

헤도닉 가격모형의 함수형태

- 시장특성을 감안한 변환함수들의 적용 및 검증 -

허세림* · 곽승준**

〈目 次〉

- | | |
|--------------------|-----------|
| I. 서론 | III. 추정결과 |
| II. 헤도닉 가격모형의 함수형태 | IV. 결 론 |

要 約

환경질 개선의 편익추정에 사용되는 헤도닉 가격모형에서 제1단계 헤도닉 함수 추정시 그 함수형태에 따라 결과가 편의를 가질 수 있다. 본 논문에서는 13가지의 각기 다른 비선형 및 선형 헤도닉 함수 등을 한국 주택시장에 적용하여 그 적합성을 이론 및 실증적 방법을 병행하여 검증하였다. 그 결과, 고전적으로 종속변수만을 변환시키는 Box-Cox 함수형태나 Box-Cox 변형계수가 사전적으로 0과 1 사이에 있음을 가정하는 오목한(concave) 한 함수형태가 기존 연구와는 달리 한국 주택

* Vanderbilt 대학교, Institute for Public Policy Studies

** 고려대학교 경제학과 조교수

시장에는 적합한 함수형태가 아니라는 결과를 이끌어 냈다. 나아가 서울 주택시장에 가장 적합한 함수형태는 종속 및 독립변수를 각각 다르게 변환시키는 헤도닉 함수형태임을 보여 주었다. 아울러 본 연구는 간접적으로 헤도닉 가격모형 적용시 그 지역의 주택시장 특성에 관한 연구가 선행되어야 함을 시사하고 있다.

I. 서론

헤도닉 가격모형(hedonic price model)은 환경의 질의 화폐적 가치를 측정하는 대표적인 간접적 방법 중의 하나로 현재까지 널리 사용되고 있다. 특히 대기질에 대한 가치 측정 방법으로서의 헤도닉 가격모형의 효율성이 Smith와 Huang(1993)의 Meta 분석에 의해 증명됨에 따라 그 신뢰성이 더욱 높아지고 있다.

헤도닉 가격모형에 의한 시장에서 직접 관찰되지 않는 환경의 질의 가치측정에 대한 연구는 주로 주택시장을 관찰하는 우회적인 방법을 사용하고 있다. 헤도닉 가격모형은 소비자의 효용 극대화로부터 도출되는 주택특성들에 대한 수요(bid function)와 주택 공급자의 이윤 극대화로부터 도출되는 공급(offer function)의 균형점으로 이루어져 있다. 이러한 주택특성과 시장에서 관찰 가능한 주택가격과의 관계를 나타내는 헤도닉 가격모형의 적합한 함수형태에 대해서는 현재까지 계속 논란이 되고 있다(Freeman(1993)).

헤도닉 가격모형의 함수형태에 대한 연구들을 보면, 초기 연구에서는 Linear, Semi-log, Double-log, Exponential, Quadratic 등의 함수형태가 이용되었다(Rosen(1974), Freeman(1979),). 그 후 Halvorsen과 Pollakowski(1979), Goodman(1979)의 연구에서 '경제이론 자체로는 헤도닉 가격함수의 일반적이고도 적합한 함수형태를 제시하지 못한다'는 주장과 함께 Box-Cox 함수형태를 포함한 여러가지 함수형태의 헤도닉 가격모형이 적용되기 시작하였다. 특히 적합한 함수형태를 테스트한 Cropper 등(1987)은 한계특성가격을 측정하는데 발생하는 오차의 크기가 함수형태에 따라 크게 변하며, 나아가 헤도닉 가격함수가 대리변수 등을 포

합하고 있는 경우, 가장 적은 MPE(mean percentage error) 값을 보여주는 함수 형태는 선형 Box-Cox 함수라는 연구결과를 제시하였다.

하지만 이들의 연구결과들은 미국이라는 지역적 특성을 가진 주택시장에 적용되고 있다. 우리나라 주택시장에 관한 연구의 경우, Huh와 Kwak (1994)은 주택특성의 잠재가격 추정에서 적합한 함수형태에 관한 검증을 거치지 않고 외국 연구의 방법과 같은 종속변수와 독립변수를 0과 1 사이에서 있음을 가정하는 Box-Cox 변형 계수로 변환하는 함수형태를 최적합 헤도닉 가격모형으로 전제하였다. 그러나 Cassel과 Mendelsohn (1985)는 헤도닉 가격모형을 어떤 지역에 적용하고자 할 때는 그 시장에 맞는 함수형태에 대해 실증적인 실험을 헤도닉 함수에 대한 이론적 검증과 함께 병행시켜야 한다고 충고하고 있다.

본 연구는 이러한 지역적 특성을 감안한 가장 적합한 헤도닉 함수형태를 모색하는데 그 목적을 두고 있다. 서울 아파트 시장의 경우, 모든 조건이 같을 때 아파트의 크기와 아파트 가격과의 관계가 미국 시장과 같이 선형 혹은 오목(concave)이라기 보다 볼록(convex) 함수일 가능성이 클 것이다. 따라서 적합한 함수형태의 모색을 위해서는 기존 연구에서 분석된 Linear, Semi-log, Double-Log, Trans-log, 일반적인 Box-Cox 뿐만 아니라 Box-Cox 변환함수나 log 함수 혹은 Quadratic 함수를 조합한 비선형¹⁾ 등 다양한 함수형태가 실험될 필요가 있다. 즉, 본 연구는 우리나라의 주택시장 관련 자료를 이용하여 여러가지 헤도닉 가격모형의 함수형태를 설정하고 각 함수에 대한 추정결과를 비교함으로써 이론 및 실증적 검증을 통해 우리나라 주택시장에서 주택가격과 주거특성들의 관계를 효과적으로 설명하는 함수형태를 모색하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 실험에 사용한 헤도닉 가격모형의 함수형태에 대하여 설명하고 있다. 제3장에서는 각 함수들을 추정한 방법과 결과를 비교분석함으로써 우리나라 주택시장에 가장 적합한 함수형태를 모색하였다. 제4장

1) 본 연구에서 선형 또는 비선형이라 함은 함수형태가 종속변수나 설명변수에 대하여 선형 또는 비선형임을 의미한다.

은 결론 부분으로 할애하였다.

II. 헤도닉 가격모형의 함수형태

본 연구는 서울시 아파트 시장에 가장 적합한 헤도닉 가격모형의 함수형태를 찾기 위하여 헤도닉 가격함수의 형태를 사전적으로 제약하지 않고 먼저 <그림-1>과 같이 방수(1-5개)를 X축으로 하여 260개의 조사대상 아파트 가격의 평균값을 도시해 본 결과, 아파트 가격과 방수간의 관계는 선형관계가 아닐 수 있음을 확인하였다. 이는 서론에서 지적하였듯이 서울 아파트 시장의 주택가격은 지역 특성상 어떤 특정 변수들과 외국의 연구결과들이 제시하는 일반적인 오목(concave) 형태의 함수 관계에 있지 않을 수 있음을 실증적으로 뒷받침하고 있다. 따라서 해외의 연구결과와 같이, Box-Cox 변형계수가 0과 1 사이에 있다는 사전적 제약 하에 실증분석 없이 단순히 종속변수나 설명변수를 변환하는 등 여러 형태의 Box-Cox 함수를 그대로 우리나라 주택시장에 적용하는 것은 연구결과에 대한 신뢰도를 저하시킬 수 있다. 지역 주택시장의 특성을 감안한 적합한 함수형태에 관한 모색이 선행될 필요성이 대두된다고 하겠다.

이와 같은 필요성에 입각하여 본 논문에서 추정모형으로 Linear, Semi-log, Double-log, Trans-log와 같은 함수형태 외에도 Linear, Quadratic 형태를 포함한 9가지 Box-Cox 형태의 변환모형을 설정하였다. 이와 같은 변환모형은 기본적으로 다음과 같이 표현된다.

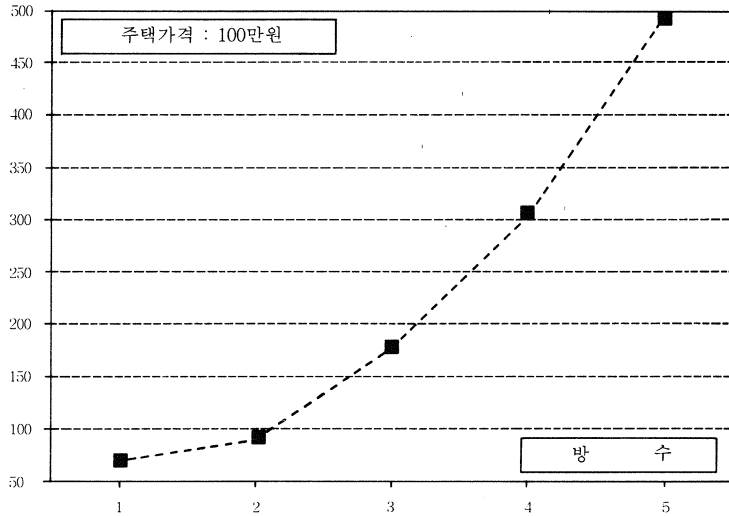
$$P(\theta) = a_0 + \sum_{i=1}^m a_i X_i(\lambda) + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m b_{ij} X_i(\lambda) X_j(\lambda)$$

$$P(\theta) = \begin{cases} \frac{P^\theta - 1}{\theta} & \text{for } \theta > 0 \\ \ln(P) & \text{for } \theta = 0 \end{cases}$$

$$X_{i,j}(\lambda) = \begin{cases} \frac{X_{i,j}^\lambda - 1}{\lambda} & \text{for } \lambda > 0 \\ \ln(X_{i,j}) & \text{for } \lambda = 0 \end{cases}$$

헤도닉 가격모형의 함수형태

<그림-1> 서울시 아파트 시장에서의 아파트 가격과 방수간의 관계
(방수별 아파트 가격의 평균값)



P는 주택가격, X는 주택특성, θ 와 λ 는 Box-Cox 변형계수를 각각 의미하고 있다. 여기서 주택특성변수들은 세 그룹으로 분류되었는데, 주택가격과 볼록(convex)한 함수관계에 있다고 여겨지는 방수는 X1로, 더미와 같은 성격을 갖는 주민소득특성과 건축년수는 X3으로, 나머지 변수들을 X2로 구분되었다.

다양한 모형을 설정하는 과정에서 더미 성격의 X3 변수들은 로그변환이나 Box-Cox 변환을 가하지 않았으며 종속변수인 주택가격과 주택특성변수들중 X1과 X2에 대해서만 변환을 시도하였다. 13가지 모형을 자세히 살펴보면 다음과 같다.

- (1) 종속변수나 설명변수에 아무런 변환을 가하지 않은 Linear 모형
- (2) 종속변수만을 로그변환한 Semi-log 모형
- (3) 종속변수와 설명변수를 동시에 로그변환한 Double-log 모형

- (4) Double-log 함수에다 설명변수 X_1 , X_2 간의 교차항(cross product)의 로그 변환을 설명변수로 추가한 Trans-log 모형
- (5) 종속변수만을 θ 값으로 Box-Cox 변환한 모형(Box-Cox 1)
- (6) 종속변수에 대한 변환은 없이 설명변수(X_1 과 X_2)만을 같은 λ 값으로 Box-Cox 변환한 모형(Box-Cox 2)
- (7) 종속변수와 설명변수를 같은 값($\theta = \lambda$)으로 Box-Cox 변환한 모형(Box-Cox 3)
- (8) 종속변수는 θ , 설명변수중 X_1 은 λ_1 로, X_2 는 λ_2 로 각각 다른 값으로 Box-Cox 변환한 모형(Box-Cox 4)
- (9) 설명변수중 X_1 만을 Box-Cox 변환한 모형(Box-Cox 5)
- (10) 종속변수와 설명변수중 X_2 는 로그변환하고 X_1 만을 λ 로 Box-Cox 변환한 모형(Box-Cox 6)
- (11) 종속변수는 θ 로, 설명변수중 X_2 는 변환하지 않고 X_1 만을 λ 로 각각 Box-Cox 변환한 모형(Box-Cox 7)
- (12) 종속변수는 θ 로, 설명변수(X_1 , X_2)들은 같은 λ 값으로 Box-Cox 변환한 모형(Box-Cox 8)
- (13) 종속변수는 θ 로, 설명변수중 X_1 은 λ_1 로, X_2 는 λ_2 로 각각 변환하고 X_1 과 X_2 의 변환된 값의 교차항을 설명변수로 추가한 Box-Cox Quadratic 모형(Box-Cox 9)

위와 같이 설정된 헤도닉 가격모형의 선형 및 비선형함수를 추정하기 위하여 본 연구가 사용한 통계자료는 다음과 같다. 국토개발연구원이 1991년도 서울 지역 13개 구 아파트 시장을 대상으로 실제 조사한 “주택금융 및 시장 설문조사(1992)”를 기본으로 하여 “서울통계연보(1992)”, “서울교육통계연보(1992)”, “한국환경년감(1992)” 등에서 일부 필요한 통계자료를 발췌하였다. 주택구조 및 특성변수들의 경우 전적으로 국토개발연구원의 설문자료에 의존하였기 때문에 변수선택에 제약이 따른다.

헤도닉 가격모형의 함수형태

<표-1> 변수의 정의

변 수 명	단 위	정 의
아 파 트 현시세	백만원	13개 구 아파트의 현시세
교 육 의 질	%	진학률, 진학자÷고졸자
분 진	μg	부유물질
도 로 확 보 율	%	폭 20m 이상 도로면적÷구면적
도심과의 거리	Km	도심(CBD)에서 구청까지의 거리
인 근 병 상 수	개	구내 종합병원과 일반병원의 병상수
근린공원 확보율	%	근린공원면적÷구면적
방 수	개	방의 수
주민 소득 특성	더미	주거민의 소득수준별 특성 (1=고;2=고중;3=중;4=중저;5=저)
건 축 년 수	더미	건축년도 (1='70 이전; 2='71-'80; 3='81-'85; 4='86-'87)

헤도닉 가격함수에 있어서 종속변수가 되는 아파트 가격은 아파트 현시세를 이용하였다. 설명변수는 해당 아파트가 위치한 지역의 교육의 질, 공기 오염도에 따른 대기질(분진), 도로확보율, 도심(CBD)으로부터의 거리, 의료 서비스에 대한 대리 변수로서 인근 지역 병상수, 녹지확보율, 방수, 주거주민의 소득특성, 건축년도로부터의 경과년수와 같은 주택특성변수들로 구성하였다. 변수에 대한 정의는 <표-1>과 같다.

III. 추정결과

변수들을 Box-Cox 변환하여 설정된 변환모형들은 우도함수(likelihood function)를 극대화하는 최우추정법(maximum likelihood estimation)으로 추정을 하였으며 그밖의 다른 추정모형들은 일반최소자승법(ordinary least squares)으로 추정하였다. 최우추정법의 과정을 보면, 먼저 θ 와 λ 의 Box-Cox 변형계수에 대한 값을 선택하여 원자료를 변형한 후 모형을 추정하고, 다음과 같은 대수우도함수의 값을 계산한다.

$$L(\theta, \lambda) = -\frac{1}{2} n \log \sigma^2(\theta, \lambda) + (\theta - 1) \sum_{i=1}^n \log P_i$$

여기서 n 은 표본수, $\sigma^2(\theta, \lambda)$ 는 Box-Cox 계수로 변형된 자료의 OLS 분산 추정치, P_i 는 i 번째 주택가격이다. 이 과정을 여러 차례 반복하여 우도함수를 극대화하는 θ, λ 와 추정계수 a 와 b 에 대한 최종 추정치를 구하게 된다. 프로그램은 Gauss를 이용하였으며, 헤시안(hessian)을 계산하기 위한 반복(iteration)계산의 알고리즘(algorithm)으로는 복잡한 계산과정을 간소화하여 표본수가 큰 경우에 알맞도록 고안된 BFGS(Broyden, Fletcher, Goldfarb, Shanno) 방식을 적용하였다.

총 13개 모형을 추정한 결과, Trans-log 모형과 Box-Cox 4는 그 추정결과가 주택특성과 주택가격에 관한 경제이론과 일치하지 않았으며, Box-Cox 2, 8, 9는 대수우도함수를 극대화하는 과정이 계속적으로 발산하는 양상을 보였다. 따라서 13개의 함수형태 중 이들 5개의 함수를 제외한 나머지 8개 함수형태에 대한 추정결과를 <표-2>에 정리하였다.

8개의 함수형태 가운데 서울 아파트 시장에 적합한 최종적인 헤도닉 가격모형의 함수형태는 다음 세 가지의 이론적, 통계적 기준에 의해 선택되었다. 첫째, 각 추정계수의 부호, 크기 그리고 통계적 유의성 등을 경제이론과 비교하였다. 둘째, 추정된 모형으로부터 계산된 아파트 추정치와 실제값을 비교하여 모형의 현실 설명력을 판별하는 기준이 되는 평방자승근퍼센트오차(root-mean-square-percent-error)²⁾를 이용하였다. 셋째, 우도율 검정(likelihood ratio test)을 통하여 추정 함수들의 적합성을 평가했다.

2) $100 \sqrt{\frac{1}{n} \left(\frac{Y^e - Y^a}{Y^a} \right)^2}$; N = 표본수, Y^e = 추정치, Y^a = 실제값

헤도닉 가격모델의 함수형태

<표 2> 함수형태에 따른 헤도닉 가격모델의 추정결과 비교

변수명	Linear	Semi-log	Double-log	Box-Cox 1	Box-Cox 3	Box-Cox 5	Box-Cox 6	Box-Cox 7
상수항	-180.0418 (-3.791)	-440.2864 (-2.256)	2.3908 (1.830)	1.4619 (0.509)	-0.4793 (-0.026)	12.2984 (0.258)	3.3640 (2.661)	9.8409 (2.704)
교육의 질	1.5026 (2.429)	63.5811 (2.207)	0.6728 (3.490)	0.1060 (2.509)	0.8742 (1.363)	1.7514 (3.059)	0.7158 (3.891)	0.1313 (1.916)
분	-0.3088	-39.5636 (-2.171)	-0.3553 (-2.914)	-0.0214 (-2.430)	-0.3368 (-1.372)	-0.3583 (-2.822)	-0.3944 (-3.378)	-0.0268 (-1.823)
도로확보률	(-2.328)	71.8551 (3.944)	0.3133 (2.570)	0.0029 (2.436)	0.1506 (1.781)	0.0581 (4.149)	0.2790 (2.394)	0.0032 (1.845)
도심과의 거리	(4.621)	-58.8201 (-4.473)	-0.2337 (-2.656)	-0.1834 (-2.125)	-0.8462 (-2.771)	-3.9827 (-3.341)	-0.2052 (-2.424)	-0.2058 (-1.525)
인근병상수	(-3.664)	-20.3036 (-2.274)	-0.2417 (-4.047)	-0.0014 (-2.508)	-0.0749 (-3.013)	-0.0222 (-2.759)	-0.2635 (-4.610)	-0.0018 (-2.000)
근린공원확보율	(-2.243)	-17.4231 (-1.888)	-0.0859 (-1.392)	-4.0741 (-1.782)	-1.9010 (-1.178)	-75.7217 (-2.100)	-0.0818 (-1.390)	-5.1832 (-1.519)
방수	-65.2407 (-1.673)	252.6846 (12.756)	1.4760 (11.136)	5.0114 (3.336)	9.1996 (2.528)	19.3223 (2.514)	0.4275 (2.433)	2.7001 (2.029)
주된 소득 특성	(15.140)	-6.9947 (-1.558)	-0.0202 (-0.674)	-0.2560 (-1.156)	-0.2835 (-0.975)	-5.8334 (-1.482)	-0.0170 (-1.596)	-0.3446 (-1.009)
건축년수	-4.7638 (-1.140)	24.3023 (4.850)	0.0663 (1.977)	0.9465 (2.422)	1.0249 (1.405)	19.6480 (4.350)	0.0496 (1.534)	1.0501 (1.679)
θ	1	0	0	0.4368	0.4445	1	0	0.4707
λ_1	1	1	0	1	0.4445	2.4309	1.2230	1.7122
λ_2	1	1	0	1	0.4445	1	0	1
RMS%E	9.1300	1276662.3	1877.9526	2.4979	3.0785	8.2774	0.7758	13.4149
Log-likelihood	-288784	-304.845	-304.845	-5.3960	-5.4169	-5.5043	-0.5969	-5.3850

주: () 안의 수치는 t-value

그 결과, 가장 적합한 모형은 Box-Cox 6으로 나타났다. Box-Cox 6의 경우, 각 계수들의 부호가 우리가 예상하였던 결과와 일치하게 나왔을 뿐만 아니라 또 주거특성과 주택가격에 관한 경제이론과도 일치하고 있다. 또한 대부분의 주요 주거 특성변수들의 추정계수들이 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 다만 병상수와 공원확보율에 대하여서는 추가적인 설명이 필요하다고 하겠다. 병상수의 아파트 가격에 대한 부정적 효과는 그 당시를 대상으로한 주택시장연구에 잘 나타나 있다(Huh와 Kwak, 1994). 대부분의 병상수를 보유하고 있는 종합병원이 아파트의 인근지역에 위치할 경우, 영안실의 소음과 교통혼잡과 같은 인근 지역 아파트 가격에 대한 부정적인 효과가 병원의 의료 서비스로부터 발생하는 긍정적인 효과보다 크다는 것이다. 이는 그당시 종합병원의 입지결정과정에서 나타나는 인근지역 주거주민의 집단반발 또는 항의소동에서 쉽게 찾아 볼 수 있다.³⁾ 공원확보율의 경우, 녹지가 많은 공원지역은 그 주위가 대부분 개발제한구역으로 묶여있다. 따라서 90년대 초까지 있었던 아파트의 투자성을 감안할 경우 공원이 주는 환경적 양의 효과가 투자 관점에서 본 음의 효과에 의해 어느정도 상쇄될것이다. 이러한 내용은 이변수의 통계적으로 유의하지 않음으로 어느정도 반영되어 있다고 볼 수 있을 것이다.

나아가 Box-Cox 6 는 모형의 현실 판별력의 기준이 되는 RMS%E의 가장 낮은 수치를 보여주고 있고, 또 우도율 통계치에서도 추정함수의 가장 나은 적합성을 보여주고 있다. 이러한 결과는 Box-Cox 6 추정모형이 이론적으로도 적합할 뿐만 아니라 통계적으로도 적합하다는 사실을 뒷받침한다고 하겠다.

IV. 결 론

헤도닉 가격모형을 환경질 개선에 대한 편익추정에 적용할 때, 제1단계 추정단계

3) 다른 의미로 해석하면 한국에서는 병상수가 의료서비스의 질만을 나타내는 좋은 대리변수가 되지 못한다는 의미도 된다. 이러한 사실은 향후 주택서베이 연구에 좋은 참고가 될 수 있을 것이다.

헤도닉 가격모형의 함수형태

인 헤도닉 함수 추정시 함수형태의 설정에 따라 그 결과가 편의를 가질 수 있음을 본 연구는 시사하고 있다. 아울러 적합한 헤도닉 가격모형의 함수형태에 관한 연구는 헤도닉 가격모형의 적용대상이 되는 지역의 특성에 대한 연구가 선결되어야 함을 보여주고 있다.

본 연구에서 서울시 아파트 시장에 적용한 총 13가지 함수형태 가운데 우리나라 주택시장에 가장 적합한 헤도닉 가격모형은 주택가격, 교육의 질, 대기질을 설명하는 분진, 교통 편이도를 감안한 도로확보율과 도심으로부터의 거리, 의료 서비스의 정도를 설명하는 인근지역 병원의 병상수 등과 같은 변수는 로그 변환하고 주택가격과 비선형 관계에 있다고 판단되는 방수(또는 평수)와 같은 변수는 기존의 사전적 제약을 따르지 않는 Box-Cox 변환계수로 변환한 함수형태인 것으로 나타났다.

이와 같은 연구결과는 우리나라 주택시장에는 기존에 이용되어 오던 종속변수만을 변환하는 Box-Cox 변환함수가 적합하지 못하다는 것을 반증하고 있을 뿐만 아니라 Box-Cox 변환계수가 0과 1 사이에 있다고 사전적으로 가정한 연구결과들과 다르다고 하겠다. 이와 같은 사실은 환경질 개선에 대한 간접적인 편익추정 방법으로서 헤도닉 가격모형이 특정 지역의 주택시장에 적용될 때, 그 함수형태는 해당 지역 주택시장의 주택특성 또는 주거문화와 밀접한 관계가 있음을 보여 주고 있다.

참 고 문 헌

1. Cassel, E. and R. Mendelshon, "The choice of Functional Forms for Hedonic Price Equations: Comment," *Journal of Urban Economics*, Vol.18, 1985, pp.135-142.
2. Cropper, M. L., Deck, L. D., and K. E. McConnell, "On the Choice of Functional Form for Hedonic Price Functions," *Review of Economics and Statistics*, Vol.70, 1988, pp.668-675.
3. Freeman, A. M. III, "The Benefits of Environmental Improvement: Theory and Practice", Baltimore, Johns Hopkins University Press, 1979.
4. —————, "The Measurement of Environmental and Resource Values : Theory and Methods", Washington D.C., Resource for the Future, 1993.
5. Goodman, A. C., "Hedonic Prices, Price Indices, and Housing Market," *Journal of Urban Economics*, Vol.5, 1978, pp.471-484.
6. Halvorsen, R. and S. Pollakowski, "Choice of Functional Form for Hedonic Price Equations," *Journal of Urban Economics*, Vol.10, 1979, pp.37-49.
7. Huh, Serim and Seung-Jun Kwak, "An Analysis of the Implicit Price of Housing Characteristics: An Application of Hedonic Price Technique to Seoul Housing Market," Presented in the 6th Research Conference on Housing, Beijing, China, 1994.
8. Rosen, S., "Hedonic Prices and Implicit Markets," *Journal of Political Economy*, Vol.82, 1974, pp.34-55.
9. Smith, V.K. and Ji Chin Huang, "Hedonic Models and Air Pollution: 25 Years and Counting," *Environmental and Resource Economics*, Vol.3, 1993, pp.381-394.