

ORIGINAL ARTICLE

환경소음측정망 최적 위치선정에 관한 연구

신상문 · 원정우 · 김화일^{1)*}

동아대학교 산업경영공학과, ¹⁾부산가톨릭대학교 산업보건학과

Study on the Optimal Location Selection for Environmental Noise Monitoring Systems

Sangmun Shin, Jeongwoo Won, Hwail Kim^{1)*}

Department of Industrial & Systems Management Engineering, Dong-A University, Busan 604-714, Korea

¹⁾*Department of Industrial Health, Catholic University of Pusan, Busan 609-757, Korea*

Abstract

A number of problems associated with environmental noises in urban areas have significantly been considered. Specific measurement and estimation of the environmental noise became a primary issue in local governments. Environmental noise monitoring system is required in order to estimate and verify the a city noise map. However, current monitoring positions may not perfectly represent and incorporate many different view points, such as districts of a city, different utilizations of a city by the law, populations, and classifications and traffics of roads. In addition, scientific method to provide specific noise monitoring positions my not be avaliable in current literature. For this reason, the primary objective of this paper is to propose a new method for introducing a number of monitoring positions in the entire city. First, the quality function deployment (QFD) method was utilized to simultaneously represent both districts and utilizations of a city. Second, a new algorithm to find a number of monitoring positions was proposed by compromising many different view points: populations, classifications of roads and areas, and traffics of roads. Finally, the proposed monitoring positions and a sample noise map was provided for verification purposes. Based on these results, the proposed algorithm including the QFD concept may successfully provide specific noise monitoring positions by simultaneously consider may different view points and requirements of a city.

Key words : Environmental noise monitoring systems, Optimal location selection method, Quality function deployment

1. 서 론

부산에서는 소음으로 인한 분쟁이 해마다 늘어가고 있는 실정이지만, 지금까지의 소음관리는 민원 발생 후 대책을 마련하는 소극적인 수준에 머물러 있으며, 도시 계획이나 도시성장, 각종 정책결정 과정에서 소음에 대

한 고려가 상당히 미흡했다. 이에 대한 소음영향의 정확한 분석과 더불어 그에 따른 적절한 대책을 수립하는 일이 최근 중요한 이슈로 떠오르고 있다(Sun, 2010). 현재 유럽에서는 정책 결정과정에서 소음영향까지 고려하려는 연구가 활발하며 이를 위한 도구로 소음지도가 사용되고 있다(Park, Park, 2003; Choi, 2010). 소음지도를

Received 29 November, 2013; Revised 24 June, 2014;

Accepted 30 June, 2014

*Corresponding author : Hwail Kim, Department of Industrial Health, Catholic University of Pusan, Busan 609-757, Korea
Phone: +82-51-510-0632
E-mail: hikim@cup.ac.kr

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.
© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

통해 문제가 되는 지점과 주 소음원을 쉽게 파악할 수 있으며, 방음대책 시행 후의 소음저감 효과를 예측할 수 있으며 지리정보시스템(GIS)과의 연계를 통해 소음저감 대책 및 개발계획의 효율성의 판단이 가능하다(Chang 등(2004)). 그러나 도시 내 모든 지역에 대한 소음도 측정은 현실적으로 불가능하기 때문에 특정지점을 대상으로 한 소음측정망을 운영할 수밖에 없는 한계성을 내포하고 있다. 이러한 한계성을 극복하고자 도시의 다양한 소음원을 파악하고, 이로 인한 도시 전체의 소음도 확산이나 분포를 예측하여, 보다 정확한 도시 내의 소음분포를 파악하여 사전·예방적 소음관리가 가능하도록 새로운 소음 측정망의 위치선정이 시행될 필요가 있다. 체계적이고 지속적인 환경소음의 모니터링이 필요하며, 소음지도의 적정성 검증을 위한 추가적 활용을 위하여 소음측정망의 과학적 설계의 필요성이 대두되었다. 또한, 지역의 재개발과 새로운 상권의 형성으로 인해 지역별 소음수준과 유동인구량에 변화가 생겼고, 이에 따른 기존 부산시의 소음 측정망의 재평가의 결과를 바탕으로 법적기준 및 소음발생원의 소음 요소를 명확하게 정의하고 구분할 필요가 있다. 그리고 기존의 소음 측정시 사용되던 법적구분 '가', '나', '다', '라' 지역뿐만 아니라 최근 소음의 주요원인이 되는 교통소음을 함께 고려하여 평가할 필요가 있다.

이처럼 전체를 대표할 수 있는 특정지점을 선정하기 위해서는 여러 가지 측면을 동시에 고려하여 여러 조건을 만족할 수 있어야 하며, 적절한 가중치 산정법이 요구된다. 품질기능전개(Quality Function Deployment, QFD)는 기존의 개별가중치 산정법과는 달리 두 가지 측면의 가중치를 동시에 적용하여 객관적이고 정밀한 가중치를 산출할 수 있는 매우 효과적인 방법 중의 하나이다. Kim 등(2012).

먼저 본 연구에서는 도시 내 모든 지역에 대한 소음도 측정을 할 수 없는 현실적 제약을 극복하고자 각각의 소음유발요소를 도출하고 기존에 사용되고 있는 소음측정망의 데이터를 분석하여 기존의 소음측정망 위치에 대한 적정성 검토가 필요하다고 판단되어 소음측정지역의 이상소음 존재 유무와 주변 환경의 변화에 따른 소음측정망 위치의 적정성 검토를 실시하였다. 이를 통해 소음 측정망의 새로운 위치선정의 중요성이 부각되었고, 부산시 16개 구·군별 중요도와 용도별 중요도를 동시에 고

려하여 산출하기 위하여 QFD를 사용한 새로운 위치선정 알고리즘을 개발하였다. 개발된 알고리즘을 통해 부산시 16개 구·군에 대한 소음측정망의 새로운 위치를 선정하고, 선정된 위치에 대한 실제 소음도를 측정하여 그 적정성을 검증하였다. 마지막으로 개발된 알고리즘을 통해 선정된 소음측정망의 새로운 위치에 대한 소음지도를 Fig. 10~11과 같이 작성해 실제 소음도와 비교해 보았다.

2. 위치 재선정

2.1 기존 소음측정망 위치의 재평가

(1) 부산시 소음측정망 현황

부산시 소음측정망 현황은 환경소음 자동측정망 설치 5개, 환경소음 수동측정망(중앙) 설치 10개(1개당 5곳 측정), 환경소음 수동측정망(지방) 설치 7개(1개당 5곳 측정), 항공기소음측정망 설치 7개, 철도소음측정망 설치 4개, 도로진동측정망 설치 6개로 이루어져 있으며 Fig. 1과 같다.

(2) 부산시 소음측정망 재평가를 위한 소음유발 요소(factors) 도출

교통소음은 주요 배출원이 자동차로 발생 소음도가 대단히 클 뿐 아니라 그 피해지역도 광범위하다. 특히 자동차는 도로망이 확장되고 보급대수가 급격히 증가하고 있어 도시 내 소음원의 가장 중요한 위치를 차지하고 있다.

공장이나 사업장 소음은 주로 송풍기, 단조기 등 기계 설비에서 발생하는 소음으로 기계 내부의 회전부나 마찰부, 기계와 원재료와의 접촉부 등에서 주로 발생하게 되는데, 공장에 설치되는 시설은 한번 설치되면 반영구적으로 사용하게 되므로 인근 지역에 지속적인 피해를 일으킬 우려가 있어 다른 소음원보다 관리 대책이 강화되어 있다. 공장에 설치되는 시설 중에서도 특히 고소음 진동을 발생하는 기계·기구시설 등을 “소음 진동 배출시설”로 지정하고 배출시설을 설치하거나 변경하고자 할 때에는 사전에 허가 또는 신고를 하도록 규정하고 있으며, 배출시설로부터 배출되는 소음 진동을 배출허용기준 이하로 배출되도록 하기 위하여 소음 진동 방지시설 설치를 의무화하고 있다.

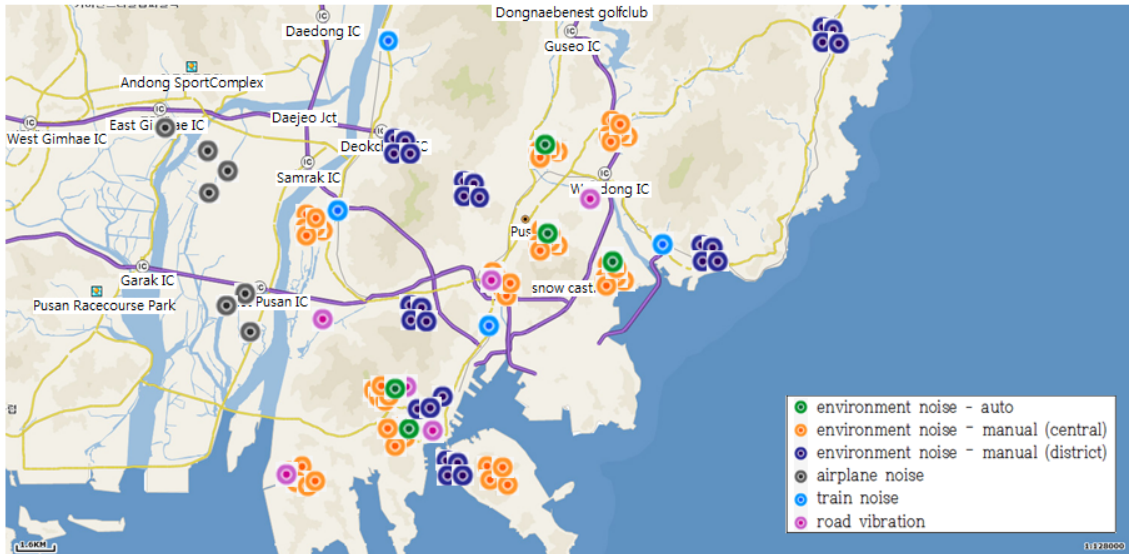


Fig. 1. Current Busan environmental noise monitoring locations.

생활소음의 배출원은 확성기 소음, 심야 유흥업소 소음, 소규모 공장의 작업소음, 공사장 소음 등 매우 다양하며, 최근 인구증가와 더불어 도시화, 산업화 등에 따라 배출원의 수도 증가하는 추세이다. 특히 공사장 소음의 주 발생 기계류는 항타기, 굴삭기 및 착암기 등이 있고, 진동의 경우에는 항타기계류가 가장 큰 것으로 조사되었다. 최근 들어 사회기반시설의 확충, 도시재개발 등 대규모 건설 공사의 증가로 소음 진동 관련 민원이 상대적으로

증가하고 있는 추세이다. 소음의 구분에 따른 요소들을 Table 1과 같이 제시하였다.

(3) 부산시 소음측정망 대표성 및 적정성 평가

현재 부산시 소음측정망에 대한 대표성 및 적정성을 평가하기 위하여 Table 2와 같은 평가지를 통하여 평가를 실시하였다.

현재 부산시에서 운영하고 있는 자동측정망들의 공통적 특징은 소음평가에 현저한 영향을 미치는 다른 소음원의 존재로 나타났고 “구덕약국, 대성주차장”의 경우에는 정류장, 교차로 주변이라는 장소적 특징을 갖고 있었다. 자동측정망의 경우 위와 같은 다른 소음원이 존재하여도 지속적인 측정이 가능하므로 이상소음이 소음수준에 주는 영향이 수동측정보다 현저히 낮다고 볼 수 있다.

2.2 새로운 소음측정망 대상지 선정

기준에 현행되어온 법적기준 및 용도구분에 도로지역이라는 항목을 추가 하여 부산시 16개구·군에 소음측정망이 필요한 대상지역을 크게 5개의 항목으로 분류하였다. 각 항목에 대한 세부사항들을 Table 3으로 제시하였다(Ministry of Environment, 2000, Noise and Vibration Control Act-Enforcement Rules, 92; Ministry of Environment, 2010, Plant emission standards of the Noise and Vibration).

Table 1. Factors to induce noises

Division	Factor
Traffic Noise	highway
	crossroad
	main road
	trunk road
Industrial-Construction Noise	factory noise
	construction site
Institutions-Facilities Noise	noise-induced public institutions
	public institutions
	shopping center
	other shops
Life Noise	life Noise
	park and amusement park

Table 2. Questioner to evaluate adequacy of existing noise monitoring locations

Division	Sejong mounter	Guduk pharmacy	Daesung parking lot
Local use (legal) separation and area classification maintenance needs	.	.	.
Noise affects other significant sources of noise in the evaluation (Sound of cicadas, motorcycles, loudspeaker sound, etc.)	✓	✓	✓
Station, near the intersection, etc.	.	✓	✓
Construction and operations, construction sites, airports, railways and other on-site	.	.	.
Obstruction within 3.5m radius of the measuring points	.	.	.

Table 3. Classification of utilization in a city

Division	Classification	
A	green belt	
	hospital zone	
	school zone	
B	residential zone	
C	commercial area	commercial are
		shopping center
D	semi-industrial zone	
	industrial zone	
	major-industrial zone	
Road	highway	
	crossroad	
	main road	

(1) 구분 “A” 에 대한 정의

구분 “A”는 녹지지역, 종합병원지역, 학교지역으로 구성되어 있다. 구별 기준에 대한 공원면적, 병원기관, 학교는 Table 4와 같다.

(2) 구분 “B” 에 대한 정의

구분 “B”는 주거지역으로 구군별 인구수를 기준으로 한다. 구별 기준에 대한 인구, 면적, 인구밀도는 Table 5와 같다. 주거지역의 대표소음원이라 할 수 있는 생활소음을 측정하기 위해 가장 대표성을 갖는 구군을 선정하고자 부산시 16개 구군에 대한 인구와 면적 그리고 인구밀도를 조사하였다.

(3) 구분 “C” 에 대한 정의

구분 “C”는 상업지역과 준공업지역으로 구성되어 있다. 상업지역은 상업지역면적과 대형상가로 구분되며 상

업지역은 상업지역의 면적을 기준으로하고 대형상가는 백화점과 대형마트의 개수를 기준으로 하며 준공업지역은 준공업지역의 면적을 기준으로 한다. 구별 기준에 대한 백화점-마트, 상업지역 면적, 준공업지역 면적은 Table 6에 제시하였고, 상업지역의 가장 대표성을 갖는 구군을 선정하고자 부산시 16개 구군에 대한 백화점 및 대형상가의 개수, 상업지역의 면적, 그리고 준공업지역의 면적을 조사하였다.

Table 4. Associated data for ‘Region A’

Division	Park area(m ²)	Hospital	School
Jung-gu	170,514.90	153	11
Seo-gu	92.60	139	29
Dong-gu	3,789.80	176	19
Yeongdo-gu	45,483.00	142	32
Pusanjin-gu	3,458,134.40	687	77
Dongnae-gu	27,636.80	418	49
Nam-gu	7,270.30	326	57
Buk-gu	469,973.10	314	54
Haeundae-gu	702,422.90	559	67
Saha-gu	265,014.30	385	61
Geumjeong-gu	65,521.30	321	55
Gangseo-gu	698,875.10	40	29
Yeonje-gu	40,650.40	304	33
Suyeong-gu	52,146.30	265	20
Sasang-gu	88,553.40	228	44
Gijang-gun	235,197.00	119	24
Total	6,331,275.60	4576	662

Table 5. Associated data for 'Region B'

Division	Population	Area(km ²)	Population density (p/km ²)
Jung-gu	50,555	2.82	17,927
Seo-gu	127,068	13.88	9,155
Dong-gu	102,859	9.78	10,517
Yeongdo-gu	148,431	14.13	10,505
Pusanjin-gu	398,174	29.69	13,411
Dongnae-gu	283,636	16.63	17,056
Nam-gu	301,904	26.77	11,278
Buk-gu	313,553	39.44	7,950
Haeundae-gu	429,477	51.46	8,346
Saha-gu	362,697	40.96	8,855
Geumjeong-gu	257,662	65.17	3,954
Gangseo-gu	66,269	180.24	368
Yeonje-gu	213,453	12.08	17,670
Suyeong-gu	179,208	10.20	17,569
Sasang-gu	261,673	36.06	7,257
Gijang-gun	103,762	218.04	476
Total	3,600,381	767.35	4,692

Table 6. Associated data for 'Region C'

Division	Shopping center	Commercial area(m ²)	Semi-industrial zone(m ²)
Jung-gu	1	2,000,000	50,000
Seo-gu	2	880,000	180,000
Dong-gu	2	2,880,000	650,000
Yeongdo-gu	3	1,200,000	170,000
Pusanjin-gu	5	5,400,000	0
Dongnae-gu	5	2,720,000	0
Nam-gu	3	1,200,000	300,000
Buk-gu	3	960,000	0
Haeundae-gu	11	400,000	210,000
Saha-gu	7	640,000	1,590,000
Geumjeong-gu	4	1,040,000	290,000
Gangseo-gu	0	920,000	160,000
Yeonje-gu	4	1,240,000	0
Suyeong-gu	1	1,120,000	30,000
Sasang-gu	3	840,000	1,470,000
Gijang-gun	3	360,000	0
Total	57	27,400,000	5,100,000

(4) 구분 "D" 에 대한 정의

구분 "D"는 일반공업지역과 전용공업지역 으로 구성되어 있다. 일반공업지역은 일반공업지역의 면적을 기준으로 하고 전용공업지역은 전용공업지역의 면적을 기준으로 한다. 구별 기준에 대한 일반공업지역 면적과 전용공업지역 면적은 Table 7에 제시하였고, 공업지역과 전용공업지역의 대표성을 갖는 구군을 선정하고자 부산시 16개 구군에 대한 공업지역 면적과 전용공업 지역의 면적을 조사하였다.

Table 7. Associated data for 'Region D'

Division	Industrialzone (m ²)	Major-industrial zone (m ²)
Jung-gu	0	0
Seo-gu	100,000	0
Dong-gu	0	0
Yeongdo-gu	200,000	510,000
Pusanjin-gu	0	0
Dongnae-gu	0	0
Nam-gu	0	1,100,000
Buk-gu	0	0
Haeundae-gu	0	0
Saha-gu	710,000	960,000
Geumjeong-gu	0	0
Gangseo-gu	0	0
Yeonje-gu	0	0
Suyeong-gu	0	0
Sasang-gu	0	1,240,000
Gijang-gun	630,000	0
Total	1,640,000	3,810,000

(5) 구분 "Road" 에 대한 정의

구분 "Road"는 고속도로, 교차로, 주요도로로 구성되어 있다. 고속도로는 고속도로IC의 존재를 기준으로 하고 교차로는 주요교차로의 존재를 기준으로 하며 주요도로는 구군별 도로면적의 비율을 기준으로 한다. 구별 기준에 대한 고속도로, 교차로, 주요도로의 도로면적비율은 Table 8에 제시하였다.

Table 8에 제시된 바와 같이, 도로지역의 대표성을 갖는 구군을 선정하고자 부산시 16개 구군에 대한 고속도

로 IC의 존재여부와 통과지역, 주요교차로와 교차로의 개수, 그리고 주요도로와 도로면적 비율을 조사하였다.

Table 8. Associated data for 'Region Road'

Division	Highway IC=2,pass=1	Crossroad main=2,road=1	Mainroad road-area ratio
Jung-gu	0	2	26.04%
Seo-gu	0	1	9.16%
Dong-gu	1	1	14.98%
Yeongdo-gu	0	1	8.55%
Pusanjin-gu	1	2	9.93%
Dongnae-gu	1	2	13.86%
Nam-gu	1	1	9.30%
Buk-gu	2	2	5.78%
Haeundae-gu	2	1	7.36%
Saha-gu	0	2	9.10%
Geumjeong-gu	2	1	5.27%
Gangseo-gu	2	1	4.61%
Yeonje-gu	0	2	13.85%
Suyeong-gu	1	1	15.28%
Sasang-gu	2	1	9.10%
Gijang-gun	1	1	2.17%
Total	16	22	-

2.3 대상지 선정 알고리즘

16개 구군에 대한 RANK 순으로 부여된 선택권만큼씩 차례대로 선택해 나간다. 이때 각 지역별 편중이 없는 선택을 위해 QFD를 사용하여 다음과 같은 알고리즘을 설정하였다. QFD란 기존의 개별가중치 산정방법과는 달리 두 가지 측면의 가중치를 동시에 적용하여 객관적이고 정밀한 중요도(가중치)를 산출할 수 있는 매우 효과적인 방법 중 하나이다. 특히 본 연구에서 부산시 전 지역의 소음측정망 위치선정을 위하여 인구와 교통량을 반영한 구군별 및 용도별 중요도를 함께 산출하기 위하여 맞춤형 QFD방법을 개발 적용하여 연구 결과를 다음과 같이 도출하였다.

Step 1. 평가기준 및 대상지 선정

Step 2. 평가척도 기준표 작성

Step 3. 용도별 가중치 선정

Step 4. 중요도평가 및 RANK 산출

Step 5. RANK 별 선정개수 산출

Step 6. RANK 순위별 순차적 위치 선정

- 구군별 최고점수를 받은 항목이 선택의 우선순위를 갖는다
- 각 항목별 가중치의 내림차순 순으로 선택을 한다
- 선택의 제한수가 다된 항목은 선택을 할 수 없다
- “가” 지역은 2개 이하의 선택만 가능하다
- “다” 지역은 상업지역과 대형상가 중 1개만 선택이 가능하다
- “라” 지역은 일반공업지역과 전용공업지역 중 1개만 선택이 가능하다
- “도로” 지역은 고속도로, 교차로, 주요도로 중 1개만 선택이 가능하다

Step 7. 현장검증 및 소음측정

- 문제점 발생시 Step 6으로 돌아간다

Step 8. 위치 선정 완료

(1) 대상지역, 가중치 및 평가기준 입력

법적기준 및 평가지역과 대상지역을 Fig. 2와 같이 채워준다. 가로축은 평가요소들로 구성되고 세로축은 평가대상으로 구성된다. 평가대상들은 각각의 평가요소들에 대해서 평가되며 평가된 값의 총 합을 결과 값으로 사용하게 된다. 먼저 Table 4-8의 자료와 기존 전국 소음측정망의 현황대수를 법적·용도별 기준에 맞추어 그에 해당하는 비율을 가중치로 선정하였고, 최근 소음의 주요원인이 되고 있는 교통소음의 중요도에 30%를 산정하였습니다. 또한 전문가 중심 평가방법을 이용하여 현재 국내에서 시행되고 있는 소음측정망의 현황과 도로의 특성을 고려하여 ‘A’ 항목에 23.13% (녹지지역:7.30%, 병원지역:6.09%, 학교지역:9.74%), ‘B’ 항목에 21%, ‘C’ 항목에 16.44%(상업지역:7.35%, 대형상가:6.35%), ‘D’ 항목에 9.43%(일반공업지역:3.44%, 전용공업지역:5.99%) 그리고 ‘Road’ 항목에 30%(고속도로:6.00%, 교차로:14.00%, 주요도로:10.00%)의 가중치를 부여 하였다. 평가기준은 전문가 중심 평가방법을 적용하여 지역별 기준 자료를 토대로 특정지역에 편중이 없도록 설정한다. 본 연구에서는 Fig. 3에서 제시한 바와 같이 9점 척도를 활용하여 각 척도별 기준을 설정하고 해당지역의 자료를 바탕으로 기준표를 작성하였다.

Legal standards and Evaluation area	A			B	C			D		Road			RANK Division	Select EA
	Green belt	Hospital zone	School zone	Residential zone	Commercial area		Semi-Industrial zone	Industrial zone	Major-Industrial zone	Highway	Crossroad	Mainroad		
					Commercial area	Shopping center								
Districts	Jung-gu													
	Seo-gu													
	Dong-gu													
	Yeongdo-gu													
	Pusanjin-gu													
	Dongnae-gu													
	Nam-gu													
	Buk-gu													
	Haeundae-gu													
	Saha-gu													
	Geumjeong-gu													
	Gangseo-gu													
	Yeonje-gu													
	Suyoung-gu													
	Sasang-gu													
Gijang-gun														
Absolute Importance														
Feature EA														
Feature Rank														

Fig. 2. Proposed QFD table to conduct Step 1.

9-point scale											
Park area (m ²)	Measure	Hospital (EA)	Measure	School (EA)	Measure	Population (10,000)	Measure				
Over 200,000	9	Both	9	Over 60	9	Over 31	9				
150,000~ 200,000	7			45~60	7	24~31	7				
100,000 ~ 150,000	5	University Hospital	5	30~45	5	17~24	5				
50,000 ~ 100,000	3			15~30	3	10~17	3				
Under 50,000	1	General Hospital	1	Under 15	1	Under 10	1				
Commercial area (m ²)	Measure	Shopping center (EA)	Measure	Semi-Industrial (m ²)	Measure	Industrial zone(m ²)	Measure				
Over 200,000	9	Over 8	9	Over 200,000	9	Over 200,000	9				
150,000~ 200,000	7	6~8	7	150,000~ 200,000	7	150,000~ 200,000	7				
100,000 ~ 150,000	5	4~6	5	100,000 ~ 150,000	5	100,000 ~ 150,000	5				
50,000 ~ 100,000	3	2~4	3	50,000 ~ 100,000	3	50,000 ~ 100,000	3				
Under 50,000	1	Under 2	1	Under 50,000	1	Under 50,000	1				
Major-Industrial (m ²)	Measure	Highway	Measure	Crossroad	Measure	Mainroad rate (%)	Measure				
Over 200,000	9	Highway I/C	9	Main crossroad	9	Over 20	9				
150,000~ 200,000	7	-	7	-	7	15~20	7				
100,000 ~ 150,000	5	Highway	5	Crossroad	5	10~15	5				
50,000 ~ 100,000	3	-	3	-	3	5~10	3				
Under 50,000	1	-	1	-	1	Under 5	1				

Fig. 3. Proposed QFD table to conduct Step 2.

Legal standards and Evaluation area	A				B		C		D		Road			WEIGHT	RANK	EA
	Green belt	Hospital zone	School zone	Residential zone	Commercial area		Semi-Industrial zone	Industrial zone	Major-Industrial zone	Highway	Crossroad	Mainroad				
					Commercial area	Shopping center										
	7.30	6.09	9.74	21.00	7.35	6.35	2.74	3.44	5.99	6.00	14.00	10.00				
Districts	Jung-gu	7	1	1	1	9	1	3	0	0	0	9	9	334.85	13	1
	Seo-gu	1	9	3	3	3	3	7	5	0	0	5	3	320.11	14	1
	Dong-gu	1	1	3	3	9	3	9	0	0	5	5	5	315.67	15	1
	Yeongdo-gu	1	3	5	3	5	3	7	1	9	0	5	3	345.2	12	2
	Pusanjin-gu	9	9	9	9	9	5	0	0	0	5	9	3	631.27	2	3
	Dongnae-gu	1	3	7	7	9	5	0	0	0	5	9	5	494.85	6	3
	Nam-gu	1	1	7	7	5	3	9	0	9	5	5	3	468.54	7	2
	Buk-gu	9	1	7	9	3	3	0	0	0	9	9	3	568.37	4	3
	Haeundae-gu	9	5	9	9	9	9	9	0	0	5	5	3	600.97	3	3
	Saha-gu	9	1	9	9	3	7	9	9	9	0	9	3	668.78	1	3
	Geumjeong-gu	3	1	7	7	5	5	9	0	0	9	5	3	465.93	8	2
	Gangseo-gu	9	0	3	1	3	0	7	0	0	9	5	3	299.45	16	1
	Yeonje-gu	1	1	5	5	5	5	0	0	0	0	9	5	387.19	9	2
	Suyoung-gu	1	3	3	5	5	1	1	0	0	5	5	7	351.23	11	2
Sasang-gu	3	3	5	7	3	3	9	0	9	9	5	3	497.84	5	3	
Gijang-gun	9	1	3	3	1	3	0	9	0	9	5	1	356.37	10	2	
Absolute Importance	7.30%	6.09%	9.74%	21.00%	7.20%	6.50%	2.74%	3.43%	6.00%	6.00%	14.00%	10.00%	100.00%			
Feature EA	3	2	3	7	3	2	1	1	2	2	5	3	34			
Feature Rank	5	8	4	1	6	7	12	11	9	9	2	3				
Final																

Fig. 4. Weight allocation procedure to conduct Steps 3, 4, and 5.

(2) 중요도 평가 및 RANK산출

Fig. 4와 같이 모든 평가대상들을 각각의 평가요소들에 대해서 9점 척도로 평가를 하여, 각 평가요소들의 가중치의 곱을 합하여 중요도 총합계를 산출해 낸다. 그 점수들을 토대로 16개의 구군에 대하여 1위에서 16위까지 순위를 정한다. 순위를 토대로 총 3개의 그룹으로 나누어 각 그룹에 대한 선택권을 다르게 부여해 주었다. 본 연구에서는 1위에서 6위까지의 평가대상에 대하여 3개씩, 7위에서 12위까지는 2개씩 그리고 13위에서 16위까지는 1개씩의 선택권을 부여 하여 총 34개의 대상지를

선정해 보았다. 아래의 그림은 총 34개의 대상지를 각 평가지역별 가중치에 대하여 개수와 순위를 표시한 모습이다. Absolute Importance는 지역별 가중치를 의미하고 Feature EA와 Feature Rank는 지역별 선택 가능한 개수와 가중치의 순위를 나타내고 있다.

(3)알고리즘에 따른 대상지 선정

가장 먼저 RANK 1순위인 사하구는 3개의 선택을 한다. Fig. 5에서 보는 바와 같이, 사하구의 최고점을 받은 지역은 9점을 받은 “녹지지역, 학교지역, 주거지역, 준공업지역, 일반공업지역, 전용공업지역, 교차로”가 있으며

Legal standards and Evaluation area	A				B		C		D		Road			WEIGHT	RANK	EA
	Green belt	Hospital zone	School zone	Residential zone	Commercial area		Semi-Industrial zone	Industrial zone	Major-Industrial zone	Highway	Crossroad	Mainroad				
					Commercial area	Shopping center										
	7.30	6.09	9.74	21.00	7.35	6.35	2.74	3.44	5.99	6.00	14.00	10.00				
Districts	Jung-gu	7	1	1	1	9	1	3	0	0	0	9	9	334.85	13	1
	Seo-gu	1	9	3	3	3	3	7	5	0	0	5	3	320.11	14	1
	Dong-gu	1	1	3	3	9	3	9	0	0	5	5	5	315.67	15	1
	Yeongdo-gu	1	3	5	3	5	3	7	1	9	0	5	3	345.2	12	2
	Pusanjin-gu	9	9	9	9	9	5	0	0	0	5	9	3	631.27	2	3
	Dongnae-gu	1	3	7	7	9	5	0	0	0	5	9	5	494.85	6	3
	Nam-gu	1	1	7	7	5	3	9	0	9	5	5	3	468.54	7	2
	Buk-gu	9	1	7	9	3	3	0	0	0	9	9	3	568.37	4	3
	Haeundae-gu	9	5	9	9	9	9	9	0	0	5	5	3	600.97	3	3
	Saha-gu	9	1	9	9	3	7	9	9	9	0	9	3	668.78	1	3
	Geumjeong-gu	3	1	7	7	5	5	9	0	0	9	5	3	465.93	8	2
	Gangseo-gu	9	0	3	1	3	0	7	0	0	9	5	3	299.45	16	1
	Yeonje-gu	1	1	5	5	5	5	0	0	0	0	9	5	387.19	9	2
	Suyoung-gu	1	3	3	5	5	1	1	0	0	5	5	7	351.23	11	2
Sasang-gu	3	3	5	7	3	3	9	0	9	9	5	3	497.84	5	3	
Gijang-gun	9	1	3	3	1	3	0	9	0	9	5	1	356.37	10	2	
Absolute Importance	7.30%	6.09%	9.74%	21.00%	7.20%	6.50%	2.74%	3.43%	6.00%	6.00%	14.00%	10.00%	100.00%			
Feature EA	3	2	3	7	3	2	1	1	2	2	5	3	34			
Feature Rank	5	8	4	1	6	7	12	11	9	9	2	3				
Final																

Fig. 5. The first step for the optimal noise monitoring location selection procedure (Step 6).

Legal standards and Evaluation area	A			B	C			D			Road			WEIGHT	RANK	EA
	Green belt	Hospital zone	Symbol	Residential zone	Commercial area		Industrial zone	Major-Industrial zone	Highway	Crossroad	Mainroad	RANK Division	Select EA			
	7.30	6.09	X	21.00	Commercial area	Shopping center	X	3.44	5.99	6.00	14.00	10.00	1-6			
Jung-gu	7	1	1	1	9	1	3	0	0	0	9	9	334.85	13	1	
Seo-gu	1	9	3	3	3	3	7	5	0	0	5	3	320.11	14	1	
Dong-gu	1	1	3	3	9	3	9	0	0	5	5	5	315.67	15	1	
Yeongdo-gu	1	3	5	3	5	3	7	1	9	0	5	3	345.2	12	2	
Pusanjin-gu	9	9	9	9	9	5	0	0	0	5	9	3	631.27	2	3	
Dongnae-gu	1	3	7	7	9	5	0	0	0	5	9	5	494.85	6	3	
Nam-gu	1	1	7	7	5	3	9	0	9	5	5	3	468.54	7	2	
Buk-gu	9	1	7	9	3	3	0	0	9	9	3	3	568.37	4	3	
Haeundae-gu	9	5	9	9	9	9	9	0	0	5	5	3	600.97	3	3	
Saha-gu	9	1	9	9	3	7	9	9	9	0	9	3	668.78	1	3	
Geumjeong-gu	3	1	7	7	5	5	9	0	0	9	5	3	465.93	8	2	
Gangseo-gu	9	0	3	1	3	0	7	0	0	9	5	3	299.45	16	1	
Yeonje-gu	1	1	5	5	5	5	0	0	0	9	5	5	387.19	9	2	
Suyoung-gu	1	3	3	5	5	1	1	0	0	5	5	7	351.23	11	2	
Sasang-gu	3	3	5	7	3	3	9	0	9	9	5	3	497.84	5	3	
Gijang-gun	9	1	3	3	1	3	0	9	0	9	5	1	356.37	10	2	
Absolute Importance	7.30%	6.09%	9.74%	21.00%	7.20%	6.50%	2.74%	3.43%	6.00%	6.00%	14.00%	10.00%	100.00%			
Feature EA	3	2	3	7	3	2	1	1	2	2	5	3	34			
Feature Rank	5	8	4	1	6	7	12	11	9	9	2	3				
Final																

Fig. 6. The second step for the optimal noise monitoring location selection procedure (Step 6).

이 지역들이 우선순위를 가지며 이 지역들 중 가중치의 내림차순 순으로 “주거지역, 교차로, 학교지역” 순으로 3개를 선택한다.

Fig. 6은 3개의 선택을 할 수 있는 1위에서 6위까지 그룹의 선택이 끝나고 난 뒤 RANK 7순위인 남구의 선택 모습이며 2개의 선택을 할 수 있다. 그 외에 X 표가 된 지역은 이미 그 제한수가 다된 지역들이다. 남구의 최고 점을 받은 지역은 9점을 받은 “준공업지역과 전용공업지

역”이지만 준공업지역의 경우 이미 선택의 제한수가 다 되었으므로 선택할 수 없고 전용공업지역만 선택할 수 있다. 다음으로 높은 점수를 받은 지역은 7점을 받은 “학교지역과 주거지역”이 있으며 이 지역들 중 가중치의 내림차순 순으로 주거지역을 선택하여 남구의 경우 “주거지역과 전용공업지역”을 선택한다.

Fig. 7은 3개의 선택을 할 수 있는 1위에서 6위까지 그룹과 2개의 선택을 할 수 있는 7위에서 12위까지 그룹

Legal standards and Evaluation area	A			B	C			D			Road			WEIGHT	RANK	EA
	Green belt	Hospital zone	Symbol	Residential zone	Commercial area		Industrial zone	Major-Industrial zone	Highway	Crossroad	Mainroad	RANK Division	Select EA			
	7.30	6.09	X	X	Commercial area	Shopping center	X	X	X	X	X	1-6	3			
Jung-gu	7	1	1	1	9	1	3	0	0	0	9	9	334.85	13	1	
Seo-gu	1	9	3	3	3	3	7	5	0	0	5	3	320.11	14	1	
Dong-gu	1	1	3	3	9	3	9	0	0	5	5	5	315.67	15	1	
Yeongdo-gu	1	3	5	3	5	3	7	1	9	0	5	3	345.2	12	2	
Pusanjin-gu	9	9	9	9	9	5	0	0	0	5	9	3	631.27	2	3	
Dongnae-gu	1	3	7	7	9	5	0	0	0	5	9	5	494.85	6	3	
Nam-gu	1	1	7	7	5	3	9	0	9	5	5	3	468.54	7	2	
Buk-gu	9	1	7	9	3	3	0	0	9	9	3	3	568.37	4	3	
Haeundae-gu	9	5	9	9	9	9	9	0	0	5	5	3	600.97	3	3	
Saha-gu	9	1	9	9	3	7	9	9	9	0	9	3	668.78	1	3	
Geumjeong-gu	3	1	7	7	5	5	9	0	0	9	5	3	465.93	8	2	
Gangseo-gu	9	0	3	1	3	0	7	0	0	9	5	3	299.45	16	1	
Yeonje-gu	1	1	5	5	5	5	0	0	0	9	5	5	387.19	9	2	
Suyoung-gu	1	3	3	5	5	1	1	0	0	5	5	7	351.23	11	2	
Sasang-gu	3	3	5	7	3	3	9	0	9	9	5	3	497.84	5	3	
Gijang-gun	9	1	3	3	1	3	0	9	0	9	5	1	356.37	10	2	
Absolute Importance	7.30%	6.09%	9.74%	21.00%	7.20%	6.50%	2.74%	3.43%	6.00%	6.00%	14.00%	10.00%	100.00%			
Feature EA	3	2	3	7	3	2	1	1	2	2	5	3	34			
Feature Rank	5	8	4	1	6	7	12	11	9	9	2	3				
Final																

Fig. 7. The third step for the optimal noise monitoring location selection procedure (Step 6).

Legal standards and Evaluation area	A			B	C			D			Road			WEIGHT	RANK	EA
	Green belt	Hospital zone	School zone	Residential zone	Commercial area		Semi-Industrial zone	Industrial zone	Major-Industrial zone	Highway	Crossroad	Mainroad				
					Commercial area	Shopping center										
					RANK Division	Select EA										
7.30	6.09	9.74	21.00	7.35	6.35	2.74	3.44	5.99	6.00	14.00	10.00					
Jung-gu	7	1	1	1	9	1	3	0	0	0	9	9	334.85	13	1	
Seo-gu	1	9	3	3	3	3	7	5	0	0	5	3	320.11	14	1	
Dong-gu	1	1	3	3	9	3	9	0	0	5	5	5	315.67	15	1	
Yeongdo-gu	1	3	5	3	5	3	7	1	9	0	5	3	345.2	12	2	
Pusanjin-gu	9	9	9	9	9	5	0	0	0	5	9	3	631.27	2	3	
Dongnae-gu	1	3	7	7	9	5	0	0	0	5	9	5	494.85	6	3	
Nam-gu	1	1	7	7	5	3	9	0	9	5	5	3	468.54	7	2	
Buk-gu	9	1	7	9	3	3	0	0	0	9	9	3	568.37	4	3	
Haeundae-gu	9	5	9	9	9	9	9	0	0	5	5	3	600.97	3	3	
Saha-gu	9	1	9	9	3	7	9	9	9	0	9	3	668.78	1	3	
Geumjeong-gu	3	1	7	9	5	5	9	0	0	9	5	3	465.93	8	2	
Gangseo-gu	9	0	3	1	3	0	7	0	0	9	5	3	299.45	16	1	
Yeonje-gu	1	1	5	5	5	5	0	0	0	9	5	5	387.19	9	2	
Suyoung-gu	1	3	3	5	5	1	1	0	0	5	5	7	351.23	11	2	
Sasang-gu	3	3	5	7	3	3	9	0	9	9	5	3	497.84	5	3	
Gijang-gun	9	1	3	3	1	3	0	9	0	9	5	1	356.37	10	2	
Absolute Importance	7.30%	6.09%	9.74%	21.00%	7.20%	6.50%	2.74%	3.43%	6.00%	6.00%	14.00%	10.00%	100.00%			
Feature EA	3	2	3	7	3	2	1	1	2	2	5	3	34			
Feature Rank	5	8	4	1	6	7	12	11	9	9	2	3				
Final																

Fig. 8. The final results for the optimal noise monitoring location selection procedure (Step 6).

의 선택이 끝나고 난 뒤 RANK 13순위의 중구의 선택 모습이며 1개의 선택을 할 수 있다. 중구의 최고점을 받은 지역은 9점을 받은 “상업지역, 교차로, 주요도로”가 있으며 이 지역들 중 가중치의 내림차순 순으로 “주요도로”를 선택한다.

Fig. 8은 알고리즘을 통해 총 34군데의 새로운 위치 대상지를 16개 구·군에 대해서 선택을 완료한 결과다.

A'지역에서 녹지지역은 북구, 강서구, 기장군이 선택되었고 병원지역은 서구와 수영구가 선택되었으며 학교 지역은 부산진구, 해운대구, 사하구가 선택되었다. 'B' 지역인 주거지역은 부산진구, 동래구, 남구, 북구, 해운대구, 사하구, 금정구가 선택되었다. 'C' 지역에서 상업지역은 동래구, 해운대구, 연제구가 선택되었고 대형상가는 동구와 영도구가 선택되었으며 준공업지역은 사상구가 선택되었다. 'D' 지역에서 일반공업지역은 기장군이 선택되었고 전용공업지역은 남구와 사상구가 선택되었다. 'Road' 지역에서 고속도로는 금정구와 사상구가 선택되었고 교차로는 부산진구, 동래구, 북구, 사하구, 연제구가 선택되었으며 주요도로는 중구, 영도구, 수영구가 선택되었다. 선택된 34곳의 새로운 위치에 대해 실제 소음도를 측정하여 적정성을 검토하였고 Table 9와 같이 제시하였다.

Fig. 9에는 각 평가요소를 대표하는 해당지역의 소음 수준을 나타낸 것이다. 그림에서 점을 중심으로 아래위로 나타난 막대기는 해당지역들의 소음수준들에 대한 분산의 정도를 상대적으로 표현하고 있으며, 점들이 이어진 선은 각 지역별 평균소음수준의 차이를 쉽게 볼 수 있도록 한다. 또한 환경소음의 분산성 측면에서는 Fig. 9에서 제시하는 바와 같이 다른 지역에 비해 “전용공업지역”의 분산이 상대적으로 매우 크다는 것을 알 수 있다.

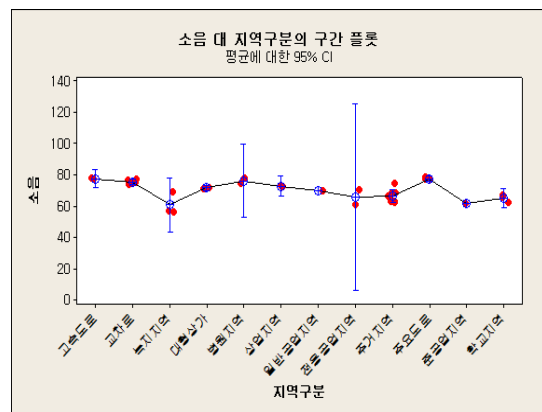


Fig. 9. Noise level analysis results for the selected noise monitoring positions.

Table 9. Noise levels of the selected noise monitoring positions

Division	A			B	C				D		Road	
	green belt	hospital	school	residential	commercial		semi-industrial	industrial	major industrial	high way	cross road	main road
					commercial	shopping center						
Jung-gu												78.2
Seo-gu		74.1										
Dong-gu						71.6						
Yeongdo-gu						71.3						77.3
Pusanjin-gu			67.1	74.7								76.8
Dongnae-gu				68.1	72.2							74.8
Nam-gu				62.7					60.8			
Buk-gu	68.7			67.8								73.7
Haeundae-gu			62.1	66.6	73.2							
Saha-gu			65.3	62.4								74.9
Geumjeong-gu				62.8						77.7		
Gangseo-gu	56.4											
Yeonje-gu					75.2							76.3
Suyeong-gu		77.8										76.8
Sasang-gu							61.8	70.2	76.8			
Gijang-gun	56.8							69.7				단위 : dB

2.4 소음지도 시범작성

본 연구에서 제시된 대상지 선정알고리즘을 통해 교통소음의 주요 소음원이 되는 교차로지역 중 연산교차로와 동래교차로의 소음지도를 작성하고 실측한 데이터와의 비교를 통해 선정된 지역의 소음도를 평가하고 선정 지역의 타당성을 검토하였다. Fig. 10과 Fig. 11은 제안된 방법에 의해 선정된 연산교차로의 소음지도이며 연산교차로의 주요도로의 소음수준은 대부분 70dB ~ 80dB 사이인 것으로 나타나는데, 연산교차로에서 실측된 소음수준은 76.3dB로서 작성된 소음지도의 소음수준과 비슷한 수준인 것으로 나타났다. Fig. 11은 연산교차로의 소음지도를 3D로 작성하여 연산교차로의 주요도로의 소음수준이 주변 환경에 미치는 영향을 나타내고 있다.

Fig. 12와 Fig. 13은 제안된 방법에 의해 선정된 동래교차로의 소음지도이며 동래교차로의 주요도로의 소음수준은 대부분 70dB ~ 76dB 사이인 것으로 나타나는데, 동래교차로에서 실측된 소음 수준은 74.8dB로 작성된 소음지도의 소음수준과 비슷한 수준인 것으로 나타났다. Fig. 13은 동래교차로의 소음지도를 3D로 작성하여 동래교차로의 주요도로의 소음수준이 주변 환경에 미치는 영향을 나타내고 있다.

3. 결론

도시 내 모든 지역에 대한 소음도 측정을 할 수 없는 현실적 제약의 해결방안으로 각종 소음유발요소를 도출하고 법적기준 및 용도구분에 도로지역을 추가하여 부산시 16개 구군에 대하여 가장 대표성을 띄는 지점을 선정하는 것으로 해결하였다. QFD를 사용하여 개발한 새로운 위치선정 알고리즘을 통해 선정된 34개의 새로운 소음측정점의 위치들은 가장 대표성을 띄는 지점으로 선정하고 부산시 16개 구군별로 편중이 없도록 고루 선정되었다. 대표성을 띄는 지점들의 소음수준을 측정하여 동일 지역에 대한 소음수준을 예측할 수 있으며 이를 토대로 예측된 부산시 소음수준에 대한 적정성 검증을 위해 소음지도를 시범작성하여 비교해 본 결과 유의한 것으로 나타났다.

하지만 유지보수 및 관리의 측면에서 보면 하나의 위치만 변동되어도 새롭게 위치선정을 해야 하는 문제점이 발생한다. 따라서 본 연구에서 제시된 알고리즘을 보완할 필요가 있다. 선정된 위치들은 하나의 조직처럼 유기적으로 연결되어 있어 한 지역에 변동 및 이동이 생길 경우 동일한 조건을 가진 구군을 대상으로 상호 교환을 하는 방식을 적용하였다. 하지만 전체 34개 지점 중 지역별

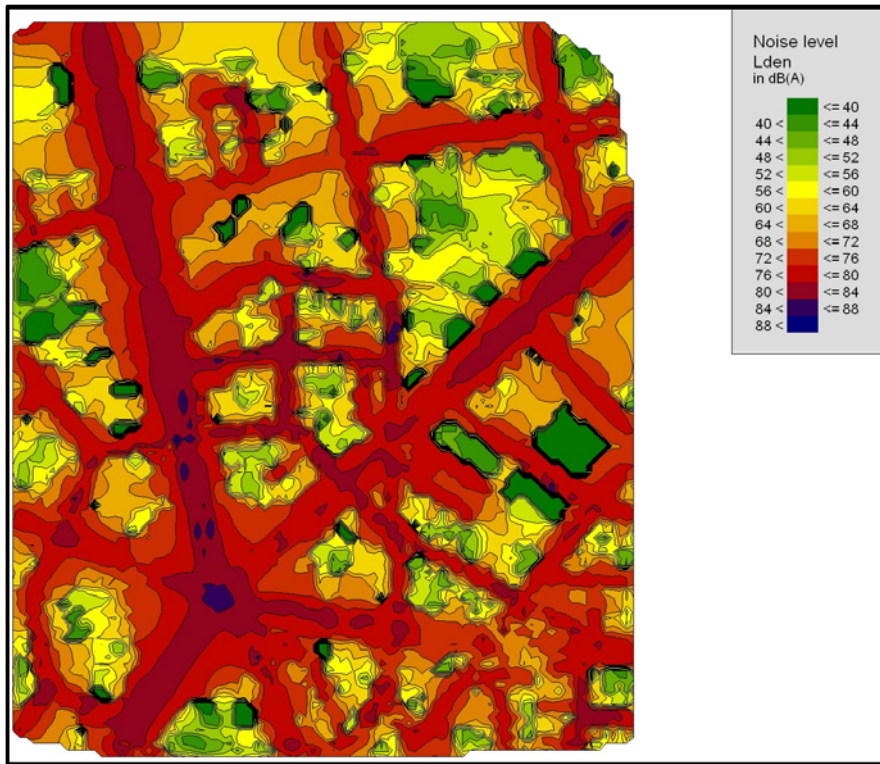


Fig. 10. Sample two-dimensional noise map for Yeonsan crossroad.

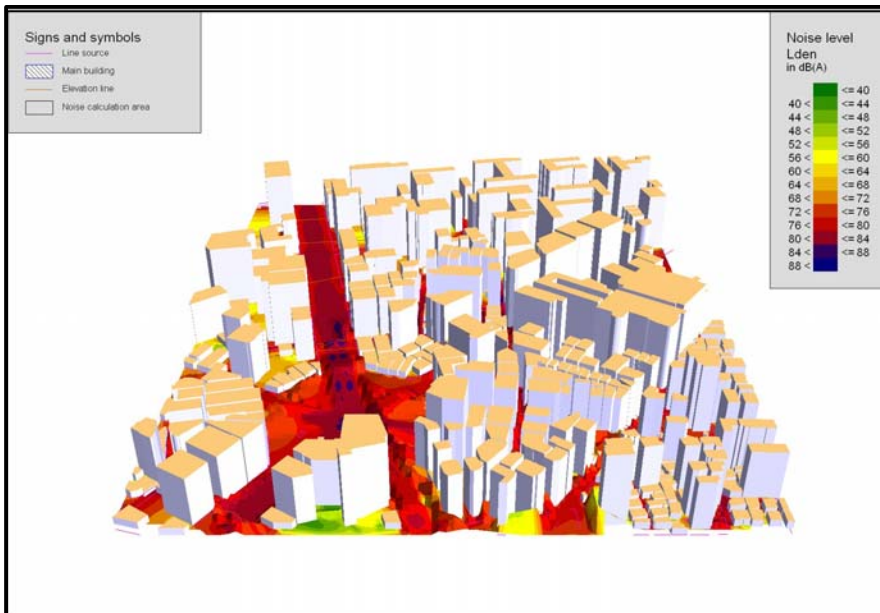


Fig. 11. Sample three-dimensional noise map for Yeonsan crossroad Yeonsan crossroad.

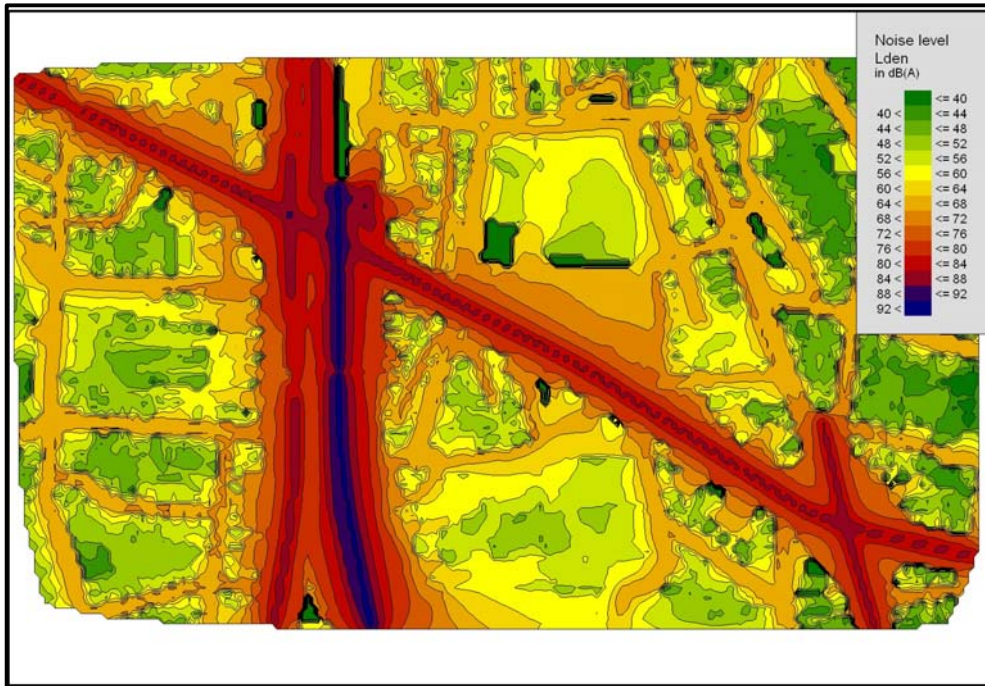


Fig. 12. Sample two-dimensional noise map for Dongnae crossroad.

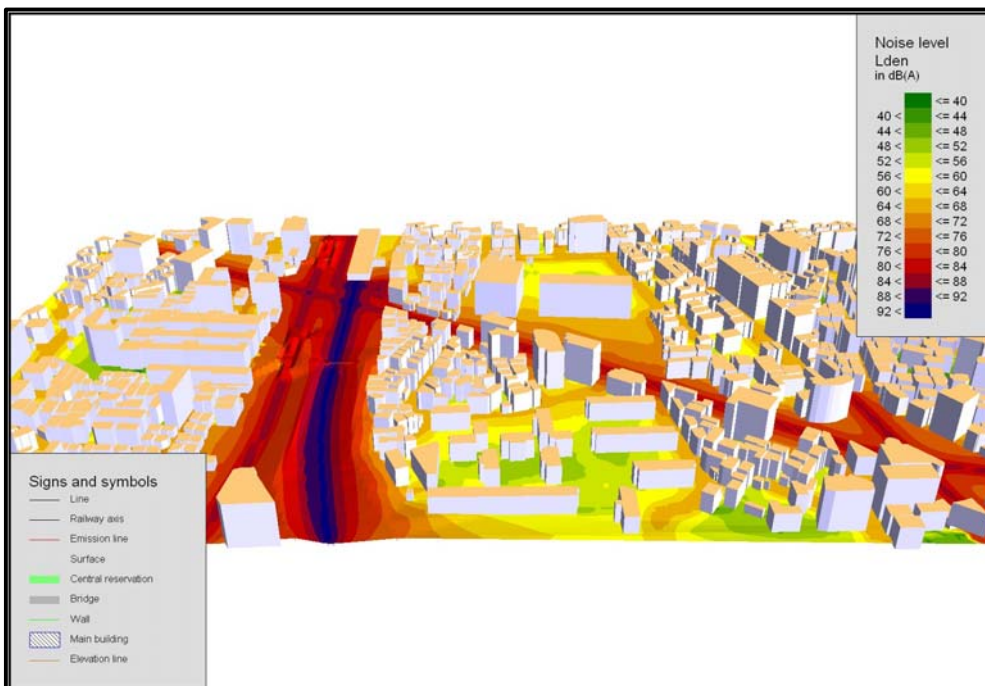


Fig. 13. Sample three-dimensional noise map for Dongnae crossroad.

최대 3개 지점, 2개 지역에 해당하는 6개 이상의 지점에 변동이 생길 경우, 상호 교환의 방식의 유지관리 방법에는 한계가 있다고 판단된다, 따라서 위치 선정을 재실시하는 것이 바람직하며, 6개미만의 지점에 변동이 발생할 경우, 아래의 알고리즘에 따라 대응 한다.

1. 변동이 생긴 지역에 대해 지역 내에서 높은 점수를 획득한 구군이 우선순위를 갖는다.
2. 높은 점수를 획득한 구군들 중 중요도 총점이 높은 순으로 우선순위를 갖는다.
3. 변동이 생긴 지역을 포함한 구군에서 선택 되지 않은 지역들 중 높은 점수를 획득한 지역이 다른 구군에서 선택된 지역과 동일하며 변동이 생긴 지역을 포함하지 않는 구군과 서로 교환을 한다.

또한 입력 인자 값에 20%이상 변동이 생길 경우 위치 선정을 재실시 하며 그렇지 않을 경우 기존에 선정된 측정망을 유지하도록 한다.

감사의 글

본 연구는 부산녹색환경지원센터에서 시행한 환경기술연구개발사업(12-2-70-78)의 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- Chang. S. I, Oh. J. W., Lee. K. J., 2004, Study on the Noise-mapping Procedure in Korea and Application of Noise map, Journal of the Institute of Industrial Technology, Vol.12.
- Choi. J. H., Basic Research on Noise Mapping for Noise Management in Daegu, 2010, 2010-12, Daegu Gyeongbuk Institute of Science & Technology, p37, Korea Busan 608-737.
- Kim. H. I., Shin. S. M., Won. J. H., 2012, Revaluation Study on Positioning of Noise Monitoring Networks to Verify the Compliance of the Noise Map in Busan, Busan Green Environment Center, Pukyong National University.
- Ministry of Environment, 2000, Noise and Vibration Control Act-Enforcement Rules, 92.
- Ministry of Environment, 2010, Plant emission standards of the Noise and Vibration.
- Park. I. S., Park. S. K., 2003, A study on the Development of Noise map for quiet environment of urban areas, Proceedings of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering Conference, 23, 1182-1186.
- Sun. H. S., 2010, Study on Efficient Application Plan of Noise Map, Proceedings of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering Conference, 38, 646-647.