

버퍼링 방법에 기반한 공간내삽법 적용이 헤도닉 분석에 의한 대기질의 한계잠재가격 추정에 미치는 영향

Influence of Spatial Interpolation Methods based on Buffering on Hedonic Analysis of Air Quality

손 철 강릉대학교 지역개발학과 조교수(제1저자)
신상영 서울시정개발연구원 연구위원

※ 주요단어 : 대기질, 공간내삽법, 헤도닉 분석

목 차

- I. 서론
- II. 헤도닉 분석과 공간내삽법의 사용
 - 1. 공간내삽법이 헤도닉 분석에 미치는 영향에 대한 선행연구
 - 2. 국내 대기질에 대한 헤도닉 분석과 공간내삽법의 적용사례
 - 3. 선행 국내 연구결과의 비교
- III. 비교분석을 위한 목적과 설정
 - 1. 분석목적
 - 2. 분석방법
 - 3. 변수의 측정 및 통계량
- IV. 분석결과
 - 1. 대기질 공간내삽 결과
 - 2. 헤도닉 함수 추정결과의 비교
 - 3. 통계적 검정
 - 4. 분석의 종합
- V. 결론

I. 서론

주택시장 데이터와 헤도닉 분석을 이용하여 대기질의 한계잠재가격을 추정함으로써 대기질 개선의 경제적 편익을 계산할 수 있다. 대기질의 한계잠재가격 추정을 위해 헤도닉 분석을 적용할 경우 모든 연구자들이 공통적으로 직면하는 문제는 분석에 사용되는 주택들이 입지한 지점에서의 신뢰할 만한 대기질 데이터를 얻는 것이다.

이러한 문제는 거의 모든 국가의 중앙 및 지방 정부에서 대기질을 측정하기 위해 운영하고 있는 측정소의 공간적 분포가 분석에 사용되는 주택의 공간적 분포만큼 다양하지 않기 때문에 발생한다. 따라서 소수의 대기질 측정소에서의 측정값을 이용하여 대기질 측정소가 존재하지 않는 지점의 대기질을 추정하는 단계가 헤도닉 분석과정에 이용되어야 하며, 그 단계를 훌륭하게 수행해주는 방법이 공간내삽법(Spatial Interpolation Method)이다.

그러나 대기질의 헤도닉 분석에 필수적인 공간내삽법이 가진 단점은 다양하게 존재하는 여러 유형의 공간내삽법이 각각 다른 내삽결과를 제공한다는 점이다. 상식적으로 다른 유형의 공간내삽법이 서로 다른 공간내삽 결과를 제공한다면 내삽결과를 독립변수로 고려하는 헤도닉 분석의 결과도 달라지게 마련이다.

본 연구에서는 그동안 국내의 대기질을 대상으로 이루어진 헤도닉 분석에서 사용된 공간내삽법들을 살펴보고 이들 방법들을 동일한 주택시장 데이터에 적용해 봄으로써 다양한 공간내삽방법이 얼마나 상이한 헤도닉 분석결과를 가져오는가를 분석해 본다.

II. 헤도닉 분석과 공간내삽법의 사용

1. 공간내삽법이 헤도닉 분석에 미치는 영향에 대한 선행연구

Anselin and Gallo(2006)는 다양한 공간내삽법의 적용이 오존(O₃)농도의 한계잠재가격 추정에 미치는 영향을 분석하였다. 분석을 위해 미국 캘리포니아주에 소재한 4개 카운티(Los Angeles, Riverside, San Bernardino, Orange)에서의 1999년 주택판매 자료와 인근 27개 관측소로부터의 1998년 오존측정 자료를 이용하였다. 오존의 농도를 공간내삽하기 위해서는 Thiessen polygon, IDW(Inverse Distance Weighted), Kriging, Spline 등의 공간내삽법이 적용되었다.

Anselin and Gallo(2006)는 오존의 농도를 독립변수로 포함하는 헤도닉 함수를 추정하기 위해 OLS 및 다양한 공간계량경제학적 모델(Spatial Econometric Models)을 사용하였다. <표 1>은 Anselin and Gallo(2006)가 OLS를 이용하여 얻은 추정계수와 오존의 한계잠재가격을 정리한 것으로 각 공간내삽법 간에 상당한 차이가 있음을 보여준다. 이상과 같은 결과를 바탕으로 Anselin and Gallo(2006)는 헤도닉 분석에서 공간내삽법의 선택

<표 1> Anselin and Gallo(2006)의 분석결과

구분	Thiessen	IDW	Kriging	Spline
추정계수*	-0.0126	-0.0204	-0.027	-0.0206
한계잠재가격(\$)**	3,028	4,889	6,468	4,925

주: *Semi-log Model

**오존이 1 ppb 감소할 경우의 가격

과 적용이 함수형태 선택, 변수설정, 추정방법 선택 등과 같은 중요성을 가지고 있음을 지적했다.

2. 국내 대기질에 대한 헤도닉 분석과 공간내삽법의 적용사례

헤도닉 분석을 이용하여 국내 대기질의 한계잠재가격을 추정한 대표적인 연구로는 Kim, Phipps, and Anselin(2003), 최종일·심상훈(2002), Huh and Kwak(1997) 등이 있다.

<표 2>는 대표적인 3가지 연구가 사용한 공간내삽법을 정리한 결과를 보여주고 있다. Kim, Phipps, and Anselin(2003)은 SO₂와 NO_x의 한계잠재가격을 추정하면서 스플라인 내삽법을 사용하였다. 최종일·심상훈(2002)은 SO₂, O₃의 한계잠재가격을 추정하기 위해 측정소가 위치한 동에 위치한 아파트 단지에서 얻어진 데이터만을 사용하였다. Huh and Kwak(1997)은 구별 TSP의 오염도를 구한 후 이를 구내에 위치한 아파트 단지에 부여하여 헤도닉 분석을 수행하였다.

3. 선행 국내 연구결과의 비교

<표 3>은 <표 2>에서 언급된 선행연구 가운데 서로 다른 공간내삽법을 사용하였지만 동일한 유형의 대기오염물질의 한계잠재가격을 분석한 Kim, Phipps and Anselin(2003)과 최종일·심상훈(2002)의 분석결과를 비교하고 있다. 두 연구는 각각 1993년과 2000년의 서울의 주택시장 데이터를 이용하여 SO₂의 한계잠재가격을 분석하여 보고하였다. 두 연구의 결과를 SO₂의 탄력도를 이용하여 비교해보면 -0.37과 -0.26으로 -0.1 정도의 차이가 있

<표 2> 국내 선행연구에서의 공간내삽법

연구	분석대상	공간내삽 방법
최종일·심상훈(2002)	SO ₂ , O ₃	측정소가 위치한 동으로 아파트 단지를 제한
Kim, Phipps, and Anselin(2003)	SO ₂ , NO _x	스플라인내삽법 (Spline Interpolation)
Huh and Kwak(1997)	TSP	아파트 단지가 속한 자치구의 대기오염도 사용

<표 3> 선행연구에서의 SO₂ 탄력도 비교

연구	분석 연도	분석시장	함수형태	탄력도
최종일·심상훈(2002)	2000	서울공동주택시장	Double Log	-0.26
Kim, Phipps, and Anselin(2003)*	1993	서울 단독 및 공동주택 시장	Semi Log	-0.37

주: * 논문에 보고된 OLS추정 결과만을 인용.

는 것을 알 수 있다. 이와 같은 차이가 두 연구 간의 연구대상 기간의 차이나 분석대상의 차이에서 기인하는 것인지 아니면 사용된 공간내삽법의 차이에 기인하는 것인지 불분명하다.

III. 비교분석을 위한 목적과 설정

1. 분석목적

Anselin and Gallo(2006)의 비교분석에서 고려되지 않았으나 국내의 헤도닉 분석에서 사용된 공간내삽법은 최종일·심상훈(2002)이 사용한 방법이다. 최종일·심상훈(2002)이 사용한 공간내삽법은 분석에 이용되는 샘플을 측정소에서 일정거리 이내

로 제한하는 방법이다.¹⁾

Buffering 방법은 일종의 변형된 Thiessen Polygon 방법이라 할 수 있다. 이 방법이 가진 장점은 Thiessen Polygon 방법과 같이 적용이 간단한 반면 샘플에 가장 가까이 위치한 측정소의 측정치를 부여하되 일정한 거리제한을 둠으로써 부여된 측정치가 실제의 오염도와 유사할 가능성을 높인다는 점이다. 또한 Buffering 방법은 Thiessen Polygon 방법과 같이 내삽결과가 측정소에서의 실측치 범위 내에 제한됨으로써 방법의 특성상 실측치 범위를 넘어서는 내삽결과를 제공할 수 있는 Spline 방법과 Kriging 방법에 비해 보다 실측치에 충실할 수 있다는 특징을 가진다.

그러나 이 방법은 분석을 위한 샘플의 수를 상당히 줄여 분석하고자 하는 주택시장의 전체적인 특성을 반영하지 못하는 분석결과를 유도할 수 있는 단점도 가지고 있다.

본 연구에서는 Anselin and Gallo(2006)의 연구에서 고려되지 않은 공간내삽법인 Buffering 방법의 적용이 대기질의 헤도닉 분석결과에 미치는 영향을 분석하는 데 초점을 둔다. 본 연구에서 다루고자 하는 주요한 질문은 다음과 같다.

- ① Buffering 방법을 현재까지 국내의 헤도닉 분석에서 사용된 다른 유형의 공간내삽법과 함께 동일한 주택시장 데이터에 적용할 경우 얼마만큼 다른 대기질의 한계잠재가격, 탄력도 등을 산출할 것인가?
- ② 다른 공간내삽법을 통해 얻어진 헤도닉 함수의 추정결과가 대기질 실측치에 의한 추

정결과라 가정할 때 Buffering 방법에 의한 추정결과는 다른 공간내삽법을 통해 얻어진 추정결과와 통계적으로 같다고 말할 수 있는가?

2. 분석방법

1) 비교대상 공간내삽법의 선정

본 연구에서는 Kim, Phipps, and Anselin(2003), 최종일·심상훈(2002), Huh and Kwak(1997) 등 국내 대기질에 대한 연구에 이용된 공간내삽법을 검토하여 아래 설명된 6가지 공간내삽법을 사용한다.

- ① Thiessen Polygon: Thiessen Polygon은 대기질 측정소를 연결하는 삼각형을 델로니 삼각화에 의해 형성하고 형성된 삼각형의 각 변에 수직이며 각 변의 중심을 지나 선을 연결하여 형성된다(Chang, 2004). 이렇게 해서 형성된 Thiessen Polygon에 속하는 모든 아파트 단지는 Thiessen Polygon에 포함된 단 한 개의 측정소에서 측정된 대기질을 가지는 것으로 간주된다.
- ② 500m Buffering: Thiessen Polygon을 형성하는 대신 측정소를 중심으로 반경 500m인 원을 형성하고 원 안에 포함된 아파트 단지는 원의 중심에 위치한 측정소에서 측정된 대기질을 가지는 것으로 간주한다.
- ③ 1,000m Buffering: Thiessen Polygon을 형성하는 대신 측정소를 중심으로 반경 1,000m인 원을 형성하고 원 안에 포함된 아파트 단지

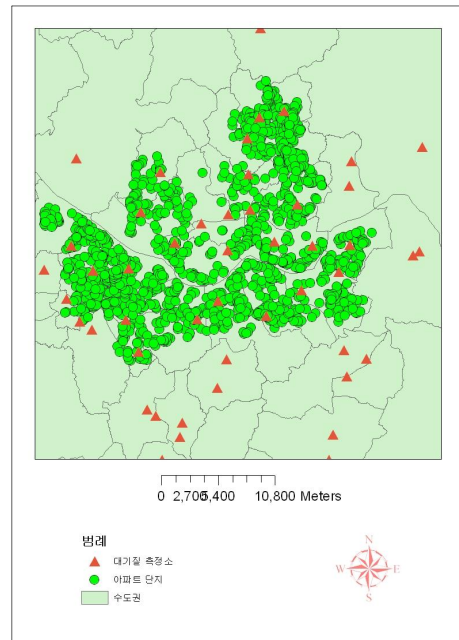
1) 이를 Buffering 방법이라 칭한다.

는 원의 중심에 위치한 측정소에서 측정된 대기질을 가지는 것으로 간주한다.

- ④ 1,500m Buffering: Thiessen Polygon을 형성하는 대신 측정소를 중심으로 반경 1500m인 원을 형성하고 원 안에 포함된 아파트 단지는 원의 중심에 위치한 측정소에서 측정된 대기질을 가지는 것으로 간주한다.
- ⑤ Thin Plate Splines: Thin Plate Splines는 연구 대상지역 대기질의 공간적 분포를 설명하는 수학적 표면(surface)을 추정함에 있어 추정된 표면이 측정소에서의 대기질 실제 측정치를 가장 가깝게 통과하며 추정된 표면의 곡률(Curvature)도 최소화되도록 하는 내삽 방법이다(Chang, 2004).
- ⑥ Thin Plate Splines with Tension: Thin Plate Splines with Tension은 Thin Plate Splines 방법이 실측치가 많지 않은 지점에서 과도한 내삽치를 제공하는 문제(overshoots)를 해결하기 위해 제안된 방법이다(Chang, 2004).

6가지 방법 중 두 가지 유형의 Spline 방법이 사용되었다. Kim, Phipps and Anselin(2003)이 Spline 방법을 사용하였으나 Spline 방법의 다양한 세부 유형 중 어떤 유형을 사용하였는지 명시하지 않아 현재 가장 일반적으로 이용되는 2가지 Spline 세부 유형을 포함시킨 것이다. 또한 Buffering 방법에서는 500m, 1,000m, 1,500m 버퍼가 사용되었다. 버퍼링 영역의 설정기준으로 500m, 1,000m, 1,500m가 사용된 것은 지승희·김학렬(2006)의 연구결과를 고려하였기 때문이다. 지승희·김학렬(2006)은 서울시 대기오염자동측정망의 오염물질별 측정값이 대표할 수 있는 공간적 범위에 대한 연구에서 SO₂

<그림 1> 연구지역



(이산화황)의 경우 전반적으로 측정망에서의 측정치가 반경 500m에서 1,500m 범위의 SO₂ 농도를 대표할 수 있다는 분석결과를 제시하였다. 본 연구에서는 이 분석결과를 바탕으로 최소 범위인 500m, 중간 범위인 1,000m, 최대 범위인 1,500m를 버퍼형성의 기준으로 이용한다.

2) 비교분석을 위한 데이터와 시공간적 범위의 설정 다양한 공간내삽법이 헤도닉 함수의 추정에 미치는 영향을 분석하기 위해 본 연구에서는 서울의 공동주택시장 자료를 이용한다. 서울의 공동주택 시장에 대한 주택특성 자료와 위치 자료는 부동산 정보업체 ‘부동산 114’의 데이터베이스와 서울시 정개발연구원의 공간데이터웨어하우스로부터 얻어졌다. 본 연구에 사용된 모든 공동주택관련 데이터는 2005년 11월 18일을 기준으로 한다.

본 연구에서는 다양한 대기오염 물질 중 Kim, Phipps, and Anselin(2003)과 최종일·심상훈(2002)에서 분석대상으로 삼은 SO₂(이산화황)만을 분석 대상으로 한다. 대기질과 대기질 측정소에 대한 데이터는 국립환경연구원으로부터 제공된 2005년 1년간의 자료를 이용하였다. 또한 공간내삽법을 적

용하는 과정에서 수도권 전체의 측정소 자료를 사용하였다.

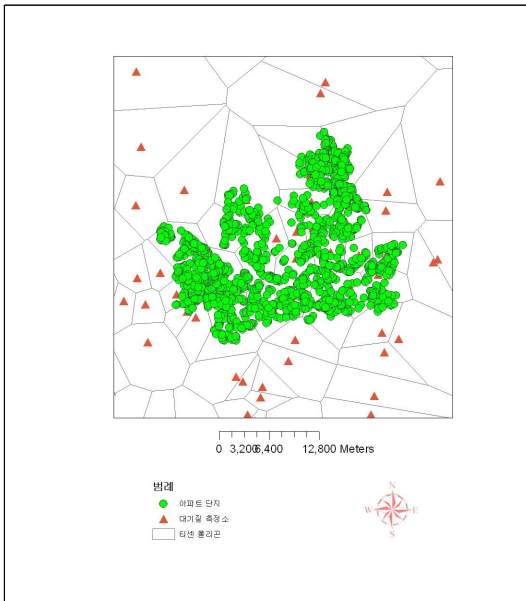
3) 통계적 방법

본 연구에서 사용된 헤도닉 함수의 형태는 <식 1>과 같은 세미로그 형태다.

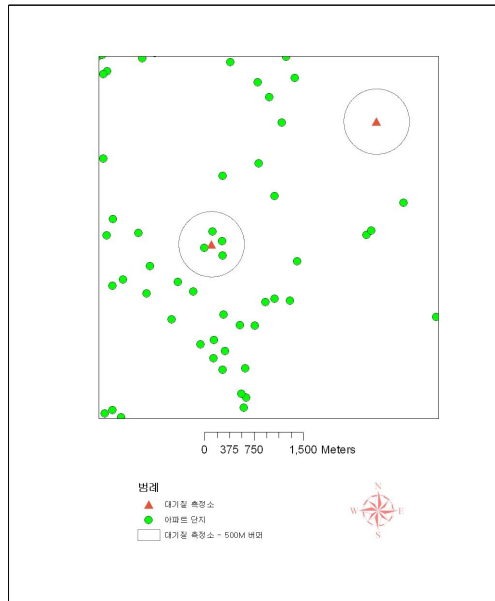
<표 4> 변수의 정의

변수	정의
mprice	부동산114의 최저가격과 최고가격의 평균가격(만 원)
size	평형(평)
age	건축 후 경과연도(년)
thh	총 가구수
drheat	지역난방 더미변수
dstep	계단형 더미변수
dtower	타워형 더미변수
dgang	강남지역 4개 구 더미변수
dsamsung	강남까지 거리(지하철 삼성역까지 직선거리, m)
dyoi	여의도까지 거리(지하철 여의도역까지 직선거리, m)
dsub	지하철역까지 거리(m)
pcom500	500m 반경 내 상업지역면적의 퍼센트
pind500	500m 반경 내 공업지역면적의 퍼센트
ptrans500	500m 반경 내 교통지역면적의 퍼센트
pland500	500m 반경 내 조경(공원)지역면적의 퍼센트
priver500	500m 반경 내 하천면적의 퍼센트
pag500	500m 반경 내 농지면적의 퍼센트
ptree500	500m 반경 내 산림면적의 퍼센트
SO ₂	아파트 단지 반경 500m 내의 평균 이산화황 농도 또는 아파트 단지로부터 최단거리에 있는 측정소에서의 이산화황 농도(2005년 연간관측치의 평균, ppb)

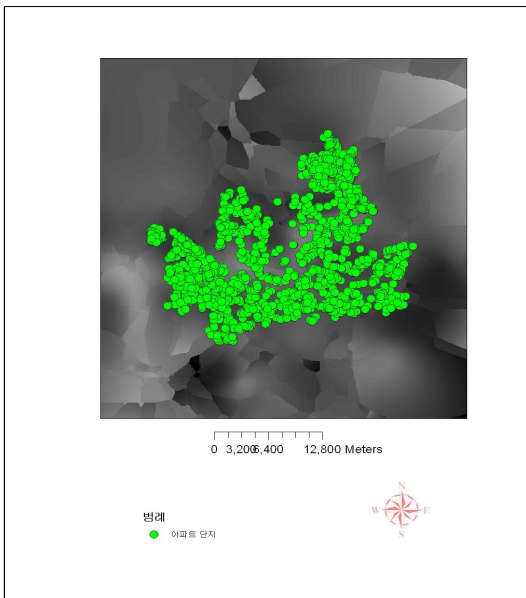
<그림 2> Thiessen Polygon



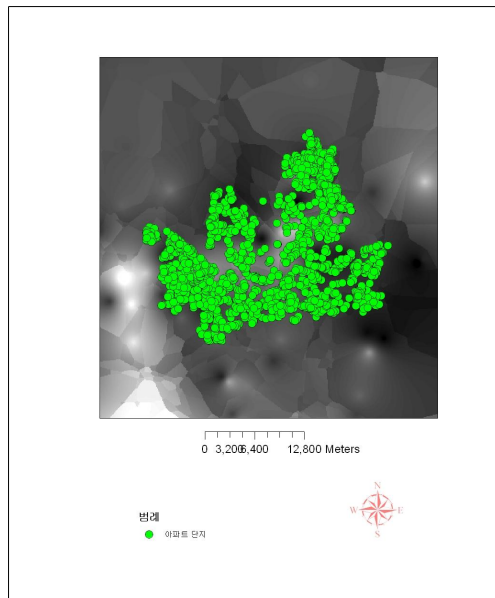
<그림 3> Buffering



<그림 4> Thin Plate Splines



<그림 5> Thin Plate Splines with Tension



<표 6> RMS 오차

구분	Thiessen Polygon	500m Buffering	1000m Buffering	1500m Buffering	Thin Plate Spline Splines	Thin Plate Spline Splines with Tension
RMS	0.56	N/A	N/A	N/A	0.50	0.36

<표 7> SO₂의 공간내삽 결과

Variable	Obs	Mean	Min	Max
Thiessen Polygon	4106	5.435113	3.78712	7.34473
Thin Plate Spline Splines with Tension	4106	5.461878	4.3684	6.9016
Thin Plate Spline Splines	4106	5.416002	3.2752	7.4568
Buffering 500m	191	5.585527	4.1532	7.34473
Buffering 1,000m	908	5.41621	3.78712	7.34473
Buffering 1,500m	1663	5.433904	3.78712	7.34473

<표 8> 추정결과

	Coef.	T	P-Value
Thiessen Polygon	-0.01377	-3.28	0.001
Buffering 500m	-0.05726	-2.21	0.028
Buffering 1,000m	-0.02924	-2.94	0.003
Buffering 1,500m	-0.01919	-2.84	0.005
Thin Plate Splines	-0.00599	-1.1	0.272
Thin Plate Splines with Tension	-0.01527	-1.54	0.123

IV. 분석결과

1. 대기질 공간내삽 결과

앞서 선정된 6개의 공간내삽법을 수도권 92개 지점에서의 2005년 연평균 SO₂ 측정치에 적용한 결과는

<그림 2>에서 <그림 5>에 나타난 바와 같다.

<표 6>은 본 연구에 적용된 6개 방법 중 Buffering 방법을 제외한 3개 방법의 내삽치와 실측치의 차이에 대한 RMS(Root Mean Square) 오차를 계산한 것이다. <표 6>의 결과에 의하면 Thin Plate Splines with Tension 방법이 상대적으로 가장

<표 9> 한계잡재가격과 탄력도

구분	평균가격	평균 SO ₂ 농도	한계 잡재가격	탄력도
Thiessen Polygon	38132.01	5.44	-524.91	-0.07488
Buffering 500M	29961.26	5.59	-1715.71	-0.32011
Buffering 1000M	34703.36	5.42	-1014.88	-0.15839
Buffering 1500M	34534.4	5.43	-662.639	-0.10419
Thin Plate Splines	38132.01	5.42	-228.426	-0.03247
Thin Plate Splines with Tension	38132.01	5.46	-582.379	-0.08339

정확한 방법이라 할 수 있다.

내삽된 결과를 개별 아파트 단지에 배정하기 위해 Thiessen polygon과 Buffering 방법은 구역 내에 포함된 아파트 단지들에 구역의 중심에 위치한 측정소의 측정치를 부여하였다. Thin Plate Splines와 Thin Plate Splines with Tension 방법의 경우 내삽결과를 개별 픽셀의 크기가 100m × 100m인 그리드(Grid) 파일에 저장한 후 저장된 그리드 파일을 이용하여 각 아파트 단지가 위치한 지점 반경 500m 이내에서의 내삽된 SO₂의 평균치를 구하여 아파트 단지에 속한 각 분석 샘플에 부여하였다.

<표 7>은 이상의 방법에 의해 개별 아파트 단지과 아파트 단지에 속하는 각 샘플(평형)에 배정된 SO₂ 농도의 통계치를 보여준다.

2. 헤도닉 함수 추정결과와의 비교

<표 8>은 최종적으로 측정된 변수들을 이용한 헤도닉 함수의 추정결과에서 SO₂ 계수의 추정결과를 보여준다. 추정된 모든 헤도닉 함수는 이분산에 강한 White's Estimator(White, 1980)를 이용하여 추

정되었다.

<표 8>의 추정결과를 살펴보면 Thiessen Polygon, 500m Buffering, 1,000m Buffering, 1,500m Buffering의 경우 SO₂ 계수가 각각 1%, 5%, 1%, 1% 신뢰수준에서 통계적으로 유의하였으나 Thin Plate Splines와 Thin Plate Splines with Tension의 경우 SO₂ 계수가 10% 수준에서 통계적으로 유의하지 않음을 볼 수 있다. 또한 버퍼링 구역이 확대되면서 Buffering 방법에 의해 얻은 계수의 크기가 Thiessen Polygon에서 얻은 계수의 크기와 유사해지는 것을 관찰할 수 있다.

<표 9>는 6개의 공간내삽방법별로 추정된 SO₂ 계수를 이용하여 각각의 한계잡재가격, 탄력도 등을 <식 2>와 <식 3>에 의해 계산하여 비교하고 있다. 탄력도를 기준으로 6개 방법의 결과를 비교해 보면 500m Buffering, 1,000m Buffering, 1,500m Buffering 방법의 탄력도는 -0.32, -0.16, -0.1 등으로 절대값을 기준으로 0.1보다 모두 큰데 비해 나머지 3가지 방법의 탄력도는 -0.07, -0.03, -0.08 등으로 모두 절대값을 기준으로 0.1 미만임을 알 수 있다.

<표 10> 측정소로부터 거리별 샘플의 통계량

구분	Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
500m 이내 샘플	mprice	191	29961.26	21238.99	7250	150000
	size	191	29.7644	7.964526	11	63
500m 밖 샘플	mprice	3915	38530.63	31844.62	5500	337500
	size	3915	32.39668	10.4558	8	93
1,000m 이내 샘플	mprice	908	34703.36	28059.3	5500	182500
	size	908	31.45485	9.717234	11	88
1,000m 밖 샘플	mprice	3198	39105.5	32324.12	5850	337500
	size	3198	32.50688	10.53438	8	93
1,500m 이내 샘플	mprice	1663	34534.4	26704.52	5500	192500
	size	1663	31.99459	9.875974	11	88
1,500m 밖 샘플	mprice	2443	40580.98	34143.25	5850	337500
	size	2443	32.46459	10.68662	8	93
전체 샘플	mprice	4106	38132.01	31480.67	5500	337500
	size	4106	32.24723	10.36728	8	93

<표 11> 버퍼 내외 샘플의 강남지역 비율

구분	강남지역	비강남 지역	합계
500m 밖	809 (20.7%)	3106 (79.3%)	3915 (100%)
500m 내	22 (11.5%)	169 (88.5%)	191 (100%)
1,000m 밖	665 (20.79%)	2533 (79.21%)	3198 (100%)
1,000m 내	166 (18.28%)	742 (81.72%)	908 (100%)
1,500m 밖	510 (20.88%)	1933 (79.12%)	2443 (100%)
1,500m 내	321 (19.30%)	1342 (80.70%)	1663 (100%)
전체 샘플	831 (20.24%)	3275 (79.76%)	4106 (100%)

또한 3개의 Buffering 방법들로부터 도출된 최대 탄력도가 최소 탄력도의 3배 정도의 크기라는 점도 주목할 만하다. 마지막으로 <표 9>로부터 발견할 수 있는 주목할 만한 점은 버퍼링 영역의 범위가 확대될수록 Buffering 외의 공간내삽법으로부터 계산된 탄력도와 Buffering 방법에서 얻은 탄력도가 보다 유사해지는 경향을 보인다는 점이다.

3. 통계적 검정

<표 10>은 측정망으로부터 500m, 1,000m, 1,500m 거리 이내로 분석샘플을 한정할 경우 각각의 경우 헤도닉 분석에 이용된 샘플의 평균가격과 평균평형을 보여주고 있다. 분석에 포함되는 샘플을 500m 이내로 한정할 경우 포함된 샘플의 평균가격은 2억 9,961만 원이며 평균 평형은 29.76평으로 500m 밖의 샘플과 비교할 때 비교적 소형평형의 저가공동주택이 샘플에 많이 포함된 것을 알 수 있다. 그러나 이러한 경향은 1,000m와 1,500m의 기

준을 사용할 때 감소되고 있다.

<표 11>은 500m, 1,000m, 1,500m 구간 내에 존재하는 샘플 가운데 서울 강남지역에 위치한 샘플의 비율을 보여준다. <표 11>은 500m 내 구간의 경우 특이하게 전체 샘플 중 11.5%만이 강남지역에 위치함을 보이고 있다. 반면 1,000m와 1,500m 구간의 경우 강남지역에 위치한 샘플의 비율은 18.28%와 19.30%로 전체 샘플의 강남지역 비율인 20.24%와 유사함을 보이고 있다.

분석샘플을 500m 이내로 제한할 경우 소형평형의 저가주택비율이 높아지고 강남지역 비율이 낮아지는 것은 거리제한이 구조적으로 유발하는 결과라기보다는 현재의 서울지역 측정망과 공동주택 분포가 만들어낸 우연에 의한 결과라 할 수 있다. 즉, 현재의 측정망 배치가 헤도닉 분석을 고려하여 이루어진 것이 아니기 때문에 이러한 편이가 발생할 수 있는 것이다.

그러나 이상과 같은 우연에 의한 결과가 충분히 인지되지 못한 상태에서 그대로 헤도닉 분석에

<표 12> F 검정결과

가설	F	P-Value
$H_0 : \gamma^{Buffering^{300M}} = -0.01377$	F(1, 172) = 9.65	Prob > F = 0.0022
$H_0 : \gamma^{Buffering^{500M}} = -0.00599$	F(1, 172) = 3.92	Prob > F = 0.0492
$H_0 : \gamma^{Buffering^{500M}} = -0.01527$	F(1, 172) = 2.63	Prob > F = 0.1066
$H_0 : \gamma^{Buffering^{1000M}} = -0.01377$	F(1, 889) = 2.42	Prob > F = 0.1198
$H_0 : \gamma^{Buffering^{1000M}} = -0.00599$	F(1, 889) = 5.47	Prob > F = 0.0195
$H_0 : \gamma^{Buffering^{1000M}} = -0.01527$	F(1, 889) = 1.98	Prob > F = 0.1600
$H_0 : \gamma^{Buffering^{1500M}} = -0.01377$	F(1, 1644) = 0.64	Prob > F = 0.4277
$H_0 : \gamma^{Buffering^{1500M}} = -0.00599$	F(1, 1644) = 3.82	Prob > F = 0.0509
$H_0 : \gamma^{Buffering^{1500M}} = -0.01527$	F(1, 1644) = 0.34	Prob > F = 0.5620

사용된다면 분석대상지역 전체를 대표하지 못하는 샘플이 분석에 사용되고, 따라서 분석결과 역시 전체 샘플을 대표하지 못하는 결과를 유도할 수 있음을 주시할 필요가 있다.

이러한 추론을 검증하기 위해 3가지 Buffering 방법을 제외한 나머지 3가지 공간내삽법의 적용결과가 실제 서울지역의 SO₂ 농도의 분포를 반영한다고 가정하고 여기서 얻은 추정계수들과 Buffering 방법을 통한 추정계수가 동일하다고 할 수 있는가를 <표 12>에서와 같이 F검정을 통해 검증해 보았다.

<표 12>에 정리된 F검정 결과를 보면 500m Buffering 방법에서는 계수추정치가 Thiessen Polygon 및 Thin Plate Splines 방법에 의한 계수 추정치와 같다는 귀무가설이 1%와 5% 통계적 신뢰 수준에서 기각되었다.

그러나 1,000m와 1,500m Buffering 방법의 경우 계수추정치가 Thin Plate Splines 방법에 의한 계수 추정치와 같다는 귀무가설만이 각각 5%와 10% 통계적 신뢰수준에서 기각되었다. 이러한 결과는 버퍼링 구역의 커질수록 Buffering 방법에 의한 결과가 다른 공간내삽법에 의한 결과와 유사해질 가능성이 커질 수 있다는 것을 시사한다.

4. 분석의 종합

본 연구에서는 Buffering 방법이 제공하는 대기질의 한계잠재가격, 탄력도 등에 대한 결론이 다른 공간내삽법이 제공하는 결론과 얼마나 다른지, 그리고 Buffering 방법에 의한 헤도닉 함수 추정결과가 다른 공간내삽법에 의한 추정결과와 통계적으로 같다고 말할 수 있는지를 3가지 유형의

Buffering 방법과 나머지 3가지 유형의 비 Buffering 방법을 이용하여 검토하였다.

분석결과는 한계잠재가격, 탄력도의 경우 3개의 Buffering 방법들 간에 크기 측면에서 상당한 차이가 존재하며, Buffering 방법과 비 Buffering 방법간의 한계잠재가격이나 탄력도상의 차이는 버퍼링 영역의 범위가 확대될수록 축소되는 것을 보이고 있다.

또한 Buffering 방법에 의한 헤도닉 함수 추정결과가 다른 공간내삽법에 의한 추정결과와 통계적으로 같다고 말할 수 있는지에 대한 통계적 검증에서도 버퍼링의 영역이 확대될수록 Buffering 방법과 비 Buffering 방법 간의 계수추정치가 유사해질 가능성이 커지는 것으로 나타났다.

이 같은 결과는 버퍼의 폭이 커질수록 버퍼 안에 포함되는 샘플의 특성과 전체 샘플의 특성이 더욱 유사해지기 때문으로 판단된다. 이러한 분석결과를 고려할 때 헤도닉 분석에 Buffering 방법을 이용하거나 Buffering 방법에 의해 도출된 헤도닉 분석결과를 이용하기를 원하는 연구자는 대기질의 측정정확도 향상을 위해 사용될(된) Buffering 영역이 분석샘플의 특성을 과도하게 편이시킬 가능성을 진지하게 검토해야 할 것이다.

즉, Buffering의 영역을 좁힐수록 사용되는 샘플에 보다 정확한 대기오염 측정치가 부여될 것이지만 분석에 사용된 샘플의 특성은 전체 샘플의 평균적인 특성과 괴리될 수 있다는 점을 명시해야 한다.

V. 결론

본 연구에서는 Buffering 방법을 중심으로 최근 국내의 대기질의 한계잠재가격을 추정하는 데 사용

된 공간내삽법들을 동일한 주택시장 데이터에 적용하여 얻어진 헤도닉 함수 추정결과를 비교하였다. 비교결과는 Anselin and Gallo(2006)의 결과와 같이 공간내삽법의 적용에 따라 동일한 변수가 통계적으로 유의하거나 유의하지 않은 경우가 발생할 수 있으며, 통계적으로 유의한 결과들 간에도 추정결과의 크기에 상당한 차이가 발생할 수 있음을 보여주고 있다.

또한 Buffering 방법의 경우 적용이 간편하여 연구자들이 손쉽게 선택할 수 있는 방법이지만 분석에 사용되는 샘플의 구성을 편이시킬 수 있어 전체 샘플을 대표하지 못하는 결론을 도출할 수 있음도 보이고 있다. 이러한 가능성은 Buffering 방법을 적용할 때 버퍼를 형성하는 구간을 협소하게 할수록 심화되므로 Buffering 방법을 적용하더라도 구간을 지나치게 협소하게 적용하지 않는 것이 바람직할 것이다.

결론적으로 이상의 논의들을 종합할 때 헤도닉 분석을 대기질 개선의 편익추정을 위해 사용하는 연구자들은 분석과정에서 헤도닉 함수의 함수형태, 변수설정, 추정방법과 함께 공간내삽법에도 상당한 주의를 기울여야 하며, 특히 Buffering 방법의 사용 시 전체 주택시장을 대표하지 못하는 결론에 도달할 수 있음에 주의해야 한다.

참고문헌

지승희·김학렬. 2006. 대기오염의 적정분석권역 설정에 관한 연구. 대한국토·도시계획학회 2006 정기학술대회 : pp1123-1131.
 최종일·심성훈. 2002. "서울시 아파트 가격에 대한 대기질의 영

향". 자원환경경제연구 제11권 2호 : pp261-341.

Anselin, Luc and Julie Le Gallo. 2006. Interpolation of Air Quality Measures in Hedonic House Price Models: Spatial Aspect. (www.sal.uiuc.edu/stuff/stuff-sum/pdf/hedonic.pdf).
 Chang, Kang-tsung. 2004. *Introduction to Geographic Information Systems*. Boston: MacGrawHill.
 Huh, Serim and Seung Jun Kwak. 1997. "The Choice of Functional Form and Variables in Hedonic Price Model in Seoul". *Urban Studies* 34(7) : pp989-998.
 Johnston, Kein et al. 2001. *Using ArcGIS Geostatistical Analyst*. Redlands, CA: ESRI.
 Kim, Chong Won, Tim T. Phipps, and Luc Anselin. 2003. "Measuring the benefits of air quality improvement: a spatial hedonic approach". *Journal of Environmental Economics and Management* 45 : pp24-39.
 White, Hal. 1980. "A Heteroskedasticity-Consistent Covariance Matrix Estimator and a Direct Test for Heteroskedasticity". *Econometrica* 48(4) : pp817-838.

- 논문 접수일 : 2006. 12. 1
- 심사 시작일 : 2006. 12. 4
- 심사 완료일 : 2007. 1. 29

ABSTRACT

