

공모형 PF사업 문제 유형화를 통한 실물옵션 가치평가법의 적용에 관한 연구*

Categorization of Problems of Mixed-Use Developments Based on Project Financing
Competition and Testing of Real Options Valuation

김 기 현 (Kim, Kihyun)**

이 상 경 (Lee, Sangkyeong)***

< Abstract >

The purpose of this paper is to find problems of mixed-use development based on project financing competition and to test real options valuation as the means of lowering risks. Most of development projects involve many risks in assuming market situations but the traditional discounted cash flow method that cannot reflect future change is applied to valuing a development project. To compensate defaults of DCF method, real options method utilizes various options to correspond to changes of market situations. This paper can be summarized as follows. A content analysis for newspaper articles is executed to find problems of mixed-use development projects, and problems are divided into 11 types. Binomial option models, such as option to abandon, option to defer and option to contract are applied to 5 types among 11 types. Simulations are executed a development project in the vicinity of Gwangmyung station. Project values are estimated and those are greater than the original NPV. This paper shows that the probability of the success of a development project more increases when real options are applied to the agreement.

주 제 어 : 공모형 PF사업, 실물옵션, 이항옵션모형, 내용분석

Keywords : Mixed-Use Development Based on Project Financing, Real Options, Binomial Option Model, Content Analysis

* 이 연구는 김기현의 석사학위 논문을 전면 수정 보완한 것임. 이 연구는 국토해양부가 주관하고 한국건설교통기술평가원이 시행하는 07첨단도시개발사업(과제번호: 07도시재생B03)에 의해 수행됨

** 경원대학교(현 가천대학교) 도시계획학과 석사, 82kihyun@hanmail.net

*** 가천대학교 도시계획학과 부교수, skylee@gachon.ac.kr (교신저자)

I. 서론

2000년대 들어 국내 신도시 개발 및 대규모 재개발 사업에서 다양한 형태의 공모형 PF사업들이 추진되었다. 공모형 PF사업은 공공과 민간 부문의 다양한 주체들이 참여한다는 점, 복합용으로 개발된다는 점, 사업기간이 길다는 점에서 공통점을 가지고 있다. 이 같은 특성으로 인해 공모형 PF사업은 사업 추진 과정에서 다양한 위험에 노출될 수밖에 없는 데 상당수의 사업들이 참여 주체들 간의 갈등과 재원조달의 어려움, 사업성 악화 등의 이유로 중단되거나 지연되고 있는 실정이다.

대부분의 공모형 PF사업 제안서에서는 현금흐름할인방법(discounted cash flow: DCF)을 이용하여 사업의 가치를 평가하고 있다. 순현재가치(net present value: NPV)로 대변되는 DCF법은 미래 사업 여건 변화에 대처할 수 있는 운영상의 대안을 고려할 수 없다는 단점을 가지고 있다(윤원철 외, 2003). 이는 공모형 PF사업과 같이 다양한 위험과 이에 따른 전략적 선택이 필요한 사업에는 DCF법이 부적절할 수도 있다는 것을 의미한다. 실물옵션 가치평가법(real options valuation)은 DCF법에 대한 대안으로 최근 들어 활발하게 논의되고 있는 방법이다. 이는 1984년 MIT 경영대학원의 마이어스(Myers) 교수가 전략적 계획과 재무활동에 관한 설명 과정에서 도입한 것으로 블랙(Black)과 쇼츠(Scholes), 머튼(Merton) 등에 의해 도입된 금융옵션의 가격결정이론을 실물자산의 평가 및 관리에 응용한 것이다(조용대, 2002).

금융옵션은 옵션 매수자에게 특정자산을 약정된 행사가격으로 사거나 또는 사지 않을 수 있는

선택적 권리를 부여한다. 옵션 매수자는 옵션행사 시점의 상황에 따라 사거나 팔수 있는 권리의 행사를 포기할 수 있다(황두건·이기환, 2007). 실물옵션은 금융옵션의 개념을 실물자산에 적용한 것으로 위험이 큰 R&D 투자나 자원탐사, IT기업의 가치평가 등에 많이 활용되고 있다. 반면 위험이 크지 않은 것으로 인식되고 있는 부동산이나 도시개발사업의 경우 활용도가 낮은 편이다. 안전자산으로서 부동산에 대한 인식은 2008년 글로벌 금융위기 발생 이후 큰 변화를 겪고 있다. 부동산 경기침체의 장기화와 투자위험이 대두되면서 부동산도 상당한 위험을 가진 자산으로 인식되기에 이르렀다. 이는 IT투자나 자원개발처럼 부동산의 경우에도 실물옵션의 적용을 고려할 필요가 있다는 것을 의미한다. 실물옵션에서는 전략적 선택이 포함된 옵션계약을 통해 위험에 대처하게 되는 데 위험이 커질수록 사업 가치를 증가시킬 수 있기 때문에 최근의 부동산 시장 상황에 적합하다고 하겠다.

이 같은 인식 하에, 이 연구에서는 공모형 PF사업의 문제들을 파악하고 유형화를 통해 실물옵션 가치평가법의 적용 가능성을 분석하고자 한다. 이를 위해 공모형 PF사업의 문제 진단과 유형화, 실물옵션 발굴, 시뮬레이션 실시, 결과 비교로 이어지는 일련의 분석을 수행하게 된다.

이 과정은 크게 2단계로 구분될 수 있다. 1단계에서는 공모형 PF사업 사례들을 대상으로 문제들을 진단하고 이를 유형화한 뒤 문제 유형에 부합할 수 있는 실물옵션들을 찾아내게 된다. 여기서 문제 진단은 신문기사에 대한 내용분석(content analysis)을 통해 수행된다. 2단계에서는 광명역세권 복합단지개발 PF사업을 대상으로 실물옵션들을 적용하여 사업가치 및 옵션가치를 산

정하고 도입 가능성을 검토하게 된다. 실물옵션의 사업 적용은 일종의 시뮬레이션(simulation) 기법을 이용하게 된다.

II. 이론적 고찰

1. 공모형 PF사업 선행연구 고찰

본 연구에서 다루는 공모형 PF사업은 토지 소유자인 공공부문이 프로젝트 파이낸싱 공모를 통해 민간 사업자를 선정하고 공동으로 특수목적회사(SPC)를 설립하여 사업을 추진하는 민관합동형 개발 사업을 말한다. 공모형 PF사업은 2001년 택지개발촉진법 시행령 개정으로 민관합동으로 개발사업을 시행할 수 있는 근거가 마련되면서 시작되었고, 2005년 도시개발법 시행령에 복합개발 시행자 규정이 신설되면서 법적 근거가 강화되었다(백인길·손진수, 2008). 공모형 PF사업은 2001년 한국토지공사가 죽전지구의 상업용지를 민간과 함께 개발한 것을 시작으로 2009년 말 기준으로 25개 사업이 공모를 마친 상태이다.

공모형 PF사업과 관련된 연구동향을 살펴보면 다음과 같다. 심교언 외(2008)는 공모형 PF사업의 공모 특성 및 당선작 특성을 분석하였다. 공모 특성 분석을 통해 공모기관 확대, 공모방식 다양화, 사업 규모 증가, 재무적 투자자 참여 강화 경향 등을 확인하였다. 또한 당선작 특성 분석을 통해 당선 건설사 증가, 테넌트(tenants) 구성의 다양화, 상업 및 업무기능의 과다 계획 경향을 확인하였다. 백인길·손진수(2008)는 공모형 PF사업의 공모지침서 분석을 통해 컨소시엄 구성이 점차 복잡해지고 있으며 공모기간과 사업

기간이 길어지는 경향이 있음을 확인하였다. 오동훈(2008)은 공모형 PF사업에 참여하는 재무적 투자자들의 위험 회피적 행태로 인해 컨소시엄 내 다른 투자자들의 부담이 가중되고 있는 경향을 지적하였다.

공모형 PF사업을 다룬 선행연구들은 주로 공모지침서에 대한 분석을 통해 문제점과 개선방안을 제시하고 있다. 이들 연구들은 공모형 PF사업이 활발하게 추진되던 시기에 연구된 것들로 침체기인 현재의 시각과는 다를 수밖에 없다. 본 연구는 공모형 PF사업들의 실태를 다룬 신문기사에 대한 내용분석을 통해 사업들이 직면한 문제들을 파악하고 이를 유형화한다는 점에서 선행연구들과 차별화된다고 하겠다.

2. 실물옵션 고찰

1) 실물옵션 관련 선행연구 고찰

광의의 실물옵션은 금융옵션과 같은 매매거래에 관련된 선택권인 매매옵션에 대응되는 개념으로 투자 또는 자금조달 의사결정 등과 같은 경영선택과 관련된 모든 비거래 옵션을 뜻한다. 그러나 협의의 실물옵션은 투자연기 선택권, 투자 철수 선택권, 성장기회 선택권, 유연성 선택권, 단계적 선택권 등과 같이 실물투자에서의 의사결정 옵션을 말한다(조용대, 2002). Trigeorgis(2004)는 이 같은 협의의 개념에 입각하여 실물옵션을 <표 1>과 같이 연기옵션, 단계별 옵션, 운영규모 변경옵션, 포기옵션, 전환옵션, 성장옵션, 복합적 연계 옵션으로 구분하고 있다. 본 연구에서는 이들 중에서 공모형 PF사업에 적용 가능한 옵션들을 찾게 된다.

국내의 실물옵션 연구는 IT(양동훈 외, 2006;

임금순 외, 2006), 에너지(윤원철 외, 2003), 철도 기술 개발(김성민·권용장, 2007), 항만개발(황두건·이기환, 2007), 부동산 개발(조주현·박홍일, 2004; Mun, 2005; 김중영·김영국, 2008) 등 다양한 분야에 걸쳐 시도되고 있다. 본 연구와 관련이 깊은 부동산 개발 분야의 연구를 보면, 조주현·박홍일(2004)은 시뮬레이션을 통해 포기, 연기, 확장, 축소옵션을 적용하고 사업가치 및 옵션가치를 분석하였다. Mun(2005)은 5년 내 개발이라는 의회와의 약정으로 개발에 제약을 갖는 런던 중심가의 나대지를 대상으로 연기옵션을 적용하였다. 김중영·김영국(2008)은 감정평가 수단으로써 실물옵션 가치평가법의 가능성을 확인하고자 확장옵션과 연기옵션을 분석하였다.

실물옵션 가치평가 방법과 관련하여 대부분의 연구에서 블랙-숄츠(Black-Scholes) 모형 대신 계산이 용이한 이항옵션(binomial option) 모형을 사용하고 있다. 또한 분석과정에서 시뮬레이션 기법을 적극적으로 활용하고 있다. 이에 본 연구에서도 블랙-숄츠 모형 대신 이항옵션 모형을 이

용하며 시뮬레이션 기법을 활용하고자 한다.

2) 이항옵션모형 고찰

실물옵션분석에서는 옵션을 고려한 확장된 프로젝트의 순현재가치를 ENPV(expanded NPV), 옵션을 고려하지 않은 전통적 프로젝트의 순현재가치를 NPV, 실물옵션의 가치를 ROV(real option value)라고 하며 다음 (1)식과 같이 나타낼 수 있다. 이는 실물옵션을 통한 전략적인 선택을 할 경우 옵션효과로 인해 프로젝트의 가치가 증가된다는 것을 의미한다(임금순 외, 2006).

$$ENPV = NPV + ROV \quad (1)$$

이항옵션 모형에서는 옵션 만기까지의 기간 T 를 아주 작은 시간구간인 Δt 들로 나눌 수 있고, 각 시간구간동안 기초자산의 현재가치 S 가 상승하거나 하락하는 경우만을 가정한다. 기초자산의 현재가치 상승계수를 u , 하락계수를 d 라 하면 $u > 1, d < 1$ 가 된다. 따라서 Δt 이후에 기초자

〈표 1〉 실물옵션의 종류 및 개념

실물옵션	개 념
연기옵션(option to defer)	사업 추진 시기를 유리한 시점까지 연기할 수 있음
단계별 옵션 (time to build option)	투자 후 상황 변화에 따라 후속투자의 규모나 사업의 포기 등에 대한 선택을 할 수 있음
운영규모 변경옵션 (option to alter operating scale)	시장상황에 따라 생산규모나 자원이용을 확대하거나 축소, 또는 일시적으로 중단하였다가 재개할 수 있음
포기옵션(option to abandon)	시장상황이 악화되면 사업을 포기하고 시장을 통해 자산의 가치를 보장 받을 수 있음
전환옵션(option to switch)	시장 상황에 따라 투입물 또는 산출물을 변환 시킬 수 있음
성장옵션(growth option)	선행 투자를 통해 미래 성장기회를 제공함
복합적 연계옵션 (multiple interacting options)	복합적으로 옵션이 존재할 경우의 가치는 개별 옵션가치의 단순한 합과 다름

주: Trigeorgis(2004), 조주현·박홍일(2004), 박범조(2009)를 참조하여 제작성한 것임

산의 현재가치가 상승하면 Su , 하락하면 Sd 가 된다.

<표 2>는 기본 이항트리의 개념을 정리한 것인데, 기간별, 상태별 가치는 상승계수 u 와 하락계수 d 를 이용한 전진이연과정(rolling forward process)을 통해 산정된다. 여기서 기간 i , 상태 j 에서의 프로젝트의 가치 S_{ij} 는 $Su^{i-j}d^j$ 로 표현된다. 이를 따를 경우 S_{21} 은 Sud 가 된다. S_{21} 은 Sud 로 표현되지만 그 값은 $S_{10}d + S_{11}u$ 로 산정된다. 마찬가지로 Su^5 로 표현된 S_{50} 은 $S_{40}u$ 로 산정된다.

(표 2) 기본 이항트리 개념

j \ i	기간						
	0	1	2	3	4	5	
상 태	0	S	Su	Su ²	Su ³	Su ⁴	Su ⁵
	1		Sd	Sud	Su ² d	Su ³ d	Su ⁴ d
	2			Sd ²	Sud ²	Su ² d ²	Su ³ d ²
	3				Sd ³	Sud ³	Su ² d ³
	4					Sd ⁴	Sud ⁴
	5						Sd ⁵

기초자산의 현재가치가 상승할 확률을 p , 하락할 확률을 $(1-p)$, 변동성을 σ , 무위험 이자율(risk-free interest rate)을 r 이라 하면 u, d, p 는 (2)식과 같이 정의된다(박범조, 2009).

$$\begin{aligned}
 u &= e^{\sigma\sqrt{\Delta t}} \\
 d &= e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}} \\
 p &= \frac{e^{r\Delta t} - d}{u - d}
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

(1)식의 프로젝트의 순현재가치 ENPV를 이항 옵션모형으로 산정하기 위해서는 실물옵션의 종류를 결정하여야 하고, 옵션별 가치평가 방법에 의거 기본이항트리에 대한 역순환 과정(recursive backward iteration)을 거쳐야 한다. i 시점, j 상태의 프로젝트의 가치를 V_{ij} 로 정의할 경우 행사 가격과 함께 상승확률 p 와 하락확률 $(1-p)$ 가 $i+1$ 시점의 프로젝트의 가치에 적용되어야 한다. 이 과정에서 연속복리의 역수인 $e^{-r\Delta t}$ 가 할인계수로 이용된다. 역순환과정을 거쳐 최종적으로 산정된 기준시점의 기초자산의 가치 V_{00} 가 옵션을 고려한 프로젝트의 순현재가치 ENPV가 된다. 이때 실물옵션의 가치 ROV는 ENPV에서 DCF법에 의해 산정된 전통적 순현재가치인 NPV를 차감함으로써 얻어지게 된다.

III. 공모형 PF사업 사례 내용분석

1. 분석 방법 및 자료 구축

이 장에서는 공모형 PF사업 추진과정에서 발생한 문제들을 분석하고 실물옵션 적용 가능성을 검토하고자 한다. 여기서 말하는 문제는 공모형 PF사업이 원래의 계획대로 되지 못하거나 될 가능성이 없어 갈등이나 이슈를 발생시키고 있는 것을 의미한다고 할 수 있다.

공모형 PF사업의 문제들은 사례들에 대한 내용분석을 통해 분석한다. 내용분석은 사람들의 의사소통 기록 또는 사건기록에 대해 분석하는 것으로¹⁾, 도시개발 분야에서는 이상경 외(2001)

1) 내용분석의 대상이 되는 의사소통 기록들에는 책이나 잡지, 웹 사이트, 신문, 노래, 그림, 연설문, 서신,

〈표 3〉 문제 유형별 사례 및 기사 수

번호	문제 유형	사례수	기사수	문제 발생 사업*
1	준공 후 상가활성화 실패	1	5	용인동백(쥬네브)
2	분양가 논란으로 인한 분양 지연	1	18	화성동탄
3	사업 변경에 대한 입주예정자 반발	1	4	화성동탄
4	일부 시설, 구역의 사업 추진 차질	2	15	대전엑스포, 용산국제
5	사업자 선정 취소	1	2	용인동백2**
6	주민들의 사업(토지수용) 반대	2	4	대구봉무, 천안국제
7	우선 협상대상자 선정 시비	3	7	대구봉무, 인천운북, 한류우드1
8	시장상황에 따른 사업축소 갈등	3	6	광명역세권, 한류우드1, 인천운북
9	사업비 증가로 인한 사업 포기	1	11	인천도화
10	사업비 조달 차질	4	38	인천도화, 판교, 용산국제, 천안국제
11	특별법 제정으로 사업혼란 가능성	1	1	천안국제
합 계		20	111	

*) 사업명은 각주 3)에서 제시된 본래 사업명의 앞쪽 단어를 이용하여 축약명으로 표기한 것임

**) 용인동백2는 '용인동백 친환경 주택단지 사업'을 말함

에서 보이듯이 신문 기사를 대상으로 재건축이나 재개발 사업의 갈등분석에 많이 이용되고 있다. 본 분석에서도 공모형 PF사업을 다룬 신문기사 중 사업 추진과정에서 발생한 문제에 관한 내용을 포함한 기사를 내용분석의 대상으로 한다. 신문기사는 '한국언론재단'의 KINDS²⁾를 이용하여 종합일간지 및 경제일간지, 인터넷신문에 게재된 기사를 검색하여 수집한 것이다. 검색 대상은 2008년 이전에 공모가 완료된 17개 공모형 PF사

업으로 한정하였다³⁾. 검색 대상을 2008년 이전 공모 완료된 사업으로 한정된 것은 2008년 이후 공모된 PF사업들의 경우 사업 진행이 초기 단계인 관계로 문제가 드러난 경우가 많지 않아 관련 기사를 찾아보기가 어렵기 때문이다.

KINDS 검색 키워드로 해당 PF사업의 '사업명'을 설정하고 제목과 본문을 포함하여 검색하였으며, 검색기간은 해당 PF사업이 공모된 달의 1일부터 2009년 7월 30일까지로 하였다. 이 기준

전자우편, 법률 등의 모든 문헌들이 포함된다. 내용분석은 시간과 비용의 경제성, 연구의 안정성 그리고 비개입적 조사방법에서 장점을 가진다(Babbie, 2002).

- 2) KINDS(www.kinds.or.kr)는 '한국언론재단'의 뉴스 검색 서비스 사이트로 서울지역 종합일간지와 25개 서울지역 외 종합일간지, 6개 경제일간지, 3개의 TV방송뉴스, 9개의 인터넷 신문, 5개 지역주간신문 등의 기사를 DB로 구축하고 있다.
- 3) 17개 사업명은 용인죽전 역세권 개발사업, 용인동백 테마형 쇼핑몰 사업(쥬네브), 화성동탄 복합단지 사업(메타폴리스), 대전엑스포 컨벤션복합센터 사업(스마트시티), 용인동백 친환경 주택단지 사업, 아산배방 복합단지 사업, 대구봉무 지방산업단지 조성사업, 광명역세권 복합단지 개발사업, 인천운북 복합레저단지 개발사업, 한류우드 1구역 사업, 광주수완 호수공원 쇼핑몰 사업, 인천도화지구 복합단지 개발사업, 성남판교 복합단지 사업(알파돔시티), 파주운정 복합단지 개발사업, 용산 국제업무지구 개발사업, 천안국제 비즈니스파크 조성사업, 남양주별내 복합단지 사업이다.

에 의거하여 검색기간이 가장 긴 ‘용인죽전 역세권 개발사업’은 2001년 10월1일부터 검색을 시작하였으며, 가장 짧은 ‘남양주별내 복합단지 사업’은 2007년 10월1일부터 검색을 시작하였다.

키워드를 통해 검색된 기사는 해당 사업에 관한 모든 상황을 주제로 작성된 것이므로 선정기준을 정하여 이에 적합한 기사만을 선택, 분석 대상으로 결정하였다. 기사 선정기준은 다음과 같다. 첫째, 분석대상은 사업자 선정 이후의 기사를 대상으로 하였다. 둘째, 사업자 선정, 분양 소식, 사업소개 등 정상적 사업추진에 관한 내용의 기사는 분석대상에서 제외하였다. 또 본 연구에서는 발생한 문제에 초점을 맞추기 위해 문제의 해결과 관련된 내용의 기사 또한 분석 대상에서 제외하였다. 셋째, 동일 보도매체에서 제목과 내용이 동일한 기사가 중복하여 검색된 경우는 앞선 날짜의 기사를 분석 대상으로 선택하였다.

2. 분석결과

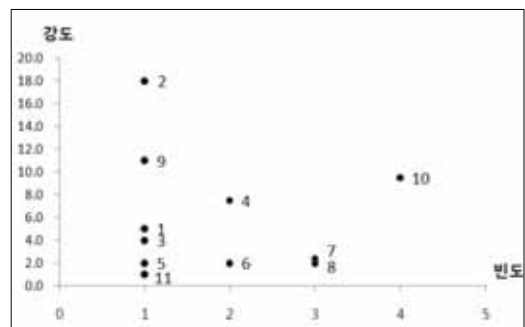
본 연구에서는 선정된 기사 분석을 위해 다음과 같은 기준을 적용하였다. 종합일간지, 경제일간지, 인터넷신문 등과 같이 보도매체별 구별은 하지 않았다. 하나의 기사에서 복수의 PF사업 문제를 다룬 경우에는 각각의 사업에 대한 기사로 간주하였다. 문제별 유형분석 시에도 마찬가지로 하나의 기사에서 동일한 PF사업을 대상으로 복수의 문제를 보도하는 경우 각각의 문제에 대한 독립적인 기사로 간주하여 분석하였다.

사업별로 문제 사례를 정리한 결과, 17개의 PF사업 중 12개 사업에서 하나 혹은 복수의 문제가 발생한 것으로 나타났다. <표 3>은 문제 유형별로 문제 사례수와 기사 건수를 정리한 것이다.

111개의 문제 기사가 20개 사례로 정리되었기는 다시 11개 문제 유형으로 분류되었다. <그림 1>은 이상경 외(2001)의 방법을 따라 문제 유형별로 빈도와 강도를 분석한 것인데, 빈도는 유형별 문제 사례 건수이며 강도는 유형별 문제 기사 건수를 해당 사례 건수로 나눈 값이다.

분석 결과, ‘사업비 조달 차질(10)’, ‘우선 협상 대상자 선정 시비(7)’, ‘시장상황에 따른 사업축소 갈등(8)’은 상대적으로 빈도가 높은 것으로 나타났다. 이 문제들은 PF사업 추진 시 자주 발생하는 문제라고 할 수 있다. ‘분양가 논란으로 인한 분양 지연(2)’, ‘일부 시설 혹은 구역의 사업추진 차질(4)’, ‘사업비 증가로 인한 사업 포기(9)’, ‘사업비 조달 차질(10)’ 등의 문제는 강도가 높은 문제, 즉 심각성이 있는 문제로 나타났다. 그러나 ‘분양가 논란으로 인한 분양 지연(2)’ 문제와 ‘사업비 증가로 인한 사업 포기(9)’ 문제는 강도에 비해 빈도가 낮아 특정 사업의 문제가 강도 높게 보도된 것임을 알 수 있다. 반대로 ‘사업비 조달 차질(10)’ 문제와 ‘일부 시설 또는 구역의 사업추진 차질(4)’ 문제는 빈도와 강도 모두 비교적 높게 나타나 자주 발생하면서도 심각성이 있는 문제라고 할 수 있다.

<그림 1> 문제 유형별 빈도 및 강도



3. 실물옵션 적용 가능성 검토

공모형 PF사업 문제들 중 몇 가지는 실물옵션이 가정하는 상황과 유사하다고 볼 수 있다. <표 4>에서 볼 수 있듯이 5개 문제 유형이 <표 1>의 실물옵션 적용이 가능한 것으로 나타났다. 투자 자금이 확보되지 않거나 지역주민의 사업반대가 있어 사업의 연기되는 경우는 시장상황에 따라 사업투자를 일정기간 동안 미룰 수 있는 연기옵션이 가정하는 상황과 유사하다. 또 사업비 증가로 사업을 포기해야 하는 경우는 사업 성공이 어려울 경우 현재의 자산을 처분하고 사업을 포기할 수 있다고 가정하는 포기옵션의 상황과 유사하다.

사업추진 중에 일부구역이나 시설이 해당지역의 주민 반대, 혹은 해당 시설의 사업성 저하 등으로 사업 내용을 축소해야 할 경우 이는 시장상황에 따라 계획된 시설이나 개발권의 일부를 일정금액으로 매각할 수 있다고 가정하는 규모 변경옵션의 축소옵션의 상황과 유사하다.

공모형 PF사업에서 민간과 공공은 특수목적법인(SPC)에 공동출자한다는 점에서 협력관계라고 볼 수 있다. 민간은 주로 사업계획 등 개발에 필요한 아이디어와 자본을 충당하며, 공공은 주로 토지자본을 제공하여 민간의 사업진행을 돕는다. 그러나 사업을 통해 얻고자 하는 바는 서로 다를

수 있다. 민간은 사업의 성공을 통해 수익을 극대화 하고자 할 것이고 공공은 사업을 성공시켜 지역경제 활성화 및 고용 창출, 나아가 공공의 재정적 이익 등 공익적 이익을 극대화 하고자 할 것이다.

민간 사업자의 경우 시장상황이 좋지 않을 때 사업규모를 축소할 수 있는 권리를 가진다면 손해를 줄일 수 있다는 점에서 매우 좋은 옵션을 가지게 된다. 반면 공공은 사업규모나 내용 등이 변함에 따라 처음 계획했던 공익적 효과를 달성할 수 없게 된다. 따라서 공익적 효과 축소에 따른 보상이 합의되어야 축소옵션이 계약에 포함될 수 있을 것이다.

또 시장 상황이 상당히 악화되거나 자금사정이 어려워져 사업을 더 이상 추진하기 어려운 경우 사업을 포기할 수 있는 옵션을 민간이 가진다면 손실 규모를 상당히 줄일 수 있을 것이다. 반면 공공은 민간의 사업포기로 새로운 사업자를 선정해야 하며, 이로 인해 사업이 지연되는 문제를 가지게 된다. 따라서 공공의 이 같은 손실에 대한 보상이 합의되어야 포기옵션이 계약에 포함될 수 있을 것으로 판단된다.

사업이 연기되는 상황도 마찬가지로 민간은 자신에게 유리한 상황에 사업을 착수하고자 할 것이고 공공은 예정된 기간에 사업을 마쳐 해당 사업이 기대했던 기능을 수행하길 바랄 것이다. 따라서 이 경우에도 공공에 합당한 대가를 지불하는 것을 합의해야만 사업을 연기할 수 있는 권리, 즉 연기옵션을 얻게 될 것이다.

다음 장에서 시뮬레이션을 통해 산정하게 되는 옵션가치는 상기와 같은 상황에서의 옵션계약 체결 시 기준가격이 된다는 점에서 그 의미를 가진다.

(표 4) 실물옵션 적용 가능 문제유형

번호	문제 유형	실물옵션
4	일부 시설 사업 차질	축소 옵션
6	주민들의 사업 반대	연기 옵션
8	사업 축소 갈등	축소 옵션
9	사업비 증가로 사업 포기	포기 옵션
10	사업비 조달 차질	연기 옵션

IV. 공모형 PF 사업 실물옵션 적용

1. 시뮬레이션 방법

시뮬레이션 대상 실물옵션으로 앞서 검토했던 포기옵션, 축소옵션, 연기옵션을 상정한다. 포기 옵션은 기대했던 수익을 올릴 수 없게 되거나 투자 자금을 조달할 수 없어 사업을 추진할 수 없을 때 사업을 포기하고 일부를 회수할 수 있는 옵션이며, 축소옵션은 시장상황에 따라 계획된 투자규모를 줄일 수 있는 옵션이다. 그리고 연기 옵션은 시장상황을 고려하여 일정 시점까지 투자를 연기할 수 있는 옵션이다.

구체적으로 만기옵션에는 만기이전 또는 만기시에 옵션을 행사할 수 있어 미국식 풋옵션(American put option)으로 나타나게 되는 만기이전 포기옵션을 적용한다. 축소옵션에는 특정 시점에 규모를 축소할 수 있어 유럽식 풋옵션(European put option)으로 나타나게 되는 특정시점 축소옵션을 적용한다.

시뮬레이션은 광명 역세권 복합단지개발 PF사업을 대상으로 한다. 사업 대상지는 광명역세권 택지개발사업지구에 위치하고 있으며, 면적은 73,919㎡, 사업기간은 2006년 6월부터 2011년 12월까지이다. 시뮬레이션 적용을 위한 사업수지는 사업시행자로 지정된 A컨소시엄의 사업제안서를 기초로 실물옵션의 조건에 맞게 일부를 수정한 것이다.

2. 사업가치 및 옵션가치 산정

1) DCF법에 의한 NPV 분석

광명역세권 택지개발사업은 주거, 상업, 업무, 숙박시설 등을 포함한 복합단지를 조성하는 사업으로 2006년부터 6년간 추진되는 것으로 계획되었다. SPC가 설립되는 시기는 2006년이며 본격적 비용 투입은 2007년부터 5년간 이루어진다. 주거 시설의 분양은 2007년부터 2011년까지 단계별로 이루어진다. 할인점, 쇼핑몰, 근린상가 등의 상업 시설은 2009년부터 임대 운영을 시작하며 사업 종료시점인 2011년에 매각한다. 업무 및 숙박시설은 시설 준공시점에 각각 매각한다.

<표 5>의 현금흐름은 NPV를 산정하기 위해 경제성분석 기법에 입각하여 금융비용을 제외한 것이다. 물가상승률로 연간 2.8%를 적용하며, 자본환원률(capitalization rate)로 상업시설 10.0%, 업무시설 8.5%를 적용한다. 그 결과 분양수입과 임대수입 등을 합한 총수입은 1,674,898백만원, 토지비와 공사비 등을 합한 총비용은 1,498,576백만원, 이익은 176,322백만원으로 추정되었다.

NPV산정을 위해 2006년 기준으로 할인율 6.85%를 적용한 결과, 수입의 현재가치 총액은 1,310,157백만원, 비용의 현재가치 총액은 1,212,411백만원으로 분석되었다. DCF법에 의한 사업 가치는 수입의 현재가치 총액에서 비용의 현재가치 총액을 차감한 NPV와 동일하며 그 가치는 97,716백만원이 된다.⁴⁾

4) NPV가 0보다 큰 것으로 분석된 것은 사업제안서가 공모 당선을 목적으로 작성되었기 때문이다. 선행연구들을 보면 NPV가 0보다 작은 경제성이 없는 사업을 대상으로 실물옵션을 적용하는 것이 논리 전개에 유리할 수 있다. 이 같은 점을 고려하여 본 연구에서도 사업가치(NPV)를 그 자체로 해석하기보다 확장된 사업가치(ENPV)와 옵션가치(ROV)와의 관계 속에서 해석하는 데 초점을 두고자 한다.

(표 5) 광명역세권 복합단지개발 PF사업 NPV 분석 결과

(단위: 백만원)

구 분		합 계	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년
수입	분양수입	959,629		121,873	243,746	235,109	195,764	163,137
	시설매각수입	653,906					168,059	485,847
	임대수입	61,488				2,665	9,381	49,442
	수입총계	1,674,898		121,873	243,746	237,649	373,204	698,426
비용	토지관련비용	414,833	41,088	15,094	15,094	15,094	26,589	301,874
	직접공사비	879,622		73,009	273,562	234,859	153,054	145,138
	간접공사비	144,418	5,137	18,638	38,288	31,786	26,296	24,273
	판매관련비용	59,703	951	36,188	6,890	2,701	4,792	8,181
	비용총계	1,498,576	47,176	142,929	333,834	284,440	210,731	479,466
순현재가치		176,322	-47,176	-21,056	-90,088	-46,791	162,473	218,960

주) 수입의 현재가치 1,310,157백만원, 비용의 현재가치 1,212,411백만원, 순현재가치(NPV)=97,716백만원

2) 변동성 추정

옵션가치를 계산하기 위해서는 해당 사업의 변동성 σ 을 추정하여야 한다. 변동성을 추정하는 방법으로 역사적 자료(historical data)를 이용하는 방법과 대응변수를 이용하는 방법이 있는데, 광명역세권 복합단지개발 사업의 경우 역사적 자료가 없는 관계로 대응변수를 이용하여야 한다. 본 연구에서는 대응변수로 주거시설의 수익률을 이용한다. 이는 주거시설의 사업 비중과 중요도를 감안한 선택이라고 할 수 있다.

주거시설의 수익률 추정은 KB국민은행의 서울시 아파트 매매가격지수를 이용한다.⁵⁾ <표 6>은 1996년부터 2005년까지 10년간 서울시 아파트 매매가격지수를 이용하여 수익률을 산정한 것이다. 여기서 t 시점의 수익률 r_t 는 다음 (3)식과 같이 산정한다(박범조, 2009).⁶⁾

$$r_t = 100 \times \ln(p_t / p_{t-1}) \tag{3}$$

가격 변동성은 표준편차로 측정되는데 자료의 기록 빈도에 따라 일별, 주별, 월별, 분기별로 측정되며 일반적으로 연율 퍼센트로 표시한다(김명직·장국현, 1998). 산정 방법은 (4)식과 같으며, 여기서 σ^t 는 표준편차이다.

$$t\text{시점의 연율 표시 변동성} = 100 \times \sigma^t \sqrt{\text{연간 관측회수}} \tag{4}$$

서울시 아파트 매매가격지수 10년간 수익률의 표준편차는 0.12이며, 이를 이용하여 변동성을 산정하면 12%가 된다.⁷⁾ 따라서 본 연구에서는 변동성을 12%로 가정하고 옵션가치를 산정한다.

5) 광명시와 경기도 아파트 매매가격지수는 2003년 이후부터 제공되고 있어 분석 기간을 충분히 확보할 수 없다. 이에 본 연구에서는 광명시와 접하고 있는 서울시 아파트 매매가격지수를 분석에 이용하였다.

6) (3)식의 r_t 는 연속복리수익률(continuously compound return)이다. 이에 대해서는 설명은 김명직·장국현(1998)을 참조하기 바란다.

〈표 6〉 서울시 아파트 가격지수 및 수익률

(2008.12=100.0)

연도	매매가격지수	수익률
1996	38.6	
1997	40.6	5.1%
1998	34.6	-16.0%
1999	39.0	12.0%
2000	40.6	4.0%
2001	48.5	17.8%
2002	63.4	26.8%
2003	69.8	9.6%
2004	69.1	-1.0%
2005	75.4	8.7%

주) 매매가격지수는 12월 기준임
 자료) 국민은행(<http://www.kbstar.com>)

3) 기본 이항트리 산정

기본 이항트리를 산정하기 위해서는 투입변수들의 값을 결정해야 한다. 기초자산 S 의 값으로 <표 5>에서 제시된 수입의 현재가치인 1,310,157 백만원을 사용한다. 변동성은 12%로 가정하며, 무위험 이자율 r 은 사업제안서에서 제시한 5.42%를 적용한다. 상승계수 u 와 하락계수 d , 확률 p 는 변동성 σ 을 이용하여 산정하며, 확률 p 는 상승계수와 하락계수, 무위험 이자율 r 을 이용하여 산정한다.

$$u = e^{\sigma}, \quad d = e^{-\sigma} = \frac{1}{u}, \quad p = \frac{e^r - d}{u - d} \quad (5)$$

<표 7>은 이들 변수들의 값을 정리한 것이다. <표 8>은 <표 7>의 변수 값들을 기초로 기본 이항트리의 값들을 산정한 것이다.

〈표 7〉 이항옵션모형 적용 변수

변수명	기호	값
기초자산 현재가치	S	1,310,157
연간 변동성	σ	12%
무위험 이자율	r	5.42%
시간구간	Δt	1(년)
상승계수	u	1.1275
하락계수	d	0.8869
상승확률	p	0.7015
하락확률	$1-p$	0.2985

4) 만기이전 포기옵션

만기이전 포기옵션은 민간이 만기 시점 또는 그 이전에 사업에 대한 투자를 포기하고 사업권을 정해진 금액에 양도할 수 있는 권리를 가진 것으로 가정한다. 행사가격은 사업권을 양도하고 받는 금액으로 조주현·박홍일(2004)을 참조하여 기초자산의 30%($a=0.3$)로 가정하였다.

$t=5$ 시점의 사업 가치는 기초자산에서 5차년도의 투자비를 공제한 값과 사업을 포기함으로써 얻게 되는 매각가치를 비교한 값 중 큰 값으로 결정된다. $t=4$ 시점부터 사업의 가치는 $t=5$ 시점의 값을 역순환 과정을 통해 산정한 값과 매각가치를 비교한 값 중 큰 값이 된다.

$$V_{5,0} = \max[aS, Su^5 - I_5] \quad (6)$$

$$V_{4,1} = \max[aS, (pV_{5,1} + (1-p)V_{5,2})e^{-r} - I_4]$$

<표 9>는 역순환 과정을 보여주는 것으로 $t=0$ 시점에서 사업의 가치는 325,135 백만원이 된다. 이때 옵션의 가치는 기존사업에 옵션이 적용됨으

7) 연도별 매매가격지수를 이용한 관계로 관측회수가 1이 된다. 따라서 변동성은 $100 \times 0.12 \times 1 = 12\%$ 가 된다.

〈표 8〉 기본 이항트리 산출구조

(단위: 백만원)

구분	t=0	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5
0	1,310,157	1,477,197	1,665,535	1,877,886	2,117,311	2,387,261
1		1,162,005	1,310,157	1,477,197	1,665,535	1,877,886
2			1,030,606	1,162,005	1,310,157	1,477,197
3				914,065	1,030,606	1,162,005
4					810,703	914,065
5						719,029

〈표 9〉 만기이전 포기옵션 산출구조

(단위: 백만원)

구분	t=0	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5
0	325,135	393,047	393,047	634,471	1,257,917	1,907,795
1		393,047	393,047	393,047	847,641	1,398,420
2			393,047	393,047	524,907	997,732
3				393,047	393,047	682,539
4					393,047	434,600
5						393,047

로써 추가된 가치가 된다. 즉 만기이전 포기옵션의 가치(ROV)는 옵션이 적용된 사업의 가치(ENPV) 325,135백만원에서 사업의 기존가치(NPV) 97,716백만원을 차감한 값인 227,419백만원이 된다. 따라서 옵션계약 체결 협상 시 기준이 되는 옵션가치는 227,419백만원이 된다.

5) 특정시점 축소옵션

특정시점 축소옵션은 주거, 상업, 업무시설의 분양 또는 임대수요가 감소가 전망될 경우 사업 규모를 축소할 수 있는 옵션이다. 사업 축소를 결정하는 시점으로 사업 종료 시점인 t=5를 상정하며, 해당 연도 투자액의 50%를 감액하는 것으로 가정한다. 이 경우 사업의 가치는 10% 줄어들 것으로 추정된다.

축소옵션의 행사에 따른 사업의 가치는 (7)식

과 같이 역순환과정을 이용하여 산정된다. 여기서 c 는 0.1, k 는 0.5이다.

$$V_{5,0} = \max[Su^5 - I_5, (1 - c)Su^5 - (1 - k)I_5] \quad (7)$$

$$V_{4,1} = [pV_{5,1} + (1 - p)V_{5,2}]e^{-r} - I_4$$

이러한 역순환 과정을 통해 산정된 옵션효과가 포함된 사업의 가치(ENPV)는 <표 10>과 같이 102,801백만원이 된다. 특정시점 축소옵션의 가치(ROV)는 기존가치(NPV) 97,716백만원을 차감한 5,086백만원이 된다. 따라서 특정시점 축소 옵션 계약체결 시 기준이 되는 옵션가치는 5,086백만원이 된다.

6) 연기옵션

연기옵션은 특정시점까지 사업의 시작을 연기

할 수 있는 옵션이다. <표 11>은 사업을 2년간 연기할 수 있는 옵션의 가치산정 결과를 정리한 것이다. t=7시점에서 사업의 가치는 t=7시점 기초자산에서 해당 시점의 투자비를 차감한 값이 된다.⁸⁾ t=6시점부터 t=2시점까지 사업의 가치는 역순환 과정을 통해 산정되며, t=0시점의 사업가치는 t=2시점의 사업가치를 무위험 이자율로 할인한 값이 된다.

$$V_{7,0} = Su^7 - I_5(1+r)^2 \quad (8)$$

$$V_{6,1} = (pV_{7,1} + (1-p)V_{7,2})e^{-r} - I_4(1+r)^2$$

이 같은 과정을 통해 산정된 확장된 사업가치(ENPV)는 238,834백만원이 되며 옵션가치(ROV)

는 141,119백만원이 된다. 동일한 방법으로 1기간과 3기간 연기옵션의 옵션가치를 구하면 각각 44,169백만원, 244,539백만원이 된다. 이 사업의 경우 연기가격이 길어질수록 실물옵션의 가치는 증가하게 된다.

V. 결론

본 연구에서는 공모형 PF사업의 문제들을 신문기사에 대한 내용분석을 통해 진단하고 유형화한 후 광명역세권 복합단지개발 PF사업을 대상으로 만기이전 포기옵션과 특정시점 축소옵션, 연기옵션을 시뮬레이션 기법을 통해 적용하고 도

<표 10> 특정시점 축소옵션 산출구조

(단위: 백만원)

구분	t=0	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5
0	102,801	242,994	502,875	990,939	1,467,763	1,908,802
1		-40,679	183,034	630,320	1,061,166	1,450,365
2			-68,561	346,646	741,325	1,089,745
3				123,501	489,729	806,071
4					291,817	582,926
5						407,393

<표 11> 2기간 연기옵션 산출구조

(단위: 백만원)

구분	t=0	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5	t=6	t=7
0	238,834		266,179	455,940	783,858	1,371,206	1,952,699	2,501,955
1				55,252	332,083	861,831	1,378,381	1,854,413
2					-23,296	461,143	926,606	1,345,038
3						145,950	571,227	944,349
4							291,676	629,156
5								381,217

8) 투자비는 매년 이자율(5.42%)만큼 상승하는 것으로 가정한다. t=7시점의 기초자산으로 t=5시점의 투자비를 2기간 상승시킨 값을 적용한다. 더불어 (8)식에 대해서는 조주현·박홍일(2004)을 참조하기 바란다.

입 가능성을 분석하였다.

연구 결과를 정리하면 다음과 같다. 먼저 17개 공모형 PF사업 사례를 대상으로 일간지 신문기사에 대한 내용분석을 수행한 결과 문제를 발생시킨 사업은 모두 12개로 나타났다. 이들 사업의 문제들은 ‘사업비 조달 차질’, ‘사업내용 변경 검토’ 등 총 11개 유형으로 정리되었다. 문제 유형별 발생 빈도와 강도 분석을 수행한 결과 ‘사업비 조달 차질’, ‘우선 협상대상자 선정 시비’, ‘시장상황에 따른 사업축소 갈등’은 상대적으로 빈도가 높아 자주 발생하는 문제로 분석되었다. ‘분양가 논란으로 인한 분양 지연’, ‘일부 시설 혹은 구역의 사업추진 차질’, ‘사업비 증가로 인한 사업 포기’, ‘사업비 조달 차질’ 등의 문제는 강도가 높아 심각성이 있는 문제로 분석되었다. ‘사업비 조달 차질’ 문제와 ‘일부 시설 또는 구역의 사업 추진 차질’ 문제는 빈도와 강도 모두 비교적 높게 나타나 자주 발생하면서도 심각성이 있는 문제로 분석되었다.

내용분석을 통해 정리된 11개 문제 유형들 중 5개 유형들이 포기옵션, 축소옵션, 연기옵션의 적용이 가능한 것으로 나타났다. 시뮬레이션을 위해 이들 옵션들을 만기이전 포기옵션, 특정시점 축소옵션, 연기옵션으로 구체화한 후, 이를 광명역세권 복합단지개발 PF사업에 적용하였다. 그 결과 확장된 사업가치(ENPV)가 원래 사업가치인 순현재가치(NPV)보다 더 크게 나타났다. 이는 실물옵션 이론에서 고찰했듯이 사업가치 속에 옵션 가치가 반영되었기 때문이다. 이를 통해 실물옵션을 이용할 경우 위험은 회피되거나 제거해야 될 대상이 아닌 사업 가치를 증대시키는 대상이 될 수 있다는 것을 확인할 수 있었다.

만기이전 포기옵션, 특정시점 축소옵션, 연기

옵션의 가치를 비교한 결과 포기옵션의 옵션가치가 축소옵션이나 연기옵션에 비해 상당히 높게 나타났다. 만기이전 포기옵션의 경우 만기 전에 언제든지 포기할 수 있는 권리를 준다는 점에서 매우 큰 가치를 지닐 수밖에 없다. 현실적으로 볼 때, 시설준공 및 운영을 통해 지역경제효과를 기대하는 공공입장에서 민간에게 포기옵션을 부여하기는 어려울 것으로 보인다. 그러나 연기옵션과 축소옵션의 경우 사업을 포기하는 것이 아니라 내외적 환경 변화에 유연하게 대응할 수 있는 전략적 선택 권리에 대한 계약이라는 점에서 이를 수용할 여지는 있는 것으로 판단된다.

주식시장 등에 기초하여 정형화된 금융옵션과 달리 실물옵션은 비정형화된 계약에 기초한다는 점에서 일반화에 한계를 가질 수밖에 없다. 실용성 측면에서 보면 오히려 전통적 DCF법이 더 우수할 수도 있다. 그러나 부동산 시장의 침체가 장기화되고 사업 위험이 커질수록 다양한 조건을 가진 옵션계약이 등장할 수밖에 없으며, 이 경우 기존의 DCF법으로 이를 분석하는 것은 한계를 가질 수밖에 없다. 이 점에서 실물옵션의 도입 가능성은 충분히 있다고 하겠다.

광명역세권 복합단지개발 PF사업이 현재 중단된 상황이기 때문에 실물옵션 적용이 사업 제안서에 대한 시뮬레이션 수준에 머무른 점은 이 연구의 한계라고 할 수 있다. 후속 연구에서는 구체적 사례 발굴과 옵션모형 개발을 통해 이를 보완하여야 할 것이다.

논문접수일 : 2011년 11월 3일

논문심사일 : 2011년 11월 15일

게재확정일 : 2012년 3월 21일

참고문헌

1. 김명직·장국현, 「금융시계열분석」 경문사, 1998
2. 김성민·권용장, “실물옵션을 활용한 G7 한국형고속전철의 다이나믹 가치평가”, 「한국철도학회논문집」 제10권 제2호, 한국철도학회, 2007, pp.137-145
3. 김중영·김영국, “실물옵션을 활용한 부동산 개발가치 평가”, 「감정평가학 논집」 제7권 제2호, 한국감정평가학회, 2008, pp.1-18
4. 박범조, 「실물옵션과 불확실성하의 가치평가」 시그마프레스, 2009
5. 백인길·손진수, “공모형 PF 사업의 특성에 관한 연구-공모지침서를 중심으로”, 「부동산학연구」 제14집 제3호, 한국부동산분석학회, 2008, pp.35-56
6. 심교언·서준원·이상경, “복합개발사업 공모의 공모 특성 및 당선작 특성 분석”, 「도시행정학보」 제21집 제2호, 한국도시행정학회, 2008, pp.51-76
7. 양동훈·이준서·남찬기·박기재·곽명재, “실물옵션을 이용한 가치평가와 투자 의사 결정: IT프로젝트 사례를 중심으로”, 「경영교육연구」 제10권 제1호, 한국경영학회, 2006, pp.241-258
8. 오동훈, “신도시 중심상업지 개발용 PF공모지침서상의 항목별 작성기준 비교검토를 통한 공모지침서의 차별성 및 성향 분석”, 「도시행정학보」 제21집 제2호, 한국도시행정학회, 2008, pp.259-276
9. 윤원철·손양훈·김수덕, “실물옵션을 활용한 발전소 건설 타당성 분석”, 「자원·환경경제연구」 제12권 제2호, 한국자원경제학회, 2003, pp.217-246
10. 이상경·신우진·정창무, “내용분석을 이용한 재건축 사업 관련 주체들간 갈등에 관한 연구”, 「국토계획」 제36권 6호, 대한국토·도시계획학회, 2001, pp.99-111
11. 임금순·이덕주·김기홍·오형식, “실물옵션을 이용한 차세대 정보통신 투자사업의 가치평가 및 최적투자시기 결정”, 「대한산업공학회지」 제32권 제3호, 대한산업공학회, 2006, pp.180-190
12. 조용대, 「파생상품시장론」 금융경제연수사, 2002
13. 조주현·박홍일, “이항옵션모형을 이용한 부동산 개발가치 평가에 관한 연구”, 「부동산학연구」 제10집 제1호, 한국부동산분석학회, 2004, pp.37-60
14. 황두건·이기환, “실물옵션과 항만개발의 경제성 평가”, 「해운물류연구」 제55권, 한국해운물류학회, 2007, pp.43-68
15. Babbie, E., 「사회조사방법론」 도서출판 그린, 2002
16. Mun, J., 「시물레이션을 이용한 미래형 리스크 분석」 이레테크, 2005
17. Trigeorgis, L., “Real Options: An Overview”, Schwartz and Trigeorgis, *Real Options and Investment under Uncertainty*, Cambridge: MIT Press, 2004, pp.103-134