

지하철 차내 소음 판별모형 개발에 관한 연구 - 서울시 지하철 5호선을 중심으로 -

The Development of Discriminant Models for Subway Inner Noise

김태호[†] · 도화용* · 윤상훈** · 원제무***

Tae-Ho Kim · Hwa-Yong Do · Sang-Hoon Yoon · Jai-Mu Won

Abstract This research has defined the factors of noise in cars during subway train services, which is surfacing as a new environmental trouble. It shows additional accomplishment of a discerning analysis on the standard of noise regulation as well as its seriousness. According to the Enforcement Regulations for Noise and Vibration under the Ministry of Environment and its standard noise regulation figure 70dB, we divided two groups of which train noise figures are over and under 70dB respectively, and used their 359 results about noise, geometric structures and operation elements, for this analysis. The results and suggestions are following. First of all, when we discern the seriousness of noise in a train, the track type has mattered in geometric structure and the velocity in operation elements. Therefore, when we construct subway from now on, we should take the track type in consideration and establish plans to keep proper speed in respect of operation. Secondly, the established discernment model in this research can be used in making alternative plans or improvement of subway trains hereafter, showing relatively high accuracy of estimation. Consequently, the readjustment of geometric structure and operation elements is needed, not to make it over the regulation standard of noise in case the noise in train is serious. The discriminant model of this research can be used as elementary material for comfortable and safe subway trains, making the estimation of noise seriousness possible.

Keywords : Subway, Inner noise, Noise Severity, Discriminant model

요 지 본 연구에서는 새로운 환경 문제로 인식되고 있는 지하철 운행시 차내소음 문제해결을 위해서 차내 소음에 영향을 미치는 요인들을 규명하였다. 또한 환경부 소음·진동법 시행규칙에서 규정된 철도소음 규제값(70dB)을 기준으로 70dB 이상, 이하의 두 집단으로 분류한 다음 측정된 359여개의 소음 및 기하구조, 운영요소 자료를 이용하여 소음규제 기준 및 심각도 기준에 대한 판별분석을 수행하였다. 그에 대한 결과 및 시사점은 다음과 같다. 첫째, 지하철 운행시 차내소음의 심각도를 판별할 때 기하구조에서는 궤도형태가, 운영요소에서는 속도가 영향을 미치는 것으로 나타났다. 따라서 향후 지하철 노선 건설 시에는 궤도형태에 대한 고려가 필요하며 건설 후 운영적인 부분에서도 적절한 속도유지에 대한 방안마련이 필요하다. 둘째, 본 연구에서 구축된 판별모형은 비교적 높은 예측률을 보여 향후 지하철에 대한 개선대안 수립 시 활용할 수 있다. 결론적으로 지하철 차내소음 심각도가 높을 경우 판별값이 소음의 규제기준을 최대한 넘지 않도록 기하구조 및 운영요소들에 대한 재조정이 필요하다. 본 연구의 판별모형은 소음 심각도에 대한 예측을 가능하게 하여 쾌적하고 안락한 지하철 환경을 만들어 줄 수 있는 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

주 요 어 : 지하철, 차내 소음, 소음심각도, 판별모형

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

현재 도시의 극심한 교통 혼잡은 대중교통수단의 중요성을

나날이 부각시키고 있으며 이와 같은 대중교통수단 중 지하철은 도시민의 가장 중요한 교통수단 중 하나라고 할 수 있다. 현재 서울시 지하철은 건설위주의 운영으로 인하여 정시성 및 네트워크의 확장성은 높아졌으나 환경적 측면에서는 지하철 이용자들의 만족을 채워주지 못하고 있는 실정이다. 특히 지하철 운행 시 발생하는 차량 내부의 소음문제는 이용자들에게 심각한 문제로 인식되고 있다. 이러한 환경문제는 '05년 인하대 환경공학과에서 실시한 서울시 지하철 전동차

† 책임저자 : 정회원, 한양대학교 산업과학연구소 선임연구원
E-mail : traffix@hanmail.net

TEL : 02)2299-1470 FAX : 02)2220-1214

* 한양대학교 도시공학과 박사과정

** 교신저자 : 서울시정개발연구원 연구원

*** 한양대학교 도시대학원 교수

및 승강장의 소음도 측정결과에 잘 나타나 있다. 당시 측정된 지하철 차내 소음도는 평균 80dB로 나타나 차내 소음이 심각한 수준임을 알 수 있다. 1) 80dB 수준의 소음은 이에 지속적으로 노출될 경우 소음성 난청이나 이명 현상을 유발할 수 있는 수치이며, 따라서 정부 차원의 소음 저감정책 마련이 얼마나 중요한가를 잘 보여주고 있다. 하지만 이러한 차내 소음문제 해결을 위해 정부 차원의 대비책을 마련하기 이전에 1차적으로 지하철의 기하구조 및 운영요소가 소음에 미치는 영향 및 심각도를 판별해 줄 수 있는 판별모형이 마련이 보다 시급하다고 판단된다.

따라서 본 연구에서는 이와 같이 지하철 운행시 발생하는 차내 소음의 영향 인자 규명 및 이를 판단할 수 있는 모형을 개발하고자 한다. 이와 같이 개발된 차내 소음 판별모형을 토대로 향후 지하철 차내 소음의 심각도 수준을 판별하여 그에 대한 기하구조 및 운영요소의 개선을 제안할 수 있는 기초자료로 활용할 수 있을 것이라 판단된다.

1.2 연구의 내용 및 과정

본 연구의 범위 및 방법에 대하여 살펴보면 다음과 같다. 일반적으로 지하철과 관련하여 발생하는 소음은 크게 세 가지로 구분 된다. 첫째, 지하철 인근에 거주하는 사람들에게 지하철 통과 시에 전달되는 주변소음공해, 둘째, 승강장 대기시 진입전 동차에서 전달되는 승강장 소음공해, 셋째, 최근 관심사로 부각되고 있는 지하철 이용 승객이 차내에서 겪는 차내 소음이다.

따라서 본 연구에서는 다양한 소음공해문제 중에서 지하철의 서비스측면과 가장 연관관계가 높으며 이용자들에게 장시간 노출될 수 있는 차내 소음 문제로 연구의 범위를 한정하였다. 또한 대상노선은 녹색교통에서 조사한 소음측정 결과 전동차 내 평균 소음도가 78.8dB로 가장 심각한 지하철 5호선 차내 소음 측정 실제자료를 이용하였다. 이렇게 측정된 지하철의 차내 소음도를 환경부 소음·규제진동법 시행규칙에서 규정한 철도소음 규제값인 70dB²⁾을 기준으로 70dB이상 및

이하 두 집단으로 분류하였다. 분류된 기준 이상의 집단에 대한 K-S분포검증을 수행하여 정규분포임을 검증한 후 그 특성을 이용하여 소음에 대한 심각도 기준(상, 중, 하)을 정립하였다. 또한 측정된 359여 개의 소음 및 기하구조, 운영요소 자료를 이용하여 소음규제기준 및 심각도 수준에 대한 판별모형을 개발하였다. 자세한 연구 흐름은 Fig. 1과 같다.

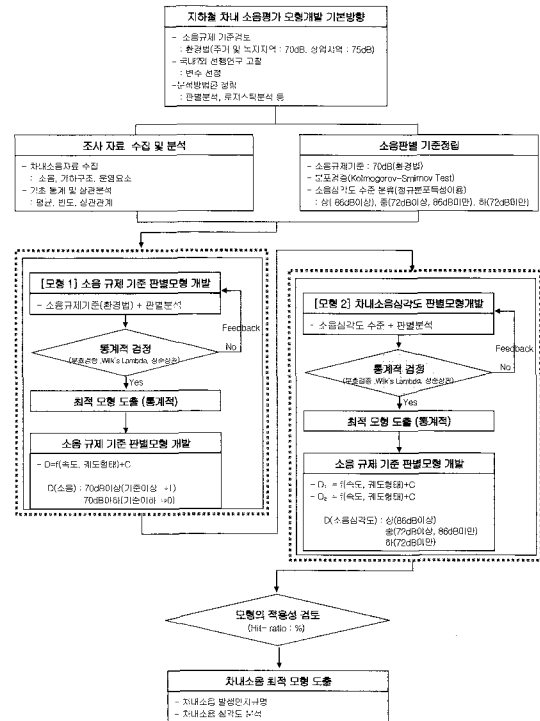


Fig. 1. Research flowchart

2. 선행연구 고찰

본 장에서는 지하철 차내 소음과 관련된 국내·외 선행연구를 토대로 평가항목의 한계점을 도출하였다.

2.1 지하철 차내 소음 영향 변수 선정

기존의 지하철 차내 소음 관련 연구를 고찰하여 1차적으로 사용가능 변수들을 선정하였으며 이는 Table 1과 같다.

지하철 차내 소음에 영향을 미치는 변수는 수없이 많다. 하지만 전반적으로 기존의 소음관련 연구를 검토하여 본 결과 차내 소음에 영향을 미치는 변수 중 지하철의 속도, 터널의 단면적, 터널의 유형, 선로의 곡선 및 궤도유형 등이 가장 많은 영향을 미치는 것으로 나타났다. 관련 문헌 연구를 바탕으로 모형의 종속변수로는 지하철 차내의 소음도를, 독립변수로는 지하철의 속도, 터널의 단면적, 터널의 유형, 선로의 곡선반경, 궤도형태를 선정하였다.

- 1) 2005년 4월 26일자 세계일보에 서울지하철 전동차와 승강장의 평균 소음이 인체에 치명적인 손상을 가져올 수도 있는 80dB에 육박하고 있으므로 정부의 소음저감대책이 필요하다는 기사내용을 인용함.
- 2) 터널의 형태는 다음과 같이 구분함.

1 : 정거장개착	2 : 정거장터널	3 : 복선개착
4 : 복선터널	5 : 단선개착	6 : 단선터널
7 : 교량	8 : 지상	9 : 고가

 터널의 형태 Dummy는 단선·복선·교량으로 구분
 1 : 복선(복선터널, 복선개착)
 -1 : 단선(정거장 개착, 단선터널)
 0 : 교량
 궤도의 유형은 다음과 같이 구분
 0 : 궤도의 바닥을 자갈로 채워놓음
 1 : 궤도의 바닥을 콘크리트로 채워놓음

Table 1. Reference and variable of subway inner noise

Researcher	Analytical Method	Variable	
		Dependent Variable	Independent Variable
Lee (1994)	linear regression analysis	noise, vibration	track, tunnel, ground, tunnel width, subway speed, mass
Kim et al. (1997)	multi-purpose pursuit method	noise, construction cost	subway speed, tunnel width, tunnel type, railroad curve
Kim et al. (1997)	linear regression analysis	subway inner noise	railroad type
Lee et al. (2002)	frequency, correlation analysis	sound level, vibration level	
Kim et al. (2005)	linear regression analysis	subway inner noise	subway speed, track type, tunnel size, radius of curvature
MarissA. Barrera et al. (2005)	basic statistics, frequency analysis	sound level	
Robyn R. M et al. (2006)	basic statistics, frequency analysis	sound level	

2.2 자료 조사

본 연구의 자료는 한국공업규격의 소음측정방법에 의거, 도시철도공사에서 내부적으로 조사·측정한 자료를 이용하였다. 본 자료는 운행 중인 전동차 내에서 발생하는 소음을 10초 간격으로 측정된 것이다. 측정된 500여 개의 자료 중 이상점제거를 통해 선택된 359개의 측정자료(30개의 검증용 자료 포함)를 본 연구에 사용하였으며 자료의 유형에 관한 예시는 다음과 같다.

Table 2. Sound level and example of variable data¹⁾

ID	Speed	Sound Level	Tunnel type	Curve	Track type
1	0	67.0	1	250	0
2	0	71.2	1	250	0
3	0	67.0	1	250	0
4	55	73.9	1	1,500	1
5	60	76.7	3	250	0

3. 자료 분석 및 소음기준 정립

3.1 자료의 기초 통계 분석

1) 기초 통계 분석

자료의 특성을 파악하기 위하여 기초 통계 분석 및 빈도분석을 수행하였다. 분석을 위해 사용된 프로그램은 SPSS ver. 13이며, 그 결과는 다음과 같다.

Table 3. Results of basic statistical analysis

Items	Sample Size	Min.value	Max.value	Mean	S. D.
Sound	359	65.40	91.70	76.34	6.15
Speed	359	0.00	88.00	37.98	26.76
Radius of curvature	359	250.0	1500	1144.82	484.04

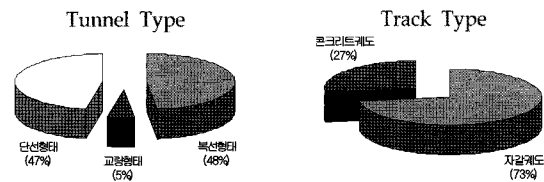


Fig. 2. Component ratio of tunnel and track type

분석결과 지하철 5호선의 소음도가 평균 76.34dB로 나타나 환경부에서 선정한 소음규제기준(70dB)을 초과하고 있는 것으로 나타났다.

터널형태의 경우 지하철 5호선의 터널형태는 복선 형태와 단선형태가 전체의 95%로 나타났다. 궤도유형의 경우에는 궤도의 바닥에 콘크리트를 채워놓은 것이 27%, 자갈을 채워놓은 것이 73%로 나타났다.

2) 변수들 간 상관성

본 연구에서는 측정된 지하철 차내 소음도와 기하구조 및 운영변수들 간의 관계를 파악하기 위하여 상관분석을 수행하였다. 그 결과 Table 4에서 보는 바와 같이 상관관계 계수가 0.25이상으로 상관성이 있는 것으로 나타났다. 그 중에서도 터널크기와 터널형태는 상관계수가 0.775로 다중공선성이 의심되는 것으로 나타났다.

Table 4. Results of correlation

Items	Sound	Speed	Tunnel type	Tunnel size	Radius of curvature	Track type
Sound	1.000	0.748	-0.357	0.438	0.264	0.270
Speed	0.748	1.000	-0.475	0.592	0.036	-0.178
Tunnel type	-0.357	-0.475	1.000	-0.775	0.043	0.191
Tunnel size	0.438	0.592	-0.775	1.000	-0.101	-0.147
Radius of curvature	0.264	0.036	0.043	-0.101	1.000	0.079
Track type	0.270	-0.178	0.191	-0.147	0.079	1.000

3.2 소음 기준 정립

1) 판별모형 개발을 위한 소음 기준 정립

본 연구에서 적용한 소음의 기준은 환경부에서 정한 70dB로 하였으며, 자세한 내용은 다음과 같다.

Table 5. Limit of railway noise

Region	Limit(dB)			
	'01. 1~'09. 12		'10. 1.~	
	day (06:00~ 22:00)	night (22:00~ 06:00)	day (06:00~ 22:00)	night (22:00~ 06:00)
Residential area, settlement zone, etc,	70	65	70	60
Business area, Industrial area, etc.	75	70	75	65

자료 : 환경부 소음·진동규제법 시행규칙 제 37조

환경부 소음·규제 진동법 시행규칙에서 규정된 철도소음 규제값인 70dB로 자료를 분류하였으며, 분류된 자료를 토대로 집단 간의 차이검증(Paired sample t-test)을 실시하였다. 그 결과 신뢰수준 95%내에서 두 집단 간에는 차이가 있는 것으로 나타났다.

Table 6. Difference verification between groups

Groups	t Value	Confidence Level (95%)	Significance Level
70dB ↑ vs 70dB ↓	-11.672	p<0.05	0.000

2) 소음심각도 기준 정립

소음심각도 기준은 소음규제기준정립에서 분류된 70dB 이상의 자료들을 토대로 K-S분포검증과 정규분포의 특성을 이용하여 그 기준을 정립하였다.

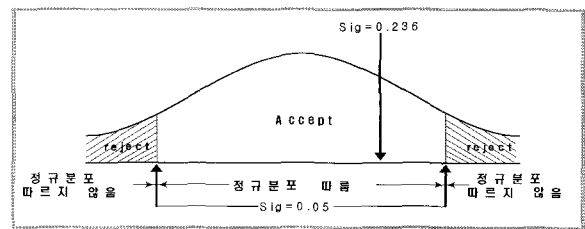
(1) 소음심각도 자료의 분포검증

K-S분포검증을 통하여 지하철 소음자료의 분포특성을 검증한 결과는 다음과 같다.

Table 7에서 보는 바와 같이 유의수준 값이 0.236로 나타났다.

Table 7. Result of One-Sample Kolmogorov-Smirnov test

Sample No.(N)	Kolmogorov-Smirnov Z	Significance Probability(2-tailed)
359	1.033	0.236



H₀ : 음심각도 자료는 정규분포를 따른다.

H₁ : 소음심각도 자료는 정규분포를 따르지 않는다.

Fig. 3. Result of K-S test

따라서 Fig. 3과 같이 신뢰수준 95% 이내에서 지하철 소음자료는 정규분포를 따른다는 귀무가설을 채택하여 소음자료는 정규분포(Normal Distribution)임을 판단할 수 있다.

따라서 소음심각도 기준 정립시 표준 정규분포에 근거하여 심각도를 구분한다.

(2) 소음심각도 기준 구분

소음심각도의 기준 구분은 정규분포의 특성을 이용하여 정립하였으며 자세한 내용은 다음과 같다.

Table 8. Standard of noise severity

Standard	Normal Distribution(%)	Percentile
Severity Top	16.8	Severity > 86dB
Severity Middle	65.8	72dB ≤ Severity < 86dB
Severity Bottom	17.4	Severity < 72dB

4. 모형의 개발 및 사례연구

4.1 모형의 개발

1) 모형 개발 방법

앞서 선정된 법적인 소음기준과 소음심각도 기준을 토대로 기하구조와 운영요소들을 이용한 지하철 소음 판별모형을 개발하였으며 그 방법은 다음과 같다.

첫째, 환경부 소음·규제 진동법 시행규칙에서 규정된 철도소음 규제값(70dB)을 토대로 기준 만족 여부의 판별모형을 개발한다. 판별모형 개발시에는 설명력 높은 변수를 도출하기 위하여 Stepwise방법을 사용하였다.

둘째, 소음도가 규제기준(70dB)을 넘을 경우 어느 정도 심각한지에 대한 소음심각도(상, 중, 하) 판별모형을 개발한다. 모형개발에 대한 자세한 흐름도는 다음과 같다.

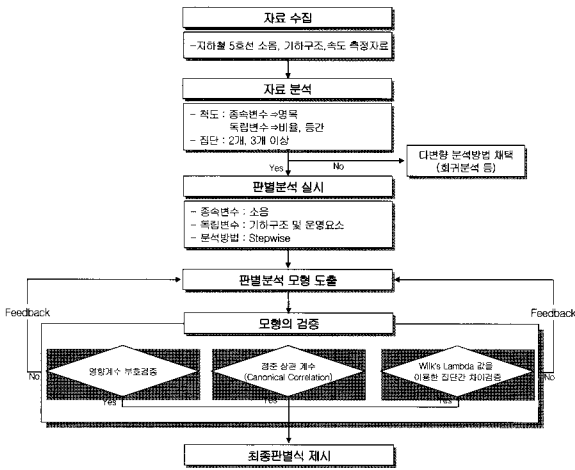


Fig. 4. Model development flowchart

2) 소음 규제 기준 판별모형개발

판별분석 결과 모형의 설명력을 나타내는 정준상관계수(Canonical Correlation)는 판별점수와 집단들 간의 관련 정도를 나타내는 것으로 이 값이 1에 가까울수록 판별함수의 판별능력이 높다는 것을 의미한다. 분석 결과 정준상관계수는 Table 9에서 보는 바와 같이 0.74로 나타났으며, 따라서 판별함수 1의 적합도는 높다고 할 수 있다.

Table 9. Fitness of discrimination model (Noise regulation standard)

Function	Eigen Value	Dispersion (%)	Accumulation (%)	Canonical Correlation
1	1.694	100	100	0.74

Wilk's Lambda값은 집단내 분산(집단내 분산+집단간 분산)의 비율로서 0에서 1사이의 값을 가진다. 이 값이 작을수록, 즉 0에 가까울수록 판별식의 집단간 판별력이 높음을 의미하는데, 그 결과는 다음과 같다.

Table 10. Test of model (Noise regulation standard)

Function Test	Wilk's Lambda ¹	Chi-Square	Degree of Freedom	Sig. Probability
1	0.390	173.417	2	0.00

Table 10에서 보는 바와 같이 Wilk's Lambda값은 0.390로서 자유도를 고려한 카이스퀘어 값이 173.417로 나타났다. 또한, 그 확률값은 0.000으로 유의수준 5% 이내에서 통계적으로 유의하게 나타났으며, 이는 집단 간의 판별점수 차이는 유의하다는 것을 의미한다.

한편, 표준화된 정준판별모형 계수값을 살펴보면 아래와 같으며, 판별식에서 속도 및 궤도형태가 소음도에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

Table 11. Canonical discrimination model coefficient¹⁾

Variables	Function	
	Canonical Discrimination Function Coefficient	Standardized Canonical Discrimination Function Coefficient
Constant	-1.692	
Speed	0.039	0.929
Track Type	1.392	0.652

집단평균에 의해 평가된 비표준화 정준판별함수의 집단 중심점에서의 분류기준을 살펴보면, 집단의 판별점수가 0보다 크면 소음이 규제기준을 넘는 집단에 속하고 0보다 작으면 규제 기준을 넘지 않는 집단에 속하는 것으로 나타났다.

Table 12. Discrimination function centroid¹⁾

Type	Function
	1
70dB Over(Group 1)	0.801
70dB Below(Group 0)	-0.801

3) 소음 심각도 수준 판별모형개발

앞서 개발된 소음규제기준 판별모형에서는 기준값(70dB)을 초과하였을 경우 그 다음 단계로 소음심각도가 얼마나 심각한지에 대한 판별할 수 있는 모형을 개발할 수 있다.

Table 13. Discrimination of eigenvalue (standard of noise severity)

Function	Eigen Value	Dispersion %	Accumulation %	Canonical Correlation
1	1.383	90.2	90.2	0.76
2	0.150	9.8	100	0.36

판별분석 결과 모형의 설명력을 나타내는 정준상관관계(Canonical Correlation)값은 Table 13에서 보는 바와 같이 판별함수 1의 경우 0.76이며, 판별함수 2의 경우 0.36으로 나타났다. 정준상관관계는 판별점수와 집단들 간의 연관 정도를 나타내는 것으로 이 값이 1에 가까울수록 판별함수의 판별능력이 높다는 것을 의미한다. 따라서 판별함수 1이 판별함수 2보다 설명력이 우수한 것으로 나타났다.

또한 Table 14에서 보는 바와 같이 각 유형내 분산을 충분

Table 14. Test of function(standard of noise severity)

Function Test	Wilk's Lambda ¹	Chi-Square	Degree of Freedom	Significance Probability
1	0.365	140.677	4	0.00
2	0.869	19.532	1	0.00

산으로 나눈 비율인 Wilk's Lambda값은 판별함수 1이 0.365, 판별함수 2가 0.869로서 신뢰수준 95%(유의수준 0.05) 이내에서 통계적으로 유의하게 나타났다. 즉, 이는 집단 간 판별점수 차이는 유의하다는 것을 의미한다. 따라서 본 연구에서는 판별함수 2보다 통계적으로 유의하게 나타난 판별함수 1을 이용하여 사고 심각도 수준을 판별하였다.

표준화된 정준판별모형 계수값을 살펴보면 아래와 같으며 판별함수 1에서는 속도, 궤도형태 순으로 나타났다.

Table 15. Canonical discrimination model coefficient

Variables	Canonical Discrimination Function Coefficient		Standardized Canonical Discrimination Function Coefficient	
	Function 1	Function 2	Function 1	Function 2
Constant	-3.246	-0.957	-	-
Speed	0.055	-0.009	1.106	-0.190
Track Type	1.524	2.042	0.671	0.899

소음규제기준 판별시 영향을 미치는 변수의 특성을 비교할 때에는 상수항의 효과를 제외한 표준화된 정준판별함수 계수값을 이용하며, 향후 각 소음규제 기준 판별시에는 상수항이 포함된 비표준화 정준판별함수계수를 이용하여 적용하면 된다.

집단평균에 의해 평가된 비표준화 정준판별함수의 집단 중심점에서의 분류기준을 살펴보면 판별함수 1의 집단 1과 2의 분류기준치는 1.756이며, 집단 2와 3과의 분류기준치는 -1.273으로 나타났다.

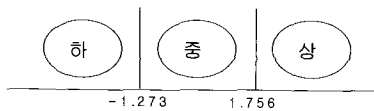


Fig. 5. Standard of classification

하지만 판별함수 1이 판별함수 2보다 설명력이 우수하여 본 연구에서는 판별함수 1을 기준으로 하였다.

Table 16. Discrimination function centroid¹⁾

Type	Function	
	1	2
Sound Severity Top(Group 1)	2.197	0.413
Middle(Group 2)	-0.112	-0.292
Bottom(Group 3)	-1.602	0.570

4) 모형의 적용성 검토

모형의 적용성을 검증할 실시하기 위하여 총 359개의 측정자료 중 30개의 자료를 검증용으로 사용하였으며 그에 대한 모형의 검증결과는 다음과 같다.

Table 17. Results of model test¹⁾

No	Sound Regulation Level			Sound Severity Level			Real Vale	Remark	
	Standard	Distinction	Valuation	Standard	Distinction	Valuation			
1		-0.132	Sta. ↓		-	-	68.30	○	
2		0.285	Sta. ↑		-1.421	Bottom	70.30	○	
3	규제 기준 이상 0 (기준) 규제 기준 이하	1.338	Sta. ↑	상 1.756 중 -1.273 하		0.064	Middle	79.40	○
4		0.453	Sta. ↑			-	-	68.80	×
5		-1.692	Sta. ↓			-	-	66.50	○
6		0.753	Sta. ↑			-1.761	Bottom	71.10	○
7		-0.144	Sta. ↓			-	-	79.60	×
8		-0.327	Sta. ↓			-	-	78.50	×
9		-0.300	Sta. ↓			-	-	69.90	○
10		3.132	Sta. ↑			2.594	Top	91.70	○

검증결과 총 30개의 자료 중 22개의 자료가 정확하게 소음 및 심각도 수준 판별을 예측하여 약 73%의 예측성공률을 보이는 것으로 나타났다.

4.2 사례 연구

본 연구에서 개발되어진 판별모형을 이용하여 현재 건설 중인 지하철 9호선에 대한 소음 및 심각도 수준을 평가하여 보았다. 지하철 9호선에 대한 기하구조 및 운영요소 특징은 다음과 같다.

Table 18. Geometric construction & operation factor

Opreation Factor	Character	Schedule Speed
	local	31.9km/h
	express	45.5km/h
Geometric Construction	Character	Track Type
	main line underground	concrete track
	main line ground	ballast track

자료 : 서울메트로 9호선(www.metro9.co.kr)

사례 연구에 대한 흐름도는 다음과 같다.

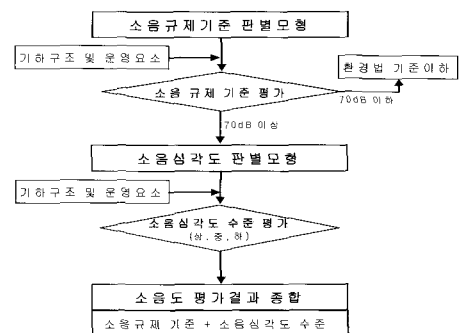
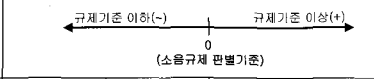
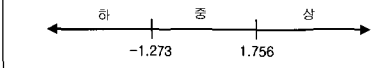


Fig. 6. Case study flowchart

Table 19. Forecast of sound serenity subway line 9

Variables		Main Line Ground (ballast track)		Main Line Underground (concrete track)	
		Local (31.9km/h)	Express (45.5km/h)	Local (31.9km/h)	Express (45.5km/h)
Sound Regulation Level Distinction	Standard				
	Distinction	-0.4479	0.0825	0.9441	1.4745
	Valuation	Standard ↓	Standard ↑	Standard ↑	Standard ↑
Sound Severity Level Distinction	Standard				
	Distinction	-	-0.7435	0.0325	0.7805
	Valuation	-	Middle	Middle	Middle
Synthesis Valuation		Under Sound Regulation Level	Sound Severity Level (Middle)	Sound Severity Level (Middle)	Sound Severity Level (Middle)

사례 연구 결과 본선 지상부에서의 표정속도가 31.9km/h인 완행의 차내 소음은 환경법에서 정한 기준이하로 판별이 되었다. 하지만 나머지 급행과 콘크리트 궤도인 본선지하부에서는 완행과 급행 모두 소음심각도가 중으로 판별되었다. 또한, 판별값이 콘크리트궤도인 경우와 속도가 높을수록 소음의 심각도 판단 기준값이 점차 높아지는 것을 알 수 있었다.

5. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 새로운 환경 문제로 인식되고 있는 지하철 운행시 차내소음 문제해결을 위해서 차내 소음에 영향을 미치는 요인들을 규명하였다. 또한 환경부 소음·규제 진동법 시행규칙에서 규정된 철도소음 규제값(70dB)을 기준으로 70dB이상, 이하의 두 집단으로 분류한 다음 측정된 359여개의 소음 및 기하구조, 운영요소 자료를 이용하여 소음규제 기준 및 심각도 기준에 대한 판별분석을 수행하였다. 그에 대한 결과 및 시사점은 다음과 같다.

(1) 지하철 운행시 차내소음의 심각도를 판별할 때 기하구조에서는 궤도형태가, 운영요소에서는 속도가 영향을 미치는 것으로 나타났다. 따라서 속도가 높고 궤도형태가 자갈보다는 콘크리트 일 때가 차내 소음이 더 높은 것을 알 수 있었으며 향후 지하철 노선 건설 시에는 궤도형태에

대한 고려가 필요하며 건설 후 운영적인 부분에서도 적절한 속도유지에 대한 방안 마련이 필요한 것으로 판단된다.
 (2) 본 연구에서 구축된 판별모형은 비교적 높은 예측률을 보여 향후 지하철에 대한 개선대안 수립 시 활용할 수 있다. 그에 대한 사례연구로 현재 건설 중인 지하철 9호선의 기하구조와 표정속도에 대한 소음 심각도를 판별하여 보았다. 9호선의 소음심각도는 콘크리트궤도이며 속도가 높을수록 소음의 심각도 판단 기준값이 점차 높아지는 것을 알 수 있었다. 따라서 지하철 차내 소음 심각도가 높을 경우 판별값이 소음의 규제기준을 최대한 넘지 않도록 기하구조 및 운영요소들에 대한 재조정이 필요하다.

본 연구의 판별모형은 소음 심각도에 대한 예측을 가능하게 하여 쾌적하고 안락한 지하철 환경을 만들어 줄 수 있는 기초자료로 활용될 수 있을 것이다. 한편 본 연구는 지하철 5호선에 한정하여 수행한 것이므로 향후 전체 지하철 노선에 대한 소음 및 사례연구가 필요하며, 지하철 소음에 영향을 미치는 변수(지하철 차량 설비 등)에 대한 보완이 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

- 이인모, 최상순(1994), 지하철 차량운행에 의한 인접구 조물의 소음·진동영향 평가에 관한 연구, 터널과 지하공간 Vol.4.
- 지황률, 최재진, 강상수, 강대우(1997), 대구 지하철 구간내 선형 변동에 따른 소음 및 진동 저감 방안 연구, 터널과 지하공간 Vol.7.
- 김기찬(1997), 지하철의 소음과 건설비의 관계에 관한 연구, 서울대 학위 논문.
- 김희철, 허영(1997), 지하철 운행에 의한 소음의 예측식 제안, 터널과 지하공간 Vol.7.
- 이연수, 김민영, 신재영(2002), 서울시내를 운행중인 지하철 소음·진동특성에 관한 연구, 대한환경공학회, Vol.24, No.7.
- 김태호, 원제무, 배현웅, 김경도(2005), 지하철의 기하구조와 운영 요소가 소음에 미치는 영향에 관한 연구, 국토계획, Vol.40, No.3.
- Marissa A. Barrera, Robyn R.M. Gershon (2005), Excessive noise level measures in a large metropolitan subway system, American Speech-language hearing association Convention.
- Robyn R. M, Gershon, Richard Neitzel, Marissa A. Barrera, Muhammad Akram (2006), Pilot survey of subway and bus stop noise levels, journal of urban health.

(2007년 10월 1일 논문접수, 2007년 11월 26일 심사완료)