

DEA-AR 모형을 이용한 부동산 가격 평가

김재관* · 김승권**

Real Estate Price Appraisal using Data Envelopment Analysis - Assurance Region(DEA-AR) Model

Jae Kwan. Kim* · Sheung Kown. Kim**

Abstract

We proposed a new real estate price appraisal model that can appreciate the efficiencies of each criteria that would affect the price. The proposed Real Estate Price Appraisal Model is developed by the DEA-AR model which enhances the DEA-CCR model. We used the unit-cost per criteria method to set the assurance region of each weights of the DEA-AR model. In order to estimate the unit cost of major criteria effecting the price of real estate, we used the Goal Programming so that the price of real estate reaches the actual price being traded in. We expect that this approach could be helpful to make an objective real estate price appraisal.

1. 서론

인간생활의 기본요소는 의식주(衣食住)로 정의된다. 이 가운데 주(住)는 주거의 공간을 나타내는 것으로 집, 토지 등을 의미한다. 이처럼 집과 토지 등의 부동산은 인간에게 반드시 필요한 공간인 것이다. 그러나 오래전부터 부동산은 인간생활의 기본요소가 될 뿐 아니라 재테크의 대상 중 하나로도 큰 비중을 차지해 왔다. 그러므로 부동산 거래 시 가격형성의 내·외부 요인과 가격과의 상관관계에 대한 객관적인 검토는 반드시 거쳐야 할 단계가 되었다.

그리하여 본 연구에서는 Marcos Pereira Estellita Lins et al.[4]에서 제시된 판매자와 구매자 각각의 관점에서의 부동산 가격 효율성 평가의 개념을 응용한 DEA-AR 모형 기반의 부동산가격 평가모형을 제시하고자한다. 또한 DEA-AR 모형의 사용을 위해 부동산의 가격을 형성하는 요소(Criteria)별 단위비용함수를

구하는 방법과 구해진 단위비용 (Unit-Cost)을 이용한 각 요소간의 가중치의 범위(Assurance Region)를 설정하는 방법을 제안한다. 본 연구의 구성은 2장에서 DEA의 이론적 배경에 대해 간단히 설명하고 3장에서는 부동산가격 평가모형을 제시한다. 그리고 4장에서는 결론 및 향후 연구과제에 대해 언급한다.

2. DEA의 이론적 배경

2.1 DEA-CCR 모형

DEA는 다입력 요소를 사용하여 다출력을 생산하는 의사결정단위의 효율성을 평가하기 위한 모형으로 1978년 Charnes, Cooper and Rhodes에 의해 처음 소개되었으며 투입지향성 (Input-oriented) 모형과 산출지향성 (Output-oriented) 모형으로 나타낼 수 있다[3][6].

<모형 A>

$$\text{Max } Z_k = \sum_{r=1}^s y_{kr} u_r \quad (1)$$

$$\text{s.t. } \sum_{r=1}^s y_{jr} u_r - \sum_{i=1}^m x_{ji} v_i \leq 0 \quad j=1,2,\dots,n \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ki} v_i = 1 \quad (3)$$

$$u_r, v_i \geq 0, r=1,2,\dots,s, i=1,2,\dots,m$$

<모형 B>

$$\text{Min } I_k = \sum_{r=1}^s x_{kr} v_r \quad (4)$$

$$\text{s.t. } \sum_{r=1}^s x_{jr} v_r - \sum_{i=1}^m y_{ji} u_i \geq 0 \quad j=1,2,\dots,n \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^m y_{ki} u_i = 1 \quad (6)$$

$$u_r, v_i \geq 0, r=1,2,\dots,s, i=1,2,\dots,m$$

Z_k : 측정대상 k번째 DMU의 효율성

u_r : 산출요소(r)의 가중치 (결정변수)

y_{kr} : 측정대상 k번째 DMU의 r번째 산출 요소값(상수)

- y_{jr} : j번째 DMU의 r번째 산출 요소값(상수)
- w_i : 투입요소(i)의 가중치(결정변수)
- x_{ji} : j번째 DMU의 i번째 투입 요소값(상수)
- x_{ki} : 측정대상 k번째 DMU의 i번째 투입 요소값(상수)

<모형 A>는 투입지향성 DEA-CCR 모형으로 식(1)은 산출 요소값을 최대화 할 수 있는 가중치를 산정하는 목적식이고 식(2)은 다른 DMU의 자료를 비교하여 효율성이 1보다 작거나 동일하게 산출되는 제약식이며 식(3)은 투입요소의 합이 1이 되도록 하는 제약식이다. <모형 B>는 산출지향성 DEA-CCR모형으로 식(4)은 투입 요소값을 최소화 할 수 있는 가중치를 산정하는 목적식이고 식(5)은 다른 DMU의 자료를 비교하여 효율성이 1보다 크거나 동일하게 산출되는 제약식이며 식(6)은 산출요소의 합이 1이 되도록 하는 제약식이다.

2.2 DEA-AR 모형

DEA-AR 모형은 일반적인 DEA 모형에 투입요소와 산출요소의 가중치가 존재해야 하는 범위에 관한 제약식을 추가해주는 모형이다. 일반적인 DEA 모형을 통해 얻어진 결과 가운데, 가중치들 간의 불균형으로 인하여 잘못 평가된 DMUs를 제거하여 새로운 효율적인 DMU 집단을 선출해 주는 역할을 한다.

DEA-AR 모형의 가중치의 범위는 투입요소 가중치와 산출요소 가중치 각각의 요소 간 비율에 대한 상한 값과 하한 값을 설정하는 것으로 설정 방법으로는 전문가의 의견 반영 법, 의사결정기법 활용법, 그리고 각 요소별 단위비용 사용법 등이 주로 사용되어 왔다. 그러나 본 연구에서는 보다 객관적인 가중치의 범위를 설정하기 위해 위에서 언급된 방법 중 각 요소별 단위비용 사용법을 이용한다[1].

$$\frac{c_{ji}^{\min}}{c_{j1}^{\max}} \leq \frac{\nu_i}{\nu_1} \leq \frac{c_{ji}^{\max}}{c_{j1}^{\min}}, \quad i = 2, 3, \dots, m \quad (7)$$

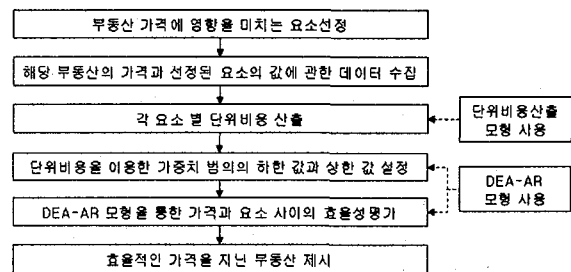
$$\frac{c_{jr}^{\min}}{c_{j1}^{\max}} \leq \frac{u_r}{u_1} \leq \frac{c_{jr}^{\max}}{c_{j1}^{\min}}, \quad r = 2, 3, \dots, s \quad (8)$$

투입요소와 산출요소로 사용될 모든 요소의 가중치가 포함되도록 하한 값과 상한 값을 설정해 주기 위해서는 (7)은 DMU별($j=1, 2, \dots, n$)로 투입요소 i 의 단위비용 가운데 가장 작은 값을 지닌 단위비용 c_i^{\min} 을 투입요소 1의 단위비용 가운데 가장 큰 값인 c_1^{\max} 로 나눈 값을 하한 값으로 하고, 투입요소 i 의 단위비용 가

운데 가장 큰 값을 지닌 단위비용 c_i^{\max} 를 투입요소 1의 단위비용 가운데 가장 작은 값인 c_1^{\min} 로 나눈 값을 상한 값으로 해야 한다. 그리고 (8)은 DMU별($j=1, 2, \dots, n$)로 산출요소 r 의 단위비용 가운데 가장 작은 값을 지닌 단위비용 c_r^{\min} 을 투입요소 1의 단위비용 가운데 가장 큰 값인 c_1^{\max} 로 나눈 값을 하한 값으로 하고, 산출요소 r 의 단위비용 가운데 가장 큰 값을 지닌 단위비용 c_r^{\max} 를 투입요소 1의 단위비용 가운데 가장 작은 값인 c_1^{\min} 로 나눈 값을 상한 값으로 해야 한다. 이렇게 하지 않으면 상하한의 범위가 전 범위를 포함하게 되므로 가중치의 적절한 제어가 될 수 없다. 따라서 식(7)과 (8)에서 임의로 정해진 요소 1을 분모로 사용한다.

3. 부동산 가격 효율성 평가 모형

3.1 전체적인 절차



[그림 1] 전체적인 절차

본 연구의 주제는 DEA-AR 모형을 기반으로 하는 부동산 가격 평가 모형을 제시하는 것이고, 부동산 가격 평가의 절차는 다음의 6단계로 나누어진다. 첫째, 평가의 대상으로 삼은 부동산의 가격에 영향을 미치는 요소들 가운데 수치화 할 수 있는 요소를 선정한다. 둘째, 전 단계에서 선정된 요소들의 값에 관한 데이터를 수집한다. 셋째, 단위비용함수 산출 모형을 통해 요소별 단위비용을 산출한다. 넷째, 산출된 단위비용함수를 이용하여 투입요소와 산출요소의 최적가중치가 존재해야 하는 범위의 하한 값과 상한 값을 설정한다. 다섯째, DEA-AR 모형을 통해 가격의 최대화를 목적으로 하는 판매자 관점에서의 가격 효율성 평가와 가격 최소화를 목적으로 하는 구매자 관점에서의 가격 효율성 평가를 실시한다. 여섯째, 판매자와 구매자에게 각각 효율적인 가격을 지닌 부동산을 제시해준다. 이렇게 구축된 부동산 가격 효율성 평가 모형은 [그림 1]에서 나타낸 것처럼

두 가지 모형을 기반으로 한다. 첫째는 단위비용 산출모형이고, 둘째는 DEA-AR 모형이다.

3.2 단위비용 산출 모형

본 연구에서는 DEA-AR 모형의 가중치의 범위를 설정하는 것에 단위비용 사용법을 이용하고자 한다. 그러나 부동산의 가격 형성 요소의 단위비용에 관한 데이터는 찾아내기 매우 어렵다. 그러므로 1998년에 Ossama Kettani et al.(1998)이 제안한 부동산 평가모형을 국내 실정에 맞게 변형하여 새로운 형태의 부동산가격 형성요소의 단위비용함수 산출 모형을 제시하고, 이를 통해 부동산의 가격 형성 요소별 단위비용함수를 산출한다. 그리고 이모형을 통해 산출되는 단위비용으로 DEA-AR 모형의 가중치 범위를 설정한다. 부동산가격 형성요소의 단위비용함수 산출 모형은 다음과 같다. 부동산 k 의 거래가격 r 에 대한 가격형성 요소 i 의 단위비용은 c_{ki} 로 표시하고 c_{ki} 는 다음과 같이 얻어질 수 있다고 가정하고 f_i 를 구한다.

$$c_{ki} = f_i(V_{ki}) \quad (9)$$

이렇게 구한 f_i 는 요소 i 의 평가 함수가 된다. 예를 들어, 요소 i 가 '평형'에 대응되고 그 값이 20평형이라 가정할 때, 단위비용이 $f_i(V_{ki}) = 300 V_{ki}$ 에 의해서 주어진다면 단위비용은 6000만원이 된다. 이 공식은 단위비용은 평당 300만원으로 일정하다고 가정하고, 함수 f_i 가 선형함수라는 것을 의미한다. 물론 함수 f_i 가 항상 선형이 되리라는 보장이 없다. 그러므로 어떤 형태의 함수가 되어야 할 것인지는 정해 주어야 하는데, 본 논문에서는 두 개의 함수 형식이 고려되었다. 그 하나는 구간선형 함수, 이고 다른 하나는 단조증가함수이다.

3.2.1. 구간선형함수

요소 i 에 대한 각 부분구간을 $T(t=1, 2, \dots, l)$ 라 하고, 부분구간의 하한을 D_{ti}^- , 상한을 D_{ti}^+ 로 정한다. 이를 바탕으로 f_i 를 다음과 같이 정의하여 구한다.

$$f_i(V_{ki}) = \begin{cases} 0 & (\text{if } V_{ki} = 0) \\ a_{ti} + V_{ki} W_{ti} & (\text{if } V_{ki} \neq 0 \text{ and } D_{ti}^- \leq V_{ki} \leq D_{ti}^+) \end{cases} \quad (10)$$

$$a_{ti} + V W_{ti} > \epsilon, i = 1, 2, \dots, m \quad (11)$$

a_{ti} 와 W_{ti} 는 요소 i 의 t 번째 간격에 해당하는 값들로서 모형에 의해서 결정되어야 하는 의사 결정변수들이고 V_{ki} 는 k 부동산의 i 요소의 D_{ti}^- 와 D_{ti}^+ 사이에 포함되어있을 정해진 상수 값이 된다. 또한 식(11)은 본 연구에서 DEA-AR 모형을 사용하는 것이 산출된 최적 가중치가 '0'이 되어 잘못된 결과를 도출하는 것을 방지하기 위한 것이므로, 단위비용을 이용한 가중치의 범위의 설정에 있어서 하한 값을 '0'을 초과하는 수로 만들어 주기위해 단위비용이 0보다 큰 매우 작은 양의 상수 ϵ 보다 커야한다는 것을 의미한다.

3.2.2. 단조증가함수

식(12)는 현실에 근사한 단위비용함수를 산출하기 위해서 요소의 단위비용이 단조증가한다는 의미의 제약 식으로 증가추세가 존재해야 할 요소의 단위비용이 임의로 산발적으로 나타나는 것을 방지하기 위한 목적으로 사용된다. 그러나 이 제약 식은 요소의 단위비용이 단조증가 할 것이라는 확신이 있는 요소에만 적용되어야 할 것이다.

$$f(D_{ii}^+) \leq f(D_{t+1,i}^-), i = 1, 2, \dots, m \quad (12)$$

3.2.3 단위비용 산출모형

이러한 두 가지 형식의 함수를 고려하여 예측거래가격과 실제거래가격 사이의 편차를 최소화하는 목표계획법 기반의 단위비용함수 산출모형을 제시하면 <모형 C>가 되고 이를 통해 요소별 단위비용을 산출해 낼 수 있다.

<모형 C>

$$\text{Min} \sum_{k=1}^n (d_k^- + d_k^+)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{i=1}^m c_{ki} - d_k^+ + d_k^- = p_{kr}, k = 1, 2, \dots, n$$

$$d_k^- \geq 0, d_k^+ \geq 0 \text{ and (10), (11), (12)}$$

c_{ki} 는 식(9)에서 정의되었고, d_k^- 과 d_k^+ 는 각각 부동산의 실제가격 p_{kr} 과 예측가격 $\sum_{i=1}^m c_{ki}$ 사이의 \pm 편차를 나타낸다. <모형 C>는 편차의 합을 최소화 시키는 것을 목적으로 하는 모형으로 평균편차를 최소화하는 모형으로 해석될 수 있다.

3.3 DEA-AR 모형

부동산은 바라보는 관점에 따라 판매자의 관점과 구매자의 관점으로 나뉜다. 그러므로 판매자는 부동산의 가격을 최대화시키는 것을 목적으로 하는 DEA 모형의 결과를 원할 것이고, 구매자는 부동산의 가격을 최소화 시키는 것을 목적으로 하는 DEA 모형의 결과를 원할 것이다.

<표 1> DEA-AR 모형의 투입요소와 산출요소

	판매자의 관점 (<모형 A> + 식(7) + 식(8))	구매자의 관점 (<모형 B> + 식(7) + 식(8))
투입 요소 (x_{ji})	가격 형성 요소의 요소별 값 (평균, 해당 동 등의 값)	일반거래가격
산출 요소 (y_{ji})	일반거래가격	가격 형성 요소의 요소별 값 (평균, 해당 동 등의 값)
목적	일반거래가격의 최대화	일반거래가격의 최소화

그러므로 본 연구에서 제시하는 부동산가격 평가를 위한 DEA-AR 모형은 다음과 같다.

판매자의 관점에서는 앞 장에서 언급한 투입 지향성 DEA-CCR 모형에 최적가중치가 존재해야 하는 범위를 설정해주는 식(7), 식(8)을 추가해주는 모형을 사용하고, 구매자의 관점에서는 산출지향성 DEA-CCR 모형에 식(7), 식(8)을 추가해주는 모형을 사용한다.

식(7), 식(8)에 사용될 c_{ji} 와 c_{jr} 은 앞 절에서 소개한 단위비용 산출 모형을 통해 구해진 요소별 단위비용을 사용한다.

이렇게 구성된 새로운 두 가지 모형을 통해 판매자와 구매자 각각의 관점에서 부동산 가격의 효율성 평가를 행할 수 있을 것이다.

4. 결론 및 차후연구

본 연구에서는 새로운 형태의 부동산 가격평가 모형을 제시해 보았다. 이모형은 부동산이 재테크의 수단으로 자리 잡고 있는 현실 상황에서 의사결정자들에게 객관적인 정보를 제공할 수 있는 효율적인 의사결정모형으로 사용될 수도 있을 것이다.

그러나 이모형이 실제의 부동산 가격평가에 사용되기 위해서는 보다 치밀한 준비와 추가연구가 필요할 것이다. 본 연구에서 제시한 부동산 가격 평가모형으로 구해진 단위비용은 시간에 따라 변화하는 시세(평가 순간의 시세)에

그 기준이 맞추어져 있기에 평가집단의 시세에 따라 요소별 단위비용이 변화될 수 있다. 따라서 시세에 따라 변하는 요소와 변하지 않는 요소 등을 구분하여 모형이 수립될 필요성도 있다. 그러므로 실제로 사용되기 위해서는 본 연구에서 사용된 부동산 가격형성 요소의 단위비용 산출 방법론의 타당성에 대한 검토가 반드시 선행되어야 할 것이고, 이러한 문제점이 보완된다면 보다 실제적이고 객관적인 방향으로 한걸음 다가설 수 있을 것이다.

감사의 글

이 논문은 2006년도 두뇌한국 21사업의 지원과 한국과학재단 목적기초연구의 연구과제(과제번호 : R01-2004-000-10362-0)에 의하여 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] AS. Camanho, RG Dyson, "Cost efficiency measurement with price uncertainty: a DEA application to bank branch assessments.", *European Journal of Operational Research*, Vol. 161, No. 2 (2005), pp.432-446.
- [2] Banker, R. D., A. Charnes and W. W. Cooper, "Models for the Estimation of Technical and Scale Efficiencies in Data Envelopment Analysis.", *Management Science*, Vol. 30, No. 9 (1984), pp.1078-1092.
- [3] William W. Cooper, Lawrence M. Seiford, Kaoru Tone, *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*, Kluwer Academic Publishers, 2000
- [4] Marcos Pereira Estellita Lins, Luiz Fernando de Lyra Novaes, Luiz Fernando Loureiro Legey, "Real Estate Appraisal: A Double Perspective Data Envelopment Analysis Approach." *Annals of Operations Research*, Vol. 138, No. 1 (2005), pp.79-96.
- [5] Ossama Kettani, Muhittin Oral and Yannis Siskos, "A Multiple Criteria Analysis Model For Real Estate Evaluation." *Journal of Global Optimization*, Vol. 12, No. 2 (1998), pp.197-214.
- [6] Charnes, A., W. W. Cooper, and E. L. Rhodes, "Measuring the Efficiency of Decision Making Units." *European Journal of Operational Research* Vol. 2 No. 6 (1978), pp.429-444.