
3천만 그루 나무심기 운동의 경제적 효과분석

- 최종보고 -

2008.10

한국지방자치학회

제 출 문

대전발전연구원 원장 귀하

이 보고서를 『3천만 그루 나무심기 운동의 경제적
효과분석』 용역과제의 최종보고서로 제출합니다.

2008. 10

한국지방자치학회
회 장 김 순 은

연구진

연구책임자

안영훈(한국지방자치학회 부회장)

연구진

임영제(경희사이버대학교 교수)

추병주(명지대학교 대학원 행정학과 박사과정)

<요약본> v

I. 연구의 배경 및 목적1

II. 이론적 논의3

 1. 투입산출분석에 의한 접근3

 2. 계량방법에 의한 접근8

 3. 선행연구12

III. 분석방법14

 1. 기초자료 및 산출모형14

 2. 승수효과분석16

 3. 감응도계수 및 영향력계수 분석19

IV. 고용효과 분석결과21

V. 에너지효과 분석25

VI. 정책적 제언36

- 표 차례 -

<표 1> 외생화 모형 및 계산과정	4
<표 2> 산업연관표를 이용한 대전시 승수효과 분석 결과	21
<표 3> 3천만 그루 나무심기로 인한 소득효과	22
<표 4> 3천만 그루 나무심기로 인한 고용효과	23
<표 5> 사업기간별 대전시의 사업파급효과	24
<표 6> 데이터 기초분석	25
<표 7> 단위근 검정 결과	27
<표 8> 그랜저 인과관계 분석 결과	29
<표 9> 공적분 검정 분석 결과-I	29
<표 10> 공적분 검정 분석 결과-II	29
<표 11> 벡터수정오차모형 결과	30
<표 11> 임목축적의 충격반응분석 결과	31
<표 12> 에너지 효과 및 온도 효과	34

- 그림 차례 -

<그림 1> 연구의 흐름	2
<그림 2> 나무심기로 인한 전력사용량 추세 변화 예측	32
<그림 3> 나무심기로 인한 임목축적 변화 예측	33
<그림 4> 나무심기로 인한 대전시 온도 변화 예측	33

<요약본>

- 이 연구는 3천만 나무심기 운동의 경제적 효과 및 그에 따른 정책효과를 분석하고, 이러한 내용을 바탕으로 정책제언을 하고자 함
 - 나무심기 운동에 따른 투자사업비 대비 효과 분석
 - 냉난방기 사용줄임 등 에너지 효과와 온도절감에 대한 계량분석
- 현재 대전광역시에서 추진하고 있는 3천만 그루 나무심기 운동은 지역경제 활성화 및 에너지 대책의 일환으로 긍정적인 경제효과를 창출할 것으로 기대됨
- 이 연구가 가지는 의의는 긍정적인 경제효과가 창출된다는 사안을 객관적 데이터를 통해 그 효과를 통계적으로 확인했다는 데 있음
- 나무심기 운동에 따른 투자사업비 대비 효과를 분석한 결과
 - 첫째, 나무심기 운동에 따른 생산효과는 목재 및 종이제품 산업에 영향을 미치게 되며, 다시 목재 산업의 1단위의 증가는 곧 대전시 전체 1.20단위의 생산을 증가시키게 되는 효과를 낳게 됨. 또한 가구 및 기타 제조업제품

- 에도 영향을 미치게 되며, 1단위의 증가는 대전시 전체 1.22단위의 생산을 증가시키는 것으로 나타났음
- 둘째, 나무심기 운동에 따른 소득효과는 대전시의 교육 및 보건 산업에 영향을 주게 되며, 다시 이러한 교육 산업의 1단위 변화에 대한 소득변화는 대전시의 소득을 0.1단위 증가시키게 됨
 - 1차 연도의 교육산업의 소득효과는 약 167억이며, 이는 211억, 229억으로 연도별 사업이 진행됨에 따라 증가함
 - 목재 및 종이산업 1단위 변화에 대한 대전시의 소득변화는 0.03만큼 증가하는 것으로 나타났으며, 각 연차별 계획마다 각각 47억, 60억, 65억으로 소득효과를 창출함
 - 가구 및 기타제조업 산업의 1단위 변화는 대전시의 소득변화를 0.04만큼 증가시키는 것으로 나타났으며, 이는 각 연차별 계획마다 각각 69억, 87억, 94억의 소득효과를 창출하는 것으로 분석됨
- 셋째, 3천만 그루 나무심기로 인한 경우 고용증가 효과는 목재 및 종이제품 산업에 영향을 미치게 되며, 다시 최종수요 1단위 증가로 인해 전체적으로 0.00119의 고용증가가 해당산업에서 발생 가능할 것으로 추정되었으며, 총 산업에 대한 고용증가는 0.37로 분석되어 도출되었음
 - 목재 및 종이제품 산업에 대한 영향을 금액과 고용인

원으로 산출하여 보면, 연차별로 각각 20억, 24억, 24억의 고용창출로 인한 해당산업 이익이 창출되며, 각각 1,624명, 1,929명, 1,934명의 고용창출을 견인함

- 3천만 그루 나무심기로 인해 가장 크게 고용창출 및 고용증가 금액을 나타내는 산업은 인쇄, 출판 및 복제 산업으로써, 연차별 기간동안 각각 179억, 211억, 210억의 이익을 창출하며, 14,682명, 17,338명, 17,249명의 고용창출을 견인하는 것으로 분석됨

- 3천만 그루 나무심기로 인한 경제적 편익은 2007년~2010년 1차 사업 기간에 대한 투자비 대비 편익은 36.98%, 2011년-2015년 2차 사업 기간에 대한 투자비 대비 편익은 35.71%, 3차 사업 기간인 2016년~2020년 투자비 대비 편익비는 34.28%로 추정되었음

○ 넷째, 감응도계수가 1보다 큰 산업은 다른 산업 제품들에 대한 최종수요가 1단위씩 증가하였을 때 그 산업의 생산이 1단위 이상으로 증가하는 산업임을 나타내는 것으로 대전시 산업의 경우 감응도계수가 모두 1.0 이상으로써, 목재 및 종이 제품의 발달로 인해 다른 산업의 발달을 이끌어 내는 경향이 큰 것으로 분석되었음

○ 다섯째, 영향력계수가 1보다 큰 산업은 그 산업재화에 대한 최종 수요가 경제 전체에 미치는 영향이 다른 산업에 비해 상대적으로 큼을 나타내는 것으로

- 목재 및 종이산업의 경우 영향력계수가 0.97로 거의 1에 근접함으로써, 목재 및 종이산업의 발달로 인하여 경제 전체에 미치는 영향이 다른 산업에 비해서 큰 것으로 나타났음

⇒ 2007년~2010년 1차 기간 동안 가장 고용증가가 큰 산업으로는 인쇄, 출판 및 목재 산업으로써, 고용량이 72.13%가 증가함

⇒ 2차 기간인 2011년~2015년에는 인쇄, 출판 및 목재 산업의 고용량이 85.1% 증가하는 것으로 나타났으며, 3차 기간에는 84.55% 증가하는 것으로 나타남

⇒ 기간별로 전체 산업의 고용증가 평균을 분석한 결과, 1차 기간동안에는 평균 4.69%, 2차 기간과 3차 기간에는 평균 5.56% 고용이 증가하는 것으로 나타남

⇒ 기간별로 전체 산업의 고용인원 증가 평균을 분석한 결과, 연차별 기간 동안 각각 평균 18,031명, 22,042명, 22,896명의 고용이 증가하는 것으로 분석됨

⇒ 사업별 고용 파급효과의 전체 기간 평균 이익률은 35.5%로 추정되었음

□ 다음으로, 나무심기 운동에 따른 에너지 효과를 분석한 결과는 다음과 같음

○ 계획된 2007년~2020년간 3천만 그루의 나무 심기는 임목축적을 2007년 대비 0.07배 증가시키며, 임야면적

을 3.09배 증가시키는 것과 같은 효과를 나타내는 것으로 분석됨

⇒ 나무심기를 통한 에너지 및 온도절감효과 분석결과, 2020년 까지 추정된 전력사용량의 평균 27.55% 절감효과가 있으며, 또한, 대전시 평균 온도를 2.69°C~2.78°C 감소시키는 것으로 나타났음

○ 전력사용량, 온도, 임목축적, 임야면적을 사용하여 통계모형을 구축하였으며, 이를 통해 나무심기로 인한 에너지 절감 효과를 분석한 결과,

⇒ 분석 결과 나무심기를 시행한 모든 연도에서 에너지를 절감시키는 효과가 나타남

⇒ 나무심기는 지역의 온도를 2차 연도에 걸쳐 떨어뜨리는 결과를 나타냄

▶ 결국, 임목축적이 증가할 때, 전력사용량의 증가분은 감소하는 것으로 나타나, 나무심기를 통해서도 고용량 및 소득의 증대효과 외에 에너지 절감의 효과도 있는 것으로 나타났음

I. 연구의 배경 및 목적

□ 고유가 및 원자재 가격 등 상승여파로 국가경제 및 지역경제의 어려움이 가중되고 있어 지방정부 차원의 에너지 대책 및 경제적 대책이 필요한 상황임

□ 대전광역시에서 추진하고 있는 3000만 그루 나무심기 운동은 지역경제 활성화 및 에너지 대책의 일환으로 긍정적인 경제효과를 창출할 것으로 기대되나 구체적인 효과를 제시하지 못하고 있음

□ 나무심기 운동의 지속적인 추진과 시민 및 타시도 대상 홍보를 위해 나무심기의 구체적인 파급효과에 대한 객관적인 분석이 요구됨

□ 이 연구는 3천만 그루 나무심기 운동의 경제적 효과 및 그에 따른 정책효과를 분석하고, 이러한 내용을 바탕으로 정책제언을 하고자 함

- 나무심기 운동에 따른 투자사업비 대비 효과 분석
- 냉난방기 사용줄임 등 에너지 효과에 대한 계량분석
- 3000만 그루 나무심기 사업의 경제적 효과분석에 근거한 정책제언

II. 이론적 논의

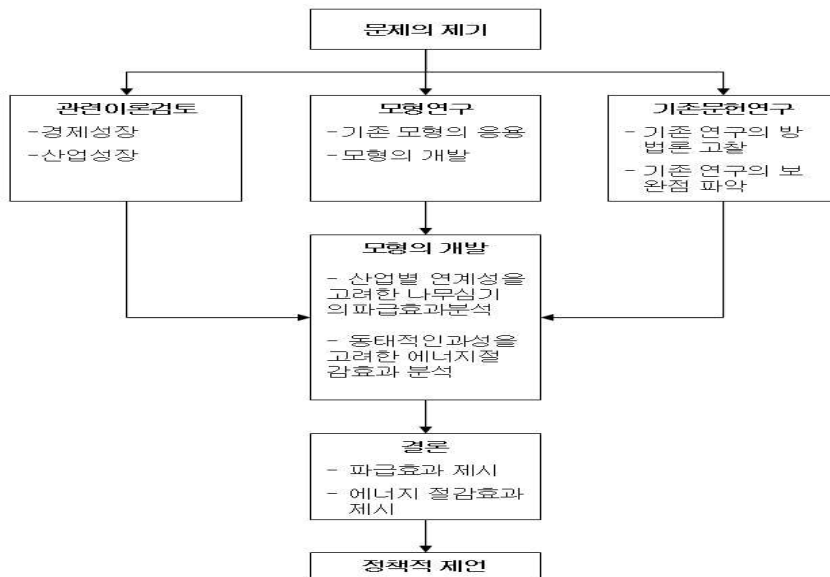
1. 투입산출분석에 의한 접근

- 이 연구에서는 나무심기 운동에 따른 투자사업비 대비 효과를 분석하기 위해 투입산출분석을 적용하고자 함
 - 투입산출분석은 대전과 관련된 경제전체를 포괄하면서 전체와 부분을 유기적으로 결합하고 있음
 - 따라서 투입산출분석은 거시적 분석이 미치지 못하는 산업과 산업간의 연관관계까지도 분석이 가능하여 구체적인 경제구조를 분석하는데 유리(강광하, 2000)

- 투입산출분석에서는 관심대상 변수를 외생적으로 취급하여 그 변수가 내생적인 경제부분에 미치는 영향을 쉽게 살펴볼 수가 있는데, 이를 외생화(exogenous specification)라고 함
 - 이런 외생화의 방법을 쓰게 되면, 총수요가 아닌 특정부문의 산출물이 미치는 영향과 그 산출물이 타 산업을 유발시키는 효과를 보다 명확히 알 수 있음(곽승준 외, 2002)

1) 외생화 모형

- 외생화 모형은 크게 <표 1>에서 보는 바와 같이 크게 3가지 모형이 존재하며, 총 4가지 효과로 세분할 수 있음



<그림 1> 연구의 흐름

<표 1> 외생화 모형 및 계산과정

모형	효과	계산과정
수요유도형 모형	생산유발효과	$\Delta X = (I - A^e)^{-1} (A_K^e \Delta X_K)$ (1)
	부가가치유발효과	$\Delta W^e = \widehat{A}^{ve} (I - A^e)^{-1} (A_K^e \Delta X_K^e)$ (2)
공급유도형 모형	공급지장효과	$\Delta X^{e'} = R_K^e \Delta X_K (I - R^e)^{-1}$ (3)
레온티에프 가격모형	가격파급효과	$\Delta \overline{P}_e = (I - A^{e'})^{-1} A_K^{e'} \Delta \overline{P}_K$ (4)

- 일반적으로 수요유도형(demand-driven model) 모형에서 ΔX^e 는 분석대상인 K 부문을 제외한 다른 부문의 산출량으로서 K 부문의 산출에 영향을 받은 타 부문의 산출 증감량을 나타냄
 - $(I - A^e)^{-1}$ 는 투입계수행렬에서 K 부문이 포함된 열과 행을 제외시켜 작성한 레온티에프 역행렬을 나타냄
 - A_K^e 는 투입계수행렬 A 에서 K 부문을 나타내는 열벡터 중에서 K 부문 원소를 제외한 열벡터이며, X_K 는 K 부문의 산출액을 나타냄
 - 식 (1)은 관심대상인 K 부문을 중심으로 한 생산유발효과(production-inducing effect)를 나타내는 식으로서 K 부문의 산출이 경제 내 다른 부문의 산출에 미치는 직·간접적인 효과를 나타냄
 - 또한 K 부문에 대한 투자는 자체로서의 산출효과에 그치는 것이 아니라 연관효과를 통해 타 산업 부문의 생산을 유발시켜 결과적으로 전체 산업의 생산을 촉진하므로,

식(1)로부터 K 부문의 총 산출 또는 총 투자로 인한 파급 효과를 구할 수 있음(Yoo and Yang, 1999)

- \widehat{A}^{ve} 은 부가가치계수의 대각행렬에서 K 부문의 행과 열을 제외시키고 남은 행렬을 의미
 - 식(2)을 통해 K 부문의 산출액 증가에 따른 부가가치 유발효과를 구할 수 있음
 - 고정투입계수와 투입요소의 완전탄력적 공급이라는 가정에 의존하는 통상적인 투입산출분석 모형은 최종수요로부터 발생하는 충격, 즉 후방연쇄와 활동의 산출결정을 분석하는데 초점을 맞추게 됨(Osterhaven, 1988)
 - 그러나 통상적인 투입산출분석 모형은 원초적 공급에서 발생하는 충격, 즉 전방연쇄와 활동의 투입결정을 다루는 데에는 적절하지 못함(Hoover, 1975)
 - 그러므로 공급유도형(supply-driven) 투입산출분석 모형을 도입하여 개별 발전부문 공급지장의 직·간접적 영향을 평가하는데 이용할 수 있음(Giarratani, 1976; Davis and Salkin, 1984).
- 식(3)에서는 R_K^e 는 K 부문의 행벡터 중에서 K 부문 원소를 제거한 행벡터이며, $(I - R^e)^{-1}$ 는 K 부문을 외생화시킨 산출역행렬을 의미
 - 식(3)을 통해 K 부문의 공급지장이 각 산업부문에 미치는 파급효과를 구할 수 있으며, 이를 공급지장효과(supply shortage effect)라고 정의할 수 있음

- 지금까지의 모든 논의는 금액단위 산업연관표에 의한 것이었으나 원래 투입산출분석의 중요한 문제는 수급균형식을 이용한 물량단위 파급효과분석임
 - 그런데 산업연관표를 열로 본 각 산업부문의 구성은 각 산업부문의 생산활동에 대한 비용구조를 나타내므로 이를 이용하면 가격변화의 파급효과를 분석할 수 있음
 - 이를 레온티에프 가격모형(Leontief price model) 또는 물가파급모형이라고 함(한국은행, 2004 Miller and Blair, 1985)
 - 한국은행 산업연관표는 대부분 금액단위로만 작성하지만 만약 모든 산출물의 가격이 1원이라는 정규화된 가격(normalized price)의 가정을 통해 실문단위의 물가파급효과를 분석 가능하게 해 줌

2) RAS기법을 통한 산업연관표 최신화

- 나무심기와 관련된 경제상황을 파악하기 위해서는 최근 발표된 산업연관표로는 정확한 분석을 하기가 어려우므로 최신화 작업을 수행하여야 함
 - 산업연관표에 관한 정보를 업데이트하는 초창기 연구로는 Stone(1961), Stone and Brown(1962), Bacharach(1970) 등을 들 수 있음
 - 이러한 많은 기법들은 대개 광범위한 서베이에 근거하여 작성되는 산업연관표에서 요구되는 정보의 전부를 필요로 하지 않기 때문에 종종 부분적 서베이(partial-survey) 방법이라 불림

- 필요한 모든 정보가 공표된 자료로부터 취득이 가능한 경우에는 비서베이(non-survey) 방법이라고도 불림(Miller and Blair, 1985)

- 본 연구에서는 다양한 산업연관표 최신화기법중 RAS 기법에 초점을 맞춰 소개 및 적용을 하고자 함
 - 기준 연도를 편의상 0으로 표시할 때, n 부문으로 된 경제의 투입계수행렬을 $A(0)$ 이라고 설정, 최신화하고자 하는 목표 연도를 편의상 1로 설정할 때 투입계수행렬은 $A(1)$ 이 됨
 - $A(0)$ 을 이용해 $A(1)$ 으로 최신화하기 위해서는 목표연도의 총수요(공급) 행렬($X(1)$), 중간투입행렬($Z(1)$)의 행합행렬 ($U(1)$)과 열합행렬($V(1)$) 등 총 세 개의 행렬이 필요함.
 - 이 세 행렬은 모두 $n \times 1$ 이며, 최신화를 위해 총 $3n$ 개의 정보가 필요함. $X(1)$, $U(1)$, $V(1)$, l 을 이용해 다음 식(5)와 식(6)을 이용하면 R 행렬을 구할 수 있고, 식(7), 식(8)을 이용하면 S 행렬을 구할 수 있음

$$U_1 = [A(0)\hat{X}(1)]l \dots\dots\dots (5)$$

$$R_1 = \hat{U}(1)(\hat{U}_1)^{-1} \dots\dots\dots (6)$$

$$V_1 = l'[A_1\hat{X}(1)] \dots\dots\dots (7)$$

$$S_1 = \hat{V}(1)(\hat{V}_1)^{-1} \dots\dots\dots (8)$$

1) l 은 모든 원소가 1로 이루어진 열벡터 행렬로서, 어떤 행렬 N 에 열벡터 l 을 뒤에서 곱하면 행렬 N 의 행합으로 이루어진 열벡터를, 행벡터 l' 을 앞에 곱하면 열합으로 이루어진 행벡터를 구할 수 있음

- 이렇게 구한 R, S행렬을 이용해 $A(0)$ 행렬을 업데이트하는 과정은 식(5)과 같음

$$\begin{aligned}
 A_2 &= A_1 S_1 = R_1 A(0) S_1 \\
 A_3 &= R_2 R_1 A(0) S \\
 A_4 &= R_2 R_1 A(0) S_1 S_2 \\
 &\dots \dots \dots \\
 A_{2n} &= R_n \dots R_1 A(0) S_1 \dots S_n = A(1) \\
 &\dots \dots \dots (9)
 \end{aligned}$$

- 식(9)를 $R = R_n \dots R_1$, $S = S_1 \dots S_n$ 라고 하면 $A(1) = RA(0)S$ 가 성립됨²⁾

2. 계량방법에 의한 접근

□ 분석모형

- ① 단위근 검정(Unit root test)을 통하여 변수들에 단위근이 존재하는가하는 시계열의 안정성을 검증
 - 경제변수는 시스템에 대한 충격 후에 장기추세로 회귀하는 경향이 있거나 불안정 시계열인 확률행보를 따르는 경향이 있음
 - 한 변수가 확률행보를 따른다면, 다른 변수에 대한 한 변수의 회귀는 spurious regression 결과를 초래하

고, 대부분의 경제 시계열은 spurious regression을 갖는 불안정 시계열로 알려져 있어 이러한 시계열은 단위근을 갖음

- Unit root test 결과 모든 시계열은 변수내 단위근이 있다라는 귀무가설을 기각하지 못함
- ② 변수간 인과관계를 그랜저 인과관계(granger causality test) 분석을 통하여 분석
 - 그랜저 인과관계 검정이란, 한 변수에 대해 다른 변수의 과거값이 얼마나 설명력을 갖는냐를 검정함으로써 각 변수사이의 인과관계를 분석하는 방법론임
 - 그랜저 인과관계 검정법을 통하여 X와 Y 변수간에 어떤 것이 원인이 되어 영향을 주었는지 확인이 가능함
- ③ 공적분 테스트(cointegration test)을 통하여 불안정한 시계열에 대한 보정 근거 제시
 - 시계열 분석의 기본가정은 시계열이 유한분산을 가지며 시계열의 평균치 및 상관함수가 시간의 흐름에 따라 불변인 경우로 정의되는 안정적 시계열을 갖는 데 있음
 - Johansen cointegration test는 변수간 상호 영향력 분석을 시행하기 전에 분석의 안정성을 검토하는 분석으로써 불안정한 시계열을 사용하였을 때 계량적인 오류를 방지해주는 분석임
 - 일반적으로 단위근을 갖는 시계열들이 공적분되어 있다면 일치성을 갖는 회귀계수들의 추정치를 구할 수 있음

2) 우변이 "RAS"의 모양을 이루어 RAS기법이라고 불림

- 공적분은 개별적인 변수들이 불안정하더라도 변수들의 선형결합이 안정적인 특징을 가질때 이들 회귀모형은 공적분 관계에 있다고 함
 - 모든 변수들은 변수내에 단위근이 존재함에도 불구하고, 변수들간에 공적분관계가 형성되면 모든 변수들의 이용이 가능함
 - 따라서, 불안정 시계열에 단위근이 존재하더라도 변수간에 공적분이 되어 있다면 회귀별과는 허구적이 아닐 수 있고 통상적인 t값과 F값은 유효하다고 할 수 있음
- ④ 변수들간의 영향력을 동태적 벡터오차수정모형(Vector error correction model)을 통하여 분석하며, 향후 영향력을 충격 반응분석(Impulse response model)을 통하여 예측함
- 연립방정식에 대한 구조적인 접근방법이 갖는 경제변수들간 동적관계 설명의 문제점을 해결하기 위한 비구조적 방법으로써 본 분석에서는 Vector error correction model을 사용하였음
 - Vector autoregression model 변수의 계열들간에 공적분 제약을 부여하기 원한다면, Vector error correction model의 사용이 요구됨
 - 따라서, Vector error correction model은 불안정한 경제변수들간의 동적관계를 파악

3. 선행연구

- 투입산출분석을 적용한 대표적인 선행연구를 살펴보면 다음과 같음
- 홍동표 등(1999)은 85-90-95의 경상가격 투입산출표를 이용하여 우리나라 IT산업의 경제에서의 비중과 파급효과를 분석하였음. 이 연구는 IT산업의 경제적 파급효과로서 생산파급효과, 가격파급효과, 고용유발효과를 분석한 결과를 제시하고 있음
 - 이건우(1999)도 마찬가지로 85-90-95 경상가격 투입산출표를 이용하되, IT산업보다 범주가 더 넓은 지식기반산업에 대해 지식기반산업이 경제적 파급효과를 생산, 부가가치, 고용, 수입 면으로 나누어 분석하였음
 - 정동진 외(2004)는 산업연관분석을 통해 IT산업이 과거에 비해 중간투입재로서의 역할이 증대되었으나 수입의존도가 증가하고 있어 환율변동과 같은 대외경제적 요소에 민감하게 반응하는 IT 산업에서 소재 및 부품의 국산화를 위한 지속적인 연구개발이 시급함을 말하였음
 - 김헌구 외(2005)는 산업연관분석을 통해 최근 10년간 정부주도의 IT산업 육성정책의 실효성에 대한 분석을 시도하였고 아직까지는 우리나라의 전반적인 산업구조가 IT 친화적이지 못해 여타산업에 규모의 경제를 가져오지 못하고 있음을 지적하였음

III. 분석방법

1. 기초자료 및 산출모형

- 한국은행(2000)은 1998년도 투입산출표에 대해 RAS기법을 적용하여 1999년도 투입산출표를 만든 다음에 IT 산업의 경제적 파급효과로서 생산유발효과, 고용유발효과, 수입유발효과를 측정하였음
- 이외에도 1995년도 투입산출표에 근거하여 우편산업의 국민경제적 기여도를 연구한 남찬기 등(2000), 1995년, 1998년 투입산출표에 근거하여 전파방송산업의 산업연관효과를 분석한 김용규·김택식(2002), 1993년, 1995년, 1998년 투입산출표에 근거하여 소프트웨어산업의 생산유발효과 등을 분석한 홍동표·홍종호(2002)의 연구가 대표적임
- 이 연구에서는 3000만 나무심기의 경제적 산업파급효과를 분석하기 위해 투입산출분석을 사용함
 - 투입산출분석은 국민경제전체를 포괄하면서 전체와 부분을 유기적으로 결합함
 - 투입산출분석은 거시적 분석이 미치지 못하는 산업과 산업간의 연관관계까지도 분석이 가능하여 구체적인 경제구조를 분석하는데 유용함(강광하, 2000).
- 분석의 타당성을 높이기 위해 2003년 발표한 산업연관표 자료를 RAS 기법을 통해 최신화함

- 본 분석을 위한 기초자료는 한국은행의 2003년 지역 산업연관표를 이용함
 - 대전시 산업연관표는 수도권, 강원권, 충청권, 전라권, 경남권, 경북권 6개 지역 산업연관표에서 RAS 방식을 이용하여 최신화 작업을 하여 추출함
 - 대전시의 산업연관표는 중간재수요, 최종재수요, 수입, 총생산으로 구성됨
 - 2003년 대전시의 중간재수요는 총 28개의 산업으로 구성되어 있으며, 크게 광공업, 제조업, 서비스업으로 나뉘어 있음
- 3천만 그루 나무심기로 인한 파급효과 추정은 2007년부터 2020년까지 3단계 사업비 설정으로 구성됨
 - 3단계 사업비 구성을 통하여 연차별 파급효과 분석이 가능하며, 이를 통해 고용효과, 생산효과, 소득효과, 전후방 효과를 분석함
- 나무심기로 인한 연차별 편익 추정을 위하여 2005년 통계청 통계연보의 산업구성과 대전시 내부자료를 사용하였음
 - 고용승수 추정시 사용되는 노동자수 데이터가 2003년 산업연관표에는 없으므로 이를 보정하고 고용승수 추정

을 하기 위하여 2007년~2020년의 노동자수 데이터는 과거 추세에 대한 회귀분석을 이용하여 추정하여 사용함

- 2003년 지역 산업연관표의 산업구성은 2005년 통계청 통계연보의 산업구성과는 상이하나, 산업구성을 재결합하여 사용하였으며, 사용비율로는 생산액을 기준으로 산업Mix를 함
- 또한, 산업별 피용자 보수는 2003년 지역별 산업연관표를 사용하여 대전시 피용자 보수를 추출하여 사용하였음

□ 3천만 그루 나무심기로 인한 편익분석은 폐쇄투입산출모형을 기초로 하여 분석함

- 가계부문이 산업부문에 내생화되어 사용되는 방식이 폐쇄투입산출모형임
- 노동 규모가 변하면 가계부문의 소득 규모가 변하고 산업제품에 대한 소비의 규모도 따라 변하게 되어 산업의 생산 규모도 변하게 됨

○ 산업연관표에 의한 투입계수의 계산과정은 투입계수(a_{ij})를 통한 레온티에프 역행렬($(I-A)^{-1}$)의 도출 과정임

- 산업 j 의 제품 1단위 생산을 위해 투입되는 산업 i 제품의 양은 다음과 같음

$$a_{ij} = \frac{X_{ij}}{X_j}$$

X_{ij} : j 산업 생산을 위해 투입된 i 산업의 중간 수요량

- 산업간 투입산출계수를 전 산업에 대해 행렬로 나타내면 투입산출계수 A가 작성됨

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \cdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

- 외부 수요 변화에 대한 직접, 간접의 총과급효과는 다음과 같으며, 레온티에프 역행렬 또는 승수 행렬이라고 함

$$(I-A)^{-1} = [\lambda_{ij}] = \begin{bmatrix} \lambda_{11} & \lambda_{12} & \cdots & \cdots & \lambda_{1n} \\ \lambda_{21} & \lambda_{22} & \cdots & \cdots & \lambda_{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \cdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \cdots & \cdots & \vdots \\ \lambda_{n1} & \lambda_{n2} & \cdots & \cdots & \lambda_{nn} \end{bmatrix}$$

- 3천만 그루 나무심기로 인한 외부 수요의 변화에 의하여 발생하게 되는 변화는 다음과 같음

$$\Delta X = (I-A)^{-1} \Delta F$$

2. 승수효과분석

□ 생산승수

- 생산승수(O_j)는 산업 j 제품에 대한 1단위 최종 수요의 변화가 경제 전체에 미치는 생산 효과를 나타냄
- 산업 j 의 생산승수는 승수 행렬 중 산업 j 에 해당하는 열의 합($O_j = \sum_i \lambda_{ij}$)임
- 산업의 생산승수는 산업간의 연관 정도를 나타내며, 산업 j 의 생산 승수가 높을 때는 산업 j 와 타 산업간의 연관관계가 높음을 나타냄
 - 농림수산물 1단위의 증가는 대전시 전체 1.18단위의

생산을 증가시키며, 목재 및 종이제품 산업 1단위의 증가는 1.20단위의 생산을 증가시킴

- 또한, 가구 및 기타 제조업품 1단위의 증가는 1.22단위의 생산을 증가시키며, 사회 및 기타 서비스 분야 1단위의 증가는 1.36만큼의 생산을 증가시킴

□ 소득승수

- 각 산업 제품에 대한 외부 수요의 변화가 생산에 미치는 효과를 측정하는 것이 아니라, 그 최종 수요의 변화가 가계 부문의 소득에 미치는 효과를 측정하는 것임
- 산업 j 제품에 대한 1단위 수요의 변화가 가계 부문의 소득 변화에 미치는 영향은 소득 승수(H_j)에 의해서 나타냄
 - $H_j = \sum_i a_{n+1,i} \lambda_{ij}$
- 대전시의 교육 및 보건 산업 1단위 변화에 대한 소득변화는 대전시의 소득을 0.1단위 증가시킴
 - 목재 및 종이산업 1단위 변화에 대한 대전시의 소득 변화는 0.03만큼 증가하는 것으로 나타남
 - 또한, 가구 및 기타제조업 산업의 1단위 변화는 대전시의 소득변화를 0.04만큼 증가시키는 것으로 나타남

□ 고용승수

- 산업의 생산량과 산업의 고용자와의 관계가 측정 가능하다면 각 산업 제품에 대한 외부 수요의 변화가 고용에 미치는 영향을 나타낼 수 있음
- 고용 승수를 측정하기 위해서는 고용자 투입산출계수($Z_{n+1,j}$)의 측정이 선행되어야 함
 - 고용 투입산출계수는 산업 j 제품 1단위 생산에 투입되는 고용의 가치를 의미함
 - 고용자 투입산출계수($Z_{n+1,j} = \frac{e_j}{X_j}$)는 산업 j 제품 1단위 생산에 고용되는 고용자의 수(e_j)를 나타내며, 산업 j 에 고용된 종사자 수($e_j = \frac{W_j}{w_j^{avg}}$)는 산업 j 의 평균 노동 임금(w_j^{avg})과 투입산출표에서 가계 부문의 노동 소득을 이용하여 측정함
- 3천만 그루 나무심기로 인한 경우 목재 및 종이제품 산업의 최종수요 1단위 증가로 인해 전체적으로 0.02의 고용증가가 해당산업에서 발생하였으며, 총 산업에 대한 고용증가는 1.32로 분석됨
- 또한, 2007년-2010년 1차 사업 기간에 대한 투자비 대비 편익은 36.98%, 2011년-2015년 2차 사업 기간에 대한 투자비 대비 편익은 35.71%, 3차 사업 기간인 2016년-2020년 투자비 대비 편익비는 34.28%로 분석됨

3. 감응도계수 및 영향력계수 분석

□ 감응도계수

- 감응도계수(V_i)는 산업의 전방연계효과(forward linkage effect)의 상대적 영향 정도를 측정하는 수단임
- 산업 i 의 제품이 다른 산업들의 새로운 제품을 생산하게 하는 효과임
- 감응도계수는 레온티에프 역행렬에서 해당 산업의 행의 합을 전산업의 행의 평균값으로 나눈것임

$$- V_i = \frac{\sum_j \lambda_{ij}}{\frac{1}{n} \sum_i \sum_j \lambda_{ij}}$$

- 감응도계수가 1보다 큰 산업은 경제여건에 상대적으로 민감하게 반응하는 산업인 반면, 1보다 작은 산업은 경제여건에 상대적으로 둔감하게 반응하는 산업임
- 감응도계수가 1보다 큰 산업은 다른 산업 제품들에 대한 최종수요가 1단위씩 증가하였을 때 그 산업의 생산이 1단위 이상으로 증가하는 산업임
- 대전시 산업의 경우 감응도계수가 모두 1.0 이상으로써, 목재 및 종이 제품의 발달로 인해 다른 산업의 발달을 이끌어 내는 경향이 큰 것으로 분석됨

□ 영향력계수

- 영향력계수(U_j)는 산업의 후방연계효과(backward linkage effect)의 상대적 영향 정도를 측정하는 수단임
- 산업 j 의 성장이 산업 j 의 생산과정에 투입되는 중간재를 생산하는 산업들의 성장을 유도하는 효과임
- 영향력 계수는 레온티에프의 역행렬에서 해당 산업의 열의 합을 전산업의 평균 열의 값으로 나누어 측정함

$$- U_j = \frac{\sum_i \lambda_{ij}}{\frac{1}{n} \sum_i \sum_j \lambda_{ij}}$$

- 영향력계수가 1보다 큰 산업은 그 산업재화에 대한 최종 수요가 경제 전체에 미치는 영향이 다른 산업에 비해 상대적으로 큼을 나타냄
- 목재 및 종이산업의 경우 영향력계수가 0.97로 거의 1에 근접함으로써, 목재 및 종이산업의 발달로 인하여 경제 전체에 미치는 영향이 다른 산업에 비해서 큰 것으로 나타남

IV. 고용효과 분석결과

□ 산업별 승수효과 결과

- 3천만 그루 나무심기로 인한 전체 파급효과는 <표 2>와 같음

<표 2> 산업연관표를 이용한 대전시 승수효과 분석 결과

구분	생산 효과	소득 효과	고용효과			전방 효과	후방 효과
			2007-2010	2011-2015	2016-2020		
농림수산물	1.176	0.017	0.0007	0.0007	0.0007	1.112	0.952
광산품	1.251	0.043	0.0011	0.0011	0.0011	1.008	1.012
음식료품	1.194	0.034	0.0038	0.0036	0.0034	1.221	0.967
섬유및가죽제품	1.186	0.036	0.0141	0.0132	0.0122	1.077	0.960
목재및종이제품	1.202	0.029	0.0119	0.0112	0.0103	1.139	0.973
인쇄,출판및복제	1.216	0.066	0.1076	0.1003	0.0922	1.039	0.984
석유및석탄제품	1.052	0.003	0.0071	0.0067	0.0061	1.108	0.851
화학제품	1.243	0.035	0.0031	0.0030	0.0028	1.280	1.006
비금속광물제품	1.279	0.054	0.0113	0.0107	0.0100	1.119	1.036
제1차금속제품	1.226	0.026	0.0116	0.0109	0.0101	1.193	0.992
금속제품	1.145	0.031	0.0182	0.0171	0.0157	1.060	0.927
일반기계	1.199	0.039	0.0106	0.0099	0.0092	1.069	0.970
전기및전자기기	1.153	0.025	0.0031	0.0029	0.0027	1.106	0.933
정밀기기	1.271	0.058	0.0420	0.0393	0.0362	1.030	1.029
수송장비	1.198	0.035	0.0063	0.0059	0.0055	1.124	0.970
가구및기타제조업제품	1.223	0.042	0.0365	0.0342	0.0315	1.028	0.990
전력,가스및수도	1.168	0.023	0.0010	0.0010	0.0011	1.397	0.946
건설	1.250	0.088	0.0028	0.0027	0.0026	1.115	1.012
도소매	1.325	0.083	0.0147	0.0150	0.0153	1.108	1.073
음식점및숙박	1.243	0.071	0.0120	0.0131	0.0144	1.575	1.006
운수및보관	1.189	0.061	0.0087	0.0098	0.0111	1.373	0.962
통신및방송	1.312	0.066	0.0027	0.0031	0.0034	1.432	1.062
금융및보험	1.260	0.079	0.0043	0.0038	0.0033	1.504	1.020
부동산및사업서비스	1.204	0.032	0.0019	0.0021	0.0022	2.217	0.975

공공행정및국방	1.192	0.076	0.0040	0.0041	0.0042	1.022	0.965
교육및보건	1.205	0.102	0.0047	0.0053	0.0060	1.309	0.976
사회및기타서비스	1.366	0.090	0.0101	0.0118	0.0136	1.102	1.106
기타	1.661	0.035	0.0139	0.0147	0.0155	1.718	1.344

□ 사업기간별, 산업별 파급효과 결과

- 사업기간별로 3천만 그루 나무심기를 통해 사업비를 투자한 결과 섬유 및 가죽, 목재 및 종이, 인쇄 및 출판, 가구 및 기타산업의 발달을 통한 파급효과가 큰 것으로 나타남

<표 3> 3천만 그루 나무심기로 인한 소득효과

(단위 : 백만원)

구분	2007-2010	2011-2015	2016-2020
농림수산물	2,715	3,438	3,720
광산품	7,090	8,979	9,714
음식료품	5,515	6,984	7,556
섬유및가죽제품	5,930	7,509	8,124
목재및종이제품	4,755	6,022	6,515
인쇄,출판및복제	10,808	13,687	14,808
석유및석탄제품	427	540	585
화학제품	5,812	7,360	7,963
비금속광물제품	8,913	11,288	12,212
제1차금속제품	4,289	5,431	5,876
금속제품	5,101	6,460	6,989
일반기계	6,457	8,177	8,847
전기및전자기기	4,071	5,155	5,577
정밀기기	9,505	12,038	13,024
수송장비	5,781	7,322	7,921
가구및기타제조업제품	6,876	8,708	9,422
전력,가스및수도	3,721	4,712	5,098
건설	14,387	18,220	19,712
도소매	13,583	17,201	18,610
음식점및숙박	11,614	14,708	15,912
운수및보관	10,071	12,754	13,798
통신및방송	10,801	13,679	14,799
금융및보험	13,009	16,475	17,824

부동산및사업서비스	5,289	6,699	7,247
공공행정및국방	12,449	15,766	17,057
교육및보건	16,692	21,139	22,869
사회및기타서비스	14,727	18,650	20,177
기타	5,654	7,160	7,746

- 3천만 그루 나무심기로 인한 소득 효과는 약 8천2백2십 억으로 식재에 투자되는 비용 약 5천9백5십억 대비 1.38배의 소득효과가 창출되는 것으로 분석됨

<표 4> 3천만 그루 나무심기로 인한 고용효과

(단위 : 백만원, %, 백명)

구분	2007-2010			2011-2015			2016-2020		
	금액	증가	인원	금액	증가	인원	금액	증가	인원
농림수산물	6.21	0.01	0.9	10.04	0.01	1.16	13.47	0.02	1.28
광산품	3.89	0.02	1.55	-7.51	-0.03	1.95	-23.06	-0.09	2.08
음식료품	625.82	0.16	5.2	738.31	0.18	6.24	733.57	0.18	6.34
섬유및가죽제품	2,281.10	2.21	19.3	2,691.13	2.61	22.87	2,673.83	2.60	22.86
목재및종이제품	2,017.27	2.16	16.24	2,379.88	2.55	19.29	2,364.58	2.53	19.34
인쇄,출판및복제	17,886.28	72.13	146.82	21,101.32	85.10	173.38	20,965.72	84.55	172.49
석유및석탄제품	1,249.33	14.44	9.75	1,473.90	17.03	11.53	1,464.42	16.92	11.48
화학제품	449.6	0.08	4.29	530.41	0.09	5.19	527	0.09	5.33
비금속광물제품	1,762.13	0.88	15.43	2,078.88	1.04	18.5	2,065.52	1.03	18.77
제1차금속제품	1,946.26	2.25	15.9	2,296.10	2.66	18.9	2,281.34	2.64	18.97
금속제품	2,974.87	4.33	24.89	3,509.60	5.11	29.47	3,487.05	5.08	29.43
일반기계	1,611.31	1.03	14.46	1,900.94	1.22	17.19	1,888.72	1.21	17.25
전기및전자기기	416.41	0.11	4.18	491.26	0.13	5.03	488.11	0.13	5.12
정밀기기	6,764.87	13.89	57.32	7,980.85	16.39	67.87	7,929.56	16.28	67.74
수송장비	941.21	0.38	8.61	1,110.40	0.45	10.23	1,103.26	0.44	10.26
가구및기타제조업제품	5,888.40	13.27	49.86	6,946.83	15.65	59.03	6,902.20	15.55	58.93
전력,가스및수도	107.92	0.12	1.33	154.13	0.17	1.8	187.75	0.21	2.09
건설	222.89	0.02	3.76	271.26	0.02	4.63	280.22	0.02	4.85
도소매	2,465.00	0.63	20.11	3,171.76	0.81	25.93	3,491.64	0.89	28.6
음식점및숙박	2,863.11	0.91	16.32	4,009.89	1.27	22.7	4,799.84	1.52	27.02
운수및보관	1,722.42	0.81	11.86	2,492.61	1.18	16.99	3,070.93	1.45	20.75
통신및방송	416.92	0.26	3.75	601.64	0.38	5.29	739.44	0.47	6.38
금융및보험	764.54	0.23	5.82	827.33	0.25	6.59	725.7	0.22	6.2
부동산및사업서비스	426.58	0.15	2.64	589.12	0.20	3.55	696.13	0.24	4.1

공공행정및국방	454.38	0.09	5.42	589.05	0.11	7.06	653.65	0.13	7.88
교육및보건	760.52	0.06	6.4	1,114.57	0.09	9.14	1,387.88	0.11	11.14
사회및기타서비스	1,511.55	0.64	13.81	2,278.22	0.97	20.33	2,902.29	1.23	25.42
기타	2,043.75	0%	18.96	2,731.88	0%	25.34	3,128.25	0%	29

- 3천만그루 식수사업을 통하여, 2007년~2010년 1차 기간 동안 가장 고용증가가 큰 산업으로는 인쇄, 출판 및 목재 산업으로써, 고용량이 72.13%가 증가함
- 2차 기간인 2011년~2015년에는 인쇄, 출판 및 목재 산업의 고용량이 85.1% 증가하는 것으로 나타났으며, 3차 기간에는 84.55% 증가하는 것으로 나타남
- 기간별로 전체 산업의 고용증가 평균을 분석한 결과, 1차 기간 동안에는 평균 4.69%, 2차 기간과 3차 기간에는 평균 5.56% 고용이 증가하는 것으로 나타남

<표 5> 사업기간별 대전시의 사업과급효과

(단위 : 원, %)

사업기간	사업비	이익	편익비
2007-2010	163,790,918,000	60,584,553,403	36.98
2011-2015	207,427,277,000	74,063,792,673	35.70
2016-2020	224,411,805,000	76,929,033,669	34.28

- 3천만 그루 식재로 인한 대전시의 사업과급효과(고용효과)는 1차 사업 기간 비용 대비 이익이 36.98, 2차 사업 기간에는 35.70, 3차 사업 기간에는 34.28로 분석됨
- 따라서, 전체 사업 기간 편익비는 평균 35.5%로 분석됨

V. 에너지효과 분석

□ 데이터

- 시간적 범위: 1986년~2007년, 22년
- 공간적 범위: 대전시
- 나무 심기로 인하여 발생하는 에너지 효과를 분석하기 위해 사용된 변수는 대전시의 임목축적(m³), 가정용 전력 사용량(MWh), 평균온도, 임야면적(ha), 연도별 식수계획(본)임
- 주어진 변수 중 임목축적은 부피개념이기 때문에 단위당 개념으로 변환하여 사용하였으며, 면적당 평균 식수(본) 수를 계산하여, 연차별 계획을 적용함

<표 6> 데이터 기초분석

구분	전력사용량 (MWh)	임야면적 (ha)	임목축적 (m ³)	온도 (℃)
Mean	896,806.50	27,681.91	1,290,243.00	12.87
Median	917,281.50	30,622.00	1,246,003.00	12.9
Maximum	1,602,553.00	30,982.00	2,634,701.00	13.9
Minimum	170,798.00	8,487.00	226,680.00	11.8
Std. Dev.	437,385.70	7,739.16	607,871.30	0.57
Skewness	0.04	-2.12	0.03	0.05
Kurtosis	1.82	5.49	2.84	2.13
Jarque-Bera	1.28	22.11	0.03	0.71
Probability	0.53	0	0.99	0.7
Observations	22	22	22	22

□ 분석방법

- ① 원단위법에 의한 조림대비 수목 분포 환산과 임목축적 대비 축적 환산
- ② VAR(vector autoregressive model)을 이용한 에너지 절약, 온도 절감분 추정

□ 분석결과

① 개요

- 2020년 식재 효과에 대해 면적당 수목 분포의 원단위법을 이용한 결과는 다음과 같음
- 1986년~2007년의 대전시 조림대비 면적당 수목 분포는 평당 평균 약 0.00145개의 수목이 분포하며, 평당 평균 증가분은 1.76으로 분석됨
- 또한, 1986년~2007년 임목축적은 평당 평균 약 0.0008으로써, 전년대비 축적은 평균 약 0.061배 증가하는 것으로 분석됨³⁾
- 따라서, 기계화된 2007년~2020년 간 3천만 그루의 나무 심기로 인한 효과는 임목축적(ha)을 2007년 대비 0.07배 증가시키며, 임야면적(ha)를 3.09배 증가시켰을 때 없게되는 효과와 같은 것으로 분석됨⁴⁾

② 단위근 검정

3) 임목축적의 평단 환산은 기존 자료의 ha당 임목축적을 평당 임목축적 0.0008로 환산한 것임
 4) 최종회의시 검토된 의견중, 대전시에서 작성한 연차별 계획은 교목류, 관목류으로만 구분되어있어, 나무의 나이를 고려하지 않고 나무식재량만을 통한 임목축적 계산을 할 때, 전체 나무식재량의 평균 약 0.15배 정도라는 회의 결과 의견을 적용하여 분석함

- 단위근 분석은 본 분석에 사용된 시계열이 안정적인지를 테스트해줌으로써 분석의 정확성을 올리는데 기여함
- 단위근 분석에 사용된 방식은 Augmented Dickey-Fuller 방식을 사용하였으며, 유의수준은 자유도에 따라 동일하게 나타남
- 분석 결과, 온도와 임야면적에는 단위근이 존재하지 않는 반면, 임목축적과 전력사용량에는 단위근이 존재하여 불안한 시계열인 것으로 나타남

<표 7> 단위근 검정 결과

구분	ADF Test Statistic	유의도	
전력사용량	0.928653	1% Critical Value	-3.8067
임야면적	-3.909541	5% Critical Value	-3.0199
임목축적	-0.046909	10% Critical Value	-2.6502
온도	-3.736391		

③ 그랜저 분석

- 본 분석에서 사용된 임목축적량의 증가에 따른 전력 사용량과의 인과관계를 분석하기 위하여 사용된 그랜저 분석은 아래 <표 7>과 같이 나타남
- 임목축적과 전력사용량의 그랜저 인과관계 분석 결과, 10%이내에서 영향을 서로 주는 것으로 나타나, 현재까지의 분석결과에서는 임목축적이 증가하였을때 전력사용량에는 영향을 주는 것으로 나타남
- 임야면적과 임목축적의 그랜저 인과관계 분석 결과, 임야면적은 임목축적에 영향을 주는 것으로 나타남
- 이러한 인과관계는 임목축적은 m_t 으로써, 면적에 절

대적으로 비례하는 것에 기인할 수 있음

- 임목축적과 온도의 그랜저 인과관계 분석 결과, 임목축적은 온도에 영향을 주는 것으로 나타남
- 이의 경우에는 유의수준 10%를 초과하나, 거의 유사함으로써 인과관계가 존재한다고 할 수 있음
- 반면, 임야면적과 전력사용량, 온도와 전력사용량의 인과관계는 유의미하지 않은 것으로 분석됨

<표 8> 그랜저 인과관계 분석 결과

귀무가설	Obs	F-Statistic	Probability
임야면적 does not Granger Cause 전력사용량	21	0.35105	0.56089
전력사용량 does not Granger Cause 임야면적		0.00632	0.93752
임목축적 does not Granger Cause 전력사용량	21	3.45439	0.07952
전력사용량 does not Granger Cause 임목축적		3.01177	0.09975
온도 does not Granger Cause 전력사용량	21	0.24109	0.62935
전력사용량 does not Granger Cause 온도		2.16386	0.15856
임목축적 does not Granger Cause 임야면적	21	0.00132	0.97142
임야면적 does not Granger Cause 임목축적		3.73673	0.06912
온도 does not Granger Cause 임야면적	21	0.04596	0.83267
임야면적 does not Granger Cause 온도		1.29891	0.26935
온도 does not Granger Cause 임목축적	21	0.01846	0.89342
임목축적 does not Granger Cause 온도		2.85239	0.10849

④ 공적분 검정

- 본 연구에서 사용된 데이터의 단위근 검정을 분석한 결과, 2개의 변수는 안정한 시계열 형태를 보였으며, 나머지 2개의 변수는 불안정한 시계열인 것으로 분석됨
- 따라서, 불안정한 시계열을 사용하였을 경우에 분석의 신뢰성을 높이기 위하여 공적분 분석을 시행함
- 분석결과, 전력사용량, 온도, 임목축적, 임야면적에는 공적분이 존재하는 것으로 나타나, 장기적으로 균형점에 도달하는 것으로 나타남

<표 9> 공적분 검정 분석 결과- I

Eigenvalue	Likelihood Ratio	5 Percent Critical Value	1 Percent Critical Value	Hypothesized No. of CE(s)
0.673639	46.00644	47.21	54.46	None
0.39479	22.49166	29.68	35.65	At most 1
0.315575	11.94587	15.41	20.04	At most 2
0.172771	3.98316	3.76	6.65	At most 3 *

- 따라서, <표 8>에서와 같이 불안정한 시계열을 도입했음에도 불구하고 공적분이 도출됨으로, 변수중에서 가장 연관성이 적은 임야면적을 제외하고 다시 공적분 검정을 시행하였음

<표 10> 공적분 검정 분석 결과- II

Eigenvalue	Likelihood Ratio	5 Percent Critical Value	1 Percent Critical Value	Hypothesized No. of CE(s)
0.692461	39.22972	29.68	35.65	None **
0.499253	15.64665	15.41	20.04	At most 1 *
0.086688	1.813548	3.76	6.65	At most 2

- 임야면적을 제외하고 공적분 검정을 시행한 결과, 한

개 이상의 공적분이 도출됨으로써 보다 안정적인 선형결합이 일어나는 것으로 분석됨

⑤ 벡터오차수정모형

- 전력사용량, 온도, 임목축적, 임야면적을 사용하여 동태적 벡터자기회귀모형을 구축하였으며, 이를 통해 나무심기로 인한 에너지 절감 효과를 분석함
- 분석 결과 나무심기를 시행한 모든 연도에서 에너지를 절감시키는 효과가 나타남
- 또한, 나무심기는 지역의 온도를 2차 연도에 떨어뜨리는 결과를 나타냄

<표 11> 벡터수정오차모형 결과

Cointegrating Eq:		CointEq1		
LELEC(-1)		1		
		-0.98335		
LTREE(-1)		-0.09058		
		(-10.8559)		
LTEMP(-1)		-0.03743		
		-0.51392		
		(-0.07283)		
Error Correction:		D(LELEC)	D(LTREE)	D(LTEMP)
CointEq1		-0.54577	-0.00093	-0.00885
		-0.10575	-0.40863	-0.26018
		(-5.16116)	(-0.00227)	(-0.03402)
D(LELEC(-1))		-0.03352	-0.17111	-0.21927
		-0.17566	-0.6788	-0.43219
		(-0.19081)	(-0.25208)	(-0.50735)
D(LELEC(-2))		-0.06369	0.162518	0.212259
		-0.15287	-0.59072	-0.37611
		(-0.41664)	-0.27512	-0.56435
D(LELEC(-3))		-0.12525	0.540272	-0.15336
		-0.12621	-0.4877	-0.31052
		(-0.99242)	-1.1078	(-0.49390)
D(LTREE(-1))		-0.12945	-0.28503	0.208491
		-0.10196	-0.39401	-0.25087

	(-1.26959)	(-0.72339)	-0.83108
D(LTREE(-2))	-0.17958	0.115657	-0.00539
	-0.05856	-0.2263	-0.14409
	(-3.06644)	-0.51107	(-0.03739)
D(LTREE(-3))	-0.10412	0.025815	0.009261
	-0.03342	-0.12916	-0.08223
	(-3.11521)	-0.19987	-0.11261
D(LTEMP(-1))	-0.02742	0.15028	-0.92387
	-0.11483	-0.44374	-0.28253
	(-0.23876)	-0.33867	(-3.27005)
D(LTEMP(-2))	0.031136	-0.08481	-0.84852
	-0.1302	-0.50313	-0.32034
	-0.23914	(-0.16856)	(-2.64877)
D(LTEMP(-3))	0.109575	0.338148	-0.68035
	-0.13091	-0.50587	-0.32209
	-0.83703	-0.66845	(-2.11232)
R-squared	0.919703	-0.02387	0.640714
Adj. R-squared	0.829369	-1.17572	0.236518
Sum sq. resids	0.003931	0.058708	0.023799
S.E. equation	0.022168	0.085665	0.054543
F-statistic	10.18114	-0.02072	1.585155
Log likelihood	50.32115	25.98909	34.11541
Akaike AIC	-4.48013	-1.77657	-2.67949
Schwarz SC	-3.98548	-1.28192	-2.18484
Mean dependent	0.084343	0.062055	0.000842
S.D. dependent	0.053666	0.058077	0.062422

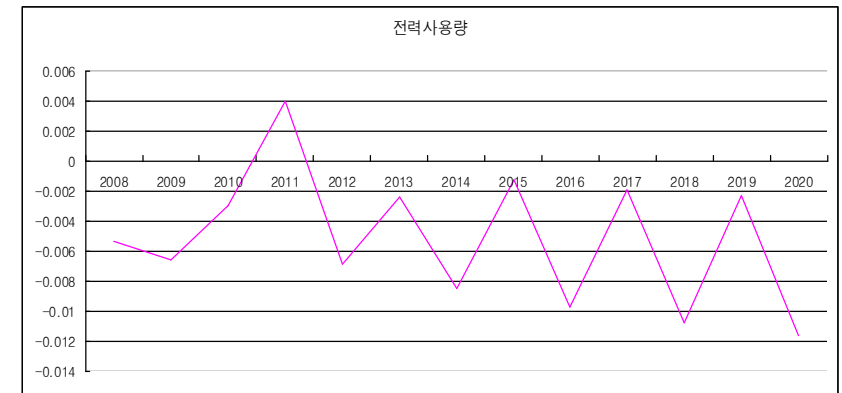
- 따라서, 나무심기운동가 과업 기간인 2020년까지 미치는 효과를 분석하기 위하여 충격반응함수를 도출해 본 결과는 다음 <표 11>과 같음

<표 11> 임목축적의 충격반응분석 결과

Period	LELEC	LTREE	LTEMP
1	-0.00534	0.05686	0
2	-0.00659	0.042226	0.005245
3	-0.00297	0.048635	-0.00401
4	0.004026	0.050323	0.013192
5	-0.00688	0.066445	-0.00295
6	-0.00243	0.054939	0.009833

7	-0.00846	0.070944	-0.00203
8	-0.00126	0.064414	0.013952
9	-0.0097	0.078908	-0.00426
10	-0.00189	0.066984	0.013161
11	-0.01074	0.084296	-0.00226
12	-0.00232	0.072115	0.015543
13	-0.01166	0.088216	-0.00493

- 분석결과, 나무심기운동의 기간인 2020년까지 임목축적이 1 표준편차만큼 증가할 때 전력사용량은 감소하는 것으로 나타났으며, 임목축적량은 증가하고, 온도는 산발적이지만 하강추세로 변화하는 것으로 나타남



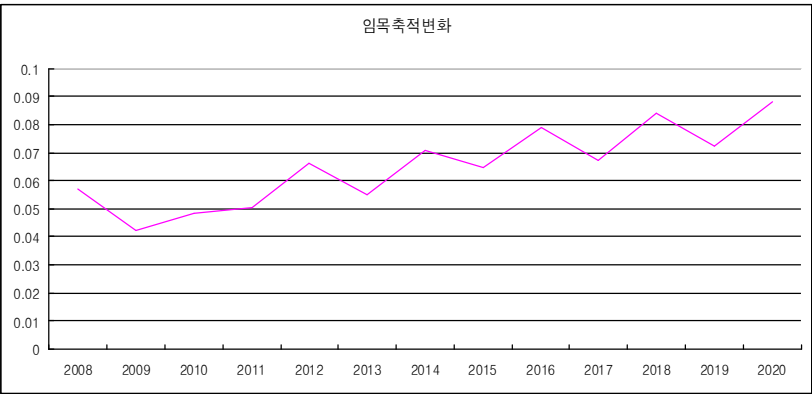
<그림 2> 나무심기로 인한 전력사용량 추세 변화 예측

<표 12> 에너지 효과 및 온도 효과

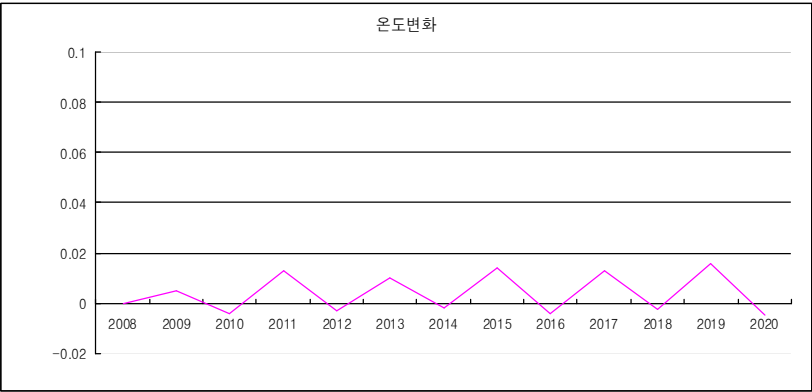
Period	에너지 (MWh)			평균온도 (°C/년)	
	추정사용량 (MWh)	절감정도 (MWh)	절감금액 ⁵⁾ (십억원)	추정온도 (°C/년)	감소정도 (°C/년)
2009	1,485,022.24	234,560.03	52.04	10.64	2.69
2010	1,339,020.19	447,620.11	73.80	10.67	2.7
2011	1,716,007.01	137,691.32	44.96	10.7	2.71
2012	1,658,755.13	262,001.23	58.13	10.73	2.72
2013	1,489,792.66	498,021.73	82.11	10.76	2.72
2014	1,902,238.04	152,634.38	49.84	10.79	2.73
2015	1,832,488.02	289,442.43	64.22	10.82	2.74
2016	1,640,565.13	548,423.35	90.42	10.85	2.75
2017	2,088,469.07	167,577.44	54.72	10.88	2.75
2018	2,006,220.91	316,883.63	70.31	10.91	2.76
2019	1,791,337.60	598,824.97	98.72	10.94	2.77
2020	2,274,700.10	182,520.50	59.60	10.96	2.78

- 분석을 시행한 결과, 2020년 까지 추정된 전력사용량의 평균 27.55% 절감효과가 있으며, 대전시 평균 온도를 2.69°C~2.78°C 감소시키는 것으로 나타났음
- 또한, 금액 환산을 통한 에너지 절감 효과는 평균 약 645억인 것으로 분석되어, 투자비 대비 1.41배의 이익을 창출하는 것으로 분석됨
- 이는, 나무심기로 인해 창출되는 소득효과의 투자대비 이익률 1.38배와도 유사한 것으로 나타남

5) 절감된 에너지는 가정용 에너지를 기반으로 하며, 절감된 에너지로 인한 절감 금액은 2007년 기준 금액을 적용하여 계산함
 또한, 전기세의 경우 저압과 고압으로 나누어지며, 사용 누진율을 적용하여 전기세가 계산됨으로 인하여, 한전의 전기요금안내를 참고하여(http://cyber.kepco.co.kr/cyber/personal/payment/payment_calculate/house_low_calculate.jsp) 가정용 저압 기본료를 적용 계산함 (100kwh 사용시, 기본요금 370원, 1차 추가 금액 113.80원)



<그림 3> 나무심기로 인한 임목축적 변화 예측



<그림 4> 나무심기로 인한 대전시 온도 변화 예측

- 위의 추정된 변동 추세를 통한 연도별 감소 추정치는 다음과 같음

- 따라서, 임목축적이 증가할 때, 전력사용량의 증가분은 감소하는 것으로 나타나, 나무심기를 통해서도 고용량 및 소득의 증대효과 외에 에너지 절감과 연평균 온도 하락의 효과도 있는 것으로 나타남

VI. 정책적 제언

- 이 연구를 통해 대전광역시의 3천만 나무심기 운동의 경제적 효과를 분석하였으며, 이를 토대로 정책제언을 하고자 함
- 첫째, 나무심기 운동에 따른 투자사업비 대비 효과를 분석한 결과, 전체적으로 효과가 나타나는 것을 확인할 수 있었음
 - 세부적으로 보면, 생산효과, 소득효과, 고용효과, 경제적 편익 등에 있어 전체적으로 모두 파급효과가 큰 것으로 분석되었음
 - 사업기간별로 3천만 그루 나무심기를 통해 사업비를 투자한 결과 섬유 및 가죽, 목재 및 종이, 인쇄 및 출판, 가구 및 기타산업의 발달 순으로 파급효과가 큰 것으로 나타남
 - 고용효과를 이용한 전체 사업기간의 파급효과는 평균 35.5%로 추정되었음
 - 기간별로 고용증가가 가장 크게 나타난 산업은 인쇄 및 출판, 목재 산업으로써 기간별로 평균 70%이상 고용이 증가하는 것으로 나타남
 - 사업별 고용효과는 사업기간별로 전체 산업 평균이 각각 4.69%, 5.56%, 5.56% 증가하는 것으로 분석됨
- 둘째, 나무심기 운동에 따른 에너지 효과를 분석한 결과, 온도를 낮추는 효과가 있는 것으로 추정되었으며, 이에 따

라 전력사용량의 감소가 입증되었음

- 결국, 임목축적이 증가할 때, 전력사용량의 증가분은 감소하는 것으로 나타나, 나무심기를 통해서는 고용량 및 소득의 증대효과 외에 에너지 절감과 연평균 온도 하락의 효과도 있는 것으로 나타났음
- 차후 객관화된 결과물을 가지고 대외홍보를 추진하는 것이 필요
 - 따라서 객관화된 결과물을 가지고 대외홍보 효과를 적극 추진한다면 정책추진의 탄력을 가져올 수 있음
 - 사업의 추진에 따른 파급효과와 영향력 분석을 한 것은 다른 지방자치단체에 모범이 될 수 있는 사안임
- 이 연구는 거시적인 차원에서 전체적인 경제적 효과를 측정하였음
 - 따라서 세부적이고 보다 면밀한 결과를 득하기 위해서는 정책에 따라 선택과 집중을 기울일 필요가 있음
 - 즉, 전 분야를 망라하는 세부적 분석보다는 대전광역시 가 관심을 기울이는 분야에 대한 효과를 보다 세밀히 분석할 필요가 있음
 - 이는 곧 중앙정부의 선진화 및 경쟁력 제고 방안 드라이브와 맥락을 같이한다고 볼 수 있음

<참고문헌>

- 강광하. (2000). 산업연관분석론. 서울: 연암사.
- 곽승준·유승훈·한상용. (2002). 발전부문별 국민경제적 파급효과 분석: 산업연관분석을 적용하여. 「환경경제연구」. 11(4): 581-609.
- 김경수. (2004). 강원지역의 지역내 산업연관 분석을 이용한 파급효과에 관한 연구. 「산업경제연구」. 17(5): 1727-1753.
- 김고언. (2004). 생산연관모형(生産聯關模型)에서 경제적(經濟的) 파급효과(波及效果)의 과대추정(過大推定)은 왜 발생(發生)하는가? -새로운 “산출(產出), 산출모형(產出模型)”을 통한 대안(代案)을 중심으로. 「경제학 연구」. 56(1): 56-26
- 김문성. (2007). 투입산출모형을 이용한 제조업의 산업간 연구개발 파급효과 추정에 관한 연구. 「산업경제연구」. 20(3): 901-924.
- 김정인·최남현. (2005). 환경산업에 대한 투입산출분석. 「환경경제연구」. 14(2): 381-420.
- 김헌민·김경아. (2002). 도시경쟁력 제고방안에 관한 연구 : 제조업과 서비스업의 상호연관성을 중심으로. 「한국행정학보」. 36(1): 297-315.
- 이제홍. (2007). 산업연관분석을 이용한 제조업 수출의 생산파

급효과 분석. 「산업경제연구」. 20(5): 1803-1820.

조무상. (2008). 투입산출모형을 이용한 주택정책의 파급효과 분석. 한국경제학회 경제학 공동학술대회 발표논문집. pp. 147-174.

차근호·강만옥. (1998). 환경기준강화의 생산성 파급효과 - 펄프 제지산업을 중심으로. 한국환경경제학회·한국자원경제학회 98년 정기학술대회 발표논문집. pp. 157-187.

허재용·유승훈·곽승준. (2008). IT산업의 산업파급효과 분석: RAS기법의 응용을 중심으로. 「산업경제연구」. 21(2): 483-500.

한국은행. (2007). 2003년 산업연관표
 _____. (2004). 산업연관분석해설: 원리와 이용.

Bacharach, M. (1970). *Biproportional Matrices and Input-Output Change*. Cambridge: Cambridge University Press.

Cox, J. C. and Rubinstein, M. (1985). *Options Markets*. Prentice Hall

Davis, H. C. and E. L. Salkin. (1984). Alternative Approaches to the Estimation of Economic Impacts Resulting from Supply Constraints. *Annals of Regional Science*. 18: 25-34.

Day, T. E. and Lewis, C. M. (1992). Stock market volatility and the information content of stock index option.

Journal of Econometrics 52. pp. 267-287.

Granger, C. W. (1969). Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-Spectral Methods. *Econometrics* 37. pp. 24-36.

Ghosh, A. (1958). Input-Output Approach to an Allocative System. *Economica*. 25: 58-64.

Giarratani, F. (1978). *Application of an Industry Supply Model to Energy Issues*. In Regional Impacts of Rising Energy Prices. Cambridge. Mass. : Balinger Publishing Co. pp. 447-454.

Han, S. -Y. S. -H Yoo and S. -J. Kwak. (2004). *The Role of Four Electric Power Sectors in the Korean National Economy: An Input-output Analysis*.

Miller. R. E. and P. D. Blair. (1985). *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions*. New Jersey: Prentice-Hall. Inc. Englewood Cliff.

Oosterhaven, J. (1988). On the Plausibility of Supply-Driven Input-Output Model. *Journal of Regional Science*. 28:203-217.

_____. (1996). Leontief versus Ghoshian Price and Quantity Models. *Southern Economic Journal*. 62: 750-759.

OECD. (1999). *The Knowledge-Based Economy: A Set of Facts and Figure*. Paris: OECD.

- Stone, R. (1961). *Input-Output and National Account*. Paris. Organization for European Economic Cooperation.
- Stone, R. and Brown. A. (1962). *A Computable Model of Economic Growth. A Programme for Growth*. London: Chapman and Hal.
- Yoo, S. -H and C. -Y. Yang. (1999). Role of Water Utility in the Korean National Economy. *International Journal of Water Resources Development*. 15(4): 527-541.