پهنه بندي آلودگي نيترات در آب‌هاي زيرزميني استان فارس با استفاده از روش زمين آمار(مطالعه موردي: منطقه سياخ دارنگون)

سيدحسين خزاعي*[۱]، حميد عباسي تبار[۲] و روح‌الله تقي‌زاده مهرجردي[۳]
[۱] عضو هيات علمي گروه محيط زيست، دانشكده منابع طبيعي دريا، دانشگاه علوم وفنون دريايي خرمشهر، ايران
[۲] دانشجوي كارشناسي محيط زيست، دانشكده منابع طبيعي دريا، دانشگاه علوم وفنون دريايي خرمشهر، ايران
[۳]دانشجوي دكتري خاكشناسي، گروه مهندسي علوم خاک، پرديس كشاورزي و منابع طبيعي، دانشگاه تهران، ايران
(تاريخ دريافت: ۱۳۸۹/۱۰/۱۵ ، تاريخ تصويب: ۱۳۹۰/۷/۶)

چكيده
به منظور حفظ كيفيت آب‌هاي زيرزميني اطلاع از پراكنش مكاني و زماني فاكتور هاي كيفي آنها حائز اهميت است. در اين راستا روش‌هاي زمين‌آماري يكي از تكنيک‌هاي پيشرفته براي پهنه‌بندي كيفيت آب‌هاي زيرزميني است. در اين پژوهش براي تعيين توزيع مكاني آلودگي نيترات در آب‌هاي زيرزميني منطقه سياخ دارنگون در غرب شيراز در استان فارس از ۳۳ حلقه چاه فعال به صورت تصادفي نمونه برداري شد. نتايج نشان داد غلظت نيترات در آب‌هاي زيرزميني منطقه مورد مطالعه در دامنه ۳/۸۵ تا ۱۴/۹۲ ميلي گرم بر ليتر متغير است. سپس براي بررسي تغييرات مكاني نيترات از سه روش كريجينگ، معكوس فاصله و كوكريجينگ استفاده شد. همچنين از كريجينگ شاخص براي تهيه نقشه احتمال آلودگي نيترات استفاده شد. نقشه‌هاي حاصل مي‌توانند بعنوان ابزاري كارآمد براي تصميم‌گيري مديران استفاده شود.

واژه هاي كليدي: توزيع مكاني، آب زيرزميني، آلودگي نيترات، استان فارس، زمين آمار

* نويسنده مسئول: تلفن: ۰۹۱۶۳۳۳۶۳۸۸ فاكس: ۰۶۳۲-۴۲۳۴۷۲۵ E-mail: fdkhazaei@yahoo.com

مقدمه

با توجه به افزايش جمعيت جهان و نياز روزافزون به غذاي بيشتر، نبودن زمين حاصلخيزكافي و محدود بودن سطح زير كشت، نظر متخصصان به سمت افزايش كمي وكيفي درتوليد محصولات كشاورزي جلب شده است. بنابراين مصرف كودهاي نيتروژني از جايگاه خاصي برخوردار است (Gheisari *et al.*, 2006). توليد مقدارکافي از غذاي سالم با كمترين آلودگي محيط زيست، كاري بزرگ و بسيار دشوار براي آينده كشاورزي جهان است (Prakasa & Puttanna, 2006). بيشتر از ۱/۱ ميليارد نفر از مردم جهان به آب آشاميدني سالم دسترسي كافي ندارند، تنها در آسيا كمبود ذخيره آب و سطح پايين بهداشت باعث مرگ بيش از ۵۰۰ هزار كودك در سال مي شود. از سال ۱۹۴۵ بيش از ۳۰۰۰ مورد سندرم بچه آبي[1] در سراسر دنيا گزارش شده است كه بيشتر مربوط به چاه هاي شخصي در مناطق كشاورزي با غلظت بالاي نيترات مي‌باشد(Tirado, 2007). در طي۴۰ سال گذشته حدود۷۰۰ درصد مصرف كودهاي كشاورزي در سطح جهان افزايش يافته و اين يكي از عوامل اصلي در كاهش كيفيت آب است (Foley *et al.*, 2005 ; Tirado, 2007). يكي از شاخص‌هاي مهم براي نشان دادن كيفيت آب آشاميدني وكشاورزي ميزان نيترات موجود در آن است (Gheisari *et al.*, 2006). يون نيترات از جمله مهمترين آلاينده‌هاي منابع آب‌هاي زيرزميني مي‌باشد، با توجه به حلاليت زياد آن، زدودن آن از آب آشاميدني بسيار پرهزينه است (Moghaddasi *et al.*, 2007 ; Abedikoohpaei & Bagheri, 2000). سازمان حفاظت محيط زيست آمريكا استاندارد اوليه نيترات در آب آشاميدني را ۱۰ ميلي گرم بر ليتر برحسب ازت اعلام نموده است. موسسه استاندارد و تحقيقات صنعتي ايران ميزان حداكثر مجاز نيترات را۵۰ ميلي گرم در ليتربرحسب نيترات در نظر گرفته است (Mehrbani *et al.*, 2009). سطوح بالاي نيترات در آب مي‌تواند باعث بروز مشكلات جدي براي سلامتي كودكان شود. مهمترين خطر نيترات، سندرم بچه آبي يا متهمو گلوبينيميا[2] است كه در كودكاني كه از آب مملو از نيترات استفاده مي‌كنند اتفاق مي‌افتد و تاثير ويژه‌اي روي نوزادان كمتر از چهار ماه مي‌گذارد(Voudouris et al., 2004; Fewtrell, 2004; Prakasa roa & Puttanna, 2006; Tirado, 2007; Filintas et al., 2008; Abedikoohpaei & Bagheri, 2000; Naseri & Alijani, 2007; Khosravi dehkordi, 2005; Gheisari (*et al.*, 2006

سندرم بچه آبي مي‌تواند باعث بروز سردرد، بي حسي، خستگي، افزايش ضربان قلب، سياه شدگي پوست، بي هوشي، تشنج، اختناق و سرانجام مرگ شود (Tirado, 2007). نيترات در آب آشاميدني باعث بروز انواع سرطان‌ها از جمله معده، دهان، روده، مثانه و تخمدان مي شود (Prakasa & Puttanna 2006 ، Tirado 2007). همچنين باعث بروز بيماري‌هاي مختلف مانند آلزايمر، جنون، موكوس روده‌اي، تغييراتي در بالغ شدن و كاهش وزن (Prakasa & Puttanna, 2006) مي شود. نازايي، كاهش تنفس، افزايش فشار خون و بزرگ شدن غدد لنفاوي از ديگر اثرات نيترات است (Filintas *et al.*, 2008). دام‌ها نيز ممكن است از علائم چند عارضه و بيماري ناشي از وجود مقادير زياد نيترات در آب آشاميدني نظير اختلال درتوليد مثل، سقط جنين و كاهش توليد شير رنج ببرند (Fewtrell, 2004; Prakasa & puttanna, 2006; Gheisari *et al.*, 2006; Khosravi dehkordi, 2005).

زمين آمار به صورت گسترده اي در تعيين تغييرات و توزيع مكاني آلاينده ها مورد استفاده قرار مي گيرد.

(۲۰۰۴) Liu *et al*., از اين روش براي ارزيابي پتانسيل آلودگي آرسنيک در آبخيز Yun-Lin در تايوان استفاده كردند. Nas & Berktay (2006) براي بررسي آلودگي آب زير زميني به نيترات در شهر Konya از اين روش استفاده كردند. (2005) Amini *et al*.، در استان اصفهان با اين روش نقشه خطرات آلودگي كادميم و

[1] *Blue baby syndrome*

[2] *Metehemogolobinia*

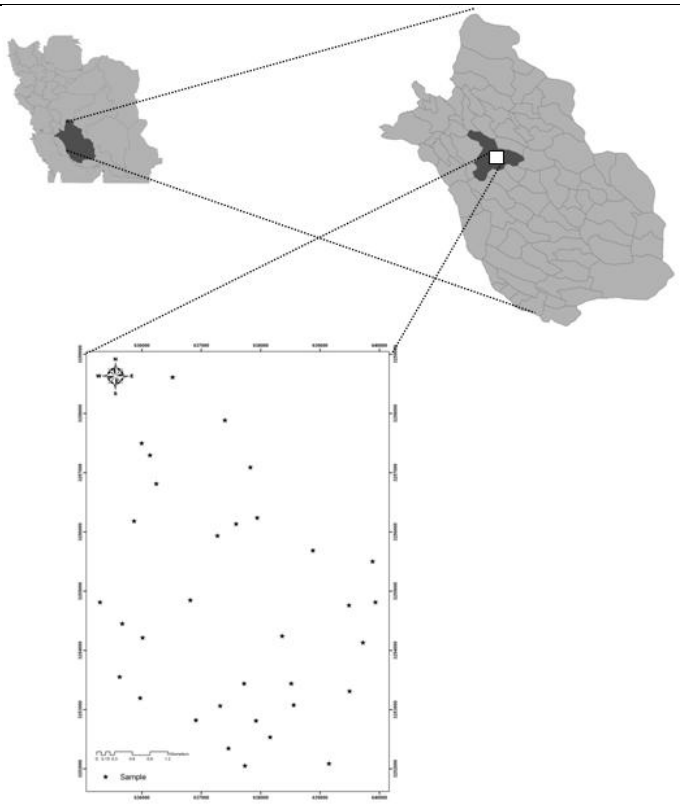
سرب براي سلامتي انسان در خاك را ترسيم نمودند.Kresic (1997) كريجينگ را به عنوان قابل اعتمادترين، قوي‌ترين و گسترده‌ترين روش براي درون‌يابي و تهيه منحني هاي تراز آب‌هاي زيرزميني مي‌داند و عنوان مي‌كند كه روش مذكور شيوه اي زمين آماري است كه در آن واريانس مكاني، موقعيت و توزيع نمونه‌ها مورد ملاحظه قرار مي‌گيرد.Agostino *et al* (2005) به بررسي زماني و مكاني غلظت نيترات در آب-هاي زيرزميني پرداختند. در اين مطالعه از سه سري داده در سه زمان متفاوت و از روش‌هاي كوكريجينگ و كريجينگ معمولي استفاده شد. نتايج نشان داد كه افزايش عدم قطعيت باعث افزايش ميزان واريانس مي‌گردد و همچنين كاربرد روش كوكريجينگ باعث كاهش عدم قطعيت در تخمين غلظت نيترات است و كاهش هزينه نمونه‌برداري صحرايي و كارهاي آزمايشگاهي را در پي دارد. Gaus *et al* (2003) به بررسي غلظت آرسنيک در آب‌هاي زيرزميني بنگلادش پرداختند. در اين مطالعه از اطلاعات ۳۵۳۴ چاه استفاده شد. داده‌هاي بدست آمده نشان دهنده چولگي بالا در داده‌هاي آرسنيک بود.Mendes *et al* (2010) از روش كريجينگ براي تهيه نقشه احتمال آلودگي نيترات در آبخيز آبرفتي در شمال رودخانه Tagus در كشور پرتغال استفاده كردند. در اين مطالعه براي تخمين غلظت و تهيه نقشه احتمال، از روش كريجينگ گسسته استفاده شد. نتايج نشان داد كه در منطقه مورد مطالعه ۳۵ ميليون نفر در معرض غلظت بالاي آرسنيک (mgL^{-1} ۵۰) و ۵۰ ميليون نفر در معرض غلظت ۱۰ mgL^{-1} مي‌باشند.

تغيير در كيفيت آب‌هاي زيرزميني كه معمولاً بر اثر مديريت غلط استحصال آب زيرزميني رخ مي‌دهد مقدمه‌اي بر تخريب ساير منابع چه به صورت مستقيم و چه به صورت غير مستقيم است. شناسايي به موقع و تهيه نقشه از تغييرات كيفيت و شناسايي عامل آن توسط روش‌هاي مشاهده‌اي و سنتي كاري سخت، زمان بر و پرهزينه مي‌باشد. روش‌هاي زمين آماري به عنوان روش-هايي كه باعث كاهش هزينه از طريق كاهش نمونه‌برداري مي شود و دقت تخمين‌ها را به مقدار قابل ملاحظه‌اي بالا مي‌برد، در علوم مختلف محيطي از جمله خاكشناسي، هوا و اقليم شناسي بسيار مورد توجه قرار گرفته‌اند. با توجه به مشكلات ذكر شده و به علت اينكه آب‌هاي زيرزميني منطقه مورد مطالعه براي شرب، آبياري محصولات كشاورزي و دامداري استفاده مي‌شود، در هر يک از بخش‌هاي برشمرده مي‌تواند با آثار نامطلوب همراه باشد كه در نهايت نيز اثرات نامطلوبي بر انسان مي‌گذارد. هدف از پژوهش حاضر بررسي كيفيت آب‌هاي زيرزميني در منطقه سياخ دارنگون در استان فارس و تهيه نقشه آلودگي آب‌هاي زيرزميني در اراضي تحت كشاورزي گسترده با استفاده از روش زمين آمار است.

مواد و روش‌ها

معرفي منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در غرب شهرستان شيراز به نام سياخ دارنگون، حدفاصل طول جغرافيايي ′۱۴ °۵۲ تا ′۳۵ °۵۳ شرقي و عرض جغرافيايي ′۱۳ °۲۹ تا ′۳۶ °۲۹ شمالي واقع شده است. سطح تقريبي زير كشت آن ۱۰ هزار هكتار است كه قسمت عمده آن زير كشت گندم و يونجه قراردارد. در اين منطقه سالانه حدود ۶۰ هزرا كيسه كود شيميايي ازته شامل اوره و نيترات آمونيوم مصرف مي-شود. ارتفاع متوسط منطقه از سطح دريا ۱۷۰۰ متر و متوسط ميزان بارندگي ۳۰ ساله آن برابر با ۳۲۰ ميلي متر است. متوسط درجه حرارت ماهانه نيز ۱۸ درجه سانتي گراد است. در منطقه مورد مطالعه ۱۰۷۲ حلقه چاه، ۲۴ چشمه و ۲ حلقه قنات وجود دارد. اين منطقه از شمال به دشت خانه خميس، از غرب به دشت شوراب، از جنوب به قنات و از شرق به شيراز مي‌رسد (شكل ۱) (Jahad-e-Keshavarzi, 2010).



شكل ۱- پراكنش نقاط اندازه‌گيري شده در منطقه سياخ دارنگون

نمونه‌برداري

در اين پژوهش پس از بازديد ميداني بر اساس موقعيت منطقه، دسترسي به نقاط نمونه برداري و همچنين پوشش دادن سطح مناسبي از منطقه، تعداد ۳۳ حلقه چاه نيمه عميق فعال با عمق متوسط ٤٠ متر به صورت تصادفي انتخاب و سپس از آن‌ها نمونه برداري صورت گرفت. نمونه برداري در هفته آخر فروردين ماه سال ۱۳۸۹(فصل كشت بهاره) انجام شد. پس از نمونه‌برداري براي تثبيت نمونه‌ها به هر نمونه، به ازاي هر ۱۰۰۰ ميلي ليتر آب، يك قطره اسيد سولفوريك غليظ اضافه شد. سپس نمونه‌ها در دماي يخچال (۴°c) نگهداري و براي اندازه‌گيري در كمترين زمان به آزمايشگاه دانشگاه علوم و فنون دريايي خرمشهر منتقل شد. مختصات جغرافيايي هر يك از چاه ها (در مقياس UTM[1]) توسط دستگاه موقعيت ياب جغرافيايي (GPS[2]) ثبت شد. در اين پژوهش براي اندازه گيري ميزان نيترات از دستگاه اسپكتروفتومتر يونيك مدل UV-2150 ساخت كشور آمريكا استفاده شد. سپس غلظت نيترات در هر نمونه بر حسب ميلي گرم بر ليتر نيترات به دست آمد.

تجزيه و تحليل داده‌هاي مكاني

نرمال سازي داده‌ها: در ابتدا داده‌ها بر اساس معيار چولگي و كشيدگي مورد آزمون نرمال بودن قرار گرفتند.

[1] Universal Transverse Mercator

[2] Global Positioning System

میان‌یابی

روش IDW [1] - در این روش برای هر یک از نقاط اندازه-گیری وزنی بر اساس فاصله بین آن نقطه تا موقعیت نقطه مجهول در نظر گرفته شد. سپس این اوزان توسط توان وزن‌دهی کنترل شد، به طوری که توان‌های بزرگتر اثر نقاط دورتر از نقطه مورد تخمین را کاهش دهد و توان-های کوچکتر، وزن‌ها را به طور یکنواخت‌تری بین نقاط همجوار توزیع کند (Hassani-pak, 1998). این مقدار با استفاده از رابطه ۱ محاسبه می شود:

رابطه ۱)
$$\lambda_i = \frac{D_i^{-\alpha}}{\sum_{i=1}^{n} D_i^{-\alpha}}$$

در این رابطه λ_i = وزن ایستگاه iام، D_i = فاصله ایستگاه iام تا نقطه مجهول و α = توان وزن دهی می‌باشد.

روش کریجینگ- کریجینگ تخمین‌زنی است که مطابق رابطه ۲ مقادیر یک متغیر را در نقاط نمونه‌برداری نشده به صورت ترکیبی‌خطی از مقادیر همان متغیر درنقاط اطراف آن درنظر می‌گیرد و برای برآورد نقاط ناشناخته، به هریک از نمونه‌ها وزنی نسبت می‌دهد (Hassani-pak, 1998).

رابطه ۲)
$$Z^*(x) = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i z(x_i)$$

در این رابطه، Z^* مقدار متغیر مکانی برآورد شده، Z(xi) مقدار متغیر مکانی مشاهده شده درنقطه x_i؛ و λi وزنی است که به نمونه x_i نسبت داده می‌شود و بیان کننده اهمیت نقطه i ام دربرآورد است.

روش کوکریجینگ - همانطور که در آمار کلاسیک نیز روش‌های چند متغیره وجود دارد، در زمین آمار نیز می-توان از روش کوکریجینگ و بر اساس همبستگی بین متغیرهای مختلف، برای تخمین استفاده کرد. معادله کوکریجینگ مطابق با رابطه ۳ انجام می شود(Davis, 1987).

رابطه ۳)
$$Z^*(x_i) = \sum_{e'=1}^{n} \lambda_{e'i} . x_i \sum_{k=1}^{n} \lambda_k . y(xk)$$

در این رابطه $\mathbf{Z^*(x_i)}$ ، مقدار تخمین زده شده برای نقطه Xi می باشد، λ_i ، وزن مربوط به متغیر Z، λ_k وزن مربوط به متغیر کمکی y، $\mathbf{Z(x_i)}$ مقدار مشاهده شده متغیر اصلی و $\mathbf{y(x_k)}$ ، مقدار مشاهده شده متغیر کمکی است (Mohammadi, 2006).

روش کریجینگ شاخص- همچنین برای ترسیم نقشه احتمال آلودگی یون نیترات روش کریجینگ شاخص مورد ارزیابی قرار گرفت. همان‌گونه که کریجینگ معمولی بر روی داده‌های اصلی به کار گرفته می شود، از سیستم کریجینگ شاخص می‌توان به منظور تخمین مقادیر شاخص در نقاط نامعلوم نیز استفاده کرد. هدف اصلی حل سیستم کریجینگ شاخص، تخمین شاخص در نقطه‌ای معین با استفاده از شاخص‌های واقع در همسایگی آن است.

تعیین مناسبترین روش میان یابی

برای انتخاب روش مناسب درون‌یابی از روش ارزیابی متقابل[2] استفاده شد. در این روش، در هر مرحله یك نقطه مشاهده‌ای حذف و با استفاده از سایر نقاط مشاهده‌ای، آن نقطه برآورد شد. این کار برای تمام نقاط مشاهده‌ای تکرار می‌شود به نحوی که در آخر به تعداد نقاط مشاهده‌ای برآورد وجود خواهد داشت و در پایان با داشتن مقادیر واقعی و برآورد شده می‌توان خطا و انحراف روش استفاده شده را برآورد کرد. معیارهای گوناگونی برای این کار وجود دارد که می توان به ریشه دوم میانگین مربع خطا[3] اشاره نمود (Joumel & Huijbregts, 1978; Krige, 1951). که فرمول محاسبه آن به شرح رابطه۴ است.

رابطه۴)
$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(Z(x_i) - Z^*(x_i))^2}$$

[1] Inverse Distance Weighting

[2] Cross Validation

[3] Root Mean Square Error

در این رابطه؛ $z^*(xi)$، مقدار برآورد شده متغیر مورد نظر، $z(xi)$، مقدار اندازه‌گیري شده متغیر مورد نظر (مقدار مشاهده‌اي) و n، تعداد مشاهدات است.

نتایج و یافته ها

نتایج اندازه‌گیري یون نیترات نشان داد که حداقل مقدار ۳/۸۵ ، حداکثر مقدار ۱۴/۹۲ و میانگین آن۱۰ میلي گرم بر لیتر نیترات مي‌باشد (جدول ۱). به منظور بررسي ساختار مکاني داده‌ها، اقدام به ترسیم واریوگرام گردید. شکل ۲ واریوگرام مربوط به روش کریجینگ را نشان مي-دهد. بعد از آزمایش مدل‌هاي مختلف با استفاده از شاخص RMSE و در نظر گرفتن ساختار فضائي هر یک از مدل‌هاي برازش داده شده، مدل مناسب براي برازش بر روي واریوگرام تجربي انتخاب شد. در جدول ۲ بهترین مدل به همراه پارامترهاي واریوگرام آورده شده است.

نسبت اثر قطعه‌اي به آستانه را مي‌توان براي ارزیابي ساختار مکاني داده‌ها مورد بررسي قرار داد. وقتي این نسبت کمتر از ۰/۲۵ باشد متغیر مورد نظر داراي ساختار مکاني قوي مي‌باشد، بین ۰/۲۵-۰/۷۵ ساختار مکاني متوسط و هنگامي که بزرگتر از ۰/۷۵ باشد ساختار مکاني ضعیف است (Robinson &Metternicht, 2006). با توجه به اینکه نسبت اثر قطعه‌اي برآستانه (C_O/C_O+C) کمتر از ۰/۲۵ مي‌باشد، این پارامتر داراي پیوستگي مکاني قوي مي‌باشد. در روش کوکریجینگ، براي پیش‌بیني نیترات از پارامتر عمق آب زیرزميني به عنوان متغیر کمکي استفاده شد و سپس واریوگرام متقابل محاسبه گردید(شکل۳). مطابق جدول۳ براي تخمین نیترات، روش کریجینگ به علت RMSE[1] کمتر (۲/۱۹) بر دو روش دیگر ارجحیت داشت. بنابراین بر اساس روش مذکور اقدام به میانیابي و در نهایت با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایي نقشه پهنه بندي نیترات تهیه شد (شکل٤).

همانند کریجینگ معمولي، به کارگیري کریجینگ شاخص، نیازمند تابع کواریانس یا واریوگرام، جهت توصیف و تبیین ساختار تغییرپذیري مکاني متغیر مورد مطالعه است. در این شرایط، واریوگرام با استفاده از شاخص ها مورد محاسبه و برازش قرار مي گیرند. در این روش به تعداد شاخص، واریوگرام شاخص وجود خواهد داشت. در این مطالعه شاخص ۱۰ میلي‌گرم بر لیتر نیترات به عنوان شاخص در نظر گرفته شد تا نقشه احتمال خطر آلودگي به دست آید. پس از محاسبه واریوگرام، اقدام به ترسیم نقشه شد. (شکل ۵)

بحث و نتیجه گیري

نتایج نشان داد که داده‌هاي مورد بررسي داراي توزیع نرمال بودند که دلیل آن مي‌تواند شمار مناسب نمونه‌ها و پراکنش مناسب آنها باشد. پس از ترسیم تغییر نما و برازش مدل مناسب بر روي آن، مشخصه‌هاي مربوط استخراج شد. مدل مناسب بر اساس[2] RSS کم‌تر انتخاب شد. دقت بالاي مدل برازش داده شده مي‌تواند نقش به-سزایي در بالا بردن دقت برآورد داشته باشد. پس از برازش مدل مناسب، روش مناسب میان‌یابي بر اساس RMSE کمتر از میان روش‌هاي مختلف انتخاب شد. در نهایت روش کریجینگ با دارا بودن مقدار RMSE ۲/۱۹ به عنوان بهترین روش درون‌یابي انتخاب شد.et al Nejati نیز در سال (2009) به بررسي زمین آماري توزیع نیترات در آبخوان آبرفتي دشت عقیلي پرداختند و کریجینگ معمولي را به عنوان بهترین درونیاب جهت بررسي مکاني نیترات معرفي کردند که با یافته‌هاي حاصل از این پژوهش همسویي دارد.

[1] Root Mean Square Error

[2] Residual Sums of Squares

جدول ۱- نتايج تجزيه آماري غلظت نيترات و عمق آب زيرزميني منطقه مورد مطالعه

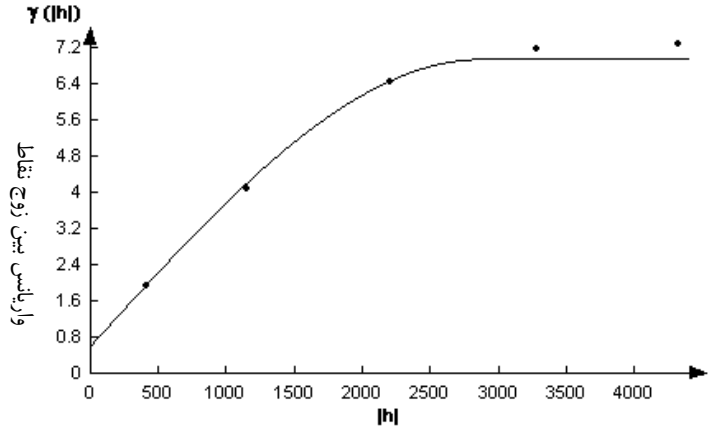
پارامتر	ميانگين	بيشترين	كمترين	انحراف معيار
نيترات (ميلي‌گرم بر ليتر)	۱۰/۰۱	۱٤/۹۲	۳/۸۵	۲/٦۳
عمق آب زيرزميني (متر)	٤۰/۰۰	۷۰/۰۰	۲۵/۰۰	۱٤/٤۵

جدول۲- بهترين مدل برازش داده شده به واريوگرام و پارامترهاي مربوط به آن

متغير	ميانگين	انحراف معيار	چولگي	كشيدگي	مدل	اثر قطعه‌اي (Co)[2]	آستانه (Co+C)[1]	شعاع تاثير	RSS	R^2
نيترات	۱۰	۲/۵۸	-۰/۳۳	۲/٦۲	كروي	۱/٦۷	۷/۷٦	۳۲۰۰	۷/۱٦	۰/۸۰

جدول ۳- ارزيابي نتايج روش تخمين بر اساس معيار RMSE

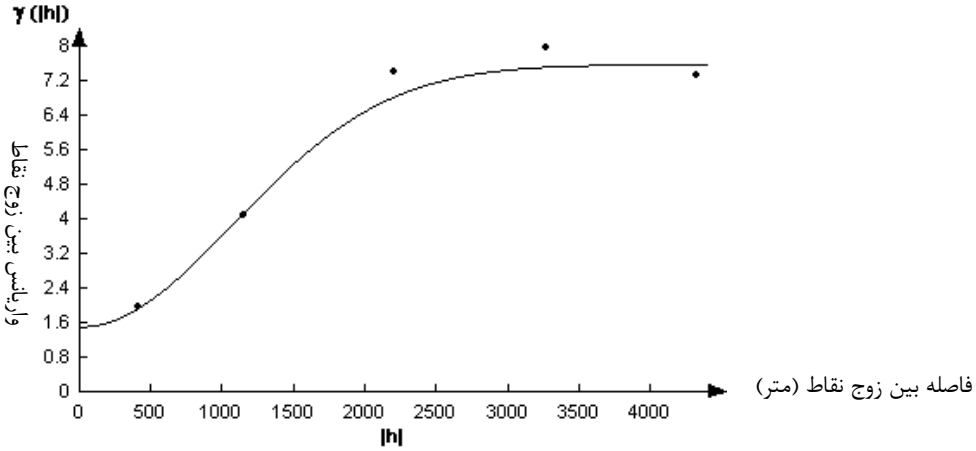
خصوصيت مورد نظر	كوكريجينگ	كريجينگ	ميانگين متحرک وزن دار(IDW)				
			توان۱	توان۲	توان۳	توان۴	توان۵
نيترات	۳/۶۵	۲/۱۹	۳/۸۶	۳/۹۲	۴/۰۸	۴/۴۵	۵/۸۵



شكل ۲- واريوگرام نيترات مربوط به روش كريجينگ

(محور افقي نشان‌دهنده فاصله بر حسب متر و محور عمودي نشان‌دهنده واريانس در فواصل مختلف مي‌باشد)

[1] Sill
[2] Nugget Effect

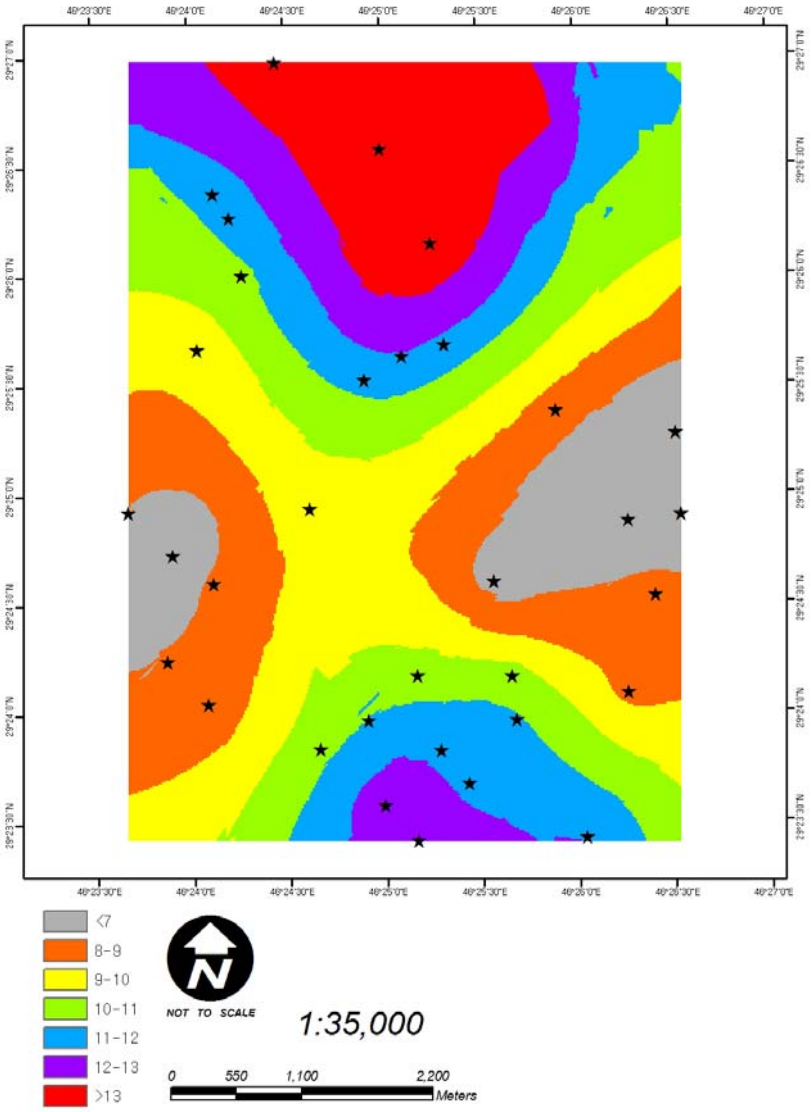


شكل ۳- واريوگرام متقابل نيترات و ارتفاع مربوط به روش كوكريجينگ

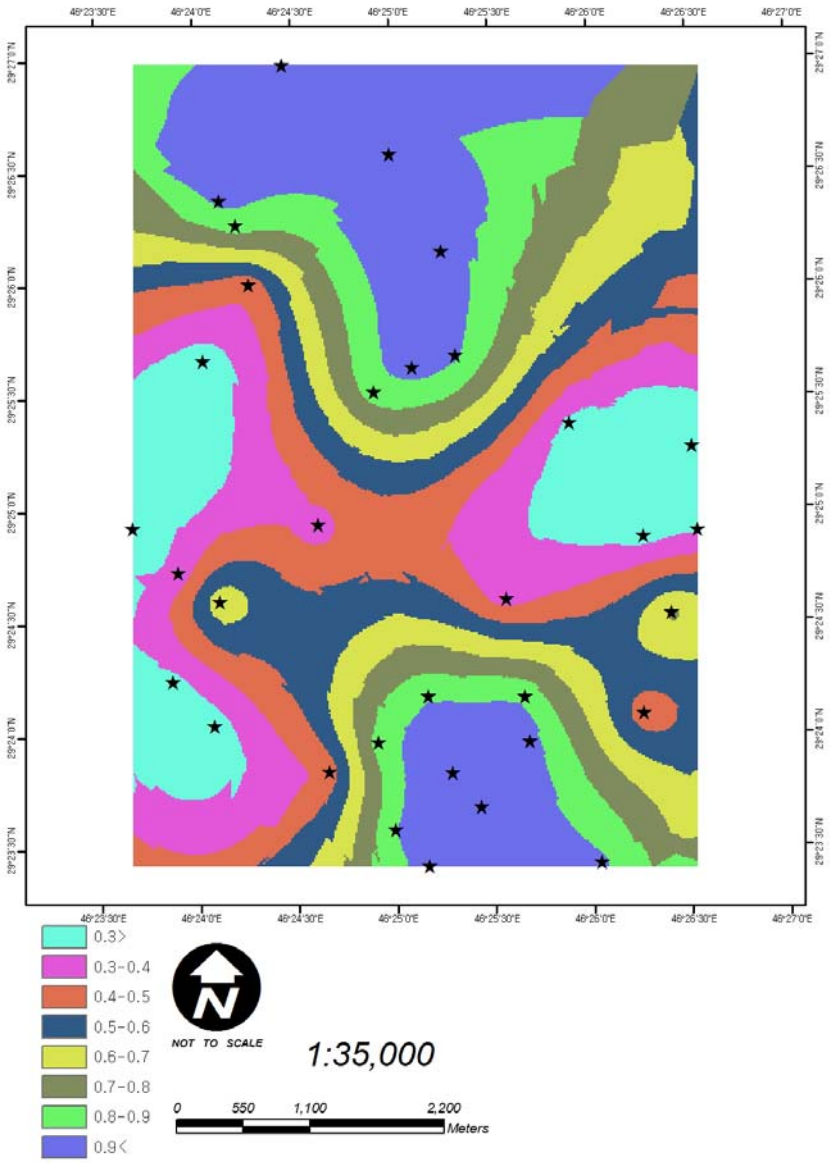
(محور افقي نشان‌دهنده فاصله بر حسب متر و محور عمودي نشان‌دهنده واريانس در فواصل مختلف مي‌باشد)

Ahmed (2002) روش كريجينگ را براي برآورد TDS در آب‌هاي زيرزميني مورد استفاده قرار داد و دقت اين روش را در برآورد مقادير غلظت املاح محلول، مناسب تشخيص داد كه با نتايج اين تحقيق همسويي دارد. Barca & Passarella (2008) نيز از روش كريجينگ گسسته يراي تهيه نقشه خطر نيترات استفاده نمودند. نتايج اين پژوهش نشان داد كه روش كريجينگ گسسته روش مناسبي براي بررسي ميزان تخريب آب زيرزميني است. همچنين Kresic (1997) كريجينگ را به عنوان قابل اعتمادترين، قويترين و گسترده ترين روش براي درون يابي و تهيه منحني تراز آب‌هاي زيرزميني مي‌داند. Shabani (2008) از روش‌هاي زمين آمار براي تهيه نقشه تغييرات pH و TDS در آب‌هاي زيرزميني استفاده كرد و روش كريجينگ ساده و معمولي را نسبت به روش‌هاي ديگر برتر اعلام كرد. Ahmadali *et al.* (2008) در پژوهشي كه براي ارزيابي روش‌هاي كريجينگ و كوكريجينگ در تخمين شوري و اسيديته عمقي خاك انجام داد، روش كريجينگ معمولي را نسبت به كوكريجينگ ترجيح داد. Rezai *et al.* (2010) به بررسي تغييرات مكاني برخي شاخص هاي كيفي آب‌هاي زيرزميني استان گيلان به كمك روش‌هاي زمين آمار پرداختند و روش كريجينگ معمولي و معكوس فاصله را بهترين روش در درونيابي معرفي كردند. *et al.* Taghizadeh (2008) به مطالعه تغييرات مكاني شوري آب‌هاي زيرزميني با استفاده از زمين آمار پرداختند و روش كريجينگ را به روش IDW ترجيح دادند. et al. Mirmosavi (2010) روش كريجينگ معمولي را مناسبترين روش براي درونيابي اطلاعات بارندگي معرفي كردند. بر اساس نقشه پهنه بندي بدست آمده و مشاهدات ميداني در مكان هايي از منطقه مورد بررسي كه نيترات بالا بود مشخص شد كه در آن مناطق ميزان مصرف كودهاي نيتراته و همچنين آبياري نيز بالا است كه مدل نيز به درستي آن را تخمين زد. همچنين در نواحي كه مقدار نيترات نسبت به ساير مناطق پايين بود بر اساس مشاهدات ميداني ميزان فعاليت زراعي و آبياري نسبت به ساير نقاط كمتر بود. بر اساس نقشه‌هاي پيش‌يابي حاصل مي‌توان به وضوح متوجه شد كه در كدام مناطق فعاليت هاي زراعي بالا است و احتمال آلودگي آب زيرزميني نيز افزايش دارد. Lalezari *et al.* در سال(2010) به بررسي تغييرات ماهانه نيترات در آب زيرزميني دشت شهركرد پرداختند و به اين نتيجه رسيدندكه دليل اصلي آلودگي آب‌هاي زيرزميني در

ناحيه شمالي دشت شهركرد فعاليت هاي گسترده كشاورزي و استفاده از كودهاي نيتروژنه است كه با نتايج اين پژوهش همسويي دارد. در مجموع نتايج اين تحقيق نشان داد كه انواع روش‌هاي كريجينگ از كارايي قابل قبولي در تخمين آلودگي نيترات برخوردار است. همچنين در سال‌هاي اخير محققان با استفاده از روش‌هاي زمين آماري مبادرت به تهيه نقشه‌هاي خصوصيات آب زيرزميني نموده‌اند. نتايج اين پژوهش نيز نشان داد كه روش‌هاي زمين آماري كارآيي قابل ملاحظه‌اي براي تخمين نقاط نامشخص دارد. با بدست آمدن نقشه‌هاي همترازي آلودگي نيترات، مديران و تصميم‌گيران در بخش‌هاي مختلف مي‌توانند شناخت بهتري نسبت به وقوع اثرات استفاده گسترده از نهاده‌هاي كشاورزي داشته باشند. در واقع ابزار تخمين‌گر مي تواند به منزله سامانه پشتيبان تصميم‌گيري و به‌عنوان حلقه‌اي از چرخه‌ي ارزيابي اثرات زيست محيطي باشد و كمک موثري به مديران براي تصميم‌گيري نمايد.



شكل ۴- نقشه پهنه بندي آلودگي نيترات بر حسب ميلي‌گرم بر ليتر نيترات در منطقه سياخ دارنگون



شكل ۵- نقشه پهنه بندي احتمال خطر آلودگي نيترات

(اعداد بيانگر درصد احتمال خطر آلودگي نيترات در هر يك از كلاسه هاي رنگي مي باشد)

References

- Abedikoohpayei, J. and M.R. Bagheri. 2000. Environmental Impacts of Irrigation with Treated Wastewater on Groundwater Resources. Environmental Impacts of Agricultural Wastewaters Conference on Groundwater and Surface water, Iranian National Committee on Irrigation & Drainage (in Persian).
- Agostino, V., E.A. Greene, G. Passarella and M. Vurro.1998. Spatial and Temporal Study of Nitrate Concentration in Groundwater by Means of Co-regionalization. Environmental Geology, 36: 3–4.

- Ahmadali, Kh ., S. Nikmehr and A. Liaghat. 2008. Evaluation Kriging and Cokriging Methods in the Estimation of Salinity and Deep Soil Acidity (Case Study in Land Area Boukan**)**. Journal of Water, 3:55–64.
- Ahmed, S. 2002. Groundwater Monitoring Network Design: Application of Geostatistics with a few Case Studies from a Granitic Aquifer in a Semiarid Region. In: Groundwater Hydrology, M.M. Sherif, V.P. Singh and M. Al-Rashed (Eds.), Balkema, Tokyo, Japan. 2, 37-57.
- Amini, M., M. Afuni, H. Khademi, K.C. Abbaspour and R. Schulin. 2005. Mapping Risk of Cadmium and Lead Contamination to Human Health in Soils of Central Iran. Journal of the Total Environment, 347:64-77.
Barca, E. and G. Passarella. 2008. Spatial Evaluation of the Risk of Groundwater Quality Degradation. A Comparison between Disjunctive kriging and Geostatistical Simulation. Journal of Environmental Monitoring and Assessment.133: 261 – 273.
- Davis, B.M. 1987.Uses and Abuses of Cross-validation in Geostatistics. Math. Geol. 19: 241-248.
- Fewtrell, L. 2004. Drinking-water Nitrate, Methemoglobinemia, and Global Burden of Disease. Adiscussion. Environmental Health Perspective, 112 (14):1371-1374.
- Filintas, A.G., P. Dioudis, G. Stamatis, J. Hatzopoulos and Th. Karyotis. 2008. Environmental Assessment of Groundwater Nitrate Pollution from Agricultural Wastes and Fertilizers in Central Greece watersheds Using Remote Sensing and GIS. 3rd International Conference AQUA: Water Science and Technology with Emphasis on Water & Climate,16-19 October, Athens, Greece.
- Foley, J.A., R. DeFries, G.P. Asner, C. Barford, G. Bonan, S.R. Carpenter, F.S. Chapin, M.T. Coe, G.C. Daily, H.K. Gibbs, J.H. Helkowski, T. Holloway, E.A. Howard, C. J.Kucharik, C. Monfreda, J.A. Patz, I.C. Prentice, N. Ramankutty, and P.K. Snyder. 2005. Global Consequences of Land Use. Science 309:570-574.
- Gaus, I., D.G. Kinniburgh, J.C. Talbot and R. Webster. 2003. Geostatistical Analysis of Arsenic Concentration in Groundwater in Bangladesh Using Disjunctive Kriging. Environmental Geology,44: 939-948.
- Gheisari, M.M., M. Hodaji, P. Najafi and A. Abdolahi. 2006. Nitrate pollution of groundwater in the area of South East in Isfahan Province in Iran. Journal of Environment Studies, 42 : 43-50.
- Hassani-pak, A. 1998. Geostatistics. University of Tehran Press, Tehran, 367p.
- Jahad-e-Keshavarzi Fars Province, 2010. Summary of plant protection unit operation of Fars Province.
- Joumel, A.G. and Ch.J. Huijbregts. 1978. Mining Geostatistics. Academic Press, New York, 600 p.
- Khosravi dehkordi, A., M. Afuni and F. Mosavi. 2005. Study Changes Groundwater Nitrate Contamination Margin Zayandehrud in Isfahan Province in Iran .Journal of Environment Studies, 39: 33-40. (in Persian)
- Kresic, N. 1997. Hydrogeology and Groundwater Modeling. Lewis Publishers, CRC Press, New York, 807p.
- Krige, D. G.1951. A Statistical Approach to Some Basic Mine Valuation Problems on the Witwatersrand. Jour. Chem. Metal. Min. Soc. South Africa 52:119-139.
- Lalezari, R., H. Tabatabai and N. Yarali. 2009. Monthly Variation of Nitrate in Groundwater Plain Shahrecord and Zoning Using GIS. Journal of Water, 4: 9-17.
- Liu, C.W., C.S. Jang and C.M. Liao .2004. Evaluation of Arsenic Contamination Potential Using Indicator kriging in Yan-Lin aquifer (Taiwan). Journal of Science of Total Environment, 321:173-188.
- Mehrbani, M., M. Dehghani, A. Talaei, S. Jarafi M.R. Shayegh. 2009. Security Study Drinking Water Pasargad City Villages with Emphasis on Nitrate Contamination. The 12th National Conference on Environmental Health,Shahid beheshti University,School of Public Health (in Persian).
- Mendes, M.P. and R. Luis. 2010. Nitrate Probability Mapping in the Northern Aquifer Alluvial System of the River Tagus (Portugal) Using Disjunctive Kriging. Journal of Science of the Total Environment, 408: 1021–1034.
- Mirmosavi, H., A. Mazidi and Y. Khosravi. 2010. Determine the Best Method for Estimating the Distribution of Ground Rainfall Statistics Using GIS. Journal of Green Space, 30: 105–120.
- Moghaddasi, M.S., M.R. Alavimoghadam, R. Maknoon and A.R. Moghaddasi. 2007. Study to Nitrate Contamination of Groundwater in Various Iranian Cities. The 1th Conference on Environment Engineering. Tehran University, Faculty of Environment (in Persian)
- Mohamadi, G. 2006. Pedometrics**.** Second volume of spatial statistics, Publication pelk, 453p. (in Persian)
- Nas, B. and A. Berktay. 2006. Groundwater Contamination by Nitrates in the City of Konya (Turkey): A GIS Perspective. Journal of Environmental management, 79:30-37.

- Naseri, H.R., F. Alijani. 2007. Pollution Sources of Ground Water in Izeh Plain, North East of Khuzestan. Journal of Environmental Sciences 4(4): 33 -46. (in Persian)
- Nejati, Z., M. Chitsazan and Y. Mirzai. 2009. Geostatestical Investigation of Nitrate Distribution of Agheli Plain Aquifer in GIS.16th Conference on Geomatics, Tehran, National Cartographic Center
- Prakasa Roa, E.V.S And K. Puttanna. 2006. Strategies for Combating Nitrate Pollution. Current Science. Vol 91:10 – 25.
- Rezai, M., N. Davatgar, Kh. Tajdari and B. Abdolapoor. 2010. Study Spatial Variation of Groundwater Quality in Some Indices of Gilan Province Using Statistics. Journal of Water and Soil, 24(5): 932-941.
- Robinson, T.P. and G. Metternicht. 2006. Testing the Performance of Spatial Interpolation Techniques for Mapping Soil Properties. Computer and Electronics in Agriculture, 50: 97-108.
- Shabani, M. 2008. Determine the Most Appropriate Method of Land Statistics in Preparing the Plan for the Changes pH and TDS Groundwater (A Case Study in Arsanjan Plain). Journal of Water Engineering. 1:47-58. (in Persian)
- Taghizadeh, R., Sh. Mahmoodi, H. Khazaei and A. Heydari. 2008. Study of Spatial Variation of Groundwater Salinity Using Statistics (A Case Study in Rafsanjan). The 2th National Conference and Exhibition on Environmental Engineering, Tehran University, Faculty of Environment (in Persian).
- Tirado, R, 2007. Nitrates in Drinking Water in the Philippines and Thailand. Greenpeace Research Laboratories, ۲۰p.
- Voudouris, K., Panagopoulos, A., Koumantakis, L. 2004. Nitrate Pollution in the Coastal Aquifer System of the Korinthos Prefecture (Greece). Global nest: the Int.j. 6(1): 37-38.

Spatial Distribution of Nitrate Contamination in Groundwater Using Geostatistic in Fars Province (Case study: Siakh Darengoun Area)

S. H. Khazaei*[1], H. Abbasi Tabar[2] and R. Taghizadeh-Mehrjardi[3]

[1] Scientific Member, Faculty of Marine Natural Resources, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr , I.R. Iran

[2] Bsc. Student, Faculty of Natural Resources, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr , I.R. Iran

[3]Ph.D. Student, Department of Soil Science, University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, I.R. Iran

(Received: 05/01/2011 , Accepted: 28/09/2011)

Abstract

Spatial and temporal distribution of qualitative factors of groundwaters is important to preserve their quality. So, one of the advanced techniques for distribution of groundwater's qualitative is geostatistic methods. In this study, 33 active wells were randomly sampled to determine the spatial distribution of nitrate pollution in groundwater of the Siakh Darengoun Region (West of Shiraz in Fars Province). According to the results, nitrate concentration in the studied region is between 3.85 to 14.92 mg/l. Three methods such as Kriging, Inverse Distance Weighting and Cokriging were used for studying nitrate spatial changes. Furthermore, Kriging Indicator was used to produce the map of nitrate pollution probability. The maps can be used as an efficient tool for management decisions.

Keywords: Spatial distribution, Groundwater, Nitrate contamination, Fars province, Geostatistic

*Corresponding author: Tel: +98 916 3336388 Fax: +986324234725 E-mail: fdkhazaei@yahoo.com