



4차 산업혁명과 기업의 적응*

홍성효
공주대학교

남수중
공주대학교

본 논문은 우리나라 기업들의 4차 산업혁명에 대한 적응도를 「정보화통계조사」와 「전국사업체조사」를 이용해 추정한다. 4차 산업혁명을 대표하는 새로운 기술 혹은 생산과 소비에서의 패러다임을 함축하는 빅데이터, 사물인터넷, 클라우드 컴퓨팅, 스마트 워크 등의 이용 여부를 조작적으로 정의하여 기업들의 특성에 따른 4차 산업혁명에 대한 적응도를 추정하고, 이의 지리적 분포 및 산업들 간 차이를 제시한다. 나아가, 2013년과 2016년 두 시점 간 적응도의 변화를 기업 구성의 변화에 의한 것과 특성별 적응도의 변화에 의한 것으로 구분함으로써 기업들로 하여금 급변하는 경영환경에 순응할 수 있도록 하는 정책의 방향을 제시한다. 실증분석결과에 의하면, 우리나라 기업들의 4차 산업혁명에 대한 적응도의 변화는 기업 구성의 변화와 특성별 적응도의 변화에 거의 유사하게 영향을 받은 것으로 분석된다. 하지만, 지역 간에는 변화의 주요한 요인이 매우 상이하게 나타나 지역의 여건을 고려한 정책방안 마련의 노력이 요구된다.

[주제어: 4차 산업혁명, Oaxaca 분해기법, 적응]

* 이 논문은 2017년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2017S1A3A2066696).

I. 서론

4차 산업혁명은 2016년 제46회 다보스포럼(World Economic Forum)에서 논의가 시작되었으며, 이는 첨단 정보통신 기술을 기반으로 자동화와 초연결성에 의해 새로운 산업의 창출과 생산방식의 전환을 포함하여 소비에서의 행태의 변화를 야기하는 등 인간의 삶 자체에 대한 패러다임 변화를 예측한다.¹⁾ 특히, 과학기술의 변화가 두드러지며 인공지능, 로봇, 빅데이터, 사물인터넷, 클라우드 컴퓨팅 등과 같은 용어들로 핵심적인 기술변화가 대변된다.

인간의 삶 전반에 걸친 큰 변화가 있을 것이라는 측면에서 4차 산업혁명에 대한 관심이 고조되고 있으나 분야별 영향에 대한 예측은 기대와 우려 모두를 포함한다. 일례로, 고용의 경우 4차 산업혁명으로 인해 절대적인 수가 감소할 것이라는 부정적인 주장(이를테면, Frey and Osborne, 2013)과 함께 단순히 저기술에서 고기술로 일자리가 이동함으로써 노동생산성이 향상될 것이라는 긍정적인 주장이 대조(대표적으로, Katz and Margo, 2013)를 이룬다. 4차 산업혁명이 가져올 변화에 대한 예측의 옳고 그름을 떠나 이로 인한 미래사회의 변화에 살아남기 위해서는 기업들의 순응적 태도와 준비가 필요할 것이다.

여러 국가들에서 4차 산업혁명과 관련한 다양한 정책들을 추진해 오고 있다. 이를테면, 독일은 2012년부터 ‘인더스트리 4.0’을 통해 4차 산업혁명관련 연구 개발활동에 주력하였고, 2015년부터는 ‘플랫폼인더스트리 4.0’으로 표준화, 중소기업의 참여, 보안의 강화, 관련 인력의 양성을 추진하고 있다. 미국은 2015년부터 4차 산업혁명과 관련된 기술 중심의 9대 전략기회 분야를 선정하고 민간이 이를 주도할 수 있도록 하는 혁신환경의 조성에 초점을 맞추고 있다. 일본은 ‘일본재흥전략’, ‘과학기술이노베이션 종합전략’, ‘로봇신전략’ 등을 통해 4차 산업혁명을 대비하고 있으며, 이 가운데 과학기술이노베이션 종합전략은 제조관련 모든 데이터를 네트워크 플랫폼으로 구축하여 관리하는 시스템의 일환에 해당한다. 중국은 2025년까지 제조업의 경쟁력을 독일이나 일본수준으로

1) 안상희·이민화(2016)에 의하면, O2O(Online to Offline) 융합경제, 공유경제, On-demand 경제, 프로슈머(producer + consumer), 모디슈머(modify + consumer), 경험경제, gig 경제 등이 미래사회에서 예측되는 삶의 방식들에 해당한다.

높이고자 하는 ‘중국제조 2025’와 ICT 기술을 기존 제조업에 융합하는 ‘인터넷 플러스’ 정책을 통해 4차 산업혁명에 대비하고 있다(김승현, 2017).

본 연구는 4차 산업혁명으로 인해 급변하는 기술변화에 대한 기업들의 적응의 정도를 실증적으로 분석함으로써 기술적 환경변화에 대한 기업지원정책의 방향을 제시하고자 한다. 이를 위해 기업의 특성과 4차 산업혁명에 대한 적응의 관계를 연도별로 추정한 이후에 이러한 변화가 기업의 특성별 적응의 변화에 기인한 것인지 아니면 해당 특성을 지닌 기업 구성의 변화에 의한 것인지를 Oaxaca 분해기법을 이용해 실증적으로 분석한다. 변화의 원인을 구분함으로써, 관련 정책의 추진에 있어 효과적인 방향을 제시할 수 있을 것이다. 전자의 경우 4차 산업혁명에 대한 해당 기업의 적응도 개선-이를테면, 정보화 지원-을 통한 경쟁력 강화가 요구되는 반면에 후자의 경우 해당 지방정부의 차별적 기업유치전략 등이 정책적 대응방안으로 고려될 수 있을 것이다.

4차 산업혁명에 관한 많은 이론과 주장들이 비교적 단편적인 근거에 기초하여 이뤄지고 있으나 본 논문은 이러한 변화의 요인을 관련 자료들을 이용해 실증적으로 밝힌다는 점에서 의의가 있다. 또한, 4차 산업혁명에 대한 적응도의 지리적 분포나 시점 간 변화와 같은 현황분석을 수행한다는 점에서 향후 관련된 주제의 심화 연구에 기초자료로 활용될 수 있을 것이다. 만일 4차 산업혁명에 따른 일자리 감소 위험에 노출된 기업들로 지역산업이 구성된 특정 지역이 존재한다면, 이는 해당 지역경제의 침체를 막기 위한 산업구조의 개편 노력이 필요할 것이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 다음 장은 4차 산업혁명에 따른 기술의 변화에 대한 논의들에 관해 개관하고, 본 연구의 가설검증을 위한 실증분석 방법론을 제시한다. 제3장은 실증분석에 이용된 자료와 변수들의 정의 및 이들의 기술통계량을 설명한다. 실증분석의 결과는 제4장에서 논의되며, 마지막 장은 본 논문의 결과 및 이의 정책적 함의를 제시한다.

II. 이론적 배경 및 분석모형

1. 이론적 배경

4차 산업혁명으로 인한 변화에 대한 많은 논의들이 지난 수년 간 활발히 이뤄져 오고 있다. 이러한 논의들이 때로는 유사한 결과를 예측하기도 하고 때로는 상반된 미래를 그리기도 한다. 일례로, 많은 미래학자들이 앞으로 수십년 이내에 기계가 인간의 직업을 대략 50%에 걸쳐 대체할 것이라고 전망하나(미국 과학진흥협회, 2016) Frey and Osborne(2013)의 연구결과는 10년 이내에 자동화로 인해 47%정도의 일자리가 사라질 것으로 예견한다. 한편, Bessen(2015)과 같은 학자들은 기술혁신이 일자리를 대체하기 보다는 새로운 기술역량이 요구되는 직무로 기존 인력을 재배치할 것이라고 주장한다. Katz and Margo(2013) 역시 기술혁신은 새로운 역량을 필요로 하는 새로운 일자리를 창출할 것이며 이전의 산업혁명을 경험하는 시기에도 역사적으로 고용률은 적어도 장기적으로 상당히 안정적이었음을 제시한다. 4차 산업혁명에서 대두되는 핵심기술들은 인공지능과 빅데이터, 사물인터넷과 스마트시티, 로봇과 합성생물학, 3D프린팅과 스마트앱, 가상현실과 증강현실, SNS와 블록체인, 클라우드 컴퓨팅, 스마트워크 등을 포함한다. 한국고용정보원(2017)의 조사에 의하면, 8대 기술들 가운데 23개 대표 직종 직업 종사자들이 업무에서 가장 빈번하게 활용하고 있는 기술은 클라우드 컴퓨팅(20.7%), 인공지능(16.6%), 빅데이터(14.1%), 사물인터넷(11.9%), 자동화로봇(5.0%), 3D프린팅(2.6%), 가상현실/증강현실(2.2%), 드론(1.3%)으로 나타나고 응답자 가운데 이들 8대 기술을 활용하는 비중은 9.3%에 불과한 것으로 보고된다.

2. 분석모형

본 연구에서 개별 기업의 4차 산업혁명에 대한 적응의 정도는 전자상거래, 전자정부, 스마트워크(smart work), 사물인터넷, 클라우드 컴퓨팅, 빅데이터 기술의 도입 여부에 의해 측정하고, 특성별 적응의 정도는 다음의 회귀식을 통해

추정된다²⁾ :

$$4^{th} IR_j = X_j \beta + \epsilon_j \quad (1)$$

여기서, 종속변수, $4^{th} IR_j$ 은 기업 j 의 전자상거래, 전자정부, 스마트워크, 사물인터넷, 클라우드 컴퓨팅, 빅데이터와 같은 4차 산업혁명을 대표하는 기술의 각각에 대한 도입 여부의 합을 6으로 나눔으로써 산출한다.³⁾ 설명변수, X_j 는 해당 기업의 특성-즉, 입지한 지역, 속한 산업, 고용규모, 조직유형-을 나타낸다. ϵ_j 는 통상의 오차항을 나타낸다.

식 (1)에 대한 연도별 추정결과를 이용해 두 시점 간 4차 산업혁명에 대한 적응 정도의 변화를 특성별 기업 구성의 변화에 의한 것과 특성에 따른 적응 정도의 변화에 의한 것으로 분해하기 위해, 다음과 같은 Oaxaca(1973) 분해기법을 적용한다 :

$$\Delta 4^{th} IR = \bar{X}_1 \hat{\beta}_1 - \bar{X}_0 \hat{\beta}_0 = \bar{X}_1 \hat{\beta}_1 - \bar{X}_1 \hat{\beta}_0 + \bar{X}_1 \hat{\beta}_0 - \bar{X}_0 \hat{\beta}_0 = \Delta \bar{X} \hat{\beta}_0 + \bar{X}_1 \Delta \hat{\beta} \quad (2)$$

여기서, $\Delta \bar{X} = \bar{X}_1 - \bar{X}_0$, $\Delta \hat{\beta} = \hat{\beta}_1 - \hat{\beta}_0$ 을 각각 나타내며 식 (2)는 4차 산업혁명에 대한 적응 정도의 변화를 기업구성의 변화에 의한 것($\Delta \bar{X} \hat{\beta}_0$)과 특성에 따른 적응 정도의 변화에 의한 것($\bar{X}_1 \Delta \hat{\beta}$)으로 분해한다.

2) 익명의 심사위원은 4차 산업혁명을 대표하는 기술로서 본 연구에서 포함한 기술들 가운데 전자상거래, 전자정부, 스마트워크의 포함은 다소 작위적인 면이 있음을 지적하였으나, 개별 기업단위에서 이러한 기술들의 이용 여부와 여타의 기술들-즉, 사물인터넷, 클라우드 컴퓨팅, 빅데이터-의 도입 여부 간 높은 상관관계를 나타내 전자 역시 기업의 4차 산업에 대한 적응도를 측정하는데 있어 타당한 것으로 간주한다.

3) 이들 이외의 기술에 대한 추가 및 기술들 간 가중치의 반영에 대한 고민은 향후에 델파이 분석을 통해 보완되어야 할 것이다.

Ⅲ. 자료 및 변수

본 연구의 실증분석은 「정보화통계조사」와 「전국사업체조사」를 이용한다. 전자는 개별 기업의 특성-입지, 산업, 고용규모, 조직형태-과 해당 기업의 정보화 실태-업무상 인터넷 이용률 등의 제반 정보화 현황과 4차 산업혁명 핵심기술들에 대한 도입 여부-에 대한 정보를 제공하는 표본자료이다. 반면, 후자는 고용 1인 이상의 모든 사업체를 대상으로 조사하는 전수자료에 해당한다. 비록 「정보화통계조사」가 가중치를 포함하고는 있으나 세부적인 분류에 의한 기업들 집단 간 적응도의 차이를 관찰하는데 한계를 지니기 때문에 전수자료인 「전국사업체조사」를 분석에 함께 이용한다. 특히, 읍면동과 같은 지리적 기초단위에서의 분포를 요구하는 분석을 위해서는 두 자료를 함께 이용해야 한다.

「정보화통계조사」는 2012년에 처음 조사가 이뤄졌으며, 본 연구의 실증분석에 이용된 자료는 2013년과 2016년 자료에 해당한다. 2016년 자료의 경우 조사 표본수는 14,000개 기업으로 이 가운데 93.2%인 13,048개 기업이 유효 표본으로 분석에 포함되었다. 모집단은 종사자 1인 이상의 모든 사업체로서, 표본배분은 전체 총 표본수에서 전수층의 표본수와 과표본추출수를 제외한 나머지의 표본을 각 층별 네이만 배분법(층별 크기와 분산 고려)을 이용하여 배분하며 표본은 업종별-규모별로 층화한 후, 지역별 통계 작성을 위하여 2차 층인 규모별 모집단 내에서 각 사업체들을 지역별(시군구), 지역 내의 규모별로 정렬하여 계통 추출되었다.

<표 1a> 기업의 규모(종사자수)와 4차 산업혁명에 대한 적응도(%) 간 관계

상지직 종사자수에 의한 기업규모	모바일 기기 이용	빅데이터 기술 및 서비스 이용	클라우드 컴퓨팅 서비스 이용	사물인터넷 기기 및 서비스 이용	정보화 투자	원격근무 제도 운영	공공데이터 활용	전자상거래 이용
1~4명	49.9	0.4	2.9	0.4	68.4	1.2	9.3	17.4
5~9명	43.9	1.3	7.0	0.7	96.1	2.3	19.7	31.3
10~49명	47.1	3.1	12.1	1.6	99.4	4.9	29.0	35.4
50~249명	31.8	5.7	15.8	3.1	100.0	8.4	35.4	42.2
250명 이상	46.1	13.4	25.1	9.6	99.9	17.1	46.8	45.2

자료: 과학기술정보통신부·한국정보화진흥원, 「정보화통계조사」, 2016

<표 1a>는 고용규모에 따른 기업들의 4차 산업혁명 핵심기술 도입 비중을 보여준다. 전반적으로, 기업의 고용규모가 커질수록 4차 산업혁명에 대한 적응 혹은 준비의 정도가 상대적으로 높음을 볼 수 있다. 다만, 모바일 기기 이용이나 정보화투자에 있어서는 기업의 고용규모와의 관계가 뚜렷하지 않은 것으로 나타난다.

<표 1b> 기업의 조직형태와 4차 산업혁명에 대한 적응도(%) 간 관계

조직형태	모바일 기기 이용	빅데이터 기술 및 서비스 이용	클라우드 컴퓨팅 서비스 이용	사물인터넷 기기 및 서비스 이용	정보화 투자	원격근무 제도 운영	공공데이터 활용	전자상거래 이용
개인사업체	49.8	0.2	2.8	0.4	68.4	1.2	8.7	18.3
회사법인	44.6	2.1	9.7	1.2	97.0	3.6	23.8	30.1
회사외법인	43.2	5.7	12.2	1.2	97.2	3.7	29.2	37.1
비법인단체	38.5	1.8	4.2	1.2	93.6	2.5	24.8	20.6
국가/지자체	79.0	13.2	15.5	2.0	87.2	7.7	44.3	26.9

자료: 과학기술정보통신부·한국정보화진흥원, 「정보화통계조사」, 2016

<표 1b>는 기업의 조직형태 간 4차 산업혁명에 대한 적응도의 차이를 보여준다. 전반적으로 개인사업체의 경우에 적응도가 낮으며, 국가나 지방자치단체는 정보화 투자와 전자상거래 이용을 제외한 나머지 부분에 있어 적응도가 높은 것으로 나타난다.

IV. 실증분석 결과

1. 현황

<표 2>의 열 (1)은 식 (1)에 대한 회귀분석의 결과를 보여준다. 분석결과에 의하면, 종사자 기준 규모가 보다 큰 기업일수록 4차 산업혁명에 대한 적응의 정도가 보다 높은 것으로 나타난다. 조직형태에서는 개인사업체에 비해, 회사법

인이나 회사 이외 법인의 경우에 적응을 보다 잘 하고 있는 것으로 나타난다. 산업별로는 전문, 과학 및 기술서비스업, 금융 및 보험업, 부동산 및 임대업에서 상대적으로 4차 산업혁명을 대표하는 기술들에 대한 적응의 정도가 보다 높음을 볼 수 있다.⁴⁾

열 (2)~(4)는 종속변수로 4차 산업혁명에 대한 적응도를 나타내는 지수 대신에 특정 핵심기술의 도입 여부를 종속변수로 하는 로짓모형에 대한 분석결과를 보여준다. 클라우드 컴퓨팅이나 사물인터넷 도입 여부는 지수와 마찬가지로 고용규모에 비례하나 빅데이터 도입은 250명 이상의 중견 혹은 대기업에서만 이뤄지는 것으로 분석된다. 국가나 지방자치단체는 개인사업체에 비해 클라우드 컴퓨팅과 빅데이터의 도입 가능성이 보다 높은 반면에 사물인터넷의 경우에는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않는다. 산업별로는 출판, 영상, 방송통신 및 정보서비스업에서 이들 핵심기술의 도입이 상대적으로 보다 현저하게 빈번함을 알 수 있다.

<표 2> 2016년 기업의 특성에 따른 4차 산업혁명 적응도

	지수화	클라우드 컴퓨팅	사물인터넷	빅데이터
종사자 규모				
5-9명	0.057** (9.22)	0.631** (3.61)	0.002 (0.01)	0.050 (0.11)
10-49명	0.075** (8.85)	1.044** (3.62)	0.771+ (1.95)	0.174 (0.43)
50-249명	0.106** (11.82)	1.324** (3.58)	1.219* (2.21)	0.554 (1.29)
250명 이상	0.159** (7.90)	1.693** (4.23)	2.468** (5.91)	1.387** (2.70)
조직형태				
회사법인	0.049** (6.47)	0.667** (5.54)	0.673** (4.89)	1.815* (2.47)
회사 이외 법인	0.046** (3.93)	0.634** (2.92)	0.069 (0.25)	2.279* (2.43)

4) 비록 지면상의 제약으로 <표 2>에는 제시되지 않았으나, 종사자 규모, 조직형태, 산업 간 교차항을 설명변수로 포함하는 경우에도 분석의 결과는 크게 달라지지 않는 것으로 나타난다.

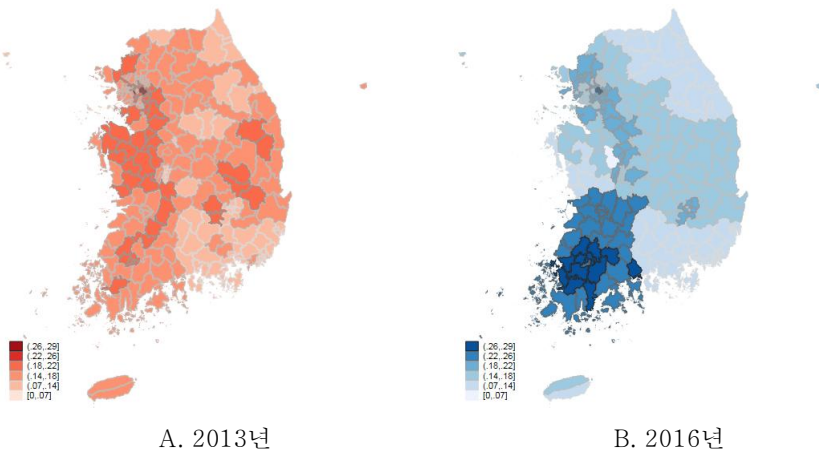
비법인 단체	0.008 (0.74)	0.001 (0.00)	0.026 (0.21)	1.762** (2.59)
국가/지방자치단체	0.038 (0.87)	1.430** (3.94)	-1.203 (-1.52)	2.887* (2.28)
산업				
제조업	0.031 (1.01)	0.480 (1.59)	-2.450** (-6.58)	0.131 (0.13)
건설업	0.045 (1.53)	0.315 (0.88)	-4.887** (-9.69)	-1.105+ (-1.78)
도매 및 소매업	0.047 (1.37)	0.874 (1.40)	-1.832** (-5.14)	-0.174 (-0.16)
운수업	-0.013 (-0.38)	-0.946+ (-1.65)	-2.303** (-3.35)	-1.598+ (-1.80)
숙박 및 음식점업	0.012 (0.39)	-1.810** (-2.94)	-0.626 (-0.57)	-2.510+ (-1.90)
출판, 영상, 방송통신 및 정보서비스업	0.095* (2.55)	2.528** (6.07)	1.071* (2.49)	1.727** (2.91)
금융 및 보험업	0.121** (3.53)	1.185** (3.16)	-0.888 (-1.20)	2.191** (3.01)
부동산 및 임대업	0.119** (3.59)	1.069* (2.07)	-0.423 (-0.74)	0.769 (0.86)
전문, 과학 및 기술서비스업	0.134** (4.18)	2.503** (7.71)	0.025 (0.04)	1.213+ (1.75)
사업시설관리 및 사업지원서비스업	0.064+ (1.93)	1.034** (2.80)	0.221 (0.59)	0.714 (1.54)
협회 및 단체, 수리 및 기타 개인서비스업	0.010 (0.34)	0.181 (0.33)	-2.360** (-3.16)	-1.713* (-2.11)
그 외	0.095** (3.07)	0.843* (2.42)	1.120** (2.67)	1.372** (2.74)
상수항	0.068* (2.13)	-4.655** (-11.08)	-4.774** (-11.98)	-6.138** (-5.60)
Adj. R ² /Pseudo R ²	0.2299	0.2729	0.2305	0.3042

주: 괄호 안의 수치는 강건한(robust) t-값이며 오차항들이 광역시도 내에서 상호 연관됨을 가정함. +, *, 그리고 **는 각각 10%, 5%, 그리고 1%수준에서의 통계적 유의성을 나타냄. 모든 회귀식은 개별 광역시도에 대한 더미변수를 포함하나 지면상의 제약으로 이들의 계수값은 생략됨. 분석에 포함된 기업체의 수는 13,048개이며, 분석에는 가중치가 적용됨. 종사자 규모, 조직형태, 그리고 산업에 대한 각각의 준거집단은 1-4명, 개인사업체, 그리고 농림수산업(광업 포함)에 해당함.

<그림 1>은 「정보화통계조사」를 이용하여 기업의 특성에 따른 4차 산업혁명에 대한 적응도를 2013년(부록의 <표 A1>)과 2016년(<표 2>) 각각에 대해 추정

한 이후에 이러한 추정결과를 「전국사업체조사」에 부가하여 개별 사업체의 4차 산업혁명에 대한 적응도를 계산하고 이를 다시 지역별로 평균한 수치를 보여준다. 2013년의 경우 수도권과 대도시를 중심으로 기업들의 4차 산업혁명에 대한 적응도가 높았으나 2016년에는 호남지역의 기업들에서 적응도가 높은 것으로 분석된다. 두 시점 간 이러한 확연한 변화는 기업의 특성별 적응도가 변화하였기 때문일 수도 있으나 지역 내 기업 구성의 변화에 기인할 수도 있다.⁵⁾

<그림 1> 기업들의 4차 산업혁명에 대한 적응도의 지리적 분포



산업별 평균 적응도를 살펴보면, 2013년에는 출판, 영상, 방송통신 및 정보서비스업, 전문, 과학 및 기술서비스업, 금융 및 보험업 등에서 높은 수치를 나타내고 2016년에도 이들 세 산업에서 역시 상대적으로 높은 수치를 보이지만 금융 및 보험업에서 가장 높은 적응도를 보여 시간이 지남에 따라 변화함을 볼 수 있다.

5) 불행히도, 2013년 자료에서는 사물인터넷과 빅데이터의 도입 여부에 대한 정보가 제공되지 않아 6개 기술 혹은 제도 가운데 이 둘을 제외한 나머지 4개 기술이나 제도-전자상거래, 전자정부, 스마트워크, 클라우드 컴퓨팅-의 도입 여부만을 가지고 4차 산업혁명에 대한 적응도를 측정하였으며, 이로 인해 시점 간 차이가 나타날 개연성 역시 존재한다.

<표 3> 연도별 산업별 4차 산업혁명에 대한 적응도

	2013년	2016년
전산업	0.179	0.131
농업, 임업 및 어업	0.222	0.182
광업	0.153	0.146
제조업	0.209	0.156
전기, 가스, 증기 및 수도사업	0.154	0.144
하수 폐기물처리, 원료재생 및 환경복원업	0.226	0.152
건설업	0.311	0.188
도매 및 소매업	0.195	0.140
운수업	0.142	0.062
숙박 및 음식점업	0.080	0.103
출판, 영상 방송통신 및 정보서비스업	0.456	0.241
금융 및 보험업	0.349	0.288
부동산업 및 임대업	0.309	0.218
전문, 과학 및 기술서비스업	0.383	0.267
사업시설관리 및 사업지원서비스업	0.268	0.185
공공행정, 국방 및 사회보장행정	0.289	0.137
교육서비스업	0.188	0.099
보건업 및 사회복지서비스업	0.270	0.154
예술, 스포츠 및 여가 관련 서비스업	0.151	0.088
협회 및 단체, 수리 및 기타 개인서비스업	0.111	0.093

주: 자료의 제약으로 인해 2013년의 적응도는 전자상거래, 전자정부, 스마트워크, 클라우드 컴퓨팅 도입 여부에 기초하는 반면에 2016년의 적응도는 이들 4개 기술 혹은 제도 이외에 사물인터넷과 빅데이터 도입 여부를 추가적으로 고려함.

2. 적응도의 분해

<그림 1>과 <표 3>의 결과는 기업들의 4차 산업혁명에 대한 적응도가 시간이 지남에 따라 크게 변화할 뿐만 아니라 기업들 간 상이한 변화를 경험함을 함축한다. 정부의 정책은 이러한 급변하는 기술 혹은 패러다임의 변화에 국내 기업들이 순응하여 국제경제에서 뒤처지지 않도록 정책방향을 설정하고 세부 시책을 추진하는 것이다. 이를 위해서는 이러한 적응도의 변화가 기업의 특성에 따른 적응도의 변화에 기인하는지 아니면 지역경제를 이루는 기업 구성에서의 변화에 의한 것인지를 분석할 필요가 있다. 전자의 경우에는 산업별로 혹은 규모별로 차별화된 전략이 필요한 반면에 후자의 경우 선별적 기업유치 전략이 요구된다.

<표 4a>는 전국 및 광역시도별로 식 (2)의 Oaxaca(1973) 기법을 적용한 분해 결과를 제시한다. 다만, 4차 산업혁명에 대한 적응도를 나타내는 지수는 두 시점 자료 간 차이를 고려해 공통적으로 포함된 전자상거래, 전자정부, 스마트워크, 클라우드 컴퓨팅의 도입 여부만을 이용해 정의된다. 전국의 경우에 적응도는 2013년에 0.639에서 2016년에 0.698로 0.058만큼 상승하였으며, 이러한 변화폭 가운데 43.1%는 해당 특성을 지닌 기업의 구성에서의 변화에 기인하고 나머지는 특성별 적응도의 변화에 의해 발생했음을 알 수 있다. 반면, 지역 간에는 상당한 차이를 보인다. 우선, 서울, 부산, 울산, 강원, 충남, 경북, 경남, 제주의 경우에는 2013-2016년의 기간에 지역 내 기업들의 4차 산업혁명에 대한 적응도가 오히려 하락하였다. 모든 지역에서 지역 내 기업 구성의 변화로 인해 적응도가 상승하였으며 그 폭은 0.015~0.031의 범위 내에서 유사한 것으로 나타난다. 이는 분석의 기간이 3년이라는 짧은 시간으로 인해 지역 간 상이한 기업 구성의 변화를 경험하기에는 시간적 제약이 있었기 때문인 것으로 해석된다. 한편, 특성별 적응도의 변화는 지역 간 매우 상이한 것으로 나타난다.

<표 4a> 4차 산업혁명에 대한 적응도 변화 분해결과: 지역

지역	평균 적응도			기업 구성의 변화	특성별 적응도의 변화
	2016	2013	차이		
전국	0.698	0.639	0.058	0.025	0.033
서울	0.750	0.768	-0.018	0.028	-0.046
부산	0.438	0.454	-0.016	0.024	-0.040
대구	0.737	0.455	0.281	0.023	0.259
인천	0.713	0.611	0.102	0.021	0.081
광주	1.071	0.785	0.286	0.022	0.264
대전	0.729	0.549	0.180	0.018	0.162
울산	0.415	0.516	-0.101	0.021	-0.123
경기	0.721	0.701	0.020	0.022	-0.003
강원	0.542	0.549	-0.007	0.026	-0.033
충북	0.730	0.516	0.214	0.022	0.192
충남	0.554	0.713	-0.159	0.031	-0.190
전북	0.982	0.625	0.356	0.028	0.328
전남	1.038	0.600	0.438	0.030	0.408
경북	0.648	0.652	-0.003	0.028	-0.031
경남	0.494	0.497	-0.003	0.021	-0.024
제주	0.566	0.663	-0.097	0.015	-0.112

이러한 결과는 지역산업의 기술변화에 대한 적응도 향상을 위한 정책이 적어도 단기와 장기로 구분될 필요가 있음을 내포한다. 단기적으로는 기업의 특성별로 적응도를 개선하고자 하는 시책의 발굴이 필요한 반면에 장기적으로는 급변하는 기술혁신에 순응할 수 있는 기업들로 지역경제를 구축할 필요가 있다. 전자를 위해서는 지역 내 취약 기업들을 대상으로 이들이 핵심기술을 구비할 수 있도록 하는 지원책의 마련이 요구되고, 후자를 위해서는 해당 지역경제의 장기적 비전이나 계획을 고려해 이와 부합하고 미래의 기술변화에 대해 높은 적응도의 특성을 지닌 기업들을 선별적으로 유치하기 위한 이전(relocation) 지원책이 필요할 것이다.

<표 4b>는 산업별로 식 (2)의 Oaxaca(1973) 기법을 적용한 분해결과를 제시한다. 지역별 분해결과와 마찬가지로, 기업구성의 변화는 모든 산업에 걸쳐 기업들의 4차 산업혁명에 대한 적응도를 증가시킨 반면에 특성별 적응도의 변화는 산업들 간 상이한 결과를 나타낸다. 특히, 농업, 임업 및 어업, 전기, 가스, 증기 및 수도사업, 하수 폐기물처리, 원료재생 및 환경복원업, 건설업, 운수업, 출판, 영상 방송통신 및 정보서비스업, 사업시설관리 및 사업지원서비스업, 공공행정, 국방 및 사회보장행정, 교육서비스업, 보건업 및 사회복지서비스업, 예술, 스포츠 및 여가 관련 서비스업에서는 이들에 속하는 개별 기업들의 특성별 적응도가 감소한 것으로 분석된다.

제조업에서는 4차 산업혁명에 대한 적응도가 2013년에 0.722에서 2016년 0.796으로 0.074만큼 증가하였으며, 이러한 증가 가운데 71.6%는 기업의 특성별 적응도의 변화에 기인하고 나머지 28.4%는 기업 구성의 변화에 기인하는 것으로 분석된다.

<표 4b> 4차 산업혁명에 대한 적응도 변화 분해결과: 산업

산업	평균 적응도			기업 구성의 변화	특성별 적응도의 변화
	2016	2013	차이		
농업, 임업 및 어업	0.911	0.834	0.076	0.343	-0.267
광업	0.816	0.586	0.231	0.203	0.028
제조업	0.796	0.722	0.074	0.021	0.052
전기, 가스, 증기 및 수도사업	0.917	0.627	0.291	0.620	-0.330
하수 폐기물처리, 원료재생 및 환경복원업	0.787	0.832	-0.044	0.186	-0.230
건설업	0.990	1.095	-0.105	0.035	-0.139
도매 및 소매업	0.768	0.707	0.061	0.012	0.049
운수업	0.362	0.563	-0.201	0.008	-0.209
숙박 및 음식점업	0.516	0.221	0.295	0.012	0.283
출판, 영상 방송통신 및 정보서비스업	1.245	1.766	-0.521	0.090	-0.611
금융 및 보험업	1.574	1.403	0.171	0.057	0.114
부동산업 및 임대업	1.207	1.150	0.056	0.004	0.052
전문, 과학 및 기술서비스업	1.428	1.369	0.059	0.020	0.039
사업시설관리 및 사업지원서비스업	1.066	1.077	-0.011	0.012	-0.022
공공행정, 국방 및 사회보장행정	0.946	1.425	-0.479	0.239	-0.718
교육서비스업	0.540	0.707	-0.166	0.006	-0.172
보건업 및 사회복지서비스업	0.657	0.808	-0.151	0.044	-0.195
예술, 스포츠 및 여가 관련 서비스업	0.462	0.554	-0.092	0.023	-0.115
협회 및 단체, 수리 및 기타 개인서비스업	0.522	0.407	0.115	0.002	0.113

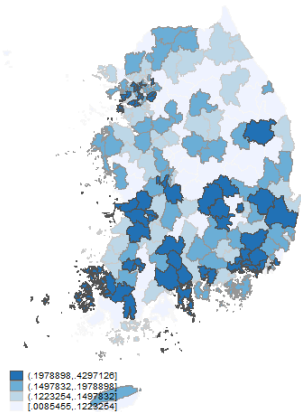
3. 지리적 편중

앞의 분석결과는 4차 산업혁명에 대한 적응도에서 광역시도 간 차이가 큼을 제시한다. 이러한 지역 간 차이뿐만 아니라 지역 내 지리적 편중 또한 지역의 균형발전차원에서 중요한 이슈가 된다. 따라서, 적응도에 따른 기업들의 집단 간 지리적 편중의 정도를 살펴보기 위해 Massey and Denton(1988)에 의한 비유사성 지수(dissimilarity index)를 측정할 수 있으며, 이는 다음과 같이 측정된다:

$$\frac{\sum_{i=1}^n [t_i | (p_i - P) |]}{2TP(1 - P)} \quad (3)$$

여기서, t_i 는 읍면동 i 의 사업체수, T 는 $\sum_i^n t_i$, p_i 는 읍면동 i 의 사업체수에서 적응도가 0.18 이상인 사업체가 차지하는 비중, P 는 모든 읍면동 i 를 포함하는 해당 시군구 전체에 걸친 적응도 0.18 이상 사업체의 비중을 나타낸다. <그림 2>는 식 (3)에 의해 측정된 시군구별 비유사성 지수를 나타내며, 이를 통해 시군구 간 적응도에 따른 기업 집단 간 지리적 편중이 매우 상이함을 볼 수 있다.

<그림 2> 4차 산업혁명에 대한 적응도에 의한 기업 집단 간 지리적 격리



V. 결론

본 논문은 우리나라 기업들의 4차 산업혁명에 대한 적응도를 과학기술정보통신부·한국정보화진흥원의 「정보화통계조사」와 통계청의 「전국사업체조사」를 이용해 추정한다. 4차 산업혁명을 대표하는 새로운 기술 혹은 생산과 소비에서의 패러다임을 함축하는 빅데이터, 사물인터넷, 클라우드 컴퓨팅, 스마트워크 등의 이용 여부를 조작적으로 정의하여 기업들의 특성에 따른 4차 산업혁명에 대한 적응도를 추정하고, 이의 지리적 분포 및 산업들 간 차이를 제시한

다. 나아가, 2013년과 2016년 두 시점 간 적응도의 변화를 기업 구성의 변화에 의한 것과 특성별 적응도의 변화에 의한 것으로 구분함으로써 기업들로 하여금 급변하는 경영환경에 순응할 수 있도록 하는 정책의 방향을 제시한다.

실증분석결과에 의하면, 기업이 규모면에서 영세하거나 개인사업체 혹은 특정 산업에 속하는 경우에 4차 산업혁명을 대변하는 신기술의 도입 비중이 낮아 4차 산업혁명으로 인한 변화에 적응할 수 있는 정도가 떨어질 가능성이 존재한다. 이러한 4차 산업혁명에 대한 적응도의 2013-2016년 기간의 변화는 기업 구성의 변화(43.1%)와 특성별 적응도의 변화(56.9%)에 대등하게 영향을 받은 것으로 분석된다. 하지만, 지역 혹은 산업 간에는 변화의 주요한 요인이 매우 상이하게 나타나 지역의 여건을 고려한 정책방안 마련의 노력이 요구된다. 특히, 지방정부의 입장에서 단기적으로는 특성별 적응도 개선을 위한 지원책이 요구되는 반면에 장기적으로는 적응도가 보다 높은 기업을 선별적으로 유치하는 차별화된 정책이 요구된다.⁶⁾

본 논문은 양적 분석에 치중하여 질적 측면에 대한 분석이 간과되었다. 일례로, 해당 기업 대상 심층인터뷰 등을 통해 4차 산업혁명 관련 신기술 도입에 대한 인식과 현장에서의 체감 등에 관한 분석결과가 보완되어 보다 세부적인 정책적 방향을 향후 추가적인 연구를 통해 제시할 필요가 있다. 또한, 자료의 한계로 인해 기업의 특성을 충분히 고려하는 데는 한계가 존재하였으며, 향후 이와 관련한 자료의 축적을 통해 이의 분석결과에 기반한 과학적 접근에 근거한 정책 수립이 요구된다.

참고문헌

김승현(2017), “4차 산업혁명을 대비한 주요국의 혁신정책”, *Entrepreneurship Korea*, Vol. 5, pp. 3-4.

6) 4차 산업혁명과 관련하여 정책적으로 가장 앞서 있는 독일의 경우 Industry 4.0 성숙도 지수 평가 모델의 개발 및 도입을 통해 개별 기업이 얼마나 Industry 4.0 체계를 잘 갖추고 있는지를 종합적으로 평가함으로써 미래의 기술추세 변화에 대응하고 있다(장훈, 2017).

- 미국과학진흥협회(2016), “Increasing use of autonomous systems could threaten jobs,”
<http://www.aaas.org/news/increasing-use-autonomous-systems-could-threaten-jobs>
- 안상희·이민화(2016), “4차 산업혁명이 일자리에 미치는 영향”, 한국경영학회 통합학술발표논문집 2015, pp. 2344-2363
- 장훈(2017), “Industry 4.0 성숙도 지수 평가 모델 개발: 4차 산업혁명 시대를 맞이하는 우리 기업들의 준비 현황은?”, 「과학기술정책」, 227호. pp. 10-13.
- Bessen, J.(2015), *Learning by doing: The real connection between innovation, wages, and wealth*, Yale University Press
- Frey, C. and Osborne, M.(2013), “The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?,” Unpublished manuscript
- Katz, L. and Margo, R.(2013), “Technical change and the relative demand for skilled labor: The United States in historical perspective,” *National Bureau of Economic Research*
- Massey, D. and Denton, N.(1988), “The dimensions of residential segregation,” *Social Forces* 67(2), pp. 281-315
- Oaxaca, R.(1973), “Male-Female Wage Differentials in Urban Labor Markets.” *International Economic Review*. Vol. 14. pp. 693-709.

부록

<표 A1> 2013년 기업의 특성에 따른 4차 산업혁명 적응도

		지수화	클라우드 컴퓨팅
종사자 규모	5-9명	0.104** (10.06)	0.685** (4.71)
	10-49명	0.155** (21.05)	0.677** (5.18)
	50-249명	0.207** (21.82)	1.049** (4.47)
	250명 이상	0.253** (14.88)	1.660** (5.72)
조직형태	회사법인	0.095** (5.20)	0.807** (2.65)
	회사 이외 법인	0.106** (4.79)	1.081** (3.91)
	비법인 단체	0.067** (3.93)	1.147** (4.43)
	국가/지방자치단체	0.163** (9.55)	0.366+ (1.88)
산업	제조업	-0.005 (-0.16)	0.122 (0.56)
	건설업	0.060 (1.73)	0.622** (2.89)
	도매 및 소매업	0.032 (0.99)	-0.020 (-0.07)
	운수업	0.008 (0.22)	-2.471** (-8.89)
	숙박 및 음식점업	-0.078* (-2.57)	-2.051** (-2.86)
	출판, 영상, 방송통신 및 정보서비스업	0.211** (6.92)	1.764** (8.18)
	금융 및 보험업	0.059	-0.301

	(1.69)	(-1.20)
부동산 및 임대업	0.122**	-0.098
	(3.52)	(-0.22)
전문, 과학 및 기술서비스업	0.140**	1.447**
	(4.10)	(7.93)
사업시설관리 및 사업지원서비스업	0.048	0.526 ⁺
	(1.21)	(1.94)
협회 및 단체, 수리 및 기타 개인서비스업	-0.046	-1.126
	(-1.33)	(-1.47)
그 외	0.048	0.721**
	(1.59)	(3.21)
상수항	0.135**	-3.808**
	(4.25)	(-13.04)
Adj. R ² /Pseudo R ²	0.2941	0.1806

주: 괄호 안의 수치는 강건한(robust) t-값이며 오차항들이 광역시도 내에서 상호 연관됨을 가정함. +, *, 그리고 **는 각각 10%, 5%, 그리고 1%수준에서의 통계적 유의성을 나타냄. 모든 회귀식은 개별 광역시도에 대한 더미변수를 포함하나 지면상의 제약으로 이들의 계수값은 생략됨. 분석에 포함된 기업체의 수는 12,901개이며, 분석에는 가중치가 적용됨. 종사자 규모, 조직형태, 그리고 산업에 대한 각각의 준거집단은 1-4명, 개인사업체, 그리고 농림수산업(광업 포함)에 해당함.



4th Industrial Revolution and Firms' Adaptation

Sung Hyo Hong
Kongju National University, Korea

Soojoong Nam
Kongju National University, Korea

This paper estimates the degree to which firms are adaptative to 4th industrial revolution using Information Society Statistics and Census on Establishments. We measure firms' adaptiveness to 4th industrial revolution by indexing whether they use Big Data, IoT, Cloud Computing, and Smart Work which represent new technologies and paradigms of production and consumption in 4th industrial revolution era, and then show its geographic distribution and differences across industries. Moreover, by decomposing the change in the adaptiveness over 2013–2016 into one in the composition of firms with different traits and the other in the adaptiveness by traits, we suggest the direction of policies for firms to acclimate the business environments which drastically change. According to empirical results, the change in firms' adaptiveness to 4th industrial revolution seems to be affected roughly equally. However, since the key factors appear to be remarkably distinct across regions, policies reflecting the situations of the local economy need to be designed.

[Key Words: 4th industrial revolution, Oaxaca decomposition, adaptation]

논문접수일: 2018년 12월 27일

논문수정일: 2019년 4월 8일

게재확정일: 2019년 4월 17일

제1저자(주저자): 홍성효(Sung Hyo Hong)는 미국 Syracuse University에서 경제학 박사학위를 취득하고, 현재 국립 공주대학교 경제통상학부(경제학 전공)에서 부교수로 재직 중이다. 주요 관심분야는 도시경제(산업입지, 주택, 교통 등)이다(shong11@kongju.ac.kr).

제2저자(교신저자): 남수중(Soojoong Nam)은 중국사회과학원 세계경제 및 정치연구소에서 경제학 박사학위를 취득하였으며, 현재 국립 공주대학교 경제통상학부(국제통상 전공)에서 교수로 재직 중이다. 주요 관심분야는 중국경제 및 국제경제이다(sjnam@kongju.ac.kr).