Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers
Vol. 29, No. 2, pp. 126-134, June 2003.

기회비용 개념을 이용한 실물투자 프로젝트의 전략적 순 현재가치의 구성요소와 경제적 해석

김규태[1†] · 최성호[2]

[1]조선대학교 산업공학과/ [2]강릉대학교 산업시스템공학과

Investigation of the Structure of the Strategic Net Present Value and Its Economic Interpretation through the Opportunity Cost Concept

Gyutai Kim[1] · Sungho Choi[2]

[1]Department of Industrial Engineering, Chosun University, Kwangju, 501-759
[2]Department of Industrial System Engineering, Kangnung University, Kangnung, 210-702

Among a variety of models proposed by so far to calculate the real options value when the investment decision about the underlying project may be delayed, the Black-Scholes and the binomial lattice models have been widely used and discussed by academics and practitioners. However these two models do not provide us with intuition into how it is constructed and what it does really mean. In this paper, we will therefore explore its components and practically more intuitive meaning. With the components explored, we developed the mathematical model to calculate the real options value and thus strategic net present value, based on the opportunity cost concept, for which the investment decision about the underlying project is postponed by one year. We will finally present a short illustrative example for readers better understanding on the model proposed in the paper.

Keywords: real options value, opportunity cost, strategic net present value, binomial lattice option pricing, investment decision

1. 서 론

실물 옵션가치(real option value: ROV) 평가 모델은 Myer(1977)가 실물투자 프로젝트와 금융옵션의 유사성을 지적하고 그 응용성을 제시한 후 여러 학자들에 의하여 많은 연구가 진행되어 왔다. 그러나 계량적 의사결정이론 관점에서 이 분야의 연구가 본격적으로 시작된 시점은 1990년대 중·후반이라고 할 수 있다(Dixit and Pindyck, 1994; Kulatilaka and Perrot, 1998; Miller and Park, 2002; Sick, 1989).

이와 같은 연구 결과로 인하여 실물 옵션에 관한 이해가 많이 향상되었으며 또한 정확한 옵션의 가치를 결정하고 예측할 수 있는 여러 종류의 옵션가치 평가 모델들이 개발되었다. 그 중에서 가장 대표적으로 많은 학자들과 실무진들에 의하여 연구되고 사용된 모델은 Black-Scholes 모델(1973)과 Cox, Ross, 그리고 Rubinstein(1979)이 제안한 이항격자 옵션가치(binomial lattice option pricing: BLOP) 평가 모델이다. 그러나 아직도 ROV를 정확하게 이해하고 실행하는 데 있어서 다음과 같은 문제점들이 존재하고 있다.

첫 번째 문제는 ROV 평가 모델의 이론이 매우 복잡한 수리적 내용으로 구성되어 있기 때문에 이를 이해하기가 어렵다는 사실이다. 이러한 수리적 내용을 정확하게 이해하기 위해서는 일반적으로 확률·통계, 그리고 확률론적 미분방정식 등 고도

이 논문은 2001년도 조선대학교 연구비의 지원을 받아 연구되었음.
† 연락저자 : 김규태 교수, 501-759 광주 동구 서석동 375 조선대학교 산업공학과, Fax : 062-230-7128, e-mail : gtkim@mail.chosun.ac.kr
2002년 11월 접수; 2003년 2월 수정본 접수; 2003년 3월 게재 확정.

의 수학적 지식이 요구되고 있다.

두 번째 문제는 실물 옵션과 관련된 모수들을 정확하게 추정하기가 금융 옵션의 경우보다 훨씬 어렵고, 그 정의가 아직까지 명확하게 규명되어 있지 못하다는 사실이다. 예를 들어 실물투자 프로젝트의 불확실성을 추정할 수 있는 수익성의 편차를 계산하는 것이 금융 옵션의 경우보다 그 과정이 복잡하고, 실물투자 프로젝트에 상응하는 쌍대증권(twin security)을 파악하고, 그리고 이에 합당한 이자율을 결정하는 방법들이 아직 완벽하게 해결되지 않은 상태이다.

마지막 세 번째 문제로는 ROV 평가 모델은 금융시장 관련 자료들을 기반으로 개발된 새로운 이론이기 때문에 전통적 실물투자 타당성 평가 모델에 익숙한 기존의 실물투자 분석가들이 ROV의 구성요소와 경제적 의미를 이해하기가 어렵다는 사실이다. 본 논문에서는 이 마지막 문제점을 해결하는 데 주안점을 두고자 한다(Emery, Parr, Mokkelbost, Gandhi, and Saunders, 1978; Miller and Park, 2002; Rao and Martin, 1981; Sick, 1989).

ROV이론은 실물투자 프로젝트의 관리 및 투자시점 유연성으로 인하여 발생되는 경제적 이득을 수치화할 수 있는 새로운 실물투자 타당성 평가 모델이다. 본 논문에서는 실물투자 프로젝트의 실행에 관한 투자시점의 유연성에 초점을 두고 이를 기반으로 ROV의 실체를 기회비용개념을 이용하여 구체적으로 파악하고자 한다. 일반적으로 실물투자시점의 유연성은 실물투자 프로젝트 가치에 관한 상쇄효과를 유발시키게 되는데 이러한 상쇄효과는 실물투자 프로젝트의 전략적 순 현재가치(strategic net present value: SNPV)와 동일한 값을 갖게 된다.

일반적으로 SNPV는 전통적인 순 현재가치(net present value: NPV)와 ROV로 구성되어 있다. 전통적인 NPV는 미래에 발생하는 현금흐름을 위험보정 할인율로 할인하여 계산한 값이고, ROV는 실물투자 프로젝트에 내재되어 있는 불확실성에 의하여 결정되는 유연성 가치를 화폐 가치화한 무형의 현금흐름이다.

무형의 현금흐름인 ROV의 실체를 이해하기가 어렵기 때문에 본 논문에서는 이를 다음과 같이 세 가지 기회비용으로 파악하고 있다: 이자수익 기회비용(interest earning opportunity: IEO), 기회손실비용(opportunity loss: OL), 그리고 기대기회 수익비용(expected opportunity gain: EOG). 이와 같은 기회비용의 개념이 옵션가치이론에 내재되어 있다는 사실은 모든 옵션가치이론을 기술한 참고문헌에 기술되어 있다. 다만 이를 수리적으로 접근하여 그 결과를 유도하고 있지 않았을 뿐이다.

이에 대한 주된 이유는 기회비용의 개념을 도입하여 옵션가치의 새로운 경제적 의미를 해석하는 것이 금융 옵션가치이론에서는 큰 의미가 없다고 관련 학자들이 판단할 수가 있었을 것이다. 그러나 실물 옵션가치이론의 경우는 본 논문에서 주장하는 바와 같이 옵션가치의 새로운 경제적 의미의 해석이 필요하고, 이와 같은 경제적 해석에 입각하여 더욱 바람직한 최종적인 실물투자 프로젝트를 결정할 수가 있어야 한다. 기회비용 개념을 옵션가치이론에 수리적으로 적용한 간단한 예를 다음의 참고문헌에서 찾아 볼 수가 있다 (Kim, J. W. 1995; Kim, Gyutai and Kim, Yoonbai, 2001).

각 기회비용에 관한 정의와 이를 이용한 실물투자 프로젝트의 ROV 그리고 SNPV에 관한 수리적 모델 개발과 그 관계성, 그리고 경제적 해석 등에 관한 내용을 다음 절에서 논하기로 한다. 본 논문에서 제안된 수리적 모델 개발은 Cox, Ross, 그리고 Rubinstein이 주장한 이항격자 옵션가치이론 환경하에서 이루어졌다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다: 2절은 BLOP에 관한 간략한 내용을 보여주고 있다. 3절은 기회비용의 종류들을 파악하고 이를 이용하여 ROV와 SNPV 의 수리적 모델의 개발을 보여 주고 있고, 4절은 ROV 구성요소들인 각 기회비용의 경제적 의미를 해석하고 그 활용성에 관하여 기술하고 있다. 5절은 본 논문에서 제안한 모델의 적용성을 간단한 수리적 예를 통하여 보여주고 있으며, 마지막 6절에서는 결론과 향후 관련 연구방향을 제시하고 있다.

2. 이항격자 옵션가치이론(BLOP)

Cox, Ross, 그리고 Rubinstein (1977)이 개발한 이항격자 옵션가치이론에 관한 독자들의 이해를 돕기 위해 이를 본 절에서 간략하게 기술하고자 한다. BLOP는 다음과 같은 세 가지 가정에 입각하여 개발되었다: (1) 모든 금융 투자자산은 불연속, 이항곱셈법칙에 의한 확률과정이론(stochastic process), (2) 무재정가치이론(no arbitrage trade), 그리고 (3) 유일가치법칙(law of one price). 이와 같은 세 가지 가정에 입각하여 복제 포트폴리오(replicating portfolio)를 구성하여 옵션가치를 계산하게 된다. 이 복제 포트폴리오는 Δ개의 금융 투자자산인 주식과 무위험이자율(r_f) 로 차입한 B원으로 구성되어 있다. 이를 그림으로 표시하면 <그림 1>과 같다.

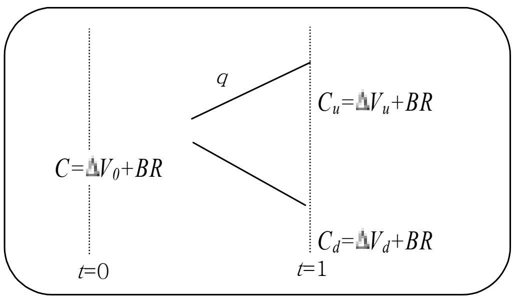

그림 1. 복제 포트폴리오.

Δ: 주식 수
B : 무위험이자율로 차입한 현금액
R : $1 + r_f$
V_0 : 주식의 현재가치
V_u : 주식이 상승할 경우의 미래가치

V_d : 주식이 하락할 경우의 미래가치
C : 콜 옵션가치
C_u : 주가가 V_u일 경우의 콜 옵션가치
C_d : 주가가 V_d일 경우의 콜 옵션가치
u : 주가 상승지수
d : 주가 하락지수
q : 주가가 상승할 객관적 확률

<그림 1>에 표시 된 C_u와 C_d의 두 연립방정식을 주식 수(Δ)와 차입액(B)에 관하여 풀면 다음과 같다.

$$\Delta=\frac{(C_u-C_d)}{(V_u-V_d)} \tag{1}$$

$$B=\frac{(uC_d+dC_u)}{(1+r_f)(u-d)} \tag{2}$$

이와는 달리 금융 옵션가치는 모든 위험이 소멸된 위험 중립형 금융시장이라는 가정하에서 또한 계산될 수가 있다. 이와 같은 위험 중립형 가정을 이용하여 콜 옵션의 가치를 계산하면 다음과 같다.

$$p=\frac{(R-d)}{(u-d)} \tag{3}$$

$$C=\frac{pc_u+(1-p)C_d}{R=1+r_f} \tag{4}$$

다음 절에서는 기회비용개념을 이용하여 실물 옵션가치를 계산하는 방법에 관하여 기술하고 있다. 이렇게 기회비용을 이용하여 얻은 실물 옵션가치가 본 절에 기술된 BLOP를 이용하여 얻은 실물 옵션가치와 일치하고 있음을 5절에서 살펴 보기로 한다.

3. 수리적 모델 개발

본 절은 ROV의 구성요소인 기회비용에 관한 내용과 이를 이용한 실물투자 프로젝트의 SNPV의 수리적 모델 개발에 관한 내용을 보여주고 있다. NPV와 같은 전통적인 투자 타당성 평가 모델과 달리 ROV 평가 모델은 투자분석가에게 일정 기간 동안 실물투자 프로젝트의 투자시점을 연기할 수 있는 유연성을 부여해 주고 있다. 이러한 유연성은 기회비용을 유발시키게 되는 데 이를 파악하여 종합하게 되면 이 값이 곧 ROV가 된다.

기회비용을 이용하여 ROV 또는 SNPV에 관한 수리적 모델 개발을 위하여 본 논문에서는 <그림 2>와 같이 연 등가 현금흐름이 무한대로 발생하는 실물투자 프로젝트을 고려하고 있다. 만약에 투자시점이 연기되지 않는다면 투자는 일차 연도 초에 발생하게 되고 첫 번째 연 등가 현금흐름은 일차 연도 말에 발생하게 된다. 그러나 만약에 투자시점이 일년 연기된다면 <그림 3>에서 보듯이 투자는 일차 연도 말에 발생하게 되고, 첫 번째 현금흐름은 이차 연도 말에 발생하게 된다.

기본적인 실물투자 프로젝트의 현금흐름에 관한 설명을 위

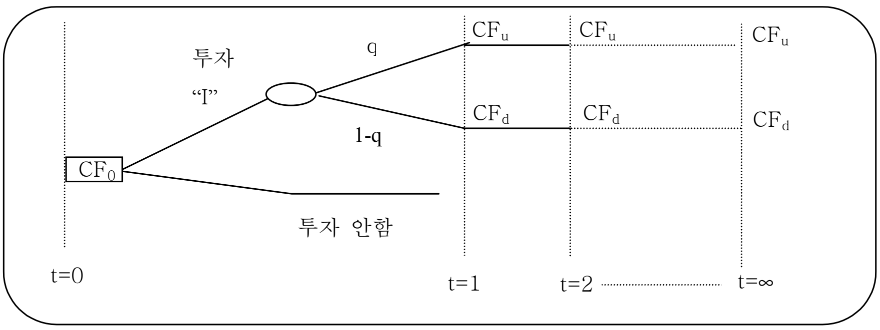

그림 2. 투자시점 비연기 시 연 등가 현금흐름.

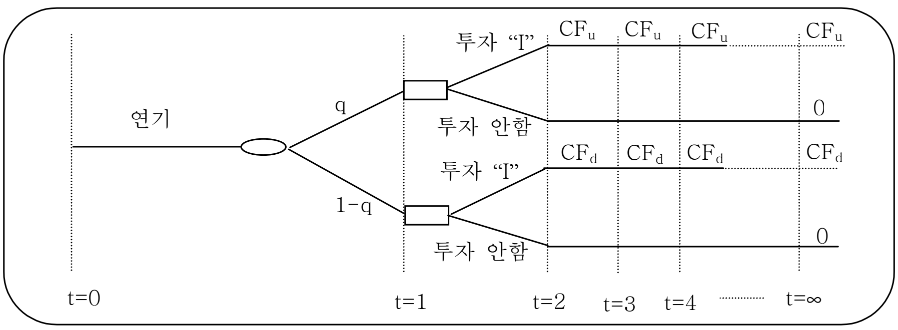

그림 3. 일년 연기 시 연 등가 현금흐름.

해 <그림 2>에 나타난 현금흐름 형태를 좀더 자세히 살펴보기로 하자. 본 실물투자 프로젝트는 초기 투자자본으로 "I"원을 필요로 하고 있다. 만약에 다음 해의 경제상황이 객관적 확률 "q"만큼 호황이라면, 이 해의 순 현금흐름은 "CF_u"가 되고, 매년 이러한 현금흐름이 무기한 동안 발생하게 될 것이다 그렇지 않다면 "1-q"만큼의 확률로 순 현금흐름 "CF_d"가 매년 동일하게 무기한 동안 발생된다.

위의 두 현금흐름을 이용하여 실물 투자프로젝트의 년 등가 순 현금흐름의 현재가인 "CF_0"를 계산하게 된다. 이는 금융 옵션에서 주식의 현재 매입가와 같은 값으로 이는 알려진 정보인 반면, 실물 옵션에서는 위에 언급한 바와 같이 알려져 있지 않고 추정되어야 한다는 사실에 주목할 필요가 있다.

<그림 3>에서 보듯이 만약에 실물투자 프로젝트가 일년 연기된다면 어떠한 현상들이 발생하는지 다음에서 논하기로 하자. 첫 번째 현상으로 실물투자 프로젝트의 초기 투자자본이 지금 당장 필요하지는 않을 것이다. 이런 경우 기업은 일반적으로 사용되지 않는 초기 투자자본을 다른 목적을 위하여 투자하게 된다. 본 논문에서는 무위험 투자자산에 기업이 연기된 초기 투자자본을 투자하여 일정한 이자수익을 얻게 된다고 가정하고 있다. 이러한 이자수익을 본 논문에서 이자수익 기회비용이라고 한다.

두 번째 현상으로 실물투자 프로젝트의 투자시점을 일년 연기하게 되면 기업에서는 고객들에게 그들이 제조한 제품을 공급하여 수익을 얻을 수 있는 기회를 잃게 된다. 이로 인하여 발생되는 경제적 손실을 기회손실비용이라고 일컫고 있다. 기회손실비용은 일년 후에 발생하는 두 현금흐름 기대치의 현재가인 "CF_0"로 표시되고 있다.

마지막 현상으로 일년 후의 실물투자 프로젝트의 가치가 초기 투자자본보다 작게 되면 기업은 투자를 실행하지 않게 된다. 이로 인하여 일정한 정도의 투자자본 손실을 극복할 수가 있게 되는 데, 이러한 이득을 기대기회 수익비용이라고 한다

위에서 언급된 기회비용들을 종합하여 ROV을 표시하면 식 (5)와 같다.

$$ROV = IEO - OL + EOG \tag{5}$$

위에서 언급된 내용에 입각하여 각 기회비용의 수리적 모델을 살펴보면 식 (6)~(10)과 같다.

$$IEO = \frac{I \cdot r_f}{(1 + r_f)} \tag{6}$$

$$OL = \frac{CF_u \cdot p + CF_d \cdot (1 - p)}{(1 + r_f)} \tag{7}$$

식 (6)은 사용되지 않은 초기 투자자본에 대하여 일년 동안 발생한 이자를 무위험 이자율로 할인하여 얻어진 현재가치임을 밝히고 있다. 아래에 기술된 내용은 식 (7)의 OL이 연 등가의 현재가인 "CF_0"와 동일함을 보여 주고 있다. 여기에서 "p" 값은 BLOP 이론에서 일컫는 위험 중립형 확률(risk-neutral probability)이다.

$$p = \frac{(1 + r_f) - d}{(u - d)}, \ CF_u = CF_o \cdot u, \ CF_d = CF_o \cdot d$$

$$\begin{aligned} OL &= \frac{CF_u \cdot p + CF_d \cdot (1 - p)}{(1 + r_f)} \\ &= \frac{CF_0 \cdot u \cdot p + CF_d \cdot d \cdot (1 - p)}{(1 + r_f)} \\ &= \frac{CF_o \cdot \{u \cdot p + d \cdot (1 + p)\}}{(1 + r_f)} \\ &= \frac{CF_o \cdot (1 + r_f)}{(1 + r_f)} = CF_o \end{aligned}$$

일반적으로 BLOP 모델에서는 무위험 수익을 얻을 수 있는 기회를 배제하기 위해 $u \geq (1+r_f) \geq d$라는 관계식이 성립되어야 한다.

이자수익 기회비용이나 기회손실비용과 달리 기대기회 수익비용은 초기 투자자본과 실물투자 프로젝트의 가치 관계에 따라 아래와 같이 세 가지 경우로 구분되어 기술된다: i) I ≥ $CF_u/r_f \geq CF_d/r_f$ 한 경우, ii) $CF_d/r_f \leq I \leq CF_u/r_f$ 한 경우, 그리고 iii) I ≤ $CF_u/r_f \leq CF_d/r_f$ 한 경우

i) I ≥ $CF_u/r_f \geq CF_d/r_f$ 한 경우

이와 같은 관계식이 성립하게 되면 일 년 후의 경제적 상황과는 상관없이 기업은 현재 고려중인 실물투자 프로젝트를 무조건 포기해야만 한다. 좀더 구체적으로 설명하면 일년 후의 경제적 상황이 호황일지라도 실물투자 프로젝트의 가치는 초기 투자자본보다 적게 되어 기업은 투자를 할 이유가 전혀 없게 된다. 이 경우 전통적인 투자 타당성 분석 모델에 의한 의사결정과 비교하면 (I - CF_d/r_f) 만큼의 손실을 극복할 수가 있다. 반대의 경제적 상황이 발생하게 되면 (I - CF_d/r_f) 만큼의 손실을 극복하게 된다. 위의 두 값에 위험 중립형 확률을 곱하여 합한 값을 무위험 이자율로 할인하게 되면 식(8)과 같이 EOG에 관한 수리적 모델을 얻을 수가 있다.

$$EOG = \frac{\left\{\left(I - \frac{CF_u}{r_f}\right) \cdot p\right\}}{(1 + r_f)} + \frac{\left\{\left(I - \frac{CF_d}{r_f}\right) \cdot (1 - p)\right\}}{1 + r_f} \tag{8}$$

ii) $CF_d/r_f \leq$ I $\leq CF_u/r_f$ 한 경우

이와 같은 관계식이 성립하게 되면 기업은 일년 후의 경제상황이 호황일 경우에만 투자를 실행하게 되고, 그렇지 않은 경우에는 투자를 실행하지 않게 된다. 이 경우를 전통적인 투자 타당성 분석 모델에 의한 의사결정과 비교하면 (I - CF_d/r_f) 만큼의 손실을 극복할 수가 있게 된다. 식 (9)는 이러한 경우의 총 기회이득에 관한 기대치의 현재가를 보여주고 있다

$$EOG = \frac{\left(I - \frac{CF_d}{r_f}\right) \cdot (1-p)}{(1+r_f)} \quad (9)$$

iii) I ≤ CF_u/r_f ≤ CF_d/r_f 한 경우

이와 같은 관계식이 성립하게 되면 기업은 일 년 후의 경제 상황과 상관없이 무조건 투자를 실행하게 되어 투자 프로젝트를 수행하지 않음으로써 발생되는 기회이득은 식(10)과 같이 전혀 없게 된다.

$$EOG = 0 \quad (10)$$

기회이득이 위와 같이 세 가지로 분류되기 때문에 실물투자 프로젝트의 SNPV도 다음과 같이 세 가지 경우로 구분되어 표현된다. SNPV의 일반적인 식은 다음과 같다.

$$SNPV = NPV + ROV = NPV + IEO - OL + EOG \quad (11)$$

단,

$$NPV = \left\{\frac{CF_u}{r_f} \cdot p + \frac{CF_d}{r_f} \cdot (1-p) - I\right\}$$

$$IEO = \frac{I \cdot r_f}{(1+r_f)}$$

i) I ≥ CF_u/r_f ≥ CF_d/r_f 한 경우

$$SNPV = NPV + IEO - OL + \frac{\left\{\left(I - \frac{CF_u}{r_f}\right) \cdot (1-p)\right\}}{(1+r_f)} + \frac{\left\{\left(I - \frac{CF_d}{r_f}\right) \cdot (1-p)\right\}}{(1+r_f)} \quad (12)$$

$$= 0 \quad (12')$$

ii) CF_d/r_f ≤ I ≤ CF_u/r_f 한 경우

$$SNPV = NPV + IEO - OL + \frac{\left\{\left(I - \frac{CF_d}{r_f}\right) \cdot (1-p)\right\}}{(1+r_f)} \quad (13)$$

$$= p \cdot \left\{\frac{\frac{CF_u}{r_f} - I}{(1+r_f)}\right\} \quad (13')$$

iii) I ≤ CF_d/r_f ≤ CF_u/r_f 한 경우

$$SNPV = NPV + IEO - OL \quad (14)$$

$$= P \cdot \left\{\frac{\frac{cf_u}{r_f} - I}{(1+r_f)}\right\} + (1-p) \cdot \left\{\frac{\frac{CF_d}{r_f} - I}{(1+r_f)}\right\} \quad (14')$$

각 경우에 실물투자 프로젝트의 SNPV가 두 가지 형태로 표현되고 있는 데, 첫 번째 형태는 식 (6)부터 (10)까지를 식 (11)에 단순히 대입한 것이고, 두 번째 형태는 첫 번째 형태를 단순화한 것이다. 물론 두 형태로부터 얻어지는 최종적인 실물투자 프로젝트의 SNPV는 항상 동일하다. 식 (12')는 I ≥ CF_u/r_f ≥ CF_d/r_f 한 경우 ROV가 항상 음수인 NPV을 정확하게 상쇄할 정도의 양의 값이어야 한다는 사실을 내포하고 있는 것이다.

식 (13')의 괄호 안의 첫 번째 분자 항은 일차 연도의 경제상황이 호황일 경우 실물투자 프로젝트의 가치이다. 그러므로 식 (13')의 최종적인 값은 일차 연도의 실물투자 프로젝트 가치와 초기 투자자본의 기대차액의 현재가가 실물투자 프로젝트의 SNPV임을 밝히고 있으며 CF_d/r_f ≤ I ≤ CF_u/r_f한 관계식으로 인하여 그 값은 항상 "0"보다 크거나 같게 된다.

마지막으로 식 (14')도 실물투자 프로젝트의 SNPV가 일차 연도의 실물투자 프로젝트 가치와 초기 투자자본의 기대차액의 현재가임을 밝히고 있다. 식 (14')의 오른 쪽 첫 번째 항은 일차 연도 경제상황이 호황일 경우의 기대차액의 현재가이고 두 번째 항은 불황일 경우의 기대차액의 현재가를 의미하고 있다. 식 (12'), (13'), 그리고 (14')를 살펴보면 Cox, Ross, 그리고 Rubinstein이 개발한 BLOP의 수리식과 일치함을 알 수가 있다 (1979).

4. 기회비용의 경제적 해석과 응용

본 논문에서 제안한 SNPV의 수리적 모델들은 실물투자 프로젝트의 투자시점에 관한 유연성의 가치를 계산할 수 있는, 매우 유용한 투자 타당성 평가 모델이다. 위 절에서 언급된 바와 같이 각 모델들은 전통적인 NPV, IEO, OL, 그리고 EOG 등으로 구성되어 있으며 BLOP 모델들이 갖지 못하고 있는 큰 장점들을 가지고 있다. 다음은 그 장점들을 경제적인 측면에서 관찰한 내용들을 각 기회비용별로 분류하여 간략하게 요약한 것이다.

IEO는 일년 동안 사용하지 않은 초기 투자자본에 무위험 이자율을 적용하여 계산한 이자를 일컫는다고 위에서 언급하였다. 그러나 현실에서는 아래의 예와 같이 다양한 시나리오가 실행될 수가 있다.

- 무위험 이자율보다 높은 이자가 지불되는 국채가 아닌 CD나 사채에 유보된 초기 투자자본을 투자할 수가 있다. 이 경우 IEO는 무위험 국채에 투자하는 경우보다 더 많은 이자를 얻게 되므로 ROV가 더욱 향상되고 궁극적으로는 실물투자 프로젝트의 SNPV가 커지게 된다.
- 무위험 이자율보다 큰 최소 요구수익률(minimum attrac-

tive rate of return: MARR)을 창출하는 실물투자 프로젝트에 유보된 초기 자자본을 투자하면 실물투자 프로젝트의 SNPV가 향상된다.

- 유보된 초기 투자자본으로 무위험 이자율보다 큰 이자율이 적용되는 미상환 부채를 상환한다. 이 경우의 IEO는 부채이자의 현재가가 된다.
- 만약에 실물투자 프로젝트를 수행하려는 기업이 투자에 필요한 초기 투자자본의 일부만을 확보하고 있거나 혹은 투자자본 전액을 부채에 의지할 경우 "I"는 채용한 부채의 이자에 관한 현재가가 된다.

위와 같은 현실적 시나리오에 의한 ROV의 변화를 수용할 수 있는 기능을 본 논문에서 제시한 모델은 갖고 있으나 BLOP 등과 같은 기존의 ROV 평가 모델들은 갖고 있지 못하다.

기회손실비용(OL)은 기업이 실물투자 프로젝트를 수행하지 않고 연기함으로써 발생하는 손실이라고 정의하였다. 이는 일년 후의 경기상황 전개에 따른 미래의 현금흐름에 대하여 위험 중립형 확률과 무위험 이자율을 사용하여 현재가로 변환한 값이다. 그러나 현실적으로 실물자산은 금융자산과는 달리 시장에서 거래되는 경우가 빈번하지 않으므로 위험 중립형 확률과 무위험 이자율을 사용하여 현금흐름을 할인해야 한다는 주장은 현실적으로 합당하지가 않다. 그러므로 각 기업은 옵션가치에 영향을 미치는 시장위험과 고유위험을 구분하여 각 위험에 합당한 할인율을 결정하여 현금흐름을 할인해야 한다.

Smith and Nau(1995) 그리고 Smith and McCardle(1998, 1999)은 실물투자 프로젝트의 고유위험이 옵션가치에 미치는 영향 정도를 연구한 결과, 모든 관련 위험들은 헤징(hedging)이 가능하기 때문에 BLOP 모델과 같은 기존의 순수 금융 옵션가치 평가 모델들은 옵션가치를 과대평가하고 있다고 주장하고 있다. 또한 그들의 결론에 의하면 고유위험이 크면 클수록 옵션가치는 그에 반비례하여 작아진다고 한다. 이와 같은 관점에서 본 논문에서 제시한 모델은 투자분석가로 하여금 헤징이 가능한 실물투자 프로젝트의 위험을 주관적으로 추정할 수 있도록 하여 객관적 확률과 그에 상응하는 할인율을 결정하도록 하고 있다.

기대기회 수익비용(EOG)은 일년 후의 실물투자 프로젝트의 가치가 초기 투자자본보다 작을 경우에 투자를 실행하지 않음으로써 얻게 되는 이득의 현재가이다. 그러나 본 논문에서 제시한 모델을 이용하게 되면 실물자산의 가치뿐만 아니라 주위의 관련 투자 프로젝트와의 상호연관성을 고려한 실물투자 프로젝트의 가치나 비용도 포함하여 EOG의 가치를 계산할 수가 있게 된다. 즉, EOG는 생산현장의 효율성을 투자 모델에 반영할 수 있는 역할을 하고 있다.

마지막으로 기존의 BLOP 환경하에서 SNPV는 전통적인 NPV와 ROV이라는 두 요소로 단순화된 데 비해, 본 논문에서 제시한 SNPV는 전통적인 NPV, IEO, OL, 그리고 EOG 등 네 가지 요소로 구성되어 있기 때문에 투자 프로젝트의 가치를 다양한 측면에서 분석할 수가 있다. 예를 들어, 동일한 SNPV를 갖는 두 개의 투자 프로젝트가 있다고 가정해 보자. 기존의 BLOP 모델을 이용하는 경우, 전통적인 NPV와 ROV의 차이를 파악할 수가 없기 때문에 두 프로젝트의 우선순위를 결정할 수 있는 가능성이 거의 존재하지 않으나 본 논문에서 제시한 모델을 이용하게 되면 두 프로젝트의 ROV나 SNPV의 차이를 파악할 수 있는 가능성이 훨씬 높게 된다. 이 점이 본 논문에서 제시한 모델과 BLOP 모델과의 뚜렷한 차이점이다.

전반적으로 본 논문에서 제시한 모델은 BLOP 모델과 비교하여 좀더 직관적인 이해를 돕고 있으며, SNPV을 구성하고 있는 관심변수에 대하여 효과적인 민감도 분석을 가능하게 한다. 또한 투자분석 과정 중에 전문가의 의견을 반영할 수 있는 유연성을 확보하고 있다고 할 수 있다.

5. 수리적 예

초기 투자자본으로 40억원을 필요로 하고 있으며, 일년 후의 경기가 호황이면 매년 3.3억원, 그리고 불황이면 1.425억원의 현금흐름을 창출하는 실물투자 프로젝트를 고려하여 보자. 일년 후의 경기상황이 호황일 객관적 확률은 60%이며 불황일 확률은 40%라고 한다.

그리고 위험보정 할인율과 무위험 할인율은 각각 15%와 6%라고 한다. <그림 4>는 위의 내용을 그림으로 보여 주고 있다.

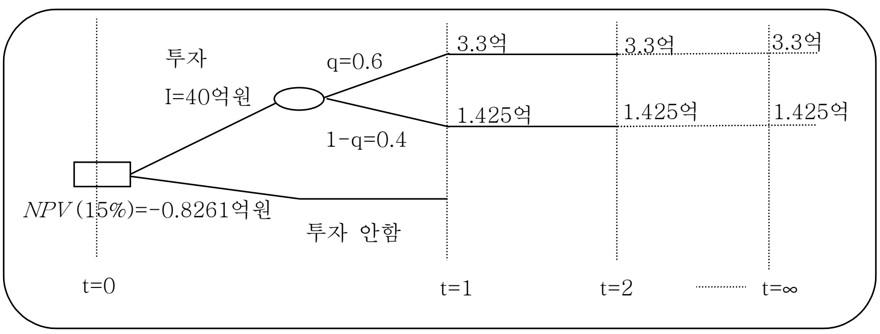

그림 4. 투자시점 비연기 시 연등가 현금흐름.

5.1 선행 결정변수

본 논문에서 제시한 모델을 적용하기 위해서는 먼저 위험 중립형 확률을 다음에 기술된 절차에 따라 결정해야 한다.

단계 1: 무위험 할인율 6%를 사용하여 일년 말의 실물투자 프로젝트의 총 가치를 호황일 경우($PV_{1u}(6\%)$)와 불황일 경우($PV_{1d}(6\%)$)로 구분하여 계산한다.

$$PV_{1u}(6\%) = \sum_{t=1}^{\infty} \frac{3.3}{(1+0.06)^t} = 58.3$$

$$PV_{1d}(6\%) = \sum_{t=1}^{\infty} \frac{1.425}{(1+0.06)^t} = 25.175$$

단계 2: 위험보정 할인율15%를 사용하여 일년 말의 실물투자 프로젝트 기대가치를 현재가로 변환한다.

$$PV(15\%) = \frac{(58.3\times 0.6 + 25.175\times 0.4)}{(1+0.15)} = 39.1739$$

단계 3: "u" 값과 "d"값을 다음과 같이 계산한다.

$$u = \frac{PV_{1u}(6\%)}{PV(15\%)} = \frac{58.3}{39.1739} = 1.48824$$

$$d = \frac{PV_{1d}(6\%)}{PV(15\%)} = \frac{25.175}{39.1739} = 0.64265$$

단계 4: 위험 중립형 확률("p")을 계산한다.

$$p = \frac{(1+r_f - d)}{u-d} = \frac{1.06 - 0.64265}{1.48824 - 0.64265} = 0.49356$$

다음으로 실물투자 프로젝트의 전통적인 NPV를 계산한다. 사용하고자 하는 확률과 할인율의 종류에 따라 전통적인NPV를 계산하는 두 가지 방법이 존재한다. 첫 번째 방법은 객관적 확률인 "q"와 위험보정 할인율인"k"로 구성되어 있고, 그리고 두 번째 방법은 위험 중립형 확률인 "p"와 무위험 할인율인 "r_f"로 구성되어 있다. 이 두 방법은 동일한 실물투자 프로젝트의 전통적인 NPV를 제공해 주고 있다. 즉,

$$NPV(15\%) = -4.0 + \frac{58.3\times 0.6 + 25.175\times 0.4}{(1+0.15)}$$
$$= -0.8261$$

$$NPV(6\%) = -4.0 + \frac{58.3\times 0.49356 + 25.175\times 0.50644}{(1+0.06)}$$
$$= -0.8261$$

투자시점의 유연성을 고려하지 않은 상태에서 실물투자 프로젝트의 NPV가 −0.8261억원이기 때문에 본 프로젝트는 기각되어야 한다. 그러나 투자시점의 유연성을 고려하여 본 프로젝트의 NPV를 구하면(즉, SNPV) 본 프로젝트가 실행될 가능성도 존재하므로 이를 다음 절에서 살펴보기로 한다

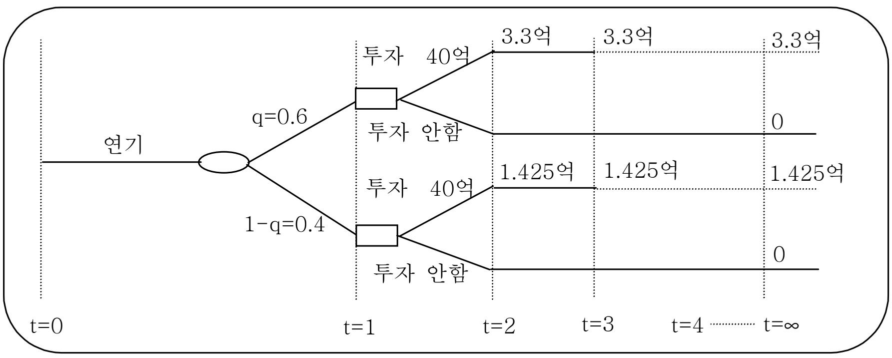

그림 5. 연기 시 연 등가 현금흐름.

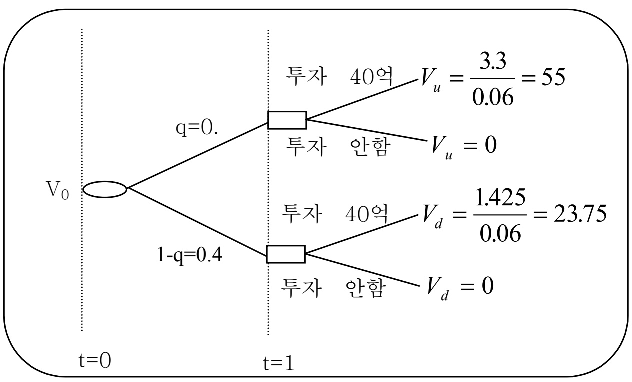

그림 6. 투자시점 연기 시 일시불 형태의 현금흐름.

5.2 BLOP 결과와 비교

본 실물투자 프로젝트의 투자시점을 일년 연기하게 되면 <그림 5>에서와 같이 초기 투자는 일차 연도 말에 발생하게 되고, 첫 번째 연 등가 순 현금흐름은 2차 연도 말에 발생하게 된다. 이를 종합하여 간략하게 표시하면 <그림 6>과 같다. <그림 6>에서 알 수 있듯이 일년 후의 초기 투자자본 40억원은 본 투자 프로젝트의 총 가치인 55억원과 23.75억원 사이에 존재하고 있다. 그러므로 식 (13)이나 (13')를 사용하여 본 투자 프로젝트의 SNPV를 계산할 수가 있다. 먼저 기존의 BLOP 모델을 이용하여 본 투자 프로젝트의 SNPV를 계산하면 다음과 같다.

$$SNPV = \frac{(55-44)\cdot(0.49356)}{(1+0.06)} = 6.9843$$

식 (13)을 이용하면,

$$\begin{aligned} SNPV &= NPV + IEO - OL + EOG \\ &= \left(\frac{3.3}{0.06}\cdot 0.49356 + \frac{1.425}{0.06}\cdot 0.50644 - 40\right) \\ &\quad + \left(\frac{40\cdot 0.06}{1.06}\right) - \left(\frac{3.3\cdot 0.49356 + 1.425\cdot 0.50644}{1.06}\right) \\ &\quad + \left\{\frac{\left(40 - \frac{1.425}{0.06}\right)\cdot 0.50644}{1.06}\right\} \\ &= -0.8264 + 2.2642 - 2.2174 + 7.7638 \\ &= -0.8263 + 7.8106 = 6.9843 \end{aligned}$$

BLOP와 본 논문에서 제시한 모델이 동일한 SNPV를 제공하여 주고 있음을 위에서 살펴보았다. 그러나 좀더 구체적으로 살펴보면 본 논문에서 제안한 모델이 기존의 BLOP 모델과는 달리 다양한 종류의 정보들을 투자분석가에게 제공하여 주고 있음을 알 수가 있다. 예를 들어, 본 투자 프로젝트의 이자수익 기회비용은 현재가로 2.2642억원(29%)이고, 기대기회 수익비용은 7.7638억원(99%)인 반면, 기회손실비용은(−28%)이 되어, 최종적인 ROV는 7.8106억원임을 알 수가 있다. 그리고 현재 ROV의 대부분을 기대기회 수익비용이 차지하고 있음을 알 수가 있다. 위와 같은 다양한 자료를 이용하게 되면 동일한 SNPV를 갖고 있는 두 투자 프로젝트의 우선순위도 쉽게 구별할 수가 있다. 예를 들어 다음과 같이 동일한 SNPV를 갖는 두 프로젝트를 생각해 보기로 하자.

프로젝트 A의 SNPV = NPV + IEO - OL + EOG
= 2 + 3 − 1 + 2 = 6
프로젝트 B의 SNPV = 1 + 1 − 1 + 5 = 6

위의 두 프로젝트의 SNPV가 6으로 동일하기 때문에 이 값에 의거하여 두 프로젝트의 우선순위를 결정할 수는 없다. 그러나 SNPV를 구성하고 있는 네 요소 값들을 위와 같이 알게 된다면 여러 측면에서 두 프로젝트의 우열을 분석해 볼 수 있을 것이다. SNPV의 요소 중 네 번째 요소인 기대기회 수익비용 값을 관찰해 보면 프로젝트 A의 기대기회 수익비용은 2이고 프로젝트 B의 기대기회 수익비용은 5임을 알 수가 있다. 기대기회 수익비용이 크다는 사실은 프로젝트를 현재 실행하였을 경우 프로젝트의 손실이 크다는 것을 의미하고 있으므로, 프로젝트 B보다 프로젝트 A를 선택하는 것이 더 바람직하다는 사실을 알 수가 있다. 이는 프로젝트 B가 프로젝트 A보다 더 큰 불확실성을 내포하고 있다는 의미를 포함하고 있는 것이다.

6. 결론 및 토의

최근에 여러 학자들이 실물투자 프로젝트의 투자 타당성을 분석하는 기존의 현금할인기법들의 적용상 발생하는 문제점들을 신랄하게 비판하고, 그에 대한 대안으로 ROV 평가 모델의 사용을 제안하고 있다. 그러나 ROV 평가 모델이 금융 옵션가치분석 모델에 그 이론적 근거를 두고 있고, 또한 옵션가치가 실질적인 현금흐름이 아닌 무형의 현금흐름이기 때문에 ROV의 의미를 정확하게 이해하고 현실상황에 적절하게 적용함에 있어서 실물투자 의사결정론을 연구해 온 많은 투자분석가들이 큰 어려움을 겪고 있다.

위와 같은 문제를 해결하기 위한 한 방법으로 본 논문에서는 실물 투자분석가들에게 가장 익숙한 기회비용이라는 개념을 도입하였다. 이 개념에 입각하여 실물 옵션에 내재된 기회비용을 이자수익 기회비용, 기회손실비용, 그리고 기대기회 수익비용 등 세 가지로 분류하였으며 각 비용항목에 합당한 수리 모델을 개발하였다. 이를 토대로 실물투자 프로젝트의 의사결정기준이 되는 SNPV에 관한 수리 모델을 최종적으로 개발하였다. 본 논문에서 제안한 기회비용 모델이 비록 BLOP 모델과 동일한 ROV나 SNPV를 제공하여 주고 있으나, 앞 절에서 언급하였듯이 본 논문에서 제안한 모델은 다양한 정보를 투자분석가에게 제공하여 주기 때문에 투자 프로젝트에 관한 최종적인 의사결정을 좀더 효과적으로 내릴 수 있게 하여 주고 있다.

본 연구는 ROV의 구성요소와 의미를 좀더 구체적으로 파악하고자 시도한 논문이다. 가장 기본적인 내용을 다룬 논문으로서 앞으로는, 먼저 투자시점을 다년간 연기할 수 있다는 가정에 합당한 일반적 수리 모델이 개발되어야 한다. 그리고 각 기회비용에 관한 경제적 응용성을 좀더 심도 있게 관찰할 수 있는 실질적 사례연구가 실행될 필요가 있다.

참고문헌

Black, F. and Scholes, M. (1973), The Pricing of Options and Corporate Liabilities, *Journal of Political Economy*, **81**, 637-659.

Copeland, T. and Antikarov, V. (2001), Real Options: *A Practi-*

tioner's Guide, Texere, NY.

Cox, J. C. and Rubinstein, M. (1985), *Options Markets*, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, NJ.

Cox, J. C., Ross, S. A., and Rubinstein, M. (1979), Option Pricing: A Simplified Approach, *Journal of Financial Economics*, 229-263.

Dixit, A. K. and Pindyck, R. S. (1994), *Investment Under Uncertainty*, Princeton University Press.

Emery, D.R., Parr, P. C., Mokkelbost, P. B., Gandhi, D., and Saunders, A. (1978), An Investigation of Real Investment Decision Making with The Options Pricing Model, *Journal of Business Finance & Accounting*, **5**(4), 363-369.

Geske, R. (1979), The Valuation of Compound Options, *Journal of Financial Economics*, **7**, 63-81.

Hull, J. and White, A. (1988), The Use of The Control Variate Technique in Option Pricing, *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, **23**(3), 237-252.

Ingersoll, J. E., and Ross, S. A. (1992), Waiting to Invest: Investment and uncertainty, *Journal of Business*, 1-30.

Kim, Gyutai and Kim, Yoonbai (2001), Pricing Real Options Value Based on The Opportunity Cost Concept, *Korean Management Science*, **18**(1), 29-39.

Kim, J.W. (1995), Comparing An Option-Based Valuation and NPV Approach, *Proceedings of '95 KIIE Conference*, 156.

Kulatilaka, N. and Perotti, E. C. (1998), Strategic Growth Option, *Management Science*, **44**(8), 1021-1031.

McDonald, R and Siegel, D. (1986), The Value of Waiting to Invest, *Quarterly Journal of Economy*, 707-727.

Miller, L.T. and Park, Chan S. (2002), Decision Making Under Uncertainty-Real Options to The Rescue?, *The Engineering Economist*, **47**(2), 105-150.

Myers, S. C. (1977), Determinants of Corporate Borrowing, *Journal of Financial Economics*, **5**(Nov), 147-175.

Rao, K. S., and Martin, J. D. (1981), Another Look At The Use of Options Pricing Theory to Evaluate Real Asset Investment Opportunities, *Journal of Business Finance & Accounting*, **8**(3), 421-429.

Sick, G. (1989), *Capital Budgeting with Real Options*, Salomon Brothers Center, New York University, NY.

Smith, J. E. and McCardle, K. F. (1999), Options in The Real World: Lessons Learned in Evaluating Oil and Gas Investments, *Operations Research*, **47**(1), 1-15.

Smith, J. E. and McCardle, K .F. (1998), Valuing Oil Properties: Integrating Option Pricing and Decision Analysis Approaches, *Operations Research*, **46**(2), 198-217.

Smith, J. E. and Nau, R. F. (1995), Valuing Risky Projects: Option Pricing Theory and Decision Analysis, *Management Science*, **41**(5), 795-816.

Trigeorgis, L. (1999), *Real Options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation*, The MIT Press, the 4th Printing, MA.