

국토정책 *Brief*

제 271 호
2010. 3. 29

SOC 투자사업의 수요예측 신뢰성 제고방향 : 수요예측의 낙관적 편의(Optimistic Bias)

정일호 도로정책연구센터장, 김혜란 책임연구원(국토연구원)

- 도로를 포함한 SOC 투자사업에 대한 수요추정이 사회적 논란으로 대두되고 있음
 - 투자예산 제약하에서 완공 이후 실제교통량이 추정된 교통량보다 작아서 발생하는 비효율적, 과잉투자 문제가 점차 사회적 이슈로 부각되고 있음
 - 특히 민간투자사업의 경우 실제 통행량 대비 예측통행량이 과다해서 최소운영수입 보장의 규모가 점차 증가하는 것에 대한 사회적 우려도 커지고 있음
- 민자도로 사업의 교통수요 오차가 재정으로 사업의 예측오차 수준을 과다하게 넘어서는 현상을 ‘낙관적 편의(Optimistic Bias)’라 하며, 플라이브저그(Flyvbjerg)는 민자사업 수요예측의 의도적인 전략적 허위진술(strategic misrepresentation)에 대한 주의를 강조
 - 세계 183개 도로사업의 개통연도를 기준으로 관측교통량과 예측교통량을 비교한 결과, 관측교통량 대비 예측교통량이 70~160%의 다양한 분포를 보임
 - 2007년 기준으로 우리나라 7개 민자도로 사업과 164개 재정사업(고속도로+국도)의 교통량 추정위험을 분석한 결과, 재정사업은 평균 21%, 민자사업은 평균 50% 교통량이 과다 추정된 것으로 평가됨
- 수요예측 신뢰도를 높이기 위해서는 다음과 같은 개선방향이 요구됨
 - 수요예측 기초자료인 기종점(Origin-Destination) 통행량 자료와 네트워크 자료의 질적 수준 향상에 대한 지속적인 투자와 연구가 필요
 - 사업지역의 특성에 관한 충분한 사전조사 선행과 함께 이를 바탕으로 한 효율적인 수요분석 절차를 마련하여 사업지역 고유의 특성을 간과하여 발생한 분석오차를 사전 방지토록 함
 - 교통수요 예측과정에서 발생할 수 있는 오차 원인 규명과 수요추정 단계별 오차의 전이과정에 대한 체계적 검토와 연구가 필요

1. 수요예측 불확실성의 문제점: 민자도로 사업의 경우

- SOC 투자에서 민간투자 비중은 지속적으로 증가하고 있음
 - 2008년 기준, 신규 수도권 고속도로망의 약 40%가 민자사업 BTO(수익형)로 추진됨
 - 정부는 현재 운영 중인 9개 노선을 비롯하여, 건설·착공·협상 중인 노선을 포함해 총 19개 민자고속도로 노선을 관리하고 있음
- 민간투자를 통해 정부재원 부담을 완화하고 사회기반시설을 적기에 확충함으로써 국민 편익 증대 및 건설 효율성 증대에 기여한 성과를 얻었음¹⁾
 - 2008년 기준으로 민간투자사업에 의하여 GDP가 0.11% 성장하는 효과가 있었음
 - 재정으로보다 약 2년 조기 개통하여 14개 민자사업에서 1.45조 원의 편익이 발생
- 그렇지만 민자도로의 예측수요가 과다하여 정부의 재정지원 규모가 증가하는 것에 대한 우려 확산과 함께 민자사업 추진에 대한 사회적 비판이 증가
 - 2007년까지 BTO 방식으로 완공된 9개 사업의 예측수요 대비 실제 수요는 64.3% 수준으로 평가됨
 - 예측통행량 대비 실제통행량 차이 발생으로 인한 최소운영수입보장(Minimum Revenue Guarantee)으로 총 1조 2,511억 원 지출²⁾
 - 최소운영수입보장제도는 민간투자의 도덕적 해이 조장 및 과도한 재정적 손실이라는 이유로 민간제안사업은 2006년, 정부고시사업은 2009년에 폐지되었으나 민간투자 활성화의 일환으로 재도입 필요성을 주장하는 의견이 최근 대두되고 있음

【표 1】 중앙정부의 민자도로 적자보전 규모

(단위: 억 원)

사업	2007년	2008년	2009년	개통 후 합계
인천공항고속도로	763	900	985	7,254
천안 - 논산 고속도로	390	472	550	2,996
대구 - 부산 고속도로	331	478	626	1,772
서울외곽순환도로	-	66	178	244
부산 - 울산 고속도로	-	-	245	245
합계	1,484	1,916	2,584	1조 2,511

1) 2009~2013년 국가재정운용계획 민간투자 분야 공개토론회 자료(KDI)

2) 조선일보 보도자료(2010.3.18)

2. 통행수요 추정의 낙관적 편의와 원인

● 수요추정의 낙관적 편의(Optimistic bias)

■ 교통수요의 과다예측은 국내뿐 아니라 국외에서도 꾸준히 제기되는 문제이며, 국외 여러 사례연구를 분석결과 평균 30% 전후 수준으로 교통수요가 과다예측되었음

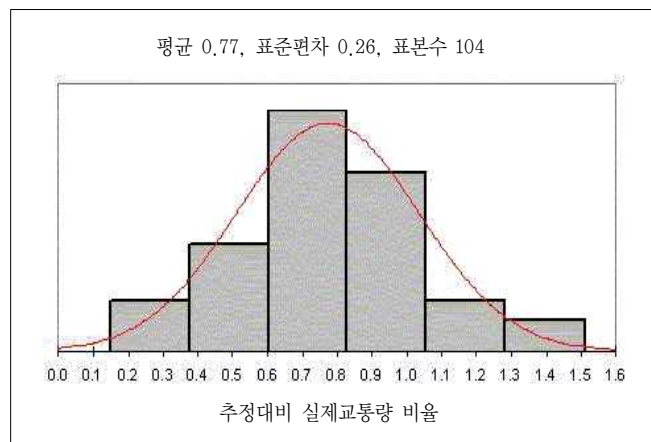
- 2006년 미국은 National Cooperative Highway Research Program의 일환으로 26개 유료도로 사업에 대해 운영수입을 비교·분석한 결과 초기 5년간 유료도로의 운영수입은 예측치 대비 30~40% 가량 낮은 수준이고, 104개의 사업 중 단 13개 사업만이 오차 $\pm 10\%$ 이내의 정확도를 보임³⁾
- 전 세계 104개 유료도로 사업에 대한 S&P의 교통수요 비교·분석 결과, 예측교통량 대비 실제교통량이 60~80%인 경우가 가장 많았으며, 평균적으로 약 20~25%의 수요가 과다 예측되었음⁴⁾
- 스페인의 유료도로를 대상으로 한 Vassalo의 연구에서는 전반적으로 과다예측 편의가 존재하나, 그 정도는 S&P의 연구결과보다 다소 높은 35% 이상으로 분석됨

■ 민자사업의 교통수요가 정부 재정사업의 예측오차 수준을 넘어서 과다하게 예측되는 것을 ‘낙관적 편의(Optimistic

Bias)’라 하며, Flyvbjerg는 이 같은 민자사업의 의도적인 전략적 허위진술(strategic misrepresentation)을 주의해야 한다고 지적함

- Flyvbjerg가 전 세계 183개 도로사업⁵⁾ 개통연도를 기준으로 관측교통량과 예측교통량을 비교한 결과 관측교통량 대비 예측교통량이 70~160%의 다양한 분포를 보인 것으로 조사됨

【그림 1】 S&P의 예측교통량 대비 실제교통량 비율

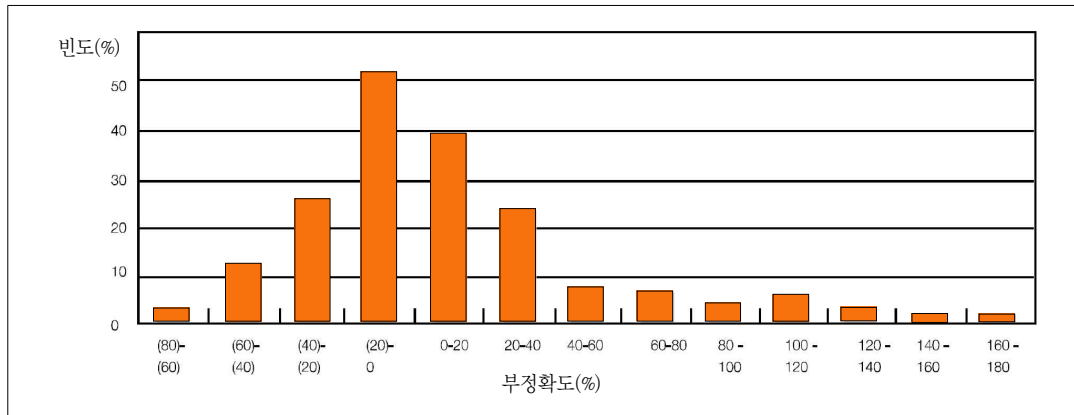


3) Robert Bain, 2009, Toll Road Traffic & Revenue Forecasts에서 재인용

4) Standard & Poor's, 2005, Traffic Forecasting Risk Study Update 2005: Through Ramp-Up and Beyond.

5) 평가대상 도로사업의 90%는 유료도로이고 10개의 교량, 3개의 터널사업도 포함됨

【그림 2】 관측교통량과 예측교통량 비교(183개 도로사업)



자료: Robert Bain, Jan Wilem Plantagie, 2004, Traffic Forecasting Risk: Study Update 2004, Standard & Poor's.

- 2007년 기준 우리나라 7개 민자도로 사업과 164개 재정사업(고속도로+국도)의 교통량 추정위험을 분석한 결과, 재정사업은 평균 21%의 교통수요가 과다 추정된 반면 민자사업은 평균 50% 교통량이 과다 추정된 것으로 평가됨⁶⁾
- 해외의 연구사례에서도 유료도로와 무료도로를 대상으로 예측 정확도를 분석한 결과 양측 모두에서 예측오차 가능성이 존재하지만, 유료도로의 경우 오차 범위가 더 크게 나타나며 교통수요 과대추정의 가능성이 더 높아 낙관적 편의가 존재하는 것으로 평가됨

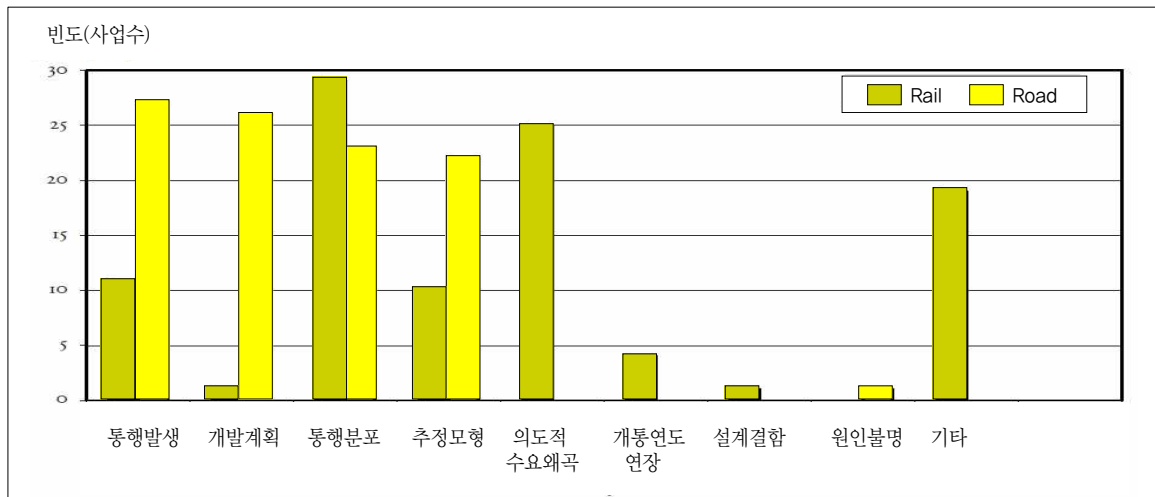
● 낙관적 편의의 원인

- 지난 30년간 유럽 14개국에서 수행된 철도 26개 사업과 도로 208개 사업의 수요분석 오차 원인에 대한 조사결과, ‘통행발생’과 ‘토지이용계획의 불확실성’이 수요추정의 주된 오차 원인으로 지적되었으며,⁷⁾ 이는 국내를 비롯하여 많은 사례연구에서도 일치함
 - 신규 도시개발 지원차원에서 추진된 도로사업들이 개발계획 변경 및 축소되면서 통행발생량이 감소하고 결과적으로 도로 통행량도 줄어드는 것이 과다예측 원인 중의 하나로 지적되고 있음
- 장래 인구전망, GDP 전망 등의 신뢰성 있는 기초자료의 부족으로, 새로운 토지이용 및 지역개발 계획 등을 반영하기 위하여 통행발생량을 별도로 산출하려고 하는 경우 입력자료 오차로 인한 수요예측의 정확도가 저하됨

6) 김강수, 2007, SOC 투자의사결정 합리화 방안, 한국개발연구원.

7) Flyvbjerg et al, 2005, How (In)accurate Are Demand Forecasts in Public Works Project?, Journal of the American Planning Association, vol.71 no.2.

[그림 3] 도로 및 철도 수요분석의 오차 원인



- 신규 토지이용 계획을 반영하기 위해 활용하는 기초자료인 지역별 목표 인구와 실제 실현 인구 사이에는 상당한 간극이 존재하지만 이에 대한 분석이 없음
- 1999년 이후 개통된 상당수의 도로사업은 교통량 증가가 두드러졌던 1990년대 초중반에 예측이 이루어져 교통량 과다추정 위험도가 높았음⁸⁾
- 지역의 소득수준에 따른 통행시간 가치의 분포, 이에 따른 이용자의 지불용의액 추정, 지역의 시간·요일·계절적 통행패턴에 따른 첨두 특성, 도로별 지체함수 등 지역적 특성을 분석에 활용하기 위한 신뢰성 있는 조사가 충분하지 못함
 - 이용자의 소득수준, 통행목적, 시간가치 등과 관련되는 지불용의 금액을 실제보다 과다 추정하면 유료도로의 이용수요가 과대 예측될 가능성이 높음
- 민자사업의 입찰경쟁에서 우위를 차지하기 위하여 수요분석을 수행하는 사업가는 수요예측의 정확도를 높여야 할 유인이 충분하지 않음
 - 오히려 충분한 교통수요를 전망함으로써 사업성을 높이려는 유인이 존재
 - 기존의 최소운영수입보장 제도로 인하여 사업가는 안정적 수익성 보장을 위하여 교통수요를 넉넉히 예측하고자 하는 유인이 존재하였음
- 이 외에도 진입·진출부 혼잡 미고려에 따른 통행시간 단축효과 과대 평가, 트럭운전자의 유료도로 회피경향 간과, 비첨두시 경쟁도로 비혼잡으로 인한 유료도로의 경쟁력 약화 등이 민자도로 사업의 교통수요를 과다예측하게 되는 주요 원인으로 추정되고 있음

8) 김강수, 2007, SOC 투자의사결정 합리화 방안, 한국개발연구원.

- S&P는 교통수요 예측의 위험성을 규명하기 위하여 수요예측의 신뢰성에 영향을 미치는 다양한 요인들을 밝히고 교통수요예측 위험도를 판별하는 10점 척도를 제시(<표 2> 참조)

【표 2】 S&P의 수요예측 위험도 지수

사업 특성	수요예측 위험도 지수									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
징수제도	간접징수 (Shadow tolls)					직접징수				
통행료 문화	유료도로 사업 성숙기					유료도로 사업 시행 초기				
요금체계 결정	정부 동의 불필요					정부 동의 필요				
분석기간	단기 예측					30년 이상 장기 예측				
시설 특징	이미 개통된 도로시설					계획 초기단계의 시설				
	교차시설 공간 충분히 확보 가능					조밀한 도시부 도로				
	기존 도로의 확장 및 연장					녹지상의 신규도로 건설				
	합리적인 요금소 및 교차점 선정					통행패턴을 고려하지 않은 노선계획				
	경제적 배경					정치적 배경				
	장래 도로망에 관한 명확한 계획					장래 도로망 계획 변경 가능성				
	주요 혼잡축					혼잡이 심하지 않음				
	경쟁 대체도로 없음					대체도로 다수				
	명확한 경쟁적 우위					약한 경쟁적 우위				
	도로 간 경쟁만이 존재					복합수단 간 경쟁 (철도 등)				
	독립 시설					다른 도로 개량에 의존적				
	연결로 용량 충분					연결로 혼잡 (진입, 진출부)				
조사/자료수집	자료수집 용이					자료수집 난해/위험				
	최근 자료					과거 자료				
	지역적으로 정산된 모수					다른 지역에서 정산된 모수 차용				
	기존 존 체계					간추린 존 체계				
	숙련된 조사원 활용					자료수집 경험 전무				
이용자	주요 핵심 OD축 존재					복잡한 다중 OD 관여				
	주요 통행목적 존재 (통근, 공항접근 등)					통행목적 다양				
	고소득, 시간가치 높은 이용자 시장					저소득 이용자 시장				
	기존 시설과 유사한 통행료 수준					기존 시설보다 높은 통행료 수준				
	단순한 요금 체계					복잡한 할인 체계				
	첨두 특성이 없음					뚜드러진 첨두 특성이 있음				
거시적 환경	안정된 경제 여건					전환기 경제 여건				
	강력한 토지이용 계획 제도					낮은 계획 집행력				
	안정되고 예측 가능한 인구성장률					여러 외생변수에 영향을 받는 인구추계				
통행량 증가	기존 시설, 예측가능 요소에 의한 통행량 증가					신규 개발, 구조적 변화에 따른 통행량 증가				
	높은 자가용 보유율					낮은 자가용 보유율				

출처: Robert Bain, 2009, Toll Road Traffic & Revenue Forecasts

3. 미국 교통기관의 수요예측 신뢰성 제고 노력

■ 연방도로청(FHWA)의 수요예측 신뢰성 제고 노력

- 도로건설 관련 수요예측을 시행하는 연방도로청은 전문가로 구성된 위원회 검토를 통해 교통수요모형을 개선·향상시키는 프로그램을 시행하여 수요예측의 신뢰성을 확보
- 특별한 가이드라인이나 평가기준을 제시하기보다는 통행모형개선 프로그램(Trip Model Improvement Program: TMIP) 및 상호 검토(Peer Review) 프로그램을 시행
- 개별 사업의 교통수요 예측이나 교통영향평가에 따른 수요예측 시에는 반드시 광역계획 기구(MPO)의 수요모형에서 산출된 목표연도의 교통량과 비교·검토과정을 중시

■ 연방대중교통청(FTA)의 수요예측 신뢰성 제고 노력

- ‘New Start’ 프로그램⁹⁾에 할당된 예산지원을 받는 대중교통사업의 수요예측과 관련해서는 불확실성 분석(uncertainty analysis) 및 사업 전후 비교평가를 의무화하고 단계별 평가항목 등을 제시
- 수요예측 평가항목에는 기본적으로 현재 수요, 사업시행 시 장래 수요, 사업시행으로 인한 추가(유발) 수요, 미래 기종점 통행량, 장래 주변 고속도로 정체도 등이 포함됨
- 사업시행 후 2년 뒤 수요 예측치와 시현된 관측치를 비교 평가한 보고서를 연방대중교통청에 제출하게 되고 이를 통해서 수행기관 및 사업주체에 대한 평가를 시행
- 미국 국회에 제출된 연방대중교통청의 수요예측 정확도 평가결과(Contractor Performance Assessment Report, 2007년 9월 제출), 많은 사업의 수요예측치가 사업시행 후 실제 관측치에 비해 약 20% 이상 초과되는 것으로 나타남

■ 양 기관의 수요예측 신뢰성 제고 노력의 차별성과 공통점은 다음과 같음

- 연방대중교통청은 연방도로청에 비해 보다 차별되게 사업평가 및 수요예측과 관련해서 강제적이고 구체적인 가이드라인을 제시하며 직·간접으로 사업 전후 평가를 시행
- 두 기관 모두 수요예측의 결과에 대해 책임을 묻기보다는 수요예측 과정을 관리하고, 수요예측 관련 내용들을 사업 초기부터 적극적으로 평가, 보완하여 오류를 최소화하는 방향으로 기술적, 제도적 개선을 시행하고 있다는 공통점이 있음

9) 지방정부 대중교통사업을 지원할 수 있는 연방프로그램으로 SAFETEA-LU법에서는 2009년 회계연도까지 약 66억 달러의 예산을 배정함.

4. 수요예측에 대한 시사점 및 신뢰도 제고 방향

■ 국내외 수요예측 사례검토를 통한 시사점

- 교통수요 예측은 상당한 오차가 근본적으로 내재하는 구조적 문제를 지니고 있는 작업으로 단순 모형계산으로 수요 예측치를 산출하는 작업이라기보다는 분석가의 오랜 경험과 지식에 바탕을 둔 state-of-art 성격의 작업이라는 점을 인식할 필요가 있음
- 교통수요 예측과정에서 입력자료 자체의 오차, 예측모형 자체의 한계 및 장래 여건의 불확실성 등 다양한 요인들이 장래 통행량 예측결과에 오차를 초래함

■ 수요예측의 신뢰도 제고 방향

- 수요예측 기초자료인 기종점 통행량 자료(Origin-Destination)와 네트워크 자료의 질적 수준 향상에 대한 지속적인 투자와 연구가 요구됨
- 최근 구축된 국가교통DB 기종점 자료와 네트워크 자료의 신뢰도를 고속도로 교통량만 비교해도 여객 63%, 화물 51% 수준에 불과하며 이는 과거에 비해 비록 향상되기는 하였으나 아직도 37%와 49%의 신뢰수준 미흡 문제는 상존¹⁰⁾
- 지역 고유의 특성을 간과함에 따른 분석 오차를 방지하기 위하여 지역적 특성에 관한 충분한 조사가 선행되어 이를 바탕으로 분석가가 보다 책임감 있는 분석을 수행할 수 있는 체계 마련이 필요함
- 민자도로사업 교통수요 추정의 도덕적 해이를 방지할 수 있도록 교통수요 분석과정에 대한 투명하고 체계적인 검토, 감독 시스템 도입이 필요함
- 통행시간 절감가치의 분포, 통행료 수준에 따른 이용자 행태 등에 관한 학술적 연구를 바탕으로 이용자의 지불용의 금액에 관한 실증적, 현실적 연구자료 구축을 통하여 보다 신뢰성 있는 교통수요 예측체계를 마련해야 함
- 교통수요 예측과정에서 발생할 수 있는 오차 원인 규명과 수요추정 단계별 오차의 전이과정에 대한 체계적 검토와 연구가 필요함

● 국토연구원 국토인프라·GIS연구본부 정일호 도로정책연구센터장 (ichung@krihs.re.kr, 031-380-0348)
● 국토연구원 국토인프라·GIS연구본부 김혜란 책임연구원 (hyeran@krihs.re.kr, 031-380-0370)

10) 최기주, 2009, “교통수요예측의 오류 및 신뢰성 제고를 위한 제언”, 도로정책Brief 제21호.