مجلة محيط شناسي ،سال سي و چهارم،شمارة ٤٧ پاييز٨٧،صفحة ٣٧-٤٢

تعيين پراكنش تركيبات سرطانزاي پلي آروماتيک (PAHs) در هوا با استفاده از مدلسازي در GIS (مطالعة موردي: تهران)

فرح سادات هالک
عضو هيأت علمي پژوهشگاه مواد و انرژي، پژوهشكدة انرژي
تاريخ دريافت: ٨۶/۵/١ تاريخ پذيرش:٨٧/٣/٢۵

چكيده
تركيبات پلي آروماتيک (PAHs) از مهم‌ترين آلاينده‌هاي محيط‌زيست است كه بيشتر از احتراق ناقص سوخت‌هاي فسيلي توليد مي‌شوند. اين تركيبات بنا به وزن مولكولي آنها 278 - 128 در آلايندة ذرات معلق قابل رديابي‌اند. هيدروكربورهاي پلي‌آروماتيک (PAHs) مورد مطالعه در اين تحقيق شامل ١۶ تركيب هستند كه از تركيبات سبک (٣-٢ حلقه) تا تركيبات سنگين (۴-۶ حلقه) تشكيل شده‌اند. نمونه‌برداري از ذرات معلق, با استفاده از دستگاه (.Hi-Vol) وفيلترهاي فايبرگلاس انجام شده و پس از محاسبات غلظت ذرات معلق، PAHs موجود در آنها استخراج شده است. سيستم اطلاعات جغرافيايي (GIS) يك نرم افزار قوي است كه در جمع آوري, مدلينگ, اصلاح,آناليز و نمايش داده‌ها كارآيي بالايي دارد. نرم افزارArc GIS طوري طراحي شده است كه توانايي بالايي در مديريت و مدلينگ داده‌هاي ميداني در پروژه‌هاي مختلف تحقيقاتي دارد. GIS تركيبي از داده‌ها و عملكرد را به زيرساختار فيزيكي شهر مرتبط مي‌كند و امروزه در پيشرفت كارهاي تحقيقاتي نقش عمده‌اي دارد. در اين مطالعه با اندازه‌گيري ١۶ تركيب PAHs در ٣٠ ايستگاه در سطح شهر تهران در مدت يک‌سال و استفاده از GIS در مدل‌سازي آن، پراكنش اين تركيبات سرطانزا در نقاط مختلف به‌دست آمده است. متأسفانه تمام ١۶ تركيب مذكور در هواي تهران با غلظت‌هاي بالا موجودند. با توجه به نتايج گرفته شده، منطقة ١۶ شهرداري با ميانگين ٩۵٠/۴٧ ng/m^3 ،بيشترين و منطقة ٢ شهرداري با ميانگين ١٩/۵٩ ng/m^3 ،كمترين مقدار تركيبات PAHs را داشته‌اند.

كليد واژه
هيدروكربورهاي پلي آروماتيک- PAHs- GIS- تركيبات سرطانزا- آلودگي هواي تهران

سرآغاز
هيدروكربن‌هاي پلي آروماتيك (PAH_s) داراي دو، يا چند حلقه متصل بوده كه به‌صورت خطي، زاويه‌دار، و يا خوشه‌اي قرار گرفته‌اند. اين تركيبات معمولاً بي‌بو و در حرارت محيط جامد هستند،

در آب و حلال‌هاي آلي نامحلول ولي در هيدروكربورهاي آروماتيك سبك، محلول‌اند (Alam et al., 2003). حلاليت اين مواد با اضافه‌شدن تعداد حلقه‌ها كم مي‌شود و براي هيدروكربورهاي با تعداد حلقة مساوي، تركيبي كه حلقه‌هاي كناري آن بيشتر است داراي حلاليت بهتري نسبت به هيدروكربورهاي خطي نظير خود است. ابتلا به سرطان ريه، پوست، مثانه، تومور ريه، و بروز ساير بيماري‌ها در افرادي كه در معرض غلظت بالايي از PAH بوده اند، مشاهده شده است.

سرطانزايي تركيبات مختلف PAH با تست روي حيوانات به اثبات رسيده است (Dockery, et al., 1993). مطالعات اپيدميولوژي افرادي‌كه در معرض مقادير زيادي از ذرات ناشي از احتراق قرار گرفته‌اند نشان‌دهندة ارتباط مستقيم آلودگي ذرات معلق در هوا و سلامتي انسان است. مطالعات جمعيت‌هايي كه به‌علت حرفه‌شان در معرض مواد منتشره از موتورهاي ديزلي قرار گرفته‌اند ارتباط بين سرطان ريه و اين تركيبات را نشان داده است (Caricchia, et al., 1999; Chetwittayachan, et al., 2002).

نويسنده مسئول:تلفن: ۴-۶٢٠۴١٣١ ٠٢۶١
E-mail: f-halek@merc.ac.ir

افزايش ميزان سرطان ريه در ميان زنان در حومة چين، ناشي از استفاده از اجاق‌هاي زغال سنگ سوز و ذرات معلق توليد شده از آنهاست (Bae, et al., 2002).

تركيبات PAHs در هواي محيطي به شكل گازي، يا جذب شده در سطح ذرات هستند، كه در هر دو حالت مي‌توانند با تنفس در ريه‌ها وارد شده و عامل ايجاد انواع بيماري‌هاي بدخيم در انسان شوند. ۱۶ تركيبي كه طبق EPA از شاخص‌ترين تركيبات PAHs هستند؛شامل: Naphthalene بادوحلقه؛ Acenaphtylene، Acenaphtene، Fluorene، Phenantherene و Anthracene باسه‌حلقه ؛ Fluoranthene، Pyrene، Benzo[a]anthracene و Chrysene باچهارحلقه؛ Benzo[b]fluoranthene، Benzo[k] fluoranthene، Benzo[a]pyrene و Dibenzo[a,h]anthracene باپنج‌حلقه؛ Benzo[ghi]perylene و Indeno[1,2,3-cd]pyrene باشش‌حلقه بنزني هستند (Allen et al., 1996).

تركيبات كربني، تشكيل دهندة قسمت عمده آئروسل‌ها در محيط‌هاي شهري‌اند. دسته‌اي از هيدروكربورهاي پلي‌آروماتيك PAH_S از عمده‌ترين آلاينده‌هاي محيط زيست در همه جا هستند. آنها بيشتر از احتراق سوخت‌هاي فسيلي و موادآلي از جمله موتورهاي ديزلي‌اند. تقريبا ۹۰% از PAH ها سراطانزا هستند (Gramotnev, et al., 2004). شهر تهران با ارتفاع حدود ۱۲۰۰ متر از سطح دريا و داشتن فشار نسبي كمتر، موجب احتراق ناقص سوخت در خودروهاي سبک و سنگين شده، به‌طوري‌كه در اثر آن، انواع آلاينده‌ها از جمله هيدروكربورهاي مختلف در هواي شهر تهران منتشر مي‌شود (Halek et al., 2004). GIS در مديريت شهري، بويژه در مواقع بحراني و پايداري آلودگي هوا و افزايش غلظت آلاينده‌هاي مختلف، بويژه آلاينده‌هاي سرطانزا در سطح شهرها، مي‌تواند كمک بسيار مؤثري باشد.

طراحي پايگاه داده در سيستم‌هاي اطلاعات جغرافيايي، مهم و اساسي بوده و شالودة پروژه‌هاي تحقيقاتي و كاربردي به منظور حل مسئله را تشكيل مي‌دهد. در پايگاه دادة جغرافيايي موقعيت‌هايي كه از يكديگر جدا هستند، به يكديگر ربط داده مي‌شوند. ورود داده، مهم‌ترين بخش پايگاه داده جغرافيايي را تشكيل مي‌دهد. ورود دادة خام به GIS از ويژگي خاص سيستم‌هاي اطلاعات جغرافيايي است (Longley, 2001). ورود داده در GIS در دو بخش مكاني و توصيفي صورت مي‌پذيرد. ساختار داده مكاني در GIS بدون توپولوژي و ساختار داده توصيفي، ارتباطي، يا ماتريسي است. ورود اطلاعات در هر دو ساختار به‌طور همزمان انجام مي‌شود، به‌طوري‌كه به محض ترسيم پديدة مورد نظر، امكان ورود دادة توصيفي فراهم مي‌شود. (ESRI, 2001).

نرم افزار انتخاب شدة Arc GIS(8.3) و روش درون‌يابي در سه روش IDW، Kriging ، Spline انجام گرفته است. روش Spline مبني بر حداقل خميدگي در درون‌يابي است و هموارسازي يا نرم شدن تغييرات هنگام درون‌يابي از ويژگيهاي آن است.

از روش‌هاي معرفي شده، روش IDW كه بر مبناي وزن‌دهي فاصله معكوس است، كه جواب بهتري داده و انتخاب شده است. در اين روش، نقاط نسبت به هم بر اساس عكس فاصله وزن‌دهي مي‌شوند. بدين معنا كه واريانس نمونه‌هاي تخميني نسبت به نقاط واقعي تغييرات كمتري دارد (Matejicek et al., 2006).

جدول شمارة (۱): موقعيت مكاني ايستگاههاي ذرات در تهران

ايستگاههاي نمونه برداري		
ميدان شوش	ميدان هفت حوض	ميدان آرژانتين
ميدان راه آهن	خيابان پيروزي	ميدان ونک
ميدان بهمن	سه راه تهرانپارس	ميدان تجريش
ميدان امام خميني	ميدان امام حسين	اقدسيه
بازار	ميدان فردوسي	قلهک
ميدان آذري	ميدان انقلاب	ميدان صنعت
حرم امام	كوي دانشگاه	ميدان نور
شهرري	ميدان فاطمي	ميدان صادقيه
ميدان بسيج	خيابان شريعتي	ميدان آزادي
ميدان خراسان	بلوار كشاورز	جادة مخصوص كرج

مواد و روش‌ها

نمونه برداري

نمونه برداري از آلاينده ذرات معلق توسط دستگاه High Volume (Hi-Vol.) و با استفاده از فيلترهاي فايبرگلاس به ابعاد۲۵/۳ × ۲۰/۲ انجام گرفت. هواي محيط ضمن عبور از درون سيستم، بار ذرات معلق خود را بر روي فيلتر باقی گذاشت.نمونه‌برداري در ۳۰ ايستگاه و به مدت

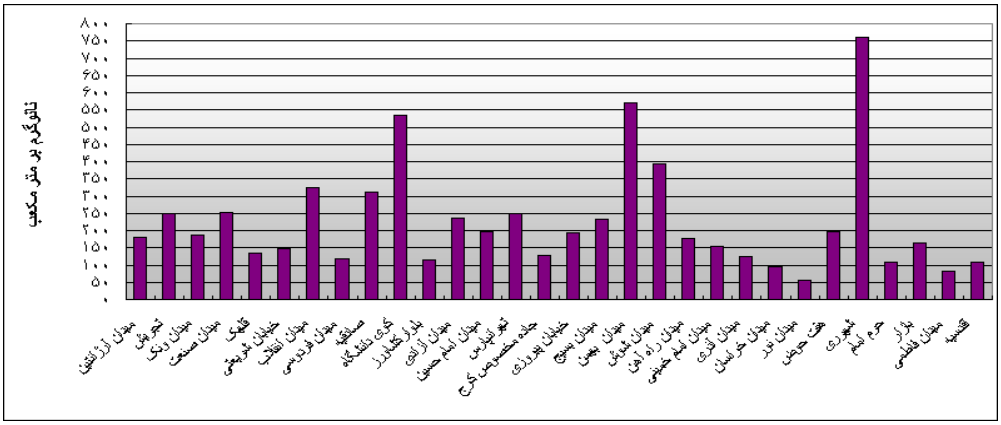
يك سال در شهر تهران انجام شد (جدول شمارة۱). پس از نمونه‌برداري، فيلترها به آزمايشگاه منتقل شده و مطابق استاندارد، با حذف رطوبت و هرگونه ناخالصي (قرار دادن در خشك‌كن با دماي °C ٤٠٠) تعيين وزن مي‌شود. با استفاده از وزن ذرات جمع شده بر روي فيلتر و حجم هواي جابه‌جا شده در طول مدت نمونه برداري (با توجه به شرايط محيطي، به‌ويژه دما و فشار)، غلظت ذرات معلق در هوا محاسبه شد (Shi, et al., 2001; Gramotnev, et al., 2003). جريان نمونه‌برداري ft^3/min ۱۸ انتخاب شد. پس از اندازه‌گيري غلظت ذرات معلق، فيلترها براي آناليز تركيبات PAH استفاده شدند (Passanzini, et al., 2004).

سنجش تركيبات **PAH**

براى استخراج نمونه‌ها به‌منظور سنجش PAH، ابتدا با دقت برش مناسبي از فيلترهاي حاوي ذرات برداشته و بعد به cc ۵-۲ استو نيتريل در ويال‌هاي مناسب آغشته كرده، و به مدت ۲۰ دقيقه در دستگاه اولتراسونيک قرار داده مى‌شود. پس از اين مرحله، محلول تحت گاز نيتروژن قرار گرفته و سپس با استونيتريل به حجم معين رسيده و در يخچال تا مرحلة آناليز با دستگاه، نگهداري مى‌شود. استاندارد EPA610 كه مخلوطي از ١٦ تركيب شاخص و مورد نظر EPA است، مورد استفاده قرارمي‌گيرد. از اين استاندارد، چندين استاندارد با غلظت هاي مختلف در استونيتريل تهيه و در ظروف شيشه‌اي مناسب با شرايط خاص در يخچال تا زمان استفاده نگهداري شد (Hughes, et al., 1998; Guo et al., 2003).كروماتوگرافي مايع با كارايي بالا (HPLC)[1] تكنيكى بسيار قوي براى آناليز است كه در ۲۵ سال اخير كاربرد آن رشد زيادي داشته است. قبل از تزريق نمونه‌ها به دستگاه HPLC، نمونه‌ها با استفاده از فيلترهاي سرنگي ميلي‌پور 0.45 µm (هايدروفيليک) صاف شده و به دستگاه تزريق مى‌شود. از آنجايي‌كه بعضي از تركيبات بيشتر به دتكتور UV و بعضي بيشتر به دتكتور فلوئورسانس حساس هستند، از دو دتكتور همزمان براى جداسازي و آناليز نمونه‌ها استفاده شد. هميشه همراه با نمونه، استاندارد هم تزريق شده و مورد مقايسه قرار گرفت. گونه‌هاي مختلف PAH در سيستم HPLC داراي پيک‌هاي مشخص و برجسته‌اي بنا به وزن مولكولي آنها هستند.

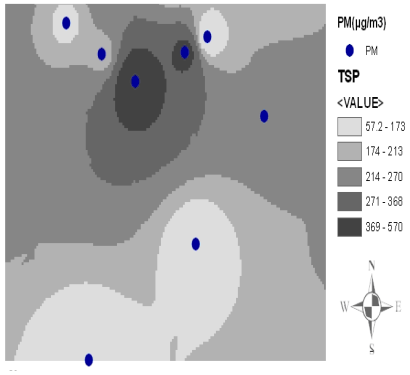
نتايج

در اين بررسي وضعيت ذرات معلق و تركيبات پلي آروماتيک حامل آنها در هواي تهران ارزيابي شد. شكل شمارة (۱) وضعيت ذرات معلق در هواي تهران را نشان مي‌دهد.



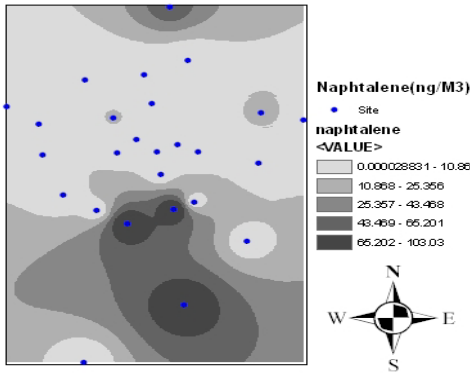
شكل شمارة (۱): ميانگين غلظت ذرات معلق در ايستگاههاي مختلف در سطح شهر تهران (سال ١٣٨٤)

در ادامه از داده‌هاي به‌دست‌آمده از سنجش نمونه‌ها، به نقشه‌هاي هم‌ارزش تبديل و از اين لايه در عمليات و آناليز استفاده شد. نقشه‌هاي پراكنش ذرات و تركيبات PAH، به‌دست آمده از GIS در ادامه ارائه شده است. شكل‌هاي شمارة (۲) و (۳) پراكنش ذرات معلق كل و ذرات كوچكتر از ۱۰ ميكرون را در هواي تهران نشان مي‌دهد شكل شمارة (۲) نشان‌دهندة غلظت ذرات معلق، حداكثر $\mu g/m^3$ ۵۶۹/۹۰ در ايستگاه بهمن و حداقل $\mu g/m^3$ ۵۷/۲۳ در ايستگاه نور است. ميانگين آن $\mu g/m^3$ ۲۱۸/۲۲ با انحراف معيار $\mu g/m^3$ ۵۳/۶۹است.



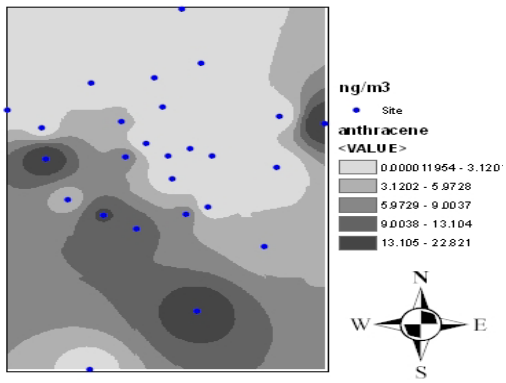
شكل شمارة (٢): توزيع ذرات معلق (PM) در اتمسفر تهران

شكل‌شمارة (٣) نشان‌دهندة حداكثر غلظت ذرات معلق زير ١٠ ميكرون در هواي تهران، ٥٥٣/٠٤µg/m^3 در ايستگاه اميرآباد و حداقل ١٠٦/٢١ µg/m^3 در ايستگاه تهران پارس است. ميانگين آن µg/m^3 ٣٢٠/٨٦ با انحراف معيار µ g/m^3 ٥٦/٦١ است.



شكل شمارة (٣): توزيع ذرات معلق PM-10 در تهران

شكل شمارة (۴) نشان‌دهندة غلظت تركيب سه حلقهٔ آنتراسن در هواي تهران، حداكثر ng/m^3 ٢٢/٨٢ در ايستگاه تهران پارس و حداقل ng/m^3 ٠/٢٢ در ايستگاه جاده كرج است. ميانگين آن ng/m^3 ٥/٥٢ و انحراف معيار ng/m^3 ٣/٩٤ است.

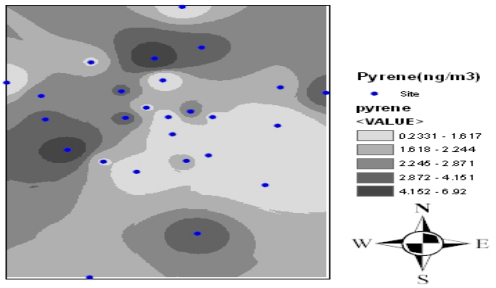


شكل شمارة (۴): توزيع تركيب آنتراسن (سه حلقه) در تهران

شكل شمارة (۵) نشان‌دهندة غلظت تركيب چهار حلقه پايرن در هواي تهران، با حداكثر ng/m^3 ۶/۹۲ در ايستگاه ونک و حداقل ng/m^3 ٠/٢٣ در ايستگاه افسريه است. ميانگين آن ng/m^3 ٢/١٩ و انحراف معيار ng/m^3 /٧۶. است.

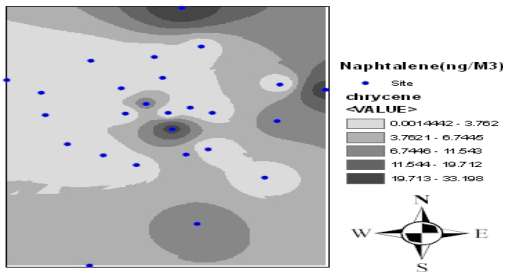
شكل شمارة (٥): توزيع تركيب پايرن (٤ حلقه) در تهران

شكل شمارة (۶) نشان‌دهندة متوسط غلظت تركيب پنج حلقه بنزو(a) پايرن در هواي تهران، با حداكثر ng/m^3 ۶٩/٧۴ در ايستگاه فردوسي و حداقل ng/m^3 ٠/١٧ در ايستگاه صنعت است. ميانگين آن ng/m^3 ۴/٨۴ و انحراف معيار ng/m^3 ٣/٤٩ است.



شكل شمارة (۶): توزيع تركيب بنزو(a) پايرن (۵ حلقه) در تهران

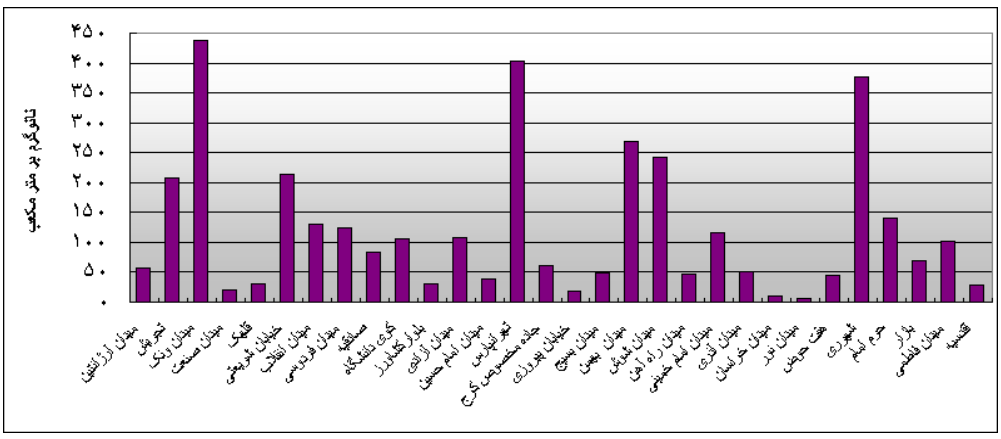
شكل شمارة (۷) نشان‌دهندة متوسط غلظت تركيب بنزو (ghi) پريلن (شش حلقه) در هواي تهران، با حداكثر ۸/۴۱ ng/m^3 در ايستگاه كوي دانشگاه و حداقل ۰/۴۴ ng/m^3 در ايستگاه صنعت است.



شكل شمارة (۷): توزيع تركيب بنزو (ghi) پريلن (شش حلقه) در تهران

بحث و نتيجه گيري

از طرح‌هاي GIS به‌دست آمده، ميانگين تركيبات PAH محاسبه شده كه در شكل شمارة (۸) ارائه شده است. همان‌طوركه شكل شمارة (۸) نشان مي‌دهد، مقدار كل تركيبات PAH در ايستگاههاي ميدان نور و خراسان به‌ترتيب ۵/۹ ng/m^3 و ۱۰/۲ ng/m^3 كمترين مقدار و ايستگاههاي ونک، تهران پارس و شهرري به‌ترتيب با ۲۸۳/۲ ng/m^3 ، ۴۰۴، ۴۳۷/۲، بيشترين مقدار تركيبات PAH را دارا هستند. در حداقل‌ها، تركيب BaA، كمترين مقدار را در ايستگاه خراسان و تركيب Naph ، بيشترين مقدار را (۳/۳ ng/m^3) در ايستگاه آرژانتين نشان مي‌دهد.در حداكثرها، تركيب Pyr، كمترين مقدار را در ايستگاه ونک و تركيب Acy، بيشترين مقدار را (۲/۸۶ ng/m^3) در ايستگاه تهران پارس نشان مي‌دهد. عوامل گوناگون جغرافيايي، اقليمي، صنعتي و بخصوص وسائل نقليه موتوري اعم از گازوئيلي و بنزيني در توليد اين آلاينده خطرناک ايفاي نقش مي‌كنند و الگوي تغييرات غلظت آن تابعي از مجموعة اين عوامل است. بنابراين دور از انتظار نيست كه اين الگو در شهرها و مناطق ديگر متفاوت از تهران باشد.



شكل شمارة (۸): ميانگين كل تركيبات PAH در ايستگاههاي مختلف در تهران

يادداشت

1-High Performance Liquid Chromatography

منابع مورد استفاده

Alam, A., Shi, J.P., Harrison, R.M. 2003. Observations of new particle formation in urban air. Journal of Geophysical research, 108 (D_3), 4093 - 4107.

Allen, J.O.,et al.1996. Measurement of polycyclic aromatic hydrocarbons associated with size segregated atmospheric aerosols in Massachusetts. Environmental Science and Technology, 30, 1023-1031.

Bae, S.Y., Yi, S.M., Kim, Y.P. 2002. Temporal and spatial variations of the particle size distribution of PAHs and their dry deposition fluexes in Korea. Atmospheric Environment, 36, 5491-5500.

Caricchia, A.M., Chiavarini, S., Pezza, M. 1999. Polycyclic aromatic hydrocarbons in the urban atmosphere particulate matter in the city of Naples (Italy). Atmospheric Environment, 33, 3731-3738.

Chetwittayachan, T., Shimazaki, D., Yamamoto, K. 2002. A comparison of temporal variation of particle-bound polycyclic aromatic hydrocarbons (pPAHs) concentration in different urban environments: Tokyo, Japan , and Bangkok , Thailand. Atmospheric Environment, 36, 2027-2037

Dockery, D.W.,et al. 1993. An association between air pollution and mortality in six U. S. sites. New Engl. J. Med., 329, 1753-1759.

ESRI, 2001. Getting standard with ArcGIS Desktop. ESRI press.

Gramotnev, G.,et al. 2003. Determination of emission factors for vehicles on a busy road. Atmospheric Environment, 37, 465-474.

Gramotnev, G., Ristovski, Z. 2004. Experimental investigation of ultra fine particle size distribution near a busy road. Atmospheric Environment, 38, 1767-1777.

Guo, H.,et al. 2003. Particle-associated polycyclic aromatic hydrocarbons in urban air of Hong Kong. Atmospheric Environment, 37, 5307 - 5317.

Halek, F., Kavousi, A., Montehaei, H. 2004. Role of motor-Vehicles and trend of air borne particulate in the Great Tehran area, Iran. International Journal of Environmental Health Research, 14, 307-313.

Hughes, L.S., et al. 1998. Physical and chemical characterization of atmospheric ultra fine particles in the Los Angeles area. Atmospheric Environment, 32, 1153-1161.

Longley, A. P.2001. Geographic Information Systems and Science.

Matejicek, L., Benesova, L., Tonika, J. 2006. Environmental modeling in urban areas with GIS. Environ. Health Perspect., 114.

Passanzini, M.,et al. 2004. Determination of phase-distributed PAHs in Rome ambient air by Denuar/GC-MS method. Atmospheric Environment, 38, 1727-1734.

Shi, J.P.,et al. 2001. Source and concentration of nanoparticles (<10 nm diameter) in the urban atmosphere. Atmospheric Environment, 35, 1193-1202