

Nitrate Changes Zoning in Groundwater Resources of West Isfahan Region, Iran, during 2013-2016, Using Geographic Information System

Heshmatollah Moradpour¹, Bijan Bina², Hamid Reza Pourzamani³, Morad Mahmoudi-Barm⁴

Original Article

Abstract

Background: Nitrate is one of the most important pollutants in groundwater resources, which is mainly caused by agricultural fertilizers and wastewater disposal and is very important for health hazards. The purpose of this study was to identify the sources of nitrate contamination and zoning in groundwater resources of Tiran and Karvan area in west of Isfahan, Iran, using Geographic Information System (GIS) and investigate the status of nitrate in the groundwater aquifer.

Methods: This cross-sectional descriptive study was conducted on 40 underground water sources of Tiran and Karvan in west of Isfahan during a four-year period. Nitrate test was performed by spectrophotometer. The results were analyzed by one-way analysis of variance (ANOVA) in GIS and SPSS software. One-sample t-test was used to compare the mean nitrate content of water sources with the corresponding standard.

Findings: The mean concentration of nitrate in 2013, 2014, 2015, and 2016 was 42.29 ± 17.27 , 43.33 ± 16.65 , 45.09 ± 16.95 , 47.29 ± 18.10 mg/l, respectively. The highest amount of nitrate based on the interpolation map was related to the central parts of the city. The best method of interpolation for nitrate, considering the normal distribution of data, was ordinary kriging and Gaussian and exponential models. One-way ANOVA showed that there was no significant difference between the mean concentration in 2016 with the mean values measured in different years ($P > 0.05$). The one-sample t-test showed that the average nitrate in 2015 and 2016 was below the global standard of 50 mg/l ($P > 0.05$).

Conclusion: Nitrate concentration in the region's water resources is at the standard level, but considering its values and changes over the past three years, the probability of increasing and exceeding the standard limit is expected. Moreover, according to GIS maps, the average nitrate in the central part of the city is higher than the other parts. In order to prevent the incremental trend of nitrate, proper management in use of nitrogen fertilizers, land use change, construction of sewage treatment plant, and necessary training measures must be done.

Keywords: Environmental pollution; Nitrates; Water resources; Geographic information system

Citation: Moradpour H, Bina B, Pourzamani HR, Mahmoudi-Barm M. Nitrate Changes Zoning in Groundwater Resources of West Isfahan Region, Iran, during 2013-2016, Using Geographic Information System. J Health Syst Res 2022; 17(4): 297-302.

1- PhD Student, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Kashan University of Medical Sciences, Kashan, Iran

2- Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

3- Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

4- MSc Student, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

Corresponding Author: Morad Mahmoudi-Barm; MSc Student, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran; Email: m_mahmoudi95@yahoo.com

پهنه‌بندی تغییرات نیترا در منابع آب زیرزمینی منطقه غرب اصفهان طی سال‌های ۹۵-۱۳۹۲ با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی

حشمت‌اله مرادیپور^۱، بیژن بینا^۲، حمیدرضا پورزمانی^۳، مراد محمودی برام^۴

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: نیترا یکی از مهم‌ترین آلاینده‌های منابع آب زیرزمینی به شمار می‌رود که به طور عمده ناشی از کودهای کشاورزی و دفع غیر اصولی فاضلاب و از نظر ایجاد مخاطرات سلامتی بسیار بااهمیت است. هدف از انجام پژوهش حاضر، شناسایی منابع آلاینده و پهنه‌بندی نیترا در منابع آب زیرزمینی منطقه تیران و کرون در غرب اصفهان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (Geographic information system یا GIS) و بررسی وضعیت نیترا در سفره آب زیرزمینی منطقه بود.

روش‌ها: این مطالعه از نوع توصیفی-مقطعی بود که بر روی ۴۰ منبع آب زیرزمینی شهرستان تیران و کرون در منطقه غرب اصفهان طی یک دوره چهار ساله صورت گرفت. آزمایش نیترا به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتری انجام شد. نتایج به دست آمده با استفاده از آزمون One-way ANOVA در نرم‌افزارهای GIS و SPSS پهنه‌بندی و تحلیل گردید. به منظور مقایسه میانگین مقدار نیترا منابع آب با استاندارد مربوط، آزمون t مورد استفاده قرار گرفت.

یافته‌ها: میانگین نیترا در سال‌های ۱۳۹۲، ۱۳۹۳، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ به ترتیب $17/27 \pm 42/29$ ، $16/55 \pm 43/33$ ، $16/95 \pm 45/09$ و $18/1 \pm 47/29$ میلی‌گرم در لیتر بر حسب نیترا بود و بیشترین مقدار نیترا بر اساس نقشه درون‌یابی، به قسمت‌های مرکزی اختصاص داشت. بهترین روش درون‌یابی برای نیترا با توجه به نرمال بودن توزیع داده‌ها، کریجینگ معمولی و مدل‌های گوس و نمایی بود. بر اساس نتایج آزمون One-way ANOVA، تفاوت معنی‌داری بین میانگین نتایج در سال ۱۳۹۵ با میانگین اندازه‌گیری شده در سال‌های مختلف وجود نداشت ($P > 0/05$). نتایج آزمون t نشان داد که میانگین نیترا در سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ کمتر از استاندارد جهانی (۵۰ میلی‌گرم در لیتر) ($P > 0/05$) بود.

نتیجه‌گیری: غلظت نیترا در منابع آبی منطقه در حد استاندارد می‌باشد، اما با توجه به مقادیر آن و تغییرات سه سال گذشته، احتمال افزایش و عبور از حد استاندارد دور از انتظار نیست. همچنین، با توجه به نقشه‌های پهنه‌بندی، میانگین نیترا در قسمت مرکزی شهرستان بالاتر از سایر قسمت‌ها گزارش گردید. با توجه به جهت جلوگیری از روند افزایشی نیترا، مدیریت صحیح در مصرف کودهای ازته، تغییر کاربری اراضی، ساخت تصفیه‌خانه فاضلاب و اقدامات آموزشی لازم باید مد نظر قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: آلودگی محیطی؛ نیترا؛ منابع آب؛ سیستم اطلاعات جغرافیایی

ارجاع: مرادیپور حشمت‌اله، بینا بیژن، پورزمانی حمیدرضا، محمودی برام مراد. پهنه‌بندی تغییرات نیترا در منابع آب زیرزمینی منطقه غرب اصفهان طی سال‌های ۹۵-۱۳۹۲ با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی. مجله تحقیقات نظام سلامت ۱۴۰۰؛ ۱۷ (۴): ۲۹۷-۳۰۲

تاریخ چاپ: ۱۴۰۰/۱۰/۱۵

پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۶/۲

دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۲/۱۲

GIS، ابزار مؤثری برای نقشه‌برداری کیفی، پایش، مدل‌سازی و تعیین تغییرات، ترکیب منابع اطلاعاتی گوناگون، تجزیه و تحلیل روند زمانی وقایع و ارزشیابی اطلاعات مکانی آلودگی منابع آب زیرزمینی می‌باشد (۴). در مطالعات انجام شده پیرامون ارزیابی غلظت نیترا با استفاده از GIS، اراضی با کاربری فضای سبز و کشاورزی، بیشترین تأثیر را در افزایش غلظت نیترا در فصول کم‌بارش داشتند و اراضی با کاربری مسکونی و تجاری نیز باعث افزایش غلظت نیترا در فصل پر بارش شده است (۵). نتایج تحقیق انجام شده در کشور ترکیه با استفاده از GIS، نشان داد که آب‌های زیرزمینی بخش جنوب غربی شهر، دارای بالاترین کیفیت هستند (۶). نتایج پژوهش و مدل‌سازی

مقدمه

در بسیاری از نقاط جهان، آلودگی آب‌های زیرزمینی به نیترا، مهم‌ترین چالش منابع آب به شمار می‌رود (۱). نیترا موجود در آب‌های زیرزمینی، ناشی از منابع نقطه‌ای مانند سیستم‌های تصفیه و دفع فاضلاب و همچنین، منابع غیر نقطه‌ای همچون استفاده از کودها و سموم در کشاورزی و فضاهای سبز، تجزیه گیاهان و یا منابع طبیعی نیتروژن می‌باشد (۲). در جمعیت‌هایی که آب آشامیدنی آن‌ها دارای نیترا بیشتر از حد مجاز بوده، افزایش خطر ابتلا به سرطان معده، اختلال در عملکرد تیروئید و ایجاد سمیت مزمن مشاهده گردیده است (۳). استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (Geographic Information System یا

۱- دانشجوی دکتری تخصصی، گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کاشان، کاشان، ایران

۲- استاد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

۳- دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

۴- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

نویسنده مسؤول: مراد محمودی برام؛ دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

Email: m_mahmoodi95@yahoo.com

غلظت یون نیترات با استفاده از برنامه ۳۵۵ با طول موج ۵۰۰ نانومتر در دستگاه اسپکتروفتومتر مدل DR-2000 (شرکت SCINCO، کره جنوبی) اندازه‌گیری شد و نتایج به دست آمده با روش‌های استاندارد با شماره‌های ۴-۸۵ کتاب استاندارد متد تطبیق داده شد.

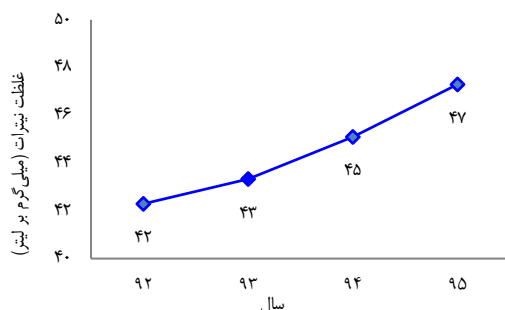


شکل ۲. موقعیت نقاط نمونه‌برداری

در نهایت، داده‌ها با استفاده از آزمون‌های t و One-way ANOVA جهت مقایسه میانگین نیترات با استانداردها و مقایسه میانگین‌ها در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ (IBM Corporation, Armonk, NY) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها

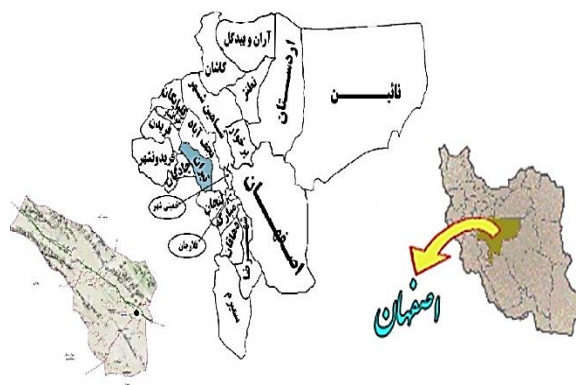
شکل ۳ روند تغییرات میانگین غلظت نیترات در سال‌های ۹۵-۱۳۹۲ را نشان می‌دهد. اگرچه میانگین غلظت نیترات در طی سال‌های مختلف از حد استاندارد (۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) بیشتر نشده، اما تغییرات آن در طول سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۵ افزایشی بوده است. نتایج آزمون One-way ANOVA نشان داد که تغییرات میانگین نیترات در سال‌های مورد بررسی، تفاوت معنی‌داری با هم نداشت ($P > 0.05$). بر اساس آزمون مقایسه چندگانه Duncan و (LSD) Least significant difference، میانگین غلظت نیترات در سال ۱۳۹۲ خیلی نزدیک به سال ۱۳۹۳ ($P = 0.180$)، اما در مقایسه با سال ۱۳۹۵ تفاوت میانگین بیشتر شده است ($P = 0.020$).



شکل ۳. روند تغییرات میانگین غلظت نیترات طی سال‌های ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۲

در آبخوان شهر ری در ایران نیز نشان داد که احداث شبکه جمع‌آوری فاضلاب، باعث کاهش غلظت نیترات در منابع آبی می‌شود (۷). بررسی روند تغییرات نیترات و کل جامدات محلول در آب‌های آشامیدنی زیرزمینی دشت همدان- بهار با استفاده GIS حاکی از آن بود که میانگین غلظت سالیانه نیترات در نمونه‌های مورد ارزیابی، ۹/۳۸ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد و در مناطق جنوبی دشت نسبت به مناطق کشاورزی با زراعت آبی و باغات و مناطق با تراکم جمعیتی و چاه‌های کم‌عمق، غلظت نیترات کمتر است (۸).

شهرستان تیران و کرون با مساحت ۱۷۶۸/۸ کیلومتر مربع در فاصله ۶۵ کیلومتری غرب اصفهان واقع گردیده است (شکل ۱). با توجه به این که کشاورزی مهم‌ترین فعالیتی است که در این شهرستان انجام می‌گیرد و اراضی کشاورزی مجاور مناطق مسکونی قرار دارند و جمع‌آوری و دفع فاضلاب مناطق مسکونی و تجاری با استفاده از چاهک‌های جاذب صورت می‌گیرد، بررسی وضعیت نیترات در منابع آب زیرزمینی این منطقه و مقایسه روند تغییرات غلظت آن در یک دوره سه ساله (۹۵-۱۳۹۲) به منظور آرایه راهکارهای پیشگیری از افزایش آلودگی احتمالی منابع آب، بسیار بااهمیت می‌باشد. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف پهنه‌بندی وضعیت نیترات منابع آب زیرزمینی منطقه تیران و کرون با استفاده از GIS انجام شد.



شکل ۱. موقعیت مکانی شهرستان تیران و کرون در استان اصفهان

روش‌ها

این مطالعه از نوع توصیفی-مقطعی بود که با هدف پهنه‌بندی تغییرات نیترات در منابع آب زیرزمینی منطقه تیران و کرون در غرب اصفهان طی سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۵ با استفاده از GIS انجام گردید. به منظور تعیین محدوده منطقه مورد بررسی، از نقشه‌های سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان استفاده و نقاط نمونه‌برداری با توجه به طول و عرض جغرافیایی بر روی نقشه‌ها مشخص شد. پس از جمع‌آوری داده‌ها، وارد نمودن آن‌ها به نرم‌افزار GIS، رقومی کردن آن‌ها و زمین مرجع کردن آن‌ها، پایگاه داده مربوط تهیه گردید. شکل ۲ پهنه‌بندی نقاط نمونه‌برداری را در منطقه مورد نظر نشان می‌دهد. پس از تعیین نقاط نمونه‌برداری، طی سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۵، از هر نقطه مشخص یک نمونه برداشت شد. در مجموع، ۴۰ نقطه برای نمونه‌برداری مشخص گردید. سنجش غلظت نیترات در آزمایشگاه دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی اصفهان و با روش اسپکتروفتومتری و استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر انجام گرفت (۹).

درون‌یابی و پهنه‌بندی است. مدل‌های اصلی مورد بررسی در مطالعه حاضر، مدل‌های کروی، دایره‌ای، گوس و نمایی بود. بهترین روش درون‌یابی برای نیترات در سال‌های ۱۳۹۲، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ با توجه به نرمال بودن توزیع داده‌ها، Kriging معمولی و مدل نمایی و برای سال ۱۳۹۳، Kriging معمولی و مدل گوس بود. کمترین RMSE در سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۵ به ترتیب ۰/۰۰۴، ۰/۸۱۰، ۰/۱۲۰ و ۰/۹۹۴ بود. بیشترین مقدار غلظت نیترات بر اساس نقشه درون‌یابی شده مربوط به قسمت‌های مرکزی منطقه مورد بررسی می‌باشد. با این تفاوت که در سال ۱۳۹۵ وسعت مناطق دارای غلظت بالای نیترات نسبت به سال‌های قبل از آن افزایش یافته است.

بحث

نتایج این پژوهش که با هدف پهنه‌بندی تغییرات نیترات در منابع آب زیرزمینی منطقه تیران و کرون در غرب اصفهان طی سال‌های ۱۳۹۲-۹۵ با استفاده از GIS انجام شد، نشان داد که کمترین مقدار RMSE در سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۵ در روش Kriging، مدل نمایی و گوس مشاهده گردید. بنابراین، این روش‌ها بیشترین کاربرد را برای درون‌یابی متغیر نیترات در منابع آب زیرزمینی دارند. در مطالعه مسعودی‌نژاد و فرخ‌نیا که به منظور تعیین پهنه‌بندی نیترات در منابع آب زیرزمینی اسلامشهر با استفاده از GIS طی سال‌های ۱۳۸۹-۹۴ انجام گرفت، بهترین روش درون‌یابی برای نیترات با توجه به نرمال بودن توزیع داده‌ها، روش Kriging معمولی و مدل گوس بود (۱۰). تحقیق یوسفی و همکاران بر روی منابع آب زیرزمینی ایلام حاکی از آن بود که بهترین روش‌های درون‌یابی برای نیترات (با توجه به توزیع نرمال داده‌ها) به ترتیب Kriging معمولی و مدل گوسی بود (۱۱). همچنین، پژوهش ززولی و همکاران که با هدف بررسی تغییرات مکانی نیتريت و نیترات شهرستان کهگیلویه صورت گرفت، بهترین روش درون‌یابی برای نیترات، Kriging معمولی و مدل نمایی (RMSE = ۰/۳۱۲) گزارش شد (۱۲).

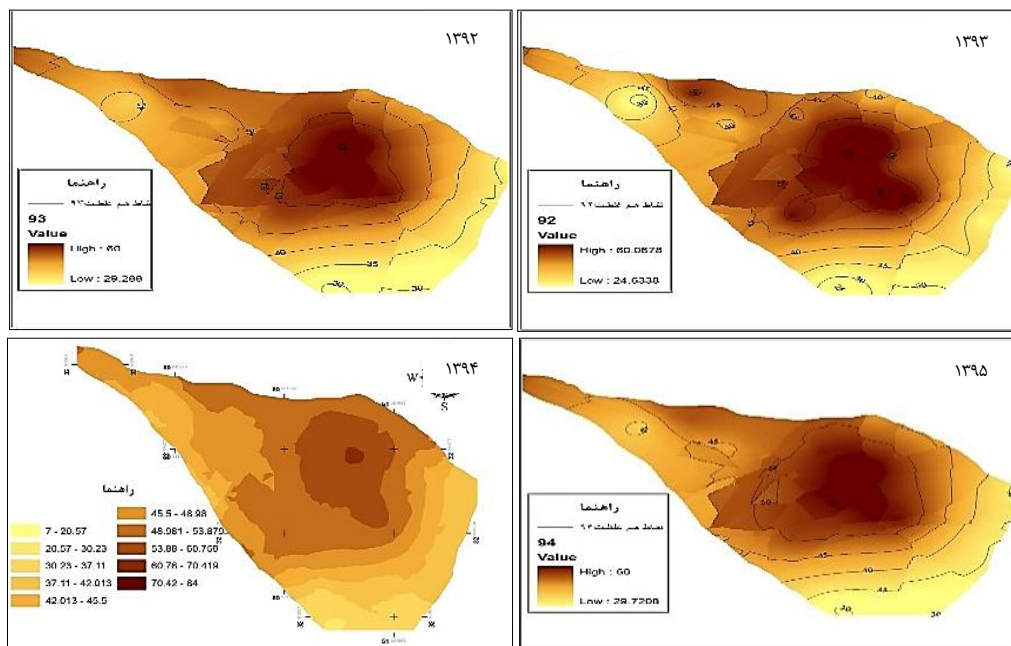
جدول ۱ مقادیر میانگین، حداقل و حداکثر غلظت نیترات طی سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۹۵ را در نقاط نمونه‌برداری شده نشان می‌دهد. میانگین غلظت نیترات طی سال‌های مختلف روند افزایشی داشته است. میانگین کلی سالیانه نیترات کمتر از استانداردهای ملی و جهانی بود، اما با این حال در بیشتر نمونه‌ها غلظت بالای استاندارد ثبت شده است. به عنوان مثال، حداکثر مقدار نیترات که ۸۵ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد، در سال ۱۳۹۲ مشاهده گردید. نتایج آزمون t نشان داد که غلظت نیترات در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ به طور معنی‌داری ($P < ۰/۰۵$) کمتر از استاندارد جهانی (۵۰ میلی‌گرم در لیتر) می‌باشد؛ در حالی که در سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ بالاتر از حد استاندارد گزارش گردید ($P > ۰/۰۵$).

جدول ۱. مقادیر میانگین، حداقل و حداکثر غلظت نیترات در

سال‌های ۱۳۹۲-۹۵

سال	حداقل	حداکثر	میانگین $\pm$ انحراف معیار
۱۳۹۲	۶	۸۵	$۴۲/۲۹ \pm ۱۷/۲۷$
۱۳۹۳	۶	۷۴	$۴۲/۳۳ \pm ۱۶/۵۵$
۱۳۹۴	۷	۷۶	$۴۵/۰۹ \pm ۱۶/۹۵$
۱۳۹۵	۷	۸۴	$۴۷/۲۹ \pm ۱۸/۱$

شکل ۴ تغییرات مکانی نیترات آب آشامیدنی در منطقه مورد بررسی را طی سال‌های ۱۳۹۲-۹۵ نشان می‌دهد. بهترین روش برای درون‌یابی Kriging می‌باشد؛ چرا که میزان مجذور میانگین مربعات خطا (Root Mean Square Error یا RMSE) در این روش کمتر از سایر روش‌ها است. به عنوان مثال، این میزان در روش معکوس وزنی فاصله (Inverse distance weighting یا IDW)، ۶/۹ به دست آمد. هر کدام از مدل‌ها که کمترین مقدار RMSE را داشته باشد، بهترین روش



شکل ۴. تغییرات مکانی نیترات آب آشامیدنی در منطقه مورد بررسی طی سال ۱۳۹۲-۹۵

دیگر می‌باشد (۱۶). بنابراین، غلظت بالای نیترات در مناطق مرکزی در تحقیق حاضر و مناطق نزدیک به محل‌های مسکونی، شاید ناشی از دفع فاضلاب‌های انسانی و استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی نیترا ته در اراضی کشاورزی باشد که این اراضی در قسمت مرکزی و اطراف روستاها قرار داشت.

نتیجه‌گیری

با توجه به بالا بودن غلظت نیترات در بیشتر نمونه‌ها و روند افزایشی غلظت نیترات طی سال‌های مورد بررسی، حفاظت و انجام اقدامات لازم جهت جلوگیری از ورود نیترات و کنترل منابع واردکننده نیترات به آب‌های زیرزمینی منطقه به منظور پیشگیری از بروز هرگونه مخاطرات بهداشتی برای مصرف‌کنندگان، بسیار ضروری به نظر می‌رسد. همچنین، پایش مداوم غلظت نیترات در منابع آب شرب منطقه مورد بررسی، امری ضروری می‌باشد. با توجه به نتایج پژوهش حاضر، کنترل بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی منطقه، نظارت جدی بر استفاده از کودهای شیمیایی نیترا ته در اراضی کشاورزی، دفع اصولی فاضلاب‌های انسانی و صنعتی در منطقه و رعایت حریم چاه‌های آب، از اقدامات اساسی است که جهت جلوگیری از افزایش غلظت نیترات در منابع آب زیرزمینی مورد بررسی، باید انجام گیرد.

تشکر و قدردانی

مطالعه حاضر برگرفته از پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد بهداشت محیط با شماره ۱۸۴۰۷۰، مصوب دانشگاه علوم پزشکی اصفهان می‌باشد که با حمایت این دانشگاه انجام شد. بدین وسیله از کلیه کارکنان شرکت آب و فاضلاب روستایی و شهری شهرستان تیران و کرون که در انجام این تحقیق همکاری نمودند، تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

غلظت نیترات در بعضی از نقاط نمونه‌برداری بالاتر از ۵۰ میلی‌گرم در لیتر (حداکثر مجاز اعلام شده توسط آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا) بود و نمونه‌های برداشت شده در نقاط نزدیک به مناطق مسکونی، بالاترین غلظت نیترات را داشت و کیفیت آب زیرزمینی از نظر غلظت نیترات در قسمت مرکزی شهرستان با سایر نقاط تفاوت قابل ملاحظه‌ای را نشان داد. در مطالعه پاسبان و همکاران، میانگین غلظت نیترات در چاه‌های آب شرب شهر بجنورد، ۵۴/۹ میلی‌گرم در لیتر گزارش گردید و اختلاف معنی‌داری بین میانگین غلظت نیترات در چاه‌های داخل شهر و چاه‌های خارج از شهر وجود داشت (۱۳). بدیعی‌نژاد و همکاران در تحقیق خود که بر روی چاه‌های آب اطراف شهر شیراز انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که غلظت نیترات در ۱۱/۴ درصد از نمونه‌ها بیش از مقدار توصیه شده است (۱). نتایج پژوهش فلاح‌زاده و همکاران نشان داد که از ۱۹ چاه نمونه‌برداری شده، یک مورد دارای نیترات با غلظت بیش از مقدار مجاز بوده است (۳).

Lefebvre و Couillard کیفیت آب‌های زیرزمینی در ناسونو ژاپن را با استفاده از GIS مورد بررسی قرار دادند و نتیجه‌گیری کردند که کیفیت آب زیرزمینی از شمال غربی به جنوب شرقی به دلیل کاهش عمق آب و افزایش ورود کود از زمین‌های کشاورزی برنج و افزایش تراکم جمعیت، کاهش می‌یابد. همچنین، گزارش کردند که کیفیت آب زیرزمینی در قسمت‌های بالایی و پایینی در مقایسه با قسمت‌های میانی خیلی متغیر است و ۳۰ درصد از نمونه‌ها غلظت نیترات بیشتر از ۴۵ میلی‌گرم در لیتر دارند (۱۴) که با نتایج بررسی حاضر مشابهت داشت. محمد ظاهری و همکاران به بررسی آلودگی نیترات و نیتريت در منابع آب زیرزمینی شهر دهگلان پرداختند و به این نتیجه رسیدند که پس از کوددهی در زمین‌های کشاورزی، نیترات منابع آب زیرزمینی افزایش یافته است (۱۵). نتایج مطالعه میرزایی و همکاران نشان داد که ۴/۵ درصد از چاه‌های مورد بررسی دارای غلظت بیش از حد مجاز بودند و غلظت نیترات در برخی از مناطق بیش از مناطق

References

1. Badeenezhad A, Radfard M, Passalari H, Parseh I, Abbasi F, Rostami S. Factors affecting the nitrate concentration and its health risk assessment in drinking groundwater by application of Monte Carlo simulation and geographic information system. *Hum Ecol Risk Assess* 2021; 27(6): 1458-71.
2. Hoseinzadeh E, Wei C, Chavoshi E, Amin Faghih M. Groundwater quality and nitrate pollution modeling: An integrated study of contour mapping and geographic information system. *Desalin Water Treat* 2016; 57(52): 24882-93.
3. Fallahzadeh RA, Azimzadeh HR, Khosravi R, Almodaresi SA, Khodadadi M, Eslami H, et al. Using geographic information system (GIS) and remote sensing (RS) in zoning nitrate concentration in the groundwater of Birjand, Iran. *J Adv Environ Health Res* 2016; 4(3): 129-34.
4. Badiie Nejad 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. [In Persian].
5. Lee S, Min K, Woo N, Kim Y, Ahn C. Statistical models for the assessment of nitrate contamination in urban groundwater using GIS. *Environmental Geology* 2003; 44: 210-21.
6. Nas B, Berkta A. Groundwater quality mapping in urban groundwater using GIS. *Environ Monit Assess* 2010; 160(1): 215-27.
7. Ehteshami M, Sharifi A. Modeling and assessment of Rey's groundwater quality. *Journal of Environmental Science and Technology* 2007; 8(4): 125-10. [In Persian].
8. Hooshmand A, Dalghandi M, Sayyed Kaboli H. The zoning of the quality status of Karun River water based on WQI index using GIS. *Proceedings of the 2nd Conference and Exhibition of Environmental Engineering*; 2008 May 20; Tehran, Iran. [In Persian].
9. Mohammadi H, Yazdanbakhsh A, Sheykh Mohammadi A, Bonyadinejad G, Alinejad A, Ghanbari G.

- Investigation of nitrite and nitrate in drinking water of regions under surveillance of Shahid Beheshti University of Medical Sciences in Tehran Province, Iran. *J Health Syst Res* 2012; 7(6): 782-9. [In Persian].
10. Massoudinejad MR, Farokhnia M. Zoning of nitrate in water sources of Eslamshahr City using geographic information system during 2010-2015. *Journal of Safety Promotion and Injury Prevention* 2016; 3(4): 233-42. [In Persian].
 11. Yousefi Z, Mohammadpour Tahmtan RA, Kazemi F. Temporal and spatial variation of fluoride, nitrate and nitrite concentrations in drinking water in ilam using geographic information system. *J Mazandaran Univ Med Sci* 2016; 25(134): 69-80. [In Persian].
 12. 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. *J Mazandaran Univ Med Sci* 2014; 23(109): 258-63. [In Persian].
 13. Pasban A, Amani J, Chatrsimab M. Nitrate concentration in wells supplying drinking water for Bojnord city in 2007. *J North Khorasan Univ Med Sci* 2009; 1(2): 39-46. [In Persian].
 14. Couillard D, Lefebvre Y. Analysis of water quality indices. *J Environ Manage* 1985; 21: 161-79.
 15. Mohammadzaheri F, Safari B, Bagheri Z, Sobhanardakani S. Determination of nitrate and nitrite concentrations in groundwater resources of Dehgolan City. *Human and Environment* 2014; 12(3): 1-11. [In Persian].
 16. Mirzaei R, Sakizadeh M, Ghorbani H. Nitrate contamination of drinking and agricultural groundwater resources in Shahrood and Damghan, Iran. *J Mazandaran Univ Med Sci* 2015; 25(131): 117-27. [In Persian].