

한국 도로 자본이 산업에 미친 영향과 생산성 분석

Study on The Influence of Road Capital to Industry and Productivity Growth in South Korea

국우각 Kook, Woo Kag | 정회원 · 서울연구원 교통시스템연구실 초빙연구위원 (E-mail: wkkook@si.re.kr)

ABSTRACT

PURPOSES : This study is to suggest the Influence of road capital to industry and productivity growth in South Korea.

METHODS : Based on the literature review, The relevant policy questions addressed in this report are : cost reduction and Scale elasticities of road, effect of road capital stock on demand for labor, capital and materials, marginal effect of road, industry TFP growth decomposition.

RESULTS : The marginal benefits of the road capital at the industry level were calculated using the estimated cost elasticities. Demand for the road capital services varies across industries as do the marginal effects. The marginal benefits are positive for the principal industries. This suggests that for these industries the existing stock of road capital may be under supplied. The contribution of road capital to TFP growth is positive in principal industries. The main contribution of road capital is in the manufacturing industries ; the magnitudes of contribution varies among industries. These results indicate that growth in exogenous demand is most important contributor to TFP growth.

CONCLUSIONS : The road capital have a significant effect on employment, private capital and demand for materials inputs in all industries. At a given level of output, an increase in road capital lead to variety to demand for all inputs in all industries.

Keywords

TFP, demand function, cost function, road, marginal benefit

Corresponding Author : Kook, Woo Kag, Visiting Research Fellow
Department of Transportation System Research, Seoul Institute,
57, Nambusunhwan-ro 340-gil, Seocho-gu, Seoul, 137-071, Korea
Tel : +82.2.2149.1076 Fax : +82.2.2149.1120
E-mail : wkkook@si.re.kr

International Journal of Highway Engineering
http://www.ijhe.or.kr/
ISSN 1738-7159 (Print)
ISSN 2287-3678 (Online)

1. 서론

도로, 철도, 공항, 항만 등 교통시설을 중심으로 한 사회간접자본 시설은 다른 산업에 대한 지원효과, 재산유발효과, 그리고 지역균형개발효과 등을 통하여 장기적인 국가경쟁력의 증진에 중요한 역할을 담당하고 있다.

사회기반시설의 투자와 생산성 간에는 대부분 연관성을 가지고 있는 것으로 나타났지만, 연관성이 한 방향으

로만 관련되어 있는 것도 아니고 예측이 쉽지도 않다. 더욱더, 국가의 번영과 경쟁력을 위해서 사회기반시설의 중요성을 인지해야 한다고 수없이 언급되어 왔다. 그러나, 현재 우리나라에서 이러한 부분에 대한 실질적인 연구는 거의 없으며, 연구도 방법론적으로나 범위적으로 제한되어 왔다. 만일, 현재 우리나라 공공 사회기반 시설에 연간 10조 이상을 투자하면, 공공 사회기반 시설 투자가 생산성을 증가시키도록 하는 목표를 가지고 있는지를 보여주는 실질적 근거들이 거의 없기 때문에

공공 사회기반 시설투자의 생산성 향상에 관한 더 많은 연구가 필요한 것이 현실이다.

이와 같은 연구를 통해서 기반시설 투자를 공공부문에서 계속 유지해야 될지 아니면, 민간부문에 기반시설 투자를 넘겨야 될지를 결정하는 중요한 잣대로 이용하여야 할 것이다. 기반시설의 파급효과는 개별 사업의 효과를 인지하는 것도 중요하지만, 현재까지의 기반시설 효과를 전체적으로 평가함으로써 개별 사업의 효과를 제대로 인지할 수 있고 사업주체 및 사업의 타당성을 판단할 수 있게 해 줄 것이다.

유럽, 미국, 일본의 경제적 급성장 이후 경기후퇴에 직면 하였고, 한국은 1997년 외환위기와 2008년 금융 위기를 거치면서 경제활동환경은 이전과는 판이하게 변화되었다. 도로투자에 대한 투자여건은 더욱 악화될 것으로 예상되고 경제의 저성장으로 인한 재정수입의 감소, 경제전반의 구조조정, 사회복지비, 그리고 소득 양극화 해소 등을 위한 재정지출수요의 증가 등으로 교통 시설 투자재원의 조달여건은 과거에 비하여 악화될 수밖에 없을 것이다.

본 연구는 한국 도로자본스톡의 생산성 공헌도를 분석하기 위해 수요함수와 비용함수를 추정하였으며, 비용함수에서 발생할 수 있는 허구적 상관관계 존재여부와 인과성 존재여부를 위해 산업별 차이 검정과 민감도 분석(허구적 상관관계, 일관성 검증)을 하였다. 이 분석으로 산업별 비용함수가 존재하고 산업별 차이가 있다는 검증결과를 통해 ① 비용 감소와 생산의 규모, ② 민간자본스톡, 노동, 그리고 중간재 투입에 대한 수요, ③ 도로 자본의 한계 편익, ④ 총요소 생산성에 대한 도로 자본의 공헌도를 산정하였다.

2. 자료 수집 및 구성

1970년에서 2000년까지의 한국 경제를 10개 산업으로 분류하고 국부통계, 산업연관표, 국민계정, 그리고 노동통계연보 등 다양한 자료를 수집하여 국민총소득, 노동·자본·중간재의 비용과 가격, 생산자가격, 도로자본스톡, 인구, 국민소득 등의 자료를 구축하였다.

자본스톡은 Pyo(2003)의 자료를 본 연구 목적에 맞는 부문(10부문)별로 자본스톡을 이용하여 자본의 서비스에 대한 이용자 비용(user cost)을 자본가격으로 정의하였다. 자본가격은 자본평가의 소유주가 대부분 자본에 대한 이용자인기 때문에 관찰이 쉽지 않다. 이러한 이유로 자본의 이용자 비용을 자본가격으로 산정하였다.

[매월노동통계조사]는 산업별 매월의 소득, 노동일수, 명목 및 실질임금지수를 구할 수 있어 [매월노동통계조사]를 이용하여 노동투입을 구하였다.

본 연구에서는 10개 부문의 산업별 노동 투입량을 알기 위해 우선 국민계정의 피용자 보수, 경제활동인구 조사, 행정자치통계연감 그리고 노동연감을 이용하였다. 노동가격은 매월 임금을 근로시간으로 나누어 부문별 시간당 임금으로 구하였다.

총산출 및 중간재는 한국은행에서 발행되는 국민계정에 1993년 신국민계정체계(SNA)로 9개 부문의 제조업과 3개의 정부 서비스 부문을 포함한 21개 산업의 총산출, 중간소비, GDP, 간접세, 고정자본소모, 국내요소소득, 피용자보수, 영업잉여에 대한 경상가격으로 표시된 연도별 자료(1970~2002)가 있다. 국민계정의 자료는 시계열적인 연속성이 보장된다.

산업연관표는 산업분류가 자세하다는 장점이 있지만 특정연도에만 발표되었기 때문에 시계열적인 변화를 파악하기 위해서는 산업연관표 시계열적 추계가 필요하다. 이를 위해서 본 연구에서는 RAS법을 이용하여, 산업연관표와 국민소득통계의 불일치 존재 여부의 검정을 통해 산업연관표와 국민소득통계의 중간투입계를 일치시켜 중간재를 산정하였다. Fig. 1은 RAS 방식에 의한 중간투입 부문 조정과정이다.

산업연관표가 작성된 해에는 중간투입 부문이 존재하므로 RAS 방법을 이용하여 중간투입 부문을 조정하며, 산업연관표가 작성되지 않은 해에는 전년도의 조정된 중간 투입부문을 출발점으로 사용하여 RAS 방식을 적용함으로써 1970년~2000년 기간중 국민소득통계와 연계된 경상산업연관표 시계열 작성을 완료하였다.

생산자 물가지수는 1969~2000년까지 농수산업(농림수산물, 농수산식품, 농산식품, 수산식품, 비식용농림수산물), 광업(연료광물, 기타 비금속광물), 제조업, 전력·수도 및 도시가스, 건설업에 대해서 통계청과 한국은행에서 발간되는 자료를 본 연구의 목적에 맞게 10개 부문의 산업으로 구축하였다. 중간재 가격은 생산자 물가지수에 각년도 보정된 산업연관표의 중간투입량과 투입유발계수의 가중평균값을 이용하여 Tornqvist¹⁾ 지수를 이용하였다.

1) $\frac{P_{M,t}^j}{P_{M,t-1}^j} = \left(\frac{P_{M,t}^{j,k}}{P_{M,t-1}^{j,k}} \right)^{\frac{1}{2}(S_{M,t}^{j,k} + S_{M,t-1}^{j,k})} \cdot \frac{P_{M,t}^j}{P_{M,t-1}^j}$ 는 산업 j($\frac{P_{M,t}^{j,k}}{P_{M,t-1}^{j,k}}$)에 의해 소비된 개별 생산재 K의 가격지수의 가중 평균값이다. 당시 가격 $S_{M,t}^{j,k}$ 에서 산업 j의 중간재 투입량에 대한 총 소비에서 각 투입물 K의 분배율을 반영

자본, 노동, 중간재, 산출물의 가격 증가율과 자본, 노동, 중간재, 산출물의 성장률의 Table 1과 같다.

Table 1. Descriptive Statistics Mean Values : 1970~2000

Industry	\hat{P}_K	\hat{P}_L	\hat{P}_I	\hat{P}_Y	\hat{K}	\hat{L}	\hat{I}	\hat{Y}
Ind 1 ²⁾	0.040	0.058	0.074	0.094	0.095	0.023	0.033	0.017
Ind 2	0.021	0.042	0.066	0.093	0.000	-0.050	-0.044	-0.001
Ind 3	0.051	0.050	0.072	0.063	0.120	0.080	0.097	0.105
Ind 4	0.047	0.027	0.067	0.068	0.112	0.044	0.122	0.123
Ind 5	0.027	0.030	0.065	0.073	0.117	0.071	0.046	0.067
Ind 6	0.045	0.032	0.060	0.057	0.116	0.067	0.058	0.066
Ind 7	0.084	0.044	0.062	0.049	0.124	0.076	0.109	0.091
Ind 8	0.020	0.025	0.068	0.059	0.062	0.109	0.084	0.077
Ind 9	0.043	0.035	0.065	0.067	0.051	0.079	0.046	0.054
Ind 10	0.032	0.035	0.064	0.060	0.041	0.072	0.027	0.028
Total Ind	0.044	0.043	0.069	0.071	0.071	0.072	0.076	0.068

도로자본스톡 추정은 다항기준년도접속법을 이용하여 추정하였다. 도로자본스톡 추정 시 가장 유의할 사항은 산업별 자본이 분석에 이용되기 때문에 도로자본을 국부통계 이상으로 산정할 수 없는 것이다.

한국에서는 지역별 사회간접자본스톡 자료와 부문별 투자자료가 부족하기 때문에 영구재고법을 활용하기는 매우 어려운 상황이다. 그래서, 『국부통계조사보고서』의 자산액을 기준년도 자료로 하고 이 자료를 기초로 사회간접자본스톡을 추정하는 방법을 이용하였다.

본 연구에서는 국토해양부의 도로부문 투자실적자료 현황, 교통시설특별회계, 양여금, 지방비, 공기업의 도로부문 투자실적 자료를 이용하였다. 도로부문의 자본스톡을 추정하기 위해서는 국부통계조사가 이루어진 기준년도를 기준으로 1968년~1977년, 1978년~1987년, 1988년~1997년 사이의 폐기율을 추정하였다.

도로자본스톡의 추정모형은 다항기준년도접속법을 변형 사용하였다. 본 연구에서 기술발전, 경기변동 등으로 폐기율이 시간에 따라 변화한다는 보다 현실적인 가정을 도입하고, 폐기율이 모형식에서 내생적으로 계산되는 장점이 있도록 모형을 설정하였다. 즉, 본 연구에서는 도로부문 자본스톡을 추정하기 위해 다항식기준년도접속법에 의하여 기준년도 사이의 기간별 폐기율을

구하고 추정된 폐기율을 이용하여 기준년도 자본스톡과 연도별 투자액을 접속하여 자본스톡을 추정하는 방법을 사용하였다. 본 연구에서 도로자본스톡을 추정하기 위하여 다음과 같은 모형식을 설정하였다.

$$GK_t = GI_t(1-r) \cdot GI_{t-1} + (1-r)^2 \cdot GI_{t-2} + \dots + (1-r)^{s-1} \cdot GI_{t-s+1} + (1-r)^s \cdot GI_{t-s} \quad (1)$$

여기서, GK : 총 자본스톡

GI : 투자

t : 기준년도

s : 기준년도 간의 시차(연수)

r : 기준년도 사이의 폐기율

상기의 모형식에서 폐기율을 추정한 다음 이를 기준년도의 자본스톡자료와 매년의 조사자료를 접속하는 아래의 모형을 적용하여 연도별 총고정자본스톡을 추정하였다.

$$GK_t = (1-r) \cdot GK_{t-1} + GI_t \quad (2)$$

상기에서 설정한 다항식기준년도접속법의 기본공식에 의하여 추정된 연도별 폐기율과 기준년도 자본자료, 연도별 투자자료를 적용하여 연도별 자본스톡 시계열을 추정할 수 있다. 총 자본스톡의 추정과정을 보면, 연도별 총 자본스톡추정식은 Eq. 4~9와 같이 변형하여 표현할 수 있다. 기준년도 전기의 총 자본스톡은 기준년도의 자본스톡, 투자, 폐기율을 적용하여 추정할 수 있으며, 같은 방식으로 기준년도 이외의 총 자본스톡을 연차적으로 구할 수 있다.

$$GK_{t-1} = (GK_t - GI_t) / (1-r_t)$$

$$GK_{t-2} = (GK_{t-1} - GI_{t-1}) / (1-r_{t-1}) \quad (3)$$

$$GK_{t-s+1} = (GK_{t-s+1} - GI_{t-s+1}) / (1-r_{t-s+1})$$

본 연구에서 산정된 폐기율을 가지고 도로자본스톡을 추정한 결과는 Table 2와 같다.

도로의 효율율은 민간 투입물과 공공기반시설 자본 모두의 효율을 알 수 있는 비용함수식에 포함되어 있다. 많은 생산성 연구와 요소 수요 분석을 살펴보면 노동, 중간재 그리고 공장과 시설에서 투자에 대한 수요에 다소 영향을 주는 산출물의 수요에서 단기변동(상승과 하락)은 명백하다. 생산과 비용함수에서 투입물의

2) 산업의 구분 - Ind 1:농수산업, Ind 2:광업, Ind 3:제조업, Ind 4:전기가스/수도사업, Ind 5:건설업, Ind 6:도소매/음식숙박업, Ind 7:운수창고/통신업, Ind 8:금융·보험·부동산사업서비스, Ind 9:교육, 보건·사회·복지·기타 서비스, Ind 10:공공행정/사회보장

근사척도는 생산의 각 요소에 의해 제공되어지는 서비스 수준이다. 이것은 투입물의 스톡이 필요 서비스를 얻기 위한 효용률에 의해 조정되어진다는 것이다. 똑같은 상황으로 기반시설에 적용된다. 본 연구에서는 민간과 공공투입물의 효용률을 알기 위해 비용함수에 독립변수로서 도로 특성 효용률을 이용하였다. 도로특성 효용률은 도로 네트워크 길이와 차량대수의 비교척도로 구하였다.

Table 2. Stock of Road Capital

(unit : billion won)

Year	NWS (1997)	2000	1997	Year	NWS (1997)	2000	1997
1968	3,965	4,501	3,965	1985		215,214	189,578
1969		10,287	9,061	1986		237,917	209,576
1970		17,288	15,229	1987	247,528	264,136	232,673
1971		23,835	20,996	1988		317,126	279,350
1972		33,816	29,788	1989		397,612	350,249
1973		44,946	39,592	1990		491,512	432,964
1974		56,463	49,737	1991		615,743	542,397
1975		70,809	62,374	1992		758,797	668,410
1976		88,105	77,610	1993		929,686	818,943
1977	103,641	107,705	94,875	1994		1,126,794	992,571
1978		114,048	100,462	1995		1,328,425	1,170,184
1979		120,690	106,313	1996		1,567,757	1,381,008
1980		127,318	112,152	1997	1,715,660	1,838,486	1,619,488
1981		134,192	118,207	1998		2,045,859	1,889,861
1982		154,825	136,382	1999		2,354,445	2,203,499
1983		171,445	151,023	2000		2,566,199	2,566,199
1984		191,676	168,843				

NWS : National Wealth Statistics

3. 문헌 고찰

사회기반시설의 투자가 생산성과 경제성장에 어떠한 영향을 주는지에 대한 이론은 생산함수, 비용함수, 성장모형, 일반균형모형, 자료기반모형이 있다. 본 연구는 비용함수의 요소가격을 고려하는 방법을 이용하였다.

비용함수 접근법의 연구들은 모두 비용을 줄이는데 있어서의 기반시설의 역할을 파악하는 것이다. 비록 연구자들은 다양한 비용함수를 사용하였지만 기존의 OLS 회귀식으로 추정될 수 있으며 함수가 잘 명시되어 있기 때문에 트랜스로그 비용함수를 일반적으로 많이 사용하였다.

대부분의 연구자들은 비용에 관한 공공자본의 잠재가격을 -0.30 정도일 거라고 비용함수 접근법을 이용하여 연구를 시작하였지만, 추정결과는 $-0.15 \sim -0.48$ 로 나왔다. Bagala et al.은 상업부문에 대한 비용절감을 공공자본에의 회수율로 11% 수준으로 추정하였다. 전체적으로 일치되는 것은 공공자본이 비용을 감소시키며 이러한 방법론을 사용한 추정은 생산함수로 추정한 효과보다 훨씬 작다는 것이다. 생산함수모형과는 다르게, 비용함수모형은 공공자본과 민간자본이 대체될 수는 있으나 상보적이지는 않다고 제시하는 경향이 있다. 이러한 차이에 대한 주요 원인은 비용함수모형은 요소가격들을 통합시키며 일반적으로 몇 가지 방정식들로 추정되기 때문이다. 따라서 연구자들은 모든 모형의 투입물들 간의 교차탄력성을 추정할 수 있었다.

내생성에 대해서 검토된 대부분의 연구(예를 들면, 비용이 기반시설 비용을 발생시키는지, 기반시설 비용이 비용을 발생시키는지)들은 기반시설이 비용에 영향을 주며 비용은 기반시설에 영향을 주지 않는 것을 알아냈다. 하우스만 검정은 외생성에 대한 일반적인 검증 도구로 사용된다.

비용함수 접근법에서 검토된 연구들은 공공자본과 민간자본 사이의 관계와 비용이 시간에 따라 변하는 증거를 보여주고 있다. 따라서 이러한 관계들을 추정할 때 주의를 기울여야만 한다.

비용함수 접근법에 검토된 연구결과들은 정책결정자들에게 공공자본 투자의 긍정적이고 유의한 영향을 강조하였다. 사회기반시설 투자로부터 발생하는 비용절감에의 투입물로서 생산요소가격들을 사용하면서, 연구자들은 이러한 편익들을 증명할 수 있었다. 이와 같은 연구의 중요 형태를 요약한 것은 Table 3과 같다.

4. 이론적 배경

본 연구는 Nadiri & Schankerman(1981 a, b)와 Nadiri & Mamuneas(1992)에 의해 제안된 방법을 이용한다. 이 방법은 총 요소생산성 성장의 산출물 수요, 비교 투입가격, 기술변화, 그리고 공공재정자본의 공헌도를 추정하기 위한 것이다. 이 모형의 비교 공헌도 분석은 생산성 과정상에서 공공자본의 효과해석과 이해를 돕기 위한 정책적 질문을 해석하기 위한 모형이다.

Table 3. Literature Review

Description				Direct Effect	Indirect Effect		
Author	Unit of Analysis	Specification	Public Capital	Cost	Labor	Capital	Intermediate
Connard & Seitz(1988)	USA 36 Manufacturing Industries 1970-1978	Profit Truncated Translog	Highway, Water and Sewer	Profit Increase Elasticity 0.08~0.5	Gross complements Elasticity 0.1~0.4	Gross complements Elasticity 0.11~0.4	-
Lynde & Richmond (1992)	USA 1958-1989	Cost Translog P=MC, CRS		Cost saving	Substitute Elasticity -0.45~-0.49	Complements Elasticity 0.71~0.9	-
Nadiri & Mamuneas (1991)	USA 12 Manufacturing Industries 1955-1986	Cost Translog CRS	Total Stock(Adjusted with capacity utilization rate)	Cost saving Elasticity 0~-0.21	Substitute Elasticity 0~-1.4	Substitute Elasticity -0.02~-1.4	Complements Elasticity 0.12~0.76
Seitz(1992)	West Germany 31 Industries 1970-1989	Generalized Leontief(Cost)	Length of public road	Cost saving	Substitute Elasticit -0.0004	Complements Elasticity 0.03~0.04	-
Seitz(1992)	West Germany 31 Industries 1970-1989	Generalized Leontief(Cost)	total, core	Cost saving	Substitute Elasticit -0.15~-0.13	Complements Elasticity 0.34~0.86	-
Shah(1992)	Mexican Manufacturing Sector 26	Variable Cost Translog	Total(Total Stock Adjusted with capacity utilization rate	Cost saving	Complements Elasticity -0.006	Complements Elasticity -0.0002	Substitute Elasticity 0.005
Nadiri & Mamuneas (1996)	USA Manufacturing Industries 1955-1986	Generalized MCFFaden	Road(Utilization)				
Albala-Bertrand & Mantzakis(2001)	1959-1990 Greece Manufacturing Industries	Cost Translog			-1.65~0.38		
Moreno & Lopez-Bazo(2002)	1980-1991 Spain(Manufacturing Industries)	VC	Public Stock			-1.36~-0.06	
Tarek Harchaoui & Tarkhani(2003)	Canada (business sector) 1961-2000	VC	Public Stock(Road)	Capital 0.0929 Labor -0.0683 Inter -0.0882			
Ezcurra & Gil(2005)	Spain (Private Section) 1964-1991	Cost/Production Function	Public/transportation Stock	Cost saving		0.035 0.055	-0.154 -0.145

본 연구의 분석절차는 다음과 같다.

(1) 수요함수 $\dot{Y}_f = \lambda_f + \alpha_f(\dot{P}_{yf} - \dot{P}_g) + \beta_f \dot{Z} + (1 - \beta_f) \dot{N}$ 이용하여 각 산업별 α, β, λ 추정. 각 산업별 α 는 TFP산정식의 α 에 이용됨.
 \dot{Y}_f : 산업별 산출물 성장률,
 \dot{P}_{yf} : 산업별 산출물 가격 성장률
 \dot{P}_g : 국민총생산 Deflator
 \dot{Z} : 수입 증가율 \dot{N} : 인구 증가율



(2) $C = (P_{kf}, P_{lf}, P_{yf}, Y_f, U_s, t; S)$ 를 Generalized McFadden 비용함수로 기반시설 자본의 비용 탄력성과 비용함수의 계수 추정

$$C(P_f, Y_f, u_s, t, ; S) = (0.5 \sum_i \sum_j \alpha_{ij} P_{if} P_{jf} / \sum_i \theta_i P_{if} + \sum_i b_{ii} P_{if} + [\sum_i c_{if}] t + [\sum_i c_{iu} P_{if}] u_s + b_{yy} [\sum_i \gamma_i P_{if}] Y_f + [\sum_i c_{is} P_{if}] S + d_{ss} [\sum_i \phi_i P_{if}] S^2 Y_f + \sum_i b_i P_{if} + c_s [\sum_i \psi_i P_{if}] S, I, J = 1, \dots, n,$$

K : 자본가격, L : 노동가격, I : 중간재가격,
 t : 시간경향변수, S : 도로자본서비스, U : 도로효율성변수
 $-\frac{\partial C_f}{\partial S} = -\left\{ \sum_i c_{is} P_{if} + 2d_{ss} [\sum_i \phi_i P_i S] \right\} Y_f - [\sum_i \psi_i P_{if}] c_s$
: 산업 f 에서 도로 자본 서비스의 한계 편익



(3) TFP ³⁾ 산정

수요함수와 비용함수로 추정된 계수를 사용하여 TFP 산정에 필요한 $A, B, \kappa, \eta, \eta^*, \eta_{ck}$ 산정

$$A = \frac{\kappa - \eta^*}{\kappa} / (1 - \alpha(\eta - 1))$$

$$B = 1 - \sum_{\kappa} \eta_{ck} \kappa = P_Y Y / C^*, \eta = \partial C / \partial Y^* C / Y$$

$$\eta^* = \frac{\eta}{1 - \eta_{cs}}, \eta_{ck} = \partial C / \partial S^* C / S \quad \eta_{cs} = \partial X / \partial S$$

상기 계수를 이용하여 TFP 산정

$$TFP = A[\alpha\eta + \alpha(1 + \theta)] + A\alpha[\sum_i \hat{\Pi}_i \hat{P}_i - \hat{P}_g] + A[\lambda + \beta Z + (1 - \beta)\hat{N}] + [A\alpha - \frac{1}{\kappa B}] \sum \eta_{ck} \hat{S}_\kappa + [A\alpha - \frac{1}{\kappa B}] \hat{T}$$

$A\alpha[\sum_i \hat{\Pi}_i \hat{P}_i - \hat{P}_g]$: a factor price effect(요소가격 변화)

$A[\lambda + \beta Z + (1 - \beta)\hat{N}]$: an exogenous demand effect (외생 수요 효과)

$[A\alpha - \frac{1}{\kappa B}] \sum \eta_{ck} \hat{S}_\kappa$: a public capital effect (공공 자본 효과)

$[A\alpha - \frac{1}{\kappa B}] \hat{T}$: disembodied technical change (비체화적 기술 변화)

$\kappa = P_Y / AC^*$: P_Y (산출물 가격) AC^* (평균 총비용)

η : 비용함수 탄력성, η^* : 총비용 탄력성,

η_{ck} : 공공자본을 반영한 탄력성

산업 산출물(Y), 민간 투입물(X), 기반시설 자본 서비스(S), 비체화적 기술수준(T) 등의 3가지 투입요소를 이용하는 생산함수가 다음과 같다고 가정한다.

$$Y = F(X, S, T) \quad (4)$$

Eq. (4)을 시간으로 미분하고, 산출물로 나누면 Eq.

3) TFP 는 산출물 증가율에서 총 투입요소(K, L, I)의 가중평균 증가율의 합계를 뺀 것이며, $TFP = \dot{Y} - F$, $TFP = \dot{Y} - \sum_i \Pi_i \dot{X}_i$, $F = \sum_i \frac{P_i \cdot X_i}{C} \dot{X}_i = \sum_i \Pi_i \dot{X}_i$ 으로 정의될 수 있다. TFP 는 총 요소생산성 증가율, \dot{Y} 는 산출량의 증가율, P_i 는 투입요소 i 의 가격, X_i 는 투입요소 i 의 수량, \dot{X}_i 는 투입요소 i 의 증가율로 정의된다.

(5)와 같다.

$$\dot{Y} = \sum_{i=1} \frac{\partial F}{\partial X_i} \frac{X_i}{Y} \dot{X}_i + \sum_{\kappa=1} \frac{\partial F}{\partial S_\kappa} \frac{S_\kappa}{Y} \dot{S}_\kappa + \frac{1}{Y} \frac{\partial F}{\partial T} \quad (5)$$

공공자본을 포함한 모든 투입물의 비용 최소화를 가정하면, P_i 는 i 번째 민간투입물의 가격이고, Q_κ 는 공공 투입물(κ)의 잠재가격(Shadow Price)이다. 일계 조건(first-order condition)은 다음과 같다.

$$\frac{\partial F}{\partial X_i} = \frac{P_i}{u} \nabla_i \quad \text{and} \quad \frac{\partial F}{\partial S_\kappa} = \frac{Q_\kappa}{u} \nabla_\kappa \quad (6)$$

여기서, u 는 포락조건하에서 Lagrangian Multiplier이다.

$$\frac{\partial C^*}{\partial Y} = u \quad \text{and} \quad -\frac{\partial C^*}{\partial t} = u \frac{\partial F}{\partial T} \quad (7)$$

여기서, $C^* = \sum_i P_i X_i + \sum_\kappa Q_\kappa S_\kappa = C^*(Y, P, Q, T)$ 는 공공자본의 잠재가격을 포함하는 총 비용함수이다. Eq. (6)과 Eq. (7)의 u 를 제거하고 Eq. (5)에 적용하면 Eq. (8)과 같은 식이 된다.

$$\dot{Y} = \sum_i \frac{P_i X_i}{\frac{\partial C^*}{\partial Y} Y} \dot{X}_i + \sum_\kappa \frac{Q_\kappa S_\kappa}{\frac{\partial C^*}{\partial Y} Y} \dot{S}_\kappa + \frac{-\frac{\partial C^*}{\partial Y}}{\frac{\partial C^*}{\partial Y} Y} \quad (8)$$

회사는 공공자본스톡(public capital stock)을 조정할 수 없다. 공공자본스톡은 외생(Exogenously)적으로 주어진다. 회사는 생산함수식(4)의 제약 하에서 민간 생산비용을 최소화한다. 주어진 산출물 수준과 공공자본에서 생산의 최적 민간비용을 $C = \sum_i P_i X_i = C(Y, P, S, T)$

라 하면, 그 후 균형상태에서 공공자본 증가의 한계 편익은 Eq. (9)와 같다.

$$\frac{\partial C}{\partial S_\kappa} = Q_\kappa \quad (9)$$

총 비용함수와 회사의 비용함수의 탄력성을 총 비용탄력성(η^*)에서 공공자본을 반영한 탄력성(η_{ck})을 제외하면 비용함수탄력성(η)이라는 $[\frac{\partial C^*}{\partial Y} (1 - \frac{\partial C}{\partial S_\kappa}) = \frac{\partial C}{\partial Y}]$ 가정 하에서 비교정태분석(Comparative static Analysis)을 이용한 총 비용탄력성(η^*)은 다음과 같다.

$$\eta^* = \frac{\partial C^*}{\partial Y} = \frac{\partial C}{\partial Y} / B = \eta / B \quad (10)$$

5. 민감도 분석 및 수요 함수

5.1. 산업별 검정 및 민감도 분석

산업별 McFadden 비용함수 분석을 통해 결과를 구하기 전에 산업별 차이가 있는지를 검정한 후 산업별로 분석하는 것이 타당할 것으로 판단된다. 그래서, McFadden 비용함수에 대해 통계적으로 산업별 차이 검정이 필요하다. 전산업에서 비용함수가 존재한다는 가정하에 McFadden 비용함수를 이용하여 산업별 차이를 분석하기 위하여 패널분석을 하였다. 패널분석 결과는 $F(9, 276)=192.73 > F_{0.95}=1.88$ 이고, 따라서 각 산업별 차이가 없다는 귀무가설은 기각된다. 상기의 결과를 통해 산업별로 차이가 있음을 검정하였고, 향후 산업별 비용함수를 통해 분석하기로 한다. Table 4는 각 산업별 데이터를 통합(pooling)하여 분석한 결과이다.

Table 4. Estimation of McFadden Cost Function (1970~2000)

Parameter	Estimate	Standard Error	Parameter	Estimate	Standard Error
a_{kl}	0.00279	0.00082	b_{ku}	-8.2E-08	5.3E-08
a_{ki}	-0.00014	0.00035	b_{iu}	3.7E-06	4.6E-07
a_{li}	0.00175	0.00061	b_{iu}	-8.4E-07	2.1E-07
a_{kk}	-0.00016	0.00014	b_{yy}	-8.3E-05	6.8E-05
a_{ll}	-0.00201	0.00126	b_{ks}	-0.00034	0.00014
a_{ii}	-0.00024	0.00033	b_{ls}	-0.00025	0.00079
b_{kk}	0.00057	0.00086	b_{is}	-0.00028	0.00041
b_{ll}	0.00682	0.00327	d_{ss}	2.9E-05	8.0E-06
b_{ii}	0.00120	0.00181	d_k	0.00399	0.00097
b_{kt}	5.8E-06	1.6E-06	d_l	0.01448	0.00335
b_{lt}	-9.1E-05	1.6E-05	d_i	-0.00030	0.00178
b_{it}	2.1E-05	6.7E-06	d_s	-0.00063	0.00024
Equation		R^2		ρ	
Capital-Output		0.9963		0.757	
Labor-Output		0.9821		0.724	
Interm-Output		0.9839		0.787	
Log of Likelihood		2812.175			

시계열을 기초로 한 기반시설 모형의 기존 연구를 살펴보면 개념적인 측면과 방법론적인 측면에서 큰 어려움이 있으며, 시계열자료를 이용한 모형의 문제점은 다음과 같다.

첫 번째, 산출물과 공공자본의 시계열자료는 일치된

경향을 가진다. 두 번째, 산출물과 공공자본간의 동시성을 가진다. 즉, 허구적 상관관계와 인과성에 대한 검증이 필요한 것이다. 공공자본과 시계열모형의 변수 사이에 일치된 경향이 존재하는가는 중대한 계량경제학 측면에서 중요한 논점이다. 일치된 경향의 존재 여부는 공공자본을 포함하지 않는 생산함수와 비용함수 분석에서도 동일하게 적용된다. 산출물, 노동, 중간재 투입량과 민간자본스톡과 같이 민간영역의 변수는 시간과 상관관계가 크고 일치된 경향이 존재하게 되고, 공공자본 역시 동일한 현상이 나타나기 때문에 허구적 상관관계 문제를 해결해야 되는 것이다.

허구적 상관관계 문제를 해결하기 위해 Hulten & Schwab(1991)와 Tatom(1991b)는 변수의 일차차분(first-difference) 방법을 이용하여 해결하였다. 일차차분(first-difference)모형은 일치된 경향을 제거하는 하나의 방법이다. 일차차분(first-difference)은 공공자본의 효과를 추정할 때, 과수정되고 부적절할 수 있는 경향의 중요인자를 제거한다. 본 연구에서 추정된 모형의 계수와 크기는 차분하지 않은 모형과 차분한 모형이 유사하였으며, 계수가 1에 근사하게 산정되어서 기존 모형과 일차차분(first difference)모형 분석이 유사할 것으로 판단된다.

산업별 비용함수를 분석하기 위한 시계열-횡단면 자료에서 산출물과 도로자본간의 인과성 문제의 해결은 덜 중요하다. 교통 서비스를 위한 개별 산업의 특징적 요소는 일반적으로 도로 혹은 공공자본에 영향을 끼치는 주요 요소가 아니다. 그러나, 반복된 '인과성 검정'을 수행한 결과는 집합적 도로자본이 산업비용함수의 외생변수로 간주될 수 있음을 보여준다(M. Ishaq Nadiri et., al., 1996). 단일회귀방정식의 변수들은 내생변수가 되기 쉽기 때문에, 인과성의 정확한 방향은 여전히 다양한 논문들에서 언급되는 난제이다. 인과성(Causality)의 방향성은 아마도 양방향(+ 또는 -)으로 나타날 것이다. 기반시설은 생산성과 산출물의 증가를 가져다주는 반면에, 과거나 미래의 경제성장 역시 기반시설 서비스에 대한 수요를 증가시키는 경향이 있으므로 증가된 기반시설 공급을 일으킨다. 비록 인과성(causality)의 방향성을 정의하기가 어렵더라도, 많은 연구에서 인과검정(causality test)을 실시하였다. 일련의 인과검정을 하면서, 일부 연구자들은 민간부문 생산성 수준의 증가가 사회기반시설 성장을 일으킨다고 결론지었다.

비용함수에서는 비록 덜 엄격할지라도 본 연구에서는

3-SLS(3-Stage Least Square)를 이용하여 모형을 재추정하여 기존 추정값과 비교하였으며, 추정결과는 기존모형과 3-SLS를 이용하여 추정한 계수의 크기와 유사한 부호를 가지는 것으로 나타났다.

5.2. 수요함수 분석 결과

산업의 비용함수와 수요함수는 비용함수와 집합적 경제 사이의 직접적 관계를 추정하는 것이다. 수요의 가격탄력성은 식 $\dot{Y}_f = \lambda_f + \alpha_f(\dot{P}_{yf} - \dot{P}_g) + \beta_f \dot{Z} + (1 - \beta_f)\dot{N}$ 의 α 추정치이다. $\alpha=0$ 은 수요가 완전 비탄력적인 것을 의미하며, $\alpha=1$ 은 단위 탄력적인 것을 $\alpha>1$ 이면 탄력적인 것을 의미한다.

수요방정식은 각 산업별로 추정한다. 즉, 식을 보면 각 산업내에서 산출물의 성장률은 1인당 실제 수입의 성장률과 국민총생산 deflator에 의해 정규화(normalized)된 산출물 가격의 성장률로 일정(constant)하게 회귀(regress)된다. 게다가, 산업의 양적 수요변화는 국민총생산 deflator와 관련된 산업의 가격 움직임과 경제적인 측면에서 인구나 집합적 수입의 수준 변화와 관련이 있는 것으로 나타난다.

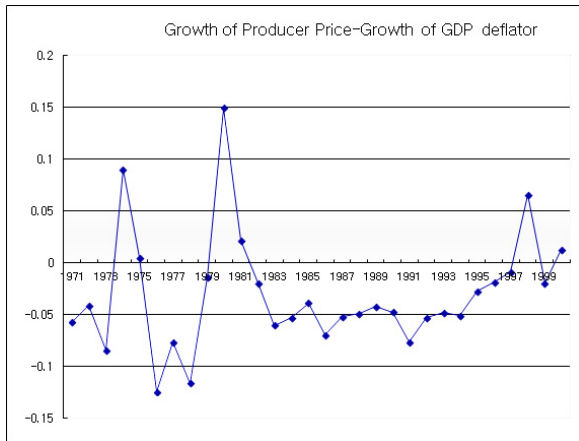


Fig. 1 Producer Price - GNPdeflator (Total Industry)

α 계수는 생산자 가격지수- 국민총생산 deflator에 의해 추정되어진다. Fig. 1에서 보는 바와 같이 전 산업의 생산자 가격 성장률과 국민총생산-deflator의 차이는 1, 2차 오일쇼크와 IMF 이후를 제외하고는 항상 국민총생산-deflator 성장률이 생산자 가격 성장률보다 높은 것으로 나타났다.

Table 5의 수요함수 추정 결과를 살펴보면 농수산업, 광업, 제조업, 전기가스 수도사업, 운수창고 및 통신업 부문에서 양의 계수가 나타났고, 건설업, 도소매 및 음식숙박업, 금융보험 부동산 사업 서비스, 교육 보건 사

회복지 기타 서비스, 공공행정 국방 및 사회보장 부문에서는 음의 계수가 나타났다. 산출물 수요의 가격탄력성이 1보다는 작지만 음과 양이 나타난 것은 국민총생산 deflator 성장률이 생산자 가격 성장률보다 높은 것에 기인하는 것으로 판단된다. 수요함수 추정결과를 기존 연구결과와 비교하여 보다 나은 결과를 도출하고자 하였지만, 유용하게 비교할 국내의 기존연구가 부족한 실정이다. 부문별로 보면 음의 계수 중 건설업이 가장 크고 양의 계수는 농수산업이 가장 큰 것으로 나타났다.

Table 5. Estimation of Demand Function (1970~2000)

구분	α	β
Ind 1	0.1006	0.3585
Ind 2	-0.0903	0.1543
Ind 3	0.0010	0.4956
Ind 4	0.0328	0.1371
Ind 5	-0.0445	0.6338
Ind 6	-0.0325	0.2865
Ind 7	-0.1056	0.2245
Ind 8	-0.0003	0.1363
Ind 9	0.0067	-0.0201
Ind 10	0.0057	-0.0914

산출물 수요의 가격탄력성은 농수산업, 제조업, 전기 가스수도업, 그리고 공공행정국방 및 사회보장을 제외한 산업에서 음으로 나타났다. Fig. 1에서 설명한 것과 같이, 한국의 경우 국민총생산 deflator성장률이 생산자 가격 성장률보다 높게 나타난 결과인것 같다. 또한, 산출물 수요의 일인당 소득에 대해서는 산업에서 다양하게 나타났지만, 대부분 양으로 나타났다. 가격탄력성이 산출물에 미치는 영향은 1보다 작게 나타났으며, Tarek & Faouzi(2003)와 Nadiri & Mamuneas(1996)의 연구결과를 살펴봐도 대부분의 산업에서 1보다 작게 나타났다.

6. 산업별 도로자본의 공헌도

본 연구의 목적은 생산성과 각 산업의 비용구조에서 도로자본소득의 효과를 비용함수 추정을 통해 분석하는 것이다. 도로자본소득의 직접 생산성 효과를 계산하기 위해서는 도로자본에 관련된 비용탄력성과 각 산업의 규모에서 도로자본의 공헌도를 유추하여야 한다. 간접 효과 또는 요소 편익 효과(factor bias effect)는 민간 부문 투입 수요함수에서 도로자본의 효과에 의해 계산

되어진다. 본 연구에서는 ① 비용 감소와 생산의 규모, ② 민간자본스톡, 노동, 그리고 중간재 투입에 대한 수요, ③ 도로자본의 한계편익, ④ 총 요소생산성에 대한 도로자본의 공헌도를 산정할 것이다.

6.1. 비용 감소와 규모의 탄력성(Scale Elasticities)

η_{cs} 는 총 도로자본에 대한 민간비용탄력성, η 는 산출물에 대한 비용탄력성, η^* 는 도로자본을 포함한 산출물에 관련된 모든 투입물의 비용 탄력성을 나타낸다.

양의 비용탄력성(η_{cs})은 도로자본 서비스가 산업에서 공급과잉되고 있다는 것을 증명할 수 있다.(하지만, 양의 비용탄력성은 각 산업에서 도로자본 서비스에 대한 수요를 필요로 하지 않는다는 것은 아니다. 즉, 양의 비용탄력성이 나타나더라도 산업에 대한 도로 공급은 필요하다는 것이다.) 즉, 산업은 도로자본에서 용량 초과에 직면하는 것을 의미한다. 민간회사에서 민간자본스톡의 초과 용량 개념과 유사한 경우이다. 만약에 생산에 대한 수요의 변화에도 불구하고 회사가 이 용량을 자유롭게 처분할 수 없고 자본스톡을 완전히 이용하고 싶다면, 회사의 비용은 상승하는 것을 의미한다.

도로자본은 각 산업의 비용함수에 포함된다. 만약에 산업들이 도로자본 서비스의 최적량을 결정하는 것에 자유롭다면, 산업은 도로자본 서비스의 부가단위의 한계편익을 0인 수준에서 결정할 것이다.

도로 서비스의 최적 수준은 도로자본의 한계편익이 산업의 한계비용 또는 지불의사액과 동일해 지는 도로자본의 한계편익 수준으로 모형에 의해 추정된다.

Table 6. Cost Function Elasticities (1970–2000)

구분	η_{cs}	η	$1/\eta$	η^*	$1/\eta^*$	η_{ys}
Ind 1	-0.00026	0.99703	1.00298	0.99677	1.00324	0.00026
Ind 2	-0.00061	0.97954	1.02089	0.97894	1.02151	0.00062
Ind 3	-0.04083	0.89603	1.11603	0.86088	1.16160	0.04557
Ind 4	0.00009	0.92257	1.08393	0.92266	1.08382	-0.00103
Ind 5	0.00859	0.89933	1.11194	0.90712	1.10239	-0.00955
Ind 6	0.00110	0.80786	1.23783	0.80875	1.23648	-0.00136
Ind 7	-0.00020	0.76960	1.29938	0.76945	1.29964	0.00026
Ind 8	-0.10523	0.78568	1.27278	0.71088	1.40671	0.13393
Ind 9	-0.04097	0.96157	1.03996	0.92372	1.08258	0.04261
Ind 10	0.01246	0.63234	1.58142	0.64032	1.56172	-0.01970

도로자본 증가에 기인하는 생산에서의 비용감소는 마지막 소비자에 의해 지불되어지는 산출물가격의 감소를

충분히 도출시키지는 않는다. 생산비용이 얼마나 감소하는가는 각 산업내의 시장구조에 의지하는 소비자 전체가 경험하는 것이다. 예를 들자면, 산업이 완전 경쟁이라면, 비용감소는 보다 낮은 가격의 형식으로 소비자에게 경험되어진다. 만약 산업들이 경쟁시장이 아니면 우리는 생산자의 잉여가 증가할 것이라고 예상할 수 있다.(도로자본의 증가로부터 비용감소는 생산자 잉여가 시장구조로부터 독립적으로 증가한다는 것을 의미하며, 소비자는 시장의 구조에 의지하면서 편익을 얻는 것이다.) 결과 해석 시 유의할 점은 이들 탄력성 측정이 분석 대상자료의 기간에 기초한 추정이라는 것이다. 분석결과는 모든 시간대에서 도달된 동일한 비용절약을 의미하는 것은 아니다.

η , η^* 는 규모의 수익률(return to scale)로 해석된다. η 의 역수는 도로자본을 제외한 모든 투입물에서 균등한 비례적인 증가의 산출물 효과 또는 내재적인 규모의 수익을 나타낸다. 즉, 도로자본이 고정상태에서 노동, 자본, 그리고 중간재의 균등한 비례적인 증가는 산출물에서 $1/\eta$ 의 균등한 증가를 산출한다. 예를 들자면 제조업부문 결과는 산출물 1/0.89 6또는 1.116의 균등한 증가가 나타난다. 유사하게, η^* 의 역수는 규모의 총 수익률(total return to scale)이다. 도로자본을 포함한 모든 투입물에서 균등한 비례적인 증가가 산출물의 $1/\eta^*$ 에서 균등한 증가가 나타난다는 것을 의미한다. 제조업부문의 예를 이용하면 산출물에서 1/0.8609 또는 1.1616의 비례적인 증가가 동일하게 나타난다.

η , η^* 는 모든 산업에서 1보다 작다. 이것은 규모의 내부 수익률(internal return)과 총 수익률(total return)이 증가한다는 것을 나타낸다. 규모 탄력성(scale elasticities)은 이용자가 도로자본을 이용하든 안하든 민감하지는 않다.

η_{ys} 는 도로자본의 증가에 대한 산업의 산출물 탄력성을 나타낸다. 탄력성의 크기는 산업별로 다양하게 나타났다. 도로자본의 산출물 탄력성은 전기가스수도업, 건설업, 도소매 음식숙박업, 그리고 공공행정 국방 및 사회보장을 제외하고는 양으로 나타났다.

6.2. 노동, 자본, 그리고 중간재에 대한 수요에서 도로자본스톡 효과

도로자본은 민간부분의 생산성에 직·간접적 영향을 나타낸다. 공공자본의 한계생산이 양이라는 가정 하에 직접효과는 나타난다. 즉, 공공자본 서비스의 증가는 민간부분 생산비용을 감소시키기도 하고 증가시키기도

한다. 간접효과는 민간자본과 공공자본이 생산에서 보완재이기 때문에 증가하는 것이다. 즉, 공공자본을 반영한 민간자본의 한계생산의 편미분이 양이라는 것이다. 만약 민간자본과 공공자본이 보완재이면, 이 가설 검증은 공공자본의 증가가 주어진 자본의 임대가격 하에서 민간자본 형태의 증가, 그리고 민간자본의 한계생산성의 증가, 보다 나은 민간부문의 산출물 상승을 나타낸다.

공공자본의 직접효과는 공공자본의 증가에 기인한 비용함수 구조에서 비용감소의 크기에 의해 계산되어진다. 간접효과는 생산에서 민간부문 요소에 대한 수요상의 생산효과 크기에 의해 나타난다. 만약에 모든 민간 투입물이 공공자본의 대체재이면 공공자본에서 증가는 비용절감을 가져온다. 하지만, 역인 귀무가설은 항상 충분조건은 아니다(비용절감이 공공자본의 증가를 가져오지는 않는다는 것이다). 기존 비용함수 연구결과를 살펴보면 공공자본의 증가와 관련된 비용절감의 귀무가설을 검증할 수 있다. 게다가, 만약 민간 투입물 한 단위가 공공자본의 보완재이며, 그 후 비용절감은 다른 민간투입물의 대체재 효과가 보완재 효과를 능가하는 경우에 한해 나타난다. 생산의 투입물에서 공공자본의 간접효과에 대해 선형적으로 연구된 부호(+인지 -인지)는 없다. 효과의 방향과 크기는 실증적 질문이다. 노동과 공공자본은 대체재라고 증명하는 문헌은 존재한다. 반면에 공공자본과 민간 사이의 관계는 명확하지 않다. 예를 들자면 Conrad & Seitz(1992), Seitz(1992), 그리고 Lynde & Richmond(1992)는 공공자본과 민간자본이 보완재라고 했으며, 반면에 Shah(1992)와 Nadiri & Mamuneas(1993)과 Moririson & Schwartz(1991)는 대체재라고 하였다. Nadiri & Mamuneas(1996)는 산업별로 공공자본에 대한 자본, 노동, 그리고 중간재를 제조업

Table 7. Elasticities of Conditional Input Demand (1970~2000)

구 분	η_{KS}	η_{LS}	η_{IS}
Ind 1	0.09303	0.16824	0.20008
Ind 2	0.44171	0.50800	-0.17570
Ind 3	0.17395	-1.22950	-0.74776
Ind 4	0.17350	0.01024	0.12208
Ind 5	-0.1169	0.27771	0.39659
Ind 6	0.05349	0.19926	0.19732
Ind 7	0.14993	0.08960	0.11820
Ind 8	-0.05974	0.19980	0.19600
Ind 9	0.14186	0.15096	0.16137
Ind 10	0.20521	0.18374	0.16984

과 서비스업에서 대체재라고 하였으며, Tarek & Faouzi(2003)는 제조업에서 공공자본에 대한 자본을 보완재, 노동과 중간재를 대체재라고 하였다. 하지만 산업별로 검토해보면 기존연구에서 일관된 결과를 제시하지는 않았다. Table 7은 노동, 자본, 중간재에 대한 수요상의 도로자본스톡 효과이다.

Table 7에서 보는 바와 같이, 도로자본을 고려한 민간자본의 탄력성은 건설업과 금융보험업을 제외하고는 보완재로 나타났으며, 도로자본을 고려한 노동은 제조업을 제외하고는 보완재로 나타났다. 또한, 도로자본을 고려한 중간재는 광공업, 제조업을 제외하고는 보완재로 나타났다. 이는 공공자본 투자가 증가하면, 자본, 노동, 그리고 중간재의 투입물이 대부분의 산업에서 증가하는 것으로 나타났다. 제조업은 공공자본 투자가 증가하면, 노동과 중간재의 투입물이 감소하는 것으로 나타났다. 공공자본 투자가 증가하면 제조업의 경우 노동과 중간재의 투입물이 다른 산업에 비해 많이 감소하였고, 자본은 금융보험부동산서비스업이 다른 산업에 비해 많이 감소하는 대체재인 것으로 나타났다.

6.3. 한계편익

도로자본의 한계편익은 산업의 민간비용 절감효과라는 관점에서 파악된다. 비용절감의 규모는 공공자본스톡의 크기에 관련된 생산의 산업비용과 공공 자본에 관련된 비용의 산업탄력성에 의존한다. 공공자본의 한계편익은 공공자본에 관련되어진 비용함수의 편미분에 음을 취한다. 미분식은 지불용의액의 한계함수로서 해석되어진다. 1970~2000년의 기간 동안 각 산업에 대한 도로자본 증가에 의한 평균 한계편익은 Table 8과 같다.

Table 8. Marginal Benefit (1970~2000)

구 분	MB
Ind 1	0.00072
Ind 2	0.00994
Ind 3	0.03165
Ind 4	-0.00103
Ind 5	-0.02311
Ind 6	-0.00218
Ind 7	0.00027
Ind 8	0.10318
Ind 9	0.07877
Ind 10	-0.01011

한계편익은 각 산업에서 도로자본 서비스의 추가적인 한 단위에 대한 지불용의액으로 해석된다. 지불용의액

은 공공자본 운영과 건설에 이용되는 소득세, 휘발유세, 요금, 그리고 채권 이자율 등을 제외한 것이다. 산업에서 도로자본의 외생편익은 다양하게 나타났다.

전기가스수도업, 건설업, 도소매 및 음식숙박업, 그리고 공공행정 국방 및 사회보장을 제외하고는 전산업에 걸쳐 한계편익이 양으로 나타났다. 예를 들자면, 도로자본이 1,000원이 증가하면 한계편익은 제조업에서 30원이 발생하는 것이다. 공공자본의 한계편익의 크기는 산업별로 차이가 큰 것으로 나타났다. 금융보험 부동산 사업 서비스업이 가장 큰 것으로 나타났으며, 제조업과 교육 보건 사회복지 기타 서비스업이 적당한 수치로 나타났다. 농수산업, 광공업, 운수창고 및 통신업은 한계편익이 작은 것으로 나타났다. 전체적으로 도로자본 서비스의 한계편익의 크기는 매우 작은 것으로 나타났다. 이들 편익의 크기가 작은 것은 정부 공공부문 자본스톡이 각 산업의 총 비용과 비교하여 비교적 큰 것이 부분적으로 작용한 것이다.

해석 시 주의할 점은 분석범위의 산업에서 도로자본의 한계편익은 어떤 산업이 다른 산업이 이용하려는 도로자본의 가치를 감소시키거나 방해하지 않는다는 가정하에 도로자본을 이용한다는 것이다.

6.4. 산업별 TFP 성장률 결과

사회기반시설의 효과를 분석하는 목적 중 한 가지가 생산성 성장에 얼마나 공헌하는 지를 파악하는 것이다. 본 논문의 서론에서 언급했듯이, 이 논제는 많은 연구가 진행되어 왔으며, 진행되고 있는 실정이다. 예를 들자면, Aschauer(1989)의 연구는 사회기반시설의 집합적 산업성장률이 점점 쇠퇴하고 있다고 하였다. 이 논제에 대해 본 연구는 개별 산업에 대한 총 요소생산성 성장률

Table 9. Decomposition of Total Factor Productivity Growth(1970~2000)

Industry	Factor Price	Exogenous Demand	Road Capital	Disembodied Technical Change	TFP
Ind 1	-0.010	0.377	0.000	0.000	0.733
Ind 2	0.013	0.203	0.002	0.010	0.278
Ind 3	-0.008	0.507	0.041	0.137	0.677
Ind 4	-0.003	0.209	0.000	0.270	0.526
Ind 5	0.006	0.625	-0.022	0.559	1.137
Ind 6	0.003	0.324	-0.003	0.509	0.766
Ind 7	0.010	0.281	0.001	1.213	1.298
Ind 8	0.004	0.194	0.094	0.158	0.451
Ind 9	-0.092	0.056	0.104	0.095	0.174
Ind 10	-0.083	0.003	-0.007	0.061	-0.022

에서 도로자본의 공헌도를 파악하는 것이다.

TFP 성장의 분석결과는 도로자본의 비용함수 추정 결과를 이용하여 계산하였다. 도로자본 공헌도의 크기는 전 산업에 걸쳐 다소 차이가 있으며, 산업간에도 일정하지 않은 것으로 나타났다.

제조업의 예를 들어 설명하자면, 제조업의 경우 1970~2000년까지 연평균 0.68%씩 성장하였다. 외생수요(exogenous demand)는 매년 0.51%, 공공자본 효과는 매년 0.04%, 비체화적 기술변화(disembodied technical change)는 매년 0.14%씩 성장하였다. 다만, 요소가격(factor price)효과는 매년 -0.003%로 음으로 나타났다. 제조업에서 총 요소생산성(total factor productivity) 성장률에 크게 공헌한 것은 외생수요(exogenous demand)효과였다.

외생수요효과는 양으로 나타났으며, 외생수요효과가 가장 크게 나타난 부문은 건설업과 제조업이었다.

총 요소생산성 성장은 산업의 요소가격 변화가 일반적인 가격수준을 초과하는지 않는지에 의존한다. 투입물 가격 인플레이션이 국민총생산-deflator을 초과할 때 산업에서 생산성 성장은 저해된다. 요소가격(factor price)효과는 농수산업, 제조업, 전기가스수도업, 교육 보건 사회복지 기타 서비스업, 공공행정 국방 및 사회보장은 음으로 -0.003~-0.092까지 나왔으며, 광공업, 건설업, 도소매 및 음식숙박업, 운수창고 및 통신업, 금융보험 부동산 사업 서비스업에서 양으로 0.013~0.03까지 나왔다. 하지만, 요소가격 효과는 다른 요소에 비해 총 요소생산성에 미치는 영향이 미미한 것으로 나타났다.

도로자본(Road capital) 효과는 건설업, 도소매 및 음식숙박업, 공공행정 국방 및 사회보장을 제외하고는 전 산업에서 양으로 나타났다. 그리고 제조업에서 도로자본(Road capital)효과가 총 요소생산성 성장률의 영향으로 적절하게 나타난 것 같다. 비체화적 기술변화(disembodied technical change)는 전산업에 걸쳐 양으로 나타났으며, 총 요소생산성 성장률에 긍정적인 효과를 나타냈다. 제조업의 경우 외생수요효과 다음으로 비체화적 기술변화 효과가 총 요소생산성 성장에 영향을 미친 것으로 나타났다.

7. 결론

본 연구에서는 차분분석과 Instrument 변수를 이용하여 여러 가지 대안적인 계량경제학적 구조로 모형을

추정하였다. 이들 대안적인 추정은 도로자본과 산출물(비용) 사이의 허구적 상관관계와 인과성에 대한 명확하지 않은 방향성 존재로 검증이 꼭 필요하였으며, 본 연구의 결과는 이들 검정을 통해 탄력성의 크기와 기호가 안정적이 것을 검증하였다.

대부분 산업과 국가수준에서 수익의 증가정도는 충분히 인지가능한 정도였으며, 노동, 자본, 그리고 중간재 투입물의 한계생산은 산업에서 다양하게 나타났다. 그리고, 기존연구에서와 같이 노동의 산출물탄력성이 다른 것에 비해 보다 크게 나타났다. 또한, 본 연구 결과는 도로자본의 부가적인 한 단위 추가에 의한 생산성의 증가가 Nadiri(1996)는 제조업 분야에서 0.678이었으며, Tarek & Faouzi(2003)는 제조업 분야에서 0.781로 본 연구의 제조업 분야의 0.677과 연구결과가 유사하였다.

도로자본은 모든 산업에서 중간재 투입물에 대한 수요, 민간자본, 그리고 노동의 효과에서 의미있는 것으로 나타났다. 주어진 상황(산출물)에서 도로자본은 산업별로 다양한 효과가 나타났으며, 이들 효과의 크기도 산업별로 다양하였다.

산업수준에서 도로자본의 한계편익은 추정된 비용탄력성을 이용하여 계산하였으며, 도로자본 서비스에 대한 수요는 한계편익으로서 산업별로 변화하였다. 한계편익은 주요산업에서 양(+)으로 나타났으며, 공공자본의 한계편익의 크기는 산업별로 차이가 크게 나타났으며, 금융보험 부동산 사업, 서비스업이 가장 큰 것으로 나타났다.

References

Albala-Bertrand, Jose Miguel and Emmanouel C. Mamatzakis. (2001-02), "The Impact of Public Infrastructure on the Productivity of the Chilean Economy" *Queen Mary, University of London, Department of Economics, Working Paper No. 435*.

Aschauer, David Alan. (1989), "Is Public Expenditure Productive?" *Journal of Monetary Economics*, Vol. 23, 177-200.

Berndt, Ernst R. and B. hansson. (1991), "Measuring the Contribution of Public Infrastructure Capital in Sweden" *Paper presented at IUI, Sweden, March*.

Bonaglia, Federico and La Ferrera, Eliana. (2000), "Public Capital and Economic Performance : Evidence from Italy" *Innocenzo Gasparini Institute for Economic Research, Working Paper Series(Italy)*, No. 163, 1-[29].

Brox, James A. and Christina A. Fader. (2005), "Infrastructure Investment and Canadian Manufacturing" *Applied Economics*, Vol. 37, 1247-1256.

Cohen, Jeffrey P. and Catherine J. Morrison Paul. (2004), "Public Infrastructure Investment, Interstate Spatial Spillovers, and Manufacturing Costs" *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 86, Issue 2, 551-560.

Conrad, Klaus and Helmut Seitz. (1992), "The Economic Benefits of Public Infrastructure" *Institu fur Volkswirtschaftslehre und Statistik Universitat Mannheim Discussion Paper*, 469-92.

Ezcurra, Roberto, Carlos Gil, Pedro Pascual and Manuel Rapun. (2005), "Public Capital, Regional Productivity and Spatial Spillovers" *The Annals of Regional Science*, Vol. 39, 471-494.

Hulten, Charles R. and Robert M. Schwab. (1991), "Public Capital Formation and Growth of Regional Manufacturing Industries" mimeo, March.

Keeler, T. E. and J. Ying. (1988), "Measuring the Benefits of a Large Public Investment : the Case of the U.S. Federal-aid Highway System" *Journal of Public Economics* 36(1), 64-86.

Lynde, Catherine and James Richmond. (1992), "The Role of Public Capital in Production" *Review of Economics and Statistics* 74, 37-44.

Lynde, Catherine and James Richmond. (1993), "Public Capital and Long-Run Costs in U.K. Manufacturing" *The Economic Journal* 103(July), 880-893.

M. Ishaq Nadiri and Theofanis P. Mamuneas. (1996), "Contribution of Highway Capital to Industry and National Productivity Growth" *Policy Development of FHWA, Work Order Number BAT-94-008*.

Ministry of Public Administration and Security. "Statistical Yearbook" seoul. Korea.

Moreno, Rosina, Enrique López-Bazo and Manuel Arri. (2002), "Public Infrastructure and the Performance of Manufacturing Industries : Short-and Long-Run Effects" *Regional Science and Urban Economics*, Vol. 32, Issue 1, 97-121.

Morrison, Catherine and Amy Ellen Schwartz. (1991), "State Infrastructure and Productive Performance" mimeo.

Ministry of Employment and Labor. (1970-2000) "Yearbook of Labor Statistics" seoul. Korea.

Nadiri, M. and M. Schankerman. (1981a), "Technical Change, Returns to Scale and Productivity Slowdown" *American Economic Review* 71(2), 314-319.

Nadiri, M. and M. Schankerman. (1981b), "The Structure of Production, Technological Change, and the Rate of Growth of Total Factor Productivity in U.S. Bell System" in *Productivity Measurement in Regulated Industries*, G. Cowing and R.E. Stevenson (eds), Academic Press, New York.

Nadiri, M. Ishaq and Theofanis P. Mamuneas. (1993), "The Effects of Public Infrastructure and R&D Capital on the Cost Structure and Performance of U.S. Manufacturing Industries" *C.V. Starr Center RR*, No. 91-157.

Pyo, hakgil. (2003), Korea's industry-specific asset-specific capital stock estimates (1953-2000), *Analysis of the Korean economy*,

- Vol. 9. Issue 1. 203-282.
- (표학길. (2003), 한국의 산업별 · 자산별 자본스톡추계(1953-2000), 한국경제의 분석 Vol. 9. Issue 1. 203-282.)
- Satya Paul, Balbir S. Sahni and Bagala P. Biswal. (2004), "Public Infrastructure and the Productive Performance of Canadian Manufacturing Industries" *Southern Economic Journal*, 70 (4), 998-1011.
- Seitz, Helmut. (1992a), "A Dual Economic Analysis of the Benefits of the Public Road Network" mimeo.
- Seitz, Helmut. (1992b), "Public Capital and the Demand for Private Inputs" mimeo.
- Shah, A.. (1992), "Dynamics of Public Infrastructure, Industrial Productivity and Profitability" *The Riview of Economic and Statistics*, 28-36.
- Statistics Korea. "National Wealth Statistics" Year(1968, 1977, 1987, 1997), seoul. Korea.
- Statistics Korea. (1970-2000). "Economically active population" seoul. Korea.
- Tarek M. Harchaoui and Faouzi Tarkhani. (2003), "Public Capital and its Contribution to The Productivity Performance of The Canadian Business Sector" *Economic Analysis Research Paper Series*, Statistics Canada No. 11F0027 No. 017.
- Tatom, John A. (1991b), "Should Government Spending on Capital Goods Be Raised" mimeo
- The Bank of Korea. "Input-Output Tables" Year(1970, 1973, 1975, 1978, 1980, 1983, 1985, 1986, 1987, 1988, 1990, 1993, 1995, 1998, 2000). seoul. Korea.
- The Bank of Korea. (2004), "National Accounts" seoul. Korea.
- The Bank of Korea. (1970-2000), "Financial statement analysis" seoul. Korea.
- <http://ecos.bok.or.kr/>
- (접수일 : 2013. 1. 22 / 심사일 : 2013. 1. 25 / 심사완료일 : 2013. 1. 30)