

# ORIGINAL ARTICLE

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

Rouhollah Mirzaei<sup>1</sup>,  
Mohamad Sakizadeh<sup>2</sup>,  
Hadi Ghorbani<sup>3</sup>

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

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

<sup>3</sup> 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-Walliss 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<sup>-1</sup>, 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 نیترات منابع آب زیرزمینی شرب و کشاورزی شهرستان‌های شهررود و دامغان

روح الله میرزا<sup>۱</sup>

محمد ساکی زاده<sup>۲</sup>

هادی قربانی<sup>۳</sup>

### چکیده

**سابقه و هدف:** نیترات یکی از مهم‌ترین آلاینده‌های منابع آب است که باعث بیماری متهموگلوینیما در کودکان و سلطان معده در بزرگسالان می‌شود. هدف این پژوهش بررسی وضعیت آلودگی آب‌های زیرزمینی شهرستان‌های شهررود 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 شهررود و دامغان برداشت شد و غلظت یون نیترات در آن‌ها اندازه‌گیری شد. آزمون کرووسکال والیس به‌منظور مقایسه غلظت نیترات در مناطق شهری، روستایی و دشتی، و آزمون من ویتنی به‌منظور مقایسه غلظت نیترات در چاه‌های کشاورزی و شرب استفاده گردید. به‌منظور تعیین الگوی مکانی نیترات در آب زیرزمینی منطقه نیز روش کریجینگ بیزین تجربی استفاده شد.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که میانگین غلظت نیترات در چاه‌های شهری، روستایی و دشتی به ترتیب ۱۱/۵۸، ۲۹/۱۸ و ۱۰/۴۰ میلی‌گرم در لیتر است. غلظت نیترات در چاه‌های محدوده شهری با چاه‌های محدوده شهری روستایی و دشتی دارای اختلاف معنی دار بود. نتایج هم‌چنین نشان داد که غلظت نیترات در چاه‌های با مصرف شرب و کشاورزی دارای اختلاف معنی داری نبودند. نتایج تحلیل زمین آمار 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 به عنوان یک مشکل حاد در منطقه مطرح نیست.

**واژه‌های کلیدی:** کیفیت آب، نیترات، GIS، کریجینگ بیزین تجربی

### 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.<sup>(۳)</sup>

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

E-mail: rmirzaei@kashanu.ac.ir

مولف مسئول: روح الله میرزا<sup>۱</sup> - 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 شهرداری، تهران، ایران

۳. دانشیار، گروه خاک شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شهرورد، شهرورد، ایران

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

میلی گرم در لیتر است<sup>(۸)</sup>. یکی از ابتدایی ترین اقدامات به منظور جلوگیری از آلودگی آب‌های زیرزمینی، بررسی تغییرات مکانی کیفیت آب‌های زیرزمینی است. شناسایی مناطقی که با ر سنگین نیتروژن از منابع نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای دریافت می‌کنند برای برنامه‌ریزان منطقه‌ای و تصمیم‌گیران محیط‌زیستی مهم است<sup>(۹)</sup>. برای دستیابی به این هدف سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) به همراه فنون درون‌یابی و زمین‌آمار ابزاری بسیار مناسب هستند که علاوه بر بررسی‌های معمول آماری، امکان تحلیل‌های مکانی را برای تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی بهتر را فراهم می‌کنند. با استفاده از روش‌های درون‌یابی می‌توان با جمع‌آوری داده‌های کمتر نقشه‌هایی با دقت بالاتر تهیه نمود، به طوری که با ایجاد نقشه‌های توزیع مکانی متغیرها با استفاده از روش‌های درون‌یابی می‌توان به مدیریت صحیح و اصولی دست پیدا کرد. برای این کار فنون درون‌یابی نظری روش‌های وزن دهنده عکس فاصله، توابع پایه شعاعی، درون‌یابی چندجمله‌ای موضعی جهانی و محلی که جزء روش‌های قطعی هستند و روش‌های کریجینگ (ساده، معمولی، جهانی و غیره) و کوکریجینگ که جزء روش‌های زمین‌آماری هستند، به طور گسترده در تحقیقات علوم محیطی استفاده می‌شوند. با این وجود، تاکنون از بین تمام روش‌های زمین‌آماری، روش‌های کریجینگ به دلیل ایجاد خطای کمتر و تولید حداقل واریانس ممکن، محبوبیت بیشتری را نسبت به سایر روش‌ها داشته و در تعیین توزیع مکانی متغیرهای محیطی پتانسیل بالای دارند. کریجینگ اصطلاحی کلی برای مجموعه روش‌هایی با کمترین خطای است که بهترین برآورد خطی ناریب را فراهم می‌کند<sup>(۱۰، ۱۱)</sup>. چندین بسته نرم افزاری سیستم اطلاعات جغرافیایی تحلیل‌های زمین‌آماری را ممکن ساخته‌اند و کریجینگ به‌ویژه کریجینگ معمولی (Ordinary Kriging) یکی از پر طرفدار ترین روش‌های درون‌یابی در این بسته‌ها می‌باشد<sup>(۲۷)</sup>. با وجود محسن

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 آلاینده‌ای است که به دلیل منابع نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای آلودگی در آب‌های زیرزمینی یافت می‌شود<sup>(۴)</sup>. از مهم‌ترین منابع غیرنقطه‌ای می‌توان به فعالیت‌های کشاورزی اشاره نمود که برخی از مطالعات نشان داده‌اند که فعالیت‌های کشاورزی نیترات دلیل افزایش غلظت نیترات در آب‌های زیرزمینی هستند. نیتروژن ماده مغذی حیاتی برای افزایش رشد گیاه است؛ با وجود این، هنگامی که مصرف نیتروژن از نیاز گیاه و ظرفیت نیترات زدایی خاک تجاوز کند، ممکن است به فرم نیترات وارد آب‌های زیرزمینی شود. این در حالی است که فعالیت‌های کشاورزی به خاطر آثار تجمعی چندین سال فعالیت می‌توانند به مرور زمان کیفیت آب زیرزمینی را کاهش دهند. در زمین‌های کشاورزی معمولاً مصرف کودهای حیوانی و شیمیایی و محصولات لگومینه دو دلیل اصلی افزایش غلظت نیترات هستند<sup>(۵)</sup>. از سایر منابع غیرنقطه‌ای می‌توان به رسوبات، آبیاری با آب زیرزمینی حاوی نیتروژن و تنشست خشک اشاره کرد. از منابع نقطه‌ای مهم می‌توان به سپیک تانک‌ها و لاغون‌های کارخانه‌های لبنیاتی و دامداری‌ها اشاره نمود<sup>(۶)</sup>. افزایش غلظت نیترات در آب شرب باعث مشکلاتی مانند بروز بیماری متهموگلوبینمیا در کودکان و تشکیل نیتروزامین<sup>(۷)</sup> و سرطان معده در بزرگسالان می‌شود<sup>(۴)</sup>. غلظت زیاد نیترات در منابع آبی نیز می‌تواند باعث پدیده یوتروفیکاسیون شود؛ به همین منظور سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا حداکثر غلظت مجاز نیترات را بر حسب ازت و نیترات به ترتیب ۱۰ و ۴۵ میلی گرم در لیتر و مقدار رهنمودی مشروط برای نیتریت 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

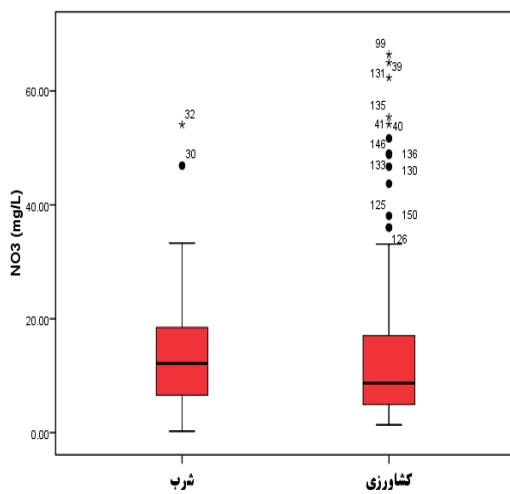
## مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه شامل نیمه شرقی استان سمنان بوده و محدوده شهرستان‌های شاهروド و دامغان را به مساحت بالغ به  $65760$  کیلومتر مربع در بر می‌گیرد (۲۱). این مطالعه از نوع توصیفی- مقطوعی بود. تعداد  $154$  نمونه آب از چاه‌های واقع در محدوده‌های شهری ( $28$  نمونه)، روستایی ( $58$  نمونه) و دشتی ( $68$  نمونه) در سال  $1388$  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  $1/5$  لیتری تیره‌رنگ (به دلیل عدم واکنش و محافظت از تابش مستقیم نور) بوده که پس از برداشت، با گنرازندن از صافی  $45/0$  میکرون فیلتر شده و تا زمان رسیدن به آزمایشگاه در دمای زیر  $4$  درجه سانتی گراد نگهداری شد. نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل  $3045$  شرکت Jenway انگلیس توسط آزمایشگاه سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور مورد آنالیز قرار گرفته و غلظت یون نیترات در آن‌ها اندازه‌گیری شد (۲۱). آمار توصیفی غلظت نیترات توسط نسخه  $17$  نرم‌افزار SPSS بررسی شد. نرمال بودن داده‌ها توسط آزمون شاپیرو- ولیک مورد بررسی قرار گرفت. برای مقایسه غلظت نیترات در مناطق شهری، روستایی و دشتی از آزمون کروسکال والیس و بررسی غلظت نیترات در چاه‌های کشاورزی و آشامیدنی از آزمون منویتنی استفاده گردید. به منظور تعیین الگوی مکانی در نرم‌افزار ArcGIS نسخه  $10/1$ ، روش کریجینگ بیزین تجربی با اندازه زیرمجموعه  $100$  و تعداد شبیه‌سازی (Subset size)  $1000$  (Simulation) مرتبه استفاده شد.

فراوان، مشکلات موجود در برآذش دادن مدل‌ها از معایب روش‌های کریجینگ می‌باشد. از این‌رو شرکت ESRI پس از انجام آزمون‌های فراوان با افزودن ابزار قدرتمند دیگری به ArcGIS نسخه بالای  $10$  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 به طور خودکار از طریق فرآیند شبیه‌سازی تنظیم می‌شوند که نتایج به دست‌آمده 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 نیترات در منابع آب زیرزمینی پرداخته‌اند که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به مطالعات مهدی‌نیا و نیک روش (۱۳۸۱)، محمدیان فضلی و صادقی (۱۳۸۲)، فلاح و همکاران (۱۳۸۵)، یوسفی و نائیج (۱۳۸۶)، استواری و همکاران (۱۳۹۱)، یوسفی و همکاران (۱۳۹۱)، ززوی و علم قلیلو (۱۳۹۱)، دیانتی تیلکی و رسولی (۱۳۹۲)، و ززوی و همکاران (۱۳۹۲) اشاره کرد (۲۰-۱۲). بررسی این مطالعات نشان داد که اگرچه غلظت نیترات 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 این‌رو، هدف این پژوهش بررسی وضعیت آلودگی آب‌های زیرزمینی شهرستان‌های شاهروド و دامغان در سال  $1388$  به نیترات و بررسی الگوی مکانی تغییرات آن در آب زیرزمینی منطقه با استفاده از روش درون‌یابی کریجینگ بیزین تجربی است.

شهری، روستایی و دشتی منطقه به ترتیب ۹۸، ۶۲ و ۹۰ 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 بیش 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 تغییرنامای 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 خط‌چین‌ها مقادیر ۲۵ و ۷۵ درصد آستانه را نشان می‌دهند. خطوط آبی‌رنگ که در اینجا به شکل ابر نیم تغییرنما ترسیم شده‌اند نیز متناسب با وزن نیم تغییرنماهای تخمینی می‌باشند، به‌طوری که ضخامت بیش‌تر خطوط، افزایش وزن نیم تغییرنماها را نشان می‌دهند، یعنی بیش‌تر نیم تغییرنماهای ترسیمی در آن

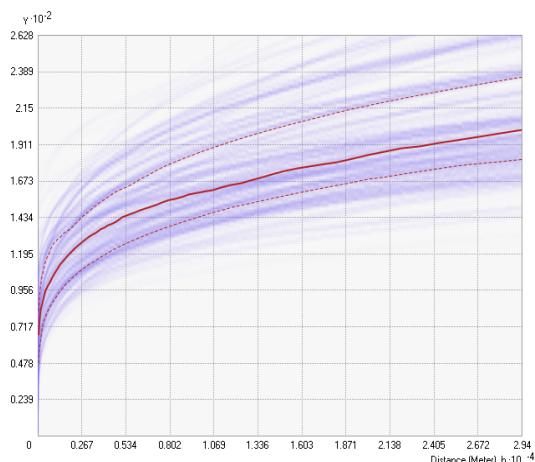
## یافته‌ها

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 میلی گرم در لیتر بود. نتایج آزمون کروسکال 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 حد اکثر مجاز کمتر است، اما به ترتیب حدود ۱۷/۸ (۵ حلقه چاه)، ۱۱/۷ (۱ حلقه چاه) و ۱۱/۴ (۱ حلقه چاه) درصد از چاههای مورد مطالعه دارای غلظت نیترات بیش از حد آستانه ۵۰ میلی گرم در لیتر بودند. به‌طور کلی نیز ۴/۵ درصد از تمام چاههای مورد بررسی دارای غلظت نیترات بیش از ۵۰ میلی گرم در لیتر بودند. میانگین غلظت نیترات در چاههای با کاربرد کشاورزی و شرب به ترتیب ۱۴/۲۵ و ۱۲/۰۳ میلی گرم در لیتر به دست آمد. اگرچه نتایج آزمون من ویتنی 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 میلی گرم 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

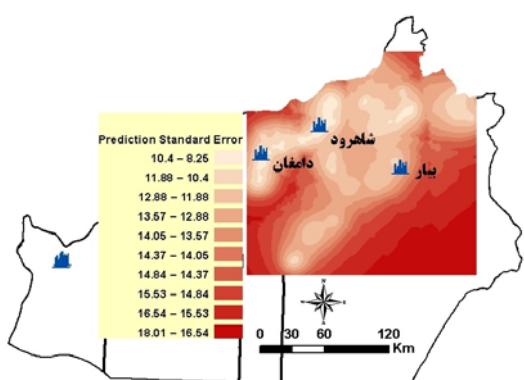
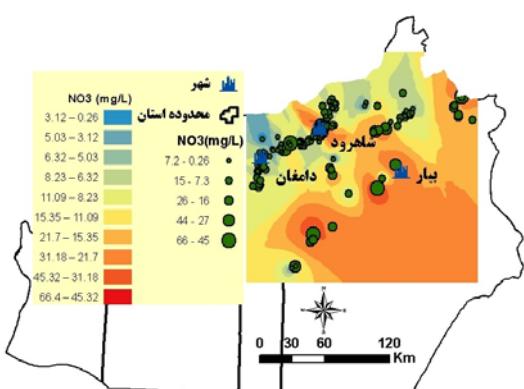
جدول شماره ۱: میانگین غلظت نیترات (میلی گرم در لیتر) در چاههای مورد مطالعه به تفکیک منطقه شهری، روستایی و دشتی

محل چاه	تعداد چاه	حداقل	میانگین	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	چولگی	کشیدگی	ضریب تغییرات	درصد نمونه‌های با غلظت پیش از (mg/L)
شهر	۲۸	۲/۲۸	۶۴/۹۷	۲۶/۱۲	*۱۸/۲۹	-۰/۷۶	۰/۴۴	۱۸/۱۵	۶۲	۵۰
روستا	۵۸	۰/۲۶	۶۶/۴۰	۸/۰۴	۱۱/۵۸	۱۱/۳۵	۳/۰۴	۱۱/۴۴	۹۸	۹۸
دشت	۶۸	۱/۱۱	۵۴/۰۹	۷/۶۱	۱۰/۴۰	۷/۹۰	۲/۶۳	۱۰/۲۱	۹۸	۹۸
کل	۱۵۴	۰/۲۶	۱۴/۳۰	۶۶/۴۰	۱۴/۳۰	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 نیم تغییرنمای 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 برآذش داده شده اثر قطعه‌ای کمی است که این موضوع نشانده‌نشه 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 و ۴۰/۲ درصد از نمونه‌های آب زیرزمینی به ترتیب در طبقات کمتر از ۴۵-۲۰ 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 تمام این روش‌ها دارای خطای می‌باشند. طبق نقشه خطای تخمین محدوده شهر شاهرود هم 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 در ک عدم قطعیت در پیش‌بینی بسیار کمک می‌کند. برطبق همین نقشه می‌توان گفت که اگرچه غلظت‌های بیش‌تر نیترات در بخش جنوبی برآورده شده است اما به همان نسبت نیز خطای تخمین در این منطقه بالاست؛ بنابراین باید در نتیجه‌گیری نهایی در مورد آلدگی احتیاط کرد. برای نتیجه‌گیری دقیق‌تر مشخص است که نمونه‌های بیش‌تر در این منطقه لازم است.

و به این نتیجه رسیدند که فعالیت‌های کشاورزی بر افزایش غلظت نیترات در آب چاه‌های منطقه مطالعاتی تاثیر چندانی نداشته است. با توجه به نتایج این تحقیق و سایر تحقیقات ذکر شده می‌توان گفت که با گذشت زمان غلظت نیترات در چاه‌های 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 آب‌های زیرزمینی چین داشتند مشخص شد که در ۲۸ درصد از نمونه‌های آب زیرزمینی غلظت نیترات از حد مجاز سازمان بهداشت جهانی تجاوز کرده است. هم‌چنین گو و همکاران دریافتند که بیشترین غلظت نیترات در مناطق صنعتی، سپس مناطق شهری، زمین‌های کشاورزی و مناطق روستایی گزارش شده است. ایشان متوجه شدند که میزان غلظت نیترات در آب‌های زیرزمینی طی سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۸ ۱/۵ برابر شده است، اما سهم زمین‌های کشاورزی در آبشویی نیترات به منابع آب زیرزمینی طی این دوره از ۵۰ به ۴۰ درصد کاهش یافته است<sup>(۲۴)</sup>. با مقایسه نتایج این پژوهش با سایر مطالعات در ایران مشخص می‌شود که تا حدود زیادی نتایج کسب شده با نتایج به دست آمده در سطح کشور مطابقت دارد. به عنوان مثال، در بررسی زیولی و علم قلیلو روی آب‌های شهرستان خوی مقدار نیترات در همه منابع کمتر از حد استاندارد WHO<sup>۳</sup> گزارش شده است<sup>(۱۸)</sup>. یوسفی و همکاران<sup>(۱۳۹۱)</sup> طی تحقیقی در شهر گچساران دریافتند که در هیچ‌یک از سال‌های مورد مطالعه غلظت نیترات و نیتریت در منابع آب آشامیدنی از حد استانداردهای ایران و سازمان بهداشت جهانی تجاوز نکرده است<sup>(۱۷)</sup>. هم‌چنین نتایج با مطالعه‌ای که در شهرک‌های صنعتی شهر ارومیه و نیز منابع آب آشامیدنی روستاهای شهر ساری صورت گرفته کاملاً مطابقت دارد<sup>(۲۶، ۲۵)</sup>. از مطالعات خارج از کشور نیز می‌توان به مطالعه لوکهارت و همکاران اشاره

در ۷ حلقه چاه از مقدار ۵۰ میلی‌گرم در لیتر تجاوز کرده است. برخی منابع نوعی طبقه‌بندی آلودگی منابع آب زیرزمینی را بر اساس نیترات ارائه داده‌اند که طبق آن به ترتیب غلظت‌های نیترات کمتر از ۲۰ میلی‌گرم در لیتر به عنوان آب کمی آلوده ۴۵-۲۰ میلی‌گرم در لیتر به عنوان آب آلوده و بیش از ۴۵ میلی‌گرم در لیتر به عنوان آب خیلی آلوده طبقه‌بندی می‌شوند. طبق این طبقه‌بندی، ۱۲/۹۸ و ۷/۱۴ درصد از چاه‌های منطقه به ترتیب در طبقات آب‌های آلوده و خیلی آلوده قرار گرفته‌اند. تاکنون چندین تحقیق در ارتباط با غلظت نیترات در منابع آب استان سمنان صورت گرفته است. طبق بررسی‌های انجام شده توسط فلاخ و همکاران در سال ۱۳۸۵ و مهدی‌نیا و نیکروش در سال ۱۳۸۰ مشخص شده است که میزان نیترات در هر دو شهر سمنان و دامغان کمتر از حد استاندارد بوده و مشکلی از نظر نیترات در این منطقه وجود نداشته است<sup>(۱۴، ۱۲)</sup>. طبق بررسی مهدی‌نیا و نیکروش درباره غلظت نیترات در شبکه توزیع آب شرب شهر دامغان در سال ۱۳۸۰ میانگین غلظت نیترات ۶/۴۳ میلی‌گرم در لیتر گزارش شده است. با وجود این، طی مطالعه‌ای که کلانگی و همکاران در سال ۱۳۹۳ درباره تعیین غلظت نیترات در آب‌های زیرزمینی دشت شاهرود انجام دادند غلظت‌های بالای نیترات را در منطقه شهری مشاهده کردند به طوری که با دور شدن از شهر غلظت نیترات کاهش می‌یابد. ایشان بیشترین غلظت نیترات را ۱۴۸ میلی‌گرم در لیتر گزارش کردند که متعلق به نمونه‌ای در مرکز شهر بوده است<sup>(۲۳)</sup>. آن‌ها هم‌چنین نتیجه گرفتند که غلظت نیترات طی مدت حدود ۱۵ سال ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۳ حدود ۱۵ میلی‌گرم در لیتر در منطقه شهری افزایش یافته است. به عبارت دیگر، مقدار نیترات در بخش شهری آبخوان شاهرود سالانه حدود ۱/۶ میلی‌گرم در لیتر افزایش یافته است. کلانگی و همکاران نشت از سیستم فاضلاب و چاه‌های جذبی دفع فاضلاب را عامل اصلی افزایش غلظت نیترات در منابع آب زیرزمینی منطقه بیان کردند

پارامترها در تشکیل آبخوان دهدشت و متعاقب آن در کیفیت آب این آبخوان تأثیر به سزایی داشته است. از نقطه نظر مطالعات زمین ساختی، منطقه مورد مطالعه در جنوب غرب ایران و در واحد ساختمانی زاگرس قرار دارد، به طوری که فرسایش غالب در آن فرسایش آبی از نوع خطی می باشد که طی سالیان متعدد مرغولوزی 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 سازندهای گچساران دارای میزان بالایی از کانی های تبخیری نظیر ژیپس، اندیزیت، نمک و سیلویت می باشد، کانی های نیتراته نیز می توانند همراه با کانی های تبخیری در این سازنده حضور یابند که در اثر تماس با آب به صورت محلول درآمده و وارد ترکیب آب های زیرزمینی می شوند(۲۰). در مطالعه دیگری استواری و همکاران (۱۳۹۱) با بررسی تغییرات مکانی نیترات در آب های زیرزمینی دشت لردگان متوجه شدند که به علت مجاورت چاه ها با سازندهای گچساران، این چاه ها دارای سنگ بستر غیرقابل نفوذ در عمق کم می باشند و به این علت قابلیت انتقال آبخوان پایین بوده و استعداد بیشتری برای آلودگی های سطحی از جمله آلودگی به نیترات وجود دارد. پایین بودن قابلیت انتقال در این چاه ها مانع از تبادل با آب های عمیق تر و با کیفیت تر در سایر نقاط دشت لردگان می گردد. آب های عمیق تر از سازندهای آهکی تغذیه می شوند و به این علت دارای کیفیت بهتری هستند(۱۶). رحیمی و همکاران نیز در سال ۱۳۹۲ طی بررسی که در محدوده غلظت فلورور در محدوده شهرستان های شاهروド و دامغان داشتند نتایج مشابهی به دست آورند. ایشان دریافتند که آبخوان های پنهان البرز در محدوده شهرستان های شاهروド و دامغان که بیشتر از واحد های سنگی و کربناتی و دشت های آبرفتی آهکی تشکیل شده اند، دارای کیفیت و کمیت بهتر آبدهی نسبت به

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 نمونه ها دارای غلظتی بیش از حد مجاز بودند.

لوکهارت و همکاران فعالیت های کشاورزی را عامل اصلی افزایش غلظت نیترات در منابع آبی معرفی کردند(۲۷). طی این پژوهش مشخص شد که غلظت نیترات در چاه های شهری بیش از چاه های روستایی و دشتی است. این نتیجه با نتایج تحقیق پاسبان و همکاران مطابقت دارد. ایشان در تحقیقی به بررسی غلظت نیترات در چاه های تأمین کننده آب شهری بجنورد در سال ۱۳۸۶ پرداختند که مشخص شد میانگین غلظت نیترات در چاه های آب شرب شهر بجنورد ۵۴/۹ میلی گرم در لیتر بوده و میانگین غلظت نیترات در چاه های داخل شهر و چاه های خارج از شهر اختلاف معنی داری داشتند و میانگین غلظت نیترات در چاه های 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 چاه های داخل محدوده شهر ۳۹/۲ میلی گرم در لیتر و میانگین غلظت نیترات در چاه های خارج از محدوده شهری ۲۰/۵ میلی گرم در لیتر بوده است که از نظر اختلاف غلظت نیترات در چاه های درون شهری و برون شهری با مطالعه حاضر مطابقت دارد(۱۳). همچنین نتایج این پژوهش نشان داد که غلظت نیترات در بخش جنوبی منطقه بیش تر از بخش شمالی است. از آنجاکه بخش جنوبی از نظر کشاورزی و سکونت انسانی بسیار ضعیف تر از بخش شمالی است، به نظر می رسد که عوامل زمین شناسی یکی از دلایل غلظت بیش تر نیترات در این محدوده باشد. تاکنون پژوهشگران مختلفی نیز چنین نتیجه گیری را ارائه داده اند. به عنوان مثال، ززوی و همکاران (۱۳۹۲) طی تحقیقی به منظور مشخص کردن غلظت نیترات در منابع آب آشامیدنی شهرستان کهگیلویه دریافتند که زمین شناسی به عنوان یکی از مهم ترین

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 میلی گرم در لیتر) و سپس از شهر زاهدان در استان سیستان و بلوچستان (۲۹۵ میلی گرم 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<sup>(۸)</sup> که با نتایج این پژوهش از لحاظ وسعت آلودگی تاحدودی مطابقت دارد.

## سپاسگزاری

پژوهش حاضر از نتایج طرح مطالعات زمین‌شناسی پژوهشکی 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

محدوده ایران مرکزی این شهرستان‌ها می‌باشد. ایشان این ویژگی را در نقشه توزیع یون فلورور به خوبی مشاهده کرده و دریافتند که بسیاری از نمونه‌های محدوده شمالی منطقه دارای غلظت کم فلورور می‌باشد. برخلاف پنهانه البرز، پنهانه وسیعی از محدوده ایران مرکزی منطقه مطالعاتی (بخش جنوبی) از واحدهای شیلی و مارنی و پنهانه‌های رسی که در مجاورت واحدهای آذرین یا دگرگونی قرار گرفته‌اند تشکیل شده و نمونه‌های آب برداشت شده از این مناطق غلظت‌های بالاتری از فلورور را نشان دادند که کاملاً با نتایج این پژوهش تطابق دارد(۲۱). ززوی 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 به عنوان یک مشکل حاد

- 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.

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 Raves 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, Heydarieh 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, Naejj 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).