

인프라 투자가 경제성장에 미치는 영향 분석

- 2020. 10. -

이 연구는 국회예산정책처의 연구용역사업으로 수행된 것으로서,
보고서의 내용은 연구용역사업을 수행한 연구자의 개인 의견이며,
국회예산정책처의 공식 견해가 아님을 알려드립니다.

연구책임자
고려대학교 세종캠퍼스 경제통계학부
부교수 정용훈

인프라 투자가 경제성장에 미치는 영향 분석

2020. 10

연구책임자 정 용 훈 (고려대학교 세종캠퍼스 경제통계학부 부교수)
공동연구원 이 성 훈 (고려대학교 세종캠퍼스 경제통계학부 부교수)
연구보조원 민 대 홍 (고려대학교 일반대학원 경제통계학과 박사과정)

이 연구는 국회예산정책처의 연구용역사업으로 수행된 것으로서,
보고서의 내용은 연구용역사업을 수행한 연구자의 개인 의견이며,
국회예산정책처의 공식 견해가 아님을 알려드립니다.

<목 차>

목 차	ii
표 목 차	iv
그림목차	v
제 1 장 서론	1
1.1 연구의 목적	1
제 2 장 기존문헌을 통한 연구의 필요성	4
2.1 인프라와 경제성장에 대한 기존문헌 분석	5
2.1.1 인프라 투자와 경제성장 간의 관계	5
2.1.2 에너지 인프라와 경제성장 간의 관계	8
2.1.3 수자원 인프라와 경제성장 간의 관계	10
2.1.4 교통 인프라와 경제성장 간의 관계	12
2.1.5 통신 인프라와 경제성장 간의 관계	14
2.2 기존문헌 결과의 한계와 해결방안	16
제 3장 실증분석 방법론	21
제 4 장 실증분석	27
4.1 활용 통계	27
4.1.1 활용 통계에 대한 전반적인 설명	27
4.1.2 활용 변수들에 대한 자세한 설명	28
4.2 인프라와 경제변수들의 패널 단위근 검정 결과	36

4.3 인프라와 경제변수들의 패널 공적분 검정 결과	37
4.4 패널 VECM 추정결과	40
4.5 인프라의 경제변수들에 대한 장기적 영향 추정 결과	50
 제 5 장 결론 및 정책적 시사점	 55
 참고문헌	 57

표 목 차

표 1 실증분석에 사용된 자료	27
표 2 광역시·도 2015년 기준 실질국내총생산 기초통계량	29
표 3 광역시·도 총 취업자수 기초통계량	30
표 4 광역시·도 순자본스탁 기초통계량	31
표 5 광역시·도 수출액 기초통계량	32
표 6 광역시·도 최종에너지 소비량 기초통계량	33
표 7 광역시·도 직접 급수량 기초통계량	34
표 8 광역시·도 전국고속도로 이용량 기초통계량	35
표 9 패널 단위근 검정 결과	36
표 10 패널 공적분 검정 결과 - 지역 총생산	37
표 11 패널 공적분 검정 결과 - 지역 수출	38
표 12 패널 공적분 검정 결과 - 지역 총생산과 지역 수출	39
표 13 패널 공적분 검정 결과 - 지역 중요소생산성	40
표 14 패널 VECM 추정 결과 - 지역 총생산	41
표 15 패널 VECM 추정 결과 - 지역 수출	42
표 16 패널 VECM 추정 결과 - 지역 총생산과 지역 수출	43
표 17 패널 VECM 추정 결과 - 지역 중요소생산성	45
표 18 패널 FMOLS 추정 결과 - 지역 총생산	50
표 19 패널 FMOLS 추정 결과 - 지역 수출	51
표 20 패널 FMOLS 추정 결과 - 지역 총생산과 지역 수출	52
표 21 패널 FMOLS 추정 결과 - 지역 중요소생산성	53

그 립 목 차

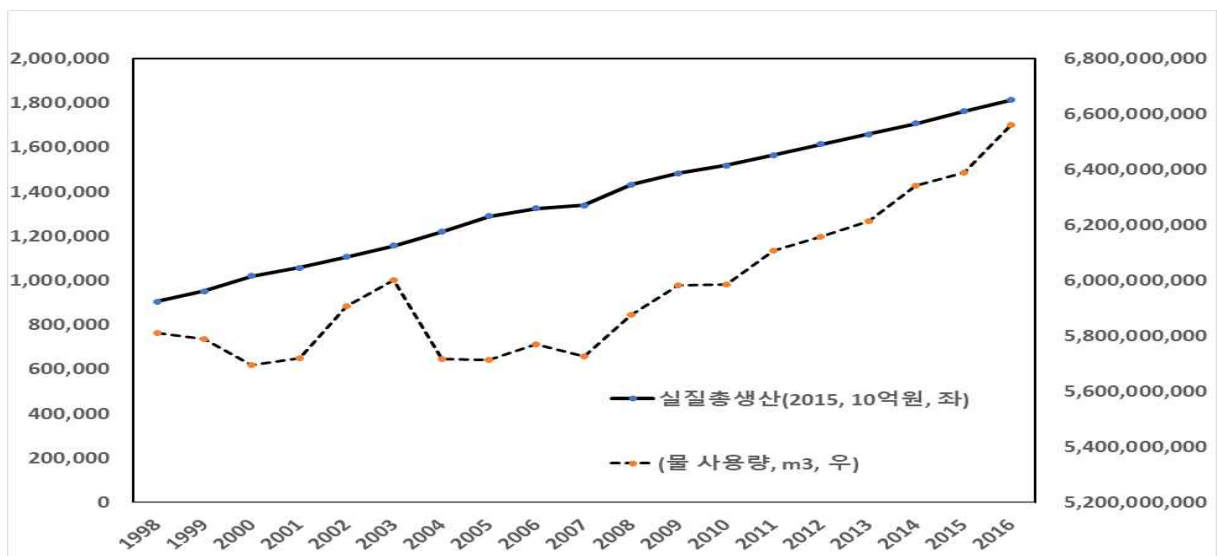
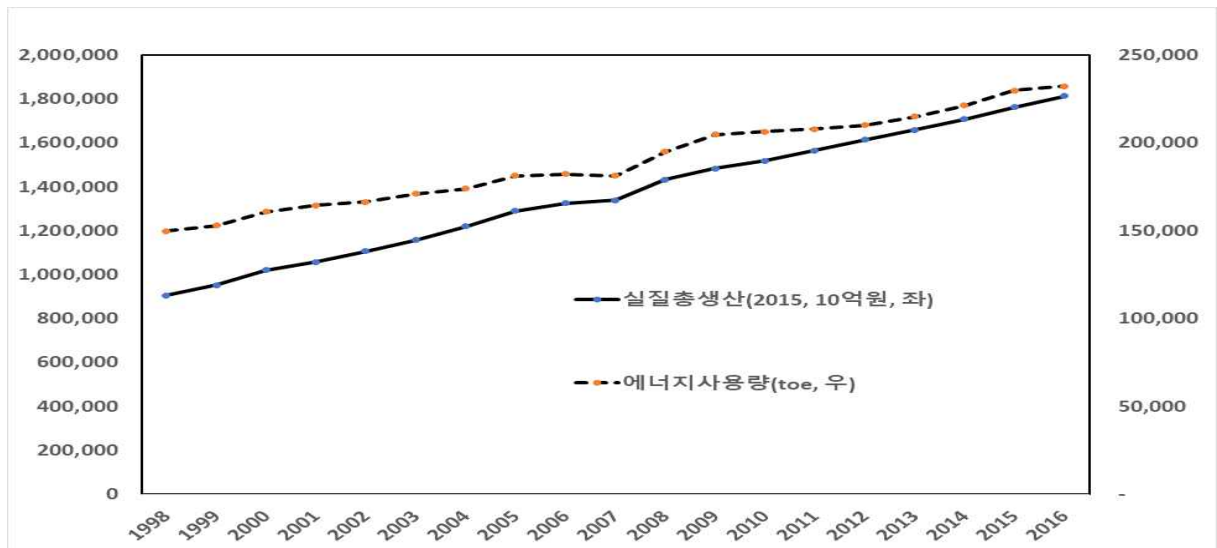
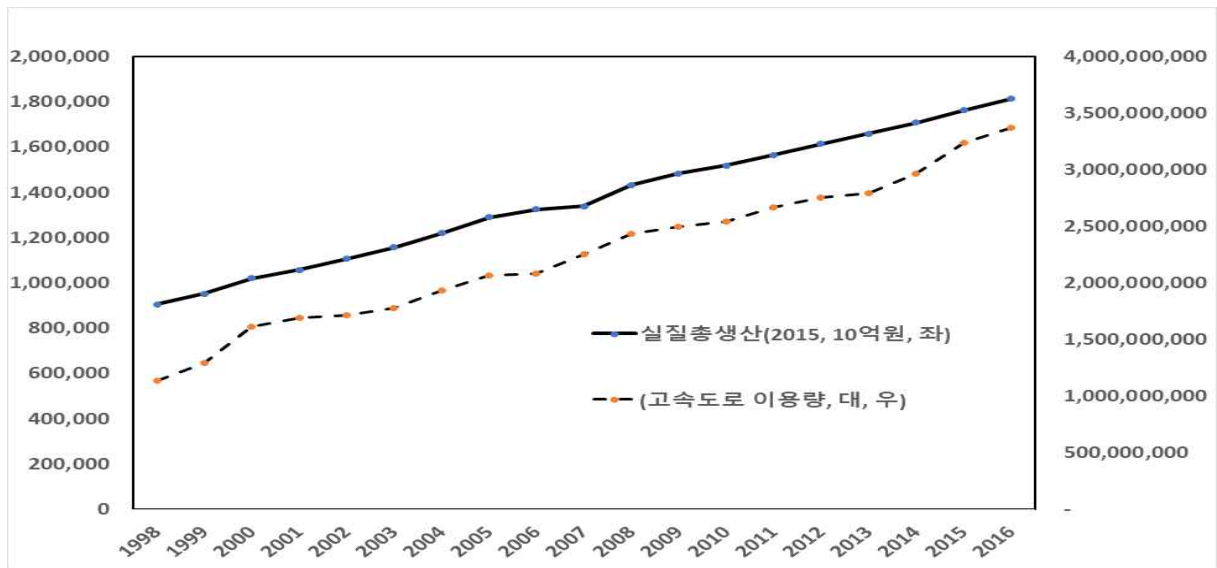
그림 1	실질총생산과 인프라(고속도로, 물, 에너지) 이용량의 관계	2
그림 2	패널 VECM 충격반응함수 결과 - 지역 총생산	46
그림 3	패널 VECM 충격반응함수 결과 - 지역 수출	47
그림 4	패널 VECM 충격반응함수 결과 - 지역 총생산과 지역 수출	48
그림 5	패널 VECM 충격반응함수 결과 - 지역 총요소생산성	49

제 1 장 서 론

1.1 연구의 목적

- 본 연구의 목적은 인프라 이용과 경제성장 관련변수들 간의 장·단기 인과 관계를 분석하는 것임.
- 본 연구에서 고려된 인프라 변수들은 인프라의 수준 보다는 인프라가 제공하는 서비스인 이용량에 중점을 두고 있으며, 구체적으로 <지역별 고속도로 이용량>, <지역별 에너지 이용량> 및 <지역별 물 사용량>과 같은 인프라 이용량과 <지역별실질총생산>, <지역별 수출> 및 <지역별 총요소생산성>과 같은 경제성장 관련 변수들을 고려하여 장·단기 인과관계를 분석
- 인프라 이용량과 경제성장 변수들 간의 인과관계를 분석하는 본 연구는 제주도와 세종특별자치시를 제외한 우리나라 15개 광역시·도를 고려한 지역별 패널통계를 활용함
- 지역별 패널통계를 활용한 인프라와 경제성장 두 변수 간의 인과관계를 도출할 것이기 때문에 기존의 시계열 분석에 비해 보다 효율적이고 신뢰할만한 실증분석 결과를 도출
- 지역별 패널통계를 활용한 인프라와 경제성장의 인과관계 분석에서 기존에 구축된 인프라 수준이 아닌 인프라 이용량에 중점을 둔 것은 인프라의 수준은 시설 투자에 대한 스톡의 개념인 반면 인프라의 경제성장에 대한 실질적인 기여는 인프라의 이용에 의한 것으로 판단하였기 때문임.
- 본 연구에서 고려한 인프라 이용량에서 교통 인프라의 경우 고속도로에 초점을 두어 지역별 고속도로 톨게이트에 대한 차량 입출량이라는 고속도로 이용량을, 에너지와 물의 인프라 이용은 지역별 에너지와 물 사용량을 활용함
- 본 연구에서 활용한 교통, 에너지, 물의 인프라 이용량의 추세는 다음 그림과 같이 경제성장의 대표적인 변수인 실질총생산과 매우 유사한 추세를 가지고 있기 때문에 밀접한 상관관계를 가지고 있다는 것을 직관적으로 알 수 있으나, 서로의 인과관계에 대해서는 면밀한 실증분석이 필요함

<그림 1> 실질총생산과 인프라(고속도로, 물, 에너지) 이용량의 관계



- 경제성장 관련변수들로서 지역별 실질총생산 뿐만 아니라 지역별 수출과 지역별 총요소생산성을 고려하여 인프라 이용량과의 인과 관계를 분석함으로써 교통, 에너지 및 물 인프라와 경제성장에 대한 보다 정확한 관계를 제시하고 지속가능한 경제성장을 위한 국가 및 지역별 새로운 최적의 다양한 정책적 시사점을 제 공함
- 경제성장의 관련 변수로서 지역별 실질총생산은 경제성장의 대표적인 대리변수이 며, 추가적으로 지역별 수출을 고려한 이유는 수출이 우리나라의 기적과도 같은 경 제성장의 원동력임에 누구도 부인할 수 없기 때문에 수출의 확대가 경제성장에 기 여한 것은 확실하지만, 어떤 요인이 지속적인 수출의 확대를 야기했는지에 대해서 는 의문이 존재함
- 기업 스스로 달성한 높은 생산성으로 수출에 성공한 경우, 수출의 성공은 인프라의 이용을 확대할 것인 반면, 인프라를 손쉽게 이용할 수 있고 인프라의 이용을 통해 기업의 생산 및 매물비용을 낮추는 생산성 향상을 통해 수출에 성공할 수 있었는지 에 대해서도 지속적인 논란이 있음. 즉, 인프라 이용과 수출의 인과관계는 미래의 인프라 및 수출정책에 많은 시사점을 제공
- 이에 본 연구의 결과는 기업 스스로의 수출활동이 인프라 이용의 확대를 야기했는 지, 또는 인프라 이용의 확대가 기업의 수출활동을 확대하였는지에 대한 정확한 인 과관계를 제공함
- 지역별 총요소생산성은 지역별 지속적인 경제성장의 엔진이기 때문에 총요소생산성 확대에 기여한 요인이 무엇인지 또는 다양한 요인들과 총요소생산성과의 인과관계 를 도출하는 것은 매우 중요하며, 특히 인프라 이용량과 총요소생산성의 인과관계 도출은 향후 정부의 대규모 시설투자 결정 및 방법에 대해 지대한 영향을 미침
- 따라서, 지역별 총생산 뿐만 아니라 지역별 수출과 지역별 총요소생산성과 같은 경 제성장 관련 주요변수들을 활용한 인프라 이용과의 정확한 장·단기 인과관계 도출 은 보다 정확하고 세부적인 지속가능한 경제성장 정책의 수립 및 실행을 가능케 함

제 2 장 기존문헌을 통한 연구의 필요성

- 인프라 투자가 장기적으로 경제성장 및 생산성에 어떠한 영향을 미치는 지 또는 경제성장의 산물로서 인프라 투자가 발생하는지 여부에 대해서는 정책입안자들과 학계에서 오랫동안 뜨거운 논쟁이 되어왔음
 - ‘지역별 패널통계를 활용한 인프라 이용량과 경제성장 관련 주요변수들 간의 장·단기 인과 관계 분석’이라는 것이 본 연구는 위 논란에 대해 어느 정도 해결의 실마리를 제공할 것임
- 지난 60 여년 간의 기적과도 같은 우리나라의 지속적이며 급속한 경제성장 과정에서 인프라와 경제성장은 매우 밀접한 관련이 있다는 암묵적 합의하에 경제정책이 추진되었으나, 두 변수 간의 정확한 장·단기간 인과관계의 방향과 정도가 불명확함
 - 현재도 고속도로, 에너지 및 물 보급 등의 인프라 건설이 장기적으로 지속가능한 경제성장을 가능케 할 수 있다는 믿음으로 지속적인 인프라 건설이 수행되고 있음.
- 따라서, 다양한 국가와 분야를 고려한 인프라와 경제성장에 관한 기존문헌 분석을 통해 기존연구결과의 한계를 확인하고 본 연구의 필요성과 기존연구에 대한 기여를 제시하고자 함
 - 인프라와 경제성장의 관계를 분석한 연구들은 인프라를 세부적으로 구분하여 분석한 연구도 있지만, 전반적인 인프라에 대한 투자와 경제성장의 관계를 확인한 연구도 상당히 존재함
 - 교통, 에너지, 물 및 통신 인프라들과 경제성장의 관계를 분석한 다양한 기존문헌을 제시하고 이들의 한계를 확인함으로써 본 연구주제의 필요성과 특히, 우리나라 패널통계를 활용하여 수행한 실증분석의 중요성을 인식하고자 함

2.1 인프라와 경제성장에 대한 기존문헌 분석

2.1.1 인프라 투자와 경제성장 간의 관계

□ D'emurger(2001)는 1985년부터 1998년까지의 중국의 인프라 투자와 경제성장 간의 관계를 분석함

○ 내생적 성장모형을 바탕으로 고정효과와 임의효과를 적용한 분석결과에 따르면, 인프라에 대한 투자는 소득 격차를 완화하는 것으로 나타났으며, 특히 공공부문에 대한 투자와 적극적인 정책운영은 국가 전체의 경제성장뿐만 아니라 지역들의 균형성장을 촉진시킨다는 사실을 확인

○ 이러한 관점에서 교통 인프라, 물류 서비스 분야의 확산이 경제성장의 차이를 설명하는데 중요한 역할을 하는 것으로 나타났으며, 통신 인프라는 접근성이 낮은 지역의 고립을 완화시킴으로써 균형발전 도움이 된다는 사실을 확인

○ 이를 바탕으로 D'emurger(2001)는 교통과 통신에 대한 투자가 경제성장을 파급시키고 효율적인 개발의 가능성을 시사

□ Kamps(2005)은 누적된 공공자본이 실질 GDP에 미치는 영향을 OECD 국가들을 대상으로 분석함

○ 1960년부터 2001년까지의 데이터를 사용한 Kamps(2005)는 콥-더글라스 모형을 벡터자기회귀모형(Vector Autoregression, VAR)과 벡터오차수정모형(Vector Error Correction, VECM)으로 분석

○ 그 결과, 대부분의 국가에서 공공자본에의 충격이 산출에 긍정적인 영향을 주었으며, 공공자본과 민간자본의 단기적인 관계는 국가마다 상이하게 발생

○ 장기적인 관점에서는 공공자본과 민간자본이 보완재의 성격을 갖는 것으로 나타났으나, 공공자본에 대한 추가적인 투자가 고용을 야기하지는 않는 것으로 밝혀짐

□ Mendes et al.(2008)의 연구는 브라질 농업부문에 대한 인프라 투자가 총요소생산성에 미치는 영향을 콥-더글라스 모형에 적용

○ 1985년부터 2004년까지의 패널데이터는 농업부문의 총생산, 도로 인프라, 연구 인프라, 통신 인프라, 관개시설 인프라 등이 고려되었으며 일반적률추정법

(Generalized Method of Moments, GMM)으로 추정

- 연구결과에 따르면, 농업부문의 인프라 투자는 2년 이내에 총요소생산성 증가를 야기하였으며 도로 인프라가 가장 큰 영향을 주는 것으로 나타남
- 도로 인프라의 1% 증가는 농업부문의 생산성을 약 0.72% 증가시켰으며, 연구(0.43%), 통신(0.31%), 관개시설(0.20%), 전기(0.15%) 등이 뒤를 이었음
- 따라서 Mendes et al.(2008)는 농업부문의 수익성과 경쟁성을 높이기 위해서는 인프라 투자가 필요함을 주장

□ Chakamera and Alagidede(2018)은 사하라 이남 아프리카 국가들의 인프라 투자와 경제성장 간의 관계를 일반적물추정법으로 분석

- 2000년부터 2014년까지의 기간으로 분석된 연구결과에 따르면, 단기적으로는 인프라의 양적인 축적이 질적인 축적보다 경제성장에 더 기여하는 것으로 나타났으나 장기적으로는 질적인 투자가 상대적으로 더 큰 영향을 미침.
- 또한, 양적인 투자와 질적인 투자를 결합했을 때, 인프라 투자가 경제성장에 미치는 효과는 가장 크게 나타나는 것으로 확인하였으며, 본 연구결과를 토대로 사하라 이남 아프리카 지역의 낮은 전력공급이 인프라를 통한 경제성장을 저하시키기 때문에 이를 우선적으로 해결해야 함을 주장함

□ 나경연(2018)은 우리나라의 지역별 인프라 투자가 지역 생산성 및 소득 격차에 미치는 파급효과를 내생적 성장모형에 적용

- 2001년부터 2015년까지의 17개 광역자치단체의 자료를 바탕으로 한 패널회귀결과에 따르면, 사회안전망 확보 수준과 인프라 축적 수준이 낮을수록 인프라 투자의 총요소생산성 증대가 그렇지 않은 지역에 비해 약 2~3배 높게 나타남으로써 인프라의 한계생산이 체감한다는 사실을 확인함
- 소득의 경우, 지역별 인프라 투자 예산의 감소는 고소득 지역보다 저소득 지역에 더 큰 부정적 효과를 미치는 것으로 나타났으며, 이는 인프라 투자 예산이 감소할수록 지역 간 소득 격차가 심화됨을 의미함
- 따라서 ‘성장’ 과 ‘분배’ 를 모두 고려할 때, 인프라 구축을 중심으로 한 지역 혁신 정책이 추진되어야 함을 강조함

- Canning and Pedroni(1999)는 인프라의 수준과 경제성장 간에는 역-U자가 존재함을 확인하였다.
 - 1950년부터 1992년까지의 다양한 국가를 대상으로 한 Canning and Pedroni(1999)의 연구에 따르면, 인프라의 경제성장 극대화 수준이 존재함을 확인 즉, 특정 수준 이하의 인프라 수준을 가지고 있는 국가는 인프라에 대한 추가적인 투자가 경제성장을 야기하지만, 특정 수준을 넘어선 국가에서의 추가적인 인프라 투자는 경제성장을 악화시킴
 - 일반적으로 통신과 포장도로의 보급률은 전 세계적으로 최대수준이기 때문에 해당 분야의 추가적인 투자는 경제성장을 촉진하지 않음을 확인함
- Arslanalp et al.(2010)도 경제협력개발기구(Organization for Economic Cooperation and Development, OECD) 소속 국가와 비소속 국가 총 48개국을 대상으로 공공자본에 대한 투자가 경제성장에 미치는 영향을 콥-더글라스 모형에 적용하여 분석
 - 공공부문에 대한 자본투자와 GDP 성장 간에는 역-U자가 존재하였으나, 초기 자본스톡이 상대적으로 너무 낮은 국가에서는 역-U자의 관계가 나타나지 않음을 발견함
- (소결론) 인프라 투자와 경제성장의 관계에서 비록 인프라 투자의 분야에 따라 경제성장에 미치는 효과는 다르며, 인프라 투자가 경제성장에 미치는 효과가 비선형일 수도 있다는 주장을 하고 있지만, 전반적으로 인프라 투자가 경제성장에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타남
 - 인프라 투자는 경제성장에 긍정적인 영향을 미치지만, 효과는 한계체감하며, 소득 불평등을 완화시키는 효과에도 기여함
 - 경제성장이 인프라 투자에 미치는 효과에 대한 연구는 거의 존재하지 않으며, 이러한 효과가 존재하고 유의하다면 기존문헌의 결과는 과대추정 또는 가성회귀의 가능성이 있기 때문에 두 변수의 인과관계에 대한 세심한 분석이 요구됨

2.1.2 에너지 인프라와 경제성장 간의 관계

- Soytas and Sari(2003)는 G7국가와 개발도상국을 연구대상으로 에너지 소비량과 1인당 GDP 간의 인과관계를 분석
 - 국가마다 다른 데이터 기간을 적용하였으며, 중국은 가용데이터의 부족으로 연구대상 국가에서 제외됨
 - 공적분 검정과 벡터오차수정모형으로 분석한 에너지 소비량과 1인당 GDP 간의 관계는 국가마다 다른 결과가 도출됨
 - 예컨대, 아르헨티나에서는 두 변수 간의 양 방향적 인과관계가 도출되었으나, 이탈리아와 우리나라에서는 GDP의 증가가 에너지 소비량의 증가를 야기하였고 터키, 프랑스, 독일, 일본은 에너지 소비량의 변화가 GDP의 변화를 인과함
 - 이 외의 국가에서는 안정적인 공적분 관계가 도출됨
- Yoo(2005)는 1970년부터 2002년까지의 시계열 자료를 활용하여 우리나라의 전력소비량과 경제성장 간의 탄력성을 공적분모형과 벡터오차수정모형으로 분석
 - 연구결과에 따르면 단기적으로는 전력소비량이 경제성장을 인과하였으나 장기적으로는 두 변수 간 양방향성의 인과관계가 나타남
 - 즉, 전력소비량의 증가는 실질 GDP의 상승을 야기하였으며, 이는 다시 전력소비량의 증가로 순환된다는 것을 의미함
 - 따라서 해당 연구에서는 우리나라의 경제성장을 위해서는 전력 생산 인프라 투자가 중요하며, 강건한 전력 인프라는 ICT 산업에도 긍정적인 영향을 미칠 것으로 예상
- 이연정 외(2019)는 한국의 2001년부터 2016년까지의 16개 행정구역별 전력수요량과 경제성장 간의 인과관계를 패널 벡터자기회귀모형을 이용하여 분석
 - 연구결과에 따르면, 전국적인 관점에서 단기적으로 전력의 수요가 경제성장을 주도하는 공급선도가설이 성립하였으나, 대도시와 도지역 간의 차이가 극명하게 나타남
 - 대도시에서는 공급선도가설이 유효하고 단기적 경기변동에 민감하게 반응하였지만, 도지역에서는 공급선도가설과 단기적 경기변동의 민감성이 분명하게 나타나지 않음.

- 따라서 이연정 외(2019)는 대도시 지역에 전력이 충분히 공급될 수 있는 발전설비를 선제적으로 준비해야 하며, 경기변동에 따른 전력수요의 불안정성을 대비할 수 있는 신축적 운영방식의 필요성을 주장함
- 진보영 외(2020)은 1987년부터 2014년의 기간동안 1인당 실질 GDP, 1인당 연간 총 전력소비량, 1인당 연간 이산화탄소 발생량 등의 인과관계를 그랜저 검정과 벡터오차수정모형 분석으로 유의미한 결과를 도출함
 - 경제성장은 전력소비량, 이산화탄소 배출량, 환경규제에 장기적으로 영향을 주었으며, 단기적으로 전력소비량에 단방향 인과관계를 갖는 것으로 나타났으며, 환경규제는 전력소비량과는 양방향성의 장단기 인과관계, 이산화탄소 배출량과는 양방향의 장기관계를 갖는 것으로 나타남
 - 따라서 해당 연구는 환경규제를 통한 이산화탄소 배출량의 감소로 경제성장을 촉진할 수 있는 정책적 접근의 필요성을 주장함
- Ozcan and Ozturk(2019)는 개발도상국인 17개국을 대상으로 1990년부터 2016년까지 재생에너지 수요와 경제성장 간의 관계를 부스트랩 패널 인과성 검정으로 분석함.
 - 폴란드를 제외한 국가에서는 재생에너지의 수요와 경제성장 간의 인과관계가 존재하지 않았으며, 폴란드에서는 에너지 관리 정책이 경제성장에 음의 영향을 미칠 수 있음을 확인함
 - 따라서 본 연구는 기존의 에너지 관리 정책에서 벗어난 새로운 정책적 접근, 공공부문과 민간부문의 협력을 통한 효율성 개선 및 시장 확대 등을 요구함
- (소결론) 에너지 인프라와 경제성장의 관계에 대한 기존문헌에서 에너지 인프라는 인프라의 수준이 아닌 이용량에 초점을 두고 있으며, 경제성장과의 인과관계는 시간 및 국가에 따라 다양한 인과관계를 보여주고 있는 것으로 확인됨
 - 경제성장과의 인과관계를 고려한 에너지 인프라는 주로 에너지의 총사용량, 전력사용량, 신재생에너지 사용량 등 발전원에 따른 사용량으로 구분하여 분석하고 있음

2.1.3 수자원 인프라와 경제성장 간의 관계

- Cole(2004)은 물 사용과 경제성장 간의 관계를 분석하였는데, 1990년부터 2000년까지의 패널 자료를 사용하였으며, 고정효과모형과 임의효과모형으로 회귀방정식을 추정하였음.
 - 연구결과에 따르면, 1인당 물 소비량과 1인당 소득 간에는 환경 쿠즈네츠 곡선이 성립하는 역-U자의 관계가 존재하는 것으로 나타났음.
 - 특히, 경제발전 정도에 따른 농업부문의 급격한 물 사용량 변화를 고려해도 물 사용과 경제성장 간의 관계는 변하지 않음
 - 전 세계적인 관점에서는 1인당 물 사용량과 총사용량이 증가해야 하지만, 경제발전 정도가 높은 국가들에서는 물 사용이 굉장히 비효율적이므로 가격정책의 변화를 통한 효율성 확보를 요구함
- Katz(2015)는 물 사용량과 경제성장 간의 관계를 쿠즈네츠 곡선으로 분석하고자 하였으며, 이를 위해 횡단면과 패널데이터 분석을 진행하여 분석에 사용된 데이터와 회귀모형에 따라 다른 결과가 도출됨을 확인
 - 최소자승법과 비모수 검정법이 활용된 횡단면 분석은 모형에 따라 각각 쿠즈네츠 곡선의 성립과 단조증가 관계가 도출된 반면, 고정효과모형을 적용한 패널 분석은 국가 수준에 따라 쿠즈네츠 곡선의 성립 여부가 변화하며, 소득 증가에 따른 공공부문의 물 소비는 단조 증가함
 - 특히, 미국의 경우에는 농업부문에서 물 사용량과 소득 증가가 양의 선형관계가 도출되었는데 이는 물 집약적 농업에서 탈피하고자 하는 다른 국가들과 다른 양상임을 밝혀냄
- Bao and He(2015)는 중국의 1997년부터 2013년까지의 데이터를 사용함으로써 도시화, 경제성장, 물 사용량에 대한 인과관계를 분석
 - 도시화는 총인구 대비 도시 거주 인구의 비율을 나타내며, 경제성장은 GDP, 물 사용량은 지역별 총 사용량을 의미함
 - 공적분 검정과 벡터오차수정모형으로 분석한 결과에 따르면, 도시화 수준과 경제성

장 간에는 양의 관계가 나타났지만 지역별 수준에서는 유의미한 결과가 도출되지 않았음.

- 이는 2014년부터 시행되는 도시화 전략이 경제성장과 독립적으로 운영되어야 함을 의미하며, 물 사용량은 지역에 따라 경제성장과의 장단기 관계가 변화하였으나 전반적으로는 유의미하지 않음을 밝힘으로써 경제성장이 물 자원에 크게 의존하지 않음을 강조함

□ 정용훈, 이성훈(2018)은 환경 쿠네츠가설의 검증뿐만 아니라 에너지 및 이산화탄소 배출량이 물 효율성에 미치는 영향을 동적 그랜저 인과관계 검정을 이용하여 분석함.

- 1990부터 2014년까지의 우리나라 자료를 이용한 연구결과에 따르면, 단기적으로 물 효율성은 이산화탄소 배출량과 국내총생산에 유의적인 영향을 받는 것으로 나타났으며, 전력생산은 이산화탄소 배출, 경제성장, 물 효율성으로부터 영향을 받는 것으로 밝혀짐
- 장기적인 관점에서는 물 효율성이 경제성장과의 역-U자 관계, 전력소비와의 양의 관계, 이산화탄소 배출과의 음의 관계를 갖는 것으로 나타났다. 이를 바탕으로 '효율적인 물 정책'의 추가적인 목표를 제시함

□ Hao et al.(2019)은 1999년부터 2014년까지의 중국데이터를 기반으로 물 사용과 경제성장 간의 관계를 분석

- 쿠즈네츠 곡선을 이론적 기반으로 하는 이 연구는 중국의 1인당 GDP와 물 사용량 간의 N자형 관계가 존재함을 밝힘
- 1인당 수자원은 물 소비량과 양의 상관관계를 가지는 것으로 나타났으며, 인구밀집도가 증가할수록 산업용수의 사용증가를 야기하였는데 산업용수는 경제성장에 긍정적인 영향을 미침
- 따라서 경제성장을 위해 산업폐수와 산업하수의 적극적인 재사용을 통한 물 소비의 효율성 증대를 주장함

□ (소결론) 물 이용량과 경제성장의 관계는 환경쿠즈네츠 가설이 성립하는 역U자형의 관계이거나 국가 및 기간에 따라 다른 결과가 도출되고 있으며, 비록 물 이용량과 경제성장이 관계가 없다는 결과가 도출되기도 하지만, 전반적으로 물 이

용과 경제성장은 일정한 상관관계를 가지고 있는 것으로 판단됨

2.1.4 교통 인프라와 경제성장 간의 관계

- Chandra and Thompson (2000)은 미국의 주간 고속도로의 건설이 경제적 활동에 미치는 영향을 고정효과모형으로 분석
 - 1969년부터 1993년까지의 데이터를 기반으로 한 분석결과에 따르면, 고속도로가 직접 통과하는 주는 경제활동수준을 높이는 것으로 나타났으나 인접 지역에서는 경제활동 수준이 낮아지는 것으로 나타남
 - 한편, 고속도로 건설은 운송비용의 감소를 야기함으로써 특정 산업의 성장을 야기하였으나 일부 산업은 산업재분배로 인하여 성장하지 못하는 상황이 동시에 나타남으로써 이러한 불균형은 공공부문에 대한 투자가 지역 혹은 산업에 따라 다른 결과를 도출할 수 있음을 제시
- 이영혁 외(2005)는 1985년부터 2001년까지의 패널자료를 구축하여 공항투자가 지역경제에 미치는 영향을 콥-더글라스 생산함수를 가정하여 고정효과모형으로 추정함.
 - 회귀분석 결과에 따르면, 전산업의 생산효과는 직접효과와 파급효과에서 각각 0.004~0.035, 0.013~0.049의 계수가 도출되었으며, 이는 공항투자액의 1% 증가가 각 항목의 0.035%, 0.049%를 향상시킴을 의미함.
 - 한편 산업별 분석에서는 산업에 따른 차이가 존재하는데, 제조업, 전기수도, 건설, 도소매, 운수창고는 직접효과에서 양의 계수가 도출되었으나, 농수산업, 제조업, 전기수도, 건설, 운수창고, 기타 서비스업의 경우 간접효과에서 양의 계수값이 도출됨
 - 이러한 차이는 공항에 대한 투자가 지역 내의 산업구조를 변화시킨다는 사실에 기인함
- Zou et al.(2008)은 중국의 교통 인프라와 경제성장, 빈곤의 완화를 분석하기 위해 콥-더글라스 모형을 이론적 배경으로 하여 고정효과모형으로 추정
 - 1994년부터 2002년까지의 패널데이터를 사용한 분석결과에 따르면, 중국 내 동부지

역과 중앙지역의 높은 경제성장률은 교통인프라의 발달에 기인하였으며 소득이 낮은 지역에 대한 도로 인프라 투자는 경제성장과 빈곤 완화에 긍정적인 영향을 주는 것으로 나타남.

- 다만, 도로에 대한 투자가 경제성장을 인과하는 것과는 달리 그 반대는 성립하지 않는 것으로 나타났으며, Zou et al.(2008)은 이러한 결과를 바탕으로 도로부문에 대한 투자가 최우선적인 경제정책으로 고려되어야 함을 주장함

□ Kim and Han(2016)은 한국의 새로운 고속도로 건설이 지역 인구와 고용성장률에 미치는 빨대효과를 다중선형모형과 이중차분모형을 이용하여 분석함

- 1996년부터 2006년까지의 데이터 기간을 이용한 실증분석 결과에 따르면, 고속도로에 따라 다른 결과가 도출되었는데, 중앙고속도로의 건설은 지역의 인구를 증가시키며 고용에는 음의 영향을 주는 것으로 나타난 반면, 서울-춘천 고속도로는 인구와 고용을 모두 증가시키는 것으로 도출됨

□ Chen and Haynes(2017)는 중국의 대규모 고속철도 투자가 지역경제 격차에 미치는 영향을 내생적 성장모형을 통해 분석

- 기간은 2000년부터 2014년까지이며, 주요변수인 고속철도에 관한 투자액은 고속철도망의 밀도를 대리변수로 채택하였고, 접근성 지표로서 가중 평균 이동시간, 잠재적 접근성, 일일 접근성을 활용하였음.
- 그 결과, 고속철도의 도입은 지역 경제 불균형을 감소시켰으며 지역경제 성장에 긍정적으로 영향을 주는 것으로 나타남

□ Melo et. al.(2013)은 Meta Analysis를 통해 교통과 관련한 인프라 투자가 생산성에 미치는 영향에 대한 많은 연구와 주어진 환경(경제수준 및 산업구조)에 따른 다양한 연구결과를 제시함으로써 인프라와 경제성장의 관계가 연구대상, 기간 및 방법에 따라 다양한 연구결과를 도출하고 있음을 보여주고 있음.

□ Yu et. al.(2012)의 연구는 중국의 교통인프라와 경제성장의 관계를 분석하였으며, 국가수준에서 경제성장이 교통인프라 구축을 야기하지만, 지역수준에서는 고소득 지역은 경제성장과 인프라가 서로 영향을 주는 반면 저소득지역은 경제성장이 인프라에 영향을 미치는 단방향임을 확인함

- Aschauer(1989), Albarran et al.(2011), Jiwattanakulpaisarn et al.(2010), Rephann and Isserman(1994), Cigu et al.(2019)는 미국, 스페인, 다수의 국가, 다수의 유럽국가들을 고려하여 교통 인프라가 경제성장 또는 총요소생산성을 촉진한다는 사실을 확인함
- 하지만, Canning and Pedroni(2004)는 경제성장률을 극대화하는 인프라의 수준이 존재한다고 주장하고, Bose and Haque(2005)는 개발도상국들에서 경제성장률이 교통인프라를 촉진한다는 사실을 확인하였으며, Rephann and Isserman(1994)는 대도시와 지방소도시에 따라 경제성장률과 인프라의 인과관계가 달라진다고 주장함
 - 이와 같이 다양한 인프라와 경제성장률에 대한 연구들을 통해 두 변수의 관계는 여전히 불확실한 상황임을 확인할 수 있으며, 인프라와 경제성장의 실제 관계를 확인하기 위해 선행연구에서 거의 시도하지 않은 인프라의 이용과 경제성장의 관계를 분석하는 것이 필요함
- (소결론) 교통 인프라와 경제성장의 관계에 대한 연구는 상당히 많이 존재하며, 두 변수의 인과관계 또는 교통 인프라가 경제성장 또는 소득불평등에 미치는 영향에 대한 다양한 연구가 수행되고 산업과 지역 및 국가에 따라 매우 이질적인 결과가 도출됨
 - 하지만, 대부분의 연구는 교통 인프라의 수준이나 건설에 초점을 두고 있으며, 교통 인프라의 이용률에 대해서는 큰 관심을 두고 있지 않고 있기 때문에 실제 경제성장률과 깊은 관련이 있을 것으로 예상되는 인프라의 특징인 인프라의 이용을 활용한 연구는 부재
 - 따라서, 교통 인프라 이용률과 다양한 경제성장 관련 변수들의 인과관계를 밝히는 연구가 필요함

2.1.5 통신 인프라와 경제성장 간의 관계

- Hardy(1980)는 경로분석을 이용하여 경제성장에서의 통신의 역할을 분석
 - 1968년부터 1976년까지 60개국을 연구대상으로 한 분석에 따르면, 통신의 계수는 0.162로 나타났으며 개발도상국만을 고려했을 때는 0.160으로 다소 낮아지는 것을

확인함

- 이는 통신에 대한 투자가 경제성장에 긍정적인 영향을 주는 것을 나타냄
- Dholakia and Harlam(1994)은 미국의 통신 투자와 경제성장 간의 관계를 50개의 주를 대상으로 분석함
 - 통신 투자의 효과를 비교하기 위해 해당 연구에서는 교통 인프라, 인적 자원, 근로자당 에너지 소비량에 대한 변수를 추가적으로 고려함
 - 그 결과, 통신부문에 대한 투자가 가장 강력한 경제성장을 야기하는 것으로 도출되었으며, 이러한 결과는 통신부문의 투자가 소통에 관한 비용을 낮춤으로써 효율성을 증대시키기 때문인 것으로 판단
- Cieřlik and Kaniewska(2004)은 폴란드의 통신 인프라와 지역 소득의 관계를 분석하기 위해 1989년부터 1998년까지의 패널 데이터를 패널 선형 모형으로 실증 분석함
 - 지역 수준에서 통신 인프라와 소득 사이에 긍정적이고 통계적으로 유의미한 인과관계가 존재하였으며, 특히 통신에서 소득으로 인과관계가 이어지는 상황에서 통신 정책은 폴란드에서 공간적 소득 격차를 줄이기 위한 지역 균형 정책의 중요한 부분으로 보아야함을 강조
 - EU의 확대와 폴란드 통신법의 EU 규제와의 조화가 폴란드 내 지역발전에 기여할 것으로 예측함
- Ding et al.(2008)는 1986년부터 2002년까지의 중국의 지역별 데이터를 이용하여 통신 인프라와 경제성장에 관하여 분석
 - 솔로우 모형을 이론적 배경으로 한 실증분석 결과에 따르면 중국의 지역별 경제성장은 고정자산에 대한 투자, 고용, 외국인 직접투자와 양의 관계를 갖는 것으로 나타났다으나 인구성장률과는 음의 관계가 도출됨
 - 통신부문에 대한 인프라 투자의 경우에는 중국의 지역성장에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 이를 통해 경제적으로 소외된 지역에 통신부문에 대한 인프라 투자를 제안함
- Donou-Adonsou et al.(2016)은 사하라 이남 아프리카 지역의 통신 인프라가 경

제성장에 미치는 영향을 분석하였으며, 원활한 분석을 위해 47개국을 연구대상으로 설정하였고 데이터 기간은 1993년부터 2012년까지 20년임

- IV-GMM (instrumental-variable generalized method of moments)으로 분석한 결과에 따르면, 인터넷과 핸드폰의 사용은 경제성장에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타남
 - 예컨대, 인터넷과 핸드폰의 사용의 1% 증가는 각각 경제성장에 0.12%p, 0.03%p 증가시키는 것으로 나타남으로써 통신 인프라에 대한 투자는 사하라 이남 지역의 경제성장을 촉진함
 - 따라서 사하라 이남 지역의 아프리카에서는 통신에 대한 접근성 확대와 비용 절감이 적극적으로 고려되어야 함을 주장함
- (소결론) 통신 인프라와 경제성장의 관계는 모든 국가와 지역에서 통신 인프라가 경제성장에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났으나, 두 변수의 인과관계에 대해서는 뚜렷한 연구결과가 존재하지 않음

2.2 기존문헌 결과의 한계와 해결방안

- 현재까지 인프라와 경제성장의 관계에 대한 인프라의 종류, 국가 및 지역에 따라 매우 다양한 연구결과가 존재한다는 사실을 확인함
- 인프라와 경제성장의 관계에 대한 다양한 연구의 존재는 경제성장에 있어서 인프라가 매우 중요한 요인이 될 수 있다는 일반적인 견해를 반영하고 있으나, 경제성장과 인프라의 관계가 아직까지도 명확하지 않다는 것을 반영하고 있음
- 인프라의 종류가 다양한데 본 연구에서 조사한 인프라의 종류는 일반적인 인프라 예산, 에너지, 교통, 물, 통신으로 분류하여 살펴보았으며, 사실 교통의 예에서도 일반도로, 고속도로, 철도, 고속철도, 항공 등 분류를 세분화함에 따라 각각의 영향을 다를 수 있음
 - 기존문헌은 크게 두 가지 방향의 연구가 존재하는 것으로 파악됨
 - 첫째, 일반적으로 인프라의 건설 및 투자가 경제성장과 관련된 변수들에 어떠한 영

향을 미쳤느냐에 관한 것이며, 통계에 대한 기간과 수집단위 및 다양한 회귀분석의 방법론을 활용하여 효율적이면서도 불편한(Efficient and Unbiased) 추정량을 도출하고자 한 것이 있고, 둘째는 인프라와 경제성장 관련 변수들 간의 인과관계 분석에 관한 연구가 존재하는데, 이는 주로 에너지와 물에 국한된 것으로 주로 에너지와 물의 이용량이 경제성장과 어떠한 인과관계를 가지고 있느냐에 초점을 두고 있음

- 기존 연구의 첫 번째 연구흐름에서는 두 가지의 한계점을 발견할 수 있는데, 하나는 인프라 건설과 투자가 아닌 인프라 이용이 경제성장에 미치는 영향에 대한 연구는 매우 부족하다는 것이며, 다른 하나는 인프라가 경제성장에 미치는 영향을 분석하기에 앞서 인프라와 경제성장의 인과관계 분석이 선행되어야 한다는 것임.

- 기존 연구의 두 번째 연구흐름에서는 에너지와 물에 국한된 인프라 이용과 경제성장의 인과관계 분석을 도로와 통신의 이용으로도 확대하는 것이 필요

□ 따라서, 인프라와 경제성장의 관계를 분석하는 많은 연구들은 ① 분석대상, ② 변수선택과 ③ 계량방법론에 따라 다양한 연구결과를 도출하는 이질성(Heterogeneity)을 가지고 있음

- 인프라의 종류(통신, 도로, 에너지 및 전력, 물)와 국가 및 장·단기에 따라 영향의 크기와 방향 측면에서 다른 결과가 도출 (Canning and Pedroni (1999), Ouattara and Zhang (2018), Bom(2014), Hulten and Schwab(1991), Kamps(2005), Chotia and Rao(2017), Soytaş and Sari(2003), Özcan and Öztürk(2019), Yıldırım et. al.(2012))

- 인프라와 경제성장의 관계를 분석하는 모든 연구들이 경제성장의 대리변수로 주로 실질총생산(GDP)과 총요소생산성(TFP)을 고려함

- 분석대상을 국가 또는 지역으로 하느냐에 따라서도 영향의 크기와 방향이 달라짐

□ 대부분의 실증분석 연구들은 축적된 인프라 수준(stock)을 중심으로 경제성장과의 관계를 분석함

- 인프라 수준과 경제성장의 관계에 대한 많은 기존문헌들에서 인프라가 경제성장에 긍정적으로 기여하는 결과를 도출(윤창호 외(2009, 2010), Aschauer(1990), Chen and Haynes(2016), Chakamera and Alagidede(2017))

- 하지만, 기존 인프라가 제공하는 서비스 즉 인프라의 이용과 경제성장의 관계를 분석하는 연구는 거의 없음
 - 인프라가 생산적이어서 지속적인 경제성장에 기여는 한다는 것은 단순히 구축된 인프라 수준(stock) 보다 구축된 인프라의 효율적 사용에 기인함
 - 몇몇 연구들은 인프라가 경제에 중요한 서비스를 제공함으로써 인프라가 경제성장에 중요한 원인이 된다고 주장 (Boarnet(1997), Holtz-Eakin(1993b), Winston(1990), Aschauer (1989), Munnell(1990a, 1990b))
 - 따라서, 인프라 수준(stock)에 초점을 둔 경제성장과의 관계를 분석한 실증연구는 인프라와 경제성장에 대한 제한된 관계를 도출할 수 있음
- 인프라와 경제성장의 관계에 대한 대부분의 연구에서 이들 변수간에 매우 밀접한 상관관계가 있다는 것에 동의하나, 두 변수의 인과관계의 방향에 대해서는 연구가 부족
 - 인프라와 경제성장의 인과관계가 양방향일 경우, 인프라는 외생변수가 아닌 내생변수이기 때문에 인프라가 경제성장에 기여한 효과는 과대추정(Over-estimation)될 수 있음
 - 또한, 인프라의 내생성(Endogeneity)은 인프라와 경제성장의 관계가 가성회귀(Spurious regression)일 수 있다는 가능성도 제기됨 (Gramlich (1994))
- 따라서, 인프라와 경제성장의 관계를 분석하기 위해서는 인프라와 경제성장의 인과관계에 대한 명확한 분석이 선행되어야 함
 - 특히, 우리나라를 대상으로 한 기존연구들은 인프라(도로, 에너지, 물)를 구성하는 개별적인 요소들에 대해 경제성장에 미치는 효과를 산업 및 지역별로 분석하였으며, 대부분의 연구에서 인프라가 경제성장 및 생산성에 미치는 효과는 긍정적인(+) 효과를 미친다는 결론을 도출
 - 하지만, 선행연구에서 살펴보았듯이, 인프라와 경제성장의 상관관계가 높다는 것에 동의하지만, 인과관계의 방향에 대한 연구는 에너지 및 전력과 물을 제외하고는 거의 존재하지 않음.

- 도로 인프라의 경우 기존 연구는 도로시설투자에 초점을 두고 있으며, 실질적으로 경제성장과 밀접한 관련이 있을 것으로 예상되는 도로 이용량 등 도로 인프라 서비스에 대한 연구는 없음
- 본 연구는 다양한 인프라 이용과 경제변수들에 대한 지역별 패널 인과관계 분석을 통해 향후 인프라 이용이 경제변수들에 미치는 효과 도출과 이에 대한 해석에서 가장 신뢰할만한 근거를 제공
 - 활용한 인프라 이용 변수들은 고속도로 이용량, 에너지 사용량, 물 사용량으로써 경제변수들에 대한 개별적인 영향이 아닌 동시에 미치는 영향을 분석하기 때문에 보다 종합적인 인프라 이용과 경제변수들 간의 인과관계를 제시
 - 인프라 이용이 내생변수라는 근거가 도출될 경우, 내생성 제거를 위한 다양한 계량 경제학 기법들이 활용되어야 하며, 결과의 해석에서도 이를 반영해야 함
- 경제변수으로써 실질총생산과 총요소생산성 뿐만 아니라, 우리나라 경제성장의 가장 큰 기여부문인 수출과 인프라 이용과의 인과관계를 분석하기 때문에 미래 수출 및 산업정책을 위한 인프라 정책에도 큰 영향을 미침
 - 본 연구에서는 지역별 총요소생산성을 솔로우의 잔차모형을 활용하여 도출하였으며, 경제성장의 엔진인 총요소생산성과 인프라 이용의 인과관계를 명확히 파악할 수 있다면, 보다 효율적이고 장기적인 인프라 정책의 구축이 달성될 수 있음
 - 또한, 수출과 인프라 이용의 인과관계는 수출과 경제성장에 대한 중요한 2가지 가설인 거시적인 측면에서 경제성장이 수출을 야기한다는 자기선택가설(The self-selection hypothesis)과 수출을 통해 경제성장을 달성할 수 있다는 수출의 학습효과가설(Learning-by-exporting)에 대한 중요한 근거를 제공
 - 다만, 본 연구결과를 활용하여 수출의 학습효과가설(Learning-by-exporting)과 자기선택가설(self-selection hypothesis)에 대해서 검증하는 것 뿐만 아니라, 수출과 인프라의 인과관계를 살펴봄으로써, 수출이 인프라 이용을 인과할 경우 선제적으로 수출촉진을 위해 인프라를 구축하기 보다는 수출이 많이 발생하는 지역에 인프라를 구축하고 효율적인 이용이 발생하도록 하는 것이 필요하며, 인프라 이용이 수출을 인과할 경우 선제적으로 인프라를 구축하고 쉽게 활용할 수 있도록 장려하는 정책을 활용해야 할 것임

- 단순히 인프라의 수준과 경제성장의 인과관계를 분석하는 것은 인프라의 종류에 따라 인프라의 외부효과와 같은 역할을 배제할 수 있음. 예를 들면 고속도로의 활용에 의해 전달되는 지식이나 정보를 통해 경제성장에 기여할 수 있는 인프라의 외부효과(Externality)를 누락할 수 있음
 - 따라서, 인프라 투자를 단순한 인프라 건설 및 투자가 아닌 인프라의 효율적 이용과 경제성장의 관계를 분석해야만 정확한 인프라와 경제성장의 관계를 도출할 수 있음
 - 또한, 단순히 각 개별 변수들의 시계열을 분석하는 것보다는 각 변수들의 패널통계를 구축하여 변수들 간의 관계를 분석하였을 때 보다 정확하고 효율적인 변수들 간의 장·단기 인과관계 분석이 가능함
 - 우리나라의 경우 지역별 패널통계를 구축하여 인프라 수준과 이용량이 주요경제변수들에 미치는 영향과 장·단기 인과관계를 분석한다면 변수들 간의 가장 정확한 실증분석 결과를 도출할 수 있음
- 구축된 인프라 수준(Stock)이 아닌 인프라가 제공하는 서비스를 경제변수들과의 인과분석에 사용함으로써 효율적인 인프라 이용의 중요성을 제고하고 새로운 인프라 정책방향 시사
- 우리나라의 인프라와 경제변수들 간의 인과관계에 대한 지역별 패널통계를 활용한 실증분석은 신뢰할만한 분석결과를 제공할 뿐만 아니라 향후 인프라와 경제변수들 간의 효과 분석에서 반드시 고려해야만 하는 중요한 전환점이 될 것임
- 하지만, 교통, 에너지, 물 보급 등 인프라 건설의 경제적 효과에 대해서는 단기적으로 경제활동을 촉진할 수 있다는 내용에 초점을 맞추고 있으며, 장기적으로 경제성장에 미치는 영향에 대한 연구는 매우 부족

제 3 장 실증분석 방법론

- 본 연구에서 고려한 변수들 간의 Panel Causality Test를 통해 변수간의 인과관계를 분석하고 특히, 장기적인 고속도로 이용률과 경제성장 및 수출의 관계를 면밀히 살펴봄으로써 효율적인 정책적 시사점을 제시
 - Levin, Lin and Chu(2002) 단위근 검정기법(소위 LLC 방법)과 개별 횡단면 단위가 상이한 단위근을 갖는 지 여부를 검정하는 Im, Pesaran and Shin(소위 IPS 방법)의 두 가지 방법을 모두 고려하여 패널 시계열 자료에 대한 패널 단위근 검정을 실시
 - Pedroni(1999, 2004)의 잔차 공적분 검정방법을 사용하여 패널 공적분 관계가 존재함을 확인한 후, 패널자료에 대한 VEC(Vector Error Correction) 모형을 활용하여 변수들 간의 장단기 인과관계를 추정함
- 분석 모형 측면에서 기존 연구와 다른 본 연구의 특징은 개별 시계열이 아닌 점정력을 향상시킨 패널 시계열 분석을 활용하여 지역의 고속도로 이용률, 에너지 및 물 사용량 등의 인프라 이용률과 지역의 수출 및 총생산물 변수들의 인과관계를 분석하였다는 점
 - 패널 시계열 분석의 장점은 시계열과 횡단면 정보를 모두 이용하기 때문에 더 많은 정보를 통해 높은 자유도(Degree of Freedom)를 활용함으로써 단일 시계열 분석에 비해 효율적인 추정량(efficient estimator)을 얻을 수 있으며, 개별 시계열에서는 관찰되지 않는 이질성(unobserved heterogeneity)을 모형에서 고려할 수 있음
- 지역의 고속도로 이용률, 에너지 및 물 사용량 등의 인프라 이용률과 지역의 수출 및 총생산물 변수들의 관계를 분석하고자 하는 기본 분석방법은 다음과 같음
 - $Y = \alpha_0 + \alpha_1 T + \alpha_2 W + \alpha_3 E + u \dots\dots\dots (1)$
 - 여기서 Y는 지역 i의 t시점 수출 또는 총생산물을 나타내며, T는 지역의 고속도로 이용률, W는 물 사용량, E는 에너지사용량을 나타내고 u는 오차항을 나타냄
 - 위 식 (1)에서 각 독립변수들의 계수값(α)들은 지역의 고속도로 이용률, 물 사용량, 에너지사용량이 지역의 수출 또는 지역생산물에 미치는 장기 영향력을 의미하며, $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ 의 값은 양(+)의 값을 가질 것으로 예상

□ 다음은 변수들 간의 동적 그랜저 인과관계(Dynamic Granger Causality)를 살펴볼 것임. 본 연구에서 고려한 변수들 간의 Panel Causality Test를 통해 변수간의 인과관계를 분석하고 특히, 장기적인 고속도로 이용량과 경제성장 및 수출의 관계를 면밀히 살펴봄으로써 효율적인 정책적 시사점을 제시

○ 변수들 간의 동적 인과관계를 살펴보기에 앞서, 우선 시계열의 안정성 여부를 검토하기 위해 Levin, Lin and Chu(2002) 단위근 검정기법(소위 LLC 방법)과 개별 횡단면 단위가 상이한 단위근을 갖는 지 여부를 검정하는 Im, Pesaran and Shin(소위 IPS 방법)의 두 가지 방법을 모두 고려하여 패널 시계열 자료에 대한 패널 단위근 검정을 실시

○ 패널 단위근 검정에 대한 기본 추정방정식은 다음과 같음

$$○ y_{i,t} = \rho y_{i,t-1} + X\delta_i + \epsilon_{i,t} \quad (2)$$

○ i 는 횡단면의 개별 관찰주체를, t 는 주어진 시계열의 시간단위를 의미. 기본적으로 패널 단위근 검정은 ρ 값이 1이라는 귀무가설을 검정하는 것으로 귀무가설을 검정하는 방식에 따라 몇 가지로 구분됨

□ 변수들이 불안정(non-stationary) 시계열인지 여부를 판단하기 위한 단위근 검정의 다음 단계는 변수들 간의 장기적인 관계를 분석하기 위한 공적분(Co-integration) 검정을 실시함. Pedroni(1999, 2004)의 잔차 공적분 검정방법을 사용하여 패널 공적분 관계가 존재함을 확인

○ 본 논문에서는 공적분 검정의 경우 지역의 수출, 고속도로 이용량, 물 사용량, 에너지사용량에 대해 장기 공적분 검정을 사용하고, 또한 지역의 총생산, 고속도로 이용량, 물 사용량, 에너지사용량에 대해 장기 공적분 검정을 사용

○ 공적분은 불안정한 두 개 혹은 그 이상의 시계열 자료가 장기에 걸쳐 체계적으로 함께 움직이는 것을 의미하며, 이 경우 변수들 간의 장·단기 인과관계 검정을 위해 패널자료에 대한 VEC(Vector Error Correction) 모형을 활용하여 변수들 간의 장단기 인과관계를 추정함

□ 두 개 이상의 시계열 변수가 공적분인 경우 시계열 변수 사이에 인과관계가 있음을 의미하지만 인과관계의 방향을 나타내지는 않으므로 다양한 변수들 간의

동적 그랜저 인과관계를 알아보기 벡터오차수정모델(VECM)을 이용. 지역의 총생산, 고속도로 이용량, 물 사용량, 에너지사용량 변수들 간의 장·단기 인과관계의 방향을 확인하기 위해 본 논문에서 Pesaran et. al. (2001)에서처럼 다음과 같은 VECM 모형을 사용

$$\begin{aligned}
 \bigcirc \Delta Y &= \delta_1 + \theta_1 ECT_{i,t-1} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{11j} \Delta Y_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{12j} \Delta T_{i,t-j} + \\
 &\quad \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{13j} \Delta W_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{14j} \Delta E_{i,t-j} + u_1 \\
 \bigcirc \Delta T &= \delta_2 + \theta_2 ECT_{i,t-1} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{21j} \Delta Y_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{22j} \Delta T_{i,t-j} + \\
 &\quad \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{23j} \Delta W_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{24j} \Delta E_{i,t-j} + u_2 \\
 \bigcirc \Delta W &= \delta_3 + \theta_3 ECT_{i,t-1} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{31j} \Delta Y_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{32j} \Delta T_{i,t-j} + \\
 &\quad \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{33j} \Delta W_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{34j} \Delta E_{i,t-j} + u_3 \\
 \bigcirc \Delta E &= \delta_4 + \theta_4 ECT_{i,t-1} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{41j} \Delta Y_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{42j} \Delta T_{i,t-j} + \dots\dots\dots(3) \\
 &\quad \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{43j} \Delta W_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{44j} \Delta E_{i,t-j} + u_4
 \end{aligned}$$

○ 여기서 Y는 지역 i의 t시점 총생산을 나타내며, T는 지역의 고속도로 이용량, W는 물 사용량, E는 에너지사용량을 나타내고 u는 오차항을 나타냄.

○ δ 는 모든 식의 상수항이며, ECT는 장기 공적분 관계에서 도출된 변수들 간의 장기 수렴여부를 판단할 수 있는 오차수정 항으로 계수 θ 의 유의성 여부에 따라 변수들 간의 단기조정과정을 통한 장기적 균형상태 도달여부의 판단근거를 제시

□ 또한, 지역의 수출, 고속도로 이용량, 물 사용량, 에너지사용량 변수들 간의 장·단기 인과관계의 방향을 확인하기 위해 본 논문에서 Pesaran et. al. (2001)에서처럼 다음과 같은 VECM 모형을 사용

$$\begin{aligned}
 \bigcirc \Delta X &= \delta_1 + \theta_1 ECT_{i,t-1} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{11j} \Delta X_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{12j} \Delta T_{i,t-j} + \\
 &\quad \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{13j} \Delta W_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{14j} \Delta E_{i,t-j} + u_1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\bigcirc \Delta T &= \delta_2 + \theta_2 ECT_{i,t-1} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{21j} \Delta X_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{22j} \Delta T_{i,t-j} + \\
&\quad \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{23j} \Delta W_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{24j} \Delta E_{i,t-j} + u_2 \\
\bigcirc \Delta W &= \delta_3 + \theta_3 ECT_{i,t-1} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{31j} \Delta X_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{32j} \Delta T_{i,t-j} + \\
&\quad \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{33j} \Delta W_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{34j} \Delta E_{i,t-j} + u_3 \\
\bigcirc \Delta E &= \delta_4 + \theta_4 ECT_{i,t-1} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{41j} \Delta X_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{42j} \Delta T_{i,t-j} + \dots\dots\dots(4) \\
&\quad \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{43j} \Delta W_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{44j} \Delta E_{i,t-j} + u_4
\end{aligned}$$

○ 여기서 X는 지역 i의 t시점 수출을 나타내며, T는 지역의 고속도로 이용률, W는 물 사용량, E는 에너지사용량을 나타내고 u는 오차항을 나타냄.

○ δ 는 모든 식의 상수항이며, ECT 는 변수들 간의 장기 수렴여부를 판단할 수 있는 오차수정 항으로 계수 θ 의 유의성 여부에 따라 변수들 간의 단기조정과정을 통한 장기적 균형상태 도달여부의 판단근거를 제시

□ 또한, 수출과 경제성장과의 관계에서 경제성장이 수출을 야기한다는 self-selection hypothesis와 수출을 통해 경제성장을 달성할 수 있다는 learning-by-exporting hypothesis에 대한 논란에 대해 인프라 이용률과 더불어 이들 가설을 검증하기 위해 Pesaran et. al. (2001)에서처럼 다음과 같은 VECM 모형을 사용하여 지역의 총생산, 수출, 고속도로 이용률, 물 사용량, 에너지사용량 변수들 간의 장·단기 인과관계의 방향을 확인

$$\begin{aligned}
\bigcirc \Delta Y &= \delta_1 + \theta_1 ECT_{i,t-1} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{11j} \Delta Y_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{12j} \Delta T_{i,t-j} + \\
&\quad \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{13j} \Delta W_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{14j} \Delta E_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{15j} \Delta X_{i,t-j} + u_1 \\
\bigcirc \Delta T &= \delta_2 + \theta_2 ECT_{i,t-1} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{21j} \Delta Y_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{22j} \Delta T_{i,t-j} + \\
&\quad \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{23j} \Delta W_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{24j} \Delta E_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{25j} \Delta X_{i,t-j} + u_2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\bigcirc \Delta W &= \delta_3 + \theta_3 ECT_{i,t-1} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{31j} \Delta Y_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{32j} \Delta T_{i,t-j} + \\
&\quad \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{33j} \Delta W_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{34j} \Delta E_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{35j} \Delta X_{i,t-j} + u_3 \\
\bigcirc \Delta E &= \delta_4 + \theta_4 ECT_{i,t-1} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{41j} \Delta Y_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{42j} \Delta T_{i,t-j} + \\
&\quad \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{43j} \Delta W_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{44j} \Delta E_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{45j} \Delta X_{i,t-j} + u_4 \\
\bigcirc \Delta X &= \delta_5 + \theta_5 ECT_{i,t-1} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{51j} \Delta Y_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{52j} \Delta T_{i,t-j} + \dots \dots \dots (5) \\
&\quad \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{53j} \Delta W_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{54j} \Delta E_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{55j} \Delta X_{i,t-j} + u_5
\end{aligned}$$

- 여기서 Y는 지역 i의 t시점 총생산을 나타내며, X는 지역의 수출, T는 지역의 고속도로 이용률, W는 물 사용량, E는 에너지사용량을 나타내고 u는 오차항을 나타냄.
- δ 는 모든 식의 상수항이며, ECT 는 변수들 간의 장기 수렴여부를 판단할 수 있는 오차수정 항으로 계수 θ 의 유의성 여부에 따라 변수들 간의 단기조정과정을 통한 장기적 균형상태 도달여부의 판단근거를 제시

□ 마지막으로, 지역의 총요소생산성, 고속도로 이용률, 물 사용량, 에너지사용량 변수들 간의 장·단기 인과관계의 방향을 확인하기 위해 본 논문에서 Pesaran et. al. (2001)에서처럼 다음과 같은 VECM 모형을 사용

$$\begin{aligned}
\bigcirc \Delta TFP &= \delta_1 + \theta_1 ECT_{i,t-1} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{11j} \Delta TFP_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{12j} \Delta T_{i,t-j} + \\
&\quad \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{13j} \Delta W_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{14j} \Delta E_{i,t-j} + u_1 \\
\bigcirc \Delta T &= \delta_2 + \theta_2 ECT_{i,t-1} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{21j} \Delta TFP_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{22j} \Delta T_{i,t-j} + \\
&\quad \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{23j} \Delta W_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{24j} \Delta E_{i,t-j} + u_2 \\
\bigcirc \Delta W &= \delta_3 + \theta_3 ECT_{i,t-1} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{31j} \Delta TFP_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{32j} \Delta T_{i,t-j} + \\
&\quad \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{33j} \Delta W_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{34j} \Delta E_{i,t-j} + u_3
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bigcirc \Delta E = & \delta_4 + \theta_4 ECT_{i,t-1} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{41j} \Delta TFP_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{42j} \Delta T_{i,t-j} + \dots\dots\dots(4) \\ & \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{43j} \Delta W_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_{44j} \Delta E_{i,t-j} + u_4 \end{aligned}$$

○ 여기서 TFP는 지역 i의 t시점 수출을 나타내며, T는 지역의 고속도로 이용률, W는 물 사용량, E는 에너지사용량을 나타내고 u는 오차항을 나타냄.

○ δ 는 모든 식의 상수항이며, ECT 는 변수들 간의 장기 수렴여부를 판단할 수 있는 오차수정 항으로 계수 θ 의 유의성 여부에 따라 변수들 간의 단기조정과정을 통한 장기적 균형상태 도달여부의 판단근거를 제시

□ 단기 그랜저 인과관계 검정의 귀무가설은 모든 j에 대한 $H_o: \alpha_{klj} = 0$ 이기 때문에 귀무가설을 기각할 경우 1 변수가 k변수에 단기적으로 그랜저 인과관계를 야기한다는 것을 의미. 이와 같이 각 식의 독립변수들에 대한 계수 값들의 귀무가설 기각 여부에 따라 각 식의 독립변수가 종속변수에 대해 단기 그랜저 인과관계를 야기하는지를 판단할 수 있음

□ 장기 그랜저 인과관계 검정의 귀무가설은 각 방정식에 대해 $H_o: \theta = 0$ 이고, 귀무가설을 기각할 경우 음(-)의 이 계수 값은 변수들간의 장기 조정속도를 나타내므로 독립변수가 종속변수에 대해 장기 그랜저 인과관계를 야기하는지를 판단할 수 있음

제 4 장 실증분석

4.1 활용 통계

4.1.1 활용 통계에 대한 전반적인 설명

- 인프라 이용과 경제성장 관련 변수들 간의 인과 관계 분석에 대한 본 연구는 우리나라의 세종과 제주를 제외한 15개 광역 시·도 에 대한 1996년부터 2018년까지의 구축된 패널데이터를 활용
 - 활용된 15개 광역 시·도 에 대한 지역별 변수들은 크게 인프라 이용과 관련한 변수들과 경제성장에 관한 변수들로 구분됨.
 - 인프라 이용에 대한 변수들은 ① 고속도로 이용량, ② 에너지 사용량, ③ 물 사용량이며, 경제성장에 관한 변수들은 ① 실질총생산, ② 총요소생산성, ③ 수출 임
 - 모든 변수들은 로그 값으로 변환하여 분석됨
- 본 연구의 실증분석에 활용한 변수 및 기간에 대한 요약과 자세한 설명은 아래의 <표 1>과 같음

<표 1> 실증분석에 사용된 자료

변 수	설 명	기 간	추가 설명
grdp_real_bil_2015	2015년 기준 실질국내총생산	1996-2018	
employee	총취업자수	1996-2018	
capital_5_bil_2015	2015년 기준 실질순자본스탁	1996-2018	감가상각률 5%
export_real_bil_2015	2015년 기준 실질수출액	2000-2018	
total_energy_toe	최종에너지 소비량	1996-2018	
water_take_pd	직접 급수량	1996-2018	
flow_highway	전국고속도로 이용량	1996-2018	

- 수출액은 한국무역협회, 최종에너지 소비량은 에너지경제연구원, 전국고속도로 이용량은 한국도로공사, 직접 급수량은 국가상수도정보시스템에서 수집되었으며, 그 밖에 실질국내총생산, 노동과 자본에 관련한 변수들은 통계청에서 수집함.

- 지역별 자본스톡은 영구재고법을 활용하여 계산하였으며, 통계청의 국민대차대조표에서 제공되고 있는 1997년 지역별 총 자본스톡을 기준으로 지역별 총고정자본투자를 이용하여 2015년을 기준가격으로 하는 지역별 총자본스톡을 1995-2018년까지 모두 계산함
- 대부분 변수들에 대한 자료의 기간은 1996년부터 2018년까지이며, 다만 지역별 수출액은 2000년부터 2018년까지의 통계를 사용함
- 분석대상은 세종특별자치시와 제주특별자치도를 제외한 15개 광역자치단체로 구성하였으며, 1998년에 출범한 울산광역시의 경우 자료의 기간이 1998년부터 2018년까지로 구성됨. 단, 울산광역시의 순자본스톡과 직접 급수량은 1997년부터 자료가 존재하며 전국고속도로 이용량은 2005년부터 존재함
- 국내총생산, 순자본스톡, 수출액의 실질화 과정을 살펴보면, GDP 디플레이터 (명목 국내총생산 / 실질 국내총생산 * 100)를 이용하여 실질화를 진행함. 수출액의 원화변환은 서울 외국환 중계사이트에서 제공하는 연도별 평균환율을 다운받아 사용함
- 전국고속도로 이용량은 고속도로 나들목 기준 입구교통량과 출구교통량을 모두 반영한 수치이며, 이를 위해, 지역코드의 변화를 반영하여 지역코드 기준의 교통량을 통합함

4.1.2 활용 변수들에 대한 자세한 설명

- 1996년부터 2018년까지의 실질국내총생산에 관한 기초통계량은 <표 2>와 같음. 평균적으로 서울특별시가 15개 광역자치단체 중 가장 높게 나타났으며, 경기도, 경상남도, 경상북도, 충청남도가 뒤를 이음

〈표 2〉 광역시도 2015년 기준 실질국내총생산 기초통계량

(단위: 십억원)

지 역	기 간	평 균	표준편차	최소값	최대값
전국	1996-2018	1,262,824	343,938.9	737,008	1,814,076
서울특별시	1996-2018	299,572.1	64,903.56	195,792	403,606
부산광역시	1996-2018	66,432.3	13,313.21	44,426	86,890
대구광역시	1996-2018	41,419.57	7,884.903	28,739	53,965
인천광역시	1996-2018	61,692.09	15,656.62	37,317	86,427
광주광역시	1996-2018	26,921.22	6,670.859	16,744	38,216
대전광역시	1996-2018	29,757.22	6,396.272	19,743	39,136
울산광역시	1998-2018	62,993.81	9,623.942	43,127	73,478
경기도	1996-2018	260,783.4	102,376.7	116,843	451,915
강원도	1996-2018	32,986.26	6,474.604	24,050	44,574
충청북도	1996-2018	39,719.3	12,802.67	22,691	65,830
충청남도	1996-2018	73,643.35	26,839.12	32,476	110,873
전라북도	1996-2018	37,792.65	7,355.658	26,187	48,351
전라남도	1996-2018	58,958.22	9,873.474	42,155	72,888
경상북도	1996-2018	77,823.43	22,680.44	38,776	105,901
경상남도	1996-2018	84,544.04	19,398.29	47,958	107,343

○ 분석 기간 내 시도별 표준편차는 경기도에서 가장 크게 나타났으며, 서울특별시, 충청남도, 경상북도, 경상남도가 큰 표준편차를 갖는 것으로 나타남.

○ 또한, 최소값은 대부분의 경우에서 1996년 값을 의미하며, 최대값은 2018년 값을 나타냄. 이러한 최소·최대값과 표준편차는 앞서 언급한 도시(경기도, 서울특별시, 충청남도, 경상북도, 경상남도)가 다른 도시에 비해 상대적으로 높은 성장을 경험하였음을 의미함

□ 〈표 3〉은 광역시도별 총취업자의 수에 관한 기초통계량을 의미함. 울산을 제외한 지역은 1996년부터 2018년까지의 총 23개의 자료 기간을 가지고 있음. 평균적으로, 경기도의 취업인구가 가장 많은 것으로 나타났으며, 서울특별시, 부산광역시, 대구광역시, 인천광역시, 충청남도, 경상북도, 경상남도는 100만 명이 넘는 취업자가 있는 것으로 나타남

〈표 3〉 광역시도 총 취업자수 기초통계량

(단위: 명)

지 역	기 간	평 균	표준편차	최소값	최대값
전국	1996-2018	23,482,913	2,113,389	19,938,000	26,822,000
서울특별시	1996-2018	4,951,522	220,376.9	4,418,000	5,209,000
부산광역시	1996-2018	1,648,783	43,190.86	1,572,000	1,731,000
대구광역시	1996-2018	1,156,217	61,671.38	1,019,000	1,247,000
인천광역시	1996-2018	1,278,739	173,579.7	999,000	1,575,000
광주광역시	1996-2018	640,695.7	74,045.09	513,000	749,000
대전광역시	1996-2018	666,347.8	77,145.44	536,000	774,000
울산광역시	1998-2018	507,857.1	53,677.08	413,000	584,000
경기도	1996-2018	5,178,391	1,009,792	3,621,000	6,790,000
강원도	1996-2018	695,565.2	39,334.03	642,000	790,000
충청북도	1996-2018	730,260.9	74,231.96	646,000	876,000
충청남도	1996-2018	1,012,348	117,974.4	860,000	1,226,000
전라북도	1996-2018	861,782.6	36,104.59	820,000	940,000
전라남도	1996-2018	959,217.4	29,776.37	912,000	1,026,000
경상북도	1996-2018	1,374,870	42,463.14	1,299,000	1,447,000
경상남도	1996-2018	1,559,391	140,565	1,321,000	1,790,000

○ 전국의 평균 취업자 수는 2,348만 명이며, 1,993만 명이 최소이고, 2,682만 명이 최대 인원임

○ 전국 광역시도별 총취업자의 표준편차를 고려할 때, 경기도, 서울특별시, 인천광역시, 충청남도에서 10만 명이 넘는 편차가 존재함, 특히, 경기도는 유일하게 100만 명이 넘는 표준편차를 가짐

□ 아래의 〈표 4〉는 전국 광역시도별 순자본스탁에 관한 기초통계량임. 각 광역자치단체별 평균, 표준편차, 최소값, 최대값이 다르게 나타나고 있으며, 전국 단위에서는 평균적으로 4,417조 원의 순자본스탁이 축적되어 있으며, 최소·최대값은 각각 2,480조 원과 6,684조 원임

〈표 4〉 광역시·도 순자본스탁 기초통계량

(단위: 십억원)

지 역	기 간	평 균	표준편차	최소값	최대값
전국	1996-2018	4,417,639	1,300,927	2,480,827	6,684,808
서울특별시	1996-2018	841,741.6	165,467.3	581,546	1,106,709
부산광역시	1996-2018	239,661.4	62,278.03	144,001	341,858
대구광역시	1996-2018	147,365.3	32,160.56	99,517	201,363
인천광역시	1996-2018	210,482.7	72,673.96	105,452	335,222
광주광역시	1996-2018	91,315.78	21,804.56	58,738	127,500
대전광역시	1996-2018	110,962.7	31,925.37	57,284	161,045
울산광역시	1997-2018	191,751.2	58,451.14	103,779	288,752
경기도	1996-2018	933,625	340,684.6	433,019	1,560,161
강원도	1996-2018	158,725.6	38,747.73	96,152	222,770
충청북도	1996-2018	154,380.2	48,831.69	87,670	250,181
충청남도	1996-2018	294,073.9	116,756.2	137,607	508,511
전라북도	1996-2018	152,580.3	36,656.52	98,517	214,426
전라남도	1996-2018	254,060.5	67,912.01	142,198	360,968
경상북도	1996-2018	333,897.3	94,840.81	177,807	480,540
경상남도	1996-2018	285,249.9	89,526.49	150,149	437,462

- 1996년부터 2018년까지 평균적으로 가장 높은 순자본스탁을 갖는 지역은 경기도이며 경기도, 서울특별시, 충청남도를 중심으로 순자본스탁의 높은 표준편차가 나타남. 한편, 광주광역시는 평균적으로 15개의 광역시도 중 가장 낮은 순자본스탁을 가지고 있으며 표준편차도 가장 낮게 나타남

- 아래의 〈표 5〉는 전국 광역시도별 수출액에 관한 기초통계량임. 전국 평균 수출액은 482조 원이었으며, 표준편차는 150조 원으로 나타남. 전국 수출액의 최소값은 2001년의 258조 원이었으며 최대값은 2011년의 654조 원임

〈표 5〉 광역시·도 수출액 기초통계량

(단위: 십억원)

지 역	기 간	평 균	표준편차	최소값	최대값
전국	2000-2018	482,670.1	150,705.3	258,918	654,508
서울특별시	2000-2018	52,109.42	14,356.27	28,134	68,915
부산광역시	2000-2018	12,763	3,908.362	7,216	17,627
대구광역시	2000-2018	6,126.842	1,808.921	4,036	8,491
인천광역시	2000-2018	25,671.63	11,176.16	9,477	43,565
광주광역시	2000-2018	12,356.84	4,618.57	5,215	18,290
대전광역시	2000-2018	3,650.053	1,328.229	1,413	5,137
울산광역시	2000-2018	77,468.58	24,345.51	36,420	117,137
경기도	2000-2018	89,322.11	31,055.05	48,931	148,788
강원도	2000-2018	1,587.579	700.8616	557	2,596
충청북도	2000-2018	12,581.11	5,232.569	5,860	24,117
충청남도	2000-2018	57,635.42	22,073.28	20,055	97,300
전라북도	2000-2018	8,191.579	3,442.147	3,331	15,439
전라남도	2000-2018	29,884.89	12,949.23	9,827	49,191
경상북도	2000-2018	45,690.84	12,434.34	21,068	60,172
경상남도	2000-2018	49,187.63	18,517.67	24,450	78,442

○ 한편, 2000년부터 2018년까지의 자료 기간 중 평균적으로 가장 높은 수출액을 갖는 지역은 경기도였으며, 충청남도와 서울특별시가 그 뒤를 잇는 것으로 나타남. 한편, 가장 낮은 수출액을 갖는 지역은 강원도로 나타남

○ 전국에서 평균 수출액이 가장 많은 경기도는 2001년에 최소 수출액을 기록하였으며 2018년에 최대 수출액을 경험함. 강원도는 경기도와 동일하게 2001년에 최소 수출액을 보였으나, 최대 수출액을 2012년에 기록함

○ 광역자치단체의 연구 기간 내 수출액의 격차가 큰 지역은 경기도, 울산광역시, 충청남도로 나타남

□ 광역시도별 최종에너지 소비량에 관한 기초통계량은 〈표 6〉과 같음. 전국은 평균적으로 1.8억 toe를 소비하였으며, 표준편차는 3,104만 toe로 나타남. 전국 단위의 최종에너지 최소 소비량과 최대 소비량은 각각 1.3억 toe와 2.3억 toe로 나타남

〈표 6〉 광역시·도 최종에너지 소비량 기초통계량

(단위: 1,000 toe)

지 역	기 간	평 균	표준편차	최소값	최대값
전국	1996-2018	180,884.8	31,044.61	131,573	232,470
서울특별시	1996-2018	15,715	1,186.286	14,680	19,782
부산광역시	1996-2018	6,613.478	463.5758	5,722	7,366
대구광역시	1996-2018	4,395.783	177.423	3,825	4,680
인천광역시	1996-2018	9,821.913	2,159.859	5,808	13,805
광주광역시	1996-2018	2,147.391	334.6599	1,400	2,570
대전광역시	1996-2018	2,424.174	276.9464	1,683	2,770
울산광역시	1998-2018	22,138	3,917.491	15,347	29,913
경기도	1996-2018	22,667.74	4,624.122	14,374	30,664
강원도	1996-2018	6,226.043	685.9536	5,219	8,198
충청북도	1996-2018	5,789.217	704.6935	4,264	6,983
충청남도	1996-2018	20,587.39	9,405.274	7,104	37,346
전라북도	1996-2018	4,886.348	597.3586	3,483	5,901
전라남도	1996-2018	32,488.35	6,161.713	20,830	41,611
경상북도	1996-2018	16,844.83	2,795.964	12,377	20,975
경상남도	1996-2018	8,840.739	4,039.112	6,080	23,687

○ 15개 광역자치단체 중 가장 많은 최종에너지 소비량을 보인 지역은 전라남도로 나타났다으며, 그 뒤를 경기도, 울산광역시, 충청남도가 따름. 반면, 최종에너지 소비량에 관한 표준편차는 충청남도에서 가장 크게 나타남

□ 아래의 〈표 7〉은 광역시·도의 직접 급수량에 관한 평균, 표준편차, 최소값, 최대값을 제시함.

〈표 7〉 광역시·도 직접 급수량 기초통계량

(단위: m³)

지 역	기 간	평 균	표준편차	최소값	최대값
전국	1996-2018	5,945,769,209	252,934,599.4	5,572,304,160	6,561,570,169
서울특별시	1996-2018	1,315,271,266	221,525,382.8	1,116,702,894	1,809,999,896
부산광역시	1996-2018	423,694,925.7	66,086,627.07	361,820,726	549,710,511
대구광역시	1996-2018	333,135,697.8	56,169,702.73	276,058,230	413,282,000
인천광역시	1996-2018	370,698,697.5	18,797,517.94	341,849,701	413,075,000
광주광역시	1996-2018	160,619,456.8	14,388,814.14	130,663,697	182,914,627
대전광역시	1996-2018	187,389,296.7	6,967,909.694	172,233,741	197,782,000
울산광역시	1997-2018	117,772,533.5	6,346,990.481	106,949,000	130,493,934
경기도	1996-2018	1,253,374,080	202,560,429	806,631,385	1,598,567,052
강원도	1996-2018	203,376,589.6	27,156,489.17	144,332,838	238,175,688
충청북도	1996-2018	177,903,546.4	42,115,059.01	119,339,901	257,592,860
충청남도	1996-2018	186,641,999.4	57,951,266.75	89,787,990	268,989,077
전라북도	1996-2018	246,778,483	22,118,159.89	178,172,858	277,477,760
전라남도	1996-2018	184,958,514.3	26,835,875.34	131,534,455	236,838,503
경상북도	1996-2018	343,262,882.5	56,537,612.18	232,858,912	408,805,081
경상남도	1996-2018	350,424,111.7	48,420,629.21	263,143,203	415,945,192

○ 전국 단위에서 평균적인 직접 급수량은 5,945,769,209m³이었으며, 자료 기간 내의 표준편차는 252,934,599.4m³임. 한편, 최소값과 최대값은 각각 5,572,304,160m³, 6,561,570,169m³임

○ 전국 15개 광역시도 중 물 사용량이 평균적으로 가장 많은 지역은 서울특별시와 경기도였으며, 울산광역시에서 가장 낮은 직접 급수량이 나타남. 한편, 물 사용량의 분포를 나타내는 표준편차는 평균 사용량과 동일하게 서울특별시와 경기도에서 가장 크게 나타남

□ 〈표 8〉은 광역시도 전국고속도로 교통이용량에 대한 기초통계량을 보여줌.

〈표 8〉 광역시·도 전국고속도로 이용량 기초통계량

(단위: 대)

지 역	기 간	평 균	표준편차	최소값	최대값
전국	1996-2018	2,004,875.579	803,227,909.6	489,573,330	3,372,228,468
서울특별시	1996-2018	70,888,311.35	9,380,819.191	33,741,041	81,436,005
부산광역시	1996-2018	66,761,269.48	31,956,047.78	11,120,103	127,329,606
대구광역시	1996-2018	115,490,113.7	34,559,936.35	44,767,617	164,835,852
인천광역시	1996-2018	70,224,505.04	11,919,333.28	27,064,097	85,622,802
광주광역시	1996-2018	39,663,498.83	31,438,312.84	575,786	108,016,198
대전광역시	1996-2018	62,257,586.65	20,209,913.48	16,037,313	86,752,879
울산광역시	2005-2018	34,594,580.57	16,638,671.68	10,201,771	53,239,064
경기도	1996-2018	811,185,275.7	353,442,135.1	168,491,359	1,418,519,107
강원도	1996-2018	69,028,331.74	32,109,304.83	19,085,371	139,830,235
충청북도	1996-2018	74,793,642.91	24,482,962.18	23,151,381	115,131,796
충청남도	1996-2018	110,944,334.3	67,032,084.72	13,231,861	208,693,322
전라북도	1996-2018	49,798,221.61	17,546,084.28	13,709,520	74,876,726
전라남도	1996-2018	70,770,885.57	31,868,923.11	18,992,465	126,399,732
경상북도	1996-2018	114,410,090	39,623,602.38	38,450,560	203,298,465
경상남도	1996-2018	254,760,007.8	96,354,085.63	53,779,298	369,119,330

- 〈표 8〉에 따르면 전국 단위의 전국고속도로 평균 이용량은 연 2,004,876천 대이며 표준편차는 803,228천 대로 나타남. 또한, 전국 고속도로 교통량이 가장 많을 때는 최대 3,372,228천 대가 고속도로를 이용하였으며, 최소값은 489,573천 대로 나타남
- 광역단체별 고속도로 이용량을 살펴보면, 경기도의 입·출입 교통량이 평균 811,185천 대로 가장 많았으며 울산광역시가 34,595천 대로 가장 적게 나타남. 한편, 고속도로 이용량에 관한 표준편차는 경기도에서 353,442천 대로 가장 높았으나 서울특별시에서 가장 낮은 표준편차(9,381천 대)가 나타남

4.2 인프라와 경제변수들의 패널 단위근 검정 결과

□ 아래의 <표 9>는 전국 광역시도 패널자료에 대한 단위근 검정 결과임.

- 지역 총생산, 지역 수출, 지역 고속도로 이용량, 지역 물사용량 및 지역 에너지 사용량 변수에 대해 공통 단위근 과정을 가정한 LLC(Levin, Lin and Chu) 검정과 개별 단위근 과정을 가정한 IPS(Im, Pesaran and Shin) 검정의 패널 단위근 검정 결과들이 요약되어 있음.
- 최적 시차는 Schwarz Information Criteria (SIC)에 따라 정하고, Spectral 추정 방법은 Bartlett kernel을 이용하였으며, Bandwidth는 the Newey-West method를 사용하여 선택함.

<표 9> 패널 단위근 검정 결과

지역 변수	방법	수준		1차 차분	
		상수	상수와 추세	상수	상수와 추세
총생산	LLC	1.817	-2.055**	-17.300***	-15.014***
	IPS	5.750	-0.752	-15.196***	-13.993***
수출	LLC	-0.654	0.781	-10.093***	-9.578***
	IPS	2.480	2.030	-8.951***	-7.947***
고속도로 이용량	LLC	2.650	-5.525***	-15.482***	-14.993***
	IPS	5.003	-6.400***	-15.970***	-15.294***
물사용량	LLC	-1.068	-3.084***	-19.700***	-18.766***
	IPS	-0.453	-3.444***	-18.680***	-17.261***
에너지사용량	LLC	-0.602	-4.335***	-18.205***	-19.172***
	IPS	0.043	-4.091***	-15.740***	-16.569***

주석: *, ** 및 *** 는 각각 10%, 5%, 및 1% 유의수준에서 유의함을 나타냄.

- <표 9>에 따르면, 상수항만 포함한 수준변수에서는 모든 변수가 단위근을 가지고 있고, 상수항과 추세를 포함한 단위근 검정에서도 단위근이 존재하는 경우가 발생하고 있어 수준변수에서는 정상성이 없다고 판단할 수 있음
- 1차 차분에서는 상수항만 포함한 경우와 상수와 추세를 포함한 경우 모두에 대해 두 검정 방법에서 모든 변수의 단위근 검정이 유의하여 정상성이 있음을 나타내고 있음

4.3 인프라와 경제변수들의 패널 공적분 검정 결과

□ 아래의 <표 10>은 는 Pedroni, Kao 및 Johansen-Fisher 검정방법을 이용하여 수행한 지역 총생산, 지역 고속도로 이용량, 지역 물 사용량, 지역 에너지 사용량 변수들의 로그 값에 대한 패널 공적분 검정결과가 요약되어 있음. 최적 시차는 Schwarz Information Criteria (SIC)에 따라 정함

<표 10> 패널 공적분 검정 결과 - 지역 총생산

검정 통계량		Intercept	Intercept & Trend
Pedroni Within dimension (H0: No coint)	Panel v-Statistic	-0.036	4.361***
	Panel rho-Statistic	0.391	1.872
	Panel PP-Statistic	-1.327*	-1.126
	Panel ADF-Statistic	-1.256	-1.522*
Pedroni Between Detention (H0: No coint)	Group rho-Statistic	1.498	2.270
	Group PP-Statistic	-1.240	-3.166***
	Group ADF-Statistic	-1.548*	-3.939***
Kao (H0: No coint)	ADF t-Statistics	-1.386*	
Johansen-Fisher (CE 수: 없음)	Trace test	358.5***	390.3***
	Max-Eigen	301.9***	379.9***
Johansen-Fisher (CE 수: 최대 1)	Trace	138.0***	175.9***
	Max-Eigen	101.6***	136.9***

주석: 최적 시차는 Schwarz Information Criteria (SIC)에 따라 정함. H0은 귀무가설, coint는 cointegration의 약어, CE는 cointegrating equation, *, ** 및 *** 는 각각 10%, 5%, 및 1% 유의수준에서 유의함을 나타냄

- <표 10> 패널 공적분 검정에 따르면, 지역 총생산, 지역 고속도로 이용량, 지역 물 사용량, 지역 에너지 사용량 사이의 장기 균형관계(공적분)가 Pedroni 방법에서는 있고 없음이 혼재하나 Kao와 Johansen-Fisher 방법에서는 있는 것으로 실증 분석 됨

□ 아래의 <표 11>은 Pedroni, Kao 및 Johansen-Fisher 검정방법을 이용하여 수행한 지역 수출, 지역 고속도로 이용량, 지역 물 사용량, 지역 에너지 사용량 변수들의 로그 값에 대한 패널 공적분 검정결과가 요약되어 있음. 최적 시차는 Schwarz Information Criteria (SIC)에 따라 정함

<표 11> 패널 공적분 검정 결과 - 지역 수출

검정 통계량		Intercept	Intercept & Trend
Pedroni Within dimension (H0: No coint)	Panel v-Statistic	-0.418	-1.310
	Panel rho-Statistic	1.032	2.265
	Panel PP-Statistic	-0.880	-0.200
	Panel ADF-Statistic	-0.757	-0.305
Pedroni Between Detention (H0: No coint)	Group rho-Statistic	2.090	3.326
	Group PP-Statistic	-1.875**	-1.911**
	Group ADF-Statistic	-1.974**	-1.232
Kao (H0: No coint)	ADF t-Statistics	-2.306**	
Johansen-Fisher (CE 수: 없음)	Trace test	262.6***	349.1***
	Max-Eigen	217.6***	497.5***
Johansen-Fisher (CE 수: 최대 1)	Trace	116.5***	161.5***
	Max-Eigen	91.32***	133.4***

주석: 최적 시차는 Schwarz Information Criteria (SIC)에 따라 정함. H0은 귀무가설, coint는 cointegration의 약어, CE는 cointegrating equation, *, ** 및 *** 는 각각 10%, 5%, 및 1% 유의수준에서 유의함을 나타냄

○ <표 11> 패널 공적분 검정에 따르면, 지역 수출, 지역 고속도로 이용량, 지역 물 사용량, 지역 에너지 사용량 사이의 장기 균형관계(공적분)가 Pedroni 방법에서는 있고 없음이 혼재하나 Kao와 Johansen-Fisher 방법에서는 있는 것으로 실증 분석됨

□ 아래의 <표 12>은 Pedroni, Kao 및 Johansen-Fisher 검정방법을 이용하여 수행한 지역 총생산, 지역 수출, 지역 고속도로 이용량, 지역 물 사용량, 지역 에너지 사용량 변수들의 로그 값에 대한 패널 공적분 검정결과가 요약되어 있음. 최적 시차는 Schwarz Information Criteria (SIC)에 따라 정함

〈표 12〉 패널 공적분 검정 결과 - 지역 총생산과 지역 수출

검정 통계량		Intercept	Intercept & Trend
Pedroni Within dimension (H0: No coint)	Panel v-Statistic	0.222	6.378***
	Panel rho-Statistic	1.639	2.706
	Panel PP-Statistic	-0.396	-2.296**
	Panel ADF-Statistic	-1.240	-2.472**
Pedroni Between Detention (H0: No coint)	Group rho-Statistic	2.920	4.237
	Group PP-Statistic	-0.424	-5.964***
	Group ADF-Statistic	-1.866*	-3.308***
Kao (H0: No coint)	ADF t-Statistics	-3.372***	
Johansen-Fisher (CE 수: 없음)	Trace test	457.8***	801.2***
	Max-Eigen	329.3***	463.8***
Johansen-Fisher (CE 수: 최대 1)	Trace	218.7***	364.0***
	Max-Eigen	146.1***	275.8***

주석: 최적 시차는 Schwarz Information Criteria (SIC)에 따라 정함. H0은 귀무가설, coint는 cointegration의 약어, CE는 cointegrating equation, *, ** 및 *** 는 각각 10%, 5%, 및 1% 유의수준에서 유의함을 나타냄

○ 〈표 12〉 패널 공적분 검정에 따르면, 지역 총생산, 지역 수출, 지역 고속도로 이용량, 지역 물 사용량, 지역 에너지 사용량 사이의 장기 균형관계(공적분)가 Pedroni 방법에서는 있고 없음이 혼재하나 Kao와 Johansen-Fisher 방법에서는 있는 것으로 실증 분석됨

□ 아래의 〈표 13〉은 Pedroni, Kao 및 Johansen-Fisher 검정방법을 이용하여 수행한 지역 총요소생산성(TFP), 지역 고속도로 이용량, 지역 물 사용량, 지역 에너지 사용량 변수들의 로그 값에 대한 패널 공적분 검정결과가 요약되어 있음. 지역 총요소생산성은 지역과 시간을 포함한 노동과 자본의 패널 고정효과로 지역 총생산을 추정하여 구함. 최적 시차는 Schwarz Information Criteria (SIC)에 따라 정함

〈표 13〉 패널 공적분 검정 결과 - 지역 총요소생산성

검정 통계량		Intercept	Intercept & Trend
Pedroni Within dimension (H0: No coint)	Panel v-Statistic	-0.326	-1.819
	Panel rho-Statistic	1.174	1.775
	Panel PP-Statistic	-0.441***	-1.109***
	Panel ADF-Statistic	-0.702***	-1.784***
Pedroni Between Detention (H0: No coint)	Group rho-Statistic	1.678	2.481
	Group PP-Statistic	-2.301**	-2.610***
	Group ADF-Statistic	-2.741***	-3.876***
Kao (H0: No coint)	ADF t-Statistics	-3.419***	
Johansen-Fisher (CE 수: 없음)	Trace test	400.5***	432.2***
	Max-Eigen	327.9***	463.6***
Johansen-Fisher (CE 수: 최대 1)	Trace	155.8***	192.3***
	Max-Eigen	117.1***	149.6***

주석: 최적 시차는 Schwarz Information Criteria (SIC)에 따라 정함. H0은 귀무가설, coint는 cointegration의 약어, CE는 cointegrating equation, *, ** 및 *** 는 각각 10%, 5%, 및 1% 유의수준에서 유의함을 나타냄

○ 〈표 13〉 패널 공적분 검정에 따르면, 지역 총요소생산성, 지역 고속도로 이용량, 지역 물 사용량, 지역 에너지 사용량 사이의 장기 균형관계(공적분)가 Pedroni 방법에서는 있고 없음이 혼재하나 Kao와 Johansen-Fisher 방법에서는 있는 것으로 실증 분석됨

□ 따라서, 로그 변수들간에 공적분이 존재하는 것으로 결론지을 수 있어서 패널 벡터오차수정모형(Panel Vector Error Correction Model: PVECM)을 이용하여 실증분석을 함

4.4 패널 VECM 추정 결과

□ 아래의 〈표 14〉는 지역 총생산(LY), 지역 고속도로 이용량(LT), 지역 물 사용량(LW), 지역 에너지 사용량(LE) 변수들의 로그 값에 대한 패널 VECM 추정 결과가 요약되어 있음.

〈표 14〉 패널 VECM 추정 결과 - 지역 총생산

인과 관계	독립변수	종속변수			
		D(LY)	D(LT)	D(LW)	D(LE)
장기	Ect	-0.0150*** [-4.05463]	0.016783 [0.93826]	0.031717*** [6.03934]	0.000108 [0.01678]
단기	D(LY(-1))	0.108114* [1.93284]	0.376904 [1.39608]	0.169924** [2.14370]	-0.082664 [-0.84827]
	D(LY(-2))	-0.026609 [-0.51059]	0.217647 [0.86529]	0.021053 [0.28507]	-0.037629 [-0.41445]
	D(LT(-1))	0.051138*** [4.86277]	0.135316*** [2.66595]	0.022844 [1.53285]	0.057945*** [3.16269]
	D(LT(-2))	0.005104 [0.72862]	-0.029005 [-0.85794]	0.008112 [0.81718]	0.016006 [1.31161]
	D(LW(-1))	-0.002029 [-0.04977]	-0.099244 [-0.50436]	0.035014 [0.60604]	0.029910 [0.42110]
	D(LW(-2))	0.144666*** [4.53874]	0.049992 [0.32496]	-1.33E-05 [-0.00029]	0.192788*** [3.47179]
	D(LE(-1))	-0.066368** [-2.44215]	-0.140935 [-1.07448]	-0.041748 [-1.08404]	0.043206 [0.91256]
	D(LE(-2))	0.002435 [0.09418]	-0.010462 [-0.08384]	0.001501 [0.04096]	-0.007158 [-0.15893]
	C	0.030715*** [10.0495]	0.036951*** [2.50492]	0.000731 [0.16884]	0.018035*** [3.38698]

주석: [] 안 값은 t값임, *, ** 및 *** 는 각각 10%, 5%, 및 1% 유의수준에서 유의함을 나타냄

- 〈표 14〉 패널 VECM 추정 결과에 따르면, 지역 총생산, 지역 고속도로 이용량, 지역 물 사용량, 지역 에너지 사용량 사이의 장기 인과관계에서는 지역 총생산 식에서만 ECT 가 음으로 통계적으로 유의하므로 모든 지역 인프라 변수는 지역 총생산에 일 방향으로 장기적으로 영향을 줌
- 단기 인과관계에서는 지역 고속도로 이용량, 지역 물 사용량, 지역 에너지 사용량이 단기적으로 지역 총생산을 그랜저 코즈(Granger cause)함. 또한 지역 고속도로 이용량과 지역 물 사용량이 단기적으로 지역 에너지 사용량을 코즈함

□ 아래의 <표 15>는 지역 수출(LX), 지역 고속도로 이용량(LT), 지역 물 사용량(LW), 지역 에너지 사용량(LE) 변수들의 로그 값에 대한 패널 VECM 추정 결과가 요약되어 있음.

<표 15> 패널 VECM 추정 결과 - 지역 수출

인과 관계	독립변수	종속변수			
		D(LX)	D(LT)	D(LW)	D(LE)
장기	Ect	-0.023790*** [-3.23544]	0.010815 [1.53549]	0.006391*** [2.96655]	0.008861*** [3.47502]
단기	D(LX(-1))	0.034462 [0.51590]	0.081913 [1.28009]	0.030174 [1.54175]	-0.037042 [-1.59895]
	D(LX(-2))	0.107806* [1.65288]	-0.051961 [-0.83164]	-0.014281 [-0.74731]	0.036857 [1.62940]
	D(LT(-1))	0.025393 [0.41486]	0.120095** [2.04816]	0.008663 [0.48305]	0.005296 [0.24948]
	D(LT(-2))	0.173409*** [2.74656]	-0.169732*** [-2.80635]	0.035484* [1.91828]	0.023981 [1.09520]
	D(LW(-1))	-0.070432 [-0.30964]	-0.062066 [-0.28484]	-0.010331 [-0.15502]	-0.056602 [-0.71752]
	D(LW(-2))	-0.000330 [-0.00158]	0.242231 [1.21595]	0.065371 [1.07292]	0.065617 [0.90982]
	D(LE(-1))	0.587563*** [3.09564]	-0.226431 [-1.24535]	0.055262 [0.99377]	-0.030040 [-0.45637]
	D(LE(-2))	0.349191 [1.94635]	-0.183470 [-1.06754]	0.076643 [1.45812]	-0.009171 [-0.14740]
	C	0.021494* [1.78015]	0.056414*** [4.87748]	0.004661 [1.31747]	0.015235*** [3.63838]

주석: [] 안 값은 t값임, *, ** 및 *** 는 각각 10%, 5%, 및 1% 유의수준에서 유의함을 나타냄

○ <표 15> 패널 VECM 추정 결과에 따르면, 지역 수출, 지역 고속도로 이용량, 지역 물 사용량, 지역 에너지 사용량 사이의 장기 인과관계에서는 지역 수출 식에서만 ECT 가 음으로 통계적으로 유의하므로 모든 지역 인프라 변수는 지역 수출에 일방

향으로 장기적으로 영향을 줌

○ 단기 인과관계에서는 지역 고속도로 이용량, 지역 에너지 사용량이 단기적으로 지역 수출을 그랜저 코즈(Granger cause)함. 또한 지역 고속도로 이용량이 단기적으로 지역 물 사용량을 코즈함

□ 아래의 <표 16>는 지역 총생산(LY), 지역 수출(LX), 지역 고속도로 이용량(LT), 지역 물 사용량(LW), 지역 에너지 사용량(LE) 변수들의 로그 값에 대한 패널 VECM 추정 결과가 요약되어 있음.

<표 16> 패널 VECM 추정 결과 - 지역 총생산과 지역 수출

인과 관계	독립변수	종속변수				
		D(LY)	D(LX)	D(LT)	D(LW)	D(LE)
장기	Ect	-0.006410* [-1.73592]	-0.030436 [-1.57621]	0.033563* [1.82186]	0.023328*** [4.18787]	0.021484*** [3.18429]
단기	D(LY(-1))	0.208662*** [2.94267]	1.068166*** [2.88066]	-0.489785 [-1.38449]	0.168632 [1.57646]	0.160197 [1.23646]
	D(LY(-2))	0.015800 [0.21825]	-0.230809 [-0.60971]	0.363249 [1.00578]	0.090252 [0.82645]	0.020624 [0.15592]
	D(LX(-1))	-0.020604 [-1.54924]	-0.009279 [-0.13342]	0.104120 [1.56923]	0.021707 [1.08195]	-0.046613* [-1.91826]
	D(LX(-2))	0.031210** [2.39406]	0.134685** [1.97565]	-0.073185 [-1.12523]	-0.014255 [-0.72484]	0.039021 [1.63819]
	D(LT(-1))	0.015848 [1.35038]	0.006004 [0.09784]	0.122471** [2.09177]	0.004826 [0.27262]	0.004258 [0.19859]
	D(LT(-2))	0.021197* [1.74136]	0.163854** [2.57408]	-0.173791*** [-2.86167]	0.029410 [1.60158]	0.020403 [0.91733]
	D(LW(-1))	-0.019502 [-0.44448]	-0.237589 [-1.03552]	-0.037882 [-0.17306]	-0.037128 [-0.56095]	-0.060096 [-0.74964]
	D(LW(-2))	0.140282*** [3.51643]	-0.080144 [-0.38418]	0.211631 [1.06332]	0.046755 [0.77692]	0.074321 [1.01964]
	D(LE(-1))	-0.018024 [-0.46787]	0.324399 [1.61028]	-0.149480 [-0.77774]	0.015507 [0.26684]	-0.048888 [-0.69455]
	D(LE(-2))	-0.024522 [-0.66576]	0.325333* [1.68905]	-0.251068 [-1.36627]	0.056827 [1.02274]	-0.000791 [-0.01176]
	C	0.021232*** [6.25524]	0.003126 [0.17609]	0.060134*** [3.55111]	-0.001845 [-0.36031]	0.009804 [1.58091]

주석: [] 안 값은 t값임, *, ** 및 *** 는 각각 10%, 5%, 및 1% 유의수준에서 유의함을 나타냄

- <표 16> 패널 VECM 추정 결과에 따르면, 지역 총생산, 지역 수출, 지역 고속도로 이용량, 지역 물 사용량, 지역 에너지 사용량 사이의 장기 인과관계에서는 지역 총생산 식에서만 ECT 가 음으로 통계적으로 유의하므로 모든 지역 인프라 변수와 지역 수출 변수는 지역 총생산에 일방향으로 장기적으로 영향을 줌
 - 단기 인과관계에서는 지역 고속도로 이용량, 지역 물 사용량, 지역 수출이 단기적으로 지역 총생산을 그랜저 코즈(Granger cause)함. 또한 지역 총생산, 지역 고속도로 이용량과 지역 에너지 사용량이 단기적으로 지역 수출을 코즈하고, 지역 수출이 약하게 지역 에너지 사용량을 코즈함
- 아래의 <표 17>은 지역 총요소생산성(LTFP), 지역 고속도로 이용량(LT), 지역 물 사용량(LW), 지역 에너지 사용량(LE) 변수들의 로그 값에 대한 패널 VECM 추정 결과가 요약되어 있음.

〈표 17〉 패널 VECM 추정 결과 - 지역 총요소생산성

인과 관계	독립변수	종속변수			
		D(LTFP)	D(LT)	D(LW)	D(LE)
장기	Ect	-0.040589*** [-5.72140]	-0.006803 [-0.16654]	0.053537*** [4.37258]	-0.002906 [-0.19900]
단기	D(LY(-1))	0.023095 [0.40959]	0.158626 [0.48858]	0.219773** [2.25838]	-0.132620 [-1.14253]
	D(LY(-2))	-0.062889 [-1.23453]	0.061205 [0.20866]	-0.028498 [-0.32414]	-0.152943 [-1.45844]
	D(LT(-1))	0.029628*** [3.35011]	0.125104** [2.45680]	0.021512 [1.40938]	0.055935*** [3.07240]
	D(LT(-2))	-0.001078 [-0.18458]	-0.022248 [-0.66187]	0.009948 [0.98737]	0.015279 [1.27142]
	D(LW(-1))	-0.025184 [-0.73573]	-0.015384 [-0.07806]	0.065754 [1.11306]	0.038256 [0.54291]
	D(LW(-2))	0.116794*** [4.36699]	0.066159 [0.42963]	0.030298 [0.65641]	0.191022*** [3.46960]
	D(LE(-1))	-0.055137*** [-2.63787]	-0.043745 [-0.36348]	-0.036058 [-0.99956]	0.047063 [1.09377]
	D(LE(-2))	0.004797 [0.24695]	0.056717 [0.50709]	0.028370 [0.84623]	0.012069 [0.30183]
	C	0.006290*** [3.53003]	0.053473*** [5.21197]	0.005118* [1.66443]	0.015353*** [4.18566]

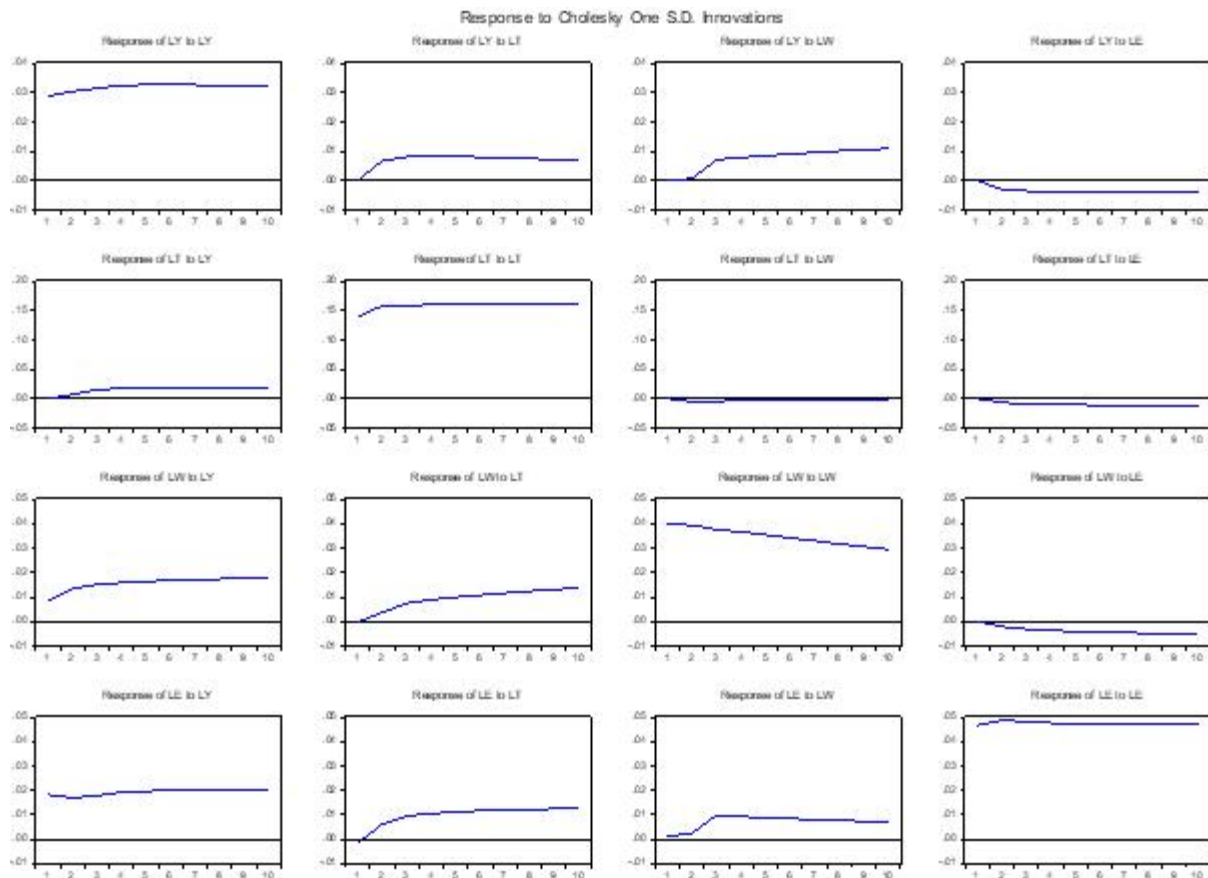
주석: [] 안 값은 t값임, *, ** 및 *** 는 각각 10%, 5%, 및 1% 유의수준에서 유의함을 나타냄

- 〈표 17〉 패널 VECM 추정 결과에 따르면, 지역 총요소생산성, 지역 고속도로 이용량, 지역 물 사용량, 지역 에너지 사용량 사이의 장기 인과관계에서는 지역 총요소생산성 식에서만 ECT 가 음으로 통계적으로 유의하므로 모든 지역 인프라 변수는 지역 총요소생산성에 일방향으로 장기적으로 영향을 줌
- 단기 인과관계에서는 지역 고속도로 이용량, 지역 물 사용량, 지역 에너지 사용량이 단기적으로 지역 총생산을 그랜저 코즈(Granger cause)함. 또한 지역 총요소생산성

이 단기적으로 지역 물 사용량을 코즈하고, 지역 고속도로 이용량과 지역 물 사용량이 단기적으로 지역 에너지 사용량을 코즈함

□ 아래의 <그림 1>은 <표 14>의 지역 총생산(LY), 지역 고속도로 이용량(LT), 지역 물 사용량(LW), 지역 에너지 사용량(LE) 변수들 패널 VECM 추정 결과를 이용하여 모형내 한 변수의 표준오차 충격이 다른 변수에 얼마나 오랫동안 영향을 미치는지를 동태적으로 보여주는 충격반응함수(Impulse response analysis) 결과를 나타냄

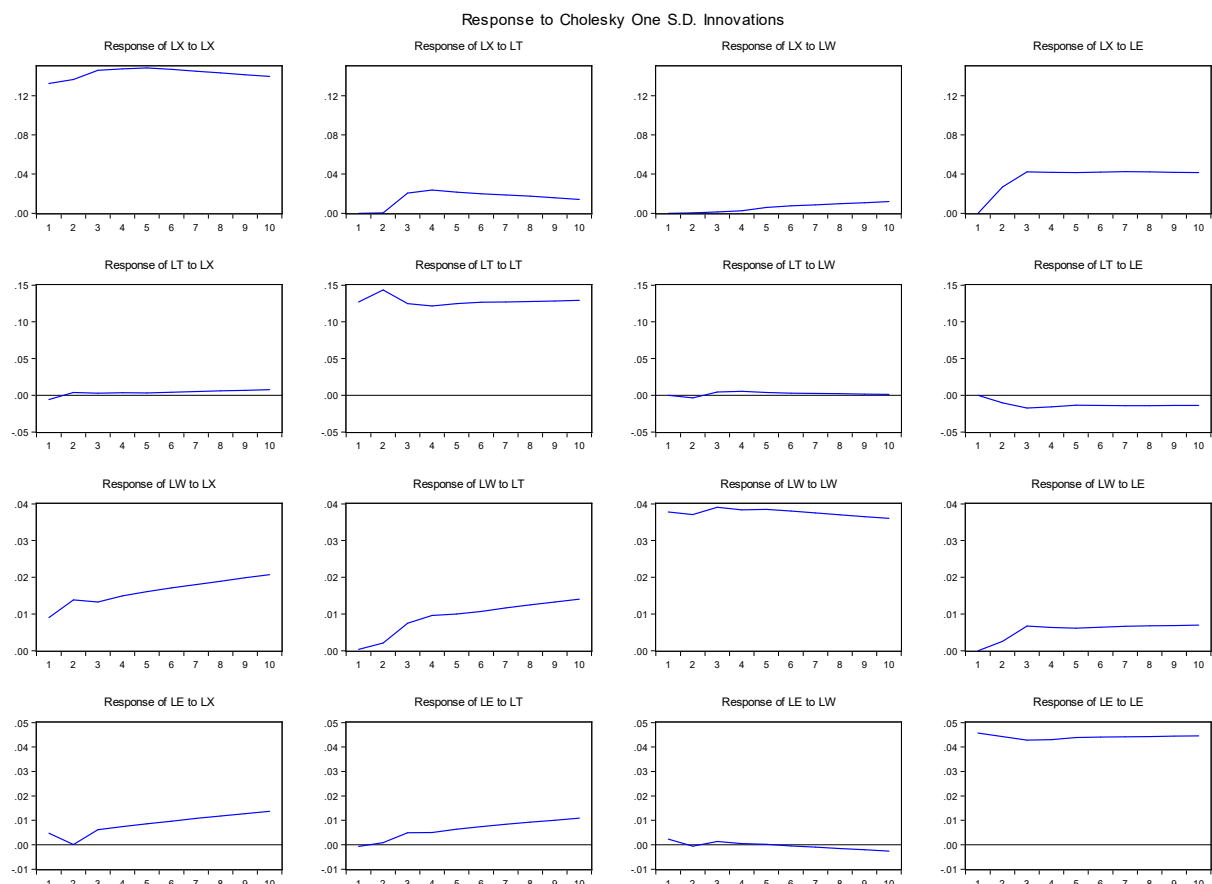
<그림 2> 패널 VECM 충격반응함수 결과 - 지역 총생산



○ <그림 2> 패널 VECM 충격반응함수 결과에 따르면, 지역 고속도로 이용량과 지역 물 사용량은 1기부터 지속적으로 지역 총생산에 양(+)의 영향을 주는 것으로 나타났으며, 지역 에너지 사용량은 지역 총생산에 1기부터 음(-)의 영향을 주는 것으로 나타남

□ 아래의 <그림 2>는 <표 15>의 지역 수출(LX), 지역 고속도로 이용량(LT), 지역 물 사용량(LW), 지역 에너지 사용량(LE) 변수들의 패널 VECM 추정 결과를 이용하여 모형내 한 변수의 표준오차 충격이 다른 변수에 얼마나 오랫동안 영향을 미치는지를 동태적으로 보여주는 충격반응함수(Impulse response analysis) 결과를 나타냄

<그림 3> 패널 VECM 충격반응함수 결과 - 지역 수출

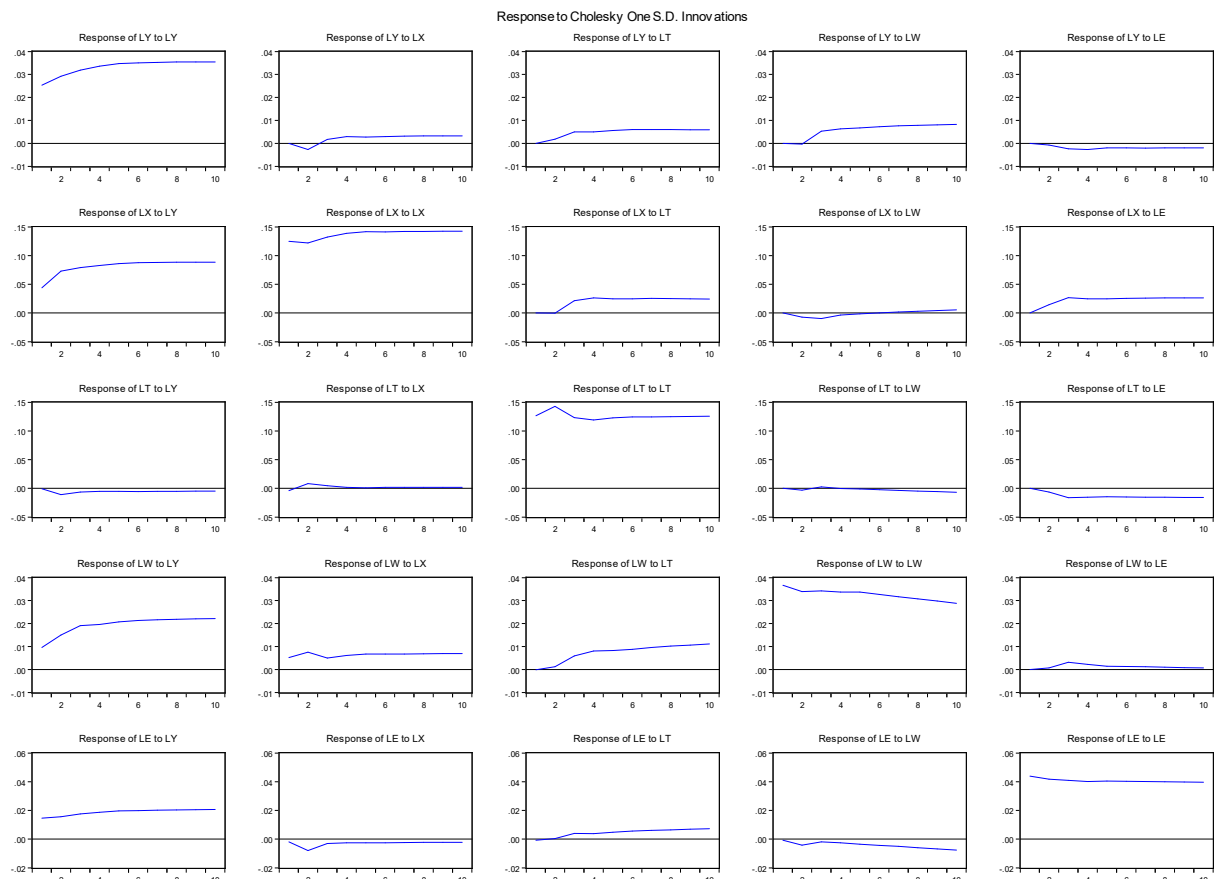


○ <그림 3> 패널 VECM 충격반응함수 결과에 따르면, 지역 고속도로 이용량과 지역 물 사용량은 2기부터 지속적으로 지역 수출에 양(+)의 영향을 주는 것으로 나타났으며, 지역 에너지 사용량은 지역 수출에 1기부터 양(+)의 영향을 주는 것으로 나타남

□ 아래의 <그림 4>은 <표 16>의 지역 총생산(LY), 지역 수출(LX), 지역 고속도로

이용량(LT), 지역 물 사용량(LW), 지역 에너지 사용량(LE) 변수들의 패널 VECM 추정 결과를 이용하여 모형내 한 변수의 표준오차 충격이 다른 변수에 얼마나 오랫동안 영향을 미치는지를 동태적으로 보여주는 충격반응함수(Impulse response analysis) 결과를 나타냄

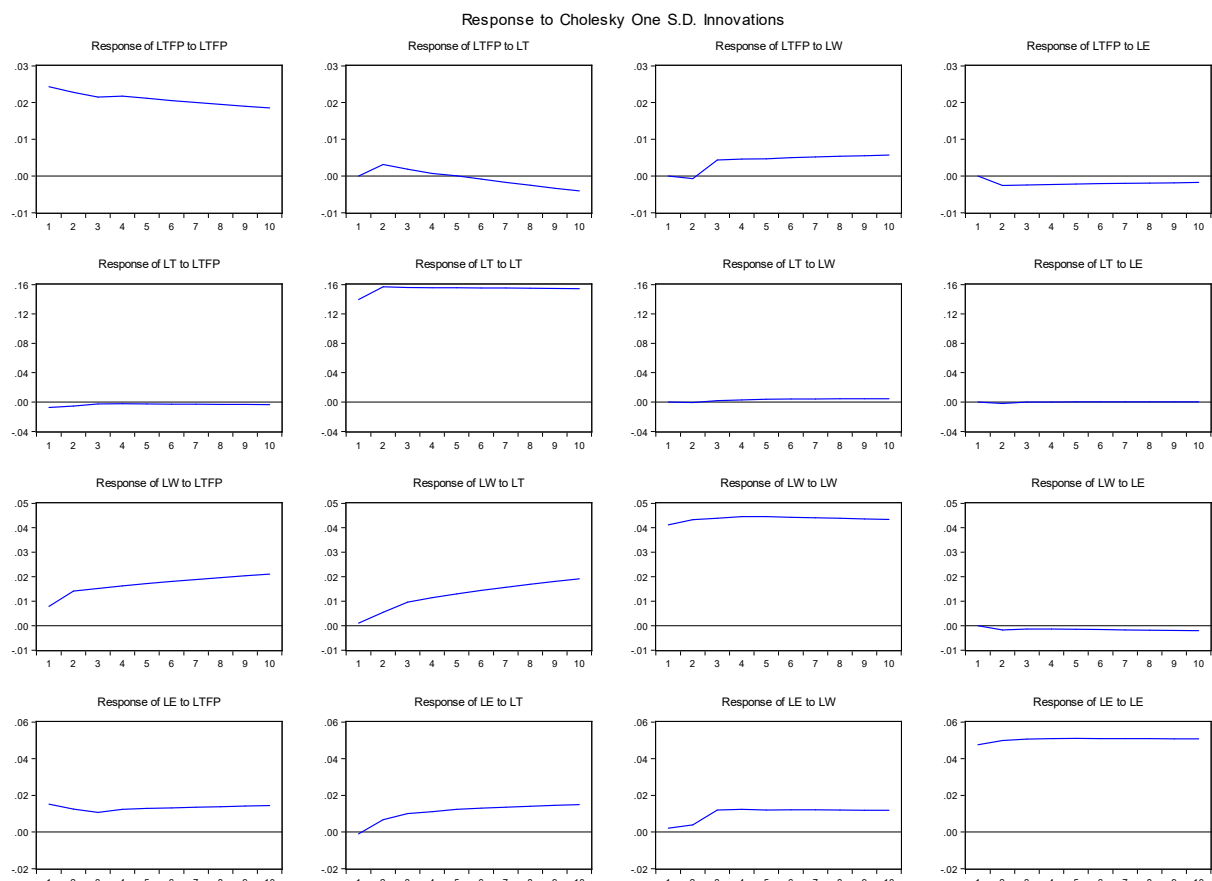
〈그림 4〉 패널 VECM 충격반응함수 결과 - 지역 총생산과 지역 수출



- 〈그림 4〉 패널 VECM 충격반응함수 결과에 따르면, 지역 수출은 1기에 지역 총생산에 음(-)의 영향을 주다가 3기부터 지속적으로 양(+)의 영향을 주고, 지역 고속도로 이용량은 1기부터 지역 물 사용량은 2기부터 지속적으로 지역 총생산에 양(+)의 영향을 주는 것으로 나타났으며, 지역 에너지 사용량은 지역 총생산에 1기부터 음(-)의 미미한 영향을 주는 것으로 나타남

□ 아래의 <그림 5>는 <표 17>의 지역 총요소생산성(LTFP), 지역 고속도로 이용량(LT), 지역 물 사용량(LW), 지역 에너지 사용량(LE) 변수들의 패널 VECM 추정 결과를 이용하여 모형내 한 변수의 표준오차 충격이 다른 변수에 얼마나 오랫동안 영향을 미치는지를 동태적으로 보여주는 충격반응함수(Impulse response analysis) 결과를 나타냄

<그림 5> 패널 VECM 충격반응함수 결과 - 지역 총요소생산성



○ <그림 5> 패널 VECM 충격반응함수 결과에 따르면, 지역 고속도로 이용량은 1기에 지역 총요소생산성에 양(+)의 영향을 주다가 5기부터 음(-)의 영향을 주고, 지역 물 사용량은 2기부터 지속적으로 지역 총요소생산성에 양(+)의 영향을 주는 것으로 나타났으며, 지역 에너지 사용량은 지역 총요소생산성에 1기부터 음(-)의 영향을 주는 것으로 나타남

4.5 인프라의 경제변수들에 대한 장기적 영향 추정 결과

□ 아래의 <표 18>은 공적분 관계가 있는 것으로 나타난 지역 총생산, 지역 고속도로 이용량, 지역 물 사용량, 지역 에너지 사용량 변수들간 장기균형 관계를 분석하기 위해 Pedroni (2000,2001)의 pooled(within group) panel FMOLS(Fully Modified Ordinary Least Squares) 패널 공적분벡터 추정량을 나타냄

<표 18> 패널 FMOLS 추정 결과 (종속변수: 지역 총생산)

변수	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LT	0.310014	0.027043	11.46384	0.0000
LW	-0.032568	0.095620	-0.340596	0.7336
LE	0.544793	0.081658	6.671660	0.0000
R-squared	0.972302			
Adjusted R-squared	0.970748			
N	321			

- <표 18> 패널 FMOLS 결과에 따르면, 지역 고속도로 이용량과 지역 에너지 사용량이 장기적으로 지역 총생산에 통계적으로 유의하게 양(+)의 영향을 미치는 것으로 나타나고, 지역 물 사용량의 지역 총생산에 대한 장기적 영향은 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타남
- 지역 고속도로 이용량 1% 증가는 장기적으로 지역 총생산을 0.31% 증가시키고, 지역 에너지 사용량 1% 증가는 지역 총생산에 장기적으로 0.54% 증가의 영향을 미치는 것으로 나타남

□ 아래의 <표 19>는 공적분 관계가 있는 것으로 나타난 지역 수출, 지역 고속도로

이용량, 지역 물 사용량, 지역 에너지 사용량 변수들간 장기균형 관계를 분석하기 위해 Pedroni (2000,2001)의 pooled(within group) panel FMOLS(Fully Modified Ordinary Least Squares) 패널 공적분벡터 추정량을 나타냄

〈표 19〉 패널 FMOLS 추정 결과 (종속변수: 지역 수출)

변수	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LT	0.560837	0.091092	6.156835	0.0000
LW	-0.045800	0.301748	-0.151783	0.8795
LE	0.904083	0.293740	3.077830	0.0023
R-squared	0.948088			
Adjusted R-squared	0.944706			
N	279			

○ 〈표 19〉 패널 FMOLS 결과에 따르면, 지역 고속도로 이용량과 지역 에너지 사용량이 장기적으로 지역 수출에 통계적으로 유의하게 양(+)의 영향을 미치는 것으로 나타나고, 지역 물 사용량의 지역 수출에 대한 장기적 영향은 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타남

○ 지역 고속도로 이용량 1% 증가는 장기적으로 지역 수출을 0.56% 증가시키고, 지역 에너지 사용량 1% 증가는 지역 수출에 장기적으로 0.90% 증가의 영향을 미치는 것으로 나타남

□ 아래의 〈표 20〉은 공적분 관계가 있는 것으로 나타난 지역 총생산, 지역 수출, 지역 고속도로 이용량, 지역 물 사용량, 지역 에너지 사용량 변수들간 장기균형 관계를 분석하기 위해 Pedroni (2000,2001)의 pooled(within group) panel FMOLS(Fully Modified Ordinary Least Squares) 패널 공적분벡터 추정량을 나타냄

〈표 20〉 패널 FMOLS 추정 결과 (종속변수: 지역 총생산)

변수	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LT	0.140162	0.030804	4.550116	0.0000
LW	0.044267	0.093084	0.475562	0.6348
LE	0.302964	0.088458	3.424931	0.0007
LX	0.279035	0.026433	10.55639	0.0000
R-squared	0.988968			
Adjusted R-squared	0.988161			
N	265			

○ 〈표 20〉 패널 FMOLS 결과에 따르면, 지역 고속도로 이용량과 지역 에너지 사용량 및 지역 수출이 장기적으로 지역 총생산에 통계적으로 유의하게 양(+)의 영향을 미치는 것으로 나타나고, 지역 물 사용량의 지역 총생산에 대한 장기적 영향은 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타남

○ 지역 고속도로 이용량 1% 증가는 장기적으로 지역 총생산을 0.14% 증가시키고, 지역 에너지 사용량 1% 증가는 지역 총생산에 장기적으로 0.30% 증가의 영향을 미치며, 지역 수출 1% 증가는 지역 총생산에 장기적으로 0.28% 증가시키는 것으로 나타남

□ 아래의 〈표 21〉은 공적분 관계가 있는 것으로 나타난 지역 총요소생산성, 지역 고속도로 이용량, 지역 물 사용량, 지역 에너지 사용량 변수들간 장기균형 관계를 분석하기 위해 Pedroni (2000,2001)의 pooled(within group) panel FMOLS(Fully Modified Ordinary Least Squares) 패널 공적분벡터 추정량을 나타냄

〈표 21〉 패널 FMOLS 추정 결과 (종속변수: 지역 총요소생산성)

변수	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LT	0.063092	0.012789	4.933153	0.0000
LW	0.061487	0.045222	1.359666	0.1749
LE	0.087533	0.038619	2.266596	0.0241
R-squared	0.866336			
Adjusted R-squared	0.858837			
N	321			

○ 〈표 21〉 패널 FMOLS 결과에 따르면, 지역 고속도로 이용량과 지역 에너지 사용량이 장기적으로 지역 총요소생산성에 통계적으로 유의하게 양(+)의 영향을 미치는 것으로 나타나고, 지역 물 사용량의 지역 총요소생산성에 대한 장기적 영향은 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타남

○ 지역 고속도로 이용량 1% 증가는 장기적으로 지역 총요소생산성을 0.06% 증가시키고, 지역 에너지 사용량 1% 증가는 지역 총생산에 장기적으로 0.09% 증가의 영향을 미치는 것으로 나타남

□ 패널 FMOLS 추정결과 장기적으로 지역 인프라 중에서 지역 물 사용량은 지역 경제 변수인 지역 총생산, 지역 수출 및 지역 총요소생산성에 유의하게 영향을 미치지 못하지만, 지역 고속도로 이용량과 지역 에너지 사용량은 지역 경제 변수인 지역 총생산, 지역 수출 및 지역 총요소생산성에 유의하게 양(+)의 영향을 미치는 것으로 나타남

□ 지역 에너지 사용량은 지역 총생산의 투입요소로 간주될 수 있는 반면 지역 고속도로 이용량은 지역 네트워크의 외부효과로 볼 수 있기 때문에 지역 고속도로 이용량의 지역 경제변수들에 대한 영향은 매우 중요한 정책적 시사점을 나타냄

- 이는 장기적인 관점에서 지역 고속도로 이용량 증가가 지역 경제 향상에 보다 효과적일 수 있음을 시사함

제 5 장 결론 및 정책적 시사점

- 본 연구의 결론은 인프라 이용이 경제성장 변수들인 <지역별 총생산>과 <지역별 총요소생산성>에 장·단기적으로 일방향(One way)으로 영향을 미친다는 것을 확인
 - 다양한 인프라 이용과 경제변수들에 대한 지역별 패널 인과관계 분석이라는 측면에서 인프라 이용이 경제변수들에 미치는 효과 도출과 이에 대한 해석에서 가장 신뢰할만한 근거를 제공
 - 활용한 인프라 이용 변수들은 고속도로 이용량, 에너지 사용량, 물 사용량으로써 경제변수들에 대한 개별적인 영향이 아닌 동시에 미치는 영향을 분석하기 때문에 보다 종합적인 인프라 이용과 경제변수들 간의 관계를 제시
 - 지역간 네트워크 효과가 예상되는 인프라, 즉 고속도로 이용이 지역 내에서 이용하는 것으로 한정된 인프라에 비해 경제성장에 큰 기여를 하는 것으로 나타남
 - 인프라 이용이 내생변수라는 근거가 도출될 경우, 내생성 제거를 위한 다양한 계량경제학 기법들이 활용되어야 하며, 결과의 해석에서도 이를 반영해야 하지만, 본 연구의 결과는 경제변수들이 인프라 이용에 미치는 영향이 유의하지 않은 것으로 나타났다기 때문에 인프라 이용이 경제성장에 미치는 영향에 대한 분석에서 내생성(Endogeneity)에 의한 과대추정이나 가성회귀(Spurious Regression)의 가능성은 매우 낮은 것으로 판단
 - 또한, 수출과 지역별 총생산의 인과관계에 대한 분석결과는 수출과 경제성장과의 관계에 대한 중요한 2가지 가설인 자기선택가설(The self-selection hypothesis)과 수출의 학습효과(Learning-by-exporting) 중에서 수출이 경제성장에 영향을 미치는 수출의 학습효과 가설이 가능성이 높은 것으로 판단
- 장·단기적으로 인프라 이용량 증가가 지역별 수출을 증가시키는 일방향(One way)으로 확인되었기 때문에 수출촉진을 위한 효율적인 인프라 활용을 위한 보수 및 유지·관리가 매우 중요함을 확인
 - 수출과 인프라 이용의 인과관계에 대한 분석결과는 인프라 이용의 활성화는 수출기업의 비용 감소와 생산성을 향상을 통해 지역 수출을 확대하는 것으로 판단되며, 수

출과 인프라 이용의 인과관계 분석결과는 미래 수출 및 산업정책을 위한 인프라정책에도 큰 영향을 미침

- 따라서, 인프라 이용이 수출을 인과하므로 수출을 촉진시켜 경제성장을 증가시키기 위해서는 인프라 이용이 효율적일 수 있도록 정책의 수립과 설계가 요구됨
- 인프라 이용의 증가는 지역에 존재하는 많은 기업들이 생산비용을 감소시킬 수 있는 많은 유인을 제공하는 것으로 예상되며, 이러한 생산비용의 절감은 기업의 생산성으로 이어지고 기업의 높은 생산성은 자연스럽게 수출로 연결될 것임.

□ 인프라 이용의 증가는 경제성장, 수출 및 생산성 증가로 연결되기 때문에 인프라에 대한 시설투자도 중요하지만 구축된 인프라를 효율적으로 이용할 수 있는 사회전반의 시스템을 구축하는 것이 매우 중요

- 특히, 고속도로와 같이 외부효과(Externality)로 인한 높은 네트워크 효과가 예상되는 인프라의 경우에는 지역간 네트워크 효과를 극대화하기 위해 교통체증이나 정체에 대한 효율적인 시스템이 구축해야 함
- 에너지의 경우에도 지속적이고 안정적인 공급을 유지할 수 있는 방안을 강구하는 것이 경제성장에 매우 중요함을 다시 한번 확인함
- 지역별 인프라 투자 결정시 새로운 인프라 투자로 발생하게 되는 추가적인 인프라 이용량 증가를 고려해야 함

□ 구축된 인프라 수준(Stock)이 아닌 인프라가 제공하는 서비스를 경제변수들과의 인과분석에 사용함으로써 효율적인 인프라 이용의 중요성을 제고하고 새로운 인프라 투자와 효율적인 이용방안에 대한 정책방향 시사

참 고 문 헌

- Arslanalp, S., Bornhorst, F., Gupta, S., & Sze, E. (2010). Public capital and growth (No. 10/175). Washington, DC: International Monetary Fund.
- Aschauer, D. A. (1990). Highway capacity and economic growth. *Economic perspectives*, 14(5), 4-24.
- Bae, C. H. C., Jun, M. J., & Park, H. (2003). The impact of Seoul's subway Line 5 on residential property values. *Transport policy*, 10(2), 85-94.
- Bao, C., & He, D. (2015). The causal relationship between urbanization, economic growth and water use change in provincial China. *Sustainability*, 7(12), 16076-16085.
- Canning, D., & Pedroni, P. (1999). Infrastructure and long run economic growth. Center for Analytical Economics working paper, 99(09).
- Chakamera, C., & Alagidede, P. (2018). The nexus between infrastructure (quantity and quality) and economic growth in Sub Saharan Africa. *International Review of Applied Economics*, 32(5), 641-672.
- Chandra, A., & Thompson, E. (2000). Does public infrastructure affect economic activity?: Evidence from the rural interstate highway system. *Regional Science and Urban Economics*, 30(4), 457-490.
- Chen, Z., & Haynes, K. E. (2017). Impact of high-speed rail on regional economic disparity in China. *Journal of Transport Geography*, 65, 80-91.
- Cole, M. A. (2004). Economic growth and water use. *Applied Economics Letters*, 11(1), 1-4.
- Cieřlik, A., & Kaniewska, M. (2004). Telecommunications infrastructure and regional economic development: The case of Poland. *Regional Studies*, 38(6), 713-725.
- Démurger, S. (2001). Infrastructure development and economic growth: an explanation for regional disparities in China?. *Journal of Comparative economics*, 29(1), 95-117.
- Dholakia, R. R., & Harlam, B. (1994). Telecommunications and economic development: Econometric analysis of the US experience. *Telecommunications Policy*, 18(6), 470-477.
- Ding, L., Haynes, K. E., & Liu, Y. (2008). Telecommunications infrastructure and regional income convergence in China: panel data approaches. *The annals of regional science*, 42(4), 843-861.
- Donou-Adonsou, F., Lim, S., & Mathey, S. A. (2016). Technological progress and economic growth in Sub-Saharan Africa: Evidence from telecommunications infrastructure. *International Advances in Economic Research*, 22(1), 65-75.
- Hao, Y., Hu, X., & Chen, H. (2019). On the relationship between water use and

- economic growth in China: New evidence from simultaneous equation model analysis. *Journal of Cleaner Production*, 235, 953-965.
- Hardy, A. P. (1980). The role of the telephone in economic development. *Telecommunications policy*, 4(4), 278-286.
- Im, K. S., M. H. Pesaran, and Y. Shin. (2003). "Testing for unit roots in heterogeneous panels," *Journal of Econometrics* 115, pp. 53-74.
- Kamps, C. (2005). The dynamic effects of public capital: VAR evidence for 22 OECD countries. *International Tax and Public Finance*, 12(4), 533-558.
- Kao, C. (1999). "Spurious Regression and Residual Based Tests for Cointegration in Panel Data", *Journal of Econometrics* 90, pp. 1-44.
- Katz, D. (2015). Water use and economic growth: reconsidering the Environmental Kuznets Curve relationship. *Journal of Cleaner Production*, 88, 205-213.
- Kim, J. Y., & Han, J. H. (2016). Straw effects of new highway construction on local population and employment growth. *Habitat International*, 53, 123-132.
- Mendes, S. M., Teixeira, E. C., & Salvato, M. A. (2009). Effect of infrastructure investments on total factor productivity (TFP) in Brazilian agriculture (No. 1005-2016-78978).
- Ozcan, B., & Ozturk, I. (2019). Renewable energy consumption-economic growth nexus in emerging countries: A bootstrap panel causality test. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 104, 30-37.
- Pedroni, P. (1999), "Critical Values for Cointegration Tests in Heterogeneous Panels with Multiple Regressors," *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, Vol. 61, pp. 653-670.
- Pedroni, P. (2000), "Fully Modified OLS for Heterogeneous Cointegrated Panels," *Advances in Econometrics*, Vol. 15, pp. 93-130.
- Pedroni, P. (2001), "Purchasing Power Parity Tests in Cointegrated Panels," *Review of Economics and Statistics*, Vol. 83, pp. 727-731.
- Pedroni, P. (2004), "Panel Cointegration: Asymptotic and Finite Sample Properties of Pooled Time Series Tests with an Application to the PPP Hypothesis," *Econometric Theory*, Vol. 20, pp. 597-627.
- Soytas, U., & Sari, R. (2003). Energy consumption and GDP: causality relationship in G-7 countries and emerging markets. *Energy economics*, 25(1), 33-37.
- Yonghun, J., & Seong-Hoon, L. (2018). Analysis of the relationship among water-efficiency in the non-agricultural sector, economic growth, electricity generation, and CO2 emission—evidence from Korea. *한국수자원학회 논문집*, 51(12), 1229-1235.
- Yoo, S. H. (2005). Electricity consumption and economic growth: evidence from Korea. *Energy policy*, 33(12), 1627-1632.
- Zou, W., Zhang, F., Zhuang, Z., & Song, H. (2008). Transport Infrastructure, Growth,

- and Poverty Alleviation: Empirical Analysis of China. *Annals of Economics & Finance*, 9(2), 345-371.
- 권화중, 임윤택, & 김형진. (2001). 지하철 개통에 따른 역세권의 지가변동 요인. *대한국토 도시계획학회 추계학술대회 발표논문*. 1269-1274.
- 김성태, & 장정호. (1997). 한국 지역간 인구이동의 경제적 결정요인: 1970-1991. *국제경제 연구*, 3(2), 175-197.
- 김의준, 김홍석, 박추환, & 신동진. (2006). 도로 및 철도사업의 중장기 권역별 지역경제 파급효과 분석. *지역연구*, 22(3), 3-28.
- 나정연. (2018). 인프라 투자의 지역 생산성 및 소득 격차 파급효과. *산업혁신연구*, 34(2), 31-54.
- 이연정, 이윤정, & 윤성민. (2019). 전력소비와 경제성장: 지역패널자료를 이용한 동태적 인과관계 분석. *한국지역개발학회지*, 31(3), 185-206.
- 이영혁, 유광의, & 김민선. (2005). 공항투자의 지역경제 파급효과 분석. *대한교통학회지*, 23(2), 37-49.
- 진보영, 김근우, & 박중구. (2020). 한국의 경제성장, 전력소비량, 이산화탄소 배출량 및 환경규제 간 인과관계 분석. *에너지공학*, 29(1), 1-12.