

경영학박사 학위논문

실물옵션을 이용한 항만 투자의 경제적
타당성 평가

The Valuation of Port Investments using
DCF and Real Options Analysis

지도교수 이 기 환

2006년 12월

한국해양대학교 대학원

해운경영학과
황 두 건

<목 차>

제 1 장 서론	1
제 1 절 연구의 배경 및 목적	1
제 2 절 연구방법 및 구성	3
제 2 장 실물옵션의 이론적 고찰	4
제 1 절 실물옵션의 의의와 금융옵션의 비교	4
제 2 절 실물옵션의 분류	7
제 3 절 선행연구	9
제 3 장 실물옵션의 가치평가방법	12
제 1 절 기존의 항만경제성 평가방법	12
제 2 절 DCF의 한계와 새로운 평가기법의 필요성	14
제 4 절 실물옵션에 의한 가격결정모형	18
제 4 장 실증분석	28
제 1 절 K항 사례의 경제적 타당성 평가 개요	28
제 2 절 기존 DCF 방식에 의한 경제성평가	29
제 3 절 기존 방식인 DCF 방법에 의한 분석 결과	45
제 4 절 실물옵션가치평가법을 사용한 경제성 평가	48
제 5 장 결론	58

〈표 차례〉

〈표 1〉 실물옵션과 금융옵션의 변수 비교	6
〈표 2〉 실물옵션의 분류	9
〈표 3〉 실물옵션과 DCF의 주요 변수 비교	17
〈표 4〉 옵션가치평가에 있어서의 종합적 접근의 4단계법	26
〈표 5〉 인천남항국제여객터미널의 투자 개요	28
〈표 6〉 여객 수요 예측표	33
〈표 7〉 화물수요예측결과	35
〈표 8〉 승객 1인당 CIQ 소요시간 차이	36
〈표 9〉 세관검사대 통과 소요시간 산정	37
〈표 10〉 승객 1인당 CIQ 소요시간 비교	38
〈표 11〉 항로별 승객 1인당 CIQ 소요시간 차이	39
〈표 12〉 K항 선석 현황	40
〈표 13〉 DCF 분석결과표	46
〈표 14〉 연차별 비용 편익 흐름표 I (원안A)	46
〈표 15〉 연차별 비용 편익 흐름표 II (원안B)	47
〈표 16〉 연차별 비용 편익 흐름표 I (변경안A)	47
〈표 17〉 연차별 비용 편익 흐름표 II (변경안B)	48
〈표 18〉 기존 국제여객터미널의 사용료	50
〈표 19〉 주요 변수값	51
〈표 20〉 옵션가격평가를 위한 이항수의 개념	51
〈표 21〉 옵션가치평가결과와 민감도	53

<표 22> 옵션가치평가결과와 민감도.....	55
<표 23> 기본안과 변경안의 변동성 변화에 따른 민감도 분석.....	55
<표 24> 총투자비.....	56
<표 25> 옵션가치결정을 위한 이항수의 전개.....	56
<표 26> 축소옵션을 적용한 미국식 풋옵션의 이항트리	57
<표 27> DCF분석과 실물옵션가치평가분석 결과표 비교.....	57

<그림 차례>

[그림 1] 실물옵션과 DCF의 투자회수확률분포.....	18
[그림 2] 옵션가치계산모형.....	19
[그림 3] 기초자산의 이항움직임과 옵션의 가치.....	23
[그림 4] 시계열분석 회귀모형에 따른 수요예측 결과.....	31
[그림 5] 로지스틱 곡선 회귀모형에 따른 수요예측 결과	32
[그림 6] 화물수요예측 결과.....	35
[그림 7] 2041년까지 옵션가치결정을 위한 이항수의 전개.....	52
[그림 8] 2041년까지 옵션가치결정을 위한 이항수의 전개.....	54

ABSTRACT

The Valuation of Port Investments using DCF and Real Options Analysis

Hwang, Doo Gun

*Department of Maritime Business Administration
Graduate School
Korea Maritime University*

Advised by Professor Lee, Ki-Hwan

This study is to investigate the established valuation methods of previous studies and actual applications through the investigation of previous studies.

This study explains the notion of real option and analyzes the adoption of real option in the financial option.

The research has preceded the empirical analysis, which is calculating the investment valuation of K Port in a way of adopting currently using DCF and real option on the setting of the same conditioned variables and data.

Notably, the valuation result of Port Investment, applying the real option valuation, marked a higher score in its investment value than the valuation

result of Discounted Cash Flow of common use.

The higher score in its investment value, applying real option, is perceived that the real option valuation method can prepare for the flexible features of Port facility development in an environment of future uncertainty.

Nevertheless, valuation method of adopting the real option is verified to have a lower economic feasibility, likewise the established economic valuation.

Generally, this is because of the comparably smaller benefit to the amount of investment. This, also, regarded as a distinctive feature of public investment on a large scale, i.e., the port.

Accordingly, it is not always true that the development plans with no economic feasibility has no value to invest.

Not like the other investment plans, the port facility investment has the characteristic of public service. Regarding the characteristic of an investment plan of a port, the political judgment through the procedure of policy analysis is indispensable.

In the result of alternative plan, we can notice the substantial differences in the adopting of the option to contract in the real option valuation method and adopting of the DCF valuation method.

This result indicates that the established valuation has its own purview in the devising way of various alternatives to prepare for the own flexibility of Port Industry.

Putting it succinctly, using a proper option in the valuation of the real option can make an outweighing solution to prepare for the future uncertainty.

Furthermore, we can investigate the definitive differences between the

results of adopting the simply real option valuation and contract option after the detailed scenario analysis to an alternative.

Stated more abstractly, adopting the contract and expand option of real option to the Korean Port development is regarded as the complementary tool of DCF law for the current Port pre-feasibility economic valuation.

The conception of this study is motivated by the questioning that; the current economic feasibility valuation of Port investment can keep its facing to the rapidly changing uncertainty of Future Port environment.

Upon this theological basis, the study is preceded in the way of adopting the real option, arising alternative of DCF model, to an economic feasibility valuation.

The established real option research is mainly applied for the economic feasibility of venture, real estate and energy industries.

Yet the application of real option research is in its early stage for the field of social overhead capital.

The objective of this study is to enlarge the adopting field of real option with the Port Industry, which represents popular SOC industry and analysis the difference between established valuation methods of Port and provide a confirming valuation method in the field of Port Industry.

제 1 장 서 론

제 1 절 연구의 배경 및 목적

환적화물에 의존해 성장해 온 우리나라 항만의 경쟁력은 국내 경제 침체와 중국을 중심으로 개편되는 동북아 물류환경변화 등으로 급격하게 저하되고 있다. 또한 우리나라의 항만개발여건 역시 동북아 주요 항만들의 환적화물유치 경쟁으로 인해 불확실성이 높아지고 있다. 이렇게 대외여건의 불확실성을 대처하기 위해 정부는 2006년 7월 한국해양수산개발원에 항만수요예측센터를 설립하였고, 항만수요예측센터에서 분석된 결과를 항만개발과 연계시키기 위하여 트리거 룰¹⁾(Trigger Rule: 물동량 연동개발방식)을 도입할 계획이다. 이는 동북아 중심 항만으로 자리매김하기 위해서 선석확보를 위주로 한 양적인 항만개발 위주의 기존 정책이 변화하고 있는 한 예이다. 또한 최근에 해양수산부가 최근에 발표한 '전국 무역항 기본계획 정비 용역'에 따르면 항만의 경쟁력을 강화하고 항만에서 보다 높은 부가가치를 창출할 수 있기 위해서는 향후 물동량을 고려해 현재 개발 계획을 축소해야 한다는 결과를 발표하기도 했다. 이러한 정부의 항만정책의 변화 속에 현재의 항만투자의 경제적 타당성 평가방법은 급변하는 미래 항만의 불확실을 충분히 반영하지 못하는 한계가 있는 것으로 생각된다.

우리나라 항만투자의 경제적 타당성 평가는 현재 기업의 미래가치나 특정

1) 시일이 많이 소요되는 하부기반공사를 일정한 기준에 따라 우선 착공을 하고, 완공 직전에 물동량을 감안하여 상부시설 도입을 결정하고 1~2년 후 운영하는 기법으로 싱가포르항, 로테르담항 등 선진항만에서 적용되고 있다.

프로젝트에 대한 평가방법으로 주로 활용되고 있는 현금흐름할인분석법(DCF: discounted cash flow)²⁾을 주로 사용해 오고 있다. 물론 보완적으로 편익 비용분석과 내부수익률 등을 활용하긴 하지만 기존의 현금흐름할인분석법에서 활용되는 할인율이라는 하나의 변수로는 미래의 불확실성이나 위험 요인을 반영하고, 항만산업 고유의 유연성에 대처 할 수 있는 여러 대안을 고려하는데 한계가 있다. 예를 들어 정책의 변화로 항만의 규모가 축소된다면 그 대안의 가치를 평가하는데 기존 방법은 그 유연성이 한계가 있는 것이다. 이에 새로운 항만투자의 경제적 타당성 평가의 한 방법으로, 또한 DCF의 보완 도구로 실물옵션가격결정법(real option pricing method, ROPM)을 사용하고자 한다.

실물옵션가격결정법은 금융옵션가치평가 방법을 응용하여 투자에 관련된 불확실성, 시기의 가치를 반영하여 단순히 투자행위의 수익성만이 아닌 투자 대안에 따른 유연성 있는 의사결정을 할 수 있게 한다. 다시 말해 일반적인 자료를 이용해 환경에 대처하는 경영의사결정의 유연성 제고와 전략적 옵션가치도 고려할 수 있는 장점이 있으며, 평가 대상 기술의 가치 이외에 가치를 최대로 하기 위한 최적 투자 시점에 대한 정보도 얻을 수 있다는 이점이 있다.

현재 ROPM의 활용 영역은 발전소 건설, IT기업, 유전개발, 부동산 투자, 벤처 등이며, 이들 분야에서 실물옵션가치평가모델을 적용 시킨 이론연구와 사례연구가 많이 이루어지고 있지만 그 적용 범위의 유용성에 대한 의문은 여전히 남아 있다. 여기서는 기존의 가치평가방법인 현금흐름할인분석법과 실물옵션가치평가법을 비교하고 기본적인 금융옵션과 실물옵션가치평가법을 소개한다.

이 논문은 정부가 사업예비타당성 조사를 실시한 K항에 대한 자료를³⁾ 활용하고 있다. 이 자료를 기초로 DCF를 이용한 경제성 평가와 실물옵션을 이용한 경제성 평가를 실시해 두 방법을 비교하고 실물옵션의 한 방법인 축소옵션을 사용하여 미래의 불확실성속에 항만개발축소가 있을시 그 가치를 평가하여 고비용 고위험인 항만 SOC사업의 적용을 통해 미래시간의 불확실속의 대안으

2) 이후 DCF라 칭하겠음.

3) 본 연구에서 DCF를 이용한 경제성 평가 부분은 K항 사업 예비타당성 조사의 내용을 인용, 수정 하였음.

로서의 그 유용성을 평가하고자 한다.

제 2 절 연구방법 및 구성

본 논문은 기존의 가치평가방법을 고찰하고 선행연구를 통해 실제 응용 사례를 살펴보았으며, 실물옵션의 개념을 설명하고 금융옵션의 실물옵션적용 방법을 분석하고 있다. 실제 같은 조건의 변수와 자료를 통해 현재의 가치평가법인 DCF와 실물옵션 가치평가법으로 K항의 투자가치를 구하고 그 결과를 비교하는 실증분석을 수행하였다. 또한 기존 DCF법으로 K항의 투자가 축소되었을 때 원안과 변경안의 NPV를 비교하고 또한 실물옵션인 축소옵션을 사용하여 그 값을 비교하였다. 실증분석은 Excel의 VBA(Visual Basic for Application)를 이용한 블랙-숄츠의 이론가격 계산모형과 미국식 이항옵션모형, 그리고 분산감소기법(variance reduction technique)에 의한 몬테카르로 시뮬레이션 등을 이용하여 이루어지고 있다.

본 논문의 구성은 제1장 서론에 이어 제2장은 실물옵션의 개념과 금융옵션과의 비교 또한 주로 적용되는 실물옵션방법을 언급하고 사례에 따른 선행연구를 설명하였다. 제3장은 기존 가치평가법인 DCF모형을 설명하고 그 의의를 고찰함과 동시에 한계를 파악하고 인식함으로써 새로운 가치평가기법의 필요성을 제시하였다. 새로운 평가방법 중 최근 활용되기 시작한 옵션가격결정모형을 설명하고 그 중 이항옵션모형과 블랙-숄츠 모형을 어떻게 실물옵션에 적용할 것인가와 주요 변수의 의미와 실증분석모형을 설명하였다.

제4장은 실증 분석을 통해 두 가치평가법을 비교하고 항만개발 축소시 사용될 수 있는 실물옵션인 축소옵션의 가치를 구하고 실제 원안의 NPV값과 비교하였다.

제5장은 결론으로 연구 결과와 시사점 그리고 연구의 한계점 및 향후 과제를 기술하였다.

제 2 장 실물옵션의 이론적 고찰

제 1 절 실물옵션의 의의와 금융옵션의 비교

실물옵션은 금융옵션이론을 실물자산의 평가에 대해 옵션이론을 확장, 응용한 것이다. 이는 미리 정해진 기간내의 확정된 비용으로 포기, 확장, 축소, 연기 등의 특정 권리를 주장할 수 있다. 여기서 투자가 이득이 될시 그 투자안을 실행하고 이런 전략적 가치가 내재되어 기존의 DCF를 사용하여 도출된 값에 실물옵션의 가치를 더하여 그 결과를 도출한다. 다시 말해 미래의 경영의사결정에 유연성을 더한 것이다. 현재 추진 중이거나 향후 추진될 프로젝트의 가치를 제대로 평가하기 위해서는 현재 시점뿐만 아니라 미래사업 환경의 변화에 대한 기업의 적절한 판단과 대응능력도 종합적으로 고려할 필요가 있다. 이처럼 향후 프로젝트 추진에 있어 발생하는 기업의 유연성(flexibility), 변동성(volatility)을 내포하고 있는 옵션의 가격결정모형을 이용하면 프로젝트의 가치를 보다 적절하게 평가할 수 있다.

금융옵션(financial option)거래에서는 옵션매입자에게 특정 자산을 일정기간 이내에 미리 약정한 가격, 즉 행사가격(strike price)으로 사거나(팔거나) 혹은 사지 않을(팔지 않을) 수 있는 선택적 권리를 부여한다. 옵션매입자는 미래 옵션행사 시점의 상황에 따라 옵션소유자에게 유리한 경우에만 이루어지고 불리한 상황에서는 사거나 팔 권리의 행사가 포기될 수 있다. 다시 말해 옵션은 권리일 뿐 의무는 아니다. 만약 의무라면 유연성이 결여된 것이다.

만약 미래에 전개될 상황이 불확실하다면 기대이상의 결과가 가능하므로,

미래가 불확실할수록 옵션의 대가는 더욱 크고 또 이러한 불확실성은 가까운 미래보다는 먼 미래에 더 커지므로 만기가 길수록 옵션은 더 높은 가치를 가지게 된다.

옵션은 기본적으로 기초자산을 살 수 있는 권리인 콜옵션(call option)과 팔 수 있는 권리인 풋옵션(put option)으로 구분되며, 권리행사 시점에 따라 만기일 또는 그 이전에 언제라도 권리를 행사할 수 있는 미국형 옵션(American option)과 특정 만기일에만 권리를 행사할 수 있는 유럽형 옵션(European option)으로 구분된다.

금융시장 측면에서 보면 기초자산(underlying assets)은 보통 금융상품을 의미하며, 이러한 대상자산에 따라 주식옵션, 선물옵션, 통화옵션, 금리옵션 등으로 구분된다.

옵션의 거래로부터 얻어지는 이익의 크기는 만기시점의 기초자산의 가격과 행사가격에 따라 달라지기 때문에 이들은 해당옵션의 가격을 결정하는데 중요한 영향을 미치며, 콜옵션과 풋옵션의 경우, 만기에서의 가치는 다음과 같이 계산된다.

$$\text{call option}(C) = \text{Max}(O, S_t - X)$$

$$\text{put option}(P) = \text{Max}(O, X - S_t)$$

여기서 C와 P는 콜옵션 및 풋옵션 보유자가 만기에 취할 수 있는 이익가치(payoff)이며, S_t 는 만기시점(T)의 기초자산가격, X는 행사가격을 의미한다. 콜옵션의 경우, 만기시점의 자산가치가 행사가격을 상회할 때($S_t > X$) 그 차액만큼의 이익실현이 가능하고, 풋옵션의 경우 행사가격이 자산가치를 상회할 때($X > S_t$) 권리행사가 이루어진다.

옵션의 가치는 이러한 자산의 가격 및 행사가격 외에도 옵션의 만기일(T), 기초자산 수익률의 분산(σ^2) 및 무위험 수익률(Υ) 등도 옵션의 가격결정에 중요한 요소가 된다

이러한 금융옵션과 마찬가지로 선물옵션 역시 6개의 변수에 의해 이루어진

다. 투자안에 지출되는 금액은 옵션의 행사가격(X), 투자로부터 얻을 수 있는 현금흐름 기대치는 기초자산의 가격(S)에 대응된다. 또한 기업이 그 권리를 잃지 않으면서 투자할 수 있는 기간은 옵션의 행사기간(T)에 해당되며, 투자안의 현금흐름의 미래가치에 대한 불확실성, 즉 투자안의 위험성은 옵션에서 기초자산의 변동성(σ^2)과 같은 맥락에서 이해될 수 있다.(정경수, 2004)

<표 1>에서 보는 바와 같이 금융옵션과 실물옵션을 비교해 보면 금융옵션은 기초자산이 보통주나 채권 같은 증권이지만 실물옵션은 사업장이나 투자안 같은 유형 자산이다.

또한 모수를 추정함에 있어서도 금융자산은 시장에서 거래되는 금융상품을 대상으로 하기에 금융시장에서 항상 관찰 가능하고 수익률의 변동성 또한 역사적 자료나 유사 금융상품의 비교를 통해 옵션의 내재변동성을 계산해 낼 수도 있어 실물옵션보다는 접근이 더 용이하다.

실물옵션은 항상 시장에서 거래되는 자산이 아니기에 기본적으로 전통적인 순현재가법에 의해 기초자산의 현재가치를 산출한다.

<표 1> 실물옵션과 금융옵션의 변수 비교

실물옵션	변수	금융옵션
미래현금흐름의 현재가치	S	기초자산의 시장가격
투자비용의 현재가치	X	행사가격
옵션만기까지 잔여기간	T	만기까지의 잔여기간
미래현금흐름의 변동가능성	σ^2	기초자산가치 변동성
무위험 이자율	r	무위험 이자율
기회비용	D	현금배당금

제 2 절 실물옵션의 분류

최근 금융자산의 위험을 관리하는 한 방법으로 활용되는 옵션의 기본 원리를 실물자산의 가치평가에 활용하는 실물옵션에 대한 논의가 활발하게 이루어지고 있다. 여기서는 실물옵션에서 주로 활용되고 있는 다양한 접근법을 소개하고 있다.

금융옵션을 실물옵션에 확장해 적용해 보면 아래와 같은 다양한 종류의 옵션이 생성되고 있는 것을 알 수 있다 (<표 2> 참조).

첫째, 포기옵션(abandonment option)은 하나의 프로젝트를 포기하는 옵션으로 미국식 풋옵션으로 생각할 수 있다. 이는 자산의 현재가치가 청산가치보다 낮은 수준으로 하락하여 수익이 나지 않는 프로젝트를 포기함으로써 기대청산가치를 실행시킬 수 있다.

둘째, 개발연기옵션(option to defer development)은 자산을 개발하기 위한 투자를 연기할 수 있는 콜옵션으로 미개발 유전 등 대규모 설립비용(set-up cost)이 필요한 관계로 사업을 연기해도 경쟁적 신규진입이 발생하기 어려운 사업의 평가에 적합하며 개발을 연기하지 않았으면 얻게 되는 개발된 유전의 순매출에서 개발된 유전의 가치감소분을 차감한 것이 개발 연기시의 기회비용이다. 이 기회비용이 큰 경우 옵션의 만기 이전에 옵션을 행사할 것이다.

셋째, 확장옵션(option to expand)은 미국식 콜옵션 형식과 동일하며 투자의 여건이 좋아지는 경우 추가적인 투자의사결정을 할 수 있는 권리이다.

넷째, 축소옵션(option to contract)은 설립비용이 낮고 운영 및 유지비용이 높아 사업 환경이 악화되어 사업규모를 축소해도 현금흐름 감소분보다 운영 및 유지비용의 절약분이 큰 사업의 평가에 적합하고 투자의 규모를 축소할 수 있는 권리를 가지는 미국식 풋옵션과 그 형식이 동일하다. 많은 투자에서 그 투자 규모가 축소되는 경우가 있는데, 이를 풋옵션의 행사 가격으로 생각하면 된다.

다섯째, 단계옵션(time to build option)은 제약 등 R&D주도형 사업, 전력, 가스, 대규모 부동산개발 등 자본집약형 사업, 벤처투자사업과 같이 단계적으로 투자가 이루어지는 사업의 평가에 적합하다.

여섯째, 전용옵션(option to transfer)은 정유사업 등과 같이 제품 및 원료의 수요나 가격변동에 따라 생산물의 규모나 조합을 손쉽게 변경할 수 있는 사업의 평가에 적합하다.

일곱째, 재개옵션(restart option)은 최종재 가격 등의 하락으로 변동비율을 충당할 수 없게 된 경우 일시적으로 사업을 중단했다가 재개하는 경영상의 옵션을 평가하는데 적합하다.

여덟째, 시장진입옵션(market entry option)은 성장가능성이 있는 시장에 진입할 의사결정을 보류할 수 있는 경영상의 옵션으로서 연기옵션과 유사하나 경쟁적 신규진입의 가능성이 있다는 점에서 연기옵션과 차이가 있다.

아홉째, 연장 및 단축옵션(option to extend or shorten)은 일정금액(행사가격)을 지불함으로써 자산이나 계약기간의 연장이 가능하고 역으로 자산이나 계약기간을 단축하는 것을 의미한다. 예로 부동산 임차계약을 살펴보면 된다.

열번째, 스위칭옵션(Switching option)은 투자의 운영을 중단 재개할 수 있는 옵션이다.

열한번째, 복합옵션(compound option)은 기존 투자에 또 다른 투자를 추가하는 프로젝트에 이용할 수 있다.

열두번째, 일시중단옵션(shutdown option)은 일시적으로 사업을 중단한 경우 향후 현금흐름에 대한 평가에 적합하다.

열세번째, 취소옵션(cancellation option)은 사업 환경의 악화로 수주한 제품의 납입을 취소할 수 있는 경영상의 옵션으로 대개 수주로부터 납입까지의 기간이 긴 사업의 평가에 적합하다.

이외에 기존옵션에 또 다른 옵션을 추가하는 복합옵션, 하나의 옵션에 여러 종류의 옵션이 한꺼번에 포함되어 있는 무지개 옵션 등도 있다.

〈표 2〉 실물옵션의 분류

		기초자산	행사가격
콜 옵 션	연기옵션	사업을 연기할 경우의 기대현금흐름의 현재가치	투자액
	확대옵션	사업확대에 따른 기대현금흐름의 현재가치	투자액
	단계옵션	차단계 기대현금흐름의 현재가치	다음단계 진입에 필요한 투자액
	전용옵션	전용에 의해 증가하는 기대현금흐름의 현재가치	전용에 드는 비용
풋 옵 션	재개옵션	재개에 의한 기대현금흐름의 현재가치	변동비용
	시장진입 옵션	진입을 연기한 경우의 기대현금의 현재가치	진입에 필요한 투자액
	축소옵션	사업축소에 따른 기대현금흐름의 현재가치	사업축소로 절약할 수 있는 비용
	청산옵션	사업지속에 따른 기대현금흐름의 현재가치	청산가치
	일시중단 옵션	중단에 의한 기대현금흐름의 현재가치	변동비용
	취소옵션	수주한 제품이 발생시키는 기대현금흐름의 현재가치	수수금액

자료: 김동환(2002).

제 3 절 선행연구

80년대 초반부터 단순한 현금흐름의 할인에 의한 DCF법의 전략적 유연성의 한계가 논의되면서 금융옵션을 실제 사례에 대비하여 연구하는 실물옵션의 연구가 활발히 일어났다.⁴⁾

4) Abernathy(1980), Garvin, Hayes and Abernathy(1980), Hayes and Garvin(1982).

Myers(1987)는 기업의 전략적 관점에서 현금흐름할인법 등 순현재가치 기준의 부적절함을 지적하고 실물옵션의 개념을 도입할 것을 주장하면서 초기투자에 대한 가치를 미래성장기회에서 찾았다.

McDonald and Siegel(1986)은 연기옵션의 가치를 평가모형으로 제시하였고, Majd and Pindyck(1987)은 연속적인 투자에 있어 연기옵션을 이용한 평가모형을 제시 하였다. Dixit and Pindyck(1995)는 미래의 투자에 있어 DCF 자체의 결함을 극복하기 위해서는 금융옵션방식으로의 다양한 접근이 필요하다고 주장했다.

Trigeorgis and Mason(1987)은 실물옵션 평가기법인 Decision Tree 분석의 우월성을 주장했고, Pyndick(1989)은 투자결정의 확정시 상품가격의 불확실성하에서 생산설비의 재량에 대한 옵션을 분석하였다.

Luehrman(1998)는 Black-Scholes의 모형을 이용하여 의사결정에 있어 실물옵션에 적용할 수 있는 방법을 제시하였고, Copeland and Antikarov(2001)는 Black-Scholes의 모형 한계를 지적하면서 이항옵션모형을 사용한 방법을 설명하였다.

그 외 최근 새로운 분야별 실물옵션적용 연구를 살펴보면 다음과 같다.

Pereira와 2명(2006)은 국제공항의 최적 건설시점을 실물옵션을 통해 분석했는데, 공항이용승객과 이용료를 이용하여 수익을 계산하고 공항개발사업의 긍정적 부정적 영향을 이용해 그 현실성을 보았으며 실제 공항에 이용하여 그 모델의 적용성을 높였다. Salahaldin의 1명(2005)은 투자비용과 인구증가의 불확실성 아래서의 운송망 유지에 관한 연구를 했는데 특히 대기오염을 감소시키는 운송망 유지를 그 대상으로 하였는데 불확실성 커질수록 투자시점 역시 긴 시간을 기다려야 한다는 결과를 제시했다. Abadie의 1명은(2006)는 미국식 옵션을 이용하여 몬테카르로 시뮬레이션을 통해 천연가스 투자와 또한 이에 연관된 발전소 건설의 타당성을 연구하였고 관련 연구의 기초가 되는 세 가지 주요 변수를 추출하였다. 또한, Sodal의 3명(2006)은 해운운임 특히 dry bulk와 wet bulk market에서의 combination carrier의 운임을 이용하여 switching

option을 사용, 새로운 combination carrier의 시장 진입 시기를 계산했다. Charles Y. J. Cheah의 1명(2005)은 정부 기반산업에 대해 몬테카르로 시뮬레이션을 적용하여 대형 투자사업에 있어 실물옵션의 적용성을 확대 시킬 수 있는 결과를 도출 하였으며, Tzouramani의1명(2004) 농업투자에 있어 온실건설의 타당성 분석에 실물옵션을 적용하여 그 시기별 투자 시점을 연구 하여 그 가치를 계산 하였다. 최근 Sadowsky(2005)는 생산발달단계별 가치를 실물옵션을 통해 연구하여 기존 가치평가법과 그 결과를 비교하여 단계별 가치를 평가할 때 그 적용의 유용성을 밝혀냈다.

우리나라에서의 실물옵션연구는 아직 초기 단계로 IT기업 같은 벤처기업과 발전소건설과 같은 에너지 사업, 부동산 개발, 기업 인수합병 등에서 가상 자료나 실제 자료의 가정을 통해 그 접근성을 시도하고 있다. 그 연구 내용을 살펴보면 다음과 같다.

이현정(2003)은 정보기술벤처 산업의 적절투자시점을 실물옵션을 통해 연구하였고, 윤원철외 2명(2003)은 발전소 건설 타당성 분석에 각 변수들의 민감도 분석을 통해 실물옵션을 사용하였다. 박호정의 1명(2003)은 농지 보전을 통한 농업투자 부분에 실물옵션을 사용하였고, 윤종옥외 1명(2004)은 벤처기업 가치 평가에 실물옵션을 적용하여 연구하였으며, 서상택(2006)은 관수시설투자의 경제성 분석에 실물옵션을 적용시켰다.

제 3 장 실물옵션의 가치평가방법

제 1 절 기존의 항만경제성 평가방법

1. 항만 경제성 타당성 평가의 의의

정부의 막대한 재정이 투입되는 항만투자사업은 정책적 차원의 검토와 지속적인 추진을 위한 정확한 경제적 타당성 검토가 필요하다. 이러한 평가를 통해 정부는 경제적 타당성이 있는 사업에 한하여 재정지원을 하고 있다. 특히 동북아 물류중심 국가로의 성장을 위해서는 항만개발이 전략적으로 이루어져야 함을 고려할 때 가장 물동량이 많고 경제성이 높은 항만을 집중 개발하는 것이 필요한 것으로 판단된다. 이러한 전략적 차원과 더불어 한정된 정부의 자원을 효율적으로 사용한다는 측면에서도 경제성 분석은 큰 의의를 갖는 것으로 보여 진다.

항만개발의 경제적 타당성 분석을 위해 대표적으로 편익-비용 비율, 순현재 가치, 내부수익률 등의 계산을 통하여 항만 투자사업의 경제성, 재무성을 파악하고 있다. 또한 경제성 분석에 사용된 각종 추정치의 오차를 보완하기 위해 수요, 비용, 할인율 등의 주요 변수의 변화가 경제성에 미치는 영향을 파악하기 위해 민감도 분석도 함께 수행하고 있다. 또한 그 결과는 항만 정책적 차원의 분석에 있어 가장 기본적인 자료로서 활용된다.

2. 기존의 항만 경제성 분석기법

1) 순현재가치(NPV)

사업에 수반된 모든 비용과 편익을 기준년도의 현재가치로 할인하여 총편익에서 총비용을 제한 값으로 순현재가치가 정(+)이면 경제적 타당성 있다고 본다.

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

B_t : t년도 편익의 흐름

C_t : t년도 비용의 흐름

r : 사회적 할인율

n : 사업의 기간

2) 내부수익률(IRR)

편익과 비용의 현재가치로 환산된 값이 같아지는 할인율 r를 구한다. 다시 말해 사업의 시행에 의한 순현재가치를 0으로 만드는 할인율을 구하는 것으로 내부수익률이 사회적 할인율 보다 크면 경제적 타당성이 있다고 본다.

$$IRR = B_0 - C_0 = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} = 0$$

3) 편익/비용 분석(BCR)

장래의 발생될 비용과 편익을 현재가치로 환산하여 편익의 현대가치를 비용

의 현재가치로 나눈 값으로 BCR>1이면 경제적 타당성 있다고 본다.

$$BCR = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+i)^t} + \frac{R}{(1+i)^n}}{\sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+i)^t}}$$

R : 잔존가치

4) 민감도 분석

B/C 비율, NPV, IRR에 영향을 줄 수 있는 여러 가지 투입 변수나 매개 변수를 변화시켰을 때 변화과정의 분석으로 경제성 분석에 사용된 각종 추정치의 오차를 보완하여 의사결정자의 위험발생을 줄이기 위해 필요하다.

제 2 절 DCF의 한계와 새로운 평가기법의 필요성

기존 항만의 경제성 분석 방법 중 전통적인 가치평가법으로 가장 많이 쓰이는 방법인 현금흐름할인법(DCF)을 좀 더 자세히 살펴보면 다음과 같다.

DCF는 새로운 사업을 추진함에 있어 미래에 획득이 예상되는 현금흐름과 최종 추정년도말의 잔존가치를 목표수익률로 할인하여 현재가치의 사업성을 평가하는 방법이다. 다시 말해 어떤 투자를 실행함에 있어 투자안의 순현재가치는 미래의 현금흐름 유입과 유출의 기대 증분의 현재가치를 말한다. 이 때 현재가치 계산을 위해 사용되는 할인율은 투자안의 위험도를 반영하여 선택된 위험조정 할인율이기 때문에 투자안의 위험도가 증가할수록 할인율도 증가한다.

그 산출식을 살펴보면 다음과 같다.

$$\text{현재가치 } PV = \sum_{t=1}^T \frac{E(CF_t)}{(1+r)^t} + \frac{CV_T}{(1+r)^T} \dots\dots\dots (1)$$

- (1) CF_t: t기의 현금흐름, CV_T: 추정년도말의 잔존가치,
 r: 목표 수익률(자본수익률이용)
 CF_t는 잉여현금흐름(FCF: free cash flow)으로 볼 수 있음

$$FCF = EBIT \times (1 - \tau) + DEPR - \cap EX \pm \Delta NWC \dots\dots\dots (2)$$

- (2) EBIT: 이자와 세금지급 전 이익, r: 법인세율, DEPR: 감가상각비
 ∩EX: 자본적 지출, ∆NWC: 순운전자본의 증감

자기자본잉여현금흐름(FCFE: FCF to equity) : 부채를 제외한 자기자본만의 현금흐름

$$FCFE = FCF - R \pm F \dots\dots\dots (3)$$

- (3) R: 금융비용, F: 금융부채 증감액

산출한 현금흐름을 가차화하는 목표수익률 r은 WACC 이용

$$WACC = R_e \frac{E}{V} + R_d (1 - \tau) \frac{D}{V}, \quad V = E + D \dots\dots\dots (4)$$

- (4) R_e: 자기자본비용, E: 해당기업 주식의 시장가치, R_d: 타인자본비용,
 r: 한계세율, D: 차입금의 시장가치, V: 자본구조의 총시장가치

CV_r: 잔존가치

$$CV_T = \frac{FCF_T \times (1+g)}{r-g} \dots\dots\dots (5)$$

(5) g: 현금흐름의 기대 증가율⁵⁾

위의 과정을 거쳐 음의 순현재가치가 나오면 투자를 선택하지 않고 양의 값이 나와야 투자를 선택한다.

하지만 미래의 현금 흐름을 예측하기가 힘들고 높은 위험성을 가진 사업일 경우 기업의 가치를 평가하기 위해 기존의 DCF를 그대로 적용하는 것은 한계가 있다. 투자의 특성에 맞는 높은 위험과 비유동성을 반영한 적정 할인율 산정이 현실적으로 힘든 것이다. 또한 DCF법은 하나의 미래 현금추정만으로 장기간을 평가한다는 약점이 있지만 물론 다양한 시나리오 분석을 통해 그 약점을 보완할 수도 있다. 하지만 가장 큰 문제점은 현재 시점에서 미래투자 결정이 이루어지다 보니 장기간의 투자일 경우 투자자의 의사결정의 변화나 시장의 변화 다시 말해 시간의 불확실성을 제대로 반영을 못 하는 것이다.

전통적인 현금할인모형은 미래의 예상되는 의사결정상의 유연성에 대체하지 못하며 기간에 따른 불확실성에 대한 변화에도 동일한 할인율을 사용하여 현재가치로 할인하기 때문에 정확한 분석을 기대하기 어렵다. 다시 말해 NPV를 경직적으로 적용하면 사업상의 의사결정과정에 내재된 다양한 유연성을 제공하는 옵션을 고려하지 못하기 때문에 자산의 가치를 저평가하는 우려 또한 존재하게 된다.

5) 정경수(2005)를 참조했음

〈표 3〉 실물옵션과 DCF의 주요 변수 비교

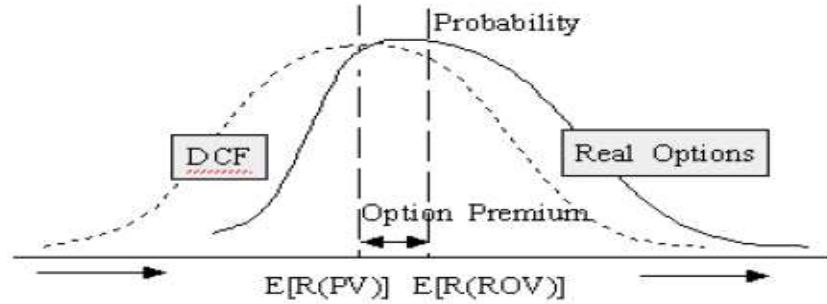
실물옵션평가법	DCF
*미래현금흐름의 현재가치(기초자산의 시장가치)	
*행사가격(투자비용의 현재가치)	
*기초자산가치의 변동성	*미래현금흐름의 현재가치
*옵션기간(옵션 만기까지의 잔여기간)	*투자비용의 현재가치(고정비용)
*무위험이자율	
*옵션보유로 인한 기회비용(옵션기간 동안의 지출)	

자료: Leslie and Max(1998).

〈표 3〉에서 보는 것처럼 전통적인 가치평가법인 DCF법은 투자안 또는 기업의 현금흐름 등의 변수가 미래에도 최초 의사결정 시점과 동일하다고 가정한다. 다시 말해 투자자의 향후 의사결정의 유연성을 반영하고 있지 않는 것이다. 하지만 현실은 미래의 불확실성속에 환경변화에 대처하기 위해 투자 전략의 수정은 언제든지 존재하며 최초 투자시의 의사결정이 항상 지속적인 것은 아닌 것이다. 환경변화에 대응하기 위해 투자자는 각 단계별로 투자를 연기, 확장, 포기, 축소 할 수도 있는 것이다.

본 연구에서 항만투자에 도입한 실물옵션의 장점은 이러한 투자과정상의 유연성을 가치평가에 반영하고 있는 것이다. 즉 투자자는 시간의 불확실성 가운데 환경변화에 대응하여 투자안의 가치를 극대화시킬 수 있도록 최초 투자시의 의사결정을 변경할 수 있는 옵션을 가진 것이다.

[그림 1] 실물옵션과 DCF의 투자회수확률분포



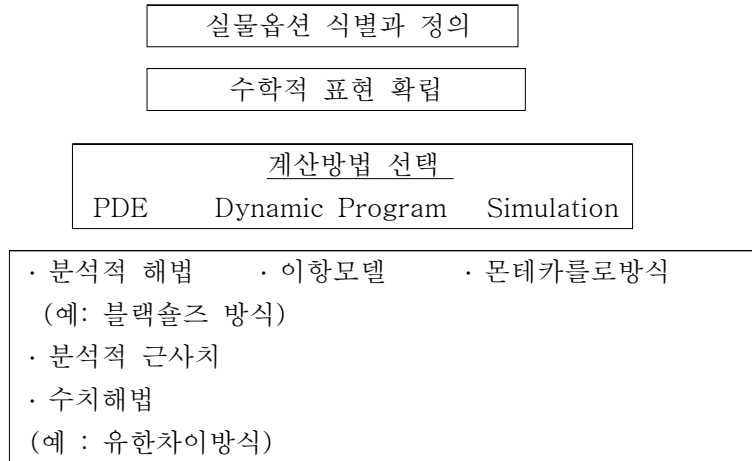
자료: 이현정(2002)

[그림 1]을 보면 DCF법과 비교해 볼 때 회수시 실물옵션의 옵션 프리미엄의 가치 만큼 차이를 확인할 수 있는데, 이는 많은 투자안이 기본적으로 부가된 옵션을 포함하고 있다. 여기서 각기 옵션들은 원래의 투자안과 다른 위험 특성을 가지고 있어 정확히 가치를 평가하기 위해서는 DCF법에서는 각각 다른 할인율을 사용할 수 있어야 가능하다. 이렇게 투자의 정확한 가치를 구하기 위해서는 각 단계별 다양한 환경변화에 대해 합리적 의사결정 및 유연성을 반영하는 가치평가법 도입이 필요한 것이다.

제 4 절 실물옵션에 의한 가격결정모형

실물옵션의 분석에 있어 가장 중요한 사항은 정확한 옵션의 가치 계산이 아닌 기업의 최적 전략 수립에 맞춘 실물옵션을 파악하여 가치를 계산하여야 한다는 점이다(Copeland and Antikarov, 2001).

[그림 2] 옵션가치계산모형



자료: Amram and Kulatilaka(1999)

[그림 2]에서 보는 것처럼 실물옵션의 가치를 계산하는 방법은 크게 세 가지 방법으로 구분된다. 첫째, PDE접근법은 편미분방정식 접근법으로 편미분방정식(partial differential equation)과 경계조건(boundary condition)을 이용하는 방법으로 그 대표적인 방법이 유럽식 콜옵션을 계산할 있는 Black-Scholes 방정식이다. PDE는 옵션계산에 있어 비교적 접근이 용이하지만 불확실성이 더 가중될수록 계산이 복잡해진다.

둘째, 다이내믹 프로그래밍(dynamic programming)은 발생 가능한 여러 가지 미래결과를 추정한 후 값을 열거한 후 역순으로 최적의 가치를 구하는 해법이다. 다시 말해 옵션기간 동안의 기초 자산에서 발생 가능한 가치를 열거한 후 역순의 미래 시점부터 계산을 한다. 현재의 의사결정에 의해 미래의 수익이 영향을 받을 경우에 최적의 의사결정 방법을 찾아주며 중간가치와 의사결정방식을 확인하는 것이 가능하여 중간 과정에서의 옵션가치의 변화를 파악할 수 있다. 대표적 방법이 이항모형에 의한 옵션계산이다.

셋째, 시뮬레이션모델이 있는데 일반적으로 몬테카를로 시뮬레이션(Monte Carlo simulation)이 사용된다. 시뮬레이션 방식을 통해 실제 상황의 여러 측

면 다시 말해 옵션가치와 기초자산의 관계, 의사결정방향과의 관계 등의 파악이 가능하나 미국형옵션, 연속옵션 등에는 적용하기 어렵다.

1. 옵션가격결정모형

금융옵션가치 모형은 크게 두 가지로 Black-Sholes 모형과 이항모형이다.

1) Black-Sholes 모형

증권 시장에서 관찰 가능한 변수를 사용하여 무배당 주식에 대한 유럽식 콜 옵션의 가치를 유도해낸 공식이다. 이 모형은 옵션의 가치를 기초자산가격과 시간의 함수로 가정하고 기초자산과 옵션을 이용하여 무위험 포트폴리오를 구성하고 그 수익률을 무위험 채권수익률과 동일하게 설정한 후 편미분 방정식을 활용하여 유도했다.

이 모형의 기본 가정은 다음과 같다.

첫째, 증권의 공매(short selling)에 대한 제약과 부담금이 없다.

둘째, 거래비용과 세금이 없으며 모든 증권은 완벽하게 분할될(perfectly divisible)수 있다.

셋째, 주가는 로그노말분포(lognormal distribution)를 이룬다.

넷째, 파생상품의 만기일까지 배당금이 없다.

다섯째, 증권의 거래는 연속적으로 이루어진다.

여섯째, 무위험 차익거래는 존재하지 않는다.

일곱째, 무위험이자율 r 은 일정하며 모든 만기에 대하여 일정하다.

μ : 주식 S 의 연간 수익률 $\frac{dS_t}{S_t}$

μdt : 순간 수익률(순간적인 시간변화 dt 당)

σ : 주가의 변동성(가격변화율의 표준편차)

σdt : 순간 변동성

이를 식으로 표현하면

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

파생상품의 가격은 기초자산과 시간의 함수 형태 $F(S_t, t)$ 로 표현할 수 있다.

Ito's Lemma를 적용해서 다음과 같이 dF 를 구하면,

$$dF = \left[F_s \mu + \frac{1}{2} F_{ss} \sigma^2 + F_t \right] dt + F_s \sigma dt$$

위의 두 식에서 공통요인은 dt 을 제거하면 포트폴리오를 무위험화할 수 있으며, 포트폴리오는 불확실성이 제거되면 무위험자산이 되고, 포트폴리오의 수익률은 무위험이자율 r 과 일치한다. 이 내용을 바탕으로 블랙-숄츠의 편미분 방정식을 도출하면 다음과 같다.

$$rF_s S_t + F_t + \frac{1}{2} F_{ss} \sigma^2 = rF$$

위 식을 이용해 $t=T$ 시점에서 $Max[S_T - X, 0]$ 의 경계조건하에서 각각 유럽형 콜옵션의 가격은 다음과 같다.

$$c = SN(d_1) - Xe^{-r_f(T-t)}N(d_2)$$
$$d_1 = \frac{\ln(S/X) + (r_f + \sigma^2/2)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}}, d_2 = \frac{\ln(S/X) + (r_f - \sigma^2/2)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}}$$

$Max[X - S_T, 0]$ 의 경계조건하에서 유럽형 풋옵션의 경우는 다음과 같다.

$$p = Xe^{-r_f(T-t)}N(d_2) - SN(-d_1)$$

여기서, S : 기초자산의 가격

X : 행사가격

r_f : 무위험 이자율

σ : 기초자산의 변동성

T : 옵션의 만기, t 는 현재시점

$N(x)$: 표준정규분포 즉, 평균이 0이고 표준편차가 1인 정규분포의 누적확률분포함수(cumulative probability distribution function)

2) 이항모형

주가가 이산적으로 변하여 그 변동은 상승 또는 하락 두 가지로 한정된다는 가정하에 도출된 모형이다.

블랙-숄츠 모형은 유럽형 콜옵션을 전제로 하고 있어 만기 이전에 옵션행사가 불가능하기 때문에 경계조건을 도출해 내는 것이 용이하다. 그러나 미국형 옵션의 경우에는 옵션기간 만기전에도 옵션을 행사할 수 있다. 이 경우 블랙-숄츠 모형은 경계조건을 도출해 내기 어렵다. 하지만 이항모형은 기초자산의 가격 변화가 Δt 동안 상승과 하락의 변동폭만 있다고 가정을 하면 기초자산의 가격 변화는 이항분포를 갖는다.

기초자산의 가격은 S , Δt 이후의 가격의 상승은 uS , 하락은 dS 로 변화할 수 있으며 기초자산에 근거한 콜옵션을 가정하면 아래의 식으로 표현할 수 있다.

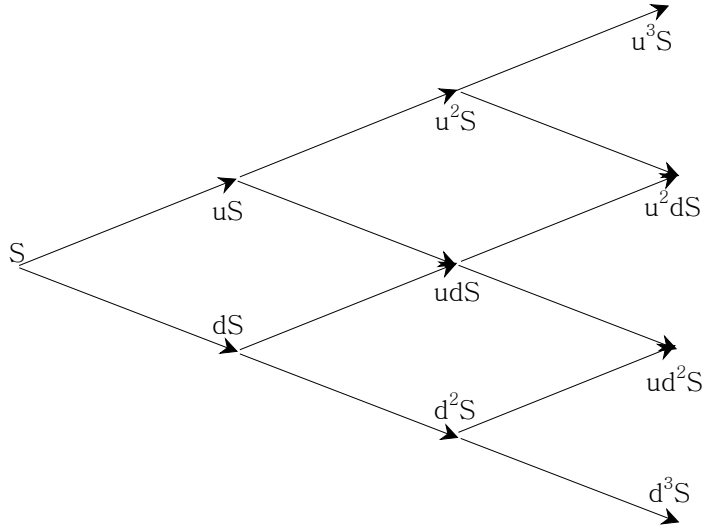
Δt : 콜옵션의 만기

X : 행사가격

기초자산 가격이 uS 일 경우 $C_u = \text{Max}(uS - X, 0)$

기초자산 가격이 dS 일 경우 $C_d = \text{Max}(dS - X, 0)$

[그림 3] 기초자산의 이항움직임과 옵션의 가치



$$C_u - \Delta uS = C_d - \Delta dS$$

이 식을 만족시키는 Δ 는 다음과 같다.

$$\Delta = \frac{C_u - C_d}{(u - d)S}$$

여기서 Δt 동안 포트폴리오는 무위험 상태가 되어 그 기간 동안의 수익률은 무위험 이자율 r 이 된다.

Δt 후의 가치는 무위험 수익률과 같다.

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

식의 Δt 를 대입하여 콜옵션 값 C 는 아래와 같다.

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

이 식에서 위험중립확률 p 를 아래와 같이 정의하면

$$p = \frac{e^{r\Delta t} - d}{u - d}$$

위의 식을 통해 미국식 콜 옵션을 구할 수 있다.

$$C = e^{-r\Delta t} (pC_u + (1 - p) C_d)^{6)}$$

2. 실물옵션의 적용

1) 위험중립의 가정

금융옵션에서의 가격결정모형은 위험중립가치평가(risk-neutral valuation)를 통해 시장에서 거래되는 옵션과 그 기초자산으로 구성된 포트폴리오를 델타의 헷징으로 무위험포트폴리오를 만들 수 있다. 그래서 위험중립을 가져다 주는 위험중립확률을 구한 후 옵션의 기댓값을 구한 뒤 무위험 이자율로 할인하여 옵션의 현재가치를 구할 수 있었다. 실물옵션에 이러한 위험중립의 가정을 적용시키기 위해서는 투자안의 현금흐름과 거의 유사한 현금흐름을 나타내는 대용증권을 도입해야 한다.

무차익거래의 균형상태에서, 대용증권의 가격은 실물투자안의 균형가격이 된다. 만약 시장에서 이러한 대용증권이 없을 경우, 투자안의 현금흐름 자체가 시장성을 갖는다고 가정한다. Copeland(2001)는 이에 대해 자기자본의 DCF 가치는 자기자본의 시장가치와 상관관계가 높게 형성되는 점을 착안하여 투자안의 현금흐름 자체를 대용증권의 시장가치의 추정치(estimate)로 사용할 수

6) 홍동표 외(2001)를 참고 하였음.

있다고 했다.

2) 변동성의 측정

변동성의 측정은 옵션가치평가에서 중요한 변수 중 하나이다. 하지만 옵션 만기까지의 기간이 긴 투자안에 있어 정확한 측정은 매우 힘든 일이다. 특히 현금흐름의 과거 자료가 없는 투자에서 역사적 변동성을 구하는 것은 불가능하기 때문에 유사한 대용변수를 통해 변동성을 구해야 한다. 물론 투자의 대상에 따라 다르겠지만 상장회사인 경우 주가 변동성을 사용할 수도 있다. 이 또한 투자의 사안별 내용에 따라 달라질 것이다. 물론 현금흐름의 불확실에 영향을 미치는 대용변수들을 구하고 이들 현금흐름 변수간의 상관관계가 있다면 그 표준편차를 변동성으로 이용할 수 있다.

대용변수 설정은 전체적인 투자안에서 대표성을 갖는 변수만을 생각하는 것이 효율적이며 대부분의 경우에 있어서 프로젝트의 현금흐름에 크게 영향을 끼치는 변수로는 제품가격, 수량, 투자비용 등을 생각해 볼 수 있다.

하지만 옵션가격결정모형에서 가정하는 기초자산의 변동성이 고정된다는 설정 자체가 DCF의 활인을 문제처럼 적합하지 못하다는 의견이 있다.

3) Copeland의 4단계 방법론

1단계는 전통적인 DCF접근법을 통해 의사결정의 유연성이 없는 기본시나리오에서의 현재가치를 산출한다.

2단계에서는 DCF모델을 그 프로젝트의 변동성에 영향을 주는 불확실성을 반영한 이벤트트리를 확대한다. 이 단계에서는 프로젝트의 가치가 어떻게 변화할 것인지를 사상트리 위에서 나타내 보이는 데 이를 위해서는 사상분기점에서 명확히 표현되는 가치들(explicit values), 객관적 확률 및 WACC를 이용한다. 또한 이 단계에서는 곱셈 형식의 확률과정(multiplicative stochastic process)을 사용할 것인지 아니면 덧셈 형식의 확률과정(additive stochastic process)을 사용

할 것인지와 평균회귀성향(mean reversion)을 모델에 도입할지 여부를 결정해야 한다. 모델에 의사결정상의 유연성이 없기 때문에, 사상트리에 기초한 프로젝트의 현재가치는 1단계에서 도출한 DCF가치와 동일해야 한다.⁷⁾

3단계에서는 이벤트트리가 의사결정트리로 변환되는데 이는 활용 가능한 투자 의사결정상의 유연성(mananagerial flexibility)을 파악하여 트리의 각 의사결정분기점에 수치화한다. 경영의사결정의 유연성이 각각의 개별 의사결정분기점에서 나타나는데 이들의 순위를 정한다.

4단계에서는 유연성을 활용하려고 결정하는 경우 이것이 프로젝트에 내포된 위험의 속성을 변화시킨다. 이 때 수리적 방법과 스프레드 쉬트를 이용하여 전체 프로젝트의 가치를 평가한다. 위의 설명을 표로 나타내면 <표 4>와 같다.

<표 4> 옵션가치평가에 있어서의 종합적 접근의 4단계법

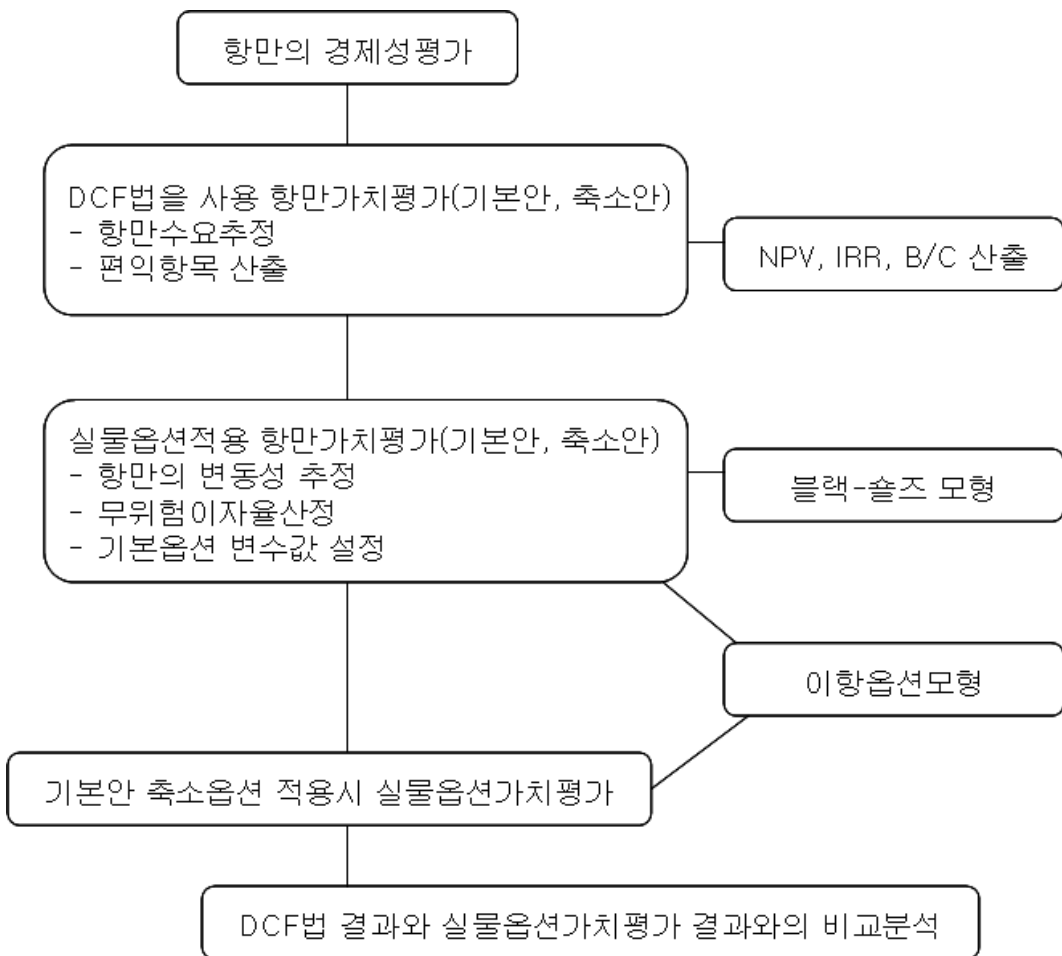
단계	1.DCF접근법을 이용하여 유연성이 없는 기본 시나리오 하에서 현재가치 계산	2.사상트리(event tree)를 이용하여 불확실성을 모델링	3.경영상의 유연성을 찾아내고 체계화하여 의사결정트리(decision tree) 구성	4.옵션의 가치 계산
목표	t=0에서의 유연성이 없는 기본 시나리오하에 현재가치계산	불확실성의 변화에 따라 현재가치가 어떻게 변화하는지를 이해. 곱셈형식 또는 덧셈형식의 확률적 과정 중 선택	새로운 정보에 대응하기 위한 경영상의 유연성을 찾아내고 구체화하기 위한 사상트리 분석	수리적 방법과 스프레드 쉬트를 이용하여 전체 프로젝트의 가치를 평가
평가	유연성이 고려되지 않은 전통적인 현재가치접근법	유연성이 아직 고려되지 않은 상태. 따라서 2단계에서의 가치는 1단계에서의 가치와 동일 불확실성에 대한 명확한 추정	유연성이 사상트리에 접목됨. 이에 따라 사상트리는 의사결정트리로 변환됨. 유연성이 프로젝트와 위험의 성격을 변화시킨. 이에 따라 자본 비용율도 변화됨	옵션가치평가에 유연성이 없는 기본시나리오하에서 현재가치 및 옵션(유연성)의 가치가 모두 포함되게 됨. 불확실성이 높고 경영상의 유연성이 높은 경우 옵션가치는 상당히 높은 수준에 있게 됨.

자료: 박동원(2004)

7) 이때 Copeland는 유연성이 없는 프로젝트의 DCF가치의 편차를 분석하는 '몬테카르로분석법(Monte Carlo analysis)'을 추천하고 있다.

3. 실증분석흐름

이 연구는 아래의 흐름에서 나타내고 있는 것처럼 우선 전통적인 경제성 평가기법을 활용하여 경제적 타당성을 분석을 하고 있다. 그리고 옵션모형을 활용하여 항만개발의 경제적 가치를 다시 조사하고, 이를 DCF법을 이용해 추정 한 결과와 비교·분석하고 있다.



제 4 장 실증분석

제 1 절 K항 사례의 경제적 타당성 평가 개요

정부에서 의뢰한 예비 타당성조사⁸⁾에서 경제성이 없는 것으로 밝혀진 K항 건설 사업을 위한 경제적 타당성평가의 내용과 기초 자료를 이용하여 실증분석을 하였다.

이 연구에 활용되고 있는 항만개발 사업의 개요는 다음과 같다.

〈표 5〉 인천남항국제여객터미널의 투자 개요

(단위: 백만원)

시나리오		총공사비	공사기간	운영기간	실질 할인율	물가 상승률
원안 (10선석)	I(여객수요추정모형 A)	527,876	2007년 - 2011년	30년	6%	4%
	II(여객수요추정모형 B)					
변경안 (7선석)	I(여객수요추정모형 A)	481,244	2007년 - 2011년	30년	6%	4%
	II(여객수요추정모형 B)					

여기서 원안은 관련부서가 제출한 최초계획안이며 변경안은 경제성 문제로 평가 도중 관련부서가 선석의 규모를 축소시킨 변경 계획안이다.

또한 여객수요추정모형A는 시계열모형을 통한 수요 추정이며 여객수요추정모형B는 경제성 평가 중 관련부서가 요구한 로지스틱모형을 이용한 수요추정

⁸⁾ 본 연구에 인용된 보고서는 K항 건설사업 예비타당성조사를 활용하고 있다.

모형이다.

최초 예비타당성조사의 연구진은 여객수요모형 A를 기준으로 하여 경제성 분석을 시행하였는데, 그 이유는 로지스틱 회귀모형은 기본가정에서 수요 추정의 주요 요소인 상한값 설정에 있어 공신력 있는 예측 자료가 없는 어려움으로 실현가능성이 낮다고 판단되었기 때문이다..

본 연구도 최초 연구와 같은 가정을 하고 실물옵션을 적용하여 그 결과를 분석하는 것이 목적이므로 여객수요모형 A를 기준으로 분석하였다.

제 2 절 기존 DCF 방식에 의한 경제성평가

K항 국제여객터미널의 경제성 평가에 사용된 여객수요추정 방법 · 화물수요추정 방법 그리고 편익항목 등을 살펴보면 다음과 같다.

1. 여객수요추정

1990년 9월 한·중 항로개설 이후 K항에 취항하는 국제여객선의 항로와 수송수요는 지속적으로 증가하고 있다. 현재 K항을 이용하는 선박은 3만톤급 1척과 2만 7천톤급 2척과 2만톤급 미만의 선박 7척이 운항 중이다. 이들 선박 중 20시간 이상의 운항시간이 소요되는 항로에 취항하고 있는 선박들은 주 2회 운항하며 15시간 내외의 운항시간이 소요되는 나머지 6개 항로의 선박들은 주 3회 운항하고 있다.

여기서 여객수요추정결과는 항만투자에 있어 기초가 되는 자료로서 본 연구에서는 두 가지 방법이 사용되었다.

1) 분석의 전제사항

첫째, 기존 항만시설 및 선박수송능력이 추정 수요의 제약요인으로 작용할 수 없다.

둘째, 항만시설 확장으로 인한 유발수요는 고려하지 않고 있다.
 셋째, 특정 행사나 특정 질병⁹⁾ 등으로 인한 일시적 수요 팽창 혹은 감소요인은 고려 대상에서 제외하였다.
 넷째, 관측 자료는 1990년부터 2005년까지의 연도별 입출항자료를 활용하고 있다.

2) 시계열분석에 의한 방법

조정된 자료(Y_t^*)¹⁰⁾를 가지고 Box-Jekins의 식별법을 이용, 아래식을 이용하여 추정 및 예측하였다.

<예측모형 I>

$$Y_t^* = a_0 + a_1 \times T + a_2 \times Y_{t-1}^* + \epsilon_t$$

여기서, Y_t^* : t년도 여객수송실

T : 시간변수(1990 = 1, ...)

ϵ_t : 오차항

연도별 자료의 추세와 인터셉트를 고려하여 회귀모형을 검정한 결과 인터셉트가 존재한다는 가설이 기각될 확률이 높으므로 인터셉트를 0으로 가정하였다.

회귀모형을 다음과 같이 결정하고 모형을 추정하였다.

$$Y_t^* = a_1 \times T + a_2 \times Y_{t-1}^* + \epsilon_t$$

여기서, Y_t^* : t년도 여객수송실적

T : 시간변수(1990 = 1, ...)

ϵ_t : 오차항

9) 실제 2002년과 2003년의 여객수송실적은 사스(SARS)에 의해 감소하였다.

10) 국제정기여객선 수요실적 자료는 계절성과 추세가 있으므로 계절성을 승법방식(Multiplicative method)을 이용하여 분리한 후의 자료를 활용하였다.

최종 예측 결과는 위 모형에 의해 도출된 값을 채택하였다.

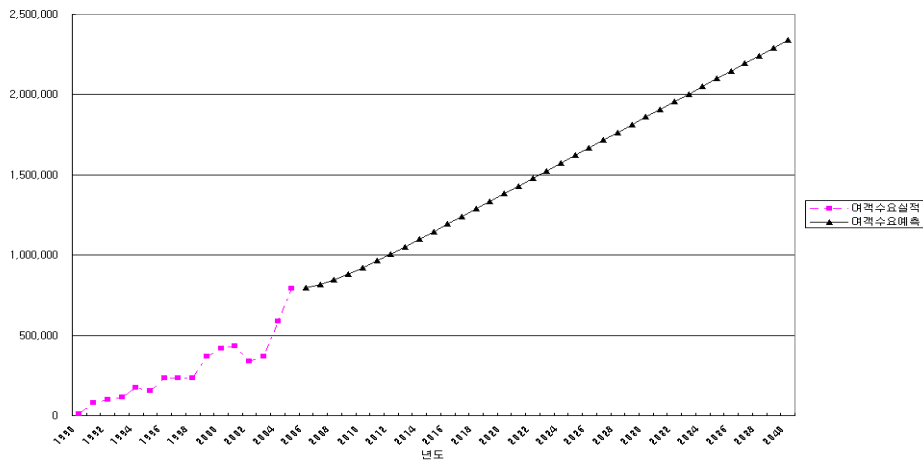
$$Y_t^* = 15445.77T + 0.6771Y_{t-1}^* + \epsilon_t$$

(1.4965) (1.9607)

$$R^2 = 0.8740, \bar{R}^2 = 0.7935$$

[그림 4] 시계열분석 회귀모형에 따른 수요예측 결과

(단위 명)



3) 로지스틱 회귀 모형에 의한 방법

로지스틱 곡선은 시간의 흐름에 따라서 종속변수가 장기적으로는 S자형 곡선을 나타내는 것으로 상한이 존재하는 분야에 적합한 모형이다.

<로지스틱 곡선>

$$f(t) = \frac{K}{1 + e^{\alpha + \beta t}} = \frac{K}{1 + me^{-at}}$$

$$at \ m = e^{\alpha}, a = -\beta$$

SPSS 사용 회귀식의 변형은 다음과 같다.

$$Y_t = \frac{1}{1/u + b_0 \times b_1^t}$$

u = 2,500,000명 (최대 상한)¹¹⁾

t = 시간단위의 수 (1990년=1)

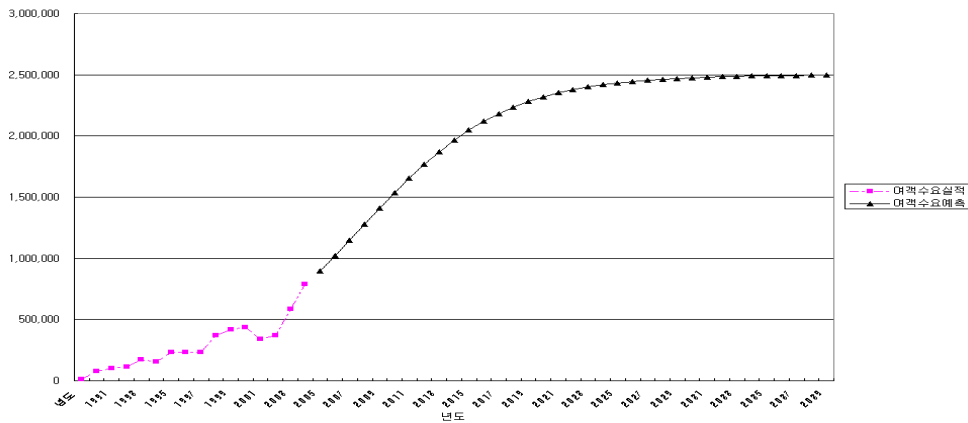
$$Y_t = \frac{1}{\frac{1}{2,500,000} + 2.5E-5 * 0.8113^t}$$

(33.561) (3.471)

$$R^2 = 0.7786, \overline{R^2} = 0.7628$$

[그림 5] 로지스틱 곡선 회귀모형에 따른 수요예측 결과

(단위: 명)



4) 여객수요 예측 결과

여객수요 예측결과를 살펴보면 시계열모형보다 로지스틱모형이 그 수요가 높게 나타났다(<표 6> 참조).

11) 우리나라 해상 국제여객 수요를 로지스틱 모형으로 추정하였다.

<표 6> 여객 수요 예측표

(단위: 명)

년도	모형 A		모형 B	
	예측치	증가율	예측치	증가율
2006	797	0.96%	897	13.64%
2007	818	2.58%	1,021	13.76%
2008	847	3.59%	1,149	12.57%
2009	882	4.17%	1,279	11.36%
2030	1,861	14.73%	2,471	2.15%
2035	2,100	12.84%	2,490	0.76%
2040	2,339	11.38%	2,496	0.24%
2041	2,387	2.05%	2,467	-1.16%

예비 타당성 조사에서 로직스틱 곡선을 이용한 모형B는 상한선 설정이 작위적인 경향이 있고, 현재 여객수요추정에 있어 너무 많은 가정을 사용하여야 하며, 선행연구의 부족으로 논리적 근거가 빈약하다는 이유로 “항만부분 사업의 예비타당성 조사 표준지침 연구(개정판)2001”에서 제시한 시계열 모형인 모형A의 결과를 이용하였다. 하지만 시계열모형 역시 과거 자료로만 여객수요를 추정하는데 한계가 있다.

2. 화물수요추정

본 연구에서는 시계열 분석에 의한 방법을 이용하여 화물수요를 추정하고 있으며 조정된 자료(Y_t^*)를 가지고 Box-Jekins의 식별법을 이용하였다. 관측 자료는 1990년부터 2005년까지의 연도별 입출항자료를 활용하고 있다.

<예측모형>

$$Y_t = \alpha_0 + \sum_{k=1}^n a_k Y_{t-k} + \varepsilon_t$$

Y_t : t년도 인천항국제여객 컨테이너 화물물동량

ϵ_t : 오차항

모형검정 결과 절편(a_0)과 t-2차년도 이후의 파라미터 값($a_k, k = 2, 3, \dots, n$)은 t검정결과 유효하지 않는 것으로 나타나고 있다. 이를 통하여 추정된 회귀 모형은 아래와 같다.

$$Y_t = 1.2285 Y_{t-1} \\ (42.3052)$$

이를 바탕으로 화물 수요를 예측하는 것은 현실성이 거의 없는 것으로 판단된다. 화물수요의 경우 추세만이 존재하고 계절성을 배제하여 위와 같은 모형을 설정하였으나 검정결과 유의하지 않는 것으로 나타났다.

그래서 국제여객 수요와 같이 화물의 수요에도 추세이외에 계절성이 존재함을 가정하였다. 회귀 모형을 시계열 분석방법 모형 중에서 다음과 같이 재설정하여 추정하였다.

$$Y_t^* = a_0 + a_1 \times T + a_2 \times Y_{t-1}^* + \epsilon_t$$

여기서, Y_t^* : t년도 화물수송실적

T : 시간변수(1990 = 1, ...)

ϵ_t : 오차항

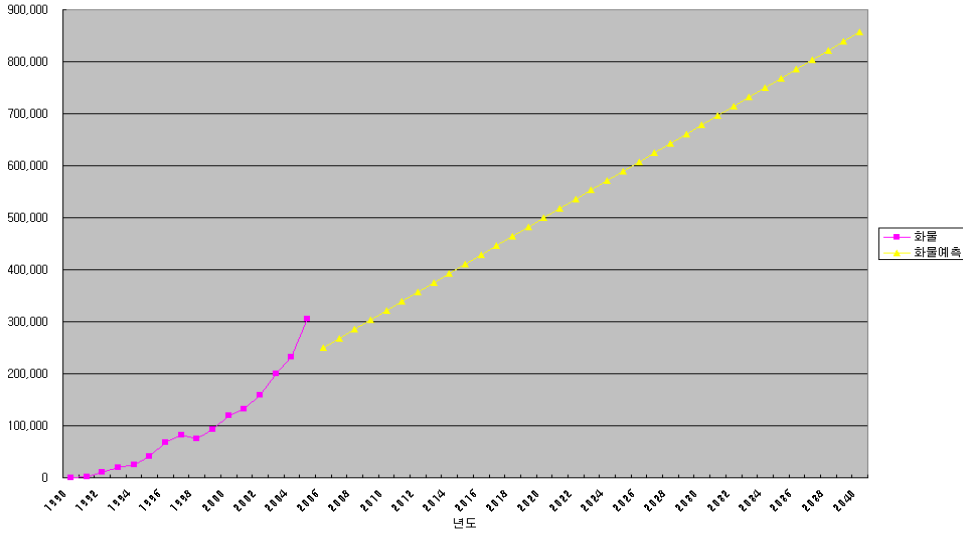
추정 결과는 아래와 같다.

$$Y_t = -53857.5 + 17852.2T \\ (-3.5382) \quad (11.3405)$$

$$R^2 = 0.9018, \overline{R}^2 = 0.8948$$

[그림 6] 화물수요예측 결과

(단위: TEU)



화물수요의 예측결과를 보면 꾸준히 증가하는 것으로 나타나지만 이 역시 과거 자료 하나만 이용한다는 한계가 있다. <표 7>에서 보는 것처럼 2015년 이후부터는 1일 평균 수송실적이 1천 TEU를 증가하고 있으며, 2040년에 이르러서는 2천 TEU를 초과할 것으로 추정되고 있다.

<표 7> 화물수요예측 결과

(단위: TEU)

년도	화물 수송 예측	1일평균 수송실적	년도	화물 수송 예측	1일평균 수송실적
2006	249,630	684	2020	499,561	1,369
2007	267,482	733	2025	588,822	1,613
2008	285,334	782	2030	678,083	1,858
2010	321,039	880	2040	856,605	2,347
2015	410,300	1,124	2041	874,457	2,396

3. 편익항목

1) 이용객지체감소 편익

현재 사용 중인 제1국제여객터미널과 제2국제여객터미널의 선박당 여객수와 입출국 소요시간자료를 분석하여 1인당 평균처리시간을 현실적으로 산정한다. 이를 계획 중인 터미널의 입출국 소요시간 산정과 비교하여 입출국 소요시간 증감여부를 판별하며, 증감된 1인당 소요시간을 이용하여 이용객지체 감소효과에 관계된 편익을 추정하고 이용객지체감소 효과에는 동시입항으로 인한 지체감소 편익과 CIQ 처리능력에 따라 달라지는 검침으로 인한 지체감소 편익을 각각 측정하였다.

CIQ 소요시간의 핵심적인 부분은 세관검사대 통과소요시간으로 파악되어 K항의 CIQ 처리능력을 세관검사대 통과소요시간에 초점을 두고 추정하였으며 K항의 제1터미널과 제2터미널의 2005년 7월-9월(성수기)의 입출국 자료를 분석하여 입국의 경우 제1터미널이 평균선박당 여객수 350명, 평균입국소요시간 157분, 제2터미널은 평균선박당 여객수 370명, 평균입국소요시간 130분으로 나타났다.

〈표 8〉 승객 1인당 CIQ 소요시간 차이

구분		처리시간		1인당 처리시간		1인당 처리시간 차이 (신축터미널-현재터미널)	
입국	현재	1터미널	157분/350명	1터미널	26.89초	1터미널	11.4초
		2터미널	130분/370명	2터미널	21.32초		
	신축시	382분/1480명		15.49초		2터미널	5.83초

K항의 세관검사대 통과소요시간을 산정하여 본 결과 CIQ 소요시간은 15.49초로 파악되었다(〈표 8〉 참조). 신축시 현재보다 CIQ 소요시간이 상당히 단

측될 것으로 조사되고 있다.

<표 9>에서 나타나고 있는 K항의 이용인원의 대형짐 비중(48%)은 K항의 소무역상 비중에 근거한 것이며, 손짐과 중형짐 비중은 부산항 국제여객터미널의 손짐과 중형짐 간의 비중(40:45)에 근거하여 25:27로 적용하였다.

<표 9> 세관검사대 통과 소요시간 산정

	손 짐 ①	중 형 짐 ②	대 형 짐 ③	비 고
Booth 당 분당 소요(통과)인원	1인	0.33인(3분간 1인)	0.125(8분간 1인)	부산현장조사 실 측 값
이용인원(비율)	440(40%)	495인(45%)	165인(15%)	부산현장조사 실 측 값
인천터미널 이용 인원	370(25%)	400(27%)	710(48%)	1,480
1인당 소요시간(분)	1분	3분	8분	
소요시간 비율(%)	5.10%	16.55%	78.34%	
소요 booth수 (19×소요시간비율)	0.969	3.144	14.88	
적정소요booth수	1	3	15	
총소요시간(분)	1×370=370분	3×400=1,200분	8×710=5,680분	
전체수속 소요시간	(370 + 1,200 + 5,680) / 19booth = 382분			382분

주: 1) CIQ 소요시간 : $382 * 60 / 1,480\text{명} = 15.49\text{초}$

2) 부산항 국제여객터미널 신축사업 예비타당성조사 보고서 중 각각의 짐의 종류별 소요시간 이용
여객수 및 소요 시간은 부산 여객터미널 현장조사 실측치를 이용

3) 제 1부두 최대 선형 2대 접안(599명), 2부두 최대 선형 1대 접안(656명)의 80% 적용(1,480명)

〈표 10〉 승객 1인당 CIQ 소요시간 비교

구분	부산항 국제여객 터미널 신축 기준				K항 신축기준			
입국	입국심사 대기실	1,041㎡	입국 심사대	17대	입국심사 대기실	2,003㎡	입국 심사대	24대
	X-ray검색 대기실	552㎡	X-ray 검색대	3대	X-ray검색 대기실	1,637㎡	X-ray 검색대	7대
	입국세관 검사대기실	543㎡	세관 검사대	17대	입국세관 검사대기실	1,704㎡	세관 검사대	19대
CIQ 소요시간	3시간11분/1,100명 (1인당 처리시간 10.4초)				6시간22분 기준/1,480명 (1인당 처리시간 15.49초)			

K항 민자건설사업단의 비관리청항만공사 참여 신청서와 제출된 자료를 참조하면 K항은 1,590명이 동시에 입국 했을 때 수용 가능한 시설규모로 설계되었으며 1인당 처리시간을 4.53초로 산정하였다. 본 연구에서는 부산항 국제여객터미널 신축사업 타당성 조사 사용된 방법으로 산출된 15.49초를 이용하여 지체감소 편익을 추정하였다.

K항의 CIQ 관련 면적은 신축부산여객터미널의 2.5배에 달하지만 지체의 가장 큰 원인인 소무역상 검사를 위한 세관 심사대의 대수가 관세청을 포함한 관련 CIQ 기관들이 요구하고 있는 대수에는 크게 미치지 못하여 CIQ 지체를 감소시키기에는 어렵다.

K항 이용객지체의 중요요인으로 간주되는 소무역상의 CIQ 지체현황을 파악하기 위하여 소무역상과 여객의 구성에 따른 CIQ 소요시간을 아래 <표11>에서 비교하였다. 이 비교를 통해 보면 소무역상들이 CIQ 지체에 영향을 미치고 있음을 파악할 수 있다.

〈표 11〉 항로별 승객 1인당 CIQ 소요시간 차이

구분	항로	평균승객 수(명)	소요시간 (분)	소무역상 수 (명)	소무역상 비율 (%)	1인당 처리시간(초)
입국	천진	478	157	60	12.55	19.71
	단둥	417	203	80	19.18	29.21
	청도	291	122	70	24.05	25.15
	대련	411	161	100	24.33	23.50
	위해	436	291	260	59.63	40.05
	연태	352	229	220	62.5	39.03
	영구	235	158	130	55.32	40.34
	진황도	151	140	150	100	55.63
	석도	393	310	300	76.34	47.33
	연운항	280	155	280	100	34.70
	소계	3444	192.6	1660	48.20	35.465

주: 연운항의 경우 2005년 11월 - 2006년 3월 간의 평균자료임.

2) 선박대형화 효과 편익

선박대형화 효과로 얻어지는 편익은 미래 여객수요 추정 결과를 항로별로 분담하였을 때 항로별 승선률이 100%를 초과하게 되는 시점을 기준으로 선박의 대형화가 이루어진다고 가정한다. 이때 선석의 수용능력 문제로 인하여 대형선을 투입하지 못하게 됨으로써 발생하는 여객의 상실분을 잠재수익으로 설정하며, 선박대형화가 되었을 때 발생하는 용선료의 차이를 잠재비용으로 하여 그 차이를 선박대형화 효과 편익으로 설정하였다. 이때 여객상실 수익은 현재 운항중인 여객선의 이코노미 운임을 적용하여 산출하였으며, 선박대형화 비용은 현재의 톤급의 선박이 3만톤급의 선박으로 대형화 될 때의 용선료 차이를 비용의 증가로 설정하여 산정하였다.

〈표 12〉 K항 선석 현황

구분	구분	대상선박	접안능력	선석길이
제1터미널	1부두	Car Ferry	10,000G/T	154.5m
	2부두	Car Ferry	15,000G/T	203.5m
	3부두	Car Ferry	15,000G/T	190.0m
제2터미널	13번선석	Car Ferry	30,000G/T	160m
	14번선석	Car Ferry	30,000G/T	156.5m
	25번선석	Car Ferry	30,000G/T	220m
	40번선석	Car Ferry	30,000G/T	225m

자료 : 인천항만공사(2006)

3) 임대수입증가 편익

본 조사에서는 비관리청 항만공사 참여에 따라 신축터미널은 4층 건물로 건설하며, 주차장이 추가될 것을 전제로 하였다. 신축터미널은 기존 터미널과 동일하게 면세점, 공공기관, 선사사무실, 식당, 휴게실, 매표소, 기타 시설을 수용하기 위한 다양한 공간이 마련될 계획이다. 또한 충분한 공간을 확보할 수 있게 되므로 이에 따른 임대료 수입의 증가를 예상할 수 있다. 따라서 임대되는 공간에 대하여 단위당 임대료를 적용하여 임대시설에 대한 임대수입 증가분을 편익으로 산정하는 것이 원칙이다.

K항의 설립이 추진되면 기존의 제1국제여객터미널과 제2국제여객터미널의 활용에서 발생하는 가치를 편익에 반영하여야 한다. 하지만 기존의 국제여객터미널의 활용방안의 미확정으로 편익을 산정할 수 가 없어 K항의 사업 시행 후에도 제1국제여객터미널과 제2국제여객터미널의 임대공간이 존속되는 점과 K항의 임대공간이 추가되는 점을 고려하여 K항의 임대면적에서 제1국제여객터미널과 제2국제여객터미널의 공실면적을 차감한 면적에 대하여 임대료가 발생하는 것으로 산정함으로써 기존의 국제여객터미널의 활용가치를 편익으로 산정하였다.

- (1) 임대수입효과 = [(K항 임대가능 면적)-(기존 터미널의 임대면적)+(기존 터미널의 임대가능면적×(1-공실률))]×단위당 임대료
- (2) 건물 단위당 임대료 = (층별건물가액×사용요율)+(부지가액×사용요율×층별가중치)
- (3) 주차장 단위당 임대료 = 공시지가×사용요율

4) 토지조성효과

항만시설은 선박의 접안 수심을 확보하기 위해 전면해상을 매립하여 건설되는 경우가 많으며 조성된 매립부지는 항만시설로 활용되며 유후부지가 조성되는 경우에는 항만시설외의 부지를 물류, 유통, 친수시설 등의 배후단지로 개발되는 경우가 많다. 따라서 항만을 건설할 경우 항만시설로 활용되는 부지이외에 활용할 수 있는 부지가 조성되는 경우 (배후부지조성)이에 대한 경제적인 편익을 산출해야한다.

K항의 토지조성효과 적용은 항만부문사업의 예타표준지침 뿐만 아니라 배후부지의 토지조성효과를 다른 지침에 의거하여도 조성원가를 기준으로 토지조성효과를 평가하였다. K항의 토지조성효과는 사업계획서원안의 경우 K항의 건설로 인하여 항만귀속 부지 외에 배후부지가 806,093㎡가 조성된다. 이 중 일반적인 공공부지 조성비(40%)를 제외한 나머지 배후부지를 분양가능부지로 파악하여 토지조성효과를 측정한다. 토지조성효과는 조성원가에 근거한 분양가 또는 인근의 공시지가를 이용하는 바 본 연구에서는 조성원가의 산출이 가능하므로 조성원가를 사용하여 토지조성효과를 추정한다. 분양 가능한 토지의 면적은 516,056㎡이다.

원안 토지조성원가의 추정방안은 배후부지 조성에 들어간 각 공사비에 20% 할증을 부지조성사업비를 사용하는 것이다. 이때 사업비는 71,771백만원으로 단위 면적당 조성원가는 139,076원/㎡가 된다. 변경안을 살펴보면 배후부지가 755,004㎡가 조성된다. 이 중 일반적인 공공부지 조성비(40%)를 제외한 나머지 배후부지를 분양가능부지로 파악하여 토지조성효과를 측정하면 분양 가능한 토지의 면적은 453,002㎡이다. 배후부지 조성에 들어간 각 공사비에 20%

할증을 부지조성사업비를 사용하면 사업비는 65,261백만원으로 단위 면적당 조성원가는 144,063원/m²가 된다.

5) 갑문 이용에 따른 시간 및 비용 감소 편익

K항 제2국제여객터미널의 경우 내항에 위치하고 있어 갑문을 이용하여야 한다. 이에 따른 입출항 대기 시간 및 비용이 발생하게 된다. 갑문비용은 도선비, 예선비, 갑문통과 강취비 등과 갑문통과에 소모되는 유류비로 구성된다. 또한 K항 제2국제여객터미널을 이용하는 선박의 갑문대기시간에 따른 지체를 이용객 지체 편익으로 산정하여 편익을 추정하였다.

6) 갑문이용 화물선박의 대기 편익

제2국제여객터미널이 내항에 위치하고 있어 국제카페리선은 갑문을 사용하게 된다. 이 때 국제카페선이 갑문의 입출항에 우선권을 가짐에 따라 다른 화물선박의 대기가 발생할 가능성이 존재한다. 국제여객터미널의 이전으로 타 선박의 대기가 감소하게 되므로 이에 대한 편익을 추정하면 다음과 같다.

연간 갑문 대기 편익=척당 1일 평균용선료 × 척당 1일 대기시간 × 연간입출항 척수

7) 여객부두의 화물부두 사용에 따른 편익

현재의 제1국제여객터미널과 제2국제여객터미널은 K항이 건설될 경우 일반 화물부두로 사용될 계획이다. 현재의 여객부두가 일반화물부두로 사용될 경우 K항에 화물부두 선석이 추가되는 효과를 가져와 K항의 체선을 감소시키는 편익이 발생하게 된다. 이때 체선감소효과는 추가되는 선석에서 연간 처리할 수 있는 선박 척수를 산정하여 총 체선시간의 감소를 산정한다. 시간당체선감소 편익은 표준선박의 용선료를 대리변수로 하여 편익으로 산정한다. 또한 현재의 제1국제여객터미널이 일반화물부두로 사용될 경우 현재 일반화물부두가 대

부분 제2국제여객터미널이 있는 내항에 밀집되어 있으므로 내항으로의 기항을 회피할 수 있는 효과도 발생된다. 이 효과는 내항에 기항할 경우 발생하는 갑문비용과 외항에 기항할 경우의 비용을 비교하여 그 차이를 편익으로 산정하면 다음과 같다.

(1)제공 선석의 연간 처리가능 선박 척수 :

$$\text{제1국제여객터미널 선석} = 365 \times 24 / 59.88 \times 3$$

$$\text{제2국제여객터미널 선석} = \text{국제여객선연간평균 접안시간} / 59.88$$

$$= \{ 365 \times 24 / 59.88 \times 3 \} + \{ (2,496 / 59.88) + (1,648/59.88) \} = 507 \text{ 척}$$

(2)체선감소 편익 = 처리가능 선박 척수 × 척당 체선시간 / 24 × 1일 표준용선료 × 950(환율)

$$= \{ 334 \text{ (5천톤급)} \times 17.71 / 24 \times 2,500 \times 950 \}$$

$$+ \{ 173 \text{ (1만톤급)} \times 17.71 / 24 \times 7,500 \times 950 \} = 1,495 \text{ 백만원}$$

(3)갑문비용 감소효과 = 갑문 미사용 가능 선박 척수(제1여객부두 기항 화물선박) × 갑문비용

$$= \{ 292 \text{ (5천톤급)} \times 1,277,000 \} + \{ 146 \text{ (1만톤급)} \times 1,318,000 \} = 565 \text{ 백만원}$$

제공되는 선석에서 처리 가능한 연간 선박 척수는 5천톤급 선박 334척, 1만톤급 선박 173척이다. 현재 여객부두의 화물부두 사용에 따른 연간 편익은 2,060 백만원이다.

8) 육상운송료 감소 편익

K항은 자체 야적장을 확보하지 못하여 타 부두의 야적장을 사용하고 있어 육상운송료가 발생하고 있다. 신축K항은 부두 자체에 야적장을 확보하고 있어 육상운송료의 감소가 예상되므로 이에 대한 편익을 추정하였다.

9) 운항거리절감 편익

국제여객선이 내항에 기항하기 위해서는 추가적으로 1~2시간 더 운항해야 한다. 따라서 K항이 인천 남외항에 건설될 경우 추가항해시간 절약에 따른 유류비용절감 발생하므로 편익으로 추정하였다.

10) 크루즈 선박 기항 편익

K항의 경우 크루즈선석을 포함하고 있으므로 크루즈 선박의 기항시 크루즈 관광객에게서 발생하는 관광수입이 편익으로 발생한다. 따라서 크루즈 관광객의 관광수입을 편익으로 추정하였다.

이는 크루즈 선박의 규모에 따른 입항 빈도에 연간 평균 크루즈 선 증가율을 활용하여 미래 크루즈 입항 수요를 예측하고 예측된 크루즈 수요에 대하여 인천항 입항 비중을 적용하여 인천항에 입항할 크루즈 선박의 수요를 예측하였다.

다시 말해 인천항에 입항할 크루즈 선박의 수요는 부산과 인천의 과거 자료를 기점으로 하여 세계 크루즈 시장의 예상 성장률을 적용하여 크루즈 선의 수요를 추정 후 평균 승선 여객수 670명의 3만-4만톤급의 선박을 표준선박으로 하여 평균 승객수를 산정하고 크루즈 선의 관광객의 지출액은 2006년 인천항에 입항한 크루즈선 관광객들의 평균 지출액인 180달러로 가정하여 관광수입을 추정하였다.

11) 교통혼잡완화 효과

K항은 자체 야적장을 확보하지 못하여 타 부두의 야적장을 사용하기 때문에 육상운송 구간이 있어 교통혼잡이 발생할 가능성이 있다. K항은 부두 자체에 야적장을 확보하고 있어 육상운송 구간이 달라짐으로 교통혼잡의 변화가 발생할 가능성이 있으므로 이를 추정하여 교통혼잡완화 효과가 발생하면 편익으로 추정하였다.

하지만 K항의 컨테이너 야적장은 모두 ODCY(On Dock Container Yard)이며, 제2국제여객터미널이 사용하는 야적장은 항만내 도로를 이용하고 있어 교통혼잡이 발생하지 않으며 제1국제여객터미널이 사용하는 컨테이너 야적장은 약 1 Km 정도 거리에 있어 실측을 통하여 교통혼잡을 산정하여 보았으나 연간 1백만원 미만의 미미한 값이 추정되어 본 경제성 평가의 편익항목에 포함하지 않도록 하였다.

제 3 절 기존 방식인 DCF 방법에 의한 분석 결과

<표 13>을 보면 시계열분석방법을 통한 사업계획 원안과 선석 수를 축소한 투자 변경안의 두 가지 시나리오를 산정 시행한 결과는 원안으로 사업이 추진될시 B/C 비율이 0.6451이며, 축소안 역시 B/C비율이 0.6994로 두 시나리오 모두 경제적 타당성이 부족한 것으로 나타났다.

로직스틱 모형을 이용한 분석은 원안은 경제적 타당성이 없으나 변경안인 경우 B/C비율이 0.9298로 원안의 로직스틱 모형 추정을 이용한 B/C 비율 0.8851 보다 0.0747로 증가한 것으로 나타났다. 또한 네가지 시나리오 모두 NPV 값이 음이며 IRR 역시 사회적 할인율보다 낮아 경제성이 없는 것으로 나타났다. 다만 로직스틱 모형 추정을 사용한 분석 시나리오는 시계열분석모형 보다 높은 가치를 보이는데 이는 여객수요의 차이로 인하여 선박대형화 효과와 여객지체 편익의 차이에서 기인한 것으로 보인다.

<표 13> DCF 분석결과표

(단위: 백만원)

시나리오		비용의 현가	편익의 현가	순현재가치 (NPV)	비용-편익비 (B/C Ratio)	내부수익 률 (IRR)
원안 (10선석)	I (여객수요추정모형A)	527,876	340,519	-187,357	0.6451	3.065
	II (여객수요추정모형B)	527,876	451,395	-76,481	0.8551	5.141
변경안 (7선석)	I (여객수요추정모형A)	481,244	336,585	-144,638	0.6994	3.725
	II (여객수요추정모형B)	481,244	447,462	-33,762	0.9298	5.872

실증분석에 활용된 연차별 편익 흐름을 시계열분석 방법을 활용해 추정 한 결과를 살펴보면 <표 14>와 같은데, 2040년 편익과 비용의 차이는 50,950백만 원이고 2012년부터 편익과 비용의 차이 값이 양으로 발생하는 것으로 나타났 다. 이는 2012년부터 조금씩 수익이 늘어나고 있음을 보여 준다.

<표 14> 연차별 비용 편익 흐름표 I (원안A)

(단위: 백만원)

연도	건설비	유지 운영비	이용객 지계 감소 편익	선박 대형화 편익	토지 조성 효과	화물부 두사용 편익	임대료 수입 효과	갑문비 용 및 대기감 소편익	화물선 박대기 감소편 익	육상 운송료	운항거 리절감 편익	크루즈 관광 편익	편익 합계	비용 합계	편익 -비용
2007	33,848												0	33,848	-33,848
2008	228,766												0	228,766	-228,766
2009	156,848												0	156,848	-156,848
2010	137,823												0	137,823	-137,823
2011	102,045												0	102,045	-102,045
2012		5,644	2,192	0	71,771	2,060	2,210	7,001	4,539	3,211	250	561	93,794	5,644	88,150
2023		5,644	4,996	8,015		2,060	2,210	9,059	4,539	4,978	250	1,279	37,386	5,644	31,742
2024		5,644	5,314	8,079		2,060	2,210	9,251	4,539	5,139	250	1,343	38,185	5,644	32,541
2040		5,644	11,754	12,260		2,060	2,210	12,146	4,539	7,709	250	3,665	56,594	5,644	50,950

<표 15>는 로지스틱 모형을 이용해 연차별 비용 편익을 투정한 결과를 보고하고 있는데 2041년도의 순편익은 54,611백만원이며, 2012년부터 편익비용이 양의 값을 시현해 수익이 조금씩 증대하고 있음을 알 수 있다.

<표 15> 연차별 비용 편익 흐름표Ⅱ(원안B)

(단위: 백만원)

연도	건설비	유지 운영비	이용객 지계 감소 편익	선박 대형화 편익	토지 조성 효과	화물부 투사용 편익	임대료 수입 효과	감문비 용 및 대기감 소편익	화물선 박대기 감소편 익	육상 운송료	운항거 리절감 편익	크루즈 관광 편익	편익 합계	비용 합계	편익 -비용
2007	33,848												0	33,848	-33,848
2008	228,766												0	228,766	-228,766
2009	156,848												0	156,848	-156,848
2010	137,823												0	137,823	-137,823
2011	102,045												0	102,045	-102,045
2012		5,644	5,877	8,033	71,771	2,060	2,210	9,564	4,539	3,211	250	561	108,076	5,644	102,432
2013		5,644	6,704	8,174		2,060	2,210	10,012	4,539	3,371	250	589	37,909	5,644	32,265
2024		5,644	12,361	12,126		2,060	2,210	12,518	4,539	5,139	250	1,343	52,547	5,644	46,903
2041		5,644	14,518	12,219		2,060	2,210	12,740	4,539	7,870	250	3,849	60,255	5,644	54,611

규모를 축소한 경우의 비용편익 흐름은 <표 16>에서 보고되고 있는데 2012년부터 순편익이 82,526백만원으로 최대치에 이르고 있으며, 그 이후에는 오히려 순편익 규모가 오히려 감소하는 것으로 나타나고 있다. 이는 토지조성효과에 대한 편익이 2012년 이후에는 반영되지 않고 있기 때문이다.

<표 16> 연차별 비용 편익 흐름표Ⅰ(변경안A)

(단위: 백만원)

연도	건설비	유지 운영비	이용객 지계 감소 편익	선박 대형화 편익	토지 조성 효과	화물부 투사용 편익	임대료 수입 효과	감문비 용 및 대기감 소편익	화물선 박대기 감소편 익	육상 운송료	운항거 리절감 편익	크루즈 관광 편익	편익 합계	비용 합계	편익 -비용
2007	31,191												0	31,191	-31,191
2008	230,167												0	230,167	-230,167
2009	159,085												0	159,085	-159,085
2010	86,374												0	86,374	-86,374
2011	96,196												0	96,196	-96,196
2012		4,674	2,192	0	65,261	2,060	2,210	7,001	4,539	3,211	250	561	87,284	4,674	82,526
2013		4,674	2,391	0		2,060	2,210	7,181	4,539	3,371	250	589	22,591	4,674	16,083
2039		4,674	11,278	12,187		2,060	2,210	11,964	4,539	7,549	250	3,491	55,528	4,674	71,653
2041		4,674	13,617	12,344		2,060	2,210	12,469	4,539	7,870	250	3,849	59,207	4,674	80,595

<표 17> 연차별 비용 편익 흐름표Ⅱ(변경안B)

연도	건설비	유지 운영비	이용객 지계 감소 편익	선박 대형화 편익	토지 조성 효과	화물부 두사용 편익	임대료 수입 효과	갑문비 용 및 대기감 소편익	화물선 박대기 감소편 익	육상 운송료	운항거 리절감 편익	크루즈 관광 편익	편익 합계	비용 합계	편익 -비용
2007	31,191												0	31,191	-31,191
2008	230,167												0	230,167	-230,167
2009	159,085												0	159,085	-159,085
2010	86,374												0	86,374	-86,374
2011	96,196												0	96,196	-96,196
2012		4,674	5,877	8,033	65,261	2,060	2,210	9,564	4,539	3,211	250	561	101,566	4,674	96,892
2013		4,674	6,704	8,174		2,060	2,210	10,012	4,539	3,371	250	589	37,909	4,674	33,235
2037		4,674	13,334	12,257		2,060	2,210	12,886	4,539	7,227	250	3,166	57,930	4,674	53,256
2040		4,674	13,368	12,261		2,060	2,210	12,899	4,539	7,709	250	3,665	58,962	4,674	54,288

<표17>은 규모를 축소하고 로지스틱 모형에 의한 여객 및 화물 수요를 추정
한 것에 근거한 비용편익 흐름을 보고하고 있다. 2040년도의 편익비용이
54,288백만원이며 2012년부터 편익비용 값이 양으로 나타나고 있으며 점차적
으로 편익의 값이 작아지고 있음을 알 수 있다.

제 4 절 실물옵션가치평가법을 사용한 경제성 평가

본 연구에서의 경제성 평가는 과거 예비 타당성조사의 경제성 평가에 사용
된 DCF방식과 동일한 가정으로 진행되며 더 이상의 시나리오가 추가되는 가
정 없이 원안에 충실하고자 한다. 다시 말해 대부분의 기존의 연구들은 연구
자 스스로 가정한 기초 자료를 이용해 각각의 시나리오 별로 실물옵션가치평
가법을 적용하여 실물옵션적용 후의 값과 DCF 가치평가를 비교하고, 그 적용
성을 분석하였다. 그러나 본 연구는 실제 실행된 항만투자 타당성 조사에서의
경제성 평가와의 차이를 비교하고 향후 항만의 경제성 평가에서 실물옵션을
실제 적용할 수 있는 가능성을 보기 위한 연구이므로 사업계획안의 시나리오
에 충실하기로 했다. 우선 Black-Scholes 옵션가치평가법을 사용해 평가한 결

과를 DCF법의 결과와 비교하여 분석하고 있다.

또한 원래 관련부서가 제시한 원안은 2001년 수립한 전국무역항 기본계획상의 총 10선석을 개발할 계획이었으나 최초 경제성 평가의 결과가 좋지 않아 현재 시행중인 K항 종합 발전계획을 토대로 2011년까지 7개 선석을 건설하고 장래 여객수요에 따라 대처할 수 있도록 추자를 축소하는 변경사업계획안을 제시했다. 변경투자안을 살펴보면 원안과 변경안의 차이는 10개 선석에서 7개 선석으로 투자가 축소되었으므로, 실물옵션전근법 중 축소옵션을 사용하여 DCF의 결과와 비교 분석하고 있다.

1. 국제 여객터미널의 변동성 추정

국제 여객터미널의 변동성 추정은 항만의 실물옵션가치평가에 있어 가장 중요한 사항으로 여러 변수를 추출 실험하였으나, 적절한 변동성으로 활용할 수 있는 적절한 변수의 추정이 힘들었다. 본 연구에서는 입항료, 정박료, 접안료, 화물료로 구성되는 사용료 수입을 대상으로 변동성의 추정치를 구했다.

옵션가치평가법에 있어 변동성은 주요 변수 중에 하나이며 기존 기업의 수익이나 만약 유사한 해당 기업이 있으면 그 주가 수익으로 보는 것이 맞으나 기존여객터미널은 상장회사도 아니며 국내 유사 국제여객터미널과 비교해 보면 그 운영규모나 운영형태가 다르다. 또한 적자가 심해 모기업의 지원으로 운영되고 있으며 회계처리 또한 독립채산제로 운영되지 않고 모기업의 포괄적인 회계로 처리가 되고 있어 공공사업의 특징상 과거 전체 수익에 대한 자료가 불명확하다. 그래서 그 대안으로 과거 수익의 자료가 정확하고 또한 과거 여객수요와 화물수요와 연동되며 국제여객터미널과 전체 편익과 상관관계가 큰 국제여객터미널 사용료를 대용변수로 활용하였다.

과거 6년간(2000년-2005년)간의 시계열 자료를 바탕으로 가격변화율의 표준편차를 구하였다. <표 18>의 자료를 근거로 분석한 사용료의 변동성은 13.4%이다.

〈표 18〉 기존 국제여객터미널의 사용료

(단위 원)

년도	입항료	접안료	정박료	화물료	합계
2000	1,242,764,980	592,243,750	6,745,680	501,465,080	2,343,219,490
2001	1,458,921,810	685,114,260	1,305,940	580,388,260	2,725,730,270
2002	1,912,465,700	822,455,590	8,125,880	572,227,040	3,315,274,210
2003	2,373,297,210	934,834,980	6,348,030	670,720,960	3,985,201,180
2004	2,682,087,790	924,382,940	14,863,770	732,921,440	4,354,255,940
2005	2,206,639,150	720,425,670	3,380,310	943,845,190	3,874,290,320
합계	11,876,176,640	4,679,457,190	40,769,610	4,001,567,970	20,597,971,410

2. 무위험 이자율의 산정

본 연구에서 무위험 이자율은 10년 만기의 국고채 2005년 평균값을 사용하였다.

3. 옵션가치계산

항만투자의 경제성 평가에 적용되는 실물옵션의 가치를 추정하는 데 활용되는 주요 변수는 <표 19>와 같으며, 즉 미래현금흐름의 현재가치(S)는 수입의 현재가치를 이용하고 있다. 그리고 만기는 35년으로, 변동성(σ^2)은 13.4% 등이다.

옵션가격평가를 위한 이항수의전제는 <표 20>과 같으며, 본 투자안의 총기간은 2006년-2041년이고 <표 20>에서 나타나고 있는 방법으로 전진이연 과정을 통해 전개된다.

여기서 옵션을 포함한 투자안의 가치는 역순순환과정, 다시 말해 옵션 만기일인 2041년의 옵션가치로 시작하여 역으로 이항격자를 전개하여 계산된다. 본 연구에서는 기본 투자안을 경제성 평가를 분석한 결과 유럽식 풋옵션 형태로 파악하고 이를 옵션가치평가로 계산하였다.

<표 19> 주요 변수값

실물옵션	변수	
미래현금흐름의 현재가치	S	수입의 현재가치(투자비 제외)
옵션만기까지 잔여기간	T	35년
미래현금흐름의 변동가능성	σ^2	13.4%
무위험 이자율	r	4.95%
상승율	u	1.143
하락율	d	0.874

<표 20> 옵션가격평가를 위한 이항수의 개념

2006년	2007년	2008년	2009년
S	Su	Suu	Suuu
	Sd	Sud	Suud
		Sdd	Sudd
			sddd

4. 실물옵션가치평가법에 의한 기본안 평가

[그림 7]은 기초자산(S)의 초기값에서 u , d 를 이용해 미래의 각 시점별 자산 가치를 계산하여 산출한 결과이다.

[그림 7] 2041년까지 옵션가치결정을 위한 이항수의 전개

(단위:백만원)

2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년	2025년	2040년	2041년
297091	339692	388401	444095	507775	580586	663838	1939215	2217284	2535227	2898760	3314422	3789686	28283631	32339300
	259833	297091	339692	388401	444095	507775	1483321	1696018	1939215	2217284	2535227	2898760	21634369	24736582
		227247	259833	297091	339692	388401	1134603	1297297	1483321	1696018	1939215	2217284	16548297	18921204
			198748	227247	259833	297091	867867	992313	1134603	1297297	1483321	1696018	12657921	14472976
				173823	198748	227247	663838	759028	867867	992313	1134603	1297297	9682143	11070492
					152024	173823	507775	580586	663838	759028	867867	992313	7405946	8467906
						132959	388401	444095	507775	580586	663838	759028	5664866	6477167
							297091	339692	388401	444095	507775	580586	4333100	4954435
								227247	259833	297091	339692	388401	444095	5314422
								173823	198748	227247	259833	297091	339692	3789686
								132959	152024	173823	198748	227247	259833	2898760
								101701	116284	132959	152024	173823	198748	2217284
								77792	88947	101701	116284	132959	152024	1696018
								59504	68036	77792	88947	101701	116284	1297297
								45515	52041	59504	68036	77792	88947	992313
									39807	45515	52041	59504	68036	759028
										34815	39807	45515	507775	580586
											30449	34815	388401	444095
												26630	297091	339692
													227247	259833
														23290
													173823	198748
													132959	152024
													101701	116284
													77792	88947
													59504	68036
													45515	52041
													34815	39807
													26630	30449
													20369	23290
													15581	17815
													11918	13627
													9116	10423
													6973	7973
													5334	6098
													4080	4665
													3121	3568
														2729

[그림 7]의 결과에 근거하여 Black-Scholes 옵션가치평가법을 사용해 유럽형

콜옵션의 가치 등을 추정한 결과는 <표 21>과 같다. 이 연구의 대상이 된 항만개발에 대한 실물옵션의 접근법에 의한 투자금액의 옵션가치는 2111억 2890만원이며 총 투자가치는 -81.962백만원이다.

이 중 배가는 항상 양수인데 그 이유는 불확실성의 증가는 항상 옵션의 가치를 증가시켜 주기 때문이며, 테타의 값이 음인 이유는 시간의 흐름은 옵션의 잔존만기를 단축시키면서 옵션의 시간가치를 하락시키기 때문이다.

기존의 DCF 방법에 따른 경제성 분석에 의한 가치평가와 비교해 보면 그 차이가 1053억 9500만원이다. 약 1054억원의 차이가 발생 하는 가장 큰 이유는 투자여건 변화에 따른 유연성 반영의 차이일 것이다.

몬테카르로 시뮬레이션을 통한 값은 실행시 마다 가격변동이 최고 천만원까지 차이가 보여 현재 평가의 최소단위인 백만원 이상으로 차이가 나타나므로 참고로 제시하였다.

<표 21> 옵션가치평가결과와 민감도

Option Premium	211128.9백만원	
Delta	0.974906	기초자산의 변화에 대한 옵션가격의 민감도
Vega	1016.61	기초자산의 변동성 변화에 대한 민감도
Rho	2611253	이자율변화에 대한 민감도
Theta	-10.6511	시간가치변화에 따른 옵션의 민감도
몬테카르로 시뮬레이션 Option Premium	234257.6백만원	10000회 실행값

5. 실물옵션가치평가법에 의한 변경안 평가

변경안은 원안에서 선석의 수를 축소한 계획안으로 계산절차는 원안계산절차와 동일하게 이루어졌다.

아래 [그림 8]은 기초자산(S)의 초기값에서 u, d를 이용해 미래의 각 시점별 자산가치를 계산 산출한 결과이다.

[그림 8] 2041년까지 옵션가치결정을 위한 이항수의 전개

(단위:백만원)

2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년	2025년	2040년	2041년
297308	339940	388685	444419	508146	581010	664323	1940631	2218904	2537079	2900878	3316843	3792454	28304289	32362921
	260023	297308	339940	388685	444419	508146	1484404	1697257	1940631	2218904	2537079	2900878	21650171	24754650
		227413	260023	297308	339940	388685	1135432	1298245	1484404	1697257	1940631	2218904	16560384	18935025
			198893	227413	260023	297308	868501	993038	1135432	1298245	1484404	1697257	12667167	14483548
				173950	198893	227413	664323	759582	868501	993038	1135432	1298245	9689214	11078578
					152135	173950	508146	581010	664323	759582	868501	993038	7411356	8474091
						133056	388685	444419	508146	581010	664323	759582	5669004	6481898
							297308	339940	388685	444419	508146	581010	4336265	4958054
							227413	260023	297308	339940	388685	444419	3316843	3792454
							173950	198893	227413	260023	297308	339940	2537079	2900878
							133056	152135	173950	198893	227413	260023	1940631	2218904
							1011775	116369	133056	152135	173950	198893	1484404	1697257
							77849	89012	1011775	116369	133056	152135	1135432	1298245
							59547	68086	77849	89012	1011775	116369	868501	993038
							45548	52079	59547	68086	77849	89012	664323	759582
								39836	45548	52079	59547	68086	508146	581010
									34840	39836	45548	52079	388685	444419
										30471	34840	39836	297308	339940
											26649	30471	227413	260023
												23307	173950	198893
													133056	152135
													1011775	116369
													77849	89012
													59547	68086
													45548	52079
													34840	39836
													26649	30471
													20384	23307
													15592	17828
													11927	13637
													9123	10431
													6978	7979
													5338	6103
													4083	4668
													3123	3571
														2731

[그림 8]에 근거하여 이용 Black-Scholes 옵션가치평가법을 사용해 유럽형 콜

옵션 가치 등을 계산한 결과는 <표 22>에 보고되고 있다.

총 투자금액의 옵션가치는 2213억 129만원이며 총투자가치는 -759억 9천 5백 만원으로 축소안 역시 경제성은 없는 것으로 나타났다 .

<표 22> 옵션가치평가결과와 민감도

Option Premium	221312.9 백만원
Delta	0.981317
Vega	803.7303
Rho	2465419
Theta	-9.97442
몬테카르로 시뮬레이션 Option Premium	2256534 백만원

하지만 기존의 DCF 방법의 경제성 분석에 의한 가치평가와 비교해 보면 그 차이가 686억 4300만원으로 실물옵션가치평가법이 투자여건의 유연성을 잘 반영하고 있는 것으로 나타났다.

<표23>은 기본안과 변경안의 변동성을 각각 5%씩 증감시켜 그 민감도를 계산한 결과이다. 원안과 변경안 모두 변동성을 10%씩 증감시켜 보았으나 기본적으로 사업의 편익이 낮아 경제성은 나타나지 않았다.

<표 23> 기본안과 변경안의 변동성 변화에 따른 민감도 분석

(단위:백만원)

변동성	원안		변경안	
	투자금액 옵션가치	총 투자가치	투자금액 옵션가치	총 투자가치
23.4%	227299	-65792	235338	-61970
18.4%	218050	-75041	227114	-70194
13.4%	211129	-81962	221313	-75995
8.4%	208285	-84806	219235	-78073
3.4%	208128	-84963	219154	-78154

6. 축소옵션의 적용시 실물옵션가치평가법에 의한 평가

축소옵션은 계획된 투자를 절감하기 위해 특정시점에서 투자규모(I)를 감소시키는 미국식 풋옵션의 형태를 나타낼 수 있다. 여기서 축소된 총투자 규모의 일정한 $\%(cI)$ 의 현가가 기초자산이 되며 투자 절감분(J)의 현가가 행사가격이 된다.

<표 24>는 K항의 당초안을 기준한 투자금액과 규모를 축소할 때의 투자금액을 보고하고 있으며, 두 안의 총투자비 차이는 563억1700만원이다.

<표 24> 총투자비

(단위: 백만원)

	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	총투자비
원안 투자비	33843	228766	156848	137823	102045	659330
변경안 투자비	31191	230167	159085	86374	96196	603013

여기서 cI 의 현가는 121억 2400만원으로 계산되며, 투자 절감분(J)의 현가는 385억 200만원이다.

<표 25> 옵션가치결정을 위한 이항수의 전개

(단위: 백만원)

t=0	1	2	3	4	5
2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년
12124	13862	15850	18123	20722	23693
	10604	12124	13862	15850	18123
		9274	10604	12124	13862
			8111	9274	10604
				7094	8111
					6204

<표 25>를 바탕으로 이항트리 옵션가치평가법을 사용해 미국형 풋옵션의 가치를 나타내면 <표 26>과 같다.

<표 26> 축소옵션을 적용한 미국식 풋옵션의 이항트리

(단위: 백만원)

0	1	2	3	4	5
2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년
26378	24640	22652	20379	17780	14809
	27898	26378	24640	22652	20379
		29228	27898	26378	24640
			30391	29228	27898
				31408	30391
					32298

축소된 투자비용의 옵션가치는 263억 7800원이고 축소된 총 투자가치는 142억 5400만원이다. 다시 말해 투자를 축소시켜서 얻을 수 있는 가치가 142억 5400만원이고 총 투자가치는 -677억800만원이며 DCF 법에 의한 변경안의 경제성 분석결과가치평가와 비교해 보면 그 차이가 76억 6300만원이다.

<표 27>은 DCF에 의한 투자안 경제성 평가와 실물옵션에 의한 경제성 평가를 비교해 보고하고 있다. 실물옵션에 의한 투자안 평가가 DCF법에 의한 투자안 평가보다 그 가치가 증가하고 있으나 투자의사결정을 새롭게 할 정도로 투자가치가 아주 다르게 추정되고 있지는 않고 있다.

<표 27> DCF 분석과 실물옵션가치평가분석 결과표 비교

(단위: 백만원)

시나리오		투자가치
원안 (10선석)	DCF 가치평가	-187,357
	실물옵션가치평가	-81,962
변경안 (7선석)	DCF 가치평가방식	-144,638
	실물옵션가치평가	-75,995
	실물옵션가치평가(축소옵션)	-67,708

제 5 장 결 론

제 1 절 연구결과 및 의의

실물옵션을 이용한 항만투자의 가치평가결과는 지금까지 일반적으로 활용되는 현금흐름할인법을 이용한 경제성평가보다 투자가치가 높게 나타났다. 그 투자가치가 높은 이유는 실물옵션가치평가 방법이 미래의 불확실성 속에서 항만개발 고유의 유연성에 대처하였기 때문으로 풀이된다. 그럼에도 불구하고 기존 예비타당성 조사의 경제성 평가와 마찬가지로 경제성이 없는 것으로 나타났다. 이는 전반적으로 투자규모에 비해 편익이 작기 때문으로 판단되며 일반적인 기업 차원의 투자와 다른 항만 같은 대규모 공공투자의 특징이라고 볼 수 있다. 따라서 경제성이 없다고 항상 항만 투자안이 타당성이 없는 것은 아니다. 다른 투자안과 달리 공공재 성격의 항만투자 특징상 결국 정책분석을 통해 정책적 판단이 필요 뒤따라야 한다.

또한 <표27>의 변경안을 살펴보면 실물옵션방식에서 축소 옵션을 사용했을 때와 변경안의 DCF 가치 평가의 차이도 크게 나타났다. 이 결과는 기존 평가법이 항만산업 고유의 유연성에 대처하는 여러 가지 대안을 고려하는데 한계가 있음을 나타낸다. 다시 말해 실물옵션가치평가에 있어 적절한 옵션만 사용한다면 미래의 불확실성에 대처하는 좋은 방법이 될 수도 있다는 것이다. 더불어 또 다른 예로 변경안을 단순히 실물옵션가치평가법을 적용하였을 때와 구체적인 시나리오 분석 후 축소옵션을 적용하였을 때를 살펴보면 그 차이가 확실히 드러난다.

다시 말해 우리나라의 항만 개발에서 가장 적절한 옵션인 축소, 확장옵션을 잘 적용할 수 있다면 현재 항만예비타당성조사의 경제성 평가에 DCF법의 보완도구로 충분히 그 역할을 수행할 수 있다고 본다.

본 연구를 시작하게 된 동기는 현재 항만 투자의 경제적 타당성 평가방법이 급변하는 미래의 항만 환경의 불확실성에 대처하기에 적합한지에 대한 의문점에서 출발했다. 그래서 DCF의 현재의 항만투자 공공사업의 경제성 평가방법으로 주로 사용되었으나, DCF모형의 대체 방안으로 떠오르고 있는 실물옵션을 항만의 경제성 평가에 적용하였다. 기존의 실물옵션연구는 주로 벤처산업과 부동산산업, 에너지산업 분야의 수익성 연구에서는 다수 활용하였으나 항만투자와 같은 사회간접자본(social overhead capital)연구는 초기단계이다. 그래서 본 연구의 의의는 초기 연구로서 대표적 SOC산업인 항만을 대상으로 실물옵션가치평가의 적용분야를 확대하고 또한 기존의 항만가치평가법과의 차이를 분석하여 항만투자의 경제적 타당성 분석에 대한 한 평가 방법을 제시한 것이다.

제 2 절 연구의 한계 및 향후과제

DCF에 의한 투자안의 경제성 평가가 투자 환경의 변화를 제대로 반영하지 못하는 한계를 극복하기 위해 실물옵션을 적용해 보았으나, 여전히 옵션접근도 한계가 있는 것으로 밝혀졌다.

첫째, 현재 항만 투자가치평가에 있어 정확한 수요추정방법이다. 본론에 언급이 되었지만 과거 경제적 타당성 분석에서 가장 큰 논란거리가 된 사항은 어떤 수요 추정방법을 적용할 것인가의 문제였다. 또한 실물옵션가치평가법에서 중요한 변수인 변동성 역시 민감도 분석에서 밝혀진 바와 같이 투자에 비해 편익이 낮은 사업에서는 큰 영향을 미치지 못 한다. 결국 항만개발의 경제성평가는 올바른 수요예측결과가 가장 큰 변수인 것이다.

둘째, 적용방법상의 변수 추출이다. 특히 본 연구에서도 가장 힘든 사항이 항만의 특성에 맞는 변수에 대한 적절한 변동성의 추출이었다. 이는 실물옵션을 연구자들 사이에서 계속 논란이 되고 있으며, 더불어 DCF가치평가법의 할인을처럼 앞으로 계속 연구, 논의될 것으로 판단된다.

셋째, 다른 실물옵션연구자들도 한계로 많이 지적하는 문제로 기초자산가치의 현재가치를 구하는 방법이 DCF로부터 출발한다는 것이다. 비록 포토폴리오의 가정 과정을 거쳤지만 현실성이 있는가 하는 문제이다.

넷째, 본 연구에서는 예비타당성분석의 기본 계획서를 분석하고 또한 기존 경제성 평가와 비교하기 위해 단일 옵션을 사용 했지만 적극적인 투자 시나리오 분석을 통해 복합적으로 옵션을 사용한다면 그 가치가 더 클 것이라고 생각된다.

향후 연구과제는 우리나라 항만의 내재된 특징을 분석하여 미래의 불확실한 항만 투자환경에 대처할 수 있는 항만 특성에 맞는 적절한 변동성 추출과 옵션기법의 적용이다.

참 고 문 헌

국내문헌

- 김동환(2002), “Real Option의 기초(Ⅱ) : 금융옵션과의 비교 및 응용”, 「주간 금융동향」, 11권 9호, 한국금융연구원.
- 김동욱 · 남궁평 · 박종선 · 허문열 · 홍종선(2003), 통계학개론, 박영사.
- 김재형 · 이승태 · 홍기석(2001), 예비타당성조사 수행을 위한 일반지침 연구(제3판), 한국개발연구원.
- 김재형 · 이승현 · 전찬영 · 김우호 · 심기섭(2001), 항만부문사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(개정판), 한국개발연구원.
- 김철중 · 박경옥 · 윤평식(2004), 선물 · 옵션 투자의 이론과 전략(제5판), 피어슨에듀케이션코리아.
- 김철중 · 윤평식(2005), 파생상품의 평가와 헷징 전략(제5판), 탐진.
- 박 현외(2002), 부산항 국제여객터미널 신축사업, 한국개발연구원.
- 박동원 · 김광준 · 박순풍(2005), 기업가치평가(제3판), 경문사.
- 박호정 · 황의식(2003), “실물옵션 모형을 이용한 농지보전 프로그램의 농업투자 효과분석,” 농업경제연구, Vol. 44, No. 4.
- 서상택(2006), “실물옵션을 이용한 관수시설 투자의 경제성 분석,” 농업경제연구, Vol. 47, No. 1.
- 심상달외(2006), 인천남항 국제여객부두 방파호안 건설사업, KDI 공공투자관리센터
- 오세경(2002), 벤처기업과 인터넷기업의 한국형 가치평가모형의 개발, 한국금융연구원, No. 2.

- 윤원철 · 손양훈 · 김수덕(2003), 실물옵션을 활용한 발전소 건설 타당성 분석, 환경경제연구, Vol. 12, No. 2.
- 윤종옥 · 이현철(2004), “실물 옵션 모형을 이용한 벤처기업가치의 실증연구,” 세무회계연구, Vol. No. 14.
- 이준행 · 이종식(2006), 엑셀/VBA를 이용한 금융공학, 경문사.
- 이학식 · 임지훈(2005), SPSS 12.0, 법문사.
- 이현정(2003), “Three essays on real options: Optimal R&D portfolioc, valuation of licensing contrace, valuation and optimal investment timing analysis of information technology venture,” 서울대학교 대학원.
- 인천남항 국제여객부두 및 터미널 건설공사 비관리청항만공사 참여 신청서 (2005).
- 장영광(2005), 현대재무관리, 신영사.
- 전일수 · 김진원 · 김혜진 · 신희부 · 이승태 · 김학기 · 이재완 · 한태영 · 오명환 (2004), 인천남외항 건설사업, KDI 공공투자관리센터 · 인천대학교 · 한국 신용정보 · 세광종합기술단.
- 정경수(2005), “실물옵션을 이용한 기업의 가치평가에 관한 사례연구,” 산은조 사월보, 제593호, pp.17-49, 한국산업은행.
- 최원근 · 고종문 · 소영일(1999), 금융옵션, 박영사.
- Amram and Kulatilaka(2000), 실물옵션, 21세기북스.

외국문헌

- Abadie, Luis M. and Jose M. Chamorro(2006), "Monte Carlo Valuation of Natural Gas Investments," Real Option Conference essay.
- Amram. M. and N Kulatilaka(1999), *Real Options*, Harvard Business School Press.
- Benaroch, M. and R. J. Kauffman(1999), "A Case for Using Real Options Pricing Analysis to Evaluate Information Technology Project Investments," *Information System Research* 10, pp.70-86.
- Black. F. and M. Scholes(1973), "The pricing of option and corporate liabilities," *Journal of Political Economy*, Vol. 81, pp.637-659
- Brennan, M and E. Schwartz(1985), "Evaluating Natural Resource Investment," *Journal of Business* 58, pp.1135-1157.
- Cheah, Charles Y. J. and Jicai Liu(2005), "Valuing Governmental Support in Infrastructure Projects as Real Options Using Monte Carlo Simulation," *Construction Management and Economics*, Vol. 24, pp. 545-554.
- Clemen Robert T. and Terence Reilly(2001), "Making Hard Decisions with Decision Tools," Duxbury.
- Copeland, T. and V. Antikarov(2001), "Real options: A practitioner's guide," Texere.
- Cox, J. C., and S. A. Ross(1976), "The Valuation of Options for Alternative Stochastic Processes," *Journal of Financial Economics*, Vol. 3, pp.145-166.
- Cox, J., S. Ross and M. Rubinstein(1979), "Options pricing: A simplified approach," *Journal of Financial Economics*, Vol. 7, NO. 3, pp.229-263.

- Dixit, A. K. and R. S. Pindyck(1995), "The Options Approach to Capital Investment," *Harvard Business Review*, May~June, pp.105-115.
- Dixit, A. K. and Robert S. Pindyck(1994), *Investment under Uncertainty*, Princeton University Press.
- Fama, E. E.(1965), "The Behavior of Stock Market Proces," *Journal of Busienss*, Vol. 38, pp. 34-105.
- French, K. R.(1980), "Stock Returns and the Weekend Effect," *Journal of Financial Economics*, Vol. 8, pp.55-69.
- French, K. R., and R. Roll(1986), "Stock Returns Variances: The Arrival of Information and the Reaction of Traders," *Journal of Financial Economics*, Vol. 17, pp.5-26.
- Geske, R.(1981), "Comments on Whaley's Note," *Journal of Financial Economics*, pp.213-215.
- Hayes R., and W. Abernathy(1980), "Managing Our Way to Economic Decline," *Harvard Business Review* 58, pp.66-77.
- Hull, J.(2002), *Options, Futures and Other Derivatives 5th edition*, Prentice Hall.
- Kemna, A. G. Z.(1993), "Case Studies on Real Options," *Financial Management* 22, pp.271-280.
- Kulatilaka, N.(1993), "The Value of Flexibility : The Case of a Dual-Fuel Industrial Steam Boiler," *Financial Management* 22, pp.271-280.
- Lander, D. and G. Pinches(1988), "Challenges to the Practical Implementation of Modeling and Valuing Real Option," *The Quarterly Review of Economic and Finance*, Vol. 38.
- Leslie, K and P. Max(1998), "The real power of real options," Mckinsey & Company.
- Luehrman, T. A.(1998), "Investment opportunities as real Options: Getting started on the numbers," *Harvard Business Review*, July-August, pp.51-67.

- Majd, S. and R. S. Pindyck(1987), "Time to Build, Option Value, and Investment Decisions," *Journal of Financial Economics* 18, pp.7-27.
- Mason, S. and L. Trigeorgis(1987), "Valuing Managerial Flexibility," *Midland Corporate Finance Journal* 5, pp.14-21.
- McDonald, R. and D. Siegel(1986), "The Value of Waiting to Invest," *Quarterly Journal of Economics* 100, pp.707-727.
- Micalizzi, A.(1999), "Timing to Invest and Value of Managerial Flexibility: Schering Plough Case Study," presented at the 3rd Annual International Conference on Real Option.
- Myers, S. C. and S. Majd(1990), "Abandonment Value and Project Life," *Advances in Futures and Options Research* 4, pp.1-21.
- Myers, S. C.(1977), "The Determinants of Corporate Borrowing," *Journal of Financial Economics* 5, pp.147-175.
- Pereira, Paulo and Artur Rodrigues and Manuel J. Rocha Armada(2006), "The Optimal Timing for the Construction of an International Airport: a Real Options Approach with Multiple Stochastic Factors and Shocks," Real Option Conference Essais.
- R. C. Merton(1973), "Theory of Rational Option Pricing," *Bell Journal of Economics and Management Science*, Vol. 4, pp.141-183
- Rendleman, R., and B. Bartter(1979), "Two State Option Pricing," *Journal of Finance*, Vol. 34, pp.1092-1110.
- Sadowsky Jeffrey(2005), "The Value of Learning in the Product Development Stage: A Real Options Approach," Stanford University.
- Smith, C. W.(1976), "Option Pricing: A Review," *Journal of Financial Economics*, Vol. 3, pp.3-54.
- Sodal, Sigbjorn and Steen Koekebakker and Roar Adland(2006), "Value Based Trading of Real Assets in Shipping under Stochastic Freight Rates," Real Option Conference Essais.
- T. Copeland. T. Koller and J. Murrin(2000), *Measuring and Managing the Value of Companies*, 3rd edition, McKinsey & Company Inc.

- Trigeorgis, L. and S. Mason(1987), "Valuing Managerial Flexibility," *Midland Corporate Finance Journal*, Vol. 5, No. 1.
- Trigeorgis, L.(1993), " Real Options and Interactions with Financial Flexibility," *Financial Management 22*, pp.202-204.
- Tzouramani, I. and K. Mattas(2004), "Employing Real Options Methodology in Agricultural Investments: the Case of Greenhouse Construction," *Applied Economics Letters*, Vol. 11, pp. 355-359.
- Whaley, R.(1981), "On the Valuation of American Call Options on Stocks with Known Dividends," *Journal of Financial Economics*, Vol. 9, pp.207-211.
- <http://www.realoptions.org>

감사의 글

항상 실망을 드리지만 계속 저를 믿어주시는 어머니와 하늘에서 절 지켜보고 그 누구보다도 기뻐하실 아버지께 무한한 사랑과 감사를 드립니다. 또한 저에게 든든함 힘이 되어준 누나와 매형 그리고 형에게도 감사드립니다.

학위 과정 전반에 있어 저의 부족한 학업 성취를 위해 끊임없는 조언과 지도편달을 해 주시고 진정한 학자의 길을 보여 주신 이기환 교수님께 진심으로 머리 숙여 감사드립니다.

또한 바쁘신 와중에 저의 부족한 논문 심사에 참여하셔서 세심한 지도를 통해 논문 심사를 해주신 안기명 교수님, 류동근 교수님, 이명철 교수님, 이장우 교수님께 깊은 감사를 드립니다.

대학원 생활 전반에서 지속적인 관심과 가르침을 주신 신한원 교수님, 조성철 교수님, 신용존 교수님, 장명희 교수님, 유성진 교수님께 감사드립니다.

항상 필요할 때 많은 도움과 조언을 준 최영로 박사님, 김강혁 연구원, 성현, 정아, 명희, 유진, 철언 그리고 대학원의 학우들에게도 감사드립니다.

또한 짧은 직장생활이었지만 많은 가르침과 길을 열어 주신 K.L.S 조남선 사장님과 직원들에게도 감사드립니다.

그리고 항상 격려를 아끼지 않았던 좋은 벗 은식, 강우, 민수, 회장, 정필, 종근, 창협, 수범, 도완에게 감사드리며 친동생 같은 동궁, 정호, 수란, 시욱에게도 감사드립니다.

마지막으로 저의 미진한 기억력으로 떠올리지 못하는 제 주변의 분들에게 죄송스러움과 함께 저에게 주신 격려에 감사드립니다.

여러분들이 저에게 주신 사랑으로 참되고 바른 삶을 살기 위해 더욱 더 노력하겠습니다.