

도시교통소음예측에 의한 주거지역 소음지도제작

Noise Mapping of Residential Areas by Estimating Urban Traffic Noise

어재훈¹⁾ · 유환희²⁾

Eo, Jae Hoon · Yoo, Hwan Hee

Abstract

Traffic noise pollution is a growing problem that highly affects the health of people in urban areas. In order to implement effective measures against traffic noise the noise mapping about its distribution is imperative. Urban traffic noise maps will help to establish the existing baseline so that we will be able to look for the effective way to control the noise. They will also let us see in an understandable and visual way how noise spreads from roads into residential areas. In this paper we considered three development types between roads and residential areas, and applied the interpolation of ArcGIS for noise attenuation with distance from the roads to find the noise level at the parcels positions in residential areas, and then generated the noise map using the interpolated results. Therefore we present results that the traffic noise level within residential areas exceed the national noise standard and also can estimate the noise level of individual parcels. These results can be used for traffic noise control planning or assessment of officially assessed land price in near future.

Keywords : Traffic noise pollution, Noise mapping, residential areas, Officially assessed land price, Interpolation of ArcGIS

초 록

교통소음공해가 도시생활에 있어서 건강에 중요한 영향을 주고 있으며 소음을 효과적으로 측정하기 위해 소음분포에 관한 소음지도제작은 매우 중요한 일이 되고 있다. 도시교통소음지도는 소음을 조정하기 위한 효과적인 방안을 찾고 실질적인 근거를 마련하는데 도움을 주고 있으며, 소음이 도로로부터 주거지역으로 어떻게 전파 되는지를 시각적으로 이해하기 쉽게 정보를 주고 있다. 본 연구에서는 도로와 주거지역간의 개발형태를 3가지로 구분하여 고려하였고, 주거지역내에서의 필지별 소음정도를 도로로부터 거리가 떨어진 집에 따른 소음감쇄를 ArcGIS의 보간법을 적용하여 계산하고 그 결과를 이용하여 소음지도를 제작하였다. 그 결과 주거지역내의 교통소음수준이 국내 환경기준을 초과하고 있음을 알 수 있었고, 각각의 필지별 소음수준을 추정할 수 있었다. 이것은 향후 교통소음조정계획을 수립하거나 공시지가 평가 시 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

핵심어 : 교통소음공해, 소음지도제작, 주거지역, 공시지가, ArcGIS의 보간법

1. 서 론

도심의 주거지역을 지나는 간선도로의 소음은 주간에만 한정되지 않고 야간에도 계속되고 있다. 이와 같이 주택가를 지나는 도로와 도심의 주거지역을 통과하는 간선

도로는 소음을 유발시키는 인자로서 도로변에 접한 주택은 소음으로 인하여 주거환경에 많은 악 영향을 받고 있다. 2009년 3월 환경부의 보도자료에 의하면 2008년도 환경분쟁으로 인해 중앙환경분쟁조정위원회에 접수된 사건을 '피해원인별' 로 분석한 결과, 총 301건 중에 235건이

1) 경상대학교 대학원 도시공학과 박사과정(E-mail: newogo@korea.kr)

2) 교신저자 · 정회원 · 경상대학교 공과대학 도시공학과 교수(ERI, BK21)(E-mail: hhyoo@gnu.ac.kr)

소음·진동에 의한 것으로 78.1%에 해당하고 있다. 또한 2009년도 환경소음측정망 운영결과 보고에 따르면 소음 측정망을 운영하고 있는 45개 도시 중 '일반지역 중 전용 주거지역'의 경우 낮 67%, 밤 82%가 환경기준을 초과하였고, '도로변지역 중 주거지역'의 경우는 낮 40%, 밤 73%가 초과한 것으로 나타나서 이에 대한 소음예측과 저감대책이 요구된다. 양진우(2000)는 부산시에서 운영중인 일반주거지역에 있는 환경소음측정망 자료를 사용하여, 표준지 공시지가를 헤도닉가격함수의 종속변수로 하고 지가결정요인, 근린특성요인, 지역특성요인, 환경특성요인으로 분류하여 분석하였다. 박성중(2004)은 서울시 내 부순환도로의 주변 소음피해 주거지역을 대상으로 공시지가와의 관련성을 연구하였고, 소음측정망 자료를 이용한 용도지역별 소음분포를 제시하였다(이재훈 등, 2010). Cohen 등(2009)은 헤도닉(Hedonic) 모델을 사용하여 공항 인근지역의 소음레벨과 주택가격의 변화에 대하여 분석하여 공항 근처의 주택가격은 소음레벨 감소에 따라 상관관계를 갖는다고 주장하였다. Stoter 등(2008)은 ArcScene에서 제공되는 공간분석도구의 보간기법을 이용하여 소음지도를 제작하는 방법을 제시하였고, Kanjo(2010)는 실시간적인 도시소음을 모니터링하기 위한 연구도 진행되었다.

이상의 국내외 연구동향을 고려하여 본 연구에서는 경남 창원시의 도심지역에 위치한 주거지역을 대상으로 도로변 교통소음을 유형별로 조사 및 분석하고 소음의 전파특성을 GIS기반 보간기법을 적용·분석하여 주거지역내에서의 소음특성을 평가할 수 있는 소음지도제작을 제시하는데 연구목적을 두고 있다.

2. 도로교통 소음기준

소음진동관리법에서의 소음기준은 크게 공장에서 배출되는 소음시설에 대한 '배출시설허용기준'과 인근의 사업장이나 공사장에서 발생하거나 이동하는 차량에서 나오는 확성기 등 일상생활속에서의 '생활소음규제기준' 그리고 마지막으로 도로, 철도, 항공기의 '교통소음관리기준' 등으로 나누어 볼 수 있다. 본 논문에서의 소음기준은 환경정책기본법에서의 환경기준을 토대로 하였으며, 표 1은 도로교통소음의 관리기준을 나타낸 것이다. 이러한 교통소음의 관리기준을 초과하거나 초과할 우려가 있는 경우로 규제할 필요가 있는 지역은 교통소음·진동관리지역으로 지정할 수 있다. 또한 소음방지 및 저하를

통해서 모든 국민이 조용하고 평온한 환경에서 생활할 수 있도록 한 적극적인 행정행위이며 소음규제한도이다.

표 1. 용도지역별 교통소음 관리기준

단위: Leq dB(A)

지역구분	적용대상지역	기준	
		주간(06-22)	야간(22-06)
일반지역	전용주거지역	50	40
	일반주거지역	55	45
	준공업지역	65	55
	전용공업지역	70	65
도로변지역	전용주거지역	65	55
	일반주거지역		
	준공업지역	70	60
	전용공업지역	75	70

3. 연구대상지 및 소음측정

연구 대상지역은 경상남도 창원시를 대상으로 선정하였으며(그림 1), 전용주거지역을 대상으로 소음측정기(NL-10A 등)를 이용하여 도로변에 측정위치를 결정하고 실측하였다. 소음측정은 소음이 가장 많이 발생하는 출근 시간대(주간)와 밤 10시대(야간)에 평균소음을 측정하였다. 타 용도지역에 비하여 주거지역은 도시민의 생활 및 휴식공간으로서 특히 소음환경에 매우 민감한 지역으로 판단되어 주 연구대상지역으로 주거지역 중에서도 양호

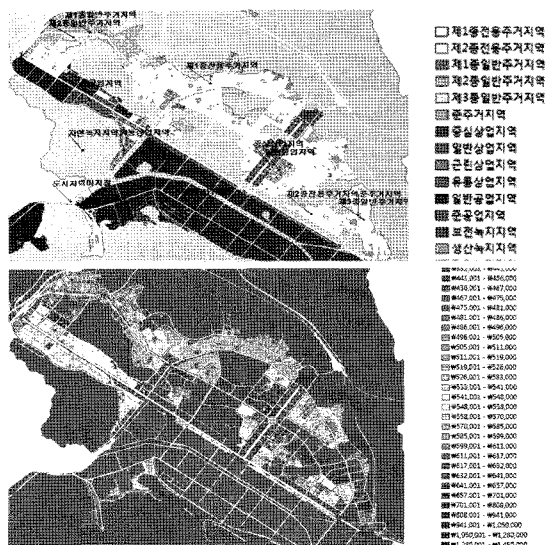


그림 1. 연구대상지역 용도지역과 지가 분포

한 주거생활을 필요로 하는 전용주거지역을 선정하였다. 대부분의 주거지역이 도로와 접하고 있어서 도로변의 여건을 A, B, C 유형으로 구분하고 유형별로 소음을 측정하여 도로변으로부터 전용주거지역 내로 소음이 전파되는 특성을 분석하고 필지별 소음분포를 표시하였다.

그림 2는 A, B, C 유형에 대한 그림이며 도로와 접하는 주거지역의 형태를 고려하여 가장 일반적으로 조성되고 있는 도로변 형태를 선택하였다.

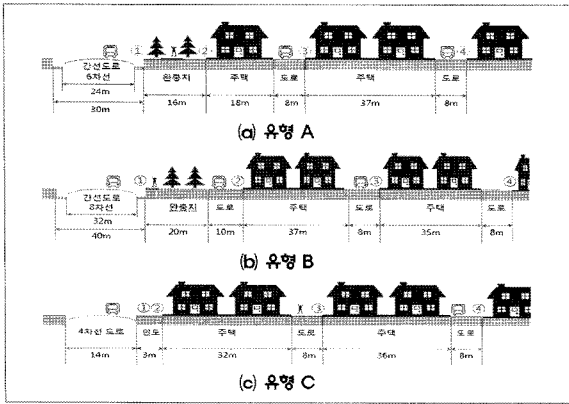


그림 2. 도로여건을 고려한 도로소음 측정유형 분류

표 2. 유형별 소음측정값
단위: Leq dB(A)

유형 A	주간	평균	야간	평균
①도로단	73.4	73.1	73.3	69.3
②도로변	65.9	66.5	66.2	62.9
③주거지 내	57.6	58.9	58.3	47.8
④주거지 내	56.5	47.1	51.8	48.2
유형 B	주간	평균	야간	평균
①도로단	74.3	73.4	73.9	66.0
②도로변	64.2	63.3	63.8	56.3
③주거지 내	52.9	47.1	50.0	43.6
④주거지 내	49.5	45.3	47.4	40.0
유형 C	주간	평균	야간	평균
①,②도로변	66.1	67.0	66.6	58.2
③주거지 내	45.2	48.1	46.7	38.4
④주거지 내	48.4	44.1	46.3	49.8

유형 A는 간선도로에 완충녹지를 두고 주거지역을 조성된 사례이며, 유형 B는 간선도로변에 완충녹지를 조성하고 완충녹지와 주거지역 사이에 소로가 놓인 형태이다. 또한 유형 C는 도로변에 인도가 있고 바로 주거지역이 접한 경우를 나타낸 것으로서 각각의 경우에 대해 도로변과

주거지역내에서 동시에 소음측정기를 이용하여 소음을 측정하여 도로변과 주거지역내의 소음차이를 분석하고자 하였다. 표 2는 A, B, C 유형에 대한 주간, 야간의 소음 측정값과 평균값을 제시하고 있다.

4. 주거지역에서 교통소음특성 분석

주거지역에서 도로교통소음에 의한 전파특성을 분석하기 위해 3가지 유형으로 정의하였고 이에 따른 소음특성을 분석하였다. 도로에서 차량통행에 따라 발생된 소음이 인접한 주거지역으로 전파되는 특성을 파악하기 위해 도로와 도로로부터 주거지역 내로 들어가면서 측정위치를 선정하여 동시에 소음측정기로 측정함으로써 도로상에서 발생된 소음이 주거지역 내로 어떻게 전파되는지를 분석하였다. 일반적으로 주된 교통소음은 간선도로상에서 발생되고 주택가 내에 위치한 소로는 차량이 서행하므로 소음 발생이 미소한 것으로 판단하였으며 일시적인 차량경적이나 돌발적인 소음은 측정값에서 제외하였다.

4.1 유형 A의 경우

유형 A는 그림 2(a)에서 정의한 것과 같이 간선도로변에 완충녹지가 설치되어 있고 인접하여 주거지역이 위치한 경우로서 주거지역내 소음을 저감시키기 위해 완충녹지를 두도록 법적으로 규제하고 있으나 교통소음이 실제로 얼마나 저감되는지 실측값을 분석하여 소음전파특성을 분석하였다. 그림 3은 주거지역의 현황사진과 각 필지의 현황 및 공시지가를 보여주고 있으며 실제 소음을 측정된 장소의 위치와 측정된 소음도를 그래프로 제시하고 있다.

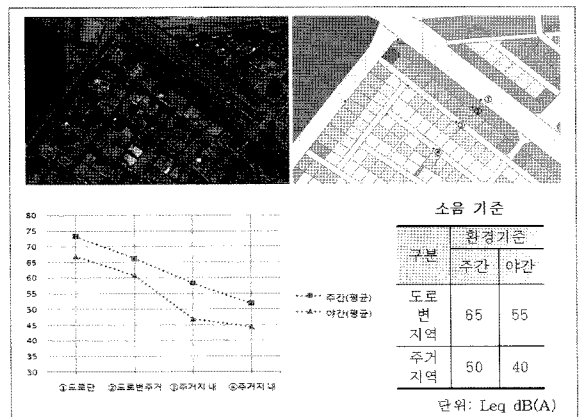


그림 3. 유형 A의 소음측정지점과 평균소음분포

소음측정결과값의 분포를 보면 주간(주간)의 경우 도로변의 소음이 완충녹지를 지나면서 7.1dB 감소되었고, 주택지 내부로 들어가면서 14.8dB, 21.5dB씩 감소하였다. 야간의 경우 완충녹지를 지나면서 6dB, 주택내부로 들어가면서 20.1dB, 22.6dB씩 감소하였다. 도로변 소음이 완충녹지와 거리와의 증가로 주택지 내에서는 소음이 더욱 감소되는 것으로 나타났으나 소음환경기준을 모두 초과하고 있는 것으로 분석되어 도심내 주거지역이 소음에 노출되어 생활환경이 취약함을 알 수 있었다.

4.2 유형 B의 경우

유형 B는 유형 A와 비슷하나 간선도로가 차선수가 많은 대로이고 완충녹지를 두고 주거지역사이에 소로가 더 설치된 경우로서 주거지역은 간선도로로부터 더 멀리 이격되어 있으나 간선도로가 대로이므로 교통소음이 크게 발생할 수 있는 여건을 갖고 있다.

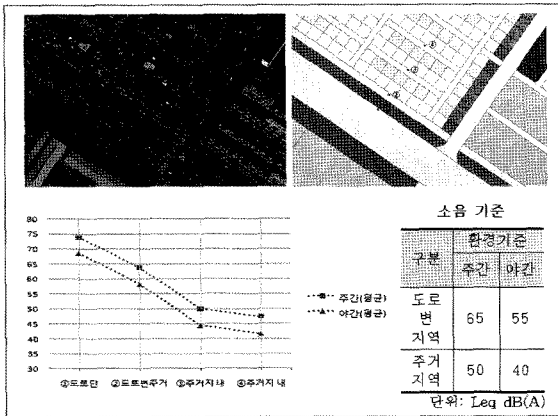


그림 4. 유형 B의 소음측정지점과 평균소음분포

그림 4에 나타난 것과 같이 도로변에서는 유형 A보다 소음이 약간 크게 발생되었으나 완충녹지와 주택지내로 들어오면서 주간에는 10.1dB, 23.9dB, 26.5dB, 야간에는 10.4dB, 24.1dB, 27dB씩 각각 감소되어 간선도로로부터 이격거리가 클수록 소음저감효과도 더 크게 나타났으며, 유형 B의 경우 주택지 내의 일부지역에서는 소음기준을 만족하는 지역이 나타났다.

4.3 유형 C의 경우

유형 C는 4차선 도로변에 인도가 있고 바로 인접하여 주거지역이 위치한 경우로서 유형 A, B와는 다르게 완충녹지가 없는 경우이다. 소음측정 지점별 소음크기의 변화

는 도로변과 인도에서 66.6dB(주간), 58.1dB(야간)인 것이 주택지 내부로 들어오면서 주간에는 19.9dB, 20.3dB, 야간에는 18dB, 13dB씩 각각 감소되어 주택지 내에서 소음기준을 일부 만족하는 결과를 보여주고 있다.

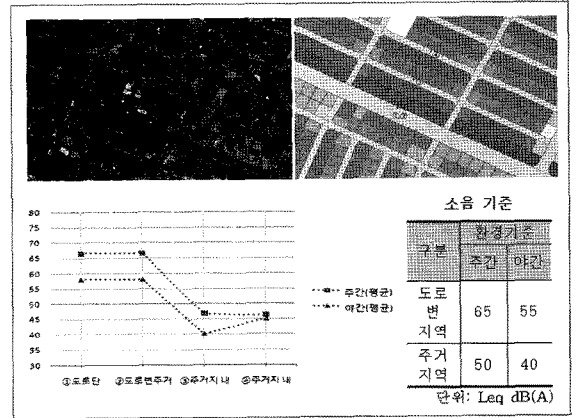
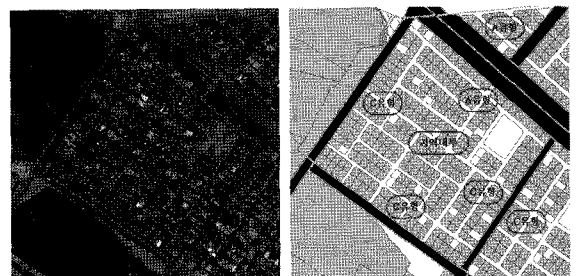


그림 5. 유형 C의 소음측정지점과 평균소음분포

이와같이 실험에서 측정된 유형별 소음도를 국내 소음환경기준과 비교한 결과, 도로변 지역에서 낮시간과 밤시간의 소음도가 대부분 초과하였으며 주거지역 내의 경우에도 도로변에 완충녹지시설이 있음에도 불구하고 소음도는 대부분 초과하였다. 그리고 야간 소음도의 경우 도로변 지역과 주거지역 내의 환경기준을 대부분 초과한 것으로 나타났다.

5. 주거지역의 도시교통소음 지도제작

앞서 도로변과 주거지역이 접하는 유형을 3가지로 구분하여 소음을 실측하고 도로변으로부터 떨어짐에 따른 소음값의 변화를 분석한 결과를 토대로 실제 주거지역 한 곳을 선정하여 소음지도를 제작하였다. 주거지역을 선정



(a) 현황사진 (b) 도로 유형

그림 6. 소음지도제작을 위한 주거지역 현황

할 때 3가지 유형이 모두 존재하는 주거지역을 선정하려고 하였으나 모든 유형을 갖고 있는 지역이 없어서 유형 A와 유형 C가 있는 지역을 선정하였다(그림 6).

표 3. 주거지역내의 지점별 소음예측값과 실측값
단위: L_{eq} dB(A)

예측값	실측값	오 차	예측값	실측값	오 차
70	63	7	65	65	0
71	73	-2	66	64	2
56	54	-2	46	47	-1
69	70	-1	65	65	0
55	51	4	45	41	4
68	67	1	64	63	1
56	55	1	46	51	-5
68	70	-2	64	60	4
56	57	-1	67	60	7
69	66	3	49	41	8
55	48	7	68	61	7
68	70	-2	69	64	5
55	55	0	70	66	4
68	70	-2	67	63	4
66	62	4	49	41	8
69	72	-3	68	67	1
46	47	-1	48	54	-6
64	63	1	68	66	2
45	46	-1	48	54	-6
64	62	2	67	64	3
46	41	5	48	53	-5
64	62	2	68	66	2
47	44	3	49	48	1
65	64	1	73	73	0

RMSE = ± 3.8

그림 6의 지역에 대한 소음분포 예측 정확도를 분석하기 위해서 우선 해당지역의 소음도를 소음측정기로 실측하였으며, 그 결과는 표 3, 그림 7, 8과 같다. 소음예측은 도로변 소음값을 Spline 보간법에 의해 지역 내 소음저감을 예측한 값이다. 해당지역에 대해 실측을 한 것은 유형별 소음전파 특성을 적용하여 주거지역 내 소음 지도를 제작했을 경우 예측값과 실측값과의 차이를 분석하여 소음지도 제작에 의한 소음예측값의 정확도를 분석하기 위해 실시되었다.

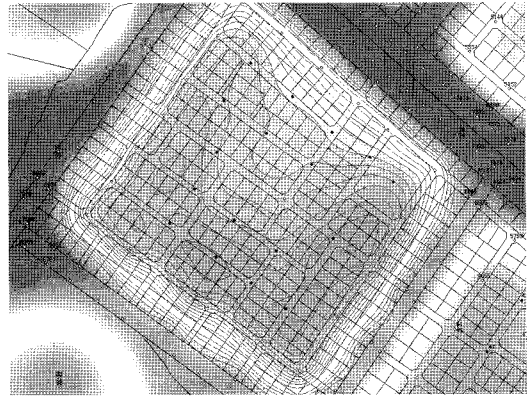


그림 8. Spline보간에 의한 교통소음지도

그림 8은 도로변 소음값을 측정하고 유형별로 소음이 전파되는 특성을 적용하여 ArcGIS s/w에서 지원하는 Spline 보간법을 이용하여 주거지역 내 소음 분포도를 제작하였으며 소음분포색인은 그림 10 과 같다. 이와 같이 Spline 보간법을 적용할 때 매개변수의 지정은 정확도가 가장 좋았던 변수조건을 그림 9와 같이 입력하여 적용하였다.



그림 7. 주거지역의 지점별 실측 소음값

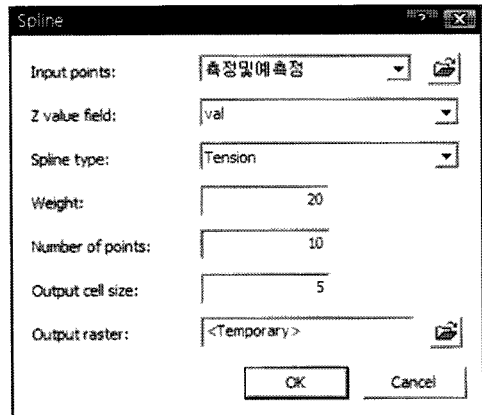


그림 9. Spline의 매개변수

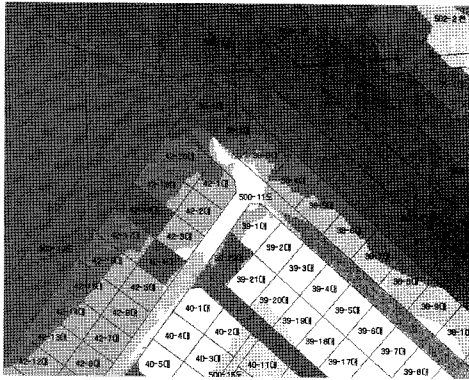


그림 10. IDW보간에 의한 교통소음지도

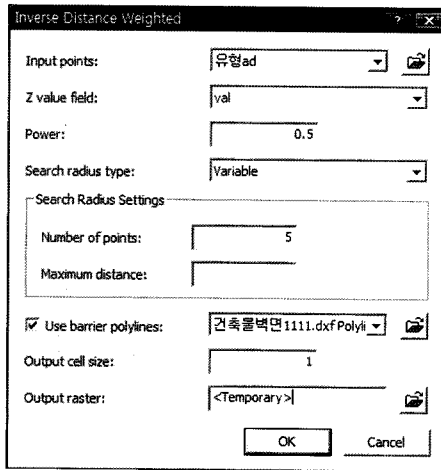


그림 11. IDW의 매개변수

그림 10, 11은 IDW(Inverse Distance Weighted)보간법을 적용한 경우로서 건축물 폴리라인을 입력하여 도로에서 발생하는 소음이 건축물을 지나갈 때 소음이 감쇄되는 것을 예측한 것이다. 즉, 건축물에 의해 소음이 저감되는 현상을 고려한 소음도를 추정할 수 있으므로 필지별 소음을 계산할 때 적용할 수 있다. 공시지가평가 및 산정에 있어서 다양한 토지특성이 평가항목으로 사용되고 있으나 이러한 연구 결과는 도심지역의 주거지역의 경우 주거환경에 소음이 중요한 요소로 부각되고 있는 점을 고려할 때, 도로교통소음이 주거지역 내의 각각의 필지에 미치는 소음 영향을 분석하여 공시지가 산정에 적용한다면 보다 합리적인 공시지가 평가가 될 것으로 사료된다. 즉, 주거지역의 가치를 평가할 때 도로의 규모(폭)와 도로에 접할수록 지가가 높아지는 기존의 산정방법에서 탈피하여 도로에서 발생하는 소음은 물론이고 먼지와 매연과 같이 생활환경의 질을 떨어뜨리는 특성들을 고려하는 새로운 차원의

의 합리적 평가방법이 제안 되어야 할 것이다.

주거지역 내에서 각각의 필지별 소음전파 예측값과 소음측정기로 실측한 소음값과의 오차를 분석한 결과 평균 제곱근오차(RMSE)가 $\pm 3.8\text{dB}$ 로 나타났으며(표 3), 이것은 소음지도를 제작하여 주거지역 내 각각의 필지에 대한 공시지가 평가 시 소음영향을 고려하여 지가를 결정할 수 있는 가능성을 보여 주었다. 다만, 현재 공시지가 평가체계가 도로상의 소음영향을 전혀 고려하지 않고 있어서 소음요소를 반영하기 위한 연구가 더욱 필요한 실정이다.

5. 결론

본 연구에서는 도시의 용도지역 중 주거지역의 필지별 교통소음영향을 분석하기 위해 도로와 주거지역의 배치 형태를 3가지로 구분하고 유형에 따른 교통소음 전파형태를 분석하고, 이것을 근거로 하여 주거지역 내의 필지별 교통소음영향을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 주거지역에 인접한 간선도로 크기와 완충녹지 존재 여부 등을 고려하여 주거지역 내의 소음 전파특성을 분석한 결과 도로변에 인접한 주거지는 소음환경기준을 초과하였고 주거지역 내의 일부지역만이 소음환경기준을 만족하고 있어서 도심에 위치한 주거지역의 소음환경이 매우 취약함을 알 수 있었다.

둘째, 도로에서 발생한 교통소음이 주거지역 내로 전파되는 특성을 적용하여 주거지역 내에 있는 필지별 소음영향을 소음지도로 제작함으로써 공시지가평가 시 소음요소를 적용 할 경우 과학적이고 계량적인 근거를 마련할 수 있을 것으로 판단된다.

셋째, 오늘날 도시생활에 있어서 교통소음은 주거지를 선택할 때 중요하게 고려되는 요소로 부각되고 있는 상황에서 주거지역내의 소음특성을 파악할 수 있는 소음지도 제작은 도시생활 질을 평가하는데 다양하게 이용될 것으로 예측된다. 특히 주거지역의 경우 공시지가 평가 시 소음요소를 적용할 수 있는 법제도적 개선이 요구되며 이를 위해서 건물차폐효과 및 소음전파예측모델개발, 공시지가 적용을 위한 작업규정 개발 등의 추가적인 연구가 요구된다.

감사의 글

본 연구는 한국연구재단 2009기초연구사업(일반연구자 지원사업-지역대학우수과학자)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- 박성중 (2004), 헤도닉가격법을 이용한 자동차 소음의 외부효과 평가, 성균관대학교 대학원 박사학위논문.
- 양진우 (2000), 헤도닉가격기법을 이용한 환경소음 개선 효과의 평가에 관한 연구, 대한국토·도시계획학회. 국토계획. 35(5), pp. 233-244.
- 어재훈, 유환희 (2010), 소음 측정망 자료를 이용한 용도지역별 소음변화 분석, 한국지형공간정보학회지, 18권, 3호, pp. 91-96.

- Cohen, J. P. and Coughlin, C. C. (2009), Changing Noise Levels and Housing Prices Near the Atlanta Airport, *Growth & Change*. 40(2), pp. 287-313.
- Kanjo, E. (2010), NoiseSPY: A Real-Time Mobile Phone Platform for Urban Noise Monitoring and Mapping, *Mobile Networks & Applications*. 15(4), pp. 562-574.
- Stoter, J., de Kluijver, H. and Kurakula, V. (2008), 3D noise mapping in urban areas, *International Journal of Geographical Information Science*. 22(8), pp. 907-924.
- <http://edc.me.go.kr> : 중앙환경분쟁조정위원회
- <http://www.noiseinfor.or.kr> : 국가소음정보시스템

(접수일 2011. 04. 04, 심사일 2011. 04. 15, 심사완료일 2011. 05. 02)