

## پهنه بندی آلودگی هوای تهران به فلزات سنگین با استفاده از برگ‌های گونه توت

مریم ملاشاهی<sup>۱</sup> - استادیار جنگلداری در مناطق خشک، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

حبیب علیمحمدیان - استادیار زمین شناسی (گرایش محیط مغناطیس) سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

دکتر سید محسن حسینی - دانشیار جنگلداری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

وحید فیضی - دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی، باشگاه پژوهشگران جوان، اقلیم شناسی، تهران، ایران

علیرضا ریاحی بختیاری - استادیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۲/۲۵ تاریخ تصویب: ۱۳۹۲/۹/۵

### چکیده

تهران از جمله آلوده‌ترین پایتخت‌ها بوده و در دهه‌های اخیر مساله آلودگی هوای آن به عنوان یکی از معضلات زیست محیطی شهروندان تهرانی تلقی می‌شود و امروزه از نظر آلودگی محیط زیست و هوا یکی از آلوده‌ترین شهرهای جهان است. استفاده از گیاهان، جهت پایش و سنجش آلودگی هوا روشی مناسب و موثر شناخته شده است. از این رو در این تحقیق جهت بررسی میزان آلودگی، گونه توت (*Morus alba*) که پراکنش همگنی در سطح شهر تهران دارد، انتخاب شد و مقدار فلزات سنگین Al, As, Fe, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn در هر یک از مناطق ۲۲ گانه شهر تهران مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. برای این کار ۱۰۰ نقطه نمونه‌گیری در کل سطح شهر در نظر گرفته شد. نمونه‌گیری در مهرماه سال ۱۳۸۸ انجام شد. در ابتدا برگ‌های گونه ذکر شده از نقاط مورد نظر در سطح شهر جمع‌آوری شد. نمونه‌ها از ارتفاع ۱/۵-۱ متری از سطح زمین و از برگ‌هایی که در سمت جاده قرار گرفته بودند و جهت اطمینان از اندازه آنها، برگ‌هایی با سطوح مشابه و با درازای ۱۵-۱۰ سانتی متری انتخاب شدند. سپس بعد از آماده‌سازی نمونه‌ها (شامل خشک کردن، پودر کردن و هضم کردن) با استفاده از دستگاه ICP اقدام به اندازه‌گیری میزان غلظت فلزات سنگین مورد نظر گردید. در نهایت نتایج بدست آمده با استفاده از نرم افزار GIS پهنه بندی شد. نتایج نشان داد که بیشترین تمرکز انواع فلزات در قسمت‌های مرکزی، جنوب و جنوب شرق تهران است. هم‌چنین در بین عناصر مختلف، آلومینیوم و آهن، بیشترین آلودگی را دارند. به طوری که حداقل میزان دیده شده از عنصر آهن در منطقه ۳، از حد استاندارد آن بالاتر می‌باشد.

کلید واژه‌ها: آلودگی هوا، فلزات سنگین، گونه توت، تهران.

## ۱. مقدمه

آلودگی هوا یکی از مسائل روز دنیاست که با توسعه صنعتی شدن و افزایش تعداد شهرها روز به روز بر میزان و شدت آن افزوده می‌شود. تکیه اساسی بر منابع تجدید ناپذیر انرژی از قبیل زغال سنگ، نفت و گاز و در نتیجه آزاد شدن مواد ناشی از احتراق این مواد، فرآورده‌های مضر و زیان بخش را به همراه می‌آورد که حیات موجودات زنده بویژه انسان‌ها را به خطر می‌اندازد. توسعه شهرها، افزایش ترافیک، استفاده نامطلوب، افزایش مصرف انرژی و عدم وجود مقررات و ضوابط به منظور محدود ساختن مناطق صنعتی و رعایت مقررات زیست محیطی باعث شده است تا سلامت عمومی در شهرها به علت کاهش قابل توجه کیفیت هوا به مخاطره بیافتد. بنابراین امروزه نگرانی عمده برنامه ریزان شهری کنترل دقیق کیفیت هوا در شهرهای بزرگ است. در این میان، تهران به عنوان بزرگ‌ترین شهر ایران با جمعیتی حدود ۱۰ میلیون نفر یکی از کلان شهرهای دنیا محسوب می‌شود (نظریان و همکاران، ۱۳۸۶: ۱۸). این شهر با مشکلاتی همچون جمعیت زیاد و ترافیک بالا روبرو بوده و هم چنین صنعتی‌ترین شهر ایران محسوب می‌شود. صنایع زیادی هم چون نیروگاه‌های تولید نیرو، پالایشگاه‌ها، کوره‌ها، کارخانه‌های شیمیایی استخراج و ذوب فلزات در آن مستقر هستند (کرمانی و همکاران، ۲۰۰۳: ۶۸). رشد انفجاری جمعیت و اتومبیل در تهران و عوامل طبیعی نظیر کوه‌های اطراف شهر، باعث شده است تا این شهر به عنوان یکی از آلوده‌ترین شهرهای جهان مطرح شود (پرکینز، ۱۹۷۴: ۳). آلودگی هوای تهران به علت موقعیت جغرافیایی شهر از وخامت بیشتری نسبت به دیگر شهرها برخوردار می‌باشد، چون این شهر از سمت شمال توسط رشته کوه‌های البرز احاطه شده است که مانع خروج انواع گرد و غبارها و آلودگی‌ها از سطح شهر و تمرکز بیشتر آنها در هوای بالای شهر می‌شود. از آنجا که این آلودگی بیشتر در سطح زمین تمرکز دارد، در اکثر اوقات روز، مرز بالای این ناحیه به طور مشخص در سطح شهر قابل مشاهده است (قسامی و همکاران، ۱۳۸۷: ۱۸). در واقع عامل اصلی آلودگی شهر تهران افزایش بی‌رویه مصرف انرژی بویژه مصرف بنزین می‌باشد. در تهران حدود ۱/۵ میلیون تن مواد آلاینده در سال تولید می‌شود. هم چنین ارتفاع تهران از سطح دریا، در میدان تجریش حدود ۱۳۰۰ متر و در میدان راه آهن ۱۱۰۰ متر بالاتر می‌باشد که موجب احتراق ناقص سوخت شده و مسئله آلودگی را حادث می‌نماید. از دیگر دلایل تقویت شدت آلودگی در شهر تهران می‌توان به مواردی همچون سکون هوا و یا بادهای آرام که قادر به پراکنده سازی آلاینده‌ها نبوده، ناهمواری‌های محیطی که موجب حبس شدن آلاینده‌ها در سطح شهر شده و پدیده وارونگی دمایی و پایداری هوا که منجر به عدم تهویه طبیعی و در نتیجه افزایش غلظت آلاینده‌ها می‌شود، اشاره کرد (همان: ۲۰). نظریان و همکاران در سال ۱۳۸۶ علت آلودگی هوای تهران را در قسمت‌های مرکزی مواردی چون تعداد سفرهای شهری به علت توزیع نامناسب فعالیت‌ها و قرارگیری بیش از ۵۰

درصد واحدهای صنعتی تهران در مناطقی چون ۶، ۷، ۱۱، ۱۲ و ۱۶ و تراکم زیاد جمعیتی و کمبود فضای سبز شهری عنوان کردند. از نظر پراکندگی صنایع در سطح استان‌های کشور، حدود ۴۰٪ از این صنایع در استان تهران واقع شده‌اند. بیش از ۷۰۰۰ واحد صنعتی در تهران وجود دارد که ۳۰ درصد آن در غرب، ۵۴ درصد جنوب و ۱۶ درصد آن در شرق تهران تاسیس شده‌اند (صفوی و علیجانی، ۱۳۸۵: ۱۰۸). از آنجایی که مراکز صنعتی و کارخانجات بزرگ شهر در غرب تهران مستقرند، جریان‌های غربی آلاینده‌ها را از غرب به مرکز شهر منتقل می‌کند.

عمده آلاینده‌های تهران عبارتند از: منواکسید کربن (CO)، اکسید سولفور (SO<sub>2</sub>)، اکسیدهای نیتروژن (NO<sub>x</sub>)، و ذرات معلق (حاوی انواع فلزات سنگین) که ۸۰ درصد آن توسط سوخت اتومبیل و مابقی توسط کارخانه‌ها و وسایل گرم‌کننده منازل ایجاد می‌شود. آلاینده‌ها به نوبه خود مختل‌کننده اکوسیستم به شمار می‌روند که از میان آنها فلزات سنگین به دلیل غیر قابل تجزیه بودن و اثرات فیزیولوژیکی بر موجودات زنده، حتی در غلظت‌های کم، حائز اهمیت شناخته شده‌اند (غلامی و استکی، ۱۳۸۸: ۸۰؛ محمودی و خادمی، ۱۳۹۲: ۱۲۴، صفدری و همکاران، ۱۳۸۴: ۴۹).

مطالعاتی در زمینه یافتن روشی مناسب برای جمع‌آوری ذرات معلق در هوا به شکلی ساده و قبل از تاثیرپذیری شیمیایی و یا شسته شدن و نفوذ در خاک صورت پذیرفته است. نتایج این تحقیقات نشان می‌دهد که درختان پهن برگ نقش یک فیلتر طبیعی را برای گردوغبار موجود در هوا بازی می‌کنند. برگ‌های درختان دارای سطوح زیادی در واحد وزن بوده و لایه مومی سطح برگ قابلیت جذب و نگهداری گردوغبار و ذرات معلق و ترکیبات آلی غیر فرار را دارد. هم‌چنین برگ‌ها می‌توانند ذراتی با قطر کمتر از ۱۰ میکرون را جذب نموده، و سپس به لایه اپیدرمی نفوذ داده و در مرحله بعد به ریشه‌ها انتقال بدهند. علاوه بر این درختان دارای پراکنش بالایی بوده و دسترسی به برگ‌های آنها راحت می‌باشد؛ از این رو نمونه‌گیری از برگ‌ها برای اینکار مناسب به نظر می‌رسد؛ زیرا قادرند نقشه‌هایی با دقت بالا در زمینه آلودگی هوا ایجاد کنند (شویان و همکاران، ۲۰۰۸: ۱۵۶۱). استفاده از گیاهان جهت پایش آلودگی هوا روشی مناسب و موثر شناخته شده است (گادمن و روبرتز، ۱۹۷۱: ۲۸۹). گیاهان از راه‌های مختلف قادر به جذب انواع آلودگی‌های موجود در اتمسفر هستند. بدین صورت که این مواد هم می‌توانند به طور مستقیم از سطوح برگ‌ها و هم از طریق خاک جذب شوند. در واقع درختان موجود در شهرها در جذب آلودگی‌های هوا نقش یک فیلتر طبیعی (Biofilter) را بازی می‌کنند (کروری و همکاران، ۲۰۱۰: ۱۸۶). پایش بیولوژیکی به عنوان یکی از روش‌های راحت و ساده جهت بررسی میزان غلظت فلزات نادر موجود در اتمسفری شناخته شده است (کرد و همکاران،

۲۰۱۰: ۸۰). هم گونه‌های گیاهی پهن برگ و هم گونه‌های سوزنی برگ جهت مطالعات آلودگی هوا مورد استفاده قرار می‌گیرند (گرو دزینکا، ۱۹۸۲: ۳۴). ثابت شده است که آلودگی‌های ترافیکی شامل انواع مواد سمی و مضر برای سلامتی از قبیل سرب، روی و کادمیوم می‌باشد (ویارد و همکاران، ۲۰۰۴: ۱۳۵۱، دوران و گنزالز، ۲۰۰۹: ۶۶۴). زیست‌رزیابی یکی از راه‌های ارزان و ساده بررسی کیفیت هوا است و به روندی گفته می‌شود که در آن از طریق موجودات زنده، یا اجزای تشکیل دهنده آنها می‌توان به اطلاعاتی کمی پیرامون کیفیت محیط دست یافت. فعالیت‌های صنعتی باعث ورود مقادیر فراوانی از عناصر سنگین به اتمسفر می‌شود و استفاده از پتانسیل زیست‌رزیابی گیاهان می‌تواند در ارزیابی آلودگی هوا با این فلزات راهگشا باشد. در مطالعات قبلی این نتیجه حاصل شده است که از گونه‌های سرو، زبان گنجشک، توت و برگن و به عنوان شاخص زیستی مناسب فلزات سنگین هوازاد در نواحی خشک می‌توان استفاده نمود (عطاآبادی و همکاران، ۱۳۸۸: ۸۳).

هدف از انجام این مطالعه بررسی قابلیت جذب انواع آلودگی‌ها من جمله آلودگی فلزات سنگین As, Al, Cr, Co, Fe, Cu, Hg, Mn, Ni, Zn توسط برگ‌های گونه درختی توت (*Morus alba*) می‌باشد و در نهایت اقدام به پهنه بندی و تهیه نقشه آلودگی هوا با استفاده از آلودگی‌های نشست کرده روی برگ‌های گونه توت گردیده است.

## ۲. منطقه مورد مطالعه

از لحاظ مکانی شهر تهران در ۳۵ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۱۷ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۳۳ دقیقه طول شرقی در کوهپایه‌های جنوبی رشته کوه‌های البرز گسترده شده است. مساحت شهر تهران حدود ۸۰۰ کیلومتر مربع می‌باشد. ارتفاع شهر در جنوب در فرودگاه مهرآباد ۱۲۰۰ متر و در شمال به ۲۰۰۰ متر می‌رسد. شهر تهران بر اساس تقسیمات شهرداری تهران دارای ۲۲ منطقه است که در این تحقیق تمامی گستره شهر تهران به تفکیک مناطق بیست و دوگانه مورد بررسی قرار گرفته‌اند. شهر تهران بر اساس منابع مختلف در روزها معادل ۱۲ میلیون و در شبها حدود ۸ میلیون نفر را پذیرا می‌باشد. این جمعیت زیاد فقط از طریق فعالیت بیولوژیکی خود سالانه میلیون‌ها کیلو کالری انرژی بر گرمای شهر می‌افزایند.

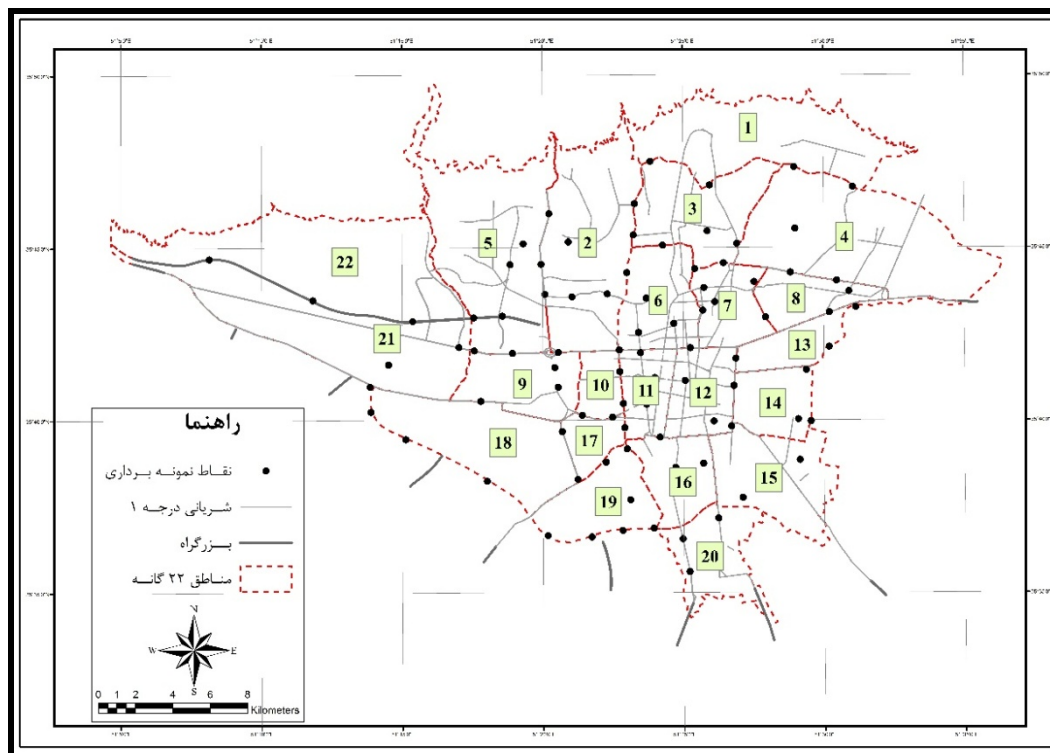
در حال حاضر حدود ۳ میلیون خودرو در خیابان‌های شهر رفت و آمد می‌کنند. اگر چه شمار خودروهای تهران در مقایسه با شهرهای دیگر چندان زیاد نیست، ولی به جهت نارسایی‌هایی مانند فرسوده

بودن ماشین ها، عدم رعایت اصول استاندارد از طرف مردم، و نبود مدیریت کارآ همگی سبب شده اند که خودروها معضل بزرگی برای تهران و حتی ایران شوند.

### ۳. مواد و روش ها

به منظور بررسی میزان آلودگی فلزات (As, Al, Cr, Co, Fe, Cu, Hg, Mn, Ni, Zn) در مناطق مختلف شهر تهران، نمونه گیری از برگ های گونه درختی توت و در مناطق ۲۲ گانه شهر تهران صورت گرفت. از آن جا که بیشترین میزان ذرات معلق آلوده کننده هوا در تهران در فصل پاییز می باشد (هالک و همکاران، ۲۰۰۴: ۲۱۰) نمونه گیری در مهرماه سال ۱۳۸۸ انجام گرفت. در ابتدا با استفاده از نقشه های گرفته شده از سازمان کنترل کیفیت هوای شهر تهران مناطق با آلودگی های کم متوسط زیاد مشخص شده و سپس با توجه به پراکنش آلودگی هوا تعداد نقاط نمونه برداری مشخص گردید. برای انجام این کار تعداد ۱۰۰ نقطه نمونه گیری به طوری که گونه درختی مورد مطالعه در آن وجود داشته باشد، انتخاب شد. در ابتدا پس از بررسی منطقه و شناسایی گونه ها، از میان گونه های موجود در حاشیه خیابان ها و بزرگراه های شهر تهران، گونه توت که تقریباً در تمامی سطح شهر پراکنش دارند، انتخاب گردید. سپس اقدام به تهیه نمونه های برگ های از گونه ذکر شده از حاشیه خیابان ها و بزرگراه ها و هم چنین پارک های جنگلی شد. نمونه گیری در روزهای آفتابی که بعد از یک هفته مداوم بدون بارندگی باشند، انجام شد. برگ ها از ارتفاع ۱/۵ تا ۲ متری از سطح زمین، از قسمت بیرونی تاج پوشش و آنهایی که رو به سمت جاده دارند، جمع آوری گردید (لو و همکاران، ۲۰۰۸: ۶۴۳۳). جهت اطمینان از هم سن بودن برگ ها، برگ هایی با طول ۱۵-۱۰ سانتی متر جمع آوری شد. در هر نقطه نمونه گیری ابتدا با استفاده از GPS، مختصات جغرافیایی نقطه مورد نظر ثبت شده و سپس اقدام به نمونه گیری گردید. سپس برگ ها با حداقل دست زدن به سطح آنها در داخل محافظ پلاستیکی قرار داده شدند. در مرحله بعد برگ ها در هوای آزاد و در یک محیط مسقف پهن شده و در طی یک هفته خشک شدند. جهت آماده سازی نمونه برای انجام آنالیز شیمیایی در ابتدا حدود ۱ گرم از هر نمونه خشک شده توسط ترازوی دیجیتالی وزن شده و داخل ظروف ارلن مایر ریخته شد. سپس ۱۰ cc اسید نیتریک غلیظ به آن اضافه شده و روی دستگاه هضم کننده (Hot block digester) قرار داده شد، و در دمای پایین  $130^{\circ}\text{C}$  به مدت ۱ ساعت قرار داده و سپس ۴۰ cc آب اکسیژنه به آن اضافه شد. سپس نمونه ها با کاغذ فیلتر S & S در بالن ژوژه هایی با حجم ۵۰ cc فیلتر شده و محلول صاف شده با استفاده از آب دیونیزه به حجم ۵۰ cc رسانده شده و در ظروف پلاستیکی ریخته شدند (لاینگ و همکاران، ۲۰۰۳: ۱۹۳). سپس میزان عناصر با استفاده از دستگاه ICP موجود در آزمایشگاه ژئوشیمی سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور مورد اندازه گیری قرار گرفت و نتایج نهایی به صورت نقشه و جهت بدست آوردن نقشه های نهایی از نرم افزار

Arc GIS استفاده شد. بدین صورت که با استفاده مختصات جغرافیایی نقاط که با GPS تعیین گردید و اطلاعات بدست آمده از ۱۰۰ نقطه نمونه برداری و نیز روش درون یابی IDW<sup>۱</sup> پراکنش آلودگی به فلزات به صورت پهنه ای نشان داده شد. در شکل ۱ موقعیت نقاط نمونه برداری نشان داده شده است.

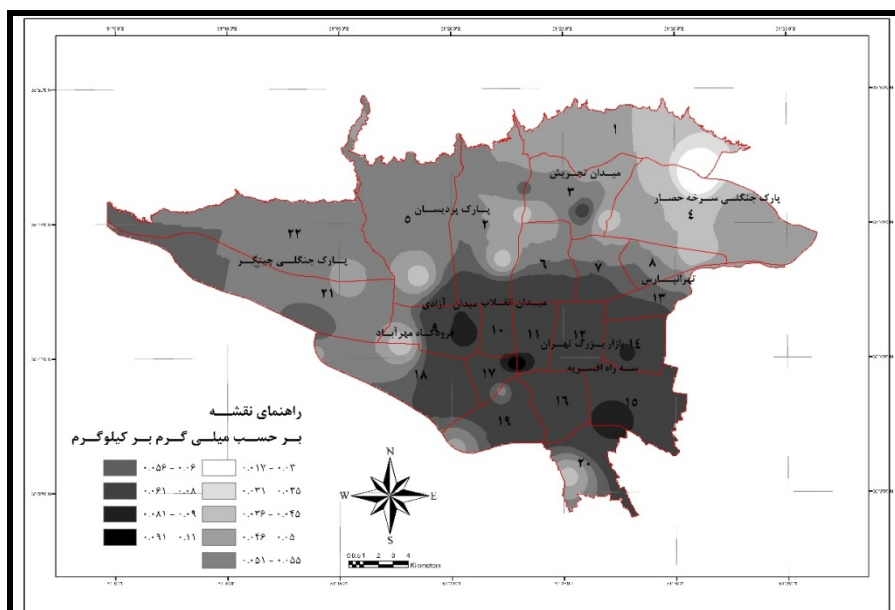


شکل ۱ پراکنش نقاط نمونه برداری شده در سطح شهر تهران

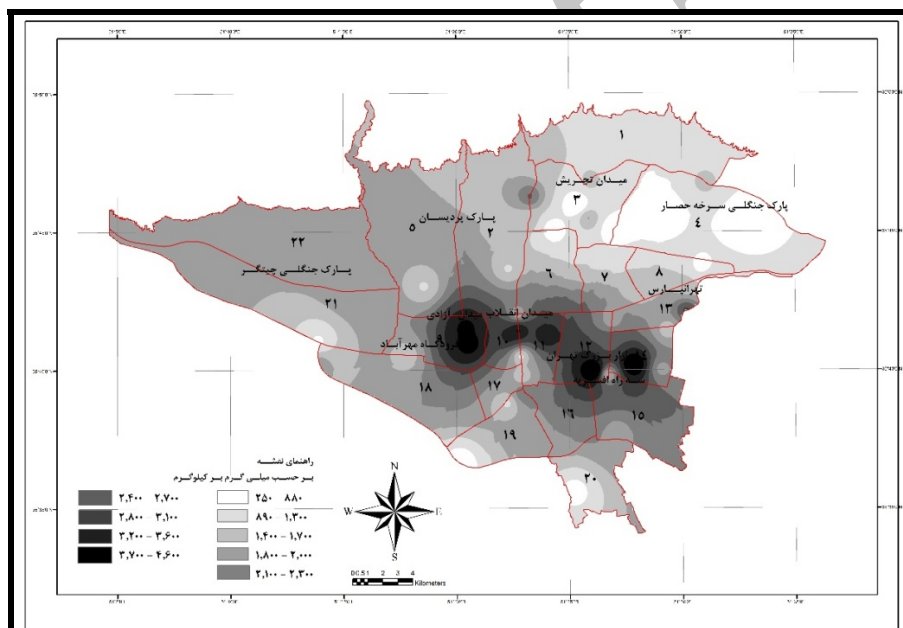
#### ۴. بحث و نتایج

فلزات سنگین، سمی هستند، زیرا در غلظت‌های بالا می‌توانند در بعضی عوامل حیاتی بدن اختلال ایجاد کنند. فلزات از راه‌های مختلفی مثل استنشاق، غذا، آب و پوست وارد بدن انسان می‌شوند. بروز مسمومیت فلزی از عهد باستان برای انسان شناخته شده است. فلزات سنگین به صورت فلزی، هیچ گونه نقشی در ترکیبات بدن نداشته، و به مرور زمان در محل‌های خاصی انباشته می‌شوند و در نتیجه باعث مسمومیت و اختلال جسمی و روانی می‌گردند. در شکل‌های زیر پراکنش میزان هر یک از عناصر Al, As, Fe, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Zn در مناطق ۲۲ گانه شهر تهران نشان داده شده است.

1 Inverse Distance Weighted



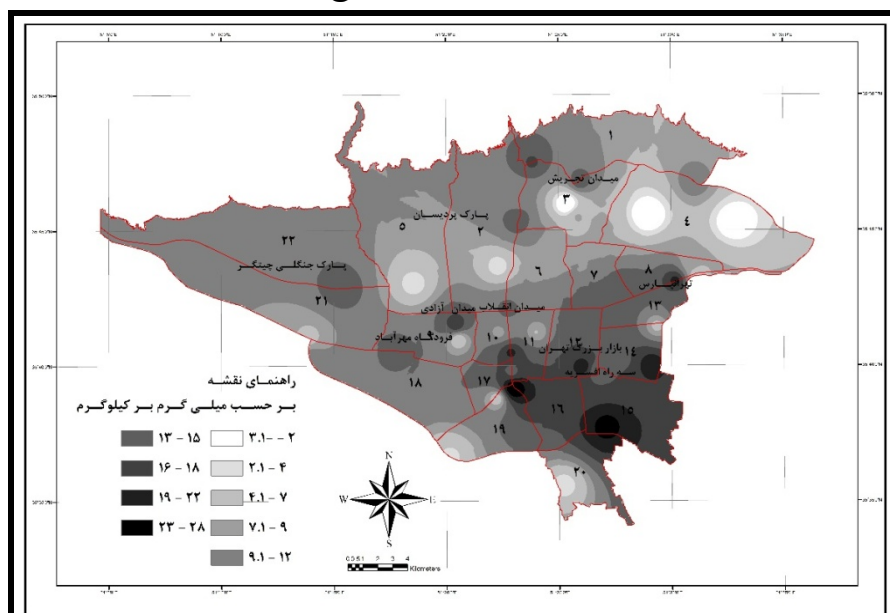
شکل ۲ پهنه بندی غلظت عنصر آرسنیک



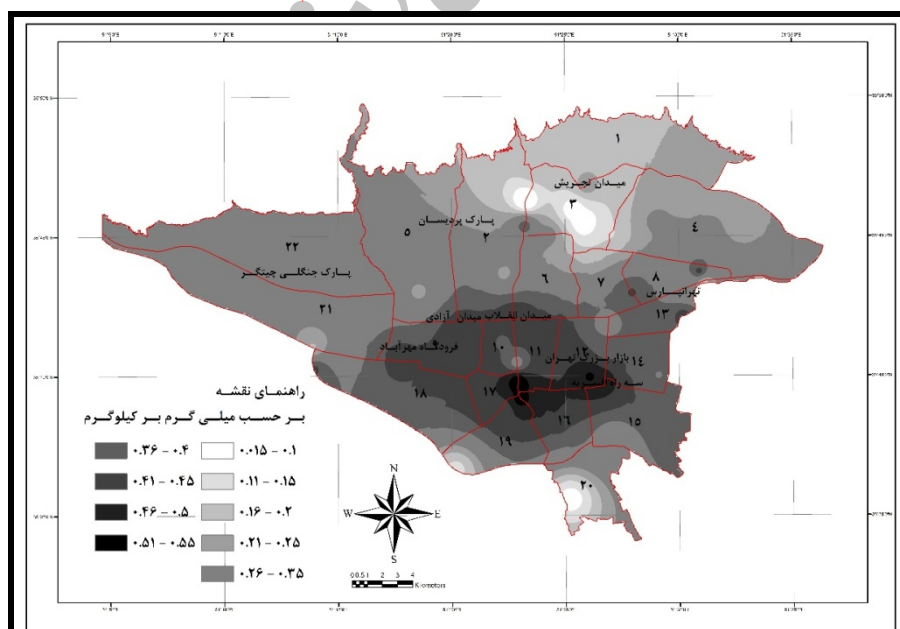
شکل ۳ پهنه بندی غلظت عنصر آلومینیوم

در شکل ۲ پهنه بندی عنصر آرسنیک دیده می شود. این عنصر به شدت سمی بوده و جذب تنفسی این عنصر موجب بروز سرطان های تنفسی از قبیل نای و ریه می شود. گفته شده که میزان آن در مناطق شهری در حد بین  $200-300 \text{ ng/g}$  دیده شده است. نتایج نشان دادند که کمترین میزان این عنصر در منطقه ۴ و برابر  $10 \text{ ng/g}$  و بیشترین میزان آن در منطقه ۱۱ و برابر  $110 \text{ ng/g}$  بوده است. شکل ۳ میزان غلظت عنصر آلومینیوم را نشان می دهد. همان طور که مشاهده می شود، بیشترین غلظت این عنصر در مناطق ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲ و ۱۴ است. آلومینیوم یکی از عناصر مهم و پرکاربرد در زندگی امروزه بشری

است و در بخش مختلفی از جمله صنایع ساختمانی، هوا فضا، پزشکی، دارو سازی و غیره کاربرد دارد. از نظر پزشکی افزایش آلومینیوم در بدن می تواند عوارضی همچون فراموشی، پارکینسون (اختلالات حرکتی)، کم خونی، نقص در کارایی ماهیچه های قلبی و در صورت مسمومیت با این فلز اختلال در کار کلیه ها و غیره را موجب شود. حداکثر میزان مشاهده از این عنصر برابر  $4572 \text{ mg/kg}$  که در منطقه ۱۲ مشاهده شده است (حاج علیلو و وثوق، ۱۳۸۸: ۶۴).



شکل ۴ پهنه بندی غلظت عنصر کروم

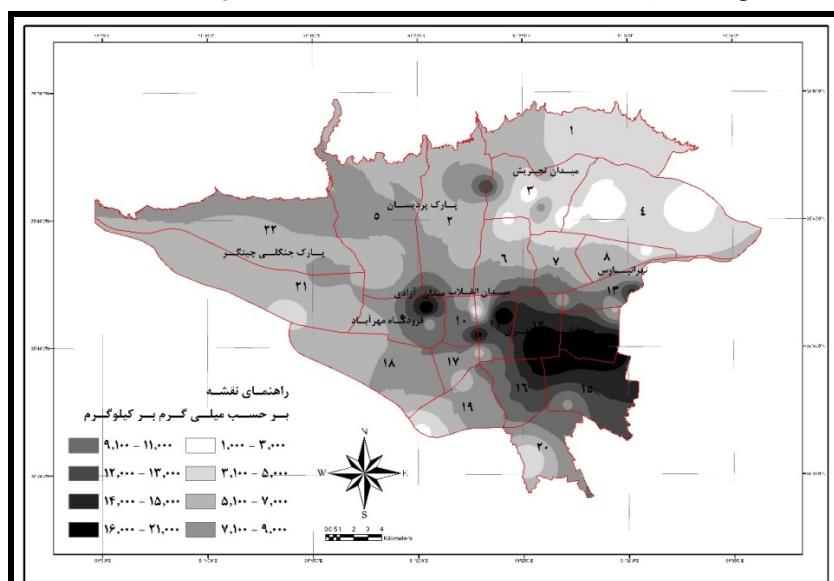


شکل ۵ پهنه بندی غلظت عنصر کبالت

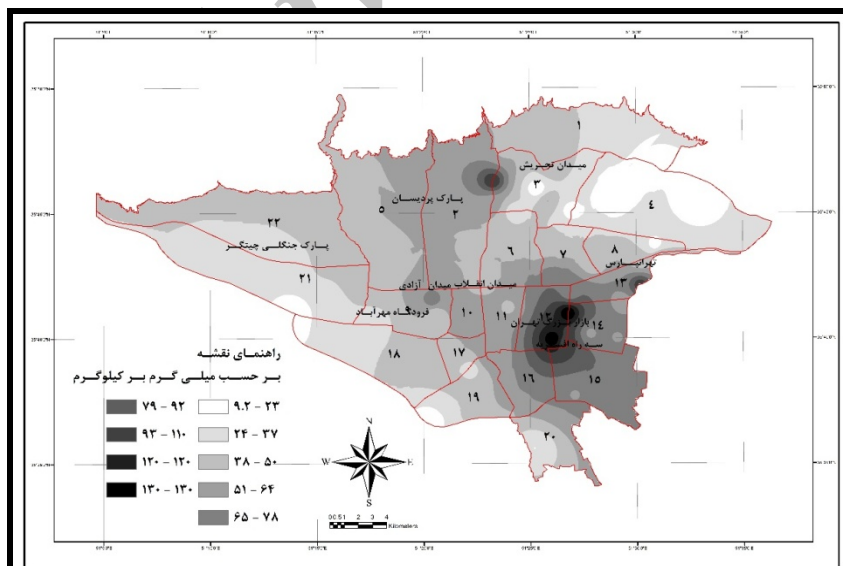
میزان نیاز روزانه بدن به کروم در حدود  $50 \text{ mg/kg}$  است. یکی از راه های آلودگی بدن انسان به کروم، استنشاق غبارهای



آغشته به کروم است که می تواند عوارضی همچون نابودی تدریجی کلیه ها، کبد، معده، و انواع سرطان ریه را موجب شود. حداکثر میزان مشاهده شده از این عنصر برابر  $28/225 \text{ mg/kg}$  بوده که در منطقه ۱۶ مشاهده شده است (شکل ۴). شکل ۵ پهنه بندی غلظت کبالت را نشان می دهد. کبالت عنصری است که موارد مصرف متعددی در صنایع هوایی، تولید سرامیک و شیشه دارد. افزایش جذب این عنصر توسط بدن می تواند موجب عوارضی چون برونشیت، ناراحتی های پوستی و تأثیرات مخرب روی قلب و کبد داشته باشد. حداکثر میزان مشاهده شده از این عنصر برابر  $0/553 \text{ mg/kg}$  بوده که منطقه ۱۱ مشاهده شده است. در شکل های زیر پهنه بندی عناصر آهن و مس به تصویر دیده می شود.



شکل ۶: پهنه بندی غلظت عنصر آهن

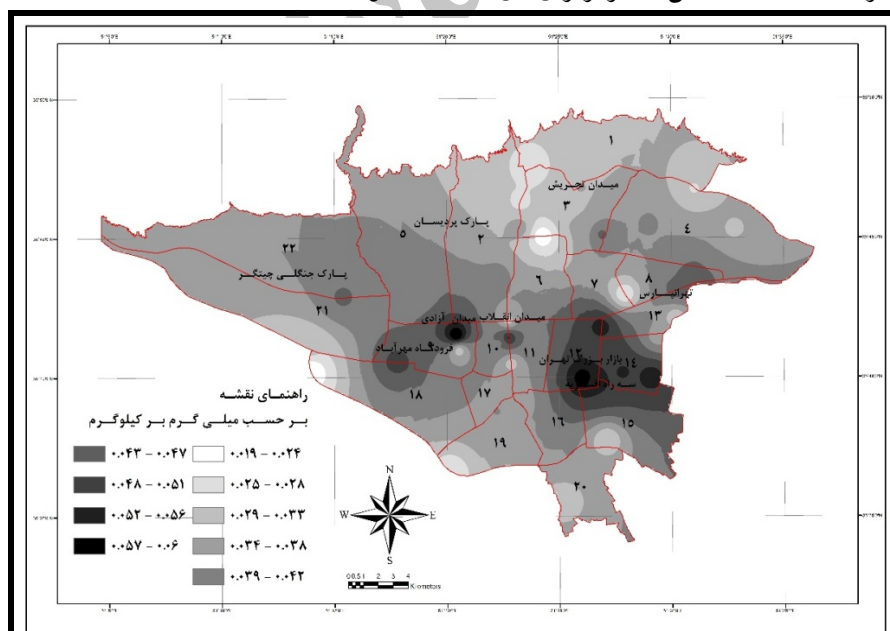


شکل ۷: پهنه بندی غلظت عنصر مس

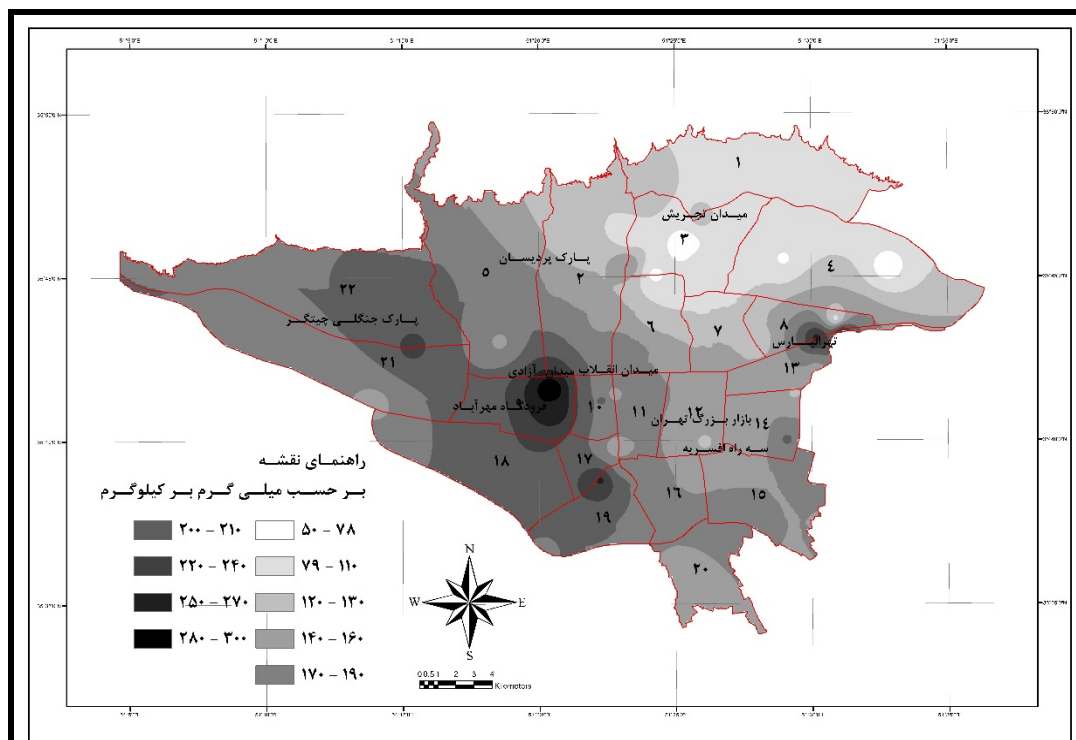
میزان آهن در بدن یک فرد بالغ  $3-5 \text{ mg/kg}$  می باشد. افزایش بیش از حد آهن در بدن، باعث ایجاد رسوباتی می شود که

رگهای خونی را مسدود می‌نماید. علاوه بر این مسمومیت با این عنصر می‌تواند عوارض مهلکی همچون نارسایی‌های کبدی، انقباض ماهیچه‌های معده، سرگیجه و استفراغ و حتی اغما داشته باشد. مقدار طبیعی آهن در برگ گیاهان ۲۰-۳۰۰ و حد کفایت این عنصر ۵۰-۵۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک گیاهی است. حد آستانه آلودگی آهن در گیاهان ۷۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک گیاهی گزارش شده است (عطآبادی و همکاران، ۱۳۸۸: ۸۹). حداکثر میزان از این عنصر برابر  $21286 \text{ mg/kg}$  بوده که در منطقه ۱۴ مشاهده شده و حداقل میزان آن برابر  $73 \text{ mg/kg}$  که در منطقه ۳ بوده است (شکل ۶). غلامی و استکی نیز در سال ۱۳۸۸ عنوان کردند که مقدار آهن در خاک و گیاه در مناطق صنعتی و پر ترافیک بیش از حد استاندارد می‌باشد. شکل ۷ نتایج عنصر مس را نشان می‌دهد. این عنصر در بدن هر فرد بالغ  $100-150 \text{ mg}$  وجود دارد. افزایش مس در بدن می‌تواند موجب افزایش کلسترول خون، انواع سرطان‌ها، اسکیزوفرنی و افسردگی روانی و حتی در حالت مسمومیت موجب مرگ شود. حداکثر میزان مشاهده شده از این عنصر برابر  $13279 \text{ mg/kg}$  بوده که منطقه ۱۲ مشاهده شده است.

شکل ۸ مربوط به پهنه بندی عناصر جیوه می‌باشد. این فلز در صنایعی همچون رنگ سازی، تولید کاغذ و دندان پزشکی کاربرد وسیعی دارد. این عنصر سمی و مضر برای موجودات زنده شناخته شده است. در صورت تنفس  $1-1/5 \text{ mg/m}^3$  روزانه و در طی ۳ تا ۴ ماه عوارضی همچون حملات قلبی، ایست قلبی و افزایش ناگهانی فشار خون بروز پیدا خواهد کرد. حداکثر میزان مشاهده شده از این عنصر برابر  $0/06 \text{ mg/kg}$  بوده که در مناطق ۹ و ۱۲ مشاهده شده است. افزایش بیش از حد منگنز در بدن می‌تواند موجب بیماری آلزایمر و پارکینسون شود. منگنز عمدتاً از طریق دهان و تنفس بخارهای منگنز و نیز غبارهای حاوی ذرات معلق منگنز وارد بدن می‌شود. مشکلات ناشی از آن در واحدهای فرومگنز و کارخانجات فولاد شایع است. حداکثر میزان مشاهده شده از این عنصر برابر  $329/96 \text{ mg/kg}$  بوده که در منطقه ۹ مشاهده شده است (شکل ۹).



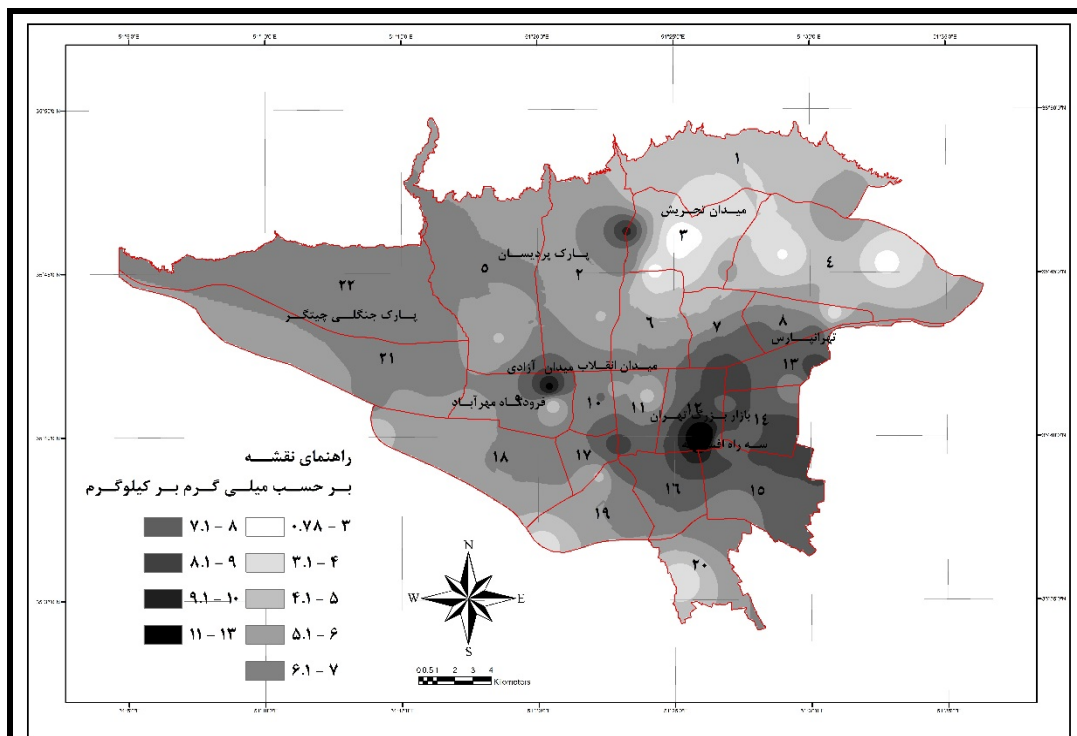
شکل ۸ پهنه‌بندی غلظت عنصر جیوه



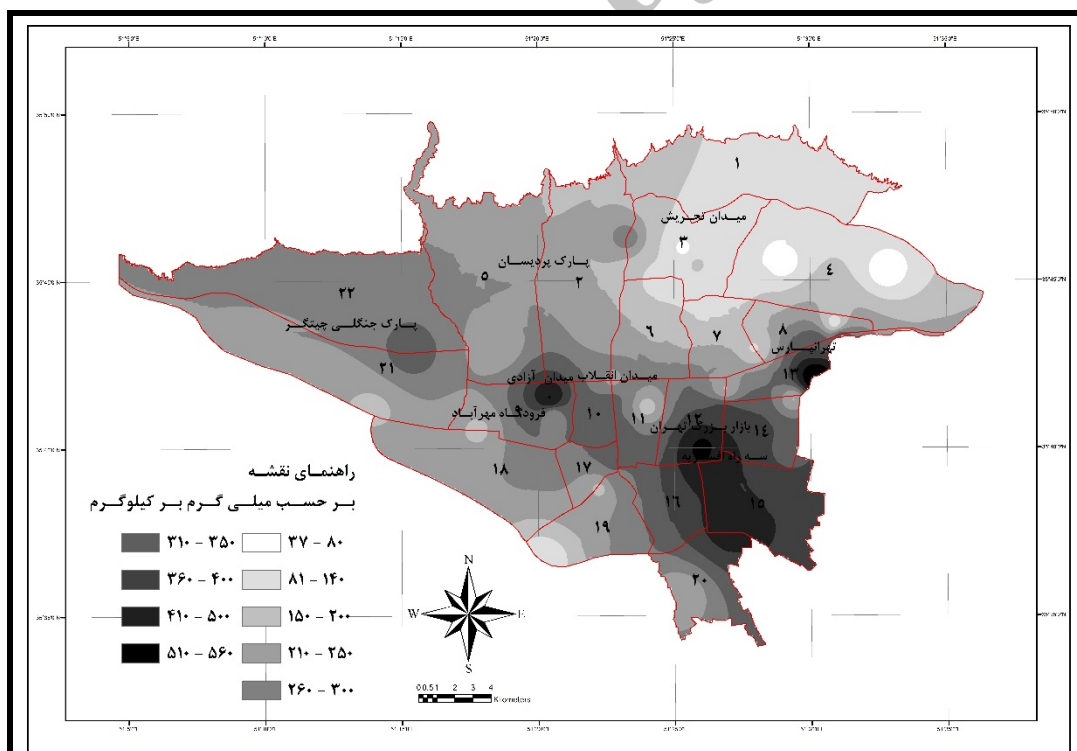
شکل ۹. پهنه بندی غلظت عنصر منگنز

شکل های ۱۰ و ۱۱ مربوط به پهنه بندی عناصر نیکل و روی در مناطق ۲۲ گانه شهر تهران می باشد. یکی از راه های ورود نیکل به داخل بدن استنشاق غبارهای آغشته به نیکل می باشد. این موضوع می تواند موجب ناراحتی های حاد تنفسی، سوزش های شدید در ناحیه نای، هم چنین انواع سرطان های حلق، بینی و ریه شود. حتی تماس با این فلز موجب حساسیت های شدید پوستی، سوزش و خارش را در پی دارد. مقدار طبیعی نیکل در برگ گیاهان ۰/۱ تا ۱، مقدار آلوده کننده این عنصر در گیاهان از ۳ تا ۵۰ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک گیاهی متغیر می باشد (عطاآبادی و همکاران، ۱۳۸۸: ۹۰). حداکثر میزان مشاهده شده از این عنصر برابر  $12/80 \text{ mg/kg}$  بوده که در منطقه ۱۲ مشاهده شده است.

هم چنین در بدن یک فرد با جثه متوسط در حدود  $2/5$  گرم روی وجود دارد. میزان جذب بالاتر از ۱۵۰ میلی گرم در هر روز می تواند عاملی برای کم خونی و حتی در غلظت های بالا می تواند کشنده باشد. بیماری های مربوط به شریان ها و کم اشتها می توانند علائم بروز غلظت های بالای روی در بدن باشند. حداکثر میزان مشاهده شده از این عنصر برابر  $662/55 \text{ mg/kg}$  بوده که در منطقه ۱۳ مشاهده شده است.



شکل ۱۰ پهنه‌بندی غلظت عنصر نیکل



شکل ۱۱ پهنه‌بندی غلظت عنصر روی

جدول ۱ میزان همبستگی میان عناصر مختلف را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، بین عناصر آهن و آلومینیوم، آهن و مس، آهن و روی، آهن و نیکل همبستگی بالاتری نسبت به سایر عناصر دیده می‌شود. این ضرایب همبستگی در واقع نشان می‌دهند که حضور یک عنصر تا چه اندازه می‌تواند مبین حضور دیگر عناصر باشد. بدین صورت که ضریب همبستگی بالاتر نمایانگر ارتباط معنی داری بیشتری در بین دو عنصر می‌باشد؛ یعنی تنها با اندازه گیری یک عنصر می‌توان درصد حضور دیگر عناصر را از روی میزان همبستگی آنها تخمین زد.

جدول ۱ همبستگی بین فلزات سنگین اندازه گیری شده در نمونه‌های برگ گونه توت (*Morus alba*)

	AL	AS	CO	CR	CU	FE	HG	MN	NI	ZN
AL	1									
AS	0/60**	1								
CO	0/4	0/11	1							
CR	0/52**	0/40**	0/36*	1						
CU	0/63**	0/42**	0/7	0/50**	1					
FE	0/72**	0/50**	0/6	0/60**	0/77**	1				
HG	0/47**	0/26	0/10	0/27	0/43**	0/48**	1			
MN	0/61**	0/23	0/9	0/47**	0/70**	0/68**	0/48**	1		
NI	0/59**	0/40**	0/25	0/67**	0/75**	0/72**	0/51**	0/76**	1	
ZN	0/66**	0/50**	0/9	0/58**	0/77**	0/73**	0/42**	0/76**	0/76**	1

\*\* همبستگی معنی داری در سطح ۰/۰۱، \* همبستگی معنی داری در سطح ۰/۰۵

اما نتایج همبستگی حاکی از آن است که در مجموع در بیشتر موارد بین فلزات موجود در نمونه های برگ گونه توت همبستگی های بالایی مشاهده شده است.

## ۵. نتیجه گیری

موضوع آلودگی هوای شهرهای بزرگ یکی از جمله مسائلی است که در نتیجه صنعتی شدن و افزایش جمعیت شهرها در طی دهه های اخیر اهمیت فوق العاده ای یافته است. افزایش روزافزون استفاده از سوخت های فسیلی چون نفت و زغال سنگ و گاز و احتراق آن در موتور وسائط نقلیه موجب آزاد سازی انواع ذرات معلق آلوده کننده هوا شده که خود موجب آثار زیان باری بر سلامت انسان و دیگر موجودات زنده گردیده است. شهر تهران با جمعیتی بیش از ۱۰ میلیون نفر و بیش از ۲ میلیون وسائط نقلیه و همچنین وجود انواع کارخانه ها، صنایع و کارگاه های تولیدی و مصرف بالای انواع سوخت های فسیلی در هر روز یکی از بزرگترین شهرهای آلوده جهان بشمار می رود.

همان‌طور که در نتایج مشاهده شد، بیشترین تمرکز آلودگی به فلزات سنگین در بخش های مرکز، جنوب و جنوب شرقی تهران است، که شامل مناطقی چون ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۴، ۱۵، ۱۶ و ۱۷ می‌باشد. منطقه ۹ به دلیل تردد زیاد خودروهایی که از میدان آزادی به سمت خارج شهر در حرکت هستند و استقرار کارگاه ها و صنایع بسیار در قسمت های

جنوبی آن و نیز وجود فرودگاه بین المللی مهرآباد و چندین مرکز نظامی در آن از آلودگی بالاتری نسبت به دیگر مناطق برخوردار است. منطقه ۱۲ در مرکز تهران واقع شده است. این منطقه به دلیل واقع شدن بازار بزرگ تهران، یکی از پرترددترین مناطق تهران بشمار می آید که هر روزه جمعیت زیادی از سراسر ایران جهت انجام فعالیت های اقتصادی به این منطقه تردد دارند. هم چنین بر اساس نتایج به دست آمده، محدوده بازار بزرگ تهران (منطقه ۱۲) و میدان شوش (حداصل مناطق ۱۲، ۱۵ و ۱۶) و میدان انقلاب از آلودگی های بالایی برخوردار هستند که از این نظر با نتایج تحقیق هالک و بیدهندی در سال ۲۰۰۸ مطابقت کامل دارد.

نتایج این تحقیق حداکثر میزان غلظت عنصر مس را در گونه توت، که گونه ای پهن برگ است، برابر  $123/162 \text{ mg/kg}$  نشان داد، در حالی که کرد و همکاران در سال ۲۰۱۰ عنوان کردند که حد مجاز مس در گیاهان بین  $20-12 \text{ mg/kg}$  می باشد و میانگین اندازه گیری شده از این عنصر در گونه کاج تهران را  $15/43 \text{ mg/kg}$  ذکر کردند. به نظر می رسد که این گونه در مقایسه با گونه سوزنی برگی چون کاج تهران به دلیل دارا بودن سطوح برگی بیشتر، قابلیت بیشتری در جذب این عنصر از خود نشان داده است. هم چنین آنها میزان عنصر نیکل را برابر  $167 \text{ mg/kg}$  اندازه گیری کردند؛ در حالی که در تحقیق حاضر بالاترین میزان بدست آمده برای این عنصر برابر  $12/85 \text{ mg/kg}$  می باشد. این عنصر ناشی از مصرف بنزین های نیکلی در موتور و سائط نقلیه بوده و در اثر سایش و خوردگی جداره این موتورها در هوا پخش می شود.

در مجموع می توان نتیجه گرفت که بیشترین تجمع آلودگی به فلزات سنگین در تهران بیشتر در قسمت های مرکزی، جنوبی و جنوب شرق بوده و عواملی همچون وضعیت توپوگرافی شهر تهران، عوامل اقلیمی مانند باد، افزایش جمعیت و خودروهای مورد استفاده، تمرکز بیشتر صنایع کشور همگی باعث تشدید وضعیت آلودگی در شهر تهران می شوند. هم چنین همان طور که مشاهده شد، بیشتر عناصر ذکر شده در وضعیت شدید آلودگی قرار دارند و غلظت های اندازه گیری در بیشتر موارد بالاتر از حد استاندارد بوده که می تواند تهدیدی جدی برای سلامت ساکنین شهر باشد.

### تشکر و قدردانی

در پایان از از همکاری خانمها ابوالحسنی و جانشکن در سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور که در راستای این تحقیق زحمات زیادی را متحمل شدند، سپاسگزاریم.

### فهرست منابع و مآخذ

حاج علیلو، بهزاد، وثوق، بهرام، ۱۳۸۸. زمین شناسی پزشکی. انتشارات دانشگاه پیام نور. ۲۵۵.  
صفوی، سید یحیی، علیجانی، بهلول، ۱۳۸۵. بررسی عوامل جغرافیایی در آلودگی هوای تهران. پژوهش های جغرافیایی، شماره ۵۸، ۹۹-۱۱۱.

عطاءآبادی، میترا، هودجی، مهران، نجفی، پیام، ۱۳۸۸. زیست ردیابی فلزات سنگین به وسیله گیاهان رویش یافته در منطقه صنعتی فولاد مبارکه اصفهان. فصلنامه محیط شناسی، سال سی و پنجم، شماره ۵۲، ۸۳-۹۲.

غلامی، علی، استکی، خسرو، ۱۳۸۸. زیست ردیابی آلودگی خاک و هوای کرج، فصلنامه جغرافیایی چشم انداز زاگرس، سال اول، شماره ۲، ۷۹-۸۸.

قسامی، طاهره، بیدختی، علی اکبر، صداقت کردار، عبدالله، صحرائیان، فاطمه، ۱۳۸۹. بررسی تغییرات قائم دمای پتانسیل در چند دوره بحرانی آلودگی هوای تهران. علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره یازدهم، شماره سه ۲۳-۱۳.

نظریان، اصغر، ضیائیان فیروزآبادی، پرویز، جنگی، علی اکبر، ۱۳۸۶. بررسی نقش مکان و مورفولوژی در کیفیت هوای شهر تهران با استفاده از GIS و داده های ماهواره ای (RS). پژوهش های جغرافیایی، شماره ۶۱، ۳۰-۱۷ص.

- Al-Shayeb, S. M., Al-Rajhi, M. A., Seaward, M. R. D., 1995. The date palm (*Phoenix dactylifera*L.) as a biomonitor of lead and other elements in arid environments. *Total Environment* 168 (1), 1-10.
- Ataabadi, M., Houdaji, M., Najafi, P., 2009. *Journal of Environmental Studies* 35, No 52, 83-92.
- Bertaud, Alian., 2003. Tehran spatial structure: Constraints and Opportunities for Future Development. Ministry of Housing and Urban Development Islamic Republic of Iran. 41.
- Bidhendi, G.R., Halek, F., 2007. Aerosol Size Segregated of Tehran's Atmosphere in Iran. *International Journal of Environment Research* 1 (1), 58-65
- Duran, A. C., Gonzalez, A., 2009. Determination of lead, naphthalene, phenanthrene, anthracene and pyrene in street dust. *International Journal of Environmental Science and Technology* 6 (4), 663-670.
- Ghesami, T., Bidokhti, A., SedaghatKerdar, A., Sahraian, F., 2010. Effect of vertical changes in potential temperature at several critical periods of Tehran air pollution. *Iranian J. Natural Research*, Vol. 11, No 3, 13-23.
- Gholami, A., Estaki, Kh., 2009. Biomonitorin of air and soil pollution in Karaj. *Journal of Geographical landscape of Zagros*, 2., pp. 79- 88.
- Goodman, G. T., Roberts, T. M., 1971. Plants and soils as indicators of metals in the air. *Nature* 231 (5301), 287- 292.
- Grodzinka, K., 1982. Monitoring of air pollutants by mosses and tree bark. In: Stuebing, L.; Jäger, H. J., (Eds). *Monitoring of air pollutants by plants*. The Hague, 33-42
- Haj rasouliha, Sh., Amini, H., Houdaji, M., Najafi, P., 2006. Biomonitoring of air and soil pollution in Esfahan, research in agricultural science, Vol 2, No 2, 39-54.
- Hajjaliloo, B., Vosough, B., *Medicine geology* 2009. 255.
- Halek, F., Kavouci, A., Montehaie, H., 2004. Role of motor-vehicles and trend of air borne particulate in the Great Tehran area, Iran. *Int J Environ Health Res*. 14, 307 – 313.
- Kermani, M., Naddafi, K., Shariat, M., Mesbah, AS., 2003. Chemical Composition of TSP and PM10 and their Relations with Meteorological Parameters in the Ambient Air of Shariati Hospital District. *Iranian J Publ Health*, 32, (4), 68-72.
- Kord, B., Mataji, A., Babaie, S., 2010. Pine (*Pinus Eldarica* Medw.) needles as indicator for

- heavy metals pollution. *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 7 (1), pp. 79-84.
- Korori, S. A. A., Valipour, K. H., Shabestani, S., Shirvany, A., Matinizadeh, M., 2010. A 25-year Monitoring of the Air Pollution Depicted by Plane Tree Species in Tehran. *World Academy of Science, Engineering and Technology* 69, 186-189.
- Laing, Gijs Du., Tack, Filip M.G., Verloo, Marc G., 2003. Performance of selected destruction methods for the determination of heavy metals in reed plants (*Phragmites australis*). *Analytica Chimica Acta* 497, 191-198.
- Lu, S.G., Zheng, Y.W., Bai, S.Q., (2008). A HRTEM/EDX approach to identification of the source of dust particles on urban tree leaves. *Atmospheric Environment* 42, 6431-6441
- Mahmoudi, Z., Khademi, H., 2013. Using magnetic susceptibility to forecasting heavy metal pollution in atmospheric dust at Esfahan and environment cities. *Journal of Environmental Studies*, Vol 39, 2, 122-137.
- Nazarian, A., Ziaei Firoozabadi, P., Jangi, A., 2006. Effect of position and morphology in air quality of Tehran using GIS and satellite data (RS), *Geographical researches* 61, 17-30.
- Perkins H.C., 1974. *Air pollution*. 14pp.
- Safavi, Seyedyahya, Alijani, Bohlool, 2006. effect of geographical parameters on air pollution of Tehran. *Geographical Research* 58, 99-111.
- Safdari, V.R., Parsapajouh, D., Hemmasi, A.H., Braeuning, A., 2006. A Dendrochronological Evaluation of the Effects of Air Pollution on Radial Growth of Ash Tree (*Fraxinus excelsior*) in Tehran. *Iranian Journal of Natural Resources*, Vol. 58, No. 4, 48-64.
- Shou, Y.H., Xuemei, D., Mingjie, SH., Blaha, U., Roesler, W., Haitao, Y., Appel, E., Hoffmann, V., 2008. Magnetic response to atmospheric heavy metal pollution recorded by dust-loaded leaves in Shougang industrial area, western Beijing. *Chinese Science Bulletin*, 53, 1555-1564
- Viard, B., Pihan, F., Promeyrat, S., Pihan, J. C., (2004). Integrated assessment of heavy metal (Pb, Zn, Cd) highway pollution: bioaccumulation in soil, *Graminaceae* and land snails. *Chemosphere*, 55 (10), 1349-1359
- Yagdi, K., Kacar, O., Azkan, N., 2000. Heavy metal contamination in soils and its effects in agriculture. *Journal of Agriculture* 15 (2), 109-115.