جغرافیا و مخاطرات محیطی، شمارهٔهفتم، پاییز۱۳۹۲

صص ۸۴-۶۹

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

مریم ملاشاهی[۱]- 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

دکترسید 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: ۱۳۹۲/۳/۲۵ تاریخ تصویب: ۱۳۹۲/۹/۵

چکیده

تهران از جمله آلوده‌ترین پایتخت ها 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 آلوده ترین 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 اندازه گیری قرار گرفت. برای این‌کار 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 جمع آوری 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 آماده سازی نمونه‌ها (شامل خشک کردن، پودر کردن و هضم کردن) با استفاده از دستگاه ICP اقدام به اندازه گیری میزان غلظت فلزات سنگین مورد نظرگردید. 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. هم چنین در بین عناصر مختلف، آلومنیوم 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، گونهٔ توت، تهران.

۱ نویسندهٔ مسئول: ۰۹۱۱۲۷۱۷۳۵۵ Email:maryam.mollashahi@gmail.com

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، فرآورده های 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، ۱۳۸٦: ۱۸). این شهر با مشکلاتی همچون جمعیت زیاد و ترافیک بالاروبرو بوده و هم چنین صنعتی‌ترین شهر ایران محسوب می‌شود. صنایع زیادی هم چون نیروگاه-های تولید نیرو، پالایشگاه‌ها، کوره ها، کارخانه‌های شیمیایی استخراج و ذوب فلزات در آن مستقر هستند(کرمانی و همکاران، ۲۰۰۳: ٦۸). رشد انفجاری جمعیت و اتومبیل در تهران و عوامل طبیعی نظیر کوه‌های اطراف شهر، باعث شده است تا این شهر به عنوان یکی از آلوده ترین شهرهای جهان مطرح شود (پرکینز، ۱۹۷٤: 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 بی رویه 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 حدود۱۳۰۰متر و درمیدان راه آهن ۱۱۰۰ متربالاترمی‌باشد که موجب احتراق ناقص سوخت شده و مسئله آلودگی را حادتر 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 آلاینده ها 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 ۱۳۸٦ علت آلودگی هوای تهران را در قسمت‌های مرکزی مواردی چون تعداد سفرهای شهری به علت توزیع نامناسب فعالیت ها و قرارگیری بیش از ۵۰

درصد واحدهای صنعتی تهران در مناطقی چون ٦، ۷، ۱۱، ۱۲ و ۱٦ و تراکم زیاد جمعیتی و کمبود فضای سبز شهری عنوان کردند. از نظر پراکندگی صنایع در سطح استان‌های کشور، حدود ٤۰٪ از این صنایع در استان تهران واقع شده اند. بیش از ۷۰۰۰ واحد صنعتی در تهران وجود دارد که ۳۰ در صد آن در غرب، ٥٤ در جنوب و ۱٦ درصد آن در شرق تهران تاسیس شده اند(صفوی و علیجانی، ۱۳۸٥ :۱۰۸). از آنجایی که مراکز صنعتی و کارخانجات بزرگ شهر در غرب تهران مستقرند، جریان‌های غربی آلاینده‌ها را از غرب به مرکز شهرمنتقل می‌کند.

عمده آلاینده‌های تهران عبارتند از: منواکسید کربن(CO)، اکسید سولفور(SO_2)، اکسیدهای نیتروژن (NO_x)، و ذرات معلق (حاوی انواع فلزات سنگین)که ۸۰ درصد آن توسط سوخت اتومبیل و مابقی توسط کارخانه‌ها و وسایل گرم کننده منازل ایجاد می‌شود. آلاینده‌ها به نوبه خود مختل کننده 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 شده اند(غلامی و استکی، ۱۳۸۸ : ۸۰، محمودی و خادمی، ۱۳۹۲: ۱۲٤، صفدری و همکاران، ۱۳۸٤: ٤۹).

مطالعاتی در زمینه یافتن روشی مناسب برای جمع آوری 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. هم چنین برگ‌ها می‌توانند ذراتی با قطر کمتر از ۱۰ میکرون را جذب نموده، و سپس به لایه اپیدرمی نفوذ داده و در مرحله بعد به ریشه ها انتقال بدهند. علاوه بر این درختان دارای پراکنش بالایی بوده و دسترسی به برگ‌های آنها راحت می‌باشد؛ از این رو نمونه گیری از برگ‌ها برای اینکار مناسب به نظر می‌رسد؛ زیرا قادرند نقشه هایی با دقت بالا در زمینه آلودگی هوا ایجاد کنند (شویان و همکاران، ۲۰۰۸: ۱٥٦۱). 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 برگی 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: ۱۸٦). 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 (گرودزینکا، ۱۹۸۲: ۳٤). ثابت شده است که آلودگی‌های ترافیکی شامل انواع مواد سمی و مضر برای سلامتی از قبیل سرب، روی و کادمیوم می‌باشد (ویارد و همکاران، ۲۰۰٤: ۱۳۵۱، دوران و گنزالز، ۲۰۰۹: ٦٦٤). زیست‌ردیابی 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 زیست‌ردیابی 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 وبرگن و به عنوان شاخص زیستی مناسب فلزات سنگین هوازاد درنواحی 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 35 درجه و 35دقیقه تا 35 درجه و 48 دقیقه عرض شمالی و 51 درجه و 17دقیقه تا 51 درجه و 33 دقیقه طول شرقی در کوهپایه‌های جنوبی رشته کوه‌های البرز گسترده شده است. مساحت شهر تهران حدود 800 کیلومتر مربع می‌باشد. ارتفاع شهر در جنوب در فرودگاه مهرآباد 1200متر و در شمال به 2000 متر می‌رسد. شهر تهران بر اساس تقسیمات شهرداری تهران دارای22 منطقه است که در این تحقیق تمامی گستره شهر تهران به تفکیک مناطق بیست و دوگانه مورد بررسی قرار گرفته-اند. شهر تهران بر اساس منابع مختلف در روزها معادل ۱۲ میلیون و در شبها حدود ۸ میلیون نفر را پذیرا می باشد. این جمعیت زیاد فقط از طریق فعالیت بیولوژیکی خود سالانه میلیون ها کیلو کالری انرژی بر گرمای شهر می افزایند.

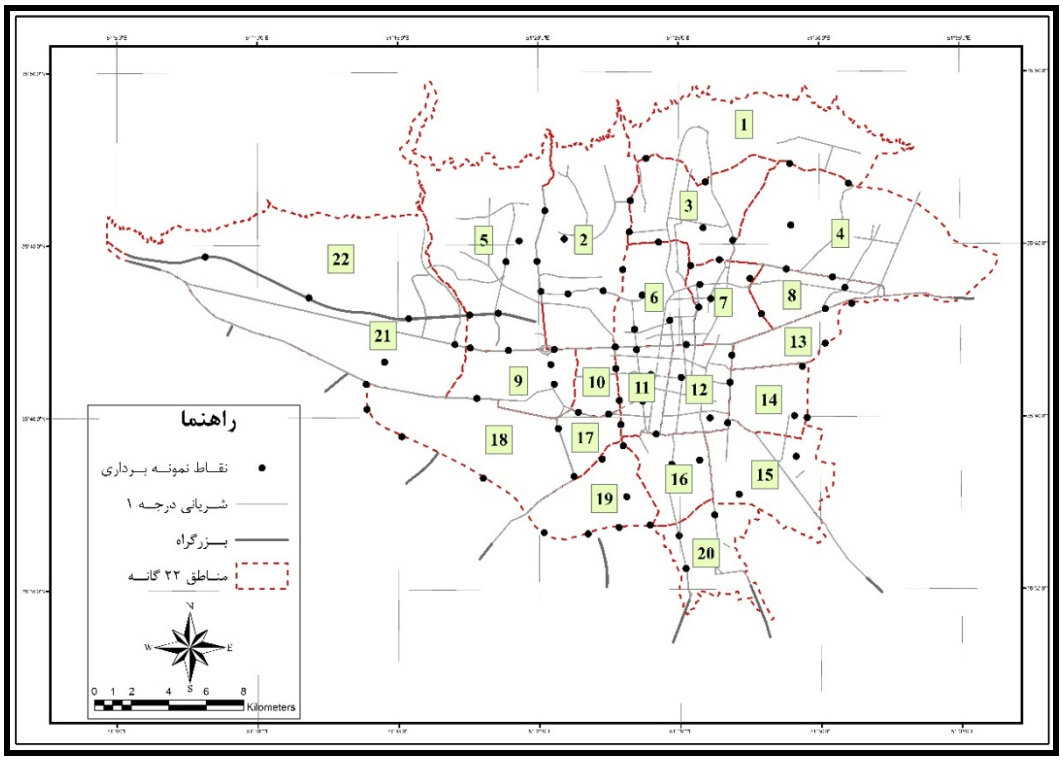
در حال حاضر حدود ۳ میلیون خودرو در خیابان‌های شهر رفت و آمد می کنند. اگر چه شمار خودروهای تهران در مقایسه با شهر های دیگر چندان زیاد نیست، ولی به جهت نارسایی هایی مانند فرسوده

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

۳. مواد و روش‌ها

بـه منظـور بررسـی میـزان آلـودگی فلـزات (As, Al, Cr, Co, Fe, Cu, Hg, Mn, Ni, Zn)در منـاطق مختلف شهر تهران، نمونه‌گیری از برگ‌های گونه درختی تـوت و در منـاطق ۲۲ گانـه شـهر تهـران صـورت گرفت. از آن جا که بیشترین میزان ذرات معلق آلوده کننده هـوا در تهـران در فصـل پـاییز می‌باشـد(هالـک و همکاران، ۲۰۰٤: ۲۱۰) نمونه گیری در مهرماه سال ۱۳۸۸ انجام گرفت. در ابتدا با استفاده از نقشـه‌هـای گرفتـه شده از سازمان کنترل کیفیت هوای شهر تهران مناطق با آلودگی‌های کم متوسط زیاد مشخص شده و سـپس با توجه به پراکنش آلودگی هوا تعداد نقاط نمونه برداری مشخص گردید. بـرای انجـام ایـن کـار تعـداد ۱۰۰ نقطه نمونه گیری به طوری که گونه درختی مورد مطالعه در آن وجود داشته باشد، انتخاب شد. در ابتدا پـس از بررسی منطقه و شناسایی گونه‌ها، از میان گونه‌های موجود در حاشیه خیابان‌ها و بزرگراه‌های شهر تهـران، گونه توت که تقریبا در تمامی سطح شهر پراکنش دارند، انتخاب گردید. سپس اقدام به تهیه نمونه‌های برگـی از گونه ذکر شده از حاشیه خیابان‌ها و بزرگراه‌ها و هم چنین پارک‌های جنگلی شد. نمونه گیری در روزهـای آفتابی که بعد از یک هفته مداوم بدون بارندگی باشند، انجام شد. برگ‌ها از ارتفاع ۱/۵ تـا ۲ متـری از سـطح زمین، از قسمت بیرونی تاج پوشش و آنهایی که رو به سمت جاده دارند، جمع آوری گردید (لـو و همکـارن، ۲۰۰۸: ٦٤۳۳). جهت اطمینان از هم سن بودن برگ‌ها، برگ‌هایی با طول ۱۵-۱۰ سانتی متر جمـع آوری شـد. در هر نقطه نمونه‌گیری ابتدا با استفاده از GPS، مختصات جغرافیایی نقطه مورد نظر ثبت شده و سپس اقـدام به نمونه‌گیری گردید. سپس برگ‌ها با حداقل دست زدن به سطح آنها در داخل محافظ پلاسـتیکی قـرار داده شدند. در مرحله بعد برگ‌ها در هوای آزاد و در یک محیط مسقف پهن شـده و در طـی یـک هفتـه خشـک شدند. جهت آماده سازی نمونه برای انجام آنالیز شیمیایی در ابتدا حدود ۱ گـرم از هـر نمونـه خشـک شـده توسط ترازوی دیجیتالی وزن شده و داخل ظروف ارلن مایر ریخته شد. سپس cc ۱۰ اسید نیتریک غلـیظ بـه آن اضافه شده و روی دستگاه هضم کننده (Hot block digester) قرار داده شد، و در دمای پـایین$^{\circ}C$۱۳۰ به مدت ۱ ساعت قرار داده و سپس cc ٤۰ آب اکسیژنه به آن اضافه شد. سپس نمونه ها با کاغذ فیلتر S & S در بالن ژوژه هایی با حجم cc ۵۰ فیلتر شده و محلول صاف شده با استفاده از آب دیونیزه به حجم cc ۵۰ رسانده شده و در ظروف پلاستیکی ریخته شدند(لاینگ و همکاران، ۲۰۰۳: ۱۹۳). سپس میـزان عناصـر بـا استفاده از دستگاه ICP موجود در آزمایشگاه ژئوشیمی سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور مـورد اندازه گیری قرار گرفت و نتایج نهایی به صورت نقشه و جهت بدست آوردن نقشه های نهایی از نـرم افـزار

Arc GIS استفاده شد. بدین صورت که با استفاده مختصات جغرافیایی نقاط کـه بـا GPS تعیـین گردیـد و اطلاعات بدست آمده از ۱۰۰ نقطه نمونه برداری و نیز روش درون یابی IDW[1] پراکنش آلودگی به فلزات بـه صورت پهنه ای نشان داده شد. در شکل ۱ موقعیت نقاط نمونه برداری نشان داده شده است.

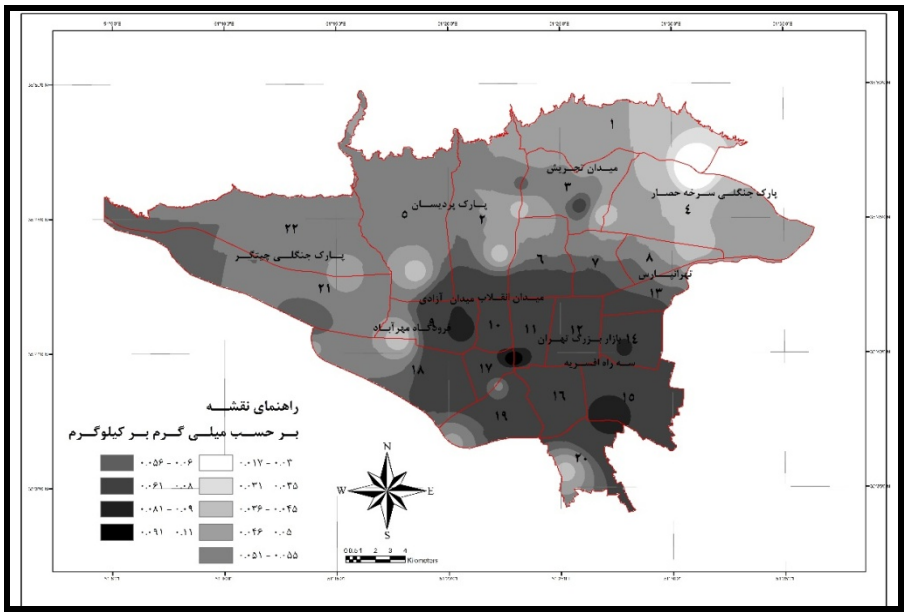


شکل ۱ پراکنش نقاط نمونه برداری شده در سطح شهر تهران

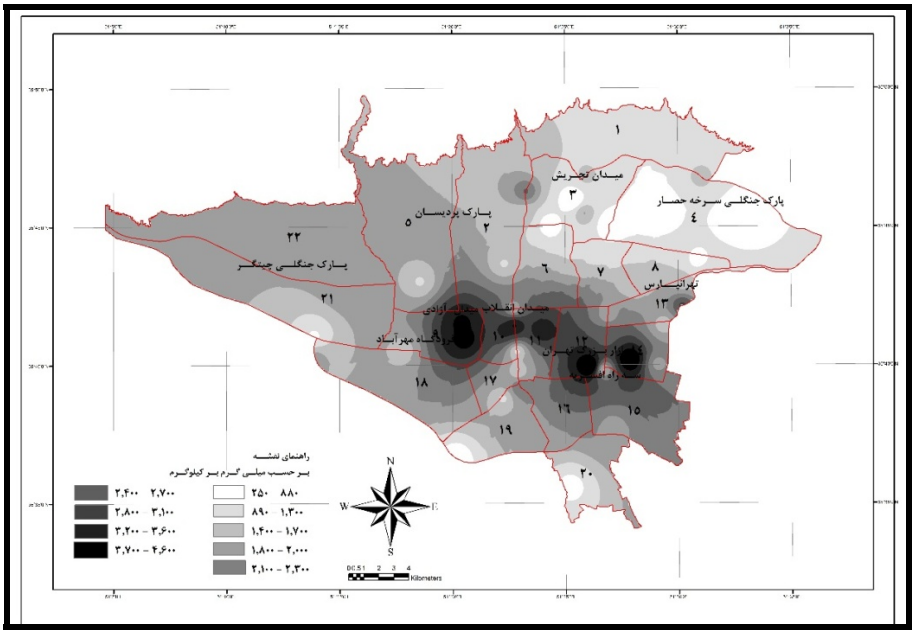
۴. بحث و نتایج

فلزات سنگین، سمی هستند، زیرا در غلظت‌های بالا می‌توانند در بعضی عوامل حیاتی بدن اخـتلال ایجـاد کننـد. فلزات از راه‌های مختلفی مثل استنشاق، غذا، آب و پوست وارد بدن انسان می‌شوند. بروز مسمومیت فلـزی از عهـد 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 منـاطق ۲۲ گانـه شـهر تهران نشان داده شده است.

1 Inverse Distance Weighted



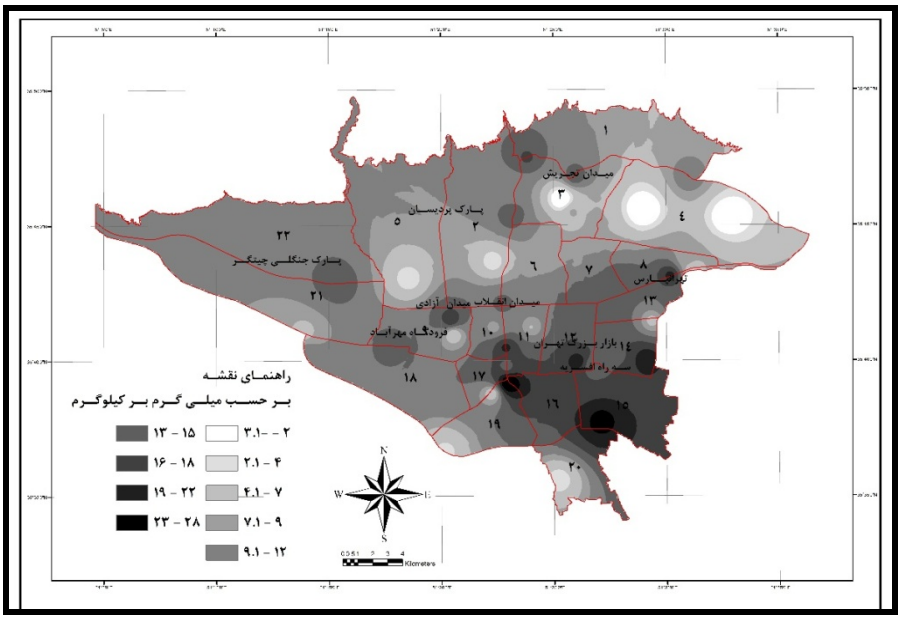
شکل۲ پهنه بندی غلظت عنصر آرسنیک



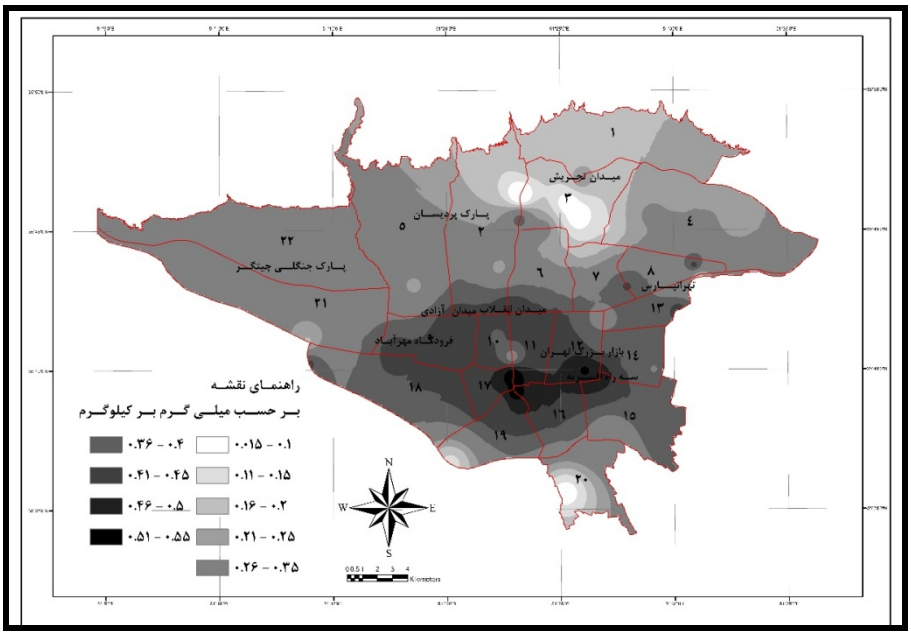
شکل۳ پهنه‌بندی غلظت عنصر آلومنیوم

در شکل ۲پهنه بندی عنصر آرسنیک دیده می‌شود. این عنصر به شدت سمی بوده و جذب تنفسی این عنصر موجب بروز سرطان های تنفسی از قبیل نای و ریه می‌شود. گفته شده که میزان آن در مناطق شهری در حد بین ۳-۲۰۰ng/g دیده شده است. نتایج نشان دادند که کمترین میزان این عنصر در منطقه ٤ و برابر۱۰ng/g و بیشترین میزان آن در منطقه ۱۱ و برابر۱۱۰ng/g بوده است. شکل ۳میزان غلظت عنصر آلومنیوم را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، بیشترین غلظت این عنصر در مناطق ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲ و ١٤ است. آلومنیوم 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 کـاربرد دارد. از نظـر پزشـکی افزایش آلومنیوم در بدن می‌تواند عوارضی همچون فراموشی، پارکینسون (اختلالات حرکتی)، کم خونی، نقص در کارایی ماهیچه های قلبی ودر صورت مسمومیت با این فلز اختلال در کار کلیه ها و غیره را موجب شود. حداکثر میزان مشـاهده از این عنصر برابر ٤٥٧٢ mg/kg که در منطقه ۱۲ مشاهده شده است (حاج علیلو و وثوق، ۱۳۸۸ : ٦٤).



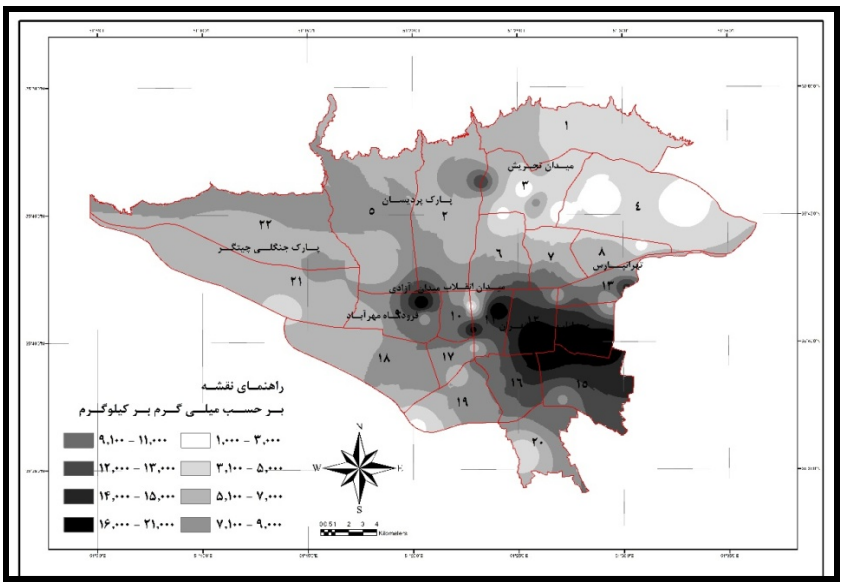
شکل۴ پهنه‌بندی غلظت عنصر کروم



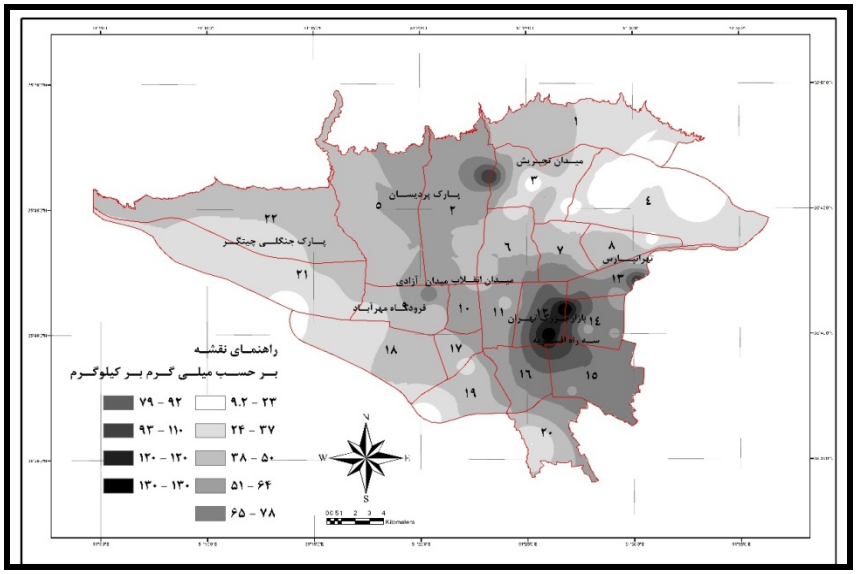
شکل۵ پهنه‌بندی غلظت عنصر کبالت

میزان نیاز روزانه بدن به کروم در حدود mg/kg ۵۰ است. یکی از راه‌های آلودگی بدن انسان به کروم، استنشاق غبارهـای

آغشته به کروم است که می‌تواند عوارضی همچون نابودی تدریجی کلیه ها، کبد، معده، و انواع سرطان ریه را موجب شود. حداکثر میزان مشاهده شده از این عنصر برابر ۲۸/۲۲۵ mg/kg بوده که در منطقه ۱۶ مشاهده شده است(شکل ٤). شکل ۵پهنه بندی غلظت کبالت را نشان می‌دهد. کبالت عنصری است که موارد مصرف متعددی در صنایع هوایی، تولید سرامیک و شیشه دارد. افزایش جذب این عنصر توسط بدن می‌تواند موجب عوارضی چون برونشیت، ناراحتی‌های پوستی و تاثیرات مخرب روی قلب و کبد داشته باشد. حداکثر میزان مشاهده شده از این عنصر برابر mg/kg ۰/۵۵۳ بوده که منطقه ۱۱ مشاهده شده است. در شکل‌های زیر پهنه بندی عناصر آهن و مس به تصویر دیده می شود.



شکل۶ پهنه‌بندی غلظت عنصر آهن

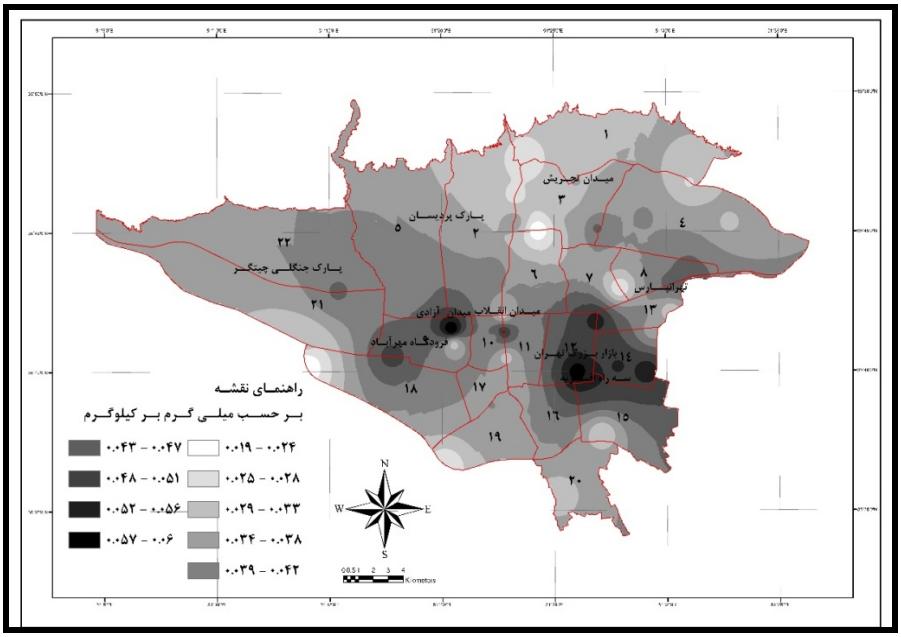


شکل۷: پهنه‌بندی غلظت عنصر مس

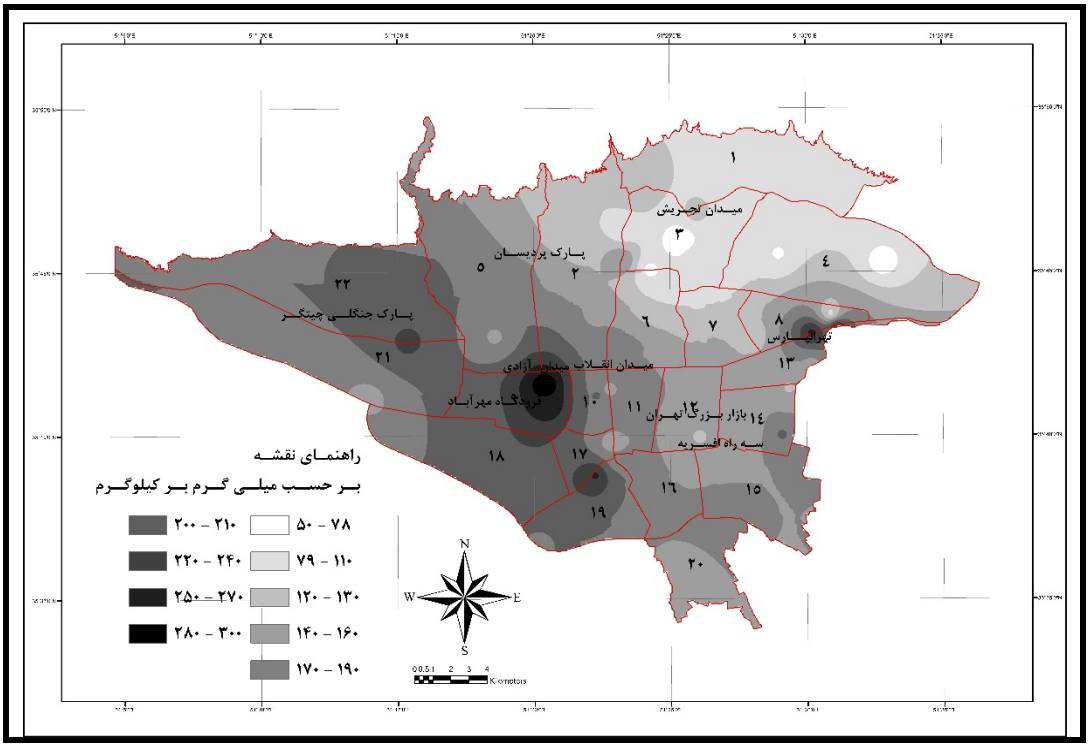
میزان آهن در بدن یک فرد بالغ mg/kg ۵-۳ می‌باشد. افزایش بیش از حد آهن در بدن، باعث ایجاد رسوباتی می‌شود که

رگ‌های خونی را مسدود می‌نماید. علاوه بر این مسمومیت با این عنصر می‌تواند عوارض مهلکی همچون نارسایی‌های کبدی، انقباض ماهیچه های معده، سرگیجه و استفراغ و حتی اغما داشته باشد. مقدار طبیعی آهن در برگ گیاهان ۲۰–۳۰۰ و حد کفایت این عنصر ۵۰–۵۰۰ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک گیاهی است. حد آستانه آلودگی آهن در گیاهان ۷۵۰ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک گیاهی گزارش شده است (عطاآبادی و همکاران، ۱۳۸۸ :۸۹). حداکثر میزان از این عنصر برابر ۲۱۲۸٦mg/kg بوده که در منطقه ١٤ مشاهده شده و حداقل میزان آن برابر ۷۷۳ mg/kg که در منطقه ۳ بوده است(شکل ٦). 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 ۱۵۰ mg–۱۰۰ وجود دارد. افزایش مس در بدن می‌تواند موجب افزایش کلسترول خون، انواع سرطان ها، اسکیزفرنی و افسردگی روانی و حتی در حالت مسمومیت موجب مرگ شود. حداکثر میزان مشاهده شده از این عنصر برابر ۱۳۲/۷۹ 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 ودندان پزشکی کاربرد وسیعی دارد. این عنصر سمی و مضر برای موجودات زنده شناخته شده است. در صورت تنفس ۱–۱/۵ mg/m3 روزانه و در طی ۳ تا ٤ ماه عوارضی همچون حملات قلبی، ایست قلبی و افزایش ناگهانی فشار خون بروز پیدا خواهد کرد. حداکثر میزان مشاهده شده از این عنصر برابر ۰/۰٦ 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 عمدتا از طریق دهان و تنفس بخارهای منگنز و نیز غبارهای حاوی ذرات معلق منگنز وارد بدن می‌شود. مشکلات ناشی از آن در واحدهای فرومنگنز و کارخانجات فولاد شایع است. حداکثر میزان مشاهده شده از این عنصر برابر ۳۲۹/۹٦ mg/kg بوده که در منطقه ۹ مشاهده شده است(شکل ۹).



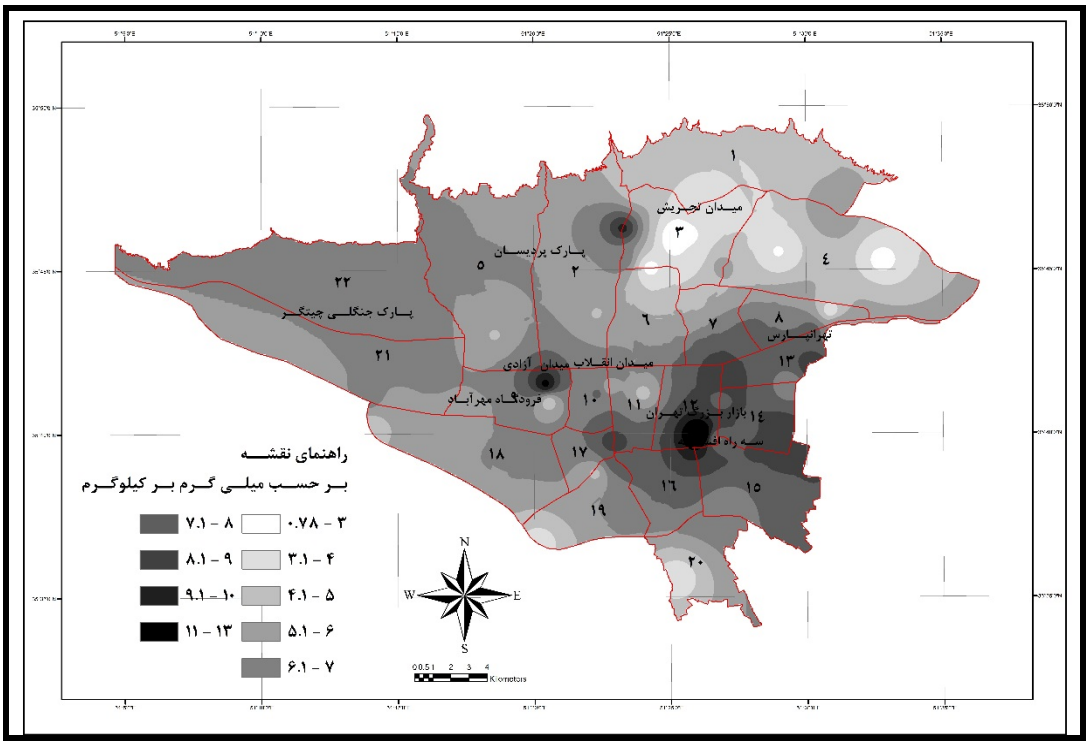
شکل۸ پهنه‌بندی غلظت عنصر جیوه



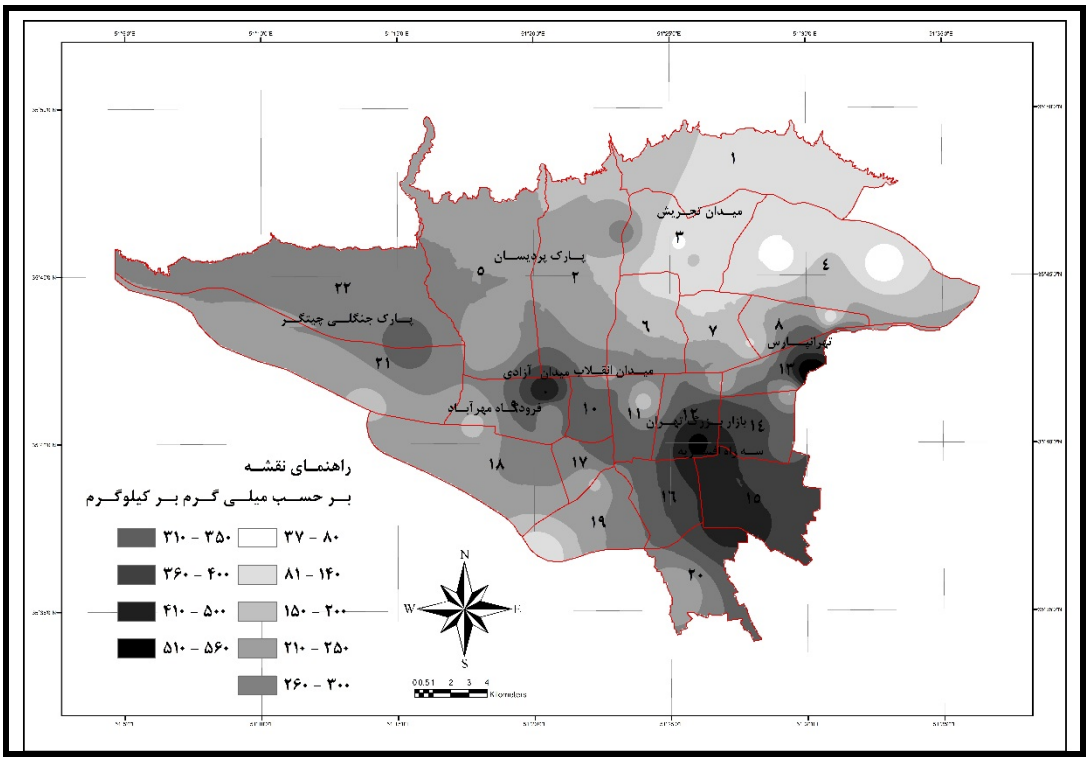
شکل۹ پهنه‌بندی غلظت عنصر منگنز

شکل‌های ۱۰و ۱۱مربوط به پهنه بندی عناصر نیکل و روی در مناطق ۲۲ گانه شهر تهران می‌باشد. یکی از راه‌های ورود نیکل به داخل بدن استنشاق غبارهای آغشته به نیکل می‌باشد. این موضوع می‌تواند موجب ناراحتی‌های حاد تنفسی، سوزش‌های شدید در ناحیه نای، هم چنین انواع سرطان های حلق، بینی و ریه شود. حتی تماس با این فلز موجب حساسیت‌های 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 می‌باشد(عطاآبادی و همکاران، ۱۳۸۸: ۹۰). حداکثر میزان مشاهده شده از این عنصر برابر ۱۲/۸۵mg/kg بوده که در منطقه ۱۲ مشاهده شده است.

هم چنین در بدن یک فرد با جثه متوسط در حدود ۲/۵ گرم روی وجود دارد. میزان جذب بالاتر از ۱۵۰ میلی گرم در هر روز می‌تواند عاملی برای کم خونی و حتی در غلظت‌های بالا می‌تواند کشنده باشد. بیماری-های مربوط به شریان‌ها و کم اشتهایی می‌توانند علائم بروز غلظت‌های بالای روی در بدن باشند. حداکثر میزان مشاهده شده از این عنصر برابر ٦٦٢/٥٥ 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 عناصرمختلف را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، بین عناصرآهن و آلومنیوم، آهن ومس، آهن وروی، آ هن ونیکل 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 همبستگی‌های بالایی مشاهده شده است.

۵. نتیجه‌گیری

موضوع آلودگی هوای شهرهای بزرگ یکی از جمله مسائلی است که در نتیجه صنعتی شدن و افزایش جمعیت شهرها در طی دهه‌های 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 کارگاه‌های تولیدی و مصرف بالای انواع سوخت های فسیلی در هر روز یکی از بزرگ‌ترین شهرهای آلوده جهان بشمار می‌رود.

همان‌طور که در نتایج مشاهده شد، بیشترین تمرکز آلودگی به فلزات سنگین در بخش‌های مرکز، جنوب و جنوب شرقی تهران است، که شامل مناطقی چون ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱٤، ۱۵، ۱٦ و ۱۷ می‌باشد. منطقه ۹ به دلیل تردد زیاد خودروهایی که ازمیدان آزادی به سمت خارج شهر در حرکت هستند و استقرار کارگاه‌ها و صنایع بسیار در قسمت‌های

جنوبی آن و نیز وجود فرودگاه بین المللی مهرآباد و چندین مرکز نظامی در آن از آلودگی بالاتری نسبت بـه دیگـر منـاطق برخوردار است. منطقه ۱۲ در مرکز تهران واقع شده است. این منطقه به دلیل واقع شدن بازار بزرگ تهران، یکی از پرتـردد ترین مناطق تهران بشمار می‌آید که هر روزه جمعیت زیادی از سراسر ایران جهت انجام فعالیت هـای اقتصـادی بـه ایـن منطقه تردد دارند. هم چنین بر اساس نتایج به دست آمـده، محـدوده بـازار بـزرگ تهـران (منطقـه ۱۲) و میـدان شـوش (حدفاصل مناطق ۱۲، ۱۵ و ١٦) و میدان انقلاب از آلودگی های بالایی برخوردار هستندکه از این نظر با نتایج تحقیق هالک و بیدهندی در سال ۲۰۰۸ مطابقت کامل دارد.

نتایج این تحقیـق حـداکثر میـزان غلظـت عنصـر مـس را در گونـه تـوت، کـه گونـه ای پهـن بـرگ اسـت، برابـر ۱۲۳/۱٦۲mg/kg نشان داد، در حالی که کرد و همکاران در سال ۲۰۱۰ عنوان کردند که حد مجاز مس در گیاهـان بـین ۱۲-۲۰ mg/kg می‌باشد و میانگین اندازه گیری شده از این عنصر در گونه کاج تهران را mg/kg ۱۵/٤۳ ذکر کردند. بـه نظر می‌رسد که این گونه در مقایسه با گونه سوزنی برگی چون کاج تهران به دلیل دارا بودن سطوح برگی بیشـتر، قابلیـت بیشتری در جذب این عنصر از خود نشان داده است. هم چنین آنها میزان عنصر نیکل را برابر mg/kg ١٦/٧ اندازه گیری کردند؛ در حالی که در تحقیق حاضر بالاترین میزان بدست آمده برای این عنصر برابر mg/kg ۱۲/۸۵ می‌باشد. این عنصر ناشی از مصرف بنزین های نیکلی در موتور وسائط نقلیه بوده و در اثر سایش و خوردگی جـداره ایـن موتورهـا در هـوا پخش می‌شود.

در مجموع می‌توان نتیجه گرفت که بیشترین تجمع آلودگی به فلزات سنگین در تهران بیشتر در قسمت‌هـای مرکـزی، 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 تهـران می‌شـوند. هـم چنین همان‌طور که مشاهده شد، بیشتر عناصر ذکر شده در وضعیت شدید آلودگی قرار دارند و غلظت های اندازه گیـری در بیشتر موارد بالاتر از حد استاندارد بوده که می‌تواند تهدیدی جدی برای سلامت ساکنین شهر باشد.

تشکر و قدردانی

در پایان از از همکاری خانم‌ها ابوالحسنی و جانشکن در سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معـدنی کشـور کـه 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.

عطاآبادی، 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.، .۱۳۸۹بررسی تغییرات قائم دمای پتانسیل در چند دوره بحرانی آلودگی هوای تهران. علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره یازدهم، شماره سه۲۳-۱۳.

نظریان، اصغر.، ضیائیان فیروزآبادی، پرویز.، جنگی، علی اکبر.، ۱۳۸٦. بررسی نقش مکان و مورفولوژی در کیفیت هوای شهر تهران با استفاده از GIS و داده های ماهواره ای (RS). پژوهش های جغرافیایی، شماره ٦١، 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 mossesand 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 Esfehan, research in agricultural science, Vol 2, No 2, 39-54.

Hajaaliloo, 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 (*PinusEldarica*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 (Phragmitesaustralis). AnalyticaChimicaActa 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 Esfehan and environment cities. Journal of Environmental Studies, Vol 39, 2, 122-137.

Nazarian, A., ZiaeianFiroozabadi, 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 Resourses, 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 metalpollution recorded by dust-loaded leavesin 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 Agricalture 15 (2), 109-115.