

# 옵션 공간 모형 기반의 투자 시기에 관한 연구 - 해외 유료도로 프로젝트 타당성 조사 사례를 중심으로 -

정성윤  
한국건설기술연구원 미래스마트건설연구본부  
e-mail:syjeong@kict.re.kr

## A Study on Investment Timing based on Option Space Model -Focusing on the case feasibility study for overseas toll road project-

Seong-Yun Jeong  
Department of Future & Smart Construction Research,  
Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

### 요약

건설프로젝트는 시공단계에서 대부분의 사업비가 집중적으로 투입되고, 건설프로젝트를 통해 얻는 수익은 장기간에 걸쳐 기대할 수 있다. 만약 불확실성으로 인해 프로젝트 도중에 포기한다면 이미 투입된 비용은 고스란히 손실로 남게 된다. 건설프로젝트가 대형일수록 애초 계획대로 진행되는 경우는 거의 없다. 이러한 불확실성은 국내보다 해외 건설프로젝트에서 더욱 발생할 가능성이 크다. 불확실성에 내재한 가치를 평가하기 위해 실물옵션을 사용할 수 있다. 본 연구는 인도네시아 Depok-Bogor-Ciawo 유료도로 건설프로젝트를 대상으로 해외 건설프로젝트에서 많이 발생하는 투자시기에 대한 의사결정을 통해 기대할 수 있는 불확실성에 내재한 경제적 가치를 평가하였다. 또한, 르헤르만이 제시한 옵션 공간 모형을 적용하여 투자전략의 전문지식을 갖지 않은 의사 결정자에게 투자시기 연기에 따른 투자전략의 변화를 시각적으로 표현하였다.

### 1. 서론

건설프로젝트는 대부분의 사업비를 시공단계까지 투입하고, 프로젝트를 통해 얻는 수익은 장기간에 걸쳐 회수된다. 건설프로젝트 수행과정에서 불확실성(Uncertainty)으로 인해 프로젝트를 포기한다면 이미 투입된 비용은 고스란히 손실로 남게 된다. 불확실성은 사업비 미확보, 민원 발생, 법·규정 변경, 안전사고 발생 등 다양한 요인으로 인해 애초 계획대로 프로젝트로 진행되는 경우는 거의 없다. 이러한 불확실성은 건설프로젝트의 규모가 클수록, 국내보다 해외 건설프로젝트에서 더욱 발생할 가능성이 크다. 따라서 건설프로젝트의 초기에 경제성을 평가한다. 이때 경제성 평가는 프로젝트 투자의 변화를 고려하지 않는 현금흐름할인법(Discounted Cash Flow)을 사용한다. 만약, 건설프로젝트의 불확실성에 따른 유연한 의사결정을 한다면 애초 계획한 편익보다 더 많은 편익을 기대할 수 있다. 불확실성에 내재한 가치를 평가하기 위해 실물옵션 이론(Real Option Theory)을 사용할 수 있다. 본 연구는 대한건설협회에서 발행한 인도네시아 Depok-Bogor-Ciawo 유료도로 프로젝트의 타당성 조사 자료[1]를 기초자료로 하여 투자시기를 연기하였을 때 불확실성에 내재한 가치를 평가하였다. 한편, 재무적 수치로 설명되는 경제성 평가에 관한 전문지식을 갖지 않은 의사결정자가 실물옵션을 이용하여 평

가된 불확실성에 내재한 가치의 변화를 이해하기란 쉽지 않다. 이를 보완하기 위해 르헤르만(Luehrman)이 제시한 옵션 공간 모형(Option Space Model)을 준용하여 불확실성에 내재한 가치의 변화를 시각적으로 표현하였다.

### 2. 실물옵션 이론

현금흐름할인법은 할인율을 적용한 현금 유입과 현금 유출간의 차이를 가지고서 0보다 크고 작음에 따라 경제성을 평가한다. 이 할인법은 계산이 간단하나, 불확실성에 대해 유연한 의사결정을 통해 기대할 수 있는 경제적 가치를 고려하지 않는다. 불확실성에 내재한 가치를 평가하는 방법으로 실물옵션 이론을 사용할 수 있다. 실물옵션 이론으로 시계열 데이터 기반 연속 모형을 이용한 블랙-숄즈(Black-Scholes) 모형과 옵션만기일(T)까지 상승 비율과 하락 비율을 반영하여 전진 계산과정(Rolling Forward Process)과 역순환 계산과정(Recursive Backward Iteration)을 기반으로 한 이항모형(Binomial Model)을 가장 많이 사용한다. 이항모형은 옵션만기일 전에도 옵션을 행사할 수 있는 미국형 옵션(American option)을 적용할 수 있으므로 블랙-숄즈 모형보다 이항모형을 많이 사용한다[2]. 실물옵션에서는 연기, 확장/축소, 포기, 단계별 확장, 성장, 복합 등 다양한 유형의 옵션을 사용할 수

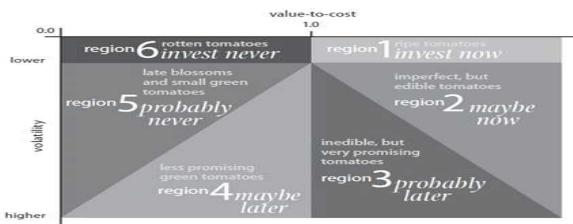
있다. 이중 연기 옵션(option to Defer)은 투자시기를 연기할 때 현재보다 더 큰 재무적 가치를 기대할 수 있는 경우에서 옵션을 행사한다. 연기 옵션은 옵션만기일 전까지 정해진 기간마다 이산(discrete)적으로 상승 비율( $u$ )과 하락 비율( $d$ )과 무위험이자율( $r_f$ ), 옵션만기일( $T$ )등 변수를 이용하여 기초 자산 가치( $S$ )를 계산한다.

### 3. 르헤르만의 옵션 공간 모형

르헤르만은 옵션 행사를 통해 기대할 수 있는 옵션 프리미엄을 반영한 기초자산 가치의 변화를 시각적으로 표시하기 위해 옵션 공간 모형을 고안하였다. 옵션 공간 모형은 식(1)과 같이 가치 비용 비율(NPVq)와 변동성(Volatility)으로 구성된 좌표로 2차원 기반의 공간을 말한다.

$$\text{가치 비용 비율} = \frac{S}{PV(X)}, \text{ 변동성} = \sigma\sqrt{t} \quad (1)$$

여기서  $S$ 는 기초자산의 가치를 말하고,  $PV(X)$ 는 현재 비용을 의미한다. 르헤르만의 옵션 공간 모형은 그림 1과 같이 투자전략을 ‘즉시 투자’, ‘투자 고려’, ‘투자 보류’, ‘포기 고려’, ‘거의 포기’, ‘투자 불가’ 등 6개의 구역으로 나누었다[3].



[그림 1] 6개의 투자전략으로 구성된 옵션 공간 모형

### 4. 인도네시아 유료도로 프로젝트 개요

보고르 지역은 인도네시아의 자카르타에서 남쪽으로 60km 떨어진 서부 자바섬에 있는 도시이다. 인구 밀도가 높은 지역이나 도로 인프라 투자가 미흡하여 최고조 시간대 평균 이동 속도가 40km/h 이하로 심각한 교통 체증이 발생하였다. 교통 혼잡을 줄이기 위해서는 Depok, Bogor 및 Ciawi 지역의 교통 혼잡을 완화하기 위한 도로 건설 계획을 발표하였다. 사업 기간은 2013년 1월에 착수하여 12월에 준공하고, 기간 내에서 공사를 완공하기 위해 도로 연장은 3구역을 나누어서 공사를 진행할 계획이었다. 표 1은 공사비, 보상비 및 준공 후 30년 동안에 드는 유지관리비용을 추정한 것이다.

[표 1] 프로젝트 비용 (단위 : 10억 달러)

구분		편익
적용한 할인율(%)		12.0
비용 항목	공사비, 용지보상비 등 프로젝트 비용	2.20
	유지관리 비용	1.27
	전체 프로젝트 비용	3.27
	현재가치	1.63

다음으로, 편익은 도로 건설 전과 후 간에 차이를 가지고서 차이를 화폐적 가치로 환산한 것을 말한다. 이 프로젝트는 표 2와 같이 도로 건설 후에 약 16.08억 달러의 편익이 있을 것으로 기대하였다. 이 편익을 현재가치로 환산하면 2.0억 달러의 편익을 기대할 수 있다고 추정하였다.

[표 2] 편익 추정 결과 (단위 : 10억 달러)

구분		편익
적용한 할인율(%)		12.0
편익 항목	차량 운행 비용 절감 편익	0.54
	통행시간 절감 편익	15.81
	교통사고 비용감소 편익	-0.27
	전체 편익	16.08
	현재가치	2.0

끝으로, 앞의 표 1과 표 2를 기초로 하여 현금흐름할인법을 적용하면 표 3과 같은 경제성 분석 결과를 얻었다. 이 결과를 볼 때 해당 사업은 경제적 가치가 다소 있다고 평가할 수 있다.

[표 3] 경제성 분석 결과 (단위 : 10억 달러)

구분		평가 결과
경제성 평가 결과	편익/비용 비율	1.23
	순현재가치	0.37
	내부수익률(%)	14.37

### 5. 연기 옵션 행사에 따른 경제성 분석

유료도로 건설프로젝트는 2014년에 착공하여 2016년에 준공하는 계획이다. 코로나19와 우크라이나 전쟁 등으로 인한 국제 경제전망이 불확실함으로 경제전망이 어느 정도 투명해질 때까지 연기 옵션 권리를 행사할 수 있도록 옵션만기일을 7년으로 설정하였다. 무위험이자율은 2022년 8월 기준으로 하여 10년 만기 국고채의 평균 수익률인 3.32%로 정하였다. 기초자산 가치의 변동성은 강동진[4]이 교통시설에 대한 경제성 분석에 적용한 8.35%를 적용하였다. Mun[2]에서 사용한 상승 비율( $u$ ), 하락 비율( $d$ ), 위험중립 상승헷지 확률( $p$ ) 계산식에 기초자산 가치의 변동성인 8.35%를 적용하여 아래와 같은 계산값을 얻었다.

$$u = \exp(0.0835) = 1.0871,$$

$$d = \exp(-0.0835) = \frac{1}{1.0871} = 0.9199,$$

$$p = \frac{(1+0.0332) - 0.9199}{1.0871 - 0.9199} = 0.6777$$

다음으로,  $u$ ,  $d$ ,  $p$ 와 기초자산 가치(20억 달러), 행사가격(16.3억 달러), 옵션만기일(7년) 등 변수를 표 4와 같이 이항 모형에서 사용하는 진진과 역순환 등 계산과정을 통해 약 0.36억 달러의 옵션 프리미엄을 기대할 수 있다. 이는 편익/비용 비율이 1.23%에서 1.25%로 상승하였고, 순현재가치는 3.7억 달러에서 4.06억 달러로 많아졌다. 또한, 기초자산 가치는 20.36억 달러로 높아졌다.

[표 4] 역순환 계산 결과 (단위 : 10억 달러)

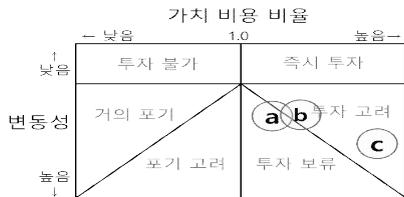
차수 단계	t=0	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5	t=6	t=7
0	0.41	0.51	0.63	0.77	0.94	1.12	1.32	1.54
1		0.23	0.30	0.40	0.51	0.65	0.81	0.99
2			0.10	0.14	0.20	0.28	0.38	0.52
3				0.02	0.04	0.05	0.08	0.13
4					0.00	0.00	0.00	0.00
5						0.00	0.00	0.00
6							0.00	0.00
7								0.00

### 6. 투자전략 시각화

옵션 프리미엄 계산에 사용하였던 기초자산의 가치, 현재 비용, 기초자산의 변동성 및 옵션만기일 등의 변수를 식 (1)에 대입하면 아래와 같이 가치 비용 비율과 변동성을 얻을 수 있다.

$$\text{가치비용비율} = \frac{2.36}{1.63} = 1.25, \text{변동성} = 0.835\sqrt{7} = 0.22$$

이 가치 비용 비율과 변동성의 값을 르헤르만의 옵션 공간에 표시하면 그림 2와 같이 나타낼 수 있다. 그림 2에서 ㉠ 프로젝트는 현금흐름할인법을 적용하였을 때의 위치이고, ㉡ 프로젝트는 연기 옵션을 행사하였을 때의 위치이다. 옵션 공간에서 ㉠와 ㉡ 프로젝트는 투자 고려와 투자 보류와 같은 투자 전략 영역에 위치하고 투자전략의 차이가 거의 없는 것으로 보인다. 이는 건설프로젝트는 투자 시기를 연기하더라도 경제적으로 큰 영향이 없다고 해석할 수 있다. 만약 장철호 외 [5]에서 적용한 기초자산의 변동성을 적용하였을 경우 가치 비용 비율이 1.54이고, 변동성은 0.8을 얻을 수 있다. 이 값을 옵션 공간에 표시하면 ㉢와 같은 위치에 놓인다. ㉢ 프로젝트는 투자 고려에 해당하는 투자전략 영역이다. 따라서 이 건설 프로젝트는 변동성이 높다고 투자를 포기하기보다는 불확실성에 따른 유연한 의사결정을 한다면 프로젝트를 투자할 가치가 있다고 유추할 수 있다.



[그림 2] 옵션 공간에서 프로젝트의 투자전략 위치

### 4. 결론

건설프로젝트는 프로젝트 초기에 예산 대부분이 집중적으로 투입한 후에, 장기간에 걸쳐 이익을 얻는다. 만약 건설프로젝트 수행과정에서 예기치 않은 내외부 상황 변화로 인해 프로젝트를 포기한다면 이미 투입된 비용은 손실로 남게 된다.

이러한 불확실성은 프로젝트 규모가 클수록, 국내보다는 해외 건설프로젝트에서 발생할 가능성이 크고, 불확실로 인한 건설프로젝트에 미치는 영향 정도도 높다. 거의 모든 건설프로젝트는 프로젝트 초기에 경제성 평가를 통해 프로젝트에 대한 투자 여부와 프로젝트 규모를 결정한다. 하지만 이때 경제성 평가는 프로젝트 투자의 변화를 고려하지 않는 현금흐름 할인법을 사용한다. 본 연구는 현금흐름할인법의 보완책으로 실물옵션 이론을 사용하여 불확실성에 내재한 가치를 평가하고자 하였다. 이를 위해 인도네시아 Depok-Bogor-Ciawo 유료도로 프로젝트를 대상으로 투자시기를 연기하였을 때 불확실성에 내재한 가치를 평가하였다. 또한, 르헤르만이 제시한 옵션 공간 모형을 이용하여 투자전략을 시각적으로 설명하였다. 결론으로, 본 연구 결과는 이론적으로 불확실성에 내재한 가치를 평가하였고, 시각적으로 투자전략을 설명하였다. 하지만 현실에서는 프로젝트의 내외부, 직간접적인 환경변화 요인으로 내재한 가치가 바뀔 수 있고, 이로 인한 투자전략도 변경될 수 있다.

#### 참고문헌

- [1] 대한건설협회, “인도네시아 드벙-보고르-찌아위 유료 고속도로사업 타당성 조사 보고서”, 2014년.
- [2] J. Mun, “Real Option Analysis”, 2nd Ed., Wiley Finance Series, New Jersey, pp. 590-593, 2006년.
- [3] Timothy A. Luehrman, “Strategy as a Portfolio of Real Options”, Harvard Business Review, 제76권 제5호, pp. 89-99, 1998년.
- [4] 강동진, “교통시설에 대한 경제성분석 관련 이슈 연구 : 유지보수비, 사회적 할인율, 실물옵션을 중심으로”, 한양대학교 대학원 박사학위 논문, pp. 111-154, 8월, 2012년.
- [5] 장철호, 박호정, “실물옵션 기법을 이용한 공공문화시설의 사회적 경제성 분석”, 한국경제통상학회 논문지, 제27권 제2호, pp. 105-125, 6월, 2009년.