

항공우주 거대산업 프로젝트의 가치평가에 대한 소고

- 실물옵션 가치평가법의 적용을 중심으로

Try to Use a New Valuation Approach: Application of the Real Options Pricing Method to an Aerospace Project

최수미*

< 目 次 >

I. 서론	IV. 대형프로젝트 가치평가 모의사례 분석
II. 항공우주 거대산업의 기술혁신 특성	V. 맺음말
III. 실물옵션 가치평가법: 로그변형 이항분포 모형을 중심으로	

<Abstract>

This article describes a methodology for evaluating huge aerospace R&D investments using the real options pricing method. Option pricing has been proposed as a useful approach for modeling investment in R&D. Two important features of R&D investments are that an R&D project takes time to complete and that the outcome of R&D investments is highly uncertain. This makes the analysis of R&D investments difficult. Traditional tools for project evaluation, like IRR or the NPV, are inadequate for coping with the high uncertainty. Hence, In this article I propose a log-transformed binomial lattice method, and it will show that option pricing might be an adequate framework for evaluating such types of aerospace investments.

Key Words: valuation, real options, real options pricing, big industry, real value, LTBL, log-transformed binomial lattice method, growth option, intrinsic value, flexibility

* 한국항공우주연구원, 연구원 (E-mail: csmi@kari.re.kr)

I. 서론

항공우주분야는 거대산업(Big Industry)군에 속하며, 복잡한 시스템제품(complex product system)으로 분류된다. 제 2장에서 구체적으로 살펴보겠지만 항공우주분야는 일반적인 대량생산제품군과 비교하여 산업·경제·경영의 모든 측면에서 대단히 독특한 특성들을 가지고 있다. 그렇기 때문에 개발의 시작과 끝, 그 모든 과정에 상이한 기준과 방법을 적용해야만 개발에 대한 제대로된 합의와 동의를 이끌어 낼 수 있다.

본 논문에서는 항공우주분야의 거대 프로젝트를 시작하고자 할 때, 해당 프로젝트가 얼마나 큰 경제적 가치를 가지고 있는지 알아보기 위하여, 가치평가의 새로운 방법인 실물옵션(the Real Options)의 개념을 이용하고자 한다. 1970년대 초반 블랙-숄즈가 발표한 논문¹⁾을 시초로 이론 및 실질적 성장을 거듭해온 옵션에 대한 이론은 기존 가치평가법이 가지고 있던 할인율의 문제를 해결하게 되었으며, 전통적인 NPV 가치평가법의 “now or never” 의사결정 원칙에서 경영자를 벗어날 수 있게 만들어 주었다. 경영학 용어로 표현하자면 의사결정의 객관성과 유연성(flexibility)이 확보되었다고 할 수 있겠다.

한국 속담 중에 ‘밑져야 본전’이라는 말이 있다. 금전적 지출을 결정하는 사람의 입장에서는 얼마나 매력적인 제안인가. 예를 들어 설명해 보자. 앞으로 한달 뒤에 A라는 상품의 가치가 1/2의 확률로 +(양) 1000만원, 1/2의 확률로 -(음) 1000만원이 된다고 하자. 투자자들은 한달 뒤 1000만원을 받던지 혹은 한푼도 받지 않으면 된다. 투자비는 단돈 100원이다. 자 이제 투자에 대한 결정을 해보자. 아마도 투자비 100원이 아까워 이런 황금기회를 놓치는 사람은 거의 드물 것이다. 앞의 투자 예는 옵션의 중요한 원리를 잘 설명해 주고 있다. 다시 말하면, 미래의 자산가격변동에 대한 적절한 대응을 위해 현재 상대적으로 적은 자금을 투자하여 이익의 기회를 가질 수 있는 보험을 들어두는 것과 같은 것이다.

옵션은 옵션소유자에게 만기일 혹은 만기일 이전에 미리 장해진 가격(행사가격)으로 기초자산을 사거나 혹은 팔 수 있는 선택권을 부여하며, 또한 하방위험(손실위험)을 고정시키고 이익을 극대화할 수 있도록 한다. 실물옵션접근법은 이와 같은 금융옵션의 성격을 실제 자본투자안에 적용한 것으로서 투자안에 대한 전략적인 분석과 기획(strategic analysis and planning)을 통해 자연적으로 혹은 계획에 의해 만들어진 의사결정의 선택권들(real options)을 정의한 후 재무적인 분석(financial

1) Black, F. and M. Scholes, "The Pricing of Options and Corporate Liabilities." Journal of Political Economy, 81(May-June 1973) 과 Merton, R.C., "The Theory of Rational Option Pricing.", Bell Journal of Economics and Management Science, 4, (Spring 1973).

analysis)을 통해 기회의 가치를 계량화한다.²⁾ 본 논문에서 사용될 가치평가법은 로그변형 이항분포(LTBL: log-transformed binomial lattice)모형으로서 블랙-숄츠의 연속형(continuous) 계산방식을 이산형(discrete)으로 변형시키면서 알고리즘상의 정확성 혹은 일치성(accuracy or consistency), 안정성(stability), 그리고 효율성(efficiency)을 모두 만족시키는 모형이다.

제 2장에서는 항공우주 거대산업의 기술혁신 특성을 간단히 정리하고, 제 3장에서는 옵션을 이용한 가치평가법의 기본적인 특성에 대해 살펴본 후 사례분석에 사용될 이항분포모형의 변형인 로그변형 이항분포(LTBL: log-transformed binomial lattice) 모형을 설명하겠다. 제 4장에서는 대형프로젝트에 내재되어있는 성장옵션(growth option)의 평가를 위해 실물옵션을 사용한 가치평가 사례를 분석해 보도록 하겠다. 마지막 제 5장에서는 실물옵션 가치평가법 적용에 대한 시사점 및 앞으로의 연구방향에 대한 내용을 담고자 한다.

II. 항공우주 거대산업의 기술혁신 특성

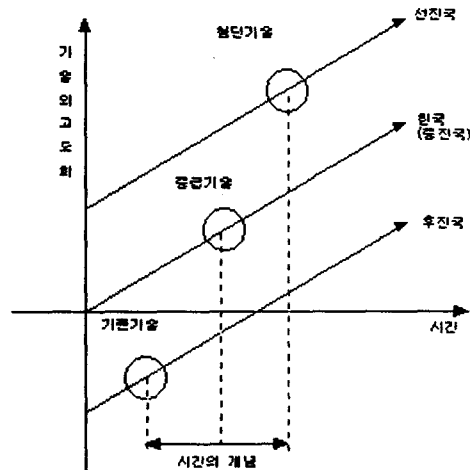
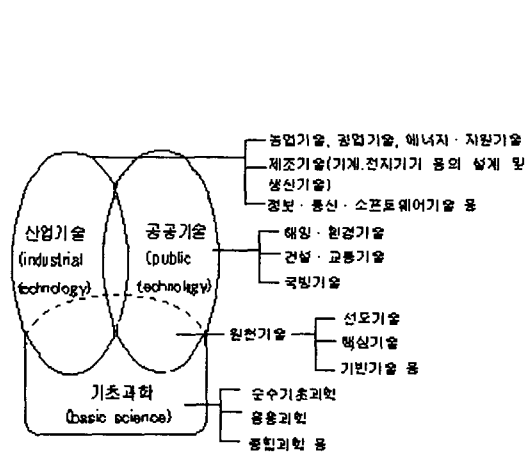
항공우주 제품은 복합시스템제품(complex product system)으로 분리워지는데, 특히 이러한 제품은 기술 집약적인 성격을 가지고 있으며 대부분 소량의 주문 생산방식을 가진다. 여객기, 전투기, 통신교환기, 통신네트워크 관리시스템, 항공우주 발사체, 우주관측 시스템, 우주정거장, 비행기 엔진 등이 이러한 제품에 속한다.³⁾ 기술혁신에 대한 깊은 연구와 정책적인 메커니즘의 결정이 중요한 이슈가 되는 이유가 바로 이러한 산업·기술적 특이성과 복잡성에서 기인한다고 해도 과언이 아닐 것이다. 이번 장에서는 항공우주산업의 기술혁신시스템 및 산업적 특징에 대해 살펴해보도록 하겠다. 항공우주 프로젝트 가치평가에 실물옵션법을 적용하기에 앞서 해당 산업 및 기술의 특성을 살펴보는 것은 실물옵션 가치평가법 사용의 적절성에 대한 간접적인 탐구가 될 것이다.

2) Steven E. Phelan, "The Role of Strategic Thinking in the Analysis of Hard Investment Evaluation Problems.", Paris, 1996.

3) Hobday, M., "Product complexity, innovation and Industrial Organisation", Research Policy 26, pp. 689~710, 1998

1. 기술혁신 시스템의 특성

항공우주기술은 주로 공공기술의 범주에 포함시키면 기술수준별 분류상 첨단 기술에 해당된다. 과학기술의 유형을 분류하는 방법은 국가마다 다르며, 또한 과학 기술의 특성상 어느 특정 유형으로의 구분이 모호한 경우가 대부분이어서 일정한 기준을 정하는 것이 어렵기도 하다. 과학기술을 거시적인 개념에서 분류하는 방법은 첫째, 산업기술(industrial technology), 공공기술(public technology) 그리고 기초 과학기술(basic science technology)로 나누는 방법과, 둘째, 기술수준을 근거로 분류하는 첨단기술(advanced technology), 중급기술(medium technology), 그리고 기존 기술(conventional technology)로 나누는 방법이 있다.(그림 1과 그림 2 참조)⁴⁾



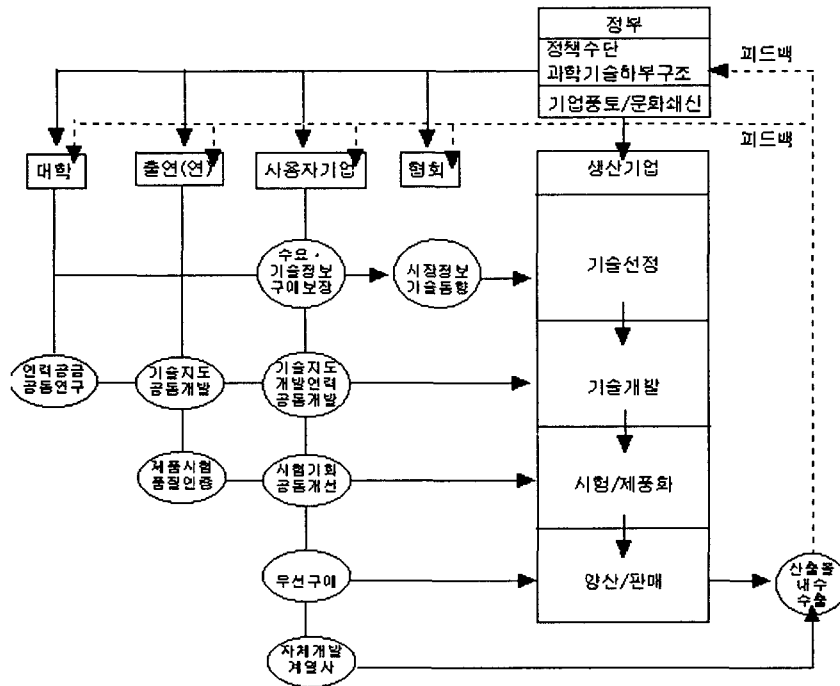
< 그림 1 > 거시적 개념의 기술유형 구분

< 그림 2 > 기술수준에 따른 기술유형의 구분

우리 나라의 항공우주산업은 전형적인 국가 전략산업으로 육성되어오고 있다. 이것은 기술의 공공재적인 성격과 첨단기술 획득에 필요한 여러 가지 조건이 ‘후발 진입자’와 ‘기술추격자’의 입장인 개개의 기업이 감당 할 수 없을 만큼 거대하기 때문일 것이다. 이러한 우리 나라의 항공우주 기술개발 특성은 다음의 두 가지 이론으로 적절히 설명되어 진다. 첫째는, 슈페터가 1976년 그의 저서 『Capitalism, Socialism and Democracy』에서 제시했던 주장으로 즉, 오늘날의 기술혁신은 천재

4) 이공래, “기술혁신이론 개관”, 과학기술정책연구원, 2000, pp.20~24

적인 한 사람에 의해서가 아니라 잘 조직된 우수한 과학기술자 집단에 의해 조직적이며 계획적으로 일어난다는 것이다.⁵⁾ 둘째는, 룬드발(Lundvall)의 국가혁신체제(National Systems of Innovation)에 관한 이론에 기초를 둔 것으로서, 기술혁신과정의 복잡성을 인정하게 되면서 과학기술지식의 생산과 확산에 여러 수행주체간의 협력과 상호작용이 필요하다는 것을 설명해 준다.(이공래 외, 1998) 아래의 그림은 우리나라의 특성을 살린 기술혁신 시스템을 설명해주고 있다(그림 3)



< 그림 3 > 특정산업의 기술혁신 시스템: 기계산업

자료: 이진주 외(1996)

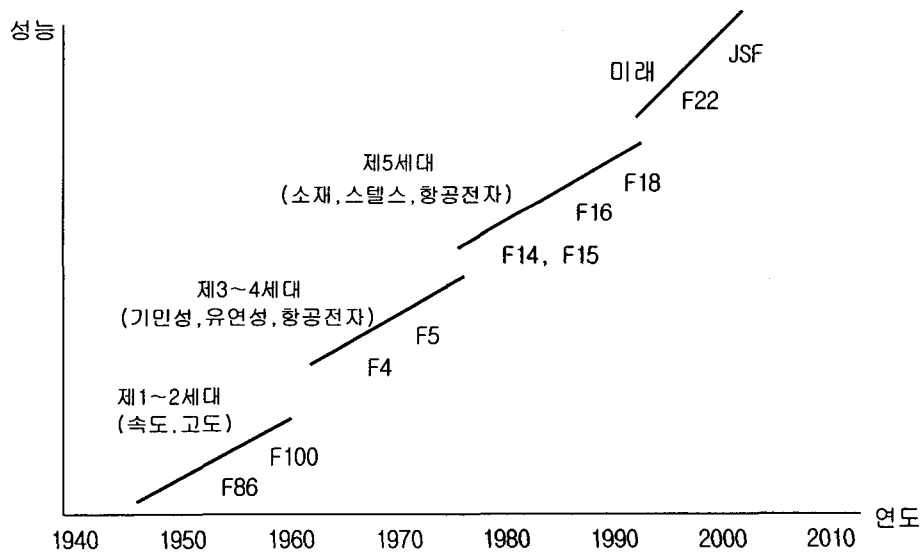
2. 산업측면에서의 기술혁신 특징

슈페터에 의하면 기술혁신은 생산공정, 시장, 재료 및 조직 등 생산수단의 새로운 결합을 통하여 신제품이나 서비스를 생산하고 마케팅 및 판매하는 등 일련의 현상으로 정의된다.(Schumpeter, 1961) 산업의 측면에서 중요한 것으로 기술혁신과정이 완료되고 나면 등장하는 두 가지의 현상인 '모방(imitation)'과 '확산'

5) 이것은 1943년 슈페터가 주장한 첫 번째 명제인 '기술혁신은 창조적이고 선견지명을 가진 혁신 기업가에 의해 일어난다'(Schumpeter I)는 것에서 수정된 내용으로 기술혁신학자들에 의해 'SchumpeterII'라 불리게 되었다.

(diffusion)'이 있다. 우리 나라의 항공우주산업은 정부의 육성이지인 '선택과 집중'이라는 원리 아래에 선진국과는 달리 개발초기부터 독점의 형태로 성장하고 있기 때문에 부정적 의미의 모방은 일어나고 있지 않다. 그러나 긍정적이며 발전적인 의미의 확산현상 역시 거의 일어나고 있지 않은데, 이것은 완제기 독자개발과 같은 진정한 의미의 기술혁신을 위한 시도가 나타나고 있지 않기 때문이다.

항공우주산업 기술혁신과정이 산업발달과정에서 반드시 필요하다는 것은 '급진적(radical)혁신에 뒤따르는 점진적(incremental)혁신의 힘(power)'에 의해서도 잘 설명되어 진다. 복합시스템제품에 속하는 항공우주 최종 생산품은 수십 수천만개의 부분품으로 구성되어 있다. 급진적인 혁신을 통한 기술습득은 기존제품의 확장 및 보완 등을 위해 부속품의 혁신을 요구하게 되며 이로 인해 생산공정 및 하부시스템 등의 점차적인 기술발전이 일어나게 되는데 이것을 점진적 혁신이라 부른다. 이는 미국의 전투기 기술혁신의 예에서 명백하게 확인해 볼 수 있다. 거시적인 시각으로 바라본다면 하나의 항공기술혁신 프로젝트에서 파생된 산업과 기술적 측면의 성장성은 가히 천문학적인 숫자로 표현될 수 있을 것이다. 이것은 항공우주산업의 부가가치가 타 산업에 비해 월등히 높다는 이론을 뒷받침하기도 한다.⁶⁾



< 그림 4 > 전투기 기술혁신의 변화과정

자료: 조황희, 1999

6) 산업별 부가가치율을 살펴보면 항공기가 43.9%, 자동차가 24.8%, 컴퓨터가 36.9%, 위성체가 51.0%로 항공우주산업의 부가가치율이 타 산업에 비해 월등히 높은 것을 알 수 있다.(조태환·정봉구, 2002)

1절과 2절에서 살펴보았듯이 항공우주산업 및 기술은 타 산업·기술과는 비교할 수 없을 정도의 기술적 첨단성과 복잡성을 가지고 있다. 이러한 특성은 해당 산업의 프로젝트에 대한 보다 더 구체적이고 합리적인 평가를 요구하게 된다. 다음 장에서 설명하게 될 실물옵션 가치평가법은 특히 높은 불확실성으로부터 야기되는 기회 가치를 가시적으로 설명할 수 있다는 장점이 있다.⁷⁾ 잠재 성장가능성에 대한 가치평가를 통해 장기적 안목에서의 투자결정이 이루어질 수 있도록 한다는 점에서 특히 항공우주 프로젝트의 평가에 적절한 방법이라고 생각한다.

Ⅲ. 실물옵션 가치평가법: 로그변형 이항분포모형을 중심으로

1. 금융옵션과 실물옵션의 비교

실물옵션은 금융옵션의 내용을 그대로 실제 자본투자안에 적용한 것으로서 옵션가격결정에 영향을 미치는 요소들을 주식에 대한 콜옵션에 견주어 다음과 같이 대응시켜 볼 수 있다.

주식 콜옵션	실물옵션
기초주식의 현재가격(S)	기대되는 현금흐름의 현재가(V_0)
행사가가격(E)	투자비용(I)
옵션만기(T)	투자안의 만기(T)
주가변동성(σ)	투자안 가치의 변동성(σ)
무위험 이자율(r)	무위험 이자율(r)

위의 입력변수들 중 기초자산의 현재가치와 변동성에 대해 자세히 살펴보도록 하겠다.

■ 기초자산의 현재가치: 주식에 대한 옵션인 경우에는 현재 주식의 가격이 되며, 실물자산에 적용되는 경우에는 이 자산과 동일한 특성을 지니는 증권을 이용하여 현재가치를 측정하게 된다. 예를 들어, X라는 회사가 영업확장 계획을 가지고 있다고 해보자. 영업확장을 통한 X사의 기초자산의 가치는 영업의 확장 후 얻게 되는 가치의 현재 할인값을 말한다. 그리고 영업의 확장이 끝나고 난 뒤 X사는 직접적인 경쟁업체인 Y사의 1/3에 해당하는 역량을 갖게 될 것이라고 예상하고 있다.

7) McGrath(1997)는 그의 논문에서 IT 프로젝트로 대표되는 첨단기술관련 투자평가에서는 전통적인 평가법-예를 들면, IRR이나 NPV 법 등-이 부적절하다는 견해를 밝히고 있으며, Benaroch와 Kauffman(1999)은 현실적으로 대형 프로젝트를 실시하면서 많은 경우 적절한 투자안 분석이 실시되지 않은 채 시작되고 있다는 점을 지적하고 있다.

이러한 예측이 가능한 것은 X사와 Y사의 단위당 이익수준이 동일하기 때문이며, X사에 반해 Y사는 현재 시장에서 거래되고있는 객관적인 지표를 가진 상태였기 때문이다. 그러므로 시장에서 직접 데이터를 구할 수 없는 경우에는 유사한 기업의 것을 대용치로 사용하여 측정할 수 있다.

■ 기초자산의 변동성: 이 변수는 시장에서 직접적으로 관찰이 불가능하기 때문에 역사적인 데이터나 옵션거래기록을 이용하여 추정해야 한다. 변동성을 예측하는 두 가지 기본적인 접근법은 과거의 실제가격 자료로부터 계산된 일정기간 동안의 역사적 변동성(Historical Volatility)을 이용하는 방법과 시장에서 관측된 현재의 옵션가격을 옵션가격결정모형에 대입한 후, 변동성에 대하여 전개함으로써 구해진 내재변동성 혹은 내재적변동성(Implied Volatility)을 이용하는 방법이 있다. 블랙-숄츠는 기초자산의 가격은 변동성이 일정한 대수정규분포를 따른다고 가정하였지만 옵션의 변동성은 시간에 따라 랜덤(random)하게 변하기 때문에 이 가정은 비현실적이라는 비판을 받아왔다. 그 후 Hull과 White(1987)는 옵션을 평가하는데 추계적변동성(Stochastic Volatility)을 다루는 모형을 사용해야 한다고 발표하였다. 변동성 측정에 대한 연구는 현재까지 계속 진행중인 연구과제중 하나이다.

2. 로그변형 이항분포(LTBL: log-transformed binomial lattice)모형⁸⁾

실물옵션을 수치해석하는 기법으로는 여러 가지가 있으나 그 중에서도 이항분포 모형은 가장 편리하고, 특히 다수의 옵션이 포함되어 있는 복잡한 프로젝트의 분석이나 배당 혹은 기타 현금유출에 대한 조정을 쉽게 할 수 있다는 장점이 있다. 이항분포모형은 Cox-Ross-Rubinstein(1979)의 기본모형 이외에도 기초자산의 분포가 알려져 있고 위험중립가치평가를 적용하는 경우 여러 가지의 변형이 가능하다. 그 중에서도 로그변형 이항분포모형(Log-Transformed Binomial Lattice Approach: LTBL)은 수치해석 방법이 반드시 만족시켜야 할 세 가지 요건, 즉 정확성 혹은 일치성(accuracy or consistency), 안정성(stability), 그리고 효율성(efficiency)을 모두 갖추고 있다. 정확성 혹은 일치성(accuracy or consistency)은 계산에 이산형 과정을 적용하더라도 연속형을 사용할 때와 동일한 평균과 분산을 갖게되는 것을 말한다. 안정성(stability)은 계산상 추정오차를 줄일 수 있음을 말하며, 효율성(efficiency)은 정밀도를 기준으로 볼 때, 보다 더 계산을 신속하고 간단하게 할 수

8) Trigeorgis, L. "Real options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation", MIT Press, 1996 및 Trigeorgis, L., "A log-transformed binomial numerical analysis method for valuing complex multi-option investments." (Journal of financial and quantitative analysis, vol.26, No.3, 1991) 참고

있음을 말한다.

구체적으로 LTBL 평가법의 내용을 살펴보면 다음과 같다. 실물옵션의 경우 기초자산을 주식가격(S)으로 두는 대신, 실제 자본투자안으로부터의 기대현금흐름의 현가(V)로 둔다. 기초자산의 가치 V는 다음과 같은 위너과정을 따른다고 가정한다.

$$\frac{dV}{V} = \alpha dt + \sigma dz,$$

단,

α : 연속적인 실물자산의 기대수익률

σ : 연속적인 실물자산 기대수익률의 표준편차

dz : 기본위너과정의 증분

Δt 를 K ($\Delta t \equiv K$), $X \equiv \ln V$ 라 정의하고, arithmetic Brownian motion을 따른다고 하자. 위험중립하에서는 $\alpha = r$ (r : 무위험이자율) 이다. 그러면

$$\begin{aligned} \Delta X &= \ln(V_{t+\Delta t} / V_t) \\ &= (r - \frac{1}{2} \sigma^2) \Delta t + \sigma dz. \\ (\Delta X &\sim i.i.d. [(r - \frac{1}{2} \sigma^2) \Delta t, \sigma^2 \Delta t]) \end{aligned}$$

이제 $k \equiv \sigma^2 \Delta t$ 라 하면, ΔX 는 $E(\Delta X) = \mu k$, $Var(\Delta X) = k$ (단, $\mu \equiv r - \frac{1}{2} \sigma^2$)

의 분포를 따른다. 연속형 과정을 이산형으로 전환하면 다음과 같다.

자본투자안의 기간 T 를 N 으로 나누어 $T = \tau N$ 이 되도록 하면, k 는 대략 $\sigma^2 T/N$ 이 된다. 각 단위시간 τ 당 X 는 마코브 랜덤워크(Markov random walk)를 따르며, 위험중립확률 $p^+ \equiv P$ 로 $\Delta X = H$ 만큼 위로 움직이고, $p^- \equiv 1 - P$ 의 확률로 아래로 움직인다 ($\Delta X = -H$). 이산형 마코브 과정(Markov Process)의 기대값과 분산은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} E(\Delta X) &= P(+H) + (1-P)(-H) \\ &= 2PH - H \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Var(\Delta X) &= E(\Delta X^2) - [E(\Delta X)]^2 \\ &= [P(+H)^2 + (1-P)(-H)^2] - [2PH - H]^2 \\ &= H^2 - [E(\Delta X)]^2 \end{aligned}$$

일치성조건을 만족하려면 위의 평균과 분산은 연속형과정의 것과 동일한 값을 가져야하므로 다음이 성립되어야 한다.

$$2PH - H = \mu k,$$

$$\therefore P = \frac{1}{2}(1 + \mu k/H)$$

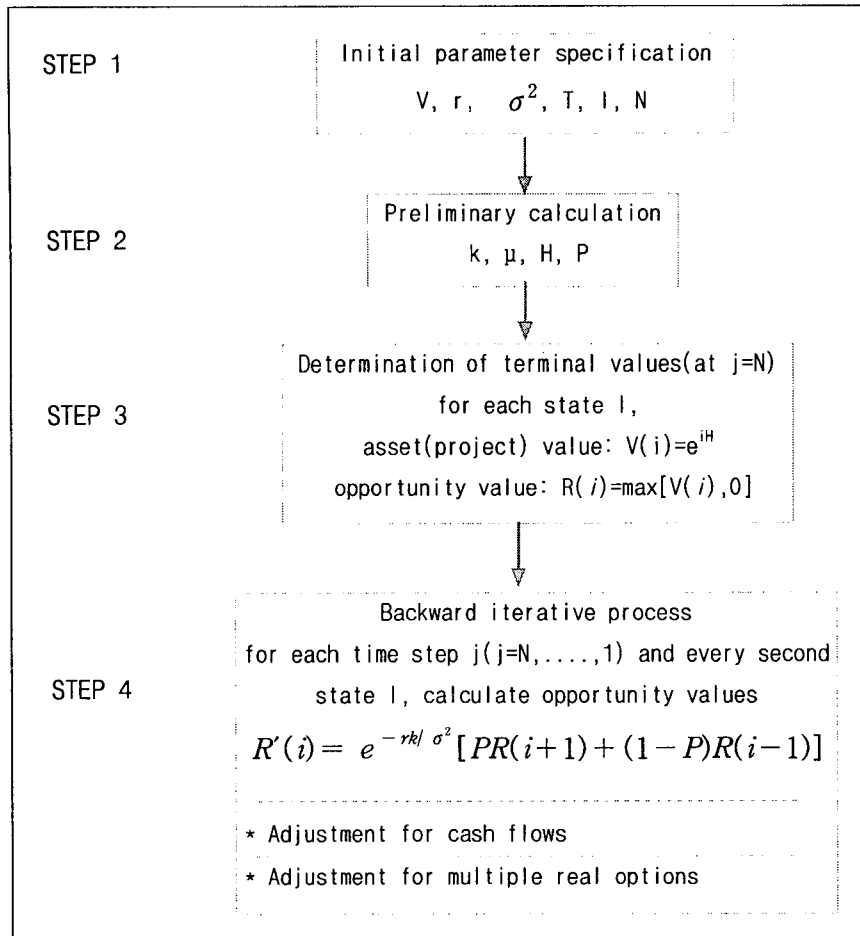
그리고

$$H^2 - (\mu k)^2 = k,$$

$$\therefore H = \sqrt{k + (\mu k)^2} (\geq \mu k) \text{ 가 된다. (s.t. } -1 \leq \mu k/H \leq 1)$$

LTBL법의 사용을 위해서는 실제 자본투자안에 대한 분석을 통해 옵션의 가치를 평가하기 위한 변수들을 찾아내야 하며 이 값들을 다시 변환하여 계산에 용이하도록 변경해주는 단계가 필요하다. 옵션가치에 영향을 주는 V, r, σ^2, T, I 를 정의한 후 Δt 를 위해 N 을 정한다. 그 외에 규칙적인 현금흐름이나 배당 등을 가려낸다. 다음 단계에서는 각 변수들을 수치계산을 위한 변수로 변경시킨다. time step k_j 는 ($j=1, \dots, N$) $\sigma^2 T/N$ 으로부터, drift μ 는 $\frac{r}{\sigma^2} - \frac{1}{2}$ 으로부터, 다음 state step H 는 $\sqrt{k + (\mu k)^2}$ 에서, 그리고 확률 P 는 $\frac{1}{2}(1 + \mu k/H)$ 으로부터 계산된다. 세 번째 단계는 $j=N$ 인 경우의 값을 계산한다. 각 단계 i ($X(i)=X_0+iH$)에 기초자산의 가치 $V(i) = e^{X_0+iH}$ (왜냐하면 $X \equiv \ln V = X_0 + iH$)가 계산되고 총 투자기회의 가치 (expanded NPV)는 $R(i) = \max[V(i), 0]$ 으로부터 계산된다. (총 투자기회의 가치 $F(i) \equiv R(i)$ 라 하자.) 네 번째 단계에서는 배당이나 규칙적인 현금유출의 조정을 해주고 이항분포 다이나믹 프로그래밍(binomial dynamic-programming)법으로 후향연산을 실시한다. 이렇게 수정된 가치 $R'(i)$ 는 다음과 같이 표현된다.

$$R'(i) = e^{-rk_i \sigma^2} [PR(i+1) + (1-P)R(i-1)].$$



< 그림 5 > LTBL법의 계산 순서도

자료: Trigeorgis, 1996

IV. 대형 프로젝트 가치평가 모의사례 분석

1. 연구개발 투자의 가치평가

연구개발투자의 두 가지 중요한 특성은 첫째, 프로젝트의 완료까지 시간이 오래 걸린다는 점과 둘째, 투자의 결과물이 불확실하다는 것이다. 그래서 R&D 투자의 분석이 불확실성 아래에서의 투자안 분석 중에서도 가장 어렵다는 견해가 나오는 것이다(Schwartz and Moon(2000)).⁹⁾

9) Schwartz 와 Moon(2000)은 R&D 프로젝트의 불확실성을 세 개의 확률과정(stochastic process)으로 요약하여 분석하고 있다. 세 개의 확률과정은 투자비용(investment cost),

항공우주분야는 대규모의 연구개발비용이 소요되기 때문에 지금까지는 주로 비용추정에 대한 연구가 이루어 졌다고 할 수 있겠다. 대표적으로 Dienemann(1966)의 몬테카를로 시뮬레이션을 이용한 비용불확실성의 추정에 관한 연구가 있으며, Fong et al.(1981)의 우주부문 무인우주선의 비용모델연구, Gupta와 Altshuler(1989)의 우주선디자인을 위한 효율적 비용결정에 대한 연구가 있다. 우리 나라의 항공우주분야의 경제성분석에 대한 연구로는 1996년 과학기술부(당시 과학기술처)주관으로 조사된 '항공기 및 위성시스템 개발의 경제성분석 기법연구'(연구기관: 한국항공우주연구원)가 대표적이다. 이 연구보고서에서는 고전적으로 사용되어져오던 비용편익분석, 라이프사이클 비용분석, 항공기개발 비용분석기법인 Roskam, Raymer방법론에 대해 기술하고 있다. 우주시스템에는 유용성분석, 비용모델링, 비용추정관계식 방법론 등을 이용하여 비용추정에 초점을 맞추어 경제성 분석을 시도하고 있다. 이것은 앞에서 언급했듯이 항공우주분야의 연구개발비가 대규모성을 갖기 때문에 비용을 정확하게 추정해 내는 것이 프로젝트 시작의 중요한 근거가 되기 때문이다. 그러나 소요비용의 불확실성뿐만이 아니라 프로젝트 완료를 통한 기술습득의 가능성 또한 불투명한 것이 항공우주 기술개발의 큰 특징이다. 이러한 불확실성을 안고 시작되는 프로젝트인 만큼 앞으로의 발생 가능한 상황에 대처하는 장기적인 안목에서의 계획이 반드시 필요할 것이다.¹⁰⁾

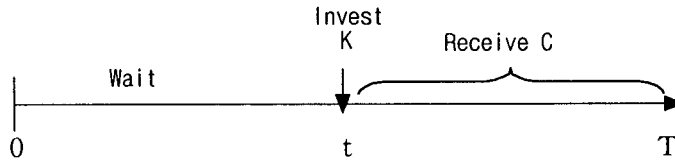
항공우주관련 프로젝트는 크게 생산품 혹은 기술을 다른 나라로부터 구입한 후 특정부문 기술에 대한 개발을 병행하는 구입프로젝트(acquisition project)방식과 처음부터 개발을 통한 자력 기술습득 개발프로젝트(development project)의 방식, 그리고 이 두 가지 방식을 혼합한 방식(two-staged project)이 있을 수 있다.¹¹⁾(그림 6 참고) 본 논문에서는 항공우주산업의 기술혁신 특성상 우리 나라가 진정으로 필요한 것은 급진적인 기술혁신에 뒤이은 점진적인 혁신이라는 점을 염두에 두고 두 번째 방식인 개발프로젝트를 모형으로 가치평가의 시사점을 도출하려고 한다.

미래 수익(future payoffs), 그리고 완료이전의 갑작스러운 사건발생(catastrophic event)과 관련된다.

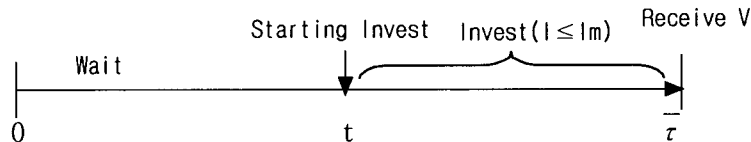
10) 이러한 특성을 갖는 프로젝트의 가치평가에 실물옵션법을 적용한 연구 중 Lukach, Kort, and Plasmans(2002)의 'Strategic Dynamic R&D Investments'는 특히 산업환경의 측면에서 독점과 과점의 상태를 상정한 후 대규모의 연구개발투자에 대한 결정이 선발주자와 후발주자에게 미치는 영향을 연구하였다. 또한 비용의 불확실성뿐만 아니라 개발완료에 대한 불확실성, 완료 후 현금흐름에 대한 불확실성을 동시에 고려한 연구로는 Schwartz와 Moon(2000)의 연구가 있다.

11) 본 아이디어는 Schwartz와 Moon(2000)이 그들의 논문에서 제시한 IT 프로젝트의 모델에서 항공우주의 특성에 맞게 변형한 것이다. 두 산업은 높은 연구개발 비용이 필요하다는 점과, 기술적 불확실성 및 기술개발 완료 및 그에 따른 현금흐름의 불확실성이 높다는 점에서 동일한 특성을 가지고 있다. 그러나 본 논문에서 제시된 아이디어가 항공우주 관련 프로젝트의 다양성을 모두 다 포괄 하고있는 아이디어는 아니라는 점을 밝혀둔다.

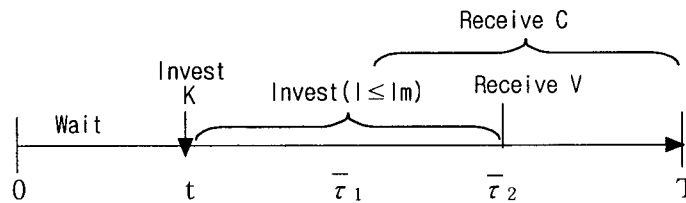
■ 구입프로젝트 (*acquisition project*) 방식



■ 개발프로젝트 (*development project*) 방식



■ 혼합프로젝트 (*two-staged project*) 방식



주: 구입프로젝트는 일정한 시간 t 에 이를 때까지 기다린 후 K 의 비용으로 생산품 혹은 기술을 구입한다. 그 후 T 의 시기동안 현금흐름 C 를 갖게된다. 항공우주 산업의 특성상 현금흐름이 발생하지 않은 채 기술개발이 이루어질 수도 있다. 두 번째, 개발프로젝트는 일정기간 t 에 이르러 투자에 대한 결정을 내린 후 최고투자비용인 Im 을 넘지않는 범위내에서 불확실한 기간인 $\bar{\tau}$ 동안 I 의 금액을 투자하여 V 의 자산을 얻는다. V 를 얻을 때까지 K 는 0이다. $\bar{\tau}$ 기간까지의 프로젝트를 시범투자프로젝트(Pioneer Investment Project)라고 하면 그 다음단계는 상용화단계투자프로젝트(Commercial Investment Project)라 할 수 있을 것이다. 혼합방식의 투자는 첫 번째와 두 번째를 혼합해 놓은 경우이다.

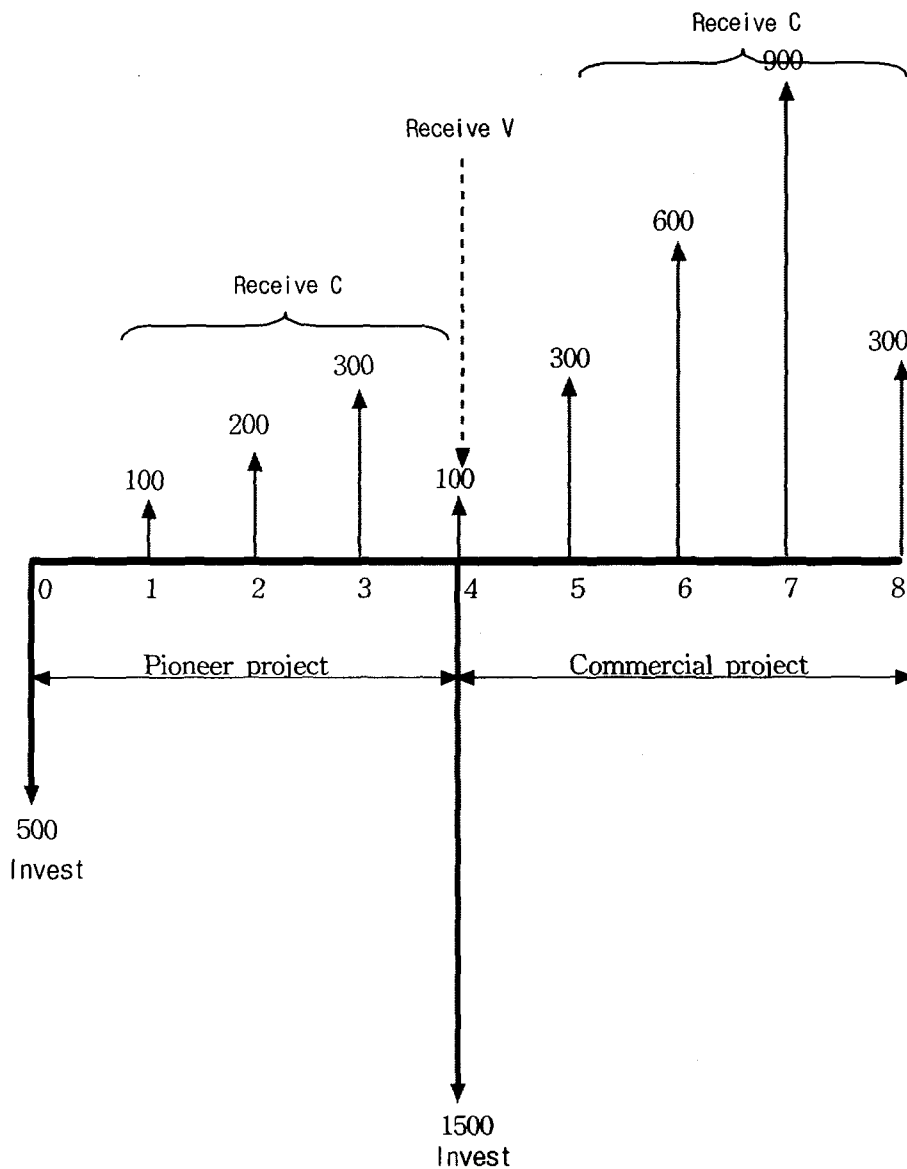
< 그림 6 > 항공우주 프로젝트의 형태

2. 대형프로젝트 모의사례 분석

대형프로젝트의 모의사례는 시범투자의 단계를 거친 후 상용화를 위한 투자단계로 넘어갈 때 일반적으로 간과하게되는 미래 성장가능성에 대한 가치를 "성장옵션(Growth Option)"으로 정의하고 분석해 보게 된다. 고전적인 가치평가법을 사용하

는 경우 투자안의 가치는 음(-)이되어 투자를 포기하는 결정을 내리도록 하지만 실물옵션 가치평가법을 적용하는 경우 투자결정이 변하게되는 것을 발견할 수 있다.

항공기개발 프로젝트를 추진한다고 가정해 보자. 사례를 간단하게 만들기 위해 시범투자기간을 4년이라고 가정하고 4년 후에는 양산에 들어갈 수 있다고 하자. 아래 그림 7에서 표현했듯이 처음의 투자 I_0 는 500 백만달러이고 기대현금흐름은 4년동안 $C_1=100$ 백만달러, $C_2=200$ 백만달러, $C_3=300$ 백만달러, $C_4=100$ 백만달러이다. 양산에 들어가기 위해서는 처음 시범프로젝트 투자비용의 3배에 해당하는 투자비가 필요하다. ($I_4=1500$ 백만달러) 양산 후 매년의 현금흐름은 시범 프로젝트때의 현금흐름의 3배가된다.



< 그림 7 > 성장옵션평가를 위한 모의사례 구조

기대현금흐름의 현재가치를 계산하기 위해 기회비용 k 를 20%로 가정하면 V_0 는 444 백만달러가 된다. 그러므로 NPV는 $V_0 - I_0 = 444 - 500 = -56$ 백만달러가 된다. 그러므로 시범투자프로젝트는 투자매력이 없는 투자안이 되는 것이다. 결국 시범투자안 현금흐름의 세 배 가량의 현금흐름이 발생될 것으로 예측되는 상업화단계의 프로젝트는 시작도 하지 못할 상황이 된 것이다. 상업화 단계 프로젝트의 현금흐름을 V_4 시점으로 현재가치화 해보면 1,332 백만달러가 된다. 이 프로젝트의 NPV도 역시 -168 백만달러로 계산되며, 이것을 0의 시점으로 현재화 해보면 -81 백만달러가 된다.(자본비용 20%) 그러므로 이 프로젝트를 시작하려는 시점에서의 총 손실이 137 백만달러가 되는 것이다.

그렇다면 이제 상업화 단계에서의 성장가능성에 대한 가치를 실물옵션을 사용해 계산해 보자. 이 프로젝트에 내재되어 있는 성장옵션은 만기(τ)가 4년이고 행사가격(E)이 1500 백만달러인 유러피언 콜옵션과 같다. 기술특성상 높은 불확실성을 가지고 있으므로 변동성(σ)을 0.40으로 가정하고, 무위험이자율(r)을 10%라 하자. 이제 LTBL법을 사용하여 후향연산을 실행하기 위해 각 변수의 값을 구해보면 다음과 같다.

$V_4 = 1,332$ 백만달러	투자안으로부터 발생하는 현금흐름의 4시점에서의 현재가
$I = 1,500$ 백만달러	4 시점에 계획된 투자비용
$\sigma = 0.40$	V 의 표준편차
$r = 10\%$	무위험 이자율
$T = 4$ 년	자본투자안의 만기
$N = 16$	분기별 투자안 평가를 위한 조정계수
LTBL변수로 변형시킨 값	$k = 0.04$
	$\mu = 0.13$
	$H = 0.20$
	$P = 0.51$
	$X_0 = 7.19$

< 표 1 > 실물옵션 가치평가에 필요한 요소들

LTBL법을 사용하여 계산되는 결과는 확장된 투자안의 현재가치로서 기대현금흐름의 정태적 현재가치에 옵션프리미엄이 더해진 값이다. 그러므로 4시점에서의 옵션의 가치를 구해보면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 \text{옵션의 가치(Option Value)} &= \text{Expended NPV} - \text{Passive NPV} \\
 &= 1328 - (-168) \\
 &= 1,496 \text{ 백만달러}
 \end{aligned}$$

앞의 계산결과에서 보듯이 고전적인 가치평가법을 사용한 경우와는 반대의 투자사결정을 하게되는 것을 알 수 있다. 투자안이 갖는 미래의 성장가능성을 보고 투자의 의사결정을 내리는 간단한 예를 통해 항공우주 거대프로젝트의 보이지 않는 경제적 가치를 간과하지 말아야 한다는 시사점을 말해주고 있다. 이번 사례에서는 변동성에 따른 옵션의 가치변화에 대해 살펴보지 않았지만, 일반적으로 변동성의 값이 커짐에 따라, 즉 불확실성이 높을수록 옵션의 가치는 커지게 된다.

V. 맺음말

우리 나라의 항공우주산업은 정부와 국책연구기관, 그리고 산업계와 학계 공동의 협력 아래 개발되어지고 있다. 이러한 특성은 연구개발 자금의 대규모성과 기술의 첨단성, 그리고 이미 선진국에서 상용화되어 진화과정을 밟고있는 기술에 대한 후발주자로서의 추격 등 열악한 환경에서 시작했기 때문이다. 그러므로 정부의 입장에서는 한정된 자원의 적절한 배분(resource allocation)에 대한 문제를 해결하는 것이 중요한 과제가 될 수밖에 없다. 거대한 규모의 개발에 소요되는 막대한 자금을 생각한다면 해당 프로젝트가 갖는 경제적·사회적·기술적 중요성에 대한 합리적이고 타당한 근거를 제시하는 것은 의사결정을 원활하게하는 책결이 될 것이다.

본 논문에서는 항공우주 프로젝트의 가치평가에 실물옵션 가치평가법을 적용하는 시도를 해 보았다. 흔히 말하는 항공우주산업의 부가가치율은 달리 표현하면 그만큼 기술적 확산효과가 크다는 것을 말한다. 그러나 실물옵션 가치평가법을 항공우주산업에 적용하는 것이 그리 만만한 일은 아니다. 특히 우리 나라처럼 산업의 발달과 기술개발의 경험이 일천한 경우, 그리고 시장데이터의 접근이 용이하지 않은 경우, 개발주체가 일반 기업이 아닌 정부인 것, 개발보조금의 형태를 해석해야 하는 등 여러 가지 변수에 대한 정의와 해석부터 일반적이지 않기 때문이다. 그러나 기존의 가치평가법으로는 도저히 해결할 수 없는 문제가 있기 때문에 차츰 가치평가법으로 그 역량을 발휘하고 있는 실물옵션법의 도입은 더 이상 뒤로 미룰 일이 아닌 것이다. 본 논문에서는 모의 사례를 통해 실물옵션법의 적용이 주는 시사점을 알리는데 그쳤으나 앞으로의 연구에는 실제 우리 나라의 항공우주 프로젝트의 가치평가를 시도해보는 일이 큰 과제로 남아있다.

參 考 文 獻

- 송위진, 황혜란, 조황희, 「우리나라 복합시스템 제품의 기술혁신 특성에 대한 탐색적 연구」, 기술혁신학회지 제 2권 제 2호, 1999.9, pp. 257~289.
- 이공래, 「기술혁신이론 개관」, 과학기술정책연구원, 2000.
- 이공래 외, 「한국의 국가혁신체제-경제위기 극복을 위한 기술혁신정책의 방향」, 과학기술정책연구소, 1998.
- 이진주 외, 「자본재산업의 기술혁신을 위한 새로운 정책방향 정립에 관한 연구」, KDI주관 '96 국가정책개발사업
- 정봉구· 조태환, 「한국항공산업의 현재와 당면한 기술혁신 과제」, 항공산업연구 제 60집, 2002. 2. pp. 1~20.
- 조황희, 「항공기산업의 기술혁신 패턴과 전개방향」, 과학기술정책연구원, 1999.
- 황진영, 이승리, 김종범, 「항공기 및 위성시스템 개발의 경제성분석 기법연구」, 한국항공우주연구원, 1996.6.
- Andrea, G. and L. Trigeorgis, "A Log-transformed Binomial Lattice Extension for Multi-Dimensional Option Problems", 5th Annual conference on the real options, 2001.6.
- Black, F. and M. Scholes, "The Pricing of Options and Corporate Liabilities.", Journal of Political Economy, vol.81, May-June 1973:637~659.
- Cox, J.C., S.A. Ross, and M. Rubinstein, "Option pricing: A simplified Approach", Journal of financial Economics, Vol.7, 1979: 229~263.
- Eduardo S. and C.Zozaya-Gorostiza, "Valuation of Information Technology Investments as Real Options", 4th Annual conference on the real options, 2000.2.
- Hobday, M., "Product complexity, innovation and Industrial Organisation", Research Policy 26, pp. 689~710, 1998
- Kester, W.C., "Today's options for tomorrow's growth", Harvard Business Review, March-April 1984:153~160.

- Lukach. R., Kort, P.M. and J. Plasmans, "Strategic Dynamic R&D Investments", 6th Annual conference on the real options, 2002.3.
- Schwartz, E.S. and Moon, M., "Evaluating Reasearch and Development Investments, in Project Flexibility, Agency, and Competition", M.J. and Trigeorgis, L. Editors, Oxford University Press: New York, 2000.
- Trigeorgis, L., "A log-transformed binomial numerical analysis method for valuing complex multi-option investments.", Journal of financial and quantitative analysis, Vol.26, No.3, 1991: 309~326.
- _____, "Real Options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation", MIT Press, 1996.