مقاله اصلی
Original Article

مجله ارتقای ایمنی و پیشگیری از مصدومیت ها
e-ISSN: ۲۳۸۳-۱۹۰۱ p-ISSN: ۲۳۴۵-۲۴۵۵
دوره۳. شماره ۴. زمستان ۱۳۹۴، صفحات۲۳۳ تا۲۴۲

پهنه‌بندی نیترات در منابع آب‌رسانی شهر اسلامشهر با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی طی سال‌های ۹۴-۸۹

محمدرضا مسعودی نژاد [۱]، مجید فرخ نیا [۲*]

۱. مرکز تحقیقات ارتقای ایمنی و پیشگیری از مصدومیت‌ها، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
۲. گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

چکیده

سابقه و هدف: نیترات یکی از آلوده‌کننده‌های منابع آب زیرزمینی است که عمدتاً در ارتباط با مناطق کشاورزی و محدوده‌های دفع فاضلاب می‌باشد. هدف از این بررسی تعیین پهنه‌بندی نیترات در منابع آب‌رسانی شهر اسلامشهر با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی طی سال‌های ۹۴-۸۹ و بررسی منابع آلوده‌کننده سفره آب زیرزمینی منطقه بود.

روش بررسی: این‌یک مطالعه مقطعی بود که بر روی ۵۰ منبع آب شرب شهرستان اسلامشهر صورت گرفت. نتایج آنالیز ۶ ساله آرشیوشده توسط شرکت آب و فاضلاب با نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی نسخه ۹,۳ و SPSS نسخه ۱۶ و آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه تحلیل شد. نمونه‌برداری و اندازه‌گیری نیز توسط محقق و مطابق با کتاب روش‌های استاندارد انجام شد.

یافته‌ها: بهترین روش درون‌یابی برای نیترات با توجه به نرمال بودن توزیع داده‌ها، کریجینگ معمولی و مدل گوس بود. بیشترین مقادیر نیترات بر اساس نقشه‌ها در اکثر موارد مربوط به نقاط غربی بود. آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه نشان داد که میانگین مقدار نیترات در سال‌های مختلف موردبررسی (۹۴ تا ۸۹) تفاوت معنی‌داری با یکدیگر دارد ($P<۰/۰۰۱$). میانگین نتایج راستی آزمایی با میانگین اندازه‌گیری شده، به‌جز سال ۸۹ ($P<۰/۰۰۱$)، در سال‌های مختلف تفاوت معنی‌داری نداشت. میانگین نیترات در همه‌سال‌ها به‌طور معنی‌داری کمتر از استاندارد جهانی یعنی ۵۰ میلی‌گرم در لیتر ($P<۰/۰۰۱$) بود.

نتیجه‌گیری: جهت جلوگیری از روند افزایشی نیترات در منابع آب‌رسانی، اقداماتی همچون حریم‌گذاری چاه‌ها، استفاده از رودخانه جهت تأمین آب کشاورزی و ساخت تصفیه‌خانه فاضلاب ضروری به نظر می رسد.

واژگان کلیدی: *نیترات، سیستم اطلاعات جغرافیایی، پهنه‌بندی، آب زیرزمینی*

How to cite this article:
Massoudinejad MR, Farokhnia M. Zoning of Nitrate in Water Sources of Eslamshahr City using Geographic Information System during 2010-2015. J Saf Promot Inj Prev.2016; 3(4): 233-42 .

مقدمه

در سال‌های اخیر فعالیت‌های انسانی ازجمله فعالیت‌های مسکونی، شهری، تجاری، صنعتی و کشاورزی کیفیت آب‌های زیرزمینی را تحت شعاع خود قرار داده‌اند. یکی از شایع‌ترین آلاینده‌ای که منابع آب‌های زیرزمینی در جهان را تهدید می‌کند، نیترات می‌باشد. نیتروژن عنصری کلیدی در تغذیه گیاهان است. نیتروژن از اتمسفر، تجزیه مواد آلی و باقیمانده پوشش گیاهی، مصرف کودهای آلی، بارندگی در مناطق دارای هوای آلوده به گازهای نیتروژن‌دار و نیز فاضلاب‌های شهری، صنعتی و کشاورزی وارد خاک می‌گردد. در خاک، نیتروژن توسط باکتری‌ها به نیترات و آمونیوم تبدیل‌شده و قسمتی از آن به مصرف گیاهان می‌رسد. قسمتی دیگر با فعالیت باکتری‌ها به نیتریت و سپس به نیتروژن گازی تبدیل‌شده و به اتمسفر برمی‌گردد. بخشی از نیتروژن که به شکل یون آمونیوم می‌باشد، توسط کانی‌های رسی جذب می‌گردد. باقیمانده نیترات پس از عبور از منطقه غیراشباع خاک، وارد آب‌های زیرزمینی می‌شود. درصورتی‌که نیترات موجود در آب‌های زیرزمینی توسط باکتری‌ها تجزیه نشود، وارد آب‌های

*آدرس نویسنده مسئول مکاتبات: majidfarrokhnia@gmail.com

سطحی یا چاه‌های بهره‌برداری شده و به مصارفی از قبیل آشامیدن می‌رسد (۱).

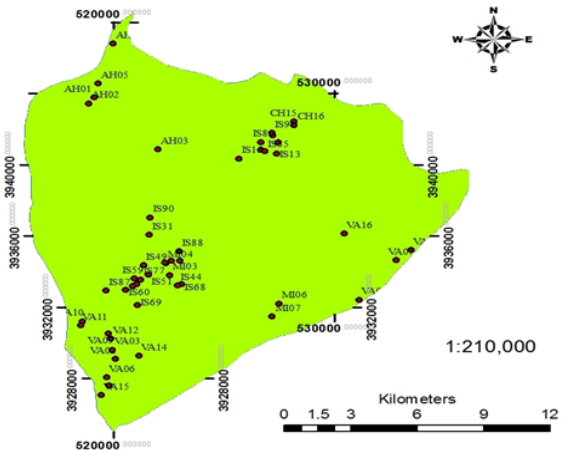
باکتری‌های موجود در دستگاه گوارش، نیترات موجود در آب و غذا را به نیتریت احیا می‌کنند. سپس نیتریت با آمین‌های نوع دوم و سوم واکنش داده و تشکیل نیتروزآمین‌ها را می‌دهد که این ترکیبات از مواد سرطان‌زای قوی به‌حساب می‌آید(۲). غلظت بالای نیترات در آب آشامیدنی منجر به بیماری متهموگلوبینمیا در نوزادان و سرطان معده در بزرگ‌سالان شده و خطر ابتلا به انواع سرطان‌ها، سقط خودبه‌خودی جنین، دیابت و اختلالات تیروئیدی را افزایش می‌دهد (۳). به همین جهت سازمان جهانی بهداشت رهنمودهایی برای مقدار نیترات در آب آشامیدنی ارائه کرده است. به‌تبع آن سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران نیز حداکثر مجاز نیترات در آب آشامیدنی را ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر (۱۰ میلی‌گرم نیترات برحسب نیتروژن) درنظرگرفته‌اند (۴). مقادیر استاندارد نیترات بر اساس رهنمودهای سازمان بهداشت جهانی[۱]، آژانس حفاظت محیط‌زیست ایالات‌متحده آمریکا[۲]، اتحادیه اروپا و استاندارد ایران به ترتیب ۱۱/۳mg/l برحسب ازت (معادل ۵۰ mg/l برحسب نیترات)(۵)، ۱۰mg/lبرحسب ازت (معادل ۴۳/۳ mg/l برحسب نیترات)(۶)، ۱۱/۳mg/l برحسب ازت (۷) و ۵۰ mg/l برحسب نیترات(۸) ارائه‌شده است.

کیفیت آب‌های زیرزمینی در نقاط مختلف، متفاوت است. به‌منظور برنامه‌ریزی و مدیریت دقیق آن، حصول شناخت دقیق از تغییرات مکانی کیفیت آب امری ضروری است. با توجه به عدم توانایی آمار کلاسیک در بیان توزیع مکانی مؤلفه‌های کیفیت آب‌های زیرزمینی، برای این منظور از زمین‌آمار استفاده می‌گردد (۹). سیستم اطلاعات جغرافیایی ابزاری مؤثر برای نقشه‌برداری کیفی، پایش، مدل‌سازی و تعیین تغییرات زیست‌محیطی بوده و قادر به ترکیب منابع اطلاعاتی گوناگون، تجزیه‌وتحلیل روند زمانی وقایع و ارزشیابی اطلاعات مکانی می‌باشد(۱۰). سیستم اطلاعات جغرافیایی ابزاری قدرتمند و راه‌حلی توسعه‌ای برای حل مشکلات منابع آب از طریق ارزیابی کیفیت آب، مشخص کردن قابلیت استفاده از منابع آب، جلوگیری از جریان سیلاب، شناخت بهتر محیط‌زیست و مدیریت منابع آب طبق شرایط منطقه‌ای و محلی می‌باشد (۱۱).

در حال حاضر، منابع اصلی تأمین آب شرب مناطق شهری اسلامشهر ۶۲ حلقه چاه می‌باشد. بخشی از نیاز آبی اسلامشهر نیز توسط خط لوله ۱۰۰۰ میلی‌متری که آب شرب را از مخزن ذخیره الغدیر واقع در جنوب یافت‌آباد به اسلامشهر منتقل می‌کند، تأمین می‌شود (۷). هدف از انجام این پژوهش، پهنه‌بندی نیترات در منابع آب شهر اسلامشهر با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی[۳] در سال‌های ۹۴-۸۹ و مقایسه روند تغییرات غلظت نیترات در این دوره پنج‌ساله و نیز بررسی منابع آلوده‌کننده سفره آب زیرزمینی بر اساس ارزیابی کیفی چاه‌های آب شرب موجود در منطقه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق که یک مطالعه توصیفی- تحلیلی بود جهت شناسایی منطقه موردمطالعه از نقشه‌هایی که از سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان تهیه‌شده بود استفاده شد و نقاط نمونه‌برداری با توجه به طول و عرض جغرافیایی بر روی نقشه مشخص گردید. شهرستان اسلامشهر ازنظر موقعیت جغرافیایی در نواحی میانی شمال غرب فلات مرکزی ایران و در موقعیت جغرافیایی ۳۰°، ۲۲°، ۵۱° و ۰°، ۱۰°، ۵۱°، طول شرقی و در ۳۰°، ۴۲°، ۳۴°، ۳۰°، ۲۷°، ۳۵°، عرض شمالی و روبروی آبرفت‌های سیلابی و مخروط افکنه سیلاب‌های جاری‌شده از دامنه‌های جنوبی البرز مرکزی واقع‌شده است. نتایج حاصل از آزمایشات نیترات سال‌های ۹۴-۸۹ که به‌صورت سالیانه برای نیترات توسط اداره آب و فاضلاب انجام‌شده است را به‌صورت منظم وارد اکسل و سپس نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی شد و به‌صورت بانک اطلاعاتی ذخیره گردید. داده‌های جمع‌آوری‌شده مربوط به ۵۰ منبع آب شرب شهر اسلامشهر بود. همچنین آزمایشات راستی آزمایی توسط محقق در فصل زمستان ۹۳ و بهار ۹۴ صورت پذیرفت. میانگین سالیانه حجم و منابع نمونه‌گیری با استفاده از داده‌های به‌دست‌آمده از اداره آب و فاضلاب که برای چاه‌های آب شرب برای هر پارامتر به‌طور فصلی و برای چاه‌های غیر شرب هر ۶ ماه یک‌بار اندازه‌گیری می‌شود محاسبه شد و برای هر منبعی که توسط آب و فاضلاب نمونه‌برداری شده بود جهت راستی آزمایی یک سری آزمایش توسط محقق انجام شد. شکل ۱ موقعیت مکانی منابع انتخابی آب شرب شهرستان اسلامشهر را نشان می‌دهد.



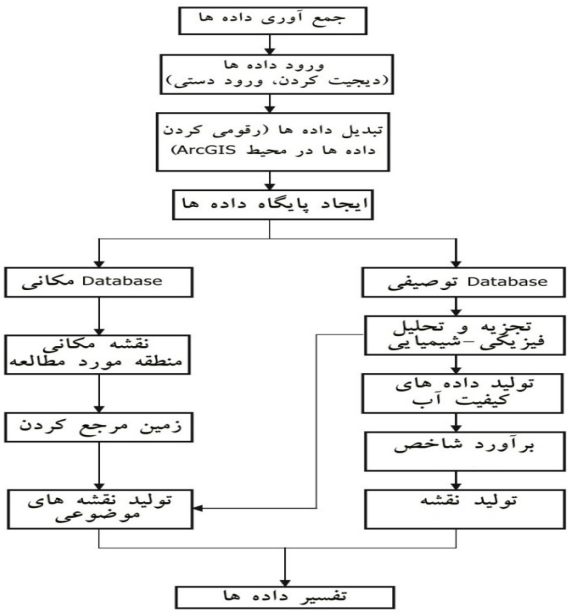
شکل۱. موقعیت مکانی منابع انتخابی آب شرب شهرستان اسلامشهر

۱. World Health Organization(WHO)
۲. United States Environmental Protection Agency (USEPA)
۳. Geographic Information System(GIS)

نمونه‌برداری بر اساس اصول نمونه‌برداری استاندارد ملی شماره ۱۰۵۲ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران از کلیه منابع تأمین‌کننده آب شرب شهرستان انجام شد و جهت انجام آنالیز شیمیایی تحت شرایط دمایی و زمانی تأکید شده به آزمایشگاه مربوطه ارسال شد. جهت آزمایش نیترات در آب آشامیدنی از استاندارد شماره ۴۵۰۰ مربوط به آخرین چاپ کتاب استاندارد متد استفاده شد.

نتایج تحقیق پس از پردازش پارامترها، توسط نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی با پهنه‌بندی رنگی و یا نقطه‌ای و ارتباط آن با عوامل آلاینده تهیه گردید که می‌توان با این عمل روند تغییرات پارامترها در موقعیت مکانی و زمانی را توصیف کرد. پس از ورود داده‌ها و آماده‌سازی لایه‌های اطلاعاتی نقشه پارامترها در اکستنشن ژئواستاتیستیک دسته‌بندی گردید. تجزیه‌وتحلیل و پردازش داده‌ها به‌منظور تهیه الگوهای مناسب جهت مدل مکانی سازی در اکستنشن ژئواستاتیستیک در محیط نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی نسخه ۹,۳ انجام شد.

تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی پارامترهای مختلف در قالب یک مدل مفهومی یا به عبارتی مراحل انجام کار جهت تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی در شکل ۲ خلاصه‌شده است(۱۲).



شکل ۲. مراحل انجام کار جهت تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی

جهت مقایسه میانگین نیترات با استانداردها، از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ و آزمون‌های آماری t تک نمونه و آنالیز واریانس یک‌طرفه استفاده شد.

یافته‌ها

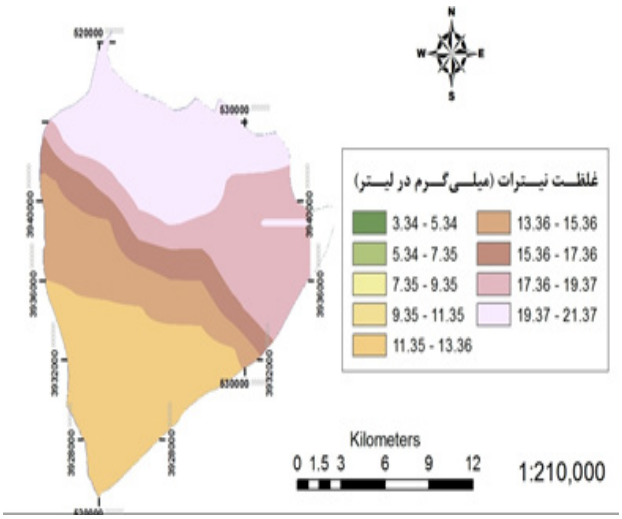
جدول ۱ غلظت نیترات در سال‌های مختلف موردبررسی منابع آب اسلامشهر را توصیف می‌کند. همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود میانگین غلظت نیترات در طی سال‌های مختلف روند افزایشی داشت. میانگین کلی سالیانه کمتر از استانداردهای ملی و جهانی بود بااین‌حال در بعضی از نمونه‌ها غلظت بالای استانداردها ثبت‌شده است. به‌عنوان‌مثال حداکثر مقدار نیترات که ۷۰ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد در بهار سال ۹۴ مشاهده شد.

جدول ۱. غلظت نیترات در منابع آب اسلامشهر از سال ۱۳۹۴ تا ۱۳۸۹

سال	تعداد نمونه	حداکثر	حداقل	انحراف معیار	میانگین
۸۹	۴۸	۴۳,۳۶	۳,۶	۸,۶۳	۱۷,۰۸
۹۰	۴۹	۶۵,۰۱	۱۱,۸۲	۱۵,۵	۳۲,۳۴
۹۱	۴۹	۶۹,۱۸	۱۹	۱۶,۳۲	۳۶,۲۱
۹۲	۴۷	۷۶,۸	۱۷,۴۵	۱۹,۵	۴۳,۴۲
۹۳	۴۹	۷۶,۲۷	۲۰,۱۲	۱۷,۴۱	۴۲,۰۸
بهار ۹۴	۵۰	۷۰	۱۹	۱۲,۸۸	۳۷,۵۲
زمستان ۹۳	۵۰	۶۹,۶	۲۰,۱۲	۱۴,۲۱	۳۹,۶۲
مقدار کل	۳۴۲	۷۶,۸	۳,۶	۱۷,۱۹	۳۵,۵

بیشترین مقدار نیترات در سال ۸۹ در منابع موردبررسی مربوط به چاه با کد CH۱۵ (۴۳,۳۶ میلی‌گرم در لیتر) و کمترین مقدار مربوط به نمونه با کد VA۱۴ (۳,۶ میلی‌گرم در لیتر) بود. میانگین غلظت نیترات در سال ۸۹ برابر ۸,۶۳±۱۷,۰۸ میلی‌گرم در لیتر بود.

شکل ۲ تغییرات مکانی نیترات منابع آب شرب شهر اسلامشهر در نمونه‌های مختلف سال ۱۳۸۹ را نشان می‌دهد. جدول ۲مقادیر مربوط به مجذور میانگین مربعات خطا برای مدل‌های مختلف درون‌یابی را نشان می‌دهد. هرکدام از مدل‌ها که کمترین مقدار مجذور میانگین مربعات خطا را داشته باشد، بهترین روش درون‌یابی و پهنه‌بندی می‌باشد. بهترین روش درون‌یابی برای نیترات در این سال با توجه به نرمال بودن توزیع داده‌ها، کریجینگ معمولی و مدل گوس بود. کمترین مجذور میانگین مربعات خطا برای این سال ۰,۸۴ بود.بیشترین مقدار نیترات بر اساس نقشه درون‌یابی شده مربوط به قسمت‌های شمالی می‌باشد.



شکل ۲. تغییرات مکانی نیترات منابع آب شرب شهر اسلامشهر سال ۱۳۸۹

جدول ۲ مقادیر مربوط به مجذور میانگین مربعات خطا[۴] برای مدل‌های مختلف درون‌یابی در سال‌های مختلف موردبررسی نمونه‌های آب شهرستان اسلامشهر را نشان می‌دهد؛ که هر چه میزان آن کمتر باشد میزان خطا کمتر و درنتیجه بهترین مدل می‌باشد. مدل‌های اصلی موردبررسی در این مطالعه مدل‌های کروی، دایره‌ای، گوس و نمائی می‌باشد. بر اساس این جدول در همه‌سال‌ها کمترین مقدار خطا مربوط به مدل گوس بود که به‌عنوان بهترین روش انتخاب و پهنه‌بندی شد. بعد از مدل گوس بهترین مدل، دایره‌ای بود که میزان خطای آن‌ها کمتر است. بدترین مدل نیز مدل نمائی بود.

همچنین بهترین روش کریجینگ بود زیرا در بقیه روش‌ها میزان مجذور میانگین مربعات خطا بیشتر از این مدل بود. به‌عنوان‌مثال درروش معکوس وزنی فاصله[۵] این میزان ۶,۹ بود.

جدول ۲. مقادیر مربوط به مجذور میانگین مربعات خطا برای مدل‌های مختلف درون‌یابی در سال‌های مختلف

سال	مدل کروی		مدل دایره‌ای		مدل گوس		مدل نمایی	
	RMSE	RMS	RMSE	RMS	RMSE	RMS	RMSE	RMS
۸۹	۰/۹۸	۶/۶۲	۰/۹۴	۶/۶۳	۰/۸۴	۶/۷۸	۲/۸۲	۷/۲۶
۹۰	۰/۹۴	۱۴/۵۶	۰/۹۳	۱۴/۵۶	۰/۸۸	۱۴/۶	۱/۰۴	۱۴/۴۹
۹۱	۰/۹	۱۴/۶۲	۰/۸۹	۱۴/۶۲	۰/۸۳	۱۴/۶۵	۱/۰۲	۱۴/۵۵
۹۲	۰/۸۷	۱۸/۴۶	۰/۸۶	۱۸/۴۶	۰/۸۲	۱۸/۴۷	۰/۹۵	۱۸/۴۳
۹۳	۰/۸۶	۱۴/۹۷	۰/۸۵	۱۴/۹۸	۰/۷۹	۱۵/۰۴	۱/۰۱۶	۱۴/۸۲
زمستان ۹۳	۱/۰۰۶	۱۲/۷۲	۰/۹۷	۱۲/۷۴	۰/۸۵	۱۲/۸۳	۱/۴۹	۱۲/۴۱
بهار ۹۴	۰/۹۸	۱۱/۱۱	۰/۹۴	۱۱/۱۳	۰/۸۱	۱۱/۲۲	۱/۶۵	۱۰/۷۴

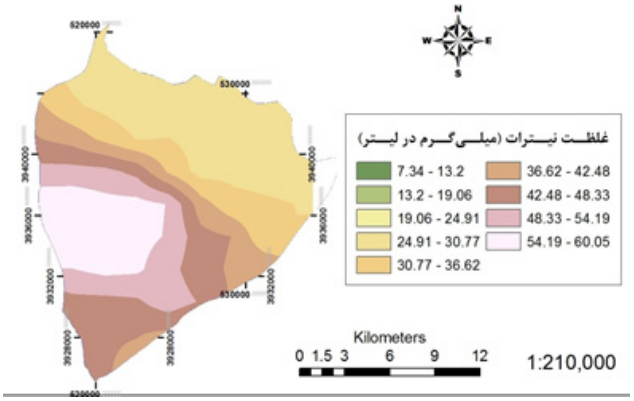
همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود بیشترین مقدار نیترات در سال ۹۳ و آزمایشات راستی آزمایی زمستان سال ۹۳ در منابع موردبررسی به ترتیب مربوط به چاه با کد IS۶۸ (۷۶,۲۷ میلی‌گرم در لیتر) و چاه با کد IS۶۸ (۶۹,۶ میلی‌گرم در لیتر) بود که در هر دو مورد بیشترین میزان مربوط به یک چاه بود.

کمترین مقدار سال ۹۳ و آزمایشات راستی آزمایی زمستان سال ۹۳ به ترتیب در اولی مانند سال ۱۳۹۲ مربوط به نمونه با کد AH۰۲ (۲۰,۱۲ میلی‌گرم در لیتر) و در دومی مربوط به نمونه با کد CH۱۵ (۲۰,۱۲ میلی‌گرم در لیتر) بود.

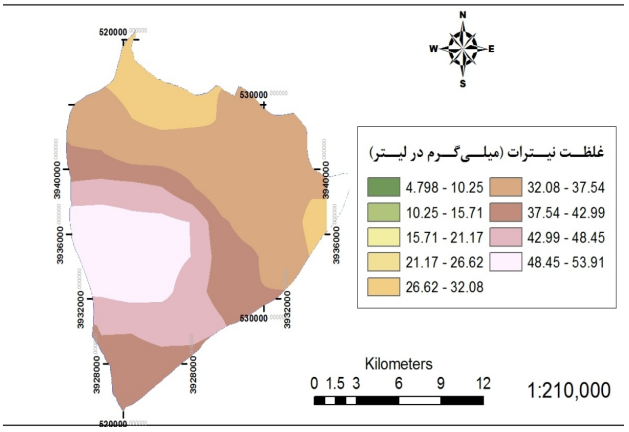
میانگین غلظت نیترات در سال ۹۳ برابر ۴۲,۰۸±۱۷,۴۱ میلی‌گرم در لیتر بود. میانگین غلظت نیترات در آزمایشات راستی آزمایی زمستان سال ۹۳ برابر ۳۹,۶۲±۱۴,۲۱ میلی‌گرم در لیتر بود.

شکل‌های ۳ و ۴ به ترتیب تغییرات مکانی نیترات منابع آب شرب شهر اسلامشهر در نمونه‌های مختلف در سال ۱۳۹۳ و آزمایشات راستی آزمایی در زمستان سال ۹۳ را نشان می‌دهد. بر اساس جدول ۲، بهترین روش درون‌یابی برای نیترات در سال ۹۳ و آزمایشات راستی آزمایی زمستان سال ۹۳ با توجه به نرمال بودن توزیع داده‌ها، کریجینگ معمولی و مدل گوس بود. کمترین مجذور میانگین مربعات خطا برای سال ۹۳ و آزمایشات راستی آزمایی زمستان سال ۹۳ به ترتیب ۰,۷۹ و ۰,۸۵ بود. بیشترین مقدار نیترات بر اساس نقشه درون‌یابی شده در هر دو مورد مربوط به قسمت‌های غربی و جنوبی بود و نقشه‌ها هر دو مشابه بود.

۴. RMSE
۵. IDW



شکل ۳. تغییرات مکانی نیترات منابع آب شرب شهر اسلامشهر سال ۱۳۹۳

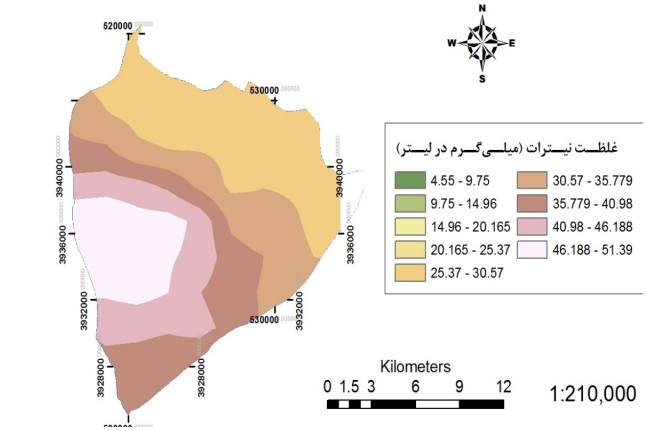


شکل ۴. تغییرات مکانی نیترات آزمایشات راستی آزمایی زمستان سال ۹۳ منابع آب شرب شهر اسلامشهر

بیشترین مقدار نیترات در سال ۹۴ در منابع موردبررسی مربوط به چاه با کد IS۴۱ (۷۰ میلی‌گرم در لیتر) و کمترین مقدار مربوط به نمونه با کد CH۱۵ (۱۹ میلی‌گرم در لیتر) بود. میانگین غلظت نیترات در سال ۹۴ برابر ۱۲٫۸۸±۳۷٫۵۲ میلی‌گرم در لیتر بود.

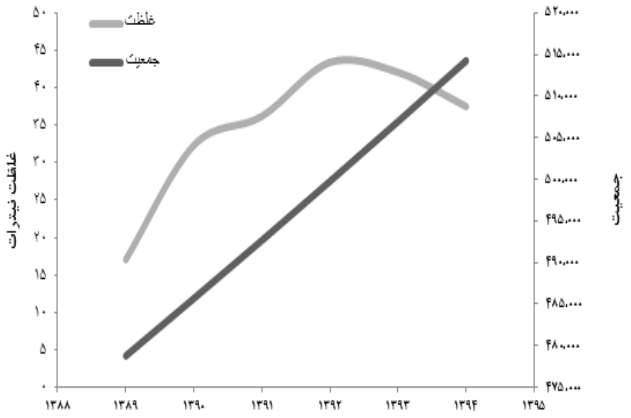
آزمون t تک نمونه نشان داد که میانگین غلظت نیترات در همه‌سال‌ها به‌طور معنی‌داری کمتر از استاندارد جهانی یعنی ۵۰ میلی‌گرم در لیتر (P <۰/۰۰۱) بود، درحالی‌که در بعضی نمونه‌ها بالاتر از حد استانداردها بود. آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه نشان داد که میانگین مقدار نیترات در سال ۱۳۹۴ تفاوت معناداری با سال۸۹ دارد (P <۰/۰۰۱). همچنین آزمون آنالیز واریانس و روش مقایسه چندگانه Post Hoc با فرض واریانس‌های مساوی نشان داد که میانگین نتایج راستی آزمایی که در سال ۱۳۹۳ انجام شد با میانگین غلظت اندازه‌گیری شده در این سال یکسان بود (P=۰/۱۳۸).

شکل ۵ تغییرات مکانی نیترات منابع آب شرب شهر اسلامشهر در نمونه‌های مختلف در سال ۱۳۹۴ را نشان می‌دهد. بیشترین مقدار نیترات بر اساس نقشه درون‌یابی شده مانند دیگر سال‌ها مربوط به قسمت‌های جنوبی و غربی بود.



شکل ۵. تغییرات مکانی نیترات منابع آب شرب شهر اسلامشهر سال ۱۳۹۴

نمودار ۱ تغییرات نیترات در سال‌های مختلف بر اساس تغییرات جمعیت را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود علاوه بر این‌که روند افزایش غلظت نیترات در سال‌های مختلف راداریم با افزایش جمعیت، غلظت نیترات نیز افزایش داشت.



نمودار ۱. تغییرات نیترات در سال‌های مختلف بر اساس تغییرات جمعیت

بر اساس آنچه قبلاً در جدول ۱ بیان شد غلظت نیترات در سال‌های مختلف روند افزایشی را نشان می‌داد که این تغییرات در نقشه‌ها نیز مشهود می‌باشد و با افزایش سال، مساحت سطح مناطقی که غلظت نیترات بالا داشت نیز افزایش یافت.

آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه نشان داد که میانگین مقدار نیترات در سال‌های مختلف موردبررسی (۹۴ تا ۸۹ (تفاوت معناداری با یکدیگر داشت (P <۰/۰۰۱) که بر اساس آزمون مقایسه چندگانه LSD و دانکن میانگین غلظت نیترات در سال ۸۹ در مقایسه باهمه‌سال‌ها تفاوت معناداری را نشان داد (P <۰/۰۰۱). میانگین غلظت نیترات

در سال ۹۰ در مقایسه با سال ۹۱ (P=۰/۲۱) و سال۹۴ (P=۰/۰۹) تفاوت معناداری نداشت درحالی‌که با دیگر سال‌های موردبررسی تفاوت معنادار نشان داد. میانگین غلظت نیترات در سال ۹۱ به‌جز در مقایسه با سال ۸۹ و ۹۲ در بقیه سال‌ها یکسان بود. به‌صورت کلی در نقشه‌های مورداستفاده از میانگین غلظت نیترات در نقاط موردنظر استفاده‌شده، مساحت قسمت مربوط به غلظت بالا هرسال بیشتر شد و با توجه به میانگین غلظت‌ها در سال‌های مختلف می‌توان این روند افزایشی را مشاهده کرد.

بحث

در این بررسی کمترین مقدار میانگین مجذور مربعات خطا در همه‌سال‌ها نشان داد که علاوه بر روش کریجینگ، مدل گوس بیشترین کاربرد را برای درون‌یابی متغیر نیترات دارد. در بررسی که برای تعیین مناسب‌ترین روش زمین‌آمار در تهیه نقشه تغییرات TDS و TH آب‌های زیرزمینی شهرستان فسا انجام شد نیز نتایج نشان داد که از بین روش‌های معین جهت تهیه نقشه تغییراتTDS در منطقه، روش کریجینگ معمولی با استفاده از مدل گوسین نسبت به سایر روش‌ها به دلیل پائین تر بودن مقدار مجذور مربعات خطا و ME مناسب‌تر است. روش کریجینگ معمولی با استفاده از مدل گوسین در بین روش‌ها به دلیل داشتن مجذور مربعات خطا و ME کوچک‌تر جهت تهیه‌ی نقشه تغییرات سختی کل مناسب‌تر است. همچنین در بررسی زرولی و همکاران روی تغییرات مکانی نیتریت و نیترات شهرستان کهگیلویه بهترین روش درون‌یابی برای نیترات کریجینگ معمولی و مدل نمائی (RMSE =۰/۳۱۲) و برای نیتریت کریجینگ معمولی و مدل کروی (RMSE =۰/۰۰۰۲۶) بود (۱۵). طبق نتایج به‌دست‌آمده غلظت نیترات در بیشتر سال‌ها در حد بالایی بوده و در چندین چاه از استانداردها بالاتر رفته به‌طوری‌که در چند سال ۱۶ منبع از کل منابع مورد آنالیز بالاتر از استاندارد جهانی که ۵۰ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد. پاسبان و همکاران در تحقیقی به بررسی غلظت نیترات در چاه‌های تأمین‌کننده آب شرب بجنورد در سال ۱۳۸۶ پرداختند که مشخص شد میانگین غلظت نیترات در چاه‌های آب شرب شهر بجنورد ۵۴/۹ میلی‌گرم در لیتر بوده و میانگین غلظت نیترات در چاه‌های داخل شهر و چاه‌های خارج از شهر اختلاف معنی‌داری داشته‌اند (P=۰/۰۰۳) و میانگین غلظت نیترات در چاه‌های داخل شهر بالاتر بوده است. (۱۶). در این بررسی، در اکثر مناطق که کاربری آن‌ها کشاورزی می‌باشد میزان نیترات بالاتر بود که نسبت به بررسی شهر بجنورد که بیشترین میزان در منطقه داخل شهر بوده متفاوت می‌باشد. احسانی و همکاران روند تغییرات نیترات و کل جامدات محلول در آب‌های شرب زیرزمینی دشت همدان را با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی موردبررسی قراردادند که میزان غلظت نیترات و کل جامدات محلول در سراسر دشت پهنه‌بندی و طراحی لایه‌های اطلاعاتی انجام شد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از میانگین سالیانه نیترات و کل جامدات محلول در ایستگاه‌های نمونه‌برداری در مورد نیترات، میانگین سالیانه۰۹ /۳۸ میلی‌گرم در لیتر بوده و در حدود ۱۹ درصد از نمونه‌ها با انحراف از معیار۵ / ۲۴بالاتر از استاندارد می‌باشد و هر چه به مناطق کشاورزی با زراعت آبی و مخلوط زراعت آبی و باغ توأم با افزایش تراکم جمعیتی و چاه‌های کم‌عمق نزدیک می‌شویم میزان نیترات افزایش می‌یابد که به لحاظ جغرافیایی اغلب در مناطق جنوبی دشت قرار دارند (۱۷). نتایج مطالعه آن‌ها با نتایج این بررسی که با نزدیک شدن به مناطق کشاورزی میزان نیترات افزایش می‌یابد، همخوانی دارد.

عوامل مهمی می‌تواند باعث بالا رفتن نیترات در آب آشامیدنی این منطقه شود که زمین‌شناسی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین پارامترها در تشکیل آبخوان این قسمت و متعاقب آن در کیفیت آب این آبخوان تأثیر بسزایی داشته است. نهشته‌های کواترنر این منطقه شامل مخروط افکنه ها، پادگانه‌های آبرفتی و واریزه‌ها می‌باشد که در برون‌زد وسیعی در جنوب و جنوب باختری تهران دارند.

در این آبخوان وجود سازندهای حاوی شیل و مارن موجود که نیترات و آمونیوم تبادلی زیادی دارند، باعث اضافه شدن نیترات به آب زیرزمینی این منطقه شده است. ازآنجایی‌که این سازند دارای میزان بالایی از کانی‌های تبخیری می‌باشد، کانی‌های نیتراته نیز می‌توانند همراه با کانی‌های تبخیری در این سازند حضور یابند که در اثر تماس با آب به‌صورت محلول درآمده و وارد ترکیب آب‌های زیرزمینی شوند (۱۸, ۱۹). در مطالعه استواری و همکاران روی تغییرات مکانی نیترات در آب زیرزمینی دشت لردگان، به علت مجاورت چاه‌ها با سازند گچساران (که حاوی شیل و مارن می‌باشد)، آن‌ها دارای سنگ‌بستر غیرقابل نفوذ در عمق کم می‌باشند و بدین علت قابلیت انتقال آبخوان پایین بوده و استعداد بیشتری برای آلودگی‌های سطحی ازجمله آلودگی به نیترات وجود دارد. پایین بودن قابلیت انتقال در این چاه‌ها مانع از تبادل با آب‌های عمیق‌تر و باکیفیت‌تر در سایر نقاط دشت لردگان می‌گردد. آب‌های عمیق‌تر از سازندهای آهکی تغذیه می‌شوند و بدین علت دارای کیفیت بهتری هستند (۲۰).

بررسی تحولات کاربری اراضی در منطقه اسلامشهر در پیرامون کلان‌شهر تهران طی سالیان گذشته از این واقعیت حکایت دارد که موضوع عدم تعادل‌های منطقه‌ای و عدم استفاده از قابلیت‌های سرزمینی و به عبارتی توسعه‌نیافتگی بخش‌های وسیعی از کشور همواره باعث جریان جمعیت و سرمایه به سمت کلان‌شهر تهران و توسعه ناموزون و گسترش آن بر عرصه‌های کشاورزی و منابع طبیعی پیرامونی و بروز پدیده سکونت‌گاه‌های غیررسمی با انواع تضادها و

کمبودهای فضایی – عملکردی گردیده و علاوه بر ناپایداری نظام سکونت‌گاهی منطقه کلان‌شهری تهران، پایداری نظام سکونت‌گاهی ملی را با تهدید مواجه کرده است.

با توجه به نتایج شکل‌های ۲ تا ۵، بیشترین آلودگی مربوط به غرب منطقه موردبررسی می‌باشد. طبق نتایج به‌دست‌آمده کیفیت آب زیرزمینی در قسمت غربی شهرستان با شرقی آن خیلی متفاوت بود که یکی از دلایل آن می‌تواند جمعیت بالای این منطقه و عوامل افزاینده نیترات مانند دفع ناصحیح فاضلاب باشد. هیاما و بابلیکر در سال ۲۰۰۷ کیفیت آب زیرزمینی را در ناسونو ژاپن را با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی موردبررسی قراردادند و نتیجه گرفتند که کیفیت آب زیرزمینی از شمال غربی به جنوب شرقی به خاطر کاهش عمق آب و افزایش ورود کود از زمین‌های کشاورزی برنج و افزایش تراکم جمعیت کاهش می‌یابد. همچنین نتیجه گرفتند که کیفیت آب زیرزمینی در قسمت‌های بالایی و پایینی در مقایسه با قسمت‌های میانی خیلی متغیر است و نشان دادند که ۳۰ درصد از نمونه‌های بررسی‌شده غلظتی بالاتر از ۴۵ میلی‌گرم در لیتر دارند که با نتایج این تحقیق مشابهت دارد (۲۱). یکی از دلایل اصلی متغیر بودن کیفیت آب در مناطق مختلف این شهرستان خصوصیات هیدرودینامیکی سازندها می‌باشد که به‌عنوان یکی از فاکتورهای مهم زمین‌شناسی در تشکیل آبخوان و کیفیت آب آن نقش دارد. وجود میان لایه‌های مارنی و شیلی باعث نفوذناپذیر شدن و عدم حضور آب در این سازند می‌شود که از خصوصیات هیدرودینامیکی سازند این منطقه می‌باشد.

در این مطالعه و طبق نتایج خلاصه‌شده در شکل‌های ۲ تا ۵ در سال‌های مختلف، غلظت نیترات در فصل گرم سال که شدت عملیات کشاورزی بیشتر است، افزایش می‌یابد و در چاه‌های موجود در مناطق کشاورزی غلظت تا ۷۰ میلی‌گرم در لیتر رسیده و احتمالاً به دلیل مصرف زیاد کودهای کشاورزی و آبشویی نیترات خاک در اثر آبیاری مکرر می‌باشد که بامطالعه استواری و همکاران مطابقت دارد (۲۰). در اسلامشهر به علت فقدان یا محدود و فصلی بودن منابع آب سطحی، روستائیان جهت مشروب نمودن اراضی کشاورزی خود از آب زیرزمینی (عمدتاً چاه) استفاده می‌نمایند. به دلیل شرایط زمین‌شناسی و فقیر بودن سفره‌های آب زیرزمینی در محدوده طرح، میزان آبدهی چاه‌ها با کاهش میزان بارندگی نقصان می‌یابد.

با توجه به بالا بودن غلظت در بعضی نمونه‌ها و همچنین روند افزایشی که در طی این چند سال داشته است نیاز به مراقبت‌ها و اقداماتی جهت جلوگیری از این روند می‌باشد. اگرچه اقداماتی از قبیل اختلاط آب چاه‌های مختلف باهم و عدم بهره‌برداری و یا بهره‌برداری کمتر از منابع آب باکیفیت پایین‌تر، مخصوصاً در فصولی که میزان مصرف آب کم می‌باشد، می‌تواند در کاهش غلظت نیترات در شبکه آب‌رسانی تأثیر مثبت داشته باشد؛ اما به‌منظور پیشگیری از بروز هرگونه مخاطرات بهداشتی برای مصرف‌کنندگان، به نظر می‌رسد که پایش کیفی منابع آب شرب این شهر به‌عنوان اقدامی اولیه و اساسی در حفاظت و جلوگیری از آلودگی منابع آب اعم از سطحی و زیرزمینی شروری می‌باشد. لازم است الگوی مدیریتی مناسبی در راستای بهره‌وری بهینه از منابع آب زیرزمینی و کاربری اراضی منطقه ارائه گردد. ازآنجاکه منطقه از آسیب‌پذیری بالایی در قسمت غربی برخوردار است به توجه و نظارت بیشتر نیاز دارد. همچنین پیشنهاد می‌شود از فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی آلوده‌کننده در محیط جلوگیری شود. ساخت تصفیه‌خانه فاضلاب جهت جلوگیری از منابع آب زیرزمینی مناطق با پتانسیل افزایش مقادیر نیترات یکی از اقدامات مفید دیگر می‌باشد. همچنین انجام اقدامات اساسی از قبیل تعیین و حفظ حریم بهداشتی کلیه چاه‌های تأمین‌کننده آب شرب، تصفیه آب منابع آلوده و دارای نیترات بالا یا خارج نمودن آن‌ها از چرخه بهره‌برداری و شناسایی و جایگزین نمودن منابع آب باکیفیت بهتر ضروری می‌باشد.

References

1. Khodayi K, Mohammadzade H, Naseri H, Shahsavari A. Investigation of groundwater Nitrate concentration changes in Dezful and Andimeshk plain and determination of pollution source by N15 and O18 Radioisotopes. Journal of Environmental Studies. 2008;39(1)33-40.

2. Shomar B, Osenbrück K, Yahya A. Elevated nitrate levels in the groundwater of the Gaza Strip: Distribution and sources. Science of the Total Environment. 2008;398(1):164-74.

3. Zhang Y, Li F, Zhang Q, Li J, Liu Q. Tracing nitrate pollution sources and transformation in surface-and ground-waters using environmental isotopes. Science of the Total Environment. 2014;490:213-22.

4. Anayah FM, Almasri MN. Trends and occurrences of nitrate in the groundwater of the West Bank, Palestine. Applied Geography. 2009;29(4):588-601.

5. Who. Guidelines for Drinking-water Quality. World Health Organization; 2011 [cited 2011]; Available from: http://www.who.int.

6. EPA. 2012 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories. Washington: Environmental Protection Agency. Available in. http://www.epa.gov/nerl/. 2012.

7. WHO. European standards for Drinking-water Quality (FOURTH EDITION). ANNEX 3 (Chemical summary tables). available on (http://www.who.int): World Health Organization,Geneva; 1970.

8. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. no 1053. http://www.isiri.org/std/1053.htm.

9. Fathi Hafshejani E, Beigi Harchegani H. Spatial Variability and Mapping of Nitrate and Phosphate in Shahrekord Groundwater over a Period of Five Years. JWSS-Isfahan University of Technology. 2013;17(65):63-75.

10. Badeenezhad A, Gholami M, Jonidi Jafari A, Ameri A. Factors Affecting nitrate Concentrations in Shiraz Groundwater Using Geographical Information System) GIS. Toloo-e-behdasht. 2012;11(2):47-56.

11. Prabaharan S, Manonmani R, Ramalingam M, Subramani T. Geo statistical modelling for groundwater pollution in SALEM, TAMILNADU-A GIS based approach. IJEST. 2011;3(2):1273-8.

12.Maghami Y, Ghazavi R, Vali A A, Sharafi S. Evaluation of spatial interpolation methods for water quality zoning using GIS Case study, Abadeh Township. Journal of Geography and Environmental Planning. 2011; 22 (2):171-82.

13. Mirmosavi SH, Mazidi A, Khosravi Y. Determine the best methods of statistics to estimate the distribution of rainfall with gis in esfahan province.Journal of Geographic Space.2009;10(30):105-20.

14. Moghaddam AR, Ghallehban M, Esmaili K. Investigation of temporal and spatial trend of water quality parameters in view of weather fluctuations using GIS; Mashhad Plain. J. of Water and Soil Conservation.2013;20(3):211-25.

15. Zazouli M, BarafrashtehPour M, BarafrashtehPour Z, Ghalandari V. Temporal and Spatial Variation of Nitrate and Nitrite Concentration in Drinking Water Resource in Kohgiluyeh County Using Geographic Information System. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 2014;23(109):258-63.

16. Pasban A, Amani J. Chatesimab M. Study of nitrate concentration in drinking water wells in bojnord city in 2009. Journal of north Khorasan University of medical sciences.2009;2(3):39-46.

17. 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; Hamedan: Hamedan university of medical sciences; 2007.

18. Azizi F. Mohamadzade H.Vulnerability zoning and assessment of spatial variability in gachsaran plain using the drastic aquifer quality and quality index GWQI. Water Resources Engineering. 2012;5(13):1-14.

19. 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. Journal of

Mazandaran University of Medical Sciences.2013;22(2):146-58.

20. Ostovari Y, Beigi Harchegani H, Davoodian A. Spatial variation of nitrate in the Lordegan aquifer. Water and Irrigation Management.2012;2(1):1-16.

21. Couillard D, Lefebvre Y. Analysis of water quality indices. Journal of Environmental Management. 1985;21(2):161-8.

Zoning of Nitrate in water sources of Eslamshahr city using Geographic Information System during 2010-2015

Massoudinejad MR[1], Farokhnia M[*2]

Background and Objectives: Nitrate is one of the pollutants of groundwater resources which are mainly associated with agricultural and wastewater disposal areas. The aim of this study was to determine the Zoning of Nitrate in water sources of Eslamshahr city using Geographic Information System during 2010-2015 and investigation of contaminant's in the region's aquifer.

Materials and Methods: This cross-sectional study was carried out on 50 sources of Eslamshahr drinking water. The results of 6 years, Archived in Water and sewage company, were analyzed with GIS software version 9.3 and SPSS version 16, using one way ANOVA test. The sampling and measurements also were performed by the researchers based on the Standard method book.

Results: The best method of interpolation for nitrate due to the normal distribution of data was ordinary Kriging and the Gaussian model. The highest values of nitrate in most points are related to the western parts based on maps. One way ANOVA test showed there is a significant difference between the average amount of Nitrate in different years (2010-2015) (P.Value <0.001), but statistical significant difference not observed between the average of the results of verification and different years (except for year of 1389 (P.Value <0.001). The average of nitrate in all years was significantly lower than the international standard of 50 milligrams per liter (P <0.001).

Conclusion: According to the results, In order to prevent the increase of nitrate in the water sources, doing of some actions such as Privacy wells, the use of river water for agriculture and construction of wastewater treatment plant seems to be necessary.

Keywords: *Nitrate, Geographic Information System, Zoning, aquifer*

1. Safety Promotion and Injury Prevention Research Center, Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Shahid Beheshti University of Medical Science, Tehran, Iran.
2. Department of Environmental Health Engineering, school of Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences. Tehran, Iran.

*** Corresponding Author: majidfarrokhnia@gmail.com**