بررسی آلودگی آبخوان دشت گیلان به عنصر سمی کادمیوم

محمدرضا خالدیان[۱*]، علی شاه‌نظری[۲]، مجتبی رضایی[۳]، امیر ملک‌پور[۱]

۱- هیأت علمی گروه مهندسی آب دانشگاه گیلان

۲- هیأت علمی گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۳- دانشجوی دکترای آبیاری و زهکشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری و پژوهشگر مؤسسه تحقیقات برنج کشور

*Khaledian@guilan.ac.ir

چکیده

استفاده از کودهای شیمیایی در دهه‌های گذشته موفقیت‌های قابل توجهی را در افزایش تولید محصولات مختلف کشاورزی از جمله برنج داشته است اما عدم رعایت مصرف اصولی کودها و نیز عدم توجه به مسائل زیست‌محیطی موجب آلودگی منابع آب و خاک در مناطق شالیزاری خواهد شد. از جمله این آلودگی‌ها می‌توان به تجمع کادمیوم در آب‌های زیرزمینی مناطق شالیزاری در اثر استفاده بی‌رویه از کودهای فسفره اشاره کرد. مطالعه حاضر به بررسی میزان فلز کادمیوم در منابع آب زیرزمینی دشت گیلان می‌پردازد. برای این هدف غلظت فلز کادمیوم در یکصد حلقه چاه تعیین گردید و با مقادیر استاندارد مقایسه شد. برای بدست آوردن تصویری مناسب از نحوه توزیع فلز کادمیوم در آب‌های زیرزمینی با استفاده از علم زمین آمار و به کمک نرم‌افزار ArcGIS نقشه پهنه‌بندی این فلز تهیه گردید. میانگین غلظت کادمیوم در آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه برابر ppb ۰/۰۰۵ می‌باشد که این مقدار از حداکثر مطلوب آشامیدن بیشتر ولی از حداکثر مجاز آبیاری پایین‌تر است.

کلمات کلیدی: آب زیرزمینی، پهنه‌بندی، کادمیوم، گیلان

مقدمه

منابع آب زیرزمینی از جمله مهم‌ترین منابع تأمین آب شرب و کشاورزی می‌باشند. بر اساس بررسی‌های انجام شده، سفره‌های آب زیرزمینی منبع اصلی تامین آب شرب بیش از ۱/۵ میلیارد نفر در سرتاسر جهان می‌باشند. مصرف آب در ایران ۹۶ میلیارد مترمکعب است که ۵۱ میلیارد مترمکعب از این مقدار، از آب‌های زیرزمینی تأمین می‌شود. بنابراین با توجه به اهمیت این آب‌ها، هم به عنوان منبع آب کشاورزی و هم به عنوان منبع آب شرب، بررسی کیفیت این آب‌ها ضروری به‌نظر می‌رسد. آلودگی‌های ناشی از فلزات کاتیونی سمی از مهم‌ترین و خطرناک‌ترین آلوده‌سازهای منابع آبی می‌باشند. یکی از فلزات کاتیونی سمی کادمیوم است. زمانی‌که کادمیوم وارد بدن می‌شود در اندام‌های مختلف به‌ویژه کلیه و کبد تجمع یافته و هنگامی که مقدار آن از حد معینی تجاوز پیدا کند، به واسطه اثرات دراز مدت عوارض ناشی از آن به صورت بیماری‌های گوناگون نمایان می‌شود و باعث اثرات تخریب و ایجاد اختلال در عملکرد اعضای یاد شده می‌شود. این اثرات در کودکان از شدت بیشتر و عوارض حادتری برخوردار است. اثرات بیوشیمیایی کادمیوم شامل شکسته شدن اکسیدهای فسفر، تداخل در فعالیت آنزیم‌ها و همچنین توانایی در واکنش با اسیدهای نوکلئیک و بروز

سرطان می‌باشد. اثر سمی کادمیوم ناشی از تقلید آنها از عناصر ضروری سبک‌تر در رفتار بیوشیمی و جذب به‌وسیله گیاه است، که در نتیجه جایگزین آن‌ها در وظایف بیوشیمیایی می‌شوند. کادمیوم می‌تواند جذب گیاه شده و وظایف روی را تقلید کند (رضایی زنگنه، ۱۳۷۷). روش‌های متفاوتی برای تهیه‌ی نقشه خصوصیات وجود دارد. یکی از این روش‌ها، نمونه‌برداری و تجزیه نتایج حاصل با استفاده از زمین‌آمار و تئوری متغیرهای ناحیه‌ای می‌باشد (هانتر و همکاران، ۱۹۸۲). به‌طور کلی تخمین زمین‌آماری فرآیندی است که طی آن می‌توان مقدار یک کمیت در نقاطی با مختصات معلوم را با استفاده از مقدار همان کمیت در نقاط دیگری با مختصات معلوم بدست آورد. بسیاری از محققان مایل به پهنه‌بندی خصوصیات مختلف در گستره‌ی جغرافیایی مورد مطالعه‌ی خود هستند. به‌این منظور، نقاط بی‌شماری که نمونه‌برداری نشده‌اند، بایستی تخمین‌زده شوند. رودریگز مارتین و همکاران (۲۰۰۶) با استفاده از تکنیک کریجینگ معمولی آلودگی ناشی از هفت فلز سنگین را در ابروباسین اسپانیا پهنه‌بندی کرد.

میزان معمول مصرف کودهای شیمیایی در دنیا از سه منبع نیتروژن، فسفر و پتاسیم به‌ترتیب برابر ۱۰۰، ۵۰ و ۴۰ می‌باشد در حالی که این نسبت در ایران به‌ترتیب برابر ۱۰۰، ۱۱۰ و ۳ گزارش شده است (ملکوتی و کاووسی، ۱۳۸۳) که نشان از مصرف بی‌رویه کود فسفره است. در این تحقیق به بررسی اثر مصرف بیش از حد معمول کود فسفره در اراضی شالیزاری استان گیلان بر آلودگی آب‌های زیرزمینی استان به کادمیوم پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

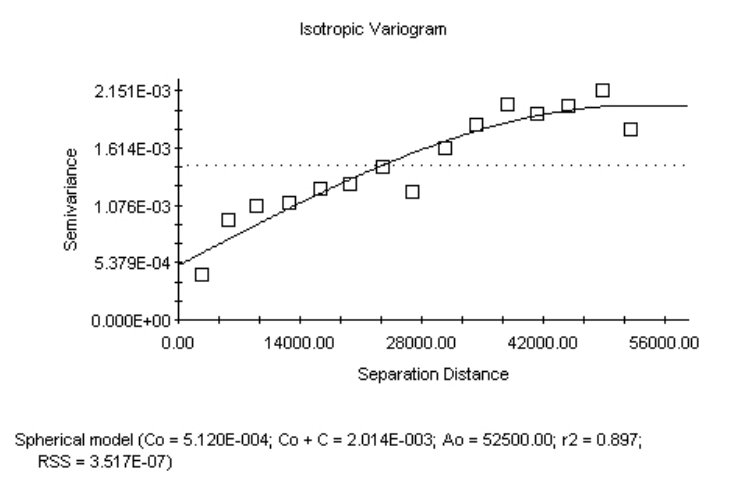
منطقه مورد مطالعه دشت گیلان واقع در استان گیلان است. نمونه‌برداری از یکصد حلقه چاه شبکه پایش کیفی شرکت آب منطقه‌ای گیلان که در حال بهره‌برداری هستند انجام شد. چاه‌های نمونه‌برداری شده بیشتر در مناطق شالیزاری واقع شده‌اند. مختصات جغرافیایی نقاط نمونه‌برداری با دستگاه موقعیت‌یاب جغرافیایی برداشت شد. نمونه‌برداری در ماه مرداد (در فصل کم آبی) و در سال ۱۳۹۰ انجام شد، و نمونه‌برداری چند دقیقه پس از روشن کردن پمپ انجام شد تا اطمینان حاصل شود که آب دقیقاً از سفره‌ی آب زیرزمینی استخراج می‌شود. نمونه‌ها پس از برداشت تا انتقال به آزمایشگاه در دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری شدند. با استفاده از تیترازول ppm ۱۰۰۰ استاندارد دستگاه جذب اتمی کوره‌ای، سری استانداردهای فلز کادمیوم ساخته شد. سپس به وسیله‌ی دستگاه جذب اتمی کوره‌ای براساس روش استاندارد، غلظت این فلز در نمونه‌ها برحسب ppb قرائت گردید. با استفاده از نرم‌افزار +GS کار تحلیل مکانی داده‌ها انجام شد. محاسبه نیم‌تغییرنمای تجربی، اولین گام در واکاوی تنوع مکانی متغیرهاست. در گام بعدی پارامترهای منحنی تئوریک به نیم‌تغییرنمای تجربی تناسب داده می‌شوند. راه حل اجرایی چنین روشی محاسبه حداقل مجموع مربع انحرافات یا بیشینه ضرایب تبیین می‌باشد. از بین مدل‌های مختلف ارائه شده در نرم افزار +GS، شامل مدل‌های کروی، نمایی، خطی و گوسی، مدلی که دارای کمترین مجموع مربعات باقیمانده (RSS) و بیشترین ضریب تبیین (R^2) بود، بر تغییرنمای تجربی برازش داده شد. به منظور تخمین غلظت فلزات در نقاط نمونه‌برداری نشده از روش کریجینگ فاصله استفاده گردید. به منظور تعیین منطقه‌ای که در آن ساختار فضایی وجود دارد، نیم‌تغییرنما برای هر پارامتر آب رسم می‌گردد، از این طریق شعاع جستجو که معمولا آن را دو سوم دامنه تاثیر در نظر می‌گیرند (محمدی، ۱۳۸۵)، تعیین می‌شود و از نمونه‌های واقع در این شعاع در امر تخمین استفاده می‌شود. با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS نقشه مربوط به پهنه‌بندی فلز کادمیوم تهیه گردید. در این تحقیق جهت انجام کارهای آماری از نرم‌افزار SPSS استفاده شد.

نتایج و بحث

میانگین غلظت کادمیوم در آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه برابر ppb ۰/۰۰۵ می‌باشد که این مقدار از حداکثر مطلوب آشامیدن بیشتر ولی از حداکثر مجاز آبیاری پایین‌تر است. جدول ۱ نتایج برازش مدل‌های مختلف بر سمی‌واریوگرام فلز کادمیوم را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج براساس ضریب تبیین و مجموع مربعات خطا، مدل کروی بهترین برازش را داشته است (شکل ۱) .

جدول ۱- نتایج برازش مدل‌های مختلف بر سمی‌واریوگرام فلز کادمیوم

مدل	واریانس قطعه‌ای	آستانه	شعاع تاثیر(متر)	C/C_0+C	ضریب تبیین	مجموع مربعات خطا
کروی	$۵/۱۲\times۱۰^{-۴}$	$۲/۰۱\times۱۰^{-۳}$	۵۲۵۰۰	۰/۷۵	۰/۹۰	$۳/۵۲\times۱۰^{-۷}$
نمایی	$۵/۴۳\times۱۰^{-۴}$	$۳/۲۱\times۱۰^{-۳}$	۷۵۵۰۰	۰/۸۳	۰/۸۹	$۳/۸۴\times۱۰^{-۷}$
خطی	$۶/۹۴\times۱۰^{-۴}$	$۲/۱۹\times۱۰^{-۳}$	۵۱۹۹۲	۰/۶۸	۰/۸۶	$۴/۷۵\times۱۰^{-۷}$
گوسی	$۷/۴۵\times۱۰^{-۴}$	$۲/۰۷\times۱۰^{-۳}$	۴۸۱۵۱	۰/۶۴	۰/۸۸	$۴/۲۰\times۱۰^{-۷}$

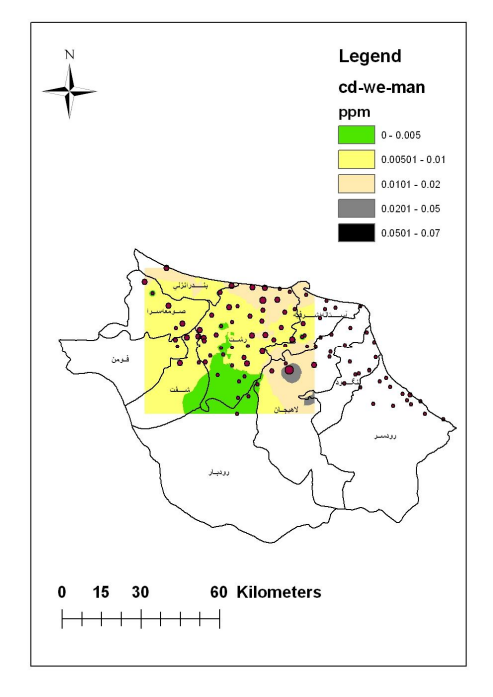


شکل ۱- بهترین مدل نیم‌تغییرنمای برازش داده شده بر فلز کادمیوم

شکل ۲ نقشه‌ی پهنه‌بندی غلظت فلز کادمیوم را در چاه‌های آب محدوده‌ی مورد مطالعه نشان می‌دهد که در آن تخمین نقاط نمونه‌برداری نشده و تعمیم نتایج به کل منطقه‌ی مورد مطالعه، با استفاده از روش کریجینگ صورت پذیرفت. با توجه به نقشه پهنه‌بندی، غلظت کادمیوم در بسیاری از بخش‌های منطقه‌ی مورد مطالعه، بالاتر از حداکثر مجاز جهت آشامیدن و آبیاری است.

گزارش‌های سالیانه‌ی تهیه و تدارک کودهای شیمیایی در استان گیلان نشان می‌دهند که میزان مصرف کود فسفره در این استان در حدود ۶۲۰۰۰ تن در سال است (آمار سالیانه جهاد کشاورزی، ۱۳۸۹). کودهای فسفردار از مهمترین منابع آلودگی خاک‌های زراعی به کادمیوم می‌باشند زیرا سنگ فسفاتی که برای ساخت کود استفاده می‌شود دارای کادمیوم زیادی (۹۸۰-۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) است.

آبشویی فلزات سنگین از خاک می‌تواند یکی از دلایل آلودگی آب‌های زیرزمینی باشد. با توجه به اینکه استان گیلان یکی از مهمترین قطب‌های کشاورزی کشور محسوب می‌شود و مصرف کود در بهبود محصولات کشاورزی نقش مهمی ایفا می‌کند، می‌توان گفت مصرف بی‌رویه کود منجر به آلوده شدن خاک استان گیلان به کادمیوم گردیده است. بنابراین حرکت کادمیوم به اعماق خاک، منجر به ورود این فلز سمی به آب‌های زیرزمینی محدوده‌ی مورد مطالعه و آلودگی این آب‌ها گردیده است. غلظت فلز کادمیوم در کل منطقه‌ی مورد مطالعه به جز محدوده‌ی جنوبی شهر رشت، بالاتر از حد مطلوب آشامیدن می‌باشد. میزان حداکثر مجاز غلظت کادمیوم در آب‌های آشامیدنی ۰/۰۱ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد و کلیه‌ی نواحی که در شکل ۲ با رنگ‌های تیره مشخص گردیده‌اند، مناطقی را نشان می‌دهند که آب‌های زیرزمینی آن‌ها از نظر کادمیوم برای مصرف آشامیدن، آلوده می‌باشند. میزان حداکثر مجاز غلظت کادمیوم جهت مصارف کشاورزی ۰/۰۵ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد و این میزان حداکثر در شکل ۲ با رنگ تیره مشخص گردیده است، بنابراین کلیه‌ی نواحی که در شکل با رنگ‌های تیره مشخص گردیده‌اند، مناطقی را نشان می‌دهند که آب‌های زیرزمینی آن‌ها از نظر کادمیوم برای مصارف کشاورزی، آلوده می‌باشند.



شکل ۲ – نقشه‌ی پهنه‌بندی غلظت کادمیوم در چاه‌های آب محدوده مورد مطالعه با روش کریجینگ

منابع

آمار سالیانه‌ی تهیه و تدارک کودهای شیمیایی استان گیلان. ۱۳۸۹. گزارش‌های سالیانه‌ی جهاد کشاورزی استان گیلان.
رضایی زنگنه ر، ۱۳۷۷. بررسی حرکت سلنیم در خاک. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
محمدی ج، ۱۳۸۵. پدومتری، جلد دوم: آمار مکانی (ژئواستاتیستیک). انتشارات پلک. ۴۵۳ صفحه.

ملکوتی م ج و م کاووسی، ۱۳۸۳. تغذیه متعادل برنج. وزارت جهاد کشاورزی- معاونت زراعت. ۶۱۱ صفحه.

Hunter RB, Romney EM, and Wallace A, 1982. Nitrate distribution in Majava desert soils. Soil Sci 134: 22-30.

Rodriguez-Martin JA, Lopez-Arias M, and Grau-Corbi JM, 2006. Heavy metals contents in topsoils in the Ebro basin (Spain). Application of the multivariate geostatistical methods to study spatial variations. Environmental Pollution 1-12.