کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم محیطی ، دوره سوم، شماره ۷، سال ۱۴۰۲، فصل تابستان، صص ۱۱۹-۹۸

Application of remote sensing and GIS in environmental sciences, Vol 3, No.7, Winter 2023,pp.98-119

ارزیابی مکانی آلودگی های محیط زیستی فلزات سنگین گرد و غبار سطح با توجه به نوع کاربری شهری؛ مطالعه موردی منطقه شمالغرب کلانشهر تبریز

دکتر ایرج تیموری [۱]*، دکتر حسن محمود زاده [۲]، علی اسمعیلزاده لاله [۳]

۱- دانشیار، گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز ، ایران ، iraj-teymuri@tabrizu.ac.ir

۲- دانشیار، گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز ، ایران ، mahmoudzadeh@tabrizu.ac.ir

۳- دانشجو،کارشناس ارشد، جغرافیا و برنامه ریزی شهری گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز ، ایران، Ali.esmailzadeh.6@gmail.com

چکیده

به عناصری که چگالی آنها بیش از ۴ یا ۵ گرم بر سانتیمتر مکعب باشد، فلزات سنگین گفته می شود. عمده منشاء این آلودگی در محیط، ناشی از مصرف سوختهای فسیلی، تخلیه پساپ های صنعتی است. گرد و غبار سطوح مختلف در شهر می تواند شاخص مناسبی از حضور این فلزات سنگین در سطح شهر باشد از اینرو هدف اصلی پژوهش حاضر تحلیل فضایی آلودگی فلزات سنگین گرد و غبار سطح در محدوده شمالغرب شهر تبریز است. برای تحلیل توزیع فضایی آلودگی فلزات سنگین و ارتباط آن با نوع کاربری های شهری از شاخص موران ، تحلیل تکه های داغ و آزمون آنوا در نرم افزار های(Arc Gis10.8)و(Spss20) استفاده شد. فلزات سنگین مورد مطالعه شامل، سرب ، کروم ، منگنز، روی ، مس و آهن بودند. بدین منظور از ۱۲ ایستگاه در سطح محدوده نمونه برداری شد. پس از آماده سازی اولیه با استفاده از طیف سنج جذب اتمی غلظت فلزات سنگین در نمونه ها بدست آمد. بر اساس یافته های شاخص موران پژوهش نشان داد که توزیع فضایی آلودگی های فلزات سنگین از الگوی خوشه ای تبعیت می کند. در تحلیل شاخص موران بالاترین نمره Z

* نویسنده مسئول E-mail: Iraj-teymuri@tabrizu.ac.ir

بدست آمده به ترتیب برابر با ۲۰۴/۲۴ و ۱۴۰/۱۲ برای فلز روی و مس می باشد که تمرکز فضایی شدید این دو عنصر آلاینده را در فضای محدوده مورد مطالعه نشان می دهد. یافته های مربوط به آزمون آنوا نیز نشان داد که میزان آلودگی فلزات سنگین با نوع کاربری تغییر می کند. در واقع می توان گفت توزیع فضایی آلودگی های فلزات سنگین در ارتباط با نوع کاربری شهری فرق دارند و بیشترین آلودگی های مشاهده شده در کاربری های تجاری- خدماتی ، اداری و انتظامی بودند.

کلمات کلیدی: تحلیل فضایی ،فلزات سنگین، شاخص موران ، لکه های داغ و سرد ، تبریز

۱- مقدمه

به عناصری که چگالی آنها بیش از ۴ یا ۵ گرم بر سانتیمتر مکعب باشد، فلزات سنگین گفته می شود و در این دسته از عناصر می‌توان به فلزاتی نظیر سرب، قلع، جیوه، نیکل، کادمیوم و... اشاره کرد که از مهمترین فلزات سنگین بوده و در دسته عناصر سمی قرار دارند (نادری ۱۳۹۱). غلظت‌های مختلف فلزات سنگین در بیشتر نقاط دنیا به عنوان آلوده کننده محیط زیست مطرح بوده و از طریق تخلیه پساب‌های صنعتی، مصرف سوخت های فسیلی و آلودگی ناشی از کارخانجات صنعتی به محیط وارد می‌شوند. امروز از فلزات سنگین در بسیاری از صنایع و تکنولوژی‌های مهم استفاده می‌شوند. در نتیجه‌ی این فعالیت‌ها و تولید آلاینده‌های صنعتی، مواد زاید و مضر برای انسان و محیط زیست در محیط توسعه می‌یابد. در گرد و غبار سطوح شهر، طیف وسیعی از فلزات و ترکیبات شیمیایی وجود دارد که بسیار مضرهستند(Shinggu,D.Y. et al 2007).در واقع گرد و غبار خیابان یکی از مهمترین حاملهای فلزات سنگین در سطح شهرها بوده و معمولا به عنوان شاخصی ارزشمند از کیفیت هوا در محیط‌های شهری در نظر گرفته می‌شوند (Cheng Et Al. 2018). پایش آلودگی فلزات سنگین انباشته شده از طریق گرد و غبار در سطح شهر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و به دلیل داشتن رابطه مستقیم با سلامت جامعه انسانی، الزام به تحقیق و ارایه راهکار مناسب برای مهار این سموم را تاکید می کند. از طرف دیگر با ورود آلاینده‌های مثل فلزات سنگین به آب‌ها از طریق روان آب شهری باعث غنی‌سازی رسوبات به فلزات سنگین می‌گردد. که در نتیجه آن غلظت فلزات در جانداران آبزی افزایش یافته و موجبات ورود غیر مستقیم فلزات سنگین به زنجیره غذایی انسان گردد. همچنین قرارگیری طولانی مدت در معرض خاک‌های سطحی دارای فلزات سنگین می‌تواند باعث ایجاد آسیب‌های شدیدی بر سلامت انسان از طریق تنفس، بلع و جذب پوستی شود. که این آلودگی می‌تواند منجر به انواع عوارض جانبی و اخلال در رفتارهای متابولیکی گردد(Nazarpour A, Ghanavati N 2018). روشهای مطالعه متعددی برای ارزیابی آلودگی فلزات سنگین وجود دارد که می توان به بررسی خاکروبه‌های حاشیه خیابان‌ها و خاک سطحی شاهراهای اصلی شهر جهت مطالعه منابع فلزات سنگین منتشر شده از حمل و نقل درون شهری (خروجی اگزوز، ذرات پوششی لاستیک،

، ذرات پوششی ترمز)، خاکروبه های و غبارهای سطحی ناشی از فعالیت‌های صنعتی (نشر از خود فرایند صنعتی و گاز دودکش خروجی)، انتشارات خانگی (احتراق سوخت جهت پخت و پز و گرمایش)، ذرات ناشی از فرسایش ساختمان‌ها و سطوح پیاده روها، رسوبات اتمسفری و... اشاره کرد (حسین کمانی و همکاران،۱۳۹۶). مطالعات متعددی در حوزه ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در داخل و خارج انجام گرفته که می توان به مطالعات زیر اشاره کرد.

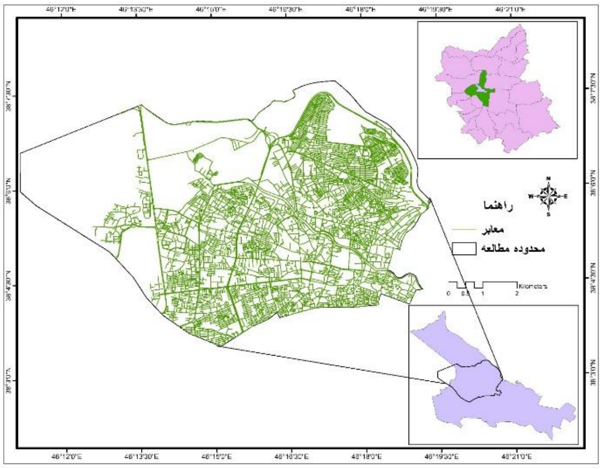
موسوی و همکاران (۱۳۹۱) در مطالعه خود «توزیع فلزات سنگین در خاک‌های کشاورزی اطراف کارخانه سیمان کارون، جنوب شرق مسجد سلیمان» نشان می‌دهند که توزیع فلزات سرب و روی دارای ارتباط بسیار قوی و همچنین کادمیوم و مس دارای همبستگی نسبتا خوبی با یکدیگر هستند. مضاف بر اینکه تمامی فلزات منتشر شده دارای منشا مشترکی می‌باشند که از سنگ آهک مورد استفاده در کارخانه سیمان انتشار می‌یابد. همچنین در مطالعه دیگری نورپور و صدری جهانشاهی (۱۳۹۲) با عنوان «سنجش و ارزیابی ریسک آلودگی فلزات سنگین در هوای تهران: مطالعهٔ موردی: خیابان انقلاب» نشان دادند که میزان غلظت فلزات سنگین (شامل: مس، کادمیوم، کروم، نیکل ، منگنز ، آهن، سرب و آرسنیک) در چهارراه ولیعصر نسبت به سایر نقاط به علت تردد بیشتر وسایل نقلیهٔ عمومی و شخصی در این محدوده بالا است. پژوهش مشابه دیگری توسط جعفری و خادمی (۱۳۹۲) با عنوان «توزیع زمانی و مکانی فلزات سنگین در گرد و غبار منطقهٔ شهری کرمان» نشان دادند که گرد و غبار بالاترین غلظت فلزات را داشت. بررسی توزیع زمانی و مکانی غلظت فلزات سنگین و مطالعه همبستگی بین فلزات مختلف نشانگر این بود که ۳ فلز مس، سرب و روی و ۲ فلز نیکل و منگنز توزیع زمانی و مکانی مشابهی دارند. یافته های نادری زاده و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهشی با عنوان «ارزیابی غلظت و میزان الودگی فلزات سنگین در گرد و غبار اتمسفری مناطق شهری و صنعتی استان بوشهر» نیز موءید وجود فلزات سنگین در گرد و غبار سطح شهر می باشد بطوریکه نشان می دهند که غلظت سرب، مس و روی در منطقه صنعتی عسلویه و منطقه شهری بوشهر نسبت به منطقه غیر شهری به طور معنی‌داری بیشتر است. همراستا با این پژوهشها قنواتی و نظرپور (۱۳۹۷) در پژوهشی با عنوان «بررسی آلودگی زیست محیطی فلزات سنگین در گردوغبار خیابانی شهر اهواز با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS» نشان می‌دهند که توزیع فضایی عناصر سرب، روی، مس و کروم دارای همبستگی معناداری با هم هستند. همچنین هلیل و همکاران، (۱۳۹۸) در تحقیق دیگری با عنوان «ارزیابی آلودگی زیست محیطی برخی از فلزات سنگین در گرد و غبار خیابانی شهر آبادان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS » نشان دادند که غلظت تمام فلزات سنگین به جز وانادیوم در نمونه‌های گرد و غبار شهر آبادان چندین برابر بیشتر از مقدار زمینه (غلظت در پوسته زمین) می باشد. بررسی پیشینه پژوهشهای خارجی صورت گرفته در کلانشهرها نیز گویای همین نتایج مشابه

می باشد بطوریکه نعیم سزگین و همکاران (۲۰۰۳) در تحقیقی خود با عنوان « ارزیابی غلظت فلزات سنگین در گرد و غبار خیابانی در بزرگراه E-5 استانبول» نشان می دهند که همبستگی بین غلظت فلزات سرب، مس، روی و کادمیوم بشدت بالا بوده است. شینجو و همکاران (۲۰۰۹) نیز طی یک کار پژوهشی با عنوان «بررسی گردوغبار خیابانی برای آلاینده‌های فلزات سنگین، مطالعه موردی موبی، ایالت آداماوا، نیجریه» نشان دادند که غلظت فلزات سنگین از محل فعالیت کارگاه‌های مکانیکی و سنگین به مناطق مسکونی با کاهش معنی‌داری مواجه است. نتیجه مشابه باین پژوهش در کار سوریاوانشی و همکاران (۲۰۱۶) تحت عنوان «تعیین میزان آلودگی فلزات سنگین گرد و غبار جاده در دهلی، هند» دیده می شود بطوریکه یافته ها نشان داده است که گرد و غبار جاده‌ها عمدتا توسط روی کادمیوم و سرب آلوده شده و همچنین رابطه مستقیمی بین فاصله از مراکز صنعتی و آلودگی فلزات وجود دارد. همچنین ژانگ هویی و همکاران (۲۰۱۷) در مقاله‌ای تحت عنوان «ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در خاک‌های کنار جاده در امتداد بزرگراه شنیانگ-دالیان در استان لیائونینگ چین» نشان دادند که بین غلظت سرب، مس و روی همبستگی بالایی وجود دارد و همچنین غلظت فلزات با فاصله گرفتن از جاده کاهش می‌یابد. سیلویا دیتلو و بیتا کورکا (۲۰۲۰) نیز در پژوهش خود با عنوان «بررسی غلظت فلزات سنگین در گرد و غبار خیابان با استفاده از داده‌های ژئوشیمیایی مختلف در تخمین سطح آلودگی فلزات سنگین» به این نتیجه رسیدند که گلوگاه‌هایی که منجر به ایجاد ترافیک می‌شوند آلاینده‌های بیشتری از فلزات سنگین را دارا هستند. آناهی آگوئیلرا و همکاران (۲۰۲۱) در مقاله خود با عنوان (ارزیابی منابع و خطر سلامتدر برابر آلودگی فلزات سنگین گرد و غبار خیابانی در بزرگترین شهر مکزیک) برای برآورد خطر فلزات سنگین موجود در سطوح خیابان بر سلامت جمعیت از روش توسعه یافته آژانس حفاظت محیط زیست ایالات متحده آمریکا (USEPA) استفاده شد. در نتیجه این آزمایش معلوم شد که خیابان‌های مکزیکوسیتی به طور متوسط به عناصر سرب روی مس و تا حدودی کروم و نیکل آلوده می‌باشد. ووژیچ ژلوبیسکی و مالگورزالا تلسکا (۲۰۲۱) طی یک مقاله‌ای با موضوع (بررسی فلزات سنگین در گرد و غبار خیابان شهری; ارزیابی خطر سلامت، مطالعه موردی شهر لوبلین ، شرق لهستان) نشان می دهند که همبستگی مستقیمی بین تمرکز جمعیتی و آلودگی فلزات سنگین وجود دارد. وجه تمایز پژوهش اصلی پژوهش حاضر با پژوهش های قبلی در استفاده از توابع تحلیل فضایی نظیر آماره فضایی موران و لکه های داغ و تابع درون یابی برای ارائه نقشه توزیع فضایی آلودگی فلزات سنگین در نرم افزار ArcGIS می باشد. پژوهشهای قبلی صرفاً از آزمونهای آماری نظیر آزمون همبستگی برای بررسی همبستگی بین دو غلظت نوع فلز سنگین در نمونه های مورد مطالعه استفاده کرده اند. همچنین؛ در این پژوهش همراستا با تحلیل توزیع فضایی آلودگی های فلزات سنگین، از آزمون آماری آنوا به منظور بررسی همبستگی و رابطه بین توزیع غلظت فلزات سنگین با نوع کاربری شهری استفاده شد.

۲-مواد و روش تحقیق

۱-۲- منطقه موردمطالعه

کلانشهر تبریز مرکز استان آذربایجان شرقی و یکی از شهرهای مهم ایران می‌باشد که در ارتفاع ۱۳۴۸ تا ۱۵۶۱ متری از سطح دریاهای آزاد ودر موقعیت جغرافیایی ۳۸درجه و ۱۵دقیقه عرض شمالی و ۳۶درجه و ۲۳دقیقه طول شرقی واقع می باشد. همچنین طبق اعلام مرکز آمار ایران جمعیت کلانشهر تبریز در سال ۱۳۹۵ بالغ بر ۱۴۹۴۰۰۰ نفر گزارش شده است (مرکز آمار ایران،۱۳۹۵). در این تحقیق محدوده‌ای به مساحت ۴۸ کیلومتر مربع در شمال غرب تبریز مورد بررسی قرارگرفته است. شکل (۱) موقعیت محدوده مورد مطالعه را نشان می دهد.



شکل (۱) موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه در کلانشهر تبریز

۲-۲- داده‌های مورد استفاده

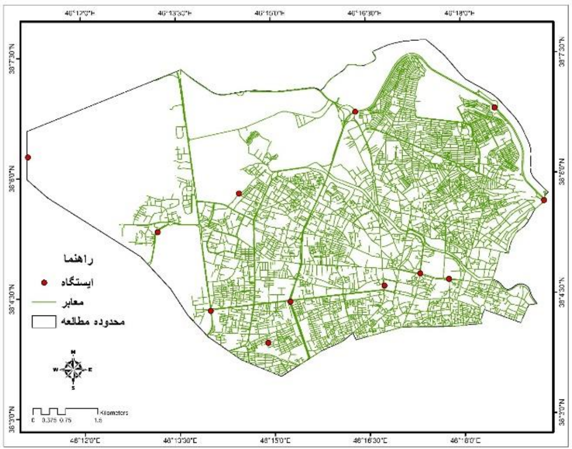
در این پژوهش تعداد ۱۲ ایستگاه نمونه برداری بصورت تصادفی در منطقه مطالعه انتخاب شد. جدول (۱) وشکل (۲) توزیع فضایی ایستگاههای نمونه برداری را نشان می دهد. همچنین عملیات نمونه برداری دربازه یک روزه صورت گرفت.

جدول (۱) موقعیت جغرافیایی و نام ایستگاههای نمونه برداری

ردیف	X	Y	نام ایستگاه
۱	612194.4	4215115.314	باغ گلستان
۲	615878.986	4217089.116	پل ایده لو
۳	614733.213	4219225.96	پل ارم
۴	613018.635	4215397.498	میدان نماز
۵	610024.634	4214746.121	میدان جهاد
۶	608185.139	4214532.833	میدان راه آهن
۷	606959.386	4216347.796	کارخانه ماشین سازی قراملک
۸	608833.291	4217238.249	باغات حکم آباد
۹	613684.444	4215273.571	میدان شهدا
۱۰	609511.022	4213795.859	کوی سوسنگرد
۱۱	611517.438	4219127.983	میدان آذربایجان
۱۲	603960.472	4218071.275	تصفیه خانه فاضلاب تبریز

در این ایستگاهها، نمونه‌ها با استفاده از جارو و خاک انداز پلاستیکی و به مقدار حدود ۵۰گرم از نقاط تعیین شده در ظروف پلاستیکی جمع آوری و به ازمایشگاه تحقیقاتی محیط زیست و توسعه پایدار شهری دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی دانشگاه تبریز منتقل شدند. سپس هر یک از نمونه‌ها با استفاده از الک ۲۰۰ غربال و پس از آن به مدت ۴۸ساعت در دستگاه آون (oven) بمنظور خشک کردن و حذف رطوبت قرار گرفتند. پس از آنکه نمونه‌های الک شده بطور کامل خشک شدند، مقدار ۲گرم از هر یک از نمونه‌ها در ترازوی با دقت دو صدم اندازه‌گیری و در محلول ترکیبی مقدار ۶۰ به ۴۰ از اسید نیتریک (۶۰٪) و مقدار از اسید سولفوریک (۹۰٪) هردو ساخته شرکت دکتر مجللی، حل و به مدت ۴۸ ساعت در دستگاه شیکر در دمای محیط هم زده شدند. لازم به ذکر است از آب مقطر نیز جهت تعدیل مقدار محلول و شستشوی ظروف استفاده شده است.پس از انحلال کامل مواد، عمل جداسازی محلول جامد از مایع با دستگاه سانترفیوژ ۴۰۰۰ دور بر روی نمونه‌ها صورت گرفت. نمونه‌ها جهت تعیین غلظت عناصر سنگین با استفاده از دستگاه (A.A.S) به آزمایشگاه طیف سنج جذب اتمی دانشکده شیمی دانشگاه تبریز ارسال شد. با توجه به محدودیتهای تجهیزاتی و مالی در این

پژوهش غلظت فلزات سنگین کروم(Cr) ، مس(Cu) ، روی(Zn) ، سرب(Pb) و منگنز(Mn) مورد اندازه گیری قرار گرفت.



شکل (۲) توزیع فضایی ایستگاههای نمونه برداری در محدوده مورد مطالعه

۳-۲- روش اجرای پژوهش

۱-۳-۲-درون یابی

در این پژوهش برای درون یابی داده های فضایی از تابع درون یاب اسپیلاین مکعبی در داخل نرم افزار Arc Gis استفاده شد.

۲-۳-۲- شاخص موران

شاخص موران یکی از بهترین شاخص‌ها برای تشخیص خوشه‌بندی است. این شاخص تشخیص می‌دهد که این نواحی مجاور به طور کلی دارای ارزش مشابه یا غیرمشابه هستند.ارزش موران بین ۱ و -۱ است.ارزش نزدیک به ۱ به معنای توزیع به صورت خوشه‌ای و ارزش نزدیک به ۱- نشانگر توزیع تصادفی عناصر است.این شاخص طبق (رابطه۱) تعریف می‌شود:

(رابطه۱)

$$I = \frac{n\Sigma_{i=1}^{n}\Sigma_{j=1}^{n} W_{ij}\,(x_{i-x})\,(x_{j-\bar{x}})}{(\Sigma_{i=1}^{n}\Sigma_{j=1}^{n} w_{ij})\Sigma_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2}$$

که در آن n تعداد نمونه ها و x_i مقدار متغیر در ناحیه j ،$\bar{x}$ مقدار متغیر در ناحیه i ،$\bar{x}$ میانگین متغیر در کلیه نواحی و w_{ij} ، وزن به کار رفته برای مقایسه دو ناحیه i و j است(صالحی۹۱،۵۶). این ابزار در حقیقت شاخص موران را محاسبه و +۶۵۴۹۸۷با استفاده از امتیاز استاندارد Z و P-Value شاخص محاسبه شده را ارزیابی می‌کند و معنادار بودن آن را می‌سنجد(عسگری.۱۳۹۰: ۶۰). در این تحقیق فلزات سنگین به عنوان ورودی این شاخص استفاده شده است و معنی دار بودن توزیع فلزات سنگین و الگوی پراکندگی آنها استخراج شده است.

۳-۲-۳- **تحلیل لکه های داغ** (hot spot , cold spot)

ابزار آنالیز لکه های داغ و لکه های خنک، برای هر نقطه با جستجوی معنادار آماری در خوشه نقطه میزان یا شدت روابط معنادار را سنجش کرده و خوشه‌های با ارزش بالا را لکه های داغ و خوشه‌های با ارزش پایین را لکه های سرد می نامد(Murray et al., 2001:320).

۴-۳-۲- خوشه بندی بر اساس روش K-means

الگوریتم خوشه بندی k-means در نرم افزار Spss20 انجام گرفت.

۵-۳-۲- آزمون آنوا

به منظور بررسی تفاوت بین توزیع آلودگی فلزات سنگین در کاربری های مختلف از این آزمون استفاده شد. برای این منظور ابتدا لایه های حاصل از درون یابی فلزات سنگین با لایه کاربری اراضی شهری در محیط نرم افزار Arc Gis همپو.شانی شده و سپس میانگین غلظت هر کدام از فلزات سنگین در کاربری های شهری در تحلیل فضایی حساب شد. نتیجه به محیط Spss20 وارد شد و از این آزمون برای بررسی تفاوت یا عدم تفاوت در توزیع فضایی فلزات سنگین در ارتباط با کاربری اراضی استفاده شد. در این آزمون هر کدام از کاربری های شهری به عنوان یک گروه مد نظر بودند. در واقع این آزمون نشان داد که آیا برای مثال توزیع غلظت سرب در بین کاربری مسکونی با کاربری تجاری یکسان هست یا تفاوت معنی داری دارند.

۳- نتایج و بحث

۱-۳- یافته های درون یابی

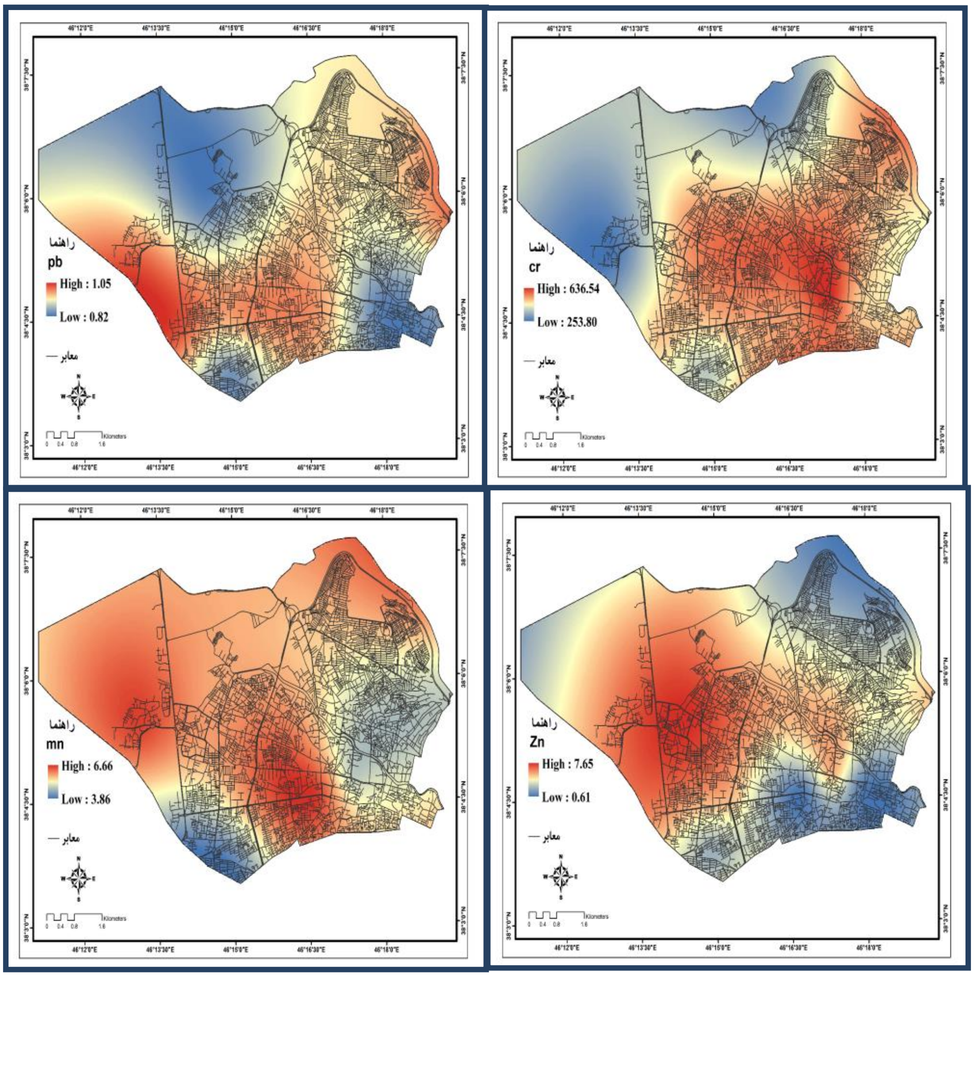
جدول (۲) غلظت عنصر سنگین در نمونه های مورد آزمایش را نشان می دهد. مطابق با یافته های جدول بیشترین غلظت کروم در پارک منظریه و کمترین مقدار در ایستگاه قرا ملک مشاهده شده است. همچنین بیشترین مقدار مشاهده شده در مورد عنصر مس برای میدان راه آهن و کمترین مقدار مشاهده شده در ایستگاه گلستان بوده است. بالاترین مقدار مشاهده شده برای آهن در ایستگاه میدان جهاد بوده است. بالاترین میزان منگز مشاهده شده نیز در ایستگاه قرا ملک بود. برای سرب بالاترین مقدار مشاهده شده در ایستگاههای پل ایده لو، میدان راه آهن و قراملک به ثبت رسیده است. ایستگاه پارک منظریه بالاترین غلظت عنصر روی را در بین ایستگاههای مورد مطالعه داشت.

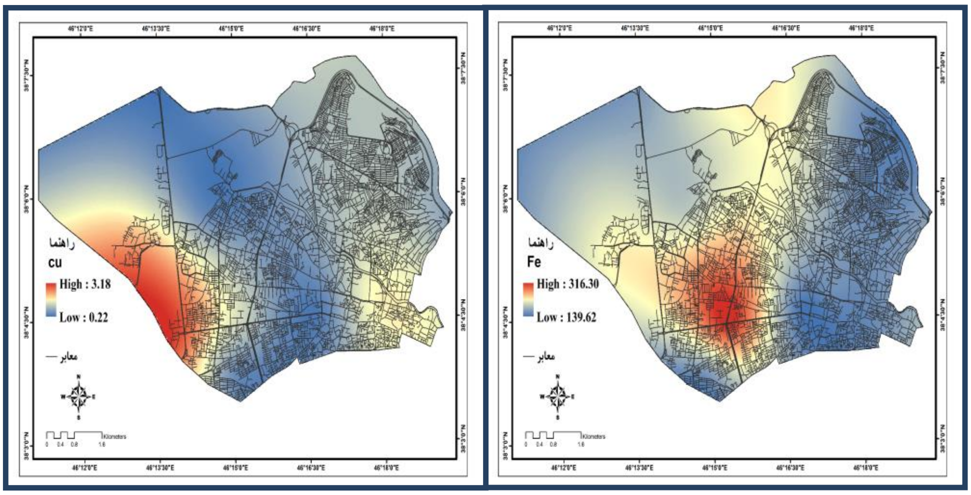
جدول (۲) غلظت عناصر سنگین در نمونه های مورد استفاده در ایستگاههای منتخب

ایستگاههای نمونه برداری	عناصر سنگین mg/l					
باغ گلستان	ZN	PB	MN	FE	CU	**CR**
پل ایده لو	1/128	0/9823	6/412	0/14262	0/3925	**0/5469**
پل ارم - پاسداران	5/132	1/005	4/923	0/17314	0/8119	**0/4423**
میدان نماز	1/675	0/9663	6/096	0/14768	1/081	**0/5646**
میدان جهاد	5/235	0/9145	4/966	0/15936	1/251	**0/6322**
میدان راه آهن	5/06	0/9871	5/892	0/3113	1/193	**0/5014**
قراملک - ماشین سازی	5/926	1/017	4/71	0/2046	2/767	**0/4909**
باغ حکم آباد	6/755	1/009	6/461	0/2318	2/466	**0/2759**
میدان شهدا استانداری	7/452	0/8476	5/895	0/19685	0/4923	**0/516**
کوی سوسنگرد- رسالت	1/746	0/8503	5/111	0/156	1/694	**0/509**
میدان آذربایجان	2/394	0/8633	4/37	0/179	0/707	**0/3763**
تصفیه خانه فاضلاب	2/964	0/933	5/726	0/227	0/9831	**0/3211**
باغ گلستان	2/137	0/9071	5/658	0/1601	0/8349	**0/3806**

ماخذ: یافته های میدانی نگارندگان

همانطوریکه شکل (۲) نیز نشان می دهد بیشترین توزیع فضایی سرب در محدوده مورد مطالعه در بخش مرکزی، جنوبی، شمال غربی و شمال شرقی محدوده مورد مطالعه می باشد. در خصوص کروم نیز می توان گفت بیشترین توزیع فضایی در محدوده مرکزی و شمال شرقی محدوده مشاهده شد. در محدوده مورد مطالعه بیشترین غلظت فضایی از عناصر آهن و مس به ترتیب در بخش مرکزی محدوده مورد مطالعه و بخش غربی و جنوب غربی می باشد. توزیع فضایی منگز نشان می دهد که بجز بخش شرقی و جنوب غربی محدوده در سایر بخش های محدوده غلظت این عنصر بالا می باشد. توزیع فضایی عنصر روی نیز در محدوده مورد مطالعه نشان دهنده بالا بودن غلظت این عنصر در بخش غربی و مرکزی محدوده می باشد.





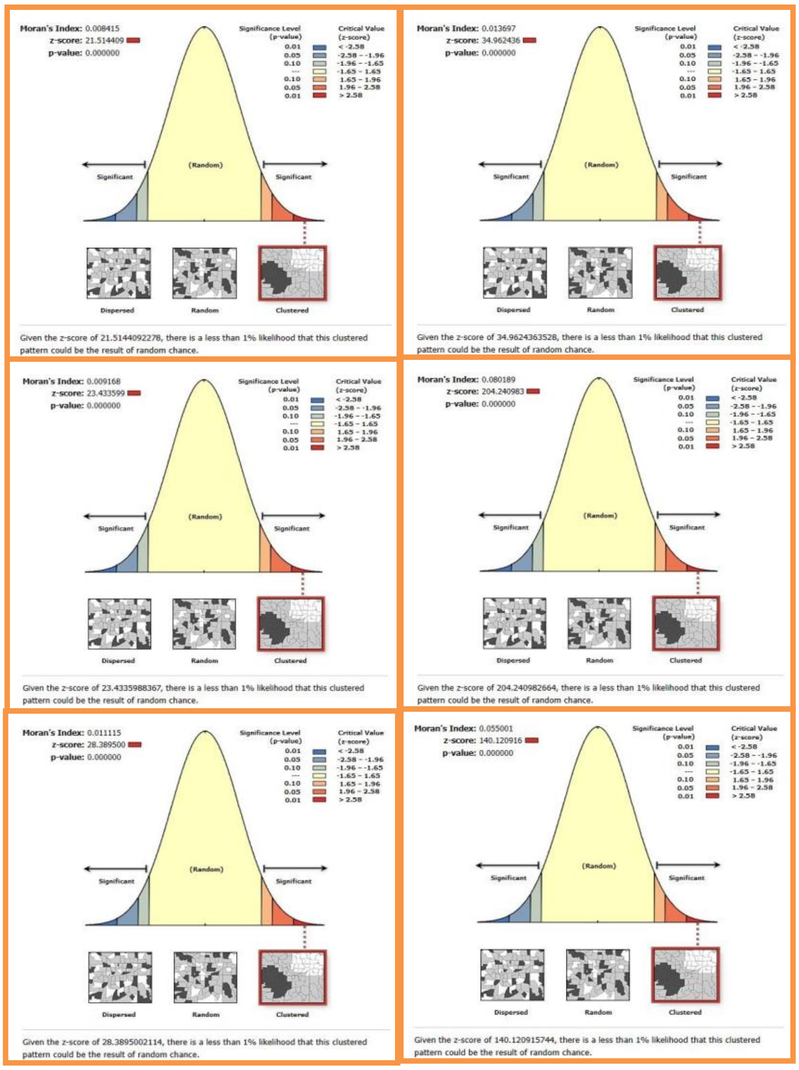
شکل (۲) نقشه پراکندگی عناصر سنگین در محدوده مورد مطالعه (بالا چپ به راست ؛ سرب، کروم ، منگنز، روی ، مس و آهن) ماخذ : نگارندگان

۲-۳- یافته های مربوط به الگوی پراکندگی فضایی با شاخص موران

جدول (۳) یافته های مربوط به شاخص موران

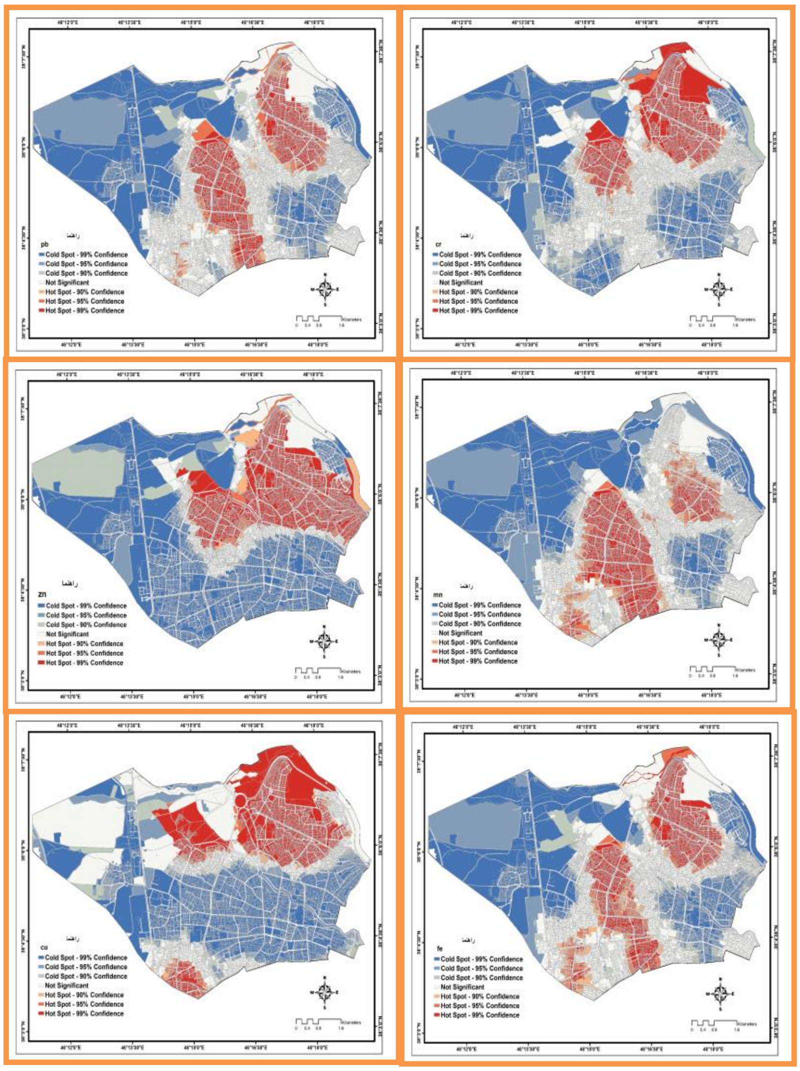
ردیف	فلزات سنگین	z-score	p-value	الگوی پراکندگی
۱	سرب(Pb)	۲۱/۵۱	0.00	خوشه‌ای
۲	مس(cu)	۱۴۰/۱۲	0.00	خوشه‌ای
۳	روی(zn)	۲۰۴/۲۴	0.00	خوشه‌ای
۴	کروم(cr)	۳۴/۹۶	0.00	خوشه‌ای
۵	آهن(fe)	۲۸/۳۸	0.00	خوشه‌ای

۶	منگنز(MN)	۲۳/۴۳	0.00	خوشه‌ای



شکل (۳) یافته های مربوط به شاخص موران؛ (بالا چپ به راست ؛ سرب، کروم ، منگنز، روی ، مس و آهن) ؛ ماخذ : نگارندگان

همانطوریکه بررسی نمره Z و P-Value مطابق با یافته های شکل (۳) نشان می دهد با ضریب اطمینان ۹۹٪ ؛ الگوی توزیع فضایی آلودگی فلزات سنگین در محدوده مورد مطالعه از الگوی خوشه ای تبعیت می کند. نمره Z مشاهده شده به ترتیب بزرگ به کوچک برای روی، مس ، کروم ، آهن ،منگنز و سرب برابر با ۲۰۴، ۱۴۰ ، ۳۴/۹۶ ، ۲۸/۳۸ ، ۲۳/۴۳ و، ۲۱/۵ می باشد. یافته های مربوط به تحلیل لکه های داغ نیز موید همین مطلب در شکل (۴) نیز قابل مشاهده می باشد. لکه های قرمز نشان دهنده بالا بودن غلظت فلزات سنگنین در آن محدوده می باشد.



شکل (۴) یافته های مربوط به تحلیل لکه های داغ و سرد (بالا چپ به راست ؛ سرب، کروم ، منگنز، روی ، مس و آهن) ؛ ماخذ : نگارندگان

۳-۳- یافته های مربوط به خوشه بندی بر اساس روش K-means

جدول (۳) تحلیل خوشه بندی ایستگاه های نمونه برداری بر اساس یافته های حاصل از آنالیز فلزات سنگین

خوشه بندی	مقدار خطا	ایستگاه (کاربری)	ردیف
۱	۰۰۰۴/۰	پل ارم (حمل و نقل)	۱
	۰/۰۰۱۳	باغات حکم آباد(فضای سبز)	۲
۲	۰/۰۰۶۷	پل ایده لو(حمل و نقل)	۳
	۰/۰۰۸۴	میدان جهاد(تجاری، خدماتی)	۴
۳	۰/۰۱۴۷	میدان نماز(تجاری، خدماتی)	۵
	۰/۰۲۱۰	میدان راه آهن(خط آهن)	۶
	۰/۰۱۹۷	کارخانه ماشین سازی(صنعتی)	۷
۴	۰/۰۰۹۴	باغ گلستان(پارک و فضای سبز)	۸
	۰/۰۰۹۲	میدان شهدا(تجاری، خدماتی)	۹
۵	۰/۰۲۲۶	کوی سوسنگرد رسالت (مسکونی)	۱۰
	۰/۰۱۲۲	میدان آذربایجان(حمل و نقل)	۱۱
	۰/۰۱۹۰	تصفیه خانه فاضلاب(تاسیسات شهری)	۱۲

مطابق با یافته های جدول (۳) نیز ایستگاههای مورد مطالعه به لحاظ شباهت در آلودگی فلزات سنگین به ۵ خوشه تقسیم شدند. در خوشه اول نمونه های جمع آوری شده از ایستگاه پل ارم و باغات حکم آباد قرار دارند. در خوشه دوم مربوط به نمونه های برداشت شده از پل ایده لو و میدان جهاد است. خوشه سوم مربوط به نمونه های برداشت شده از میدان نماز، میدان راه آهن و کارخانه ماشین سازی می باشد. نمونه های برداشت شده از باغ گلستان و میدان شهدا نیز در خوشه چهارم جای داشته و نهایتاً نمونه های برداشت شده از کوی سوسنگرد، میدان آذربایجان و تصفیه خانه در خوشه پنج قرار داشتند.

۴-۳- یافته های مربوط ارتباط بین توزیع آلودگی فلزات سنگین با کاربری اراضی

جدول (۴) یافته های مربوط به آزمون آنوا ، توزیع الودگی فلزات در کاربری های شهری

ردیف	فلز سنگین	ضریب F	Sig.
۱	سرب(Pb)	۹۴۳۰۹/۲	۰
۲	مس(cu)	۱۳۴۰/۸	۰
۳	روی(zn)	۲۵۷۴/۳	۰
۴	کروم(cr)	۹۱۵۱/۹	۰
۵	آهن(fe)	۱۲۴۵۶/۶	۰
۶	منگنز(MN)	۵۴۸۶۶/۶	۰

سرب؛ بیشترین تمرکز فلز سرب در بین کاربری‌های تجاری،خدماتی و اداری،انتظامی و آموزش،تحقیقات،فناوری و آموزشی و باغات و بایر و پارک ،فضای سبز می‌باشد.براساس میانگین تمرکز فلز سرب در بین کاربری‌های آموزش تحقیقات و فناوری ،آموزشی،بایر و کاربری اداری انتظامی دیده می‌شود. برطبق جدول (۴) برای بررسی تفاوت غلظت سرب در بین کاربری های شهری با توجه به نمره F بدست آمده که برابر با ۹۴۳۰۹/۲۴۰ می‌باشد،توزیع غلظت این فلز سنگین در بین کاربری‌ها تفاوت معنی داری را در سطح ۰/۰۱ نشان می دهد.

مس؛ بیشترین غلظت فلز مس در بین کاربری‌های تجاری و خدماتی،اداری و انتظامی،آموزشی،باغات،بایرو پارک و فضای سبز متمرکز است. برطبق جدول (۴) و با توجه به نمره F بدست آمده که برابر با. ۱۳۴۰/۸ می‌باشد،توزیع غلظت این فلز سنگین در بین کاربری‌ها تفاوت معنی‌داری را در سطح ۰/۰۱ نشان می‌دهد.

روی ؛ ازلحاظ حداکثر تمرکزغلظت فلز روی در بین کاربری‌های شهری، کاربری تجاری و خدماتی،اداری و انتظامی،آموزش و تحقیقات و فناوری و کاربری آموزشی بیشترین تمرکز را دارند. برطبق جدول (۴) برای بررسی تفاوت غلظت روی در بین کاربری‌های شهری با توجه به نمره F بدست آمده که برابر با.۲۵۷۴/۳می‌باشد،توزیع غلظت این فلز سنگین در بین کاربری ها تفاوت معنی‌داری را در سطح ۰/۰۱ نشان می‌دهد.

کروم؛ کاربری‌های تجاری خدماتی،اداری و انتظامی،آموزشی،بایر و کارربری باغات بیشترین تمرکز غلظت فلز کروم را دارند. برطبق جدول (۴) برای بررسی تفاوت غلظت کروم در بین کاربری‌های شهری با توجه به نمره F

بدست آمده که برابر با.۹۱۵۱/۹ می‌باشد،توزیع غلظت این فلز سنگین در بین کاربری‌ها تفاوت معنی‌داری را در سطح ۰/۰۱ نشان می‌دهد.

آهن؛ بیشترین تمرکز غلظت فلزآهن بر روی کاربری‌های تجاری و خدماتی،اداری و انتظامی،آموزشی و کاربری بایر مشاهده می‌شود. برطبق جدول (۴) برای بررسی تفاوت غلظت آهن در بین کاربری های شهری با توجه به نمره F بدست آمده که برابر با ۱۲۴۵۶/۶می‌باشد،توزیع غلظت این فلز سنگین در بین کاربری‌ها تفاوت معنی داری را در سطح ۰/۰۱ نشان می‌دهد.

منگنز؛ بیشترین تمرکز فلز منگنز در کاربری‌های تجاری و خدماتی،اداری و انتظامی،آموزشی،بایر،پارک و فضای سبز،تاسیسات شهری،تجهیزات شهری،تفریحی و گردشگری،حمل و نقل و انبارداری بوده و برطبق جدول (۴) برای بررسی تفاوت غلظت منگنز در بین کاربری‌های شهری با توجه به نمره F بدست آمده که برابر با ۵۴۸۶۶/۶ می باشد،توزیع غلظت این فلز سنگین در بین کاربری ها تفاوت معنی داری را در سطح ۰/۰۱ نشان می‌دهد.

۴- نتیجه گیری

فلزات سنگین حاصل از فعالیت های انسانی جزو مهمترین آلاینده ها و خطرات محیط زیستی محسوب می شوند. این نوع آلاینده ها اکثراً از طریق تخلیه پساب های صنعتی، مصرف سوختهای فسیلی به محیط وارد می شوند. در محیط های شهری منشاء اصلی این آلودگی ها مصرف سوختهای فسیلی در بخش حمل و نقل و صنعت می باشد. هدف اصلی این پژوهش بررسی توزیع آلودگی فلزات سنگین در گرد و غبار سطح شهر تبریز در محدوده شمال غرب و در ارتباط با نوع کاربری اراضی شهری بود. برای این منظور پژوهش از طریق نمونه برداری میدانی اقدام به جمع آوری نمونه ها مطابق با پروتکل های استفاده شده در پژوهش های پیشین از ۱۲ ایستگاه نمونه برداری نمود. به منظور تجزیه و تحلیل داده های بدست آمده از آنالیز آزمایشگاهی پژوهش از تحلیل فضایی در قالب شاخص موران و تحلیل لکه های داغ و سرد استفاده نمود و سپس برای بررسی و کندو کاو عمیق تر یافته های مربوط به تحلیل فضایی از آزمون آماری آنوا به منظور بررسی تفاوت یا عدم تفاوت غلظت فلزات سنگین در بین کاربری های شهری استفاده کرد. آنالیز نمونه های جمع آوری شده از ایستگاههای منتخب نشان داد که در گرد و غبار محدوده مورد مطالعه از شهر فلزات سنگین مختلفی نظیر، سرب، کروم ، منگنز، روی ، مس و آهن وجود دارد. گرچه بخاطر محدودیت مالی و آزمایشگاهی پژوهش نتوانست وجود سایر فلزات سنگین نظیر نیکل، کادمیوم و... در نمونه ها مورد بررسی قرار دهد. ولی همراستا با پژوهش های نور پور و صدری جهانشاهی(۱۳۹۲) ، آناهی آگوئیلرا و همکاران (۲۰۲۱) ، ووژیچ ژلوبیسکی و مالگورزالا تلسکا (۲۰۲۱) وجود فلزات سنگین نظیر کروم ، منگنز، آهن ، سرب و مس در محدوده که بعلت تردد وسایل نقلیه عمومی و

شخصی در محدوده است، مورد تایید می باشد. پژوهش حاضر نشان داد که بالاترین میزان غلظت فلزات سنگین در جوار کاربری های تجاری و خدماتی ، اداری و انتظامی مشاهده شده است. برخلاف پژوهش جعفری و خادمی پژوهش حاضر به مطالعه همبستگی بین فلزات سنگین در سطح محدوده نپرداخت. بلکه توزیع فضایی را با شاخص موران و تحلیل لکه های داغ و سرد مورد بررسی قرار داد و نشان داد که الگوی توزیع فضایی فلزات سنگین از الگوی خوشه ای تبعیت می کند بدین معنی که در برخی از بخش های شهر نسبت به سایر بخش ها غلظت فلزات سنگین بالاتر می باشد. همین مساله را آزمون آنوا نیز نشان داد. این آزمون نشان داد که توزیع غلظت فلزات سنگین در کاربری ها با هم تفاوت معنی داری را دارند و در واقع غلظت فلزات سنگین در کاربری های مختلف یکسان نمی باشد. از این حیث یافته های پژوهش حاضر مطابق با یافته های نادری زاده و همکاران (۱۳۹۵) ، شینجو و همکاران (۲۰۰۷) ، سوریاوانشی و همکاران (۲۰۱۶) ، سیلویا دیتلو و بیتا کورکا (۲۰۲۰) می باشد. نهایتاً پژوهش حاضر قابلیت تحلیل فضایی در محیط نرم افزار Arc Gis در تحلیل استنباطی از توزیع فضایی آلودگی فلزات سنگین را نشان داد.

۵-منابع

Aguilera, A. Bautista, F. Gutierrez-ruiz.M. Ceniceroz-gomez.A. 2021. Heavy metal pollution of street dust in the largest city of mexico sources and health risk assessment. Environ Monit assess (2021) :193

Cheng, Z., Chen, L., Li, H., Lin, J., Yang, Z., Yang, Y., et al. (2018). Characteristics and health risk assessment of heavy metals exposure via household dust from urban area in Chengdu, China. Science of the Total Environment, 619–620, 621–629.

Jafari, F. and Khademi, H. (2014) Temporal and spatial distribution of heavy metals in the dust of urban area of Kerman. Environmental Science, Volume 40, Number 2, pp. 361-373(In Persian)

Kamani, H., Hosseini, M., Safari, G.H. Jafari, J. (2018) Investigating the concentration of heavy metals in the surface soil of Zahedan city. Ardabil health and health magazine, pp. 182-190. (In Persian)

Kanavati, N. and Nazarpour, A. (2017) Investigating the environmental pollution of heavy metals in the street dust of Ahvaz using geographic information system (GIS). Environmental Science, Volume 44, Number 3.pp. 393-410(In Persian)

Naderizadeh, Z. Ayubi, Sh. and Khademi, H. (2015) Evaluation of the concentration and degree of heavy metal pollution in the atmospheric dust of urban and industrial areas of Bushehr province. Natural environment. Natural resources of Iran, volume 69, number 2, pp. 531-548. (In Persian)

Nazarpour, A. Ghanavati, N & Michael J Watts. (2018). Spatial distribution and human health risk assessment of mercury in street dust resulting from various land-use in Ahvaz, Iran. Environmental geochemistry and health 40 (2), 693-704. (In Persian)

Nurpour, A. and Sadri Jahanshahi, A., (2013). Measuring and assessing the risk of heavy metal pollution in the air of Tehran (case study of Elkhebal Street). Environmental Science, Volume 39, Number 4, pp. 181-192. (In Persian)

Sezgin, N., Ozcan, HK., Demir, G., Nemilogl, S. 2003. Determination of heavy metal concentrations in street dusts in Istanbul E-5 highway. Environment international.2004; 29(7): 979-85.

Shinggu D.Y., Ogugbuaja V.O. Toma I. & Barminas J.T. 2009. Determination of heavy metal pollutants in street dust of rola. Adamawa state. Nigeria. African journal of pure and chemistry. Vol.4(1). Pp.170-210.

Suryanshi P.V, Rajaram B.S, Bhanarkar A.D & Chalapati Rao C.V. 2016. Determining heavy metal contamination of road dust in Delhi.India. Atmosfere 29(3). 221-234.

Zglobicki W. & Telecka M. 2021. Heavy metals in urban street dust: Health risk aaaessment (Lublin city, E. Poland). Institute of earth and environmental scinces, Maria curie Sklodowska university, Krasnicka Av. 2d, 20 - 718 Lublin Poland.

Zhang Hui., Wucaiqiu, Gangjiping, Yuanxuyin Et al. 2017. Assessment of heavy metal contamination in roadside soil along the Shenyang- Dalian highway in Liaoning province. China. Pol.j. Environ.stud.vol.26, No.4(2017): 1539-1549.

Application of remote sensing and GIS in environmental sciences, Vol 3, No.7, Summer 2023,pp.98-116

Title in English

Spatial assessment of environmental pollution of heavy metals in surface dust according to the type of urban land use; a case study of the northwestern region of Tabriz metropolis

Abstract

Dust at different levels in the city can be a good indicator of the presence of these heavy metals in the city, therefore the main goal of the present study is the spatial analysis of heavy metal contamination of surface dust in the northwestern area of Tabriz city. For analyzing, Moran’s index, hot spot analysis and ANOVA test were used in Arc Gis 10.8 and Spss ٢٠software. The studied heavy metals included; lead, chromium, manganese, zinc, copper and iron. For this purpose, samples were taken from ١٢stations in the area. After the initial preparation, the concentration of heavy metals in the samples was obtained using an atomic absorption spectrometer. Based on the findings of the Moran index, the research showed that the spatial distribution of heavy metal pollution follows a cluster pattern. Moran's index analysis shows the highest z score of 204.24 and 140.12 respectively for zinc and copper metal, which shows the intense spatial concentration of these two polluting elements in the studied area. The results of the ANOVA test also showed that the level of heavy metal pollution changes with the type of use. In fact, it can be said that the spatial distribution of heavy metal pollution differs according to the type of urban use. The most observed pollutions were in commercial-service, administrative and law enforcement uses.

Keywords: Spatial analysis, heavy metals, Moran index, hot and cold spots, Tabriz