

<https://doi.org/10.7236/JIIBC.2022.22.4.185>
JIIBC 2022-4-26

한국과 미국 소프트웨어 산업의 경제적 파급효과 분석 연구

A Study on the Linkage Effects of Software Industry in Korea and the US

문준환*, 김종현**

Jun-Hwan Mun*, Jong-Hyeon Kim**

요약 소프트웨어 산업은 과학기술과 ICT를 통한 융합, 신시장 창출 및 고용창출이 가능한 산업으로 매우 빠르게 성장하고 있는 대표적인 지식산업이면서 21세기 지식정보화 시대의 기간산업이라 할 수 있다. 이에 본 연구는 투입산출분석을 적용하여 한국과 미국의 소프트웨어 산업의 경제적 파급효과를 도출하고, 이러한 결과를 이산화탄소 유발효과와 비교해서 해당 산업이 저탄소발전 기조에 부합하는 지를 검증해보고자 한다. 분석결과 첫째, 한국과 미국의 소프트웨어 산업 모두 생산유발효과가 유의미한 수준으로 국가 경제에 미치는 영향력이 큰 것으로 나타났다. 둘째, 미국의 소프트웨어 산업은 전방연쇄효과가 높아 타 산업에 중간재로서 큰 역할을 하고 있지만, 한국의 소프트웨어 산업은 해당 효과가 낮아 타 산업의 생산과정에 큰 영향력을 미치지 못하는 것을 알 수 있다. 셋째, 소프트웨어산업의 이산화탄소유발효과는 한국과 미국 모두 낮은 수준으로 도출되어, 소프트웨어 산업은 지속가능한 미래를 위해 육성하기 적합하고, 저탄소 국가발전 기조에 적합한 산업임을 확인하였다.

Abstract The software industry makes it possible to converge science and Information and Communication Technologies (ICT), create new markets, and create jobs. It is a key industry in the 21st century knowledge and information age, which is growing very rapidly. This study uses Input-output analysis to derive Linkage effect of the software industry in Korea and the United States (US), and compares the result with CO₂ inducement effect to verify whether the industry meets the low carbon emission development strategy. As the result of this study, first, the software industries in Korea and the US are confirmed to have large influences on the national economy. Second, the Korean software industry has a low Forward linkage effect, so it is less affected by the output of other industries. On the other hand, in the US, it has a high Forward linkage effect and can induce a lot of output in others. Third, CO₂ inducement effects of the industry in Korea and the US are both low, confirming that the industry is suitable for a sustainable future.

Key Words : CO₂emission, Input-Output Analysis, Linkage Effects, Software Industry

*정회원, 성균관대학교 소셜이노베이션융합전공

**정회원, 한서대학교 환경공학과(교신저자)

접수일자 2022년 6월 16일, 수정완료 2022년 7월 16일
게재확정일자 2022년 8월 5일

Received: 16 June, 2022 / Revised: 16 July, 2022 /

Accepted: 5 August, 2022

*Corresponding Author: st_moon@naver.com

Dept of Environmental Engineering, Hanseo University, Korea

1. 서 론

현대사회는 모든 것들이 초지능화, 초연결화 되는 디지털 혁명의 시대이다. AI, 블록체인 등 정보통신기술(ICT)이 발달함에 따라 소프트웨어기술의 영향력이 커지고 있다^[1]. 소프트웨어기술은 제조업의 시스템 인프라, 무인 운전기술과 같은 제품의 핵심기술로도 활용될 뿐만 아니라 금융결재의 거래내역관리, AI 및 빅데이터 기반 의료서비스 등 현재 다양한 산업에서 활용되고 있어 그 중요성이 점차 증가하고 있다^[2]. 이러한 소프트웨어 산업의 성공적인 육성이 4차 산업혁명 성공의 필수 조건이다. 4차 산업혁명에서는 소프트웨어와 긴밀히 결합한 하드웨어만이 생존 가능한 시대이며, 그 원동력은 '소프트파워'가 핵심이 될 것이다. 소프트웨어 산업은 모든 산업을 받쳐주는 기재 산업이며 소프트웨어 없이 해당 산업의 경쟁력을 확보할 수 없다. 4차 산업 혁 명의 근간도 ICT이며, 그중에서도 소프트웨어가 가장 중요하다고 할 수 있다. 소프트웨어산업은 일단 플랫폼을 구축하면 많은 사람들이 사용할수록 그 가치가 높아지는 네트워크 외부성이 존재하고, 응용소프트웨어의 파생 등 전환비용(Switching Cost)이 증가함으로써 고착효과(Lock-in Effect)가 나타나기도 한다. 최근 이와 같은 특성에 더불어 소프트웨어기술은 타 산업으로 일출(Spill-over)되는 특성을 보이고 있다. 뿐만 아니라, 저기술(Low-tech)산업과 고기술(High-tech)산업을 연결하는 중요한 역할을 하고 있기 때문에 산업의 중요성이 매우 높다^[3]. 소프트웨어산업은 과학기술과 ICT를 통한 융합, 신시장 창출 및 고용창출이 가능한 산업으로 매우 빠르게 성장하고 있는 대표적인 지식산업이면서 21세기 지식정보화 시대의 기간산업이라 할 수 있다. 산업 내 소프트웨어가 차지하는 비중이 급속히 증가하면서 이제 소프트웨어가 시장에서의 경쟁력을 결정하는데 중요한 지표가 되고 있으며, 소프트웨어 산업이 성장을 주도하는 사회가 도래하였다^[4].

반면, 최근 들어 세계 주요국들은 저탄소, 온실가스 감축을 통한 기후변화 대응에 민감하게 반응하고 있다. 한국도 2010년부터「저 탄소 녹색성장기본법」에 따라 환경부 산하 온실가스종합 정보센터에서 통계를 총괄·관리하고 있으며^[5], 온실가스 감축을 위해 저탄소 녹색성장엔 필요한 기반을 조성하고, 녹색기술과 녹색산업을 새로운 성장 동력으로 활용함으로써 국민의 삶의 질을 높이고, 국제사회에서 책임을 다하는 성숙한 선진 일류국가로 도약하는데 이바지함을 목표로 하고 있다^[6]. 전 세계 CO₂

배출량 추이를 살펴보면, CO₂배출량은 1990년 22.70 billion (t)에서 2019년 36.44 billion (t)으로 지속적으로 증가하였다. CO₂배출량에는 여러 요인이 영향을 미치는데, 생산 및 경제활동이 가장 큰 요인으로 작용할 것이며, 생산부문에서의 구조 변화가 또 다른 요인이 될 수 있다. 또한, 에너지 생산 및 사용이 CO₂배출량에 직접적으로 영향을 준다는 점을 고려하면 에너지 소비구조 변화 역시 주된 요인이 될 수 있다^[7]. 최근 코로나 19로 인한 활동 제한으로 2020년 전 세계 이산화탄소 배출량은 약 5.4% 감소했다^[8]. 그러나 2020년에도 대기 중의 온실가스가 증가한다는 사실은 바뀌지 않았다. 세계기상기수(WMO)의 최신 평가 결과에 따르면, 3대 온실가스를 비롯해서 대부분의 온실가스는 2020년에도 대기 중 농도가 상승하였다^[8].

최근 많은 국가들이 탄소중립을 비전으로 제시한 것은 기후변화 대응에 있어 고무적인 신호이다. 탄소중립은 경쟁과 지배 논리에서 다양성과 포용으로의 21세기 가치 전환 시대에 전개되는 인류문명사적 전략이다. 현재의 생산소비 구조를 전면적으로 대전환해야 하는 매우 도전적인 과제이다. 각국 정부, 특히 온실가스 배출 상위 국가들은 넷제로(Net-zero)가 단지 선언적인 의미에 그치지 않도록 자국의 여건을 고려하여 구체적인 이행계획을 마련하고 추진해야 할 것이다.

산업의 파급효과 및 부가가치가 아무리 높아도 탄소배출량이 많은 산업이라면 세계적인 저탄소화, 온실가스 감축이라는 전 세계적인 도전 목표에 적절하지 않다고 할 수 있을 것이다. 비록 소프트웨어 산업이 한국과 미국 모두 중요한 산업으로 여겨지고 있지만, 탄소배출을 고려했을 때 해당 산업이 과연 친환경적이고 타 산업과 연계되어 함께 성장할 수 있는 지속가능한 산업이라고 말할 수 있는지는 의문이다. 미국은 소프트웨어 산업의 매출 및 산업 점유율이 최고 수준이며, 글로벌 대표 디지털 기업 중 소프트웨어 기업도 가장 많이 보유하고 있다. 따라서, 한국과 미국의 소프트웨어 산업의 CO₂배출량과 산업연쇄효과 간의 연관성을 비교 분석하는 것은 중요하다고 판단된다.

부가가치가 높고 국민경제에서 차지하는 역할과 중요성이 높은 소프트웨어산업의 위상을 정확하게 인식하기 위해서 본 연구에서는 2008부터 2018년의 한국과 미국의 소프트웨어 산업 분야 CO₂배출량 도출과 생산유발효과, 전·후방연쇄효과를 분석하여 투입산출분석(Input-output analysis)을 CO₂배출량의 변화 요인과 연계하여 산업의 경제적 파급효과를 분석하고자 하였다.

또한, 소프트웨어 산업 구조변화를 비교 분석을 통해 저탄소발전 기초에 부합하는지를 검증해보고 이를 기반으로 두 산업의 지속가능한 성장을 위한 저탄소 전략 방향을 제시하고자 하였다.

II. 이론적 배경

1. 소프트웨어(SW) 산업의 정의 및 관련 연구

소프트웨어 산업은 정보산업의 하위산업으로써 소프트웨어진흥법에서 그 정의를 내리고 있다. '소프트웨어 개발, 제작, 생산, 유통 등과 이에 관련된 서비스 및 「정보시스템의 효율적 도입 및 운영 등에 관한 법률」 제2조 제1호의 규정에 의한 정보시스템의 구축, 운영 등과 관련된 산업'으로 정의되는데 국내 표준산업분류(KSIC)의 분류에 근거한 소프트웨어 산업의 구분은 UN의 국제표준산업분류 (ISIC) 기준에서의 소프트웨어 산업 및 OECD 기준에 의해 구분한 소프트웨어 산업과 일맥상통한다. UN은 정보통신 및 콘텐츠/미디어 산업을 대분류로 구분하기 위해 Information and Communication 부문을 신설하였으며, 이 구조하에서 소프트웨어 산업을 도출할 수 있었다. 그리고 OECD 기준에 의하면 Software Publishing (5820), Computer Programming, Consultancy and related activities (62), Data Processing, Hosting and related activities (6311)에 소프트웨어 산업이 해당되었다.

세계 소프트웨어 시장은 2020년 전년 대비 5.8% 성장하면서 약 1.6조 달러 규모를 형성하였고, 2019년 성장률(6.4%) 보다 다소 성장세가 낮아질 것으로 예상된다^[9]. 미국의 소프트웨어 시장은 2016년에 세계시장의 45.3%를 차지하여, 세계 소프트웨어 시장에서 독보적인 지위로 자리잡고 있다^[10]. 2008년 세계 금융위기가 발생했지만, 미국은 첨단 소프트웨어 산업의 육성에 집중함으로써 금융위기를 잘 극복하고 꾸준히 첨단 소프트웨어 산업을 발전시켜 세계에서도 4차 산업혁명과 소프트웨어의 주도국이 되었다. 한국의 2020년 소프트웨어 시장은 전년 대비 2.3% 성장한 27.0조 원의 시장 규모를 형성하였다^[9]. 한국의 소프트웨어 시장은 꾸준히 발전할 전망이지만, 전 세계 소프트웨어 시장에서는 0.9%의 비중으로 아주 미약한 편이다^[10]. 소프트웨어산업의 중요도가 높아짐에 따라 소프트웨어산업에 관한 다양한 연구가 이루어지고 있다. 특히 지식기반산업이라는 특성과 함께 2000년대 이후의 높은 성장률과 경제발전 기여도가 부각되며

연구대상으로 주목받고 있다. 또한, 최근 소프트웨어산업의 파급력이나 산업 구조에 대한 분석 역시 점차 늘어나는 추세다. 이 같은 연구는 소프트웨어산업의 육성을 위한 정책연구나 지식산업으로서 파급효과에 주목한 경제적 효과를 분석하는 것이 주를 이루고 있다^{[11][12][13]}.

2. 산업연관분석과 이산화탄소배출량의 연계

산업연관모형을 이용한 환경 영향 분석 연구는 주로 최종수요의 변화가 에너지 수요 및 환경에 미치는 영향 분석^{[14][15][16]}에서부터 국제무역의 에너지 소비 및 환경에 대한 영향^{[17][18]}에 초점을 둔 연구에 이르기까지 다양하게 진행되어 왔다. 미국 에너지부(DOE)는 5개년 스마트 그리드 연구개발 계획을 수립하여 4개 분야 (기준과 표준화, 기술개발, 모델링, 분석)에 대해 연구개발 추진 중이며 독일은 ICT를 활용 미래의 에너지시스템 구축 (E-Energy) 프로젝트를 추진하였다^[19]. 특히 산업연관모형을 이용한 온실가스 배출을 분석한 선행연구는 국가 단위에서 산업별 에너지원별 오염유발계수 및 배출량을 분석한 연구^{[20][21][22][23]}, 에너지 절약적 기술 변화 등을 고려한 동태적 분석을 시도한 연구^[24], 국가 간 또는 지역 간 교역에 따른 온실가스 배출의 흐름을 분석한 연구^{[25][26][27][28]} 등을 포함하여 계속 증가하고 있다. 그 외에도 경제성장, 에너지 또는 전력 소비, CO₂배출 등 간 인과관계에 대한 연구가 여러 국가를 대상으로 이루어져 왔다. 연구의 초기에는 경제성장과 에너지 또는 전력 소비 간^[29], 경제성장과 CO₂배출 간^[30] 등 변수 간 인과관계에 대한 분석이 이뤄졌다. 이어, 경제성장과 CO₂배출에 대한 연구로서 Al-Mulali et al. (2015)은 2003-2014년 간 국제적으로 출판된 연구 51개를 검토한 결과, 38개의 논문에서 경제성장 초기에는 CO₂배출이 증가하다가 일정 수준에 도달하면 CO₂배출이 감소하는 환경쿠즈네츠가설 (Environmental Kuznets Curve, EKC)이 검증되었고 주로 고소득 국가에 해당하는 것을 확인하였다^[30]. Liu and Bae (2018)는 1970-2015년 간 중국의 경제성장, 에너지집약도, 신재생에너지 소비, CO₂배출에 도시화와 산업화를 추가하여 ARDL 모형과 VECM Granger 인과검정을 활용해 분석한 결과, 경제성장-CO₂배출-도시화 간 양방향의 장기 인과관계가 나타났고, 단기적으로는 신재생에너지 소비가 경제성장, 도시화가 경제성장과 산업화에 미치는 단방향의 단기 인과관계가 나타났다^[31]. 이와 달리 본 연구에서는 최근에 구축된 보다 정확한 산업연관표 (OECD, 2022)를 적용하여 국가 간 거래에 의한 경제적

파급효과에 초점을 두고 산업별 생산유발효과 및 전·후방파급효과를 분석한다.

III. 연구방법 및 데이터

1. 분석데이터

본 연구는 OECD에서 제공하는 2008년부터 2018년까지 Input-Output Table을 사용하였다. OECD에서 제공하는 것은 국제표준산업분류 (International Standard Industry Classification)에 따라 분류된 산업을 기준으로 작성되기 때문에 두 국가를 비교하기 쉽다. 각 국은 자체적으로도 산업연관표를 작성하고 있다. 미국은 Department of Commerce (Bureau of Economic Analysis)에서 기준년표 (Benchmark input output statistics) 기준 69개 산업으로 나누어 작성하고 한국은 한국은행 경제통계국에서 기준년표 기준 82개 산업으로 나누어 작성한다. 각 국에서 작성한 산업연관표를 사용할 경우 산업분류 기준이 다르기 때문에 비교가 어렵다. 따라서 소프트웨어 산업의 분석을 용이하게 하고 그것의 특성을 명확하게 나타내기 위해 OECD의 산업연관표를 사용하였다.

OECD의 국제표준산업분류 중 소프트웨어 산업을 62. Computer programming, consultancy and related activities, 63. Information service activities 섹터로 분류하였으며, 국내 소프트웨어 정책연구소에서도 해당 섹터를 차용하여 소프트웨어 산업으로 분류하고 각종 연구 및 정책 개발의 기반 산업분류기준으로 사용하고 있다. 이와 함께 소프트웨어 산업의 이산화탄소 유발계수를 분석하여 이산화탄소 배출량도 도출하였다. OECD는 ISIC에 따라 분류된 산업별 각 국의 embodied CO₂ emissions도 제공하고 있어, OECD의 데이터를 사용할 경우, 소프트웨어 산업의 생산유발효과 및 이산화탄소유발효과의 측정 및 비교가 가능하다.

2. 산업연쇄효과

어떤 산업에서 생산된 산출물은 다른 산업의 산출물을 생산하기 위한 원재료로 투입됨으로써 각 산업은 직·간접적으로 연관 관계를 맺고 있다. 이러한 산업과 산업 간의 관계를 산업연관분석은 계량적으로 나타낸다. Hirschman (1958)에 의해 제시된 산업연관관계는 국가 산업에 있어서 Input-Output Table을 이용한 생산유

발계수 (Production Inducement Coefficients)를 도출하고 도출된 생산유발계수를 통해 산업활성화 정도를 표시하는 것이다^[32]. Hirschman (1958)의 산업연쇄효과 (Linkage Effect)는 해당하는 산업이 전체 산업에 직/간접적으로 생산을 유발하게 되고 생산유발계수가 클수록 국가 전체의 산업을 활성화시키고 있다는 것이다. 즉 어떤 상품이나 서비스에 대한 최종수요 발생이 직/간접적으로 전 산업 생산에 미치는 영향을 말한다. 이러한 산업연쇄효과는 후방연쇄효과 (Backward Linkage Effect)와 전방연쇄효과 (Forward Linkage Effect)로 나눌 수 있다.

후방연쇄효과는 해당 산업의 최종재 (output) 생산 프로세스에 여타 산업의 생산품을 중간재로써 투입하게 될 때 전 산업의 생산에 미치는 영향을 의미한다. 즉 해당 산업이 다른 산업들로부터 원자재를 공급받게 되어 발생하는 국가 전산업에 대한 생산파급효과를 의미한다. 결론적으로 이 계수 값이 높다는 것은 국가 산업에서 '수요자 (Demander)'로서 강점을 나타내고 있다고 할 수 있다^[33].

전방연쇄효과는 해당 산업의 제품이 다른 산업의 중간재로 투입될 때 전 산업의 생산에 미치는 영향을 의미한다. 즉 국가 산업 전체를 활성화시키면서 발생하는 반응 (reaction), 공급유발효과로 설명할 수 있다^{[34][35]}. 결론적으로 이 계수의 값이 높다는 것은 국가 산업에서 '공급자 (Supplier)'로서의 강점을 나타내고 있다고 할 수 있다^[33]. 산업연쇄효과 (Linkage Effect)를 수식으로 설명하면 IO table을 기반으로 계산하는 생산유발효과 매트릭스 (Matrix)를 통하여 도출하게 된다. 생산유발효과의 기본 개념은 Leontief (1941)가 케인즈의 승수이론 (Keynesian Multiplier Theory)을 기초로 하여 제시하였다^[36]. 직접생산요소에 대한 생산파급효과는 다음 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$(1-a)^{-1} = \frac{1}{1-a} = 1+a+a^2+a^3+\dots \quad \dots\dots (1)$$

1은 직접생산요소, a 는 1차 생산파급효과, a^2 은 2차 생산파급효과가 된다. 따라서, 산업 파급효과는 a 가 $0 < a < 1$ 일 경우에 $(1-a)^{-1}$ 은 무한등비급수의 합으로 표시할 수 있다. 이와 같은 논리로 a_{ij} 의 matrix인 A의 역행렬 $(1-A)^{-1}$ 를 통해서 생산유발계수를 구하게 된다. 여기서 I는 n 차원의 단위행렬이며, 이를 역행렬계수 (inverse matrix coefficients) 또는 레온티에프

역행렬 (Leontief inverse matrix) 이라고 한다. 생산유발계수 표를 이용하여 각 산업의 전방생산유발효과 (Forward linkage Effect)와 후방생산유발효과 (Backward Linkage Effect)의 전 산업 평균에 대한 상대적 크기를 측정할 수 있다. Leontief inverse matrix인 $(I-A)^{-1}$ 를 $\sum_i r_{ij}$ 로 변경하여 나타내면, 후방연쇄효과는 다음 식 (2)와 같으며 전방연쇄효과는 식 (3)과 같다^[37].

$$BL_i = \frac{\sum_{i=1}^n r_{ij}}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n r_{ij} \sum_{j=1}^n r_{ij}} \dots\dots\dots (2)$$

$$FL_i = \frac{\sum_{j=1}^n r_{ij}}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n r_{ij} \sum_{j=1}^n r_{ij}} \dots\dots\dots (3)$$

$\sum_{j=1}^n r_{ij}$ = 레온티에프 역행렬의 행의 합계
 $\sum_{i=1}^n r_{ij}$ = 레온티에프 역행렬의 열의 합계

3. 이산화탄소 유발계수

산출은 이산화탄소 배출량과도 계수를 통해 연계될 수 있기 때문에 최종수요와 이산화탄소 배출량이 갖는 관계식도 도출된다. 산업별 연료 연소로 인한 CO₂배출량 (CO₂ emissions from fuel combustion)[38]을 기초로 산출된 이산화탄소 배출계수 (CO₂ emission Factor)를 투입산출모형에 적용함[39][40][41]으로써 산업별 이산화탄소 유발계수 (CO₂ Inducement Coefficients)를 추정한다. 각 산업의 한 단위 산출을 위한 생산유발계수에 산업별 연료 연소로 인한 이산화탄소 배출계수를 적용하면 각 산업별 한 단위 산출을 위한 연료 연소로부터 발생하는 이산화탄소 배출계수를 구할 수 있다^[42]. 따라서 최종수요와 이산화탄소 배출량 간의 연관 관계를 나타내기 위해서는 Leontief의 역행렬인 $(I-A)^{-1}$ 을 이용한다. 앞 절의 생산유발관계식을 이용하기 위하여 이산화탄소배출계수 (CO₂ emission Factor)의 대각행렬을 등비수열의 합으로 나타낸다면 이산화탄소 유발계수는 식 (4)와 같다.

$$E_i = \frac{\sum_{i=1}^n E_{ij} \sum_{j=1}^n E_{ij}}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n r_{ij} \sum_{j=1}^n r_{ij}} \dots\dots\dots (4)$$

IV. 연구결과

1. 생산유발효과 분석결과

생산유발효과는 어떤 제품의 최종수요가 1 발생하였을 때 이를 충족시키기 위해 해당 제품을 만드는 산업을 포함한 모든 산업에서 직·간접적으로 유발되는 생산 효과를 나타낸 것이다. 다시 말해 어떤 산업에 1을 투자하였지만, 경제 전체적으로는 1이 아니라 생산유발계수만큼의 효과를 국가 경제에서 유발시키고 있는 것이다.

한국과 미국의 소프트웨어 산업에 대한 생산유발계수는 표 1과 같으며 한국과 미국 모두 소프트웨어 산업이 1 이상의 생산유발효과를 지닌 것으로 나타났다. 생산유발효과는 분석대상 산업의 1원의 투자 또는 생산이 이루어졌을 때 타 산업의 생산유발 정도를 의미한다. 유발계수가 높다는 것은 어떤 제품의 최종수요가 1 발생하였을 때 이를 충족시키기 위해 해당 제품을 만드는 산업을 포함한 모든 산업에서 직·간접적으로 유발되는 생산 효과를 나타낸 것이다. 다시 말해 한국과 미국의 소프트웨어 산업은 투자 대비 경제 전체적으로 1이 아니라 그 이상의 효과를 국가 경제에서 유발시키고 있는 것이다.

표 1. 한국과 미국 소프트웨어 산업의 생산유발효과 비교
 Table 1. Comparison of Production inducement coefficients of Software industry between Korea and US

연도	생산유발효과	
	한국	미국
2008	1.078	1.034
2009	1.095	1.035
2010	1.093	1.037
2011	1.090	1.042
2012	1.090	1.049
2013	1.084	1.046
2014	1.092	1.047
2015	1.088	1.043
2016	1.079	1.045
2017	1.078	1.049
2018	1.087	1.055
평균	1.087	1.044

2. 전·후방파급효과 분석결과

산업연쇄효과는 전방연쇄효과 (Forward linkage effect)와 후방연쇄효과 (Backward linkage effect)로 나뉜다. 전방연쇄효과 (Forward linkage effect)는 분석대상 산업부문의 생산증가가 다른 산업부문에 중간재로 쓰여 그 산업의 생산을 증대시키는 영향의 정도를 말

하며, 후방연쇄효과 (Backward linkage effect)는 이와 반대로 분석대상 산업부문의 생산증가가 그 산업의 생산 증가에 필요한 중간재나 원료를 공급하는 다른 모든 산업부문의 생산에 미치는 영향을 말한다^[43]. 전후방 연쇄 효과 척도에서 두 척도 모두에서 높은 값을 가진 산업부문의 경우 국가 경제의 주요 산업부문이라고 해석될 수 있으며, Miller and Blair (2009)는 1을 기준으로 전방연쇄효과가 1보다 클 경우 타 산업들로부터 중간재 수요에 감응도가 높으며 후방연쇄효과가 1보다 클 경우 타 산업들에 중간재를 공급해주는 데에 영향력이 크다고 해석한다^[44]. 한국과 미국 소프트웨어 산업의 전·후방연쇄 효과는 표 2와 같다. 한국 소프트웨어산업의 전방연쇄효과를 살펴보면, 2008년 (0.612)을 시작으로 2018년 (0.708) 까지 꾸준히 증가하는 것을 확인할 수 있다. 한국 소프트웨어 산업의 전방연쇄효과가 1보다 낮은 값으로 타 산업 부문의 중간재가 아닌 최종재로 수요되는 최종수요형 산업의 특성을 나타내고 있다^{[45][46]}. 한국 소프트웨어산업의 후방연쇄효과를 살펴보면, 2008년 (0.787)을 시작으로 2018년 (0.730) 분석 기간 동안 1 미만의 값을 갖는 것으로 분석되었다. 이처럼 후방연쇄효과가 낮다는 것은 소프트웨어 산업의 투자지출에 따른 경제적 파급효과인 타 산업을 견인하는 정도가 다른 부문보다 상대적으로 낮다는 것을 의미한다^[47]. 소프트웨어산업의 경우 주로 개발 위주의 창의적인 노동력이 집약적으로 투입되어야 하므로 타 산업부문의 생산에 미치는 영향이 높지 않은 것으로 보인다^[48].

미국 소프트웨어 산업의 전방연쇄효과를 살펴보면, 2008년 (0.799)을 시작으로 2018년 (1.079) 까지 꾸준히 증가추세를 보인다. 특히, 2016년 이후부터는 전방연

표 2. 한국과 미국 소프트웨어 산업의 전·후방연쇄효과 비교
Table 2. Comparison of Linkage effects of Software industry between Korea and US

연도	전방연쇄효과		후방연쇄효과	
	한국	미국	한국	미국
2008	0.612	0.799	0.787	0.820
2009	0.640	0.854	0.834	0.846
2010	0.666	0.874	0.851	0.831
2011	0.649	0.883	0.835	0.809
2012	0.648	0.910	0.814	0.838
2013	0.631	0.928	0.829	0.819
2014	0.659	0.953	0.852	0.810
2015	0.693	0.986	0.769	0.804
2016	0.709	1.022	0.760	0.804
2017	0.716	1.061	0.750	0.806
2018	0.708	1.079	0.730	0.816
평균	0.666	0.941	0.801	0.819

쇄효과가 1 이상의 값을 보이는 것을 확인할 수 있다. 이는 미국의 소프트웨어 산업이 타 산업과의 연계도가 높은 연계형 산업으로 간주해야 함을 의미한다. 분석 기간 동안 미국 소프트웨어 산업의 후방연쇄효과를 살펴보면, 2008년 (0.820)을 시작으로 2018년 (0.816) 까지 꾸준하게 1 미만의 값을 갖는 것으로 분석되었다. 이는 타 산업부문에 미치는 영향이 높지 않다는 것을 의미한다.

3. 이산화탄소 유발효과 분석결과

한국과 미국의 소프트웨어산업의 CO₂배출량 추이를 분석한 결과는 표 3과 같다. 표 3에서 보는 바와 같이 한국의 이산화탄소 유발효과는 2008년 0.267 에서 2018년 0.271로 꾸준한 수치를 보인다 (평균 0.271). 반면 미국 소프트웨어 산업의 이산화탄소 유발효과는 2008년 0.228에서 2018년 0.272로 꾸준히 증가하는 추세이다 (평균 0.244).

표 3. 한국과 미국 소프트웨어 산업의 이산화탄소 배출량 비교
Table 3. Comparison of CO₂emission of Software industry between Korea and US

연도	이산화탄소 유발효과	
	한국	미국
2008	0.267	0.228
2009	0.275	0.239
2010	0.271	0.237
2011	0.270	0.239
2012	0.275	0.234
2013	0.275	0.243
2014	0.271	0.242
2015	0.269	0.242
2016	0.268	0.248
2017	0.270	0.258
2018	0.271	0.272
평균	0.271	0.244

그림 1과 같이 한국 소프트웨어 산업의 전·후방연쇄효과와 함께 고려해본다면, 해당 산업은 타 산업과 연관 관계가 낮지만, 이산화탄소 유발효과는 증가추세가 아닌 일정 수준을 보인다. 더욱이 Table 1에서 확인할 수 있듯이 생산유발효과가 1 이상으로 높은 값을 보이기 때문에 해당 산업은 지속적으로 발전시키기에 적합한 산업이라고 할 수 있다.

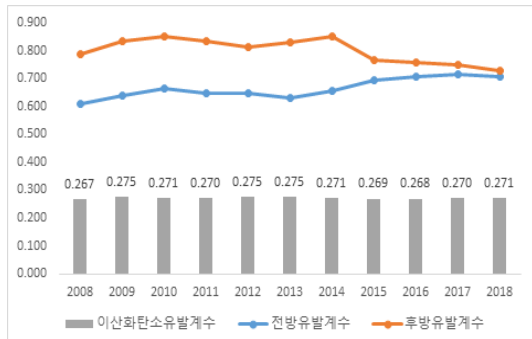


그림 1. 한국 소프트웨어산업의 전·후방연쇄효과 및 이산화탄소 배출 추이 (2008-2018)
 Fig. 1. Trends of linkage effect and CO₂emission of software industry in Korea (2008-2018)

그림 2와 같이 미국 소프트웨어 산업의 이산화탄소 배출효과와 전후방연쇄효과를 함께 고려해본다면, 미국 소프트웨어 산업은 타 산업과 연관 관계가 높고 이산화탄소 배출량은 최근 들어 증가추세를 확인할 수 있다. 그러나 한국과 비교했을 때 이산화탄소 유발계수가 평균 0.244로 낮은 수준이며, 미국의 생산유발효과도 1 이상으로 최근 들어 증가추세를 보이기 때문에 해당 산업은 저탄소화 및 지속가능한 경제발전을 목표로 하는 전 세계적 기조에 적합한 산업이다.

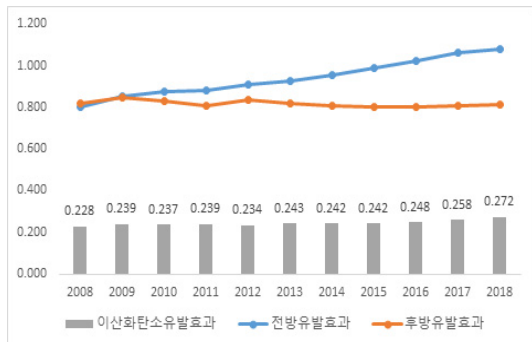


그림 2. 미국 소프트웨어산업의 전·후방연쇄효과 및 이산화탄소 배출 추이 (2008-2018)
 Fig. 2. Trends of linkage effect and CO₂emission of software industry in US (2008-2018)

V. 결 론

최근 수십 년 동안 전 세계는 급속한 경제발전으로 인해 이산화탄소 배출량이 지속적으로 증가하고 있다. 이러한 현상은 한 국가만의 문제가 아니기 때문에, 한시바

빠 적극적인 기후 행동으로 전 세계 이산화탄소 배출량을 줄이는 데 전 세계가 노력해야 한다. 적극적인 노력의 일환으로 이산화탄소 배출을 억제하면서 현재의 생산소비 구조를 대전환하기 위한 지속가능한 산업을 발굴해야 하기 때문에, 본 연구는 소프트웨어 산업이 “지속가능한 산업”인가를 확인하기 위하여 글로벌 선도국가인 미국과 한국의 경제적 파급효과와 이산화탄소 배출량을 연계하여 분석하였다. 소프트웨어 산업은 자체가 고부가가치 산업일 뿐 아니라 국가 및 산업 전반의 경쟁력을 강화하는 핵심 인프라 산업으로 동반성장 견인형 산업이다^[47]. 이러한 소프트웨어산업이 한국경제에서 차지하고 있는 역할을 정량적으로 분석하기 위해 본 연구에서는 투입산출분석을 적용하여 각종 경제적 파급효과를 도출하였으며, 이러한 결과를 이산화탄소 유발효과와 비교해서 다음과 같이 도출하였다.

첫째, 생산유발효과를 비교·분석하면, 한국과 미국의 소프트웨어 산업 모두 분석 기간 동안 생산유발효과가 1보다 크게 나타났다. 이는 두 국가 모두 소프트웨어를 활용하여 생산성 향상을 도모할 수 있는 도구로 활용되고 있다는 증거로 볼 수 있으며 핵심산업으로의 발전 방향과 타 산업의 발전 방안을 연계하여 지속적으로 성장시킬 필요가 있다. 둘째, 미국 소프트웨어 산업은 2016년 이후 전방연쇄효과가 1보다 크게 분석되었다. 이는 미국 소프트웨어 산업은 타 산업을 생산할 때 생산 요소로써 큰 역할을 하지만, 한국의 소프트웨어 산업은 낮은 전방연쇄효과로 해당 산업이 생산과정에 중간재로 사용되어 전 산업에 유발시키는 단위가 크지 않다는 것으로 나타났다. 한국과 달리 미국의 경우 2009년부터 2018년까지 전방연쇄효과가 후방연쇄효과보다 높게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 이는 미국 소프트웨어 산업의 투자지출에 따른 경제적 파급효과가 타 산업을 견인하는 정도가 회복되고 있다는 것을 의미하며, 2009년 이후로 소프트웨어를 통한 타 산업부문의 생산에 미치는 영향이 증가하고 있는 것을 의미한다^[48]. 반면, 한국의 전방연쇄효과가 상당히 낮은 것으로 보아 한국의 소프트웨어 산업이 대부분 타 산업부문 혹은 외국 기업에서 완성물 형태로 공급, 사용되므로 타 산업의 중간재로 활용되지 않는 것에 기인한다. 또한, 주로 소프트웨어 개발에는 창의적인 노동력이 집약적으로 투입되어야 하므로 타 산업부문의 생산에 미치는 영향인 후방연쇄효과 또한 높지 않은 것으로 분석된다^[49]. 셋째, 4차 산업혁명의 견인산업 중의 하나인 소프트웨어 산업의 이산화탄소 배출량이 차지하는 비중이 한국과 미국 모두 낮은 수준으로 도출되었

다. 전체 산업에서 소프트웨어 산업이 차지하는 이산화탄소 배출 비중은 미국의 경우 2015년 0.36%, 한국의 경우 2015년 0.29%로 타 산업에 비해 낮은 수준이다⁴⁹⁾. 따라서 양 국가 모두 소프트웨어 산업이 저탄소 국가 발전 기초에 적합한 산업임을 알 수 있다. 미국의 이산화탄소 배출량은 2016년 이후 조금씩 증가하는 것으로 분석되었으며, 한국의 이산화탄소 배출량은 분석 기간 내에 큰 변화가 없지만 미국보다 다소 높은 것으로 나타났다. 비록 양 국가의 소프트웨어 산업의 이산화탄소 배출량은 크지 않은 것으로 나타났지만 전체 이산화탄소 배출 감소 기초를 고려했을 때 소프트웨어 산업의 이산화탄소 배출량 상승을 해소하는 방안에 주의를 기울여야 함을 알 수 있다.

현재 한국은 2000년대에 들어서 출산율 하락과 고령화 등으로 인한 인구 구조의 변화를 겪고 있으며 소득수준 향상에 따른 삶의 질 개선에 대한 요구 등으로 인해 소프트웨어 산업과 같은 고부가가치 산업의 중요성이 부각되고 있다. 향후 한국은 소프트웨어 산업의 이산화탄소 배출량을 감소시키려는 노력을 계속하면서 경제적 파급효과를 더 높일 수 있도록 산업 육성을 위한 전략적 투자를 해야 할 것이다. 본 연구는 이와 같은 시사점에도 불구하고 다음과 같은 한계를 가지고 있다. 우선 자료의 한계로, 본 연구에서 사용된 최신 자료는 2018년 자료이다. 최신 자료의 업데이트가 4~5년 정도 걸리기 때문에 부득이하게 2018년까지 분석대상으로 삼았지만, 급속도로 변화하는 디지털 환경에서 이러한 시간적 차이는 산업의 변화를 파악하는데 적지 않은 시간으로 예상된다. 향후 연구에서는 산업연관표 이외의 자료를 활용하여 소프트웨어 산업의 생산성에 관한 연구를 다각도로 분석해 보는 연구를 진행해 볼 필요가 있다.

References

- [1] In-Hwa Hong, Myung-Seok Kang, "Multi-Level Prediction for Intelligent u-life Services", The Journal of the Institute of Internet, Broadcasting and Communication, Vol. 9, No. 3, pp. 123-129, June 2009.
- [2] Jun Lee, Yong-Ho, Seo, "Unplugged Robot Coding System Based on Remote Interface", The Journal of the Institute of Internet, Broadcasting and Communication, Vol. 19, No. 5, pp. 157-162, Oct 2019.
DOI: <https://doi.org/10.7236/IIBC.2019.19.5.157>
- [3] Piotr, S. "Innovation in the software sector", OECD Publishing, 2009.
- [4] MSIP, "Study of Employment Policy for Software-centric Society", Ministry of Science, ICT and Future Planning, 2016.
- [5] Sung-min Cheu, Ji-hye Moon, Yean-jung Kim, Jae-hoon Sung, "A Study on the Improvement of GHG Inventory in Agriculture and Forestry Categories of Energy Sector", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 20, No. 11, pp. 294-304, 2019.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2019.20.11.294>
- [6] Won-Sik Hwang, Jung-Woo Shin, "ICT- specific technological change and economic growth in Korea", Vol. 41, No. 4, Telecommunications Policy, pp. 282-294, May 2017.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2016.12.006>
- [7] IEA, "Energy and Climate Change", International Energy Agency, June 2015.
- [8] WMO, "WMO Greenhouse Gas Bulletin: The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2020", World Meteorological Organization (WMO), Oct 2021.
- [9] SPRI, "2020 Software Industry Outlook", Software Policy and Research Institute, 2020.
- [10] SPRI, "2016 WHITE PAPER OF KOREA SOFTWARE INDUSTRY", Software Policy and Research Institute, 2016.
- [11] Adedoyin, F. F., Bekun, F. V., Driha, O. M., Balsalobre-Lorente, D. "The effects of air transportation, energy, ICT and FDI on economic growth in the industry 4.0 era: Evidence from the United States", Technological Forecasting and Social Change, 160, 120297, 2020.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120297>
- [12] Kyoung-Sun Lee, Yu-Ri Park, Dae-Ho Lee, "Measuring efficiency and ICT ecosystem impact: Hardware vs. software industry", Telecommunications Policy, Vol. 42, No. 2, pp. 107-115, Mar 2018.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2017.08.007>
- [13] Tae-Kyung Sung, "Industry 4.0: a Korea perspective", Vol. 132, pp. 40-45, July 2018.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.11.005>
- [14] Daly, H., "On Economics as a Life Science", Journal of Political Economy, Vol. 76, No. 3, pp. 392-406, 1968.
- [15] Ayrew, R. U., Kneese. A. V., "Production, Consumption, and Externalities", The American economic review, Vol. 59, No. 3, pp. 282-297, 1969.
- [16] Leontief, W., "Environmental Repercussions and the Economic Structure: An Input Output Approach", Review of Economics Statistics, Vol. 52, No. 3, pp. 262-271, 1970.
- [17] Wright, D. J., "Goods and Services: An Input Output Analysis", Energy Policy, Vol. 2, No. 4, pp. 307-315, Dec 1974.
DOI: [https://doi.org/10.1016/0301-4215\(74\)90017-2](https://doi.org/10.1016/0301-4215(74)90017-2)

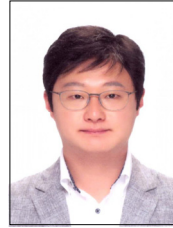
- [18] Chang, Y. F., Lin, S. J., "Structural Decomposition of Industrial CO₂ Emission in Taiwan: An Input-Output Approach", *Energy Policy*, Vol. 26, No. 1, pp. 5-12, Jan 1998.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(97\)00089-X](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(97)00089-X)
- [19] Kang-Jun Lee, Jong-An Park, Jeong-Min Park, "Active Monitoring and Control System of EMS Based on the Environment Factors of Solar Power Generation", *Journal of KIIT*, Vol. 17, No. 2, pp. 53-62, 2019.
DOI: <http://dx.doi.org/10.14801/jkiit.2019.17.2.53>
- [20] Casler, S. D., Blair, P. D., "Economic Structure, Fuel Combustion, and Pollution Emissions", *Ecological Economics*, Vol. 22, No. 1, pp. 19-27, July 1997.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(96\)00551-4](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(96)00551-4)
- [21] Economidis, C., Keramidas, D., Demertzi, A., Stroplos, N., Sfetsos, A., & Vlachogiannis, D., "The Compilation of a Greek Environmental Input Output Matrix for 2005, and Its Application as a Methodological Framework for Assessing Emission Reduction Options", *International Input-Output Meeting on Managing the Environment (IIOA)*, Seville, Spain, pp. 9-11, July 2008.
- [22] Tunc, G. I., Türüt-Aşık, S., Akbostancı, E., "CO₂ emissions vs. CO₂ responsibility: an input-output approach for the Turkish economy", *Energy Policy*, Vol. 35, No. 2, pp. 855-868, Feb 2007.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2006.02.012>
- [23] Liang, Q. M., Fan, Y., & Wei, Y. M., "Multi-Regional Input-Output Model for Regional Energy Requirements and CO₂ Emissions in China", *Energy Policy*, Vol. 35, No. 3, pp. 1685-1700, Mar 2007.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2006.04.018>
- [24] Febrero, E., Córcoles, C., Cadarso, M. Á., & López-Santiago, L. A., "Estimating CO₂ emissions from the combustion of petroleum derivatives, an AGE model for Spain: 2000 - 2010", *The Intermediate Input-output Meeting Conference*, Seville, Spain, July 9-11, 2008.
- [25] Wyckoff, A. W., & Roop, J. M., "The Embodiment of Carbon in Imports of Manufactured Products: Implications for International Agreements on Greenhouse Gas Emissions", *Energy Policy*, Vol. 22, No. 3, pp. 187-194, Mar 1994.
DOI: [https://doi.org/10.1016/0301-4215\(94\)90158-9](https://doi.org/10.1016/0301-4215(94)90158-9)
- [26] Machado, G., Schaeffer, R., & Worrell, E., "Energy and Carbon Embodied in the International Trade of Brazil: An Input-Output Approach", *Ecological Economics*, Vol. 39, No. 3, pp. 409-424, Dec 2001.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(01\)00230-0](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(01)00230-0)
- [27] Wilting, H. C., "Analysis of the Sustainability of Supply Chains with a Multi-Regional Input-Output Model", *International Input-Output Meeting on Managing the Environment*, Seville, Spain, July 2008.
- [28] Wiedmann, T., Wood, R., Minx, J., Lenzen, M., Harris, R., "Emissions Embedded in UK Trade-UK-MRIO Model Results and Error Estimates", *International Input-Output Meeting on Managing the Environment*, IIOA, Seville, Spain, 2008.
- [29] Hye, Q. M. A., Riaz, S., "Causality between energy consumption and economic growth: the case of Pakistan", *The Lahore Journal of Economics*, Vol. 13, No. 2, pp. 45-58, 2008.
- [30] Al-Mulali, U., Saboori, B., Ozturk, I., "Investigating the environmental Kuznets curve hypothesis in Vietnam", *Energy policy*, Vol. 76, pp. 123-131, Jan 2015.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.11.019>
- [31] Liu, X., Bae, J., "Urbanization and industrialization impact of CO₂ emissions in China", *Journal of cleaner production*, Vol. 172, pp. 178-186, Jan 2018.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.156>
- [32] Hirschman, A. O., "The Strategy of Economic Development", Yale University Press, New Haven, 1958.
- [33] García-Muñiz, A. S., Vicente, M. R., "ICT technologies in Europe: A study of technological diffusion and economic growth under network theory", *Telecommunications Policy*, Vol. 38, No. 4, pp. 360-370, May 2014.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2013.12.003>
- [34] Chiu, R. H., Lin, Y. C., "Applying input-output model to investigate the inter-industrial linkage of transportation industry in Taiwan", *Journal of Marine Science and Technology*, Vol. 20, No. 3, pp. 173-186, 2012.
- [35] Mattioli, E., Lamonica, G. R., "The ICT role in the world economy: An input-output analysis", *Journal of World Economic Research*, Vol. 2, No. 2, pp. 20-25, 2013.
- [36] Leontiew, W., "The structure of American economy, 1919-1929: An Empirical Application of Equilibrium Analysis", Harvard University Press: Cambridge, MA, USA, 1941.
- [37] Lin, S. J., Chang, Y. F., "Linkage effects and environmental impacts from oil consumption industries in Taiwan", *Journal of Environmental Management*, Vol. 49, No. 4, pp. 393-411, Apr 1997.
DOI: <https://doi.org/10.1006/jema.1995.0119>
- [38] Yamano, N., Guilhoto, J., "CO₂ Emissions Embodied in International Trade and Domestic Final Demand Methodology and results using the OECD Inter-Country Input-Output Database", *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, 2020.
DOI: <https://doi.org/10.1787/8f2963b8-en>
- [39] Yoon-Kyung Kim, "CO₂ Emission Structure Analysis of Industrial Sector with Environmental Input-Output Table 2005", *Environmental and Resource Economics Review*, Vol. 20, No. 1, pp. 1-31, 2011.
- [40] Han-Joo Choi, Ki-Hoon Lee, "An Estimation and Decomposition of CO₂ Emissions Change in Korea Industry, 1990 ~ 2000 Using a Hybrid Input-Output Model and Structural Decomposition Analysis",

Environmental and Resource Economics Review, Vol. 15, No. 1, pp. 27-50, 2006.

- [41] Moon, J., Yun, E., Lee, J., "Identifying the Sustainable Industry by Input-Output Analysis Combined with CO2 Emissions: A Time Series Study from 2005 to 2015 in South Korea", Sustainability, Vol. 12, No. 15, 6043, 2020.
DOI: <https://doi.org/10.3390/su12156043>
- [42] Dong-Hwan An, Min-Su Son, Hong-Sok Kim, "A Multi-Regional Input-Output Analysis of CO2 Emission", Journal of the Korean Regional Science Association, Vol. 28, No. 3, pp. 41-61, 2012.
- [43] Ye, Z. P., Yin, Y. P., "Economic Linkages and Comparative Advantage of the UK Creative Sector" University of Hertfordshire Business School Working Paper No. UHBS, 2, 2007.
- [44] Miller, R. E., Blair, P. D., "Input-Output Analysis: Foundations and Extensions", Cambridge University Press, 2009.
- [45] Young-Ho Jung, Cheong-seog Seo, "The Analysis of Propagation Effects of the Medical Service Industry: An Input-Output Study", Journal of Industrial Economics and Business, Vol. 18, No. 5, pp. 2041-2065, 2005.
- [46] Kun-O Jung, Eung-soon Lim, Jae-Guk Song, "An Analysis on the Economic Impact of National R&D Investment : Health care industry", Journal of Technology Innovation, Vol. 21, No. 1, pp. 59-83, 2013.
- [47] Eun-Gyeong Yun, Jun-Hwan Moon, Hang-sok Choi, "The Impact of Software and Medical Industry on Korea Economy", Journal of Information Technology Services, Vol. 17, No. 2, pp. 49-67, 2018.
DOI: <https://doi.org/10.9716/KITS.2018.17.2.049>
- [48] Jin-Ho Cho, Jae-Hong Ryu, "New Growth Power, Economic Effect Analysis of Software Industry", Journal of Information Technology Applications and Management, Vol. 21, No. 4, pp. 381-401, 2014.
DOI: https://doi.org/10.21219/jitam.2014.21.4_spc.381
- [49] Mun, J., Yun, E., Choi, H., Kim, J., "Comparative Study in Software and Healthcare Industries between South Korea and US Based on Economic Input-Output Analysis", Atmosphere, Vol. 13, No. 2, 209, 2022.
DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos13020209>

저 자 소 개

문 준 환(정회원)



- 2014년 2월 : 서강대학교 경영학 석사
- 2019년 9월 : 서강대학교 경영학 박사
- 현재 : 성균관대학교 소셜이노베이션 융합전공 연구교수
- 주관심분야 : 경제성분석, 디지털플랫폼, 텍스트마이닝, 비즈니스모델개발, SNS 등

김 종 현(정회원)



- 2010년 2월 : 한서대학교 환경공학 석사
- 2011년 1월 ~ 2022년 2월 : 국립환경과학원 연구원
- 현재 : 한서대학교 환경공학과 박사과정
- 주관심분야 : 환경, 환경정책, 환경대기, 방지시설, 대기오염공정시험기준 등

※ 본 연구는 2022년 성균관대학교 교내 박사후연구원 지원프로그램 (SKKU Supreme Research Program)에 의하여 지원되었음