



기존 학교 공기환경 진단컨설팅 대상 선정을 위한 유형분류 및 선정프로세스

Classification and Selection Process for Selection of Air Environment Diagnosis Consulting Subjects in Existing School

박두용* · 박병용** · 정용대*** · 박혜린***

Doo-Yong Park* · Beung-Yong Park** · Yong-Dae Jeong*** · Hye-Lin Park***

* Main author, Engineer, Air Environment Center, KCL(Korea Conformity Laboratories), Jincheon, Korea (pdy0528@kcl.re.kr)

** Corresponding author, Senior Engineer, Air Environment Center, KCL(Korea Conformity Laboratories), Jincheon, Korea (bypark@kcl.re.kr)

*** Coauthor, Assistant Engineer, Air Environment Center, KCL(Korea Conformity Laboratories), Jincheon, Korea (jyd@kcl.re.kr, tha0006460@kcl.re.kr)

ABSTRACT

Purpose: In order to improve the existing school fine dust environment, 12,095 elementary, middle, and high schools in Korea were analyzed by statistical analysis, and the purpose of this study was to derive the priority of field diagnosis and improvement through the scoring system. **Methods:** First, through the data of "school alert" of the Korean Educational and Academic Information Service, a total of 12,095 types and sizes of schools, classroom types and sizes, areas, building years, fine dust, formaldehyde, noise, and asbestos were analyzed. Second, the types were classified into 6 evaluation items through the analysis of fine dust detail and consultation with experts in the air environment improvement council. **Result:** 12,095 schools were classified into the top and bottom based on the playground, building year, indoor and outdoor fine dust concentration, number of students per class, fine dust warning and alarm scoring system. The results of the analysis of the combined score of the regional influence factors were analyzed as Gyeonggi Province, Jeollabuk-do Province, Chungcheongnam-do Province and Incheon, which recorded the highest score of 27 out of 28.

KEYWORD

공기환경
선정 프로세스
기존학교
진단컨설팅
통계분석

Air Environment
Selection Process
Existing School
Diagnosis Consulting
Statistical Analysis

ACCEPTANCE INFO

Received Jan. 15, 2021

Final revision received Feb. 3, 2021

Accepted Feb. 8, 2021

© 2021. KIEAE all rights reserved.

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

정부는 한국판 뉴딜의 핵심 정책 가운데 하나인 그린 스마트 스쿨을 통해 2025년까지 18조 5,000억원을 투입하여 전국 노후학교 건물 2,835개동의 디지털 및 친환경 시설을 개선하는 계획을 가지고 있다. 또한 정부는 2022년까지 미세먼지 배출량을 선진국 수준 30%로 감축하는 정책을 발표하였으며 이와 관련 교육시설의 미세먼지는 환경부의 「실내공기질관리법」, 교육부의 「학교보건법」으로 관리되고 있다. 교육시설은 한 교실에 20명이 넘는 학생이 점유하고 있는 재실밀도가 높은 장소로 교실 내부와 운동장 유입으로 인한 비산먼지, 이산화탄소 등의 오염도가 높을 것으로 예상하지만 이에 대한 영향인자 또는 우선순위 분석은 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 기존 학교 공기환경 개선을 위하여 전국 12,095개의 초·중·고 학교 유형별 통계분석을 실시하여 배제제를 통한 현장 진단·개선 대상 우선순위를 도출하고자 한다.

1.2. 연구의 방법 및 범위

학교 선정프로세스는 Fig. 1.과 같으며 수집한 데이터는 1차로 한국교육학술정보원 "학교알리미" 데이터를 통하여 총 12,095개의 학교 유형 및 규모, 교실 유형 및 규모, 지역, 건축년도, 미세먼지, 포름알데히드, 소음, 석면 등의 정구분포 통계분석을 실시하였다. 2차로 주요영향인자 판별을 위해 공기환경 개선협의체 전문가(교육지원청, 학교, 산업계 및 연구계로 구성), 기술위원회(진단기관, 제조산업, 연구기관), 운영위원회(학교미세먼지 사업단) 설문등 협의를 통해 6개 평가항목(운동장, 건축년도, 실내외 미세먼지농도, 학급당 학생수, 미세먼지 주의보 및 경보), 5개 등급별 배제제 28점 만점 기준으로 유형을 분류하였다. 이는 한국환경공단의 에어코리아 PM10 시간평균농도가 $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상 2시간 지속되는 미세먼지 주의보, PM10 시간평균농도가 $300\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상 2시간 지속되는 미세먼지 경보 및 한국교육개발원 학교 기본정보, 미세먼지 관련 자료를 수집하여 분석을 실시하였다.

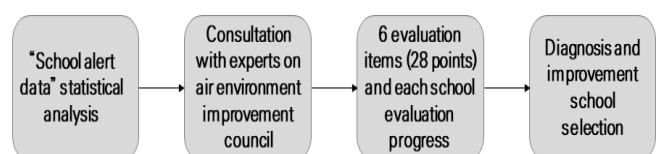


Fig. 1. School Selection Process for Diagnosis and Improvement

2. 관련기준 및 선행연구 고찰

2.1. 관련 기준

국내의 경우 「학교보건법 시행규칙」에서 환기·채광·조명·온습도의 조절기준과 환기설비의 구조 및 설치기준을 제시하고 있다. 또한 학교 실내공기질에 대한 유지기준을 오염항목별로 Table 1.과 같이 제시하고 있다.

Table 1. Maintenance Standards

Pollutant item	Standards	Application facility	Note
Fine dust	35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	School building and food service facilities	dust less than 2.5 μm diameter
	75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	School building and food service facilities	dust less than 10 μm diameter
	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Gymnasium and auditorium	dust less than 10 μm diameter
CO ₂	1,000ppm	School building and food service facilities	If the School building and the food service facility use the machine ventilation system and the main ventilation is done, it is 1,500ppm or less all
Formaldehyde	80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	School building, dormitory (limited to dormitory not more than three years after construction) and food service facilities	Architecture includes extension and renovation
Total airborne bacteria	800CFU/m ³	School building and food service facilities	-
Falling bacteria	10CFU/room	Health center and food service facilities	-
CO	10ppm	Individual heating and roadside classrooms	The heating classroom is limited to a direct combustion heating classroom
Nitrous oxide	0.05ppm	Individual heating and roadside classrooms	The heating classroom is limited to a direct combustion heating classroom
Radon	148Bq/m ³	Dormitory (limited to dormitory which has not been built for three years), School building on the first floor and underground	Architecture includes extension and renovation
Total volatile organic compounds	400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Schools that have not been built for three years	Architecture includes extension and renovation
Asbestos	0.01unit/cc	Schools falling under asbestos buildings under the latter part of Article 22 (1) of the Asbestos Safety Management Act	-
Ozone	0.06ppm	Office and administrative office	Limited to cases where there is office equipment (copy machines, etc.) that generates ozone in the applicable facilities
Tick	100per one head/m ³	Health office	
Benzen	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Dormitory that have not been built for three years	Architecture includes extension and renovation
Toluene	1,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Dormitory that have not been built for three years	Architecture includes extension and renovation
Ethylbenzene	360 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Dormitory that have not been built for three years	Architecture includes extension and renovation

Table 2.는 학교보건법 실내공기질 별표4의2로 대상 학교별 중점 유지관리 기준을 명시한 것이다. 신축학교, 개소 후 3년 이내 학교, 노후화된 10년 이상 된 학교 및 도로변 학교 등에 대해 오염물질 방출 건축자재 사용, 환기시설 설치, 폼알데하이드 등이 기준에 적합하도록 필요한 조치 등에 대해 명시하고 있다.

2.2. 관련 선행연구

학교 모델을 선정하는 선행 연구[1]~[3] 중 평가유형은 정량적 평가보다 정성적 평가 위주였으며 평가방법으로는 등급별 점수부여, 계층화분석법(AHP), 체크리스트, 비용분석, 전문가, 기준치 등이 활용되는 것으로 분석되었다. 선행 연구[4]의 경우 실내공기질의 일반적 사항과 국내·외 법적기준을 알아보고, 대구지역 초·중등학교의 공기질 측정 및 오염정도를 분석하였다. 학교 공기질을 측정 및 평가하는 정량적 평가이기는 하나 진단 및 개선에 대한 부분이 없는 점은 기존 연구의 한계점으로 판단된다.

Table 2. Management Standard

Target facility	Key management standard
A new school	<ol style="list-style-type: none"> 1) No construction materials for pollutant emission shall be used pursuant to Article 11 (1) of the Indoor Air Quality Control Act; 2) A ventilation facility shall be installed for smooth ventilation in a school building; 3) The equipment of schools, such as desks, chairs, and upper plates, shall be used for products certified as Korean industrial standards pursuant to Article 15 of the Industrial Standardization Act; 4) To take necessary measures to ensure that formaldehyde and volatile organic compounds within the school building meet the maintenance standards and use them;
Schools within three years after the school opened	<ul style="list-style-type: none"> • It will focus on managing formaldehyde and volatile organic compounds to meet maintenance standards
Schools that have passed for at least ten years since their opening	<ol style="list-style-type: none"> 1) It shall be managed with a focus on fine dust and airborne bacteria to meet the standards for maintenance; 2) Where existing facilities are repaired, no construction materials for pollutant emission shall be used pursuant to Article 11 (1) of the Indoor Air Quality Control Act; 3) The equipment of schools, such as desks, chairs, and upper plates, shall be used for products certified as Korean industrial standards pursuant to Article 15 of the Industrial Standardization Act;
Schools falling under asbestos buildings under the latter part of Article 22 (1) of the Asbestos Safety Management Act	<ul style="list-style-type: none"> • Focus on managing asbestos to meet maintenance standards
Individual heating (limited to direct combustion heating) classrooms and roadside classrooms	<ul style="list-style-type: none"> • Focus on managing carbon monoxide and nitrogen dioxide to meet maintenance standards
Food service facilities	<ul style="list-style-type: none"> • Fine dust, carbon dioxide, formaldehyde, total airborne bacteria and falling bacteria should be managed to meet the maintenance standards
Health office	<ul style="list-style-type: none"> • Focus on managing drop bacteria and ticks to meet maintenance standards

Table 3. Literature Review

Name(Year)	Subject	Evaluation type	Methodology	Ref
T. H. Park(2007)	Remodeling evaluation	Qualitative	Graded score	[1]
H. G. Kim(2007)	Importance by evaluation item	Qualitative	AHP	[2]
B. U. Oh(2004)	Aging determination	Qualitative	Checklist	[3]
T. W. Kim(2006)	Measurement and evaluation	Quantitative	Measurement	[4]

3. 연구방법 및 분석

3.1. 학교의 현황 분석

본 연구의 분석대상은 전국 12,095개 초·중·고등학교를 대상으로 하였다. 또한 분석방법으로는 한국교육학술정보원 “학교알리미” 데이터를 통하여 총 12,095개의 학교 유형 및 규모, 교실 유형 및 규모, 지역, 건축년도, 미세먼지, 포름알데히드, 소음, 석면 등의 정구분포 및 데이터 빈도수 통계분석을 실시하였고 이는 Fig. 2~10.과 같다. 소음의 경우 시간별 도로교통 소음과 미세먼지 농도를 비교한 연구 [5]에서 낮시간의 소음수준이 야간보다 높은 것으로 분석되었고 미세먼지 PM2.5농도 또한 밤에 비해 낮의 경우 4배나 높은 것으로 분석된 사례가 있어 통계분석 항목에 포함하였다. 지역별 학교 현황을 살펴보면, 경기도의 학교 수가 전체의 20.2%로 가장 높고, 서울특별시 11.1%, 그 다음으로는 경상남도가 8.2%, 경상북도, 전라남도 및 전라북도 순으로의 분포를 나타냈다.

지역별 미세먼지 데이터는 미세먼지 월별 도시별 대기오염도 환경부 통계데이터를 활용하였으며 조회기간은 2019년 1월부터 11월 까지이다. 또한 월별 데이터를 평균하여 값을 산출하였다. 지역별 미세먼지는 Fig. 3.과 같으며 40~46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 구간이 가장 많은 데이터 분포를 보이며 최대 빈도수는 3,121개로 분석되었다. 또한 평균은 41.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 분산은 4.2로 분석되었다.

건축년도는 1960~1980년 구간이 가장 많은 데이터 분포를 보이며 최대 빈도수는 2000~2010년 구간 1,673개로 분석되었다. 또한 평균은 1972, 분산은 29로 분석되었다.

실내 미세먼지 농도는 40~60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 구간이 가장 많은 데이터 분포를 보이며 최대 빈도수는 1,700개로 분석되었다. 또한 평균은 48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 분산은 24로 분석되었다.

이산화탄소 분포의 경우 600~800ppm에 가장 많은 분포를 보이지만 데이터 빈도수의 경우 900ppm 구간대가 2,541개로 데이터가 가장 많은 것으로 분석되었다. 또한 평균은 716, 분산은 182로 분석되었다.

포름알데히드의 경우 10~30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 구간대에 가장 많은 분포를 보이며 데이터 빈도수 또한 10~20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 범위대가 4,102개로 데이터가 가장 많은 것으로 분석되었다. 또한 평균은 23.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 분산은 17.4로 분석되었다.

총휘발성유기화합물 분포의 경우 100~200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에 가장 많은 분포를 보이지만 데이터 빈도수의 경우 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 구간대가 1,482개로 데이터가 가장 많은 것으로 분석되었다. 또한 평균은 139 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 분산은 117로 분석되었다.

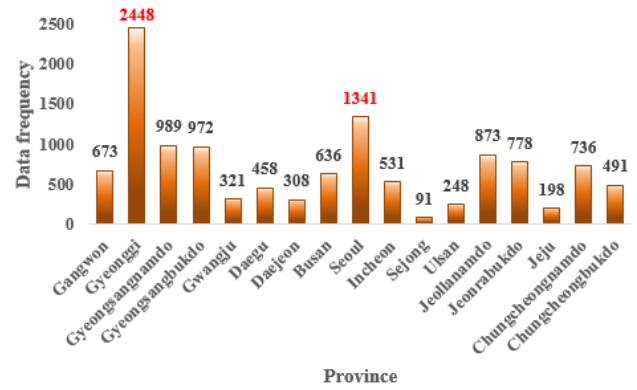


Fig. 2. School Data Frequency by Region

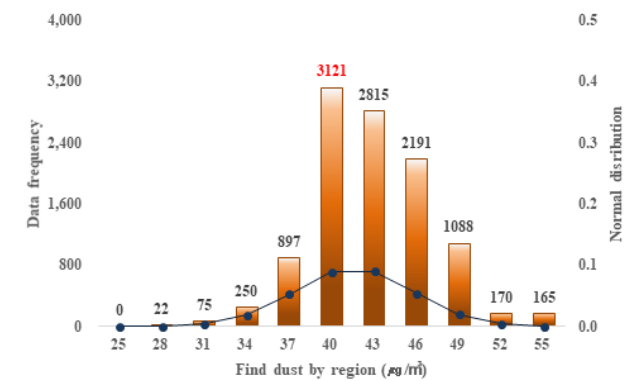


Fig. 3. Normal Distribution and Data Frequency of Fine Dust by Region

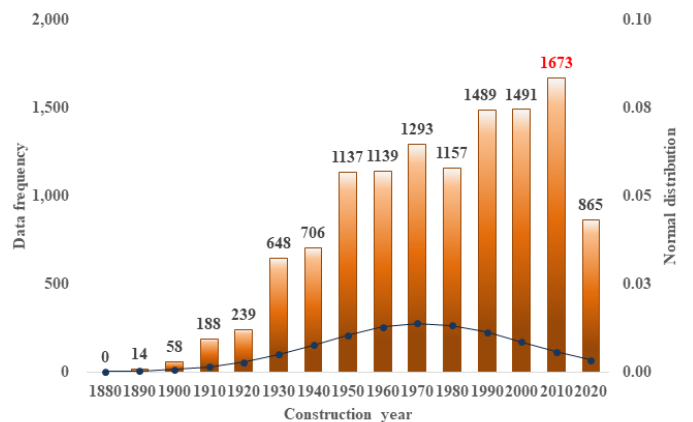


Fig. 4. Normal Distribution and Data Frequency by Construction Year

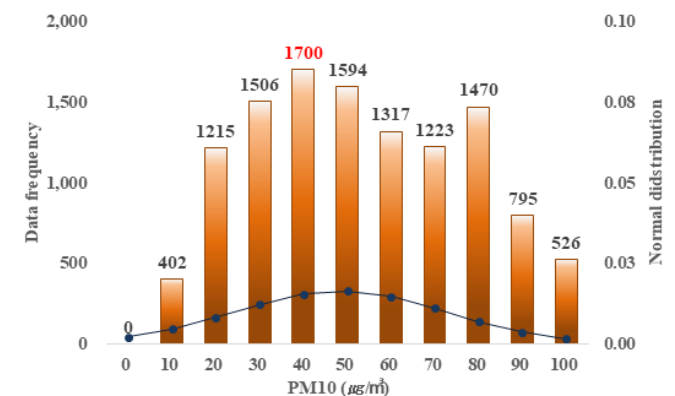


Fig. 5. Normal Distribution and Data Frequency by Indoor Fine Dust

석면의 경우 0.003~0.005개/cc 구간대에 가장 많은 분포를 보이지만 데이터 빈도수의 경우 0.001개/cc 범위대가 2,479개로 데이터가 가장 많은 것으로 분석되었다. 또한 평균은 0.0037개/cc, 분산은 0.0042로 분석되었다.

소음 분포의 경우 40~50dB(A)에 가장 많은 분포를 보이며 데이터 빈도수 또한 50dB(A) 구간대가 3,201개로 데이터가 가장 많은 것으로 분석되었다. 평균은 45.0dB(A), 분산은 6.6으로 분석되었다.

3.2. 진단학교 선정을 위한 평가항목 구분

12,094개교를 6개 평가항목(운동장 바닥종류, 건축년도, 실내외 미세먼지농도, 학급당 학생수, 미세먼지 주의보 및 경보), 5개 등급별 배점제 28점 만점 기준으로 구분한 것은 Table 4.와 같다. 미세먼지 데이터는 한국환경공단의 에어코리아 미세먼지 주의보(PM10 시간평균농도가 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상 2시간 지속) 및 경보(PM10 시간평균농도가 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상 2시간 지속)데이터를 활용하였다. 또한 한국교육학술정보원의 학교알리미 데이터, 한국교육개발원 학교 기본정보 및 미세먼지 관련 데이터를 수집하여 통계분석을 실시하였다.

Table 4. Evaluation Criteria for Selection of Diagnostic Schools

Contents	Evaluation criteria					
	Type	Soil-cement	Natural grass	Artificial turf	Urethane	Etc.
Playground type	Score	3	2	1	1	1
	concentration	0~24.7	24.7~39.5	39.5~54.6	54.6~73.6	73.6~101
Indoor fine dust	Score	1	2	3	4	5
	concentration	19.8~38.1	38.1~41.0	41.0~44.2	44.2~47.3	47.3~56.6
Outdoor fine dust	Score	1	2	3	4	5
	Year	1923~1974	1974~1984	1984~1995	1995~2005	2005~2020
Architectural year	Score	5	4	3	2	1
	Number	1~11.5	11.5~20.1	20.1~23.4	23.4~26.2	26.2~50.0
Number of students per class	Score	1	2	3	4	5
	Time	7.0~363.7	363.7~611.6	611.6~1019.5	1019.5~1251.1	1251.1~1541.2
Fine dust warning and alarm	Score	1	2	3	4	5

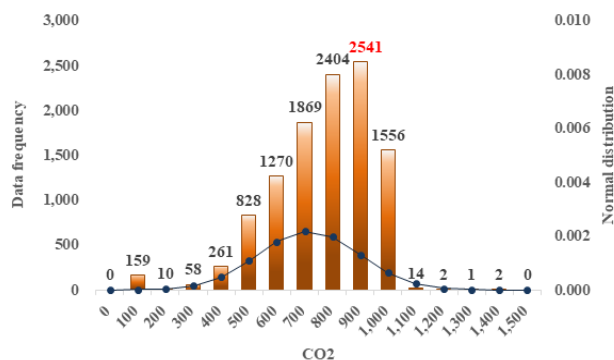


Fig. 6. Normal Distribution and Data Frequency by CO₂

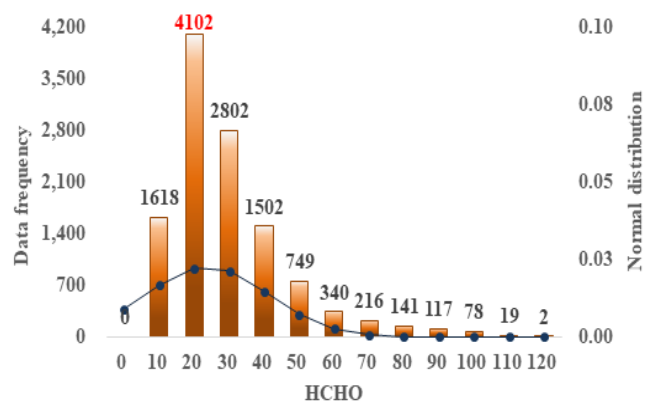


Fig. 7. Normal Distribution and Data Frequency by HCHO

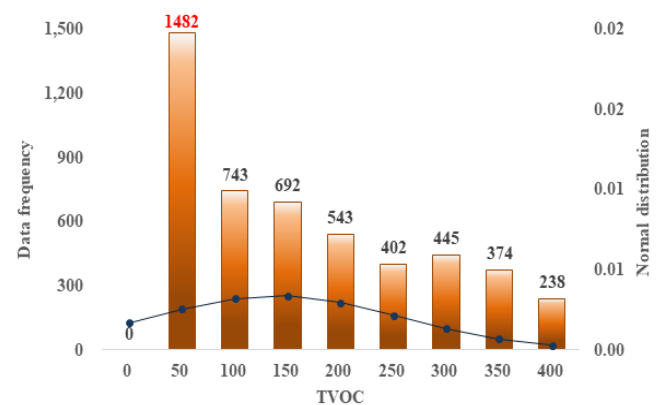


Fig. 8. Normal Distribution and Data Frequency by TVOC

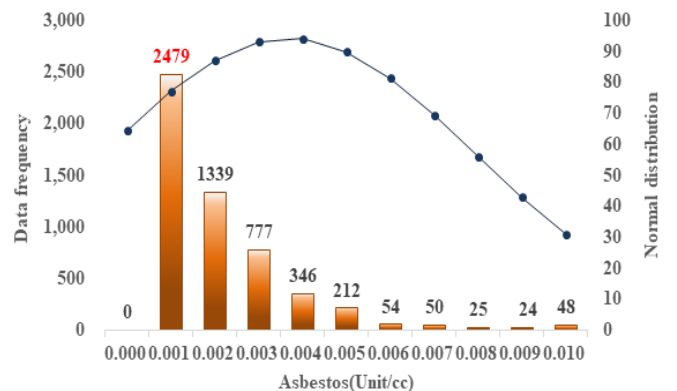


Fig. 9. Normal Distribution and Data Frequency by Asbestos

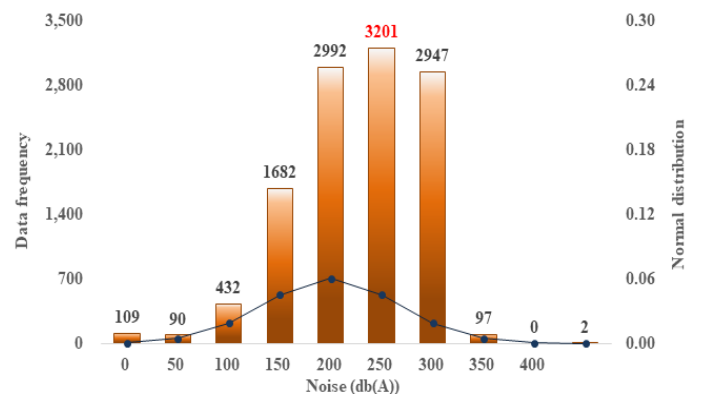


Fig. 10. Normal Distribution and Data Frequency by Noise

3.3. 영향인자별 배점부여

운동장 바닥종류의 경우 교육부 자료를 이용하였는데 모래먼지 발생이 많은 마사토운동장 (3점), 천연잔디 (2점) 합성수지계의 인조잔디 및 우레탄 등 (1점)으로 배점을 구분하였다. 학교 건축년도 점수 역시 경우 교육부 자료를 이용하였는데 녹색건축 학교인증이후 건축된 학교 (1점), 이후 기간 및 학교 수를 고려한 구간 설정으로 배점을 구분하였다. 실내 미세먼지 점수의 경우 학교알리미 데이터 이용하였으며 최고값, 최소값 기준 등분위로 5구간 점수 배점을 구분하였다. 실외 미세먼지 점수의 경우 학교알리미 데이터 이용하였으며 최고값, 최소값 기준 등분위로 5구간 점수 배점을 구분하였다. 외부미세먼지 점수의 경우 환경부 측정소별 미세먼지 PM10 평균농도(g/m^3) 이용 (2017~2019, 3개년 평균)하였는데 구 소재 도시의 경우 구단위, 구 미소재도시의 경우 시군단위정리 진행하였으며 최고값, 최소값 기준 등분위로 5구간 점수배점 구분하였다. 미세먼지 주의보 및 경보의 경우 에어코리아 미세먼지 경보 및 주의보 발령 누적시간이용 (3개년, 2017~2019) 하였고 대기정보예보/경보 기준에 근거한 권역기준 이용 (인천, 대전, 부산의 경우 도시단위) 하였다. 최고값, 최소값 기준 등분위로 5구간 점수배점을 구분하였으며 3개년 발령시간 총합으로 합산하였다. 합계 산출 시 경보는 10% 가산점부여하여 진행하였다.

Table 5.는 미세먼지 주의보 및 경보 발령 누적시간을 3년 평균한 상위 10개 도시를 나타낸다. 경기도 안성, 여주, 용인, 인천, 평택이 가장 많은 주의보 및 경보가 발령된 것으로 분석되었고 다음으로 인천, 전라북도 익산, 경기도 고양시, 김포시, 양주시 순으로 분석되었다.

Table 6.은 미세먼지 주의보 및 경보 발령 누적시간을 3년 평균한 하위 10개 도시를 나타낸다. 강원도 홍천 및 화천, 경상남도 사천, 진주, 산청, 의령, 창령, 함안, 함천 순으로 미세먼지 주의보 및 경보 발령이 발생하지 않았으며 울릉군의 경우 가장 적은 주의보 및 경보시

Table 5. Upper Regions of Warning and Alarm Time Sum

Province	City	PM10 warning	PM10 alram	PM2.5 warning	PM2.5 alram	Total
Gyeonggi	Anseong	436	17	993	85	1531
	Yeoju	436	17	993	85	1531
	Yongin	436	17	993	85	1531
	Icheon	436	17	993	85	1531
	Pyeongtaek	436	17	993	85	1531
Incheon		572	36	766	21	1395
Jeonrabukdo	Iksan	247	0	960	112	1319
Gyeonggi	Goyang	289	40	890	52	1271
Gyeonggi	Gimpo	289	40	890	52	1271
Gyeonggi	Yangju	289	40	890	52	1271

간이 발생한 것으로 분석되었다.

Table 7.은 지역별 영향인자 합산점수 분포를 나타낸 표이다. 28점 만점에 27점 최고점을 기록한 것은 경기도, 전라북도, 충청남도, 인천광역시로 분석되었다. 다음 순위인 26점을 기록한 것은 경기도, 전라북도, 충청남도, 인천광역시, 서울특별시로 분석되었다. 점수가 높을수록 미세먼지의 영향을 많이 받는 지역이며 점수가 낮을수록 미세먼지의 영향을 받지 않는 지역으로 볼 수 있다. 분석 결과인 점수대별 상위, 하위 학교를 분류하고 학교미세먼지관리 기술개발 사업단과의 업무협의 절차를 거쳐, 교육부의 학교대상의 선별, 학교정보 및 선정협조 공문을 받아 학교모집공문을 발송하였다. 또한 전국 17개 시도교육청 및 176개 교육지원청을 통하여 학교 미세먼지 측정 및 환경 현황조사 참여 협조 요청하였다. 최종적으로 협력형 학교 공기환경 개선 협의체 선정 위원회를 통하여 참여의향 학교 중 연도별로 지원 학교를 선정할 예정이다. 선정 학교에는 각 해당 연도별로 학교보건법에 의한 법적의무 실내공기질 측정 지원 및 학교별 실내 공기질(초미세먼지, 라돈 등 포함) 현황 진단·컨설팅을 실시할 예정이다.

4. 결론

학교알리미 데이터를 통하여 총 12,095개의 학교 현황데이터를 수집하였다. 수집한 데이터는 1차로 학교 유형 및 규모, 교실 유형 및 규모, 지역, 건축년도, 미세먼지, 포름알데히드, 소음, 석면 등으로 빈도수, 정규분포 분석을 통해 분류하였다.

지역별 경기도의 학교수가 전체의 20.2%로 가장 높고, 서울특별시 11.1%의 분포로 나타났다. 지역별 미세먼지 $40\sim 46\mu g/m^3$ 구간이 가장 많은 분포 및 데이터 빈도수를 보였다. 건축년도는 1960~1980년 구간이 가장 많은 데이터 분포를 보이며 최대 빈도수는 2000~2010년 구간으로 분석되었다. 실내 미세먼지 농도는 $40\sim 60\mu g/m^3$ 구간이 가장 많은 데이터 분포 및 빈도수를 보였다. 이산화탄소 분포의 경우 600~800ppm에 가장 많은 분포를 보이지만 데이터 빈도수의 경우 900ppm 구간대가 가장 많은 것으로 분석되었다.

Table 6. Lower Regions of Warning and Alarm Time Sum

Province	City	PM10 warning	PM10 alram	PM2.5 warning	PM2.5 alram	Total
Gangwon	Hongcheon	47	0	55	0	102
	Hwacheon	47	0	55	0	102
Gyeongsangnamdo	Sacheon	46	8	34	0	88
	Jinju	46	8	34	0	88
	Sancheong	43	8	25	0	76
	Uiryong	43	8	25	0	76
	Cangnyeong	43	8	25	0	76
	Haman	43	8	25	0	76
	Hapcheon	43	8	25	0	76
Gyeongsangbukdo	Ulleung	7	0	0	0	7

Table 7. Influence Factor Sum Score Distribution by Region

Contents	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Gangwon	0	0	0	0	0	0	1	2	20	25	71	51	118	58	107	52	70	47	27	13	6	4	0	0
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	4%	11%	8%	18%	9%	16%	8%	10%	7%	4%	2%	1%	1%	0%	0%
Gyeonggi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	6	13	21	50	68	125	207	300	403	444	369
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	2%	3%	5%	8%	12%	16%	18%	15%
Gyeongsang namdo	0	0	0	0	0	0	0	4	13	7	51	35	127	110	218	117	139	76	56	24	7	5	0	0
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	5%	4%	13%	11%	22%	12%	14%	8%	6%	2%	1%	1%	0%	0%
Gyeongsang bukdo	0	0	0	0	2	0	2	5	9	27	52	35	98	55	147	86	137	82	100	53	35	28	12	7
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	3%	5%	4%	10%	6%	15%	9%	14%	8%	10%	5%	4%	3%	1%	1%
Sejong	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	11	11	8	13	31	8	1	1	3	0
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	1%	12%	12%	9%	14%	34%	9%	1%	1%	3%	0%
Jeonrabukdo	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	5	9	13	15	35	42	93	64	88	79	86	88	82	40
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	2%	2%	4%	5%	12%	8%	11%	10%	11%	11%	11%	5%
Jeollanamdo	0	0	0	0	0	0	0	3	4	10	52	35	119	66	171	97	115	72	74	28	19	4	3	1
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	6%	4%	14%	8%	20%	11%	13%	8%	8%	3%	2%	0%	0%	0%
Jeju	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	3	8	6	30	17	27	24	42	18	16	3	2	0
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	1%	2%	4%	3%	15%	9%	14%	12%	21%	9%	8%	2%	1%	0%
Chungcheong namdo	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	10	3	41	19	71	32	106	50	89	55	71	59	63	43
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	6%	3%	10%	4%	14%	7%	12%	7%	10%	8%	9%	6%
Chungcheong bukdo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5	14	33	46	57	59	85	62	65	34	19	4
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	3%	7%	9%	12%	12%	17%	13%	13%	7%	4%	1%
Ulsan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	10	20	28	36	60	26	38	15	7	2	0	0
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	2%	4%	8%	11%	15%	24%	10%	15%	6%	3%	1%	0%	0%
Incheon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	4	5	23	23	50	58	97	91	78	50
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	4%	4%	9%	11%	18%	17%	15%	9%
Gwangju	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	10	19	26	46	77	89	28	20	4	0	0
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	3%	6%	8%	14%	24%	28%	9%	6%	1%	0%	0%
Daegu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	9	19	33	31	49	58	75	69	48	31	18	10
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	2%	4%	7%	7%	11%	13%	16%	15%	10%	7%	4%	2%
Daejeon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	7	20	22	56	39	74	32	33	14	6	0
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	2%	6%	7%	18%	13%	24%	10%	11%	5%	2%	0%
Busan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	6	8	18	36	92	68	129	75	112	48	28	10
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	3%	6%	14%	11%	20%	12%	18%	8%	4%	2%
Seoul	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	7	7	17	51	62	110	149	193	247	222	147	84
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	1%	4%	5%	8%	11%	14%	18%	17%	11%	6%

미세먼지 주의보 및 경보 발령 누적시간을 3년 평균한 하위 10개 도시는 강원도 홍천 및 화천, 경상남도 사천, 진주, 산청, 의령, 창령, 함안, 함천 순으로 미세먼지 주의보 및 경보 발령이 발생하지 않았으며 울릉군의 경우 가장 적은 주의보 및 경보시간이 발생한 것으로 분석되었다. 지역별 영향인자 합산점수 분석결과 28점 만점에 27점 최고점을 기록한 것은 경기도, 전라북도, 충청남도, 인천광역시로 분석되었다. 다음 순위인 26점을 기록한 것은 경기도, 전라북도, 충청남도, 인천광역시, 서울특별시로 분석되었다. 12,095개교를 6개 평가항목(운동장, 건축년도, 실내외 미세먼지농도, 학급당 학생수, 미세먼지 주의보 및 경보), 5개 등급별 배점제 28점 만점 기준으로 구분하였다. 후속 연구에서는 진단-개선 컨설팅 대상학교의 현장 측정 실시 및 획득데이터를 가지고 통계분석 및 개선안을 도출할 예정이다.

Acknowledgement

이 논문은 정부(과학기술정보통신부, 교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2019M3E7A1113092).

Reference

- [1] 박태훈, 박재승, 경기도 폐교의 사례를 통한 리모델링 요소분석, 대한건축학회 논문집 제23권, 제3호, 2007, pp.99-106. // (T.H. Park, J.S. Park, An Analysis of Remodeling Factors through the Case Studies of Closed Schools in Kyunggi Province, Architectural Institute of Korea, Vol. 23, No. 3, 2007, pp. 96-106.)
- [2] 김한공 외 3인, 대학시설 리모델링 요소 및 중요도 조사, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집 pp.97-100. // (H.G. Kim et al., A survey on remodeling factors of university and the priority, Korea Institute of Construction Engineering and Management Conference pp.97-100.)
- [3] 오병욱, 이재훈, 초등학교 리모델링을 위한 건축계획적 평가지표의 연구, 한국교육시설학회지 제11권, 제4호, 2004, pp.15-24. // (B.U. Oh, J.H. Lee, A Study on Evaluation Index for Remodeling of Elementary School, Korean Institute of Educational Facilities, Vol. 11, No. 4, 2004, pp.15-24.)
- [4] 김태우, 김현태, 홍원화, 학교 건축물의 실내공기질 측정 및 평가에 관한 연구, 대한건축학회 논문집 제22권, 제4호, 2006, pp.301-308. // (T.H. Park, H.T. Kim, W.H. Hong, A Study on the Measurement and Evaluation of Indoor Air Quality in School, Architectural Institute of Korea, Vol. 22, No. 4, 2006, pp.301-308.)
- [5] 김성민 외 5인, 시간별 도로교통 소음과 미세먼지 농도의 관계성 조사, 한국소음진동공학회 2015년도 추계학술발표대회 논문집 pp.603-604. // (S.M. Kim et al., Investigation of relationship between temporal traffic noise and air pollution, The Korean Society for Noise and Vibration Engineering Conference pp.603-604.)