

اندازه‌گیری نیتрат منابع آب آشامیدنی کرج و پهنه‌بندی آن با سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۲/۱۸، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۷/۷

چکیده

زمینه و هدف: نیترات از جمله آلاینده‌های آب می‌باشد که اغلب از طریق فاضلاب‌های شهری وارد منابع آب آشامیدنی می‌گردد. اطلاع داشتن از وجود نیترات در منابع آب آشامیدنی و بیان توزیع آن از ضروریات تامین آب شرب عاری از نیترات می‌باشد. برای همین منظور مطالعه حاضر جهت بررسی میزان نیترات منابع آب آشامیدنی کرج و پهنه‌بندی آن توسط سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام پذیرفته است.

روش کار: در این مطالعه از تعداد ۲۰۰ عدد حلقه چاه آب شرب کرج نمونه‌برداری گردیده و میزان نیترات آن توسط دستگاه DR5000 اندازه‌گیری شده و در مرحله بعد اطلاعات بدست آمده با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی پهنه‌بندی گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که در اکثر مناطق، میزان نیترات کمتر از مقادیر استاندارد (۴۵ mg/L بر اساس نیترات) بود. همچنین پهنه‌بندی غلظت نیترات نشان داد که در مناطق شمالی و شمال غرب شهر کرج، میزان نیترات پائین می‌باشد و بیشترین تراکم نیترات در مناطق جنوب شرقی مشاهده گردید. با این وجود، در این مناطق نیز میزان نیترات کمتر از مقادیر استاندارد است.

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی نتایج نشان داد که منابع آب شرب کرج از لحاظ وجود میزان نیترات سالم بوده و مشکلی از این بابت سلامت شهروندان کرجی را تهدید نخواهد کرد.

کلمات کلیدی: نیترات، آب آشامیدنی، پهنه‌بندی

علی رضا شکیب^۱، جمشید رحیمی^۲، محمد نوری سپهر^۳، منصور ضرابی^۴

^۱ MD-MPH-دانشگاه علوم پزشکی

البرز، کرج، ایران

^۲ دانشجوی دکترای بهداشت حرفه‌ای،

دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی

همدان، همدان، ایران

^۳ دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط،

دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی

البرز، کرج، ایران

^۴ مربی گروه مهندسی بهداشت محیط،

دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی

البرز، کرج، ایران

نویسنده مسئول:

مربی گروه مهندسی بهداشت محیط،

دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی

البرز، کرج، ایران

۰۹۱۲۶۹۵۲۳۰۲

E-mail: mansor62@gmail.com

مقدمه

آب‌های زیرزمینی یکی از مهمترین منابع تامین آب شرب در جهان به شمار می‌روند و امروزه در برخی از شهرها اصلی ترین منابع تامین آب شرب محسوب می‌شوند. اینگونه منابع آب از لحاظ کیفیت میکروبی (تعداد کلی فرم‌های مدفوعی و کل کلیفرم‌ها) و فیزیکی (طعم، بو و مزه، رنگ، کدورت و گوارائی) در حد عالی بوده و در برخی موارد کیفیت شیمیایی ضعیفی دارند که این امر نیز به دلیل سختی بالای اینگونه منابع می‌باشد. اینگونه منابع آبی نیاز به تصفیه نداشته و با یک عمل تصفیه ساده مثل کلر زنی وارد سیستم‌های توزیع شهری می‌شوند.^{۱،۲} امروزه به دلیل گسترش شهرنشینی و همچنین استفاده از کودهای شیمیایی در زمینه‌های کشاورزی و عدم تصفیه مناسب فاضلاب‌های شهری و صنعتی، منابع آبی زیرزمینی که در روزگاری نه چندان دور از بهترین کیفیت برخوردار بودند، دستخوش تغییرات فراوانی شده اند بطوری که مشکل ورود آفت کشته‌ها، فلزات سنگین و مواد آلی نوظهور در اکثر منابع آبی زیرزمینی بروز پیدا کرده است.^{۳،۴} از جمله مواد آلاینده ای که امروزه در بیشتر نقاط جهان به منابع آبی زیرزمینی راه پیدا کرده، مواد نیتروژن دار منجمله نیتريت (NO_2^-) و نیترات (NO_3^-) می‌باشد.^۵ نیتروژن یکی از آلاینده‌های فاضلاب است که به اشکال نیتروژن آلی (پروتئین‌ها) و غیر آلی (ترکیبات آمونیاکی از قبیل NH_3 و NH_4) می‌تواند وجود داشته باشد. پایدارترین حالت نیتروژن در آب و فاضلاب، نیترات می‌باشد. بخش عمده نیتروژن در طی فرآیند تصفیه فاضلاب حذف می‌گردد. بخشی از نیترات ممکن است در پساب خروجی وجود داشته باشد که بر اساس مقررات موجود در این زمینه، نیاز به حذف آن می‌باشد. پساب خروجی بسیاری از صنایع نظیر صنایع نفت و زغال، پتروشیمی، صنایع پردازش مواد غذایی، صنایع رزین و مواد پلاستیکی، تجهیزات الکترونیکی و الکترونیکی، صنایع شیشه و کاغذ و صنایع مربوط به تسلیحات نظامی حاوی مقادیر زیادی از نیترات است.^{۶،۷} نیترات دارای بالاترین درجه اکسیداسیون در گردش طبیعی ازت می‌باشد. این ترکیبات حاصل اکسیداسیون مواد آلی، تحت تاثیر باکتری‌ها هستند. نیترات و نیتريت به عنوان شاخص‌های مهم شیمیایی در آب دارای اهمیت هستند. سازمان بهداشت جهانی

حداکثر مجاز نیترات در آب آشامیدنی را ۴۵ میلی گرم در لیتر بر حسب نیترات و یا ۱۰ میلی گرم در لیتر بر حسب نیتروژن تعیین نموده است. استاندارد نیترات در پساب خروجی فاضلاب جهت تخلیه به آبهای سطحی و تخلیه به چاه جاذب به ترتیب ۵۰ و ۱۰ میلی گرم در لیتر بر حسب نیترات می‌باشد.^{۸-۱۱} مقادیر زیاد نیترات در منابع آب از دو جنبه حائز اهمیت می‌باشد: اولاً غلظت بالای نیترات در منابع آب آشامیدنی باعث به مخاطره انداختن سلامت کودکان، زنان باردار و جنین در حال رشد و افراد بالغی که اسیدپتیه معده آنها پایین است و برخی افرادی که نقایص آنزیمی دارند می‌شود. مت هموگلوبینمایا یا سندرم بچه آبی در اثر مصرف آب حاوی نیترات توسط کودکان ایجاد می‌گردد. در این خصوص کودکان زیر یک سال بیشتر در معرض خطر می‌باشند که دلیل این امر پایین بودن pH معده، وجود باکتری‌های احیاء کننده و بالا بودن مصرف مایعات نسبت به وزن آنها می‌باشد. تقریباً ۵ درصد نیترات خورده شده تبدیل به نیتريت می‌گردد که سمی تر است. نیتريت پس از جذب در جریان خون با هموگلوبین جهت تشکیل مت هموگلوبین واکنش انجام می‌دهد که این ترکیب قادر به حمل اکسیژن نیست. متهموگلوبین مهمترین خطر برای سلامتی انسان ناشی از نیتريت‌هاست. در بزرگسالان نیز نیترات تبدیل به نیتريت شده (در اثر احیا توسط میکروارگانیزم‌های مختلف) و سپس نیتريت با آمین‌ها، آمیدها و اسیدهای آمینه ترکیب و تشکیل ترکیبات نیتروز آمین را می‌دهد.^{۱۱} نیتروژن یکی از مواد مغذی لازم برای رشد جلبک‌ها نیز هست. افزایش غلظت نیترات در منابع آب باعث افزایش رشد جلبکی می‌گردد که رشد بیش از حد جلبک‌ها پس از مصرف مواد مغذی متوقف شده و سپس جلبک‌ها شروع به تجزیه شدن می‌نمایند. این امر باعث مصرف اکسیژن منابع آب سطحی می‌گردد که به آن اتروفیکاسیون می‌گویند.^{۱۲} لذا با توجه به مخاطراتی که در مورد نیترات ذکر گردید، نظر می‌رسد که پایش و اندازه‌گیری میزان نیترات منابع آب در درجه اول از بروز اثرات نامطلوب آن جلوگیری کرده و در وهله دوم به شناسایی منابع آلاینده کمک می‌کند تا از این طریق از آلودگی بیش از حد منابع آبی جلوگیری گردد. یکی از ابزارهای موثر در این زمینه استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌باشد. سیستم‌های اطلاعات

مستقیم اندازه‌گیری گردید. حد تشخیص دستگاه مورد نظر در محدوده صفر تا ۲/۵ میلی گرم بر لیتر می‌باشد. برای همین منظور جهت اندازه‌گیری نیترات ابتدا رقیق سازی با آب بدون یون با رقت‌های ۵ تا ۱۵ برابر انجام گردید. کلیه روش‌های مورد استفاده در این قسمت براساس کتاب روش‌های استاندارد برای آزمایشات آب و فاضلاب انجام گرفت^{۱۳}.

نتایج

نتایج حاصل از اندازه‌گیری میزان نیترات تعداد ۲۲۰ حلقه چاه آب شرب کرج در جدول ۱ آورده شده است. بدلیل محدودیت‌های خاص از آوردن نام و نشانی حلقه‌های چاه خودداری شده است.

همانطوری که در جدول ۱ نشان داده شده است، مشخص می‌گردد که میزان نیترات کلیه منابع آب شرب کرج در مقادیر کمتر از ۵۰ mg/L قرار دارد که نشان می‌دهد میزان نیترات در منابع مذکور کمتر از استانداردهای موجود می‌باشد. در شکل ۱ نقشه ماهواره ای شهر کرج نشان داده شده است. در شکل ۲ نیز محدوده تحت پوشش به همراه اسامی برخی مناطق آن نشان داده شده است.

شهر کرج در بین طول جغرافیایی ۵۰/۱۱ تا ۵۱/۲۹ و عرض جغرافیایی ۳۵/۳۱ تا ۳۶/۱۲ قرار دارد. ارتفاع در این شهر به طور متوسط ۱۳۲۰ متر از سطح دریا می‌باشد. در شکل ۱ ارتفاع از سطح دریا برای نقاط مختلف نمایش داده شده است.

محل قرار گیری منابع آب آشامیدنی مورد نمونه‌برداری در این طرح مشخص شده و الگوی پراکندگی آن طبق شکل ۳ می‌باشد.

جهت پهنه‌بندی میزان نیترات در محدوده شهر کرج، درجه‌بندی زیر مورد استفاده قرار گرفت:

نقاط سفید رنگ: میزان نیترات در محدوده ۰-۱۰ mg/L

نقاط نارنگ خاکستری: میزان نیترات در محدوده ۱۰-۲۰ mg/L

نقاط آبی کم رنگ: میزان نیترات در محدوده ۲۰-۳۰ mg/L

نقاط آبی پر رنگ: میزان نیترات در محدوده ۳۰-۵۰ mg/L

نتایج حاصل از این تقسیم بندی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در شکل ۴ نشان داده شده است.

جغرافیایی (Geographic Information Systems) سیستم‌های کامپیوتری هستند که جهت ذخیره و بکارگیری اطلاعات جغرافیایی استفاده می‌شوند. این سیستم برای جمع آوری، ذخیره، تجزیه و تحلیل داده‌هایی استفاده می‌شود که موقعیت جغرافیایی آن‌ها یک مشخصه اصلی و مهم محسوب می‌شود. به عبارت دیگر این سیستم برای جمع آوری و تجزیه و تحلیل کلیه اطلاعاتی که به نحوی با موقعیت جغرافیایی در ارتباط هستند بکار برده می‌شود. این تکنولوژی به ما اجازه دسترسی به منابع عظیمی از داده‌های مکانی و توصیفی را در کمترین زمان با کمترین هزینه در هر مکان (منزل، سازمان‌های دولتی، شهر) و در هر زمان از شبانه روز و همچنین ایام تعطیل می‌دهد. در علوم و خدمات بهداشتی استفاده از این سیستم می‌تواند اطلاعات جامعی را در اختیار مدیران و کاربران جهت تصمیم‌گیری با سرعت بالا بگذارد^{۱۴}. بنابراین هدف اصلی پژوهش حاضر اندازه‌گیری میزان نیترات منابع تامین آب شرب کرج و پهنه‌بندی آن توسط سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌باشد که در پی می‌آید.

مواد و روش‌ها

نحوه نمونه‌برداری

این مطالعه یک مطالعه توصیفی-تحلیلی می‌باشد. در این مطالعه محل‌های نمونه‌برداری، چاه‌های تامین آب شرب کرج بودند که به تعداد ۲۰۰ حلقه چاه بوده و در طول شش ماه و هر ماه نمونه‌برداری گردیده است. نمونه‌های برداشت شده به آزمایشگاه شیمی آب و فاضلاب دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی البرز منتقل گردیده و سپس مورد آنالیز قرار گرفته اند.

روش انجام آزمایشات

جهت اندازه‌گیری نیترات، در حدود ۲۰ میلی لیتر نمونه برداشت گردیده و بعد از اضافه کردن مقدار مشخصی از معرف نیتراور ۵ (NitraVer 5, Hach Co., USA)، نمونه مورد نظر به مدت ۲۰ دقیقه در تماس با ریجنت قرار گرفت. بعد از سپری شدن ۲۰ دقیقه زمان واکنش، میزان نیترات نمونه با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر DR5000 ساخت شرکت هاک و به روش قرائت

جدول ۱: میزان نیترات چاه‌های اندازه‌گیری شده

شماره چاه	میزان نیترات (mg/L)	شماره چاه	میزان نیترات (mg/L)	شماره چاه	میزان نیترات (mg/L)
۱	۶/۳	۲۸	۴/۶۳	۵۵	۷
۲	۱۸/۶	۲۹	۱۴/۷۷	۵۶	۰/۶۷
۳	۱۲/۸۵	۳۰	۱۳/۶	۵۷	۳
۴	۰	۳۱	۴/۶	۵۸	۱۸/۶
۵	۴/۶	۳۲	۱۵/۳۲	۵۹	۲
۶	۷/۹	۳۳	۳	۶۰	۳۰
۷	۲۶/۸	۳۴	۱۴/۷۷	۶۱	۱۸
۸	۰	۳۵	۱۳/۶	۶۲	۱۱
۹	۰	۳۶	۱۸/۶	۶۳	۰/۵
۱۰	۱۹/۵۷	۳۷	۱۲	۶۴	۱۷
۱۱	۹/۵۶	۳۸	۲۶	۶۵	۱۷
۱۲	۶/۳	۳۹	۳۱	۶۶	۷
۱۳	۸/۷۵	۴۰	۱۵/۳	۶۷	۱۵/۳
۱۴	۳/۸	۴۱	۰/۵۳۶	۶۸	۱۲
۱۵	۱۶/۱۴	۴۲	۴/۶۴	۶۹	۵۹
۱۶	۱۱/۲	۴۳	۲۰	۷۰	۱۶
۱۷	۱/۳۴	۴۴	۱۵	۷۱	۲۵
۱۸	۱۱/۲	۴۵	۱۲	۷۲	۱۸
۱۹	۱/۳۴	۴۶	۰	۷۳	۲۴
۲۰	۲۵/۲	۴۷	۱۳	۷۴	۲۴
۲۱	۱۶/۱۴	۴۸	۱/۵	۷۵	۲۹
۲۲	۷/۱	۴۹	۰	۷۶	۶۰
۲۳	۱۵	۵۰	۱۵	۷۷	۰
۲۴	۰/۵۲۲	۵۱	۲۵	۷۸	۱۱
۲۵	۱۹/۴۳	۵۲	۱۱/۵	۷۹	۲۰
۲۶	۶/۳	۵۳	۲۴/۳۶	۸۰	۵/۴۵
۲۷	۱۱/۲۱	۵۴	۱/۶۳	۸۱	۰

ادامه جدول ۱:

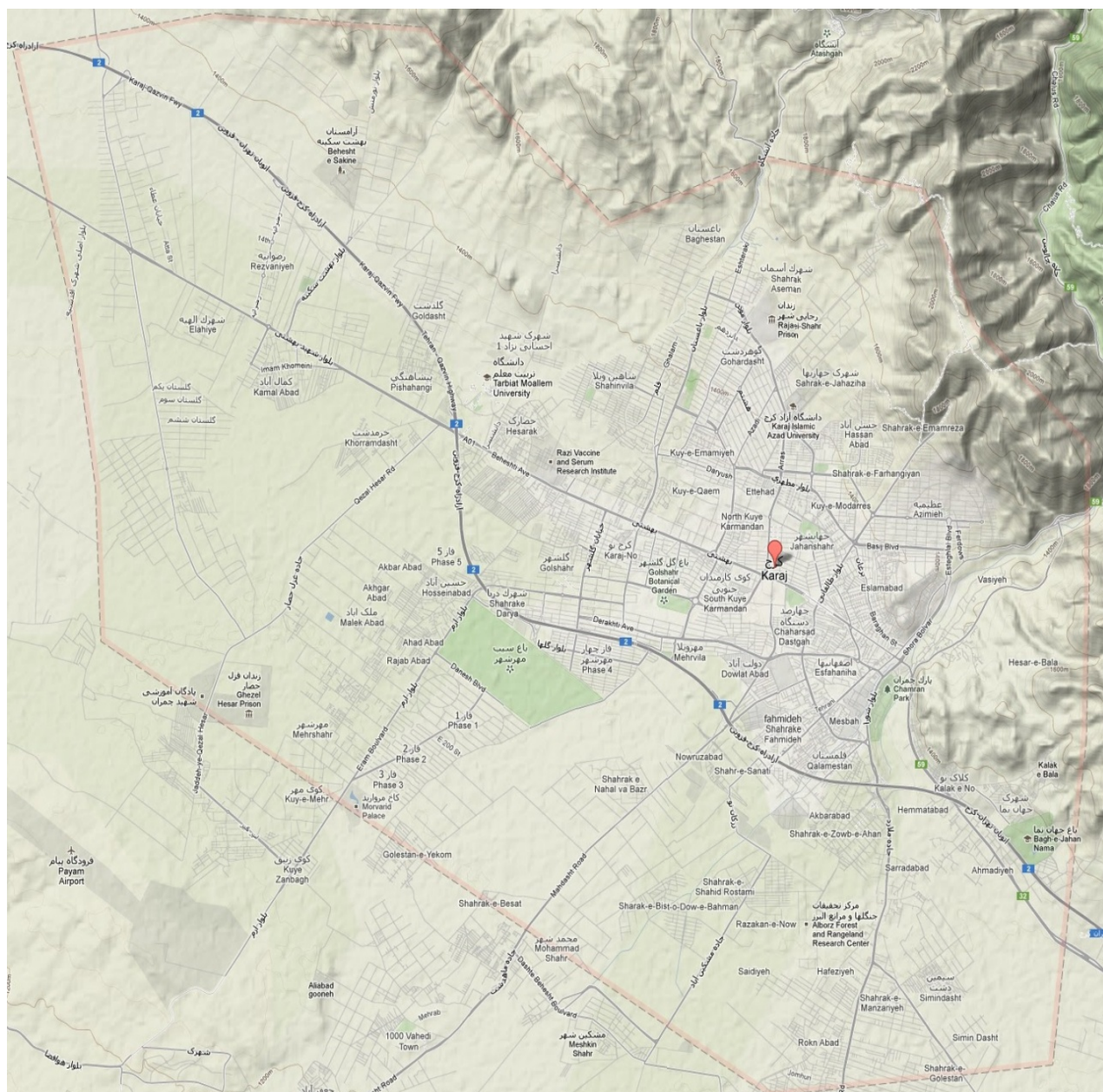
شماره چاه	میزان نیترات (mg/L)	شماره چاه	میزان نیترات (mg/L)	شماره چاه	میزان نیترات (mg/L)
۸۲	۱۱/۳	۱۰۹	۱۰/۴	۱۳۶	۲۲
۸۳	۱۷	۱۱۰	۲۷/۷	۱۳۷	۱۴
۸۴	۲۰/۲۵	۱۱۱	۲۶/۵۵	۱۳۸	۲۰
۸۵	۱۴	۱۱۲	۷۴	۱۳۹	۱۳
۸۶	۱۹	۱۱۳	۱/۷۵	۱۴۰	۲۸
۸۷	۱/۴۵	۱۱۴	۷	۱۴۱	۵۸
۸۸	۲۸	۱۱۵	۲۳/۵۳	۱۴۲	۱۵

ادامه جدول ۱:

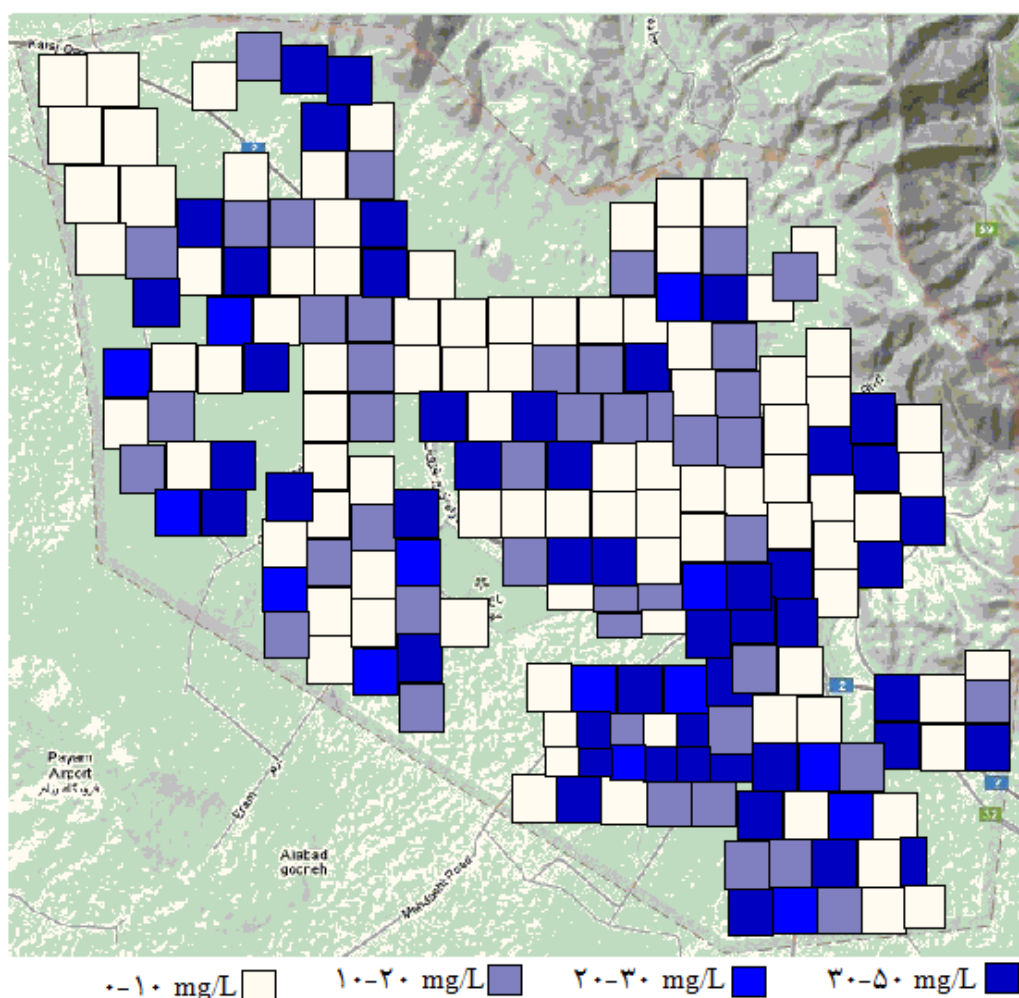
۱۰	۱۴۳	۱۷	۱۱۶	۱۱	۸۹
۱۷	۱۴۴	۱۵	۱۱۷	۲/۲	۹۰
۱۴	۱۴۵	۰	۱۱۸	۱۴	۹۱
۱۴/۵	۱۴۶	۱۰	۱۱۹	۰	۹۲
۹/۵۶	۱۴۷	۲۳	۱۲۰	۱۲	۹۳
۲۱	۱۴۸	۸	۱۲۱	۷	۹۴
۲۹/۳	۱۴۹	۹	۱۲۲	۴/۶۳	۹۵
۲۲	۱۵۰	۹/۵۶	۱۲۳	۳	۹۶
۳۰	۱۵۱	۱۳	۱۲۴	۱۸	۹۷
۲۸	۱۵۲	۲۸	۱۲۵	۱۲	۹۸
۲۴	۱۵۳	۱۳	۱۲۶	۸/۷	۹۹
۳۷	۱۵۴	۱۹	۱۲۷	۳/۸	۱۰۰
۴۲	۱۵۵	۱۶	۱۲۸	۲	۱۰۱
۲۱	۱۵۶	۲۳	۱۲۹	۱۸/۶	۱۰۲
۱۴	۱۵۷	۱۲	۱۳۰	۲۲	۱۰۳
۲۷	۱۵۸	۲۱	۱۳۱	۰	۱۰۴
۲/۳	۱۵۹	۸	۱۳۲	۰	۱۰۵
۲۷	۱۶۰	۱۵	۱۳۳	۱۴	۱۰۶
۱۷	۱۶۱	۱۷	۱۳۴	۱۵	۱۰۷
۲۷	۱۶۲	۱۵	۱۳۵	۱۳	۱۰۸

ادامه جدول ۱:

شماره چاه	میزان نیترات (mg/L)	شماره چاه	میزان نیترات (mg/L)	شماره چاه	میزان نیترات (mg/L)
۱۶۳	۱۴	۱۷۶	۸۱	۱۸۹	۱۱
۱۶۴	۱۵	۱۷۷	۷/۹	۱۹۰	۳۵
۱۶۵	۴/۶۳	۱۷۸	۲۰	۱۹۱	۲۸
۱۶۶	۱۸/۶	۱۷۹	۱۳	۱۹۲	۱۷
۱۶۷	۱۵/۳	۱۸۰	۱۹	۱۹۳	۱۰
۱۶۸	۲۶	۱۸۱	۱۶	۱۹۴	۲۳
۱۶۹	۷	۱۸۲	۱۶	۱۹۵	۱۶
۱۷۰	۲۱	۱۸۳	۱۱	۱۹۶	۱۵
۱۷۱	۲۱	۱۸۴	۱۸	۱۹۷	۲۷
۱۷۲	۱۲	۱۸۵	۱۳	۱۹۸	۱۵
۱۷۳	۲۳	۱۸۶	۲/۲	۱۹۹	۹/۵۲
۱۷۴	۸/۷	۱۸۷	۲۳/۵	۲۰۰	۹/۵۶
۱۷۵	۲۱	۱۸۸	۱۶		



شکل ۱: نقشه ماهواره‌ای شهر کرج



شکل ۴: پهنه‌بندی میزان نیترات منابع اندازه‌گیری شده با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی

جنوب شرقی است. بالا بودن نیترات در این مناطق می‌تواند به دلیل جریان آب زیرزمینی باشد که از شمال شهر به سمت مناطق جنوبی شهر در جریان است. همچنین در برخی مناطق از قبیل مناطق شمال غربی نیز میزان نیترات بالا بود که این امر نیز می‌تواند به دلیل دفع فاضلاب در چاه‌های جذبی باشد. به‌طور کلی نتایج نشان داد که میزان نیترات موجود در منابع آب شرب کرج در مقادیر کمتر از استاندارد می‌باشد و پراکندگی آن نیز طوری است که در برخی نقاط تراکم بالا بوده و در برخی از نقاط نیز میزان نیترات بسیار پائین است به‌طوری که می‌توان این مناطق را عاری از نیترات در نظر گرفت. براساس جدول ۱، کمترین، بیشترین و متوسط نیترات

همانطوری که در شکل ۴ نشان داده شده است، میزان نیترات تنها در مناطق پائین دست شهر بخصوص منطقه اصفهانی‌ها، کلاک نو، قلمستان، شهرک ذوب آهن و به‌طور کلی در مناطق جنوب شرقی بالا می‌باشد ولی با این وجود، در این مناطق نیز میزان نیترات کمتر از مقادیر استاندارد است.

بحث

نتایج حاصل از این بررسی مشخص نمود که میزان نیترات موجود در بیشتر منابع آب آشامیدنی کرج کمتر از مقادیر استاندارد می‌باشد و به‌طور کلی بالاترین میزان نیترات مشاهده شده در مناطق

مشاهده شده در منابع آبی کرج به ترتیب برابر صفر، ۱۵/۴۱ و ۶۰ میلی گرم بر لیتر گزارش شده. همچنین انحراف معیار مشاهده شده برابر ۱۲ بود که نشان دهنده پراکندگی وسیع نیترات در منابع آبی اندازه‌گیری شده می‌باشد. استاندارد نیترات برای آب شرب براساس معیارهای سازمان بهداشتی برابر 50 mg/L است^۳ که همانطوری که اشاره شد در بیشتر منابع آبی کرج میزان نیترات از این حد کم بود. در مناطق شمالی شهر کرج نبود سیستم دفع بهداشتی فاضلاب و همچنین استفاده از چاه‌های جذبی برای دفع بهداشتی فاضلاب باعث شده است که میزان نیترات در این منابع بالا برود. همچنین در مناطق جنوب شرقی نیز دلیل اصلی بالا بودن نیترات را می‌توان به حرکت نیترات به صورت زیرزمینی از مناطق شمالی شهر و همچنین استفاده از کودهای کشاورزی نسبت داد. به‌طور کلی چنانچه اقدام به تاسیس سیستم جمع‌آوری فاضلاب در مناطق شمالی شهر گردد می‌توان منابع آبی کرج در اینگونه مناطق را از وجود نیترات حفاظت کرد و این‌تنها راهکار حفظ منابع آبی زیرزمینی می‌باشد. در مناطق جنوب شرقی نیز می‌توان کودهای آلی را جایگزین کودهای ازته کرد تا بدین طریق از تشکیل نیترات اثر مصرف کودهای کشاورزی جلوگیری شود. در ایران، مطالعات زیادی بر روی میزان نیترات منابع آبی و پهنه‌بندی آن با سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام گرفته است. در مطالعه‌ای میزان تغییرات ماهانه نیترات در آب زیرزمینی دشت شهرکرد مورد بررسی قرار گرفته است. در این مطالعه عنوان شده است که بخش‌های میانی منطقه مورد مطالعه در مقایسه با مناطق شمالی و جنوبی، از غلظت نیترات پایین‌تری برخوردار است و تغییرات کمتری را در طول فصول مختلف سال نشان می‌دهد. در فصل تابستان بیشترین غلظت نیترات مشاهده شده که دلیل آن برداشت زیاد آب و فعالیت‌های کشاورزی ذکر گردیده است. نهایتاً در فصول پاییز و زمستان، غلظت نیترات رو به کاهش بوده و بجز آبان و اسفندماه که میانگین حدود ۲۴ میلی گرم در لیتر مشاهده شده، میانگین بقیه موارد بین ۲۱ تا ۲۳ میلی گرم در لیتر گزارش شده است. همچنین بیشترین غلظت نیترات در بخش‌هایی از جنوب دشت مشاهده شده است که در دو ماه از حد

استاندارد ۵۰ میلی‌گرم در لیتر نیز بیشتر بوده است.^{۱۴} در مطالعه دیگری توزیع زمانی و مکانی آلودگی منابع آب زیرزمینی دشت زیدون به نیترات مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج این پژوهش مشخص کرده است که میزان نیترات از نظر زمانی در فصل خشک، نسبت به فصل تر افزایش می‌یابد. مقادیر بالای آلودگی نیترات مربوط به فعالیت‌های شدید کشاورزی، استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی، حیوانی و همین‌طور آبیاری برنج، گندم و جو گزارش شده است. از نظر گسترش مکانی نیز در بخش‌های شمالی و مرکزی منطقه مورد مطالعه به علت وفور زمین‌های زراعی، و نیز وجود فاضلاب‌های روستایی، بیشترین غلظت نیترات مشاهده شده است.^{۱۵} در مطالعه دیگری تغییرات مکانی نیترات در آب زیرزمینی دشت لردگان مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج این مطالعه نشان داد که میانگین غلظت نیترات در چهار نوبت نمونه‌برداری حدود 10 mg/L و حداکثر غلظت نیترات نیز 19 mg/L است. همچنین مشخص گردید که قسمت شمالی آبخوان دارای بیشترین میزان نیترات (19 mg/L) بوده که علت آن وجود سازندهای زمین‌شناسی حاوی نیترات و آمونیوم تبادل‌ی، شیل و مارن در این منطقه و نیز شستشوی نیترات از خاک‌های کشاورزی ذکر شده است. همچنین کمترین میزان نیترات در قسمت جنوب غربی آبخوان دیده شده است.^{۱۶} با توجه به نتایج پژوهش حاضر و همچنین مقایسه آن با مطالعات محققان دیگر، مشخص می‌گردد که وجود نیترات در منابع آبی کرج می‌تواند به علت ورود فاضلاب‌های شهری، خصوصیات زمین‌شناسی و همچنین استفاده از کودهای کشاورزی باشد.

تقدیر و تشکر

این مقاله از طرح تحقیقاتی با حمایت مالی دانشگاه علوم پزشکی البرز استخراج گردیده است. نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند که از دانشگاه علوم پزشکی البرز به خاطر حمایت مالی از این طرح تشکر و قدردانی نمایند.

References

1. Mini B, Claudia G, Josef W. Effect of phenol addition on COD and nitrate removal in an anoxic suspension reactor. *Bioresour Technol.* 2010; 101(1): 5159–5167.
2. Yuansheng P, Zhifeng Y, Binghui T, Nitrate removal by microbial enhancement in a riparian wetland. *Bioresour Technol.* 2010; 101(1): 5712–5718
3. World Health Organization. Guidelines for Drinking-water Quality. first addition. Geneva. 2004.
4. Yanhui Z, Jianwei L, Zhiliang Z. Removal of nitrate from aqueous solution using cetylpyridinium bromide (CPB) modified zeolite as adsorbent. *J Hazard Mater.* 2011; 186 (9): 1972–1978.
5. Deepesh B, Monika S, Pankaj S, Radha T. Synthesis and surfactant modification of clinoptilolite and montmorillonite for the removal of nitrate and preparation of slow release nitrogen fertilizer. *J Hazard Mater.* 2012; 227–228 (4): 292–300.
6. Jin-Hee Y, Jae-Hwan C. Enhancement of nitrate removal from a solution of mixed nitrate, chloride and sulfate ions using a nitrate-selective carbon electrode. *Desalination* 2013; 320 (4): 10–16.
7. Jianfa L, Yimin L, Qingling M. Removal of nitrate by zero-valent iron and pillared bentonite. *J Hazard Mater.* 2010; 174 (3): 188–193
8. Mahamudur I, Prakash CM, Rajkishore P. Physicochemical characterization of hydroxyl apatite and its application towards removal of nitrate from water. *J Environ Manage.* 2010; 91 (1): 1883-1891.
9. Asim O, Necip A, Shaobin W. Batch and column studies of phosphate and nitrate adsorption on waste solids containing boron impurity. *Chem Eng J.* 2013; 222 (4): 108-119.
10. Haiou S, Yang Z, Aimin L, Sandra M. Selective removal of nitrate from water by a macroporous strong basic anion exchange resin. *Desalination* 2012; 296 (7): 53–60.
11. Miao L, Chuanping F, Rui Z, Zhenya Z, Xiang L, Qiang X, Weifang M, Norio S. Efficient removal of nitrate using electrochemical-ion exchange method and pretreatment of straw with by-products for biological fermentation. *Desalination* 2011; 278 (4) 275–280.
12. Deganello F, Liotta LF, Macaluso A, Venezia AM, Deganello G. Catalytic reduction of nitrates and nitrites in water solution on pumice-supported Pd–Cu catalysts. *Applied Catalysis B: Environmental* 2000; 24 (9) 265–273.
13. American Water Work Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21st ed. Washington. DC. American Water Work Association; 2005.
14. Lalezari R., Tabatabaei S.H., Yarali N. Variation of nitrate contamination in Shahrekord aquifer and its mapping using GIS. *Res Iran Wat Suppl.* 2009; 4 (1-2): 9-17.
15. Fazeli M., Kalantari N., Rahimi MH., Khobyari A. investigation of nitrate contamination of Zeydon area, *Wat Suppl Eng.* 2011; 4(1): 45-51.
16. Ostovari Y., Beigi Harchegani H., Davoodian AR. Spatial variation of nitrate in the Lordegan aquifer. *Wat Irriga Manage.* 2012; 2 (1): 55-67.