

2023 Spring Aalto EMBA

**The age of Artificial Intelligence:
How Generative AI is Impacting the
Software Development Job Market**

Shin, DongHo

May 2024

2023 Spring Aalto EMBA

**인공 지능의 시대: 생성형 AI가
소프트웨어 개발 고용 시장에 미치는 영향**

신 동 호

May 2024

Executive Summary (English)

Schwab's presentation at the World Economic Forum (WEF or Davos Forum) in 2016 kicked off a global conversation about the Fourth Industrial Revolution. Schwab's prediction of the impact of Industry 4.0 on the job market was very negative, and since then, there has been a lot of research on Industry 4.0 and jobs. However, most of these studies dealt with the overall impact on jobs and were conducted before the advent of ChatGPT, which changed everything about the Fourth Industrial Revolution.

The main technologies of the Fourth Industrial Revolution can be summarized as ICBM (IoT, Cloud, Big Data, Mobile) and AI (Artificial Intelligence). Currently, the emergence of AI, especially its core area, Generative AI, is fundamentally changing the existing business and employment paradigm. This study aims to investigate these impacts and draw implications. In particular, we analyze the current situation and practices in the software development market, which is one of the first and most frequent users of generative AI, to gain insights into the opportunities and challenges posed by the emergence of AI technologies. These findings will help not only the software development market, but also policy makers, business leaders, educational institutions, and individuals to understand the impact of the Fourth Industrial Revolution and prepare and respond to employment plans.

Executive Summary (Korean)

2016년 세계경제포럼(WEF, World Economic Forum 또는 다보스포럼)에서 Schwab의 발표를 통해 ‘4차 산업혁명’에 대한 화두가 전세계적으로 논의되기 시작했다. Schwab이 예상한 4차 산업이 일자리 시장에 미칠 영향은 매우 부정적인 것이었으며, 이 때부터 제 4차 산업과 일자리에 대한 다양한 연구들이 활발하게 이뤄져 왔다. 하지만 대부분의 연구는 전반적인 일자리에 대한 영향에 대해서 다루었고, 무엇보다도 제 4차 산업혁명에 대한 모든 것을 바꾸어 놓은 ChatGPT의 등장 이전에 이루어졌다.

제 4차 산업혁명의 대표적인 기술은 ICBM(IoT, Cloud, Big Data, Mobile)과 AI(Artificial Intelligence)로 요약할 수 있다. 현재 제 4차 산업혁명의 중심이라고 할 수 있는 AI, 그 중에서도 핵심 영역인 생성형 인공지능(Generative AI)의 등장은 기존의 비즈니스 및 고용 패러다임을 근본적으로 변화시키고 있다. 본 연구는 이러한 영향을 조사하고 시사점을 도출하기 위해 진행하였다. 특히 생성형 AI를 가장 처음 접하였을 뿐만 아니라 가장 빈번하게 사용하고 있는 소프트웨어 개발 시장의 현황과 사례를 중심으로 분석하여 AI 기술 등장에 따른 기회와 도전에 대한 통찰력을 도출하고자 한다. 이러한 연구결과는 소프트웨어 개발 시장 뿐만 아니라 정책 결정자, 비즈니스 리더, 교육 기관, 그리고 개인들이 제 4차 산업혁명의 파급효과를 이해하고 고용 계획 준비 및 대응하는 데 도움이 될 것으로 기대한다.

목차

EXECUTIVE SUMMARY (ENGLISH).....	III
EXECUTIVE SUMMARY (KOREAN)	IV
목차.....	V
표목차.....	VI
그림목차	VII
I. 서론	1
1. 연구 배경.....	1
2. 연구 목적.....	3
3. 연구 방법.....	5
II. 선행 연구 및 환경분석.....	5
1. 관련 선행 연구	5
1) 기술변화가 고용에 미치는 영향.....	6
2) 생성형 AI = Game Changer.....	7
3) 소프트웨어 개발과 생성형 AI.....	10
III. 사례 분석	15
1. AI로 인한 고용상황 변화 사례	15
1) 해외사례.....	15
2) 국내 사례.....	17
IV. 전략적 제언	18
1. 생산성 - 생성형 AI는 개인 조수	18
2. 커뮤니케이션 역량 - 업의 본질을 파악	18
3. 전문성 - 지속적인 학습	18
V. 결론 및 시사점	20
1. 요약 및 결론	20
2. 시사점.....	21
참고문헌	23
감사의 글.....	25

표목차

- 표 1. 산업혁명의 구분
- 표 2. 대표적인 컴퓨터 코드를 생성할 수 있는 생성형 AI 서비스 목록
- 표 3. 2020년에 요구되는 고용분야 주요 능력

그림목차

그림 1. 인공신경망(ARTIFICIAL NEURAL NETWORK)

그림 2. 소프트웨어 개발 방법론. 폭포수 모델(WATERFALL MODEL)

그림 3. 소프트웨어 개발자의 시간 예측. DEVELOPER TIME ESTIMATION. SCRUM.ORG

그림 4. AI 개발자인 DEVIN의 SWE-BENCH 결과. COGNITION AI.

I. 서론

1. 연구 배경

2022년 11월 30일 미국 OpenAI社は 자신들이 개발하던 대형 언어 모델¹(LLM, Large Language Model)인 GPT-3(GPT, Generative Pre-Trained Transformer)를 대화 방식으로 사용할 수 있도록 다듬은 ChatGPT라는 서비스를 별다른 홍보도 없이 런칭했다. 일반 사용자들의 이용 데이터를 얻기 위한 베타 테스트 성격의 서비스 공개였기에 그 누구도, 심지어 OpenAI社 내부에서조차도, 별다른 기대가 없었던 조용한 등장이었다.² 하지만 그 날 이후로 세상은 완전히 바뀌었다. 그동안 영화에서만 볼 수 있었고 아직은 실험실 수준이며 먼 미래에서야 일반 대중의 삶에 등장할 것 같았던, 내 말을 이해하고 적절히 응답해 주는 그 인공지능이 생성형 인공지능³(Generative AI)이라는 이름으로 처음으로 일반 대중들 앞에 나타난 것이다.

ChatGPT는 마치 메신저로 대화하는 것과 같은 방식으로 누구나 쉽게 사용할 수 있기에 그동안 일반 대중에게는 막연하게만 느껴졌던 AI기술이 실제로 사용 가능한 수준으로 코앞에 왔음을 체감하게 해주었다. ChatGPT는 대중에게 알려진 첫 생성형 AI가 되었을 뿐만 아니라 단숨에 전 세계적으로 가장 인기있는 서비스가 되었다. 2023년 12월 3일, ChatGPT가 공개된 지 단 5일만에 전 세계적으로 100만 사용자를 돌파했다. 100만 사용자를 돌파하는데 인스타그램이 2.5개월, 스포티파이 5개월, 페이스북이 10개월, 넷플릭스가 3.5년이 걸린 사실을 안다면, ChatGPT의 반응이 얼마나 폭발적인 것인지를 쉽게 알 수 있다.

이러한 혁신적인 신기술이 나타날 때 마다 사회에 큰 변화가 발생했다. 특히 일자리에 큰 변화가 발생했는데 때로는 그 결과와 방식이 파괴적이어서, 어떤 일을 하는 방법과 방식이 완전히 달라지기도 하고 특정 직업이 완전히 사라지거나 반대로 새로운 직업이 생겨나기도 한다. 지금 현대 사회는 인공지능(AI, Artificial Intelligence)이라는 제 4차 산업혁명의 문턱에 도달해 있다. 이번 제 4차 산업혁명은 기존 제 1차 산업혁명에서 제 3차 산업혁명까지의 과정과는 비교할 수 없을 정도로 빠른 속도로 다가오고 있으며 그 파급력 또한 비교할 수 없이 클 것으로 예상된다. 기존 제 1차 산업혁명에서부터 제 3차 산업혁명 당시에도 유사한 우려들이 있었으나 대체로 산업혁명 과정을 통해

¹ 인공 지능 분야에서 자연어 처리(NLP, Natural Language Processing)에 사용되는 크고 복잡한 언어 모델을 의미. 대형 언어 모델은 대규모 데이터 세트에서 학습된 인공 신경망으로, 다양한 자연어 처리 작업을 수행할 수 있다. 특히 문장을 생성하고 해석하며, 텍스트 데이터에서 패턴을 인식하고 이해할 수 있다.

² Will Douglas Heaven. (March 3, 2023). The inside story of how ChatGPT was built from the people who made it. <https://www.technologyreview.com/2023/03/03/1069311/inside-story-oral-history-how-chatgpt-built-openai>

³ 인공 지능 분야 중에서 주어진 데이터를 기반으로 새로운 내용을 생성하거나 확장하는 데 사용되는 기술을 의미. 이러한 AI 시스템은 입력 데이터의 특성과 패턴을 학습하고, 그것을 기반으로 새로운 텍스트, 이미지, 음성, 뮤직 등의 콘텐츠를 생성합니다. 이러한 생성은 일반적으로 특정한 목적을 가진 모델로, 다양한 분야에서 활용됩니다.

지속적으로 사회 구성원들의 노동 효율과 생산성이 높아지고, 깊어진 각 개인의 지식과 기술력으로 노동의 부가가치도 높아져 왔다고 평가되고 있다. 하지만 이번 제 4차 산업혁명은 그동안 절대로 대체가 불가능 할 뿐만 아니라 오로지 사람만이 할 수 있다고 생각했던 지식노동 부분까지도 대체 효과가 있는 것으로 예상되고 있으며, 더 나아가 인공지능(AI)이 로봇 기술과 결합되어지면 대체할 수 있는 노동의 범위가 더 넓어질 것으로 예상되기에 우려의 범위와 결이 다소 다르다고 볼 수 있다.

2023년 3월 골드만삭스가 발행한 보고서에 따르면 생성형 AI가 가져올 생산성의 향상이, 향후 10년간 전 세계 GDP를 약 7% 증가시킬 것이라고 보았다. 하지만 2035년까지 전세계에 약 3억 개의 정규직 일자리가 인공지능 때문에 사라질 것이라고 예측했으며, 미국 기준으로는 전체 직종의 약 2/3가 인공지능에 의한 자동화에 노출되어 있다고 보았다. 또한 이렇게 인공지능에 의한 자동화에 노출된 직종의 경우 약 1/4에서 최대 1/2에 이르는 업무량이 대체될 수 있는 것으로 예측했다. 다만 대부분의 직종에서 업무 전체가 다 자동화에 노출된 것이 아니라 부분적으로만 노출되어 있기 때문에, 인공지능에 의해 완전히 대체되기 보다는 보완될 가능성이 더 높다고 보았다.⁴

	1차 산업혁명	2차 산업혁명	3차 산업혁명	4차 산업혁명
시기	18세기	19~20세기 초	20세기 후반	21세기
기술 영역	증기기관, 기계동력	전기, 석유, 철강, 화학	반도체, 컴퓨터, 인터넷	AI, 빅데이터, IoT, 초연결 등
효과	기계생산, 공장	대량생산	정보화, 커뮤니케이션	업무자동화

표 1. 산업혁명의 구분

특히 이번 연구에서 집중하고 싶은 영역은, 4차 산업혁명의 핵심 요소 중 하나인, 생성형 인공지능(Generative AI)의 출현과 고용에 미치는 영향력 부분이다. 생성형 인공지능은 대규모 데이터 세트를 기반으로 사전 훈련된 딥러닝 모델을 사용하는데, 학습에 사용한 데이터의 크기와 학습 방법, 파인 튜닝⁵(Fine-Tuning) 기법에 따라 질문에 마치 사람 같은 대답을 하기도 하고, 콘텐츠를 만들

⁴ Goldman Sachs, Joseph Brigg, Devesh Kodnani. (26 March 2023). Global Economics Analyst: The Potentially Large Effects of Artificial Intelligence on Economic Growth.
⁵ 인공지능의 성능을 높이는 방법 중 하나로, 이미 대규모 데이터로 학습된 기존 모델의 일부 파라미터를 목적에 더 부합하는 작은 데이터셋에 맞게 조정하는 기법으로 일반적으로 신경망의 후반부를 조정함. 사전 학습된 모델을 활용하며 비교적 작은 데이터셋으로도 비교적 높은 성능을 낼 수 있다.

어 내는 창의성을 보이기도 한다. 그 동안 사람만이 할 수 있다고 생각했던 화이트컬러 지식노동 영역 까지도 영향을 받을 것으로 보는 것도 바로 이런 이유에서 이다. 생성형 인공지능은 빠르게 발전하고 있는 인공지능 분야이며, 아직 발전 가능성이 무궁무진한, 기술적으로도 초기 단계의 기술이다. 이런 생성형 인공지능의 등장은 기존의 비즈니스 환경 뿐만 아니라 일의 개념과 고용에 대한 패러다임을 근본적으로 변화시킬 가능성이 높다.

이미 글로벌 기업들은 자신들의 업무와 서비스에 AI를 도입하기 위해 경쟁하고 있다. 잘 학습된 AI 모델을 하나 만들기 위해서는 매우 큰 단위의 학습용 데이터와 대규모 GPU 클러스터와 같은 큰 리소스가 필요한데, 이를 감당할 수 있는 큰 기업 또는 큰 조직들은 경쟁적으로 직접 데이터를 학습시킨 자체 인공지능 모델을 만들어 내고 있다. 대표적인 글로벌 리딩 IT 기업인 마이크로 소프트와 구글, 메타 등은 매우 큰 비용을 직접 인공지능 기술에 투자하고 있다. 국내 대표 IT 기업인 네이버와 카카오도 글로벌 인공지능 시장에 뒤처지지 않기 위해 많은 투자를 하고 있으며 자체적으로 개발한 AI 모델을 공개하기도 하고 있다. 규모가 상대적으로 작은 기업들은 기존에 만들어져 있거나 공개된 인공지능 모델을 어떻게 Fine-Tuning 해서 최대한 활용할 수 있을지를 고민하고 있다. AI 모델을 소형화 해서 휴대용 디바이스에서 On-Premise 방식으로 직접 구동 시키는 방향으로 연구하는 것 역시 새로운 연구 방향이다. 인공지능은 세상을 완전히 바꿔 나가고 있다. 이미 인공지능(AI)은 현실이며 거스를 수 없는 비 가역적인 흐름이 되었다.

2. 연구 목적

여러 분야의 전문가들이 예측한 앞으로 생성형 인공지능의 영향을 가장 많이 받을 것으로 예상되는 직종은 대표적으로 사무직원, 전화상담원, 통번역사, 소프트웨어 개발자 등이 있다. 본 논문에서는 특히 이 중에서 소프트웨어 개발자들에 집중하고자 한다. 그들은 그 누구보다도 빠르게 생성형 AI를 접한 전문가 그룹일 뿐만 아니라, 현재에도 다수의 개발자들이 코드를 생성해주는 Github Copilot 또는 ChatGPT와 같은 생성형 인공지능을 업무에 실제로 활용하고 있다. 이들에게 미치는 생성형 AI의 영향력을 조사하고 분석해 보면 다른 직종에 미치는 생성형 AI의 영향에 대해서도 인사이트를 얻을 수 있을 것이라 기대된다.

코딩 교육 플랫폼 Programiz에서 전세계 11개국의 1만명 이상의 회원에게 응답을 받아 진행한 ChatGPT 이용에 대한 설문을 보면, 응답자의 약 67%가 코딩을 학습하는데 ChatGPT를 주요 도구 또는 보조 도구로 이미 사용하고 있으며, 약 72%가 일주일에 2번 이상 사용하고 있다고 응답했다.⁶ 또한 응답자의 34%는 이미 ChatGPT로 인해 개발자로서 커리어에 변화를 경험했으며, 약 15%는 ChatGPT로 인해 자신의 업무와 역할에 실제로 변화가 있었다고 대답하였다. 응답자의 75%는

⁶ Programiz Reports. (2023). Programiz Survey: The Impact of ChatGPT on Programming Education. <https://programiz.pro/report>

ChatGPT로 인한 채용시장의 영향을 감안해서 자신의 skill set을 향상시키거나 향상시킬 계획이라고 답했다. 많은 수의 소프트웨어 개발자들(피고용인)은 이미 생성형 AI가 자신들의 소프트웨어 개발자로서의 커리어에 실제 영향을 미치는 압력 요인으로 인지하고 있음을 설문 결과를 통해 알 수 있었다.

그렇다면 생성형 AI의 등장은 소프트웨어 개발 고용 시장에 어떤 영향을 미칠 것인가? 이제 막 생성형 AI의 시대에 들어간 지금 시점에서 소프트웨어 개발자(피고용인)의 입장에서는 생성형 AI가 다소 위협적이고 멀지 않은 미래에 고용 불안을 야기할 수 있는 요소로 느끼게 되는 것으로 보인다. 위의 설문 사례에서도 그와 같이 느낄 수 있었으며, 실제로 소프트웨어 개발 영역에서 권위자라고 할 수 있을만한 Guru급의 입에서 부정적인 말들이 나오기 시작했다. 구글의 엔지니어인 Matt Welsh는 2023년 ACM Chicago Meetup 행사에서 “오늘날 우리가 생각하는 프로그래머 라는 직업은 3년 이내에 사라질 것이다”라는 발언을 했다.⁷ 인공지능 영역의 전문가가 직접적으로 프로그래머 라는 직업의 종말에 대해서 구체적인 시간을 제시한 것은 처음 있는 일이다.

하지만 긍정적인 의견도 있다. 생성형 AI의 등장으로 개발자들의 생산성이 더 높아질 뿐만 아니라 소프트웨어 개발자의 역할이 단순 코드작성이 아닌 더 창의적이고 전문적인 방향으로 바뀔 것이라는 예상이 그것이다. 이제는 개발자의 업무가 단순한 코딩에서 벗어나 보다 고차원적인 전체 시스템 아키텍처 설계, 알고리즘, 비즈니스 모델에 집중할 수 있게 된다는 것이다. 일자리에 대한 우려도 단기적으로는 축소되거나 사라지는 일자리도 있겠지만, 장기적으로는 AI와 관련된 새로운 일자리들이 크게 늘어나게 될 것이라는 예측이다.

소프트웨어 개발자를 고용하는 고용주의 관점에서 생성형 AI의 등장을 바라봤을 때에도 상반된 예측이 모두 가능하다. 먼저 생성형 AI 통해 개발자 개개인의 생산성이 향상된다면, 개발자 고용 인원을 줄여서 더 적은 인원으로 같은 일을 할 수 있는, 비용 절감을 실현할 수 있는 수단으로 인식될 수 있다. 또는 오히려 개발자들의 고용을 유지하거나 더 늘려서 회사 솔루션의 경쟁력을 타사 대비 더 빠르게 높여 성장하는 방향으로도 고려할 수 있다.

이와 같이 다양한 해석과 예측이 가능한 상황에서 가장 단순한 질문을 해보아야 한다. “생성형 AI는 소프트웨어 개발자를 대체할 수 있는가?”. 이 단순한 질문에 답을 하기 위해서는 더 정교한 세부 질문들을 해보아야 한다. “생성형 AI는 구체적으로 어떤 강점과 약점을 가지고 있는가?”, “소프트웨어 개발자의 역할과 범위는 무엇인가?”, “생성형 AI가 소프트웨어 개발자의 업무(Task) 중에 관련이 있는 영역은 어디인가?”, “생성형 AI는 소프트웨어 개발자의 생산성에 어떤 영향을 미치는가?” 등이다. 이번 연구를 통해 생성형 AI의 특성을 알아보고, 또 소프트웨어 개발 과정에

⁷ Matt Welsh. (March 21 2023). Will coding jobs cease to exist in three years.
<https://www.datasciencecentral.com/will-coding-jobs-cease-to-exist-in-three-years/>,
https://www.youtube.com/watch?v=mjOpW9_ckug,
<https://cacm.acm.org/magazines/2023/1/267976-the-end-of-programming/fulltext>

서 생성형 AI에 대체될 위험에 노출되어 있는 영역에 대해서도 알아볼 필요가 있다.

3. 연구 방법

생성형 AI는 제 4차 산업혁명의 핵심 기술 요소이며 매우 빠른 속도로 발전하고 있는 기술이다. 제 4차 산업혁명 이전에 지금까지 제 1차부터 제 3차 산업혁명을 지나오며 새로운 기술이 고용 시장에 미치는 영향에 대한 다양한 연구와 분석이 있었으며 그로부터 다양한 이론과 모델이 나와 있다. 먼저 이러한 선행 연구들을 분석하여 그동안 새로운 기술이 고용시장에 어떤 방식으로 영향을 미쳤는지 알아본다.

새로운 기술인 생성형 AI가 소프트웨어 개발 영역에 어떤 영향을 미칠 것인지를 알기 위해 먼저 생성형 AI가 어떤 기술인지를 분석하고 정의하며, 기존의 기술들과는 어떤 차이가 있는지도 분석해 본다. 또한 소프트웨어 개발이라고 하는 과정에 대해서 분석하며 생성형 AI라는 새로운 기술이 구체적으로 소프트웨어 개발의 어떤 영역에 어떤 영향을 미칠 것인지를 알아본다.

또한 지금은 생성형 AI가 등장한 지 오래 되지 않은 초기임에도 불구하고 이미 고용 시장에서 생성형 AI가 영향을 미친 것으로 알려진 실제 사례들을 수집하고 분석한다. 이를 통해 생성형 AI의 초기 시장 적용 사례와 그 영향을 파악한다. 그 다음으로는 비교적 최근에 발표된 제 4차 산업혁명 및 인공지능과 고용에 관련된 연구 조사들을 조사하고 분석한다. 이를 통해 제 4차 산업혁명이 일반적으로 고용에 미치는 영향을 더 광범위하게 이해할 뿐만 아니라, 생성형 AI의 영향을 특히 소프트웨어 개발 고용 시장에 어떻게 반영되는지를 파악한다. 또한 사례 분석을 통해 생성형 AI가 제 4차 산업혁명의 핵심 기술로써 소프트웨어 개발 고용 시장에 미칠 것으로 예상되는 영향을 보다 심층적으로 이해하고 예측한다.

II. 선행 연구 및 환경분석

1. 관련 선행 연구

먼저 기술의 변화가 고용에 미치는 영향에 대해서 과거 제 1차 산업혁명부터 제 3차 산업혁명이 고용시장에 영향을 미친 사례들을 선행연구 분석을 통해 파악하고, 이번 4차 산업혁명의 특징과 4차 산업혁명의 핵심인 생성형 AI는 무엇이고 또 이것이 기존 산업혁명과는 어떻게 다른 지를 알아본다. 그리고 소프트웨어 개발이 무엇인지 또 생성형 AI가 소프트웨어 개발 과정에서 어떤 영역의 어떤 일을 대체할 수 있는지를 알아본다.

1) 기술변화가 고용에 미치는 영향

기술의 변화가 고용에 미치는 영향에 대해서는 다양한 이론과 프레임워크가 존재한다. 제 1차 산업혁명부터 제 3차 산업혁명까지 지나오면서 가장 직관적으로 제시되었던 학설은 ‘기술 결정론(Technological Determinism)’이다. 이 이론은 기술이 사회와 경제의 주요 변화를 결정하는 독립적인 원인이라고 보고, 특히 고용에 있어서 새로운 기술이 직업을 대체하거나 변화시키는 주된 동력으로 작용한다고 본다. 따라서 기술의 발전은 생산성 향상을 가져와서 일자리를 창출하거나 파괴할 수 있다고 본다. 두번째로는 ‘경제적 구조주의(Economic Structuralism)’를 들 수 있다. 이 이론의 관점은 기술 변화가 경제 구조 내에서 어떻게 다르게 작용하는지를 이해하는 데 중점을 두고 있다. 경제적 구조주의에서는 기술 발전이 경제 내의 다양한 부문간의 불균등한 발전을 초래할 수 있으며, 이는 고용에 대한 불균형한 영향을 미친다고 본다. 특히 다니엘 코헨(Daniel Cohen)의 연구에서는 국제 무역과 기술의 혁신이 세계적으로 노동 시장에 영향을 미치게 된다고 말하고 있다.⁸ 세번째로는 ‘노동시장 이론(Labor Market Theory)’이 있다. 노동시장 이론은 기술 진보가 노동의 수요와 공급, 임금, 그리고 노동의 조건에 어떻게 영향을 미치는지를 설명하는데, 기술의 변화는 일자리의 종류와 수요를 변화시키게 된다는 것이다. 특히 이 이론을 통해 기술 변화에 따른 특정 기술 세트(skill-set)를 가진 노동자들에게 미치는 영향을 이해하는 데 도움을 준다.

제 1차 산업혁명은 1780년대 이후부터 영국과 독일이 주도하기 시작하였으며, 생산방식의 기계화에 따라 기존의 인간이 하던 업무를 기계가 대신하게 되면서 기계의 도입에 따른 생산성이 크게 향상될 수 있었다. 1차 산업혁명의 주역은 방직공업이다. 방직공업의 발전은 석탄공업, 철공업, 화학공업 등의 발전을 촉진했다. 기계를 사용하게 됨으로써 1인당 실질소득이 지속적으로 증가하고 전체 산업규모가 급속한 발전을 이룩하게 됨으로써 결론적으로 고용에 긍정적 영향을 미치게 되었다. 이러한 사실은 1955년 앵거스 매디슨(Angus Maddison) 교수에 의해 작성된 매디슨 프로젝트(Maddison Project)에서 56개국의 GDP를 1820년까지 추정 및 2001년에 서기 1년까지 추정한 자료를 통해 확인할 수 있다. 해당 자료에서 영국은 2011년 달러를 기준으로 한 1인당 실질 GDP(Real GDP per Capita in 2011 \$)가 제 1차 산업혁명이 시작되는 시점인 1780년대에는 약 \$3,000에서 머물렀다면, 제 2차 산업혁명이 시작될 시점인 1870년대에는 약 \$5,900 정도로 두배 가까이 증가했다는 사실을 확인할 수 있다.⁹ 매디슨 프로젝트는 일각에서의 학문적인 추정치에 불과하다는 평가에도 불구하고, 제 1차 산업혁명 전후의 경제규모에 대한 장기적이고 거시적인 추세를 확인할 수 있다는 점에서 의미가 있다.

제 2차 산업혁명은 1870년부터 미국, 일본, 독일이 주도하였으며 전기로 인한 공장 자동화로 인해 대량생산이 가능하게 함으로써 생산성을 계속적으로 향상 시켰다. 오늘날의 전력시스템, 통

⁸ Daniel Cohen. (2006). Globalization and Its Enemies.

⁹ Jutta Bolt, Jan Luiten van Zanden. (October 2020). Maddison Project Database 2020. <https://www.rug.nl/ggdc/historicaldevelopment/maddison/releases/maddison-project-database-2020?lang=en>

신시스템, 대량생산상 체계 등이 제 2차 산업혁명을 기반으로 지금까지 이어져 온 것이다. 2차 산업혁명을 계기로 규모의 경제가 커지게 됨과 동시에 대량 생산된 상품들을 대량으로 판매하기 위한 유통 산업이 발달하게 되고 그 범위가 해외까지 확대되면서 연계된 다양한 산업 분야가 생겨나게 되고 또 성장하게 되면서 고용을 크게 증가시켰다. 미 인구조사국에 따르면 1870년에서 1920년 사이 미국의 제조업 고용은 247만명에서 1,119만명으로 4배 이상 증가했다.¹⁰ 제 2차 산업혁명 시기 철도 건설 붐은 철강, 석탄, 건설 등 관련 산업의 폭발적인 성장을 이끌었고, 자동차의 등장은 자동차 제조 뿐만 아니라, 부품 공급, 정비, 도로 건설 등 다양한 분야에서 일자리를 만들어 냈다. 1920년대에 이르러서 미국의 자동차 산업은 380만명 이상을 고용했다.¹¹ 제 2차 산업혁명은 저임금, 장시간 노동, 열악한 작업 환경 등 노동자들에게 어려움을 안겨주었다는 평가도 있다. 하지만 기술 발전이 대량 실업으로 이어질 것이라는 비관적인 전망을 한 “노동의 종말(The End of Work)”의 저자 제레미 리프킨(Jeremy Rifkin) 조차도 인정했듯이, 전반적으로 2차 산업혁명은 생산성 향상, 경제 성장, 그리고 대규모 고용 증가를 가져왔다는 점을 부인할 수 없다.

제 3차 산업혁명은 1969년 이후 나타난 정보통신 기술의 혁명이다. 제 2차 산업혁명까지를 기계혁명, 기술혁명이라고 부른다면 3차 산업 혁명은 과학과 기술이 반영된 과학기술혁명이다. 인터넷의 발명은 무형의 정보들이 빠른 시간에 유통하게 함으로써 새로운 산업의 발전을 가져오게 되었다. 신산업의 출현은 장기적으로는 새로운 고용으로의 변화를 이끌어 왔다. 기술진보에 따른 기존 일자리의 대체효과는 있지만 총량상으로는 산업규모의 확장에 따른 전체적 고용이 늘어난 것으로 본다. 자동화 비용이 낮아지면 상품과 서비스 수요가 다양화됨에 따라 새로운 일 자리가 늘어나기 때문에 고용에 긍정적인 영향을 미친다는 것이다. ¹² 실제로 제 3차 산업혁명 시기, 컴퓨터, 소프트웨어, 인터넷 관련 산업의 급격한 성장은 수많은 새로운 일자리를 창출했다. 미국의 경우, 1980년대 이후 소프트웨어 개발자, 컴퓨터 엔지니어, 시스템 분석가 등 정보통신 기술 관련 직업의 수가 폭발적으로 증가했다. ¹³

2) 생성형 AI = Game Changer

인간처럼 생각할 수 있는 기계인 인공지능(AI: Artificial Intelligence)이라는 용어는 1956년 다트머스 대학에서 열린 Thinking Machine이라는 주제의 회의에서 존 맥카시(John McCarthy)에 의해 처음 등장했다. 하지만 현대 딥러닝(Deep Learning)의 기원이 되는 인공신경망에 대한 기초 이론은 1943년에 논리학자인 월터 피츠(Walter Pitts)와 신경외과의 워렌 맥컬러(Warren McCulloch)의 ‘A Logical Calculus of Ideas Immanent in Nervous Activity’ 논문을 통해 처음 발표되었다. 해당 논문에서 최초로 인간의 두뇌에 대한 최초의 논리적 모델을 제시했는데, 뉴런이 시냅스에 연결되어 있고 상

¹⁰ U.S. Census Bureau. (1975). Historical Statistics of the United States: Colonial Times to 1970. 139p.

¹¹ John A. Heitmann. (2009). The Automobile Industry.

¹² 장이랑. (2018). 제4차 산업혁명 기술의 실현 가능성과 고용영향의 인식 및 영향 관계

¹³ Bureau of Labor Statistics. Occupational Employment and Wages, 1984-2021

호간의 작용 관계를 0과 1(on/off)로 이루어진 2진법 논리 모델로 설명한 것이다. 이 연구는 이후 퍼셉트론(Perceptron)의 개념과 현대 딥러닝까지 지대한 영향을 미치게 된다. 1950년 영국의 수학자이자 현대 컴퓨터 과학의 아버지라 불리우는 앨런 튜링(Alan Turing)은 ‘계산 기계와 지능(Computing Machinery and Intelligence)’라는 논문을 발표한다. 이 논문에서 이미 앨런 튜링은 기계가 생각할 수 있는지 여부를 테스트하는 방법과 지능적 기계의 개발 가능성, 학습하는 기계 등에 관해 기술하여 인공지능에 대한 개념적인 토대를 놓았다. 하지만 이후에 퍼셉트론이 XOR 같은 비선형 문제를 해결할 수 없다는 논문이 나오면서 한동안 인공지능에 대한 연구는 명맥이 끊기게 된다.

하지만 1986년 그동안 인공지능 연구를 계속 해왔던 제프리 힌튼(Geoffrey Hinton) 교수는 다층 퍼셉트론(Multi-Layer Perceptron, MLP)와 Back-propagation 알고리즘을 실험적으로 증명하면서 XOR문제를 해결하게 되었다. 이 연구를 계기로 1990년대 초반까지 큰 발전이 있었으나, 다층 퍼셉트론에서도 최적화 문제(Vanishing Gradient)와 과적합(Overfitting)이라는 한계가 나타나면서 인공지능 연구는 다시한번 빙하기를 맞게 된다.

이 문제 해결에 매달렸던 제프리 힌튼은 2006년 “A fast learning algorithm for deep belief nets” 논문에서 데이터의 전처리과정(Pre-training)을 보강하면 DNN(Deep Neural Network)을 통해 학습이 가능하다는 것을 밝혀냈다. 이때부터 본격적으로 딥러닝(Deep Learning)이라는 용어가 사용되기 시작했다.

그리고 2012년 제프리 힌튼과 그의 팀은 Deep-CNN(Convolution Neural Network: 합성곱 신경망)을 적용한 딥러닝 모델인 'AlexNet'을 통해 이미지 인식 분야에서 혁신적인 성과를 달성하며 딥러닝 시대가 본격적으로 시작되다. 이 성공은 합성곱신경망(CNN)과 같은 심층 신경망 아키텍처의 가능성을 입증했을 뿐만 아니라, 이후 자연어 처리(NLP), 음성 인식 등 다양한 분야에서 딥러닝의 적용이 확대되는데 큰 기여를 하였다.

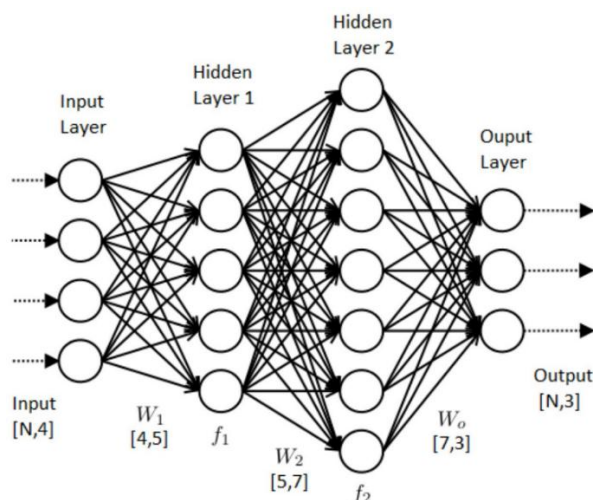


그림 1. 인공신경망(Artificial Neural Network)

본 논문에서 집중하고자 하는 소프트웨어 개발자들의 고용에 영향을 줄 수도 있을 생성형 AI는 GPT(Generative Pre-trained Transformer)라고도 불리는 거대언어모델(Large Language Model, LLM)이다. 자연어 처리(Natural Language Processing, NLP) 영역이라고도 하는데, 자연어 처리 기술의 발전에서 가장 큰 전환점 중 하나는 2017년 구글이 발표한 논문 "Attention Is All You Need" 논문에서 제안된 '트랜스포머(Transformer)' 모델의 등장이다. 트랜스포머는 주목 메커니즘(Attention Mechanism)을 기반으로 하여, 문장 내 단어 간의 상관관계를 효과적으로 학습함으로써, 기존의 순차적 정보 처리 방식 또는 규칙기반(Rule-based) 언어처리 보다 훨씬 효율적이면서 높은 성능의 자연어 처리가 가능하게 되었다.

성능이 높은 거대 언어모델을 만들기 위해서는 다량의 학습할 데이터가 필요하고, 최적화된 노드-레이어 설계와 적절한 규모의 파라미터(Parameter, 매개변수. 가중치(Weight)라고도 함.)를 가지고 있어야 한다. OpenAI가 개발한 ChatGPT-3의 경우 인터넷에서 수집한 학습용 원시 텍스트 데이터가 약 45TB, 학습시킨 파라미터의 수는 약 1,750억개(175,181,291,520개)에 달한다. 이러한 방대한 양의 데이터를 학습시키기 위해서 고성능 GPU인 NVIDIA의 V100가 클러스터로 구성된 DGX 시스템이 대규모로 사용되었다고 알려졌다.

생성형 AI는 기본적으로 처음에 주어지는 명령어인 프롬프트(Prompt)를 시작으로 그 뒤에 이어서 나올 가장 확률적으로 적합한 단어와 문장을 기존 학습한 모델(Model) 내부의 기준(Weight)에 따라서 계속 이어서 생성해 주는 함수라고 볼 수 있다. 트랜스포머 모델이 단순히 근접한 단어-단어 사이의 연관성 뿐만 아니라 떨어져 있는 단어와 문장 사이의 연관성도 같이 판단하기 때문에 문장의 흐름(Context)을 매우 잘 유지할 수 있는 뛰어난 추론 능력을 갖게 되었다.

ChatGPT와 같이 매우 잘 훈련된 생성형 AI는 방대한 데이터셋의 학습과 뛰어난 대화 컨텍스트 이해 능력 때문에, 대화를 해보면 마치 사람처럼 내 질문의 의도를 정확하게 파악하는 것처럼 느껴 지기도 하고 또 사람 같은 매끄러운 문장을 생성해서 답을 주기 때문에 마치 지능이 있는 것처럼 느껴 지기도 한다. 하지만 이는 학습된 데이터와 알고리즘을 기반으로 반응을 생성할 뿐, 실제 자아를 가지고 있는 것은 아니다.

이러한 배경 때문에 ChatGPT가 가지고 있는 약점들도 있다. 먼저 생성형 AI가 맥락과 관련이 없거나 사실이 아닌 내용을 마치 옳은 답처럼 대답하는 현상인 할루시네이션(Hallucination)이다. 생성형 AI는 학습 데이터에 기반하여 응답을 생성하기 때문에, 학습하지 못한 데이터나 새로 발생한 사건에 대해서는 정확하게 이해하지 못할 가능성이 높다. 이러한 경우에도 LLM은 확률적으로 문장을 생성하기 때문에 문장 자체에는 문제가 없지만 그 내용은 전혀 사실이 아니거나 엉뚱한 응답을 할 가능성이 있다는 점이다. 그렇기 때문에 LLM의 응답은 사실 검증이 반드시 필요하다.

또 주의해야 할 부분은 바로 저작권 문제이다. 생성형 AI가 학습한 내용 중에 만약 다른 회사의 지적 재산권에 해당하는 코드가 있었고, 생성형 AI가 생성해준 코드가 알고 보니 다른 회사의 지적 재산권에 해당하는 코드였다면 누가 책임을 지고 누가 피해를 보상해야 할 것인가? 생성형 AI가 생성한 코드를 사용해서 만약 보안문제가 터진다면 누가 책임을 져야 할까? 생성형 AI는 추론을 하기 위해 강력한 하드웨어를 필요로 하는데, 이런 이유로 대부분 클라우드 서비스에서 제공되고 있다. 생성형 AI를 사용하기 위해 기업의 자산인 코드를 외부 서버에 올려야만 하고, 해당 정보를 제 3자가 볼 가능성이 있다면 이는 안전한 것일까? 이런 부분들은 생성형 AI를 보편적으로 사용할 수 있는지에 대한 질문을 던져준다.

하지만 이러한 한계점에도 불구하고 매우 빠른 속도로 생성형 AI 서비스들이 늘어나고 있고 점점 더 사람들의 삶 속으로 침투하고 있다. 최근에는 텍스트 뿐만 아니라 이미지 정보를 동시에 받아들이고 처리할 수 있는 멀티모달(Multi Modal) 기능을 갖춰 나가고 있다. 최근에 미국에 Figure라는 로봇 스타트업은 로봇과 LLM을 결합하여 음성으로 지시를 내리고 대화도 할 수 있는 로봇도 개발하고 있다.

3) 소프트웨어 개발과 생성형 AI

소프트웨어 개발 프로세스를 정의하는 애자일(Agile), 스크럼(Scrum), TDD(Test Driven Development)와 같은 여러가지 최신 모델이자 방법론들이 있지만 가장 오래되고 널리 사용되었으며 가장 직관적이고 간단하게 소프트웨어 개발 프로세스를 표현하는 모델은 폭포수 모델(Waterfall Model)일 것이다. 폭포수 모델은 각 단계를 순차적으로 진행한다는 특징이 있고 지금도 비교적 짧은 시간에 도전적인 목표를 이루어야 하는 프로젝트에서 강력한 리더가 프로젝트를 끌고 나갈 때 가장 생산성이 높은 모델로 알려져 있다.

폭포수 모델도 세부 단계를 어떻게 구분하는지에 따라서 조금의 차이는 있지만 크게 요구사항 정의(Requirements), 분석(Analysis), 설계(Design), 구현(Code), 테스트(Test), 운영/유지보수(Maintenance)로 나누어 볼 수 있다. 소프트웨어 개발자가 실제로 컴퓨터 코드를 작성하는 단계는 구현(Code) 단계이며, 소프트웨어 개발자는 앞단계인 요구사항 정의와 분석을 얼마나 정확하게 파악하는가에 해당 개발 프로젝트의 성패가 달려있다고 해도 무리가 아니다. 요구사항 정의가 명확하게 되어야 개발 프로젝트 진행에 필요한 적절한 기간과 리소스들을 결정할 수 있을 뿐만 아니라 최악의 경우 요구사항 정의가 잘못 이뤄지면 개발 프로젝트의 결과물이 고객의 필요(Needs)와 동떨어진 결과물이 될 수도 있다. 특히 개발하려는 소프트웨어가 복잡하고 Domain 지식이 중요할수록 구현 보다는 요구사항 정의, 분석, 설계 그리고 테스트에 더 많은 시간이 필요하다. 분석과 설계까지 끝나면 드디어 컴퓨터 코드로 구현하는 단계에 들어가게 된다. 구현된 기능들은 테스트 및 QA(Quality Assurance) 과정을 거쳐 운영/유지보수 단계로 넘어가게 된다. 실제 코드를 작성하는 구

현 과정은 전체 소프트웨어 개발 프로세스 중 일부 작업이라고 할 수 있다.

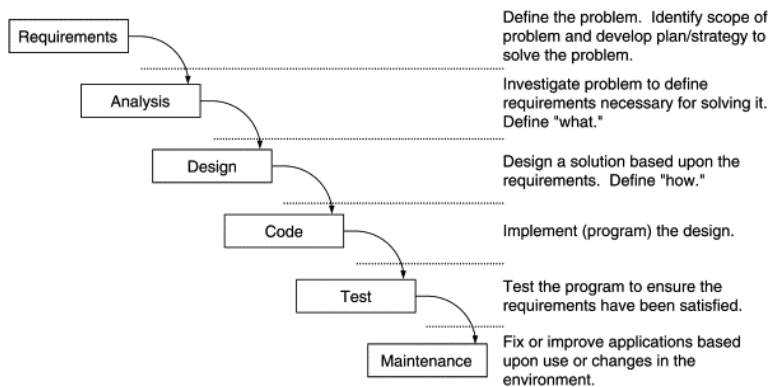


그림 2. 소프트웨어 개발 방법론. 폭포수 모델(Waterfall Model)

소프트웨어 개발이라고 하면 일반적으로 컴퓨터 모니터에 복잡한 코드를 띄워 놓고 코딩을 하는 모습을 떠올리게 되지만, 실제로 코딩을 하는 부분을 소프트웨어 개발 과정의 일부에 불과하다고 할 수 있다. 실제로 스크럼(Scrum)과 같은 Iterative(주기 반복) 기반의 개발 방법론에서 개발 기간을 예측하기 위해 개발자가 일하는 시간을 1 Iteration(주기 또는 Cycle) 단위로 쪼개어 보았을 때, 약 10%는 계획, 약 25%는 오류체크와 검증 및 안정화 그리고 나머지 65%의 시간을 코딩과 관련된 업무에 사용하게 된다. 그리고 이 코딩과 관련된 업무 시간에서도 약 25%는 각종 회의, 코드리뷰, 문서화 작업등에 사용되고, 드디어 남은 75%만이 우리가 생각하는 개발 업무(Engineering Work, 소프트웨어 공학적 업무)에 해당하는데 이 중에서도 10%는 코딩 전 설계 업무에 사용하고 90%를 코딩에 사용한다.

소프트웨어 개발이라고 하면 일반적으로 컴퓨터 모니터에 복잡한 코드를 띄워 놓고 코딩을 하는 모습을 떠올리게 되지만, 실제로 코딩을 하는 부분을 소프트웨어 개발 과정의 일부에 불과하다고 할 수 있다. 실제로 스크럼(Scrum)과 같은 Iterative(주기 반복) 기반의 개발 방법론에서 개발 기간을 예측하기 위해 개발자가 일하는 시간을 1 Iteration(주기 또는 Cycle) 단위로 쪼개어 보았을 때, 약 10%는 계획, 약 25%는 오류체크와 검증 및 안정화 그리고 나머지 65%의 시간을 코딩과 관련된 업무에 사용하게 된다. 그리고 이 코딩과 관련된 업무 시간에서도 약 25%는 각종 회의, 코드리뷰, 문서화 작업등에 사용되고, 드디어 남은 75%만이 우리가 생각하는 개발 업무(Engineering Work, 소프트웨어 공학적 업무)에 해당하는데 이 중에서도 10%는 코딩 전 설계 업무에 사용하고 90%를 코딩에 사용한다.

1 Iteration을 100% 기준으로 놓고 실제로 소프트웨어 개발자가 컴퓨터 코드를 작성하는 시간을 따져보면, 전체 개발자 업무 시간의 43.8% 정도라고 할 수 있다. 소프트웨어 개발자가 일하는 시간의 절반이 채 안되는 시간이다.

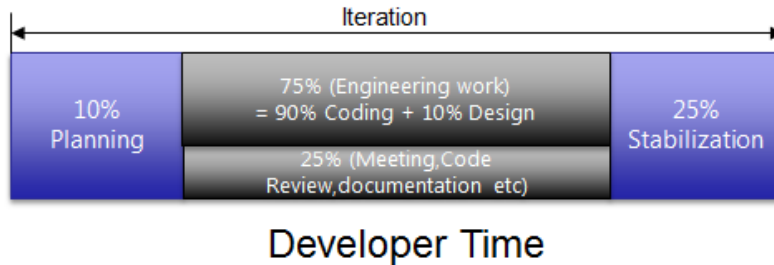


그림 3. 소프트웨어 개발자의 시간 예측. Developer Time Estimation. scrum.org

위와 같이 소프트웨어 개발자가 실제로 하는 업무는 다양하고 복잡하며 실제 컴퓨터 코드를 작성하는 코딩 작업보다 그 이외의 업무를 더 많이 하고 있다는 것을 확인할 수 있었다. 특히 요구 사항이 복잡하고 세부적인 소프트웨어 개발 프로젝트일 수록, 표준화된 서비스가 아닌 특화된 서비스일수록 실제 컴퓨터 코드 작성 이외의 시간 비율이 더 높아질 뿐만 아니라 중요도 또한 더 높아진다. 소프트웨어 개발 프로젝트에서 결과물의 품질을 높이는 데에는 코드 작성 보다 그 이외의 영역이 더 중요할 수 있다.

그렇다면 생성형 AI는 소프트웨어 개발 과정에서 어떤 부분을 대체하게 되는 것일까? 먼저 개발 업무 중에서 실제 컴퓨터 코드 작성 부분이 생성형 AI와 직접적으로 연결된 영역들이 될 수 있겠다. 이외에도 개발 과정에서 반드시 필요한 코드 주석 작성, 코드 리뷰, 코드 리팩토링(Refactoring) 뿐만 아니라 기술문서 분석, 각종 문서작성, 회의록 작성과 같은 업무도 생성형 AI가 도움을 줄 수 있는 영역이라고 볼 수 있다.

현재 서비스중인 코드를 생성하는 서비스들은 거의 대부분 클라우드 기반(Cloud-based) 서비스이다. 문제가 되는 부분은 순수 코드 생성 자체는 문제가 없겠지만, 코드 리뷰 또는 코드의 주석을 달고 리팩토링 작업을 하기 위해서는 핵심 지적 자산(IP)인 개발 소스 코드를 외부 서버인 ChatGPT나 Copilot과 같은 서비스로 업로드를 해야 한다는 점이다. 보안이 중요한 소프트웨어 일수록 On-Premise 구조의 서비스 외에는 사용할 수 없는 경우가 많은데 이런 경우에는 사용할 수 없다. 이런 생성형 AI를 On-Premise 방식으로 사용하기 위해서는 상용 생성형 AI수준의 뛰어난 모델을 보유하고 있어야 하며, 이를 사용하기 위해서 매우 강력한 하드웨어를 보유하고 있어야 한다.

서비스명	서비스 세부정보
Github Copilot	GitHub을 인수한 Microsoft가 OpenAI와 협력하여 제공 https://github.com/features/copilot
ChatGPT	OpenAI사의 서비스 https://chat.openai.com

Claude	Anthropic, OpenAI출신 멤버들이 창업 https://claude.ai
Code Whisperer	Amazon https://aws.amazon.com/ko/codewhisperer
Bard	Google 제작 https://bard.google.com
tabnine	온프레미스 설치, 업체 코드 학습 https://www.tabnine.com/
Code Llama	Meta, Open Source https://ai.meta.com/llama
Replit (Ghostwriter)	Pair programmer, 온라인 IDE https://replit.com/a

표 2. 대표적인 컴퓨터 코드를 생성할 수 있는 생성형 AI 서비스 목록

2024년 3월 미국의 인공지능 스타트업 Cognition AI는 세계 최초의 AI 개발자 Devin을 발표했다. Cognition AI측은 Devin이 세계 최초로 자동화된 소프트웨어 개발자라고 주장했다.¹⁴ 데모 영상에서 Devin은 모든 과정을 웹 브라우저 상의 가상 개발 환경 위에서 수행했으며, 가상 개발 환경에는 보통 개발자들이 사용하는 것과 유사한 모습의 IDE(Integrated Development Environment)와 CLI(Command Line Interface) 환경이 갖춰져 있었다. 가장 먼저 사용자가 원하는 개발 작업이 무엇인지 자연어 방식으로 프롬프트를 입력하자, Devin이 스스로 해야 할 작업을 정의했다. 그리고 순서대로 필요한 관련 라이브러리 웹페이지를 검색하여 방문하고, 필요한 라이브러리와 패키지들을 가상 개발 환경에 설치해 나가는 모습을 보여줬다. 심지어 중간에 오류가 발생하자 스스로 디버깅을 위해 중간에 변수를 출력하도록 코드를 수정했고, 출력된 변수를 가지고 다시 검색을 해서 맞는 해결법을 찾는 모습도 보였다.

데모 영상에서 Devin은 요구사항을 듣고 바로 필요한 코드를 작성하는 모습이 아니었다. 필요한 소프트웨어 라이브러리를 검색해서 찾고, 해당 라이브러리의 웹사이트를 방문해 기술문서를 확인하고 가이드를 따라서 실제 패키지를 설치하는 모습이었는데, 이를 에이전트(Agent) 방식이라고 한다. 에이전트 방식은 목표를 설정하면 해당 목표를 달성하기 위한 하위 작업(Task)들을 결정하고 하나씩 진행을 하는 방식이다. 실제 사람 소프트웨어 개발자가 일하는 것과 매우 유사한 방식이라고 볼 수 있다. 하지만 한편으로는 이미 방대한 양의 코드와 기술문서를 학습한 인공지능이 바로 코드를 작성하지 않고 왜 이런 방식으로 개발을 진행했을까 궁금해지지 않을 수 없었다.

이는 아마도 소프트웨어 개발 환경의 특성 때문인 것으로 생각된다. 많은 소프트웨어 라이브러리들이 상호 의존성(Dependency)을 가지고 있을 뿐만 아니라 비교적 짧은 주기로 새로운 업데이트와 버그 패치들이 이뤄지고 있기 때문이다. 생성형 AI를 작동시키는 인공지능 모델을 학습시키고 최적화 시키기 위해서는 많은 데이터와 긴 학습시간이 필요한데, 생성형 AI가 학습을 마친 시점

¹⁴ Cognition AI, Scott Wu. (12 March 2024). Introducing Devin, the first AI software engineer.
<https://www.cognition-labs.com/introducing-devin>

이후로 바뀐 내용들이 있을 가능성이 높다. 세계 최초의 AI 개발자 솔루션이 이러한 방식을 택했다는 것은 큰 의미가 있다. 소프트웨어 개발이라는 영역이 매우 빠르고 역동적으로 변하는 영역이기 때문에 생성형 AI가 기존에 학습한 모델을 기반으로 추론만으로는 현실 세계의 최신 업데이트들에 대응하기는 어렵다는 현실을 보여주었다.

Cognition AI에서는 Devin의 성능을 테스트하기 위해서, LLM이 정말 실제 세상에 있는 Github 내 문제들을 얼마나 잘 해결해 내는지 확인하는, SWE-bench 테스트를 진행했고 매우 놀라운 결과를 발표했다. Cognition AI에 따르면 편집해야 할 파일을 정확히 알려주는 등의 지원을 제공한 다른 LLM들 보다도 매우 높은 문제 해결력을 보여줬다. Devin은 일절 지원을 받지 않은 상태에서 13.86%의 문제를 정확하게 해결했는데, Claude 2의 4.8%와 ChatGPT-4의 1.74%에 비해 크게 높은 문제 해결력 수치였다¹⁵.

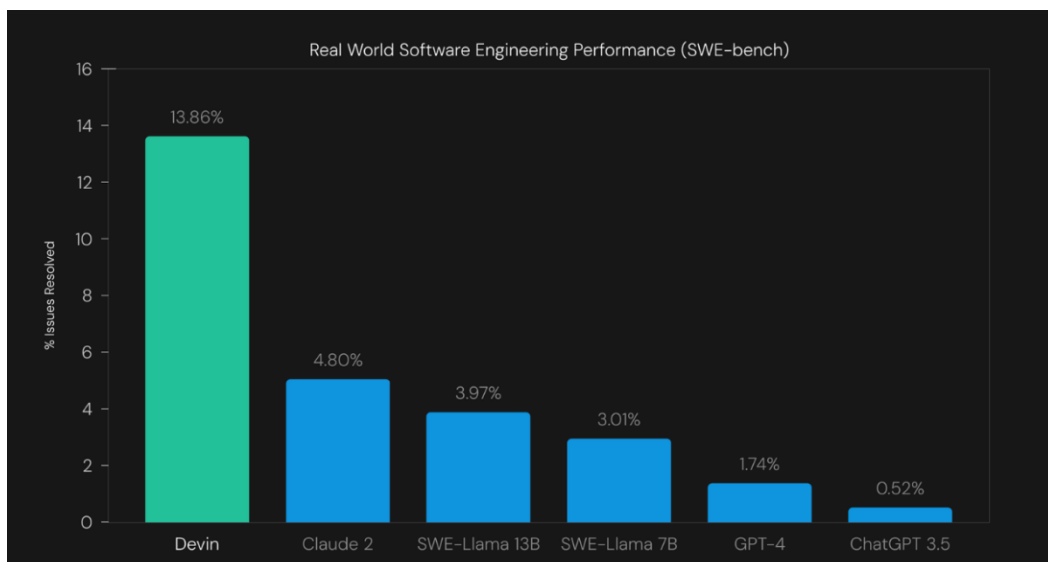


그림 4. AI 개발자인 Devin의 SWE-bench 결과. Cognition AI.

데모 영상에서 Devin이 개발을 진행해 나가는 모습은 대략 1~2년차 주니어 개발자가 처음 사용하는 라이브러리를 기술문서를 찾아보며 기능을 구현해 나가는 모습과 비슷하다는 생각이 들었다. 한편으로는 얼마 전에 전세계를 놀라게 했던 AutoGPT라는 도구가 떠올랐다. ChatGPT를 이용해서 스스로 목표를 달성하기 위해 작동하던 모습이 매우 유사하게 느껴졌다.

미국 퍼듀 대학에서 진행한 스택오버플로우(StackOverflow) 사이트의 질문에 사람과 ChatGPT 중에 누가 더 답변을 잘 하는지에 대한 연구를 진행했다. 스택오버플로우는 전세계의 소프트웨어 개발자들이 서로 질문을 남기고 답변을 달아주는 지식 플랫폼 서비스이다. 총 517개의 스택오버플로우에 올라온 질문에 대한 답변을 ChatGPT가 생성하고 사람의 답변과 비교 및 분석하였다. ChatGPT가 생성한 답변의 약 52%가 분석해본 결과 오류가 있는 내용을 포함한 답변이었다.

¹⁵ Cognition AI. (15 March 2024). SWE-bench technical report.
<https://www.cognition-labs.com/post/swe-bench-technical-report>

ChatGPT의 답변의 77%는 너무 장황하다는 평가도 있었다. 하지만 그럼에도 불구하고 ChatGPT가 포괄적이고 명료한 어투로 설명해 주었기 때문에 39.34%의 경우에 ChatGPT의 답변을 더 선호했다. (ChatGPT 3.5 기준)¹⁶ 이 연구를 통해 아직 생성형 AI가 소프트웨어 개발 과정에 제공한 코드는 반드시 사람의 검증과 검토가 필요하다는 것을 말해준다. 또한 생성형 AI의 명료한 어투 때문에 더 쉽게 잘못된 코드를 채택해서 사용하게 될 확률이 높다는 의미이다. 아직은 생성형 AI가 생성한 컴퓨터 코드를 신뢰하기는 어렵다는 뜻이다. 결국 해당 내용을 잘 아는 사람이거나, 생성형 AI가 생성해준 코드가 맞는지 검증하고 제대로 활용이 가능하다는 의미이다. 이는 우리가 생성형 AI로부터 기대하는 모습에는 조금 부족한 모습이라 할 수 있다.

III. 사례 분석

1. AI로 인한 고용상황 변화 사례

실제 AI로 인한 고용상황 변화 사례들이 하나 둘 씩 나타나고 있다. 국내외 실제 사례들을 통해 어떤 분야에 어떤 인력들이 영향을 받고 있는지 실제 사례들을 갖고 영향을 알아본다.

1) 해외사례

2024년 1월 비즈니스 인사이더(Business Insider)는 구글이 광고 영업팀에서 수백명의 직원을 해고한다고 보도하였다. 감원의 대상이 된 인원의 대부분은 회사에서 가장 큰 광고 고객을 담당하던 대규모 고객 영업(Large Customer Sales)팀이었다. 이미 그 전해부터 대규모 감원이 있을 것이라는 소문이 있었으며, 이들 중 상당수가 해고되거나 재배치 되는 이유는 바로 AI가 이들을 대체하고 있기 때문이라는 것이다.¹⁷ 기사에 따르면 이미 구글은 구글 광고 서비스에 수많은 인공지능 기능을 탑재하고 있으며 예들 들면 자연어 처리가 가능한 챗봇은 이미 고객들에게 다양한 구글 광고 상품에 대해서 설명해주고 있으며, ‘퍼포먼스 맥스’라는 제품의 일부인 생성형 AI가 광고용 텍스트와 이미지 등의 광고 자산을 스스로 제작하는 시스템이 대표적이다. 기존에는 일일이 사람이 안내하

¹⁶ Samia Kabir, David N. Udo-Imesh, Bonan Kou, Tianyi Zhang. (10 Aug. 2023). Who Answers It Better? An In-Depth Analysis of ChatGPT and Stack Overflow Answers to Software Engineering Questions.

¹⁷ Ars Technica, Ron Amadeo. (17 Jan. 2024). Google lays off “hundreds” more as ad division switches to AI-powered sales.
<https://arstechnica.com/google/2024/01/google-lays-off-hundreds-more-as-ad-division-switches-to-ai-powered-sales/>

고 제작을 하던 작업을 이제는 AI가 1초에 수천 번씩 이 작업을 대행할 수 있다. 이미 구글 내부에서는 AI에 더 집중하기 위해서 상대적으로 덜 중요하거나 AI로 대체 가능한 영역의 그룹에서 다발적으로 해고가 이뤄지고 있다. 구글 하드웨어, 구글 어시스턴트, AR 부서에서도 수백명이 해고되었다. 전체적으로 천명이 넘는 인원이 해고된 것으로 알려졌다.

이번 사례는 구글이 해고의 이유로 AI를 직접적으로 지목하진 않았지만 업계 전반에 걸쳐 예상되는 AI로 인한 일자리 감축 및 재배치의 대표적인 첫번째 사례 중 하나가 될 것이다. 여기서 더 심각하게 여겨진 부분은, 이번 대량 해고 사태가 단순히 AI에 대체되어 일자리 자체가 사라지는 부분도 있었지만, 구글이 AI에 더 많은 자원을 집중하기 위해서 상대적으로 우선순위가 낮은 부서들은 몸집을 줄이기 위해 노력하고 있다는 부분이다.

2023년 5월 Tech.co는 93명의 기업 리더들을 대상으로 조사한 설문에서 거의 절반에 달하는 약 47%의 기업 경영자들이 신규 고용을 하기 보다 AI를 사용하는 것을 고려하고 있다는 결과가 나왔다.¹⁸ 또한 이들은 평균적으로 최소한 1/4에 해당하는 업무가 ChatGPT 또는 이와 유사한 AI 도구를 사용해 처리할 수 있다고 생각하고 있었다. 또한 AI를 도입함으로써 기존 직원의 생산성을 높일 수 있다면, 새로운 직원을 뽑기 보다는 AI를 도입하고 기존 직원의 급여를 올리는데 사용하겠다는 의견을 밝힌 경영자의 사례도 발견할 수 있었다.

“ChatGPT와 같은 AI도구가 직장에서 전체 직원의 역할을 대체하는데 얼마나 걸릴 것인가?”라는 두번째 질문에는 약 52%의 응답자가 ChatGPT 및 유사한 AI도구가 비즈니스에서 전체 역할을 대체할 수는 없을 것이라고 답했다. 소규모 비즈니스인 경우 복잡한 일을 처리해야 하는 경우가 많고, 업무 전체를 대체하기는 현실적이지 않다는 것이다. 다만 5개 회사의 경영자는 이미 회사에서 ChatGPT가 전체 업무를 대체하고 있다고 밝혔다.

45명이 응답한 세번째 질문 “현재 업무량의 몇 퍼센트를 ChatGPT 또는 유사한 AI도구로 처리할 수 있나요?”에는 약 27%정도의 개인 업무를 이런 AI 도구에 넘길 수 있다고 대답했으며, 2명은 단 1%로도 ChatGPT에 넘길 수 없는 업무라고 답했다. ChatGPT를 사용하는 업무로는 홍보 문구 생성, 콘텐츠 생성, 이메일 작성, 코드 초안 작성, 디버깅, 고객 문의 분석 등에 사용한다고 응답했다.

이와 같이 업무의 종류와 성격에 따라 상이하겠지만, 이미 해외에서는 많은 사람들이 매일매일의 업무에 ChatGPT와 같은 생성형 AI 도구들이 폭넓게 활용하고 있으며, 실제로 생성형 AI로 인한 대량 해고 사태도 벌어지고 있었다.

¹⁸ Tech.co, Aaron Drapkin. (22 May 2023). 47% of Business Leaders Consider Using AI Over New Hires.
<https://tech.co/news/businesses-consider-ai-over-new-hires>

2) 국내 사례

2023년 12월 KB 국민은행 콜센터 상담원 240여명이 해고 통지서를 받았다. 콜센터 폐지로 인해 해고가 결정되었고 12월 말 해고를 예고하는 내용이었다. 은행 측은 인공지능 상담 서비스 도입으로 인해 올해 콜센터 이용자 수가 지난해 보다 20%가량 줄어 감축이 불가피 한 상황이라는 것이었다.¹⁹ 인공지능 서비스의 대체효과로 대량 해고가 일어난 첫 국내 사례이다. KB 국민은행을 포함해 인공지능 상담 서비스를 도입한 시중 은행은 모두 5곳이며, 2030년 까지 인공지능 상담 서비스 시장 규모가 지금보다 열 배 이상 커질 것이라는 전망이 있는 가운데 금융권 콜센터 전반으로 해고의 물결이 번지는 것이 아닌 가에 대한 우려가 커져가고 있다.

하지만 같은 사건을 놓고 인공지능 콜봇 또는 챗봇이 콜센터 상담사를 100% 대체하는 것은 불가능하다는 의견도 보인다. 금융상담의 경우 고객 별로 심층 상담이 필요할 뿐만 아니라, 고객마다 금융에 대한 이해도가 다르기에 사람이 AI 챗봇 보다 더 나은 접근 방식을 보인다는 것이다. 실제로 고객들이 AI 챗봇을 이용하다가 불편해서 상담원과 다시 연결하는 경우도 적지 않다는 것이다.

이와 같이 이미 국내에도 AI로 인한 대량 해고 사태가 발생하였다. 한국은 미국과 달리 노동 유연성이 높지는 않은 편이기에 당장 큰 변화는 없는 것처럼 느껴질 수도 있겠지만, 최근에 식당의 인건비를 줄여주는 키오스크 주문과 테블릿 주문에 점점 익숙해지는 것처럼, 금융권 외에도 점차 인공지능 상담사 기능이 들어가고 그것에 익숙해질 가능성이 높다.

¹⁹ KBS뉴스. 광동화 (13 Dec. 2023) Ai에 내몰린 상담원... 대량해고 현실화.
<https://news.kbs.co.kr/news/pc/view/view.do?ncd=7840467>

IV. 전략적 제언

생성형 AI의 출현이 소프트웨어 개발 고용 시장에 영향을 미치는 것은 분명하다. 최근 AI의 발전 속도를 본다면 지금 우리가 확인하고 예측한 것 보다도 더 빠르게 소프트웨어 개발자의 업무들을 대체하게 될 수도 있다. 하지만 지금 시점에 소프트웨어 개발자의 실제 업무 내용과 생성형 AI의 성능, 정확도, 할 수 있는 작업의 종류, 장점과 단점을 종합적으로 고려해 보면 최소 단시간 안에는 생성형 AI가 소프트웨어 개발자를 완전히 대체할 수는 없다는 것을 알 수 있었다. 그렇다면 소프트웨어 개발자 라는 역할의 본질을 다시한번 숙고해 보면서 자신에게 필요한 역량을 강화하는 것이 더 중요해질 수 있다. 생성형 AI시대의 소프트웨어 개발자에게 필요한 역량을 정리해 보았다.

1. 생산성 - 생성형 AI는 개인 조수

생성형 AI가 소프트웨어 개발자를 완전히 대체할 수는 없지만, 생성형 AI를 활용하면 생산성이 높아지는 것은 자명한 사실이다. 단기적으로는 소프트웨어 개발에서 생성형 AI를 잘 활용하는 사람과 그렇지 않은 사람의 생산성 차이가 극명하게 나타날 것이다. 빠르게 자신의 전문 분야와 기술 스택에 적합한 컴퓨터 코드를 작성할 수 있는 생성형 AI를 찾아서 적극 활용하여 생산성을 높일 필요가 있다. 현재 ChatGPT-4는 약 2년차 개발자 조수를 둔 수준이라는 이야기들이 있다.

다만 장기적으로 본다면 소프트웨어 개발에 누구나 다 생성형 AI를 활용하는 것이 New Normal이 될 것이지 때문에, 이 때는 생성형 AI의 활용 여부가 소프트웨어 개발자의 경쟁력의 큰 차이로 나타나는 않을 수 있다는 점을 같이 고려해야 한다.

2. 커뮤니케이션 역량 - 업의 본질을 파악

소프트웨어 개발자가 하는 일과 과정을 돌아보았을 때, 소프트웨어 개발자의 가장 중요한 역량은 단순한 코드 작성능력이 아니라, 업의 본질을 제대로 이해하고 서비스를 설계하는 능력이라고 할 수 있다. 현대 사회의 소프트웨어는 점점 더 복잡해지고 있다. 세상의 문제들이 복잡해지고 연결성은 커지고 변화 또한 빠르게 일어나고 있다. 이런 상황에서 고객의 니즈를 정확하게 파악하고 핵심 문제점을 파악하는 능력이 갈수록 더 중요해질 것이다. 이것을 잘하는 방법은 바로 커뮤니케이션 역량을 제고하는 것이다. 커뮤니케이션 역량은 대외적으로 고객을 상대할 때에도 중요하지만, 내부 팀원 간의 소통에도 매우 중요한 역량이다.

3. 전문성 - 지속적인 학습

생성형 AI를 소프트웨어 개발에 사용할 때 가장 효과적으로 사용할 수 있는 사람은, 아이러니하게도 해당 소프트웨어 개발을 가장 잘 아는 사람이다. 생성형 AI는 100% 완벽한 정답을 주는 정답 기계는 아니다. 때로는 너무나도 당당하게 잘못된 정보를 정답인 것처럼 제공하기도 하며, 미세하게 정답과 다른 결론을 제공하기도 한다. 결국 생성형 AI가 제공한 소프트웨어 코드를 스스로 검증할 수 있는 능력이 있어야 비로소 제대로 생성형 AI 활용할 수 있게 된다는 점이다. 또한 생성형

AI는 질문을 잘 해야 좋은 답변을 받을 수 있다. 내가 생성형 AI를 활용하려는 영역에 전문성이 없다면, 수준 높은 질문도 할 수 없을 뿐만 아니라, 생성형 AI가 작성한 컴퓨터 코드가 사용해도 될 수준의 코드인지, 아니면 잠재적 취약성과 위험한 코드인지 판단할 수 없게 된다.

여기에 소프트웨어 개발 시장에는 매년 새로운 기술, 새로운 프레임워크(Framework)들이 나오고 있다. 안타깝게도 생성형 AI는 자신이 학습하지 않은 내용에 대해서는 잘못된 응답을 줄 확률이 매우 높다. 그래서 아직 인터넷에 공개된 문서가 부족한 영역, 등장한지 오래 되지 않아 자료가 부족한 새로운 기술 영역에 대해서는 생성형 AI를 통해 양질의 답변을 얻기가 어렵다. 자신만의 확실한 전문성을 갖추고 있다면 그것은 생성형 AI 시대에도 여전히 유효하다.

생성형 AI가 일반화 되면 될수록 단순한 코드 작성 능력에서는 차별성이 줄어들고 오히려 코드 작성 능력 이외의 영역에서 차별성을 드러내야 할 가능성이 높다.

V. 결론 및 시사점

1. 요약 및 결론

본 논문은 생성형 인공지능(AI)이 소프트웨어 개발 고용 시장에 미치는 영향을 다각도로 분석하고 그 시사점을 탐구하였다. 이 연구는 제 1차 산업혁명부터 제 3차 산업혁명을 되돌아 보면서 기술의 변화가 역사적으로 고용에 어떤 영향을 미쳐왔는지를 다루는 선행 연구를 진행하였다. 또한 인공지능(AI)이 어떤 과정을 통해 발전해 왔는지를 연구하면서, 점점 더 사람을 모방하고 또 사람과 같이 사고할 수 있는 기술이 어떤 계기를 통해 등장하게 되었는지 확인하였다. 특히 노동시장에 파급력이 클 것으로 예상되는 생성형 AI의 출현과 함께 생성형 AI의 특징과 장점 그리고 현재 기술 수준과 그 한계에 대해서도 조사하였다.

또한, 본 연구는 생성형 AI가 소프트웨어 개발자의 업무에 어떻게 영향을 미치는지 알기 위해 소프트웨어 개발자들의 업무 방법론을 조사 하였으며, 구체적으로 어떤 종류의 업무를 하는지 분석하였다. 이를 통해 생성형 AI가 생산성 향상 또는 업무를 대체할 수 있는 영역이 얼마나 되는지를 가늠해 볼 수 있었으며, 구체적으로 어떤 부분에서 전문성을 강화하고 생산성에 도움을 줄 수 있는지도 확인할 수 있었다. 다만 어떠한 업무를 완전히 대체하려고 할 때에, 생성형 AI가 여전히 어떤 문제점과 한계를 가지고 있는지도 파악해 볼 수 있었다. 또한 이를 단순한 추측이 아닌 실제 비교 연구 사례를 통해서 그 정확도와 효용을 확인할 수 있었다.

이 연구는 인공지능의 등장으로 실제로 직업이 대체되는 국내외 사례들을 수집하여, AI의 등장이 실제로 특정 산업 분야에는 심각한 위협이 될 수 있다 라는 사실 또한 확인할 수 있었다. 이는 생성형 AI가 직업의 구조와 역할에 실질적인 변화를 가져올 수 있다는 강력한 증거이다. 또한 최근 등장한 Agent방식을 도입한 생성형 AI와 같은 지속적인 신기술이 접목되어 간다면 지금까지는 업무를 대체할 수 없다고 여겨졌던 직업 영역까지도 빠르게 잠식해 나갈 가능성이 높다.

다만 생성형 AI는 현재 매우 빠른 속도로 발전하고 있으나, 소프트웨어 개발의 모든 영역에서 아직 생성형 AI가 사람을 완전히 대체할 만큼의 수준에 이르지 않았다는 것은 분명하다. 생성형 인공지능이 작성한 코드를 아직은 100% 신뢰할 수 없다. 오히려 생성형 인공지능이 생성한 코드가 정상적으로 작동하는지 검증하기 위해서, 생성형 AI를 사용하는 사람의 개발 역량이 필요한 상황이다. 만약 생성형 AI가 작성한 코드가 100% 사용 가능한 수준이어서 개발자를 완전히 대체할 수 있다고 가정 하더라도 여전히 소프트웨어 개발자의 하는 업무의 나머지 50% 업무들이 남아있다.

최근에 세계 최초의 AI 소프트웨어 개발자라고 발표한 Devin의 경우도 아직은 발표와 데모 영상만 공개되었기에 정확한 성능을 아직은 알 수 없다. 다만 LLM의 특성과 현실 비즈니스 세계의 소프트웨어 개발 요구사항의 복잡성과 커뮤니케이션 과정을 고려한다면 아주 단순한 작업을 완수할 수 있는 정도일 것이다. 이조차도 사람의 검수가 필요할 것이다. AI 소프트웨어 개발자는 자신의 작업물에 대해서 법적 책임을 질 수도 없다.

현재의 생성형 AI가 사람 소프트웨어 개발자를 완전히 대체하지는 못할 것이다. 하지만 전문성을 갖추지 못한 단순 코더의 업무는 빠르게 대체가 될 것이다. 소프트웨어 개발자 채용시장에서 신입 신규 채용 시장이 중단기적으로 위축될 것이다. 이미 경험이 풍부하고 전문성을 갖춘 소프트웨어 개발자들이 생성형 AI를 더 잘 활용하고 생산성을 더 높이게 될 것이다. 하지만 장기적으로는 생성형 AI 시대에 다양한 소프트웨어 프로젝트들이 생겨나게 될 것이다.

결국 제 4차 산업혁명의 시기에 진입하고 있는 우리는 기술의 진보가 고용 시장에 미치는 이중적인 영향을 이해할 뿐만 아니라, 이에 따른 적절한 대비책을 마련하는 것이 중요하다. 결론적으로, 생성형 AI는 소프트웨어 개발 분야 뿐만 아니라 광범위한 산업에 걸쳐 기존과는 다른 새로운 전문성을 요구하게 될 것이며, 이는 구체적으로 기존 직업군의 업무를 필연적으로 변형시키기 때문에 소프트웨어 개발자 개인은 물론 교육기관과 기업들은 이러한 변화에 발맞춰 새로운 경제적 기회를 포착해야 할 것이다.

2. 시사점

브린운프슨(Brynjolfsson)과 맥아피(McAfee)는 2015년 논문 Will humans go the way of horses. 에서 ‘자동화, 기계 및 인공지능 기술의 발전으로 노동력은 대체될 것이다. 하지만 인간만이 가지고 있는 주요 능력과 영역은 자동화되지 않을 것이다’라고 했다. 또한 ‘4차 산업혁명 시대에는 기술의 빠른 진보 때문에, 노동자가 적응해 나가며 새로운 능력을 배우고 다양한 문맥 안에서 접근할 수 있는 능력을 구축하는 것이 중요해진다’며 제 4차 산업혁명 시대에 필요한 주요 능력으로 ‘맥락지능’, ‘정서지능’, ‘영감능력’, ‘신체능력’을 꼽았다. 제 4차 산업혁명 시대에는 다양한 학문 지식과 기술을 복합적으로 필요로 한다. 그리고 문제 인식 역량, 대안 도출 역량, 기계와의 협력적 소통 역량 등 새로운 기술을 받아들이고 접목하는 역량이 요구된다.²⁰

세계경제포럼이 발간한 2016년 보고서에 따르면, 2020년에 중요하게 요구될 것으로 기대되는 역량은 “복잡한 문제 해결 능력”이 36%로 가장 높게 나타났다. 이어서 “사회적 기술”, “프로세스 기술”, “시스템 기술” 등의 순서로 나타났다.

²⁰ Brynjolfsson & McAfee. (2015). Will humans go the way of horses.

능력의 종류	중요도 (%)
복잡한 문제 해결 능력	36
사회적 기술	19
프로세스 기술	18
시스템 기술	17
인지능력	15
자원 관리 기술	13
기술적 능력	12
콘텐츠 기술	10
육체적 능력	4

표 3. 2020년에 요구되는 고용분야 주요 능력

제 4차 산업혁명 시대에 요구되는 주요 능력을 배양하고 제대로 대비하지 않는다면 자본효과가 대체효과를 앞지르기 전에 도태될 가능성이 높다.

이번에는 시간과 자원의 한계로 제한적으로 문헌조사와 사례조사만을 할 수 있어서 아쉬움이 남는다. AI와 고용시장에 관련된 연구들이 주로 해외에서 활발하게 이뤄지고 있었고 참고할 수 있는 논문들 역시 대부분 해외에서 찾아볼 수 있었으며, 국내 자료는 찾기가 어려운 편이었다. 국내 실정에 좀 더 맞는 결과를 예측하기 위해서는, 실제로 국내에서 소프트웨어 개발 영역에 종사하는 전문가들에 대한 FGI 및 업계 종사자들에 대한 대규모 직접 설문을 통한 통계 조사가 필요하다. 이에 더하여 IT 업계에서 실제 고용인과 피고용인간의 AI 도입에 따른 생산성 향상과 고용 시장 예측에 대한 인식과 전망을 파악해 본다면, 더욱 국내 실정을 파악하는 데 도움이 될 것이다. 이는 다음 연구 내용으로 남겨둔다.

참고문헌

<국내문헌>

장이랑(2018). “제 4 차 산업혁명 기술의 실현 가능성과 고용영향의 인식 및 영향 관계”

김성화(2021). “AI등 기술의 발전에 따른 고용정책의 전환”

<외국문헌>

Goldman Sachs, Joseph Brigg, Devesh Kodnani. (2023). Global Economics Analyst: The Potentially Large Effects of Artificial Intelligence on Economic Growth.

Daniel Cohen. (2006). Globalization and Its Enemies.

Kabir, Samia. (2023). Who Answers It Better? An In-Depth Analysis of ChatGPT and Stack Overflow Answers to Software Engineering Questions.

IBM. (2023). Augmented work for an automated, AI-driven world.

Brynjolfsson & McAfee. (2015). Will humans go the way of horses.

<참고사이트>

Will Douglas Heaven. (March 3, 2023). The inside story of how ChatGPT was built from the people who made it. <https://www.technologyreview.com/2023/03/03/1069311/inside-story-oral-history-how-chatgpt-built-openai>

Programiz Reports. (2023). Programiz Survey: The Impact of ChatGPT on Programming Education. <https://programiz.pro/report>

Matt Welsh. (2023). Will coding jobs cease to exist in three years. <https://www.datasciencecentral.com/will-coding-jobs-cease-to-exist-in-three-years/>, https://www.youtube.com/watch?v=mj0pW9_ckug, <https://cacm.acm.org/magazines/2023/1/267976-the-end-of-programming/fulltext>

Jutta Bolt, Jan Luiten van Zanden. (October 2020). Maddison Project Database 2020. <https://www.rug.nl/ggdc/historicaldevelopment/maddison/releases/maddison-project-database-2020?lang=en>

Cognition AI, Scott Wu. (12 March 2024). Introducing Devin, the first AI software engineer. <https://www.cognition-labs.com/introducing-devin>

Cognition AI. (15 March 2024). SWE-bench technical report. <https://www.cognition-labs.com/post/swe-bench-technical-report>

Ars Technica, Ron Amadeo. (17 Jan. 2024). Google lays off “hundreds” more as ad division switches to AI-powered sales. <https://arstechnica.com/google/2024/01/google-lays-off-hundreds-more-as-ad-division-switches-to-ai-powered-sales/>

Tech.co, Aaron Drapkin. (22 May 2023). 47% of Business Leaders Consider Using AI Over New Hires.

<https://tech.co/news/businesses-consider-ai-over-new-hires>

KBS뉴스. 광동화 (13 Dec. 2023) Ai에 내몰린 상담원... 대량해고 현실화.

<https://news.kbs.co.kr/news/pc/view/view.do?ncd=7840467>

감사의 글

다양한 사업계획서와 보고서는 작성을 해보았으나, 학문적인 논문은 써본 경험이 없었기에 처음부터 갈피를 잡지 못하고 있었고, 업무와 자녀 양육, EMBA공부까지 진행하면서 논문 작성에 시간을 많이 쓰지 못해 어려움을 겪고 있었습니다. 김종춘 교수님께서 적극적으로 조언해 주시고, 또 알기 쉽게 정리해 주신 코멘트들을 통해서 방향성과 어떤 방식으로 진행해야 할지에 대해서 미약하게나마 감을 잡을 수 있었습니다. 아직 많이 부족하지만 이번 경험을 통해서 많은 것을 배웠습니다. 다시 한번 감사드립니다.