

설비 대치문제와 평가공학 – Equipment Replacement Problem and Engineering Valuation –

조 진 형*
Cho, Jin-Hyung
김 성 집**
Kim, Seong-Jip

Abstract

When we analyze equipment replacement problem, we take the table of the duration period of tangible fixed asset on the corporation income tax law, and treat depreciation as simple allocation process for capital recovery. In this problem, there are some papers considering the concepts of economic depreciation. Those are not perfect model from a economical point of view. Therefore, we deal with equipment replacement problem considering the engineering valuation as well as the economic concept in the evaluation of asset.

1. 서 론

1.1 연구목적

설비대치를 포함한 투자분석은 경제성공학분야에 있어 돈의 시간적 가치를 고려함으로써 단순 재무적인(회계적인) 투자분석법과 차별화 되었었다. 그러나 그러한 투자분석시에도 많은 가정을 하고 분석을 한다. 예를 들면, 고정자산의 내용년수, 중고자산(vintage asset)의 가치 등이 그러하다. 정확치 못한 내용년수나 중고자산의 가치는 감가상각의 정확치 못한 계산으로 이어져서, 최근 각 공장들이 과거에 비해 고정자산의 보유가 많아지는(capital deepening) 현실에서는 더 큰 분석결과의 오류를 낳게 되는 것이다.

설비 대치문제를 보다 더 경제적인 개념으로 접근한 연구도 있으나([2], [9], [10], [11]), 중고 자산의 시장가치 적용이나([8]) 설비운용/유지비의 경제적 개념([4], [12])등이 평가공학에 고려되지 못한다.

따라서 본 연구에서는 설비대치문제에 있어서 평가공학도 고려한 개선된 설비대치문제를 제시하고자 한다.

* 금오공과대학교 산업공학과

** 한양대학교 산업공학과

1.2 연구방법

2장 1절에서는 무한수평선형계획법(IHLP)에 의한 감가상각 모형에 대해 고찰하고, 2장 2절에서는 평가공학이 적용된 IHLP 모형을 제시한다. 3장에서는 조세상의 감가상각, 경제적 감가상각, IHLP 감가상각에 대해 비교 고찰하면서 기업내 감가상각 일정의 산정방법을 제시하고자 한다.

2. 설비 대치문제

설비대치문제는 기본적인 경제성공학 분석방법으로 부터 MAPI 방법등 지금까지 많이 개발되어 왔고, 사용하여 왔다. 이들 방법의 특색은 기존의 재무적인(회계적인) 분석방법에 돈의 시간적 가치를 고려한 것이라 할 수 있다. 그러나 최근에 보다 더 경제적 개념이 도입된 무한수평선형계획법(infinite horizon LP, IHLP-[5], [7])을 이용한 설비대치문제의 분석방법이 제시되고 있다([9], [10], [11]).

2.1 무한수평선형계획법(IHLP)에 의한 감가상각모형

IHLP에 의한 감가상각의 모형은 다음과 같다.

$$l = \arg \underset{1 \leq k \leq n}{\operatorname{Min}} \frac{\{P - \delta^k s_k + \delta m_1 + \delta^2 m_2 + \dots + \delta^k m_k\}}{\{1 - \delta^k\}} \quad (1)$$

$$\bar{y} = \frac{(1-\delta)}{(1-\delta^l)} \{P - \delta^l s_l + \delta m_1 + \delta^2 m_2 + \dots + \delta^l m_l\} \quad (2)$$

식(1), 식(2)에서 부터 j 년 경과한 중고설비의 소유경제적 가치와 감가상각은 다음과 같다.

$$\bar{y}_j = \begin{cases} s_l & j = l \\ \bar{y} - \delta m_{j+1} + \delta \bar{y}_{j+1} & j = 1, \dots, l-1 \end{cases} \quad (3)$$

$$\bar{d}_j = \begin{cases} P - \bar{y}_1 & j = 1 \\ \bar{y}_{j-1} - \bar{y}_j & j = 2, \dots, l \end{cases} \quad (4)$$

P : 설비의 재취득가(the purchase price of new machine)

s_j : j 년 경과한 설비의 잔존가

m_j : j 년 경과한 설비의 연간 운영/유지비 ($j = 1, \dots, n$)

$\delta = 1 / (1+i)$: 할인요소 (i 는 할인률)

$l = \arg$: 식(1)을 최소화하는 k 를 l 이라 함, 즉 경제적 수명

\bar{y} : 연간 증가비용

\bar{y}_j : j 년 경과한 중고설비의 소유경제적 가치

\bar{d}_j : j 년의 감가상각

2.2 IHLP에 의한 감가상각법과 평가공학

IHLP에 의한 감가상각 일정은 먼저 식(1)에서 경제적 수명을 구하게 되어 있다. 식 (1)의 요소중 운영/유지비(m_i)은 종래에는 시간 경과에 따라 일정하다고 가정했지만(Marston), 실측의 방법(Whelan)과 신뢰도 공학의 고장률곡선등은 일정하지 않고 시간경과에 따라 그 비용이 증가한다고 한다. 다음 요소로서 잔존가 S_i 는 IHLP 모형내에서 내용년수 경과 후 잔존하는 의미의 잔존가가 아니고 식(1)의 경과에 따라 ℓ 의 값이 정해지기 때문에 S_i 의 가치산출은 중고시장가가 형성되어 있으면, Box-Cox모형([8])이나 T-요소법의 비율방법을 사용해야 한다.

중고시장가가 형성되어 있지 않으면 T-요소법의 텔타법을 사용하는 것이 타당하다. 또한 내용년수 n 은 추정에 있어 Iowa곡선에 의해 구하여야 한다. 이는 Box-Cox 모형이나, T-factor 방법에서 공히 Iowa곡선에 의거하여 내용년수를 추정하고 있기 때문이다. 그리고 할인율(discount rate)의 산정은 감가상각 일정이 기업내의 결정과정이므로 MARR)를 적용하는 것이 타당할 것이다.

따라서 식(1)에서 s_k 는 다음과 같이 추정되어질 수 있다. 다음 식(5)의 V_x 가 s_k 에 해당된다.

$$V_x = V_{new} [C'_x (1-S) + S \{ C'_x (1-(p/F, i, N) + (p/F, i, N-x)) \}] \quad (5)$$

V_x : 자산의 x 년 경과 때의 가치

V_{new} : 자산의 취득가

S : 잔존비율 = V_s/V_{new} (V_s : N 년 경과후 잔존가)

N : 내용년수(probable life of the unit in years)

C'_x : x 년 경과시 수정된 조건 요소 백분율

또한 식(6)의 Hulten-Wykoff의 Box-Cox모형에서도 s_k 를 추정할 수 있다.

$$q_i^* = \alpha + \beta s_i^* + \gamma t_i^* + u_i, \quad i = 1, \dots, N \quad (6)$$

단, $u_i \sim \text{i.i.d. } N(0, \sigma^2)$

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

q_i : 자산의 가격(market transaction price of asset)

s_i : 자산의 연령(age of asset)

t_i : 시점(year)

(주1)기업외부의 사항 즉, 감가상각의 시장가 계산에 있어서는 재할인율을 할인율로 사용하는 것이 타당하다.

여기서 식(5)는 비율방법이 중고시장가 존재해야만 경제적 감가상각의 추정하지만, 델타방법은 중고시장가가 존재하지 않더라도 감가상각의 추정이 가능하다. 그러나 Hulten-Wykoff에 의한 식(6)은 중고시장가가 존재 할 때만 가능하다.

평가공학이 적용된 IHLP 사후적 검토일 경우는(중고시장가가 존재한다면), Hulten-Wykoff의 Box-Cox모형이나, T-factor의 비율방법을 사용하여 S_t 를 구한다. 사전적검토인 경우이거나 중고시장가가 형성되지 못한 설비에 대해서는 T-factor의 델타방법을 사용해서 S_t 를 구한다 [4].

델타방법의 경우는 T-factor를 다음과 같이 구한다.

$$R_x = G - K - P_x \quad (7)$$

G : 연간 총수익 (annual gross revenue)

K : 연간비용(the sum of the annual costs for a given year)

P_x : 측정가능한 운영비용 (measurable operating costs)

R_x : 운영수익 (operation return)

식(7)으로 부터 델타비율은 다음과 같이 된다.

$$\frac{A}{V_{new}} = \frac{i (q^N - S)(T^{x-1} - 1)(T - q)}{T^N(Tq^N - T - q^{N+1} + 1) + iq^N} \quad (8)$$

$$A = R_1 - R_1 \frac{T^N - T^{x-1}}{T^N - 1}$$

i = 실질 연간 할인율

$q = (1+i)$

T = T-factor : 운영 수열율(progression rate), $0 < T < \infty$

x = 경과년수

V_{new} = 설비의 신품 취득가

식(8)에 구한 델타비율도 표준곡선에 의해 T-factor의 T 값을 구할 수 있다.

$$V_x = V_{new} [C'_x (1-S) + S [C'_x \{ 1 - (\rho/f)^{i_N} + (\rho/f)^{i_{N-x}} \}]] \quad (9)$$

V_x = x 년 경과된 설비의 가치

S = 잔존비율

C'_x = x 년 경과시 수정된 조건 요소 백분율

식(9)에 의해 $[V_0, V_1, \dots, V_x, \dots, V_N]$ 을 구하는데 이것은 식(1)의 $[s_0, s_1, \dots, s_k, \dots]$ 이 되는 것이다.

신뢰도에서 신뢰도함수를 $R(t)$ 라 할때, 고장분포함수는 $F(t) = 1-R(t)$ 이므로 확률밀도함수 $f(t)$ 에 포함된 모수를 추정해서 ($f(t) = \frac{d}{dt} F(t)$), $F(t)$ 를 비용증가의 비율로 사용하는 것이

타당하다.

또한 식(7)과 식(8)에서 시간의 경과에 따라 운영수익 R_x 가 증가하는 것이므로 T-factor를 m_i 의 증가율로 사용하는 것이 타당하다²⁾.

3. 조세상의 감가상각, 경제적 감가상각, IHLP 감가상각

조세상의 감가상각은 국가의 조세정책과 연계되어 있어, 어떻게 보면 경제적 감가상각을 추정하는 이유와 설비대치문제에서 기업내 최적감가상각 일정을 구하는 이유가 조세상의 감가상각의 올바른 시행에 있어 바탕을 제공하는 것이라 할 수 있다. 왜냐하면, 미국의 ADR(asset depreciation range), ACRC(accelerated cost recovery system)등의 제도도 정확한 경제적 감가상각의 측정이 이루어져야만 제도의 정착이 가능하기 때문이다. 즉 투자유인 정책을 실시할 경우 빠른 자본회수의 방법으로 감가상각을 크게 하는 것을 기업에게 정부가 허락을 하는데, 시간경과에 따른 자산의 시장가가 정확히 측정되어야만 정책의 효과를 거둘 수 있다는 뜻이다.

IHLP감가상각을 포함한 설비대치문제는, 기업내부의 감가상각 일정을 어떻게 정하는 것이 가장 효율적이나 하는 접근방법이 타당성검토의 핵심이다. 최근 개정된 우리나라의 세법도 기업이 내용년수를 정하는데 상당한 융통성을 부여하고 있으므로, 기업의 감가상각 일정도 정확한 경제적 감가상각이 참고되어 질 수 있다면, 기업활동도 나아가 국가경제의 효율을 극대화 할 수 있다. 조세상의 감가상각이 경제적 감가상각을 수용하고 있다면, 기업은 경제적 감가상각 일정과 IHLP감가상각일정을 일치시키는 경우 장부가와 시장가의 차이인 자산의 양도소득/손실(capital gain/loss)가 없는 상태에서 투자분석에 의한 투자가 이루어 질 것이다. 이것을 투자에 있어 시장원리를 도입하는 것이고 국가경제의 자본배분의 극대화 문제와도 일치 혹은 근접할 수 있다는 것이다.

4. 결 론

IHLP에 의한 설비대치문제는 IHLP 모형에서도 S_i , m_i 는 모두로 들어가기 때문에 모두의 수치가 평가공학에 의해 이루어 질 때만 유용하다는 것을 본 논문을 통해 고찰하였다. 그리고 IHLP에 설비대치문제로 확률과정에 의한 설비대치문제 모형도 개발되어 있다. 하지만, 실질적인 기업적용에 있어서는 S_i , m_i 와 같은 모두의 추정이 금선무라 생각한다. 특히 우리나라의 경우 경제적 감가상각의 추정이 조속히 이루어져야 한다. 또한 경제적 감가상각을 포함한 평가공학의 문제에 있어 우리는 자산의 생존곡선을 구하는 것이 작업의 최우선순위라고 생각된다.

참 고 문 헌

- [1] 곽태원, 감가상각제도와 자본소득과세, 서울: 한국개발연구원, 1985.
- [2] 조진형, “우리나라에서 쌍대가격에 의한 감가상각의 측정에 관한연구,” 공업경영학회지 14권 24집, 1991.
- [3] American Gas Association & Edison Electric Institute, An Appraisal of Methods for Estimating Service Lives of Utility Properties, AGA & EEI, 1942.

(주2)최근 신뢰도와 T-factor간의 관계를 규명하려는 연구가 이루어지고 있다.

- [4] Cowles, J. and M. Whelan, "Estimation of declining Operation Returns." *Engineering Economist*, 31(2), Winter, 1986.
- [5] Grinold, R., "Infinite Horizon Program," *Management Science*, 18(3), Nov. 1971.
- [6] Hanke, S. and S. Walters, "Recent Controversies in the Valuation of Utility Property," *Public Utilities Fortnightly*, July 21, 1988.
- [7] Hppking, D. S. P., "Infinite - Horizen Optimality in an Equipment Replacement and Capacity Expansion Model," *Management Science*, 18(3), Nov. 1971
- [8] 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
- [9] Jones, P., J., Zydiak and W., Hopp, "Stationary Dual Prices and Depreciation, "Mathematical Programming, 41(3), Sept. 1988.
- [10] Jones, P., J., Zydiak and W., Hopp, "Stable Economic Depreciation, Neutral Replacement Decision." *Engineering Economist*, 34(2), Winter 1989.
- [11] Jones, P., J., Zydiak and W., Hopp, "Capital Asset Valuation and Depreciation for Stochastically Deterioration Equipment," *Engineering Economist*, 38(1), Step. 1992.
- [12] Marston, A., Winfrey, R. and J. Hempstead, *Engineering Valuation and Depreciation*, Iowa State University Press, 1982.