یادداشت فنی

بررسی میزان آرسنیک موجود در منابع آبی روستاهای شهرریوش و مقایسه با استانداردهای موجود با استفاده از GIS

حسین علیدادی[1]، اعظم رمضانی[2]، بتول محب‌راد[3]، علی‌اکبر دهقان[3]، حبیب‌اله اسماعیلی[4]، شهربانو رافع[5]، مریم دولت‌آبادی[5]، مریم پایدار[6]

۱- دانشیار و عضو مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، ایران
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، عضو کمیته تحقیقات دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، ایران
(نویسنده مسئول) ۵۵۲۴۳۰۵۲ (۰۵۱) Ramezania912@mums.ac.ir
۳- دانشجوی دکترای بهداشت محیط، مدرس دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، ایران
۴- دانشیار آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، ایران
۵- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، عضو کمیته تحقیقات دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، ایران
۶- کارشناسی مهندسی بهداشت محیط، مدرس دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، ایران

(دریافت ۹۳/۵/۲ پذیرش ۹٤/۳/۲٤)

چکیده

آرسنیک یکی از خطرناک‌ترین عناصر موجود در آب آشامیدنی است. مصرف آب آلوده به آرسنیک باعث بروز انواع بیماری‌های مختلف از جمله سرطان‌ها می‌شود. این مطالعه به‌منظور بررسی غلظت آرسنیک در منابع آب روستایی شهر ریوش کاشمر انجام گرفت. در این مطالعه توصیفی–تحلیلی مقطعی، ٦۰ نمونه از ۱۰ منبع آب شرب زیرزمینی شهر ریوش در طی ماه‌های اردیبهشت تا مرداد ۱۳۹۲ جمع‌آوری شد. نمونه‌برداری و محافظت نمونه‌ها مطابق با استاندارد متد انجام گرفت و توسط دستگاه جذب اتمی به روش VGA اندازه‌گیری شد. به‌منظور سنجش وجود ارتباط بین غلظت آرسنیک در آب و عواملی همچون pH، کلر باقیمانده، EC، TDS، شوری و دما این عوامل نیز اندازه‌گیری شد و میزان آرسنیک با استانداردهای ملی و بین المللی مقایسه شد. میانگین غلظت آرسنیک در ایستگاه‌های A،B،C،D،E،F،G،H،I،J به‌ترتیب ۱/۰۳±۱/۱،۰۷/۵۳، ۱/۳۰±۳/۸۳، ۱۰/۵۵±۵/۰۱، ۱۱/۲۱±۳/٦۸، ۱۰/۵۷±۰/۷۳، ۲/۳٤±۰/۵۸، ۳/۲۲±۳/۵۷، ۹/۸۹±۵/۰۷، ۱۰/٤۸±۰/۵۳، ۲/۲۳±۰/۵۳ میکروگرم در لیتر بود. غلظت آرسنیک در پنج ایستگاه بیشتر از رهنمودهای WHO بود ولی در سایر ایستگاه‌ها بیش از استاندارد ملی نبود. میزان آرسنیک نسبت به استاندارد ملی دارای تفاوت معنی‌دار (P<۰/۰۰۱)، ولی نسبت به استاندارد بین‌المللی تنها ۵۰ درصد ایستگاه‌ها دارای تفاوت معنی‌دار (P<۰/۰۰۱) بودند. همچنین ارتباط معنی‌داری بین غلظت آرسنیک و TDS, EC، دما، شوری و کلر باقیمانده به‌جز pH وجود نداشت. برنامه‌ریزی برای جایگزینی آب آشامیدنی سالم با منابع موجود در مناطقی که میزان آرسنیک بیش از استاندارد بین‌المللی است و همچنین برای کنترل مداوم منابع آبی ضروری است.

واژه‌های کلیدی: آلودگی آب، آرسنیک، منابع آب شرب، روستاهای شهر ریوش

۱- مقدمه

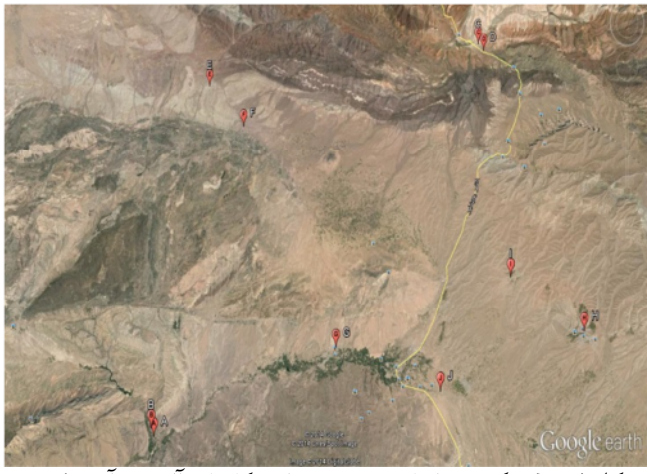
همگام با رشد صنعتی و تولید انواع مختلف ترکیبات شیمیایی، انواع فلزات سنگین و سمی به طبیعت راه یافته که برای محیط اطراف مشکلات و خطرات جدی به همراه دارد [۱]. یکی از مهم‌ترین عناصر سنگین و بسیار سمی که تاکنون باعث پدید آمدن مشکلات بهداشتی فراوانی برای انسان و محیط زیست شده عنصر آرسنیک است[۱]. استاندارد ملی آب شرب در ایران حداکثر مجاز آرسنیک را ۵۰ و سازمان جهانی بهداشت[1] ۱۰ میکروگرم در لیتر را به‌عنوان رهنمود ارائه نموده است [۲]. مطالعات انجام شده ارتباط مستقیم بین وجود آرسنیک درآب و دیابت و بروز سرطان‌های پوست، کلیه و کبد را نشان می‌دهد[۳ و ۴]. کشف آلودگی آب‌های زیرزمینی به آرسنیک در کشورهای مختلف از جمله آرژانتین، چین، بنگلادش، آمریکا، هندوستان و ایران نشان می‌دهد که این مسئله یک مشکل جهانی بوده و تمامی آب‌های آشامیدنی باید از نظر آرسنیک آزمایش شوند [۵]. به‌طور کلی راهیابی آرسنیک به‌منابع آب از طریق فرایندهای طبیعی از جمله فعالیت‌های آتشفشانی، حل شدن کانی‌ها و مواد معدنی و فعالیت‌های صنعتی مانند تخلیه پساب‌های صنعتی، احتراق سوخت‌های فسیلی و سوزاندن زغال سنگ انجام

[1] World Health Organization (WHO)

شده و آلودگی محیط‌زیستی را موجب می‌شود [۶-۱۱]. از مهم‌ترین مناطق گزارش شده می‌توان به قسمت‌هایی از استان‌های آذربایجان شرقی در هشترود، کردستان در قروه و بیجار و خراسان رضوی در کاشمر اشاره کرد [۵]. آلودگی آب منطقه کوهسرخ کاشمر به آرسنیک در مطالعاتی که در سال‌های گذشته توسط محققان صورت گرفته، به اثبات رسیده است [۱۲]. مطالعه بابایی و همکاران آلودگی آب منطقه چلپو به آرسنیک را نشان داده است [۱۳]. همچنین قاسم‌زاده و ارباب زوار آلودگی آنتیموانی و آرسنیک در آب‌های سطحی چلپو در منطقه کوهسرخ کاشمر را مورد بررسی قرار دادند که مقدار این عناصر در منطقه بیشتر از مقدار استاندارد جهانی بود [۱۲]. با توجه به خواص سمی و سرطان‌زایی گونه‌های آرسنیک و به‌منظور شناسایی و پیشگیری از بروز این عوارض، تعیین مقدار آرسنیک منابع آب پیش از اجرای هر گونه برنامه آبرسانی لازم و حیاتی است تا به این وسیله از گسترش بیشتر بیماری‌ها و مرگ و میرهای ناشی از مسمومیت به آرسنیک جلوگیری شود [۳ و ۱۴]. در این مطالعه پژوهشگران میزان آرسنیک موجود در منابع آبی روستاهای شهر ریوش را اندازه‌گیری و با استانداردهای ملی و بین المللی مقایسه نمودند.

۲- مواد و روش‌ها

این پژوهش بر مبنای تعیین میزان غلظت آرسنیک چاه‌ها و چشمه‌های تأمین کننده آب شرب شهر ریوش مرکز بخش کوهسرخ از توابع شهرستان کاشمر در استان خراسان رضوی بود. برای این کار از ۱۰ ایستگاه A، B، C،D، E، F، G، H و J به فواصل مختلف از معدن طلا، به گونه‌ای که پنج ایستگاه به معدن نزدیک‌تر بود، طی ماه‌های اردیبهشت تا مرداد سال ۹۲ و هر ۱۵روز یکبار نمونه‌برداری صورت گرفت و تعداد ۶۰ نمونه در نهایت آنالیز شد [۱]. برای جمع‌آوری نمونه‌ها، از ظروف پلی‌اتیلنی که با اسید نیتریک ۱۰درصد و آب مقطر دوبار تقطیر شسته شده بودند، استفاده شد. به‌منظور سنجش میزان آرسنیک و آنالیز نمونه‌ها از دستگاه اسپکترومتری جذب اتمی مدل AA240FS شرکت واریان مجهز به سیستم تولید هیدرید با استفاده از روش ۳۱۱۴.B کتاب استاندارد متد انجام شد [۱۲ و ۱۳]. به‌منظور برقراری ارتباط معنی‌دار بین غلظت آرسنیک درآب منطقه پارامترهای pH، کلر باقیمانده، هدایت الکتریکی ،TDS ، شوری و دما نیز اندازه‌گیری شد[۱۳]. در تجزیه و تحلیل داده‌ها، از آزمون t و من ویتنی [1] استفاده شد. برای تعیین موقعیت و پراکندگی روستاهای آلوده از نظر جغرافیایی، مختصات نقاط دارای آرسنیک که با استفاده از دستگاهGPS به‌دست آمده بر روی نقشه توپوگرافی در محیط GoogleEarth وارد شد (شکل ۱).



شکل ۱- پراکندگی جغرافیایی و موقعیت ایستگاه‌های آلوده به آرسنیک در منابع آبی شهر ریوش

۳- نتایج و بحث

نتایج به‌دست آمده حاکی از آن است که میانگین غلظت آرسنیک در منابع آبی شهر ریوش بالاتر از حد استاندارد است. میانگین و انحراف معیار غلظت آرسنیک در کلیه چاه‌ها و چشمه‌های آب شرب منابع آبی روستاهای شهر ریوش در جدول ۱ آمده است و با استانداردهای ملی و بین المللی مقایسه شده است. میزان آرسنیک در آب روستاهای شهرریوش نسبت به استاندارد ملی دارای تفاوت معنی دار و نسبت به استاندارد بین‌المللی فقط ایستگاه‌های A، B، F، G، J دارای تفاوت معنی دار بودند ($P<0/001$). در جدول ۲ نیز ارتباط آماری بین غلظت آرسنیک در آب با سایر پارامترهای کیفی سنجیده شده است. بر این اساس ارتباط معنی‌داری بین غلظت آرسنیک در آب منطقه، هدایت الکتریکی، کل جامدات محلول، شوری، دما و کلر باقیمانده یافت نشد ولی بین غلظت آرسنیک و pH اختلاف معنی‌دار بود، به‌طوری که با افزایش pH، میزان آرسنیک نیز افزایش یافت. در جدول ۳ مقدار میانگین، انحراف معیار، حداکثر و حداقل غلظت آرسنیک در منابع نزدیک معدن با سایر منابع آبی مقایسه شد. منابع نزدیک معدن و سایر منابع آبی دارای تفاوت معنی‌دار بودند و منابع آبی نزدیک معدن آلوده‌تر از سایر منابع آبی بودند.

[1] Mann-whitney

جدول ۱- مقدار میانگین و انحراف معیار آرسنیک در منابع آبی شهر ریوش و مقایسه با استانداردهای ملی و بین‌المللی

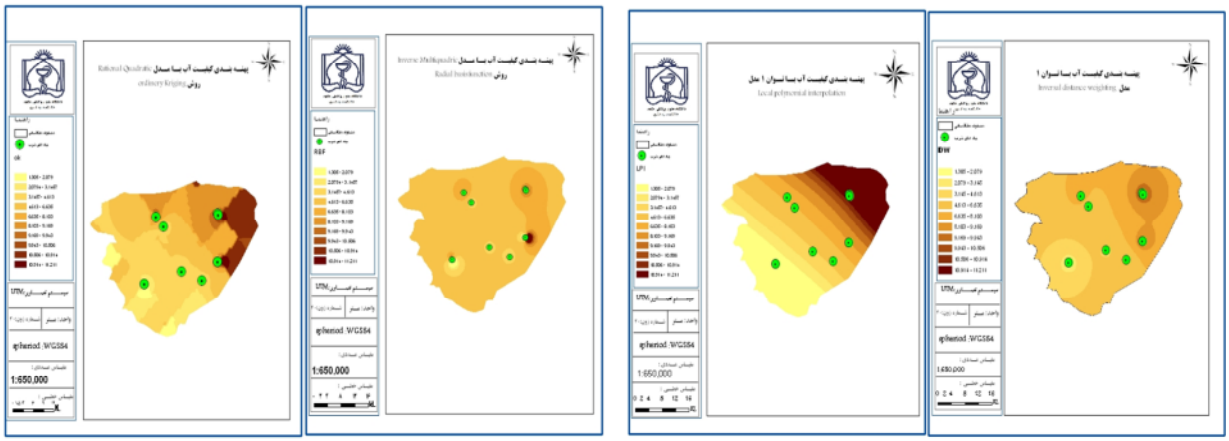
ایستگاه / آرسنیک(µg/L)	میانگین + انحراف استاندارد	مقایسه با استاندارد ملی (۵۰µg/L)	مقایسه با استاندارد بین المللی(۱۰µg/L)
A	۱/۵۳ ± ۱/۰۳	p< ۰/۰۰۱	p< ۰/۰۰۱
B	۱/۳۰ ± ۱/۰۷	p< ۰/۰۰۱	p< ۰/۰۰۱
C	۱۰/۵۵ ± ۳/۸۳	p< ۰/۰۰۱	p = ۰/۷۳
D	۱۱/۲۱ ± ۵/۰۱	p< ۰/۰۰۱	p = ۰/۵۸
E	۱۰/۵۷ ± ۳/۶۸	p< ۰/۰۰۱	p = ۰/۷۱
F	۲/۳۴ ± ۰/۷۳	p< ۰/۰۰۱	p< ۰/۰۰۱
G	۳/۲۲ ± ۰/۵۸	p< ۰/۰۰۱	p< ۰/۰۰۱
H	۹/۸۹ ± ۳/۵۷	p< ۰/۰۰۱	p = ۰/۹۴
I	۱۰/۴۸ ± ۵/۰۷	p< ۰/۰۰۱	p = ۰/۸۲
J	۲/۲۳ ± ۰/۵۳	p< ۰/۰۰۱	p< ۰/۰۰۱
جمع	۶/۳۳ ± ۵/۱۳	p< ۰/۰۰۱	p< ۰/۰۰۱

جدول ۲- نتایج آزمون آماری همبستگی بین غلظت آرسنیک با سایر پارامترهای کیفی

متغیر ثابت(مستقل)	ضریب همبستگی	(میزان معنی‌داری)
هدایت الکتریکی	-۰/۰۴	۰/۷
کل جامدات محلول	-۰/۰۴	۰/۷
کلرباقیمانده	-۰/۰۸	۰/۵
pH	۰/۳۳	۰/۰۰۹
شوری	-۰/۰۴	۰/۷
دما	-۰/۰۸	۰/۵

جدول۳- مقایسه میانگین، انحراف معیار، حداکثر و حداقل غلظت آرسنیک در منابع نزدیک معدن با سایر منابع آبی

منابع	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار
منابع نزدیک معدن	۵/۷۷	۲۰/۶	۱۰/۵۴	۴
سایر منابع آبی	۰/۳۶	۳/۹۵	۲/۱۲	۱
کل	۰/۳۶	۲۰/۶	۶/۳۳	۵/۱۳
نتیجه آزمون t	t = ۱۱/۱۴, p< ۰/۰۰۱			



شکل ۲- نقشه پهنه‌بندی مقدار آرسنیک چاه‌های آب شرب ریوش به روش‌های مختلف زمین آمار

با توجه به نقشه پهنه‌بندی در شکل ۲، قسمت‌هایی که به رنگ روشن (جنوب غربی منطقه) هستند، کمترین میزان آلودگی آرسنیک و قسمت‌هایی که به رنگ تیره (شمال شرقی منطقه) مشخص شده‌اند، بیشترین میزان آلودگی به آرسنیک را داشته‌اند که احتمالاً به‌دلیل نزدیک بودن به معدن می‌باشد.

گام اول در ارزیابی گستردگی و شدت آلودگی آرسنیک در مناطق مشکوک به آلودگی، تعیین غلظت آرسنیک در منابع آب منطقه است. بر اساس نتایج پژوهش حاضر در آب شرب ده ایستگاه آرسنیک مشاهده شد که پنج ایستگاه غلظت آرسنیک بالاتر از استاندارد جهانی بهداشت داشتند و بالاترین غلظت مربوط به ایستگاه D با غلظت بالای ۲۰ میکروگرم در لیتر و نزدیک به ۲۰/۶ میکروگرم در لیتر بود که حدود دو برابر استاندارد بین المللی است. در پنج ایستگاه دیگر جمعیت قابل ملاحظه‌ای در معرض مواجهه با غلظت‌های پایین بودند که نظارت بر آب این ایستگاه‌ها همانند غلظت‌های بالا باید مدنظر قرار گیرد. ۵۱۴۲ نفر از جمعیت روستایی شهر ریوش در معرض غلظت‌های بالاتر از استاندارد بین‌المللی هستند و ۵۲۱۳ نفر از جمعیت در معرض مواجهه با غلظت‌های پایین‌تر می‌باشند. در مجموع ۱۰۳۵۵ نفر از جمعیت برابر با ۵۷/۷۳ درصد از جمعیت روستاهای شهر ریوش در معرض مواجهه با غلظت‌های مختلف آرسنیک از طریق آب شرب قرار دارند.

آنالیز تحقیق حاضر در فصل بهار و اوایل فصل تابستان صورت گرفت. این درحالی است که احتمال نوسانات غلظت آرسنیک در فصول مختلف سال امکان دارد و در اثر بارش برف و باران، غلظت‌های آرسنیک می‌تواند در طول زمان و حتی در فواصل کم و بسته به محل، تغییرات زیادی را نشان دهد. در تحقیقی در کشور بنگلادش بر روی ۶۰۰۰ چاه نشان داده شده است که غلظت‌های آرسنیک شدیداً در طول زمان و حتی در فواصل کم تغییر می‌کند و مشخص شد که چاه‌های موجود در یک روستا می‌توانند به‌طور گسترده‌ای دارای غلظت‌های متفاوتی از آرسنیک باشند[۱۳]. بالاترین غلظت‌های آرسنیک در پنج ایستگاه مشاهده شد که علت این امر نزدیکی بیشتر به لایه‌های آرسنیک‌دار است. احتمال می‌رود منشاء این آلودگی هوازدگی و تغییرات حاصل در کانی‌های سولفیدی حاوی آرسنیک رالگار و اورپیمنت در منطقه باشد که موجب انتشار آلودگی به آبهای سطحی و زیرزمینی ناحیه شده است [۱۳].

شوکلا و همکاران[1] در سال ۲۰۱۰، منابع آرسنیک و کنترل آلودگی آن در آب‌های زیرزمینی منطقه راجاینگون و کانکر[2] در غرب مرکز هند را مورد مطالعه قرار دادند. در بسیاری از چاه‌های این منطقه غلظت آرسنیک بالاتر از استاندارد WHO شد. بالاترین غلظت آرسنیک یافت شده در یک چاه بیش از ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر بود [۶]. همچنین آگوسا و همکاران[3] در سال ۲۰۰۶ آرسنیک و سایر عناصر کمیاب را در چاه‌های آب هانویی[4] بررسی کردند که میزان آرسنیک بین ۰/۱ تا ۳۳۰ میکروگرم در لیتر بود به‌طوری که ۴۰ درصد نمونه‌ها بیش از حد مجاز استاندارد WHO بودند[۱۵].

مقایسه نتایج این بررسی با نتایج سایر بررسی‌ها نشان می‌دهد که غلظت آرسنیک در اغلب منابع آبی روستایی شهر ریوش بالاتر از حد استاندارد بوده است. همچنین در بعضی مواقع غلظت این فلز حتی در آب اغلب چاه‌ها مانند مطالعه صورت گرفته توسط شوکلا،

[1] Shukla et al.
[2] Rajandgaon and Kaner
[3] Agusa et al.
[4] Hanoi

آگوسا و مطالعه انجام شده توسط ارباب زوار بیشتر از حد استاندارد جهانی بود.

۴- نتیجه‌گیری

بر اساس تحقیق حاضر در روستاهای شهر ریوش به‌دلیل شرایط خاص زمین شناسی، برخی از منابع آب شرب به‌صورت طبیعی به آرسنیک آلوده شده‌اند.

لازم است در روستاهای شناسایی شده در تحقیق حاضر از طرف سازمان‌های مسئول از جمله شبکه بهداشت و درمان و شرکت آب و فاضلاب روستایی توجه بیشتری به موضوع صورت گیرد.

۵- قدردانی

این مقاله حاصل طرح تحقیقاتی با عنوان "بررسی میزان آرسنیک موجود در منابع آبی روستاهای شهرریوش و مقایسه با استانداردهای موجود" مصوب دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی مشهد در سال ۱۳۹۲ با کد ۹۱۱۱۲۲ است که با حمایت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی مشهد اجرا شده که از همکاری صمیمانه آن دانشگاه و دانشکده بهداشت قدردانی می‌شود.

۶- مراجع

1. Karbassi, M., Karbassi, E., Saremi, A., and Kharrazi, H.G. (2010). "Study of heavy metal concentration in drinking water sources, city Alashtar." *Journal of Lorestan University of Medical Sciences, Magazine Yafteh*, 12(1), 65-70. (In Persian)
2. Hosseinpour Feizi, M.A., Mosaferi, M., Dastgiri, S., and Kusha, A. (2009). "Study of arsenic presence in drinking water: a case study in East Azerbaijan province." *12th National Conference on Environmental Health*, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Department of Health, (Tehran), pp. 40-51.
3. GEOLOGY (2009). "The effects of arsenic on human health." <http://www.zanjangeo.blogfa.com/post.54.aspx> (Apr. 2009)
4. Babai, Y., Ghasem Zadeh, F., Arbab Zavvar, M.H., and Alavi Moghaddam, M.R. (2007). "Experimental study of arsenic removal from contaminated water by macroscopic algae Kara." *Environmental Science and Technology*, 9(2), 11-18.
5. Ebrahimpoor, S., Mohammadzadeh, H., and Nasseri, N. (2010). "Arsenic contamination of ground waters and its effects on human health." *Proceedings of the First National Conference of Applied Research on Water Resources of Iran*, Kermanshah Regional Water Co., Kermanshah, 269-282.
6. Shukla, D.P., Dubey, C.S., Singh, N.P., Tajbakhsh, M., and Chaudhry, M. (2010). "Sources and controls of Arsenic contamination in groundwater of Rajnandgaon and Kanker District, Chattisgarh Central India." *Journal of Hydrology*, 395, 49-66.
7. Salameh, Y., Al-Lagtah, N., Ahmad, M.N.M., Allen, S.J., and Walker, G.M. (2010). "Kinetic and thermodynamic investigations on arsenic adsorption onto dolomitic sorbents." *Chemical Engineering Journal*, 160(2), 440-446.
8. Lim, J-W., Chang, Y-Y., Yang, J-K., and Lee, S-M. (2009). "Adsorption of arsenic on the reused sanding wastes calcined at different temperatures." *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 345(1-3), 65-70.
9. Vasireddy, D. (2006). "Arsenic adsorption onto iron-chitosan composite from drinking water." MSc Thesis, University of Missouri, Columbia.
10. Karimi, N. (2012). "Study of contamination water, soil and plants to Arsenic in the Ghorveh area and identification of appropriate native plants for remediation of arsenic contaminated soils." *Agriculture and Natural Resources*, <http://daneshbonyan.insf.org>(Oct.2012)
11. Mozafarian, K., Madaeni, S.S., and Khoshnodie, M. (2006). "Evaluating the performance of reverse osmosis in arsenic removal from water." *J. Water and Wastewater*, Vol. 17 No. 4(60), 22-28.
12. Ghasemzadeh, F., and Arbabzavvar, M.H. (2006). "Antimony and arsenic contamination in surface waters of Chalpo in the region Kouhsorkh Kashmar (Khorasan) and purification strategies." *Journal of Tehran University*, 32(4), 347-354. (In Persian)
13. Babaei, Y., Alavi Moghaddam M.R., Ghasem Zadeh, F., and Arbab Zavvar, M.H. (2008). "Study of arsenic contamination of surface waters in the area of Kashmar Koohsorkh." *Environmental Science and Technology*, 10(3), 29- 35.
14. Mesdaghinia, A.R., Mosaferi, M., Yunesian, M., Nasseri, S., and Mahvi, A.H. (2005). "Measurement of arsenic concentration in drinking water of a polluted area using a field and SDDC methods accompanied by assessment of precision and accuracy of each method." *Journal of Hakim*, 8(1), 43-51.
15. Agusa, T., Kunito, T., Fujihara, J., Kubota, R., Minh, T.B., Trang, P.T.K., Iwata, H., Subramanian, A., Viet, P.H., and Tanabe, S. (2006). "Contamination by arsenic and other trace elements in tube-well water and its risk assessment to humans in Hanoi, Vietnam." Environmental Pollution, 139(1), 95-106.