

# 인공지능과 생산성

경희대학교 | 이경전·황보유정

## 1. 서론

경제학에서 생산성이란 토지, 자원, 노동력 따위 생산의 여러 요소들이 투입된 양과 그것으로써 이루어진 생산물 산출량의 비율을 나타낸다. 기업에서의 생산성이란 제품 생산이나 서비스 제공에 있어 투입대비 얼마만큼의 산출이 이루어졌는지를 나타내는 지표이다. 그러면, 인공지능과 생산성은 어떠한 관계를 가지며, 이는 어떻게 설명할 수 있는가?

그림 1은 자료, 정보, 지식의 관계를 설명하는 그림이다[1].

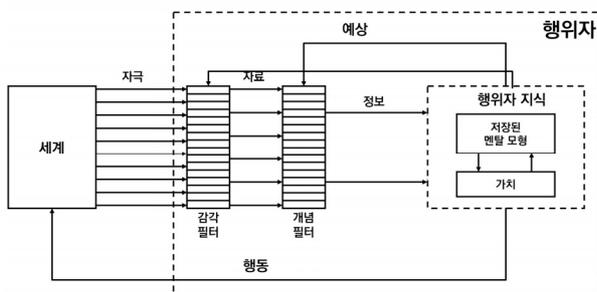


그림 1 세계 속 행위자 [1]

그림을 설명하면 다음과 같다. 어떤 행위자(Agent)는 세계로부터 자극을 받는다. 그 자극은 행위자의 감각 필터를 거치며, 자료가 되며, 행위자의 개념 필터를 걸쳐, 정보가 된다. 그 과정에서 행위자가 어떤 자극이 들어올 것으로 예상했는가, 어떤 정보로 출력될 것으로 예상했는가가 영향을 미친다. 단맛을 예상하고 마신 음료수가 짠맛일 때 우리는 더 큰 충격을 받게 마련이다. 결국, 행위자의 예상이 영향을 미친다. 정보는 행위자의 지식시스템의 입력 값이 되는데, 그 지식은 상호작용하는 저장된 멘탈 모형과 가치로 구성된다. 그림 1에서 저장된 멘탈 모형이 지능에 해당된다. 이 행위자가

동물과 같은 자연생명체이면, 그것은 뇌가 되는 것이고, 이 행위자가 기계이면 이는 인공지능 시스템이 된다. 그림 1에서, 자연 생명체의 자연 지능인 뇌나 인공지능 시스템의 인공지능 모두 가치와 상호작용한다고 설명한 것은 Albus(1991)의 지능의 정의와도 일맥상통한다. Albus(1991)는 지능이란 성공확률을 높일 수 있도록 적절히 행동하는 시스템의 능력이며, 성공은 시스템의 궁극적 목표달성을 지원하는 행동 목표의 달성으로 정의한다[2]. 여기서 시스템의 궁극적 목표라는 것은 시스템의 가치로 볼 수 있다. 그리고, 그림 1에서 행위자의 지식, 즉 지능의 결과는 행위들이라고 정의된 점도 Albus(1991)에서 행동이라는 단어로 지능과 성공이 정의된 것과 일맥상통한다는 것을 확인하는 것도 흥미롭다. 즉, 지능시스템은 행동, 행위를 산출하고, 그 행동, 행위는 시스템의 가치 또는 궁극적 목표의 달성 확률을 높이는 방향으로 산출된다. Lee & Hwangbo (2020)는 Albus(1991)의 지능의 정의에 기반하여, 인공지능을 기계, 인간, 환경을 지능적으로 만드는 방법론, 즉 기계, 인간, 환경 시스템이 사회의 목표를 달성할 수 있도록 적절히 행동하도록 만드는 방법론으로 정의하였다[3].

그림 1은 결국 어떤 행위자(Agent)는 세계로부터 자극을 입력받아 그것을 자신의 입력 기관(감각 필터)을 통해서 데이터로 변환하고, 그 행위자의 지능 시스템은 자신의 가치(효용)를 극대화하는 방향으로 행동을 해서 세계에 다시 영향을 미친다. 그 가치(목표)는 인공지능 시스템의 경우는 인간으로부터 부여되고, 자연시스템의 경우에는 진화의 과정에서 형성된다.

결국 인간이나 인공지능 시스템은 결국 데이터를 입력으로 받아 어떤 일을 수행하게 되는데, 지능수준이 높을수록 더 데이터를 잘 활용하여 행동을 하게 되며, 이를 통해 생산성을 높이게 된다. Max Boisot은 인공지능과 생산성의 관계를 설명하는 단초가 될 수 있는 이른바 진화적 생산 함수를 제시했는데, 이는 그림 2와 같다[4].

† 이 논문 또는 저서는 2017년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2017S1A5B8059804)

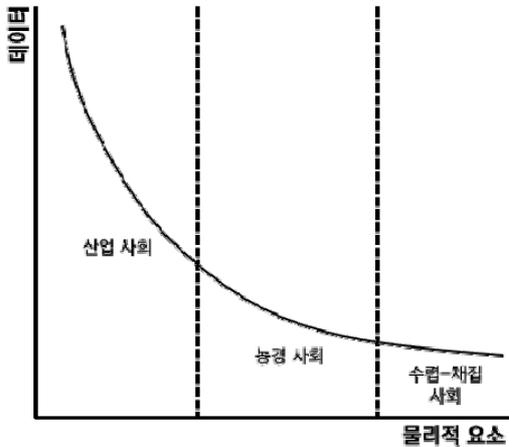


그림 2 진화적 생산 함수로 살펴본 사회의 진화 (Boisot 1998)

그림 2는 어떤 생산에 있어서 물리적 요소와 데이터의 투입이 반비례 관계가 있음을 기본적으로 표현한다. 수렵-채집 사회는 데이터보다는 인간의 노동력과 같은 물리적 요소가 더 많이 투입되는 사회이다. 매년 채집을 하기 위해 몸을 써야 했고, 동물을 사냥하기 위해 숨어있거나 뛰어다녀야 했다. 점차, 인류가 식물과 동물의 성장과 관리에 많은 지식을 가지게 되었다. 즉, 농사와 축산에 관한 지식과 데이터를 더 많이 가지게 됨에 따라, 인류는 농경사회로 진화하게 되었다. 더 이상 옮겨다니며 살 필요가 없게 되자 인류는 유목하기보다 정착하기 시작하였고, 이동에 필요한 물리적 노력이 줄어들었다. 인류는 과학기술의 발전으로 인해 산업 사회로 가면서, 농사에 있어서도 기계화, 댐 등 물관리 시설과 상수도화 등을 통해 물리적 요소의 투입을 더욱 줄였고, 대신 화학, 식품과학 등의 지식과 데이터를 활용하여 식품 생산의 생산성을 비약적으로 높였다. 결국, 그림2는 인류 사회의 발전은 같은 단위의 생산에 있어 물리적 요소보다는 데이터가 더 많이 투입되어 왔음을 표현한다<sup>1)</sup>.

Boisot(1998)은 반비례 곡선상에서 좌상향으로 이동하는 것(그림 3의 왼쪽)을 경험(Experience)이라 칭하였는데, 이것이 기계일 경우 기계학습, 즉 머신러닝이 된다. Mitchell(1997)에 의하면, 기계학습은 컴퓨터가 특정 작업(Task)을 수행할 때 경험(Experience)에 따라 성과(Performance)가 개선되는 것으로 정의된다<sup>7)</sup>.

1) 유발 하라리의 사피엔스는 다른 시각도 소개한다<sup>5)</sup>. 인간이 수렵-채집 사회에서 농경사회로 진화하면서 농부들은 수렵-채집인들보다 더 안락한 삶을 살 것이라고 기대했지만, 더욱 힘들고 더 많은 노동을 하게 되었으며 그 대가로 더 열악한 식사를 하게 되었다는 제레미 다이아몬드의 명저 *총균쇠*의 주장을 소개하고 있다<sup>6)</sup>.

Boisot의 설명과 Mitchell의 설명을 결합하면 다음과 같다. 어떤 개인, 사회, 기업이나 정부 등의 조직, 그리고 기계가 시간에 따른 경험을 통해 물리적 요소의 투입을 줄이고, 대신 데이터를 투입하게 되면서, 이 과정에서 성과를 높게 되는 것을 학습이라고 정의할 수 있을 것이다. 한편, 하나의 곡선에서 좌하 방향의 곡선으로 옮겨가는 것은 혁신으로 정의할 수 있다(그림 3의 오른쪽). 어떤 하나의 생산을 하는데 있어, 동시에 더 적은 데이터와 더 적은 물리적 요소를 투입하게 되는 경우이다. 흥미롭게도, Boisot & Canals(2004)은 이렇게 기존의 곡선에서 새로운 곡선으로 이동하는 것을 인사이트(Insight)로 칭하면서, 이러한 것이 가능한 행위자를 ‘지능적’이라고 칭한다. 인공지능 관점에서 해석하면, 데이터와 물리적 요소를 모두 적게 투입하도록 혁신을 일으키는 것은 주어진 인공지능 모델의 구조에서 학습을 하는 것이 아니라, 인공지능 모델의 구조 자체가 변하는 것을 의미한다. 현재까지 개발된 인공지능 방법론은 딥러닝, 강화학습등의 모델 간에 자동적으로 변화시키는 것은 어렵다. 딥러닝 안에서도 Convolution Neural Network (CNN), Recurrent Neural Network (RNN), LSTM 등 여러 모델의 파라미터를 학습하는 것은 가능하나, CNN에서 RNN으로 건너뛰는 것은 어렵다. 어떤 모델의 구조에서 파라미터를 학습하는 과정은 기계학습이며, 경험의 영역이나, 더 높은 성과, 즉 생산성을 위해서 모델 자체를 디자인하는 것은 아직은 사람, 즉, 인사이트의 영역이고, 혁신이다.

또한 혁신은 다음과 같이 설명할 수 있다. 초기에 반비례 곡선상에서 인공지능이 특정 작업(Task)을 수행하며 학습하여 점점 성과를 높게 된다. 이는 반비례 곡선상에서 점점 좌상향으로 움직이는 것을 의미한다. 이때 작업(Task)에서 충분한 학습이 일어나게 되고, 새로운 작업(Task)을 수행하며 학습하게 되면 좌하 방향의 곡선으로 이동하는 혁신이 발생하게 된다. 즉, 그림 4의 Task1의 곡선에서 Task2의 곡선으로 이동하게 되는 것이다.

예를 들어, 자율주행자동차를 활용하여 운전을 하기 위해서는 자율주행자동차가 운전과 관련한 다양한 작업(Task)이 존재 할 것이다. 먼저 차선을 지키기 위한 작업(Task)을 수행하며 자율주행자동차가 학습을 통해 점점 차선을 잘 지키게 되면, 반비례 곡선 상에서도 좌상향으로 이동하면서 운전자의 생산성을 높여 주게 된다. 이후 신호등을 잘 지키는 작업(Task) 등 자율주행을 위한 다양한 학습을 수행하면서 점점 자율주행자동차에 가까워 질수록 운전자의 생산성도 함께

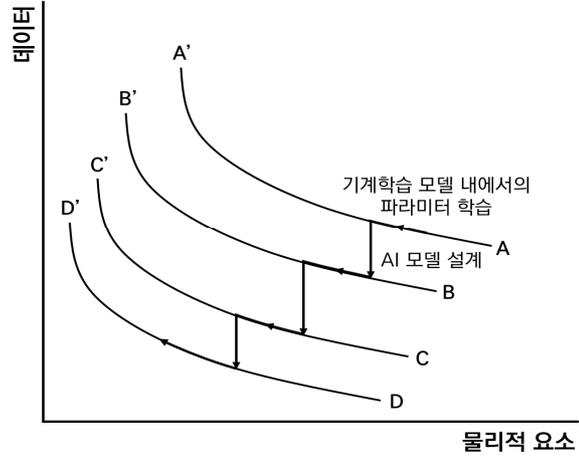
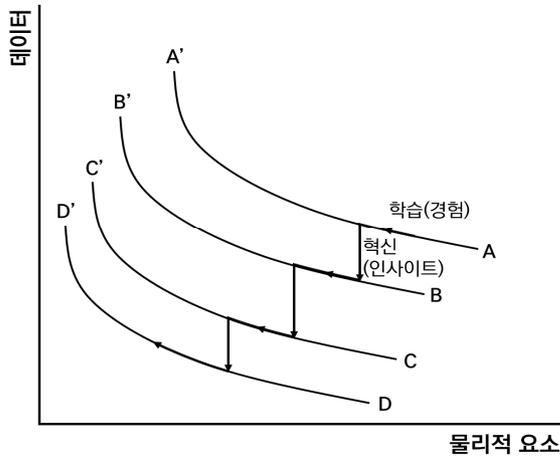


그림 3 진화적 생산 함수에서의 학습(경험)과 혁신(인사이트)

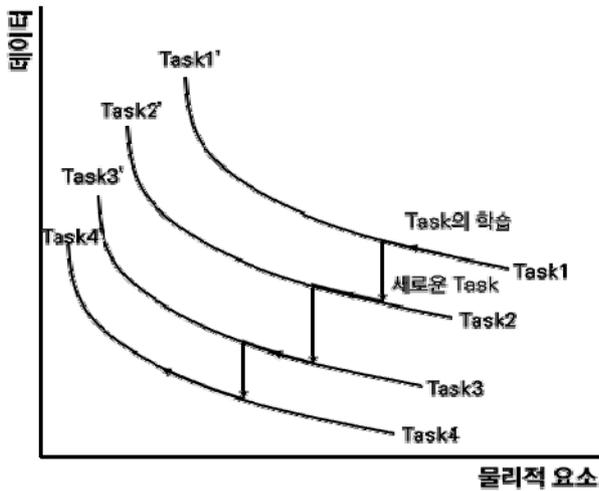


그림 4 진화적 생산 함수에서의 Task와 혁신

증가할 것이다. 자율주행차가 완전자동화가 되는 순간 곡선이 좌하 방향으로 이동하는 혁신이 발생하게 된다. 여기서 주의할 것은, 자율주행자동차가 완전 자동화가 되면 일자리가 줄어들 것이라고 생각하기 쉽지만, 자율주행차가 고도화 되면서 다른 직업들이 생겨나게되고 이는 운송 분야 전체의 생산성을 높여 줄 가능성을 함께 가지고 있다는 점이다.

이렇듯 Boisot & Canals(2004)의 관점에서 인공지능과 생산성의 관계를 정리하면, 인공지능 시스템에서 기계학습이 일어나면, 물리적 요소를 덜 투입하고, 대신 데이터를 투입하는 생산성 증가가 일어나고, 인공지능 시스템 자체의 혁신이 일어나면, 기존보다 물리적 요소도 덜 투입하고, 데이터도 덜 투입해도 되는 생산성 증가가 일어나는 것이다. 결국 인공지능 시스템은 기계학습과 인공지능 방법론의 발전에 따라 경제와 기업, 개인의 생산성을 증가시킨다.

예를 들어, 자율주행자동차는 자체적으로 기계 학

습해 나감에 따라, 운전이 필요한 인간의 물리적 노력의 투입을 계속적으로 줄이는 생산성을 일으키고, 자율주행 인공지능 기술의 발전에 따라 교통과 운송을 위한 사회의 생산성을 더욱 제고시킨다. 의료 인공지능 시스템은 자체적으로 기계 학습해 나감에 따라, 진단에 필요한 의사의 물리적 노력의 투입을 계속적으로 줄이는 생산성을 일으키고, 의료 인공지능 기술의 발전에 따라 의료 분야 전체의 생산성을 더욱 제고시킨다.

## 2. 생산성을 통해 본 인공지능의 경제적 효과

생산성에 관한 경제학 원론적 상식은 다음과 같다. 높은 생산성은 단위당 낮은 생산 비용을 가져오고, 이러한 비용 절감은 소비자에게 전달되어 가격이 낮아지며, 낮아진 가격은 수요를 증가시켜서, 더 많은 생산을 가져오고, 결국 더 많은 고용을 가져온다. 또한 개인의 생산성 향상은 기업으로 하여금 근로자에게 더 많은 임금을 줄 수 있는 여유를 준다. 결국 생산성이 높아지면, 경제 성장 즉, 높은 국민소득을 가지고 온다. 이를 인공지능과 연결하면 다음과 같다. 인공지능이 발달하게 되면 생산성이 높아진다. 이는 더 많은 생산과 고용을 가지고 오고, 경제 성장과 높은 국민소득을 가지고 온다. 그런데, 인공지능과 관련된 많은 담론들 중에는, 인공지능이 실업을 유발하여, 경제를 축소시키며, 국민의 소득을 낮출지도 모른다는 주장을 하고 있다. 그러나, 이것은 경제학적 기본을 갖추지 않은 주장으로, 앞서 설명한 바와 같이 생산성이 높아지면, 고용이 늘어나고, 경제가 성장한다. 따라서, 인공지능이 생산성을 높여주는 기술이라면, 인공지능의 발전은 고용과 경제를 성장시키는 것이다. 물론 경제학 분야에서는 생산성 역설(Productivity

Paradox)이라는 개념이 있어서[8], 기술 발전이 일어나도 생산성이 실증적으로 확인되지 않는다는 주장이 오랜 기간 계속되어 왔다[9]. 채드 사이버슨은 인공지능(AI) 같은 새로운 기술이 빠르게 발전하고 있지만, 생산성이 크게 향상되지 않는 상황을 고찰하면서, 인공지능 기술 발전에도 생산성이 정체되는 상황을 ‘AI 역설’이라고 표현하며 AI 기술이 급격히 발전한 것은 맞지만, 아직 AI 기술이 생산성에 영향을 줄 만큼 널리 확산되지 않았고 관련 자본도 충분히 축적되지 않았다 주장한다 [10, 11]. 어쩌면, 이러한 실증적 관찰은 당연한 것이기도 하다. 기술은 도입된 이후 실제 효과를 내기까지 오랜 시간이 소요되기 마련이기 때문이다. 새로운 기술일수록 첨단 산업에 도움이 되고, 전통산업에 효과를 내기까지는 더 많은 시간이 걸린다[12]. 이것은 인공지능에 관련된 역설인 한스 모라벡의 역설과도 통한다[13]. 기계는 인간에게 어렵고 복잡한 문제는 잘 풀지만, 인간이 잘하는 협력이나 동작조차 기계는 어려워한다. 새로운 기술인 인공지능 기술 역시, 오히려 복잡한 최신의 산업의 생산성은 높일 수 있지만, 인간의 전통적 노력을 많이 사용하는 분야에서는 생산성을 높이기 어려울 수 있는 것이다.

Brynjolfsson, Rock, & Syverson (2017)은 생산성 역설에 대한 네 가지 설명으로, 잘못된 희망, 잘못된 측정, 재분배효과 및 구현의 지연 중에서, 시차, 즉, 구현의 지연이 역시 역설의 가장 큰 원인일 가능성이 높다고 주장한다[14]. 예를 들어, AI의 가장 인상적인 기능, 특히 머신러닝에 기반한 기능은 아직 널리 확산되지 않았다는 것이다. 결국, 혁신의 기술은 발달해왔으나, 기업 및 산업의 경계를 넘어서서 실행되기 위한 보완적 기술이 그에 미치지 못하여 패러독스가 발생한다고 주장한다. 그리고, 생산성 역설을 주장하는 사람들과 AI 낙관론자의 의견은 상충하는 것이 아닌 동시에 공존이 가능하다고 주장하는데, 이 역시 아직은 충분히 AI가 도입되지 않았기 때문이라고 설명한다. 즉, 기술 혁신과 도입간의 시간차가 있기 때문이라는 설명이다. 인공지능의 발전이 대량 실업을 일으키므로, 기본 소득제를 고려해야한다는 주장도 많은 상황에서, 인공지능 역설이 존재할 수 있다는 논의까지 최근 나오고 있다는 것은 매우 흥미롭다. 인공지능의 발전에도 불구하고 생산성이 올라가고 있지 않는다면, 과연 실업을 불러오겠는가? 2011년 *Race Against the Machine*(기계와의 경주) 라는 저서를 통해 인공지능과 로봇의 발전에 의한 실업 문제 등을 제기한 Brynjolfsson이 2017년에는 인공지능의 생산성 역설을 논했다는 것도 흥미롭다[15].

논리적으로 다시 정리하면 다음과 같다. 기술의 발전은 생산성의 향상을 궁극적으로 가져온다. 그리고, 생산성의 향상을 통해 오히려 고용이 증가한다. 즉, 실업이 줄어든다. 이를 인공지능에 이를 적용하면, 다음과 같다. 인공지능의 발전은 생산성의 향상을 궁극적으로 가져오며, 이를 통해 고용이 증가한다. 이것이 올바른 이론이고, 역사적 사실이다. 인공지능이 실업을 야기시킬 것이라는 주장이 많았는데, 이는 특정 분야만 쳐다보기 때문이다. 그림을 손으로 그리는 작업을 자동화한 카메라가 나왔을 때, 직접적으로 영향을 받은 직업은 화가다. 그러나, 화가들은 오히려 새로운 자동화 기술인 카메라에 대응했다. 인상주의, 초현실주의, 입체파, 야수파 등 카메라가 재현할 수 없는 것을 화가들이 그리기 시작하였다. 그것이 모더니즘이다. 또한, 어떤 화가들은 화가로서의 소양을 발판으로 사진작가로 변신했다[16,17,18].

카메라는 이렇게 화가에 영향을 주었지만, 다른 분야에서 엄청난 양의 직업을 발생시켰다[19]. 카메라/필름 제조업/유통업, 언론/잡지/출판업, TV/영화/연예산업, 유튜브/인스타그램 등 수많은 새로운 산업을 창출했고, 직업을 창출했다[20]. 사람의 견고 뛰는 작업을 자동화한 자동차가 나왔을 때도 마찬가지다. 마부가 직업을 잃었겠지만, 마부들은 더 쉬운 직업인 운전사로 변신했고, 기존 마부의 수보다 더 많은 운전사들이 탄생했다[21]. 현금의 입금과 출금 활동을 자동화하는 ATM(현금자동출납기)이 새롭게 보급될 때 많은 사람들은 은행원들이 직업을 잃을 것으로 생각했다. 그러나, ATM의 보급으로 은행원들은 자잘한 수납과 지급 업무에서 해방되었고, 더 고부가가치의 업무를 수행하게 되었고, ATM 도입에 의한 비용 절감 효과로 은행들은 지점을 더 늘렸고, 은행원의 고용은 더 증가했다[22,23].

### 3. 인공지능 기업과 생산성

2020년 10월 한경 Business와 경희대학교 빅데이터 연구센터에서는 인공지능 기업을 “사회문제를 인공지능으로 해결하는 AI 기업”으로 정의하고 한국의 인공지능 기업을 수집하였다. 기존 보고서와 검색 등을 통해 수집하는 과정에서 약 300개의 기업이 수집되었으며, 누적 투자 유치액, 최근 투자 유치액, 상장기업의 경우 시가 총액, 최근연도 매출액 등 정량적 지표와 비즈니스 모델의 형태, 제품화 수준, 매출 추이 등 다양한 정성적 지표를 종합적으로 고려하여 최종적으로 25개의 회사를 선택하였다. 이러한 25개의 기업을 생

산성 관점에서 분석한 결과, 25개의 사례들은 인공지능 기술이 도입되어 기계학습이 일어나면서 물리적 요소를 줄이고 데이터를 증가시켜 기업의 생산성, 개인의 생산성(영어점수, 금융, 건강, 미용 등), 의료진의 생산성 등 다양한 분야에서 생산성을 향상시키고 있는 것으로 분석되었다. 주요 기업 사례를 통해 생산성 향상을 살펴보면 다음과 같다.

### 3.1 베어로보틱스: 요식업자와 직원의 생산성 향상

베어로보틱스는 다양한 크기의 식당에서 로봇 자율주행을 구현한 업체로, 자율주행 서빙 로봇 페니(Penny)를 식당 사업자에게 구독형식으로 서비스 중이다. 페니는 라이더와 3D 카메라를 이용하여 좁은 공간에서 장애물을 피하여 고객 식탁으로 음식을 운반한다. 베어로보틱스는 자율주행 서빙 로봇을 통해 서빙부터 주문 및 계산을 해야하는 직원의 업무를 줄여줌으로써, 직원과 요식업자의 생산성을 증가시켰다. 자율주행 로봇이 학습을 통해 서빙에 필요한 물리적 요소의 투입이 줄어들게 되고, 서빙을 통해 자율주행 로봇의 데이터가 증가하게 되면서 점점 더 정확한 서빙을 하게 됨으로써 생산성이 증가하였다.

### 3.2 비프로컴퍼니: 스포츠 분석가와 코치들의 생산성 향상

비프로컴퍼니는 축구 경기 영상을 자동으로 촬영하고 분석하는 플랫폼을 제공하고 있다. 선수들을 식별하여 각 선수들의 슈팅과 패스 등 움직임을 기록하고 실시간 전송하는 서비스를 제공하고 있다. 서비스를 제공하기 위한 영상 기술로는 픽스캠 시스템을 사용하고 있다. 구단의 경기장과 훈련장에 9m 높이의 카메라를 설치한다. 이후 촬영 영상을 하나로 합치는 ‘스티칭’ 기술을 제공하여 선수들의 기록 관리를 제공하고 있다. 비프로컴퍼니는 카메라 촬영을 통해 각 선수별로 득점·실점·슈팅·패스·드리블 등 분석 데이터를 각 선수별로 분석하여 인포그래픽 등으로 구단에 제공하고 있다. 쉽게 영상을 편집하고 선수 및 코칭과 스태프 간 원활한 커뮤니케이션이 가능하도록 하는 비프로 에디터를 제공한다. 이러한 서비스를 통해 기존에는 스포츠 분석가와 코치들이 직접해야했던 일을 비프로일레븐 플랫폼을 통해 선수별 분석을 자동으로 해줌으로써 물리적 노력 투입을 줄여 구단의 스포츠 기록 분석가 또는 코치의 생산성을 높여주고 있다[24].

### 3.3 샌드버드: 개발자와 고객응대의 생산성 향상

샌드버드는 토탈 메시징 솔루션을 제공하는 스타트업으로 샌드버드 소프트웨어 개발 키트(SDK)의 형태로

고객사의 앱에 메시징과 채팅 기능을 손쉽게 탑재할 수 있다. 일반 기업들이 채팅 기능을 탑재하기 위해서는 두 달 이상 소요 되던 기간을 샌드버드 소프트웨어 개발 키트(SDK)를 통해 5일 이내로 단축시켰다. 타 기업과 마찬가지로 앱 내 채팅을 제공하는 기업이지만, 가장 큰 차별점은 사용자 경험에 있다. 오프라인 싱크, 인공지능 기술을 활용한 문제 사용자 차단과 스팸 필터링 등 풍부한 사용자 경험을 제공하고 있다. 약 1억명의 월간 채팅 사용자들과 한번에 100만개의 접속기기를 지원하고 있다. 이러한 서비스는 특히 비대면 서비스에서 각광받고 있다. 코로나와 같이 대면할 수 없는 경우나, 은행에 직접 방문하지 않고 서비스를 용이하게 할 수 있다. 기업 입장에서는 고객 응대 시 대면 혹은 텔레마케터 보다 비대면, 메시징을 활용하여 고객응대를 할 때 비용을 낮춤으로써 생산성을 향상시킬 수 있다. 또한 개발자의 입장에서도 채팅 기능을 탑재하기 위해서는 다수의 개발자들이 투입되어야 했지만, 서버 이용 및 유지보수 비용을 샌드버드 개발 키트를 사용함으로써 쉽게 채팅 서비스를 구축하고 유지보수의 부담을 줄여 생산성을 향상시킬 수 있다[25,26].

### 3.4 수퍼빈: 재활용품 수거 및 분류 종사자의 생산성 향상

수퍼빈은 재활용 폐기물을 회수하는 인공지능 기반 쓰레기 분리 로봇 네프론(Nephron)을 제조, 판매 하는 회사다. 캔이나 페트병과 같이 재활용이 가능한 쓰레기를 버리면 돈을 주는 방식으로 폐기물을 줄이고 있다. 현재 순환 자원을 스스로 판단하여 자동으로 선별하고 처리하는데, 빈병 72종, 캔과 페트병은 95% 이상 인식하여 회수하고 있다. 회수된 폐기물은 네프론이 돈이 되는 재활용품인지 여부를 판별하여 계좌로 금액을 리워드 해주고 있다. 기존 재활용품을 수거는 2가지 방법이 있는데 첫 번째는 지방자치단체에서 선별장을 직영하는 방식과 민간업체가 주민들이 선별한 쓰레기를 수거해가는 방식이 있다. 가정에서 나오는 대부분의 재활용품은 민간업체가 담당하고 있으며, 재활용품의 쓰레기 선별 작업은 직접 사람의 손을 통해 분류하는 노동집약적인 행위이다. 이러한 재활용품 수거부터 분류까지 사람이 아닌 네프론이 직접 하기 때문에 수거 및 분류 종사자들의 생산성 향상을 가져왔다[27,28].

### 3.5 마키나락스: 제조 기업 종사자의 생산성을 향상시키는 사례

마키나락스는 제조업 특화 인공지능 솔루션을 개발하여 판매하는 회사로 제조 장비의 이상 감지에 초점

을 맞추어 제품 품질을 개선할 수 있도록 제조업 공정 분석 인공지능 서비스를 제공하고 있다. 이상탐지 모델과 지능제어 알고리즘을 통해 제조 장비 및 공정의 센서 데이터를 분석하여 장비 고장, 품질 이상, 제조 불량 등을 예측하여 공장의 가동률을 높이고 생산 효율화에 기여하고 있다. 이를 통해 예상하지 못한 기계 이상을 예측하여 줌으로써 미리 문제를 대처할 수 있게 되어 기업의 피해를 최소화하고 생산성 향상을 가져왔다[29,30].

### 3.6 뷰노, 루닛, 코어라인소프트, 쓰리빌리언: 의료진의 생산성 향상

뷰노는 바이오, 의료 이미지 및 영상 분야의 인공지능 회사로 X-Ray와 CT 등 의료 데이터 판독을 보조하는 제품으로 의료진의 판단을 돕는 솔루션을 제공하고 있다. 국내 최초로 인공지능으로 뼈의 나이를 판독하는 ‘뷰노메드 본에이지’를 의료기기로 등록하는 것을 시작으로 치매 진단 보조 솔루션인 ‘DeepBrain’, 폐결절 검출 솔루션인 ‘LungCT AI’, 흉부 판독 보조 솔루션인 ‘Chest X-Ray’ 등 다양한 의료기기를 개발하고 있다. 특히 뷰노는 서울아산병원과의 공동연구를 통해 골연령을 판독하는데 인공지능과 의사(사람)간의 협업을 통해 의사들의 정확도와 판독 속도가 빨라졌다는 연구결과를 발표하기도 했다(그림 5). 영상의학과 전문의가 인공지능 보조로 활용하면, 정확성을 더 높일 뿐만 아니라 판독 시간을 줄여줄 수 있다는 결과를 보여주었다. 기존에 의사가 책을 기반으로 환자의 데이터를 판독할 경우에는 약 3시간 정도의 시간이 걸렸다면, 뷰노의 인공지능을 활용하여 판독하였더니 시간이 약 40% 까지 줄어들게 되었다. 이는 인공지능과 의사(사람)의 시너지 효과를 통해 생산성을 높이는 사례라고 볼 수 있다. 기존에는 의사들이 직접 X-Ray와 같은 의료 데이터를 직접 판독하는데

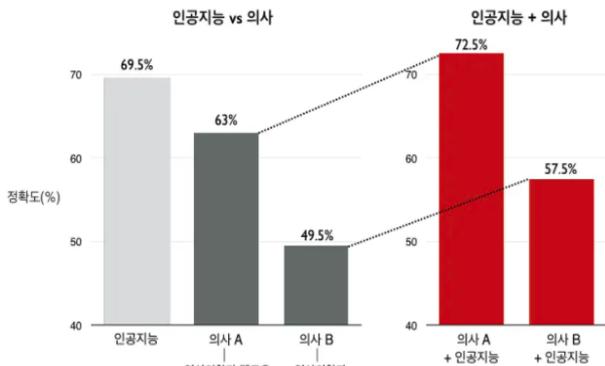


그림 5 의사와 인공지능의 시너지 [33]

수 시간 걸리던 의료 데이터 분석 및 판독을 수초 내에 해결하거나, 의료진의 임상 의사결정에 활용해 의료 서비스 향상과 효율성을 도모하여 의사들의 생산성을 높여주고 있다[31,32].

루닛은 의료 영상을 통한 진단과 치료를 돕는 인공지능 기반 보조 진단 소프트웨어를 판매 및 개발하고 있다. 진단에서의 대표 제품으로 2가지가 있다. Lunit INSIGHT CXR는 흉부 X-Ray를 분석하여 폐결절 및 폐암을 찾아내는 기능을 가진 소프트웨어로 폐와 관련된 10가지 병변을 찾아내 빠르고 정확하게 진단하는데 도움을 준다. Lunit INSIGHT MMG는 유방촬영 영상 판독 보조 소프트웨어로 유방암이 의심되는 부위를 알려주고 유방암 여부를 진단하는데 도움을 준다. 치료에서의 대표 제품으로는 면역항암제 제품인 Lunit SCOPE가 출시 예정이다. Lunit SCOPE는 조직 슬라이드 영상을 분석하는 소프트웨어로 항암 치료제에 대한 반응을 인공지능으로 예측한다. 후지필름, GE헬스케어 등 글로벌 파트너십을 체결하여 Lunit INSIGHT가 탑재된 제품을 출시하기도 하였다[34]. 이러한 루닛의 제품은 높은 정확도의 인공지능 소프트웨어를 판매함으로써, 의사들의 오진율과 같은 부담은 줄이고 진단 정확도를 높이고 있다. 루닛과 유사한 코어라인소프트도 인공지능 기반 의료영상 솔루션의 개발 및 분석 뿐만 아니라 병원에서 솔루션을 활용할 수 있도록 ‘Thin Client Service’를 제공한다. 인공지능 의료영상 분석 솔루션인 AVIEW를 기반으로 다양한 폐 질환 진단 제품을 판매하고 있다. 이 둘의 사례는 뷰노의 사례와 유사하게 의사들의 부담과 진단 시간을 효율적으로 절약시켜 주어 의료 서비스의 질 향상과 함께 의사들의 생산성을 높여주고 있다.

쓰리빌리언은 유전자 정보와 증상 정보를 기반으로 약 7000가지의 희귀질환을 진단해낼 수 있는 인공지능 진단 솔루션을 제공하고 있다. 기존에 사람이 한명의 유전 변이를 해석하는 데에는 20~40시간이 걸리고 비용도 많이 든다. 하지만 쓰리빌리언은 유전 데이터를 분석하는데 5분정도로 시간을 획기적으로 줄일 수 있으며, 비용도 사람이 직접 하는 것에 비해 95% 이상을 절감할 수 있다. 즉, 기존 희귀질환 진단 방법을 인공지능을 통해 개선하여 의사의 최종 진단시간에 필요한 판별 과정의 효율을 높일 수 있어 의사의 생산성을 높여주고 있다[35].

### 3.7 루이드: 개인의 학습 생산성 향상

루이드는 에듀테크 회사로 오답 분석 맞춤형 교육 서비스를 제공하고 있다. 특히 객관식 시험 영역에서

특화된 알고리즘인 협동적 필터링, 딥러닝, 강화학습 등 인공지능 기술에 기반한 엔진을 개발하여 사용자별 실시간 맞춤형 교육 서비스를 제공하고 있다. 초기 오답 분석에서 시작하여 점수예측, 문제 및 강의 추천에서 동기 부여로 진화하였다. AI 튜터인 ‘산타’의 딥러닝 모델 예측 모델은 최소 6문항에 대한 사용자의 반응을 분석하여, 사용자가 풀지 않은 문항에 대하여 어떤 보기를 고를지를 예측하는 모델을 구축하였다. 또한 딥러닝으로 사용자의 이탈율을 예측하여 사용자가 장기간 학습을 할 수 있도록 유도하고 있다. 이렇게 수집된 수많은 사용자들의 데이터를 통해 교육 AI 데이터베이스인 에드넷(EdNet)을 구축 하기도하였다. 현재는 산타토익 뿐만 아니라, 산타공인중개사, GRE, GMAT 등 다양한 문제 시스템을 하나의 기계 학습 엔진을 통하여 수익을 창출하고 있다. 사용자들은 토익 점수를 올리기 위해서 학원에 다니는 등 많은 시간을 투입하고 있다. 하지만, 산타토익을 사용함으로써 틀린 문제를 분석하여 사용자들의 약점을 분석하여 최단 시간에 높은 점수를 획득할 수 있도록 서비스를 제공하고 있다[36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45]. 이를 통해 사용자들은 영어 학습에 투입되는 시간을 줄이고, 사용자가 서비스를 계속 사용함으로써 데이터가 증가하고 이는 루이드의 알고리즘을 더욱 정교하게 만들어 좀 더 정확하게 사용자를 분석하여 사용자의 생산성 향상을 가져왔다.

앞의 사례들을 살펴보면, 인공지능 기술을 통해 자동화, 최적화를 통해 행위자들의 물리적 요소 투입을 줄여주는 것을 볼 수 있다. 물리적 요소 대신 데이터를 투입하게 되고, 이를 지능화된 시스템이 활용하여 생산성 증가가 일어나고 있는 것이다. 각각의 사례에서 인공지능 혁신이 앞으로도 계속 일어날 것이다. 예를 들어, 베어로보틱스와 같은 로봇 자율주행 서비스 로봇을 제공하는 업체가 사람의 음성을 인식하여 주문을 받거나, 결제 등 직원의 생산성을 높여주는 혁신이 예상된다.

#### 4. 결 론

지금까지 논의한 것을 요약하면 다음과 같다. 인공지능 기술은 행위자의 물리적 노력의 투입을 덜하게 하는 대신, 데이터를 활용하여 지능시스템이 이를 처리함으로써, 생산성을 제고하며, 생산성이 발생하는 과정은 기계시스템이 특정 과업에 대해 경험을 통해서 성과를 높이는 학습과, 인간의 인사이트와 디자인을 통해서, 이렇게 학습할 수 있는 과업 자체가 많아

지는 혁신으로 나누어 볼 수 있다. 생산성의 발전은 경제를 성장시키고 고용을 증가시킨다. 따라서, 인공지능에 의해 생산성이 올라가면, 경제는 성장하고 고용은 증가할 것이다. 한편, 생산성 역설 또는 인공지능 역설이라 불리우는, 즉, (인공지능) 기술에 의해 생산성이 올라가고 있다는 실증적 증거를 찾기가 어려운 현상은, 기술이 실 세계에 제대로 적용되기까지는 보완적 기술과 사회 제도, 문화가 같이 변해야 하는, 즉 구현의 지연 또는 지체가 일어나기 때문이다. 따라서, 인공지능으로 생산성을 일으키려면, 보완적 기술, 제도, 문화를 같이 고려해야 한다. 이러한 노력이 계속됨에 따라 인공지능에 의해 사회 각 분야의 생산성은 올라갈 것인데, 본고에서는 여러 우수 인공지능 기업 사례를 통해 각 부문의 행위자의 생산성이 올라가는 것을 확인하였다. 행위자의 생산성을 극도로 높이다 보면, 행위자 그 자체가 필요없어지는 단계까지 올라갈 것이 아닌가 하는 상상도 가능하다. 완전자율자동차가 운전자를 결국 없애는 단계까지 발전할 것이라는 전망이 한 예다. 그러나, 교통 운송 분야에서 운전자가 전혀 필요없어지는 인공지능에 의한 혁신이 일어난다 하더라도, 그것은 사회 전체의 생산성으로 이어지고, 파생되는 산업이 발생하기 때문에, 이는 전반적인 경제의 성장과 고용의 창출로 이어질 것이다. 이는, 과거 카메라의 탄생, 자동차의 탄생이 가져온 무수한 일자리의 탄생과 산업의 발전, 경제의 성장의 역사를 보아도 확인가능하다.

#### 참고문헌

- [ 1 ] Boisot, M. and Canals, “A., Data, information and knowledge: have we got it right?,” Journal of evolutionary economics, Vol.14, No.1, pp.43-67, 2004.
- [ 2 ] Albus, J., “Outline for a theory of intelligence,” IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol.21, No.3, pp.473-579, 1991.
- [ 3 ] Lee, K. J. and Hwangbo, Y. J., Definition and Recognition of AI and its Influence on the Policy: Critical Review, Document Analysis and Learning from History, pp.78-104, 2020.
- [ 4 ] Boisot, M. H., Knowledge assets: Securing competitive advantage in the information economy, OUP Oxford, 1998.
- [ 5 ] Harari, Y. N., Sapiens: A brief history of humankind, Random House, 2014.
- [ 6 ] Diamond, J, Guns, germs, and steel: the fates of human societies, W. W. Norton, New York, 1997.

- [ 7 ] Mitchell, T. M., Machine learning, McGraw Hill, 1997.
- [ 8 ] Robert Solow, "We'd better watch out", New York Times Book Review, July 12, 1987.
- [ 9 ] Macdonald, S., Anderson, P. and Kimbel, D., Measurement or management? Revisiting the productivity paradox of information technology. Vierteljahrshefte zur Wirtschaftsforschung, Vol.69, NO.4, 601-617, 2000.
- [10] Syverson, C., "Challenges to Mismeasurement Explanations for the US Productivity Slowdown," Journal of Economic Perspectives Vol.31, No.2, pp.165 - 186, 2017.
- [11] 연선옥, "생산성 증가율 둔화로 美 작년 1인당 1만달러 손실: AI 기술 영향 적어... 조직문화 혁신해야 생산성 향상," 이코노미 조선 233호, [http://economy.chosun.com/client/news/view.php?boardName=C00&t\\_num=12827](http://economy.chosun.com/client/news/view.php?boardName=C00&t_num=12827), 2018.
- [12] Wladawsky-Berger, The Productivity Puzzle, <https://blogs.wsj.com/cio/2017/07/28/the-productivity-puzzle/>, 2017.
- [13] Moravec, Hans, Mind Children, Harvard University Press, 1988.
- [14] Brynjolfsson, E., Rock, D., & Syverson, C., "Artificial intelligence and the modern productivity paradox: A clash of expectations and statistics (No. w24001)," National Bureau of Economic Research, 2017.
- [15] Andrew McAfee and Erik Brynjolfsson, Race Against the Machine, 2011.
- [16] Benjamin, W., Das kunstwerk imzeitalter seiner technischen reproduzierbarkeit, Suhrkamp, Frankfurt amMain, 1969.
- [17] 발터 벤야민, 기술복제시대의 예술작품 사진의 작은 역사 외, 길, 2007.
- [18] 장뤽 다발, 사진예술의 역사, 미진사, 1991.
- [19] 이경전, "자동화와 연결이 일자리 만든다," 한국경제, <https://www.hankyung.com/opinion/article/2020051803031>, 2020.
- [20] 정미숙, 영화 속 인문학 여행, 경성대학교출판부, 2015.
- [21] 이상현, 제4차 산업혁명의 미래, 메이트북스, 2018.
- [22] James, B., "Toil and Technology," Finance & Development, vol.52, no.1, 2015.
- [23] 딜로이트, 일의미래, 원앤원북스, 2018.
- [24] 이현주, "독보적 영상 분석 기술로 유럽 축구계 사로잡아... '스포츠계의 구글'이 될 겁니다", Hello AI, <https://magazine.hankyung.com/business/article/2020092901297000501>, 2020.
- [25] 김민수, "김동신 센드버드 대표", 포브스, <https://jmagazine.joins.com/forbes/view/329259>, 2020.
- [26] Cho,J., 실리콘밸리가 인정한 스타트업 '센드버드', 모비인사이드, <https://www.mobiinside.co.kr/2020/04/22/innovationlab-sendbird/>, 2020.
- [27] 윤남희, "페트병·캔 수거 단계부터 재활용 자원 선별 그렇게 해서 줄어든 폐기물 처리 비용이 '사회적 가치'," DBR, Vol.270, No.1, 2019.
- [28] 박진숙, 김정빈 수퍼빈 대표 "폐기물 재활용, 미래 유망 산업 될 것", 뉴스핌, <http://www.newspim.com/news/view/20200604000441>, 2020.
- [29] 마키나락스, <http://www.makinarocks.ai/>, 2020.
- [30] D2 Startup Factory, <http://d2startup.com/portfolio/24>, 2020.
- [31] Kim, J. R., Shim, W. H., Yoon, H. M., Hong, S. H., Lee, J. S., Cho, Y. A. & Kim, S. "Computerized bone age estimation using deep learning based program: evaluation of the accuracy and efficiency," American Journal of Roentgenology, Vol.209, No.6, pp. 1374-1380, 2017.
- [32] 이현주, "의료 AI, 미·중에 결코 뒤지지 않아요... 논문도 한국 기업이 압도적이죠", 한국경제매거진, <https://magazine.hankyung.com/business/article/2020090101292000471>, 2020.
- [33] 최윤섭, 의료 인공지능, 클라우드나인, 2018.
- [34] 김성민, "루닛, GE헬스케어와 파트너십..GE 장비에 'AI진단' 탑재", 바이오스펙테이터, [http://www.biospectator.com/view/news\\_view.php?varAtcId=10642](http://www.biospectator.com/view/news_view.php?varAtcId=10642), 2020.
- [35] 박현욱, 금창원 쓰리빌리언 대표 "AI로 7,000종 희귀질환 한번에 진단하죠", 서울경제, <https://www.sedaily.com/NewsView/1Z5GCPJ6LZ>, 2020.
- [36] Lee, K., Chung, J., Cha, Y. and Suh, C., "Machine Learning Approaches for Learning Analytics: Collaborative Filtering Or Regression With Experts?," In NIPS Workshop, pp. 1-11, 2016.
- [37] Lee, Y., Choi, Y., Cho, J., Fabbri, A. R., Loh, H., Hwang, C., Lee, Y., Kim, S. and Radev, D., "Creating a neural pedagogical agent by jointly learning to review and assess," arXiv preprint arXiv:1906.10910, 2019.
- [38] Choi, Y., Lee, Y., Cho, J., Baek, J., Kim, B., Cha, Y., Shin, D., Bae, C. and Heo, J. "Towards an Appropriate Query, Key, and Value Computation for Knowledge Tracing," arXiv preprint arXiv:2002.07033, 2019.
- [39] Choi, Y., Lee, Y., Cho, J., Baek, J., Shin, D., Lee, S., Shin, J., Bae, C., Kim, B. and Heo, J., "Assessment Modeling: Fundamental Pre-training Tasks for Interactive Educational Systems," arXiv preprint arXiv:2002,

05505, 2019.

- [40] Lee, Y., Shin, D., Loh, H., Lee, J., Chae, P., Cho, J., Park, S., Lee, J., Baek, J., Kim, B. and Choi, Y., “Deep Attentive Study Session Dropout Prediction in Mobile Learning Environment,” arXiv preprint arXiv:2002, 11624, 2019.
- [41] Choi, Y., Lee, Y., Shin, D., Cho, J., Park, S., Lee, S., Baek, J., Bae, C., Kim, B. and Heo, J., “Ednet: A large-scale hierarchical dataset in education”, In International Conference on Artificial Intelligence in Education , pp. 69-73, Springer, Cham, 2020.
- [42] Lee, Y., Kim, B., Shin, D., Kim, J., Baek, J., Lee, J. and Choi, Y., “Prescribing Deep Attentive Score Prediction Attracts Improved Student Engagement”, arXiv preprint arXiv:2005, 05021, 2020.
- [43] Choi, Y., Na, Y., Yoon, Y., Shin, J., Bae, C., Suh, H., Kim, B. and Heo, J. “Choose Your Own Question: Encouraging Self-Personalization in Learning Path Construction,” arXiv preprint arXiv:2005, 03818, 2020.
- [44] 이경전, 손동성, 황보유정, “다분야 서비스 가능 기계학습 엔진 비즈니스 모델 사례 연구,” 지능정보시스템학회 2020, 2020.
- [45] 이현주, ‘산타 토익 돌풍’ 장영준 루이드 대표...“기술 DNA 없는 교육 시장, 데이터과학으로 점령했죠”, 한국

경제매거진, <https://magazine.hankyung.com/business/article/2020090801293000531>, 2020.

## 약 력



### 이 경 전

2003~현재 경희대학교 경영대 & 빅데이터융합학과  
정교수, 빅데이터연구센터 소장  
2020, 1997, 1995 미국인공지능학회(AAAI) 혁신적  
인공지능응용상 수상  
2017 한국지능정보시스템학회 회장  
2009~2010 MIT & UC버클리 폴브라이트 초빙교수  
2001~2001 서울대학교 행정대학원 초빙조교수  
1999~2001 고려대학교 경영대 조교수  
1997~1999 국제전자상거래연구센터 책임연구원  
1996~1997 CMU 로보틱스 연구소 초빙과학자  
1995 KAIST 경영과학 박사, 석사(1992), 학사(1990)  
관심분야: 인공지능 응용, 비즈니스 모델, 인공지능 거버넌스  
E-mail: klee@khu.ac.kr



### 황보유정

2014~2017 경희대학교 일반대학원 소셜네트워크  
과학과 석사  
2017~현재 경희대학교 일반대학원 소셜네트워크  
과학과 박사과정  
관심분야: 인공지능 거버넌스, 인공지능 응용  
E-mail: hwangbo@khu.ac.kr