

제2회 Brown Bag Seminar

【주제: 헤도닉 가격 모형의 이해 및 활용】

일 시: 2016-02-24

발제자: LIMAC 수석연구원 함윤주

The Valuation of Landfill Disamenities in Birmingham

1. 헤도닉 가격 모형(Hedonic Pricing Method)

- 1) 추정모형과 분석방법**
- 2) 문제점 및 해결방안**

2. 적용 사례- The Valuation of Landfill Disamenities in Birmingham

- 1) 연구 배경 및 필요성**
- 2) 자료 및 모형**
- 3) 결론 및 시사점**

1. 헤도닉 가격 모형

- 1) 추정방법 및 분석방법
- 2) 문제점 및 해결방안

헤도닉가격모형의 개념 및 활용

- Rosen(1974)이 이론적 모형 제시

- 다양한 속성들로 이루어진 재화에 적용되어 각 속성의 경제적 가치를 측정
예) 농산물, 자동차, 와인 등에 적용

- 주택은 여러 특성들로 구성되는 복합재(complex good)

- Hedonic Price Function: 주택가격(P)은 고유의 효용을 가진 각 특성의 결합에 의해 결정

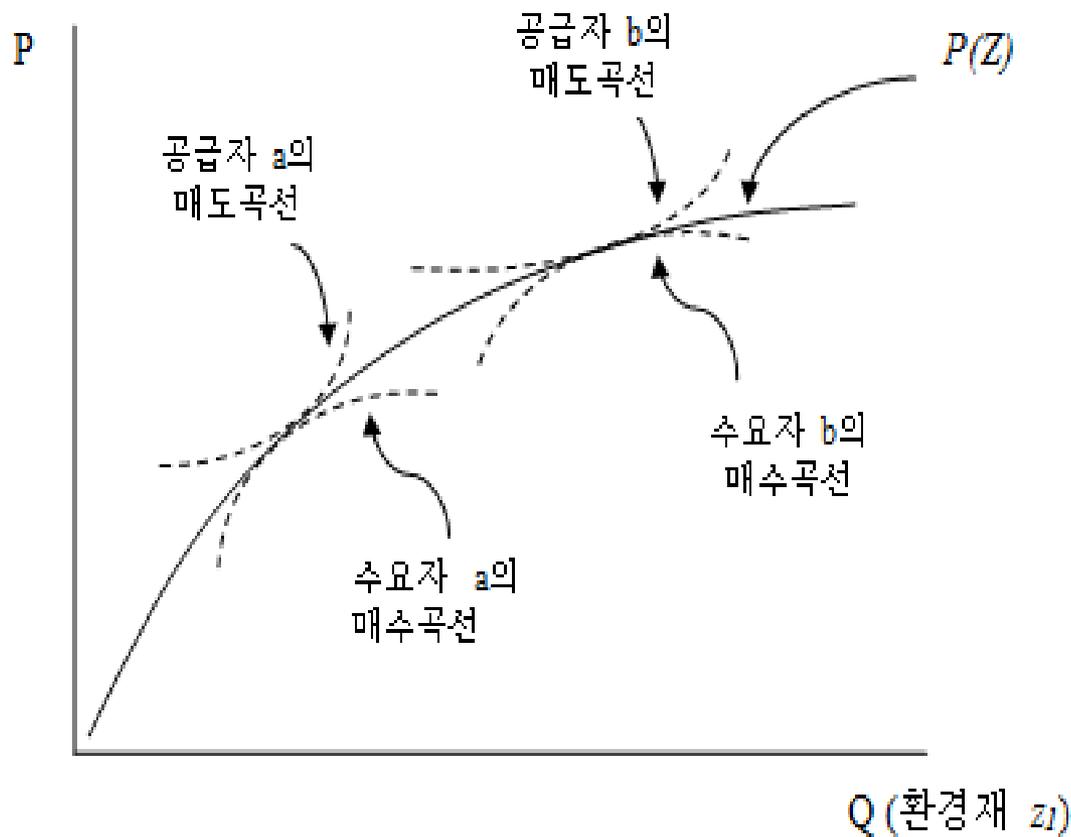
$$P = P(Z) \quad \text{where} \quad Z = (z_1, z_2, \dots, z_j)$$

z_j 는 주택의 개별 특성으로 구조적, 환경적 특성 등을 포함

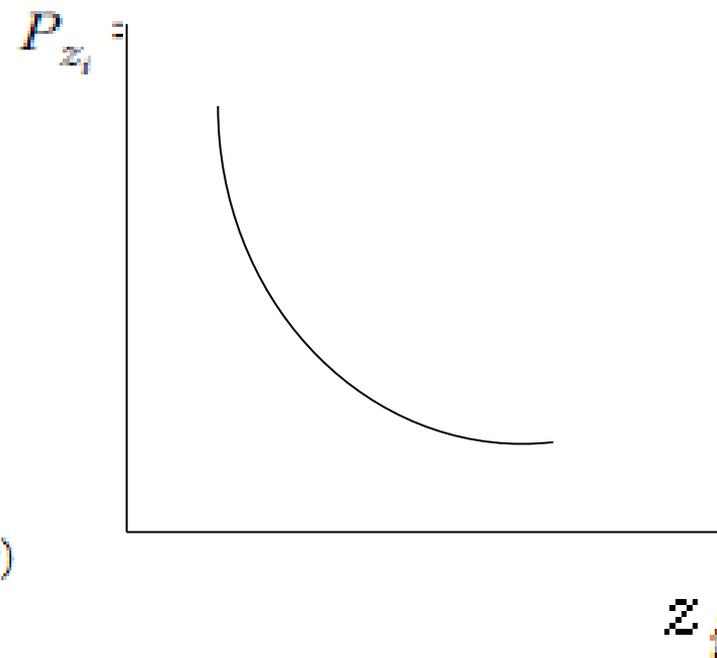
- 부동산 분야에서 주택가격추정에 많이 이용

- 부동산 가격지표의 구축
- 특정 쾌적성(amenity) 및 비쾌적성(disamenity)에 관한 속성 수요 추정

헤도닉 가격함수와 잠재한계가격



$$P_{z_1} = \frac{\partial P(Z)}{\partial z_1}$$



z_1

추정모형

- Max $u = u(X, Z)$
s.t. $M - P(Z) - X = 0$ (M: 소득, X: 기타 재화나 서비스)
 - ✓ 가정 1: 주택을 구매하는 소비자가 자신이 속한 주택시장에서 거래되는 모든 주택들이 가진 속성들의 정보에 대해 인지
 - ✓ 가정 2: 주택 수요자들은 주어진 주택의 수량과 종류에 대해 자신의 효용을 최대화하는 속성들로 이루어진 주택을 구매

• 최적 수량의 법칙

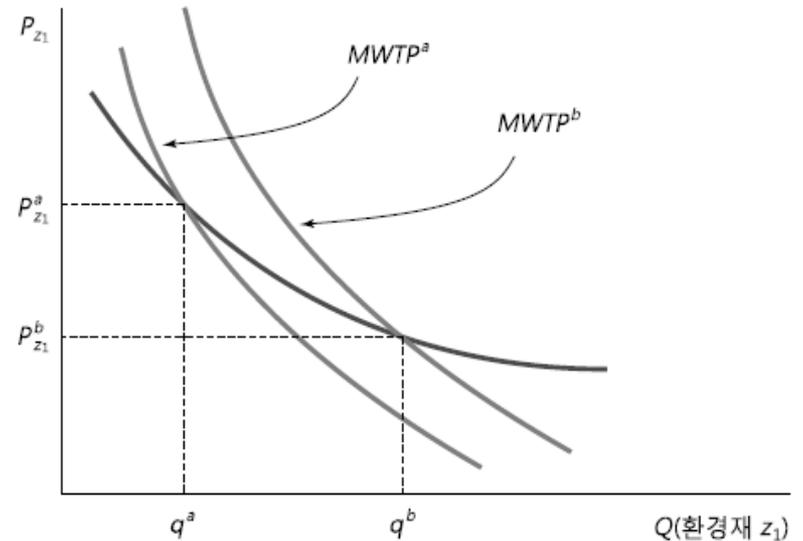
$$\frac{\partial u / \partial z_i}{\lambda} = \frac{\partial P(Z)}{\partial z_i}$$

→ 좌변 : MWTP

(z_i 의 한계효용에 대한 화폐적 가치)

→ 우변: 잠재한계가격

(속성의 변화분에 대한 주택가격의 변화분)



■ 그림 7.2 MWTP와 잠재한계가격

헤도닉 가격모형 적용 절차: 1단계

1. 각 주택별 환경질, 학군, 주택 크기 등 주택의 속성 등 변수 확보
2. 각 개인의 주택선택과 이들의 경제, 사회인구학적 변수 조사
3. 각 주택의 가격을 주택 특성 및 개인 특성 등에 회귀분석하여 헤도닉 가격함수 추정하고, 추정된 헤도닉 가격함수로부터 잠재한계가격 도출

$$P_i = P(Z_i) = P(z_{1i}, z_{2i}, z_{3i}, \dots, z_{ni})$$

- 종속변수 : 주택가격
 - 독립변수 : 주택의 속성
 - ✓ 주택의 구조적 특성: 평수, 층수, 방 수, 화장실 수, 노후연수, 정원, 주차장 존재 여부 등
 - ✓ 주변 환경 특성: 학군, 공원, 중심지 접근성, 주요 대중교통시설 접근성 등
 - ✓ 이웃의 사회인구학적 특성: 소득, 인종 등
- 어떠한 형태로 속성의 특성을 변수화할 것인가
예 : 최단직선거리, 도보 거리, 운전 거리 등

헤도닉 가격모형 적용 절차: 1단계

다양한 사회경제적 특성을 가진 개인이 환경질에 대해 가지는 한계지불의사 도출하기 위해 잠재한계가격을 주택구입자의 특성변수에 대해 회귀분석

$$b^i = b^i(q, Q^*, \dots, u^*)$$

b^i 는 특성가격함수에서 구한 변수에 대한 한계가격

q 는 환경재 z 이 소비된 양

Q^* 는 z 을 제외한 모든 특성변수의 양

문제점

→ 1단계에서 사용되었던 변수들을 반복 사용하여, 새로운 정보 제시에 한계, 1단계에서 도출된 결과를 다시 도출할 가능성 높음.

문제점 및 해결방안(I)

- 함수형태의 선택
 - 선형(linear), 반로그(semi-log), 이중로그(log-log), 박스-콕스 변형(Box-Cox transformation)
- 독립변수 간 상관계수(Correlation)
- 누락변수 편의(Omitted variable bias)

문제점 및 해결방안(II)

- 공간적 상관관계
주변 집값의 영향
- 시장분리
한 도시의 주택시장이 여러구역으로 나뉘었을 때
예) 수성구와 달서구의 집값 차이
- 가정에 대한 문제점
 1. 완전시장
"특성변수에 대해 완전한 정보를 가지고 있다"
"가격이 시장의 모든 변화를 즉각적으로 반영한다"
 2. 특성변수에 대한 수요자의 인식와 특성변수의 실제 물리적 영향 차이
→ 낙인 효과(Stigma-related effect)



2. 적용 사례

- 1) 연구배경 및 필요성
- 2) 자료 및 모형
- 3) 결론 및 시사점

- 초기 매립지 관련 정책

- Landfill tax(1996년 도입)
- Landfill Tax Credit Scheme

재활용률 목표(Waste Strategy, 2007, 2011)

	2005	2010	2015	2020
재활용률 목표	25%	40%	45%	50%

- 최근 관련 정책 변화

- Landfill Tax Escalator
 - '99년부터 단계적으로 세율 인상
 - ❖ 1996년 톤당 £ 7 → 2014년 톤당 £ 80
- Landfill Allowance Trading Scheme ('05년 도입, '13년 폐지)

→ 2000/01년 England 생활 폐기물의 79%가 직매립 → 2013/14년 30.9%

- 사용종료 매립지는 2001년 7월 이후에 폐쇄된 매립지에 한해 매립지 관련 법에 따라 사후 관리

매립지 피해

- 온실가스(이산화탄소, 메탄가스)
 - 지하수 오염
 - 시각적 비쾌적성(Visual disamenity)
 - 악취
 - 해충 및 병균
 - 먼지
 - 교통난 등 수송도로에서 발생하는 기타 부의 외부효과
 - 낙인 효과로 인한 피해(Stigma-related damages)
- 특히 **사용 종료된 매립지**는 침출수 관리, 매립가스 포집 및 처리시설 등 환경 오염방지시설을 제대로 갖추지 못한 경우가 많아 **환경문제가 심각**할 수 있음

- 주변 주거 지역에 미치는 악취 피해 및 님비현상 심화
→ 매립지 입지선정 및 사용기간 연장과정 갈등 빈번



Legal action considered over Redhill landfill smell

BBC News - 2014. 3. 7.

The operator of a Surrey **landfill** tip could face legal action over a **smell** of rotten eggs coming from the site. More than 500 complaints have ...



수도권매립지 사용 기간 연장 4자협의체 vs 주민 갈등 격화
서울신문 - 2015. 1. 29.

28일 수도권매립지관리공사에 따르면 주민협의체 비상대책위원회가 지난 26일부터 반입 쓰레기에 음식물이 조금만 섞여도 폐기물 운반차량을 ...



Dorket Head landfill site in Arnold closes over 'smell'

BBC News - 2014. 11. 4.

A **landfill** site which kept nearby residents awake at night because the **smell** was so bad has closed. The Environment Agency said Dorket ...

연구의 필요성

- 매립장 기피 심화에 따라 **체계적이고 분석적인 매립지 피해 검토** 필요
 - 비시장적 가치평가로 매립장을 기피하는 주변 지역주민들의 **지불의사 도출**
 - 혐오시설입지로 인한 보상방안을 마련할 때 객관적 근거로 제시 가능
- 영국은 역사적으로 매립지 의존도가 높아
 - 사용 종료된 매립장이 전국에 산재
 - 매립장 **피해 지속기간**에 대한 연구 필요
 - 특히 대도시의 경우, 주거 지역 주변에 **다수의 사용종료 매립지 인접**
- **매립지의 다양한 특성**(폐기물 종류, 운영 기간, 바람 방향 등) 고려 필요

1. 대부분이 미국 케이스 연구
2. 대부분이 가장 근접한 매립지에 대한 영향만을 분석
 - 최단 거리를 변수로 이용 and/or 영향이 미치는 거리(예: 2km Zone) 가정
3. 사용 종료된 매립지에 대한 연구 부족
 - 사용종료 이후 매립지 피해 지속 기간 연구 필요
 - 사용종료 전후 매립지의 지리적 피해 범위
4. 주택특성변수가 제한적, 특히 접근성, 시장세분화(Market segmentation) 등 간과
5. 매립지의 개별 특성 고려 미흡(예: 매립되는 폐기물의 종류 및 매립량, 바람의 영향 등)

Cambridge Econometrics et al. (2003)

- 1991~2000년까지 영국의 주택시장 자료 활용
- 스코틀랜드는 매립지의 피해가 가장 큰 것으로 파악(주택으로부터 0.25 mile 내 매립지는 주택 가격을 약 40% 감소시킴)

Bateman et al.(2004)

- 버밍엄의 주택시장을 연구, 특히 소음 문제에 초점
- 매립지 피해 여부는 세분화된 시장에서 일관성이 결여된 결과 도출

한국의 선행연구

- 김광인(1995) 구조적 특성이 같은 2개의 주택에 대해 매립지 조건이 다를 경우 주택 가격에 대해 질문
- 그 외 여러 형태의 비선호시설(주로 소각장)에 대한 연구가 다수 있으며 주로 아파트 및 토지가격자료 이용하여 분석 (예: 김철중·송명호, 2012; 정수연, 2004; 신종태, 2008 등)

본 연구의 차별성

- 역사적으로 높은 매립지 의존도로 사용종료 된 매립장이 전국에 산재
 - 사용 종료된 매립지에 대한 피해 관련 연구 필요, 특히 폐쇄된 이후 얼마동안 피해가 지속되는지 연구 필요
 - 비선호시설에 대한 인식 및 **낙인 효과**(stigma-related damage)
- 대도시의 경우, 주택이 **여러 개의 매립지(사용종료 매립지와 사용 중인 매립지)에 인접**해 있을 가능성이 높음
 - 대부분의 선행연구는 가장 근접한 매립지 (주로 사용 중인 매립지)만 고려!
- 사용 중인 매립지와 사용종료 매립지를 동시에 고려할 경우, 각 매립지의 **지리적 피해 범위 차별화 필요**



2. 적용 사례

- 1) 연구배경 및 필요성
- 2) 자료 및 모형
- 3) 결론 및 시사점

Property data

- 1997년 버밍엄시에서 거래된 주택의 매매가격
 - 매매 날짜, 주소 등 포함
 - First-time right-to-buys 제외
- 총 관측치 10,792개

버밍엄(Birmingham)

● 영국 제2의 도시

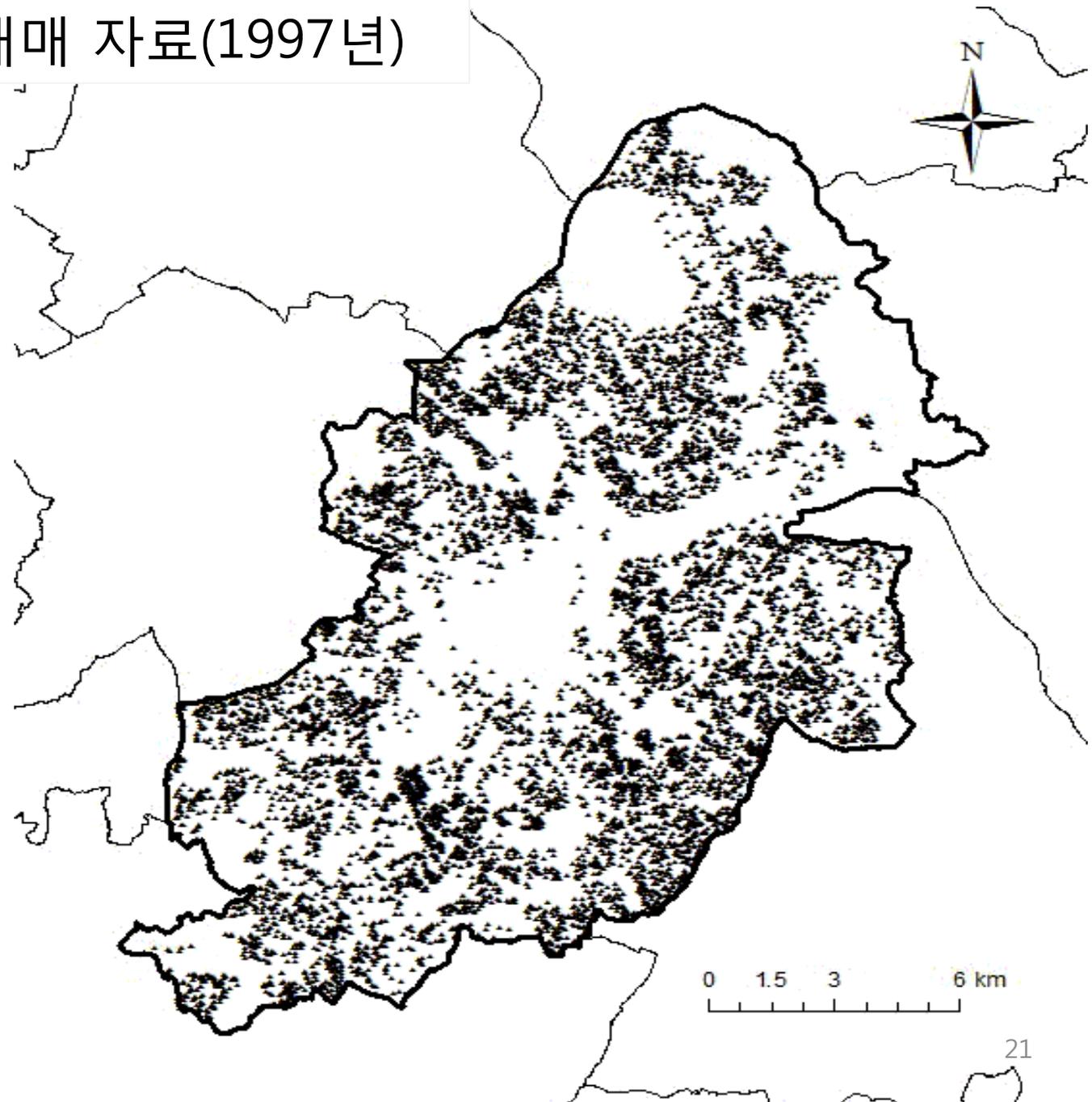
- 2013년 109만 명, 면적 267.77 km²
- GDP US\$ 121.1 billion (GDP per capita US\$ 31,572)

● West Midlands(인구 276만 명의 주 도시로 다양한 인종 거주(백인 58%, 아시아계 26.6%, 아프리카계 8.9% 등)

● 초기에 광공업으로 발전하였으나 시의 전격적인 지지로 문화 및 관광을 통해 발전



버밍엄 시 주택 매매 자료(1997년)



Explanatory variables I

구조적 특성:

총 면적, 건축 연한, 화장실 수, 침실 수, 층수, 정원 면적, 차고 유무, 주택 유형, Beacon group(주택 연한 및 건축 형식) 등

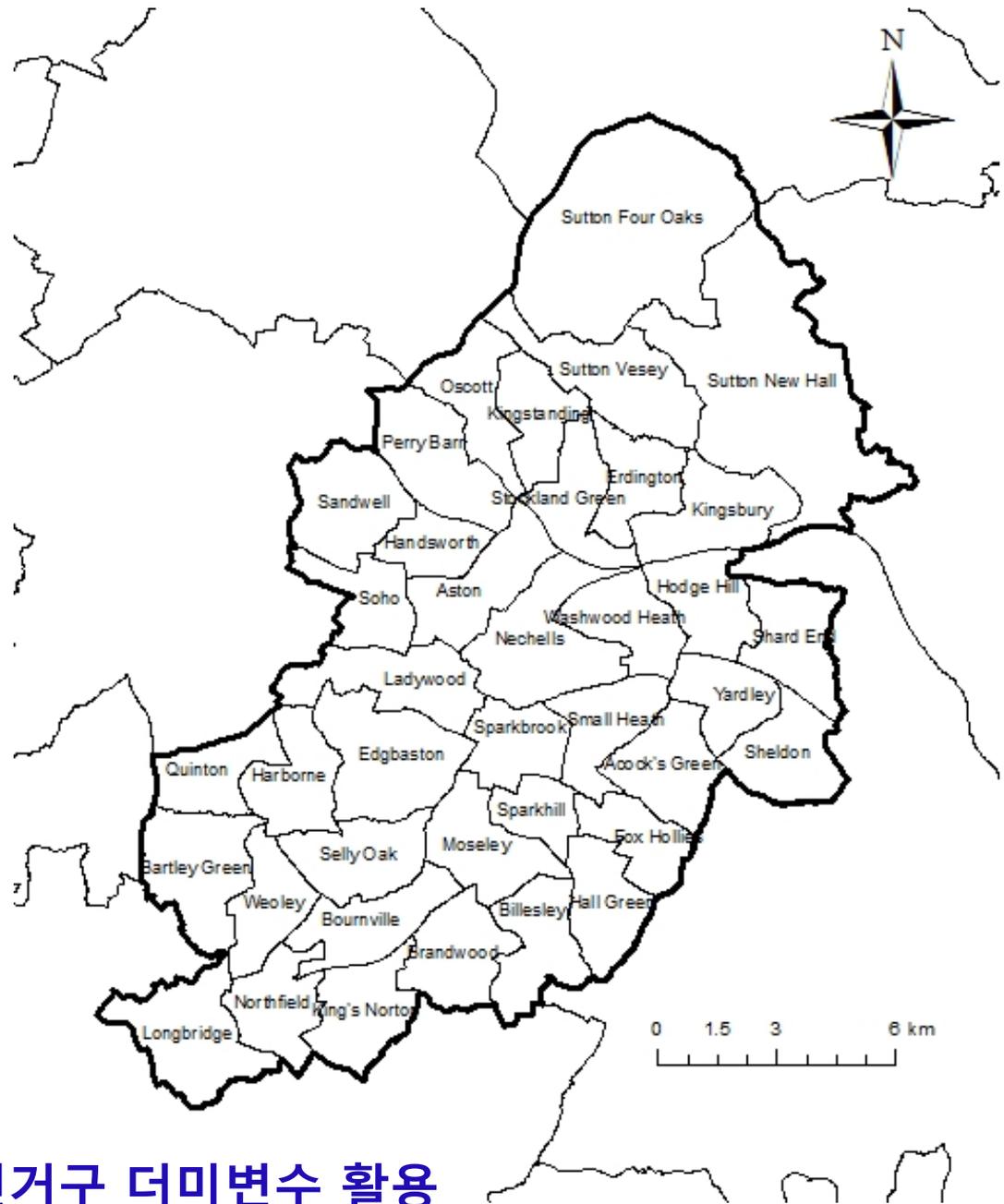
이웃의 사회경제학적 특성:

실업률, 고령 인구 비중, 자녀가 있는 가정의 비중, 인종의 다양성

- enumeration district level (버밍엄에는 1,743 Eds)
-

시장세분화(market segmentation)을 위해 **39개 버밍엄 내 선거구별로 주택시장 분리**

39 Wards(선거구)



공간적 구분을 위해 38개 선거구 더미변수 활용

Explanatory variables II

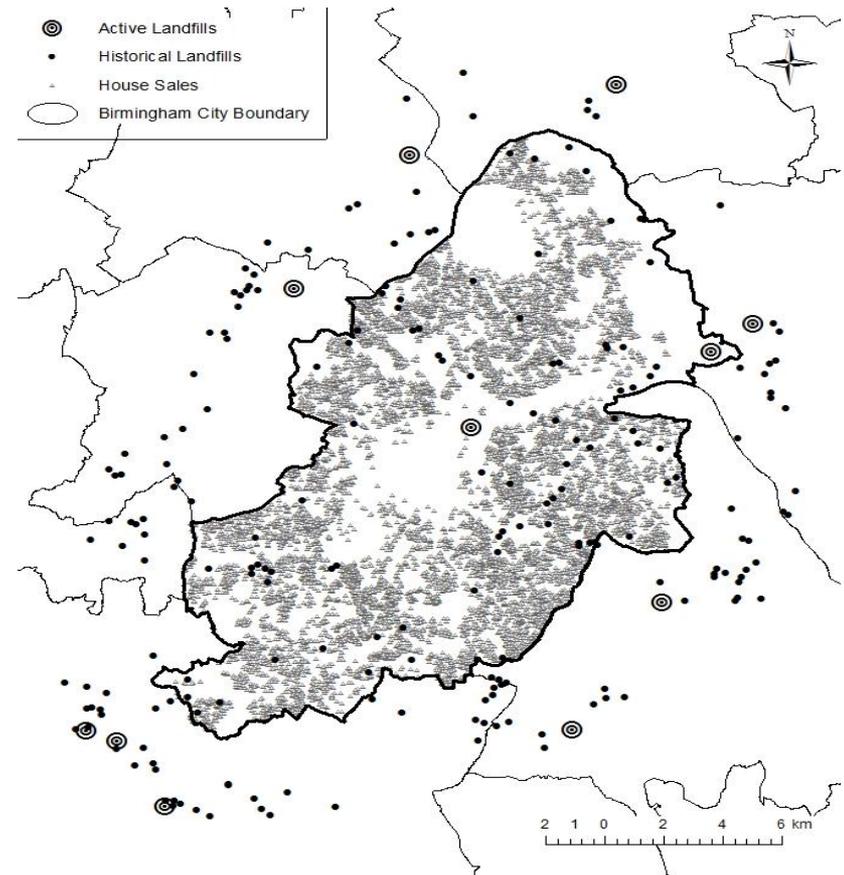
접근성

- 주변의 가장 가까운 쾌적성(amenity) 및 정주편리성 요인과 비쾌적성(disamenity)요인까지의 최단 거리, 자동차 거리, 도보 거리로 측정
 - CBD, park, road, railway station, university/hospital
 - mosque, Industry, rail, motorway junction
- 초등학교와 상가까지의 접근성은 **질적인 척도**를 포함하기 위해 가중치 사용
 - 학교 평균 성적
 - 상가 수

환경적 특성

- 시각적 쾌적성(amenity) 요인
 - 하천 또는 호수 조망(m^2), 공원 조망(m^2)
- 시각적 비쾌적성(disamenity) 요인
 - 도로 조망(m^2), 철로 조망(m^2)
- 도로 소음과 철도 소음(dB)
- 대기오염 농도(NO_2 , CO)

Landfill data(Environmental Agency)



■ 버밍엄 시내

- 사용종료 51개, 사용 중 2개

■ 버밍엄 시외(주택의 반경 4km 내)

- 사용종료 210개, 사용 중 11개
- 사용 중인 매립지의 평균 운영기간은 11.5년 (최대 20.5년)
- 사용종료 매립지의 평균 운영기간은 15년(최대 81년)

➤ 사용 중인 매립지와 사용종료 된 매립지 간의 공간 군집 존재

- 서로 다른 종류의 site 간 군집 여부 test(Ripley's K-function 이용)
- 기존에 매립지가 조성된 지역에 새로운 매립지를 조성하는 것이 더 용이

일반적인 모형

- 선행연구는 매립지 변수를 다음과 같은 specification에 주로 의존
 - 매립지까지의 최단거리를 변수로 사용
 - 주로 매립지 효과가 더 이상 나타나지 않는 cut-off point(예: 매립지 반경 2km)를 전제

$$\ln(PRICE) = \alpha + \sum_k \beta_k Z_k + \gamma DIST$$

where Z = a vector of housing attributes,
 $Dist$ = distance to the nearest site

$$\ln(PRICE) = \alpha + \sum_k \beta_k Z_k + \frac{\gamma}{DIST}$$

$$\ln(PRICE) = \alpha + \sum_k \beta_k Z_k + \sum_j \gamma_j Zone_j$$

모형 - Distance bands

- 각 주택으로부터 다양한 거리 범위(distance band) 하에서 **사용 중인 매립지와 사용종료 매립지의 수**
 - 0-1km; 0-2km; 0-3km; 0-4km
- **사용 종료일**에 따른 사용종료 매립지에 대한 정보
 - 1-10년 전 종료; 11-20년 전 종료; 종료된 지 20년 이상; 미상

$$\ln(PRICE) = \alpha + \sum_k \beta_k Z_k + \gamma ACTIVE_i + \sum_j \delta_j HISTORIC_{ij}$$

where i = distance band, j = closing date

→ i (distance band)는 사용 중인 매립지와 사용종료 매립지 간에 상이하게 나타날 수 있음



2. 적용 사례

- 1) 연구배경 및 필요성
- 2) 자료 및 모형
- 3) 결론 및 시사점

Econometric results

- 대부분의 설명변수의 주택가격 영향력은 예상한 결과 도출
 - **차고** : 7% 주택 가격 상승
 - **인종** : 백인과 아시아인 인구 비중 증가는 주택 가격 상승에 기여
 - **상가지역 접근성** : 주택 가격 하락(교통난 및 주차난으로 인한 불편함이 원인일 것으로 추측)
 - **도로 교차로, 이슬람 사원, 산업지역, 철로까지 거리** : 멀수록 주택 가격 상승
 - **시각적 어메니티(도로)와 도로 소음** : 주택 가격 하락
 - **대기오염 농도**는 유의하지 않은 것으로 나타남(대기오염은 차 소유 여부와 주변지역 부(富)의 정도를 나타내는 proxy)

Cost of landfill disamenities

- 모형의 설명력을 최대화하는 사용종료 및 사용 중인 매립지의 거리 범위(distance bands) 조합은?

– 사용종료 매립지 : **0-1km** distance band

– 사용 중인 매립지 : **0-3km** distance band

- 매립지 관련 변수는 모두 통계적으로 유의하고, 주택 가격에 부정적인 영향을 미치는 것으로 추정

– 3km 반경 내 사용 중인 매립지는 **2.6%** 주택 가격 하락 요인

– 1km 반경 내 사용종료 매립지는 **2.4~3.4%** 주택 가격 하락 요인

- 매립지 피해는 20년 이상 지속

→ 매립지 비쾌적성(disamenity) 효과는 **사용 종료 후에도 상당기간 지속**

→ 사용 중인 매립지와 사용 종료된 매립지의 **지리적 피해 범위 상이**

시사점

- **폐기물 오염문제에 대한 국민적 인지도 상승**
 - 폐기물 처리시설에 대한 주민의 반대는 최근 커다란 사회적인 문제로 등장
- **매립장에 대한 주민반대현상의 강도를 반영하는 수치로 활용 가능**
 - 비선호시설이 주변지역에 미치는 경제적 파급효과 추정 및 합리적이고 객관적인 보상액 산정을 위한 근거 자료 제공
- **폐기물 매립에 따른 외부효과적 비용에 관한 정보 제시**
 - 폐기물 감량/재활용으로 인한 편익항목에 추가로 포함
 - 매립장에 대한 수요를 저감하기 위해 도입되는 규제정책(예: 각종 재활용 정책, 폐기물 발생억제 정책)의 비용편익분석에 활용

Further study

1. Landfill characteristics(waste type, control measures etc.)

2. Wind effects

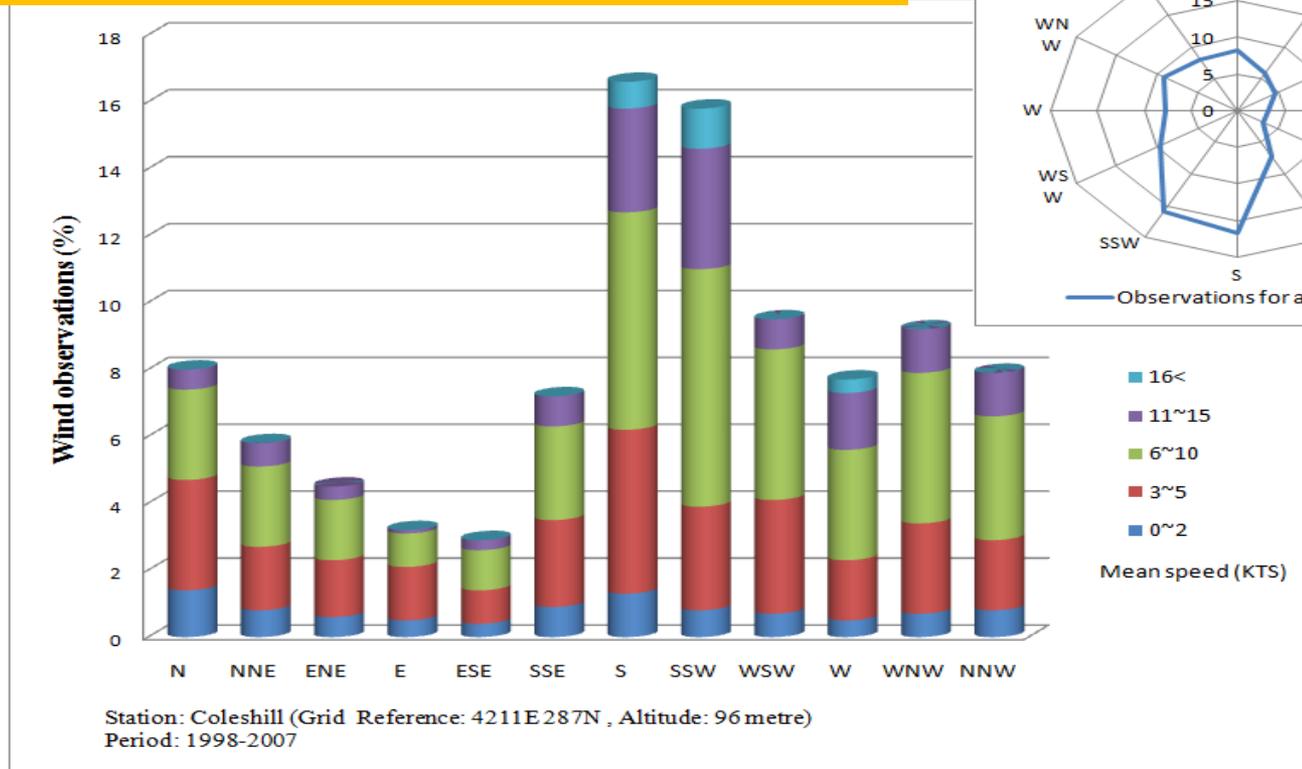
- 바람이 부는 방향 및 세기에 따라 매립지로부터 대기 오염물질 및 악취 확산 및 피해 정도 상이
-

3. Spatial effects

Wind effects

- Ham, Y.J. and Maddison, D. "VALUATION OF LANDFILL DISAMENITY IMPACTS WITH WIND EFFECTS" [European Association of Environmental and Resource Economists](#) 27th June 2013
- 매립지 위치와 주택의 상대적 각도, 바람방향 분포 등을 포함

Average windrose (%) in Birmingham from 1998 to 2007



Spatial autocorrelation I

Spatial weight matrix 구축

- 버밍엄의 이웃 간 평균 거리
=약 600m

$$\begin{cases} w_{ij}^* = 0 & \text{if } i = j \\ w_{ij}^* = \frac{1}{d_{ij}} & \text{if } d_{ij} \leq 600 \text{ m and } w_{ij} = \frac{w_{ij}^*}{\sum_j w_{ij}^*} \\ w_{ij}^* = 0 & \text{if } d_{ij} > 600 \text{ m} \end{cases}$$

→ 평균 약 60가구가 이웃에 포함

Spatial statistics

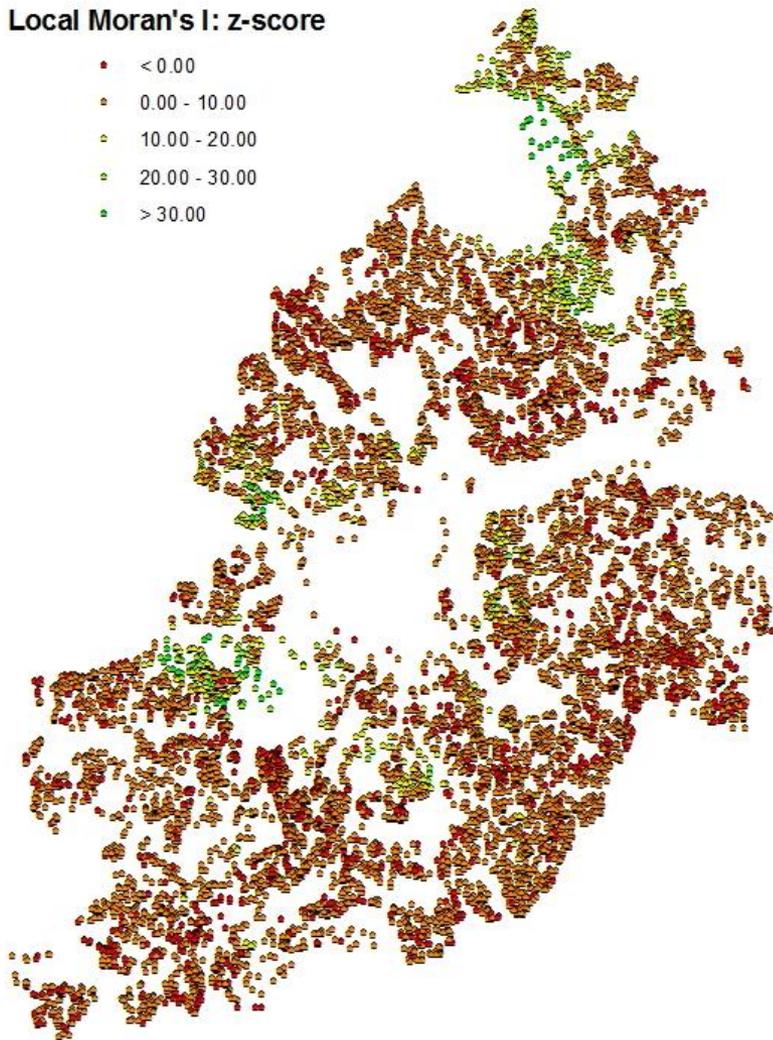
		Unstandardised	Row-standardised
Spatial Autocorrelation	z-score	65.793897	173.457941
	p-value	0.000000	0.000000
High/Low Clustering	z-score	-18.355208	
	p-value	0.000000	

- a high degree of global clustering
- A general tendency of low-value clustering

Spatial autocorrelation II

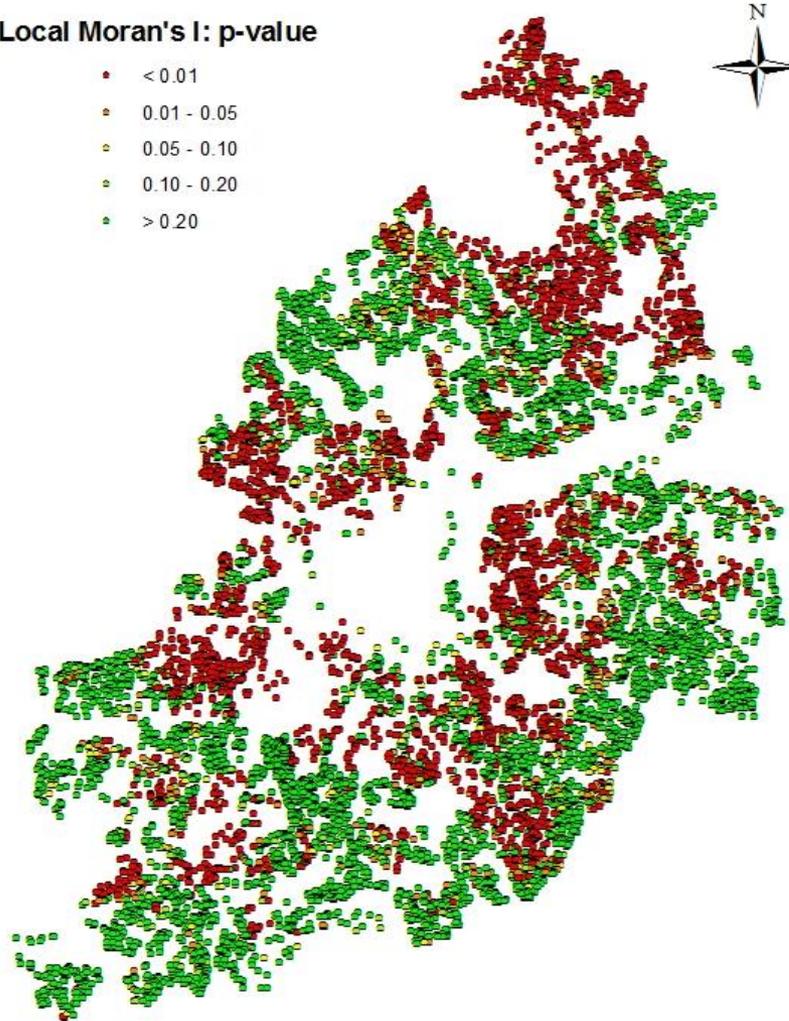
Local Moran's I: z-score

- < 0.00
- 0.00 - 10.00
- 10.00 - 20.00
- 20.00 - 30.00
- > 30.00



Local Moran's I: p-value

- < 0.01
- 0.01 - 0.05
- 0.05 - 0.10
- 0.10 - 0.20
- > 0.20



Spatial Regression Models

Spatial error model :

$$\ln(P) = \alpha + \beta X + u \quad \text{where} \quad u = \lambda W u + \varepsilon$$

Spatial lag model :

$$\ln(P) = \alpha + \rho \cdot W \ln(P) + \beta X + \varepsilon$$

공간적 자기상관을 고려한 공간계량모형이 설명력 측면에서 보다 우수한 결과 제공

특히 spatial error model이 spatial lag model보다 설명력이 뛰어났으며, 이는 주택 가격을 설명하는 중요 변수의 누락이 공간오차항을 통해 보다 적합하게 통제되었음을 시사

참고 문헌

- Cambridge Econometrics, EFTEC, WRC (2003) A Study to Estimate the Disamenity Costs of Landfill in Great Britain, DEFRA, London
- Bateman, I.J., Day, B.H. and Lake, I. (2004) The Valuation of Transport-related noise in Birmingham. Technical Report to the DEFRA, University of East Anglia, Norwich
- 김광임 (1995) 폐기물 매립장의 경제적 가치 측정연구, 한국환경기술개발원
- 김철중·송명호 (2012) 도시 비선호시설이 주변 아파트 가격에 미치는 낙인효과에 관한 연구. 환경영향평가 제21권 제2호, pp297~314
- 신종태 (2008) 도시내 혐오시설 입지가 주거용 부동산 가격에 미치는 영향, Real Estate Focus, Vol.4(2008년 9월), pp. 22~34
- 정수연 (2004) 쓰레기소각장이 인근아파트가격에 미치는 영향에 관한 연구, 부동산연구, 제14집 제1호, 한국부동산연구원

감사합니다
