인공지능에 의한 자동화가 미래 일자리에 미치는 영향

김건우

2016년 봄, 서울 한복판에서 벌어졌던 인공지능 알파고와 이세돌 9단의 바둑 경기는 인공지능의 놀라운 발전 속도에 대한 놀라움과 함께 우리 삶에 미칠 영향에 대해서 생각해 보는 계기가 되었다. 특히, 바둑과 같이 인간 고유의 영역이라고 생각되었던 정신적 활동도 더 이상 기계에 의한 자동화로부터 자유롭지 못할 것이라는 우려가 빠르게 확산되었다. 이에 함께 화두로 등장한 ‘제4차 산업혁명’에 대한 논의에서도 인공지능이 일자리에 미칠 영향에 대한 논쟁이 계속 이어져 왔다.

최근까지 벌어지고 있는 인공지능과 일자리에 대한 논쟁의 핵심은 한마디로 ‘이번에는 다른가?’로 요약할 수 있다. 이른바 ‘알파고 쇼크’로 가장 크게 주목 받은 주장은 인공지능은 이전의 기술과는 다르다는 주장이다. 데이터를 기반으로 완전히 새로운 패러다임에 접어들어서 빠른 속도로 발전하고 있는 인공지능이 인간이 하던 대부분의 일을 대체함으로써 일자리가 빠르게 감소할 수 있을 것이라고 전망이 주장을 뒷받침하고 있다. 반면에, 인공지능에 대한 우려가 과도하다는 주장이 맞서고 있다. 인공지능도 과거의 기술과 마찬가지로 경제 전반의 생산성을 높이고, 궁극적으로 새로운 일자리를 창출시킬 것이란 전망이다.

두 개의 극단적인 주장이 여전히 첨예하게 대립하고 있지만, 중요한 것은 인공지능 분야의 혁신이 가속화되면서 국내 일자리에 유의미한 영향을 미칠 시기가 가까워지고 있다는 점이다. 이것은 인공지능의 도입이 장기적으로 새로운 일자리를 늘리고, 전체적인 풍요를 가져다 줄 수 있다는 주장을 받아들이더라도 여전히 해결해야 할 문제가 남아 있음을 시사한다. 인공지능과 보완적 관계냐 대체적 관계냐에 따라서 일자리 별로 희비가 엇갈릴 수 있기 때문이다. 노동시장을 비롯하여, 교육제도, 복지제도 등이 기술적 충격을 흡수할 수 있도록 뒷받침되어 있지 않는다면 사회적 갈등으로 기술 혁신이 오히려 재앙의 씨앗이 될 가능성도 배제할 수 없다. 이 글에서는 인공지능을 비롯한 최근의 기술 발전이 우리나라 일자리에 미칠 영향과 방향성을 가늠해 보고, 최악의 시나리오 하에서도 최선을 성과를 내기 위해서 준비해야 할 과제들을 살펴보았다.

**인공지능은 왜 일자리 문제에서 이슈가 되는가?**

현재 주목 하고 있는 인공지능의 혁신은 2010년을 전후하여 시작되었다. 이전부터 이론으로 제안되었던 머신러닝 알고리즘과 이를 실제로 구현할 수 있는 빅데이터, 컴퓨팅 파워라는 3박자가 맞아 떨어진 결과다. 프로그래머가 세부적인 규칙을 코드로 기계에 주입하는 방식에서 방대한 데이터를 통해서 기계가 자체적으로 규칙을 개발하는 방향으로 인공지능 구현의 패러다임이 완전히 바뀌어 버렸다. 인간의 지식에 대한 사전 정보가 없어도 데이터를 통해서 스스로 지식을 구현해내는 방법론이 인공지능의 주류로 부상하면서 인공지능의 성능이 압도적으로 향상되고 있다.[[1]](#footnote-1)

인공지능의 발전은 이미 인간의 인지적 능력을 부분적으로 앞서 나가고 있다. 대표적으로 인간의 시각적 능력을 인공지능으로 구현하는 이미지 인식(image recognition) 분야에서는 2015년에 인공지능이 96.4%의 정확도를 달성하면서 일반인의 이미지 인식 정확도인 94.9%를 넘어섰다. 사람보다 더 정확하게 얼굴을 인식하는 인공지능은 이미 세계 각국의 CCTV에 도입되고 있으며, 미국 스탠포드대학에서 발표한 연구에서는 사진을 통해서 동성애자 여부를 가려낼 수 있는 인공지능까지 만들어지면서 논란을 일으키기도 하였다.

인터넷에 기반한 글로벌 차원의 방대한 연구 커뮤니티에서 쏟아지는 아이디어와 끊임없이 축적되는 데이터, 기하

폴라니의 역설(Polanyi’s paradox)

오랜 시간과 비용이

인공지능이라는 용어는 1956년에 시작되었지만, 최근에 주목받고 있는 지능은

일자리에 미칠 기술 중 왜 유독 인공지능이 주목 받고 있을까? 인공지능이라는 용어가 매우 포괄적으로 정의되기 때문에

사실 이미 인공지능은 우리 삶 속에 많이 녹아들어와 있다.

최근 인공지능 연구의 주류로 떠오른 머신러닝은 프로그래머가 코드로 작성한 세부적인 규칙에 의존해서 작동하는 것이 아니라 데이터의 패턴을 통해 학습하고 새로운 정보를 해석하는 방법을 연구하면서 인공지능이 자체적으로 규칙을 개발한다. 이와 더불어 로봇 공학의 발전은 기계가 물리적 세계와 상호 작용할 수 있는 범위와 능력을 확장시키고 있다. 인공지능과 로봇의 융합은 이전보다 더 정교한 기능을 수행할 수 있는 더 똑똑한 기계를 탄생시켜 자동화의 범위를 확대시키고 있다.

인공지능이 일자리에 미칠 영향에 대한 논의는 선진국에서 먼저 대두되었다. 2013년 영국 옥스포드 대학의 프레이(C. Frey) 교수와 오스본(M. Osborne) 교수가 내놓은 연구가 대표적이다. 해당 연구는 인공지능, 로봇 등 최근의 기술 진보가 향후 10~20년 후에 일자리에 미칠 영향을 살펴보기 위해서 일자리별로 업무가 컴퓨터로 얼마나 대체될 수 있을지를 구하고, 이를 미국 노동시장에 대입하여 분석하였다.

Frey and Osborne(2013)의 연구는 앞으로 인공지능, 로봇 등으로 대체되기 힘든 업무을 크게 3가지[[2]](#footnote-2)로 꼽고, 이들 업무의 비중이 높은 직업은 컴퓨터로 대체되기 힘든 직업, 반대로 낮은 직업은 컴퓨터로 대체되기 쉬운 직업으로 상정하였다. 저자들은 미국 직업 데이터를 대상으로 세분류 기준 702개 직업 중 컴퓨터로 대체가능성 여부가 명확한 70개 직업에 대해서 사전적으로 0(대체 불가) 혹은 1(완전 대체)의 극단적인 확률을 부여하여 모형을 학습시킨 다음, 전체 직업에 대한 컴퓨터 대체확률을 추정하였다.

인공지능도 이전의 기술과 별반 다를 것이 없다는 것이

인공지능이 과거의 기술과 마찬가지로 경제 전반의 생산성을 높이고, 궁극적으로 삶의 수준을 더 높여줄 수 있다라는 전망을 하는 것이 논쟁의 한축을 형성하고 있다.

과거와 마찬가지로 기술의 발전으로 인류의 생산성이 높아지고, 궁극적으로 삶의 수준이 더 높아질 것이라는 기대

17세기말 영국에서 시작된 산업혁명 이후 과학과 기술의 발전과 함께 자동화는 계속되어 왔다.

기술의 발전이 일자리의 본질에 변화를 일으키고 있다. 특히, 인공지능과 로봇 기술의 발전에 따른 디지털화(digitalization)는 앞으로 일자리에 영향을 미칠 가장 핵심적인 요인으로 주목 받고 있다. 기하급수적으로 발전하는 컴퓨팅 파워와 인터넷에 연결된 사람과 기계가 만들어내는 방대한 데이터, 그리고 이를 바탕으로 새로운 패러다임을 맞이한 인공지능이 접목되어 자율적으로 작동되는 로봇이 사람이 수행하던 다수의 업무를 대체할 것으로 전망되고 있다. 서울 한복판에서 벌어졌던 '알파고 쇼크' 이후 주요 이슈로 부상한 '제4차 산업혁명'에 대한 논의에서도 기술이 일자리에 미칠 영향에 대한 우려가 빠지지 않고 언급되고 있다.

**기계에 의한 자동화에서 컴퓨터로 통제되는 자동화로의 변화**

산업혁명 이후로 기술의 발전에 의한 자동화로 인간의 노동은 꾸준히 영향을 받아 왔다. 산업화초기에는 과거 농업의 기계화, 제조업의 자동화 등 기계가 인간의 육체 노동을 대체하는 시대였다. 80년대 이후 컴퓨터 등 정보통신기술이 급속도로 보급되면서 자동화는 더욱더 고도화되었고, 장부 작성과 같이 반복적인 계산이 필요한 인지적 작업까지 컴퓨터가 대체하는 시대를 거쳤다.

현재와 같이 컴퓨터에 의한 자동화가 고용에 미치는 영향을 분석한 최초의 연구는 Autor, Levy and Murnane(2003)의 연구였다. 이들은 반복적이고, 정형화된 업무의 경우 육체적 노동인지 정신적 노동인지에 상관 없이 컴퓨터 프로그래밍을 통해서 업무가 대체될 수 있다고 보고, 이를 데이터로 분석하였다. 분석 결과, 정형화된 업무가 많은 직업의 고용 비중이 감소하는 반면, 비정형화된 업무의 경우에는 컴퓨터가 오히려 업무를 제한적으로 보완하면서 고용 비중이 증가하는 모습을 보여주었다.

**<Autor et al.(2003)의 업무 유형별 컴퓨터 고용 대체 가능성>**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 정형화된 업무 (Routine Tasks) | 비정형화된 업무 (Non-routine Tasks) |
| 정신 노동 (분석 및 사람간 의사소통) | 높음 (예: 단순 계산, 장부 기록 등) | 낮음  (예: 법률 문서 작성, 진료 등) |
| 육체 노동 | 높음 (예: 반복 조립, 등) | 낮음  (예: 운전 등) |

해당 연구에서는 미국의 직업사전을 이용하여 직종별 업무 유형을 정형화 여부와 육체적 노동 여부에 따라 크게 4가지로 분류하고, 1960년부터 1998년까지 실제 일자리의 비중 변화를 살펴보았다. 그 결과 컴퓨터에 의해서 대체가능성이 높을 것으로 예측되었던 정형화된 업무의 경우 육체 노동뿐만 아니라 인지 노동까지 꾸준히 고용 비중이 감소하였다. 반면, 비정형화된 업무의 경우 인지 노동에 해당하는 일자리는 1960년대 이후 꾸준히 증가하는 모습을 보였다. 특히, 컴퓨터의 보급이 본격화된 90년대 이후 이러한 경향이 뚜렷하게 나타나는 것으로 관찰되었다.

Acemoglou and Autor(2010)는 선행 연구를 발전시켜서 컴퓨터에 의한 업무 대체가능성을 직업별로 살펴보았다. 이들의 연구에서도 육체 노동 혹은 정신 노동에 관계없이 정형화된 업무인지 여부에 따라서 고용의 비중이 변화한 것으로 나타났다. 정신노동 중심의 직업의 경우 관리직, 전문직, 및 기술직의 경우처럼 컴퓨터 프로그램으로 대체하기 힘든 정신노동 중심의 일자리는 고용 비중이 꾸준히 증가한 반면, 반복적인 업무가 많은 사무직 및 판매직의 경우 고용 비중이 감소하였다. 육체노동의 경우 돌봄 서비스, 요식업, 청소업 등 사람의 상호작용이 중요한 서비스업 일자리들은 비중이 증가한 반면, 생산직 및 설비조작원 등 기계를 다루는 직업군의 경우 컴퓨터에 의한 제어기술 등으로 대체되면서 고용 비중이 감소한 것으로 나타났다.

**AI, 로봇 등 기술의 발전으로 자동화의 범위가 확대**

기술이 일자리에 미치는 영향에 대한 논의는 최근 들어 크게 바뀌고 있다. 이전까지 비정형화되고, 인지적 작업 중심의 일자리도 컴퓨터에 의한 대체가능성이 대두되었기 때문이다. 최근 인공지능 연구의 주류로 떠오른 머신러닝은 프로그래머가 코드로 작성한 세부적인 규칙에 의존해서 작동하는 것이 아니라 데이터의 패턴을 통해 학습하고 새로운 정보를 해석하는 방법을 연구하면서 인공지능이 자체적으로 규칙을 개발한다. 이와 더불어 로봇 공학의 발전은 기계가 물리적 세계와 상호 작용할 수 있는 범위와 능력을 확장시키고 있다. 인공지능과 로봇의 융합은 이전보다 더 정교한 기능을 수행할 수 있는 더 똑똑한 기계를 탄생시켜 자동화의 범위를 확대시키고 있다.

|  |
| --- |
| <박스> 은행 일자리와 ATM, 핀테크  기술과 일자리의 관계에 대한 전통적인 관점은 기술진보가 소수의 일자리를 대체할 수 있지만, 경제전체적으로는 더 많은 일자리를 창출해 왔다고 본다. 기술 진보로 자동화가 확대됨에 따라 산출량 한 단위에 투입되는 노동은 감소할 수 있지만, 이로 인한 생산 비용 감소와 산출물 가격 하락에 따른 수요 증대로 인해서 전체적으로 노동수요는 더 커질 수 있다는 주장이 핵심이다.  이를 뒷받침 하는 대표적인 사례로 언급되는 것은 ATM과 은행 일자리의 관계이다. 1970년대부터 본격화되기 시작한 ATM의 보급이 은행원의 일자리를 줄이는 것이 아니라 오히려 늘려왔다는 것이다. ATM의 보급은 금전 출납, 통장 조회 등과 같은 반복 업무를 대체하여 실제로 은행 지점 당 은행원 수는 감소한 것으로 나타났다. 그렇지만, 은행 지점당 운영비가 절감되어 더 많은 지점이 설치됨에 따라 은행원 고용도 증가해 왔다. 우리나라의 경우도 90년대 이후 ATM이 확대 보급되고, 인터넷 뱅킹 이용률도 꾸준히 증가하였으나 실제로 은행 종사자수와 지점은 2015년까지 꾸준히 증가하였다.  그러나 최근에는 새로운 양상이 관찰되고 있다. 우리나라의 경우 은행 직원 및 지점수 뿐만 아니라 자동화기기마저 감소하고 있다. 스마트폰의 보급 이후에 확대되고 있는 핀테크(Fintech)의 영향이 큰 것으로 나타난다. 은행 임직원수와 지점수는 정점이었던 2015년 대비 각각 4%, 5% 감소하여 2017년 말에는 111,173명과 6,972개를 기록하였다. 은행이 설치한 ATM은 2003년 말 26,093개에서 2015년말 51,115개로 정점을 기록한 이후 감소하기 시작하여 2017년말에는 46,087개로 감소하였다. 핀테크 열풍이 불고 있는 선진국에서도 ATM과 은행 지점수가 감소하는 현상은 똑같이 관찰되고 있다.(Citi, 2015) |

**인공지능과 로봇기술을 고려한 자동화 위험 연구**

급속도로 발전하고 있는 최근의 기술 상황을 반영한 연구는 2013년 영국 옥스포드의 경제학자 Frey와 인공지능 연구자 Osborne의 협업으로 나왔다. Frey and Osborne(2013)의 연구는 앞으로 인공지능, 로봇 등으로 대체되기 힘든 업무을 크게 3가지[[3]](#footnote-3)로 꼽고, 이들 업무의 비중이 높은 직업은 컴퓨터로 대체되기 힘든 직업, 반대로 낮은 직업은 컴퓨터로 대체되기 쉬운 직업으로 상정하였다. 저자들은 미국 직업 데이터를 대상으로 세분류 기준 702개 직업 중 컴퓨터로 대체가능성 여부가 명확한 70개 직업에 대해서 사전적으로 0(대체 불가) 혹은 1(완전 대체)의 극단적인 확률을 부여하여 모형을 학습시킨 다음, 전체 직업에 대한 컴퓨터 대체확률을 추정하였다.

이에 따르면 미국 일자리의 47%가 컴퓨터 대체확률이 0.7 이상인 고위험군에 해당하는 것으로 나타났다. 이들의 분석에 따르면 과거에는 컴퓨터에 의한 대체가 어려울 것으로 보았던 회계사와 같은 비정형화된 인지적 업무 중심의 직업뿐만 아니라 운전사와 같이 비정형화된 육체 노동도 컴퓨터에 의한 대체가능성이 높은 것으로 나타났다.

**기술 발전에 영향을 받는 우리나라 일자리 현황과 특징**

Frey and Osborne(2013)의 연구는 전세계적으로 엄청난 관심을 받으며 각국의 일자리 위험에 대한 연구에도 활용되었다. 미국 직업 기준으로 도출한 직업별 컴퓨터 대체확률을 이용하여 각국의 직업분류코드에 맞춰서 매칭시킴으로써 해당 국가의 일자리 위험도를 살펴보는 방법이 이용되었다. 본 연구에서도 직업분류코드의 연계를 이용하여 한국 직업에 맞는 대체확률을 매칭시키고, 이를 최근 고용데이터를 이용하여 컴퓨터에 의한 일자리 위험도를 분석하였다.[[4]](#footnote-4)

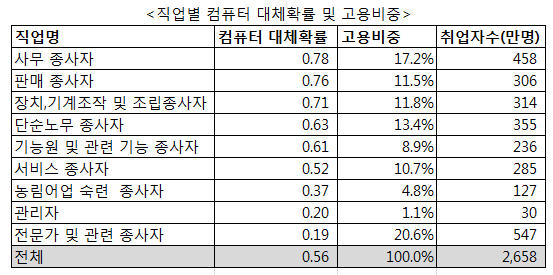
|  |
| --- |
| <분석방법>   1. Frey and Osborne(2013)이 미국 노동시장을 대상으로 도출한 컴퓨터 대체확률을 미국 표준직업분류(SOC)와 국제표준직업분류(ISCO) 연계표를 이용해서 국제표준직업분류 기준으로 전환 2. 국제표준직업분류와 한국표준직업분류(KSCO) 연계표를 이용하여 한국표준직업분류 세분류 기준 426개 직업의 컴퓨터 대체확률로 전환 (군인 관련 3개 직업 제외한 423개 직업 커버) 3. 한국기준으로 전환한 컴퓨터 대체확률을 지역별 고용조사 미시데이터와 매칭시켜 직업별, 산업별, 학력별 등 일자리 특성별로 컴퓨터 대체확률 분석 (지역별 고용조사는 소분류 기준으로 발표하기 때문에 세분류 확률을 단순평균하여 반영) |

컴퓨터 대체확률을 이용하여 살펴본 우리나라의 노동시장은 우리나라도 현재의 기술 진보의 물결에서 예외일 수 없음을 보여준다. 전체 일자리의 컴퓨터 대체확률은 평균 0.56으로 나타났으며, 대체확률이 0.7 이상인 고위험 일자리의 비중은 37.1%로 나타났다. 동일한 방법론(직업분류코드 연계)을 적용하여 계산한 고위험 일자리 비중인 미국의 47%보다는 낮지만, 영국 35%, 스웨덴 37%, 핀란드 35%, 노르웨이 33%와는 유사한 수준이다.

Frey and Osborne(2013)의 연구가 발표된 이후 이들의 연구방법론을 이용한 다양한 연구들이 나왔다. Bruegel(2014)은 유럽연합의 28개국을 대상으로 분석한 결과 평균적으로 54%의 직업이 컴퓨터 대체확률이 고위험군(대체확률 0.7 이상)에 해당한다고 보고하였다. Worldbank(2016)는 41개 개발도상국을 대상으로 분석하였는데, 고위험 일자리 비중이 가장 낮은 국가가 55%, 가장 높은 국가의 경우 85%에 달하는 것으로 나타났다. 고위험 일자리 비중의 개도국 평균은 67%로 OECD 평균인 57%보다 컴퓨터에 의한 자동화 위험에 더 많이 노출된 것으로 나타났다.

**사무직, 판매직, 기계 조작 및 조립 등 3대 직종을 중심으로 높은 위험**

우리나라 직업별로 컴퓨터 대체확률을 살펴보면 직업 대분류 기준으로 ‘사무 종사자’가 0.78로 가장 높은 것으로 나타났다. 2017년 상반기 기준 사무 종사자의 취업자수는 458만명으로 전체 고용에서 차지하는 비중은 17.2%로 두 번째로 높은 비중을 차지하고 있다. 이어서 ‘판매 종사자’의 컴퓨터 대체확률이 0.76, ‘장치, 기계 조작 및 조립종사자’가 0.71로 나타났다. 사무직, 판매직, 기계 조작 등 비교적 정형화하기 쉬운 일자리일수록 컴퓨터로 대체할 수 있는 가능성이 높은 점을 반영한 결과로 보인다.



반면, 컴퓨터 대체 위험이 낮은 직업은 전문직과 관리자로 나타났다. ‘전문가 및 관련 종사자’는 전체 고용의 20.6%인 547만명이 종사하고 있는데, 컴퓨터 대체확률이 0.19로 가장 낮은 수준을 나타내었다. 이어서 ‘관리자’, ‘농림어업 숙련 종사자’가 각각 0.19, 0.37의 컴퓨터 대체확률을 보여주었는데, 전체 고용에서 차지하는 비중은 각각 1.1%, 4.8%로 가장 낮은 수준을 보여주었다.

**<컴퓨터화 위험이 높은 직업과 낮은 직업>**



보다 상세한 직업별 컴퓨터 대체확률을 살펴보기 위해서 세분류 기준으로 상위 20대 직업과 하위 20대 직업을 살펴보면 <표>와 같다. 통신서비스 판매원, 텔레마케터, 인터넷 판매원 등과 같이 온라인을 통한 판매를 주요 업무로 하는 직업들의 컴퓨터 대체 확률이 매우 높게 나타났다. 한편, 회계사와 세무사도 컴퓨터 대체확률이 각각 0.957로 전문직의 경우에도 업무에 따라 컴퓨터에 의한 대체에서 자유롭지 못할 수 있음을 보여주었다.

일반적으로 전문직은 고도의 비정형화된 업무를 정신 노동으로 처리해 왔기 때문에 자동화가 어려운 것으로 알려져 왔다. 오히려 금융산업의 예에서 보듯이 컴퓨터, 인터넷 등 정보통신기술의 발전에 따라 업무의 생산성이 향상되면서 일자리가 증가해 온 경우도 있다. 그러나 직업별 컴퓨터 대체확률을 살펴보면, 의사의 경우 0.0042로 매우 낮게 나타나지만, 반대로 관세사, 회계사, 세무사는 각각 0.985, 0.957, 0.957로 세분류 직업 기준 상위 20위에 포진해 있다. 펀드매너저(컴퓨터 대체확률 0.542), 애널리스트(0.405) 등 금융 분야의 전문직도 컴퓨터에 의한 자동화에 안심할 수 없는 상황인 것으로 나타나고 있다. 인간의 전문 지식이 요구되는 분야에도 자동화가 쉽게 도입될 수 있음을 보여주는 것이다.

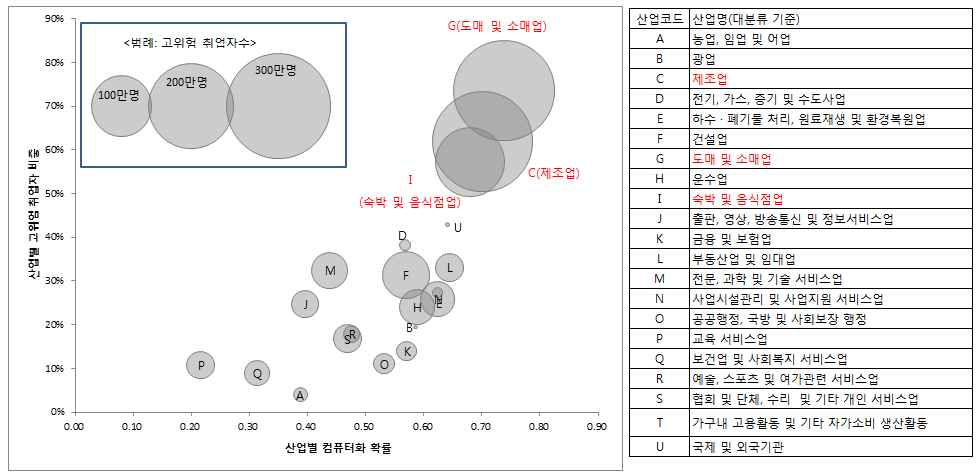
이미 인공지능 분야에서는 유사한 사례가 발견되고 있다. 알파고 쇼크의 장본인 구글 딥마인드팀은 지난해 인간 최고수들을 격파한 ‘알파고’를 압도하는 새 인공지능 ‘알파고 제로’를 공개했다. 이세돌 9단을 격파한 ‘알파고 Lee’의 경우 7개월 간 기보 데이터를 학습했고, 온라인을 통해서 인간 고수들과 대국을 거치면서 실력을 키웠다. 반면에, ‘알파고 제로’는 인간과의 대결이나 기보를 학습하지 않고, 72시간을 스스로 대국하여 실력을 쌓은 후 ‘알파고 리’와 대국한 결과 100전 100승이라는 압도적인 성적을 거두었다. 딥마인드의 데이비드 실버 박사는 “인간 지식의 한계에 더 이상 속박되지 않기 때문”에 알파고 제로가 더 강해질 수 있다고 밝혔다.

향후 전문직에도 바둑과 유사하게 인공지능이 스스로 학습하여 인간의 능력을 추월할 가능성이 높아질 것으로 보인다. 과거와 같이 중숙련 일자리가 사라지고, 고숙련/저숙련 일자리 중심으로 증가했던 패턴도 인공지능이 일자리에 대한 수요에 미치는 영향에 따라 과거와는 다른 양상으로 전개될 수 있다. 현재의 교육과 훈련 제도도 기술 변화에 맞게 변해야 한다. 인공지능과 최대한 보완적인 직무를 수행할 수 있도록 하는 방향이 예가 될 수 있다.

반면, 컴퓨터에 의해서 대체되기 힘든 직업으로는 영양사(컴퓨터 대체확률 0.004), 의사(0.004), 교육 관련 전문가(0.004), 연구관리자(0.018) 등 주로 보건, 교육, 연구 등 사람간의 상호 의사소통이 중요하고, 고도의 지적 능력이 필요한 작업인 것으로 나타났다. Frey and Osborne(2013)에서 창의적 업무, 사회적 업무, 인지관련 업무 등을 컴퓨터로 대체되기 힘든 것으로 상정한 것과 일맥상통하는 결과인 것으로 보인다.

**도소매업, 숙박음식점업, 제조업 등 3대 산업의 자동화 리스크 높아**

산업별로는 크게 3가지 업종에서 컴퓨터 대체확률과 노출도가 높은 것으로 나타났다. ‘도매 및 소매업’은 대체확률이 0.74로 현재 취업자 377만명 중 74%(277만명)가 고위험군에 속하는 것으로 나타났다. 이어서 ‘제조업’이 대체확률 0.70로 제조업 취업자 444만명의 62%(275만명)가 고위험군에 속하는 것으로 나타났다. ‘숙박 및 음식점업’은 대체확률이 0.68로 57%(130만명)의 취업자가 고위험군에 해당하는 것으로 나타났다. 이들 3대 리스크 업종의 취업자수는 1048만명으로 전체의 39%를 차지하지만, 고위험군에 노출된 취업자 중에서 차지하는 비중은 69%로 컴퓨터로 인해서 가장 타격이 클 것으로 보이는 산업으로 나타났다.

**<산업별 컴퓨터 대체확률 및 고위험 취업자수>** **주1: 가로축은 산업별 컴퓨터화 확률, 세로축은 산업별 고위험 취업자 비중, 버블은 고위험 취업자 수를 나타냄.  
주2: 고위험 취업자는 컴퓨터화 대체확률이 0.7 이상**

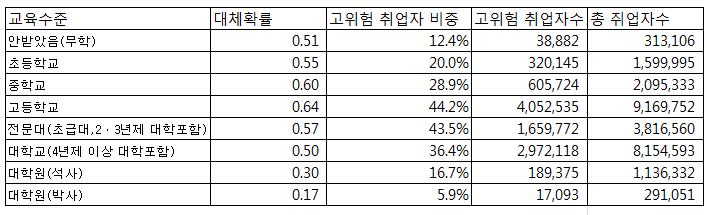
한편, 컴퓨터 대체 위험도 낮은 산업으로는 ‘교육 서비스업’이 0.22로 가장 낮게 나타났고, 이어서 ’보건업 및 사회복지 서비스업’이 0.31를 나타났다. 사람 사이의 의사소통이 중요한 교육과 보건 및 복지 서비스의 경우 상대적으로 컴퓨터에 의해서 대체될 가능성이 낮은 것으로 핀단된다.

*<3대 리스크 업종 상세 현황 분석 반영>*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **<박스> 서비스업은 일자리의 영원한 보고?**  압축적으로 산업화 과정을 거친 우리나라는 산업별 일자리 비중이 빠르게 변하는 가운데서도 장기적으로 일자리가 증가해 왔다. 1960년대 700만명 이었던 전체 근로자수는 지난해 2670만명으로 약 3.5배 급증하였다. 농업의 종사자 수는 1976년 551만명으로 최고치를 기록한 이후 꾸준히 감소하여 2017년 128만명까지 감소하였다. 전체 고용에서 차지하는 비중은 1963년 63%에서 지난해에는 4.8%까지 하락하였다. 2차 산업에 해당하는 제조업과 광업의 일자리는 1960년대 본격적인 경제개발 이후 꾸준히 증가하였다가 1991년 522만명을 기점으로 하락한 이후 이전 수준을 회복하지 못하고 있다. 제조업과 광업 일자리는 금융위기 직후인 2009년 390만명까지 하락하였다가 이후 제조업 경기 호조로 지난해에는 450만명까지 회복하였으나, 전체 고용에서 차지하는 비중은 최고 수준이었던 1988년 29%에서 지난해에 17%까지 하락하였다.   |  |  | | --- | --- | |  |  |   이렇게 1차 산업과 2차 산업에서 감소한 일자리는 서비스업에서 일자리 증가로 만회해 왔다. 서비스업 일자리는 1963년 214만명으로 전체 고용의 28%에 불과하였지만, 2017년에는 2090만명으로 전체 고용의 78%로 증가하였다. 반면, 농업, 광업, 제조업의 취업자 수와 비중은 최고점에서 하락한 이후에는 이전 수준을 회복하지 못하는 모습이었다.  앞으로는 서비스업에서도 자동화와 교역의 영향이 가시화될 것으로 전망된다. 경제 발전에 따라 고용 비중이 꾸준히 증가해왔던 서비스업에서 기계에 의한 일자리 대체와 해외로의 일자리 유출에 대응이 향후에는 더욱 중요한 과제로 부상할 것으로 보인다. |

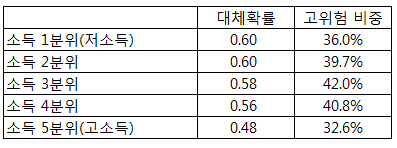
**고졸, 대졸 대체위험 높고, 임금 수준이 낮을수록 대체위험 높아**

교육수준별로는 고졸의 컴퓨터 대체확률이 0.64로 가장 높은 것으로 나타났다. 고졸은 고위험 취업자 비중이 44%(405만명)에 달하는 것으로 나타났다. 전문대졸 이상의 학력에서는 전문대 졸업자의 대체확률이 0.57, 대졸자 0.50로 높게 나타났다. 중졸 이하의 대체확률이 0.51(무학)~0.60(중졸)인 것을 감안하면, 전문대와 대학교 졸업자의 대체확률이 학력과 무관하게 상대적으로 높게 나타난 것이다. 고위험 취업자수 비중은 전문대졸이 166만명으로 43.5%를 나타내었고, 대졸이 297만명으로 36.4%를 나타내었다. 고졸, 전문대졸, 대졸이 고위험 취업자에서 차지하는 비중은 88%로 전체 취업자수에서 차지하는 비중인 80%보다 높게 나타났다.

**<교육수준별 컴퓨터 대체확률 및 고위험 취업자수>**

한편, 대학원 이상의 학력의 경우 대체확률이 박사는 0.17, 석사는 0.30로 상대적으로 낮은 수준을 보여주었다. 고위험 취업자 비중도 박사는 5.9%에 불과하였고, 석사도 전체 114만명 중 19만명인 16.7%에 그쳤다. 대졸 이상에서는 학력이 높아질수록 대체확률도 뚜렷하게 낮아지는 것으로 나타났다.

임금 수준별로는 살펴보면, 소득 2분위가 0.60로 대체확률이 가장 높았으나 1분위 0.60와 사실상 차이가 없었다. 반면, 소득 5분위는 0.48로 가장 낮은 대체확률을 나타내었다. 임금수준별 대체확률은 소득이 낮을수록 대체위험이 높은 경향이 나타났으나, 소득 5분위를 제외하면 대체로 유사한 수준의 대체확률을 보여주는 것으로 나타났다.

**<임금 수준별 컴퓨터 대체확률 및 고위험 취업자 비중>**  
주: 소득은 최근 3개월 평균 임금 기준

|  |
| --- |
| **숙련편향적 기술발전과 일자리 양극화**  90년대 말 이후 기술이 노동시장에 미치는 영향에 대한 주요 논의는 일자리 양극화를 중심으로 이루어져 왔다. 기술이 일자리의 양은 감소시키지는 않았지만, 기술 수준 측면에서 컴퓨터와 기계로 자동화하기가 용이한 중간 수준의 일자리가 기술에 의해서 대체되면서 일자리가 양극화 되었다는 분석이 주를 이루었다. Acemoglu(1999)는 미국 노동시장 데이터를 이용하여 1983년과 1993년 사이 고임금과 저임금 일자리의 비중은 늘어난 반면, 중간 일자리의 비중은 동기간 2.4%p 줄어들었음을 실증적으로 보여주었다. 이후 우리나라를 비롯한 여타 선진국 대상으로 후속 연구들이 이어졌고, 90년대 이후 대부분의 국가에서 유사한 결론이 언급되었다.  Worldbank(2016)에 따르면, 기술진보에 따른 일자리 양극화 현상은 선진국뿐만 아니라 개도국에서도 광범위하게 관찰되는 것으로 나타났다. 1995년과 2012년 기간 동안 우리나라를 비롯한 대부분의 국가들은 대체로 중숙련 일자리의 비중은 감소한 반면, 고숙련 일자리와 저숙련 일자리의 비중은 증가하였다. 우리나라는 고숙련 일자리의 비중이 46%p, 저숙련 일자리의 비중이 16%p 증가하는 동안, 중숙련 일자리의 비중은 62%p 감소하였다. 한편, 세계화의 진전 속에 ‘세계의 공장’으로 부상한 중국의 경우에는 중숙련 일자리의 비중이 동기간 71%p 급증하면서 다른 양상을 나타내었다. |

**미래 일자리 변화의 의미와 시사점**

향후에는 일자리 창출의 보루 역할을 했던 서비스업의 자동화가 본격적으로 시작된다. 우리나라의 경우 전체 고용의 78%인 2076만명이 서비스업에 종사하고 있다. 이중 컴퓨터 대체확률이 0.7 이상인 고위험 취업자수는 705만명에 달하고 있어, 제조업 고위험 취업자수 275만명의 2.6배에 해당하는 것으로 나타났다. 과거 사례에서 살펴보았듯이 농업, 제조업의 경우 고용이 감소하기 시작한 이후로 다시 최고점을 회복한 사례는 나타나지 않았다. 향후에 서비스업의 자동화로 인해서 대체되는 인력이 다시 서비스업에서 새롭게 창출되는 일자리로 재취업할 수 있는 노동시장을 마련될 수 있어야 할 것으로 보인다.

서비스업의 자동화는 서비스의 교역재화에도 직접적으로 영향을 미친다. 특정 업무가 인공지능이나 로봇에 의해서 대체될 경우 해외 사업자도 인터넷을 통해서 국내 소비자를 대상으로 서비스를 공급할 수 있기 때문이다. 그 동안 교역이 농산품, 공산품 등 유형재 중심으로 이루어져 왔다면, 서비스가 컴퓨터로 처리되는 경우 인터넷을 통한 서비스의 교역이 빠르게 증가할 수 있다. 이미 국경간 데이터 이동이 활발해지면서 전자상거래, 디지털 재화 거래 등을 포괄하는 디지털 상거래도 빠르게 증가하고 있다.

이렇게 서비스의 교역재화로 가능 큰 타격을 받을 업종은 도소매업과 음식숙박업일 것으로 보인다. 앞서 살펴보았듯이 제조업과 함께 도소매업과 음식숙박업은 컴퓨터 대체확률이 가장 높은 산업으로 나타났다. 이들 산업은 이른바 ‘로컬 서비스’를 대표하는 산업으로서 수요와 공급이 특정 지역에 국한되어 영향을 받는 특징을 나타내는 것으로 알려져 왔다. 그러나 이들 산업의 일자리가 컴퓨터에 대체될 수 있다는 것은 이들 서비스가 반드시 수요가 발생하는 지역에서 공급될 필요가 없다는 것을 의미한다. 이미 전자상거래의 활성화로 매출에 영향을 받는 지역 도소매업이 늘어나고 있는 것이 대표적인 예이다.

기술이 일자리에 미치는 영향이 과거보다 더 광범위하고 빨라짐에 따라 정부의 교육정책과 노동정책도 바뀌어야 한다. 기술혁신이 빠르게 전개될 경우 교육과 직업훈련의 유효성이 제한적일 수 밖에 없다. 학교와 직장이 보다 긴밀하게 연계된 평생 학습체제를 마련하고, 새로운 기술과 보완적으로 일할 수 있는 일자리에 적응할 수 있는 환경을 만들어야 한다.

컴퓨터가 일자리에 미치는 영향은 향후 더욱 확대되고 빨라질 것이다. 과거 일자리 양극화의 배경으로 지목되었던 숙련 편향적 기술발전은 인공지능 시대에는 가속화될 수 있다. 상대적으로 도태되는 기업과 일자리에 대한 배려가 선행되지 않는다면, ‘디지털 러다이트’와 같은 사회적 저항에 발생할 수 있다. 빠르게 발전하는 기술 혁신을 수용하고, 동시에 이로 인한 과실을 구성원 모두가 나눌 수 있는 복지 제도에 대한 고민에 더 많은 정책적 자원이 투입될 필요가 있다.

1. LG경제연구원, “Artificial Interlligence 최근 인공지능 개발 트렌드와 미래의 진화 방향”, 2017년 10월 [↑](#footnote-ref-1)
2. Creative Intelligence(창의적 지능), Social Intelligence(사회적 지능), Perception and Manipulation(인지 및 조작) [↑](#footnote-ref-2)
3. Creative Intelligence(창의적 지능), Social Intelligence(사회적 지능), Perception and Manipulation(인지 및 조작) [↑](#footnote-ref-3)
4. 국내에서도 한국노동연구원(2015)에서 유사한 방법을 이용하여 연구한 사례가 있으나 본 연구와는 직업 매칭 방법이 다름. 해당 연구에서는 미국의 직업전망자료와 직종별 고용통계를 참조하여 미국의 직업별 업무 내용과 일치하는 직업을 우리나라 직업사전에서 찾아서 매칭시키는 방식을 이용하여, 소분류 직업 132개(전체 149개), 세분류 기준 301개(전체 428개)만 분석에 포함. [↑](#footnote-ref-4)