J TOLOO E BEHDASHT, School of Public Health, Yazd Shahid Sadoughi Univ Med Sci

ORIGINAL ARTICLE
Received: 2016/06/28 *Accepted:6016/08/06*

Interpolation of Yazd City Air Pollution to Heavy Metals of Lead and Cadmium using Laughing Dove's Feather as Indicator of Urban Environment

Hesan Akhavan Ghalibaf(M.Sc.)[1], Mohammad Hossein IranNejadParizi(Ph.D.)[2], Farhad Nejadkoorki(Ph.D.)[3], Mahmood Reza Hemami(Ph.D.)[4], Hamid Reza Azimzadeh(Ph.D.)[3], Motaharesadat Namayandeh(M.Sc.)[1], Azam Taheri(M.Sc.)[1], Mehdi Mokhtari(Ph.D.)[6]

1.M.Sc., Department of Natural Resources and Environmental, Yazd University, Yazd, Iran.
2.Assistant Professor, Department of Natural Resources and Environmental, Yazd University,Yazd, Iran.
3.Associate Professor, Department of Natural Resources and Environmental, Yazd University, Yazd, Iran.
4.Associate Professor, Department of Natural Resources and Environmental, Isfehan University of Technnology, Isfehan, Iran.
5.Corresponding Author: Assistant Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran.
Email: mhimokhtari@gmail.com Tel:09133559789

Abstract

Introduction: Using bio-indicators, like birds' feathers can represent bio-transference of pollutants in the environment components better. This study was conducted to study and interpolate heavy metal pollution in laughing dove's feather as a bio-indicator.

Methods: The heavy metals of Lead and Cadmium were studied in both western and eastern zones of Yazd by feather of laughing dove (Spilopelia senegalensis) as a bio-indicator of environment pollution. To measure the concentration of heavy metals, chemical digestion and atomic absorption spectrometry methods were applied. Finally, the obtained results were interpolated by Kriging method in GIS environment.

Results: The concentration of heavy metals in all samples were 19.88 ± 1.01 μg g^{-1} for Lead and 0.87 ± 0.03 μg g^{-1} for Cadmium. The minimum concentration of Lead was 13.87 μg g^{-1} and its maximum concentration was 31.35 μg g^{-1}. The minimum and maximum concentrations of Cadmium were 0.42 μg g^{-1} and 1.29 μg g^{-1}, respectively. Lead had higher concentration, while Cadmium had lower concentration than the threshold threat for birds. Interpolation maps in GIS showed higher pollution distribution in the eastern half of Yazd city. Interpolation and statistical analysis of Lead and Cadmium concentrations had similar results showing higher pollution in the eastern half of the city.

Conclusion: Pollution pattern of Yazd represented the effects of human activities and environmental transfer of pollutions on the increase of heavy metals' emissions in the eastern half of the city. The current results showed that laughing dove has suitable biological characteristics to be used as a pollution biological indicator.

Keywords: Pollution interpolation, Bio-indicator, Laughing dove's feather, Yazd city

Conflict of interest: The authors declared that there is no Conflict interests.

This Paper Should be Cited as:
Hesan Akhavan Ghalibaf,Mohammad Hossein IranNejadParizi, Farhadnejadkoorki, Mahmood Reza Hemami, Hamid Reza Azimzadeh, Motaharesadat Namayandeh, Azam Taheri, Mehdi Mokhtari.Interpolation of Yazd city Air Pollution to Heavy Metals of Lead and Cadmium using Laughing …… J Tolooebehdasht .2017; 16(4):1-15.[Persian]

طلوع بهداشت

دو ماهنامه علمی پژوهشی
دانشکده بهداشت یزد
سال شانزدهم
شماره: چهارم
مهر و آبان ۱۳۹۶
شماره مسلسل: ۶۴

تاریخ وصول: ۱۳۹۵/۸/۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۵/۱۶

مطالعه پهنه‌بندی آلودگی هوای شهر یزد به فلزات سنگین سرب و کادمیوم با استفاده از پر قمری خانگی به عنوان شاخص زیستی محیط‌زیست شهری

نویسندگان: حسان اخوان قالی‌باف[۱]، محمدحسین ایران‌نژاد پاریزی[۲]، فرهاد نژادکورکی[۳]، محمودرضا همامی[۴]، حمیدرضا عظیم زاده[۳]، مطهره السادات نماینده[۱]، اعظم طاهری[۱]، مهدی مختاری[۶]

۱.کارشناس ارشد مهندسی محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه یزد،یزد،ایران

۲. استادیار گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه یزد،یزد،ایران

۳. دانشیار گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه یزد ،یزد،ایران

۴. دانشیار گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان،اصفهان ،ایران

۵. نویسنده مسئول: استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات علوم و فناوری‌های محیط‌زیست، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد،یزد،ایران

تلفن تماس: ۰۹۱۳۳۵۵۹۷۸۹ Email: mhimokhtari@gmail.com

چکیده

مقدمه: استفاده از شاخص‌های زیستی مانند پر پرندگان می‌تواند تصویر بهتری از انتقال‌زیستی آلاینده‌ها در اجزای محیط‌زیست را نشان دهد. مطالعه حاضر باهدف بررسی و پهنه‌بندی آلودگی فلزات سنگین در شاخص‌زیستی پر قمری‌خانگی انجام گرفت.

روش بررسی: فلزات سنگین سرب و کادمیوم در دو زون غربی و شرقی شهر یزد با استفاده از پرقمری‌خانگی (Streptopelia senegalensis) به عنوان شاخص آلودگی محیط‌زیست مطالعه شد. جهت اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین از روش هضم شیمیایی و دستگاه جذب اتمی استفاده گردید. در آخر نتایج به دست آمده با استفاده از روش کریجینگ در محیط GIS پهنه‌بندی شد.

یافته‌ها: در بررسی نمونه‌های مورد مطالعه میانگین غلظت سرب $\mu g\ g^{-1}$ ۱/۰۱ ± ۱۹/۸۸ و برای کادمیوم $\mu g\ g^{-1}$ ۰/۰۳ ± ۰/۸۷ به دست آمد. غلظت فلز سرب حداقل $\mu g\ g^{-1}$ ۱۳/۸۷ و حداکثر $\mu g\ g^{-1}$ ۳۱/۳۵ و برای فلز کادمیوم حداقل $\mu g\ g^{-1}$ ۰/۴۲ و حداکثر $\mu g\ g^{-1}$ ۱/۲۹ به دست آمد. فلز سرب دارای غلظتی بالاتر و فلز کادمیوم دارای غلظتی پایین‌تر از حد آستانه‌ی خطر برای پرندگان بود. نقشه‌های پهنه‌بندی در GIS توزیع مقدار آلودگی بالاتر در نیمه‌ی شرقی شهر یزد را نشان داد. نتایج پهنه‌بندی و آنالیزهای آماری غلظت فلزات‌سنگین سرب و کادمیوم در شهر یزد مشابه یکدیگر و حاکی از آلایندگی بالاتر نیمه شرقی شهر یزد بوده‌است.

نتیجه‌گیری: الگوی آلودگی شهر یزد نشان دهنده تأثیرات فعالیت‌های انسانی و انتقالات محیطی آلاینده‌ها بر افزایش انتشار فلزات سنگین در نیمه‌ی شرقی شهر یزد بوده است. مطالعه حاضر نشان داد قمری‌خانگی دارای ویژگی‌های زیستی مناسب برای استفاده به عنوان شاخص زیستی آلودگی محیط‌زیست شهری بوده‌است.

واژه‌های کلیدی: پهنه‌بندی آلودگی، شاخص زیستی، پر قمری خانگی، شهر یزد

مقدمه

اهمیت تنوع زیستی و اثرات مخرب فعالیت‌های انسانی موجب توجه بیشتر انسان به آلودگی‌ها، نسبت به گذشته شده است (۱). مقدار زیادی از آلاینده‌های معرفی‌شده به محیط‌زیست در نتیجه‌ی شهرنشینی و فرایندهای صنعتی می‌باشد (۲). فلزات سنگین با توجه به منابع تولید متعدد و پایداری در محیط به عنوان بحران مهم محیط زیستی تلقی می‌شوند (۳). فلزات سنگین را گروهی از عناصر می‌دانند که در غلظت‌های کم در سیستم‌های طبیعی یافت می‌شوند و چگالی آن‌ها ۵ گرم برسانتی‌مترمربع یا بیشتر باشد (۴، ۵). در این گروه ۴ فلز کادمیوم، سرب، کروم و جیوه در مقدار کم برای محیط‌زیست بسیار سمی‌اند (۶). بیشترین منبع عناصر کمیاب در محیط‌زیست کودهای شیمیایی، آفت‌کش‌ها، تهیه‌ی ذغال چوب، احتراق نفت، فرایندهای تولید گازهای گلخانه‌ای، وسایل نقلیه، استخراج از معادن، ریخته‌گری و سوزاندن زباله‌های شهری و باقی‌مانده‌های صنعتی می‌باشد (۷، ۸). فلزات سنگین دارای خاصیت تجمع و بزرگنمایی زیستی در زنجیره‌ی مواد غذایی‌اند (۹). تجزیه و تحلیل آلاینده‌های زیست‌محیطی در موجودات زنده نتایج معتبرتری نسبت به تجزیه و تحلیل در محیط‌های غیرزنده به دست می‌دهد. این به دلیل این است که موجودات زنده اطلاعات دقیق‌تری را در مورد فراهمی زیستی و همچنین انتقال زیستی آلاینده‌ها به ما می‌دهند (۲). در واقع شاخص‌های زیستی (bioindicators)، موجودات زنده یا جوامعی از موجودات زنده است که به تأثیرات محیطی با تغییر فرایندهای زیستی یا تغییر در ترکیبات شیمیایی خود واکنش نشان می‌دهند (۱۰).

گونه‌هایی که می‌توان به عنوان شاخص زیستی انتخاب کرد شامل پرندگان و پستانداران زمینی، دوزیستان، ماهی، پرندگان، پستانداران دریایی (۱۱) و خزندگان می‌باشد (۱۲). پرندگان موضوعات مرسوم برای پایش آلودگی محیط‌زیست می‌باشند. پرندگان به دلیل عمومی و در دسترس بودن، دارای پراکنش وسیع و نرخ متابولیک بالا و تغذیه از سطوح تروفی بالا در اکوسیستم‌ها مناسب استفاده به عنوان شاخص زیستی آلودگی فلزات سنگین هستند (۱۳). اخیراً محققان پتانسیل استفاده از گونه‌های وحشی مانند قمری‌ها به طور مثال کبوتر (فرم شهری) (Columba livia) (۱۴) و قمری خانگی (Streptopelia senegalensis) (۱۵)، گنجشک‌ها (passer domesticus) (۲)، چرخ‌ریسک آبی (Parus caeruleus) و چرخ ریسک بزرگ (Parus major) (۱۶،۱۷) را نشان دادند.

پرندگان فلزات را از طریق مدفوع، غده‌های بدن مانند غده‌ی نمک و پرها دفع می‌کنند (۱۷).

قلمروطلبی و فعالیت در محدوده قلمرو از دیگر رفتارهای پرندگان است که برای انتخاب پرندگان به عنوان شاخص آلودگی محلی می‌تواند به عنوان پارامتری مؤثر مطالعه شود و در واقع به معنای محدودشدن پرنده به منطقه‌ای خاص و قرارگرفتن در معرض آلودگی آن منطقه است. در مطالعه‌ی Jackson و Basket در سال ۱۹۶۴ در فضای سبز دانشگاه قلمروی قمری بال‌سفید (Zenaida asiatica) محدوده‌ای بین ۰/۳ تا ۰/۷ هکتار را شامل می‌شد (۱۸). Sayre و همکاران در سال ۱۹۸۰ قلمروی ۶ قمری بال‌سفید نر رادیو گذاری شده را نقشه‌سازی کردند، این قلمروها محدوده‌ای بین ۰/۴ تا ۱/۳ هکتار را شامل

می‌گردید (۱۹). در واقع عواملی مانند دفاع از قلمرو، داشتن جایگاه آوازخوانی مشخص و دفاع از آن در برابر سایر رقبا، جوجه آوری و جابه جایی در نزدیکی منابع آب و غذا که در مناطق شهری به سهولت و در مکان‌های مشخص مانند پارک‌ها در اختیارشان قرار می‌گیرد سبب می‌شود تا قمریان به خصوص جمعیت‌های ساکن در محیط‌های شهری به طور معمول دارای گستره‌ی خانگی و قلمروهای محدود باشند (۱۸). این نکته وجود دارد که اندازه‌ی گستره‌ی خانگی قمری‌ها تحت تأثیر زمین سیما (landscape)، به خصوص شکل استفاده از سرزمین در مناطق شهری می‌باشد. قمری‌هایی که در مناطق شهری زندگی می‌کنند نسبت به قمری‌هایی که در مناطق کشاورزی یا طبیعی زندگی می‌کنند فواصل کمتری را طی می‌کنند (۲۰). Frantz و همکاران در سال ۲۰۱۲ در مطالعه‌ای در شهر پاریس به مطالعه‌ی آلودگی فلزات سنگین سرب، کادمیوم، مس و روی در مقیاس محدود پرداختند (۲۱). در این مطالعه در فواصل کمتر از ۸۰۰ متر نیز میزان آلودگی فلزات سنگین در شاخص پر کبوتر دارای اختلاف معنی‌دار بود که نشان دهنده‌ی جابه‌جایی محدود این گونه از کبوتریان در محیط شهری با توجه به الگوی آلودگی بوده است. در بین پرندگان مورد استفاده به عنوان شاخص‌های آلودگی فلزات سنگین در محیط‌زیست، قمریانی مانند کبوتر برای مطالعات آلودگی فلزات سنگین در مقیاس محدود استفاده شده‌اند (۲۱).

در جهان پرها برای پایش فلزات از دهه‌ی ۱۹۶۰ استفاده شدند (۲۲). زیرا این روش موجب تلفات کم پرنده و مقدار فلز مؤثر قابل مطالعه را فراهم می‌کند (۶). در ایران تنها مطالعاتی در مورد مقدار فلزات سنگین در بافت‌های گونه‌های مختلف پرندگان مختلف انجام‌گرفته است (۲۵-۲۳). تا به حال از پر قمری خانگی به عنوان شاخص زیستی برای بررسی غلظت فلزات سنگین در ایران و استفاده از این شاخص در مقیاس محدود در جهان استفاده نشده‌است.

شهر یزد یکی از قدیمی‌ترین شهرهای ایران و دومین شهر تاریخی جهان است و توسعه‌ی اقتصادی، گردشگری و صنعت در استان یزد سبب افزایش آلودگی در این شهرستان شده است. شهر یزد دارای بیشترین جمعیت و تراکم در دشت صنعتی یزد – اردکان می‌باشد. جمعیت شهر یزد طبق آخرین سرشماری نفوس و مسکن ۵۷۲۶۷۲ نفر و تراکم جمعیت در این شهرستان در مناطق مختلف بین ۴۶/۸۲ تا ۱۹۷۵۰ نفر در کیلومترمربع می‌باشد. بررسی گلبادهای میانگین نشان داده‌است که بادهای غربی و شمال‌غربی بادهای غالب منطقه هستند (۲۶). مهم‌ترین منابع آلاینده در این شهرستان آلودگی ناشی از ذرات‌معلق، کوره‌های آجرپزی، معادن، مراکز صنعتی و شهرک‌های صنعتی مجاور و یا قرارگرفته در مسیر گلبادهای منتهی به شهرستان، نیروگاه‌های تولید برق و فعالیت‌های شهری می‌باشد. جهت بررسی آلودگی شهر یزد، فلزات سنگین سرب و کادمیوم با توجه به سمیت و متداول بودن در محیط‌های انسانی و صنعتی و مناسب بودن برای پایش با استفاده از شاخص پر با توجه به نتایج مطالعات مشابه به عنوان پارامترهای آلودگی انسانی انتخاب گردید. در این تحقیق سعی شده است تا استفاده از پر قمری خانگی به عنوان پرنده‌ی بومی به عنوان شاخص زیستی آلودگی برای مطالعه‌ی آلودگی سرب و کادمیوم در شهر یزد مورد بررسی قرار گیرد. قمری خانگی گونه‌ای از تیره کبوتریان یا قمریان است که در ایران دو جنس و ۹ گونه دارد. زیستگاه این پرنده غالباً در فضای داخل

شهرها، روستاها و اطراف آن‌ها می‌باشد. نتایج بررسی‌ها نشان دهنده‌ی حساسیت این گونه نسبت به آلودگی محیطی و کاهش جمعیت این پرنده در سال‌های اخیر به سبب آلودگی هوا در شهرها بوده‌است (۲۷).

نتایج مطالعات جابه‌جایی محدود قمریان به خصوص در زیستگاه‌های شهری و مناسب بودن این گونه‌ها برای استفاده به عنوان شاخص زیستی را نشان داده است (۱۹،۲۱).

هدف از این پژوهش بررسی میزان جذب عناصر سنگین سرب و کادمیوم در پر قمری خانگی به عنوان شاخص زیستی آلودگی فلزات سنگین در شهرستان یزد و مقایسه با دیگر مطالعات مشابه بر روی قمریان در سراسر جهان و بررسی الگوی پراکنش آلودگی سرب و کادمیوم در نیمه شرقی و غربی شهر یزد با توجه به بادهای غالب نیمه غربی شهر یزد می‌باشد. استفاده از شاخص‌هایی مانند پر پرندگان بومی مثل قمری خانگی می‌تواند به درک فراهمی زیستی فلزات سنگین در بدن موجودات زنده و درنهایت انسان کمک کند. نتایج این تحقیق می‌تواند آلودگی فلزات سنگین در زون‌های مطالعاتی در مقیاس محدود در شهر یزد را مورد مطالعه قرار دهد و نشان دهنده‌ی تأثیرات توأم عوامل طبیعی و انسانی بر الگوی پراکنش نهایی فلزات سنگین سرب و کادمیوم در محیط‌زیست شهری باشد.

روش بررسی

این تحقیق یک مطالعه‌ی توصیفی مقطعی است. پژوهش حاضر به بررسی غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم با استفاده از دستگاه جذب اتمی و پهنه‌بندی غلظت آلاینده‌ها با استفاده از روش کریجینگ در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS = Geographic Information System) با استفاده از شاخص پر قمری خانگی در محیط‌زیست شهری یزد پرداخت. نمونه پر ۴۹ قمری خانگی به صورت تصادفی از ۱۷ منطقه‌ی نمونه برداری با توجه به تراکم جاده‌ها و فعالیت های انسانی در دو زون تحقیقاتی شرقی و غربی در شهر یزد برداشت گردید (شکل ۱). دو زون مطالعاتی غربی و شرقی به منظور مطالعه توزیع آلودگی سرب و کادمیوم با توجه به بادهای غالب نیمه غربی و تمرکز بیشتر فعالیت‌های انسانی و جاده‌های مرتبط با فعالیت‌های انسانی در نیمه شرقی شهر یزد انتخاب شد. موقعیت هر نمونه با استفاده از سیستم موقعیت‌یاب جهانی (GPS = Global Positioning System) برای انتقال روی نقشه ثبت گردید. در نمونه‌برداری سعی شد تا حداکثر فاصله‌ی مناطق نمونه‌برداری از یکدیگر برای کاهش اثر همبستگی داده‌ها رعایت گردد.

تعدادی از شاهپرهای بال و دم به طور یکسان در همه‌ی نمونه‌ها با دقت جدا شد. نمونه‌های پر ابتدا سه مرتبه با آب دیونیزه و استون شسته شده و به مدت ۲۴ ساعت در آون ۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند، سپس نمونه‌های خشک‌شده وزن گردیدند. یک گرم از نمونه‌ها با استفاده از ۱۵ میلی‌لیتر نیتریک اسید به مدت یک شب هضم شدند و با حمام بنماری در دمای ۱۰۰ درجه حرارت دیدند، میزان ۵ میلی‌لیتر آب‌اکسیژنه به نمونه‌ها اضافه شد و مراحل قبل تکرار گردید (۲۸). محلول حاصل با استفاده از کاغذ صافی، قیف پلی‌اتیلنی و بالن ژوژه‌ی ۲۵ میلی‌لیتری صاف شده و در نهایت با آب دیونیزه به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد.

میزان فلزات سنگین با استفاده از دستگاه جذب اتمی مدل Analytik Jena-35 ساخت کشور آلمان با محدوده‌ی طول‌موج بین ۱۸۵ تا ۹۰۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. شاخص‌های

عملیاتی طیف‌سنجی در جدول ۱ نشان داده شده است. شاخص‌های عملیاتی طبق توصیه‌ی کارخانه‌ی سازنده تنظیم گردید.

در این آزمایش بعد از هر ۱۰ نمونه، یک نمونه‌ی شاهد اندازه‌گیری شد. برای کاهش اریبی و خطای آزمایش علاوه بر استفاده از آب دیونیزه، دستگاه با مقادیر خیلی پایین کالیبره شد و پس از هر ۱۰ نمونه، یک نمونه‌ی شاهد استاندارد اندازه‌گیری گردید. برای تهیه‌ی محلول استاندارد، محدوده‌ی عناصر در بافت پر با استفاده از پیش نمونه‌ها به دست آمد و استانداردهای مناسب بر اساس نمونه‌ها و محدوده‌ی خطی اندازه‌گیری دستگاه تهیه گردید. داده‌های قرائت شده از دستگاه با استفاده از فرمول زیر در واحد ppm محاسبه شد.

فرمول (۱):

$$M = C.V / W$$

C = غلظت به دست آمده از دستگاه

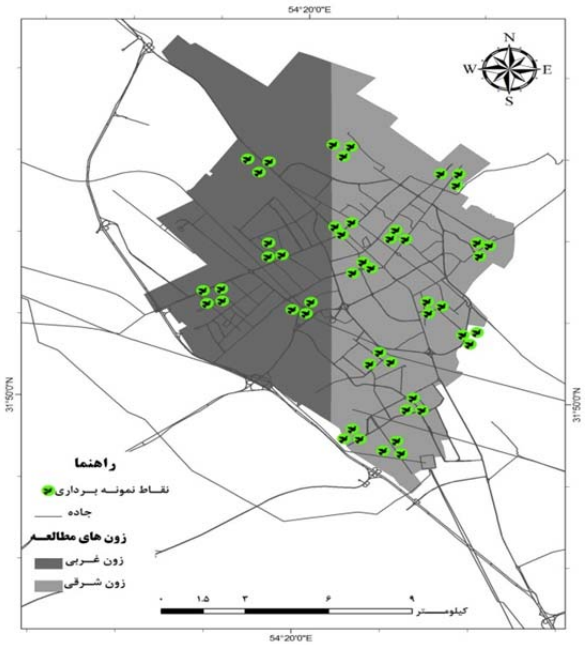
V = حجم نهایی نمونه (در این تحقیق ۲۵ می‌لی‌لیتر بوده است).

W = مقدار ماده خشک برای هضم بر حسب گرم (در این تحقیق ۱ گرم بوده است).

M = غلظت نهایی نمونه بر حسب ppm به ازای یک گرم وزن خشک مورد محاسبه قرار گرفت.

آنالیزهای آماری بر روی نتایج غلظت سرب و کادمیوم نمونه‌های پر قمری خانگی به دست آمده از زون‌های تحقیقاتی در محدوده‌ی شهر یزد با استفاده از نرم‌افزار (SPSS 16) انجام گرفت.

جهت بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون Kolmogorov-Smirnov استفاده شد و برای بررسی همگنی واریانس‌ها از آزمون Levene استفاده گردید. با توجه به نرمال بودن و همگنی واریانس داده‌ها، برای مقایسه‌ی میزان غلظت سرب و کادمیوم در زون‌های نیمه شرقی و نیمه غربی مورد بررسی از آزمون t مستقل استفاده شد.



شکل ۱: نقاط نمونه برداری از پر قمری خانگی در زون‌های مطالعاتی نیمه شرقی و غربی شهر یزد

جدول ۱: شرایط دستگاه برای اندازه‌گیری عناصر

روش	جریان (mA)	عرض شکاف (nm)	طول‌موج (nm)	عنصر
FAAS	۳	۱/۲	۲۲۸/۸	کادمیوم
FAAS	۴	۰/۸	۲۸۳/۳	سرب

در این تحقیق از روش زمین‌آماری کریجینگ در محیط نرم‌افزار Arc Gis 9.3 به منظور پهنه‌بندی غلظت فلزات سرب و کادمیوم استفاده شد.

کریجینگ یک روش تخمین است که بر منطق میانگین متحرک وزن‌دار استوار می‌باشد و در مورد آن می‌توان گفت بهترین تخمینگر خطی نااریب است.

از مهم‌ترین ویژگی‌های کریجینگ آن است که به ازای هر تخمینی خطای مرتبط با آن را می‌توان محاسبه کرد. این تخمینگر با استفاده از فرمول ۲ تعیین گردید (۲۹).

فرمول (۲):

$$z_v = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i \times z_{vi}$$

در این رابطه Z_v میزان داده برآورد شده، λ_i وزن نقطه i ام (که مجموع آن‌ها در همه نقاط یک می‌باشد) و Z_{vi} میزان داده اندازه‌گیری شده است.

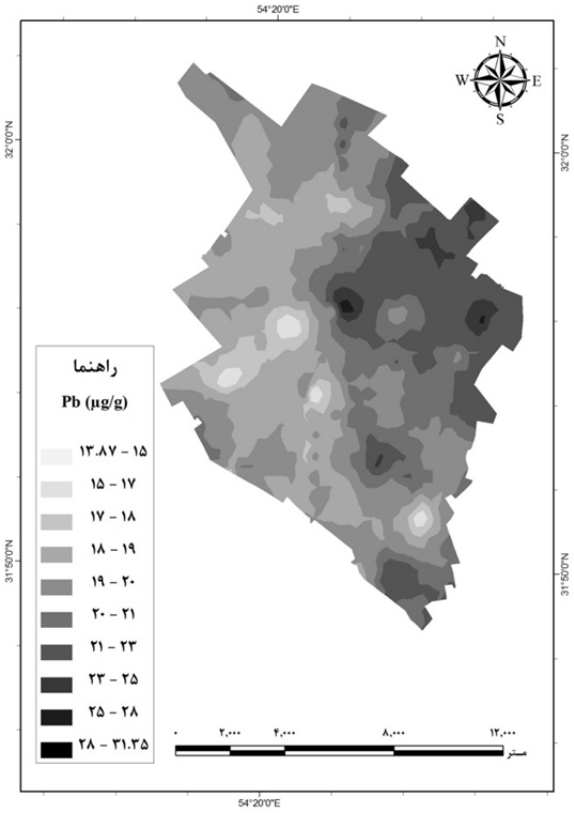
یافته‌ها

در بررسی پارامترهای تحلیلی روش طیف‌سنجی جذب اتمی (AAS = Atomic Absorption Spectroscopy) با استفاده از نمونه‌های شاهد بدون نمونه‌های پر (blank) و نمودار کالیبراسیون، حد تشخیص دستگاه (LOD = limit of detection) برای سرب $\mu g\ g^{-1}$ ۱/۸۸ و برای کادمیوم $\mu g\ g^{-1}$ ۰/۱۶ به دست آمد. مقدار غلظت سرب و کادمیوم در نمونه‌های پر بالاتر از حد تشخیص دستگاه قرار داشت.

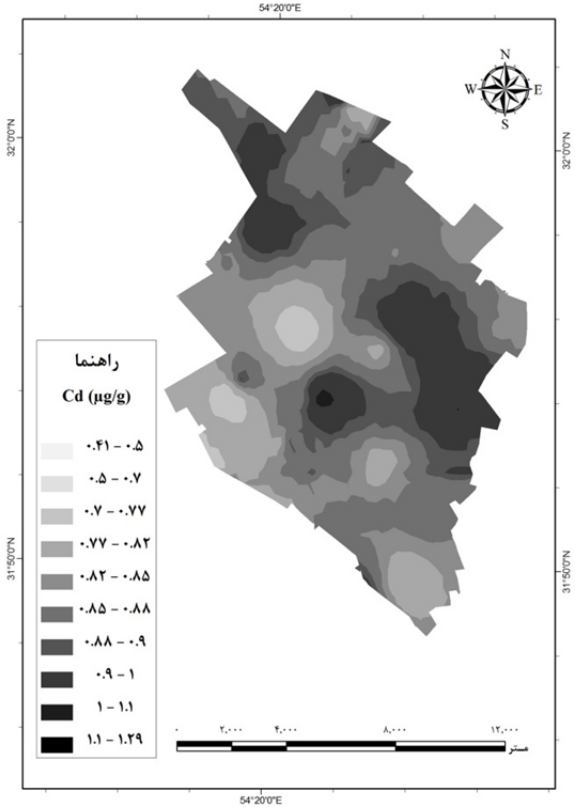
نتایج بررسی اختلاف غلظت عناصر در مناطق پایلوت محدوده‌ی شهری شهرستان یزد با استفاده پر قمری خانگی به عنوان شاخص زیستی محیط‌زیست نشان‌دهنده‌ی اختلاف در غلظت فلزات سنگین سرب (sig =۰/۰۲۷) و کادمیوم (sig = ۰/۰۱۴) در محدوده‌ی شهری شرقی و غربی شهرستان یزد می‌باشد (جدول ۲). وجود اختلاف معنی‌دار در دو زون مطالعاتی در شهر یزد حاکی از ناهمگنی توزیع آلودگی شهری تحت تأثیر فعالیت های انسانی می‌باشد.

جدول ۲: نتایج آزمون t مستقل غلظت فلزات سنگین ($\mu g\ g^{-1}$) در پر قمری خانگی در محدوده‌های شهری شرقی و غربی شهرستان یزد

عنصر	منابع تغییر	اختلاف میانگین	درجه آزادی	t	F	Sig.
سرب	فرض تساوی واریانس	-۳/۳۱۳۴۲	۴۷	۷۸/۹۰۸	۵/۱۹۷	۰/۰۲۷
	فرض عدم تساوی واریانس	-۳/۳۱۳۴۲	۴۰/۸۸۰	۱۵/۲۷۴		
کادمیوم	فرض تساوی واریانس	-۰/۰۱۳۰۸	۴۷	۰/۰۲۰	۶/۴۴۹	۰/۰۱۴
	فرض عدم تساوی واریانس	-۰/۰۱۳۰۸	۱۴/۴۲۷	۰/۰۲۲		



شکل ۱: نقشه پهنه بندی عنصر سرب شهر یزد



شکل ۲: نقشه پهنه بندی عنصر کادمیوم شهر یزد

نتایج مطالعات پهنه‌بندی آلاینده‌های سرب و کادمیوم در شهر یزد توانست به خوبی این اختلاف توزیع آلودگی در شهر یزد و آلایندگی بالاتر در نیمه شرقی شهری یزد را نشان دهد. نقشه پهنه‌بندی مقدار هر یک از عناصر سرب و کادمیوم با استفاده از روش کریجینگ در شهر یزد طبق شکل ۲ و ۳ به دست آمد.

میانگین غلظت فلزات سنگین در همه‌ی مناطق نمونه‌برداری در شهرستان یزد، برای سرب میانگین $\mu g\ g^{-1}$ ۱/۰۱ ± ۱۹/۸۸، حداقل $\mu g\ g^{-1}$ ۱۳/۸۷ و حداکثر $\mu g\ g^{-1}$ ۳۱/۳۵ و برای فلز کادمیوم میانگین $\mu g\ g^{-1}$ ۰/۰۳ ± ۰/۸۷، حداقل $\mu g\ g^{-1}$ ۰/۴۲ و حداکثر $\mu g\ g^{-1}$ ۱/۲۹ بود. به طور کلی نتایج آنالیزهای آماری و پهنه‌بندی مقدار فلزات سرب و کادمیوم نشان‌دهنده‌ی بیشترین غلظت آلایندگی فلزات سنگین سرب و کادمیوم در نیمه شرقی شهر یزد بود که خود می‌تواند در نتیجه‌ی انتشار آلاینده‌ها از طریق جو و بادهای غالب نیمه غربی همراه با تاثیر توام فعالیت های انسانی و جاده‌های مرتبط با فعالیت‌های انسانی در این محدوده باشد.

بحث و نتیجه گیری

غلظت فلزت سنگین سرب و کادمیوم پرهای ۴۹ قمری خانگی از دو زون مطالعاتی در نیمه‌ی شرقی و غربی سطح شهر یزد در پاییز ۱۳۹۲ مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به بادهای غالب نیمه غربی، فعالیت‌های بالاتر انسانی و توسعه بیشتر جاده‌های اصلی مرتبط با فعالیت های انسانی در نیمه شرقی شهر یزد دو زون مطالعاتی در نیمه شرقی و غربی شهرستان یزد به منظور مطالعه‌ی آلاینده‌های سرب و کادمیوم انتخاب گردید. نتایج آنالیزهای آماری بر روی نتایج اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم نشان دهنده‌ی آلایندگی بالاتر در نیمه شرقی شهر یزد می‌باشد. نقشه‌های پهنه‌بندی آلودگی فلزات سنگین شهر یزد با استفاده از محیط GIS تأیید کننده نتایج بررسی‌های آماری بود. نقشه‌های به دست آمده، آلودگی بالاتر فلز کادمیوم و سرب را در نیمه شرقی شهر یزد نشان داد. نیمه شرقی شهر یزد نسبت به نیمه غربی دارای بیشترین تجمع و تراکم بازار، فعالیت‌های گردشگری، اقتصادی، تراکم بیشتر جاده‌ها و ترافیک وسایل نقلیه است. مطالعات دیگر نیز نشان داده است که فلزات سنگین تحت تأثیر منابع مختلف انسانی مانند میزان ترافیک، باطری سازی‌ها، مواد به کار رفته در پشت بام‌ها و منازل، رنگ‌ها و کشاورزی قرار دارند (۲۱). نوع فعالیت‌های انسانی می‌تواند سبب توزیع مکانی آلودگی در محیط‌زیست شود (۳). همچنین بادهای غالب نیمه غربی شهر یزد را می‌توان به عنوان عاملی مؤثر در توزیع آلایندگی شهر یزد در کنار فعالیت‌های انسانی و جاده‌های مرتبط با فعالیت‌های انسانی در نظر گرفت. مارسیلی و همکاران نیز در سال ۲۰۰۹ برای بررسی تأثیر آلودگی فلزات سنگین میادین نفتی، در روش مطالعه‌ی خود به اهمیت باد غالب توجه خاصی داشتند و نمونه برداری خود از شاخص زیستی مارمولک ایتالیایی را در امتداد جهت باد از میادین نفتی انجام دادند. نتایج مطالعات آن‌ها نشان‌دهنده‌ی تأثیر میادین نفتی بر توزیع آلودگی بود (۳۰). در مطالعه‌ای دیگر در شهر یزد نژادکورکی و نیکلسون در سال ۲۰۱۲ در مطالعه‌ی خود بیشتر بودن مقدار آلودگی گوگرد دی‌اکسید (SO_2) در جنوب شرق شهرستان یزد را مرتبط با بادهای غالب شمال غربی یزد و انتقال آلودگی صنایع بیان کردند (۳۱).

اندازه‌گیری میانگین غلظت فلزات سنگین در مطالعه‌ی حاضر نتایج مشابه و حتی کمی بالاتر از مطالعات انجام شده بر روی پر

قمریان در دهه‌های گذشته و هم‌اکنون در سطح جهان به خصوص در مناطق روستایی و طبیعی را داشته است. میانگین غلظت سرب در مطالعه‌ی حاضر $\mu g\ g^{-1}$ ۱۹/۸۸ اندازه‌گیری شد که در مقایسه با $\mu g\ g^{-1}$ ۰/۶ تا ۲۰/۰ در میانگین غلظت سرب در پر کبوتر کره‌ی جنوبی، فلسطین اشغالی، اسلواکی، برزیل و فرانسه مشابه و نسبت به مطالعات صورت گرفته در مناطق روستایی و طبیعی و شهرهای با استانداردهای آلایندگی مطلوب بالاتر بود (۳۴-۳۲، ۲۱، ۱۴). در مطالعه‌ی Almansour در سال ۲۰۰۴ که بر روی غلظت سرب در قسمت‌های مختلف پر قمری‌خانگی وحشی در سه منطقه‌ی مختلف در عربستان سعودی انجام شد، میانگین غلظت سرب در پر کامل قمری‌خانگی بین $\mu g\ g^{-1}$ ۲/۲ تا ۱۸/۰۳ به دست آمد (۱۵). غلظت سرب در پر قمری‌خانگی وحشی مطالعه شده در عربستان کمتر از غلظت سرب به دست آمده از قمری‌خانگی در محدوده‌ی شهرستان یزد بوده است. مقدار سرب در مطالعه حاضر بالاتر از حدآستانه‌ی خطر ($\mu g\ g^{-1}$ ۴) در پرندگان بود که منجر به مشکلات تولید مثل و اختلال در رشد پرندگان می‌گردد (۳۵). میانگین غلظت کادمیوم در نتایج این مطالعه $\mu g\ g^{-1}$ ۰/۸۷ اندازه‌گیری شد در حالی که میانگین غلظت کادمیوم در پر کبوتر فلسطین اشغالی، برزیل و فرانسه بین $\mu g\ g^{-1}$ ۰/۰۴ تا ۳ عنوان شده است (۳۵ ، ۳۳ ،۲۱). غلظت کادمیوم در این مطالعه پایین‌تر از حدآستانه‌ی خطر ($\mu g\ g^{-1}$ ۲) برای پرندگان بود (۳۵). مقدار بالای غلظت فلز سرب در شهرستان یزد می‌تواند ناشی از آلودگی‌های جوی و اثرات فعالیت‌های صنعتی و انسانی در محدوده‌ی شهرستان یزد و اطراف آن باشد.

در این مطالعه سعی شد تا برای اولین بار از قمری خانگی به عنوان شاخص زیستی محیط‌زیست شهری در مقیاس محدود استفاده شود. این شاخص به‌خوبی نشان‌دهنده‌ی آلودگی سرب و کادمیوم در سطح شهر یزد بوده‌است. ما از گونه‌ای مشابه از خانواده‌ی کبوتریان استفاده کردیم که علاوه بر ویژگی‌های ذکر شده در کبوتر به علت جثه کوچک‌تر، متابولیسم بالاتر و نزدیکی بیشتر لانه‌ها و فعالیت‌های زیستی آن به سکونت گاه‌های انسانی، دارای برتری نسبت به کبوتر شهری در سنجش آلودگی محیط‌زیست انسانی است.

در استفاده از پرندگان به عنوان شاخص زیستی آلودگی در مقیاس‌های محلی توجه به قلمرو و گستره‌ی جابه جایی پرنده اهمیت دارد. مشاهدات ما حاکی از آن بود که قلمرو و گستره‌ی خانگی قمری خانگی در شهرستان یزد، بسیار به سکونتگاه‌های انسانی نزدیک می‌باشد و میزان جا به جایی قمری‌های خانگی در محیط‌های شهری کمتر از محیط‌های کشاورزی بوده‌است.

این مشاهدات با نتایج مطالعات Small و Baccus در سال ۲۰۱۰ بر روی گستره‌ی خانگی قمری‌ها در آمریکا مطابقت داشت (۳۶). استفاده از قمریان به عنوان شاخص زیستی برای سنجش آلودگی فلزات سنگین در مقیاس محلی در مناطق شهری نسبت به مناطق کشاورزی به علت جابه‌جایی کمتر مناسب‌تر می‌باشد. بنابراین زمین سیما خود می‌تواند عامل مهمی در انتخاب گونه‌ی مناسب برای پایش آلودگی محیط‌زیست و مقیاس مورد مطالعه باشد. مطالعات این چنین بر روی ارگانیسم‌های زنده می‌تواند به ما در درک پیامدهای محیط زیستی پروژه‌های شهرسازی و اثرات خطرناک آلودگی بر

سلامتی انسان و طبیعت و دستیابی به الگوی پراکنش آلودگی و جذب فلزات سنگین در ارگانیسم‌های زنده به عنوان شاخص زیستی و در نهایت انسان کمک کند.

با توجه به کمبود ایستگاه‌های سنجش آلودگی و اطلاعات در زمینه‌ی منابع آلاینده و سهم هر یک از منابع آلاینده در برآیند آلودگی محیط‌زیست شهر یزد، توصیه می‌شود مطالعات گسترده‌تری جهت شناسایی منابع آلاینده شهری و نقش هر یک از منابع آلاینده انجام گردد و به منظور درک بهتر از توزیع و تجمع فلزات سنگین در ارگانیسم‌های زنده‌ی شهری نتایج مطالعات محیط فیزیکی با داده‌های به دست آمده از مطالعه شاخص‌های زیستی محیط‌زیست شهری یزد مقایسه و به صورت شاخص‌های ترکیبی فیزیکی – زیستی بررسی گردد.

تضاد منافع

نویسندگان مقاله عنوان کردند در این مقاله هیچ گونه تضاد منافعی وجود ندارد.

تشکر و قدردانی

مقاله حاضر از پایان‌نامه کارشناسی ارشد با عنوان قمری خانگی به‌عنوان شاخص زیستی برای پهنه‌بندی آلودگی محیط‌زیستی سرب و کادمیوم و طرح پژوهشی استخراج گردیده است. بدینوسیله از مرکز تحقیقات علوم و فناوری‌های محیط‌زیست دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشت درمانی شهید صدوقی یزد برای تأمین اعتبار طرح (کد طرح ۲۷۷۶) و دانشگاه یزد به جهت تأمین امکانات و آزمایشگاه تخصصی برای انجام پژوهش کمال تشکر و سپاس را دارم.

در این مقاله به منظور قدردانی از زحمات اشخاصی که در مراحل ابتدایی نمونه برداری پژوهش همکاری داشتند، نام تمامی افراد در بخش نویسندگان درج گردیده است.

References

1-Meine C. Conservation biology: past and present. In: Sodhi, NS, Ehrlich, PR (Eds.), Conservation biology for all. England: Oxford University Press. 2010;(1): 7-26.

2-Swaileh KM, Sansur R. Monitoring urban heavy metal pollution using the House Sparrow (Passer domesticus). Journal of Environmental Monitoring 2006; 8(1): 209–13.

3-Azimi S, Rocher R, Garnaud S, Varrault G, Thevenot DR. Decrease of atmospheric deposition of heavy metals in an urban area from 1994 to 2002 (Paris, France). Chemosphere 2005; 61(5): 645-51.

4-Adriano DC. Trace elements in the terrestrial environment. New York: Springer Verlag; 1986.

5-Povinelli J. Acao dos metais pesados nos processos biologicos de tratamento de aguas residuarias. [Ph.D thesis]. Universidade de Sao Paulo.1987.

6-Brait CH, Antoniosifilho NR, Furtado MM. Utilization of wild animal hair for the environmental monitoring of Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb and Zn. Quimica Nava 2009; 32(6): 1384-88.

7-Egrejafilho FB. Avaliação da ocorrência e distribuição química de metais pesados na compostagem do lixo domiciliar urbano. [MS.c thesis]. Universidade Federal de Viçosa. 1993.

8-Tavares TM, Carvalho FM. Assessment of human population exposure to heavy metals in the environment: Examples from Bahia, Brazil. Química Nova 1992;15(2):147–53.

9-Zhuang P, Zou H, Shu, W. Biotransfer of heavy metals along a soil-plant insect- chicken food chain: Field study. Journal of Environmental Sciences 2009; 21:849-53.

10-Arndt U, Fomin A, Lorenz, S. Bio-indikation. neue entwicklungen, nomenklatur, synokologische aspekte. Germany: Verlag G. Heimbach; 1996: 308.

11-Fisk AT, Wit AA, Wayland M, Kuzyk ZZ, Burgess N, Letcher R, et al. An assessment of the toxicological significance of anthropogenic contaminants in Canadian arctic wildlife. Science of the Total Environment 2005; 351-352: 57-93.

12-Marsili L, Casini S, Ancora S, Bianchi N, agostino AD, Ferraro M, Fossi MC. The Italian Wall Lizard (Podarcis sicula) as a bioindicator of oil field activity. Science of The Total Environment 2009; 407(11): 3597-604.

13-Kaur N, Dhanju Ck. Heavy metals concentration in excreta of free living wild birds as indicator of environmental contamination. The Bioscan 2013; 8(3):1089-93.

14-Nam DH, Lee DP, Koo TH. Monitoring for Lead pollution using feathers of feral Pigeons (Columba livia) from Korea. Environmental Monitoring and Assessment 2004; 95(1): 13-22.

15-Al-Mansour MI. Using feathers as a biological indicator of lead environmental pollution. Pakistan Journal of Biological Sciences 2004; 7(11): 1884–87.

16-Janssens E, Dauwe T , Bervoets L, Eens M. Inter and intraclutch variability in heavy metals in feathers of Great Tit nestlings (Parus major) along a pollution gradient. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 2002; 4(3): 323-29.

17-Dauwe T, Bervoets L, Blust R, Pinxten R, Eens M. Can excrement and feathers of nestling songbirds be used as biomonitors for heavy metal pollution? Archives of Environmental Contamination and Toxicology 2000; 39(4): 541–46.

18-Jackson L, Basket TS. Perch-cooing and other aspects of breeding behavior of Mourning Doves. Journal of Wildlife Management 1964; 28(2): 293-307.

19-Sayre MW, Basket TS, Sadler KC. Radiotelemetry studies of the Mourning Dove in Missouri. Jefferson City: Missouri Department of Conservation; 1980.

20-Small MF, Baccus JT, Schwertner TW. Productivity in an urban White-winged Dove population on the Edwards Plateau, Texas. Bulletin Texas Ornithological Society 2010; 43(1-2): 62-67.

21-Frantz A, Pottier MA, Karimi B, Corbel H, Aubry E, Haussy C, et al. Contrasting levels of heavy metals in the feathers of urban pigeons from close habitats suggest limited movements at a restricted scale. Environmental Pollution 2012;168(1): 23-28.

22-Burger J, Gochfeld M. Lead and Cadmium accumulation in eggs and fledgling seabirds in the New York bight. Environmental Toxicology and Chemistry 1993;12(2):261–67.

23-Karimi A. Determine the accumulation of heavy metals Cadmium, Chromium, Copper, Zinc and Iron, in organs of the Great Cormorant, Phalacrocorax carbo in Anzali wetland. Journal of Environmental Studies 2007; 33(43):83-92. [Persian]

24-Zolfaghari Gh, Esmaili-Sari A, Ghasempouri SM, Baydokhti RR, Hassanzade-Kiabi HA. Multispecies-monitoring study about bioaccumulation of mercury in Iranian birds (Khuzestan to Persian Gulf): Effect of taxonomic affiliation and trophic level. Environmental Research 2009; 109(7):830-36.

25-Ekati N. Birds environmental monitoring performance of lead pollution in Iran's southwestern coast. International Congress of Islamic World Geographers: 2010.9 p: Zahedan, Iran: Civilica; 2008. [Persian]

26-Mobin, M. The final report of studies plan, the first stage of Yazd agriculture and irrigation separation of waste water treatment Lands, Yazd province department of Water and Waste water. Arid Regions Research Institute of Yazd University 2002. [Persian]

27-Mansouri J. Birds of Iran. Iran: Farzane book Publishers; 2008. [Persian]

28-Dauwe T, Bervoets L, Ellen J, Rianne P, Ronny B, Marcel E. Great and Blue Tit feathers as biomonitors for heavy metal pollution. Ecological Indicators 2002; 1(4): 227-34.

29-Shabani A, Shahbakhti M, Abaspour RA. Tehran atmospheric pollutants distribution modeling by using statistical and geostatistical methods. Geomatics conference: 2011 April. 1-10:Iran, Tehran. [Persian]

30-Marsili L, Casini S, Mori G, Ancora S, Bianchi N, Agostino A D, et al. The Italian wall lizard (Podarcis sicula) as a bioindicator of oil field activity. Science of The Total Environment 2009; 407(11): 3597-604.

31-Janiga M, Mankovska B, Bobalova M, Durkcova G. Significance of concentrations of Lead, Cadmium, and Iron in the plumage of the Feral Pigeon. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 1990; 19(6): 892-97.

32-Nejadkoorki F, Nicholson K. Integrating passive sampling and interpolation techniques to assess the spatio-temporal variability of urban pollutants using limited data sets. Environmental Engineering and Management Journal 2012; 11(9): 1649-55.

33-Adout A, Hawlena D, Maman R, Paz-Tal O, Karpas Z. Determination of trace elements in Pigeon and raven feathers by ICPMS. International Journal of Mass Spectrometry 2007; 267(1-3): 109-16.

34-Brait CHH, Antoniosifilho NR. Use of feathers of Feral Pigeons (Columba livia) as a technique for metal quantification and environmental monitoring. Environmental Monitoring and Assessment 2011; 179(1-4): 457-67.

35-Abdullah M, Fasola M, Muhammad A, Ahmadmalik S, Boston N, Bokhari H, et al. Avian feathers as a non-destructive bio-monitoring tool of trace metals signatures: A case study from severely contaminated areas. Chemosphere 2014; 119(1): 553-61.

36-Small MF, Baccus JT. Home ranges of two populations of urban-nesting White Winged Doves (Zenaida asiatica) in Texas. The Southwestern Naturalist 2010; 55(1): 29-34.