

## مطالعه‌ی بعضی از خواص فیزیکی و شیمیایی و اندازه‌گیری فلزات سنگین سرب و کادمیم در سه چشمه آبگرم لایوچ چمستان

عسکر نعمتی مقدم\*<sup>۱</sup>، حسین غفوریان<sup>۲</sup> و غلامرضا امینی رنجبر<sup>۳</sup>

۱- گروه محیط زیست دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال و سازمان آموزش و پرورش استان مازندران، آمل

۲ و ۳- گروه محیط زیست دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۶/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۴/۱۴

### چکیده

در این پژوهش سه چشمه ی آبگرم کریمی (۱)، ایران زمین (۲) و حسینی (۳) منطقه لایوچ چمستان در استان مازندران با مشخصات طول جغرافیایی ۲۷°۴۰' و ۵۲°۰۰' - ۱۷°۵۸' و ۵۱° شرقی و عرض جغرافیایی ۱۶°۲۴' و ۳۶° - ۱۲°۵۹' و ۳۶° شمالی مورد بررسی قرار گرفته اند. نمونه برداری از چشمه ها جهت تعیین خواص فیزیکی و شیمیایی (تعیین کل مواد معدنی محلول (TDS)، هدایت الکتریکی (EC)، اسیدیته (pH)، دما، مزه و بو) و مقدار کاتیون سرب (Pb<sup>۲+</sup>) و کادمیم (Cd<sup>۲+</sup>) انجام شد. از مقایسه میانگین TDS چشمه ها مشخص شد که در چشمه ی شماره (۱) مواد معدنی بیش تری حل شده است. غلظت کاتیون ها به کمک دستگاه جذب اتمی اندازه گیری گردید. در بررسی آماری نتایج به کمک نرم افزار SPSS، مشخص شد که بین غلظت کاتیون سرب و هم چنین کاتیون کادمیم در هر سه چشمه اختلاف معنی دار آماری وجود ندارد و مکان نمونه برداری بر میانگین غلظت این دو کاتیون موثر نبوده و رابطه ی آماری بین غلظت کاتیون سرب (X) و کادمیم (Y) وجود دارد. در صورتی که این ارتباط و همبستگی بین غلظت کاتیون سرب و کادمیم با دمای آب چشمه ها وجود ندارد. در بررسی آماری نتایج به کمک نرم افزار SPSS، مشخص شد با توجه به حد مجاز اعلام شده از سوی سازمان حفاظت محیط زیست برای کاتیون سرب (۰/۰۵ میلی گرم در لیتر) و کادمیم (۰/۰۱ میلی گرم در لیتر) و غلظت کاتیون ها، آلودگی کاتیون های سرب و کادمیم در این سه چشمه وجود دارد.

### واژگان کلیدی

کاتیون‌های سنگین، سرب، کادمیم، آبگرم

### مقدمه

فلزات سنگین فلزاتی هستند که دانسیته ی آن ها بیش تر از ۵ گرم بر سانتی متر مکعب باشد. در این دسته از فلزها می توان کادمیم، سرب، جیوه، مس، منیزیم، نیکل، قلع، وانادیم و روی را نام برد (دبیری، ۱۳۸۷).

فلزهای سنگین به صورت یون، در آب محلول می‌باشند و زمانی که وارد بدن انسان و جانداران دیگر شوند به پروتیین‌های بدن چسبیده و مانع از انجام فعالیت زیستی آن‌ها می‌شوند. نتیجه آن که به سیستم عصبی، کبد، کلیه و دیگر اندام‌ها آسیب‌های جدی وارد می‌کنند (خلخالی و همکاران، ۱۳۸۴).

سرب، عنصر شیمیایی اصلی جدول تناوبی با عدد اتمی ۸۲ است. ظاهری خاکستری رنگ دارد و تقریباً ۰/۰۰۲ درصد از پوسته‌ی کره‌ی زمین را تشکیل می‌دهد. یون پایدار آن به  $(Pb^{2+})$  بوده و به صورت نیترات و کلرات در آب محلول می‌باشد (روح‌الهی و همکاران، ۱۳۸۸). ترکیب‌های سرب در محیط‌های آبی بر حسب اندازه به صورت محلول، کلئوئید و ذره‌های جامد یافت می‌شوند، به طوری که با افزایش اندازه‌ی آن از میزان محلولیت آن کاسته و بر میزان ترکیب کلئوئیدی و ذره‌ای جامد آن افزوده می‌شود (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱).

کادمیم، عنصر شیمیایی واسطه‌ی جدول تناوبی با عدد اتمی ۴۸ است. این عنصر فلزی نرم به رنگ سفید نقره‌ای براق که یون پایدار آن به صورت یون دو بار مثبت  $(Cd^{2+})$  بوده و به صورت نیترات، کلرات، کلرید، برمید و یدید در آب محلول می‌باشد (روح‌الهی و همکاران، ۱۳۸۸). کادمیم به طور یکنواخت در پوسته‌ی کره‌ی زمین یافت می‌شود اما ترکیب‌های معدنی آن تنها در مناطق ویژه‌ای از جهان وجود دارد، سنگ معدن روی دارای مقادیر قابل توجهی کادمیم است (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱).

آب طبیعی معمولی برای تغذیه‌ی بدن انسان بسیار ضروری است و در صورتی که دارای خواص پزشکی باشد، به نام آب معدنی به مصرف درمانی می‌رسد. آب‌های معدنی، که در نقاط مختلف وجود دارد، هریک تاثیر ویژه‌ی مربوط به آب همان منطقه را دارد زیرا ترکیبات هر آب معدنی ویژه‌ی همان ناحیه است که در آن ظاهر شده است (کیانی، ۱۳۸۷).

چشمه‌ی آبگرم مکانی است که به صورت مداوم آب گرم یا داغ از زمین خارج می‌شود. از دیر باز، این چشمه‌ها در نگاه مردم دارای خواص درمانی بوده و از آن برای استحمام استفاده می‌شد (شاه بیگ، ۱۳۷۲؛ زنده دل، ۱۳۸۴). آلودگی کاتیون‌های سنگین همواره یکی از آلودگی‌های مهم آب به شمار می‌آیند. از آن جایی که میزان دمای آب با انحلال پذیری اکثر مواد جامد محلول در آب رابطه‌ی مستقیم دارد (مورتیمر، ۱۳۷۶) انتظار می‌رود، غلظت کاتیون‌های سنگین در این چشمه‌ها نیز قابل توجه باشد. در حال حاضر با توجه به افزایش گردشگران به این مناطق و استحمام در این چشمه‌ها و تماس مستقیم انسان با آب و مواد محلول در آن، آلودگی کاتیون‌های سنگین آبگرم‌ها، اهمیت بیش تری پیدا می‌کند.

هدف از این پژوهش، تعیین غلظت کاتیون‌های سرب و کادمیم و برخی از خواص فیزیکی و شیمیایی در آب سه چشمه‌ی آبگرم دارای حمام بهداشتی منطقه‌ی لایویچ چمستان شهرستان نور و مشخص نمودن وجود یا عدم وجود ارتباط و همبستگی بین کمیت‌های اندازه‌گیری شده نسبت به هم و در صورت وجود همبستگی، تعیین یک رابطه‌ی ریاضی بین کمیت‌ها می‌باشد. هم‌چنین میزان آلودگی کاتیون‌های سرب و کادمیم نسبت به استاندارد‌های جهانی مقایسه می‌گردد.

## مواد و روش‌ها

در این پژوهش سه چشمه‌ی از پنج چشمه‌ی آبگرم از منطقه‌ی لایویچ چمستان (۱= کریمی، ۲= ایران زمین، ۳= حسینی) در سال ۱۳۸۹ مورد مطالعه قرار گرفت.

با عبور از جاده‌ی هراز و جاده‌ی آمل - چمستان و راه جنگلی - کوهستانی لایویچ در جنوب غربی چمستان می‌توان به منطقه‌ی مورد مطالعه رسید. از هر چشمه در سه زمان متفاوت (۱۱ خرداد، ۸ تیر و ۱۲ تیر) و در هر زمان سه بار در ظروف پلی اتیلنی نمونه برداشته شد. در این متن هر نمونه با توجه به شماره چشمه و تاریخ برداشت

معرفی می‌شود. برای مثال نمونه شماره‌ی ۱-۱۳۸۹/۳/۱۱ مربوط به چشمه‌ی شماره‌ی ۱ (کریمی) است که تاریخ برداشت آن خردادماه ۱۳۸۹ می‌باشد.

اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکی و شیمیایی نمونه‌ها (TDS، هدایت الکتریکی (EC)، اسیدیته (pH)، دما، مزه و بوی پخش شده) با استفاده از دستگاه‌های پرتابل pH متر و EC متر شرکت Jenway و دماسنج معمولی برای هر نمونه سه بار انجام شد و میانگین آن‌ها استخراج گردید. اندازه‌گیری میزان غلظت کاتیون‌های سرب و کادمیم به کمک دستگاه جذب اتمی مدل DR۱۷۰۰۰ با تهیه‌ی محلول‌های استاندارد در آزمایشگاه دانشکده‌ی شیمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال انجام شد. برای تهیه‌ی محلول استاندارد سرب و کادمیم به ترتیب از نمک سرب (II) نیترات و کادمیم (II) نیترات با خلوص ۹۹/۹۹ درصد استفاده شد. ابتدا از هر یک از ترکیبات یک لیتر محلول مادر یک گرم بر لیتر کاتیون‌های سرب و کادمیم تهیه شد. سپس برای به دست آوردن منحنی کالیبراسیون محلول ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر، ۲۰ میلی‌گرم در لیتر و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر از هر کاتیون ساخته شد. با تهیه‌ی منحنی کالیبراسیون، غلظت کاتیون‌های سرب و کادمیم در هر نمونه سه بار اندازه‌گیری شده و غلظت میانگین کاتیون‌ها در هر نمونه محاسبه شد. سپس از طریق نرم افزار SPSS و به کمک آزمون واریانس یک طرفه و آزمون Tukey و از طریق روش رگرسیون دو متغیره ساده، ارتباط و همبستگی بین نتایج مورد بررسی قرار گرفت.

## نتایج

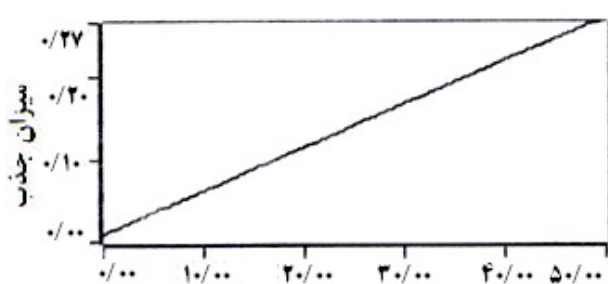
جدول شماره‌ی (۱) خواص فیزیکی و شیمیایی به دست آمده از نمونه‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۱- خواص فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های (۱۱ خرداد، ۸ تیر، ۱۲ تیر در سال ۱۳۸۹) در سه چشمه مورد بررسی  
آبگرم لایوچ چمستان

نام چشمه	شماره‌ی نمونه	بو	مزه	دما (°C)	میانگین pH	میانگین هدایت الکتریکی Ec (S/Cm)	میانگین TDS (میلی‌گرم در لیتر)
کریمی	۱- ۱۳۸۹/۳/۱۱	گوگردی شدید	تلخ	۴۸	۶/۷۳	۳۹۰۰	۱۹۵۰
ایران	۲- ۱۳۸۹/۳/۱۱	گوگردی متوسط	کمی تلخ	۴۴	۶/۷۵	۳۰۰۰	۱۵۰۰
حسینی	۳- ۱۳۸۹/۳/۱۱	گوگردی متوسط	کمی تلخ	۴۴	۶/۲۰	۲۲۰۰	۱۱۰۰
کریمی	۱- ۱۳۸۹/۴/۸	گوگردی شدید	تلخ	۴۷	۶/۷۰	۳۶۰۰	۱۸۰۰
ایران	۲- ۱۳۸۹/۴/۸	گوگردی متوسط	کمی تلخ	۴۵	۶/۷۲	۳۰۰۰	۱۵۰۰
حسینی	۳- ۱۳۸۹/۴/۸	گوگردی متوسط	کمی تلخ	۴۵	۶/۱۵	۲۲۰۰	۱۱۰۰
کریمی	۱- ۱۳۸۹/۴/۸	گوگردی شدید	تلخ	۴۹	۶/۷۰	۳۷۰۰	۱۷۵۰

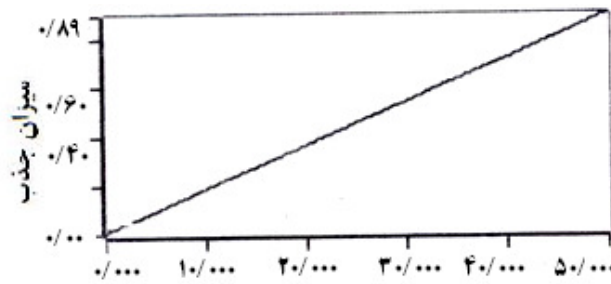
						۱۳۸۹/۴/۱۲	
ایران	۲-	گوگردی	کمی	۴۷	۶/۷۵	۳۱۰۰	۱۵۵۰
زمین	۱۳۸۹/۴/۱۲	متوسط	تلخ				
حسینی	۳-	گوگردی	کمی	۴۷	۶/۲۰	۲۱۵۰	۱۰۷۵
	۱۳۸۹/۴/۱۲	متوسط	تلخ				

شکل شماره ی (۱) نیز منحنی کالیبراسیون به دست آمده از محلول های استاندارد را که برای تعیین غلظت کاتیون سرب و کادمیم در نمونه به کار رفته است را نشان می دهد.



آ غلظت کاتیون سرب (میلی گرم در لیتر)

آ



ب غلظت کاتیون کاد (میلی گرم در لیتر)

ب

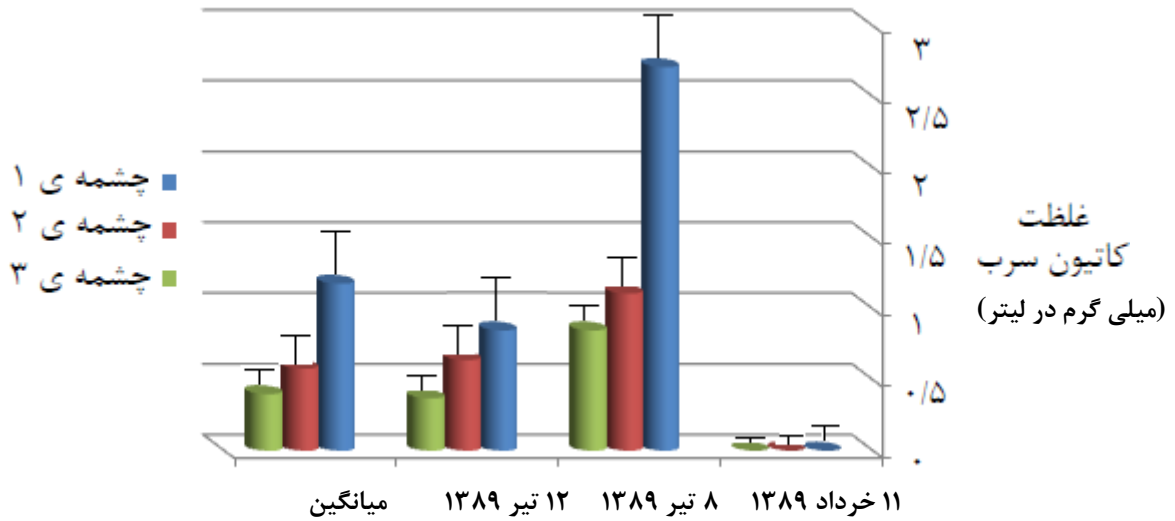
شکل ۱ - منحنی کالیبراسیون آ) سرب ب) کادمیم

جدول شماره ی (۲) غلظت و اطلاعات آماری کاتیون سرب و کادمیم در هر نمونه که به کمک دستگاه جذب اتمی به دست آمده است را نشان می دهد.

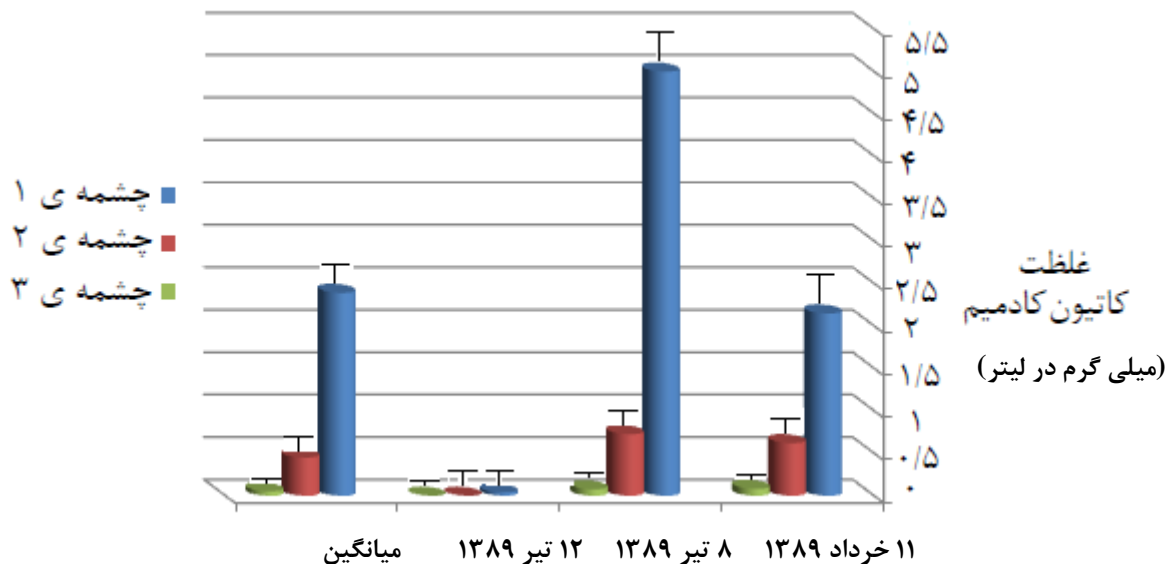
جدول ۲ - غلظت و اطلاعات آماری کاتیون سرب و کادمیم در هر نمونه از چشمه های ۲،۱ و ۳ آبگرم لویج چمستان در سه نوبت نمونه برداری ۱۳۸۹

شماره ی نمونه	میانگین [Pb <sup>2+</sup> ] (میلی گرم در لیتر)	میانگین	انحراف استاندارد	میانگین [Cd <sup>2+</sup> ] (میلی گرم در لیتر)	میانگین	انحراف استاندارد
۱۳۸۹/۳/۱۱-۱	۰			۲/۱۴۷		
۱۳۸۹/۴/۸-۱	۲/۷۱	۱/۱۸	۱/۳۸	۴/۹۹۴	۲/۳۹	۲/۴۸
۱۳۸۹/۴/۱۲-۱	۰/۸۵			۰/۰۴		
۱۳۸۹/۳/۱۱-۲	۰			۰/۶۲۰		
۱۳۸۹/۴/۸-۲	۱/۱۱	۰/۵۸	۰/۵۶	۰/۷۲۶	۰/۴۵	۰/۳۹
۱۳۸۹/۴/۱۲-۲	۰/۶۴			۰		
۱۳۸۹/۳/۱۱-۳	۰			۰/۰۸۱		
۱۳۸۹/۴/۸-۳	۰/۸۵	۰/۴۰	۰/۴۲	۰/۰۷۶	۰/۰۵۲	۰/۰۴۵
۱۳۸۹/۴/۱۲-۳	۰/۳۷			۰		

بر این اساس حداکثر غلظت اندازه‌گیری شده ی کاتیون سرب (۲/۷۱ میلی گرم در لیتر) در نمونه ی شماره ی ۱- ۱۳۸۹/۴/۸ و حداقل غلظت اندازه‌گیری شده کاتیون سرب (۰ میلی گرم در لیتر) در نمونه های هر سه چشمه در تاریخ ۱۳۸۹/۳/۱۱ است (شکل ۲). و حداکثر غلظت اندازه‌گیری شده ی کاتیون کادمیم (۰/۹۹۴ میلی گرم در لیتر) در نمونه ی شماره ی ۱- ۱۳۸۹/۴/۸ و حداقل غلظت اندازه‌گیری شده کاتیون کادمیم (۰ میلی گرم در لیتر) در نمونه‌های ۲- ۱۳۸۹/۴/۱۲ و ۳- ۱۳۸۹/۴/۱۲ است (شکل ۳).

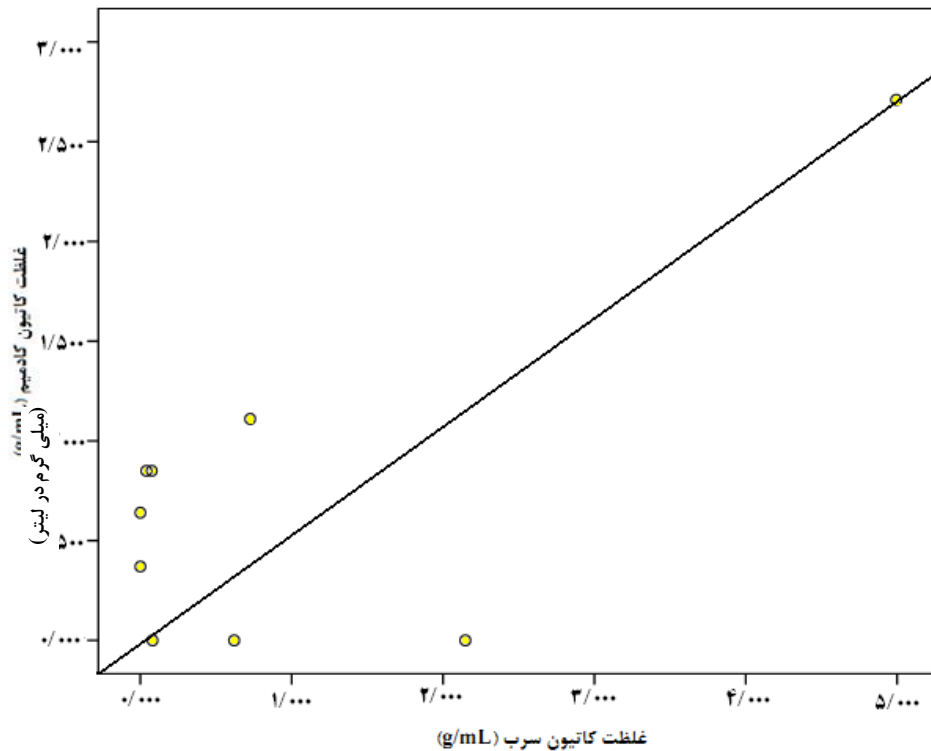


شکل ۲ - مقایسه ی غلظت کاتیون سرب در هر نمونه از چشمه های شماره ی ۱، ۲ و ۳ آبگرم لایوچ چمستان در سه نوبت نمونه برداری با یکدیگر و با مقدار میانگین (آنتنک ها خطای استاندارد را نشان می دهند).



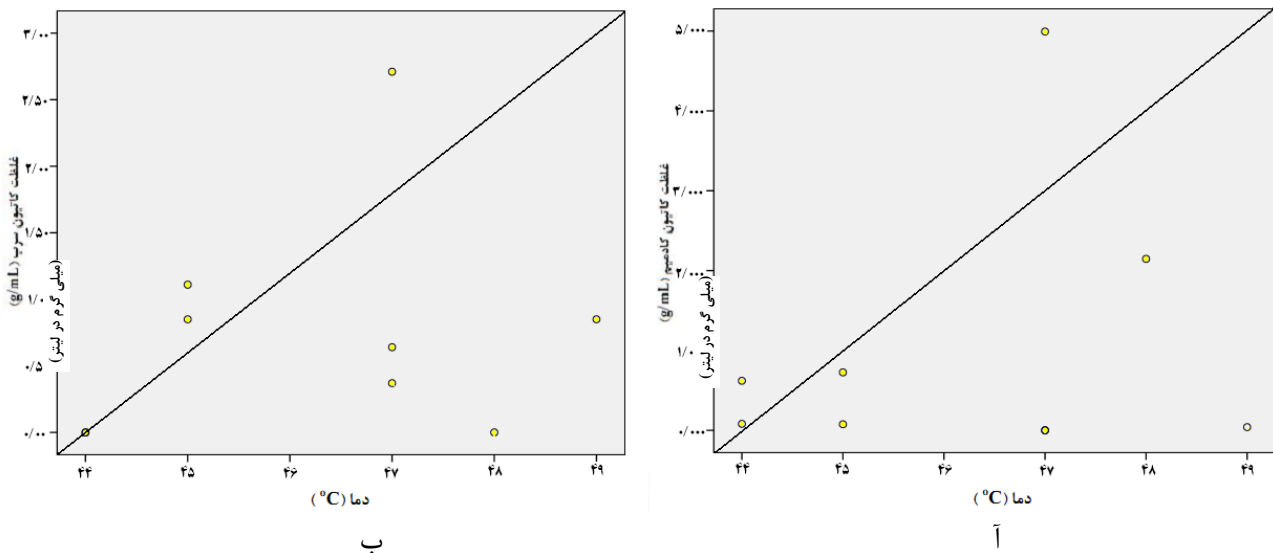
شکل ۳ - مقایسه ی غلظت کاتیون کادمیم در هر نمونه از چشمه های شماره ی ۱، ۲ و ۳ آبگرم لایوچ چمستان در سه نوبت نمونه برداری با یکدیگر و با مقدار میانگین (آنتنک ها خطای استاندارد را نشان می دهند).

شکل شماره ۴ (۴) نمودار پراکندگی غلظت کاتیون سرب و کادمیم را در هر نمونه نسبت به هم نمایش می‌دهد.



شکل ۴ - نمودار پراکندگی غلظت کاتیون سرب با غلظت کاتیون کادمیم در هر نمونه از چشمه‌های شماره ۱، ۲، ۳ و آبگرم لایوچ چمستان در سه نوبت نمونه برداری، ۱۳۸۹

شکل شماره ۵ (۵ - آ و ب) نمودار پراکندگی غلظت کاتیون سرب و کادمیم را در هر نمونه نسبت به هم نشان می‌دهد.



شکل ۵ - نمودار پراکندگی غلظت کاتیون کادمیم (آ) و سرب (ب) هر نمونه با دمای هر چشمه در چشمه‌های شماره ۱، ۲، ۳ و آبگرم لایوچ چمستان در سه نوبت نمونه برداری، ۱۳۸۹

## بحث و نتیجه‌گیری

چشمه‌های آبگرم دارای دمای ۳۵ تا ۷۵ درجه ی سلسیوس هستند (جنیدی، ۱۳۴۸). با توجه به میانگین دمای آب در مورد بررسی سه چشمه (چشمه ی ۱ °C ۴۷، چشمه ی ۲ و ۳ °C ۴۵/۳)، هر سه چشمه در دسته ی آب های گرم قرار می گیرند. مقایسه ی میانگین TDS چشمه ها نشان می دهد که میزان TDS چشمه ی شماره ی (۱) از چشمه های (۲ و ۳) به ترتیب به میزان ۱۳/۶ درصد و ۴۰/۴۵ درصد بیش تر است. این اختلاف در چشمه‌ها می‌تواند تابع مسیر حرکت آب و ساختار لایه های زمین باشد. پس احتمال می رود آب چشمه ی شماره ی (۱) مسیر متفاوتی نسبت به دو چشمه ی دیگر در اعماق زمین طی کرده تا به سطح برسد و به همین دلیل مواد بیش تری در آن حل شده است.

با توجه به شکل های (۲ و ۳) همواره غلظت کاتیون سرب و کادمیم در چشمه ی شماره ی (۱) از دو چشمه ی دیگر بیش تر است. بررسی های انجام شده از طریق آزمون واریانس یک طرفه نرم افزار SPSS نشان داد که اختلاف معنی دار آماری بین میانگین غلظت کاتیون سرب و هم چنین بین میانگین غلظت کاتیون کادمیم در نمونه های هر چشمه وجود نداشت ( $P > 0.05$ ). هرچند که با توجه به مقادیر بسیار کم غلظت کاتیون های سرب و کادمیم در نمونه ها و محدودیت در دقت اندازه گیری، تغییرات غلظت رابطه ای با ساختارهای زمین نمی تواند داشته باشد زیرا امکان ندارد ساختار لایه های زمین از خرداد تا تیرماه تغییر یافته باشند.

به کمک آزمون Tukey نیز ثابت شد که اختلاف معنی دار آماری بین میانگین غلظت کاتیون های سرب و هم چنین بین میانگین کاتیون های کادمیم بین چشمه ی (۱ و ۲)، چشمه ی (۱ و ۳) و چشمه ی (۲ و ۳) وجود ندارد ( $P > 0.05$ ).

کاتیون های سرب و کادمیم عمدتاً در پوسته ی کره زمین در کنار یون سولفید به صورت سولفید سرب و سولفید کادمیم وجود دارند (اسماعیلی، ۱۳۸۱)، لذا انتظار می رود که بین غلظت کاتیون سرب و کادمیم در نمونه ها ارتباط وجود داشته باشد. در نمودار های پراکندگی، ضریب همبستگی پیرسون ( $r$ ) یک شاخص عددی است که شدت و جهت رابطه ی خطی بین دو متغیر را نشان می دهد، هر چه تراکم نقاط بیش تر باشد، ضریب همبستگی بالاتر است. از طریق یافتن ضریب همبستگی پیرسون ( $r$ ) می توان وجود این همبستگی را بررسی کرد (نزدیک بودن  $r$  به عدد ۱ نشانی از وجود همبستگی است) (یعقوبی، ۱۳۸۹؛ واس، ۱۳۷۶).

شکل شماره ی (۴) نمودار پراکندگی غلظت کاتیون سرب و کادمیم را در هر نمونه نسبت به هم نشان می دهد با توجه به قدر مطلق ضریب پیرسون در این نمودار که برابر ۰/۷۱۷ است، می توان نتیجه گرفت که پراکندگی داده ها (غلظت کاتیون ها) به خط نزدیک است. مقدار  $r^2$  درصدی از داده ها را که از یک مدل خطی پیروی می کنند مشخص می کند (واس، ۱۳۷۶). و از آن جا که مقدار  $r^2$  برابر ۰/۵۱۴ است، تنها ۵۱/۴ درصد از داده ها از مدل خطی پیروی می کنند. بنابراین بین غلظت کاتیون سرب با غلظت کاتیون کادمیم در هر نمونه از چشمه های آبگرم مورد مطالعه، همبستگی و ارتباط وجود دارد.

طبق روش رگرسیون دو متغیره ساده نیز می توان یک رابطه ی ریاضی بین همبستگی غلظت کاتیون سرب و کادمیم در نظر گرفت (ری بد، ۱۳۸۸؛ واس، ۱۳۷۶). در رگرسیون دو متغیره ساده به کمک یک معادله ی خطی به صورت  $y = b_0 + b_1(x)$  می توان با داشتن غلظت کاتیون سرب در یک نمونه از آب آبگرم لایوچ، مقدار غلظت کاتیون کادمیم را برآورد کرد.  $b_0$  در این معادله ثابت رگرسیون و  $b_1$  شیب معادله است که توسط نرم افزار SPSS تعیین می شود. اگر  $X$  غلظت کاتیون سرب و  $Y$  غلظت کاتیون کادمیم در نظر گرفته شود با توجه به مقدار به دست آمده برای  $b_0$  (۰/۰۴۸ -) و  $b_1$  (۱/۳۹۶) از طریق نرم افزار SPSS رابطه ی خطی  $y = 1/396(x) - 0/048$  به دست می آید که به کمک آن می توان غلظت کاتیون کادمیم ( $Y$ ) را با توجه به غلظت کاتیون

سرب (X) اندازه گرفت و از آن جا که مقدار  $r^2$  مشخص شده از نرم افزار SPSS برابر ۰/۵۱۴ است، تنها ۵۱/۴ درصد از داده ها از این مدل پیروی می کنند. وزن تاثیرگذاری غلظت کاتیون سرب بر نتیجه (برآورد غلظت کاتیون کادمیم) به کمک ضریب Beta به دست آمده از نرم افزار SPSS مشخص می شود که برابر ۷۱/۷ درصد است. در این رابطه ی خطی مقدار b. معنی دار نیست، چون مقدار p-value برای b. از ۰/۰۵ بیش تر به دست آمده است که نشان می دهد با تکرار سنجش ممکن است تغییر کند این تغییر می تواند به پراکندگی داده ها و تاثیر گذاری پارامترهای دیگر در معادله مرتبط باشد ولی b<sub>۱</sub> معنی دار است، چون مقدار p-value برای b<sub>۱</sub> از ۰/۰۵ کم تر است. لذا با تکرار سنجش تغییر نمی کند. قابل ذکر است که در دستیابی به این معادله اگر داده ای تا ۳ برابر انحراف استاندارد معیار باشد به عنوان نقطه ی پرت در نظر گرفته شده است (Webb, ۲۰۰۲).

در بررسی وجود یا عدم وجود ارتباط و همبستگی بین غلظت کاتیون سرب هر نمونه و دمای آب هر چشمه ی آبگرم (شکل ۵ - ب) و هم چنین بین غلظت کاتیون کادمیم هر نمونه و دمای آب هر چشمه ی آبگرم (شکل ۵ - آ) به کمک نرم افزار SPSS مشخص شد که قدر مطلق ضریب پیرسون در مورد کاتیون سرب ۰/۲۳۴ (P = ۰/۵۴۴) و در مورد کاتیون کادمیم ۰/۲۲۲ (P = ۰/۵۶۶) بوده و از عدد یک دور و به عدد صفر نزدیک است. لذا می توان نتیجه گرفت که این ارتباط و همبستگی وجود ندارد. مقدار P نیز بیش تر از ۰/۰۵ بوده و این نتیجه گیری را تایید می کند.

حد مجاز کاتیون سرب برای انسان در آب های زیر زمینی که از طرف سازمان حفاظت محیط زیست اعلام شده برابر ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر است. (خلخالی و همکاران، ۱۳۸۴) و میانگین غلظت کاتیون سرب در چشمه های (۱، ۲ و ۳) به ترتیب برابر ۱/۱۸ میلی گرم در لیتر، ۰/۵۸ میلی گرم در لیتر و ۰/۴۰ میلی گرم در لیتر است که همگی از حد مجاز اعلام شده بیش تر هستند به طوری که این غلظت ها در چشمه شماره ی (۱، ۲ و ۳) به ترتیب ۸، ۱۲ و ۲۴ برابر از حد مجاز بالاتر بوده و این نشان دهنده ی آلودگی کاتیون سرب در سه چشمه مورد مطالعه است.

حد مجاز کاتیون کادمیم نیز برای انسان در آب های زیر زمینی که از طرف سازمان حفاظت محیط زیست اعلام شده برابر ۰/۰۱ میلی گرم در لیتر است. (خلخالی و همکاران، ۱۳۸۴) و میانگین غلظت کاتیون کادمیم در چشمه های (۱، ۲ و ۳) به ترتیب ۲/۳۹ میلی گرم در لیتر، ۰/۴۵ میلی گرم در لیتر و ۰/۰۵۲ میلی گرم در لیتر است که همگی از حد مجاز اعلام شده بیش تر هستند به طوری که این غلظت ها در چشمه شماره ی (۱، ۲ و ۳) به ترتیب ۲۳۹، ۴۵ و ۵ برابر از حد مجاز بالاتر بوده و این نشان دهنده ی آلودگی کاتیون کادمیم در سه چشمه مورد مطالعه است.

با توجه به نتایج این پژوهش توصیه می شود گردشگرانی که از آبگرم های لایوچ برای استحمام استفاده می کنند این آب را در دهان خود نبرده و ناخواسته آن را ننوشند. هم چنین پیشنهاد می شود که این پژوهش بر روی دو چشمه ی دیگر موجود در این منطقه انجام شود و آلودگی کاتیون های سنگین دیگر مانند جیوه، کروم، نیکل و ... نیز مورد مطالعه قرار گیرد.



## منابع

- اسماعیلی ساری، ع. ۱۳۸۱. آلاینده‌ها بهداشت و استاندارد در محیط زیست. انتشارات نقش مهر. تهران، ایران.
- جنیدی، م. ۱۳۴۸. چشمه‌های معدنی ایران. انتشارات دانشگاه تبریز. تبریز، ایران.
- لخالی، م.، ارشدی، ن.، عابدینی، م. و سیدی اصفهانی، ع. ۱۳۸۴. شیمی سال اول دبیرستان. شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی. تهران، ایران.
- دبیری، م. ۱۳۸۷. آلودگی محیط زیست. نشر اتحاد. تهران، ایران.
- روح الهی، ا.، جلیلی، س.، سمعی، د. و ارشدی، ن. ۱۳۸۸. شیمی ۳ و آزمایشگاه. شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی. تهران، ایران.
- ری بد، آ. ۱۳۸۸. آموزش گام به گام SPSS ۱۷. انتشارات طاهریان. تهران، ایران.
- زنده دل، ح. ۱۳۸۴. راهنمای آبدرمانی و چشمه‌های معدنی ایران. ایرانگردان. تهران، ایران.
- شاه بیگ، ا. ۱۳۷۲. آبهای گرم و معدنی ایران. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور. تهران، ایران.
- کیانی، ک. ۱۳۸۷. خاصیت و محل شناسایی آب‌های شفاف‌بخش معدنی کشور. زر قلم. تهران، ایران.
- مور تیمر، چ. ۱۳۷۲. شیمی عمومی. ترجمه: خواجه، ا.، مستشاری، ع. و نفیسی، ج. مرکز نشر دانشگاهی. تهران، ایران.
- واس، د. ۱۳۷۶. پیمایش در تحقیقات اجتماعی. ترجمه: نایبی، ه. انتشارات غزال. تهران، ایران.
- یعقوبی، ح. ۱۳۸۹. آموزش شماتیک آنالیز داده‌ها با SPSS. انتشارات پندارپارس. تهران، ایران.
- Webb, A.R. ۲۰۰۲. Statistical pattern recognition. John Wiley & Sons Ltd. UK.

