

پهنه‌بندی آلودگی هوا با استفاده از روش نوین مگنتومتری برگ‌های درختی گستره‌ی شهر تهران

مریم ملاحی - دانشجوی دکترای رشته‌ی جنگلداری، دانشکده‌ی منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس
حبیب‌علی محمدیان* - استادیار آزمایشگاه محیط مغناطیس، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور
سید محسن حسینی - دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده‌ی منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس
علیرضا ریاحی - استادیار گروه محیط زیست، دانشکده‌ی منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس
وحید فیضی - دانشجوی دکترای رشته‌ی اقلیم‌شناسی در برنامه‌ریزی محیطی، دانشکده‌ی جغرافیا، دانشگاه تهران
علی ستاریان - استادیار گروه جنگلداری، دانشگاه منابع طبیعی، گنبد کاووس

پذیرش مقاله: ۱۳۹۱/۰۱/۳۰ تأیید نهایی: ۱۳۹۱/۰۶/۱۵

چکیده

آلودگی هوا از پیامدهای فعالیت بشر، به‌ویژه در قرن بیستم است که آثار مستقیم و غیرمستقیمی بر انسان و محیط پیرامون آن دارد. شهر تهران یکی از آلوده‌ترین شهرهای جهان به‌شمار می‌رود؛ به‌طوری که ۱۲۰ روز از سال با یک یا چند مورد از آلاینده‌های اصلی آلوده است. در این پژوهش با استفاده از روش نوین پذیرفتاری مغناطیسی و جمع‌آوری نمونه از سه گونه‌ی درختی موجود در خیابان‌های شهر تهران، به پهنه‌بندی میزان آلودگی هوا در مناطق بیست‌ودوگانه‌ی شهر تهران اقدام شد. نمونه‌های برگ‌ی سه گونه توت (*Morus alba*)، زبان گنجشک (*Fraxinus excelsior*) و کاج تهران (*Pinus eldarica*)، از ۱۰۰ نقطه واقع در مناطق بیست‌ودوگانه‌ی شهر تهران جمع‌آوری شد و پس از خشک‌کردن برگ‌ها، میزان پذیرفتاری مغناطیسی در آنها اندازه‌گیری شد و در نهایت با استفاده از نتایج به‌دست‌آمده، به پهنه‌بندی آلودگی هوا در کل شهر تهران پرداخته شد. نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش نشان می‌دهد که مناطق واقع در جنوب‌شرق تهران، از آلوده‌ترین مناطق به‌شمار می‌آیند. در بین مناطق بیست‌ودوگانه، منطقه‌های ۱۴ و ۱۵ آلوده‌ترین مناطق تشخیص داده شدند. همچنین با توجه به نتایج پژوهش، گونه‌ی توت بیشترین جذب آلودگی را در بین گونه‌های بررسی شده داشته است. گفتنی است که نتایج به‌دست‌آمده از پهنه‌بندی مگنتومتری گستره‌ی شهر تهران با نتایج مطالعات پیشین در مورد پهنه‌بندی گاز مونواکسیدکربن و همچنین جهت بادهای غالب در فصل پاییز همخوانی کامل دارند. به‌طوری که متوسط بالاترین میزان پذیرفتاری در سامانه‌ی بین‌المللی در گونه‌ی توت بوده و مقدار آن برابر $498 (10^{-6} \text{ m}^3 \text{ kg})$ است.

کلیدواژه‌ها: پذیرفتاری مغناطیسی، برگ درختان، آلودگی هوا، تهران.

مقدمه

با گسترش شهرها و افزایش جمعیت و فقدان اقدامات کافی در کنترل آلودگی هوا، به تدریج آثار زیان‌بار آن بر محیط زیست و انسان، هرچه بیشتر آشکار می‌شود. طی سال‌های گذشته، توسعه‌ی صنایع و تخلیه‌ی گازها و گردوغبارهای ناشی از فرایند احتراق سوخت‌های فسیلی و همچنین گردوغبارهای طبیعی^۱ بر کیفیت هوای اطراف ما آثار جدی داشته است. علاوه بر این با توسعه‌ی اقتصادی - اجتماعی، مسأله‌ی ورود فلزات سنگین به داخل جو، یکی از مشکلات اساسی محیط‌های شهری به‌شمار می‌رود (Ping, 2006). بیشترین آثار منفی و بیماری‌های ناشی از آن، ممکن است از راه ورود ذرات ریز با اندازه‌ی کمتر از ۱۰ میکرون به داخل شش‌ها انجام بگیرد. این ذرات به‌هنگام تنفس وارد شش‌ها شده و عملکرد آنها را مختل کرده و به بیماری‌هایی چون ذات‌الریه و حتی در مواردی به مرگ انسان منجر می‌شوند (Pope et al., 1995). بنابراین مطالعه و پایش آلودگی هوا در مناطق صنعتی شهری از اهمیت بالایی برخوردار است.

ذرات مغناطیسی، از جمله اجزای معمول جو هستند (Flanders, 1994; Hunt et al., 1984) که ناشی از سوخت‌های فسیلی (مصارف صنعتی، خانگی و وسایل نقلیه)، گازهای متصاعد شده از مراکز صنعتی و شست‌وشوی مواد زائد و فرسوده (معدنی و انسانی) بوده و روزبه‌روز به آلودگی بیشتر و کاهش کیفیت هوا منجر می‌شوند. در این گازها، کانی‌های مغناطیسی وجود دارد که با توجه به نوع ماده‌ی سوختنی و دمای احتراق آن، ذرات مغناطیسی می‌توانند شامل انواع گویچه‌ها (اجسام کروی) یا دانه‌هایی با اشکال نامنظم از جنس مگنتیت (Fe_3O_4) و یا هماتیت (Fe_2O_3) باشند (Moreno et al., 2003). ثابت شده است که در فرایند احتراق، هم‌زمان با آزادسازی ذرات مگنتیت، عناصر خطرناک نیز وارد جو می‌شوند. در روش مگنتومتری با استفاده از نمایه‌هایی چون، پذیرفتاری مغناطیسی^۲ و پسماند مغناطیسی، به بررسی میزان مغناطیسی موجود در نمونه‌های مختلف، از جمله خاک و سنگ و همچنین نمونه‌های گیاهی پرداخته می‌شود. در واقع پذیرفتاری مغناطیسی با توجه به میزان کانی‌های موجود در نمونه به‌دست می‌آید و پسماند مغناطیسی، میزان مغناطیس باقی‌مانده در نمونه را طی زمان نشان می‌دهد.

مطالعات در زمینه‌ی مغناطیس محیطی و بررسی آن در خاک و رسوب، از سال ۱۹۸۰ آغاز شد (Thompson and Oldfield, 1986). اندازه‌گیری‌های مغناطیسی برای شبیه‌سازی یا بازسازی اقلیم‌های گذشته (Banerjee, 1994)، شناسایی نحوه‌ی شکل‌گیری خاک‌ها (Maher, 1986)، شناسایی منابع رسوبی (Walling et al., 1979) و بررسی فرسایش (Dearing et al., 1981) بوده است. اما در دو - سه دهه‌ی پیش، از آن به‌عنوان روشی برای اندازه‌گیری آلودگی هوا (Flanders, 1994; Oldfield et al., 1985) و آلودگی خاک‌ها (Kapicka et al., 1999; Heller et al., 1997; Hay et al., 1998)، طی دوره‌های طولانی استفاده می‌شود.

برای مثال موریس و همکاران در سال ۱۹۹۵ نشان دادند که رابطه‌ی معنادار مثبتی بین موتاسیون (جهش DNA و تغییر ساختار آن) و پذیرفتاری مغناطیسی ذرات موجود در هوا وجود دارد. ماتزکا و ماهر نیز در سال ۱۹۹۹ نشان دادند که گردوغبارهای منتشرشده از وسایل نقلیه، حاوی ذرات مشابه مگنتیت در اندازه‌ی ۳-۳/۰ میکرون بوده‌اند، در حالی که در

گردوغبارهای جمع‌آوری شده از شهر مونیخ آلمان که ناشی از احتراق وسایل نقلیه و ترن‌های خیابانی بودند، به ترتیب دارای مگنتیت و ذرات فلزی بودند که قطر آنها بین ۰/۷-۰/۱ میکرون بوده است. آنها همچنین بیان کردند که از خاصیت پسماند ایزوترمال مغناطیس‌شدگی^۱ برگ‌های گونه‌ی توت در مناطق شهری و حومه‌ی آن، می‌شود به‌عنوان شاخصی برای آلودگی هوا استفاده کرد و میزان مغناطیسی‌شدن برگ‌ها، بستگی به فاصله‌ی درختان از منبع گردوغبار دارد.

حاشیه‌ی جاده‌ها در مناطق شهری معمولاً با ذرات ریز ناشی از ترافیک آلوده می‌شوند. این ذرات از وسایل نقلیه‌ی موتوری، سایش لاستیک‌ها، لنت ترمزها در سطح جاده و سایش موادّ جداری داخلی وسایل نقلیه در اثر سوختن، همچنین ذرات معلق ناشی از گردوغبارهای حاصل از جابه‌جایی ماشین‌آلات، متلاشی شدن موادّ ساختمانی و مانند آن است که پس از رها شدن در اتمسفر، ممکن است تا مدّت‌ها در آن باقی بمانند، اما درنهایت، در راهروهایی اطراف جاده‌ها و روی خاک و گیاهان رسوب می‌کنند. مطالعات انجام شده در این زمینه نشان داده است، گازهای خارج شده از وسایل نقلیه، نه تنها موجب تغییرات چشمگیری در غلظت‌هایی چون اسید نیتریک، اسید کربونیک و هیدروکربن‌ها در خاک و هوا شده‌اند، بلکه سبب تغییرات معناداری در میزان سرب و دیگر فلزات سنگین در خاک و هوا نیز می‌شوند (Zhang et al., 2006).

مطالعاتی در زمینه‌ی یافتن روشی مناسب برای جمع‌آوری ذرات پراکنده در هوا به‌شکلی ساده و قبل از تأثیرپذیری شیمیایی یا شسته‌شدن و نفوذ در خاک انجام گرفته است. نتایج این پژوهش‌ها نشان می‌دهند که درختان پهن‌برگ، نقش یک فیلتر طبیعی را برای گردوغبارهای موجود در هوا بازی می‌کنند. برگ‌های درختان دارای سطوح زیادی در واحد وزن بوده و لایه‌ی مومی سطح برگ، توانایی جذب و نگهداری گردوغبارهای و ذرات پراکنده و ترکیبات آلی غیرفرار را دارد. همچنین برگ‌ها می‌توانند ذراتی با قطر کمتر از ۱۰ میکرون را جذب کرده و سپس به لایه‌ی اپیدرمی نفوذ داده و در مرحله‌ی بعد به ریشه‌ها انتقال بدهند. افزون‌بر این، درختان دارای پراکنش بالایی بوده و دسترسی به برگ‌های آنها راحت است، از این رو نمونه‌گیری از برگ‌ها برای این کار مناسب بوده و قادرند نقشه‌هایی با دقت بالا در زمینه‌ی آلودگی هوا ایجاد کنند (Shou Yun et al., 2008)؛ اما به‌دلیل اینکه ذرات گردوغبار طیّ فصول بارندگی از سطح برگ‌ها شسته می‌شوند، مطالعات پایش در زمینه‌ی خواصّ مغناطیسی برگ‌ها برای کوتاه‌مدّت جوابگو بوده و برای زمانی که مطالعات در زمینه‌ی الگوی‌های منظمّ آلودگی شهرها با اندازه‌گیری مستقیم آلودگی‌ها در کوتاه‌مدّت مدّ نظر باشد، بسیار مؤثر واقع می‌شوند (Davila et al., 2006).

بررسی سطوح طبیعی مانند پوسته‌ی درختان، برگ‌های درختان و سوزن‌های کاج (Hanesch et al., 2003)؛ از دسته روش‌های کاربردی در زمینه‌ی مطالعات گردوغبارهای خیابانی (Matzka and Maher, 1999; Flanders, 1994; Hay, 1997; Hoffman et al., 1999; Xie et al., 2000; Shilton et al., 2005) هستند که تجزیه و تحلیل اطلاعات به‌دست‌آمده نشان داده است، ترافیک، به‌عنوان مهم‌ترین عامل ایجاد ذرات ریز (PM_{10} , $<10 \mu m$) است. برخلاف خاک که می‌تواند طیّ قرن‌ها فلزات سنگین زیادی را در خود جمع‌آوری کند، آلودگی‌های جمع‌شده با

درختان، برای زمان کوتاهی روی آنها حضور دارند؛ یعنی برگ‌های درختان ذرات پراکنده‌ی موجود در هوا را طی مدتی کوتاه، برای مثال از چند هفته تا چند ماه (بسته به زمان نمونه‌گیری) در سطح خود جمع‌آوری می‌کنند. در سال ۱۹۹۴ فلاندرز نشان داد که سطوح طبیعی خشک، مانند سطوح برگ‌ها، می‌توانند حتی بهتر از سطوح جاذب و چسبناک ذرات مغناطیسی را جمع‌آوری کنند.

شادلیچ و همکاران در سال ۱۹۹۵، در مناطق صنعتی آلمان از خاصیت پذیرفتاری مغناطیس برگ‌های سوزنی کاج، به‌عنوان شاخصی برای آلودگی هوا استفاده کردند. همچنین در سال ۲۰۰۳، مورینو و همکاران از هر دو خاصیت پذیرفتاری مغناطیسی - که با حرف کاپا () نمایش داده می‌شود - و IRM^۱ گردوغبارهای نشست‌کرده روی برگ‌های درختان پهن‌برگی چون، بلوط همیشه سبز و چنار را برای تهیه‌ی نقشه‌ی آلودگی هوای ناشی از وسایل نقلیه در شهر رم ایتالیا استفاده کردند. در سال ۲۰۰۳ نیز هانیش و همکاران از خاصیت پذیرفتاری مغناطیسی و IRM و نسبت بین آنها و با استفاده از برگ‌های درختان افرا^۲ در اطراف مناطق صنعتی شهر لیوبن اتریش، برای بررسی نشست‌های گردوغبارهای ناشی از یک دوره‌ی کوتاه‌مدت چند ماهه استفاده کردند. آنها به بررسی آلودگی فلزات سنگینی چون کادمیوم، مس، کروم، آهن، منیزیم، نیکل، سرب، روی و پذیرفتاری مغناطیسی آنها با استفاده از برگ‌های درختان و نسبت فلزات سنگین برای بررسی کیفیت آلودگی هوا استفاده کردند. در نهایت، ژانگ و همکاران در سال ۲۰۰۶، روش پذیرفتاری مغناطیسی را به‌عنوان روشی ساده، سریع و کم‌هزینه برای پایش آلودگی‌های ناشی از ترافیک معرفی کردند.

مطالعات زیادی نشان داده‌اند که رابطه‌ی نزدیکی بین ذرات کانی‌های مغناطیس‌دار پخش شده و میزان عناصر سنگین در اطراف مراکز صنعتی وجود دارد. برای مثال استرزیسچک و همکاران (۱۹۹۳)، استرزیسچک (۱۹۹۶) و هلر و همکاران (۱۹۹۸)، قابلیت مغناطیس‌پذیری خاک را در مناطق مختلفی از لهستان مورد مطالعه قرار دادند و نشان دادند که الگوی پراکنش قابلیت پذیرفتاری مغناطیسی با میزان نشست گردوغبارهای در ارتباط معناداری هستند و بیان کردند که از اندازه‌گیری پذیرفتاری مغناطیسی، می‌توان به‌عنوان روشی برای برآورد دقیق میزان فلزات سنگین خاک استفاده کرد. گواتاما و همکاران نیز در سال ۲۰۰۵ به بررسی قابلیت پذیرفتاری مغناطیسی و میزان فلزات سنگین در نمونه‌های درختی سه گونه‌ی شیشه‌شوی^۳، بلوط^۴ و سرو^۵ پرداختند و نشان دادند که درختان موجود در سر چهارراه‌های پُرتردّد و نزدیک ایستگاه‌های اتوبوس و جاده‌هایی با شیب زیاد که با آلودگی بیشتری روبه‌رو هستند، میزان پذیرفتاری مغناطیس بالایی دارند.

در زمینه‌ی تهیه‌ی نقشه‌ی آلودگی‌های هوا با استفاده از بررسی ذرات مغناطیسی موجود در هوا نیز، مطالعاتی انجام شده است (Shu et al., 2000b; Loconet et al., 2001). نقشه‌های مغناطیسی تهیه‌شده، میزان ذرات ناشی از ترافیک را طی یک دوره نشان می‌دهند (Mc.Intosh et al., 2007).

1. Isothermal Remnant Magnetization
2. Maple
3. Cupressus
4. Silky Oak
5. Callistemon

از پژوهش‌های دیگر انجام شده در این زمینه، مطالعه داویلا و همکاران در سال ۲۰۰۶ بود که به تهیه‌ی نقشه‌ی آلودگی گردوغبارهای شهری با استفاده از خواص مغناطیسی برگ‌های گونه *Platanus hispanica* پرداختند و بیان کردند که ذرات مغناطیسی در سطح برگ‌ها، به‌صورت اکسیدهای آهن کروی شکل با قطر ($5 - 10 \mu m$)، ذرات مخلوط یا ترکیبات آهن‌دار ($50 - 100 \mu m$) هستند و حداکثر میزان پسماند مغناطیسی بستگی به مسافت از منابع تولیدکننده‌ی آلاینده‌ها دارند؛ یعنی نزدیکی به مراکز آلاینده‌ای چون کشتی‌سازی‌ها، بندرگاه‌ها و ترافیک جاده‌ای، تأثیر به‌سزایی در میزان آن دارد. همچنین پژوهش‌ها نشان می‌دهند که غلظت عناصری همچون، آهن، روی، نیکل، سرب و مس در برگ‌ها، دارای همبستگی داخلی مثبت بالایی با میزان پسماند مغناطیسی هستند. همچنین مورینو و همکاران در سال ۲۰۰۳ با مطالعه‌ی بررسی آلودگی هوای شهر رم با استفاده از خواص مغناطیسی برگ‌های گونه‌های بلوط همیشه سبز و چنار، نشان دادند که در اطراف حاشیه‌ی جاده‌ها و همچنین در حومه‌ی بزرگراه‌ها، میزان و غلظت مواد مغناطیسی و همچنین اندازه‌ی ذرات بزرگتر از جاهای دیگر است و کاهش اندازه‌ی ذرات در اثر افزایش فاصله از جاده‌ها، نشان داد که خواص مغناطیسی، بستگی کامل به گازهای منتشر شده از وسایل نقلیه دارد و بیان کردند که با استفاده از نقشه‌ی ایجادشده، می‌توان به رده‌بندی وضعیت کیفیت هوا در مناطقی با آلودگی مختلف پرداخت.

شهر تهران یکی از آلوده‌ترین شهرهای جهان است که موضوع آلودگی هوای آن، از دسته مسائل مهم روز است و یکی از عوامل آلودگی آن، افزایش روزافزون وسایل نقلیه و مسأله‌ی ترافیک است. در شرایط کنونی کشور که تهران به‌عنوان مغز متفکر و مدیریتی کشور شمرده شده و بیشتر سیاست‌ها و قوانین کشور در آن تنظیم می‌شود، پاک‌سازی هوای آن و ایجاد محیطی مناسب برای تفکر و تصمیم‌گیری، از دسته موارد ضروری راهکار کشور است. از سوی دیگر، آلودگی هوای تهران تنها به خود تهران منتهی نمی‌شود و آثار آن را حتی در فاصله‌های بسیار دور، مانند گرمسار و فیروزکوه نیز می‌توان مشاهده کرد. به‌همین دلیل آلودگی تهران به یک معضل منطقه‌ای و حتی ملی تبدیل شده است (صفوی و علیجانی، ۱۳۸۵). بنابراین در این پژوهش به بررسی تأثیر گونه‌های مختلف درختی، در جذب آلودگی‌های ناشی از ترافیک وسایل نقلیه با استفاده از نمایه‌های مغناطیسی پرداخته شده است. هدف اصلی از انجام این مطالعه، تعیین میزان توانایی برگ‌های سه گونه‌ی درختی بیان شده در به دام انداختن و نگهداری میدان‌های مغناطیسی و کارایی این روش، در مطالعات مربوط به آلودگی هوا و مقایسه‌ی آن با مطالعات انجام شده در این زمینه است.

منطقه‌ی مورد مطالعه

از لحاظ مکانی شهر تهران در $35^{\circ} 35'$ تا $35^{\circ} 48'$ عرض شمالی و $51^{\circ} 17'$ تا $51^{\circ} 33'$ طول شرقی در کوهپایه‌های جنوبی رشته‌کوه‌های البرز گسترده شده است. مساحت شهر تهران حدود 800 کیلومتر مربع است. ارتفاع شهر در جنوب، در فرودگاه مهرآباد 1200 متر و در شمال به 2000 متر می‌رسد. شهر تهران بر اساس بخش‌بندی شهرداری تهران، دارای بیست‌ودو منطقه است که در این پژوهش تمامی گستره‌ی شهر تهران به تفکیک مناطق بیست‌ودوگانه مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش برای نخستین بار به بررسی گونه‌های مختلف درختی، در جذب آلودگی‌های ناشی از ترافیک و وسایل نقلیه با استفاده از نمایه‌ی پذیرفتاری مغناطیسی پرداخته شده است. نمونه‌گیری از ۱۰۰ نقطه واقع در مناطق بیست و دوگانه‌ی کل سطح شهر تهران و از سه گونه‌ی درختی انجام گرفت و نمونه‌ها، مورد مطالعه‌ی پذیرفتاری مغناطیسی قرار گرفتند. در ابتدا پس از بررسی منطقه و شناسایی گونه‌ها، از میان گونه‌های موجود در حاشیه‌ی خیابان‌ها و بزرگراه‌های شهر تهران، سه گونه انتخاب شدند که کمابیش در تمامی سطح شهر پراکنش داشتند. گونه‌های مورد نظر توت، زبان گنجشک و کاج تهران هستند. تمامی نمونه‌ها در مهرماه و طی ۱۵ روز برداشت شدند. این ماه پایان دوره‌ی رویش بوده و پیش از ریزش برگ‌ها، بیشترین تجمع آلودگی را به خود اختصاص داده است. نمونه‌ها از حاشیه‌ی خیابان‌ها و بزرگراه‌ها و همچنین پارک‌های جنگلی برداشت شدند. نمونه‌گیری بعد از یک هفته پی‌درپی بدون بارش و در روزهای آفتابی انجام گرفت. برگ‌ها از ارتفاع ۱/۵ تا ۲ متری از سطح زمین، از قسمت بیرونی تاج پوشش و آنهایی که رو به سمت جاده دارند جمع‌آوری شدند (Lu et al., 2008). برای اطمینان از هم‌سن بودن برگ‌ها، برگ‌هایی با طول ۱۵-۱۰ سانتی‌متر جمع‌آوری شدند (شکل ۱-الف). در هر نقطه از نمونه‌گیری، ابتدا با استفاده از GPS نقطه‌ی مورد نظر ثبت شده و سپس از هر گونه درخت، سه مورد نمونه‌گیری شد. سپس برگ‌ها با حداقل دست‌زدن به سطح آنها در داخل محافظ پلاستیکی قرار داده شدند. در گام بعد، برگ‌ها در هوای آزاد و در یک محیط مسقف پهن شده و طی یک هفته خشک شدند. بدین ترتیب که پس از بیرون آوردن نمونه‌ها از کیسه‌های پلاستیکی، روی کاغذهای بدون ذرات مگنتیت پهن شده و در معرض هوا قرار داده شدند (شکل ۱-ب). در مرحله‌ی بعد، تمامی نمونه‌ها با استفاده از دستگاه خردکن پودر شده و در داخل ظرف‌های مخصوص نگهداری و انجام آزمایش مغناطیسی قرار داده شدند. از آنجاکه میزان نمایه‌ی قابلیت پذیرفتاری مغناطیسی در برگ‌ها بسیار پایین است، از دستگاه کاپابریج^۲ مدل MFK-1 برای اندازه‌گیری این نمایه استفاده شد (شکل ۱-ج).



ج) اندازه‌گیری میزان پذیرفتاری مغناطیسی



ب) خشک کردن نمونه‌ها



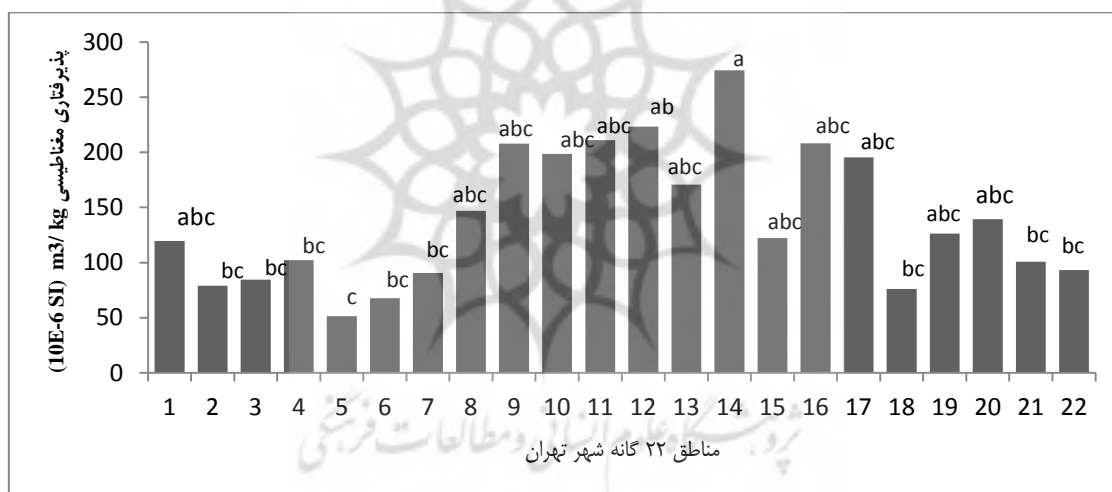
الف) جمع‌آوری نمونه‌ها

شکل ۱. مراحل انجام کار

در ابتدا نتایج پذیرفتاری مغناطیسی با استفاده از نرم‌افزار SPSS تجزیه و تحلیل شده و نمودارهای مربوط به نتایج سه گونه در هر یک از مناطق ترسیم شده و سپس با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS به پهنه‌بندی این نمایه در سطح شهر تهران اقدام شد. بدین‌گونه که با استفاده از اطلاعات به‌دست‌آمده از ۱۰۰ نقطه‌ی برداشت شده در سطح شهر و با استفاده از روش درون‌یابی IDW^۱ به‌صورت پهنه‌ای، پراکنش پذیرفتاری مغناطیسی نشان داده شد.

یافته‌های تحقیق

در این پژوهش برای بررسی میزان پراکنش آلودگی‌های ناشی از ترافیک شهر تهران، نتایج مربوط به بررسی میزان پذیرفتاری مغناطیسی در سه گونه‌ی مورد مطالعه (توت، زبان گنجشک و کاج تهران) به دو شیوه مورد مقایسه‌ی میانگین‌ها قرار گرفت. بدین‌گونه که در ابتدا میزان پذیرفتاری مغناطیسی سه گونه به لحاظ آماری در سراسر ۲۲ منطقه آزموده شد که نتایج آن در شکل شماره‌ی ۲ نشان داده شده است.

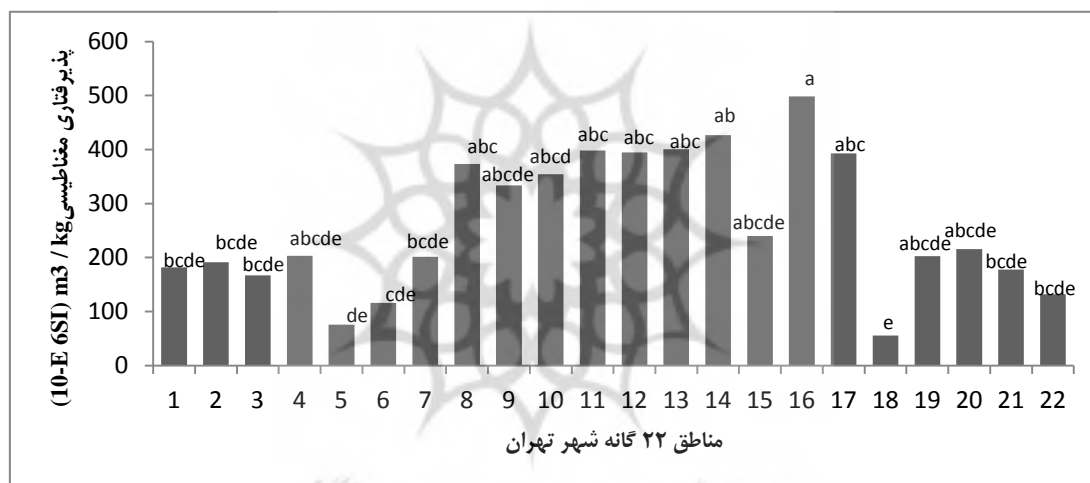


شکل ۲. نمودار میزان کل پذیرفتاری مغناطیسی در مناطق بیست و دوگانه‌ی شهر تهران

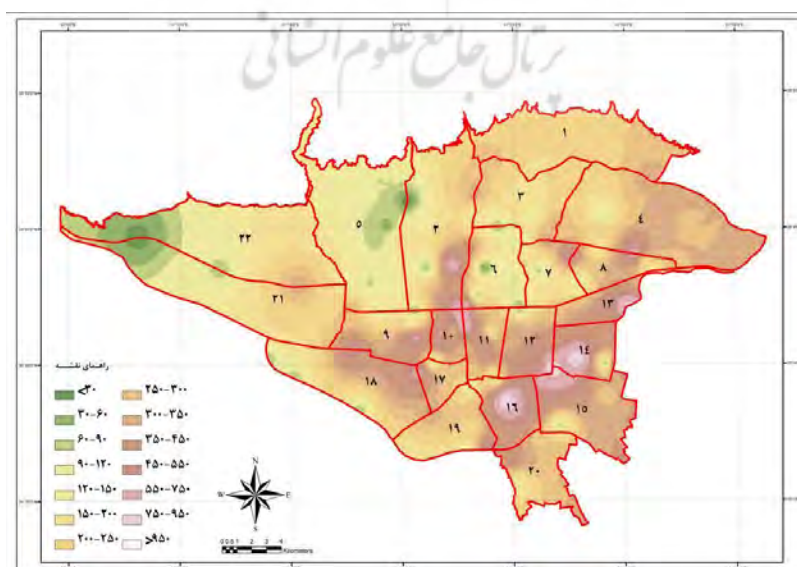
همان‌طور که ملاحظه می‌شود، در کل، مناطق واقع در شرق، جنوب و جنوب‌شرق تهران (مناطق ۱۴، ۱۲، ۱۱، ۱۶ و ۱۷)، از پذیرفتاری مغناطیسی بالاتری برخوردار هستند. همچنین بالاترین پذیرفتاری مغناطیسی مربوط به منطقه‌ی ۱۴ و کمترین میزان مربوط به منطقه‌ی ۵ است (حروف انگلیسی به‌ترتیب a بالاترین میزان و c کمترین میزان تفاوت معناداری را از نظر آماری نشان می‌دهند و محل‌های چند حرفی حالت بینابینی بودن را نشان می‌دهند).

شکل شماره‌ی ۳ مربوط به نتایج حاصل از آزمایش میزان پذیرفتاری مغناطیسی در برگ‌های توت است. نتایج نشان می‌دهند که باز هم بالاترین میزان پذیرفتاری مغناطیسی، مربوط به مناطق واقع در جنوب‌شرق تهران است. اما بیشترین میزان در منطقه‌ی ۱۶ مشاهده می‌شود و پس از آن، مناطق ۱۱، ۱۲، ۱۴ و ۱۷ بالاترین میزان پذیرفتاری مغناطیسی را دارند. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از هر یک از گونه‌های مورد بررسی در زمینه‌ی میزان جذب آلودگی هوا،

به پهنه‌بندی آلودگی هوای تهران اقدام شد. شکل شماره‌ی ۴ پهنه‌بندی پذیرفتاری مغناطیسی گونه‌ی توت (*Morus alba*) را نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، مناطق واقع در شرق و جنوب‌شرق از پذیرفتاری مغناطیسی بالاتری برخوردار هستند. مناطق واقع در غرب تهران کمترین میزان پذیرفتاری مغناطیسی را نشان می‌دهند. به‌گفته‌ی دیگر، میزان آلودگی جذب شده توسط گونه‌ی توت در مناطق ۱۰، ۱۱، ۱۳، ۱۴، ۱۵ و ۱۶ بیشتر از مناطق دیگر است و مناطق ۵ و ۲۲ کمترین میزان آلودگی را جذب کرده‌اند. بر این اساس می‌توان گفت که تمرکز آلودگی‌های شهر تهران در شرق و جنوب‌شرق آن است. افزایش میزان آلودگی هوا در این مناطق را می‌توان در ابتدا، به‌دلیل جهت وزش باد و میزان ترافیک موجود در این مناطق دانست. با توجه به نقشه‌ی میزان ترافیک شهر تهران و میزان آلودشده خورهای سنگین، متوجه می‌شویم که بیشترین تمرکز را در مناطق آلوده دارند و این عامل رابطه‌ی مستقیمی با میزان آلودگی هوای شهر تهران دارد.

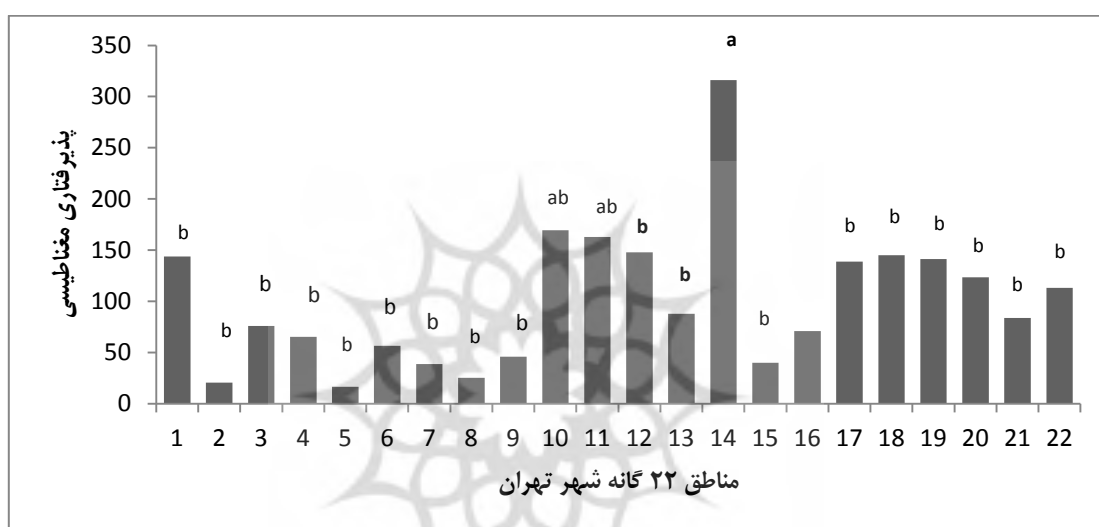


شکل ۳. نمودار میزان پذیرفتاری مغناطیسی گونه‌ی توت در مناطق بیست‌ودوگانه‌ی تهران

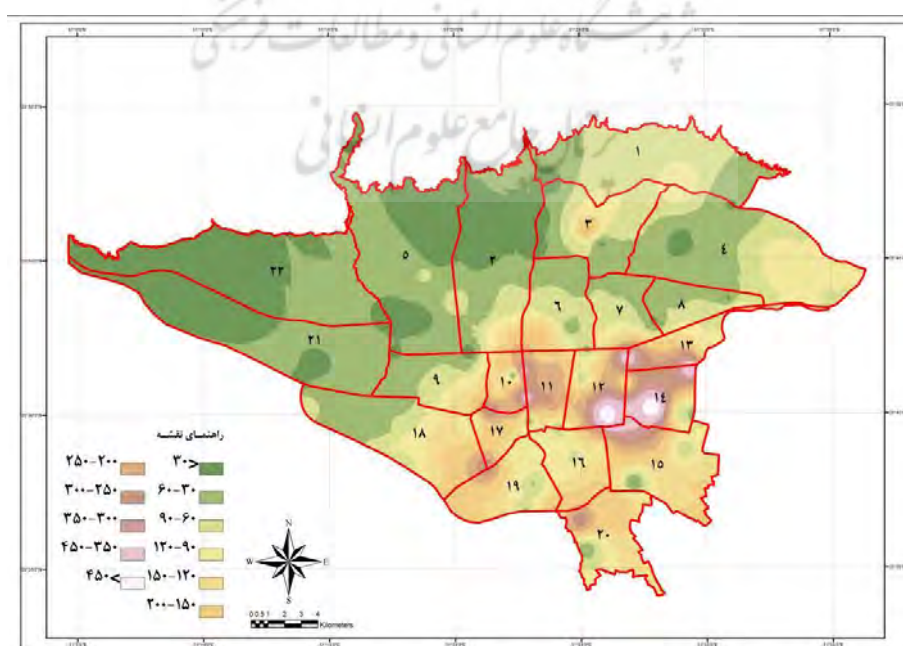


شکل ۴. نقشه‌ی میزان پذیرفتاری مغناطیسی گونه‌ی توت در مناطق بیست‌ودوگانه‌ی تهران بر حسب $(10^{-6} \text{ m}^3 / \text{kg})$.

شکل شماره ۵ نتایج پذیرفتاری مغناطیسی گونه‌ی زبان گنجشک را نشان می‌دهد. در این گونه نیز بالاترین میزان در منطقه‌ی ۱۴ مشاهده شده است و مناطق ۱۰ و ۱۱ در رده‌ی دوم قرار دارند. این گونه‌ی گیاهی نسبت به توت، سطح برگ کمتری داشته و میزان جذب آلودگی هوای آن به نسبت کمتر است؛ اما با وجود این، گسترش آلودگی هوای شهر تهران بیشتر در مناطق شرقی و جنوب‌شرقی مشاهده می‌شود. به طوری که دیده می‌شود، میزان جذب آلودگی در این گونه‌ی گیاهی کمتر از توت بوده و بیش از ۴۰ درصد از سطح شهر تهران در رده‌ای با پذیرفتاری مغناطیسی کمتر از $10E-6$ SI قرار گرفته‌اند.

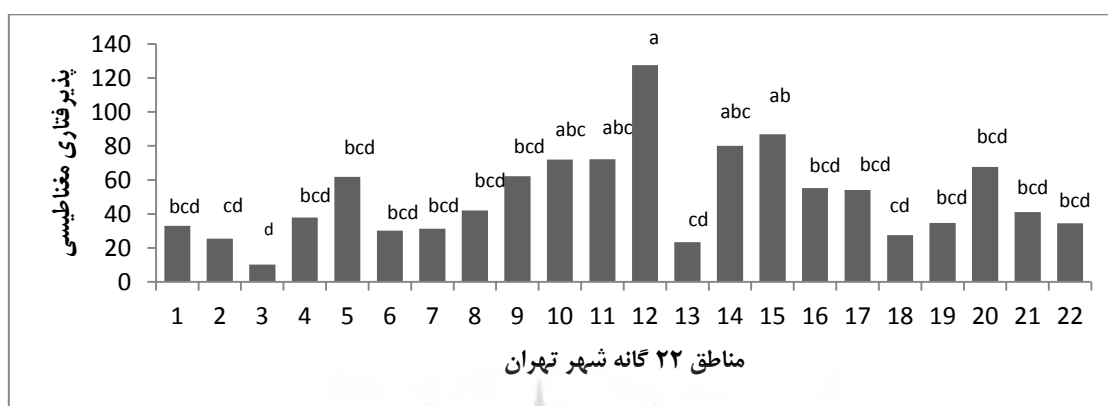


شکل ۵. نمودار میزان پذیرفتاری مغناطیسی گونه‌ی زبان گنجشک در مناطق بیست‌و دوگانه‌ی شهر تهران

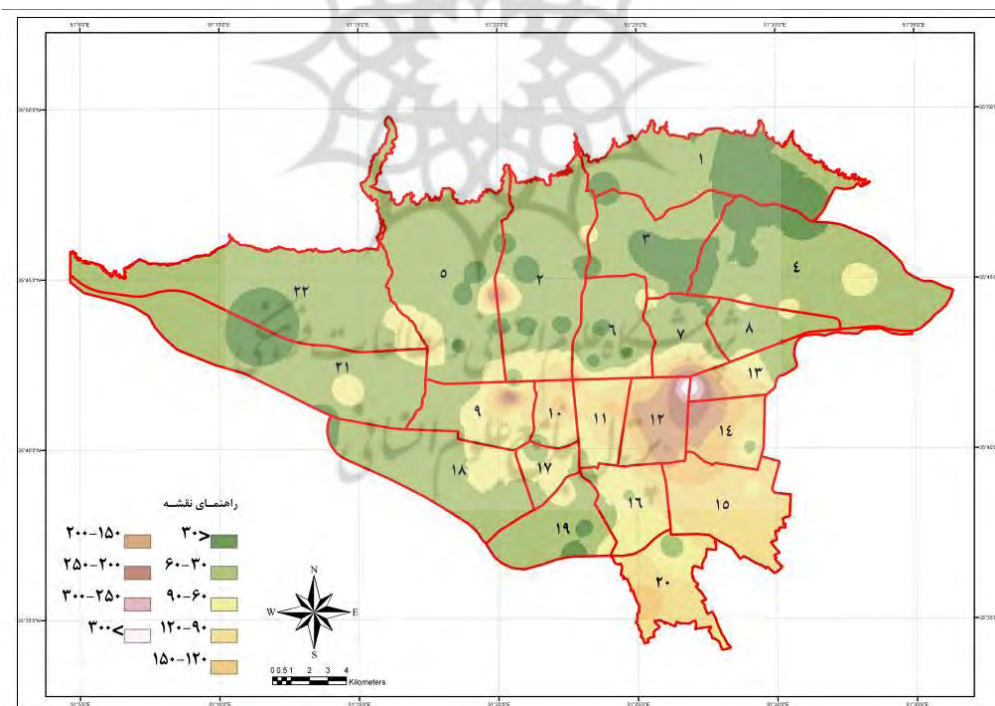


شکل ۶. میزان پذیرفتاری مغناطیسی گونه‌ی زبان گنجشک در مناطق بیست‌و دوگانه‌ی شهر تهران بر حسب $(10^{-6} \text{ m}^3 / \text{kg})$

شکل شماره ۷ مربوط به نتایج گونه‌ی کاج است که بالاترین میزان پذیرفتاری در این گونه در منطقه ۱۲ مشاهده شده است و بعد از آن، مناطق ۱۴ و ۱۵ بالاترین میزان پذیرفتاری را نشان داده‌اند. همچنین شکل شماره ۸ پهنه‌بندی پذیرفتاری مغناطیسی گونه‌ی کاج (*Pinus eldarica*) را نشان می‌دهد.



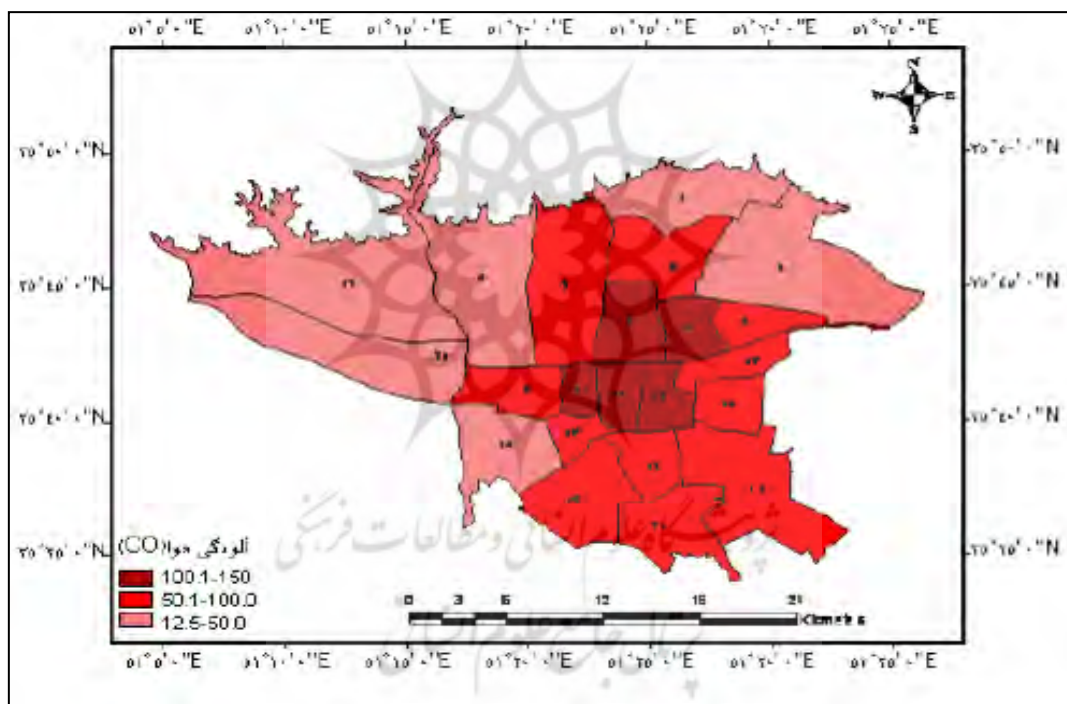
شکل ۷. میزان پذیرفتاری مغناطیسی گونه‌ی کاج در مناطق بیست و دوگانه شهر تهران



شکل ۸. میزان پذیرفتاری مغناطیسی گونه‌ی کاج در مناطق بیست و دوگانه‌ی تهران بر حسب $(10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg})$

بر اساس نقشه‌ی مذکور مشاهده می‌شود که میزان جذب آلودگی توسط درختان سوزنی برگ، کمتر از گونه‌های پهن‌برگ است، به طوری که میزان جذب توسط گونه‌ی کاج بسیاری از مناطق شهر تهران را با آلودگی کم نشان می‌دهد و وسعتی از آن، دارای آلودگی بالایی است. از سوی دیگر، مقدار جذب آلودگی در این گونه از گیاهان در مناطق آلوده،

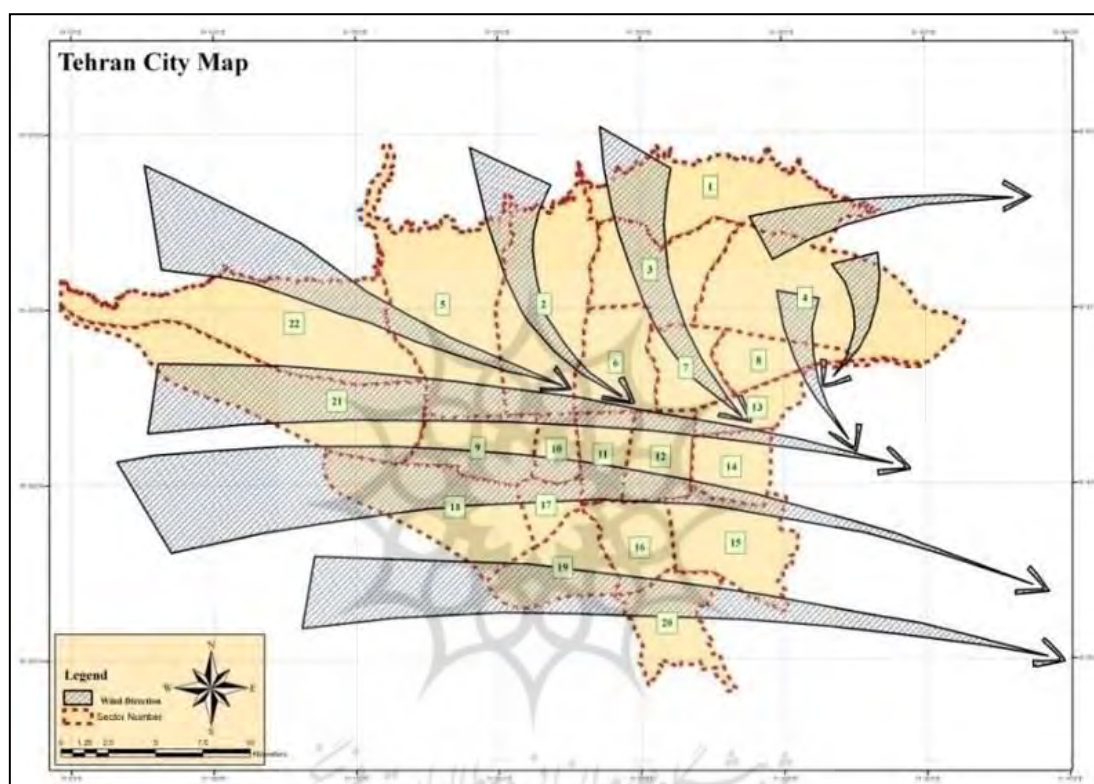
بسیار کم است و تنها در پهنه‌ی کوچکی، میزان پذیرفتاری مغناطیسی به بیش از $(10E-6 \text{ SI})$ می‌رسد. همان‌طور که مشاهده شد، نتایج حاصل از هر سه گونه، کمابیش یکسان بوده و نشان دهنده بالا بودن میزان پذیرفتاری مغناطیسی در نواحی جنوب‌شرق تهران است و از میان سه گونه‌ی استفاده شده در این مطالعه، گونه‌ی توت از میزان جذب بالاتری برخوردار بوده است. این گونه به دلیل پهن‌برگ بودن و داشتن سطوح وسیع برگ، بهتر توانسته است آلودگی را در سطح خود جذب کند. مک‌ایتنوش و همکاران نیز در سال ۲۰۰۷، تهیه‌ی نقشه‌ی مغناطیسی برای تفکیک منابع پخش‌کننده‌ی ذرات آلوده‌کننده‌ی هوا با استفاده از سوزن‌های کاج‌ها و برگ‌های درختان خزان‌کننده را، روشی مناسب معرفی کردند. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش، استفاده از روش پذیرفتاری مغناطیسی بسیار سریع، غیرمخرب و با هزینه‌ی معقول انجام‌پذیر است و در مکان‌هایی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد که ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوا وجود ندارد.



شکل ۹. پراکنش آلودگی هوای (مونواکسیدکربن) در مناطق بیست‌ودوگانه‌ی شهر تهران (دوره‌ی آماری ۱۳۸۴-۱۳۸۱).

مک‌ایتنوش و همکاران همچنین بیان کردند که بیشترین آلودگی مربوط به مناطق ۶، ۷، ۱۰، ۱۱ و ۱۲ است و کمترین میزان آن مربوط به مناطق ۱، ۲، ۲۱، ۲۲ است که با نتایج این مطالعه هم‌خوانی دارد و بیشترین مرگ‌ومیر ناشی از بیماری‌های تنفسی - قلبی، مربوط به مناطق ۶، ۹، ۱۰ و ۱۲ و کمترین آن مربوط به مناطق ۵، ۴، ۱۸ و ۲۲ است. از دسته عوامل تأثیرگذار بر نحوه‌ی پراکنش آلودگی شهر تهران، می‌توان به گردوغبار محلی، تراکم بالای جمعیت و وسایل نقلیه فرسوده در جنوب و جنوب‌شرقی شهر تهران و نیز، جهت جریان‌های هوایی اشاره کرد که از این بین، سیستم وزش باد تهران با داده‌های مغناطیسی این مطالعه هم‌خوانی دارد. شکل شماره‌ی ۱۰ جهت حرکت جریان‌های هوایی شهر تهران را طی فصل پاییز نشان می‌دهد. بررسی‌های انجام گرفته در این زمینه نشان داده است که جهت این جریان‌ها از

غرب به سمت جنوب شرق است، این موضوع نیز تأییدکننده‌ی نتایج این پژوهش است که بیشترین تمرکز رسوب ذرات پراکنده در هوا در قسمت جنوب شرقی تهران است. تقی‌پور در سال ۱۳۹۱ بیان کرد، باد غالب تهران از غرب است که با توجه به میزان آلودگی و ساختمان‌های متعدد، از شدت کافی برای رفع آلودگی‌های شهری برخوردار نبوده و علاوه بر آن، سبب انتقال آلاینده‌ها از غرب تهران به داخل شهر می‌شود.



شکل ۱۰. جهت‌های جریان‌های هوایی (باد) شهر تهران در فصل پاییز (مهندسان مشاور عرصه، ۱۳۸۴)

همان‌طور که مشاهده شد، در هر دو پژوهش انجام شده، بررسی توزیع پذیرفتاری مغناطیسی و پراکنش مونواکسیدکربن در سطح شهر تهران با نقشه‌ی جریان‌های هوایی شهر تهران (مهندسان مشاور عرصه، ۱۳۸۴)، مطابقت داشته و نمایانگر حضور بیشتر آلودگی هوا در مناطق مرکزی و جنوب شرق تهران هستند.

بحث و نتیجه‌گیری

آلودگی هوای تهران، به‌عنوان یکی از معضلات زیست‌محیطی شهروندان تهرانی تلقی می‌شود. امروزه شهر تهران از نظر آلودگی محیط زیست و هوا، یکی از آلوده‌ترین شهرهای جهان به‌شمار می‌آید. هم‌اکنون بخش حمل‌ونقل، بزرگترین عامل آلودگی هوا در کشور است و ادامه‌ی وضعیت موجود در بخش حمل‌ونقل، به‌تنهایی موجب ایجاد بحران آلودگی هوا در مقیاس ملی خواهد شد. در این پژوهش برای نخستین‌بار به بررسی تأثیر گونه‌های مختلف درختی در جذب

آلودگی‌های ناشی از ترافیک وسایل نقلیه با استفاده از نمایه‌ی پذیرفتاری مغناطیسی پرداخته شده است. در مجموع روش‌های متعددی برای مطالعه‌ی آلودگی‌های موجود در اتمسفر وجود دارد که یکی از این روش‌ها استفاده از سمپلرها و یا نمونه‌گیرهای هوا است که مجهز به فیلتر هستند، اما این فیلترها قدرت زیادی برای جمع‌آوری آلاینده‌ها ندارند و همچنین ایجاد یک شبکه‌ی فیلتر برای مطالعه‌ی ذرات گردوغبار موجود در هوا کاری پرهزینه و زمان‌بر است و در مقیاس بزرگ انجام این کار مشکل به نظر می‌رسد (Muxworthy et al., 2002). در مقایسه با روش‌هایی چون (ICP-MS، AAS و غیره) و مطالعات پایش زیستی، تهیه‌ی نقشه‌ی پراکنش مکانی ذرات با استفاده از روش پذیرفتاری مغناطیسی بسیار سریع، غیرمخرب و با هزینه‌ی معقول انجام‌پذیر است. این مطالعه با استفاده از خاصیت مغناطیسی سه گونه‌ی درختی در سطح شهر تهران، به پهنه‌بندی آلودگی هوا منجر شد. برای این کار با استفاده از نقشه‌ی آلودگی هوای شهر تهران - که از شرکت کنترل آلودگی هوای تهران دریافت شد - ایستگاه‌های حاشیه‌ی بزرگراه‌ها شناسایی و از میان آنها ۱۰۰ ایستگاه انتخاب شدند. پس از بررسی منطقه و شناسایی گونه‌ها، از میان گونه‌های موجود در حاشیه‌ی خیابان‌ها و بزرگراه‌های شهر تهران، سه گونه‌ای انتخاب شدند که کمابیش در تمام سطح شهر پراکنش داشتند. گونه‌های مورد نظر توت، زبان گنجشک و کاج تهران هستند. تمام نمونه‌ها در مهرماه و طی ۱۵ روز برداشت شدند.

نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش نشان داد که فضاهای سبز قابلیت جذب آلودگی را دارند. پهنه‌بندی آلودگی هوای تهران با استفاده از روش مذکور، نشان داد که بیشترین آلودگی‌ها در شرق و جنوب‌شرق تهران تمرکز دارند و هرچه به سمت شمال و غرب تهران پیش رویم، میزان آلودگی‌ها کاهش یافته و غرب و شمال‌غرب تهران کمترین میزان آلودگی را دارند. دلیل این امر را می‌توان در جهت حرکت بادهای و همچنین میزان ترافیک موجود در سطح شهر تهران و نوع خودروهای در حال حرکت دانست. با توجه به مطالعاتی که مهندسان مشاور عرصه در زمینه‌ی بادهای شهر تهران انجام داده‌اند، بادهای غالب در سطح تهران از غرب و شمال‌غرب به سمت شرق و جنوب‌شرق می‌وزند و این عامل می‌تواند موجب تجمع آلودگی‌ها در این مناطق باشد. از سوی دیگر، میزان آلودگی و نوع خودروهای موجود در بخش‌های شرقی به‌ویژه، خودروهای سنگین با مصرف سوخت گازوئیل بیشتر از بخش‌های شمال و غرب بوده که این عامل نیز می‌تواند در افزایش آلودگی در بخش‌های شرقی و جنوب‌شرقی مؤثر باشد.

در بین گونه‌های مورد مطالعه، میزان جذب توت بیشتر از گونه‌های دیگر بوده است، به طوری که میزان مغناطیس اندازه‌گیری شده‌ی این گونه در بخش‌های شرقی و جنوب‌شرقی تهران، بیش از $950 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-6}$ بوده است، در حالی که این میزان در دو گونه‌ی زبان گنجشک و کاج، به ترتیب حدود 350 و $300 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-6}$ است. دلیل اصلی بالا بودن میزان جذب گونه‌ی توت نسبت به دو گونه‌ی دیگر را می‌توان در اندازه‌ی سطح برگ آن دانست. همان‌طور که می‌دانیم، توت یکی از گونه‌های پهن‌برگ بوده و دارای سطح جذب زیادی است و این عامل باعث شده تا میزان جذب آلاینده‌ها در آن بیشتر باشد. از سویی این عامل را می‌توان در دو گونه‌ی دیگر نیز دید، به طوری که کاج به دلیل سوزنی برگ بودن و سطح جذب کم آن، کمترین میزان را در جذب آلودگی هوا داشته است. بنابراین بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش، پیشنهاد می‌شود برای کاهش آلودگی هوا، از گونه‌های پهن‌برگ در محیط‌های شهری استفاده شود؛ زیرا این درختان به‌عنوان تصفیه‌کننده‌ی طبیعی و کم‌هزینه، آلاینده‌ها را جذب کرده و آلودگی هوا را کاهش می‌دهند.

منابع

- تقی پور نیاسر، فاطمه (۱۳۹۱)، شبیه‌سازی شرایط بهینه‌ی اقلیمی در فضاهای باز شهری (میدان تجریش، سه راه آذری)، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
- صفوی، سید یحیی؛ علیجانی، بهلول (۱۳۸۵)، بررسی عوامل جغرافیایی در آلودگی هوای تهران، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۸، صص. ۹۹-۱۱۲.
- قلی زاده، محمد حسین؛ فرج زاده، منوچهر؛ دارند، محمد (۱۳۸۸)، ارتباط آلودگی هوا با مرگ‌ومیر جمعیت شهر تهران، مجله‌ی علمی پژوهشی حکیم، دوره دوازدهم، شماره ۲، صص. ۶۵-۷۱.
- مهندسان مشاور عرصه (۱۳۸۴)، تهیه‌ی الگوی توسعه و طرح تفصیلی منطقه و همکاری با شهرداری منطقه ۴، مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران.
- Arseh Consultant Engineers, 2005, **Preparation of Development Pattern and Elaboration Model for Sector 4 with Collaboration of Municipality of Sector 4**, Centre of Study and Planning of Tehran City.
- Banerjee, S.K., 1994, **Contributions Offine-particle Magnetism to Reading the Global Paleoclimate Record**, Journal of Applied Physics, Vol. 75, PP. 5925° 5930.
- Davila, A.F., Rey, D., Mohamed, K., Rubio, B., Guerra, A.P., 2006, **Mapping the Sources of Urban Dust in a Coastal Environment by Measuring Magnetic Parameters of Platanus hispanica Leaves**, Environment Science and Technology, Vol. 40, PP. 3922-3928.
- Dearing, J.A., Elnor, J.K., Happey-Wood, C.M., 1981, **Recent Sediment Flux and Erosional Processes in Awash Upland Lake-catchment Based on Magnetic Susceptibility Measurements**, Quaternary Research, Vol. 16, PP. 356-372.
- Flanders, P., 1994, **Collection, Measurement, and Analysis of Airborne Magnetic Particulates from Pollution in the Environment**, Journal of Applied Physics, Vol. 75, PP. 5931° 5936.
- Gautama, P., Blaha, U., Appel, E., 2005, **Magnetic Susceptibility of Dust-loaded Leaves as a Proxy of Traffic-related Heavy Metal Pollution in Kathmanducity, Nepal**. Atmospheric Environment, Vol. 39, PP. 2201-2211.
- Gholizadeh, M. H., Farajzadeh, M. and Darandeh, M., 2009, **The Relationship between Air Pollution and Mortality of Tehran Population**, Hakim Journal of Scientific Research, Vol. 12, No.2, PP.65-71.
- Hanesch, M., Scholger, R., Rey, D., 2003, **Mapping Dust Distribution Around an Industrial Site by Measuring Magnetic Parameters of Tree Leaves**, Atmospheric Environment, Vol. 37, PP. 5125° 5133.
- Hay, K.L., Dearing, J.A., Baban, S.M.J., Loveland, P., 1997, **A Preliminary Attempt to Identify Atmospherically Derived Pollution Particles in English Top Soils from Magnetic Susceptibility Measurements**, Physics and Chemistry of the Earth, Vol. 22, PP. 207° 210.
- Heller, F., Strzyszcz, Z., Magiera, T., 1998, **Magnetic Record of Industrial Pollution in Forest Soils of Upper Silesia, Poland**, Journal of Geophysical Research, Vol. 103, PP.17767° 17774.

- Hoffmann, V., Knab, M., Appel, E., 1999, **Magnetic Susceptibility Mapping of Roadside Pollution**, Journal of Geochemical Exploration, Vol. 66, PP. 313° 326.
- Hunt, A., Jones, J., Oldfield, F., 1984, **Magnetic Measurements and Heavy Metals in Atmospheric Particles of Anthropogenic Origin**, Science Total Environment, Vol.33, PP. 129-139.
- Kapicka, A., Petrovsky, E., Ustjak, S., MachlaWkovla, K., 1999, **Proxy Mapping of Fly Ash Pollution of Soils around a Coal Burning Power Plant: a Case Study in the Czech Republic**, Journal of Geochemical Exploration, Vol. 66, PP. 291-297.
- Lecoanet, H.F.B., Leveque, F., Kok, Y., Ambrosi, J.P., 2001, **Magnetic Properties of Salt-marsh Soils Contaminated by Iron Industry Emissions (South-East France)**, Journal of Applied Geophysics, Vol. 48, PP. 67-81.
- 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, Vol. 42, PP. 6431-6441.
- Maher, B.A., 1986 **Characterization of Soils by Mineral Magnetic Measurements**. Physics of the Earth and Planetary Interiors, Vol. 42, PP. 76-92.
- Matzka, J., Maher, B.A., 1999, **Magnetic Biomonitoring of Roadside Tree Leaves: Identification of Spatial and Temporal Variations in Vehicle Derived Particulates**, Atmospheric Environment, Vol. 33, PP. 4565-4569.
- McIntosh, G., Gómez-Paccard, M., Osete, M. L., 2007, **The Magnetic Properties of Particles Deposited on Platanus X Hispanica Leaves in Madrid, Spain, and Their Temporal and Spatial Variations**, Science of the Total Environment, Vol. 382, PP. 135-146.
- Moreno, E., Sagnotti, L., Turell, J.D., Winkler, A., Cascella, A., 2003, **Bio Monitoring of Traffic Air Pollution in Rome Using Magnetic Properties of Tree Leaves**, Atmospheric Environment, Vol. 37, PP. 2967° 2977.
- Morris, W.A., Versteeg, J.K., Bryant, D.W., Legzdins, A.E., McCarry, B.E., Marvin, C.H., 1995, **Preliminary Comparison between Mutagenicity and Magnetic Susceptibility of Respirable Airborne Particulates**, Atmospheric Environment, Vol. 29, PP.3441-3450.
- Muxworthy, A.R., Schmidbauer, E., Petersen, N., 2002, **Magnetic Properties and Mossbauer Spectra of Urban Atmospheric Particulate Matter: A Case Study from Munich, Germany**, Geophysics International Journal, Vol. 150, PP. 558-570.
- Oldfield, F., Hunt, A., Jones, M.D.H., Chester, R., Dearing, J.A., Olsson, L., Prospero, J.M., 1985, **Magnetic Differentiation of Atmospheric Dusts**, Nature, Vol. 317, PP. 516-518.
- Ping, C., 2006, **Status and Comprehensive Control Countermeasures of Urban Air Pollution in China**, Environmental Science and Management (in Chinese), Vol. 31, PP.18-21.
- Pope, C. A., Thun, M. J., Namboodiri M. M., Dockery, D.W., Evans, J.S., Speizer, F.E., Heath, C.W., 1995, **Particulate Air Pollution as a Predictor of Mortality in a Prospective Study of US Adults**, American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, Vol.151, PP.669-674.
- Safavi, S. Y. and Alijani, B., 2006, **Investigation of Geographical Parameters in Tehran Air Pollution**, Geography Research Quarterly, No. 58, PP. 99-112.

- Schadlich, G., Weissflog, L., Schuurmann, G., 1995, **Magnetic Susceptibility in Conifer Needles as Indicator of Fly Ash Deposition**, Fresenius Environmental Bulletin, Vol.4, PP. 7-12.
- Shilton, V.F., Booth, C.A., Smith, J.P., Giess, P., Mitchell, D.J., Williams, C.D., 2005, **Magnetic Properties of Urban Street Dust and Their Relationship with Organic Matter Content in the West Midlands, UK**, Atmosphere Environment, Vol. 39, PP. 3651-9.
- 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, Vol. 53, PP. 1555-1564.
- Shu, J., Dearing, J.A., Morse, A.P., Lizhong, Y., Yuan, N., 2000 b, **Determining the Sources of Atmospheric Particles in Shanghai, China, from Magnetic and Geochemical Properties**, Atmospheric Environment, Vol. 35, No. 15, PP. 2615° 2625.
- Strzyszcz, Z., 1993, **Magnetic Susceptibility of Soils in the Areas Influenced by Industrial Emissions**, In: Schuln, R. (Ed.), Soil Monitoring, Monte Verita. Birkhauser Verlag, Basel, PP. 255° 269.
- Strzyszcz, Z., Magiera, T., Heller, F., 1996, **The Influence of Industrial Emissions on the Magnetic Susceptibility of Soils in Upper Silesia**, Studia Geophysicaet Geodetica, Vol.40, PP. 276-286.
- Taghipor niasar, Fatemeh, 2012, **Simulation of Optimum Climate Condition in Urban Open Space (Tajrish Sq. and Trijunction of Azari)**, M.Sc. Desertation, University of Tehran.
- Thompson, R., Oldfield, F., 1986, **Environmental Magnetism**. Allen and Unwin, London.
- Walling, D.E., Peart, M.R., Olfield, F., Thompson, R., 1979, **Suspended Sediment Sources Identified by Magnetic Measurements**, Nature, Vol. 281, PP. 110-113.
- Xie, S.J., Dearing, J.A., Bloemendal, J., 2000, **The Organic Matter Content of Street Dust in Liverpool, UK, and Its Association with Dust Magnetic Properties**, Atmosphere Environment, Vol. 34, PP. 269-275.
- Zawadzki, J., Fabijan czyk, P., Magiera, T., Strzyszcz, Z., 2010, **Study of Litter Influence on Magnetic Susceptibility Measurements of Urban Forest Top Soils Using the MS2D Sensor**, Environmental Earth Science, Vol. 61, PP.223-230.
- Zhang, C., Huang, B., Li, Z., Liu, H., 2006, **Magnetic Properties of High- road-side Pine Tree Leaves in Beijing and Their Environmental Significance**, Chinese Science Bulletin, Vol. 51, No. 24, PP. 3041-3052.

*Mapping Air Pollution Using Magnetometry on Tree Leaves in Tehran
Metropolitan, Iran*

Mollashahi M.

Ph.D. Candidate, Dep. of Forestry, Tarbiat Modares University

Alimohammadian H. *

Assistance Prof, Environment Magnetic Laboratory, Dep. of Geology and Mineral Exploration

Hosseini S.M.

Associate Prof., Dep. of Forestry, Tarbiat Modares University of Iran

Riahi A.

Assistance Prof, Dep. of Environment, Tarbiat Modares University

Feizi V.

Ph.D. Candidate of Geography, Climatology, University of Tehran

Satareyian A.

Assistance Prof., Dep. of Forestry, Faculty of Natural Resource, Gonbad Kavus University

Received: 18/04/2012 Accepted: 05/09/2012

Extended Abstract

Introduction

Air pollution is one of the major anthropogenic related productions which has had direct or indirect impact on environment during past recent century. Tehran metropolitan is one of the polluted cities in the world, in such way that in 2010, 120 days out of 365 days, were much polluted with one or several polluted elements. The major aim of this work is to map air pollution of Tehran metropolitan using new technique and method of magnetometry of tree leaves. Application of magnetic measurement is known as a new advanced method in investigation of the magnetic mineral emitted in to the air in industrial area. In recent years magnetic measurements have been increasingly used as a proxy for the heavy metal content in soils and sediments influenced by industrial emissions. Also, Magnetic particles are found almost invariably amongst atmospheric particulate pollutants. But sometimes it is difficult to

judge if the measured distribution really reflects the present situation or if it is a product of past industrial activities. Therefore, we tested, to what extent, magnetic measurements of tree leaf samples can give information on the current spread of magnetic dusts. In fact, this project examines the capability of Tehran air pollution to produce some pollutant elements applying magnetic parameters leaves in urban green space. These elements deposited by vehicles and plants. Tree leaves with large surface areas can accumulate efficiently urban dust on their surfaces. This dust is partially washed out during rain precipitation, and therefore, monitoring pollution through the magnetic properties of tree leaves provides time-averaged results, which are more useful when studying regular patterns of urban pollution, than the direct measurement of air pollutants in a short period. Due to their widespread distribution, tree leaves allow for the construction of sampling grids of different scales (e.g., from streets to entire urban areas), with a high density of sampling points and with a spatial resolution which is hard to achieve with monitoring stations.

Methodology

Sampling was carried out during a fifteen-day period in September. As far as possible the sampling points were evenly distributed over the area in and around of the Tehran city. Sampling points were chosen with the help of the urban administration of Tehran city. We collected more than 1000 leave samples from 3 species namely *Morusalba*, *Fraxinus excelsior* and *Pinuseldarica* from 22 sectors at Tehran metropolitan. Whenever possible, sampling was confined to branches, facing road, at a height of 1-1.5 m above ground. Samples were put in pocket-sized sealable plastic bags, and then were refrigerated at 5°C before being returned to the, environmental and paleomagnetic laboratory, based at Geological Survey of Iran for magnetic analysis. Specimen preparation includes drying at open air, powdering before measuring them in the laboratory. Then the samples were place in 6 cm³ plastic boxes, specifically designed for sampling of paleomagnetic specimens. Each sample was weighted before the measurements in order to normalize the magnetic susceptibility values relative to the leaf mass (m³ Kg⁻¹). Magnetic susceptibility was measured using an AGICO Kappabridge MFK-1 instrument. Then susceptibility data used to map air pollution with the help of GIS software. The one way ANVOA was performance for the variability of magnetic susceptibility in three different species at 22 sectors of Tehran city.

Results and Discussion

The Magnetometry measurement results of the polluted air showed that sectors 9, 11, 12, 14 and 15 in Tehran city have highest pollution. Then these results compared with the result of Co content and major wind direction of Tehran metropolitan. All of these researches had same results and confirmed that sectors located in south and south-west of Tehran city have the highest pollution. These sectors have higher population per area so there is high traffic of vehicles in these regions. The magnetometry results show the maximum absorption of pollution by *Morusalba*.

Conclusion

The results indicate that a magnetic survey of tree leaves, which is relatively rapid and inexpensive, may be used in addition to the classical air quality monitoring systems to identify and delineate high-polluted areas in urban environments. Compared with other analytical methods, magnetic minerals provide a compositional tool, which is reliable, rapid, non-destructive, inexpensive and sensitive to low detection levels.

Keywords: *Susceptibility, Tree Leaves, Air Pollution, Tehran.*

