

위험과 보상 머신러닝의 경제적 영향에 관한 시나리오

이코노미스트 인텔리전스 유닛(The Economist Intelligence Unit) 보고서

목차

목차	1
감사의 말	3
개요	5
서문	11
시나리오 1: 숙련도 향상을 통한 보다 큰 인간 생산성	13
생산성의 둔화 - 그 이유는 무엇인가?	13
주요 가정	15
시나리오 결과	16
주요 분야의 생산성	17
제조	17
박스 아웃: 사례 연구 #1	19
박스 아웃: 사례 연구 #2	21
의료	23
교통	24
시나리오 2: 기술과 개방형 데이터 액세스에 대한 보다 많은 투자	25
자동화로의 전환: 기술 투자와 GDP	25
개방형 정보의 잠재적 혜택과 위험	27
박스 아웃: 사례 연구 #3	29
주요 가정	31
시나리오 결과	34
주요 분야의 데이터와 자본 투자	34
제조	34
교통	36
박스 아웃: 사례 연구 #4	37
에너지	39

시나리오 3: 정책 실패	41
고용: 이번에는 정말 다른가?	41
데이터: 규칙에 대한 재고	43
주요 가정	45
시나리오 결과	45
주요 분야의 정책	46
의료	46
교통	48
에너지	50
결론	53
부록 I	55
호주	55
아시아 개발도상국	57
일본	59
한국	62
영국	64
미국	66
부록 II: 방법론	69

보고서 소개

위험과 보상: 머신러닝의 경제적 영향에 관한 시나리오는 구글이 의뢰한 EIU의 보고서입니다. 이는 5개 국가와 아시아 개발도상국(Developing Asia) 집단을 다루는 3개의 시나리오를 계량경제학적으로 모형화한 결과에 기반합니다. 또한 보고서는 4개 산업, 즉 제조, 의료, 에너지, 교통 분야의 정성적 시나리오를 제공합니다.

계량경제모형과 정성적 시나리오는 Trisha Suresh가 이끄는 팀이 Simon Baptist, Patricia Morton, John Ferguson, Michael Frank, Vaibhav Sahgal, Ana Nicholls, Matthew Kendall의 지원 아래 실시했습니다. 모형을 개발에 있어서 해당 팀은 3명의 외부 전문가들로부터 자문을 받았습니다(아래 참조). 이 보고서는 Paul Kielstra가 작성하고 Chris Clague가 편집했습니다. 광범위한 조사, 전문가들과의 심도 깊은 인터뷰가 모형화로부터 얻은 결과에 보충되었습니다. 시간을 내어 의견을 주신 다음 분들께 감사의 말씀을 드립니다(소속기관의 알파벳 순으로 열거).

전문가 자문 패널

Jim Minifie, Grattan Institute, Productivity Growth Program, 소장

Beth Webster, Swinburne University of Technology, 교수

Seth Benzell, MIT Initiative on the Digital Economy, 박사 후 연구원

인터뷰 대상자

R. Kim, Aravind Eye Hospital, 최고 마케팅 책임자 겸 망막 서비스 책임자

김진형, 지능정보기술연구원, 원장

Manuela Veloso, Carnegie Mellon University, 머신러닝과 책임자, 교수

Amy Abernathy, Flatiron Health, 최고 의료 책임자

Scott Otterson, Fraunhofer Institute for Wind Energy and Energy System Technology, 확률적 풍력 예측 담당

Colin Parris, GE Software Research, 부사장

Satyam Priyadarshy, Halliburton, 최고 데이터
사이언티스트

Andy Chun, 홍콩, MTR, 선임 IT 컨설턴트

Masauyuki Morikawa, Research Institute of
Economy, Trade, and Industry (REITI), 부소장

Blake Moret, Rockwell Automation, CEO

Sujeet Chand, Rockwell Automation, 최고 기술
책임자

이성호, 과학기술정책연구원, 리서치 펠로우

Jerry Kaplan, The Stanford Center for Legal
Informatics, CodeX 펠로우

Ajay Agrawal, University of Toronto, 교수

개요

인공지능(AI)과 그 주요 분야 중 하나인 머신러닝의 발전에는 특히 기술의 사회와 경제에 대한 영향에 관한 현재의 논쟁이 시사하는 것보다도 불확실성이 더 큽니다. 물론 진정 놀라운 발전이 있었으며 지지자들이 이를 강조하는 것도 맞습니다. 10년 전만 해도 자동차가 통제된 환경에서라 해도 자율주행할 수 있다고 믿거나, 알고리즘이 사진을 분류하고 정리하는 방법을 학습할 수 있다고 믿는 사람은 소수에 불과했습니다. 그러나 지금은 그 둘 다 가능할 뿐만 아니라 다양한 형태의 인공지능이 일주일이 멀다 하고 새로운 작업을 수행하고 있습니다.

그러나 모든 사람이 이를 순수한 선이라고 보진 않습니다. 사실은 AI가 일자리, 프라이버시, 그리고 궁극적으로는 인류에게 위협을 가할 것이라는 큰 우려가 있습니다. 현실과 부합하는 정도가 다를 수 있지만, 이러한 우려가 적어도 단기적으로 근거가 없는 것은 아닙니다. AI는 실제로 사회를 개선하는 만큼이나 사회를 교란시킬 가능성을 가지고 있습니다. 머신러닝 알고리즘이 숙달하는 모든 새로운 작업은 일자리의 손실을 의미할 수 있습니다. 이로 인해 새로운 일자리 또는 직업군이 다른 곳에서 생겨나지 않는다는 의미는 아니지만, 이는 노동시장의 미래에 대해 중요한 질문을 던집니다.

문제는 AI 지지자와 반대자, 낙관론자와 비관론자 양측 모두 종종 자신의 관점을 뒷받침하기 위해 과장법을 동원한다는 점입니다. 그 결과, 현재의 AI에 관한 많은 논의가 모 아니면 도라는 식입니다. 유토피아적 미래를 향해 거침없이 우리를 인도하거나 아니면 우리의 종말을 초래한다는 것입니다.

진실은 아마도 그 중간 어딘가에 자리 잡고 있을 것이며, 이코노미스트 인텔리전스 유닛(EIU)은 구글의 후원을 받아 선별된 몇 국가와 산업에 머신러닝이 미치는 영향에 대한 양적·질적 시나리오를 개발하여 그 중간 지점을 찾아내기 위한 연구를 수행했습니다. 연구 결과는 계량경제모형, 탁상 조사, 학계 및 업계 전문가들과의 인터뷰를 기반으로 합니다.

GDP 및 생산성에 미치는 영향

EIU는 2030년까지 우리의 최신 예측을 기준으로 하여 세 가지 계량경제 시나리오를 실행했으며, 미국, 영국, 일본, 한국, 호주 5개국과 집단으로서의 아시아 개발도상국(Developing Asia)을 대상으로 했습니다. 시나리오는 다음과 같습니다.

- 시나리오 #1: 숙련도 향상을 통한 보다 큰 인간 생산성
- 시나리오 #2: 기술과 오픈소스 데이터 액세스에 대한 보다 많은 투자
- 시나리오 #3: 경제의 구조적 변화에 대한 정책 지원 부족

시나리오 #1은 기준선보다 인간의 기술과 인공지능 사이의 상보성 정도가 높으며 정부가 현재의 경향이 나타내는 것보다 숙련도 향상에 더 많이 투자하는 것을 가정합니다. 결과적으로 모든 대상 국가 또는 집단이 혜택을 받았으나, 일부는 더 많은 혜택을 받았습니다. 점진적인 경제 성장을 위해 서비스 분야 성장이 상품 수출보다 더 중요해지고 있는 호주가 가장 큰 이득을 얻게 됩니다. 이 시나리오에서는 영국의 생산성이 약간 감소한다고 본 우리의 기준선 예측에 비해 약간 긍정적으로 상승합니다.

기준선대 시나리오 #1, 국가별 GDP 변화

국가	기준선	시나리오
미국	1.84%	2.04%
영국	0.63%	1.29%
호주	1.03%	3.11%
일본	1.57%	1.96%
한국	1.78%	2.07%
아시아 개발도상국	4.34%	5.04%

시나리오 #2는 오픈소스 데이터 액세스에 대한 투자, 머신러닝의 민간 부문 도입을 촉진하기 위한 세액 공제,

컴퓨팅 효율성 발전을 통한 하드웨어 가격 인하를 가정합니다. 이 시나리오는 경제 성장에 관한 한 가장 고무적인 결과를 나타냅니다. 각 5개국뿐만 아니라 아시아 개발도상국 집단 모두 EIU의 기준선 예측에 비해 상대적으로 높은 수준의 성장을 경험합니다. 이 시나리오에서 또다시 호주가 아시아 개발도상국과 함께 투자 촉진으로 가장 큰 보상을 얻지만, 대상 국가 모두가 지금부터 2030년 사이에 기준선보다 최소한 1% 이상의 GDP 증가를 보게 됩니다.

기준선대 시나리오 #2, 국가별 GDP 변화

국가	기준선	시나리오
미국	1.84%	3.00%
영국	0.63%	1.94%
호주	1.03%	3.74%
일본	1.57%	2.43%
한국	1.78%	3.00%
아시아 개발도상국	4.34%	6.47%

시나리오 #3은 세 가지 중 유일하게 부정적인 시나리오로, 인력 개발의 태만 및 국가적 정보 공유 체계의 부족으로 노동의 대체 효과가 지배적임을 가정합니다. 이 경우 기준선에 비해 손실이 상당합니다. 영국과 호주의 경제 규모는 미국 달러 기준으로 현재에 비해 축소되며, 그 결과 영국은 4200억 달러, 호주는 500억 달러 감소를 겪게 됩니다. 시나리오상 미국, 일본, 아시아 개발도상국은 여전히 성장하나, 경제 규모는 기준선보다 한참 낮으며, 미국과 아시아 개발도상국은 약 3조 달러 감소를 겪습니다.

기준선 대 시나리오 #3, 국가별 GDP 변화

국가	기준선	시나리오
미국	1.84%	0.84%
영국	0.63%	-1.20%
호주	1.03%	-0.24%
일본	1.57%	0.53%
한국	1.78%	0.02%
아시아 개발도상국	4.34%	3.20%

산업

질적 시나리오에는 제조, 의료, 에너지, 교통, 네 산업을 살펴봅니다.

제조업

제조업에서의 고용은 포퓰리즘의 상승과 함께 일부 선진국에서 주요 문제가 되고 있습니다. AI를 논의할 때, 로봇틱스와 같은 하드웨어의 자동화와 소프트웨어의 자동화, 즉 AI와 하위 개념을 구분하는 게 중요합니다. 전자는 이미 해당 분야의 노동 수요에 큰 영향을 미친 반면, 후자는 이러한 추세에 기여할 수 있지만 그 영향은 적어도 지금까지는 덜 직접적입니다.

제조 회사가 AI에 대해 이야기할 때는 공급망을 더 효율화하고, 유지 보수 비용을 절감하고, 일괄(batch) 생산으로 전환하는 것에 대해 이야기합니다. 각각은 저임금 일자리의 감소를 초래할 수도, 초래하지 않을 수도 있지만, 거의 확실하게 1대1의 비율까지는 아니더라도 고임금 일자리를 창출합니다. 기업이 하드웨어와 소프트웨어

모두를 자동화하는 속도는 자동화에 대한 투자 비용 대비 지역 노동 비용을 측정하는 척도인 “투자회수기간”에 달려 있습니다.

의료

지식산업으로서 의료는 AI를 위해 무르익었으며, 이미 다양하게 응용되고 있습니다. AI는 신약의 발견 과정에서, 예방과 치료 양쪽에서 비용을 절감하기 위해서, 의사의 능력을 보강하기 위해서 사용되고 있습니다.

그러나 여기에는 한계가 있습니다. 의료 분야는 전통적으로 혁신을 채택하는 데 있어 대부분의 분야보다 느린 편입니다. 이는 매우 느릴망정 바뀔 수는 있겠지만, 극복해야 할 다른 장애물이 더 있습니다. 하나는 프라이버시 문제입니다. 환자들은 당연히 자신의 개인정보가 공유되는 데 대해 민감하며, 정보가 합의된 특정 목적 외로 사용되지 않을 것이라는 확신을 갖지 못한다면 정보 공유에 아예 동의하지 않을 수도 있습니다. 이는 해결책을 개발하기 위해 정보에 전적으로 의지하는 AI의 활용을 저해할 수 있습니다.

에너지

AI는 생산과 송배전을 보다 일관된 시스템으로 전환하는 데 있어 에너지 분야에서 가장 큰 영향을 미칠 것으로 예상됩니다. 이는 무엇보다도 확률적 모형에 기반한 가격 책정 시스템을 만들고 간헐성의 문제, 또는 바람이 항상 불지 않고 태양이 항상 빛나지 않는다는 문제에 더 잘 대처할 수 있는 스마트 그리드를 개발하는 것을 의미합니다. 간헐성 문제의 해결은 전력공급자가 그린 에너지의 사용을 극대화할 수 있게 합니다.

이에 따른 위험이 없는 것은 아닙니다. 스마트 그리드는 현재의 아날로그 그리드보다 훨씬 효율적이지만, 사이버 공격에 의한 새롭고 더 큰 위험에 노출되어 있으며, 결과적으로 국가안보 문제를 초래합니다. 이는 그리드를 통합하고 정보를 공유하고자 하는 지방 정부의 의지에 연쇄작용을 일으킵니다.

교통

자율주행차가 여전히 먼 미래의 일일지라도 대중의 관심을 독차지하고 있지만, AI는 이미 대중교통의 속도와 안전에 있어 큰 기여를 하고 있습니다. 많은 도시에서 AI가 다른 교통수단 간 승객의 흐름을 조율하는 데 사용되고 있으며, 도시 전역의 센서로부터 수집된 정보는 AI와 결합하여 교통 흐름을 보다 원활하게 만드는 걸 돕습니다.

하지만 여전히 이 분야에서 사람들의 주된 관심사는 자율주행차의 출현입니다. 누가 봐도 분명한 문제인 고용에 미치는 영향 외에도, 규제 및 프라이버시 보호 문제뿐만 아니라 무인자동차가 인명피해 사고 등에 연루되었을 때의 책임 소재 등의 문제가 있습니다.

결론

AI에 관한 논쟁은 앞으로 더욱 심화될 것입니다. 현재 이 문제에 대한 올바른 분석과 정보는 오해와 잘못된 정보의 광범위한 핵심의 외연에 존재하는 것으로 보이며, 이러한 상황은 궁극적으로 누구에게도 도움이 되지 않습니다. 연구 결과를 바탕으로, 우리는 현실적인 논의를 가능하게 하는 5가지 접근법을 찾아냈습니다.

기대의 관리. 단기적으로 AI는 유토피아적도 디스토피아적도 아닐 것입니다. AI는 새로운 혜택을 제공함과 동시에 새로운 문제를 만들 것입니다. AI의 긍정적인 면을 과장하는 것은 부정적인 면을 과장하는 것만큼 논의에 해가 됩니다.

커뮤니케이션 개선. AI에 있어 많은 이해의 격차가 있지만, 개발자와 기업 및 정부 기관 간의 간극을 줄이는 것이 가장 중요합니다. 개발자는 종종 기업과 정부 기관이 실제로 요구하는 것이 무엇인지 분명하게 인식하고 있지 못하며, 반대로 기업과 정부 기관은 종종 개발자가 제공할 수 있는 잠재적 해결방안이 무엇인지를 분명하게 인식하고 있지 못합니다. 정보와 역량, 요구 사항에 대해 서로 더 활발하게 자주 의사소통한다면 이 문제의 해결에 도움이 될 것입니다.

위험의 인정. AI가 프라이버시뿐만 아니라 고용에 있어 위험을 제기한다는 것을 인정하고, 확고한 믿음에 기반하여 수긍이나 포기를 권유하기보다는 이러한 문제 및 다른 문제들에 대한 해결책을 찾기 시작하는 게 중요합니다.

신뢰와 투명성 개선. “저희를 믿으세요”라고 하거나 알고리즘을 신뢰하라고 하는 것은 AI와 다양한 하위 분야에 대한 광범위한 수용을 얻기 위해서 좋은 전략이 아닙니다. 개발자와 사용자 모두 각자가 무엇을 하고 있는지 또 어떻게 하고 있는지를 사용의 맥락에 있어 의미미하고 기술적 제약에 있어 현실적인 방법으로 알려야 합니다.

대중 교육. 지식과 이해의 격차는 그 어느 때보다 잘못된 정보와 왜곡으로 더 빠르게 채워지고 있습니다. 대중은

AI가 무엇이며 무엇을 하는지에 대해 가능한 한 단순한 설명을 필요로 합니다.

정책 입안자들은 AI와 그 영향에 관한 수많은 선택에 직면합니다.

인적 역량과 교육에 대한 투자. AI로 인해 노동 시장에 큰 변화가 있을 것이라는 사실에 대해서는 전반적으로 이견이 없습니다. 현재 대부분의 국가에서 부족한 직업 교육이 보다 보편화되어야 할 것입니다. 또한 STEM 교육에 더 집중하는 것도 중요하지만, 팀워크, 협업, 비판적 사고와 같은 “소프트 역량”에 대한 요구가 증대될 것으로 예상되는 만큼 기초 학문(liberal arts)이 경시되어서도 안 될 것입니다. 이 세 가지 교육 등의 올바른 조합을 위해서는 지속적인 모니터링과 업계, 교육자, 정책 입안자들 간의 긴밀한 협력이 필요할 것입니다.

데이터 취급. 데이터 사용과 오용은 21세기의 중대한 문제 중 하나입니다. 익명화된 데이터세트의 사용을 지원하고 가능하게 하는 규제 등을 통해 프라이버시와 보안에 대한 대중의 우려를 해소해 줄 더 많은 조치가 필요합니다. 또한 데이터가 세계 어느 곳으로든 이동할 수 있도록 이러한 조치들을 국가 간 상호 운영이 가능하도록 해야 합니다.

R&D와 기술에 대한 투자. R&D에 대한 공공 부문 투자는 많은 국가들에서 감소하여 격차가 나타났으며, 이러한 격차는 부분적으로 민간 부문의 투자로 메워졌습니다. 이는 지속될 수 없으며, 국가가 신기술을 이용할 지적 역량을 갖추려면 공공 부문이 보다 적극적으로 관여해야 할 것입니다.

서문

불과 지난 몇 년만에 인공지능(AI)과 그 하위 분야인 머신러닝은 엄청난 발전을 이루었습니다. 머신러닝 알고리즘은 미국 퀴즈 쇼 Jeopardy, 전략 보드게임 Go와 같은 게임에서 인간을 능가할 뿐 아니라, 이제 우리의 일상생활과 경제, 사회 전반에 실질적인 영향을 미치고 있습니다.

일각에서는 이러한 발전이 인류에 미치는 광범위하고 긍정적 영향에 주목하며 이를 환영합니다. 예를 들어, 로봇 시술의 사용으로 의료 분야가 이미 개선되고 있고 이러한 추세는 머신러닝과 다른 형태의 AI를 활용하여 개발된 새로운 솔루션에 힘입어 지속될 것입니다. 여기에는 비용 감소와 접근성 확대도 동반됩니다. AI 지지자들은 이러한 응용이 더 나아가 생산성 증대, 자원의 효율적 사용, 일상생활과 작업 방식의 변화뿐 아니라 창의성 향상에까지 도움을 줄 것이라고 주장합니다.

그러나 모든 사람들이 이처럼 낙관적이지는 않습니다. AI를 강력히 거부하지는 않는다 해도 이에 대해 회의적인 사람들은 일반적으로 두 유형으로 분류됩니다. 비평가들 중에는 기술에 대한 이해를 바탕으로, AI가 오용의 가능성이 있을 뿐만 아니라 전 세계적으로 상당한 일자리 감소를 초래하고 불평등을 더욱 악화시켜 심각한 사회

혼란을 야기할 수 있음을 경고하는 사람들이 있습니다. 반면 영화 2001: 스페이스 오디세이의 HAL 9000이나 *터미네이터* 시리즈의 스카이넷과 같은 사람을 죽이는 인공지능 컴퓨터만을 떠올리면서 사실보다는 공상과학 픽션에 기반한 두려움을 느끼고, 논리와 지식이 결여된 AI 반대자들도 있습니다.

논리적이고 충분한 지식에 입각한 논쟁을 위해, 이코노미스트 인텔리전스 유닛(EIU)은 구글의 의뢰를 받아 5개 개별 국가(미국, 영국, 일본, 한국, 호주)와 집단으로서 아시아 개발도상국에서 AI가 GDP와 생산성에 미치는 영향을 조사하는 정량적, 정성적 연구를 실시했습니다. EIU의 최신 예측을 기준선으로 하는 계량경제모형으로 지금부터 2030년까지의 AI에 관한 세 개의 시나리오를 개발했습니다.¹

■ 시나리오 #1: 숙련도 향상을 통한 보다 큰 인간 생산성.

정부 투자, 고등 교육, 자원 활용을 통해 근로자와 머신러닝 간에 보다 큰 상호보완성이 실현될 것으로 가정합니다.

¹ 방법에 대한 자세한 설명은 부록 2를 참조하십시오.

■ **시나리오 #2: 기술과 오픈소스 데이터 액세스에 대한 보다 많은 투자.** 오픈소스 데이터 액세스에 대한 투자, 머신러닝의 민간 부문 도입을 촉진하기 위한 세액 공제, 컴퓨팅 효율성 발전을 통한 하드웨어 가격 인하를 가정합니다.

■ **시나리오 #3: 경제의 구조적 변화에 대한 정책 지원 부족.** 세 시나리오 중 유일하게 부정적인 시나리오로, 숙련도 향상에 대한 정부의 태만, 국가 데이터 공유를 위한 적극적인 역할 부재로 인해, 노동의 대체 효과가 지배적이고 많은 비자발적 실직자들이 생겨날 것으로 가정합니다.

정성적 연구는 4개의 선별된 산업 분야(제조, 의료, 에너지, 교통)에 AI가 미치는 영향을 중점적으로 다루었습니다.

연구 결과는 광범위한 문헌 검토, 업계와 학계의 다수의 전문가들과의 인터뷰에 기반하고, 보고서 본문과 4개의 사례 연구의 정량적 시나리오에 보충하여 제시됩니다.

박스 아웃: 용어

AI와 머신러닝

AI와 그 영향을 논의할 때 혼동의 주요 원인은 용어에 있습니다. 범주를 나타내는 용어인 AI는 종종 이를 구성하는 하위 개념들과 혼동하여 사용되곤 합니다. 시나리오 모형에서는 AI 전체가 아닌, 세부적으로 머신러닝의 영향에 초점을 맞추었습니다.

머신러닝은 사전에 정한 규칙에 따라 과제를 완료하도록 명확히 프로그래밍하지 않고 데이터로부터 학습하여 최적화하는 알고리즘을 이용하는 AI의 하위 분야로 정의합니다. 머신러닝에는 신경망, 의사결정

트리 학습, 서포트 벡터 머신과 같은 다양한 기술이 포함됩니다.

자동화와 로봇

이 용어들은 하나의 동의어가 아닙니다. 일반적으로 논문에서 자동화에 대해 논할 때, 머신러닝과 같은 소프트웨어 자동화와 공장 로봇과 같은 하드웨어 자동화의 개념이 구분되어 사용됩니다. '로봇'이라는 용어만을 사용하는 경우, 이는 하드웨어 자동화를 가리킵니다.

시나리오 1: 숙련도 향상을 통한 보다 큰 인간 생산성

생산성의 둔화 – 그 이유는 무엇인가?

상당수 선진국의 생산성 성장은 최근 수십 년 동안 감소했으며 지금은 대부분 답보 상태입니다. Conference Board의 총요소생산성(TFP) 데이터에 따르면, 1995년과 2000년 사이 OECD 국가들의 평균 생산성 증가율은 연 1%에 못 미치는 수준이었습니다. 2000년과 2007년 사이 이미 연 0.6%로 더욱 낮아졌으나, 2008년 이래로는 이 국가들의 TFP가 1년에 평균 0.6%씩 실제로 감소하기 시작했습니다.² 이는 단순히 침체의 결과가 아닙니다. TFP

측정치는 투입된 자본과 노동에 맞춰 조정되기 때문에 높은 실업률이 수치에 소리 없이 영향을 미쳤을 것입니다.

OECD는 1985년부터 20개 회원국들의 생산성 데이터를 가지고 있습니다. 이 데이터는 더 장기간에 걸쳐서도 유사한 양상을 나타냅니다. 국가와 연도별로 수치가 크게 다를 수 있어도, 아주 소수의 경우를 제외하고 모든 국가들에서 1980년대 중후반, 1990년대, 2000~2007년의 평균 연 TFP 성장이 모두 2008~2015년의 평균 수치보다 높다는 기본 양상이 뚜렷이 드러납니다. 평균 수치는 첫 세 기간

선별된 OECD 국가들의 평균 연례 TFP 성장

국가	1985-1989	1990-1999	2000-2007	2008-2015
프랑스	1.9%	1.0%	1.0%	0.0%
독일	1.4%	1.4%	1.0%	0.4%
이탈리아	1.5%	0.6%	-0.1%	-0.4%
일본	2.9%	0.8%	0.8%	0.6%
한국	5.2%	4.1%	3.1%	1.7%
스페인	1.5%	0.3%	-0.1%	-0.1%
영국	1.1%	1.0%	1.6%	-0.2%
미국	0.7%	1.0%	1.3%	0.5%
20개국 평균	1.6%	1.2%	1.0%	0.1%

출처: OECD 자료를 기반으로 한 EIU의 계산치 http://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=PDB_GR#

² 컨퍼런스보드가 2016년 11월에 발표한 “성장 회계와 총요소 생산성, 1995-2015” 자료를 기반으로 한 EIU의 계산치. 스프레드시트 참조: https://www.conference-board.org/retrievefile.cfm?filename=TED_2_NOV20161.xlsx&type=subsite

중에 느리게 감소한 후, 2008년 이후 생산성 증가가 갑자기 중단되었음을 나타냅니다.

다른 Conference Board 데이터는 유사한 변화가 상당수의 개도국에서 발생하고 있음을 시사합니다. 차트에서 보는 바와 같이, 몇몇 주요 신흥시장들은 1990년대 말과 2000년 초 사이에 생산성의 현저한 증가를 보였으나, 2008년 이후 둔화되거나 심지어 감소하기 시작했습니다. 인도는 예외이나, 생산성 변화에 대한 인도의 비교적 낮은 수치는 이것이 특이치(outlier)일 수 있음을 나타냅니다.

이 변화는 분명했습니다. 최근에는 선진국들(특히 미국)이 한 세기 이상 혜택을 누려온 장기 생산성 증가가 끝이 났거나 정체 상태에 도달했다는 주장이 설득력을 얻고 있습니다. 예를 들어, 경제학자인 Tyler Cowen 교수는 2011년 저서

*거대한 침체(The Great Stagnation)*에서 미국이 기술과 공공 정책 면에서 경제 성장을 추진하는 데 이용 가능한 모든 손쉬운 방법들을 소진했고, 그 결과 간혹 단기간의 생산성 개선이 있을 수 있으나 이는 특정 산업에만 집중되는 경향이 있을 것이라고 주장합니다. 소득 중앙값과 주가 상승의 둔화 또는 부재는 생산성 개선이 거의 없는 경제 전반의 상태를 암시합니다. 더 최근에 발행된 Robert Gordon의 2016년 저서 *미국의 성장은 끝났는가(The Rise and Fall of American Growth)*는 오늘날의 혁신에서는 전구 발명 이래로 기술이 제공해온 유형의 생산성 개선을 기대할 수 없다고 주장합니다.

선별된 신흥 시장의 TFP 성장

국가	1995-2000	2001-2007	2008-2015
남아프리카공화국	-0.1%	1.3%	-1.2%
중국(공식)	3.0%	3.6%	1.4%
인도	0.8%	0.3%	0.9%
인도네시아	-0.4%	1.7%	1.2%
아르헨티나	-0.6%	1.0%	-0.7%
브라질	0.2%	0.9%	-0.5%
칠레	0.6%	-0.4%	-1.7%
러시아연방	1.0%	5.6%	0.6%

출처: 컨퍼런스보드가 2016년 11월에 발표한 "성장 회계와 총요소 생산성, 1995-2015" 자료를 기반으로 한 EIU의 계산치. 스프레드시트 참조: https://www.conference-board.org/retrievefile.cfm?filename=TED_2_NOV20161.xlsx&type=subtitle

기술 발전이 부족해서 이러한 주장이 나온 것이 아닙니다. 우리가 가진 호주머니 속의 전화만 봐도 그게 아님을 알 수 있습니다. 문제는 이전의 신기술 물결과 같이, 현재의 물결이 세계의 정체된 생산성을 향상시킬 것인가 하는 점입니다. 우리의 첫 번째 시나리오는 AI가 제공하는 기회를 활용하여 생산성 증가의 둔화를 해소하는 데 필요한 인간 역량에 대한 더 많은 투자가 가져올 수 있는 효과를 예측합니다.

주요 가정

이 시나리오는 인간 기량과 AI(특히 머신러닝) 간의 상호보완성이 현재의 추세보다 더 크다고 가정한다는 점에서 기준선과 중요한 차이가 있습니다.

또한 이 시나리오는 이러한 전환이 주로 정책 변화에서 기인할 것이라고 가정합니다. 각국 정부는 AI를 활용할 수 있는 직무 기술과 도구에 대한 직업 교육에 보다 집중적으로 투자할 것이고, 동시에 국가는 고등 교육에 대한 재원 투자를 확대함으로써 노동력 전반의 능력을 개선시키고자 노력할 것입니다. 마지막으로 개인들이 신기술 이용의 경제적 가치를 더 잘 체감하게 될 것이라는 가정 아래, 정부는 교육을 위한 대출 등의 재원 지원을 확대할 것입니다.

이외에도 간략히 살펴볼 수 있는 내포된 가정으로는 인간 역량에 대한 노력을 투자하는 사람들은 대체적으로

새로운 기술 환경에서 어떠한 역량이 필요할지를 알 것이라는 가정이 있습니다. 그 구성이 구체적으로 어떠한지는 비교적 확실하고, 일부는 자명합니다. 영국의 왕립공학한림원(Royal Academy of Engineering)은 2016년 4월 하원 위원회의 한 프레젠테이션에서 미래의 근로자들에게 필요한 것으로 “엔지니어링, 컴퓨터 공학, 머신러닝, 수학, 정보과학을 활용한... 인간 역량의 [도전적인] 조합”에 주목했습니다. GE Software Research의 Colin Parris 부사장은 이러한 역량들은 고립되어 존재할 수 없다고 주장합니다. “우리는 깊이 있는 과학적 연구를 할 수 있게 해주는 교육 정책이 필요합니다. 기초 과학에 대한 지적 능력을 유지하기 위해 투자하지 않는다면, 빠르게 경쟁에서 뒤처지고 결코 따라잡을 수 없게 될 것입니다.”

그러나 과학적, 기술적으로 이해하는 수준에 그쳐서도 안 될 것입니다. 왕립한림원은 또한 어떤 한 사람이 이 모든 분야를 충분히 이해하는 것이 불가능할 것이기 때문에 팀 구축, 협업과 같은 “소프트 역량” 또한 필수적일 것이라고 언급했습니다. 토론토 대학 경영학과(Entrepreneurship, University of Toronto)의 Ajay Agrawal 교수는 더 나아가 AI는 과거의 추세에 기반한 예측을 훨씬 더 쉽게 해주지만, 특정 목적이 바람직한지 또는 현명하지를 판단하는 기본적인 과제 수행에는 도움이 되지 않는다고 주장합니다. 따라서 그는 예측이 보다 자동화됨에 따라 이러한 판단을 내릴 수 있는 능력이 더욱 중요해질 것이라고 생각합니다. 그래서 현재의 우선순위를 감안하면 아이러니하지만, “인문학으로부터

엔지니어링으로 교육의 초점을 전환한 시대적 흐름이 다시 예술과 인문학으로의 복귀를 요구하며, 역사, 철학, 문학 등이 판단력을 기르는 토대를 제공함을 깨닫게 되면서 이 분야들이 다시 중요해질 것"이라고 예상합니다.

한편 카네기 멜런 대학교(Carnegie Mellon University) 머신러닝학과장 Manuela Veloso 교수는 단순히 특정 한 분야의 기량이 아닌, 완전히 새로운 사고방식을 기르는 것이 핵심이라고 말합니다. "사람들은 엄청난 양의 데이터가 존재하고 AI와 머신러닝 없이는 이러한 데이터로부터 혜택을 볼 방법이 없음을 아직 완전히 이해하지 못합니다. 교육은 데이터 사고 개념으로 전환되어야 하고, 이러한 교육이 보편화되어야 합니다."

시나리오는 공공 정책이 노동 인력의 전반적인 역량 수준을 향상시킬 것으로 가정합니다. 이러한 역량이 정확히

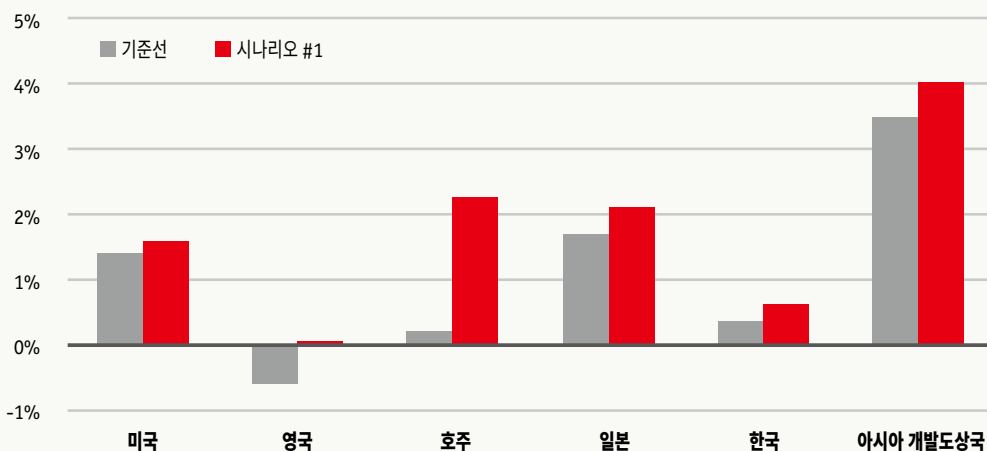
무엇인지는 미래에 알게 될 것입니다.

이 시나리오에서 머신러닝이 생산성에 미치는 영향은 기준선과 비교해 엇갈린 결과를 보입니다. 이 기준선은 각각의 5개 국가들과 집단으로서 아시아 개발도상국에서 미국 달러 기준 GDP 대 노동한 수백만 인시(人時) 비율에 대한 EIU의 공식적인 전망입니다.³ 그러나 다행스럽게도 개선의 정도에 광범위한 차이가 있었으나 모든 국가들이 생산성에서 개선을 보였습니다.

호주는 생산성의 연평균 복합 성장률(CAGR)이 단지 0.19%이었던 기준선 예측과 비교해 2.25%로 증가하여, 이 시나리오에서 가장 큰 혜택을 보게 됩니다. 호주는 1차 산업에 대한 의존도를 줄이고 보다 서비스 지향적인 경제로 전환하기 위한 노력을 계속함에 따라 일부 숙련도 향상이 이루어졌지만, 선진국 중에서는 노동력의 역량 수준이

시나리오 결과

시나리오 #1에서 생산성 변화



3 방법에 대한 자세한 설명은 부록 2를 참조하십시오

오랫동안 뒤쳐져왔습니다. 예측 기간 동안 AI와 함께 이러한 추세가 가속화되어 호주의 생산성 향상에 동력을 제공합니다.

3개의 선진국들인 미국, 일본, 한국은 호주의 정반대 편에 위치해 있습니다. 기준선과 비교해 이 세 국가들은 숙련도 향상과 AI의 조합으로부터 큰 혜택을 얻지 못합니다. 이러한 결과가 나온 이유는 이 국가들이 전 세계적으로 AI 개발의 선두 주자이고 최소한 세계 다른 국가들과 비교해 이미 숙련된 노동 인력을 보유하고 있기 때문에 호주와 같은 국가와 달리 기준선 예측에 생산성 개선이 이미 반영되어 있다는 점을 들 수 있습니다. 또한 기량 향상에 역점을 두어도, 특히 선진국에서는 숙련도 향상과 AI만으로는 장기적인 정체를 벗어나기에 항상 충분하지 않다는 사실도 이러한 결과를 설명해줍니다.

이 시나리오에서 영국은 흥미로운 사례를 보여줍니다. 브렉시트를 비롯하여 생산적인 금융 서비스 분야의 쇠락 등 다수의 잠재적인 이유로 현재와 2030년 사이 영국의 생산성에 대한 기준선 예측은 부정적입니다. 숙련도 향상과 머신러닝이 영국을 대대적인 생산성 성장의 시대로 복귀시키는 수단이 될 수 없을지라도, 생산성을 현재 수준으로 유지함으로써 침체는 막아냅니다. 가장 반가운 결과는 아닐지라도, 다른 방법보다는 효과적입니다.

아시아 개발도상국은 호주와 이 연구에서 다른 다른 선진국들 사이에 속합니다. 부분적으로는 이 집단의 견실한 기준선 예측치 때문인데, CAGR이 3.49%로 단연 가장 높은 기준선 예측치를 보였습니다. 또한 이

국가들에서 숙련도 향상과 AI를 이용하는 것이 보다 어렵기 때문입니다. 이들의 노동 인력의 역량은 훨씬 낮은 수준으로부터 시작하고, 이는 예를 들어 미국과 일본보다 개선의 여지가 더 많음을 의미합니다. 머신러닝 AI 측정의 대표 항목인 컴퓨터 자본의 기준선 수준 때문에도 이들 국가는 불리할 수밖에 없습니다. 시나리오 2에서 이를 해결할 방법을 살펴볼 것이고, 그 결과는 다음 섹션에서 설명합니다.

주요 분야의 생산성

생산성, 인력, 머신러닝 간 진화하는 상관관계는 정성적 시나리오에서 다른 주요 분야들에서 다양한 형태를 나타냅니다.

제조

제조업체들은 수백 년 동안 최신의 신기술을 수용해왔으며, 현재의 기술도 마찬가지입니다. 이를 보여주는 한 가지 사례로, Boston Consulting Group은 고급 로봇 공학의 글로벌 설치 기반 증가가 2015년의 연간 약 2~3%에서 향후 10년 동안 연간 약 10%로 가속화될 것으로 전망합니다.⁴

제조업이 전통적으로 저숙련 일자리를 제공함을 감안하더라도, 인간이 새로운 기술을 활용한 생산에서 어떠한 역할을 수행하게 될까요? EIU의 정성적 시나리오는 제조 분야에 고용된 총 근로자 수가 비교적 안정적으로 유지될 것이나, 저숙련 일자리에서 일자리 수의 감소가

4 Harold Sirkin et al., "The Robotics Revolution: The Next Great Leap in Manufacturing," 23 September 2015, BCG Perspectives, <https://www.bcgperspectives.com/content/articles/lean-manufacturing-innovation-robotics-revolution-next-great-leap-manufacturing/>

있을 것으로 전망합니다. AI 탑재 기계들이 필요한 작업을 보다 효과적으로 수행함에 따라 일부 유형의 고용이 완전히 사라질 것입니다. 경우에 따라 완전 자동화가 아닌 부분 자동화로 인해 일부 저숙련 일자리가 남게 되더라도 그 수는 과거보다 현저하게 작을 것입니다. 한편 해당 시나리오에 따르면, 기업들은 신기술로 작업하여 부가 가치를 창출할 수 있는 보다 고속화된 근로자들을 감원된 인력과 유사한 수만큼 고용할 것으로 전망됩니다. 보편적으로 받아들여지는 주장은 아니긴 하지만, 이는 과거 기술 변화의 물결이 제조업에 영향을 미친 방식과 일치합니다. 실제로 최근 세계경제포럼(World Economic Forum)은 제조업 일자리는 “단순한 대체가 아닌 숙련도 향상, 재배치, 기술을 통한 생산성 강화를 실현할 수 있는 상당한 잠재력이 있다”고 주장했습니다.⁵

제조업을 변혁시킬 수 있는 신기술의 잠재력은 제품 설계로부터 생산, 마케팅, 배송에 이르기까지 모든 분야에서 무궁무진합니다. 그리고 이제 막 변화가 시작되었다는 많은 징후들이 나타나고 있습니다. 예를 들어, 소비자 회사인 P&G(Procter & Gamble)은 AI를 사업에 통합함으로써 계획되지 않은 중단시간(다운 타임)을 10~20% 감소시켜, 종단 간(end-to-end) 공급망 효율성을 높이고 근로자들이 일을 중단하고 있는 대신 지급받는 보수에 적합한 업무를 실행할 수 있게 해주었습니다.⁶

그렇지만 이는 단순한 현행 프로세스의 개선이 아닌 새로운 창조입니다. 몇 가지 예를 들자면, 칠레 기업인 NotCo는 제품 개발에 AI 소프트웨어를 사용합니다. 이는 식품을 기본 분자들로 쪼갠 후, 머신러닝 알고리즘을 사용하여 채식주의자를 위한 대체품을 만들고, 사람들이 맛을 테스트하게 합니다. 이 회사는 벌써 마요네즈를 판매하고 있습니다.⁷ 한편 AI와 로봇 공학은 점차 개인화된 상품 출시를 가능하게 해줄 수 있습니다. 아디다스(Adidas)는 로봇이 특정한 고객의 필요와 요구사항에 따라 신발을 제조하면서 배치사이즈 원(batch sizes of one - 고객이 주문한 한 개의 제품만 생산해 배송하는 시스템, 역자주)을 위한 새로운 Speedfactory를 건설하고 있습니다. 고도의 생산 자동화가 일자리를 완전히 빼앗아가는 것은 아닙니다. 점차 기업이 채용에 어려움을 겪는 일자리인 신발 대량 생산 시설의 저임금 일자리는 결국에 줄어들 수 있으나, Speedfactory는 160개의 새로운 일자리도 창출할 것입니다.⁸ 기업이 이에 관한 자세한 내용을 언급하지는 않았지만 공장 로봇의 프로그래밍, 유지보수와 같은 하이테크 일자리가 필연적으로 포함될 것입니다. 또한 아디다스는 최종 형태 조정, 제품 설계와 같은 신발 제조의 전문적인 측면에서 인간이 여전히 기계보다 낫다고 언급했습니다.

⁵ *The Future of Jobs Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution*, 2016 http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf.

⁶ “These factories are crunching production time with artificial intelligence,” *Business Insider*, 9 July 2016, <http://www.businessinsider.com/sc/artificial-intelligence-change-manufacturing?IR=T>.

⁷ “Chilean start-up that uses AI to reinvent food eyes U.S. deals,” *Business Insider*, 5 December 2016, <http://www.businessinsider.com/r-chilean-start-up-that-uses-ai-to-reinvent-food-eyes-us-deals-2016-12?IR=T>.

⁸ “Adidas’s high-tech factory brings production back to Germany,” *Economist* 20 January 2017, <http://www.economist.com/news/business/21714394-making-trainers-robots-and-3d-printers-adidas-high-tech-factory-brings-production-back>.

박스 아웃: 사례 연구 #1

GE: 추측을 배제한 제조 환경

전통적으로 제조는 경험으로 가감하여 부정확할 수밖에 없는 데이터에 기초한 가정과 추정에 크게 의존합니다. 어떤 것도 여의치 않은 경우, 때로 기업들은 경험에서 우려난 추측에 의존해야 합니다. 한 가지 예를 들자면, 장비의 유지보수 일정은 종종 특정 장비를 사용해온 방법에 관한 자세한 정보가 아닌, 장비 유형의 평균 마모에 기반하여 정해집니다. 이러한 접근방식은 보통 (후회하는 것보다 안전을 택하는 편이 더 낫다고 해도) 과도한 유지보수 비용이나 최악의 경우 예상치 못한 고장의 발생으로 이어지곤 합니다.

GE는 제조 과정에 내재된 불확실성을 줄이는 방법을 모색해왔습니다. 그 해결책은 IT 리서치 회사인 Gartner가 2017년의 톱 10 전략적 기술 동향 중 하나로 선정한 간단한 아이디어로 시작됩니다.⁹ GE Software Research의 소프트웨어 리서치 부사장인 Colin Parris 박사는 자동화 센서로부터의 데이터, 상세한 운영 정보, 유사한 장비의 과거 정보, 물리 법칙을 결합함으로써 생긴 일체의 물리적 자산에 대해 이렇게 말합니다. “나는 디지털 트윈(Digital twin, 컴퓨터에 현실 속 사물의 쌍둥이를 만들고 현실에서 발생할 수 있는 상황을 컴퓨터로 시뮬레이션하는 기술, 역자주)을 생성할 수 있고, 가정은 필요하지 않습니다. 트윈이

특정 시나리오에서 발생할 정확한 마모, 손상에 대해 알려주기 때문입니다.” 소비자 인터넷 기업들이 각 개별 고객의 구매 패턴을 이해할 수 있게 해주는 분석 기술과 유사하게, 디지털 트윈은 제조 시설 내 각 개별 기계의 상태나 심지어 기계 일부의 상태를 상세히 설명합니다.

첫 번째 가장 분명한 용도는 보다 효율적인 장비 유지보수입니다. 디지털 트윈의 데이터는 계획된 주기 예방 작업이 필요하다는 것을 명확히 보여주는데, 그러한 작업은 생산성 저해가 가장 적은 시간에 실행될 수 있습니다. 이는 일반적으로 생산을 완전히 중단시킬 수 있는 비상 수리가 필요한 경우보다 비용이 훨씬 적게 듭니다. 불필요한 유지보수를 줄이는 것이 그만큼 중요하다고 Parris 박사는 말합니다. 그는 현재 디지털 트윈을 사용하는 GE의 운송 장비 서비스에 관해 언급하며 불필요한 정지시간을 피하는 것이 “고객들은 자산을 더 많이 사용할 수 있고 우리는 작업을 수행하지 않아도 되기 때문에 윈윈이다”라고 말합니다.

그러나 유지보수는 시작에 불과합니다. Parris 박사는 개별 부품의 디지털 트윈을 결합하여 전체 기계의 트윈을 생성할 있는 것과 같이, 이들을 결합하여 전체 생산 라인, 공정, 심지어 제조 시설 전체를 정확하게 디지털 재현할 수 있다고 설명합니다. “그리고 나서 손상의 정도가 아닌, 시스템의 다양한 부분들로부터 추가 성능을 달성할 수

⁹ Gartner's Top 10 Strategic Technology Trends for 2017, " 18 October 2016, <http://www.gartner.com/smarterwithgartner/gartners-top-10-technology-trends-2017/>

있는 정도를 최적화할 수 있습니다.” 이것은 이론적인 최적이지 아닌, 시설 장비의 실시간 상태에 기반합니다. 예를 들어, 공장을 운영하는 사람들은 어떤 생산 라인이 생산을 줄여야 하는지 뿐만 아니라 다른 생산 라인으로 얼마만큼의 생산량을 이전할 수 있을지를 머신러닝으로 확인할 수 있습니다. 이러한 데이터는 또한 사업의 다른 부분에도 영향을 미친다고 Parris 박사는 말합니다. “생산 라인이 일정 물량을 제조할 수 없다는 것을 알면, 부품을 추가로 구매할 필요가 없지 않습니까? 우리는 이 데이터를 공급망에 적용하여 잉여 현금흐름을 묶어두는 일이 없도록 합니다.”

이 기술은 여러 시설의 제조 운영에서 비용과 혜택을 최적화하는 의사결정까지도 가능하게 합니다. Parris 박사는 “다른 국가의 다른 생산 라인에서 생산해야 하는 상황에 직면할 수 있습니다”고 말합니다. 그러나 이는 비용, 필요한 자재를 해당 시설로 운송해야 하는 문제, 보관 문제, 심지어 세금 문제를 야기합니다. 이러한 상황에서 디지털 트윈과 AI로 프로세스를 모형화할 수 있기 때문에 “비용을 최소화하고 혜택을 얻는 방법을 극대화할 수 있습니다.”

사이버 보안도 개선할 수 있다고 Parris 박사는 말합니다. GE는 불일치를 모니터링하기 위해 디지털 트윈의 정보를 사용하는 Digital Ghost라는

소프트웨어를 개발하고 있습니다. 예를 들어, 특정 기술은 원래 설계된 작업을 수행하는 경우 전력 사용량의 일정 패턴을 갖게 됩니다. 이러한 정해진 패턴을 따르고 있지 않음을 센서가 감지하면, 해당 맬웨어가 다른 유형의 탐지 장치에 걸리지 않도록 숨은 경우라 해도, 이는 통제 시스템이 해킹당했음을 나타내는 징후일 수 있습니다.

아직 개발 단계이나, 이 기술은 그 효과를 입증해 보이고 있습니다. Parris 박사는 특정 시설들에서 디지털 트윈이 “정시 배송을 개선하는 동시에 공장 처리량을 25% 개선시키고 재고를 32% 감소시켰다”고 보고합니다. 충분한 정보에 입각한 결정은 추측보다 훨씬 더 수익성이 높습니다.

박스 아웃: 사례 연구 #2

도래하는 혁명: Aravind 병원과 망막병증 진단에 사용되는 AI

인도 남부지역의 Aravind Eye Care System은 1970년대에 11개 침대를 보유한 작은 병원으로 시작해서 2016년 3월 종료된 회계연도 기준으로 470만 명의 환자를 진료하고 400,000건이 넘는(인도의 모든 안과 수술의 약 5%) 수술을 시행한 병원 그룹으로 성장했습니다.

이 병원 그룹은 대부분의 환자가 무료 또는 보조금 지원 진료를 받도록 가난한 사람들에게 수술비의 교차 보조금 지급을 허용하는 사업 모델을 포함한 혁신으로 유명합니다. Aravind는 또한 인도 의료계에서 기술 혁신의 선두주자였습니다. 지방에 위치한 그룹의 57개 병원은 도시에 왔다갔다하지 않고도 환자들을 진단할 수 있도록 고급 원격 의료에 의존합니다. 이제 Aravind는 그룹의 사명을 수행하기 위해 AI와 딥 러닝의 잠재력을 검토하고 있습니다.

지방의 병원들과 이동 병원차를 포함한 Aravind의 모든 시설에서 환자의 눈 뒤쪽 영상을 촬영할 수 있습니다. 그 후 이 영상은 그룹의 중앙 병원에 소속된 비교적 적은 수의 안과 전문의들이 평가하도록 전송됩니다. 전문의들은 무엇보다도 당뇨병 환자들 또는 당뇨병이

의심되는 환자들에서 흔한 합병증인 당뇨 망막병증으로 인한 눈 손상의 징후를 찾아볼 수 있습니다. 조기에 발견하는 경우, 이 질병은 효과적으로 저렴하게 치료될 수 있습니다. 그렇지 않은 경우, 실명에 이를 수 있습니다.

전문적인 인간 분석 외에도 최근 임상시험에서는 망막병증을 발견하기 위해 딥 러닝 알고리즘을 통해 120,000개가 넘는 당뇨병 발병 눈 사진으로 자체적으로 학습한 소프트웨어로 사진을 평가했습니다. AI는 이미 통제된 검사에서 좋은 결과를 보여주었습니다. 이 임상시험들은 자동 분석과 수동 분석을 나란히 비교한 임상 환경에서의 첫 번째 시험이었습니다.

Aravind 최고 의료 책임자인 Kim Ramasamy 박사는 이 임상시험의 상세 결과가 곧 발표되기 때문에 지금 자세히 설명할 수 없다고 말했으나, Aravind는 그룹의 경험에 기초하여 기술 사용을 더욱 확장해 나갈 계획입니다.

시스템이 가져올 가장 눈에 띄는 혜택은 속도라고 Kim 박사는 말합니다. 사람이 망막 스캔을 검사하는 경우 전체 소요 시간이 2시간 정도인데 “이를 자동화하는 경우 몇 초만이 소요되고, 영상을 촬영하자마자, 환자의 눈에 관한 보고서를 받을 수 있다”고 설명합니다.

또한 Kim 박사는 이 신속한 분석이 유익한 한편, 당뇨병 눈을 진료하는 방법에 혁신적인 개선을 가져올 것으로 예상합니다. “현재는 매우 소수에 불과한 망막 전문의들이 문제 발견을 책임집니다. 이제 이러한 진단 책임이 일반의 또는 당뇨병 전문의에게 이동될 수 있습니다. 심지어 간호사도 이를 진단할 수 있습니다.” 다시 말해 당뇨병 환자들이 일부러 시간을 내어 안과 전문의의 진료를 받지 않더라도, 이 환자들이 어떠한 이유로든 이미 진찰을 받고 있는 의료 종사자를 통해 망막병증을 선별 검사할 수 있다는 것입니다. “내과 의사 진료실에서 이 검사를 실시할 수 있게 되면 완전한 이야기가 달라집니다. 동일한 시간에 수백 명이 아닌, 수천 명을 검사할 수 있기 때문입니다.”

이로 인한 인간의 일자리 상실도 없을 것이며 오히려 그 반대의 결과가 예상됩니다. 현재 인도에는 진료가 절박하게 필요한 환자는 많은데 안과 전문의 수는 너무 적습니다. 인도가 “당뇨병의 세계 수도”로도 불리는 상황에서 망막병증의 발생 건수는 감소하지 않을 것입니다. Kim 박사는 이제 전문의들이 망막 영상 검사에는 적은 시간을 들이고, 늘어난 선별 검사로 식별된 더 많은 환자를 치료하는 데 시간을 할애할 수 있게 될 것이라고 말합니다. 저숙련 일자리 수도 증가할 것이라고 합니다. “카메라 사용법을 훈련받을 사람이 더 많이 필요합니다. 이것은 누구든지 할 수 있는 일입니다.”

그러나 규제가 인도의 안과 진료에 머신러닝을 신속히 응용하는 데 장애물로 작용하고 있습니다. Kim 박사는 “현재 이에 관한 명확한 규칙이 없다”고 말합니다. 현재 치료가 아닌 진단 용도로 사용되고 문제의 여지가 있는 사례는 전문의가 검토하기 때문에 진료의 진전에 방해가 되지 않습니다. 그는 장기적으로 이 문제가 해결 가능하다고 믿습니다. AI의 보다 광범위한 사용에 대해 “우리는 규칙과 규제를 어떻게 제정할지 당국과 논의하고 있습니다.”

Kim 박사는 자신의 경험에 비추어 이러한 광범위한 응용이 신속히 이루어질 것으로 생각합니다. “일단 어떤 한 가지 용도로 이 기술이 사용되기 시작하면, 더 많은 사람들이 녹내장이나 노화로 인한 황반변성의 조기 발견과 같은 다른 용도도 찾게 될 것입니다.” 지금은 상당한 전문지식을 요하는 작업들이 결국에는 “체중 측정과 같이 간단해질 것입니다.”

의료

의료는 항상 지식 산업이었습니다. 전문 의료인들은 어떤 질병을 앓고 있는 특정 환자를 진단하고 치료를 결정하기 위해, 끊임없이 확장되는 방대한 정보 속에서 적절한 정보를 선택해냅니다.

이 과정에서 의사들은 과실을 범하기도 합니다. EU에서 설문조사에 참여한 23%가 자신 또는 가족 구성원이 심각한 의료 과실을 경험했다고 응답했습니다. 당연히 이러한 경험은 의료 서비스에 대한 신뢰 하락과 상관관계가 있었습니다.¹⁰ 장시간 근무로 유명한 중국 의사들의 2016년 설문조사 결과에 따르면, 55%의 응답자들이 이전 연도에 의료 실수를 한 적이 있음을 인정했습니다.¹¹

다행히 증거 기반 의학에 중요한 데이터 분석과 응용은 그 유형이 AI와 머신러닝 시스템에도 적합합니다. EIU의 정성적 의료 시나리오에는 AI가 미칠 수 있는 가장 가시적인 영향에 주목합니다. 의료 과실의 신속하고 실질적인 감소(특히 부유한 국가들에서)와 이로 인한 전반적 건강과 기대 수명 개선에 초점을 맞춥니다.

그러나 건강 및 관련 분야의 생산성에 대한 영향은 이보다 훨씬 더 클 것입니다. 제약 분야에서는 지난 몇 년간 신약 발견 수준이 낮아져 우려의 목소리가 있었습니다. 의학 문헌과 보건 의료 데이터를 구석구석 찾아볼 수 있는 AI 시스템은 신약 발견을 위한 자료의 원천으로서의

가능성을 보이기 시작했습니다. 2015년에 맨체스터 대학교(University of Manchester)의 AI 시스템인 Eve는 이러한 접근방식을 이용하여 약물 내성이 크게 문제가 된 말라리아를 퇴치하는 데 기존 항암 화합물이 유용할 수 있음을 발견했습니다.¹²

의료 서비스 자체에서만도 잠재력은 무척 큼니다. 이 분야에서 생산성이란 단순한 의료 중재 횟수보다 건강 개선 또는 최소한 건강 유지로 인식됩니다. 컨설팅 회사 맥킨지(McKinsey)가 실시한 연구에서 최적의 예방 전략, 치료, 서비스 제공자에 관한 빅 데이터 발견으로 인해 가능해진 치료 제공 방법에서의 변화가 결과의 훼손 없이 미국 의료 시스템의 총 비용을 12~17% 감소시킬 수 있다고 추정했습니다.¹³

그러나 의료는 IT와 제공 모델 혁신이 느린 것으로 유명한 분야입니다.¹⁴ 그럼에도 불구하고 AI 시스템은 진단, 지지 요법 치료 판단과 같은 영역에서 이미 개도국들에서까지 사용되고 있습니다. 예를 들어, 인도 남부지역 병원 그룹인 Aravind Eye Care System은 구글과의 협력하에 당뇨병과 관련된 눈 손상의 징후를 발견하는 머신러닝 시스템을 시범적으로 사용해왔습니다. 아직 결과는 발표되지 않았지만 Aravind가 보다 광범위하게 기술을 도입하고 있을 정도로 충분히 긍정적입니다[사례 연구 참조].

10 Eurobarometer, "Medical Errors," Special report 241, January 2006.

11 Jin Wen et al., "Workload, burnout, and medical mistakes among physicians in China: A cross-sectional study," *BioScience Trends*, 2016, https://www.jstage.jst.go.jp/article/bst/10/1/10_2015.01175/_pdf.

12 Kevin Williams et al., "Cheaper faster drug development validated by the repositioning of drugs against neglected tropical diseases," *Journal of the Royal Society Interface*, 2016.

13 Basel Kayyali et al., "The big-data revolution in US health care," April 2013, <http://www.mckinsey.com/industries/healthcare-systems-and-services/our-insights/the-big-data-revolution-in-us-health-care>

14 Clayton Christensen et al., *The Innovator's Prescription*, 2009.

교통

무인 자동차는 일반 대중들의 흥미를 가장 많이 자극해온 머신러닝 응용 분야입니다. 실제로 이 교통 분야에 대한 EIU의 정성적 시나리오에 따르면 2030년까지 대부분의 주요 대중교통 수단과 개인 자동차들은 대개 또는 완전히 AI 기술의 통제를 받게 됩니다. 인간 오류에서 기인하는 사망자 감소, 보다 효율적인 기존 교통 인프라 사용, 도시의 오염과 혼잡 감소 등 그 이유는 다양합니다.

이러한 움직임의 초기 단계가 이미 시작되었습니다. 많은 기업들이 무인 자동차를 개발하고 있습니다. 또한 화물 운송의 경우 2016년 4월, 수십 대의 다임러와 볼보 트럭을 대상으로 1주일간 거의 자율 주행으로 진행된 유럽 장거리 트럭 군집 주행 도전(European Truck Platooning Challenge)을 성공적으로 완료했습니다. 군집 주행(Platooning) 기술은 트럭들이 서로 1초 간격으로 떨어져 주행할 수 있게 해서 급하게 비상 브레이크를 밟아야 할 필요를 없애주고 연료 비용을 절감해 줍니다. 한편 홍콩 시립대학교(City University of Hong Kong)의 Andy Chun 교수는 “전 세계 많은 도시들은 이미 무인으로 운행되는 지하철 및/또는 모노레일을 보유하고 있습니다. 이들이 처음 등장했을 때, 안전에 관한 상당한 우려의 목소리가 있었습니다. 지금은 당연하게 여겨져서 이용객들이 탑승하면서 걱정하는 일이 없습니다.”고 말합니다. 사실 무인 운행은 이제 보기 드문 일이 아닙니다. 세계 최초로 완전 자율 주행 지하철을 보유한 고베를 비롯하여, 상파울루, 밴쿠버, 파리까지 많은 도시에서 볼 수 있습니다. 자율 주행 교통은 이미 열차 이외의 다른

교통수단으로 확대되고 있습니다. 2016년에 싱가포르는 무인 택시를 시범 운행했으며, 독일 울름(Ulm)은 2020년까지 완전 무인 시내 전차 운영을 계획하고 있습니다.¹⁵

중요한 미래가 예측되는 조짐의 변화 속에서도, 이러한 개발에만 지나치게 초점을 맞추는 경우 AI가 현재 제공하고 있고 가까운 미래에 더 많이 제공할 중요한 혜택을 놓칠 수 있습니다. AI가 기존 시스템을 보다 효율적이고 안전하게 운영하도록 해준다는 사실을 말입니다. 후반부에 다루게 되겠지만, 머신러닝은 운송 회사들이 고급 상황/운영 정보를 사용하여 장비를 효과적으로 유지 관리할 수 있게 해줍니다.

AI는 또한 차량을 운전 또는 조종하는 사람들에게 도움이 됩니다. 자동 조종 장치는 수십 년 동안 존재했지만, 더욱더 정교해지고 있습니다. 예를 들어, 유니버시티 칼리지 런던(University College, London)의 연구자들은 장비가 오작동하거나 비행기의 외부 환경이 변하는 경우 적절히 대응할 수 있도록 인간 조종사의 수백 시간 비행 시뮬레이션으로부터 학습하는 자동 조종 장치를 개발하고 있습니다. 지금까지의 테스트는 긍정적이었으며, 설계상 시스템이 원래 대상으로 하는 기종 외의 다른 비행기들을 지원하는 방법을 신속하게 학습하는 것을 보고 개발자들도 놀라워했습니다. 다른 혁신들은 이미 상용화되었습니다. 예를 들어, 다임러의 컨테이너 화물 열차 트럭은 GPS, 지도, 고도 데이터를 사용하여 언덕을 올라가고 내려올 때 안전한 속도를 유지하는 예측형 크루즈 컨트롤을 탑재하고 있습니다.¹⁷

15 World's first driverless taxi trial kicks off in Singapore," *Straits Times*, 26 August 2016, <http://www.straitstimes.com/singapore/transport/worlds-first-driverless-taxi-trial-kicks-off-in-singapore>; "Green Light for Autonomous Vehicles," *Pictures of the Future*, 8 December 2015, <https://www.siemens.com/innovation/en/home/pictures-of-the-future/research-and-management/innovations-autonomous-vehicles.html>

16 "Flight response," *Economist*, 15 September 2016, <http://www.economist.com/news/science-and-technology/21707187-artificially-intelligent-autopilot-learns-example-flight-response>

17 "Out of road: driverless vehicles and the end of the trucker," 30 March 2017, *Financial Times*, <https://www.ft.com/content/2d70469c-140a-11e7-b0c1-37e417ee6c76>.

시나리오 2: 기술과 개방형 데이터 액세스에 대한 보다 많은 투자

자동화로의 전환: 기술 투자와 GDP

첫 번째 시나리오는 경제 활동에 영향을 미치는 기본적인 요인 두 가지 중 하나인 노동에 관해 다루었습니다. 이 시나리오에서는 또 다른 요인인 자본, 특히 정보 통신 기술에 대한 자본 투자(“컴퓨터 자본”이라고 합니다)를 살펴봅니다.

이 연구에서 다루는 선진국들에서 이러한 자본은 빠르게 증가했습니다. 호주, 일본, 한국, 영국, 미국의 각 국가에서 자본의 수치가 2008년에서 2016년 사이 연간 8~12%씩 증가한 것으로 추정됩니다. 경우에 따라 1990년대 말과 2000년 초의 수치로부터의 상당한 감소가 보였으나, 컴퓨터 자본 기반이 축적됨에 따라 그렇게 높은 수준의 성장을 지속하기는 어려웠을 것으로 판단됩니다.

또한 컴퓨터 자본은 다른 자본보다 그 증가 속도가 빨랐습니다. 그 결과 총 자본 대비 컴퓨터 자본이 차지하는 비율이 꾸준히 증가했습니다. 예를 들어, 미국, 영국, 호주에서 경제 자본의 20~30%가 ICT에 투자된 것으로 추정됩니다. EIU 기준선 시나리오에서 이 수치는 2030년까지 미국과 영국은 약 50%이고 호주는 60% 이상일 것입니다.

두 아시아 선진국에서 컴퓨터 자본 증가는 훨씬 덜하고, 이는 다른 형태의 자본에 대한 투자가 보다 빠르게 증가하고 있기 때문입니다. 일본과 한국에서 현재 경제 자본의 약 10%가 ICT 관련 자본입니다. 비교적 성장의 지속성이나 기반 수준은 훨씬 낮았으나, 개도국들도 컴퓨터 자본 투자에서 상당한 성장을 보였습니다. 예를 들어, 아시아 개발도상국 국가들에서 2016년까지 모든 자본의 7%만이 컴퓨터 자본이었습니다.

그러나 이 자본이 해당 국가들에서 어떠한 혜택을 가져오고 있을까요? 이 측면에서 데이터를 해석하는 것은 어렵습니다. 경제 전반의 관점에서 어떠한 효과를 발견하는 것이 어려울 때도 있습니다. 반면, 데이터가 존재하는 대부분의 국가들에서 컴퓨터 자본으로부터의 생산량이 증가했습니다. 그러나 이 증가율은 현저하게 감소했습니다. 예를 들어, 호주에서 2008년에 컴퓨터 자본에서 기인한 생산량이 13% 증가했으나, 2016년까지의 증가율은 3.8%에 불과했습니다. 이보다 감소 폭은 작을지라도 미국과 영국도 유사한 모습을 보였습니다.¹⁸ 이는 부분적으로 보다 거시적인 경제에서 전반적인 GDP 성장이 저조했기 때문입니다. 따라서 더 놀라운 점은 컴퓨터 자본이 전체 자본 풀에서 차지하는 비중이 커짐에도 불구하고, 선진국이나 개도국에서 GDP 성장에 대한 컴퓨터 자본의 영향이 다른 형태의 자본들과 비교해 크게 변하지 않았다는 것입니다.

18 The Conference Board, "Total Economy Database - Growth Accounting and Total Factor Productivity, 1990-2016," spreadsheet, TCB Original Tab, May 2017, https://www.conference-board.org/retrievefile.cfm?filename=TED_2_MAY20171.xlsx&type=subsite

이는 고질적인 문제입니다. 1980년대에 경제학자 Robert Solow의 “생산성 통계 수치를 제외한 모든 곳에서 컴퓨터 시대를 볼 수 있다”는 재치있는 발언도 잘 알려져 있습니다. 저명한 분석가들 사이에서 IT가 GDP에 분명한 영향을 미친다는 찬성 의견과 그렇지 않다는 반대 의견으로 갈린 논쟁이 계속되고 있습니다. 실제로 *파이낸셜타임즈(Financial Times)*는 2015년 한 칼럼에서 “장기적인 성장에 대한 기술의 영향은.... 경제에서 커다란 미지수 중 하나, 어쩌면 가장 큰 미지수”라고 말했습니다.¹⁹

그렇다면 정책 입안자들이 이러한 투자를 장려해야 할까요? 기술 투자의 경제적 효과에 대한 계속되는 논쟁에서, 지금 확인하기 어려울지라도 AI와 머신러닝에 대한 투자 확대가 앞으로 GDP에 긍정적이고 중요한 영향을 미칠 것임을 보여주는 몇 가지 고려해 볼만한 사항이 명백히 제시됩니다.

첫째, 전통적인 생산량 척도로는 기술이 허용하는 경제 활동의 상당 부분을 잠재적으로 측정할 수 없으며, 이로 인해 이의 전반적 영향을 과소평가할 수 있다는 것입니다.²⁰ Agrawal 교수가 언급한 바와 같이, “예컨대 우리는 이제까지 필름과 카메라의 제조와 판매에서 얻는 수십억 달러로 GDP를 인식해 왔습니다. 요즘 우리는 사진을 훨씬 더 많이 찍지만 그 사진이 무료이거나 공유될 경우에는 아무것도 측정되지 않기 때문에 이 경우 GDP에 대한 영향은 0이 됩니다. AI로 노동 생산성이 크게 증가할 것입니다. 문제는 이를 측정할 수 있는가 하는 점입니다.”

둘째, 기존 데이터는 엇갈린 메시지를 나타낼 수 있습니다. 62개국을 조사한 2011년 연구에 따르면, ICT 자본은 2000년부터 2006년 사이 고소득과 중간 소득 국가들의 경제 성장에 중요한 역할을 했으나, 저소득 국가들에서는 거의 영향이 없었습니다. 마찬가지로 2000~2009년 기간을 조사한 159개국 연구에서도 ICT 사용 정도와 경제 성장 간에 상관관계가 확인됐지만, 그 상관관계는 부유한 국가들에서 훨씬 더 높았습니다.²¹ 이는 특정 경제국들이 기술로부터 혜택을 보기 더 쉬울 수 있음을 시사합니다.

마지막으로, 스웨덴의 한 연구에 따르면 컴퓨터 자본 투자가 다른 유형의 투자들보다 GDP 수치로 효과를 실현하는 데 더 많은 시간이 걸린다고 합니다.²² 가장 최근에 발표된 세계경제포럼 글로벌 정보기술 보고서(World Economic Forum Global Information Technology Report)에서 이에 대한 설명을 일부 확인할 수 있습니다. IT로부터 커다란 경제적 영향을 경험할 가능성이 가장 높은 국가들은 또한 오랜 기간 컴퓨터 자본에 많이 투자해온 것으로 나타났습니다. 이러한 국가들에는 핀란드, 스위스, 스웨덴, 이스라엘, 싱가포르, 네덜란드, 미국 등이 있었습니다. 경제 영향력 점수에는 기술로 구현한 사업 모델과 조직 변화의 정도와 같은 항목들이 포함되었습니다.²³ 컴퓨터 자본을 사용하여 기업과 경제를 변혁시키는 방법을 찾는 데에는 시간이 걸립니다.

유전 서비스 회사 Haliburton의 최고 데이터 사이언티스트인 Satyam Priyadarshy 박사는 이와 유사하게 AI의 영향이 장기적으로 가장 클 것이라고 예상합니다. “석유 가스 산업에서 대부분의 사람들은

19 Gavyn Davies, “The greatest unknown – the impact of technology on the economy,” 15 June 2015, <https://www.ft.com/content/a89fc212-0ee5-310a-82ec-deb0220a1ec4>
20 이 문체에 따른 조정에 대해서는 다음을 참조: Dave Byrne and Carol Corrado, “ICT Prices and ICT Services: What do they tell us about Productivity and Technology?” Conference Board Economics Program Working Papers Series 16-05, https://www.conference-board.org/pdf_free/workingpapers/EPWP1605.pdf.

21 Ayoub Yousefi, “The impact of information and communication technology on economic growth: evidence from developed and developing countries,” *Economics of Innovation and New Technology*, 2011 <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10438599.2010.544470>; Maryam Farhadi et al., “Information and Communication Technology Use and Economic Growth,” *PLoS One*, 2012, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3495961/>.

22 Harald Edquist and Magnus Henrekson, “Do R&D and ICT affect total factor productivity growth differently?” *Telecommunications Policy*, 2017, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308596116302531>

23 *The Global Information Technology Report*, 2016, http://www3.weforum.org/docs/GITR2016/WEF_GITR_Full_Report.pdf.

데이터 마이닝으로 단기간에 높은 투자 수익률을 올릴 수 있을 것으로 생각합니다. 이들은 데이터 분석기술이 장기적인 수익을 가져올 혁신을 가능하게 하는 것임을 간과합니다.” 이는 Parris 박사에게 익숙한 상황입니다. 의료와 제조에서의 경험을 언급하며, 그는 “모든 기업들이 비효율성을 감소시키고자 AI에 대한 투자를 시작합니다. 매년 이들은 금전적인 측면을 먼저 생각합니다. 그다음으로 변혁 단계에 관해 생각합니다.”라고 말합니다.

개방형 정보의 잠재적 혜택과 위험

김진형 한국과학기술원(KAIST) 명예교수는 “AI의 의사결정의 질은 데이터의 양과 질에 의해 결정된다”고 말합니다. 미래학자이자 스탠퍼드 대학교(Stanford University)의 법률정보학센터(Centre for Legal Informatics) 펠로우 Jerry Kaplan이 언급한 바와 같이, 다행히 최소한 양적인 측면에서는 “우리는 데이터 속에서 허우적거리고 있습니다.”

대략적인 추정치일 수밖에 없지만, 시장 조사 컨설팅 회사인 IDC가 빈번히 인용하는 연구의 계산에 따르면 전 세계 데이터는 현재 2년마다 2배로 증가하고 있습니다.²⁴ 실제로 Veloso 교수는 AI를 둘러싼 가장 큰 사회적 도전으로서 “사람들이 그 어느 때보다도 많은 데이터를 생산하고 있음을 이해할 수 있도록 사고방식의 변화”의 필요성을 강조합니다.

이 데이터 사용은 엄청난 기회를 제공합니다. 2015년 유럽위원회의 한 연구는 EU와 EFTA 국가들에서 공공 부문 데이터만 공개해도 2016년~2020년 사이에 3250억 유로

규모의 직접적인 경제 활동을 촉발할 것으로 전망합니다.²⁵ 맥킨지에 따르면 이는 잠재된 양의 극히 일부에 불과합니다. 2013년에 (이 연구의 몇 개 분야를 포함한) 7개의 경제 분야만 봤을 때, 개방형 공공 데이터와 민간 데이터는 전 세계적으로 연간 미화 3조~5조 달러의 가치를 창출할 수 있을 것으로 추정되었습니다.²⁶

혜택은 경제적인 것으로만 국한되지 않을 것입니다. 유럽위원회 연구에 따르면, 예컨대 개방형 데이터가 유럽에서 교통사고 사망률을 5.5% 감소시킬 것으로 예측됩니다. 전 세계적으로, 매년 약 백만 명이 교통사고로 사망한다고 Chun 교수는 말합니다. 그는 2030년까지 머신러닝을 통해 이 수치가 거의 0으로 줄어들 수 있을 것으로 예상합니다. 의료 분야의 정성적 시나리오에서 다른 바와 같이, 수명과 삶의 질 측면에서 주어질 혜택도 엄청납니다.

데이터는 심지어 ‘소비자’의 정의를 바꿀 수 있습니다. Agrawal 교수는 사람들이 기업과 새로운 유형의 관계를 선택할 수 있을 것이라고 말합니다. “예를 들어 아마존 같은 기업이 어떤 소비자에 대해 충분한 데이터를 수집해서 그 데이터를 바탕으로 매우 정확하게 그 소비자가 원하는 것을 예측할 수 있다고 해봅시다. 그 소비자는 더 이상 제품을 주문하기 위해 웹사이트를 방문하지 않아도 되고, 대신에 아마존이 제품을 배송하면 소비자는 원하지 않는 제품을 그냥 반품하면 됩니다.” 이는 고객들에게 편리할 뿐만 아니라, 고객들이 경쟁 소매업체로부터 제품을 구매하지 않도록 선점함으로써 기업의 매출도 크게 신장시킬 수 있을 것입니다. “다시 말해 반품되는 제품 증가로 드는 비용을 감안하더라도, 예측 정확도를 높이면 ‘예측 쇼핑(predictive shopping)’의 조건이 전통적인

24 *The Digital Universe of Opportunities: Rich Data and the Increasing Value of the Internet of Things*, April 2014, <https://www.emc.com/leadership/digital-universe/2014iview/index.htm>.

25 *Creating Value through Open Data*, November 2015, https://www.europeandataportal.eu/sites/default/files/edp_creating_value_through_open_data_0.pdf

26 McKinsey Global Institute, *Open data: Unlocking innovation and performance with liquid information*, 2013, <http://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/open-data-unlocking-innovation-and-performance-with-liquid-information>

쇼핑보다 더 매력적으로 느껴질 수 있다”고 Agrawal 교수는 말합니다.

이렇게 개방형 데이터가 주도하는 미래에는 적어도 세 가지 장애물이 존재합니다. 첫째는 모든 데이터가 다 가치 있는 것은 아니고 비용도 든다는 점입니다. Parris 박사는 각기 14개의 센서를 필요로 하는 GE90 제트 엔진을 예로 들면서 설명합니다. 이 엔진들은 엄청난 양의 시계열 데이터를 생성하지만 “대부분 특별한 게 없고 뻘한 내용입니다.” 정말 가치 있는 데이터는 일반적 기준으로부터 불일치가 있을 때 나타나지만 이제 그런 불일치가 발생하는 일은 흔치 않습니다. 예를 들어, 2015년에 GE90 엔진은 약 백만 건의 항공편에 사용되었지만, 의미 있는 사건은 12건뿐이었습니다. 그는 “이것은 빅 데이터라고 할 수 없다”면서 다른 출처의 정보와 통합해야 한다고 말합니다. 또한 감소하고 있다고 해도, 많은 양의 데이터를 보관하고 관리하는 비용이 만만치 않을 수 있습니다. 데이터를 위한 데이터가 반드시 가치를 부여하는 것은 아닙니다. 실제로 Parris 박사는 “우리가 원하는 모든 데이터를 구체적으로 가려내기 위해 아직도 데이터 입력을 조정하고 있다”고 말합니다. 품질이 중요합니다.

두 번째 문제는 이러한 품질이 보장되지 않는다는 것입니다. 예를 들어, 암 연구 가속화와 진료 개선에 주력하는 의료 기술 회사인 Flatiron Health의 최고 의료 책임자이자 최고 과학 책임자인 Amy Abernethy 박사는 “여전히 [의학 분야에서 머신러닝의 사용 증가에] 가장 큰 장애물이 되는 것은 데이터 신뢰성입니다. 러닝 결과가 정확하려면 충분히 고품질의 데이터가 필요하다”고 말합니다. 또한 의학 분야에서 AI 응용을 늘리려면 트레이닝 데이터도 정확히 라벨링해야 한다고 설명합니다. 그러나 의학

분야에서 많은 정보들이 체계화되지 않은 문서로 남아 있기 때문에 AI 알고리즘 트레이닝에 필요한 데이터를 추출해내는 것이 문제입니다. 이것은 계속될 문제는 아니라고 Abernethy 박사는 말합니다. “지금부터 2030년 사이에 데이터 리포지토리가 점점 개선될 것으로 예상하지만 아직 그 수준까지 도달하지 않았습니다.”

세 번째로는 모든 가치 있는 자원이 그렇듯 소유권의 문제가 발생한다는 점입니다. 다른 재화들과는 달리, 사용한다고 해서 정보가 꼭 고갈되는 것은 아니지만 정보 사용은 소유자들에게 매우 부정적인 영향을 미칠 수 있습니다.

개인적인 차원에서 큰 문제는 개인정보 보호입니다. 문제는 다른 개인들에게 위탁한 정보가 부주의로 인해 공개되는 것에 국한되지 않습니다. 부주의로 정보가 공개되는 문제는 컴퓨터가 등장하기 이전에도 어느 정도 존재했습니다. AI와 관련하여 특별히 우려되는 문제는 다른 상황에서 자발적으로 제공했을 수 있는 데이터를 분석하면서 숨겨진 비밀 정보를 추론해 낼 수 있고, 또는 사물 인터넷 기기가 개인의 공개적인 행동으로부터 그러한 비밀 정보를 수동적으로도 감지할 수 있다는 것입니다.

가장 잘 알려진 대표적인 사례로는 2012년 한 *뉴욕타임즈(New York Times)* 기사가 있습니다. 이 기사는 한 10대 소녀의 소비 패턴에 맞추어 임신 관련 세일 쿠폰을 전송함으로써 딸의 임신 사실을 기뻐하지 않는 아버지에게 의도치 않게 임신 사실을 알게 한 미국의 소매업체 타깃(Target)에 관한 사례를 보도했습니다. 타깃은 보도의 정확성에 이의를 제기했고, 회사의 마케팅이 너무 서투르지 않았는지 의문을 가진 사람들도 있었습니다.²⁷ 그러나 밝히지 않았던 임신 사실을 파악하는

27 “How Companies Learn Your Secrets,” *New York Times*, 16 February 2012, <http://www.nytimes.com/2012/02/19/magazine/shopping-habits.html>; “Did Target Really Predict a Teen’s Pregnancy? The Inside Story,” *Kdnuggets*, 7 May 2014, <http://www.kdnuggets.com/2014/05/target-predict-teen-pregnancy-inside-story.html>.

박스 아웃: 사례 연구 #3

“저 ‘기술’을 믿어주십시오” - AI에 필요한 투명성

“일반적으로 머신러닝의 광범위한 활용을 방해하는 주요 장애물은 신뢰이고, 인간이 기술을 광범위하게 받아들여려면 먼저 기술을 신뢰해야 한다”는 Chun 교수의 생각에 많은 사람들이 공감할 것입니다. 김 교수는 현재 AI 시스템에 대해 어느 정도 신뢰가 있지만, 오해에 기반한 경우가 많아서 아쉽게도 그 신뢰가 오래 지속되지 않을 수 있다고 말합니다. “많은 대중은 공상과학 픽션을 보고 오해하여 AI가 항상 완벽한 결정을 내린다고 생각하지만, 이는 사실이 아닙니다. AI도 실수가 있습니다.”

이러한 오류가 생길 수 있는 원인은 아주 다양합니다. 일단 결함 있거나 불완전한 정보가 오류로 이어질 수 있다고 김 교수는 말합니다. “소규모의 편향된 데이터 세트에 기초하여 중요한 결정을 내리는 블랙박스(작동 원리를 이해할 수 없는 복잡한 기계 장치, 역자주)는 우리 사회에 매우 위험합니다.” 분명히 결함이 있는 정보도 그렇지만, 더 까다로운 문제는 AI 탑재 기계들이 만연한 편견을 그대로 흡수할 수 있는 능력이 있다는 것입니다. 최근 사이언스지(Science)의 한 논문은 자연어 처리를 돕는 기술인 “워드 임베딩(word embedding)” 트레이닝의 일환으로 인터넷 페이지들로부터 학습하는 AI에 관해 기술했습니다. 소프트웨어는 부정적인 단어를 아프리카계 미국인들과 연관시키고 긍정적인 단어를

유럽계 미국인들과 연관시켰습니다. 이는 소규모 표본 때문이 아닌, 기술이 명백히 보편화된 편견을 학습해서 발생한 다수의 잘못된 연관 관계 중 하나일 뿐입니다.²⁸ 또 다른 근본적인 문제는 코드 오류 또는 이를 생성한 개발자의 무의식중의 편견으로 인해 알고리즘 자체에 결함이 생길 수 있다는 것입니다.²⁹

“현재 많은 AI 애플리케이션이 그것이 내리는 결정의 이유를 설명할 수 없는 것”이 문제라고 Agrawal 교수는 설명합니다. 이는 기술이 작업을 올바르게 처리하는 경우에도 문제를 야기할 수 있습니다. 뉴욕의 Mount Sinai 병원 소프트웨어인 Deep Patient는 700,000명의 환자 기록을 자체적으로 학습했으며 이제 정신분열증 발병을 예측하는 데 능숙합니다. 정신분열증은 의사들이 예견하기 매우 어려워하는 질병입니다. 아쉽게도 Deep Patient는 임상 의사와 환자들이 혜택을 볼 수 있도록 어떠한 징후를 찾는지를 설명할 수는 없습니다.³⁰

AI 환경에서는 기술과 사용자 사이의 의사소통이 더 많이 필요할 것입니다. Veloso 교수는 AI 연구자들이 “보다 효과적인 사용자 상호작용을 위해 솔루션이 개발된 방법을 설명하는 것보다 문제에 대한 솔루션 개발에만 지나치게 집중했다”고 말합니다. Agrawal 교수도 유사한 문제를 지적합니다. “AI가 결정을 내리는 이유를 이해할 수 없으면 애플리케이션에 따라 이를 효율적으로

28 Aylin Caliskan, “Semantics derived automatically from language corpora contain human-like biases,” *Science*, 14 April 2017, <http://science.sciencemag.org/content/356/6334/183.full>

29 Cathy O’Neil, *Weapons of Math Destruction: How Big Data Increases Inequality and Threatens Democracy*, 2016.

30 Will Knight, “The Dark Secret at the Heart of AI,” *MIT Technology Review*, 11 April 2017, <https://www.technologyreview.com/s/604087/the-dark-secret-at-the-heart-of-ai/>

사용하는 것이 어려울 수 있습니다.” 실제로 의학과 같은 일부 분야에서, 이는 천 년 동안 유지된 모범 관행과 충돌하게 될 것입니다. “임상으로서 우리는 어떠한 결정이 어떻게 내려졌는지에 대해 확실히 이해한 후에, 우리가 치료하는 환자에게 그 결정이 적용 가능한지를 판단해야 한다고 교육을 받았습니다. 의학의 첫 번째 원칙은 ‘해를 끼치지 않는 것’이지만, 우리가 이해할 수 없는 알고리즘을 사용하는 경우 해를 끼칠 가능성이 있다”고 Abernethy 박사는 말합니다.

AI 알고리즘이 인간에게 중대한 결정에 점점 눈에 띄게 영향을 미치면서 불안감도 점차 커지고 있다는 조짐도 많습니다. 논쟁의 분위기는 러다이트(Luddite) 저널도 아닌, *MIT Technology Review*에 실린 “AI의 어두운 비밀(The Dark Secret at the Heart of AI)”라는 최근 한 기사의 헤드라인에 잘 드러납니다.³¹

판사와 규제당국도 주목하고 있습니다. 미국 대법원은 경찰을 피해 도주하고 소유자의 동의 없이 차량을 운전한 혐의에 대한 유죄 인정 후 징역형의 선고를 받은 Eric Loomis의 항소를 심리할지 여부를 검토하고 있습니다. 적절한 형량을 판단하면서 법원은 Loomis가 다시 범죄를 저지를 가능성이 있다고 전망한 AI 분석에 일부 의존했습니다. 그러나 항소는 그와 그의 변호사에게 민간 기업의 지적 재산인 분석의 알고리즘에 대한 열람이 허용되지 않았으며 그가 적법 절차를 거부당했다고

주장합니다.³² 또한 대서양 건너편에서 2018년 발효될 EU의 개인정보보호법(General Data Protection Regulation)은 자동화 또는 AI 시스템이 내린 모든 결정에 대해 “설명받을 권리”를 제공하는 것을 명백히 했습니다. 그러나 자세히 분석해보면, 규정 내 모호한 언어로 인해 실질적으로는 언급된 권리가 제한될 수 있음을 알 수 있습니다.³³

어떤 세부 항목이든 간에 정부는 점차 투명성을 요구하고 있습니다. 이는 교통, 의료와 같은 규제 대상 분야에서 불가피하게 요구될 것입니다. Abernethy 박사는 “미국 식품의약청이 여러분이 어떻게 어떤 결론에 도달했는지 이해하지 못하면 결론이 올바른지 확인하기 위한 감사를 할 수 없다”고 설명합니다. 감사 없이는 약물 승인이 불가능합니다. Agrawal 교수는 “이제 우리는 AI 애플리케이션을 투명성을 요하는 것인지 아닌 것인지로 분류할 것이고, 이것은 그 결정을 실행하기 위해서 필요한 것”이라고 예측합니다.

문제는 규제 준수 정도가 아니라고 Veloso 교수는 말합니다. “사람들은 작동 원리를 이해할 수 없는 시스템과 상호작용하고 싶어 하지 않을 것입니다.” Veloso 교수는 실제로 기계가 그 결정에 도달한 방법에 관한 투명성 없이는 기술에 대한 불신이 오랫동안 만연할 것이라며, 이것이 현재 AI가 직면한 “가장 큰 도전”이라고 말합니다.

31 11 April 2017, <https://www.technologyreview.com/s/604087/the-dark-secret-at-the-heart-of-ai/>

32 “Sent to Prison by a Software Program’s Secret Algorithm,” *New York Times*, 1 May 2017, https://www.nytimes.com/2017/05/01/us/politics/sent-to-prison-by-a-software-programs-secret-algorithms.html?_r=0

33 Sandra Wachter et al., “Why a right to explanation of automated decision-making does not exist in the General Data Protection Regulation,” *International Data Privacy Law*, forthcoming, https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2903469

것은 AI가 할 수 없는 일이라고 주장하는 사람은 아무도 없었습니다. 적어도 타깃은 마케팅을 위해 임신한 고객들을 식별하는 프로그램을 분명히 생각하고 있었습니다. 한편 의료 분석기술 회사인 Castlight는 의료 보험 데이터로부터 누가 임신을 계획할 가능성이 높은지, 조만간 당뇨병 가능성이 있는지, 또는 허리 수술을 필요anz지를 정확히 예측할 수 있습니다. 이 회사는 한 집단의 총계로만 고객사들에게 이러한 정보를 공개합니다. 이러한 집단의 최소 규모는 40명입니다. 이것은 개인정보 보호를 위한 것으로 기술적 제약이 아닌, 자체적으로 부과한 윤리적 제약입니다.³⁴

임신은 한 예에 불과합니다. 2014년 미국의 한 정부 보고서는 이렇게 주장합니다. “[AI로 인한] 개인정보 보호 문제가 발생하는 것은 기술이 너무 많은 데이터를 수집하고(전화기에서부터 주차장까지 모든 것을 센서로 수집하는 등) 이를 너무 효율적으로 분석하기 때문이고... 대체로 예상했거나 예상할 수 있는 것보다 훨씬 더 많은 것을 알게 된다.”³⁵

김 교수는 데이터 익명화는 당연한 조치이고 이를 위한 기술이 빠르게 발전할 것으로 예상합니다. 그렇지만 데이터 익명화가 항상 가능하지 않을 수 있습니다. Agrawal 교수가 지적한 바와 같이, “어떤 AI는 완벽하게 기능하고 데이터를 집계할 수 있지만, 보통 각 개인의 상황에 맞는 권장사항이 필요한 보건의료와 같은 분야에서는 개인 수준의 데이터가 필요합니다.” 개인정보 보호 문제를 어떻게 해결할 것인가가 ‘최우선 과제’라는 것이 Agrawal 교수의 결론입니다.

여기에는 규제적 대응이 상당 부분은 차지할 수밖에

없고, 이에 관한 문제는 다음 섹션에서 다룰 것입니다. 또한 개인의 선택을 포함시키는 방법도 있습니다. 우리가 개인정보 보호에 대해 생각하는 방식도 바뀌어야 할지도 모릅니다. 경직된 선택을 하기보다 “개인정보 보호의 혜택과 정보 공유에 따른 혜택을 이해하고 이들 사이의 적절한 균형을 유지하는 정교함이 필요하다”고 Parris 박사는 말합니다. 실제로 사람들은 이미 이렇게 하고 있습니다. 개인적인 또는 심지어 사회적인 혜택이 있음을 인식하면 자신에 관한 상당한 데이터를 기꺼이 공유하는 사람들이 많습니다. 그렇지만 동시에 자신에 관한 데이터가 전체적으로 어떻게 사용될지에 관한 불안감도 만연하고, 이는 특정 상황에서 정보를 공유하는 것을 꺼리게 만듭니다.³⁶ 데이터 오용에 관한 사건이 발생하면, 보건의료는 단연 소비자들이 광범위한 AI 활용에 거부감을 느낄 수 있는 분야이지만, 개인의 전력 사용과 여행 패턴과 같은 정보에 대해서도 중요한 개인정보 보호 문제가 제기될 수 있습니다.

기업들이 정보를 경쟁적 우위의 원천으로 보는 경우, 개인정보 보호와 유사한 문제가 기업들 사이에 발생합니다. Priyadarshi 박사는 석유 가스 분야를 예로 들어 설명합니다. “어느 정도 변화가 있었지만, 아직도 대부분의 기업이 자신의 데이터를 조직 내에서조차 공유하고 싶어 하지 않습니다. 여기에는 리더십 차원의 사고 방식의 변화가 필요합니다.” 이것은 석유 가스 분야만의 문제는 아닙니다. Parris 박사의 경험에 비추어 보면 데이터에 가치가 있다고 생각하지만 그 가치가 무엇인지 모르기 때문에 “처음에는 누구든 데이터를 공유하는 것을 꺼립니다.” 그는 컨설턴트로 금융계 회사들과 함께 일한 적이 있었는데, 그 당시 대형 은행들은 그의 회사가 은행의 데이터에 접근하는 것을 허용하지 않곤 했다고 합니다. 후순위(Tier II)

34 “Employers Are Quietly Using Big Data to Track Employee Pregnancies,” Forbes, 17 February 2016, <http://fortune.com/2016/02/17/castlight-pregnancy-data/>.

35 President’s Council of Advisors on Science and Technology, *Report to the President: Big Data and Privacy: A Technological Perspective*, 2014, https://bigdatawg.nist.gov/pdf/pcast_big_data_and_privacy_-_may_2014.pdf

36 Lee Rainie and Maeve Duggan, “Privacy and Information Sharing,” *Pew Research Center Report*, December 2015, <http://www.pewinternet.org/2016/01/14/2016/Privacy-and-Information-Sharing/>

기관들의 상황은 달랐습니다. “이들 기관의 보관 비용은 엄청났고” 광범위한 빅 데이터 분석을 위한 컴퓨팅 역량도 없었습니다. 데이터로부터 가치를 도출하기 위해, 이 기관들은 특정 보호 장치를 사용해 정보를 집계하는 것을 기꺼이 허용했습니다. 데이터를 공유하면 어떤 고객이 사기에 관여되어 있는지를 밝혀낼 수 있는 등 경제적 가치가 있다는 것을 Parris 박사의 회사가 입증하자, 대형 은행들도 정보 공유 참여에 긍정적인 반응을 보였습니다. “이것은 제조업계를 비롯한 업계들이 이 데이터로 금전적 손해가 발생하고 이 데이터로 할 수 있는 일이 아무것도 없다는 것을 이해하고” 데이터를 기꺼이 공유하고자 할 때까지 “거쳐야 할 성숙도 곡선입니다.”

그러나 기업들이 데이터 공유를 편안하게 받아들이지 못하거나 이에 대한 개인들 간에 낮은 수준의 불신이 만연하여 커지는 경우, AI로 얻을 수 있는 가치는 훨씬 적어질 것입니다. Priyadarshy 박사의 말처럼 “데이터의 소유자가 누구인가?”라고 질문하기 시작하면, 머신러닝이 잘 될 수 없습니다.” 다시 말해, 사람들이 정보의 독점적 통제를 두고 논쟁하는 상황에서는 실질적으로 혜택을 가져올 대규모 데이터 풀을 충분히 생성하기 위해 요구되는 사고방식을 기대할 수 없다는 것입니다.

주요 가정

두 번째 시나리오에서는 컴퓨터 자본 투자와 데이터 개방 분야 모두에서 긍정적인 발전 결과를 살펴봅니다. 이 시나리오는 기준선 예측에서보다 많은 컴퓨터 자본 투자가 머신러닝을 광범위하게 보급하는 원동력이 될 것이라고 가정합니다. 또한 인간의 역량도 더불어 성장해서 고용에 대한 부정적인 영향이 없을 것이라고 가정합니다.

각국이 ICT를 광범위하게 수용하면서 반복적으로 이루어지는 발전이 이 가속화된 자본 투자의 원동력입니다. 효율성 발전을 통해 하드웨어와 소프트웨어 가격이 낮아지고, 머신러닝에 대한 더 많은 투자를 장려하며 보다 다양한 조직들이 혜택을 보게 됩니다.

반드시 선형에 가까운, 지속적인 변화를 의미하는 것은 아닙니다. 무어의 법칙으로는 AI의 발전을 설명하기 어렵습니다. 이는 훨씬 더 어려운 변화입니다. Kaplan은 이를 “계속되지만(continuing) 끊임없지는(continuous) 않은” 개선이라고 표현합니다. Agrawal 교수도 이에 동의합니다. “이 분야에서 획기적인 과학적 발전은 예상 가능한 또는 선형의 방식으로 이루어지고 있지 않습니다. 성능 개선은 서서히 이루어진 후, 계단함수 형태의 도약을 보일 수 있습니다.” 김 교수는 그 도약이 더 보편적일 단계에 와 있다고 말합니다. “AI 기술은 기하급수적으로 개발되고 있습니다. 한 가지 혁신이 또 다른 혁신을 창출합니다. 딥 러닝 기술은 빛의 속도로 발전하고 있습니다.” 이에 맞추어 가는 것이 사회에 주어진 과제일 것입니다.

이 시나리오에서는 기술이 개선됨에 따라 정부 정책은 두 가지 방식으로 보다 광범위한 AI 사용을 장려하는 환경을 조성합니다. 첫째, 머신러닝에 대한 새로운 세액 공제는 민간 자본 투자를 더욱더 촉진할 것입니다. 각국 정부는 또한 오픈소스 데이터 액세스를 더 허용하면서 국가 지식 커뮤니티를 육성하기 위해, 규제 조치를 취하고 지출을 증가시킬 것입니다. 또한 국가 간의 데이터 공유를 허락하는 조치를 취할 것입니다.

그러나 각국 정부는 머신러닝 기술을 발전시키는 적극적인 주체가 아닙니다. 이 시나리오에서 말하는 것은 결국 실패로 끝난 1980년대 일본의 대규모 국가 주도 5세대 컴퓨터 프로젝트와 같은 것이 아니라, 다른 주체들이 혁신할 수 있는 우호적 환경 조성을 뜻합니다.

이것은 이 연구의 여러 인터뷰 대상자들이 국가가 가장 효과적으로 기여할 수 있다고 믿는 분야와 일치합니다. 예를 들어, Kaplan은 “기술 측면에서 정부가 관여해야 할 필요가 많다고 생각하지” 않습니다. 그러나 정부는 기술을 받아들이는 데 도움이 되는 여건을 조성하여 이를 장려할 수 있습니다. 예를 들어, “정부는 자율 주행 차량과 같은 장비의 사용 방법을 규정하는 규칙과 규제를 수립할 수 있습니다. 이러한 역할이 새삼스러울 것도 없습니다. 자동차가 처음으로 출시되어 자원과 공간에 대해 말과 경쟁해야 했던 때에도 상황은 같았습니다.”

그러나 이뿐만이 아닙니다. 김 교수는 공공 R&D, 정부의 공중 보건 연구, “사회 문제 해결을 위해 AI 기술의 혁신적인 응용” 모두가 매우 중요하다고 주장합니다. 후반부에서 다루게 되겠지만, 중국의 국영 기업들은 전력 시스템을 바꾸기 위한 스마트 그리드 개발에 적극 참여하고 있습니다. 그렇지만 주로 규제 측면에 집중하는 국가의 경우에도 해야 할 일이 많이 남아있는데, 이에 관해서는 시나리오 3에서 보다 자세히 다룰 것입니다.

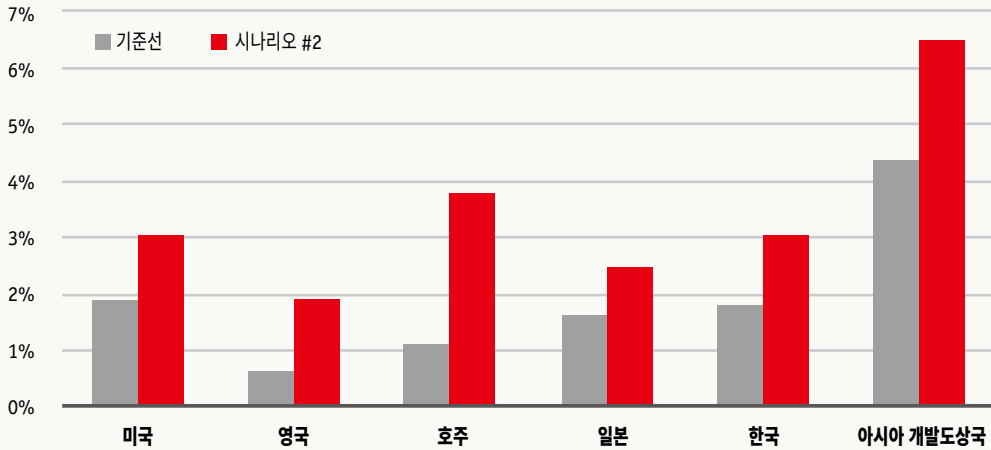
그러나 이 시나리오에서는 머신러닝에 필요한 기술에 대한 투자 확대를 장려하고 이를 이용하는 데 필요한 데이터가 이미 존재하는 환경에서 어떠한 일이 발생할지를 살펴봅니다.

이 시나리오는 가장 좋은 결과를 보여줍니다. 특히 대상 기간 동안 기준선 예측치와 비교해 GDP로 측정했을 때의 경제 성장에 대한 결과가 고무적입니다. 현재 EIU의 전망에 따르면, 대체로 GDP 성장은 선진국에서 침체되고 개도국에서는 절정으로부터 둔화될 것으로 예상됩니다. 세액 공제, 오픈소스 데이터 액세스 증가와 함께 컴퓨터 효율성(AI 측정의 대표 항목)에 대한 투자 확대는 5개 선진국들과 아시아 개발도상국 집단에서 경제 성장에 상당한 활력을 불어넣을 수 있습니다.

여기에서도 호주는 가장 큰 수혜자입니다. EIU의 기준선은 호주의 GDP CAGR이 2030년까지 1%를 약간 상회할 것으로 예측하는데, 이 시나리오에서는 3.74%로 증가합니다. 그러나 아시아 개발도상국도 그리 많이 뒤처지지는 않습니다. 기준선 대비 개선은 2%를 넘는데, 이것은 개별 국가 기준으로 이들 국가에 수천억 달러의 누적 차액을 의미합니다. 위에서 설명한 바와 같이, 이것은 컴퓨터 자본에 대한 투자가 현재도 예측치에서도 낮았기 때문에 나타난 결과입니다. 다시 말해, 기준선을 초과하면 이들 국가에 매우 이익입니다.

다른 국가들에서의 혜택은 그렇게 현저하지는 않지만 그래도 주목할 만합니다. 영국, 한국, 미국은 모두 기준선과 비교해 GDP CAGR의 1% 넘는 증가로 2~3% 범위의 연간 성장을 달성합니다. 이것은 현재 이들 국가가 선두적인 입지에 있음에도 불구하고 다른 여건에서는 불가능했을 성장입니다. 이 시나리오의 주요 가정을 충족시키는 경우에 한해, 미국과 한국은 정확히 3%의 GDP 성장으로 이 범위에서 가장 높은 성장을 기록합니다. 일본은 2.4%로 약간 뒤처지나, 기준선에서 전망된 2% 미만의 성장보다는 증가한 수치입니다. 경제적, 인구구조적으로 형태가 유사한

시나리오 결과 시나리오 #2에서 GDP 변화



한국과 비교해 일본의 성장이 약간 뒤쳐진 것은 인구 규모 때문일 수 있습니다.

그러나 이러한 혜택은 단지 투자에 달려있는 것은 아닙니다. 분명히 투자가 중요한 역할을 할 것이지만, 데이터 가용성도 중요할 것이고 이것은 훨씬 더 민감한 문제입니다.

이코노미스트의 동료들이 최근 기사에서 언급한 바와 같이, 세계에서 가장 소중한 자원은 더 이상 석유가 아닌, 데이터입니다.³⁷ 석유 수출입 제한이 전 세계 경제에 영향을 미쳤고 계속하여 영향을 미치고 있는 것과 같이, 데이터 제한도 이미 유사한 영향을 미치고 있으며 앞으로 그 영향은 보다 확대될 것입니다. 이 시나리오는 해당 국가들이 데이터 권리의 정치적 시스템을 갖추고 시민의 프라이버시 보호 문제와 민간 부문의 필요 간에 균형을 적절하게 유지할 수 있을 것으로 어느 정도 가정합니다. 그러나 현재 그것이 가능할지 확실하지 않고, 해야 할 일이 상당히 많이 남아있습니다.

주요 분야의 데이터와 자본 투자

자본 투자와 데이터 가용성의 문제는 이 연구에서 다루는 각기 다른 분야에서 특별한 특징을 보입니다.

제조

단순 경쟁이 많은 제조업체들이 AI에 투자하게 만드는 원동력이 될 것입니다. 김 교수는 한국에 관해 설명하며 “한국은 제조업 국가이나 전통적 산업은 과거만큼 수익성이 좋지 않고, 새로운 가치를 창출하기 위해 제조 분야에서 머신러닝의 혁신이 필요하다”고 말합니다.

이 분야의 정성적 시나리오에서 선진국과 개도국의 차이가 드러나는데, 선진국에서는 머신러닝을 통해 제조 분야가 고속련, 고임금 개인들을 고용하도록 변화되는 반면, 개도국에서는 공장 근로자의 저속련, 저임금 상태에 거의 변화가 없습니다.

³⁷ <https://www.economist.com/news/leaders/21721656-data-economy-demands-new-approach-antitrust-rules-worlds-most-valuable-resource>

이유는 전적으로 비용과 관련이 있습니다. 최근 수십 년 동안 개도국 제조 분야의 엄청난 성장은 대개 부유국과 빈곤국 근로자들 간의 상당한 임금 차이에 따른 성장이었습니니다. 한편 Agrawal 교수는 이렇게 말합니다. “로봇 제조업체가 인간을 대체할 수 있는 지능 기계를 판매하는 경우, 로봇 제조업체에 물어볼 첫 번째 질문은 ‘투자 회수 기간은 얼마인가?’입니다.”

AI가 대부분 사람들이 담당하고 있는 일부 기능의 비용을 절감한다해도 AI 자체의 비용이 발생합니다. 제조업체가 사용할 수 있는 기본 로봇 팔 하나의 가격은 미화 30,000~60,000달러입니다. 고급 소프트웨어나 필수 물리적 부가물(예, 특수 도구)을 포함하지 않은 가격입니다. 이러한 도구 중 일부는 공장에서 로봇이 수행할 특정 역할에 맞게 설계, 제조되어야 합니다. 대규모 시설에서 설치 비용은 쉽게 수백만 또는 수천만 달러에 달할 수 있습니다.³⁸ 앞서 언급한 바와 같이, 고급 센서와 심지어 결과 데이터를 보관하고 분석하는 장소 때문에도 추가 비용이 발생합니다. 개도국들에서는 장비에 필요한 지속적인 전력 공급을 확보하는 것조차 추가 비용을 발생시킬 수 있습니다. 마지막으로 기술을 사용할 수 있는 새로운 직원들(더 적은 수이긴 하겠지만)에게 일부 국가에서는 아직 존재하지 않는 기량이 필요할 수 있습니다. 이러한 인재가 존재하는 경우, 일자리가 자동화된 근로자들보다 높은 급여를 지급해야 할 것입니다.

임금이 비싸거나 노동의 질이 문제인 많은 지역에서는 비숙련 노동력을 사용하는 대신 더 광범위한 자동화로의 전환을 선호하는 경향이 이미 나타나고 있습니다.

정성적 시나리오가 보여주는 바와 같이 이 현상은 부유한 국가들에서 더 뚜렷하지만, 그러한 국가들에서만 나타난다고 말할 수는 없습니다. 예를 들어, 아이폰과 같은 전자제품의 대만 위탁제조업체인 Foxconn은 자사의 중국 공장의 임금 상승에 따라 2020년까지 일자리의 30%를 자동화할 계획이라고 발표했습니다. 한 공장에서만 이미 60,000개 일자리가 삭감되었습니다.³⁹ 이 업체만의 이야기가 아닙니다. 2016년 중반에 발표된 산업로비 단체 International Federation of Robotics의 전망에 따르면, 2016년 말까지 중국이 세계에서 가장 큰 산업용 로봇 사용 국가가 될 것으로 보입니다.⁴⁰ AI에 드는 비용이 더욱 감소하여 기술 사용을 보다 매력적으로 만들 것으로 짐작됩니다.

반면 방글라데시 피복 봉제 공장의 평균 최저 임금이 1달에 5,300 타카(미화 67달러)임을 감안할 때,⁴¹ 섬유 또는 유사한 산업이 AI로 빠르게 전환할 것이라고 상상하기 어렵습니다. 또한 개도국에서 특정 산업의 자동화가 일자리 상실로 이어지는 경우 평균 임금이 하락할 가능성이 높기 때문에, 다른 기업들에게 머신러닝에 필요한 투자에 대한 매력이 떨어질 수 있습니다.⁴²

간단히 말해, 제조 분야에서 노동 비용과 머신러닝에 대한 투자 의향 간에 팽팽한 긴장이 있을 것입니다. 개도국들에서 더 두드러지겠지만 다른 국가들도 마찬가지입니다. Agrawal 교수는 최저 임금을 인상시키고자 하는 사람들의 동기에 공감하지만 “단일 정책으로서는 AI와 로봇의 활용을 가속화하는 데 최저 임금 인상보다 더 효과적인 정책은 없을 것”이라고 말합니다.

38 Dmitry Slepov, "The real cost of robotics," *TechCrunch*, 27 March 2016, <https://techcrunch.com/2016/03/27/the-real-cost-of-robotics/>

39 "Foxconn's Foxbot army close to hitting the Chinese market, on track to meet 30 per cent automation target," *South China Morning Post*, 1 July 2015, <http://www.scmp.com/tech/innovation/article/1829834/foxconn-foxbot-army-close-hitting-chinese-market-track-meet-30-cent>

40 "China's robot revolution," *Financial Times*, 6 June 2016, <https://www.ft.com/content/1dbd8c60-0cc6-11e6-ad80-67655613c2d6>

41 "Bangladesh garment factories sack hundreds after pay protests," *Guardian*, 27 December 2016, <https://www.theguardian.com/world/2016/dec/27/bangladesh-garment-factories-sack-hundreds-after-pay-protests>

42 OECD, *Automation and Independent Work in a Digital Economy*, 2016, <https://www.oecd.org/employment/Automation-and-independent-work-in-a-digital-economy-2016.pdf>

교통

이 분야의 정성적 시나리오에서는 투자가 증가하지만 대부분의 투자금은 결국 정부로부터 나옵니다. 그 이유는 간단합니다. 대부분의 국가에서 교통은 도로, 철도, 항만이건 간에 관계없이 공공 인프라에 의존하기 때문입니다.

이러한 투자는 거의 확실히 이루어질 것입니다. 그 이유는 AI가 구축된 인프라가 보통 더 친환경적이고 안전하며 효율적일 뿐만 아니라, 전통적인 유지보수보다 비용이 저렴해서 비용에 민감한 정부가 기존 인프라를 최대한 활용함으로써 지출을 줄일 수 있기 때문입니다. 예를 들어, 영국이 가변제한속도를 설정하고 어떤 경우에는 갓길을 추가 차선으로 사용하도록 하기 위해 센서가 소프트웨어에 데이터를 제공하는, 이른바 ‘스마트 고속도로’로 전환하게 된 동인 중 하나는 물리적으로 추가 차선을 계획하고 만드는 데 필요한 비용과 시간의 약 1/5만으로 기술을 도입할 수 있기 때문이었습니다.⁴³

그러나 경우에 따라 개별 교통수단의 개선에 따른 혜택은 제한적일 수 있습니다. 특히 도시 지역은 더욱 그렇습니다. 예를 들어, Chun 박사는 홍콩에서 “출퇴근 시간에 철도 선로는 이미 최대로 가동되고 있습니다. AI와 머신러닝이 미래에 대중 철도 교통을 바꿀 수 있는 유일한 방법은 철도와 버스 또는 페리의 조합과 같은 다중 교통수단들 간에 승객 흐름을 최적화하고 역동적으로 균형을 유지하는 것입니다.”

따라서 도시들은 이용자들이 가능한 신속하게 원하는 곳으로 이동할 수 있도록 교통망을 하나의 통합 시스템으로 전환하기 위해 이제 다른 곳으로부터 이용 가능한 데이터를 활용할 수 있는 기술에 투자하고 있습니다. 전 세계 많은

사례들 중 하나를 인용하자면, 폴란드 포즈난(Poznan) 시의 서부 지역은 차량 통행량, 주차, 대중교통 상태를 측정하는 200개가 넘는 측정소를 설치했습니다. 이들을 평가한 후, 시스템은 이동자들에게 인터넷과 도로 전광 표지를 통해 목적지까지 최선의 경로에 관한 정보를 제공합니다. 데이터는 또한 교통의 흐름, 특히 대중교통의 흐름을 개선하기 위해 신호등을 실시간으로 조정하는 데 사용됩니다. 이 시스템은 교통량을 감소시키고 효율성을 개선시켰습니다. 또한 대기 오염도 감소합니다.⁴⁴

한편, 보다 풍부한 데이터 덕분에 상황적, 운영적 지능을 활용한 시스템 안전과 신뢰성의 대대적 개선이 시작되었습니다. 상황적 지능은 조직이 자신의 장비가 어디에 있는지, 장기간 동안 어떻게 기능하고 있는지, 차량들 내에 운영되는 다른 시스템들 간의 상호작용의 영향을 모니터링할 수 있는 능력입니다. 데이터 수집과 AI의 발전은 이제 문제의 조기 발견, 가능한 시스템 오작동의 감소를 가능하게 해줍니다. 이것은 시나리오 1에서 다룬 트럭 군집 주행과 같이 2대의 차량이 서로 충돌하지 않도록 이들의 위치를 정확히 파악하는 것과 같이 간단할 수 있습니다. 그러나 응용은 훨씬 더 복잡할 수 있습니다. 일본 IT 회사인 NEC는 버스 텔레매틱스, 인간 관찰 데이터를 포함한 다양한 데이터를 사용하여 싱가포르의 한 버스 기사가 향후 3개월 내에 사고를 일으킬 가능성이 있는지를 예측하기 위해 싱가포르의 대중교통 당국과 협력하고 있습니다.⁴⁵

운영적 지능은 고장을 줄이거나 없애기 위한 예방 유지보수를 비롯하여 차량의 유지보수 프로세스를 개선하는 데 AI 알고리즘을 사용합니다.

43 “Hard shoulder scheme cut journey times on motorways,” *The Times*, 25 October 2007.

44 United Nations Commission on Science and Technology for Development, “Issues Paper On Smart Cities and Infrastructure,” January 2016, http://unctad.org/meetings/en/SessionalDocuments/CSTD_2015_Issuespaper_Theme1_SmartCitiesandInfra_en.pdf

45 “NEC using artificial intelligence to prevent bus accidents in Singapore,” *ZDNet*, 20 March 2017, <http://www.zdnet.com/article/nec-using-artificial-intelligence-to-prevent-bus-accidents-in-singapore/>

박스 아웃: 사례 연구 #4

장기간에 걸쳐 홍콩의 지하철 MTR(Mass Transit Railway)에서 가치를 입증한 AI

홍콩의 MTR은 뉴욕, 런던과 유사한 규모로 세계에서 가장 분주한 지하철 시스템을 운행합니다. MTR은 또한 99.9%의 정시 운행률로 매우 효율적입니다.

이러한 실적을 유지하는 데 중요한 요인은 철로 인프라와 장비의 지속적인 유지보수입니다. 이러한 복잡한 시스템에서 누가 무엇을 해야 할지 스케줄링하는 것은 간단한 일이 아닙니다. 홍콩에서는 보통 한 주에 10,000명의 엔지니어들이 참여하고 대부분의 활동을 위한 주요 시간대(열차가 운행하지 않는 기간)는 매일 밤 5시간밖에 되지 않습니다.

과거에는 스케줄링을 전문가들이 실시해왔습니다. 홍콩 시립 대학교(City University Hong Kong)의 Andy Chun 교수는 AI 사용에 관한 MTR 컨설턴트입니다. 그는 스케줄링 작업에 AI를 응용하기 전의 상황을 이렇게 회상합니다. “계획 회의에 전문가들이 오랫동안 모여앉아 토론, 협상, 암산을 하면서 스케줄을 짜곤 했습니다. 상상이 되겠지만 정신없이 이루어졌고 오류 발생에도 매우 취약했습니다.” 실수가 특히 걱정이었는데, 단순히 재정적인 이유가 아니라 극단적인 스케줄링 오류는 엔지니어의 생명을 위태롭게 할 수 있었기 때문입니다.

그러나 이제 “정책과 규제로 여전히 인간이 최종 스케줄을 승인해야 하지만 인간은 통제권을 AI에 완전히 넘겼다”고 Chun 교수는 말합니다. 소프트웨어는 “각기 다른 분야의 철도 전문지식과 수년간의 경험으로부터 습득한 기존 전문가들의 풍부한 지식”으로부터 배운 것을

활용하여 스케줄을 짭니다. 소프트웨어의 모델은 해당 유지보수 활동의 긴급성, 제한된 인력과 장비 사용을 극대화하는 방법 모두를 평가합니다.

엄청난 개선이었습니다. “MTR은 더 적은 자원으로 보다 많은 엔지니어링 작업을 수행할 수 있다”고 Chun 교수는 보고합니다. 이제 많은 MTR 전문가들이 한 주에 이틀이나 할애했던 회의 시간을 다른 업무에 쓸 수 있게 되었고, 엔지니어들은 문서 작업이 아닌 유지보수에 참여할 수 있는 시간이 30분(또는 유지보수가 가능한 주요 시간대의 10%) 더 주어졌습니다. Chun 교수는 회사의 비용 절감이 연간 약 미화 100만 달러일 것으로 추정합니다.

이 외에도 AI와 머신러닝이 주는 혜택은 자랑할만한 것들이 많습니다. MTR 성공담의 특이점은 이 조직이 AI를 사용한 기간에 있습니다. 이 스케줄링 소프트웨어는 2004년부터 사용되기 시작했고, 그 후 이 기술은 두 가지 중요한 방식으로 그 가치를 입증했습니다.

첫 번째는 신뢰성입니다. Chun 교수는 “MTR은 계획이나 스케줄링에서 단 한 건의 오류 없이 10년 넘게 AI를 사용해왔다”고 말합니다.

두 번째는 조직의 변화하는 요구에 대한 적응성입니다. 예를 들어, 2007년 MTR은 홍콩의 지상 철도 시스템 관리를 맡게 되었습니다. 이로 인해 과거보다 더 복잡한 유지보수 문제가 생겨났습니다. 예를 들어, MTR은 경철도를 이용하지만 지상 철도는 대형 엔진을 이용합니다. 마찬가지로 지상에서 작업하는 엔지니어들은 MTR 터널에서는 문제가 되지 않는 지상 송전선과 같은 일부 장애물에 직면합니다. 또한

광범위한 관리 책임으로 인해 규모 면에서 많은 변화가 있었습니다. 새로운 노선 설치까지 합하여, MTR 감독 하의 시스템 규모는 궤도 길이로 측정했을 때 AI 유지보수 스케줄링 도입 시기와 비교하여 2010년에 2배 넘게 증가했습니다.

따라서 그해 회사는 지식 기반을 확장하고 이를 AI 엔진과 분리하여 기존 소프트웨어를 조정하기로 결정했습니다. 한편 AI 엔진은 확장 가능한 AI 클라우드 서비스로 재구성되었습니다.

이러한 기술적 변화로 이 소프트웨어는 더 복잡해진 홍콩의 철도 유지보수를 감독하는 것 이상의 작업을 수행할 수 있었습니다. 세계 최고의 철도 운영업체가 되는 것을 목표로 하고 있는 MTR은 다른 도시들에서 점점 더 많은 철도 시스템을 관리하고 있습니다. 이렇게 해외에서 운영하는 철도 시스템이 늘어나면서 MTR은 유지보수 스케줄링에 다른 데이터 세트로 동일한 AI 사용이 가능한지를 검토하고 있습니다.

그러면 AI는 운영 지능의 효율성 제고보다 더 많은 것을 할 수 있게 됩니다. 장기간에 걸쳐 MTR은 AI가 매우 믿을 만하고 적응력이 뛰어나며 경쟁 우위의 원천이 될 수 있음을 입증해 보였습니다.

에너지

도시 교통과 마찬가지로, 전력 분야에 AI가 가져올 것으로 예상되는 주된 변화는 발전, 송전, 배전, 사용을 하나의 통일된 시스템으로 전환하는 것입니다.

전기 발명 이래로, 대규모 석탄, 석유 또는 가스 발전소에 의존하는 중앙집중식 그리드가 전력을 공급해왔습니다. 이러한 시스템은 신뢰성은 좋으나 유연성이 없습니다. 프라운호퍼 풍력 및 에너지시스템 기술 연구소(Fraunhofer Institute for Wind Energy and Energy System Technology)에서 확률적 풍력 예측을 담당하는 Scott Otterson 박사는 이렇게 설명합니다. “전통적인 발전소 자원들은 스펴 처리가 필요합니다. 예를 들어, 석탄과 원자력 발전소에는 기동과 정지 시간이 있습니다. 이것은 미리 계획해서 이루어져야 하는데, 그렇지 않으면 비용이 많이 발생합니다.” 또한 전력 수요가 많은 기간 동안 가동하는 예비 발전소는 일반적으로 지속적으로 가동하는 발전소보다 가동 비용이 많이 들고, 2004년 미국 정부 보고서에 따르면 단위 전력 당 최대 10배까지 비싸다고 합니다.⁴⁶

그러나 대량의 재생 에너지를 통합하려면 전력 계통의 유연성이 필요하다고 Otterson 박사는 말합니다. “전력 계통은 갑작스러운 발전소 중단 또는 풍력이나 태양광 발전 생산량에서의 변화에 대응하여 신속하게 재구성할 준비가 되어 있어야 합니다. 스마트 그리드 기술은 이 유연성을 최적으로 확보하고 통제할 수 있는 한 방법입니다.”

이 그리드는 모든 고객들의 에너지 요구사항을 실시간으로 모니터링하고, 가장 적절한 다양한 에너지원을 사용하여 요구를 충족시키며, 수요를 안정적으로 유지하기 위해 가변적으로 가격을 책정할 수 있을 것입니다. 그러나

Otterson 박사는 이것을 실행하기 위해서는 “AI가 대안입니다. 작업 과정에서 수백만 개의 태양 전지판, 수십만 개의 풍력 발전용 터빈은 물론이고 고객 수요까지 고려해야 합니다. AI는 이 방대한 양의 데이터에 주의를 기울이고 여기에 맞추어 모델을 만들 수 있습니다.”라고 말합니다.

특히 그리드의 매력은 크고 작은 재생 에너지원들의 통합을 가능하게 할 것이라는 점입니다. 이러한 유형의 에너지 발전의 단점은 생산량이 날씨에 따라 달라져 일정하지 않다는 것입니다. 재생 에너지 생산자들은 또한 거대한 해상풍력 발전단지로부터 작은 주택 지붕의 태양광 전지까지 규모가 다양합니다. 문제를 더욱 복잡하게 만드는 것은 일부 소규모 생산자들이 상당한 배터리 저장에 투자할 수도 있는데, 이 또한 그리드의 전력원으로 포함될 수 있다는 점입니다.

스마트 그리드는 현재와 예보된 기상 상태, 현재의 부하 또는 예측 가능한 단기 변동과 같은 주어진 요인들을 감안한 가용성에 기반하여, 이 모든 전력원들로부터의 전력 가격을 책정하고 구매할 수 있을 것입니다. 공급(특히 재생 에너지원으로부터의 공급)과 수요가 일치하지 않을 경우 그리드 회사는 수요를 떨어뜨리기 위해 가격을 인상하거나, 가스 화력 발전소와 같은 다른 유형의 발전소를 사용하거나, 배터리에 보관 중인 에너지까지 구입하는 조치를 취할 수 있습니다(하나 혹은 다수의 조치 활용 가능). 그렇게 그린 에너지 사용이 극대화될 수 있고, 한 지역에 비교적 고정된 발전량을 공급하는 하나의 대규모 발전소 대신, 대규모, 소규모 생산자들과 소비자들로 서로 연결된 전력망이 균형을 이룰 수 있습니다.

⁴⁶ United States Government Accountability Office, *Electricity Markets: Consumers Could Benefit from Demand Programs, but Challenges Remain*, August 2004, <http://www.gao.gov/new.items/d04844.pdf>

어쨌든 이것은 비전이고, 여전히 노력하고 있는 것이 현실입니다. 기본적인 구성 요소 중 하나인 스마트 미터가 등장하고 있습니다. 클린 테크 컨설팅 회사인 Navigant Research에 따르면, 중국은 2016년 말까지 3억 4800만 개의 스마트 미터(전력량계)를 설치했으며, 이는 전 세계 총계의 약 2/3에 해당됩니다.⁴⁷ 한편 EU는 2009년부터 고객과 기업들의 80%가 2020년까지 스마트 미터를 사용하는 목표를 추진해왔습니다. 대부분의 국가에서 실행이 늦어졌지만, 스마트 미터가 보편화된 스웨덴, 이탈리아와 같은 몇몇 국가들이 앞서가고 있습니다.⁴⁸ 한편 미국 캘리포니아와 뉴욕 주는 에너지 효율성을 거래 상품으로 만드는 법률을 시행하고 있으며, 이는 스마트 미터 등이 빠르게 확산될 수 있는 가능성을 열어줍니다. 예를 들어, 뉴욕의 전력회사인 ConEdison은 470만 개의 스마트 미터를 설치할 계획이고, 이를 통해 거의 실시간으로 매일 약 15억 개의 데이터 포인트를 수집할 것입니다.⁴⁹ 전반적으로 전 세계 스마트 그리드 기술 시장은 연간 미화 200억~400억 달러 사이로 추정되어 광범위하게 달라집니다.⁵⁰

다음 단계는 이 데이터를 사용하여 스마트 그리드를 구축하는 방법을 찾는 것으로, 아주 초기 단계에 있습니다. 예를 들어, 스위스 회사 Alpiq는 최적의 에너지 사용을 위한 사용자 행동을 이해하기 위해 GridSense라는 AI 시스템을 이용하고 있습니다.⁵¹ 전력 생산면에서 독일의 응용 연구 기관인 Fraunhofer IWES는 소비자들이 스마트 그리드의 잠재력을 심분 활용할 수 있도록 오픈소스 소프트웨어를 개발해왔습니다. 또한 일정하지 않은 재생 에너지원들 간의

균형을 유지하는 것이 이론적으로 가능함을 보여주는 연구 결과를 발표했습니다.

그러나 이 과정에서 어려움이 있을 것입니다. 스마트 미터 출시에 대한 초기 평가는 당초 예상했던 것보다 소비자들에 대한 혜택이 적다는 결과가 나왔습니다.⁵² Otterson 박사는 결국 2030년까지 스마트 그리드를 구축하는 데에는 기술적 문제가 없을 것이고, 경제적 문제가 장애물이 될 가능성은 낮다면서, 진짜 문제는 “정치적” 문제라고 말합니다. “스마트 그리드는 전반적인 비용과 환경 영향을 감소시킬 수 있으나” 이 사회적 혜택이 스마트 그리드 제공업체들에 이익이 되는 방식으로 에너지를 생산하고 사용하는 것을 고려한다면 “구조조정이 있어야 합니다.”

47 “China Continued to Lead the Global Smart Electric Meter Market through 3Q 2016 with More than 348 Million Smart Meter Installations,” press release, 20 December 2016, <https://www.navigantresearch.com/newsroom/china-continued-to-lead-the-global-smart-electric-meter-market-through-3q-2016-with-more-than-348-million-smart-meter-installations>.

48 European Parliament, “Smart electricity grids and meters in the EU Member States,” Briefing, September 2015, [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568318/EPRS_BRI\(2015\)29568318_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568318/EPRS_BRI(2015)29568318_EN.pdf); CBI Market Factsheet, “Electronic Components for Smart Meters in Sweden, Denmark, Italy, UK, France and Spain,” https://www.cbi.org/sites/default/files/market_information/researches/product-factsheet-smart-meters-italy-uk-denmark-sweden-spain-france-electronics-electrical-engineering-2013.pdf.

49 International Energy Agency, *Energy Efficiency Market Report 2016*, 2016, https://www.iea.org/eemr16/files/medium-term-energy-efficiency-2016_WEB.PDF.

50 Markets and Markets, “Smart Grid Market worth 65.42 Billion USD by 2021,” <http://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/global-smart-grid.asp>; Zion Research, *Smart Grid...Market: Global Industry Perspective, Comprehensive Analysis, Size, Share, Growth, Segment, Trends and Forecast*, 2014 – 2020, 2015.

51 “The Role Of Artificial Intelligence In Smart Utilities,” *energycentral*, 9 December 2016, <http://www.energycentral.com/c/ia/role-artificial-intelligence-smart-utilities>.

52 European Parliament, “Smart electricity grids and meters in the EU Member States,” Briefing, September 2015, [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568318/EPRS_BRI\(2015\)29568318_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568318/EPRS_BRI(2015)29568318_EN.pdf).

시나리오 3: 정책 실패

고용: 이번에는 정말 다른가?

앞서 논의한 바와 같이, 노동 비용은 AI 투자에 영향을 미칠 것입니다. 이는 AI와 머신러닝이 경제와 사회에 어떠한 영향을 미칠 것인가라는 보다 광범위한 문제의 일부에 불과합니다.

현재 특정 작업은 인간만이 수행할 수 있습니다. AI는 이중 일부 작업을 기계가 수행할 수 있게 할 것입니다. 이러한 작업이 필요한 사람은 AI와 인간 노동력 중 하나를 선택할 수 있기 때문에 경제학자들이 “대체”라 부르는 상황이 생겨납니다. 이것은 이전에 없었던 상황은 아닙니다. Chun 교수가 지적한 바와 같이, “기계와 기술은 적어도 산업 혁명 이후 인간 근로자들을 대체해왔습니다. 차이는 AI가 육체 노동자 대신 사무직 근로자와 심지어 전문가들을 대체할 것이라는 점입니다.”

AI가 얼마만큼의 일자리를 대체할 것인지에 관한 추정치는 다양하나, 그 수치는 모두 작지 않습니다. 한 중요한 추정치를 보여주자면, 2016년에 OECD는 향후 20년 내에 기술이 9%의 일자리를 완전히 대체하고, 추가로 25%의 일자리에서는 절반 가량의 업무가 자동화될 것으로 전망했습니다.⁵³ 완전 대체와 부분 대체 간의 구분은 그다지 의미가 없을 수 있습니다. 스탠퍼드 대학교의 Kaplan는 “근로자를 보다 생산적으로 만들거나 이들을

완전히 대체하든지 간에, 더 적은 수의 근로자들로 보다 많은 작업을 수행할 수 있습니다. 두 경우 모두 근로자들이 일자리를 잃게 되지만, 경제를 성장시킵니다.”

김 교수는 문제의 이 부분을 보다 명료하게 설명합니다. “AI가 주는 최고의 혜택은 자동화이지만, 완전 자동화는 인간들에게 좋지 않은 소식입니다.” 다행히 신기술이 현재 인간 노동력을 대체할 수 있다는 데에서 끝나지 않고, “AI와 자동화가 많은 일자리를 대체하겠지만, 새로운 일자리가 창출될 것”이라고 김 교수는 말합니다. 기존 기업 내에서도 이것은 단순히 새로운 IT 인력 영입의 문제가 아닙니다. 예를 들어, GE의 Parris 박사는 자신의 회사에서 기술을 보다 효과적으로 이용하기 위해, 데이터 전문가가 더 많이 필요할 뿐 아니라 관심을 가져야 할 구체적인 사업 문제를 IT 직원들에게 설명해 줄 수 있는 직원들도 그만큼 필요하다고 말합니다. 그리고 데이터를 수집하여 이를 실행 가능한 사업 솔루션으로 전환할 수 있는 인력도 필요합니다.

어떤 직급과 어떤 교육 수준의 일자리가 가장 많이 없어지고 또 생기게 될지는 예측하기 쉽지 않습니다. 제조 분야에서는 저숙련 일자리가 위험할 수 있습니다. 반면, 의학계에서는 “AI로 인해 임상 간호사와 같은 의료 서비스 종사자들의 수요가 늘어나는 등 교육 수준이 다소 낮은 인력 집단의 의료 서비스를 더 많이 공급할 수 있게 될 것”이며, 마찬가지로 “위기 사례와 복잡한 상황을 해결할 수 있고 심층 의료

53 OECD, “Automation and Independent Work in a Digital Economy,” Policy Brief, May 2016, <https://www.oecd.org/employment/Automation-and-independent-work-in-a-digital-economy-2016.pdf>.

연구(애플리케이션 머신러닝 등)의 방향을 설정할 수 있는” 경험이 풍부하고 교육 수준이 높은 인력에 대한 수요도 증가할 것으로 Abernethy 박사는 예상합니다. 그러나 응급실 의사와 같이 현재 비교적 단순한 진료를 제공하는 의료 서비스 제공자들에 대한 수요는 아마도 감소할 것이고, 방사선과, 병리학과와 같이 AI가 이미 가능성을 입증해 보인 일부 전문 분야의 수요도 감소할 것입니다.

또한 이러한 고용 격동은 과거 자동화 물결과 유사할 것입니다. 수백 년에 걸쳐 발생한 한 가지 사례를 살펴보자면, 산업 혁명이 시작되었을 때 영국에서 기술의 도입으로 직물의 피스워크(piecework) 생산이 수익성이 없어졌는데, 바로 그 기술이 결국에는 공장 일자리를 창출하여 보다 많은 사람들을 고용하고 평균 생활 수준을 높였습니다. 이러한 과정이 쉬웠다는 말은 아닙니다. 작업 관행에 변화가 생기고 새로운 기계가 도입되어 비숙련 노동력 사용이 가능해지면서 숙련된 직물 장인들이 이에 반대했을 때의 바로 그 변화가 러다이트 시위를 촉발했습니다.

AI 논쟁의 핵심은 노동 시장을 둘러싼 기술 도입의 상투적인 패턴이 이번에는 다를 것인가, 다르다면 어떻게 다를 것인가입니다.

기술 비판론자들은 큰 문제가 생길 것으로 봅니다. Cowen은 그의 저서 ‘거대한 침체(Great Stagnation)’와 이후 2013년 저서 ‘평균의 시대는 끝났다(Average Is Over)’에서 신기술로 일할 수 있는 소수의 엘리트들은 큰 혜택을 보게 될 것이나, 대부분의 사람들은 광범위한 AI

도입으로 인해 경제적으로 더 궁핍해질 것으로 전망합니다. 또한 미래학자이자 소프트웨어 개발자인 Martin Ford는 2015년 그의 저서의 각기 다른 버전에 주장하려는 바가 분명히 드러나는 두 개의 소제목을 붙였습니다(*로봇의 부상: 인공지능의 진화와 미래의 실직 위협(Rise of the Robots: Technology and the Threat of a Jobless Future)*, *로봇의 부상: 기술 진화와 대량 일자리 상실 위협(Rise of the Robots: Technology and the Threat of Mass Unemployment)*).

한편 미래를 훨씬 더 희망적으로 보는 사람들도 있습니다. 이들은 단순히 기술이 인간의 노동을 대체하는 것으로 미래를 보지 않고, AI가 사람들이 매우 어려웠거나 불가능했던 작업들을 수행하도록 도와줄 수 있기 때문에 경제학자들이 말하는 “보완재(complementary good)”가 될 수 있다고 봅니다. 이 경우, 더 많은 기술은 이를 활용할 새로운 방법을 발견한 사람들에게 보다 많은 일자리를 의미하게 됩니다. 예를 들어, Tom Davenport와 Julia Kirby와 같은 저자들은 2016년 *AI 시대, 인간과 일: 인공지능 시대의 승자와 패자(Only Humans Need Apply: Winners and Losers in the Age of Smart Machines)*에서 AI 탑재 기술이 인간이 현재 수행하는 작업을 증가시켜 보편적이고 상당한 경제적 혜택의 가능성을 열게 될 것으로 전망합니다. 이러한 의미에서 이들은 AI를 단지 일련의 신기술의 하나로 봅니다. 김 교수도 AI가 이미 발생한 의사결정과 상황으로부터 배우기 때문에 완전히 새로운 것을 만들어내는 것은 아니라고 말합니다. “어떤 경우에는 AI가 예술이나 음악을 창조하는 것처럼 보일 수 있겠지만 단순히 모방하고 있을 뿐입니다.

창의력은 기계가 복사할 수 없는 인간의 가장 귀중한 특성입니다.” 같은 맥락에서 Veloso 교수는 “AI에 항상 한계가 있을 것”이라고 말합니다. 미래는 Veloso 교수가 “공생적 자율성(symbiotic autonomy)”이라 부르는 형태를 띠 것이며, 기술과 인간은 각 개별으로 할 수 있는 일의 한계를 뛰어넘기 위해 끊임없이 상호작용할 것입니다.

그러나 대부분의 낙관론자들조차 노동 시장 변화는 쉽지 않은 문제일 것으로 예상합니다. Veloso 교수는 이렇게 말합니다. “우리는 ‘걱정하지 맙시다. 단순히 전환하는 문제이니 장기적으로는 해결될 것입니다’라고 말할 수는 없습니다. 그러기에는 이 전환이 너무나 빠르게 진행될 테니까요. 그렇지만 전환은 피할 수 없는 상황이고, 이 훌륭한 기술의 혜택을 극대화하기 위해 어떻게 하면 함께 가장 잘 다룰 수 있는지를 배워야 합니다.”

적절한 정책, 특히 교육 시스템에서의 변화가 필요할 것입니다. Kaplan은 신기술이 풍요와 여가의 신시대를 열게 될 것이나, 거기까지 도달하기 위해서는 노동 시장의 변동과 소득 불평등 문제를 잘 해결해야 할 것이라고 주장합니다.⁵⁴ 그는 결국에는 “충분한 일자리가 있겠지만, 무엇보다도 기술은 사람들이 직무를 완수하는 데 필요한 역량에 변화를 가져올 것”이라고 말합니다. 김 교수는 이것을 시급한 문제라고 말합니다. “이 새로운 일자리를 채우기 위해 교육이 필요합니다. 우리는 지금 자동화와 인력 교육 사이를 경주하는 것과 같은 상황에 있습니다.”

별로 낙관하지 않는 사람들조차 보다 광범위한 정책적 대응이 필요하다고 봅니다. 예를 들어, Ford는 기계가

수행할 수 없는 작업을 인간이 수행할 수 있을 정도로 충분한 사람들을 교육시킬 수 있을지에 대해 회의적이거나, 부의 재분배 정책을 바탕으로 장기적으로는 AI를 통해 밝은 미래가 가능해지기를 기대합니다.

한 가지 공통적인 의견은 정책 결정에 따라 신기술이 사회에 미칠 불가피하게 광범위한 영향의 윤곽이 달라질 것이라는 점입니다.

데이터: 규칙에 대한 재고

정부의 노력은 고용 가능성을 높이는 교육과 숙련도 향상에서뿐 아니라 AI와 머신러닝의 잠재적 혜택을 실현하는 데 있어 최소한 한 분야에서 핵심적입니다.

정부가 어떤 분야에서 가장 큰 영향을 미칠 수 있는지 질문했을 때, 김 교수의 답변은 명확했습니다. “데이터. 데이터. 데이터. 고품질의 공공 데이터를 장려하고 제공하는 것이 AI에 있어 단일 정책으로서는 현재와 가까운 미래에 가장 중요한 정책입니다.” 개방형 정부 데이터 정책은 이제까지 많이 다루어진 정책입니다. 예를 들어, 2013년에 G8 국가들은 최대한 정부 데이터를 개방하기로 약속했습니다.⁵⁵ 그러나 전 세계적 차원에서는 여전히 갈 길이 멍니다. NGO인 Open Knowledge International이 생성한 글로벌 개방형 데이터 지수(Global Open Data Index)는 국가들이 이 분야에서 다양한 유형의 데이터로 달성한 진전상황을 순위로 매깁니다. 수질, 정부 예산, 선거 결과, 날씨 보도와 같은 것들로 어느 항목도 기밀유지가 필요한 항목은 없습니다.

⁵⁴ Humans Need Not Apply: A Guide to Wealth and Work in the Age of Artificial Intelligence, 2015.

⁵⁵ G8 Open Data Charter and Technical Annex, 18 June 2013, <https://www.gov.uk/government/publications/open-data-charter/g8-open-data-charter-and-technical-annex>

가장 좋은 성적을 보인 호주와 대만에서 데이터베이스에 포함된 절반 이상의 데이터가 완전히 개방되었습니다. 모든 G8 국가들에서 이 수치는 20%~40%에 불과합니다.⁵⁶

자신의 데이터 공개뿐만 아니라, 다른 사람들이 정보를 수집하고 사용하는 방법에 관한 정부 규제도 또한 중요할 것입니다. 이는 개인과 기업뿐만 아니라 공익을 위해 수집된 데이터의 가치가 높은 세상에서 적절한 수준의 개인정보 보호 방법을 모색하는 것을 의미합니다.

개인정보 보호 문제로 다양한 형태의 데이터 규제가 생겨났습니다. EU는 이 분야에서 선도적인 역할을 해왔으며, 기술 컨설팅 회사 Forresters에 따르면 2016년에 세계에서 국가 데이터 보호가 가장 엄격한 21개의 국가 중 17개국이 EU 국가였습니다.⁵⁷ 또한 앞서 언급한 새로운 *EU 개인정보보호법(General Data Protection Regulation)*은 EU에서 규칙들을 통일하고 기존의 *개인정보보호지침(Data Protection Directive)* 하에 존재했던 규정들을 강화할 것입니다. 실제로 유럽에서 데이터를 수집하려면 누구든지 이를 어떻게 사용할 계획인지에 관해 투명하게 밝혀야 하고, 이 계획을 벗어나는 것은 금지됩니다.

다른 국가들은 다른 접근방식을 취합니다. 예를 들어, 미국에서 데이터 규제는 분야에 따라 달라지는 경향이 있습니다. 예를 들어, *건강보험의 이전과 책임에 관한 법(HIPAA: Health Insurance Portability and Accountability Act)*과 후속 규제들은 1996년 이후 개인 의료 정보 공유를 제한해왔으나, 데이터 보호가 전혀 존재하지 않는 분야들도 있습니다.

AI와 머신러닝을 도입하고자 하는 사람들에게 이러한 규제는 불가피하나 대처 가능한 문제입니다. 보다 큰 문제는 각국 정부가 개인정보 보호 방식에 합의하지 않는 상황에서 다른 국가에서 들어오는 정보를 수집하는 것입니다. 실제로 EU는 회원국들에게 특정 목표를 맞추어 자체 법률을 채택하도록 하는 개인정보 보호 지침으로부터, 모든 회원국에서 명확한 법적 환경의 조화를 위해 EU 전역에서 공통 규칙을 부과하는 보다 엄격한 규제에 전환했습니다.

또한 세계 2대 시장인 미국과 EU 간의 지속적인 불일치는 규제 부조화에서 기인하는 어려움을 가장 극명히 보여줍니다. 개인정보 보호에 대한 접근법은 관할 지역 간에 명확히 다르고, *EU 개인정보보호지침*은 유럽과 동일한 보호 수준을 제공하지 않는 EU 밖 국가들로의 데이터 전송을 금지합니다. 2000년에 미국과 EU는 국제 세이프 하버 프라이버시 원칙(International Safe Harbour Privacy Principles)에 동의했습니다. 이 원칙 준수를 입증해 보일 수 있는 미국 기업들은 EU에서 발생한 데이터를 수령하도록 등록할 수 있습니다. 그러나 2015년에 유럽 사법재판소가 세이프 하버 체계가 불충분하다고 판결했습니다. 그 결과 EU-미국 기밀 보호(EU-US Privacy Shield)라는 새로운 규약이 마련되어 있으나, 아직 법정에서 검증되지 않았습니다. 그러나 실행 가능한 협약이 없는 경우, 다국적 기업들은 유럽 데이터와 미국 데이터를 결합하지 못할 수 있습니다.

AI와 머신러닝의 잠재적 혜택을 증진하는 정책을 수립할 때, 각국 정부는 현명한 국내 정책뿐만 아니라 국경을 초월한 공유에 대한 공통된 접근 방식을 강구해야 할

⁵⁶ <https://index.okfn.org/>

⁵⁷ Chris Sherman et al., *Forrester's 2016 Interactive Data Privacy Heat Map Landscape: The Data Security And Privacy Playbook*, 2016.

것입니다. 그렇지 않으면 Agrawal 교수가 전망하는 바와 같이, “개인정보 보호 규제의 차이가 국가 간 경쟁의 토대가 될 것입니다.”

주요 가정

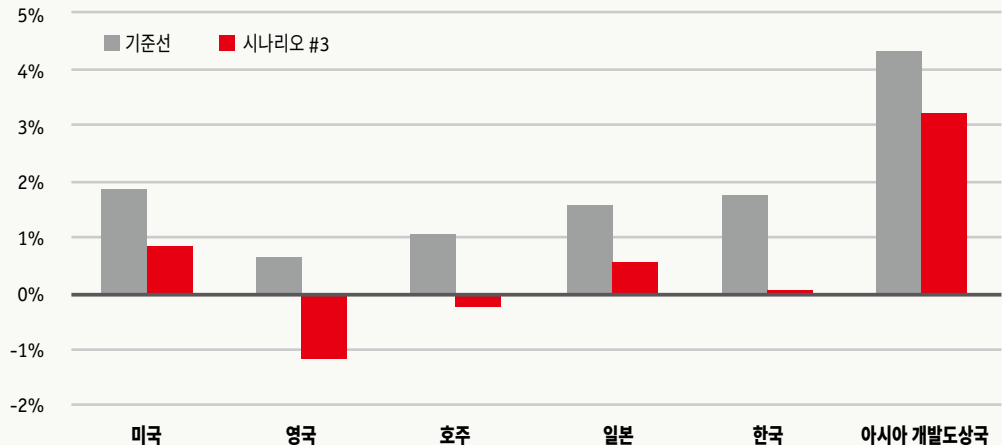
이 시나리오에서 각국 정부는 두 가지 주요 분야에서 조치를 취하지 않습니다. 첫째, 정책 입안자들은 2016년⁵⁸ 숙련도 수준을 뛰어넘는 인력 개발을 위한 조치를 취하지 않습니다. 둘째, 각국 정부는 국가 데이터 공유 체계 개발에서 적극적인 역할을 수행하지 않습니다. 그 결과, 컴퓨터 자원은 기준선 예측과 일치하게 증가하지만 기술은 정체됩니다. 기계 대비 인간 생산성의 장점이 감소하여, 기계가 경제 내에서 실행할 수 있는 작업 비율이 증가하게 됩니다. 이는 대체 효과에 이상적인 상황입니다. 비자발적 실업으로 인해 노동한 시간이 감소합니다.

요약하면, 이 시나리오는 각국 정부가 인력 역량과 데이터 정책에 실패하는 경우 어떠한 일이 발생하는지를 살펴봅니다.

기준선 예측과 비교해 전반적으로 부정적인 결과가 나온 시나리오 3은 다양한 긍정적 결과가 나왔던 시나리오 1과 2의 결과와 극명하게 대비됩니다. 5개 중 2개 국가의 경제가 실제로 예측 기간 동안 위축되고, 한 국가는 거의 성장하지 않습니다. 나머지 국가들에서의 성장은 크게 감소합니다.

EIU 모델에 따르면, 영국과 호주는 가장 많은 손실이 생깁니다. 영국에서 GDP CAGR은 0.6%에서 -1.2%로 감소하고, 예측 기간이 끝날 무렵 영국 경제 규모는 2016년보다 미화 4200억 달러만큼 줄어들어, 보통의 성장을 예측한 기준선보다 미화 6700억 달러 감소한 수치를 보입니다. 호주에서도 GDP는 -0.24%

시나리오 결과
시나리오 #3에서 GDP 변화



58 2016년 자료가 최신 공식 자료임.

CAGR의 보다 느린 속도이긴 하지만 줄어드는 것으로 나옵니다. 호주의 경제 규모 역시 2030년에 2016년보다 미화 500억 달러, 기준선 예측보다 미화 7000억 달러 감소합니다.⁵⁹ 영국과 호주보다 약간 더 나은 한국은 성장률이 0.02%로 감소하고 GDP 증가 폭은 향후 14년 동안 미화 3300만 달러에 그칩니다.

성장이 마이너스를 기록하거나 정체되지 않는 국가들에서도, 기준선과 비교해 영향이 여전히 상당합니다. 미국, 일본, 아시아 개발도상국은 모두 시나리오 3에서 약 1% 정도 느리게 성장합니다. 이 국가들의 경제 규모를 감안할 때, 전체 GDP에 대한 영향은 엄청납니다. 현재 우리는 2030년에 미국 경제 규모가 미화 21조 9000억 달러일 것으로 전망하나, 시나리오 3에서는 미화 18조 9000억 달러 또는 3조 달러 감소된 수치가 나옵니다. 일본에서 GDP는 기준선보다 미화 8650억 달러만큼 작고, 아시아 개발도상국에서 성장 규모 감소는 미화 2조 7000억 달러에 이릅니다.

종합하면 이 결과들은 노동 인력 개발과 데이터 공유에 관한 정책을 “올바르게 실행”하는 것이 얼마나 중요한지를 보여줍니다. 시나리오 1의 결과는 숙련도 향상만으로는 경제 성장에 대한 혜택이 크게 나타나지 않았지만, 시나리오 3은 어떠한 조치도 취하지 않는 경우 상당한 위험이 있음을 보여줍니다. 데이터도 마찬가지입니다. AI는 데이터로 인해 실행되고 개선됩니다. 정부들이 데이터 액세스를 보장하는 한편, 프라이버시와 데이터 보호에 대한 우려를 해소시켜 줄 정책을 수립하여 시행하지 않는 경우, AI 성장 잠재력이 감소할 것입니다.

주요 분야의 정책

일반적인 정책 이니셔티브 외에도 규제 문제가 본 연구의 각 분야에 구체적인 영향을 미칠 가능성이 있습니다.

의료

규제는 의료 분야의 구석구석에 자리 잡고 있고, 이 상황은 AI 시대에도 변함이 없을 것입니다. 실제로 이는 이러한 변화를 시도하지 말아야 합니다. Abernethy 박사는 개인정보 보호 규제에 관해 이렇게 말합니다. “이러한 규제 환경은 우리가 서로를 어떻게 돌봐야 하는지에 대한 기초를 제공합니다.”

앞서 언급했듯이, 제약 산업에서 정부가 고려해야 할 가장 중요한 정책은 데이터의 사용과 소유권을 규제하는 방법을 결정하는 것입니다. 그렇지 않으면 이 문제들은 법원의 판결에 따르게 될 것입니다. 전에도 우리에게 이러한 상황이 있었습니다. 예를 들어, 1990년에 백혈병 환자 John Moore는 캘리포니아 대학교(University of California)가 치료 중에 채취한 그의 비장 세포로부터 상업용 세포주를 개발했을 때 이익 배분을 주장하며 이 기관을 고소했습니다. 2006년 워싱턴대학교(Washington University)는 다른 기관으로 이직하면서 다수의 세포 검체를 가져간 연구자를 막기 위해 소송을 제기해야 했습니다. 이 연구자는 원래 세포를 기증한 환자들에게 접근하여 이것이 그들이 원하는 바임을 밝히는 서면 진술을 요청하고 이를 받아냈습니다.⁶⁰

두 사건에서 법원은 해당 대학들에 유리한 판결을 내렸으나, 소송은 DNA용이든 의료 정보용이든 간에 시험대상자

59 모델에서는 현지 통화 기준으로 계산하였지만, 비교를 위해 결과는 미 달러로 변환하여 제시하였습니다. 영국과 호주의 경우, 호주 달러와 비교할 때 미 달러 대비 높은 파운드화 가치로 인해 각각의 경제 규모에 비해 그 효과가 크게 나타나지는 않습니다.

60 J. Mark Waxman, “Who Owns My Tissue?” *Drug Discovery and Development*, 4 December 2007, <https://www.dddmag.com/article/2007/12/who-owns-my-tissue>.

동의서가 항상 단순명료하지 않음을 잘 보여줍니다. 프라이버시 침해 문제나 환자들이 자발적으로 기증했다고 믿는 무엇인가로부터 과도하게 이익을 취하고 있다고 생각하는 경우, 이에 대한 반발로 데이터에 대한 접근이 저해될 수 있습니다. 데이터 소유권에 관한 명확하고 믿을 만한 법적 프레임워크, 개별 기관들 간의 합의도 필요합니다.

또한 앞서 언급한 바와 같이 의료 분야에서 규제기관들은 치료에 사용하는 기술에 분명히 투명성을 요청하겠지만, Abernethy 박사는 이러한 요구가 첫 단계에 불과할 것이라고 말합니다. 지속적인 학습으로 인해 의료기기 규제는 변화되어야 할 것입니다. Abernethy 박사는 현재 규제기관들은 특정 기능들만을 승인했지만, AI 탑재 기술로 인해 이러한 기계들이 작업을 수행하기 위해 학습하게 될 내용이 진화할 가능성이 있다고 말합니다. “여기에는 규제 창의성이 요구되고, 머신러닝 측에서는 심의를 위해 특정 수준으로 국한되는 버전을 제공해야 할 것입니다.”

이는 AI 탑재 기계가 다양한 방식으로 임상자들을 대체함에 따라 훨씬 더 중요해질 것입니다. 예를 들어, 런던의 일부 지역에서 2017년 상반기에 영국 NHS는 전국 의료 상담 전화의 대안으로 Babylon의 챗봇(chatbot) 중증도 분류 서비스를 시험하였습니다.⁶¹ 기계는 간호 역할까지도 수행할 수 있습니다. 인구 노령화와 노동 인력 감소 문제로 어려움을 겪고 있는 일본과 같은 국가들에서 선행 연구가 이미 진행되고 있습니다.⁶² 이러한 로봇과 추가 노동력 공급도 결과를 개선시킬 수 있습니다. RxRobots이 생산한 아동 간호 로봇인 MEDI의 시험 결과에 따르면, 의료 절차 동안 아동의 통증을 50% 감소시키고 예방접종률을 10%

개선시켰습니다.⁶³

그러나 간호의 질과 환자 안전을 보장하기 위해, 사람들을 규제했던 것과 같이 이 자동화된 간호 제공 서비스 또는 간호 제공 기계에 대한 규제가 필요할 것입니다. 이를 실행할 방법을 찾는 것은 쉽지 않을 것입니다. 특히나 스마트폰, 심지어 가상 현실 기계에 설치하는 의료 애플리케이션으로 인해 의료 기기와 상업 기기 간의 경계가 점차 모호해지면서 어려움이 더해질 것입니다.

현재 각국 정부의 생각도 이와 다르지 않음을 보여주는 사례들이 있습니다. 일본의 로봇 혁명 실현 위원회(Robot Revolution Realisation Council, 일본의 로봇 산업 성장에 영향을 미칠 수 있는 다양한 법률을 검토하기 위해 설립)는 일본의 의료 기기 규제에 따른 로봇 도구의 사전 승인 절차를 원활하게 만드는 것을 위원회의 위임 사항에 포함시켰습니다. 또한 유럽위원회와 미국 FDA는 2010년대 초반에 관련 연구들을 실시하고, 의료 또는 건강에 관한 독려와 관련하여 전화기가 의료 기기로 인정되는 경계가 어디인가와 같은 문제에 골몰했습니다. 어떠한 소프트웨어가 의료 기기인가에 관한 광범위한 정의를 제공하지만 위험이 낮은 것으로 판단되는 많은 앱들에 대해서는 집행 재량을 허용할 것임을 발표한 FDA의 해결책은 이 분야의 지속적인 복잡성을 잘 보여줍니다. AI가 의료 서비스를 돕는 기계의 능력과 범위를 확장해감에 따라, 이 문제는 더 복잡해질 가능성이 높습니다. 예를 들어, 할머니를 위해 구매한 일본의 곰 인형 로봇이 집안에서 돌아다니는 것을 도와주는 도우미일 때는 언제이고, 간호사일 때는 언제일까요?

61 “The NHS is trialling an AI chatbot to answer your medical questions,” *Wired*, 5 January 2017, <http://www.wired.co.uk/article/babylon-nhs-chatbot-app>

62 Jon Emont, “Japan Prefers Robot Bears to Foreign Nurses,” *Foreign Policy*, 1 March 2017, <http://foreignpolicy.com/2017/03/01/japan-prefers-robot-bears-to-foreign-nurses/>

63 “Pediatric Robot Improves Dental Care,” *Dentistry Today*, 22 Jan 2016, <http://www.dentistrytoday.com/news/todays-dental-news/item/686-pediatric-robot-improves-dental-care>

교통

교통 분야는 머신러닝 사용에서 현재에도 그렇지만 앞으로도 가장 세간의 이목을 끌 발전을 보이고 있습니다. 기술의 안전한 사용을 추진하는 과정에서 정책 입안자들이 직면하는 문제들은 AI가 경제와 사회에 전반적으로 확산됨에 따라 다른 분야들에서도 나타날 가능성이 높은 문제들입니다.

가장 기본적인 과제는 규제입니다. 자율 주행 차량에 대한 대응 속도는 느렸습니다. 대부분의 유럽 국가들이 서명하고 영향력이 있는 비엔나 도로교통협약(Vienna Convention on Road Traffic) 개정은 2016년 3월에서야 자동 주차와 차선 변경 등 운전자에 대한 특정 유형의 보조를 허용했습니다. 무인 자동차 또는 운전자가 있더라도 자동차가 자율 주행하는 동안 운전자가 다른 일을 하는 것은 여전히 불법입니다.⁶⁴ 또한 스탠퍼드 대학교의 인터넷 및 사회 연구센터(Center for Internet and Society)가 집계한 기록에 따르면, 2017년 5월 현재 미국의 5개 주만이 일부 규제 하에서 자율 주행 차량의 사용을 허락하는 법률을 제정하였습니다. 이는 15개 주에서 상정된 법안이 통과되지 못했음을 보여줍니다.⁶⁵

이처럼 법률 제정에 성공하지 못하는 것은 아마 문제의 복잡성과 생소함 때문일 것입니다. Agrawal 교수가 지적하는 바와 같이, 자율 주행 차량이 주요한 교통수단이 되기 위해서는 “오류가 발생하는 경우 누가 무엇을 책임질 것인가”를 규제의 틀에서 고려하는 것이 핵심일 것입니다. 예를 들어, 사망 사고 발생 시, 차량 소유자, 제조업체, 관련 소프트웨어나 하드웨어 제조업체 또는 설계자 중 누구에게 책임이 있을까요? “의사결정 과정에 포함된

누가 무엇을 책임져야 하는지를 명확히 규정하려면 책임 영역을 확립해야” 하고, 이는 기술의 대대적인 도입 이전에 완료해야 할 절차라고 Agrawal 교수는 말합니다. 또한 잠재적으로 책임 문제가 AI 사용에 장애물이 되겠지만, 차량을 사용하는 결정에 참여하지 않은 많은 사람들과 상호작용하는 자동차에 AI를 도입하는 것은 자동화 공장 전체에 머신러닝 애플리케이션을 도입하는 것보다 그 문제가 더 복잡하고 중대하다고 설명합니다.

그러나 책임은 교통 규제 문제에 있어 빙산의 일각에 지나지 않습니다. 기계가 개인이 어디에서 어디로 이동했는지를 알게 되면서 개인정보 보호 문제도 생기게 됩니다. 그 밖에 다른 현실적인 사안들도 개정이 필요할 것입니다. 예를 들어, 어느 정도의 자동화 보조 기능이 차량에 탑재될 가능성이 점차 높아짐을 알 수 있는 현상 상황에서, 자동차 운전 면허 또는 트럭, 기차, 항공기 운전 면허의 요건이 어떻게 바뀔까요? 또한 새로운 사용자/운전자 인터페이스를 어느 정도 표준화해야 할까요?⁶⁶ Chun 교수는 또한 고정된 대중교통 노선으로부터 가변 노선으로의 전환도 규제 승인이 필요할 것이라고 지적합니다.

규제 이외에 정부가 직면한 또 다른 주요 정책 문제는 일자리를 잃는 개인들에 대한 지원 제공일 것입니다. 앞서 언급한 바와 같이, 자주 예로 드는 사업용 운전자 등에 대한 지원이 필요할 것이고 많은 전문가들이 이를 시급한 문제라고 조언합니다. 그러나 이와 관련하여 미국 장거리 트럭 운전사들의 사례는 이 분야에서 효과적인 정책 수립이 잠재적으로 얼마나 복잡할지를 잘 보여줍니다.

64 “Automated vehicles in the EU,” *European Parliament Briefing*, January 2016, [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2016/573902/EPRS_BRI\(2016\)573902_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2016/573902/EPRS_BRI(2016)573902_EN.pdf)
65 “Automated Driving: Legislative and Regulatory Action,” *Stanford Law School Centre for Internet and Society Collaborative Space*, http://cyberlaw.stanford.edu/wiki/index.php/Automated_Driving:_Legislative_and_Regulatory_Action#State_Bills, accessed 30 May 2017.
66 “Autonomous Car: The regulatory and liability challenges,” *Lexology*, 8 April 2016, <http://www.lexology.com/library/detail.aspx?g=9f8b0300-d881-4804-8b2d-edc9779c47f7>.

2016년 12월 백악관 보고서는 사업용 운전자들 중 대형 트럭과 트랙터 트레일러 운전자들이 고용 상실이 가장 클 것이고, 미국에서 현재 해당 일자리 170만 개 중 80~100%가 위험하다고 전망했습니다. 분명히 대대적인 직업 재훈련이 필요해 보입니다.⁶⁷

그런데 정말로 그럴까요? 첫 번째 문제는 보고서에 시간 척도가 제공되지 않았다는 것입니다. 이는 실수가 아니었습니다. 얼마나 많은 일자리가 얼마나 빨리 사라질지를 예측하는 것은 어렵습니다. 지금까지 트럭에 응용된 AI는 운전자들을 대체하기보다 운전자의 업무 수행이나 안전을 개선시키기 위한 것이었습니다. 이전 섹션에서 다룬 군집 주행조차 현재 운전자가 타지 않고는 실행할 수 없습니다. 사업용 차량에 대한 기술 적용은 혁신적 변화가 아닌, 점진적 변화를 가져올 것이라는 것이 공통적인 전망입니다. 이러한 상황에서 당분간은 운전석에 인간이 앉아 있어야 하므로 일자리가 없어지지 않습니다. 마찬가지로 교통 분야에 대한 EIU의 정성적 시나리오는 항공기 자동화의 엄청난 발전에도 불구하고, 여전히 조종석에는 조종사가 필요할 것이라고 보고합니다. 적어도 트럭 수송 일자리는 공장 자동화로 인한 근로자들의 일자리보다 느린 속도로 사라질 가능성이 높고, 이는 기존 운전자들의 대대적인 재훈련보다 젊은 세대들이 잠재적으로 감소할 수 있는 고용 분야를 피하도록 장려하는 것이 더 적절할 수 있음을 시사합니다.

이에 대한 대응이 어려운 또 다른 이유는 현재 미국 내에서 일반적으로 장거리 대형 트럭 운전사라는 직업이 가진 경제적 특징 때문입니다. 분명히 전문 면허와 같은 일부

기술이 필요하긴 하지만, 트럭 운전은 통상적으로 교육이나 기술 훈련 수준이 낮은 사람들이 진출할 수 있는 몇 안 되는 고소득 일자리 중 하나입니다.⁶⁸ 이러한 사람들은 일자리 전문가들이 제안한 기술 교육에 관심이 없었거나 이러한 교육을 너무 어려워했을 것은 거의 당연해 보입니다. 또한 이 직업의 보수가 비교적 높은 중요한 이유는 기술 전문성이 아닌, 이들이 안정적인 가정생활, 사교생활이 희생될 수 있는 잦은 부재 상황과 장시간의 노동을 받아들이기 때문입니다. 운전자들이 다양한 기술 보조를 받게 되어도 운전자가 트럭에 앉아 있어야 하는 한, 이 직업에서 희생되는 사교 생활을 기꺼이 수용하고자 하는 사람들이 응당히 받을 수 있는 높은 보수는 계속될 것입니다.

요약하면, 현재 미국 대형 트럭 운전자들을 위한 직접적인 직업 재훈련 프로그램을 시작하려면, 학창 시절 공부에 취미가 없었던 수많은 사람들이 일자리를 찾는 데 필요한 기량을 기르기 위해 교육을 받도록 설득해야 할 것이고, 그 대안을 감안할 때 새 일자리는 현재 일자리보다 보수가 적을 수밖에 없습니다. 현재 일자리가 얼마나 빨리 사라질 것인지, 이들이 은퇴하기 전 사라질 것인지 확실치 않은 상황에서 말입니다. 정부에서 교통 운송 분야의 재훈련을 제공할 대상자와 그 시기를 파악하는 것은 아마도 규제만큼이나 복잡할 것입니다.

에너지

김 교수는 AI 도입을 위한 긍정적인 환경을 조성하고자 한다면 정부가 사이버보안에 초점을 맞추어야 한다고 말합니다. "AI는 사이버보안에 취약합니다." 특히 에너지 분야에서 더욱 그렇다고 Otterson 박사는 설명합니다.

67 Executive Office of the President, *Artificial Intelligence, Automation, and the Economy*, December 2016, <https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/whitehouse.gov/files/documents/Artificial-Intelligence-Automation-Economy.PDF>

68 "Out of road: driverless vehicles and the end of the trucker," 30 March 2017, *Financial Times*, <https://www.ft.com/content/2d70469c-140a-11e7-b0c1-37e417ee6c76>.

“전력 계통 전체가 컴퓨터에 의해 운영되는 경우, 특히 주의해야 합니다.” Otterson 박사에 따르면, 데이터 처리와 데이터 링크는 거의 전력을 운반하는 전선만큼 중요합니다.

사람의 목숨과 금전적 측면에서 오작동의 비용은 엄청날 수 있습니다. 케임브리지 대학(University of Cambridge)의 리스크 연구 센터(Centre for Risk Studies)와 보험 거래소 Lloyd’s가 발표한 한 보고서는 미국 북동부 지역 대규모 발전 시설의 7%만 조업력을 중단시킬 수 있는 바이러스에 감염되어도 미국 경제에 미화 2,430억 달러의 손실이 있을 것으로 추정했습니다.⁶⁹

또한 Otterson 박사는 “전에 우리는 전력 시스템의 해킹을 두려워했지만, 스마트 그리드 시대에는 데이터 보안의 필요성이 더욱 커진다”고 말합니다. 전통적인 발전에 비해, 스마트 그리드에서 정보를 동시에 생성하여 네트워크를 통해 공유하는 개인과 기업의 수가 훨씬 더 많아집니다. 혜택이 많다고 해도 이러한 연결망은 최근 MIT 보고서가 보안 강화가 필요한 “공격 표면(attack surfaces)” 수라고 말한 지점을 크게 증가시킵니다.⁷⁰

각국 정부는 이 문제 해결에 돌입했습니다. 미국은 중요한 인프라의 사이버 보안을 위한 다양한 규정을 발표했으며, 2016년 EU는 유럽위원회에 자문을 제공하는 에너지 전문가 사이버 보안 플랫폼(Energy Expert Cyber Security Platform)을 구축했습니다. 그럼에도 불구하고 해야 할 일이 산적해 있습니다. MIT 보고서는 “클라우드 보안, 기계 대 기계 정보 공유, 고급 사이버보안 기술,

장기적인 사용 불능 상태를 피하고 시스템 탄력성을 증가시키기 위한 결과 기반 규제, 사이버보안에 대한 국제적 접근방식” 등을 여전히 해결해야 할 문제이며, 이들은 결코 사소한 문제가 아니라고 주장합니다.

에너지 분야에서 정부 활동의 또 다른 핵심 분야는 다양한 이해당사자들이 일반 대중의 이익을 위한 프로젝트를 수행하는 데 필요한 정보 수집과 공유를 촉진하는 것입니다. Otterson 박사는 스마트 그리드를 구현하는 데 있어서, “대규모 분산 발전 포트폴리오의 구축 외에 규제와 데이터가 가장 큰 문제”라고 설명합니다. “딥 러닝과 빅 데이터 기술에는 방대한 양의 데이터가 필요하지만 그러한 데이터가 없는 경우가 많습니다. 예를 들어, 어떤 국가에서는 전력 조류 측정치를 구할 수 없고, 또 지역의 전력 수요 측정치를 찾을 수 없습니다.” 그는 시장과 규제 구조조정을 해결책으로 봅니다. “현재 데이터를 공개적으로 공유하게 할 유인책이 부족합니다. 시장은 현재 이 계산에 필요한 데이터를 제공하도록 확립되어 있지 않습니다. 정보 공유에 대한 규정이 바뀌어야 합니다.”

마지막으로 어떤 정부들은 국가 경제 내에서 수행하던 기존의 역할을 통해 에너지 분야에서의 AI 사용을 추진할 수 있을 것입니다. 여기에서도 스마트 그리드가 가장 적절한 예로 꼽힐 수 있습니다.

중국 정부는 국가가 직면한 다수의 에너지 관련 문제 간에 균형을 이루어야 합니다. 한편, 수요가 증가하고 있고 2016년에 5%의 증가를 보였으나, 이는 2010년대의 첫 3년 동안 평균 8%의 증가로부터 감소한 수치입니다.

69 University of Cambridge Centre for Risk Studies *The insurance implications of a cyber attack on the US power grid*, 2015.

70 MIT Energy Initiative Utility of the Future, “Cybersecurity White Paper,” 15 December 2016,” https://energy.mit.edu/wp-content/uploads/2016/12/CybersecurityWhitePaper_MITUtilityofFuture_-2016-12-05_Draffin.pdf

전력은 대부분 화석 연료, 특히 석탄으로부터 생산되는데, 이는 2016년 총 발전량의 대략 2/3를 차지했습니다.⁷¹ 그 결과, 도시의 대기 질이 나쁜 것으로 유명한 중국에서 탄소 등의 배출가스가 점차 큰 문제로 부각되고 있습니다. 이에 대응하여 정부는 친환경적인 에너지 조합으로 전환하기 위해 재생 에너지와 다른 저탄소 에너지의 생산이 화석 연료의 생산보다 빠르게 증가하기를 바라고 있습니다. 여기에는 풍력과 태양광 발전의 대규모 증가가 포함되고, 작년에 이들의 발전 용량은 각각 18%와 80% 증가했습니다.⁷² 그러나 이러한 전환은 공급이 일정하지 않다는 전형적인 문제를 일으킵니다.

21세기 초 송전과 배전 부문이 다수의 기업들 사이에 나뉘어졌지만 이들 대부분은 국영 기업의 통제 아래 있기 때문에, 정부가 이 문제 해결의 핵심 역할을 담당해야 할 것입니다.

정부가 장기 프로젝트의 일환으로 추진한 해결책은 국가와 지방 차원에서 “강력하고 스마트한” 그리드를 구축하는 것입니다. 이 장기 프로젝트는 2009년 시작되어 지난 5개년 계획과 최근 도입한 제13차 계획에 통합되었습니다. 여기에는 멀리 떨어진 태양광, 풍력, 수력, 심지어 석탄 발전원으로부터 인구 밀집 지역으로의 송전, 실시간 수요에 기반하여 지역 배전업체들 간의 신속한 전력 교환을 가능하게 해주는 거대한 초고전압(UHV) 송전선망 구축이 포함됩니다. 이러한 변화에서 송전 요소가 강조되긴 했지만, 두 개의 대형 국영 에너지 배전업체인 State Power Grid Corporation of

China(SPGCC)와 보다 작은 규모의 China South Power Grid Corporation도(시장의 약 80% 차지) 지방 차원에서 스마트 미터 계측과 그리드를 구축하는 인프라에 투자해왔습니다.

여전히 많은 작업이 진행 중입니다. 개선은 있었지만 원래의 목표에는 미치지 못했습니다. 2015년 비화석 연료로 생산한 전기 비율은 전망보다 약간 높았으며(11.4%에서 12%로), 2020년의 원래 전망은 20%에서 15%로 하향 조정되었습니다. 또한 SPGCC는 작년 말까지 11,900km에 달하는 8개의 UHV 송전선을 건설하여 가동했습니다. 원래 작년 말까지 11개의 송전선을 건설할 계획이었으며, 2020년까지 총 89,000km에 달하는 37개의 송전선 건설한다는 원래 목표를 달성할 가능성은 낮은 것으로 보입니다. 더욱이 2009년과 2011년 사이 건설된 첫 3개의 송전선이 2014년 말까지 용량의 21%~56%만을 배전했다는 것입니다.⁷³ 마찬가지로 앞서 언급한 바와 같이, 중국은 2016년 말까지 3억 480만 개의 스마트 미터 설치로 세계 선두를 달리고 있습니다. 한편, 2016년 이루어진 설치의 대부분은 기존 미터를 교체하는 작업이었고, 기술 결함과 일관성이 없는 통신 주파수 사용이 공통적인 문제였습니다.⁷⁴

그 후 중국은 전국적인 스마트(및 강력한) 그리드 구축이 어떠한 모습일지를 어느 정도 보여주었으나, 이를 실제로 실현하기 위해서는 아직 가야 할 길이 멍니다.

71 "Power statistics China 2016: Huge growth of renewables amidst thermal-based generation," *Chinese-European Energy News*, 9 February 2017, <http://ceenews.info/en/power-statistics-china-2016-huge-growth-of-renewables-amidst-thermal-based-generation/>; James Lau, "Smart Metering and the Smart Grid in China - Opportunities for EU SMEs," [http://www.eumsecentre.org/sites/default/files/files/event/EU SME Centre Webinar - Smart Metering and the Smart Grid in China - Opportunities for EU SMEs.pdf](http://www.eumsecentre.org/sites/default/files/files/event/EU%20SME%20Centre%20Webinar%20-%20Smart%20Metering%20and%20the%20Smart%20Grid%20in%20China%20-%20Opportunities%20for%20EU%20SMEs.pdf).

72 "Power statistics China 2016: Huge growth of renewables amidst thermal-based generation," *Chinese-European Energy News*, 9 February 2017, <http://ceenews.info/en/power-statistics-china-2016-huge-growth-of-renewables-amidst-thermal-based-generation/>.

73 "China's under-utilised ultra-high-voltage power lines no silver bullet to rid grid of bottlenecks," *South China Morning Post*, 14 February, 2016, <http://www.scmp.com/business/article/1912878/chinas-under-utilised-ultra-high-voltage-power-lines-no-silver-bullet-rid>

74 "State Grid to dominate Chinese smart meters deployment," 10 May 2016, *Metering and Smart Energy International*, <https://www.metering.com/news/the-state-grid-corporation-of-china-to-dominate-the-deployment-of-smart-meters-ahead-of-other-utilities/>

결론

AI의 영향과 활용, 그리고 오용에 관한 논쟁은 필요한 논쟁입니다. 앞서 설명한 바와 같이, 머신러닝 형태의 AI는 좋은 혜택을 많이 제공하지만 연구 결과에 따르면 지금까지 주장된 것과 같은 많고 광범위한 혜택이 적어도 가까운 미래에는 실현되지는 않을 것으로 보입니다. AI가 노동 시장과 사회에 심각하고 해로운 영향을 미칠 것이라는 경고에도 동일한 주장이 적용될 수 있습니다. AI 확산은 혼란을 일으킬 수 있고 일으키겠지만, 이 혼란은 또한 올바른 정책들로 관리하고 완화시킬 수 있습니다.

앞으로의 주요 도전 과제 중 하나는 AI와 그 영향에 관한 논의가 공상과학 픽션이 아닌, 현실에 기초할 수 있도록 하는 것입니다. 이를 과제를 달성하기 위한 방법들은 많이 있습니다.

기대치 관리. 세상의 모든 문제가 AI로 해결될 것이라는 유토피아적 선전은 어떤 면에서는 결국 인류가 기계의 노예가 될 것으로 예측하는 것만큼 논쟁에 해롭습니다. 올바른 여건이 조성된다면 AI는 생산성을 개선시키고 경제 생산량을 증가시키는 데 도움이 될 수 있습니다. 그러나 기술의 상태에 큰 변화가 없다면(역사적 교훈에 비추어 이 가능성을 배제할 수 없음), 일부 사람들이 미사여구를 가지고 전망한 것보다 개선은 대단하지 않을 것임을 시나리오 1과 2의 결과를 통해 볼 수 있습니다. 그대로 둘 경우, 근거 없는 기이한 주장들이 AI 찬성자와

정책 입안자들 사이에 안일함을 조장할 것이고 동시에 회의론자들의 두려움을 심화시킬 수 있습니다.

이는 각 분야는 물론 사회적 차원에도 적용됩니다. 무인 자동차와 맞춤형 의학에 관한 이야기들이 무성하지만, 근 향후 10년간 AI의 영향은 보다 일상적이고 언론에 드러나지 않는 분야에서 두드러질 것입니다. 제조업과 에너지 사용에서의 효율성이나 시골 지역의 의료 서비스에 대한 접근성 향상 등이 그 예입니다. 이는 헤드라인을 장식하지 못할 수 있지만 중요한 변화입니다.

보다 효과적인 의사소통. AI에 관한 한 많은 이해의 격차가 존재하지만 해소해야 할 가장 중요한 격차 중 하나는 개발자와 기업 및 정부 기관 간의 격차입니다. 개발자는 종종 기업과 정부 기관이 실제로 요구하는 것이 무엇인지 분명하게 인식하고 있지 못하며, 반대로 기업과 정부 기관은 종종 개발자가 제공할 수 있는 잠재적 해결방안이 무엇인지를 분명하게 인식하고 있지 못합니다. 정보와 역량, 요구 사항에 대해 서로 더 활발하게 자주 의사소통한다면 이 문제의 해결에 도움이 될 것입니다.

위험 인지. 머신러닝이 노동 분야에 끼치는 위험에 관한 Kaplan 주장을 비판하는 사람들도 있겠지만, 일축해버려서는 안 될 의견입니다. 이들의 의견을 경시하거나 일축하기보다는 건설적인 태도를 견지하고

모든 위험을 인지하는 것이 숙련도 향상 등 고용 문제의 접근방식에 관한 논의에 도움이 될 것입니다. 이와 상반되는 태도는 대응을 위한 행동이 아닌 체념을 조장할 위험이 있습니다.

일반적으로 데이터 보호와 보안은(구체적으로 AI에 관한) 유사한 접근방식으로 혜택을 볼 수 있는 분야입니다. 일반 대중들은 자신이 매일 생성하는 데이터가 어떻게 사용되고 보호되는지에 관해 잘 알지 못합니다. 급증하는 우려 속에 이 문제에 관해 솔직히 터놓는 것이 이를 해소하는 데 도움이 될 수 있고, 숨기는 것은 우려를 더 심화시킬 것입니다. 숨기기로 선택하는 경우, 결국에는 AI로부터 가장 중요한 의견 중 하나를 박탈하는 보다 엄격한 정책으로 이어질 수 있습니다.

신뢰와 투명성 제고. 위에서 논의한 내용과 관련하여, 대중의 신뢰를 끌어내기 위한 노력은 중요하고 불가피하게 투명성과 책임 확대를 수반합니다. 데이터와 알고리즘의 사용과 오용에 관한 책임 '대량살상 수학무기(Weapons of Math Destruction)'의 저자이자 데이터 사이언티스트인 Cathy O'Neil은 알고리즘이 공개되지 않은 채로 우리 사회에서 중요한 의사결정을 많이 내리고 있음을 강조합니다. 일부 지적 재산을 보호하기 위한 목적도 있지만 실제로는 그보다 복잡하고, 보안 위험, 개인정보 보호, 특정 애플리케이션과 독립적으로 코드를 감사하는 방법과 같은 여러 배경요인이 얽혀 있습니다.

일반 대중 교육. 지식과 이해의 격차가 그 어떤 때보다도 빠르게 잘못된 정보와 왜곡으로 채워지고 있습니다. AI가

사회에 미치는 영향에 대해, 과학자나 충분한 지식을 가진 기업 리더들 등 합당한 근거를 가지고 우려의 목소리를 내는 사람들이 있습니다. 그러나 대중적 토론은 과학보다 공상과학 픽션의 방향으로 흐르는 경향이 있습니다. 주제의 어려움을 감안할 때 이는 불가피한 현상일 수 있습니다. 그럼에도 불구하고, 단순한 설명이 전문가에게는 모호하게 느껴질 수 있겠지만 과학을 위해서 최소한 픽션을 걷어내는 방식으로 AI와 그 활용을 설명하기 위해 노력해야 합니다.

정책 입안자들은 또한 AI와 AI가 경제와 사회에 미치는 영향에 대응할 때 여러 가지 선택에 직면하게 됩니다.

인적 역량과 교육에 대한 투자. AI 때문에 노동 시장에 격변이 있을 것이라는 점과 이로 인해 상당수의 노동 인력들이 노동에 종사하는 동안 교육과 훈련을 받아야 한다는 점은 일반적으로 인정되는 사실입니다. 이는 경우에 따라서는 직업 교육에 초점을 맞추어야 함을 의미하는데, 이 교육은 이 보고서에서 다룬 많은 국가들을 비롯하여 대부분 국가들에서 부족한 부분이고, 해결해야 할 숙제입니다.

동시에 정책 입안자들은 기초 학문을 경시하고 직업과 STEM 교육 쪽으로 무게 중심을 지나치게 옮기지 않는 것이 중요합니다. 보고서에서 강조한 바와 같이, 전문가들은 AI와 머신러닝이 진화함에 따라 팀 구축, 협업, 비판적 사고와 같은 "소프트 역량"에 대한 수요가 있을 것으로 예상합니다. 이러한 역량과 보다 광범위한 개념의 좋은 판단력은 전적으로 기초 학문 교육에만 달려있는 것이 아니고, 역사, 철학, 문학의 기본 소양이 점차 중요해질 것입니다.

마지막으로, 요구되는 인력의 역량이 끊임없이 변화할 것이므로 인적 역량과 교육 인프라가 시대에 뒤처지지 않도록 정책 입안자, 업계 임원, 교육자들은 빈번히 의견을 교류해야 합니다.

데이터 취급. 데이터 사용과 오용은 21세기의 중대한 문제가 될 것입니다. 데이터가 국내에서 또한 국가 간에 필요한 만큼 개방적이고 이용 가능하도록 하려면, 정책 입안자들은 개인정보 보호와 보안에 관한 시민들의 정당한 우려를 해소시켜 줄 조치를 취해야 합니다. 익명화된 데이터 세트 사용을 허용하고 지원하는 규칙과 규제를 개발하는 것이 중요한 해결책이 될 수 있습니다.

또 다른 해결책으로는 데이터가 국경을 넘어 전송될 수 있도록 국가 개인정보 보호 체계를 상호 운영 가능하게 만드는 것인데, 현재까지는 실행하기 어려운 것으로 보입니다. 그 결과 많은 국가들이 데이터 현지화 규정 등의 조치를 시행해왔습니다. 이와 같은 제약이 보다 보편화되고 국경을 초월한 데이터 흐름이 감소하는 경우, 기술 개발과 활용에 대한 영향은 상당할 수 있습니다.

R&D와 기술에 대한 투자. R&D와 “딥 리서치”에 대한 공공 부문 투자는 많은 국가들에서 감소했습니다. 이러한 투자 감소의 일부 민간 부문에 의해 메워졌으나, 이는 지속될 수 없으며, 국가가 신기술을 이용할 지적 역량을 갖추려면 공공 부문이 보다 적극적으로 관여해야 할 것입니다.

이와 관련하여 보다 광범위하게 R&D와 기술에 대한 투자를 촉진하기 위해 조치를 더 취할 수 있습니다. 세액 공제의 형태로 직접적인 재정 지원을 하는 것과 같이, 우호적인 규제 환경 조성도 그 한 예입니다.

기술 발전은 사회와 정치가 따라잡기 힘들 정도로 빠르게 가속화되고 있습니다. 특히 AI 분야에서 그러하데, AI는 5G 네트워크나 로봇 공학보다 이해하기 더 복잡하고 중요한 문제입니다. 그러나 옛말에 “큰 힘에는 큰 책임이 따른다”라고 했듯이 앞으로 AI 개발자들과 사용자들은 큰 힘을 갖게 될 것입니다. 혜택의 폭과 깊이는 이들이 얼마나 책임감 있게 행동하느냐에 달려 있습니다.

부록 1:

호주

기준선 예측

기준선 예측은 호주의 경제 여건과 공공 정책이 EIU의 표준 모델의 토대가 되는 가정에 상응한다고 가정합니다. 이는 호주 경제가 예측 기간 동안 1.03%의 CAGR로 성장하여 2030년에는 GDP가 2016년 대비 명목상 미화 2000억 달러 증가한 미화 1조 4000억 달러에 달할 것으로 전망합니다. 동일한 기간 동안 (백만 인시당 수십억 달러로 측정된) 호주의 생산성은 0.0598에서 0.062로 단지 0.19% CAGR로 증가하여 정체될 것으로 예상됩니다. 호주는 점진적 경제 성장을 위해 일차 산업의 수출에 오랫동안 의존한 부유한 국가로, 이는 점차 지속되기

어려울 수 있는 성장 형태입니다. 이러한 현실은 호주의 GDP와 생산성에 대한 높지 않은 기준선 추정치에 반영되어 있습니다.

시나리오 # 1: 숙련도 향상을 통한 보다 큰 인간 생산성

시나리오 1은 호주가 머신러닝으로 인한 인력 고용 문제를 해결하기 위해 기준선에서 가정한 것보다 더 활발하게 긍정적인 정책 조치를 취한다고 가정합니다. 이 시나리오의 정책 입안자들은 고등 교육과 직업 교육에 대한 접근을 확대하여 노동 인력의 평균 기술 수준을 성공적으로 향상시킵니다. 이로 인해 보완 효과가 대체 효과보다 강하고 머신러닝 기술의 지배적 영향이 인간 노동을 대체하기보다 개선하도록 합니다.

호주의 시나리오 결과

		2016	2030(s)	2030(b)	2016년 대비 변화	기준선 대비 변화	CAGR 2016 - 30
시나리오 #1	GDP	1조 2000억 달러	1조 9000억 달러	1조 4000억 달러	7000억 달러	5000억 달러	3.11%
	생산성	0.0598	0.0840	0.0620	0.0242	0.0220	2.25%
시나리오 #2	GDP	1조 2000억 달러	2조 1000억 달러	1조 4000억 달러	9000억 달러	7000억 달러	3.74%
	생산성	0.0598	0.0920	0.0620	0.0322	0.0300	2.88%
시나리오 #3	GDP	1조 2000억 달러	1조 2000억 달러	1조 4000억 달러	-430억 달러	-2000억 달러	-0.24%
	생산성	0.0598	0.0510	0.0620	-0.0088	-0.0110	-1.07%

참고: 모든 GDP는 미국 달러로 기준으로 공식 결과로부터 반올림됨
 (s) = 시나리오 결과
 (b) = EIU 기준선 예측
 생산성 = 생산량/인시

시나리오 1에서 호주 경제는 3.11%의 CAGR로 성장하여 2030년까지 GDP가 미화 1조 9000억 달러에 달합니다. 이 수치는 2030년에 기준선 예측 대비 미화 5000억 달러 규모의 추가 경제 활동을 나타냅니다. 시나리오 1은 기준선과 비교해 2030년에 동일한 노동 시간 수에서 거의 변화가 없다고 가정하기 때문에, 이 증가된 경제 생산량은 거의 전적으로, 근로자들의 숙련도를 향상시키고 인간 노동과 머신러닝 기술 간의 상호보완성을 증가시킨 공공 정책이 생산성에 긍정적인 영향을 미친 것으로 해석될 수 있습니다. 이 시나리오에서 생산성은 0.0598에서 0.084로 2.25% CAGR로 증가합니다. 호주에는 이미 고등 교육을 받은 인구가 있음에도 불구하고 노동 인력의 숙련도 향상으로부터 가장 큰 혜택을 봅니다. 시나리오 1에서 호주의 GDP와 생산성은 모두 기준선 추정치와 비교해 2% 넘게 증가할 것으로 예상됩니다.

시나리오 #2: 기술과 오픈소스 데이터 액세스에 대한 보다 많은 투자

시나리오 2는 호주가 머신러닝 기술에 대한 자본 투자율을 높이는 데 성공하고, 그 결과 공공 정책 이니셔티브의 긍정적인 영향으로 기준선보다 머신러닝의 보급과 도입이 증가할 것으로 가정합니다. 이 시나리오는 이러한 노력이 두 가지 주요 정책 개입에 초점을 맞출 것으로 가정합니다. 하나는 머신러닝 기술에 대한 민간 부문 투자를 장려하기 위한 새로운 세금 우대 정책이고, 다른 하나는 국가 지식 공유 커뮤니티에 투자하고 대중에게 정부의 자체 데이터를 더 공개하여 오픈소스 데이터 액세스를 증가시키는 것입니다.

기준선을 포함한 모든 시나리오 중 시나리오 2의 결과는 호주 경제에 가장 긍정적인 영향을 나타냅니다. 머신러닝 기술에 대한 자본 투자 확대를 장려하는 정책 추진은 기준선 대비 GDP와 생산성에 상당한 증가를 가져옵니다. 이것은 머신러닝이 광범위하게 보급되어 노동 인력에 대해 주로 보완적인 영향을 미치기 때문입니다. 이 시나리오에서 호주의 GDP는 3.74%의 CAGR 또는 기준선 성장률의 3.5배 넘게 더 성장하여 2030년에 미화 2조 1000억 달러로 증가합니다. 이는 기준선 추정치 대비 미화 700조 달러 또는 50% 증가를 나타냅니다. 총 노동 시간이 이 시나리오에서 기준선보다 완만하게 높긴 하지만, 대부분의 GDP 증가는 생산성에서 기인하고, 이는 0.19%의 기준선 추정치와 비교해 2.88% CAGR로 증가한 값입니다. 시나리오 1에서와 마찬가지로, 호주는 시나리오 2에서 단연 가장 많은 혜택을 얻는 국가로, GDP와 생산성 성장률은 각각 기준선 추정치보다 2.71%, 2.69% 높습니다. 서비스 분야의 중요성이 높아지고 고도화됨에 따라, 호주는 기술에 대한 자본 투자 확대와 데이터 공유 증가로부터 혜택을 보기에 특히 좋은 조건을 갖추고 있습니다.

시나리오 #3: 경제의 구조적 변화에 대한 정책 지원 부족

시나리오 3은 호주의 정책 입안자들이 불안정한 정치 상황이 지속되고 중앙 정부의 단기적 이익 추구로 인해 머신러닝 기술 발전에 의한 경제적 문제에 적극 대처하지 못한다고 가정합니다. 시나리오 2에서 가정한 민간 부문 투자 촉진을 위한 신규 세제 우대가 없는 경우, 머신러닝 기술은 계속하여 기준선 가정과 일치하게 발전합니다. 한편 국가 데이터 공유에 대한 정부 지원 부족은 전반적으로 머신러닝의 긍정적인 경제적 영향을 감소시킵니다.

머신러닝의 유용성을 극대화하려면 고품질의 많은 양의 데이터가 필요합니다. 가장 중요한 것은 이 시나리오에서 노동 인력의 숙련도 향상에 대한 투자 부족은 대체 효과가 보완 효과를 능가하는 상황을 초래하여, 머신러닝 기술의 두드러진 영향이 생산성 증가가 아닌, 근로자 교체 효과로 나타납니다.

이러한 소극적인 정책이 호주 경제에 미치는 영향은 매우 부정적이고, 그 결과는 모델이 생성한 GDP와 생산성 추정치 모두에서 볼 수 있습니다. 호주는 시나리오 1과 2에서 가장 큰 혜택을 본 국가로서 시나리오 3에서 정책 부재로 가장 혹독한 타격을 입는 것은 당연한 결과입니다. 이 시나리오에서 호주의 GDP는 예측 기간 동안 기본적으로 변화가 없고, 사실 -0.24%의 CAGR로 다소 위축되어 2030년 경제 활동 규모가 기준선보다 2000억 달러 줄어들게 됩니다. 한편 생산성은 이 기간 동안 마이너스 영역으로 추락하여 -1.07%의 CAGR로 감소합니다. 2030년에 총 노동 시간은 기준선 추정치와 비교해 4.2% 증가하고, 이는 실직률에 대한 부정적인 영향이 일부 다른 선진국들보다 호주에서 덜 두드러질 수 있음을 암시합니다.

아시아 개발도상국

기준선 예측

기준선 예측은 아시아 개발도상국 집단의 경제 여건과 공공 정책이 EIU의 표준 모델의 토대가 되는 가정에 상응한다고 가정합니다. 이는 아시아 개발도상국 국가들이 예측 기간 동안 4.34%의 CAGR로 성장하여 2030년에 GDP가 미화 18조 달러에 달할 것으로 전망합니다. 이는 명목상 미화 8조 5000억 달러 증가와 2016년 값의 거의 2배에 해당되는 수치입니다. 동일한 기간 동안 (백만 인시 당 수십억 달러로 측정된) 아시아 개발도상국의 생산성은 0.0027에서 0.0045로 3.49%의 CAGR로 증가할 것으로 예상됩니다. 이 집단의 국가들은 단연 가장 높은 예상된 성장률을 보이고, 이는 빠르게 개발 중인 경제로서의 위치, 성숙한 국가들보다 훨씬 낮은 수준의 1인당 GDP와 생산성에서 시작하고 있다는 사실을 반영합니다.

시나리오 #1: 숙련도 향상을 통한 보다 큰 인간 생산성

시나리오 1은 아시아 개발도상국 집단의 정부들이 머신러닝으로 인한 인력 고용 문제를 해결하기 위해 기준선에서 가정한 것보다 더 활발하게 긍정적인 정책 조치를 취한다고 가정합니다. 이 시나리오의 정책 입안자들은 고등 교육과 직업 교육에 대한 접근을 확대하여 노동 인력의 평균 기술 수준을 성공적으로 향상시킵니다. 이로 인해 보완 효과가 대체 효과보다 강하고 머신러닝 기술의 지배적 영향이 인간 노동을 대체하기보다 개선하도록 합니다.

시나리오 1에서 아시아 개발도상국 집단의 경제는 5.04%의 CAGR로 성장하여 2030년까지 GDP가 미화 20조 달러에 달합니다. 이 수치는 2030년에 기준선 예측 대비 미화 2조 달러 규모의 추가 경제 활동을 나타냅니다. 이 시나리오는 2030년에 기준선과 동일한 노동 시간 수를 가정하기 때문에, 이 증가된 경제 생산량은 거의 전적으로, 근로자들의 숙련도를 향상시키고 인간 노동과 머신러닝

아시아 개발도상국의 시나리오 결과

		2016	2030(s)	2030(b)	2016년 대비 변화	기준선 대비 변화	CAGR 2016 - 30
시나리오 #1	GDP	9조 5000억 달러	20조 달러	18조 달러	10조 5000억 달러	2조 달러	5.04%
	생산성	0.0027	0.0050	0.0045	0.0023	0.0005	4.06%
시나리오 #2	GDP	9조 5000억 달러	24조 4000억 달러	18조 달러	14조 9000억 달러	6조 4000억 달러	6.47%
	생산성	0.0027	0.0061	0.0045	0.0034	0.0016	5.60%
시나리오 #3	GDP	9조 5000억 달러	15조 3000억 달러	18조 달러	5조 8000억 달러	-2조 7000억 달러	3.20%
	생산성	0.0027	0.0038	0.0045	0.0011	-0.0007	2.35%

참고: 모든 GDP는 미국 달러로 기준으로 공식 결과로부터 반올림됨
(s) = 시나리오 결과
(b) = EIU 기준선 예측
생산성 = 생산량/인시

기술 간의 상호보완성을 증가시킨 공공 정책이 생산성에 긍정적인 영향을 미친 것으로 해석될 수 있습니다. 이 시나리오에서 생산성은 0.0027에서 0.005로 4.06%의 CAGR로 증가합니다. 시나리오 1에서 아시아 개발도상국의 GDP와 생산성은 모두 기준선과 비교해 개선을 보였지만, 그 차이는 약 16%로 크지 않습니다. 이는 이 국가들 중 다수가 교육과 컴퓨터 사용 능력 면에서 매우 낮은 평균 인간 자본 수준에서 시작하여 머신러닝 기술의 잠재력을 충분히 이용하지 못할 수 있기 때문일 수 있습니다.

시나리오 #2: 기술과 오픈소스 데이터 액세스에 대한 보다 많은 투자

시나리오 2는 아시아 개발도상국 집단의 정부들이 머신러닝 기술에 대한 자본 투자율을 높이는 데 성공하고, 그 결과 공공 정책 이니셔티브의 긍정적인 영향으로 기준선보다 머신러닝 기술의 보급과 도입이 증가할 것으로 가정합니다. 이 시나리오는 이러한 노력이 두 가지 주요 정책 개입에 초점을 맞출 것으로 가정합니다. 하나는 머신러닝 기술에 대한 민간 부문 투자를 장려하기 위한 새로운 세금 우대 정책이고, 다른 하나는 국가 지식 공유 커뮤니티에 투자하고 대중에게 정부의 자체 데이터를 더 공개하여 오픈소스 데이터 액세스 증가시키는 것입니다.

기준선을 포함한 모든 시나리오 중 시나리오 2의 결과는 아시아 개발도상국 경제에 가장 긍정적인 영향을 나타냅니다. 머신러닝 기술에 대한 자본 투자 확대를 장려하는 정책 추진은 기준선 대비 GDP와 생산성에 상당한 증가를 가져옵니다. 이것은 머신러닝이 광범위하게

보급되어 노동 인력에 대해 주로 보완적인 영향을 미치기 때문입니다. 이 시나리오에서 아시아 개발도상국의 GDP는 6.47%의 CAGR 또는 기준선 성장률보다 거의 50% 더 높게 성장하여 2030년에 미화 24조 4000억 달러로 증가합니다. 이는 기준선 추정치 대비 미화 6조 4000억 달러 또는 36% 증가를 나타냅니다. 총 노동 시간은 이 시나리오에서 기준선과 일치하고, 이는 4.34% CAGR의 기준선 가정과 비교해 5.6%의 CAGR로 증가하는 생산성은 이러한 GDP 증가 덕분임을 암시합니다. 이는 기준선 대비 60% 증가를 나타내고, 확실히 긍정적인 결과일지라도 동일한 시나리오에서 대부분의 선진국이 보이는 백분율 증가보다 적습니다. 이는 아마도 아시아 개발도상국의 고용주들이 자동화로 근로자들을 교체하기에 더 적은 비용 인센티브, 머신러닝이 서비스 근로자들보다 제조업(이 국가들 상당수에 중요한 부분) 근로자들에게 직접적 위협이 더 적기 때문일 것입니다.

시나리오 #3: 경제의 구조적 변화에 대한 정책 지원 부족

시나리오 3은 아시아 개발도상국의 정책 입안자들이 머신러닝 기술 발전에 의한 경제적 문제에 적극 대처하지 못한다고 가정합니다. 시나리오 2에서 가정한 민간 부문 투자 촉진을 위한 신규 세제 우대가 없는 경우, 머신러닝 기술은 계속하여 기준선 가정과 일치하게 발전합니다. 한편 국가 데이터 공유에 대한 정부 지원 부족은 전반적으로 머신러닝의 긍정적인 경제적 영향을 감소시킵니다. 머신러닝의 유용성을 극대화하려면 고품질의 많은 양의 데이터가 필요합니다. 가장 중요한 것은 이 시나리오에서 노동 인력의 숙련도 향상에 대한 투자 부족은 대체 효과가

보완 효과를 증가하는 상황을 초래하여, 머신러닝 기술의 두드러진 영향이 생산성 증가가 아닌, 근로자 교체 효과로 나타납니다.

이러한 소극적인 정책이 아시아 개발도상국 경제들에 상당히 부정적인 영향을 미치고, 모델이 생성한 GDP와 생산성 추정치 모두에 영향을 미칩니다. 아시아 개발도상국은 보다 성숙한 국가들보다 상대적으로 더 적게 영향을 받긴 하지만, 그래도 예측 기간 동안 GDP 성장의 약 1/4과 생산성 성장의 약 1/3을 상실하게 되어 시나리오 3에서 각각 3.2%, 2.35%의 CAGR로 감소합니다. 이는 기준선과 비교해 2030년에 미화 2조 7000억 달러의 경제 활동이 증발하는 결과입니다. 2030년에 총 노동 시간은 기준선 추정치와 대략 일치합니다.

일본

기준선 예측

기준선 예측은 일본의 경제 여건과 공공 정책이 EIU의 표준 모델의 토대가 되는 가정에 상응한다고 가정합니다. 이는 일본 경제가 예측 기간 동안 1.57%의 CAGR로 성장하여 2030년에는 GDP가 2016년 대비 명목상 미화 13억 달러 증가한 미화 6조 1000억 달러에 달할 것으로 전망합니다. 동일한 기간 동안 (백만 인시 당 수십억 달러로 측정) 일본의 생산성은 0.0421에서 0.054로 1.67%의 CAGR로 증가할 것으로 예상됩니다. 일본의 GDP와 생산성 성장에 대한 기준선 추정치는 다른 선진국들에 비해 긍정적이고, 일본이 직면한 심각한 인구학적 과제를 감안할 때 특히나 그러합니다.

시나리오 #1: 숙련도 향상을 통한 보다 큰 인간 생산성

시나리오 1은 일본이 머신러닝으로 인한 인력 고용 문제를 해결하기 위해 기준선에서 가정한 것보다 더 활발하게

긍정적인 정책 조치를 취한다고 가정합니다. 시나리오 1의 정책 입안자들은 고등 교육과 직업 교육에 대한 접근을 확대하여 노동 인력의 평균 기술 수준을 성공적으로 향상시킵니다. 이로 인해 보완 효과가 대체 효과보다 강하고 머신러닝 기술의 지배적 영향이 인간 노동을 대체하기보다 개선하도록 합니다.

시나리오 1에서 일본 경제는 1.96%의 CAGR로 성장하여 2030년까지 GDP가 미화 6조 4000억 달러에 달합니다. 이 수치는 2030년에 기준선 예측 대비 미화 3000억 달러 규모의 추가 경제 활동을 나타냅니다. 이 시나리오는 기준선과 비교해 2030년에 동일한 노동 시간 수에서 거의 변화가 없다고 가정하기 때문에, 이 증가된 경제 생산량은 거의 전적으로, 근로자들의 숙련도를 향상시키고 인간 노동과 머신러닝 기술 간의 상호보완성을 증가시킨 공공 정책이 생산성에 긍정적인 영향을 미친 것으로 해석될 수 있습니다. 이 시나리오에서 생산성은 0.042에서 0.057로 2.06%의 CAGR로 증가합니다. 미국과 한국의 경우와

일본의 시나리오 결과

		2016	2030(s)	2030(b)	2016년 대비 변화	기준선 대비 변화	CAGR 2016 - 30
시나리오 #1	GDP	4조 8000억 달러	6조 4000억 달러	6조 1000억 달러	1조 6000억 달러	3000억 달러	1.96%
	생산성	0.0421	0.0570	0.0540	0.0160	0.0030	2.06%
시나리오 #2	GDP	4조 8000억 달러	6조 9000억 달러	6조 1000억 달러	2조 1000억 달러	8000억 달러	2.43%
	생산성	0.0421	0.0610	0.0540	0.0189	0.0070	2.53%
시나리오 #3	GDP	4조 8000억 달러	5조 2000억 달러	6조 1000억 달러	4000억 달러	-9000억 달러	0.53%
	생산성	0.0421	0.0460	0.0540	0.0039	-0.0080	0.63%

참고: 모든 GDP는 미국 달러로 기준으로 공식 결과로부터 반올림됨
 (s) = 시나리오 결과
 (b) = EIU 기준선 예측
 생산성 = 생산량/인시

같이, 일본이 시나리오 1에서 보이는 기준선 대비 GDP와 생산성 증가는 비교적 완만한데, 이는 일본 노동 인력의 교육 수준과 컴퓨터 사용 능력의 시작점이 높기 때문일 가능성이 큼니다.

시나리오 #2: 기술과 오픈소스 데이터 액세스에 대한 보다 많은 투자

시나리오 2는 일본이 머신러닝 기술에 대한 자본 투자율을 높이는 데 성공하고, 그 결과 공공 정책 이니셔티브의 긍정적인 영향으로 기준선보다 머신러닝의 보급과 도입이 증가할 것으로 가정합니다. 이 시나리오는 이러한 노력이 두 가지 주요 정책 개입에 초점을 맞출 것으로 가정합니다. 하나는 머신러닝 기술에 대한 민간 부문 투자를 장려하기 위한 새로운 세금 우대 정책이고, 다른 하나는 국가 지식 공유 커뮤니티에 투자하고 대중에게 정부의 자체 데이터를 더 공개하여 오픈소스 데이터 액세스를 증가시키는 것입니다.

일본은 세계에서 가장 발전한 경제 중 하나이고 컴퓨터 자본에 대한 현재의 투자 수준이 매우 높기 때문에, 시나리오 2에서 다른 국가들보다 적은 혜택을 보게 될 것으로 예측되는 것은 당연합니다. 그럼에도 불구하고, 시나리오 2의 정책 가정이 일본 경제에 미치는 영향은 매우 긍정적이고, GDP와 생산성 성장률 모두 기준선 추정치보다 50% 넘게 높습니다. 머신러닝 기술에 대한 자본 투자 확대를 장려하는 정책 추진은 기준선 대비 GDP와 생산성에 상당한 증가를 가져옵니다. 이것은 머신러닝이 광범위하게 보급되어 노동 인력에 대해 주로 보완적인 영향을 미치기 때문입니다. 이 시나리오에서 일본의

GDP는 2.43%의 CAGR 또는 기준선 성장률보다 55% 더 성장하여 2030년에 미화 6조 9000억 달러로 증가합니다. 이는 기준선 추정치 대비 미화 800조 달러 또는 13% 증가를 나타냅니다. 이 시나리오에서 총 노동 시간은 기본적으로 기준선과 동일하고, 이는 GDP 증가가 거의 전적으로 생산성 증가에서 기인함을 암시합니다. 생산성은 1.67%의 기준선 추정치와 비교해 2.53%의 CAGR로 증가합니다.

시나리오 #3: 경제의 구조적 변화에 대한 정책 지원 부족

시나리오 3은 일본의 정책 입안자들이 머신러닝 기술 발전에 의한 경제적 문제에 적극 대처하지 못한다고 가정합니다. 시나리오 2에서 가정한 민간 부문 투자 촉진을 위한 신규 세제 우대가 없는 경우, 머신러닝 기술은 계속하여 기준선 가정과 일치하게 발전합니다. 한편 국가 데이터 공유에 대한 정부 지원 부족은 전반적으로 머신러닝의 긍정적인 경제적 영향을 감소시킵니다. 머신러닝의 유용성을 극대화하려면 고품질의 많은 양의 데이터가 필요합니다. 가장 중요한 것은 이 시나리오에서 노동 인력의 숙련도 향상에 대한 투자 부족은 대체 효과와 보완 효과를 능가하는 상황을 초래하여, 머신러닝 기술의 두드러진 영향이 생산성 증가가 아닌, 근로자 교체 효과로 나타납니다.

이러한 소극적인 정책이 일본 경제에 미치는 영향은 매우 부정적이고, 그 결과는 모델이 생성한 GDP와 생산성 추정치 모두에서 볼 수 있습니다. 시나리오 3에서 예측 기간 동안 일본의 GDP는 증가하지만, 기준선 추정치의 단지 약 1/3 수준인 0.53%의 CAGR로 증가하여 2030년

경제 활동 규모가 기준선보다 9000억 달러 적습니다.
한편 이 기간 동안 생산성은 부진하여 0.63% CAGR
정도만 증가합니다. 이는 기준선 추정치보다 3/5 이상
낮은 증가율입니다. 2030년에 총 노동 시간은 대략 기준선
추정치와 일치합니다. 일본 경제가 직면한 인구통계학적
역풍을 감안할 때, 시나리오 3에서 생산성 감소는 특히
우려가 되는 부분입니다. 일본의 노동 연령 인구와 전체
인구는 모두 예측 기간 동안 감소할 것으로 예상되고,
이로 인해 더 적은 수의 근로자들이 더 많은 연금 수령자를
부양하게 됩니다. 이는 높은 수준의 생산성 성장이 없는
상황에서 일본 생활 수준의 전반적 하락으로 이어질
것입니다.

한국

기준선 예측

기준선 예측은 한국의 경제 여건과 공공 정책이 EIU의 표준 모델의 토대가 되는 가정에 상응한다고 가정합니다. 이는 한국 경제가 예측 기간 동안 1.78%의 CAGR로 성장하여 2030년에는 GDP가 2016년 대비 명목상 미화 4000억 달러 증가한 미화 1조 7000억 달러에 달할 것으로 전망합니다. 동일한 기간 동안 (백만 인시당 수십억 달러로 측정된) 한국의 생산성은 0.023에서 0.024로 0.35%의 CAGR로 증가하여 비교적 변화가 없을 것으로 예상됩니다. 한국의 GDP와 생산성 성장에 대한 기준선 추정치는 기술적으로 고도화된 성숙한 경제 상태를 반영합니다.

시나리오 # 1: 숙련도 향상을 통한 보다 큰 인간 생산성

시나리오 1은 한국이 머신러닝으로 인한 인력 고용 문제를 해결하기 위해 기준선에서 가정한 것보다 더 활발하게

긍정적인 정책 조치를 취한다고 가정합니다. 시나리오 1의 정책 입안자들은 고등 교육과 직업 교육에 대한 접근을 확대하여 노동 인력의 평균 기술 수준을 성공적으로 향상시킵니다. 이로 인해 보완 효과가 대체 효과보다 강하고 머신러닝 기술의 지배적 영향이 인간 노동을 대체하기보다 개선하도록 합니다.

이 시나리오에서 한국 경제는 2.07%의 CAGR로 성장하여 2030년까지 GDP가 미화 1조 8000억 달러에 달합니다. 이 수치는 2030년에 기준선 예측 대비 미화 1000억 달러 규모의 추가 경제 활동을 나타냅니다. 시나리오 1은 기준선 대비 2030년에 노동 시간 수의 소규모 증가만을 가정하기 때문에, 이 증가된 경제 생산량은 거의 전적으로, 근로자들의 숙련도를 향상시키고 인간 노동과 머신러닝 기술 간의 상호보완성을 증가시킨 공공 정책이 생산성에 긍정적인 영향을 미친 것으로 해석될 수 있습니다. 이 시나리오에서 생산성 성장은 기준선보다 약간 높긴 하지만 기대에 못 미치는 결과이고 0.023에서 0.025로,

한국의 시나리오 결과

		2016	2030(s)	2030(b)	2016년 대비 변화	기준선 대비 변화	CAGR 2016 - 30
시나리오 #1	GDP	1조 3000억 달러	1조 8000억 달러	1조 7000억 달러	5000억 달러	1000억 달러	1.96%
	생산성	0.0226	0.0250	0.0240	0.0024	0.0010	0.63%
시나리오 #2	GDP	1조 3000억 달러	2조 달러	1조 7000억 달러	7000억 달러	3000억 달러	2.43%
	생산성	0.0226	0.0280	0.0240	0.0054	0.0040	1.55%
시나리오 #3	GDP	1조 3000억 달러	1조 3000억 달러	1조 7000억 달러	1390억 달러	-4000억 달러	-0.24%
	생산성	0.0226	0.0180	0.0240	-0.0086	-0.0060	-1.39%

참고: 모든 GDP는 미국 달러로 기준으로 공식 결과로부터 반올림됨
(s) = 시나리오 결과
(b) = EIU 기준선 예측
생산성 = 생산량/인시

0.63%의 CAGR로 증가합니다. 미국과 일본의 경우와 같이, 한국이 시나리오 1에서 보이는 기준선 대비 GDP와 생산성 증가는 비교적 완만한데, 이는 한국 노동 인력의 교육 수준과 컴퓨터 사용 능력의 시작점이 높기 때문일 가능성이 큼니다.

시나리오 #2: 기술과 오픈소스 데이터 액세스에 대한 보다 많은 투자

시나리오 2는 한국이 머신러닝 기술에 대한 자본 투자율을 높이는 데 성공하고, 그 결과 공공 정책 이니셔티브의 긍정적인 영향으로 기준선보다 머신러닝의 보급과 도입이 증가할 것으로 가정합니다. 시나리오는 이러한 노력이 두 가지 주요 정책 개입에 초점을 맞출 것으로 가정합니다. 하나는 머신러닝 기술에 대한 민간 부문 투자를 장려하기 위한 새로운 세금 우대 정책이고, 다른 하나는 국가 지식 공유 커뮤니티에 투자하고 대중에게 정부의 자체 데이터를 더 공개하여 오픈소스 데이터 액세스를 증가시키는 것입니다.

한국은 기술 분야의 세계 리더로서의 입지에 걸맞게 현재 높은 수준의 컴퓨터 자본을 보유하고 있으나, 동시에 산업적 대량 생산에 대한 의존으로부터 고부가가치 활동으로 전환 중인 국가입니다. 시나리오 2의 정책 변화는 현재의 강한 토대를 기반으로 한국 경제에 상당히 긍정적인 영향을 미칠 수 있습니다. 머신러닝 기술에 대한 자본 투자 확대를 장려하는 정책 추진은 기준선 대비 GDP와 생산성에 상당한 증가를 가져옵니다. 이것은 머신러닝이 광범위하게 보급되어 노동 인력에 대해 주로 보완적인 영향을 미치기

때문입니다. 이 시나리오에서 한국의 GDP는 3.0%의 CAGR로 증가하고, 이는 기준선 성장률보다 2/3 이상 더 높은 수치로 2030년에 미화 2조 달러로 증가합니다. 이는 기준선 추정치 대비 미화 3000억 달러 또는 약 18% 증가를 나타냅니다. 총 노동 시간이 이 시나리오의 기준선보다 크게 높진 않지만 대부분의 GDP 증가는 생산성에서 기인하고, 이는 기준선 추정치의 4배가 넘는 1.55%의 CAGR로 증가합니다.

시나리오 #3: 경제의 구조적 변화에 대한 정책 지원 부족

시나리오 3은 한국의 정책 입안자들이 머신러닝 기술 발전에 의한 경제적 문제에 적극 대처하지 못한다고 가정합니다. 시나리오 2에서 가정한 민간 부문 투자 촉진을 위한 신규 세제 우대가 없는 경우, 머신러닝 기술은 계속하여 기준선 가정과 일치하게 발전합니다. 한편 국가 데이터 공유에 대한 정부 지원 부족은 전반적으로 머신러닝의 긍정적인 경제적 영향을 감소시킵니다. 머신러닝의 유용성을 극대화하려면 고품질의 많은 양의 데이터가 필요합니다. 가장 중요한 것은 이 시나리오에서 노동 인력의 숙련도 향상에 대한 투자 부족은 대체 효과가 보완 효과를 능가하는 상황을 초래하여, 머신러닝 기술의 두드러진 영향이 생산성 증가가 아닌, 근로자 교체 효과로 나타납니다.

이러한 소극적인 정책이 한국 경제에 미치는 영향은 매우 부정적이고, 그 결과는 모델이 생성한 GDP와 생산성 추정치 모두에서 볼 수 있습니다. 예측 기간 동안 한국의 GDP 성장은 시나리오 3에서 0.02%의 CAGR로 완전히

사라지고, 2030년 경제 활동 규모가 기준선보다 4000억 달러 감소하는 결과를 초래합니다. 한편 이 기간 동안 생산성은 -1.39%의 추정 CAGR로 마이너스 영역으로 크게 떨어집니다. 2030년에 총 노동 시간은 기준선 추정치와 비교해 약 2% 증가하고, 이는 총 노동 시간 증가가 실직률에 대한 부정적인 영향을 부분적으로라도 완화했음을 나타냅니다. 미국과 함께, 한국은 시나리오 3에서 공공 정책 실패로 가장 큰 타격을 받은 국가 중 하나로, GDP와 생산성 성장률이 각각 1.76%, 1.74% 감소합니다.

영국

기준선 예측

기준선 예측은 영국의 경제 여건과 공공 정책이 EIU의 표준 모델의 토대가 되는 가정에 상응한다고 가정합니다. 이는 영국 경제가 지지부진한 성장을 보이고, 예측 기간 동안 0.63%의 CAGR로 성장하여 2030년에 GDP가 2016년 대비 명목상 미화 3000억 달러 증가한 미화 2조 8000억 달러에 달할 것으로 전망합니다. (백만 인시 당 수십억 달러로 측정된) 영국의 생산성은 동일한 기간 동안 0.045에서 0.041로 -0.62%의 CAGR로 감소할 것으로 예상됩니다. 기준선에서 가정한 생산성 감소는 최근 영국 실적과 일치하고, 영국의 좋지 않은 생산성은 오랫동안 경제 정책 입안자들의 걱정거리였습니다. 좋지 않은 생산성은 또한 기준선 추정치에서 영국에 예상된 실망스러운 GDP 성장의 주요 요인 중 하나입니다. 경제 불확실성 증가, 영국의 압박한 EU 탈퇴와 관련된 무역과 투자에 대한

부정적 영향은 영국의 기준선 추정치의 낮은 성장에 영향을 미친 또 다른 요인입니다. 기준선에서 영국은 GDP와 생산성 성장의 측면에서 분석한 모든 다른 국가들보다 성과가 부진할 것으로 예상됩니다.

시나리오 #1: 숙련도 향상을 통한 보다 큰 인간 생산성

시나리오 1은 영국이 머신러닝으로 인한 인력 고용 문제를 해결하기 위해 기준선에서 가정한 것보다 더 활발하게 긍정적인 정책 조치를 취한다고 가정합니다. 시나리오 1의 정책 입안자들은 고등 교육과 직업 교육에 대한 접근을 확대하여 노동 인력의 평균 기술 수준을 성공적으로 향상시킵니다. 이로 인해 보완 효과가 대체 효과보다 강하고 머신러닝 기술의 지배적 영향이 인간 노동을 대체하기보다 개선하도록 합니다.

시나리오 1에서 영국 경제는 1.29%의 CAGR로 성장하여 2030년경 영국 GDP가 미화 3조 1000억 달러에

영국의 시나리오 결과

		2016	2030(s)	2030(b)	2016년 대비 변화	기준선 대비 변화	CAGR 2016 - 30
시나리오 #1	GDP	2조 5000억 달러	3조 1000억 달러	2조 8000억 달러	6000억 달러	3000억 달러	1.29%
	생산성	0.0450	0.0453	0.0410	0.003	0.002	0.04%
시나리오 #2	GDP	2조 5000억 달러	3조 4000억 달러	2조 8000억 달러	9000억 달러	6000억 달러	1.94%
	생산성	0.0450	0.0498	0.0410	0.0048	0.088	0.68%
시나리오 #3	GDP	2조 5000억 달러	2조 1000억 달러	2조 8000억 달러	-3000억 달러	-7000억 달러	-1.20%
	생산성	0.0450	0.0310	0.0410	-0.004	-0.0110	-2.41%

참고: 모든 GDP는 미국 달러로 기준으로 공식 결과로부터 반올림됨
 (s) = 시나리오 결과
 (b) = EIU 기준선 예측
 생산성 = 생산량/인시

달합니다. 이 수치는 2030년에 기준선 예측 대비 미화 3000억 달러 규모의 추가 경제 활동을 나타냅니다. 시나리오 1은 기준선과 비교해 2030년에 동일한 노동 시간 수에서 거의 변화가 없다고 가정하기 때문에, 이 증가된 경제 생산량은 거의 전적으로, 근로자들의 숙련도를 향상시키고 인간 노동과 머신러닝 기술 간의 상호보완성을 증가시킨 공공 정책이 생산성에 긍정적인 영향을 미친 것으로 해석될 수 있습니다. 이 시나리오에서 생산성은 기본적으로 변화가 없고 예측 기간 동안 0.04%의 CAGR로 증가합니다. 이것은 실망스러운 수치이긴 하지만 영국의 생산성이 감소할 것으로 가정하는 기준선과 비교하면 유의한 개선입니다.

시나리오 #2: 기술과 오픈소스 데이터 액세스에 대한 보다 많은 투자

시나리오 2는 영국이 머신러닝 기술에 대한 자본 투자율을 높이는 데 성공하고, 그 결과 공공 정책 이니셔티브의 긍정적인 영향으로 기준선보다 머신러닝 기술의 보급과 도입이 증가할 것으로 가정합니다. 이 시나리오는 이러한 노력이 두 가지 주요 정책 개입에 초점을 맞출 것으로 가정합니다. 하나는 머신러닝 기술에 대한 민간 부문 투자를 장려하기 위한 새로운 세금 우대 정책이고, 다른 하나는 국가 지식 공유 커뮤니티에 투자하고 대중에게 정부의 자체 데이터를 더 공개하여 오픈소스 데이터 액세스를 증가시키는 것입니다.

기준선을 포함한 모든 시나리오 중 시나리오 2의 결과는 영국 경제에 가장 긍정적인 영향을 나타냅니다. 머신러닝 기술에 대한 자본 투자 확대를 장려하는 정책 추진은 기준선

대비 GDP와 생산성에 상당한 증가를 가져옵니다. 이것은 머신러닝이 광범위하게 보급되어 노동 인력에 대해 주로 보완적인 영향을 미치기 때문입니다. 이 시나리오에서 영국의 GDP는 1.94%의 CAGR 또는 기준선 성장률보다 3배 더 높게 성장하여 2030년에 미화 3조 4000억 달러로 증가합니다. 이는 기준선 추정치 대비 미화 6000억 달러 또는 21.4%의 증가를 나타냅니다. 이 시나리오에서 총 노동 시간은 기준선과 거의 동일하고, 이는 GDP 증가가 거의 전적으로 생산성에서 기인함을 암시하며, 생산성은 0.62% 감소하는 기준선 추정치와 비교해 0.68%의 CAGR로 증가합니다.

시나리오 # 3: 경제의 구조적 변화에 대한 정책 지원 부족

시나리오 3은 영국의 정책 입안자들이 머신러닝 기술 발전에 의한 경제적 문제에 적극 대처하지 못한다고 가정합니다. 시나리오 2에서 가정한 민간 부문 투자 촉진을 위한 신규 세제 우대가 없는 경우, 머신러닝 기술은 계속하여 기준선 가정과 일치하게 발전합니다. 한편 국가 데이터 공유에 대한 정부 지원 부족은 전반적으로 머신러닝의 긍정적인 경제적 영향을 감소시킵니다. 머신러닝의 유용성을 극대화하려면 고품질의 많은 양의 데이터가 필요합니다. 가장 중요한 것은 이 시나리오에서 노동 인력의 숙련도 향상에 대한 투자 부족은 대체 효과가 보완 효과를 능가하는 상황을 초래하여, 머신러닝 기술의 두드러진 영향이 생산성 증가가 아닌, 근로자 교체 효과로 나타납니다.

이러한 소극적인 정책이 영국 경제에 미치는 영향은 매우 부정적이고, 그 결과는 모델이 생성한 GDP와 생산성

추정치 모두에서 볼 수 있습니다. 시나리오 3에서 영국의 GDP는 예측 기간 동안 실제로 -1.20%의 CAGR로 감소하고, 2030년 경제 활동 규모가 2016년 수준보다 미화 4000억 달러만큼 줄어들고 기준선 추정치보다 미화 7000억 달러만큼 줄어들게 됩니다. 한편 기준선에서 마이너스일 것으로 이미 예상된 생산성은 예측 기간 동안 무려 -2.41% CAGR로 감소합니다. 2030년에 총 노동 시간은 2016년보다 높지만, 기준선 추정치와 비교해 감소합니다. 종합적으로 이 암울한 수치들은 영국이 예측 기간 동안 상당한 경기 침체 기간과 전반적인 생활 수준의 하락을 경험하게 될 것임을 암시합니다. 분석한 모든 국가들 중 영국은 빈약한 공공 정책으로부터 잃을 것이 가장 많고 GDP와 생산성 성장률의 감소는 각각 1.83%, 1.79%입니다.

미국

기준선 예측

기준선 예측은 미국의 경제 여건과 공공 정책이 EIU의 표준 모델의 토대가 되는 가정에 상응한다고 가정합니다. 이는 미국 경제가 예측 기간 동안 1.84%의 CAGR로 성장하여 2030년에 GDP가 2016년 대비 명목상 미화 5조 3000억 달러 증가한 미화 21조 9000억 달러에 달할 것으로 전망합니다. 동일한 기간 동안 (백만 인당 수 십억 달러로 측정) 미국의 생산성은 0.059에서 0.073으로 1.40%의 CAGR로 증가할 것으로 예상됩니다. 미국의 GDP와 생산성 성장의 기준선 추정치는 기존 인구의 고령화와 완만한 수준의 이민자 유입과 더불어 매우 기술적으로 성숙된 경제 상태를 반영합니다. 이 수치는 과거의 기준으로 봤을 때는 높지 않지만 영국, 호주, 일본과 같은 다른 선진국들과 비교해 긍정적입니다.

시나리오 1: 숙련도 향상을 통한 보다 큰 인간 생산성

시나리오 1은 미국이 머신러닝으로 인한 인력 고용 문제를 해결하기 위해 기준선에서 가정한 것보다 더 활발하게 긍정적인 정책 조치를 취한다고 가정합니다. 시나리오 1의 정책 입안자들은 고등 교육과 직업 교육에 대한 접근을 확대하여 노동 인력의 평균 기술 수준을 성공적으로 향상시킵니다. 이로 인해 보완 효과가 대체 효과보다 강하고 머신러닝 기술의 지배적 영향이 인간 노동을 대체하기보다 향상하도록 합니다.

시나리오 1에서 미국 경제는 2%보다 약간 높은 CAGR로 성장하여 2030년경 GDP가 미화 22조 5000억 달러에 달합니다. 이 수치는 2030년에 기준선 예측 대비 미화 6410억 달러 규모의 추가 경제 활동을 나타냅니다. 이 시나리오는 2030년에 기준선과 동일한 노동 시간 수를 가정하기 때문에, 이 높은 수준의 경제 생산량은 전적으로, 근로자들의 기술을 향상시키고 인간 노동과 머신러닝 기술 간의 상호보완성을 증가시킨 공공 정책이 생산성에

미국의 시나리오 결과

		2016	2030(s)	2030(b)	2016년 대비 변화	기준선 대비 변화	CAGR 2016 - 30
시나리오 #1	GDP	16조 6000억 달러	22조 5000억 달러	21조 9000억 달러	5조 8000억 달러	6410억 달러	2.04%
	생산성	0.059	0.075	0.073	0.016	0.002	1.59%
시나리오 #2	GDP	16조 6000억 달러	25조 9000억 달러	21조 9000억 달러	9조 3000억 달러	4조 달러	3.00%
	생산성	0.059	0.086	0.073	0.027	0.014	2.56%
시나리오 #3	GDP	16조 6000억 달러	18조 8000억 달러	21조 9000억 달러	2조 6000억 달러	3조 1000억 달러	0.84%
	생산성	0.059	0.063	0.073	0.04	-0.010	0.40%

참고: 모든 GDP는 미국 달러로 기준으로 공식 결과로부터 반올림됨
(s) = 시나리오 결과
(b) = EIU 기준선 예측
생산성 = 생산량/인시

긍정적인 영향을 미친 것으로 해석될 수 있습니다. 이 시나리오에서 생산성은 0.059에서 0.075로 1.59%의 CAGR로 증가합니다. 시나리오 1에서 미국은 기준선 대비 GDP와 생산성의 증가가 3%에 약간 못 미치는데 이는 비교적 작은 수치이고, 분석 대상인 6개 국가들 중 가장 낮습니다. 이는 미국 노동 인력의 교육 및 컴퓨터 사용 능력의 시작점이 비교적 높은 수준이기 때문일 수 있습니다.

시나리오 #2: 기술과 오픈소스 데이터 액세스에 대한 보다 많은 투자

시나리오 2는 미국이 머신러닝 기술에 대한 자본 투자를 성공적으로 증가시킬 수 있고, 따라서 공공 정책 이니셔티브의 긍정적인 영향 덕분에 기준선보다 이의 보급과 채택이 증가할 것으로 가정합니다. 시나리오에 이러한 노력이 두 가지 주요 정책 개입에 초점을 맞출 것으로 가정합니다. 머신러닝 기술에 대한 민간 부문 투자를 장려하기 위한 새로운 세제상 우대 채택, 국가 지식 공유 공동체에 투자하고 대중에게 정부의 자체 데이터 공개 증가를 통해 오픈소스 데이터 액세스 증가.

기준선을 포함한 모든 시나리오 중 시나리오 2는 미국 경제에 가장 큰 긍정적인 영향을 결과합니다. 머신러닝 기술에 대한 자본 투자 확대를 장려하는 정책 추진은 기준선 대비 GDP와 생산성에 상당한 증가를 결과하고, 이는 머신러닝이 광범위하게 보급되어 노동 인력에 대한 주로 보완적 영향을 미치기 때문입니다. 이 시나리오에서 미국의 GDP는 3%의 CAGR 또는 기준선 성장률보다 60% 넘게 더 성장하여 2030년에 미화 25조 9000억 달러로

증가합니다. 이는 기준선 추정치 대비 미화 9조 3000억 달러 또는 18% 증가를 나타냅니다. 이 시나리오에서 총 노동 시간이 기준선보다 크게 높진 않지만 생산성이 GDP 증가의 가장 큰 요인이고, 생산성은 1.4%의 기준선 추정치와 비교해 2.56%의 CAGR로 증가합니다.

시나리오 #3: 경제의 구조적 변화에 대한 정책 지원 부족

시나리오 3은 미국의 정책 입안자들이 미국 연방 정부를 골치 아프게 하는 정치적 교착상태 때문에, 머신러닝 기술 발달로 인한 경제적 문제에 적극 대처하지 못한다고 가정합니다. 시나리오 2에서 가정한 민간 부문 투자 촉진을 위한 신규 세제 우대가 없는 경우, 머신러닝 기술은 계속하여 기준선 가정과 일치하게 발전합니다. 한편 국가 데이터 공유에 대한 정부 지원 부족은 전반적으로 머신러닝의 긍정적인 경제적 영향을 감소시킵니다. 머신러닝의 유용성을 극대화하려면 고품질의 많은 양의 데이터가 필요합니다. 가장 중요한 것은 이 시나리오에서 노동 인력의 숙련도 향상에 대한 투자 부족은 대체 효과와 보완 효과를 능가하는 상황을 초래하여, 머신러닝 기술의 두드러진 영향이 생산성 증가가 아닌, 근로자 교체 효과로 나타납니다.

이러한 소극적인 정책이 미국 경제에 미치는 영향은 매우 부정적이고, 그 결과는 모델이 생성한 GDP와 생산성 추정치 모두에서 볼 수 있습니다. 시나리오 3에서 예측 기간 동안 미국의 GDP는 증가하지만 기준선 추정치의 절반 수준 미만인 0.84%의 CAGR로 증가하여 2030년 경제 활동 규모가 기준선보다 3조 1000억 달러 적게 나타납니다.

한편 생산성은 예측 기간 동안 0.4%의 CAGR로
증가하여 대체로 정체됩니다. 2030년에 총 노동 시간은
2016년보다 높지만, 기준선 추정치와 비교해 감소합니다.

부록 2: 방법론

서문

머신러닝은 새로운 기술의 약속입니다. 향후 10년 동안 정책 입안자들의 결정에 따라 머신러닝이 사회에 미치는 영향은 달라질 것입니다. 한편 머신러닝의 힘을 이용하기 위한 적극적인 노력은 동반 성장과 생산성 제고를 위한 원동력이 될 수 있습니다. 반면 인간과 기계 간의 거시경제학적 관계를 고려하지 않는 정책 활동 또는 소극적 정책은 머신러닝의 부정적인 영향을 증폭시킬 수 있습니다.

우리가 파악한 정책 입안자들이 활용할 수 있는 세 가지 주요 수단은 **인간 노동력의 숙련도 향상, 컴퓨터 자본에 대한 투자, 개방형 데이터에 대한 액세스**입니다. 이 정책들은 기계와 인간의 대체성과 상호보완성에 각기 다른 영향을 미치고, 결과적으로 생산량과 생산성에 영향을 미칩니다. 우리는 머신러닝이 5개 국가들(미국, 영국, 호주, 일본, 한국)과 (집단으로서) 아시아 개발도상국에 미치는 경제적 영향을 정량화하기 위해 기준선과 3개의 시나리오를 개발했습니다.

모델

EIU의 추정치는 Hanson이 개발한 모델(2001)에 기반합니다. Hanson은 기계가 자신이 수행하는 업무와 작업에서 보다 생산적일 때 인간 노동을 보완할 수 있으나(인간 노동 보완) 인간 일자리를 차지할 수도 있는(인간 노동 대체) 외생적 성장 모델을 개발했습니다.

보완 또는 대체 효과를 가져올 수 있는 컴퓨터 가격, 인간 노동, 기량과 같은 다양한 요인들이 있습니다. 모델의 개요는 다음과 같습니다.

$$\ln Y = \alpha + \beta \ln K + \rho \ln (a * H + M)$$

여기서:

Y는 생산량(GDP)

Y는 생산량(GDP)

a는 인간 생산성의 이점

β 와 ρ 는 각각 자본과 노동의 생산량 탄력성

K는 공장, 인적 자본과 같은 다른 형태의 자본

H는 인간 노동

M은 컴퓨터 자본

시나리오 1: 숙련도 향상을 통한 보다 큰 인간 생산성의 이점(낙관적 시나리오)

첫 번째 시나리오에서, 현재 예상되는 것보다 노동과 머신러닝 간의 보다 큰 상호보완성을 반영하기 위해 기준선 시나리오를 수정합니다. 3차 교육 강화를 통한 보다 큰 숙련도 향상은 기준선 수준과 비교해 머신러닝보다 인간 생산성의 이점(a)을 증가시킵니다. 규제 환경의 변화는 머신러닝 환경을 보완하도록 교육과정을 변경하여 직업 교육을 확대합니다. 또한 3차 교육에 필요한 자금에 대한 접근이 확대되어, 보다 많은 사람들이 교육 투자에 대한 수익을 회수할 수 있습니다(OECD는 추가 1년마다 교육의 ROI가 3.7%인 것으로 추정합니다). 이 시나리오에서 컴퓨터 자본에 대한 투자는 기준선 시나리오와 동일한

속도로 계속하여 증가합니다. 전반적으로 GDP와 생산성 모두 예측 기간(2017-2030년) 동안 모든 국가에서 기준선 예측과 비교해 개선되는 것으로 나타났습니다.

시나리오 2: 기술과 오픈소스 데이터 액세스에 대한 보다 많은 투자(낙관적 시나리오)

이 시나리오에서는 머신러닝의 보완 효과가 대체 효과보다 우세하다고 가정하면서, 기준선 예측과 비교해 컴퓨터 자본 투자가 늘어나면 머신러닝이 더 많이 보급됩니다. 규제 환경의 변화는 국가 지식 커뮤니티를 장려하기 위한 오픈소스 데이터 액세스에 대한 투자를 촉진합니다. 컴퓨터 자본 투자에 대한 새로운 세액 공제는 민간 부문의 머신러닝 도입에 원동력이 됩니다. 컴퓨팅 효율성의 지속적인 발전은 하드웨어 가격을 낮추고 머신러닝 소프트웨어에 대한 더 많은 투자를 가능하게 합니다. 컴퓨터 자본은 EIU의 기준선 예측보다 높은 수준으로 국가마다 다른 성장률로 증가합니다. 첫 번째 시나리오에서처럼, GDP와 생산성은 예측 기간(2017-2030년) 동안 모든 국가에서 기준선 예측과 비교해 개선됩니다.

시나리오 3: 기술에 대한 불균형적인 경제 투자 증가(부정적 시나리오: 대체 효과)

시나리오 3은 머신러닝의 대체 효과가 보완 효과보다 우세하다고 가정합니다. 예측 기간 동안 정책 입안자들은 2016년의 숙련도 수준 이상으로 노동 인력을 개발하기 위한 조치를 취하지 않고, 국가 데이터 공유 체계 개발에서도 적극적인 역할을 수행하지 않습니다. 컴퓨터 자본은 기준선 예측과 일치하게 증가하지만, 노동력 역량은 정체됩니다. 기계 대비 인간 생산성의 이점이

감소하는 한편, 기계가 실행할 수 있는 작업 비율이 두 변수들의 기준선 수치와 비교해 증가합니다. 이러한 무관심한 규제 환경은 우세한 대체 효과에 이상적인 여건을 제공합니다. 비자발적 해고로 인해 노동한 시간이 감소함에 따라 머신러닝이 노동을 대체합니다. 전반적으로 이 시나리오에서 GDP와 생산성은 기준선 시나리오와 비교해 예측 기간 동안(2017-2030년) 모든 국가들에서 상당히 낮아집니다.

위험과 보상

머신러닝의 경제적 영향에 관한 시나리오

런던

20 Cabot Square

London

E14 4QW

United Kingdom

전화: (44.20) 7576 8000

팩스: (44.20) 7576 8500

이메일: london@eiu.com

뉴욕

750 Third Avenue

5th Floor

New York, NY 10017, US

전화: (1.212) 554 0600

팩스: (1.212) 586 0248

이메일: newyork@eiu.com

홍콩

1301 Cityplaza Four

12 Taikoo Wan Rd

Taikoo Shing

Hong Kong

전화: (852) 2585 3888

팩스: (852) 2802 7638

이메일: hongkong@eiu.com

싱가포르

8 Cross Street

#23-01 PWC Building

Singapore 048424

전화: (65) 6534 5177

팩스: (65) 6428 2630

이메일: singapore@eiu.com

제네바

Rue de l'Athénée 32

1206 Geneva Switzerland

전화: (41) 22 566 2470

팩스: (41) 22 346 9347

이메일: geneva@eiu.com