

The Effect of AI Development on the Economic Growth: The Case of South Korea*

Dong Jin Lee**

Sangmyung University

Abstract

This study examines the impact of the development of the artificial intelligence (AI) industry on the economic growth of South Korea. The study uses variables such as the revenue and patent applications of AI-related companies, as well as industry-specific total factor productivity and GDP, to estimate the effects. The results suggest that the growth of the AI industry has a positive effect on the economic growth with a lag of about one year. Specifically, the effect of government AI revenue on GDP growth appears to be greater than that of private companies or consumer-focused AI revenue. This indicates that government policies aimed at promoting the diffusion of the AI industry have had significant effects. The study notes that the period covered by the AI industry survey data is relatively short, and there is a lack of detailed data for the manufacturing sector. I suggest that further improvements and accumulation of data could lead to more robust results.

Keywords

Economic growth, 4th industrial revolution, AI, technological revolution, total factor productivity

* This study was supported by National Information Society Agency.

** Corresponding author. email: rheedj@smu.ac.kr

인공지능산업 발전이 경제성장에 미치는 효과 분석*

이동진**

상명대학교 경제금융학부

요약

본고는 인공지능 산업의 발전이 우리나라 경제성장에 미치는 효과를 추정하여 최근의 4차 산업혁명 관련 기술혁신에 대한 경제적 시사점과 함께 관련 경제정책에 대한 함의를 얻고자 하였다. 인공지능 산업 발전 정도에 대한 대용변수로는 2018년~2020년 기간 소프트웨어 정책연구소가 조사한 ‘인공지능산업실태조사’ 중 산업별 AI 관련업체의 매출액 및 특허출원 건수를 사용하였으며 경제성장 변수로는 산업별 총요소생산성과 산업별 GDP를 사용하였다. 추정 결과 AI 산업의 발전은 1년 정도의 시차를 두고 성장에 긍정적 영향을 끼치는 것으로 평가되었다. 특히 매출액 변수를 사용하였을 때 대정부 AI 매출이 GDP 성장에 미치는 효과가 민간 기업이나 소비자 대상 AI 매출에 비해 더 큰 것으로 나타나 AI 산업 확산을 위한 정부의 정책적 노력이 다소 유의한 성과를 가져온 것으로 평가되었다. 다만 인공지능산업실태조사 자료의 기간이 다소 짧고 제조업에 대해서는 중분류 자료가 부재하다는 한계가 있어 관련 자료의 개선과 자료 축적이 진행될 경우 보다 강건한 결과를 도출할 것으로 기대된다.

주제어

경제성장, 기술혁신, 4차 산업혁명, 인공지능산업, 총요소생산성

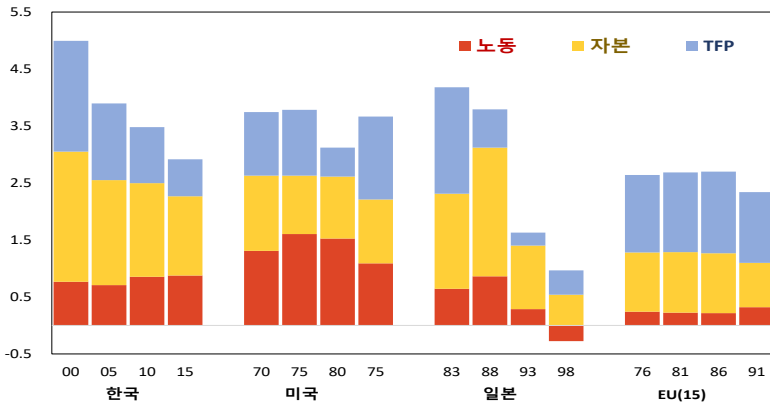
* 본고는 한국정보화진흥원의 지원을 받아 작성되었으나 본고의 결론은 한국정보화진흥원의 시각과는 무관함을 밝힌다.

** 주저자, 상명대학교 경제금융학부, email:rheedj@smu.ac.kr

I. 서론

한국 경제는 2000년 이후 경제성장률 추세가 빠른 속도로 하락하고 있어 지속가능한 성장에 대한 우려가 확산되고 있다. 2000년 5%를 상회하였던 성장률은 2023년 1%대 초반까지 하락하였으며 주요 연구기관들이 평가한 잠재성장률 역시 2023년 기준 2% 내외까지 하락한 상황이다. 성장회계방정식을 따를 경우 성장률은 노동, 자본, 총요소생산성 요인으로 분해할 수 있는데 제조업 중심 산업구조의 특성상 빠르게 진행되었던 자본축적은 이미 정상상태에 가까워졌다는 평가여서 성장에 한계가 있으며 인구요인에 의해 결정되는 노동잠재력의 경우 생산가능인구 자체가 이미 하락세로 접어들어 향후 20여년간은 경제성장의 하락요인으로 작용할 전망이다(주상영·현준석, 2020; 이동진, 2023b). 이를 감안할 때 총요소생산성은 최근의 성장세 하락이나 앞으로의 성장세 회복 여부에서도 가장 중요한 요인으로 평가되고 있다.

〈그림1. 주요국의 잠재성장률 요인 분해, %〉



주: 1) 1인당 실질 GDP가 한국의 2000년 수준인 22,000불 수준에 이르렀을 때부터 20년간의 잠재성장률 요인을 분해한 자료

출처: 이동진(2023a)에서 재인용

<그림 1>은 선진국을 먼저 경험한 미국, EU, 일본과 우리나라의 비슷한 성장 시기 잠재성장률 요인을 분해한 결과이다. 즉, IMF가 추정한 PPP 기준 1인당 실질 GDP가 우리나라의 2000년 수준인 2,200불 내외였을 당시부터 20년간의 잠재성장률을 비교한 것이다. 그림을 보면 주요 선진국들이 2000년대 우리나라와 비슷한 경제발전 수준 당시와 비교할 때 우리나라의 총요소생산성 하락 속도가 매우 가파른 상황임을 알 수 있다.

이처럼 총요소생산성의 중요성이 커진 지금 인공지능(AI)은 사물인터넷(IoT), 빅데이터 등과 함께 4차산업혁명의 핵심 기술기반 중의 하나로서 산업 전반의 생산성 제고와 고부가가치화를 통해 저성장 기조를 극복하는데 크게 기여할 수 있을 것으로 기대되고 있다.¹⁾ 이에 따라 우리 정부도 인공지능산업을 혁신성장을 위한 핵심 과제중 하나로 육성해 오고 있는 상황이다. AI를 포함한 최근의 기술혁신이 경제성장을 어떻게 추동할 것이며 그에 따른 정책방향을 올바르게 가져가기 위해서는 실제로 국내에서 AI 산업이 거시경제적 발전을 가져오는지, 또한 그 정도가 얼마나 될 지에 대한 구체적인 평가가 필요하다. 글로벌 성장 측면에서는 해외 연구기관들을 중심으로 관련 연구들이 활발히 진행되고 있다(Brea, 2021; Bughin et al., 2018; Chen et al. 2016; Cockburn et al., 2018; Krishnan et al., 2018). 그러나 아쉽게도 국내에서는 관련 연구가 아직 진행되지 않고 있다. 가장 큰 이유는 AI의 발전 정도를 평가하기 위한 적절한 척도가 없다는 데 있다. AI의 산업에의 활용이 활성화된 지 10년 이내에 불과하다고 할 때 거시경제에 미치는 효과 추정을 위해서는 산업별, 업종별 또는 지역별 패널자료를 활용할 수밖에 없다. 그러나 AI와 관련 기술기반 산업은 무형물인 소프트웨어 또는 서비스 형태로 거래됨에 따라 기존의 산업별 통계를 통해 현황을 파악하는 것이 어렵다는 문제가 있다.

본고의 목적은 인공지능 산업의 발전이 우리나라 경제성장에 미치는 효과를 추정하는데 있다. 이를 통해 4차 산업혁명에 대한 경제적 시사점과 함께 관련 경제정책에 대한 함의를 얻고자 한다. 인공지능 산업의 발전 정도는 2018년~2020년 기간 조사된 소프트웨어 정책연구소의 인공지능산업실태조사

1) 기술이 아닌 인적자본 측면에서 생산성에 미치는 영향 역시 중요하며 김진영(2023) 등 여러 연구에서 이루어지고 있다.

결과의 산업별 AI 산업 매출액 및 특허출원 건수를 사용하였다. 해당 조사는 기존 통계조사 방식에 한계가 있는 인공지능 산업과 관련한 기초통계생산 목적으로 한 것으로 인공지능산업 관련 사업을 영위하는 1인 이상의 900여개 사업체 전체를 대상으로 서베이를 진행하므로 국내에서는 산업별 인공지능 산업 특성을 가장 정확히 파악할 수 있는 통계지표이다. 해당 통계는 산업별 자료가 공표되지 않고 있으나 한국정보화진흥원의 도움으로 산업별 자료를 입수하여 분석을 진행하였다. 성장 변수로는 산업별 총요소생산성과 산업별 GDP를 사용하였다.

14개 산업분류별로 3년간의 패널 자료를 이용하여 고정효과를 통해 추정된 결과 매출액이나 특허출원건수 기준 모두 AI 산업의 발전이 1년 정도의 시차를 두고 성장에 긍정적 영향을 끼치는 것으로 평가되었다. 또한 AI업체의 매출 대상을 정부, 민간기업, 민간소비자로 분해하여 분석을 진행한 결과 대정부 AI 매출이 증가할수록 산업별 GDP 성장에 미치는 효과가 가장 큰 것으로 나타나 AI 산업 확산을 위한 정부의 혁신정책의 효과가 유의한 것으로 평가되었다. AI 매출이 당해연도 총요소생산성에 미치는 영향은 통계적으로 유의하지 않은 것으로 분석되었는데 이는 분석자료의 한계로 인해 AI 기술 도입이 시차를 두고 생산에 미치는 상황을 반영하지 못하였기 때문으로 해석된다. 다만 AI 발전이 하락추세인 성장잠재력의 회복에 실질적인 기여를 할 수 있기 위해서는 AI 산업의 규모가 보다 빨리 확장될 필요가 있는 것으로 판단된다.

본고의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 인공산업과 경제성장과의 관계를 분석한 기존 연구들을 검토하였다. 3절에서는 본고의 분석 방법과 분석데이터를 설명하였다. 4절에서는 분석결과를 정리하였다. 마지막으로 5절에서는 결론을 정리하였다.

II. 기존 연구 검토

큰 틀에서 볼 때 경제성장은 노동과 자본의 증가, 그리고 생산성의 성장을

통해 이루어진다. 인공지능 산업의 발전은 나라 경제의 노동, 자본, 생산성 모두에 영향을 미칠 수 있으나 긍정적 측면에서는 생산성 개선이 부정적 측면에서는 일자리 감소가 주로 논의되고 있다. Romer (1990), Jones and Williams(1998, 2000) 등이 강조한 바와 같이 경제학적으로 지속 성장에 가장 중요한 영향을 미치는 요인은 기술 발전을 통한 생산성 혁신이며 인공지능 분야는 2000년대 이후 생산성 혁신을 추동할 수 있는 가장 중요한 기술발전 영역의 하나로 인식되고 있다. 이에 따라 인공지능이 생산성 혁신과 궁극적으로 경제발전에 어떠한 영향을 미칠 것인지에 대한 연구는 활발히 진행되고 있다. 다만 인공지능의 역사가 길지 않고 현재진행형인 점으로 인해 학술적 부분보다는 연구기관들 중심으로 미래를 전망하는데 주로 집중되고 있다. Cockburn et al. (2018) Krishnan et al. (2018) 등은 인공지능이 공정 자동화를 비롯해 다음과 같은 부분에서 생산성을 개선시키는 많은 혁신을 가능하게 하는 범용 기술의 역할을 수행할 것으로 기대하고 있다. 구체적으로는 노동과 자본투입 확대 효과와 외부효과 등 두 가지로 구분을 하였는데 전자 측면에서는 인공지능 기술의 적용하기 위한 노동과 자본의 확대된다는 점, 인공지능 도입으로 대체된 기존 노동의 신규 영역으로 이전됨에 따른 노동 공급 증대 및 불필요해진 노동 후 자본 대체를 위한 투자 확대된다는 점, 그리고 범용기술로서의 AI를 응용한 기술진보가 확산됨에 따라 추가 노동과 자본의 확대된다는 점 등을 들고 있다. 외부효과 측면에서는 국가간 교류가 용이하다는 인공지능 기술의 특성으로 기술 전파가 용이하고 인공지능의 높은 생산성으로 인해 자본과 노동에 대한 분배가 늘어남으로써 신규투자 증대 및 부의 효과(wealth effect) 발생한다는 점 등이 성장에 긍정적 영향을 미칠 것이라고 기대하고 있다. 다만 Krishnan et al. (2018)는 기존 노동의 대체 과정에서 노동소득의 감소라는 부정적 효과도 발생할 우려가 있음을 지적하고 있다. OECD (2015)는 많은 산업들이 투자를 통해 AI 기술을 얼마나 채택하고 확산될 것인지에 따라 생산성 증대 효과가 달라질 것으로 판단하였다. Krishnan et al.(2018)은 AI의 빠른 확산을 가정할 때 향후 10년간 노동생산성의 현재의 4배 수준까지 증가할 것으로 전망하였다.

이러한 논리적 평가가 실제로 발생하고 있는지에 대한 실증분석도 연구기관을 중심으로 활발히 진행되고 있다. 분석은 크게 국가단위의 거시자료를 이

용하는 방식, 기업 패널자료를 이용하는 방식으로 크게 나뉘어지나 두 자료를 모두 사용하는 연구가 대부분이다. 연구들은 크게 AI를 어떻게 정의하고 이를 설명할 대용변수로 어떠한 것을 사용하는가에 따라 달라진다. Chen et al. (2016)은 인공지능 발전 정도를 민간기업의 AI 관련 투자액과 AI 관련 벤처자금 지원액 등 두 가지 변수로 측정하였고 이를 통해 기업단위의 AI 발전이 기업 매출에 미치는 효과를 추정하고 이를 다시 종합하여 국가 경제에 미치는 효과를 추정하는 bottom-up 방식의 추정을 진행하였다. Krishnan et al. (2018)는 기업 레벨의 AI 이용 정도에 대한 서베이 자료를 통해 AI 활용 정도를 측정하였다. 이를 통해 기업단위의 AI 활용도를 추정하고 이를 종합하여 국가 경제성장, 고용 등에 미치는 효과를 평가하였다. 다만 이들은 성장의 긍정적 효과만이 아니라 고용 감소의 효과도 동시에 추정하여 긍정적, 부정적 효과를 모두 추정하고자 하였다. PWC (2018)은 EU and World KLEMS 데이터베이스에서의 자본스탁 변수 중 소프트웨어, 컴퓨터 등 AI와 연관된 부분을 저자의 방식으로 추려서 AI 발전 대용변수로 사용하였다. 이들은 특히 기업차원에서의 추정결과를 통해 세계경제성장에 미치는 효과를 별도의 지역일반균형모형(Spatial Computational General Equilibrium: SCGE) 모형을 사용하여 분석하였다. Liu et al. (2020)은 인공지능 발전이 중국의 산업생산성에 미치는 효과를 실증분석하였으며 기업내 로봇 수를 AI 발전의 대용변수로 사용하였다.

AI 발전의 대용변수는 상이하나 기존 연구결과는 전반적으로 AI 산업의 발전이 경제성장에 긍정적 요인으로 작용한다고 평가하고 있다. Chen et al. (2016)은 분석결과 향후 10년간 1.49조~2.95조 달러의 글로벌 생산증대 효과가 있을 것으로 판단하였다. Krishnan et al. (2018)은 AI 확산이 2030년까지 GDP를 연평균 1.2% 증대시키는 효과가 있는 것으로 평가하였으며 반면 기존 노동의 대체로 인한 실업률 증가 등으로 GDP의 9%가 감소하는 부정적 효과도 존재하는 것으로 추정하였다. PWC (2018)도 AI 확산으로 2030년까지 GDP를 14%까지 증대시키는 효과가 있는 것으로 평가하였다. Liu et al. (2020)은 AI 확산이 산업의 생산성에 통계적으로 유의하게 긍정적인 효과를 주고 있는 것으로 분석하였는데 특히 저기술(low-tech) 산업에서의 AI 도입 효과가 더 우수한 것으로 평가하였다. 또한 AI 확산도가 클수록 생산성에 미치는 효과도 더욱 커지는 것으로 추정되었다.

III. 분석기법 및 데이터

1. 분석기법

앞서의 선행연구와 같이 AI의 발전은 기업 및 산업의 총요소생산성에 영향을 미쳐 경제성장에 긍정적 영향을 미칠 것으로 평가된다. 성장회계방정식에 따르면 한 나라의 산업생산은 다음과 같이 노동, 자본 및 총요소생산성으로 분해된다.

$$\ln Y_{i,t} = \ln A_{i,t} + \alpha_i \ln L_{i,t} + (1 - \alpha_i) K_{i,t} \quad (3.1)$$

여기서 $Y_{i,t}$ 는 i 산업의 t 년도 생산, $A_{i,t}$ 는 총요소생산성(Total Factor Productivity: TFP), $L_{i,t}$ 는 노동투입이고 $K_{i,t}$ 는 자본투입이다. 따라서 지속가능한 성장을 위해서는 노동(인구), 자본스톡 및 생산성의 지속적인 성장이 필요하게 된다. 인구증가에 따른 노동력 증가가 제한적이고 선진국으로 갈수록 자본스톡이 증가하여 추가적인 자본증대가 제한적이라고 할 때 총요소생산성은 성장의 핵심 요인이 된다. 우리나라의 경우도 비슷한데 다른 나라와 달리 자본집약적 산업인 제조업 중심의 성장이 상당기간 지속됨에 따라 우리나라의 자본스톡 수준은 여타 선진국에 비해서도 높은 것으로 판단되고 있다. 2022년부터 인구가 하락세로 전환되고 있고 이러한 추세가 당분간 지속될 것으로 판단됨에 따라 우리나라에서 총요소생산성의 증가는 특히나 중요하다고 할 수 있다. 총요소생산성은 규제, 부패도, 사회여건 등 제도적 요인, 기술발전을 위한 투자정도, 산업규모, 노동자본비율 등 여러 가지 요인에 의해 결정된다. 인공지능의 발전은 기술혁신을 촉진시켜 총요소생산성을 증대시키고 이를 통해 생산을 증대시키는 효과가 있다.

따라서 본고에서는 AI 산업 발전이 총요소생산성에 미치는 효과를 분석하였다. 다만 가용 데이터의 한계를 감안하여 AI 발전이 시차를 두고 거시경제에 영향을 미치는지 여부를 분석할 때에는 총요소생산성 대신 산업별 GDP

변수를 사용하였다. AI 발전정도가 총요소생산성에 미치는 영향은 다음과 같은 패널회귀모형을 이용하여 추정하였다.

$$\begin{aligned} g_{i,t}^A &= \beta_1 AI_{i,t} + \gamma' X_{i,t} + \alpha_i + \epsilon_{i,t} \\ g_{i,t+1} &= \beta_1 AI_{i,t} + \gamma' X_{i,t} + \alpha_i + \epsilon_{i,t} \end{aligned} \quad (3.2)$$

여기서 $g_{i,t}^A$, $g_{i,t}$ 는 각각 산업별 총요소생산성과 GDP의 성장률, $AI_{i,t}$ 는 인공지능 발전 및 확산도 대응변수, $X_{i,t}$ 는 통제변수 벡터, α_i 는 산업 고정효과이고 $\epsilon_{i,t}$ 는 오차항이다. 분석에서 산업은 농림어업, 제조업, 건설업, 10개 서비스업, 기타 산업 등 14개 산업군으로 구분하였다. 제조업을 중분류로 세분화할 필요가 있으나 인공지능 대응변수의 제약으로 인해 제조업 전체를 하나의 산업으로 구분하였다. 통제변수로는 GDP 대비 R&D 투자 비율과 자본노동비율을 사용하였다. R&D 투자는 총요소생산성 증대를 추동하는 대표적인 변수이며 자본노동비율 역시 대부분의 생산성 결정요인 분석에서 통제하고 있다. 이와 함께 코로나 효과를 제어하기 위한 코로나 더미 변수 등 연도더미변수도 모형에 포함시켰다. 추정결과를 이용할 경우 AI 발전 및 확산 시나리오에 따라 향후 성장에 미칠 효과 추정이 가능하다. 즉, 성장회계 방정식에 따라 총요소생산성 성장률이 1%p 상승할 경우 해당 산업의 성장률도 1%p 상승하게 되므로 인공지능 산업 발전에 따른 경제성장 효과는 다음과 같이 추정될 수 있다.

$$\Delta^{AI} g_t = \sum_{i=1}^n \omega_i \Delta^{AI} g_{i,t} = \sum_{i=1}^n \omega_i \hat{\beta}_1 \Delta AI_{i,t}$$

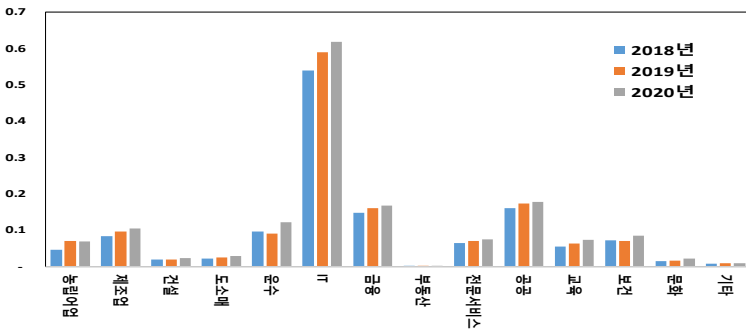
여기서 $\hat{\beta}_1$ 는 식 (3.1)의 β_1 추정치이며 ω_i 는 산업별 GDP 비중이다.

2. 분석자료

인공지능 발전정도는 소프트웨어 정책연구소의 인공지능산업실태조사 자료

를 활용하였다. 인공지능산업실태조사는 기존 산업통계를 통해 정확한 현황 파악이 어려운 AI 산업의 특성을 감안하여 이들 산업의 정확한 현황 파악을 위해 2019년부터 AI 관련 산업체(2021년부터는 기업체)를 대상으로 진행되는 서베이 조사이다. 기술기반 산업의 특성상 SW나 서비스 등 무형물 형태로 거래되기 때문에 이들 산업 형태에 맞는 별도의 조사가 필요하다는 점을 감안하여 별도의 조사를 진행하고 있다. 현재까지 전국 1,365개 기업체를 대상으로 3차에 걸쳐 조사가 진행되었으며 조사항목은 일반현황, 기술·사업 현황, 매출 현황, 인력현황, 투자 및 특허 현황, 애로사항 등 여섯개 영역으로 나누어 진행되고 있다. 조사의 시점이 익년도 중반에 이루어지고 있어 해당년도 전체에 대한 매출액 등 사업현황을 평가할 수 있다.

〈그림2. 산업별 명목 GDP 대비 AI 사업체 매출액 비중, %〉

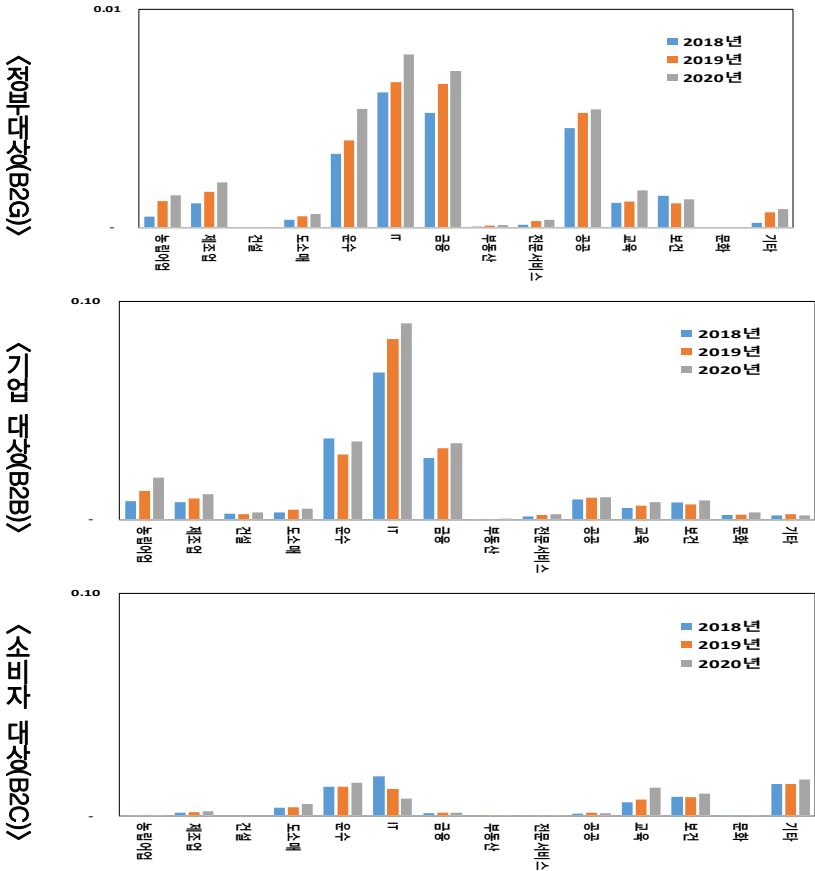


출처: 인공지능산업실태조사 보고서(2020)

본고에서는 개별 기업의 자료를 산업별로 합산한 산업별 자료로 전환하여 사용하였으며 구체적으로 산업별 인공지능 관련 매출액과 특허건수 등 두 가지 변수를 각각 사용하였다. 매출액의 경우 총 매출액, 정부대상 매출액(B2G), 기업대상 매출액(B2B) 및 소비자대상 매출액(B2C) 등 네 가지 변수를 사용하여 영역별 AI 관련 지출이 전체 산업에 미치는 영향의 이질성을 파악하고자 하였다. 특허건수는 출원수와 등록건수 등 두 가지 변수를 사용하였다. 산업별 규모가 크게 상이함을 감안하여 모든 변수는 산업별 명목 GDP 대비 비율

을 사용하였다. <그림 2>는 산업별 명목GDP 대비 AI 관련 사업체의 매출액을 보여주고 있다. 명목 GDP 대비 AI관련 매출액 비중은 IT 분야가 가장 크며 나머지 산업에서도 산업별로 큰 차이가 있는데 서비스업의 경우 금융, 운수, 공공, 전문 과학기술 서비스 산업을 대상으로 한 매출액의 비중이 높다. 제조업은 매출액 비중이 점차 증가하고 있으나 금융이나 공공서비스 부분에 비해서는 AI 비중이 낮은 편이다.

<그림3. 판매 대상별 GDP 대비 AI 사업체의 AI관련 매출액 비중, %>

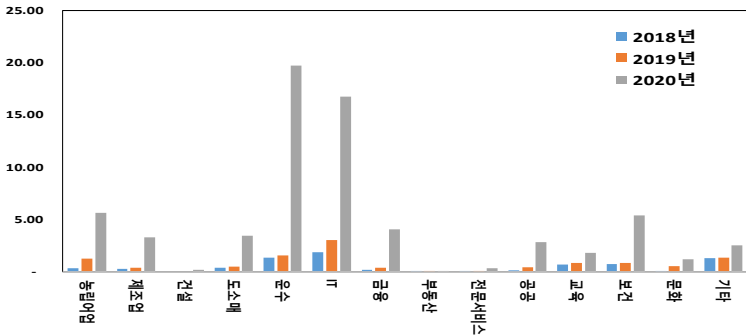


출처: 인공지능산업실태조사 보고서(2020)

<그림 3>은 판매대상별 AI 매출액을 보여주고 있다. AI 업체들의 판매는 정부와 기업을 대상으로 하는 경우가 대부분이며 소비자 대상 판매는 미미한 것을 알 수 있다. 정부와 기업 모두 운수, IT, 금융 부문에 매출이 집중되고 있으며 제조업 분야를 대상으로 한 매출은 상대적으로 작은 규모로 나타나고 있다.

<그림 4>는 산업별 명목 GDP 대비 AI관련 특허 출원 건수를 보여주고 있는데 관련 특허는 운송업과 IT가 중심이 되고 있음을 알 수 있다. 재미있는 사실은 2020년 들어 일부 산업을 제외하고 대부분의 산업에서 AI 관련 특허 건수가 급증하고 있다는 것이다. 다만 부동산 및 전문·과학기술 분야의 특허 건수는 큰 변화가 없는 상황이다.

〈그림4. 산업별 명목 GDP 대비 AI 관련 특허출원 건수, 1조원당〉



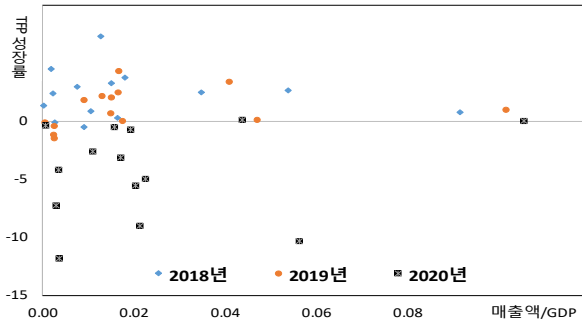
출처: 인공지능산업실태조사 보고서(2020)

종속변수인 중요소생산성 증가율은 한국생산성본부에서 추정한 산업별 중요소생산성(부가가치 기준)을 사용하였고²⁾ 산업별 GDP는 한국은행의 경제할

2) 중요소생산성 추정에는 식 (3.1)에서 나타나듯이 자본스탁을 추계하는 것이 매우 중요하다. 생산성본부의 추정에서 자본스탁은 1997년 국부통계조사를 이용한 기준년접속법 방식으로 간접추계방식을 이용하며 이때 감가상각률은 표학길(2003)을 사용하고 있다. 자세한 내용은 한국생산성본부(2022)에 제시되어 있다.

동별 GDP(불변가격 기준)을 사용하였다. <그림 5>는 총요소생산성 증가율과 총요소생산성 증가율과 명목GDP 대비 AI 사업체의 연간매출액 비율간의 산포도를 보여주고 있는데 둘 간에는 약한 양의 관계가 보이거나 특이치로 인해 관계가 뚜렷하지는 않다.

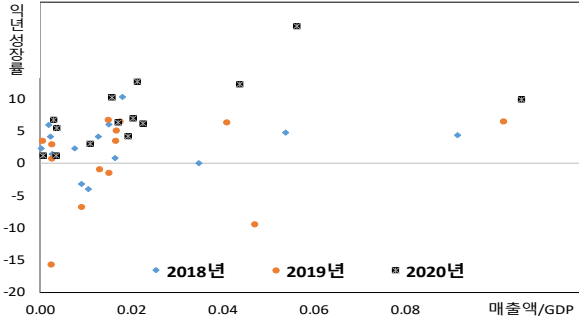
<그림5. 산업별 TFP 성장률(%)과 AI업체 매출액/GDP 비율(%)간 산포도>



출처: 인공지능산업실태조사 보고서(2020)

반면 <그림6>은 총요소생산성 대신 1년 후 실질 GDP 성장률을 이용한 산포도인데 둘 간에는 보다 뚜렷한 양의 관계가 나타나고 있음을 알 수 있다. 재미있는 사실은 연도가 진행될수록 AI 매출액과 성장률간 기울기가 강화되고 가파라지고 있다는 점이다. 즉 동일한 GDP 대비 AI관련 매출액 규모에 상응하는 익년 GDP 성장률이 과거보다 2020년에 들어 더욱 커졌다는 것을 의미하며 다수의 특이치가 있었던 과거와 달리 2020년에는 대부분의 산업에서 선형 연관성이 강한 것으로 나타나고 있다. 또한 X축의 가장 오른쪽에 있는 세 점은 모두 연도별 정보통신산업을 나타내고 있는데 여타 산업에 비해 AI 관련산업의 매출액과 성장과의 관계가 다소 약한 것으로 나타나고 있다.

<그림6. 산업별 익년도 GDP 성장률(%)과 시업체 매출액/GDP 비율(%)간 산포도>



출처: 인공지능산업실태조사 보고서(2020)

본고에서의 분석은 2018년~2020년 기간에 대해 14개 산업에 대해 진행하였으며 추정방법은 고정효과 모형을 이용하였다. 하우스만 검정결과 역시 고정효과 모형을 지지하였다.

IV. 분석결과

1. 종속변수를 총요소생산성으로 사용한 결과

<표1>은 총요소생산성 증가율에 대한 패널회귀모형 추정결과를 보여주고 있다. 추정결과 AI 사업체들의 산업별 총매출액은 당해연도 총요소생산성 증가와 통계적으로 유의적인 연관성이 발견되지 않고 있다. 통제변수의 구성 유무와 상관 없이 모든 모형에서 GDP 대비 총매출액 계수의 통계적 유의성은 없는 것으로 분석되고 있다. 매출액을 해당 산업체들의 AI 관련 매출로 제한하였을 때에도 매출대상과 무관하게 통계적 유의성은 발견되지 않고 있다. 또한 <표2>는 산업별 AI 매출액 대신 산업별 AI 관련 특허 출원건수를 설명변수로 추정한 결과인데 역시 AI 성장이 산업에 미치는 효과가 통계적 유의성이 없는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 두 가지로 해석될 수 있다. 첫째는

실제 AI 관련 매출이 생산성에 미치는 효과가 미미할 가능성이 있다. 특히 우리나라에서는 정부주도로 R&D 지출 등이 활발히 이루어졌으나 정부주도 정책의 효율성 문제 등으로 인해 관련 지출들이 실제 생산성 증가로 이어지지 못한다는 연구가 있어 왔다. AI 관련 산업 역시 정부가 적극적으로 지원하고 있는 산업의 하나로서 효율성 측면에서 문제가 있을 수 있다. 두 번째는 AI의 효과가 시차를 두고 나타날 가능성이 있다. 실제 기업이 AI 관련 시스템이나 서비스를 구입하고 나서 이를 자사의 생산이나 서비스 공정에 적용시키기에는 다소 시차가 발생하며 또한 관련 설비나 서비스 도입 이후 기존 생산과정에 융합되면서 실제 생산성 개선에 이를 만큼 적응하기에도 다소의 시차가 발생하는 것이 일반적이다.

〈표1. 총요소생산성 모형 추정결과 1-1^{1,2)}〉

설명변수	모형 I	모형 II	모형 III
AI 업체 총매출액	70.75** (199.19)	1.17** (151.31)	98.78** (142.50)
자본/노동 비율		0.902*** (0.207)	
자본/GDP 비율			-0.593*** (0.121)
R&D 지출/GDP 비율	1.860** (3.047)	1.424** (2.299)	0.538** (2.190)
2020년 연도더미	-5.678** (1.212)	-2.446** (1.177)	-3.628*** (0.962)
2018년 연도더미	1.522** (1.132)	0.110** (0.932)	1.446* (0.805)
상수항	-2.838** (5.852)	-1.589* (4.429)	-2.805 (4.183)
R ² - 전체	0.659	0.814	0.872
- within	0.041	0.092	0.208
- between	0.155	0.323	0.504
F-test ³⁾	1.20	1.37	1.61

주: 1) () 안은 표준오차

2) *, **, ***은 각각 10%, 5%, 1% 유의수준에서 계수값이 통계적으로 유의함을 의미

3) F-검정은 산업별 고정효과 계수가 모두 0이라는 귀무가설에 대한 검정결과임

<표 1>의 추정치는 해당연도 AI 매출액이 이를 구입한 기업들의 같은 연도 생산성에 영향을 미치는가를 분석한 것으로 실제 AI의 효과를 판단하기에는 AI의 적용속도를 너무 빠르게 가정한 것이라 할 수 있다. 해당 모형의 설정은 데이터의 제약에 기인한 바가 다소 크다. 현재 인공지능실태조사는 2018년~2022년까지 진행되고 있고 산업별 총요소생산성은 2020년까지만 공개되고 있어 당년도 AI 매출이 익년도 총요소생산성에 미치는 효과를 분석한다면 2018년과 2019년 2년간 28개의 자료에 불과하여 강건한 추정을 담보할 수 없다는 한계가 있다. 분석에서 within R2 값이 매우 낮게 측정되고 있는데 이는 분석기간이 3년에 불과하여 시간에 따른 변동의 모형에 대한 기여도가 낮기 때문인 것으로 판단된다.

<표2. 총요소생산성 모형 추정결과 2^{1),2)}>

설명변수	모형 I	모형 II	모형 III
AI관련 특허출원 건수/GDP	-0.664 (1.884)	-0.205 (0.139)	0.470 (1.377)
자본/노동 비율		0.964*** (0.200)	
자본/GDP 비율			-0.596*** (0.123)
R&D 지출/GDP 비율	1.828** (3.041)	1.345* (2.198)	0.533* (2.207)
2020년 연도터미	-5.266*** (1.178)	-1.641 (1.137)	-3.449*** (0.929)
2018년 연도터미	1.403 (1.078)	-0.209 (0.847)	1.275 (0.777)
상수항	-1.268 (3.982)	-1.431 (2.875)	-0.708 (2.871)
R ² - 전체	0.659	0.829	0.830
- within	0.028	0.109	0.228
- between	0.148	0.358	0.624
F-test ³⁾	1.22	1.35	1.62

주: 1) () 안은 표준오차

2) *, **, ***은 각각 10%, 5%, 1% 유의수준에서 계수값이 통계적으로 유의함을 의미

3) F-검정은 산업별 고정효과 계수가 모두 0이라는 귀무가설에 대한 검정결과

한편 여타 통제변수들의 추정결과는 대체로 이론이나 직관에 부합하고 있다. 1인당 자본장비율은 대부분 모형에서 통계적으로 유의한 것으로 분석되었으며 노동력에 대한 설비 등 장비가 확충될수록 생산성이 증가하는 것으로 추정되었다. R&D 지출의 경우 양의 영향을 미치는 것으로 추정되었으나 통계적 유의성이 매우 낮은 것으로 나타났는데 이는 기존 연구들과 유사하다.

2. 시차 성장률 변수를 종속변수로 사용한 결과

<표3>은 당해연도 총요소생산성 대신 익년도 GDP 성장률을 종속변수로 사용한 추정결과를 보여주고 있다. 추정 결과 AI 사업체의 매출액 계수는 모든 모형에서 통계적 유의성이 있으며 AI 관련 매출이 증가할 경우 1년후 해당 산업의 생산이 증가하는 것으로 추정되었다. <표1>의 추정결과와 비교할 때 이는 AI 매출 증가가 당해연도의 성장 및 생산성에는 유의적인 영향을 미치지 않을 수 있으나 1년의 시차를 두고 GDP 성장률에 유의한 긍정적 영향을 미치고 있음을 시사한다. 다만 R&D 지출의 경우 여전히 성장에 유의한 영향을 미치고 있지는 않은 것으로 분석되고 있다.

〈표3. 성장률 모형 추정결과 1-1^{1),2)}〉

설명변수	모형 I	모형 II	모형 III
AI 업체 총매출액	1128.4*** (357.08)	1098.1*** (361.81)	1101.4*** (336.80)
자본/노동 비율		0.395*** (0.494)	
자본/GDP 비율			0.574** (0.286)
R&D 지출/GDP 비율	6.280** (5.451)	6.094** (5.497)	7.565** (5.176)
2020년 연도터미	-3.378** (2.174)	-4.794** (2.815)	1.334 (2.275)
2018년 연도터미	4.813** (2.021)	4.098** (2.229)	4.887** (1.911)
상수항	-31.72*** (10.49)	-31.27* (410.59)	-31.75 (9.886)

R ² - 전체	0.526	0.539	0.597
- within	0.139	0.137	0.092
- between	0.057	0.058	0.045
F-test ³⁾	1.44	1.47	1.93

주: 1) () 안은 표준오차

2) *, **, ***은 각각 10%, 5%, 1% 유의수준에서 계수값이 통계적으로 유의함을 의미

3) F-검정은 산업별 고정효과 계수가 모두 0이라는 귀무가설에 대한 검정결과임

한편 AI 관련 매출을 정부, 민간기업, 소비자로 나누어 분석한 결과 정부지출의 성장 개선 효과가 가장 큰 반면 소비자 대상 매출의 경우 성장에 유의적인 영향이 없는 것으로 평가되어 구입대상 별로 성장에 미치는 효과가 상이한 것으로 나타났다. 특히 민간기업 매출과 비교할 때에도 정부 매출액의 효과가 10배 이상 큰 것으로 추정되었다. 정부의 AI 관련 매출의 경우 정부 자체의 사용 용도로 쓰이기 보다는 정부의 AI 관련 혁신 정책의 일환으로 쓰이는 것이 대부분이다. 따라서 추정결과는 2018-2020년 기간 정부의 적극적인 AI 확산 노력이 어느정도 실질적인 효과를 보였을 가능성을 시사한다.

〈표4. 성장을 모형 추정결과 1-2^{1),2)}〉

설명변수	모형 I	모형 II	모형 III
AI 업체 AI관련 B2G 매출액	8220.9*** (2361.1)	8048.6*** (2493.8)	8116.6*** (2201.1)
자본/노동 비율		0.132*** (0.500)	
자본/GDP 비율			0.583** (0.274)
R&D 지출/GDP 비율	5.473** (5.290)	5.425** (5.399)	6.798** (4.971)
2020년 연도터미	3.867** (2.016)	4.371* (2.801)	1.783 (2.111)
2018년 연도터미	5.706** (2.042)	5.425** (2.348)	5.793** (1.904)
상수항	-23.66** (8.341)	-23.36** (8.590)	-24.09*** (7.784)
R ² - 전체	0.554	0.556	0.597
- within	0.137	0.133	0.092

- between	0.071	0.071	0.045
F-test ³⁾	1.47	1.41	1.93

주: 1) () 안은 표준오차

2) *, **, ***은 각각 10%, 5%, 1% 유의수준에서 계수값이 통계적으로 유의함을 의미

3) F-검정은 산업별 고정효과 계수가 모두 0이라는 귀무가설에 대한 검정결과임

일례로 AI 바우처 제도는 민간기업이 AI 관련 설비나 서비스를 구입할 경우 이를 정부가 보조해 주는 제도이며 이를 통해 새롭게 AI 설비를 도입하려는 기업에 인센티브를 제공해 준다. 본고의 추정결과는 AI 설비를 이미 이용하고 있는 기업에 비해 정부의 인센티브를 통해 AI를 생산 및 서비스 공정에 도입한 기업들의 생산성 증대 효과가 뛰어날 가능성이 있음을 의미한다. 추정결과로 판단할 경우 AI 업체들의 대정부 매출이 10% 증가하는 정도로 산업이 발달할 경우 GDP 성장률을 0.8%p 상승시키는 효과가 발생할 수 있는 것으로 평가되고 있다.³⁾

〈표5. 성장률 모형 추정결과 2^{1),2)}〉

설명변수	모형 I	모형 II	모형 III
AI관련 특허출원 건수/GDP	0.831** (0.364)	0.785** (0.377)	0.736** (0.359)
자본/노동 비율		0.317 (0.545)	
자본/GDP 비율			0.498 (0.323)
R&D 지출/GDP 비율	6.391** (5.881)	6.228* (5.970)	7.481* (5.762)
2020년 연도더미	4.460** (2.279)	5.632* (3.090)	2.939 (2.426)
2018년 연도더미	2.856 (2.085)	2.323 (2.338)	2.964 (2.023)
상수항	-8.020 (7.702)	-8.074 (7.811)	-8.487 (7.496)
R ² - 전체	0.449	0.457	0.500

3) 대민간 및 대 소비자 매출액 추정결과는 분량 제약상 본고에 제시하지는 않았다.

- within	0.015	0.017	0.027
- between	0.002	0.003	0.001
F-test ³⁾	0.75	0.75	0.95

주: 1) () 안은 표준오차

2) *, **, ***은 각각 10%, 5%, 1% 유의수준에서 계수값이 통계적으로 유의함을 의미

3) F-검정은 산업별 고정효과 계수가 모두 0이라는 귀무가설에 대한 검정결과임

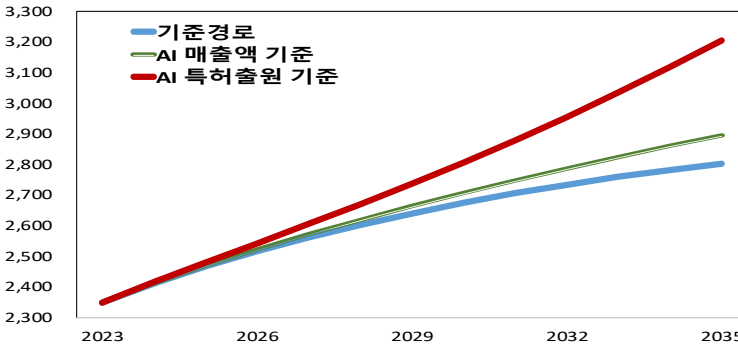
<표 5>는 AI 관련 매출액 대신 AI 관련 특허출원 건수를 설명변수로 하여 추정한 결과이다. 추정결과를 보면 특허 출원 건수를 이용하여 분석한 결과 역시 GDP 성장률에 통계적으로 유의한 긍정적 효과를 보이는 것으로 나타났다. 특허 출원 건수가 10% 늘어날 경우 GDP 성장률은 0.8%p 내외 상승하는 효과가 나는 것으로 추정되어 매출액을 기준으로 추정한 결과와 유사하다고 볼 수 있다.

3. 인공지능 확산이 향후 GDP 규모에 미칠 영향

4차 산업혁명 및 AI와 관련하여 거시경제학적으로 가장 큰 관심 중 하나는 해당 기술혁명으로 향후 얼마나 성장률이 변화할 것인가이다. 이를 고려하여 본절에서는 앞서의 추정결과를 토대로 인공지능 산업 확산으로 우리나라 GDP의 성장 경로가 어떻게 바뀔지를 추정해 보았다. 구체적으로 2018~2020년의 산업별 AI 매출액 추세 및 특허출원 추세가 2035년까지 지속된다고 가정할 때 GDP 경로의 변화를 추정하였다. 기준 경로는 OECD의 장기 GDP 전망치를 사용하였고 총요소생산성 추정결과와 경우 통계적 유의성이 없어 시차 GDP 성장률 추정결과를 사용하였다. 분석결과는 <그림 7>에 나타나 있다. 분석결과 현재의 추세가 유지될 경우 2035년 GDP는 매출액 기준으로 3%, 특허 출원 기준으로 14%가 증가하는 것으로 나타났다. 매출액 기준과 특허 출원 기준간 차이가 크게 발생하는 이유는 2020년 특허출원이 상당히 큰 폭으로 성장하였기 때문인 것으로 나타났다. 매출액 추정결과에 근거해서 본다면 AI 관련 매출액이 성장에 유의한 영향을 보이고는 있지만 그 규모는 크지 않은 것으로 보인다. 이는 아직 우리 경제에서 AI에 따른 기술혁신의 성과가 현재까지는 생각보다 높지 않을 가능성이 있다. Krishnan et al. (2018)의 추정결과에도 AI 확산이 성장에 미치는 효과가 지속적으로 증가하여 시간이 지날수

록 성장에 미치는 효과가 배가된다고 평가한 바 있다. 또 한가지는 현재의 AI 산업 성장속도가 아직은 낮을 가능성이다.

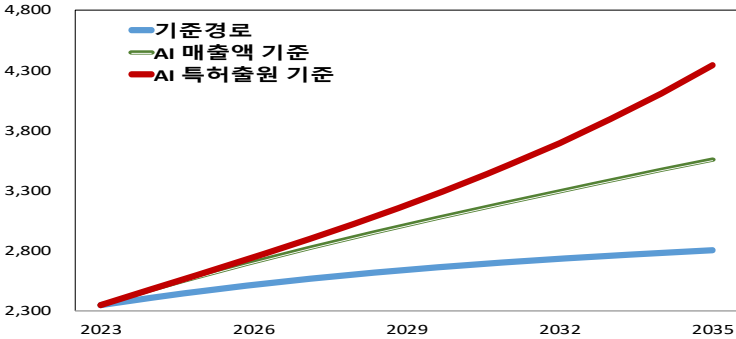
〈그림7. 인공지능 산업 확산에 따른 GDP 경로 추정결과 1〉



- 주: 1) AI 매출액 기준은 <표 4-5>, AI 특허출원수는 <표 4-7>의 결과를 이용
- 2) 기준전망은 2023년 OECD Economic Outlook의 장기 GDP 전망경로를 사용
- 3) 명목GDP 대비 매출액과 특허출원수 증가폭이 각각 2019년과 2020년 평균을 가정

이를 감안하여 <그림8>에서는 만약 적극적인 AI 확산 노력으로 성장 추세가 두 배 빨라질 경우의 결과를 보여주고 있다. 이 경우 2035년 GDP는 매출액 기준 27%, 특허 출원 기준 55%로 크게 증가할 것으로 전망되었다.

〈그림8. 인공지능 산업 확산에 따른 GDP 경로 추정결과 2〉



- 주: 1) AI 매출액 기준은 <표 4-5>, AI 특허출원수는 <표 4-7>의 결과를 이용
- 2) 기준전망은 2023년 OECD Economic Outlook의 장기 GDP 전망경로를 사용
- 3) 명목GDP 대비 매출액과 특허출원수 증가폭이 각각 2019년과 2020년 평균의 두배로 빨라진다고 가정

V. 맺음말

본고에서는 2018년~2020년의 인공지능산업실태조사 결과를 토대로 인공지능 확산이 우리 경제에 미칠 영향을 분석하였다. 분석 결과 시차를 두고 경제 성장에 긍정적으로 기여할 것으로 전망되었다. 추정결과를 기준으로 판단할 때 현재의 인공지능 성장 및 확산추세가 이어질 경우 2035년 기준 GDP를 최대 14%까지 증가시키는 효과가 있는 것으로 평가된다. 반면 당해연도의 총요소생산성에 미치는 영향에 대해서는 통계적 유의성이 관찰되지 않았다.

특히 대정부 AI 매출 증가의 효과가 크다는 추정결과와 산포도에서 보듯이 비 정보통신분야에서 AI와 성장과의 연관성이 크다는 점은 정책적인 시사점도 크다고 할 수 있다. AI와 관련한 정부의 정책은 크게 AI 산업을 성장시키는 것과 AI 발전의 성과를 여타 산업을 확산시키는 것으로 구분될 수 있다. AI 산업 성장정책으로는 R&D 예산이나 규제 샌드박스 등을 통해 관련 산업의 비즈니스 여건을 개선하는 방식이 있다. 그러나 궁극적으로 산업의 발전은

수요가 창출될 때에만 지속적으로 이루어질 수 있다. 이러한 점에서 AI 발전을 여타 산업으로 확산시키는 정책은 후자의 정책임과 동시에 전자를 위한 가장 근본적인 정책이 된다고 할 수 있다. 따라서 정부가 현재의 AI 투자 바우처 정책을 확대하고 산업에서의 AI 도입시 세제혜택 등 경제적 유인을 강화시킬 경우 AI 산업의 발전 및 그로 인한 경제성장 개선 효과는 더욱 커질 수 있으리라 평가된다.

본고의 분석은 AI를 포함한 4차산업혁명의 발전이 우리나라 경제성장에 미치는 효과를 거시적으로 분석한 최초의 시도라는데 의의가 있다. 다만 국내에서 AI의 효과와 관련된 실증연구가 부재하고 아직 충분한 데이터가 축적되지 않아 여전히 분석결과의 강건성 측면에서는 추후 개선의 여지가 있다. 대표적 설명변수인 AI 관련 매출액이나 특허건수 등에 있어 내생성을 제거할 수 있도록 충분한 통제변수가 확보되었는지 또는 도구변수의 필요성 등에 대해서는 지속적인 평가가 필요하다. 이와 관련하여 기존 해외 연구나 데이터 특성 등에 비추어 본 연구는 산업 중분류 수준에서 이루어지는 것이 가장 적절하나 현재 인공지능산업실태조사에서는 제조업 부문이 중분류로 구분되어 있지 않아 서비스업 중심으로 진행될 수밖에 없는 제약이 존재한다. 이로 인해 총요소생산성과 인공지능 서베이 데이터를 공히 얻을 수 있는 기간이 2018년~2020년에 불과하여 총 42개의 표본으로 분석을 진행함에 따라 대수의 법칙에 따른 추정의 정확성은 담보가 어려운 상황이다. 더구나 추정기간에 위기 수준의 경제충격이 발생하였던 코로나 팬데믹 기간이 포함되어 있어 연도별 터미를 사용하여 평균 성장률의 하락은 조정하였다 하더라도 경제행태의 변화에 따른 계수의 변동 가능성은 여전히 존재한다.

추후 보다 정교한 효과 추정을 위해 다음과 같은 부분이 진행되어야 할 필요가 있다. 연도별 서베이 결과가 나올 때마다 추정결과를 지속적으로 업데이트하여 경제적 효과에 대한 강건성 강화 및 구조변동 가능성 점검이 필요하다. 추후 서베이에서는 제조업 분야의 산업구분을 좀 더 세분화할 필요가 있다. 특히 우리나라의 경우 다른 선진국들에 비해 제조업의 비중이 크게 높다는 점과 이에 따라 제조업 분야의 인공지능 확산효과에 대한 엄밀한 평가가 중요함을 감안할 때 제조업 서베이 세분화는 중요하다고 판단된다. 단순히 성

장뿐만 아니라, 투자, 소비, 노동 등 거시경제 전반에 걸쳐 인공지능 확산의 효과를 평가하는 것이 중요하며 이를 위해서는 거시구조모형을 통해 분석하는 것이 바람직하다. Romer(1990), Jones and Williams(1998) 등 동태일반균형 성장모형에서 내생적 성장을 고려한 모형의 개발은 활발히 이루어져 왔으며 국제기구나 해외 경제에 대한 분석에 많이 활용되고 있다(Comite and Kancs, 2015; Ang and Madsen, 2011) . 국내에서도 R&D 효과 추정을 중심으로 일반균형 모형이 주로 개발된 바 있다(이동진·심명규, 2022). 내생 또는 준내생 성장경로를 반영한 동태적 일반균형 모형을 인공지능 확산에 적용시켜 개발함으로써 거시경제 전반에 대한 보다 종합적인 효과분석이 가능할 것으로 전망된다.

참고문헌

- 과학기술정보통신부, 정보통신산업진흥원, 소프트웨어정책연구소&지능정보산업 협회. (2020). 2020 인공지능산업실태조사.
- 이동진. (2023a). 경제위기와 불균형위기 극복의 경제, 한홍렬外 著 10대 지표로 보는 오늘의 한국경제, 코리아컨센서스 연구원.
- 이동진. (2023b). 경제위기와 전후 산업과 노동의 불균형 변화와 미래 전략, 분석과 대안 제6권제2호
- 이동진&심명규. (2022). 정부 R&D 지출 효과 분석을 위한 동태일반균형 (DSGE) 모형 개발, 국제경제연구 제28권제2호.
- 이상엽&이동규. (2020). 인공지능(AI)의 경제적 영향과 향후 정책방향에 대한 시사점 : 조세 및 사회보장제도를 중심으로, 조세연구 제20권제3호.
- 주상영&현준석. (2020). 인구구조 변화가 성장잠재력에 미치는 영향, 분석과 대안 제4권제2호.
- 표학길. (2003). 한국의 산업별·자산별 자본스톡추계(1953-2000), 한국경제의 분석 제9권제1호.
- 한국생산성본부. (2022). 2022 중요소생산성 국제비교.
- Ang, J.B., Madsen, J.B. (2011). “Can Second-Generation Endogenous Growth Models Explain the Productivity Trends and Knowledge Production in the Asian Miracle Economies?”. *Review of Economics and Statistics* 93.
- Brea, E., (2021). “An empirical exploration of the role of artificial intelligence in enhancing innovation performance in organizations”. In *Proceedings of the 18th International Schumpeter Society Conference*. International Joseph A. Schumpeter Society, Italy.
- Bughin, J., Seong, J., Manyika, J., Chui, M., and R. Joshi, (2018). “Modeling the Impact of AI on the World Economy”. *McKinsey Global Institute Discussion Paper*.
- Chen, N., Christensen, L., Gallagher, K., Mate, R., & Rafert, G.B. (2016). “Global Economic Impacts Associated with Artificial Intelligence”. *Analysis Group Working Paper*.
- Chowdhury, S., Budhwar, P., Dey, P. K. , Joel-Edgar, S. , and A. Abadie

- (2022). “AI-employee collaboration and business performance: Integrating knowledge-based view, socio-technical systems and organisational socialisation framework”. *Journal of Business Research* 144.
- Cockburn, I.M., Rebecca H., and S. Stern (2018). “The Impact of Artificial Intelligence on Innovation : An Exploratory Analysis”. *NBER Chapters. i n : The Economics of Artificial Intelligence : An Agenda*.
- Comite, F.D., Kancs, d’A. (2015). “Macro-Economic Models for R&D and Innovation Policies”. *IPTS Working Paper* 03/2015.
- Krishnan, M., Mischke, J., and Remes, J. (2018). “Is the Solow Paradox Back?”. *McKinsey Quarterly*.
- Jones, C.J. and J.C. Williams (1998). “Measuring the social return to R&D”. *Quarterly Journal of Economics* 113.
- Jones, C.J. and J.C. Williams (2000). “Too Much Of A Good Thing? The Economics Of Investment In R&D”. *Journal of Economic Growth* 5.
- Mikalef, P., and Gupta, M. (2020). “Artificial Intelligence Capability: Conceptualization, measurement calibration, and empirical study on its impact on organizational creativity and firm performance”. *Information & Management* 58(3).
- OECD (2016). “Automation and Independent Work in a Digital Economy”. *Policy Brief on The Future of Work*, OECD Publishing, Paris.
- OECD (2023). *World Economic Outlook*, OECD Publishing, Paris.
- Pricewaterhouse Coopers, (2018). *The Macroeconomic Impact of Artificial Intelligence*.
- Purdy, M., and P. Daugherty (2017). “How AI Boosts Industry Profits and Innovation?”. *Accenture AI research paper*.
- Romer, Paul (1990). “Endogenous Technological Change”. *Journal of Political Economy* 98(5).
- Roy, V.V. , & D. Vertesy (2021). “The impact of artificial intelligence on labor productivity ”. *Eurasian Business Review* 11.

이동진

Manuscript: Jan 17, 2024; Review completed: Feb 01, 2024; Accepted: Feb 16, 2024