

주택가격 평가를 위한 위계적 선형모델 적용

An Application of Hierarchical Linear Models
for the Evaluation of Housing Price

김 주 영

김 주 후

※ 주요단어: 주택가격, 특성가격함수, 자기상관, 이분산, 위계선형모델

목 차

I. 연구의 목적과 내용

II. 주택가격 평가에 대한 이론 연구- 특성가격함수를 중심으로

1. 주택가격 평가 연구
2. 기존 주택가격 평가 방법론의 문제점

III. 주택가격 평가에서의 위계적 선형모델의 도입

1. 위계적 선형모델의 이론적 분석
2. 위계적 선형모델을 이용한 주택가격 평가 예- 주택재개발아파트의 경우

IV. 결론 및 향후과제

* 참고문헌

I. 연구의 배경

주택가격에 대한 논의에 있어 중요한 이슈중의 하나는 주택가격이 단일 변수가 아닌 여러 개의 복합변수에 의해 결정된다는 사실이다. 더불어 주택가격을 결정하는 변인들의 속성들도 주택구매자들의 특성이나 사회경제적 특성에 따라 영향을 받게된다. 예를 들어 최근 주거지 선택과 관련된 여러 연구에 의하면 주거지 선택동기로 주택의 쾌적성¹⁾을 우선적으로 생각하고 있는 가구의 비율이 예전에 비해서 점차 증가하고 있다.²⁾ 이런 주택의 입지적 특성을 나타내는 변수들은 매우 다양하며 또한 서로 체계적으로 연계되는 특성을 가지게 된다. 따라서 주택가격을 평가하는 모델을 설정할 경우 이런 주택시장의 변화와 관련된 요소들이 포함되어야 하며 변수들간의 상관성이 체계적으로 고려될 수 있어야 할 것이다.

주택가격을 평가함에 있어 상식적인 관찰결과중의 하나는 비슷한 평수의 아파트라 할지라도 그 아파트가 속해 있는 지역적인 특성에 따라 가격의 편차가 나타난다는 사실이다. 또한 동일 평형이고 건축년도가 비슷한 아파트일지라도 가격의 변화 추이가 다르다. 최근 서울의 강남지역을 중심으로 나타나고 있는 아파트가격 급등 현상의 원인과 관련해서 다양한 해석을 하고 있지만 이에 대한 체계적인 설명은 없는 실정이다. 민간부문의 경우 가격상승의 원인을 정부의 주택정책 실패에 두고 있지만 정부는 투기적인 원인이거나 강남지역의 일시적 주택수요를 그 주요한 원인으로 보고 있어 정책적인 대응도 이에 근거해서 이루어지고 있다. 이처럼 일견 주택가격의 결정과 변화에 대한 상식적인 관찰결과를 실제 수리모형에 적용해서 보다 합리적으로 주택가격을 추정하는 것은 쉽지 않은 일이다.

일반적으로 주택가격 결정에 대한 연구들은 헤도닉 방법을 활용해 왔으며 이 방법은 주택가격이 가지는 구조적인 속성을 충분히 반영하기에는 적절치 못한 것으로 평가되고 있다. 특성가격 함수의 경우 주택가격 추정을 위해서 가정하고 있는 속성가격의 불변과 주택가격간의 공간적 동질성에 대한 전제는 비합리적이라고 판단되기 때문이다.

따라서 본 연구에서는 주택가격 평가에서의 기존 연구들의 방법론을 검토하고 이에 대한 문제점을 제기함으로써 새로운 주택가격 평가론의 당위성을 제기하고자 한다. 또한 통계적으로 실제적인 관점에서 새로운 방법론인 위계적 선형모델의 장점을 소개하며 이를 적용한 간단한 주택가격 평가를 예시함으로써 주택가격 평가에서의 새로운 방향을 모색해 보고자 한다.

1) 쾌적성(Amenity)은 여러 가지로 해석할 수 있으나 주택 주변의 환경적 요소를 총칭해서 말하는 개념으로 다양한 공공시설에의 접근성, 조망, 조용함 등 매우 포괄적인 개념이라 할 수 있다.

2) 각종 설문조사 결과 주거지선택에서 쾌적성을 우선순위로 둔 가구의 비율이 98년 19.8%에서 2000년에는 37.1%로 증가하였음을 보여주고 있다.(최막중, 임영진, 가구특성에 따른 주거입지 및 주택유형 수요에 관한 실증분석, 국토계획 제36권 6호, pp.69-81, 2000.11)

II. 주택가격 평가에 대한 이론 연구- 특성가격함수를 중심으로

1. 주택가격 평가 연구

일반적으로 주택가격 평가에서 가장 흔하게 사용되는 방법은 주택을 구성하는 개별 요소들의 잠재적 가격을 측정해서 이들 개별요소들의 합으로 주택가격을 추정하는 특성가격 함수를 이용하고 있다. 특성가격함수를 이용한 주택가격의 추정은 주택수요 측면에서의 가격평가라 할 수 있으며 추정된 개별요소들의 계수 값은 소비자의 잠재적인 지불가능액을 의미하게 된다.

특성가격함수를 이용한 연구들은 식(1)과 같은 모형을 통해서 주택가격에 영향을 미치는 인자를 추정하게 된다.

$$P_i = \alpha X_i + \sum \beta_k S_{ki} + \sum \gamma_q L_{qi} + \varepsilon X_i \quad (1)$$

P_i : 주택가격, S_{ki} , L_{qi} : 구조특성, 입지특성, αX_i , εX_i , β_k , γ_q : 파라메타,

여기서 $i=1, \dots, N$ 은 각 재산을 표시하며 각 계수값은 추정될 값이다. 주택가격을 구성하는 우변의 항들은 크게 고정효과와 무선평과로 나눌 수 있다. 고정효과는 주택가격과 특성변수들간의 체계적인 관계를 나타내며 변하지 않은 값을 나타내는 상수항(αX_i)과 기울기(β_k , γ_q)를 말한다. 이에 비해 무선평과는 구조특성 변수와 입지특성 변수를 고려한 후에 개별주택가격의 변이를 설명하는 항이다.

주택가격을 설명하는데 있어서 가장 영향력이 큰 변수는 주택의 구조적 특성변수로 주택의 물리적 특성을 나타내는 평수나 방수 등의 변수를 이용하고 있다. 그러나 주택의 입지적 특성을 나타내는 변수들은 연구자가 선정한 표본에 따라 그 입지적 특성을 반영하기 위해서 이용된 변수들이 매우 다양하다. 특성가격함수에서 사용된 입지특성 변수를 보면 교육서비스의 질이 주택가격에의 영향정도를 검색한 연구(이주형, 1992; 송명규, 1992), 대기오염의 영향력을 분석한 연구(곽승준, 허세립, 1994; 이계평, 1997)나 조망의 영향력을 분석한 연구(정홍주, 1995; 이왕기, 1996)들이 있다. 최근 들어 환경변수가 주택가격에 주는 영향력에 대한 연구들이 많아진 것도 가구들이 주거지선택에서 주변환경의 중요성을 중시하는 것과 무관치 않을 것이다.

특성가격함수를 이용한 대부분의 연구들에서는 주택가격 추정을 위해서 보통 4가지 모델을 설정하고 이들 모델 중에서 가장 설명력(R^2)이 높은 모델을 최종적으로 주택가격을 설명하는 모델로 설정하고 있다. 서울시내 자가주택에 대한 특성가격함수 추정을 시도한 곽승준, 허세립(1994)의 경우 이상의 네가지 모델외에도 Box-Cox 변환을 시도함으로써 보다 통계적 정확성을 높이려는 시도도 이루어지고 있다.

<표 1> 주택가격 결정 관련 연구

연구자	분석 대상	표본수	분석변수	추정 함수형태
이주형(1992)	87,88년 서울시 9개학군 설문조사	845개	16개	헤도닉모델
송명규(1992)	1990년 서울시 40개행정동 설문조사	1871개	13개	헤도닉모델
곽승준.허세림(1994)	서울시내 자가소유주택	665개	11개	헤도닉모델(Box-Cox변환)
정홍주(1995)	한강변 아파트		12개	헤도닉모델
이왕기(1996)	서울시 아파트	277개	9개	헤도닉모델
허세림.곽승준(1997)	1991년 주택금융 및 시장조사	235개	8개	헤도닉모델(Box-Cox변환)
이계평(1997)	1991년, 1993년 서울시 주택시장	455개	13개	헤도닉모델
이현웅(2000)	분당, 과천, 목동 아파트	522개	13개	헤도닉모델
고원용(2000)	서울시 주택시장	358개	16개	헤도닉모델
Basu & Thibodeau (1998)	Dallas 단독주택	5000개	36개	공간자기상관모델
Pace & Gilley (1997)	Boston Metropolitan Statititcal Area(MSA)	506개	19개	공간자기상관모델
Can & Megbolugbe (1997)	Miami, Metropolitan Statititcal Area(MSA) 단독주택	944개	4~7개	확장 헤도닉 모델
Can(1990)	Franklin County 단독주택	577개	9개	공간자기상관모델

주) 괄호안은 논문의 발표년도임.

2. 기존 주택가격 평가모형의 문제점

특성가격함수를 이용한 주택가격의 추정상의 가장 큰 문제는 관찰치들 간의 이분산과 자기상관의 문제로부터 발생하게 된다. 첫번째로 이분산은 주택을 구성하는 특성변수들간의 상호작용을 고려하지 않기 때문에 발생하게 된다. 예를 들면 주택 유형에 따라 대지면적의 크기가 체계적으로 다르다는 점과 주택이 입지한 지역에 따라 주택속성의 내재가격이 다르다는 점이다. 두 번째로 공간자료를 모델화할 때 나타나는 공간 자기상관의 문제는 인근 주택들간의 가격의 상관성이 높다는 점으로부터 발생한다. 주택가격이 자기상관되어 있는 이유는 일반적으로 인근 주택들은 비슷한 시기에 개발되기 때문에 주택의 평수나 유형 등에서 공통점이 많으며 공통의 근린생활시설을 사용하는 등 주변환경 측면에서도 공유하고 있는 부분이 많다는 점 때문이다.(Basu, Thibodeau, p.61)

전통적인 헤도닉 함수에서의 가정은 주택시장을 단일시장으로 규정하고 즉각적인 균형을 달성하는 시장으로 가정하고 주택특성의 내재가격이 불변함을 의미한다. 그

러나 개별 주택가격이 가진 이분산과 자기상관의 특성 때문에 헤도닉 모델에서 가정한 최소자승추정의 가정을 위반하게 되고 이는 계수추정 결과의 오류를 가져오게 된다.(Orford, 2000)

2장에서 제시한 기존 연구들을 이런 통계적인 관점에서 검토해 보면 표본들이 특정 지역에 집중되어 있는 이현웅(2000), 정홍주(1995)의 연구를 제외한 대부분의 연구들은 이런 통계적 문제점을 가지고 있다. 많은 연구들이 서울시와 같은 대도시권의 주택가격 결정을 다루고 있다. 또한 대상 표본들은 서울시내에서 무작위적으로 선정된 주택자료에 기초하고 있으며 이들 연구에서의 가정은 서울시 주택시장을 하나의 단일한 주택시장으로 가정하고 있다는 점이다. 그러나 이 연구들에서 추정된 주택속성의 내재가격은 앞서 지적한 통계적 문제점을 가지고 추정되어 있어서 주택속성의 내재가격을 과소 추정하거나 과대 추정했을 가능성이 많다.

이처럼 주택가격 평가에서의 나타나는 이분산과 자기상관의 문제를 해결하기 위해서 다양한 연구들이 수행되었다. 먼저 이분산의 문제를 해결하기 위해 특성가격 함수 추정시 고정된 것으로 가정한 속성계수를 변화(parameter drift)시키는 방법을 채택하였다. Can은 이웃의 질에 따라 구조적 속성의 내재가격을 변화시켜 주택가격을 추정하는 방안을 제시하였다.(Can, 1990)

공간 자기상관의 경우 관찰치들간의 거리를 행렬화해서 독립변수로 추가한 경우(Pace & Gilley, 1997)나 관찰치와의 거리를 중심으로 일정기간 동안 거래된 주택가격을 독립변수로 추가함으로써(Can & Megbolugbe, 1994) 공간적 자기상관의 문제에 접근하고 있다. 이들 연구들에서는 특성가격함수를 이용한 추정결과와의 비교 결과 이전의 방법에 비해 추정오차를 줄이거나 주택가격 예측에서의 정확성을 높이고 있음을 증명함으로써 일정 부분 공간적 자기상관의 문제에 대한 대안을 제시하였다.

이런 모델의 작성이 지역의 주택시장을 개념화하는데 현실감을 높이기는 했지만 여전히 문제가 제기된다. 그것은 주택가격에서 공간적 자기상관으로 이끄는 과정을 명백히 모델화한 것은 아니라는 점이다. 여전히 내재가격의 공간적 이질성과 일정치 않은 분산이 가져오는 이분산과 관련된 문제들은 실제로 남아 있다는 점이다. 그 대안으로 제시된 방법은 주택가격 추정에서 위계적 선형모델을 도입하는 방안이라 할 수 있다.(Orford, 2000)

III. 주택가격 평가에서 위계적 선형모델의 방법론 도입

1. 위계적 선형모델의 이론적 분석

기존의 주택가격 추정에서 나타나는 주택가격의 이분산과 자기상관의 문제는 위계선형모델을 적용할 경우 효과적으로 해결된다. 이분산의 문제는 속성계수가 지역에 따라 변화하지 않기 때문에 나타나는 것으로 계수가 지역에 따라 변화(parameter drift)될 수 있도록 모델을 구성하면 된다. 특성가격함수에서 단일수준에서 추정된 고정계수의 값을 랜덤(random)하게 변화시킴으로써 이 문제를 해결할 수 있다. 위계적 선형모델의 접근법은 관찰치들간의 상호의존성을 명시적으로 고려해서 모델을 구성하기 때문에 자기상관된 표본을 이용한 추정치가 자동적으로 조정된다.(Jones and Bullen, p.1414)³⁾

이런 방법론이 갖는 분석상의 강점은 라우덴부시와 브라이크(Raudenbush and Bryk, 1986,1992)의 논의를 참고로 할 때 다음 네 가지로 요약할 수 있다. 첫째, 주택가격에 대한 총변량 중에서 차지하는 주택간 변량과 주택내 변량을 체계적으로 분할해 낼 수 있다. 둘째, 주택 내 회귀방정식에서의 변인 사이의 관계성에 영향을 미치는 동별수준변인들의 효과를 탐색할 수 있도록 한다. 즉 동별 변인과 개별 주택변인 사이의 상호작용 효과(interactive effect)를 드러낼 수 있다. 셋째, 주택 내 회귀방정식을 통해서 다른 변인들의 영향력을 통제한 후 각 독립변인의 고유효과(unique effect)를 산출해 낼 수 있다. 넷째, 위계적 선형모형은 전통적인 분석방법보다 주택 내 변인들 사이의 구조적인 관계(structural relation)를 나타내는 계수추정에 있어서 더욱 정확성을 기할 수 있게 되었다. 뿐만 아니라 위계적 선형모형을 기존의 연구방법론을 통해서 밝힐 수 없었던 새로운 연구문제에 대한 탐색의 가능성을 열어 주었다는 점에서도 중요한 의미를 지니고 있다. 이를테면 위계적 선형모형을 통해서 평수변인이 주택가격에 미치는 효과가 동별 특성에 영향을 받아서 차이날 것이라는 점을 검증해 볼 수 있게 되었다. 다시 말하면 개별 주택변인과 동별특성 변인들 사이에 일어나는 상호작용효과에 대한 설명이 가능하다.⁴⁾

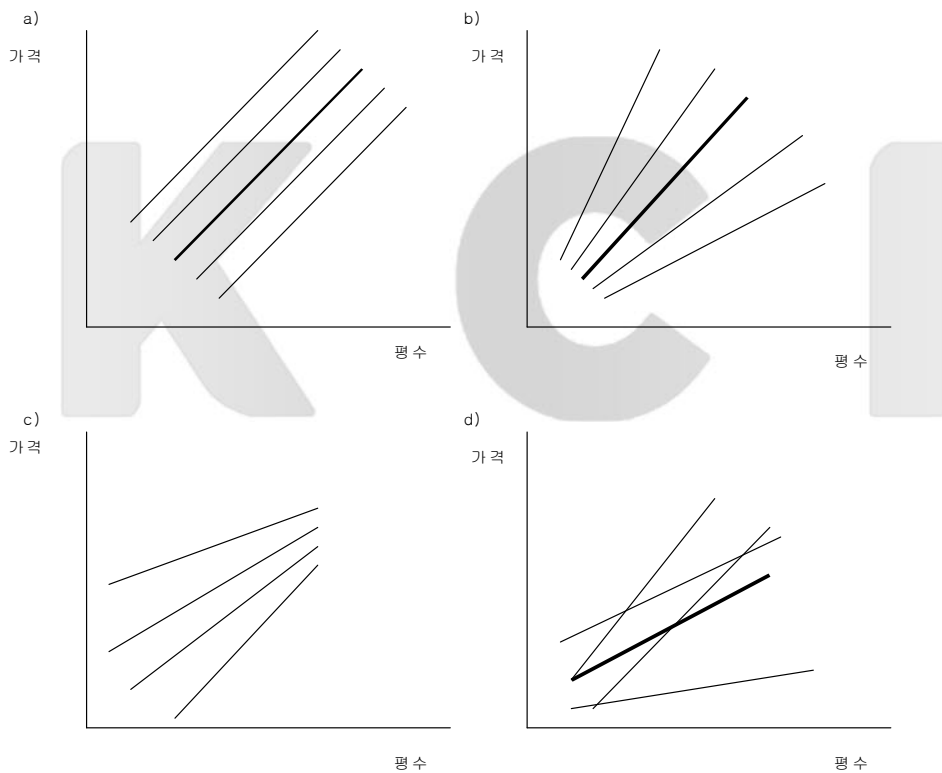
위계적 선형모델의 도입은 사회과학 분석에서 두 가지 이상의 변수들이 서로 위계적으로 포섭(nested)되는 관련성을 가진 자료들을 분석하는 방법론이다. 예를들어 주택가격 평가의 경우 비슷한 평수의 아파트라 할지라도 아파트 가격은 그 아파트가 입주해 있는 인근 지역의 특성들(예: 전철노선과의 거리, 금융기관의 수, 학교의 질, 의료기관의 수 등)에 의해 영향을 받아 결정된다는 것이다. 아파트 가격에 대한

3) 자기상관의 문제는 독립변수들간의 상호의존성을 고려하지 못하기 때문에 나타나는 문제라 할 수 있다. 즉, 아파트일 경우 일반적으로 단독주택에 비해서 평수가 넓다는 특징은 모델에 명시적으로 고려하게 되면 이런 자기상관성의 문제를 해결할 수 있다.

4) 위계선형모델에 대한 이상의 설명은 성취도 평가라는 교육평가방법론과 동일한 방법으로 설명이 가능하며 이에 대한 설명은 다음의 문헌을 참조하였다. (성기선, 인문계 고등학교 학교효과에 관한 연구, 서울대학교 대학원 교육학과 박사학위논문, 1997, pp.60~64)

이런 상식적인 관찰결과를 실제로 어떻게 수리모형 속에 포함시켜 주택가격을 결정할지는 쉽지 않은 일이었다. 일반적인 회귀분석 모형은 아파트가 속해 있는 다양한 지역사회의 속성을 동시에 고려할 수 없기에 주택가격 추정을 위한 적절한 모형이 될 수 없다.

주택가격의 경우 개별 주택의 가격은 해당 주택의 물리적 특성 뿐만 아니라 행정구역을 중심으로 한 보다 상위 차원에서의 물리적 특성과 체계적 상관성을 보이게 된다. 보통 행정구역의 경계는 강이나 철도 그리고 주요한 간선도로와 같은 장벽으로 정의되는 경우가 많기 때문에 행정구역내 자료들은 개별 행정구역 단위별로 유사한 자료의 특성을 가질 가능성이 많다. 그것은 개별 행정구역의 역사와 행정구역내 주택들간의 거리상의 근접성에서 그 기반을 두게 된다. 이런 특성이 사회과학에서 개별 자료들이 상위의 속성에 포섭되는(nested) 근거가 된다.



자료) Kevyn Jones and Nina Bullen, 1994, p. 256

즉, 전통적인 특성가격함수에서 가정한 상수항과 기울기항의 고정항(fixed term) 대신에 이들 변수들 모두가 개별 하위시장에서 변화하도록 함으로써 동일한 대도시권 내에서 발생하는 주택가격의 다양한 변이를 설명할 수 있게 하였다. 이 개념을 그림으로 도식하면 다음과 같다. a)에서부터 d)까지는 주택가격과 평수간의 다양한 관계를 도식한 것으로 b)의 경우 소형주택의 가격의 변이가 상대적으로 작은 대신

중.대형 주택의 가격간의 가격차이가 커지는 특성을 가지게 된다. 여기서 나타나는 평수와 가격간의 다양한 관계는 결국 주택수준의 차원에서 설명되는 특성이 아니라 주택이 입지한 해당지역이라는 보다 상위 차원에서의 변이에 의해서 결정되는 특징이 있다.

Jones and Bullen(1994)은 다수준 모델(Multi-level Model)의 개념을 소개하면서 이 모델의 개념적인 특성과 모델을 이용함으로써 얻을 수 있는 기술적이고 실제적인 편익에 대해서 설명하고 있다. 이 연구는 영국 남부지방의 주택가격을 추정하기 위한 3수준 모델을 구축하였다. 1수준에서 사용된 주택 표본수는 117,000호이며 14개의 독립변수를 이용하였고 수준2에서는 반년 간격의 시간자료를 포함시켰으며 3수준에서는 52개 지역을 설정하고 4개의 변수를 이용하였다. 주택가격 평가를 위해 구축된 모델은 1수준에서 독립변수를 전혀 포함하지 않은 모델에서부터 각 수준에서 변수를 추가함으로써 나타나는 주택가격의 변이를 분석하고 있다. 주요한 결과는 3수준의 분석단위인 52개 지역별로 방수증가에 따른 주택가격의 변이를 관찰한 결과 방수가 증가하면서 지역별 가격의 편차가 커지고 있음이 확인되었다. 또한, 2수준모델에서 구축한 시간에 따른 주택가격 변이의 추이를 분석한 결과 지역에 따라 주택가격의 상승률이 매우 다른 패턴을 보이고 있음을 알 수 있었다.

Orford(2000)의 경우 영국의 Cardiff를 사례로 다수준 모델을 구축하였으며 1995년 봄 동안에 이루어진 1500개의 주택거래 자료를 활용해서 주택가격을 평가하는 3단계 위계선형모델을 구축하였다. 그는 이 모델을 활용해서 최종적으로는 커뮤니티(Community) 단위에서 나타나는 주택가격의 변이를 설명하고 있다. Cardiff지역의 주택가격 추정을 위한 3수준 위계선형모델은 다음과 같이 구축되었다. 1수준에서 개별 주택은 1414개의 표본을 이용하였으며 2수준에서 Eds(Enumeration Districts)는 453개, 3수준에서 개별 커뮤니티는 모두 26개이다.

$$P_{ijk} = \alpha_{jk}X_{ijk} + \sum \beta_m Z_{mijk} + \varepsilon_{ijk}X_{ijk}$$

여기서, Z는 M개의 주택속성을 나타내는 벡터이며,

K= 1, ... , 26는 커뮤니티의 수,

J= 1, ... , 453는 Eds(Enumeration Districts)의 수

I= 1, ... , 1414는 개별 재산의 수이다.

이 연구에서는 모두 6개의 모델을 구축하고 주택속성 변수의 변화에 따라 개별 커뮤니티 수준에서 주택가격의 변이를 설명하고 있다. 분석결과에 의하면 개별 주택가격을 설명하는데 있어서 1수준의 변수들의 설명하는 부분이 많지만 2수준과 3수준에서 추가된 변수들에 의해서 설명되는 부분이 적지 않다는 사실이다. 그 결과 Cardiff 주택시장의 동태적 특성을 파악하는데 이런 위계모델의 접근법이 유용함을 보여주고 있다.

2. 위계적 선형모델을 이용한 주택가격 평가 예- 주택재개발아파트의 경우

위계선형모델을 이용한 주택가격 평가에 대한 예시를 위해서 2단계 선형모델을 구축하였으며 이를 위해 Hlm(Hierarchy Linear Modelling) 프로그램을 이용하였다. 또한 본 분석결과와 비교되는 특성가격함수 추정을 위해서는 SAS 프로그램을 이용하여 계수값을 추정하였다. 특성가격함수에서는 독립변수의 위계에 대한 고려없이 일률적으로 계수를 추정하는 반면 위계적 선형모델에서는 동별 특성을 명시적으로 모델화해서 1수준 변수들과 동시에 계수값을 추정하는 특징을 가지고 있다. 특성가격함수의 계수추정을 보완하기 위한 일반적인 확장모델(expansion model)의 경우에는 고정항에 더미변수를 추가하는 등의 방식으로 고정항을 확장하는 형태를 취하고 있다. 이에 비해서 본 모델의 가장 큰 특징은 주택가격을 설명하는 독립변수의 계수값과 상수항이 변화할 수 있도록 랜덤항을 확장한다는 차이점이 있으며 이것은 2상위수준의 변수를 도입함으로써 가능하게 된다.(Jones and Bullen, 1994)

1) 연구모형

본 연구에서는 2단계 위계선형모델을 적용한 주택재개발아파트의 가격평가를 위한 모델을 구성하였다. 2단계 모델에서 1수준은 개별아파트 단지이며 2수준은 개별아파트가 입지한 동이다. 2단계 위계선형 모델의 모형식은 다음과 같다.

[개별아파트 단지 모형]

$$P_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j}X_{1ij} + \dots + \beta_{qj}X_{qij} + r_{ij} \quad (1)$$
$$= \beta_{0j} + \sum_{k=1}^q \beta_{kj}X_{kij} + r_{ij}$$

참고: P_{ij} 는 j동에 있는 i주택의 가격

X_{qij} 는 j동의 i주택의 q번째 독립변인

β_{0j} 는 j동의 절편

β_{qj} 는 j동의 X_q 의 회귀계수(regression coefficient)

r_{ij} 는 j동에 있는 i아파트의 무선오차(random error)

이 식에서 r_{ij} 는 평균이 0이고 표준편차가 σ^2 인 분포를 보인다고 가정한다. 회귀계수 $\beta_{qj}(q=0, \dots, Q)$ 는 j동에서 주택의 구조적 특성변수와 입지특성 변수에 의해서 주택가격이 어떻게 분포하는지를 표시하고 있다.

[동 수준 모형]

각 수준1의 계수인 β_{qj} 는 수준2모델에서는 종속변수가 된다.

$$\beta_{qj} = \gamma_{q0} + \gamma_{q1} W_{1j} + \gamma_{q2} W_{2j} + \dots + \gamma_{qs_q} W_{S_{qj}} + u_{qj} \quad (2)$$

$$= \gamma_{q0} + \sum_{s=1}^{S_q} \gamma_{qs} W_{sj} + u_{qj}$$

참고: β_{qj} 는 j동의 주택가격 분석을 통해 나온 절편(β_{0j})
 또는 독립변인 X_q 들의 기울기를 나타내는 회귀계수
 W_{sj} 는 j동의 s번째 동별 특성 변인
 γ_{q0} 는 동별수준 모형에서의 절편(intercept)
 γ_{qs} 는 W_s 변인의 회귀계수(regression coefficient)
 u_{qj} 는 j동의 무선오차(random error)

식(2)에서 γ_{qs} 계수는 동수준의 변인(W_{sj})들이 개별주택수준 모형에서 얻은 회귀계수에 미치는 영향력의 크기를 표시한다. j동의 고유효과를 의미하는 u_{qj} 는 평균이 0이며 변량이 τ_{qq} 임을 가정한다.

2) 분석 결과 및 논의

본 연구에서 재개발아파트의 주택가격 평가를 위한 모델을 식으로 제시하면 다음과 같다.

<표 2> 주택가격 평가 2수준 모델

Level-1 Model

$$Y = B_0 + B_1*(PYUNG) + B_2*(ENTER) + B_3*(SUBWAY) + R$$

Level-2 Model

$$B_0 = G_0 + G_1*(WORK) + G_2*(MARKET) + U_0$$

$$B_1 = G_{01} + U_1$$

$$B_2 = G_{02} + U_2$$

$$B_3 = G_{03} + U_3$$

주) PYUNG: 평수(평), ENTER: 입주년도(년), SUBWAY: 지하철까지 거리(미터)
 WORK: 제조업체비율, MARKET: 시장수

재개발아파트의 가격을 설명하는 1수준 변수로는 평수, 입주년도, 단지로부터 지하철까지의 거리 변수를 이용하였다. 또한 2수준 변수로는 생활편익시설에의 접근성을 나타내는 변수로 동별 시장수를 이용하였으며 직장까지의 접근성 변수로 제조업체비율 변수를 이용하였다.⁵⁾

5) 동별로 (제조업체수/주택수)를 직장까지의 접근성을 나타내는 변수로 사용하였다. 본 사례연구는 통계적인 비교를 위한 목적에 있으므로 자료의 이용가능성이 많은 변수를 임의

분석에 사용된 자료로는 아파트가격의 경우 2001년 7월 시점에서 부동산뱅크에서 조사한 주택가격 자료로 상한가와 하한가를 평균한 값이다. 또한 재개발아파트가 입지한 동별 특성변수들인 시장수와 제조업체비율에 대한 자료는 서울시 자치구 통계자료를 참조하였다.(동별 자료는 <부록> 참조)

재개발아파트는 평균 32평이며 평균적으로 지하철로부터 대략 500미터 범위에 위치하고 있다. 동별 제조업체비율 평균은 21%이며 동별 시장수는 평균 2.8개였다.

<표 3> 분석에 이용된 자료

변수명	평균	표준편차	최소값	최대값	사례수
<u>LEVEL1(개별주택)</u>					
PYUNG(평수)	32.14	8.50	13	56	301
ENTER(입주년도)	1993	4.51	1985	2000	296
SUBWAY(지하철거리)	498.56	70.00	70	2400	295
<u>LEVEL2(동별 변인)</u>					
WORK(제조업체비율)	0.21	0.25	0.06	1.40	35
MARKET(시장수)	3.46	2.83	0	9	35

주택가격에 대한 2수준 모델에 대한 분석결과는 <표 3>에 제시되어 있으며 크게 고정효과와 무선효과로 나눌 수 있다. 고정효과와 무선효과의 경우 해당 변수의 계수값이 전체 표본내에서 동일하게 고정적인 의미를 나타내므로 재개발아파트가 어느 동에 입지하는지에 관계없이 항상 일정한 효과를 미치게 됨을 의미한다. 이에 비해 무선효과의 경우에는 2수준인 동단위에서 계수값이 통계적으로 유의미하게 차이가 난다는 것을 의미하게 된다. 개별주택의 특성을 나타내는 평수, 지하철거리, 입주년도 모두 해당 주택이 입지한 동에 따라서 모두 유의미하게 차이가 난다는 것을 <표 3>은 의미하고 있다. 이것은 다시 말하면 주택가격을 설명하는 동단위 변수에 대해 새로운 탐색이 필요함을 보여주고 있다.

2단계 위계선형모델의 분석결과 전형적인 재개발아파트의 평균 주택가격은 대략 1억 9천만원인 것으로 나타났다. 개별주택 수준에서 주택가격을 설명하는 유의미한 변수로는 평수와 입주년도 변수로 나타났다. 다른 조건이 동일할 경우 1평 증가시 주택가격은 약730만원의 증가효과가 있으며 동일한 조건에서 입주년도가 1년 차이나는 두 아파트 단지간의 주택가격은 610만원 차이가 나는 것으로 분석되었다. 즉, 평수가 크고 최근에 입주한 아파트일수록 주택가격이 높다. 고정효과 분석을 보면 동 단위 변수들인 제조업체비율이나 시장수의 경우 재개발 아파트 주택가격에 의미 있는 영향을 주지 못하는 것으로 나타났다.

로 선정해서 분석하였다.

<표 4> 주택가격에 영향을 주는 동별 수준 변인들의 효과 분석 결과

고정효과(fixed effect)	계수	표준오차(t-비율)	p-값		
① 동단위 평균 설명모형					
절편(평균주택가격)	19447.13	945.89(20.560)	0.000		
제조업체비율	682.24	858.03(0.795)	0.432		
시장수	-124.78	96.37(-1.295)	0.205		
② 평수변인 기울기					
	729.79	32.59(22.390)	0.000		
③ 입주년도 기울기					
	610.62	91.66(6.661)	0.000		
④ 지하철거리 기울기					
	-4.01	2.52(-1.58)	0.122		
무선효과(random effect)					
무선효과(random effect)	표준편차	분산	자유도	χ^2	P-값
개별주택 평균 절편	5003.81	25038178.05	3	600.77	0.000
평수 변인 기울기	174.18	30340.10	5	40.77	0.000
입주년도 변인 기울기	288.55	83262.06	5	24.03	0.000
지하철거리 변인 기울기	6.70	44.98	5	32.75	0.000
1-수준 효과	1792.38	3212646.45			

주) Likelihood Ratio= -2249.571794

동일한 자료를 이용하여 특성가격함수를 추정한 결과는 <표 5>와 같다. 위계선형 모델을 이용한 결과와 비교해보면 평수가 주택가격에 미치는 영향력이 전자는 730만원으로 추정하는데 비해 후자는 797만원으로 추정하고 있다. 입주년도 변수의 경우에는 특성가격함수 추정에서 그 영향력이 줄어들고 있으며 지하철까지의 거리 변수는 위계선형모델에서 통계적인 영향력이 없었으나 특성가격함수의 경우에는 영향력이 매우 큰 것으로 나타났다.

<표 5> 특성가격함수 추정결과

	계수값	표준오차	t 값	유의도
상수항	-8308.00751	2070.33110	-4.01	<.0001
평수	796.84464	28.42062	28.04	<.0001
입주년도	1.87682	0.99340	1.89	0.0596
지하철거리	-2.08481	0.74398	-2.80	0.0053
제조업체비율	2182.36724	1438.23791	1.52	0.1300
시장수	-40.65418	76.09576	-0.53	0.5935

주) $R^2=0.68$, Durbin-Watson D=0.88

Hlm을 이용한 주택가격 분석을 통해서 대도시권내에서 주택가격 변이의 결정요인을 체계적으로 분석할 수 있으며 대도시권내의 주택유형이나 입지특성에 따라 가격이 결정되는 요인을 파악할 수 있게 되었다는 장점을 갖게 된다. 이는 기존의 특성가격함수를 이용한 주택가격 평가의 방법론이 가진 한계점을 보완한 장점이라 할 수 있다. 주택가격 평가에서의 위계선형모델의 활용은 하위시장별로 주택속성이 다르다는 점을 명확히 할 수 있게 되며 주택가격에 영향을 미치는 정책변수들이 변화되었을 때 이들 변수들이 주택가격에 미치는 효과를 파악할 수 있게 해주는 장점이 있다.

IV. 결론 및 향후과제

우리나라의 경우 주택시장은 항상 수요가 공급을 초과하는 상태에서 주택을 둘러싼 투기문제를 제어하기 위한 정부의 역할이 강조되어 왔다. 그러나 최근 주택시장을 둘러싸고 여러 가지 환경변화가 예상되고 있다. 그것은 주택시장을 둘러싼 규제들이 점차적으로 완화되고 있다. 정부규제에 대한 경제적 폐해를 줄이기 위한 관점에서 사회전반적으로 각종 규제가 완화되는 가운데 주택시장의 경우 신규주택 분양이 규제가 완화되었다. 이것은 공급자가 주택가격을 차등화할 수 있는 근거를 제공해 준 계기가 되었으며 수요자에 따라 다양한 특성을 가진 주택을 공급할 수 있게 된다.

주택이 가진 장소성이 주택가격 평가에서의 중요성이 커지고 있다. 그러나 주택을 둘러싼 이런 장소적 특성은 다른 속성변수들과 체계적으로 연계되어 있어 서로 공유되는 측면이 많다. 이런 점에서 특성가격함수를 이용한 주택가격 평가의 유용성이 떨어지게 된다는 점을 앞서 지적하였다. 도시내에서 주택이 입지한 장소적 맥락성과 구성적 특성을 고려치 않을 경우 주택가격 추정에서의 심각한 오류를 범할 수 있다.

본 연구에서는 기존의 주택가격 추정을 위한 특성가격함수의 방법론적인 한계를 지적하고 이에 대한 보완방안으로 위계적 선형모델에 의한 주택가격 추정을 제안하였으며 주택재개발아파트의 가격평가를 사례로 들었다. 위계선형모델을 이용한 주택가격 평가가 발전하기 위해서는 기존 연구들에서 연구자에 따라서 체계적으로 사용되지 못했던 주택의 장소적 특성을 고려할 수 있는 이론적이고 경험적인 변수들에 대한 연구가 지속되어야 할 것으로 생각된다.

위계적 선형모델을 이용한 주택가격 평가의 방법론이 발전될 경우 현재까지 상식적으로 생각하고 있는 강남구와 기타 지역간의 주택가격 차이와 주택가격 변화율의 패턴에 대해 체계적인 설명이 가능하게 될 것이다. 또한 주민들에게 다양한 공공서비스를 제공하는 지방자치단체의 경우 해당 자치구의 주거환경 개선을 위한 공공투자를 결정할 때 주거환경 개선이 이루어졌을 경우 변화된 환경변수를 이용해서 해당 자치구의 주택가격에 미치는 효과를 분석할 수 있게 될 것이다.

* 참고문헌

- 최막중·임영진. 2000.11. “가구특성에 따른 주거입지 및 주택유형 수요에 관한 실증분석”. 국토계획 36(6): pp69-81.
- 이현웅. 1999.7. “수도권 신도시 주택가격 결정요인에 대한 비교연구 -분당, 과천, 목동을 중심으로-”. 건설기술연구소 논문집 18(1): pp103-118
- 임재현. 1998. “주택특성가격이론의 발전 모색”. 한국행정학보 32(1): pp247~261.
- 허세립·곽승준. 1994. “헤도닉가격기법을 이용한 주택특성의 잠재가격 추정”. 주택연구 2(2): pp27-42.
- 송명규. 1992.6. “학군의 질(고등교육 수준)과 명성이 주택가격에 미치는 효과에 관한 실증적 연구;서울시의 경우”. 지역사회개발연구 17(1): pp91-106.
- 이주형. 1989.7. “주거선택 및 주택이동 결정에 학군이 미치는 영향에 관한 연구”. 국토계획 54: pp157-174
- 고원용. 2000. 「주변환경이 주택가격에 미치는 영향에 관한 연구」 서울대학교 건축공학과 박사학위논문.
- 성기선. 1997. 「인문계 고등학교 학교효과에 관한 연구」. 서울대학교 대학원 교육학과 박사학위논문.
- 이왕기. 1997. 「아파트가격에 내재한 경관조망 가치의 측정 및 분석」 한양대학교 도시공학과 대학원 석사학위논문.
- 이계평. 1996. 「서울의 주택시장과 대기질개선 편익에 관한 연구 : 식별문제를 고려한 헤도닉가격기법의 응용」 서울대학교 경제학과 박사학위논문.
- 정홍주. 1995. 「아파트 가격결정모형에 관한 실증연구 : 서울지역 한강변 아파트를 중심으로」 건국대학교 부동산학과 석사학위논문.
- Scott Orford. 2000. “Modelling Spatial Structures in Local Housing Market Dynamics: A Multilevel Perspective”. *Urban Studies* 37(9): pp1643-1671.
- Basu, S and Thibodeau, T. G. 1998. “Analysis of Spatial Autocorrelation in House Prices”. *Journal of Real Estate Finance and Economics* 17: pp61-85.
- Can & Megbolugbe. 1997. “Spatial Dependence and House Price Index Construction”. *Journal of Real Estate Finance and Economics* 14: pp203-222
- Serim Huh and Seung-Jun Kwak. 1997. “The Choice of Functional Form and Variables in the Hedonic Price Model in Seoul”. *Urban Studies* 34(7): pp989-998.
- Case, K. E. and Mayer, C. J. 1996. “Housing Price Dynamics within a Metropolitan Area”. *Regional Science and Urban Economics* 26: pp387-407.
- Kelvyn Jones and Nina Bullen. 1994. “Contextual Models of Urban House Prices: A Comparison of Fixed-and Random-Coefficient Models Developed by Expansion”. *Economic Geography* 70 : pp252-272.

- Kelvyn Jones and Nina Bullen. 1993. "A Multi-level Analysis of the Variations in Domestic Property Prices: Southern England, 1980-87". *Urban Studies* 30(8): pp1409-1426.
- Can, A. 1992. "Specification and Estimation of Hedonic House Price Models". *Regional Science and Urban Economics* 22: pp453-474.
- Can, A. 1990. "The Measurement of Neighbourhood Dynamics in Urban House Prices". *Economic Geography* 66: pp254-272.
- Timothy J. Bartik and V. Kerry Smith. 1987. "Urban Amenities and Public Policy" *Handbook of Regional and Urban Economics Vol.II*. Elsevier Science Publishers.
- Raudenbush S.W.,and Bryk, A.S. 1986. "A Hierarchical Model for Studying School Effects", *Sociology of Education* 59: pp1-17

ABSTRACT

An Application of Hierarchical Linear Models for the Evaluation of Housing Price

Kim Ju Young · Kim Ju Hu

Key Words: Housing Price, Hedonic Price Function, Hierarchy Linear Model

There has been a long history of research into the development and estimation of hedonic price models. A major issue lies in the integration of the conceptual and theoretical models of local housing markets with the context-insensitive nature of the standard hedonic model specification. This paper introduce new method in evaluation of housing price instead of hedonic price models. Hierarchical linear models can handle spatial autocorrelation and heteroscedasticity problem. We introduce theoretical background and suggest an example of housing price evaluation of redevelopment apartment. One level is each property and level two is dong. The results show that hlm is a useful method for the Evaluation of Housing Price.

<부록> 동별 특성 자료

구명	동명	비율	시장수	구명	동명	비율	시장수
강동구	천호1동	0.121	0	답십리4동	0.259	1	
	천호3동	0.124	5		전농1동	0.107	1
관악구	봉천본동	0.532	2	전농3동	0.302	0	
	봉천3동	0.068	2	이문3동	0.108	1	
	봉천5동	0.167	0	중랑구	면목3동	0.142	1
	봉천6동	0.131	1	성동구	옥수2동	0.106	1
	신림1동	0.084	2	응봉동	0.069	0	
	신림2동	0.099	1	행당1동	0.176	0	
	신림10동	0.064	0	행당2동	0.072	0	
구로구	구로3동	0.428	0	왕십리2동	0.157	0	
	구로4동	0.107	0	금호동3가	0.070	2	
	구로6동	0.203	0	중구	종림동	0.388	1
	오류1동	0.159	0	신당4동	0.346	0	
	신도림동	0.659	0	신당6동	0.230	0	
	동작구	흑석2동	0.079	2	용산구	효창동	0.120
본동		0.092	0	산천동			
사당2동		0.169	3	은평구	응암4동	0.095	2
사당3동		0.085	0	서대문구	천연동	0.106	
상도5동		0.092	1	남가좌2동	0.114		
서초구	노량진1동	0.360	0	홍은1동	0.105		
	반포4동	0.493	2	홍은2동	0.061		
	방배2동	0.282	1	홍제1동	0.147		
	송파구	가락본동	0.520	0	홍제2동	0.062	
마천2동		0.143	1	홍제3동	0.199		
오금동		0.225	1	홍제4동	0.082		
양천구		신정7동	0.092	1	대신동	1.404	
	신정2동	0.103	1	연희3동	0.374		
	노원구	상계1동	0.119	0	북가좌1동	0.093	
상계3동		0.149	1	북가좌2동	0.108		
강북구	수유2동	0.122		마포구	신공덕동	0.022	0
성북구	종암2동	0.172	1	창전동	0.019	0	
	돈암1동	0.076	0	도화1동	0.007	0	
동대문구	답십리2동	0.142	2	도화2동	0.142	0	
	답십리3동	0.336	0	대흥동	0.023	0	
				공덕2동	0.036	2	