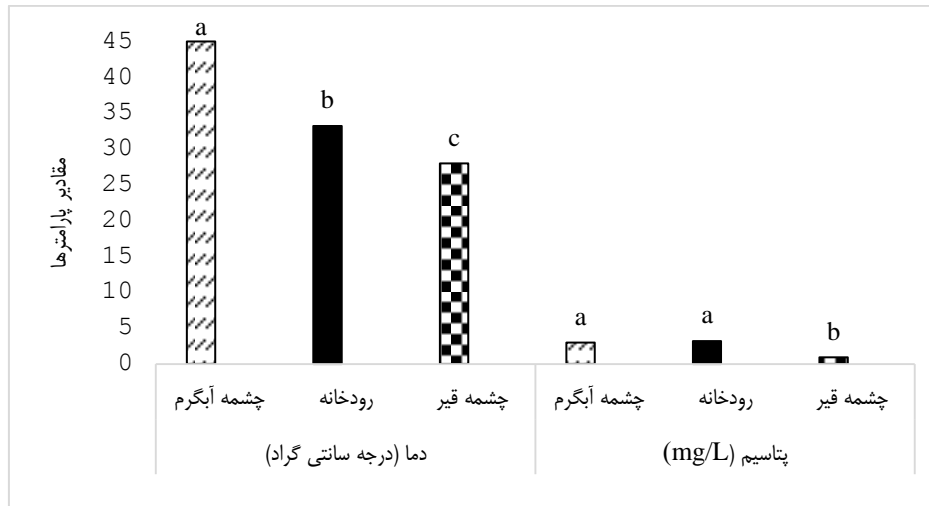
نتایج مقایسه میانگین سه منطقه از نظر پارامترهای اندازه‌گیری شده نشان داد، که مناطق مورد بررسی از نظر نیترات و pH اختلاف آماری معنی‌داری نداشتند ($p>0.05$)، اما از نظر دما، مقدار سدیم، پتاسیم و هدایت الکتریکی در آب دارای اختلاف آماری معنی‌دای هستند ($p<0.05$). بر این اساس برای این پارامترها (دما، EC، سدیم و پتاسیم) آزمون دانکن انجام شد که نتایج آن در شکل ۲، ۳ و ۴



شکل ۲- نتایج آزمون دانکن برای مقایسه میانگین مناطق مورد بررسی از نظر سدیم



شکل ۳- نتایج آزمون دانکن برای مقایسه میانگین مناطق مورد بررسی از نظر EC



شکل ۴- نتایج آزمون دانکن برای مقایسه میانگین مناطق مورد بررسی از نظر دما و پتاسیم

بررسی در طبقه چهار قرار دارند که شوری بالا است و برای آبیاری نا مناسب هستند.

در جدول ۴ طبقه‌بندی ویلکاکس برای هدایت الکتریکی (EC) و وضعیت مناطق مورد بررسی نسبت به این طبقه‌بندی آورده شده است. بر اساس نتایج به دست آمده تمام نمونه‌های سه منطقه مورد

جدول ۴- وضعیت نمونه‌های مورد بررسی بر اساس طبقه‌بندی ویلکاکس برای هدایت الکتریکی

درصد نمونه‌ها		تعداد نمونه‌ها		وضعیت برای آبیاری	کیفیت	نوع آب	دامنه
چشمه قیر	رودخانه	چشمه آبگرم	چشمه قیر				
-	-	-	-	-	عالی	شوری کم	< ۲۵۰
-	-	-	-	-	خوب	شوری متوسط	۲۵۰ - ۷۵۰
-	-	-	-	-	مشکوک	شوری بالا	۷۵۰ - ۲۲۵۰
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۴	۴	نامناسب	شوری بسیار	> ۲۲۵۰

WHO دارای اختلاف آماری معنی‌داری بود.

نتایج طبقه‌بندی آب مناطق مورد بررسی بر اساس استاندارد INWQS در جدول ۶ ارائه شده است. در جدول ۷ ویژگی‌های هر یک از طبقات INWQS ارائه شده است. بر اساس این نتایج همه نمونه‌های مورد بررسی از نظر pH در طبقه یک قرار دارند که تصفیه برای آبی‌پروری گونه‌های حساس مورد نیاز نیست و از نظر نیترات تنها برای آبیاری مناسب هستند.

نتایج مقایسه میانگین پارامترهای مورد بررسی با استانداردهای WHO و استاندارد ملی ایران در جدول ۵ ارائه شده است. بر اساس نتایج به دست آمده برای سه منطقه مورد بررسی پارامترهای سدیم، پتاسیم، نیترات و pH دارای اختلاف آماری معنی‌داری با استانداردهای WHO و استاندارد ملی ایران هستند. در مورد EC در استاندارد ملی عددی گزارش نشده است و مقایسه میانگین هدایت الکتریکی نمونه‌های آب در مناطق مختلف مورد بررسی با استاندارد

جدول ۵- مقایسه میانگین پارامترهای مورد بررسی با استاندارد آب آشامیدنی

واحد	استاندارد WHO	سطح معنی داری برای مقایسه با استاندارد ایران			سطح معنی داری برای مقایسه با استاندارد WHO		
		چشمه آبگرم	رودخانه	چشمه قیر	چشمه آبگرم	رودخانه	چشمه قیر
pH	۶/۵-۸/۵	۰/۰۰۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
EC (μS/cm)	۵۰۰	-	-	-	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
سدیم	۲۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۲۵	۰/۰۱	۰/۰۰۰	۰/۰۲۵	۰/۰۱
پتاسیم (mg/L)	۱۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
نیترات	۵۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰

جدول ۶- وضعیت آب مناطق مورد بررسی بر اساس طبقه بندی INWQS

چشمه قیر	رودخانه	چشمه های آبگرم	V	IV	III	IIB	IIA	I	اکسیژن محلول (mg/L)
-	-	-	<۱	<۳	۳-۵	۵-۷	۵-۷	۷	۷
I	I	I	-	۵-۹	۵-۹	۶-۹	۶-۹	۶/۵-۸/۵	pH
-	-	-	>۳۰۰	۳۰۰	۱۵۰	۵۰	۵۰	۲۵	کل مواد جامد معلق (mg/L)
-	-	-	>۳۰۰	۳۰۰	۱۵۰	۵۰	۵۰	۵	کدورت (NTU)
-	-	-	-	۱	۰/۴	-	۰/۴	-	نیتريت (mg/L)
IV	IV	IV	۲	۵	-	۷	۷	-	نیترات (mg/L)
-	-	-	>۲/۷	۲/۷	۰/۹	۰/۳	۰/۳	۰/۱	آمونیم (mg/L)

جدول ۷- ویژگی گروه های مختلف در طبقه بندی INWQS

کاربری	طبقه
تصفیه برای آبی‌پروری گونه های حساس مورد نیاز نیست	I
تصفیه برای آبی‌پروری و گونه های حساس مورد نیاز است	IIA
مناسب برای فعالیتهای تفریحی از جمله شنا	IIB
مناسب دامپروری و آبی‌پروری	III
فقط برای آبیاری مناسب است	IV
بسیار آلوده است	V

و همکاران، ۱۳۹۷). این مسئله در مورد مناطقی که اهمیت حفاظتی دارند از جمله آثار طبیعی ملی دهلران اهمیت بیشتری دارد. استفاده های درمانی، کاربرد آب در کشاورزی و حفاظت از زیستگاه گیاهان و پرندگان منطقه از دیگر دلایل اهمیت بررسی کیفیت آب در مناطق مورد بررسی در این پژوهش است. بر اساس نتایج آزمون دانکن کیفیت آب چشمه قیر با دو منطقه دیگر از نظر هدایت الکتریکی، سدیم و پتاسیم دارای اختلاف آماری معنی داری است و دو منطقه چشمه های آبگرم و رودخانه اختلاف آماری معنی داری ندارند که با توجه به اینکه رودخانه حاصل اتصال این چشمه های آبگرم است نتیجه به دست آمده مورد انتظار است و کیفیت چشمه های آبگرم و رودخانه اختلاف آماری معنی داری ندارند. همچنین دمای آب از عوامل موثر بر انحلال رسوبات در آب است و با انحلال پذیری اکثر

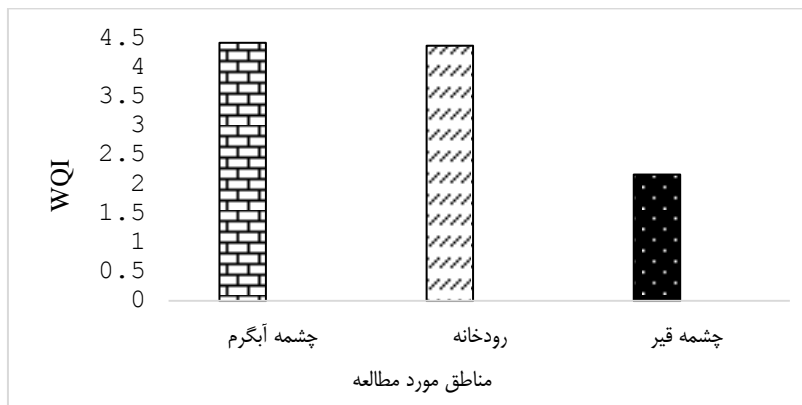
در شکل ۵ نتایج شاخص WQI برای هر سه منطقه مورد بررسی آورده شده است. مقدار این شاخص برای چشمه های آبگرم، رودخانه و چشمه قیر دهلران به ترتیب ۴/۴۳، ۴/۳۸ و ۲/۱۷ به دست آمد که کمتر از ۵۰ بوده و در طبقه عالی قرار دارند.

بحث و نتیجه گیری

دسترسی به آب های سطحی و زیرزمینی و کیفیت آن با توجه به عوامل مهمی همچون افزایش جمعیت، توسعه کشاورزی، صنعتی شدن و شهرنشینی در جهان رو به کاهش است (Tyagi et al., 2012). آگاهی از کیفیت آب و روند تغییرات آن، اهمیت زیادی در برنامه ریزی های آینده و مدیریت مناسب منابع آب دارد (سهرابی زاده

توجه به دمای بالاتر چشمه‌های آبگرم (۴۵/۰۲) مقادیر بالاتر سدیم و پتاسیم در این چشمه‌ها می‌تواند ناشی از اثر دما بر انحلال کاتیون‌ها از خاک و سنگ در آب باشد.

مواد جامد محلول در آب رابطه مستقیم دارد (نعمتی مقدم و همکاران، ۱۳۹۱). بطوری که در این پژوهش مشاهده شد که مقادیر EC، سدیم و پتاسیم در چشمه‌های آبگرم و رودخانه بیشتر از چشمه قیر بود که با



شکل ۵- مقایسه مناطق مورد بررسی از نظر شاخص کیفیت WQI

موجود در دامنه استاندارد قرار داشتند. مقادیر پایین pH باعث خوردگی لوله‌ها و اتصالات انتقال آب، ایجاد لک، تحریک و سوزش چشم و پوست شناگران و مقادیر بالای pH باعث رسوبگذاری، کاهش کارایی کلر و کدر شدن آب می‌شود و بطور کلی pH از فاکتورهای موثر بر رشد جوامع میکروبی در آب است (منصوریان و همکاران، ۱۳۹۲). همچنین pH روی محلول و نامحلول بودن بسیاری از آلاینده‌ها اثر دارد (WHO, 2011). میانگین EC در سه منطقه چشمه‌های آبگرم، رودخانه و چشمه قیر به ترتیب ۸۰۹۵، ۸۰۲۲/۵ و ۳۷۸۰ میکرو زیمنس بر سانتی‌متر به دست آمد. هدایت الکتریکی به توانایی آب در هدایت جریان الکتریکی گفته می‌شود و به مقدار غلظت جامدات یونی و محلول بستگی دارد. در مطالعه حاضر مقادیر آن بسیار بالاتر از استانداردهای تعیین شده (۵۰۰ میکرو زیمنس بر سانتی‌متر) است.

برای چشمه‌های آبگرم، رودخانه و چشمه قیر میانگین سدیم به ترتیب ۱۴۴/۵، ۱۴۵/۷ و ۴۵/۲۵ برآورد شد و مقادیر پتاسیم برای این سه منطقه به ترتیب ۲/۹۸، ۳/۲۲ و ۰/۹ به دست آمد. سدیم یکی از عناصر رایج موجود در آب است که برای ارزیابی مناسب بودن آب برای آبیاری مورد استفاده قرار می‌گیرد زیرا افزایش سدیم باعث کاهش نفوذپذیری خاک می‌شود (Taloor et al., 2020) در چشمه‌های آبگرم ترکیبات سدیم، کربنات سدیم و کربنات هیدروژن سدیم در درمان بیماری‌های از قبیل روماتیسم، ورم مفاصل، آرتروز، آلرژی و بیماری‌های سیستم عصبی موثر است و بیماری مزمن پوستی و سرخک و همچنین فشار خون را کاهش می‌دهد و پتاسیم بیماری‌های قلبی را تسکین می‌دهد، موجب بهبود سلامت استخوان، دندان و پوست می‌شود و ریتم قلب را عادی می‌کند. همچنین موجب کاهش فشار خون و دفع سموم از بدن می‌شود (Simon et al., 2019)

ماتر و همکاران چشمه‌های آبگرم را بر اساس دما به چهار طبقه تقسیم کرد که شامل: سرد (>۲۰ درجه سانتی‌گراد)، نسبتاً گرم (۳۰-۲۰°C)، گرم (۳۰-۴۰°C) و بسیار گرم (<۴۰ درجه سانتی‌گراد) می‌باشند (Matz et al., 2003). بر این اساس چشمه‌های آبگرم دهلران در طبقه بسیار گرم قرار می‌گیرند. بر اساس نتایج آزمون دانکن سه منطقه از نظر دما دارای اختلاف آماری معنی‌داری هستند که با توجه به منشا و سرچشمه آن‌ها این نتیجه مورد انتظار است. در منابع مختلف اعداد متفاوتی برای دمای مناسب جهت استحمام و استفاده درمانی از چشمه‌های آبگرم گزارش شده است از جمله انجمن UKHCA دمای کمتر از ۴۴ درجه سانتی‌گراد را پیشنهاد دادند (UKHCA, 2016) در حالی که جاود و همکاران دمای ۳۷-۳۲ درجه سانتی‌گراد و روسکا و همکاران دمای ۳۷-۳۶ درجه سانتی‌گراد را مناسب می‌دانند (Rosca, 2003; Javed et al., 2009)؛ که بر اساس اثرات دما روی فشار خون، اسپاسم عضلات و اثر بر سیستم عصبی این دماها پیشنهاد داده شده است (Simon et al., 2019).

نتایج مقایسه میانگین پارامترهای مورد بررسی با استاندارد ملی ایران و استاندارد WHO نشان داد که در هر سه منطقه، این مقادیر با استانداردهای مورد بررسی دارای اختلاف آماری معنی‌داری هستند. میانگین pH در سه منطقه چشمه‌های آبگرم، رودخانه و چشمه قیر به ترتیب ۶/۷، ۷/۰۵ و ۶/۸۳ به دست آمد که در محدوده استاندارد (۶/۵-۸/۵) قرار دارند. بر اساس طبقه‌بندی سابتاوونگ و همکاران، pH نمونه‌های آب مورد بررسی در سه منطقه در طبقه خنثی قرار دارند (Subtavewung et al., 2005) و بر اساس استانداردهای

کیفیت آب وجود ندارد و حتی می‌توان برای آبی‌پروری گونه‌های حساس هم از آب استفاده کرد با این وجود بر اساس شاخص ویلکوکس کیفیت آب نامناسب برای آبیاری ارزیابی شد. از طرفی بوی گوگرد منتشر شده از آب منطقه باید سایر آنیون‌ها و کاتیون‌ها از جمله سولفات نیز سنجش شود تا با اطمینان و نظارت دقیق‌تر بتوان استفاده از آب مناطق مورد بررسی را برای کشاورزی پیشنهاد کرد. به علاوه در مورد چشمه قیر علاوه بر کاتیون‌ها و آنیون‌های مختلف، با توجه به منشا چشمه قیر وجود مشتقات نفتی در آب این چشمه باید مورد اندازه‌گیری قرار گیرد. بر این اساس اگر چه کیفیت آب مناطق مورد بررسی بر اساس شاخص WQI عالی ارزیابی شد اما امکان استفاده از آب این مناطق به دلایل ذکر شده از جمله وجود سایر ترکیبات و بوی آب، قابل شرب نمی‌باشد و باید با جزئیات بیشتری مورد مطالعه قرار گیرد. اعتقاد بر این است که آب چشمه آبگرم بیماری‌های مختلفی را بهبود می‌بخشد، اما مناسب بودن آب برای نوشیدن ناشناخته است (Ghilamical et al., 2017).

بطور کلی کیفیت منابع آب مورد بررسی بجز بر اساس شاخص ویلکوکس که برای آبیاری نامناسب است، بر اساس سایر شاخص‌ها در وضعیت مناسبی ارزیابی می‌شود. در کنار منشاء زمین شناسی که تعیین کننده ترکیب شیمیایی منابع آبی است؛ عوامل مختلفی در تغییر کیفیت آب نقش دارند از جمله وقوع سیلاب‌ها، ورد فاضلاب شهری؛ صنعتی و کشاورزی که موجب ورد انواع آلاینده‌ها نظیر مواد مغذی، مواد رادیواکتیو، آلودگی‌های نفتی و فلزات سنگین به منابع آب می‌شوند که سلامت گیاهان و جانوران آبی دارند تحت تاثیر قرار می‌دهند (He et al., 2016).

(Simon). در این مطالعه سدیم و پتاسیم کمتر از استانداردهای موجود (به ترتیب ۲۰۰ و ۱۲ میلی‌گرم بر لیتر) بودند. میانگین نیترات برای سه منطقه چشمه آبگرم، رودخانه و چشمه قیر به ترتیب ۵/۲۲، ۴/۰۲ و ۴/۱۲ برآورد شد که بسیار کمتر از استاندارد تعیین شده یعنی ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر (WHO, 2011) بود. نیترات از جمله آنیون‌های محلول در آب و تأثیرگذار روی سلامت است که حضور آن در آب‌های زیرزمینی بیشتر ناشی از پساب‌های کشاورزی و فاضلاب‌های انسانی می‌باشد (Pang et al., 2013). در این پژوهش با توجه موقعیت چشمه‌های مورد بررسی و رودخانه که در دامنه کوه واقع شده‌اند زمین‌های کشاورزی و مناطق مسکونی در بالا دست وجود ندارند و همچنین در اطراف منطقه به دلیلی ارزش حفاظتی آثار طبیعی ملی دهلران منابع آلاینده انسانی و کشاورزی به منطقه وارد نمی‌شود بنابراین مقدار نیترات بسیار پایین‌تر از استاندارد است. و به نظر می‌رسد پایین بود این مقادیر نشان دهنده منشا طبیعی آن‌ها است.

نتایج مربوط به شاخص ویلکاکس بر اساس هدایت الکتریکی نشان داد که همه نمونه‌های سه منطقه در طبقه چهار ($EC < 2250$) و نامناسب برای آبیاری هستند. همچنین بر اساس شاخص WQI نمونه‌های مورد بررسی در سه منطقه در طبقه یک و کیفیت عالی قرار گرفتند و بر اساس شاخص INWQS نتایج نشان داد که همه نمونه‌های مورد بررسی از نظر pH در طبقه یک که تصفیه برای آبی‌پروری گونه‌های حساس مورد نیاز نیست و از نظر نیترات تنها برای آبیاری مناسب هستند. بنابراین از نظر کشاورزی و استفاده از آب منطقه برای کشاورزی بر اساس INWQS هیچ محدودیتی از نظر

جدول ۹- مقایسه نتایج مطالعه حاضر با سایر مطالعات انجام شده بر روی چشمه‌های آبگرم

ردفانس	نیترات		سدیم	EC	pH	دما	ردفانس
	پتاسیم	مگ/لیتر					
چشمه‌های آبگرم (مطالعه حاضر)	۵/۲۲	۲/۹۸	۱۴۴/۵	۸۰۹۵	۶/۷	۴۵/۰۳	۱
(رقیمی و یحکشی، ۱۳۸۱)	-	۲۹	۲۴۴	۱۷۴۵	-	۳۰	۴
(موفق و همکاران، ۱۳۹۷)	-	۱۰۱	۱۰۰۹	۵۵۷۹	۶/۲۳	۸۳/۸۷	۵
(Haki and Gezmu, 2012)	۳/۰۸	۱/۷۲	۱۴/۴۵	-	۶/۳۹	۷۳/۶	۶
(Ghilamical et al., 2017)	۱/۶۰	۱۰۴	۱۸۸۸	۹۰۶۰۰	۷/۲۲	۴۹/۲	۷
(Hamzah et al., 2013)	-	۱/۵۵	۳۹/۵	۴۹۳	۷/۶	۵۱/۷	۸
(Hussein et al., 2017)	۱/۸۳	-	-	۳۳۲۰	۷/۶۱	۵۶	۹
(Shi et al., 2017)	-	۲۳/۴	۳۰۳/۱	-	۹	۸۷/۱	۱۰
(Simon et al., 2019)	-	۳۸/۳	۲۲۸/۱۸	۲۳۵	۸/۴۴	۶۰/۴۶	۱۱
(Avşar et al., 2017)	-	۲۸۴	۶۵۱۰	۱۸۷۰۰	۶/۹۲	۲۴/۳۰	۱۲
(Boyer et al., 2020)	۰/۰۱	-	-	۱۵۵۰	۷/۲۳	۸۹	۱۳

عوامل طبیعی از جمله زمین شناسی و وقوع سیلاب در ترکیب شیمیایی منابع آب مورد بررسی بسیار مهم‌تر باشد. بر این اساس

در مورد مناطق مورد بررسی در این پژوهش با توجه به مدیریت و حفاظت منطقه به‌عنوان آثار طبیعی ملی، به نظر می‌رسد که نقش

منصوریان، ح.، رجبی زاده، ا.، جعفری مدرک، م.، دولتشاهی، ش. و حاتمی، ب. ۱۳۹۲. ارزیابی شاخص‌های بهداشتی کیفیت آب استخرهای شنای شهر کرمان در سال ۱۳۹۰. مجله بهداشت و توسعه. (۲): ۱۳۷-۱۲۸.

موثق، ل.، زرینی، غ. ر. و قیامی راد، م. ۱۳۹۷. بررسی کیفیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی حوضچه‌های شنای چشمه‌های آبگرم مشکین شهر. هیدروژئولوژی. (۱): ۶۸-۶۰.

نعمتی مقدم، ع.، غفوریان، ح. و امینی رنجبر، غ. ر. ۱۳۹۱. مطالعه بعضی خواص فیزیکی و شیمیایی و اندازه‌گیری فلزات سنگین سرب و کادمیوم در سه چشمه آبگرم لایچ چمستان. مجله پژوهش‌های علوم و فنون دریایی. (۲): ۱۰-۱.

Alley, W.M. 1993. Regional ground-water quality. New York. Van Nostrand Reinhold. P.634.

Ansari, M.A., Deodhar, A., Kumar, U.S., and Khatti, V.S. 2015. Water quality of few springs in outer Himalayas—A study on the groundwater–bedrock interactions and hydrochemical evolution. Groundwater Sus. Develop. 1: 59-67.

Avsar, O., Avşar, U., Arslan, Ş., Kurtuluş, B., Niedermann, S., and Güleç, N. 2017. Subaqueous hot springs in Köyceğiz Lake. Dalyan Channel and Fethiye-Göcek Bay (SW Turkey): Locations. Chemistry and origins. Journal of Volcanology and Geothermal Research. 345: 81-97.

Boyer, G.M., Schubotz, F., Summons, R.E., Woods, J., and Shock, E.L. 2020. Carbon oxidation state in microbial polar lipids suggests adaptation to hot spring temperature and redox gradients. Frontiers in microbiology. 11, p229.

Carbajal-Hernández, J.J., Sánchez-Fernández, L.P., Villa-Vargas, L.A., Carrasco-Ochoa, J.A., and Martínez-Trinidad, J.F. 2013. Water quality assessment in shrimp culture using an analytical hierarchical process. Ecological indicators. 29:148-58.

Dash, A., Palita, S.K., and Patra, H.K. 2013. Physico-chemical analysis of thermal spring of Atri in the district of Khurda, Odisha, India. International Journal of Chemical Sciences and Applications 4: 97-104.

German, C.R., and VonDamm, K.L. 2003. Hydrothermal processes. In: Holland, H.D., Turekian, K. K. (Eds.). Treatise on Geochemistry. Elsevier. 181-221.

Ghilamical, A.M., Boga, H.I., Anami, S.E., Mehari, T., and Budambula, N. 2017. Physical and chemical characteristics of five hot springs in Eritrea. Journal of Natural Sciences Research 7: 88-94.

Haki, G.D., and Gezmu, T.B. 2012. Physico-chemical

بررسی میزان فلزات سنگین و ترکیبات نفتی بخصوص در مورد چشمه قیر می‌تواند نقش موثری در پایش کیفیت آب در این مناطق داشته باشد با این وجود با توجه به بازدید گردشگران و استفاده بهداشتی درمانی از چشمه‌های آبگرم و احتمال احداث امکانات رفاهی برای گردشگران نباید از نقش عوامل انسانی بر کیفیت منابع آب منطقه غافل شد. در جدول ۹ نتایج مطالعه حاضر با نتایج برخی پژوهشگران مقایسه شده است.

مطالعه حاضر نخستین پژوهش انجام شده در ارتباط با کیفیت منابع آب در آثار طبیعی ملی دهلران می‌باشد. بطور کلی بیشتر مطالعات گزارش شده در این جدول مربوط به چشمه‌های آبگرم می‌باشد و در مورد رودخانه‌های شکل گرفته از چشمه‌های آبگرم و چشمه‌ی قیر مطالعه‌ای یافت نشد. مقادیر نیترات در مطالعه حاضر بیشتر از سایر مطالعات و مقدار EC نسبت همه مطالعات ذکر شده بجز اوسر و همکاران و قیلامیکال و همکاران بیشتر است (Avşar et al., 2017; Ghilamical et al., 2017). و در مورد سدیم، پتاسیم و pH نتایج مطالعه حاضر بیشتر از برخی مطالعات و در برخی موارد هم کمتر از مطالعات ذکر شده است. این اختلاف‌ها بطور کلی به زمین شناسی منطقه و سایر منابع انسانی آلوده کنند در مناطق مورد بررسی بستگی دارد.

منابع

توکل، م. ۱۳۹۷. مقایسه دو روش تصمیم‌گیری فرایند تحلیل شبکه‌ای و تحلیل سلسله مراتبی فازی به منظور ارزیابی توان اکولوژیک کاربری اکوتوریسم (مطالعه موردی: آثار طبیعی ملی دهلران). جغرافیا و پایداری محیط. (۸): ۶۳-۵۱.

خلجی، م.، ابراهیمی، ع.، هاشمی نژاد، ه.، متقی، ا. و اسداله، س. ۱۳۹۵. ارزیابی کیفیت آب دریاچه سد زاینده رود با استفاده از شاخص WQI. مجله علمی شیلات ایران. (۵): ۶۴-۵۱.

رقیمی، م. و یخکشی، م. ا. ۱۳۸۱. بررسی منشا چشمه آبگرم زیارت گرگان از طریق مطالعات هیدروشیمی و ایزوتوپی. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. (۳): ۴۰-۲۹.

رهنما، س. و سیاری، ن. ۱۳۹۸. بررسی روند تغییرات پارامترهای شیمیایی کیفیت آب رودخانه تجن با استفاده از تحلیل مؤلفه اصلی و نرم‌افزار Aqua Chem. انسان و محیط زیست. (۱): ۱۷-۱۳.

سهرابی زاده، ز.، شریفی مقدم، ا. و حکیم زاده، م. ع. ۱۳۹۷. تحلیل روند تغییرات کیفیت آب حوزه آبخیز رودخانه تالار با استفاده از روش ناپارامتری من- کندال. فصلنامه اکوسیستم‌های طبیعی ایران. (۳): ۲۰-۱.

- chemical properties of different water bodies of manipur. *Journal of Scientific Research & Reports*. 16:1-6.
- Ocampo-Duque, W., Schuhmacher, M., and Domingo, J.L. 2007. A neural-fuzzy approach to classify the ecological status in surface waters. *Environmental Pollution*. 148: 634- 41.
- Olivier, J., Van Niekerk, H.J., and Van der Walt, I.J. 2008. Physical and chemical characteristics of thermal springs in the Waterberg area in Limpopo Province. *South Africa. Water SA*. 34:163-174.
- Pang, Z., Yuan, L., Huang, T., Kong, Y., Liu, J., and Li, Y. 2013. Impacts of human activities on the occurrence of groundwater nitrate in an alluvial plain: a multiple isotopic tracers approach. *International Journal of Earth Sciences* 24: 111-124.
- Petraccia, L., Liberati, G., and Masciullo, S.G. 2005. Water, mineral waters and health. *Clinical Nutrition*. 25: 377-385.
- Rahaman, Z.A., Cherus, S.F., Omar, M.A. and Ismail, W.R. 2016. Rivers and Lakes as Natural Heritage: Water Quality Status in the Northern States of Peninsular Malaysia. *The Asian Journal of Humanities* 23: 109-128.
- Rajakaksha, B.M.M., Maithreepala, R.A., and Asanthi, H.B. 2014. Water quality and biology of hot springs waters of Mahapelessa, Sri Lanka. *Scientific Research Journal*. 2: 1-6.
- Ramirez, N.F. and Solano, F. 2004. Physicochemical water quality indices-A comparative Review. *Revista Bifua*. 27, 437-441.
- Reyes, J.N., Jaramillo, M.E., Soriano, A.O., and Romero, I.V. 2015. Physical-chemical and therapeutic properties of hot springs and hydrothermal waters. *International Journal of Research and Innovations in Earth Science* 2: 1375-2394.
- Rosca, M. 2003. Geothermal energy and therapy uses in Romanian spas. IGC2003 - short course, Geothermal Training Programme. 99-117.
- Shi, Z., Liao, F., Wang, G., Xu, Q., Mu, W., and Sun, X. 2017. Hydrogeochemical characteristics and evolution of hot springs in eastern Tibetan Plateau geothermal belt, western China: Insight from multivariate statistical analysis. *Geofluids* 1-11.
- Simon, N., Unjah, T., Yusry, M., and Dzulkafli, M.A. 2019. Physico-chemical Characterisation and Potential Health Benefit of the Hulu Langat Hot Spring in Selangor, Malaysia. *Sains Malaysiana* 48: 2451-2462.
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 2017. Ed 23 by Rodger B. Baird , Andrew D. Eaton , Eugene W. Rice .American Public Health Association (APHA). PP 1545.
- properties of waters from some Ethiopian hot springs and the risk to the health of the community. *Greener Journal of Physical Sciences*. 2:138-40.
- Hamzah, Z., Rani, N.A., Saat, A., and Wood, A.K. 2013. Determination of hot springs physico-chemical water quality potentially use for balneotherapy. *Malaysian Journal of Analytical Sciences* 17:436-444.
- Haque, S., Kannaujiya, S., Taloor, A.K., Keshri, D., Bhunia, R.K., Ray, P.K.C., and Chauhan, P. 2020 . Identification of groundwater resource zone in the active tectonic region of Himalaya through earth observatory techniques. *Groundwater Sustain. Develop.* 10p.100337.doi.org/10.1016/j.gsd.2020.100337.
- Harvey, K. 2007. *Healing Touch*. Sawubona. January 2007. 75-76.
- He, W., Bai, Z.L., Liu, W.X., Kong, X.Z., Yang, B., Yang, C., Jrgensen, S.E. and Xu, F.L. 2016. Occurrence, spatial distribution, sources, and risks of polychlorinated biphenyls and heavy metals in surface sediments from a large eutrophic Chinese lake (Lake Chaohu). *Environmental Science and Pollution Research* 23: 10335-10348.
- Hussein, E.I., Jacob, J.H., Shakhathreh, M.A.K., Abd Al-razaq, M.A., Juhmani, A.S.F., and Cornelison, C.T. 2017. Exploring the microbial diversity in Jordanian hot springs by comparative metagenomic analysis. *MicrobiologyOpen*. 6: 1-8.
- Javed, A., Iqbal, J., Asghar, U., Khan, F.A., Munshi, A.B., and Sddiqui, I. 2009. A study to evaluate therapeutic properties of minerals of Manghopir Hot Sping, Karachi. *Chemical Society of Pakistan*. 31: 396-401.
- Lakshmi, P., Reddy, M., Reddy, C., and Rao, A. 2016. Studies of physico-chemical parameters to evaluate quality of water at different zones of Nalagonda District of Telangana, India. *Journal of Earth Science and Climatic change*. 7, 374. doi:10.4172/2157-7617.1000347.
- Lamoreaux, P.E., and Tanner, J.T (eds). 2001. *Springs and Bottled Waters of the World. Ancient History, Source, Occurrence. Quality and Use*. Springer Verlag. Berlin.
- Manikannan, R., Asokan, S., and Samsoor-Ali, A.M. 2011. Seasonal variations of physic-chemical properties of the great Vedaranyam swamp, point Calimere wildlife sanctuary, South-east coast of India. *African Journal of Environmental Science and Technology* 5:673-681.
- Matz, H., Orion, E. and Wolf, R. 2003. Balneotherapy in dermatology. *Dermatologic Therapy* 16: 132-140.
- Nongmaithem, N. and Basudha, C. 2017. Physico-

- analysis. *International Journal of Pharmaceutical Innovations*. 4:48-60.
- UKHCA. 2016. *Controlling Scalding Risks from Bathing and Showering*. Sutton: United Kingdom Homecare Association Ltd.
- Vardhan, H., Verma, A.K., Allayie, S.A., and Mushtaq, R. 2015. Assessing variations in physico-chemical parameters of Tatapani spring of district Rajouri - Jammu. *Indian Journal of Science and Research* 11:133-138.
- WHO. 2011. *Guidelines for drinking-water quality*. World Health Organization. Geneva 2011. 303-304.
- Wilcox, L.V. 1984. *The quality of water for irrigation use*. US Department of Agricultural Technical Bulletin 1962. Washington.
- Yazdi, M., Hassanvand, M., Tamasian, O., and Navi, P. 2016. Hydrogeochemical characteristics of Mahallat hot springs, central Iran. *Journal of Tethys* 4:169-179.
- Subtavewung, P.H., Raksaskulwong, M., and Tulyatid, J. 2005. The characteristic and classification of hot springs in Thailand. *Proceedings World Geothermal Congress*. Antalya. Turkey. 24-29.
- Sun, X., Zhang, H., Zhong, M., Wang, Z., Liang, X., Huang, T., and Huang, H. 2019. Analyses on the temporal and spatial characteristics of water quality in a seagoing river using multivariate statistical techniques: A case study in the duliujian river, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 6: 10-20.
- Taloor, A.K., Pir, R.A., Adimalla, N., Ali, S., Manhas, D.S., Roy, S., and Singh, A.K. 2020. Spring water quality and discharge assessment in the Basantar watershed of Jammu Himalaya using geographic information system (GIS) and water quality Index (WQI). *Groundwater for Sustainable Development*. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2020.100364>.
- Tyagi, P.K., Shruti, S.V., and Ahuja, A. 2012. Synthesis of metal nanoparticles: A biological prospective for

Assessing the Quality of Water Resources of Dehloran National Natural Monuments Using Water Quality Index (WQI)

E. Solgi^{1*}, M. Malk Mohammadi², F. Beigmohammadi³

Received: Aug.11, 2020

Accepted: Sep.16, 2020

Abstract

In the current water crisis, the use of springs has helped to mankind in many areas. The application of indexes and statistical methods provide useful information for understanding water quality and planning for its proper management. When water resources have unique characteristics in addition to conventional use; this issue becomes more important, including the river, hot springs and Dehloran bitumen springs. In this study, 28 samples of hot spring water, 4 samples of river water and 4 samples of bitumen spring water were collected. The temperature, pH, EC, sodium, potassium and nitrate parameters were measured. One-way analysis of variance and one-sample T-test were used to compare the three regions and compare with WHO standard and Iranian national standard, respectively. Wilcox, WQI and INWQS indices were also used to classify water quality. Based on the results, bitumen spring water had a statistically significant difference with the other two regions in terms of all parameters and all parameters in the three regions had a statistically significant difference with WHO standards and Iran's national standard and lower than these standards. According to the Wilcox index, all specimens were unsuitable for irrigation; based on the data of the WQI index calculation, water quality can be classified as excellent quality and according to INWQS in terms of pH for aquaculture of sensitive species do not need treatment and in terms of nitrate are only suitable for irrigation. Considering the management and protection of the region as a national natural monument, it seems that the role of natural factors such as geology and the occurrence of floods in the chemical composition of water resources is much more important and based on the results of used methods with the exception of Wilcox index, the water quality was assessed as suitable. However, considering the health use of hot springs and the possibility of constructing welfare facilities for tourists, the role of human factors on the water quality of resources in the region should not be overlooked.

Keywords: Bitumen spring, Dehloran National natural monuments, Nitrate, Water Quality Indexes

1- Associate Professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University

2- M.Sc. of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University

3- Ph.D. Student of Environmental Pollution, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University

(*- Corresponding Author Email: e.solgi@malayeru.ac.ir)