실물옵션 가치를 이용한 철도기술 가치평가에 관한 연구

권 용장[1], 서 정훈[2]
Kwon, Yong-Jang, Seo, Jeong-Hun

Increasing number of transactions and investments in technology has sparked a growing interest in technology valuation. However, it has not been easy to come up with an objective valuation of technology due to variance in technology value, purpose of valuation, and technology patterns. The central paradigm for making decisions about large technology investments is net present value. Unfortunately, it is badly flawed and systematically under values every investment opportunity.
The main objective of this paper lies in the development of a new approach for technology valuation using the Real Option Valuation.

---

1. 서 론

기업의 자본예산(capital budgeting)에 있어서 해당 투자안의 가치평가를 위한 방법으로 미래의 기대현금흐름(discount cash flow)에 바탕을 둔 순현가법(NPV)이 일반적인 가치평가 방법으로 받아들여져 왔다. 그러나 이러한 순현가법에 기초한 가치평가 방법은 미래의 불확실성에 대한 사업 여건의 변화에 유연하게(flexibility) 대처할 수 있는 운영상의 대안들을 제대로 고려하지 못하는 한계가 있다. 실질적으로 기업의 의사결정권자는 투자안에 대해 미래에 대한 정보가 불충분하다고 판단하는 경우 충분한 정보가 획득되어 질 때까지 투자를 연기할 수 도 있고, 또는 전체투자 중에서 일부만 투자하고 보다 충분한 정보가 확보된 후 추가 투자 여부를 결정할 수 있는 경우도 있을 수 있다. 이러한 NPV평가 방법이 가지는 한계점을 보완하기 위해 최근 재무학적 측면의 실물옵션(real option) 접근법이 발전하여 왔다. 즉, 실물옵션법은 미래의 불확실한 상황 전개에 대해 투자안의 유예, 포기, 전환할 수 있는 권리가 투자안의 가치평가에 포함된다면 기업의 투자안(즉, 기술 또는 지적 자산)에 함축되어 있는 경영상의 유연성을 의사결정자가 갖는 옵션으로 파악하는 가치평가 방법이다. 이렇게 투자안을 실물옵션이라는 측면에서 볼때 NPV법으로는 설명할 수 없는 경영자의 의사결정, 즉 투자안 자체는 음(-)의 순현재 가치를 갖게 됨에도 불구하고 투자를 집행하는 의사결정에 대해 설명이 가능해지게 된다. 따라서 본 소고에서는 철도기술의 가지는 경제적 가치에 대하여 실물옵션 방법을 적용할 경우의 가치평가 방법론에 대하여 고찰하도록 한다.

2. 본 론

1. 옵션의 가치평가 모형

본 절에서는 옵션의 가치를 계산하는 모형에 대해 고찰하고자한다. 먼저 옵션에 대한 개

---

1) 한국철도기술연구원 선임연구원

2) 한양대학교 경영학과 대학원 박사과정

념에 대해 살펴보면 옵션계약(option contract)은 일정한 지불의 대가로 미래 정해진 날짜(expiration date)에만 혹은 그 이전에 특정 상품을 미리 정한 행사가격(strike price)에 매도(short) 혹은 매수(long)할 수 있는 거래 약정을 말한다. 여기서 정해진 날에만 행사 가능한 것을 유러피언옵션(european option)이라하고, 정해진 날 이전에 행사 가능한 옵션을 어메리칸옵션(american option)이라 한다. 이러한 옵션가격결정을 위한 모형으로는 연속시간상에서의 무차익거래조건(no-arbitrage condition)을 통한 Black-Scholes(1973)모형과 이산시간상에서의 위험중립(risk-neutrality)을 가정한 Cox-Ross-Rubinstein(?)의 이항(Binomial)모형으로 크게 구별 할 수 있다.

1) Black-Scholes-Merton 모형

일반적으로 옵션모형의 가치평가에서 사용되어지는 모형중 하나인 Black-Scholes-Merton 모형은 주식 S의 수익률 $\frac{dS_t}{S_t}$이 연율로 μ라 할 경우 순간 수익률(순간적인 시간변화 d_t당)은 μd_t가 된다. 또한 주가의 변동성(가격변화율의 표준편차)을 연율로 σ라 할 경우 순간 변동성은 σd_t 가 된다. 이러한 내용은 다음과 같이 백분율 형태로 나타낼 수 있게 된다.

$$\frac{dS_t}{S_t} = \mu dt + \sigma dW_t$$

힌편, 파생상품의 가격을 기초자산과 시간의 함수 형태 $f(S_t, t)$로 표현할 수 있다. Ito's Lemma를 적용해서 다음과 같이 dF를 구하게 된다.

$$dF = [\frac{\delta F}{\delta S}\mu + \frac{\delta F}{\delta t} + \frac{1}{2}\frac{\delta^2 F}{\delta S^2}\sigma^2]dt + \frac{\delta F}{\delta S}\sigma dW$$

위의 두 식에서 알 수 있듯이 S와 F움직임을 지배하는 공통요인은 dW_t임을 알 수 있다. 이와 같은 사실은 주식과 파생상품으로 이루어진 포트폴리오를 구성하면서 dW_t를 제거하여 포트폴리오를 무위험화 할 수 있다는 것을 시사한다. 즉, 포트폴리오는 불확실성이 제거되면 무위험 자산이 되고, 포트폴리오의 수익률은 무위험 이자율 r과 같아져야 한다. 이와 같은 내용을 정리하면 다음과 같은 블랙-숄즈의 편미분 방정식을 도출할 수 있다.

$$rF_S S_t + F_t + \frac{1}{2}F_{SS}\sigma^2 dt = rF$$

블랙-숄즈의 옵션 값 공식은 위 식을 $t=T$시점에서 $Max[S_t - X, 0]$ 혹은 $Max[X - S_t, 0]$의 경계조건하에서 각각 미국형 콜옵션과 풋옵션의 가격을 구한 것이다. 경계조건 하에서 미국형 콜옵션의 가격공식은 다음과 같다.

$C = SN(d_1) - Xe^{-r(T-t)}N(d_2)$

여기서, $d_1 = \dfrac{\ln(\frac{S}{X}) + (r + \frac{\sigma^2}{2})(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}}$

$d_2 = \dfrac{\ln(\frac{S}{X}) + (r - \frac{\sigma^2}{2})(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}}$

또한, 유럽형 풋옵션의 경우는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$P = Xe^{-r(T-t)}N(-d_2) - SN(d_1)$

여기서 S는 기초자산의 가격, X는 행사가격, r은 무위험 이자율, σ는 기초자산의 변동성, T는 옵션의 만기 t는 현재시점을 나타낸다. $N(x)$는 표준정규분포 즉, 평균이 0이고 표준편차가 1인 정규분포의 누적확률분포함수(cumulative probability distribution function)이다.

2) 이항(Binomial)모형

이항모형은 기초자산의 가격 움직임이 정해진 Δt시간 동안 상승 혹은 하락의 두 가지 경우만 있다고 가정한다. 따라서 확률적으로는 기초자산의 가격 변화는 이항분포를 갖는다. 이러한 가정 하에서는 현재 기초자산의 가격이 S일 경우에 Δt이후의 가격은 그림과 같이 uS 만큼 상승 혹은 dS만큼 하락한다. 여기서 u와 d 는 각각 상승 및 하락 변화율을 반영한다. 이 때, 이 기초자산에 근거한 콜옵션 이 있다고 하고 콜옵션의 만기를 Δt, 그리고 행사가격을 K라 하자. 이 경우 기초자산의 가격이 uS로 상승할 경우의 콜옵션 가치를 Cu라 하고 dS하락할 경우를 Cd 라 하면 Cu와 Cd는 다음과 같다.

기초자산 가격이 uS일 경우 $Cu = Max[uS - K, 0]$
기초자산 가격이 dS일 경우 $Cd = Max[dS - K, 0]$

다음으로 파생상품(여기서는 콜옵션) 한 단위를 매입하고 기초자산 Δ단위만큼을 매도하는 포트폴리오 $C - \Delta S$구성하면, Δt후의 포트폴리오 가치를 기초자산이 상승 또는 하락에 관계없이 위험중립으로 만들어 주는 Δ는 다음과 같은 식을 이용하여 구할 수 있다.

$Cu - \Delta uS = Cd - \Delta d$

이 식을 만족시키는 Δ는 다음과 같다.

Δ=S $Cu - Cd/(u-d)$

이와 같은 Δ를 사용할 경우 Δt동안 포트폴리오는 무위험 상태가 되므로 그 기간 동안의 수익률은 무차익거래 논리(no-arbitrage arguement)에 의해 무위험 이자율 r이 되어야 한다. 따라서 기초자산 S가 상승 혹은 하락에 관계없이 Δt후의 가치는 초기시점에 구성한 포트폴리오의 무위험 수익률과 같아야 한다.

$$Cu-\Delta uS=\Delta dS=e^{r\Delta t}(C-\Delta S)$$

식의 Δ를 대입하여 콜옵션 값 C에 대해 정리하면 현재의 옵션 값을 구할 수 있다.

$$C=e^{-r\Delta t}\left(\frac{e^{r\Delta t}-d}{u-d}C_u+\frac{u-e^{r\Delta t}}{u-d}C_d\right)$$

여기서 $p=\frac{e^{r\Delta t-d}}{u-d}$

로 정의하고 다시 정리하면 다음과 같은 일반화 된 1-기간 이항모형의 식을 구할 수 있다.

$$C=e^{-r\Delta t}[pC_u+(1-p)C_d]$$

2. 실물옵션의 개념

실물옵션이라는 가치평가의 개념은 미래의 다양한 시나리오별 현금흐름을 각 시나리오에 대하여 규정하고, 이러한 확률적인 현금흐름의 현재가치를 일반적으로 금융 분야에 적용되었던 옵션이론을 사용하여 평가하는 방법이다. 이러한 실물옵션을 이용한 가치평가방법은 시나리오 구성 시 투자안과 관련한 각종 의사결정(유예, 확장, 포기, 축소 등)이 현금흐름 자체에 미치는 영향을 구체적인 모형을 통해 가치평가가 가능한 동태적(dynamic) 모형화가 가능하고, 투자안의 현재가치뿐만 아니라 미래의 각 시나리오별 최적 의사결정 전략도 제시할 수 있다는 장점을 갖는다. 따라서 실물옵션 방법론은 투자사업의 다양한 변동성과 투자 관련 의사결정의 융통성 그리고 이들 간의 상호영향을 적극적으로 평가모형에 반영할 수 있다. 또한 NPV법에서 가정하는 위험을 감안한 적정할인율(WACC)의 추정이 불필요하며, 장기적이고 단계적으로 추진되는 특성이 있는 R&D 투자의 경우에 적합하게 적용할 수 있는 가치평가의 개념이다.

3. 실물옵션 가치평가 유형 및 선행연구

투자안이나 기술가치 평가를 위한 옵션을 활용한 접근방식은 적극적인 경영과 전략적 상호작용으로부터 발생하는 옵션의 가치를 개념화시키고 정량화시킬 수 있는 잠재력을 가지고 있다. 이러한 가치는 투자기회에 내재된 “실물옵션”의 집합체로 볼 수 있다. 이러한 실물옵션들 가운데 특정 투자안을 연기, 축소, 중단하는 등의 경우는 자연스럽게 발생한다. 반면에 투자안의 규모 확대나 성장, 투자가 단계별로 발생할 경우의 폐기, 그리고 대체 안으로의 전

환 등은 초기에 부가적인 비용을 수반함으로써 계획되거나 생성되는 경우에 해당할 것이다.

1) 연기옵션(defferal option)

연기옵션은 투자안을 연기함으로써 보다 정확한 정보를 얻을 수 있는 경우에 이용 가능한 가치평가 방법이다. 이러한 연기옵션의 가치평가 분야로는 천연자원의 가치평가, 부동산개발 분야 등을 들 수 있고, McDonald & Siegel(1986), Paddock et al.(1988), Tourinho(1979), Ingersoll & Ross(1992)등의 연구가 있다.

2) 변경옵션(switching option)

변경옵션은 시장에서 해당 제품의 가격이나 수요가 변화할 경우 해당 사업자는 제품조합을 변경할 수 있는데, 이를 “생산품 유연성(product flexibility)”라고 한다. 또한 동일한 제품이 상이한 형태의 투입물로 생산이 가능한데, 이를 “공정 유연성(process flexibility)라 한다. 이러한 변경옵션과 관련한 연구로는 Margrabe(1978), Kensinger(1987), Kulatilaka & Trigeorgis(1994) 등의 연구가 있다.

3) 포기옵션(abandon option)

포기옵션은 시장여건이 심각하게 불확실한 경우 즉, 투자환경의 변화로 인해 투자의 규모, 범위를 축소하거나 아니면 사업자체를 매각할 수 있는 권리가 있는 옵션이다. 이러한 포기옵션의 분야로는 자본집약적인 사업 분야, 불확실한 시장상황에서 신규제품의 출시 등이 적용가능한 분야로서 Myers and Majd(1990)를 들 수 있다.

4) 성장옵션(growth option)

성장옵션은 시장규모가 커짐에 따라 추가적인 투자가 필요한 경우, 상호 연계된 일련의 프로젝트에서의 연계과정에 있는 경우 적용 가능한 옵션이다. 이러한 성장옵션은 신규시장으로의 진입, 핵심사업의 강화 등과 같이 미래 성장기회를 제공한다. 이러한 성장옵션이 적용 가능한 분야는 전략적 사업분야, 다국적 운영사업 등이 있다.

5) 복합옵션(compound option)

실제의 프로젝트는 경우에 따라서는 상기의 다양한 옵션들의 집합체로 구성된다. 즉, 상향잠재성을 강화하고 하향 보호책을 수립하는 옵션들이 조합되어 구성된다. 이러한 조합에 따른 결합가치는 개별적으로 분리된 경우의 단순한 합계와 상이할 수 있는데, 이러한 경우에 유용하게 평가할 수 있는 방법이 복합옵션을 이용하는 것이다. 복합옵션에 관련한 기존 연구로는 Brennan & Scwartz(1985), Trigeorgis(1993), Kulatilaka(1994)의 연구가 있다.

4. 철도기술의 실물옵션가치평가를 위한 방법론

철도 기술 가치평가에 있어서 신규 투자안에 대해 의사결정자는 일반 기업에서의 투자안에 대한 의사결정보다 많은 불확실성에 노출되게 된다. 특히 우리나라와 같이 철도기술자체가 국가사업으로서의 성격을 갖는 경우에는 사회간접자본으로서의 공공성의 성격을 강하게 갖게 되는데, 이는 국민경제와 밀접한 관련을 갖고 있다고 할 수 있다. 따라서 전통적 방법에 의하여 투자초기시점에서의 NPV에 의한 투자안의 채택이냐? 기각이냐? 는 관련 산업분야뿐 아니라 국민경제에도 많은 영향을 미칠 수 있는 특징이 있다고 할 수 있다. 특히 철도기술이라는 개념 자체가 일종의 지식자산이며 무형자산이라는 측면에서 최근 새롭게 대두되어 지는 실물옵션을 이용하여 그 기술에 관한 가치를 평가할 수 있다. 특히 철도기술과 관련된 가치평가에 있어서 이미 그 기술이 상용화되어 있는 기술에 대한 가치평가와 새롭게 신규로 시장에 진입하려는 투자안의 기술가치에 대해 구분하여 고찰 할 수 있는데, 앞서 설명한 옵션가치평가 모형에서 이항오형의 dt를->(무한대)로 하여 그 구간수를 역시 (무한대)로 보낼 경우 그 결과 값은 연속시간 모형인 Black-Scholes 모형에 점근적으로 수렴하게 된다. 따라서 기존의 기술가치에 대한 경제적 가치평가에 있어서는 Black-Scholes 모형을 통하여 그 가치를 산출할 수 있다. 그러나 신규 투자안에 대한 가치평가에 있어서는 decision tree의 개념이 적용될 수 있는 이항모형을 이용한 가치평가가 좀더 우수한 가치평가의 결과 값을 보여 줄 수 있다. 하지만 앞서의 Black-Scholes 모형을 이용하여 가치평가를 할 경우에는 모형에 필요한 Parameter가 금융옵션과는 다르기 때문에 이점을 명확히 정의를 내리는 작업이 선행되어야 한다. 일반적으로 실물옵션방법에 적용되는 Black-Scholes 모형의 모수의 적용은 다음의 표와 같은 방법에 의해 적용 할 수 있다.

<표 1> 옵션가치평가 모형의 변수

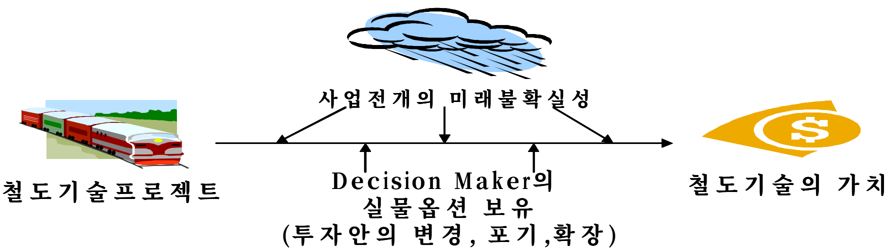
	Call Option	Real Option
기초자산	주식의 현재가격	투자로부터의 예상현금흐름의 현재가치
변동성	주식가격의 불확실성	예상수입과 비용의 불확실성
배당	주식소유자에 대한 배당	투자까지의기회비용
행사가격	주어진 주식가격	투자비용의 현재가치
이자율	무위험 이자율	무위험 이자율
만기일	주어진 날짜	새로운 정보가 나타나는 시점

자료: Perlitz et al(1999)

3. 결 론

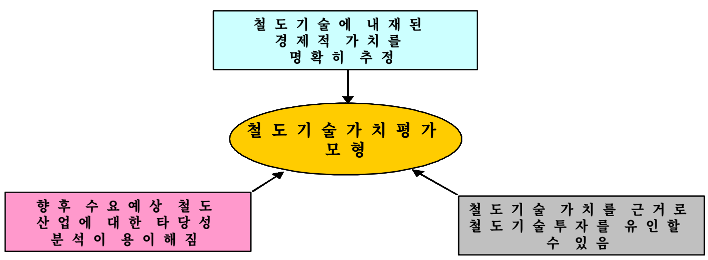
일반적으로 국가R&D사업의 경우 그 기술에 대한 가치의 산출은 전통적 기업가치의 산출에 비해 좀 더 복잡성을 가지고 있다고 할 수 있다. 특히 기술이라는 개념자체가 부가가치의 창출이라는 측면에서 보면 영리의 목적이 아닌 국민경제 및 공공성의 성격을 띄고 있다는 점에서 그 가치의 평가는 더욱더 공정한 평가를 내릴 수 있어야 한다. 이러한 측면에서 본 소고는 전통적인 가치평가의 한계점을 지적하고 그 대안 및 보완 방법이 될 수 있는 실물옵션 방법론에 대해 논의하였다. 일반적으로 NPV가치평가방법은 그 한계점에도 불구하고 현재까지 많이 사용되어지고 있는 방법임에도 불구하고 음(-)의 순현재가치가 산출되어질 경우에도 많은 의사결정자들이 투자를 감행하게 되는데 이는 투자안의 불확실성에 대한 경영자의 투자의사결정의 유연성을 간과하고 있기 때문이다. 따라서 이러한 불확실성에 대해 가치평가를 할 수 있다면 그 가치는 NPV에 의한 방법이 지나치는 그 어떤 가치를 내포하고 있는 것이라고 할 수 있다. 이러한 측면에서 접근이 되는 방법이 바로 실물옵션방법으로서 가치를 평가하는 방법은 연속시간상의 Black-Scholes 모형과 이산시간상의 이항모형으로 크게 나누어 가치평가를 할 수 있으며, 경우에 따라서 기존의 가치평가방법은 이항모형의 평가방법이 연속시간으로 수렴함을 고려하면 Black-Scholes 모형에 의한 가치평가가 좀 더 의미가 있다고 하 수 있으며. 신규 투자안의 경우에는 불확실성의 순간순간에 의사결정을 내릴 수 있는 이항옵션모형이 좀더 바람직한 방법이라고 할 수 있다. 이러한 실물옵션방법에 의한 가치평가의 흐름도는 다음의 그림과 같다.

[그림1] 실물옵션 평가방법에 의한 가치평가 흐름도



궁극적으로 이러한 실물옵션의 가치평가를 통한 철도기술가치 평가에 따른 기대효과는 첫째, 철도기술에 내재된 경제적 가치를 명확히 추정할 수 있게되고 두 번째로, 향후 수요예상 철도산업에 대한 타당성분석이 용이해 지게 되며, 마지막으로 철도기술 가치를 근거로 철도기술투자를 유인할 수 있는 효과를 기대할 수 있을 것이다.

<그림 2> 철도기술 가치평가에 따른 기대효과



참고문헌

박형근(2001), “테크놀로지 가치평가”,한국지식평가컨설팅(주)

윤원철(2001), “실물옵션가격결정법을 활용한 에너지 관련 사업의 경제성 평가”, 에너지경제연구원

홍동표 외(2001), “Real Option을 이용한 IT투자가치분석, 정보통신정책연구원.

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

Merton, R,(1973), "The Theory of Rational Option Pricing" *Bell Journal of Economics and Management Science*, pp. 141-183.

Geske, R.(1977), "The Valuation of Corporate Liabilities as Compound Options," *Journal of Financial and quantitative Analysis*, pp. 541-552.

T. Copeland., and V. Antikarov(2001), "Real Options" TEXERE.