

4B2) 서울시 대기질 정보 시각화 프로그램 개발

Development of Visualization Program for Information on Air Quality in Seoul

김주열 · 이병철

(주) 미래와도전

1. 서론

서울 지역의 대기오염 실태를 파악하고 대기질 개선대책수립에 필요한 기초자료를 확보하기 위하여 2004년 12월말 현재 총 27개소의 지역대기측정망이 설치되어 있다 (환경부, 2005). 이 지역대기측정망은 아황산가스, 이산화질소, 오존, 일산화탄소, 미세먼지 (PM₁₀) 등 서울 지역의 평균 대기질 농도를 1시간 주기로 연속적으로 측정하여 환경기준 달성여부를 파악한다. 현재 우리나라의 대기환경기준은 아황산가스의 경우 0.02 ppm/년, 0.05 ppm/일, 0.15 ppm/시간이며, 이산화질소의 경우 0.05 ppm/년, 0.08 ppm/일, 0.15 ppm/시간이고, 오존의 경우 0.06 ppm/8시간, 0.1 ppm/시간, 일산화탄소의 경우 9 ppm/8시간, 25 ppm/시간, 미세먼지의 경우 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{년}$, 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{일}$ 이다. 서울 지역대기측정망을 통해서 연속적으로 측정·기록된 대량의 대기질 정보들을 효과적으로 활용하기 위해서는 대기질 정보에 내재되어 있는 공간 정보 속성들을 정량적으로 해석하고 시공간적으로 예측할 필요성이 있다. 지구통계기법을 활용하면 대기오염측정망이 설치되어 있지 않은 지점일지라도 대기오염도 정보에 대한 예측이 가능하므로 향후 추가적인 측정소의 설치와 시료분석에 소요되는 시간과 비용을 절감할 수 있다. 본 연구에서는 서울시 대기오염도의 연도별 (1990년~2004년) 시공간분포를 아황산가스, 이산화질소, 오존, 일산화탄소 중심으로 파악하였다.

2. 연구 방법

지구통계기법은 공간적 또는 시간적으로 변동하는 환경정보를 이용해서 이들의 분포특성 및 그 상관관계를 분석·평가하여 신뢰할만한 정보를 예측하는 기법으로 광산학, 수리지질학, 기상학, 환경공학, 석유공학, 지리정보시스템, 수산학 등 여러 다양한 분야에 적용되고 있다 (Deutsch and Journel, 1998). 지구통계기법의 핵심은 환경정보 데이터가 무작위하게 분포하는 것이 아니라 특정한 공간적 상호관계와 연속성을 가진 공간변이도로 표현된다는 것이다. 공간적 상호관계는 베리오그램 (variogram)으로 정량화되는데 이것은 일정한 거리만큼 떨어진 자료들의 유사성 정도를 나타내는 지표로 공분산의 계산과 크리깅 가중치를 계산하기 위하여 필요하다.

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i+h) - Z(x_i)]^2 \quad (1)$$

여기서, h 는 두 시료채취 지점 간의 거리이고 $Z(x_i)$ 는 x_i 지점에서의 측정치이며, $N(h)$ 는 일정거리 h 를 가지는 쌍들의 개수이다. 크리깅 (kriging)은 주위에 알려진 값들의 상호관계에 따른 가중치를 이용한 선형조합으로 미지의 지점에서 새로운 값을 예측하며, 예측된 값들이 가지는 불확실성을 정량적으로 평가하기 위해 오차분산을 계산하거나 조건부 시뮬레이션을 사용하여 여러 개의 등가의 확률분포를 가지는 자료를 생성할 수 있다.

$$Z^*(x_o) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(x_i) \quad (2)$$

여기서, Z^* 는 보간지점 x_o 에서의 추정치이고 λ_i 는 가중치이다. 서울시 대기오염물질의 공간분포를 지구통계기법을 활용하여 시각화하고 분석하는 모듈을 그래픽 기능이 뛰어난 MATLAB 프로그램을 이용하여 개발하였다.

3. 결과 및 고찰

서울시 대기 중 오염물질의 배출경향과 변동평가 및 공간분포 예측을 위해 아황산가스, 이산화질소, 오존, 일산화탄소의 연도별 농도분포를 추정하였다. 아황산가스의 연평균 농도가 1990년도에 그 최대값이 0.075 ppm (성북구 길음동) 이었으나 2004년도에는 0.007 ppm (영등포구 당산동)으로 절대적인 양이 지난 15년 동안 1/10 정도 상당량 감소하였음을 알 수 있다. 아황산가스의 주 배출원이 황을 함유하고 있는 연료 (주로 석탄과 석유)가 연소되거나 금속 제련공정, 기타 산업공정 등에서 발생함을 감안하면 서울외곽지역으로의 꾸준한 공장 이전이 아황산가스의 감소원인일 것으로 판단된다. 이산화질소의 경우, 아황산가스와 달리 지난 15년간 농도변화가 일정한 수준을 유지하고 있고 일부 지역의 경우 규제기준치인 0.05 ppm/년을 초과하고 있어 이산화질소의 대기질 개선은 미흡하다고 할 수 있다. 이산화질소의 주요 배출원이 자동차와 발전소와 같은 고온의 연소공정과 화학물질 제조공정임을 감안하면 자동차 배기가스 저감을 위한 교통관리와 규제강화가 절실한 실정이다. 또한 이산화질소 농도의 공간분포 양상이 매년 매우 유동적이고 그 변동의 폭이 커서 이산화질소에 의한 대기오염은 서울 대부분 지역의 문제임을 알 수 있다. 오존의 경우, 연중 최대값은 지난 15년 동안 오히려 증가한 추세이고 그 분포 역시 서울 전 지역을 걸쳐 매년 다양한 양상을 띤다. 일산화탄소는 지속적으로 감소하여 상당히 개선되었으며, 배출원이 주로 불완전 연소되는 수송부문이 차지하는 만큼 농도변화가 유동적이고 국지적이다. 본 연구의 결과는 향후 인터넷에 기반한 대기오염도 정보의 관리 및 실시간 안전정보 시스템에 적용될 수 있고, 환경위해물질 배출 시설의 환경감시 및 환경영향평가의 기초자료로 활용될 수 있다. 대기오염도의 시공간 영상정보를 인터넷 기반의 GUI 통합시스템으로 공개하면 친환경적인 대기질 관리에 대한 대국민 신뢰성 제고 및 불신감 해소에 크게 기여할 것으로 기대된다.

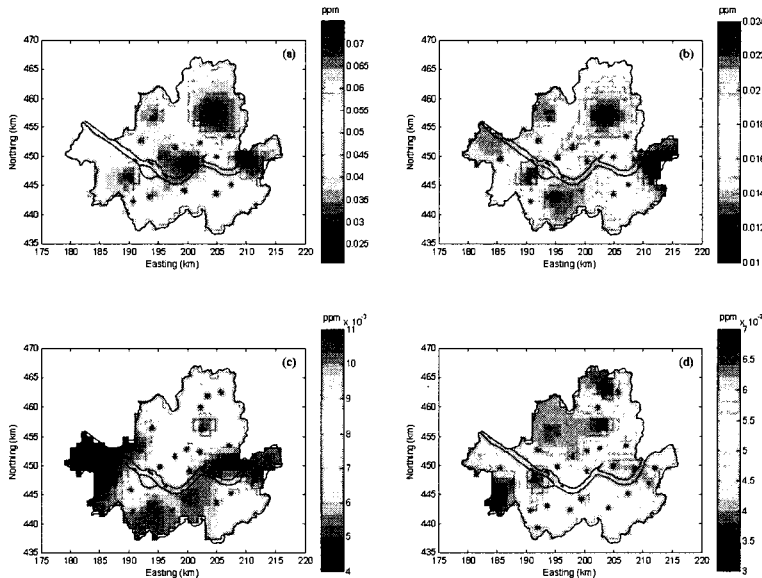


Fig. 1. Spatio-temporal variation of SO₂ concentration in Seoul (a, b, c, and d above correspond to the year of 1990, 1995, 2000, and 2004, respectively).

참고 문헌

환경부 (2005) 「대기환경연보」.

Deutsch, C.V. and A.G. Journel (1998) GSLIB: Geostatistical Software Library and User's Guide, Oxford University Press, New York.