

■ 論 文 ■

# BTO 민간투자사업의 화폐적 투자가치 평가

A Study on the Evaluation of Value for Money in Private Provided Infrastructure  
with a Focus on BTO Projects

백성준

(한국건설산업연구원 건설정책연구실 연구위원)

## 목 차

I. 서론	3) 확률적 위험분석을 통한 민간투자사업 위험배분 및 VFM 평가 절차
1. 연구배경 및 목적	4) VFM 평가
2. 선행연구 고찰	2. 실증분석
II. 본론	1) 실증분석을 위한 가정 및 사례
1. 민간투자사업 위험 배분 및 VFM 평가 모형	2) 실증분석 결과
1) 민간투자사업 정량적 위험배분 모형	III. 결론
2) 확률적 위험분석을 통한 우발채무규모 및 평균적 최소운영수입보장률 도출	참고문헌

Key Words : 민간투자사업, 정량적 위험배분, 확률적 위험분석, 최소운영수입보장, 화폐적 투자가치  
 PPI:Private Provided Infrastructure, Quantitative risk allocation, Probabilistic risk  
 analysis, MRG:Minimum Revenue Guarantee, VFM:Value for Money

## 요 약

본 연구는 한국 민간투자사업의 위험배분문제와 화폐적 투자가치를 측정하는 모형을 구축하고 이를 통해 정부의 최소운영수입 보장률 및 보장기간의 변화에 따른 화폐적 투자가치의 변화를 관찰하였다. 모형은 H.Yamaguchi의 위험배분모형(2002)을 기반으로 한국의 민간투자사업 현실에 맞게 2기간 모형으로 변환하고 최소운영수입보장 제도를 포함하도록 수정하였다. 분석결과 정부의 최소운영수입 보장률 및 보장기간이 축소됨에 따라 동일한 수익률을 가정하는 경우 국고보조금이 증가하게 됨으로써 민간투자사업의 화폐적 투자가치는 하락함을 보여주었다.

This study has examined the allocation of risk in Korea's Private Provided Infrastructure (PPI) with the following contents: (1) Developing a quantitative risk allocation model for Korea's PPI and (2) examining the implication of changes in the minimum revenue guarantees (MRG) clause of government legislation using the developed empirical model. The model of this study adopts and extends H. Yamaguchi's model developed in 2002. To investigate Korea's actual risk allocation deals, the author incorporated the MRG framework. The payment related to the MRG is indeterminable. Hence, the average MRG rate was calculated using probabilistic risk analysis.

The risk allocation model is applied to the two cases to validate the model and evaluate the project's VFM(Value for Money). As the revenue guarantee rate is lowered, the government subsidies are increased. This in turn worsens VFM. The same relationship is true when the revenue guarantee period is shortened.

# 1. 서론

## 1. 연구의 배경과 목적

10여년의 역사를 갖고 있는 국내 민간투자사업(PPI; Private Provided Infrastructure) 제도는 운영기간의 최소운영수입보장(MRG; Minimum Revenue Guarantee)과 건설기간의 국고보조금 지급을 통해 위험을 배분하는 정형화된 구조를 갖고 있다. 정부와 민간사업자 간의 실시협약에 의해 비용 및 수입, 지원에 대한 합의가 이루어지고 협약 당사자들은 이를 준수할 의무를 지게 된다. 그러나 협약이후 최종 사업종료까지에는 수많은 위험요인이 존재하고 이로 인한 이해상충이 발생하고 제협상하는 일도 발생하고 있다.

하지만 짧은 경험으로 인해 축적된 자료가 부족하다보니 사업의 특성에 맞는 위험배분이 이루어지지 못하였다. 최소운영수입보장률, 보조금비율, 수익률 등이 유사한 협상사례를 참고하여 거의 획일적으로 결정되고 있다.

최근 인천공항고속도로, 천안논산 고속도로 등 운영 단계에 있는 민간투자사업의 우발채무발생문제가 사회적 논란이 되면서 2003년 민간투자기본계획에서 최소운영수입보장 기준을 대폭 개정하였다. 보장수준을 대폭 축소하며 보장기간도 단축하고 교통수요 발생량이 추정치의 50% 미만이면 운영수입 보장을 배제하고 있다.

향후 기획예산처는 운영수입보장을 단계적으로 축소해 나갈 예정이다. 최소운영수입보장 기준은 시장여건 등을 감안해 중장기적 관점에서 단계적으로 축소를 검토하고 있고 현행 보장 기준 하에서 운영수입보장을 배제 또는 최소화하는 사업에 대해서는 목표수익률 등을 신축적으로 적용하고 있다.

정부의 운영수입보장 축소 결정이 민간투자사업의 화폐적투자가치(VFM: Value for Money)에는 어떤 영향을 미치는지 엄밀한 검토가 필요하다. 통상 민간사업자(SPC; Special Purpose Company)의 수익성 악화에 미치는 영향만을 고려하기 쉽지만 정부와 민간사업자 모두의 이익과 손실을 종합적으로 고려하여 보다 과학적인 검토가 요구된다.

본 연구에서는 건설기간과 운영기간을 모두 포함하는 민간투자사업의 정량적 위험배분 모형을 구축하고 모형을 기초로 민자사업의 화폐적 투자가치를 정의하였다. 그리고 서울외곽순환고속도로와 대구부산간고속도로를 사례로 민감도분석을 통해 최소운영수입보장률, 보장기간 등의 변화에 따른 VFM를 평가하였다.

## 2. 선행연구 고찰

최근 국내에서도 민간투자사업 위험배분에 관한 실증적 연구들이 착수되고 있다. 그런데 정성적 이슈를 중심으로 한 연구는 상당수 있는 반면, 정량적 이슈를 다루는 연구는 극히 드물다. 하현구 외(2002)는 발생할 위험을 정부와 민간 간에 어떻게 배분할 지에 대한 정성적 위험배분에 관한 연구를 시도하였다. 위험을 유형별로 분류하고 정부와 민간사업자 간의 정성적 배분에 관한 방안을 제시하였다. 그러나 누구에게 얼마만큼의 위험을 배분할 것인가에 대한 정량적 위험배분까지는 포함하지 못하였다.

민간투자사업의 정량적 위험배분모형은 합리적 의사결정모형과 게임이론 등을 원용하여 다양한 모형이 구축되었다. Borch(1962, 1990)는 보험이론에 의해 보험계약자와 보험회사간의 보험료 협상을 위한 합리적 협상공간 모델을 구상하였다. 보험료(P)를 지불하는 것에 의해 개인은 위험과 확률분포  $f(x)$ 의 형태를 바꿀 수 있다. 실현가능한 보험료는 다음의 관계를 만족시켜야 한다.

$$\text{보험계약자} : \int_0^{\infty} u(W-x)f(x)dx \leq u(W-P)$$

$$\text{보험 회사} : \int_0^{\infty} u_1(W_1+P-x)f(x)dx \geq u_1(W_1)$$

- 여기서, u : 효용함수
- W : 초기의 부(wealth)
- P : 위험프리미엄(보험료)
- x : 위험(비용)
- f(x) : 확률분포함수

위의 방정식은 협상공간을 주어진 효용함수와 두 이해당사자간의 확률분포에 의해 특정화시킨 것이다.

H.Yamaguchi(2002)는 정부와 민간투자회사 두 주체가 민간투자사업에 참여하게 되는 조건을 합리적 의사결정모형 및 보험이론을 기초로 도식화하였다. 건설기간에 추가적으로 발생 비용변동을 정부(g)와 민간(p) 간에 일정한 비율로 나눌 뿐만 아니라 운영기간에 발생하는 순수익의 변동에 대해서도 정부와 민간 간에 일정한 비율로 나누는 경우를 상정하고 있다. 그리고 건설기간에는 건설보조금(P)을, 운영기간에는 운영보조금(G)을 정부가 민간에게 주는 것으로 가정하였다. 그리고 사업 참여자들이 위험기피적인 성향을 갖는다고 가정하여 효용함수(U)는 다음과 같이 가정하였다. 계수(a)의 크기가 커질수록 더 위험기피적이고 위험관리에 대해 보다 민감

함을 의미하는데 H.Yamaguchi (2002)는 민간사업자는 0.3, 정부는 0.2를 가정하였다.

$$U_i = - \text{Exp}[- a_i x] \quad (i=g, p)$$

그리고 협약된 건설비용과 협약된 운영순수입보다 실제 비용 및 순수입이 많거나 적은 변동을 나타낼 수 있도록 확률밀도함수는 정규분포를 가정하였다.

$$f_i(x) = \frac{1}{\sigma_i \sqrt{2\pi}} \text{Exp}[- \frac{1}{2} (\frac{x}{\sigma_i})^2] \quad (i=g, p)$$

그런데 민간투자사업의 위험배분에 관한 정량적 모형인 H.Yamaguchi의 모형은 개념모형으로 위험배분에 대한 가정이 단순하다. 최소운영수입보장 등 구체적인 위험배분방식을 고려하지는 못하고 있다.

한편, 이용택 외(1999), 현정택 외(2001) 등은 확률적 위험분석기법을 이용해 민간투자사업의 건설비용, 운영비용, 운영수입 등을 시뮬레이션 기법으로 순현재가(NPV: Net Present Value), 내부수익률(IRR: Internal Rate of Return) 등 사업성을 재산정하는 연구를 시도하였다. 이용택 외(1999)는 건설비용, 운영수입, 운영비용에 대한 시뮬레이션에 초점을 두었다. 민간투자사업의 사업성 평가를 목적으로 하고 있어서 총사업비와 건설비용 및 운영수입을 추정하고 있는데 각각의 변수에 대한 확률분포를 다양하게 가정하였다. 하지만 비용 및 수입에 대한 확률적 추정에 국한되어 있고 정부와 민간 간에 어떻게 배분해야 하는지에 대해서는 다루지 않았다. 그리고 Irwin (2004)은 확률적 위험분석기법으로 최소운영수입보장제도 하에서 발생하는 우발채무인 최소운영수입보장액을 추정하였다. 특정연도를 중심으로 발생하는 최소운영수입보장액의 분포를 도출하는데 중점을 두었다. 역시 건설 및 운영기간을 포괄하여 정부와 민간 간에 위험을 어떻게 배분해야 하는지에 대해서는 다루지 않았다.

## II. 본론

### 1. 민간투자사업 위험배분 및 VFM 평가모형

#### 1) 민간투자사업 정량적 위험배분 모형

본 연구에서는 국내 민간투자사업의 현실을 고려하여

H.Yamaguchi의 모형을 개량하였다. 첫째 건설기간과 운영기간을 2기간으로 설정하고 내부수익률로 확인하는 실증적 모형을 구축하였다. 둘째 운영기간의 정부보조금(우발채무)을 고정된 값이 아닌 최소운영수입보장제도에 의해 우발적으로 발생하는 확률적인 형태를 갖는 변수로 가정하였다. 셋째 비용 및 수입의 변동에 대한 가정을 현실화하여 비용은 거의 대부분 추가 투입되고 수입은 예상보다 적게 발생하는 점을 반영해 변동의 방향이 0부터 +∞로 변동하도록 설정하였다. 이를 위해 확률분포함수로는 정규분포를 사용하지 않고 감마분포를 사용하였다. 국내 민간투자사업의 경우, 건설비용 및 운영비용은 예상한 것보다 추가적으로 투입되며 운영수입은 예상한 것보다 적게 발생하고 있다. 보다 현실에 가까운 모형을 구축할 수 있도록 변동폭과 확률분포함수에 차이를 두었다.

본 연구에서 사용되는 국내 정부고시 BTO (Build-Transfer-Operate) 민간투자사업 위험배분 모형의 위험배분 구도를 정리하면 <표 1>과 같다.

<표 1> 민간투자사업 위험배분 구도

구분	재정사업		민간투자사업	
	비용	수입	비용	수입
정부	건설기간	$CC + \tilde{x}$	$P + (1-a)\tilde{x}$	
	운영기간	$\frac{OC+\tilde{z}}{1+d}$	$\frac{OR-\tilde{y}}{1+d}$	$\frac{G}{1+d}$
S P C	건설기간		$CC + a\tilde{x}$	P
	운영기간		$\frac{OC+\tilde{z}}{1+d}$	$\frac{G+(OR-\tilde{y})}{1+d}$

여기서,  $G = \int_0^{\tilde{y} - (1-\beta)OR} (\tilde{y} - (1-\beta)OR)_{\tilde{y} \leq (1-\beta)OR}$

CC : 협약된 건설비용

$\tilde{x}$  : 건설비용 변동으로  $\Gamma(r_{xi}, \lambda_{xi})$  (i=p,g)를 따름

P : 건설기간 정부지원금,

a : 건설비용 변동에 대한 민간의 위험배분율

(1-a) : 정부배분율

OR : 협약된 운영수입 추계

$\tilde{y}$  : 운영수입 변동으로  $\Gamma(r_{yi}, \lambda_{yi})$  (i=p,g)를 따름

OC : 협약된 운영비용 추계

$\tilde{z}$  : 운영비용 변동으로  $\Gamma(r_{zi}, \lambda_{zi})$  (i=p,g)를 따름

$\beta$  : 최소운영수입보장률

d : 할인율(내부수익률)

효용함수와 확률분포함수가 주어질 때, 정부와 민간 투자사업자의 민간투자사업 참여조건은 다음과 같이 표현된다.

정부 참여조건식 :

$$\int_0^\infty \int_0^\infty \int_0^\infty U_g[W_g - (CC + \tilde{x}) - \frac{OC + \tilde{z}}{1+d}] + \frac{OR - \tilde{y}}{1+d} f_g(x)g_p(y)h_p(z) dx dy dz \leq \int_0^\infty \int_0^\infty U_g[W_g - \{(1-\alpha)\tilde{x} + P\}] - \frac{G}{1+d} f_g(x)g_p(y) dx dy \quad (1)$$

민간투자사업자(SPC) 참여조건식 :

$$\int_0^\infty \int_0^\infty \int_0^\infty U_p[W_p + P - (CC + \alpha\tilde{x}) - \frac{OC + \tilde{z}}{1+d} + \frac{OR - \tilde{y}}{1+d} + \frac{G}{1+d} f_p(x)g_p(y)h_p(z) dx dy dz \geq U_p[W_p] \quad (2)$$

사업 참여자들이 위험기피적인 성향을 갖는다고 가정할 경우 위험기피적 효용함수(U(x))는 다음의 조건을 만족시키는 함수 형태로 정의될 수 있다.<sup>1)</sup>

$$U_i = -Exp[-a_i x] \quad (i = g, p)$$

계수인 a값이 위험기피의 정도를 나타내며 a값이 클수록 더 높은 위험기피성향을 보여준다.

그리고 확률밀도함수는 감마분포를 가정하여 다음과 같다.<sup>2)</sup>

$$f_i(x) = \frac{\lambda^{r_i}}{\Gamma(r_i)} x^{r_i-1} e^{-\lambda x} \quad (x > 0, \lambda_i, r_i > 0)$$

$$g_i(y) = \frac{\lambda^{r_i}}{\Gamma(r_i)} y^{r_i-1} e^{-\lambda y} \quad (y > 0, \lambda_i, r_i > 0)$$

그리고

$$h_i(z) = \frac{\lambda^{r_i}}{\Gamma(r_i)} z^{r_i-1} e^{-\lambda z} \quad (z > 0, \lambda_i, r_i > 0)$$

2) 확률적 위험분석을 통한 우발채무규모 및 평균적 최소 운영수입보장률 도출

우발채무규모와 평균적 최소운영수입보장률 및 내부 수익률은 확률적 위험분석기법을 통한 시뮬레이션에 의해 도출된다. 먼저 우발채무규모는 식(3)과 같이 정의할 수 있다.

$$G^* = \tilde{y} - (1 - \beta_i) OR \quad (3)$$

(β<sub>i</sub>는 기간별 최소운영수입보장률)

이를 반영하여 평균적 최소운영수입보장률(β\*)을 도출하면 식(4)와 같다.

$$\beta^* = \frac{G^* + (OR - \tilde{y})}{OR} \quad (4)$$

SPC가 전 사업기간에 얻는 실제 운영수입(OR\*)은 식(5)와 같이 표현된다.

$$OR^* = G^* + (OR - \tilde{y}) \quad (5)$$

<그림 1>로 설명하면 굵은 실선(OR\*)은 최소운영수입보장에 의해 민간사업자가 받는 전 사업기간의 보장된 수입선으로 G\*(빚금 친 부분)와 (OR - y)가 합하여 얻어진 값이다. 그리고 이와 동일한 크기의 값을 갖는 선은 평균적 최소운영수입보장률을 적용한 (β\* OR)이 된다. 최소운영수입보장이 전 사업기간에 걸쳐 이루어지면 β\*는 항상 β보다 크거나 같을 것이다. 그러나 운영수입보장기간이 단축되면 실제 운영수입 변동폭의 크기에 따라 더 클 수도 있고 작을 수도 있다.

본 연구에서는 건설비용, 운영수입, 운영비용에 대한 시뮬레이션에 초점을 둔 이용택 외(1999)와 Irwin (2004)의 연구와는 다른 확률분포를 사용하여 우발채무 규모와 평균적 최소운영수입보장률을 산출하였다.

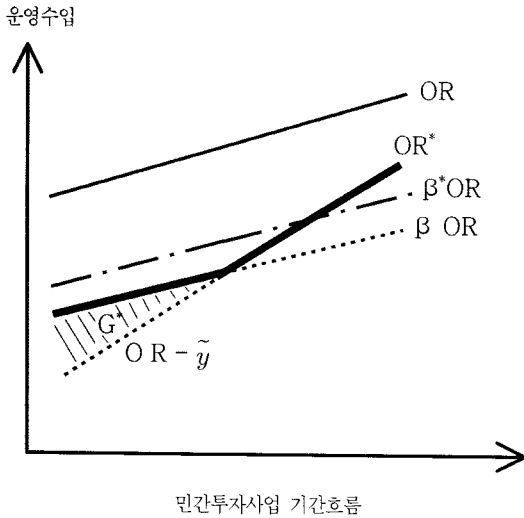
1) 위험기피적 효용함수는 다음조건을 만족한다. U'(x) > 0 이고 U''(x) < 0

2) 감마분포의 평균과 분산은 다음과 같다.

$$E[X] = \frac{r}{\lambda}, \quad Var[X] = \frac{r}{\lambda^2}$$

그리고 감마분포의 적률생성함수는 다음과 같이 표현된다.

$$M_X(t) = \left(\frac{\lambda}{\lambda - t}\right)^r$$



(그림 1) 평균적 최소운영수입보장률 개념

이용택 외(1999)의 연구(〈표 2〉 참조)는 건설비용과 운영비용은 로그정규분포, 운영수입은 삼각분포를 사용하였다. 하지만 본 연구에서는 비용 및 수입 추정을 위해 모두 감마분포를 동일하게 사용하였다. 비용추정에 주로 사용되고 있는 로그정규분포는 적분이 불가능하고 적률 생성함수도 존재하지 않아본 연구에서 필요로 하는 수학적 수식전개에는 부적합하였다. 그리하여 로그정규분포와 가장 유사한 분포특성을 갖고 있는 감마분포를 채택하였다. 감마분포를 사용한 결과, 협약된 비용 및 수입을 항상 초과하거나 항상 미달하는 위험발생에 대한 가정을

〈표 2〉 확률적 위험분석의 변수 가정

구분	이용택 외(1999)	본 연구	
목적	민간투자사업 사업타당성평가 (건설비용, 총사업비, NPV 등)	위험배분 및 최소운영수입 보장을 고려한 내부수익률 도출	
시물레이션	건설비용, 운영비용, 운영수입	건설비용추가분, 운영비용추가분, 운영수입 변동분 및 최소운영수입 보장에 따른 우발채무	
확률 변수	건설비용	로그정규분포	감마분포
	운영비용	로그정규분포	감마분포
	운영수입	삼각분포	감마분포
	부대사업	고정값	고정값(0)
분포 가정	할인율	삼각분포	
	이자율	삼각분포	고정값
	물가상승률	삼각분포	고정값
결과물	NPV, 건설비용, 현금흐름	내부수익률, 우발채무규모	

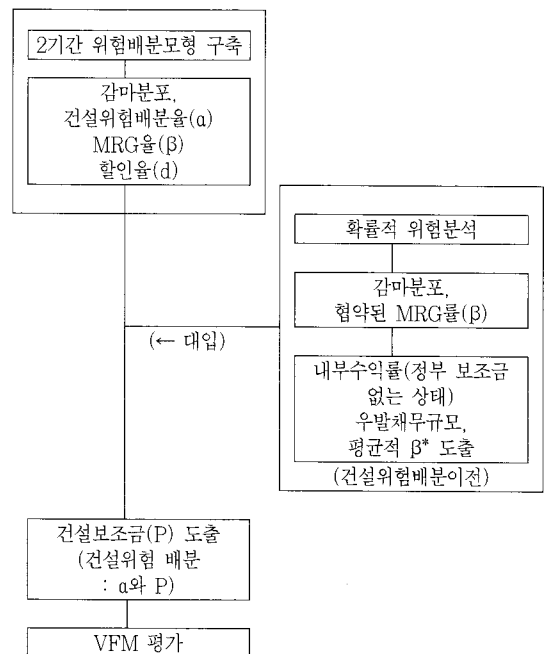
반영할 수 있고 위험배분모형을 구성하고 있는 효용함수와 확률분포함수의 수학적 산식전개가 가능하게 되었다.

3) 확률적 위험분석을 통한 민간투자사업 위험배분 및 VFM 평가 절차

1단계는 최소운영수입보장제도를 포함하여 현행 민간투자사업의 현실에 가까운 가정을 세우고서 몬테카를로 시물레이션을 통해 건설비용, 운영비용 및 운영수입을 우선적으로 추정한다. 추정된 값에 의해 내부수익률, 우발채무규모, 사업 전(全)기간에 걸친 평균적 운영수입보장률( $\beta^*$ )을 결정한다. 건설 및 운영비용의 경우에는 확정된 비용보다는 추가비용이 발생하고, 운영수입의 경우에는 확정된 수입보다 수입부족 상황이 발생하는 현실을 반영한다. 비용 및 수입의 변동분에 대해서는 감마분포를 적용하여 추정한다. 여기서 도출된 내부수익률과 평균적 최소운영수입보장률은 2기간 위험배분모형에 그대로 대입된다.

2단계는 국내 BTO 민간투자사업 현실을 감안하여 구축된 2기간 위험배분모형에 확률적 위험분석에서 구한 내부수익률과 최소운영수입보장률을 대입하여 건설위험배분율에 따른 정부보조금 수준을 도출한다.

3단계는 본 연구에서 정의한 VFM산식에 대입하여 민간투자사업과 재정사업 간의 효용의 차이를 비교함으로써 VFM를 평가한다.



〈그림 2〉 민간투자사업 정량적 위험배분 및 VFM 평가 모형

4) VFM 평가

국회예산정책처는 현행 민간투자사업의 문제점을 극복하기 위한 개선방안으로 VFM가 있는 사업을 민자사업으로 추진할 것을 제안하였다. 재정사업으로 추진할 경우 정부가 부담해야하는 순현금지출의 현재가치인 정부실행대안(PSC: Public Sector Comparator)을 작성하고 PSC를 민간사업자의 재정지원요구액과 비교하여 재정지원요구액이 PSC보다 작은 경우에만 민간투자사업으로 선정한다는 기준이다. 재정지원요구액이라는 표현이 다소 모호한 점이 있으나 근본적으로는 수익성이 있는 사업에 한하여 민자사업으로 추진하여야 한다는 의미로 볼 수 있다.

한편 영국 및 일본의 민자사업인 PFI의 경우를 보면, 민자사업 추진 전에 3~6개월간 연구과정을 거쳐 정부실행대안(PSC)과 PFI LCC (Private Finance Initiative Life Cycle Cost)를 산정·비교함으로써 VFM가 있는 사업을 민자사업으로 선정한다. 여기서는 VFM는 PSC와 PFI LCC의 차이로 정의되며 식(6)과 같이 표현된다.

$$VFM = PSC - PFI LCC \tag{6}$$

운영기간 동안 동일한 수준의 서비스를 제공하는 것으로 가정하고서 PSC와 PFI LCC를 산정한다. PSC는 정부가 재정사업을 추진할 경우의 비용으로 정부가 유사한 사례를 활용하여 산정하며 모든 위험요소를 반영한 비용을 추정한다. PFI LCC는 외부 전문가의 도움을 받아 작성하며 민간투자사업 추진 시 소요되는 모든 비용을 포함하여 산정한다. PFI LCC가 PSC보다 작은 경우 즉, PFI 민자사업으로 추진하는 비용이 재정사업으로 추진하는 비용보다 적게 드는 경우에 민자사업을 추진하는 것으로 결정된다.

본 연구에서는 비용의 차이를 직접 비교하지 않고 재정사업을 추진할 경우와 민자사업으로 추진할 경우의 효용의 차이로서 식(7)과 같이 VFM를 정의하여 비교한다. 정부는 민자사업의 효용이 재정사업의 효용보다 큰 경우에 민자사업 추진을 결정하게 된다. 즉, VFM가 양의 값을 가질 때 민자사업 추진은 타당성을 갖게 된다.

$$VFM = EU(\text{민자사업}) - EU(\text{재정사업}) \tag{7}$$

VFM 산식을 앞의 모형에서 정의된 식(1)을 활용하면 표현하면 식(8)과 같다.

$$VFM = \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} U_g[W_g - \{(1-\alpha)\tilde{x} + P\} - \frac{G}{1+d} |f_g(x)g_g(y)| dx dy - \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} U_g[W_g - (CC + \tilde{x}) - \frac{OC + \tilde{z}}{1+d} + \frac{OR - \tilde{y}}{1+d} |f_g(x)g_g(y)h_g(z)| dx dy dz \tag{8}$$

다음에는 식(8)에 앞 절에서 정의된 효용함수와 확률 분포함수를 대입하고 적률생성함수를 이용하여 전개하면 식(9)와 같이진다.

$$VFM = e^{-a_g(w_g + \frac{OR}{1+d})} * [\frac{\lambda_{zg}}{\lambda_{zg} - \frac{a_g}{1+d}}]^{r_{zg}} * \lambda_{zg}^{r_{zg}} * \{ e^{a_g(CC + \frac{OC}{1+d})} * [\frac{\lambda_{zg}}{\lambda_{zg} - \frac{a_g}{1+d}}]^{r_{zg}} * [\frac{1}{\lambda_{zg} - a_g}]^{r_{zg}} - e^{a_g(P + \frac{\beta}{1+d} OR)} * [\frac{1}{\lambda_{zg} - a_g(1-\alpha)}]^{r_{zg}} \} \tag{9}$$

VFM가 양의 값을 가질 때 민자사업 추진은 타당성을 갖게 되는데, 식(9)에서 VFM의 부호는 괄호( ) 밖의 값이 항상 양수 값을 갖기 때문에 반드시 괄호 안의 부호와 일치하게 된다. 민간투자사업을 추진하는 것이 타당성을 갖게 될 조건(VFM > 0)을 다시 정리하면 식(10)과 같다.

$$CC + \frac{OC}{1+d} - (P + \frac{\beta}{1+d} OR) > \frac{1}{a_g} \{ . \} \tag{10}$$

여기서, 우변 괄호 안에 대입되는 수식은 다음과 같이 정리됨.

$$\ln [\frac{\lambda_{zg} - a_g}{\lambda_{zg} - a_g(1-\alpha)}]^{r_{zg}} + \ln [\frac{\lambda_{zg} - \frac{a_g}{1+d}}{\lambda_{zg}}]^{r_{zg}}$$

우변은 항상 양의 값을 갖게 되므로 식이 성립하기 위해서는 좌변도 양의 값을 가져야 한다. 우변의 값이 특정한 값 예컨대, K(>0))를 갖는다면 식(10)은 식(11)같이 표현할 수 있다.

$$CC + \frac{OC}{1+d} > (P + \frac{\beta}{1+d} OR) + K \tag{11}$$

이는 재정사업시 정부가 건설 및 운영기간에 지출하기

로 협약하는 비용인  $CC + OC/(1+d)$ 가 민자사업시 정부가 지원하고 보장하기로 협약하는 지불비용인  $P + \beta * OR/(1+d)$ 보다 최소한 K 만큼은 더 투입되어야 한다는 의미이다. 즉, 재정사업을 추진할 경우에 민자사업보다 비용이 더 들어간다는 의미는 민자사업으로 추진하는 것이 더 경제적이라는 결론과 상통하며, 이 경우 민자사업 추진이 타당성을 갖게 된다. 이러한 결과는 앞서 언급한 영국과 일본 PFI의 VFM에 대한 정의(식(6)) 및 사업추진 타당성 조건(VFM)0과도 개념적으로 일치한다.

본 연구에서는 확률적 위험분석과 위험배분모형을 연계한 분석모형을 통해서 VFM를 판단한다. 건설비용 위험 배분율 및 건설보조금을 적용한 VFM가 0보다 크게 되면 해당 사업의 민자사업 추진이 타당하다는 판단을 내릴 수 있다.

한편, 정부의 건설보조금(P)은 정부와 SPC가 민간투자사업에 참여하는 조건식을 전개하여 도출된다. 건설보조금(P)의 범위를 효용함수와 확률분포함수를 대입하여 정리하면 식(12)와 같다<sup>3)</sup>.

$$\begin{aligned}
 & -\frac{1}{a_p} \left\{ \ln \left[ \frac{(\lambda_{sp} - a_p a)}{\lambda_{sp}} \right]^{r_{sp}} + \ln \left[ \frac{(\lambda_{sp} - \frac{a_p}{(1+d)})}{\lambda_{sp}} \right]^{r'} \right\} + \\
 & CC + \frac{OC - \beta OR}{1+d} \leq P \leq \\
 & \frac{1}{a_s} \left\{ \ln \left[ \frac{(\lambda_{sp} - a_s(1-a))}{(\lambda_{sp} - a_s)} \right]^{r'} + \ln \left[ \frac{\lambda_{sp}}{(\lambda_{sp} - \frac{a_s}{(1+d)})} \right]^{r'} \right\} + \\
 & CC + \frac{OC - \beta OR}{1+d} \quad (12)
 \end{aligned}$$

## 2. 실증분석

### 1) 실증분석을 위한 가정 및 사례

#### (1) 분석모형에 활용되는 변수들의 기본 가정

실시협약에 약정된 비용이나 수입에 비해 위험발생으로 인한 변동폭이 얼마나 큰지에 대한 연구가 미흡하다. 더욱이 운영단계의 비용과 수입은 아직 충분한 자료가 구축되어 있지 않다. 본 연구에서도 운영관련 비용은 현재 운영중인 몇몇 사업을 참고로 가정하는 수준에 그치고 있다. 우선 운영비용은 예상 운영비용과 큰 차이를 보이지 않고 투입된다고 간주하여 평균 10% 정도 비용 증가하는 것으로 가정하였다. 재정사업의 경우에도 거의

유사하게 투입된다고 간주하여 평균 10% 정도의 증가폭을 반영하였다.

운영수입은 예상 운영수입의 평균 70%정도 달성하는 것으로 가정하여 30% 정도의 감소를 고려하였다. 그리고 재정사업의 운영수입 변동폭은 재정사업 시설의 이용료가 민자사업 시설의 이용료보다 저렴한 점을 감안하여 20%의 변동폭을 가정하였다. 인천공항고속도로의 경우(〈표 3〉), 연도별 통행실적은 매년 증가하고는 있으나 예측통행량과의 차이는 커져 실적대비 예측통행량의 비율은 해마다 감소하고 있다.

한편, 민자사업의 건설비용은 예상 건설비용의 20% 정도 추가되는 것으로 가정하였다. 인천공항고속도로 등 주요 4개 사업(〈표 4〉)에서 살펴 본 총사업비는 당초협약(100) 대비 변경협약 또는 정산 시점에서 122.8로 22.8%정도 증가했다.<sup>4)</sup> 그리고 총사업비 증가분의 70% 정도는 공사비의 증가에 의해 비롯된 점을 감안, 건설비용은 협약된 비용 대비 평균 20% 정도 증가하는 것으로 가정하였다. 재정사업의 경우에는 많은 설계변경으로 기본 설계가격에 비해 통상 1.5배 이상의 변경된 사업비를 지불하므로 50% 정도의 증가를 고려할 수 있다. 그러나 재정사업과 민자사업 간의 사업시행절차가 매우 상이하여 정확한 건설비용을 비교하기 어렵다.

민간투자사업의 기본계획서상의 설계가격과 재정사업의 기본설계가격이 같다고 치더라도 낙찰률에서도 또 차이가 발생한다. 그러므로 재정사업의 변동폭을 평균 50%로 간주하는 것은 지나치다고 판단된다. 민자사업을 20%로 가정하는 것을 고려하여 민간투자사업보다는 약간 많은 비용변동을 초래하는 수준인, 평균 30% 정도를 가정하였다(〈표 5〉).

〈표 3〉 인천공항고속도로 예측교통량과 실적 비교  
(단위 : 대/일, %, 억원)

연도	예측교통량 (A)	실적 (B)	대비 (B/A)	최소운영수입 보장지급액
2001	110,622	51,939	47.0	
2002	121,496	54,244	44.6	1,063
2003	133,438	55,323	41.5	823
2004	146,554	59,780	40.8	1,050
계	512,110	22,286	43.2	2,936

주 : 최소운영수입보장 지급액은 전년도 분을 사후에 정산하여 다음해에 지급하는 것임.  
자료 : 건설교통부, 2005

3) 산식의 전개과정은 백성준(2006), "민간투자사업 정량적 위험배분모형 구축과 국고보조금 산정", 국토연구 제51권, p.217 참조  
4) 당초 협약의 경우 1994년 민자유치추진법에 의한 협약사항이고 1999년 민간투자법으로 변경되었고 그 이후에는 사업비의 증감이 이루어지지 않았다. 당초협약에서는 사업비가 정산이었으므로 재정사업과 유사한 형태를 가진다.

〈표 4〉 민간투자사업 공사비 증감사례 (단위 : 억원, %)

사례	기본 계획	실시 설계	당초 협약	변경 협약	정산
인천공항	7,468	7,468	7,824	11,352	11,354
천안논산	7,186	10,947	7,714	13,085	13,085
서울외곽순환	11,636	13,978	13,546	13,917	13,917
대구부산간	10,988	16,294	17,027	18,264	18,264
소계	37,278	48,687	46,111	56,618	56,620
당초협약대비	80.8	105.6	100.0	122.8	122.8

주 : 미 종료사업은 변경협약금액을 정산으로 간주하여 계산함.

〈표 5〉 민자사업과 재정사업의 비용 및 수입의 변동폭 가정

구분	건설단계	운영단계	
	건설비용	운영수입	운영비용
재정사업	평균 30%증액	평균 20%감소	평균 10%증액
민자사업	평균 20%증액	평균 30%감소	평균 10%증액

(2) 사례

서울외곽순환고속도로는 2000년 12월 14일 실시협약이 체결되었으나 북한산을 관통하는 터널 공사에 대한 반대에 부딪혀 사업이 중단되었다가 재개되었다. 그 과정에서 사업변동요인이 발생함에 따라 2004년 6월 23일 변경실시협약을 체결하였다. 기존 실시협약상의 공사비(13,546억원→13,917억원)와 부대비 및 영업준비금이 늘면서 총사업비가 1조 5,046억원으로 늘었다. 건설기간의 국고보조금은 4,332억원으로 실시협약당시와 동일하다. 세후실질수익률(내부수익률)은 실시협약과 변경실시협약에서 모두 9.52%를 적용하였다.

대구부산간고속도로는 서울외곽순환고속도로와 비슷한 시기인 2000년 12월에 결정된 민자 도로사업이다. 최소운영수입보장을 90%, 보장기간 20년으로 동일하다. 또한 1차 변경협약시 세후실질수익률이 9.52%로 서울외곽순환고속도로의 변경협약시 수익률과 동일한 유사성도 갖고 있다. 총사업비 대비 국고보조금 수준도 서울외곽순환고속도로 29.6%와 대구부산간고속도로가 29.7%이다.

〈표 6〉에서는 두 사업의 비교를 위해 건설기간과 운영기간을 6개 구간으로 나누었다. 건설기간에서는 상당한 차이가 발생하고 있으나 운영기간의 비용과 수입의 할당율은 매우 유사한 것으로 나타났다. 건설기간은 서울외곽순환고속도로의 경우, 2001년부터 2008년까지 8개년에 걸쳐 있으나 비교를 위해 2001년과 2002년을 묶고 2007년과 2008년을 묶어서 6개 구간으로 구성하였다. 대구 부산간고속도로의 경우, 2000년부터 2005

〈표 6〉 분석 기간 구분 (단위 : %)

건설비용 할당률		CC1	CC2	CC3	CC4	CC5	CC6
	서울 외곽	13.4	16.3	22.9	24.1	14.7	8.7
대구 부산	5.9	24.7	27.8	24.3	15.7	1.6	
운영수입 할당률		OR1	OR2	OR3	OR4	OR5	OR6
	서울 외곽	10.1	15.4	17.9	18.9	19.6	18.0
대구 부산	13.6	15.1	17.3	19.0	19.0	16.1	
운영비용 할당률		OC1	OC2	OC3	OC4	OC5	OC6
	서울 외곽	5.8	12.1	19.2	20.9	21.4	20.6
대구 부산	5.6	12.7	17.8	20.7	21.2	22.1	

주 : 대구부산간고속도로는 부속수입을 포함

년까지 건설기간이 6개년으로 계획되어 있으며 마지막 해와 첫 해의 비중은 각각 1.6%, 5.9%로 낮은 편이다.

운영수입 및 비용이 발생하는 기간도 협약서에는 31년이지만 편의상 6개구간으로 나누기 위해 첫해가 과소하여 OR1과 OC1의 기간에 6년치를 합산하였다. 그 결과 운영기간의 수입 및 비용의 할당률은 대동소이한 양상을 보이는 것으로 나타났다. 보다 많은 사례를 통해 건설비용, 운영비용 및 운영수입의 평균 할당률을 도출해 내면 시뮬레이션을 보다 일반화시킬 수 있을 것이다. 본 연구에서는 각 사례의 분석에 각각의 할당률을 개별적으로 적용하여 시뮬레이션하였다.

2) 실증분석 결과

건설비용과 운영비용 및 운영수입은 변경실시협약에서 약정된 값을 전절에서 구한 할당률에 따라 배당하고 각각의 기간별로 시뮬레이션하였다. 분포함수는 감마분포를 사용하며 건설비용 변동폭( $\tilde{x}$ )의 평균은 협약된 건설비용의 20%, 운영수입 변동폭( $\tilde{y}$ )의 평균은 협약수입의 30%, 운영비용 변동폭( $\tilde{z}$ )의 평균은 협약 운영비용의 10%를 적용하였다. 그리고 첫 번째 기간(CC1, OR1, OC1)의 표준편차는 해당 기간 평균값의 10%범위에서 변동하는 것으로 가정하며 시간의 경과에 따라 편차가 커지도록 하였다.5) 건설기간의 표준편차는 시간의 경과에 따라 확대되도록 매년 전년도 평균의 2.5%씩 증가하는 것을 적용하였고 운영기간의 표준편차는 각각

5) 공공투자관리센터는 도로부문사업의 예비타당성조사인 경우 사업비 산출을 위한 공사물량은 약 10%의 허용오차를 갖는 것으로 판단하고 있다.



전 기간 평균의 5%씩 증가하도록 가정하였다.<sup>6)</sup>

정부와 민간사업자의 효용함수의 계수는 가설적 사업과 동일하게 민간사업자가 더 위험기피적이다는 가정에 각각 0.1과 0.3을 적용한다.<sup>7)</sup>

**(1) 최소운영수입보장률과 VFM와의 관계**

정부가 최소운영수입보장률을 85%나 80%로 낮추는 경우, 동일한 운영수입 변동 가정에서는 정부의 우발채무 부담이 줄어든다. 그런데 동일한 수준의 사업성을 갖도록 하기 위해서는 그만큼 건설보조금 규모를 증가시켜야 한다. 서울외곽순환고속도로 분석 사례에서는 정부가 최소의 보조금을 주는 경우(5%의 할인을 적용)를 가정할 때, <그림 3>과 같이 최소운영수입보장률을 낮추에 따라 국고보조금 규모가 늘어나는 것으로 나타났다.<sup>8)</sup>

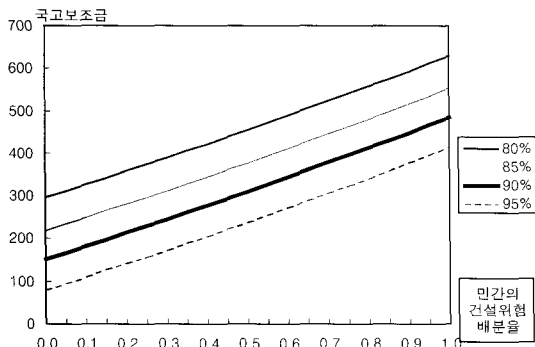
그리고 국고보조금의 증가에 따라 VFM는 <그림 4>와 같이 낮아지는 결과가 나타났다. 최근 최소운영수입

보장에 따른 우발채무 증가로 인해 최소운영수입보장률을 낮추는 정부의 움직임이 가시화되고 있다. 하지만 이는 동일한 사업성(수익률)을 전제할 경우 국고보조금의 증가를 가져오게 되며 결국 민간투자사업의 VFM를 떨어뜨리는 결과를 초래하게 됨을 보여준다.

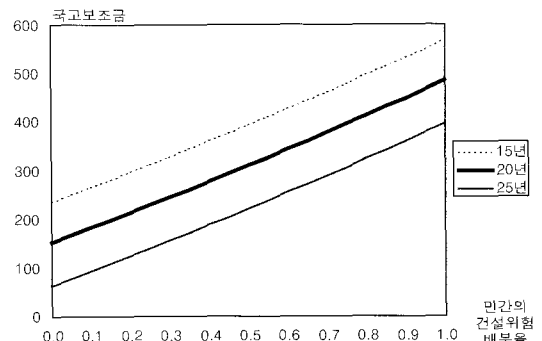
**(2) 최소운영수입보장기간과 VFM와의 관계**

정부가 2003년 민간투자사업기본계획에서 최소운영수입보장기간을 20년에서 15년으로 단축하는 기준을 마련하였다. 그 결과 2003년 이후 실시협약이 체결된 민간투자사업에서는 15년 또는 10년의 최소운영수입보장기간이 적용되고 있다. 운영수입보장기간 단축 역시 정부의 우발채무를 줄이는 방편으로 도입된 것이지만 동일한 사업성을 전제할 경우에는 <그림 5>와 같이 국고보조금을 늘리게 되는 결과를 가져오는 것으로 나타났다.

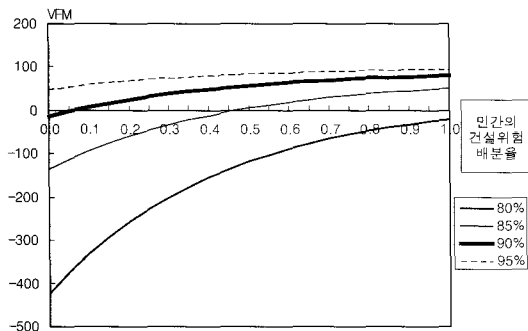
그리고 국고보조금의 증가에 따라 VFM는 <그림 6>과



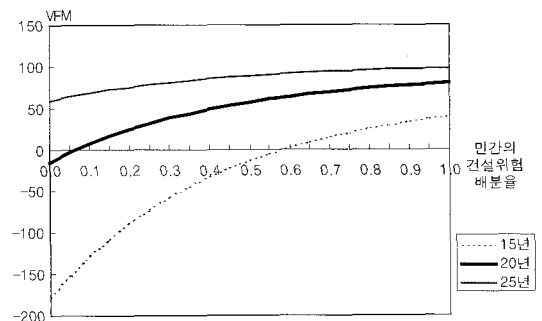
<그림 3> 최소운영수입보장률과 국고보조금과의 관계



<그림 5> 최소운영수입보장기간과 국고보조금과의 관계



<그림 4> 최소운영수입보장률과 VFM와의 관계



<그림 6> 최소운영수입보장기간과 VFM와의 관계

6) 이용택 외(1999)의 연구에서 사용한 방식을 이용하여 표준편차가 시간의 경과에 따라 확대되도록 고려하였다.  
 7) 최소운영수입보장의 요구는 민간사업자가 정부에 비해 보다 더 위험기피적임을 의미하므로 가설적 사업의 계수 격차보다 더 큰 격차를 가정하였다.  
 8) 대구 부산간 고속도로의 경우에도 서울외곽순환고속도로의 경우와 동일한 양상이 나타나므로 본고에는 지면제약상 서울외곽순환고속도로의 결과만을 실었다.

같이 낮아지는 결과가 나타났다. 동일한 사업성(수익률)을 전제할 경우 운영수입보장기간 단축도 민간투자사업의 VFM를 떨어뜨리는 결과를 초래하게 됨을 보여준다.

### III. 결론

본 연구에서는 우리나라 상황을 반영하여 구축한 정량적 위험배분 모형을 활용하여 서울외곽순환고속도로와 대구부산간고속도로의 협약내용을 기초로 실증분석을 실시하였다. 두 사례는 최소운영수입보장률과 보장기간이 동일하며 건설보조금의 비율이 매우 유사한 사업이다. 사례분석 결과, 최소운영수입보장률과 최소운영수입보장기간을 축소하는 조치는 민자사업의 VFM를 낮추는 결과를 초래하게 됨을 보여준다. 이러한 조치는 운영수입 보장 축소에 따라 건설보조금이 늘어나게 되는 결과를 초래하여 민자사업의 투자가치를 떨어뜨릴 수 있음을 시사하고 있다. 현실적으로 최소운영수입보장 축소로 수익성이 낮아지게 되면 민간사업자는 건설기간 동안 설계변경 등을 통해 손실을 만회하려 할 것이며 추가적인 위험 부담으로 인한 공기 지연 및 품질저하 등의 사회적 손실도 초래할 수 있다.

본 연구는 국내 민간투자사업의 위험배분결정 과정을 보다 과학적·체계적으로 유도하고 있다. 특히 최소운영수입보장 및 국고보조금을 지원하는 국내 민간투자사업의 유형을 반영하고 정량적 위험배분 모형과 확률적 위험분석기법을 접목하여 확률적 위험배분모형을 구축하였다. 그러나 시뮬레이션에 적용된 비용 및 수입의 변동폭에 대한 평균과 분산은 다소 현실과 차이가 있을 수 있다. 특히 운영수입에 대한 가정의 경우에는 아직까지 국내 민간투자사업의 역사가 짧아서 전체 운영기간까지 완료된 사업이 없다는 태생적인 한계가 있다. 그리고 건설비용에 대한 가정도 일부 사업에 국한된 자료라는 한계가 있으며 향후 다양한 자료 구축이 이루어진다면 보다 정확하고 세밀하게 사업유형별 특성을 감안한 분석이 가능할 것이다.

또한 건설위험과 운영위험 간에는 발생빈도 및 강도 등 위험수준에서 차이가 날 수 있다(하현구 외, 2002). 위험별로 가중치를 달리하여 건설위험과 운영위험을 정부와 민간사업자간에 배분하면 보다 현실적일 것이다. 그러나 본 연구에서는 계산식의 복잡함을 줄이기 위해 편의적으로 가중치를 부여하지 않고서 논의를 진행시킨

한계가 있음을 밝혀둔다.

그리고 비용 및 수입추정에 적용된 확률분포의 경우에도 본 연구에서는 수학적 문제의 해결이 필요하여 통상 사용되는 로그정규분포 대신 감마분포를 사용하였다. 물론 로그정규분포의 특성에 가장 가까우면서도 적률생성함수가 있는 분포로서 감마분포가 선택된 것이다. 수식전개를 통해 논리의 흐름 및 관계식을 유도하기 위해 감마분포가 사용되었지만 단순히 시뮬레이션만을 위한 것이라면 각각의 변수별로 적합한 다른 확률분포를 적용할 수도 있다. 또한 최소운영수입보장기간과 최소운영수입보장률의 변화에 따른 민감도 분석뿐만 아니라 건설비용, 운영비용 및 운영수입 변동폭의 변화에 따른 민감도 분석을 수행하게 되면 보다 다양한 분석결과 및 시사점을 도출할 수 있을 것이다.

### 참고문헌

1. 국토연구원·민간투자지원센터(2002), 「민간투자사업의 재무적 위험 관리방안에 관한 연구 : Value at Risk 기법을 활용하여」, 2002.12.
2. 김동건(1997), 비용편익분석, 박영사.
3. 김인호(2001), 건설사업의 리스크관리, 기문당.
4. 김홍수(2001), "민간투자사업에 대한 정부지원 및 위험분담 체계에 대한 고찰", 「건설산업동향」, 한국건설산업연구원, 2001-33호.
5. 백성준(2006), "민간투자사업 정량적 위험배분모형 구축과 국고보조금 산정", 국토연구 제51권, pp.207~222.
6. 양지청(1998), 민자유치대상고속도로의 사업성분석, 국토연논, 국토개발연구원.
7. 이용택·김상범·원제무(1999), "민자유치대상고속도로 투자의 위험도분석", 대한교통학회지, 제17권 제5호, 대한교통학회, pp.33~42.
8. 이용택·남두희·임강원(2005), "확률적 위험도분석을 이용한 ITS사업의 경제성평가모형", 대한교통학회지, 제23권 제3호, 대한교통학회, pp. 95~108.
9. 정진호 외(2003), 「SOC 민간투자사업에 대한 PSC 도입방안 연구」, 기획예산처.
10. 최막중·우연광(2004), "사회간접자본 민간투자사업의 수익-위험 협상기준에 관한 연구", 대한국토·도시계획학회지 「국토계획」, 제39권 제3호, pp.193~203.

11. 하현구·모창환(2002), 「SOC 민간투자사업의 위험배분 및 관리방안에 관한 연구」, 교통개발연구원, 연구총서 2002-08.
12. Hiroaki Yamaguchi(2002), "Risk Allocation in Privately Financed Projects", University of New South Wales.
13. Timothy C. Irwin(2004), "Measuring and Valuing the Risks Created by Revenue and Exchange-Rate Guarantees in Korea", 「Developing Best Practice for Korea's PPI Market:With a Focus PSC」, pp.257~273.

♣ 주 작성자 : 백성준  
♣ 교신저자 : 백성준  
♣ 논문투고일 : 2006. 10. 28  
♣ 논문심사일 : 2006. 12. 14 (1차)  
                  2007. 1. 18 (2차)  
♣ 심사판정일 : 2007. 1. 18  
♣ 반론접수기한 : 2007. 6. 30

