

Nitrate Contamination of Drinking and Agricultural Groundwater Resources in Shahrood and Damghan, Iran

Rouhollah Mirzaei¹,
Mohamad Sakizadeh²,
Hadi Ghorbani³

¹ Assistant Professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Kashan, Kashan, Iran

² Assistant Professor, Department of Environmental Sciences, Faculty of Sciences, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran

³ Associate Professor, Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

(Received August 1, 2015 Accepted September 26, 2015)

Abstract

Background and purpose: Nitrate is one of the most important water pollutants contributing to methemoglobinemia in children and stomach cancer in adults. The aim of this study was to investigate the nitrate contamination of groundwater in Shahrood and Damghan and determination of the spatial pattern of its distribution.

Materials and methods: A total of 154 wells were sampled in Shahrood and Damghan and the nitrate concentration was analyzed. Kruskal-Wallis test was applied to compare the concentrations of nitrate in urban, rural and plain areas. The nitrate concentrations in agricultural and drinking wells were compared using Mann-Whitney test. Empirical bayesian kriging method was used to study the spatial distribution of nitrate in the groundwater.

Results: The mean concentration of nitrate in urban, rural, and plain area wells were 29.18, 11.58, and 10.40 mg l⁻¹, respectively. There was a significant difference in nitrate concentration between urban areas and that of the rural and plain areas; but no significant difference was found in nitrate concentration between the drinking and agricultural wells. The geostatistical analysis showed higher concentration of nitrate in southern part of the area than that of the northern part.

Conclusion: The concentration of nitrate was higher than the permissible levels in 4.5% of the studied wells; however, at present this is not considered a health risk in the region.

Keywords: Water quality, nitrate, GIS, empirical bayesian kriging

J Mazandaran Univ Med Sci 2015; 25(131): 117-127 (Persian).

بررسی غلظت نیتрат منابع آب زیرزمینی شرب و کشاورزی شهرستان‌های شاهرود و دامغان

روح اله میرزایی^۱
محمد ساکی زاده^۲
هادی قربانی^۳

چکیده

سابقه و هدف: نیترات یکی از مهم‌ترین آلاینده‌های منابع آب است که باعث بیماری متهموگلوبینمیا در کودکان و سرطان معده در بزرگسالان می‌شود. هدف این پژوهش بررسی وضعیت آلودگی آب‌های زیرزمینی شهرستان‌های شاهرود و دامغان به نیترات و تعیین الگوی مکانی تغییرات آن در آب زیرزمینی منطقه است.

مواد و روش‌ها: تعداد ۱۵۴ نمونه آب از چاه‌های محدوده شهرستان‌های شاهرود و دامغان برداشت شد و غلظت یون نیترات در آن‌ها اندازه‌گیری شد. آزمون کرومکال والیس به منظور مقایسه غلظت نیترات در مناطق شهری، روستایی و دشتی، و آزمون من‌وینتی به منظور مقایسه غلظت نیترات در چاه‌های کشاورزی و شرب استفاده گردید. به منظور تعیین الگوی مکانی نیترات در آب زیرزمینی منطقه نیز روش کریجینگ بیزین تجری استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که میانگین غلظت نیترات در چاه‌های شهری، روستایی و دشتی به ترتیب ۲۹/۱۸، ۱۱/۵۸ و ۱۰/۴۰ میلی‌گرم در لیتر است. غلظت نیترات در چاه‌های محدوده شهری با چاه‌های محدوده روستایی و دشتی دارای اختلاف معنی‌دار بود. نتایج هم‌چنین نشان داد که غلظت نیترات در چاه‌های با مصرف شرب و کشاورزی دارای اختلاف معنی‌داری نبودند. نتایج تحلیل زمین‌آمار نیز نشان داد که غلظت نیترات در بخش جنوبی منطقه بیش‌تر از بخش شمالی است.

استنتاج: اگرچه ۴/۵ درصد از چاه‌های مطالعاتی دارای غلظت نیترات بیش از استاندارد بودند، اما به نظر می‌رسد در حال حاضر نیترات به‌عنوان یک مشکل حاد در منطقه مطرح نیست.

واژه‌های کلیدی: کیفیت آب، نیترات، GIS، کریجینگ بیزین تجری

مقدمه

مورد نیاز بشر از طریق برداشت از منابع آب زیرزمینی تأمین می‌شود، با این حال حفاظت از کیفیت آب زیرزمینی چالش مهمی در سطح جهان است که در سال‌های اخیر آلودگی این منابع به دلیل فعالیت‌های انسانی، نگرانی‌ها در این زمینه را افزایش داده است (۳).

دسترسی پایدار به آب آشامیدنی سالم برای رفاه و سلامت زندگی انسان ضروری است (۱). بیماری‌های آب‌زاد مسئول ۸۰ درصد تمام بیماری‌ها و مرگ‌ومیر در کشورهای در حال توسعه می‌باشند و سالانه بیش از ۵ میلیون فرد را می‌کشند (۲). اگرچه بخش مهمی از آب

E-mail: rmirzaei@kashanu.ac.ir

مؤلف مسئول: روح اله میرزایی - کاشان: دانشگاه کاشان، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، گروه محیط زیست

۱. استادیار، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

۲. استادیار، گروه محیط زیست، دانشکده علوم، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران

۳. دانشیار، گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۵/۱۰ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات: ۱۳۹۴/۵/۱۲ تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۷/۴

میلی گرم در لیتر است (۸). یکی از ابتدایی ترین اقدامات به منظور جلوگیری از آلودگی آب های زیرزمینی، بررسی تغییرات مکانی کیفیت آب های زیرزمینی است. شناسایی مناطقی که بار سنگین نیتروژن از منابع نقطه ای و غیرنقطه ای دریافت می کنند برای برنامه ریزان منطقه ای و تصمیم گیران محیط زیستی مهم است (۹). برای دستیابی به این هدف سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS¹) به همراه فنون درون یابی و زمین آمار ابزاری بسیار مناسب هستند که علاوه بر بررسی های معمول آماری، امکان تحلیل های مکانی را برای تصمیم گیری و برنامه ریزی بهتر را فراهم می کنند. با استفاده از روش های درون یابی می توان با جمع آوری داده های کم تر نقشه هایی با دقت بالاتر تهیه نمود، به طوری که با ایجاد نقشه های توزیع مکانی متغیرها با استفاده از روش های درون یابی می توان به مدیریت صحیح و اصولی دست پیدا کرد. برای این کار فنون درون یابی نظیر روش های وزن دهی عکس فاصله، توابع پایه شعاعی، درون یابی چند جمله ای موضعی جهانی و محلی که جزء روش های قطعی هستند و روش های کریجینگ (ساده، معمولی، جهانی و غیره) و کوکریجینگ که جزء روش های زمین آماری هستند، به طور گسترده در تحقیقات علوم محیطی استفاده می شوند. با این وجود، تاکنون از بین تمام روش های زمین آماری، روش های کریجینگ به دلیل ایجاد خطای کم تر و تولید حداقل واریانس ممکن، محبوبیت بیش تری را نسبت به سایر روش ها داشته و در تعیین توزیع مکانی متغیرهای محیطی پتانسیل بالایی دارند. کریجینگ اصطلاحی کلی برای مجموعه روش هایی با کم ترین خطا است که بهترین برآورد خطی نااریب را فراهم می کند (۱۰، ۱۱). چندین بسته نرم افزاری سیستم اطلاعات جغرافیایی تحلیل های زمین آماری را ممکن ساخته اند و کریجینگ به ویژه کریجینگ معمولی (Ordinary Kriging) یکی از پرطرفدارترین روش های درون یابی در این بسته ها می باشد (۲۷). با وجود محاسن

در ایران نیز منابع آب زیرزمینی نقش بسیار مهمی در تأمین آب شرب دارا هستند. با وجود این، چنین منابعی در معرض آلودگی قرار دارند. نیترات معمول ترین آلاینده ای است که به دلیل منابع نقطه ای و غیرنقطه ای آلودگی در آب های زیرزمینی یافت می شود (۴). از مهم ترین منابع غیرنقطه ای می توان به فعالیت های کشاورزی اشاره نمود که برخی از مطالعات نشان داده اند که فعالیت های کشاورزی مهم ترین دلیل افزایش غلظت نیترات در آب های زیرزمینی هستند. نیتروژن ماده مغذی حیاتی برای افزایش رشد گیاه است؛ با وجود این، هنگامی که مصرف نیتروژن از نیاز گیاه و ظرفیت نیتروژن زدایی خاک تجاوز کند، ممکن است به فرم نیترات وارد آب های زیرزمینی شود. این در حالی است که فعالیت های کشاورزی به خاطر آثار تجمعی چندین سال فعالیت می توانند به مرور زمان کیفیت آب زیرزمینی را کاهش دهند. در زمین های کشاورزی معمولاً مصرف کودهای حیوانی و شیمیایی و محصولات لگومینه دو دلیل اصلی افزایش غلظت نیترات هستند (۵). از سایر منابع غیرنقطه ای می توان به رسوبات، آبیاری با آب زیرزمینی حاوی نیتروژن و ته نشینت خشک اشاره کرد. از منابع نقطه ای مهم می توان به سپتیک تانک ها و لاگون های کارخانه های لبنیاتی و دامداری ها اشاره نمود (۶). افزایش غلظت نیترات در آب شرب باعث مشکلاتی مانند بروز بیماری متهموگلوبینمیا در کودکان و تشکیل نیتروزامین (۷) و سرطان معده در بزرگسالان می شود (۴). غلظت زیاد نیترات در منابع آبی نیز می تواند باعث پدیده یوتروفیکاسیون شود؛ به همین منظور سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا حداکثر غلظت مجاز نیترات را برحسب ازت و نیترات به ترتیب ۱۰ و ۴۵ میلی گرم در لیتر و مقدار رهنمودی مشروط برای نیتريت را ۳ میلی گرم در لیتر پیشنهاد کرده است. این مقدار طبق موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، رهنمود سازمان جهانی بهداشت و استاندارد اروپا، ۵۰

1- Geographic Information System

مواد و روش‌ها

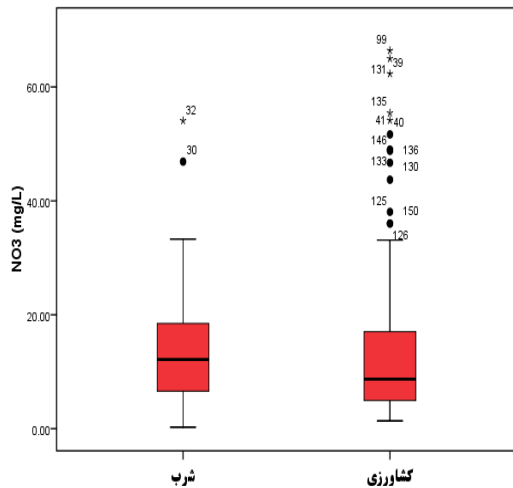
منطقه مورد مطالعه شامل نیمه شرقی استان سمنان بوده و محدوده شهرستان‌های شاهرود و دامغان را به مساحت بالغ به ۶۵۷۶۰ کیلومتر مربع در برمی‌گیرد (۲۱). این مطالعه از نوع توصیفی-مقطعی بود. تعداد ۱۵۴ نمونه آب از چاه‌های واقع در محدوده‌های شهری (۲۸ نمونه)، روستایی (۵۸ نمونه) و دشتی (۶۸ نمونه) در سال ۱۳۸۸ برداشت شد. نمونه‌برداری بر اساس روش شبکه‌ای تصادفی با انعطاف در شکل و چگالی نمونه‌برداری از یک سلول صورت گرفت. چگالی نمونه‌برداری با توجه به تمرکز مراکز جمعیتی و نیز مشاهدات خاص محیطی افزایش یافته است (۲۱). هر نمونه آب شامل یک بطری ۱/۵ لیتری تیره‌رنگ (به دلیل عدم واکنش و محافظت از تابش مستقیم نور) بوده که پس از برداشت، با گذراندن از صافی ۰/۴۵ میکرون فیلتر شده و تا زمان رسیدن به آزمایشگاه در دمای زیر ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل ۳۰۴۵ شرکت Jenway انگلیس توسط آزمایشگاه سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور مورد آنالیز قرار گرفته و غلظت یون نترات در آن‌ها اندازه‌گیری شد (۲۱). آمار توصیفی غلظت نترات توسط نسخه ۱۷ نرم‌افزار SPSS بررسی شد. نرمال بودن داده‌ها توسط آزمون شاپیرو-ویلک مورد بررسی قرار گرفت. برای مقایسه غلظت نترات در مناطق شهری، روستایی و دشتی از آزمون کروسکال وایس و بررسی غلظت نترات در چاه‌های کشاورزی و آشامیدنی از آزمون من‌ویتنی استفاده گردید. به منظور تعیین الگوی مکانی در نرم‌افزار ArcGIS نسخه ۱۰/۱، روش کریجینگ بیزین تجربی با اندازه زیرمجموعه ۱۰۰ (Subset size) و تعداد شبیه‌سازی (Simulation) ۱۰۰۰ مرتبه استفاده شد.

فراوان، مشکلات موجود در برآزش دادن مدل‌ها از معایب روش‌های کریجینگ می‌باشد. از این رو شرکت ESRI^۲ پس از انجام آزمون‌های فراوان با افزودن ابزار قدرتمند دیگری به ArcGIS نسخه بالای ۱۰ این عیب را برطرف نموده و روش جدید کریجینگ بیزین تجربی (Empirical Bayesian Kriging) را ابداع کرده است. در این روش برخلاف سایر روش‌های کریجینگ نیازی به تنظیم دستی پارامترها برای دستیابی به نتایج بهتر نیست بلکه تمام پارامترها به‌طور خودکار از طریق فرآیند شبیه‌سازی تنظیم می‌شوند که نتایج به‌دست آمده از این روش اغلب بهتر از ارزیابی متقابل است. از دیگر مزایای این روش می‌توان به محاسبه دقیق‌تر خطای استاندارد، دقت بیش‌تر برای مجموعه داده‌های کوچک و شبیه‌سازی طیفی از نیم‌تغییرنماهای مناسب به جای ترسیم یک نیم‌تغییرنمای نهایی اشاره کرد.

تاکنون مطالعات متعددی در ایران به بررسی غلظت نترات در منابع آب زیرزمینی پرداخته‌اند که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به مطالعات مهدی‌نیا و نیک‌روش (۱۳۸۱)، محمدیان فضل‌ی و صادقی (۱۳۸۲)، فلاح و همکاران (۱۳۸۵)، یوسفی و نائیچ (۱۳۸۶)، استواری و همکاران (۱۳۹۱)، یوسفی و همکاران (۱۳۹۱)، ززولی و علم‌قلیلو (۱۳۹۱)، دیانتی تیلکی و رسولی (۱۳۹۲)، و ززولی و همکاران (۱۳۹۲) اشاره کرد (۱۲-۲۰). بررسی این مطالعات نشان داد که اگرچه غلظت نترات در بیش‌تر نمونه‌های آب کم‌تر از حد مجاز توصیه شده بوده است اما طی سال‌های اخیر روند افزایشی داشته است. بنابراین نظارت مستمر و پایش منابع آب کشور به منظور بررسی سلامت آن‌ها ضروری است. از این رو، هدف این پژوهش بررسی وضعیت آلودگی آب‌های زیرزمینی شهرستان‌های شاهرود و دامغان در سال ۱۳۸۸ به نترات و بررسی الگوی مکانی تغییرات آن در آب زیرزمینی منطقه با استفاده از روش درون‌یابی کریجینگ بیزین تجربی است.

یافته‌ها

شهری، روستایی و دشتی منطقه به ترتیب ۶۲، ۹۸ و ۹۸ درصد بود که نشان از تغییرپذیری متوسط و زیاد نیترات در چاه‌های منطقه دارد. ضریب تغییرات کم‌تر از ۱۰ درصد نشان از تغییرپذیری کم و ضریب تغییرات بیش‌تر از ۹۰ درصد نشان از تغییرپذیری زیاد دارد (۲۲).



نمودار شماره ۱: نمودار باکس پلات غلظت نیترات در چاه‌های مورد مطالعه به تفکیک نوع مصرف

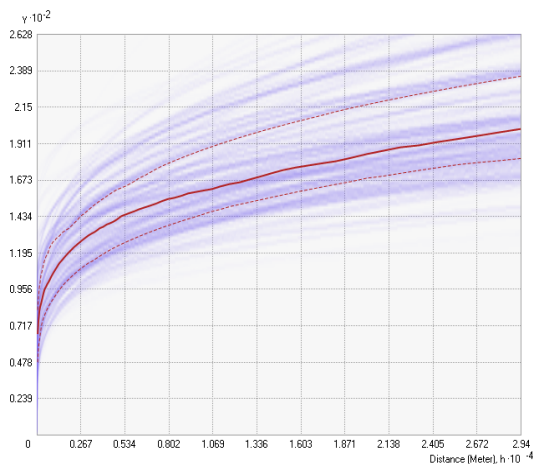
به منظور تعیین الگوی مکانی نیترات در منابع آب زیرزمینی ابتدا ابر نیم تغییرنمای کریجینگ به دست آمد که در نمودار شماره ۲ آورده شده است. همان‌طور که در نمودار شماره ۲ مشاهده می‌شود خطوط قرمز پررنگ مقادیر میانه و خط چین‌ها مقادیر ۲۵ و ۷۵ درصد آستانه را نشان می‌دهند. خطوط آبی‌رنگ که در این جا به شکل ابر نیم تغییرنما ترسیم شده‌اند نیز متناسب با وزن نیم تغییرنماهای تخمینی می‌باشند، به طوری که ضخامت بیش‌تر خطوط، افزایش وزن نیم تغییرنماها را نشان می‌دهند، یعنی بیش‌تر نیم تغییرنماهای ترسیمی در آن

نتایج آمار توصیفی غلظت نیترات در چاه‌های مورد مطالعه در جدول شماره ۱ آورده شده است. میانگین غلظت نیترات در چاه‌های شهری، روستایی و دشتی به ترتیب ۲۹/۱۸، ۱۱/۵۸ و ۱۰/۴۰ میلی‌گرم در لیتر بود. نتایج آزمون کروסקال والیس نشان داد که غلظت نیترات در چاه‌های محدوده شهری با چاه‌های موجود در محدوده روستا و مناطق دشتی دارای اختلاف معنی‌دار بودند ($p=0/00$) و این اختلاف برای چاه‌های روستایی و دشتی معنی‌دار نبود ($p=0/62$). اگرچه میانگین غلظت نیترات در هر سه نوع چاه از حداکثر مجاز کمتر است، اما به ترتیب حدود ۱۷/۸ (۵ حلقه چاه)، ۱/۷ (۱ حلقه چاه) و ۱/۴ (۱ حلقه چاه) درصد از چاه‌های مورد مطالعه دارای غلظت نیترات بیش از حد آستانه ۵۰ میلی‌گرم در لیتر بودند. به طور کلی نیز ۴/۵ درصد از تمام چاه‌های مورد بررسی دارای غلظت نیترات بیش از ۵۰ میلی‌گرم در لیتر بودند. میانگین غلظت نیترات در چاه‌های با کاربرد کشاورزی و شرب به ترتیب ۱۴/۲۵ و ۱۲/۰۳ میلی‌گرم در لیتر به دست آمد. اگرچه نتایج آزمون من‌ویتنی نیز نشان داد که غلظت نیترات در چاه‌های با کاربرد شرب و کشاورزی دارای اختلاف معنی‌داری نبودند ($p=0/92$)، اما چاه‌های با غلظت‌های بیش از ۵۰ میلی‌گرم در لیتر بیشتر در کاربری کشاورزی مشاهده شدند (نمودار شماره ۱) که این چاه‌ها بیش‌تر در مناطق اطراف شهرها قرار گرفتند. کم‌ترین و بیش‌ترین غلظت نیترات اندازه‌گیری شده هم به ترتیب با مقادیر ۰/۲۶ و ۶۶/۴۰ متعلق به محدوده‌های روستایی منطقه مورد مطالعه است. ضریب تغییرات غلظت نیترات در چاه‌های

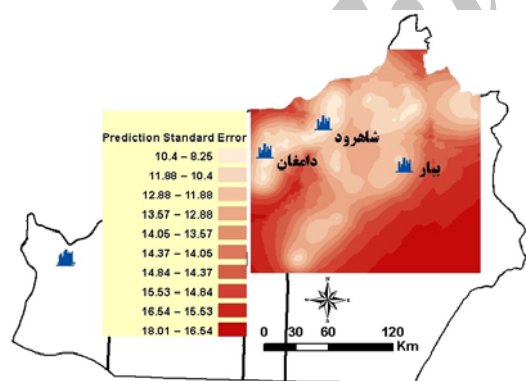
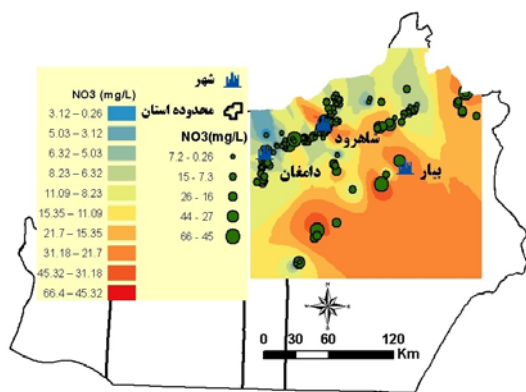
جدول شماره ۱: میانگین غلظت نیترات (میلی‌گرم در لیتر) در چاه‌های مورد مطالعه به تفکیک منطقه شهری، روستایی و دشتی

محل چاه	تعداد چاه	حداقل	میانگین	حداکثر	میانه	انحراف معیار	چولگی	کشیدگی	ضریب تغییرات (درصد)	درصد نمونه‌های با غلظت بیش از ۵۰ (mg/L)
شهر	۲۸	۲/۲۸	*۲۹/۱۸	۶۴/۹۷	۲۶/۱۲	۱۸/۱۵	۰/۴۴	-۰/۷۶	۶۲	۱۷/۸
روستا	۵۸	۰/۲۶	^b ۱۱/۵۸	۶۶/۴۰	۸/۰۴	۱۱/۴۴	۳/۰۴	۱۱/۳۵	۹۸	۱/۷
دشت	۶۸	۱/۱۱	^b ۱۰/۴۰	۵۴/۰۹	۷/۶۱	۱۰/۲۱	۲/۶۳	۷/۹۰	۹۸	۱/۴
کل	۱۵۴	۰/۲۶	۱۴/۳۰	۶۶/۴۰	۹/۰۹	۱۴/۱۵	۱/۸۹	۳/۲۲	۹۸	۴/۵

* میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آماری در سطح احتمالی ۰/۰۱ دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.



نمودار شماره ۲: ابر نیم‌تغییرنمای تولیدشده توسط روش کریجینگ بیزین تجربی برای پیش‌بینی غلظت نیترات در آب زیرزمینی



تصویر شماره ۱: الگوی مکانی توزیع نیترات (بالا) و خطای پیش‌بینی (پایین) در چاه‌های منطقه مورد مطالعه

بحث

طبق نتایج به دست آمده در این پژوهش مشخص شد که میانگین غلظت نیترات در چاه‌های مورد مطالعه از استانداردهای موجود کمتر است و غلظت نیترات تنها

نواحی بوده است. همان‌طور که در نمودار نیز مشخص است، مدل برازش داده شده دارای اثر قطعه‌ای کمی است که این موضوع نشان‌دهنده غلبه بیش‌تر واریانس بخش ساختاری تغییرنما بر واریانس بخش تصادفی آن است.

در تصویر شماره ۱ الگوی مکانی توزیع نیترات در چاه‌های منطقه مورد مطالعه به همراه نقشه خطای تخمین آورده شده است. طبق این نقشه حدود ۷۴، ۲۳/۹۶ و ۲/۰۴ درصد از نمونه‌های آب زیرزمینی به ترتیب در طبقات کم‌تر از ۲۰، ۲۰-۴۵ و بیش‌تر از ۴۵ میلی‌گرم در لیتر از غلظت نیترات قرار دارند. به عبارت دیگر، سطح بسیار کمی از منطقه دارای غلظت بیش از ۵۰ میلی‌گرم در لیتر از نیترات می‌باشد که آن هم به صورت لکه‌هایی در بخش‌های مرکزی منطقه قرار گرفته‌اند. همین نقاط هم باعث شده‌اند که منطقه به دو بخش کاملاً مجزای جنوبی و شمالی قابل تفکیک باشد که غلظت نیترات در بخش جنوبی بیش‌تر از بخش شمالی است؛ اگرچه غلظت بالا برای محدوده شهر شاهرود هم قابل مشاهده است. در مطالعات درون‌یابی که از روش کریجینگ استفاده می‌شود لازم است خطای تخمین نیز آورده شود چون تمام این روش‌ها دارای خطا می‌باشند. طبق نقشه خطای تخمین محدوده خطای اتفاق افتاده در برآورد غلظت نیترات در آب زیرزمینی بین ۸/۲۵-

۱۸/۰۱ است که بیش‌ترین خطای تخمین در قسمت جنوبی منطقه وجود داشته است. به عبارت دیگر، در مناطقی که نقاط نمونه‌برداری کم‌تر بوده است خطای تخمین بیش‌تر بوده است و مناطقی که دارای تراکم بیش‌تر چاه‌ها بوده است خطای تخمین بسیار کم‌تر است. وجود چنین نقشه‌ای به درک عدم قطعیت در پیش‌بینی بسیار کمک می‌کند. بر طبق همین نقشه می‌توان گفت که اگرچه غلظت‌های بیش‌تر نیترات در بخش جنوبی برآورد شده است اما به همان نسبت نیز خطای تخمین در این منطقه بالاست؛ بنابراین باید در نتیجه‌گیری نهایی در مورد آلودگی احتیاط کرد. برای نتیجه‌گیری دقیق‌تر مشخص است که نمونه‌های بیش‌تر در این منطقه لازم است.

در ۷ حلقه چاه از مقدار ۵۰ میلی گرم در لیتر تجاوز کرده است. برخی منابع نوعی طبقه بندی آلودگی منابع آب زیرزمینی را بر اساس نیترات ارائه داده اند که طبق آن به ترتیب غلظت های نیترات کم تر از ۲۰ میلی گرم در لیتر به عنوان آب کمی آلوده، ۲۰-۴۵ میلی گرم در لیتر به عنوان آب آلوده و بیش از ۴۵ میلی گرم در لیتر به عنوان آب خیلی آلوده طبقه بندی می شوند. طبق این طبقه بندی، ۱۲/۹۸ و ۷/۱۴ درصد از چاه های منطقه به ترتیب در طبقات آب های آلوده و خیلی آلوده قرار گرفته اند. تاکنون چندین تحقیق در ارتباط با غلظت نیترات در منابع آب استان سمنان صورت گرفته است. طبق بررسی های انجام شده توسط فلاح و همکاران در سال ۱۳۸۵ و مهدی نیا و نیک روش در سال ۱۳۸۰ مشخص شده است که میزان نیترات در هر دو شهر سمنان و دامغان کم تر از حد استاندارد بوده و مشکلی از نظر نیترات در این منطقه وجود نداشته است (۱۴، ۱۲). طبق بررسی مهدی نیا و نیک روش درباره غلظت نیترات در شبکه توزیع آب شرب شهر دامغان در سال ۱۳۸۰ میانگین غلظت نیترات ۶/۴۳ میلی گرم در لیتر گزارش شده است. با وجود این، طی مطالعه ای که کلاتگی و همکاران در سال ۱۳۹۳ درباره تعیین غلظت نیترات در آب های زیرزمینی دشت شاهرود انجام دادند غلظت های بالای نیترات را در منطقه شهری مشاهده کردند به طوری که با دور شدن از شهر غلظت نیترات کاهش می یابد. ایشان بیش ترین غلظت نیترات را ۱۴۸ میلی گرم در لیتر گزارش کردند که متعلق به نمونه ای در مرکز شهر بوده است (۲۳). آن ها هم چنین نتیجه گرفتند که غلظت نیترات طی مدت حدود ۱۵ سال (۱۳۸۴ تا ۱۳۹۳) حدود ۱۵ میلی گرم در لیتر در منطقه شهری افزایش یافته است. به عبارت دیگر، مقدار نیترات در بخش شهری آبخوان شاهرود سالانه حدود ۱/۶ میلی گرم در لیتر افزایش یافته است. کلاتگی و همکاران نشت از سیستم فاضلاب و چاه های جذبی دفع فاضلاب را عامل اصلی افزایش غلظت نیترات در منابع آب زیرزمینی منطقه بیان کردند

و به این نتیجه رسیدند که فعالیت های کشاورزی بر افزایش غلظت نیترات در آب چاه های منطقه مطالعاتی تاثیر چندانی نداشته است. با توجه به نتایج این تحقیق و سایر تحقیقات ذکر شده می توان گفت که با گذشت زمان غلظت نیترات در چاه های منطقه مورد مطالعه افزایش یافته است. نتایج مشابهی در مطالعات دیگر نیز گزارش شده است. به عنوان نمونه، طی بررسی مروری که گو و همکاران در سال ۲۰۱۳ در ارتباط با آلودگی نیترات در آب های زیرزمینی چین داشتند مشخص شد که در ۲۸ درصد از نمونه های آب زیرزمینی غلظت نیترات از حد مجاز سازمان بهداشت جهانی تجاوز کرده است. هم چنین گو و همکاران دریافتند که بیش ترین غلظت نیترات در مناطق صنعتی، سپس مناطق شهری، زمین های کشاورزی و مناطق روستایی گزارش شده است. ایشان متوجه شدند که میزان غلظت نیترات در آب های زیرزمینی طی سال های ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۸، ۱/۵ برابر شده است، اما سهم زمین های کشاورزی در آیشویی نیترات به منابع آب زیرزمینی طی این دوره از ۵۰ به ۴۰ درصد کاهش یافته است (۲۴). با مقایسه نتایج این پژوهش با سایر مطالعات در ایران مشخص می شود که تا حدود زیادی نتایج کسب شده با نتایج به دست آمده در سطح کشور مطابقت دارد. به عنوان مثال، در بررسی ززولی و علم قلیلو روی آب های شهرستان خوی مقدار نیترات در همه منابع کم تر از حد استاندارد WHO^۱ گزارش شده است (۱۸). یوسفی و همکاران (۱۳۹۱) طی تحقیقی در شهر گچساران دریافتند که در هیچ یک از سال های مورد مطالعه غلظت نیترات و نیتريت در منابع آب آشامیدنی از حد استانداردهای ایران و سازمان بهداشت جهانی تجاوز نکرده است (۱۷). هم چنین نتایج با مطالعه ای که در شهرک های صنعتی شهر ارومیه و نیز منابع آب آشامیدنی روستاهای شهر ساری صورت گرفته کاملاً مطابقت دارد (۲۶، ۲۵). از مطالعات خارج از کشور نیز می توان به مطالعه لو کهارت و همکاران اشاره

1- World Health Organization

کرد که در سال ۲۰۱۳ با بررسی آلودگی نیترات در منابع آب زیرزمینی دشت سن جوکین در ایالات متحده امریکا دریافتند که حدود ۴۶ درصد از نمونه‌ها دارای غلظتی بیش از حد مجاز بودند.

لوکهارت و همکاران فعالیت‌های کشاورزی را عامل اصلی افزایش غلظت نیترات در منابع آبی معرفی کردند (۲۷). طی این پژوهش مشخص شد که غلظت نیترات در چاه‌های شهری بیش از چاه‌های روستایی و دشتی است. این نتیجه با نتایج تحقیق پاسبان و همکاران مطابقت دارد. ایشان در تحقیقی به بررسی غلظت نیترات در چاه‌های تأمین‌کننده آب شهری 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 داشتند و میانگین غلظت نیترات در چاه‌های داخل شهر بالاتر بوده است (۲۸). همچنین نتایج مطالعه مشابهی که در سال ۱۳۸۲ بر روی منابع آب آشامیدنی شهر زنجان انجام گرفت نشان داد که میانگین غلظت نیترات در چاه‌های داخل محدوده شهر ۳۹/۲ میلی‌گرم در لیتر و میانگین غلظت نیترات در چاه‌های خارج از محدوده شهری ۲۰/۵ میلی‌گرم در لیتر بوده است که از نظر اختلاف غلظت نیترات در چاه‌های درون‌شهری و برون‌شهری با مطالعه حاضر مطابقت دارد (۱۳). هم‌چنین نتایج این پژوهش نشان داد که غلظت نیترات در بخش جنوبی منطقه بیش‌تر از بخش شمالی است. از آن‌جا که بخش جنوبی از نظر کشاورزی و سکونت انسانی بسیار ضعیف‌تر از بخش شمالی است، به‌نظر می‌رسد که عوامل زمین‌شناسی یکی از دلایل غلظت بیش‌تر نیترات در این محدوده باشد. تاکنون پژوهشگران مختلفی نیز چنین نتیجه‌گیری را ارائه داده‌اند. به‌عنوان مثال، ززولی و همکاران (۱۳۹۲) طی تحقیقی به‌منظور مشخص کردن غلظت نیترات در منابع آب آشامیدنی شهرستان کهگیلویه دریافتند که زمین‌شناسی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین

پارامترها در تشکیل آبخوان دهدشت و متعاقب آن در کیفیت آب این آبخوان تأثیر به‌سزایی داشته است. از نقطه نظر مطالعات زمین‌ساختی، منطقه مورد مطالعه در جنوب غرب ایران و در واحد ساختمانی زاگرس قرار دارد، به‌طوری که فرسایش غالب در آن فرسایش آبی از نوع خطی می‌باشد که طی سالیان متمادی مرفولوژی کنونی منطقه را رقم زده است. در این قسمت آبخوان وجود سازندهای گچساران حاوی شیل و مارن که نیترات و آمونیوم تبادل زیادی دارند، باعث اضافه شدن نیترات به آب زیرزمینی این منطقه شده است. از آن‌جایی که سازند گچساران دارای میزان بالایی از کانی‌های تبخیری نظیر ژیپس، انیدریت، نمک و سیلویت می‌باشد، کانی‌های نیترا ته نیز می‌توانند همراه با کانی‌های تبخیری در این سازند حضور یابند که در اثر تماس با آب به صورت محلول درآمده و وارد ترکیب آب‌های زیرزمینی می‌شوند (۲۰). در مطالعه دیگری استواری و همکاران (۱۳۹۱) با بررسی تغییرات مکانی نیترات در آب‌های زیرزمینی دشت لردگان متوجه شدند که به علت مجاورت چاه‌ها با سازند گچساران، این چاه‌ها دارای سنگ بستر غیرقابل نفوذ در عمق کم می‌باشند و به این علت قابلیت انتقال آبخوان پایین بوده و استعداد بیش‌تری برای آلودگی‌های سطحی از جمله آلودگی به نیترات وجود دارد. پایین بودن قابلیت انتقال در این چاه‌ها مانع از تبادل با آب‌های عمیق‌تر و با کیفیت‌تر در سایر نقاط دشت لردگان می‌گردد. آب‌های عمیق‌تر از سازندهای آهکی تغذیه می‌شوند و به این علت دارای کیفیت بهتری هستند (۱۶). رحیمی و همکاران نیز در سال ۱۳۹۲ طی بررسی که در مورد غلظت فلئور در محدوده شهرستان‌های شاهرود و دامغان داشتند نتایج مشابهی به دست آوردند. ایشان دریافتند که آبخوان‌های پهنه البرز در محدوده شهرستان‌های شاهرود و دامغان که بیش‌تر از واحدهای سنگی و کربناته و دشت‌های آبرفتی آهکی تشکیل شده‌اند، دارای کیفیت و کمیت بهتر آبدهی نسبت به

در منطقه مطرح نیست. اخوان و همکاران طی تحقیقی در سال ۱۳۹۳، ۱۱۷ مطالعه در ۲۶ استان کشور درباره نیترات را تحلیل کردند و دریافتند که بدترین وضعیت نیترات به استان اصفهان و سیستان و بلوچستان مربوط می‌شود. بیش‌ترین غلظت نیترات از منطقه جلال‌آباد استان اصفهان (۳۱۸ میلی‌گرم در لیتر) و سپس از شهر زاهدان در استان سیستان و بلوچستان (۲۹۵ میلی‌گرم در لیتر) گزارش شده است. در اکثر مطالعات عامل اصلی آلودگی نیترات منابع آبی، مصرف بیش از حد کودهای نیتروژن، زه‌آب زهکش‌های زمین‌های کشاورزی و ورود فاضلاب‌های شهری و صنعتی به منابع آبی گزارش شده است. بر اساس این مطالعات آلودگی نیترات منابع آبی کشور در وضعیت متوسط قرار دارد (۸) که با نتایج این پژوهش از لحاظ وسعت آلودگی تاحدودی مطابقت دارد.

سیاسگزاری

پژوهش حاضر از نتایج طرح مطالعات زمین‌شناسی پزشکی استان سمنان، محدوده شهرستان‌های شاهرود و دامغان به شماره ۲۱۶۴-۱۰۰ حاصل شده است؛ که بدینوسیله از سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور سپاسگزاری می‌شود.

References

1. Abtahi M, Golchinpour N, Yaghmaeian K, Rafiee M, Jahangiri-rad M, Keyani A, et al. A modified drinking water quality index (DWQI) for assessing drinking source water quality in rural communities of Khuzestan Province, Iran. *Ecol Indic* 2015; 53: 283-291.
2. Pritchard M, Mkandawire T, O'Neill JG. Assessment of groundwater quality in shallow wells within the southern districts of Malawi. *Phys Chem Earth PT A* 2008; 33(8-13): 812-823.
3. Sall M, Vanclooster M. Assessing the well water pollution problem by nitrates in the small scale farming systems of the Niayes region, Senegal. *Agric Water Manag* 2009; 96(9): 1360-1368.
4. Almasri MN, Kaluarachchi JJ. Assessment and management of long-term nitrate pollution of ground water in agriculture-dominated watersheds. *J Hydrol* 2004; 295(1-4): 225-245.
5. Shaffer MJ, Delgado JA. Essentials of a national nitrate leaching index assessment tool. *J Soil Water Conserv* 2002; 57(6): 327-335.

محدوده ایران مرکزی این شهرستان‌ها می‌باشند. ایشان این ویژگی را در نقشه توزیع یون فلئوئور به‌خوبی مشاهده کرده و دریافتند که بسیاری از نمونه‌های محدوده شمالی منطقه دارای غلظت کم فلئوئور می‌باشد. بر خلاف پهنه البرز، پهنه وسیعی از محدوده ایران مرکزی منطقه مطالعاتی (بخش جنوبی) از واحدهای شیلی و مارنی و پهنه‌های رسی که در مجاورت واحدهای آذرین یا دگرگونی قرار گرفته‌اند تشکیل شده و نمونه‌های آب برداشت شده از این مناطق غلظت‌های بالاتری از فلئوئور را نشان دادند که کاملاً با نتایج این پژوهش تطابق دارد (۲۱). ززولی و همکاران (۱۳۹۲) نیز دریافتند که در منطقه مطالعاتی آن‌ها جهت جریان آب‌های زیرزمینی در دشت از شمال غرب به جنوب شرق می‌باشد و بیان داشتند که کیفیت آب زیرزمینی در قسمت شمال غربی شهرستان با جنوب شرقی آن خیلی متفاوت است (۲۰). به هر حال دلیل بیان شده در این ارتباط در حد یک فرضیه است و اثبات آن نیاز به پژوهش‌های بیش‌تری دارد و ممکن است دلایل دیگری اثرگذار باشند که در این پژوهش بررسی نشده‌اند.

به عنوان یک نتیجه‌گیری کلی باید بیان داشت که

در حال حاضر غلظت نیترات به‌عنوان یک مشکل حاد

6. Carey B. Effects of land application of manure on groundwater at two dairies over the Sumas-Blaine surficial aquifer. Washington State Department of Ecology, Olympia: WA Publication; 2002.
7. Mohseni-Bandpi A, Elliott DJ, Zazouli MA. Biological nitrate removal processes from drinking water supply-a review. *J Environ Health Sci Eng* 2013; 11(1): 35 (Persian).
8. Akhavan S, Zare Abyaneh H, Bayat Varkeshi M. A Systematic Review on Nitrate Concentration in Water Resources of Iran. *Iranian J Environ Health* 2014; 7(2): 205-228 (Persian).
9. Wang Y, Wang P, Bai Y, Tian Z, Li J, Shao X, et al. Assessment of surface water quality via multivariate statistical techniques: A case study of the Songhua River Harbin region, China. *J Hydro-Environ Res* 2013; 7(1): 30-40.
10. Juang KW, Lee DY, Ellsworth TR. Using rank-order geostatistics for spatial interpolation of highly skewed data in a heavy-metal contaminated site. *J Environ Qual* 2001; 30(3): 894-903.
11. Oliver MA, Webster R. A tutorial guide to geostatistics: Computing and modelling variograms and kriging. *Catena* 2014; 113: 56-69.
12. Mahdinia SM, Nik Ravesh SH. Investigation of Nitrate contamination of Damghan drinking water distribution network in the spring of 2001. *J Water Wastewater* 2001; 43(11): 60-61 (Persian).
13. Mohammadian Fazli M, Sadeghi GR. Survey of contamination of Supplying Drinking Water in Zanjan city in 2001-2002. *J Zanjan Univ Med Sci* 2004; 11(43): 49-54 (Persian).
14. Falah SH, Mahdinia SM, Heydari M, Abbasi A. Survey the level of Nitrite and Nitrate in Semnan Drinking Water Resources. *J Guilan Univ Med Sci* 2007; 15(60): 1-6 (Persian).
15. Yousefi Z, Naeef O. Study on Nitrate Value in Rural Area in Amol City. *J Mazandaran Univ Med Sci* 2007; 17(61): 161-165 (Persian).
16. Ostovari Y, Beigi Harchegani H, Davoodian A. Spatial variation in nitrate of groundwater in Lordegan Plains. *Irrigation Water Manag* 2012; 2(1): 55-67 (Persian).
17. 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* 2013; 22(2): 158-162 (Persian).
18. Zazouli MA, Alam Gholilou M. Survey of chemical quality (Nitrate, Flouride, Hardness, Electrical Conductivity) of driking water in Khoy city. *J Mazandaran Univ Med Sci* 2013; 22(2): 80-84 (Persian).
19. Dianati Tilaki RA, Rasouli Z. Reviewing the Chemical Quality (Nitrate, Fluoride, Hardness, Electrical Conductivity) and Bacteriological Assessment of Drinking Water in Svadkooh, Iran, during 2010-2011. *J Mazandaran Univ Med Sci* 2013; 23(104): 51-55 (Persian).
20. Zazouli MA, BarafrashtehPour M, BarafrashtehPour Z, Ghalandari V. Temporal and spatial variation of nitrate and nitriteconcentration in drinking water resource in Kohgiluyeh county using geographic information system. *J Mazandaran Univ Med Sci* 2014; 23(109): 258-263 (Persian).
21. Rahimi M, Ghorbani H, Naeimi R, Rahimi S, Kafi S, Khosravi A. The Study of Fluoride Concentrations in Water Resources of Shahrood and Damghan and its Relation to Dental Flourosis with Medical Geology

- Approach. *J Geoscience* 2013; 22(88.4): 3-14 (Persian).
22. Zhang X-Y, Sui Y-Y, Zhang X-D, Meng K, Herbert SJ. Spatial Variability of Nutrient Properties in Black Soil of Northeast China. *Pedosphere* 2007; 17(1): 19-29.
23. Kalategi M, Jafari H, Bagheri H. Assessment of Nitrate contamination in groundwater of Shahrood plain. The 7th Conference on Environmental Engineering; University of Tehran 2014 (Persian).
24. Baojing Gu, Ying Ge, Chang SX, Weidong Luo, Chang J. Nitrate in groundwater of China: Sources and driving forces. *Global Environ Chang* 2013; 23(5): 1112-1121.
25. Nan Bakhsh H, Mohammadi boun A. Evaluation of nitrate and nitrite concentration in drinking water wells in the industrial town of Urmia in 2007. 11th National Conference on Environmental Health; Zahedan University of Medical Sciences 2007 (Persian).
26. Zazooli MA, Ghahramani E, Ghorbanian Allah abad M, Bahmani P. Evaluation of nitrate concentration in water wells in villages in of Sari between 2007-2008. 12th National Conference on Environmental Health; Shahid Beheshti university of medical science 2007 (Persian).
27. Lockhart KM, King AM, Harter T. Identifying sources of groundwater nitrate contamination in a large alluvial groundwater basin with highly diversified intensive agricultural production. *J Contam Hydrol* 2013; 151: 140-154.
28. Pasban A, Amani J, Chatrsimab M. Evaluation of nitrate concentration in drinking water wells Bojnoord In 2007. 12th National Conference on Environmental Health; 2007 (Persian).

Archive of SID