

민간투자사업 정량적 위험배분모형 구축과 국고보조금 산정

A Study on the Estimation of Government Subsidies in Private Provided
Infrastructure Using Quantitative Risk Allocation Model

백성준 한국건설산업연구원 부연구위원

※ 주요단어: 국고보조금, 민간투자사업, 정량적 위험배분, 최소운영수입보장, 확률적 위험분석

목 차

I. 서론

1. 연구의 필요성 및 목적
2. 연구의 범위 및 내용
3. 선행연구 고찰

II. 확률적 위험분석을 통한 민간투자사업 정량적 위험배분 모형 구축

1. 민간투자사업 정량적 위험배분 모형
2. 확률적 위험분석을 통한 우발채무규모 및
평균적 최소운영수입보장률 도출

III. 국고보조금 산정 산식 및 검증

1. 국고보조금 규모 산정 산식
2. 모형에 사용되는 변수들의 기본 가정
3. 가설적 사업을 통한 검증

IV. 결론 및 향후 연구과제

I. 서론

1. 연구의 필요성 및 목적

민간투자사업의 경우 실시협약에 의해 비용 및 수입, 지원에 대한 합의가 이루어지고 협약 당사자들은 이를 준수할 의무를 지게 된다. 그러나 협약이후 최종 사업종료까지는 수많은 위험요인이 존재하고 이로 인해 이해상충이 발생하며 재협상하는 일도 발생하고 있다.

국내 민간투자사업 제도도 운영기간의 최소운영수입보장(MRG: Minimum Revenue Guarantee) 과 건설기간의 국고보조금 지급을 통해 위험을 배분하는 구조를 갖고 있다. 먼저 정부가 명시적으로 지급하는 국고보조금의 경우, 우발적 상황들에 대한 위험배분을 결정할 때 상당히 많은 영향을 주게 된다. 정부는 국고보조금을 지원하는 대신 위험이 발생할 경우, 정부의 요구와 민원 등 불가항력적인 경우를 제외하고는 대부분의 위험으로부터 벗어나 있게 되고 건설 및 운영상의 비용증가 위험은 민간이 지게 된다. 대신 최소운영수입보장을 통해서 민간사업자의 운영위험을 지원하고 있다. 그런데 운영수입보장에 따른 위험은 우발적인 위험으로 사전에 크기가 확정되지 않는 정부의 우발채무가 되고 있다.

이처럼 민간투자사업에서는 정부와 민간사업자 사이의 위험배분이 핵심적인 내용이다. 그럼에도 불구하고 짧은 경험으로 인해 축적된 자료가 부족하다보니 사업의 특성에 맞는 위험배분이 이루어지지 못하고 있다. 건설기간 국고보조금이 처음으로 주어진 천안-논산 간 고속도로는 총사업비대비 국고보조금 비율이 29.1%였다. 국가관리

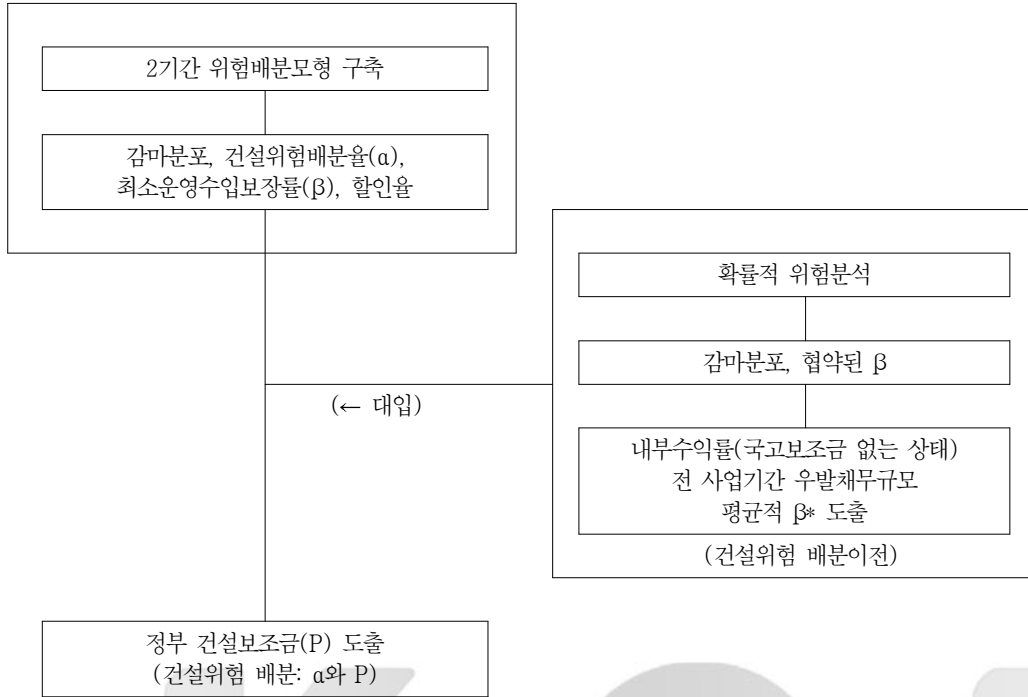
사업 중 국고보조금이 있는 12개 도로사업의 총사업비대비 국고보조금 비율의 단순평균은 29.2%다 (총사업비 및 국고보조금 규모에 의한 가중평균은 24.9%). 국고보조금뿐만 아니라 최소운영수입보장률, 수익률 등도 유사한 협상사례를 참고하여 거의 획일적으로 결정되고 있다. 그러므로 실시협약을 통해 확정된 국고보조금 규모 및 최소운영수입보장률이 위험배분 차원에서 적절한 수준인지를 체계적으로 검증해 볼 필요가 있다.

본 연구의 목적은 실시협약에서 사전적으로 결정된 국고보조금이 사업진행과정에서 발생한 비용 및 수입의 변동(위험)을 고려할 때 사후적으로 어떻게 변화될 수 있을지를 위험배분모형과 확률적 위험분석(몬테카를로 시뮬레이션)을 통해 관찰하는 데 있다. 이를 위해 정량적 위험배분 모형을 구축하고 추가적인 위험배분을 고려한 국고보조금 규모를 추정하는 절차를 가설적 사업을 통해 제시하였다. 그리고 협약 시 제시된 국고보조금 수준이 협약이후 추가적으로 발생하는 위험에 상응한 수준인지를 사후적으로 평가하는 방법을 제안하였다. 즉 정부와 민간 간의 위험배분율을 조정하여 국고보조금을 추정함으로써 이미 결정된 국고보조금 수준을 평가하게 된다.

2. 연구의 범위 및 내용

연구의 범위는 국내(BTO: Build-Transfer-Operate) 민간투자사업을 대상으로 하며 국고보조금과 최소운영수입보장을 동시에 지원하는 형태를 정량적 위험배분 모형으로 구축하였다. 또한 최소운영수입 보장에 의한 정부의 우발채무규모를 확률적 위험분석을 통해 추정하고 이를 구축

<그림 1> 민간투자사업 정량적 위험배분 및 국고보조금 산정 모형



된 위험배분모형에 적용함으로써 확률적 위험배분모형으로 발전시켰다.

1단계는 확률적 위험분석 기법으로는 최소운영수입보장제도를 포함하여 현행 민간투자사업의 현실에 가까운 가정을 세우고서 몬테카를로 시뮬레이션을 통해 건설비용, 운영비용 및 운영수입을 우선적으로 추정한다. 추정된 값에 의해 내부수익률, 우발채무규모, 사업 전(全) 기간에 걸친 평균적 운영수입보장률(β^*)을 결정한다.

건설 및 운영비용의 경우에는 확정된 비용보다는 추가비용이 발생하고, 운영수입의 경우에는 확정된 수입보다 수입부족 상황이 발생하는 현실을 반영하였다. 비용 및 수입의 변동분에 대해서는 감마분포를 적용하여 추정하였다. 여기서 도출된

내부수익률과 운영수입보장률은 2기 간 위험배분모형에 그대로 대입된다.

2단계는 선행연구에서 차용한 기존 위험배분모형을 국내 실정을 감안하고 건설과 운영기간을 명시적으로 포함한 2기 간 위험배분모형으로 구축한다. H. Yamaguchi 위험배분모형에서는 운영기간의 정부 지원금을 고정된 값으로 처리하였다. 그러나 본 연구에서는 최소운영수입보장지원금이 우발채무로서 운영수입의 크기에 따라 변하는 점을 감안해 확률적으로 결정되는 구조를 취하였다. 확률적 우발채무의 규모가 도출되면 이를 전 사업기간의 평균적 최소운영수입보장률로 전환시켜 2기 간 모형에 대입할 수 있다.

3단계는 구축된 2기 간 위험배분모형에 확률적

위험분석에서 구한 내부수익률과 최소운영수입보장률을 대입하여 건설위험배분율에 따른 국고보조금 수준을 도출한다.

3. 선행연구 고찰

1) 민간투자사업의 위험배분모형

최근 국내에서도 민간투자사업 위험배분에 관한 실증적 연구들이 착수되고 있다. 그런데 정성적 이슈를 중심으로 한 연구는 상당수 있는 반면, 정량적 이슈를 다루는 연구는 극히 드물다. 하한구 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 보험회사 간의 보험료 협상을 위한 일반적인 협상공간 모델을 구상하였다. 협상공간을 주어진 효용함수와 두 이해당사자 간의 확률분포에 의해 특정화시킨다.

보험계약자:

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

보험회사:

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

여기서, u 는 효용함수이며, W 는 초기의 부(Wealth), P 는 위험프리미엄(보험료), x 는 위험(비용), $f(x)$ 는 확률분포함수

보험료(P)를 지불하는 것에 의해 개인은 위험과 확률분포 $f(x)$ 의 형태를 바꿀 수 있다. 실현가능한 보험료는 다음의 관계를 만족시켜야 한다.

H. Yamaguchi(2002)는 정부와 민간투자회사 두 주체가 민간투자사업에 참여하게 되는 조건을 합리적 의사결정모형 및 보험이론을 기초로 도식화하였다. 건설기간에 추가적으로 발생한 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.¹⁾ 계수(a)의 크기가 커질수록 더 위험기피적이고 위험관리에 대해 보다 민감함을 의미하는데 H. Yamaguchi(2002)는 민간사업자는 0.3, 정부는 0.2를 가정하였다.

그리고 협약된 건설비용과 협약된 운영순수입보다 실제비용 및 순수입이 많거나 적은 변동을 나타낼 수 있도록 확률밀도함수는 정규분포를 가

1) 위험기피적 효용함수는 다음 조건을 만족한다. $U'(x) > 0$ 이고 $U''(x) < 0$.

정하였다.

H. Yamaguchi의 모형은 개념모형으로 주요 참여자인 정부와 민간사업자 사이의 위험에 대한 이해당사자의 태도와 평가를 분석하였다. 제한된 합리성을 상호의사결정에 가미하고 특정한 해법보다는 협상의 여지에 중점을 두어 협상분석 틀을 제공하였다. 이해당사자의 위험에 대한 태도 및 평가의 변화를 조사한 결과, 이해당사자는 협상 전과 협상기간 동안을 비교할 때 정보를 노출시키는 면에서 모순적인 행태를 보이고 위험이 고려되지 않는다면, 기대수익률은 프로젝트의 수행성을 평가하는 적정한 지표가 아님을 주장하였다. 또한 각 이해당사자의 정보에 대한 불확실성 연구 결과, 적어도 한 이해당사자가 다른 이해당사자의 정보에 대해 불확실한 상황에서는 이해당사자 모두 위험 배분 협상에서 불리하게 되고 상호협력적인 '윈-윈' 거래는 도달되지 않음을 밝혔다. 이해당사자 모두가 다른 이해당사자의 정보에 대한 불확실한 상황에서는, 한 이해당사자에 의해 수행된 위험배분 전략은 다른 이해당사자에 의해 수행된 전략과는 정반대가 됨을 보였다. 그러나 위험배분에 대한 가정이 매우 단순하며 최소운영수입보장 등 구체적인 위험배분방식은 고려하지 못하였다.

2) 확률적 위험분석을 통한 민간투자사업 평가
이용택 외(1999)·현창택 외(2001) 등은 확률적 위험분석기법을 이용해 민간투자사업의 건설비용, 운영비용, 운영수입 등을 시뮬레이션 기법으로 순현재가치(NPV: Net Present Value), 내부수익률(IRR: Internal Rate of Return) 등 사업성을 재산정하는 연구를 시도하여, 서울외곽순환고속도로와 대전-당진고속도로를 사례로 분석하

였다. 서울외곽순환고속도로는 NPV의 평균값이 9,890억 원의 흑자를 보이는 반면 대전-당진고속도로는 3,860억 원의 적자를 보인다고 분석하였다. 그리고 기존 사업성 분석에서는 사업의 변동을 고려하기 위해 예비비, 이윤을 사업의 일정비율로 확보하였으나 사업성분석과정에서 비용항목과 편익항목 기준이 애매하고 사업성을 평가하기 어려웠으나 확률적 위험분석기법을 도입함으로써 이윤과 예비비 등을 확률적 관점에서 결정하고 민간투자사업 참여결정 및 정부지원방안 관련 협상등에서 합리적인 의사결정을 유도하고자 하였다. 하지만 비용 및 수입에 대한 확률적 추정에 국한되어 있고 정부와 민간 간에 어떻게 배분해야 하는지에 대해서는 다루지 않았다.

그리고 Irwin(2004)은 확률적 위험분석기법으로 최소운영수입보장 제도하에서 발생하는 우발채무인 최소운영수입보장액을 추정하였다. 특정연도를 중심으로 발생하는 최소운영수입보장액의 분포를 도출하는 데 중점을 두었다. 국내 인천공항고속도로 민자사업을 대상으로 정부의 운영수입보장에 의한 우발채무 규모를 분석하였다. 2001년부터 2003년까지의 3년간 운영수입실적에 기초하여 몬테카를로 시뮬레이션을 수행하였으며 2010년도 한해의 최소운영수입보장금액에 대한 분포도를 히스토그램 형태로 표현하였다. 정부 운영수입보장 지급금액별 발생가능성을 도출한 결과, 1,000억 원을 중심으로 정규분포에 가까운 분포를 보였다. 그리고 2010년도 시뮬레이션에 의한 정부 운영수입보장 지급금액은 항상 양의 값을 갖는 것으로 나타났다. 즉, 실제운영수입이 보장된 수입(협약된 운영수입의 80%)에 미치지 못하여 항상 정부의 운영수입보장금 지원이 요구됨을 보여주었다. 그

리고 보장기간 전체에 대한 누적분포를 도출한 결과를 바탕으로 정부의 예상 우발채무금액을 추정하였는데 인천국제공항고속도로의 운영수입보장에 따른 비용을 약 1조 6,000억 원으로 추정하였다. Irwin의 연구도 운영기간에 국한된 것이며 건설 및 운영기간을 포괄하여 정부와 민간 간에 위험을 어떻게 배분해야 하는지에 대해서는 다루지 못하였다.

II. 확률적 위험분석을 통한 민간투자사업 정량적 위험배분 모형 구축

1. 민간투자사업 정량적 위험배분 모형

본 연구에서는 H. Yamaguchi(2002)의 위험배분 모형을 기초로 국내의 정부고시 민간투자사업 제도를 반영하여 2기간 위험배분 모형을 구축하였다. 기존 모형과 차별되는 부분은 첫째, 건설기간과 운영기간을 2기간으로 설정하고 내부수익률로 할인하는 실증적 모형으로 구축된 점이다. 둘째, 운영기간의 보조금(G, 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 $+\infty$ 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 구축

할 수 있도록 변동폭과 확률분포함수에 차이를 두었다.

기본적인 몇 가지 전제조건이 필요하다. 첫째는 정부가 재정사업으로 추진하는 경우나 민간사업으로 추진하는 경우나 계약 시 제시된 건설비용, 운영비용, 운영수입은 서로 같다는 전제다. 민자사업의 경우 협상에 의해 결정될 항목들이지만 정부가 사전에 해당 사업에 대한 합리적인 수준을 제시함으로써 사업방식에 따른 차이가 크지 않다고 전제한다. 이같은 전제는 우리나라 현실과 다소 차이가 있으나 사업방식에 상관없이 정부가 PSC(정부실행대안)에 준하는 수입 및 비용에 대한 자료를 제시한다고 볼 때 가능한 것이다. 그리고 여기서 추가적으로 발생하는 비용이나 감소하는 수입은 사업주체의 운영방식, 경험, 기술 등의 차이에 의해 달라질 수 있다. 추가비용의 발생이나 수입의 감소 부분이 사업주체별 위험요소가 되는 것이다.

둘째로는 정부와 민간 간의 위험배분이 존재한다는 전제가 필요하다. 건설기간에 국고보조금을 지원하는 대신 정부는 위험을 전혀 부담하지 않고 있는 우리나라 현실은 정부의 추가비용 발생에 대한 위험 배분율이 0%인 구조, 즉 민간의 부담률이 100%인 특수한 경우로 간주할 수 있을 것이다.

마지막으로 수익률에 있어서는 최소운영수입보장에 의한 지급금(G)은 있으나 건설기간 국고보조금(P)이 없는 경우의 수익률을 운영수입 보장액과 건설 국고보조금까지 주는 경우(P+G)의 최저수익률 수준으로 암묵적 가정을 하고서 논의를 진행하였다. 당연히 건설보조금과 최소운영수입보장이 함께 이루어지는 경우의 수익률이 최소운영수입보장만 이루어지는 경우의 수익률보다 더 높

<표 1> 본 연구의 민간투자사업 위험배분 구도

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

주: 여기서,

$$G = \begin{cases} \tilde{y} - (1-\beta)OR & (\tilde{y} > (1-\beta)OR) \\ 0 & (\tilde{y} \leq (1-\beta)OR) \end{cases}$$

CC: 협약된 건설비용

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

P: 건설기간 정부지원금

α : 건설비용 변동에 대한 민간의 위험배분율, $(1-\alpha)$ 는 정배분율

OR: 협약된 운영수입 추계

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

OC: 협약된 운영비용 추계

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

β : 최소운영수입보장률

d: 할인율(내부수익률)

을 것이다.

그러나 국고보조금은 외생적 변수로서 주어질 수도 있고 주어지지 않을 수도 있으며, 주어지는 경우에도 건설위험에 대한 배분비율에 의해 규모가 달라지는 점을 고려해야 할 것이다.²⁾ 우선 국고보조금을 제외하고서 사업 자체의 현금흐름분석에 의해 내부수익률을 도출한 후, 도출된 내부수익률을 민간사업자의 입장에서 최소한의 사업성을 확보하는 기준으로 간주하였다.

본 연구에서 사용되는 위험배분 모형의 위험배

분 구도를 정리하면 <표 1>과 같다.

효용함수와 확률분포함수가 주어질 때, 정부와 민간투자사업자의 민간투자사업 참여조건은 다음 <식 1>과 같이 표현된다.

사업 참여자들이 위험기피적인 성향을 갖는다고 가정할 경우 위험기피적 효용함수($U(x)$)는 다음의 조건을 만족시키는 함수형태로 정의된다.

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

2) 국내 민간투자사업 협상에서는 통상 건설위험을 민간이 전부 부담하는 것을 암묵적으로 가정하고 보조금을 주고 있다. 하지만 민간의 건설위험 배분율이 현재와는 다르게 적용될 수 있다고 상정하는 경우에는 국고보조금의 규모도 달라지는 것이 타당하다.

<식 1> 정부와 민간투자사업자의 민간투자사업 참여조건

정부	$\int_0^{\infty} \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} U_g[W_g - (CC + \tilde{x}) - \frac{OC + \tilde{z}}{1+d} + \frac{OR - \tilde{y}}{1+d}] f_g(x) g_g(y) h_g(z) dx dy dz$ $\leq \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} U_g[W_g - \{(1-\alpha)\tilde{x} + P\} - \frac{G}{1+d}] f_g(x) g_g(y) dx dy$
민간투자사업자	$\int_0^{\infty} \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} U_p[W_p + P - (CC + \alpha\tilde{x}) - \frac{OC + \tilde{z}}{1+d}$ $+ \frac{OR - \tilde{y}}{1+d} + \frac{G}{1+d}] f_p(x) g_p(y) h_p(z) dx dy dz \geq U_p[W_p]$

주: U_i : 참여자별 위험비용 x 에 대한 효용함수
 $f_i(x)$: 위험이전 전의 참여자별 건설비용의 확률분포함수
 $g_i(y)$: 위험이전 전의 참여자별 운영수입의 확률분포함수
 $h_i(z)$: 위험이전 전의 참여자별 운영비용의 확률분포함수

그리고 감마분포를 가정한 확률밀도함수는 다음과 같다.³⁾

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

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

그리고

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

2. 확률적 위험분석을 통한 우발채무규모 및 평균적 최소운영수입보장률 도출

전절에서 구축된 위험배분모형에 대입될 우발채무규모와 평균적 최소운영수입보장률, 내부 수익률은 확률적 위험분석 기법을 통한 시뮬레이션에 의해 도출된다.

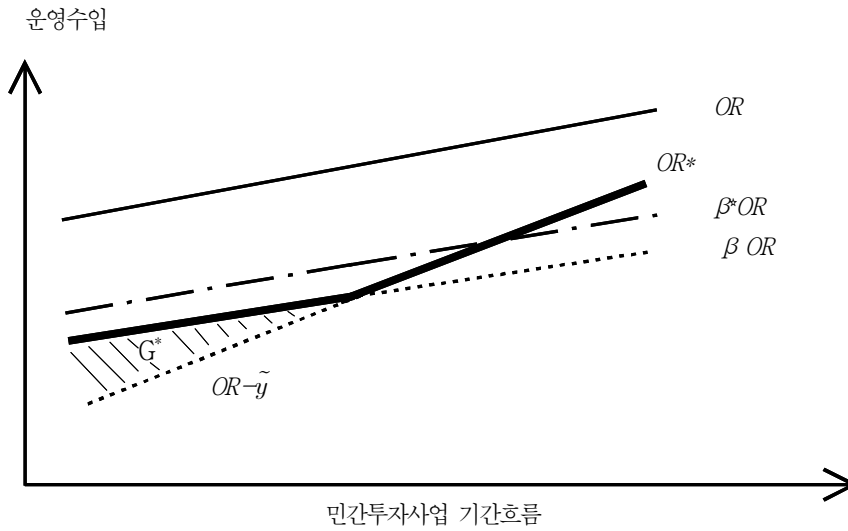
먼저 우발채무규모는 다음과 같이 정의할 수 있다.

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

β_i 는 기간별 최소운영수입보장률

3) 감마분포의 평균과 분산은 다음과 같다. $E[X] = \frac{r}{\lambda}$, $Var[X] = \frac{r}{\lambda^2}$

<그림 2> 평균적 최소운영수입보장률 개념



이를 반영하여 평균적 최소운영수입보장률(β^*)을 도출하면 다음과 같다. SPC가 전 사업기간에 얻는 실제 운영수입(OR^*)은 다음과 같이 표현된다.

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

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

<표 2> 본 연구의 확률적 위험분석 개관

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

<그림 2>에 의해 설명하면 굵은 실선(OR*)은 최소운영수입보장에 의해 민간사업자가 받는 전 사업기간의 보장된 수입선으로 G^* (빋금 친 부분)와 $(OR-\tilde{y})$ 가 합하여 얻어진 값이다.

그리고 이와 동일한 크기의 값을 갖는 선은 평균적 최소운영수입보장률을 적용한 $(\beta^* OR)$ 이 된다. 최소운영수입보장이 전 사업기간에 걸쳐 이루어지면 β^* 는 항상 β 보다 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 우발채무규모와 평균적 최소운영수입보장률을 산출하였다.

이용택 외(1999)는 건설비용과 운영비용은 로그정규분포, 운영수입은 삼각분포를 사용하였지만 본 연구에서는 비용 및 수입 추정을 위해 감마분포를 동일하게 사용하였다. 비용추정에 주로 사용되고 있는 로그정규분포는 적분이 불가능하고 적률생성함수도 존재하지 않음으로 본 연구에서 필요로 하는 수학적 수식전개에는 부적합하였다.

그리하여 로그정규분포와 유사한 분포특성을 갖고 있는 감마분포를 채택하였다. 감마분포를 사용한 결과, 협약된 비용 및 수입을 항상 초과하거나 항상 미달하는 위험발생에 대한 가정을 반영할 수 있고 위험배분모형을 구성하고 있는 효용함수와 확률분포함수의 수식전개가 가능하게 되었다.

III. 국고보조금 산정 산식 및 검증

1. 국고보조금 규모 산정 산식

정부의 건설기간 보조금(P)은 정부와 SPC가 민간투자사업에 참여하는 조건식에 확률밀도함수와 효용함수를 대입하여 도출한다. 좌변과 우변을 각각 감마분포의 적률생성함수를 활용하여 전개하고 조건식에 대입하여 정리하면 다음 <식 2>와 같다.⁴⁾

2. 모형에 사용되는 변수들의 기본 가정

우선 운영비용은 예상 운영비용과 큰 차이를 보이지 않고 투입된다고 간주하여 평균 10% 정도 비용 증가하는 것으로 가정하였다. 재정사업의 경우에도 거의 유사하게 투입된다고 보아 평균 10% 정도의 증가를 반영하였다.

운영수입은 예상 운영수입을 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. 인천국제 공항고속도로의 경우, 연도별 통행실적은 매년 증가하고는 있으나 예측통행량과의 차이는 커져 실적대비 예측통행량의 비율은 해마다 감소하고 있다.

한편, 민자사업의 건설비용은 예상 건설비용을 20% 정도 추가되는 것으로 가정하였다. 변경된 실시협약과 최종 정산을 비교하여 사업비의 증감을

4) 감마분포의 적률생성함수는 다음과 같이 표현된다. $M_X(t) = \int_0^{\infty} EXP(tx)f(x)dx = (\frac{\lambda}{\lambda-t})^r$

<식 2> 국고보조금 규모 산정 산식

먼저 정부가 민간투자사업에 참여하는 조건식을 전개한다.

$$EXP[a_g(CC + \frac{OC}{1+d})](\frac{\lambda_{xg} - a_g(1-\alpha)}{\lambda_{xg} - a_g})^{r_{xg}}(\frac{\lambda_{zg}}{\lambda_{zg} - \frac{a_g}{1+d}})^{r_{zg}} \geq EXP[a_g(P + \frac{\beta OR}{1+d})]$$

양변에 자연로그함수를 취한 후 P에 관한 식으로 정리하면 다음과 같다.

$$P \leq \frac{1}{a_g} \{ \ln[\frac{(\lambda_{xg} - a_g(1-\alpha))}{(\lambda_{xg} - a_g)}]^{r_{xg}} + \ln[\frac{\lambda_{zg}}{(\lambda_{zg} - \frac{a_g}{1+d})}]^{r_{zg}} \} + CC + \frac{OC - \beta OR}{1+d}$$

다음에는 민간투자사업자(SPC)의 민간투자사업 참여 조건식을 전개한다. 좌변과 우변을 각각 전개하여 민간사업자 참여 조건식에 대입하고 정리하면 다음과 같다.

$$EXP[a_p(CC - P + \frac{OC - \beta OR}{1+d})] \cdot (\frac{\lambda_{xp}}{\lambda_{xp} - a_p\alpha})^{r_{xp}}(\frac{\lambda_{zp}}{\lambda_{zp} - \frac{a_p}{1+d}})^{r_{zp}} \leq 1$$

양변에 자연로그를 취한 후 P에 관해서 정리하면 다음과 같이진다.

$$P \geq -\frac{1}{a_p} \{ \ln[\frac{(\lambda_{xp} - a_p\alpha)}{\lambda_{xp}}]^{r_{xp}} + \ln[\frac{(\lambda_{zp} - \frac{a_p}{1+d})}{\lambda_{zp}}]^{r_{zp}} \} + CC + \frac{OC - \beta OR}{1+d}$$

이상에서 도출된 결과에 의해 정부 건설보조금(P) 수준을 정리하면 다음과 같다.

$$P \leq \frac{1}{a_g} \{ \ln[\frac{(\lambda_{xg} - a_g(1-\alpha))}{(\lambda_{xg} - a_g)}]^{r_{xg}} + \ln[\frac{\lambda_{zg}}{(\lambda_{zg} - \frac{a_g}{1+d})}]^{r_{zg}} \} + CC + \frac{OC - \beta OR}{1+d}$$

그리고,

$$P \geq -\frac{1}{a_p} \{ \ln[\frac{(\lambda_{xp} - a_p\alpha)}{\lambda_{xp}}]^{r_{xp}} + \ln[\frac{(\lambda_{zp} - \frac{a_p}{1+d})}{\lambda_{zp}}]^{r_{zp}} \} + CC + \frac{OC - \beta OR}{1+d}$$

측정하는 것이 타당하지만, 민자사업과 재정사업의 계약조건이 유사하게 적용된 당초협약을 기준으로 비용의 증감을 비교하였다. 인천공항고속도로 등 주요 4개 사업에서 살펴 본 총사업비는 당초협약(100)대비 변경협약 또는 정산시점에서 122.8로 22.8% 정도 증가했다. 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 기본설계가격에 비해 통상 1.5 배 이상의 변경된 사업비를 지불하므로 50% 정도의 증가를 고려할 수 있다. 그러나 재정사업과 민자사업 간의 사업시행절차가 매우 상이하여 건설비용을 직접 비교하기는 어렵다. 민간투자사업의 기본계획서상 설계가격과 재정사업의 기본설계가격이 같다고 치더라도 낙찰률에서도 또 차이가 발생한

<표 3> 민간투자사업 공사비 증감사례

사례	기본계획	실시실계	당초협약	변경협약	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
대구부산 간	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: 1) 미 종료사업은 변경협약금액을 정산으로 간주하여 계산함.
 2) 당초 협약의 경우 1994년 민자유치촉진법에 의한 협약사항이고 1999년 민간투자법으로 변경되었고 그 이후에는 사업비의 증감이 이루어지지 않음. 당초협약에서는 사업비가 정산이었음.

<표 4> 민자사업과 재정사업의 비용 및 수입의 변동폭 가정

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

<표 5> 가설적 사업의 기본 가정

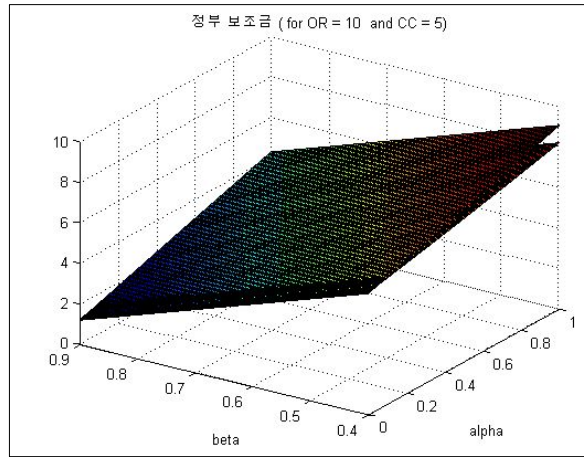
구분	건설비용 및 변동(\tilde{x})		운영수입 및 변동(\tilde{y})		운영비용 및 변동(\tilde{z})	
	재정사업	민자사업	재정사업	민자사업	재정사업	민자사업
협약서 내용	5		10		4	
r	3	2	4	6	0.8	0.8
λ	2	2	2	2	2	2
평균	1.5	1.0	2.0	3.0	0.4	0.4
분산	0.75	0.5	1.0	1.5	0.2	0.2

다. 그러므로 재정사업의 변동폭을 평균 50%로 간주하는 것은 지나치다고 판단된다. 민자사업을 20%로 가정한 것을 고려하여 민간투자사업보다는 약간 많은 비용변동을 초래하는 수준인, 평균 30% 정도를 가정하였다.

3. 가설적 사업을 통한 검증

가설적 사업을 기준으로 모형에서 사용되는 변수 및 계수들을 정리하면 다음과 같다. 논의의 단순

<그림 3> 위험배분에 따른 정부 건설보조금(P) 규모
가설적 사업



주: alpha는 민간사업자의 건설위험배분율, beta는 정부의 최소운영수입보장률

화를 위해 협약된 운영수입 보장수준의 규모를 10으로 단위 조정하여 이에 따라 건설비용 및 운영비용을 산정하였다. 효용함수의 계수는 정부 0.1, 민간 0.3으로 가정하였으며 할인율은 5%로 정하였다. 변동분의 감마분포의 평균치는 <표 4>를 토대로 정하며 분산은 모형 설명의 편의를 위해 통상의 허용오차보다는 크게 높은 평균치의 50% 정도로 가정하였다.⁵⁾ 가설적 사업은 협약된 운영수입 10, 협약된 건설비용 5, 협약된 운영비용 4인 사업이다. 재정사업의 경우에는 운영수입은 평균 2만권의 감소를 보이고 건설비용은 평균 1.5, 운영비용은 평균 0.4만큼 늘어남을 의미한다. 민자사업의 경우에는 운영수입은 평균 3 감소하고 건설비용은 평균 1, 운영비용은 평균 0.4 증가함을 의미한다. 건설위험배분율과 최소운영위험배분율의 변화에 따른

건설보조금의 변화를 3차원 그래프로 나타내면 <그림 3>과 같다. 최소운영수입보장률이 낮아질수록 국고보조금이 증가하는 것을 보여주며 민간사업자의 건설위험배분비율은 높아질수록 국고보조금이 증가하는 것으로 나타난다. 또한 최대 국고보조금과 최소 국고보조금 차이도 최소운영수입보장률과 건설위험배분비율의 변화에 따라 달라지고 있음도 확인할 수 있다. 도출된 국고보조금 수준과 협약시 제시된 국고보조금을 비교함으로써 당초 제시된 국고보조금이 협약이후 추가적으로 발생하는 위험을 포함하는 수준인지를 사후적으로 평가할 수 있다.

즉, 추가 위험을 고려하여 도출된 국고보조금의 범위에 당초 제시된 국고보조금이 포함되는지 또한 민간의 건설위험배분율이 1인 경우(현행 우리나라

5) 공공투자관리센터. 2000. 도로부문사업의 예비타당성 조사 표준지침연구(개정판). 서울 : 한국개발연구원 : p156. 에 의하면 예비타당성 조사인 경우 사업비 산출을 위한 공사물량은 약 10%의 허용오차를 주어야 할 것으로 판단하고 있다.

의 민자사업과 유사한 경우)에 도출된 국고보조금과 당초 국고보조금을 비교하면 기존 국고보조금 지급의 과다 여부도 진단해 볼 수 있을 것이다.

IV. 결론 및 향후 연구과제

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. 구축된 모형으로 협약당시 결정된 국고보조금이 협약이후 발생하는 여러 가지 위험요인을 고려할 경우에도 적절한지를 판단하는 방법을 제시하였다.

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 실제 사례를 중심으로 보다 정확하고 세밀하게 사업유형별 특성을 감안한 분석이 가능할 것이다. 또한 건설위험과 운영위험 간에는 발생빈도 및 강도 등 위험수준에서 차이가 날 수 있다(하헌구 외, 2002). 위험별로 가중치를 달리하여 건설위험과 운영위험을 정부와 민간사업자 간에 배분하면 보다 현실적일 것이다. 그러나 본 연구에서는 계산식의 복잡함을 줄이기 위해 편의적으로 가중치를 부여하지 않고서 논의를 진행시킨 한계가 있다. 그리고 비용 및 수입추정에 적용된 확

률분포의 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.

참고문헌

- 국토연구원·민간투자지원센터. 2002. 민간투자사업의 재무적 위험 관리방안에 관한 연구: Value at Risk 기법을 활용하여. 서울 : 국토연구원.
- 김홍수. 2001. "민간투자사업에 대한 정부지원 및 위험분담 체계에 대한 고찰". 건설산업동향 2000-33. 서울 : 한국건설산업연구원.
- 이용택·김상범·원제무. 1999. "민자유치대상 고속도로 투자의 위험도분석". 대한교통학회지 제17권 제5호 : pp33-42. 서울 : 대한교통학회.
- 하헌구·모창환. 2002. SOC 민간투자사업의 위험배분 및 관리방안에 관한 연구. 교통개발연구원 연구총서 2002-08. 경기도 : 교통개발연구원.
- Hiroaki Yamaguchi. 2002. "Risk Allocation in Privately Financed Projects". Ph.D., University of New South Wales.
- 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 : pp257-273.

- 논문 접수일 : 2006. 11. 17
- 심사 시작일 : 2006. 11. 20
- 심사 완료일 : 2006. 11. 29

ABSTRACTS

A Study on the Estimation of Government Subsidies in Private Provided Infrastructure Using Quantitative Risk Allocation Model

Sung-Joon Baek Associate Research Fellow, Construction & Economy Research Institute of Korea

※ Key words: Government Subsidies, MRG (Minimum Revenue Guarantee), PPI (Private Provided Infrastructure), Probabilistic Risk Analysis, Quantitative Risk Allocation Model

This research has examined the allocation of risk in Korea's PPI(Private Provided Infrastructure) with the following contents:

- (1) Developing an quantitative risk allocation model for Korea's PPI.
- (2) Estimating Government Subsidies using the developed empirical model.

The model of this research adopts and extends H. Yamaguchi's model (2002). (1) To investigate Korea's actual risk allocation deals, I incorporated the MRG (Minimum Revenue Guarantee) framework. The payment related to the MRG is indeterminable. Hence, I calculated the average MRG rate using probabilistic risk analysis. (2) To analyze and understand risk allocation in specific project types, a discount rate is incorporated into the previous model. Incorporating the discount rate, the model is made into 2-period model which makes it possible to take into account the SPC's (Special Purpose Company) interest. The discount rate is calculated using probabilistic risk analysis. To validate the model the developed risk allocation model is applied to the hypothetical project.