

연구노트

## GIS를 활용한 이산화탄소 농도 보간 정확도 비교평가

김준현\* · 최진호\* · 김충실\*\*

경북대학교 공간정보학과\* · 경북대학교 농업경제학과\*\*

(2010년 10월 20일 접수, 2010년 12월 9일 승인)

### Comparative Evaluation of Interpolation Accuracy for CO<sub>2</sub> Emission using GIS

Jun Hyun Kim\* · Jin Ho Choi\* · Chung Sil Kim\*\*

Department of Spatial Information Science, Kyungpook National University\*

Department of Agricultural Economics, Kyungpook National University\*\*

(Manuscript received 25 February 2010; accepted 20 April 2010)

### Abstract

As the CO<sub>2</sub> from buildings take up approximately 25% of the total CO<sub>2</sub> emission, the need for regulating and managing this emission is urgently required. Thus this study recognizes CO<sub>2</sub> emission status for diverse purposes and suggests accurate interpolation method for visualizing CO<sub>2</sub> emission as the basic data for regulating and managing CO<sub>2</sub> emission by applying IDW, Spline, and Kriging method. Results showed that Gaussian Function application among the Kriging methods had the highest accuracy in its estimations, with 3.049 with RMSE standards. This could be used as the basic data when visualizing CO<sub>2</sub> emission status, which is a necessity for many local and federal governments that are to regulate and manage CO<sub>2</sub> emission. This study shows that the interpolation is very appropriate method in recognizing CO<sub>2</sub> emission characteristics for regional climate change measures.

Keywords : CO<sub>2</sub> Emission, GIS, Interpolation Accuracy

### 1. 서론

한 국가의 에너지 소비와 온실가스 배출원은 각 지역별로 상이하기 때문에 지역의 지리적, 사회적, 경제적 여건을 고려한 기후변화대응 정책이 필요하

다(최경식, 2007). 이는 이산화탄소 저감을 위한 정책수립과 시행은 지역단위의 이산화탄소 배출 인벤토리 구축과 배출특성 분석, 그리고 감축 잠재력 등과 같은 기초정보를 바탕으로 각 지역에 적합한 대책마련의 필요함을 의미한다.

최근 연구조사 보고서에 따르면 우리나라 건물부분에서 배출되는 온실가스는 국가 전체 온실가스 배출의 약 25% 이상을 차지하고 있으며, 이는 토지이용의 효율화와 에너지 소비 욕구의 증가로 인해 더욱 증가될 것으로 예상하고 있다. 그러나 현재 건물부분의 온실가스 배출량 예측 및 분석에는 건물의 형태와 특성에 따라 이산화탄소 측정이 이루어져야 하나 각각의 개별적인 측정이 하기 어려운 간접 추계를 이용하여 온실가스의 배출특성을 파악하고 있어 많은 한계를 보이고 있다(한국건설기술연구원, 2006). 간접 추계에 따른 온실가스 추정치는 많은 국가들이 자국의 온실가스 배출량을 추정할 때 사용되고 있지만, 이는 건물의 용도별 특성을 반영하지 못하고 간접 추계의 한계로 인해 지역별 온실가스 인벤토리 구축이나 온실가스 저감을 위한 기초자료로의 활용에는 어려움이 있다(정연선, 2010; 이강희, 양재혁, 2010; 조홍래, 정종철, 1999)). 따라서 건물 부분의 온실가스 저감뿐만 아니라 국가 및 지역 전체의 온실 가스 저감을 위해서는 건물의 용도별 이산화탄소 배출의 시·공간적 분포특성의 정량적 평가와 이해가 선행되어야 한다.

그러나 현재 온실가스 배출량 산정을 위해 주로 사용되고 있는 IPCC의 Tier 1-2 방식은 구체적인 용도별 이산화탄소 배출을 측정하지 못하고 있으며, Tier 3 방식은 현장 중심의 온실가스 배출측정은 가능하나 실측 시 많은 시간적·경제적인 단점과 함께 일부 지점의 측정을 통한 단편적인 정보만을 제공하고 있어 각 개별 토지이용의 특성을 반영하는 지역적, 광역적 차원의 정보를 입수하는데 상당한 한계가 있다. 때문에 지역적 차원의 이산화탄소의 배출 특성 파악을 위해서는 모든 지점에서 필요로 하는 값을 획득하는 것이 최선의 방법이나 비용과 시간을 고려할 때 모든 지점에서 원하는 값을 얻는 것은 현실적으로 불가능한 실정이다.

즉, 건물의 용도별 이산화탄소 배출 특성을 파악하는 가장 좋은 방법은 모든 지역의 이산화탄소를 측정하는 것이나, 시간적·경제적 요인을 고려할 때 모든 지역의 데이터를 취득하는 것은 불가능한

것을 의미한다. 최근 대기 및 수질 오염농도, 기온, 강수, 바람 등의 환경 분야에서는 특정 지역을 샘플링하여 데이터를 취득하고 이를 기반으로 미 측정 지점의 데이터를 예측하는 방법인 보간법을 사용하고 있다(김은미, 1993; 윤성원, 1997; 최진무, 1998, 성동권 등, 1999; 박인선, 2003; 조홍래·정종철, 2007; 조홍래·정종철, 2009).

보간을 이용한 연구에서는 대부분 공간상에 분포하는 데이터의 연속적 특성을 반영하고 있다. 이는 건물 용도별 이산화탄소의 배출특성이 공간상에서 연속적으로 분포하는 것을 고려 해 볼 때 건물의 이산화탄소 배출량에 대한 보간법의 적용가능성을 타진할 수 있다. 하지만 보간을 적용하기 위해서는 보간 기법의 특성을 이해하고 이산화탄소의 배출에 대한 보간법의 적용 시 적합한지에 대한 분석이 필요하다. 따라서 본 논문은 온실가스 저감을 위한 토지이용별 이산화탄소 배출현황을 파악하기 위한 조사·연구의 일환으로 대구시 달서구 지역을 죽전동 일대를 건축 용도별 이산화탄소 실측데이터를 바탕으로 보간의 가능성 및 정확성을 검토하고자 한다.

## II. 연구의 방법

### 1. 이산화탄소 배출량 측정

각 건축물에서 배출되는 이산화탄소의 확인 작업은 이산화탄소 배출 저감과 관리에 있어 가장 기본적인 일이다. 현재 국제적으로 이산화탄소 측정에 관해 다양한 측정 방법들이 제시되고 있으나 구체적으로 표준화된 방법이 없어 국내의 경우 대부분 IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)가 제시하고 있는 방법을 중심으로 이산화탄소 배출량을 측정하고 있다. IPCC Guideline에 제시된 이산화탄소 배출량 측정방법은 배출원의 중요도에 따라 Key Source Category로 구분하여 Tier 1~3 제시하고 있다(IPCC, 2006).

Tier 1 방법은 기초자료가 확보하기 불가능할 때 사용하는 방법으로, 에너지 부문의 온실가스 배출계수를 산출하는 방식이다. 그러나 Tier 1방법은 국

가차원의 배출량 산정에 있어 전체적 총량을 산정에 사용되지만, 실제 이산화탄소 배출량 산정에 사용하는 것은 부적합하다.

Tier 2 방법은 에너지 사용을 기술 및 표본에 따라 구분하는 방법으로, 동질적 기술들에 대한 지식과 표본에 기초하여 측정하고 있다. Tier 3 방법은 Tier 1, 2 방법과 달리 직접적 측정방법으로 에너지 소비를 기준으로 이산화탄소배출을 산정하지 않아 가장 실제적인 이산화탄소 산정 방법이다. 따라서 IPCC에서는 주요 배출원일 경우 Tier 3의 방법론을 이용할 것으로 권고하고 있다. 또한 우리나라의 경우 IPCC의 국가 온실가스 흡수 및 배출에 관한 통계를 보고할 필요가 있는 국가이기 때문에 구체적인 Tier 3 방법의 필요성이 증가되고 있다(환경부, 2008).

이에 본 연구는 Tier 3방법을 이용하여 건축물 용도별 실내 이산화탄소를 측정하기 위해 환경부 고시 『실내공기질공정시험기준』의 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 측정법 및 다중이용시설 실내공기질 시험방법에 따라 측정지점, 측정위치, 측정기간 등의 규정을 준수하여 측정하였다. 측정 장비는 그림 1과 같은 TSI社의 Model 7535 장비를 사용하였다.

이산화탄소의 실측결과와 최대·최소·평균값·



그림 1. 이산화탄소 측정 장비(TSI-7535)

표 1. 이산화 탄소 측정 통계치 (단위 : ppm)

구 분	최 대	최 소	평 균	표준편차
샘플링	345	276	312.3	16.51
테스트	318	300	308.1	5.37

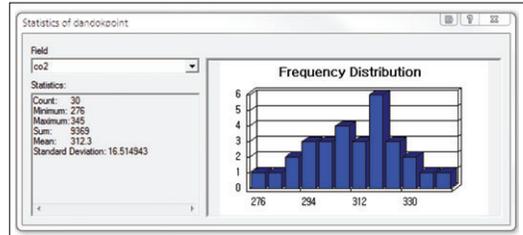


그림 2. 이산화탄소 배출 분포 특성

표준편차는 표 1과 같이 조사되었다. 샘플링 지점의 30필지의 단독주택 이산화탄소 농도 최대값은 345ppm, 최소값은 276ppm, 평균 312.3ppm, 표준편차 16.51으로 나타났고 대체로 그림 2와 같이 정규분포 패턴을 나타내고 있었다. 보간 정확도를 검증에 위해 추가 실측된 10필지의 단독주택의 이산화탄소 농도는 최대 318ppm, 최소 300ppm, 평균 308.1ppm, 표준편차 5.37으로 나타났다.

## 2. 연구 범위

본 연구의 시간적 범위는 실내 이산화탄소 농도 변화에 영향을 미칠 수 있는 냉·난방기의 사용이 적은 봄철을 기준으로 하여 2010년 4월 5일부터 동월 30일까지 각 필지별로 10분 간격으로 1회 측정하였다. 측정시간대는 『실내공기질공정시험기준』에 의거하여 13:00 ~ 18:00를 기준으로 측정하였다(환경부, 2010).

본 연구의 공간적 범위는 그림 1과 같이 상업업무와 주거기능을 동시에 충족시키며, 다양한 필지 존재하는 대구광역시 달성구 죽전동 일대를 대상으로 확인하였다. 연구지역은 총 1,542필지로 단독주택 561필지, 아파트 224필지, 상가주택 218필지, 다세대 21필지, 연립주택 4필지, 나머지 514필지는 공장, 주차장, 주요소 등의 타 지목으로 구성 되어 있다.

따라서 본 연구에서는 연구지역에서 가장 많은 분포를 보이고 있는 단독주택을 중심으로 이산화탄



그림 3. 연구지역



그림 4. 이산화탄소 측정지점

소 실측을 위한 샘플링 지점으로 설정하였으며, 샘플링을 위한 표본지점은 Quadrant 추출방법을 이용하였다. Quadrant 샘플 추출방법은 추정하고자 하는 지점을 기준으로 대상영역을 4등한 체계를 기초로, 각 면에서 동일한 샘플(전체 추출수/4)을 추출하는 방법이다. 이를 바탕으로 표본지점은 그림 2와 같이 나타나 단독주택 30지점을 추출하고, 이산화탄소 보간 결과를 검증을 위한 실측 지점은 표본지점을 제외한 곳에서 10곳을 선정하였다.

실측된 이산화탄소배출량을 바탕으로 보간을 적용하기 위해 대기환경 분야에 주로 사용되는 보간

방법인 IDW, Spline, Kriging의 보간법을 적용하여 이산화탄소 배출에 따른 보간 정확도를 비교하고, 보간법들 간의 정확도 평가를 위해 보간 적용 전 샘플링 지점을 제외한 10필지의 데이터를 추가로 실측하여 이산화탄소 배출 보간 결과의 비교를 통해 보간 정확성을 비교하였다. 보간을 적용하기 위한 프로그램으로는 ArcGIS 9.3을 이용하였고, 데이터의 정리와 통계에는 Excel 2007를 사용하였다.

### III. 보간 파라미터 선정

보간법(Interpolation)은 공간상에 이미 존재하는 각종 데이터 속성 값을 이용하여 특정 지점이나 조사되지 않은 지역의 속성 값을 추정하는 기법을 말한다. 보간법의 정확도 향상을 위해서는 적절한 함수 모형의 사용이 매우 중요한데, 이는 적절한 현상에 유사한 수학적 모형이 적용되었을 때 가장 효과적인 결과를 기대할 수 있다(Simon W. Houlding, 2000). 또한 보간의 정확도는 알려진 점들의 수, 분포 등이 역시 중요한 요인이 된다. 따라서 본 논문에서는 다음과 같이 보간 파라미터를 선정하였다.

#### 1. IDW 보간 적용

IDW 보간법에서 선택되어지는 옵션에서는 거리에 따른 가중치의 영향력을 선택하는 Optimal Power Value(이하 P값)와 관측지점의 탐색 반경과 지점수를 결정하는 Search Radius Type(variable type와 fixed type)가 있으며 관측지점의 수(Number of Point)를 결정할 수 있다. P값의 경우 값이 커질수록 예측지점과 멀리 있는 지점의 영향력은 작아지며, 반대로 이 값이 작아질수록 영향이 유사해진다(Cressie, N.A.C, 1991). 일반적으로 예측 오차가 가장 적은 P=2값을 사용하지만 본 연구

표 2. IDW 보간 적용의 파라미터

Method	Radius search type	Power value	Number of points	보간 횟수
			Minimum Number of Points	
IDW	variable	1, 2, 3	10, 12, 14	9
	fixed	1, 2, 3	5, 10, 15	9

는 분석 시 마다 P값을 달리 수행하였다. 관측지점의 수는 10, 12, 14 까지 변화하여 적용하였고, 관측지점의 탐색 반경은 샘플링 지점이 연구지역에 비교적 균등하게 분포하고 있다고 판단되어 무한대로 설정하였다. 따라서 본 연구에서 IDW 보간에 사용된 파라미터 조정은 표 2와 같이 정리 될 수 있다.

### 2. Spline 보간 적용

Spline 보간법은 Regularized Spline과 Tension Spline으로 구분된다. Spline의 선택인자에는 곡률의 최소화를 위한 가중치(Weight)와 셀의 계산과 지점간 거리 및 곡률에 영향을 주는 관측 지점의 수(Number of Point)가 있다. 본 연구에서는 Spline 보간을 위해 Regularized 및 Tension 보간을 구분하여 시행하고, 가중치는 전형적으로 대기 환경에 대한 보간 연구에 주로 사용되는 0, 1, 5, 10을 사용하였다(Puliafio et al, 2002). 관측 지점의 수는 IDW 보간법과 동일하게 적용하였다. Spline 보간 적용을 위한 파라미터는 표 3과 같다.

표 3. Spline 보간 적용의 파라미터

Method	Spline type	Weight	Number of points	보간 횟수
Spline	Regularized	0, 1, 5, 10	10, 12, 14	12
	Tension	0, 1, 5, 10	10, 12, 14	12

### 3. Kriging 보간 적용

Kriging의 적절한 보간과 정확성 향상을 위해서는 관측지점의 수 지정, 분리거리(Lag size), 분리개수, Semivariogram 함수 모델을 결정해야 한다. Semivariogram은 수학적 모델에 따라 Spherical, Circular, Exponential, Gaussian, Linear의 유형으로 나누어진다. 본 연구에서는 Kriging 보간을 위해 Spherical, Circular, Exponential, Gaussian, Linear의 유형을 구분하여 시행하고 관측지점의 수는 12개로 하였다. Kriging의 분리거리 및 분리개수는 분리거리의 범위가 존재하면 거리를 분리거리 범위를 초과하는 기지점과 미지저 간의 값을 그대로 사용하고, 거리

표 4. Kriging 보간 적용의 파라미터 값

Method	Semivariogram model	Lagsize (no.)	보간 횟수
Ordinary Kriging	Spherical	20m(30), 30m(20), 40m(15)	15
	Circular		
	Exponential		
	Gaussian		
Universal Kriging	Linear with Linear drift		6
	Linear with Quadratic drift		

가 범위내 존재하면 선택한 Semivariogram을 사용한다. 때문에 사용되는 분리거리 및 분리개수는 분리거리와 개수의 곱이 관측 점 사이에 최대 거리를 초과하지 않으면서 최대거리의 반을 초과하는 범위에서 선정해야 한다(Issaks, 1989). 본 연구에서는 분리거리와 분리개수의 곱이 연구지역의 샘플링 지점 간 최대 거리인 800m를 넘지 않으면서 이의 절반에 해당하는 400m를 초과하는 범위에서 선정하였다. 따라서 분리거리를 각각 20m, 30m, 40m를 설정하고 이에 따라 분리 개수를 20m일 경우 30개, 30m일 경우 20개, 40m일 경우 15개를 사용하였다. 이를 정리하여 Kriging 보간에 사용된 파라미터 조정은 표 4와 같이 정리 될 수 있다.

## IV. 보간 정확도 검증

각 보간 방법간 정확도를 비교하고자 IDW, Spline, Kriging 보간 기법에 각각 적용된 파라미터 값을 단독주택 필지에 따른 이산화탄소 배출 값으로 보간 한 후, 보간의 검증을 위해 추가 실측된 10개 지점의 이산화탄소 배출값을 이용하여 최대오차 및 RMSE를 산출하였다.

### 1. IDW 보간 결과

IDW 보간 적용의 표 5와 같이 P값이 2, 관측 지점을 지정한 경우가 RMSE 3.591, 최대 오차 -6로 가장 높은 값을 보였다. variable의 경우 관측 지점의 수의 선택보다는 Power Value의 변화가 더 큰 영향력을 보였다. 특히 Power Value의 값을 2로

표 5. IDW에 의한 RMSE 오차

Method			Number of points		
			10	12	14
variable	Power Value = 1	RMSE	4.743	5.167	5.118
		최대오차	7	8	8
	Power Value = 2	RMSE	3.591	3.660	3.535
		최대오차	-6	-6	-6
	Power Value = 3	RMSE	4.195	4.195	4.123
		최대오차	-9	-9	-9
Method			Minimum Number of Points		
			5	10	15
fixed	Power Value = 1	RMSE	3.361	4.604	3.549
		최대오차	6	7	-6
	Power Value = 2	RMSE	3.781	3.591	3.549
		최대오차	-6	-6	-6
	Power Value = 3	RMSE	4.230	4.195	3.911
		최대오차	-9	-9	-8

지정할 경우 가장 높게 나타날 뿐만 아니라 최대오차에서도 가장 적게 나타났다. fixed으로 반경탐색을 설정할 경우 Power Value의 변화는 variable type와 유사한 결과를 보였고, 관측 지점수 변화 결과 값에서도 역시 Power Value의 변화에 비해 큰 변화를 주지 못했다. fixed로 반경을 설정할 경우 Power Value 1, 최소 지점수의 선택에서는 5개 지점으로 지정할 때 RMSE 값이 3.361, 최대오차가 6으로 나타나 가장 높은 값을 기록하였다.

## 2. Spline 보간 결과

Spline 보간 적용의 결과는 표 6과 같이 나타났다. Spline 보간은 Tension type의 방법에 Regularized type에 비해 이산화탄소 배출에 더 효과적인 것으로 나타났다. 특히 샘플 지점수를 12, Weight 값을 10으로 한 경우 RMSE 4.827, 최대오차가 9로 나타나 가장 효과적 예측이 가능했다. Regularized type의 방법은 가중 값이 Weight 값이 점차 증가함에 따라 이산화탄소의 최상한값과 최하한 값이 같이 증가하는 것으로 나타났고, 지점수의 증가는 예상 값에 큰 영향은 없었다. Tension type 방법은 대체적으로 유사한 경향의 예상 값을 얻을 수 있었고, Weight 값의 증가는 대체적으로

표 6. Spline에 의한 RMSE 오차

Method			Number of points			
			10	12	14	
Regularized	Wegiht=0	RMSE	6.480	6.082	6.082	
		최대오차	-11	12	12	
	Wegiht=1	RMSE	11.912	11.882	11.882	
		최대오차	24	-21	-21	
	Wegiht=5	RMSE	12.255	10.616	10.616	
		최대오차	26	-19	-19	
	Wegiht=10	RMSE	11.657	9.022	9.022	
		최대오차	25	16	16	
	Tension	Wegiht=0	RMSE	5.630	7.443	7.443
			최대오차	10	12	12
Wegiht=1		RMSE	6.260	5.830	5.830	
		최대오차	-11	12	12	
Wegiht=5		RMSE	5.039	5.319	5.319	
		최대오차	9	10	10	
Wegiht=10		RMSE	5.338	4.827	4.827	
		최대오차	-9	9	9	

전체의 이산화탄소 배출 변화 오차 예상범위를 크게 변화시키지 않았다. 그러나 여타의 보간 방법에 비해 예측정확도가 낮아 결과적으로 이산화탄소의 예상 측정값의 차이가 커서 적절한 이산화탄소 배출 지도의 제작이 어려운 것으로 분석된다.

## 3. Kriging 보간 결과

Kriging 보간의 적용 결과 표 7과 같이 Ordinary Kriging의 방법 중 Gaussian, 분리 거리를 40m로 지정한 경우가 RMSE 3.049, 최대 오차 -6으로 가장 정확한 예상치를 나타낼 수 있다고 분석되었다. Ordinary Kriging이 Universal Kriging에 비해 비교적 예측 정확도가 높았으며, 특히 Ordinary Kriging의 경우 Gaussian, Spherical, Exponential, Circular, Linear의 순으로 예측 정확도가 높게 나타났다. Ordinary Kriging에서는 Circular, Linear에서는 분리거리의 선택이 매우 중요했고, Gaussian, Spherical, Exponential의 경우 대체로 Semivariance 함수모형의 선택이 분리거리 변화에 비해 예측 정확성에 크게 작용하는 것으로 분석되었다.

표 7. Kriging에 의한 RMSE 오차

Method		Lag Size(Lag Number)			
		20m(30)	30m(20)	40m(15)	
Ordinary	Spherical	RMSE	3.660	3.660	3.301
		최대오차	-6	-6	-6
	Circular	RMSE	3.521	8.438	4.460
		최대오차	-6	13	8
	Exponential	RMSE	3.807	3.714	3.949
		최대오차	-6	-6	-6
	Gaussian	RMSE	3.701	3.728	3.049
		최대오차	-6	-6	-6
	Linear	RMSE	4.012	8.438	8.300
		최대오차	7	13	13
Universal	Linear with Linear drift	RMSE	5.941	5.941	5.941
		최대오차	9	9	9
	Linear with Quadratic drift	RMSE	7.968	7.968	6.188
		최대오차	16	16	9

#### 4. 이산화탄소 지도 제작

각 보간 방법별 가장 높은 예측 정도를 나타낸 것은 Kriging기법으로 RMSE 3.049으로 나타났고,

다음으로 IDW, Spline순으로 예측 정확 값을 추정할 수 있었다. 이를 바탕으로 각 보간 방법별 가장 정확한 예측 결과를 지도로 표현하면 그림 5, 6, 7과 같다. 보간 방법 결과를 살펴보면 전체적으로 지적도 상 도로를 중심으로 높은 이산화탄소 배출량이 예측 되고 도로에서 벗어나면서 단독주택이 밀집 지역을 바탕으로 점차 낮아지게 나타나 주택에 배출량되는 이산화탄소의 배출은 대체로 도로를 중심으로 높게 분포하는 공간특성을 파악할 수 있다.

각 보간 방법별 이산화탄소의 최대, 최소 예상치를 비교하면 표 8과 같이 최대·최소 모두 Spline 보간 방법이 가장 높거나 적게 나타났다. 그러나 Spline 보간은 표준편차에 21.93으로 나타나 다소 편향된 예측 값을 나타냈다.

따라서, RMSE와 각 보간 방법간 이산화탄소 최대, 최소 예상치를 분석 해 볼때 Kriging 기법이 타 보간 방법에 비해 예측 결과를 가장 정확히 분석할 수 있을 것으로 예상할 수 있다. 그러나 최대오차의 기준으로 볼 때 IDW와 Kriging 모두 크게 차이를

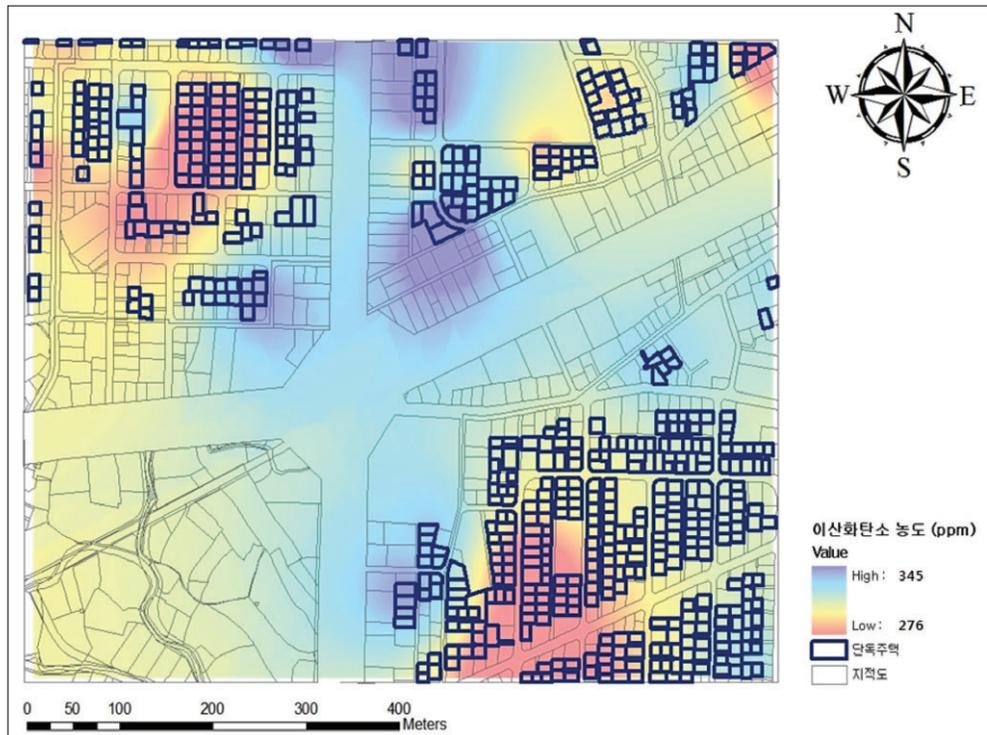


그림 5. IDW 보간을 이용한 이산화탄소 배출 지도

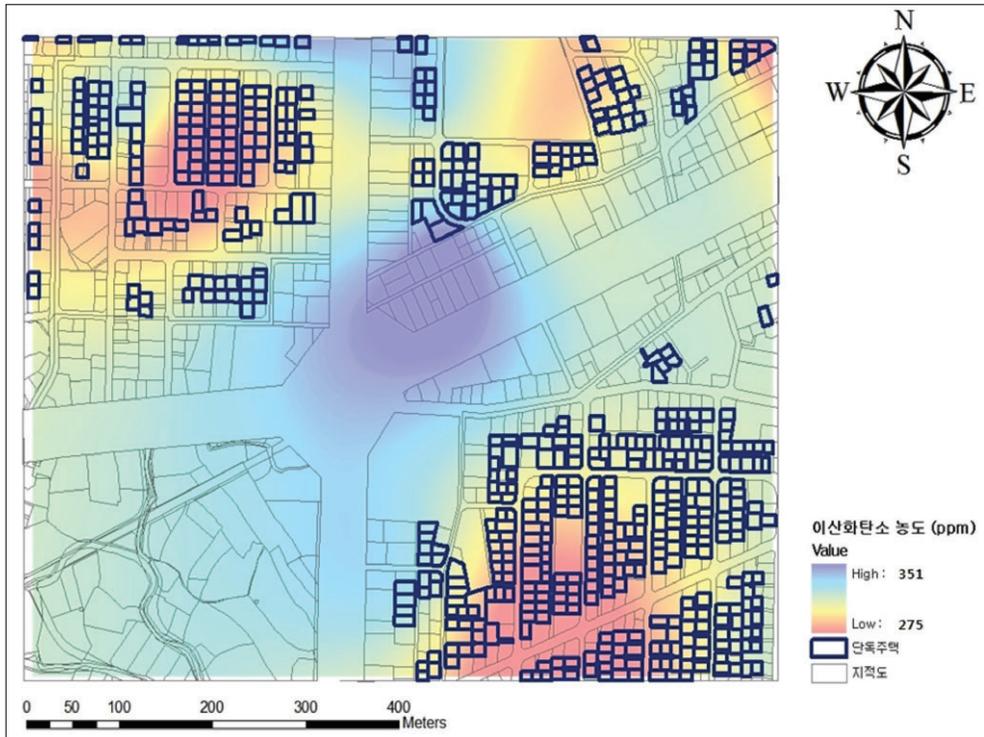


그림 6. Spline 보간을 이용한 이산화탄소 배출 지도

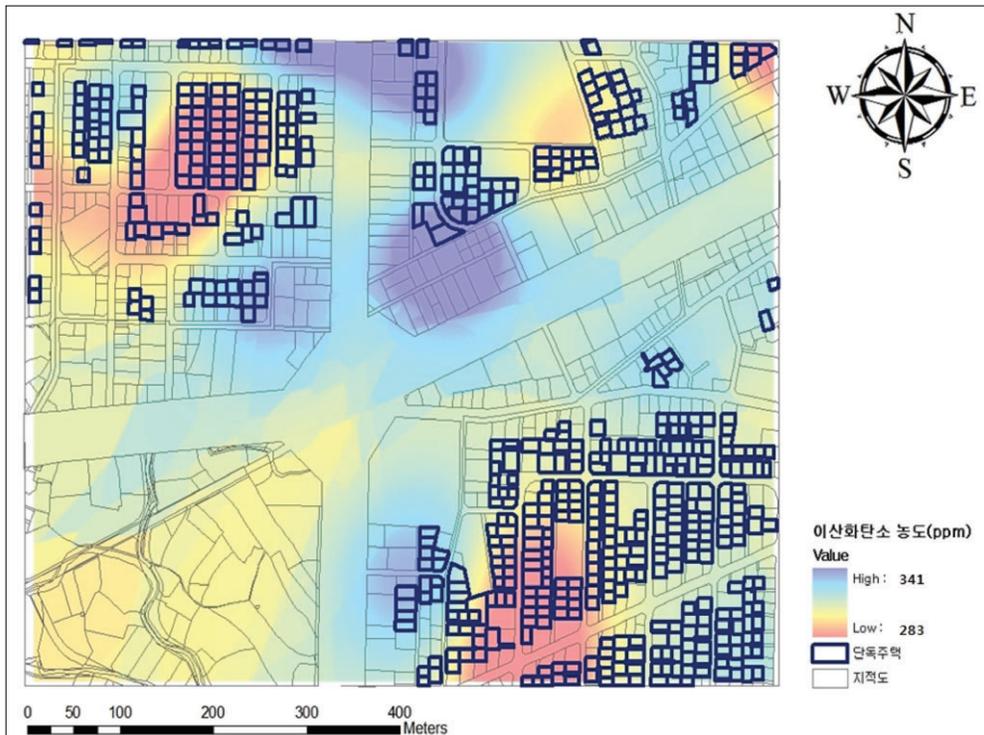


그림 7. Spline 보간을 이용한 이산화탄소 배출 지도

표 8. 공간 방법별 이산화탄소 예상 (단위: ppm)

구분	최대	최소	평균	표준 편차
IDW	345	276	310	19.91
Spline	351	275	312.5	21.93
Kriging	341	283	311.5	17.31

보이고 있고, 이는 각 주택 별 생활패턴이나 에너지 사용, 상주인구에 따라 달라 질 수 있으므로 이산화탄소의 측정에 있어 좀 더 다양한 유형별 측정을 통해 충분한 수의 데이터와 샘플지점을 파악해야 할 것으로 판단된다. 종합적으로 평가해 볼 때 각 이산화탄소의 시각화를 위한 보간 적용에 있어 Kriging 보간 방법이 가장 우수한 보간 결과 값을 보여주고 있어 이산화탄소의 배출의 공간적 분포 특성을 파악하는데 가장 유효할 것으로 판단된다.

## V. 결론

본 연구에서는 기후변화대응과 온실가스 저감의 일환으로 이루어지고 있는 토지이용별 이산화탄소 배출현황을 파악하기 위해 대구시 달서구 죽전동 일대의 건축 용도별 이산화탄소 실측데이터를 바탕으로 이산화탄소 데이터의 시각화를 위한 보간 가능성 및 정확성을 검토하고자 하였다. 이를 위해 연구지역 30필지의 단독주택 의 이산화탄소를 실측하였으며, 10필지의 이산화탄소 배출량을 추가 실측하여 보간 방법간 정확성을 비교·분석 하였다.

건물에서의 이산화탄소 배출량을 분석하기 위하여 여러 가지 보간 방법 중 대기환경분야에 주로 사용되는 보간 방법인 IDW, Spine, Kriging 보간 방법을 사용하였다. 먼저 IDW의 보간방법의 경우 Variable Type과 Fixed Type 모두 관측지점의 수 보다는 가중치 영향력을 나타내는 Power Value의 선택이 예측 정확도를 높일 수 있는 것으로 분석되었다. Spline 보간방법의 경우 여타의 보간 방법에 비해 예측 정확도가 현저히 떨어졌으며, IDW 보간 방법과 유사하게 관측지점의 수 조절보다는 Weight의 파라미터 설정이 예측 정확도를 높일 수 있었다. 그러나 Spline 보간의 경우 예상 값의 차이

가 커 이산화탄소 배출 지도 제작에 적용될 수 없을 것으로 판단되었다.

Kriging 보간의 경우 Ordinary Kriging이 Universal Kriging 방법에 비해 높은 예측 정확도를 보였으며, Ordinary Kriging 방법의 경우 Gaussian, Spherical, Exponential 함수의 순으로 높은 정확도를 보였다. 특히 Guasian 함수의 작용이 RMSE 기준으로 3.049으로 나타나 가장 높은 예측 정확도를 보이는 것을 확인할 수 있어 이산화탄소의 시각화를 위한 보간적용에 있어 Kriging 보간 방법이 가장 우수한 것으로 판단할 수 있었다.

각 이산화탄소의 배출결과를 보간 한 결과는 IDW, Spline, Kriging 모두 차량의 통행이 많은 도로를 중심으로 높은 배출량을 보였으며, 도로에서 멀어지고 주택이 밀집한 지역에서 적은 이산화탄소 배출량을 보이고 있어 보간방법을 통해 이산화탄소 배출에 대한 공간추정이 가능할 것이라고 분석되었다. 그러나 각 보간 방법별로 최대오차와 예상 측정값의 편차가 커 좀 더 많은 지점의 샘플링 지점의 검사와 함께 좀 더 다양한 지역의 연구가 선행되어야 할 것으로 판단된다. 특히 이산화탄소의 경우 지리적 위치, 주변 식생, 도로 환경등 이산화탄소 배출농도에 영향을 주는 요인이 다양하기 때문에 이에 대한 구체적 연구가 진행되어야 차후 국내의 각 지역에 대한 이산화탄소 농도 현황을 정량화하고 이산화탄소 배출량 분석 분야에서의 GIS 적용을 효과적으로 이용할 수 있을 것이다.

## 사 사

본 연구는 2010년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다(20094010200010).

## 참고문헌

김은미, 1993, 환경정보시스템 구축을 위한 GIS활용에 관한 연구, 연세대학교 산업대학원 석

- 사학위 논문.
- 박인선, 2003, GIS를 이용한 환경소음지도 개발 연구, 연세대학교 석사학위논문.
- 서성원, 황용우, 1999, 주거용 건물의 에너지소비에 의한 이산화탄소 배출특성, 대한환경공학회, 21(2), 213-223.
- 성동권, 김태승, 정일록, 김태근, 조기성, 1999, GIS환경에서 Kriging보간법을 이용한 이동오염원 배출량산정에 관한 연구, 한국측량학회, 17(3), 273-282.
- 윤성원, 1997, GIS와 Interpolation 기법의 대기환경분야 적용에 관한 연구, 한양대학교 환경대학원 석사학위 논문.
- 이강희, 양재혁, 2010, 한옥과 단독주택 및 아파트의 이산화탄소 배출량 비교연구, 대한건축학회지 연합회, 12(1), 151-160.
- 정영선, 2010, 주거건물의 전과정에 따른 이산화탄소 배출량 예측모델에 관한 연구, 서울시립대학교 박사학위 논문.
- 조흥래, 정종철, 2006, GIS를 이용한 연안수질의 시공간적 분포 특성에 대한 연구, 한국GIS학회, 14(2), 223-234.
- 조흥래, 정종철, 2009, 공간보간기법에 의한 서울시 미세먼지(PM10)의 분포 분석, 한국환경영향평가학회, 18(1), 31-39.
- 최경식, 2007, 기후변화 대응을 위한 지방자치단체의 단체 교토 메커니즘 활용방안, 경기논단, 9(4), 49-71.
- 최진무, 1998, GIS를 이용한 대기오염 배출량 분포도의 정확도 향상에 관한 연구, 서울대학교 대학원 석사학위논문.
- 한국건설기술연구원, 2006. 건설부문 온실가스 배출 분석 연구, 건설교통부.
- 환경부, 2008, 환경부분 온실가스 배출량 Inventory 작성 및 배출계수 개발, 환경부.
- 환경부, 2010, 실내 공기질 공정 시험기준, 환경부 고시 제2010-24호, 환경부.
- Cressie, N., 1991, *Statistics for Spatial Data*, John Wiley & Sons, 900.
- IPCC, 2006, *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, IPCC.
- Issaks, E. H. and Srivastava, R. M., 1989, *An Introduction to applied Geostatistics*, Cambridge University Press, Cambridge, 409.
- Puliafito E., Guevara M., and Puliafito C., 2003, Characterization of urban air quality using GIS as a management system, *Environmental Pollution*, 122(1), 105-117.
- Simon W. H., 2000, *Practical Geostatistics : Modeling and Spatial Analysis*, Springer, 52-56.