

# 민간투자사업의 최적 자본구조 결정을 위한 다목적 유전자 알고리즘 모델에 관한 연구

## Multi-objective Genetic Algorithm Model for Determining an Optimal Capital Structure of Privately-Financed Infrastructure Projects

윤성민\* · 한승헌\*\* · 김두연\*\*\*

Yun, Sungmin · Han, Seung Heon · Kim, Du Yon

### Abstract

Private financing is playing an increasing role in public infrastructure construction projects worldwide. However, private investors/operators are exposed to the financial risk of low profitability due to the inaccurate estimation of facility demand, operation income, maintenance costs, etc. From the operator's perspective, a sound and thorough financial feasibility study is required to establish the appropriate capital structure of a project. Operators tend to reduce the equity amount to minimize the level of risk exposure, while creditors persist to raise it, in an attempt to secure a sufficient level of financial involvement from the operators. Therefore, it is important for creditors and operators to reach an agreement for a balanced capital structure that synthetically considers both profitability and repayment capacity. This paper presents an optimal capital structure model for successful private infrastructure investment. This model finds the optimized point where the profitability is balanced with the repayment capacity, with the use of the concept of utility function and multi-objective GA (Generic Algorithm)-based optimization. A case study is presented to show the validity of the model and its verification. The research conclusions provide a proper capital structure for privately-financed infrastructure projects through a proposed multi-objective model.

**Keywords :** *infrastructure, private finance initiative, optimal capital structure, project financing, genetic algorithm*

### 요 지

민간투자사업의 자본구조는 사업시행자가 출자한 자기자본과 대출금융기관으로부터 조달한 타인자본으로 구성된다. 민간투자사업 기본계획에서는 사업시행자의 최소 자기자본비율을 25%로 규정하고 있으며, 일반적으로 정부와 사업시행자 간의 실시협약을 통하여 자본구조를 결정하게 된다. 그러나 민간투자사업의 자본구조는 사업의 수익률과 재무적 안정성을 결정하는 중요한 기준이기 때문에 자금조달계획 수립 시 자본구조에 따른 수익률의 변동성을 파악하고 적정 수익률과 재무적 안정성을 고려하여 자본구조를 최적화할 필요가 있다. 본 연구는 민간투자사업의 수익률과 재무적 안정성을 동시에 극대화할 수 있도록 자본구조를 최적화하기 위한 방법론을 제시하는데 그 목적이 있다. 이를 위하여 기존 민간투자사업들의 자본구조를 고찰하고 민간투자사업 재무모델을 분석하였다. 재무분석을 바탕으로 최적 자본구조를 결정하기 위해 효용함수 개념과 다목적 유전자 알고리즘을 이용한 자본구조 최적화모델을 제시하였다. 제시된 최적화 모델을 인천공항철도 민간투자사업에 적용하여 최적 자본구조를 도출하였고 민감도 분석과 시나리오 분석을 통해 그 활용성을 검증하였다. 사례분석 결과, 최적 자기자본비율은 실시협약에서 결정된 30%보다 낮은 22.3%에서 결정되었으며 이는 자기자본비율을 더 낮추어도 수익률과 재무적 안정성을 유지할 수 있다는 것을 시사한다. 본 연구는 수익률과 재무적 안정성을 동시에 고려하여 최적 자본구조를 결정함으로써 민간투자사업의 사업시행자에 적합한 자본구성과 자금조달을 위한 합리적인 의사판단 기준을 제시하였으며 사업시행자의 수익률 향상에 기여할 것으로 기대된다.

**핵심용어 :** 사회간접자본, 민간투자사업, 최적 자본구조, 프로젝트 파이낸싱, 유전자 알고리즘

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

사회간접자본의 민간투자사업은 2006년 말 현재 고시 기

준으로 157개 사업, 총사업비 36.7조원에 이르는 규모로 성장하였다. 최근 들어, 초기에 추진된 민간투자사업들의 운영이 시작됨에 따라 교통수요 예측의 부정확, 과도한 운영수입 보장, 사업자 선정 시에 따른 경쟁부족 등의 여러 가지 문

\*The University of Texas at Austin, Department of Civil, Architectural and Environmental Engineering 박사과정 (E-mail : smyun@mail.utexas.edu)

\*\*정회원 · 교신저자 · 연세대학교 공과대학 사회환경시스템공학부 부교수 · 공학박사 (E-mail : shh6018@yonsei.ac.kr)

\*\*\*정회원 · 연세대학교 공과대학 토목공학과 박사과정 (E-mail : cagedbird@yonsei.ac.kr)

제점들이 발생하고 있다. 특히, 과도한 운영수입 보장과 높은 통행료 등의 문제점을 해소하기 위하여 운영수입보장의 최대기준을 대폭 축소하고<sup>1)</sup> 과도한 통행료 징수를 제한하기 위해 대체도로의 1.5배~2배 수준으로 제한하도록 민간투자사업 관련제도가 변경되었다.

이렇게 민간투자사업에 대한 정부의 정책기조가 변화함에 따라 기존에 정부가 부담하였던 리스크들이 상당부분 민간 부문으로 전이되었고 따라서 사업시행자의 리스크가 증가하게 되는 결과를 초래하였다(박동규, 2003). 이러한 리스크 증가는 민간투자사업의 사업시행자가 자본구조를 결정함에 있어 대출금융기관의 협상여건을 악화시키게 된다. 민간투자사업에 있어서 사업시행자는 자본구조를 결정하는데 있어 위험 최소화를 위해 가능하면 자기자본의 출자비용을 줄이려고 하지만 반대의 입장에 있는 대출금융기관들은 안정적인 부채와 이자상환을 위하여 이 비용을 증대시키도록 요구하기 때문이다. 이러한 사업시행자와 재무적 투자자의 투자성향에 따른 서로 다른 입장으로 인하여 결정되는 자본구조는 민간투자사업이 가지는 전체 리스크를 적절하게 고려하지 못하게 된다. 따라서 민간투자사업의 사업시행자가 자금조달계획 수립시 해당사업의 수익률과 부채상환능력 등을 종합적으로 고려하여 재무적 타당성 지표의 범위를 산정하고 이를 바탕으로 자본구조의 변화에 따른 수익률의 변동성을 파악하여 적정 수익률에 근거한 최적 자본구조를 도출하는 것이 사업계획 수립단계에서 중요한 관점으로 대두되고 있다.

따라서 본 연구에서는 민간투자사업의 전 단계에 걸쳐 있는 리스크를 규명하고 이에 대한 평가를 바탕으로 민간투자사업의 수익률에 중요한 영향을 미치는 자본구조를 최적화하기 위한 모델을 수립하고자 한다. 여기서 민간투자사업의 자본구조는 통상 사업시행자의 자기자본, 은행 등 재무적 투자자의 투자금, 정부의 지원금 또는 보조금 등으로 구성되며, 이러한 자본구조는 민간투자사업의 수익률에 큰 영향을 미치게 된다. 본 연구에서는 자본구조의 변화에 따른 사업 수익률을 예측하고 민간투자사업 사업시행자의 자금조달계획 수립시 자본구조에 따른 사업수익률의 적정범위를 제시함으로써 사업시행자가 보다 합리적으로 재무적 투자자와 재원조달 방안을 협상할 수 있도록 하는데 기여하고자 한다.

## 1.2 연구 범위 및 방법

본 연구는 민간투자사업 중 건설-양도-운영(BTO) 방식에서 전 사업단계에 내재된 리스크를 고려한 최적 자본구조 결정모델 수립을 위해 다음과 같은 과정을 통하여 연구를 수행하였다.

첫째, 문헌조사를 통해서 민간투자사업에 관한 기존 연구

1) 민간투자사업 기본계획에서는 제시한 운영수입보장제도는 2005년을 기준으로 보장기간이 15년으로 단축되었고 정부고시사업의 경우 시행 5년까지는 90%에서 5년마다 단계적으로 10%씩 감소하고 민간제안사업의 경우 시행 5년까지 80%에서 5년마다 단계적으로 10%씩 감소하는 것으로 변경되었다(민간투자사업 기본계획, 2005). 2006년 이후부터는 운영수입 보장제도가 민간제안사업의 경우 폐지되었고, 정부고시사업의 경우에도 보장기간 15년에서 10년으로 단축되고, 운영개시 후 5년간 75%, 이후 5년은 65%로 단축되었다(민간투자사업 기본계획, 2006).

동향을 파악하고 유사연구와의 차별성을 검증하며 민간투자사업의 리스크 규명과 최적 자본구조결정을 위한 기존의 방법론을 고찰하여 본 연구에 적합한 분석기법을 도출하였다.

둘째, 민간투자사업의 참여주체인 정부, 사업시행자, 금융기관의 담당 전문가들과 인터뷰를 통하여 민간투자사업의 자본구조결정에 관한 문제점을 도출하고 연구를 위한 의견을 수렴하였다.

셋째, 자기자본비율의 변화에 따른 재무적 타당성 지표들의 변동성을 파악하고, 자기자본비율의 변화에 따라 도출된 각각의 재무적 타당성 지표 중 내부수익률과 부채상환가능비율을 사업시행자의 입장에서 효용함수로 변환하여 목적함수를 구성한 뒤, 유전자 알고리즘(Genetic Algorithm)을 이용하여 적정 수익률을 반영할 수 있는 최적 자본구조를 산정하였다.

넷째, 기존에 시행된 민간투자사업의 사례분석을 통하여 민간투자사업의 자본구조 최적화 모델의 타당성을 검증한다. 이상과 같은 과정을 거쳐서 본 연구를 진행하며, 연구에서 민간투자사업의 최적 자본구조결정을 위한 모델을 도출하였다.

## 2. 연구의 이론적 고찰

민간투자사업과 관련된 연구들은 1980년대 초반부터 다양한 분야에서 이루어지고 있다. 특히 1990년대 중반 이후 공공투자사업의 대안으로 민간투자사업의 양적 성장으로 인하여 연구가 활발히 진행되었다. 민간투자사업에 대한 기존 국외 연구들 중 민간투자사업의 자본구조 및 자본배분에 관련된 연구(Dias 및 Ioannou, 1995; Bakatjan 등, 2003; Zhang, 2005a)와 민간투자사업의 경제적·재무적 타당성평가방법에 관한 연구(Ranasinghe, 1996; Tiong 및 Alum, 1997; Chang 및 Chen, 2001; Ho 및 Liu, 2002; Zhang, 2005b), 민간투자사업의 리스크 평가 및 배분에 관한 연구(Baldry, 1998; Ye 및 Tiong, 2000; Grimsey 및 Lewis, 2002; Farrell, 2003; Bing 등, 2004; Wibowo 및 Kochendörfer, 2005)들이 주로 이루어지고 있다. 또한 민간투자사업의 재원조달을 위한 프로젝트 파이낸싱 기법에 관한 연구(Gupta 및 Sravat, 1997; Schaufelberger 및 Wipadapisut, 2003)와 민간투자사업의 최적 운영기간 산정방법에 관한 연구(Zhang, 2004), 민간투자사업의 성공요소 및 경쟁우위 전략에 관한 연구(Tiong, 1995; Zhang, 2005c), 민간투자사업의 입찰결정(Ock 등, 2005) 및 민간투자사업의 협상절차에 관한 연구(Ngee 등, 1997)들이 다양하게 이루어져왔다.

특히, 본 연구에서 초점을 두고 있는 민간투자사업의 자본구조와 자본배분에 관한 연구 중 Dias 및 Ioannou(1995)는 기존 재무관리이론을 이용한 자산가격결정모형(Capital Asset Price Method)에 근거하여 법인세와 과산비용을 고려한 자본구조 이론을 민간투자사업에 적용하였는데, 건설프로젝트의 특성을 제대로 고려하지 못하였고, 시공과정 중에 발생할 수 있는 리스크에 대한 고려 없이 공사비를 확정변수로 보는 한계가 있다. 이에 비해, Bakatjan 등(2003)과 Zhang(2005a)은 민간투자사업의 재무적 타당성 분석을 통해 민간투자사업의 자본구조를 최적화하는 방안을 제시하였다. 먼저 Bakatjan

등(2003)은 자기자본비율의 변화에 따른 다양한 재무적 타당성 지표들을 선형계획법(Linear Programming)을 이용하여 최적화하였다. 반면 Zhang(2005a)의 연구는 몬테카를로 시뮬레이션을 이용한 재무적 타당성 분석을 통해 자본구조를 최적화하는 방법을 제시하였다. 이들 연구가 자본구조의 최적화를 제시하고 있지만, 모든 변수를 고정값으로 가정하거나, 비선형적인 값들을 선형으로 가정함으로써 정확성에 한계가 있고, 자기자본비율의 결정에 영향을 미치는 기준을 단일기준으로 단순화 하고 있어 자본구조 결정과정의 불확실성과 재무적 투자자와 사업시행자간의 서로 다른 관점을 동시에 반영하지 못하는 한계가 있다.

이러한 해외의 연구경향에 비해 민간투자사업에 관한 국내 연구는 1990년대 중반에 시작되어 크게 민간투자사업의 제도 및 시행절차, 사업자 선정방법들에 관한 연구들과 같은 정책분야의 연구들(한국개발연구원; 국토연구원)과 민간투자사업의 수익률에 관한 연구(이세영, 2000; 송병록 등, 2001; 김수정 등, 2002a; 박영민 등, 2004; 우연광, 2004; 최막중 및 우연광, 2004), 경제적·재무적 타당성분석방법에 관한 연구(박영민 및 김수용, 2004), 민간투자사업의 재무적 리스크 분석에 관한 연구(정동욱, 2001; 김수정 등, 2002b)들로 민간투자사업에 대한 연구 범위가 아직까지는 제한적이다. 특히 민간투자사업의 자본구조의 최적화에 관한 연구는 국내에서 아직 연구된 사례가 없는 실정이다.

### 3. 국내 민간투자 사업의 자본구조 특성

#### 3.1 국내 민간투자사업의 재원조달의 문제점

박영민 등(2004)이 지적하였듯이 사회간접자본의 민간투자사업은 결국 기업의 이윤과 공공의 이익, 참여자들 사이의 이해관계 그리고 이에 따른 리스크의 분담 등으로 요약할 수 있다. 민간투자사업의 재원은 크게 정부의 재정 지원금과 민간 참여지분으로 구성되며 민간지분은 다시 자기자본과 타인자본으로 구분할 수 있다. 본 연구에서는 현재 수행 중이거나 완료된 민간투자사업 중 국토연구원 민간투자지원센터의 연차보고서(2004)에 수록된 사례들을 중심으로 자본구조 현황을 파악하였다(표 1 참조). 기존 국내 민간투자사업의 자기자본비율은 민간투자법 개정 전인 2002년까지 최소기준인 20%를 겨우 만족하는 약 23% 수준이었다. 개정된 민간투자사업의 자기자본비율은 민간투자법에서 최소 25% 이상을 만족하도록 규정하고 있는데, 표 1을 보면, 민간투자사업 중 건설 프로젝트인 도로, 항만, 철도 분야의 총 17개 사례 대상사업의 자본구조에서 총 사업대비 정부재정지원 비율은 26.3%, 민간투자비율은 73.7% 수준이며, 평균 자기자본비율은 29.94%, 평균 수익률은 9.20% 수준이었다. 사업 유형별로 살펴보면 평균 민간투자비율은 도로가 83.17%로 가장 높고, 이어서 철도가 70.00%, 항만이 63.77%의 비율로 나타났다. 이는 도로 분야에 대한 투자가 가장 일반화되어 있기 때문으로 풀이된다. 반면 자기자본비율은 항만이 33.45%가 가장 높았고, 도로 28.91%, 철도 28.55%의 전체 평균 자기자본비율보다 낮게 나타났다. 수익률은 도로 9.05%, 항만 9.34%로 나타났으며 철도의 경우 9.77%로 수익이 가장 높은 것으로 나타났다. 타인자본은 은행대출 약 60%, 채권

표 1. 민간투자사업의 자본구조와 수익률

사업명	총사업비 (억원)	자기자본 비율(%)	수익률 (%)
부산 신항만	16,480	20	9.50
목포 신외항	843	23.47	9.62
철마산 터널	880	30	8.56
대구~대동간 고속도로	19,621	33	9.30
천안~논산간 고속도로	14,386	36	9.24
인천 만월산 터널	1,080	27	8.86
서울외곽순환고속도로	14,625	30	9.52
인천국제공항 고속도로	13,422	29.4	9.70
광부 제2순환도로 1구간	1,731	31.4	9.34
군산비유항	987	60.32	8.38
인천북항	1,896	30	8.86
고촌~월곶간 도로	1,319	25	8.66
마창대교	2,611	20	8.86
부산~거제간 연결도로	14,459	26.22	9.49
우면산 터널	1,568	30	8.03
부산~김해 경전철	7,742	27.1	9.10
인천국제공항철도	46,354	30	10.43
평균	9,412	29.94	9.20

주) 민간투자지원센터 연차보고서(2004)의 내용을 정리함

발행 25%, 보험사 대출 11% 등으로 구성되어 있었으며, 출자자의 업종별 비중을 살펴보면 80% 이상이 시공수익을 목표로 하는 건설사 위주로 구성되어 있고 연·기금 등 재무적 투자자의 비중은 약 3% 수준에 불과하였다.

민간투자사업의 재원조달 구조로 인하여 현재 제기되고 있는 문제점을 크게 네 가지로 요약하면 다음과 같다. 첫째, 민간투자비용 중 자기자본을 제외한 타인자본의 규모가 약 50%에 달하기 때문에 사업자 외 은행 등이 의사결정에 크게 간여하게 된다. 이로 인해 사업시행자는 무리한 보증을 강요당하게 되며 이것은 결국 사업의 참여를 활성화시키지 못하는 근본적인 원인이 되고 있다.

둘째, 출자자 중 단순히 시공이윤을 추구하는 건설사의 비중이 80% 이상에 달한다. 이는 공사비의 증가와 부적합한 프로젝트 계약, 무리한 사업성 검토 등으로 이어져 민간투자사업의 완성도를 저해하는 원인이 되고 있다.

셋째, 사업 참여자의 부족으로 경쟁이 없어 민간투자제도의 도입 목적인 민간의 창의와 다양성 도입을 기대하기 힘들다. 이는 민간투자제도의 운영을 통한 서비스 개선이라는 제도의 취지에 부합되지도 않을 뿐만 아니라 국민들의 불신을 야기하는 원인이 되고 있다. 이외에도 금융권의 지나친 보수적 성향과, 경직된 제도의 운영 등이 민간투자제도의 활성화에 걸림돌이 되고 있다. 따라서 이러한 문제점을 제거하고 성공적인 투자재원을 다양화하는 노력이 필요한 실정이다.

기존에 시행되었던 23개의 민간투자사업에 대해 통계적 분석을 실시하면, 총사업비 대비 민간투자비율은 총사업비의 규모가 커질수록 증가하는 경향을 보였고 반면에 자기자본 비율은 총사업비가 증가할수록 감소하는 경향이 있었다. 이는 총사업비의 규모가 증가할수록 조달할 수 있는 재원의

자기자본비율-수익률

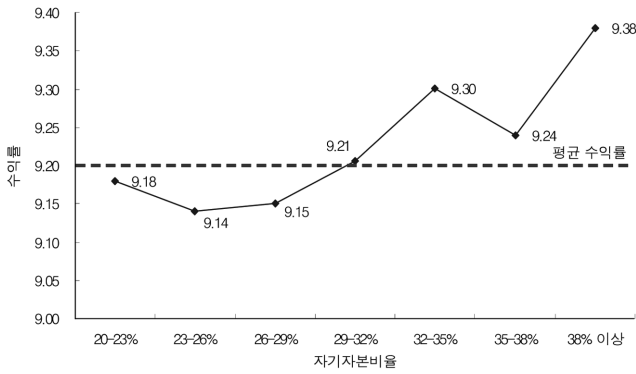


그림 1. 자기자본비율에 따른 수익률의 변화(사례대상사업 23개)

규모도 커지기 때문에 사업시행자의 측면에서는 자기자본의 조달이 어려운 측면이 있다.

한편, 총사업비에 따른 수익률의 변화를 살펴보면 총공사비의 규모가 1000억원 이하의 공사나 2000억원 이상의 대규모 공사일 경우 수익률이 높은 것으로 나타났다. 국내 민간투자사업의 자본구조 특성을 파악하기 위하여 사례조사 대상사업들에 대한 민간투자비율과 자기자본비율 변화에 따른 수익률 변화를 살펴보았다. 사례조사 대상사업의 민간투자비율에 따른 수익률의 변화추이를 살펴보면 전반적으로 민간투자비율이 낮을수록 수익률이 크다게 나타났다. 이는 과거 정부가 민간투자사업 참여자 유치를 위해 재정지원금의 비중을 크게 했었기 때문에 나타난 결과라고 볼 수 있다. 정부의 재정지원금이 클수록 정부가 민간투자사업의 리스크를 부담하기 때문에 민간투자사업의 수익률이 크게 나타난 것이다.

반면 사례조사 대상사업의 자기자본비율에 따른 수익률의 변화를 살펴보면(그림 1 참조), 자기자본이 증가할수록 수익률이 증가하는 경향성을 보이고 있다. 민간투자법에서 제시하고 있는 자기자본비율의 최소 하한선인 20%~25%에서 자기자본비율을 결정한 사업은 수익률이 가장 낮게 나타났고 자기자본비율 30% 이하에서는 수익률이 평균 수익률보다 낮게 나타났다. 이는 사업시행자의 자기자본비율이 높을수록 사업의 안정적인 추진은 물론 사업시행자가 부담해야할 금융비용이 줄어들기 때문으로 볼 수 있다. 그러나 자기자본비율이 클수록 사업시행자가 부담해야 할 리스크가 커지기 때문에 무조건 자기자본비율을 늘리는 것만이 해결책이 아니다. 이러한 국내 민간투자사업의 자본구조 특성 상 최적의 자기자본비율을 결정하는 것은 사업을 안정적으로 추진할 수 있게 할 뿐만 아니라 사업 시행 중에 발생할 수 있는 리스크들을 적절히 분배하고 적정수익률에도 영향을 미쳐, 궁극적으로 민간투자사업의 성공적인 수행을 담보할 수 있을 것이다. 따라서 본 연구에서는 이러한 국내 민간투자사업의 자본구조 특성을 근거로 민간투자사업의 리스크를 고려한 자본구조 최적화 모델을 제시하고자 한다.

#### 4. 민간투자사업의 자본구조 결정을 위한 재무변수 결정

##### 4.1 재무적 투자모델과 입력변수의 결정

민간투자사업의 재무적 리스크 분석을 위해서는 리스크를

고려해야 할 민간투자사업의 투자모델을 결정해야 한다. 국내 민간투자사업은 기획예산처에서 공고한 민간투자사업기본계획(2005)의 재무 투자모델을 근거로 수익률과 사용료를 결정하고 있다.

민간투자사업의 수익률과 사용료는 다음의 식 (1)에 의하여 결정한다.

$$\sum_{i=0}^n \frac{CC_i}{(1+r)^i} = \sum_{i=n+1}^N \frac{OR_i - OC_i}{(1+r)^i} + \sum_{i=0}^N \frac{ANR_i}{(1+r)^i} \quad (1)$$

$n$ : 시설의 준공시점

$N$ : 무상사용기간 또는 소유·운영기간의 종료시점(다만, 민간에게 소유권이 영구귀속되는 시설인 경우는 분석 대상기간)

$CC_i$ : 시설의 준공을 위해 매년도 투입되는 비용  
(다만, 정부재정지원 금액은 제외)

$OR_i$ : 매년도 운영수입

$OC_i$ : 매년도 운영비용(다만, 법인세 제외)

$ANR_i$ : 부대사업으로 인한 매년도 세전 순이익(수입-비용)

$r$ : 사업의 세전 실질수익률(IRR)

여기서 시설의 건설기간( $n$ ) 및 무상 사용기간 또는 사용·수익기간( $N-n$ : 사업시행자 소유시설의 경우 사업성 분석대상기간)은 시설사업기본계획에 제시하되, 정부귀속시설의 사용·수익기간은 최장 50년을 초과할 수 없도록 규정하고 있다.

약정 사업수익률( $r$ )은 사업신청자가 당해 사업에 대한 투자비, 운영수입, 재원조달비용 등을 감안한 기대수익률에 근거하여 자율적으로 제시하되, 사업신청자와 주무관청의 협상을 통하여 결정된다. 사업수익률 수준을 결정할 주요 고려사항으로는, (1) SOC시설에 대한 국내외 금융기관의 평균적인 대출금리수준, (2) 사업의 종류·사업규모·운영수입의 적정성·부대사업수익·정부의 위험분담 정도 등 당해 사업의 특성과 사업시행에 따라 예상되는 위험정도(Risk)를 감안한 위험보상률 (Risk Premium), (3) 국내외 유사 민간투자사업의 수익률 수준, (4) 주무관청의 운영수입보장 유무·수준 등이다.

이를 근거로 실시협약으로 정하여진 약정 사업수익률( $r$ )은 사업시행기간 중 원칙적으로 조정이 허용되지 않도록 하고 있다. 다만, 재정지원 규모 축소 또는 사용료 인하가 전제되는 경우에는 협약 당사자 간의 합의를 통해 약정 사업수익률 조정이 가능하도록 한다. 또한 사용료는 사업시행자가 투자비 회수를 위해 민간투자법 제25조 제4항에 근거하여 이용자에게 부과하는 금전적 대가로 최종 시설이용자가 직접 지급하거나, 정부(국가·지자체)가 임대료 형태로 지급하게 된다. 주무관청은 대체시설의 사용료 수준, 대상사업의 특성 등을 고려하여 사용료 상한의 제시가 가능하다.

총사업비는 사회기반시설의 신설·증설 또는 개량에 소요되는 경비로서 조사비, 설계비, 공사비, 보상비, 부대비, 운영설비비, 제세공과금, 영업준비금으로 구성되어 있다. 운영비용( $\Sigma OC_i$ )은 시설의 준공이후 운영기간 중 투입되는 보수·개량 및 대수선비 등을 고려한 시설의 운용에 소요되는 비용을 합산한 금액으로 금융비용은 약정 사업수익률( $r$ )에 의

해 반영되어 있고, 감가상각비(창업비·개업비·영업권 등의 상각비 포함)는 시설사용기간 동안의 총사업비 회수분에 의해 보전되므로 운영비용 항목으로서 별도로 계상하지 않는다.

부대사업 순이익( $\Sigma ANR_i$ )은 부대사업으로 얻은 수입에서 비용(법인세 제외)을 차감한 순이익은 당해 부대사업 시행에 따른 순이익발생 시점까지의 모든 수입과 비용을 포함한다. 이러한 민간투자사업의 재무적 투자모델을 바탕으로 프로젝트 재무적 타당성을 평가할 수 있는 척도로서 사업의 추진 의사결정 및 협상전략에 결정적인 요인이 될 수 있는 지표들을 결정하여야 한다. 본 연구에서는 사업의 재무분석에서 보편적으로 활용하고 있는 순현재가치(Net Present Value: NPV), 내부수익률(Internal Ratio of Return: IRR), 자기자본수익률(Return on Equity: ROE), 부채상환가능비율(Debt Service Coverage Ratio: DSCR)을 가능한 척도로서 가정한다.

#### 4.2 재무변수의 결정

재무변수를 결정하는 방법에 관해서는 기존 연구(Dias 등, 1995; Bakatjan 등, 2003; Bing 등, 2004; Zhang, 2004)에서 제시된바 있다. 본 연구에서는 기존 연구결과를 참조하여 최적 자본구조를 결정할 수 있는 재무변수 및 재무적 타당성지표를 표 2의 식 (2)~(8)과 같이 제시하였다.

먼저, 총사업비(Total Project Cost: TPC)는 아래 식에서 보는 바와 같이 기본비용(Basic Cost: BC), 시공기간 중 물가상승률에 대한 예비비(Escalation During Construction: EDC)과 시공기간 중 이자(Interest During Construction: IDC)의 합으로 나타난다. 여기서,  $e$ 는 자기자본 비율로 정부의 건설분담금을 제외한 총민간투자비 중 시행사에 의해 출자된 자기자본의 비율을 말한다. 또한  $A_j$ 는 시공기간 중 매

년 발생하는 현금흐름,  $\theta_k$ 는 물가상승률을 의미한다.

순연간가용현금 (Net Annual Cash Available: NCA)은 식 (3)에서 보는 바와 같이 세전이익(Profit Before Interest and Tax: PBIT)에서 세금(Tax)과 연간 부채상환금(Annual Debt Installation for th year: D)을 제하고 감가상각비(Depreciation: DEP)를 더함으로써 구할 수 있다. 이때 감가상각비가 더해지는 이유는 감각상각비와 같이 현금흐름에는 직접 영향을 주지 않는 비현금항목이기 때문에 순연간가용현금을 산정하기 위해서는 감각상각비를 포함하여 계산하여야 한다.

세전이익은 식 (4)와 같이 운영기간( $m$ ) 동안의 연간수익(Annual Revenue: R)에서 연간 운영 및 유지관리비(Annual Operation and Maintenance: OM)와 연간 감각상각비(Depreciation: DEP)를 제한 값이다.

감각상각비는 시공과정을 통하여 만들어지는 해당 민간투자사업 시설물의 사용으로 인하여 발생하는 비용으로 실제로 발생되지 않은 현금이지만, 본 연구에서 가정하였듯이 운영기간 동안 시설물의 가치가 완전 소멸한다는 가정 하에 전체 총사업비에 대해서 운영기간 동안 일정하게 감각상각되는 것으로 매해 감각상각비를 구할 수 있다. 년도 감각상각비( $DEP_i$ )는 총사업비( $TPC$ )와 운영기간( $m$ )의 비로 나타낸다(식 (5)).

순현재가치(식 (6))는 시공기간( $c$ )동안의 유출되는 자본구성(Equity Drawing: E)과 운영기간( $m$ )동안 유입되는 순연간가용현금을 할인율( $d$ )로 할인한 현재가치로 구성된다. 내부수익률은 순현재가치가 0이 되는 이자율( $r$ )값으로 한다. 부채상환가능비율은 세전순이익(PBIT)와 감각상각비(DEP)에서 세금을 제한 것을 연간부채상환금(D)의 비로 나타낸다(식 (7)). 자기자본수익률은 세전순이익(PBIT)에 대한 자기자본(E)의 백분율로 나타낸다(식 (8)).

표 2. 민간투자사업의 재무변수 및 재무적 타당성지표

구분	재무변수 및 재무적 타당성지표
총사업비 (TPC)	$TPC = BC + EDC + IDC$ $= e \sum_{j=1}^c A_j \prod_{k=0}^j (1 + \theta_k) + (1 - e) \times \left[ \sum_{j=1}^c A_j (1 + r)^{c-j+1} \prod_{k=0}^j (1 + \theta_k) \right]$ for $j=1, 2, \dots, c$ (2)
순연간가용현금 (NCA)	$NCA_i = PBIT_i - TAX_i + DEP_i - D_i$ for $i=1, 2, \dots, m$ (3)
세전이익 (PBIT)	$PBIT_i = R_i - OM_i - DEP_i$ for $i=1, 2, \dots, m$ (4)
감각상각비 (DEP)	$DEP_i = \frac{TPC}{m}$ (5)
순현재가치 (NPV)	$NPV = \sum_{j=1}^c \frac{E_j}{(1+d)^{j-1}} + \sum_{i=1}^m \frac{NCA_i}{(1+d)^{i+c}}$ for $i=1, 2, \dots, m$ and $j=1, 2, \dots, c$ (6)
부채상환가능비율 (DSCR)	$DSCR_i = \frac{PBIT_i + DEP_i - TAX_i}{D_i}$ for $i=1, 2, \dots, m$ (7)
자기자본수익률 (ROE)	$ROE_i = \frac{PBIT_i}{E_i}$ for $i=1, 2, \dots, m$ (8)

이상과 같이 도출된 재무변수를 보면, NPV, IRR 및 ROE는 본질적으로 사업시행자 측면에서 사업의 수익성 정도를 판단하는 기준이 되는 반면, DSCR은 은행 또는 투자자 입장에서 해당사업 재무구조의 건전성, 즉 해당사업의 수익으로 채무를 얼마나 안정적으로 갚아 나갈 수 있는가를 판단하는 기준이 된다. 일반적으로 자기자본비율이 증가할수록 IRR과 ROE 같은 수익성 지수는 떨어지고, 건전성 지수인 DSCR 값은 올라가게 된다.

## 5. 민간투자사업의 최적 자본구조 결정모델

### 5.1 최적 자본구조 결정을 위한 가정사항

최적 자본구조 결정모델을 구축을 위해 본 연구에서는 다음과 같은 재무적 지표 산정과정에 필요한 사항을 가정하였다.

- ① 건설-양도-운영(Build-Transfer-Operate: BTO) 프로젝트에 한정한다.
- ② 프로젝트의 자금조달은 부채(Debt)와 자본(Equity)의 조합으로 구성되고 시공기간동안의 순 현금흐름은 음(negative), 운영기간의 순 현금흐름은 양(positive)이다.
- ③ 하나 혹은 둘이상의 연간균등상환조건의 채원으로부터 대출이 가능하다
- ④ 비소구금융(nonrecourse)이나 제한적 소구금융(limited recourse)의 특성상 대출금의 지급유예기간은 시공기간과 동일하다.
- ⑤ 토지수용비용(Land Expropriation)은 기본비용(BC)에 추가비용으로 포함된다.
- ⑥ 시공기간의 현금흐름은 사전에 산정된다.
- ⑦ 총 비용으로 만들어진 '시설물'은 설계수명기간동안 일정하게 감가상각된다.
- ⑧ 총 사업비용의 완전한 가치는 운영기간동안 완전 소멸한다.
- ⑨ 총 개발비용은 총 공사비용이다. 기타 금액은 무시한다.
- ⑩ 자기자본비율이 적을수록 채권자들은 더 많은 리스크를 느끼게 되며, 따라서 채무 이자율은 자본수준(Equity Level)의 함수로 표현될 것이다.

### 5.2 다목적 자본구조 최적화 모델

본 논문에서는 앞에 언급한 재무적 타당성 지표들 중 수익성을 나타내는 대표적인 지표인 내부수익률과 부채상환가능비율을 직접 비교하여 자본구조를 최적화하였다. 내부수익률은 사업시행자의 사업타당성을 나타내는 대표적인 지표인 반면, 부채상환가능비율은 재무적 투자자의 사업 안정성을 나타내는 지표이기 때문이다.

본 연구에서는 자기자본비율을 최적화하기 위해 내부수익률을 최대화 시키면서 동시에 안정적인 부채상환비율을 유지할 수 있도록 다목적함수와 경계조건을 산정하였다. 자본구조 최적화를 위한 전체 효용함수는 내부수익률과 부채상환가능비율의 효용함수에 대해 각각 가중치(k)를 고려한 합으로 표현된다.

$$\text{Object Function : maximize } (k_1U_{IRR} + k_2U_{DSCR}) \quad (9)$$

$$\text{for } k_1 + k_2 = 1, 0 \leq k_1 \leq 1, 0 \leq k_2 \leq 1$$

본 연구에서는 이러한 목적함수를 바탕으로 다목적 유전자 알고리즘(Multi-objective Genetic Algorithm: MOGA)을 이용한 자본구조 최적화 시뮬레이션을 실시하였다. 일반적으로 단순 유전자 알고리즘(Simple Genetic Algorithm)은 한 개의 목적함수로 변수를 최적화한다. 그러나 많은 실제 세계의 최적화 문제들은 여러 개의 목적을 동시에 최적화하는 것을 필요로 한다. 이러한 다목적 최적화 문제는 최적화에 대한 표준 최적화 기법과는 매우 다르다. 최적화될 두 가지 목적이 존재한다면, 첫 번째 목적의 관점에서 가장 좋은 해를 발견하고, 두 번째 목적의 관점에서 가장 좋은 다른 해를 발견하는 것이 가능하다는 것은 자명한 사실이다. 다목적 최적화에 대한 방법으로 목적가중치 방법과 거리 함수의 방법이 있다. 다목적 최적화 문제를 위한 최초의 유전자 알고리즘은 Schaffer(1984)에 의한 것으로 개의 목적함수가 있다면 해집단은 개의 부분 해집합으로 나누어 각 해집단이 한 함수에 대해 적합도를 갖도록 하여 각 해집단에서 이를 근거하여 선택을 하게 한 다음, 교차와 변이는 일반적인 유전자 알고리즘과 동일하게 하는 방법을 제시하였다.

Fonseca 및 Fleming(1995)은 다목적 최적화 문제에 대하여 파레토 최적성에 근거하여 순위를 매긴 후, 이를 근거하여 적합도를 배정하는 방법을 제안하였다. Louis 및 Rawlins(1993)는 하나의 목적함수를 갖는 문제를 두 개의 특성에 의해 분리하여 이를 파레토 최적해 문제로 바꾸어 뿔으로써 유전 알고리즘의 성능을 개선시키는 방법을 제안하였다. Srinivas 및 Deb(1994)은 비열성 정렬(non-dominated sorting)에 의하여 해들을 정렬한 다음, 선택에 사용하는 방법을 제안하였다. 이들은 먼저 비열성 해들을 찾아낸 후, 이들에게 모두 동일한 가적합도(dummy fitness)를 배정한다. 이 가적합도에 각 해들의 공유성을 감안한 최종 적합도를 배정한다. Horn 등(1994)은 다목적 최적화 함수를 갖는 문제를 위한 토너먼트 선택을 제안하였다. 이는 기존의 토너먼트 선택기법과 유사하게, 승패의 판정에서 두 해 중 하나가 다른 하나를 압도하면 별 문제없이 승자가 결정된다. 그렇지 않은 경우에는 두 해가 서로에 대해 파레토 최적으로 선택하는 방법이다.

건설관리학 분야에서 유전자 알고리즘이나 다목적 유전자 알고리즘을 이용한 최적화 문제는 주로 공기-비용 최적화(Feng 등, 1997; Zheng 및 Ng, 2005; El-Rayes 및 Kandil, 2005)나 공사일정 최적화(Leu 및 Yang, 1999; Elazouni 및 Metwally, 2005), 자원배분 최적화(Senouci 및 Eldin, 2004; Hegazy 및 Kassab, 2003), 건설 현장 배치 최적화(Mawdesley, 2002) 등에 대한 연구가 주로 이루어져 왔다. 본 연구의 대상이 되는 민간투자사업의 자본구조를 최적화하기 위해서는 우선적으로 비선형적인 목적함수들을 최적화 할 수 있어야 하며, 또한 두 가지 이상의 서로 다른 차원의 목적함수를 최적화 할 수 있는 방법이 필요하다. 따라서 앞서 언급된 다양한 최적화방법 중 두 가지 이상의 목적함수에 대해 최적화 할 수 있는 다목적 유전자알고리즘을 이용하여 민간투자사업의 최적 자본구조를 결정하고자 한다. 다목적 유전자

알고리즘을 위한 시뮬레이션 프로그램은 Matlab 7.0의 GATOOL을 이용하였다.

### 5.3 효용함수 결정

적화하기 위한 목적함수로서 내부수익률(IRR)과 평균 부채상환가능비율(DSCR)은 서로 다른 차원의 값이 때문에 이를 합산하기 위해서는 일정기준에 의한 변환과정이 필요하다. 본 연구에서는 추정재무제표에서 도출된 재무적 타당성 지표를 이용하여 최적의 자본구조를 결정하기 위하여 서로 다른 차원을 가진 두 독립변수들에 대해 동일 차원의 종속변수로 변환시키기 위해 기대효용함수(Utility Function) 개념을 도입하였다. 기대효용함수는 의사결정자의 위험에 대한 태도(Risk Attitude)에 따라서 위험추구적(Risk Taking), 위험중립적(Risk Neutral), 위험회피적(Risk Averse) 유형으로 구분할 수 있다. 기존 연구에 의하면 이러한 리스크 유형에 따른 효용함수는 초월함수(Exponential Function)의 형태를 띠는 것으로 알려지고 있다(Clemen, 2001). 이를 바탕으로 각각의 목적함수로서 기대효용함수를 적용하기 위한 과정을 설명하면 다음과 같다.

#### 5.3.1 내부수익률의 효용함수

- ① IRR은 NPV=0이 되는 값으로 사업을 수행하는 데 있어 요구되는 내부수익률로 최소한 대출로 인해 지급해야 할 이자율보다는 커야 하기 때문에 ( $IRR \geq IRR_{min}$ ), 이자율보다 작을 때의 효용값을 0으로 하고 IRR이 프로젝트 요구수익률( $IRR_{required}$ )과 같을 때 효용값이 1이 되는 것으로 간주한다.
- ② 의사결정자의 입장에서 내부수익률은 동일한 IRR 증가량에 대해 최소 기준인  $IRR_{min}$ 에 가까울 때보다 요구수익률에 근접할수록 그 효용이 일반적으로 커지기 때문에 위험 추구적(risk taking) 경향을 갖는 것으로 정의한다.
- ③ 위험추구적(Risk Taking)인 내부수익률의 효용함수식은 효용함수들의 일반식 중 위험 추구적 태도를 잘 표현하고 있는 초월함수(Exponential Function)를 이용하여 유도하면 다음과 같다.

$$\text{기본형} : U_{IRR} = \alpha + \beta(1 - e^{IRR})$$

$$\text{경계조건} : IRR < IRR_{min}, U_{IRR} = 0,$$

$$IRR > IRR_{required}, U_{IRR} = 1,$$

이를 정리하면 내부수익률의 효용함수식은 식 (10)과 같이 나타낼 수 있다.

$$U_{IRR} = 0.5 \times \left( \frac{e^{IRR} - e^{IRR_{min}} - |e^{IRR} - e^{IRR_{required}}|}{e^{IRR_{required}} - e^{IRR_{min}}} \right) + 0.5 \quad (10)$$

#### 5.3.2 부채상환가능비율의 효용함수

- ① DSCR은 부채상환가능비율로 매회 수익이 대출금의 상환액(원리금과 이자)보다 커야하기 때문에  $DSCR_{min}$ 이 1되어야 하고, 1 이하일 경우 효용을 0으로 하며 ( $DSCR \geq 1$ ), DSCR이  $DSCR_{required}$  이상일 경우 부채상환능력이 충분히 있다고 판단하여 효용값을 1로 간주한다.

- ② 의사결정자의 입장에서 평균 부채상환가능비율은 동일한 부채상환가능비율 증가량에 대해 최소 기준인  $DSCR_{min}$ 에 가까울 때가  $DSCR_{required}$ 에 근접할 때보다 일반적으로 그 효용이 커지기 때문에 위험 회피적(risk averse) 경향을 갖는 것으로 정의한다.

- ③ 위험회피적인 태도를 보이는 부채상환가능비율의 효용함수 또한 초월함수(Exponential Function)을 이용하여 표현하면 다음과 같다.

$$\text{기본형} : U_{DSCR} = \alpha + \beta(1 - e^{-DSCR})$$

$$\text{경계조건} : DSCR < DSCR_{min}, U_{DSCR} = 0,$$

$$DSCR > DSCR_{required}, U_{DSCR} = 1$$

이를 정리하면 부채상환가능비율의 효용함수식은 다음과 같다.

$$U_{DSCR} = 0.5 \times \left( \frac{e^{-DSCR} - e^{-DSCR_{required}} - |e^{-DSCR} - e^{-DSCR_{min}}|}{e^{-DSCR_{required}} - e^{-DSCR_{min}}} \right) + 0.5 \quad (11)$$

민간투자사업의 최적 자본구조 결정을 위한 절차는 다음의 네 단계의 절차를 거친다. 첫 번째 단계에서는 분석하고자 하는 민간투자사업의 재무적 자료와 거시경제적 지표, 분석대상 기간에 대한 데이터 수집 및 가공을 실시한다. 두 번째 단계는 주어진 재무 변수 및 거시경제적 지표들을 바탕으로 추정재무제표를 구성하여 현금흐름분석(Cash-flow Analysis)을 실시하고 이를 바탕으로 IRR, DSCR 등 재무적 타당성 지표를 산정한다. 세 번째 단계에서는 위에서 산정된 재무적 타당성 지표값을 효용함수로 변환하고, 두 기준간의 가중치를 결정한 후, 최적화를 위한 목적함수를 도출한다. 마지막 절차로서 다목적 유전자 알고리즘을 통하여 주어진 경계조건 하에서 효용함수로 변환된 목적함수가 최대가 되는 자본구조를 도출하는 과정을 거친다.

## 6. 최적자본구조 모델의 적용과 분석

### 6.1 최적자본구조 모델의 적용

본 연구에서 제안한 민간투자사업의 최적 자본구조 결정 모델의 적용성을 확인하기 위하여, 2001년에 시행된 인천공항철도 민간투자사업에 대한 사례분석을 실시하였다. 정확한 사례검증을 실시하기 위해서는 해당 민간투자사업의 사업시행자가 작성한 사업계획서 및 재무분석보고서에 관한 자료들이 필요하나 이들 자료는 사업시행자의 입장에서 대외비에 속하는 매우 민감한 사안이기 때문에 사업시행자인 인천국제공항철도(주)와 철도청과의 실시협약을 바탕으로 사례분석에 필요한 자료를 구성하여 적용하였다.

먼저 효용함수식을 도출하기 위해 입력해야 하는 기본 상수값은 실제 실시협약 내용을 참고로 하여 최소내부수익률( $IRR_{min}$ )은 7.6%, 요구내부수익률( $IRR_{required}$ )은 10.43%, 최소 부채상환 가능비율( $DSCR_{min}$ )은 1, 요구부채상환가능비율( $DSCR_{required}$ )은 3으로 설정하였다. 자기비본 비율은 현재 법정요건을 고려하여 최소 20%에서 최대 50%까지를 그 범위로 하였다. 또한, 각각의 효용함수에 대한 가중치는  $k_1 + k_2 = 1$ ,  $0 \leq k_1 \leq 1$ ,  $0 \leq k_2 \leq 1$ 에서 결정되는데, 각 효용함수의 가중치에 따른 민감도 분석을 위한 조건으로 기본값을  $k_1 = k_2 = 0.5$

로 가정하였다. 이러한 조건에서 최적자본 구조 결정을 위한 목적함수는  $U_T$ 는 다음 식 (12)와 같다.

$$U_T = 0.5 \times U_{IRR} + 0.5 \times U_{DSCR}$$

$$= 0.5 \times \left\{ 0.5 \times \left( \frac{e^{IRR} - e^{0.0075}}{e^{0.1043} - e^{0.075}} \right) + 0.5 \right\}$$

$$+ 0.5 \times \left\{ 0.5 \times \left( \frac{e^{-DSCR} - e^{-3}}{e^{-3} - e^{-1}} \right) + 0.5 \right\} \quad (12)$$

다목적 유전자 알고리즘을 이용한 민간투자사업의 자본구조 최적화모델은 다음과 같이 구성된다.

- 목적함수 :  
 $\text{Maximize } U_T = -(k_1 U_{IRR} + k_2 U_{DSCR})$   
 $k_1 + k_2 = 1, 0 \leq k_1 \leq 1, 0 \leq k_2 \leq 1$
- 구속조건 : Subject to  $0.2 \leq e \leq 0.5$   
 $IRR \geq IRR_{\min}$  or  $NPV \geq 0$   
 $\text{Average DSCR} \geq 1.0$   
for  $i=1, 2, \dots, m$

이러한 기준값으로 시물레이션을 실시한 결과(그림 2 참조),  $U_T = -0.85197$ 로 최대가 될 때 최적해로 자기자본비율( $e$ )이 22.30%로 도출되었다. 이 값은 10회 이상 시물레이션의 평균값으로 산정되었다. 이때  $U_T \leq 0$ 인 이유는 Matlab GATOOL에서 유전자 알고리즘 기본 연산식이 최소화에 맞추어져 있기 때문에 최대화 문제일 경우 -1을 곱하여 목적함수를 구성하였기 때문이다.

### 6.2 민감도 분석 및 시나리오 분석

일반적으로 재무관리에서 민감도 분석은 예측에 사용된 시장점유율, 환율, 이자율, 가격추이 등 주요변수들을 대상으로 최초 적용되었던 가정이나 수치 대신에 다른 상황에서 나타날 수 있는 다른 수치를 적용시켜 사업의 수익성, 자금조달 가능성, 차입금상환가능성 등 주요 예측 또는 검토 결과들이 어떻게 변화되는가를 비교·분석하는 과정이다. 본 연구에서는 먼저, 내부수익률과 부채상환가능비의 효용함수에 대한 가중치인  $k_1$ 과  $k_2$  값에 대한 변화에 따른 자기자본비율의 변화를 분석하였다.

내부수익률 효용함수의 가중치인  $k_1$ 을 10%에서 90%까지 변화시켰을 때  $k_1$ 이 30%에서 90%까지는 효용이 최대가 되

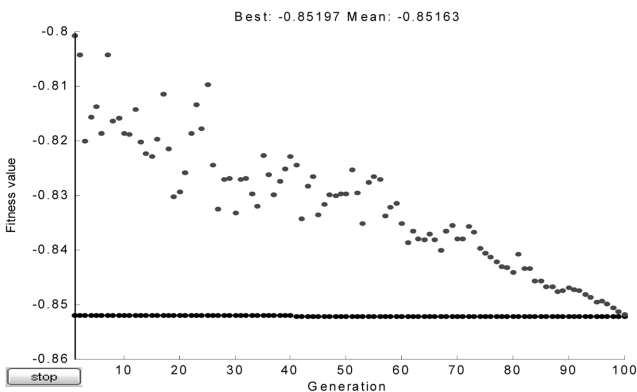


그림 2. MOGA를 이용한 최적화 결과

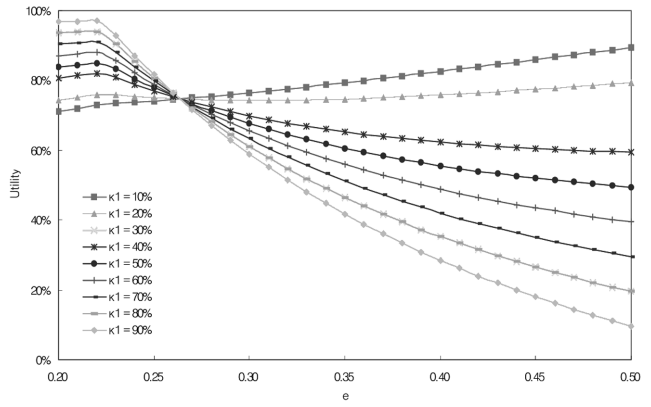


그림 3. 효용함수의 가중치에 따른 자기자본비율의 변화

는 자기자본비율이 22.3%로 일정하였으나, 20%~30% 사이에서 변화가 생겼다(그림 3 참조). 이러한 민감도 분석 결과, 부채상환비의 효용함수보다 내부수익률의 효용함수에 의해 자본구조 최적화가 영향을 더 받는다는 것을 알 수 있다. 해당 사례대상사업의 경우, 내부수익률보다 부채상환비가 평균적으로 더 양호하게 산정되었기 때문에 내부수익률의 변화에 더 민감한 것으로 분석되었다.

다음은 미래의 사업 환경에 따라 낙관적일 경우, 비관적일 경우, 기본가정대로 실현될 경우로 구분하여 환경여건을 시나리오화 하고, 각 시나리오 하에서 적정수준의 자기자본비율을 비교 검토하였다. 본 연구에서는 민간투자사업의 재무적 타당성에 가장 큰 영향을 미치는 운영수입의 변화에 따른 시나리오분석을 통해 그에 따른 최적 자본구조를 구성하는 자기자본비율을 산정하였다.

민간투자사업의 운영수입은 재원조달에 있어 비소구금융이나 제한적 소구금융인 민간투자사업의 특성 상 미래의 현금흐름을 결정하는 가장 중요한 요소이다. 따라서 안정적인 사업운영과 투자자의 확보를 위하여 정부는 최소 운영수입보장이라는 제도적 장치를 통하여 사업시행자의 운영수입에 대한 리스크를 일정부분 분담하고 있다. 그러나 실제 많은 민간투자사업을 포함한 공공투자사업이 운영개시 이후 실제 수요량이 예측량에 미치지 못하기 때문에 상당부분 운영수입을 정부가 보장해 주고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 사례대상사업인 인천국제공항철도 민간투자사업에 대해 총 4가지의 시나리오를 작성하여 각 시나리오에서 최적 자본구조를 분석하였다. 4가지 시나리오는 실제 운영수요가 사업계획단계에서 작성된 예상 운영수요의 100%일 경우와 70%일 경우를 기준으로 실시협약에서 규정한 90% 최소운영수입이 보장되었을 경우, 운영수입보장 기간과 비율을 단계적으로 적용하는 경우로 나누어 분석하였다. 최소 운영수입 기간과 비율을 단계적으로 적용하는 경우는 최장 운영수입 보장기간 15년 기준으로 5년 단위로 90%에서 10%씩 감소하는 것으로 설정하였다(표 3 참조). 최소 운영수입 보장을 고려한 시나리오를 통해 분석된 자기자본 비율에 따른 사업시행자의 전체 효용함수 변화추이는 표 4와 같다.

최소운영수입보장을 고려하여 운영수입 70%일 경우 자기자본비율에 따른 전체 효용에 대한 결과를 분석하면 실제 운영수입이 예측 운영수입의 70%일 경우, 최소운영수입보장이 없으면 자기자본비율은 본 최적화 모델의 경계조건인



표 3. 최소 운영수입 보장을 고려한 시나리오

시나리오	예상수입 100%	예상수입 70%		
		최소 운영수입 보장 없을 때	90% 최소운영수입 보장시	최소운영수입 보장의 단계적 적용시
최소운영수입 보장기간	기준	-	30년	15년
최소운영수입 보장비율	기준	-	90%	1년 ~ 5년 : 90% 6년 ~ 10년 : 80% 11년 ~ 15년 : 70%

표 4. 최소운영수입 보장을 고려한 시나리오 분석

시나리오	예상수입 100%	예상수입 70%		
		최소 운영수입 보장 없을 때	90% 최소 운영수입 보장시	최소운영수입 보장 단계적 적용시
자기자본비율(%)	22.30%	50.00%	20.00%	50.00%
전체 효용	0.8519	0.3641	0.5439	0.3801
내부수익률(%)	10.43%	3.31%	9.02%	3.97%
부채상환가능비율	1.938	1.993	1.683	2.071

50%로 결정되었으며 그에 따른 효용은 0.3641, 예상되는 내부수익률은 10.43%, 부채상환가능비율은 1.993으로 산정되었다. 이 때 실시협약 당시 최소운영수입 보장 조건을 적용하면 자기자본비율은 20%, 그에 따른 전체 효용은 0.5439로 산정되었다. 또한 예측할 수 있는 내부수익률은 9.02%, 부채상환가능비율은 1.683으로 산정되어 수익률이나 부채상환능력 모두 만족하는 결과를 보였다. 그러나 최소 운영수입 보장을 단계적으로 적용하는 경우는 자기자본비율이 50%이고 그에 따른 효용이 0.3641로 나타났으며 내부수익률 또한 기준인 7.5%의 할인율에도 미치지 못하는 결과를 보였다. 이때 부채상환가능비율의 경우, 2.071로 양호하게 산정되었는데, 이는 자기자본비율이 50%일 경우 사업 운영에 있어서 수익성은 매우 낮지만, 파산하지는 않는 정도로 겨우 운영이 된다는 것을 의미한다.

결론적으로 본 사업은 예상 운영수입이 100%일 경우, 최적 자기자본비율은 22.30%로서 내부수익률이나 부채상환가능비율이 모두 적정수준에서 결정되지만, 예상 운영수입이 기댓값의 70%에 미치지 못할 경우는 최소운영수입보장을 현행대로 90%로 유지하는 경우에만 내부수익률과 부채상환가능비율이 적정수준에서 결정되고 있음을 보여주고 있다. 개정된 민간투자기본계획에서와 같이 보장기간이 15년으로 한정되고 최소운영수입보장 비율이 5년마다 10%씩 감소할 경우, 자기자본비율은 상한값인 50%까지 필요한 것으로 나왔고, 수익률도 최저수준인 7.5% 미만으로 산정되어 재무적 타당성이 없는 결과가 발생되었다.

## 7. 결 론

본 연구에서는 민간투자사업의 최적 자본구조 결정모델을 구축하기 위하여 문헌조사, 전문가 인터뷰 등을 활용하여 민간투자사업의 재무적 지표들의 변화에 따른 자본구조와 수익성 간의 관계를 다각적으로 분석하였다. 본 연구를 통한 결론을 종합해 보면 다음과 같다.

첫째, 민간투자사업과 관련된 연구에 있어서 최근 주요한

이슈가 되는 최적 자본구조 결정에 관한 기존 연구문헌들을 고찰하고, 최적 자본구조를 결정하기 위한 방법론을 검토하여 비교분석함으로써 최적자본구조에 대한 방법론을 정립하였다.

둘째, 유전자 알고리즘을 활용하여 최적 자본구조 결정에 관한 기존의 최적화 기법을 활용한 연구들과의 차별적인 방법론을 선택하여 여러 재무적 지표들을 종합적으로 고려한 최적 자본구조를 도출하였다. 이를 위해 재무적 타당성 지표들을 효용함수로 변환시켜 최적화함으로써 의사결정자의 판단에 근거한 최적 자본구조를 결정하도록 하였다.

마지막으로 실제 사례대상사업을 본 모델에 적용하여 최적 자본구조를 도출하였으며 민감도 분석과 시나리오 분석을 통하여 이의 적용성을 확인하였다.

본 연구에서 사례분석을 통해 연구 모델에 적용해 본 결과, 사례대상사업의 최적 자기자본비율은 실제 협약서에서 결정된 30%보다 낮은 22.3%에서 결정되었다. 이러한 결과는 사업시행자의 입장에서 운영수입이 안정적으로 유지된다면 자기자본비율을 더 낮추어도 수익이 유지될 수 있다는 점을 시사한다. 자기자본비율을 낮추면 외부차입금이 늘어나 재무비용이 증가하고 사업타당성도 떨어지게 되지만 본 사례에서는 현재보다 평균 7.7%를 더 낮춰도 사업성이 유지되므로 사업시행자 입장에서는 자기자본 확보에 대한 금융부담을 줄일 수 있게 된다.

사회간접자본에 대한 민간투자사업은 민간에 의한 공공부문 참여의 효율성 증대라는 국제적 흐름에 부합하는 사업방식으로서, 참여하는 당사자들 간의 역학관계가 매우 복잡하고 철저한 준비와 세련된 관리기법이 요구되는 사업방식이다. 이러한 민간투자사업은 최근 제도적인 정비를 통해 건설-양도-리스(BTL; Build-Transfer-Lease) 방식의 추진, 공모 인프라 펀드의 설립 허가 등 재무적 투자자들을 적극 유치하고 투자재원의 다양화를 위한 노력들이 이루어지고 있다. 따라서 본 연구를 통해서 도출된 최적 자본구조 결정모델은 민간투자사업을 수행하려는 사업시행자가 사업계획서나, 제안서를 준비하는 단계에서부터 재무적 타당성평가를 통하여

적정 자본구조를 결정할 수 있도록 의사결정지원체계를 제안하고 있다는 데에 의의가 있다. 또한 기존의 민간투자사업을 시행하는 사업시행자에게 있어 사업 시행자에 불리하게 결정되어지던 금융패키지 결정에 있어 사업주의 자체적 타당성 분석능력의 향상을 도모하여 사업주의 금융비용을 감소시키는데 필요한 논리를 제공할 수 있을 것으로 판단된다. 마지막으로 최적 자본구조 결정에 있어 시나리오 분석을 활용함으로써 불확실성을 예측하여 사업주의 안정적인 프로젝트 수익성의 확보에 필요한 자료들을 제시할 수 있을 것으로 보인다.

향후 추가적인 연구를 통하여, 본 연구의 재무적 지표의 가정사항 들을 보다 현실화 하는 과정이 필요할 것으로 판단된다. 또한, 연간사업비 투입계획, 자기자본과 차입금 투입 우선순위, 부채상환가능기간, 정부지원금 규모 등 재무모델에 영향을 미칠 수 있는 영향요소들을 파악하여 모델에 반영한다면 보다 현실적인 분석이 가능할 것이다. 마지막으로 본 사례대상사업이 민간투자사업 중 재무적 타당성이 비교적 양호한 사업이었기 때문에, 후속연구를 통하여 도로나 항만사업 등 다양한 실제 사례를 본 모델에 적용하여 그 범용성을 확보하고자 한다.

## 참고문헌

국토연구원 민간투자지원센터(2004) **민간투자지원센터 연차보고서**. 기획예산처(2005) **민간투자사업기본계획**.  
 김수정, 김재준, 김선규(2002a) 사업기대수익률을 반영한 사업타당성분석방법의 실증적 사례검증-민간투자건설프로젝트, **대한건축학회논문집(구조계)**, 대한건축학회, 제18권, 제10호.  
 김수정, 서석원, 김재준, 김경래(2002b) 민간투자건설프로젝트의 위험예측모델을 반영한 사업타당성분석방법 개발, **대한건축학회논문집(구조계)**, 대한건축학회, 제18권, 제4호.  
 대한민국 철도청(2001) **인천국제공항철도 민간투자사업 실시협약**, 인천국제공항철도주식회사.  
 박동규(2003) **프로젝트 파이낸싱의 개념과 실제**, 2판, 명경사.  
 박영민, 김수용(2004) 경제적 재무적 타당성분석 단계에서의 리스크 관리절차 연구, **한국건설관리학회 학술발표대회 논문집**, 한국건설관리학회.  
 박영민, 김수용, 김기영(2004) SOC 민간투자사업의 투자수익률에 관한 연구, **한국건설관리학회 논문집**, 한국건설관리학회, 제5권, 제6호.  
 송병록, 손창백, 김용수(1999) SOC 민자사업 시행자의 효과적인 리스크 완화방안, **대한건축학회 논문집(구조계)**, 대한건축학회, 제15권, 제6호.  
 우연광(2004) **사회간접자본 민간투자사업의 수익률 결정 매커니즘에 관한 연구**, 석사학위논문, 서울대학교 환경대학원.  
 윤성민(2006) **민간투자사업의 확률적 최적자본구조결정에 관한 연구**, 석사학위논문, 연세대학교.  
 이세영(2000) **민간투자 고속도로사업의 수익률 추정**, 석사학위논문, 연세대학교.  
 정동욱(2001) **SOC 민간투자사업의 재무적 리스크 분석에 관한 연구 - 경량전철 건설사업을 중심으로**, 석사학위논문, 서울시립대학교.  
 최막중, 우연광, (2004) 사회간접자본의 민간투자사업의 수익-위험 협상 기준에 관한 연구, **대한국토·도시계획학회지 국토계획**, 대한국토·도시계획학회, 제39권, 제3호.  
 Bakatjan, S., Arikan, M., and Tiong, R.K.L. (2003) Optimal capital structure model for BOT power projects in Turkey. *J.Constr. Engrg. and Mgmt.*, Vol. 129, No. 1, pp. 89-97.  
 Baldry, D. (1998) The evaluation of risk management in public sec-

tor capital projects. *Int. J. Proj. Mgmt.*, Vol. 16, No. 1, pp. 35-41.  
 Bing, L., Akintoye, A., Edwards, P.J., and Hardcastle, C. (2004) The allocation of risk PPP/PFI construction projects in the UK. *Int. J. Proj. Mgmt.*, Vol. 23, pp. 25-35.  
 Chang L.M. and Chen P. H. (2001) BOT Financial Model : Taiwan High Speed Rail Case. *J.Constr. Engrg. and Mgmt.*, Vol. 127, No. 3, pp. 214-222.  
 Dias. A. and Ioannou. P.G. (1995) Debt capacity and optimal capital structure for privately financed infrastructure projects. *J.Constr. Engrg. and Mgmt.*, Vol. 121, No. 4, pp. 404-414.  
 Elazouni, A. and Metwally, F.G. (2005) Finance-based scheduling: Tool to maximize project profit using improved genetic algorithms. *J. Constr. Engrg. Mgmt.*, Vol. 131, No. 4, pp. 400-412.  
 El-Rayes, K. and Kandil, A. (2005) Time-cost-quality trade-off analysis for highway construction. *J. Constr. Engrg. Mgmt.*, Vol. 4, No. 131, pp. 477-485.  
 Farrell. L.M. (2003) Principal-agency risk in project finance. *Int. J. Proj. Mgmt.*, Vol. 21, No. 8, pp. 547-561.  
 Feng, C., Liu, L., and Burns, S. (1997) Using genetic algorithms to solve construction time-cost trade-off problems. *J. Comp. Civ. Eng.*, Vol. 11, No. 3, pp. 184-189.  
 Fonseca, C.M. and Fleming, P.J. (1995) An overview of evolutionary algorithms in multi-objective optimization. *Evolutionary Computation*, Vol. 3, No. 1, pp.1-16.  
 Grimsey. D. and Lewis. M.K. (2002) Evaluating the risks of public private partnerships for infrastructure projects. *Int. J. Proj. Mgmt.*, Vol. 20, No. 2, pp. 107-118.  
 Gupta. J.P. and Sravat A.K. (1997) Development and project financing of private power projects in developing countries: a case study of India. *Int. J. Proj. Mgmt.*, Vol. 16, No. 2, pp. 99-105.  
 Hegazy, T. and Kassab, M. (2003) Resource optimization using combined simulation and genetic algorithms. *J. Constr. Engrg. and Mgmt.*, Vol. 129, No. 6, pp. 698-705.  
 Ho. S.P. and Liu. L.Y. (2002) An option pricing-based model for evaluating the financial viability of private infrastructure projects. *J.Constr. Mgmt. and Econ.*, Vol. 20, pp. 143-156.  
 Horn, J., Nafpliotis, N., and Goldberg, D.E. (1994) A niched Pareto genetic algorithm for multi-objective optimization. In *Proceedings of the First IEEE Conference on Evolutionary Computation, IEEE World Congress on Computational Computation*, IEEE Service Center, Vol. 1, pp. 82-87, Piscataway, NJ, USA.  
 Leu, S.S. and Yang, C. (1999) GA-based multi-criteria optimal model for construction scheduling. *J. Constr. Engrg. and Mgmt.*, Vol. 125, No. 6, pp. 420-427.  
 Louis, S.J. and Rawlins, G.J.E. (1993) Pareto optimality GA-easiness and deception (Extended Abstract). *ICGA Journal*, pp. 118-123.  
 Mawdesley, M.J., Al-jibouri, S.H., and Yang, H. (2004) Genetic algorithms for construction site layout in project planning. *J. Constr. Engrg. and Mgmt.*, Vol. 128, No. 5, pp. 418-426.  
 Ngee. L., Tiong. R.L.K., and Alum. J. (1997) Automated approach to negotiation of BOT contractors. *J. Comp. in Civ. Engrg.*, Vol. 11, No. 2. pp. 121-128.  
 Ock J.H., Han S.H., Park H.K., and Diekmann J. E. (2005) Improving decision quality : a risk-based go/no-go decision for BOT projects. *Can. J. Civ. Eng.*, Vol. 32, pp. 517-532.  
 Ranasinghe. M. (1996) Total project cost : a simplified model for decision makers. *J.Constr. Mgmt. and Econ.*, Vol. 14, pp. 497-505.  
 Schaffer, J.D. (1984) *Some experiments in machine learning using vector evaluated genetic algorithms*. PhD dissertation, Vanderbilt University, Nashville, USA.  
 Schaufelberger. J.E. and Wipadapisut. I. (2003) Alternative financ-

- ing strategies for BOT projects. *J.Constr. Engrg. and Mgmt.*, Vol. 129, No. 2, pp. 205-213.
- Senouci, A.B. and Eldin, N.N. (2004) Use of Genetic Algorithms in Resource Scheduling of Construction Projects. *J.Constr. Engrg. and Mgmt.*, Vol. 130, No. 6, pp. 869-877.
- Srinivas, N. and Deb, K. (1994) Multi-objective optimization using non-dominated sorting in genetic algorithms. *Evolutionary Computation*, Vol. 2, No. 3, pp. 221-248.
- Tiong. R.L.K. (1995) Competitive advantage of equity in BOT tender. *J.Constr. Engrg. and Mgmt.*, Vol. 121, No. 3, pp. 282-289.
- Tiong. R.L.K. and Alum. J. (1997) Financial commitment for BOT projects. *Int. J. Proj. Mgmt.*, Vol. 15, No. 2, pp. 73-78.
- Wibowo. A. and Kochendörfer. B. (2005) Financial risk analysis of project finance in Indonesian toll roads. *J.Constr. Engrg. and Mgmt.*, Vol. 131, No. 9, pp. 963-972.
- Ye. S. and Tiong. R.L.K. (2000) NPV-at-Risk method in infrastructure project investment evaluation. *J.Constr. Engrg. and Mgmt.*, Vol. 126, No. 3, pp. 227-233.
- Zhang. X. (2004) Improving concessionaire selection protocol in Public Private Partnership infrastructure projects. *J.Constr. Engrg. and Mgmt.*, Vol. 130, No. 5, pp. 670-679.
- Zhang. X. (2005a) Financial viability analysis and capital structure optimization in privated public infrastructure projects. *J.Constr. Engrg. and Mgmt.*, Vol. 131, No. 6, pp. 656-668.
- Zhang. X. (2005b) Concessionaire's financing capacity in developing Build-Operate-Transfer type infrastructure projects. *J.Constr. Engrg. and Mgmt.*, Vol. 131, No. 10, pp. 1054-1064.
- Zhang. X. (2005c) Critical success factors for Public- Private Partnerships in infrastructure development. *J.Constr. Engrg. and Mgmt.*, Vol. 131, No. 1, pp. 3-14.
- Zheng D.X.M. and Ng., S.T. (2005) Stochastic time-cost optimization model incorporating fuzzy sets theory and non-replaceable front. *J. Constr. Engrg. Mgmt.*, Vol. 2, No. 131, pp. 176-186.

(접수일: 2007.11.30/심사일: 2007.12.19/심사완료일: 2007.12.19)