

## *Temporal and Spatial Variation of Fluoride, Nitrate and Nitrite Concentrations in Drinking Water in Ilam Using Geographic Information System*

Zabihollah Yousefi<sup>1</sup>,  
Reza Ali Mohammadpour Tahmtan<sup>2</sup>,  
Farzad Kazemi<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Professor, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Public Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

<sup>2</sup> Associate Professor, Department of Biostatistics, Faculty of Public Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

<sup>3</sup> MSc Student in Environmental Health Engineering, Student Research Committee, Faculty of Public Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

(Received August 31, 2015 ; Accepted March 5, 2016)

### **Abstract**

**Background and purpose:** Nitrate and Nitrite are the pollutants of groundwater resources which are mainly associated with agricultural and wastewater disposal areas. Fluoride is beneficial to human health in proper doses. The aim of this study was to determine the spatial and temporal variations of nitrate, nitrite and fluoride in drinking water resources in Ilam, Iran, using Geographic Information System (GIS).

**Materials and methods:** This cross-sectional study was carried out in 20 drinking water sources in Ilam. The results of a 5-year archived analysis obtained from Water and Sewage Co was analyzed in GIS version 9.3 and SPSS version 16 applying one way ANOVA. Sampling was done according to the Standard method book.

**Results:** The best methods of interpolation for fluoride, nitrate and nitrite (considering the normal distribution of data) was ordinary Kriging and the Gaussian, exponential and spherical, respectively. Based on the maps, the highest values of all parameters in most cases were found in central and eastern regions. The results of one way ANOVA showed a significant difference in average concentration of fluoride between different seasons ( $P= 0.025$ ). Also, there were significant differences in mean verification parameters measured in different seasons and different years (compared to all seasons) ( $P<0.001$ ). The average level of nitrate in all sources were significantly lower than the international standard level of 50 milligrams per liter ( $P<0.001$ ).

**Conclusion:** The results showed that in most regions the fluoride concentrations were lower than standard levels. According to the important role of fluoride on human health, authorities in Iran's Ministry of Health should conduct programs for fluorination of water resources in low level area. To decrease the increasing rate of nitrate, some useful actions such as protecting the wells, construction of wastewater treatment plants, controlling the use of nitrogen fertilizers and continuous monitoring of water quality could be of great benefit.

**Keywords:** fluoride, GIS, temporal, spatial, variation, nitrate, nitrite

J Mazandaran Univ Med Sci 2016; 26(134): 69-80 (Persian).

# تغییرات زمانی و مکانی غلظت فلوراید، نیترات و نیتريت منابع آب آشامیدنی شهر ایلام با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)

ذبیح‌اله یوسفی<sup>۱</sup>

رضا علی محمد پور تهمتن<sup>۲</sup>

فرزاد کاظمی<sup>۳</sup>

## چکیده

**سابقه و هدف:** نیتريت و نیترات از آلوده‌کننده‌های منابع آب زیرزمینی است که عمدتاً در ارتباط با مناطق کشاورزی و محدوده‌های دفع فاضلاب می‌باشد و فلوراید در مقادیر مناسب برای سلامت انسان مفید می‌باشد. هدف از این بررسی تعیین تغییرات مکانی و زمانی نیترات، نیتريت و فلوراید منابع آب آشامیدنی شهر ایلام با استفاده از سیستم GIS می‌باشد.

**مواد و روش‌ها:** این مطالعه توصیفی مقطعی بود که بر روی ۲۰ منبع آب شرب شهر ایلام صورت گرفت و نتایج آنالیز ۵ ساله آرشو شده توسط شرکت آب و فاضلاب با نرم‌افزار GIS نسخه ۹/۳ و SPSS نسخه ۱۶ و آزمون آنالیز واریانس یک طرفه آنالیز و تحلیل شد. نمونه‌برداری و اندازه‌گیری نیز توسط محقق، طبق کتاب روش‌های استاندارد انجام شد.

**یافته‌ها:** بهترین روش درون‌یابی به ترتیب برای فلوراید، نیترات و نیتريت با توجه به نرمال بودن توزیع داده‌ها، کریجینگ معمولی و مدل گوس، نمایی و کروی بود. بیش‌ترین مقادیر همه پارامترها بر اساس نقشه‌ها در اکثر موارد مربوط به نقاط شرقی و مرکزی می‌باشد. آزمون آنالیز واریانس یک طرفه نشان داد که بین میانگین مقدار فلوراید در فصل‌های مختلف سال تفاوت معناداری وجود دارد ( $p=0/025$ )، هم‌چنین میانگین نتایج راستی آزمایشی پارامترها با فصول مختلف اندازه‌گیری شده در سال‌های مختلف در مقایسه با تمام فصول، تفاوت معناداری دارد ( $p<0/001$ ). میانگین نیترات در همه منابع به‌طور معنی‌داری کم‌تر از استاندارد جهانی یعنی ۵۰ میلی‌گرم در لیتر ( $p<0/001$ ) می‌باشد.

**استنتاج:** نتایج نشان داد که غلظت فلوراید در اکثر نقاط پایین‌تر از حد استاندارد می‌باشد که با توجه به اهمیت فلوراید در سلامت انسان، فلورورزنی منابع آب در مناطق با فلوراید پایین می‌تواند یکی از گزینه‌های برنامه‌های سلامت وزارت بهداشت مطرح شود. هم‌چنین با توجه به روند افزایشی نیترات جهت جلوگیری از این روند، حریم‌گذاری چاه‌ها، اجرای طرح تصفیه‌خانه فاضلاب و کنترل مصرف کودهای ازته و پایش مستمر کیفیت آب‌ها باید انجام گیرد.

**واژه‌های کلیدی:** فلورور، GIS، تغییرات زمانی و مکانی، نیترات، نیتريت

## مقدمه

کیفیت مطلوب فیزیکی و شیمیایی و میکروبیولوژی  
مصرف‌کننده و نگهداری از سیستم شبکه آب ضروری  
آب از نظر مقبولیت برای مصرف‌کننده، حفظ سلامتی  
است. در برخی از مناطق، کنترل غلظت برخی آلاینده‌ها

**مؤلف مسئول:** فرزاد کاظمی - ساری: کیلومتر ۱۷ جاده فرح آباد، مجتمع دانشگاهی پیامبر اعظم، دانشکده بهداشت  
E-mail: farzadkazemi1368@yahoo.com

۱. استاد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

۲. دانشیار، گروه آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

۳. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۶/۹ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات: ۱۳۹۴/۸/۲۴ تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۱۲/۱۵

آب‌ها خصوصاً آب‌های شرب مصرف‌کنندگان از ضرورت‌های مهم برنامه‌های کنترل کیفی منابع آبی محسوب می‌شوند. یکی از راه‌های مناسب برای جلوگیری از آلودگی آب‌های زیرزمینی، بررسی تغییرات مکانی کیفیت آب‌های زیرزمینی و مدیریت بهره‌برداری از منابع آب و کاربری اراضی است (۱۸). سامانه اطلاعات جغرافیایی یا GIS به عنوان یک فن یا ابزار تلقی می‌گردد که می‌توان از آن در شناسایی داده‌ها (نقشه‌های موضوعی)، تجزیه و تحلیل و تفسیر و جمع‌بندی داده‌ها، ارزیابی توان اکولوژیکی و نیاز اقتصادی اجتماعی برای استفاده انسان از سرزمین، تغییرات محیط زیست، شناخت تخریب‌ها، ضایعات و آلودگی‌ها، و از همه مهم‌تر در برنامه‌ریزی منطقه‌ای یا به عبارت دیگر برنامه‌ریزی محیط زیست بهره‌جست. در واقع GIS پلی بین پایگاه داده‌ها، منابع و مدیریت است (۱۹). بر خلاف روش‌های آمار کلاسیک که فقط مقدار متغیر در نقاط مختلف را در نظر می‌گیرند، روش‌های زمین آمار موقعیت نقاط را نیز مدنظر قرار داده و با درون‌یابی بهینه مقدار متغیر در نقاط فاقد داده، امکان برآورد مقدار متغیر مورد نظر را در سطحی پیوسته فراهم می‌آورند (۲۰). هدف از این بررسی تعیین تغییرات مکانی و زمانی نیترات، نیتريت و فلوراید منابع آب آشامیدنی شهر ایلام با استفاده از سیستم GIS می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

در این تحقیق که یک مطالعه توصیفی مقطعی است، جهت شناسایی منطقه مورد مطالعه از نقشه‌های سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان استفاده شد و چاه‌های نمونه‌برداری با توجه به طول و عرض جغرافیایی بر روی نقشه مشخص گردید. نتایج حاصل از آزمایشات پارامترهای شیمیایی سال‌های ۹۲-۸۸ که به طور فصلی یک بار برای هر پارامتر توسط اداره آب و فاضلاب انجام شده است، را وارد نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی کرده و به صورت بانک اطلاعاتی ذخیره شد.

جهت تامین سلامتی مردم لازم است. هدف اصلی بررسی کیفی آب آشامیدنی، حفظ بهداشت عمومی و سلامت مصرف‌کنندگان است. آب به اندازه کافی و با کیفیت مطلوب برای ادامه حیات بشری ضروری است (۱). معمولاً جهت تعیین مناسب بودن کیفیت آب زیرزمینی برای مصارف مختلف، پس از نمونه‌گیری آزمایش‌های فیزیکوشیمیایی و میکروبی بر روی نمونه‌ها انجام می‌شود و با مقایسه نتایج با مقادیر استاندارد، کیفیت آب جهت نوع مصرف مشخص می‌گردد (۲). سازمان بهداشت جهانی، مقدار ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر را برای فلوراید موجود در آب آشامیدنی پیشنهاد داده است (۳-۱۱). در غلظت‌های بالاتر از این سطح، سمی بوده و منجر به اختلالات گوارشی، فلونورزیس (۳، ۱۲، ۱۳) آسیب به غدد درون ریز، تیروئید، کبد و کاهش رشد و هوش می‌شود (۱۵-۱۳). فلوراید از عوامل بسیار مهم در کنترل و پیشگیری از پوسیدگی دندان، هم در کودکان و هم در نوجوانان، می‌باشد. حضور کافی این یون در آب آشامیدنی و رژیم غذایی انسان می‌تواند در استحکام دندان‌ها و جلوگیری از پوسیدگی آن‌ها نقش موثری داشته باشد. با مصرف آب دارای فلوراید، حدود ۵۰ درصد از طریق اخذ سطحی (اثر موضعی) وارد ساختمان دندان می‌شود، باقیمانده نیز وارد معده شده و سریعاً وارد خون و جذب دندان می‌شود. چنان‌چه فلوراید در سنین کودکی به مقدار کافی دریافت و وارد دندان شود، حتی در سال‌های بعد، از پوسیدگی دندان محافظت خواهد کرد (۱۶، ۱۷). نیتريت و نیترات نیز از عوامل آلاینده‌های منابع آب شرب (سطحی و زیرزمینی) محسوب می‌شود که به دلیل ایجاد بیماری متهموگلوبینمیا در کودکان و نیز ایجاد نیتروزآمین سرطان‌زا در بزرگسالان از اهمیت زیادی برخوردار است که عموماً از طریق فاضلاب‌ها و کودهای ازته و مواد شیمیایی ازت دار مثل اوره و پروتئین و ... وارد آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌شود. لذا همیشه ردیابی این آلاینده‌ها در منابع آب شرب از اهمیت والایی برخوردار است و نیاز به پایش مستمر

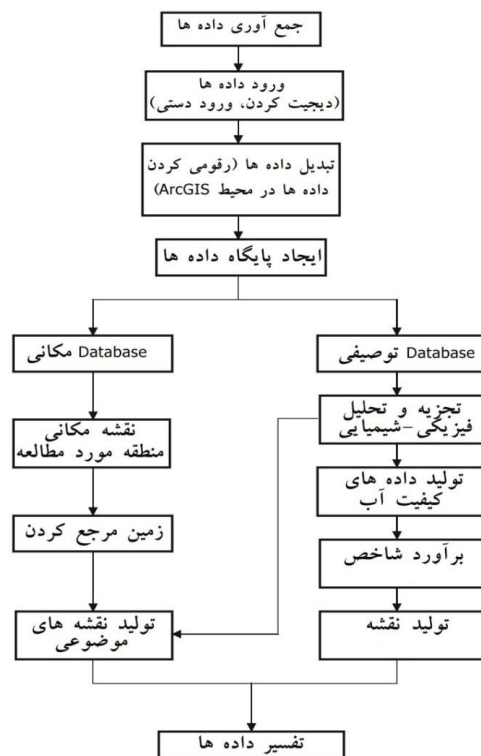
داده‌ها با تست آماری ANOVA انجام شد. ورود داده‌ها در Database نرم‌افزارهای سیستم اطلاعات جغرافیایی (ArcGIS®9.3) انجام شد. پس از ورود داده‌ها و آماده‌سازی لایه‌های اطلاعاتی، نقشه پارامترها در اکستنشن Geostatistic. دسته بندی، تجزیه و تحلیل و پردازش داده‌ها به منظور تهیه الگوهای مناسب جهت مدل مکانی سازی در اکستنشن Geostatistic در محیط نرم‌افزار ArcGIS®9.3 انجام شد.

## یافته‌ها

تصویر شماره ۱ تغییرات مکانی فلوراید منابع آب شرب شهر ایلام در فصول مختلف سال ۱۳۸۸ را نشان می‌دهد. بهترین روش درون‌یابی برای فلوراید با توجه به نرمال بودن توزیع داده‌ها، کریجینگ معمولی و مدل گوس بود. مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) برای فصول بهار، تابستان، پاییز و زمستان به ترتیب ۰/۹۵، ۱/۰۵، ۱/۳۵ و ۰/۹۶ می‌باشد. بیش‌ترین میانگین فصلی غلظت فلوراید مربوط به فصل بهار (۰/۴۲±۰/۱۸ میلی‌گرم در لیتر) می‌باشد و کم‌ترین میانگین فصلی مربوط به فصل زمستان (۰/۳۶±۰/۱۴ میلی‌گرم در لیتر) می‌باشد. بیش‌ترین مقدار فلوراید براساس نقشه درون‌یابی شده مربوط به قسمت‌های شرقی می‌باشد، به جز در پاییز ۱۳۸۸ که در قسمت‌های مرکز و تاحدودی غربی بالاتر می‌باشد. کم‌ترین مقادیر فلوراید نیز مربوط به مناطق غربی می‌باشد. هم‌چنین بیش‌ترین مقادیر مربوط به فصل تابستان و پاییز و کم‌ترین مقادیر مربوط به فصل زمستان می‌باشد.

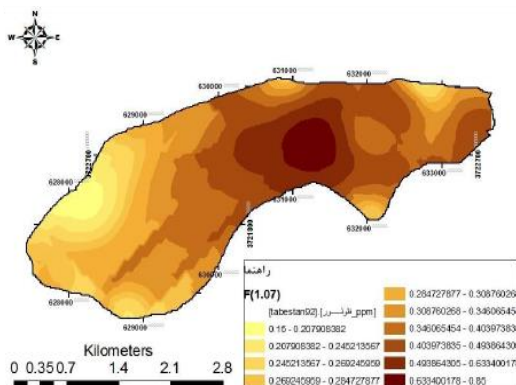
تصویر شماره ۲، تغییرات مکانی فلوراید منابع آب شرب شهر ایلام در فصول مختلف سال ۱۳۹۲ را نشان می‌دهد. بهترین روش درون‌یابی برای فلوراید با توجه به نرمال بودن توزیع داده‌ها، کریجینگ معمولی و مدل گوس بود. مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) برای فصول بهار، تابستان، پاییز و زمستان به ترتیب ۱/۲۱، ۱/۰۲، ۱/۱۷ و ۱/۰۵ می‌باشد. بیش‌ترین مقدار فلوراید بر اساس نقشه درون‌یابی شده مربوط به قسمت‌های مرکزی

داده‌های جمع‌آوری شده برای ۲۰ منبع آب شرب شهر ایلام بود. هم‌چنین به منظور راستی‌آزمایی داده‌های آب و فاضلاب، از هر منبع یک نمونه برداشت و آنالیز شیمیایی پارامترهای فلوراید، نیترات و نیتریت صورت گرفت و با نتایج آب و فاضلاب مقایسه شد. نتایج تحقیق پس از پردازش پارامترها، توسط نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) با پهنه‌بندی رنگی تهیه شد که می‌توان با این عمل روند تغییرات پارامترها در موقعیت مکانی و زمانی را توصیف کرد. تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی پارامترهای مختلف در قالب یک مدل مفهومی در نمودار شماره ۱ نشان داده شد.



نمودار شماره ۱: مراحل انجام کار جهت تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی

جامعه آماری در این مطالعه، کلیه چاه‌های تامین‌کننده آب شرب شهر ایلام می‌باشد. برای نمونه‌گیری از هر منبع، به صورت فصلی نمونه اخذ شد و پارامترهای شیمیایی مذکور توسط اداره آب و فاضلاب ایلام در یک دوره ۵ ساله انجام شده است. تجزیه و تحلیل داده‌ها در محیط نرم‌افزاری SPSS®16 و مقایسه

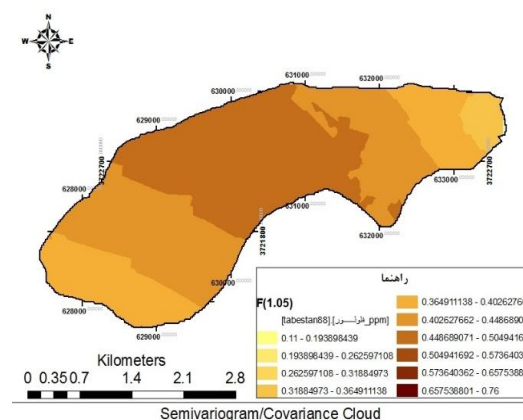


تصویر شماره ۲: تغییرات مکانی فلوراید منابع آب شرب شهر ایلام در بهار (بالا) و تابستان (پایین) سال ۱۳۹۲

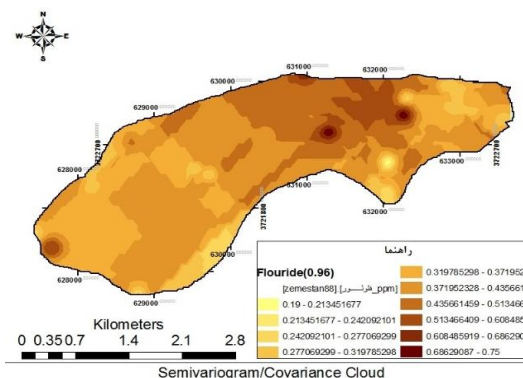
هم چنین بیشترین مقادیر مربوط به فصل بهار و پاییز و کمترین مقادیر مربوط به فصل زمستان می باشد. آزمون آنالیز واریانس یک طرفه نشان داد که بین میانگین مقدار فلوراید در فصل های مختلف سال تفاوت معنی داری وجود دارد ( $p=0/025$ ) که بر اساس آزمون مقایسه چندگانه LSD، میانگین فصل بهار با تابستان ( $p=0/036$ ) و بهار با زمستان ( $p=0/019$ ) یکسان نمی باشد، در حالی که بین میانگین غلظت فلوراید در فصل بهار و پاییز تفاوت معنادار وجود ندارد ( $p=0/887$ ). هم چنین بین میانگین فصل تابستان و زمستان تفاوت معنی دار نمی باشد ( $p=0/8$ ). میانگین فلوراید نتایج آزمایشات راستی آزمایی بر روی منابع آب مورد آزمایش  $0/59 \pm 0/18$  میلی گرم در لیتر بود و آزمون آنالیز واریانس نشان داد که میانگین نتایج راستی آزمایی با فصول مختلف اندازه گیری شده در سال های مختلف تفاوت معناداری دارد (در مقایسه با تمام فصول  $p < 0/001$ )، که با توجه به روند سال های مختلف و افزایش مقدار آن و هم چنین اختلاف ۲ سال با نتایج آنالیزهای گرفته شده از آب و فاضلاب این اختلاف قابل پیش بینی بود.

کمترین میانگین نترات در طی سال های مورد بررسی مربوط به چاه شماره ۱۹ ( $3/6 \pm 1/94$ ) میلی گرم در لیتر) و بیشترین میانگین مربوط به چاه شماره ۲ ( $26/3 \pm 15/5$ ) میلی گرم در لیتر) می باشد. در حالی که میانگین در همه منابع به طور معنی داری کم تر از

می باشد. کمترین مقادیر فلوراید نیز مربوط به مناطق غربی می باشد.



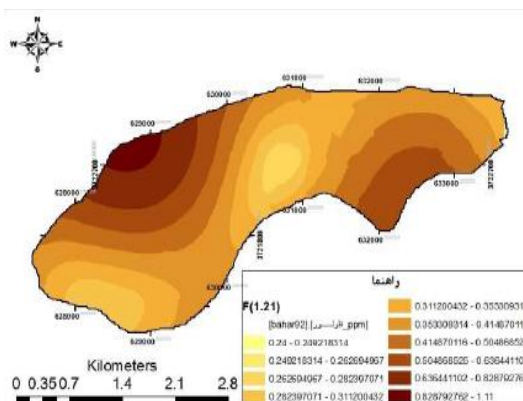
Semivariogram/Covariance Cloud



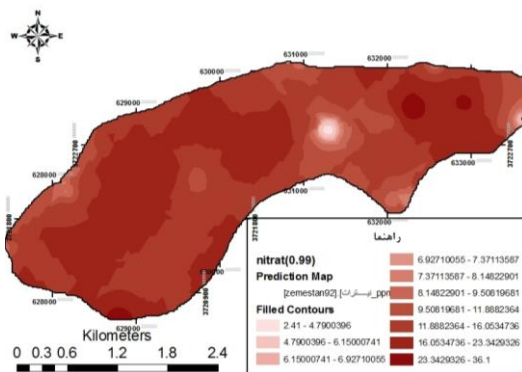
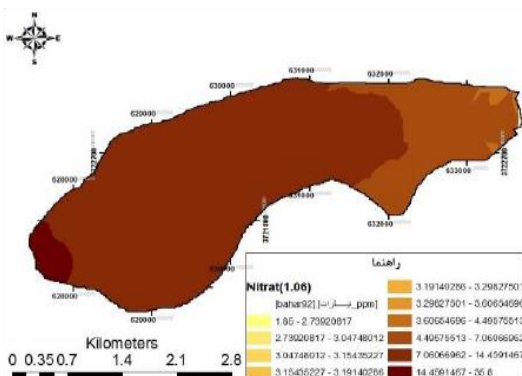
Semivariogram/Covariance Cloud



تصویر شماره ۱: تغییرات مکانی فلوراید منابع آب شرب شهر ایلام در تابستان (بالا) و زمستان (پایین) سال ۱۳۸۸



می دهد. مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) برای فصول بهار، تابستان، پاییز و زمستان به ترتیب ۱/۰۶، ۰/۸۶، ۱/۰۸ و ۰/۹۹ می باشد. بیش ترین مقدار نیترا بر اساس نقشه درون یابی شده مربوط به قسمت های شرقی می باشد، به جز در تابستان ۱۳۹۲ که در قسمت های مرکز و تا حدودی غربی بالاتر می باشد. هم چنین بیش ترین مقادیر مربوط به فصل بهار و پاییز و کم ترین مربوط به فصل زمستان می باشد.

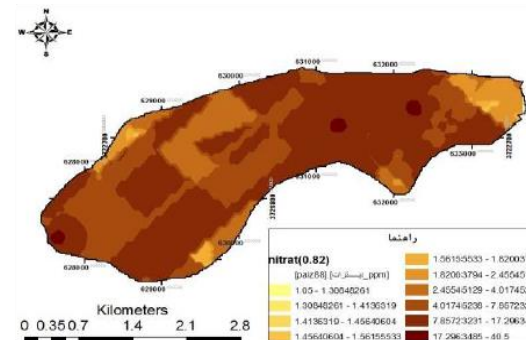
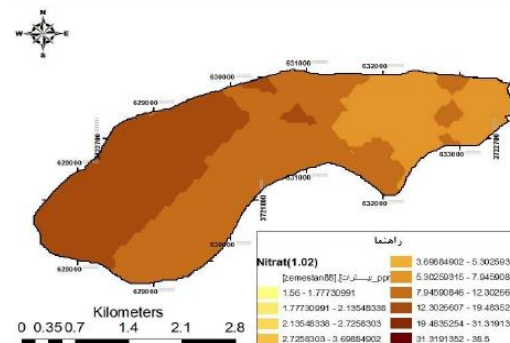


تصویر شماره ۴: تغییرات مکانی نیترا منابع آب شرب شهر ایلام در بهار (بالا) و زمستان (پایین) سال ۱۳۹۲

آزمون آنالیز واریانس یک طرفه نشان داد که بین میانگین مقدار نیترا در فصل های مختلف سال تفاوت معناداری وجود ندارد ( $p=0/89$ ). میانگین نیترا نتایج آزمایشات راستی آزمایی بر روی منابع آب مورد آزمایش نشان داد که میانگین نتایج راستی آزمایی با فصول مختلف اندازه گیری شده در سال های مختلف تفاوت معنی داری دارد (در مقایسه با تمام فصول  $p<0/001$ ).

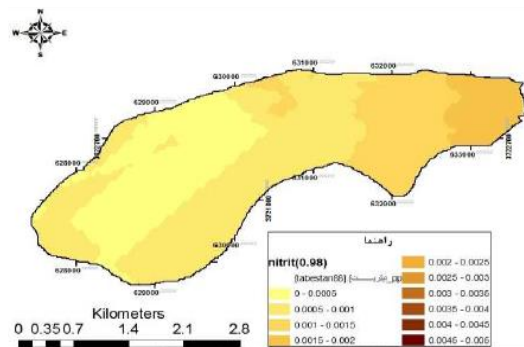
استاندارد جهانی یعنی ۵۰ میلی گرم در لیتر ( $p<0/001$ ) می باشد، در بعضی از نمونه ها مقدار حداکثر ۴۴/۴ میلی گرم در لیتر را داریم.

تصویر شماره ۳ تغییرات مکانی نیترا منابع آب شرب شهر ایلام در فصول مختلف سال ۱۳۸۸ را نشان می دهد. بهترین روش درون یابی برای نیترا با توجه به نرمال بودن توزیع داده ها، کریجینگ معمولی و مدل نمائی بود. مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) برای فصول بهار، تابستان، پاییز و زمستان به ترتیب ۰/۸۳، ۰/۸۱، ۰/۸۲ و ۱/۰۲ می باشد. بیش ترین مقدار نیترا بر اساس نقشه درون یابی شده مربوط به قسمت های شرقی می باشد، به جز در پاییز ۱۳۸۸ که در قسمت های مرکز و تا حدودی غربی بالاتر می باشد. هم چنین بیش ترین مقادیر مربوط به فصل تابستان و پاییز و کم ترین مقادیر مربوط به فصل زمستان می باشد.

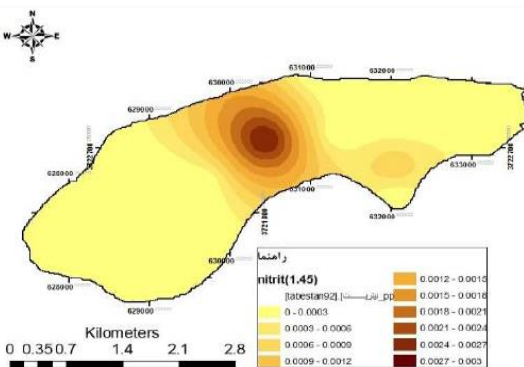
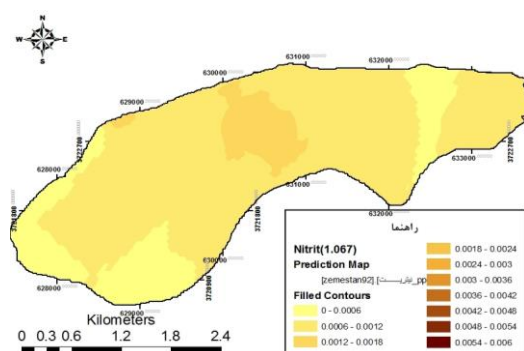


تصویر شماره ۳: تغییرات مکانی نیترا منابع آب شرب شهر ایلام در فصول پاییز (چپ) و زمستان (راست) سال ۱۳۸۸

تصویر شماره ۴ تغییرات مکانی نیترا منابع آب شرب شهر ایلام در فصول مختلف سال ۱۳۹۲ را نشان



تصویر شماره ۵: تغییرات مکانی نیتريت منابع آب شرب شهر ایلام در تابستان (پایین) و زمستان (بالا) سال ۱۳۸۸



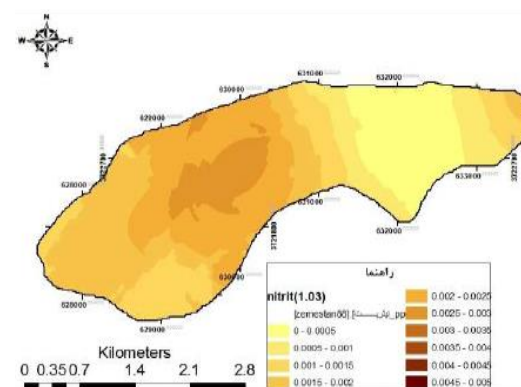
تصویر شماره ۶: تغییرات مکانی نیتريت منابع آب شرب شهر ایلام در تابستان (پایین) و زمستان (بالا) سال ۱۳۹۲

### بحث

بر اساس تمام نقشه‌های به دست آمده در این بررسی بهترین روش درون‌یابی کریجینگ تعیین شد. مطالعه تغییرات مکانی شوری آب‌های زیرزمینی با استفاده از زمین‌آمار (مطالعه موردی: رفسنجان) توسط تقی‌زاده مهرجردی و همکاران نشان داد که برای پهنه‌بندی شوری آب روش کریجینگ بر روش (Inverse Distance Wighted) IDW ارجحیت دارد (۲۱).

که با توجه به روند سال‌های مختلف و افزایش مقدار آن و هم چنین اختلاف ۲ سال با نتایج آنالیزهای گرفته شده از آب و فاضلاب این اختلاف قابل پیش‌بینی بود. تصویر شماره ۵، تغییرات مکانی نیتريت منابع آب شرب شهر ایلام در فصول مختلف سال ۱۳۸۸ را نشان می‌دهد. بهترین روش درون‌یابی برای نیتريت با توجه به نرمال بودن توزیع داده‌ها، کریجینگ معمولی و مدل کروی بود. مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) برای فصول بهار، تابستان، پاییز و زمستان به ترتیب ۰/۱، ۰/۹۸، ۰/۷۷ و ۱/۰۳ می‌باشد. بیش‌ترین مقدار نیتريت بر اساس نقشه درون‌یابی شده مربوط به قسمت‌های مرکزی می‌باشد، به جز در تابستان که در قسمت‌های شرقی بالاتر می‌باشد. هم‌چنین بیش‌ترین مقادیر مربوط به فصل تابستان و پاییز و کم‌ترین مقادیر مربوط به فصل زمستان می‌باشد.

تصویر شماره ۶، تغییرات مکانی نیتريت منابع آب شرب شهر ایلام در فصول مختلف سال ۱۳۹۲ را نشان می‌دهد. مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) برای فصول بهار، تابستان، پاییز و زمستان به ترتیب ۰/۹۴، ۱/۴۵، ۰/۷۴ و ۱/۰۶ می‌باشد. بیش‌ترین مقدار نیتريت بر اساس نقشه درون‌یابی شده مربوط به قسمت‌های مرکزی و شرقی می‌باشد. هم‌چنین بیش‌ترین مقادیر مربوط به فصل تابستان و پاییز و کم‌ترین مربوط به فصل زمستان می‌باشد. آزمون آنالیز واریانس یک طرفه نشان داد که میانگین نیتريت در فصول مختلف سال یکسان می‌باشد ( $p=0/368$ ).



برای درک بهتر ساختار فضایی نمونه‌های برداشت شده و انتخاب بهترین روش درون‌یابی، خودهمبستگی فضایی بین نمونه‌ها مطالعه می‌شود. این بررسی را می‌توان با ترسیم فاصله بین نمونه‌ها و واریانس ارزش نمونه‌ها یا به عبارت دیگر می‌واریوگرام‌ها به دست آورد. سمی‌واریوگرام، بر اساس این تفکر که خواص پدیده‌ها در مکان‌های نزدیک‌تر شباهت بیش‌تری دارند تا در فاصله‌های دورتر، درجه وابستگی یا همبستگی بین نقاط را اندازه‌گیری می‌کند (۱۸). هم‌چنین برای ارزیابی روش‌های درون‌یابی از پارامتر آماری میانگین مجذور مربعات خطا (RMSE) استفاده شد که هر چه این مقدار کم‌تر باشد، روش مورد نظر بهتر خواهد بود. در این بررسی، کم‌ترین مقدار میانگین مجذور مربعات خطا در اکثر موارد نشان داد که علاوه بر روش کریجینگ مدل‌های کروی، نمائی و گوس بیش‌ترین کاربرد را برای درون‌یابی متغیرهای کیفیت شیمیایی دارند. طبق نتایج به دست آمده، غلظت نیترات در حد متوسط بوده و در هیچ یک از منابع آب آشامیدنی شهر ایلام، از استانداردها بالاتر نرفته است و با نتایج مطالعه پاسبان و همکاران در مورد غلظت نیترات در چاه‌های تامین‌کننده آب شرب بجنورد در سال ۱۳۸۶ (۵۴/۹ میلی‌گرم در لیتر) همخوانی ندارد (۲۲). نتایج تحقیق با مطالعه احسانی و همکاران در خصوص تغییرات نیترات در آب‌های شرب زیرزمینی دشت همدان (با میانگین سالیانه ۳۸/۰۹ میلی‌گرم در لیتر) همخوانی دارد، گرچه به لحاظ ارقام، متفاوت است، اما در محدوده کم‌تر از حداکثر مجاز قرار دارند. گرچه در مطالعه احسانی و همکاران، حدود ۱۹ درصد از نمونه‌ها با انحراف از معیار ۲۴/۵ بالاتر از استاندارد بوده‌اند و در مناطق کشاورزی با زراعت آبی، میزان نیترات بالا بوده است (۲۳). نتایج نشان داد غلظت نیترات در فصل تابستان به علت عملیات کشاورزی و احتمال مصرف کودهای کشاورزی و آبخویی نیترات خاک در اثر آبیاری مکرر افزایش می‌یابد که با مطالعه استواری و همکاران مطابقت دارد (۲۴).

نتایج این بررسی‌ها با مطالعه یوسفی و همکاران در آب‌های منطقه روستایی آمل نیز تطابق داشته است (۲۵). از عمده‌ترین دلایل احتمالی افزایش غلظت نیترات در چاه‌های آب شرب می‌توان به افزایش مصرف و استفاده نادرست کودهای شیمیایی و حیوانی در مزارع کشاورزی و آبخویی در طی غرقاب زمین‌های کشاورزی و بارندگی‌های فصلی و در نهایت راه‌یابی به منابع آب زیرزمینی اشاره کرد. فاضلاب‌های پراکنده، تلنبار زباله‌ها در محل‌های تاثیرپذیر، محل‌های دفن غیربهداشتی مواد زائد شهری، بهسازی نبودن دهانه و اطراف چاه‌ها نیز می‌توانند از دیگر عوامل تاثیرگذار بر روند افزایش غلظت نیترات و نیتريت در چاه‌های آب شرب مورد بررسی باشند (۲۵). بیش‌ترین مقادیر نیتريت در سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۹۲ مربوط به فصل‌های تابستان و پاییز می‌باشد که می‌تواند به علت فعالیت‌های کشاورزی باشد. با این حال مقادیر نیتريت در همه نمونه‌ها در حد خیلی پایین بوده و کم‌تر از میزان استانداردهای جهانی و ایران می‌باشد. نتایج این تحقیق با مطالعه معین و همکاران بر روی منابع آب آشامیدنی روستاهای شهرستان زاهدان در طی فصول زمستان ۱۳۸۷ و بهار ۱۳۸۸ نیز همخوانی دارد (۲۶). به منظور پیشگیری از بروز هرگونه مخاطرات بهداشتی نیتريت و نیترات برای مصرف کنندگان، پیشنهاد می‌شود که:

- ۱- به دلیل عدم تعیین حریم چاه‌ها در مورد منابع آب زیرزمینی، پتانسیل آلودگی آب‌های زیرزمینی به علت حضور انواع فاضلاب‌ها و شیرابه زباله‌ها در حد بالایی وجود دارد. لذا پایش مستمر کیفیت منابع آب شرب منطقه به عنوان اقدامی اولیه و اساسی در حفاظت و جلوگیری از آلودگی منابع آب اعم از سطحی و زیر زمینی کاملاً ضروری است.
- ۲- الگوی مدیریتی مناسبی جهت بهره‌وری بهینه از منابع آب زیرزمینی و کاربری اراضی منطقه ارائه گردد.
- ۳- با توجه به آسیب‌پذیری بالای مناطق تامین‌کننده منابع آب شرب، ضروری است از فعالیت‌های صنعتی و



کشاورزی آلوده کننده محیط جلوگیری شود و پایش مستمر صورت گیرد.

۴- اجرای تصفیه خانه فاضلاب جهت جلوگیری از آلودگی منابع آب زیرزمینی در اولویت قرار گیرد.

۵- اقدامات اساسی از قبیل تعیین و حفظ حریم بهداشتی کلیه چاه های تامین کننده آب شرب، تصفیه آب منابع آلوده و دارای نیترا ت بالا یا خارج نمودن آن ها از چرخه بهره برداری و شناسایی، جایگزین نمودن منابع آب با کیفیت بهتر ضروری می باشد.

مطالعات قبلی نشان داد وجود کلسیم باعث ترسیب فلئور و در نتیجه کم بودن فلئور محلول در برخی مناطق می شود (۲۹). استانداردهایی که برای غلظت یون فلوراید در آب آشامیدنی از سوی سازمان های مختلف ارائه شده است، متفاوت اند. این مقادیر در استانداردهای مختلف بستگی به تغییرات فصلی دارند. به عبارت دیگر در ماه های گرم سال مقدار مصرف آب آشامیدنی نسبت به ماه های سرد سال افزایش می یابد. بنابراین با فرض ثابت بودن غلظت یون فلوراید در آب افراد در ماه های گرم سال، مقدار فلوراید بیش تری دریافت می کنند. طبق تصاویر شماره ۱ و ۲، میزان فلوراید در فصل زمستان پایین تر از دیگر فصول سال می باشد که با مطالعه یوسفی و حنفی روی آب های شهرستان گنبد کاووس و نیز اولیائی و همکاران بر روی فلوراید آب آشامیدنی شهرستان خلیل آباد تطابق دارد که نشان داد در اکثر موارد، غلظت فلوراید کم تر از حد استاندارد توصیه شده بود (۲۸، ۲۹).

شمس و همکاران نیز در تحقیقی با عنوان بررسی غلظت آنیون های فلوراید و نیترا ت در شبکه های توزیع آب شرب شهرستان طبس، میزان فلوراید را مورد سنجش قرار دادند. این تحقیق در فصل های زمستان ۱۳۸۷ و تابستان ۱۳۸۸ انجام شد. نتایج این تحقیق نشان داد که متوسط غلظت فلوراید در دو فصل تابستان و زمستان در شبکه های آب شرب شهرستان طبس به ترتیب برابر ۰/۷۱ و ۰/۵۸ میلی گرم بر لیتر بوده و متوسط

غلظت فلوراید در شبکه آب شرب و بهداشت طبس به ترتیب برابر ۰/۵۳ و ۰/۸۱ میلی گرم بر لیتر در تابستان و ۰/۶۲ و ۰/۶۴ میلی گرم بر لیتر در زمستان بوده است که با نتایج تحقیق ما همخوانی داشت (۳۰). به دلیل اهمیت بهداشتی حضور فلوراید در آب آشامیدنی، انجام مطالعات در رابطه با میزان بهینه آن با توجه به شرایط آب و هوایی و ارتباط آن با شاخص های بهداشتی ضرورت دارد. هم چنین فلئورزنی آب آشامیدنی یا استفاده از دهان شویه های حاوی فلوراید در مناطق با فلوراید پایین به ویژه در کودکان پیشنهاد می شود. بررسی دقیق از میزان فلوراید دریافتی توسط مصرف کنندگان آب های با غلظت فلوراید پایین صورت گیرد و در صورت نیاز از قرص های فلوراید در رژیم غذایی استفاده شود.

نتایج نشان داد در زمینه فلوراید در اکثر نقاط، غلظت این پارامتر پایین تر از حد استاندارد می باشد که با توجه به اهمیت فلوراید در سلامت انسان، اضافه نمودن فلوراید در مقادیر کنترل شده به منابع آب می تواند یکی از گزینه های برنامه های سلامت وزارت بهداشت مطرح شود. هم چنین با توجه به روند افزایشی نیترا ت منابع آب شرب، جهت جلوگیری از این روند، حریم گذاری چاه ها، اجرای طرح تصفیه خانه فاضلاب و کنترل مصرف کودهای ازته و پایش مستمر کیفیت آب ها باید در اولویت های سازمان های امور آب و شرکت های آب و فاضلاب قرار گیرد.

## سپاسگزاری

از معاونت تحقیقات و فن آوری دانشگاه علوم پزشکی مازندران که حمایت و پشتیبانی از این طرح را بر عهده داشته اند و نیز از شرکت آب و فاضلاب استان ایلام که همکاری مطلوبی در تحویل داده ها نموده اند و نیز از دانشکده بهداشت ایلام که در آزمایشات راستی آزمایی بر روی نمونه ها همکاری نموده اند، تشکر و قدردانی می نمایم. هم چنین از آقای عبدالعظیم

طرح تحقیقاتی با کد ۱۲۶۸ که پایان‌نامه کارشناسی ارشد آقای فرزاد کاظمی بوده است، استخراج گردید.

علی‌نژاد که در نوشتار مقاله کمک نموده‌اند، سپاسگزاری می‌گردد. لازم به ذکر است این مقاله از

## References

1. Keramati H, Mahvi AH, Abdolnezhad L. Survey The physical and chemical quality of Gonabad drinking water in 2007. *Horizon Med Sci* 2007; 13(3): 25-32 (Persian).
2. Rezazadeh Varaghchi F, Khashei Cyuki A, Shojaei Cyuki H. In order to assess groundwater contamination Mashhad plain water using GIS. 1<sup>st</sup> national conference of applied studies of water resources. Kermanshah Regional Water Company, Kermanshah; Iran; 2010. (Persian).
3. Bhaumik M, Leswif TY, Maity A, Srinivasu VV, Onyango MS. Removal of fluoride from aqueous solution by polypyrrole/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> magnetic nanocomposite. *J Hazard Mater* 2011; 186(1): 150-159.
4. Chen N, Zhang Z, Feng C, Sugiura N, Li M, Chen R. Fluoride removal from water by granular ceramic adsorption. *J Colloid Interface Sci* 2010; 348(2): 579-584.
5. Feng L, Xu W, Liu T, Liu J. Heat regeneration of hydroxyapatite/attapulgite composite beads for defluoridation of drinking water. *J Hazard Mater* 2012; 221-222: 228-235.
6. Ku Y, Chiou H-M. The adsorption of fluoride ion from aqueous solution by activated alumina. *Water Air Soil Poll* 2002; 133(1): 349-361.
7. Kumar E, Bhatnagar A, Ji M, Jung W, Lee SH, Kim SJ, et al. Defluoridation from aqueous solutions by granular ferric hydroxide (GFH). *Water Res* 2009; 43(2): 490-498.
8. Thakre D, Jagtap S, Bansiwali A, Labhsetwar N, Rayalu S. Synthesis of La-incorporated chitosan beads for fluoride removal from water. *Journal of Fluorine Chem* 2010; 131(3): 373-377.
9. Tor A. Removal of fluoride from an aqueous solution by using montmorillonite. *Desalination* 2006; 201(1-3): 267-276.
10. Wu X, Zhang Y, Dou X, Yang M. Fluoride removal performance of a novel Fe-Al-Ce trimetal oxide adsorbent. *Chemosphere* 2007; 69(11): 1758-1764.
11. Zhang J, Xie S, Ho YS. Removal of fluoride ions from aqueous solution using modified attapulgite as adsorbent. *J Hazard Mater* 2009; 165(1-3): 218-222.
12. Miretzky P, Cirelli AF. Fluoride removal from water by chitosan derivatives and composites: A review. *Journal of Fluorine Chem* 2011; 132(4): 231-240.
13. Tchomgui-Kamga E, Ngameni E, Darchen A. Evaluation of removal efficiency of fluoride from aqueous solution using new charcoals that contain calcium compounds. *J Colloid Interface Sci* 2010; 346(2): 494-499.
14. Bhatnagar A, Kumar E, Sillanpää M. Fluoride removal from water by adsorption— a review. *Chem Eng J* 2011; 171(3): 811-840.
15. Jorfi S, Rezaei Kalantary R, Mohseni Bandpi A, Jaafarzadeh N, Esrafil A, Alaei L. Fluoride Removal from Water By Adsorption using Bagasse, Modified Bagasse and Chitosan. *IJHE* 2011; 4(1): 35-48 (Persian).

16. Dehghani M, Omrani R, Zamanian Z, Hashemian H. Determination of DMFT index among 7-11 year-old students and its relation with fluoride in Shiraz drinking water in Iran. *Pak J Med Sci* 2013; 29(1): 373-377 .
17. Deghani M, Doleh M, Hashemi H, Shamsaddini N. The Quality of Raw and Treated Water of Desalination Plants by Reverse Osmosis in Qeshm. *Journal of Health & Development* 2013; 2(1): 33-43 (Persian).
18. Yousefi Z, BarafrashtehPour M, Taghavi M, MashayekhSalehi A, Sedaghat F. Survey on Temporal and spatial variation of nitrate and nitrite in drinking water of Gachsaran by using Geographic Information System (GIS). *J Mazandaran Univ Med Sci* 2012; 22(2): 158-162 (Persian).
19. Hoshmand A, Dalghandi M, Kaboli H. Karoon river water quality status classification based on the WQI index utilizes GIS. *Proceedings of the 2<sup>th</sup> Conference of Environmental Engineering*. 2008 May 20-21. Tehran; Iran; 2008. (Persian).
20. Cude CG. Oregon water quality index A tool for evaluation water quality management effectiveness. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association* 2001; 37(1): 125-137.
21. Taghizadeh M, Mahmodi SH, Khazaei S, Haidari A. Spatial variability of groundwater salinity using geostatistical study (Case study: Rafsanjan). *Proceedings of the 2<sup>th</sup> Conference of Environmental Engineering*. 2008 May 20-21; Tehran; Iran; 2008. (Persian).
22. Pasban A, Amani J, Chatr simab M. Evaluation of nitrate concentration in drinking water wells Bojnourd In 2007. *Journal of North Khorasan University of Medical Sciences* 2009; 1(2-3): 39-46. (Persian).
23. Ehsani H, Javid A, Hasani A, Shariat M, Rahmani A. Evaluation of nitrate variation and Total dissolved solids trend in drinking water using GIS Hamedan plain ground. 10th national Conference on Environmental Health. Hamadan; Iran; 2007. (Persian).
24. Ostevari Y, Beigi harchegani H, Davoodian A. Spatial variability analysis of nitrate in groundwater LORDEGAN. *Water Management and Irrigation* 2012; 2(1): 55-67 (Persian).
25. Yousefi Z, Naej O. Study on Nitrate Value in Rural Area in Amol City. *J Mazandaran Univ Med Sci* 2007; 17(61): 161-165 (Persian).
26. Moein H, Hosseini A, Bazrafshan E, Noori MA. Determine the amount of nitrate and nitrite in drinking water sources in the villages of Zahedan city during winter 2008 and spring 2009. *Proceedings of the 12<sup>th</sup> National Conference on Environmental Health*. Shahid Beheshti university of medical science; 2009 Oct. Tehran; Iran; 2009. (Persian).
27. Ardavan B, Farhad H. Effect of geological formations on aquifer water quality western Dehdasht. *Geography* 2010; 3(11): 93-112 (Persian).
28. Yousefi Z, Hanafi B. Fluoride Level in Drinking Water Supplies of Gonbad-e Qabus, 2008-2012. *J Mazandaran Univ Med Sci*. 2013; 23(101): 112-116 (Persian).
29. MahdaviOlyai M, KhosradMaghani H, Mokhtari A. Evaluation of fluoride level in drinking water in the city of Khalilabad, between the years 1384 until 1386. 11<sup>th</sup> National Conference on Environmental Health. Zahedan University of Medical Sciences. Zahedan; Iran; 2008. (Persian).

30. Shams M, Mahvi A, Mohammadi A. Evaluation of anions Concentration of fluoride and nitrate in drinking water distribution systems of Tabas city. Proceedings of the 12<sup>th</sup> National Conference on Environmental Health. Shahid Beheshti university of medical science. Tehran; Iran; 2009. (Persian).