pISSN : 2508-3384 eISSN : 2508-3392
https://doi.org/10.22640/lxsiri.2019.49.2.83
Journal of Cadastre & Land InformatiX Vol.49 No.2 (2019)
한국국토정보공사「지적과 국토정보」제49권 제2호 2019년 12월 p. 83-92

커널분석을 활용한 미세먼지 신규 측정소 선정

- 서울시 초등학교를 대상으로 -

Selection of New Particulate Matter Monitoring Stations using Kernel Analysis

- Elementary Schools, Seoul, Korea

정종철*
Jeong, Jong-Chul

Abstract

The particulate matters show high values in winter and spring season, it has a bad influence on the outdoor people. That's why government needs to come up with countermeasures for social weak people like elementary school students. In this paper, new particulate matter stations select ed about elementary schools using spatial analysis. Seoul city areas were divided with 608 hexagon grids(500m), and then implement spatial analysis such as kernel analysis. Finally, new particulate matter stations select through the results of kernel density analysis and point dis-placement. The results show that, 10 hexagon grids about new particulate matter stations were selected and listed 15 elementary schools including 10 hexagon grids. The 15 elementary schools were including Gangbuk gu, Eunpyeong gu, Guro gu, Dong gu, Geumcheon gu, Dongdaemun gu, Gangdong gu, Songpa gu, Gwangjin gu and Gangnam gu. The results suggests a new management plan direction according to the spatial analysis, result in the process of selecting the measures for the '2018 School Fine Dust Comprehensive Management Measures' announced by the Ministry of Education. Also, this study can be expanded by adding specific buildings as well as the school.

Keywords: GIS, Particulate Matter, elementary School, Kernel Analysis, Optimize Location

1. 서론

미세먼지는 아황산가스, 질소 산화물, 납, 오존, 일산화탄소 등을 포함하는 대기오염 물질로 중국 황사 및 자동차, 공장 등에서 발생하여 대기 중 장시간 떠다니는 입경 10μm 이하의 미세한 먼지이며, 그 중 입경이 2.5μm 이하의 먼지를 초미세먼지라고 부른다. 이러한 미세먼지는 호흡계 질환 뿐 아니라 심뇌혈관계 질환, 염증성 장질환, 정신과적 질환의 발생 및 사망의 증가와도 관련이 있다(하경화 외 2011). 미세먼지의 피해는 실외활동을 하는 사람들과 사회적인 약자한테는 치명적이라고 할 수 있다. 특히 사회적 약자인 학생들

* 남서울대학교 공간정보공학과 교수 Department of GIS, Namseoul University (jjc1017@gmail.com)

의 경우 미세먼지의 경보에 따라 학교장은 재량을 통해 실외활동을 제한하는 등 학생들에 대한 미세먼지 피해를 최소화하고자 하는 국가 정책이 진행 중이다(교육청 2018). 이에 환경부는 2018년 '대기오염측정망 설치·운영지침'을 발표하여 대기오염 측정망의 개선방안을 제시하고 있으며, 교육청은 2018년 4월 '2018년 학교 미세먼지 종합관리 대책'을 발표하며 학교 미세먼지 관리기반 구축 및 예방 및 대응 강화 대책을 나열하였다.

이처럼 정부는 다양한 대책을 실행하여 미세먼지의 발생량을 줄이기 위해 많은 노력을 하고 있으나, 미세먼지 발생량을 줄이는 과정은 굉장히 많은 예산과 시간이 필요하다. 또한 학생들과 같은 사회적 보호대상에 대해 기존의 미세먼지 관리대책이 있으나, 국가에서 제공하는 미세먼지 측정값을 활용하여 체육과 실외활동을 자제하는 정도에 그치고 있다. 그러므로 미세먼지 같은 대기오염물질의 경우 정기적인 관측을 통하여 대기오염물질에 대한 관리방안을 마련하는 것은 매우 중요한 과제라고 할 수 있다.

미세먼지는 인위적인 요소와 자연적인 요소에 의한 미세먼지 발생과 관련된 연구가 공간분석기술에 의해 진행되었다. Mohammad et al.(2016)은 ArcGIS의 Kriging 보간방법을 통하여 계절적인 공간 농도 분포 특성을 파악한 바가 있으며, Sajjadi et al.(2017)은 ArcGIS의 IDW 보간기법을 적용하여 미세먼지 분포 지도를 제작하고 연구대상지역의 공간분석을 실시하였다. 또한 미세먼지의 공간적인 분포특성은 다양한 배출원과 비교하여 특정 변수를 활용하여 분석하였다. Spendley and Brehme(2014)는 DEM과 미세먼지 발생의 상관성을 비교하였으며 이를 기반으로 요일별 차이점을 분석한 바 있다. Minguez et al.(2013)는 주택의 가격과 관련된 공간적인 대기오염지수를 주거지역의 시장가격을 분석하는 과정으로 표현하였으며, 주거지역의 지가와 대기오염지수 사이의 상관성을 보여주었다. 국내에서 박순애·신현재(2017)는 초미세먼지(PM2.5)의 영향요인을 풍향을 고려한 계절성 요인을 중심으로 그 특성을 분석하였으며 국내 요인 중 시멘트 생산시설과 초미세먼지의 상관성을 도출하였다.

이처럼 다양한 환경변수와 상관성이 존재하는 미세먼지는 효율적인 측정망을 구축하여 정확한 측정값을 취득하는 것이 중요하며 공간분석에 의한 입지 선정 연구가 다수 진행되었다(He et al. 2014; Liao and Hou 2015). 미세먼지 입지선정을 위한 공간분석 중 보간기법은 미세먼지의 분포를 분석하는데 가장 대표적인 분석기법으로 사용되었다(Sampson et al. 2013; Ramos et al. 2015).

공간분석은 IDW와 Kriging을 활용하여 미세먼지의 연평균, 계절평균, 일평균에 따른 공간분석을 실시하였으며, 분석 결과를 기반으로 기존의 측정소 배치 적절성을 평가하거나 기존 측정소 위치에 대하여 새로운 공간변수를 고려한 장소 선정이 필요하다고 제시하였다. 정종철(2018)은 서울시 영등포구를 대상으로 IDW 보간기법을 활용하여 작성된 미세먼지 지도를 기반으로 교통량, 유동인구 등의 환경변수와의 공간적인 관계성을 도출하고 이를 기반으로 신규 측정소 위치를 선정한 바 있다.

기존의 신규 측정소 선정 연구는 미세먼지 측정자료를 기반으로 보간기법을 사용하여 선정하는 연구가 다수 존재하나 노출 피해자를 중심으로 세밀한 분석을 수행한 연구는 부족하다고 판단된다. 본 연구에서는 서울시 초등학교들을 대상으로 학교라는 객체를 선정하여 미세먼지 측정소와의 공간적인 분석을 실시하였다. 도시대기측정망과 초등학교 밀집도 분석을 통해 본 연구는 서울시 초등학교 중 국가 측정망으로부터 정밀한 측정자료를 제공 받지 못하는 초등학교를 대상으로 최적의 신규 측정장비 설치 시범지역을 선정하고자 하였다.

2. 연구방법 및 범위

본 연구의 대상지역은 서울시를 선정하였다. 2017년 기준 서울시에는 총 1303개의 학교(초등학교, 중학교, 고등학교)가 존재하며, 서울시의 도시대기측정소와 도로변측정소 39개 측정소를 기반으로 미세먼지 측정값을 수집하였다. 본 연구에서는 서울시 학교 중 601개의 초등학교와 국가측정망을 활용하여 미세먼지 집중관리지역을 선정하였다. 연구 과정에서 사용된 데이터 중 미세먼지 측정소 위치데이터는 한국환경공단에서 운영하는 에어코리아에서 취득하였으며 초등학교 데이터는 공공 데이터포털의 2017년 데이터를 취득하였다. Figure 1은 본 연구 대상지인 서울시 초등학교와 미세먼지 측정소의 공간적인 위치를 제시한 것이다.

본 연구에서는 미세먼지 신규 측정소 선정을 위해서 초등학교와 미세먼지 측정소와의 공간적인 분포를 정량적으로 제시할 수 있는 커널 분석과 최근린 분석법을 활용하였다. 커널은 선형연립방정식 또는 연립일차방정식에서 동차 연립일차 방정식 또는 선형 연립방정식의 해집합에 해당하는 부분을 의미하며 이를 공간적인 부분과 접합하여 하나의 변수사이 밀집도를 나타내는 방식으로 풀어낼 수 있다. 또한, 최근린 분석법의 거리 매트릭스를 통해 표준편차와 확률값을 계산하고 결과의 신뢰수준을 분석하여 초등학교의 밀집도에 대한 신뢰값을 제시하였다.

초등학교의 공간군집을 설정하기 위해 본 연구는 포인트 대치(Point Displacement)를 활용하였다. 포인트 대치는 같은 곳에 위치한 여러 개의 점들을 하나의 중심점과 그를 둘러싼 점으로 표현하는 방식으로 점 레이어에서 적용 가능한 렌더링 방식이다. 해당 분석과정을 사용하여 서울시 내에 분포되어 있는 학교를 거리 단위로 군집화 시키며 초등학교의 중심지역 기준으로 신규 측정관리지역을 선정하였다.

연구의 전체적인 연구 흐름은 Figure 2와 같다. 데

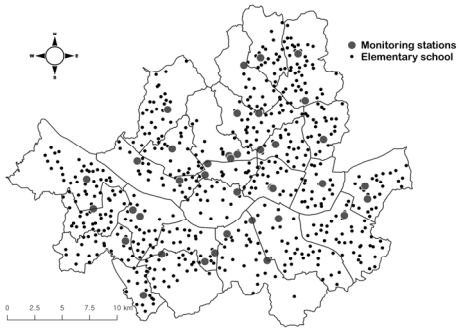

Figure 1. Spatial location of study area

이터 전처리 과정은 미세먼지 데이터와 서울시 학교 데이터를 분석 과정에 맞게 재구축한 뒤 이를 헥사곤 격자를 활용하여 속성이 다른 두 개의 데이터를 비교할 수 있도록 지정하였다. 헥사곤 격자는 국가 미세먼지 측정소 500m 단위의 미세먼지 측정 영향범위를 기준으로 공간적인 분석을 진행하였다(환경부 2018).

연구과정의 첫 번째는 커널 분석을 통해 학교의 밀집도를 계산하여 행정구별 초등학교 밀집도와 분포현황을 비교하였다. 초등학교의 밀집도 선정은 환경부에서 제시한 「대기오염측정망 설치·운영지침」(2018년) 미세먼지 측정소의 설치 조건 중 하나인 2km 중복성을 제거하기 위해 초등학교 위치에 따라 밀집도 분석 거리 가중치를 2km로 선정하여 계산하였다. 이는 초등학교를 기준으로 초등학교 내에서 정확한 미세먼지 정보값을 제공받기 위한 기준 거리로 판단하였다.

두 번째는 미세먼지측정소와 초등학교의 최근린 분석을 통해 현재 초등학교의 공간적인 분포경향에 따른 미세먼지 측정소가 제공하는 측정정보의 우선 순위를 선정하였다. 최근린 분석에서는 초등학교를 기준으로 유의확률 p-값과 표준편차 z 값을 계산하고 이에 대한 신뢰도 평가를 실시하였으며 버퍼기능을 통해 도시대기 측정소의 위치를 기준으로 500m, 1000m, 1500m, 2000m 거리 단위의 초등학교를 구분하였다.

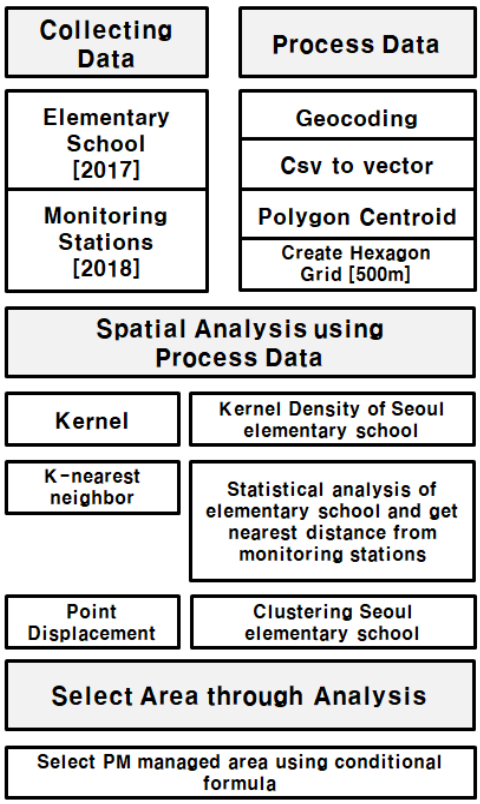

Figure 2. Research flow for select new monitoring station and elementary school locations

세 번째는 포인트 대치랜더링을 적용하여 군집의 중심점을 선정하고 초등학교 밀집 지역의 중심지를 파악하였다. 최종적으로 국가측정소와 초등학교의 공간적인 관계성 분석을 실시 후 밀집도의 조건 산정식을 적용하여 신규 미세먼지 측정소 설치대상 학교지역을 선정하였다.

3. 연구 결과 및 고찰

3.1. 초등학교 커널분석을 통한 구별 밀집도 분포 현황

초등학교의 밀집지역은 공간적인 측면에서 인구의

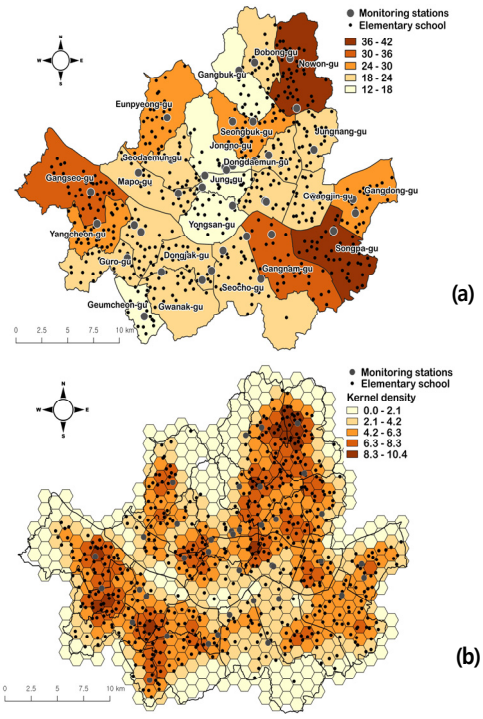

Figure 3. Seoul elementary schools density map, (a)density by gu-location, (b)kernel-density using hexagon grid

밀집지역이며 야외활동시간에 학생들의 밀집도가 높다는 것을 나타낸다. 따라서 초등학교의 공간분포를 기초로 미세먼지 측정소 위치를 평가하는데 커널밀집분석을 적용하는 것은 의미있는 결과를 도출할 수 있었다. Figure 3은 서울시 학교 밀집 분석 결과를 나타내고 있으며 (a)는 행정구별 초등학교 (b)는 2km의 거리 가중치를 부여한 커널분석의 결과를 나타낸 것이다. 행정구별 초등학교 분포는 송파구, 노원구가 가장 많은 초등학교를 포함하고 있는 지역으로 선정되었다. 하지만 커널 분석의 결과로 가장 높은 1등급 분류 밀집도를 나타내는 헥사곤은 도봉구, 강서구, 양천구, 중구 지역으로 나타났다. 학교가 많이 포함된 송파구는 밀집도 분석 결과 2km 거리 내에 초등학교의 밀집도가 높은 편이 아니며 오히려 중구지역은 적은 학교

수를 보여주나 밀집도는 높게 나타났다. 강서구 또한 초등학교의 수는 상위 2등급 분류로 많지만 커널 밀집도 분석의 결과 강서구 지역은 낮은 커널 밀집도를 나타내고 있다. 대부분의 지역은 행정구별 초등학교 수와 커널 밀집도의 상관성을 보여주고 있으나 이처럼 예외적인 위치가 존재하고 있다. 헥사곤을 통한 분류 결과 가장 높은 밀집도 분류 값은 8.4~ 10.4로 2km 거리를 기준으로 약 9개의 학교가 밀집되어 있다는 것을 나타낸다.

3.2. 측정소-학교 최근린 분석

Table 1은 현재 운영 중인 도시대기 측정소와 가장 가까운 초등학교의 수를 제시한 표이다. 가장 많은 초등학교와 인접한 측정소는 송파구로 44개의 초등학교와 인접해있으며 가장 적은 초등학교와 인접한 측정소는 청계천로 도로변 측정소로 2곳의 초등학교와 인접해 있다. 도시대기 측정소는 종로구 측정소가 3개의 초등학교와 인접해 가장 적은 수를 나타냈으며 도로변 측정소 중 화랑로는 29곳의 초등학교와 인접하고 있다. 행정구 중 송파구는 가장 많은 초등학교(28개)가 국가 측정소와 2km 이상 떨어져 있다.

Figure 4는 버퍼분석을 활용하여 미세먼지 측정소를 기준으로 초등학교의 공간분포를 해석하였다. 전체 601개의 초등학교 중 측정소와 2km 이상 떨어진 학교는 총 177개로 약 28%의 초등학교가 신규 측정소 선정 기준인 2km 이상 떨어진 곳에 측정소가 존재한다. 대부분의 초등학교가 1km~2km 사이에 분포되어 있으며 측정소와 거리가 250m 미만인 지역은 10곳으로 나타났다. 측정소 반경 2km 이상에 존재하는 학교는 총 177곳으로 나타났다. 초등학교와 미세먼지 측정소 사이의 근린분석 신뢰성 판단을 위해 최근린분석을 실시하였으며, Table 2와 같은 결과값을 확인할 수 있었다. 미세먼지측정소와 초등학교의 거리에 대한 평균은 543.51m로 나타났으며 미세먼지 측정소와 초

Table 1. Nearest monitoring station class for elementary school and over 2km with monitoring stations and elementary schools

Urban MS	ES	Roadside MS	ES
Songpa	44	Hwarang-ro	29
Yangchun	33	Gangnam-daero	26
Nowon	30	Hongneung-ro	17
Gwanak	25	Shinchon-ro	15
Guro	25	Gonghang-daero	13
Eunpyeong	25	Hangang-daero	11
Gwangjin	24	Yeongdeungpo-ro	10
Gangseo	21	Donjak-daero	10
Gumcheon	19	Jeongneung-ro	9
Sungbuk	19	Chonho-daero	9
Jungrang	19	Gangbyun-bukro	8
Dobong	18	Jong-ro	8
Gangdong	16	Dosan-daero	6
Mapo	15	Cheonggyecheon-ro	2
Dongjak	14		
Seodaemun	14	Monitoring stations : 39 -Urban stations: 25 -Roadside stations: 14 MS:Monitoring station ES:Elementary school	
Dongdaemun	11		
Gangnam	10		
Seocho	8		
Yeongdeungpo	8		
Yongsan	8		
Jung	8		
Seongdong	6		
Gangbuk	5		
Jongro	3		
Over 2km distance between MS and ES			
Gu	ES	Gu	ES
Songpa	28	Yongsan	5
Gangnam	20	Gangbuk	5
Guro	12	Jungrang	4
Gangseo	12	Sungbuk	4
Yangchun	11	Gwanak	4
Eunpyeong	10	Jongro	3
Dongjak	10	Seongdong	3
Dobong	7	Gumcheon	3
Gangdong	7	Yeongdeungpo	2
Seocho	6	Mapo	2
Dongdaemun	6	Seodaemun	1
Nowon	6	Jung	0
Gwangjin	6		

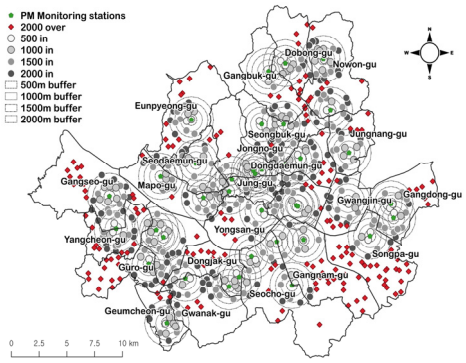

Figure 4. Distance buffer by Elementary schools based on monitoring stations

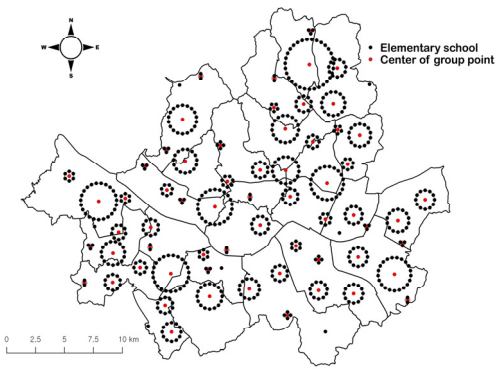

Figure 5. Grouped elementary schools by point displacement

Table 2. Nearest analysis results of elementary schools

Nearest analysis result (Elementary school)	
mean distance	543.51m
mean distance expected value	571.88m
k	0.95
z-score	-2.33
p-value	0.02

등학교의 기댓값은 571.88m로 나타났다.

3.3. 포인트 대치를 통한 초등학교 군집화 및 중심점 획득

본 연구는 포인트 대치 렌더링을 통해 서울시 초등학교의 공간적인 위치 중심점을 각 군집별로 분석하였다. 초등학교의 군집화를 통해 만들어진 중심점은 헥사곤 형식으로 포현하여 나타냈으며 Figure 5와 같다.

Figure 5에서 각각의 중심점은 거리 2km 기준 내에 군집화되는 그룹의 중심점을 의미하며 601개 포인트를 66개의 군집으로 지정해 주었다. 가장 많은 학교가 군집된 지역은 도봉구 지역으로 32개의 학교가 군집을 이루는 것을 확인할 수 있으며 다음으로 강서구와 영등포구가 23개의 학교로 군집이 이루어지고 있다. 포인트 대치 렌더링 결과는 밀집도 분석과는 다른 결과를 보여주는데 도봉구, 강서구, 양천구, 중구에서 높은 밀집도를 나타내는 커널 분석의 결과와는 다르게 포인트 대치 렌더링 결과는 양천구, 중구에서 공간적인 군집성이 나타나지 않는 것을 확인할 수 있다.

3.4. 신규 미세먼지측정소 선정

본 연구에서는 3단계를 거쳐서 초등학교를 기준으로 신규측정소 지점을 선정하였다. 신규 측정소는 크게 거리에 따른 1차 선정, 밀집도에 따른 2차 선정, 대치기반 결과의 최종 선정으로 진행되었다. 1차 선정에서는 신규측정소 선정조건을 기존의 국가 측정망과 거리가 먼 지역 중 초등학교가 밀집되어 있는 지역으로 선정하였다. 이를 측정소 설치 기준 중 2km 거리 중복성을 적용하였으며 측정소를 기준으로 2km 버퍼를 활용하여 2km 이상의 헥사곤을 제외한 지역을 1차 선정지역으로 선정하였다.

2차 선정으로 진행된 밀집도 분류는 커널 분석의 결과를 통해 밀집도가 4.3을 초과하는 지역을 선정하였다. 이는 생성된 500m 헥사곤 격자 내에 학교의 밀집

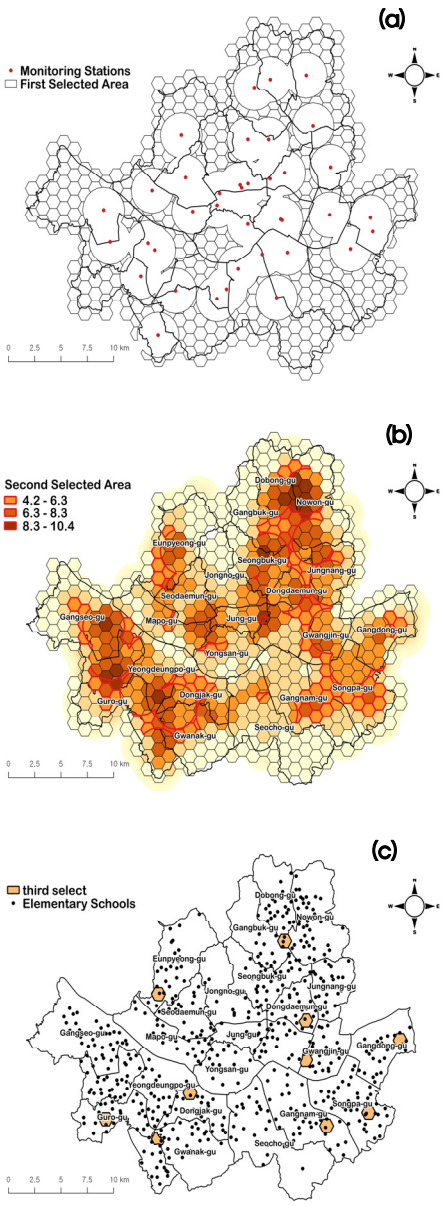

Figure 6. Select PM monitoring area and process, (a) select hexagon polygons over 2km with monitoring stations, (b) 2nd select by density analysis results, (c) final select by point displacement results

영향력이 4개 이상임을 나타낸다.

마지막으로 3차 선정에서는 포인트 대치를 통한 결과 중 군집 중심점을 기준으로 중심점을 포함하고 있는 헥사곤을 최종적으로 선정하였다. Figurer 6은 신규 측정소 폴리곤지역이 선정되는 과정에 따른 결과를 그림으로 나열하였으며 (a)는 거리에 따른 결과, (b)는 밀집도 적용 결과, (c)는 최종 선정된 미세먼지 측정소 지점 결과 헥사곤의 위치를 나타냈다.

선정과정을 거친 신규 미세먼지 측정소 설치지역은 총 10개의 폴리곤으로 지정되었으며 은평구, 구로구, 도봉구, 송파구, 강동구에 2개, 동대문구, 강남구, 동작구, 성동구, 강북구에 1개씩 선정, 총 15개 초등학교가 선정되었다.

Table 3은 본 연구에서 최종 선정한 폴리곤 내에 포함된 신규 측정소 설치가 가능하다고 판단되는 15개 초등학교의 이름과 주소를 표로 정리한 것이다. 선정된 15개 초등학교는 다른 초등학교에 비해 상대적으로 학교 간 밀집되어 있으며 국가측정소로부터 2km 이상 떨어져 있다.

4. 결론

미세먼지는 부유물질의 특징 상 농도 및 피해예상 범위를 정밀하게 예측하기 어려우며 이를 보완하기 위해서는 새로운 측정소를 선정하여 미세먼지 측정망을 세밀화 하는 방법이 가장 효과적이다.

최근린 분석, 버퍼분석과 커널 밀집도 분석, 포인트 대치 렌더링을 통해 분석한 결과 서울시의 학교객체 기반 신규측정관리지역은 618개의 헥사곤 중 10개의 헥사곤 격자로 도출되었다.

기존의 미세먼지 측정망은 측정소간 거리의 중복성, 인구밀도와 환경적 요인들을 기준으로 운영하고 있으나 초등학생들과 같은 미세먼지에 취약한 사회적 약자를 대상으로 피해노출인자 중심의 미세먼지 측정

Table 3. Final select elementary school for new monitoring stations

Elementary School	Address
Dongdab	12, Dapsimni-ro 60-gil, Dongdaemun-gu
Seoshin	150, Eunpyeong tunnel-ro, Eunpyeong-gu
Sinsa	275-2, Gajwa-ro, Eunpyeong-gu
Gaewung	98, Gaebong-ro 11-gil, Guro-gu
Youngnam	62-15, Munsung-ro, Geumcheon-gu
Shinchang	93, Deongneung-ro 60-gil, Dobong-gu
Shinhwa	120, Uicheon-ro, Dobong-gu
Gadong	47, Jungdae-ro 20-gil, Songpa-gu
Gaju	37, Ogeum-ro 40-gil, Songpa-gu
Ganmyeung	74-1, Sangil-ro, Gangdong-gu
Goil	20, Gucheonmyeon-ro 93-gil, Gangdong-gu
Wangbuk	74, Gwangpyeong-ro 31-gil, Gangnam-gu
Noryangjin	160, Jangseungbaegi-ro, Dongjak-gu
sungsue	21, Achasan-ro 17-gil, Seongdong-gu
Bundong	204, Ohyeon-ro, Gangbuk-gu

망을 구축하면 해당 지역을 중심으로 공간정보를 기반하여 보다 빠르고 정확한 대응전략의 수립이 가능하다고 판단된다.

본 연구의 한계점으로는 초등학교를 기준으로 신규 미세먼지 측정소 위치 선정하는 과정에서 공간변수를 초등학교 위치와 거리만을 대상으로 실험적 분석을 수행한 부분이다. 국가측정망을 선정하는 기준의 새로운 정립과 측정자료의 시-공간 분석 결과를 적용하는 신규 미세먼지 측정소를 선정하는 과정의 추가적인 연구가 필요하다고 판단된다. 또한 국가공간정보를 활용하는 측면에서는 학교라는 공간데이터 뿐만 아니라 노인 복지시설, 미세먼지 발생원, 도로 교통 밀집과 같은 공간 환경 변수를 고려하여 신규 미세먼지 측정소를 선정한다면 보다 정밀한 신규 측정망 구축과 미세먼지 모니터링을 위한 효과적인 국가측정망 제어가 가능하다고 판단된다.

사사

본 연구는 남서울대학교 2019년 교내과제의 지원에 의해 수행되었음.

참고문헌

References

박순애, 신현재. 2017. 한국의 초미세먼지(PM2.5)의 영향요인 분석: 풍향을 고려한 계절성 원인을 중심으로. 환경정책. 25(1):227-248.

Park SA, Shin HJ. 2017. Analysis of the Factors Influencing PM2.5 in Korea : Focusing on Seasonal Factors. *Journal of Environment Policy and Administration.* 25(1):227-248.

정종철. 2018. 영등포구 신규 측정소 선정을 위한 공간분석. 서울도시연구. 19(4):61-73.

Jeong JC. 2018. Study on the Spatial Analysis for the Selection of a New Monitoring station in Yeongdeungpo-gu. *Seoul Studies.* 19(4):61-73.

하경화, 서민아, 강대용. 김현창, 신동천, 김창수. 2011. 미세먼지 농도와 심뇌혈관계 질환으로 인한 사망과의 관련성. 대한고혈압학회, 17(2):74-83.

Ha KH, Suh MA, Kang DR, Kim HC, Shin DC, Kim CS. 2011. Ambient Particulate Matter and the Risk of Deaths from Cardiovascular and Cerebrovascular Disease. *The Korean Society of Hypertension.* 17(2):74-83.

서울특별시 교육청. 2018. 2018년 학교 미세먼지 종합관리 대책.

Seoul Metropolitan Office of Education. 2018.

School particulate matter general management measures

환경부. 2018. 대기오염 측정망 설치·운영지침.

Ministry of Environment. 2018. Air Pollution Monitoring Network Installation and Operation Instructions.

He HD, Lu WZ, Xue Y. 2014. Prediction of particulate matter at street level using artificial neural networks coupling with chaotic particle swarm optimization algorithm. *Building and Environment.* 78:111-117.

Liao KJ, Hou X. 2015. Optimization of multipollutant air quality management strategies: A case study for five cities in the United States. *Journal of the Air & Waste Management Association.* 65(6):150218135942003.

Mínguez R, Montero JM, Gema FA. 2013. Measuring the impact of pollution on property prices in Madrid: objective versus subjective pollution indicators in spatial models. *Journal of Geographical Systems.* 15(2):169-191.

Mohammad M, Sara J, Zahra DS, Abdolmajid G, Hossein K, Mohsen YA, Shabnam A, Seyed YH. 2016. Spatial Analysis and Source Identification of PM10 Particle Matter in Yazd, *Journal of Community Health Research.* 5(1):45-56.

Ramos Y, Benoît SO, Blanchet JP, Smargiassi A. 2015. Spatio-temporal models to estimate daily concentrations of fine particulate matter in Montreal: Kriging with external drift and inverse distance-weighted approaches. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology.* 26:405-414.

Sajjadi SA, Zolfaghari G, Adab H, Allahabadi A, Delsouz M. 2017. Measurement and modeling of particulate matter concentrations. *Applying spatial analysis and regression techniques to assess air quality.* MethodsX. 4:372-390.

Sampson PD, Richards M, Szpiro AA, Bergen S, Sheppard L, Larson TV, Kaufman JD. 2013. A regionalized national universal kriging model using Partial Least Squares regression for estimating annual PM2.5 concentrations in epidemiology. *Atmospheric Environment.* 75:383-392.

Spendley KS, Brehme CE. 2014. GIS Analysis of Factors Influencing Particulate Pollution in Keene, New Hampshire. *International Journal of Undergraduate Research and Creative Activities.* 6(4):1-11.

2019년 10월 02일 원고접수(Received)
2019년 10월 23일 1차심사(1st Reviewed)
2019년 11월 13일 2차심사(2st Reviewed)
2019년 12월 07일 게재확정(Accepted)

초 록

미세먼지는 주로 겨울철과 봄철에 높은 수치를 보이며, 실외 활동이 많은 사람들의 건강에 더욱 치명적이다. 특히 초등학생과 같은 사회적 약자에 대한 미세먼지 대책은 국가적 차원에서 더욱 시급한 과제이다. 이에 본 연구는 서울시를 대상으로 GIS를 활용하여 초등학교를 중심으로 미세먼지 신규측정소를 선정하였다. 서울시 전체를 500m 반경의 헥사곤 격자를 활용하여 608개의 헥사곤으로 구분한 뒤 측정소와 학교에 위치에 대한 공간분석을 실시하였다. 최종적으로 학교 밀집도 분석과 포인트 대치기법을 통한 조건식을 활용하여 신규측정소 지역을 산출하였다. 연구 결과로 총 10개의 500m 반경의 헥사곤 격자를 신규측정소 지역으로 선정하였고 해당 폴리곤에 포함된 15개의 초등학교 명단을 나열하였다. 최종 선정 폴리곤이 포함된 행정구는 강북구, 은평구, 구로구, 동작구, 금천구, 동대문구, 강동구, 송파구, 광진구, 강남구로 나타났다. 본 연구의 결과는 교육부에서 발표한 '2018년 학교 미세먼지 종합 관리 대책'에 근거하여 공간적인 분석 결과에 따른 새로운 관리 대책 방향을 제시하였으며, 대상지를 학교 뿐 아니라 대상 건물을 확장하여 차후 연구의 활용도를 더욱 높일 수 있을 것이라 기대한다.

주요어 : GIS, 미세먼지, 학교, 밀집분석, 위치선정