

رابطه بین افزایش آلودگی هوا و مرگ در افراد با سن بیشتر از ۶۴ سال در تهران

مسعود یونسیان*: دستیار اپیدمیولوژی، دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی تهران
حسین ملک افشلی: استادگروه اپیدمیولوژی و آمار زیستی، دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی تهران
کوروش هلاکونی نائینی: دانشیار دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی تهران

فصلنامه پایش

سال اول شماره اول زمستان ۱۳۸۰ صص ۲۴-۱۹
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۸۰/۲/۲۲

چکیده

گرچه مطالعات مختلفی روی رابطه آلودگی هوا و عوارض مرتبط با سلامتی انجام شده‌اند، فقدان یک مطالعه دقیق و منظم با استفاده از روش مناسب در کشور ما احساس می‌شود. بخصوص ضعف متدولوژی در مطالعات موجود محققین را بر آن داشت تا به انجام یک مطالعه بر مبنای داده‌های Time series اقدام نمایند.

سطح متوسط روزانه هر یک از آلاینده‌های NO ، NO_2 ، NOX ، CO ، O_3 و PM_{10} (ذرات معلق کوچکتر از 10 میکرون) که در یکی از ایستگاههای شرکت کنترل کیفیت هوای تهران اندازه‌گیری و ثبت شده بودند به عنوان متغیر مستقل و دما، رطوبت نسبی، روز هفته، ماه سال و فصل سال به عنوان متغیرهای مخدوش‌کننده بالقوه در نظر گرفته شدند. تعداد مرگهای روزانه شهر تهران که در افراد مسن‌تر از ۶۴ سال رخ داده بود متغیر وابسته این طرح را تشکیل داد (داده‌های فوق از دفاتر بهشت زهرا استخراج گردیدند). کلیه موارد فوق در فاصله $77/1/1$ لغایت $78/9/30$ اندازه‌گیری و ثبت شده‌اند.

متغیرهای PM_{10} و CO ، SO_2 در مدل نهایی ارتباط معنی‌داری با متغیر وابسته نشان دادند ($P < 0/05$)؛ بدین ترتیب که به ازای افزایش هر یک از آلاینده‌های فوق از صدک ۲۵ به صدک ۷۵ (به شرط ثابت بودن غلظت سایر آلاینده‌ها و متغیرهای مخدوش‌کننده) به ترتیب $2/4/3$ ، $2/6/2$ و $36/3/2$ به تعداد مرگ‌های روزانه افزوده می‌گردد. در مدل نهایی بین مقادیر باقیمانده (Residuals)* همبستگی متوالی (Autocorrelation) مشاهده نشد (ضریب همبستگی پیرسون بین مقادیر متوالی $-0/059$). بین آلاینده‌های NO ، SO_2 و PM_{10} و تعداد مرگ در افراد مسن‌تر از ۶۴ سال رابطه وجود دارد. در ضمن آب و هوا و متغیرهای تقویمی باید در بررسی چنین رابطه‌ای مدنظر قرار بگیرند.

کلید واژه‌ها: آلودگی هوا، همبستگی متوالی، Time series

* نویسنده اصلی: گروه اپیدمیولوژی و آمار زیستی، دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی - درمانی تهران

تلفن: ۶۱۱۲۷۷۴

E-mail: yunesianm@yahoo.com

مقدمه

اثرات آلودگی هوا بر سلامت انسان از دیرباز مورد توجه بوده است. حتی قبل از انجام مطالعات کلاسیک و مدرن در این زمینه وقوع حوادثی نظیر افزایش شدید سطح ذرات معلق در انگلستان (لندن سال ۱۹۵۲) که با افزایش شدید تعداد مرگ در یک فاصله کوتاه زمانی همراه بود توجه محققین و توده مردم را به این موضوع جلب نموده است [۱].

بطور کلی مطالعاتی را که در زمینه اثرات آلودگی هوا بر سلامت انسان انجام شده‌اند، می‌توان در سه دسته کلی تقسیم کرد که هر کدام در یک دوره زمانی انجام می‌شده‌اند [۲]:

۱- سنجش پیامد (مرگ یا بیماری) قبل و بعد از یک افزایش خیلی شدید در آلاینده‌ها (قبل از دهه ششم قرن بیستم). الگوی این مطالعات شبیه مطالعه بیماری‌های واگیردار بود.

۲- سنجش فراوانی پیامد در جوامع مختلف که سطوح مختلفی از آلاینده‌ها را داشتند (دهه‌های ششم و هفتم). نتایج این مطالعات بشدت تحت تأثیر مخدوش‌کننده‌های فردی قرار داشت.

۳- سنجش رابطه بین تغییرات جزئی‌تر سطح آلاینده‌ها و تعداد پی‌آمدها طی زمان در یک جامعه (تا زمان حال). ویژگی این مطالعات حذف مخدوش‌کننده‌های فردی است (به قسمت بحث مراجعه شود).

مطالعه حاضر از نوع اخیر بوده و سعی نموده تا پس از حذف اثر مخدوش‌کننده‌های خاص این نوع مطالعات (عمدتاً متغیر زمان و شرایط آب و هوایی) و نیز توجه به سایر ویژگی‌های داده‌های Time series به بررسی رابطه سطح آلاینده‌ها و وقوع مرگ در افراد مسن‌تر از ۶۴ سال بپردازد.

مواد و روش کار

میانگین غلظت ۲۴ ساعته هر یک از آلاینده‌های CO, NO, NO₂, NOX, SO₂ و O₃ و PM10 (ذرات معلّق کوچکتر از ۱۰ میکرون) طی فاصله زمانی ۷۷/۱/۱ تا ۷۸/۹/۳۰ که در ایستگاه کنترل کیفیت هوای تهران واقع در خیابان فاطمی اندازه‌گیری و ثبت شده بود به عنوان شاخص آلودگی روزانه هوای تهران در نظر گرفته شد. فرض محققین این است که گرچه سطح آلاینده‌ها در یک نقطه از شهر بازتاب مناسبی

از کل شهر تهران نمی‌باشد ولی نوسانات آن می‌تواند نوسانات آلودگی در کل منطقه را بخوبی نشان دهد. روش سنجش هر یک از آلاینده‌ها به روش زیر می‌باشد:

NO, NO₂, NOX: Chemiluminescence

CO: Spectrophotometry

SO₂: UV fluorosence

O₃: UV photometry

PM10: Gravimetry

دمای حداقل، حداکثر، میانگین دما و رطوبت نسبی روزانه طی این فاصله زمانی از ایستگاه فرودگاه مهرآباد سازمان هواشناسی استخراج گردید.

روز هفته، ماه سال و فصل سال نیز به عنوان متغیر مخدوش‌کننده در نظر گرفته شدند. همچنین یک متغیر بنام روند زمانی (trend) نیز ساخته شد که مقدار آن برابر با شماره روزهای تحقیق از روز اول تا روز آخر بود.

تعداد مرگ‌های افراد مسن‌تر از ۶۴ سال نیز طی همین مدت زمانی از دفاتر بهشت زهرا استخراج گردید. توضیح آنکه کلیه موارد فوق که در شهر تهران رخ می‌دهند - اعم از آنکه متوفی در تهران دفن شود یا به خارج از تهران منتقل شود - در دفاتر بهشت زهرا ثبت می‌گردد.

برای بررسی رابطه بین متغیر وابسته و متغیرهای مستقل از روش رگرسیون چندگانه خطی استفاده شد. متغیر وابسته (تعداد مرگ‌های روزانه) بصورت کمی استفاده شد و سطح هر یک از آلاینده‌ها و نیز متغیرهای دما و رطوبت نسبی هوا بصورت کمی به مدل ارائه شدند. از آنجا که رابطه بین دما و وقوع مرگ معمولاً غیر خطی و U شکل است، میانگین دمای روزانه به ۸ گروه (براساس صدک‌های مساوی) تقسیم شد و به صورت ۷ متغیر توخالی نیز به مدل ارائه شد. به دلیل همبستگی بالای بین دما و رطوبت نسبی همین عمل برای رطوبت نسبی نیز انجام شد. فصل سال در قالب سه متغیر توخالی (Dummy)، ماه سال در قالب ۱۱ متغیر توخالی و روز هفته در قالب ۶ متغیر توخالی به مدل ارائه شدند. همچنین متغیر روند زمانی بصورت متغیر کمی به مدل ارائه شد. سطح معنی‌داری برای ورود آلاینده‌ها به مدل معادل ۰/۰۵ در نظر



روزها بدلیل تنظیم دستگاهها یا نقض فنی مقدار آلاینده‌ها را نداریم، در این بررسی فقط روزهایی که همه آلاینده‌های مورد نظر سنجش شده بودند مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند، به این ترتیب داده‌های ۸۷ روز از مطالعه خارج گردید و فقط روی داده‌های ۵۵۴ روز مدل سازی صورت گرفت. تعداد مرگ‌های افراد مسن‌تر از ۶۴ سال در این مدت بین ۲۹ تا ۹۲ نفر متغیر بود. میانگین تعداد مرگ ۵۴ نفر و انحراف معیار آن ۹/۶ نفر بود. میانگین تعداد مرگ روزانه در بهار و تابستان به ترتیب ۵۰/۹ و ۴۹/۷ و در پاییز و زمستان به ترتیب ۵۸/۸ و ۵۸/۳ نفر بود (PValue) برای اختلاف بهار و تابستان با پاییز و زمستان کوچکتر از ۰/۰۰۱).

مقادیر حداقل، حداکثر، میانگین و انحراف معیار غلظت روزانه هر یک از آلاینده‌ها در جدول شماره ۱ نشان داده شده است.

گرفته شد. در مورد متغیرهای آب و هوایی و نیز متغیرهای زمان، آنهایی انتخاب شدند که سازگاری (Fitness) بهتری برای مدل ایجاد نمایند. سازگاری مدل با استفاده از ضریب تصحیح شده R^2 ، همچنین مشاهده پراکنش مقادیر باقیمانده مدل در برابر متغیرهای داخل و خارج از مدل و توزیع مقادیر باقیمانده بصورت هیستوگرام بررسی گردید و برای بررسی وجود همبستگی متوالی از شاخص Durbin- Watson و نیز ضریب همبستگی پیرسون بین مقادیر متوالی استفاده گردید. در نهایت برای متغیرهای باقیمانده در مدل به ازای هر interquartile افزایش در مقدار آلاینده (افزایش از صدک ۲۵ به ۷۵) تعداد و درصد افزایش مرگ محاسبه گردید.

یافته‌ها

در این بررسی تعداد مرگ ۶۴۱ روز پیاپی (از ۱۳۷۷/۱/۱ تا ۱۳۷۸/۹/۳۰) تحت مطالعه قرار گرفت. به علت اینکه سنجش آلاینده‌ها در تمام روزهای سال صورت نمی‌گیرد و در بعضی از

جدول شماره ۱- حداقل، حداکثر، میانگین و انحراف معیار غلظت آلاینده‌های هوا در ایستگاه فاطمی در فاصله زمانی ۷۷/۱/۱ تا ۷۸/۹/۳۰

نام آلاینده	تعداد روزهای سنجش غلظت	غلظت حداقل	غلظت حداکثر	میانگین غلظت	انحراف معیار
SO ₂	۵۷۲	۶۰	۱۴۸،۴	۷۱،۰	۳۴،۲
NO	۵۷۲	۱،۸	۱۸۳،۵	۶۳،۹	۳۴،۸
NO ₂	۵۷۲	۸،۸	۱۰۶،۵	۳۲،۶	۱۳،۷
NOX	۵۷۲	۹،۵	۳۲۷،۱	۹۷	۲۲،۲
CO	۵۶۵	۱،۶	۲۲،۱	۹،۲	۳،۶
O ₃	۵۵۸	۱،۴	۵۵،۴	۱۲،۲	۷،۴
PM ₁₀	۵۶۶	۷،۵	۲۶۶،۴	۹۳،۸	۳۶،۴
میانگین دما	۶۴۱	۱۴،۱	۹۳،۱	۳۸،۱	۱۶،۴
میانگین رطوبت نسبی	۶۴۱	۱۶	۳۴،۹	۳۰،۶	۸،۷

شماره روزهای مطالعه) بهتر با مدل تطابق داشت لذا به همین صورت به مدل ارائه شد. در نهایت از بین آلاینده‌ها SO₂، NO₂ و PM₁₀ رابطه معنی‌داری با تعداد مرگ‌های روزانه نشان دادند (پس از حذف اثر متغیرهای آب و هوایی، روز هفته، ماه سال و فصل سال و نیز زمان برحسب شماره روز).

ضرایب آلاینده‌ها در مدل نهایی و نیز اندازه رابطه آنها با پیامد در جدول شماره ۳ نشان داده شده است.

میانگین غلظت آلاینده‌ها نیز در فصول مختلف متغیر بوده و همانگونه که در جدول شماره ۲ دیده می‌شود بیشترین غلظت SO₂ در تابستان، بیشترین غلظت NO₂، NO_x و CO در پاییز، بیشترین غلظت O₃ در بهار و تابستان و بالاترین سطح PM₁₀ در تابستان و پاییز مشاهده می‌شود (جدول شماره ۲).

در مدل رگرسیونی که برای پیشگویی تعداد مرگ برحسب متغیرهای مستقل ساخته شد، مجذور متغیر زمان (مجذور

جدول شماره ۲- میانگین غلظت آلاینده‌های هوا در ایستگاه فاطمی تهران
برحسب فصل در فاصله زمانی ۷۷/۱/۱ تا ۷۸/۹/۳۰

							آلاینده
PM10	O ₃	CO	NOX	NO2	NO	SO2	فصل
۸۲/۷	۱۶/۲	۷/۶	۶۹/۶	۲۸/۱	۴۰/۷	۵۳/۵	بهار
۱۳۰/۶	۱۵/۹	۱۰/۶	۹۵/۶	۳۵/۹	۶۰/۱	۸۴	تابستان
۱۲۵/۴	۷/۳	۱۱/۷	۱۴۱/۴	۳۶/۴	۱۰۳/۷۸	۷۳/۵	پاییز
۷۵/۲	۵/۵	۷/۲	۸۰/۷	۲۸/۳	۵۰/۶	۷۷/۷	زمستان
۹۳/۸	۱۲/۲	۹/۲	۹۷	۳۲/۶	۶۳/۹	۷۱	میانگین کلی

جدول شماره ۳- پارامترهای مدل نهایی تعیین رابطه تعداد مرگ‌های روزانه افراد بالای ۶۴ سال و آلودگی هوا
در شهر تهران پس از حذف اثر متغیرهای مخدوش کننده

نام آلاینده	* (B) ضریب	P value	حدود اعتماد ضریب
SO ₂	۰.۰۳۵	۰.۰۲۹	۰.۰۰۴ - ۰.۰۶۸
CO	۰.۳۰۶	۰.۰۱۸	۰.۰۵۳ - ۰.۵۶
PM10	۰.۰۳۹	۰.۰۰۱	۰.۰۱۵ - ۰.۰۶۳

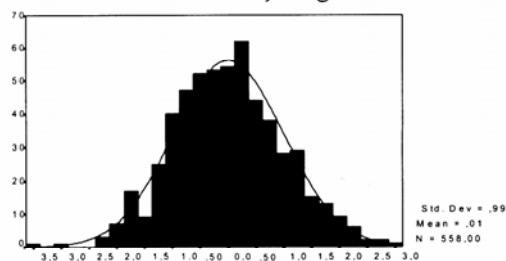
* این ضریب افزایش تعداد مرگ روزانه به ازای هر واحد افزایش در غلظت آلاینده را نشان می‌دهد.

شاخص Durbin-Watson معادل ۲/۰۳ و حد فوقانی این شاخص کمتر از ۱/۹ می‌باشد. ضریب همبستگی بین مقادیر باقیمانده متوالی نیز گواه بر همین موضوع می‌باشد ($r = -0.59$).

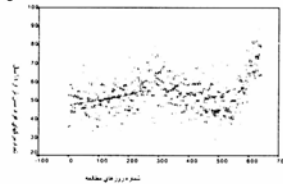
شکل شماره ۲ نمودار پراکنش تعداد مرگ‌های روزانه در مقابل زمان و شکل شماره ۳ نمودار پراکنش مقادیر باقیمانده استاندارد شده (Standardized Residuals) مدل نهایی در مقابل زمان را نشان می‌دهد. همانگونه که مشاهده می‌شود الگوی خاصی در مقادیر باقیمانده وجود ندارد.

ضریب افتراق (R) مدل نهایی، معادل ۰/۶۰۴ و مجذور تصحیح شده آن معادل ۰/۳۳۴ بود، به عبارت دیگر با استفاده از این مدل حدود ۳۳ درصد از پراکندگی تعداد مرگ‌های روزانه قابل پیشگویی می‌باشد. شکل شماره ۱ نمودار هیستوگرام مقادیر باقیمانده (Residuals) را نشان می‌دهد. همانگونه که مشاهده می‌شود این توزیع تفاوت معنی‌داری با توزیع نرمال ندارد (P Value برای آزمون Kolmogrov-Smirnov معادل ۰/۷۲۶).

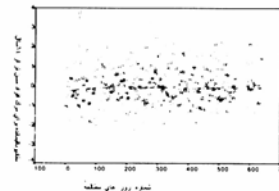
همچنین بین مقادیر باقیمانده متوالی هیچگونه همبستگی (Autocorrelation) مشاهده نمی‌شود.



شکل شماره ۱- هیستوگرام توزیع مقادیر باقیمانده مرگ‌های افراد مسن تر از ۶۴ سال



شکل شماره ۳- نمودار پراکنش تعداد مرگ در افراد مسن‌تر از ۶۴ سال در مقابل زمان



شکل شماره ۲- نمودار پراکنش مقادیر باقیمانده مرگ در افراد مسن‌تر از ۶۴ سال در مقابل زمان

بحث و نتیجه‌گیری

مطالعه روی آلودگی هوا و اثرات آن بر سلامت انسان در جوامع مختلف نتایج متفاوتی داشته است. برای مثال در مطالعه‌ای که طی سال‌های ۱۹۵۸ تا ۱۹۷۲ در لندن انجام شده بین SO_2 و ذرات معلق و تعداد مرگ‌های غیرترومایی رابطه مشاهده شده است [۱]. در مطالعه دیگر در شیلی طی سال‌های ۱۹۸۸-۹۱ بین CO و مرگ رابطه معنی‌داری مشاهده شده ولی رابطه‌ای بین سطح ذرات معلق، O_3 و SO_2 با مرگ مشاهده نشده است [۳]. در مطالعه دیگری در بیرمنگام مشاهده شد که PM_{10} با مرگ به تمام علل رابطه داشته است [۴].

یکی از علل یافتن این نتایج متفاوت، متدولوژی بکار گرفته شده در انجام مطالعه می‌باشد. برای مثال، در مطالعه لندن دما و رطوبت هوا به عنوان متغیر مخدوش‌کننده در نظر گرفته شد در حالیکه در مطالعه شیلی سایر آلاینده‌ها هم به عنوان مخدوش‌کننده احتمالی در نظر گرفته شدند. مطالعه بیرمنگام روز هفته، ماه سال و روند خطی دراز مدت را نیز علاوه بر متغیرهای آب و هوایی در نظر گرفته بود. بطور کلی در مطالعاتی که روی داده‌های Time series انجام می‌شود متغیرهای مخدوش‌کننده فردی از میان برداشته می‌شوند و همانگونه که در قسمت مقدمه ذکر شد این از مهمترین ویژگی‌ها و نقاط قوت این قبیل مطالعات است. به عبارت دیگر در مقایسه میزان مرگ دو جامعه مختلف با سطوح متفاوت آلاینده‌ها، همیشه این نگرانی وجود دارد که برای مثال سطح اقتصادی - اجتماعی و یا میزان سیگار کشیدن (که هر دو با مرگ رابطه دارند) بین جوامع متفاوت باشد. آنجا که مقدار عددی رابطه بین آلاینده‌ها و مرگ یا بستری (در صورت وجود)، عدد کوچک و نزدیک به ۱ می‌باشد پراحتی تحت

تأثیر مخدوش‌کننده‌هایی از این قبیل قرار گرفته و منجر به پیدایش یک رابطه جعلی یا پوشیده شدن یک رابطه واقعی می‌شود. در حالیکه در مطالعات Time series چون تعداد مرگ‌های (بسترهای) روزانه یک جامعه در زمانهای مختلف با هم مقایسه می‌شود دیگر چنین متغیرهایی نمی‌توانند رابطه یافته شده را مخدوش نمایند. به عبارت دیگر افزایش یا کاهش سطح آلاینده‌ها ربطی به افزایش یا کاهش تعداد نخ سیگار مصرفی توسط یک فرد و یا افزایش یا کاهش سطح اقتصادی - اجتماعی وی ندارد.

از طرف دیگر متغیرهایی نظیر آب و هوا و فصل و نیز سایر آلاینده‌ها از متغیرهای مهم مخدوش‌کننده مطالعاتی که به روش Time series انجام می‌شوند می‌باشند [۵].

نکته مهم دیگر در این نوع آلاینده‌ها این است که گرچه سنجش میزان آلاینده‌ها در یک نقطه از یک منطقه وسیع جغرافیایی نمی‌تواند بازگویی مناسبی از وضعیت آلودگی هوا در کل منطقه تحت مطالعه باشد، ولی عملاً همخوانی زیادی بین نوسانات سطح آلاینده‌ها در کل یک منطقه مشاهده می‌شود، بدین معنی که افزایش سطح یک آلاینده در یک منطقه از یک شهر بزرگ همراه با افزایش سطح همین آلاینده‌ها در نقطه دیگری از همین شهر (گرچه سطح آن متفاوت باشد) می‌باشد. این یافته برای مثال در مطالعه‌ای که در بیرمنگام انجام شده مشاهده می‌شود [۴]. در این مطالعه ابتدا فقط از یک ایستگاه برای سنجش آلودگی هوا استفاده شده ولی بعداً ایستگاه دیگری نیز به مطالعه اضافه شده است که همبستگی زیادی بین مقادیر دو ایستگاه مشاهده شده است. گرچه سطح اکثر آلاینده‌های شهر تهران، بالاتر از بسیاری

آلاینده‌ها از صدک ۲۵ به ۷۵ محاسبه گردید. در نتیجه مشاهده می‌شود که پس از حذف اثر متغیرهای مخدوش‌کننده و نیز سایر آلاینده‌ها به ازای این مقدار تغییر در CO ، SO_2 و PM_{10} به ترتیب ۲ نفر (0.00024)، ۱/۴ نفر (0.00016) و ۳/۴ نفر (0.00075) به تعداد مرگ‌های روزانه افزوده می‌گردد.

تشکر و قدردانی

محققین لازم می‌دانند از مسئولین شرکت کنترل کیفیت هوای تهران، سازمان هواشناسی کشور، روابط عمومی بهشت زهرا و کلیه اساتید و همکارانی که به نحوی با راهنمایی‌های خود انجام این تحقیق را میسر نمودند تشکر نمایند.

از کشورهای غربی است، ولی الگوی فصلی نسبتاً مشابهی در این مناطق مشاهده می‌شود. برای مثال در مطالعه‌ای که در میشیگان آمریکا انجام شده همانند مطالعه حاضر مشاهده شده که بیشترین سطح CO در پاییز و بالاترین سطح SO_2 و PM_{10} در تابستان بوده است [۶].

با این وجود انجام مطالعه در تهران ضروری به نظر می‌رسد زیرا همیشه نمی‌توان نتیجه مطالعاتی را که در غلظت پایین آلاینده‌ها (یا هر مواجهه دیگری) انجام شده‌اند به شرایط غلظت بالا تعمیم داد و برعکس (توجه شود که سطح آلاینده‌ها در تهران از بسیاری از شهرهای کشورهای غربی بالاتر است). از آنجا که تفسیر ضرایب معادل رگرسیون بدون در نظر گرفتن افزایش تعداد مرگ به ازای افزایش سطح هر یک از

منابع

- 1-Schwartz J, Marcus A. Mortality and air pollution in London: a time series analysis. *American Journal of Epidemiology* 1990; 131: 185-94
- 2-Rothman K, Greenland S. *Modern Epidemiology*. 2nd Edition, Lippincott: Philadelphia, 1998
- 3-Salinas M, Vega J. The effect of outdoor air pollution on mortality risk: an ecological study from Santiago Chile. *World Health Statistic Quarterly* 1995; 48: 118-25
- 4-Wordley J, Walters S, Ayres JG. Short term variation in hospital admissions and mortality and particulate air pollution. *Occupational & Environmental Medicine* 1997; 54: 108-116
- 5-Schwartz J, Spox C, Touloumi G, et al. Methodological issues in studies of air pollution and daily counts of deaths or hospital admissions. *Journal of Epidemiology Community Health* 1996; 50 (Suppl 1): 3-11
- 6-Schwartz J, Morris R. Air pollution and hospital admissions for cardiovascular disease in Detroit, Michigan. *American Journal of Epidemiology* 1995; 142: 23-35