

کاربرد GIS در بررسی پراکنش عناصر بالقوه سمی در خاک استان مرکزی

شراره پوراابراهیم، استادیار پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
مهرداد هادی پور*، استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اراک، اراک، ایران.
امیر انصاری، دکترای تخصصی، مدیرکل محیط زیست استان مرکزی، اراک، ایران.

E-mail* : mhadipour50@yahoo.com

دریافت: ۱۳۹۴/۰۳/۲۰ - پذیرش: ۱۳۹۴/۰۶/۱۱

چکیده

پژوهش حاضر با هدف تعیین غلظت و منابع احتمالی، نقشه‌سازی توزیع مکانی، تعیین نقاط داغ آلودگی و ارزیابی خطر عناصر بالقوه سمی، در خاک‌های سطحی استان مرکزی به وسعت ۲۹,۵۳۰ کیلومترمربع و با استفاده از GIS، انجام گرفت. این امر با محاسبه و نقشه‌سازی شعاع‌های آلودگی برای تک عناصر و منابع مربوطه آلودگی انجام پذیرفت. همچنین برای تجزیه و تحلیل نقشه‌های توزیع مکانی عناصر سمی بالقوه از نقشه‌های کاربری زمین و بافت خاک استفاده شد. از آنجا که آرسنیک، کروم و نیکل منشأ صنعتی، کادمیوم و سرب بیشتر منشأ شهری و حیوه منشأ طبیعی دارند، نقاط معنی‌دار داغ آلودگی به‌طور عمده در ناحیه شهری، صنعتی و شهرک‌های صنعتی واقع شده بودند. نتایج ارزیابی خطر ضمن بیان جایگاه عناصر در آلودگی خاک، نشان داد که حدود ۲۵٪ منطقه مورد مطالعه پتانسیل آلودگی شدید تا متوسط دارد و کمتر از ۱۰ درصد منطقه فاقد هرگونه پتانسیل آلودگی است.

واژه‌های کلیدی: آلودگی خاک، عناصر بالقوه سمی، استان مرکزی، GIS.

۱- مقدمه

تولید مواد شیمیایی، محل دفن مواد زاید جامد، فاضلاب، بنزین سرب‌دار، سوزاندن سوخت، خوردگی سازه‌های فلزی، رسوب اتمسفری گرد و خاک و ذرات معلق، زباله‌های شهری و صنعتی، استفاده از کودها و آفتکش‌ها، استفاده از لجن فاضلاب، آبیاری با فاضلاب و رواناب کشاورزی افزایش یافته‌است (Malik et al., 2010). در سال‌های اخیر آلودگی خاک به عناصر بالقوه سمی، در بسیاری از کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه به یکی از مهم‌ترین مشکلات زیست محیطی تبدیل شده است.

زمانی که خاک آلوده می‌شود این عناصر از خاک به محیط‌های واسطه از قبیل آب‌های زیرزمینی یا محصولات کشاورزی انتقال می‌یابند و عامل تهدید برای سلامتی

آلودگی خاک مساله‌ای جهانی است که خطر آلودگی آن کمتر از خطر آلودگی هوا نیست، اما از آنجایی که این آلودگی در مقایسه با فرم‌های دیگر آلودگی ملموس نیست کمتر به آن توجه شده است. در این میان، آلاینده‌های آلی و غیرآلی از انواع عمده آلاینده‌های خاک می‌باشند. آلاینده‌های غیرآلی از قبیل PTEs (عناصر بالقوه سمی) و آلی از قبیل DDT، MTBE و غیره می‌باشند (Tarradelas et al., 1997). روند رو به افزایش غلظت عناصر بالقوه سمی در محیط‌زیست، سبب نگرانی‌های زیادی در سراسر جهان شده است. عناصر بالقوه سمی در محیط‌زیست دارای منشأ طبیعی یا انسانی می‌باشند (Hang et al., 2009) و مقادیر آنها از طریق استخراج معادن، صنایع فلزی، کوره‌های ذوب فلزی،

آنجایی که GIS در ارزیابی و تهیه نقشه آلودگی خاک به کار برده شده و کمی کردن عوارض مکانی پارامترهای خاک را تسهیل می‌کند و قادر به درون‌یابی مکانی است (Qiao et al., 2013) بنابراین در همه مراحل ذکر شده، از GIS برای نقشه‌سازی خطر و نقشه‌سازی توزیع مکانی استفاده می‌شود.

در پژوهش حاضر با تلفیق GIS، آمار چند متغیره نقشه‌سازی آلودگی، کمی‌سازی آلودگی و ارزیابی آلودگی عناصر بالقوه سمی در استان مرکزی صورت گرفت. در واقع با استفاده از این تکنیک‌ها، فرآیندهای مختلف شامل تعیین غلظت عناصر بالقوه سمی شناسایی منابع آنها، الگوهای توزیع مکانی، تعیین نقاط داغ آلودگی و ارزیابی خطر انجام شد. استان مرکزی از قطب‌های صنعتی کشور محسوب می‌گردد که اکنون کارخانه‌های صنعتی متعددی در این شهر متمرکز شده‌اند. این صنایع زیاله‌ها و آلاینده‌های بسیاری به‌ویژه عناصر بالقوه سمی تولید می‌کنند. به‌طوری که استان به یکی از آلوده‌ترین مناطق کشور تبدیل شده است.

در سال‌های اخیر روند آلودگی هوا در این استان شدت گرفته به‌طوری که طرح جامع کاهش آلودگی هوای اراک در حال اجرا است و آلودگی هوای آن پایش می‌شود. با این حال برنامه یا مطالعه‌ای در زمینه آلودگی خاک در این منطقه صورت نپذیرفته است.

Listen Read Phonetically Dictionary View Detailed Dictionary

پژوهش‌های پیشین، آلودگی خاک به عناصر بالقوه سمی را در خاک‌های شهری و کشاورزی استان گزارش نکرده و بنابراین ارزیابی و پایش این عناصر و آلودگی خاک ناشناخته مانده است. با توجه به مطالب ذکر شده، لزوم انجام چنین پژوهشی با رویکردهای تلفیقی جدید جهت دستیابی به اطلاعات پایه در این زمینه ضروری به نظر می‌رسد. منطقه مورد مطالعه در این پژوهش محدوده‌ای به وسعت حدود ۲۹۵۰۰ کیلومتر مربع در استان مرکزی واقع شده و شامل شهرها، اراضی کشاورزی و صنعتی آن می‌باشد.

انسان در نتیجه تنفس یا خوردن، انتقال توسط مخازن آب و زنجیره غذایی محسوب می‌شوند (Gong et al., 2010). به‌علاوه تماس دهانی ذرات خاک توسط انسان به‌ویژه کودکان، برای سلامتی‌شان خطرناک است. فعالیت‌های انسانی از قبیل شهرنشینی، رشد سریع جمعیت و تاسیس صنایع بدون برنامه‌ریزی منتج به آلودگی خاک‌های شهری و غیرشهری به علت انتشار مستمر عناصر بالقوه سمی در محیط‌های خشکی به صورت مستقیم یا غیرمستقیم شده است (Malik et al., 2010). با توجه به نگرانی‌های مرتبط با محیط زیست و سلامت انسان، مطالعه عناصر بالقوه سمی در خاک‌های تعدادی از شهرهای بزرگ دنیا از قبیل فلوریدا، هنگ‌کنگ، نیوارلثان، اسلو، بیرمنگام و برلین صورت گرفته است (Zhang et al., 2006). در خاک‌های غیرآلوده منشأ عناصر بالقوه سمی، اساساً به‌علت مواد مادری و زمین‌شناسی می‌باشد در حالیکه در نواحی شهری و کشاورزی، ورودی‌های انسانی مانند صنعت و کشاورزی غالب‌ترین منابع آلودگی این عناصر در خاک هستند (Gong et al., 2010). برای شناخت الگوی مکانی، یکی از مشکلات اصلی در ارزیابی وضعیت آلودگی منطقه عدم امکان نمونه‌برداری از تمامی نقاط می‌باشد. بنابراین راهکاری مناسب جهت تعمیم نتایج حاصل از نقاط اندازگیری شده مورد نیاز است.

تعیین مناطقی که سطوح بالایی از آلودگی در مقایسه با نواحی اطراف آن دارند، به‌منظور فراهم آوردن پایه علمی برای مدیریت بهتر محیط زیست ضرورت دارد. نه تنها تعیین این نقاط، بلکه معنی‌دار بودن آنها از نظر آماری نیز مهم است. در این مطالعه شناسایی نقاط داغ آلودگی (Hotspot) عناصر بالقوه سمی در خاک‌های سطحی استان مرکزی با استفاده از GIS بررسی می‌شود. کمی کردن خطر آلودگی و به دست آوردن نواحی بالقوه آلوده، به‌طور گسترده‌ای در سال‌های اخیر در مطالعات مختلف برای ارزیابی خطر استفاده شده که توزیع آلودگی تجمعی را در منطقه نشان می‌دهد (Jie-liang et al., 2007). از

۱-۱- عناصر بالقوه سمی

جدول ۱. منبع و شعاع توزیع عناصر بالقوه سمی

عناصر آلاینده	حداکثر شعاع پراکنش در خاک (کیلومتر)	منابع اصلی به ترتیب اولویت (کاربری)
Cr	۳	زهاب معادن ، صنعت
Pb	۶	حمل و نقل ، شهری، زهاب معادن ، صنعت
As	۵	زهاب معادن ، کشاورزی، شهری، صنعت
Cd	۸	زهاب معادن ، شهری، صنعت
Hg	۱۱	زهاب معادن ، کشاورزی
Ni	۷	زهاب معادن ، صنعت، کشاورزی
Cu	۸	زهاب معادن ، صنعت
Se	۵	زهاب معادن ، صنعت
Zn	۸	زهاب معادن ، صنعت
ترکیبات آلی سموم دفع آفات	۳	کشاورزی

عناصر بالقوه سمی به عناصری از قبیل کروم (Cr)، کبالت (Co)، نیکل (Ni)، مس (Cu)، روی (Zn)، سلنیم (Se)، مولیبدن (Mo)، کادمیوم (Cd)، آنتیموان (Sb)، جیوه (Hg)، تالیم (TL) و سرب (Pb) اطلاق می‌شود. از جمله مهم‌ترین آنها As، Cd، Cr، Hg، Ni و Pb هستند. برخی از این عناصر بالقوه سمی برای سوخت و ساز بدن موجودات زنده ضروری است. عناصر سمی مانند کروم، مس، نیکل و روی در مقادیر کم توسط موجودات زنده مورد نیاز بوده و در مقادیر بالاتر سمی هستند (Michael and Maggio, 2002).

۲- روش‌ها

۱-۲- تعیین منابع عناصر بالقوه سمی

بر اساس پژوهش‌های متعدد ارتباط این فلزات با فاکتورها به‌طور واضحی اثر انسانی یا طبیعی را منعکس می‌کند. برای شناسایی ارتباط میان عناصر بالقوه سمی در نمونه‌های خاک و منابع احتمالی آنها مورد استفاده قرار گرفت.

۲-۲- تعیین نقاط داغ آلودگی Hotspot

Read phonetically

با توجه به نداشتن تجانس مکانی خاک شهری، شناسایی الگوهای مکانی و نقاط داغ آلودگی یک چالش است. نقشه‌سازی سیستم اطلاعات جغرافیایی و تجزیه و تحلیل چند متغیره ابزار مفید برای کمک به شناسایی الگوهای مکانی آلودگی و منابع احتمالی آلودگی هستند (Zhang, 2008).

در این مطالعه شناسایی نقاط مهم آلودگی عناصر بالقوه سمی در خاک سطحی استان مورد مطالعه قرار گرفت و عوامل موثر بر نتایج تعیین نقاط داغ آلودگی مورد بررسی قرار گرفت. بررسی‌های انجام شده منبع و شعاع توزیع آلاینده‌ها و عناصر بالقوه سمی را مطابق جدول ۱ نشان می‌دهد.

۲-۳- ارزیابی خطر (Risk Evaluation)

در این پژوهش با توجه به نبود مقادیر پایه خاک از مقادیر پایه در پوسته زمین استفاده و فرآیند ارزیابی بر این اساس انجام شد. در نهایت توزیع آلودگی بر اساس استاندارد ارزیابی کیفیت محیط خاک در پنج گروه بر اساس جدول ۲ طبقه‌بندی شد.

جدول ۲. استاندارد ارزیابی کیفیت خاک

درجه آلودگی	درجه آلودگی
بسیار کم	۱
کم	۲
متوسط	۳
زیاد	۴
بسیار زیاد	۵

۲-۴- نقشه‌سازی و همپوشانی نقشه‌ها

برای تجزیه و تحلیل و تعیین عوامل مؤثر بر الگوهای توزیع مکانی عناصر بالقوه سمی از نقشه‌های کاربری

جدول ۴. آلودگی کدهای محاسباتی نقشه نهایی پتانسیل

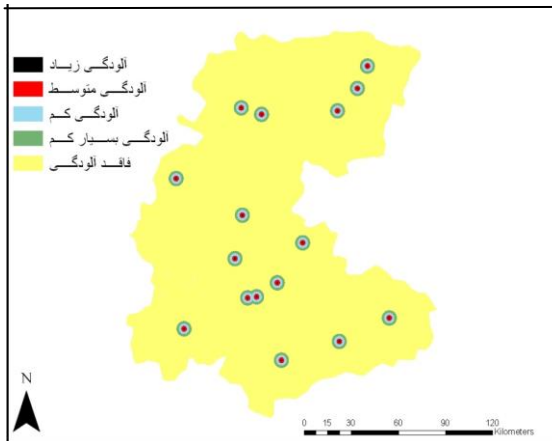
آلودگی خاک

درجه آلودگی	کد محاسباتی
بسیار کم	۱-۱۲
کم	۱۳-۲۴
متوسط	۲۵-۳۷
زیاد	۳۸-۵۱
بسیار زیاد	۵۲-۶۳

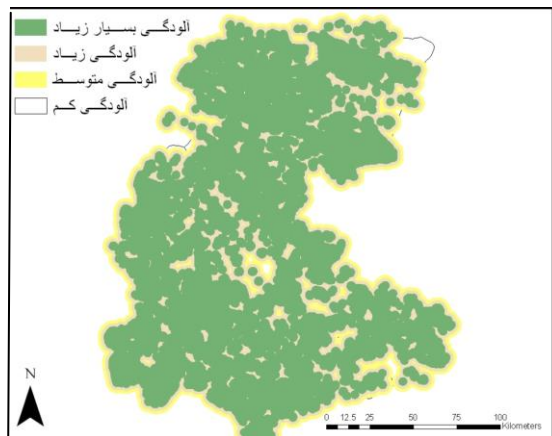
۳- نتایج

۳-۱- نتایج تهیه نقشه های توزیع عناصر بالقوه سمی

نقشه های توزیع مکانی تعدادی از عناصر بالقوه سمی در منطقه مورد مطالعه در شکل های ۱ و ۲ نشان داده شده است.



شکل ۱. نقشه مناطق آلوده به سرب توسط صنایع استان مرکزی



شکل ۲. نقشه مناطق آلوده به نیکل توسط مناطق کشاورزی

استان مرکزی

زمین، زمین شناسی، بافت خاک و راهها استفاده شد. عملیات همپوشانی نقشه در محیط ArcGIS صورت گرفت. بر این اساس با توجه به پارامترهای جدول های ۱ و ۲ شعاع پراکنش درجه های پنج گانه آلودگی برای کاربری های مربوطه هر عنصر محاسبه گردید. به عنوان مثال برای مقادیر مربوطه برای کاربری کشاورزی و عنصر جیوه مطابق جدول ۳ محاسبه شد.

جدول ۳. شعاع پراکنش عنصر جیوه در کاربری کشاورزی

درجه آلودگی	شعاع پراکنش (متر)
بسیار کم	۱۱۰۰۰
کم	۷۷۰۰
متوسط	۵۵۰۰
زیاد	۳۳۰۰
بسیار زیاد	۱۶۵۰

شعاع های محاسبه شده به کمک گزینه Multiple Ring در ArcGIS برای هر کاربری و هر عنصر نقشه سازی گردیدند. پس از تولید نقشه های تفکیکی آلودگی کاربری - آلاینده، نقشه های مربوط به هر آلاینده توسط گزینه union ادغام شدند.

این فرآیند به موازات محاسبه درجه کل آلاینده های هر پلی گون در GIS صورت گرفت. برای مثال اگر درجه آلودگی یک پلی گون به جیوه توسط کاربری های کشاورزی، صنعتی و شهری به ترتیب ۳، ۲ و ۴ بود، درجه کل آلاینده جیوه برای آن ۹ (مجموع مقادیر فوق) محاسبه شد.

این امر با تعریف یک معادله در محیط GIS میسر شد. در نهایت طی فرآیندی مشابه با یک کاسه کردن نقشه های آلودگی عناصر، نقشه نهایی پتانسیل آلودگی خاک استان نقشه سازی و کد گذاری شد. با توجه به تنوع و تعداد کدهای محاسباتی (۱ تا ۶۳) کدها مجدداً به پنج طبقه مطابق جدول ۴ تقسیم گردیدند.

درصد آلودگی کم و بسیار کم و تنها پنج درصد از منطقه مورد مطالعه وضعیت آلوده نشده را نشان داده است.

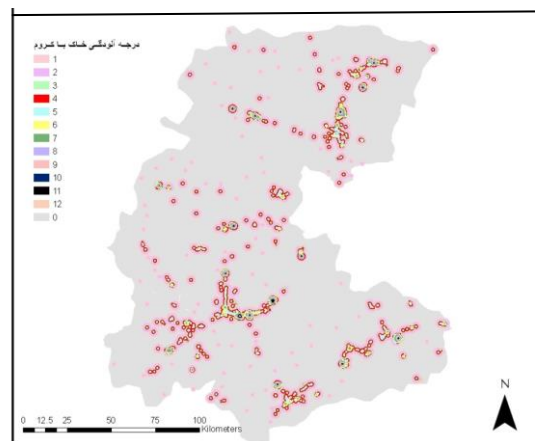
۴- نتایج و بحث

در مطالعه حاضر، مقایسه نتایج به دست آمده با پوسته زمین، میانگین جهانی، سایر شهرهای دنیا و حداکثر غلظت مجاز در کشورهای مختلف نشان‌دهنده آلودگی شدید منطقه نسبت به عناصر مورد مطالعه می‌باشد. اگر چه مقایسه نتایج به دست آمده با مقادیر جهانی نمی‌تواند از صحت صددرصد برخوردار باشد، چرا که زمین‌شناسی و سایر فاکتورها در هر منطقه با منطقه دیگر متفاوت است و این امر می‌تواند غلظت کل عناصر را شدیداً تحت تأثیر قرار دهد. ولی راهنمای خوبی برای اطلاعات اولیه برای هر منطقه است. البته در ادامه بحث خواهد شد که تلفیق روش‌های مختلف به کارگرفته شده در این پژوهش امکان برآورد شدت آلودگی زیست محیطی عناصر بالقوه سمی را در منطقه امکان‌پذیر ساخته است. سرب و کادمیوم توزیع مکانی مشابهی با غلظت نسبتاً بالاتر در مناطق شهری و شهرک‌های صنعتی داشتند.

علاوه بر این، جیوه به‌طور قابل توجهی در منطقه غرب و جنوب غربی غنی شده، همان‌طور که در نقشه توزیع مکانی آن نشان داده شده است. از طرف دیگر، الگوی توزیع مکانی این عنصر از فلزات دیگر نیز کاملاً متفاوت بود. به نظر می‌رسد با توجه به این که کمترین مقدار عنصر جیوه در بخش صنعتی دیده شد این عنصر در منطقه منشأ طبیعی دارد. یکی از منابع آلودگی جیوه در این منطقه احتمالاً مجتمع پتروشیمی شازند است زیرا بیشترین مقادیر جیوه در غرب و جنوب غربی که جهت باد غالب نیز است مشاهده شد.

آرسنیک، کروم و نیکل نیز توزیع مکانی مشابهی داشتند و بر اساس نقشه‌های توزیع مکانی این عناصر، بیشتر مقادیر آنها در نواحی صنعتی مورد مطالعه در قسمت شرق و شمال شرقی مشاهده شد که نشان‌دهنده این است که دارای منشأ صنعتی می‌باشند. از نقشه ارزیابی خطر،

همان‌گونه که شرح داده شد این نقشه سپس در بیشتر نقشه‌های تفکیکی عناصر ادغام شدند که نمونه‌ای از آن در شکل ۳ دیده می‌شود.

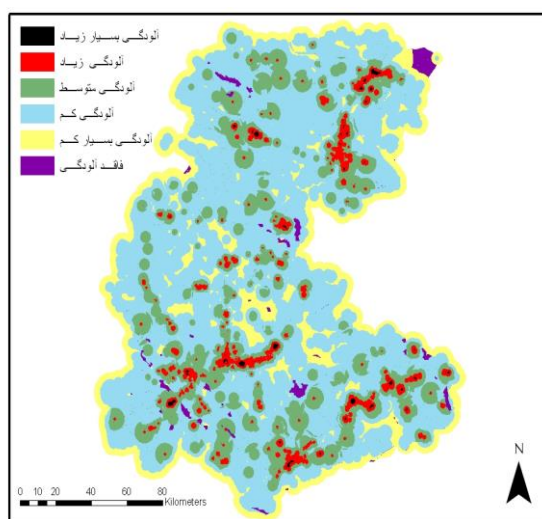


شکل ۳. نقشه خاک‌های آلوده به کروم در استان مرکزی

۳-۲- نتایج تهیه نقشه‌های نقاط داغ آلودگی برای

عناصر بالقوه سمی

نظر به مراحل نقشه‌سازی مذکور و با توجه به اینکه به‌طور طبیعی مناطق مرتفع و غیر قابل دسترس از توزیع آلاینده‌های خاک مصونیت دارند. با کسر نقاط کوهستانی از مناطق آلوده نقشه نهایی (شکل ۴) حاصل گردید.



شکل ۴. نقشه نهایی خاک‌های آلوده در استان مرکزی

این شکل با توجه به نتایج استاندارد ارزیابی کیفیت خاک حاکی از آن است که حدود ۲۵٪ از منطقه مورد مطالعه وضعیت آلودگی بسیار زیاد، زیاد و متوسط، بالغ بر ۷۰

- Hang, X-Munsayac, Wang, H., Zhou, J., Ma, C., Du, C., Chen, X. (2009)." Risk assessment of potentially toxic element pollution in soils and rice (*Oryza sativa*) in a typical area of the Yangtze River Delta". *Environmental Pollution*, NO.157, pp.2542–2549.

- Malik- Rayaz., Jadoon, W.A., Husain, S. Z. (2010). "Metal contamination of surface soils of industrial city Sialkot, Pakistan: a multivariate and GIS approach. *Environ Geochem Health*", NO. 32, pp.179-191.

- Qiao-Mei Ru., Qiang, F., Jin-Zhe, H. (2013). "Risk assessment of heavy metals in honey consumed in Zhejiang province, southeastern China". *Food and Chemical Toxicology*, NO.53, pp. 256-262.

- Tarradellas- Joseph., Bitton, G., Rossel, D. (1997)."Soil ecotoxicology". Lewis Publishers. USA: Boca Raton.

- Zhang-Cha., Luo, L., Xu, W., Ledwith, V. (2008). "Use of local Moran's I and GIS to identify pollution hotspots of Pb in urban soils of Galway, Ireland" *Science of the Total Environment*, NO. 398, pp.212 – 221.

- Zhang-Cha. (2006) "Using multivariate analyses and GIS to identify pollutants and their spatial patterns in urban soils in Galway, Ireland". *Environmental Pollution* NO.142 (3), pp.501–511.

روشن است که آلودگی متوسط تا شدید به طور عمده در مناطق شهری و مناطق نزدیک به منابع نقطه‌ای آلودگی و نواحی صنعتی واقع شده‌اند.

۵- پی نوشت‌ها

1. Potentially Toxic Elements
2. Dichloro-Diphenyl-Trichloroethane
3. Methyl tertiary-butyl ether

۶- منابع

- Javed Iqbal, Shah, M., Shaheen, N. (2015) "Distribution, source identification and risk assessment of selected metals in sediments from freshwater lake". *International Journal of Sediment Research*, No. 30 (3), pp. 241–249

- Michael James Van Oosten, Maggio, A. (2015). "Functional biology of halophytes in the phytoremediation of heavy metal contaminated soils" *Environmental and Experimental Botany*, NO. 111, pp. 135-146.

- Gong-Mingyang, Wu, L., Bi, X.Y., Ren, L.M., Wang, L., Ma, Z., Bao, Z., Li, Z. (2010). "Assessing heavy-metal contamination and sources by GIS-based approach and multivariate analysis of urban–rural topsoils in Wuhan, central China". *Environmental Geochemistry and Health*, NO.32, pp. 59–72.