

## بررسی روند تغییرات نترات در منابع آب شرب روستاهای استان قم و پهنه‌بندی آن با استفاده از GIS

حسن ایزانلو<sup>۱</sup>، سید مصطفی خضری<sup>۲</sup>، غریب مجیدی<sup>۳</sup>، علی اصغر آل شیخ<sup>۴</sup>، حمید رضا تشیعی<sup>۵</sup>، محمد خزائی<sup>۶</sup>،

بهنام وکیلی<sup>۷</sup>، وحید وزیری‌راد<sup>۸</sup>، حسین آقابابایی<sup>۹\*</sup>، شهرام ارسنگ جنگ<sup>۱۰</sup>

<sup>۱</sup>استادیار مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات آلاینده‌های محیطی و گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران.

<sup>۲</sup>دانشیار گروه مهندسی محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

<sup>۳</sup>دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران.

<sup>۴</sup>دانشیار گروه مهندسی GIS، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران.

<sup>۵</sup>استادیار مهندسی بهداشت محیط، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.

<sup>۶</sup>دانشجوی دکتری مهندسی بهداشت محیط و مرکز تحقیقات آلاینده‌های محیطی دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران.

<sup>۷</sup>کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، تهران، ایران.

<sup>۸</sup>کارشناس ارشد مدیریت استراتژیک، گروه حسابداری، دانشگاه آزاد اسلامی قم، قم، ایران.

<sup>۹</sup>کارشناس ارشد مهندسی محیط زیست، گرایش مهندسی منابع آب، گروه مهندسی محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

<sup>۱۰</sup>مربی آمار زیستی، گروه اپیدمیولوژی و آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران.

نشانی نویسنده مسئول: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، گروه مهندسی محیط زیست، حسین آقابابایی

E-mail: ebl128@gmail.com

وصول: ۹۳/۲/۲۱، اصلاح: ۹۳/۵/۱۶، پذیرش: ۹۳/۶/۳۱

### چکیده

**زمینه و هدف:** هدف از انجام این مطالعه بررسی روند تغییرات غلظت نترات منابع آب شرب روستاهای استان قم و پهنه‌بندی آن با استفاده از نرم‌افزار GIS می‌باشد.

**مواد و روش‌ها:** این مطالعه از نوع توصیفی-مقطعی می‌باشد. اطلاعات مربوط به مقادیر نترات در سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰ از شرکت آب و فاضلاب روستایی استان قم اخذ شد. در سال ۹۱، از ۷۳ حلقه چاه در دو دوره کمی‌آبی و پرآبی نمونه‌برداری انجام شد. غلظت نترات به روش اسپکتروفتومتری تعیین گردید. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون کای دو و مدل رگرسیون قطعه‌ای استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها در نرم‌افزارهای آماری SPSS ۱۶، ۲۰۰۷ Excel و ۴/۱ Joinpoint و پهنه‌بندی داده‌ها در نرم‌افزار ArcGIS انجام شد.

**یافته‌ها:** میانگین غلظت نترات در چاه‌های مورد بررسی در طی سال‌های ۸۵ تا ۹۱ برابر ۲۳/۱۲ میلی‌گرم در لیتر با انحراف معیار ۱۸/۶۸ بود. ۵/۷٪ و ۹/۴٪ از آب چاه‌ها به ترتیب در مرز خطر و آلوده بودند. نتایج رگرسیونی بیانگر عدم وجود شواهد آماری کافی برای پذیرش وجود تغییرات نترات در طی سال‌های مورد بررسی بود (P-value=۰/۸۵). نسبت آلودگی در دو نیمه‌ی سال اختلاف معناداری نداشت (P=۰/۳ value). طی سال‌های ۸۵ تا ابتدای سال ۹۲ روند صعودی در نسبت چاه‌های آلوده به نترات مشاهده شد.

**نتیجه‌گیری:** در اکثر چاه‌ها غلظت نترات در حد مطلوب قرار داشت. در برخی چاه‌ها در مرز خطر و در برخی دیگر فراتر از مقدار استاندارد بود. به منظور کاهش غلظت نترات و همچنین جلوگیری از افزایش نترات در آب‌های زیرزمینی، بایستی راهکارهای مدیریتی اتخاذ گردد.

**واژگان کلیدی:** نترات، آب شرب، استان قم، GIS.

## مقدمه

۱۲ ماه داده می‌شود، نباید بالاتر از ۴۵ میلی‌گرم در لیتر باشد.

در صورت امکان باید از منابعی که دارای مقادیر زیاد نترات هستند، اجتناب شود. زیرا حذف نترات معمولاً به‌سختی انجام می‌شود (۸). ممکن است نترات با آمین‌های نوع دوم و سوم واکنش دهد و نیتروزآمین را تشکیل دهد. نیتروزآمین یک ماده‌ی سرطانزا محسوب می‌شود (۹).

آلودگی آب‌های زیرزمینی به نترات در شهر تویسرکان بررسی شد. غلظت نترات در ۹ چاه بیشتر از ۵۰ میلی‌گرم در لیتر بود و در ۵۱ چاه در محدوده‌ی ۵۰-۲۰ میلی‌گرم در لیتر بود. در ۳۴ چاه نیز غلظت نترات کمتر از ۲۰ میلی‌گرم در لیتر بود (۱۰). غلظت نترات در ۳۱۱ چاه شهر همدان بررسی شد. مقدار نترات در ۱۱۵ چاه بیشتر از ۵۰ میلی‌گرم در لیتر بود (۱۱). غلظت نترات در منابع آب زیرزمینی ناحیه جنوب شرق شهر اصفهان در ۸۰ چاه طی دو مرحله با فاصله‌ی زمانی شش ماه اندازه‌گیری شد. میانگین غلظت نترات در نمونه‌برداری مرحله اول و دوم به ترتیب برابر ۷۶/۹ و ۹۳/۱ میلی‌گرم در لیتر بود (۱۲). در مطالعه‌ی دیگر میانگین غلظت نترات در ۴۳ حلقه چاه محدوده شهر کرمان برابر ۱۱۹ میلی‌گرم در لیتر بود (۱۳). مقادیر نترات آب آشامیدنی ۵۲ ناحیه روستایی تسالونیک در شمال یونان با به‌کارگیری GIS بررسی شد. غلظت نترات در محدوده‌ی ۱/۴ تا ۱۴۱ میلی‌گرم در لیتر بود. ۴ ناحیه، غلظت نترات بالاتر از ۵۰ میلی‌گرم در لیتر داشتند (۱۴). در منطقه‌ی دلتای کارشینای کشور هند، غلظت نترات در ۳۹ درصد از چاه‌ها، فراتر از ۵۰ میلی‌گرم در لیتر بود (۱۵).

سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) ابزار مؤثری برای نقشه‌برداری کیفی، پایش، مدل‌سازی و تعیین تغییرات زیست‌محیطی است (۱۶). سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌تواند در بررسی آلودگی آب زیرزمینی و

نیتروژن، عنصر پیچیده‌ای است. اشکال مختلف نیتروژن در آب‌های طبیعی شامل نیتروژن آلی، آمونیاک، گاز نیتروژن، نیتريت و نترات می‌باشد (۱). نترات شایع‌ترین آلاینده‌ی آب‌های زیرزمینی است (۲). غلظت طبیعی نترات در آب‌های زیرزمینی به نوع خاک و شرایط زمین‌شناختی بستگی دارد (۳). مهم‌ترین علت‌های افزایش نترات در آب‌های زیرزمینی شامل تخلیه‌ی فاضلاب به محیط زیست و استفاده بی‌رویه از انواع کودهای نیتروژنه در کشاورزی می‌باشد (۴). تخلیه پساب تصفیه‌خانه‌هایی که نیتروفیکاسیون و دنیتروفیکاسیون روی آنها انجام نشده، باعث آلودگی آب زیرزمینی به نترات می‌شود (۵). بالا بودن حلالیت نترات در آب، می‌تواند به راحتی به آب‌های زیرزمینی نفوذ کند. در مناطقی که میزان بارش پایین است و پوشش گیاهی کمی دارند، آلودگی آب‌های زیرزمینی به نترات بیشتر است (۶). در صورتی که نترات در منابع آب بیشتر از ۱ میلی‌گرم در لیتر باشد، احتمال آلودگی منابع در اثر ورود فاضلاب یا کودهای شیمیایی وجود دارد (۱). بر اساس توصیه سازمان جهانی بهداشت، حد مجاز نترات در آب آشامیدنی ۵۰ میلی‌گرم در لیتر بر حسب  $\text{NO}_3^-$  می‌باشد.

مقادیر زیاد یون نترات در آب آشامیدنی، می‌تواند منجر به ایجاد بیماری‌هایی از قبیل گواتر، متهموگلوبینما، سرطان معده، اختلال در تیروئید، افزایش فشار خون، ایجاد ناهنجاری‌های مادرزادی بر روی جنین، دیابت وابسته به انسولین و کاهش عملکرد فیزیولوژیکی - عصبی شود (۴، ۶). در بیماری متهموگلوبینما، نترات در بدن نوزاد به نیتريت تبدیل می‌شود و سپس وارد جریان خون می‌گردد و آهن دو ظرفیتی خون را اکسید و به آهن سه ظرفیتی تبدیل می‌کند. این فرآیند موجب تبدیل هموگلوبین به متهموگلوبین می‌شود. متهموگلوبین توانایی انتقال اکسیژن را ندارد و در نتیجه بافت‌ها دچار کمبود اکسیژن می‌شوند (۷). نترات آبی که به کوکان زیر

نمونه برداری، بطری‌ها با آب چاه مورد نظر شستشو شدند و به منظور فراهم شدن فضای کافی برای اختلاط محتویات در زمان آزمایش، بطری‌ها تا حجم ۹۰۰ میلی لیتر پر شدند. نمونه‌ها پس از ثبت مشخصات (مکان نمونه برداری و زمان نمونه برداری) برای اندازه‌گیری غلظت نیترات بلافاصله به آزمایشگاه ارسال شدند. برای تعیین غلظت نیترات از دستگاه اسپکتروفتومتر HATCH مدل DR-2010 با طول موج ۵۰۰ نانومتر استفاده شد. تمامی آزمایش‌ها مطابق با روش‌های مذکور در کتاب آزمایش‌های استاندارد آب و فاضلاب انجام شد (۱۸).

### آنالیز آماری و پهنه‌بندی توسط نرم افزار

پس از انجام آنالیزهای شیمیایی بر روی نمونه‌های آب، تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS و Joinpoint ۴/۱ انجام شد. برای توصیف اطلاعات از آمارهای توصیفی شامل نسبت و درصد فراوانی استفاده گردید. برای بررسی ارتباط بین نسبت آلودگی و نیمه سال، از آزمون کای دو در سطح معناداری ۵ درصد استفاده گردید. جهت ترسیم نمودارها از نرم‌افزار Excel ۲۰۰۷ استفاده شد. همچنین برای تعیین روند تغییرات نسبت چاه‌های آلوده با نیترات طی سال‌های مورد بررسی از رگرسیون قطعه‌ای استفاده شد. از نرم‌افزار ARCGIS برای پهنه‌بندی غلظت نیترات در منطقه مورد مطالعه استفاده شد. در جدول شماره ۱ آب چاه‌ها بر حسب غلظت نیترات گروه‌بندی شده‌است.

### یافته‌ها

میانگین نیترات در چاه‌های مورد بررسی در طی سال‌های ۸۵ تا ۹۱، برابر ۲۳/۱۲ میلی‌گرم در لیتر با انحراف معیار ۱۸/۶۸ بود. برای بررسی روند تغییرات نیترات در طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۱، از مدل رگرسیون قطعه‌ای استفاده گردید. نتایج رگرسیونی بیانگر عدم وجود شواهد آماری کافی برای پذیرش وجود تغییرات نیترات در طی سال‌های مورد بررسی می‌باشد (جدول ۲). گروه-

ایجاد ارتباط مکانی با منابع آلودگی مورد استفاده قرار گیرد (۵). امروزه در اکثر موارد، اطلاعات پایش‌های کیفی منابع آب در قالب نقشه‌های کیفی ارائه می‌شود. بررسی این نقشه‌ها می‌تواند مدل تغییرات و نوسانات کیفی زمانی و مکانی منابع آب را مشخص نموده و روند تغییرات آبی را نشان دهد (۱۷).

هدف از انجام این مطالعه، بررسی غلظت نیترات منابع آب زیرزمینی روستاهای استان قم در دو دوره ی پر بارش (آذر) و کم بارش (شهریور) و پهنه‌بندی آن با استفاده از نرم‌افزار GIS می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

#### محدوده‌ی جغرافیایی پژوهش

استان قم با وسعتی معادل ۶۳۱۱۴ کیلومتر مربع در مرکز کشور واقع شده و مرکز آن شهر قم است. این استان بین ۵۰ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی نسبت به نصف‌النهار گرینویچ و ۳۵ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی نسبت به خط استوا قرار گرفته‌است. این استان دارای یک شهرستان، ۴ بخش، یک شهر، ۹ دهستان و ۳۶۳ آبادی دارای سکنه بوده است. موقعیت و شماره چاه‌های مورد مطالعه در شکل ۱ آمده است.

#### روش نمونه‌برداری و آنالیز

این مطالعه به روش توصیفی-مقطعی بر روی چاه‌های آب آشامیدنی روستاهای استان قم انجام شد. مدت زمان تحقیق در دو دوره ی کم آبی (شهریور) و پرآبی (آذر) و در بازه‌ی زمانی ۷ ساله (۱۳۸۵ تا ۱۳۹۱) بود. اطلاعات مربوط به مقادیر نیترات در سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰ از شرکت آب و فاضلاب روستایی استان قم اخذ شد. در سال ۹۱، از ۷۳ حلقه چاه نمونه‌برداری صورت گرفت. از هر چاه در هر دوره ی (کم آبی و پر آبی) یک‌بار نمونه‌برداری انجام گردید. برای نمونه‌برداری، از بطری‌های یک لیتری استفاده شد. قبل از

جدول ۱: گروه‌بندی آب چاه‌ها بر حسب غلظت نیترات

رنگ	تعریف	محدوده نیترات (میلی‌گرم در لیتر)
سفید	آب پاک، مطلوب	۰-۱۰
آبی	آب قابل شرب ولی آلوده به نیترات	۱۰-۴۰
زرد	آلوده و در مرز خطر	۴۰-۵۰
قرمز	آلوده	>۵۰

جدول ۲: نتایج رگرسیونی بررسی روند تغییرات نیترات

P-value	آماره آزمون	فاصله اطمینان ۹۵٪ تغییرات	میانگین درصد تغییرات ۵ و ۱۰ ساله	درصد تغییرات سالانه
۰/۸۵	-۰/۱۳	(۲/۲) (۲/۵)	-۰/۱	-۰/۱

جدول ۳: تعیین روند تغییرات نیترات طی سال‌های ۹۱-۸۵ بر اساس مدل رگرسیون قطعه‌ای

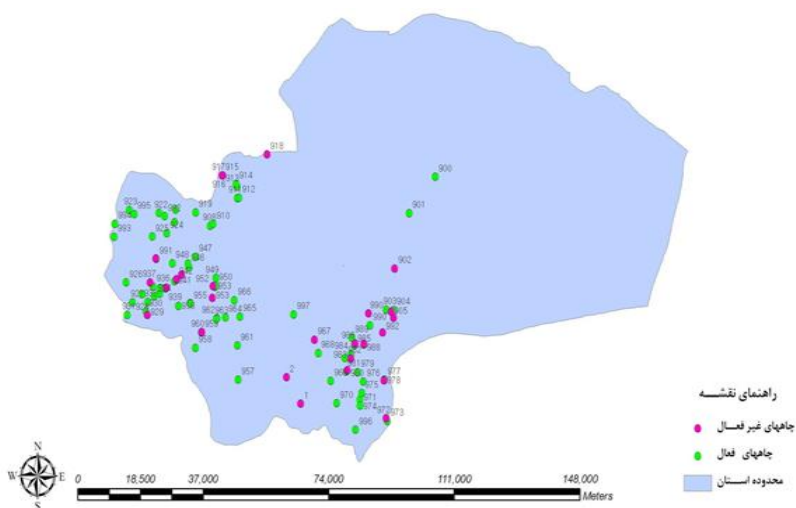
P-value	فاصله اطمینان ۹۵٪ نسبت شانس	نسبت شانس	کای دو	اختلاف نسبت	نسبت آلودگی (غیر آلوده/آلوده) (%)		نوع آب از نظر غلظت نیترات
					نیمه اول	نیمه دوم	
۰/۳۹	(۰/۵۱ ۱/۲)	۰/۸۲	۰/۷۳	۱/۹۹	۱۱/۰۳	۹/۰۴	آلوده
۰/۶	(۰/۴۸ ۱/۵)	۰/۸۶	۰/۲۶	۰/۸۹	۶/۵	۵/۵	در مرز آلودگی
۰/۳	(۰/۵۶ ۱/۱۹)	۰/۸۲	۱/۰۵	۳/۳۵	۱۸/۹۷	۱۵/۶۲	کل آلودگی

می‌شود. با توجه به ۱ APC برابر ۴/۱۳ می‌توان گفت که طی سال‌های ۸۵ تا ابتدای سال ۹۲، روند صعودی در نسبت چاه‌های آلوده به نیترات مشاهده می‌شود. به طوری- که سالانه ۴/۱۳ درصد به این نسبت افزوده شده است. تغییرات مربوط به قطعه‌ی دوم معنادار نمی‌باشد (شکل ۴). نتایج رگرسیونی تغییر نسبت چاه‌های دارای آلودگی متوسط به نیترات از روند ثابتی برخوردار بوده و هیچ نقطه شکستی در روند مشاهده نمی‌گردد. همچنین میانگین درصد تغییرات سالانه‌ی نسبت چاه‌های آلوده، برابر ۰/۵ درصد می‌باشد که از نظر آماری اختلاف معناداری با صفر ندارد ( $P > 0/05$ ) (شکل ۵).

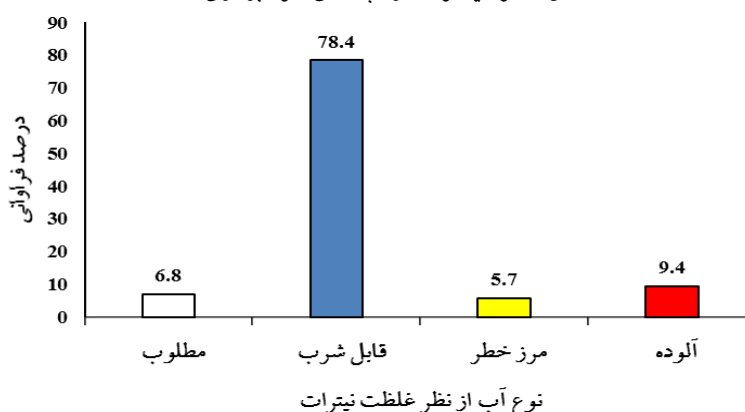
نقشه‌های پهنه‌بندی غلظت نیترات در منابع آب شرب روستاهای استان قم در سال‌های ۹۱-۸۵، در شکل ۶ تا ۱۹ آمده است. بیشترین غلظت نیترات مربوط به ناحیه- ی جنوب شرقی می‌باشد که با رنگ قرمز نشان داده شده- است. ممکن است علت آن، مجاورت با اراضی کشاورزی یا شهرک صنعتی سیرو باشد.

بندی غلظت نیترات در نمونه‌های آب مورد مطالعه در شکل ۲ آمده است. بیشترین و کمترین نسبت آب‌های آلوده به نیترات ( $>50$ ) در طی سال‌های مورد بررسی، به- ترتیب مربوط به سال‌های ۸۹ و ۹۰ بوده است (شکل ۳). برای بررسی وجود اختلاف نسبت آلودگی به نیترات در نیمه‌ی اول و دوم سال از آزمون کای دو در سطح معناداری ۵٪ استفاده گردید. با توجه به نتایج آزمون از نظر آماری دلایل کافی برای پذیرش وجود اختلاف نسبت آلودگی بر حسب نیمه سال وجود ندارد. بنابراین فرض برابری نسبت آلودگی در دو نیمه‌ی سال پذیرفته- می‌شود (جدول ۳).

بر اساس مدل رگرسیون قطعه‌ای، درصد تغییرات سالانه تنها برای قطعه‌ی اول متغیر آلودگی با نیترات معنادار می‌باشد. همچنین میانگین درصد تغییرات ۵ و ۱۰ سال آخر به ترتیب برابر ۹- و ۱/۹- می‌باشد که از نظر آماری میانگین تغییرات ۵ و ۱۰ ساله معنادار نمی‌باشد. با توجه به این مدل، یک تغییر ناگهانی در سال ۹۰ مشاهده-

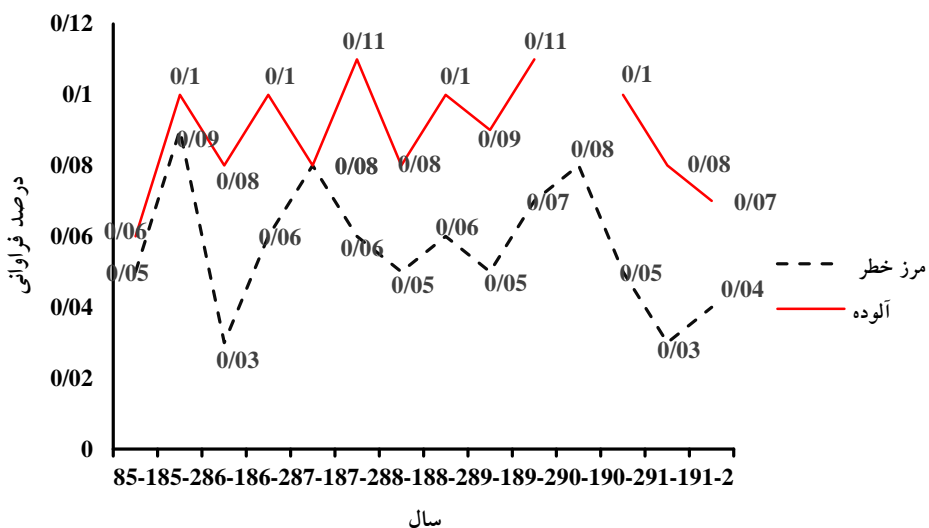


شکل ۱: موقعیت و شماره چاه‌های نمونه‌برداری شده



نوع آب از نظر غلظت نیترات

شکل ۲: مقایسه‌ی میانگین درصد فراوانی آب چاه‌های روستاهای استان قم طی سال‌های ۸۵-۹۱ بر حسب غلظت نیترات

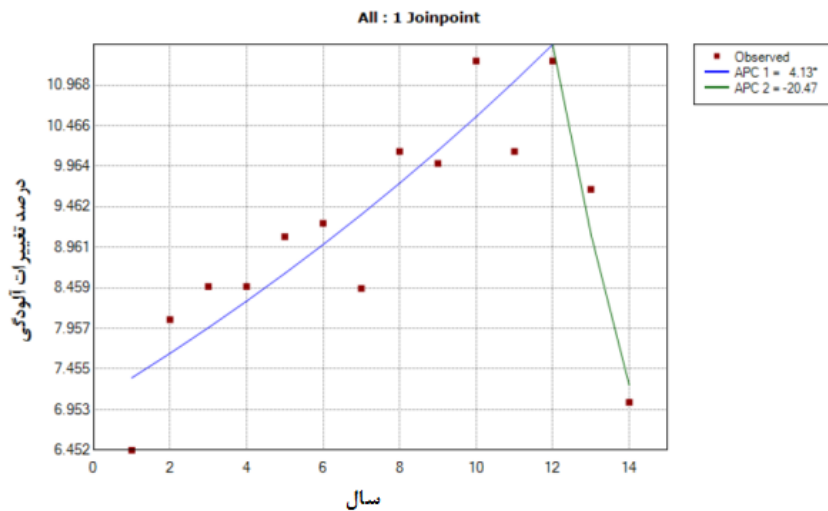


شکل ۳: مقایسه‌ی درصد فراوانی چاه‌های آلوده و در مرز آلودگی طی سال‌های ۸۵-۹۱

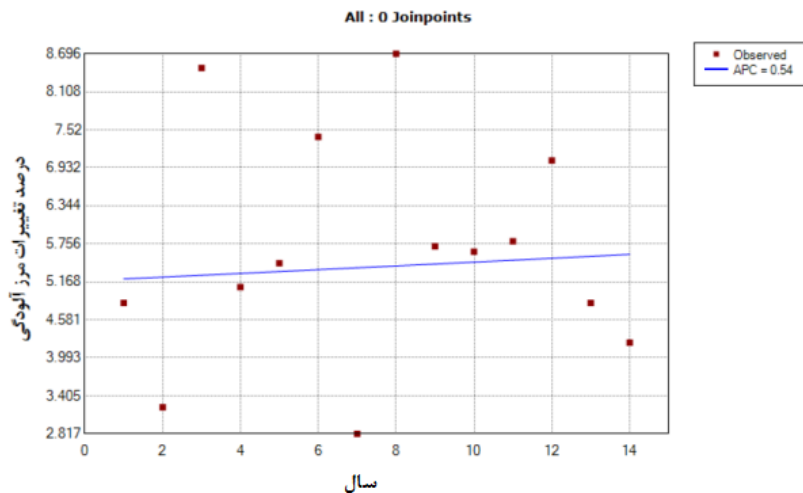
انحراف معیار ۱۸/۶۸ بود. طی سال‌های ۸۵-۹۱ آب‌های قابل شرب، آلوده، مطلوب و در معرض خطر بیشترین فراوانی را به خود اختصاص داده‌اند. نتایج رگرسیونی،

## بحث

میانگین نیترات در چاه‌های مورد بررسی در طی سال‌های ۸۵ تا ۹۱، برابر ۲۳/۱۲ میلی‌گرم در لیتر با



شکل ۴: روند تغییرات نسبت چاه‌های آلوده به نیترات طی سال‌های ۸۵-۹۱



شکل ۵: روند تغییرات نسبت چاه‌های دارای آلودگی متوسط طی سال‌های ۸۵-۹۱

غلظت نیترات در چاه‌های آب آشامیدنی شهر زنجان در طی سال‌های ۸۵ تا ۸۹، افزایشی بود (۵). مطالعه‌ی یوسفی و همکاران آشکار نمود که غلظت نیترات در آب‌های زیرزمینی شهر گچساران استان کهگیلویه و بویراحمد از ۵/۱۵ میلی‌گرم در لیتر در سال ۱۳۸۴ به ۱۰/۵ میلی‌گرم در لیتر در سال ۱۳۹۰ افزایش یافته‌است (۱۹). در مطالعه‌ای که در شهر قونیه در کشور ترکیه انجام شد، غلظت متوسط نیترات در آب‌های زیرزمینی در سال ۱۹۹۸ و ۲۰۰۲ به ترتیب برابر ۲/۲ و ۱۶/۱ میلی‌گرم در لیتر بود (۲۰). غلظت نیترات در منطقه‌ی الهاشمیه کشور اردن طی سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۶ در برخی چاه‌ها افزایش یافت (۲۱). در مطالعه‌ی حاضر غلظت نیترات در طی سال‌های

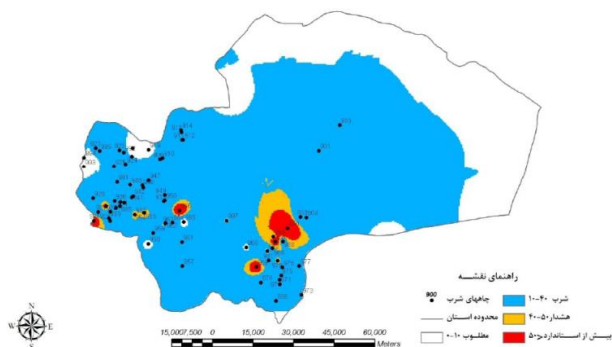
بیانگر عدم وجود شواهد آماری کافی برای پذیرش وجود تغییرات نیترات در طی سال‌های مورد بررسی بود. نسبت آلودگی در دو نیمه‌ی سال اختلاف معناداری نداشت (P-value=۰/۳). طی سال‌های ۸۵ تا ابتدای سال ۹۲، روند صعودی در نسبت چاه‌های آلوده به نیترات مشاهده شد. در سال‌های ۸۵-۹۱، غلظت نیترات در چاه‌های شماره ۹۵۵، ۹۶۶، ۹۵۶، ۹۳۳، ۹۹۰، ۹۶۹، ۹۸۵، ۹۸۹ و ۹۳۹، بیشتر از حد مجاز (۵۰ میلی‌گرم در لیتر) بود. توزیع مکانی آلودگی نیترات در چاه‌های مورد بررسی، رابطه‌ی بسیار نزدیکی با کاربری زمین اطراف چاه‌ها داشت. البته عمق چاه‌ها نیز در مقدار آلودگی مؤثر بود. اسلامی و قدیمی نشان دادند که روند تغییرات

مورد بررسی تغییری نداشت که با مطالعات بالا مطابقت ندارد.

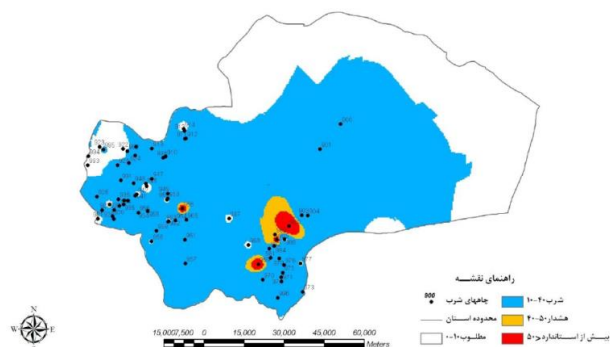
نقشه‌های پراکندگی غلظت نیترات نشان داد که پراکندگی غلظت نیترات در روستاهای استان قم متفاوت است. چاه‌هایی که غلظت نیترات در آنها بالا بود، در مناطق مسکونی یا زمین‌های کشاورزی قرار داشتند. بنابراین کاربری زمین اطراف چاه‌ها بر غلظت نیترات آب-های زیرزمینی تأثیرگذار بوده است. مطالعه‌ی لی و همکاران (۲۰۰۳) در شهر سنول آشکار نمود که در فصل خشک غلظت نیترات متأثر از ناحیه‌ی چمنزار و ناحیه‌ی محصولات کشاورزی و در فصل بارانی مربوط به ناحیه‌ی

مسکونی-تجاری است. این مطالعه، رابطه‌ی کاربری زمین اطراف چاه‌ها و افزایش غلظت نیترات را آشکار کرد (۲۲).

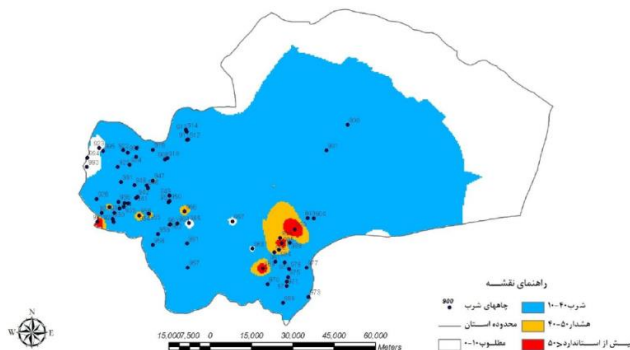
قیصری و همکاران، علت غلظت بالای نیترات در آب‌های زیرزمینی ناحیه‌ی جنوب شرق شهر اصفهان را، تراکم کشاورزی در این مناطق و مصرف بی‌رویه‌ی کودهای ازته اعلام نمودند (۲۳). لاله‌زاری و همکاران به بررسی تغییرات ماهانه‌ی نیترات در آب زیرزمینی دشت شهرکرد و پهنه‌بندی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداختند. فصل تابستان، بیشترین غلظت نیترات را به دلیل برداشت زیاد و برگشت آب و فعالیت-های کشاورزی داشت (۲). آنکو و همکاران (۲۰۰۹) به



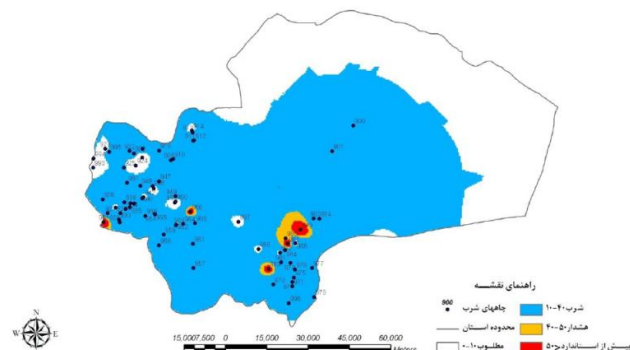
شکل ۷: پهنه‌بندی غلظت نیترات در شش ماهه‌ی دوم سال ۱۳۸۵



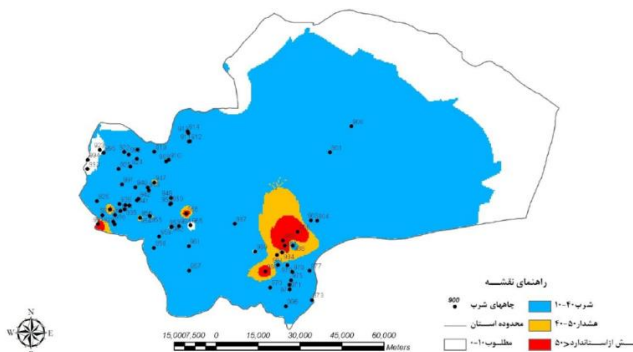
شکل ۶: پهنه‌بندی غلظت نیترات در شش ماهه‌ی اول سال ۱۳۸۵



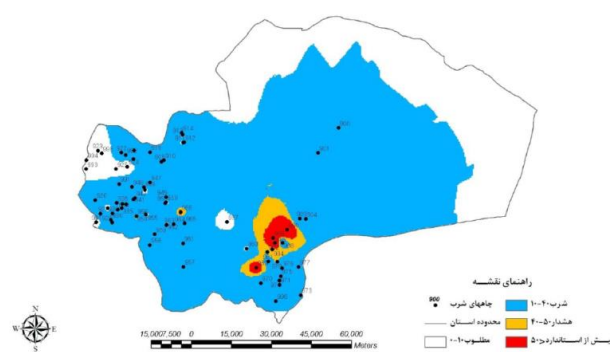
شکل ۹: پهنه‌بندی غلظت نیترات در شش ماهه‌ی دوم سال ۱۳۸۶



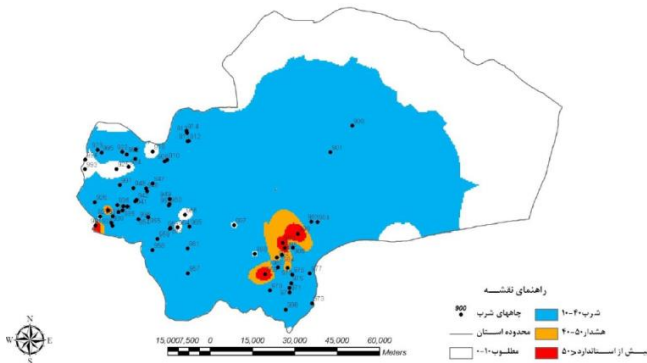
شکل ۸: پهنه‌بندی غلظت نیترات در شش ماهه‌ی اول سال ۱۳۸۶



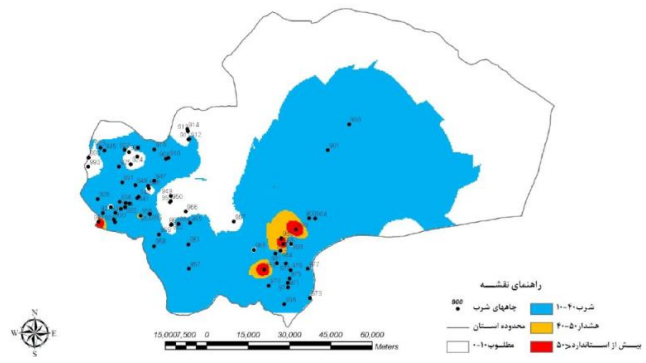
شکل ۱۱: پهنه‌بندی غلظت نیترات در شش ماهه‌ی دوم سال ۱۳۸۷



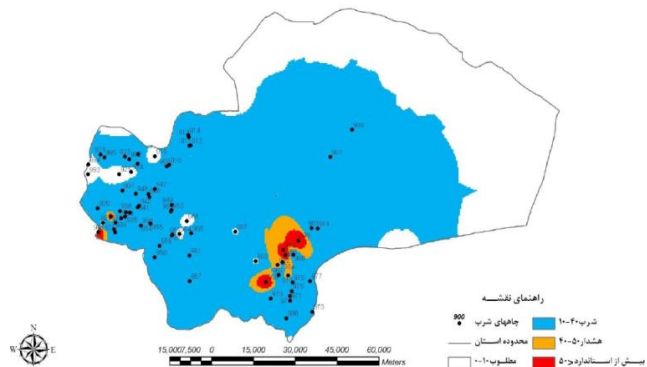
شکل ۱۰: پهنه‌بندی غلظت نیترات در شش ماهه‌ی اول سال ۱۳۸۷



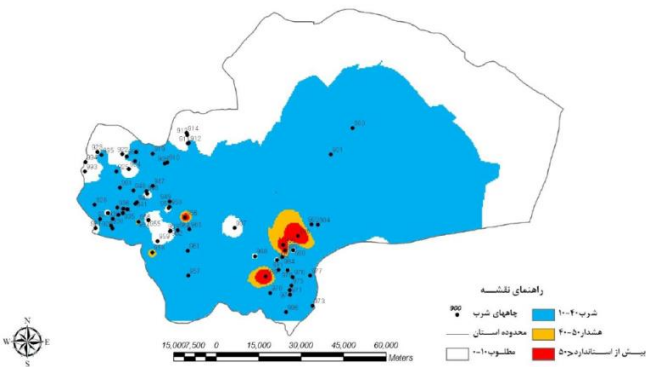
شکل ۱۳: پهنه‌بندی غلظت نیترات در شش ماهه‌ی دوم سال ۱۳۸۸



شکل ۱۲: پهنه‌بندی غلظت نیترات در شش ماهه‌ی اول سال ۱۳۸۸



شکل ۱۵: پهنه‌بندی غلظت نیترات در شش ماهه‌ی دوم سال ۱۳۸۹



شکل ۱۴: پهنه‌بندی غلظت نیترات در شش ماهه‌ی اول سال ۱۳۸۹

جغرافیایی از سال ۸۵ تا ۸۹ بررسی گردید. علت آلودگی آب‌های زیرزمینی شهر زنجان، عدم بهره‌برداری کامل شبکه‌ی جمع‌آوری فاضلاب و تصفیه‌خانه‌ی فاضلاب شهر زنجان و دفع فاضلاب در چاه‌های جذبی بود (۵).

در مطالعه‌ی دیگری که توسط بدیعی‌نژاد و همکاران انجام شد، عوامل مؤثر بر غلظت نیترات منابع آب شرب زیرزمینی شیراز با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی بررسی گردید. مهمترین منبع آلودگی چاه‌های شرب شهر شیراز، فاضلاب شهری و خانگی بود (۱۶). نتایج مطالعه حاضر با مطالعات بالا مطابقت دارد. احداث شبکه‌ی جمع‌آوری فاضلاب می‌تواند غلظت نیترات در آب‌های زیرزمینی را تا ۳۰ میلی‌گرم در لیتر کاهش دهد (۲۵).

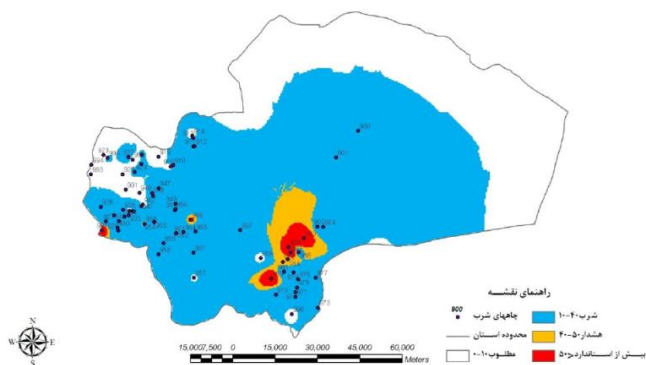
عدم رعایت حریم بهداشتی، قرارگرفتن در مسیر سیل، عدم بهسازی و عمق کم چاه‌ها از دیگر عوامل تأثیرگذار بر افزایش غلظت نیترات در چاه‌های آب روستاهای استان قم بود. قیصری و همکاران آلودگی نیتراتی آب زیرزمینی ناحیه‌ی جنوب شرق شهر اصفهان

بررسی کیفیت آب‌های زیرزمینی کشور غنا پرداختند. علت بالا بودن غلظت نیترات در آب زیرزمینی، مدیریت نامناسب پسماندهای کشاورزی ذکر شد (۲۴).

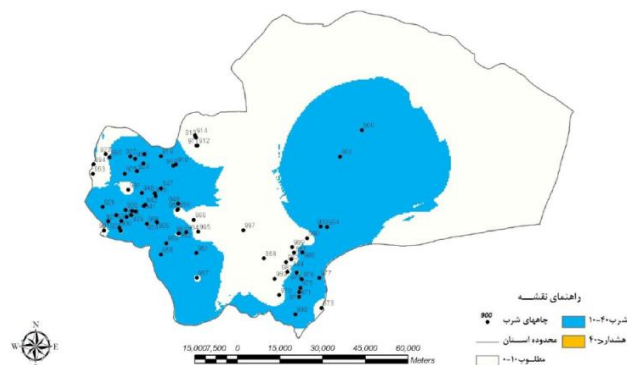
در مطالعه‌ی حاضر نیز یکی از علت‌های اصلی افزایش غلظت نیترات، استفاده‌ی بی‌رویه از کودهای نیتروژنه در مزارع و باغ‌ها می‌باشد که با مطالعات بالا مطابقت دارد. مدیریت مصرف کودهای نیتروژنه، باعث کاهش آب‌شویی نیترات می‌شود، اما امکان به صفر رساندن آب‌شویی نیترات وجود ندارد (۱۱).

باتوجه به عدم بهره‌برداری از دو شبکه‌ی جمع‌آوری و تصفیه‌خانه‌ی فاضلاب احداث‌شده در روستاهای خورآباد و انجیله و عدم اجرا در سایر روستاها و استفاده ساکنان از چاه‌های جذبی برای دفع فاضلاب، احتمالاً یکی از علت‌های اصلی افزایش غلظت نیترات در آب چاه‌های روستاهای استان قم، دفع فاضلاب در زمین است. در مطالعه‌ی که توسط اسلامی و قدیمی (۲۰۱۳) انجام شد، روند تغییرات پنج‌ساله‌ی غلظت نیتريت و نیترات منابع آب زیرزمینی شهر زنجان با استفاده از سیستم اطلاعات

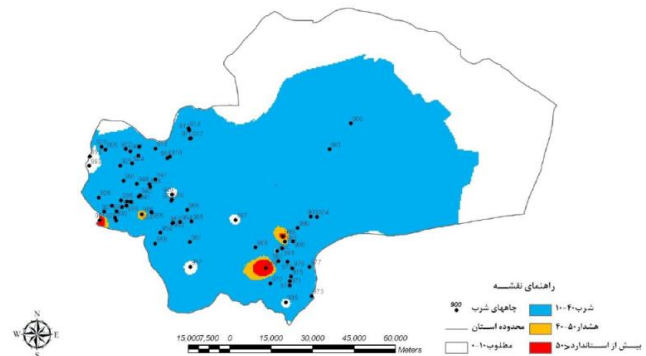




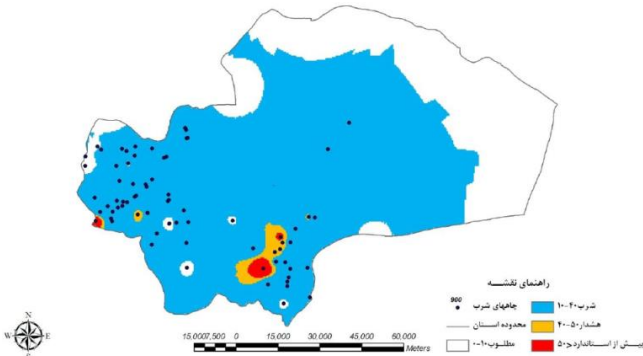
شکل ۱۷: پهنه‌بندی غلظت نیترات در شش ماهه‌ی دوم سال ۱۳۹۰



شکل ۱۶: پهنه‌بندی غلظت نیترات در شش ماهه‌ی اول سال ۱۳۹۰



شکل ۱۹: پهنه‌بندی غلظت نیترات در شش ماهه‌ی دوم سال ۱۳۹۱



شکل ۱۸: پهنه‌بندی غلظت نیترات در شش ماهه‌ی اول سال ۱۳۹۱

غلظت نیترات کاهش می‌یابد. زیرا انتقال آلودگی به لایه‌ی عمیق کندتر می‌شود.

به منظور کاهش غلظت نیترات در منابع زیرزمینی و جلوگیری از افزایش نیترات در سایر چاه‌ها، برخی راه-کارهای مدیریتی پیشنهاد می‌گردد:

- احداث و راه‌اندازی شبکه‌ی جمع‌آوری و تصفیه-خانه‌ی فاضلاب در روستاهای کوهپایه‌ای
- به حداقل رساندن استفاده از کودهای شیمیایی نیتروژنه در زمین‌های کشاورزی
- استفاده از روش‌های آبیاری با بازده بالاتر مانند آبیاری تحت فشار
- افزایش عمق چاه و ایزوله کردن دیواره‌ی چاه تا سطح برخورد به آب
- بهسازی و پوشاندن درب میله‌های قنات
- تغییر مکان محل چاه و فاصله‌گرفتن از منازل مسکونی روستا

را بررسی نمودند. نتایج مطالعه نشان داد که با افزایش عمق، غلظت نیترات کاهش می‌یابد (۲۳). میزان نیترات منابع آب آشامیدنی روستاهای آمل توسط یوسفی و نائیج بررسی شد. میزان نیترات در چاه‌های عمیق به مراتب کمتر از چاه‌های کم عمق بود (۲۶). فیتیانوس و کریستوفوریدیس مقادیر نیترات آب آشامیدنی ۵۲ ناحیه‌ی روستایی تسالونیکه را در شمال کشور یونان با به‌کارگیری GIS بررسی نمودند.

دره‌ی شمالی رودخانه اکسیوس و اطراف دریاچه-های کورونیا و ولوی، غلظت نیترات بالاتری داشتند. علت آن استفاده بی‌رویه از کودهای حاوی نیتروژن بود. در دره‌ی جنوبی رودخانه‌ی آکسیوس نیز کشاورزی انجام می‌شد و در برخی موارد کشت متراکم‌تر بود. با این حال سطح نیترات بالا نبود. در این دره، آب تازه عمدتاً در عمق ۴۰ متر تا ۱۴۰ متر قرارداداشت و آلاینده‌ها قادر نبودند به راحتی نفوذکنند (۱۴). در مطالعه‌ی حاضر نیز چاه‌هایی که عمق کمی داشتند، غلظت نیترات بالایی داشتند که با مطالعات بالا همخوانی دارد. با افزایش عمق چاه‌ها،

**تقدیر و تشکر**

مسئولین محترم شرکت آب و فاضلاب روستایی استان

نویسندگان مقاله مراتب تقدیر و تشکر خود را از قم ابراز می‌کند.

**References**

1. Qasim SR, Motely EM, Zhu G. Water Works Engineering: Planning, Design and Operation 2000. pp. 45-60.
2. Lalezari R, Tabatabaei S-H, yarali N. Variation of nitrate contamination in Shahrekord aquifer and its mapping using GIS. Iran Water Res. 2010;3(4):9-17. (Persian)
3. Gatkash M, Younesi H, Shahbazi A. Nitrate Removal from Aqueous Solution Using Nanoporous MCM-41 Silica Adsorbent Functionalized with Diamine Group. Water and Wastewater. 2013(1):69-76. (Persian)
4. Malakootian M, Yaghmaian K, Tahergorabi M. The Efficiency of Nitrate Removal in Drinking Water Using Iron Nano-Particle: Determination of Optimum Conditions. Toloo-e-behdasht. 2011;10(2):35-44. (Persian)
5. Eslami A, Ghadimi M. Study of five years nitrite and nitrate content trends of Zanjan groundwater resources using GIS from 2006 to 2010. Health in The Field. 2013;1(1):30-6. (Persian)
6. Fallahi F, Ayati B, Ganjidoust H. Lab Scale Study of Nitrate Removal By Phytoremediation. Water and Wastewater. 2011(1):57-65. (Persian)
7. Bazrafshan E, Sori M, Kordmostafapour F, Jafarimansorian H, Pasban A. Application of aerated electro-chemical process in nitrate removal from water. J North Khorasan Univ Med Sci. 2011;3(4):25-33. (Persian)
8. Smethurst G. Basic Water Treatment: For Application World - Wide. 2<sup>nd</sup> ed. USA: WHO; 1979. p. 18-23.
9. Naseri S, Heibati B, Asadi A, Far HG, Dargahi A. Performance Evaluation of Modified Pumice on Removal Nitrate From Aqueous Solution: Kinetic Studies and Adsorption Isotherm. Toloo-e-behdasht. 2013;12(1):143-54. (Persian)
10. Jalali M. Nitrate pollution of groundwater in Toyserkan, western Iran. Environ Earth Sci. 2011;62:907-13.
11. Jalali M, Kolahchi Z. Nitrate Concentration in Groundwater of Bahar Area, Hamadan. Soil and Water Sci. 2008;19(2):194-202.
12. Lalezari R, Tabatabai S, Yarali N. Investigation of monthly changes in groundwater nitrate Shahrekord plain and Zonation using Geographical Information System. Iran Water Res J. 2010;3(4):9-17. (Persian)
13. Hassanzadeh R, Abbasnejad A, Hamze M. Assessment of groundwater pollution in the Kerman city. J Environ Studies. 2010;36(56):101-10. (Persian)
14. Fytianos K, Christophoridis C. Nitrate, arsenic and chloride pollution of drinking water in northern Greece, elaboration applying GIS. Environ Monitor and Assess. 2004;93:55-67.
15. Mondal N, Saxena V, Singh V. Occurrence of elevated Nitrate in groundwaters of Krishna delta, India. Environ Sci and Techno. 2008;2(9):265-71.
16. Badeenezhad A, Gholami M, Jafari AJ, Ameri A. Factors affecting nitrate concentrations in Shiraz groundwater using Geographical Information System (GIS). Toloo-e-behdasht. 2013;11(2):47-56. (Persian)
17. Badeenezhad A, Farzadkia M, Gholami M, Jonidijafari A. Chemical quality assessment of Shiraz plain's groundwater as a drinking water resource using Geographical Information System (GIS). Iranian South Med J. 2013;1(1):1-10. (Persian)
18. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater: American Water Work Association; 2005.
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 (GIS). J Maz Univ Med Sci. 2013;23. (Persian)
20. Nas B, Berktaay A. Groundwater contamination by nitrates in the city of Konya, (Turkey): A GIS perspective. J Environ Manag. 2006;79:30-7.
21. Obeidat MM, Massadeh AM, Al-Ajlouni AM, Athamneh FS. Analysis and evaluation of nitrate levels in groundwater at Al-Hashimiya area, Jordan. Environ Monit Assess. 2007;135(1-3):475-86.
22. Lee S, Min K, Woo N, Kim Y, Ahn C. Statistical models for the assessment of nitrate contamination in urban groundwater using GIS. Environ Geol. 2003;44:210-21.
23. Gheisari M, Hoodaji M, Najafi P, Abdullahi A. Investigation of Groundwater Nitrate Pollution in the Southeast of Isfahan city. J Environ Studies. 2008;33(42):43-50. (Persian)
24. Anku Y, Banoeng-Yakubo B, Asiedu D, Yidana S. Water quality analysis of groundwater in crystalline basement rocks. Environ Geol. 2009;5(58):989-97.
25. Ehteshami M, Sharifi A. Evaluating Qualitative Modling Shahreray Aquifer. Tecnology sci Subsistence Envi. 2007;8(4):1-9.
26. Yousefi Z, Nayyij O. Evaluation and determination of nitrate in drinking water sources in Amol rural area. J Maz Univ Med Sci. 2008;17(61):161-5. (Persian)

# A GIS Survey of Trends for Nitrate Concentration in Drinking Water Sources, Rural Areas of Qom Province, Iran

**Hassan Izanloo.,**

Assistant Professor of Environmental Health Engineering, Research Center for Environmental Pollutants and Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran.

**Seyed Mostafa Khezri.,**

Associate Professor, Department of Environmental Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

**Gharib Majidi.,**

M.Sc Student in Environmental Health Engineering, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran.

**Ali Asghar Alesheikh.,**

Associate Professor, Department of GIS Engineering, School of Geomatics Engineering, Khajeh Nasir Toosi University of Technology, Tehran, Iran.

**Hamid Reza Tashauoei.,**

Assistant Professor of Environmental Health Engineering, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran Medical Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

**Mohammad Khazae.,**

Ph.D Student in Environmental Health Engineering and Research Center for Environmental Pollutants, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran.

**Behnam Vakili.,**

M.Sc in Environmental Health Engineering, National Water & Wastewater Engineering Company, Tehran, Iran.

**Vahid Vaziri Rad.,**

M.Sc in Strategic Management, Department of Accounting, Islamic Azad University, Qom, Iran.

**Hussein Aghababaei.,**

M.Sc in Environmental Engineering, Attitude of Water Resources Engineering, Department of Environmental Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

**Shahram Arsang Jang.,**

Instructor, Department of Epidemiology and Biostatistics, School of Health, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran.

**Received:11/05/2014, Revised:07/08/2014, Accepted:22/09/2014**

## Corresponding author:

Hussein Aghababaei,  
Department of Environmental  
Engineering, Science and Research  
Branch, Islamic Azad University,  
Tehran, Iran.  
E-mail: ebl128@gmail.com

## Abstract

**Background:** The purpose of this study was surveying the trends of nitrate variations in drinking water of rural areas of Qom province and its mapping using GIS software.

**Materials and Methods:** This study was of descriptive cross-sectional type. The collected data related to nitrate concentrations during years 2006-2011 were acquired from Qom Province Rural Water and Wastewater Company. During the year 2012, 73 wells were tested via two sampling runs; one sampling set performed in wet season and the other one carried out in the dry season. Nitrate concentrations were determined spectrophotometric ally. The Chi-squared test and segmented regression model were used for data analysis. Four software's, namely, Excel-2007, SPSS-16 and Joinpoint-4.1, were used for data mapping and analysis.

**Results:** The average nitrate concentration during 2006-2012 period was 23.12 mg/L with the standard deviation of 18.68 mg/L. 7.5% and 4.9% of the surveyed wells were "at risk" and "contaminated", respectively. Regression results indicated a lack of sufficient statistical evidence to accept an increasing trend of nitrate during the study period (P value=0.85). There was no significant difference in the contamination averages between the results of two sample sets which were taken during each year. During the beginning of 2006 to the beginning of 2013, an increasing trend of nitrate concentration was observed in the contaminated wells.

**Conclusion:** In the majority of monitored wells, the nitrate concentration was in the standard range. In the "at risk" wells and also in the others, the concentrations were beyond the standard levels. Therefore, Management approaches should be applied to avoid the nitrate penetration into the aquifers.

**Key Words:** Nitrate, Drinking Water, Qom Province, Rural Areas, GIS