

공간통계모형을 이용한 도시계획변경에 따른 소음도 예측 Exposed Noise Simulation for Urban Planning Alteration Using Spatial Statistical Model

류훈재† · 전범석* · 박인권** · 장서일†

Hunjae Ryu, Bum Seok Chun, In Kwon Park and Seo Il Chang

Key Words : Spatial Statistical Model(공간통계모형), Spatial Autoregressive Model(공간자기회귀모형), Urban Planning(도시 계획), Urban Forms(도시 형태), Exposed Noise Level(노출 소음도)

ABSTRACT

Road traffic noise is closely related with urban forms and urban components, such as population, building, traffic and land-use, etc. Hence, it is possible to minimize the noise exposure problem depending on how to plan new town or urban planning alteration. This paper provides ways to apply for urban planning in consideration of noise through exposed noise estimation for urban planning alteration. Spatial autoregressive model which explains about 81.4% of road traffic noise from the former paper is used. The simulation results by the spatial statistical model are compared with those by the engineering program-based modeling for 5 small-scaled scenarios of urban planning alteration. The error from the limitation of containing informations inside the grid cell and the difficulties of reflecting acoustic phenomena is existed. Nevertheless, in the stage of preliminary design, the use of the statistical models that have been estimated well is useful in time and economically.

1. 서 론

현대 도시를 구성하고 있는 복잡한 도로망은 도시를 지탱시키고 유지시키는 가장 중요한 요소⁽¹⁾임과 동시에 소음원이라는 문제점도 내포하고 있다. 이렇게 발생하는 소음은 도시의 형태 및 도시의 구성 요소인 인구, 건축, 교통, 토지이용 등과 밀접한 관련을 맺고 있으며 끊임없이 상호작용⁽¹⁾을 하고 있다. 따라서 보금자리주택 및 혁신도시 건설 등과 같은 신도시 계획이나 도시계획변경 시 어떻게 계획하느냐에 따라서 소음 노출을 최소화 할 수 있다. 계

획 단계에서 소음도를 예측하는 방법으로는 소음 예측 프로그램을 이용한 공학적인 모델링의 방법이 있으나 다루기 어렵고 경제적으로 비싸다는 단점이 있다. 이는 통계적 모델링 등의 방법으로 해소할 수 있으며 최근 도시 형태와 소음과의 관계^(2,3)를 규명하기 위하여 다양한 연구가 행해지고 있다. 본 논문에서는 앞선 연구 중 청주시를 대상으로 공간적인 효과를 고려하여 만든 공간통계모형⁽³⁾을 사용하여 임의의 도시계획변경 시나리오에 대한 소음도를 예측해 봄으로써 소음을 고려한 도시 설계를 위한 적용 방안을 제시하고자 한다.

2. 연구 방법

연구 방법은 기존 연구 지역인 청주시 내의 여러 개의 소규모 지점을 대상으로 도시계획변경에 따른 주거건물을 신축하고, 공간통계모형을 사용하여 예측한 후 공학적 모델링을 사용한 예측 값과 비교하

† 교신저자; 정회원, 서울시립대학교 환경공학부
E-mail : schang@uos.ac.kr

Tel : 02-6490-2865 , Fax : 02-6490-5440

‡ 발표자; 정회원, 서울시립대학교 에너지환경시스템공학과

* Center for GIS, Georgia Institute of Technology

** 서울시립대학교 도시행정학과

여 적용 타당성을 알아본다. 공간통계모형은 기존 연구 결과³⁾에서 통계적으로 90%내의 유의한 변수만을 사용하여 수정하였고 이번 연구에서 사용한 모형인 공간자기회귀모형(SAR)의 설명력은 81.4%이다. 공간자기회귀모형은 식 (1)과 같다.

$$L_{rep} = \beta_0 + \rho WL_{rep} + \beta_1 GSI_{rep} + \beta_2 FSI_{rep} + \beta_3 Q_{nrep} + \beta_4 V_{arep} + \beta_5 R_a + \beta_6 L_{I, ratio} + \beta_7 L_{B, ratio} + \beta_8 L_{R, ratio} + u, \quad u \sim N(0, \sigma^2 I_n) \quad (1)$$

여기서, L_{rep} 는 인구가중평균 소음도(dB(A)), β 는 회귀계수, ρ 는 공간자기회귀계수, W 는 가중행렬, GSI_{rep} 는 격자의 대표 GSI(m²/m²), FSI_{rep} 는 격자의 대표 FSI(m²/m²), Q_n 은 야간평균교통량(대/시), V_{arep} 야간평균속도(km/시), R_a 는 도로면적밀도(m²/m²)이며, $L_{I, ratio}$, $L_{B, ratio}$, $L_{R, ratio}$ 는 각각 공업지역비율, 상업지역비율 주거지역비율이다.

소음도 계산을 위해 행렬 식(1)의 오차항 u 가 0이라고 가정을 하고 정리해주면 식 (2)와 같다.

$$L_{rep} = [I - \rho W]^{-1} \beta_0 + [I - \rho W]^{-1} \beta_1 GSI_{rep} + [I - \rho W]^{-1} \beta_2 FSI_{rep} + [I - \rho W]^{-1} \beta_3 Q_{nrep} + [I - \rho W]^{-1} \beta_4 V_{arep} + [I - \rho W]^{-1} \beta_5 R_a + [I - \rho W]^{-1} \beta_6 L_{I, ratio} + [I - \rho W]^{-1} \beta_7 L_{B, ratio} + [I - \rho W]^{-1} \beta_8 L_{R, ratio} \quad (2)$$

Fig. 1은 연구 대상지점을 보여준다. 위의 통계모형의 변수 산정을 위하여 연구 지역을 250m×250m

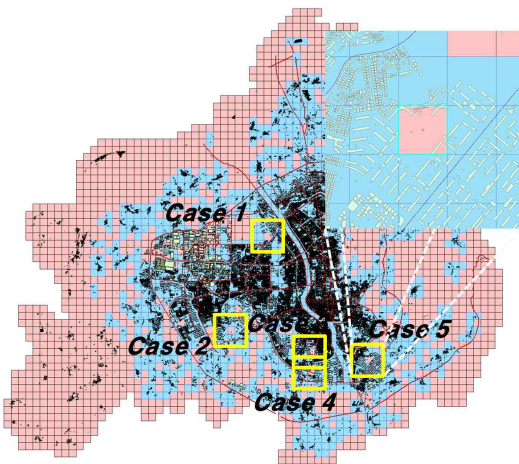


Fig. 1 Study area selection for application test



Fig. 2 Illustration of urban planning alteration for case 1

로 격자화하였으며 야간에 주거 건물에 상주하는 사람에게 노출되는 소음을 대상으로 하여 주거건물이 없는 격자는 제외하였다. Fig. 1을 보면 푸른색 격자들은 소음 정보가 존재하는 곳이고 붉은색 격자들은 소음 정보가 없어 통계모델 추정에서는 제외된 부분들이다. 연구 지점은 직접적으로 인접한 8개 격자의 소음도가 존재하고 자신의 격자에는 주거건물이 없어 소음도가 존재하지 않는 격자를 대상으로 5개 지점을 선정하였다. 대상 격자에 신축하는 건물은 크기가 가로 25m, 세로 10m로 하였고, 층당 4인 가구 2세대가 거주하는 3층 연립주택으로 가정하였다. 격자 내의 토지용도가 주거지역으로 설정되어진 부분에 건물을 세웠으며, 주거지역이 아닌 지점은 임의로 계획하여 설정하였다. Fig. 2는 1번 지점에서의 신축 건물 및 용도 지역 변경한 예시를 보여준다. 앞의 도시계획변경 시나리오 대상인 건물, 토지이용 이외의 변수는 변경하지 아니하였다.

3. 연구 결과

연구 대상지점 5개의 공간통계모형과 공학적 모델링의 시뮬레이션 결과는 Table 1과 같다. 2번과 3번 지점에서는 결과값의 차이가 1dB(A)내로 매우 유사한 결과를 보였으나 1번과 5번 지점에서는 10dB(A)내외로 큰 차이를 나타냈다. 결과값에 차이가 나타나는 이유를 탐색하기 위하여 대상지점 주변

Table 1 Simulation results of spatial statistical model and noise mapping program

	Noise level [dB(A)]		
	Spatial statistical model (SAR model)	Noise mapping program (SoundPLAN)	difference
Case 1	53.5	44.5	9.0
Case 2	42.6	41.9	0.7
Case 3	49.9	49.0	0.9
Case 4	59.4	55.5	3.9
Case 5	50.3	36.7	13.6

을 grid noise map으로 나타내었다. Fig. 3과 Fig. 4는 대상지점 1과 5의 3차원 grid noise map을 보여준다. 두 지점의 공통점을 보면 산등성이나 고층 아파트가 음원인 도로를 차폐시켜 소음도가 상대적으로 낮아짐을 볼 수 있다. 공간통계모델은 인접 격자간의 공간적 효과를 고려하고 있으나 이러한 세부 지형·지물에 의한 음향적 효과를 반영하기 어려운 것으로 나타났다.

4. 결 론

지금까지 청주시를 대상으로 추정된 공간통계모형을 사용하여 청주시 내의 5개의 연구 지점에 소규모 도시계획변경 시 소음도를 예측하여 보았다. 두 지점에서는 공학적 모델링과 비교하여 1dB(A)내의 예측 결과를 나타내었으나 다른 두 지점에서는 차이가 크게 났다. 이는 연구 격자 크기가 담아 낼 수 있는 정보의 한계 및 공학적인 효과를 반영키 어려움에 따른 것으로 판단된다. 정확한 결과를 얻기 위해서는 250m×250m 크기의 격자를 위치상의 특징을 고르게 반영할 수 있도록 여러 개의 주거 건물이 들어서 있거나 단일 건물이라도 그 격자의 소음도를 대표할 수 있는 지점에 세워져 있을 때 통계적 모델을 통한 예측값이 공학적 모델 및 실제값과 잘 맞을 것으로 판단된다. 이는 격자크기를 작게 하여 통계 모델을 구성하는 방안이 있으나 격자 크기가 너무 작아지면 본 논문의 연구지역보다 큰 대도시에 적용 시 효율성이 떨어지므로 적절하게 유지할 필요가 있다. 또한 다양한 도시 유형을 대상으로 정확한 데이터를 사용하여 좀 더 설명력이 높은 모형을 추정하여 일반화시키는 연구도 필수적이다.

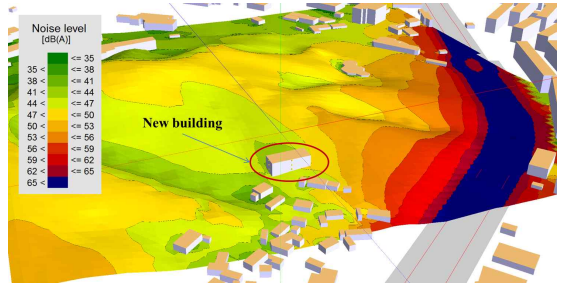


Fig. 3 3-D grid noise map for case 1

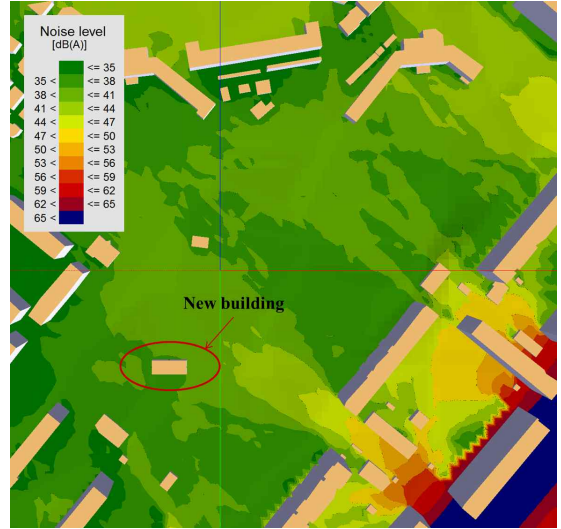


Fig. 4 3-D grid noise map for case 5

이와 같이 사전 계획 단계에서의 통계적 모형의 사용은 시간적 경제적으로 매우 유용하게 소음도를 예측하고 이에 따라 소음도를 고려한 도시계획변경 및 도시 설계를 가능하게 한다.

향후 보금자리주택 건설 등의 넓은 범위의 도시 계획변경에 있어서 공간통계모형을 통한 적용을 시험해 볼 계획이다.

참 고 문 헌

- (1) Korea Planner's Association, 2009, Introduction to Urban Planning, 5th edition, Boseonggack.
- (2) Salomons, E. M. and Pont M. B., 2012, Urban Traffic Noise and The Relation to Urban Density, Form, and Elasticity, Landscape and Urban Planning, Vol. 108, No. 1, pp. 2~16.

(3) Ryu, H. J., Park, I. K., Chang, S. I. and Chun, B. S., 2014, The Spatial Statistical Relationships between Road-traffic Noise and Urban Components Including Population, Building, Road-traffic and Land-use, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering. Vol. 24, No. 4, pp. 348~356.