

기술 및 투자 가치평가를 위한 실무형 실물옵션

Real Options for Practitioners on the Valuation of Technology and Investment

설 성 수* · 유 창 석**

〈目 次〉

I. 서 론	IV. 실무형 실물옵션 모형
II. DCF법과 한계	V. 결 어
III. 실물옵션 이론과 한계	

<Abstract>

There have been many solutions to overcome theoretical problems of the Discounted Cash Flow Methods, especially on the valuation of technology. Real Options are thought as a solution. There, however, are another problems in applying Real Options for the valuation of technology; diversity and complexity of models. This paper recommends 5 models for the valuation of technology, especially for practitioners.

Key words: Real Options, Technology Valuation, DCF

* 한남대학교 경제학과/하이테크비즈니스학과 교수, (사)한국기술가치평가협회 회장, s.s.seol@mail.hannam.ac.kr

** (사)한국기술가치평가협회 연구원, chsyoo@empal.com

I. 서 론¹⁾

1980년대 미국의 바이오 붐 및 1990년대 말 IT 붐에 따라 전 세계적으로 기술에 의한 신규 시장의 확대가 폭발적으로 진행되었고, 그에 따라 기술 및 기술벤처기업에 대한 투자가 급속히 증가하였다. 그러나 신기술 및 신기술 기반 사업들은 대상시장이 매우 불안정하고, 매우 높은 리스크 부담을 가지고 있어서 일반적인 가치평가방법으로 가치평가를 하거나 투자타당성을 분석하는 데에는 많은 한계가 존재한다.

일반적으로 인정된 가치평가방법은 그 특성에 따라 크게 소득접근법과 시장사례접근법, 그리고 비용접근법으로 나눌 수 있다. 비용접근법은 투입된 비용으로 가치를 평가하는 방법이며, 시장사례접근법은 참조할만한 다른 사례를 통하여 가치를 평가하는 방법이다. 소득접근법은 미래에 발생할 소득의 현재가치로 가치를 평가한다. 이중 기술의 가치평가에는 많은 경우 가용한 시장 사례가 드물기 때문에 소득접근법이 우선적으로 권장된다. 그럼에도 소득접근법의 근간인 투자수익률법(return on investment, ROI법), 현금흐름할인법(discounted cash flow method, 이하 DCF법)은 기술의 가치를 평가하는 데에 있어서 이론적인 한계가 존재한다. 이에 따라, DCF법을 수정하고 보완하려는 많은 시도들이 있었고, 실물옵션 이론은 그중 가장 훌륭한 대안으로 평가되고 있다.

실물옵션 이론은 금융부문의 옵션이론으로부터 발전하여 실물부문의 가치평가나 투자의사결정에 폭넓게 활용되고 있는 이론이다. 그런데 이 이론은 그 자체만도 대단히 복잡하고, 수리적으로 난해할 뿐 아

니라, 응용하기 어렵다고 평가된다. 특히 경영이나 기술개발 실무에 종사하는 의사결정자들은 실물옵션 이론의 이해조차 되지 않는다는 하소연도 존재한다. 따라서 본 연구에서는 최근 급격히 확산되고 있는 실물옵션 이론을 바탕으로, 실무전문가들이 손쉽게 보다 효율적으로 사용할 수 있는 모형들을 제시하고자 한다. 제시되는 모형들은 실물옵션 이론의 모형이거나 DCF법의 한계를 극복하기 위해 제시된 모형들이다.

논의는 먼저 기술이나 기술 관련 투자 가치의 평가에 있어서 DCF법의 한계가 무엇이고, 실물옵션 이론이 왜 DCF법을 대체할 수 있는지를 검토한다. 나아가 기술과 옵션의 유사성 및 기술에 적용할 수 있는 옵션의 다양한 개념을 소개한다. 이후 기술이나 투자가치평가를 위해 실무에서 사용하기 적합한 모형을 소개하고자 한다.

II. DCF법과 한계

1. DCF법의 한계

DCF법은 미래에 발생할 소득을 현재가치로 환산하여 가치를 평가하는 방식으로, 가치평가에 있어서 일반적으로 받아들여지는 방법론 중의 하나이다. 그러나 기술가치평가에 있어서 DCF법은 여러 가지 문제점이 지적되고 있다. Mechlin & Berg(1980)는 DCF법이 기술의 가치를 과소평가하므로 기술혁신의 걸림돌이 되고 있다고 지적하였고, Hayes & Abernathy(1980), Hayes & Garvin(1982)은 DCF법이 미국의 R&D 지출 감소에 큰 영향이 있다고 지적하였

1) 이 논문은 2001년도 한남대학교 교비연구비 지원과 산업자원부의 기술기반조성사업의 지원으로 이루어졌습니다.

다. Hodder & Riggs(1985)는 기술의 각 단계(연구, 개발, 상업화)마다 다른 위험을 가지고 있으며 다른 할인율을 사용해야 함을 지적하였다.

이밖에도 많은 연구자들이 DCF법의 문제점을 지적하였는데, 이러한 문제점을 요약하면 크게 5가지로 나눌 수 있다. 1) 연속된 투자에 대한 고려를 못하며, 2) 상호연관된 프로젝트의 보완성에 대한 평가를 못할 뿐만 아니라 3) 경영의 유연성을 반영하지 못한다. 또한 4) 전략적인 문제를 반영하지 못하고, 5) 가격변화 등 프로젝트에 내재한 불확실성을 반영하지 못한다.

기술 및 투자의 가치평가에 있어서 DCF법이 가지고 있는 한계점은 무엇보다도 자원배분에 있어서의 의사결정 구조에 있다. 자원배분 문제에 있어서의 가치평가 유형은 운영가치의 평가, 기회가치의 평가 및 소유권 평가로 구분되는데, 기회가치의 평가에 DCF법은 적합하지 않은 것이다. 기술과 투자의 가치는 대부분 기회가치로 이루어져 있다. 따라서, 기술 및 신규 투자에 있어서 DCF법의 적용은 많은 한계를 가지게 된다.

2. DCF법의 대안과 실물옵션 이론

Trigeorgis(1996)는 DCF법의 한계를 극복하기 위한 노력은, 불확실성과 복잡성을 중심으로 이루어지는데, 크게 민감도분석(sensitivity analysis), 시뮬레이션 및 의사결정트리 분석으로 구분된다고 지적한다. 그렇지만 이 방법만으로는 문제가 있어 실물옵션 방법이 적격이라 지적한다.

민감도분석은 모든 변수를 고정시킨 뒤 하나의 변수를 특정 비율만큼 변화시켜, 가치에 큰 변화를 가져오는 주요 변수를 확인하고, 각 변수의 변화가 가

치에 어떠한 영향을 주는지를 파악하고자 하는 분석이다. 그러나 이 방법은 1) 한번에 하나의 변수의 영향만 고려할 수밖에 없고, 2) 각 변수의 영향을 독립적으로 측정하며, 3) 시계열 상관관계를 고려하지 않으므로 시점에 따라 측정값이 달라질 수 있다는 문제가 있다.

시뮬레이션 방법(Hertz, 1968)은 몬테카를로 시뮬레이션을 전제한다면 모형을 수학적 식으로 구성하며 변수의 확률적인 밀도함수를 식별하고, 이렇게 식별된 밀도함수에 기반하여 목표 가치의 확률분포를 도출한다. 각 변수의 확률분포에서 하나의 값을 무작위 추출하여 가치를 도출하는 과정은 보통 5,000회 이상 반복한다. 그런데 시뮬레이션에서 어떠한 할인율을 쓸 것인지, 나아가 결과로 나오는 분포를 의사결정에 적용할 명확한 규칙이 없다는 치명적인 약점이 있다.

의사결정트리 분석(Magee, 1964)은 의사결정 트리를 구성하고 최적 의사결정을 선택하는 과정이다. 이 방식은 변수가 증가하거나 가능성이 증가할 때 복잡성이 증폭되어 계산 자체가 어려워지는 상황이 발생할 수 있다. 또한 적합한 할인율을 어떻게 설정할 것인가의 문제도 있다.

Teisberg(1995)는 DCF법이 가진 한계 중 불확실성에 대한 고려를 중심으로 불확실성하의 투자 의사결정은 다이나믹 DCF법, 의사결정론, 실물옵션 가치평가법의 세 이론에 의해 지지된다고 지적한다. Trigeorgis(1996)가 지적한 DCF법의 극복대안은 분석기법 중심이라면 이 구분은 이론적인 뿌리를 중시하는 구분방식이다. 다이나믹 DCF법과 의사결정론 및 실물옵션 가치평가법의 적용가능성을 살펴본 것이 <표 1>이다.

〈표 1〉 다이나믹 DCF, 의사결정론 및 실물옵션 비교

방 법 론	적용 권장 상황	적용 불가능 상황
다이나믹 DCF	○ 시장가치 도출할 때 ○ 리스크가 안정적인 경우	
의사결정론	○ 시장가치 필요없을 때	○ 시장가치 필요할 때
실물옵션가치평가	○ 시장가치 도출할 때 ○ 기초자산, 포기이익 추정이 정확할 때	○ 기초자산 추정이 안될 때

Hodder & Riggs(1985)에 의해 최초로 사용된 다이나믹 DCF 모형은 의사결정 트리와 다이나믹 프로그래밍으로 DCF법에 불확실성을 반영하였으며, 위험조정 할인율로 할인한다. 이 모형은 시나리오별, 또는 각 의사결정 가지별로 다른 위험성을 가진다. 따라서 여러 가지 위험조정 할인율을 사용해야 한다는 문제가 있다.

의사결정론 역시 다이나믹 DCF와 동일한 형태로 구성되고, 무위험 할인율로 할인하지만, 시장가치가 아닌 평가대상자의 효용함수로 가치를 평가한다는 문제가 있다. 시장가치를 도출하지 않는 것이다.

반면 Black과 Sholes(1973)에 의해 도입된 금융옵션 방법론에 뿌리를 두고 Brennan & Schwartz(1985)에 의해 발전된 실물옵션 가치평가법은 금융옵션의 방법론을 차용하며 급격히 발전해 왔다.

3. DCF법과 실물옵션 이론의 관계

지금까지 DCF법의 한계를 지적해 왔지만 DCF법은 완전히 쓸모없는 이론이라는 점은 아니다. 이 역시 나름대로의 특징을 가지고 가장 일반적인 가치평가 방법 중의 하나로 발전해 온 것이다. 실제 여러 분야에서 이 방법에 입각한 가치평가가 이루어지고 있다.

그렇지만 DCF법의 역사 역시 그렇게 오랜 것은 아니다. 100개 이상의 대기업 조사에서 DCF법을 사용하는 기업은 1959년 19%이었고, 1970년에는 57%에 달했다. 한편 1978년 조사에서는 조사대상 424개 대기업 중 86%가 DCF법을 사용하였다. 가치를 평가함에 있어서 현재가치로 할인하는 개념이 보편화된 것은 2차 대전 이후인 것이다(Copeland & Antikarov, 2001).

〈표 2〉 옵션과 DCF법의 관계

		할인된 현재가치		
		이주 매력적	다소 매력적	매력없음
옵션 가능성	고	1. 투자	2. 투자	4. 위험, 장기
	보통	3. 투자	5. 포트폴리오투자	9. 포기
	저	6. 단기, 저위험	7. 제한적 가능성	8. 포기

* 1~3: DCF법에서도 매우 가치가 높음
4~5: DCF법에 의해 무시되는 영역

Mitchell과 Hamilton(1988)은 R&D를 단기투자, 전략투자 및 장기 지식투자로 구분할 때, 단기투자에는 그래도 DCF법을 사용할 수 있고, 전략투자에는 옵션 가치 평가법 사용이 권장되고, 장기 지식투자에는 일반 가치평가는 부적합하다는 중재 입장을 밝힌다. Slater et al.(1998) 역시 <표 2>와 같이 DCF법과 옵션은 경쟁관계가 아닌 보완적 관계라는 점을 보인다.

결정이 이루어지며, 단계별 성과가 다음 투자를 결정하게 된다. 이러한 의사결정 구조에서는 확률적인 요소가 평가에 높은 영향을 끼치게 된다. 특히, 신기술 영역은 바이오테크놀로지와 같이 연속적으로 개발이 이루어지거나, 또는 기존 기술을 바탕으로 계속 신기술이 발전되기 때문에 다단계 옵션으로 분석하는 것이 바람직하다. 기술과 옵션의 상사점을 비교하면 <표 3>과 같다.

Ⅲ. 실물옵션 이론과 한계

1. 기술과 옵션의 관계

기술 및 신규 투자는 일반적인 사업이나 기업에 대한 투자와는 달리 대부분 옵션가치로 이루어져 있다. 기술 및 신규 투자 프로젝트는 물리적으로 구현되지 않은 대상이나 사업에 대한 투자이다. 따라서 시장상황에 따라 사업화를 연기할 수도 있으며, 때에 따라서는 포기할 수도 있다. 그러므로 기술투자는 현금흐름의 창출에 대한 권리, 즉 옵션으로 해석이 가능하다.

무엇보다도 기술투자는 여러 단계로 이루어져 있어, 각 단계별로 다른 위험도와 함께 연속적인 의사

2. 옵션의 유형

실물옵션 모형의 실제 적용에는 옵션의 모형화 방법론 못지 않게 중요하다. 실물옵션을 적용하는 순서는 대체로 다음과 같다. 먼저 분석대상이 어떠한 옵션개념을 갖는지를 식별한다. 이어 분석대상에 내재된 불확실성과 가치가 나타나는 형태를 모형화한다. 세 번째로는 분석대상의 기초자산의 가치를 계산한다. 네 번째로는 이미 형성된 모형과 기초자산의 가치를 가지고 옵션가치를 계산한다.

분석대상이 가지는 옵션개념의 식별과 미래의 불확실성을 수학적으로 구성하는 과정은 실물옵션의 적용에 있어서 가장 기본적이면서도 어려운 과정이다. 이어서 이루어지는 기초자산의 가치나 모형에 수

<표 3> 기술의 옵션 비교

	주식의 콜옵션	투자 프로젝트 옵션
기초자산	주식의 현재가	기대현금흐름의 현재가치
행사가격	고정 주식 가격	투자비용의 현재가치
만기	약정 기간	기회가 없어질 때까지
리스크	주식가치의 불확실성	프로젝트가치의 불확실성
배당금	주식소유자에게 지불	투자대기기간동안 지불비용
이자율	무위험 이자율	무위험 이자율

자료 : Perlitz, Peske & Schrank(1999)

치를 대입하는 것은 기계적이기 때문이다. 여기서는 먼저 분석대상이 가진 옵션의 형태부터 살펴보고, 이어 다음 항에서 불확실성과 가치함수의 모형화를 검토한다. 일반적으로 식별할 수 있는 옵션의 형태는 <표 4>와 같다.

기술과 투자는 모두 옵션으로 인식할 수 있지만, 그 구현되는 형태는 판이하다. 여기에서는 기술과 투자 분석에서 일반적으로 많이 사용되는 연기옵션과 포기옵션 및 복합옵션에 대해 논의한다.

1) 연기옵션(deferral option)

연기옵션은 두 가지 형태의 유용한 정보를 도출한다. 하나는 연기옵션이 가지고 있는 옵션의 가치이며, 두 번째는 이런 가치에 기초해 유추해내는 최적의 옵션 행사시점(투자시점)이다. 일반적으로 기술옵션에서 많이 등장하는 연기옵션은 크게 두 가지 형태로 나눌 수 있다. 한가지는 불확실성 하에서의 R&D 투자이며, 또 다른 하나는 이미 소유하고 있는 특허나 신기술을 상업화하는 것이다.

이러한 연기 옵션을 사용할 때에는 필연적으로 옵션모형에 배당금 변수 및 만기 변수가 도입되어야 한다. 옵션은 기초자산에 대한 큰 변동이 없다면 언제

나 만기시점에서 행사하는 것이 가장 큰 수익을 가져오게 된다. 그런데 특허의 경우 만기시점은 특허의 종료시점이라 볼 수 있으므로 기초자산의 감소를 도입하지 않으면 기업에 있어서 특허가 만기된 뒤 상업화하는 것이 바람직하다라는 잘못된 결론을 가져오게 된다. 따라서 이런 모형을 구성할 때에는 기초자산의 감소를 모형에 내재해야 한다. 이러한 기초자산의 감소는 배당금 형태나 제품의 수명주기 형태로 반영할 수 있다. 한편 배당금 요소는 경쟁으로 인한 손실가치로 구성되기도 한다.

2) 포기옵션(option to abandon)

포기옵션은 옵션개념에서 가장 일반적으로 인용되는 형태이다. 일반적인 투자의 경우에도 시장상황에 따라 사업을 잠정적으로 중지하거나 청산할 수 있다. 그러나 수익이 0이 되거나 음으로 떨어진다고 사업을 청산하는 기업은 없다. 아직도 수익을 창출할 수 있는 가능성이 존재하기 때문에 투자가치가 일정 이상 하락한 시점에서만 사업을 청산하게 된다. 그런데 미래의 불확실성 하에서의 청산시점에 대한 평가는 더욱 용이하지 않다. 이 때 포기옵션이 적용되면 청산기준점을 제공하기 때문에 간단하게 의사결정을 할 수 있다.

<표 4> 옵션의 종류

<ol style="list-style-type: none"> 1. 연기옵션 deferral option 2. 포기옵션 option to abandon 3. 축소옵션 option to contract 4. 확장옵션 option to expand 5. 연장옵션 option to extend 6. 교체옵션 switching option 7. 복합옵션 compound option, phased option: 단계별 옵션 8. 무지개옵션 rainbow option : 여러 옵션의 집합 9. 복합무지개옵션 compound rainbow option 단계별 여러 옵션의 집합

자료: Copeland & Antikarov(2001)

일례로 아주 뛰어난 결과를 도출할 확률이 30%, 일반적인 성과를 거둘 확률이 60%, 저조한 성과를 거둘 확률이 10%일 때, 아주 뛰어난 결과만을 고려 대상으로 한다면 계속과 포기가 명확해진다. 특정 기준에 의한 의사결정을 하게 할 경우 의사결정트리 구조가 매우 간단해질 뿐만 아니라, 효율적인 자원배분을 가능하게 한다.

3) 복합옵션(compound option, phased option)

기업활동은 계속기업을 그 기저로 한다. 이런 시각에서 볼 때 기술개발 및 기술의 적용, 그리고 기업의 개별적인 모든 투자 프로젝트는 연속적이라고 할 수 있다. 이러한 연속성은 각각의 산출결과에 독립적일 수도 있지만, 많은 경우 깊은 연관을 가지고 있다. 또 이러한 연관성들이 기업의 무형자산을 창출하는 원동력이 된다. 복합옵션은 이러한 연관관계를 옵션으로 구성한 것이다. 예를 들면, 옵션은 기초자산과 행사가격(투자일 경우에는 투자비용)으로 간략하게 구성할 수 있는데, 기초자산 자체가 다른 옵션의 가치이어서 옵션이 중첩된 형태가 바로 복합옵션인 것

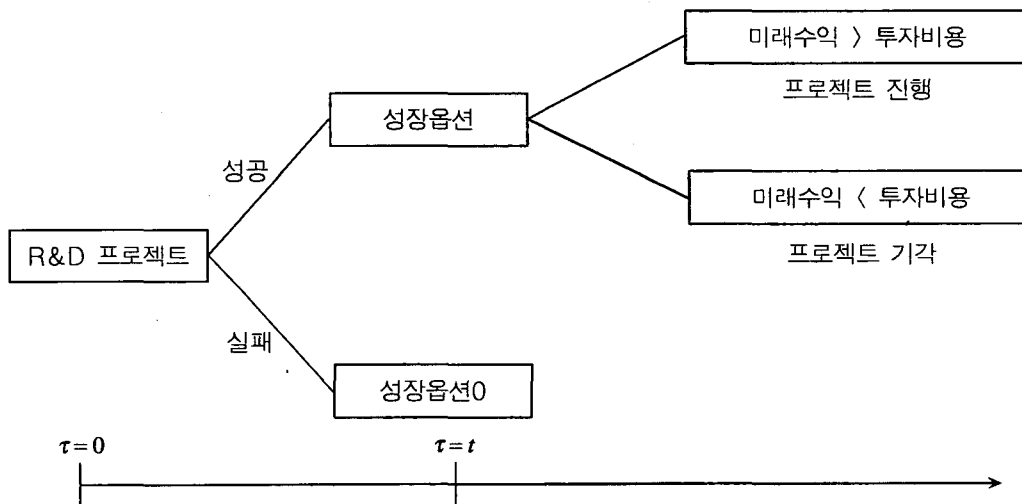
이다.

기술은 일반적으로 여러 가지 단계를 거치게 되는데, 이러한 각각의 단계는 하나의 옵션으로 간주할 수 있다. Ottoo(1998)는 [그림 1]과 같이 R&D 프로젝트를 성장옵션에 대한 옵션으로, 즉 복합옵션으로 구성하였다.

투자의 관점에서 볼 때 신규시장에 진입하는 투자는 복합옵션의 형태로 볼 수 있다. 신규 시장의 진입은 이후 투자를 가능하게 하는 여러 가지 옵션을 제공하게 되며, 따라서 현재 새로운 시장에 진입하게 되는 투자 프로젝트의 가치평가는 프로젝트 자체의 평가가 아닌 프로젝트를 기반으로 한 추가적 투자옵션의 가치를 반영하여 평가해야 한다. 이러한 관점은 바이오분야나 IT분야에서 나타난, 수익이 전혀 없는 데도 불구하고 높은 기업가치를 지니고 있었던 많은 기술기업들의 가치변화를 잘 설명한다.

3. 옵션모형의 유형과 한계

실물옵션 이론의 문제점은 모형이 다양하고 복잡하다는 점이다. 모형은 실물옵션 모형은 여러 형태로



[그림 1] 복합옵션의 개념도

구분되지만, 사용되는 수학적 모형에 의해 <표 5>와 같이 편미분방정식형, 다이나믹프로그래밍형 및 시물레이션모형으로 구분된다. 그러나 이 각각의 방식도 다시 훨씬 많은 유형으로 구분된다. 실물옵션 이론의 모형 중 가장 많이 언급되는 블랙-숄즈형은 편미분방정식형의 대표적인 모형에 불과한 것이다.

편미분방정식 모형은 옵션이론의 출발점이라 많은 모형들이 개발되어 있다. 이 모형은 옵션개념에 따라 구성된 가치함수가 시계열 확률과정을 따른다고 가정하고, 시계열 확률과정에 따라 변하는 변수들을 통해 가치함수를 최대화하는 편미분방정식을 구성한다. <표 6>은 일반적인 편미분방정식의 구성을 표로 도식화한 것이다.

편미분방정식은 여러 변수에 대한 가정에 따라 다양하게 변형할 수 있다. 일례로, 기초자산의 확률과정

에 대한 가정이 연속형, 점프형, 평균회귀형 및 점프-확산형으로 구분되므로 사용되는 수학적식이 모두 달라져 각각이 서로 다른 모형으로 구분된다. 또한 기초자산의 구성함수에 따라 여러 가지 모형으로 구분될 수 있으며, 기초자산의 구성이 다중 확률과정으로 구성되는지 아니면 단일한 확률과정에 의해 구성되는지에 따라 편미분방정식의 형태 또한 크게 달라지게 된다. 나아가 옵션의 행사가격에 있어서는 역시 결정론적인가 아니면 확률적인가의 구분이 있고, 만기가 알려지는 경우와 알려지지 않는 경우 및 무한의 경우가 있다. 배당의 경우는 지불금액이 알려지는지의 여부, 지불형태가 한번인지 여러 번인지 아니면 연속적인지의 여부, 지불시점이 알려지는지의 여부, 수령인이 확정되는지의 여부 등에 대해 서로 다른 고려가 존재한다 (Perlitz et al., 1999).

<표 5> 수학적 모형에 의한 실물옵션 모형의 구분

1. 편미분방정식
- 분석적 해법 (예: 블랙-숄즈 방정식)
- 분석적 근사치
- 수치해법 (예: 유한차이 방식)
2. 다이나믹프로그래밍
- 이항모델
3. 시물레이션
- 몬테카를로방식

<표 6> 편미분 방정식의 구성 (예시)

기초 확률과정	: $dx = \alpha x dt + \sigma x dz$
가치함수	: $\max [\Omega(x, t), \pi(x, t) + (1 + rdt)^{-1} E[F(x + dx, t + dx) x]]$
	$\Omega(x, t)$: 옵션 행사시 가치
	$\pi(x, t)$: 옵션 연기 시점에서 현금흐름
한계조건	: $\Omega(x, T) = F(x, T)$
편미분방정식	: $1/2\sigma^2 x^2 F_{xx}(x, t) + \alpha x F_x(x, t) + F_t(x, t) - rF(x, t) + \pi(x, t) = 0$

편미분방정식의 경우 실제 상황에 따라 모형을 구성하고, 모형화하는 데에는 높은 수학적 소양을 필요로 할뿐 아니라, 평가 대상 분야에 대한 정확한 이해를 필요로 하기 때문에 편미분방정식을 일반화한 모형들이 주로 많이 사용된다. 기술분야에서 도출된 편미분방정식 모형 중 블랙-숄즈 모형 이외의 모형을 열거하면 <표 7>과 같다.

이러한 편미분 방정식 모형을 사용하기 위해서는 확률과정의 모수들을 추정하여야 하고, 가치평가 모형함수를 추정하여야 하는데, 이러한 추정은 수많은 자료를 필요로 하며, 정확성을 위해서는 고급 추정 기법을 요구한다. 그러나 실제 기술가치평가에 있어서 가용한 자료의 수는 제한적이며, 일반적으로 10개 미만의 시계열 자료를 바탕으로 하거나, 경영자의 추정자료에 크게 의존하는 게 보통이다. 이러한 문제점은 시뮬레이션 형태의 해법에서는 좀 더 크게 문제가 된다. 각 주요 변수에 대한 확률분포 추정은 일반적인 편미분방정식에서 요구하는 모수 추정과 같거나, 혹은 더 많은 추정을 필요로 한다.

따라서, 본 연구에서는 다음 장에서 여러 실물옵션 모형이 가진 다음과 같은 문제를 해소하는 모형을 제시할 것이다. 첫째, 모수 추정작업이 크게 완화되거

나, 모수 추정을 하지 않아도 되며, 둘째, 연속모형에 있어서 수학적 편이를 위해 설정한 여러 가정들의 제약에서 벗어날 수 있고, 셋째, 추가적인 불확실성의 삽입 및 모형의 가정 삽입에 따른 변동이 문제의 해법을 크게 난해하게 만들지 않으며, 넷째, 모형의 구성이 간편한 실무형이어야 한다.

IV. 실무형 실물옵션 모형

본 연구에서는 ① 옵션트리 모형, ② 이산모형, ③ 블랙-숄즈 모형, ④ 옵션반영 DCF 모형 및 ⑤ 다이나믹 DCF 모형을 실무자들이 쉽게 사용할 수 있는 모형으로 권장한다.²⁾ 이중 다이나믹 DCF 모형이나 옵션반영 DCF 모형은 엄밀한 의미에서는 실물옵션 모형이라 할 수 없다. 하지만, 실무에서 가장 많이 쓰일 뿐만 아니라, 옵션 개념을 개념화하는 데 좋은 도구로 쓰이기 때문에 포함시켰다. 블랙-숄즈 모형은 미분방정식모형의 대표격이고, 옵션이론의 시초이다. 한편 이산모형은 블랙-숄즈모형을 개량한 것이며, 옵션트리 모형은 이산모형을 다시 개량한 것이다. 5가지 권장모형의 수리적인 특징을 요약하면 <표 8>과 같다.

<표 7> 기술분야의 편미분 방정식 모형

관 련 논 문	모 형 의 특 징
Angelis(2000)	정규분포 적용 모형(B-S 모형의 로그노말 분포 한계 극복)
Pennings et al. (1997)	점프 모형 (정보 유입에 따른 기술가치 변화 모형화)
Otto(1998)	완료시점과 비용, 수익 모두 확률적 행태 보일 경우
Perlitz(1999)	복합옵션 (Geske 모형 적용)

2) 이 모형들은 사)기술가치평가협회의 의뢰로 한남대 하이테크비즈니스연구소가 개발해 2001년 10월중 협회 회원들을 대상으로 2일간의 워크 샵을 통해 접점된 모형들이다.

〈표 8〉 실물옵션 권장 모형의 수리적 차이 비교

	할 인 율		확 률		옵션고려	비 고
	무 위 험	WACC	실 제	위험중립		
다이나믹 DCF모형		●	●			DCF 대안
옵션반영 DCF모형		●	●		●	옵션형 DCF 대안
블랙-숄즈모형	●				●	미분방정식형, 최초모형
이산모형	●			●	●	블랙-숄즈모형 개량
옵션트리모형	●			●	●	이산모형 개량

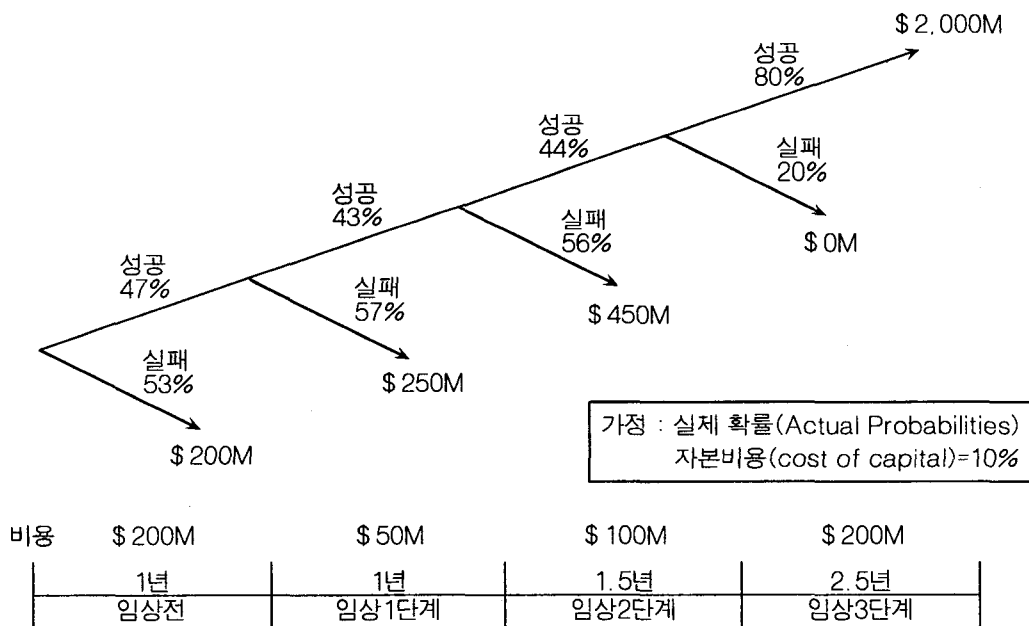
주: WACC은 가중평균자본비용

1. 옵션트리 모형

옵션트리 모형은 의사결정트리에 옵션개념을 도입하여 트리구조를 간략히 한 후 이산모형의 계산법을 적용한 모형이다. 옵션트리 모형은 기술이 가지고 있는 단계적인 성장 및 기회를 잘 반영할 뿐만 아니라, 각 상황에 따른 전문가의 예측을 쉽게 반영할 수 있어서 기술평가 모형에 많이 사용되고 있다. 특히 제

약 및 바이오 테크놀로지 산업에서의 평가에 옵션트리의 사용이 두드러지고 있다. [그림 2]는 Jägle(1999)이 제약관련 기술의 평가모형을 옵션트리로 구성한 것이다. 이는 전형적인 포기옵션과 복합옵션이 결합된 예라 할 것이다.

옵션트리의 계산은 이산모형의 전형적인 계산 방법과 같은데, 1단계로 기초자산의 가치를 계산하고, 2단계로 위험중립 확률을 계산한다. 이어 3단계로 옵션



(그림 2) 신약개발에 적용된 옵션트리 모형

선가치를 계산한다. 이 절차는 2단계에서 구한 위험 중립 확률을 기초로 마지막 노드에서부터 옵션가치를 순차적으로 계산하는 것이다.

이산모형에 근거한 옵션 계산식은 다음과 같다.

$$C^0 = P(1+r)^{-1}C^+ + (1-P)(1+r)^{-1}C^-$$

P = 위험중립 확률

r = 무위험 이자율

C^0 = n 기의 옵션의 가치

C^+ = $n+1$ 기의 옵션의 가치(기초자산이 증가한 경우)

C^- = $n+1$ 기의 옵션의 가치(기초자산이 감소한 경우)

이때 사용하는 위험중립 확률은 다음과 같이 도출한다.

$$P = \frac{(1+r)S^0 - S^-}{S^+ - S^-}$$

S^0 = n 기의 기초자산의 가치

S^+ = $n+1$ 기의 기초자산의 가치(기초자산이 증가)

S^- = $n+1$ 기의 기초자산의 가치(기초자산이 감소)

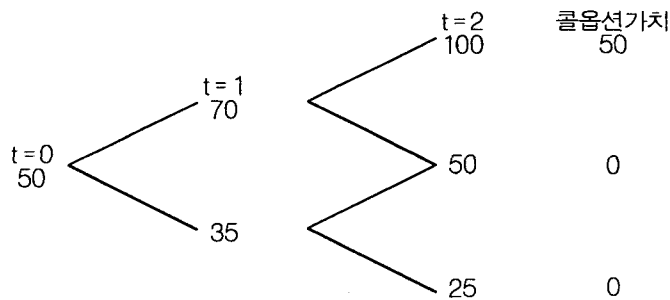
2. 이산모형 (binomial model)

이산모형은 1973년 Black과 Sholes에 개발되고 동

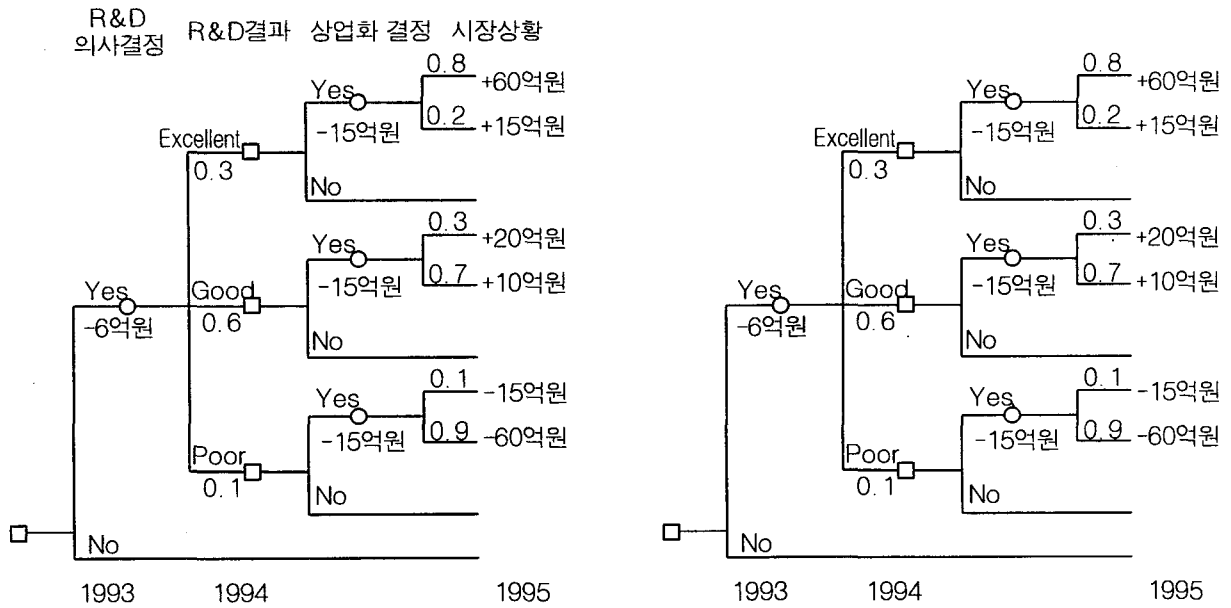
년 Merton 등에 의해 발전된 미분방정식모형을 실무적으로 쉽게 접근할 수 있도록 1979년 Cox, Ross와 Rubinstein이 변형시켜 개발한 모형이다. 이산모형은 기본적으로 이산분포를 통한 기초자산의 확률분포를 구성하고 있지만, 쉽게 다양한 확률분포 형태로 구성할 수 있으며, 모형이 유연하고 가정이 적기 때문에 모형 자체의 설명력이 높다는 장점을 가지고 있다. 이산모형의 경우 노드의 개수가 늘어날 경우에는 계산이 급증하게 되어 손으로 푸는 데에는 한계가 존재하며, 쉽게 복잡해지는 단점을 가지고 있다. 하지만, 최근에는 컴퓨터 기술이 발달하여 엑셀과 같은 프로그램으로도 쉽게 이산모형을 구성할 수 있기 때문에 실무에 있어서 유용한 방법이라 할 수 있다. 계산방식은 앞의 옵션트리모형의 것과 동일하다. 보다 정확히는 옵션트리 모형의 계산방식이 이산모형의 계산법을 차용한 것이다. 모형의 기본적인 형태는 아래 [그림 3]과 같다.

3. 다이나믹 DCF 모형

다이나믹 DCF 모형은 의사결정트리를 이용하여 DCF법이 가지고 있는 문제점을 해결하기 위하여 개발된 모형으로 [그림 4]의 왼편에서 보는 바와 같은



[그림 3] 일반적인 이산모형의 형태



[그림 4] 다이나믹 DCF와 옵션반영 DCF의 비교

형태이다. 옵션의 가치도출은 간단하다. [그림 4]의 왼편에서 모든 경우의 수와 확률을 계산한 후 합함으로써 옵션의 가치를 계산한다. 다이나믹 DCF는 기존 DCF법에서 동적인 요소를 많이 가미한 것이지만, 태생적으로 가장 많이 일어나는 확률적 요소에 큰 비중을 주기 때문에 중도적인 가치결론을 도출하게 된다. 또한, 실물옵션의 경우 조건부 분석을 기반으로 하지만, 다이나믹 DCF법은 미래의 특성을 반영하고 경영의 유연성을 표현하는 데에는 한계를 가지고 있다.

하지만, 의사결정트리를 통하여 여러 시나리오를 구성하고 이런 시나리오에 기초하여 가치를 평가하는 것은 단순히 하나의 값을 내는 DCF법보다 더 우월한 의사결정지침을 제공한다.

4. 옵션반영 DCF 모형

옵션반영 DCF 방법은 Faulkner(1996)가 제안한 방법이다. [그림 4]의 오른쪽에서 보는 바와 같이 이 모

형은 이산모형과 다이나믹 DCF를 결합한 모형이다. 옵션가치의 계산은 어떠한 조건을 충족하는 가능한 경우의 수와 그에 해당하는 확률만을 계산하는 방식이다. 그림에서는 가장 훌륭한 결과만을 예상한 계산 방식이 진한 선으로 표시되어 있다. 다이나믹 DCF법보다도 대단히 간편한 방식이다.

블랙-숄즈 모형은 계산이 빠르고 쉬운 반면에 모형 자체가 직관적이지 못하고 미래의 불확실성에 대해 로그 노말 분포를 가정하고 있는 단점을 가지고 있다. 반면에 다이나믹 DCF 모형은 분석자체가 시각적이고 쉽게 이해될 뿐만 아니라 불확실성의 분포에 대한 가정을 가지고 있지 않다. 문제는 다이나믹 DCF법은 의사결정 트리를 구성하고 푸는 데 있어서 시간이 오래 걸리고 복잡해진다는 점이다. Faulkner는 다이나믹 DCF법에 실물옵션의 추론 과정을 삽입하여 옵션 개념을 통해 최적 의사결정과정을 가정하였다.

따라서, 의사결정트리에서 옵션을 추출하여 재구성하게 됨으로서 모형이 간단해지게 되었다. 또한 복

합옵션 및 아메리칸옵션도 쉽게 구성 가능하여, 다이나믹 DCF법이나 기존의 블랙-숄츠모형 및 이산모형보다 좀 더 광범위하게 옵션을 사용할 수 있게 되었다. 무엇보다도 이 방법의 큰 장점은 계산을 하는 데 있어서 옵션의 이산모형 방식을 쓰는 게 아니라 DCF 방법을 쓴다는 데 있다. 따라서, 옵션의 개념만 이해하고 있으면 실무자가 쉽게 옵션개념을 반영한 기술 및 투자의 가치를 산출할 수 있다.

5. 블랙-숄츠 모형

블랙-숄츠 모형은 블랙과 숄츠가 제시한 모형에 기초한다. 이 모형은 기초자산에 대한 불확실성을 확률분포를 통하여 미분방정식에서 도출한 식으로 옵션을 평가한다. 블랙-숄츠의 기초자산에 대한 확률과정(가우스 비너 과정)은 다음과 같다.

$$V = \alpha V dt + \sigma V dz$$

α = 기초자산의 성장률

σ = 기초자산의 변동성

dz = 기하 브라운 과정 (랜덤 함수)

V = 기초자산

이에 기초한 옵션가치모형(콜옵션)은 다음과 같다.

$$C = S \cdot N(d_1) - Ke^{-rt} \cdot N(d_2)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma\sqrt{t}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{t}$$

C = 콜옵션의 가치

S = 기초자산의 현재 가치

K = 옵션의 행사가격

t = 옵션의 잔존기간 또는 만기

r = 옵션의 잔존기간에 상응하는 무위험이자율

σ^2 = 기초자산의 가치의 변동성

$N(\cdot)$ = 누적정규분포

블랙-숄츠 모형은 간단한 식으로 구성되어서 6가지 변수만 알아내면 쉽게 풀 수 있다는 장점이 있다. 이 6가지 변수를 추출하면 쉽게 기술 및 투자의 옵션가치를 계산할 수 있는 것이다.

이 모형은 이론적으로는 단기이자율은 알려졌고, 시간흐름에 일정하며, 기간말 가격분포는 로그정규분포이고, 수익률분포는 일정하다는 가정을 전제로 한다. 또한 배당이 없고 거래비용이 없으며, 유럽식 옵션을 전제로 한다. 그러나 다른 연구들에 의해 이 모형은 고도화되어 이제 이러한 가정들은 점차 문제가 되지 않고 있다. 하지만, 블랙-숄츠 모형은 연속모형이라는 치명적인 단점이 있다. 다시 말해 현실 속에서의 의사결정은 증권시장과 같이 연속적인 의사결정을 필요로 하는 경우도 있지만 주요한 정보가 존재할 때마다 단속적으로 의사결정이 이루어질 때도 있다. 이러한 경우는 기본 가정에 위배되어 이 모형을 사용하기 어렵다.

V. 결 어

본 연구에서는 기술과 투자가치 평가를 위한 가장 기본적인 방법론인 DCF법과 이의 문제를 극복하기 위한 여러 방법을 언급하며, 궁극적으로 실무에서 사용가능한 실물옵션 모형을 소개하였다.

선택의 기준은 물론 기술의 가치평가에 적합한 모형이어야 하고, 현실에서 데이터를 수집할 수 없는 경우나 수학적 복잡성이 특히 큰 경우, 또한 개념

의 활용에 있어서 혼동이 큰 경우를 제외하였다.

물론 이러한 선택이 실물옵션 이론이라는 거대한 흐름을 왜곡시키고, 의사결정의 유연성이라는 실물옵션 이론의 기본정신을 왜곡시킬 수도 있을 것이다. 그러나 활용되지 못하는 이론은 의미가 없다는 점과 기술이나 관련투자에 대한 가치평가에 이만한 이론적인 대안이 없다는 점에 의해, 또한 당장 활용할 수 있어야 한다는 점에 의해 이러한 시도가 이루어졌다.

이론적인 진보가 이루어진다면 권장되는 모형은 추가될 것이고, 권장되는 모형도 실무 적용에 있어서 문제가 제기될 경우 제외될 수 있을 것이다. 따라서 실무적용에 있어서나 이론적인 진보에 있어서 본 연구의 후속작업 역시 실물옵션의 정신이 보여주는 바와 같이 대단히 유연하게 개방될 것이다.

참 고 문 헌

- 설성수, "IT 및 BT 사례", 기술 및 투자가치 평가를 위한 실물옵션 워크샵 발표논문, (사)기술가치평가협회, 한남대 하이테크비즈니스연구소, 2001. 10. 5-6.
- 설성수, "실물옵션방법론", 기술 및 투자가치 평가를 위한 실물옵션 워크샵 발표논문, (사)기술가치평가협회, 한남대 하이테크비즈니스연구소, 2001. 10. 5-6.
- 설성수, "실물옵션 실습", 기술 및 투자가치 평가를 위한 실물옵션 워크샵 발표문, (사)기술가치평가협회, 한남대 하이테크비즈니스연구소, 2001. 10. 5-6.
- Black, F., Scholes, M. (1973) "The Pricing of Options and Corporate Liabilities," *Journal of Political Economics*, May-June, 637-654.
- Boer, F. Peter (2000) "Valuation of Technology Using Real Options," *Research Technology Management*, July-August, 26-30.
- Brennan, M., E. Schwartz (1985), "Evaluating Natural Resource Investments", *Journal of Business*, 58-2, 135-157.
- Copeland, Thomas E., Vladimir Antikarov (2001), *Real Options: a Practitioner's Guide*, Texere Llc.
- Cox, J., S. Ross, M. Rubinstein (1979), "Option Pricing: a Simplified Approach," *Journal of Financial Economics*, September.
- Faulkner, Terence, W. (1996) "Applying Options Thinking to R&D Valuation," *Research Technology Management*, May-June, 50-56.
- Hayes, R. H., Abernathy, W. J. (1980) "Managing Our Way to Economic Decline," *Harvard Business Review*, July-August, 67-77.
- Hertz, D. B.(1968), "Investment Policies That Pay-off", *Harvard Business Review*, 46, 96-108
- Hodder, J., Riggs, H. (1985) "Pitfalls in Evaluating Risky Projects," *Harvard Business Review*, January-February, 128-135.
- Jägle, Axel J. (1999) "Shareholder Value, Real Options, and Innovation in Technology-Intensive Companies," *R&D Management* 29, 3, 271-287.
- Kaplan, R. (1986) "Must Cim be Justified by Faith Alone?," *Harvard Business Review*, March-April, 87-95.
- Kester, W. C. (1984) "Today's Options for Tomorrow's Growth," *Harvard Business Review*, March-April, 153-159.
- Lander, Diane M., George E. Pinches (1998)

- "Challenges to the Practical Implementation of Modeling and Valuing Real Options," *The Quarterly Review of Economics and Finance* 38, 3, 537-567.
- Magee, J.(1964), "How to Use Decision Trees in Capital Investment", *Harvard Business Review*, 42, 79-96.
- Mechlin, G., Berg, D. (1980) "Evaluating Research, ROI is not Enough," *Harvard Business Review*, September-October, 93-99.
- Merton, R. C. (1973), "Theory of Rational Option Pricing," *Bell Journal of Economics and Management Science*, Spring, 141-183.
- Mitchell, G. R., Hamilton, W. (1988) "Managing R&D as a Strategic Option," *Research Technology Management*, May-June, 15-22.
- Nichols, Nancy (1994) "Scientific Management at Merck: an Interview with CFO Judy Lewent," *Harvard Business Review*, January-February, 88-99
- Otto, Richard E. (1998) "Valuation of Internal Growth Opportunities: The Case of a Biotechnology Company," *The Quarterly Review of Economics and Finance* 38, Special Issue, 615-633.
- Perlitz, Manfred, T. Peske, R. Schrank (1999) "Real Options Valuation : The New Frontier in R&D Project Evaluation?," *R&D Management* 29, 3, 255-269.
- Slater, Stanley F., V. K. Reddy, T. J. Zwirlein (1998), "Evaluating Strategic Investment: Complementing Discounted Cash Flow Analysis with Options Analysis," *Industrial Marketing Management* 27, 447-458
- Teisberg, Elizabeth Olmsted (1995), "Methods for Evaluating Capital Investment Decisions under Uncertainty," Trigeorgis, Lenos (ed.) (1995), *Real Options in Capital Investment: Models, Strategies, and Applications*, Praeger, Westport
- Trigeorgis, Lenos (1993), "Real Options and Interactions with Financial Flexibility," *Financial Management* 22, 3, 202-224.
- Trigeorgis, Lenos (1996), *Real Options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation*, the MIT Press