



수도권과 비수도권 로봇산업의 경제적 파급효과 분석

: 스마트 전문화의 관점에서^{*,**}

An Analysis of the Economic Impacts of Robot Industry in the Seoul Metropolitan and the Non-Metropolitan Areas

: From the Perspective of Smart Specialization

김한길*** · 이영성****

Kim, Han-Gil · Lee, Young-Sung

Abstract

Recently, South Korea has been facing problems regarding weakening competitiveness of manufacturing industries, and many manufacturing-based cities are declining. Hence, there is an urgent need for industrial strategies to enhance productivity and efficiency through digitalization of manufacturing using robots. Therefore, we have identified the distribution characteristics for each area of South Korea's robot industry and their effects on related industries. Furthermore, the linkage effects between related industries centered on robots is analyzed as a network. The results of the analysis show that Seoul metropolitan city is focused on the development and production of key technologies determining the added values of robots, such as artificial intelligence and software, whereas non-metropolitan areas show concentrations in the production of hardware, such as components and finished goods for robots. Accordingly, non-capital areas are actively engaged in various manufacturing transactions, which are form the primary industries of the region. Moreover, these have higher production-induced effects than Seoul. The robot industry is thus showing signs of development that are distinctly different between regions. Hence, it is necessary to establish a strategy for smart specialization for customized robot industries based on their regional characteristics.

주제어 로봇산업, 4차산업혁명, 산업연관분석, 지역 간 산업 연관모형, 스마트 전문화

Keywords Robot Industry, Industry 4.0, Input-Output Analysis, Inter-Regional Input-Output Model, Smart Specialization

1. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

한국은 수도권으로의 산업과 경제의 집중이 점차 심화되고 있

다. 인구, 일자리, 대기업, 지역 총생산액 등의 절반 이상이 수도권에 밀집해 있다. 특히 4차산업혁명 시대 신산업 기반이 되는 지식기반서비스업의 경우 87%가 수도권에 집중되어 있다(이용호, 2019). 세계적인 구조적 저성장시대의 정착과 4차산업혁명에 따른 한국 산업 구조의 대대적인 변화가 수도권을 중심으로 이뤄지고 있다.

* 이 논문은 대한국토·도시계획학회 2019 추계산학술대회에서 발표한 바 있으며, 김한길의 석사학위논문을 수정·보완하여 작성하였음.

** 이 논문은 서울대 환경계획연구소의 지원을 받았습니다.

*** Master's degree, Department of Environmental Planning, Graduate School of Environmental Studies, Seoul National University (First Author: hangil0209@gmail.com)

**** Professor, Department of Environmental Planning, Graduate School of Environmental Studies, Seoul National University (Corresponding Author: yl123@snu.ac.kr)

반면, 비수도권은 세계적 산업 변화 흐름에 유연히 대응하지 못하고 전통적 기반 산업인 제조업의 경쟁력 정체와 함께 지속적인 쇠퇴에 이르고 있다. 지역별 성장, 쇠퇴의 양극화가 심화되는 추세는 세계 각국에서 공통적으로 발견되는 현상이다. 이에 따라 EU(2012)는 각 지역의 잠재력을 기반으로 한 지역별 혁신을 위한 산업 전략인 ‘스마트 전문화(Smart Specialization)’ 개념을 제시하였다. 지역별 차이에 대한 고려 없이 중앙정부 주도의 획일적인 하향식 지역 산업정책을 펼치며 지역 간 격차가 심화되고 있는 한국에서도 스마트 전문화 관점에서의 새로운 접근이 필요한 상황이다.

한편, 최근의 산업 혁신은 대개 4차산업혁명 기반 신기술의 발명과 이를 기존 산업에 융합하는 과정에서 발생한다(산업연구원, 2017). 이때 가상세계의 신기술과 현실의 기존 산업 현장 간의 융합을 실현하는 것이 로봇산업이다(문상미·진진우, 2018; 산업통상자원부, 2019). 로봇산업은 막연하고 추상적인 개념이 아닌 기존 산업의 생산성, 효율성을 증가시켜 산업 혁신을 유도하는 주체이다. 또한 로봇산업은 제조업, 서비스업, 연구개발업 등 다양한 산업 전반과 밀접히 연관되어 지역 경제로의 실질적 파급효과가 높은 산업이다. 이에 따라 최근 로봇산업을 활용해 지역 산업의 혁신을 유도하는 전략 수립에 대한 관심이 집중되고 있으나 지역별 특성을 고려해 이와 연계하는 로봇산업의 전략적 육성이 이뤄지지 않아 실질적인 지역과 로봇산업의 동반 성장 효과는 미흡한 상황이다.

본 연구의 목적은 스마트 전문화 관점에서 로봇산업을 통한 지역별 산업 혁신 잠재력을 예측하는 것이다. 산업적 특성이 확연히 차이 나는 수도권과 비수도권으로 나누어 국내 로봇산업의 지역별 특성과 로봇산업에 의한 지역의 실질적 변화를 포착한다. 궁극적으로 로봇산업을 통한 수도권·비수도권 각각의 효율적인 로봇산업 육성 전략을 제안함으로써 국가 전역의 산업 혁신을 유도하고 지역균형발전을 달성하는 지역 산업정책을 위한 시사점을 도출하고자 한다.

2. 연구의 범위 및 방법

본 연구의 공간적 범위는 전국을 대상으로 하며 특히 서울, 인천, 경기도를 포함한 수도권과 나머지 비수도권을 나누어 비교 분석하는 데 초점을 맞춘다. 내용적 범위는 로봇산업의 다양한 파급효과가 미치는 제조업, 서비스업 등 전체 산업 영역을 대상으로 하며 특히 직접적으로 밀접하게 연관되는 제조업과 연구 개발 등의 지식서비스업 및 고차 서비스업에 주목한다.

본 연구는 지역 산업 특성에 따라 다르게 나타나는 지역별 로봇산업 생태계 특성과 연관 산업으로의 경제적 파급효과를 비교 분석한다. 이를 위해 국내 로봇산업 자료를 구축하고 로봇산업 내 다양한 구성 분야별 입지 분포 특성을 파악하였다. 이와 함께 지

역 단위에서의 산업 간 연관 관계와 파급효과를 도출하는 지역산업연관분석을 통해 로봇산업을 통한 지역의 실질적 경제적 효과를 파악하였다.

연구는 총 5장으로 진행된다. 이어지는 2장은 로봇산업의 고유한 특성 및 공간적으로 다양하게 나타나는 파급효과를 이해하며 이를 바라보는 스마트 전문화의 관점에 대해 고찰한다. 3장에서는 본격적 분석에 앞서 수도권과 비수도권 간 산업 구조의 차이와 이에 따른 로봇산업 생태계의 차이를 비교 분석한다. 4장은 공간적으로 구분된 로봇산업 생태계에 따라 지역별로 다르게 나타나는 경제적 파급효과에 대한 심화 분석을 수행하며 최종적으로 네트워크의 형태로써 결과를 도출한다. 마지막 5장에서 분석 결과를 종합하여 연구 결론을 도출하고 정책적인 시사점을 제안한다.

II. 스마트 전문화 정책 및 국내 로봇산업의 지역별 생태계에 대한 선행연구 고찰

1. 지역별 산업 혁신을 위한 스마트 전문화

‘스마트 전문화’의 핵심 개념은 지역별 다른 생산 자원, 기존 기반 산업에 의한 기술 및 지식 역량 등을 고려해 타 지역 대비 강점을 가진 분야를 선정하고 집중 투자함으로써 혁신을 이끌어내고 전문화하는 것이다(Foray et al., 2009; EU, 2012; OECD, 2013). 특히 최근에는 지속적으로 쇠퇴하고 있는 지역의 산업 재생을 위한 장소 기반 산업정책으로서 더욱 주목받고 있다(Foray, 2015). 지역마다 상위 분야가 다르고 장소의 특수성이 다르기 때문에 공간적인 맥락을 고려하여 산업 전략을 수립하는 것이 중요하다. 지역마다 가용할 수 있는 자원은 한정되기 때문에 혁신 잠재력이 가장 높은 특정 산업에 효율적으로 역량을 결집해 지역별 우월성 확보를 유도해 궁극적으로 지역 균형 발전을 도모하는 것이다.

EU는 스마트 전문화를 정책적으로 실현하기 위해 RIS3 (Research and Innovation Strategy for Smart Specialisation)를 수립하였다. 이는 EU 차원의 통합적인 정책 프로세스에 따라 지역 스스로 전략을 수립하도록 하기 위해 단계별 검토와 승인 과정을 거치도록 하는 것이다. 지역 RIS3 수립 과정은 1단계 지역 특성·잠재력 분석, 2단계 거버넌스 구축, 3단계 미래 비전 설정, 4단계 우선순위 설정, 5단계 정책·로드맵·실행계획 수립, 6단계 모니터링·평가 등으로 구체화된다(EU, 2012). RIS3 프로세스를 통해 지역 주도의 혁신 정책 기획과 운영 과정이 개선되고 지역 역량 강화를 통해 장기적인 발전 여건이 조성되었다. 이와 같은 유럽의 경험은 중앙정부 등 공급 주체 주도에서 지역의 실제 수요 주체로의 정책 수립의 패러다임 전환을 의미한다(허동숙, 2020).

우리나라 역시 국가적으로 비수도권 지역의 산업 혁신을 위한 사업을 지속적으로 펼쳐왔다. 하지만 정부 주도의 하향식 사업이 주를 이루며 지방 지역에서 R&D 투자의 절대적 규모는 증가하였

지만, 지역 기업의 혁신 역량 강화 및 고급일자리 확대 등 실질적 성과는 명확히 드러나지 않고 있다. 혁신을 위한 투자의 양적 확대에도 불구하고 지역별 구분되는 특성을 고려한 전략적이고 차별화된 집중 투자가 이뤄지지 못했기 때문에 평가된다(이정협, 2011; 남기범, 2016; 이우호, 2019). 최근 산업통상자원부는 총 6년간 국비 6,720억 원을 투입하는 '스마트 특성화 기반구축사업'을 통해 지역의 혁신 역량 강화를 지원하고 있다. 하지만 지역 특성 및 기초 역량에 대한 체계적인 조사가 이뤄지지 못해 지역별 특성화 부문 선정에 한계가 있다는 지적이 있다(동진우·정혜진, 2020; 허동숙, 2020).

2. 로봇산업 현황 및 전망

로봇산업은 차별화된 방향으로 혁신을 달성하는 스마트 전문화 전략에서 핵심적인 역할을 수행하기에 가장 적합한 산업 분야이다. 로봇산업은 그 자체로서 로봇 제조, 로봇 부품 및 관련 소재, 로봇 응용을 위한 서비스 및 네트워크, 콘텐츠 등 다양한 산업을 포함한다. 또한 제조업, 서비스업, SW 등 매우 다양한 산업 영역 전반과 전후방으로 연계되어 부가가치를 창출한다. 특히 최근에는 정보통신기술(ICT) 산업과의 융합이 활발히 이뤄지는데, 로봇의 AI(인공지능) 및 SW, 센서 처리 기술, 빅데이터 등은 스스로 상황을 판단하고 인간과 실시간 소통이 가능한 지능형 로봇을 위한 핵심 기술이다. 결과적으로 로봇의 활용 범위는 산업 전방위적으로 넓어지며 세계적으로 로봇산업 시장은 급격히 성장하고 있다(IFR, 2018).

이때, 로봇의 부가가치를 결정하는 핵심 기술은 AI 및 SW 분야만이 아니다. 로봇은 가상세계에서만 머무는 기술이 아닌 실제 현장에서 구동되는 정밀기계인 만큼 핵심 부품들의 경우 제조를 위해 복잡하고 정밀한 생산 기술을 필요로 한다. 이 때문에 로봇용 핵심 부품들의 경우 로봇 완성품 원가의 절반가량인 46%를 차지하고 있다(관계부처 합동, 2014). 현재 로봇 완성품 및 핵심 부품 제조 시장은 정밀기계산업 기반이 강한 일본과 유럽 등의 기업들이 주도하고 있다. 주요 기업들은 매우 높은 수익성과 시장 장악력을 보이는데 그 근간은 핵심 부품을 독자적으로 자체 생산하는 능력이다.

한국의 로봇 집약도(제조업 인구 1만 명당 로봇 대수)는 세계 1위이다(IFR, 2018). 전통적으로 제조업 기반의 산업 구조를 갖는 만큼 로봇산업 시장이 제조업의 공정에 도입되는 산업용 로봇을 중심으로 형성되어 있고, 지속적으로 성장하고 있다. 하지만 핵심 부품 및 SW의 해외 의존도가 높아 최근 국내외 높은 로봇 수요에도 불구하고 로봇의 국내 공급 및 해외 수출 이익의 효과를 온전히 누리지 못하고 있다. 특히 모터, 감속기, 제어기 등 핵심 부품의 제조 기술력이 일본, 독일 등에 비해 매우 부족해 로봇 부품 국산화율이 41%에 불과하다(최동용, 2017; 산업통상자원부, 2019). 세계적인 로봇의 지능화 추세에 따라 AI 및 SW 개발과 함께 핵심 HW

부품 제조를 위한 원천기술 확보 또한 국내 로봇산업 생태계의 내실을 다지고 로봇 고부가가치화를 달성하기 위한 필수 전략이다.

3. 로봇산업의 입지 특성 및 연관 산업으로의 파급효과

1) 로봇산업 입지 특성

로봇산업에 관한 기존의 많은 연구들은 기술의 발전과 로봇 활용의 증가가 국가 경제에 미치는 영향을 파악하고 미래를 전망하는 방향으로 이뤄졌다. 하지만 이러한 연구들은 거시적인 측면에서의 경제 성장에 초점을 맞추는 경향이 있어 지역적인 스케일에서의 실질적인 변화를 포착하지 못하였다. 이에 따라 로봇산업의 입지 분포 특성을 파악하고 입지한 지역의 산업 구조에 실제로 어떤 영향을 미치는지에 관한 연구의 필요성이 대두되고 있다.

Leigh and Kraft(2018)는 미국의 산업용 로봇산업의 입지 분포 특성 및 지역 산업 구조와의 연관성을 분석하였다. 우선 제조용 로봇산업을 로봇의 기술·부품을 개발 및 생산하는 공급업체와 공급업체로부터 기술·부품을 받아 실제 제조 공정에서 로봇 시스템을 구현하는 완성업체로 구분하였다. 구분된 두 업체별로 명확한 입지 분포의 차이가 발견되었다. 먼저, 공급업체는 과학·정보·전문 기술 서비스 산업의 중심지인 보스턴, 실리콘밸리, 뉴욕 등의 지역에 입지하는 경향을 보였다. 반면, 완성업체는 미국의 전통적인 제조업 허브인 리스틀벨트의 디트로이트, 시카고, 클리블랜드 등 지역에 입지하였다. 즉, 로봇산업은 지역별로 차별화된 기반 산업에 대응하는 형태로 입지한다는 것을 나타낸다. 이에 따라 지역별로 맞춤형 로봇산업 육성 전략이 필요하다는 시사점을 얻을 수 있다.

국내에서는 로봇산업의 입지 특성에 관한 연구는 아직까지 활발히 이뤄지지 않았는데, 최근 로봇산업을 포함하는 미래 신산업들의 전반적인 입지 경향에 관한 연구는 진행되었다. 국토연구원(2017)은 4차산업혁명과 관련한 신산업의 입지 특성을 파악해 이에 따르는 입지 전략을 도출하였다. 신산업은 전반적으로 교통여건, 토지 특성 등의 과거 전통적인 주요 산업 입지 요인에 대한 의존도는 줄어드는 경향을 보였다. 이와 함께 새로운 고차 기술을 보유한 고급 인력이 집적한 도시 내에서의 산업 입지가 증가하는 것으로 나타났다. 이에 따라 대부분의 국내 신산업 입지는 압도적으로 높은 비중으로 수도권에서 이뤄졌는데, 로봇산업만이 대전과 부산, 울산 등의 지역에도 집적하는 경향을 확인하였다. 로봇산업의 특성상 제조업 등 다양한 전후방 산업과의 연계가 활발하기 때문에 예외적으로 비수도권 지역에서도 집적하는 것으로 해석할 수 있다.

2) 로봇산업의 파급효과

기존 주력 산업의 혁신을 이끌어내고, 새로운 산업 영역을 형성해내는 연결고리의 역할을 수행하는 산업으로써 로봇산업이

크게 주목받고 있다. 로봇산업은 다양한 전후방 산업 으로의 파급효과가 큰 첨단기술의 복합체이다. 1차적으로 로봇산업 자체의 성장과 더불어 로봇 생산에 중간재로 투입되는 후방 산업들을 위한 새로운 수요를 만들어낸다. 이에 더 나아가 2차적으로는 로봇산업의 활용을 통해 전방산업을 고도화하고 고부가가치화함으로써 추가적인 생산 증가와 성장을 유도한다. 이때 로봇산업의 주요 산업은 제조업뿐만 아니라 국방, 의료, 농림어업, 서비스업 등 전체 산업을 포괄한다. 즉, 로봇산업을 통한 전방산업의 고부가가치화는 곧 국가 전체 산업 구조의 고부가가치화로 이어질 수 있다.

산업연구원(2012)은 산업연관분석을 통해 로봇산업의 전후방 연관 산업을 파악하고 파급효과를 분석하였다. 연구에 따르면 산업용 로봇의 주요 전방산업은 자동차, 정밀기계, 바이오 등이고, 후방산업은 전자부품, 금형사출업, SW산업, ICT산업 등이었다. 전방산업에서의 로봇에 대한 투자 수요는 꾸준히 증가할 것으로 예측하였는데, 현재 한국에서는 로봇산업이 산업 전반이 아닌 특정 분야로만 한정적으로만 활용되고 있는 것으로 나타났다. 아직까지 산업 생태계가 '도입 및 성장기'에 위치해 있기 때문에 정부와 민간의 지속적인 투자를 통해 산업 전반에서의 로봇 활용을 촉진해야 한다고 제안하였다.

4차산업혁명을 선도하며 산업 혁신을 유도하는 신산업 중 특히 로봇산업은 서비스업, 제조업 등 다양한 산업군을 직접 포함함과 동시에 전후방으로 산업 전반과 연계되어 있다는 특성을 갖는다. 이에 따라 지역별 로봇산업의 특성에 따라, 또는 지역별 산업 기반에 따라 다양한 경로로 전문화를 유도할 가능성이 높다. 그렇게 때문에 국내 로봇산업 생태계를 스마트 전문화의 관점에서 바라보는 시도는 큰 의미를 갖는다. 특히 점차 산업적, 경제적 격차가 심화되는 수도권과 비수도권을 비교 분석해 지역별 스마트 전문화를 위한 핵심 우위 분야를 탐색하고 로봇산업과 연계해 새로운 산업 특화의 가능성을 예상하는 시도는 현재 국내 지역 산업정책의 패러다임이 전환되는 상황에서 매우 시의적절한 연구이다.

또한 로봇산업 관련 기존의 국내 연구는 로봇산업으로서 KSIC(한국표준산업분류) 상 '산업용 로봇제조업'에 해당하는 코드의 기업만을 대상으로 분석하였다. 하지만 본 연구는 로봇산업의 재분류를 통해 로봇 제조업만이 아닌 로봇산업의 핵심 분야인 서비스업, 연구개발업 등 전반에서 로봇산업과 직간접적으로 연관되는 관련 기업들을 분석 대상에 포함해 더욱 구체적이고 실질적인 로봇산업 분석을 수행한다는 점에 차별성을 갖는다.

III. 수도권 · 비수도권 로봇산업 비교 분석

1. 수도권 · 비수도권의 산업 기반의 특성 비교

수도권과 비수도권 등 지역별로 구분되어 나타나는 로봇산업 생태계를 확인하기에 앞서 로봇산업의 입지 분포에 영향을 미치

는 요인인 수도권과 비수도권의 산업적 특성 차이를 확인하였다. 장기간에 걸쳐 각자 구축된 산업 구조와 기반 지식 등 산업적 특성의 명확한 차이를 확인하기 위해 제조업과 서비스업 등 대분류 기준으로 비교하였다. 이와 함께 지식기반산업의 지역별 입지 분포 차이에도 주목하였다. 최근 전 산업에 걸친 빠른 지식정보화에 따라 기존 산업 영역 중 특별히 지식을 집약적으로 활용하는 고부가가치 업종을 말한다. 다시 말해 생산 활동에 R&D, 정보통신기술, 고급 인력의 활용이 더욱 높으며 산업의 혁신을 선도하는 업종들이다.

수도권과 비수도권의 산업 구조와 최근의 변화를 비교한 것이 <표 1>과 같다. 수도권은 전산업 대비 서비스업의 비중이 76.6%로 매우 크며 비수도권에 비해 더욱 높다. 특히 지식기반서비스업의 비중이 22.2%로 비수도권 대비 약 2배가량 높다. 산업 구조의 변화 추세를 보면 수도권은 서비스업(45%)과 지식기반서비스업(60%)의 성장률이 매우 높게 증가한 것으로 나타난다. 특히 정보통신업 분야는 비수도권 대비 4배가량 높은 성장 폭을 보인다. 국가적인 지식 기반화, 전산업 서비스화를 지식기반서비스업을 중심으로 선도하는 산업적 특성을 갖고 있다.

반면, 비수도권은 제조업 비중이 21.6%로 수도권에 비해 매우 높다. 이와 함께 특히 지식기반제조업의 비중이 14.4%로 수도권에 비해 높다. 제조업(30%)과 지식기반제조업(34%) 성장률 역시 수도권에 비해 높은 성장 폭을 나타낸다. 지식기반산업 특성상 고차 기술과 고급 인력의 활용도가 높음에도 지식기반제조업이 비수도권에 더 많이 입지 분포하고 있다는 것은 큰 시사점을 갖는다.

지도를 통해서도 지식기반산업의 입지 분포 및 성장 양상을 확인할 수 있다(<그림 1> 참고). 지식기반서비스업의 경우 수도권의 서울, 경기도가 매우 높게 나타나며 비수도권에서는 대전을 제외한 대부분의 지역에서 낮은 비중으로 나타난다. 최근의 변화를 보아도 수도권은 모두 성장하는 반면 비수도권에서는 대전과 강원도, 대구 등 몇 지역을 제외하고는 전반적으로 큰 폭의 감소 추세를 보인다.

반면, 지식기반제조업은 전국에서 서울이 가장 낮은 비중을 갖는다. 전통적인 제조업 기반 지역인 경상남도과 최근 새로운 제조업 기반 벨트를 구축하고 있는 충청도의 높은 비중을 확인할 수 있다. 변화 추세를 보면 상대적으로 비중이 높던 경기도와 경상도 등은 최근 감소 추세에 있으며, 수도권은 전체가 다 큰 폭으로 감소하고 있다. 비수도권은 수도권과 인접한 충청권, 강원도 등과 함께 전북 역시 높은 폭으로 증가하고 있다. 이와 같이 수도권과 비수도권은 명확한 산업 구조 차이를 보이는데 각각 지식기반 서비스업과 지식기반제조업 기반의 산업 특성을 보인다.

2. 로봇산업 재분류

로봇산업은 최근 급성장하여 대두되는 산업으로 아직까지 KSIC 상에서 완벽히 정합하는 코드로 설정되어 있지 않다. 이에

표 1. 수도권·비수도권 산업 구조 및 변화¹⁾

Table 1. Industrial structure and change of Seoul Metropolitan and Non-metropolitan areas

2006-2017	수도권 Seoul Metropolitan		비수도권 Non-metropolitan areas	
	종사자수(비중) Number of employees (percentage)	성장률 Growth rate	종사자수(비중) Number of employees (percentage)	성장률 Growth rate
제조업 Manufacturing	1,828,765 (16.46)	23%	2,275,221 (21.63)	30%
- 일반제조업 General manufacturing	618,742 (5.57)	13%	757,931 (7.21)	24%
- 지식기반제조업 Knowledge-based manufacturing	1,210,023 (10.89)	29%	1,517,290 (14.42)	34%
서비스업 Service industry	8,512,627 (76.63)	45%	7,349,583 (69.87)	38%
- 일반서비스업 General service industry	6,041,898 (54.39)	40%	5,819,780 (55.33)	37%
- 지식기반서비스업 Knowledge-based service industry	2,470,729 (22.24)	60%	1,529,803 (14.54)	39%
(정보통신업) Information and communication industry	441,718 (3.98)	56%	105,605 (1.00)	15%
(전문과학기술업) Professional science and technology industry	705,455 (6.35)	77%	303,292 (2.88)	78%
(기타지식기반서비스업) Other knowledge-based service industry	1,323,556 (11.92)	53%	1,120,906 (10.66)	34%
전산업 Whole industry	11,108,047 (100.00)	42%	10,518,857 (100.00)	38%

종사자 수는 2017년 기준. 비중은 전산업 대비 비중(%). 성장률은 2006-2017년 기준.

The number of employees was as of 2017. Percentage compared to total industry. Growth rate as of 2006-2017.

자료: 통계청 '전국사업체조사' (2006, 2017)

Data: Kostat 'National Company Survey' (2006, 2017)

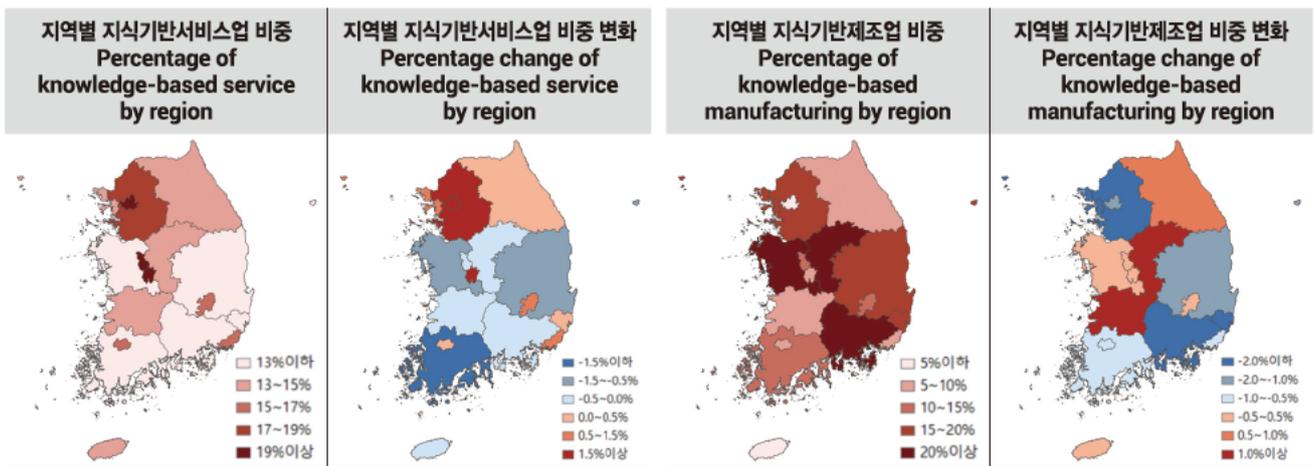


그림 1. 지역별 지식기반산업 비중 및 변화

Figure 1. Percentage and change of knowledge-based industry by region

자료: 통계청 '전국사업체조사'(2006, 2017)

Data: Kostat 'National Company Survey' (2006, 2017)

따라 본 연구에서는 선행연구를 토대로 하여 로봇산업을 재분류 (<표 2> 참고)하고 이를 KSIC 코드 및 산업연관표의 상품분류와 연계해 분석을 진행한다(산업연구원, 2016; 박승빈, 2017). KSIC

상 로봇산업을 직접적으로 명명하는 코드는 '산업용 로봇 제조업' 뿐인데, 재분류를 통해 로봇의 핵심 부품 및 관련 SW와 서비스 부문까지 포함하였다. 이를 통해 제조업과 서비스업 등 산업 전

표 2. 로봇산업 재분류

Table 2. Reclassification of Robot industry

로봇산업 구성요소 Robot industry components	세분류(KSIC) Classification (KSIC)
1) 감지 및 인지 센서 Detection and cognition sensors	전자집적회로제조업 Electronic integrated circuit manufacturing
	그 외 기타 전자부품제조업 Other electronic components manufacturing
2) 인간-로봇상호작용 Human-Robot interaction	컴퓨터제조업 Computer manufacturing
	기타엔지니어링서비스업 Other engineering service
	제품디자인업 Product design
3) 제어 Control	항행무선기기및측량기구제조업 Manufacturing of navigational radio equipment and measuring instruments
	기기자동측정및제어장치제조업 Manufacturing of automatic measurement and control devices for devices
4) 로봇 인공지능 및 소프트웨어 Artificial intelligence and software	기타 주변기기제조업 Other peripheral equipment manufacturing
	시스템소프트웨어개발및공급업 System software development and supply
	응용소프트웨어개발및공급업 Application software development and supply
	컴퓨터프로그래밍서비스업 Computer programming service
	컴퓨터시스템통합자문및건축서비스업 Computer system integration advisory and construction service
5) 작업/기구 Work/Instrument	산업용로봇제조업 Industrial robot manufacturing
6) 네트워크인프라 Network infrastructure	이동전화기제조업 Mobile phone manufacturing

출처: 산업연구원(2016)
Source: KIET (2016)

반과 밀접히 연관된 로봇산업의 특성을 반영하고자 하였다.

로봇산업 재분류 과정에서 KSIC의 세분류 코드가 로봇산업 구성요소보다 더 넓은 범위를 포괄하게 되는 한계가 발생한다. 이로 인해 현실적으로는 직접적으로 로봇산업 분야에 종사하지 않는 다수의 기업이 데이터의 포함될 가능성이 있다. 하지만 해당 기업들은 로봇산업 구성요소와 상대적으로 높은 연관도를 갖기 때문에 잠정적으로 로봇산업과 유사한 특성을 갖고 향후 로봇산업군에 포함될 잠재력이 높다. 이에 따라 해당 기업들을 포함

하여도 로봇산업의 특성을 분석하는 것이 가능할 것으로 판단하였다. 로봇산업의 범위가 모호해 실질적인 관련 연구가 진행되지 못하는 상황에서 본 연구의 재분류와 데이터 구축 시도는 현실에서 가용할 수 있는 가장 세부적인 분류이자 방대한 규모의 데이터라는 점에서 큰 의의를 갖는다.

3. 로봇산업 입지 분포

먼저 국내 로봇산업의 입지 분포 특성을 파악하였다. 구성요소별, 권역별 종사자 기준 로봇산업 분포를 확인한 결과는 <그림 2>와 같다. 로봇산업은 전반적으로 수도권 집중도(75.6%)가 높은 경향을 나타낸다. 특히 '인공지능 및 소프트웨어' 분야는 수도권에 88.1%의 압도적인 비중이 집중되어 있다. 로봇산업 가치사슬에서 수도권은 로봇의 부가가치를 결정하는 핵심 기술인 인공지능과 소프트웨어의 개발 및 생산을 담당하고 있는 것으로 추정된다.

하지만, '인공지능 및 소프트웨어'를 제외하면 수도권 집중도(50.7%)는 비교적 낮아진다. 나머지 절반가량이 비수도권에 입지하고 있다는 의미이다. 비수도권에 입지한 로봇산업 구성요소들은 전반적으로 부품, 완성품 등 하드웨어를 생산하는 제조업 중심의 분야이다.

입지계수(LQ) 분석을 통해 국내 로봇산업의 구성요소별 특화 지역을 분석하였다(<그림 3> 참고). 이를 통해 수도권, 비수도권 간의 더욱 확연한 차이를 확인할 수 있다. '인공지능 및 소프트웨어' 분야의 상위 특화 지역은 서울 금천구·구로구·송파구와 성남 분당구 등 상위 10개 지역이 모두 수도권이었다. 반면, 하드웨어 분야의 상위 특화 지역은 대경권 구미시·김천시, 충청권 태안군·

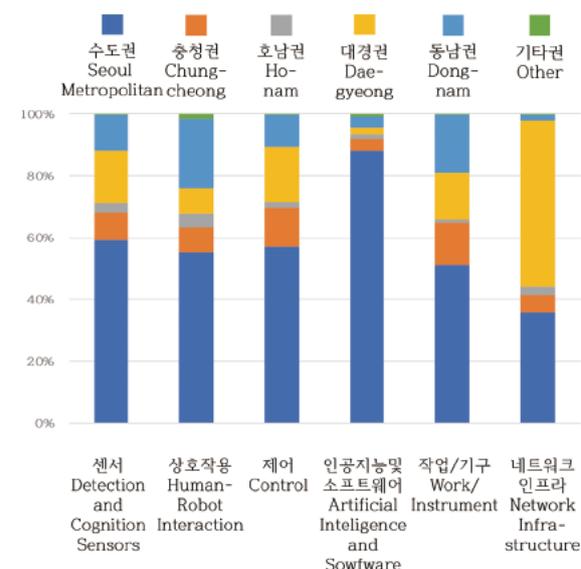


그림 2. 로봇산업 구성요소별 권역 분포
Figure 2. Regional distribution by component of robot industry

자료: 통계청 '전국사업체조사(2017)'
Data: Kostat 'National Company Survey (2017)'

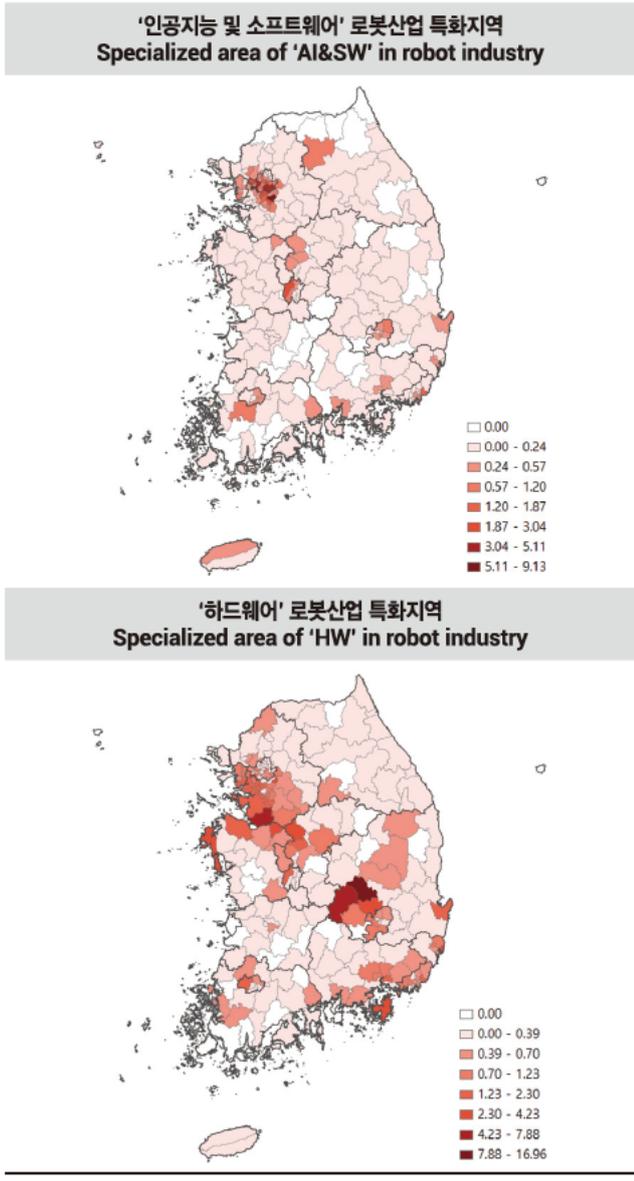


그림 3. 로봇산업 특화 지역
Figure 3. Robot industry specialized area

자료: 통계청 '전국사업체조사(2017)' 종사자 기준
 통계청 마이크로데이터 원격접속 이용
 Data: Kostat 'National Company Survey (2017)' employees
 Using Kostat microdata remote access

진천군, 동남권 거제시·울산 동구 등 비수도권에 다수 분포하였다. 상위 10개 특화 지역 중 수도권 지역은 2곳이고 나머지 8곳이 모두 비수도권이였다.

본 장의 결과를 통해 국내 로봇산업은 지역별 기반 산업 구조와 대응하는 형태로 생태계를 형성하고 있다는 것을 확인하였다. 지식기반서비스업과 대응해 고도의 지식을 집약하여 활용하는 연구·개발 활동을 중심으로 로봇의 핵심적인 부가 가치를 결정하는 인공지능 및 소프트웨어를 생산하는 산업 분야는 수도권에 밀집하고 있었다. 반면, 로봇의 구성 부품인 센서, 네트워크 인프라 등과 로봇 완제품을 생산하는 제조업 분야는 지식기반제조업 기반의 비수도권에 상대적으로 밀집하고 있었다. 이어지는 4장의

분석에서는 지역별로 차별화된 로봇산업 생태계에 따라 실제 지역의 연관 산업으로 미치는 경제적 파급효과의 차이를 확인한다.

IV. 로봇산업에 의한 지역별 파급효과

1. 산업연관분석

본 연구에서는 지역산업연관분석을 통해 지역별 로봇산업과 타 산업 간의 연관 관계를 파악하고자 한다. 스마트 전문화의 핵심은 개별 특화산업의 선택적 육성이 아닌 산업간 융·복합화와 다각화이다. 그렇기 때문에 산업 간에 미치는 경제적 파급효과 등의 연관 관계를 파악하는 것은 스마트 전문화 전략 수립에 앞서 반드시 필요한 단계이다.

산업연관표는 일정 기간 동안 국내에서의 모든 재화 및 서비스의 생산과 소비 거래를 정해진 형식에 따라 행렬로 정리한 종합 통계표이다. 특정 산업의 생산을 위해 투입되는 다른 산업의 중간재에 대한 정보를 포괄하기 때문에 산업 간 연관 관계와 특정 산업에 의한 파급효과를 분석할 수 있는 데이터로서 활발히 활용되고 있다(한국은행, 2015). 이 중 지역별로 상이한 생산기술구조와 지역 간 상호 거래의 흐름을 반영해 작성하는 것이 지역산업연관표이다(김홍배, 2016). 본 연구에서는 여러 지역 간의 연관 관계를 나타내는 '지역 간 산업연관표'의 가장 최신 표인 2013년의 표를 이용해 분석을 수행한다. 기초가격 기준으로 작성된 기초가격평가표이며 가계부문이 외생 부문으로 다뤄진 개방형 투입산출형이다.

지역 내 및 타 지역 투입액, 수입, 그리고 부가가치로 구분된 투입구조와 지역 내 및 타 지역 중간수요, 최종수요로 구분된 배분 구조를 갖는 지역 간 산업연관표는 <표 3>과 같은 형태를 취한다(한국은행, 2014). 위와 같은 산업연관표에서 특정 산업의 생산물 한 단위를 생산하기 위해 필요한 각 산업 부분의 중간투입 크

표 3. 지역 간 산업연관표 예시

Table 3. Example of inter-regional input-output table

	중간수요 Intermediate demand		최종수요 Final demand		총산출액 Total output
	지역1 Area1	지역2 Area2	지역1 Area1	지역2 Area2	
중간투입 Intermediate input	지역1 Area1	Z ₁₁ Z ₁₂	Yd ₁₁ Yd ₁₂	X ₁	
	지역2 Area2	Z ₂₁ Z ₂₂	Yd ₂₁ Yd ₂₂	X ₂	
수입 Import		M ₁ M ₂	Ym ₁ Ym ₂		
부가가치 Added value		V ₁ V ₂			
총투입액 Total input		X ₁ X ₂			

기를 나타내는 것을 투입계수(A_{ij})라고 한다. 이를 수식으로 표현하면 아래와 같다.

$$A_{ij}^d = Z_{ij} / X_i \quad (1)$$

산업연관분석은 투입계수를 기초로 해 산업 간 상호의존관계를 분석하는 것이다. 이때 투입계수는 특정 산업의 최종수요가 발생했을 때 타 산업에 파급되는 직접 효과를 나타낸다면, 산업 간의 연쇄파급으로 인한 직간접효과 전체가 반영된 개념이 생산유발계수이다. 생산유발계수는 아래와 같은 과정에 의해 도출된다.

$$A_{11}^d X_1 + A_{12}^d X_2 + Y_{11}^d + Y_{12}^d = X_1 \quad (2)$$

$$A_{21}^d X_1 + A_{22}^d X_2 + Y_{21}^d + Y_{22}^d = X_2 \quad (3)$$

이 식에서 행렬을 이용해 최종수요와 생산과의 관계를 다시 표시하면 다음과 같다.

$$A^d X + Y^d = X \quad (4)$$

$$X = (I - A^d)^{-1} Y^d \quad (5)$$

식 (5)에서의 $(I - A^d)^{-1}$ 를 생산유발계수라고 한다. 생산유발계수는 경제 전반에 걸쳐 파급되는 생산유발효과를 나타내며 생산유발계수를 이용해 다른 다양한 파급효과 승수(부가가치, 수입, 고용 등)를 도출하는 기초가 된다(한국은행, 2014; 2015; 김홍배, 2016).

본 연구는 이와 같은 방법을 통해 생산 및 부가가치 유발효과, 전후방 연관관계를 나타내는 감응도 및 영향력계수 등을 도출하고자 한다. 또한 16개 광역시도로 구성된 지역산업연관표를 수도권, 충청권, 호남권, 대경권, 동남권, 기타권 등 6개 권역으로 구분해 권역별로 차별화된 로봇산업의 파급효과를 비교 분석한다.²⁾

1) 중간투입 및 부가가치 구조

〈표 4〉는 산업의 생산을 위해 투입되는 총투입액 중 다른 산업들에 의한 중간투입과 자본, 노동력 등의 부가가치 구조를 나타내는 표이다. 로봇산업은 전 산업(36.2%) 대비 중간투입보다 부가가치의 비중(39.5%)이 높은 고부가가치 산업이다. 특히 수도권의 로봇산업은 비수도권에 비해 부가가치 비중(41.3%)이 더욱 높게 나타나 로봇산업 중 고부가가치 부문의 생산이 이뤄지고 있는 것으로 추정된다. 비수도권에서는 특히 대경권의 경우 중간투입의 비중이 75.5%로 매우 높게 나타나는데, 상대적으로 더 많은 후방 산업들로부터 생산을 위한 중간재를 공급받고 있음을 나타낸다.

2) 경제적 파급효과

권역별 로봇산업이 다른 산업들에 미치는 파급효과를 분석하

표 4. 로봇산업 중간투입 및 부가가치 구조

Table 4. Intermediate input and added value structure of robot industry

	중간투입 Intermediate input	부가가치 Added value	합계 Total
전 산업 Whole industry	2296.2 (63.8)	1303.2 (36.2)	3599.4 (100.0)
계 Total	143.4 (60.5)	93.7 (39.5)	237.1 (100.0)
로봇산업 Robot industry	82.3 (58.7)	57.9 (41.3)	140.2 (100.0)
수도권 Metropolitan area	61.1 (63.0)	35.8 (37.0)	96.9 (100.0)
비수도권 Non-metropolitan area			

자료: 한국은행, 2015. '2013 지역산업연관표'

단위는 조 원. ()는 합계 대비 비중

Data: Bank of Korea, 2015. '2013 Inter-regional input-output table'

Unit is trillions won. () is percentage to total

였다(〈표 5〉 참고). 먼저 다른 산업에서의 생산을 유발하는 생산유발승수를 권역별로 나눠서 보면, 대경권의 로봇산업이 1.90으로 가장 높게 나타났다. 로봇산업 중 특히 제조업 중심 부문 산업의 밀집하는 분포를 보인 대경권, 동남권 등에서 높은 생산유발효과 값이 나온 것이다. 반면, 국내 로봇산업의 절반 이상이 집중되어 있고, 고부가가치의 핵심 분야의 생산이 주로 이뤄지는 수도권(1.61)의 경우 생산유발승수는 오히려 권역 중 가장 낮게 나타났다. 전국 로봇산업의 합계로 보면 생산유발승수가 전산업, 제조업 평균보다 다소 낮게 나타났다. 다음으로 다른 산업들에서의 부가가치를 유발하는 부가가치유발승수에서 로봇산업(0.69)은 전산업 평균(0.69)과는 같고 제조업 평균(0.58)보다는 다소 높았다. 이는 한국의 로봇 생태계가 아직 도입 및 성장기에 있어 산업 전반에서의 활용보다 특정 산업 분야만으로 한정되어 활용되고 있기 때문으로 해석할 수 있다(산업연구원, 2012).

감응도계수는 전방산업에서의 생산을 창출하는 전방연계효과 값을 나타낸다. 로봇산업 중 특히 수도권의 감응도계수 값은 2.16으로 매우 높게 나타났다. 일반적으로 감응도계수는 특정 산업이 다른 산업 전반에서 중간재로 널리 사용되는 경우에 크게 나타난다. 수도권 로봇산업의 성장이 전방 수요 산업의 고부가가치화를 유도하는 데 큰 기여를 할 수 있을 것으로 추정된다. 하지만 수도권을 제외한 비수도권 권역들의 감응도계수 값은 전산업 및 제조업 평균보다 낮게 나타났다. 또한 후방 산업에서의 생산을 창출하는 후방연계효과 값인 영향력계수는 비수도권의 대경권(0.99), 동남권(0.96) 등에서 상대적으로 더욱 높게 나타났다. 로봇을 생산하기 위해 재료로 사용되는 중간재 투입의 비중이 비수도권에서 더욱 높았던 것에 따른 것으로 이해할 수 있다(〈표 4〉 참고).

〈표 6〉은 권역별로 로봇산업이 높은 생산유발효과를 미치는 산

표 5. 권역별 로봇산업의 경제적 파급효과

Table 5. Regional economic ripple effects by the robot industry

	수도권 Seoul metropolitan	충청권 Chung cheong region	호남권 Honam region	대경권 Dae gyeong region	동남권 Dongnam region	기타권 Other region	로봇 산업계 All robot industry	전산업 평균 All industry average	제조업 평균 Manufacturing average
생산유발승수 Production inducement multiplier	1.61	1.65	1.66	1.90	1.85	1.75	1.74	1.91	2.16
부가가치유발승수 Vale added inducement multiplier	0.62	0.58	0.65	0.53	0.69	0.73	0.69	0.69	0.58
감응도계수 Coefficient of sensitivity	2.16	0.81	0.66	0.95	0.86	0.61	1.01	1.00	1.14
영향력계수 Coefficient of influence	0.84	0.86	0.87	0.99	0.96	0.92	0.91	1.00	1.12

자료: 한국은행, 2015. '2013 지역산업연관표'

Data: Bank of Korea, 2015. '2013 Inter-regional input-output table'

표 6. 권역별 로봇산업에 의한 생산유발효과 상위산업

Table 6. Regional production inducement effect by the robot industry

순위 Rank	수도권 로봇 Metropolitan robot		충청권 로봇 Chungcheong region robot		호남권 로봇 Honam robot		대경권 로봇 Daegyong region robot		동남권 로봇 Dongnam region robot		기타권 로봇 Other region robot	
	수도권 Metro politan	로봇 Robot	충청권 Chung cheong	로봇 Robot	호남권 Honam	로봇 Robot	대경권 Dae gyeong	로봇 Robot	동남권 Dong nam	로봇 Robot	기타권 Other	로봇 Robot
1	수도권 Metro politan	로봇 Robot	충청권 Chung cheong	로봇 Robot	호남권 Honam	로봇 Robot	대경권 Dae gyeong	로봇 Robot	동남권 Dong nam	로봇 Robot	기타권 Other	로봇 Robot
2	수도권 Metro politan	도소매 서비스 Whole & Retail service	수도권 Metro politan	로봇 Robot	수도권 Metro politan	로봇 Robot	수도권 Metro politan	전기 및 전자기기 Electric & Electronic	충청권 Chung cheong	전기 및 전자기기 Electric & Electronic	수도권 Metro politan	도소매 서비스 Whole & Retail service
3	수도권 Metro politan	전기 및 전자기기 Electric & Electronic	충청권 Chung cheong	전기 및 전자기기 Electric & Electronic	수도권 Metro politan	도소매 서비스 Whole & Retail service	충청권 Chung cheong	전기 및 전자기기 Electric & Electronic	수도권 Metro politan	로봇 Robot	수도권 Metro politan	로봇 Robot
4	수도권 Metro politan	금융및보험 서비스 Financial & Insurance service	수도권 Metro politan	도소매 서비스 Whole & Retail service	호남권 Honam	화학제품 Chemical products	수도권 Metro politan	로봇 Robot	수도권 Metro politan	도소매 서비스 Whole & Retail service	대경권 Dae gyeong	1차 금속제품 Primary metal products
5	수도권 Metro politan	운송 서비스 Transport service	수도권 Metro politan	전기 및 전자기기 Electric & Electronic	충청권 Chung cheong	전기 및 전자기기 Electric & Electronic	수도권 Metro politan	도소매 서비스 Whole & Retail service	동남권 Dong nam	금속제품 Metal products	수도권 Metro politan	금속제품 Metal products
6	충청권 Chung cheong	전기 및 전자기기 Electric & Electronic	충청권 Chung cheong	화학제품 Chemical products	호남권 Honam	1차 금속제품 Primary metal products	대경권 Dae gyeong	전기 및 전자기기 Electric & Electronic	동남권 Dong nam	전기 및 전자기기 Electric & Electronic	충청권 Chung cheong	1차 금속제품 Primary metal products
7	수도권 Metro politan	정보통신 및 방송 서비스 Information & Communication & Broadcasting service	수도권 Metro politan	화학제품 Chemical products	수도권 Metro politan	전기 및 전자기기 Electric & Electronic	대경권 Dae gyeong	화학제품 Chemical products	동남권 Dong nam	화학제품 Chemical products	호남권 Honam	화학제품 Chemical products

업들이 어떤 것들인지 비교 분석한 표이다. 수도권과 비수도권 간에는 명확한 차이가 나타난다. 수도권의 로봇산업에 의해 높은 생산유발효과를 받는 산업들은 대부분 같은 수도권 권역 내에서의 도소매서비스, 금융및보험서비스, 운송서비스, 정보통신및방송서비스 등의 서비스 산업들로 나타났다.

반면, 비수도권의 로봇산업들은 일부 수도권의 서비스 산업들과 함께 비수도권 내의 전기 및 전자기기, 화학제품, 1차금속제품 등의 제조업 산업들에 높은 생산유발효과를 미쳤다. 특히 대경권의 1차금속제품과 충청권의 전기 및 전자기기 산업은 전체 권역에 걸쳐 전반적으로 상위에 위치해 있었다. 전국의 로봇산업과 매우 긴밀한 연관관계를 갖는 산업들인 것으로 추정된다.

권역별 로봇산업이 생산유발효과를 미치는 지역에도 수도권과 비수도권 간에는 차이가 있었다(〈표 7〉 참고). 수도권의 로봇산업의 경우 같은 수도권권역 내에 전체 효과 중 압도적으로 높은 비중(85.2%)을 미쳤다. 비수도권 지역에는 거의 미미한 생산유발효과를 미친 것이다. 반면, 비수도권 권역들은 자기 권역 내에 상대적으로 가장 높은 비중으로 생산유발효과를 미쳤지만 자기 권역 외의 다른 지역들에도 높은 효과를 미쳤다. 특히 비수도권의 로봇산업은 공통적으로 수도권에 약 15% 내외의 생산유발효과를 미쳤다. 이러한 요인으로 인해 수도권은 전국 로봇산업에 의한 생산유발효과를 2.77로 가장 높게 받았지만, 수도권 자체의 로봇산업에 의한 전국으로의 생산유발효과는 1.61로 전체 권역 중 가장 낮았다.

2. 산업네트워크

앞선 산업연관분석을 통해 로봇산업과 서로 높은 경제적 파급효과를 미치는 주요 연관 산업들을 파악하였다. 이를 활용해 산업 간 연관 관계를 중심으로 산업네트워크를 도출하였다. 네트워크 분석이란 개별 구성 인자들 간에 형성되는 관계적인 속성을 활용해 네트워크를 구축하고, 네트워크의 구조 및 형태의 특징을 도출하는 것을 목적으로 한다.³⁾

다양한 네트워크 중 산업네트워크는 각 결점을 하나의 산업으로 설정하고 산업 간 연관 관계를 계량화, 시각화해 산업 간의 연관 정도, 산업 간 가치사슬, 상대적 중요도 등을 도출할 수 있다. 이를 통해 산업 전반의 구조 파악 및 산업 고도화를 위해 집중육성이 필요한 특정 산업군 도출 등에 효과적이며 산업정책 설계에 큰 도움이 될 수 있다(정호진·임용석, 2018). 본 분석은 산업연관분석을 활용해 산업 간 연관 정도를 측정하고 이를 네트워크의 형태로 시각화하였다.⁴⁾

이와 같이 도출한 로봇산업 및 연관 산업의 네트워크는 〈그림 4〉와 같다. 수도권과 비수도권 각각의 로봇산업을 구성요소별로 나타내고 로봇산업과 연관 관계가 높은 상위 30%의 주요 연관 산업들만을 나타냈다. 연결선은 산업 간 생산유발효과로서 방향성을 가지며 값의 정도에 따라 굵기의 차이를 나타낸다. 또한 네트워크에서 각 산업들의 위치는 주변의 연관 산업들의 영향을 받는데, 더 높은 연관관계를 갖는 산업들일수록 가까이 위치하게 된다. 마지막으로 전체 결점들 중 파란색은 서비스업 업종이며, 빨간색은

표 7. 로봇산업의 권역별 생산유발효과

Table 7. Regional production inducement effect of the robot industry

	수도권 로봇 Seoul Metropolitan robot	충청권 로봇 Chungcheong region robot	호남권 로봇 Honam region robot	대경권 로봇 Daegyeong region robot	동남권 로봇 Dongnam region robot	기타권 로봇 Other region robot	유발효과 합계 Sum of inducement effent
수도권 Seoul metropolitan	1.37 (85.2)	0.28 (17.1)	0.23 (13.9)	0.34 (17.7)	0.25 (13.5)	0.30 (17.3)	2.77
충청권 Chungcheong region	0.07 (4.6)	1.19 (72.2)	0.09 (5.4)	0.15 (5.4)	0.11 (6.1)	0.11 (6.0)	1.73
호남권 Honam region	0.04 (2.6)	0.05 (2.9)	1.20 (72.4)	0.06 (3.1)	0.06 (3.5)	0.07 (3.8)	1.48
대경권 Daegyeong region	0.06 (3.6)	0.06 (3.4)	0.06 (3.5)	1.25 (65.8)	0.09 (4.7)	0.07 (4.0)	1.58
동남권 Dongnam region	0.06 (3.6)	0.07 (3.9)	0.07 (4.2)	0.10 (5.1)	1.32 (71.7)	0.09 (5.1)	1.70
기타권 Other region	0.01 (0.4)	0.01 (0.4)	0.01 (0.4)	0.01 (0.4)	0.01 (0.4)	1.12 (63.8)	1.15
합계 Sum	1.61 (100.0)	1.65 (100.0)	1.66 (100.0)	1.90 (100.0)	1.85 (100.0)	1.75 (100.0)	

()는 세로 열 합계 대비 비중

() is Percentage to column total

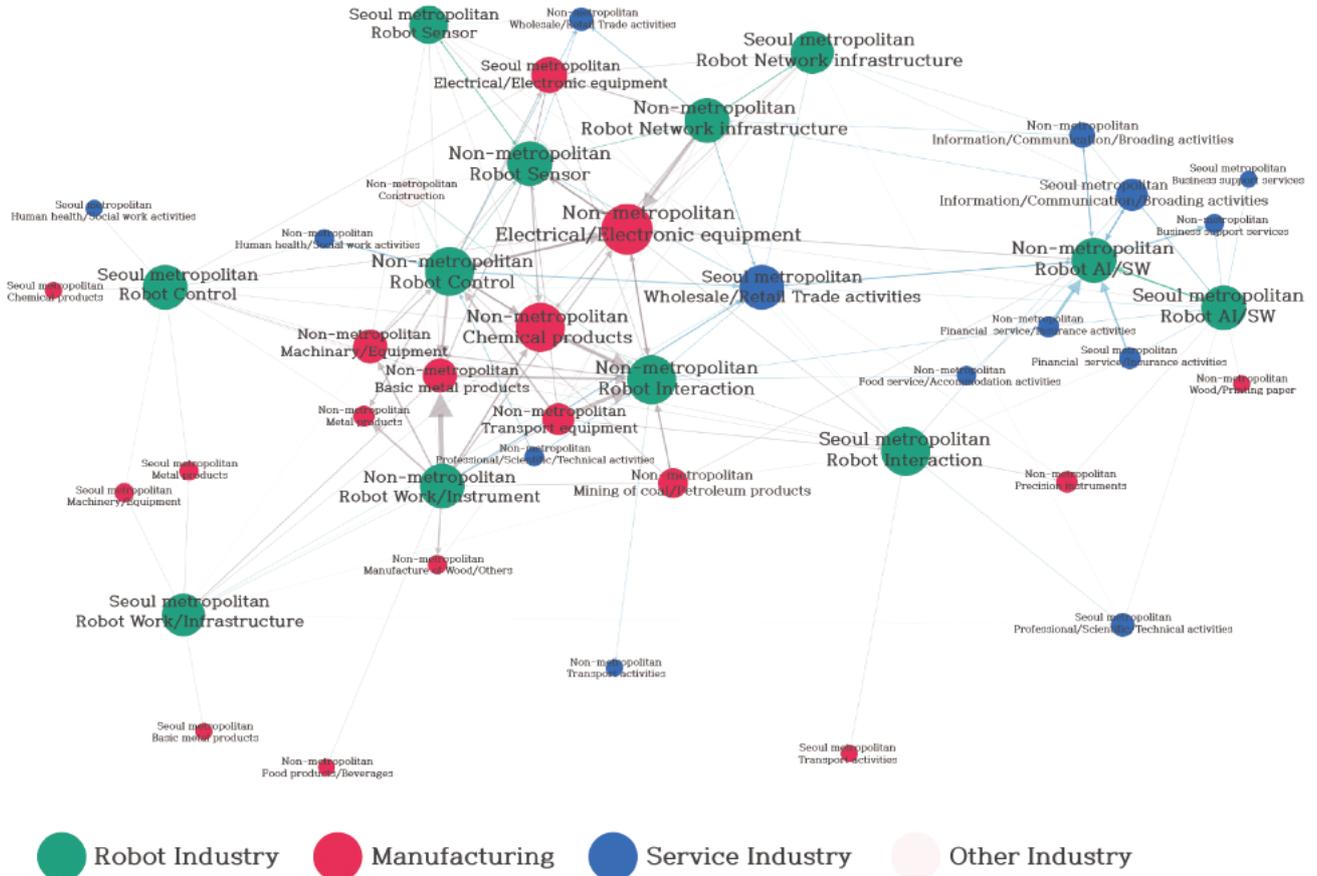


그림 4. 로봇산업 구성요소별 연관 산업네트워크
 Figure 4. Associated industrial network by robot industry components

제조업 업종, 초록색은 로봇산업, 흰색은 나머지 기타 업종이다. 네트워크의 좌측 편에는 제어, 센서, 네트워크 인프라 등 로봇 산업 중 HW 분야의 구성요소들을 중심으로 네트워크가 형성되었다. 그중에도 특히 비수도권의 로봇산업 HW 분야 구성요소들이 더 중심에서 다양한 연관 산업들에 파급효과를 미치고 있다. HW 분야 로봇산업과 높은 연관 관계를 갖는 산업은 대부분 빨간색의 제조업의 산업들이며 또한 비수도권의 산업들이다. 대표적으로 '전기 및 전자기기', '화학 제품', '1차 금속 제품', '기계 및 장비' 등이 있다.

반면, 인공지능 및 소프트웨어 분야 로봇산업은 네트워크의 우측 편에서 다른 네트워크와 명확히 구분되어 따로 형성되어 있다. 이는 다른 HW 분야 로봇산업과는 확연히 구분되는 산업적 특성으로 인한 것이다. 함께 네트워크를 구성하는 주요 연관 산업들 역시 주로 파란색의 서비스 산업들로 '정보 통신 및 방송 서비스', '금융 및 보험 서비스', '사업 지원 서비스' 등이 대표적이다.

이와 같이 산업네트워크를 통해 국내 로봇산업 생태계가 권역별, 구성요소별로 명확하게 차별화된 역할을 수행한다는 것을 확인하였다. 그렇기 때문에 로봇산업의 다양한 역할과 잠재력을 도출하기 위해서는 반드시 공간적인 맥락과 함께 세부적인 이해가 동반되어야 한다.

V. 결론 및 시사점

1. 연구의 요약 및 함의

본 연구에서는 국내 로봇산업의 입지 분포 특성을 파악하고 지역산업연관분석을 통해 지역별로 로봇산업이 연관 산업들에 미치는 파급효과를 분석하였다.

로봇산업에 대한 분석에 앞서 수도권과 비수도권의 핵심적인 산업 상위 분야의 차이를 확인하였다. 산업 구조에서 명확한 차이를 보였는데, 수도권은 서비스업 기반의 산업 구조를 가졌다. 특히 연구·개발 활동이 집약되며 지식기반서비스업이 수도권에 압도적으로 밀집해 있었다. 반면, 비수도권은 전통적으로 제조업 기반의 산업 구조를 가졌던 만큼 수도권에 비해 제조업의 산업 구조상의 비중이 높았다. 또한 지식기반제조업의 비중 역시 높았으며, 최근 지속적으로 산업의 비중이 증가하고 있었다. 이에 따라 수도권과 비수도권은 각자의 기반 산업 구조 등에 따른 산업적 특성의 차이가 명확하게 나타났다.

지역별 산업 특성에 대응하는 형태의 국내 로봇산업의 입지 분포는 다음과 같다. 로봇의 인공지능(AI) 및 소프트웨어 분야의 산업 생태계는 수도권에 압도적인 비중(88.1%)으로 밀집하고 있었

다. 수도권은 로봇의 부가가치를 결정하는 핵심 기술의 개발 및 생산의 역할을 수행하고 있었다. 반면, 비수도권에는 상대적으로 센서, 제어, 작업기구 등의 제조업 중심 하드웨어 분야 생태계가 입지 분포하는 특성을 나타냈다. 특히 대경권에 상대적으로 밀집하고 있는 것을 확인하였다.

다음으로 로봇산업은 총 투입 중 중간재 투입 대비 부가가치 투입의 비중이 높은 고부가가치 산업임을 확인하였다. 특히 수도권의 로봇산업의 부가가치 투입 비중이 더욱 높았는데, 앞서 확인한 입지 분포 특성과의 연계해 이해할 수 있다. 로봇산업 중 고부가가치의 세부 업종에서의 생산이 수도권에서 주로 이뤄지고 있는 것이다.

마지막으로 산업연관분석의 주요 결과 중 하나로 수도권 로봇산업의 생산유발효과보다 비수도권 로봇산업의 효과가 더욱 높게 나타났다. 이와 같은 결과의 결정적 요인으로는 크게 두 가지가 있다.

첫째, 수도권 로봇산업의 파급효과는 자기 권역 내로만 집중되어 나타났다. 반면, 비수도권은 자기 권역 외 다른 권역들로의 파급효과가 상대적으로 높았다. 특히 비수도권에 의해 수도권에서 발생하는 생산유발효과가 매우 높았는데, 이로 인해 수도권은 자신의 로봇산업 자체에 의한 파급효과는 적지만 전국 로봇산업에 의한 파급효과는 가장 많이 받는 지역이었다. 비수도권은 자기 권역뿐만 아니라 전국적으로도 폭넓게 생산유발효과를 미치며, 로봇산업에 의한 산업 전반의 고도화를 위해 매우 중요한 역할을 수행하고 있었다.

둘째, 비수도권에는 제조업 중심 하드웨어 분야의 로봇산업이 밀집해 있는 만큼 전기 및 전자기기, 화학제품, 1차금속제품 등의 다양한 제조업 산업들과 로봇산업이 밀접한 연관 관계를 갖고 높은 파급효과를 미쳤다. 비수도권은 중간수요 및 중간투입의 비중이 수도권에 비해 높은 것에서 확인할 수 있듯이 제조업을 중심으로 더욱 여러 산업들과의 활발한 거래를 통해 높은 생산유발효과를 창출해냈다. 반면, 수도권 로봇산업의 생산유발효과는 주로 도소매서비스, 금융및보험서비스, 정보통신및방송서비스 등 특정 서비스 산업 분야에 집중되었다. 제조업에서의 생산유발효과는 연쇄적으로 제조업을 포함해 더 많은 산업들로 퍼져나가는 반면, 서비스업에서는 같은 서비스업 영역 내로 집중되며 생산유발효과가 더 퍼져나가는 경향은 상대적으로 부족하다.

이와 함께 산업연관분석을 통해 확인한 주요한 결과로서 수도권 로봇산업은 매우 높은 감응도계수(전방연계효과) 값을 나타냈다. 수도권 로봇산업의 감응도계수는 2.16으로 1.0 내외의 로봇산업 및 전 산업 평균에 비해 확연히 높게 나타났다. 수도권에는 연구·개발 활동이 집약되어 있고, 고급 인력이 밀집하고 있다. 이에 따라 지식을 집약적으로 활용하며 새로운 기술과 부가가치를 개발하는 역할을 수행한다. 로봇산업에서도 역시 수도권에서는 로봇의 생산을 위한 부가가치 투입이 높은 고부가가치 산업이며,

특히 로봇의 부가가치를 결정하는 '인공지능 및 소프트웨어' 분야가 압도적으로 밀집해 있다.

본 연구를 통해 도출한 결과는 국내에서 로봇산업을 중심으로 산업연관분석을 수행한 선행연구의 결과와 전반적으로 정합하였지만, 일부 부분에서는 결정적인 차이를 보였다. 이와 같은 차이는 기존 선행연구들은 로봇산업을 '산업용로봇', '기타특수목적용기계' 등 협소한 의미의 로봇 완성품 제조에만 한정하여 산업연관분석을 수행한 반면, 본 연구는 로봇의 부품, 기술, 서비스 등 직접적으로 연관된 관련 산업 전반을 로봇산업으로 설정해 분석을 수행한 데에 따른다

선행연구에서는 공통적으로 로봇산업의 전방연계 효과를 나타내는 감응도계수 값이 전체 산업 중 최하위권 수준으로 매우 낮은 결과를 도출하였다(국회입법조사처, 2015). 하지만, 이는 '산업용로봇' 등 로봇 완성품 제조 분야에만 한정된 결과이다. 본 연구에서 로봇산업 중 인공지능 및 소프트웨어 분야의 경우에는 감응도계수 값이 전 산업과 비교해 최상위권으로 매우 높은 수준을 나타냈다. 현재 로봇산업의 완성품 등의 제조 분야의 경우 수요 산업과의 연계 수준이 상대적으로 낮지만, 인공지능 및 소프트웨어 분야는 수요 산업과 밀접히 연관되어 지대한 영향을 미쳐 전방산업의 고부가가치화를 원활하게 유도하고 있는 것으로 추정된다. 또한 로봇산업의 부가가치율은 2013년 기준 전 산업, 제조업에 비해 높아 고부가가치의 산업임을 확인하였는데, 이는 2010년을 기준으로 한 선행연구에서의 결과에 비해 부가가치율이 증가하며 달성한 결과이다(산업연구원, 2012).

2. 정책적 시사점 및 연구의 한계

본 연구를 통해 확인한 결과 수도권과 비수도권은 로봇산업을 중심으로 각자의 산업 우위 분야에 기초한 스마트 전문화를 달성할 수 있는 잠재력을 갖고 있다. 먼저 수도권은 한국의 로봇이 세계 시장에서 경쟁할 수 있도록 부가가치를 제고하는 인공지능 및 소프트웨어의 핵심 기술을 개발하고 생산해야 한다. 수도권이 주로 도소매서비스, 전기 및 전자기기, 정보통신산업 등에 높은 파급효과를 미치며 밀접하게 연관되어 있다는 결과가 이러한 전략을 뒷받침할 수 있다. 수도권은 세계 시장에서도 경쟁력이 높은 ICT 산업 등 지식 기반 산업에서의 우위를 기반으로 한국의 로봇 제품 고도화를 선도하는 역할을 수행해야 할 것이다.

반면, 비수도권은 한국 로봇산업의 생산기지로서 로봇산업의 핵심 하드웨어 부품 및 완성품을 생산하고 로봇을 실제 제조 공정에 도입해 '인더스트리 4.0'을 실현하는 수단으로써 적극 활용해야 한다. 특히 비수도권에서의 로봇산업은 화학제품, 금속제품 등 다양한 제조업 산업들의 생산 유발 및 고부가가치화를 실현하고 있으며 공간적으로는 전국으로 매우 높은 파급효과를 미치고 있다. 이에 따라 비수도권에서는 수도권과 경쟁적으로 새로운 로

봇 SW 기술을 개발하는 데 집중투자하기보다는 로봇의 핵심 부품 및 완성품을 설계하고 생산하는 분야에서 새로운 혁신을 일으킬 필요가 있다. 이를 뒷받침할 수 있는 주요 배경들은 다음과 같다.

첫째, 한국 경제에서 제조업이 차지하는 비중은 세계 선진국과 비교해 예외적으로 여전히 증가하고 있다. 이에 따라 한국에서 창출되는 총 부가가치 중 제조업이 차지하는 비중은 약 30% 이상을 차지한다(현대경제연구원, 2016). 특히 비수도권에서 제조업은 여전히 매우 중요한 역할을 수행하고 있으며, 과거부터 쌓아온 산업적 기반이 여전하다. 이에 따라 비수도권에서의 산업 혁신은 제조업을 외면하고 이뤄질 수는 없다. 제조업을 기반으로 해서 그 안에서 새로운 신산업을 창출하거나 새로운 기술과의 융복합을 통해 혁신이 이뤄져야 한다.

둘째, 로봇산업에서의 높은 부가가치는 인공지능 및 소프트웨어 분야에서만 창출되는 것이 아니다. 로봇 완성품 원가의 약 46%를 차지하는 핵심 부품의 생산 능력은 로봇의 부가가치를 결정하는 핵심적인 요소이다. 전기 및 전자기기, 정밀기계, 1차급속 제품 등 제조업의 세부 분야들에서 우위 기반을 갖고 있는 비수도권은 로봇산업의 핵심 부품 및 완성품을 생산하는 분야에서 특화될 수 있는 잠재력을 갖고 있다.

셋째, 로봇 부품의 국산화율은 41%로 매우 낮은 수준이다. 이에 따라 국내의 로봇산업 시장의 빠른 성장에도 불구하고 이익의 효과를 국내 기업이 온전히 누리지 못하고 있다. 특히 핵심 부품의 대일 의존도가 매우 높은데, 최근의 국가적으로 대일 관계가 악화되는 정세는 로봇산업에도 치명적으로 다가온다. 국내 로봇산업 생태계가 건실히 성장하기 위해서는 수입 의존도를 낮추고 핵심 부품 생산을 위한 원천기술을 확보하는 것이 매우 중요하다.

현재 로봇산업의 세계 시장에서 SW 분야는 미국의 IT 대기업들이 선도하고 있으며, HW 분야는 제조업 기반의 독일, 일본의 제조기업들이 선도하고 있다. 한국은 아직 후발주자에 머물고 있지만, SW와 HW 양쪽 분야에서 모두 강한 산업적 우위의 기반을 갖고 있다는 강점이 있다. 수도권과 비수도권이 각자의 산업적 우위를 기반으로 차별화된 방향으로 전문화된다면 국내로는 지역 간 균형 발전이 도모될 수 있고 국외로는 세계 시장에서 경쟁할 수 있는 로봇산업 전반에서의 경쟁력을 확보할 수 있다.

스마트 전문화 전략 수립을 위해 본 연구에서 제안하는 정책적 시사점은 다음과 같다. 먼저 EU의 경험을 참고해 중앙정부에서 통합적인 스마트 전문화 전략 수립 프로세스 및 가이드라인을 구축해야 한다. 프로세스에 따라 단계별로 중앙정부의 검토 및 승인 과정을 거치며 지역 역량을 쌓을 수 있을 것이다. 이를 통해 지역의 혁신 잠재력이 높아지고 중장기적인 지역 성장의 여건이 조성될 것이다.

다음으로 구체적인 지역 특성 분석 체계가 갖춰져야 한다. 지역별 전문화 분야를 선정하기 위해서는 실증적이고 객관적인 증거들이 다양하게 도출되어야 한다. 중앙정부의 '스마트 특성화 기반

구축 사업' 역시 지역 특성 및 특화산업에 대한 충분한 분석이 이뤄지지 못해 지역별 맞춤형 세부 전략이 미흡하다는 평가를 받는다. 다양한 지역 분석의 시도가 학계에서 이뤄져야 하며, 중앙정부 및 지자체는 체계적인 분석 체계를 마련해 스마트 전문화의 잠재력이 될 지역의 특성을 구체적으로 도출할 수 있도록 해야 할 것이다.

본 연구의 한계는 다음과 같다. 첫째, 본 분석에서 수도권과 비수도권 간의 결과 차이는 근본적으로 서비스업과 제조업 간의 산업적 특성 차이로 인한 영향을 받은 것이다. 추후 산업연관표의 개편이나 새로운 방식의 데이터 구축 등으로 로봇산업의 본질적인 특성을 더욱 적극 반영하는 추가 연구가 진행될 필요가 있다. 둘째, 최근 빠르게 성장하는 로봇산업을 포착하기 위해 최신의 데이터가 필요하나 지역 산업연관표의 특성상 분석 시점이 최신년도와 차이가 있다. 이후 지속적으로 최신 버전의 지역 산업연관표를 활용해 분석을 수행한다면 의미 있는 변화가 확인될 것으로 예상된다.

-
- 주1. 지식기반산업은 크게 지식기반제조업과 지식기반서비스업으로 나뉜다. 본 연구에서 지식기반제조업은 '산업집적 활성화 기본계획(산업통상자원부, 2014)'의 '신산업' 중 제조업 업종들을 대상으로 하며, 지식기반서비스업은 지식산업과 정보통신산업을 중심으로 정의한 서연미 외(2012)의 정의를 따른다.
 - 주2. 본 연구의 산업연관표 산업 부문은 기존의 통합대분류 기준 30개 산업에 1개의 로봇산업을 추가한 총 31개로 구성된다.
 - 주3. 이때 네트워크를 구성하는 개개의 구성인자는 하나의 결점(Node)으로 표현되고, 결점 간의 관계는 연결성(Link)으로 표현된다.
 - 주4. 산업 간 연관 정도를 추정하는 방법으로는 전방산업에서의 수요 증가로 인한 생산유발효과인 레온티에프 역행렬 L과 후방산업의 부가가치 증가로 인한 생산유발효과인 고쉬 역행렬 G를 동시에 고려하기 위해 보정된 생산유발계수행렬인 F를 활용하였다(Dietzenbacher et al, 2005; 박문수 외, 2017).

인용문헌 References

1. 관계부처 합동, 2014. 「제2차 지능형 로봇 기본계획」, 서울: 산업통상자원부.
Jointly related ministries, 2014. *The Second Master Plan for Intelligent Robots*, Seoul: MOTIE.
2. 국토연구원, 2017. 「4차산업혁명시대의 신산업입지정책 연구」, 서울: 국토연구원.
KRIHS, 2017. *A Study on New Industrial Location Policy at the Fourth Industrial Revolution Era*, Seoul: KRIHS.
3. 국회입법조사처, 2015. “로봇산업의 산업연관효과 분석 및 개선 방안”, 「국회입법조사처 현안보고서」, 제289호.
NARS, 2015. “Analysis and Improvement of Industrial-Related Effects of Robot Industry”, *NARS report*, 289.

4. 김홍배, 2016. 「도시 및 지역경제분석론」, 서울: 기문당.
Kim, H.B., 2016. *Urban and Regional Economic Analysis*, Seoul: Kimundang.
5. 남기범, 2016. “‘선택과 집중’의 종언: 포스트클러스터 지역산업 정책의 논거와 방향”, 「한국경제지리학회지」, 19(4): 764-781.
Nahm, G.B., 2016. “The End of ‘Selection and Communication’: Towards a New Post-Cluster Regional Industrial Policies”, *Journal of the Economic Geographical Society of Korea*, 19(4): 764-781.
6. 동진우·정혜진, 2020. “지역 산업의 특화 수준이 스마트 특성에 미치는 영향 분석”, 「지방행정연구」, 34(4): 155-186.
Dong, J.W. and Jung, H.J., 2020. “An Analysis of Influences on the Smart Specialization of Regional Industry Specialization”, *The Korea Local Administration Review*, 34(4): 155-186.
7. 문상미·전진우, 2018. “로봇산업 현황과 정책과제”, 「정보와통신」, 36(1): 42-48.
Moon, S.M. and Jeon, J.W., 2018. “Robot Industry Status and Policy Tasks”, *Information and Communications Magazine*, 36(1): 42-48.
8. 박문수·이동희·최지아, 2017. “대구경북지역의 제조업과 서비스업간 연계성 분석: 지역 산업네트워크 구조를 중심으로”, 「한국지역개발학회지」, 29(1): 99-120.
Park, M.S., Lee, D.H., and Choi, J.A., 2017. “Analysis on the Industrial Linkages between Manufacturing and Service Sector in Daegu and Gyeongbuk Region”, *Journal of The Korean Regional Development Association*, 29(1): 99-120.
9. 박승빈, 2017. 「4차산업혁명 주요 테마분석-관련 산업을 중심으로」, 대전: 통계청.
Park, S.B., 2017. *Analysis of the Major Theme of the Fourth Industrial Revolution-Focusing on Related Industries*, Daejeon, Statistics Korea.
10. 산업연구원, 2012. 「로봇산업의 구조변화와 산업연관분석」, 세종: 산업연구원.
KIET, 2012. *Structural Change of Robot Industry and Industry-related Analysis*, Sejong: KIET.
11. 산업연구원, 2016. 「한국형 신성장산업의 유형화와 산업화 전략 (연구보고서)」, 세종: 산업연구원.
KIET, 2016. *A Study on Korean Emerging Industry Types and Strategy of Industrialization*, Sejong: KIET.
12. 산업연구원, 2017. 「4차산업혁명 시대 주요국 제조업과 서비스업 연계성 현황과 시사점」, 세종: 산업연구원.
KIET, 2017. *Current Status and Implications of Manufacturing and Service Industries of Major Countries in the Era of the Fourth Industrial Revolution*, Sejong: KIET.
13. 산업통상자원부, 2014. 「산업 집적 활성화 기본계획」, 세종: 산업통상자원부.
MOTIE, 2014. *Industry Aggregation Activation Master Plan*, Sejong: MOTIE.
14. 산업통상자원부, 2019. 「로봇산업 발전방안」, 세종: 산업통상자원부.
MOTIE, 2019. *Robot Industry Development Plan*, Sejong: MOTIE.
15. 서연미·류승한·장철순·강호제·박정호, 2012. 「지역경제 활성화를 위한 도시형 산업입지 공급방안 연구」, 안양: 국토연구원.
Seo, Y.M., Ryu, S.H., Jang, C.S., Kang, H.J., and Park, J.H., 2012. *A Study on the Urban Industrial Location Policy for the Vitalization of Regional Economy*, Anyang: Korea Research Institute for Human Settlements.
16. 이응호, 2019. “우리나라 지역 특화산업의 발전방안”, 「산업경제연구」, 32(1): 249-269.
Lee, W.H., 2019. “A Study on Development Plan of Local Specialization Project in Korea”, *Journal of Industrial Economics and Business*, 32(1): 249-269.
17. 이정협, 2011. 「스마트 전문화의 개념 및 분석틀 정립」, 서울: 과학기술정책연구원.
Lee, J.H., 2011. *Smart Specialization: Concept and Framework*, Seoul: STEPI.
18. 정호진·임용석, 2018. “경상남도 제조업과 정보통신/과학기술서비스업의 연계성에 대한 연구: 산업네트워크 구조를 중심으로”, 「지방정부연구」, 21(4): 161-180.
Jung, H.J. and Lim, Y.S., 2018. “A Study on the Industrial Linkages between Manufacturing and ICT/Science Technologies Service Sectors in Gyeongsangnam-do Province: Focusing on the Industrial Network Structure”, *The Korean Journal of Local Government Studies*, 21(4): 161-180.
19. 최동용, 2017. “4차산업혁명의 전개와 확산 ‘로봇산업을 중심으로’”, 「경남발전」, (137): 28-35.
Choi, D.Y., 2017. “The Development and Spread of the 4th Industrial Revolution ‘Focusing on the Robot Industry’”, *The GyeongNam Development*, (137): 28-35.
20. 한국은행, 2014. 「산업연관분석해설」, 서울: 한국은행.
Bank of Korea, 2014. *Input-Output Analysis Commentary*, Seoul: Bank of Korea.
21. 한국은행, 2015. 「2013년 산업연관표」, 서울: 한국은행.
Bank of Korea, 2015. *2013 Input-Output Table*, Seoul: Bank of Korea.
22. 허동숙, 2020. “EU 지역혁신정책의 동향 및 사례 연구”, 「EU연구」, 56: 293-333.
Huh, D.S., 2020. “Current features of EU regional innovation policy”, *Journal of European Union Studies*, 56: 293-333.
23. 현대경제연구원, 2016. “G7 국가와 한국의 산업구조 변화와 시사점”, 「경제주평」, 694: 16-21.
HRI, 2016. “Changes and Implications in the Industrial Structure of G7 Countries and South Korea”, *Weekly Economic Review*, 694: 16-21.
24. Foray, D., David, P.A., and Hall, B., 2009. “Smart Specialization: the Concept”, Knowledge Economists Policy Brief Number 9, Brussels.
25. Foray, D., 2015. *Smart Specialisation: Opportunities and Challenges for Regional Innovation Policy*, Oxford: Routledge.
26. Dietzenbacher, E., Romero Luna, I., and Bosma, N.S., 2005. “Using Average Propagation Lengths to Identify Production Chains in the Andalusian Economy”, *Estudios de Economía Aplicada*, 23(2): 405-422.
27. European Union (EU), 2012. *Guide to Research and Innovation Strategies for Smart Specialization (RIS3)*, Luxembourg: Publication Office of the European Union.

28. IFR, 2018. "World Robotics Industrial Robots", Frankfurt.
29. Leigh, N.G. and Kraft, B.R., 2018. "Emerging Robotic Region in the United States: Insights for Regional Economic Evolution", *Regional Studies*, 52(6): 804-815.
30. OECD, 2013. *Innovation Driven-Growth in Regions: The Role of Smart Specialization*, Paris: OECD.

Date Received	2020-08-06
Reviewed(1 st)	2020-09-18
Date Revised	2021-03-31
Reviewed(2 nd)	2021-04-18
Date Accepted	2021-04-18
Final Received	2021-06-15