사회간접자본(SOC)투자 평가모형의 개발

Development of an Evaluation Model for SOC (Social Overhead Capital) Investment

국토연 2000－11

사회간접자본(SOC)투자 평가모형의 개발

Development of an Evaluation Model for SOC(Social Overhead Capital) Investment

●

연구책임 노 정 현 (한양대학교)
이 영 균

연 구 자 김 홍 배 (한양대학교)
류 재 영

國土硏究院

연 구 진

연구책임 노 정 현 (한양대학교)
이 영 균

연 구 자 김 홍 배 (한양대학교)
류 재 영

국토연 2000－11 · 사회간접자본(SOC)투자 평가모형의 개발

글쓴이 · 노정현 · 이영균 · 김홍배 · 류재영 / 발행자 · 이정식 / 발행처 · 국토연구원
출판등록 · 제2-22호 / 인쇄 · 2000년 12월 26일 / 발행 · 2000년 12월 31일
주소 · 경기도 안양시 동안구 관양동 1591-6 (431-712)
전화 · 031-380-0429(정보자료팀) 031-380-0114(대표) / 팩스 · 031-380-0474
http://www.krihs.re.kr

서 문

한정된 국토자원을 합리적으로 이용하기 위해서는 각 SOC투자사업의 효율성이 요구된다. 또한 형평성 측면에서 지역간 균형발전을 유도해야 한다. 그러나 지금까지 SOC투자의 효율성과 지역개발 효과에 대한 객관적이며, 합리적인 기준과 이를 추정할 계량적 모형이 개발되어 있지 않았다. 따라서 주로 계획가의 직관 또는 의사결정자의 주관적인 의도에 의해 투자사업이 결정되므로 자원배분의 효율성과 소득분배의 형평성을 해치는 결과를 가져다 주었을 가능성이 높다.

본 연구는 SOC투자사업의 사전평가모형을 개발하고 모형의 출력자료를 이용하여 투자에 따른 경제성 분석과 지역별 지역경제 파급효과를 정량적으로 추정할 수 있는 틀을 제시하고 있다. 비록 본 연구가 가상적인 소규모 자료를 이용한 모형개발에 한정하였으나 실제 SOC투자평가에 적용하기 위한 추가적인 연구가 수행된다면 SOC투자평가 모형의 활용성은 매우 높으리라 생각된다.

특히 본 연구는 한양대학교 노정현 교수와 본 원 이영균, 류재영 연구위원이 공동연구 책임으로 수행된 연구로 학연 공동 연구의 성공가능성을 보여 준 또 하나의 의미를 갖는다고 할 수 있다.

끝으로 부족한 여건 가운데에도 훌륭한 연구결과를 내어주신 한양대학교 김홍배 교수와 김한수 군, 김영식 군, 본 연구과제가 새로운 연구 틀로 정립되어 발전될 수 있도록 많은 노력과 지원을 기울여준 김정호 부원장과 전 SOC연구센타장 김흥수 박사, 원내 외 심의위원 여러분의 노고를 치하하는 바이다.

2000. 12.

국토연구원 원장 이정식

초 록

본 연구에서는 한정된 국토자원과 SOC투자 재원을 효율적으로 이용하기 위해 SOC투자정책의 효과분석과 자원배분의 효율성을 평가할 수 있는 모형을 개발하였다. 이는 SOC투자로 인해 나타날 토지이용 및 교통체계의 변화 뿐 아니라 지역별 산업별 경제적 파급효과, 지역간 교통수요, 지역별 토지수요, 그리고 투자의 경제성을 종합적으로 분석하므로 지역간 형평성을 추정할 수 있다.

이 모형은 각종 교통시설 및 토지개발 투자로 인하여 야기될 토지이용-교통체계의 장기적인 균형상태를 규명할 수 있는 경제학적 균형모형으로써, SOC투자사업의 파급효과 분석과 다양한 SOC사업의 우선 순위를 결정할 수 있는 분석의 틀로 이용할 수 있다. 따라서, 이들 분석을 바탕으로 효율적인 국토개발방향을 제시할 수 있는 지표의 제공이 가능하다.

모형개발을 위해 다음과 같은 선행연구를 고찰하였다. 첫째, 토지이용과 교통간의 상호연관성을 각종 경제활동의 입지형태와 관련하여 설명한 토지이용-교통 균형모형의 발전과정을 살펴보았다. 둘째, 기존 토지이용-교통 균형모형의 가정 중 지역별 투입계수가 동일하다는 가정을 현실에 적합하도록 하기 위해 다지역 투입-산출 모형을 살펴보았다.

이와같은 선행연구 고찰을 통해 개발된 모형은 다지역 투입-산출 모형과 토지이용-교통 균형모형, 지역개발 파급효과분석 모형, 경제성분석 모형의 모듈로 구성된 구조를 가진다.

모듈 Ⅰ인 다지역 투입-산출 모형에서는 SOC투자에 의해 변화된 지역간 통행비용으로 상품의 가격 변화를 추정하고, 이를 통해 최종수요의 변화를 분석한다. 즉, 상품가격의 하락으로 인해 해당 상품의 수출이 증가하고, 수입이 감소한 것을 반영한다. 모듈 Ⅱ인 토지이용-교통 균형모형에서는 모듈 Ⅰ에서 분석된 결과와 기타의 입력자료를 이용하여 각종 경제활동의 균형상태를 도출하여 지역별, 산업별 생산액과 입지잉여, 지역별 지가와 토지이용, 지역간 통행수요 등을 추정한다. 이들 분석결과는 모듈 Ⅲ인 지역개발 파급효과분석 모형과 모듈 Ⅳ인 경제성 분석 모형에서 분석지표로 활용되어 진다.

프로토 타입의 SOC투자계획을 설정하여 모형에 적용한 결과, 모듈 Ⅰ에서는 지역별 투입산출계수를 산출하고, SOC투자에 의한 수송비 절감이 상품가격과 최종수요에 미치는 영향을 파악하여 이를 추정하였다. 모듈 Ⅱ에서는 모형분석을 위한 입력자료인 토지 및 자본투입함수와 자본가격, 토지가격, 생산시설의 밀도, 지역간 품목별 수송저항계수 및 지역별 개발토지면적을 가정하여 분석한 결과 지역별 지가와 지역별 산업별 생산액, 입지잉여, 토지이용 및 생산시설밀도 그리고 지역간 품목별 수송수요를 산출하였다. 모듈 Ⅲ에서는 모듈 Ⅱ에서 산출된 결과를 이용하여 지역별 산업별 생산효과, 지역별 고용효과, 지역균형효과를 분석하였다. 모듈 Ⅳ에서는 SOC투자계획의 비용을 가정하고, 이 비용과 모듈 Ⅱ에서 분석된 결과를 이용하여 사업의 경제성을 분석하였다.

SOC투자를 평가에 적용하기 위해서는 본 연구를 통해 개발된 모형을 확장해야할 필요성이 있다. 즉, 전국을 각 지역별로 세분하여 구분하며, 지역간 도로 등으로 구성된 교통체계를 구축하고, 산업분류를 세분화해야 한다. 또한, 모형의 입력자료를 산출하기 위한 연구가 필수적이다. 이는 모듈 Ⅰ의 입력자료인 지역별 투입산출계수, 상품가격, 최종수요와 모듈 Ⅱ의 입력자료인 토지 및 자본투입함수, 자본가격과 토지가격, 생산시설의 밀도, 지역간 품목별 수송저항계수, 지역별 개발 토지면적 등을 조사, 분석, 추정하여야 한다.

차 례

표 차례

그림 차례

CHAPTER 1

연구의 개요

1. 연구의 배경

정부는 2000년도 SOC투자예산을 14조 768억원으로 의결하였다. 이는 지난해보다 1조 7,580억원이 더 증가된 액수이며, 이와 같은 SOC투자예산은 경제발전과 함께 계속 증가될 전망이다. 그러나 한정된 재원을 어느 지역 어느 부문에 배분하느냐 하는 것은 국토자원의 효율적 이용을 좌우한다는 점에서 매우 중요하다.

정부는 한정된 재원을 효율적으로 배분하기 위해서 정부재정이 투입되는 SOC사업에 대한 투자를 결정하기 전에 투자에 따른 경제적 편익과 소요되는 비용을 비교하는 투자타당성 조사를 시행하여 왔다. 그러나 해당 SOC사업을 담당하는 중앙정부부처 또는 지방자치단체의 주관 아래 타당성 조사를 시행함으로서 국가 전체적인 관점으로 종합적인 평가를 하지 못한다는 점에서 객관성과 신뢰성이 의문시되어 왔다.

이러한 문제점을 해결하고 개별사업의 타당성 조사 이전단계에서 국가 전체적

인 관점에서 정책적 의의와 경제성을 종합적으로 검토하여 해당 SOC사업의 효율적이고 현실적인 추진방안을 제시하고자 일정규모 이상의 SOC사업에 대한 예비타당성 조사제도를 도입하여 운영하고 있다.

한정된 국토자원을 합리적으로 이용하기 위해서는 국가 기간산업인 도로, 항만, 공항 등의 교통시설 및 공업단지 개발 등 국토개발에 관련한 각 사업의 투자 즉, 사회간접자본(SOC) 투자의 효율성과 형평성 측면에서 지역간 균형발전이 요구된다. 그러나 현재까지 SOC투자의 효율성과 형평성을 판단할 만한 객관적이며, 합리적 기준이 마련되어 있지 못할 뿐 아니라 이를 추정할 수 있는 계량적 모형이 개발되어 있지 않은 실정이다. 결국 지금까지 SOC부문의 투자계획 추진과정은 주로 계획가의 직관 또는 정책결정자의 의도가 큰 비중을 차지하며 수립, 집행되어 왔다. 이러한 자원배분과정상의 문제점은 바로 국토공간자원의 비효율적 활용과 지역간 불균형을 야기 시킨다는 것이다.

따라서 국토차원에서 SOC투자정책의 효과분석과 자원배분의 효율성과 형평성을 평가할 수 있는 종합적 모형의 개발이 절실히 요구되고 있는 실정이며, 이러한 모형의 개발과 운용은 예비타당성 조사시 매우 효과적인 도구로 활용될 수 있을 것이다.

2. 연구의 목적

SOC투자가 지역경제에 미치는 영향은 통행수요의 변화에서부터 지역별 산업별 생산, 지역 내 토지이용의 변화 등에 이르기까지 매우 다양하다. 따라서 본 연구는 SOC투자로 인해 나타날 토지이용 및 교통체계의 변화 뿐 아니라 지역별 산업별 경제적 파급효과, 지역간 교통수요, 지역별 토지수요, 그리고 SOC투자의 경제성을 종합적으로 분석할 수 있는 모형을 개발하고자 한다.

본 연구에서 개발하고자 하는 모형은 지금까지 각 SOC투자 사업별로 그 타당

성을 분석하기 위해 사용하여 왔던 모형과는 달리 SOC투자에 따라 야기될 수 있는 지역별 산업별 경제적 자원배분의 장기적 균형상태를 도출함으로 자원배분의 효율성을 추구할 수 있는 상태를 추정할 뿐 아니라 모형의 쌍대변수값을 이용하여 지역간 소득분배의 형평성을 분석할 수 있는 자료를 제공할 수 있다.

본 연구의 구체적인 목표는 다음과 같다.

첫째, 각종 교통시설 및 토지개발 투자로 인하여 야기될 토지이용-교통체계의 장기적인 균형상태를 규명할 수 있는 균형모형(equilibrium model)을 개발한다.

둘째, SOC투자사업의 파급효과 분석과 다양한 SOC사업의 우선 순위를 결정할 수 있는 분석의 틀(framework)을 제시한다.

셋째, 위의 분석을 바탕으로 효율적인 국토개발방향을 제시할 수 있는 지표를 제시한다.

CHAPTER 2

선행 연구 고찰

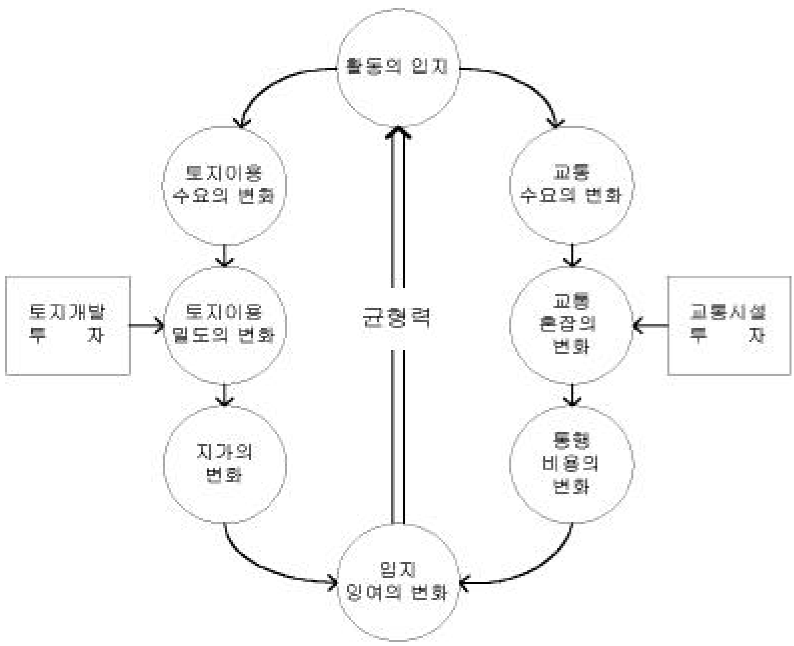
1. 토지이용-교통 균형체계의 개념

노정현(1993)은 토지이용과 교통간의 상호연관성을 <그림 1>과 같이 각종 경제활동의 입지행태와 관련하여 설명하였다. 즉, 활동주체가 어느 한 지역에 입지함으로써 나타나는 변화는 교통체계와 토지이용체계의 두 측면에서 설명할 수 있다. 교통체계 측면에서 보면 경제활동의 입지는 그 지역의 통행수요를 증가시키고 이는 궁극적으로 교통시설의 혼잡을 야기시키게 된다. 그 결과 그 지역을 통행하는 통행자의 통행비용이 증가하게 되어 결국은 그 지역의 접근성을 감소시키는 것으로 나타난다. 또한 토지이용측면에서 보면 경제활동의 입지는 그 지역의 토지이용수요를 증가시켜 그 결과 지가를 상승시키게 된다.

여기서 각 경제활동의 주체는 지역의 지가와 통행비용을 모두 고려하여 최종적으로 입지를 결정하게 되는데 이 두 요소간의 상대적 이득을 입지잉여(locational surplus)라 한다. 다시 말해서 각 경제활동의 주체는 자신의 활동을 위한 입지를 결정할 때 시장으로부터의 거리, 생산에 필요한 생산요소의 취득 용이성에 따라 가장 유리한 지역을 선택하게 되며, 이와 같이 각 지역에서 각 경제활

동 주체가 자신의 입지를 결정하는게 상대적으로 유리한 정도를 입지잉여라 한다. 이 입지잉여는 그 지역에 입지함으로써 얻는 편익과 생산, 소비활동에 지불하는 비용과의 차이를 말하는 것으로 부문별로 다르다. 결국 각 활동의 주체인 가계, 기업, 공공기관 등은 각기 다른 입지잉여를 갖게 되며, 이들은 자신의 입지를 변경함으로써 더 나은 이득을 취하려 한다. 결국 이러한 행태는 <그림 1>에 보이는 바와 같이 교통체계와 토지이용체계 모두에 영향을 주어 다시 입지잉여의 변화를 가져다주는 순환과정을 통해 균형상태에 이르게 된다.

<그림 1> 교통-토지이용 균형체계 자료: 노정현(1993)



이 입지잉여는 각 경제활동의 주체들이 효용극대화 또는 비용최소화 원리에 따라 자신들의 활동입지를 정하는 기준이 되며, 이는 교통측면에서 보면 교통의 편리성을 나타내는 접근성을, 토지이용측면에서 보면 생산비용면에서 상대적 이득을 제공하는 기회 또는 잠재력을 나타낸다고 볼 수 있다. 왜냐하면, 경제활동

상의 편익과 비용은 그 지역에 입지함으로써 얻는 통행비용, 기회, 그리고 소비자 잉여를 모두 포함하고 있기 때문이다.

2. 토지이용-교통 균형모형

토지이용과 교통간 상호영향의 중요성에 대한 일반적인 인식에도 불구하고, 대부분의 토지이용모형 개발에 있어서는 교통분야를 고려하지 않거나 혹은 단순화한 토지이용 상태 하에서의 교통모형이 개별적으로 개발되고 발전하여 왔다.

토지이용모형으로는 경제학 이론을 배경으로 하지 않는 Lowry(1964)의 모형과 Hill(1965)의 Empiric모형, 미시경제이론을 바탕으로 한 Alonso(1964)의 이론을 선형계획기법으로 계산이 가능하도록 한 Herbert and Stevens(1960)의 모형, 그리고 회귀분석기법을 이용한 Ingram(1972) 등의 NBER모형, DeLeeuw and Struyk(1975)의 Urban Institute모형 등이 초기적 연구였으며, 이와 같은 새로운 접근방법은 계속 연구 발전되어 왔다.

교통계획모형의 가장 전형적인 형태로는 단계적 수요예측모형-통행발생, 통행배분, 교통수단선택, 노선배정-을 들 수 있으며, 이들은 각 단계별로 여러 유형의 모형들이 개발되거나 혹은 몇 단계를 묶어 동시적으로 계산하는 모형들도 개발되었다.

이러한 각 단계별 모형개발에 있어 Wardrop(1952)의 개념을 계산가능 하도록 한 Beckmann(1956)의 모형, Wilson(1967)의 Entropy모형, McFadden(1973)의 로짓모형 등은 교통분야에 새로운 기법을 소개한 중요한 연구로 볼 수 있다. 이렇게 대부분의 경우 토지이용 분야와 교통분야의 연구들은 각각의 분야별로 독립적으로 연구, 발전되어 왔으며 각종 관련 정책결정에 이용되어 왔다.

이러한 과정에서도 교통과 토지이용과의 상호영향관계를 모형화 하고자 하는 시도가 1970년대 초반부터 시작되었다. 이 중 하나로 미국 교통부의 요청으로

Putman이 1983년에 완료한 연구를 우선 들 수 있다. Putman(1983)은 Lowry의 모형으로부터 영향을 받고 기존의 토지이용모형을 수정, 교통모형을 접목시키는 연구를 시작하여 현재에 이르기까지 거의 30년간 연구를 계속하여 왔으며, 이를 정책결정에 이용하기 위한 노력을 지속하여 왔다.

Putman과는 다른 접근방법을 택한 중요한 연구 중 하나로는 Mills(1972)의 도시활동 일반균형모형을 들 수 있다. Mills는 각종 도시생산활동의 일반균형 상태를 선형계획모형으로 구성하였고, 그 뒤 Kim(1986)은 비정형적인 존(zone)체계를 도입하고, 지역간 교통분산정도를 엔트로피 값으로 나타내는 Wilson(1967)의 개념을 도입하여 보다 일반화된 비선형 토지이용-교통균형모형을 개발하였다. 그 뒤 이 비선형계획모형의 해법은 Rho and Kim(1989)에 의해 개발되었고, Chicago 지역에 적용하여 그 실용가능성을 보여주었다.

노정현(1995)은 토지이용-교통 통합모형 중 현실에 적용하여 실용성이 입증된 Rho and Kim(1989)의 비선형모형과 그 해법을 토대로 전국 지역간 토지이용 및 수송의 최적화 상태를 규명함으로써 국토 등 공간계획의 평가에 활용할 수 있는 종합지역체계 모형을 개발하였다.

하지만 위 모형에서는 지역별 투입계수가 동일하다는 가정 하에 전국 투입-산출 모형을 이용하였다. 구체적으로 표현하면, 이 가정은 기계 제품 1단위 생산을 위해 투입되는 기계, 전기, 금속제품의 단위가 모든 지역에서 동일함을 의미한다. 이러한 가정으로 인해 현실적인 측면에서 산업제품에 대한 수요의 변화가 각 지역 경제에 미치는 영향을 측정하기 어렵다.

3. 다지역 투입-산출 모형

지역간 공간의 인식은 바로 제품이 지역간 이동할 때 공간 극복을 위해 발생되는 교통비의 존재를 가리키며, 이는 제품의 생산지역과 소비지역이 동일하지 않

을 경우 지역간 가격 차이를 발생시키는 근본 원인이 된다. 이러한 지역간 가격 차이는 바로 지역간 원활한 제품의 흐름인 교역을 저해하게 된다. 왜냐하면 교통비 부담 때문에 소비자들은 지역외부에서 생산된 제품을 소비하기보다는 지역내에서 생산된 제품을 소비하려는 경향을 갖기 때문이다. 즉, 지역간 발생하는 교통비로 인해 제품에 대한 지역내부의 수요는 높은 반면 지역외부의 수요는 낮게 된다.

그리고 교통비는 지역 내에서 생산되는 산업제품들의 가격 결정에 영향을 주게된다. 왜냐하면 지역외부에서 생산된 제품이 중간재로 투입되는 경우 구매자가 지불한 교통비는 중간재 비용의 일부가 되기 때문이다. 이러한 맥락에서 볼 때 고속도로와 같은 SOC투자에 따른 지역간 접근성의 향상은 지역간 교통비의 감소와 지역간 가격 차이의 감소로 요약될 수 있다.

지역간 접근성의 향상이 지역경제에 미치는 영향은 총량적인 접근보다는 산업별로 구분하여 분석되어져야 한다. 왜냐하면 접근성 향상으로 인한 산업제품에 대한 수요변화는 산업마다 다르기 때문이다. 좀더 구체적으로 말해 접근성의 향상으로 인해 지역내 수요는 일반적으로 낮아지는 반면 지역외부에서 발생하는 수요는 증가하게 된다. 이러한 수요의 변화에 따라 산업의 생산은 증가할 수도 아니면 감소할 수도 있는 것이다. 그리고 지역경제를 구성하는 산업 중 접근성 향상으로 인해 산업의 생산규모가 증가되는 산업이 감소되는 산업보다 많은 경우 그 지역경제는 성장한다고 하겠으며, 반대의 경우는 접근성의 향상에도 불구하고 그 지역 경제는 쇠퇴하게 된다. 따라서 SOC투자에 따른 지역경제의 변화는 바로 그 지역의 산업구조에 의한다고 할 수 있다. 이러한 측면에서 지역간 제품의 흐름과 지역경제의 산업구조를 동시에 고려할 수 있는 가변 다지역 투입산출모형(variable multi-region input-output model)은 접근성 향상으로 인한 지역경제변화를 분석할 수 있는 적절한 수단이라고 할 수 있다.

Liew and Liew(1984, 1985)는 가변투입산출모형을 제시하였으며, 실제로 이 모형을 이용하여 미국 Arkansas내 수로건설이 지역경제에 미친 영향을 분석하였다.

국내에서는 김홍배 외(1995)가 경부고속전철의 건설이 지역경제에 미친 효과를 두 지역 모형으로 분석하였으며, 그 후 김홍배 외 3인(1997)은 국민경제를 8개 지역으로 구분하여 고속전철의 건설효과를 분석하였다. 그러나 전체적으로 보면 SOC의 투자가 지역 및 국민경제에 미친 영향을 분석하는데 있어 가변투입산출 모형을 이용한 경우는 매우 제한적이라고 할 수 있다.

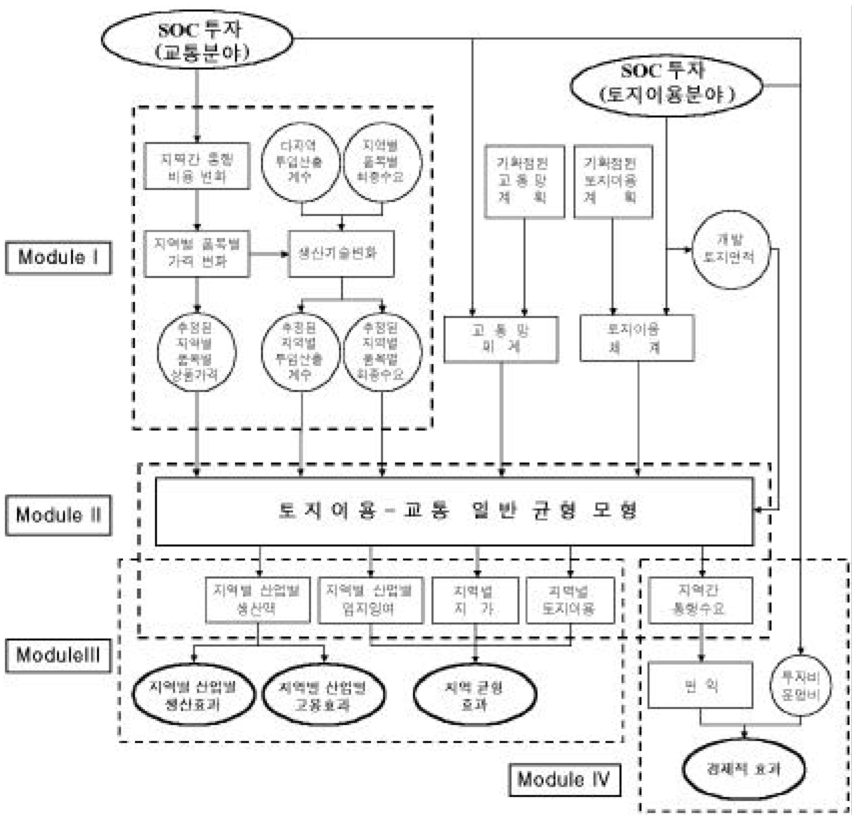
CHAPTER 3

모형 개발

1. 모형의 구조

본 연구에서는 교통분야와 토지이용분야에서 이루어지는 SOC투자를 모두 고려하여 이에 따른 경제적인 파급효과를 복합적으로 설명할 수 있는 모형을 개발하고자 한다. 편의상 본 보고서에서는 이 모형을 EMSI(Evaluation Model for SOC Investment)라고 명명한다. 모형의 전체적인 구조는 <그림 2>와 같으며, 그림에서 보는 바와 같이 네 가지 모듈(modules)로 구성된다.

<그림 2> SOC투자에 따른 파급효과 분석 모형



2. 모듈 Ⅰ: 다지역 투입-산출모형

모듈 Ⅰ은 지역별 생산기술(production technology)을 측정하고, SOC시설 건설에 따른 지역간 수송비 변화가 가져다 줄 지역별 생산기술의 변화, 지역별, 산업별 재화가격 변화, 지역별 산업별 최종수요의 변화를 측정하는 모형으로 다음과 같이 크게 3부분으로 구성된다.

첫째, 기존의 산업별 생산기술과 지역간 재화의 흐름에 관한 자료를 이용하여 다지역 투입산출표(Multi-Region Input-Output Table, MRIO Table)를 작성한다.

둘째, 작성된 투입산출표를 바탕으로 SOC투자사업에 의한 재화의 가격변화를 분석하기 위한 모형을 설정하고 이를 이용하여 SOC시설 건설에 따른 새로운 지역별 투입계수를 도출한다.

셋째, 지역별 산업별 최종수요에 미치는 효과를 분석한다.

1) MRIO 표 작성

본 연구의 목적은 모형의 현실적용이 아니라 현실에 적용할 수 있는 모형의 개발에 있다. 따라서 본 연구에서는 우리나라의 실제적인 다지역 투입산출표가 아니라 가정된 다지역 투입산출표(Assumed MRIO Table)를 이용하여 연구가 진행된다. 특히 본 연구에서는 산업의 고용구조와 가계부문의 소비구조를 고려하기 위해 가계부문을 산업부문으로 내생화 시킨 폐쇄투입산출표(Closed I-O Table)를 사용한다.

2) SOC투자사업에 따른 재화의 가격변화

SOC투자사업이 지역경제에 미치는 효과를 분석하기 위한 모형의 구조는 다음과 같다. 우선 국민경제는 8개 지역경제로 그리고 각 지역은 가계부문이 내생화

된 5개의 산업으로 구성된다. 각 지역 내 산업 r의 생산자는 중간재와 노동, 그리고 자본을 투입하여 재화를 생산한다. 이때 생산기술은 다음과 같이 수익불변의 Cobb-Douglas 생산함수로 가정한다.

$$X_r^i = A_r^i (L_r^i)^{\alpha_r^i} (K_r^i)^{\beta_r^i} \prod_j^8 \prod_q^5 (X_{rq}^{ij})^{\gamma_{rq}^{ij}}, \quad (1)$$

X_r^i : 지역 i내 산업 r의 생산량,

A_r^i : 지역 i내에 입지한 r산업의 생산성계수,

L_r^i : 지역 i내에 입지한 r산업에 투입된 노동스톡,

K_r^i : 지역 i내에 입지한 r산업에 투입된 자본스톡,

X_{rq}^{ij} : 지역 j 내 산업 q의 생산을 위해 투입되는 i지역의 r산업제품의 중간투입량.

여기서 생산기술은 수익불변을 가리키므로 각 요소의 생산성 탄력계수는 다음과 같은 조건을 만족시킨다.

$$\alpha_r^i + \beta_r^i + \sum_j \sum_q \gamma_{rq}^{ij} = 1. \quad (2)$$

식 (1)의 양변에 로그를 취하면,

$$\ln X_r^i = \ln A_r^i + \alpha_r^i \ln L_r^i + \beta_r^i \ln K_r^i + \sum_j \sum_q \gamma_{rq}^{ij} \ln X_{rq}^{ij}. \quad (3)$$

생산요소의 스톡을 측정하기 위해 요소의 이동 중에서 노동은 지역간 그리고 산업간 불완전 이동을 가정하는 반면, 자본은 지역간 그리고 산업간 완전 이동을

가정한다. 결국 지역간 그리고 산업간 노동임금의 불균형은 존재하나 자본수익은 전국적으로 동일하다고 가정한다. 따라서, 식 (4)와 같이 표현된다.

$$W_r^i \neq W_q^i \neq W_r^j \neq W_q^j, \text{ (단, } r \neq q),$$
$$r_r^i = r_q^i = r_r^j = r_q^j = \overline{r}, \qquad (4)$$

w_r^i : 지역 i내 산업 r에 종사하는 임금,

$r_r^i(\overline{r})$: 지역 i내 산업 r의 유발된 수익율(전국 평균 자본의 수익률).

각 산업의 생산자는 이윤극대화를 추구한다고 가정하므로 생산요소의 수요량은 생산요소의 한계생산가치만큼을 고용한다. 따라서, 식 (5)와 같이 표현할 수 있다.

$$p_{rq}^{ij} = p_r^i \frac{\partial X_r^i}{\partial X_{rq}^{ij}}, \quad W_r^i = p_r^i \frac{\partial X_r^i}{\partial L_{rq}^{ij}}, \quad r_r^i = p_r^i \frac{\partial X_r^i}{\partial K_r^i}. \qquad (5)$$

지역간 재화의 가격차이는 오로지 지역간 수송비에 의해 발생하는 것으로 가정할 때 지역간 재화의 가격차이는 식 (6)과 같이 표현된다.

$$p_{rq}^{ij} = p_s^j + TC_{rq}^{ij} = (1 + t_{rq}^{ij})p_s^j. \qquad (6)$$

위에서 제시된 식 (5)와 식 (6)을 식 (3)에 대입하여 정리하면 식 (7)과 같다.

$$\begin{aligned} \ln p_r^i - \sum_j \sum_q r_{rq}^{ij} \ln p_q^j &= \alpha_r^i \ln W_r^i + \beta_r^i \ln \overline{r} \\ &+ \sum_j \sum_q r_{rq}^{ij} \ln (1 + t_{rq}^{ij}) - \ln A_r^i \\ &- \alpha_r^i \ln \alpha_r^i - \beta_r^i \ln \beta_r^i - r_{rq}^{ij} \ln r_{rq}^{ij}. \end{aligned} \tag{7}$$

따라서 산업별 재화의 가격 행렬은 식 (8)과 같이 표현된다.

$$\ln P = (I - L)^{-1} \{D \ln W + E \ln \overline{r} + G \ln L + H \ln (1 + T) - A\}. \tag{8}$$

식 (8)을 이용하면 SOC투자사업으로 인한 지역간 접근성 향상이 지역별 재화의 가격 변화에 미치는 효과는 식 (9)와 같이 표현될 수 있다. 단, 여기서는 Liew and Liew(1985)의 연구와 같이 SOC투자사업으로 인한 노동임금과 자본수익의 변화는 없는 것으로 가정한다.

$$\frac{dP}{P} = (I - L)^{-1} H \frac{dT}{(1 + T)} . \tag{9}$$

재화의 가격변화는 생산자의 중간재 수요를 변화시키고, 이러한 중간재 수요의 변화는 지역의 투입계수 변화를 가져다 주므로, 투입계수의 변화는 식 (10)과 같이 추정할 수 있다.

$$(a_{rq}^{ij})^{new} = \frac{\gamma_{rq}^{ij} (p_r^i)^{new}}{\{1 + t_{rq}^{ij}\}^{new} (p_q^j)^{new}} . \tag{10}$$

3) 최종수요의 변화

앞에서 살펴보았듯이 SOC투자사업에 의한 접근성의 향상은 지역간 발생하는 교통비의 절감을 가져와 결국 산업제품 가격의 변화로 나타나게 된다. 이 가격의 변화는 생산자들의 중간재 수요와 소비자들의 최종재 수요를 변화시킨다.

재화의 가격변화에 따른 생산자들의 중간재 수요와 소비자들의 최종재 수요변화가 지역경제에 미치는 파급효과는 투입산출 체계로부터 도출되며 다 지역 경제에서 제품의 투입산출 체계는 아래의 식 (11)과 같다. 즉, 지역의 생산량은 생산과정에서 투입되는 중간재수요(AX)와 최종재 수요(F)에 의해 배분된다.

$$X = A \cdot X + F. \tag{11}$$

식 (11)에서 기술계수(A)은 고정된 계수(fixed parameters) 행렬이 아니라 SOC투자사업으로 인한 접근성의 향상에 따라 변하는 가변 행렬이다. 따라서 식 (11)을 전미분하면,

$$dX = (I - A)^{-1}(dA)X + (I - A)^{-1}dF. \tag{12}$$

식 (12)는 접근성 향상에 의한 산업별 생산량의 변화는 두 수요의 변화, 즉 산업구조의 변화, dA,와 최종수요의 변화, dF,에 따른 생산량의 변화를 의미한다. 여기서 중간재 수요의 변화는 지역경제의 산업구조의 변화를 의미하며, 이는 식 (10)에 제시된 바와 같이 지역의 투입계수 변화로 나타난다. 최종수요의 변화는 접근성 향상에 따른 재화의 가격변화에 의한 투자수요와 수출수요 및 수입수요의 변화로 나타나며 각각의 변화량은 아래와 같이 함수형태를 결정함으로써 계산된다.

$$\Delta F = \Delta I_P + \Delta E_P - \Delta M_P \ , \tag{13}$$

$$\Delta I_P = G(\Delta P), \Delta E_P = H(\Delta P; WPE), \Delta M_P = J(\Delta P; WPM).$$

$G(\cdot)$: 재화의 투자함수, $H(\cdot)$: 재화의 수출함수,

$J(\cdot)$: 재화의 수입함수,

WPE : 수출재의 World Price, WPM : 수입재의 World Price.

따라서 식 (10)과 식 (13)의 결과를 식 (12)에 대입하면 SOC투자사업에 의한 지역의 생산량 변화를 추정할 수 있다.

3. 모듈 Ⅱ : 토지이용-교통 균형모형

모듈 Ⅱ는 다지역 투입-산출모형에서 도출된 지역별 투입-산출계수, 지역별 품목별 최종수요, 상품가격과 SOC투자에 따른 토지이용체계변화 또는 교통체계변화, 지역별 개발 토지면적 등을 입력자료로 하여 효율적 자원배분상태의 지역별 산업별 생산액, 지역별 산업별 입지잉여, 지역별 토지이용체계, 지역별 지가, 지역간 품목별 통행수요 등을 추정하는 토지이용-교통 균형모형이다.

이 모형은 각 활동모형들을 통합한 통합지역활동모형으로 자원배분의 효율성은 모든 경제활동의 일반균형상태에서 얻어진다는 전제 하에, 각종 경제활동의 균형상태를 도출하기 위하여 입지모형, 생산모형(여기서는 투입-산출모형을 이용), 교통수요모형, 그리고 지가모형 등을 통합한 다음과 같은 구조를 가진다.

Min. [총 수송비용] + [생산활동에 사용된 총 자본 및 토지 투입비용]
+ [총 중간재투입비용]

s. t. 산업별,지역별 [유입량]+[생산량] ≥ [유출량]+[중간소비량]+[최종수요]
산업별 [지역간 수송량의 엔트로피] ≥ [예상 엔트로피 값]
지역별 [토지이용 수요면적] ≤ [개발 토지면적]

모형의 목적함수는 총 수송비용, 생산활동에 사용되는 총 자본 및 토지 투입비용, 그리고 총 중간재투입비용을 합한 총비용을 최소화하는 것이다. 또한 제약조건은 3가지 형태로 나누어진다. 식 (15)로 표현되는 제약식은 Wilson(1970)의 유통 풀(trade pool) 개념을 수식화한 것으로, 지역별, 산업별로 그 지역으로 유입되는 총 유입량과 그 지역에서 생산되는 총 생산량의 합은 그 지역으로부터 유출되는 총 유출량, 그 지역에서 소비되는 중간소비량, 그리고 그 지역으로부터 국외로 수출되는 최종수요량의 합과 같아야 한다는 상품흐름보존 조건을 나타낸다.

이 상품흐름보존 조건의 쌍대변수값은 경제학적으로 해당 지역 및 산업의 입지잉여를 의미하는 바 “유입량 + 생산량 = 유출량 + 소비량 + 최종수요량”의 균형상태에서 어느 한 변수값을 외생변수로 가정하면, 그 변수값의 한계가치가 쌍대변수값이 되는 바, 만약 유입량을 외생변수로 가정하면 유입량 한 단위 증가로 인한 목적함수값, 즉 총 비용의 변화를 나타내게 된다. 마찬가지로 유출량을 외생변수로 가정하게 되면, 해당 지역에서 해당 상품의 유출량 한 단위 증가시킴으로 인한 총 비용의 변화를 나타내게 되므로 이러한 점에서 볼 때 이 상품흐름보존 조건의 쌍대변수값은 수송측면의 접근성이라 할 수 있다.

또한 최종수요를 외생변수로 가정하면, 이 쌍대변수값을 최종수요에 대한 편익으로 가정할 수 있다. 아울러 생산량을 외생변수로 가정하면, 해당 지역에서 해당 상품을 한 단위 생산함으로 얻는 편익을 나타내며, 소비량을 외생변수로 가정하면, 해당 지역에서 해당 상품을 한 단위 소비함으로 얻는 편익을 나타낸다고 할 수 있다. 따라서 이 제약 조건의 쌍대변수는 수송측면의 접근성, 생산측면의 편익, 수출측면의 편익을 통합한 의미의 값을 나타내며 이를 입지잉여라 칭한다.

식 (16)으로 표현되는 제약식은 산업별 지역간 수송의 분석정도를 제약하며, 식 (17)로 표현되는 제약식은 토지수요가 공급을 초과하지 못한다는 제약으로 이 제약식의 쌍대변수값은 경제학적으로 볼 때 토지의 한계가치 즉, 지가로 인식될 수 있다.

이 모형의 최적해로부터 SOC투자에 따른 효율적인 국토이용상태를 나타내는 지역별 산업별 생산, 지역별 산업별 토지이용밀도, 산업별 지역간 교통량 등을 추정할 수 있으며, 이 때 각 제약 조건식의 라그랑지 승수(lagrange multipliers)들을 이용하여 지역별 산업별 입지잉여, 지역별 지가 등을 추정할 수 있다.

총 수송비용, 생산활동에 사용된 총 자본 및 토지 투입비용, 총 중간재투입비용의 합을 최소화하는 비선형계획모형은 다음과 같다.

$$Min \sum_i \sum_j \sum_r c_r^{ij} X_r^{ij} + \sum_i \sum_r (\sum_q a_{rq}^{ii} X_q^i) p_r^i + \sum_i \sum_r [L \exp(\alpha_{1r} s_r^i + \beta_{1r}) + R \exp(\alpha_{2r} s_r^i + \beta_{2r})] X_r^i, \quad (14)$$

$$\text{s. t.} \sum_{j \neq i} X_r^{ji} + X_r^i \geq \sum_{j \neq i} X_r^{ij} + \sum_q a_{rq}^{ii} X_q^i + F_r^i \quad \text{for all i and r,} \quad (15)$$

$$- \sum_i \sum_j X_r^{ij} \ln X_r^{ij} \geq S_r \quad \text{for all r,} \quad (16)$$

$$\sum_r \exp(\alpha_{1r} s_r^i + \beta_{1r}) X_r^i \leq l^i \quad \text{for all i,} \quad (17)$$

$$X_r^i,\ X_r^{ij} \geq 0 \quad \text{for all i, j, r.} \quad (18)$$

여기서, 내생변수(endogenous variables)**는**

X_r^{ij} : **지역** i**에서** j **로 수송되는 품목** r**의 양,**

X_r^i : **지역** i**에서 생산되는 품목** r**의 양,**

s_r^i : **지역** i**에서 품목** r**의 생산시설**(**토지이용**)**의 밀도.**

외생변수(exogenous variables)**는**

c_r^{ij} : **품목** r**을 지역** i**에서** j**까지 수송하는데 소요단위수송비용,**

F_r^i : **지역** i, **품목** r**의 최종수요량,**

l^i : **지역** i**의 개발 토지면적,**

S_r : **품목** r**의 지역간 수송배분에 대한 엔트로피 수준,**

a_{rq}^{ii} : **지역** i**의 품목** q**에 대한 품목** r**의 투입계수,**

p_r^i : **지역** i**의 품목** r**에 대한 상품가격,**

L : **토지의 기본지대,**

R : 자본의 기회비용,

$\alpha_{1r},\ \beta_{1r}$: 토지투입함수의 파라메타,

$\alpha_{2r},\ \beta_{2r}$: 자본투입함수의 파라메타.

최적해를 찾는 과정은 두 단계로 나누어진다. 첫째, 부록에서 도출한 최적조건인 비선형 연립방정식 식 (A14)와 식 (A15)를 Powell의 Hybrid방법으로 풀어 변수 (λ^i와 y^i)의 해를 구한다.

$$\sum_r \exp(\alpha_{1r} s_r^i + \beta_{1r}) X_r^i(\bar{\lambda}) - l^i + y^i = 0 \qquad \text{for all i,} \qquad (A14)$$

$$\lambda^i \cdot y^i = 0 \qquad \text{for all i.} \qquad (A15)$$

둘째, λ^i를 식 (A10), (A11), (A12), (A13)에 대입함으로 모형의 최적해를 구한다.

$$s_r^i = \frac{\ln\left(-\dfrac{\alpha_{1r}(L+\lambda^i)}{\alpha_{2r}\cdot R}\right) - (\beta_{2r} - \beta_{1r})}{\alpha_{2r} - \alpha_{1r}} \qquad (A10)$$

$$\gamma_r^i = \sum_q \left\{ [(L+\lambda^i)\exp(\alpha_{1r}s_r^i + \beta_{1r}) + R\exp(\alpha_{2r}s_r^i + \beta_{2r})] + \sum_q a_{qr}^{ii} p_q^i \right\} \cdot b_{qr} \qquad (A11)$$

$$X_r^{ij} = \exp\{-\mu_r(c_r^{ij} + \gamma_r^i - \gamma_r^j)\} \qquad (A12)$$

$$X_q^i = \sum_r b_{qr}\left\{ \sum_{j\neq i} X_r^{ij} - \sum_{j\neq i} X_r^{ji} + F_r^i \right\} \qquad (A13)$$

4 . 모듈 Ⅲ : 지역개발 파급효과분석 모형

SOC투자의 효과는 부문별로는 사회, 경제, 문화, 환경 등에 대한 영향으로 구분할 수 있으며, 수혜자 또는 부담자 측면으로는 국가, 지방정부, 이용자, 비이용자 또는 공급자 등으로 구분할 수 있고, 효과의 특성에 따라서는 계량화 가능효과 또는 계량화 불가능 효과 등으로 관점에 따라 다양하게 구분된다.

또한 사업효과를 발생시점을 기준으로 단계별로 구분하기도 한다. 즉, SOC 투자사업의 계획 단계, 건설 단계, 사용 단계 등 효과 발생단계별로도 구분한다.

<표 1> 사업효과의 유형

분류기준	효과항목	내 역
사업추진 단계별	계획단계의 효과	Demonstration효과, 경제·교육의 효과
	건설단계의 효과	건설자재 수요증대 효과, 고용증대효과, 도로건설기술 개발효과
	사용단계의 효과	교통시설 건설에 따른 통행시간단축, 운행비 절감 등의 직접효과와 이에 따른 지역개발 등 간접효과
공간적 범위	미시적 효과	해당사업의 직접적인 영향권에 미치는 효과
	거시적 효과	국가경제 및 국토개발 등에 미치는 효과
수혜대상의 주체	이용자 효과	통행시간단축, 운행비 절감, 안전·쾌적성 향상 등
	비이용자 효과	지가상승에 따른 재산증대, 매출증대 등
	공급자 효과	세금징수액 증대, 통행료 수입,
	존재 효과	해당 영향권역의 사회경제적 효과
계량화 여부	계량가능효과	수송비용절감, 통행시간단축, 지역간 접근도제고, 고용창출 등
	계량불가능효과	국민의식구조 변화, 국토공간구조의 변화 등

이러한 효과는 일반적으로 직접효과와 간접효과로 크게 구분된다. 직접효과는

일반적으로 시설의 개량으로 나타나는 단기적 측면의 통행시간 및 운행비용의 변화, 교통사고의 감소 또는 공해의 감소 등을 포함하며, 간접효과로는 주변지역의 지가상승, 공업입지 확대 등을 비롯한 각종 부대효과를 측정한다. 이들 항목에 대해 계량화하여 측정할 수 있는 항목과 방법, 그리고 EMSI 출력자료로 측정가능한 항목은 <표 2>과 같다.

<표 2> 도로부문 SOC투자 효과(직, 간접)분석방법

구 분	일반적 측정항목	일반적 측정방법	EMSI 측정가능항목
직접 효과	· 운행비용 절감 · 통행시간 절감	· 도로 확포장 전후의 교통량 및 용량변화에 따른 운행비용/시간단축을 산출비교	○ ○
	· 교통사고의 변화	· 도로 확포장 전후의 교통사고 발생건수에 교통사고 건당 사회적비용을 이용 산출	△
	· 지역간 접근도 변화	· 각 지역의 접근도를 나타내는 접근성지수를 평균통행시간함수를 독립변수로 하여 산출	○
	· 차량주행거리 절감	· 확포장에 따른 영향권 NETWORK분석을 통한 주행거리산출	○
간접 효과	· 지역개발 촉진	· 확포장 전후의 공단개발, 택지개발, 관광지 개발 등의 요인분석을 통해 효과분석	△
	· 고용증가	· 확포장 전후의 고용자수 비교 및 도로규모와의 상관관계분석을 통하여 효과분석	○
	· 공장입지	· 공장수 변화, 공장의 설립 및 이전위치 등을 분석	×
	· 관광객 증가	· 전후의 관광객 변화추이 및 도로규모와의 관계 분석	×
	· 제조업체생산액 부가가치	· 영향권내 제조업체의 생산액 및 부가가치 비교 및 도로규모와의 관계분석	○

EMSI의 출력자료로 측정이 가능한 항목은 운행비 절감, 통행시간 절감, 지역간 접근도, 통행거리 절감 등 직접 효과와 고용증가, 제조업체 생산액 부가가치 등이며 이들은 모듈 II에서 추정된 지역간 산업별 교통량, 지역별 산업별 생산액

으로부터 산출한다.

또한 지역별 지가 및 토지이용으로 지역별 토지이용 파급효과를 측정하며, 지역별, 산업별 입지잉여를 이용하여 지역별, 산업별 지역균형효과를 객관적인 수치로 추정할 수 있다.

5. 모듈 Ⅳ : 경제성 분석모형

공공투자사업에 대한 경제성 평가는 일반적으로 연도별 사업후 비용과 편익을 측정하여 이루어진다. 그리고 측정된 비용과 편익을 바탕으로 사업후 경제성 평가를 위한 지표는 비용/편익(B/C)비, 현재가치 순편익(PVNB), 그리고 내부수익률(IRR)법 등이 있다. 이러한 평가지표를 이용하여 사업의 경제성을 평가하는데 있어 각 지표들은 다소 단점이 있으나 분석결과를 균일한 척도로 비교할 수 있고 평가자 주관의 개입가능성이 적어 교통시설의 사업평가에 널리 이용되고 있다.

1) 경제성 평가지표

경제성 평가지표에 관한 설명을 간단히 하면 다음과 같다.

- 편익/비용비(B/C Ratio)

편익/비용비는 정책의 총 편익을 정책에 투입된 총 비용으로 나눈 값, 즉 단위 비용당 편익을 가리킨다. 따라서 편익/비용비는 식 (19)와 같이 표현할 수 있다.

$$B/C = \frac{\sum_{i=1}^{n} B_i/(1+d)^i}{\sum_{i=1}^{n} C_i/(1+d)^i}, \qquad i=1,2,3,.....n(년) \qquad (19)$$

d : 사회적 할인율.

만일 특정 정책의 편익/비용비가 1보다 크면 그 정책은 비용에 비해 더 큰 편익이, 그리고 편익/비용비가 1보다 작은 정책은 투입된 비용에 비해 낮은 편익이 발생됨을 가리킨다. 그러므로 전자의 경우는 정책으로서 의미가 있으며, 후자의 경우는 자원의 비효율적 이용을 가리키는 것이므로 정책선택의 대상에서 제외되어야 한다. 왜냐하면, 편익/비용비가 1보다 작은 정책이 집행되는 경우, 그 정책

은 자원의 낭비와 함께 전체적인 사회의 복지수준을 떨어뜨리기 때문이다. 그리고 편익/비용비가 1인 대안은 사회의 후생변화에 아무런 영향을 미치지 못함을 가리킨다. 이를 요약하면, 편익/비용비에 의한 정책선택의 규칙은 식 (20)과 같이 표현할 수 있다.

$$B / C \begin{Bmatrix} > \\ = \\ < \end{Bmatrix} 1 \Leftrightarrow \begin{Bmatrix} \text{정책선택} \\ ? \\ \text{정책기각} \end{Bmatrix}. \qquad (20)$$

- 현재가치 순편익(PVNB: Present Value of Net Benefit)

공공 투자정책으로 인한 편익과 비용의 발생은 시간을 두고 발생한다. 초기에는 주로 비용이 발생하지만 투입되는 비용의 규모는 시간이 지남에 따라 감소되고 대신 편익의 양이 증가한다. 따라서 시간대별로 달리 발생하는 편익과 비용의 계산에서 시간의 투자가치가 고려되어야만 하며, 이러한 경제성 평가지표가 바로 현재가치 순 편익이다. 다시 말해 현재가치 순 편익이란 서로 다른 시간에 발생하는 다양한 항목의 편익과 비용을 현재가치로 환산하여, 현재가치화된 편익에서 비용을 감한 값을 말한다.

$$NPV = \sum_{i=1}^{n} B_i / (1+d)^i - \sum_{1=1}^{n} C_i / (1+d)^i, \quad i=1,2,3.....n(\text{년}) \qquad (21)$$

이때 현 시점의 가치로 전환된 편익이 비용보다 크면, 즉 현재가치 순 편익이 0보다 크면 제시된 대안은 정책으로 의미가 있으며, 그렇지 않으면 그 대안은 정책으로서 의미가 없음을 나타내는 것이다. 또한 그리고 현재가치 순 편익이 0이면 대안은 사회의 후생변화에 아무런 영향을 미치지 못하는 것이다.

$$NPV \begin{Bmatrix} > \\ = \\ < \end{Bmatrix} 0 \Leftrightarrow \begin{Bmatrix} \text{정책선택} \\ ? \\ \text{정책기각} \end{Bmatrix}. \qquad (22)$$

- 내부수익률(IRR: Internal Rate of Return)

내부수익률 역시 시간대별로 편익과 비용이 발생하는 정책을 평가하는데 널리 사용되는 지표이다. 여기서 내부수익률이란 현재가치의 편익과 비용을 서로 동일하게 만드는 일종의 할인율을 말한다. 이를 수식으로 표현하면 식 (23)과 같다.

$$\sum_{i=1}^{n} B_i/(1+\lambda)^i - \sum_{i=1}^{n} C_i/(1+\lambda)^i = 0, \qquad i=1,2,3,4,...n(\text{년}) \qquad (23)$$

λ : 내부수익률.

내부수익률에 의한 기본적인 정책평가는 정책의 내부수익률과 할인율, 즉 시간의 투자가치와 비교함으로써 이루어진다. 즉, 정책의 내부수익률이 할인율보다 높다면 비용의 수익률이 할인율보다 높다는 것을 의미하므로 그 정책은 실질적으로 가치(편익)를 증가시키는 것으로 볼 수 있다. 이와 반대로 정책의 내부수익률이 할인율보다 낮다면 이는 투자된 비용의 수익률이 할인율보다 작음을 의미하므로 실질적인 가치를 감소시키는 정책이라 할 수 있다. 따라서 이러한 정책은 의미가 없는 것이라고 하겠다.

내부수익률은 정책의 평가와 우선순위 결정 그리고 최적시기 선택 등에 유용하게 사용될 수 있다. 그럼에도 불구하고 김홍배(2000)가 설명하였듯이 내부수익률은 단일의 결과만을 제시하는 것이 아니라 때로는 다양한 결과를 제시할 수 있다. 문제는 이 가운데 어느 것이 선택되어야 하는지에 대해서는 이론적인 근거가 제시되지 못하고 있다는 점이다. 결론적으로 말해 내부수익률법과 현재가치 순편익법을 비교해 볼 때, 그들의 사용범위는 매우 유사하나 내부수익률보다는 현재가치 순 편익을 이용한 정책의 경제성 평가가 더 적절한 방법이라 하겠다.

2) 평가지표결정

본 연구에서는 공공사업의 경제성 평가지표로 편익/비용비와 현재가치 순 편익을 이용하기로 한다.

3) 분석기간

투자사업의 평가기간은 시설물(도로, 철도 등)의 내구 년수와 미래의 변동 가능한 요인들에 대하여 예측이 가능한 기간을 고려하여 정한다.

4) 적용할인율

공공투자분석에서 시간의 투자가치인 할인율의 선택이 갖는 의미는 매우 크다. 왜냐하면 선택된 할인율에 따라 계산된 사회편익의 규모와 사회비용의 규모가 크게 변할 수 있기 때문이다. 그러므로 분석자가 선택하는 할인율에 따라 정책의 평가결과는 달라질 수 있다. 또한 공공투자사업의 분석에서 선택해야 할 사회적 할인율은 사회 전체의 시간의 투자가치를 반영해야 한다. 이는 바로 사회 내 모든 구성원들이 동의할 수 있는 사회적 할인율을 정책분석에서 사용해야 함을 의미한다. 그러나 사회 전체의 시간 투자가치를 대표할 수 있는 단일의 사회적 할인율을 실제적으로 계산하기란 매우 어렵다. 왜냐하면 시간의 투자가치는 사회를 구성하는 사람마다 다르며, 이를 직접 조사한다는 것은 거의 불가능하기 때문이다. 따라서 분석자들이 사회적 할인율을 대신해서 이용할 수 있는 할인율이 선택되어야 한다.

공공투자사업의 분석을 위해 대용할 수 있는 사회적 할인율로는 시장이자율, 기업할인율, 정부차입이자율, 개인적 사회할인율 등이 있으나, 이 가운데 어느 것을 선택하는 것이 가장 적정한 것인가에 대한 명확한 해답은 없다. 세계은행(World Bank)이나 유엔개발기구(UNDP) 등에서 국가의 공공정책을 분석할 때 일률적으로 10%의 할인율을 사회적 할인율로 전제하는 실정이다(김홍배, 2000).

<표 3> 경제성 분석을 위한 평가항목

구 분	평가항목	계량화 방법	화폐가치화 방법	EMSI 측정가능항목
비 용	공사비 보상비 유지관리비	건설공사비(원) 보상가격(원) 인건비 및 유지재료비	공사비용 보상액 인건비 및 재료비	·
이용자의 편익	차량운행비 절감 운행시간의 단축 교통사고의 감소 통행안락감 증대	운행비용(원) 운행시간(시간) 가능여부판단가능	운행비용 시간의 화폐가치화 재산피해액 및 보상비	○ ○ ○
비이용자의 편익	대기오염 감소	오염종별 배출량 데시벨(dB)	처리 비용	△

CHAPTER 4

SOC 투자계획 평가 : 프로토 타입

1. 지역, 교통망 체계구성 및 평가대상

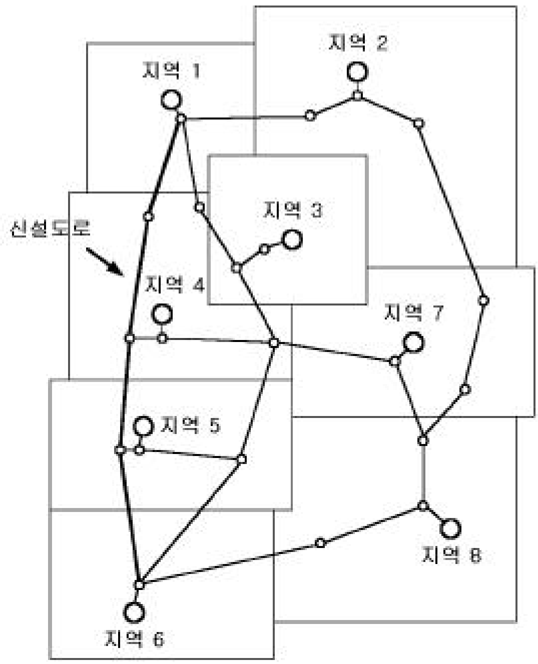
1) 평가대상 SOC 투자계획

모형의 실용성 검토를 위해 전국을 8개 지역으로 구분하고, 이들 지역을 연결하는 지역간 도로망 체계로 구성되는 가상 교통망을 가정한다(<그림 3> 참조).

평가 대상은 지역 1 - 지역 4 - 지역 5 - 지역 6을 연결하는 도로를 신설하는 SOC 투자 계획으로 한다.

또한 프로토 타입을 설정하여 분석하기 위해서는 모듈 I과 모듈 II의 입력자료를 가상으로 작성해야 한다. 즉, 모듈 I의 지역별 투입산출계수, 상품가격, 최종수요와 모듈 II의 토지 및 자본투입함수, 자본가격과 토지가격, 지역간 품목별 수송저항계수, 지역별 개발 토지면적 등은 가상적인 수치를 사용한다.

<그림 3> 교통망 및 투자계획



2) 시나리오 구성

비교 평가를 위해 도로투자여부와 지역별, 산업별 최종수요의 변동여부에 따라 <표 4>와 같이 시나리오를 기준상태(시나리오 #0)와 두 가지 시나리오(시나리오 #1과 #2)로 구성한다.

<표 4> 시나리오 구성

구 분	도로 투자	최종수요의 변동여부
시나리오 #0	무투자	고정수요
시나리오 #1	도로투자	고정수요
시나리오 #2	도로투자	변동수요

기준상태(시나리오 #0)와 도로투자시 최종수요가 고정된 상태의 시나리오 #1을 비교하는 것은 최종수요가 고정되었다고 가정하고, 도로투자에 의해 절감되는 총 수송비용, 자본 및 토지의 투입비용, 중간재 투입비용뿐 아니라 각 지역별 산업별 생산파급효과, 지역균형개발 효과 등을 평가하기 위한 민감도 분석을 위한 것이다.

또한 기준상태(시나리오 #0)와 도로투자시 국내 가격변화에 의해 재화의 수출, 수입이 변동된 최종수요의 시나리오 #2를 비교하는 것은 도로투자로 인해 재화의 가격이 인하되었을 때, 재화에 대한 수요의 변화와 지역간 수송비 변화에 의한 각 지역별 산업별 생산, 토지이용, 지역균형 파급효과 등을 분석하기 위한 것이다.

2. 모듈 Ⅰ: 지역별 투입산출계수, 상품가격, 최종수요 추정

1) 지역별 투입산출계수 산출

(1) 물량단위의 투입산출표 작성

① 작성방법

물량단위의 투입산출표는 금액단위의 지역투입산출표를 각 산업제품별 가격으로 나눔으로써 구한다.

$$q^{ij}_{rq} = \frac{X^{ij}_{rq}}{p^{ij}_{rq}}, \qquad (24)$$

q^{ij}_{rq} : j지역 q제품 생산에 투입되는 i지역 r제품의 양,

X^{ij}_{rq} : j지역 q제품 생산에 투입되는 i지역 r제품의 금액,

p^{ij}_{rq} : j지역 q제품 생산에 투입되는 i지역 r제품의 가격.

지역 j 내 q제품 생산에 투입되는 지역 i에서 생산된 r제품의 가격은 지역 i내의 r 상품의 가격과 지역 i에서 지역 j 로 운반하는 수송비의 합이므로 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$p^{ij}_{rq} = (1 + t^{ij}_{rq})\, p^{i}_{r}, \qquad (25)$$

t^{ij}_{rq} : 지역 i내 r제품이 지역 j내 q제품으로 이동시 발생하는 교통비율.

② 물량단위의 설정

원칙적으로 물량단위의 지역투입산출표의 단위는 ton으로 처리하였으며 실질적으로 재화의 물리적 단위를 결정할 수 없는 산업(2-4)에 대하여서는 100만원을 1단위로 선정하였다. 그리고 이러한 산업들의 최종제품에는 ton개념이 적용될 수 없다. 따라서 본 연구에서는 이러한 산업들에 대해서는 교통비는 고려하지 않는다.

산업별 금액단위의 거래액을 물량단위로 환산할 수 있는 자료는 산업센서스 조사자료와 관세청 수출·입 자료가 있다. 산업센서스 조사자료는 조사의 성격상 각 사업체별 생산량과 출하량이 중요한 요소로 작용하지 않았을 뿐만 아니라 제품의 성격상 중량으로 환산할 수 없는 경우도 있으므로 전 품목에 대해 물량단위를 환산할 수 없다. 그러나 관세청 수출·입 자료에 있는 전 품목의 중량과 수량은 관세와 관계가 있을 뿐 아니라 수출·입 절차상 검수, 검량 과정을 거쳐야 함으로 이 자료는 신뢰도가 높다. 따라서 본 연구에서는 금액단위의 거래액을 물량단위로 환산하는 기본자료로 관세청 수출·입 자료를 이용하였다. 화물수송예측모형 정립 연구에서의 이 자료는 1988년도 자료이므로 1993년도를 기준으로 한 1988년 산업부문별 물가지수를 고려하여 기준 년도인 1993년의 물량원단위로 전환하였다. 또한, 연구의 성격상 4개 산업으로 보정하기 위해 전국 산출액기준으로 보정하였다.

<표 5> 산업부문별 수송단가

(단위: 백만원/ton.km)

산업	산업 1	산업 2	산업 3	산업 4
수송단가	0.53	4.26	1	1

③ 지역간 수송비 산출

본 연구의 모형은 다지역 모형으로 구성되어 있다. 따라서 우리나라 화물자동

차 운송사업의 운임체계로써 지역간 수송비를 산출한다. 우선 화물자동차 운송사업중 일반구역화물 운송사업과 노선화물 운송사업의 운임체계로써 32개 지역에 대해 수송비를 산출하고 이들 지역간 수송비를 다시 8개 지역간 수송비로 전환한다. 그 결과 지역간 수송단가(원/톤)는 <표 6>과 같이 산출하였다. 단, 위험품 및 이손품 등 수송품목의 특성에 따른 수송비의 차이를 산업별 할증율을 적용하여 보정한다.

<표 6> 8개 지역간 수송비

(단위:원/톤)

지역	지역 1	지역 2	지역 3	지역 4	지역 5	지역 6	지역 7	지역 8
지역 1	0	13,291	13,476	15,225	21,495	25,916	25,009	30,599
지역 2	13,291	0	17,174	19,754	24,524	28,724	27,780	33,633
지역 3	13,476	17,174	0	10,730	16,352	22,397	19,208	25,811
지역 4	15,225	19,754	10,730	0	12,912	19,319	19,835	26,006
지역 5	21,495	24,524	16,352	12,912	0	12,632	22,988	27,689
지역 6	25,916	28,724	22,397	19,319	12,632	0	25,895	30,605
지역 7	25,009	27,780	19,208	19,835	22,988	25,895	0	14,233
지역 8	30,599	33,633	25,811	26,006	27,689	30,605	14,233	0

④ 산업별 할증률

특수화물의 경우 따로 적용되는 별도 운임이 없이 산업별 할증률을 적용하고 있다. 산업별 할증률이 포함된 지역간 단위 수송비는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$t^{ij}_{rq} = t^{ij}_{r} = \delta_r \; t^{ij}, \qquad (26)$$

t^{ij}_{rq} : 지역 i내 r제품이 지역 j내 q제품으로 이동시 발생하는 단위 수송비,

δ_r : 산업 r제품이 지역간 이동할 때 발생하는 교통할증율,

t^{ij} : i지역에서 1 ton을 지역 j로 이동시 발생하는 단위 수송비.

일반적으로 부패 · 오염 · 변질성 물질 50% 이내, 위험품 50%이내, 이손품 40% 이내, 귀중품 80%이내 등과 같이 수송화물의 성질에 따라 할증률을 구분하고 있으나, 그에 따라 품목을 분류하는 어려움이 따른다. 따라서 본 연구에서는 산업별 제품원가의 비율로써 각 산업별 할증률을 구하도록 한다. 제품원가에는 제품을 생산하는 과정에서 중간투입물의 수송에 드는 수송비가 들어있고, 그 수송비에는 실질적인 할증율이 들어있기 때문이다. 이와 같은 방법으로 산업별 제품원가에 따른 할증률을 δ_r의 형태로 4부문으로 구하면 다음 표와 같다.

<표 7> 산업별 할증률

산업	산업 1	산업 2	산업 3	산업 4
할증률	9.78	14.51	1	1

(2) 지역투입산출계수 산출

8지역 다지역 투입산출표로부터 지역 내의 투입계수는 식 (27)에 의해 계산한다.

$$a_{rq}^{ii} = \frac{x_{rq}^{ii}}{x_q^i} . \qquad (27)$$

<표 8> 지역투입계수

배분 / 지역 산업	중간재수요		
	지역 i 1 · · q · · n+1(가계부문)	· · ·	지역 j 1 · · q · · n+1(가계부문)
지역 i 1 · r · n+1(가계부문)	a_{rq}^{ii}	·	·
· · ·	·	·	·
지역 j 1 · r · n+1(가계부문)	·	·	a_{rq}^{jj}

2) 지역별, 품목별 상품가격 및 최종수요 산출

⑴ 기준상태(시나리오 #0)의 상품가격, 최종수요 산출

기준상태의 지역별 산업별 최종수요는 <표 11>과 같다고 가정하며, 기준상태의 상품가격은 모든 지역과 상품에 대하여 1.0으로 가정한다.

⑵ 시나리오 #1의 상품가격, 최종수요 산출

시나리오 #1은 각 지역별 상품가격과 최종수요가 고정되어 있다고 가정하고, 단위 도로투자에 따른 수송비 절감이 발생시킬 효과를 분석하기 위한 것으로 지역간 수송비용을 제외하고는 기준상태와 동일하다고 가정한다.

(3) 시나리오 2의 상품가격, 최종수요 산출

① 가격의 변화 추정

본 연구에서는 지역간 제품의 가격의 차이는 오로지 교통비에 의해 발생하는 것으로 가정한다. 접근성 향상으로 인한 교통비의 절감이 제품의 가격의 변화에 미치는 영향은 식 (28)에 의해 산출한다.

$$\frac{dP}{P} = (I - L)^{-1} H \frac{dT}{(1+T)} . \tag{28}$$

② 최종수요의 변화 추정

앞에서 설정된 모형을 바탕으로 산업별 재화의 가격 변화에 따른 최종수요는 SOC투자에 따른 수출량 변화 및 수입량 변화를 추정하고, 이를 이용하여 산출한다.

㉮ 가격 변화에 의한 수출 변화

- 재화의 가격 변화에 따른 수출의 변화는 C.E.T.함수(constant elasticity of transformation function)와 공급자 측면에서의 이윤 극대화 조건으로부터 측정된다. 이를 식으로 표현하면 식 (29)와 같다.

$$\text{Max} \quad X_r^i = P_r^i \cdot SQ_r^i + WPE_r^i \cdot EQ_r^i , \tag{29}$$

$$\text{s. t.} \quad Q_r^i = TFP_r \cdot \left[(1 - \delta_{r,e}) \cdot SQ_r^{i,\rho_{r,e}} + \delta_{i,e} \cdot EQ_r^{i,\rho_{r,e}} \right]^{\frac{1}{\rho_{r,e}}} , \tag{30}$$

X_r^i : 지역 i내 산업 r의 생산량 ,

SQ_r^i : 지역 i 내 r재화의 국내 공급량,

WPE_r^i : 지역 i 내 r재화의 수출가격,

EQ_r^i : 지역 i내의 r재화의 수출량, TFP_j : 산업 r의 능률 파라미터.

- 식 (29)를 Lagrange 함수로 나타내어 일계 조건(F.O.C.)을 통해 수출 수요가 결정된다. 단, 여기서 수출가격은 1.0으로 가정한다.

$$EQ_r^i = SQ_r^i \left[\frac{WPE_r^i \cdot (1 - \delta_{r,e})}{P_r^i \cdot \delta_{r,e}} \right]^{\frac{1}{\rho_{re}}} . \qquad (31)$$

- 이로부터 SOC 투자에 따른 재화의 가격 변화로 인한 산업별, 지역별 수출 변화량은 <표 9>와 같이 추정한다.

<표 9> 재화의 가격변화로 인한 수출변화

구 분		산업 1	산업 2	산업 3	산업 4
지역 1	변화율(%)	5.51	1.85	0.02	2.88
	변화량(백만원)	7,645	737,186	4	316,440
지역 2	변화율(%)	3.09	1.04	0.00	0.95
	변화량(백만원)	2,002	11,667	0	5,712
지역 3	변화율(%)	2.25	0.86	0.44	0.15
	변화량(백만원)	1,199	33,913	9	831
지역 4	변화율(%)	1.12	0.77	0.21	0.03
	변화량(백만원)	1,331	37,078	11	361
지역 5	변화율(%)	2.11	1.04	0.38	0.04
	변화량(백만원)	2,109	23,553	10	299
지역 6	변화율(%)	1.74	1.40	4.36	0.29
	변화량(백만원)	3,778	82,987	271	4,074
지역 7	변화율(%)	1.44	1.18	0.31	0.01
	변화량(백만원)	2,165	142,425	23	224
지역 8	변화율(%)	1.66	0.57	2.46	1.14
	변화량(백만원)	2,650	124,594	258	37,702
전국	변화량(백만원)	22,878	1,193,403	585	365,644

㉯ 가격 변화에 의한 수입의 변화

- 재화의 가격 변화에 따른 수입의 변화를 구하기 위해서 본 연구에서는 Armington함수를 이용한다. 함수의 구체적인 형태는 C.E.S.함수이며, 수요자 측면에서의 비용 최소화 조건에 따라 가격 변화에 대한 수입량의 규모를 계산할 수 있다. 이러한 조건을 식으로 표현하면 식 (32)와 같다.

$$\text{Min} \quad X_r^i = P_r^i \cdot DQ_r^i + WPM_r^i \cdot MQ_r^i, \tag{32}$$

$$\text{s. t.} \quad Q_r^i = TFP_r \cdot \left[(1-\delta_{r,m}) \cdot DQ_r^{i,\rho_{r,m}} + \delta_{r,m} \cdot MQ_r^{i,\rho_{r,m}} \right]^{\frac{1}{\rho_{r,m}}}, \tag{33}$$

DQ_r^i : 지역 i내 r재화의 국내 수요량,

WPM_r^i : 지역 i내 r재화의 수입가격,

MQ_r^i : 지역 i내 r재화의 수입량.

- 식 (32)를 Lagrange 함수로 나타내어 일계 조건(F.O.C.)을 통해 재화의 가격 변화에 의한 수입 변화량의 규모는 산업별로 구체적으로 계산된다.

$$MQ_r^i = DQ_r^i \left[\frac{P_r^i \cdot \delta_{r,m}}{WPE_r^i \cdot (1-\delta_{r,m})} \right]^{\frac{1}{\rho_{r,m}+1}}. \tag{34}$$

- 식 (34)를 통해 가격 변화에 의한 산업별 수입 변화량이 <표 10>과 같이 추정된다. 수출 변화에서와 마찬가지로 산업별 각 파라미터는 Shin(1995)이 제시한 자료를 이용하였다.

<표 10> 재화의 가격 변화로 인한 수입변화

구 분		산업 1	산업 2	산업 3	산업 4
지역 1	변화율(%)	-12.32	-9.80	-0.01	-9.97
	변화량(백만원)	6,945,715	9,462,800	31,164,452	0
지역 2	변화율(%)	-7.18	-5.65	0.00	-3.42
	변화량(백만원)	0	18,676,765	1,859,552	1,962,510
지역 3	변화율(%)	-5.31	-4.67	-0.41	-0.56
	변화량(백만원)	1,812,846	3,581,260	474,916	1,116,835
지역 4	변화율(%)	-2.68	-4.20	-0.20	-0.10
	변화량(백만원)	159,281	1,800,697	4,452,297	1,727,434
지역 5	변화율(%)	-4.98	-5.65	-0.35	-0.16
	변화량(백만원)	0	1,658,807	1,414,227	2,645,346
지역 6	변화율(%)	-4.14	-7.50	-3.92	-1.07
	변화량(백만원)	0	13,457,911	3,613,676	2,713,208
지역 7	변화율(%)	-3.44	-6.38	-0.29	-0.04
	변화량(백만원)	0	39,705,430	0	4,009,526
지역 8	변화율(%)	-3.95	-3.15	-2.25	-4.11
	변화량(백만원)	6,247,223	7,721,635	0	2,364,204
전국	변화량(백만원)	15,165,065	96,065,304	42,979,120	16,539,061

㉰ 최종수요의 변화

- 최종수요는 접근성 향상에 따른 재화의 가격변화에 의한 투자수요와 수출수요, 그리고 수입수요의 변화로 인하여 변화하게 된다. 투자와 수출입 수요의 변화량은 식 (35)를 통해 계산할 수 있다.

$$\Delta F = \Delta I_P + \Delta E_P - \Delta M_P , \qquad (35)$$

$$\Delta I_P = G(\Delta P),$$

$$\Delta E_P = H(\Delta P ; WPE),$$

$$\Delta M_P = J(\Delta P ; WPM).$$

$G(\cdot)$: 재화의 투자함수, $H(\cdot)$: 재화의 수출함수,

$J(\cdot)$: 재화의 수입함수,

WPE : 수출재의 World Price, WPM : 수입재의 World Price.

- 결국 도로투자로 인해 변할 것으로 추정되는 지역별 산업별 상품가격과 최종수요량은 <표 11>과 같다.

<표 11> 상품가격, 최종수요의 변화

구분	산업	상품가격			최종수요(단위: 10억원)		
		시나리오 #0,#1 (A)	시나리오 #2 (B)	비율(B/A)	시나리오 #0,#1 (A)	시나리오 #2 (B)	비율(B/A)
지역 1	산업 1	1.00	0.889	0.889	164	1,147	7.01
	산업 2	1.00	0.924	0.924	59,769	61,535	1.03
	산업 3	1.00	1.000	1.000	47,478	47,483	1.00
	산업 4	1.00	0.913	0.913	19,396	19,712	1.02
	가계부문	1.00	0.982	0.982	0	0	0.00
지역 2	산업 1	1.00	0.935	0.935	69	71	1.03
	산업 2	1.00	0.956	0.956	4,742	5,872	1.24
	산업 3	1.00	1.000	1.000	3,618	3,618	1.00
	산업 4	1.00	0.970	0.970	2,751	2,827	1.03
	가계부문	1.00	0.993	0.993	0	0	0.00
지역 3	산업 1	1.00	0.952	0.952	61	163	2.70
	산업 2	1.00	0.964	0.964	6,388	6,598	1.03
	산업 3	1.00	0.997	0.997	1,957	1,958	1.00
	산업 4	1.00	0.995	0.995	2,190	2,197	1.00
	가계부문	1.00	0.999	0.999	0	0	0.00
지역 4	산업 1	1.00	0.976	0.976	128	133	1.04
	산업 2	1.00	0.968	0.968	7,381	7,497	1.02
	산업 3	1.00	0.999	0.999	8,272	8,281	1.00
	산업 4	1.00	0.999	0.999	5,363	5,365	1.00
	가계부문	1.00	0.996	0.996	0	0	0.00
지역 5	산업 1	1.00	0.955	0.955	105	108	1.02
	산업 2	1.00	0.956	0.956	3,594	3,717	1.03
	산업 3	1.00	0.998	0.998	3,415	3,420	1.00
	산업 4	1.00	0.999	0.999	3,399	3,403	1.00
	가계부문	1.00	0.999	0.999	0	0	0.00
지역 6	산업 1	1.00	0.963	0.963	224	228	1.02
	산업 2	1.00	0.942	0.942	10,963	12,138	1.11
	산업 3	1.00	0.974	0.974	8,322	8,470	1.02
	산업 4	1.00	0.991	0.991	5,546	5,579	1.01
	가계부문	1.00	0.997	0.997	0	0	0.00
지역 7	산업 1	1.00	0.969	0.969	155	157	1.01
	산업 2	1.00	0.951	0.951	24,291	27,138	1.12
	산업 3	1.00	0.998	0.998	1,017	1,017	1.00
	산업 4	1.00	1.000	1.000	8,028	8,029	1.00
	가계부문	1.00	0.999	0.999	0	0	0.00
지역 8	산업 1	1.00	0.964	0.964	183	443	2.42
	산업 2	1.00	0.976	0.976	33,148	33,524	1.01
	산업 3	1.00	0.985	0.985	1,519	1,520	1.00
	산업 4	1.00	0.964	0.964	11,197	11,336	1.01
	가계부문	1.00	0.997	0.997	0	0	0.00

3. 모듈 Ⅱ : 토지이용-교통 균형모형의 해

1) 입력자료

(1) 토지 및 자본투입함수

생산활동의 투입재 중 토지와 자본의 투입대체는 생산시설의 밀도에 따라 다르다. 여기서, 생산시설의 밀도에 따른 토지투입과 자본투입모형은 지수함수로 가정한다.

$$\text{토지투입} = \exp(\alpha_{1r} s_r^i + \beta_{1r}), \quad (36)$$

$$\text{자본투입} = \exp(\alpha_{2r} s_r^i + \beta_{2r}). \quad (37)$$

여기서, α_{1r}, β_{1r}, α_{2r}, β_{2r} 은 모형의 계수로 그 값은 <표 12>와 같이 가정한다.

<표 12> 산업별 토지 및 자본 투입모형의 계수

구 분	토지 투입계수		자본 투입계수	
	α_{1r}	β_{1r}	α_{2r}	β_{2r}
산업 1	-1.80732	-0.16640	0.35562	-0.42430
산업 2	-0.12950	-0.36848	0.32919	-3.14917
산업 3	-0.10197	-0.46258	0.29252	-3.29873
산업 4	-0.07537	-0.35487	0.15510	-2.69335
가계부문	-0.09343	-0.08426	0.20319	-2.54454

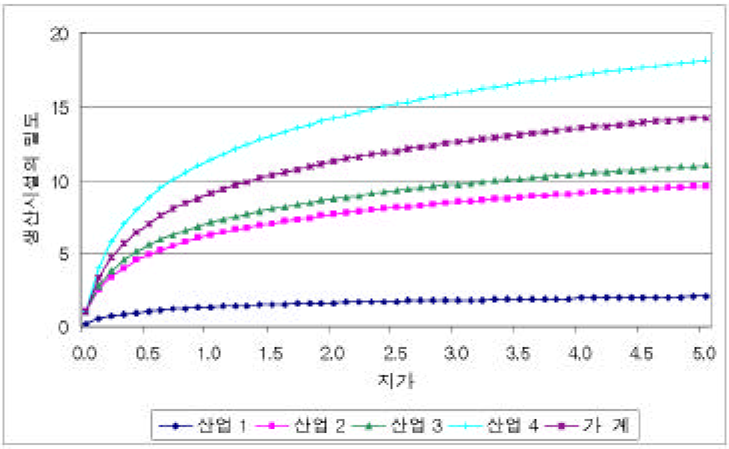
<표 12>에서 보는 바와 같이 토지투입은 생산시설의 밀도가 높을수록 줄어들며, 반대로 자본투입은 증가함을 알 수 있다.

(2) 자본가격과 토지가격, 생산시설의 밀도

자본가격(R)은 0.4로 토지가격(L)은 0.1로 가정한다. 생산시설의 밀도는 주어진 자본가격(R)과 토지가격($L + \lambda^i$)에 대한 토지투입비용과 자본투입비용의 합을 최소화하는 데서 결정되는바 지역별 지가(λ^i)에 따른 생산시설의 밀도는 식 (38)과 같이 유도되며, 이를 그림으로 나타낸 것은 <그림 4>와 같다.

$$s_r^i = \frac{\ln\left(-\frac{\alpha_{1r}(L+\lambda^i)}{\alpha_{2r}\cdot R}\right) - (\beta_{2r} - \beta_{1r})}{\alpha_{2r} - \alpha_{1r}}. \qquad (38)$$

<그림 4> 지가에 따른 생산시설의 밀도



(3) 지역간 품목별 수송저항계수

모형의 제약식 식 (16)에서 산업별 엔트로피(S_r)을 입력자료로 하는 대신에 이 식의 라그랑지 승수인 수송저항계수(μ_r)을 입력자료로 사용한다. 사용된 저항계수는 <표 13>과 같이 가정한다.

<표 13> 품목별 수송저항계수

산업 구분	저항계수(μ_r)
산업 1	7.8
산업 2	7.5
산업 3	8.5
산업 4	12.1
가계부문	5.9

(4) 지역별 개발 토지면적

지역별 개발되어 생산활동에 투입 가능한 토지면적은 <표 14>와 같다고 가정한다.

<표 14> 지역별 개발 토지면적

구 분	개발 토지면적
지역 1	43,153
지역 2	8,003
지역 3	5,072
지역 4	11,381
지역 5	3,566
지역 6	8,452
지역 7	14,502
지역 8	17,318
합 계	111,447

2) 출력자료

(1) 도로투자에 따른 비용

① 도로투자에 따른 수송비, 투입비 추정

토지이용-교통 균형모형의 목적함수 값으로 산출된 각 시나리오별 수송비, 자본 및 토지 투입비, 중간재 투입비는 <표 15>와 같다.

시나리오 #1의 경우, 도로투자로 의한 수송비 절감 효과로 지역간 수송비가 절감되면 한 지역에서 상품 1단위 생산하는데 투입되는 자본, 토지 및 중간재 투입비용보다 다른 지역에서 생산하여 가져오는 것이 저렴하게 된다. 또한 이 경우 지역간 상품의 이동이 증가하지만 수송비용과 상품생산에 투입되는 비용이 절감되기 때문에 기준상태보다 총 비용이 절감되게 된다. 그 결과 목적함수 값은 429.8조원으로 약 0.3조원이 감소할 것으로 추정된다.

시나리오 #2의 경우 상품가격 인하에 의한 최종수요의 증가로 도로투자에 의해 발생하는 유발수요가 포함된 것으로 품목별 생산량이 증가하게 되어 기준상태에 비해 비용이 증가한다. 즉, 총 비용은 446.3조원으로 기준상태의 총 비용 430.2조원보다 5.1조원이 증가하는 것으로 추정된다.

<표 15> 도로투자에 의한 비용

(단위 : 10억원)

구 분		수송비	자본 및 토지투입비	중간재 투입비	총계
시나리오0(0)		10,264	177,019	242,884	430,168
시나리오1(A)		9,748	176,919	243,164	429,831
시나리오2(B)		10,755	196,476	239,021	446,251
비율	(A)/(0)	0.95	1.00	1.00	1.00
	(B)/(0)	1.05	1.11	0.98	1.04

(2) 도로투자에 따른 지가

모듈 II의 식 (17)의 라그랑지 승수로부터 추정된 지역별 지가는 <표 16>과 같다.

시나리오 #1의 경우 지역 3, 4, 5, 7의 지가가 상승될 것으로 추정된다. 특히 지역 4의 지가가 5%이상 증가할 것으로 예상되는데 이는 지역 1에서 생산하던 상품을 지역 4에서 생산하여 수송하는 것이 유리하게 될 것이기 때문으로 해석할 수 있다.

시나리오 #2의 경우 지역별, 산업별 가격변화와 최종수요의 변화로 자체적인 생산량이 증가할 것이며, 토지의 추가 개발이 없는 것으로 가정하므로 전체적으로 모든 지역의 지가가 상승할 것으로 예상된다. 특히 지역 4의 지가가 상승한 것은 도로투자로 지역간 수송비 절감이 지역 4의 생산수요를 증가시켰기 때문으로 판단된다.

<표 16> 지역별 지가

구 분	시나리오 #0 (0)	시나리오 #1 (A)	시나리오 #2 (B)	비율	
				(A)/(0)	(B)/(0)
지역 1	4.06	4.00	4.47	0.98	1.10
지역 2	2.97	2.92	3.31	0.98	1.12
지역 3	2.20	2.22	2.51	1.01	1.14
지역 4	2.98	3.14	3.56	1.05	1.19
지역 5	3.44	3.54	3.90	1.03	1.14
지역 6	4.28	4.11	4.62	0.96	1.08
지역 7	2.34	2.41	2.74	1.03	1.17
지역 8	4.14	4.18	4.44	1.01	1.07

(3) 도로투자에 따른 지역별, 산업별 총 생산액

지역별 산업별 총생산액은 부록에 기술한 모듈 II 토지이용-교통균형모형의 최적조건으로부터 도출된 식 (A13) 또는 식(39)에 의해 <표 17>과 같이 산출된다.

$$X_r^i = \sum_q b_{rq} \left\{ \sum_{j \neq i} X_q^{ij} - \sum_{j \neq i} X_q^{ji} + F_q^i \right\} \qquad (39)$$

<표 17> 지역별, 산업별 총 생산액 (단위 : 10억원)

지역	산업	총생산			비율	
		시나리오 #0(0)	시나리오 #1(A)	시나리오 #2(B)	(A)/(0)	(B)/(0)
1	산업 1	3,855	3,846	4,977	1.00	1.29
	산업 2	89,457	89,240	92,107	1.00	1.03
	산업 3	47,041	47,350	47,415	1.01	1.01
	산업 4	68,257	68,122	70,399	1.00	1.03
	가계부문	3,049	3,068	3,741	1.01	1.23
	합 계	211,659	211,626	218,639	1.00	1.03
2	산업 1	1,371	1,346	1,506	0.98	1.10
	산업 2	12,531	12,334	14,127	0.98	1.13
	산업 3	4,261	4,227	4,193	0.99	0.98
	산업 4	16,234	15,613	15,753	0.96	0.97
	가계부문	2,136	2,046	1,872	0.96	0.88
	합 계	36,532	35,567	37,452	0.97	1.03
3	산업 1	1,505	1,570	1,743	1.04	1.16
	산업 2	10,639	11,153	11,647	1.05	1.09
	산업 3	3,487	3,140	3,203	0.90	0.92
	산업 4	6,111	5,959	6,115	0.98	1.00
	가계부문	118	117	127	1.00	1.07
	합 계	21,859	21,940	22,835	1.00	1.04
4	산업 1	3,416	3,441	3,776	1.01	1.11
	산업 2	18,549	18,697	20,857	1.01	1.12
	산업 3	8,748	8,813	8,793	1.01	1.01
	산업 4	19,436	20,222	20,133	1.04	1.04
	가계부문	2,878	2,763	2,568	0.96	0.89
	합 계	53,028	53,935	56,128	1.02	1.06
5	산업 1	1,235	1,250	1,310	1.01	1.06
	산업 2	5,086	5,151	5,410	1.01	1.06
	산업 3	3,536	3,542	3,552	1.00	1.00
	산업 4	7,391	7,460	7,614	1.01	1.03
	가계부문	383	387	435	1.01	1.14
	합 계	17,630	17,790	18,321	1.01	1.04
6	산업 1	1,489	1,456	1,535	0.98	1.03
	산업 2	19,373	18,813	20,148	0.97	1.04
	산업 3	8,556	8,560	8,698	1.00	1.02
	산업 4	13,737	13,673	13,737	1.00	1.00
	가계부문	214	91	260	0.43	1.21
	합 계	43,368	42,592	44,378	0.98	1.02
7	산업 1	240	242	244	1.01	1.02
	산업 2	38,842	39,181	41,026	1.01	1.06
	산업 3	1,064	1,062	1,061	1.00	1.00
	산업 4	18,339	18,424	18,779	1.00	1.02
	가계부문	1,497	1,534	1,568	1.02	1.05
	합 계	59,981	60,442	62,678	1.01	1.04
8	산업 1	382	385	665	1.01	1.74
	산업 2	54,475	54,529	55,321	1.00	1.02
	산업 3	1,556	1,556	1,563	1.00	1.00
	산업 4	24,630	24,730	25,248	1.00	1.03
	가계부문	3,058	3,101	3,253	1.01	1.06
	합 계	84,102	84,300	86,049	1.00	1.02

이는 결과적으로 경제기반이론(economic base theory)을 기초로 각 지역별로 기반부문(또는 수출부문이라 함)의 생산액에 Leontief 승수행렬을 경제기반승수로 가정하고 이를 곱하여 산업별 총생산액을 추정하는 것으로 나타난다. 결국 여기서는 각 지역별 순 수출량과 순 유출량의 합이 기반부문이 된다.

(4) 지역별 산업별 입지잉여

지역별 산업별 입지잉여는 제3장 제3절에서 언급한 바와 같이 모듈 II의 토지이용-교통균형모형의 상품흐름 근거의 쌍대변수 값으로 경제학적으로는 수송측면의 접근성, 생산측면의 편익, 수출측면의 편익의 종합적 측정치로 식 (40)에 의해 <표 18>과 같이 산출된다.

$$\gamma_r^i = \sum_q \Big\{ [(L + \lambda^i) \exp(\alpha_{1r} s_r^i + \beta_{1r}) + R \exp(\alpha_{2r} s_r^i + \beta_{2r})] + \sum_q a_{qr}^{ii} p_q^i \Big\} \cdot b_{qr}. \quad (40)$$

(5) 지역별 산업별 토지이용

지역별 산업별 토지수요는 각 지역별 산업별 생산액에 토지투입계수를 곱하여 산출한다. 즉, 식 (41)에 의해 <표 19>와 같이 산출된다. 단 여기서 지역별 산업별 생산시설밀도는 모형 II의 최적조건으로부터 부록 식(A10)와 같이 도출된다.

$$D_r^i = \exp(\alpha_{1r} s_r^i + \beta_{1r}) X_r^i. \quad (41)$$

(6) 지역별 산업별 생산시설밀도

지역별 생산시설밀도는 모듈 II의 최적조건에 의해 식(A!0) 또는 식 (38)와 같이 유도되며, 그 결과는 <표 20>과 같다.

(7) 지역간 산업별 수송수요

지역별 산업별 수송수요는 모듈 II의 최적조건 식 (A8)로부터 도출된 식 (42)에 의해 부록 2, 3, 4와 같이 산출된다. 결국 이는 산업별로 지역간 입지잉여의 차이와 지역간 수송비용의 합을 지역간 수송저항변수로 하는 중력모형의 형태를 취하게 된다.

지역간 품목별 수송수요는 식 (42)에 의해 산출된다(부록참고).

$$X_r^{ij} = \exp\{- \mu_r (c_r^{ij} + \gamma_r^i - \gamma_r^j)\}. \quad (42)$$

<표 18> 지역별 산업별 입지잉여

지역	산업	입지잉여			비율	
		시나리오 #0(0)	시나리오 #1(A)	시나리오 #2(B)	(A)/(0)	(B)/(0)
1	산업 1	1.66	1.65	1.67	1.00	1.01
	산업 2	3.45	3.43	3.54	0.99	1.02
	산업 3	3.24	3.21	3.33	0.99	1.03
	산업 4	2.67	2.65	2.75	0.99	1.03
	가계부문	4.58	4.55	4.68	0.99	1.02
2	산업 1	1.11	1.11	1.13	1.00	1.02
	산업 2	1.98	1.97	2.07	0.99	1.04
	산업 3	2.27	2.25	2.38	0.99	1.05
	산업 4	1.78	1.76	1.87	0.99	1.05
	가계부문	3.09	3.07	3.22	0.99	1.04
3	산업 1	1.68	1.68	1.71	1.00	1.02
	산업 2	3.43	3.44	3.56	1.00	1.04
	산업 3	2.09	2.10	2.20	1.00	1.05
	산업 4	2.00	2.01	2.10	1.00	1.05
	가계부문	3.80	3.81	3.96	1.00	1.04
4	산업 1	1.15	1.17	1.20	1.01	1.04
	산업 2	2.00	2.05	2.16	1.03	1.08
	산업 3	2.23	2.29	2.44	1.03	1.09
	산업 4	1.72	1.76	1.88	1.03	1.09
	가계부문	2.97	3.05	3.22	1.02	1.08
5	산업 1	1.35	1.36	1.38	1.01	1.03
	산업 2	2.49	2.53	2.62	1.01	1.05
	산업 3	2.45	2.48	2.61	1.01	1.07
	산업 4	1.95	1.98	2.07	1.01	1.06
	가계부문	3.40	3.44	3.59	1.01	1.06
6	산업 1	1.86	1.84	1.88	0.99	1.01
	산업 2	3.54	3.47	3.63	0.98	1.02
	산업 3	3.03	2.97	3.13	0.98	1.03
	산업 4	2.57	2.52	2.65	0.98	1.03
	가계부문	4.53	4.44	4.65	0.98	1.03
7	산업 1	1.97	1.99	2.04	1.01	1.03
	산업 2	3.65	3.69	3.84	1.01	1.05
	산업 3	2.54	2.57	2.71	1.01	1.07
	산업 4	2.24	2.27	2.39	1.01	1.06
	가계부문	4.26	4.31	4.50	1.01	1.06
8	산업 1	1.86	1.87	1.89	1.00	1.01
	산업 2	3.39	3.41	3.49	1.00	1.03
	산업 3	2.93	2.95	3.02	1.00	1.03
	산업 4	2.54	2.56	2.62	1.00	1.03
	가계부문	4.32	4.34	4.43	1.00	1.03

<표 19> 지역별 산업별 토지이용

지역	산업	토지이용						비율	
		시나리오 #0(0)		시나리오 #1(A)		시나리오 #2(B)		(A)/(0)	(B)/(0)
		면적	비율	면적	비율	면적	비율		
1	산업 1	96	0.2	97	0.2	114	0.3	1.01	1.19
	산업 2	18,960	43.9	18,996	43.8	19,016	44.0	1.00	1.00
	산업 3	10,199	23.6	10,307	23.8	10,036	23.2	1.01	0.98
	산업 4	13,114	30.4	13,154	30.3	13,121	30.4	1.00	1.00
	가계부문	789	1.8	797	1.8	940	2.2	1.01	1.19
2	산업 1	44	0.5	44	0.6	44	0.6	1.00	1.01
	산업 2	2,895	36.2	2,862	36.6	3,168	40.0	0.99	1.09
	산업 3	1,000	12.5	996	12.7	957	12.1	1.00	0.96
	산업 4	3,447	43.1	3,332	42.6	3,231	40.8	0.97	0.94
	가계부문	608	7.6	586	7.5	516	6.5	0.96	0.85
3	산업 1	61	1.2	63	1.3	64	1.3	1.04	1.05
	산업 2	2,665	52.6	2,788	55.0	2,817	55.5	1.05	1.06
	산업 3	881	17.4	792	15.6	784	15.5	0.90	0.89
	산업 4	1,425	28.1	1,386	27.4	1,369	27.0	0.97	0.96
	가계부문	37	0.7	36	0.7	38	0.7	0.99	1.03
4	산업 1	109	1.0	105	0.9	104	0.9	0.97	0.96
	산업 2	4,279	37.6	4,251	37.4	4,585	40.3	0.99	1.07
	산업 3	2,050	18.0	2,038	17.9	1,971	17.3	0.99	0.96
	산업 4	4,119	36.2	4,215	37.0	4,036	35.4	1.02	0.98
	가계부문	818	7.2	773	6.8	692	6.1	0.94	0.85
5	산업 1	35	1.0	35	1.0	34	0.9	0.99	0.96
	산업 2	1,129	31.7	1,134	31.8	1,160	32.5	1.00	1.03
	산업 3	800	22.4	795	22.3	778	21.8	0.99	0.97
	산업 4	1,498	42.0	1,498	42.0	1,482	41.5	1.00	0.99
	가계부문	104	2.9	104	2.9	114	3.2	1.00	1.09
6	산업 1	35	0.4	36	0.4	34	0.4	1.01	0.97
	산업 2	4,046	47.3	3,974	46.8	4,123	48.0	0.98	1.02
	산업 3	1,831	21.4	1,850	21.8	1,826	21.3	1.01	1.00
	산업 4	2,595	30.3	2,617	30.8	2,534	29.5	1.01	0.98
	가계부문	55	0.6	24	0.3	65	0.8	0.43	1.18
7	산업 1	9	0.1	9	0.1	8	0.1	0.98	0.90
	산업 2	9,576	66.0	9,582	66.1	9,683	66.8	1.00	1.01
	산업 3	265	1.8	262	1.8	254	1.8	0.99	0.96
	산업 4	4,198	28.9	4,178	28.8	4,087	28.2	1.00	0.97
	가계부문	458	3.2	465	3.2	457	3.2	1.02	1.00
8	산업 1	9	0.1	9	0.1	15	0.1	1.00	1.64
	산업 2	11,485	66.3	11,467	66.2	11,441	66.1	1.00	1.00
	산업 3	336	1.9	335	1.9	331	1.9	1.00	0.99
	산업 4	4,703	27.2	4,708	27.2	4,715	27.2	1.00	1.00
	가계부문	786	4.5	795	4.6	819	4.7	1.01	1.04

<표 20> 지역별 산업별 생산시설밀도

지역	산업	생산시설밀도			비율	
		시나리오 #0(0)	시나리오 #1(A)	시나리오 #2(B)	(A)/(0)	(B)/(0)
1	산업 1	1.95	1.95	2.00	1.00	1.02
	산업 2	9.13	9.10	9.34	1.00	1.02
	산업 3	10.46	10.42	10.69	1.00	1.02
	산업 4	17.18	17.11	17.58	1.00	1.02
	가계부문	13.57	13.52	13.88	1.00	1.02
2	산업 1	1.81	1.81	1.86	1.00	1.03
	산업 2	8.47	8.43	8.70	1.00	1.03
	산업 3	9.68	9.64	9.95	1.00	1.03
	산업 4	15.85	15.78	16.31	1.00	1.03
	가계부문	12.54	12.49	12.90	1.00	1.03
3	산업 1	1.68	1.68	1.74	1.00	1.03
	산업 2	7.85	7.86	8.11	1.00	1.03
	산업 3	8.96	8.97	9.27	1.00	1.03
	산업 4	14.61	14.64	15.15	1.00	1.04
	가계부문	11.58	11.60	11.99	1.00	1.04
4	산업 1	1.82	1.84	1.89	1.01	1.04
	산업 2	8.48	8.59	8.85	1.01	1.04
	산업 3	9.70	9.82	10.13	1.01	1.04
	산업 4	15.88	16.10	16.62	1.01	1.05
	가계부문	12.56	12.73	13.13	1.01	1.05
5	산업 1	1.88	1.89	1.94	1.01	1.03
	산업 2	8.78	8.84	9.05	1.01	1.03
	산업 3	10.04	10.11	10.35	1.01	1.03
	산업 4	16.47	16.59	17.01	1.01	1.03
	가계부문	13.02	13.12	13.44	1.01	1.03
6	산업 1	1.98	1.96	2.01	0.99	1.02
	산업 2	9.25	9.16	9.41	0.99	1.02
	산업 3	10.59	10.48	10.77	0.99	1.02
	산업 4	17.40	17.23	17.72	0.99	1.02
	가계부문	13.75	13.61	13.99	0.99	1.02
7	산업 1	1.71	1.72	1.78	1.01	1.04
	산업 2	7.97	8.03	8.30	1.01	1.04
	산업 3	9.10	9.17	9.49	1.01	1.04
	산업 4	14.85	14.98	15.52	1.01	1.05
	가계부문	11.77	11.86	12.29	1.01	1.04
8	산업 1	1.96	1.97	1.99	1.00	1.02
	산업 2	9.18	9.20	9.32	1.00	1.02
	산업 3	10.50	10.53	10.68	1.00	1.02
	산업 4	17.26	17.30	17.56	1.00	1.02
	가계부문	13.63	13.67	13.86	1.00	1.02

4. 모듈 III: 지역개발 파급효과 분석

1) 지역별 산업별 생산효과

지역별, 산업별 생산효과는 모듈 II에서 추정된 지역별, 산업별 생산액을 이용하여 분석한다.

<표 17>에서 보는 바와 같이 도로투자에 따른 생산효과는 지역별, 산업별로 각기 다르게 나타나고 있으며, 산업 1의 경우 지역 8이 1.74배로, 산업 2는 지역 2가 1.13배로 산업 3은 지역 6이 1.02배로, 그리고 산업 4는 지역 4가 1.04배로 증가할 것으로 추정된다.

2) 지역별 고용효과

모듈 II에서 추정된 지역별 가계부문 생산액을 이용하여 지역별 고용효과를 분석하면, <표 17>에서 보는 바와 같이 지역 1이 30,490억원에서 37,410억원으로 약 1.23배 증가할 것으로 추정된다. 그리고 지역 6이 1.21배, 지역 5가 1.14배로 증가할 것으로 추정된다.

3) 지역균형효과

지역균형효과는 모형 II에서 산출된 지역별, 산업별 입지잉여, 지역별 지가, 지역별 토지이용 자료를 이용하여 분석할 수 있다.

<표 16>은 지역별 지가변화를 나타낸 것으로 시나리오 #1의 경우 지역 4, 5, 7이 각각 1.05, 1.03, 1.03배로 증가할 것으로 추정되며, 시나리오 #2의 경우 지역 4, 7, 5 지역이 타지역보다 지가가 높게 증가할 것으로 추정된다. 또한 <표 18>은 지역별, 산업별 입지잉여를 나타낸 것으로 산업별로 차이는 있으나 시나리오 #1

의 경우 지역 4와 5가, 시나리오 #2의 경우 지역 4, 5, 7의 입지잉여가 상대적으로 높게 증가할 것으로 예상된다. 따라서 도로투자에 따라 지역 4와 5의 지역발전이 클 것으로 예상된다. 산업별로 보면 지역4의 산업3과 4가 가장 크게 증가 할 것으로 예상되어 해당 도로 건설에 따른 주거상 편익증가는 지역4가 제일 클 것으로 판단된다.

5. 모듈 Ⅳ : 경제성 분석

1) SOC투자비용 산출

SOC투자사업의 경제성 평가를 위해 사업의 개요는 다음과 같다고 가정한다.

- 공사기간: 3년.
- 부지매입비용: 공사 초기년도 20,000억원.
- 건설비용: 년간 4,000억원.
- 유지관리비용: 완공후 매년 100억원.
- 평가기간: 완공후 20년.
- 사회적 할인율: 연10%.

위에서 가정한 사업개요로부터 사업기간동안 발생하는 투자비용을 현재가치로 환산하면 <표 21>과 같다.

<표 21> SOC투자비용 : 현재가치

(단위 : 억원)

구 분	금 액	비 고
부지매입비용	20,000	공사초기년도 매입
건설비	10,942	
유지관리비	704	
계	31,646	

2) 편익산출

투자사업에 따른 편익요소는 수송비 절감액과 부가가치로 수출량 증가분으로 하며, 모형에 의해 산출된 년 간 편익요소별 금액은 <표 22>와 같다.

<표 22> SOC투자에 따른 년 간 편익

(단위 : 억원/년)

구 분	시나리오 #1	시나리오 #2
수송비 절감액	5,157	-4,913
수출액 증가액	-	15,825
계	5,157	10,912

총 편익은 시나리오별로 각각 년 간 5,157억원, 10,912억원에 이를 것으로 추정된다. 이를 평가기간 20년, 사회적 할인율 10%로 하여 현재가치로 환산하면 각각 36,285억원, 76,777억원이 된다.

3) 경제성 분석

앞에서 산출한 비용과 편익의 현재가치를 근거로 SOC투자사업에 대한 현재가치 순 편익, 편익-비용비를 산출하면 <표 23>과 같다. 즉, 시나리오 #1의 경우 사업의 현재가치 순 편익은 4,639억원, 편익/비용비는 1.15로 나타났으며, 시나리오 #2의 경우 사업의 현재가치 순 편익은 4조 5,131억원, 편익/비용비는 2.43으로 경제성이 높은 것으로 나타났다.

<표 23> 경제성 분석

(단위 : 억원)

구 분	시나리오 #1	시나리오 #2
편익의 현재가치	36,285	76,777
비용의 현재가치	31,646	
순현재가치	4,639	45,131
편익/비용비	1.15	2.43

CHAPTER 5

결 론

한정된 국토자원과 SOC투자 재원을 효율적으로 이용하기 위해 SOC투자정책의 효과분석과 자원배분의 효율성을 평가할 수 있는 모형을 개발한다. 이는 SOC투자로 인해 나타날 토지이용 및 교통체계의 변화 뿐 아니라 지역별 산업별 경제적 파급효과, 지역간 교통수요, 지역별 토지수요, 그리고 투자의 경제성을 종합적으로 분석할 수 있는 모형이다.

프로토 타입의 SOC투자계획을 설정하여 모형에 적용한 결과, 모듈 Ⅰ에서는 지역별 투입산출계수를 산출하고, SOC투자에 의한 수송비 절감이 상품가격과 최종수요에 미치는 영향을 파악하여 이를 추정하였다. 모듈 Ⅱ에서는 모형분석을 위한 입력자료인 토지 및 자본투입함수와 자본가격, 토지가격, 생산시설의 밀도, 지역간 품목별 수송저항계수 및 지역별 개발토지면적을 가정하여 분석한 결과 지역별 지가와 지역별 산업별 생산액, 입지잉여, 토지이용 및 생산시설밀도 그리고 지역간 품목별 수송수요를 산출하였다. 모듈 Ⅲ에서는 모듈 Ⅱ에서 산출된 결과를 이용하여 지역별 산업별 생산효과, 지역별 고용효과, 지역균형효과를 분석하였다. 모듈 Ⅳ에서는 SOC투자계획의 비용을 가정하고, 이 비용과 모듈 Ⅱ에서 분석된 결과를 이용하여 사업의 경제성을 분석하였다.

향후 본 연구를 실제 SOC투자를 평가에 적용하기 위해서는 본 연구에서 개발된 모형을 확장하기 위한 추가연구가 필요하다.

즉, 2단계 연구에서는 전국을 각 지역별로 세분하여 구분하며, 지역간 도로 등으로 구성된 교통체계를 구축하고, 산업분류를 세분화해야 한다. 또한, 모형의 입력자료를 산출하기 위한 연구가 필수적이다. 이는 모듈 I의 입력자료인 지역별 투입산출계수, 상품가격, 최종수요와 모듈 II의 입력자료인 토지 및 자본투입함수, 자본가격과 토지가격, 생산시설의 밀도, 지역간 품목별 수송저항계수, 지역별 개발 토지면적 등을 수집, 분석, 추정하여야 한다.

본 연구에서 개발한 EMSI모형이 실용화된다면 이를 이용하여 현재 각 사업별로 수행되고 있는 예비타당성 조사 또는 본 타당성 조사의 편익과 지역개발효과 등을 전체적이며 종합적인 측면에서 용이하게 추정할 수 있을 것이다.

참고문헌

1. 국내문헌

교통개발연구원, *소화물 일관수송의 운임 및 요금산정에 관한 연구*, 1992.

국토연구원, *고속 전철시대의 국토공간구조의 개편방안*, 1995.

국토연구원, *지역 경제의 활성화 및 국제경쟁력 강화*, 1995.

국토연구원, *고속도로 사업효과 조사*, 1995. 11.

국토연구원, *국도건설공사의 사후 평가 연구*, 1999. 6.

국토연구원, *도로포장 및 확장 사업의 사회, 경제적 파급효과 분석*, 1996. 5.

김홍배, *도시 및 지역경제 ; 분석과 예측*, 기문당, 1995.

김홍배, 강무진, 최석우, "접근성의 향상과 지역경제," *국토계획*, 제30권, 제4호, 1995. 8.

김홍배, 원제무, 박재룡, 이택준, "경부고속전철이 지역경제에 미치는 영향," *국토계획*, 제32권, 제1호, 1997. 2.

김홍배, *계획가와 정책가를 위한 Note Book ; 비용편익분석론*, 홍문사, 2000.

노정현, 임채욱, "XX정유사의 석유제품 저유 및 수송정책평가모형의 개발," *대한교통학회지*, 제11권, 제3호, 1993.

노정현, 이동규, "사회간접자본 투자에 대한 평가방법의 개선," *국토계획*, 제28권, 제4호, 1993. 11.

노정현, 류재영, "종합지역 접근성 측정 모형의 개발," *지역연구*, 제10권, 제2호, 1994. 12.

노정현, 류재영, "**토지이용-교통 통합 모형을 이용한 공간계획 평가기법의 개발**," ***대한교통학회지***, 제31권, 제2호, 1995. 4.

노정현, ***교통계획 ; 통행수요이론과 모형***, (주)나남출판, 1999.

통계청, ***지역통계연보***, 1994, 1995.

통계청, ***1995 산업총조사보고서***, 1997.

통계청, ***1995 지역 내 총생산***, 1997.

한국개발연구원, ***경부고속 전철 건설 사업의 국민 경제적 효과 연구***, 1992.

한국은행, ***1995년 산업연관표***, 1998.

2. 국외문헌

Alonso, W., *Location and Land Use*, Harvard University Press, Cambridge, MA, 1964.

Beckmann, M., McGuire, C. B., and Winsten, C. B., *Studies in the Economics of Transportation*, Yale University Press, New Haven, 1956.

DeLeeuw, F. and Struyk, R. J., *The Web of Urban Housing: Analyzing Policy with a Market Simulation Model*, The Urban Institute, Washington, D. C., 1975.

Dicken, P. and Lloyd P. E., *Location in Space*, 1990.

Herbert, J. E. and Stevens, B. H., "A Model for the Distribution of Residential Activity in Urban Areas," *Journal of Regional Science*, Vol. 2, pp. 21-36, 1960.

Hill, D. M., "A Growth Allocation Model for the Boston Region," *Journal of the American Institute of Planners*, Vol. 31, pp. 111-120, 1965.

Ingram, G. K., Kain, J. F., and Ginn, J. R., *The Detroit Prototype of the NBER Urban Simulation Model*, National Bureau of Economic Research, New York, 1972.

Kim, T. J., "Modeling the Density Variations of Urban Land Uses with Transportation Network Congestion," *Journal of Urban Economics*, Vol. 19, pp. 264-276, 1986.

Liew, C. K. and Liew, C. J., "Use of a Multiregional Variable Input-Output Model to Analyze Economic Impacts of Transportation Costs," *Transportation Research Record 747*, 1984.

Liew, C. K. and Liew, C. J., "Measuring The Development Impact of a Transportation System : A Simplified Apporoach," *Journal of Regional Science*, Vol.25, No.2, 1985.

Lowry, I. S., *A Model of Metropolis*, RM-4125-RC, The Rand Corporation, Santa Monica, CA, 1964.

McFadden, D., "Conditional Logit Analysis and Qualitative Choice Behavior," *Frontiers in Econometrics*, edited by Zarembka, P. Academic Press, New York, 1973.

Mills, E. S., "Markets and Efficient Resource Allocation in Urban Areas," *Swedish Journal of Urban Economics*, Vol. 74, pp. 100-113, 1972.

Putman, S. H., *Integrated Urban Models: Policy Analysis of Transportation and Land Use*, Pion, London, 1983.

Polenke, K., *The U.S Multiregional Input-Output Accounts and Model*, 1980.

Rho, J. H. and Kim, T. J., "Solving a Three-Dimensional Urban Activity Model of Land Use Intensity and Transport Congestion," *Journal of Regional Science*, Vol. 29, No. 4, pp. 595-613, 1989.

Richardson, H. W., "Input-Output and Economic Base Multipliers : Looking Backward and Forwared," *Journal of Regional Science*, Vol.25, No.4, 1985.

Shin, D. C., "The Effects of an environmental Tax on Trade; A CGE Approach to the Korean case," *The Korean Economic Review*, 1995.

Wardrop, J. G., "Some Theoretical Aspects of Road Traffic Research," *Proceedings Institution of Civil Engineering*, Part II, Vol 1, pp. 325-378, 1952.

Wilson, A. G., "A Statistical Theory of Spatial Trip Distribution Models," *Transportation Research*, Vol. 1, pp. 253-269, 1967.

Wilson, A. G., "Interregional Commodity Flows: Entropy Maximizing Approaches," *Geographical Analysis*, Vol 2, pp. 255-282, 1970a.

Wilson, A. G., *Entropy in Urban and Regional Modelling*, Pion Ltd., London, 1970b.

부 록

1. 모듈 II 모형식과 최적조건

본 연구의 모형식은 다음과 같다.

$$Min \quad \sum_i \sum_j \sum_r c_r^{ij} X_r^{ij} + \sum_i \sum_r [L \exp(\alpha_{1r} s_r^i + \beta_{1r}) + R \exp(\alpha_{2r} s_r^i + \beta_{2r})] X_r^i + \sum_i \sum_r (\sum_q a_{rq}^{ii} X_q^i) p_r^i \qquad (A\ 1)$$

$$s.\ t. \sum_{j \neq i} X_r^{ji} + X_r^i \geq \sum_{j \neq i} X_r^{ij} + \sum_q a_{rq}^{ii} X_q^i + F_r^i \quad \text{for all i and r,} \qquad (A2)$$

$$-\sum_i \sum_j X_r^{ij} \ln X_r^{ij} \geq S_r \quad \text{for all r,} \qquad (A3)$$

$$l \leq l^i \quad \text{for all i,} \qquad (A4)$$

$$X_r^i,\ X_r^{ij} \geq 0 \quad \text{for all i, j, r} \qquad (A5)$$

위의 모형식에 대한 Lagrangian은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} L = & \sum_i \sum_j \sum_r c_r^{ij} X_r^{ij} \\ & + \sum_i \sum_r [L \exp(\alpha_{1r} s_r^i + \beta_{1r}) + R \exp(\alpha_{2r} s_r^i + \beta_{2r})] X_r^i \\ & + \sum_i \sum_r (\sum_i \sum_q a_{rq}^{ii} X_r^i) p_r^i \\ & + \sum_i \sum_r \gamma_r^i [\sum_{j \neq i} X_r^{ij} + \sum_q a_{rq}^{ii} X_q^i + F_r^i - \sum_{j \neq i} X_r^{ji} - X_r^i] \\ & + \sum_r 1/\mu_r [S_r + \sum_i \sum_r X_r^{ij} \ln X_r^{ij}] \\ & + \sum_i \lambda_1^i [\sum_r \exp(\alpha_{1r} s_r^i + \beta_{1r}) X_r^i - l^i] \\ & + \sum_i \sum_r \sigma_r^i (-X_r^i) \\ & + \sum_i \sum_j \sum_r \theta_r^{ij} (-X_r^{ij}) \end{aligned} \qquad (A6)$$

모형식에 대한 최적조건을 도출하기 위한 Lagrangian의 편미분 방정식은 다음과 같다.

$$\partial L/\partial X_r^i = [(L+\lambda^i)\exp(\alpha_{1r}s_r^i+\beta_{1r})+R\exp(\alpha_{2r}s_r^i+\beta_{2r})] + \sum_q a_{qr}^{ii}p_q^i + \sum_q \gamma_q^i a_{qr}^{ii} - \gamma_r^i - \sigma_r^i = 0 \quad \text{(A7)}$$

$$\partial L/\partial X_r^{ij} = c_r^{ij} + \gamma_r^i - \gamma_r^j + 1/\mu_r(\ln X_r^{ij}+1) - \theta_r^{ij} = 0 \quad \text{(A8)}$$

$$\partial L/\partial S_r^i = \alpha_{1r}(L+\lambda_1^i)\exp(\alpha_{1r}s_r^i+\beta_{1r}) + \alpha_{2r}R\exp(\alpha_{2r}s_r^i+\beta_{2r}) = 0 \quad \text{(A9)}$$

이들 최적조건(optimality condition)을 정리함으로써 다음과 같은 식을 얻을 수 있다.

$$s_r^i = \frac{\ln\left(-\dfrac{\alpha_{1r}(L+\lambda^i)}{\alpha_{2r}\cdot R}\right) - (\beta_{2r}-\beta_{1r})}{\alpha_{2r}-\alpha_{1r}} \quad \text{(A10)}$$

$$\gamma_r^i = \sum_q\left\{[(L+\lambda^i)\exp(\alpha_{1r}s_r^i+\beta_{1r})+R\exp(\alpha_{2r}s_r^i+\beta_{2r})] + \sum_q a_{qr}^{ii}p_q^i\right\}\cdot b_{qr} \quad \text{(A11)}$$

$$X_r^{ij} = \exp\{-\mu_r(c_r^{ij}+\gamma_r^i-\gamma_r^j)\} \quad \text{(A12)}$$

$$X_q^i = \sum_r b_{qr}\left\{\sum_{j\neq i} X_r^{ij} - \sum_{j\neq i} X_r^{ji} + F_r^i\right\} \quad \text{(A13)}$$

식 (A10), 식 (A11), 식 (A12)를 차례로 식 (A13)에 대입하면 $X_r^i = X_r^i(\bar{\lambda})$로 나타낼 수 있다.

이러한 최적조건들과 각 대상지역의 이용가능 토지면적(l^i)에 대한 미 사용면적을 의미하는 여유변수(slack variable) y^i을 도입함으로써 다음과 같이 2n개의 변수와 2n개의 방정식(여기서 n은 존의 수)을 갖는 비선형 연립방정식체계를 구

성할 수 있다.

$$\sum_{r} \exp(\alpha_{1r} s_r^i + \beta_{1r}) X_r^i(\overline{\lambda}) - l^i + y^i = 0 \qquad \text{for all i,} \qquad \text{(A14)}$$

$$\lambda^i \cdot y^i = 0 \qquad \text{for all i.} \qquad \text{(A15)}$$

2. 지역간 품목별 통행수요 (시나리오 #0)

산업 1	1	2	3	4	5	6	7	8	합계
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	3	0	0	0	0	0	0	0	4
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	1	0	0	0	10	0	12
5	0	0	0	0	0	1	0	0	1
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
합계	3	0	1	0	0	1	11	1	17

산업 2	1	2	3	4	5	6	7	8	합계
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	4,194	0	252	0	0	6	254	39	4,745
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	342	0	1,422	0	0	336	6,245	113	8,458
5	2	0	9	0	0	48	39	1	98
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
합계	4,539	0	1,682	0	0	391	6,538	153	13,303

산업 3	1	2	3	4	5	6	7	8	합계
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	388	0	0	0	0	0	0	1	389
3	1,399	0	0	0	0	21	2	9	1,431
4	69	0	0	0	0	7	1	3	79
5	3	0	0	0	0	5	0	0	8
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	4	0	0	0	0	0	0	3	8
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
합계	1,864	0	0	0	0	33	3	16	1,916

산업 4	1	2	3	4	5	6	7	8	합계
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	5,295	0	0	0	0	6	1	42	5,344
3	293	0	0	0	0	10	1	7	311
4	1,548	0	2	0	0	306	30	212	2,098
5	32	0	0	0	0	79	1	4	116
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	2	0	0	0	0	0	0	4	7
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
합계	7,171	0	2	0	0	401	32	269	7,876

가계부문	1	2	3	4	5	6	7	8	합계
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1,868	0	5	0	0	46	37	56	2,012
3	25	0	0	0	0	5	3	1	33
4	1,192	0	25	0	1	632	353	193	2,397
5	52	0	1	0	0	120	15	8	196
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	1	0	0	0	0	0	0	0	1
8	0	0	0	0	0	0	0	0	1
합계	3,137	0	32	0	1	803	408	259	4,641

3. 지역간 품목별 통행수요 (시나리오 #1)

산업 1	1	2	3	4	5	6	7	8	합계
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	3	0	0	0	0	0	0	0	4
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1	0	1	0	0	2	10	0	14
5	0	0	0	0	0	2	0	0	3
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
합계	4	0	1	0	0	4	11	1	21

산업 2	1	2	3	4	5	6	7	8	합계
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	3,863	0	302	0	0	9	396	50	4,620
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	831	0	1,043	0	3	671	5,941	87	8,576
5	6	0	7	0	0	95	42	1	151
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	1	0	1
합계	4,700	0	1,353	0	3	775	6,379	138	13,347

산업 3	1	2	3	4	5	6	7	8	합계
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	363	0	0	0	0	0	0	1	365
3	1,062	0	0	0	0	11	2	10	1,087
4	117	0	0	0	1	9	1	2	129
5	7	0	0	0	0	7	0	0	14
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	3	0	0	0	0	0	0	2	5
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
합계	1,552	0	0	0	1	28	3	16	1,600

산업 4	1	2	3	4	5	6	7	8	합계
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	4,877	0	0	0	0	6	2	57	4,943
3	211	0	0	0	0	5	1	7	224
4	2,240	0	1	0	2	327	24	140	2,734
5	58	0	0	0	0	95	1	6	159
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	1	0	0	0	0	0	0	3	5
8	0	0	0	0					

						1,062	8,293	108	15,675

산업 3	1	2	3	4	5	6	7	8	합계
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	326	0	0	0	0	0	0	1	327
3	1,115	0	0	0	0	19	3	7	1,145
4	87	0	0	0	1	11	0	1	100
5	6	0	0	0	0	10	0	0	17
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	2	0	0	0	0	0	0	1	4
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
합계	1,536	0	0	0	1	40	4	11	1,592

산업 4	1	2	3	4	5	6	7	8	합계
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	4,786	0	0	0	0	9	2	36	4,833
3	234	0	0	0	0	8	2	5	249
4	1,912	0	1	0	1	413	25	77	2,429
5	60	0	0	0	0	147	1	4	212
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	1	0	0	0	0	0	0	2	3
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
합계	6,993	0	1	0	1	577	29	124	7,726

가계부문	1	2	3	4	5	6	7	8	합계
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1,561	0	6	0	0	63	70	50	1,750
3	18	0	0	0	0	4	4	1	27
4	995	0	15	0	3	634	331	85	2,062
5	59	0	1	0	0	156	20	7	243
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	1
8	0	0	0	0	0	0	0	0	1
합계	2,633	0	22	0	3	857	425	143	4,083

5. EMSI 모듈II Source Program

```
c
c       사회간접자본(SOC) 투자 평가모형
c       모듈II(토지이용-교통 일반균형모형)

c       ==============================
c       존(zone)과 품목(sector)의 수 정의
c       ==============================

        parameter(nz=8,ns=5)

c
c        nz : 존수 -> i,j
c        ns : 품목수 -> r,q
c


c       ======================================
c       MINPACK subroutine HYBRD1에 대한 변수 정의
c       ======================================

        integer n,info,lwa
        real tol
        real x(2*nz),fvec(2*nz),wa((2*nz*(3*2*nz+13))/2)
        external fcn


c       ========
c       변수 정의
c       ========

        common /exo1/ cijr(nz,nz,ns),airq(nz,ns,ns),birq(nz,ns,ns)
        common /exo2/ pir(nz,ns),fir(nz,ns)
        common /exo3/ rli1(nz),rmur(ns)
        common /para1/ alp1r(ns),bet1r(ns),alp2r(ns),bet2r(ns),sr(ns)
        common /para2/ rland,rent
c
c        외생변수(exogenous variables)
c
c        cijr(i,j,r) : 품목 r을 지역 i에서 j까지 수송하는데 소요되는 단위수송비용
```

```
c        airq(i,r,q) : 지역 i의 품목 q에 대한 품목 r의 투입계수
c        birq(i,r,q) : (I-A)의 역행렬
c        pir(i,r) : 지역 i의 품목 r에 대한 상품가격
c        fir(i,r) : 지역 i의 품목 r에 대한 최종수요량
c        rli1(i) : 지역 i의 토지면적
c        rmur(r) : friction factor
c        alp1r(r), bet1r(r) : 토지투입함수의 파라메타
c        alp2r(r), bet2r(r) : 자본투입함수의 파라메타
c        sr(r) : 품목 r의 지역간 수송배분에 대한 엔트로피 수준
c        rland : 토지의 기본지대
c        rent : 자본의 기회비용
c
      common /endo1/ xijr(nz,nz,ns),xir(nz,ns),sir(nz,ns),rli(nz)
      common /dual/ rlambdai1(nz),gammair(nz,ns)


c
c        내생변수(endogenous variables)
c
c        xijr(i,j,r) : 지역 i에서 j로 수송되는 품목 r의 양
c        xir(i,r) : 지역 i에서 생산되는 품목 r의 양
c        sir(i,r) : 지역 i에서 품목 r의 생산시설밀도
c        rli(i) : 지역 i의 토지개발면적
c        rlambdai1(i)
c        gammair(i,r)
c
      common /temp/ sxijr(nz,ns),sxjir(nz,ns),rminsir(nz,ns),
     *              sairq
c
c        sxijr(i,r) : xijr의 합 (j=1,nz)
c        sxjir(i,r) : xjir의 합 (j=1,nz)
c        rminsir(i,r) : 토지, 자본단위투입비용의 최소화 값
c        sairq : airq*pir의 합 (r=1,ns)
c

      real object,object1,object2,object3,xx(ns+1),ss


c       ===============
c       입출력 파일 정의
c       ===============
```

```
      open(1,file='cijr.txt')
      open(2,file='airq.txt')
      open(3,file='birq.txt')
      open(4,file='pir.txt')
      open(5,file='fir.txt')
      open(6,file='li.txt')
      open(8,file='mur.txt')
      open(9,file='para.txt')
      open(10,file='sr.txt')
      open(11,file='landrent.txt')
      open(12,file='result.txt')
      open(13,file='x_fvec.txt')
      open(14,file='object.txt')
      open(15,file='gamma.txt')

c     ===============
c     입력자료 reading
c     ===============

      read(1,*) (((cijr(i,j,r),r=1,ns),j=1,nz),i=1,nz)
      read(2,*) (((airq(i,r,q),q=1,ns),r=1,ns),i=1,nz)
      read(3,*) (((birq(i,r,q),q=1,ns),r=1,ns),i=1,nz)
      read(4,*) ((pir(i,r),r=1,ns),i=1,nz)
      read(5,*) ((fir(i,r),r=1,ns),i=1,nz)
      read(6,*) (rli1(i),i=1,nz)
      read(8,*) (rmur(r),r=1,ns)
      read(9,*) (alp1r(r),bet1r(r),alp2r(r),bet2r(r),r=1,ns)
      read(10,*) (sr(r),r=1,ns)
      read(11,*) rland,rent


c     **********************
c     step 0 : initializing
c     **********************

      do 1000 i=1,nz
         rli(i)=0.0
         rlambdai1(i)=0.0

         do 1000 r=1,ns
```

```
                xir(i,r)=0.0
                sir(i,r)=0.0
                gammair(i,r)=0.0

                do 1000 j=1,nz
                    xijr(i,j,r)=0.0
1000    continue

        n=2*nz
        tol=0.01
        lwa=(n*(3*n+13))/2


c       ********************
c       step 1 : call hybrd1
c       ********************

        call hybrd1(fcn,n,x,fvec,tol,info,wa,lwa)

        write(12,*)
        write(12,*) 'return codes=',info
        write(12,*)
        write(12,*)


c       ****************************
c       setp 2 : update of variables
c       ****************************


c       ==============
c       sir(i,r) update
c       ==============

        do 2000 i=1,nz
            do 2000 r=1,ns
                sir(i,r)=( alog((-alp1r(r)*(rland+x(i)))/(alp2r(r)*rent))
     *                    -(bet2r(r)-bet1r(r)) ) / (alp2r(r)-alp1r(r))
                rminsir(i,r)=(rland+x(i))*exp(alp1r(r)*sir(i,r)+bet1r(r))
     *                    +rent*exp(alp2r(r)*sir(i,r)+bet2r(r))
```

```
2000   continue

c      ==================
c      gammair(i,r) update
c      ==================

       do 2100 i=1,nz
          do 2100 r=1,ns
             gammair(i,r)=0.0
             do 2110 q=1,ns
                sairq=0.0
                do 2120 rr=1,ns
                   sairq=sairq+airq(i,rr,q)*pir(i,rr)
2120            continue
                gammair(i,r)=gammair(i,r)+(rminsir(i,q)
     *                   +sairq)*birq(i,q,r)
2110         continue
2100   continue


c      =================
c      xijr(i,j,r) update
c      =================

       do 2200 r=1,ns
          do 2200 i=1,nz
             do 2200 j=1,nz
                if (i.ne.j) then
                xijr(i,j,r)=exp(-rmur(r)*(cijr(i,j,r)
     *                  +gammair(i,r)-gammair(j,r)))
                else
                xijr(i,j,r)=0.0
                endif
2200   continue


c      ==============
c      xir(i,r) update
c      ==============
```

```
      do 2300 r=1,ns
         do 2300 i=1,nz
            sxijr(i,r)=0.0
            sxjir(i,r)=0.0
            do 2300 j=1,nz
               sxijr(i,r)=sxijr(i,r)+xijr(i,j,r)
               sxjir(i,r)=sxjir(i,r)+xijr(j,i,r)
2300  continue

      do 2400 i=1,nz
         do 2400 q=1,ns
            xir(i,q)=0.0
            do 2400 r=1,ns
               xir(i,q)=xir(i,q)+birq(i,q,r)*(sxijr(i,r)
     *                  -sxjir(i,r)+fir(i,r))
2400  continue


c     =====================
c     objective function value
c     =====================

      object=0.0

      do i=1,nz
         do j=1,nz
            do r=1,ns
               object1=object1+cijr(i,j,r)*xijr(i,j,r)
            enddo
         enddo
      enddo

      write(14,*) '총통행비용=',object1

      do i=1,nz
         do r=1,ns
            object2=object2+(rland*exp(alp1r(r)*sir(i,r)+bet1r(r))
     *      +rent*exp(alp2r(r)*sir(i,r)+bet2r(r))*xir(i,r))
         enddo
      enddo
```

```
      write(14,*) '토지,자본투입비용=',object2

      do i=1,nz
         do r=1,ns
            ss=0.0
            do q=1,ns
            ss=ss+airq(i,r,q)*xir(i,q)
            enddo
            object3=object3+ss*pir(i,r)
         enddo
      enddo

      write(14,*) '중간투입재 비용=',object3

      object=object1+object2+object3


      write(14,*) '총비용=',object


c     ************************
c     setp 3 : writing output
c     ************************

      write(12,*)

      write(12,*) '국토공간이용 및 사회간접자본(SOC)투자 평가모형 결과'
      write(12,*)
      write(12,*)

      do 2500 i=1,nz
         do 2500 r=1,ns
         write(12,2510) i,r,rmur(r),x(i),sir(i,r),gammair(i,r),xir(i,r)
2510     format('i=',i2,2x,'r=',f2.0,2x,'mur=',f6.3,2x,'lambdai1='
     *,f10.3,2x,'sir=',f7.4,2x,'gamma=',f10.4,2x,'xir=',f15.2)
2500  continue

c     ========================
c     simultanous equations (5n)
c     ========================
```

```
      write(12,*)
      write(12,*) '*** Land demand & supply ***'

      do 2600 i=1,nz
         xx(ns+1)=0.0
         do 2610 r=1,ns
            xx(r)=exp(alp1r(r)*sir(i,r)+bet1r(r))*xir(i,r)
            xx(ns+1)=xx(ns+1)+xx(r)
         write(14,*) i,'지역',r,'산업의 토지수요=',xx(r)
2610     continue

      write(12,2620) i,xx(ns+1),rli1(i),x(nz+i),x(i)
2620  format('i=',i2,2x,'demand=',f15.2,2x,'li1=',f15.2,2x,'yi1=',f15.2,
     *2x,'lambda1=',f7.4)

         fvec(i)=xx(ns+1)-rli1(i)+x(nz+i)
         fvec(nz+i)=x(i)*x(nz+i)

2600  continue


      write(12,*)
      write(12,*) '*** fvec(i) write ***'
      write(12,2650)
2650  format(5x,'equation1',7x,'equation2')

      do i=1,nz
      write(12,2660) fvec(i),fvec(nz+i)
2660  format(2f15.3)
      enddo


      write(12,*)
      write(12,*) '*** 지역 i에서 j로 수송되는 품목 r의 양 : Xijr ***'
      write(12,*)

      do r=1,ns
         write(12,2670) r
2670     format('품목=',f2.0)
         do i=1,nz
```

```
            write(12,2680)  (xijr(i,j,r),j=1,nz)
2680        format(8f10.2)

         enddo
         write(12,*)
      enddo

      stop
      end


c     ********************
c     subroutine  function
c     ********************

      subroutine  fcn(n,x,fvec,iflag)

c     ==============================
c     존(zone)과 품목(sector)의 수 정의
c     ==============================

      parameter(nz=8,ns=5)

c     ======================================
c     MINPACK  subroutine  HYBRD1에 대한 변수 정의
c     ======================================

      integer  n,iflag
      real  x(2*nz),fvec(2*nz)


c     ========
c     변수 정의
c     ========

      common  /exo1/  cijr(nz,nz,ns),airq(nz,ns,ns),birq(nz,ns,ns)
      common  /exo2/  pir(nz,ns),fir(nz,ns)
      common  /exo3/  rli1(nz),rmur(ns)
      common  /para1/  alp1r(ns),bet1r(ns),alp2r(ns),bet2r(ns),sr(ns)
      common  /para2/  rland,rent
```

```
      common /endo1/ xijr(nz,nz,ns),xir(nz,ns),sir(nz,ns),rli(nz)
      common /dual/ rlambdai1(nz),gammair(nz,ns)
      common /temp/ sxijr(nz,ns),sxjir(nz,ns),rminsir(nz,ns),
     *               sairq
      real xx,object,ss
      integer k

      write(13,*)
      write(13,*) 'k=',k+1,'      iflag=',iflag

      do i=1,n
      write(13,*) 'x(i)=',x(i),'       fvec(i)=',fvec(i)
      enddo

c     ==============
c     sir(i,r) update
c     ==============

      do 3000 i=1,nz
         do 3000 r=1,ns
            sir(i,r)=( alog((-alp1r(r)*(rland+x(i)))/(alp2r(r)*rent))
     *                 -(bet2r(r)-bet1r(r)) ) / (alp2r(r)-alp1r(r))

            rminsir(i,r)=(rland+x(i))*exp(alp1r(r)*sir(i,r)+bet1r(r))
     *                   +rent*exp(alp2r(r)*sir(i,r)+bet2r(r))
3000  continue


c     ==================


c     gammair(i,r) update
c     ==================

      do 3100 i=1,nz
         do 3100 r=1,ns
            gammair(i,r)=0.0
            do 3110 q=1,ns
               sairq=0.0
               do 3120 rr=1,ns
```

```
                    sairq=sairq+airq(i,rr,q)*pir(i,rr)
3120            continue
                gammair(i,r)=gammair(i,r)+
     *                     (rminsir(i,q)+sairq)*birq(i,q,r)
3110        continue
3100  continue


c     ==================
c     xijr(i,j,r) update
c     ==================

      write(15,*)
      write(15,*) 'k=',k+1

      do 3200 r=1,ns
         do 3200 i=1,nz
            do 3200 j=1,nz
               if (i.ne.j) then
               xijr(i,j,r)=exp(-rmur(r)*(cijr(i,j,r)
     *                  +gammair(i,r)-gammair(j,r)))
               else
               xijr(i,j,r)=0.0
               endif
      write(15,3210) cijr(i,j,r),gammair(i,r)-gammair(j,r),
     *cijr(i,j,r)+gammair(i,r)-gammair(j,r)
3210  format('cijr= ',f7.4,7x,'delta_gammair= ',f7.4,7x,'delta=
     *',f7.4)
3200  continue


c     ===============
c     xir(i,r) update
c     ===============

      do 3300 r=1,ns
         do 3300 i=1,nz
            sxijr(i,r)=0.0
            sxjir(i,r)=0.0
            do 3300 j=1,nz
```

```
                    sxijr(i,r)=sxijr(i,r)+xijr(i,j,r)
                    sxjir(i,r)=sxjir(i,r)+xijr(j,i,r)
3300  continue

      do 3400 i=1,nz
         do 3400 q=1,ns
            xir(i,q)=0.0
            do 3400 r=1,ns
               xir(i,q)=xir(i,q)+birq(i,q,r)*(sxijr(i,r)
     *                  -sxjir(i,r)+fir(i,r))
3400  continue


c     ======================
c     objective function value
c     ======================

      object=0.0

      do i=1,nz
         do j=1,nz
            do r=1,ns
               object=object+cijr(i,j,r)*xijr(i,j,r)
            enddo
         enddo
      enddo

      do i=1,nz
         do r=1,ns
            object=object+(rland*exp(alp1r(r)*sir(i,r)+bet1r(r))+rent
     *                *exp(alp2r(r)*sir(i,r)+bet2r(r))*xir(i,r))
         enddo
      enddo

      do i=1,nz
         do r=1,ns
            ss=0.0
            do q=1,ns
            ss=ss+airq(i,r,q)*xir(i,q)
            enddo
```

```
                 object=object+ss*pir(i,r)
             enddo
         enddo

         write(14,*) 'k=',k+1,'   objective function value = ',object


c        ======================
c        update variables write
c        ======================

         k=k+1
         write(12,*)
         write(12,*) 'number of iteration = ',k
         write(12,*)
         write(12,*) '*** update variables ***'

         do 3500 i=1,nz
             do 3510 r=1,ns
             write(12,3520) i,r,rmur(r),x(i),sir(i,r),gammair(i,r),xir(i,r)
3520         format('i=',i2,2x,'r=',f2.0,2x,'mur=',f6.3,2x,'lambdai1='
        *,f10.3,2x,'sir=',f7.4,2x,'gamma=',f10.4,2x,'xir=',f15.2)

3510     continue
3500     continue


c        ==========================
c        simultanous equations (5n)
c        ==========================


         write(12,*)
         write(12,*) '*** Land demand & supply ***'

         do 3600 i=1,nz
             xx=0.0
             do 3610 r=1,ns
                 xx=xx+exp(alp1r(r)*sir(i,r)+bet1r(r))*xir(i,r)
3610         continue
```

```
      write(12,3620)  i,xx,rli1(i),x(nz+i),x(i)
3620  format('i=',i2,2x,'demand=',f15.2,2x,'li1=',f15.2,2x,'yi1=',f15.2,
     *2x,'lambdai1=',f7.4)

         fvec(i)=xx-rli1(i)+x(nz+i)
         fvec(nz+i)=x(i)*x(nz+i)

3600  continue


      write(12,*)
      write(12,*)  '*** fvec(i)  write  ***'
      write(12,3650)
3650  format(5x,'equation1',7x,'equation2')

      do  i=1,nz
      write(12,3660)  fvec(i),fvec(nz+i)
3660  format(2f15.3)
      enddo

      write(12,*)
      write(12,*)  '*** 지역 i에서 j로 수송되는 품목 r의 양 : Xijr  ***'
      write(12,*)

      do  r=1,ns
         write(12,3670)  r
3670     format('품목=',f2.0)
         do  i=1,nz
            write(12,3680)  (xijr(i,j,r),j=1,nz)
3680        format(8f10.2)
         enddo
         write(12,*)
      enddo
      write(12,*)
      write(12,*)   '====================
     *==========================='

      return
      end
```

ABSTRACT

Development of an Evaluation Model for SOC (Social Overhead Capital) Investment

Jeong Hyun Rho, Young-Gyun Lee, Hong Bae Kim, Jai-Young Ryu

It is generally recognized that a SOC investment largely impacts on a national economy since the SOC is characterized by a joint-consumption good. Various changes in an economy are thus made due to the SOC investment. The changes here are represented by system changes of land use and transportation, industrial output across regions, unbalanced development, and etc. Therefore, it is very natural to say that a SOC investment policy must be comprehensively evaluated. The current research attempts to develop a model to comprehensively evaluate a SOC investment policy, which makes it possible to determine the priority order of potential projects.

This research consists of four modules as follows: The first module constructs a price multi-region input-output model to analyze the price changes resulting from the interregional SOC investment. The second module also constructs a model in a land use-transportation general equilibrium framework to estimate the policy impacts such as industrial

output, location surplus, land price, land use and intra (and inter)-regional transportation demand. Actually, the result of the second module is obtained from the results of the first module. The third module presents a method to analyze the various spread effects of the SOC investment policy. Finally, the cost and benefit analysis framework is suggested for the SOC investment policy in the fourth module. The benefit-cost ratio and the net benefit of the project are employed as an economic index for evaluating the economic properness of the project.

A proto-type economy of an eight-region is set up and a hypothetical SOC investment project is examined. The first module estimates the technical coefficients, the industrial commodities' prices and subsequent final demand changes when the SOC investment project is implemented. In the second module the comprehensive analysis is completed with a premise that some variables such as prices of capital good and land, density of productive facility, resistance coefficient to commodity movement, and regional exploitable land are given. The third module specifically analyzes the spread effects of the project in terms of the production effect, the employment effect and the equity effect using the results of the second module. The fourth module indicates that the SOC investment project is economically proper in terms of the benefit-cost ratio and the net benefit.

To synthesize, this research is only demonstrating the usefulness of the integrated model. Hence, the model presented in this research represents a first step toward the further development of a model, which is applicable to the real world. Hopefully, many researches to develop this model will be conducted in near future.