

2017 서울연구논문 공모전 (일반부분, 지정주제)

---

# 미세먼지에 의한 대기질 악화가 서울시 상권 매출액에 미치는 영향 분석

이민주 | 서울시립대 도시행정학과 박사수료  
김규환 | 서울시립대 도시행정학과 박사과정

# 목 차



01 | 서론

02 | 이론적 논의 및 선행연구 검토

03 | 서울시 미세먼지 농도 및 매출액 현황

04 | 모형 및 변수 선정

05 | 분석결과

06 | 결론

# 1) 연구배경 및 목적

## ● 미세먼지에 의한 피해가 심각해지며 그 피해 정도를 파악할 필요성 증대

- 최근 미세먼지 피해가 점차 심각해짐
- 환경개선을 위한 의사결정을 위해 피해정도를 파악할 필요성 증대

## ● 미세먼지에 의한 대기질 악화가 서울시 상권 매출액에 미치는 영향 분석

- 대기질 악화
  - 시민들의 야외활동 감소
  - 소비 및 상권 매출액 감소
  - 경제적 피해 발생
- 상권매출액은 대기질 악화에 의한 시민들의 소비행태가 즉각적으로 반영

미세먼지에 의한 대기질 악화



그림출처: [http://www.huffingtonpost.kr/dukhee-lee/story\\_b\\_9792072.html](http://www.huffingtonpost.kr/dukhee-lee/story_b_9792072.html)



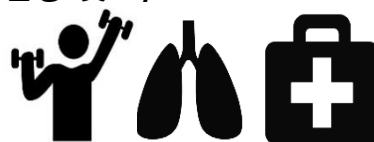
일상생활



산업활동



건강 및 의료



소비



# 1) 환경의 질의 경제적 가치

## ● 환경의 질의 경제적 가치

- 대기질, 수질 등 환경에 대해 그 가치를 인식하고 중요하게 여기지만, 시장에서 거래되지 않으므로 그 경제적 가치를 알기 어려움
- 환경의 질의 경제적 가치를 파악하는 것은 환경 개선에 대한 의사결정에 필요함

## ● 환경재 가치 측정방법



### 조건부가치추정법(contingent valuation method: CVM)

“소비자 설문을 통해 비시장재화에 대한 지불의사액을 묻고 가치 추정”  
→ “대기질이 개선된다고 할 때 얼마를 지불하실 수 있습니까?”

### 속성가격기법(Hedonic Price Technique)

“시장재화 가격에 반영된 비시장재화의 가치를 조사하여 간접적 확인”  
→ 주택가격에 반영된 환경의 질(비시장재 가치의 자본화)



## 2) 대기질 악화에 따른 경제적 영향 추정 선행연구

### ● 대기질 악화에 따른 경제적 피해 추정 연구

- 조건부가치추정법(CVM) 및 주택가격 추정(HPM)을 통해 **대기질 악화가 경제적 피해를 발생시킨다**는 결과  
(김종원, 1997; 이윤정, 2011; 김재홍, 1996; 임영식·전영섭, 1993; 김강수, 2002; Lu, X., et al., 2016)
- 대기오염물질 중 일부만을 고려, 미세먼지는 대부분 고려되지 않음
- 대부분 특정 시점을 대상으로 분석대상 주택과 가장 인접한 대기오염 측정 지점값을 활용하거나 오염원으로부터의 거리 등을 활용

### ● 이에 본 연구는...

- **시간의 흐름에 따른 동태적 피해 추정**  
: ‘13~‘15년 월간 패널자료 구축(36개월). 계절 등에 민감한 변수 특성 반영
- **대기질 악화에 따른 소비자 행태가 민감하게 반영되는 ‘상권 매출액’을 활용**  
: 상권 매출액을 종속변수 활용. 상권이라는 공간단위 측정 및 자료구득을 고려해 ‘행정동’ 단위 추정
- **공간내삽법을 활용하여 행정동별 대기오염물질 대푯값을 산출**  
: Arcgis의 공간내삽법(Interpolation) 중 IDW(Inverse distance weighting) 기법을 활용

# 1) 서울시 미세먼지 농도 현황

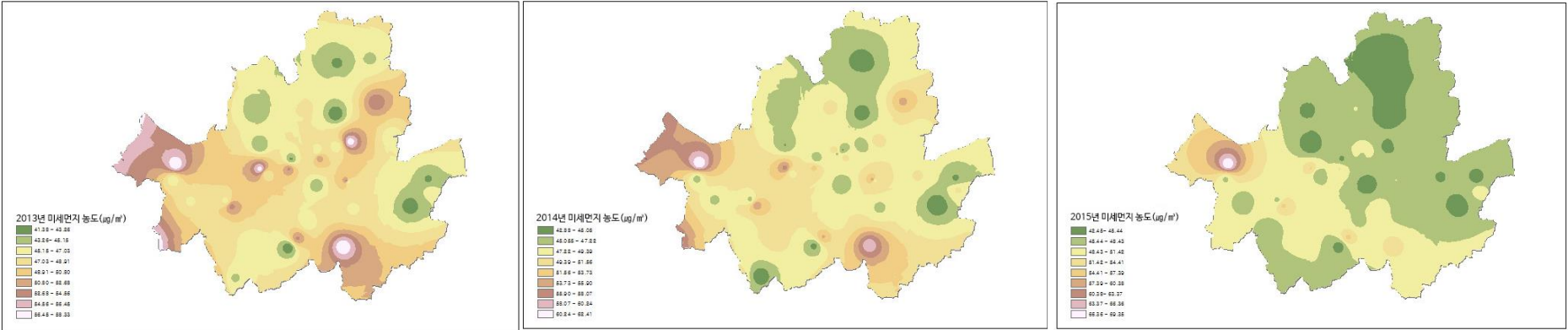
## ● 서울시 미세먼지 농도 현황 (2013년~2015년)

- 미세먼지 농도는 시기적으로 1~5월에 극심한 것으로 나타남
- 36개월 중 2015년 3월에 가장 높은 수치 ( $78.20\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
- 오존농도를 제외한 기타 대기오염물질농도 역시 연중 1~5월에 가장 높음

<서울시 월별 미세먼지 농도 현황(2013~2015) : 월별 일평균 수치> (단위 :  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

연월	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균
2013	67.16	48.9	58.63	56.21	59.16	44.19	37.80	37.65	37.42	32.74	43.45	56.03	48.28
2014	59.46	60.62	62.47	61.56	64.12	47.60	41.11	34.94	31.58	34.26	43.20	47.71	49.05
2015	49.76	72.02	78.20	59.06	46.65	41.31	34.62	32.91	32.32	36.52	40.74	41.31	47.12

<서울시 연도별 미세먼지 농도 현황(2013~2015) : 일평균 수치>



출처: 서울시 빅데이터캠퍼스 (대기환경정보 자료를 Arcgis의 공간내삽법 중 IDW기법을 활용하여 가공)

## 2) 서울시 상권 매출액 현황

### ● 서울시 상권 매출액 현황 (2013년~2015년)

- 3년간 연중 12월의 일일 매출액이 가장 높은 것으로 나타남
- ‘13~’15년 평균 매출액은 증가함
- 36개월 중 2015년 12월에 가장 높은 매출액을 보임 (387.96억원)

### ● 서울시 상권 매출액이 높은 시기 vs 미세먼지 농도가 높은 시기 비교

- 1년 중 미세먼지에 의한 대기질악화가 극심한 시기(1~5월)와 매출액이 높은 시기(12월)는 일치하지 않는 것으로 나타남

\* 매출액은 계절, 휴일 등의 영향을 받으므로 동일한 월의 일별 미세먼지 농도 및 매출액의 비교가 필요함

<서울시 월별 일일 매출액 (2013~2015) : 월별 일평균 매출액> (단위 : 억원)

연월	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균
2013	297.19	295.27	285.43	275.07	303.37	284.83	291.74	286.40	298.08	317.36	315.26	321.32	297.61
2014	302.44	315.86	338.38	315.60	347.50	308.05	322.83	312.06	300.91	314.45	320.55	349.66	320.69
2015	320.14	320.99	353.38	328.25	353.81	315.82	364.29	334.79	368.17	348.11	355.46	387.96	345.93

출처: 서울시 빅데이터캠퍼스(추정매출액(블록단위) 자료 가공)

# 1) 연구의 범위 및 분석방법

## ● 공간적 범위

- 서울시 행정동(총 424개) 중 결측치를 제외한 414개 동

## ● 시간적 범위

- 2013년 1월 ~ 2015년 12월 (36개월)
- 매출액 및 미세먼지 변수가 계절 등의 영향을 받기 때문에 이를 반영하고자 함

## ● 패널분석 : 확률효과모형 활용(random effects)

- 패널개체의 특성 오차항을 확률변수로 가정하는 확률효과 모형을 활용함
- 상호작용(연도더미 \*  $pm10$ ) 미포함 :  $y_{it} = \beta_0 + x_{it}\beta + u_i + \epsilon_{it}$
- 상호작용(연도더미 \*  $pm10$ ) 포함 :  $y_{it} = \beta_0 + x_{it}\beta + \gamma_1 p \cdot t_1 + \gamma_2 p \cdot t_2 + u_i + \epsilon_{it}$

$y_{it}$ : 매출액(월별 일평균 매출액)

$x_{it}$ : 설명변수 벡터

$p$ :  $pm10$

$t_1$ : 2014년 더미

$t_2$ : 2015년 더미

$\epsilon_{it}$ : iid normal 오차항



## 2) 변수설정

- **종속변수 및 독립변수**
  - 종속변수 : 행정동별 매출액(로그)
  - 독립변수 : 미세먼지를 비롯한 대기오염물질, 지역변수, 기상조건, 계절, 연도 등
- **미세먼지\*연도의 상호작용항**
  - 대기질 악화가 지역매출액에 미치는 효과에 대한 시간의 흐름에 따른 동태적 효과 확인을 위함
- **자료구득 및 가공**
  - 서울시, 통계청 등으로부터 구득하여 월별 데이터로 가공함

구분	변수명			정의 및 산출방법		자료 출처	
종속 변수	매출액			월별 일평균 매출액(자연로그) :ln(지역별 월매출액 합계 / 월별 일 수)		서울시 (서울 빅데이터 캠퍼스)	
독립 변수	지역환경	교통 인프라	버스 정류장	행정동 별 버스 정류장의 개수		통계청	
			지하철 역	행정동 별 지하철 역의 개수			
		산업 집적도	음식 및 숙박업 집적도	$\frac{A\text{지역}i\text{산업사업체수}/A\text{지역전산업사업체수}}{\text{전국}i\text{산업사업체수}/\text{전국전산업사업체수}}$			
			제조업 집적도				
		인구		행정동별 주민등록인구 수			
		지가(주거용)		개별공시지가에서 토지용상환이 '주거용'인 토지가격의 평균(자연로그)			서울시
		녹지대 면적		행정동별 녹지대 면적 (서울시 녹지대 위치정보 가공)			서울시 공간데이터 웨어하우스
	기상 조건	강수량		월별 일평균 강수량(mm)	관측지점에 서 측정한 관측치를 내삽기법을 활용하여 행정동별 대푯값을 산출	서울시	
		풍량		월별 일평균 풍량(m/s)			
	대기 오염	미세먼지(pm10)		월별 일평균 농도 :미세먼지(μg/m³) 기타물질(ppm)			
		오존(O3)					
		아황산가스(SO2)					
		일산화탄소(CO)					
이산화질소(NO2)							
계절			0= 봄(3,4,5월) , 1= 여름(6,7,8월) 2= 가을(9,10,11월),3= 겨울(12,1,2월)		-		
연도			0=2013, 1=-2014년, 2=2015년		-		
미세먼지(pm10)*연도			미세먼지()과 연도의 상호작용항		-		

### 3) 기초통계

Variable		Mean	Std.Dev.	Min	Max	Ob
매출액	overall	17.77872	.767108	14.25755	21.68921	N=11172 n=414 t=26.9855
	between		.7203197	14.94101	20.09282	
	within		.3153416	16.51119	21.19978	
미세먼지	overall	48.717	12.78027	26.0259	101.814	
	between		.8785465	46.67703	51.91831	
	within		12.7551	25.70335	100.7603	
오존	overall	.0205432	.0085232	.0055	.0493	
	between		.0007895	.0187083	.023	
	within		.0084896	.0046098	.0474723	
아황산가스	overall	.0056404	.0012797	.0009	.0104	
	between		.0002663	.005075	.0063583	
	within		.0012545	.0005654	.0104765	
일산화탄소	overall	.5808756	.1379799	.0842	1.2093	
	between		.0153258	.5322333	.6290333	
	within		.1372555	.1012131	1.169521	
이산화질소	overall	.0373882	.0092998	.0038	.0711	
	between		.0011258	.0306917	.044225	
	within		.0092451	.0029882	.0711257	
강수량	overall	2.925103	3.969308	.1488	25.5236	
	between		.309432	2.010942	4.190225	
	within		3.961492	-8.278215	25.51544	
풍량	overall	2.078719	.8423133	.3163	5.6172	
	between		.3650498	1.509317	3.729533	
	within		.7623638	-.1561223	5.30475	

Variable		Mean	Std.Dev.	Min	Max	Ob
버스정류장	overall	78.25564	49.948	6	343	N=11172 n=414 t=26.9855
	between		550.05758	6	343	
	within		0	78.25564	78.25564	
지하철역	overall	.6638024	.8657665	0	7	
	between		.8843244	0	7	
	within		0	.6638024	.6638024	
음식 및 숙박업 집적도	overall	.7484511	.4090648	.0463	2.2623	
	between		.3071802	.1161	2.2181	
	within		.2717431	-.4563489	1.405701	
제조업 집적도	overall	.5036981	.5539504	.0022	4.232	
	between		.4621142	.02765	3.70905	
	within		.3153449	-1.487035	2.398148	
인구	overall	23777.96	9177.012	1699	57453	
	between		9083.066	3124.583	56626.17	
	within		673.2335	14068.67	38737.75	
지가 (주거용)	overall	10.22914	1.015232	4.392695	14.77102	
	between		.9487468	4.392695	12.7852	
	within		.4148007	7.112789	12.78478	
녹지대면적	overall	10.22914	1.015232	4.392695	14.77102	
	between		.9487468	4.392695	12.7852	
	within		.4148007	7.112789	12.78478	

# 1) 상관관계 분석

	매출액	미세먼지	아황산 가스	일산화 탄소	오존	이산화 질소	인구	버스 정류장	지하철역	음식 및 숙박업 집중도	제조업 집중도	녹지대 면적	지가 (주거용)	강수량	풍량
매출액	1														
미세먼지	-0.0112 0.2367	1													
아황산가스	0.0083 0.3814	0.7377 0***	1												
일산화탄소	-0.0176 0.0622*	0.5914 0***	0.6817 0***	1											
오존	0.0071 0.4516	-0.1176 0***	-0.3058 0***	-0.6902 0***	1										
이산화질소	-0.0179 0.0590*	0.5340 0***	0.4756 0***	0.5393 0***	-0.3644 0***	1									
인구	0.2385 0***	-0.0054 0.5685	-0.0141 0.1354	-0.0133 0.1589	-0.0097 0.3053	0.0164 0.0830*	1								
버스정류장	0.4214 0***	-0.0075 0.4285	-0.0055 0.5639	-0.0159 0.0931*	0.0085 0.3688	-0.0067 0.4802	0.2679 0***	1							
지하철역	0.2868 0***	0.0004 0.9664	0.0187 0.0479	0.0029 0.7577	0.0059 0.5298	-0.0026 0.7841	0.0792 0***	0.3177 0***	1						
음식 및 숙박업 집중도	0.2029 0***	-0.0064 0.4989	-0.0284 0.0026***	-0.0308 0.0011***	-0.0035 0.7094	0.1933 0***	0.0099 0.2946	0.1296 0***	0.0136 0.1499	1					
제조업 집중도	0.0221 0.0197*	-0.0038 0.6891	-0.0354 0.0002***	-0.0113 0.2338	-0.0029 0.7623	0.1268 0***	-0.0704 0***	-0.0272 0.0040	0.0054 0.5683	0.1169 0***	1				
녹지대면적	0.0770 0***	0.0022 0.8150	0.0189 0.0454**	0.0021 0.8260	0.0083 0.799	0.0025 0.7882	0.0543 0***	0.1552 0***	0.0934 0***	0.0202 0.0332**	-0.0387 0***	1			
지가(주거용)	0.0974 0***	0.0061 0.5201	0.0116 0.2204	0.0138 0.1447	0.0122 0.1983	-0.0153 0.1059	-0.3667 0***	0.0869 0***	0.1665 0***	0.0310 0.0011***	0.0604 0***	-0.0273 0.0039***	1		
강수량	-0.0079 0.4059	-0.3970 0***	-0.4623 0***	-0.4161 0***	0.2405 0***	-0.3955 0***	0.0093 0.3237	0.0035 0.7111	-0.0034 0.7225	0.0632 0***	0.0401 0***	0.0056 0.5533	-0.0144 0.1279	1	
풍량	0.0086 0.3642	0.1020 0***	0.0636 0***	-0.0160 0.0916*	0.1238 0***	-0.2239 0***	-0.0935 0***	-0.0362 0.0001***	0.0001 0.9880	-0.5940 0***	-0.3157 0***	-0.1031 0***	0.1024 0***	-0.0328 0.0005***	1

주: \*\*\*:p<0.01, \*\*:p<0.05, \*:p<0.10

## 2) 패널모형 분석결과

### 모형 1

- 인구, 교통인프라, 풍량은 매출액에 긍정적인(+) 효과
- 대기오염물질(PM10, O3, CO), 제조업집중도, 강수량, 계절(봄을 기준으로 가을, 겨울)은 매출액에 부정적인(-) 효과

### 모형 2

- 인구, 교통인프라, 음식및숙박업집중도, 연도는 매출액에 긍정적인(+) 효과
- 대기오염물질(O3), 계절(봄을 기준으로 여름, 가을, 겨울), pm10\*연도의 상호작용항은 매출액에 부정적인(-) 효과

변수		모형1		모형2	
		Coef.	Std. Err.	Coef.	Std. Err
인구		0.0000147***	2.63e-06	0.000169***	2.61e-06
버스정류장		0.0051589***	0.0005998	0.0049391***	0.0005883
지하철역		0.1502314***	0.0326824	0.1504521***	0.0322774
PM10(미세먼지)		-0.0010641*	0.0005445	-0.000298	0.0008297
SO2(아황산가스)		-4.448218	4.577833	-6.555029	4.689888
CO(일산화탄소)		-0.089364*	0.0502665	-0.0773293	0.0521013
O3(오존)		-1.950292***	0.7121268	-2.196392***	0.753379
No2(이산화질소)		-0.2865307	0.4902196		
강수량		-0.0033752***	0.000982	-0.0004321	0.0009833
풍량		0.0236978***	0.0073832	-0.0052047	0.0087172
음식 및 숙박업 집중도		-0.0287165	0.0195485	0.1131294***	0.0279935
제조업 집중도		-0.0249433*	0.0127814	0.0207639	0.014042
녹지대면적		-4.15E-08	2.22e-07		
지가(주거용)		0.0027789	0.0071368	-0.0045351	0.0071042
계절	여름	-0.0180551	0.012462	-0.0300665**	0.0128007
	가을	-0.0333112**	0.0145752	-0.0434376***	0.0146066
	겨울	-0.0353605**	0.0149085	-0.0500593***	0.0145772
연도	2014			0.1000669***	0.0302214
	2015			0.3140596***	0.048216
Pm10* 연도	2014			-0.0004754	0.0006065
	2015			-0.0012206*	0.0007404
Constant		17.09034***	0.1156451	16.9465***	0.1155924
Observations		11172			
Groups		414			
Time Periods		36			
Wald chi2 (F-value)		342.44		523.98	
P>Chi2(p>F)		0		0	

주: \*\*\*p<0.01, \*\*p<0.05, \*p<0.1,

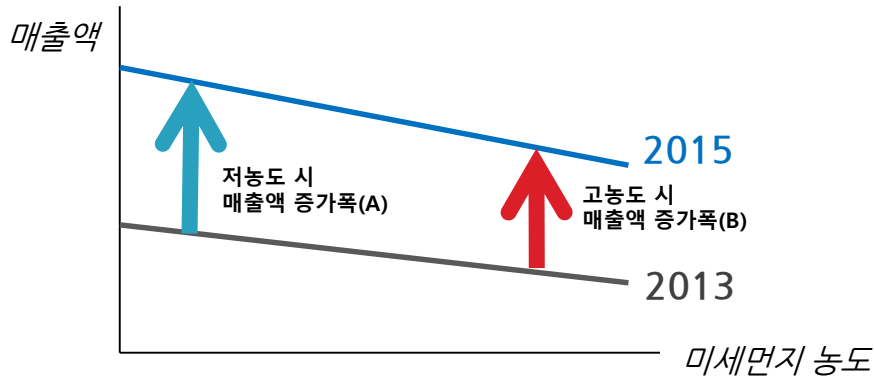
## 2) 패널모형 분석결과

### ● 대기오염물질이 매출액에 미치는 영향 (모형 1)

- 미세먼지(PM10)농도가  $1\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ 가 증가할 때 지역매출액은 약 0.1% 감소
- 미세먼지(PM10)농도가 평균수준( $48.2\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ )에서 최고 기록 수준( $78.2\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ )으로 증가하면 지역매출액은 약 3%의 감소 효과
- O<sub>3</sub>, CO 농도가 평균수준에서 최고 기록 수준(O<sub>3</sub> 0.01ppm, CO 0.3ppm ↑)으로 증가하면 매출액은 각각 약 1.95%, 약 2.67% 감소

### ● 시간의 흐름에 따른 대기오염물질에 의한 매출액 피해 (모형 2)

- 2013년에 비해 2014, 2015년의 상권매출액은 증가
- 미세먼지농도에 의한 상권매출액은 감소
- 미세먼지\*연도 상호작용항 : 미세먼지가 고농도일 때 매출액의 증가폭의 감소효과 확인



# 1) 결론

## ○ 미세먼지에 의한 대기질악화가 발생시키는 경제적 피해 확인

- 미세먼지농도가 평균수준에서 최고 수준으로 증가 시 매출액의 약 3% 감소
- 미세먼지 이외의 대기오염물질(오존, 일산화탄소)에 의한 매출액 감소 효과도 확인

## ○ 시간의 흐름에 따른 미세먼지에 의한 경제적 피해 확인

- 시간의 흐름에 따라 지역의 매출액은 증가하나, 미세먼지의 영향으로 매출액의 증가정도(증가폭)의 감소하는 효과 확인
- 시간의 흐름에 따라 점차 대기질 악화에 대한 시민들의 관심이 증가하여 야외활동 및 소비액 감소에 영향을 준 것으로 유추

## ○ 정책적 시사점

- 미세먼지에 의한 대기질 악화의 피해 정도를 수치화하여 제시함
- 서울시민들이 도시에서의 건강한 삶을 지속할 수 있도록 하는 서울시 대기환경 관리 정책 필요성을 확인함

## ○ 연구의 한계

- 대기오염지도를 활용한 분석 고려
- 공간패널모형활용 분석 고려 (∵ 매출액, 대기오염물질 등 공간적 자기상관이 큰 변수)

**감사합니다**