

Input-Output Analysis of Service Robot Industry

Seong-eun Ryu* · In-Jae Jeong**†

*Department of Mechanical and Plant Engineering, College of Engineering, Hanyang University

**Department of Industrial Engineering, Hanyang University

서비스 로봇산업의 산업연관분석

류성은* · 정인재**†

*한양대학교 공학대학원 기계·플랜트공학과

**한양대학교 산업공학과

This study attempts to analyze the economic impact of the service robot industry using Input-Output analysis, which is conducted based on Demand-driven model, the Leontief price model, the Backward and Forward Linkage Effects, and the Exogenous Methods. In a Demand-driven model analysis, we can conclude that the service robot industry contains characteristics of both the manufacturing industry and the service industry, which causes a positive impact on the overall industry by compensating for the weaknesses of the two industries. The Leontief price analysis indicates when wages in the service robot industry increase, prices related to robot manufacturing also increase. Also, when profits in the service robot industry increase, prices related to service provision increase, too. The Backward and Forward Linkage Effects analysis shows that the service robot industry is highly sensitive to the current economic condition and has a great influence on the service industry. The service robot industry can highlight the aspect of service characteristics when the manufacturing industry is in recession and vice versa. In addition, the service robot industry can be regarded as a value-adding and domestic economy promoting industry which utilizes knowledge of information and communication technologies. It is important to foster the service robot industry in South Korea, which is in economic recession to provide an opportunity to stimulate the growth of both service and robot industries.

Keywords : Service Robot, Input-Output Analysis, Demand-Driven Model, Leontief Price Model, Backward & Forward Linkage Effects

1. 서론

서비스 로봇산업은 인공지능을 비롯하여 사물인터넷, 센서, 빅데이터, 클라우드 등 많은 정보통신 기술이 축적된 산업으로 기술기반의 다양한 혁신 서비스를 출현시키고 있어 대표적인 통합 플랫폼 산업으로 주목받고 있다 [13]. 또한, 저출산 고령화, 삶의 질 향상 추구, 경제 저성장

시대 도래, 생산성 혁신 요구 등 다양한 사회적 문제를 해결하기 위해 서비스 로봇의 도입이 증가하고 있는 상황이다 [5]. 기술의 발전, 혁신 서비스 창출, 사회 문제 해결 등 요인들로 인해 서비스 로봇의 수요가 증가하고 있으며, 이에 따라 서비스 로봇 시장 규모도 더욱 커져 향후 산업 로봇 시장을 주월할 것으로 전망된다 [9].

서비스 로봇은 제조, 소프트웨어, 서비스, 콘텐츠 등 다양한 산업 분야가 다층적으로 연계되어 새로운 비즈니스와 부가가치를 창출할 수 있어 산업연관 효과가 큰 산업이다. 서비스 로봇은 시장 잠재력이 크고 산업간 연쇄효과가 큰 산업임에도 불구하고 현재까지 서비스 로봇이 가진 경

제적인 영향력에 대한 연구가 부족한 상황이다. 따라서 본 연구는 제10차 표준산업분류표와 통계청(2019)의 로봇산업특수분류체계표를 활용하여 서비스 로봇산업을 재분류하고, 한국은행(2019)의 산업연관표를 활용하여 서비스 로봇산업의 경제적 파급효과를 분석하고자 하였다.

2. 선행연구

산업간 주고받는 영향을 파악할 수 있는 장점을 지닌 산업연관분석은 다양한 산업 분야에서 경제적 파급효과를 알아보기 위한 수단으로 활용되고 있다. 우리나라는 서비스 로봇을 산업연관표상에서 독립적인 상품 부문으로 분류하고 있지 않기 때문에 서비스 로봇에 대한 경제적 파급효과 분석은 아직까지 제대로 이뤄지지 못했다. 따라서 로봇산업, 첨단기술산업, 신산업 등 서비스 로봇과 유사한 성격을 지닌 산업을 중심으로 산업연관분석을 활용한 선행연구를 조사하였다.

산업연구원(2012)은 2000년부터 2010년까지 산업연관표를 활용하여 우리나라 로봇산업의 국민 경제 파급효과를 분석하였다. 해당 연구는 로봇산업의 글로벌 패러다임 변화를 조사한 질적 연구와 투입산출분석을 통해 경제적 파급효과를 분석한 양적 연구를 진행하였다. 이 연구에서는 제조 로봇과 서비스 로봇을 구분하지 않고 기타 특수목적용기계에 포함하였기 때문에 로봇산업의 전후방효과 및 경제적 파급효과를 정확하게 파악할 수 없었다는 한계가 존재한다[7].

국회입법조사처(2015)는 산업연관표 부문에 산업용 로봇 항목이 기재된 2011년부터 2013년까지를 대상으로 우리나라 로봇산업의 경제적 파급효과를 분석하였다. 이 연구에서 산업용 로봇과 서비스용 로봇을 구분하여 경제적 파급효과를 분석하고자 하였으며, 산업연관표의 기본부문 기준으로 산업용 로봇과 기타 특수목적용기계로 구분하여 계산하였다. 하지만 해당 연구 또한 서비스 로봇을 기타 특수목적용기계로 적용하여 분석을 진행하였기에 서비스 로봇에 대한 정확한 경제적 파급효과를 도출할 수 없었다[11].

Kim and Lee[3]은 지역특화산업에 따라 나타나는 로봇산업의 특성과 연관산업의 경제적 파급효과를 2013년 지역산업연관표를 활용하여 연구하였다. 파급효과 분석을 위해 로봇산업을 기술별로 재분류하였으며, 지역산업연관분석을 통해 지역별로 나타나는 로봇산업의 경제적 파급효과를 도출하였다. 해당 연구는 제조 로봇과 서비스 로봇을 구분하지 않고 로봇산업 전체에 대해 지역산업연관분석을 진행하였다는 점에서 본 연구와는 차이가 있다.

Jeong[1]는 산업연관분석기법의 수요유도형 모형을 활용하여 4차 산업혁명 산업의 경제적 파급효과를 분석하였

다. 4차 산업혁명 산업을 제조업, 정보통신서비스, 금융 및 보험서비스, 과학기술서비스 총 4개 부문으로 재분류하였고, 수요유도형 모형을 활용하여 해당 산업을 외생화하고 경제적 파급효과 연구를 진행하였다. 해당 연구는 산업을 재분류하고, 수요유도형 모형을 활용하여 경제적 파급효과를 분석했다는 부분에서 본 연구와 유사하나, 본 연구는 수요유도형 모형과 외생화 모형을 구분하여 진행하였고, 레온티에프 가격모형을 추가 활용했다는 점에서 약간의 차이가 존재한다.

Lee et al.[8]은 델파이 조사를 기반으로 스마트관광의 정의와 범위를 설정하고, 지역산업연관분석을 활용하여 경제적 파급효과를 분석하였다. 해당 연구는 스마트관광의 경험적 측면에서 경제적, 사회문화적, 환경적 지속가능성을 확인하기 위해 진행되었으며 기술 융합 산업을 재분류하여 경제적 파급효과를 분석하였다는 점에 있어 본 연구와 유사한 성격을 가진다. 하지만 해당 연구 또한 수요유도형 모형만을 활용하여 산업연관분석을 하였다는 점에서는 차이점이 존재한다.

Hong et al.[1]은 2014년 산업연관표를 활용하여 농업과 ICT를 융합한 기술인 스마트 팜 산업의 경제적 파급효과를 분석하였다. 해당 연구 또한 산업을 재분류하고, 수요유도형 모형을 활용하여 경제적 파급효과를 분석했다는 것은 본 연구와 유사하나, 본 연구는 수요유도형 모형, 레온티에프 가격모형, 외생화 모형을 활용하였다는 점에서 차별성이 존재한다.

선행연구를 검토한 결과 로봇산업 및 제조 로봇에 대한 경제적 파급효과 연구는 진행된 바 있으나, 서비스 로봇의 산업분류는 정립되지 않아 해당 산업에 대한 경제적 파급효과 연구는 명확히 진행되지 못했다. 본 연구는 신산업을 대상으로 산업연관분석을 진행한 기존 연구를 참고하여 서비스 로봇산업의 경제적 파급효과를 도출하였다. 국내 서비스 로봇 분류표를 활용하여 서비스 로봇 범위를 재분류하였고, 수요유도형 모형, 레온티에프 가격모형, 외생화 모형을 사용하여 서비스 로봇산업이 국내 경제에 미치는 경제적 파급효과를 다각도에서 분석하고자 하였다.

3. 연구방법

3.1 서비스 로봇산업 재분류

서비스 로봇산업은 제조, 통신, 서비스 등 다양한 부문이 결합된 산업이다. 서비스 로봇의 경제적 파급효과 분석을 위해서는 산업연관표의 활용이 필요하다. 하지만 우리나라의 한국표준산업분류와 산업연관표에서는 서비스 로봇산업을 별도의 산업으로 분류하지 않고 있어 서비스 로

봇산업을 포함한 산업연관표 도출이 필요하다. 수정된 산업연관표 도출을 위해서는 산업연관표상에서 서비스 로봇과 연관된 산업이 무엇인지 알아야 한다.

본 연구에서는 한국로봇산업진흥원(2021)의 로봇산업 실태조사 결과보고서, 통계청(2019)의 로봇산업 특수분류표, 제10차 한국표준산업분류표를 활용하여 수정 산업연관표를 작성하였다. 먼저 로봇산업 실태조사에 참여한 기업의 업종코드를 활용하여 제10차 한국표준산업분류표에서 로봇 관련 업종을 추출하였고, 로봇산업 특수분류표 내 서비스 로봇의 범위를 참고하여 추출된 로봇 업종에서 서비스 로봇과 관련된 업종을 추출하였다. 마지막으로 한국표준산업분류표에서 추출한 서비스 로봇 관련 업종과 산업연관표의 업종을 비교, 매칭하여 서비스 로봇을 포함한

수정 산업연관표를 도출하였다.

서비스 로봇 관련 산업은 2019년 산업연관표 소분류 165개 기준 농림수산물 7개, 컴퓨터, 전자 및 광학기기 3개, 기계 및 장비 1개, 건설 6개, 운송서비스 4개, 음식점 및 숙박서비스 1개, 전문, 과학 및 기술 서비스 1개, 사업지원서비스 2개, 공공행정, 국방 및 사회보장 1개, 교육서비스 1개, 보건 및 사회복지 서비스 1개, 예술, 스포츠 및 여가 관련 서비스 2개, 기타 서비스 1개 총 31개 업종으로 도출되었고, 해당 업종을 서비스 로봇산업으로 재분류하였다. 소분류를 서비스 로봇산업으로 재분류하는 과정에 있어 교육서비스와 예술, 스포츠 및 여가 관련 서비스가 서비스 로봇산업으로 편입됨에 따라 해당 대분류 항목이 목록에서 제외되었다. 산업연관표 대분류(33개)에 서비스 로봇산업을 추가하여 총 32개의 대분류로 작성된 산업연관표를 도출하였고, <Table 1>과 같다. 이를 산업연관분석을 위한 기초자료로 활용하였다.

<Table 1> Revised Input-Output Table

Code	Industry
A	Agriculture, Forestry and Fisheries
B	Mine products
C01	Food and drink
C02	Textile and leather products
C03	Wood and paper, printing
C04	Coal and Petroleum products
C05	Chemical products
C06	Non-metalic mineral products
C07	Primary metal products
C08	Metal processed products
C09	Computers, electronics and optical devices
C10	Electrical equipment
C11	Machinery and equipment
C12	Transport equipment
C13	Other manufacturing products
C14	Manufacturing, industrial equipment repair
D	Power, gas and steam
E	Water, waste treatmentand recycling
F	Construction
G	Wholesale/retail and product brokerage
H	Transportation service
I	Restaurant and lodging service
J	Information communication and broadcasting
K	Financial and insurance service
L	Real estate services
M	Professional, scientific and technical services
N	Employee support services
O	Public administration, defense, social security
Q	Health and social welfare service
S	Other service
T	Other
U	Service Robot

3.2 수요유도형 모형

수요유도형 모형을 활용하면 산업의 생산유발계수, 부가가치유발계수, 수입유발계수, 취업유발계수 등을 도출할 수 있다. 수요유도형 모형은 다음 식(1)로 표현할 수 있는데, 해당 식에서 $(I - A)^{-1}$ 은 생산유발계수행렬식으로 국민 경제 내에 존재하는 각 부문의 직간접적인 상호의존 관계를 분석하는데 활용될 수 있다. 또한, 해당 식을 통해 최종수요와 수입 변화에 따른 각 산업에서 유발되는 총산출액(X)을 구할 수 있다[6].

$$X = (I - A)^{-1} (Y - M) \tag{1}$$

여기서 A는 산업간의 중간재투입액을 총투입액으로 나눈 투입계수행렬, Y는 최종수요 벡터, M은 수입액 벡터, I는 단위행렬을 의미한다.

생산유발계수는 수입의 취급방법에 따라 여러 가지 변형이 가능한데 국산품과 수입품을 구분하지 않는 경쟁형과 국산품과 수입품을 구분하는 비경쟁수입형으로 변형할 수 있다. 우리나라 한국은행은 비경쟁수입형으로 산업연관표를 공표하고 있으며, 본 연구에서는 수입유발계수를 산출하기에 용이한 비경쟁수입형을 기초로 경제적 파급효과를 계산하고자 하였다. 따라서 본 연구에서 활용한 비경쟁수입형 생산유발계수행렬 관계식은 (2)와 같다.

$$X = (I - A^d)^{-1} Y^d \tag{2}$$

생산유발계수행렬을 활용하여 부가가치유발계수행렬, 노동유발계수행렬, 수입유발계수행렬 등을 추가로 구할 수 있다. 투입계수의 일종으로 최종수요액 변동으로 인한

부가가치의 변동을 연결하는 부가가치유발계수는 부가가치액을 총산출액으로 나눈 계수를 대각화하여 생산유발계수에 곱하여 계산하며, 식 (3)으로 표현된다. 동일한 방법으로 수입유발계수행렬은 식 (4), 취업유발계수는 식 (5)로 표현할 수 있다.

여기서, \hat{A}^v 는 부가가치계수 대각행렬, A^m 은 수입계수행렬, \hat{L} 는 취업계수 대각행렬을 의미한다.

$$\hat{A}^v(I-A^d)^{-1} \tag{3}$$

$$A^m(I-A^d)^{-1} \tag{4}$$

$$\hat{L}(I-A^d)^{-1} \tag{5}$$

수요유도형 모형은 서비스 로봇산업이 국내 경제에 어느 정도의 과급력을 가지고 있는지 확인하기에 용이한 모형이기 때문에 해당 모형을 본 연구에 활용하였다. 수요유도형 모형을 통해 서비스 로봇산업과 타 산업을 비교하여 생산, 부가가치, 수입, 취업 유발 정도가 어느 정도 되는지 알아보려고 하였다.

3.3 레온티에프 가격모형

레온티에프 가격모형을 활용하면 물가과급효과를 구할 수 있다. 본 연구에서는 해당 모형을 활용하여 서비스 로봇산업의 임금이 10% 인상될 때와 이윤이 10% 인상될 때를 가정하여 서비스 로봇산업을 제외한 타 산업의 산출 가격에 미치는 영향을 알아보려고 하였다.

레온티에프 가격모형은 어떤 부문의 산출물 한 단위의 가격이 산출물 단위당 중간재 투입액과 산출물 단위당 부가가치액의 합과 같다는 가정이 필요하다. 해당 가정을 통해 정리한 물가과급효과는 다음과 같은 식 (6)으로 표현할 수 있다[10].

$$\Delta P^d = (I - A^d)^{-1} \hat{V} \Delta P^v \tag{6}$$

ΔP^d 는 국산품 가격변동률 벡터이며, A^d 은 국산품 투입계수행렬의 전치행렬, \hat{V} 은 부가가치계수의 대각행렬, ΔP^v 는 부가가치계수의 가격변동 벡터이다.

레온티에프 가격모형은 서비스 로봇산업의 물가과급효과를 분석하기에 용이한 모형이기 때문에 해당 모형을 본 연구에 본 연구에 활용하였으며, 서비스 로봇산업의 부가가치 금액이 변동됨에 따라 타 산업부문에 얼마만큼의 물가 영향을 줄 수 있는지 알아보려고 하였다.

3.4 전후방연쇄효과 분석

전후방연쇄효과는 산업부문의 생산유발 방향을 구분하

여 산정한 지표로 전방연쇄효과(forward linkage effects)는 특정 부문의 산출물이 여타 부문의 생산활동을 위하여 중간재로 판매된 정도를 측정하며, 후방연쇄효과(backward linkage effects)는 특정 부문이 생산활동을 위해 여타 부문으로 중간재를 구매한 정도를 측정할 수 있다. 전방연쇄효과는 감응도계수를 통해 알 수 있으며, 후방연쇄효과는 영향력계수를 통해 알 수 있다.

감응도계수는 각 부문의 전방연쇄효과에 대한 민감도(sensitivity of dispersion)를 측정하는 지표로, 모든 부문에서의 최종수요 각 한 단위씩 발생할 때 특정 부문이 받는 영향을 전 부문의 평균에 대한 상대적 크기로 예측한다. 영향력계수는 각 부문의 후방연쇄효과에 대한 힘의 정도(power of dispersion)를 측정하는 지표로서, 특정 부문의 최종수요가 한 단위 발생할 때 모든 부문에 미치는 영향을 전 부문의 평균에 대한 상대적 크기로 측정한다. 감응도계수 벡터는 FL_i이라 표기하며 식 (7)로 표현할 수 있고, 영향력계수 벡터는 BL_j로 표기하며 식 (8)로 표현할 수 있다 [12].

$$FL_i = \frac{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{ij}}{\frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}} \tag{7}$$

$$BL_j = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_{ij}}{\frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}} \tag{8}$$

전후방연쇄효과 분석은 서비스 로봇산업의 구조에 대해 분석하기에 용이한 모형이기 때문에 해당 모형을 활용하였으며, 서비스 로봇산업의 수요가 타 산업 판매 및 생산에 어떠한 경제적 효과를 줄 수 있는지 분석하고자 하였다.

3.5 혼합 산업연관(외생화) 모형

표준 산업연관분석 모형인 수요유도형 모형은 외생적으로 주어진 최종수요가 부문간 중간재의 직간접적인 거래 관계를 매개로 각 부문의 총산출에 미치는 과급효과를 분석한다. 서비스 로봇산업의 산출량 변화가 전산업 부문에 미치는 영향을 분석하기 위해서는 수요유도형 모형에서 서비스 산업을 외생적으로 처리하여 분석하는 혼합 산업연관모형을 활용해야 한다[12]. 혼합 산업연관모형을 활용한다면 서비스 로봇산업의 산출액이 다른 산업에 미치는 효과를 명확하게 알 수 있다. 혼합 산업연관 모형은 다음과 같은 식 (9)로 표현할 수 있다[3]. 여기서 $(I - A_c^d)^{-1} A_y^d$ 는 외생적으로 처리된 서비스 로봇 부문에서의 총 산출 1단위의 생산

식이 타 부문에 미치는 생산유발계수를 의미한다. 또한, 수요유도형 모형과 유사한 방식으로 해당 식을 활용하여 외생화된 부가가치유발계수, 취업유발계수를 도출할 수 있다.

혼합 산업연관모형은 서비스 로봇산업의 산출량 변화가 타 산업에 어떤 경제적 영향을 주는지 분석하기에 용이한 모형이다. 해당 모형을 활용하여 서비스 로봇산업의 산출량 변동에 따른 타 산업의 생산유발효과, 부가가치유발효과, 취업유발효과가 어떻게 나타나는지 분석하고자 하였다.

$$\Delta X_e = (I - A_e^d)^{-1} A_g^d X_g \tag{9}$$

$$\widehat{A}^V (I - A_e^d)^{-1} A_g^d X_g \tag{10}$$

$$\widehat{L}_e^w (I - A_e^d)^{-1} A_g^d X_g \tag{11}$$

4. 분석결과

4.1 수요유도형 모형

수요유도형 모형을 기반으로 서비스 로봇산업이 타 산업에 미치는 경제적 과급효과를 알아보기 위해 생산유발효과, 부가가치유발효과, 수입유발효과, 취업유발효과를 계산하였으며, 결과는 <Table 2>와 같다.

서비스 로봇의 생산유발계수는 1.780으로 나타났으며, 전산업 평균 1.865와 비교하였을 때 생산유발효과가 다소 낮은 편에 속하는 것으로 나타났다. 이를 업종 부문별로 비교할 때 농림수산품이 2.147로 가장 높았고, 제조(1.954), 광산품(1.930), 건설(1.802), 서비스(1.687), 전력·가스·수도 및 폐기물(1.648) 순으로 나타났다. 서비스 로봇의 생산유발계수는 1.780으로 제조보다는 낮지만, 서비스보다는 높게 나타났다. 이를 통해 미루어본 결과, 서비스 로봇은 국내에서 제공 가능한 서비스를 대체하고 있어 전체 산업 평균보다 낮은 생산유발계수를 보유하고 있다는 것을 확인할 수 있었다. 현재 서비스 로봇은 다양한 산업 분야에서 서비스를 제공하고 있으며, 향후 활용범위의 확대가 예상된다. 서비스 로봇의 활용이 확대된다면 타 산업에 미치는 생산유발효과가 더 감소할 수 있을 것으로 예측할 수 있다. 하지만, 업종 부문별로 봤을 때 서비스업보다 서비스 로봇의 생산유발계수가 높게 나온 것으로 보아 서비스 업종이 가진 생산유발 한계를 일부 보완할 수 있는 긍정적인 작용을 할 수 있을 것으로 예상된다.

서비스 로봇산업의 부가가치유발계수는 0.838로 나타났으며, 전산업 평균 0.757과 비교하였을 때 소폭 높은 것으로 확인되었다. 이는 서비스 로봇의 생산활동이 전산업 평균 이상의 부가가치를 창출하여 국가 경제 전반에 기여

했다는 의미이다. 부문별로 비교해보면, 광산품이 0.876으로 가장 높았고, 서비스(0.857), 농림수산품(0.809), 건설(0.800), 전력·가스·수도 및 폐기물(0.672), 제조(0.666) 순으로 나타났다. 서비스 로봇의 부가가치유발계수는 0.838로 서비스보다는 낮지만, 제조보다는 높게 나타났다. 일반적으로 제조업의 비중이 높은 산업의 경우 부가가치가 낮고, 서비스업의 비중이 높은 산업의 경우 부가가치가 높다는 특징이 있는데, 서비스 로봇의 부가가치는 전산업 평균보다 높게 나타났다. 서비스 로봇산업은 제조업과 관련이 높은 산업임에도 불구하고, 서비스를 제공하는 산업이기 때문에 제조업보다 비교적 높은 부가가치를 가지는 것을 확인할 수 있었다. 이를 통해 미루어본 결과, 서비스 로봇은 제조업이 가진 부가가치유발 한계를 보완할 수 있는 긍정적인 작용을 할 수 있을 것으로 예상된다.

서비스 로봇산업의 수입유발계수는 0.162로 나타났으며, 전산업 평균 0.243과 비교하였을 때 낮은 편에 속하는 것으로 확인되었다. 서비스 로봇의 수입유발계수가 평균보다 낮게 나타난 것은 전산업 대비 수입의존도가 낮고 국산화가 어느 정도 진행된 것으로 해석할 수 있다. 서비스 로봇은 통신기기, 기타 기계 및 다양한 서비스 관련 소프트웨어와 융합된 산업으로 수입을 과도하게 유발시키는 중간재의 투입은 사용하지 않고 있다. 서비스 로봇은 원부재료를 대량으로 수입하여 제조하는 산업이 아니라 국내에서 로봇 부품과 소프트웨어를 개발하여 조립·제조하는 산업이기 때문이다. 하지만 로봇 조립·제조 과정에서 사용·투입되는 부품이나 장비에 대한 활동이 미미한 수입유발효과를 발생시킨 것으로 분석된다. 서비스 로봇의 부가가치계수가 높고, 원재료, 중간재 등의 수입유발계수가 낮은 것을 고려해보면 서비스 로봇은 지식기반산업의 성격을 띠고 있다는 것을 알 수 있었다.

서비스 로봇산업의 취업유발계수는 13.033으로 높은 수준인 것으로 확인되었다. 서비스 업종의 경우 나타났으며, 전산업 평균 10.120과 비교하였을 때 취업유발계수가 높게 나타나는데, 그 이유는 아직까지 서비스 로봇은 노동자와 함께 서비스를 제공하고 있기 때문으로 해석되었다.

4.2 레온티에프 가격모형

레온티에프 가격모형을 기반으로 서비스 로봇산업의 임금 10% 상승, 이윤 10% 상승에 따른 가격과급효과를 계산하였으며, 결과는 다음과 같다.

서비스 로봇산업을 제외하고 서비스 로봇산업의 임금이 10% 상승할 경우 전체 산업에 1.363 정도의 과급효과를 미치며, 과급효과가 가장 큰 산업은 기타(2.807), 음식료품(1.1236), 광산품(0.750) 순으로 나타났다. 또한, 서비

스 로봇산업의 이윤이 10% 상승할 경우 전체 산업에 0.177 정도의 파급효과를 미치며, 파급효과가 가장 큰 산업은 음식료품(0.560), 운송서비스(0.408), 정보통신 및 방송 서비스(0.407)로 나타났다.

부문별로 비교해보면, 서비스 로봇산업의 임금이 10% 상승하였을 때 광산품이 0.750으로 가장 높았고, 농림수산물(0.593), 서비스(0.386), 제조(0.386), 건설(0.334), 전력·가스·수도 및 폐기물(0.287) 순으로 나타났다. 서비스 로봇의 이윤이 10% 상승하였을 때는 서비스가 0.170으로 가장 높았고, 제조업(0.153), 농림수산물(0.141), 광산품(0.100), 전력·가스·수도 및 폐기물(0.084), 건설(0.058) 순으로 높았다.

이를 통해 미루어본 결과 서비스 로봇산업의 임금이 상

승 시에는 서비스 로봇 제조에 필요한 원자재, 부품 및 소프트웨어 관련 산업이 물가 영향을 많이 받고, 이윤 상승 시에는 로봇을 구매하여 고객에게 서비스를 제공하는 서비스 산업이 물가 영향을 많이 받는 것으로 나타났다.

4.3 전후방연쇄효과

서비스 로봇이 타 산업에 중간재로 사용되는 효과를 나타낸 감응도 계수는 2.971로 전산업 평균인 1보다 매우 높은 것으로 확인되었다. 감응도 계수가 1보다 큰 산업은 경제여건에 예민하게 반응하며, 1보다 작은 산업은 상대적으로 둔감하게 반응한다.

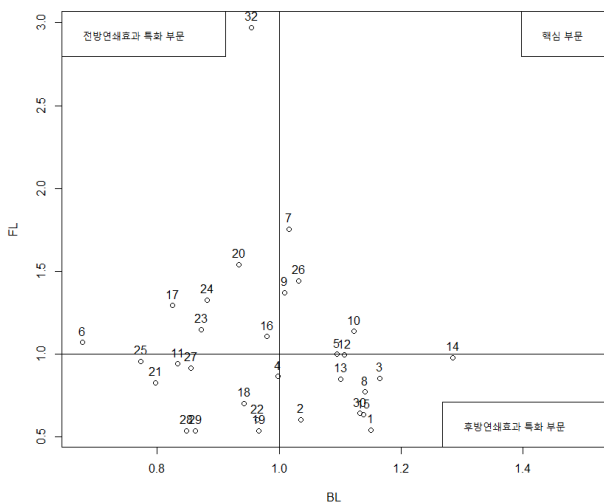
<Table 2> The result of Input-Output Analysis

Industry	Demand-Driven Model				Leontief Price Model		Backward & Forward Linkage Effects		Exogenous Method		
	Pro-duction	Value	Import	Employ	Wage	Price	FL	BL	Pro-duction	Value	Employ
Agriculture, Forestry and Fisheries	2.147	0.809	0.191	14.856	0.593	0.141	0.539	1.151	0.001	0.000	0.009
Mine products	1.930	0.876	0.124	8.909	0.750	0.100	0.604	1.035	0.002	0.001	0.007
Food and drink	2.173	0.761	0.239	9.647	1.236	0.560	0.853	1.166	0.049	0.013	0.118
Textile and leather products	1.862	0.548	0.452	8.287	0.293	0.165	0.865	0.998	0.010	0.002	0.034
Wood and paper, printing	2.041	0.740	0.260	8.678	0.465	0.192	0.998	1.095	0.016	0.005	0.056
Coal and Petroleum products	1.262	0.353	0.647	1.239	0.098	0.030	1.069	0.677	0.028	0.007	0.002
Chemical products	1.894	0.605	0.395	5.196	0.301	0.130	1.753	1.016	0.059	0.016	0.092
Non-metallic mineral products	2.128	0.762	0.238	7.908	0.662	0.103	0.771	1.141	0.022	0.007	0.055
Primary metal products	1.881	0.500	0.500	4.312	0.317	0.097	1.370	1.009	0.028	0.005	0.025
Metal processed products	2.093	0.750	0.250	7.698	0.329	0.090	1.136	1.122	0.030	0.011	0.098
Computers, electronics and optical devices	1.555	0.670	0.330	3.547	0.136	0.170	0.940	0.834	0.021	0.009	0.030
Electrical equipment	2.064	0.672	0.328	6.362	0.260	0.122	0.993	1.107	0.021	0.006	0.047
Machinery and equipment	2.053	0.700	0.300	7.126	0.285	0.126	0.849	1.101	0.011	0.004	0.032
Transport equipment	2.397	0.689	0.311	7.149	0.288	0.161	0.977	1.286	0.012	0.003	0.022
Other manufacturing products	2.124	0.715	0.285	11.654	0.355	0.104	0.632	1.139	0.006	0.002	0.039
Manufacturing, industrial equipment repair	1.827	0.861	0.139	12.068	0.386	0.096	1.104	0.980	0.015	0.008	0.121
Power, gas and steam	1.538	0.467	0.533	2.367	0.152	0.042	1.293	0.825	0.028	0.007	0.017
Water, waste treatment and recycling	1.757	0.876	0.124	9.975	0.422	0.126	0.702	0.942	0.007	0.004	0.044
Construction	1.802	0.800	0.200	9.843	0.334	0.058	0.536	0.966	0.000	0.000	0.000
Wholesale/retail and product brokerage	1.742	0.881	0.119	15.966	0.554	0.147	1.539	0.934	0.057	0.030	0.665
Transportation service	1.486	0.548	0.452	7.288	0.234	0.408	0.827	0.797	0.014	0.005	0.069
Restaurant and lodging service	1.797	0.884	0.116	14.052	0.311	0.080	0.600	0.964	0.003	0.001	0.028
Information communication and broadcasting	1.626	0.858	0.142	8.280	0.316	0.407	1.147	0.872	0.025	0.014	0.112
Financial and insurance service	1.645	0.921	0.079	6.917	0.368	0.147	1.325	0.882	0.032	0.019	0.116
Real estate services	1.441	0.957	0.043	4.894	0.411	0.062	0.954	0.773	0.027	0.019	0.067
Professional, scientific and technical services	1.925	0.852	0.148	11.225	0.490	0.174	1.442	1.032	0.048	0.021	0.309
Employee support services	1.594	0.909	0.091	16.714	0.309	0.083	0.914	0.855	0.019	0.012	0.236
Public administration, defense, social security	1.580	0.922	0.078	18.074	0.447	0.088	0.536	0.847	0.000	0.000	0.000
Health and social welfare service	1.608	0.878	0.122	29.920	0.385	0.092	0.536	0.862	0.000	0.000	0.000
Other service	2.112	0.814	0.186	18.911	0.560	0.179	0.641	1.132	0.005	0.002	0.076
Other	2.805	0.804	0.196	11.763	2.807	0.200	0.583	1.504	0.002	0.000	0.000
Service Robot	1.780	0.838	0.162	13.033	3.737	0.210	2.971	0.955	-	-	-
Average	1.865	0.757	0.243	10.120	1.363	0.177	-	-	0.599	0.233	2.526

서비스 로봇의 감응도계수인 2.971이라는 계수는 경제 여건에 매우 예민하게 반응한다는 의미이다. 서비스 로봇은 인간에게 운송, 서빙, 교육, 의료 등 다양한 서비스를 제공할 수 있는 상품으로 경기 민감도가 높다. 따라서 감응도 계수가 매우 높게 나타난 것으로 판단된다.

서비스 로봇의 수요가 한 단위 발생한다면 전산업 부문에 유발하는 생산효과를 나타낸 영향력 계수는 0.955로 전산업 평균인 1보다 약간 낮은 것으로 확인되었다. 이는 전산업에서 20위를 차지하였다. 서비스 로봇은 서비스 노동인구를 대체하고 있어 타 산업의 생산유발을 저해하고 있다. 따라서 영향력 계수가 평균 대비 낮게 나타난 것으로 판단된다.

서비스 로봇은 감응도 계수(전방연쇄효과)는 높고, 영향력 계수(후방연쇄효과)는 낮은 산업이다. 서비스 로봇은 인간에게 서비스를 제공하는 산업이자, 서비스 노동 인력을 대체할 수 있는 산업이기 때문이다.



<Figure 1> The Result of Backward and Forward Linkage Effects

<Figure 1>은 서비스 로봇산업의 감응도와 영향력을 보여준다. 감응도 계수는 각 산업부문에 중간재로 널리 사용되는 산업일수록 커지고, 영향력 계수는 생산유발효과가 클수록 커진다. 그래프의 우측 상단은 감응도와 영향력이 큰 핵심 산업이 위치하고 있으며, 좌측 상단에는 감응도가 높지만 영향력이 낮은 전방연쇄효과 특화 산업이 위치한다. 타 산업에 중간재로 많이 활용되지만 타 산업의 생산을 견인하는 정도가 상대적으로 낮은 산업이 속하는데 서비스 로봇산업은 여기에 속한다.

4.4 혼합 산업연관모형

서비스 로봇산업 산출액 변동에 따른 타 산업의 생산유

발효과, 부가가치유발효과, 취업유발효과 등 경제적 파급효과를 도출하였다. 서비스 로봇이 전산업에 미치는 생산유발계수 평균은 0.599, 부가가치유발계수 평균은 0.233, 취업유발계수 평균은 2.526으로 나타났다. 업종별로 계수가 높게 나온 순으로 순위를 도출한 결과 대부분 서비스 업종이 상위권에 위치하였다. 이를 통해 미루어본 결과 서비스 로봇산업은 대체적으로 서비스 산업에 대한 생산유발효과, 부가가치유발효과, 취업유발효과 등에 대해 경제적인 영향을 많이 미치는 것으로 확인되었다.

5. 결론

본 연구에서는 서비스 로봇산업이 국가 경제에 미치는 경제적 파급효과 정도를 파악하였다. 따라서 서비스 로봇산업을 재분류하고, 한국은행의 2019년 산업연관표(연장표)를 활용하여 산업연관분석을 진행하였다. 산업연관분석은 수요유도형 모형, 레온티에프 가격모형, 전후방연쇄효과 분석, 혼합 산업연관 모형을 활용하여 진행하였다.

수요유도형 모형을 활용하여 서비스 로봇산업의 생산유발효과, 부가가치유발효과, 수입유발효과, 취업유발효과를 도출한 결과를 종합해보았을 때 서비스 로봇은 제조업과 서비스업이 가진 약점을 보완할 수 있는 산업적 성격을 지녔으며, 수입의존도가 낮은 산업이자 지식기반 산업의 성격을 띠고 있는 것으로 확인되었다. 레온티에프 가격모형을 활용하여 서비스 로봇산업의 임금, 이윤 상승 시 전산업에 미치는 물가파급효과를 도출한 결과, 서비스 로봇산업의 임금 상승은 로봇 제조 관련 산업의 물가가 상승하고, 서비스 로봇산업의 이윤 상승은 서비스를 제공하는 서비스 산업의 물가가 상승하는 것으로 나타났다. 그리고 전후방연쇄효과를 분석하여 서비스 로봇산업의 감응도계수와 영향력계수를 도출하여 산업 구조를 파악한 결과 서비스 로봇산업이 경기에 매우 민감하게 반응하며, 타 산업의 생산유발은 작은 산업인 것을 확인할 수 있었다. 마지막으로 혼합 산업연관모형을 활용하여 서비스 로봇산업이 타 산업에 미치는 생산유발효과, 부가가치유발효과, 취업유발효과를 도출하였는데 그 결과 서비스 산업에 대해 많은 경제적인 영향을 미치는 것으로 확인되었다.

본 연구를 통해 서비스 로봇산업은 제조업과 서비스업 사이의 성격을 가지고 있는 산업으로 두 산업의 약점을 보완할 수 있어 산업 전반에 긍정적인 영향을 가지고 있을 수 있는 업종임을 확인하였다. 또한, 서비스 로봇은 부가가치가 높은 지식기반 산업으로 국내 경제 활성화에 도움을 줄 수 있을 것으로 예상되었다. 따라서 서비스 로봇산업의 육성을 통해 저경제 성장 시기로 들어서고 있는 국내

산업을 활성화시키고, 각 산업 분야의 성장을 자극할 수 있는 계기 마련이 필요해 보인다.

References

- [1] Hong, J.P., Kim, D., and Hong, S.-J., National Economic Effects of Smart Farm: Using Input-output Analysis, *Korean Industrial Economic Association*, 2019, Vol. 32, pp. 1313-1332.
- [2] Jeong, E.H., The Analysis of Economic Impact for Fourth Industrial Revolution Industry using Demand-driven Model, *Journal of Korea Institute of Information*, 2021, Vol. 14, pp. 70-77.
- [3] Kim, H.-G. and Lee, Y.S., An Analysis of the Economic Impacts of Robot Industry in the Seoul Metropolitan and the Non-Metropolitan Areas : From the Perspective of Smart Specialization, *Journal of Korea Planning Association*, 2021, Vol. 56, pp. 122-136.
- [4] Kim, H.-Y., Song, T.H., and Yoo, S.H., Using the Demand-driven Model-based Inter-industry Analysis to Examine the Economic Effects of Petroleum Refinery Sector, *Journal of Energy Engineering*, 2015, Vol. 24, pp. 104-113.
- [5] Kim, K., Service robot-Demand is expected to increase due to COVID-19, aging, and reduced labor costs, *ASTI Market insight*, 2022, Vol. 32.
- [6] Kim, T.J., Input-Output Analysis using R, Seoul : Hannarae, 2021.
- [7] Korean Institute for Industrial Economics & Trade, Structural Change and Input-Output Analysis about Robot Industry, 2012.
- [8] Lee, H. A., Koo, C. M., and Chung, N. H., The economic impacts of smart tourism: analysis using an input-output model, *Journal of Hospitality and Tourism Studies*, 2020, Vol. 22, pp. 1-12.
- [9] MarketsandMarkets, Service Robotics Market with COVID-19 Impact Analysis-Global Forecast to 2026, 2021.
- [10] Miller, R.E. and Peter, D. B., *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions*, Cambridge, New York: Cambridge University Press, 2009.
- [11] National Assembly Research Service, *Analytical Study on Industrial-related Effect of Robot Industry*, 2015.
- [12] Sin, Y.J., A Study on the Structure and Impact Analysis of the Core Components Industry of the 4th Industrial Revolution, *The e-Business Studies*, 2019, Vol. 20, pp. 221-239.
- [13] Vermesan, O., Bahr, R., Ottella, M., Serrano, M., Karlsen, T., Wahlstrøm, T., Sand, H.E., Ashwathnarayan, M., and Gamba, M.T., Internet of Robotic Things Intelligent Connectivity and Platforms, *Frontiers in Robotics and AI*, 2020, Vol. 7.

ORCID

Seong-eun Ryu | <https://orcid.org/0000-0002-1713-019X>
In-Jae Jeong | <https://orcid.org/0000-0001-7824-6391>