

경제적 감가상각 측정방법에 관한 연구

- A Study on the Measurement Methods of Economic Depreciation -

조진형*
Cho, Jin-Hyung
김성집**
Kim, Seong-Jip

Abstract

In the case of existence of second-hand market, some methods for economic depreciation measurement have been developed. Among them, we consider two method. Those are Box-Cox model by Hulten and Wykoff and Ratio method of T-factor by Iowa State University. Here, we suggest a new measurement method of economic depreciation based on the above two methods. According to the new method, we can get the failure rate of a equipment under the appropriate assumption. Then we can measure the economic depreciation more simply.

1. 서론

1.1 연구목적

경제적 감가상각의 측정방법은 중고시장이 형성되어 있는 경우 Box-Cox모형을 이용한 방법이 경제학분야에서 많이 사용되어 지고 있고([12], [19], [23], [24]), 1930년대 개발되어 계속 발전되어온 T-factor의 비율방법은 산업공학분야에서 사용되어지고 있다 할 수 있다([13], [14], [21]). 보다 더 구체적으로 언급하면 Box-Cox 모형에 의한 Hulten-Wykoff의 방법에서는 내용년수의 추정 등은 Marston과 Winfrey가 개발한 방법도 사용하고 있다. 즉, Hulten-Wykoff의 방법에는 내용년수 등의 추정을 생존곡선(survival curve)에 의존하고 있다. 그러나 T-factor방법에서는 Hulten-Wykoff의 방법이 언급되어 있지 않다.

따라서, 본 연구에서는 두 방법의 장단점을 비교 고찰하고, 두 방법을 바탕으로 한 새로운 경제적 감가상각방법을 제시하고자 한다.

* 금오공과대학교 산업공학과

** 한양대학교 산업공학과

1.2 연구방법

2장에서는 Hulten-Wyckoff 에 의한 Box-Cox 모형을 고찰하고, 3장에서는 T-factor의 비울방법을 고찰한다. 2장과 3장의 예제는 같은 자료로서 예를 제시하고 4장에서는 두 방법을 바탕으로 새로운 경제적 감가상각의 측정방법을 제시한다.

2. Hulten-Wyckoff의 모형

Hulten-Wyckoff는 인플레이션 등 경제적 감가상각의 측정시 고려사항들을 거의 수용하면서도 이들의 계량모형(econometric model)은 '레몬' 문제등을 고려치 않는 순수한 시장가격을 바탕으로한(price-oriented) 방법을 채택하고 있다. 또한 Hulten-Wyckoff는 Box-Cox모형을 이용했다. 그들의 회귀모형은

$$q_i^* = \alpha + \beta s_i^* + \gamma t_i^* + u_i \quad i = 1, \dots, N \quad (1)$$

$$\text{단, } q_i^* = \frac{q_i^{\theta_1} - 1}{\theta_1}, \quad s_i^* = \frac{s_i^{\theta_2} - 1}{\theta_2}, \quad t_i^* = \frac{t_i^{\theta_3} - 1}{\theta_3}$$

$$u_i : \sim N(0, \sigma^2)$$

q_i : 자산의 가격(market transaction price of asset)

s_i : 자산의 연령(age of asset)

t_i : 시점(year)

로 나타낼 수 있으며, 미지의 모수인 $\theta = (\theta_1, \theta_2, \theta_3)$ 는 Box-Cox의 power family이다.

$\theta = (0, 1, 1)$ 일 때, Box-Cox모형은 semi-log 형태를 가진다. $\theta = (1, 1, 1)$ 이면 식(1)은 선형식을 나타낸다. $\theta = (1, 3, 1)$ 이면 기하감소(geometric decay)형태가 된다.

Box-Cox모형의 연령과 가격(age-price)의 관계를 보면, 위의 회귀식에 있어 s_i 의 계수인 β 는 자본연령에 따른 연간 가격변화율 즉, 경제적 감가상각률이 된다.

[예제-1] 불도저의 102개 Data를 가지고(25), Box-Cox모형을 적용해서 각 모수들을 추정했다. 시간은 측정된 Data를 1978년 불변가격화 하였으므로 시간항은 식(1) 모형에서 제외되었다.

$$\begin{cases} y_i : i \text{ 불도저의 } x_i \text{ 경과년때의 중고가격, } i = 1, \dots, 102 \\ x_i : i \text{ 불도저의 처분 당시의 경과년수(사용년수)} \end{cases}$$

$$\frac{y_i^{\theta_1} - 1}{\theta_1} = \alpha + \beta \frac{x_i^{\theta_2} - 1}{\theta_2} + \mu_i$$

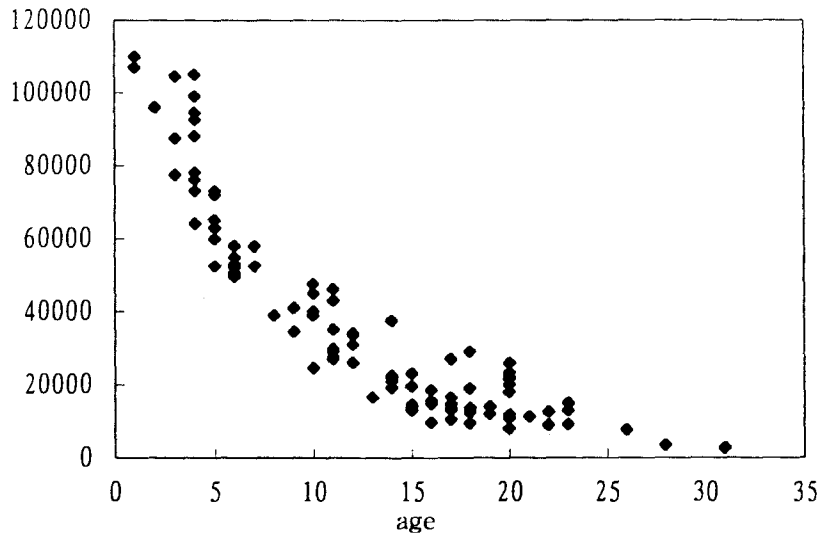
의 모형으로 정리가 되며, 비선형회귀분석에 의한 모수 추정치는 다음과 같다. 이 예제에서도 레몬문제와 생존화률에 의한 중고자산의 기대가는 고려하지 않았다.

$$\hat{\theta}_1 = 0.0060 \quad \hat{\theta}_2 = 0.9821 \quad \hat{\alpha} = 12.1120 \quad \hat{\beta} = -0.1201$$

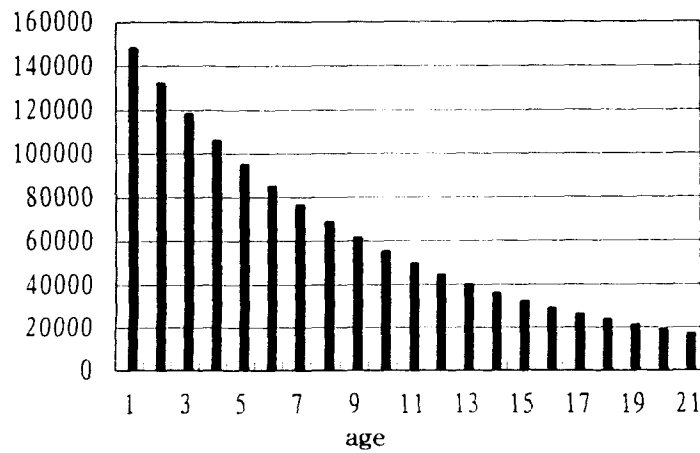
이 추정치는 식(1)에서 Box-Cox의 power family $(\theta_1, \theta_2, \theta_3) = (0, 1, 1)$ 이 semi log 형태를 가진다고 했는데 < Figure 1 >의 추세는 Semi-log 형태를 가지며 그 추정치는 $\hat{\theta}_1 = 0.00060$ 으로 0에, $\hat{\theta}_2 = 0.9821$ 은 1에 근접하고 있음을 보여주고 있다.

경제적 감가상각률은 12%로 나타나며, 그에 따른 불도저의 연도별 중고가치의 추정치는 < Figure 2 >와 같다

이 예제에서도 레몬문제와 생존확률에 의한 중고자산의 기대가는 고려치 않았다.



< Figure 1 > Market Price of Vintage Dozer(1978 constant price, \$)



< Figure 2 > Estimated Price of Vintage Dozer by Box-Cox Model

3. T-factor 비율방법

Marston[21]의 모형으로 개발된 현가법에 의한 비용접근법은 다음과 같다.

$$V_x = (V_{new} - V_s) \frac{(1+i)^N - (1+i)^x}{(1+i)^N - 1} + V_s \quad (2)$$

- V_x = 자산의 x년경과 때의 가치
- V_{new} = 자산의 취득가
- V_s = N년 경과후 잔존가
- i = 연간 할인율
- N = 자산의 내용년수(probable life of the unit in years)
- x = 자산의 경과년수(age)

여기서 운영수익이 일정하다는 가정을, 시간의 경과에 따라 감소한다는 가정으로 바꾸면 다음과 같이 된다.

$$V_x = V_{new} [C'_x(1-S) + S[C'_x(1-(p/f, i\%, N) + (p/F, i\%, N-x))] \quad (3)$$

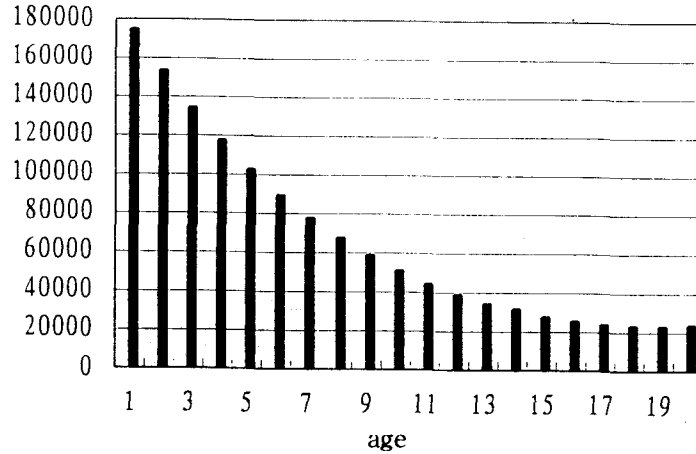
- S = 잔존비율 = V_s/V_{new}
- C'_x = x년 경과시 수정된 조건요소 백분율 (modified condition percent factor at age x)
- $R_x = R_1 \frac{T^N - T^{x-1}}{T^N - 1} \quad (5)$

T-factor는 다음과 같다[16].

$$C'_x = \frac{q^{N-x-1}(T+iT^{x-N}) - q^{-1}(T+i) - q^{N-x} + 1}{q^{N-x-1}(T+iT^N) - q^{-x-1}(T+i) - q^{N-x} + q^{-x}}, \quad q=(1+i) \quad (4)$$

- R_x = (x-1)과 x년의 1년간 운영수익 (세후)
- T = 운영수익의 감소분을 나타내는 progression rate,
($0 < T < \infty$)

[예제-2] 불도저는 1978년의 신품가격이 \$175,000 이다. 할인율(discount rate)은 7%이다. 내용년수(probable service life)를 20년으로 산정했다[25]. 데이터는 앞의 [예제-1]과 동일하다. T-factor 비율방법에서는 T값은 식(5)에 의해 시행착오법으로 추정한다. 추정된 T값은 0.91이다. $\hat{T}=0.91$ 을 식(4)와 식(3)에 순서대로 대입해서 나온 사용경과년도별 불도저의 중고가치는 < Figure 3 >와 같다.



< Figure 3 > Estimated Price of Vintage Dozer by Ratio Method of T-factor

4. 새로운 모형의 제안

T-factor방법과 Box-Cox모형에 의한 회귀방법과는 기업의 내부와 외부라는 관점에서 출발부터 다르다. T-factor방법은 T값의 추정을 내부운영수익으로 구하고, 할인율도 기업내부에서 정한다. 그와 반면에 Box-Cox모형은 기업내부의 자료나 임의로 정해야 하는 할인율과 같은 가정 선정도 없이 순수히 시장가에 의존하고 있다.

그러나 시장경제가 거의 완벽한 미국과 같은 예제의 경우 기업내부, 외부가 공히 시장원리에 입각한 행위가 이루어지고 있는 경제체제이므로 < Figure 2 >와 < Figure 3 >는 거의 같은 감가상각의 흐름을 보여 주고 있다. 즉 R_x (x년 1년간의 운영수익)와 할인율의 산정 및 가정이 거의 시장흐름과 같다는 것이다¹⁾.

그러므로 T-factor방법은 이러한 T-factor비율방법의 장점을 살려 기업내부에 의존하는, 즉 중요 시장가가 형성되어 있는 자산에 대해서도 델타방법에 의해 경제적 감가상각을 추정하고 있다([13], [14], [16], [25]).

Box-Cox모형은 비선형회귀에 의해 모수를 추정하고 있는데 비선형회귀는 선형회귀와는 달리 어떤 통계적검정이 없고 T-factor방법도 확률분포함수의 적용이 결여되어 있다. 이는 Iowa 곡선도 확률분포에 근거하지 않고 추세의 동일여부에 대한 직관적 판단에 의해 곡선의 형태를 정하고 있다.

Hulyen-Wykoff가 제시하는 식(1)의 power family($\theta_1, \theta_2, \theta_3$)의 일반적 세가지 형태인 (0, 1, 1), (1, 1, 1), (1, 3, 1)에 접합시킬 수 있는 통계적 검정은 대응이 있는 두집단의 차이검정을 실시함으로써도 가능하다($H_0 : \delta=0, H_1 : \delta \neq 0$ 로서 t-검정).

($\theta_1, \theta_2, \theta_3$)를 추정하는 것도 중요하지만 위의 3가지 형태의 모수값들에 대해 비선형회귀분석을 선형회귀분석화 함으로써 경제적 감가상각(β)의 추정치에 대한 가설($H_0 : \beta=0, H_1 : \beta \neq 0$)

(주1)우리나라는 정부의 규제가 많고 각종 정책들 때문에 순수경쟁시장으로 가지 못하고 있으므로 자료의 수정이 가능하다 할지라도 두 방법간의 추정치 차이는 현격할 것이라는 예측을 쉽게 할수 있다.

검정이 가능해진다.

T-factor방법도 통계학을 활용함으로써 분포함수 추정등으로 계산이 힘든 T-factor를 보다 용이하게 할 것이다(본 연구에서는 예제 생략). 또한 기업내부의 자료를 많이 활용함으로써 기업외부, 특히 시장과의 연계가 중요한데 이러한 시장과의 차이 여부를 통계적으로 검정해야 할 것이다. 우선 원가의 3요소인 자재, 임금(노동비), 경비의 구성이 시장원리에 의해 이루어지고 있는가의 판단이 필요하다. 타기업, 경쟁국의 시장가격등은 횡단적 분석으로 차이의 검정을 실시하고, 시계열분석에 의해 가격의 변화가 통계적으로 수렴하는 범위에서 변동하는가에 대한 검정이 있어야 할 것이다. 즉 시장이 왜곡되어(malfunction) 가격과 물량이 균형상태에서 이루어지지 않는다면 일반적으로 균형상태에서 이루어진 기업의 MARR를 할인율로 활용할 수 없을 것이다. [예제-1]과 [예제-2]에서 사용한 자료로서 Box-Cox모형의 변형된 모형으로 감가상각을 추정하고자 한다.

[예제-3] < Figure 1 >에서 보는 바와 같이 불도저의 사용년도에 따른 중고가격의 추세는 지속적으로 감소하고 있음을 알 수 있다. 따라서 $(\theta_1, \theta_2) = (0, 1)$ 로 하면 식(1)은 semi-log가 되므로 식(1)은 다음과 같이 된다.

$$y_i = ae^{\beta x_i} + u_i$$

y_i : x 년 경과한 불도저의 중고시장가

x_i : 경과년수

$$u_i \sim N(0, \sigma^2)$$

위의 식은 선형회귀식으로 변환하면 다음과 같이 된다.

$$\ln y_i = \ln a + \beta x_i + u'_i$$

$$\ln \hat{y}_i = 11.601 - 0.1106 x_i$$

$$(202.6) \quad (-26.939) : t값, \quad R^2=0.88 \quad df=100$$

추정된 중고시장가 \hat{y}_i 는 < Figure 4 >와 같다.

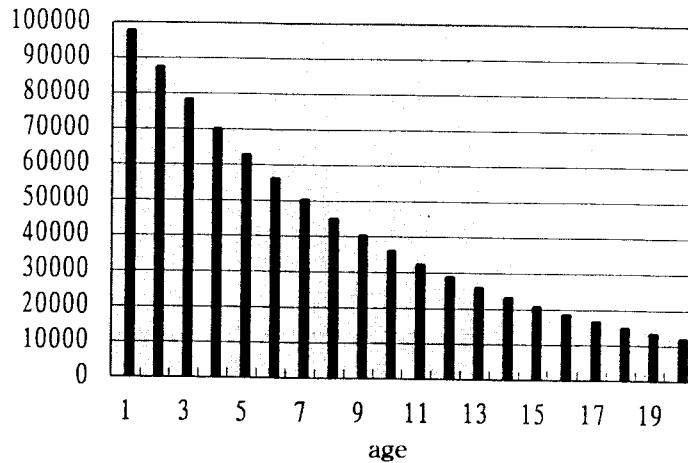
여기서 [예제-1, 2, 3]의 감가상각률은 비슷하지만 < Figure 4 >는 < Figure 2 >, < Figure 3 >와는 중고시장가가 다소 차이가 난다. 그러나 < Figure 1 >의 실질자료를 살펴보면 < Figure 2 >, < Figure 3 > 보다 < Figure 4 >가 더 적합이 좋다는 것을 인지할 수 있다.

자산마다 서로 다른 형태의 감가상각을 취할 경우 이를 일반적으로 측정하는 모형이 필요한데 Box-Cox모형은 감가상각 형태에 대한 가정 없이 모든 형태의 감가상각을 포괄적으로 측정할 수 있다. 그러나, 오히려 본 연구에서 가정의 설정을 주장하는 것은 평가공학은 대상이 생산설비에 초점을 두기 때문에 직관적 방법에 의한 운용비용 증가함수나 신뢰도 함수의 추정으로 설비의 효율성곡선을 쉽게 찾을 수 있고, 또한 그로부터 감가상각의 곡선 형태를 가정할 수 있기 때문이다.

5. 결 론

본 연구는 예제의 자료가 미국의 예이고 본 연구에서 제시한 가정들을 뒷받침 하기에는 충분치 못한 정보를 가진 것이지만, 다음의 사항들을 도출하였다.

중고시장가가 형성되어 있는 경우 Box-Cox모형과 T-factor방법의 동시 적용은 기업외적



< Figure 4 > Estimated Price of Vintage Dozer by Linear Regression

환경인 시장의 가격 변화와 기업내적 환경에서 나타나는 운영/유지 비용의 증가에 따른 운영 수익의 감소와 상호 부합하는가를 대한 검증함으로써 기업행위가 경제환경에 중립적으로 이루어지는가를 알아볼 수 있다.

또한 Box-Cox모형이나 T-factor방법에서 공장설비의 특성을 파악하여 각 모형에 가정을 함으로써 Box-Cox모형을 선형회귀분석을 실시하여 감가상각율을 결정할 수 있고($H_0: \beta=0$, $H_1: \beta<0$), T-factor는 어려운 T-factor의 산출을 용이하게 할 수 있다.

앞으로의 연구과제는 보다 정확한 가정을 두 방법에 적용시키기 위해 신뢰도공학과 평가공학과의 연계가 이루어져야 하겠다.

참 고 문 헌

- [1] 經濟企劃院 鑛工業센서스, 各年度.
- [2] 鑛工業統計調查報告書.
- [3] 1968년 國富統計調查報告書, 1973.
- [4] 1977년 國富統計調查報告書, 1980.
- [5] 김재원, 조진형, 김용섭, 한국제조업의 산업별 규모별 자본구조, 한국개발연구원, 1984. (미간행내부보고서).
- [6] 광태원, 감가상각제도와 자본소득과세, 한국개발연구원, 1985.
- [7] 조진형, "자본소득의 기업규모별 시계열추계에 관한 고찰," 금오공대논문집 4집, 1983.
- [8] 조진형, "우리나라 제조업에 있어 자산형태별 실질 감가상각 폭선에 관한 연구," 공업경영학회지 13권 22집, 1990.
- [9] 주학중 외, 1960~77년 한국 산업자본소득집계, 서울: 한국개발연구원, 1982, 7.
- [10] 현진권, "시장가격자료를 사용한 경제적 감가상각의 측정," 한국조세연구원, 1994.
- [11] 한국은행, 한국통계연감.

- [12] Beidleman, K., Valuation of Used Capital Assets, Accounting Association, 1973.
- [13] Cowles, H. and A. Elfar, "Valuation of Industrial Property:A Proposed Model," Engineering Economist, 23(3), Winter, 1978.
- [14] Cowles, J. and M. Whelan, "Estimation of declining Operation Returns," Engineering Economist, 31(2), Winter, 1986.
- [15] Coughlan, J. and W. Stand, Depreciations, The Roland Press Company. 1969.
- [16] Elfar, A. A. E., "Valuations of Machinery and Equipment for Industrial Properties," Ph. D. dissertation, Iowa State University, 1976.
- [17] Hanke, S. and S. Walters, "Recent Controversies in the Valuation of Utility Property," Public Utilities Fortnightly, July 21, 1988.
- [18] Heathfield, D. and S. Wibe, An Introduction to Cost and Production Functions, Macmillan, 1987.
- [19] Hulten, C. and F. Wykoff, "Economic Depreciation and the Taxation of Structures in the United States Manufacturing Industries : An Empirical Analysis The Measurement of Capital," edited by D. Usher, The University of Chicago Press, 1980.
- [20] Hulten C. (ed.), Depreciation, Inflation and Taxation of Income from Capital, The Urban Institute Press, 1981.
- [21] Marston, A., Winfrey, R. and J. Hempstead, Engineering Valuation and Depreciation, Iowa State University Press, 1982.
- [22] Riggs, J., Engineering Economics, McGraw-Hill, 1987.
- [23] Young, A. and J. Musgrave, "Estimation of Capital Stock in the United States," The Measurement of Capital, edited by D. Usher, The University of Chicago Press, 1980.
- [24] Ward, H., The Measurement of Capital, OECD, 1976.
- [25] Whelan, M. L., "The Estimation of declining operation returns for industry property," Ph.D. dissertation, Iowa State Univ., 1981.