

로봇산업이 지역인구이동 효과 및 임금수준에 미치는 영향: 패널데이터 능형회귀분석을 이용한 영향요인분석

이정수*, 박민정, 박규희, 손동섭
한국로봇융합연구원

Impact of The Robot Industry on Regional Population Movement and Wage Level: Analysis of Influencing Factors Using Panel Data Ridge Regression Analysis

Jungsoo Lee*, Minjeong Park, Kyuhee Park, Dongseop Sohn
Korea Institute of Robotics & Technology Convergence

요약 우리나라 지방정부의 인구감소 및 인구 유출이 심화되는 현 시점에서, 지역경제 관점으로 인구이동을 다루는 것은 매우 의미가 있다. 따라서 본 연구에서는 지역인구이동 관점에서 로봇산업의 지역 경제효과에 대한 연구를 진행하고자 한다. 이를 통해 지역에서 로봇산업 정책 수립에 기여하고, 지역의 로봇산업 발전을 위한 방향성을 제시하는 데 그 목적이 있다. 분석을 위하여, 2010년 ~ 2020년도 지역별 로봇기업의 현황데이터를 능형회귀분석을 통해 실증분석을 시도하였다. 분석 결과, 첫 번째 분석인 Pooled OLS와 VIF의 확인을 통해 다중공선성을 의심하였으며, 이를 통해 능형회귀분석 선택이 타당하다는 것을 확인할 수 있었다. 둘째로는 능형회귀분석을 위하여 종속변수별 최적의 k값을 추정하였으며, 이를 통해 능형회귀분석을 수행하였다. 분석 결과, 로봇기업생산액은 임금에 긍정적인 영향을 주었으며, 로봇기업수는 순인구이동과 임금에 긍정적인 영향을 주었다. 마찬가지로 로봇기업인력수는 순인구이동과 임금에 긍정적인 영향을 주는 것으로 나타났다. 본 연구의 의의는 지역에서의 로봇산업의 효과를 인구이동과 임금이라는 관점에서 효과를 실증분석 하였다는 점이다. 기존 연구가 국가 로봇산업육성에 초점이 되었다면, 본 연구 결과 일자리 창출을 통한 인구이동과 창출된 일자리의 양질을 임금을 통해 측정함으로써 국가 정책 과정에서 기초자료로 활용할 수 있다는 점에서 본 연구의 의의가 있다.

Abstract Investigations of population movements from the perspective of local economies are required when local populations are declining and population outflows worsen. This study was undertaken to investigate the regional economic effects of the robot industry from the perspective of population movements with the joint aims of contributing to formulating regional robot industry policies and suggesting directions for local robot industry development. Empirical analysis was conducted by applying ridge regression analysis to robot companies by region from 2010 to 2020. Multicollinearity was suspected through the confirmation of the first analysis, pooled OLS and VIF, which confirmed that the choice of ridge regression analysis was valid. The optimal k-value for each dependent variable was then estimated for ridge regression analysis. The results obtained showed that robot production positively affected wages and that the numbers of robot companies and company employees positively affected net population movement and wages. The significance of this study lies in the fact that it empirically analyzed the effects of the robot industry in a region from the perspective of population movements and wages. This study is meaningful because it provides basic data for policy-making and supports national robot industry development and the creation of quality jobs by measuring job quality based on wages and population movements.

Keywords : Population Movement, Wages, Robotics Industry, Regional Economy, Ridge Regression Analysis

*Corresponding Author : Jungsoo Lee(Korea Institute of Robotics & Technology Convergence)

email: leejs@kro.re.kr

Received March 2, 2023

Accepted May 12, 2023

Revised March 27, 2023

Published May 31, 2023

1. 서론

로봇산업은 융복합 산업으로써 다양한 첨단기술이 결합되면서 기능이 다양해지고 활용도가 크기 때문에 산업의 파급효과가 매우 큰 산업이다[1]. 우리나라에서도 2008년도에 「지능형 로봇개발 및 보급 촉진법」을 제정하고 로봇산업 발전을 위한 노력을 지속해나가고 있으며, 2020년부터 2025년까지 1조 2천억 원의 예산을 투입하여 로봇산업을 육성할 예정이다[2]. 정부뿐만 아니라 우리나라의 주요 기업에서도 로봇을 핵심 아이টে็ม으로 보고 이에 대한 투자를 확대해나가고 있다. 현대자동차그룹은 세계적인 로봇 기업인 보스턴다이내믹스를 약 1조 원에 인수하였으며, LG에서는 2017년 로봇사업육성전략을 마련하고 가정용·상업용·산업용 로봇 시장을 지속해서 확대해나가고 있다.

이러한 흐름에 맞춰 각 지자체에서도 로봇산업 육성을 위한 전략을 마련하고, 지역의 로봇기업 지원과 산업육성을 위한 정책 등을 추진하고 있다. 하지만 대부분의 정책입안자, 중앙·지방정부 및 연구자들은 로봇산업의 필요성과 향후 전망이 밝다는 것에는 동의하지만, 이러한 로봇산업의 성장이 지방정부의 경쟁력을 강화시킨다는 것에는 일부 이견이 존재하고 있다.

부정적인 입장에 있는 연구자들은 로봇산업이 확대될수록 타 산업의 생산성을 높이기 때문에 정형화된 “많은” 일자리가 축소되고, 높은 임금의 일자리는 “조금” 창출되어 임금 격차를 심화시킴으로써 지역의 생산성과 경쟁력에 악영향을 준다는 것이다[3]. 특히, 이러한 문제는 우리나라 지자체에 커다란 영향력을 끼치는데, 우리나라의 노동구조가 우수인력이 수도권 중심으로 몰려있고 지자체의 인구는 지속해서 감소하고 있으며, 지역의 산업구조가 저임금의 중소 제조 산업에 집중된 만큼, 지역의 일자리를 감소시키고, 이에 따른 인구 유출 문제가 심화된다는 것이다.

반면 긍정적인 입장에서는 산업이 급변하는 과정에서 대부분 더 많은 일자리를 창출하였다는 입장이다. 기존의 정형화된 산업이 축소되면서 “많은” 일자리가 없어지지만, 새로운 수요나 소비가 발생하면서 “더 많은” 일자리가 창출된다는 입장이다[3,4]. 과거에 산업혁명이나 산업의 큰 변화가 있었을 때의 경험을 살펴보면, 실제로 고용은 지속적으로 증가했음을 확인할 수 있다[5,6].

로봇 분야에서 이러한 논의가 활발하게 이루어지고 있는 시점에서, 아직까지 지역 차원에서 이 문제를 다룬 연구는 부족한 상황이다. 특히 우리나라의 경우 지방정부

차원에서 로봇산업 발전을 위한 다양한 노력을 하고 있지만, 추진 방향성과 근거가 없는 상황에서 명확한 정책 방향을 설정하기 위해서는 로봇산업이 지역경제에 미치는 영향을 살펴보고 분석할 필요가 있다.

한편 우리나라 지방정부의 인구 유출이 심화되고 고령화, 일자리 부족 문제가 확산되는 이 시점에서, 지역경제 영향력을 살펴보는 데 있어 인구이동을 다루는 것은 매우 의미가 있다. 이는 지방에서는 인구감소 등으로 인해 지역경제의 침체가 이어지는 등 파급효과가 매우 크기 때문이다. 또한 각 지자체는 지역경제에 있어 인구문제를 최우선과제로 보고 있으며, 지역인구유입은 사회·경제적 요인을 통해 크게 영향을 받는 요인[7]으로, 산업뿐만 아니라 복지·인프라·교육·교통 등에 영향을 주기 때문에 지역경제와 밀접하게 관련되어 있다.

따라서 본 연구에서는 지역인구이동 관점에서 로봇산업의 지역 경제효과에 대한 연구를 진행하고자 한다. 이를 통해 지역에서 로봇산업 정책 수립에 기여하고, 지역의 로봇산업 발전을 위한 방향성을 제시하는 데 그 목적이 있다.

2. 이론적 논의

2.1 인구이동의 원인

인구이동에 대한 논의는 비교적 오랫동안 이루어지고 있는 논의이다. 인구이동과 관련된 대표적인 이론으로 Ravenstein(1885)의 중력모델(gravity model)이 있는데, 지역 간 인구이동은 지역의 인구규모에 비례하며 지역 간 거리가 반비례한다고 설명하였다[8]. 즉 인구규모가 크면 고용과 일자리의 기회나 기대효용이 커지고 이로 인해 활발하게 인구이동이 이루어진다는 것을 의미한다. 반면 지역 간 거리는 가까울수록 인구이동이 활발하게 나타남을 의미한다.

신고전적 모델은 인구이동의 주요 원인을 지역 간 경제 차이라고 설명하였다. 사람들은 더 높은 소득을 얻을 수 있는 지역으로 이동한다는 것이다. Lewis(1954)와 Todaro(1969) 모두 인구이동의 주요 원인을 경제적 요인으로 주장하였지만, Lewis(1954)는 절대소득의 차이를, Todaro(1969)는 새로운 일자리를 통한 기대소득의 차이를 주요 원인으로 설명하였다[9,10].

이 외에도 Tiebout(1956)는 지역 공공서비스의 질적 차이가 인구이동에 영향을 준다고 주장하였다. 다양한 연구를 통해 지방정부가 제공하는 서비스와 조세, 공공

재의 질적 수준이 인구이동의 주요 요인이 될 수 있음이 확인되었다[11].

우리나라 인구이동과 관련한 선행연구 중, 최진호(2008)는 수도권 인구유입의 결정요인을 분석하여 일자리가 가장 큰 영향을 미친다는 것을 확인하였다[12]. 김리영·양광식(2013)은 전국을 대상으로 인구이동을 결정하는 지역특성 요인을 분석하였다. 그 결과 인구유입을 결정하는 요인에는 사업체수, 교육시설, 주택가격, 대중교통 서비스 등이 있으며, 가장 큰 요인은 일자리의 증가인 것으로 나타났다[7]. 김희재·김근영(2020)은 수도권을 대상으로 동일 권역 내 인구이동과 타 권역 간 인구이동의 결정요인을 분석하였다. 분석 결과 수도권 인구이동의 주요 요인은 일자리, 산업, 교통으로 나타났고, 그중 일자리의 기회가 가장 중요한 인구이동 요인으로 확인되었다[13]. 그 외에도 많은 연구에서는 지역별·연령대별·산업별 등 다양한 관점에서 인구이동과 일자리 수의 변화 간 인과성에 대한 연구가 활발하게 진행되어 왔다[14,15].

2.2 로봇산업과 일자리의 변화

로봇산업이 관련 산업의 생산성을 높이고[16] 다양한 서비스 영역에서 육체노동이 필요한 비용을 줄일 수 있기 때문에, 로봇에 대한 수요는 지속적으로 증가하여 로봇산업의 시장 및 산업이 확대한다는 점은 동의한다. 하지만 로봇의 활용이 확대되면서 노동시장에서의 양극화가 심화되고, 임금에 대한 불균형으로 인한 미래경제 전반에 대한 생산성과 경쟁력에는 악영향을 줄 수 있다는 것이다[3].

즉, 로봇의 확대에 인하여 로봇산업의 생산성과 노동시장은 증가되는 패턴을 보이면서도, 로봇의 보급과 확산이 활성화 되면서 저숙련의 노동자들은 일자리를 잃을 가능성이 높아 노동시장을 이탈하게 되고[17], 이는 결국 지역 경제에 오히려 악영향을 준다는 것이다.

미국 백악관 경제자문위원회에서는 로봇으로 인한 자동화로 인하여 미국의 시급20달러 이하의 일자리의 83%가 영향을 받는다고 하였으며[18], 프랑스의 실증연구에서도 로봇활용의 확대는 총 고용을 감소시키고, 이러한 영향은 교육수준이 낮은 근로자에게 큰 피해를 입히는 것으로 분석되었다[19]. 그뿐만 아니라 많은 실증연구들에서 반복적이면서 규칙적인 작업을 하는 정형화된 일자리는 지속적으로 사라지고, 지역 노동시장에서 직업의 양극화는 강화된다는 것을 보여주고 있다[20-24].

그럼에도 불구하고, 과거의 많은 경험들은 이러한 문제에 대해서 반박하고 있다. 기업의 생산성을 높이기 위

한 프로세스의 혁신은 소비자에게 더 낮은 비용절감의 형태로 전달되며, 그 나머지는 근로자에게 더 높은 임금의 형태로 전달된다는 것이다[3]. 이를 통해 소비가 확대되고 이러한 소비의 수요는 새로운 일자리를 창출하고 지역경쟁력에 긍정적인 영향을 준다는 것이다[4].

국제노동기구는 중기적으로 생산성과 고용은 동시에 성장한다는 것을 확인하였고[5], Van Ark et al.(2004)의 연구에서도 중기적으로 1인당 소득, 생산성, 고용에 대한 동시성장에 대한 실증을 확인하였다[6]. 특히 이러한 기술의 발전 흐름에 맞춰 로봇에 대한 투자를 하지 않는 기업은 장기적 관점에서 경쟁력을 잃고 산업전체가 위기에 빠져 경제에 부정적인 영향을 줄 수 있는 만큼, 로봇을 활용하여 경쟁력을 높여야 한다고 주장하였다[3].

특히, 우리나라는 우수인력이 수도권 중심으로 몰려가고 지자체의 인구가 지속적으로 감소하는 패턴을 가지며, 지역의 산업구조가 저임금의 중소제조 산업으로 구성되어있는 상황에서, 로봇산업의 확대는 정형화된 일자리 감소 및 일자리의 양극화를 초래하게 하고, 이에 따른 인구유출 문제가 심화되어 지역 경제에 악영향을 줄 수 있다고 예상하기 때문이다.

3. 연구방법

3.1 데이터 및 변수

본 연구에서는 이론적 배경에서 논의한 것처럼, 종속변수로 지역별 인구이동과 임금을 활용하였다. 유입인구는 앞서 논의한 것처럼 직장과 일자리의 선행요인으로써 [7,12] 지역경제를 설명하는데 유용하다. 인구의 이동은 로봇산업의 일자리 증대와 일자리 변경을 위한 집단의 이동을 설명할 수 있다. 그리고 일자리의 창출과 더불어 일자리의 변화를 측정하기 위하여 임금의 향상효과를 측정하였는데, 이를 위하여 1인당 평균임금을 종속변수로 활용하였다.

다음 독립변수로 로봇산업에 대한 영향력을 측정하기 위하여 로봇기업생산액, 로봇기업수, 로봇기업인력수를 활용하였다. 이는 로봇산업의 생산액, 로봇기업 수, 로봇기업인력수 등은 로봇산업의 활동과 집중을 측정하는데 유용하기 때문에 이를 활용하였다[25,26]. 각각의 개념을 설명하면 로봇기업생산액은 지역 내 로봇기업이 생산하는 금액을 의미하며, 로봇기업수는 지역 내 위치한 로봇기업에 재직 중인 인력의 수를 의미한다.

Table 1. Variables definition

Variables		Details	Source
Dependent variable	Net migration	The number of net migrants minus the number of movers from other regions	Statistics Korea, 「Domestic Population Movement Statistics」
	Wages	Average income per capita of the number of people reporting year-end tax settlement	National Tax Service, 「National Tax Statistics」
Independent variable	Production of regional robot enterprises	Total production value of manufacturing robots, professional service robots, personal service robots, robot parts and parts, robot systems, embedded robots, and robot service companies in the region	Ministry of Industry and others 「Robot Industry Survey」
	Number of local robot companies	Number of robot companies in the region	「Robot Industry Survey」
	Number of employees in local robot companies	Number of employees in robot companies in the region	
Control variables	Regional labor productivity	Regional Gross Domestic Product / Number of Employed Persons	Statistics Korea, 「Economically Active Population Survey」
	GRDP	The sum of the market prices of all final goods and services produced within a given economic zone during a given period	Statistics Korea, 「Regional Income」
	National R&D investment	National R&D expenses spent in the region	Ministry of Science and ICT and KISTEP 「Research and development activity investigation」
	R&D manpower	Proportion of R&D personnel in the region	
	Exports	Amount of goods and services produced in the region sold to other countries through trade	Korea International Trade Association, 「Exports」
	Population	Population of persons with resident registration(residents)	Ministry of Public Administration and Security, 「Resident Population」
	The extent of the area	The area of the area corresponding to Dong or Eup on the basis of administrative district and residential area, commercial area, industrial area, or green area on the basis of use zone	Korea Land and Housing Corporation, 「Urban Status」
	Number of employed	Number of employed persons among the economically active population	Statistics Korea, 「Domestic Population Movement Statistics」
Proportion of manufacturing industry	Manufacturing Industry's Share of Regional Industries	Statistical Office 「Mining and Manufacturing Industry Trend Survey」	

그리고 인구가동의 특성상 종속변수에 영향을 줄 수 있는 다양한 요소가 있는데, 이러한 요인들을 통제하기 위하여 지역노동생산성, GRDP, 국가연구개발투자, 연구개발 인력비중, 수출액, 인구수, 지역넓이, 취업자수, 제조업비중 등 다양한 요소를 통제변수로 활용하였다(Table 1).

실증분석에 활용된 주요 데이터는 「로봇산업실태조사」의 데이터이다[27]. 이 조사는 산업통상자원부·한국로봇산업진흥원·한국로봇산업협회가 매년 로봇기업을 대상으로 현황을 조사한 것으로 통계청 승인통계이다. 동 조사는 로봇산업에 대한 측정을 위한 유일한 조사로 알려져 있다. 실태조사는 각 연도의 현황을 조사하기 위하여 차년도 조사를 시행하여 차년도 말에 관련 결과를 발표한다.

조사대상은 로봇산업 특수분류에 포함되는 사업체로서, 본 연구에서는 분석을 위하여 2011~2020년간 10개년의 데이터를 활용하였다(Table 2). 데이터는 권역별 자치단체로 수집하였으며, 자치단체는 로봇실태조사의 지역기준인 4개의 권역별자치단체로 구분하였다. 권역은 크게 수도권은 서울, 인천, 경기, 강원, 영남권은 부산, 대구, 울산, 경상, 충청권은 대전, 충청, 세종, 호남권은 광주, 전라 지역을 활용하였다.

Table 2. Basic Statistics(2020)

Variables		Ave.	StDev.	Min.	Max.
Dependent variable	Net migration	-0.84	69.70	-78.40	87.78
	Wages	37.86	1.84	35.94	40.33
Independent variable	Production of regional robot enterprises	1797.43	1598.67	157.78	3747.25
	Number of local robot companies	119.62	102.50	12.09	251.57
	Number of employees in local robot companies	1085.00	846.46	310.00	2116.00
Control variables	Regional labor productivity	0.96	0.01	0.96	0.97
	GRDP	481.26	410.43	173.71	1074.12
	National R&D investment	23.21	28.28	2.89	64.97
	R&D manpower	138.95	159.04	25.77	374.60
	Exports	128.09	67.55	46.71	208.21
	Population	12.79	10.49	5.11	27.58
	The extent of the area	432.49	195.27	228.39	638.67
	Number of employed	66.32	54.12	26.54	143.15
	Proportion of manufacturing industry	0.18	0.06	0.12	0.24

3.2 분석모형

본 연구에서는 기본적으로 권역별 패널데이터를 구성하였고, 이를 위하여 결정요인 분석을 위한 패널데이터 분석을 시도하고 있다. 이에 따라, 본 연구에서는 패널 회귀모형이 기본적인 분석 모형이다. 하지만 본 연구에서는 다양한 독립변수를 사용하고 있으며, 이러한 독립변수가 지나치게 많을 때 다중공선성의 문제를 교정하기 위한 하나의 방법인 능형회귀분석을 활용하였다.

회귀분석시 다중공선성이 발생하는 경우에는 OLS를 통한 추정은 분산이 증가되면서 추정계수의 신뢰성을 낮추게 된다. 이러한 경우 계수의 양(+)과 음(-)의 값이 바뀌기도 하며, 계수의 크기가 과소/과대해야지게 된다. 이러한 상황에서 제한되는 분석방법으로 주성분회귀분석과 능형회귀분석이 제안된다[28]. 다양한 선행 연구들이 주성분분석과 능형회귀 분석 모두 OLS와 비교하여 우수한 결과를 나타낸다고 제안하고 있으나 어느 것이 더 우수한 가는 결론이 존재하지 않는다[29,30]. 다만 다양한 회귀분석과 관련된 서적 및 보고서 등에서는 주성분회귀분석보다는 능형회귀분석을 더 선호하는 경향이 있다[31-33].

이에 따라 불안정한 OLS보다 안정적인 해를 얻으면서도 회귀분석의 틀을 유지할 수 있는 알고리즘인 능형회귀를 본 연구에서 활용하고자 한다[34].

능형회귀분석은 계수의 크기에 일정한 벌칙을 주는 회귀분석 방법으로, 다중공선성이 존재하는 상황에서 예측 성과를 높여주고, 공선성의 탐색과 회귀분석을 동시에 처리해 주는 방법이다. 또한 추정에 활용한 자료의 작은 변화에 대해서는 추정량이 크게 영향을 받지 않는다는 점에서 장점이 있다[35]. 능형회귀는 통상적으로 최소자승의 목적함수에 2차식 형태의 벌칙항을 추가하는데, 본 연구에서 고려한 패널 능형회귀 추정량은 이를 최소화한다.

$$\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T (y - \sum_{j=1}^T x_{itj} \beta_j)^2 + \lambda \sum_{j=1}^p \beta_j^2 \quad (1)$$

이러한 식을 최소화시키는 능형회귀계수 q 의 능형회귀 추정량의 식은 다음과 같다.

$$\hat{q} = (Z^T Z + kI)^{-1} Z^T y \quad (2)$$

이때 k 는 $0 < k < 1$ 범위를 가지는 능형매개변수라고 하며 능형추정량은 k 값에 따라 달라진다. k 값을 선택하는 기준은 다양한데 k 값은 추정량이 효율성을 높이도록 추정량의 평균제곱의 오차가 작게 되는 것을 선택해야한다[36]. 보통 이는 분산팽창인자를 통해 검토하여 결정하

게 되는데, 본 연구에서는 회귀계수의 추정치를 추적하여 최적의 k 를 선택해야하는데, 이를 위하여 k 값 추정을 통한 교차항 최소 추정값을 예측하였다.

4. 분석결과

4.1 회귀모형진단

먼저 본 연구에서는 구축된 데이터의 다중공선성 진단을 위하여, VIF를 통해 변수의 다중공선성을 진단하고자 하였다. VIF 분석을 위하여 Pooled OLS를 수행하였으며, 분석을 통해 도출된 변수의 VIF은 다음과 같다. 분산팽창요인이 10이상인 변수는 회귀계수 추정에 있어 심각한 문제를 일으키는 것으로 알려져 있는데[37], 분석된 결과에서는 대부분의 변수가 10을 크게 초과하여 다중공선성의 문제가 의심된다(Table 3). 이러한 경우 도출된 계수의 값과 p-value의 값이 커지는 문제가 발생됨에 따라 분석된 모형의 신뢰성과 안정성이 의심된다. 이러한 경우 상관관계가 높은 변수를 제거해야하나, 실제 종속 변수에 있어서 통제변수의 경우도 주요한 변인으로써 제거하기 어려운 만큼 이 문제를 극복할 수 있는 다른 회귀 분석을 시행하고자 하였다.

Table 3. Regression analysis results & VIF

Variables		Net migration	Wages	VIF
Independent variable	Production of regional robot enterprises	-0.012	-0.003	99.41
	Number of local robot companies	-0.026	0.010	155.18
	Number of employees in local robot companies	0.304	-0.096	186.11
Control variables	Regional labor productivity	2664.3	-25.356	9.15
	GRDP	0.579**	0.025	1378.98
	National R&D investment	0.150	1.726	1810.83
	R&D manpower	0.543	-0.429*	2995.47
	Exports	0.085	-0.039	17.09
	Population	52.005***	-3.481	4688.21
	The extent of the area	-0.063	0.016	85.02
	Number of employed	-14.795***	0.990**	6078.51
	Proportion of manufacturing industry	-85.007	-47.827	9.03

* p < .1, ** p < .05, *** p < .01

4.2 능형회귀분석

다중공선성 문제에 대한 다양한 해법 중 하나인 능형회귀분석은 어느 정도의 편의를 감수하고 분산의 크기를 대폭 줄여줌으로써 더 정확한 추정치를 구할 수 있다. 능형회귀분석에서는 조절모수 k의 추정이 가장 중요한데 k를 검토하는 방법은 수치적으로 판단하는 방법과 그래프를 통한 방법이 있다. 본 연구에서는 k값을 지속적으로 감소시키면서 k지점 이후로 추정치들이 안정된 값을 나타내는 것을 파악하여 결정 하는 방법을 활용하였다.

분석한 결과 순이동인구를 종속변수로 한 능형회귀모형의 경우 k값이 0.17에서 가장 안정적이었으며, 임금을 종속변수로 한 능형회귀모형의 경우 k값이 0.33에서 가장 안정적인 것으로 나타났다(Fig. 1).

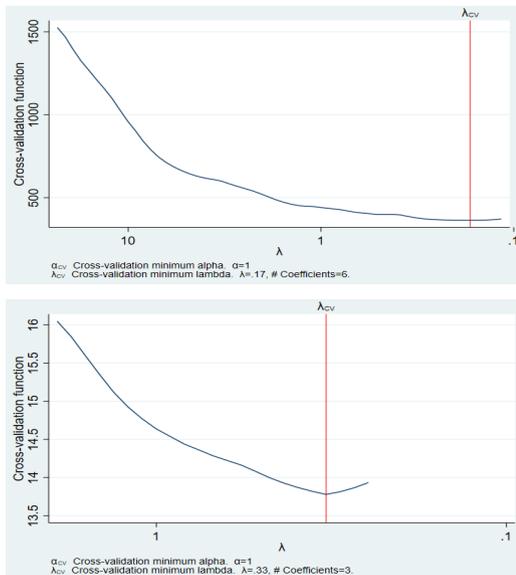


Fig. 1. k value estimation

이를 토대로 패널데이터 능형회귀추정결과는 다음 <Table 5>와 <Table 6>과 같다. 먼저 인구이동에 대한 패널회귀분석을 살펴보면 지역 로봇기업수와 로봇기업인력수는 순인구이동에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 로봇기업이 많이 분포하고 인력활용 규모가 많은 지역이 인구유입을 증대시킨다는 것을 의미한다. 반면 지역 로봇기업생산액은 유의성이 없는 것으로 나타나 인구유입과의 관계가 없음을 확인하였다. 즉, 로봇의 생산자체보다도 로봇기업의 분포와 인력의 채용이 순 인구이동에 영향을 준다는 것을 의미한다.

Table 4. k value estimation result

Variables	No.	Description	Lambda	Out of sample R-squared	CV mean prediction error
Net migration	1	first lambda	23.29497	-0.0485	1525.983
	53	lambda before	0.1846087	0.7502	363.5119
	54	selected lambda	0.1682085	0.7502	363.496
	55	lambda after	0.1532654	0.7501	363.6343
	58	last lambda	0.1159396	0.7446	371.7126
Wages	1	first lambda	1.918754	-0.0664	16.04798
	19	lambda before	0.3595395	0.0816	13.82089
	20	selected lambda	0.327599	0.0843	13.77943
	21	lambda after	0.298496	0.082	13.81471
	23	last lambda	0.2478166	0.074	13.93497

Table 5. Results of Impact Analysis on Net Population movement

Variables		b	Std. Err.	t value
Independent variable	Production of regional robot enterprises	0.001	0.001	0.700
	Number of local robot companies	0.004*	0.002	1.720
	Number of employees in local robot companies	0.054**	0.019	2.770
Control variables	Regional labor productivity	1405.9**	537.1	2.620
	GRDP	0.013***	0.003	3.940
	National R&D investment	0.371***	0.085	4.380
	R&D manpower	0.038***	0.010	3.810
	Exports	0.083**	0.041	2.030
	Population	0.066***	0.018	3.750
	The extent of the area	-0.004***	0.001	-3.000
	Number of employed	0.016**	0.007	2.160
	Proportion of manufacturing industry	40.802	37.269	1.090
	constant	-1405.9***	522.8	-2.690

* p < .1, ** p < .05, *** p < .01

다음으로 임금이 미치는 분석결과를 살펴보면 지역 로봇기업생산액, 로봇기업수, 로봇기업인력수는 모두 임금이 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 로봇기업의 생산액과 로봇기업, 인력이 많아질수록 일자리의 질적수준을 높여 지역의 임금이 높인다는 사실을 알 수가 있다.

Table 6. Results of Impact Analysis on Wages

Variables		b	Std. Err.	t value
Independent variable	Production of regional robot enterprises	0.000*	0.000	1.730
	Number of local robot companies	0.001*	0.000	2.000
	Number of employees in local robot companies	0.004*	0.002	1.820
Control variables	Regional labor productivity	-68.56	44.36	-1.550
	GRDP	0.001**	0.000	2.800
	National R&D investment	0.015**	0.006	2.380
	R&D manpower	0.002**	0.001	2.370
	Exports	0.000	0.003	0.110
	Population	0.002	0.001	1.370
	The extent of the area	0.000	0.000	1.050
	Number of employed	0.001*	0.001	2.650
	Proportion of manufacturing industry	-6.485**	2.598	-2.500
	constant	99.30**	43.16	2.300

* p < .1, ** p < .05, *** p < .01

5. 결론

본 연구는 지역일자리 관점에서 로봇산업이 지역의 임금수준과 인구이동에 미치는 영향을 실증분석하기 위하여 수행되었다. 이를 위해 로봇기업생산액, 로봇기업수, 로봇기업인력수를 독립변수로 설정하였으며, 순인구이동, 임금을 종속변수로 각각 선정하였다. 분석을 위하여 산업통상자원부가 발표하는 2011년 ~ 2020년도 『로봇산업실태조사』의 총 권역별 로봇기업의 현황데이터와 각 부처가 발표하는 자료를 토대로 패널데이터를 구축하였으며, 능형회귀분석을 통해 실증분석을 시도하였다.

분석결과는 다음과 같다. 첫 번째 분석인 Pooled OLS와 VIF의 확인을 통해 다중공선성을 의심하였으며, 이를 통해 능형회귀분석 선택이 타당하다는 것을 확인할 수 있었다. 둘째로는 능형회귀분석을 위하여 종속변수별 최적의 k값을 추정하였으며, 이를 통해 능형회귀분석을 수행하였다. 분석결과 다음과 같은 결과를 도출하였다.

로봇기업생산액은 임금에 긍정적인 영향을 주었으며, 로봇기업수는 순인구이동과 임금에 긍정적인 영향을 주었다. 마찬가지로 로봇기업인력수는 순인구이동과 임금에 긍정적인 영향을 주는 것으로 나타났다.

이러한 영향력을 살펴보면, 로봇산업을 통해 자산업과 타산업에 긍정적인 영향을 주는 것으로 추론할 수 있다. 로봇산업의 확대는 당연히 일자리 창출에 따른 인구유입

에 긍정적인 영향을 줄 뿐만 아니라, 더불어 타 산업에 영향을 주어 실제 타권역에서 인구를 유인하는 효과를 갖는다. 그뿐만 아니라 양질의 일자리 창출 및 타산업으로의 영향을 통해 지역 임금 상승을 유도한다는 점에서 지역에서의 로봇산업 육성의 중요성을 확인할 수 있다.

본 연구의 의의는 지역에서의 로봇산업의 효과를 인구이동과 임금이라는 관점에서 효과를 실증분석 하였다는 점이다. 기존 연구가 국가 로봇산업에 초점이 되었다면, 본 연구는 지역관점에서 연구를 진행하였다는 점과 단순히 산업의 규모측면이 아닌 지역에서 최우선 과제로 뽑고 있는 인구문제 관점에서의 연구라는 점에서 그 차별성이 높다고 볼 수 있다. 또한 단순히 일자리 창출을 통한 인구이동 뿐만 아니라 창출된 일자리의 양질을 임금을 통해 측정함으로써 국가가 양질의 일자리 창출이라는 정책 과정에서 기초자료로 활용할 수 있다는 점에서 본 연구의 의의가 있다.

그럼에도 불구하고, 본 연구가 갖는 한계점은 다음과 같다. 인구의 이동에 있어 일자리가 가장 큰 유인요인이라는 하지만 그 외에도 많은 요소가 존재한다. 본 연구에서는 산업경제와 고용, 산업, R&D 등 주요 요인에 대한 고려를 시도하였지만 다양한 기반 및 문화시설, 복지 등에 대한 다양한 요소를 고려하지 못하였다. 더불어 패널 분석을 시도한 연구임에도 불구하고, 패널 그룹을 4대의 권역으로만 구분하여 분석이 이루어졌다. 향후 연구에서는 이러한 다양한 통제요소의 고려와 더불어 시도광역시 차원에서 인구이동을 살펴봄으로써 본 연구의 한계점의 극복이 필요할 것으로 판단된다.

References

- [1] D. Acemoglu, P. Restrepo, "Automation and new tasks: The implications of the task content of production for labor demand", *Journal of Economic Perspectives*, Vol.33, No.2, pp.3-30, Nov. 2018.
- [2] International Federation of Robotics, World Robotics R&D Program, IFR, 2021.
- [3] R. D. Atkinson, Which Nations Really Lead in Industrial Robot Adoption? Information Technology & Innovation Foundation, 2018.
- [4] Organisation for Economic Co-operation and Development, Technology, Productivity and Job Creation. Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD, 1998.
- [5] International Labour Organization, World Employment Report 2004-05: Employment, Productivity and

- Poverty Reduction, ILO, 2005.
- [6] B. Van Ark, E. Frankema, H. Duteweerd, Productivity and employment growth: An empirical review of long and medium run evidence, Groningen Growth and Development Centre, 2004.
- [7] L. Y. Kim, K. S. Yang, "Empirical Analysis of Regional Characteristic Factors determining Net Inflow and Outflow of the Population", *Journal of The Korean Regional Development Association*, Vol.25, No.3, pp.1-19, 2013.
- [8] E. G. Ravenstein, "The laws of migration", *Journal of the Statistical Society of London*, Vol.48, No.2, pp.167-235, 1885.
- [9] W. A. Lewis, "Economic development with unlimited supplies of labour", *The Manchester School of Economic and Social*, Vol.22, pp.139-191, 1954.
DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-9957.1954.tb00021.x>
- [10] M. P. Todaro, "A model of labor migration and urban unemployment in less developed countries", *The American Economic Review*, Vol.59, No.1, pp.138-148, Mar. 1969.
- [11] C. M. Tiebout, "The urban economic base reconsidered", *Land Economics*, Vol.32, No.1, pp.95-99, Feb. 1956.
- [12] J. H. Choi, "Selectivity and Reasons for Move of Inter-Provincial Migrants in Korea: With Special Reference to the Capital Region", *Korea journal of population studies*, Vol.31, No.3, pp.159-178, 2008.
- [13] H. J. Kim, G. Y. Kim, "Analysing the Influence of Regional Characteristics on the Migration of Population in the Seoul Metropolitan Area" *Journal of the Society of Disaster Information*, Vol.16, No.3, pp.479-492, Sep. 2020.
DOI: <https://doi.org/10.15683/kosdi.2020.09.30.479>
- [14] J. I. Oh, G. D. An, "A Test for the Causality between Jobs and Migration". *The Korea Spatial Planning Review*, Vol.53, pp.57-76, 2007.
- [15] C. Y. Lee, "An Analysis on the Determinants of Population Migration by Age". *Journal of Industrial Economics and Business*, Vol.31, No.2, pp.707-729, 2018.
- [16] G. Graetz, G. Michaels, "Robots at work: The impact on productivity and jobs". *The Review of Economics and Statistics*, Vol.100, No.5, pp.753-768, 2018.
DOI: https://doi.org/10.1162/rest_a_00754
- [17] R. D. Atkinson, J. J. Wu, False alarmism: Technological disruption and the US labor market, 1850-2015, Information Technology & Innovation Foundation ITIF, America, pp.1-28.
- [18] K. Grace, J. Salvatier, A. Dafoe, B. Zhang, O. Evans, "When will AI exceed human performance? Evidence from AI experts", *Journal of Artificial Intelligence Research*, Vol.62, pp.729-754, Jul. 2018.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1613/jair.1.11222>
- [19] P. Aghion, C. Antonin, S. Bunel, "Artificial intelligence, growth and employment: The role of policy", *Economie et Statistique*, Vol.510, No.1, pp.149-164, 2019.
DOI: <http://dx.doi.org/10.24187/ecostat.2019.510t.1994>
- [20] W. Dauth, "Job polarization on local labor markets", *IAB-Discussion Paper*, No.18, pp.1-16, 2014.
- [21] H. David, D. Dorn, "The growth of low-skill service jobs and the polarization of the US labor market", *American Economic Review*, Vol.103, No.5, pp.1553-1597, Aug. 2013.
- [22] M. Goos, A. Manning, A. Salomons, "Job polarization in Europe", *American Economic Review*, Vol.99, No.2, pp.58-63, Mar. 2009.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1257/aer.99.2.58>
- [23] N. Jaimovich, H. E. Siu, Job polarization and jobless recoveries, National Bureau of Economic Research, America, pp.1-38.
- [24] F. Mazzolari, G. Ragusa, "Spillovers from high-skill consumption to low-skill labor markets", *Review of Economics and Statistics*, Vol.95, No.1, pp.74-86, Mar. 2013.
DOI: http://dx.doi.org/10.1162/REST_a_00234
- [25] J. H. Yoon "An Inter-industry Analysis of the Korean Rolling Stock Exports with the 2014 Input-Output Statistics", *Korea Logistics Review*, Vol.29, No.2, pp.47-56, Apr. 2019.
- [26] J. S. Lee, M. J. Park, J. T. Min, M. J. Park, D. S. Sohn, "The Impact of the Domestic Robot Industry on the Regional Economy in the cases of South Korea", *Journal of Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.22, No.10, pp.174-186, Oct. 2021.
- [27] Ministry of Trade, Industry and Energy, Korea Robot Industry Promotion Agency, & Korea Robot Industry Association, Robot industry survey, KIRIA, 2021.
- [28] J. U. Kim, "Principal components regression and ridge regression under the multicollinearity", *The Korean Journal of Physical Education*, Vol.45, No.4, pp.547-556, 2006.
- [29] G. Khalaf, G. Shukur, "Choosing ridge parameter for regression problems", *Communications in Statistics-Theory and Methods*, Vol.34, 2005.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1081/STA-200056836>
- [30] T. Kubokawa, M. S. Srivastava, "Improved empirical Bayes ridge regression estimators under multicollinearity", *Communications in Statistics-Theory and Methods*, Vol.33, No.8, pp.1943-1973, 2004.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1081/STA-120037452>
- [31] D. C. Montgomery, E. A. Peck, G. G. Vining, Introduction to linear regression analysis. p.872, John Wiley & Sons, 2021.
- [32] S. Chatterjee, A. S. Hadi, Regression analysis by example(5th ed.), p.424, John Wiley & Sons, 2012.
- [33] M. H. Kutner, C. J. Nachtsheim, J. Neter, W. Wasserman, Applied linear regression models(Vol. 4), p.701, McGraw-Hill/Irwin New York, 2004.

- [34] A. Chatterjee, "An introduction to the proper orthogonal decomposition", *Current Science*, Vol.78, No.7, pp.808-817, Apr. 2000.
- [35] A. E. Hoerl & R. W. Kennard, "Ridge regression: Biased estimation for nonorthogonal problems", *Technometrics*, Vol.12, No.1, pp.55-67, 1970.
DOI: <https://doi.org/10.2307/1271436>
- [36] Y., Choi, S. H. Moon, H. K. Yim, "Assessing the Impact of the Factors of Urban Characteristics on Air Pollution Using Panel Model", *Journal of Korea Planning Association*, Vol.42, No.3, pp.191-202, 2007.
- [37] D. W. Marquardt, "Generalized inverses, ridge regression, biased linear estimation, and nonlinear estimation", *Technometrics*, Vol.12, No.3, pp.591-612, Aug. 1970.
DOI: <http://dx.doi.org/10.2307/1267205>

박 규 희(Kyuhee Park)

[정회원]



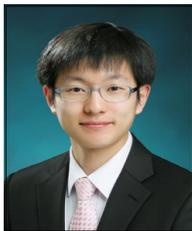
- 2010년 2월 : 포항공과대학교 전자공학과 (공학석사)
- 2019년 12월 ~ 현재 : 한국로봇융합연구원 책임연구원

<관심분야>

로봇, EM해석, 정보통신

이 정 수(Jungsoo Lee)

[정회원]



- 2011년 2월 : 건국대학교 기술경영학과 (경영학석사)
- 2018년 8월 : 건국대학교 기술경영학과 (경영학박사)
- 2016년 2월 ~ 현재 : 한국로봇융합연구원 선임연구원

<관심분야>

로보틱스, 국가기술경영, 기술혁신

손 동 섭(Dong Seop, Sohn)

[정회원]



- 2004년 2월 : 동아대학교 전기공학과 (공학석사)
- 2017년 8월 : 성균관대학교 기술경영학과 (공학박사)
- 2010년 ~ 2015년 : 한국로봇산업진흥원 정책예산팀장
- 2015년 5월 ~ 현재 : 한국로봇융합연구원 수석연구원

<관심분야>

Robotics, 제어시스템, 기술 정책/혁신/사업화

박 민 정(Minjeong Park)

[정회원]



- 2017년 2월 : 충남대학교 선박해양공학부 (공학사)
- 2017년 12월 ~ 현재 : 한국로봇융합연구원 주임연구원

<관심분야>

로봇, 기술경영, 기술정책