

# 적정 교통투자 규모 산정: CGE모형을 중심으로

Calibration of Optimal Size of Transportation Investments  
: An Application of CGE Model

**김익준**      서울대학교 농경제사회학부 교수 및 농업생명과학연구원 겸무연구원  
**Kim, Euijune** Prof., Dept. of Agricultural Economics and Rural Development  
and Adjunct Research Fellow, Research Institute for  
Agricultural and Life Science, Seoul National Univ.  
(euijune@snu.ac.kr)

## 목 차

- I. 문제의 제기
- II. 방법론
- III. 교통투자 수요 추정
- IV. 결론 및 향후 연구 과제

## I. 문제의 제기

1991년 우리나라 경쟁력은 투자교통 및 수자원시설 부족으로 인하여 퇴보할 수 있다는 청와대 사회간접자본투자기획단의 발표 이후 정부기관을 비롯하여 대다수 연구기관은 사회간접자본, 특히 교통투자부문 간 배분과 투자의 적정 규모에 대한 연구를 추진하였다. 우선 교통부문 간 투자 배분 연구는 주로 도로와 철도시설 개발 투자가 어느 정도 이루어져야 하는지를 평가하였다. 국토연구원(2003), 국토연구원 외(2000), Kim et al.(2009) 등은 도로투자 확대를 강조하였는데, 예를 들어 전체 교통투자 중 58~66%가 도로시설 개발에 사용되는 반면, 철도투자 비중은 도로 추정치에 비해 낮은 15~33%로 추산하였다. 반면 교통개발연구원(2003), 한국개발연구원(2004) 등은 전자 연구와는 달리 철도투자를 상대적으로 증대할 필요가 있다고 밝혔는데, 도로 및 철도투자 비중은 각각 49~54% 및 26~31%로 추정하였다. 한편 교통투자의 적정 규모 연구 중 경제모형을 이용한 대표적인 사례로는 류덕현(2012)과 Kim(2002)을 들 수 있다. 우선 Kim(2002)은 연산일반균형모형(Computable General Equilibrium Model, 이하 CGE모형)을 이용하여 교통투자의 적정 수요 규모를 추정하였다. 모형의 장기 의태분석(simulation) 과정을 거치면서 교통투자과 거시경제변수 간 관계식을 추정하고 여기에 경제성장, 물가 등 주요 외생변수 값을 대입하여 교통투자 수요를 추산하였다. 이 연구에 따르면 1975~1999년 교통 스톡의 적정 수준 대비 실제 값은 85% 수준으로 투자 규모가 상대적으로 부족하다고 주장하였다. 류덕현(2012)은 내생적 경제성장모형을 활용하여 교통투자 적정 규모를 산정하였다. 사회간접자본 투자의 이론적 적정 비율은 경제성장률, 사회간접자본 스톡의 감가상각률, 국내총생산 대비 사회간접자본 스톡 비중 등에 의해 결정된다. 잠재

경제성장률 및 감가상각률이 각각 3% 및 1%일 경우 국내총생산 대비 적정 투자 비율은 3.36%라고 주장하였다. 연구 결과에 따르면 2004~2010년 중앙정부 투자와 2011~2015년 국가재정운용계획 투자 규모는 적정한 수준에 있다고 밝혔다.

본 논문에서는 일반균형이론의 관점에서 우리나라 경제성장률과 교통 서비스 가격의 변동에 따라 교통투자의 적정 규모가 어떻게 변동하는지를 분석하였다. 분석 틀은 교통 중심의 CGE모형으로서 경제주체의 합리적인 경제행위를 강조하는 신고전주의를 기반으로 개발하였다. 기존 CGE모형 연구와 차별되는 점은 우선 국내총생산과 교통시설 서비스 요금이 투자의 적정 수요 규모에 미치는 영향을 직접 추정하였다는 점이다. 예를 들어 한국개발연구원(2004), Kim(2002) 등도 CGE모형을 이용하여 투자의 적정성을 논의하였으나 추산방법은 2단계로 구성되었다. 즉 CGE모형을 토대로 하여 경제성장과 교통투자 간 연계성을 분석하고 여기에 경제성장 대안을 대입하여 교통투자의 적정 규모를 산정하였다. 두 번째 특징은 교통부문 간, 즉 도로와 철도 및 항만과 공항 간 상호 의존성을 토대로 하여 교통부문별 투자의 경제적 효과를 분석하였다는 점이다.

본 논문의 구성을 살펴보면, 우선 교통 중심의 CGE모형을 개발하고 여기에 교통투자의 적정 규모 산정을 위한 경제성장 및 가격 의태분석을 실시하였고, 적정 투자의 경제적 의미를 어떻게 해석할 수 있는지를 논의하였다.

## II. 방법론

CGE모형은 일반균형의 관점에서 경제활동과 시장을 계량적으로 분석하는 방법론으로 1970년대 후반부터 개발과 국제교역, 조세 및 지역경제, 환경 및 자원배분 등 정책의 성장 및 분배 효과를 평가하는데 활용되었다.

교통부문의 CGE모형 개발사례로는 Horridge(1994), Brocker(1995), Roson and Dell'Agata(1996), Conrad(1997), Kim(1998), Rioja(1998), Friesz et al.(1998), Caspersen et al.(2000), Seung and Kraybill(2001), Haddad and Hewings(2001), Conrad and Heng(2002), Brocker(2002), Ivanova et al.(2002), Lofgren and Robinson(2002), Giesecke and Madden(2003), Oosterhaven and Knaap(2003), Kim et al.(2004), Kim and Hewings(2009), Zhang and Peeta(2011) 등이 있는데, 주로 교통투자의 단기와 중기 성장 파급효과를 추산하기 위해서 개발되었다.

본 논문의 CGE모형은 수요와 공급의 균형 조건을 통해서 가격을 내생적으로 산정하는 Robinson(1989), Lofgren et al.(2002) 등의 전형적인 신고전주의 모형(Stylized Neoclassical Model)에 도로, 철도, 항

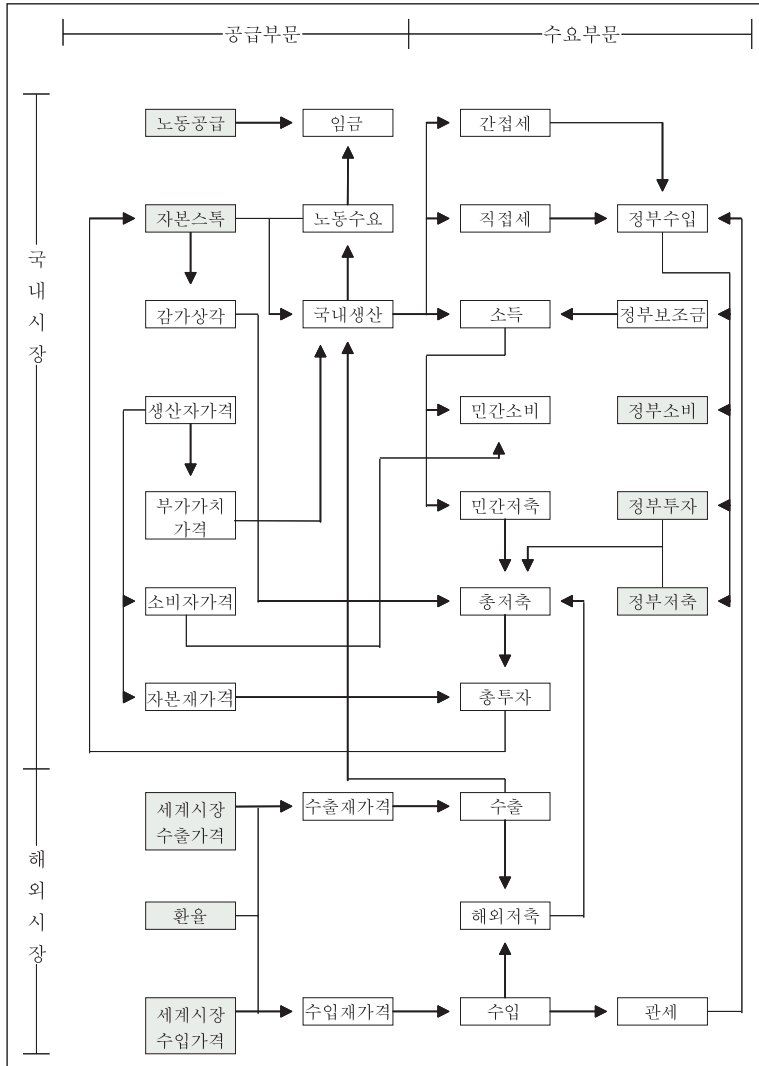
만, 공항 등 교통부문별 시장을 연계시킨 구조로 구성되어 있다. 본 모형의 경제주체는 생산자, 가계, 정부 및 해외 부문 등 4개 부문으로 나누어지는데, 여기서 생산자는 교통부문을 중심으로 건설업, 철도운송업, 도로운송업, 수상운송업, 항공운송업, 하역 및 보관업 등 6개 교통산업과 농림어업, 광업, 제조업, 서비스업 등의 4개 일반 산업으로 구분되어 있다. 본 모형의 이론적 토대는 신고전주의에 있다는 점에서 10개 생산자의 초과이윤이 없고 또한 가계부문의 소득과 지출 간 균형이 유지되는 것을 가정하였다. 가계는 자본과 노동의 생산요소를 공급하고 수입은 소비, 저축 및 조세를 통해서 지출된다. 생산자는 생산요소를 구매하여 중간투입물과 결합하고, 생산물은 해외로 수출되거나 또는 국내시장의 소비재 및 투자재로 소비된다. 가계와 생산자는 각각의 제약 조건하에서 효용과 이윤을

표 1\_ 교통 시설의 지역 CGE모형 분석

연구	연구 목적	특성	동적 여부	공간성	자료
Horridge(1994)	교통 정책과 연료 소비 평가	로짓 소비자 행동모형, 콕-더글라스 생산함수	×	○	호주 델버른
Brocker(1995)	지역경제 분석	Nested CES 생산 및 수요함수, Iceberg 교통비용	×	○	가공
Conrad(1997)	교통산업의 경제적 기여도 분석	Nested CES 생산함수 Stone-Geary 수요함수	×	×	없음
Caspersen et al.(2000)	신규 도로 사회기반시설 건설 효과 평가	CES 생산 및 수요함수, Iceberg 교통비용	×	○	덴마크 사회계정행렬
Conrad and Heng(2002)	도로 사회기반시설 투자 평가	Nested CES 생산함수 Stone-Geary 수요함수	×	×	독일 사회계정행렬
Ivanova et al.(2002)	교통산업의 경제적 기여도 분석	Marshallian 수요함수, CES 교통비용	×	○	노르웨이 사회계정행렬
Lofgren and Robinson(2002)	도시-농촌의 교통비용 비교	레온티에프 생산함수, 콕-더글라스 수요함수	×	○	가공
Giesecke and Madden(2003)	모형의 안정성 분석	Nested CES 생산함수 Stone-Geary 수요함수	○	○	호주 타스메니아
Oosterhaven and Knaap(2003)	도로 사회기반시설 투자 평가	콕-더글라스 생산 및 수요함수, Iceberg 교통비용	×	○	전문가 작성 사회계정행렬
Kim et al.(2004)	고속도로 건설의 네트워크 효과 추정	CES 생산함수 콕-더글라스 수요함수	○	○	한국 사회계정행렬

자료: Zhang and Peeta(2011) 수정.

그림 1\_ CGE모형의 구조



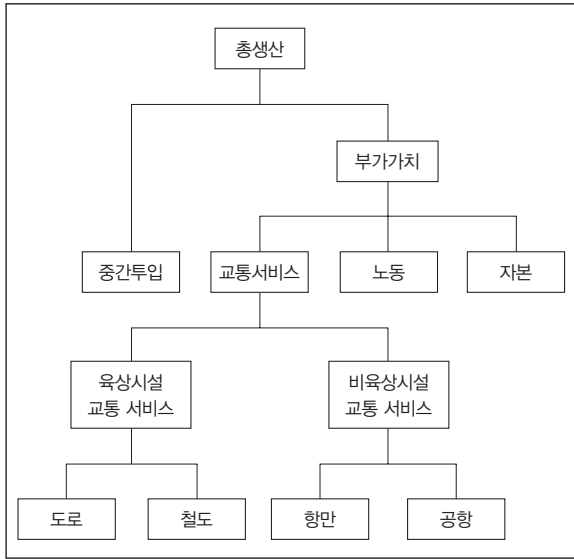
자료: 김의준·김홍석(2005).

극대화한다. 모형은 수요, 공급 및 가격 모듈로 구성되어 있는데, 공급 모듈에서는 총생산, 부가가치, 고용, 수출, 수입 등을 산정한다. 수요 모듈에서는 경제주체별 소비와 투자수요를 추정하며 공급과 수요 간 불균형은 가격 조절을 통해서 청산된다. 국내시장의 총공급은 국내재와 수입재로, 총수요는 국내재와 수입재로 나누어지는데 공급 및 수요 과정에서 서로 불완전하게 대체된다고 가정하였다.

스 공급에 영향을 미치거나 또는 다른 시설과 대체하는 경우를 말하며, 재정적 상호 의존성이란 예산의 제약 조건하에서 개별 시설의 투자 지출이 증가할 경우 다른 시설의 지출 가능 규모가 감소하는 것을 의미한다. 육상시설 교통 서비스 규모는 도로와 철도의 대체 탄력성과 두 교통 시설 서비스의 상대적인 가격 비율에 따라 결정되며, 같은 방법으로 비육상시설 교통 서비스 규모도 하위 두 개의 교통시설 간 탄력성과 가격

산업별 부가가치는 <그림 2>와 같이 콥-더글라스 유형의 생산함수로 추정하였는데, 전통적인 노동 및 자본의 생산요소뿐만 아니라 교통자본 서비스에 의해서도 영향을 받는다고 가정하였다. 교통시설 서비스는 육상시설 교통 서비스와 비육상시설 교통 서비스로 구분되는데, 전자는 도로와 철도로, 후자는 항만과 공항으로 나누어진다. 교통자본 서비스 함수의 형태는 Zhang and Peeta(2011)의 Nested CES 함수를 활용하였다. 이는 투입-산출의 구조와 연속적인 의사결정 과정에서 교통시설 간 기능적 및 재정적 상호 의존성을 반영할 수 있는 장점이 있으나 자료의 구축이 어렵다는 단점도 있다. Zhang and Peeta(2011)에 따르면 기능적 상호 의존성은 특정 시설의 서비스 기능 이 다른 사회기반시설의 서비스

그림 2\_ 생산액 결정 및 교통 서비스 공급 구조



에 영향을 받는다. 이러한 계층적인 교통 서비스 구조에서는 도로(또는 철도) 시설은 항만(또는 공항) 시설과 간접적으로 경쟁한다. 교통 서비스 함수의 형태는 <식 1~3>과 같으며, 도로, 철도, 항만, 공항 등 단위 교통 서비스 변수는 김명수(2011)의 교통자본스톡을 사용하였고, 육상시설 교통 서비스 및 비육상시설 교통 서비스를 나타내는 변수로는 시설의 자본스톡 대비 톤(ton)을 사용하였다. 식의 모수 추정 방식은 CES 함수의 테일러 전개식을 대상으로 회귀분석방법과 비선형 탐색 방법(Search Method) 등이 있는데, 전자의 방법에서는 모수의 부호 문제가 발생하였다. 따라서 후자에 근거하여 모수를 추산하였고, 도로와 철도의 대체 탄력성은 1.630, 항만과 공항 간 대체 탄력성은 0.870, 육상 교통서비스와 비육상 교통서비스 간 대체 탄력성은 0.131로 나타났다.

교통 서비스

$$= a_1[a_2 \text{ 육상시설 교통 서비스}^{a_3} + (1-a_2) \text{ 비육상시설 교통 서비스}^{a_3}]^{1/a_3}$$

<식 1>

육상시설 교통 서비스

$$= \beta_1[\beta_2 \text{ 도로 교통 서비스}^{\beta_3} + (1-\beta_2) \text{ 철도 교통 서비스}^{\beta_3}]^{1/\beta_3} \quad \langle \text{식 2} \rangle$$

비육상시설 교통 서비스

$$= r_1[(r_2 \text{ 항만 교통 서비스}^{r_3} + (1-r_2) \text{ 공항 교통 서비스}^{r_3}]^{1/r_3} \quad \langle \text{식 3} \rangle$$

산업별 노동시장에는 신고전주의 완결규칙을 적용하여 노동 공급은 외생적으로 주어지며, 수요는 노동시장의 불균형을 청산하는 과정에서 내생적으로 결정된다. 평균 임금은 임금의 하방 경직성을 고려하여 전년도 임금수준과 현재 시점의 물가상승률에 의해 결정된다. 산업별 수출 및 수입량을 추정하는데 아밍톤(Armington) 함수 및 불변 전환탄력성(Constant Elasticity of Transformation) 함수를 적용하였다. 소비자는 지출 비용을 최소화할 경우, 국내재 대비 수입재 비율은 수입재와 국내재 간 상대가격 비율과 교역대체탄력성에 의해 결정된다. 또한 생산자가 총수익을 극대화하고자 할 경우, 국내재와 공급량 대비 수출 비율은 국내재와 수출재 간 상대가격 비율과 전환탄력성에 의해 결정된다. 두 함수의 대체 탄력성은 정재호 외(2003)의 산업별 가중 평균 값과 같으며, 나머지 모수는 사회계정행렬의 균형 조건으로부터 추산되었다.

한편 수요 측면에서 보면 산업별 총공급량은 생산자의 중간수요, 가계의 소비지출, 정부의 소비지출, 생산자의 투자지출, 수출 등으로 나뉜다. 중간수요는 산업연관표의 투입계수와 산업별 생산량에 의해 결정되며, 가계의 상품(산업)별 소비 지출은 효용 극대화 조건을 통해서 산정된다. 가계의 상품(산업)별 소비를 추정하는 데 있어서 선형지출 함수를 활용하였다. 정부의 세입은 세출과 균형을 이루는데, 세입은 생산자의 간접세, 가계의 직접세, 해외부문의 관세 등

표 2\_ 모형의 주요 모수

구분	부가가치함수의 노동투입 탄력성	수출/국내공급 대체 탄력성	수입/국내공급 대체 탄력성
농업	0.118	3.900	1.139
광업	0.320	3.400	2.637
제조업	0.345	2.900	2.637
서비스업	0.477	0.700	2.637
건설업 및 5개 교통시설 (철도운송업, 도로운송업, 수상운송업, 항공운송업, 하역 및 보관업)	0.576~0.620	0.700	2.000
추산방식(출처)	사회계정행렬 추산치	정재호 외 (2003)의 가중 평균값	정재호 외 (2003)의 가중 평균값

으로 구성된다. 정부지출은 정부소비지출, 정부보조금, 정부투자지출, 정부저축지출 등으로 구분되는데 투자지출은 교통투자 지출을 포함한다. 정부의 보조금, 투자 및 저축지출은 외생변수인 반면, 소비지출은 정부의 균형조건으로부터 내생적으로 결정된다. 투자지출의 재원은 생산자의 감가상각액, 가계 저축, 정부 저축 및 해외 순저축 등으로 구성되는데, 해외 순저축은 총수출과 총수입 간 차액과 동일하다.

CGE모형에서 산정되는 가격 유형으로는 산업별 생산 가격, 부가가치 가격, 수출 가격, 수입 가격, 자본재 가격, 임금 등과 대미환율이 있다. 모든 가격은 상대가격으로 측정하는데 본 논문의 기준가격(numeraire)은 소비자물가지수다. 동태분석은 모형의 크기와 계산의 능력을 고려하여 축차적 방법(backward looking)으로 이루어졌다. 즉, 경제 주체의 예측 능력은 근시안적이고 미래에 예상되는 경제 환경의 변화가 현재의 의사결정에 영향을 미치지 않는다고 가정하여 경제주체는 매 연도(기)마다 정태적인 방법으로 최적의 의사를 결정한다.

CGE모형을 개발하기 위해서는 기준연도 시점의 경제주체 행위를 일관성 있게 설명할 수 있는 사회계정행렬과 파라미터 추정에 필요한 시계열 자료가 있어야 한다. 사

회계정행렬은 생산, 분배 및 지출을 중심으로 생산요소부문, 가계부문, 산업부문, 정부부문, 투자부문, 자본부문, 재고부문, 해외 및 관세부문 등으로 구성되는데 산업연관표와 국민계정을 통합한 통계체계라고 볼 수 있다.

사회계정행렬에서 필요한 대부분 자료는 산업연관표에서 얻을 수 있다. 예를 들어, 산업별 임금 및 자본보수, 요소비용기준 총생산, 산업부문별 민간소비지출, 중간수요, 정부소비지출, 산업부문별 보조금, 고정자본 형성, 재고 증가, 해외수출, 간접세액, 관세, 감가상각액, 정부투자지출, 수입 등은 산업연관표 값과 일치한다. 다만 정부 저축은 한국은행 통계의 총저축 중 중앙정부 및 지방정부의 총저축에서 산업연관표의 정부 투자를 차감한 값으로 대체하며, 정부의

표 3\_ 사회계정행렬의 구성 요소

사회계정	세부항목
생산요소	노동, 자본
가계부문	가계
산업부문	농림어업, 광업, 제조업, 서비스업, 건설업, 철도운송업, 도로운송업, 수상운송업, 항공운송업, 하역 및 보관업
정부부문	정부소비, 보조, 투자, 저축
투자부문	산업분류와 동일
자본	가계저축, 감가상각액, 정부저축, 해외저축
재고	재고
해외 및 관세	수입, 수출 및 관세

가계보조금은 정부 세출에서 소비, 투자 및 저축지출과 산업연관표의 생산자 보조금 등을 차감한 값과 같도록 조정한다. 사회계정행렬 내 주요 경제주체 간 경제활동 연계성은 <그림 3>과 같다.

CGE모형의 모수 과정은 크게 세 가지로 구분할 수 있다. 우선, 시계열 자료를 이용하여 계량경제 방법으로 모수를 추정하는 방법으로서 교통시설 간 대체탄력성이 해당된다. 두 번째는 선행연구 결과의 모수를 활용하는 것으로 국내재화와 수입재화 간 대체탄력성, 국내재화와 수출재화 간 전환탄력성 등이 있다. 마지막으로 사회계정행렬이나 모형의 균형조건으로부터 모수를 산정하는 것으로 산업별 투입계수와 투자행렬, 부가가치에 대한 노동과 자본 탄력성, 생산함수 및 수출입함수의 효율성 및 분배 모수 등이 여기에 해당된다. 한편 모형의 모수가 선행연구 또는 단일시점의 자료를 토대로 구축되는 경우가 많기 때문에 모형의 안정성 문제가 발생할 수 있다. 모형의 안정성은 일반적으로 과거회귀형 방식(backward method)과 모수 의태분석 등을 통해서 검토할 수 있는데, 본 논문에서는 모형의 동태적 구조를 고려하여 후자를 선택하였다. 통계적으로 검증되지 않은 주요

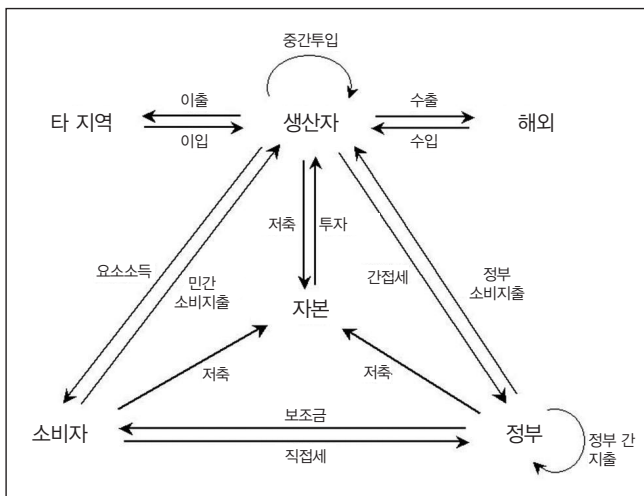
모수가 수출-국내공급재 대체탄력성 및 수입-국내공급재 탄력성이라는 점에서 두 가지 모수를 대상으로 의태분석을 실시하였다. 각 모수 값에 대해서 10% 변동시킬 경우, 국내총생산 변동 값은 기준 값 대비 1.3~1.5%로 추산되어 본 논문에서 개발한 CGE모형은 상대적으로 안정화되어 있다고 볼 수 있다.

### III. 교통투자 수요 추정

투자의 적정 수요를 분석하기 전에 우선 우리나라의 교통투자 수준을 살펴보기로 한다. <표 4>는 2000년 이후 산업연관표 기준으로 정부 및 민간부문의 교통투자 수요를 정리한 것인데, 산업연관표 투자 자료를 사용한 이유는 투자 수요를 투자 주체별로 일관성 있게 정리하였기 때문이다. 본 논문의 자료는 운영비, 용지매입비 등이 포함되지 않은 건설투자로서 사업비를 기준으로 투자비를 발표하는 공공부문 자료와는 상이하다는 점에서 두 자료를 직접적으로 비교하는 것은 적절하지 않을 수 있다. 우리나라 교통투자 규모는 2000년 21조 4,500억 원에서 2009년 31조 9,800억 원으로 연평균 4.49%(경상가격 기준)

증가한 것으로 나타났다. 그러나 국내총생산 대비 교통투자 규모는 2000년 3.56%에서 2007년 2.53%로 줄어드는 등 전반적으로 감소 추세에 있다. 교통시설 부문별로 살펴보면, 도로투자는 전체 투자 규모 대비 최소 67.50%(2007)에서 최대 77.86%(2005)였고 철도의 경우에는 도로투자 비중보다 절대적으로 작지만 증가하는 경향이 있다. 민간부문의 교통투자 비중은 국내총생산 대비 0.48(2005)~1.28%(2000)였고 민간부문의 총투자 대비 도로 및 철도 비중은 각각 41.56(2009)~66.14%(2000)

그림 3\_ 경제주체 간의 연계성



자료: 김의준 외(2006).

표 4\_ 산업연관표의 교통부문별 유형고정자산

(단위: 조 원, 경상가격)

■ 정부 및 민간부문 합계

구분	2000	2003	2005	2006	2007	2009
도로시설	15,3716	17,1334	17,0975	15,9708	16,4200	22,2347
철도시설	3,8511	3,8611	3,2331	4,2627	4,8966	6,4913
항만시설	0,9806	2,6120	1,2206	2,0883	2,4380	2,8237
공항시설	1,2467	0,3896	0,5557	0,5611	0,5699	0,4314
계	21,4500	23,9961	22,1070	22,8829	24,3246	31,9812
국내총생산 대비 교통투자(%)	3.56	3.13	2.59	2.56	2.53	3.05
배분비율(%)						
도로시설	71.66	71.40	77.34	69.79	67.50	69.52
철도시설	17.95	16.09	14.62	18.63	20.13	20.30
항만시설	4.57	10.88	5.52	9.13	10.02	8.83
공항시설	5.81	1.62	2.51	2.45	2.34	1.35

■ 민간부문

구분	2000	2003	2005	2006	2007	2009
도로시설	5,1200	2,8932	2,5098	2,6367	2,7025	2,8523
철도시설	1,5659	0,9365	0,5450	1,6923	2,3708	2,5765
항만시설	0,1231	1,0274	0,5786	0,9704	0,9438	1,1052
공항시설	0,9322	0,2546	0,4499	0,4860	0,4756	0,3285
계	7,7412	5,1117	4,0832	5,7854	6,4927	6,8627
국내총생산 대비 교통투자(%)	1.28	0.67	0.48	0.65	0.68	0.65
배분비율(%)						
도로시설	66.14	56.60	61.47	45.57	41.62	41.56
철도시설	20.23	18.32	13.35	29.25	36.51	37.54
항만시설	1.59	20.10	14.17	16.77	14.54	16.11
공항시설	12.04	4.98	11.02	8.40	7.33	4.79

■ 정부부문

구분	2000	2003	2005	2006	2007	2009
도로시설	10,2516	14,2402	14,5878	13,3341	13,7175	19,3823
철도시설	2,2852	2,9246	2,6882	2,5704	2,5258	3,9147
항만시설	0,8575	1,5846	0,6420	1,1179	1,4942	1,7185
공항시설	0,3144	0,1350	0,1058	0,0751	0,0943	0,1028
계	13,7088	18,8843	18,0238	17,0975	17,8318	25,1185
국내총생산 대비 교통투자(%)	2.27	2.46	2.12	1.91	1.86	2.40
배분비율(%)						
도로시설	74.78	75.41	80.94	77.99	76.93	77.16
철도시설	16.67	15.49	14.91	15.03	14.16	15.59
항만시설	6.26	8.39	3.56	6.54	8.38	6.84
공항시설	2.29	0.71	0.59	0.44	0.53	0.41

자료: 한국은행, 각 연도 산업연관표.

및 13.35(2005) ~37.54%(2009)로 추산되었다. 특히 2009년의 경우 전체 교통투자 중 도로투자 비중은 철도에 비해 불과 4.02% 포인트 높은 것으로 나타나 민간 철도투자 활동이 상대적으로 강화되고 있음을 알 수 있다. 정부 교통투자는 국내총생산 대비 1.86(2007) ~2.46%(2003) 수준이었고 총투자 대비 도로투자는 최소 74.78%(2000), 최대 80.94%(2005)로 철도투자 비중에 비해 무려 58.11(2000)~66.03% 포인트(2005) 높다.

일본의 1인당 소득과 교통 스톡 간의 관계를 분석하여 우리나라 스톡이 어느 정도 수준인지를 간접적으로 검토하였다. <표 5>와 같이 1986~1990년 일본의 1인당 소득 대비 교통 스톡은 35.4(백만 달러/1인당 소득 달러 기준)인 반면 우리나라는 6.4에 불과하였다.<sup>1)</sup> 1991년 이후 매 5년마다 일본 수치는 37.6(1991~1995), 45.6(1996~2000), 53.8(2001~2005), 55.5(2006~2007) 등으로 증가하였고, 우리나라도 10.7(1991~1995), 18.8(1996~2000), 28.2(2001~2005), 34.6(2006~2007) 등으로 상승하였다. 단순히 양 국가 간 수치만 비교하자면 2007년 기준 우리나라 스톡 수준은 일본의 1991~1995년 수

준과 유사하다는 점에서 우리나라의 교통시설 확충 정도는 일본에 비해 20~25년 정도 뒤쳐져 있다고 볼 수 있다.

일본의 PPP 기준 1인당 소득과 교통 스톡 간 단순 관계식을 설정한 다음 여기에 우리나라의 PPP 소득을 대입할 경우 일본 기준 우리나라의 교통 스톡 추세를 파악할 수 있다. 예를 들어, 1990년 우리나라의 PPP 소득인 1만 5,723달러를 일본 추세식에 대입하면 일본 기준 PPP 소득 대비 교통 스톡 값 37.1이 산정된다. 우리나라 실제 값이 7.5라는 점에서 우리나라의 시설 규모는 일본의 추세치의 20.21% 정도 인 것을 의미한다. 이와 같이 일본 사례를 토대로 하여 우리나라의 1인당 소득 대비 교통 스톡 비중을 추산하면, 우리나라 1인당 소득이 2만 달러(PPP 기준)일 경우 41.9, 2만 5천 달러일 경우 47.8, 3만 달러일 경우 54.1 등으로 나타나 일본 기준에서 보면 우리나라 교통 스톡이 상대적으로 부족하다고 평가할 수 있다. 2007년의 경우 우리나라의 PPP 기준 1인당 소득이 2만 5,690달러로 소득 대비 교통 스톡 수준은 35.4인 반면 동 소득 수준의 일본 추세치는 48.7으로 산정되어 일본 기준으로 보자면 37.6% 정도 교통 스톡이

표 5\_ 한국 및 일본의 1인당 국내총생산 대비 교통 스톡 비교

연도	일본			한국		
	1인당 소득 (2005년 불변가격)		1인당 소득 대비 교통 스톡 (백만 달러 /1인당 달러)	1인당 소득 (2005년 불변가격)		1인당 소득 대비 교통 스톡 (백만 달러 /1인당 달러)
	명목환율 기준	구매력(PPP) 기준 환율		명목환율 기준	구매력(PPP) 기준 환율	
1986~1990	22,643	15,663	35.4	10,094	14,556	6.4
1991~1995	31,472	19,321	37.6	13,416	16,320	10.7
1996~2000	31,796	22,285	45.6	11,394	17,853	18.8
2001~2005	32,868	27,280	53.8	14,750	21,341	28.2
2006~2007	34,835	33,111	55.5	20,676	24,999	34.6

자료: 일본 경제산업연구소(www.rieti.go.jp); 일본 내각부(www.cao.go.jp); 한국은행(www.bok.or.kr); 김명수(2011).

1) 교통 스톡 자료의 한계로 분석 기간은 2007년까지로 설정하였음.

표 6\_ 한국과 일본의 PPP 소득 대비 교통 스톡 추세치 비교

(단위: 백만 달러, 달러/인)

연도	PPP 소득(달러)	실제 값	일본 추세치
1990	15,723	7.5	37.1
1995	16,869	13.3	38.4
2000	19,812	22.4	41.7
2005	22,783	32.1	45.2
2006	24,308	33.7	47.0
2007	25,690	35.4	48.7

증가되어야 한다고 볼 수 있다.

그러나 이러한 수치는 소득과 스톡 간 단순 비교라는 점에서 해석하는 데 유의할 필요가 있다. 예를 들어, 한국과 일본의 1인당 국내총생산이 동일하더라도 인구구조, 도시화 및 지역 간 격차 정도, 산업구조 등 사회경제적 환경이 다르기 때문에 이를 통제하지 않은 상태에서 자본 스톡 수치를 직접적으로 비교하는 것은 타당하지 않을 수 있다. 특히 일본은 1980년대 후반부터 부동산 거품 및 건설경기의 과열 현상을 경험하였다는 점에서 일본의 투자 규모는 다소 과잉 수준에 있었다고 볼 수도 있다.

CGE모형을 통해서 산정되는 교통투자 적정 수요는 다음과 같은 속성이 있다. 우선 경제 자원의 배분은 가계의 효용 극대화 및 생산자의 이윤 극대화 조건을 모두 만족시키는 수준에서 이루어지기 때문에 내생적으로 결정되는 교통투자 수요는 적정 수준에 있다고 가정한다. 또한 이러한 자원의 배분 수준은 주요 외생 및 정책변수, 예를 들어 수출입 가격, 정부의 투자 및 소비 지출 규모, 환율, 소비자물가 및 국내총생산, 교통부문별 서비스 가격 등에 영향을 받기 때

문에 투자 수요 값은 변동할 수 있다. 본 논문에서는 제한적으로 교통시설 서비스 가격 및 성장률 대안을 토대로 교통투자의 수요 규모를 추산하였다. 최근 경기 흐름을 감안하여 편의상 국내총생산 성장률 대안은 0%, 1%, 2%, 3%, 4%, 5% 등 6개로, 가격 대안은 각 교통시설 가격 상승률이 3% 증가, 3% 하락 및 변동하지 않은 등 세 가지 경우를 고려하여 모두 486개(6개 성장

률×81개 가격) 대안을 설정하였다. 경제성장률 및 가격상승률 대안에 따른 교통투자의 적정 수요 결과는 <표 7>과 같으며, 정리된 바와 같이 경제성장률이 향상되면서 국내총생산 대비 교통투자 수요도 늘어나는 것으로 나타났다. 경제성장률이 0%일 경우 투자 수요는 국내총생산 대비 2.939~2.944%로 추정되었으며, 성장률이 2%일 경우 3.606~3.611%, 성장률이 4%일 경우 4.240~4.245% 등으로 나타났다. 각 대안 별로 투자 비중의 최대 최소 차이는 0.01% 포인트 미만이라는 점에서 투자 수요에 미치는 가격 요인은 크지 않다고 볼 수 있다.

<표 7>의 결과물을 2003~2009년에 적용할 경우 과거 우리나라 교통투자 부족분을 개략적으로 산정해볼 수 있다. 2003년의 경우 교통투자 실적액과 적정 규모는 각각 24조 원 및 29조 6천억 원으로 부족분은 5조 6천억 원으로 산정되었다. 이러한 부족분은 2005년 14조 1천억 원, 2007년 19조 4천억 원 등 증가하는 추세였으나 2009년에는 세계 경제의 악화로 인하여 성장세가 둔화되면서 오히려 1조 2천억 원 과잉 투자 현상이 나타났다고 볼 수 있다.

표 7\_ 경제성장률 및 가격상승률 대안에 따른 국내총생산 대비 교통투자 수요

(단위: %)

경제성장률	0	1	2	3	4	5
국내총생산 대비 교통투자 수요	2.939 ~2.944	3.277 ~3.282	3.606 ~3.611	3.927 ~3.932	4.240 ~4.245	4.546 ~4.551

www.kci.go.kr

표 8\_ 2003~2009년 교통투자 실적, 적정 규모 및 부족분  
(단위: 조 원, %)

구분	2003	2005	2007	2009
국내총생산(A)	767	852	960	1048
경제성장률(%)	2.8	4.0	5.1	0.3
교통투자(B)	24.0	22.1	24.3	32
교통투자 비율(B/A, %)	3.13	2.59	2.53	3.05
적정 교통투자(C)	29.6	36.2	43.7	30.8
부족분	5.6	14.1	19.4	-1.2

그렇다면 이러한 결과를 어떻게 해석할 것인가? 첫째, 앞에서 강조한 바와 같이 여기서의 적정이란 경제 주체의 최적화를 반영한다는 측면에서 사용되는 것이고 외생적인 변화, 예를 들어 경제정책 기조에 따라 그 값은 달라질 수 있다. 이와 관련하여 교통투자 규모가 반드시 국내총생산 대비 3.27%가 되어야만 1%의 경제성장률을 달성할 수 있다는 의미는 아니다. 교통투자가 전혀 없어도 경제성장 목표치를 달성할 수 있지만, 이 경우 과잉 또는 과소 성장의 문제가 수반될 수 있다. 둘째, 교통투자 수요는 일반적으로 사용되고 있는 교통투자 사업비와는 개념상 상이하다. 투자 수요는 대부분 신규 건설 투자로 볼 수 있는 반면, 사업비에는 신규 건설 투자 이외의 유지보수비, 설비 관련 사업비, 용지매입비 등이 포함된다. 따라서 사업비 기준으로 투자비를 평가한다면 투자 규모가 과소 추정되어 있다고 볼 수 있다. 셋째, 본 논문의 투자 수요는 자원 제약하의 적정 값이므로 시설의 물리적·공간적 특성을 반영하지 않는다. 이는 도로, 항만, 공항 등 개별 시설의 입지 특성, 연계 정도, 산업과의 연관성, 물동량 유형 등을 전혀 감안하지 않은 상태에서 투자 수요가 산정되었다는 것을 의미한다. 특히 투자 수요는 수송 효율성이 어느 정도 개선되느냐에 따라 달라진다. 본 논문에서는 수송 효율성 변수로 자본스톡 대비 물동량(ton)을 사용하였는데, 이러한 수송 효율성의 증감은 투자 효율성에 영향을 미치고 이는 순차적으로 투자 수요 규모에도 영향을 줄 수

밖에 없다. 넷째, 본 논문의 연구 결과물은 거시 경제 분석의 값이어서 미시적인 차원, 예를 들어 교통부문별 정책방향, 신규 사업과 계속사업 간의 관계, 지방사업과 국가사업의 연계 정도, 단일사업과 복합사업의 포함 여부 등을 기준으로 한 투자 규모와는 상이하다. 마지막으로 CGE모형은 일반균형이론에 근거하여 개발되었기 때문에 교통

투자 수요는 단순히 가격 및 소득 변수에만 결정되는 것이 아니라 노동 및 자본시장, 정부 재정, 수요와 공급, 가격 등 실물경제 전반의 자원배분 과정과 연계되어 결정된다. 그러나 CGE모형이 실물경제만을 대상으로 개발되었기 때문에 비경제적 요인 및 금융시장 요인과 교통투자의 네트워크 및 공간 효과를 감안하지 못하였다. 만일 생산활동의 집적 경제나 독과점 시장이 존재할 경우 모형의 구조적 변화 없이는 이러한 요소를 반영하는 데 한계가 있다. 또한 경제주체 모두 효율적인 자원 배분을 추구하는 것을 가정하고 있는데 목표 자체가 지역 균형 개발, 고용 효과의 극대화, 물가 상승 억제 등으로 변경된다면 전혀 다른 교통투자 수요 값이 도출될 것으로 예상된다.

#### IV. 결론 및 향후 연구 과제

본 논문에서는 교통산업 중심의 CGE모형을 개발하여 경제성장과 교통서비스 요금 대안에 따른 교통투자의 적정 수요를 추정하였다. 주요 결과를 살펴보면, 경제성장이 향상되면서 국내총생산 대비 교통투자 수요도 늘어나는 것으로 나타났다. 경제성장률이 0%일 경우 투자 수요는 국내총생산 대비 2.939~2.944%로 추정되었으며, 성장률이 2%일 경우 3.606~3.611%, 성장률이 4%일 경우 4.240~4.245% 등으로 나타났다. 각 대안별로 투자 비중의 최대 최소 차이는 0.01%포인트 미만이라는 점에서 투자 수요에 미치는 가격 요인은

크지 않다고 볼 수 있다.

본 논문의 기여도를 정리하면, 우선 방법론 측면에서 전통적인 CGE모형에 교통투자 부문 간 상호의존성을 고려하여 투자 수요를 분석하였다. 또한 교통투자의 계층적 구조화를 통해서 투자 수요를 직접 추정하였기 때문에 계산 과정의 불필요한 오차를 줄일 수 있다. 한편 중장기 교통투자를 전망하기 위해서는 세계시장의 재화 및 서비스 가격, 환율 변동, 정부 재정 구조, 인구 및 노동 공급 등 주요 외생변수 값을 조정하고 또한 모형 구조 및 모수 값과 직접 연관되는 사회계정행렬을 최신자료로 대체하는 과정이 요구된다.

향후 연구과제로서 우선 교통투자 수요가 효과 및 시장 여건에 의해 결정되지만, 필요한 재원이 조달 가능한지 그리고 누가 운영하는지에 따라서는 영향을 받을 수 있다. 이러한 점에서 교통투자의 재원조달 유형과 운영 조건을 고려한 금융 CGE모형(Financial CGE Model)을 개발하여 투자의 적정 수요를 추정할 필요가 있다. 즉 정부 재정으로 투자재원을 확보하는 경우와 민자를 유치한 경우 간 투자 효과 차이는 시장의 구축 여부에 따라 클 수 있으며, 이는 투자 수요에도 영향을 미칠 수 있다. 만일 민간부문이 운영하는 교통시설의 효율성이 다른 방식에 비해 높을 경우 교통투자의 적정 수요는 오히려 낮아질 여지가 있다. 또한 본 논문에서는 투자의 중장기 효과는 전술한 바와 같이 축차적인 방법에 기초하여 분석하였는데, 모형의 동태 모형 대안으로 합리적 기대 방법(rational expectation 또는 forward looking)을 사용하는 방안도 검토할 수 있다. 장래의 투자 효과까지 고려하여 투자 규모에 대한 의사를 결정한다는 점에서 타당한 방법일 수 있으나 그 불확실성을 얼마나 고려하느냐가 또 다른 논쟁으로 남아 있다. 마지막으로 교통투자는 공간성을 배제할 수 없다는 점에서 공간 특성을 고려한 CGE모형을 개발하여 투자를 평가하는 방안을 생각

할 수 있다. 예를 들어 저차위 공간을 기준으로 교통시설의 접근성과 경제 효과 간 관계를 공간계량경제 모형으로 추정한 다음 이를 고차위 공간 단위의 CGE 모형과 연계할 경우, 투자 크기와 투자의 공간적 위치가 투자 효과에 미치는 영향을 분석할 수 있다.

## 참고문헌

- 교통개발연구원. 2003. 중장기 SOC 투자전략 수립연구. 경기 : 교통개발연구원.
- 국가재정운용계획 수송·교통 및 지역개발분야 작업반. 2010. 6.15. "2010~2014년 국가재정운용계획: 수송·교통 및 지역개발분야". 기획재정부·한국개발연구원. 국가재정운용계획SOC 분야 공개 토론회. 서울 : 서울역.
- 국토연구원·교통개발연구원·한국건설기술연구원·한국철도기술연구원·한국해양수산개발원. 2000. SOC 종합투자조정계획의 수립. 경기 : 교통개발연구원.
- 국토연구원. 2003. SOC 부문 재정투자방향 및 정책과제. 경기 : 국토연구원.
- 김명수. 2011. "광역시도별 사회간접자본 순자산 스톡 추계연구". 국토계획 제46권 제3호, pp193-205.
- 김익준·김홍석. 2005. 국가 중장기 SOC 투자전략 평가: 도로 및 철도사업의 지역경제 효과 추정. 서울 : 국회.
- 김익준·김홍석·박추환·신동진. 2006. "도로 및 철도사업의 중장기 권역별 지역경제 파급효과 분석". 지역연구 제22권 제3호, pp3-28.
- 류덕현. 2012. "내생적 경제성장모형을 활용한 사회간접자본(SOC)투자 적정성의 평가". 국토연구 제73권, pp83-97.
- 정재호·성명재·이명현. 2003. 관세를 체제 개선을 위한 연구: 국제비교 및 일반균형모형의 응용. 서울 : 한국조세연구원.
- 이종필·하태영. 2011. 항만 사회간접자본 적정투자규모 선정에 관한 연구. 서울 : 한국해양수산개발원.
- 한국개발연구원. 2004. 우리나라 SOC 스톡진단 연구. 서울 : 한국개발연구원.
- 한국은행. 각 연도 산업연관표.
- Brocker, Johannes. 1995. "Chamberlinian Spatial Computable General Equilibrium Modelling: A Theoretical Framework". *Economic Systems Research* vol.7, no.2, pp137-150.
- \_\_\_\_\_. 2002. "Spatial Effects of European Transport Policy: A

- CGE Approach”. eds. Hewings, G. J. D., Sonis, M. and Boyce, D. in *Trade, Networks and Hierarchies*. New York : Springer. pp11-28.
- Caspersen, Søren., Eriksen, L. and Larsen, M. M. 2000. *The BROBISSE Model – A Spatial General Equilibrium Model to Evaluate the Great Belt Link in Denmark*. Copenhagen : AKF Forlaget.
- Conrad, Klaus. 1997. “Traffic, Transportation, Infrastructure and Externalities: A Theoretical Framework for a CGE Analysis”. *The Annals of Regional Science* vol.31. pp369-389.
- Conrad, Klaus. and Heng, S. 2002. “Financing Road Infrastructure by Savings in Congestion Costs: A CGE Analysis”. *The Annals of Regional Science* vol.36. pp107-122.
- Friesz, Terry L., Suo, Z. and Westin, L. 1998. “Integration of Freight Network and Computable General Equilibrium Models”. eds. Lundqvist, Lars., Mattsson, L. and Kim, T. J. in *Network Infrastructure and the Urban Environment*. New York : Springer. pp212-223.
- Giesecke, James A. and Madden, J. R. 2003. “A Large-Scale Dynamic Multi-Regional CGE Model with an Illustrative Application”. *Review of Urban & Regional Development Studies* vol.15, no.1. pp2-25.
- Haddad, Eduardo A. and Hewings, G. J. D. 2001. “Transportation Costs and Regional Development: An Interregional CGE Analysis”. eds. Friedrich, Peter. and Jutila, S. in *Policies of Regional Competition*. Baden-Baden : Nomos Verlagsgesellschaft.
- Horridge, J. Mark. 1994. “A Computable General Equilibrium Model of Urban Transport Demands”. *Journal of Policy Modeling* vol.16, no.4. pp427-457.
- Ivanova, Olga., Vold, A. and Jean-Hansen, V. 2002. “PINGO: A Model for Prediction of Regional and Interregional Freight Transport”. *Technical Report* no.578. Norway : Institute of Transport Economics, University of Oslo.
- Kim, Euijune. 1998. “Economic Gain and Loss of Public Infrastructure Investment: Dynamic Computable General Equilibrium Model Approach”. *Growth and Change* vol.29, no.4. pp445-468.
- \_\_\_\_\_. 2002. “Determinants of Optimal Level of Transportation Infrastructure”. *Journal of Urban Planning and Development* vol.128, no.3. pp150-163.
- Kim, Euijune., Hewings, G. J. D. and Hong, C. 2004. “An Application of Integrated Transport Network Multiregional CGE Model I: A Framework for Economic Analysis of Highway Project”. *Economic System Research* vol.16, no.3. pp235-258.
- Kim, Euijune. and Hewings, G. J. D. 2009. “An Application of Integrated Transport Network – Multiregional CGE Model to Calibration of Synergy Effects of Highway Investments”. *Economic Systems Research* vol.21, no.4. pp377-397.
- Kim, Euijune., Choi, Myoungsub. and Bae, Yujin. 2009. “The Effects of CO<sub>2</sub> Emissions on Transportation Investments Using a CGE Model”. *Western Regional Science Association 48th Annual Meeting*. 22~25 February Napa : California.
- Lofgren, Hans. and Robinson, S. 2002. “Spatial-Network, General-Equilibrium Model with a Stylized Application”. *Regional Science and Urban Economics* vol.32, no.5. pp651-671.
- Lofgren, Hans., Harris, R. L. and Robinson, S. 2002. *A Standard Computable General Equilibrium (CGE) Model in GAMS*. Washington, D.C. : International Food Policy Research Institute.
- Oosterhaven, Jan. and Knaap, T. 2003. “Spatial Economic Impacts of Transport Infrastructure Investments”. eds. Pearman, A., Mackie, P., Nellthorp, J. and Giorgi, L. *Transport Projects, Programs and Policies: Evaluation Needs and Capabilities*. Hampshire, UK : Ashgate. pp87-104.
- Rioja, Felix K. 1998. “Productivity and Welfare Implications of Public Infrastructure: A Dynamic Two-Sector General Equilibrium Analysis”. *Journal of Development Economics* vol.58, no.2. pp387-404.
- Robinson, Sherman. 1989. “Multisectoral Models”. eds. Chenery, H. and Srinivasan, T. N. in *Handbook of Development Economics*. Netherlands : Elsevier Science Publishers. pp886-947.
- Roson, Roberto. and G. Dell’Agata. 1996. “Environmental Externalities, Transport Costs and Interregional Trade in a General Equilibrium Model”. ed. Fossati, Amedeo, in *Economic Modeling under the Applied General Equilibrium Approach*. Aldershot : Avebury.
- Seung, Chang K. and Kraybill, D. S. 2001. “The Effects of Infrastructure Investment: A Two-Sector Dynamic Computable General Equilibrium Analysis for Ohio”. *International Regional Science Review* vol.24, no.2. pp261-281.
- Zhang, Pengcheng. and Peeta, S. 2011. “A Generalized Modeling

Framework to Analyze Interdependencies among Infrastructure Systems”, *Transportation Research Part B* vol.45, pp553 – 579.

일본 산업별 자본스톡 자료, 일본 내각부([www.cao.go.jp](http://www.cao.go.jp)), [2012. 5. 10].

일본 산업생산성 자료 2011, 일본 경제산업연구소([www.rieti.go.jp](http://www.rieti.go.jp)), [2012. 5. 10].

한국 및 일본 소득 통계, 한국은행([www.bok.or.kr](http://www.bok.or.kr)), [2012. 5. 10].

- 
- 논문 접수일: 2013. 10. 8
  - 심사 시작일: 2013. 10. 15
  - 심사 완료일: 2013. 11. 26

## Calibration of Optimal Size of Transportation Investments : An Application of CGE Model

**Keywords:** Computable General Equilibrium Model,  
Transportation Investment, Optimality

The purpose of this study is to estimate the optimal size of transportation investment subject to the economic growth rate and the price level of transportation services in Korea. The recursively dynamic Computable General Equilibrium model is developed with an emphasis on the transportation sectors. This study finds that the transportation investment could increase with the economic growth rates of Korean economy. The share of the investment to the GDP would be 2.939~2.944% under the zero economic growth rate, and the annual growth rate with 3% could lead to the increase of the share to 3.927~3.932%. In a sense that the demand for the transportation investments is completely derived from the profit maximization of the producer and the utility maximization of the household, so the social objectives such as the regionally balanced development, income distribution and regulation on the price inflation could generate quite different levels of the investments from the estimates of this study.

### 적정 교통투자 규모 산정: CGE모형을 중심으로

**주제어:** 연산일반균형모형, 교통투자, 적정 규모

본 논문의 연구 목적은 일반균형이론의 관점에서 우리나라 경제성장률과 교통 서비스 가격의 변동에 따라 교통투자의 적정 규모가 어떻게 변동하는지를 분석하고자 한다. 분석 틀은 교통 중심의 동태 연산일반균형모형으로 1개 소비자-1개 정부-10개 생산자로 구성되어 있다. 주요 결과를 살펴보면, 우선 경제 성장이 향상되면서 국내총생산 대비 교통투자 수요도 늘어나는 것으로 나타났다. 경제성장률이 0%일 경우 투자 수요는 국내총생산 대비 2.939~2.944%로 추정되었으며, 성장률이 2%일 경우 3.606~3.611%, 성장률이 4%일 경우 4.240~4.245% 등으로 나타났다. 각 성장 대안별로 국내총생산 대비 교통투자 수요 비중 범위가 0.01% 포인트 미만이라는 점에서 투자 수요에 미치는 가격 요인은 크지 않다고 볼 수 있다. 교통투자 수요 추정치는 경제 주체의 효율성을 목표로 도출되었다는 점에서 목적 함수를 지역 균형 개발, 소득 배분, 고용 효과의 극대화, 물가 상승 억제 등으로 변경한다면 교통투자 수요 값이 달라질 수 있다.