

인간유전체 기능연구사업의 실물옵션 가치평가 비교

A Comparative Study on the Real Options Valuation of Biotechnology R&D

박정민(Park, Jung Min)* 설성수(Seol, Sung Soo)**

국문요약

이 논문은 생명공학 연구개발, 특히 인간유전체 기능연구사업의 가치를 평가하기 위해 실물옵션 방법과 일반적인 DCF법을 사용한 결과를 비교한다. 평가에 사용된 모형은 구체적으로 옵션트리모형, 다이나믹DCF모형, 옵션방법DCF모형이고 일반적인 DCF모형은 실물옵션모형과의 비교를 위해 사용하였다. 평가 결과 7단계의 옵션트리모형이 가장 큰 금액으로 추정되어, 장기간이 소요되고 대규모의 연구개발비가 투자되는 신약개발의 초기 연구개발 가치를 평가절하하지 않는 것으로 판단된다. 한편 옵션트리모형의 평가과정에서 사용된 다양한 변수들이 변화시키는 민감도 분석을 수행한 결과, 매출액이 가치금액에 가장 큰 영향을 미치는 것을 확인했다. 다음으로는 후보물질 수, 단계별 성공확률이 평가금액에 영향을 미치고 있었다.

핵심어: 생명공학 연구개발의 가치, 실물옵션, 옵션트리모형, 가치평가

Abstracts

This paper compares four models to value a biotechnology R&D project; option tree model, dynamic discounted cash flow(DCF) model, and option thinking DCF model with general DCF model. Real Options, especially 6-folded option tree model yields better estimate of value than values using other methods. According to sensitivity analysis, sales of final products, number of investigational new drug developments(INDs) and success rates of each stage are key factors for the value of biotechnology R&D investment.

Key words: biotechnology R&D value, real option, option tree model

* 한남대 하이테크비즈니스연구소 연구교수, jmpark@hannam.ac.kr, 011-348-8743

** 한남대 경제학과 교수 s.s.seol@hannam.ac.kr, 016-418-7608

I. 서론

1. 개요

생명공학기술은 21세기를 선도할 기술로 많은 관심이 집중되고 있으나, 연구개발에 소요되는 기간과 비용이 매우 커 투자를 이끌어내기 어렵거나 투자 자체에 대한 부정적인 인식이 존재하고 있다. 국내에서도 벤처붐이 일던 1990년대 중반 이후 생명공학 벤처기업에 많은 투자가 일어났으나 아직까지 결과는 미지수라 생명공학 투자에 대한 회의가 많다.

그러나 1990년대 들어서며 불확실성이 큰 대규모 장기투자의 경우에도 가치를 평가하는 방법을 달리하면 검토조차 되지 않았던 투자기회도 타당성이 존재할 수 있다는 지적이 가치평가 전문가들에게서 제기되기 시작하였다. 이는 생명공학 특히 신약개발에 대한 투자가 일부는 생명공학 연구개발 자체의 문제보다 가치평가 방법의 문제로 귀결될 수 있다는 것을 의미한다. 따라서 생명공학 연구개발에 적절한 가치평가 방법을 찾고자 하는 여러 노력이 이루어지고 있다.

이에 따라 본 논문은 장기간이 소요되는 생명공학 연구개발사업을 대상으로 전통적인 가치평가방법과 대안으로 제시된 여러 가치평가 방법을 적용하고 그 결과를 비교하고자 한다. 또한 검토 결과 가장 적합한 것으로 판단되는 모형은 구체적으로 어떠한 것이며, 그 모형에서 어떠한 요인이 가치를 결정하는 가장 중요한 요인인지를 분석할 것이다. 가치평가의 대상은 한국생명공학연구원의 한 연구사업단이 수행하고 있는 인간유전체 기능연구 사업으로, 생명공학기술을 활용하여 위암간암용 항암제의 후보물질을 도출하는 것을 목표로 하는 사업이다.

이를 위해 2장에서는 다른 연구들에서 생명공학 연구에의 적합성이 검토되고 있는 실물 옵션이론을 연구개발과 생명공학에 적용한 사례들을 고찰하며, 본 연구에의 시사점을 도출한다. 3장에서는 평가에 사용될 데이터와 여러 가치평가모형을 설명하고 가치평가 결과를 도출한다. 4장에서는 여러 모형의 결과를 비교하고 최적모형에 대한 검토와 그 모형에서 가치를 결정하는 중요 요인들을 고찰하기 위해 민감도 분석을 수행한다. 마지막으로 5장에서는 본 연구의 한계와 의의를 기술할 것이다.

2. 인간유전체 기능연구 사업¹⁾

위암 및 간암 치료제의 후보물질을 발굴하겠다는 목표 하에, 지난 2000년부터 시작된 인간유전체 기능연구 사업은 연구의 성과가 장기간의 세월이 지난 후에 나타나는 연구개발사업의 대표적인 예라 할 수 있다. 또한 이 사업은 생명공학분야에서 가장 관심이 집중되고 있는 신약개발사업의 하나이기도 하다.

한국은 1990년 전 세계 13개 국가에서 시작된 인간유전자지도(HGP, Human Genome Project)를 작성하는 사업에 참여하지 않았다. HGP가 시작되던 당시에는 아무도 30억개의 염기서열을 10여년 만에 밝혀낼 수 있으리라 생각하지 않았다. 그러나 2000년 6월에 발표된 인간유전자지도의 1차 서열정보는 전 세계의 이목을 집중시켰다. 이 사건은 인류의 꿈인 생로병사의 비밀을 풀 수 있다는 가능성을 제공하는 것과 함께, 인간의 존엄성이 훼손될 수 있다는 우려를 낳기도 했다. 이처럼 상반된 두 가지 측면으로 인해, 생명윤리에 대한 활발한 논의가 시작되는 한편, 해독된 유전체 정보를 이용하여 유용한 정보를 생산하고 상업성 있는 의약품을 생산할 수 있다는 가능성에 전 세계가 주목하고 있다. 유전자지도가 밝혀지면서 신약개발과정은 이전의 경험적인 후보물질 도출에서 벗어나 체계적인 방법도 도입되었고, 신약개발능력이 뒤진 나라들도 선진국과의 격차를 줄일 수 있는 기회를 가지게 되었다.

이러한 세계적인 성공에 힘입어 2000년, 국내에서도 인간유전체의 기능연구 사업이 시작되었다. 국가적인 연구개발사업의 하나로 시작된 이 사업은 열악한 국내 유전체 연구의 인프라를 형성하여 관련 연구를 활성화한다는 국가적인 목적과 함께, 항암제의 후보물질을 도출하여 고수익을 창출하는 신약을 개발한다는 목적이 공존한다. 특히 선진국이 진행하지 않는 암종인 위암 및 간암으로 한정해 세계적인 경쟁력을 획득하려 하고 있다.

이 사업은 10년의 연구개발기간 동안 국가에서 1,440억원, 민간이 330억원을 투입하는 대규모의 사업인 바, 현재 광범위한 연구 인프라를 구축하는 1단계 사업이 마무리되고 세부적인 연구개발단계에 진입했다. 1단계의 성과로 위암간암과 관련된 각종 진단칩과 연구개발용칩이 개발되어 국내 연구개발을 활성화 시켰다.

1) 박정민, 손은수, 이상필(2004)을 참고하여 정리.

II. 이론적인 검토

1. 기존 연구사례 조사

흔히 일반적으로 인정되는 가치평가방법은 소득접근법, 시장사례접근법, 비용접근법으로 구분된다(설성수, 2001). 먼저 소득접근법은 미래에 발생할 소득의 현재가치를 산출하여 이를 가치로 인정하는 것이다. 그러기에 이 방식은 현재가치법(Discounted Cash Flow Method: 이하 DCF법)이라 한다. 한편 시장사례접근법은 참조할 만한 다른 사례와 비교하여 대상의 가치를 평가하는 방법이다. 비용접근법은 투입된 비용을 통해 대상의 가치를 평가한다. 이들 각각의 평가방법은 어떠한 세부 기법을 사용하느냐에 따라 좀더 세분화된다.

Teisberg(1995)는 DCF법이 미래의 불확실성을 다루지 못한다는 측면에서 DCF법의 한계를 지적한다. 그는 미래의 불확실성을 가치에 반영하는 방법으로 다이내믹 DCF모형과 의사결정론, 실물옵션 가치평가법의 세 가지 평가방법을 제시하고, 이 모형들의 공통점과 차이점 그리고 적용에 유의하여야 할 사항을 지적한다. 이 중 다이내믹 DCF모형은 의사결정 트리를 만들어 DCF에 불확실성을 반영하는 모형이다.

실물옵션 가치평가법은 Black & Sholes(1973)가 연속적이고 확률적인 과정에 옵션을 적용하는 방법을 제안하면서 금융 분야에서 시작되었다. 한편 옵션이론은 Cox, Ross and Rubinstein(1979)에 의해 수학적으로 간단한 형태의 이산모형(binomial model)이 개발되면서 좀 더 폭넓게 적용되기 시작했다. 또한 Brennan & Schwartz(1985)에 의해 금융에 적용되던 옵션이론이 실물부문으로 확대되며, 금융옵션과 비교되는 실물옵션이라 명명된다.

〈표 1〉 가치평가방법의 구분

방법론	적용 권장 상황	적용 불가능 상황
다이내믹 DCF	시장가치 도출할 때 위험(risk)이 안정적인 경우	
의사결정론	시장가치 필요 없을 때	시장가치 필요할 때
실물옵션가치평가	시장가치 도출할 때 기초자산, 포기이익 추정이 정확할 때	기초자산 추정이 안 될 때

자료: Teisberg(1995)

Jäggle(1999)은 기술기업의 가치는 미래성장가치와 현재영업가치로 구분될 수 있으며, 이

중에서 미래성장가치는 연속적인 신상품개발의 문제라 DCF가 아닌 실물옵션을 적용하는 것이 바람직하다고 주장한다. 그는 첨단업종의 4-5개 기업을 평가하며, 옵션트리모형을 제안하고 있다. 제약기업의 가치를 평가하는 데 현재영업가치는 DCF트리를, 미래성장가치는 옵션트리를 사용한 것이다.

이 외에 생명공학 분야의 가치평가에 실물옵션을 적용한 예는 Nichols(1994), Ottoo(1998), Kellogg & Charnes(2000), Jannet & Folta(2003), Cassimon et al.(2004) 등이 있다. 먼저 Nichols(1994)는 Merck사가 제약 분야의 다양한 불확실성을 평가에 반영하기 위하여 1980년대부터 실물옵션방법론을 사용하고 있다고 보고한다. 이 분야의 연구개발에는 10-15년이 필요한데 DCF 방법을 적용하면 미래가치가 지나치게 할인되어 변동성이나 위험이 제대로 평가받지 못함을 지적한다. 따라서 대안적인 평가방법으로 실물옵션 접근법을 적용한 것이다.

Nichols(1994)에서 실물옵션 사용에 있어서 도출된 변수들은 다음과 같다. 변동성 비율은 바이오 기술 관련 주식의 변동으로 대체 사용하여 40-60%의 범주를 가지며, 무위험이자율을 2-4년 만기 미국 재무성 채권의 이자율을 활용하여 4.5%를 채용한다.

다음으로 Ottoo(1998)는 기술완료시점이 알려져 있지 않고 행사가격(개발/상업화 비용)과 미래수익이 확률적일 때, R&D 성장 옵션의 가치를 추정하였다. 한편 연구개발의 기간과 함께 경쟁업체가 있을 경우에는 기간이 짧아지는 효과를 고려해야 한다고 주장한다. 사업의 가치, 투자비용을 모두 확률과정의 추정으로 산출하고 여기서 R&D의 수익을 계산한다.

Kellogg & Charnes(2000)는 1980년대 중반 이후 생명공학 기업들의 DCF법에 의한 현재가치가 0에 가까움에도 투자자들은 높은 가격을 지불하는 현상을 이해하기 위해 실물옵션 접근법을 도입하고 있다. Janney & Folta(2003) 역시 생명공학기업의 가치를 평가하는 데 옵션모형을 도입해야 함을 주장한다. 한편 Cassimon et al.(2004)는 연구개발의 각 단계를 독립적인 옵션으로 인식하는 6-복합옵션을 도입해 평가한다.

한편 국내의 연구는 제약분야 벤처기업의 평가사례를 보여준 엄미정(2001), 바이오 벤처를 평가하는 데 전략적 옵션방법론을 제안하는 안석환, 위경우(2001), 인공씨감자기술을 평가하는 데 의사결정론의 한 갈래를 활용한 안두현(2001) 등에서 나타난다. 그러나 국내에서는 생명공학 분야에서 실물옵션모형을 쓴 연구가 매우 드물다.

앞서 검토한 연구사례들은 생명공학 연구개발의 가치를 평가하는 데 몇 가지 시사점을 제기한다. 먼저 일반적인 DCF법이 미래의 불확실성을 다루지 못하므로 미래성장가치를 평가하기 위해 옵션의 개념을 도입해야 한다는 것이다. 다음으로 생명공학 분야의 연구개발 특히 신약분야에 있어서는 장기간의 연구개발기간이 소요됨으로 인해 DCF법에서는 미래가

치가 지나치게 할인된다는 것이다. 마지막으로 전통적인 가치평가방법으로는 현재가치가 0에 가까움에도 생명공학 기업에 대한 투자가 이루어지는 현상을 설명하기 위해서는 실물옵션방법을 적용하고, 연구개발의 각 단계를 독립적인 옵션으로 인식하는 것이 바람직하다는 것이다.

2. 본 연구의 방법론

실물옵션모형은 많은 가정을 통해 가치를 결정하고, 계산과정의 복잡함으로 그 적용에 어려움이 많았다. 이 과정에서 설성수, 유창석(2002)은 사용하기 간편한 모형 5가지를 제안한 바 있다. 이들 다섯 모형은 <표 2>와 같이 구분된다.

본 연구는 이 모형 중 다이내믹 DCF 모형과 옵션반영 DCF 모형 및 옵션트리모형을 이용하여 인간유전체 기능연구 사업을 평가한다. 더불어 일반적인 DCF 모형을 사용한 평가를 비교할 것이다.

먼저 다이내믹 DCF 모형은 의사결정트리를 이용한 DCF법으로 옵션의 가치는 모든 경우의 수와 확률을 계산한 후 합한다. 이는 기존의 DCF에 동적인 요소를 가미하였다는 의의가 있으나, 확률적 요소에 비중을 크게 주므로 중도적인 가치결론을 도출한다.

<표 2> 실물옵션 권장 모형의 수리적 차이 비교

	할인률		확률		옵션고려	비고
	무위험	WACC	실제	위험중립		
다이내믹DCF모형		●	●			DCF 대안
옵션반영DCF모형		●	●		●	옵션형 DCF 대안
블랙-숄즈모형	●				●	미분방정식형, 최초모형
이산모형	●			●	●	블랙-숄즈모형 개량
옵션트리모형	●			●	●	이산모형 개량

주: WACC는 가중평균자본비용

자료: 설성수, 유창석 (2002).

두 번째로 옵션반영 DCF 모형은 Faulkner(1996)가 제안한 것으로 이산모형과 다이내믹 DCF모형을 결합한 모형이다. 이 모형에서 옵션가치의 계산은 어떠한 조건을 충족시키는 가능한 경우의 수와 그에 해당하는 확률만 계산한다. 광범위하게 사용이 가능하다는 장점이 있으며, 옵션 개념을 차용하나 계산은 DCF법으로 하기 때문에 활용하기에 편하다.

세 번째 옵션트리모형은 의사결정트리에 옵션개념을 도입하여 트리구조를 간략히 하고, 이산모형의 계산법을 적용한 것으로 이산모형의 단점을 극복했다. 이 모형은 기술의 단계적인 성장 및 기회를 잘 반영하므로 제약 및 생명공학 산업에서의 평가에 많이 활용된다. 기본적인 계산법은 이산모형의 전형적인 계산 방법과 같아 먼저 기초자산의 가치를 계산하고, 이를 바탕으로 위험중립 확률을 계산하여 최종적인 옵션가치를 계산한다. 이 과정은 최종단계에서부터 역산되어, 초기 연구개발의 가치가 도출된다.

옵션트리모형에서의 옵션가치 계산식은 다음과 같다.

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

C^0 = n기의 옵션의 가치

P = 위험중립확률 r = 무위험 이자율

C^+ = n+1기의 옵션의 가치(기초자산이 증가한 경우)

C^- = n+1기의 옵션의 가치(기초자산이 감소한 경우)

또한 상기 식에서 위험중립확률 계산은 다음 식으로 이루어진다.

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

S^0 = n기의 기초자산의 가치

S^+ = n+1기의 기초자산의 가치(기초자산이 증가)

S^- = n+1기의 기초자산의 가치(기초자산이 감소)

III. 가치평가

1. 데이터

가치평가를 위해 가장 먼저 기초자산의 가치를 산출한다. 최종적인 기초자산의 가치는 대상기술을 통해 창출될 위암·간암용 항암제의 매출액 합계로 산출하며, 전세계 시장의 규모를 고려하여 산출하였다. 매출액을 계산하기 위해서는 항암제의 출시시점을 가정해야 한

다. 이와 함께 매출발생기간, 시장의 성장률과 해당 제품의 점유율을 고려해 매출액의 크기를 계산한다. 인간유전체 기능연구 사업은 2010년에 완료되고, 사업의 결과로 후보물질이 도출되어 임상에 돌입할 것으로 예상된다. 그러나 2004년 현재에도 기초 탐색 과정이 마무리되어 최적화 과정에 진입한 물질이 존재하기 때문에 무차별하게 2010년 이후 전임상에 돌입하리란 판단은 오히려 적절하지 않다. 따라서 이를 감안하여 사업의 완료는 2010년이 아니라, 항암제의 출시 시점을 2017년으로 가정한다.

〈표 3〉 2017-36년 기간 매출액의 합계 (단위: 억원)

연구결과 \ 시장환경	낙관적	중 간	비관적
매우 좋음	2,210,904	1,055,093	514,009
중 음	1,406,745	671,988	328,543
나쁨	710,720	345,205	170,191

위암·간암용 항암제 시장을 성장률은 낙관적, 보통, 비관적의 3가지 시나리오에 의해 산출하였다. 한편 연구개발의 결과가 상, 중, 하로 나올 것으로 예상하여 이를 점유율에 반영하였다²⁾. Kellogg & Charnes(2000)에 따르면 특허만료직전에 신약의 매출이 극대화되므로 시장 출시 후 20년간의 매출액을 고려하고, 단지 시장점유율만을 조정하였다. 연도별 매출액은 2017년을 기준으로 할인되어 합쳐져 기초자산의 가치를 의미하게 된다.

세 개의 DCF모형에는 실제 이자율을 할인율로 사용하고, 옵션트리 모형에서는 무위험이자율이 사용된다. 본 연구에서는 DCF모형과 옵션트리모형을 비교하여 검토한 Jägle(1999)의 연구에서 적용된 할인율과 무위험이자율을 사용해 각각을 10%, 6%로 가정한다.

모형에 따른 가치평가를 위해서는 신약개발의 단계에 따라 성공확률, 연구기간, 연구개발 투자비용 등이 도출되어야 한다. 먼저 성공확률 및 연구기간은 DiMasi et al.(2003)의 연구 결과를 활용하였다. 다음으로 연구개발에 따른 투자비용은 같은 논문에서 제시된 승인을 받은 미국 신약들의 평균 개발비용 8억\$을 PhRMA(2004)에서 제시된 제약기업이 연구개발에 사용한 비용의 단계별 비중을 사용하여 도출하였다. 제약기업의 연구개발비용은 R&D와 전임상을 합한 금액이므로 여기서는 인간유전체 기능연구 사업에 투입되는 비용 1,415억원을 R&D에 투입된 비용으로 보고 분리하여 산출하였다. 여기서 언급되는 R&D는 기초탐색부터 최적화과정을 통해 후보물질(lead compounds)이 결정되기까지를 의미한다.

2) 박정민, 손은수, 이상필(2004) 참조.

2. 평가모형과 결과

〈표 4〉에서 제시된 신약개발의 성공확률은 일반적인 경우에 나타나는 결과이다. 그러나 인간유전체 기능연구 사업을 통한 체계적인 연구개발로 기존의 경험적 연구개발에서의 성공확률보다 증대될 요인이 존재하고, 또한 국가적인 연구개발역량의 집중과 선택으로 성공률의 증대요인을 감안해야 한다고 판단된다. 따라서 기초연구개발로부터 도출될 후보물질이 전임상을 통과(IND; investigational new drug development)할 가능성이 5배 증대한다고 가정하고 모든 모형의 가치를 평가하였다³⁾. 그러나 이러한 후보물질의 증가가 임상단계의 성공확률을 증대시키는 것으로 가정하지 않는다. 왜냐하면 임상단계의 성공확률을 동일하게 증대시킬 경우에는 성공확률이 100%를 넘어서는 결과가 되어 의미가 없어지기 때문이다.

〈표 4〉 연구개발단계별 데이터

	R&D	전임상	임상1	임상2	임상3	승인	시장진출	합계
성공확률	0.05	0.02	0.71	0.44	0.69	0.80		
R&D기간 (년)	4	3	1	2	2	1	1	14년
투자비 (억원)	947 ¹⁾	1,830	461	922	2,112	758	2,275	9,773억원

1) 인간유전체 기능연구사업단의 2000-07년 연구비 합계 (2004년 기준 할인)

자료: 기본 데이터는 DiMasi et al.(2003), PhRMA(2004)를 참고하여 산출.

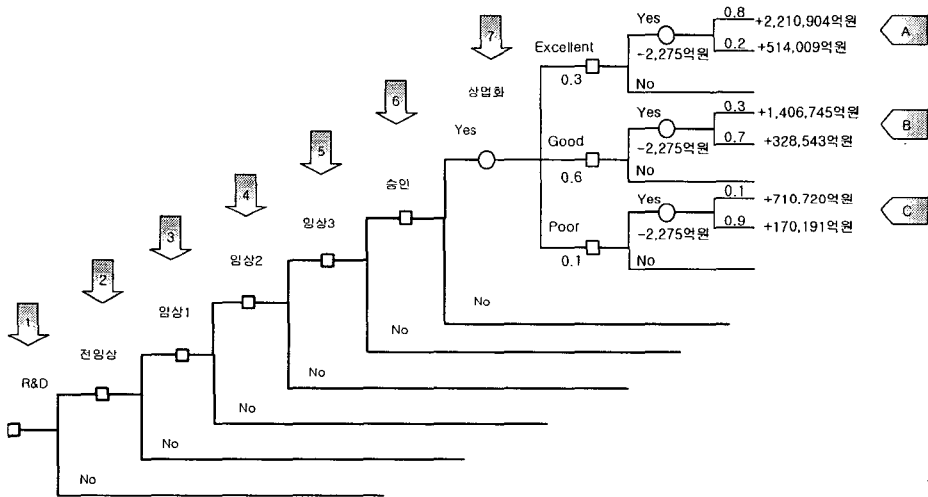
평가에 앞서 〈그림 1〉과 같이 7단계로 구성된 의사결정트리를 만들었다. 여기서 마지막 7단계는 신약이 개발되어 시장에 출시되는 단계를 의미한다. 각 단계의 기간과 성공확률 및 투자비용은 앞의 데이터를 참조하면 된다. 한편 Kellogg and Charnes(2000)는 연구결과의 좋고 나쁨에 따라 시장규모가 달라질 수 있음을 지적하며, 최상, 상, 중, 하, 최하의 5단계로 구분하여 가치평가에 도입한다. 본 연구에서는 이를 바탕으로 앞선 전문가집단의 의견을 취합하여 상, 중, 하의 결과가 나올 가능성을 가정한다. A, B, C의 의미는 연구결과에 따른 것으로 A는 효과가 매우 뛰어난 신약이 출시될 가능성으로 30% 정도로 설정하였다. 다음으로 B는 중간 정도의 좋은 신약이 출시되는 것으로, 보통 60%의 연구가 이런 결과를 보여준다고 가정된다.

각각의 연구결과는 최상과 최악의 시장상황에 의해 구분된다. 최상과 최악의 시장상황이

3) 이 증대 가능성은 연구자, 의료진, 제약업계의 전문가들을 대상으로 한 인터뷰를 통해 도출되었다. 체계적인 방법으로 후보물질을 탐색하는 과정에 체계적인 방법이 도입됨으로 인해, 탐색과정에서부터 독성 등의 부작용의 문제가 있는 후보물질이 제외되므로 임상단계의 성공확률을 증가시킬 수 있다는 응답이었다.

발생할 가능성은 한국기업기술가치평가협회, 한남대 하이테크비즈니스연구소(2001)의 “실물 옵션 워크샵”에서 제시되었던 적용사례의 수치를 그대로 원용한다. 시장상황과 연구결과 수준에 따라 구분되어 있다는 장점이 있고, 평가모형을 비교하여 적합한 모형을 찾는 것이 목적이므로 굳이 시장상황 파악에 정밀도를 기하지 않아도 된다고 판단하였기 때문이다. 의사결정트리는 신약출시까지 14년이 소요되리라 예상되는 인간유전체 기능연구 사업의 개발과정을 보여주는 것이다.

〈그림 1〉 연구개발단계에 따른 의사결정트리 구성



1) 일반적 DCF 모형

일반적인 DCF 모형에서는 〈그림 1〉에서 연구개발의 결과가 나타날 가능성이 가장 높은 B의 경우가 가치평가에 사용된다. 일반적으로 연구개발의 결과가 중간정도일 경우가 가장 많은 확률로 나타나므로 이를 선택하고 나머지 가능성은 무시하는 것이다. 여기서는 신약개발이 시작된 후 중도에 포기한다는 가정은 없으므로 1에서 6까지의 단계가 따로 고려되는 않는다. 단지 미국 FDA의 승인을 받기까지의 확률만이 반영된다. 이에 따른 계산결과는 다음과 같다. 연도별 연구개발비용은 앞 절의 데이터를 이용하여 구했다.

$$\text{현재가치} = \sum_{i=2004}^{2017} CF_i = -1,421 \text{ 억원}$$

2) 다이나믹 DCF 모형

다이나믹 DCF 모형의 특징은 발생 가능한 모든 상황을 발생확률을 고려하여 반영한다는 것이다. 따라서 <그림 1>에서 최종 상업화 단계 이후에 발생할 A, B, C의 모든 상황을 확률을 반영하여 매출액을 산출한다. 시장은 항암제 시장의 지속적인 성장에 의해 확대될 것으로 예측하였으며 실제 음의 매출이 발생하지 않는다고 가정하였다. 가치결론은 다음과 같다.

$$\text{현재가치} = \sum_{i=2004}^{2017} CF_i = 46 \text{ 억원}$$

3) 옵션반영 DCF 모형

옵션반영 DCF 모형은 연구개발의 과정에서 결과가 좋지 않을 때는 다음 단계로 이행되지 않는다는 것을 반영한다. 따라서 <그림 1>에서 연구개발의 결과가 가장 좋을 경우에만 상업화 결정이 내려지고 그에 따른 투자가 진행된다. 마찬가지로 연구개발의 가치를 계산할 때, 중간과정의 의사결정을 반영하기 위해 투입된 비용 역시 단계별 이행가능성만을 고려한다. 즉 미약하나마 장기간의 연구개발과정에서 수행된 의사결정이 존중되는 것이다. 계산 결과는 다음과 같으며 중간단계의 비용 투입은 다음 단계로의 진행확률과 비용을 2004년 현재가치로 할인한다.

$$\text{현재가치} = \sum_{i=2004}^{2017} CF_i = 346 \text{ 억원}$$

4) 옵션트리 모형

옵션트리에서는 각 연구개발 단계들을 모두 표현한다. 따라서 트리의 가지수가 많아지며 각 단계의 성공확률이 모두 인지된다. 본 논문에서 구성한 기본 옵션트리는 <그림 1>과 같으며 이들은 최후 단계의 기초자산 가치로부터 바로 전 단계의 옵션의 가치를 산출한다.

산출된 옵션의 가치는 다시 그 이전단계의 옵션의 가치를 산출하기 위한 데이터로 활용된다. 이런 과정을 반복하여 처음 R&D의 가치를 계산한다. 계산은 2장에서 검토한 계산식을 따른다. 트리를 어떻게 구성하느냐에 따라 도출된 결과에 차이가 많은데, 세부적인 내용은 4장에서 다루어지며 여기서 제시한 결과는 가장 많은 가지로 구성된 6단계의 옵션트리로 도출된 결과이다.

$$\text{현재가치} = \sum_{i=2004}^{2017} CF_i = 2,264 \text{ 억원}$$

IV. 모형선택과 확장

1. 모형별 결과 비교

〈표 5〉에서 보는 바와 같이, 가치가 가장 높게 나온 모형은 옵션트리모형이고, 옵션반영 DCF 모형, 다이나믹 DCF 모형, 일반적인 DCF 모형의 순으로 가치평가의 결과가 도출되었다. 이로써 생명공학분야 특히 신약분야의 경우에는 초기의 연구개발의 성공가능성이 낮고, 연구개발에 소요되는 기간이 매우 길기 때문에 일반적인 DCF 방법으로는 신약 관련 연구개발의 가치를 제대로 평가할 수 없다는 연구결과(Jäggle, 1999; Kellogg & Charnes, 2000; Cassimon et al., 2004)들과 동일한 결론이 도출됨을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 다음 절에서 보겠지만 다양한 옵션변수들을 변화시켜 보아도 달라지지 않는다.

먼저, 일반적인 DCF 모형은 다른 모형과 동일한 조건 하에서 -1,421억원으로 초기 단계의 투자비를 상회하는 손해를 보는 것으로 평가된다. 결국 이 결과에 따르면 현재 진행되고 있는 인간유전체 기능연구 사업은 전혀 가치가 없으며, 투자하면 오히려 손해를 보는 것으로 평가되는 것이다. 이러한 결과는 대상 연구개발이 계속 이어지는 비용의 투입을 전제로 하고, 연결된 투자가 초기투자에 비해 매우 크기 때문에 발생한다. 만약 연구개발의 결과가 매우 좋을 것이라 가정하면 연구개발의 가치는 4,116억원으로 매우 커진다. 그러나 모든 연구개발의 결과가 이주 좋을 것이라는 가정은 현실적인 설득력이 적으며, 발생할 가능성이 가장 큰 경우만을 적용하는 일반적인 DCF 모형에서는 사용되지 않는다.

〈표 5〉 모형별 가치평가 금액 비교 (2004년 기준)

	투자금액			예상수익	현재가치
	R&D	전임상-승인	상업화		
일반적DCF 모형	-947	-2,777	-659	+2,961	- 1,421
다이나믹DCF 모형	-947	-2,777	-659	+4,428	+ 46
옵션반영DCF 모형	-947	-1,099	-158	+2,550	+ 346
옵션트리모형 ¹⁾	-947	-	-	-	+ 2,264

주1. R&D를 제외한 투자액은 모형에서 고려되며, 7단계 트리 구성의 결과임.

다음으로 다이나믹 DCF 모형을 통해 평가한 금액은 46억원, 옵션반영 DCF 모형에서는 346억원으로 일반적인 DCF 모형에 비해 가치가 있는 것으로 평가된다. 이처럼 DCF 계열의 모형이라 하더라도 평가 시 옵션의 개념을 어떻게 도입하느냐에 따라 결과에 큰 차이가 나타난다. 다이나믹 DCF 모형은 연구결과의 다양성을 반영하고, 옵션반영 DCF 모형은 연구개발이 중단될 수 있는 의사결정을 반영함으로써 일반적인 DCF 모형과 차별화되는 모델이다.

이에 반해 연구개발기간을 기초탐색 및 최적화, 전임상, 임상 1상, 2상, 3상, FDA 승인 및 상업화 과정의 7단계로 구분하여 고려하는 옵션트리의 경우에는 가치가 2,264억원으로 옵션반영 DCF 모형보다 약 5.5배 증가한다. 이처럼 평가금액이 커지는 것은 14년에 걸친 연구개발 기간의 불확실성을 세분하여 해소하기 때문인 것으로 연구개발 과정의 위험을 옵션으로 인식해 연구개발의 가치에 반영할 수 있는 것이다.

2. 옵션트리 모형의 확장

옵션트리 모형은 의사결정트리와 같은 트리를 몇 단계로 구성하느냐에 따라 고려할 옵션의 수가 달라진다. 본 연구의 기본적인 7단계 모형은 매 연구개발의 단계이행을 각각의 옵션으로 인식해 6개의 옵션이 존재한다. 그렇다면 가치평가에서 고려하는 옵션의 수가 가치에 어떤 영향을 주는 지를 검토하기 위해 의사결정 단계를 3-7단계로 구분해 측정하였다 (〈표 6〉 참고).

〈표 6〉 트리 구조가 평가금액에 미치는 영향

	트리 형태	현재가치(억원)
1단계	DCF	40
2단계	R&D/전임상/임상/승인, 상업화	346
3단계	R&D/전임상, 임상/승인, 상업화	908
4단계	R&D, 전임상, 임상/승인, 상업화	1,707
5단계	R&D, 전임상, 임상1/2, 임상3/승인, 상업화	2,258
6단계	R&D, 전임상, 임상1, 임상2, 임상3/승인, 상업화	2,263
7단계	R&D, 전임상, 임상1, 임상2, 임상3, 승인, 상업화	2,264

이 결과 Cassimon et al.(2004)에서와 같이 7단계 트리를 구성하여 평가했을 때, 2,264 억원으로 가장 높은 평가금액이 도출되었다. 이는 신약개발과정에서 다음 단계로의 진입이 결정되는 때 번의 의사결정을 최대한 반영하는 것이 연구개발의 가치를 파악하는 가장 좋은 모형이라는 것을 의미한다.

한편 임상 3상과 승인 과정을 한 단계로 묶어 6단계로 트리를 구성하였을 경우에는 가치 금액이 2,263억원으로 큰 차이가 없다. 그러나 연구개발, 전임상, 임상/승인, 상업화 단계로 구분한 4단계 트리에서는 가치가 1,707억원으로 20% 가량 감소한다. 연구개발의 단계를 줄여갈수록 가치금액이 줄어드는 현상은 더욱 심해져, 전통적인 DCF 모형 같이 R&D에서 승인까지의 과정을 하나의 단계로 고려하면 -3,114억원이 도출된다. 일반적인 DCF모형보다도 적은 금액의 결과가 도출되는 것이다.

의사결정단계를 줄이는 과정은 일반적인 상식에 기초하였다. 먼저 승인단계까지는 단계를 통과하지 못할 시에는 연구개발이 중단되지만, 마지막 상업화 단계는 시장의 불확실성에 의해 매출액의 차이가 나타나므로 합쳐서 고려하는 것은 바람직하지 않다. 따라서 모든 트리에서 상업화 단계는 따로 구성된다.

6단계의 의사결정트리는 임상3상과 미국FDA의 승인 과정을 하나로 줄였다. 승인과정에 758억원의 비용이 투자되고 성공확률이 80%여서 실제 임상3상이 끝난 후에 포기의사결정이 많지는 않을 것이란 판단에 근거했다. 다음으로는 5단계의 트리는 임상1-2상을 한 단계로 인지하여 구성했다. 다른 연구개발과정에 비해 투자비용이 적다는 점과 함께 여기까지의 결과가 매우 좋을 때에는 임상3단계를 거치지 않고도 상업화가 일어날 수 있다는 현실을 반영한 것이다. 이와 같이 상식적인 판단으로 3단계까지 옵션트리를 구성한 것이다.

3. 민감도 분석

우리는 앞 절에서 인간유전체 기능연구 사업의 가치를 평가한 결과 DCF 계열의 모형보다 옵션트리 모형이 더 큰 금액으로 평가됨을 보였다. 생명공학 분야의 연구개발이 장기간과 큰 투자금액으로 인해 현재가치가 없는 것으로 평가될 수 있는 DCF 계열에 비해 옵션트리 모형은 위와 같은 한계에서 벗어난 것이다. 이 절에서는 평가과정에서 활용된 다양한 변수들이 옵션트리 모형에 어떠한 영향을 미치는지를 고찰하기 위해 민감도 분석을 수행한다.

민감도 분석에 사용된 변수들은 연구개발의 과정에 투입된 비용 및 기간, 개발된 신약의 매출액 합계인 기초자산의 가치, 도출된 후보물질 수, 각 단계의 성공확률, 그리고 할인율 등 6가지이다. <표 7>은 7단계로 구성된 옵션트리 모형의 민감도 분석의 결과를 보여준다.

<표 7> 7단계 옵션트리의 민감도 분석 결과

변수	변화단위	가치 변화 ¹⁾	
		금액(억원)	비율(%)
매출액	±100%	5,833	+ 157.6%
후보물질	±1개	3,755	+ 65.8%
성공확률	±5%	3,629	+ 60.3%
투자비용	±10%	2,134	- 5.8%
할인율	±0.5%	2,044	- 9.7%
시간	±10%	1,994	- 11.9%

1) 기준금액 2,264억원에서 한 단위를 증가한 경우임.

먼저 매출액을 100%씩 변화시켰을 때, 연구개발의 가치는 157.6%씩 변화해 가장 민감하다. 즉 매출액이 2배가되면 5,833억원으로 투입 대비 4.12배의 효과가 있는 것으로 나타난다. 그에 반해 시장의 규모가 반으로 줄어들면 가치는 480억원으로 투입 대비 30%의 효과만 나타난다. 한편 매출액이 4배로 커지면 12,970억원, 1/4배 규모일 때는 412억원의 가치금액이 도출된다.

다음으로 후보물질의 수와 단계별 성공확률, 연구개발기간, 할인율, 투자비용의 순으로 민감하게 나타난다. 후보물질을 6개로 가정하면 가치금액은 3,755억원으로 65.8%가 증가하고, 단계별 성공확률을 5% 증가시키면 가치는 60.3%가 증가하여 3,629억원이 된다. 이들 각각은 투입 대비 2.65배, 2.56배로 매출액의 크기에 따른 민감도보다는 작으나 다른 요인에 비해 민감한 것으로 나타났다. 이 두 가지 변수는 한 단위씩 증가시킬 때마다 가치의

증가폭이 커진다.

한편 투자비용, 연구개발기간 그리고 할인율의 경우에는 다른 세 가지 변수에 비해 민감도가 매우 작았다. 투자비용의 10% 증가는 5.8% 정도의 가치금액을 감소시킬 뿐이다. 연구개발기간과 할인율 역시 가치와는 부의 관계에 있다. 투자비용은 동일한 크기의 변화가 계속 관찰되고, 기간과 할인율은 증가시킬수록 가치의 감소 정도가 줄어든다. 앞서 보았던 여러 옵션트리 모형의 경우에도 7단계의 모형과 동일한 경향을 보인다. 단지 단계가 줄어들수록 변화율이 커진다는 차이만 있다.

V. 결론

인간유전체 기능연구 사업은 위암간암용 항암제의 후보물질 도출을 목표로 2000년에 시작된 국가적인 연구사업이다. 현재 이 사업은 중간단계에 있으며, 후보물질의 도출 후에도 전임상, 임상 및 승인 과정을 거쳐야 하는 장기간의 연구개발 프로젝트이다. 이 연구개발의 가치를 평가하기 위해 실물옵션모형으로 옵션트리모형을 적용하였고, 옵션반영 DCF 모형, 다이나믹 DCF 모형, 일반적인 DCF 모형으로 평가한 가치를 비교하였다.

연구개발의 가치를 평가한 결과, 7단계로 구성된 옵션트리 모형으로 평가했을 때가 가장 큰 금액으로 추정되어, 생명공학분야 특히 신약개발과정의 가치를 평가절하하지 않는 금액을 도출하는 모형으로 판단된다. 다음으로 옵션반영 DCF모형, 다이나믹 DCF 모형 그리고 일반적인 DCF 모형의 순이며, 일반적인 DCF 모형에서는 가치금액이 음수로 가치가 없는 것으로 평가된다.

가치에 영향을 주는 요인을 파악하기 위해 민감도 분석을 수행한 결과, 생명공학 분야 특히 신약 연구개발 투자의 가치는 매출액의 크기에 가장 민감한 것으로 나타났다. 다음으로 후보물질의 수, 단계별 성공확률이 영향을 준다. 결국 옵션트리 모형에서 시장의 크기가 핵심적인 가치결정요인임을 알 수 있다. 한편 시장요인을 제외한 요인들 중에서는 기술적인 성공요인에 민감해, 투자비용이 크고 개발기간이 길어 가치가 왜곡될 수 있는 문제점이 해소되는 것이다.

평가대상인 인간유전체 기능연구 사업은 2005년 현재 연구개발의 중간단계에 머물러 있고, 국내에서의 연구개발의 경험 또한 부족하여 데이터를 찾는 것이 매우 어려운 현실이다. 때문에 평가에 사용된 여러 요소들은 실제 데이터를 기반으로 하지 못하고 선진국의 사례를 참조하거나, 시나리오를 가정하여 산출하였다. 그러므로 이 연구는 인간유전체 기능연구

사업의 정확한 가치, 즉 가치평가업계에서 가치평가의 기준으로 삼는 시장가치에 입각한 가치평가라고 하기에는 한계가 있다. 또한 연구에 많은 가정이 사용되고, 비교의 편의를 위해 단순화된 것들도 많다는 것 역시 한계로 작용한다.

그러나 비교한 모형 모두, 동일한 데이터를 사용하였으므로 어느 가치평가모형이 생명공학분야 특히 신약개발 등 장기간, 대규모의 연구비가 투자되는 연구개발의 가치를 평가하는데 적절한 지를 파악할 수 있을 것이다. 다만 생명공학 분야 자체가 매우 다양한 분야에서 연구개발이 진행되므로 본 연구에서 검토한 신약개발 외 다른 분야에 무작위로 적용할 수는 없다. 이는 평가대상과 목적에 따라 차별성을 갖는 가치평가 자체의 한계이기도 하다.

참고문헌

- 박정민, 손은수, 이상필 (2004), "인간유전체 기능연구 사업의 가치평가", 「2004 기술혁신학회 춘계학술대회 발표자료집」, 5.25.
- 설성수 (2000), "기술가치평가의 개념적 분석", 「기술혁신학회지」, 3-2호, 7월, 1-13.
- 설성수, 유창석 (2002), "기술 및 투자 가치평가를 위한 실물옵션", 「기술혁신학회지」, 5-1호, 3월, 44-58.
- 유향숙 (2000), "인간유전체기능연구사업", 「계놈 프로젝트의 기술개발 현황과 전망 발표자료」, 11.
- 한국기업-기술가치평가협회, 한남대 하이테크비즈니스연구소 (2001), 「기술 및 투자가치평가를 위한 Real Option Workshop 자료집」, 용인한화콘도, 10.05-06.
- Angelis, Diana I. (2000), "Capturing the Option Value of R&D," *Research Technology Management*, July-August, 31-34.
- 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 Investment", *Journal of Business*, 58-2, 135-157.
- Cassimon, D., P.J. Engelen, L. Thomassen, M. Van Wouwe (2004), "The Valuation of a NDA Using a 6-fold Compound Option", *Research Policy*, 33, 41-51.
- DiMasi, Joseph A., Ronald W. Hansen, and Henry G. Grabowski (2003), "The price of innovation: new estimates of drug development costs", *Journal of Health*

- Economics*, 22, March, 151-185.
- Faulkner, Terence W. (1996), "Applying Options Thinking to R&D Valuation," *Research Technology Management*, May-June, 50-56.
- Jäggle, Axel J. (1999), "Shareholder Value, Real Options, and Innovation in Technology-intensive Companies," *R&D Management* 29, 3, 271-287.
- Kellogg, D., J. M. Charnes (2000), "Real Options Valuation for a Biotechnology Company", *Financial Analysts Journal*, May/June, 76-84.
- 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.
- Nichols, Nancy A. (1994), "Scientific Management at Merck: An Interview with CFO Judy Lewent," *Harvard Business Review* 72, 1, 89-99.
- 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.
- Pennings, Enrico, Onno Lint (1997), "The Option Value of Advanced R&D," *European Journal of Operational Research* 103, 83-94.
- Perlitz, Manfred, Thorsten Peske, Randolph Schrank (1999), "Real Options Valuation: the New Frontier in R&D Project Evaluation?," *R&D Management* 29, 3, 255-269.
- PhRMA (2004), *Pharmaceutical Industry Profile 2004*.
- Pinches, George E. (1998), "Real options: Developments and Applications," *The Quarterly Review of Economics and Finance* 38, 3, 533-535.
- Sheasley, W. David (2000), "Taking an Options Approach to New Technology Development," *Research Technology Management* 43, 6, 37-43.
- Teisberg, Elizabeth Olmsted (1995), "Methods for Evaluating Capital Investment Decisions under Uncertainty", Trigeorgis, Lenos(ed.) (1995), *Real Options on Capital in Capital Investment: Models, Strategies, and Applications*, Praeger, Westport.

박정민

한남대에서 “생명공학 기술혁신에 관한 세 논문-기술혁신패턴, 규제영향, R&D가치평가를 중심으로” 라는 제목으로 2004년 2월 박사학위를 취득하고 현재 한남대 하이테크비즈니스 연구소의 연구교수로 근무 중이다. 주요 연구 분야는 바이오 기술혁신, 가치평가 등이다.

설성수

고려대에서 “정보기술혁신의 경제성분석 - 우리나라 5대 상업은행을 중심으로” 라는 제목으로 1988년 12월 박사학위를 취득하고 현재 한남대 경제학과의 교수로 근무 중이다. 주요 연구 분야는 기술혁신, 가치평가, 지식활동분류 등이다.