

생성형 AI에 대응한 SW 인재 양성 정책 방향 연구

A study on Policy Directions for Fostering Software
Talent in Response to Generative AI

진회승/윤보성/신승윤

2023.12

이 보고서는 2023년도 과학기술정보통신부 정보통신진흥기
금을 지원받아 수행한 연구결과로 보고서 내용은 연구자의 견해
이며, 과학기술정보통신부의 공식입장과 다를 수 있습니다.

목 차

제1장 서 론	1
제1절 연구 배경과 목적	1
제2절 연구 내용 및 방법	3
제2장 생성형 AI 기술 진화 및 국내·외 정책 방향	6
제1절 디지털 인재 역량	6
1. 디지털 인재	6
2. 디지털 인재 역량 요구사항	9
제2절 생성형 AI 개념과 시장 전망	15
1. 생성형 AI 개념과 역사	15
2. 생성형 AI 시장 현황 및 전망	20
제3절 생성형 AI 시대의 국내·외 디지털 인재 양성 및 정책적 대응 현황	26
1. 주요국의 AI 및 생성형 AI 대응 정책 동향	26
2. 국내 생성형 AI 대응 정책 동향	55
3. 국내·외 기업의 생성형 AI 대응 및 인재 확보 경쟁	62

제3장 SW 개발 환경 변화에 따른 개발 업무 변화	66
제1절 SW 개발 프로세스 및 소프트웨어 개발자 작업(TASK)	67
1. SW 개발 프로세스	67
2. SW전문가 직무별 작업(task) 및 세부 업무(DWA, O*NET 기반)	74
제2절 SW 개발에 LLM 활용 현황	80
1. 문헌 연구 (개발에 AI 및 생성형 AI 기술을 활용하고 있는 사례)	80
2. 전문가 심층 인터뷰 (개발자 및 개발 환경 분석)	98
제3절 생성형 AI가 개발업무에 미치는 영향 분석	110
1. SW 개발 프로세스별 생성형 AI가 개발에 미치는 영향 분석	111
2. 생성형 AI가 SW 직무별 작업(Task)에 미치는 영향 분석	117
3. 생성형 AI가 개발 업무에 미치는 영향에 대한 최종 결과 분석	123
제4장 생성형 AI시대에 대응한 디지털 인재양성	129
제1절 디지털 시장 변화와 인재 양성	129
제2절 생성형 AI시대의 디지털 인재 양성 정책 제언	132
1. 디지털 인력 확보 기본 방향	132
2. 디지털 인재 양성을 위한 교육 환경 구축	138
3. 지속적인 디지털 인재 확보 추진	140
제5장 결론	142
제1절 연구의 요약 및 의의	142
제2절 연구의 한계점 및 향후 연구	147
참 고 문 헌	148

표 목 차

〈표 2-1〉 생성형 AI의 분야별 사용 사례	15
〈표 2-2〉 미국의 최근 AI 관련 주요 정책 및 대응 활동 동향	27
〈표 2-3〉 미국 AI 이니셔티브 연간보고서 주요 내용	28
〈표 2-4〉 미국 ‘국가 AI R&D 전략계획’ 비교 분석(2016, 2019, 2023)	30
〈표 2-5〉 중국의 최근 AI 관련 주요 정책 및 대응 활동 동향	34
〈표 2-6〉 중국대학의 인공지능 인재양성 방향, 특징 및 교육과정	36
〈표 2-7〉 영국의 최근 AI 관련 주요 정책 및 대응 활동 동향	38
〈표 2-8〉 영국 국가 AI전략의 주요 조치 내용	43
〈표 2-9〉 일본의 최근 AI 관련 주요 정책 및 대응 활동 동향	44
〈표 2-10〉 일본 ‘과학기술혁신의 전략적 국제 확장’ 관련 국제 공동연구 프로그램	50
〈표 3-1〉 소프트웨어 공학 KA(Knowledge Area)	68
〈표 3-2〉 소프트웨어 개발 지원 도구	71
〈표 3-3〉 O*NET SW전문가 직무체계	74
〈표 3-4〉 소프트웨어 개발과 관련된 직업	75
〈표 3-5〉 컴퓨터 프로그래머가 수행하는 작업(Task, 11개)	75
〈표 3-6〉 소프트웨어 개발자가 수행하는 작업(Task, 12개)	76
〈표 3-7〉 웹 개발자가 수행하는 작업(Task, 12개)	77
〈표 3-8〉 개발 업무를 수행하는 직업에서 수행하는 DWA	78
〈표 3-9〉 심층 인터뷰 전문가 소속 및 전문 분야	98

〈표 3-10〉 전문가 소속 및 전문 분야	110
〈표 3-11〉 구조 설계 단계에서 LLM 활용	113
〈표 3-12〉 SW 관련 직무의 작업 중 개발과 관련된 DWA	119
〈표 3-13〉 SW 관련 직무의 작업 중 생성형 AI에 영향을 가장 많이 받는 DWA	120
〈표 3-14〉 SW 관련 직무의 작업 중 생성형 AI에 영향을 받는 DWA	121
〈표 3-15〉 컴퓨터 프로그래머 작업의 생성형 AI 영향(Task, 11개)	126
〈표 3-16〉 소프트웨어 개발자가 수행하는 작업(Task, 12개)	127
〈표 3-17〉 웹 개발자가 수행하는 작업(Task, 12개)	128

그 립 목 차

[그림 1-1] 미국 업무에 생성형 AI 활용률	1
[그림 1-2] 업무에 AI 기술 적용률	2
[그림 1-3] 생성형 AI가 개발 업무에 미치는 영향 연구 방법	5
[그림 2-1] 디지털 신기술과 신산업	7
[그림 2-2] 채용공고에서 요구하는 기술	10
[그림 2-3] 컴퓨터 관련 직업 채용공고에서 요구하는 프로그래밍 언어	10
[그림 2-4] 채용을 원하는 개발자에게 필요한 기술	11
[그림 2-5] AI 기술을 활용하는 직업 중 채용 희망 직업	11
[그림 2-6] 생성형 AI가 업무기능 분야의 잠재적 생산성에 미치는 영향	13
[그림 2-7] 생성형 AI의 사용 여부에 따른 작업 시간 절감 효과	14
[그림 2-8] 생성형 AI가 등장하기까지 AI 발전 과정	19
[그림 2-9] ChatGPT 이용자 확보 기간	20
[그림 2-10] 생성형 AI 지역별 시장규모 전망(단위: USD Billion)	21
[그림 2-11] 중국 정부의 인공지능 인재양성 방향	36
[그림 2-12] 중국의 산·학·관·연 통합 인공지능 인재양성 모델	37
[그림 2-13] 일본의 국제 두뇌 순환 및 국제 공동연구 관련 지원 정책 현황('22년 기준)	49
[그림 2-14] 일본의 Joint Degree 제도 구조	50
[그림 2-15] 초거대 AI 경쟁력 강화 방안 비전 및 중점 추진과제	56
[그림 2-16] 전국민 인공지능 일상화 실행계획 비전 및 추진과제	58
[그림 2-17] AI 사업 운영에 대한 기업의 인력 부족 문제	63

[그림 3-1] 디지털 기술 변화 및 소프트웨어 범위 확장	68
[그림 3-2] 소프트웨어 개발 프로세스	69
[그림 3-3] 프로그래밍 언어의 시대별 변천	70
[그림 3-4] 소프트웨어 개발 도구 시장	72
[그림 3-5] 노우코드 개발 기술 분류	81
[그림 3-6] IT 분야별 Deep Learning 기술 수요	83
[그림 3-7] 2023년에 세계적으로 개발자들이 AI를 가장 많이 사용하는 개발 단계	84
[그림 3-8] 생성 AI가 가장 큰 영향을 미칠 것으로 예상되는 비즈니스 영역	85
[그림 3-9] 소프트웨어 공학 2023 하이프 사이클	85
[그림 3-10] SW 개발 프로세스 중 생성형 AI의 활용이 많을 것으로 예측되는 작업	86
[그림 3-11] 개발 시간 단축을 위한 생성형 AI 도구의 기능	87
[그림 3-12] 테스트 진화	93
[그림 3-13] 인공 지능/기계 학습(AI/ML)을 활용하는 시험(테스트) 분야	94
[그림 3-14] SW인력의 수준별 정의	105
[그림 3-15] 개발자 수준 정의	105
[그림 3-16] 개발자 업무에서 어려운 점	107
[그림 3-17] 프로그래밍 학습 방법	108
[그림 3-18] 개발자 생산성 향상 목표	111
[그림 4-1] 시간의 흐름에 따른 관심도 변화	129
[그림 4-2] 기술 훈련 방법에 대한 응답자 비율	139
[그림 4-3] 디지털 인력의 해외 취업 시 선호하는 국가	140
[그림 5-1] 인터넷, 스마트폰, AI 기술 적용 주기별 소프트웨어	142

요 약 문

1. 제 목 : 생성형 AI에 대응한 SW 인재 양성 정책 방향 연구

2. 연구 목적 및 필요성

생성형 AI의 혁신적인 기술 발전으로 편리한 사용 방법과 접근, 창의적인 정보 생성, 효율적 정보 확보 등의 장점으로 생성형 AI의 활용이 확대되고 있다. 생성형 AI는 경제, 사회, 교육 등 전반에 영향을 미칠 것으로 예상되며, 이미 그 사용 효과가 증명되고 있다. 생성형 AI는 특히 기술자 그룹에 많은 영향을 미칠 것으로 예측되며, 코드 자동 생산, 코드 자동 완성 등 SW 개발 관련 기능의 효율성과 편리성으로 개발자들이 현업에서 이미 많이 활용하고 있다. 생성형 AI 기술 발전 및 업무 적용 속도로 보아 생성형 AI에 의한 개발 환경, 개발 방식, 역량 등의 변화는 매우 클 것으로 예상된다. 이러한 변화에 대한 사회·경제적 혼선을 줄이고 관련 인력양성의 기회로 연결할 수 있도록 디지털 인력양성 정책의 변화가 필요하다.

위 배경 및 필요성에 따라 본 연구는 생성형 AI가 개발 업무에 미치는 영향을 분석하고, 이에 따른 디지털 인재양성 정책 방향을 제시하고자 한다.

3. 연구의 구성 및 범위

연구는 다음과 같이 5장으로 구성된다.

제1장 서론

“SW 개발 환경 변화에 따른 디지털 인재양성 정책 방향” 연구 배경, 목적, 연구의 개략적인 내용, 연구 방법을 기술한다.

제2장 생성형 AI 기술 진화 및 국내외 정책 방향

디지털 인재 정의와 역량을 해석하고, 생성형 AI의 개념과 시장 전망을 정리한다.

생성형 AI시대의 국내외 디지털 인재 양성 정책 동향을 분석하고, 국내외 기업의 생성형 AI 대응 및 인재 확보 경쟁에 대해 비교·종합한다.

제3장 SW 개발 환경변화에 따른 개발 업무 변화

생성형 AI가 개발 업무에 미치는 영향을 소프트웨어 개발 프로세스에 따라 문헌 연구, 전문가 심층 인터뷰, 전문가 설문을 통해 분석한다.

소프트웨어 개발 프로세스는 요구분석, 설계, 구현, 테스트 단계로 나누어 단계별 생성형 AI의 활용 가능성과 영향에 대해 분석한다.

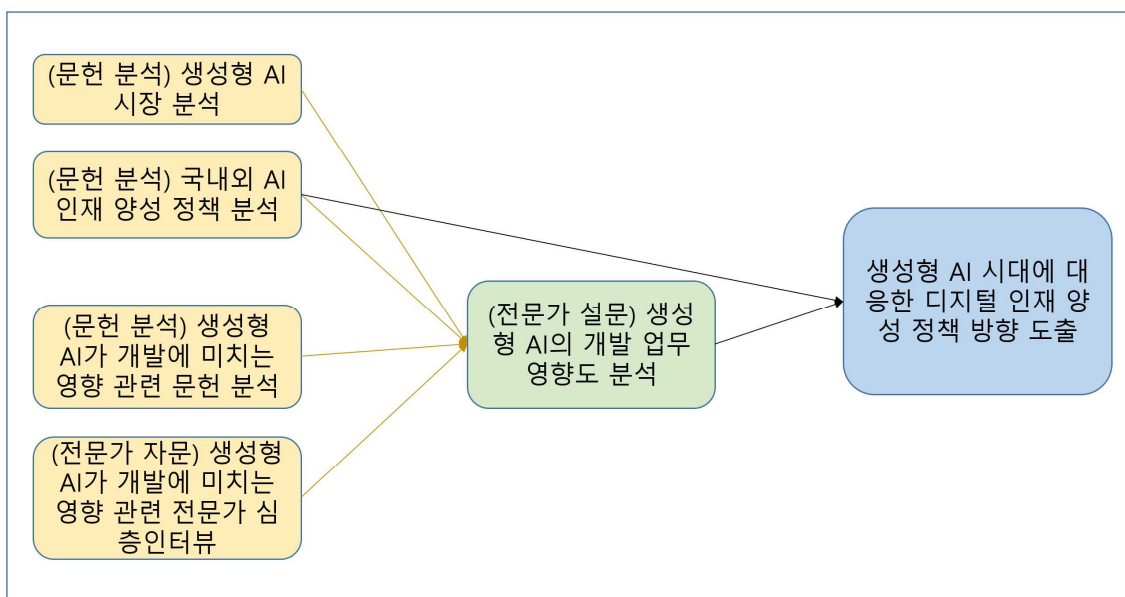
생성형 AI가 개발자에 미치는 영향을 분석하기 위해 O*NET의 컴퓨터 프로그래머, 소프트웨어 개발자, 웹 개발자의 작업(Task)별 영향을 평가한다.

제4장 생성형 AI 시대에 대응한 디지털 인재양성

분석 결과에 기반하여, 생성형 AI 관련 디지털 인력 확보 정책의 기본 방향을 제안하고 디지털 인력양성을 위한 교육 환경 구축, 지속적이고 효율적인 디지털 인재 확보 추진을 제안한다.

제5장 결론

연구의 방법은 문헌분석, 전문가 심층 인터뷰, 전문가 설문을 통해 생성형 AI가 개발 업무에 미치는 영향을 분석하고, 생성형 AI 시대에 대응한 디지털 인재양성 정책 방향을 제안한다.



4. 연구 내용 및 결과

본 연구는 디지털 인력 중 특히 수요가 많은 개발자에 초점을 맞춰, 그들의 작업에서 코드 자동 생성 기능 등에 의한 생성형 AI의 영향도를 분석한다. 이를 기반으로 개발자 및 디지털 전환 인력의 역할 변화를 고려하여 생성형 AI 시대의 디지털 인재 양성 정책 변화 및 방향을 모색한다.

디지털 인재를 넓은 의미에서 ‘디지털 신기술을 보유하고 디지털 전환을 주도하는 사람과 디지털 기술을 활용하는 모든 사람을 포함한 인력’으로 정의하고, 해외 기관 및 정부 부처가 공통적으로 제시한 디지털 신기술은 AI, 빅데이터, 소프트웨어 등임을 확인하였다. 디지털 인재 역량 요구사항 중 가장 수요가 많고 중요성이 커지는 기술은 Java, 파이썬, SQL 등 프로그래밍 언어와 애자일 방법론, 컴퓨터 공학 등 개발 관련 기술로 조사되었으며, 디지털 기술 중 2023년 선풍을 일으킨 생성형 AI는 코딩 보조 도구로써 코드 자동 생성, 자동 테스트, 주석 작성 등에 뛰어난 성능을 가지고 있어 프로그래밍 작업 시 영향을 많이 미칠 것으로 예상된다. 이에 따라 생성형 AI가 개발자 수준, 개발 난이도, 소프트웨어 유형 등 개발 조건에 따라 개발 생산성에 얼마나 영향을 주는지 분석한다.

1) 생성형 AI 기술의 진화

생성형 AI는 딥러닝 기술과 텍스트, 오디오, 이미지 또는 동영상 형태의 방대한 데이터를 활용하여 학습하고, 새로운 콘텐츠를 생성하는 기술이다. 생성형 AI 기술은 1980년대 개발된 신경망, 2006년대 심층 신경망, 2010년대 트랜스포머 모델을 거치면서 성숙하였고, 성능이 향상된 컴퓨팅 파워, 폭발적으로 증가한 데이터를 사용하여 혁신적으로 발전하게 되었다. MS, Amazon, Google 등 빅테크 기업에서는 시장에서 경쟁 우위를 확보하고 새로운 수익원을 창출하기 위해 생성형 AI 기술을 개발하고 혁신적인 서비스를 출시하는 데 매진하고 있다. 자동차, 의료 등의 산업에서도 생성형 AI를 이용한 수익 창출을 위해 차별화된 제품을 개발하고 있을 뿐 아니라 업무 효율성 향상을 위해서도 생성형 AI 기술을 도입하고 있다. 또한 생성형 AI 기술과 관련 인재를 확보·유지하기 위해 총력을 기울이고 있는데, 오픈AI, 구글 등 글로벌 빅테크 기업은 물론 아시아·태평양 지역기업들 또한 생성형 AI 인재 부족을 해결하기 위해 많이 노력하고 있다.

2) 국내·외 디지털 인재 양성 정책

생성형 AI 기술의 진화와 그에 따른 우수 디지털 인재 수급 등의 문제 발생에 신속 대응하기 위해 미·중·영·일본 등 해외 주요국에서는 기존 AI 관련 정책에 더해 다양한 대응방안을 마련하고 있다.

미국의 AI 정책은 글로벌시장에서 AI 경쟁력을 유지하고, 안전하고 신뢰할 수 있는 AI 발전을 추구하는 것이다. AI 인재 확보를 위해 「국가 AI R&D 전략계획」, 「안전하고 신뢰성 있는 AI를 위한 행정명령」 등을 통해 AI 분야에 필요한 기술 인력을 평가하여 교육하고 글로벌 AI 인력 확보를 위해 비자 제도를 개편하였다. 또한 「인공지능교육법」을 제정하여 AI 오용 가능성을 감소시키고, 정부 관련 직원들이 정부의 수요에 가장 적합한 인공지능 시스템을 도입할 수 있도록 하기 위해 연방 행정 각부,

산하기관 등에 AI 교육을 시행하고 있다.

중국은 「고등교육기관 AI 혁신 행동 계획」, 「중국 인공지능 인재양성 백서」 등을 통해 국가 주도로 AI 인재를 양성하고 있으며, 대학을 중심으로 기업이 보조하는 형태의 인재 양성을 추진하고 있다. 대학에서 실무에 바로 투입할 수 있는 실습 기반 교육을 하고, 빅테크 기업에서는 인공지능 대회, 단기 교육을 통해 실전 경험 강화를 유도하고 인재 인증 제도를 활성화하여 AI 인재 양성을 추진하고 있다.

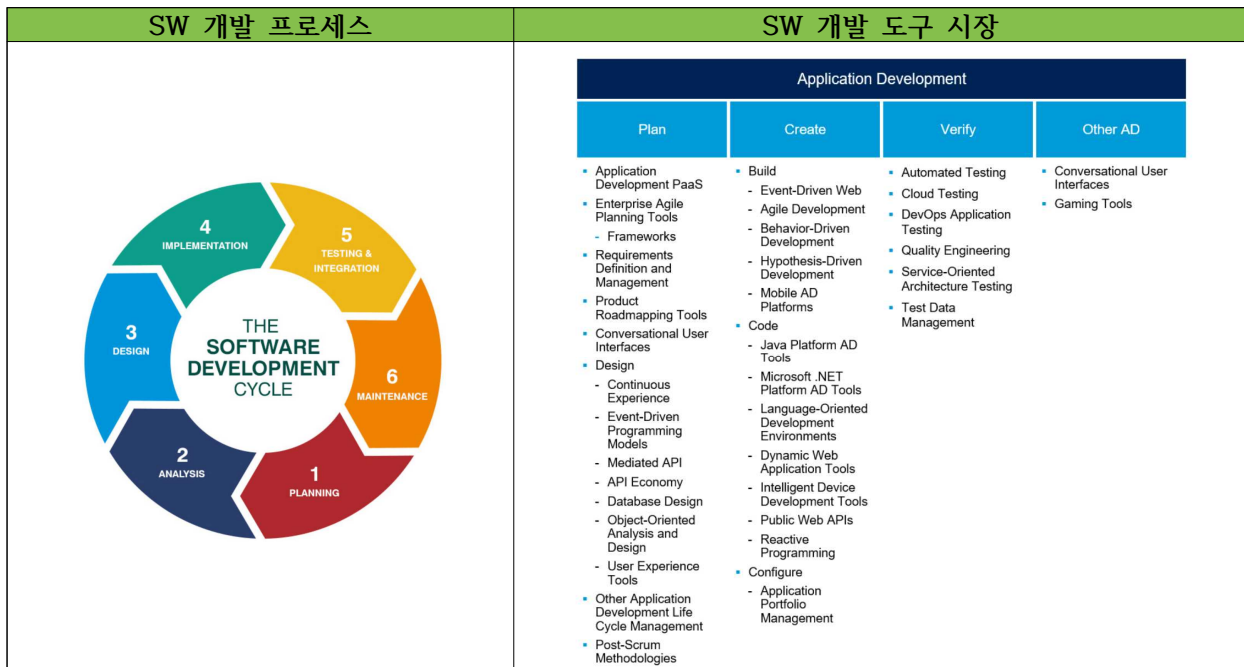
영국도 「영국 디지털 전략」에서 영국의 기술 기업이 혁신하고 성장하는데 필요한 인력과 자금 확보를 표명하고, 해외 우수 인재 확보를 위해 새로운 비자를 대폭 신설하였다.

일본은 「AI 전략」, 「초·중등 교육 단계에서의 생성형 AI 활용에 관한 잠정적 가이드라인」 등을 발표하고, 초·중등 교육에서부터 수리·데이터사이언스·AI 이론을 학습시키는 한편 첨단 AI 기술과 기술 표준화의 국제주도권 확보를 위해 해외 우수 인재 유치 및 국제 공동 연구를 지원하는 정책과 사업을 펼쳐오고 있다.

주요국은 디지털 인재 양성을 위해 디지털 리터러시 교육과정을 확대하고, 대학 학위프로그램을 확대하는 방향으로 정규교육 프로그램을 개편하고 있다. 기업의 AI 인재 양성을 강조하고 있으며, 글로벌 해외 인재 확보를 위한 제도를 개선하고 있다.

국내에서는 글로벌 AI 시장에서 경쟁력을 갖추기 위해 2023년 4월 「초거대 AI 경쟁력 강화 방안」을 발표하고, 「디지털 인재양성 종합방안」 등 AI·SW 인력양성의 기존 정책의 기초를 유지하며, 초거대 AI 개발·활용에 전문화된 글로벌 수준의 인재를 추가 양성한다.

3) SW 개발 환경 변화에 따른 개발 업무 변화 분석



생성형 AI 기술이 개발 업무에 미치는 영향에 대해, 요구분석-설계-구현-테스트의 4단계로 구분되는 SW 개발 프로세스를 기준으로 분석하였다. 우선 관련 문헌조사 후 컴퓨터공학과 교수, 개발자와 SW 전문가 등으로 구성된 자문단을 구성하여 구조화된 설문지를 통해 전문가 심층 인터뷰를 수행하였다. 마지막으로 O*NET의 개발자 직무 Task 기반 분석을 수행하였다.

3-1) 문헌 연구 (SW 개발에 사용되는 AI 및 생성형 AI 기술 관련 연구와 활용 현황)

소프트웨어 코딩을 자동화하기 위해 기존에 특수 목적이나 일부 한정된 사람들이 MDD(모델주도방법론), 로우코드·노코드(LCNC) 도구를 주로 사용하였다. 최근에 널리 퍼진 생성형 AI 개발 도구는 개발자들이 SW 개발 시 일반적인 도구로 활용하고 있다. 동 배경하에, 개발자들이 코드 생성 외의 다른 작업에도 생성형 AI를 얼마나 활용하는지와 활용 가능성에 대해 검토한다.

SW 개발 요구분석 단계는 고객과 소프트웨어 개발 그룹과의 기능에 대한 이해와 협의가 중요하기 때문에 자동화 도구를 활용한 작업이 쉽지 않다. 생성형 AI는 회의 내용을 요약하고, 텍스트 기반의 요구사항을 구조화하는데 제한적으로 활용되고 있다. 연구에서도 사용자 요구사항의 코드 구현 관련 추적성 개선에 관한 연구 등의 소수 연구가 진행되고 있다.

SW 설계 단계는 문헌 자료를 찾기 어려울 정도로 생성형 AI를 많이 활용하지 않는 것으로 조사되었다.

SW 구현 단계에서는 거대언어모델(LLM)의 기술적 특성으로 인해 생성형 AI가 자동 코드 생성 기능이 우수하여, 코드 생성, 코드 자동 완성, 코드 주석 작성, 리버스 엔지니어링(역공학) 등에 개발자들이 이미 많이 활용하고 있었다. 개발자들은 생성형 AI 기술을 이용한 상용화된 도구인 GitHub Copilot, ChatGPT, AWS CodeWhisperer 및 Tabnine 등을 통해 많은 시간이 소요되고 반복 작업이 많은 코드 생성에 대해 이를 많이 활용하고 있다. 물론 생성형 AI가 코드를 완벽하게 생성하는 것은 아니어서, 컴파일되지 않는 코드, 보안 취약성, 라이선스 침해 등의 문제가 있는 코드에 대해서는 개발자의 수정을 반드시 필요로 한다. 개발자들은 생성형 AI 개발 도구를 지원하는 프로그램 언어 종류, 자동 코드 생성·코드 자동완성·코드 리뷰 등 코딩 관련 기능, 테스트 및 보안 검증 기능 여부에 따라 각 도구를 선택하여 활용하고 있다. 연구에서는 OpenAI, MS, 구글 등 LLM 관련 업체의 생성형 AI 도구의 원리 및 개선, HumanEval 등으로 성능을 테스트한 관련 논문들을 상당히 많이 발표되어 있다.

문헌 조사상에서 생성형 AI의 영향을 가장 많이 받을 것으로 예측된 단계는 SW 테스트 단계이다. 테스트 케이스의 우선순위 선정, 오류 원인 분석, 테스트 케이스 생성 등에 생성형 AI를 활용할 수 있다고 조사되었다. 생성형 AI를 활용한 테스트 데이터 생성, 테스트에 유용한 테스트 케이스 생산을 통한 테스트 커버리지 확대 등의 논문이 있다. 테스트 자동화, 관리, 데이터 생성, 시나리오 작성 등을 지원하는 AI 증강 테스트 도구들 또한 시장에 많이 출시되었다.

SW 구현, 테스트 이외에도 생성형 AI 기술은 초급 개발자 교육에도 활용될 뿐만 아니라 SW 컴파일러의 오류메시지를 이해하기 쉽게 생성하거나, COBOL 등 기존 프로그램에서 사용하던 언어를

현재 운영하는 시스템에 맞는 프로그램 언어로 변경하는 작업 등에서도 활용되고 있다.

이러한 생성형 AI의 여러 코딩 관련 기능으로 인한 개발자 생산성 향상의 가능성에도 불구하고, 코드 생성 시 LLM에 최신 데이터 미적용, 환각(Hallucination), 보안 취약성, 저작권 침해, 내부 정보 유출 등에 문제가 있으며, 이로 인해 개발 생산성이 저하되고 개발 비용이 증가할 수 있다. 전문화된 LLM 개발 및 유지 비용도 간과할 수 없는 부분이다.

3-2) 전문가 심층 인터뷰 및 전문가 설문 분석

생성형 AI 개발 도구 사용 현황·발전 방향, 디지털 인재상, 개발자 수준, 디지털 인재 확보 현황 등에 대해 전문가들의 전문성에 따라 관련 분야의 심층 인터뷰를 시행하였다. 또한 SW 개발 프로세스 단계별로 개발자와 전문가들의 사용 현황과 의견을 물었다.

개발자들은 소프트웨어 구현 시 생성형 AI 개발 도구를 기본적으로 활용하고 있는데, 구현 및 테스트 단계에서 개발 코드 생성 및 검증은 물론, 개발 코드 설명이나 개발문서 작성에도 활용하는 것으로 조사되었다. 여러 생성형 AI 개발 도구 중 대부분 개발자가 깃허브를 이용하여 접근이 용이한 Copilot을 활용하고 있었으며, 일부 전문가가 Tabnine를 사용하고 있었다. 대화형 플랫폼으로 접근성이 가장 좋은 ChatGPT는 개발자가 코드에 대한 도움을 받거나, 새로운 기능에 대한 아이디어를 얻는 용도로 사용하는 것으로 조사되었다. 전문가들은 생성형 AI를 활용하면 초급 개발자가 빠르게 개발 역량을 높일 수 있는 장점도 있다고 했다. 그러나 단점으로는 최신 데이터 학습에 제한적인 LLM의 특성 때문에 빠른 주기로 기술이 변하는 프론트엔드 개발에는 활용하기 어렵다는 의견이 있었다.

개발자들은 테스트의 경우, 테스트 코드를 자동화하는 것과 프로그램의 단일 기능에 대한 테스트는 가능하나, 비즈니스 로직에 대한 전반적인 테스트는 불가하다고 했다. 그러나 테스트는 상당한 시간이 소요되고 반복적인 업무가 많아 생성형 AI를 이용하면 가장 개발 효율성을 높일 수 있는 단계인 것으로 분석된다. 생성형 AI 기술을 이용한 테스트 도구는 기존 테스트 도구의 단점인 적절한 테스트 커버리지를 위한 최소의 테스트 케이스 생성과 테스트 데이터 생산으로 인한 테스트 데이터 부족 문제를 해결한다고 했다.

전문가들은 요구사항 분석 단계에서는 생성형 AI를 활용하여 고객의 요구사항을 듣고 고객 요청의 맥락까지 파악하는 것은 어렵다고 조언하였다. 개발자들은 코딩작업에 생성형 AI 개발 도구를 사용하는 데에 비교적 긍정적이었으나, 소프트웨어 개발 공정 전체에 생성형 AI 개발 도구를 활용하는 데는 아직까지 어느정도 제한이 있다는 의견이 많았다.

초급 개발자보다는 중급 개발자의 개발 생산성 향상 정도가 높았는데, 이는 초급 개발자의 경우 생성형 AI의 환각(Hallucination)으로 인한 잘못된 코드를 분별하는 데 어려움을 겪기 때문인 것으로 판단된다. 또한 생성형 AI가 개발자나 SW 전문가가 원하는 정보를 생성하기 위해서는 컴퓨터 공학에 대한 기본 개념이 있어야 하고, 프롬프트 엔지니어링이 매우 중요하다는 의견이 지배적이었다. 생성형 AI 출현 이후에 전문 개발자들은 생성형 AI를 활용하여 빠르게 지식 습득을 하고 있으며,

기업에서는 지식이 많은 직원보다 주어진 문제를 인식하고 해결할 수 있는 역량을 가진 직원을 선호하는 것으로 나타났다.

교수들은 대학에서 학생들이 과제나 SW 프로그래밍에 생성형 AI 도구를 빈번하게 활용하고 있으며, 생성형 AI로 인해 소프트웨어 관련 비전공 학생들의 코딩 실력이 늘었다고 답변했다. 논문 작성에도 생성형 AI를 활용하며, 일부 학회는 논문에 생성형 AI 활용을 허용하고 있다고 했다.

3-3) O*NET의 개발 관련 직무의 작업(Task), 세부작업(DWA)별 생성형 AI 기술의 영향을 검토

컴퓨터 프로그래머, 소프트웨어 개발자, 웹 개발자의 세부 업무(DWA) 중 개발과 관련된 것과 생성형 AI에 영향을 받는 DWA를 추출하고, 개발자 작업(Task)과 비교하여, SW 개발 프로세스인 요구분석, 설계, 구현, 테스트 단계별로 생성형 AI에 의한 영향도를 분석한다.

SW 개발 업무 중 생성형 AI의 영향도가 가장 큰 작업(DWA)은 구현 단계의 컴퓨터 프로그래밍 코드 작성(Write computer programming code), 애플리케이션 개발(Develop computer or online applications), 테스트 단계의 소프트웨어 테스트(Test software performance), 소프트웨어 테스트 시나리오 및 테스트 케이스 제작(Develop testing routines or procedures), 기타 소프트웨어 사용 설명서 작성(Prepare instruction manuals) 등이었다. 컴퓨터 프로그래머, 소프트웨어 개발자, 웹 개발자 중 생성형 AI의 영향을 가장 많이 받는 직무는 컴퓨터 프로그래머로 분석되었다.

AI나 생성형 AI의 직업에 미치는 선행연구들에서도 “AI나 생성형 AI 역량”과 “모든 직업에서 수행하는 직무”를 비교하여 “각 직업에 대한 생성형 AI의 영향도”를 분석하였으며, 본 연구는 “개발자 업무와 직업”에 관한 연구를 문헌 연구, 전문가 심층 인터뷰, 그리고 선행연구의 연구 방법(AI 역량과 직업 역량 비교)을 활용하여 수행하고 분석을 시도하였다.

3-4) 생성형 AI가 개발 업무에 미치는 영향에 대한 최종 결과 분석

문헌 연구, 전문가 심층 인터뷰, O*NET 자료 분석 결과, SW 개발 프로세스 중 생성형 AI 기술의 영향을 가장 많이 받는 단계는 구현 단계였으며, 개발자가 생성형 AI를 활용하여 구현 단계에서 할 수 있는 작업은 “문헌이나 인터넷 등에 이미 포함되어 있는 코드”를 이용한 코드 생성과 통합개발환경(IDE)이 제공하는 함수를 사용할 때 “코드 자동 완성” 기능을 활용하는 것이다. 그러나 개발 단계에서 비즈니스 로직이 복잡하거나 개발 코드가 최신 기술을 활용해야 하는 코드를 작성해야 할 때는 생성형 AI 개발 도구를 활용하기 어렵다. 생성형 AI의 영향으로 전문 개발자가 아닌 소프트웨어 산업 외의 다른 산업에 종사하는 도메인 전문가들의 프로그래밍이 가능해지며, 디지털 전문가로 전환 가능성이 커질 것으로 예상된다.

종합적으로 SW 개발 단계 중 요구분석과 설계 단계에서는 생성형 AI 활용도가 낮아 SW 개발 시 개발 생산성 향상에 많은 영향을 주지는 못하는 것으로 분석된다. 또한 개발자 업무 중 컴퓨터 하드웨어 엔지니어와 협력하여 하드웨어 및 소프트웨어 시스템을 통합하고, 고객, 마케팅 담당자, 소프트웨어 품질 담

당자, 소프트웨어 보안 담당자 등 소프트웨어 개발에 중요한 이해관계자와의 협상 등 직접적인 개발 업무에 속하는 않는 작업들은 생성형 AI를 활용하기 어렵다.

4) 생성형 AI 시대에 대응한 디지털 인재양성

생성형 AI가 개발자에 미치는 영향 분석 결과와 해외 주요국 및 국내 AI 정책을 분석하여 생성형 AI 디지털 인재 양성 정책 방향을 검토하였다.

1. 디지털 인력 확보 기본 방향

- 디지털 교육 저변 확대 및 개인 맞춤 교육
- 생성형 AI 기술의 효율적 활용을 위한 디지털 교육
- 생성형 AI를 활용한 연구와 디지털 교육

2. 디지털 인재 양성을 위한 교육 환경 구축

- 체계적 교육시스템 구축
- 디지털 교육을 위한 학습 시스템과 평가시스템 구축

3. 지속적이고 효율적인 인재 확보 추진

- 글로벌 인재 확보
- 디지털 인재 네트워킹 활성화 지원

본 연구는 요구사항 분석, 설계, 구현, 테스트의 개발 프로세스 단계별로 문헌 연구, 심층 인터뷰, O*NET 데이터를 이용하여 생성형 AI 영향에 의한 개발환경 변화를 다각도로 분석하여, 생성형 AI 시대의 인재양성 정책을 제안하였다는데 의의가 있다. 향후 연구로는 생성형 AI 활용이 어려운 개발 관련 업무나 교육에 생성형 AI 기술을 적용하여 개발 생산성을 높이고 디지털 전환을 가속하게 하는 방안에 대한 연구가 필요하겠다.

5. 정책적 활용 내용

본 연구는 생성형 AI가 개발 업무와 개발자 직무에 대한 영향도를 문헌 분석, 전문가 심층 인터뷰, 데이터 기반 검토를 통해 생성형 AI가 개발 프로세스 중 구현과 테스트에 영향이 가장 많은 영향을 주는 것으로 분석하였으며, 이에 따라 디지털 인력 양성

방향을 제시하였다. 지금까지 발표한 「초거대 AI 경쟁력 강화 방안」, 「디지털 인재양성 종합방안」 등의 구체적인 실행 계획 수립에 활용할 수 있다.

6. 기대효과

생성형 AI 기술이 세계 경제 경쟁력 강화에 중요한 기술로 부각됨에 따라 생성형 AI 시대에 대비한 국내 디지털 인재 양성 정책 수립에 활용되어, 디지털 기술을 개발하고 활용하는 인력의 역량 강화 및 이에 따른 국내 디지털 경쟁력 강화에 기여할 것이다.

SUMMARY

1. Title: A study on Policy Directions for Fostering Software Talent in Response to Generative AI

2. Purpose and Necessity of the Research

With the advent of generative AI, technician groups such as SW developers have gained a weapon to improve development productivity, but they are also facing challenges such as adapting to changes in work styles and securing new competencies. Therefore, it is time to explore changes in digital manpower training policies in response to these environmental changes. This study aims to analyze the impact of generative AI on development work and suggest the direction of digital human resource development policies accordingly.

3. Composition and Range

Chapter 1. Introduction

Chapter 2 Generative AI Technology Development and Domestic and International Policy Direction

Chapter 3 Changes in development tasks due to changes in SW development environment

Chapter 4 Digital Talent Training Plan in Response to the Generative AI Era

Chapter 5 Conclusion

4. Main Contents and Results

Generative AI, a technology that uses deep learning techniques and massive amounts of data in the form of text, audio, images, or video to learn and generate new content, is driving major changes in business, society, and education. In response, major countries are reorganizing their formal education programs to expand digital literacy curricula and university degree programs to cultivate digital talent. Major countries are emphasizing the development of AI talent in enterprises and improving visa systems to secure global talent from overseas. In order to compete in the

global AI market, Korea announced the 「Competitiveness Enhancement Strategy for Hyper-scale AI」 in April 2023, and will maintain existing policies to develop AI・SW talent, such as the 「Comprehensive Plan to Nurture Digital Talent」 and further develop global talent specializing in the development and use of Generative AI.

We analyzed the impact of generative AI technology on each stage of the SW development process (requirements analysis, design, implementation, and testing) through literature studies, interviews, and expert surveys.

The results of the literature analysis are as follows. The requirements analysis phase is not easy to work with automation tools because it is important to understand and discuss features with customers and software development groups. Generative AI is not widely used in the SW design phase, as it is difficult to find literature. In the SW implementation phase, generative AI has excellent performance in automatic code generation due to the technical characteristics of large language models (LLMs), so it can be applied to code generation, code auto-completion, code annotation, and reverse engineering. Based on the literature survey, the stage of SW testing is predicted to be most affected by generative AI during requirements analysis, design, implementation, and testing. It was found that generative AI can be used to prioritize test cases, analyze error causes, and generate test cases.

Next, we investigated the usage and opinions of developers and experts in each stage of the SW development process. In the implementation phase, developers use Integrated Development Environment (IDE) with generative AI as a primary tool for generating and verifying program code and explaining program code. In the testing phase, developers said they can test single features of a program, but not features that include business logic. In the requirements analysis phase, experts noted that it is difficult to use generative AI to listen to customer requirements and understand the context of customer requests. Intermediate developers were more productive than beginner developers, which is likely because beginner developers have difficulty identifying bad code due to the hallucinations of generative AI.

Next, we examine the impact of generative AI technology by development related job tasks and detailed work tasks (DWA), and analyze the impact of generative AI by the four stages of the SW development process. Among SW development tasks, the DWAs with the highest impact of generative AI were “Write computer programming code”, “Develop computer or online applications”, “Test software performance”, “Develop testing routines or procedures”, and “Prepare instruction manuals”. Among computer programmers, software developers, and web

developers, computer programmers are the most likely to be impacted by generative AI.

According to the results of the literature study, in-depth interviews with experts, and analysis of O*NET data, the stage of the SW development process that is most affected by generative AI technology is the implementation stage, and what developers can do in the implementation stage using generative AI is to generate code using “code already included in the literature or the Internet” and to automatically complete the code when using functions provided by the integrated development environment (IDE). It is analyzed that the utilization of generative AI is low in the requirement analysis and design stages of SW development, and therefore it does not have much impact on improving development productivity in SW development.

Based on the above, we propose a policy for fostering digital talents related to generative AI.

First, expanding digital education and reorganizing digital education to efficiently utilize generative AI technology should be established as the basic direction for securing digital manpower.

Second, to create an educational environment for digital talents, a systematic education system will be established, a digital talent certification system will be established, and a learning system and evaluation system for digital education will be established.

Finally, to promote continuous and efficient talent acquisition, we propose improving the system for global talent acquisition and activating digital talent networking.

CONTENTS

Chapter 1. Introduction

Section 1. Background and Purpose of the Study

Section 2. Research Contents and Methods

Chapter 2. Generative AI Technology Evolution and Domestic and International Policy Directions

Section 1. Digital Talent

Section 2. Generative AI Concept and Market Outlook

Section 3. Status of domestic and international digital talent development in the era of generative AI

Chapter 3. Changes in development tasks due to changes in the software development environment

Section 1. Software Development Process and Software Developer Tasks

Section 2. Utilization of LLM in Software Development

Section 3. Analyzing the impact of generative AI on development work

Chapter 4. Digital Talent Development Policy in Response to the Generative AI Era

Section 1. Analysis of changes in the digital market and talent development

Section 2. Digital Talent Development in the Generative AI Era

Chapter 5. Conclusion

Reference

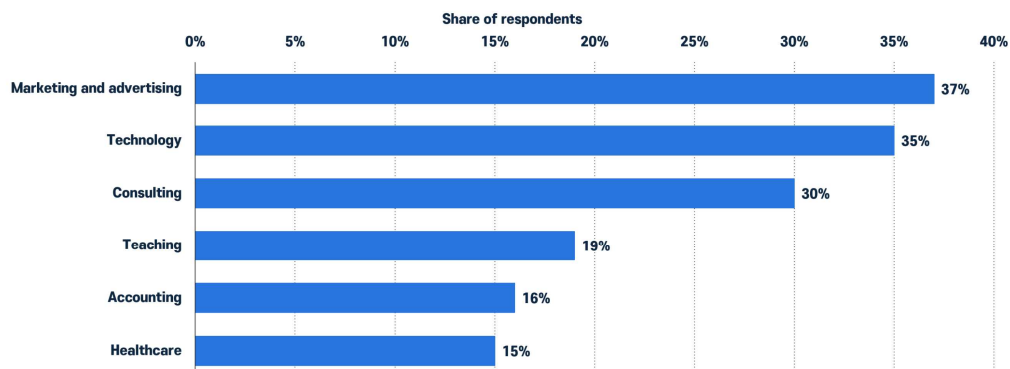
제1장 서론

제1절 연구 배경과 목적

ChatGPT 등 생성형 AI, 특히 LLM(Large Language Model, 대형언어모델)¹⁾ 기술이 빠른 속도로 발전하고 활용되고 있으며, 시장 규모도 빠른 속도로 증가하고 있다. 생성형 AI 시장은 2021년부터 10년간 82억 달러에서 1,265억 달러로 증가가 예상되며, 연평균 32% 성장할 것으로 전망된다.²⁾

생성형 AI는 사용의 편리성, 생성된 정보의 창의성, 반복적인 작업 및 정보 검색에 대한 효율성 등으로 활용도가 확대되며 생성형 AI는 경제, 사회, 교육 등 전반에 영향을 미치고 있다. 미국 내 전문가 대상 설문조사(2022년)에서 광고 또는 마케팅 분야 종사자의 37%, 기술 분야 종사자의 35%가 생성형 AI를 사용한 경험이 있는 것으로 조사되었다.

[그림 1-1] 미국 업무에 생성형 AI 활용률



자료 : Fishbowl, 미국, 2023년 1월 4일부터 8일까지, 응답자 4,500명, 조사 대상 기업 : 아마존, बैं크 오브 아메리카, 에델만, 구글, IBM, JP모건, 트위터 포함

이에 따라 생성형 AI 출현으로 기존 직업이 변화할 것으로 예측된다. Eloundou(2023)는 미국 노동력의 약 80%, 업무의 최소 10%가 LLM 도입으로 인해 영향을 받을 수 있는 것으로 나타났으며, 약 19%의 근로자는 업무의 50% 이상이 영향

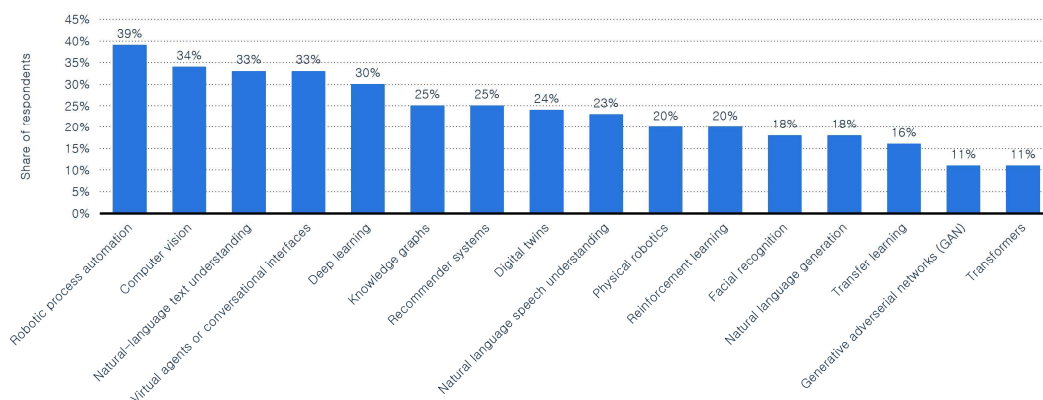
1) 대형 언어 모델(LLM)은 거대 언어 모델은 수많은 파라미터를 보유한 인공 신경망으로 구성된 언어 모델이다. 자기 지도학습이나 반자기 지도학습을 사용하여 레이블링되지 않은 상당한 양의 텍스트로 훈련된다.

2) PR Newswire(2023.6.8.), Generative AI Market Size to Grow USD 126.5 Billion by 2031 at a CAGR of 32%

을 받을 수 있다고 했다.³⁾ 또한 생성형 AI와 관련된 직업도 늘어나고 있다. 미국에서 생성형 AI와 관련된 직업은 현재 20%가 증가했다.⁴⁾

AI 관련 기술 중 최근 업무에 가장 많이 활용하는 기술이 생성형 AI 관련 기술이다. 맥킨지(2022) 설문에서 확인할 수 있듯이 활용하고 있는 AI 기술 중 자연어 문자(NL text) 이해, 챗봇, 딥러닝(Deep Learning), 자연어 음성(NL Speech) 인식, 자연어 생성, Transformers 등 많은 기술이 생성형 AI와 관련된다.

[그림 1-2] 업무에 AI 기술 적용률



자료 : McKinsey&Company(2022), 지역, 산업, 회사 규모 등 고려한 1,492명 대상 2022.5.~8. 조사

NL 관련 기술, 딥러닝, Transformers 등 LLM 관련 기술의 급격한 발전과 함께 생성형 AI는 인간의 언어는 물론, 컴퓨터와 인간의 언어(프로그래밍 언어)도 학습하여 인간이 의도한 바를 컴퓨터 언어로 생성이 가능하다. LLM으로 인해 개발환경이 변화하면서, 생성형 AI을 활용하는 개발자의 역할 변화가 예상된다. 개발자는 LLM을 이용하여 개발 코드를 생성하고, 테스트 시나리오를 작성하고, 개발 관련 문서를 자동으로 생성하는 기능을 수행할 수 있다. 개발환경의 변화는 개발자가 아닌 다른 직종에 근무하는 전문가에게도 영향을 미치게 될 것이다.

생성형 AI 기술 발전 및 업무 적용 속도로 보아, 개발자나 그 외 전문가가 개발 및 데이터 분석 시에 생성형 AI 기술 활용 가능 정도를 검토하고, 이에 따른 영향도 파악이 필요하다. 본 연구에서는 생성형 AI의 발전이 소프트웨어 개발 환경에 미치는 변화를 면밀히 분석하고, 국내외 정책과 비교하여 디지털 인재 양성 정책의 변화 방향을 제안한다.

3) Eloundou, T., Manning, S., Mishkin, P., & Rock, D. (2023). Gpts are gpts: An early look at the labor market impact potential of large language models. arXiv preprint arXiv:2303.10130.

4) Reuter (2023.6.23.), US-based generative AI job postings up 20% in May, Indeed data show

제2절 연구 내용 및 방법

디지털 인재 중 가장 수요가 많은 개발자 중심의 역할 변화를 살펴보고, 생성형 AI 시대의 디지털 인재 양성 정책 방안 발전 전략을 모색한다.

새로운 가치 창출을 위해서는 디지털 전환이 필요하며, 디지털 전환을 위한 중요한 자원은 디지털 인재이다. 디지털 인재에 대한 정의는 학계 및 산업계에서 공통적으로 합의되지 않았으나, 넓은 범위에서는 디지털 전환을 주도하는 사람과 디지털 기술을 활용하는 모든 사람을 포함한다.

디지털 인재 역량 요구사항 중 가장 수요가 많은 기술은 프로그래밍으로 조사되었으며, 디지털 기술 중 2023년 선풍을 일으킨 생성형 AI는 코딩 보조 도구로써 코드 자동 생성, 자동테스트, 주석 작성 등에 뛰어난 성능을 가지고 있어 프로그래밍 작업에 영향이 클 것으로 예상된다. 생성형 AI가 개발자의 수준, 개발의 난이도, 소프트웨어 유형 등 개발 조건에 따라 어느 정도 개발 생산성에 영향을 주는지 분석한다.

생성형 AI 개념과 시장 전망, 생성형 AI 시대의 국내·외 디지털 인재 양성 정책 동향을 조사·분석한다. 생성형 AI는 딥러닝 기술과 방대한 양의 데이터를 활용하여 학습하고, 새로운 콘텐츠를 생성한다. OpenAI사가 ChatGPT를 2022년 11월에 출시한 이후 생성형 AI의 혁신성, 창의성, 사회, 교육, 경제 및 노동시장에 대한 영향력이 일부 검증되며, 생성형 AI를 포함한 AI가 디지털 전환의 기폭제가 될 수 있다는 기대가 커지고 있다.

이에 미국, 중국, 영국 등 해외 주요국에서 AI 인재 양성을 위한 정책을 마련하고 있다. 주요국은 디지털 인재 양성을 위해 초·중·고 학생들을 대상 디지털 리터러시 교육과정을 확대하고 디지털 기술 관련 대학 학위프로그램을 신설·확대하는 방향으로 정규교육 프로그램을 개편하고 있다. 직업교육기관을 통한 인공지능 교육을 시행하는 등 전국민 대상 재교육 시스템을 구축해 나가며 전 생애주기 AI 교육 체계를 마련하고 있다. 또한 자국 디지털 인재 양성과 함께 글로벌 해외 인재 확보를 위한 제도를 개선하고 있다.

국내에서는 2023년 4월 「초·고대 AI 경쟁력 강화 방안」, 2023년 9월 「전국민 AI 일상화 실행계획」을 발표하여 생성형 AI 출현으로 더욱 국가 경제 경쟁력 강화에 더욱 중요해진 AI 확산을 위한 정책을 추진하고 있다.

국내외 기업에서도 생성형 AI의 효율성과 생산성으로 인한 영향력을 실감하고, 생성형 AI 기술과 관련 인재를 확보하고 규제 환경변화에 대응하는 것을 기업의 핵심 과제로 추진하며, 오픈AI, 구글, IBM 등 글로벌 빅테크 기업에서도 생성형 AI 엔지니어

에 대한 확보 경쟁이 매우 치열하다.

생성형 AI가 개발 업무에 미치는 영향을 소프트웨어 개발 프로세스에 따라 문헌 연구, 전문가 심층 인터뷰, 전문가 설문을 통해 분석한다. 소프트웨어 개발 프로세스는 요구 분석, 설계, 구현, 테스트 단계로 나눈다. 생성형 AI가 개발자에 미치는 영향을 분석하기 위해 O*NET의 컴퓨터 프로그래머, 소프트웨어 개발자, 웹개발자의 작업(Task)별 영향을 검토한다.

○ 문헌 연구 결과

개발에 AI 및 생성형 AI 기술을 활용하고 있는 사례 관련 문헌 연구를 수행하였다. 요구분석 단계에서는 개발자와 도메인 전문가의 요구사항 관련 회의를 요약하고, 요약된 내용 기반으로 구조화된 요구사항 항목 및 제약 조건을 도출하는데, 제한적으로 생성형 AI를 활용한다. 사용자 요구사항과 개발 코드 일치를 위한 요구사항 추적성을 개선에 관한 연구도 진행되고 있다.

소프트웨어 구현을 위한 도구로 GitHub Copilot, ChatGPT, AWS CodeWhisperer 및 Tabnine 등의 생성형 AI 도구가 이미 현업에서 사용되고 있으며, 생성형 AI를 이용해 코드 생성, 코드 자동완성, 코드 주석 작성 등의 성과가 혁신적으로 향상된 것으로 조사되었다.

문헌 조사상으로는 요구 분석, 설계, 구현, 테스트 중 생성형 AI의 영향을 가장 많이 받을 것으로 예측된 단계는 테스트 단계이다. 테스트 케이스의 우선순위 선정, 오류 원인 분석, 테스트 케이스 선정 등에 생성형 AI를 활용할 수 있다고 조사되었다. 테스트 자동화, 관리, 데이터 생성, 시나리오 작성 등을 지원하는 AI 증강 테스트 도구들도 시장에 많이 출시되었다.

이러한 생성형 AI의 생산성에도 불구하고 생성형 AI는 코드 생성 시 최신성, 신뢰성, 보안, 저작권 등에 문제가 있으며, 이로 인한 개발 생산성이 저하되고 개발 비용이 증가할 수 있다.

○ 전문가 심층 인터뷰 결과

전문가 심층 인터뷰를 통해서 생성형 AI 개발 도구 사용 현황과 발전 방향, SW 개발자 인재상 및 확보 방안을 분석한다. 개발자들은 생성형 AI 개발 도구를 소프트웨어 구현 시 기본적으로 활용하여, 구현 및 테스트 단계에서 개발 코드 생성 및 검증은 물론, 개발 코드 설명이나 개발문서 작성에도 활용하는 것으로 조사되었다. 전문

가들은 코드를 생성하는 것은 기존의 코드를 LLM이 학습한 결과로 가능하지만, 요구 사항 분석 단계에서는 생성형 AI를 활용하여 고객의 요구사항을 듣고 고객 요청의 맥락까지 파악하는 것은 어렵다고 조언하였다.

생성형 AI 출현 이후에 전문 개발자들은 생성형 AI를 활용하여 빠르게 지식 습득을 하고 있으며, 기업에서는 지식이 많은 직원보다 주어진 문제를 인식하고 해결할 수 있는 역량을 가진 직원을 선호하는 것으로 나타났다.

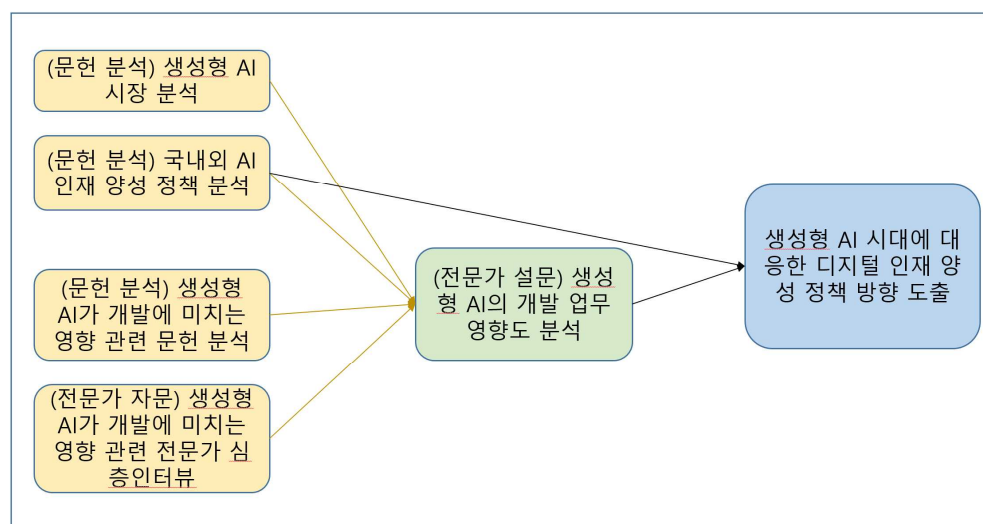
○ O*NET 데이터 기반 개발 업무(Task)별 생성형 AI 영향도 파악

마지막으로 생성형 AI가 개발 업무에 미치는 영향을 구체적으로 확인하기 위해서는 개발자의 개발 업무(Task)별로 생성형 AI의 영향도를 측정하고, 개발 프로세스와 개발자 직무에 미치는 영향을 분석한다. 컴퓨터 프로그래머, 소프트웨어 개발자, 웹 개발자의 세부 업무(DWA) 중 개발과 관련된 것과 생성형 AI에 영향을 받는 DWA를 추출하고, 개발자 작업과 비교하여, 요구분석, 설계, 구현, 테스트 단계의 생성형 AI에 영향도를 분석한다.

생성형 AI 디지털 인재 양성 정책은 디지털 인력 확보 기본 방향을 정하고, 디지털 인력양성을 위한 교육 환경 구축, 지속적이고 효율적인 디지털 인재 확보 추진으로 제안한다.

연구 방법은 문헌분석, 전문가 심층 인터뷰, 전문가 설문을 통해 생성형 AI가 개발 업무에 미치는 영향을 분석하고, 생성형 AI 시대에 대응한 디지털 인재 양성 정책 방안을 제안한다.

[그림 1-3] 생성형 AI가 개발 업무에 미치는 영향 연구 방법



제2장 생성형 AI 기술 진화 및 국내·외 정책 방향

제1절 디지털 인재 역량

1. 디지털 인재

본 절에서는 생성형 AI 시대에서의 디지털 인재에 대한 정의와 디지털 인재가 갖추어야 하는 역량을 살펴본다. 디지털 기술은 빠르게 발전하고 있고 학교, 직장, 실생활 등에서 사용하는 디지털 기술의 종류도 다르기 때문에 그 범위를 정하기가 쉽지 않을 뿐만 아니라 시간에 따라 동적으로 변할 수 있다. 그럼에도 불구하고 본 연구의 범위를 보다 명확히 설정하기 위해 디지털 기술의 범위를 조사하고 이러한 기술을 보유한 디지털 인재에 대해 정의하였다.

가. 디지털 기술의 범위

EU(2021)는 2030년까지 디지털 전환과 디지털 경제 발전을 위한 전략(Digital Decade)에서 디지털 기술을 AI, 보안, IoT, 빅데이터, 고성능 컴퓨팅, 5G, 소프트웨어로 제시했다.⁵⁾ EU는 전체 인구가 기본적인 디지털 기술을 갖추는 것을 목표로 하고 있지만, 2030년까지 16~74세 인구 중 80%가 최소한의 디지털 기술을 보유하도록 목표를 구체화하였다.

WEF(2023)이 제시한 직업에 미치는 기술 중 디지털 기술은 AI, 빅데이터 분석, 사이버보안, 디지털 플랫폼과 앱, VR/AR, E-commerce, 클라우드, 3D/4D 프린팅, IoT, 자율주행차 등이다.⁶⁾

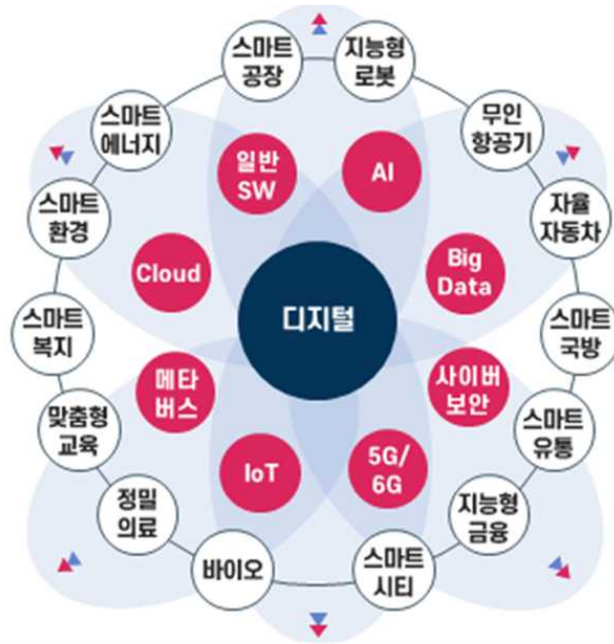
국내에서는 과기정통부는 인공지능, 빅데이터, 클라우드 등이며, 산업부는 신재생에너지, 지능형 로봇, 자율주행차, 복지부는 바이오, 스마트헬스 등을 주로 다루고 있다.

이 외, 디지털 신기술에 대해 AI, 빅데이터, 메타버스, 신산업을 자율주행차, 스마트공장, 드론, 스마트시티 등으로 다루기도 한다.

5) EU(2021), <https://digital-skills-jobs.europa.eu/en/actions/european-initiatives/digital-decade>

6) WEF(2023), Future of Jobs Report 2023

[그림 2-1] 디지털 신기술과 신산업



자료 : 정부합동 2022.8.22. 「디지털 인재양성 종합방안」

『대한민국 디지털 전략(22.9)』은 미래 기술패권을 확보하기 위한 전략으로 경제적 영향력, 정부 투자의 시급성을 고려하여 AI, 반도체, 5G·6G, 양자, 메타버스, 사이버 보안의 6개 기술에 대한 집중적인 투자를 계획하였다.

교육부(2021)는 3대 전략 투자 분야와 스마트공장, 바이오헬스, 핀테크, 미래 자동차 등 8대 선도프로젝트와 연계하여 인력양성이 필요한 디지털 기술을 포함한 첨단(신기술)분야를 21개 분야를 정리하였다.⁷⁾ 교육부가 지정한 신기술 중 신소재, 의료 분야 6개를 뺀 인공지능, 빅데이터, 지능형 반도체, IoT, AR/VR 등의 기술이 디지털 관련 기술이다.

공통으로 해외 기관과 국내 정부 부처가 언급하고 관리하는 기술은 AI, 빅데이터 정도이다. 국내 정부 부처는 신기술에 대한 전략 마련과 투자를 위해 디지털 신기술의 범위를 정했으며, 반면 해외 기관은 디지털 기술에 소프트웨어를 포함하고 있다.

나. 디지털 인재 정의와 특징

디지털 인재의 정의는 아직 학계, 산업계에서 공통적으로 합의되어 있지 않다. 좁은

7) 교육부(2021.3.19.). 첨단(신기술)분야 모집 단위별 입학정원 기준 고시

범위에서는 디지털 기술을 가진 전문가라고 하며, 넓은 범위에서는 디지털 전환을 주도하는 사람은 물론이고, 디지털 기술을 활용하는 모든 사람을 포함할 수도 있다. 앞서 검토했지만 빠르게 변화하는 디지털 기술도 정책, 교육, 산업 등의 목표에 따라 그 범위를 다르게 정의하고 있다.

Dan(2021)은 디지털 인재를 일상생활에 지대한 영향을 미친 디지털 애플리케이션을 개발할 수 있는 기술적 비전 또는 코딩 및 소프트웨어 엔지니어링 기술을 갖춘 사람이라고 정의했다.⁸⁾ 또한 디지털 인재를 프로그램과 앱을 설계하고 코딩하는 사람으로 한정할 수 없으며, 기존 방식을 디지털 혁신으로 대체할 기회를 포착하는 의사결정권자와 기업가를 포함한다고 했다. 디지털 인재가 직장에서 가장 중요하게 생각하는 요소는 일과 삶의 균형, 학습 및 교육 기회, 경력 개발 가능성, 동료와의 좋은 관계, 재정적 보상, 관리자와의 좋은 관계 등이다.⁹⁾

Laker(2022)는 디지털 인재란 전문가 수준의 디지털 기술을 보유한 직원과 관리자라고 정의했다.¹⁰⁾ 디지털 인재를 디지털 트렌드와 개인적 기술 관심사에 따라 학습 의지가 강하고, 자신의 직업과 기술에 많은 관심이 있으며 최첨단 근무 환경을 선호한다.

SPRi(2022)¹¹⁾는 디지털 전문인력에 대해 디지털 신기술 분야에서 관련 전문지식과 기술을 보유하고 디지털 기술 관련 직무를 수행하는 인력으로 정의하였다. 디지털 신기술은 인공지능, 빅데이터, 클라우드, IoT, VR/AR 등이다. 디지털 기술 관련 직무는 HW/SW 개발 및 운영, 네트워크 운영, 데이터 분석 및 운영, 정보 보안 등으로 한정했다.

『디지털 인재양성 종합방안(2022)』에서는 디지털 인재를 디지털 신기술을 개발·활용·운용하는 데 필요한 지식과 역량을 갖춘 인재로 정의하였다.

Shalamanov(2022)는 디지털 인재를 기술, 특히 프로그래밍, 데이터, 자동화 등의 분야에서 일하는 모든 사람을 말한다고 했다. 개발자, 프로젝트 관리자 등 전문가는 물론이고 기술에 능숙한 비즈니스 리더까지 조직의 디지털 전환을 수행하는 모든 사람이 디지털 인재라고 할 수 있다고 했다.¹²⁾

융합 측면에서 디지털 인재를 IT 전문성뿐만 아니라, 다양한 기술을 이해하고 다른 분야에 융합함으로써 새로운 가치를 창출할 수 있는 역량을 가진 인재라고 정의하기도 한다.¹³⁾

8) Dr Sorin Dan from the University of Vaasa, Finland, and Dr Diana Ivana, Dr Monica Zaharie, Dr Mihaela Drăgan, and Dr Daniel Metz from Babeş-Bolyai University, Romania, and NTT DATA(2021), Managing Digital Talent, Business & Economics

9) BSG(2021), Decoding the Digital Talent Challenge

10) Benjamin Laker(2022.3.3.), How To Manage Digital Talent In A Way That Makes Them Stay

11) SPRi(2022), SW 및 디지털 전문인력 중장기 공급 전망

12) Jennifer Shalamanov(2022.9.7.), What Is Digital Talent & Why You Should Care

13) 조수연(2017), 디지털 시대의 금융 디지털 인재 운영 방안

2. 디지털 인재 역량 요구사항

앞에서 언급한 최근까지의 디지털 기술을 나열하면, AI, 3D/4D프린팅, 5G, AR, E-commerce, IoT, VR, 고성능컴퓨팅, 드론, 디지털 플랫폼과 앱, 메타버스, 바이오, 보안, 블록체인, 빅데이터, 소프트웨어, 스마트/지능형 X(헬스, 시티, 공장, 팜, 금융, 로봇, 국방, 복지, 환경 등), 신재생에너지, 양자컴퓨팅, 자율주행차, 클라우드, 핀테크 등이다. 분야별로 다루는 기술의 종류 및 중요도에 따라 산업명과 혼용하고 있지만, 근본적으로는 모두 SW 요소를 담고 있으며 프로그래밍을 반드시 필요로 한다. 다시 말해, 디지털 인재와 프로그래밍은 떼려야 뗄 수 없는 관계이며 넓은 의미에서는 그 결과물을 잘 활용하는 것까지 디지털 인재의 역량과 관련된다고 할 수 있다.

최근 생성형 AI의 등장에 따라 이러한 기술들이 더욱 고도화되거나 지능적으로 발전하고 과거보다 활용 범위가 대폭 넓어질 것으로 예상된다. 특히 생성형 AI는 코딩을 할 줄 모르는 사람들이 보다 손쉽게 SW 및 AI를 활용할 수 있는 기회를 최초로 열어주었고 보다 높은 생산성을 갖는 프로그래밍 및 개발환경을 제시해주고 있기 때문에 앞으로 디지털 인재에게 요구되는 기술과 역량에 있어 생성형 AI의 영향력은 매우 크게 작용할 것으로 예상된다. 이와 같은 관점에서 디지털 인재 요구 기술과 개발 환경 변화에 대해 살펴본다.

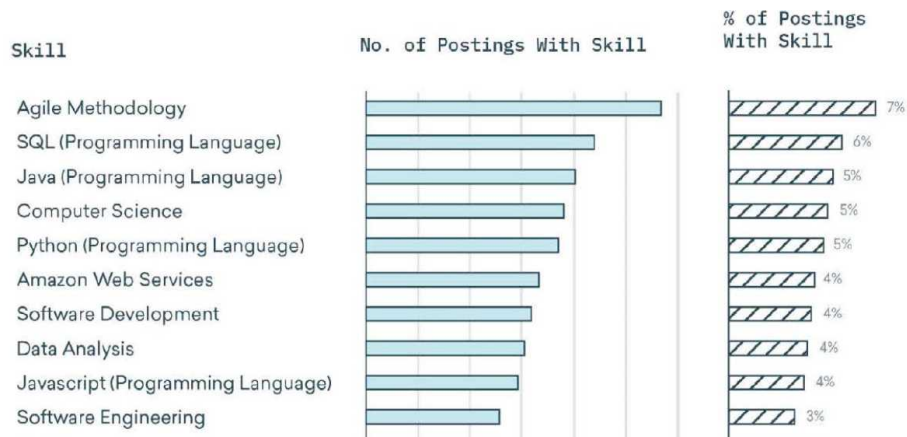
가. 디지털 인재 요구 기술 및 역량

디지털 인재에게 가장 필요한 기술 중 프로그래밍 언어의 중요성이 커지고 있으며, 기업에서 요구되는 프로그램 언어가 빠르게 변화하고 있다. 기술 측면에서는 2021년과 2023년 자료를 비교하여 보면, 기술 종류는 유사하나, 요구되는 기술 순위는 변경되고 있다.

2021년 1.3천 만개 일자리 채용 공고를 빅데이터 분석한 보고서¹⁴⁾는 과학, 기술 분야의 채용 공고의 95%가 디지털 기술을 요구하였으며, 애자일 방법론, SQL, Java, 컴퓨터공학, 파이썬 등의 기술을 가장 많이 필요로 한다고 발표했다.

14) Lightcast(2021), THE DIGITAL TALENT FORECAST: Mapping the Evolving Role of Digital Skills in a Dynamic Labor Market

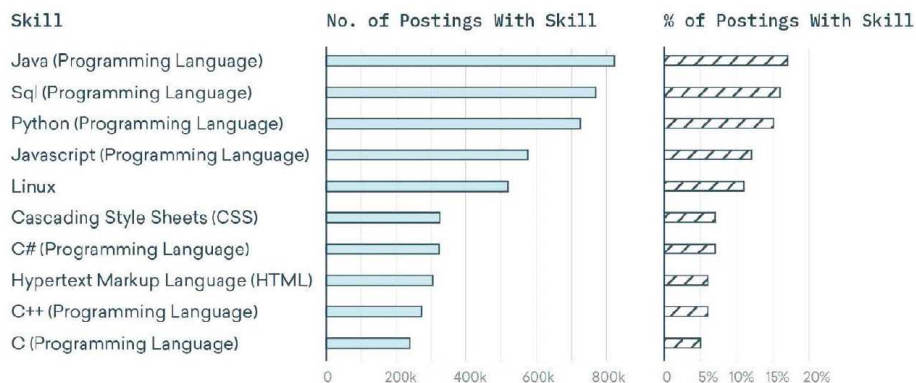
[그림 2-2] 채용공고에서 요구하는 기술



자료 : Lightcast data(2021), 기술별 채용공고 수의 한 칸은 100k

특히 프로그래밍 언어는 모든 컴퓨터 관련 직업에서 적어도 한 개 이상 요구되고 있으며, Java는 17%, 파이썬은 15%의 채용 공고에 나타나고 있다.

[그림 2-3] 컴퓨터 관련 직업 채용공고에서 요구하는 프로그래밍 언어

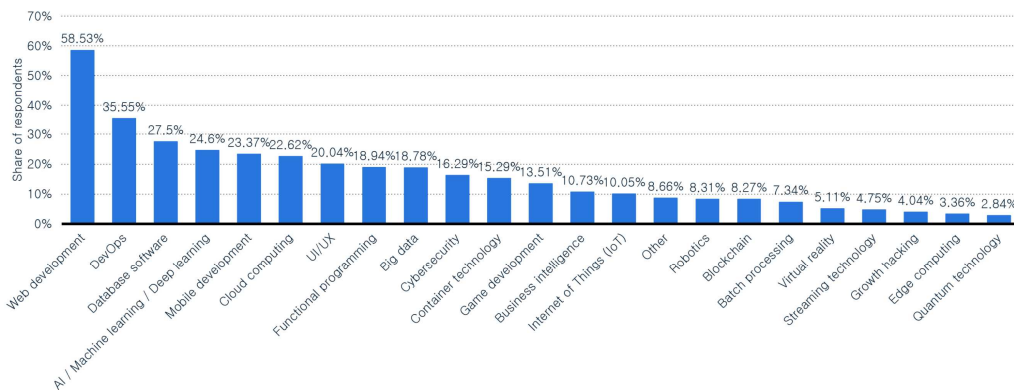


자료 : Lightcast data(2023)

2021년의 빅데이터 분석보고서와 기술 분류가 다르기는 하지만, 2023년의 설문조사에서는 웹개발, DevOps, DBMS, AI, 모바일 개발 순으로 나타났다. 빅데이터 분석 보고서는 세부 기술을 채용 공고에서 추출했기 때문에 직접 비교는 어려우나, 웹개발, 모바일 개발을 위해서는 2021년 빅데이터 분석보고서에서 상단에 위치한 애자일 방법론, Java, 파이썬, 아마존 웹서비스 등이 필요하며, DBMS를 활용하기 위해서는

2021년 빅데이터 분석보고서에서 상단에 위치한 SQL 기술이 필요할 것이다. 새로 상 위권에 나타난 기술은 AI 정도 될 것으로 보인다.

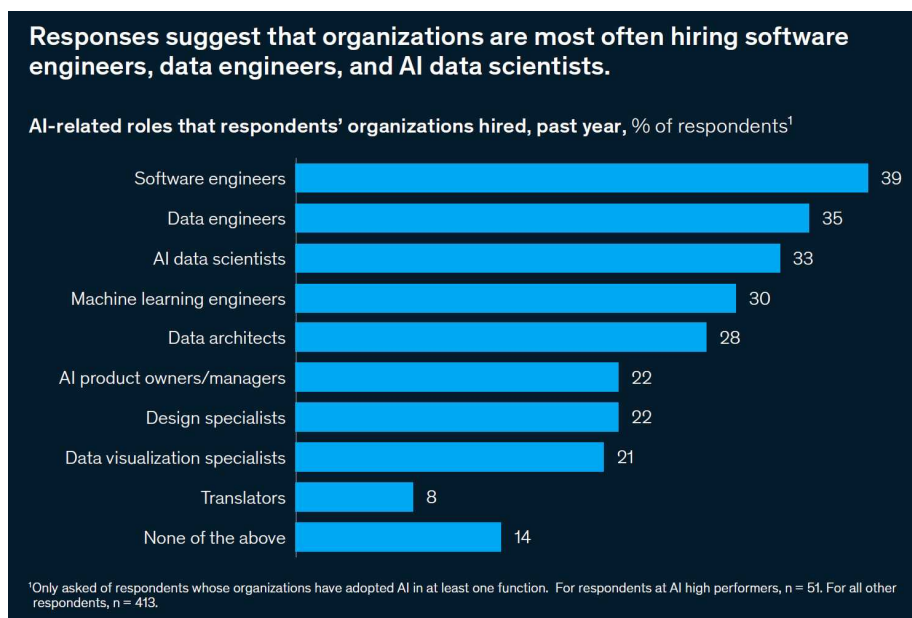
[그림 2-4] 채용을 원하는 개발자에게 필요한 기술



자료 : codinGame(2023), 2022년 131개국 개발자 98개국 채용 담당자 18,200명 대상 조사

2023년 24.6%의 채용 담당자가 요구했던 AI 기술을 활용하는 직업에 대한 맥킨지 보고서는 가장 많이 채용을 원하는 직업은 소프트웨어 엔지니어라고 발표했다.

[그림 2-5] AI 기술을 활용하는 직업 중 채용 희망 직업



자료 : QuantumBlack By McKinsey(2022) The state of AI in 2022—and a half decade in review p14

디지털 인재에게 요구하는 역량, 특히 컴퓨터 관련 직종에서 요구하는 역량 중 가장 많은 기술이 프로그래밍 언어라는 것은 다양한 보고서에서 쉽게 찾아볼 수 있다.

나. 디지털 인재와 생성형 AI로 인한 개발환경 변화

디지털 기술자의 43%는 새로운 영역의 기술을 익히는 데 중점을 두고 있다.¹⁵⁾ 디지털 인재는 끊임없이 변화하는 기술 적응에 대한 준비가 필요하다. 새로운 기술과 프로그래밍 언어를 배워야 하는 개발자에게 생성형 AI의 활용은 개발 생산성을 높여줄 것으로 기대하고 있다. 생성형 AI의 영향으로 코딩이 많은 부분을 차지하던 개발환경이 변화하고 있으며, 이는 개발 업무에 어떻게 영향을 주고 있는지 검토가 필요하다.

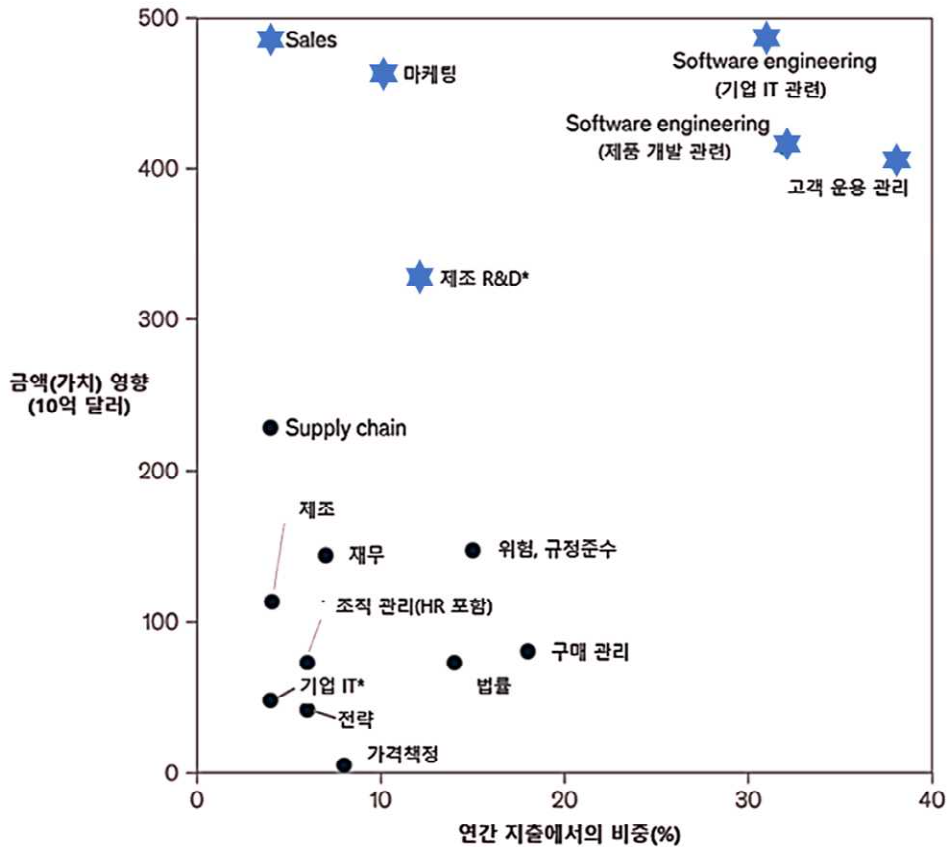
맥킨지(McKinsey)는 생성형 AI가 생산성 측면에서 세계 경제에 수조 달러의 가치를 추가할 수 있다고 연구보고서를 통해 발표하였다.¹⁶⁾ 이 연구는 16개의 사업 기능(업종 또는 산업이 아닌 업무기능)에 걸친 63개의 생성형 AI 사용 사례를 바탕으로 분석 결과를 도출하였다. 맥킨지가 추정한, 생성형 AI 생산성으로 인해 추가되는 가치(금액)는 연간 2조 6천억 달러에서 4조 4천억 달러에 이른다. 특히 생성형 AI 사용 사례에서 추정한 가치의 약 75%가 소프트웨어 엔지니어링, 고객 운용 관리, 마케팅 및 세일즈, R&D의 4개 업무기능에 해당된다.

그중 소프트웨어 엔지니어링 분야에서 생성형 AI는 코딩 보조 도구로서 개발자의 작업 속도 및 생산성 향상에 상당 부분 기여하고 있으며 개발 관련한 생산성 영향은 기업 IT 관련에서는 연간 지출의 31%(4,850억 달러)에 이르며, 제품 개발 관련으로는 연간 지출의 32%(4,140억 달러)에 이르는 것으로 추정하였다. 디지털 전환 및 디지털 X로 대변되는 거대 융합의 시대에서, 소프트웨어 엔지니어링은 대부분의 회사에서 중요한 기능으로 자리매김하였을 뿐만 아니라 기술 기반 기업이 다양한 제품 및 서비스에 소프트웨어를 내장함에 따라 계속해서 성장하고 있기 때문에 생성형 AI의 가치는 더욱 커질 것으로 전망된다. 예를 들어 자동차 시장에서의 신차 가치에 대한 상당 부분은 adaptive cruise control, 주차 지원 등과 같은 디지털 기술로부터 결정되는 것이 최근 추세다.

15) CompTIA(2023), 2022년 9월~10월 1,125명 조사; 미국 응답자 500명, 각 지역 응답자 125명: 호주, 아세안, 베네룩스, 독일, 영국

16) Mckinsey(2023.6), The economic potential of generative AI: The next productivity frontier

[그림 2-6] 생성형 AI가 업무기능 분야의 잠재적 생산성에 미치는 영향



* : 소프트웨어엔지니어링 제외

★ : 생성형 AI의 연간 영향의 75%를 차지하는 업무기능 분야

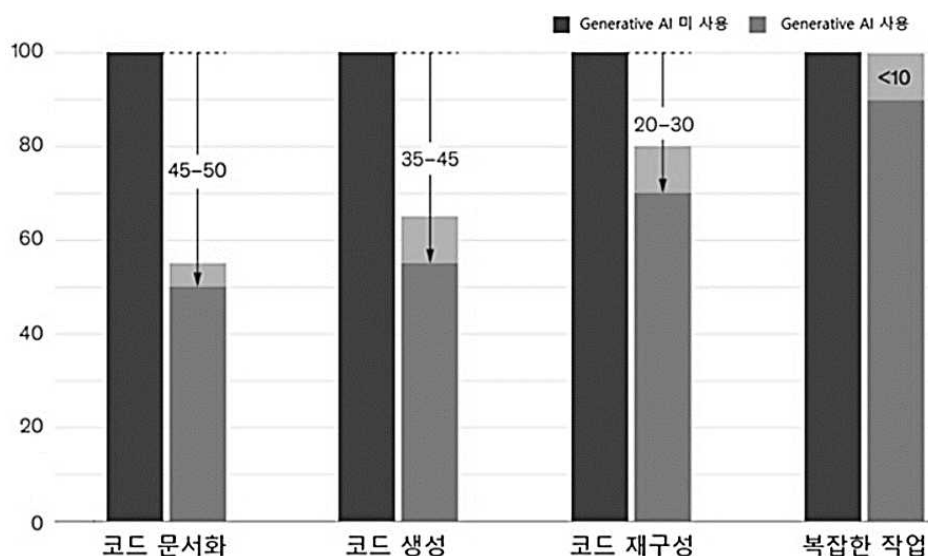
자료 : McKinsey(2023.6), The economic potential of generative AI: The next productivity frontier

단, 생성형 AI의 사용은 개발 작업의 속도를 향상시키지만 개발자 경험과 개발 난이도 등에 따라 차이가 있는 것으로 나타났다.¹⁷⁾ 이를 살펴보기 위해 맥킨지는 미국과 아시아 전역에 위치한 서로 다른 소프트웨어 개발 경험을 가진 40명 이상의 개발자로 실험 대상을 구성하고, 이들에게 여러 주에 걸쳐 문서화, 코드 생성, 그리고 코드 재구성의 세 가지 영역에서 일반적인 소프트웨어 개발을 수행하도록 요청하였다. 각 작업은 2개의 생성형 AI 도구를 사용하는 테스트 그룹과 이를 사용하지 않는 통제그룹으로 나누어 진행하였는데, 그 결과 생성형 AI 기반 개발 지원 도구는 일반적인 개발자의 개발 속도 향상에 상당히 기여하는 것으로 나타났다. 구체적으로 유지 관리를 위한 코드 기

17) McKinsey(2023.6), Unleashing developer productivity with generative AI

능 문서화에는 50% 이상의 속도 향상이 발생하였고, 새로운 코딩작업에는 35%~45%의 시간을, 기존 코드의 재구성·최적화 작업에는 약 30%의 시간을 절감하였다.

[그림 2-7] 생성형 AI의 사용 여부에 따른 작업 시간 절감 효과



자료 : Mckinsey(2023.6), Unleashing developer productivity with generative AI

그러나 이러한 결과는 일반적인 개발 작업에 해당하며 작업 복잡성과 개발자 경험에 따라 생산성 효과(개발 시간 절감)는 다르게 나타난다는 점이 주목된다. 개발자가 개발 복잡도가 높다고 인지하는 작업은 코드 문서화, 코드 생성, 코드 재구성의 효과와는 달리 그 절반에도 미치지 않는 10% 미만의 시간 절약 효과가 나타났다. 이러한 결과는 1년 미만의 경험을 가진 초급 개발자에서도 유사하게 나타났는데, 어떤 경우에는 초급 개발자가 생성형 AI를 사용했을 경우 오히려 작업 시간이 7%~10% 더 오래 걸리는 것으로 측정되었다.

결과적으로 개발환경에서 생성형 AI는 작업 시간을 단축하는 생산성 향상 변화를 가져오지만, 아직까지는 작업 복잡성이 낮은 경우에 그 기여도가 크게 작용하며 활용 대상의 수준에 따라 효과가 다르게 나타날 수 있다. 따라서 개발 숙련도가 낮거나 루틴한 업무를 수행하는 개발자에게는 위협이 될 수 있음을 추정할 수 있다. 향후 개발 보조 도구로서의 생성형 AI가 고도화되면서 보다 높은 수준의 범위로 개발 자동화가 이루어지겠지만, 현재로서는 일정 수준의 개발 숙련도를 갖추고 생성형 AI를 활용하는 것이 더 효과적일 수 있음에 유의하여야 한다.

제2절 생성형 AI 개념과 시장 전망

1. 생성형 AI 개념과 역사

가. 생성형 AI의 개념

생성형 AI란, 텍스트, 오디오, 이미지 또는 동영상 형태의 새로운 콘텐츠를 생성하도록 설계된 인공지능 모델로, 가트너는 ‘콘텐츠 및 사물에 대한 데이터를 통해 학습하고, 그것을 사용하여 창조적이며 현실적인 완전히 새로운 아웃풋을 만들어 내는 기계 학습 방법’으로 정의한 바 있다.

생성형 AI는 알고리즘을 사용하여 패턴을 학습하고 해당 학습을 기반으로 새로운 출력을 생성한다. 생성형 AI 시스템은 일반적으로 신경망과 같은 딥러닝 기술을 사용하여 방대한 양의 데이터를 분석하고 입력 데이터와 유사한 새로운 콘텐츠를 생성한다. 생성형 AI를 활용하여 작가의 스타일을 기반으로 단편 소설을 만들거나 존재하지 않는 인물의 사실적인 이미지를 생성할 수도 있으며, 유명 작곡가의 스타일로 교향곡을 작곡하거나 간단한 텍스트 설명으로 비디오 클립을 만들 수 있다.

〈표 2-1〉 생성형 AI의 분야별 사용 사례

분야	사용 사례
예술 및 엔터테인먼트	- 생성형 AI는 독특한 예술 작품을 만들고, 음악을 작곡할 뿐만 아니라, 영화용 스크립트를 생성하는 데 사용됨 - 생성형 알고리즘을 사용하여 사용자가 제출한 이미지를 유명 화가의 스타일로 예술 작품으로 바꾸는 전문 플랫폼이 사용되고 있으며 대류형 신경망을 사용하여 꿈과 유사한 매우 복잡한 이미지를 생성하는 플랫폼도 있음 - 딥 러닝 모델은 다양한 스타일과 장르를 아우르는 여러 악기로 음악 작곡을 생성할 수 있음. 또한 적절한 프롬프트만 있으면 생성형 AI를 활용하여 영화 대본, 소설, 시 등 상상 가능한 거의 모든 종류의 문학 생성 가능
기술 및 통신	- 기술 및 통신 분야에서 생성형 AI는 인간과 유사한 텍스트 응답을 생성하는 데 사용되므로 챗봇이 더 자연스럽고 확대된 대화를 유지할 수 있음 - 더욱 인터랙티브하고 매력적인 가상 비서를 만드는 데에도 사용되며 인간과 유사한 텍스트를 생성하는 모델의 능력을 통해 이러한 가상 도우미는 이전 세대의 가상 도우미 기술보다 훨씬 정교해지고 있음
디자인 및 아키텍처	생성형 AI는 그래픽 디자이너가 짧은 시간에 고유한 디자인을 만드는 데 도움이 되는 디자인 옵션과 아이디어를 생성하는 데 사용됨

분야	사용 사례
	또한 설계자들이 관련 훈련 데이터를 기반으로 독특하고 효율적인 평면도를 생성하기 위해 사용되고 있음
과학 및 의학	- 생명 과학에서 생성형 AI는 새로운 약물 후보를 설계하는 데 사용되고 있으며, 발견 단계를 몇 년이 아닌 며칠로 단축하고 있음 - 의료용 영상에서 인공 일반 지능(GAN)은 AI를 훈련하기 위한 합성 뇌 MRI 이미지를 생성하는 데 사용되고 있으며 이는 개인정보 보호 문제로 인해 데이터가 부족한 경우에 특히 유용함
전자상거래	- 기업들은 GAN을 사용하여 광고를 위한 초현실적인 3D 모델을 만들고 있음 - 이러한 AI 생성 모델은 원하는 인구 통계학적 및 디자인에 맞게 사용자를 정의할 수 있음 - 생성형 알고리즘은 개인화된 마케팅 콘텐츠를 제작하는 데에도 사용되어 기업이 고객과 더 효과적으로 소통할 수 있도록 지원하고 있음

생성형 AI의 특성을 더 잘 이해하려면 기존의 다른 유형의 AI, 머신러닝, 대화형 AI, 인공 일반 지능(AGI) 등 유사 의미의 용어들과 어떻게 다른지 살펴볼 필요가 있다.

생성형 AI 등장 이전의 기존 AI란 사전 정의된 규칙이나 알고리즘에 따라 특정 태스크를 수행할 수 있는 AI 시스템을 말한다. 즉, 특정한 규칙 기반 시스템으로 주로 데이터를 통해 학습하거나 시간이 지남에 따라 개선할 수 없는 것이 특징이다. 반면, 생성형 AI는 데이터로부터 학습하고 새로운 데이터 인스턴스를 생성할 수 있다.

머신러닝은 컴퓨터 프로그램이 새로운 데이터에 적응하고 새로운 데이터로부터 독립적으로 학습하여 트렌드 및 통찰력을 발견할 수 있는 과정이다. 머신러닝을 통해 시스템은 명시적 프로그래밍이 아닌 데이터로부터 학습할 수 있다. 생성형 AI는 머신러닝 기술을 활용하여 새로운 데이터를 학습하고 생성한다. 이처럼 생성형 AI는 시스템이 데이터를 통해 학습할 수 있도록 하는 인공지능의 한 분야인 머신러닝의 원리에 따라 작동한다. 그러나 패턴을 학습하고 이러한 패턴을 기반으로 예측하거나 결정하는 기존의 머신러닝 모델과 달리 생성형 AI는 한 단계 더 나아가 데이터에서 학습할 뿐만 아니라 입력 데이터의 속성을 모방하는 새로운 데이터 인스턴스를 생성한다.

대화형 AI를 통해 시스템은 인간과 비슷한 방식으로 인간의 언어를 이해하고 대응할 수 있다. 생성형 AI가 인간과 유사한 텍스트를 생성하는 데 사용되는 경우, 이를 대화형 AI로 볼 수 있다. 대화형 AI는 인간과 유사한 대화를 나눌 수 있는 대화형 시스템을 만드는 데 사용되는 반면, 생성형 AI는 텍스트뿐만 아니라 다양한 데이터 유형을 생성하는 등 더 광범위한 개념이다.

인공 일반 지능(Artificial General Intelligence, AGI)은 인간이 할 수 있는 어떠한 지

적인 업무도 성공적으로 해낼 수 있는 가상적인 기계의 지능을 말하며 이는 인공지능 연구의 주요 목표가 된다. 이것이 실현된다면 인공 일반 지능은 광범위한 작업에 걸쳐 지식을 이해하고 학습하며 적응하고 구현할 수 있게 된다. 생성형 AI는 이러한 시스템의 구성 요소일 수 있지만 인공 일반 지능과 동등하지는 않다. 생성형 AI는 새로운 데이터 인스턴스를 생성하는 데 중점을 두는 반면, 인공 일반 지능은 더 넓은 수준의 자율성과 기능을 갖는다.

나. 생성형 AI의 작동 방식 및 유형

생성형 AI 모델 전반에 생성형 AI가 적용되는 일반적인 워크플로는 4가지로 구성된다. 첫째, 데이터 수집에서는 생성할 콘텐츠 유형에 대한 예시가 포함된 대규모 데이터 세트를 수집한다. 예를 들어 사실적인 그림을 생성하기 위한 이미지 데이터 세트나 일관된 문장을 생성하기 위한 텍스트 데이터 세트가 수집된다. 둘째, 모델 훈련에서 생성 AI 모델은 신경망을 사용하여 구축된다. 모델은 수집된 데이터 세트에 대한 학습을 통해 데이터의 기본 패턴과 구조를 학습한다. 셋째, 생성에서는 모델이 훈련되면 사용된 모델에 따라 잠재 공간 또는 생성기 네트워크에서의 샘플링을 통해 새로운 콘텐츠를 생성할 수 있다. 생성된 콘텐츠는 모델이 훈련 데이터에서 학습한 내용을 종합한 것이다. 마지막으로 세부 조정이다. 태스크 및 애플리케이션에 따라 생성된 콘텐츠는 품질을 개선하거나 특정 요구사항을 충족하기 위해 추가적인 조정 또는 후처리를 거칠 수 있다.

생성형 AI의 유형은 다양하며, 각 유형마다 고유한 특성이 있다. 이러한 모델은 주로 다음 세 가지 범주에 속한다. 트랜스포머 기반 모델, 생산적 적대 신경망, 변분 오토인코더는 현재 사용 중인 가장 일반적인 유형의 생성형 AI 모델이지만 다른 모델도 많다.

우선, 문장 속 단어와 같은 순차 데이터 내의 관계를 추적해 맥락과 의미를 학습하는 신경망인 트랜스포머 기반 모델이다. 스탠퍼드대학교 연구진은 2021년 8월에 발표한 논문에서 트랜스포머를 “파운데이션 모델(foundation model)”로 일컬은 바 있다. 텍스트 생성의 경우 GPT-3 및 GPT-4와 같은 트랜스포머 기반 모델이 유용하게 사용된다. 입력 텍스트의 전체 컨텍스트를 고려할 수 있는 아키텍처를 사용하므로 일관성이 높고 상황에 따라 적절한 텍스트를 생성할 수 있다.

다음은 생성자와 식별자가 서로 경쟁하며 데이터를 생성하는 모델인 생산적 적대 신경망(Generative Adversarial Network, GAN)이다. 생산적 적대 신경망은 생성기와 판별기의 두 부분으로 구성된다. 생성기는 새로운 데이터 인스턴스를 생성하고, 판별기는

이러한 인스턴스의 진위 여부를 평가한다. 기본적으로 생성기는 판별기가 실제 데이터와 구별할 수 없는 데이터를 생성하기 위해 노력하고 판별기는 가짜 데이터를 더 잘 찾아내려고 노력하는 두 부분이 게임을 벌이는 것과 같다. 시간이 지남에 따라 생성기는 매우 사실적인 데이터 인스턴스를 생성하는 데 능숙해진다.

마지막으로 변분 오토인코더(Variational Auto Encoder, VAE)이다. 변분 오토인코더는 통계적 추론의 원리를 활용하는 또 다른 유형의 생성 모델을 나타낸다. 입력 데이터를 잠재 공간(데이터의 압축된 표현)으로 인코딩한 다음 이 잠재 표현을 디코딩하여 새로운 데이터를 생성함으로써 작동한다. 인코딩 프로세스에 무작위 요소가 도입됨에 따라 변분 오토인코더는 다양하고 유사한 데이터 인스턴스를 생성할 수 있다.

다. 생성형 AI 의 역사

지난 2022년 11월에 미국 기업 오픈AI가 ChatGPT를 출시하면서 생성형 AI는 IT 업계뿐만 아니라 전 산업에서 큰 파장을 일으키고 있다. Gartner는 2022년 ‘IT전략 기술 트렌드 top 12’에서 주목해야 하는 키워드로 ‘생성형 AI’를 언급한 바 있다. 최근 발표한 2024년 ‘전략 기술 트렌드 top 10’에서는 ‘보편화된 생성AI’를 키워드로 제시하여 단 2년여만에 생성형 AI의 보편화를 언급하였다.

여기에서 가트너는 이미지, 음성, 텍스트 등 새로운 콘텐츠를 생성할 수 있는 기능과 광범위한 가용성으로 인해 정보와 기술에 대한 접근이 민주화되어, 10년 동안 가장 파괴적인 추세 중 하나가 될 것으로 전망한 것이다. 가트너는 현재 5% 미만에 불과하나, 2026년까지 기업의 80% 이상이 생성 AI API, 모델을 사용하거나 생산 환경에 생성 AI 지원 애플리케이션을 배포하게 될 것으로 예측했다. 조직에서는 생성형 AI에 대한 조직 전체의 보편적 접근을 통해 광범위한 작업을 자동화하고 생산성을 향상하며 비용을 절감하고 새로운 성장 기회를 제공할 수 있는 잠재력을 확보할 수 있다.

생성형 AI의 역사에는 몇 가지 주요 개발과 이정표가 있다. 1980년대에 기존 AI의 사전 정의된 규칙과 알고리즘을 뛰어넘고자 했던 데이터 과학자들은 나이브 베이즈 분류기와 같은 간단한 생성 모델을 개발하면서 생성적 접근 방식의 초석을 쌓았다.

1980년대와 1990년대 후반에는 새로운 데이터를 생성할 수 있는 신경망을 만들기 위해 홉필드 네트워크와 볼츠만 머신과 같은 모델이 도입되었다. 그러나 대규모 데이터 세트로 확장하는 것이 어려웠고 기울기 소실 문제와 같은 문제로 인해 딥 신경망

을 훈련하는 것이 어려웠다.

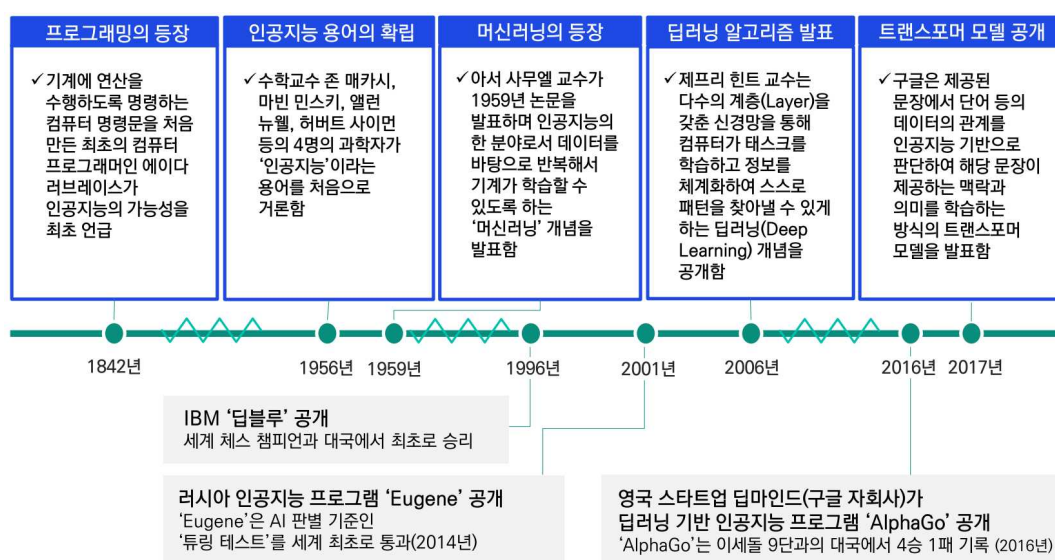
2006년, 제한 볼츠만 머신(RBM)이 기울기 소실 문제를 해결하면서 심층 신경망의 레이어를 사전 훈련할 수 있게 되었는데, 이 접근법은 최초의 심층 생성 모델 중 하나인 심층 신념 신경망의 개발로 이어졌다.

2014년에는 생성적 적대 신경망(GAN)이 도입되어 사실적인 데이터, 특히 이미지를 생성하는 인상적인 능력을 보여주었다. 이와 동시에 변분 오토인코더(VAE)가 도입되어 데이터 생성을 위한 보다 원칙적인 프레임워크를 지원하는 자동 인코더에 대한 확률적 접근 방식을 제공했다.

2010년대 후반에는 특히 자연어 처리(NLP) 영역에서 트랜스포머 기반 모델이 부상했다. 생성형 사전 훈련 트랜스포머(GPT)와 트랜스포머로부터의 양방향 인코더 표현(BERT)과 같은 모델은 인간과 유사한 텍스트를 이해하고 생성할 수 있는 능력으로 NLP에 혁신을 일으켰다.

오늘날 생성형 AI는 활발한 연구와 다양한 애플리케이션을 갖춘 역동적인 분야다. 이 기술은 계속해서 발전하고 있으며, GPT-4 및 DALL-E와 같은 최신 모델은 AI가 생성할 수 있는 것의 한계를 넓히고 있으며 생성형 AI를 보다 통제 가능하고 윤리적으로 책임감 있게 만드는 데 초점을 맞추고 있습니다.

[그림 2-8] 생성형 AI가 등장하기까지 AI 발전 과정



자료 : 삼정KPMG 경제연구원(2023), 챗GPT와 생성형 AI가 만드는 빅테크 플랫폼 혁신

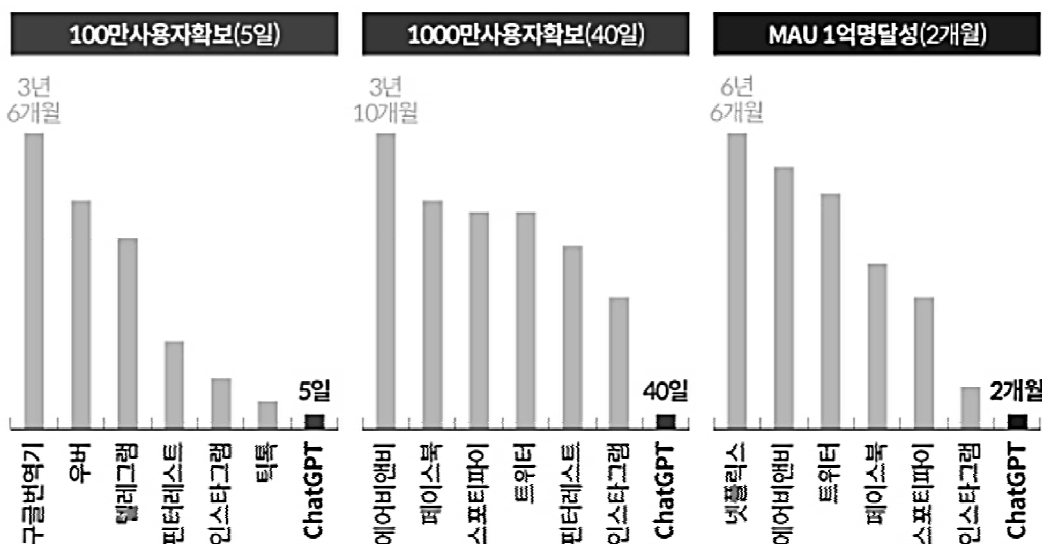
2. 생성형 AI 시장 현황 및 전망

가. GPT 확산과 생성형 AI 시장 전망¹⁸⁾

GPT-3.5(Generative Pre-trained Transformer) 모델을 기반으로 2022년 11월에 출시된 OpenAI사의 ChatGPT는 생성형 AI라는 화두를 세상에 내놓았다. GPT는 딥러닝을 사용하여 인간과 유사한 텍스트를 생성하는 대규모 자연어 기술이다. 100만 명의 이용자를 확보하는데 Apple iPhone은 두 달 이상이 걸렸고, Facebook은 10개월, Netflix는 3년 이상이 걸린 반면, ChatGPT는 5일 만에 이용자가 100만 명이 넘었고 40일 만에 1,000만 명이 가입했으며, 또 두 달 만에 1억 명을 훌쩍 뛰어넘은 이용자를 기록했다.

ChatGPT 출시 이후, OpenAI는 4개월 만에 GPT-4라는 새로운 대형언어모델(LLM, Large Language Model)을 출시했으며, 이 모델은 뚜렷하게 개선된 능력을 갖추고 있다. GPT-4는 사진 속 사람의 손 글씨나 메모를 인식해 사용자의 요청을 수행하고, 지정한 대로 PPT 자료를 만들어 주는 것은 물론 냉장고 속 재료 사진만으로 요리 레시피를 소개한다. 또한, 변호사 자격시험에 합격하고 미국 생물학 올림피아드에서 87점(상위 1%)의 성적을 낼 정도로 똑똑해졌다. OpenAI는 GPT-4에 대해 “인간의 수준을 가졌다”라고 자평했고, 일반 대화에서도 인간과 큰 차이를 느끼지 못하는 수준이 되었다.

[그림 2-9] ChatGPT 이용자 확보 기간



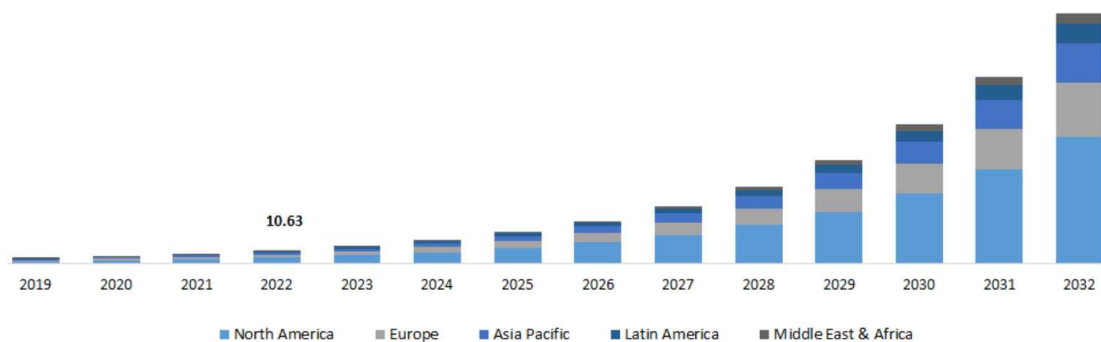
자료 : 뉴스핌(2023.3.11.), [그래픽] 챗GPT 이용자 확보 기간 현황

18) 홍은주(2023), ChatGPT를 넘어, 생성형 AI(Generative AI)의 미래 - 1편

그러나, ChatGPT가 생성형 AI 업계에서 유일한 것은 아니다. DALL·E 2, Stable Diffusion, Midjourney 등의 생성형 AI는 텍스트 설명을 기반으로 이미지를 생성할 수 있다. Stability AI사의 Stable Diffusion은 출시 후 90일 내 GitHub에서 30,000개 이상의 스타를 받은 바 있다. 또한, 2023년 5월에 Google은 검색 제너레이티브 경험(Search Generative Experience) 및 Bard 챗봇 등을 구동할 새로운 LLM인 PaLM 2 모델을 포함하여, 생성형 AI를 기반으로 한 여러 가지 새로운 기능을 발표하였다.

Grand View Research의 최신 보고서에 따르면, 글로벌 생성형 AI 시장은 2022년 101.4억 달러로 평가되었으며, 2023년부터 2030년까지 연평균 35.6%로 성장하여 1,093.7억 달러 규모에 이를 것으로 예상된다. 초고해상도, 텍스트에서 이미지, 텍스트에서 비디오로의 변환과 같은 기술의 발전과 산업 전반에서 워크플로 현대화에 대한 수요 증가로 인해 다양한 산업 간 생성형 AI 애플리케이션 시장은 확대될 것으로 전망된다. 또한, 인공지능 및 딥러닝의 발전, 창의적인 응용프로그램 및 콘텐츠 생성의 증가, 클라우드 저장소의 혁신으로 인한 쉬운 데이터 접근도 긍정적인 영향을 미치게 되며, 더 높은 수준의 비주얼과 상호작용, 더 현실적인 느낌을 제공하는 AI 기술을 활용한 게임의 도입은 앞으로의 시장을 견인할 것으로 전망된다.

[그림 2-10] 생성형 AI 지역별 시장규모 전망(단위: USD Billion)



자료 : Polaris(2023), Generative AI Market Share, Size, Trends, Industry Analysis Report, By Component (Software and Services); By Technology; By End-Use; By Region; Segment Forecast, 2024 - 2032

Allied Market Research에서는 생성형 AI의 성장 요인을 다음과 같이 분석하였다.¹⁹⁾

19) Allied Market Research(2023.7), Generative AI Market Size, Share, Competitive Landscape and Trend Analysis Report by Component (Software, Service), by Technology (Generative Adversarial Networks (GANs), Transformer, Variational Autoencoder (VAE), Diffusion Networks, Retrieval Augmented Generation), by End User (Media and Entertainment, BFSI, IT and Telecom, Healthcare, Automotive and Transportation, Others): Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2023-2032

우선 다양한 분야에서 인공지능 통합 시스템의 사용 확대이다. 생성형 AI 애플리케이션의 증가는 개선된 계산 능력과 다양한 산업 분야의 문제를 해결할 수 있기 때문이다. 예를 들어, 생성형 AI는 사진 처리와 영화 복원에 적합하며, 저해상도 사진을 고해상도로 스케일업하는 데 도움을 준다. 일반적으로 오래된 사진과 영화를 4K 이상으로 스케일업하여 초당 60프레임을 생성하고 노이즈 제거, 색상 추가, 선명화를 통해 이미지를 개선한다. 2023년 1월, Alethea AI와 Polygon은 생성형 AI 캐릭터 프로젝트를 진행하기 위해 빠른 AI 캐릭터의 생성, 훈련 및 거래를 Polygon의 NFT로 가능하게 하는 “생성형 AI 콜렉터블 캠페인”을 개최하였다. 생성형 AI를 통해 컴퓨터는 데이터를 기반으로 사용자와 상호작용하여 쿼리에 대한 응답으로 원본 콘텐츠를 창조하며, 이러한 발전은 생성형 AI 시장 성장에 기여했다.

둘째, 메타버스 가상세계 & 산업 전반에 걸친 워크플로 현대화이다. 생성형 AI의 잠재적 응용 분야는 매우 광범위하며, 업무를 수행하는 방식을 변화시켜 산업과 비즈니스 모델을 혁신할 수 있는 큰 잠재력을 가지고 있다. AI 개발자들은 종종 생성형 AI를 사용하여 새로운 가상 세계와 게임 환경을 만든다. 생성형 AI는 가상현실(VR) 개발자가 독특하고 몰입도 있는 게임 환경의 무한 라이브러리를 만들 수 있도록 지원한다. 또한, 메타버스에서는 이미지, 음향, 3D 모델과 같은 사람이 만든 자산을 기반으로 컴퓨터의 무작위성과 처리 능력을 적용하여 유사한 원본 자산을 생성할 수 있다. 예를 들어, 엔비디아(Nvidia)는 3D 아티스트들을 위해 Audio2Face, Audio2Gesture, Audio2Emotion을 포함한 실험적인 생성형 AI 도구 스위트를 Omniverse portals 추가하여 3D 캐릭터를 애니메이션할 수 있도록 한다. Audio2Face를 통해 오디오 파일에서 표정을 생성하고, Audio2Emotion으로 감정을 만들며, Audio2Gesture로 제스처를 생성할 수 있도록 도와준다. 생성형 AI의 초기 도입은 인간과 AI의 협업에 초점을 맞출 것으로 예상된다.

셋째, 기계학습과 딥러닝의 디지털 성능 향상이다. 생성형 AI는 다양한 개발 프로그램의 효율성을 향상시킨다. 예를 들어, 기계학습 알고리즘을 사용하여 방대한 양의 데이터를 분석하여 패턴과 동향을 파악하고, 이를 의사 결정에 활용하여 프로그램 결과를 개선할 수 있다. 또한, 생성형 AI는 앞서 말한 이미지 개선이나, 컴퓨터로 생성된 음성을 인간의 목소리처럼 들리도록 변환할 수도 있으며, 청중 데이터를 분석하여 개인화된 음악 재생목록, 뉴스 피드 등의 콘텐츠를 생성할 수 있다.

마지막으로, 정부의 이니셔티브이다. 많은 정부들이 다양한 분야에서 생성형 AI 등의 신기술을 혁신하도록 지원하고 있다. 2022년 8월, 미국의 GSA(General Services

Administration)는 생성형 AI와 머신러닝을 활용하여 조달 기능을 최적화하고 주요 지표에 대한 가시성을 제공하며 조달 추세에 대한 인사이트와 예측 서비스를 제공하고 있다. 또한, 중국 정부는 코로나로부터 비롯된 혁신을 지원하기 위해 생성형 AI에 관심을 가지고 있다. 중국의 기술 기업들은 중국 정부의 지원을 받아 자체 “AI 유니버스” 개발에 노력하고 있으며, 중국의 취향과 정치적 상황에 맞는 AI 봇들을 대중에게 선보인 바 있다.

이렇게 생성형 AI가 다양한 동인으로 성장하고 많은 비즈니스 기회를 제공하고 있으나, 딥페이크, 저작권 문제, 편향 및 부정확하게 생성된 콘텐츠, 데이터 및 정보 유출과 관련된 위험, 악의적 불법 활동에 대한 오용 등 해결해야 할 도전과제들은 시장을 저해하는 주요 요인이며, 이해관계자들은 이러한 위험을 기억하고 대비해야만 한다.

나. 생성형 AI 시장 주요 플레이어 동향²⁰⁾

전 세계 생성형 AI 시장은 Microsoft Corporation, Amazon Web Services, Google LLC, Adobe, Meta, D-ID, Genie AI Ltd., Synthesia, MOSTLY AI, Rephrase.ai, Samsung Electronics, IBM Corporation, Intel Corporation, Siemens, Salesforce, NVIDIA, SAP SE 및 SAS Institute와 같은 주요 플레이어들에 의해 주도되고 있다. 주요 기업들은 시장 침투력을 높이고 산업 내에서의 위치를 강화하기 위해 다양한 전략 채택 및 새로운 제품 개발과 협력에 주력하고 있다. 예를 들어, 2023년 4월 Microsoft는 미국의 의료 소프트웨어 기업인 Epic Systems와 협력하여 대형 언어 모델(LLM) 도구와 인공지능을 Epic의 전자 건강기록 소프트웨어에 통합하고, 의료 기업의 생산성 향상 및 행정적 부담을 지원하고 있다.

클라우드가 'AI 지원 플랫폼'으로 진화하면서 생성형 AI를 둘러싼 경쟁이 클라우드 등 글로벌 빅테크 기업으로 확대되고 있다. 마이크로소프트는 2023년 초 OpenAI에 100억 달러를 투자하고, 자체 검색 플랫폼인 Bing(bing)에 ChatGPT(GPT-3.5 적용)를 접목해 챗봇형 검색을 유도하면서 구글 독주 체제인 글로벌 검색 시장에 도전장을 내밀었다. 또한, GPT-4 출시에 맞춰 'Azure OpenAI Service'에 ChatGPT 프리뷰를 추가하고, 여세를 몰아 Microsoft 365 Copilot을 공개했다. 대형 언어 모델(LLM)과 비즈니스 데이터, Microsoft 365 앱을 결합하는데 의의가 있으며, 업무 생산성의 핵심인 오피스 365가 새롭게 진화하는 것이다. 마이크로소프트는 Azure 기반으로 기업용 프라

20) 홍은주(2023), ChatGPT를 넘어, 생성형 AI(Generative AI)의 미래 - 2편

이빛 ChatGPT 구축을 위해 OpenAI와 협력하면서 점차 클라우드 시장의 점유율을 높일 것으로 예상된다.

구글 역시, 2023년 2월에 자체 초거대 언어 AI 모델인 ‘람다(LaMDA)’를 기반으로 대화형 AI인 ‘바드(Bard)’를 선보였다. 바드의 매개변수는 1,370억 개로 상당한 규모를 자랑했으나, 오답을 내놓으면서 당시 구글의 모회사인 알파벳의 주가는 7% 넘게 하락하기도 했다. 이후, ‘팜2(PaLM2)’ LLM 모델을 기반으로 고도화한 바드를 일반에 공개하며 GPT처럼 학습을 통해 AI 인프라를 키우는 전략을 내세우고 있다. 또한, 구글은 AI 챗봇 서비스인 ‘클로드 2(Claude)’를 출시한 엔스로픽(Anthropic)에 4억 달러를 투자하며, OpenAI의 창립 멤버들이 설립한 스타트업이라는 점에서 기회 요소를 찾고 있다.

메타는 자체 언어 모델인 ‘라마(LLaMa)’를 블로그를 통해 오픈 소스로 공개했으며, 매개변수를 70억 개, 130억 개, 330억 개, 650억 개로 세분화하고, 상대적으로 작은 규모이지만 보다 전문적인 영역으로 서비스를 확대할 수 있다는 점을 강조하고 있다. 또한, 인스타그램과 모바일 메신저 왓츠앱, 페이스북 메신저에도 사람처럼 답하는 AI 챗봇을 탑재할 계획이다.

메타버스 기술을 주도했던 엔비디아(Nvidia)는 기술 인프라를 바탕으로 생성형 AI에 드라이브를 걸고 있다. 엔비디아는 ‘엔비디아 AI 파운데이션’을 통해 GPU를 비롯한 컴퓨팅 자원과 여러 LLM, 파운데이션 모델을 활용할 수 있는 플랫폼을 클라우드 서비스 형태로 제공한다는 계획이며, 엔비디아가 제공하는 파운데이션 모델을 미세 조정하여 독자적인 LLM을 개발하거나 이 기술을 활용한 다양한 애플리케이션을 만들 수 있다. 즉, 자체 파운데이션 모델을 개발할 기술력과 시간이 부족한 기업들에게 인프라를 제공할 수 있다. 현재 사용 가능한 주요 파운데이션 모델은 엔비디아의 대화형 AI 모델 ‘네모(NeMo)’, 이미지 생성 모델 ‘피카소(Picasso)’, 바이오 분야에 특화된 ‘바이오네모(BioNeMo)’ 세 가지다.

어도비(Adobe) 역시 엔비디아와의 협력을 바탕으로 출시표를 던졌다. 창작자를 위한 생성형 AI 애플리케이션 ‘파이어플라이(Firefly)’가 대표적이며 엔비디아의 피카소를 통해 출시된다는 설명이다. 파이어플라이를 사용하면, 어도비의 이미지 편집 도구 안에서 텍스트로 이미지를 쉽게 만들어 내거나, 동영상 편집 도구 프리미어 프로에서 간편하게 생성 이미지를 활용한 영상을 만들어 낼 수 있다.

국내 ICT 기업 역시 생성형 AI 시장의 경쟁에 뛰어들었습니다. 먼저 네이버는 자체 개발한 대형 언어 모델인 ‘하이퍼클로바(HyperCLOVA)’를 통해 한국 시장에서의 자신감을 내비쳤으며, OpenAI의 ChatGPT보다 많은 한국어 데이터를 기반으로 특화 서비

스가 가능한 만큼 국내 기업과의 협력 계획도 발표했다. GPT-4 대항마로 작은 양의 데이터 결합에도 목적에 맞춰 생산성을 높일 수 있는 모델인 '하이퍼클로바X'를 2023년 하반기에 공개하였으며, 검색·쇼핑·로컬·광고 등 네이버가 제공하는 모든 버티컬 서비스와 결합해 시너지를 낼 전망이다.

카카오는 GPT-3에 접목된 기술을 참고해 자체 개발한 언어 모델인 'Ko-GPT'와 이미지 생성 모델인 'Karlo' 보유하고 있다. 최근 학습량을 기존 대비 2배 이상 늘린 'Karlo'2.0'을 공개했는데, 사용자 명령을 보다 잘 이해하고 높은 해상도의 그림을 3초 만에 생성할 수 있다. 카카오는 연구개발 자회사인 카카오브레인을 통해 언어 모델을 고도화하고 한국어에 특화된 'Ko-GPT 2.0'를 2023년 하반기에 출시하였다.

LG는 2023년 7월에 AI 연구원 중심으로 개발된 생성형 AI 모델인 '엑사원(EXAONE) 2.0'을 공개했으며, 이는 전문가가 사용할 수 있는 멀티 모달 AI로 범용적인 서비스 제공보다는 연구원·개발자를 돕기 위한 기능을 갖췄다고 밝혔다. 2021년 출시한 엑사원의 학습 데이터를 4배 높여 성능을 끌어올리고, 파트너십을 통해 확보한 특허·논문 등 약 4,500만 건의 전문 문헌과 3억 5,000만 장의 이미지를 학습했다. 엑사원 2.0 모델은 파라미터 크기를 세분화하여, 고객사의 요청에 따라 적합한 모델을 적용, 최적화할 예정이며, 전문가를 위한 대화형 AI 플랫폼 '유니버스(Universe)', 소재·신물질·신약 관련 탐색에 적합한 AI 플랫폼 '디스커버리(Discovery)', 이미지를 언어로 표현하고, 언어를 이미지로 시각화할 수 있는 멀티 모달 AI 플랫폼 '아틀리에(Atelier)' 플랫폼을 소개했다.

KT는 2023년 10월 말에 생성형 AI 모델 '민음(MIDEUM)'을 출시하였으며, 인프라 구축부터 응용서비스까지 모두 지원하는 AI 풀 스택을 강조하고 있다.

삼성SDS는 삼성전자의 자체 생성형 AI를 함께 개발하고 있으며, 기업에 특화된 고객 가치 기반의 생성형 AI 플랫폼 서비스를 연내 출시할 예정이다. 삼성SDS는 빅데이터 분석 및 업무 자동화 도구 등 AI 플랫폼을 통해 내부 자산의 외부 유출 없이 업무에 활용하는 기술을 이미 보유하고, MSP 경험으로 축적된 업종 전문 지식과 삼성 클라우드 플랫폼(SCP)을 기반으로 높은 보안성을 보장할 수 있는 생성형 AI 서비스를 준비하고 있다.

LG CNS는 2023년 4월, 한국 마이크로소프트와 'Azure OpenAI Service' 사업을 위한 새로운 협력 방안에 합의하고, ChatGPT 기반 신규 서비스 개발에 나설 예정이다.

제3절 생성형 AI 시대의 국내·외 디지털 인재 양성 및 정책적 대응 현황

1. 주요국의 AI 및 생성형 AI 대응 정책 동향

가. 미국

미국은 2019년 트럼프 전 대통령이 발표한 행정명령인 「미국 인공지능 구상」 이후, 지속적으로 행정명령, 법·제도, 국가전략 등을 발표 및 제정하면서 자국 기술패권 유지를 위해 노력하고 있다. 2020년에는 신뢰할 수 있는 인공지능의 연방정부 사용 촉진 행정명령 제13960호를 통해 AI 사용 원칙을 확립하였고 다음해 국가 AI 이니셔티브법 제정과 자문조직을 신설하면서 본격적으로 AI 분야의 대규모 투자에 박차를 가하였다.

이후 지속적으로 「인공지능과 알고리즘 공정성 이니셔티브」, 「인공지능교육법」, 「인공지능 권리장전 청사진」, 「국가 AI R&D 전략계획」 등을 발표 제정하면서 인공지능 위험에 대한 대비와 이를 통한 혁신을 균형적으로 추구하는 모습을 띄고 있다.

최근인 2023년 7월에는 생성형 AI를 통한 기회 선점과 동시에 그로 인한 위험에 대처하기 위한 지침을 개발하기 위해 생성형 AI실무그룹을 출범하였고 민간의 자발적인 안전·보안·신뢰의 가치 실현을 위해 「빅테크 기업의 자발적 약속」을 이끌어 내기도 하였다. 또한 2023년 10월에는 「안전하고 신뢰성 있는 AI를 위한 행정명령」을 발표하며 각 정부부처의 구체적 역할과 목표, 기간을 명시하고 비자제도를 개선하는 등의 방식으로 AI 인력 확보를 위해 노력하고 있다.

미국 AI 규제 전략의 골자는 AI 시스템이 인종, 성별, 장애 여부 등에 대한 차별적 요소를 제거하되, 이 외의 AI 활용은 혁신과 번영, 자국 기술패권 유지에 최우선을 두고 투명성과 보안성을 보장하는 방향으로 진행되고 있는 것으로 파악된다. 따라서 이미 시작된 생성형 AI 시대에서 미국은 생성형 AI의 위험성에 대한 방어보다는 AI 기술 우위를 위해 보다 공격적으로 글로벌 우수 인재를 유치하고 양성하며 그에 대한 투자를 지속 강화해 나갈 것으로 예상된다. 아래 표는 미국의 최근 AI 관련 주요 정책 및 대응 활동 동향을 정리한 것이다. 다음으로, 이와 같은 미국의 최근 AI 관련 주요 정책 및 대응 활동 중 디지털 인력양성 및 생성형 AI와 관련된 주요 사항들에 대해 개별적으로 살펴본다.

〈표 2-2〉 미국의 최근 AI 관련 주요 정책 및 대응 활동 동향

시기	주제	주요 내용
'20년 2월	AI 이니셔티브 연간보고서	미국 AI 이니셔티브' 추진현황을 분석하고, 중장기적인 AI 인력양성으로 미래인력 수요에 맞춘 교육, 기존 연방 장학 지원 프로그램 내 AI 우선순위 부여, 연구를 활용하여 교육의 질과 기회 향상을 위한 교육과 인력양성 정책방향 제시
'21년 1월	2020 국가 AI 이니셔티브법 제정 및 국가 AI 이니셔티브실 출범	2022년에만 AI 분야에 17억 달러(한화 약 2조 5천억 원)의 예산을 투입하면서 AI 패권 확보에 노력 - 자문조직인 국가 인공지능 이니셔티브실을 백악관 과학기술처에 신설, 운영(최초의 국가 AI 전략 발표, AI 연구 투자 두배 확대, 국가 AI 연구기관 설립, AI 규제 지침 발표 등)
'22년 10월	AI교육법	인공지능의 작동 원리 인공지능이 가져올 편익과 위험 등에 대한 연방정부 직원들의 지식과 역량을 향상시키기 위함
'23년 5월	국가 AI R&D 전략계획	- 정부 기관들이 AI 분야 투자계획을 수립할 때 반영해야 할 우선순위를 제시 - 국가 우선순위로서의 AI로, 윤리적이고, 신뢰할 수 있으며, 안전하고, 공익에 기여하는 책임 있는 AI 시스템을 발전시키기 위해 AI R&D에 대한 연방정부의 광범위한 지원을 강조
'23년 7월	생성형 AI실무그룹 출범	- NIST의 AI 위험 관리 프레임워크(RMF)의 성공을 기반으로 신기술의 기회를 해결하는 동시에 위험에 대처하기 위한 지침을 개발하기 위해 생성형 AI(Generative AI)에 관한 공개 실무그룹 출범 - 생성형 AI를 개발, 배포, 사용하는 조직과 그 신뢰성을 보장할 책임이 있는 조직에 필수적인 지침 제공 - AI로 인한 기회를 포착하고 위험을 관리하려는 바이든-해리스 행정부의 노력의 일환으로 코드, 텍스트, 이미지, 동영상, 음악 등의 콘텐츠를 생성할 수 있는 AI와 관련된 기회와 과제를 해결하는 데 도움을 줄 것으로 기대
'23년 10월	안전하고 신뢰성 있는 AI를 위한 행정명령	- 미국의 안보, 경제, 공중 보건 또는 안전에 위험을 초래하는 강력한 AI 시스템 개발자는 국방물자생산법(Defense Production Act)에 따라 안전 테스트 결과를 대중에게 공개하기 전에 미국 정부와 공유 - 국립표준기술원(NIST)은 AI 공개 전 안전을 보장하기 위해 광범위한 레드팀 테스트에 대한 엄격한 표준을 설정, 화학과 생물학, 방사선, 핵 및 사이버보안 위험을 해결 - 상무부는 AI 생성 콘텐츠를 명확하게 가려내기 위한 콘텐츠 인증 및 워터마킹 지침을 개발 - 학습 데이터에 개인정보가 포함된 경우를 포함해 AI 기업이 데이터를 수집하고 사용하는 방법을 평가할 필요성 제시 - 별도 홈페이지(AI.gov)를 열고 정부의 AI 관련 인력 모집에 나서며, 미국 내 전체적인 AI 인력 확보를 위해 고도로 숙련된 이민자와 비이민자를 위해 비자 허가를 확대한다는 안 포함

1) AI 이니셔티브 연간보고서

2020년 2월 과학기술정책실은 ‘미국 AI 이니셔티브 연간보고서’에서 ‘미국 AI 이니셔티브’ 추진현황을 분석하고, 중장기적인 AI 인력양성으로 미래인력 수요에 맞춘 교육, 기존 연방 장학 지원 프로그램 내 AI 우선순위 부여, 연구를 통한 교육의 질과 기회 향상을 위한 교육과 인력양성 정책 방향을 아래 표와 같이 제시하였다.

〈표 2-3〉 미국 AI 이니셔티브 연간보고서 주요 내용

분야	주요 내용
미래인력 수요에 맞춘 교육	• STEM 교육과 인재 양성, 기술 견습, 재교육 및 평생 학습 프로그램을 통해 미국인의 기술을 업계의 요구에 맞는 AI 인재 준비 • 2018년 STEM 교육을 위한 5개년 전략, 견습 확대를 위한 테스크포스, 미국 노동자를 위한 대통령의 전국위원회 등 다양한 노력을 통해 AI 교육 기회 확대
기존 연방 장학 지원 프로그램 내 AI 우선순위 부여	• AI 우선순위 지정을 위한 적격 프로그램은 법이 허용하는 범위 내에서 미국 시민 우선시 • 학부 및 대학원 장학제도, 대안 교육 및 훈련 프로그램, 조기 경력 교수진 AI 연구원, 개인화 및 적응형 학습 경험을 촉진하기 위해 AI 기술 교육 등의 다양한 분야에서 AI 우선 교육 적용
연구를 활용하여 교육의 질과 기회 향상	• 교육 경험을 개인화하고 각 개인의 고유한 요구사항을 해결하기 위해 학습 계획을 맞춤화하는 가상 AI 기반 튜터 등은 교육의 질과 기회를 개선 • 국립과학재단의 프로그램 ‘인간-기술 프론티어 일의 미래’와 같이 AI가 미래 일에 미치는 영향에 대한 심층적인 연구

자료: OSTP, 2020

2) 인공지능교육법(AI Training Act)²¹⁾

미국은 인공지능이 가져올 편익과 위험 등에 대해 연방정부 직원들의 지식과 역량을 향상하기 위하여 법 제정일로부터 10년간 유효한 한시법으로 인공지능교육법(AI Training Act)을 2022년 10월 17일에 제정하였다. 주요 내용은 인공지능, 교육 대상, 교육 프로그램의 수립·제공으로 구체적인 내용은 다음과 같다.

우선 인공지능은 2019년 국방수권법(John S. McCain National Defense Authorization Act for Fiscal Year 2019) 제238조(g)의 인공지능 개념을 준용하였는데, 이는 복잡하고 다양하며 예측 불가능한 상황에서 상당한 수준의 인간 감독(significant human oversight) 없이 업무를 수행하거나 데이터셋을 통해 경험을 학습하고 성능을 향상시

21) 한국지능정보사회진흥원(2022), 「미국, 연방정부 대상의 “인공지능교육법” 제정」, 디지털 법제 Brief

킬 수 있는 모든 인공 시스템을 말한다. 아울러 사람의 인식 인지 계획 학습 소통 물리적 동작 능력이 필요한 과제를 수행하는 컴퓨터 소프트웨어 및 물리적 하드웨어로 개발된 인공지능 시스템, 인지 아키텍처 및 신경망 등 인간과 같이 생각하고 행동하도록 설계된 인공 시스템, 기계학습 등 인지 과제와 유사하게 설계된 기술 일체, 인식 계획 추론 학습 통신 의사결정 행동을 이용하여 목적을 달성하는 지능 소프트웨어 에이전트(agent) 지능 시스템 등으로 설명하고 있다.

인공지능 교육을 받는 대상은 국무부 재무부 국방부 등 연방 행정 각 부, 육해공군 행정기관 내에 설립된 독립기관 및 정부가 완전히 소유하고 있는 기업의 근로자이며, 여기서 국방부 및 국가핵안보국은 제외된다. 구체적으로는 사업관리(program management), 시스템의 계획 연구 개발·엔지니어링·심사평가, 정부조달 및 계약 로지스틱스(logistics), 비용추정(cost estimating)을 담당하는 자와 그밖에 행정기관의 장이 인공지능 교육 프로그램에 참여하는 자로 지정한 자로 정하고 있다.

마지막으로, 예산관리국(Office of Management and Budget) 국장은 인공지능 교육 프로그램을 수립하여 제공하여야 함을 규정하고 있다. 프로그램에는 인공지능 작동 방법 등 인공지능 기초 과학, 인공지능의 기술적 특성에 관한 기초 개념, 인공지능의 혜택, 차별 및 프라이버시 위협 등 인공지능으로 인한 위험, 신뢰·안전의 인공지능 개발 등 위험 경감 방안 인공지능의 미래 동향 등이 포함된다. 또한 직원의 참여 수준을 측정하고 프로그램 참가자로부터 수강한 교육에 대한 의견 수렴 방법을 마련하고 최소한 년에 한 번 교육 프로그램을 개선해야 하며, 민간·공공 및 비영리 분야의 기술자 학자 및 기타 전문가와의 상호작용을 통한 학습을 개발·실시하거나 이러한 학습을 인공지능 교육 프로그램에 포함하여야 한다.

미국은 인공지능교육법을 통해 연방정부의 인공지능 오용 가능성을 감소시키고 민간기업이 연방정부에 상품 서비스를 판매하거나 인력을 파견할 때 충분한 지식을 갖춘 연방정부 직원들과 소통하게 되어 효율적인 협상 계약 진행이 가능하고 발주처인 연방정부의 요구사항을 보다 명확히 파악하여 적절한 상품 서비스 제공이 가능할 것으로 기대된다. 또한 정부 내 인공지능 시스템 도입의 최전선에 있는 인공지능 시스템의 연구개발 또는 구매 계약 담당자의 인공지능 교육을 의무화함으로써 정부의 수요에 가장 적합한 인공지능 시스템을 도입할 수 있도록 하고, 인공지능 도입으로 정부가 부담하게 되는 위험도 경감 관리할 수 있게 하며 행정기관의 장이 지정하는 자도 교육 프로그램에 참여할 수 있어 교육 대상자의 범위가 도입된 인공지능 시스템을 직접 업무에 활용하는 자로 확대될 수 있다.

3) 국가 인공지능 R&D 전략 계획(National AI R&D Strategic plan)²²⁾²³⁾

2019년 2월 미국 바이든-해리스 행정부는 과학기술정책실(OSTP)를 통해 국가 인공지능 전략을 처음으로 발표했고, 2023년 5월 총 9개의 전략을 제기한 개정된 전략을 발표했다. 전략에서는 정부 기관들이 AI 분야 투자계획을 수립할 때 반영해야 할 우선순위를 제시하였고 기존 전략계획에 관한 정보제공요청을 통해 대중의 의견을 수렴하여, AI 분야 최신 트렌드와 바이든 정부의 AI 정책 방향을 반영해 기존 전략을 보완하였다. 미국의 국가 AI R&D 전략계획을 시기별로 비교하면 아래 표와 같다.

〈표 2-4〉 미국 ‘국가 AI R&D 전략계획’ 비교 분석(2016, 2019, 2023)

전략	’ 16년(전략 7개)	’ 19년(전략 8개)	’ 23년(전략 9개)
1. 장기적 관점의 투자	- 연방기관들이 근본적이고 장기적인 기초연구에 우선 투자할 것을 권고 - 기초연구가 필요한 분야로 데이터 처리·활용 방법론, 범용 AI 등 차세대 AI 개발, 로봇, AI 전용 HW 개발 등 제시	범용 AI 개발을 위한 머신러닝(ML) 관련 기초연구와 기반 요소(컴퓨팅 인프라, 데이터, 보안 등)에 대한 투자 강조	범용 AI 개발을 위한 관련 기초연구 및 기반 요소에 대한 장기적인 투자와 더불어 지속가능한 AI(Sustainable AI)와 컴퓨팅 시스템에 대한 관심 필요
2. 인간-AI 협업 방법 개발	범용적이고 보편적인 상황에서 활용 가능한 인간-AI 협업 시스템 개발	신뢰 기반의 인간-AI 협업을 위해 설명 가능성, 공정성, 투명성 기반 협업시스템에 관한 연구 추진	- 기존의 인간-AI 협업(Human-AI Interaction/Collaboration)보다 조금 더 발전된 개념인 Human-AI Teaming 개념 도입 - 인간-AI 협업을 위한 신뢰성에 대한 연구 추가 추진
3. AI의 윤리적·법적·사회적 영향에 대한 이해·대응	- AI의 윤리적·법적·사회적 의미를 이해하고 윤리적·법적·사회적 원칙을 준수하는 AI 설계 방법론 개발 - AI 설계상의 공정성, 투명성, 책임성을 제고하고, 윤리 프레임워크 마련	- 윤리적 AI 관련 연구와 적용에는 다양한 분야 전문가들의 참여·협력이 필요 - 연방 차원에서 협업의 장을 마련하고, 다학제간 R&D가 지속할 수 있도록 노력 - 미국 시민의 자유, 프라이버시, 미국 가치관을 보호하는 방향으로 AI 기술 개발	AI의 윤리적·법적·사회적 영향을 포함한 광범위한 영향에 대한 이해 필요
4. AI 시스템의 안전 및 보안 보장	- AI 시스템의 설명가능성, 투명성 강화 - AI 시스템에 대한 신뢰 형성을 위해 사용자 - 친화적 UI 개발 및 운영자 대상 시스템 기능·한계 교육 필요	- AI 시스템 라이프사이클(설계-데이터/모델 구축-검사/검증-도입/가동-모니터링) 전주기에 걸쳐 AI 시스템의 안전성과 보안 고려 - 인간요소(human factor)를	AI 개발 공급망의 보호와 AI 시스템의 보안을 강화하는 연구 필요

22) 김소미(2023), 「2023년 미국 국가 AI R&D 전략계획 주요 내용」, NIA

23) 과학기술인재플랫폼(2023), 「2023국가인공지능(AI)전략」

전략	' 16년(전략 7개)	' 19년(전략 8개)	' 23년(전략 9개)
	• AI 시스템의 검사, 검증을 위한 평가진단수리 방법론 개발 • 적대적 ML 등 AI 대상 고의적 사이버 공격 대응 방안 마련	고려한 새로운 안전성 평가 기준·규정 마련	
5. AI 학습-테스트를 위한 공공 데이터셋 및 환경 구축	• 정부 보유 데이터셋, 연방기금으로 개발 지원이 가능한 데이터셋, 산업계 보유 데이터셋의 활용 지원 • 데이터 수집, 큐레이션, 분석, 시각화 등을 위한 • 인프라와 툴 개발·제공 • AI 개발을 위한 오픈소스 라이브러리와 툴킷 개발 및 확대	• 세부 영역별(의료(진단, 검사), 제약(신약개발) 등) 특수성을 반영한 공공 데이터셋 구축	• 공유되는 대규모 및 전문화된 고급 컴퓨팅 및 하드웨어 리소스 개발 필요
6. AI 기술 성능측정 및 평가표준 개발	• AI 기술 개발을 촉진하기 위해 성능측정을 위한 기술표준 및 벤치마크 개발, 테스트베드 구축, AI 커뮤니티 (학계, 산업계)의 참여가 중요	• 기술적인 요소뿐만 아니라 AI 시스템의 신뢰성, 사용성, 프라이버시 등을 측정·평가할 수 있는 기준 마련	• AI 시스템의 감사(audit) 및 모니터링을 위한 표준 개발
7. AI R&D 인력의 필요성 이해	• AI 전문인력의 수요·공급 특성을 이해하고 향후 인력 수요를 예측	• AI 기술의 혁신·응용에 중요한 타분야(인지과학, 심리학, 경제학, 언어학 등) AI 전문인력 양성 및 융합 방안 연구	• AI 기술 분야에 필요한 전문인력 훈련/재교육 및 세계적으로 유능한 고급 인재들의 동원과 유치 강조 • 지역별 AI 전문성 개발 및 연방 AI 인력 강화 필요 • AI 인력 교육과 훈련에 윤리적, 법적, 사회적 영향력 고려
8. 산·학·관 R&D 파트너십 확대('19년 신규)	• 내용 없음	• 정부-대학-산업 간 파트너십 확대로 AI 분야 혁신 촉진	• AI 발전의 가속화를 위해 미국 내의 정부-대학-산업 간 파트너십 확대와 더불어, 다른 국가 정부, 다국적 기업 및 시민 사회 단체들과의 국제협력 강화 추진 필요(전략9 도입)
9. AI R&D 국제협력 추진('23년 신규)	• 동맹국들간의 신뢰할 수 있는 AI 개발과 사용에 대한 글로벌 문화 육성, 글로벌 AI 시스템, 표준 및 프레임워크 개발 지원 • AI 분야 선도 전문가들과 혁신가들 간의 아이디어와 지식 교류 촉진 • 글로벌 이익을 위한 AI 개발 장려 및 AI 악용에 대한 대처를 위한 추가 연구 필요성 강조		

자료: 김소미(2023), 「2023년 미국 국가 AI R&D 전략계획 주요 내용」, NIA

모든 전략이 디지털 인재 양성과 일부 관련되지만, 특히 전략7(AI R&D 인력의 필요성 이해)은 직접 연관된다. 전략7 이행 노력으로 ① AI 인력 기술 및 평가, ② 모든 수준에서 AI 교육자료를 위한 전략 개발 (NEW), ③ AI 고등 교육 인력 지원 (NEW), ④

인력 교육/재교육 (NEW), ⑤ 다양한 분야 전문지식이 미치는 영향 탐색, ⑥ 세계 최고의 인재 발굴 및 유치, ⑦ 지역별 AI 전문성 개발 (NEW), ⑧ 연방 AI 인력 강화를 위한 옵션 조사, ⑨ 윤리적, 법적, 사회적 영향을 AI 교육 및 훈련에 통합 (NEW), ⑩ 외부 이해관계자와 연방 AI 인력 우선순위 공유와 같은 10가지 사항을 제시하고 있다.

우선 AI 인력 기술 및 평가는 인구통계 정보 및 AI 작업을 수행하는 데 필요한 지식 및 기술, 현 AI 인력 상태 등을 파악하기 위한 주기적인 연구다. 둘째, 모든 수준에서 AI 교육자료를 위한 전략 개발은 초등 및 중등 단계부터 모든 수준의 학생들이 AI를 빠르게 채택하고 대비할 수 있도록 필요한 교육자료 및 콘텐츠를 개발하는 것이다. 셋째, AI 고등 교육 인력 지원은 학계 AI 연구진들의 산업 부문 R&D로의 이동을 방지하기 위해 준학사 ~ 박사학위 프로그램에 걸쳐 미래 세대의 AI 인력을 교육할 수 있는 고등 AI 교육 인력을 확보하는 것이다. 넷째, 인력 교육/재교육은 AI 인재 채용, AI 기술 및 지식의 평가 및 교육 지원 프로그램을 개발하여 AI 역량을 가진 인력을 계속해서 확보하고 재교육 시스템을 구축하는 것이다. 다섯째, 다학제간 전문지식이 미치는 영향 탐색은 안전하고 공평한 AI 개발 및 배포를 위해 다양한 학문과 지식을 통합하는 전체론적 관점에서 AI를 개발 및 관리하고, 연방 AI 인력의 인구 통계학적, 문화적 대표성을 높이는 방향으로 연구하는 것이다. 여섯째, 세계 최고 인재 발굴·유치는 미국 학계 및 산업계의 AI 전문가, 연구개발 인력을 유치하기 위한 지원을 강화하는 것이다. 일곱째, 지역 AI 전문성 개발은 지역별 AI 관련 리소스(데이터, 컴퓨팅 인프라, 숙련된 노동자, 보완적 산업 존재 등)를 조정하여 시너지 효과를 얻고, AI 경제에 대한 지역 참여를 촉진하여 국가 차원에서 AI R&D 진행을 가속화하는 것이다. 여덟째, 연방 AI 인력 강화를 위한 옵션 조사는 디지털 혁신, 데이터 관리·분석 등 AI 분야에서 학계·산업계 전문가와 파트너십을 구축하고, 연방 AI 인력을 강화하기 위한 AI 교육 프로그램을 개발·제공하는 것이다. 아홉째, 윤리적·법적·사회적 영향을 AI 교육 및 훈련에 통합은 AI 분야에서 윤리적, 법적 및 사회적, 기술적 측면에 정통한 전문가를 양성하는 대학 과정을 지원하고, AI의 윤리적·법적·사회적 영향에 대한 교육자료의 연구·보급을 지원하는 것이다. 마지막으로, 외부 이해관계자와 연방 AI 인력 우선순위 공유는 민간 및 고등 교육기관, 대중에게 연방정부의 인력 수요 및 우선순위, 지원 방법 등을 다양한 매체(미디어·박람회 참가, 교육과정 운영)를 통해 전달하는 것이다.

미국은 이와 더불어 전략8에서는 산·학·관 R&D 파트너십을 확대하고 전략9에서는 조직 또는 국가를 막론하고 AI 분야 선도 전문가들과 혁신가들 간의 아이디어와 지식

교류를 촉진하는 방식으로 AI 고급 인력 네트워크를 확대해 나가는 것을 알 수 있다.

4) 안전하고 신뢰성 있는 AI를 위한 행정명령

2023년 10월 30일, 미국 조 바이든 대통령은 AI개발을 위한 연방정부 차원의 안전하고 신뢰성 있는 인공지능에 대한 행정명령을 발표했다. 이는 AI 안전 및 보안에 대한 새로운 표준 확립, 개인정보보호, 형평성과 시민권 증진, 소비자 및 근로자 지원 등에 관한 내용을 담고 있으며, 각 기관은 최고AI책임자(CAIO)를 60일 안에 임명하도록 했다. 이에 관리예산국(The office of Management and Budget)은 ‘인공지능의 기관 이용을 위한 거버넌스, 혁신, 리스크관리의 선진화’ 초안을 각 기관에 공유했다.

행정명령 내용 중 AI 인재 관련 내용은 다음과 같다. 우선 미국 내 AI 해외 인재 유치·보유 확대를 위한 적절한 조치를 주문했다. 이는 AI 및 핵심 신흥기술 전문가의 신규 유입 가능성을 높이고, 미국 내 거주 중인 관련 분야 전문가 업무 및 연구 지속성을 강화하기 위한 조치이다.

다음으로 AI 및 핵심 신흥기술 전문가 대상 비자 제도 전반(신청, 갱신, 유입경로)에 대한 개편 주문이다. 이는 크게 세 가지로 나뉘어지는데, 우선 AI 및 핵심 신흥기술 분야 연구 및 업무 수행을 위해 미국을 방문하는 비시민권자(noncitizens)의 비자 신청 절차의 편의성 개선이다. 이는 비자 신청 과정(visa petitions and applications) 및 처리 기간을 간소화하여, AI 및 핵심 유망기술 전문가의 비자 예약 적시성 및 가용성을 제고하기 위함이다.

둘째로 AI 및 핵심 신흥기술 전문성을 갖춘 비이민자(nonimmigrants)의 비자 갱신 프로그램을 개선함으로써 비자 갱신 자격을 갖춘 비이민자의 범주를 확장하여 자격을 갖춘 인재들의 업무 및 연구 지속성을 확보하는 것이다. 구체적으로는 J-1 비자(교육·예술·과학 분야의 인재, 지식 및 기술 교환을 위해 미국 방문 시 신청하는 체류 비자) 보유 연구자, F-1 비자(미국 내 교육기관으로부터 입학허가를 받고, 학업을 위해 미국 방문 시 신청하는 체류비자) 보유 STEM분야 전공학생이 미국 내 비자 갱신 프로그램 자격을 갖추 수 있도록 비이민자 범주를 확장하는 것이다.

마지막으로, AI 및 핵심 유망기술 전문가의 이민 경로에 대한 명확화 및 최신화이다. 구체적으로는 관련 분야 특기자 비자(O-1A 및 EB-1 - 과학, 예술, 교육, 경영 및 체육 분야 특기자 대상) 보유 비시민권자, 고급 학위소지자, 스타트업 창업자, 취업비자(H-1B) 보유 전문가의 이민 경로를 개선하고 비시민권자인 AI 및 핵심 유망기술 전문가와 그 가족의 정주 여건을 개선하는 것이다.

나. 중국

중국은 2015년에 발표한 “중국제조 2025”에서 처음으로 AI를 통한 스마트화, 지능 제조를 언급했고, 2017년 인공지능에 관한 미국의 발표에 맞서 인공지능 발전의 선발우위 구축을 위한 「차세대 인공지능 발전계획」를 발표했다. 2030년까지 글로벌 AI 선도국을 목표로 한 중장기적인 계획으로 국가 전반에 AI 기술 융합을 통해 스마트 사회 구축을 목표하고 있다.

중국은 미국과 함께 글로벌 AI 시장에서 선도적으로 대응하는 국가로서 일찍이 AI 경쟁력 확보의 중요성을 잘 알고 있었으나 현재 중국 내 AI 수요를 소화할 수 있는 고급수준의 AI인재 확보에 어려움을 겪고 있다. 초·중·고·대학 등 인공지능 교육만으로는 고급 AI 인재 양성의 한계가 있는 것이다. 이에 최근 발표된 중국 인공지능 인재 양성 백서를 살펴보면, AI를 통한 문제 해결을 할 수 있는 실무투입 가능 인재 양성에 대해 AI 고급인재 확보를 위한 교육과 더불어 정부·기업·대학·연구소의 통합 인공지능 인재 양성 체계 구축방안 등을 통해 제안하고 있다.

중국의 최근 AI 관련 주요 정책 및 대응 활동 중 디지털 인력양성 및 생성형 AI와 관련된 주요 사항들은 다음과 같다. 다음으로, 이와 같은 중국의 최근 AI 관련 주요 정책 및 대응 활동 중 디지털 인력양성 및 생성형 AI와 관련된 주요 사항들에 대해 개별적으로 살펴본다.

〈표 2-5〉 중국의 최근 AI 관련 주요 정책 및 대응 활동 동향

시기	주제	주요 내용
‘17년 7월	차세대 인공지능 발전 계획	• 중국의 인공지능 발전의 글로벌 선발우위 구축을 위한 중장기적 계획 • AI 3단계 발전목표를 수립하고 2030년까지 과학기술 선도, 2025년까지 인공지능 기초이론에서 획기적인 성과창출, 2030년까지 인공지능 전반적인 영역에서 글로벌 수준 도약
‘18년 4월	고등교육기관 AI 혁신 행동 계획	• 인공지능 발전을 위한 대학 교육 강화 및 인재 양성 계획 • 대학 내 인공지능 공학학과 추가개설 및 교육훈련을 위한 프로그램 개발 계획
‘20년 10월	차세대 인공지능 발전보고서 2020	• 중국의 인공지능 분야 R&D 현황 및 교육기관 설립 현황
‘22년 2월	중국 인공지능 인재양성 백서	• 바이두와 저장대학에서 발표한 정부·기업·대학·연구소의 통합 인공지능 인재양성 구축 체계 제시
‘23년 5월	생성형 인공지능서비스 관리방법	• AI기술 감독을 강화하기 위한 생성형 AI에 대한 최초 규제안

1) 차세대 인공지능 발전보고서 2020

2020년 10월, 중국과학기술발전전략연구원과 과학기술부 차세대 인공지능발전연구센터가 협력하여 발표한 보고서로 중국 및 해외 10여 개의 기관과 공동으로 편찬했다. 보고서 중 인재양성 관련 내용은, 중국의 인공지능 학문 분야와 전공 개설이 2019년에 추진되어 180개 대학이 인공지능 학부 전공을 신설했고, 베이징대학 등 11개 대학은 인공지능 단과대학 또는 연구원을 신설한 것이다.

2) 2022년 중국 인공지능 인재양성 백서²⁴⁾

중국의 바이두와 저장대학(浙江大學)은 정부·기업·대학·연구소의 통합 인공지능 인재양성 체계 구축을 위한 중국 인공지능 인재양성 백서를 발표했다. 중국은 인공지능 기술에 대한 시장 수요가 높고, 미래 산업의 핵심이 되는 인공지능 고급 인재가 필요하지만 인재 공급이 부족한 상황으로 기존 인공지능 인재양성 시스템 현황을 파악하고 인공지능 인재 유형(기초연구형 및 상황 응용형 인재)에 따라 정부·기업·대학·연구소의 통합 인공지능 인재 양성 체계 구축을 제안했다.

기초연구형 인재는 알고리즘 응용 연구형, 칩 개발 및 알고리즘 설계개발형 인재로 구분할 수 있다. 이들은 인공지능 알고리즘과 기술 연구를 혁신하고 난제를 해결하며 인공지능의 선진 이론을 실제 알고리즘 모델 개발에 적용할 수 있는 인재로, 대학 중심 또는 기업 보조의 형태로 인재 양성이 이루어진다. 상황 응용형 인재는 인공지능 기술의 기본 개념 이해를 바탕으로 특정 사용 환경에 적용할 수 있으며, 효율성 있게 규모화하여 안정적으로 운영할 수 있는 방안, 응용형 인재와 알고리즘, 머신러닝, 자연어처리, 컴퓨터 비전 등 각종 기술을 산업 수요와 결합하여 구체적으로 공정화가 가능한 방안 개발형 인재로 구분할 수 있다. 이들은 기업 중심, 대학 보조의 형태로 양성한다.

기초연구형 인재 양성을 위해 대학 차원에서 인공지능 전공을 별도로 설치하거나 컴퓨터 기술 응용 전공 하위 커리큘럼을 개설하는 등의 인력양성 방향을 설정하고, ‘인공지능+X’와 같은 신규모델을 구축하여 수요 기반 맞춤형 학습·실습 수업 활동을 하고 있다. 이 외에도 인공지능 단과대학 및 인공지능 전용 연구기관을 설립하는 등 대학 학과 자원을 활용하거나 협력을 통해 인공지능 기초연구형 인재양성 강화를 추진한다.

24) KISTEP(2022), 「중국 인공지능 인재양성 현황 진단 및 제언」, 과학기술인재정책 동향리포트 22년 5호

〈표 2-6〉 중국대학의 인공지능 인재양성 방향, 특징 및 교육과정

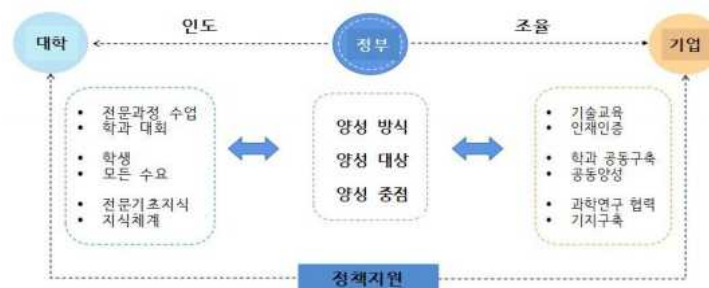
구분		내용
방 향	범용 종합	• 인공지능학과 범용 기초를 발전시킬 목적으로 학생의 인공지능 기초이론 실력을 양성(스마트과학기술, 인공지능, 컴퓨터 프로그램과 이론 등)
	전공 응용	• 인공지능 기술의 구체적 응용을 추진할 목적으로 학생의 응용 기술을 양성(머신러닝, 자연어처리, 스마트 자동차, 스마트 제조, 컴퓨터 비전, 스마트 로봇, 패턴인식과 스마트 시스템 등)
	교차 융합	• 인공지능과 타 학과의 협력적 발전을 촉진하기 위해 학생의 지식 교차융합 능력과 혁신 의식 양성(인공지능 + 의학, 스마트 교통, 비즈니스 스마트, 스마트 설계 등)
	특징	• 대학은 인공지능 분야의 기초 및 신규 이론 혁신에 인재양성 목표를 집중 • 인공지능과 수학, 의학, 생물학 등 학과전공 교육의 교차융합을 통한 인공지능 인재의 복잡성 한층 강화 • 다수의 대학이 인공지능 분야의 교내외 멘토링 모델을 추진
교육과정		• 수준별 학생의 인공지능 학습 수요에 따라 맞춤형 학습 방안을 마련하여 학생의 학습 체험을 향상 • 기술적인 수단으로 교수를 지원하여 강의의 질 강화 • 실습기반 수업 활동의 중요성을 강조하고, 설계과제 이수 과정에서 학생의 실력 향상을 도모

자료: KISTEP(2022), 「중국 인공지능 인재양성 현황 진단 및 제언」, 과학기술인재정책 동향리포트 22년 5호

상황응용형 인재양성을 위해 바이두, 텐센트, 알리바바, 화웨이 등은 풍부한 데이터와 플랫폼을 기반으로 인공지능 대회, 단기 교육을 통해 실전 경험 강화를 유도함으로써 실무 중심의 인공지능 인력양성에 기여하고 있다. 직업교육기관 중심으로 파이썬, 인공지능 기초 및 세부 기술 전공 교육 등 초급 기술 인재를 배출하고, 바이두는 바이두 클라우드 2019 ABC인재 인증 체계, 화웨이는 HCIA-AI인증, HCIP-AI EI개발자 인증, HCIP-AI HiAI 개발자 인증 등을 활성화하고 있다.

인공지능 분야 산학 융합형 인재양성 모델의 중요성이 높아짐에 따라 중국 정부는 교육과 산업의 전면적 융합과 상호작용을 강조한다. 대학과 기업은 서로 협력하여 자원을 공유하는 산학 융합 인재 양성 모델을 구축하고, 산·학·연 협력 기반 인공지능 인재양성 체계 구축을 통해 인공지능 인재양성 및 ‘인공지능+’ 교육 생태계를 조성해 나가고 있다. 이에 정부는 안내 및 조율자 역할을 담당하여 기업과 대학 인재의 교류를 강화하고, 기업 발전수요에 적합한 협력 모델을 탐색 및 구축한다.

[그림 2-11] 중국 정부의 인공지능 인재양성 방향



정부, 기업, 대학을 중심으로 인공지능 학과 개설·커리큘럼구축·플랫폼 구축·학습 커뮤니티 구축 등 4대 플랫폼을 구축하는 것은 ‘AI+교육생태계’의 중요한 요소이다. 이에 정부는 제도적 지원과 함께 기업과 협업하여 ‘인공지능+’ 교육생태계를 구축하기 위해 노력하고 있으며 인공지능 분야 선도기업은 대학, 연구기관, 전문협회 등과 함께 과학연구 프로젝트를 마련하여 자금 등을 제공하는 방식으로 인공지능 인재양성을 추진하고, 대학 및 연구기관은 인공지능 기초이론과 실습 능력을 갖춘 학생 양성 및 산업 수요기반 문제해결형 인재양성을 추진한다.

[그림 2-12] 중국의 산·학·관·연 통합 인공지능 인재양성 모델



백서에서는 혁신형 인공지능 인재양성을 위해 국가적 차원의 통합적 인공지능 전략 강화 및 인공지능 인재양성 체계 구축·교육 위상 제고, 인공지능 분야 다양한 학과 간 협력 및 마이크로 전공 개설 확대·강화, 인공지능 기술 선도 지역·기업 중심의 산학융합 교육생태계 구축, 글로벌 인공지능 인재양성 표준체계 구축 등을 제언했다.

다. 영국

영국은 2020년 12월 31일 브렉시트 전환 기간이 종료되며 EU법의 영향력에 벗어나 영국만의 규제 체계를 확립하고 실행하여 AI 분야의 초강대국으로 자리매김하기 위한 노력을 기울이고 있다. 또한 생산성 정체를 극복하기 위한 방안으로 AI 산업에 대한 기대를 갖고 있는 것으로 보이며 이를 위해 AI 활용의 위험을 적절히 감수한 유연한 규제로 정책을 펼치고 있는 것으로 판단된다. AI분야 선도와 함께 기업이 인공지능을 개발·이용하기 좋은 국가가 되는 것을 목표로 삼고 영국이 보유하고 있는 우수한 인공지능 기반을 바탕으로 혁신적이고 유연한 프레임워크를 제시하고 있다. 또한 우수 해외 인재를 국내에 유치하기 위한 목적으로 다양한 비자 제도를 개선해 나가고 있다.

영국의 최근 AI 관련 주요 정책 및 대응 활동 동향은 다음과 같다.

〈표 2-7〉 영국의 최근 AI 관련 주요 정책 및 대응 활동 동향

시기	주제	주요 내용
‘18년 4월	AI 섹터딜	- AI의 5개 분야에 약 10억 파운드 자금 투자 계획을 담은 정부와 산업간의 합의안으로 적극적인 투자를 통해 AI 선도국으로 자리매김함과 동시에 AI기술의 글로벌 표준화 및 윤리적 사용에 대한 프레임워크 정립 ‘17년 발표한 AI산업발전의 인력양성 방안을 보다 구체화
‘21년 1월	AI 위원회 UK AI 로드맵	국가 AI 전략의 정책 수립 및 전략 방향을 지원하기 위해 연구, 개발 및 혁신 부문, 기술과 다양성 부문, 데이터, 인프라 및 공공 신뢰 부문으로 구분하여 총 16가지의 권고안을 제시
‘21년 9월	국가 AI전략	AI 선도국으로서 지위 유지를 목표로 거버넌스 구축,, AI역량확보, AI 규범, 등 향후 10년간의 AI 관련 대응 방안을 제시
‘22년 3월	인공지능 규제백서	- 인공지능 규제 프레임워크의 이행원칙, 이행방안 등을 구체적으로 제시 - AI 애플리케이션의 위험성 관리, 기업의 투명한 기술 개발 및 배포, 평등 및 데이터 공유와 같은 영국의 기존 법률 준수, AI 작동의 적절한 감독 및 책임, 대중의 AI에 대한 이해제기 가능성 등 5가지 원칙을 제시
‘22년 6월	영국 디지털 전략	- 영국 기술 기업의 창업 및 성장과 글로벌 디지털 리더십을 확보하기 위한 비전과 이를 달성하는 데 필요한 조치 제시 - 해당 조치들은 2025년까지 영국 기술 부문의 연간 총부가가치(GVA)를 415억 파운드 추가하고 678,000개의 일자리 추가 창출을 목표로 함
‘23년 3월	AI 규제에 대한 혁신친화적 접근	AI의 배포와 관련하여 향후 1년동안 AI기술의 적용에 대한 지침을 제공할 예정
‘23년 6월	공무원을 위한 생성 AI활용 지침	공공부문의 직원이 생성형 AI를 활용할 수 있는 적절한 및 부적절 사례 제시

1) AI 섹터딜 (AI Sector Deal)²⁵⁾

2018년 4월, 영국 정부는 AI 선도국으로 입지를 강화하기 위해 민간협력을 기반으로 교육, 기반시설, 기업환경 등에 10억 파운드(약 1조 4,800억 원)를 투자계획을 담은 국가 전략을 발표했다. AI 섹터딜은 산업전략백서를 토대로 5개 기반요소별 AI 지원을 위한 주요 정책을 제시하고 있다. 인재 부문의 정책은 AI 산업발전에서 보다 구체화된 방안을 제시하고 있으며 주요 정책은 다음과 같다.

첫째, 학교, 대학, 산업계의 협력을 통해 고숙련 인재를 양성하고 확보한다. 튜링 펠로우십(Turing Fellowship)프로그램을 개발하여 AI 인재 양성 인프라를 구축하고 최고의 연구인재를 유치할 수 있도록 한다. 또한 2020년부터 2021년까지 AI 및 관련 분야의 박사 과정 학생 수를 매년 200명씩 늘리고 향후 10년 동안 매년 학생 수를 늘려나간다. 이러한 지원으로 2025년에는 정부지원 박사학위를 최소 1,000개 이상 확보할 수 있다. 최대 8,000명의 컴퓨터·과학 교사의 기술 향상을 위한 지원과 컴퓨팅 센터 건립을 위해 수학, 디지털 및 기술 교육에 4억 6백만 파운드를 지원한다.

둘째, 이민 규정 변경, 비자 지원 등 정부 지원을 통해 숙련된 글로벌 AI 인재를 확보할 수 있도록 한다. tier1(특수 인재) 비자를 연간 2,000명으로 기존보다 2배 늘리고, 해당 비자를 통해 영국에 머무르는 연구자들이 비자 발급 3년 후에는 영국에 정착할 수 있도록 이민 규정을 변경한다. 또한 뛰어난 학생들이 학위를 마치고 영국에 빠르게 취업할 수 있도록 지원하며 해외 연구자 채용에도 관료적 절차를 간소화한다.

2) AI 위원회 AI 로드맵 (AI Council AI Roadmap)

AI 위원회는 AI 섹터딜 이행 조치의 일환으로 설치된 독립된 위원회로 산, 학, 관 전문가들로 구성되어 있고, 분기별 회의를 통해 AI정책 수립의 우선순위, 기회와 도전 등 정부와 AI 생태계 자문을 제공한다. 2021년 1월에는 정부의 AI 전략 방향에 대한 16가지 권고안을 담은 AI 로드맵을 제안하였으며 인재양성 관련 내용은 다음과 같다.

연구, 개발 및 혁신 부문의 전략은 총 3가지로 AI에 대한 지속 가능한 공공부문 투자 확대, 엘런튜링 연구소에 장기 공공부문 자금 투자, 현시대의 주요 이슈를 해결하기 위한 인공지능의 발전과 활용이다.

기술과 다양성 부문의 3가지 전략은 높은 수준의 AI 기술 구축을 위한 지속적인 인력교육 10년 프로그램 진행(연구 펠로우십, 다양한 분야의 AI 관련 박사 학위, 업계 최

25) BEIS(2018) Ai Sector Deal

고의 석사 및 레벨 7 견습 과정이 포함), 발전을 위한 다양하고 동등한 기회제공, 모두를 위한 AI 및 데이터 리터러시 달성 (온라인 아카데미는 교사, 학교 학생 및 평생 학습을 지원)이다. 이 외 데이터, 인프라 및 공공 신뢰 부문의 전략 4가지와 국가적, 부문간 채택 부문의 전략 6가지가 있다.

3) 국가 AI 전략 (National AI Strategy)²⁶⁾

2021년 영국 정부는 경제 전반에 걸친 데이터의 가치 실현, 성장하고 신뢰할 수 있는 데이터 거버넌스 유지 등 비전을 담은 ‘국가 AI전략(National AI Strategy)’을 발표했다. 영국 정부는 AI 발전 동인인 인재·데이터·컴퓨팅·재정 접근성에 대한 글로벌 경쟁, AI의 경제 주류화, 거버넌스 및 규제 제도의 급격한 AI 수요 변화 부합 필요성을 전제로 향후 10년 동안의 대응 방안을 도출했다.

구체적으로는 정부 데이터최고책임자(CDO; Chief of officer) 신설 및 정부 내에 데이터 고위관리자 채용 등을 통해 범부처 거버넌스 매커니즘 구축하고 2021년까지 공공부문 내 500명의 데이터 분석가 양성, 중소기업 재직자를 위한 데이터 관련 온라인 교육시스템 구축, 데이터 가용성 제고를 위한 정책 프레임워크 개발, 스마트 데이터 이니셔티브 적용 범위 확장 등 정책과제를 제시했다. 이와 관련된 정책 수립에는 AI 위원회(AI Council)가 관련 정보 및 자문을 제공한다.

본 전략은 향후 10년간 AI분야 초강대국 지위 유지를 목표로 AI생태계의 장기적인 요구에 대한 투자 및 계획으로 AI분야 글로벌 리더로서의 리더십 지속, AI 기반 경제(AI-enabled economy)로의 전환을 지원하여, 영국이 혁신의 혜택을 누리고 AI가 모든 부문과 지역에 혜택을 제공할 수 있도록 보장, 혁신과 투자가 장려되고 국민과 영국의 기본 가치가 보호되는 국가적·국제적 AI 기술 거버넌스를 정립을 3대 목표로 삼고 단기, 중기, 장기 계획을 제시하고 있다.

해당 전략의 인재양성과 관련된 내용을 살펴보면, AI 산업 수요를 충족하기 위한 대규모 인력 확보를 위해 정부는 AI를 개발하는 인재, AI를 활용하는 인재, AI 분야에서 신규 지원하는 인재를 지원하는 방향으로 집중하여 최고의 인재를 확보하고 훈련한다. AI 개발 부문에서는 최상위 인재, 박사 및 석사급에 걸쳐 뛰어난 학계 인재를 지원하는 정책을 유지한다. 이를 위해 4천 6백만 파운드 규모의 튜링 AI 펠로우십, 박사 교육 센터, 대학원 산학 연계 석사 과정 및 AI 전환 과정을 지원해 모든 직무 단계에서 뛰어난

26) NIA, AI미래전략센터(2021), 영국 AI 국가전략의 주요 내용 및 시사점, THE AI REPORT, 2021, NIA, AI미래전략센터

대규모 인재를 채용, 유지하고, 연구 및 산업계서 졸업생이 비즈니스 경험을 보유한 상태로 학위를 취득할 수 있도록 산학 파트너십을 지원한다. 또한 국제 인재 유입 및 확보를 위해 새로운 비자경로를 개척 및 도입한다. 글로벌 탠트 비자(Global talent Visa)는 글로벌 인재를 확보하기 위한 목적으로 기존의 고급 기술인력 이민 프로그램인 tier1 비자를 개편하여 '20년 2월부터 실시했다. 해당 비자는 유효기간이 최대 5년으로 무제한 연장할 수 있고, 출입국에 제한받지 않으며, 언어능력에 구애받지 않고 오로지 능력으로만 평가되어 발급받을 수 있다. 전 세계 AI 분야의 전문가들이 개편된 비자 제도를 통해 AI 분야의 연구개발 활동에 기여하며 정착할 수 있도록 지원한다.

19세 이상 성인을 대상으로 교육부 기술 훈련소를 통해 AI, 머신러닝, 데이터사이언스 및 디지털 분야의 기술을 획득하고 일자리를 얻을 수 있도록 매칭하며 경제적으로 지원하여 경영환경에서 AI를 활용할 수 있는 기회를 제공한다. 모든 사람들이 AI를 배울 수 있도록 컴퓨팅 교육을 위한 국립 센터(NCCE)를 지원하여 어린이에게 AI 개념을 교육하는 프로그램과 다양한 사람들이 접근 가능한 프로그램을 지속 확보해나가고 있다.

4) 영국 디지털 전략(UK Digital Strategy)²⁷⁾

2022년 6월 13일, 영국 정부는 영국 디지털 전략을 발표하였다. 2021년 7월 기업·에너지·산업 전략부(Department for Business, Energy and Industrial Strategy)에서 발행한 혁신 전략(Innovation Strategy)은 경제 전반에 걸쳐 혁신을 지원하기 위한 정부 계획을 제시하는데, 영국 디지털 전략은 디지털(혁신 전략에서 식별한 7가지 기술 제품군에 속함) 혁신을 지원하기 위해 어떤 역할을 할 수 있는가에 중점을 두어 수립한 것이다. 영국 디지털 전략은 자체 전략이 필요한 만큼 매우 중요한 우선순위 분야들과 어깨를 나란히 한다. 이 분야에는 인공지능(2021년 9월 발간), 반도체(2022년 말 발간), 양자기술(2022년 말 발간) 등 총리 산하 국가과학기술위원회(NSTC)의 우선순위 분야가 포함된다.

영국 디지털 전략은 영국 정부의 비전과 포부에 대한 대대적인 선언이며 영국이 과학 및 기술 초강대국으로서 전 세계적인 입지를 강화하기 위해 따르고자 하는 로드맵이다. 동 전략에서는 기술 기업의 창업 및 성장과 글로벌 디지털 리더십을 확보하기 위한 영국의 비전과 이를 달성하는 데 필요한 조치를 크게 6가지로 나누어 제시한다. 그 중 인재양성 관련 내용은 다음과 같다.

우선, 기술 및 재능이다. 영국 정부는 영국의 기술 기업이 혁신, 개발 및 성장에 필요한 인력과 자금을 확보할 수 있도록 보장한다는 내용을 담고 있다. 그 방안으로 학

27) 영국 정부 홈페이지(<https://www.gov.uk/government/publications/uks-digital-strategy/uk-digital-strategy>)

교, 대학, 기타 교육 제공업체, 기업과 협력하여 이해하고 인지하기 쉬운 프레임워크를 기반으로 견습 과정 및 경력 전반에 걸친 기술 훈련 등과 같이 경제에서 실질적으로 필요로 하는 디지털 역량을 제공한다는 것이다. 영국 정부는 이미 AI 분야의 박사 1천명과 AI 및 데이터과학 분야로의 석사 학위 전환 과정 1천명에게 장학금을 지원한다. 디지털역량파트너십(Digital Skills Partnership)은 영국 전역에서 시행되고 있으며, 새로운 디지털역량위원회(Digital Skills Council)는 기업과 정부를 한데 모아 디지털 기술이 향상되고 있는지 확인하고, 모든 영역의 지원을 더욱 확대해 나간다는 계획이다.

또한 전 세계에서 최고이자 가장 명석한 인재가 영국에 쉽고 빠르게 들어올 수 있도록 하는 것이 중요한데, 디지털 기업이 이미 활용해오던 기존의 포괄적인 비자 경로 외에도 영국 디지털 기업이 전 세계 어디에서나 쉽게 인재를 채용할 수 있도록 High Potential Individual(HPI) and Scale-up 비자를 도입하는 등 디지털 인재 유입에 제도적으로 앞서나가고 있다.

2022년 5월 신규 도입된 HPI 비자는 타국 소재 세계 최상위 대학 졸업생이 신청 대상이며 세계랭킹 50위 이내 대학(원) 졸업자는 구직 활동 없이도 최대 5년간 체류 가능하다. 비자 소지자는 개인 사업을 포함하여 모든 직무(프로 스포츠 선수 제외)를 수행할 수 있고 스폰서 라이선스 보유 기업의 비자 지원이 필요하지 않으며 원할 경우 영국에서 공부가 가능하다.

다른 비자 유형에서 HPI 비자로 전환 가능하다. 예를 들어 현재 Skilled worker 비자를 소유하고 있는 개인이 스폰서 라이선스를 보유하지 않은 기업으로 이직할 경우 해당 비자를 이용할 수 있다. 한편 해당 비자는 Graduate visa와 결합될 수 없다. 즉, 만약 Graduate 비자를 이전에 소지한 경우 해당 비자가 만료된 상황이라도 HPI 비자는 부여되지 않는다. 학사 또는 석사 학위의 경우 2년 비자, 박사학위의 경우 3년 비자가 부여된다. HPI 비자 자체는 영국의 정착 비자(영주권)로 이어지지 않으며 연장이 불가하다. 만약 영국에 더 거주하기를 희망할 경우 그에 적합한 비자로 전환해야 한다.

Scale-up 비자는 2022년 8월 신규 도입된 비자로, 성장하는 영국 스타트업에서 근무할 유능한 인재를 해외에서 유치하기 위해 도입됐다. 고성장 기업(3년간 성장률 20% 이상) 고용인력 확충을 위해 ① 대학원 이상 학력, ② 3.3만 파운드 이상 연봉 계약으로 고성장 기업에 2년간 근무하면 이후 3년은 구직 활동이 없어도 체류 가능한 비자를 신설한 것이다. Scale-up 비자를 취득하려면 특정 기준을 충족하는 영국소재 Scale-up 기업으로부터 채용 제안을 받아야 한다. 아울러 영어 요건을 충족하고 유효한 여권을 소지해야 한다. 이 비자는 최대 5년까지 유효하며, 최대 3년까지 추가 연장 가능하다.

또한 영국 체류 5년 후에는 영주권을 신청할 수 있다.

HPI 및 Scale-up 비자를 기존의 유사 비자들과 비교 요약한 내용은 아래와 같다.

〈표 2-8〉 영국 국가 AI전략의 주요 조치 내용

비자명	대상	요건	연봉(파운드)	체류기간
구. Innovator Visa('19.3)	혁신기업, 사업주·개인	사업 아이디어 사전승인	5만(사업자금)	3년
신. Scale-up Visa ('22.8)	고성장 기업 종사자	대학원 이상 학력	3.3만	5년 (2+3년)
구. Skilled Worker Visa('20.12)	특정 직업군 전문인력	RQF3수준(고졸) 이상 학력	25,600	2년 (박사 3년)
신. High Potential Individual Visa('22.5)	직업 조건 없음	세계 상위50위권 대학 졸업자	제한 없음	5년

영국은 위와 같은 노력에 더하여, 중동, 아시아 태평양 지역, 북미와 같은 주요 지역에서 영국 기술 및 영국 VC 펀드에 대한 내부 투자를 촉진하기 위한 정부 간 노력도 있을 것이라 하였다. 영국은 글로벌 기술 기업이 영국을 IPO를 시작하는 장소로 홍보하고 있으며 곧 발표될 국제기술전략(International Tech Strategy)에서 기술에 대한 영국의 국제적 참여의 틀을 잡기 위해 공통의 민주주의 원칙을 설정할 것이라고 예고하였다.

영국은 국제전기통신연합(International Telecommunication Union; ITU), 인공지능에 관한 글로벌 파트너십(Global Partnership on Artificial Intelligence), 경제협력개발기구(Organization for Economic Co-operation and Development), 유엔 인터넷 거버넌스 포럼(Internet Governance Forum)과 다자간/다중 이해관계자 간 국제 포럼에서 개방성, 자유, 다중 이해관계자 중심의 접근이 글로벌 기술 거버넌스를 뒷받침하도록 주도적 역할을 할 것임을 예고하였다. 또한 고도로 복잡한 R&D 프로젝트 및 반도체 공급망의 회복과 같은 초국가적 협력 시 얻는 혜택의 문제에 대해 생각을 같이하는 전 세계의 국가들과 협력하기 위해 노력할 것이다.

5) 공무원을 위한 생성 AI활용 지침

2023년 6월, 영국내각부는 공무원을 위한 생성형 AI 사용에 대한 공식 지침을 발표했다. 공무원 업무를 위해 생성형 AI를 활용할 때의 원칙과 적절한 사례 또는 부적절한 사례를 제시했다. 기본적으로 생성형 AI 활용 시, 민감정보나 개인 데이터 사용·입력을 금지한다. 익숙하지 않은 정책 영역이나 주제에 대한 정보수집 정도로만 사용하고, 정책문서 작성에 생성형 AI를 활용하는 것은 적절하지 않다고 제시하고 있다.

라. 일본²⁸⁾

일본 아베 신조 전 총리는 2016년 “Society 5.0” 을 발표하고 인공지능, 로봇, 사물인터넷 등의 기술을 통해 사회문제 해결 및 산업의 디지털전환을 목표로 인공지능과 관련된 정책을 시작하며 AI에 주목했다. 이후 동년 인공지능 기술 전략회의를 설치로 시작으로 AI R&D 및 산업화 로드맵, 인간중심의 AI 사회원칙, AI 전략 등을 순차적으로 발표하며 AI 분야에서 글로벌 경쟁력을 확보하기 위해 사회 전반으로의 AI활용·확산을 정책적으로 추진해오고 있다.

2019년 발표한 AI 전략에서는 AI 기술과 사회구조 연계를 위해 일본 정부는 교육개혁에 주목했다. 특히 인공지능 인재육성과 확보를 위해 일본 전 국민을 대상으로 단계별, 대상별 AI 교육 체계 마련과 운영 제도 마련을 강조했다. 일본은 전 생애주기에 걸친 교육이 AI 국가 경쟁력 확보에 도움이 될 것으로 전망하여 이와 관련된 국가적인 차원의 지속적인 투자를 하고 있다.

비교적 생성형 AI에 대한 대응이 부진했다고 평가받고 있는 일본은 2023년 5월부터 AI 전략회의를 통해 생성형 AI의 가이드라인 구축과 연구기관 설립에 대해 논하고, AI 데이터 분석과 인재 확보를 위한 교육에 대해 다시 한번 강조했다며 총무성은 2024년 예산에 생성형 AI 등의 개발 추진을 위해 589억엔(약 5,400억원)을 요청한 바 있다. 또한 2023년 하반기 142회 초중 분과회 제5회 특별부회 합동회의에서는 초중등 교육 단계에서의 생성형 AI 활용에 관한 잠정적 가이드라인을 논의하는 등 최근 생성형 AI와 관련된 정책 수립 및 예산 확보에 박차를 가하고 있다.

일본의 최근 AI 관련 주요 정책 및 대응 활동 중 디지털 인력양성 및 생성형 AI와 관련된 주요 사항들은 다음과 같다.

〈표 2-9〉 일본의 최근 AI 관련 주요 정책 및 대응 활동 동향

시기	주제	주요 내용
'19년 3월	AI 전략 2019	• AI 기술과 사회구조 연계를 위한 일본 정부의 전략 제시 • 전략에서 인재 육성과 확보를 가장 강조
'22년 6월	AI 전략 2022	• ‘AI전략 2019’ 보다 확장된 전략방침 제시와 AI 상용화 추진 강화 • 특히 위기에 대한 대응 및 상용화를 위해 새로운 전략목표를 설정
'22년 6월	디지털 전원도시 국가 구상 기본방침	• 디지털화와 지역 과제 해결을 위한 디지털 인프라 구축 및 디지털 전환 전략 제시

28) 산업통상자원부, KIAT(2019), 일본의 인공지능 정책 동향

시기	주제	주요 내용
'23년 5~12 월	AI 전략회의	• 생성형 AI에 관한 정책과 예산의 기본방침 마련 • AI의 안전성 평가방법 연구 및 규격 등을 구축하는 기관인 'AI세이프티·인스티튜트' 설립 계획 발표 • 기업을 위한 AI 활용 가이드라인 최종안 정리
'23년 7월	초중등 교육 단계에서의 생성형 AI 활용에 관한 잠정적 가이드라인	• 생성형 AI의 교육 활용 방향성과 보안 등의 주요 유의점에 대해 언급 • 생성형 AI의 보급과 발전을 감안하여, 앞으로의 시대에 필요한 자질과 능력을 어떻게 정립하고 이를 위해 교육 존재 방식을 어떻게 재검토할지 등에 대해 향후 중앙교육심의회 등에서 심화할 계획

1) AI 전략 2022²⁹⁾³⁰⁾

2022년 6월 일본 내각부 통합혁신전략추진회의는 인공지능을 활용하여 사회과제 극복 및 산업경쟁력 향상을 목표로 하는 AI전략 2022를 발표했다. 인간존중, 다양성, 지속가능 이념하에 이번 전략에서는 '급박한 위기에 대한 대처'와 '사회정책 추진'을 2대 목표로 세우고 기존 발표한 'AI전략 2019'보다 확장된 전략방침을 제시하고 AI 상용화 추진을 강화했다.

먼저 급박한 위기에 대한 대처는 재해가 많은 일본에 국가 위기에 대항하는 기반을 구성하는 것을 목적으로 디지털 트윈 구축, 글로벌 네트워크 강화를 통한 회복 탄력성 강화, 지속가능성 분야에서 AI 응용, 책임 있는 AI를 위한 노력 등을 제시했다. 사회정책 추진에서는 이익 창출을 위해 기업의 딥러닝 기술 상용화를 목표로 화상인식, 자연어 처리 등 딥러닝을 주요 분야로 설정했다.

인공지능 기술 발전을 위해서는 근본적으로 대량의 질 높은 데이터가 필요하고, 데이터 분석 및 활용 과정에서 사이버 공격 등의 위협으로부터 데이터를 보호해야 함을 강조했다. 또한 건강, 의료, 교통 등 공공분야에서의 인공지능 활용을 위한 데이터 기반을 검토하는 등 관련 데이터 연계 기반 구축 본격화를 제시했다.

AI 전략 2022의 주요 실현 방안 중 인재 확보와 관련된 내용은 크게 두 가지로 정리된다. 우선 교육개혁에서는 모든 고등학교 졸업생이 수리·데이터사이언스·AI에 관한 기초적인 소양 습득, 관련된 문제 해결 및 학습을 통한 창조성 함양을 목표로 한다. 데이터사이언스 AI를 이해하고 각 전문 분야에서 응용할 수 있는 인재를 연간 약 25만 명

29) 일본 AI전략 2022 발표, S&T GPS,

30) DATA ECONOMY_Global news trends in Japan, vol3, no9, 2022.9, 한국데이터산업진흥원

육성하고 데이터사이언스 AI를 통해 혁신을 이루고 세계적 수준의 인재 2천여 명을 발굴·육성한다. 또한 국민들을 대상으로 수리·데이터 사이언스·AI 역량 향상을 위한 재교육을 연간 약 100만 명을 대상으로 실시한다.

다음은 연구개발 체제 재구축이다. 이를 위해 첨단 AI 기술과 기술 표준화의 국제주도권 확보를 확보하고 AI 관련 핵심 연구진 강화를 추진한다. 또한 연구진 중심의 네트워크 구축을 바탕으로 일본형 AI 연구개발모형을 창출하고 세계적 수준의 연구인력이 자유롭게 독창성을 발휘해 연구를 진행할 수 있도록 하는 체제를 마련해 나간다는 내용이다.

2) 디지털 전원도시 국가 구상 기본방침³¹⁾

2022년 6월, 일본 정부는 디지털화와 지역과제 해결을 위해 ‘디지털 전원도시 국가 구상 기본방침’을 제시했다. 이는 데이터의 활용과 연계로 기반으로 디지털 인프라를 구축하고 디지털 전환을 추진하고자 함이며, 이를 위해 정부·지방자치단체·기업·개인이 보유한 모든 데이터와 디지털 서비스를 융합한다는 것이다. 해당 방침에는 디지털 전원도시를 실현하기 위한 4가지 방향(디지털 구현을 통한 지방 과제 해결, 하드웨어, 소프트웨어의 디지털 기반 정비, 디지털 인재 육성 및 확보, 전 국민의 디지털 이해 및 활용 촉진)을 제시했고, 그중 인재 육성 및 확보 관련 주요 내용은 다음과 같다.

첫째, 인문·사회·과학계를 중심으로 하는 분야에서도 디지털 지식을 겸비한 인재 육성 및 국제경쟁력이 있는 박사과정 교육개혁을 위해 데이터사이언스 분야를 포함한 복수전공 학위프로그램의 활용을 촉진한다.

둘째, 정책 입안 아이디어 콘테스트 등의 행사를 통해 지역 활성화를 이끌 수 있는 인재를 발굴하고 이 인재들에게 지역경제의 데이터 활용을 촉진해 디지털 스킬 향상 및 지역 활성화를 도모한다.

셋째, 통계 활용능력 향상을 위한 온라인 강좌를 제공하여 데이터사이언스 능력을 보유한 인재를 육성하고, 통계 데이터 활용에 관한 세미나를 개최하여 민간기업에서 통계 데이터 활용을 할 수 있는 인재를 육성하고 정부 통계 데이터에 대한 이해 증진을 도모한다.

3) 초·중·등 교육 단계에서의 생성형 AI 활용에 관한 잠정적 가이드라인³²⁾

31) DATA ECONOMY_Global news trends in Japan, vol3, no9, 2022.9, 한국데이터산업진흥원

32) 일본 문부과학성 초·중·등교육국(2023.7.4.), 초·중·등 교육 단계에서의 생성형 AI 활용에 관한 잠정적인 가이드라인

2023년 7월 4일, 일본 문부과학성 초등·중등교육국에서는 초등 중등 교육 단계에서의 생성형 AI 활용에 관한 잠정적인 가이드라인을 발표했다. 가이드라인에는 배경과 목적, 생성형 AI의 개요, 생성형 AI의 교육 활용 방향성, 기타 중요한 유의점 등에 대한 내용을 담았다.

가이드라인은 생성형 AI에 관한 정부 전체의 논의와 G7 교육장관 회의에서의 인식 공유, 다양한 전문가와 중앙교육심의회 위원의 의견 수렴을 거쳐, 주로 대화형 문장 생성 AI에 대해 학교 관계자가 당시 시점에서 생성형 AI 활용의 적합 여부를 판단하는 참고자료로서, 2023년 6월 말 시점의 지식을 바탕으로 잠정 정리한 것으로, 아직까지 규제 또는 의무화하는 성격은 아닌 것으로 밝혔다. 가이드라인은 이후 ‘히로시마 AI 프로세스³³⁾’를 바탕으로 한 다양한 규칙 제정의 진전, 과학적 지식의 축적, 서비스 내용 및 이용약관의 변경, 학교 현장의 우수 사례, 가이드라인에 대한 다양한 이해관계자의 피드백 등을 감안하여 유연하게 개정을 진행할 계획이다.

가이드라인에서는 생성형 AI에 대한 기본 생각으로 세 가지 필요성을 언급하였다. 우선 현재 시점에서는 활용이 효과적인 부분을 검증하면서, 제한적인 사용에서 시작하는 것이 적절하며, 생성형 AI를 둘러싼 우려와 위협에 충분한 대책을 강구할 수 있는 일부 학교에서 개인정보 보호와 보안, 저작권 등에 충분히 유의하면서 파일럿적인 사업을 추진하고 성과와 과제를 충분히 검증하여 향후 더욱 더 논의에 기여하는 것이 필요하다. 다음으로, 학교 밖에서 사용될 가능성을 감안하여, 모든 학교에서 정보의 진위를 확인하는 습관을 포함하여 정보활용 능력을 기르는 교육 활동을 더욱 충실하게 하고, AI 시대에 필요한 자질과 능력의 향상을 도모할 필요가 있다는 것이다. 마지막으로 교원 연수 및 학교 업무에서의 적절한 활용을 위한 사업을 추진하고, 교사의 AI 리터러시 향상이나 업무방식 개선과 연결할 필요가 있다.

생성형 AI 활용 적합성에 대한 잠정적인 관점으로는, 아이들의 발달 단계와 실제 상황을 고려하여 연령 제한과 보호자 동의 등의 이용 약관 준수를 전제로, 교육 활동과 학습 평가 목적을 달성하는 데 생성형 AI 활용이 효과적인지 아닌지를 신중히 판단하고 우선은 생성형 AI의 우려에 대해 충분한 대책을 강구하고 있는 학교를 선도학교로 추진하는 것이 적절하다는 입장이다.

또한 모든 학교를 대상으로는 정보 활용 능력의 육성 강화를 제시하였다. 생성형 AI의 보급을 염두에 두고, 단말기의 일상적 활용을 더욱 촉진하는 것을 전제로 보호자

33) 히로시마 AI 프로세스는 지난 2023년 5월, 히로시마에서 G7 정상회의가 열리면서 시작된 것으로, 생성형 AI를 둘러싼 국제 규범과 국제 정보 유통의 틀을 만드는 것을 목표로 추진

의 이해와 협력을 얻어 발달의 단계에 따라 다음과 같은 6개 학습 활동을 강화한다는 방안이다. 첫째, 정보 발신에 의한 타인이나 사회에 대한 영향에 대해 생각하는 것이다. 둘째, 네트워크 상의 규칙이나 매너를 지키는 것의 의미에 대해 생각하는 것이다. 셋째, 정보에는 자타의 권리가 있다는 것을 생각하는 것이다. 넷째, 정보에는 잘못된 것이나 위험한 것이 있다는 것을 생각하는 것이다. 다섯째, 건강을 해치는 행위에 대해 생각하는 것이다. 여섯째, 인터넷상에 발신된 정보는 기본적으로 널리 공개될 가능성이 있고, 어딘가에 기록이 남아 완전히 지워지지 않는다는 것 등 정보와 정보기술의 특성에 대한 이해를 촉진하는 학습 활동이다.

이러한 활동의 일환으로 정보의 진위를 확인하는 것의 방법 등을 의식적으로 가르치는 것이 바람직하며 교사가 생성 AI가 생성하는 오류를 포함한 답변을 교재로 사용하고, 그 성질이나 장단점 등에 대해 학습하게 하거나 개인정보를 기계학습 시키지 않는 설정을 가르치는 것도 고려할 수 있다고 가이드라인에서는 제시하고 있다. 또한 가이드라인에서는 생성형 AI에 대한 활용 4 단계³⁴⁾를 제시하면서 생성형 AI를 학습에 활용하는 능력을 단계적으로 높여갈 수 있다고 제시하면서 보호자의 충분한 이해 아래 생성형 AI를 둘러싼 우려와 위험에 대한 충분한 대책을 갖춘 학교에서 투명성을 확보하고 선도적으로 추진하며, 그로부터 발생하는 지식과 의견을 축적하는 것이 필요함을 언급하였다.

4) 기타 일본의 해외 우수인재 유치 및 국제공동연구 지원 정책/사업³⁵⁾

일본은 글로벌 R&D의 핵심적인 위치에 자리 잡지 못하고 있으며, 주요국과의 국제 공동연구 네트워크도 미흡하다는 인식 아래 세계 질서의 재편 과정에서 기술혁신의 전략적 가치를 확보하고, 글로벌 문제와 사회적 과제 해결을 위한 일본의 글로벌 인재 유동성 확보와 국제협력 강화를 위해 2022년부터 다양한 해외 우수인재 유치 및 국제공동연구를 지원하는 정책과 사업을 펼쳐오고 있다. 세부적으로는 대학(학부)부터 석·박사, Post-Doc, 대학 교수 등의 경력경로 상에서 해외 인재의 순환(Inbound, Outbound)과 국제 공동연구의 확대를 위한 세부 사업을 추진 중이다.

우선 주요 사업으로는 해외 대학·연구소 취업을 통한 공동 R&D 및 학위 취득

34) ① 생성형 AI 자체를 학습하는 단계(생성형 AI의 매커니즘, 편리성/위험/주의점 등) → ② 사용 방법을 학습하는 단계(더 좋은 답변을 얻기 위한 AI와의 대화 스킬, 팩트 체크 방법 등) → ③ 각 교과 등의 학습에서 적극적으로 활용하는 단계(문제를 발견하고 과제 설정, 자신의 생각을 형성, 다른 생각을 정리하거나 비교하거나 심화 등에서의 생성형 AI 활용 등) → ④ 일상적으로 사용하는 단계(생성형 AI를 검색 엔진과 같이 평소 사용)

35) 박형민(2023), 일본의 해외 우수인재 유치 및 국제공동연구 지원 정책 현황, 정책자료 공유

(Outbound), 국제공동 R&D 거점 구축을 통한 해외 인재 유입(Inbound), Joint Degree, 박사과정생 지원 등을 추진한다.

[그림 2-13] 일본의 국제 두뇌 순환 및 국제 공동연구 관련 지원 정책 현황(' 22년 기준)

대학	대학원(석사)	대학원(박사)	대학원(박사) 대학교수
Joint Degree 제도 추진			
해외 유학 지원			
새로운 유형의 유학 지원 체계 추진			
청년 연구자 해외 도전			
해외 특별 연구원 제도			
외국인 특별연구원 제도			
세계 최고 연구 거점 형성 프로그램 (13개 기관)			
국제공동연구사업 (SICORP, SATREPS)			
국제 선도 연구 신설(장기 30명, 단기 200명)(연간)			
박사생 지원			

자료 : 문부과학성(2022.2.17.), 국제 두뇌 순환 · 국제 공동연구의 추진을 향해

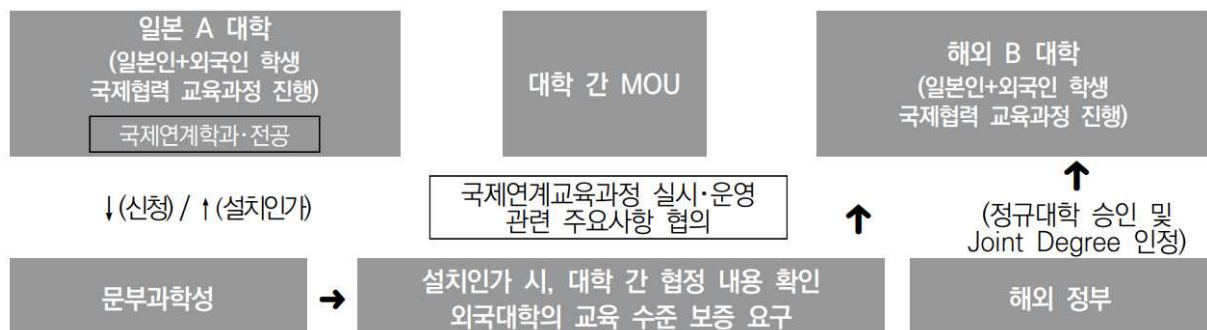
해외인재 파견에서는 일본 연구자들의 글로벌 역량 제고를 위한 연구원 해외 파견 및 이주를 지원한다. 이는 해외 특별연구원 사업을 통해 일본 기관 소속 연구원을 해 외 연구기관에 파견하는 펠로우십 형태와 외국으로 이주하여 해당 국가의 연구기관 에서 급여를 받아 생활하는 이주 지원 형태가 있다. 외국으로 이주(이민)하는 청년 연 구자는 일본으로의 귀국 여부와 관계없이 일본을 포함한 글로벌 연구 네트워크의 핵 심 주체로 활동 가능하다는 점을 강조한다. 해외 대학·연구기관에서 Post-Doc, 조교, RA·TA로서 급여를 받으면서 학위과정 또는 R&D를 수행할 수 있다. 또한 ‘국제 선도 연구’ 사업을 신설하여 국제 공동연구를 지원하는 한편, 청년 연구자의 해외 파견· 자립을 지원한다.

해외 인재 유입 측면에서는 기존 WPI(World Premier International Research Center Initiative, 세계 Top Level 연구 거점 프로그램), SGU(Super Global University, 슈퍼 글 로벌 대학) 사업의 성과를 확장하여 WPI 거점에 외국인 연구자를 유입하여 국제적 R&D 환경을 조성하고 R&D 역량을 강화하고 있다. 이러한 환경 조성은 외국인 연구 자뿐만 아니라 외국어(영어) 대응이 가능하고 R&D 현장을 이해할 수 있는 연구자와 사무지원 인력을 배치하고 글로벌 R&D 거버넌스 체계를 구축하는 것이다.

국제 공동연구는 경제안보 관점에서 동맹국과의 협력 필요성이 증대하고 있어 R&D 관련 기관(문부과학성, JSPS, JST, AMED 등)을 통한 협력 강화 필요에 의해 추진하고 있으며 주요국과의 공동연구(Joint Call)를 수단으로 연구 성과물(논문)의 질적 제고와 기술 외교 강화를 추진중이다.

공동학위로는 일본 대학과 외국 대학을 연계하여 교육과정(국제 연계 교육과정)을 편성하고, 국제 연계학과 전공을 설치하였다. 기존에는 정원의 80%는 해외의 상대 대학에서 모집하여 교육하며, 정원 규모와 상관없이 전임교원을 배치(겸직 가능)하고 연계한 두 개 대학 명의로 학위를 발급하였으나 2022년에 설치인가 요건 완화(학위 종류, 분야의 변경을 수반하지 않을 경우, 신고로 설치 가능), 수용 정원 제한 폐지(학부 정원의 20% 상한 제한을 철폐하는 한편, 해외 대학과의 Joint Degree 프로그램의 지속이 불가능한 경우를 대비하여 국제협력 학과 이행 계획을 수립), 일본 내 타 대학 참여 확대(최저 이수 학점 기준을 낮춰 일본 대학의 참여 유도) 등의 내용으로 개정하였다.

[그림 2-14] 일본의 Joint Degree 제도 구조



박사과정생 및 Post-Doc에게는 연구 몰입을 위해 경제적 비용(생활비 연간 180만엔 및 연구비)을 지원하고, 경력 로드맵 개발도 지원한다. 이때 RA에 대해서는 업무 성격, 학내 규정, 연구 참여 등을 고려하여 시급 2,000~2,500엔을 별도 지급한다.

이 외에도 다양한 인재육성 및 국제 공동연구 사업을 시행하고 있다. 과학기술 혁신의 전략적 국제 확장을 위해 전략적 국제 공동연구 프로그램(SICORP), 글로벌 문제 대응을 위한 국제 과학기술 협력 프로그램(SATREPS), 글로벌 청년 연구자 육성 등의 세부 사업으로 138억 엔('22)을 투입하고 있으며 세부 내용은 다음과 같다.

〈표 2-10〉 일본 ‘과학기술혁신의 전략적 국제 확장’ 관련 국제 공동연구 프로그램

세부 사업명	내용
전략적 국제공동연구 프로그램(SICORP)	- 국제 두뇌 순환 참가, 연구 네트워크 구축 등을 위해 국제공동연구 추진 * (예산, '22) 1,160백만 엔
글로벌 문제 대응을 위한 국제 과학기술협력 프로그램(SATREPS)	- 국제협력을 통한 STI for SDGs 구현하고자, 개발도상국의 요구에 따라 세계적 규모의 문제 해결을 위한 국제 공동연구 추진 - 이해관계자와의 연계·협동을 촉진하여 SDGs 달성을 위한 연구성과의 사회적 구현·확대를 가속화 * (예산, '22) 1,826백만 엔
글로벌 청년 연구자 육성	(해외 특별연구원 사업) 청년 박사학위 연구자가 해외 대학·연구기관에서 장기간(2년 간) 연구에 전념할 수 있도록 지원 * (예산, '22) 2,422백만 엔 (청년 연구자 해외 도전 프로그램) Post-Doc을 대상으로 해외에서 외국 연구자와의 공동연구(3개월~1년) 기회 제공 * (예산, '22) 265백만 엔 (외국인 연구자 초청 사업) 외국의 청년 연구자를 일본 대학·연구기관에 초청하여 일본 연구자와의 연구 협력 관계 도모(일본 연구원의 국제화와 학술연구의 질적 제고 유도) * (예산, '22) 3,414백만 엔 (국제 청소년 과학교류 사업) 해외 우수인재 유입, 국제 두뇌순환 및 해외국가·지역과의 우호관계 강화와 과학기술 외교에 기여할 목적으로 과학기술 분야에서 해외 국가와의 청소년 교류를 촉진 * (예산, '22) 1,371백만 엔

마. 주요국 정책 비교

생성형 AI의 등장과 확산, 그리고 시장 규모가 급증하고 있는 상황에서 주요국들은 기술 선점 및 패권 확보를 위해 기존의 AI 관련 정책에 이어 생성형 AI에 대한 정책을 쏟아내고 있다. 또한 Microsoft Corporation, Amazon Web Services, Google LLC, Adobe, Meta 등 생성형 AI 관련 빅테크 기업들은 대규모 투자를 통한 기술개발에 박차를 가하고 있고 거대 클라우드 기업들은 생성형 AI 수요의 빠른 확산에 대응하기 위해 유럽과 아시아 거점 지역에 대규모 데이터 센터를 짓는 등 생성형 AI 시장을 둘러싼 국가 및 기업들의 경쟁이 심화되고 있다.

앞서 살펴본 주요국들은 생성형 AI의 이점과 이면의 부작용 등을 함께 고려하여 앞으로 올바른 사용과 생태계 형성을 위해 각종 규제를 여러 국가가 함께 논의해 나가며 각국 특성에 맞게 설정해 나가는 상황이지만, 현재까지 생성형 AI에 특화된 인력 양성 정책을 전폭적으로 시행하기보다는 대부분 기존의 디지털·SW·AI 정책 등에 생성형 AI를 포함하여 인력양성 정책을 확장해 나가는 것으로 보인다.

생성형 AI 관련 디지털 인력양성 측면에서 주요국들의 공통점은 생성형 AI의 빠른 확산과 시장 규모 증가에 따른 인력 수급에 차질을 빚고 있고 앞으로 더욱 심화될 것이라는 전망에 문제 인식을 같이하고 있다는 점이다. 또한 이에 대한 대책으로 비자 제도 및 장학제도 등을 변경하거나 신설함으로써 경쟁적으로 글로벌 인재 유치 및 유입에 힘을 쏟고 있다는 점이 공통분모이다. 또한 초·중·고 학생들을 대상으로 하는 리터러시 교육과 대학(석·박) 학위프로그램을 신설하거나 개편하는 등 대상별 수준별 교육의 중요성을 강조하고 있으며 접근이 용이한 직업교육기관을 통해 인공 지능 교육을 시행하는 등 전 국민 대상 재교육 시스템을 구축해 나가며 전 생애주기 AI 교육이 이루어질 수 있도록 노력하고 있다. 그리고 이러한 정책들은 주로 기업과 정부가 협력하는 형태를 보인다.

주요국들은 이 외에도 각자의 상황과 전략에 따라 생성형 AI 관련 디지털 인력양성에 대해 일부 상이한 정책 방향과 대응책들을 지속 발표하고 있다. 국가별 주요 내용은 다음과 같다.

미국의 정책은 기술 패권에 무게를 두고, 이를 위한 생성형 AI 인재 확보를 위해 기존 AI 인력양성 정책에 더해 비자 제도 개선 등을 통한 해외 인재 유치에 집중하고 있다. 더불어 국가 AI R&D 전략계획을 통해 AI 기술 분야에 필요한 전문인력 훈련/재교육 및 세계적으로 유능한 고급 인재들의 동원과 유치를 강조하고 있으며 AI 분야

선도 전문가들과 혁신가들 간의 아이디어와 지식 교류를 촉진한다. 또한 생성형 AI 관련 미국 기업은 파격적인 연봉 등을 앞세워 우수 기술 인력을 확보하기 위해 아낌없이 투자하고 있다.

미국의 AI 활용 기조는 혁신과 번영, 자국 기술 패권 유지에 최우선을 두고 기술적 투명성과 보안성을 보장하는 방향으로 진행하는 것이다. 따라서 미국은 생성형 AI의 위험성에 대한 방어보다는 AI 기술 우위를 위해 보다 공격적으로 글로벌 우수 인재를 유치하고 양성해 나가고 있다. 특히 2023년 7월에 AI로 인한 기회는 살리고 위험에 대처하기 위한 생성형 AI 실무그룹을 출범시키고 건강한 생태계 조성을 위해 AI 권리 장전을 토대로 안전·보안·신뢰라는 목적을 달성하고자 빅테크 기업의 자발적 약속을 이끌어낸 바 있다. 즉, 기민하게 기업과 정부가 함께 대응해나가는 면모를 보인다. 또한 2023년 10월에는 안전하고 신뢰성 있는 AI를 위한 행정명령을 통해 별도 홈페이지를 열고 정부의 AI 관련 인력 모집에 나서며, 미국 내 전체적인 AI 인력 확보를 위해 고도로 숙련된 이민자와 비이민자를 위해 비자 허가를 확대한다는 안을 포함하는 등 해외 우수 인재 유치에 노력하고 있다.

중국은 대표적인 국가 주도의 인재 양성국이다. 그러나 중국은 미국과 함께 글로벌 AI 시장에서 선도적으로 대응하는 국가로서 일찍이 AI 경쟁력 확보의 중요성을 잘 알고 있었음에도 불구하고 현재 중국 내 AI 수요를 소화할 수 있는 고급 수준의 AI 인재 확보에 어려움을 겪고 있다. 이에 따라 중국은 초·중·고·대학기관 등 정규교육을 통한 고급 인재 양성에 대한 한계를 인정하고 대학중심-기업보조 형태의 인재 양성을 강조하고 있다. 또한 대학에서는 실무에 바로 투입될 수 있는 실습 기반의 수업 활동으로 교육 프로그램을 구성하고 있고, 기업에서는 인공지능 인재를 대상으로 하는 인재 인증 시행을 활성화하고 있다.

영국은 AI 분야 선도와 함께 기업이 인공지능을 개발·이용하기 좋은 국가가 되는 것을 목표로 삼고, 영국이 보유하고 있는 우수한 인공지능 기반을 바탕으로 글로벌 우수 인재를 확보하기 위해 노력하고 있다. 이는 미국과 마찬가지로 해외 우수인재 유입을 위해 비자 제도를 개편하고 이민자들의 범위를 확대하거나 자격을 완화시키는 등의 제도를 개선 및 확대해 나가는 정책을 펼치고 있다. 즉, 영국은 자국의 강점을 바탕으로 인재 유입 환경을 개선함으로써 우수 인재를 자국에 확보하려는 노력으로 풀이된다.

일본은 선진국 중에 생성형 AI에 대한 대응이 비교적 부진했다고 평가받지만, 2023년 5월, AI 전략회의를 통해 생성형 AI의 가이드라인 구축과 연구기관 설립에 대해

논하고 AI 데이터 분석과 인재 확보를 위한 교육에 대해 강조하며 생성형 AI 개발 촉진 등을 위해 대규모 자금을 확보하고자 하는 노력을 기울여 왔다. 또한 2023년 하반기에는 초중등 교육 단계에서의 생성형 AI 활용에 관한 잠정적 가이드라인을 논의하는 등 앞으로의 생성형 AI 시대에 필요한 미래 세대의 자질과 능력을 어떻게 정립하고 이를 위해 교육 방식을 어떻게 재검토할지 등에 대해 기초부터 고민하고 있다. 또한 생성형 AI에 국한하지 않고 조금 더 확장해 보면, 주요국과의 국제 공동연구 네트워크가 미흡하다는 인식 아래, 세계 질서의 재편 과정에서 기술혁신의 전략적 가치를 확보하고, 글로벌 문제와 사회적 과제 해결을 위한 일본의 글로벌 인재 유동성 확보와 국제협력 강화를 위해 2022년부터 다양한 해외 우수인재 유치 및 국제 공동연구를 지원하는 정책과 사업을 펼쳐오고 있다. 세부적으로는 대학(학부)부터 석·박사, Post-Doc, 대학 교수 등의 경력경로 상에서 해외 인재의 순환(Inbound, Outbound)과 국제공동 연구의 확대를 위한 세부 사업을 추진 중이다. 이는 대부분 고급인재 양성 및 확보에 초점이 맞추어져 있다.

이렇듯 세계 주요국들은 기존 AI 인력양성 정책을 기반으로 자국의 AI 인력 역량 강화에 노력하고 있으나 최근에는 우수 고급인재를 해외로부터 유치하는 데 많은 노력을 기울이고 있다. 현재 한국은 인공지능 인재의 수요부족 상황을 해결하기 위해 주요국의 정책을 참고할 필요가 있다. 대학 학위 프로그램 개설은 일부 이루어지고 있으나 전 생애주기 교육, 성인 대상 재교육 시스템은 미흡한 편으로 국내 인공지능 인재 양성을 위해 정부 차원에서 산·민·관 협동 방식의 유기적인 인재 양성 교육 시스템을 구축하고, 실무에 바로 투입될 수 있는 고급인재 양성을 위한 프로그램 구성이 필요하다, 또한 국내의 인재 유출을 막기 위한 정책 마련과 비자 개편 혹은 인공지능 인재 대상 이민 정책 개선을 통한 해외에서 인재를 유입하는 방식도 필요할 것으로 보인다.

2. 국내 생성형 AI 대응 정책 동향

가. 초거대 AI 경쟁력 강화 방안(2023.4, 관계부처 합동)³⁶⁾

2023년 4월, 대한민국 정부는 관계부처 합동으로 민간의 초거대 AI 개발 및 고도화를 지원하는 방안을 담은 초거대 AI 경쟁력 강화 방안을 발표했다. 이는 전 세계적 ChatGPT 돌풍을 계기로 AI에 대한 막연한 기대감이 높은 효용성으로 증명되고 누구나 쉽게 AI를 활용하는 ‘AI 일상화 촉발’이 발생되며 글로벌 빅테크 기업들이 초거대 AI 플랫폼을 선점하기 위한 속도전이 치열하기 때문이다. 또한 그동안 축적한 AI 산업기반과 국내 초거대 AI 플랫폼을 기반으로 글로벌 시장에서 승부해 성과를 창출할 가능성이 충분하기 때문에 동 방안을 발표하였다.

초거대 AI 경쟁력을 강화하기 위한 비전으로 “똑똑한 인공지능, 국민과 함께 디지털 경제를 가속화 하겠습니다”가 제시되었다. 목표는 첫째, 초거대 AI 플랫폼 시장에서 한국어 플랫폼 세계 1위와 함께 비영어권 중심 글로벌 시장을 선점한다는 계획이다. 다음으로 응용서비스 분야에서는 기업 간 협력 생태계 조성으로 전문 특화분야 세계 1위에 도전하는 것이다.

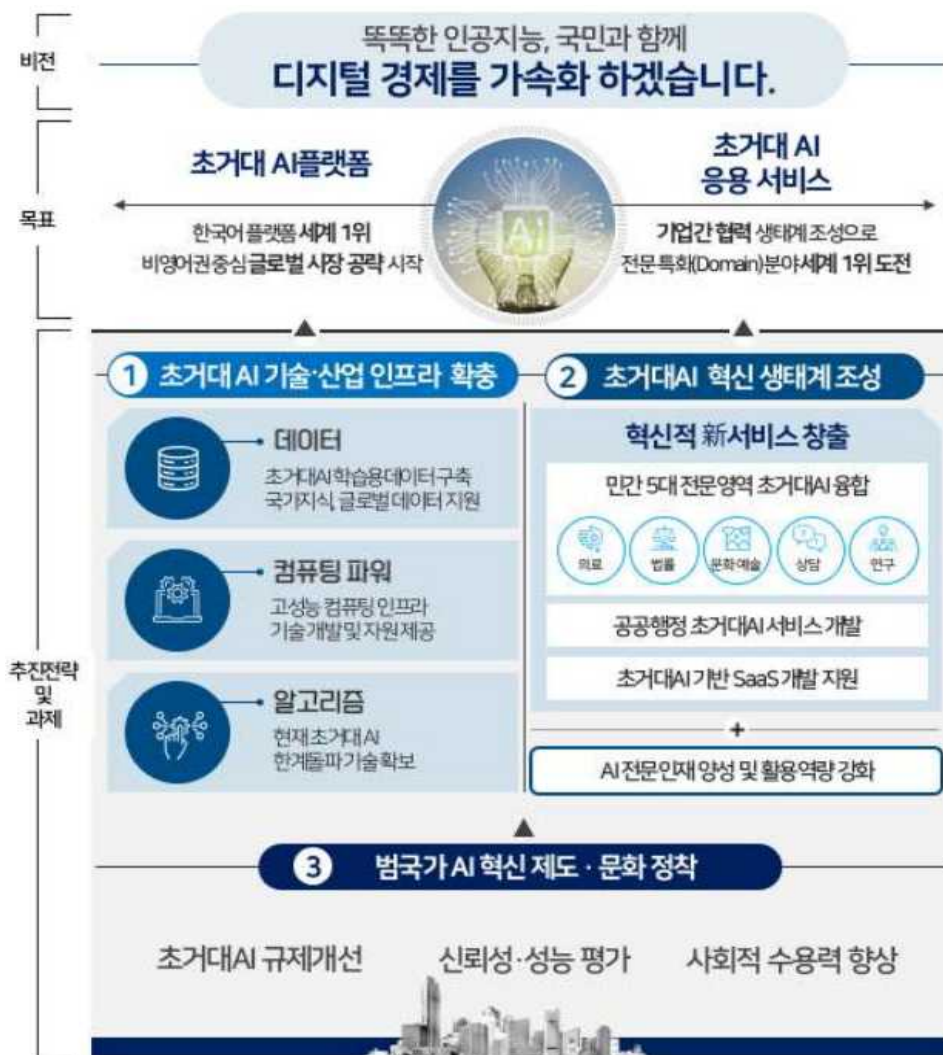
전략은 크게 3가지로 나뉜다. 첫째 초거대 AI 기술·산업 인프라 확충이다. 데이터 부문에서는 2023년부터 초거대 AI 개발에 필요한 양질의 텍스트 데이터를 보강한다. 도서 15만 권 분량에 해당하는 분야별 특화 텍스트 데이터 200종을 구축하고 문체부에서는 한국어 고품질 말뭉치와 응용말뭉치를 구축한다. 기술 부문에서는 기추진 중인 딥러닝 개선 기술개발과 함께 현재 초거대 AI의 한계 돌파를 위한 R&D를 신규 추진한다. 인프라 부문에서는 국산 AI 반도체 기반의 고성능·저전력 K-클라우드를 초거대 AI가 활용할 수 있도록 핵심 HW 및 SW를 개발한다.

두 번째 전략은 초거대 AI 혁신 생태계 조성이다. 2024년부터 민간 5대 전문영역(법률, 의료, 심리상담, 문화·예술, 학술·연구)에 초거대 AI를 접목하여 전문가 보조·지원 등 생산성을 혁신하는 응용서비스 개발인 초거대 AI 플래그십 프로젝트를 진행한다. 또한 초거대 AI 산업 혁신 생태계 조성 차원에서 민간 차원의 투자, 신서비스 창출 등 디지털 기업의 협력 강화를 위한 “초거대 AI 협의회”를 운영한다. 인재양성 부문에서는 기존의 AI·SW 인력양성과 함께, 초거대 AI 개발·활용에 전문화된 글로벌 수준의 인재를 추가 양성한다. 세부적으로는 고용부에서 MS 등과 구직자 대

36) 관계부처합동(2023.4), 초거대 AI 경쟁력 강화 방안

상 초거대 AI 프로젝트 중심 교육과정을 운영하고 교육·과학기술부에서는 SW 개발자 등을 대상으로 초거대 AI 활용역량 강화교육과 일반인 대상 기본소양·윤리 교육을 실시한다.

마지막으로 범국가 AI 혁신 제도·문화 정착 전략이다. 사회적 수용력을 높이기 위해 초거대 AI 관련 규제 개선 방향을 도출하고 초거대 AI 확산에 따라 야기되는 교육·보안 등 사회적 이슈 논의·대응 방안을 모색한다. 또한 기업이 개발한 초거대 AI 서비스에 대해 위험요인·성능을 공신력 있는 제3의 기관을 통해 평가하는 방안을 추진한다.



[그림 2-15] 초거대 AI 경쟁력 강화 방안 비전 및 중점 추진과제

나. 전국민 AI 일상화 실행계획(2023.9, 관계부처 합동)³⁷⁾

2023년 9월, 대한민국 정부는 관계부처 합동으로 범부처 역량을 결집하여 국가 전방위적 AI 확산을 추진하기 위해 전 국민 AI 일상화 실행계획을 수립·발표했다. 이는 새 정부 출범 이후 ‘뉴욕구상(’ 22.9)’, ‘대한민국 디지털 전략(’ 22.9)’을 통해 국민과 함께 세계의 모범이 되는 디지털 강국 실현을 본격적으로 추진하고 국민과 AI 혜택을 공유하고 AI를 가장 잘 활용하는 디지털 모범국가로 도약할 적기라고 판단하여 발표한 것이다.

전 국민 AI 일상화를 위한 비전으로 “전 세계에서 AI를 가장 잘 활용하는 대한민국으로 도약”이 제시되었다. 이러한 비전하에 민생현안 해결 및 국민 삶의 질을 제고하고 대규모 AI 수요창출 및 탄탄한 AI 산업 경쟁력을 제고하는 것이 목표이다.

전략은 크게 4가지로 나뉜다. 첫째, AI로 국민 일상을 풍요롭게 하는 것이다. 복지 부문에서는 AI를 활용해 독거노인, 보호아동, 장애인 등 사회적 약자 배려·돌봄 서비스를 강화하는 것이다. 의료·보건 부문에서는 중증질환·소아 희귀질환·자폐증 진단·관리를 위한 AI를 개발하고, 공공병원(’ 24년 8개) 등 대상 진료 보조 AI를 확산시킨다. 교육·교육 부문에서는 AI 기반 아이돌봄 플랫폼 및 급식 관리 시스템을 구축하고, 초·중고 학생 대상 AI 디지털교과서를 단계적으로 도입한다. 문화·예술 부문은 박물관·미술관에 AI 큐레이터 로봇을 배치하고, 디지털 아이돌, 디에이징 콘텐츠, 뮤지션 복원 등 콘텐츠 제작을 지원한다.

둘째, AI 내재화로 산업·일터를 혁신하는 것이다. 전문 직종 부문에서는 법률, 의료 등 민간 전문가의 업무를 보조하고, 서비스 질을 향상할 수 있는 초·거대 AI 플러그십 5대 프로젝트를 추진한다. 농어민을 대상으로는 작물 재배, 에너지·냉난방 제어 등 온실·축사 관리 AI를 개발하고, AI 기반 병해충 진단 및 처방 정보 서비스를 제공한다. 소상공인(’ 24년 5,500개 점포) 대상으로는 서빙 로봇, 안면인식 출입 장치 등 AI 융합 디지털기기 도입을 지원한다. 기업체 부문에서는 수요기업(’ 24년 70개 社)에 AI 기업이 보유한 제품설계, 설비진단, 불량 검출 등 AI 솔루션을 최적화하고 도입을 지원한다.

셋째, AI를 가장 잘 사용하는 똑똑한 정부를 만드는 것이다. 국민 안전 분야에서는 화재·홍수 등 재난 사고에 대한 실시간 감시·대응을 강화한다. 공공서비스 부문에서는 수입식품 위험성을 예측·분석하는 AI 솔루션을 적용하고, 수돗물 수질관리 등을 최적화하는 ‘AI 정수장’ 구축을 검토한다. 행정업무 부문에서는 특허, 산림보호, 통관, 통계 등 내부 행정업무 효율성 제고에 AI를 활용한다.

37) 관계부처합동(2023.9), 전국민 AI 일상화 실행계획

마지막 전략은 AI 일상화 기반을 선제적으로 조성하는 것이다. AI 문해력을 높이기 위해 디지털 문제해결센터(전국 17개), SW 미래채움센터(전국 13개) 등을 통해 초·중·고 학생의 AI 기초역량을 강화한다. 윤리·신뢰성 부문에서는 AI 신뢰성 검·인증 체계 마련 및 민간 자율적 시행을 지원하고 2024년 과기정통부 AI 사업(고위험 영역) 대상 검·인증실시를 의무화한다.



[그림 2-16] 전국민 인공지능 일상화 실행계획 비전 및 추진과제

다. 대한민국 초거대 인공지능 도약 행사 개최(2023.9.13, 과학기술정보통신부)³⁸⁾

2023년 9월 13일(수) 과학기술정보통신부는 ‘대한민국 초거대 인공지능 도약’ 행사를 개최했다. 이는 개방형 혁신을 통한 초거대 인공지능 경쟁력 강화와 인공지능 신뢰성 제고를 민관이 함께 추진하기 위함이다.

그간 정부는 ‘대한민국 디지털 전략(’ 22.9)’의 후속으로 인공지능 경쟁력 강화 및 산업 육성을 위해 ‘인공지능 일상화 및 산업 고도화 계획’(’ 23.1), ‘초거대 인공지능 경쟁력 강화 방안(’ 23.4)을 연속적으로 발표·추진하는 한편, ‘뉴욕구상(’ 22.9)’, ‘캐나다 인공지능 석학과의 대화(’ 22.9)’, ‘파리 이니셔티브(23.6)’, ‘한-아세안 인공지능 유스페스타(23.9)’를 통해 새로운 디지털 규범·질서 정립 논의를 주도하고 글로벌 인공지능 협력을 확대해왔다.

과학기술정보통신부는 인공지능 국제협력 확대, 전 국민 인공지능 일상화 추진, 디지털 권리장전 수립, 인공지능 윤리·신뢰성 확보 등 디지털 모범국가를 향한 ‘대한민국 인공지능 도약방안’을 발표하였으며, 세부 내용은 다음과 같다.

첫째, 우리나라 인공지능이 세계 최고 수준에 도달하기 위해 2024년부터 미국·캐나다·EU 등의 선도대학과 글로벌 공동연구를 추진하고, 인공지능 공동 랩 구축 및 석·박사급 파견을 통한 전문 양성을 새롭게 추진한다. 또한 양자 협의체 및 국제기구를 통해 우리의 인공지능 신뢰성 정책·제도에 대한 공조를 강화하고, 아세안·중동 등 신흥국을 대상으로 한·아세안 디지털 혁신 플래그십 등을 통해 AI 공동번영 협력 및 해외 진출 지원을 확대한다.

둘째, 국민 편의를 향상하고, 대규모 수요 창출을 통한 산업 육성을 견인하기 위해 관계부처 합동으로 2024년 9,090억 원 규모의 예산을 투입하여 전국민 인공지능 일상화를 추진한다. 관계부처와 함께 국민일상, 산업현장, 공공행정 등 국가 전방위적으로 인공지능을 확산하여 국민과 함께 인공지능 혜택을 공유하고 디지털 모범국가의 탄탄한 기초를 마련할 계획이다.

셋째, ‘뉴욕구상(’ 22.9)’와 ‘파리 이니셔티브(’ 23.6)’를 통해 선언한 새로운 디지털 질서·규범의 기본 방향으로서 디지털 권리장전을 수립한다. 디지털 권리장전은 디지털 공동번영사회를 위한 기본원칙과 그 실현을 위해 보장되어야 할 시민의 권리, 주체별 책무를 규정하며, 대학총장, 학회(9개), 기업 CEO, 청년세대 등 간담회(총 14

38) 관계부처합동(2023.9), 전국민 AI 일상화 실행계획

회)를 진행하여 사회적 의견을 폭넓게 수렴하였다. 뉴욕구상 1주년을 계기로 디지털 권리장전을 발표하고, UN, OECD 등을 통해 국제사회와 공유·확산하여 글로벌 디지털 규범 제정을 주도할 방침이다.

마지막으로, 인공지능 기술의 급속한 발전에 따른 잠재적 위험성·부작용에 선제적으로 대응하기 위해 인공지능 윤리·신뢰성을 강화한다. 치안(CCTV), 생성형 AI 기반 서비스 등을 중심으로 ‘분야별 특화 자율점검표·개발안내서’를 개발·확산하고, AI 서비스에서 발생 가능한 주요 위험요인, 성능 등에 대해 공신력 있는 제3의 기관을 통해 평가하는 신뢰성 검인증 체계를 마련하여 민간의 자율적 시행을 지원한다. 또한 AI 설명 가능성, 공정성 개선을 위한 핵심기술 개발과 함께, 그럴듯한 거짓 답변(Hallucination), 편향성, 비윤리·유해성 표현 등 초거대 AI 한계 극복을 위한 기술 개발도 2024년부터 신규 추진한다.

라. 2024년도 생성AI 선도인재양성 사업³⁹⁾

과학기술정보통신부와 정보통신기획평가원에서는 국내 생성형 AI 석·박사급 핵심 인재를 양성하기 위해 2024년도 생성AI 선도인재양성 지원 사업을 실시한다. 사업 목적은 국내 대학(원)과 생성형 AI 선도기업 간 공동연구를 통해 생성형 AI 초격차 기술 확보를 주도할 핵심 고급인재를 양성하는 것이다.

지원대상은 기업과 대학이며, 기업은 주관연구기관, 대학은 공동연구기관으로서의 역할을 한다. 예산 규모는 2024년 기준 총 35억 원이다. 지원 기간은 최대 4년(1단계 : 2년, + 2단계 : 2년)으로 단계평가를 통해 인력양성 및 연구성과 등 목표 달성 시 계속 지원하게 된다. 지원 규모는 2개의 신규 과제를 지원하며 2024년 과제 당 17.5억 원이 배정되었다. 정부 지원 연구개발비는 2024년에 한정하여 확정('25년 26억 원, '26년 26억 원, '27년 3억 원 예정)이며, 2025년도(2차년도) 이후 정부 지원 연구개발비는 향후 예산 상황에 따라 변경될 수 있다.

동 사업에서는 국내 생성형 AI 핵심인재 양성을 위한 공동연구 프로젝트 추진 등에 필요한 사항을 지원하게 되는데, 학생은 석·박사 대학원생의 프로젝트 참여 인건비 및 파견을 지원(인건비, 체재비 등)하며 교수에게는 프로젝트 지원, 학술대회 참가비용, 인건비 등을 지원한다. 기업에는 프로젝트 지원, 연구인프라 구축·운영 비용 등을 지원한다. 기업의 역할은 공공 또는 시장 수요를 반영한 생성형 AI 분야 연구 프로젝트 도출, 생성AI 파운데이션 모델 API 및 연구용 데이터 제공, 연구지도(컨설팅), 우수 연구자(기업 파견) 선정 등이며 대학(원)은 연구 프로젝트별 R&D 수행, 논문 등 연구 성과 도출 및 성과발표회 개최, 우수 연구자 선정 지원, 선정된 학생의 파견 지원('25~'27년 간 매년 파견) 등을 수행한다.

39) 과학기술정보통신부, 정보통신기획평가원(2024.1.11.), 2024년도 생성AI 선도인재양성 사업 공고, 과학기술정보통신부 공고 제2024-0016호

3. 국내·외 기업의 생성형 AI 대응 및 인재 확보 경쟁

가. 생성형 AI 기업 서베이⁴⁰⁾

딜로이트 인공지능연구소(Deloitte AI InstituteTM)는 2024년 1월 15일, 다보스포럼 첫날 전 세계 16개국 6대 산업 소속 기업 임원급 응답자들을 대상으로 실시한 ‘생성형 AI 기업 서베이: 현재 전략에 미래 경쟁력 달렸다’ 결과를 발표하였다.

서베이는 2023년 10~12월 전 세계 16개국에서 6대 산업을 통틀어 기업 이사~임원급 응답자 2,800명 이상을 대상으로 실시되었다. 응답자들의 AI 전문성 수준은 다양했으나, 모두 AI를 사용한 경험이 있고 조직 내에서 AI를 시범 도입 또는 본격 도입했다고 답했다. 서베이는 현재 생성형AI 관련 기업들의 인식과 행동을 조사해 향후 생성형 AI가 어떠한 방식으로 도입돼 가치가 실현될지를 예측하기 위해 실시한 것이다.

서베이에 따르면 응답자의 75%가 생성형AI가 향후 ‘3년 내’ 조직 대전환을 촉발할 것이라고 전망했다. 하지만, 현재로서는 대부분이 조직의 성장과 혁신 강화 등 장기적 비전보다 효율성 개선과 비용 절감 등 즉각 눈에 보이는 이점에 초점을 맞췄다. 또한 생성형 AI를 도입해 조직이 얻고자 하는 이점으로 응답자 56%가 효율성 및 생산성 개선을 꼽았다. 보다 장기적 전략에 해당하는 혁신 촉발(29%), 새로운 아이디어와 통찰력 발굴(19%) 등에 대한 기대는 상대적으로 낮았다.

한편 본인이 생성형 AI에 대한 전문성이 ‘높다’ 또는 ‘매우 높다’고 답한 응답자는 44%로 10명 중 4명을 넘었으며, 이 중 ‘매우 높은 전문성’을 지니고 있다고 답한 응답자는 9%를 기록했다. 이처럼 매우 높은 전문성을 지닌 리더들이 이끄는 기업은 생성형 AI를 받아들이는 방식이 여타 기업과 달랐다. 이들 중 이미 제품 개발과 연구개발에 생성형 AI를 본격 도입했다는 비율이 73%에 달해, 이미 혁신과 성장 가치를 실현하고 있음을 나타냈다. 또한 이들은 전 사업부서를 통틀어 생성형 AI를 도입한 비율도 상대적으로 높았다.

더불어 이들은 생성형 AI에 대한 신뢰는 높은 반면 불확실성은 낮게 인식하고 있었고, 생성형 AI가 가져올 파괴적 변화 가능성도 누구보다 크게 인식하며 준비 태세를 갖추고 있는 것으로 나타났다. 전문성이 높은 그룹은 생성형 AI 도입이 확산되면 기존의 사업 및 운영 모델이 위기에 처할 것이라는 응답 비율이 생성형 AI 전문성이 보통 수준인 응답자 그룹에 비해 두 배 높았다.

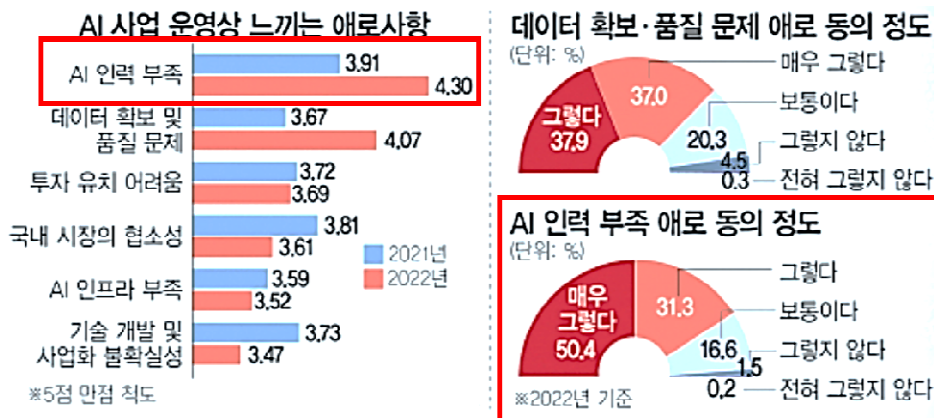
40) 딜로이트 보도자료(2024.1.16.), 글로벌 기업 임원 75%, ‘3년 내’ 생성형AI로 인한 조직 대전환 전망

나. 기업의 AI 인력난 및 생성형 AI 인재 확보 동향⁴¹⁾⁴²⁾

생성형 AI 산업을 둘러싸고 벌어지는 글로벌 기술 패권 전쟁에서 살아남으려면 우수 인재와 데이터 풀 확보가 필수조건이지만 현장에서는 이를 확보하는 것이 매우 어렵다. 국내 AI 기술 경쟁력을 유지하고 주도권을 확보하기 위해서는 기업들이 관련 인재를 원활히 확보할 수 있도록 돕고 데이터 풀 구축 등에 더욱 과감한 예산 집행이 필요하다.

그러나 소프트웨어정책연구소의 ‘2022년 AI 산업 실태조사’에 따르면 2022년 AI 사업 과정에서 인력 부족을 경험하고 있는 사업체는 전체 응답 기업의 81.7%로 나타났다. 직전 연도(71.2%) 보다 10%포인트 넘게 상승했다. 2022년 11월 ChatGPT가 공개된 후 AI 분야 중에서도 특히 자연어 처리(NLP) 분야에 특화된 인재에 대한 수요가 급증한 상황을 고려하면 2023년에는 인력 수급 불일치는 더욱 커졌을 것으로 추정된다.

국내 인재 수급만으로는 글로벌 빅테크와 경쟁하는 데 한계를 느낀 국내 기업들은 해외 인력 유치로 눈을 돌리고 있지만 이 또한 장벽이 높다. 취업비자를 통해 해외 인재를 유치하고 싶지만, 수요가 매우 높고 현재의 비자 제도로는 수급에 한계가 있다. 구글이 아시아 인재를 50%까지 확보해나가며 기술 변화에 대응해나가는 모습과 대조적이다.



[그림 2-17] AI 사업 운영에 대한 기업의 인력 부족 문제

자료: 소프트웨어정책연구소(2023), 2022년 AI 산업 실태조사

생성형 AI인재 확보에 대한 문제는 비단 국내에만 국한되지 않는다. 한국딜로이트그룹 ‘2024 경제·산업 전망’ 보고서에서도 아태지역에서 생성형 AI 인재확보 문제가 거론되었다. 한국딜로이트그룹은 2024년 1월 3일, 26개 이상의 산업군에 소속된 세계 기업

41) 서울경제(2023.8.29.), AI기업 82%가 인력난 호소…비자 문턱 낮춰 인재 확보해야

42) 한겨레(2024.1.3.), 세계 기업인 380명 “생성형 AI 기술 도입, 외부 규제 변화 대응이 과제”

시이오(CEO·최고경영자) 104명과 호주·중국·인도·일본 등 아시아·태평양 지역 기업 소속 최고재무책임자(CFO) 276명을 대상으로 올해 세계 경제 전망과 기업이 당면한 이슈와 추진과제 등을 조사한 뒤 ‘2024년 경제·산업 전망’ 국문본을 발간한 바 있다. 조사는 2023년 10월 3일부터 11일까지 설문조사와 심층 인터뷰 방식으로 진행했다.

기업의 대표들은 올해 세계 경제 전망을 묻는 질문에 48%가 낙관할 수 없다고 답했다. 가장 우려하는 외부요인은 지정학적 불확실성과 인플레이션 51%, 금융과 시장 불안정성 38%, 규제 대응과 인재 부족 35%, 경제 양극화 21% 순서였다.

핵심 과제로는 생성형 AI 등 첨단 기술 도입과 안정적 인재 확보, 규제 환경변화 대응을 꼽았다. 설문에 참여한 기업의 대표 중 38%는 이미 생성형 AI를 기업 경영에 도입하고 있다고 답했다. 도입 수준은 제한적 활용이 34%, 사업부서에 실질적으로 활용한다는 응답은 13%였다. 2023년 6월 조사와 비교했을 때 각각 14%포인트, 6%포인트 증가했다. 생성형 인공지능을 사용하는 목적으로는 업무 효율성 개선 96%, 자동화 89%, 운영비용 절감 87% 등이라고 복수 응답했다. 동시에 남은 과제로 데이터 전문인력 확보와 사이버보안 문제를 꼽았다.

글로벌 빅테크 기업에서도 생성형 AI 엔지니어에 대한 확보 경쟁이 매우 치열하다. 오픈AI의 경우 최고 수준의 엔지니어에게 최소 500만 달러(약 65억 원)에서 최대 1,000만 달러(약 130억 원)까지 가능하다고 하면서 생성형 AI 시장에서 우수 인재 확보를 통해 시장 주도권을 잡기 위해 노력하고 있다.⁴³⁾

오픈AI의 이러한 행보는 ChatGPT 출시와 함께 생성형 AI 시장에서 거머쥔 기술적 리더십을 이어가겠다는 복안으로 풀이된다. 오픈AI는 특히 대중화의 길로 들어선 생성형 AI가 인간에게 위협적인 존재로 다가올 수 있단 지적에 주목하고 있다. 아울러 미국과 유럽 등을 중심으로 세계 각국이 생성형 AI에 대한 규제 움직임에 속속 동참하고 나선 흐름도 오픈AI의 최근 행보와 무관치 않다.

2023년 7월, AI 기술개발에 따른 인간의 안전을 확보하기 위한 별도 조직으로 새롭게 출범시킨 ‘슈퍼정렬팀’도 이런 맥락에서 구성됐다. 향후 기술 개발에 따른 부작용으로 점쳐진 생성형 AI의 통제 불능 사태를 최대한 차단하겠다는 의도다. 이는 오픈AI가 생성형 AI에 특화된 인재를 다양한 분야에서 무차별적으로 흡수하고 나선 배경이기도 하다.

얀 레이크 오픈AI 슈퍼정렬팀 팀장은 2023년 8월, “연구와 관련된 엔지니어에서부터 과학자와 관리자를 고용하고 있다”고 직접 밝힌 바 있다. 이 조직의 엔지니어 구인 공

43) 한국일보(2023.11.18.), “연봉만 최대 130억 원”…물지마 AI 투자, ‘편의 전쟁’

고엔 연봉이 24만5,000~45만 달러(약 5억9,000만 원)에 이르고 최종 보상은 주식과 기타 혜택 등이 포함된다고 제시됐다. 오픈AI의 인재 영입 대상 기업이 구글에만 국한된 건 아니다. 미국 내 리서치 업체인 핑크앤핀스트라이프에 의하면 지난 2월 기준, 오픈 AI엔 59명의 전직 구글 구성원들과 더불어 34명의 메타(옛 페이스북) 직원들이 근무 중인 것으로 알려졌다.

구글은 생성형 AI 시장 주도권 확보를 위해 투자에 적극적이다. 2023년 10월 28일 월 스트리트저널 등에 따르면 구글은 오픈AI 라이벌로 알려진 스타트업 앤트로픽에 최대 20억 달러(약 2조6,000억 원)를 투자하기로 했다. 구글은 이미 올해에만 5억5,000만 달러(약 7,153억 원)를 앤트로픽에 투자한 바 있다. 지난 2021년 설립된 앤트로픽은 “우리는 경쟁사와 달리, 도덕적 가치에 방점을 두고 생성형 AI 설계에 주력하고 있다”며 경쟁사와 차별화를 꾀하고 있다. 구글의 이러한 행보는 앤트로픽과 손잡고 생성형 AI에서 오픈AI와 마이크로소프트(MS) 진영을 견제하겠다는 것이다.

과거 AI 선구자로 알려졌던 IBM의 경우도 마찬가지다. 5억 달러(약 6,503억 원) 규모의 벤처 펀드를 결성, 기업용 생성형 AI 기술 유망 스타트업 투자에 나섰다. 2011년 2월, 미국 최고 인기 퀴즈쇼 프로그램으로 알려졌던 ‘제퍼디’에서 역대 인간 챔피언들을 잇달아 물리치고 우승컵까지 들어 올린 주인공이 IBM의 슈퍼컴퓨터 ‘왓슨’이었는데, 이 결과는 왓슨에게 탑재됐던 AI 덕분에 가능한 것이었다. 이후, 기술 상용화 실패에 고비용 문제까지 겹치면서 IBM은 AI 분야에선 철수했지만, AI 잠재력을 간과하기는 어렵다. IBM은 2023년 7월부터 자사의 AI 및 데이터플랫폼인 기업용 ‘왓슨x’를 통해 최신의 생성형 AI 서비스 제공에 나섰다. 기업용 분야에 먼저 진출했지만, 일반 소비자 시장으로 넘어올 가능성을 배제할 순 없다.

제3장 SW 개발 환경 변화에 따른 개발 업무 변화

생성형 AI가 등장하면서 기존 자동화⁴⁴⁾나 생성형 AI 이전의 AI를 활용해서 수행하는 작업의 종류와 특성이 변화하고 있다. AI가 직업에 미치는 영향을 분석한 논문들은 직무와 AI 역량을 비교하여 수치적 영향을 분석하였다. Frey & Osborne(2017)의 연구는 자동화에 영향을 많이 받는 직업은 단순 영업, 문서 및 데이터 분석, 사무보조, 재무 업무 등을 수행하는 직업이라는 결과를 제시하였다. Felten et al.(2021)⁴⁵⁾은 직무별 필요 역량, 10개의 AI 애플리케이션과 52개의 인간의 역량⁴⁶⁾을 비교하여 AI 직업적 노출(AIOE, AI Occupational Exposure)을 측정하였다. 특정 직업 수행을 위한 직무 및 인간 역량은 O*NET, PIAAC(Program for the International Assessment of Adult Competencies), 전문가 자문을 통해 도출하였다. 그 결과 AI에 의해 영향을 많이 받는 직업은 재무 관련 직업이 가장 많았다.

Felten et al.(2023)⁴⁷⁾, Eloundou et al.(2023)⁴⁸⁾은 ChatGPT 출시 이후 기존 AI가 직업에 미치는 영향에 대한 연구를 수정하여 생성형 AI의 일종인 LLM에 대한 직업별 노출도를 측정하고 그 영향을 많이 받는 직업 리스트를 도출하였다. AI 영향을 받는 직업으로 Felten(2023)은 방대한 지식을 분석하여 업무를 수행하는 전문직, Eloundou(2023)은 번역, 작문, 설문조사 등의 높은 수준의 언어적 능력을 요구하는 직업들을 생성형 AI에 영향을 받을 것으로 예측했다.

AI 특히 생성형 AI는 관련 직업에 미치는 영향은 아직 확신할 수 없다. AI를 업무에 활용하여 생긴 노동 효율성 향상 효과는 고용의 감소, 혹은 생산 비용 절감으로 인한 고용의 증가가 될 수 있다. AI의 활용이 기업이 고용자에게 요구하는 역량과 고용자의 임금에도 영향을 줄 것이다. 고용자들은 AI를 이용하여 효과적으로 작업하고 변화하는 업무에 적응하기 위한 준비가 필요한 것이다.

44) 정보기술과 제어시스템 등을 사용하여 인간의 정형적인 프로세스에 의한 의사 결정과 반복적인 작업을 수행하도록 함으로써 인간의 관여와 노동력을 줄임

45) Felten, E., Raj, M., & Seamans, R., Occupational, industry, and geographic exposure to artificial intelligence: A novel dataset and its potential uses

46) 구술 이해(oral comprehension), 귀납적 추론(inductive reasoning) 등(O*NET 데이터)

47) Felten, E., Raj, M., & Seamans, R., How will Language Modelers like ChatGPT Affect Occupations and Industries?. arXiv preprint arXiv:2303.01157.

48) Eloundou, T., Manning, S., Mishkin, P., & Rock, D., Gpts are gpts: An early look at the labor market impact potential of large language models. arXiv preprint arXiv:2303.10130.

생성형 AI, 특히 LLM의 영향을 받을 것으로 예측되는 직업 중 하나가 SW 개발자다. 이는 소프트웨어 개발 업무 중 코딩이나 테스트를 위한 작업 일부를 수행하는데 LLM을 활용할 수 있기 때문이다. 이미 개발자들은 통합개발환경에서 깃허브의 Copilot 등의 LLM 관련 도구를 개발에 활용하고 있다.

Georgieff(2022)⁴⁹⁾는 AI가 부가가치 창출에 도움을 주며, 뛰어난 디지털 기술을 이용하여 자동화되기 어려운 부가가치를 창출하는 AI 전문가는 생산성을 늘릴 수 있다고 했다. 이에 소프트웨어 개발 생산성 향상을 위해, 소프트웨어 개발과 개발자 필요 역량의 특징을 분석하고, 소프트웨어 공학적 측면에서 소프트웨어 구축 업무에 생성형 AI 활용 가능성을 타진해 보려 한다.

제1절 SW 개발 프로세스 및 소프트웨어 개발자 작업(TASK)

1. SW 개발 프로세스

소프트웨어는 컴퓨터에 동작 방법을 지시하는 명령어집합과 데이터의 모임이며 소프트웨어 대부분은 고급 프로그래밍 언어로 개발된다.⁵⁰⁾ 정보통신언어 사전에서 “소프트웨어는 컴퓨터에서 하드웨어(hardware)를 운용하여 특정 작업을 수행하는 절차와 규칙, 관련 체계 등을 기술한 명령어집합, 즉 프로그램 집합”이라고 정의하고 있다.⁵¹⁾ 프로그래밍 개발 도구는 개발자가 소프트웨어를 제작, 검증, 유지하는데 사용하는 응용프로그램 형태의 소프트웨어이다.

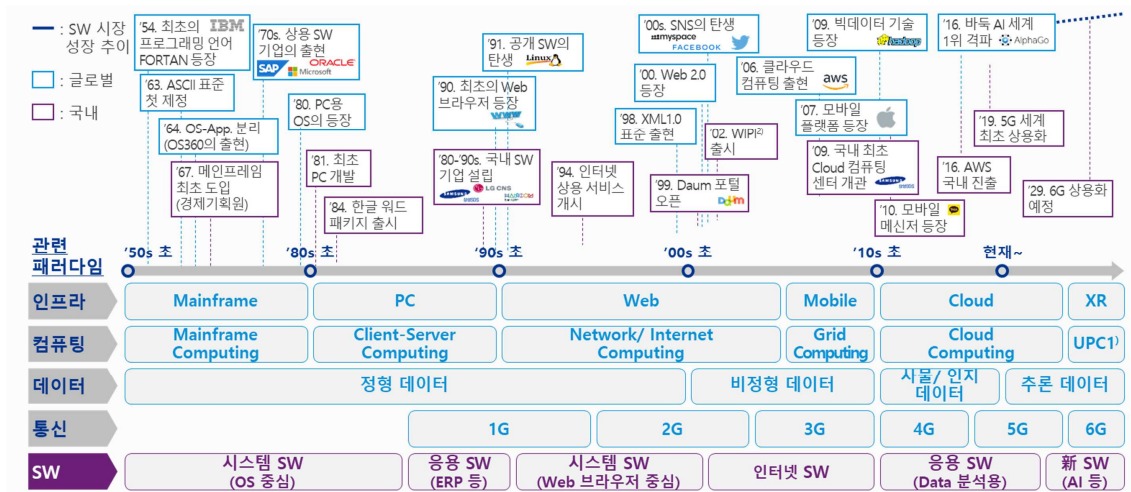
소프트웨어는 인프라, 데이터, 통신, 신기술의 변화·발전에 따라 그 범위가 확장되고 있다. 시스템 소프트웨어, 응용 소프트웨어, 인터넷 소프트웨어, 신소프트웨어 등 빠른 주기로 변화하며 발전하고 있다.

49) Alexandre Georgieff(2022), Artificial Intelligence and employment : New Cross-Country Evidences

50) 위키백과 소프트웨어(2023.7.19. 참조)

51) 정보통신용어사전 TTA(2023.7.19. 참조)

[그림 3-1] 디지털 기술 변화 및 소프트웨어 범위 확장



자료 : 한국IBM, 한국정보과학회, NIA, STEP, IEEE Access, MDPI, IMIS Presssearch 자료 편집

소프트웨어 공학은 효율적이고 안정적인 소프트웨어를 개발하고 관리하기 위해 소프트웨어의 설계, 구현, 테스트 및 문서화 기술, 지식, 방법 및 경험을 체계적으로 적용하는 학문이다.⁵²⁾ 소프트웨어 공학의 범위는 다음과 같이 정의하고 있다. ⁵³⁾

<표 3-1> 소프트웨어 공학 KA(Knowledge Area)

KA(Knowledge Area)	
Software Requirements	Software Engineering Models and Methods
Software Design	Software Quality
Software Construction	Software Engineering Professional Practice
Software Testing	Software Engineering Economics
Software Maintenance	Computing Foundations
Software Configuration Management	Mathematical Foundations
Software Engineering Management	Engineering Foundations
Software Engineering Process	

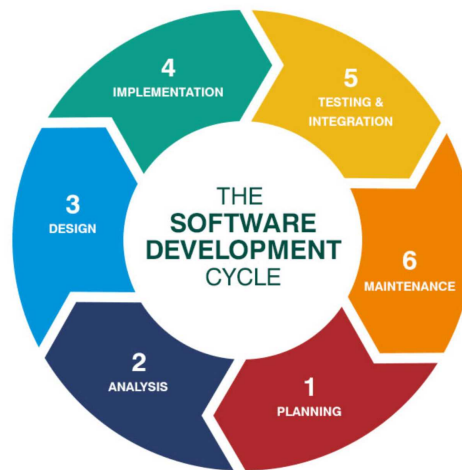
자료 : IEEE(2014) Guide to Software Engineering Body of Knowledge V3.0

52) ISO/IEC/IEEE std 24765:2010(E) 2010. Systems and software engineering – Vocabulary

53) IEEE(2014) Guide to Software Engineering Body of Knowledge V3.0

본 영역(KA)은 크게 소프트웨어 개발, 운영(Software Maintenance)과 이를 위한 지원 작업으로 나뉜다. 소프트웨어 개발 영역은 소프트웨어 요구 분석(Software Requirements Analysis), 소프트웨어 설계(Software Design), 소프트웨어 구현(Software Construction, Implementation) 및 소프트웨어 시험(Software Testing) 등의 프로세스로 구분된다.

[그림 3-2] 소프트웨어 개발 프로세스



출처 : Thanh (Bruce) Pham(2019.10.16.), 6 Stages for Software Development Procedure You Need to Know, <https://saigontechnology.com/blog/6-stages-for-software-development-procedure-you-need-to-know>

2024.1.11. 조희

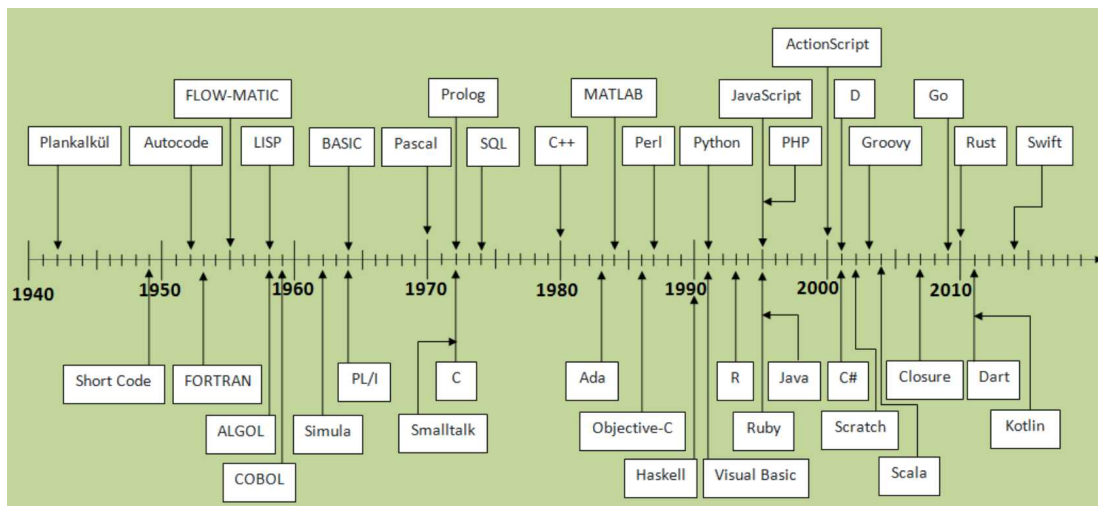
소프트웨어 요구 분석은 개발하고자 하는 소프트웨어의 요구사항을 분석, 검토 및 평가를 수행하고, 프로젝트의 범위를 결정하기 위해 요구사항의 우선순위를 설정하는 작업이다. 요구사항에는 사용자가 소프트웨어에 포함되기를 요청한 기능적 요구사항은 물론, 개발자의 전문지식을 이용해서 적용해야 하는 시스템 성능, 가용성, 보안, 유지보수성, 확장성, 재사용성, 법·규제 요구사항 등의 비기능적 요구사항을 모두 포함해야 한다. 사용자 협의를 거쳐 정의된 소프트웨어 요구사항이 사용자 요구사항에 부합되는지 검토하고 확정하는 것이 필요하다.

소프트웨어 설계는 구조 및 상세 설계로 세분되며, 구조 설계는 전체 시스템 구성 항목에서 소프트웨어의 구성 요소를 식별하고 이들 간의 관계를 정의하는 활동이다. 소프트웨어 상세 설계는 구조 설계에서 식별된 소프트웨어 구성 요소로부터 단위 소프트웨어를 정의하고 단위 소프트웨어, 알고리즘, 인터페이스를 설계하는 활동이다. 이 단계에서 데이터베이스의 설계도 수행한다.

소프트웨어 구현 단계에서는 소프트웨어 상세 설계 내역을 이용하여 단위 소프트웨어 및 데이터베이스에 대한 코딩을 수행하고 소스 코드를 생성한다. 소프트웨어 소스

코드 작성을 위해서는 알고리즘 개발이 선행되어야 하며, 알고리즘을 기반으로 프로그래밍 언어를 이용하여 소프트웨어 코딩을 수행한다. 주로 사용하는 프로그램 언어는 하드웨어, 소프트웨어 아키텍처, 소프트웨어 서비스의 형태에 따라 변경되었고, 현재 많이 사용하는 고급 프로그램 언어는 C/C++, 자바, 파이썬 등이 있다.

[그림 3-3] 프로그래밍 언어의 시대별 변천



출처 : Pramodbablad(2019), History Of Programming Languages⁵⁴⁾

생성된 코드는 버전 관리가 필요하여 이와 관련된 도구들을 사용하여 수행한다. 개발 과정에서 중요한 일 중 하나는 코드 설명, API·기능 사용 방법 등의 문서화이다. 중·고급 개발자들은 다른 개발자들의 코드를 검토하여, 버그, 최적화 등의 문제를 검토한다.

테스트 단계에서는 테스트 계획과 테스트 케이스를 작성하고, 단위테스트, 통합테스트, 성능 테스트, 사용자 테스트 등의 일련의 테스트를 수행한다. 통합테스트는 단위테스트가 완료된 코드와 다른 시스템이 통합적으로 문제없이 수행하는지 검토하는 단계이다. 테스트 리포트를 작성하여 지속적인 오류 수정을 수행한다.

소프트웨어는 요구사항 분석, 설계, 구축을 단계를 거쳐 개발된 소프트웨어를 주어진 환경에서 실행 가능한 상태로 빌드하여 대상 환경에 배포하고, 소프트웨어 시스템을 운영하게 된다.

Savary-Leblanc(2021)⁵⁵⁾는 다음과 같이 관련 소프트웨어 개발 지원 도구를 분류하

54) <https://javaconceptoftheday.com/history-of-programming-languages/> 2024.1.10. 조회

55) Maxime Savary-Leblanc, Lola Burgueno, Jordi Cabot, Xavier Le Pallec, Sebastien Gerard (2022), Software assistants in software engineering: A systematic mapping study, wileyonlinelibrary.com/journal/spe, DOI: 10.1002/spe.3170

고, 각 도구의 기능, 개발 환경, 사용 언어를 기술하고 있다.

〈표 3-2〉 소프트웨어 개발 지원 도구

구분	기능	상세 기능	개발 환경	개발언어
설계	인터페이스 모델링	인터페이스 프로토타이핑, 모델 추천	Eclipse, Web browser 등	UML, BPML, Papyrus
개발	API/코드 검색	코드 추천/완성, 라이브러리 비교	Eclipse, IntelliJ IDEA, Visual Studio, Web browser 등	Java, Python
개발	코드 완성 및 추천	코드 완성, 코드 분석에 의한 추천, 문서화, Refactoring	Eclipse, Visual Studio, Android Studio 등	Java, JavaScript, Python, C#
개발	코드 도식화, 설명	코드 개선, 코드/라이브러리 도식화, 문서화	Eclipse, Web browser 등	Java, JavaScript, CSS, HTML
테스트	수정	버그 검사 및 설명	Eclipse, Visual Studio, Android Studio 등	UML, Java, C#
지원	버전 관리(VCS ⁵⁶⁾)	버전 변경/충돌 확인, 코드 리뷰	Eclipse, GitHub 등	All

자료 : Savary-Leblanc et al.(2022), Software assistants in software engineering: A systematic mapping study

Table 6 편집

소프트웨어 개발 단계별 지원 도구 시장은 MS, Atlassian, IBM, GitHub, Broafcom 이 주도하며, 2022년 기준 11.8% 증가하여 186억 달러에 이르며⁵⁷⁾ 특히 5,600만 명의 개발자 소셜네트워크 플랫폼을 운영하고 AI 활용에 특징점이 있는 GitHub의 점유율이 높아지고 있다. 소프트웨어 구현 단계 부분이 59%로 가장 큰 시장 점유율을 차지하고 있으며, 요구사항 분석, 설계 부분이 25%의 시장 점유율을 차지하고 있다. 아래 그림은 소프트웨어 개발 도구 시장을 소프트웨어 개발 단계 중 요구사항 분석, 설계는 Plan, 구현은 Create, 테스트는 Verify로 구분하여 설명하고 있다.

56) Version control system

57) Laurie Wurster et al. (2023), Market Share: Application Development, Worldwide, 2022, Gartner (2023.6.16.)

[그림 3-4] 소프트웨어 개발 도구 시장

Application Development			
Plan	Create	Verify	Other AD
- Application Development PaaS - Enterprise Agile Planning Tools - Frameworks - Requirements Definition and Management - Product Roadmapping Tools - Conversational User Interfaces - Design - Continuous Experience - Event-Driven Programming Models - Mediated API - API Economy - Database Design - Object-Oriented Analysis and Design - User Experience Tools - Other Application Development Life Cycle Management - Post-Scrum Methodologies	- Build - Event-Driven Web - Agile Development - Behavior-Driven Development - Hypothesis-Driven Development - Mobile AD Platforms - Code - Java Platform AD Tools - Microsoft .NET Platform AD Tools - Language-Oriented Development Environments - Dynamic Web Application Tools - Intelligent Device Development Tools - Public Web APIs - Reactive Programming - Configure - Application Portfolio Management	- Automated Testing - Cloud Testing - DevOps Application Testing - Quality Engineering - Service-Oriented Architecture Testing - Test Data Management	- Conversational User Interfaces - Gaming Tools

Gartner(2021), Market Share Analysis: Application Development Software, Worldwide, 2021

소프트웨어 지원 프로세스는 프로젝트 관리(Software Engineering Management), 문서화, 형상관리(Software Configuration Management), 품질보증(Software Quality), 감리, 문제 해결 등이 활동으로 구성된다.

성공적인 소프트웨어 개발을 위해서는 경제(Software Engineering Economics), 개발 환경(Computing Foundations), 수학 지식(Mathematical Foundations), 공학 지식(Engineering Foundations) 등도 필요하다.

소프트웨어를 효과적으로 개발하고 유지보수하기 위한 일련의 절차와 기법을 소프트웨어 개발방법론이라 한다. 개발방법론에는 전통적인 워터폴 (Waterfall) 방법론이 있으며, 요구사항 정리와 개발 중에 프로그램 변경이 어려우며, 개발을 완료한 후에 고객의 피드백을 받을 수 있는 단점이 있다. 이를 보완한 애자일 방법론은 변화하는 고객의 요구사항을 적용하여, 개발 단계를 순환한다.

최근에는 소프트웨어 개발과 운영을 효율적으로 진행하기 위해 데브옵스(DevOps) 방법론을 사용한다. 데브옵스는 소프트웨어 개발 수명 주기를 개선하고 단축하기 위한 방법론으로 소프트웨어 개발(Dev)과 IT 운영(Ops)의 작업을 통합하고 자동화한다.⁵⁸⁾ 데브옵스 방법론을 수행하기 위해서는 지속적 통합과 지속적 배포(CI/CD, continuous integration (CI) and continuous delivery (CD))가 보장되어야 한다.⁵⁹⁾ 이를 통해 소프트웨어 개발 관련자 간의 의견 교환이 원활해지고, 출시 기간을 단축할 수 있다.⁶⁰⁾

본 연구의 범위는 소프트웨어 공학의 15개 영역 중 개발 영역에 속하는 소프트웨어 요구분석(Software Requirements), 소프트웨어 설계(Software Design), 소프트웨어 구현(Software Construction) 및 소프트웨어 시험(Software Testing) 부분이다.

58) https://en.wikipedia.org/wiki/DevOps#cite_note-CD_HJ-17 (2023.8 조회)

59) Sacolick, Isaac (2023.4.15.). "What is CI/CD? Continuous integration and continuous delivery explained". InfoWorld. (2023.8. 조회)

<https://www.infoworld.com/article/3271126/what-is-cicd-continuous-integration-and-continuous-delivery-explained.html>

60) <https://en.wikipedia.org/wiki/CI/CD> (2023.8 조회)

2. SW전문가 직무별 작업(task) 및 세부 업무(DWA, O*NET 기반)

소프트웨어 개발 및 운영에 관련된 직무체계는 우리나라의 ITSQF⁶¹⁾, 미국의 O*NET⁶²⁾, 영국의 SFIA⁶³⁾, EU의 ESCO⁶⁴⁾ 등에 정의되어 있다. 이 중 본 연구보고서는 미국의 O*NET을 참고로 하여 소프트웨어 전문가를 선정하고 소프트웨어 개발 업무에 필요한 작업을 정의한다. 본 연구에서 O*NET의 직무체계를 활용한 이유는 O*NET이 직업 직무 기술 등에 대한 풍부한 자료를 보유하고 있기 때문이다. 기존에는 O*NET과 표준직업분류(SOC⁶⁵⁾)의 체계가 같지 않았으나, O*NET의 자료를 SOC 체계에 맞추고 있어 표준직업분류에 따른 데이터 추출도 용이하다. O*NET의 직업 중분류(O*NET-SOC 2019) 중 Computer Occupations (15-12**, 컴퓨터 직군)은 다음과 같다.

〈표 3-3〉 O*NET SW전문가 직무체계

O*NET-SOC	직업
15-1211	Computer Systems Analysts
15-1212	Information Security Analysts
15-1221	Computer and Information Research Scientists
15-1231	Computer Network Support Specialists
15-1232	Computer User Support Specialists
15-1241	Computer Network Architects
15-1242	Database Administrators
15-1243	Database Architects
15-1244	Network and Computer Systems Administrators
15-1251	Computer Programmers
15-1252	Software Developers
15-1253	Software Quality Assurance Analysts and Testers
15-1254	Web Developers
15-1255	Web and Digital Interface Designers

61) IT분야역량체계(ITSQF Information Technology Sectoral Qualifications Framework) IT산업 현장에서 통용되는 직무를 도출하여 표준화하고 직무수행에 필요한 능력을 구조화한 것임

62) O*NET(The Occupational Information Network) 미국 직업사전(DOT The Dictionary of Occupational Titles)과 미국 표준직업분류(SOC Standard Occupational Classification)을 기반으로 각 직업에 필요한 역량을 수준별 척도로 제공하는 거대한 데이터베이스임

63) 정보화 시대를 위한 기술 프레임워크(SFIA Skills Framework for the Information Age) 기술 분야 근무 전문가들의 기술과 역량을 관리하기 위해 디지털 및 ICT 관련 기술을 글로벌 협력을 통해 표준화하여 정의한 것임

64) ESCO(European Skills Competences Qualifications and Occupations) EU 노동시장 및 교육 및 훈련과 관련된 전문 직업 및 기술을 설명 식별 및 분류하기 위해 유럽위원회가 개발한 체계임

65) Standard Occupational Classification 표준 직업 분류

컴퓨터 관련 직군 중 위 소프트웨어 공학 영역 중 본 연구보고서에 범위에 속하는 개발 영역(요구분석, 설계, 구현, 시험)에 속하는 직군은 다음과 같다.

〈표 3-4〉 소프트웨어 개발과 관련된 직업

O*NET-SOC	직업
15-1243	Database Architects
15-1251	Computer Programmers
15-1252	Software Developers
15-1253	Software Quality Assurance Analysts and Testers
15-1254	Web Developers
15-1255	Web and Digital Interface Designers

자료 : O*NET

O*NET은 직업과 관련된 정보로 업무(Task)와 기술 정보를 제공하고, 직업을 수행하는 데 필요한 세부 업무인 DWA(Detailed Work Activities)을 제공하고 있다. 업무(Task)는 직업에 관련하여 직업을 수행하기 위한 구체적인 업무를 나열하고 있으며, DWA는 그 업무를 수행하기 위한 작업들을 정리하고 있다.

이 중 코딩이 업무의 가장 많은 부분을 차지하는 컴퓨터 프로그래머 17개, 소프트웨어 개발자 19개, 웹개발자 29개 등 총 65개의 작업(Task)을 분류하여 정리하였다. 다음은 컴퓨터 프로그래머(Computer Programmers)의 작업 내용이다.

〈표 3-5〉 컴퓨터 프로그래머가 수행하는 작업(Task, 11개)

작업 (Task)
입력, 출력 및 논리적 작동을 설명하는 워크플로우 차트와 다이어그램을 준비하고 코딩
다른 사람들이 프로그램을 이해할 수 있도록 코드 주석을 작성하고 개발 내용을 문서로 작성
시스템, 네트워크의 중앙 처리 장치 또는 주변 장비가 프로그램의 지시에 응답하는지 조사
소프트웨어를 실행하여 원하는 정보를 생성하는지 테스트
원하는 결과가 나오도록 프로그램을 적절히 변경하고 다시 확인하여 오류 수정
시스템 분석가와 상의하여 컴퓨터 프로그램 실행 시 발생하는 문제를 정의하고 해결
운영 효율성을 높이거나 새로운 요구사항에 적응하기 위해 기존 프로그램의 수정
시스템 프로그래머로서 시스템 분석 및 프로그래밍
컴퓨터 제조업체 및 다른 사용자와 협력하여 새로운 프로그래밍 방법 개발
최종 사용자를 안내하기 위한 지침이나 매뉴얼을 작성
프로그래밍 및 프로그램 코딩 교육 및 사용자에게 프로그램의 사용법과 기능에 대해 교육

자료 : O*NET Tasks to DWAs 분석

컴퓨터 프로그래머(Computer Programmer)는 컴퓨터 애플리케이션을 실행할 수 있는 코드와 스크립트를 생성, 수정, 테스트하는 작업을 주로 수행한다. 이는 소프트웨어 개발자(Software Developers) 및 웹 개발자(Web Developers)가 작성한 설계서를 바탕으로 작업한다.

다음은 소프트웨어 개발자(Software Developers)의 작업 내용이다.

〈표 3-6〉 소프트웨어 개발자가 수행하는 작업(Task, 12개)

작업 (Task)
프로그래머, 설계자, 기술자 등을 감독하고 업무 할당
과학적 분석과 수학적 모델을 사용하여 결과를 예측하여 소프트웨어를 설계, 개발 및 수정
사용자의 요구사항을 분석하여 시간과 비용의 제약 내에서 설계의 타당성 결정
소프트웨어 시스템 테스트 또는 검증 절차 및 문서를 개발하거나 지시
기존 소프트웨어를 수정하여 오류를 수정하고, 새로운 하드웨어에 맞게 조정하거나, 인터페이스를 업그레이드하고 성능 개선
시스템 분석가, 엔지니어, 프로그래머 등과 상의하여 시스템을 설계하고 프로젝트의 한계와 기능, 성능 요구 사항 및 인터페이스에 대한 정보 획득
데이터 처리 또는 프로젝트 관리자와 상의하여 데이터 처리 프로젝트의 제한 사항이나 기능에 대한 정보 획득
프로젝트 상태, 제안서 또는 소프트웨어 시스템 설계 등 기술적 문제에 대해 고객 또는 다른 부서와 상담
정보를 분석하여 새 시스템의 설치 또는 기존 시스템의 수정을 결정하고 계획
하드웨어 구성을 결정하기 위해 필요한 보고 문서, 비용 또는 보안 요구 사항과 같은 요소에 대한 정보를 입수하고 평가
시스템 기능 및 요구사항 분석을 위해 데이터를 저장, 검색 및 조작
시스템이 사양에 맞게 작동하는지 확인하기 위해 장비의 기능을 모니터링

자료 : O*NET Tasks to DWAs 분석

소프트웨어 개발자(Software Developers)는 컴퓨터, 소프트웨어 또는 전문 유틸리티 프로그램을 연구, 설계, 개발한다. 컴퓨터과학, 공학 및 수학적 분석의 원리와 기술을 적용하여 사용자 요구사항을 분석하고 소프트웨어를 솔루션을 개발하며, 컴퓨터 하드웨어 엔지니어와 협력하여 하드웨어 및 소프트웨어 시스템을 통합한다.

다음은 웹 개발자(Web Developers)의 작업 내용이다.

〈표 3-7〉 웹 개발자가 수행하는 작업(Task, 12개)

작업 (Task)
저작 또는 스크립팅 언어, 콘텐츠 제작 도구, 관리 도구, 디지털 미디어를 사용하여 웹 사이트를 설계, 구축 또는 유지 관리
사용자 요구 사항을 분석하여 기술 요구 사항 결정하고, 경영진 또는 개발팀과 상의하여 요구 사항의 우선순위를 정하고 솔루션을 선정
경영진 또는 사용자와 협력하여 전자상거래 전략을 개발하고 이러한 전략을 웹 사이트와 통합
웹 아키텍처 또는 기술에 대한 조사, 문서화, 평가 또는 대안 선택.
물리적, 인터페이스, 논리적 또는 데이터 모델을 포함하는 웹 모델 생성
시스템 상호 작용 또는 시퀀스 다이어그램을 개발
예산, 장비, 성능 요구 사항, 접근성 및 개인정보 보호를 포함한 법적 문제 등 기술적 고려 사항을 웹사이트 디자인 계획에 통합
웹 어플리케이션, 웹 사이트 코드 개발
테스트 계획, 테스트 절차 또는 테스트 결과를 문서화
코드를 평가하여 코드가 유효한지, 적절하게 구조화되어 있는지, 업계 표준을 충족하는지, 브라우저, 장치 또는 운영 체제와 호환되는지 확인
서버 부하, 대역폭, 데이터베이스 성능, 브라우저 및 디바이스와 같은 기술적 요소를 문서화
제품 기능, 활동, 소프트웨어, 통신 프로토콜, 프로그래밍 언어, 운영 체제 소프트웨어 및 하드웨어 등 웹 사이트 사양에 대한 명확하고 자세한 설명을 제공
네트워크 담당자 또는 웹사이트 호스팅 대행사와 소통하여 웹 사이트에 영향을 미치는 하드웨어 또는 소프트웨어 문제를 해결

자료 : O*NET Tasks to DWAs 분석

웹 개발자(Web Developers)는 웹사이트, 웹 애플리케이션, 대화형 웹 인터페이스를 개발한다. 코드가 적절하게 구조화되어 있고, 업계 표준을 충족하며, 브라우저 및 장비와 호환되는지 확인하기 위해 코드를 평가한다. 웹사이트 인프라를 개발하고 웹사이트 성능, 확장성, 서버 측 코드 및 프로세스를 최적화한다. 일반 소프트웨어는 개발자 이외에도 시스템 분석가, 아키텍처, 네트워크 아키텍터 등으로 소프트웨어 개발 업무가 세분되어 있는 반면, 웹 개발의 경우는 웹 개발자의 역할로 통합되어 있는 것으로 보인다.

각 Task는 여러 개의 DWA로 나뉘 수 있으며, 각 DWA에 연관된 여러 Task가 존재한다. 이 중 코딩이 업무의 가장 많은 부분을 차지하는 컴퓨터 프로그래머, 소프트웨어 개발자, 웹개발자의 51개의 DWA는 다음과 같다. DWA는 개발과 직접 관련 있는 DWA와 생성형 AI에 영향을 받는 DWA에 대해 제3절에 기술한 결과를 도출하기 위해 DWA 요약 없이 전문가 설문을 수행한다. 전문가에게 DWA를 제시할 때는 한글로 설명을 제공했다.

<표 3-8> 개발 업무를 수행하는 직업에서 수행하는 DWA

DWA
Analyze data to identify or resolve operational problems.
Analyze data to identify trends or relationships among variables.
Analyze market or customer related data.
Analyze project data to determine specifications or requirements.
Apply mathematical principles or statistical approaches to solve problems in scientific or applied fields.
Assess database performance.
Assign duties or work schedules to employees.
Collaborate with others to determine design specifications or details.
Collaborate with others to develop or implement marketing strategies.
Collaborate with others to resolve information technology issues.
Communicate project information to others.
Compile technical information or documentation.
Conduct research to gain information about products or processes.
Configure computer networks.
Coordinate project activities with other personnel or departments.
Coordinate software or hardware installation.
Create databases to store electronic data.
Create electronic data backup to prevent loss of information.
Design computer modeling or simulation programs.
Design software applications.
Design websites or web applications.
Develop computer or information security policies or procedures.
Develop computer or online applications.
Develop database parameters or specifications.
Develop detailed project plans.
Develop diagrams or flow charts of system operation.
Develop guidelines for system implementation.
Develop models of information or communications systems.

Develop performance metrics or standards related to information technology.
Develop procedures for data management.
Develop specifications or procedures for website development or maintenance.
Develop testing routines or procedures.
Document design or development procedures.
Document network-related activities or tasks.
Document operational activities.
Document technical specifications or requirements.
Estimate time or monetary resources needed to complete projects.
Evaluate utility of software or hardware technologies.
Identify information technology project resource requirements.
Implement security measures for computer or information systems.
Install computer hardware.
Install computer software.
Manage documentation to ensure organization or accuracy.
Manage information technology projects or system activities.
Modify software programs to improve performance.
Monitor computer system performance to ensure proper operation.
Monitor the security of digital information.
Prepare data for analysis.
Prepare instruction manuals.
Provide customer service to clients or users.
Provide recommendations to others about computer hardware.
Provide technical support for computer network issues.
Provide technical support for software maintenance or use.
Read documents to gather technical information.
Recommend changes to improve computer or information systems.
Report maintenance or equipment problems to appropriate personnel.
Resolve computer software problems.
Supervise information technology personnel.
Teach others to use computer equipment or hardware.
Test computer system operations to ensure proper functioning.
Test software performance.
Train others in computer interface or software use.
Troubleshoot issues with computer applications or systems.
Update knowledge about emerging industry or technology trends.
Update website content.
Write computer programming code.

제2절 SW 개발에 LLM 활용 현황

생성형 AI 도구가 나오기 전에도 제한적이기는 하지만, AI를 이용하여 개발 코드에 대한 정보를 주거나, 코드를 개선해 주고 디버깅에 활용할 수 있는 등의 소프트웨어 개발을 자동화하는 도구들이 존재하였으며, “[그림 3-4] 소프트웨어 개발 도구 시장”와 같이 개발을 지원하는 상용화된 도구들이 있었다. LLM의 출현으로 코드 추천 및 개선, 코딩 학습 지원 등의 기능을 제공하는 도구가 자동화되고 고도화되었다. 생성형 AI의 출현 이후 여러 직업에 대한 생성형 AI의 영향을 주제로 연구가 활발히 일어나고 있으며, 본 절에서 개발 업무에 LLM의 활용 가능성을 논문연구와 전문가 인터뷰를 통해 검토해 보고자 한다.

1. 문헌 연구 (개발에 AI 및 생성형 AI 기술을 활용하고 있는 사례)

서비스업은 노동집약적 산업이며, 소프트웨어 개발은 전문적인 지식을 가진 인력을 많이 필요⁶⁶⁾로 하고, 그 작업 쉽지 않기 때문에 소프트웨어 개발을 자동화하기 위한 노력은 지속되었다. 자동화 도구 도입, 개발 도구 개선, 분산 개발 및 협업 도구 발전 등으로 노동생산성이 높아지고 있으나, 소프트웨어 개발은 빠르게 변화하는 새로운 기술 도입이나 복잡한 문제 해결을 위한 전문가가 필요하고, 소프트웨어 개발 프로세스정형화가 어렵기 때문에 여전히 소프트웨어 개발을 자동화하기가 쉽지 않다. 특히 소프트웨어 코드를 구현하는 일은 비즈니스 프로세스에 따라 변화가 일어나기 때문에 비즈니스 프로세스에 대한 이해가 선행되어야 한다.

소프트웨어 개발을 위해서 소프트웨어를 하드웨어, 소프트웨어 아키텍처 등 시스템의 하위구조, 데이터, 입출력처리, 비즈니스 프로세스 등으로 세분화하고 각 분야의 전문가가 이를 기획하고 구현하게 한다. 소프트웨어 아키텍처 구성을 위한 제품, 데이터베이스관리 제품, 입출력 라이브러리 등은 어느 정도 정형화되어 제품으로 생산이 가능하나 비즈니스 프로세스 구현은 여전히 개발자가 담당하고 있다.

개발을 용이하게 하고, 프로그램 오류를 방지하며 소프트웨어 유지보수 비용을 줄이기 위한 방법으로 구조적 방법론, 객체지향 방법론, MDD(모델 주도 방법) 등의 개

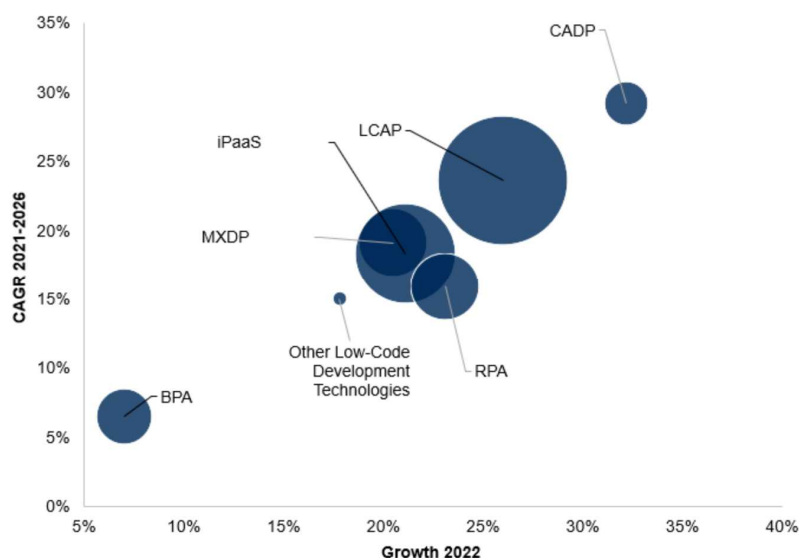
66) 2023 3/4 노동생산성지수(산출량/노동투입량) : 제조업 106.5, 출판,영상, 방송통신 및 정보서비스업 84.1

발되었으며, MDD를 활용하면 부분적으로 코딩을 자동화할 수 있다. MDD를 사용할 경우 소프트웨어에 도메인 기술이 축적되고, MDD 설계 산출물과 소스코드의 일치로 일어나는 여러 이론적 장점에도 불구하고, MDD 도구 부족, MDD 초기 도입 비용, 학습 비용 등의 문제로 MDD는 활성화되고 있지 못하다.⁶⁷⁾

SW개발 전문가가 아닌 다른 도메인의 전문가가 소프트웨어를 개발할 수 있도록 코딩을 최소화하거나 없앤 로우코드·노코드(LCNC) 도구가 개발되고 있다. 이를 이용하면 소프트웨어를 빠르고 안정적으로 개발이 가능하다는 장점 때문에 빠르게 도입될 것으로 예측되었다.⁶⁸⁾ GitHub의 CEO는 코딩의 미래는 코딩이 전혀 없는 것이라고 말했다.⁶⁹⁾ 로우코드 시장은 2021년부터 2026년까지 연평균 성장률 19.2%로 2026년까지 445억 달러의 매출을 기록할 것으로 예상된다.

Gartner(2022)은 지속적인 디지털 인재 부족, 소프트웨어 개발 속도 증가 요구로 대기업 및 중견 기업에서 LCNC 기술 채택이 가속화됨에 따라 2026년까지 IT 부서에 속하지 않은 개발자의 80%는 LCNC를 사용하게 될 것이라는 예상하고 있다.⁷⁰⁾

[그림 3-5] 노우코드 개발 기술 분류



출처 : Varsha Mehta et al.(2022), Forecast Analysis: Low-Code Development Technologies, Worldwide, Gartner, 2022.10.27.

67) 진희승(2015), SW MDD 유용성 논의와 사례 분석

68) 강송희, 이현승, 유호석(2021) 디지털 전환을 촉진하는 Nocode와 RPA

69) Swinhoe. GitHub CEO: The Future of Coding is No Coding at All. (2017.10.13.)

<https://www.idgconnect.com/article/3578431/github-ceo-the-future-of-coding-is-no-coding-at-all.html> (2022.11.3. 조회)

70) Varsha Mehta et al.(2022), Forecast Analysis: Low-Code Development Technologies, Worldwide, Gartner, 2022.10.27.

그림과 같이 노우코드 개발 기술을 분류하고 있으며 소프트웨어 개발 도구는 자동화 및 개발 플랫폼(CADP, Citizen automation and development platform), 다중 경험 개발 플랫폼(MDXP, multiexperience development platform) 및 신속한 애플리케이션 개발(RAD, rapid application development)/모바일 애플리케이션 개발(RMAD, rapid mobile application development)등이 있으며, 그 외 LCNC를 사용하기 위한 아키텍처와 미들웨어 등도 필요하다.

소프트웨어 개발을 포함한 사회문제 해결을 위해 SetXRM, vf-OS 플랫폼, Aure-BPM, CRISP-DM, 마이크로소프트 파워 플랫폼(MPP) 등 LCNC 플랫폼을 이용하여 연구를 진행한 사례가 다수 확인되고 있다. 연구에서 LCNC 플랫폼을 이용하여 프로그래머가 아닌 과학자와 연구원도 자동화된 방식으로 연구 데이터를 빠르게 확보하고 AI 알고리즘을 이용한 데이터 분석, 정보 시각화, 소프트웨어 시연 등의 코딩을 수행할 수 있었다.⁷¹⁾

소프트웨어를 개발하는 작업 중 코딩을 포함하여 소프트웨어를 구현하는 작업은 아주 복잡한 작업이다. 소프트웨어 개발에 필요한 올바른 절차, 방법, 해결책을 선택하고 개발 작업을 진행하는 것은 복잡한 작업이며, 정형화된 프로세스가 없다. 사용자 요구사항을 수집하고, 이에 따라 소프트웨어 개발 프로젝트에 맞는 요구사항과 제약 조건에 적합한 소프트웨어 구조 및 개발 방법을 찾아내야 한다.

고객사의 소프트웨어 개발·배포·운영 환경, 원하는 수준의 보안, 성능, 유지보수성 등 다양한 요소를 고려해야 한다. 개발사의 기술 및 인원 제약, 개발 비용 등도 고려가 필요하다. 이러한 요구사항과 제약 조건으로 인한 고객사와 개발사의 의견 차이를 좁혀가는 과정도 매우 중요하다. 예를 들면 성능, 보안, 유지보수성 등은 각각의 기능을 높이기 위해서는 다른 기능을 희생해야 하기 때문에 협상의 과정이 필요하다.⁷²⁾

소프트웨어 개발에 부분적으로 활용하는 도구들을 소프트웨어 개발 프로세스 전체에 활용하려는 시도가 일어나고 있다. 그럼에도 불구하고 소프트웨어 개발 프로세스 전체에 도구를 활용하고 자동화하는 것은 여러 가지 문제가 있으나, 개발자 대상 설문에서 AI 개발 도구의 장점으로 개발 생산성 향상(33%), 학습 속도 향상(25%), 코딩 효율성(25%)과 정확성(13%) 등이 있다고 했다. 그러나 정확성에 대해서는 58%가 부정

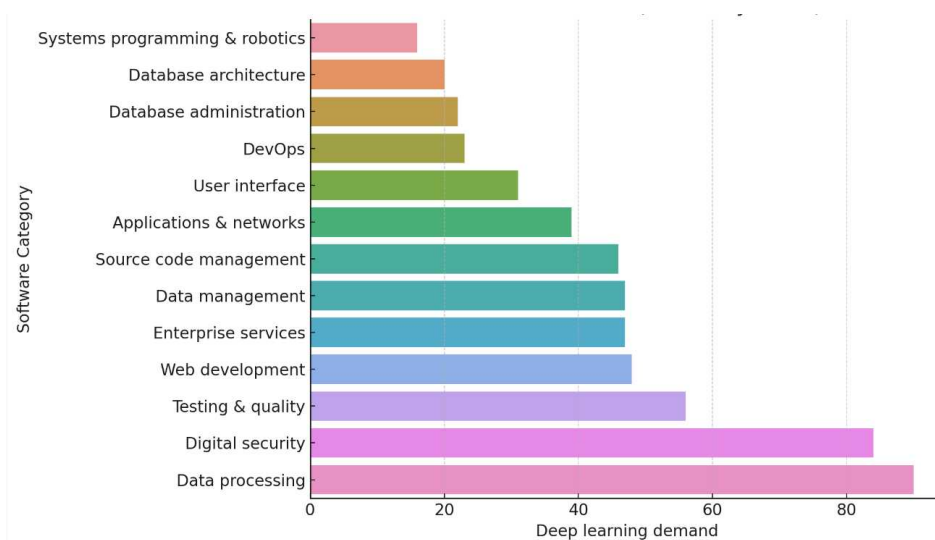
71) Fahim Sufi(2023), Algorithms in Low-Code-No-Code for Research Applications: A Practical Review, Algorithms 2023, 16, 108. <https://doi.org/10.3390/a16020108>

72) LUCA TRAINI et al.(2021), How Software Refactoring Impacts Execution Time, ACM Transactions on Software Engineering and Methodology, vol 31, no 2.

적인 의견을 가지고 있었다.⁷³⁾

채용 정보를 분석한 데이터를 분석한 결과 소프트웨어 개발 단계에서 딥러닝 기술의 수요는 웹개발, 테스트, 데이터 분석, 보안 등에 많았다.⁷⁴⁾ 생성형 AI 기술이 딥러닝 기술의 하위 범주이므로, 넓은 의미에서 딥러닝 기술의 분석 결과를 생성형 AI 기술에 적용할 수 있겠다. 단, 이 데이터는 LDA (Latent Dirichlet Allocation), LSTM (Long Short-Term Memory) 등의 알고리즘을 사용하여 분석하였기 때문에 일반적인 소프트웨어 개발 분류 표준(요구분석, 설계, 구현, 테스트, 운영 등)과는 같지 않아 소프트웨어 개발 프로세스 단계와 직접적으로 비교하기는 어렵다. 분류 자체도 데이터의 군집화 결과를 사용하였기에 소프트웨어 개발 단계의 요구사항 분석 및 설계는 제외되어 있고, 그 부분에서 딥러닝의 수요가 많지 않은 것을 알 수 있다.

[그림 3-6] IT 분야별 Deep Learning 기술 수요



자료 : OECD.AI(data source : www.adzuna.co.uk), AI skill demand by IT category, 2023.9.1. 조회한 자료를 편집하여 ChatGPT 4.0 Advanced Data Analysis 기능을 이용하여 수평 바차트 생성(2023.9.1., 한글은 Unicode 기능 에러로 표시 안됨)

Stackoverflow의 개발자 대상 설문에 의하면 전체 응답자의 77%가 AI 개발 도구에

73) stackoverflow(2023), 2023 Developer Survey

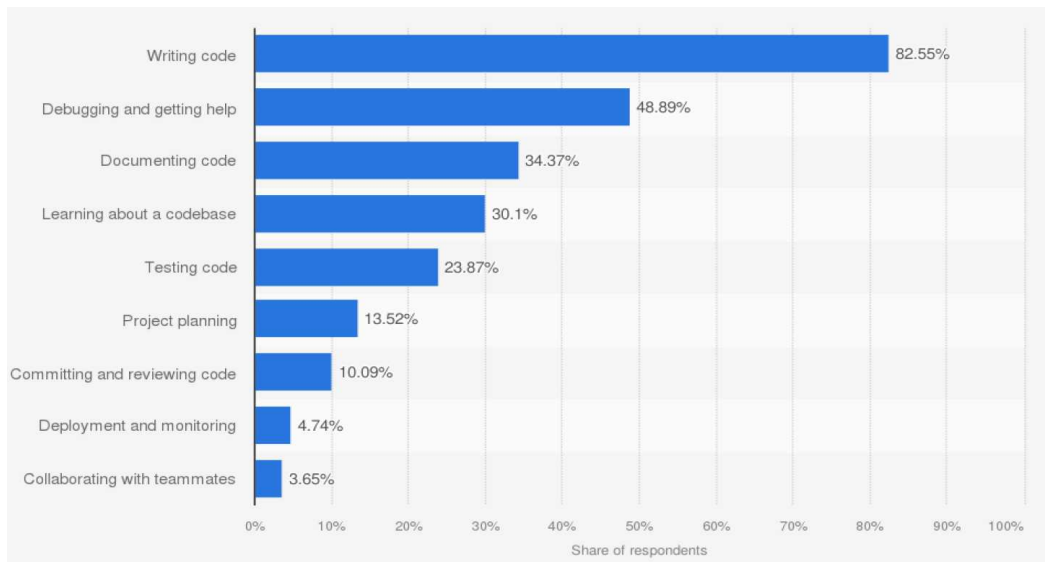
<https://survey.stackoverflow.co/2023/#sentiment-and-usage-ai-select>, 185국가 9만명 이상 개발자 설문, 전문 개발자 75%

74) OECD.AI(data source : www.adzuna.co.uk), AI skill demand by IT category,

<https://oecd.ai/en/data?selectedArea=ai-jobs-and-skills&selectedVisualization=ai-skill-demand-by-it-category>, 2023.9.1. 조회

대해 호의적이거나 매우 호의적이었으며, 전문개발자는 44%, 코딩을 배우는 사람들은 55%가 사용을 하고 있었다. 이미 사용하거나, 사용할 계획이 있는 개발자는 69%였다.⁷⁵⁾ StackOverFlow(2023)은 AI를 개발 단계별로 가장 많이 사용하는 부분은 코드를 작성하고, 디버깅하고, 프로그램 관련 문서를 작성하는 것이라고 발표하였다.⁷⁶⁾

[그림 3-7] 2023년에 세계적으로 개발자들이 AI를 가장 많이 사용하는 개발 단계



출처 : Most popular uses of AI in the development workflow among developers worldwide as of 2023, StackOverFlow, 2023

생성형 AI의 출현이 소프트웨어 개발 프로세스에 큰 영향을 줄 것이라는 기대가 상승하고 있다. IDC의 2023년 3월 “미래 기업 복원력 및 지출 설문조사” 응답자들은 향후 18개월 내에 생성형 AI가 영향을 미칠 분야에 대해 제품 개발, 고객 참여, 마케팅/PR, 영업 및 기타 비즈니스 분야를 제치고 소프트웨어 개발과 디자인을 선택하였다. 설문조사 응답자의 60% 이상이 2023년 응답자의 조직에서 생성형 AI 기술에 투자(24%)하거나 해당 기술의 사용 사례(37%)를 모색하고 있다고 답했다.

75) <https://survey.stackoverflow.co/2023/#sentiment-and-usage-ai-sel-prof>

76) AI를 사용하는 37,726 개발자 대상 조사, 2023.5.8. ~ 5.19.

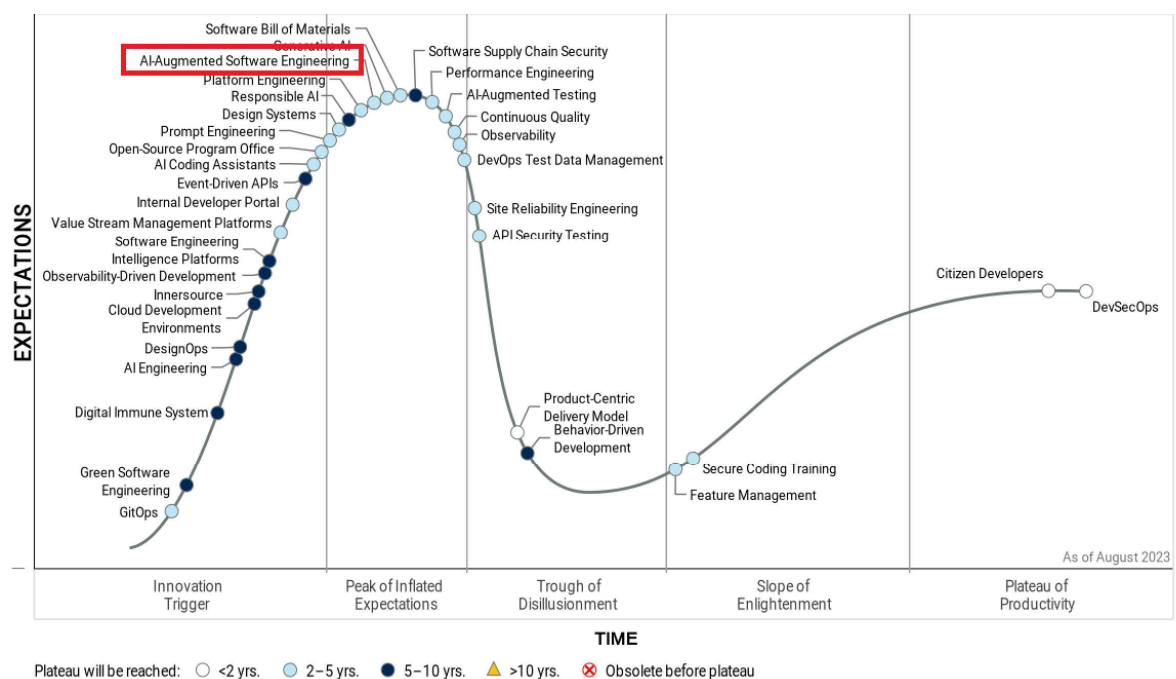
[그림 3-8] 생성 AI가 가장 큰 영향을 미칠 것으로 예상되는 비즈니스 영역

	Worldwide	North America	WE	AP
Software development and design	32%	43%	24%	24%
Product development/design	24%	24%	20%	30%
Customer engagement	21%	20%	19%	22%
Marketing/PR	18%	19%	12%	22%
Sales	16%	16%	14%	18%
Supply Chain	16%	13%	17%	21%
HR	13%	14%	8%	17%
Finance	13%	13%	14%	12%
Manufacturing	12%	6%	18%	15%
R&D	9%	6%	7%	14%

출처 : IDC(2023), Thinking about the organization in which you work, in which two business areas do you think generative AI could make the most impact in the next 18 months?, Future Enterprise Resiliency & Spending Survey Wave 2(2023.3. 조사), 2023.5.

가트너는 AI를 소프트웨어 공학에 적용(AI-Augmented Software Engineering)하는 것은 2년에서 5년 내에 활성화될 것이라고 예측했다. 2027년까지 엔터프라이즈 소프트웨어 엔지니어의 50%가 머신러닝(ML) 기반 코딩 도구를 사용할 것이라고 했다.

[그림 3-9] 소프트웨어 공학 2023 하이프 사이클

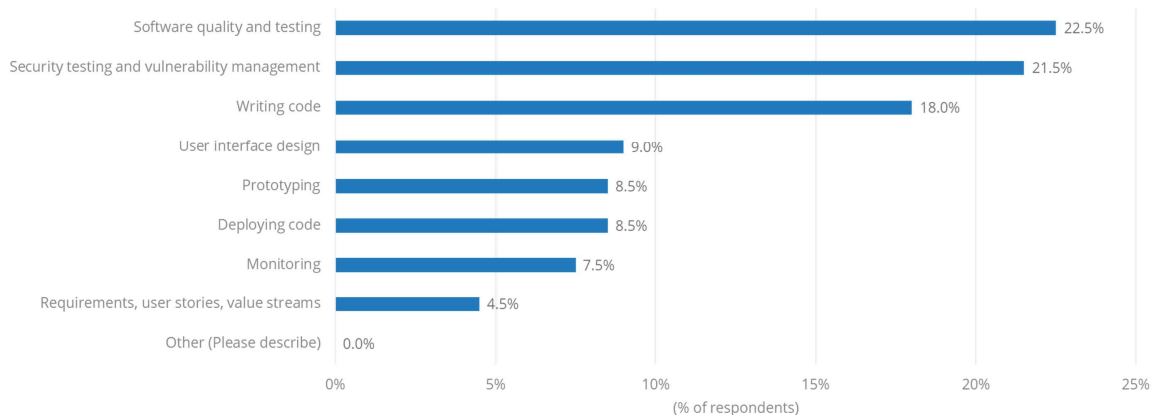


출처 : Dave Micko (2023), Hype Cycle for Software Engineering, 가트너, 2023.8.1.

Frances Karamouzis(2024)는 2028년까지 기업 소프트웨어 엔지니어의 75%가 AI 코딩 도우미를 사용할 것이며, 2028년까지 2023년에 AI 코딩 도우미를 체계적으로 채택하면 개발자 생산성이 최소 36% 이상 증가할 것이라고 했다.⁷⁷⁾

기존 AI를 활용한 소프트웨어 개발과는 달리 소프트웨어 개발 프로세스에서 생성형 AI를 적용할 수 있는 분야의 순서에 다른 의견이 나타나고 있다. 개발자 대상 설문조사에서는 생성형 AI를 활용할 수 있는 소프트웨어 개발 영역은 소프트웨어 품질 관리 및 테스트, 보안 테스트, 코드 작성 순이었다.

[그림 3-10] SW 개발 프로세스 중 생성형 AI의 활용이 많을 것으로 예측되는 작업



출처 : Melinda-Carol Ballou(2023), Generative AI Offers Greatest Expected Developer Benefits to Software Quality and Testing Followed by App Security Testing, IDC

생성형 AI 출현 이후 생성형 AI를 사용하면 사용자의 요구사항을 정의하고, 사용자가 자연어로 설명한 소프트웨어 요구사항을 기반으로 코드를 자동 생성하거나, 코드 리뷰를 지원하고 테스트를 자동화하여 코드의 완성도를 높이는 등의 업무에 활용하여 개발자의 생산성을 높일 수 있다. McKinsey(2023)는 실험적 연구를 통해서 확인한 결과 “[그림 2-7] 생성형 AI의 사용 여부에 따른 작업 시간 절감 효과”에서 확인할 수 있듯이 생성형 AI를 활용하면 코드 문서화, 코드 생성 등을 하는 시간이 30~50% 줄어든다고 발표했다. 그러나 복잡한 일에 대해서는 생성형 AI 효과가 크지 않았다.⁷⁸⁾

77) Frances Karamouzis et al.[2024], TechWave Podcast: AI-Infused Future of Software Developers and Synthetic Cohorts, Gartner, 2024.1.10

78) Begum Karaci Deniz et al.(2023), Unleashing developer productivity with generative AI, Unleashing developer productivity with generative AI, Mckinsey(2023.6.27.)

<https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/unleashing-developer-productivity-with-generative-ai> 2024.1.11.조회

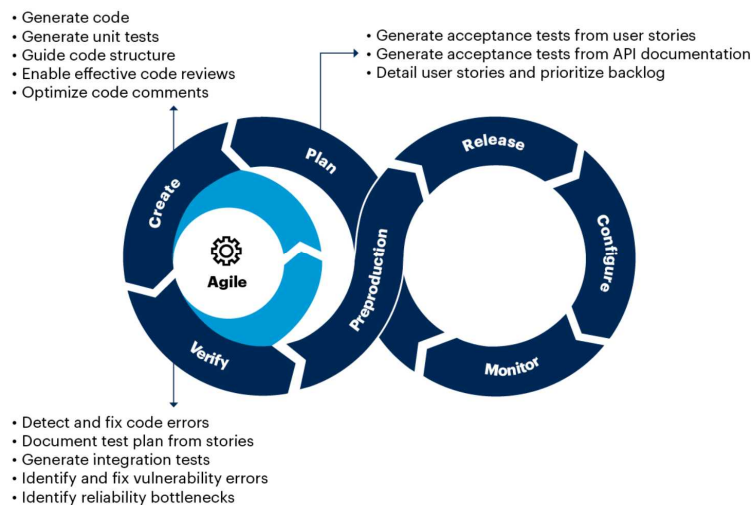
요구분석과 설계 단계(Plan)에서는 제품 아이디어를 도출하여 완성된 사용자 스토리 기반 요구사항을 생성하고 데이터 기반으로 우선 순위를 정하는 데 생성형 AI를 활용할 수 있다.

생성형 AI 기술을 활용하여 반복적으로 사용되는 이는 함수, 클래스, 모듈 등의 코드를 작성하거나 활용하여 새로운 코드를 작성하는 것이 가능하다. 생성형 AI 기술을 활용하여 코드 품질과 안정성을 높이기 위해 코드 리뷰를 수행하고 필요한 설계 문서, API 문서, 사용자 매뉴얼 등 다양한 문서 작성을 할 수 있다.

생성형 AI 기술을 이용하여 테스트 단계(Verify)에서는 에러를 수정하고, 테스트 케이스를 생성하여 테스트 등의 일을 할 수 있다.

Gartner(2023)는 개발 프로세스 단계별로 개발 생산성을 높이기 위해 생성형 AI가 할 수 있는 일은 다음과 같이 시각화하였다.

[그림 3-11] 개발 시간 단축을 위한 생성형 AI 도구의 기능



출처 : Keith Mann, Frank O'Connor(2023), How to Use Generative AI to Boost Developer Productivity, Gartner, 2023.12.15

소프트웨어 공학 단계별 AI 및 생성형 AI 기술을 활용하고 있는 사례에 대한 조사하였다. 또한 AI와 생성형 AI 활용은 개발자의 업무 향상에 어느 정도 도움이 되는지 검토하였다. 생성형 AI 적용 가능성을 “[그림 3-2] 소프트웨어 개발 프로세스” 단계인 요구분석, 설계, 개발, 테스트 소프트웨어 개발 단계별로 검토하고자 한다.

가. 소프트웨어 요구분석

소프트웨어 개발 프로세스에서 소프트웨어 요구분석을 자동화하는 것은 쉽지 않은

작업이다. 지금까지 소프트웨어 요구분석은 소프트웨어를 잘 알지 못하는 사용자의 언어적 요구사항은 물론 숨은 의도까지 파악해야 하는 작업이기 때문이다. 다른 언어를 사용하는 소프트웨어 전문가와 도메인 전문가 간의 커뮤니케이션 격차로, 소프트웨어 개발자와 조직의 비즈니스에 대해 잘 아는 도메인 전문가 간의 긴밀한 협업을 요구한다. 언어의 해석과 분석에 특징점의 가지고 있는 생성형 AI의 특성을 활용하여 소프트웨어 요구분석을 수행하려는 시도가 진행 중이다.

ChatGPT, GPT-4 등 LLM을 활용하여 개발자와 도메인 전문가의 요구사항 관련 회의를 요약하고, 요약된 내용 기반으로 구조화된 요구사항 항목 및 제약 조건을 도출한다. LLM을 이용하여 작성된 요구사항을 검증하고 좀 더 정확하게 수정할 수 있다.

LLM은 향상된 자연어 처리 기능을 활용하여, 사용자의 요구사항을 정확하게 해석함으로써 토론을 간소화하고, 회의 참석자가 동일한 내용을 이해할 수 있도록 도움으로써 사용자의 불완전한 요구사항을 완성시키는데 도움을 줄 수 있다. LLM 챗봇을 사용자 인터뷰를 수행하거나, 이해관계자 토론 내용을 발전시키는 용도로 사용하기도 한다. 이를 위해서는 프롬프트 엔지니어링⁷⁹⁾이 활용된다.

또한 사용자 요구사항과 개발 코드 일치를 위한 요구사항 추적성을 개선에 관한 연구도 진행되고 있으며⁸⁰⁾ ALM(Application Lifecycle Management)과 같은 관련 도구에 AI를 적용하여 사용자 요구사항을 생성하는 사례도 늘고 있다. 그러나 소프트웨어의 정확한 요구사항 분석을 위한 연구와 전문적인 도구는 부족한 실정이다.

나. 소프트웨어 설계

소프트웨어 설계는 사용자의 요구사항에 맞는 소프트웨어로 개발하기 위해 시스템 아키텍처, 인터페이스, 데이터베이스를 설계하고, 아키텍처를 기반으로 소프트웨어 컴포넌트의 세부 사항을 명세화하는 작업이다.

사용자 요구사항을 기반으로 상세 설계를 위한 기술로 MDD 등의 기술이 제시되었으며, 생성형 AI의 자연어 분석 기술을 활용한 설계 기술이 소개되고 있다. 요구사항, 예제 및 메타모델에서 모델 합성을 자동화하여 설계를 자동화하는 방식이 고려되고

79) 생성형 AI의 고품질의 관련성 높은 결과물을 도출하기 위해, 인공지능 모델이 이해할 수 있는 지시어를 적합하게 내려주는 것

80) J. Lin, Y. Liu, Q. Zeng, M. Jiang and J. Cleland-Huang, "Traceability transformed: Generating more accurate links with pre-trained BERT models", Proc. IEEE/ACM 43rd Int. Conf. Softw. Eng. (ICSE), pp. 324-335, 2021.

있다.⁸¹⁾ 그러나 생성형 AI 도구를 이용하여 시스템 아키텍처, 데이터베이스 등을 설계하는 데는 아직 한계가 있다.

디자이너가 사용자 경험(UX)을 생성하는데 활용할 수 있다. UX 디자이너는 디자이너에서 소프트웨어 개발자로 전환이 가능하며 소프트웨어 디자인과 코딩 기술을 가진 디자인 전략가로서 역할 전환이 예상된다.⁸²⁾ AI기술은 디자인에 포함되어 있는 스타일 글꼴 이미지를 추출하여 프론트엔드 코드 제작을 지원한다. 이는 이러한 도구 사용자에게 2-4배 빠른 개발 주기를 가능하게 한다.

다. 소프트웨어 구현

소프트웨어 구현 중 코딩(Coding)은 생성형 AI 활용이 가장 빈번하게 일어날 수 있는 영역이다. 생성형 AI를 활용 가능한 부분은 다음과 같다.

- 코드 생성 : 개발자가 대화형 채팅 인터페이스를 이용하여 자연어로 입력한 기능을 가진 코드를 생성
- 코드 자동완성 : 개발환경(IDE)에 통합된 코드 자동완성 기능을 제공하여, 입력한 함수(라이브러리)에 대한 파라미터 등을 자동 완성
- 단위테스트 : 단위테스트 코드를 생성하고 테스트를 수행하여 코드의 완성도를 높임
- 주석 : 코드에 대한 자연어를 생성하여 주석 작성
- 코드 번역 : 다른 프로그래밍 언어로 변환
- 코드 리팩토링 : 유지보수를 쉽게하기 위해 사용하지 않는 코드 또는 중복된 코드를 지우고, 코드의 로직을 깨끗하고 이해하기 쉽게 변경
- 리버스 엔지니어링(역공학) : 프로그램이나 프로토콜을 분석하여 똑같은 동작을 만들어 내는 것으로 바이너리를 디스어셈블하여 코드를 생성

81) K. Lano et al., Model Transformation Development Using Automated Requirements Analysis, Metamodel Matching, and Transformation by Example, ACM Transactions on Software Engineering and Methodology Vol. 31, No. 2, 2021.11.17.

82) Brent Stewart et al.(2022) Quick Answer: What is Design-to-Code?

코드를 생성하거나 코드를 완성시켜 주는 작업은 개발자의 개발 시간을 줄이고 개발 효율성을 높여준다. 단위테스트 생성, 주석 작성, 다른 프로그래밍 언어로 변환 등의 작업들은 시간이 많이 걸릴 뿐만 아니라 개발자에게 아주 지루한 작업을 생성형 AI가 대신해 줄 수 있다.

또한 발전소나 국방과 같이 안전에 필수적인 분야에서 신뢰할 수 있는 소프트웨어의 상당수는 코볼 등 구식 언어를 기반으로 하고 있으며, 이러한 언어를 활용할 수 있는 개발자는 점점 찾기가 어려워지는 상황에서 생성형 AI 도구가 코드의 작동 방식을 설명하고 이를 번역함으로써 시스템 유지보수를 지원할 수 있다.⁸³⁾

GitHub Copilot, ChatGPT, AWS CodeWhisperer, Snyk DeepCode 및 Tabnine⁸⁴⁾과 같은 도구는 개발자 통합 개발환경(IDE integrated development environment)에 연결되어 어플리케이션 코드를 자동으로 생성하고, 에러, 특히 프로그램 문법 오류를 확인해 준다. 오픈소스인 Hugging Face와 같은 도구도 있다.

GitHub Copilot, AWS CodeWhisperer 등은 코드 생성에 특화된 도구이며, ChatGPT는 코드 생성을 위한 아이디어와 기초 정보를 생성하는 데 특화되어 있는 등 각각의 도구는 사용 목적이 다르다.

DeepCode의 경우는 프로그램 오류를 확인하고 코드 리뷰를 하는 데 특화되어 있다. DeepCode는 Java, JavaScript, TypeScript, Python, C++ 등 여러 프로그래밍 언어를 지원하며, 코드를 분석하여 찾기 어려운 미묘한 버그, 보안 취약점, 성능 문제를 감지한다. 오류를 발견할 뿐만 아니라 해결 방법도 제안하므로 개발자 교육에 활용 가능하다.⁸⁵⁾⁸⁶⁾

물론 자동으로 생성되는 코드는 완벽한 코드는 아니며 개발자는 유효하지 않은 코드, 요구사항에 맞지 않는 코드, 보안 취약성, 라이선스 침해 등을 검토하여 개발자가 개발하고 있는 소프트웨어에 활용할 수 있는 코드를 생성한다. 이러한 도구가 생성하는 코드는 제대로 컴파일되지 않을 수도 있고, 개발을 원하는 내용과 다를 수도 있다. 그대로 사용하면 라이선스 침해, 보안 취약성, 유지보수 문제 등이 발생할 수 있기 때문이다.

83) Christof Ebert and Panos Louridas(2023),Generative AI for Software Practitioners, IEEE Software Volume: 40 Issue: 4, 2023.7. - 8.

84) 이외에도 Akamas, CodeT5, Diffblue, Google, IBM watsonx Code Assistant, SeaLights, Sedai 등의 AI를 이용하여 소프트웨어 개발을 지원하는 도구가 존재

85) Swimm Team, AI Code Review: How It Works and 3 Tools You Should Know <https://swimm.io/learn/ai-tools-for-developers/ai-code-review-how-it-works-and-3-tools-you-should-know#Popular-AI-Code-Review-Tools> 2024.1.15. 조회

86) 유사 코드 리뷰 도구는 Codacy, Code Climate 등이 있음

단위 프로그램의 정확성 검증관련 연구를 살펴보면 이에 관련하여 Mastropaolo(2023)⁸⁷⁾는 Copilot을 대상으로 892개의 자바 메소드에 대해 동일한 의미를 다른 자연어를 사용하여 프로그램 추천 결과를 조사한 결과 46% 사례에서 다른 코드 권장 사항이 생성되는 것을 확인했다. Nguyen(2022)⁸⁸⁾은 4가지 프로그래밍 언어에 대해 Copilot의 정확성을 확인한 결과, Java는 가장 높은 정확성 점수(57%)를 나타냈으며, JavaScript는 가장 낮은 정확성 점수(27%)가 도출되었다.

GPT-3.5와 Bard의 Java 코드 생성 관련 연구에서 GPT-3.5와 Bard의 코딩 기능 테스트를 위하여 단순한 함수(문자 함수, Array 문제, Recursion 등)를 이용하였다. GPT-3.5는 우수한 성능을 보여줬으며, 함수 설명의 약 90.6%에 대해 올바른 코드를 생성하였다. Bard는 53.1%의 함수에서 53.1%의 함수에 대해 올바른 코드를 생성했다.⁸⁹⁾ 물론 이 결과는 적용한 예시의 종류와 평가 기준⁹⁰⁾에 따라 다른 결과가 도출될 수 있다. 본 사례는 LLM이 비교적 정확하게 요구사항에 맞는 코드를 생성하느냐를 검증해 본 경우이다. 본 사례는 코드의 정확성 이외에 코드 효율성, 가독성, 유지보수성 등은 평가하지 않았다.

OpenAI에서 개발된 CodeGPT⁹¹⁾는 transformer 아키텍처를 따르는 오픈 소스 코드 생성 모델이다. 이는 다양한 소스 코드 데이터를 기반으로 코드 생성 작업(코드 완성, 요약, 번역 등)을 수행한다. Codex는 이전 대부분의 모델과 비교했을 때 훨씬 크고 다양한 데이터로 훈련되어 있어 상당한 발전을 이루었다. 구체적으로, CodeGPT는 주어진 프롬프트를 완성하는 코드 조각만 생성할 수 있는 반면 Codex는 완전한 코딩 프로그램을 자연어에서 생성할 수 있도록 설계되었다. 또한, Python, JavaScript, Go, Perl, PHP, Ruby, Swift, TypeScript, Shell 등 12개 이상 다양한 프로그래밍 언어에 적용할 수 있어 더 큰 유연성과 일반화 능력을 제공할 수 있다. Codex를 개발자들이 쉽게 활용하도록 제공하는 플랫폼이 Github Copilot이다. 최근 발표된 GPT-4에 의해 향상된 기능의 Copilot X는 코드 자동완성 이외에도 코드 이해, Pull Request⁹²⁾ 향상, 스

87) A Mastropaolo et al.(2023), On the Robustness of Code Generation Techniques: An Empirical Study on GitHub Copilot, arXiv:2302.00438v1

88) N Nguyen et al. (2022), An empirical evaluation of GitHub copilot's code suggestions, 2022 IEEE/ACM 19th International Conference on Mining Software Repositories (MSR)

89) Giuseppe Destefanis et al. (2023), A Preliminary Analysis on the Code Generation Capabilities of GPT-3.5 and Bard AI Models for Java Functions, 2023년 5월 10일에서 15일까지 테스트한 결과로 LLM은 계속 진화하고 있음

90) CodingBat.com.은 프로그램을 배우는 학생들에게 예제 문제를 제공하며, 본 사이트의 코딩 세트를 이용하여 코딩 테스트 측정 기준인 코드의 정확성에 대한 LLM의 성능을 평가함,

91) S. Lu et al., "Codexglue: A machine learning benchmark dataset for code understanding and generation," arXiv preprint arXiv:2102.04664, 2021.

크립트 및 셸 도구 지원, 의사코드 실행 같은 기능을 포함하고 있다.

Codex를 HumanEval(Hand-Written Evaluation Set)로 평가한 결과 28.8%의 문제를 해결하였다. 이를 반복 샘플링을 사용했을 때 70%로 증가하였다.⁹³⁾ GitHub에 따르면 Copilot을 사용하는 개발자의 코딩 속도가 최대 55% 빨라졌으며, Copilot과 함께 작성된 코드의 경우 코드의 거의 절반이 자동 생성된다고 발표했다.⁹⁴⁾

GitHub에 의하면 GitHub Copilot을 처음 출시(2022년 6월)했을 때 개발자의 코드 파일 중 평균 27% 이상이 GitHub Copilot에서 생성되었으며 현재(2023년 2월) 모든 프로그래밍 언어에 걸쳐 개발자 코드의 평균 46% 그리고 Java의 경우 그 수치는 61%로 급증했다고 한다.⁹⁵⁾

ChatGPT는 프로그램 코드 작성을 위해 특화된 도구는 아니나, 프로그래밍에 유용하며, 특정 언어만 지원하는 것은 아니다. ChatGPT와의 대화를 통해 코드를 제안해주며, 코드 리뷰를 도와준다. 관련된 문서를 작성하고, 프로그래밍 학습에도 유용하다.⁹⁶⁾

CodeWhisperer는 Java, Python, JavaScript, TypeScript, C#의 5개의 프로그램 언어에 대해 기존 코드를 기반으로 주석 및 코드를 보완하여 코드를 제안하며, 코드에 보안 문제가 있는지 검토한다.⁹⁷⁾

Tabnine은 Python, Java, Node.js 등의 코드에 관한 Q&A, 코드 생성 · 리팩토링 · 검색 · 수정 및 설명 등 코드 구현에 특화된 도구이다.⁹⁸⁾ Tabnine은 허가된 라이선스가 있는 오픈소스 소프트웨어에 대해서만 학습을 진행하여 라이선스 및 개인정보 보호 문제에 각별한 주의를 기울였으며, 개발 코드의 지적재산권 보호를 위해 개인 데스크톱에서도 실행이 된다. ⁹⁹⁾

92) Github에서 사용자가 원격 저장소에 Push하여 새로운 사항이 적용됐을 경우, 다른 사용자에게 푸쉬된 상황을 알리고, 변경 사항을 코드 리뷰 받는 기능

93) M. Chen et al., “Evaluating Large Language Models Trained on Code,” July 2021. arXiv:2107.03374 [cs].

94) Michele Rosen(2023), Generative AI Will Have the Greatest Impact on Software Development and Design in the Short Term, IDC

95) GitHub Copilot now has a better AI model and new capabilities(2023.2.14.) <https://github.blog/2023-02-14-github-copilot-now-has-a-better-ai-model-and-new-capabilities/>

96) Wahyu Rahmianar(2023), ChatGPT for Software Development: Opportunities and Challenges, DOI 10.36227/techrxiv.23993583.v1

97) Martin Heller(2023), Review: CodeWhisperer, Bard, and Copilot X, 2023.8.20. 조회, <https://www.infoworld.com/article/3699140/review-codewhisperer-bard-and-copilot.html>

98) <https://www.tabnine.com/blog/ai-code-assistant-guide/>

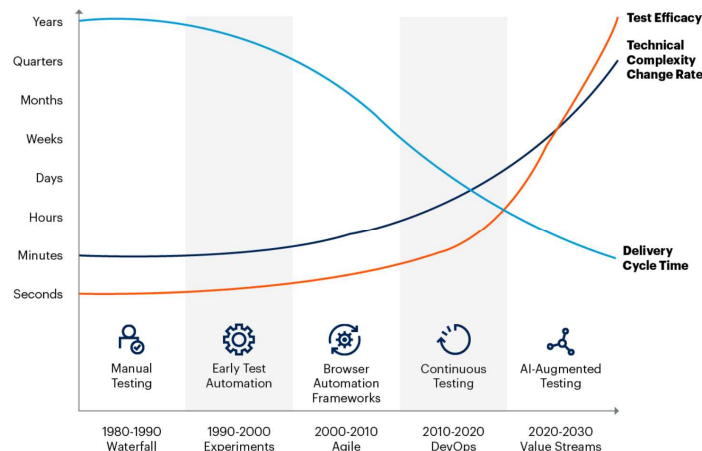
99) Christof Ebert and Panos Louridas(2023),Generative AI for Software Practitioners, IEEE Software Volume: 40 Issue: 4, 2023.7. - 8.

구글의 만 명 이상의 내부 개발자의 머신러닝(ML)을 활용한 개발 활동은 한 줄 코드일 경우 머신러닝의 이용한 코드가 전체 코드의 2.6%, 머신러닝이 생성한 코드 채택률 25%, 여러 줄 코드일 경우 머신러닝의 이용한 코드가 전체 코드의 0.6%, 채택률 34%이었으며, 코딩 시간을 6% 단축(90% 신뢰 수준)되는 것으로 조사되었다.¹⁰⁰⁾

라. 소프트웨어 시험

소프트웨어 시험 분야는 폭포수 개발방법론(waterfall)을 사용한 이후 테스트 효율을 높이고 개발 시간을 단축하기 위해 계속 방법론이 개선되고 있다.

[그림 3-12] 테스트 진화



출처 : Joachim Herschmann et al. (2022), Market Guide for AI-Augmented Software-Testing Tools, Gartner(2022.11.28.)

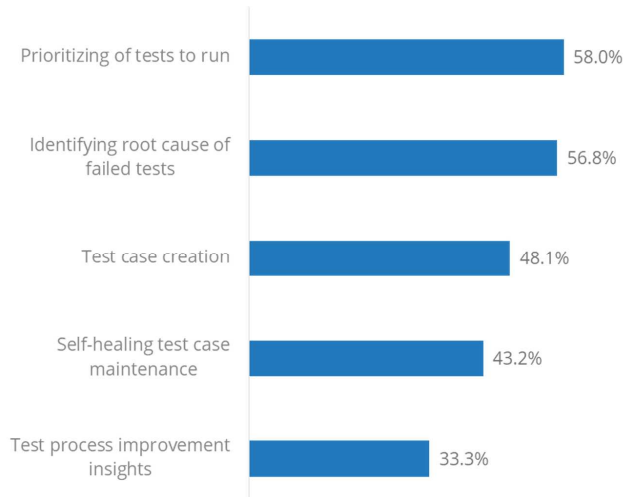
소프트웨어 시험 부분은 생성형 AI의 영향을 가장 많이 받는 단계로 “[그림 3-10] 소프트웨어 개발 프로세스 중 생성형 AI가 이점을 줄 수 있는 영역”와 같이 조사되고 있다. 테스트 케이스 우선순위 지정, 자동테스트, 테스트 케이스 생성 등에서 AI/ML이 가장 많이 이 가장 많이 도움을 줄 것이라고 한다.¹⁰¹⁾

100) Maxim Tabachnyk(2022.7.26.), ML-Enhanced Code Completion Improves Developer Productivity, <https://blog.research.google/2022/07/ml-enhanced-code-completion-improves.html>, 2024.1.14. 조회

101) Melinda Ballou(2023.12) Evolving Use of Generative AI for Automated Software Quality, Project and Portfolio Management and Application Lifecycle Management(ALM), IDC

[그림 3-13] 인공 지능/기계 학습(AI/ML)을 활용하는

시험(테스트) 분야



출처 : DevOps Practices, Tooling and Perceptions Survey (IDC# US49379723, Jan 2023)

ML(Machine Learning)을 이용하여 비즈니스 로직을 테스트하기 위해 조직별 업무 규칙을 기반으로 테스트 시나리오 작성이 가능하다. 예를 들면 은행에서 고객의 예금 업무를 자연어로 기술하면 ML은 이를 시나리오 형태로 생성하며 이를 통하여 예금 업무 관련 프로그램을 테스트할 수 있다.

프로그램에 필요한 테스트 커버리지¹⁰²⁾를 달성하는 데 필요한 테스트 집합을 구성할 수 있다. 생성형 AI 개발 도구는 비즈니스 요구사항을 검토 후 테스트 우선순위를 지정하여, 테스트 케이스를 최적화하는 데 사용된다.

생성형 AI 테스트 도구는 테스트 케이스 결과를 실행 보고서로 요약하고 발견된 결함을 분석하는 데 활용 가능하다. 이때 사용자 요구사항, 코드 파일, 테스트 결과를 모두 비교하여 잠재적인 위험과 원인을 분석하고, 결함을 분류하는 데 활용해야 효과적인 결과를 도출할 수 있다.

또한 테스트를 위해 작은 데이터 집합을 제공하면 테스트에 적합한 데이터 집합을 생성할 수 있다.¹⁰³⁾

LLM을 이용하여 테스트 커버리지를 높일 수 있는지 확인한 연구에서는 커버지리가

102) 소프트웨어 테스트의 충분성을 검토하는 것으로 프로그램 테스트는 100%가 불가하며 개발 프로젝트의 규칙에 따른 테스트 범위를 정하고 테스트를 수행한다. Statement, condition, path, coverage 등이 포함된다.

103) Joachim Herschmann(2022), Infographic: Artificial Intelligence Use-Case Prism for Software Development and Testing

부족한 함수에 대해 OpenAI의 Codex를 이용하여 유용한 예제 테스트 케이스를 생산할 수 있었다.¹⁰⁴⁾

AI 증강 테스트 도구(AI-Augmented Software-Testing Tools) 시장에서 테스트 자동화, 관리, 데이터 생성, 시나리오 작성 등을 지원하는 AI 테스트 도구는 AccelQ, Avo automation, Functionize, Katalon, Keysight, Parasoft, worksoft 등이 있다. ¹⁰⁵⁾

마. 개발 지원 작업

소프트웨어 개발 프로세스에 의한 작업 이외의 작업 중 소스 코드 설명서 작성도 가능하다. 이는 LLM은 인간의 언어와 프로그램 언어를 구분하지 않는다는 점에서 언어 번역 기능과 유사한 작업이다. ¹⁰⁶⁾ 프로그램을 이해하고 프로그램 구조도를 작성하거나 프로그램 이름을 지어주는 기능도 할 수 있다. ¹⁰⁷⁾

프로그램 오류 메시지를 이해하기 쉽게 하는 작업에 활용이 가능하다. ¹⁰⁸⁾ 초급개발자는 문법 오류(input, statement, function call 등), 논리 오류 등의 프로그램 오류 메시지를 해석하는 데 많은 시간을 할애한다. 소프트웨어 개발 시 오류메시지를 이해하기 위해서는 문법, 컴파일러, 프로그램 흐름 등을 통합적으로 이해해야 한다. 오류메시지에 대한 설명도 프로그램 생성과 유사하게 정확하지는 않았으나, 프로그램 오류에 대한 이해는 돕는 것으로 나타났다.

프로그램 운영 환경의 급속한 변화에 따라 기존에 활용하던 소프트웨어를 다른 언어로 구현해야 할 필요가 있다. 예를 들면 기존 메인프레임에 사용하던 COBOL 등의 언어로 개발된 소프트웨어를 인터넷 환경에서 활용하기 위해 파이썬 언어로 변경하는 일이 자주 필요하다. 이와 같은 작업은 LLM이 잘 할 수 있는 영역이다. 다른 프로그램 언어로 변경하는, 프로그램 언어 번역 기능(trans compiler, source to source compiler) 구현이 가능하다. ¹⁰⁹⁾

104) Caroline Lemieu et al.(2023.5.), CODAMOSA: Escaping Coverage Plateaus in Test Generation with Pre-trained Large Language Models, ICSE(IEEE/ACM International Conference on Software Engineering) 2023

105) Joachim Herschmann et al. (2022), Market Guide for AI-Augmented Software-Testing Tools, Gartner(2022.11.28.)

106) Z. Feng et al.(2020), Codebert: A pre-trained model for programming and natural languages, arXiv preprint arXiv:2002.08155

107) code2vec: Learning Distributed Representations of Code, code2seq: Generating Sequences from Structured Representations of Code

108) J. Leinonen et al.(2022), Using large language models to enhance programming error messages, arXiv preprint arXiv:2210.11630

생성형 AI를 개발자 교육에 활용 가능하다. 인간-기계 상호작용 형태로 다양한 대화식 연습과 프로그래밍 도전과제가 설계되어 있는 CodeParrot¹¹⁰⁾ 같은 프로그래밍 학습 플랫폼이 있다.

바. 문제점 및 이슈

생성형 AI는 문서 자동 작성, 창의적 콘텐츠 생성, 언어 번역, 언어 요약 등의 활용으로 인한 효율성 향상과 기술 개발 가속화 등의 장점에도 불구하고 여러 가지 문제점을 가지고 있다.

생성형 AI의 대부분 학습 데이터는 오픈소스와 같은 개방형 도메인에서 가져온 것으로, 최신성, 신뢰성, 보안, 저작권 등 문제가 있는 코드가 포함될 수 있다. 프로그램 버그, 보안 취약성, 편향된 코드와 주석을 포함한 데이터가 포함될 수 있다. 이러한 문제는 GPT-3 모델에 대한 코드 취약성 및 버그 탐지 테스트 결과, 그 기능이 제한적인 것으로 나타난 연구에서도 확인할 수 있다.¹¹¹⁾

생성형 AI의 모르는 정보에 대한 환각(hallucination)과 생산된 코드의 신뢰성 문제는 여러 기사에도 부각되고 있다. 다보스포럼의 '글로벌 위험 보고서'는 AI를 이용해 생성된 과장되고 거짓과 오해의 소지가 있는 정보가 민주주의를 잠식하고 사회를 양극화하며 단기적으로는 세계 경제에 위협이 된다고 했다.¹¹²⁾ 해커뉴스의 한 이용자는 “진짜 무서운 건 AI가 너무나도 당당하게 엉터리 코드를 펼쳐놓았기 때문에 의심조차 하지 않는 상황”이라고 언급했다.¹¹³⁾

생성형 AI의 신뢰성 문제로 인한 개발자들이 생성형 AI 산출물에 대한 검증 과정을 생략할 경우 소프트웨어의 오류는 물론 비즈니스 로직에도 문제가 생길 수 있다. 또한 이러한 검증 과정에 시간이 많이 소요되어 오히려 생성형 AI를 사용하는 것이 개발 생산성 향상에 반하는 결과를 가져올 수도 있다. 특히 초급 개발자의 경우는 프로그래밍에 대한 새로운 지식을 습득하는 데 유용하나, 지식이 없는 사항에 대해 코

109) Baptiste Roziere et al.(2020), Unsupervised Translation of Programming Languages, NIPS'20: Proceedings of the 34th International Conference on Neural Information Processing Systems, Article No.: 1730

110) L. Tunstall, L. Von Werra, and T.(2022). Wolf, Natural language processing with transformers. “O’Reilly Media, Inc.”

111) Cheshkov, A et al.(2023), Evaluation of ChatGPT Model for Vulnerability Detection. ArXiv preprint arXiv:2304.07232

112) 매일경제(2024.1.16.), AI가 가짜뉴스 확산? ... IT거물들 “사용 늘수록 신뢰 확보할것”

113) 슬로우뉴스(2023.6.11.), 챗GPT 시대, 진실과 거짓의 경계가 더욱 흐려진다.

드를 생성하고 활용하는 데 코드의 생산성, 신뢰성 등에서 문제가 생길 수 있다.

생성형 AI의 프롬프트를 이용하여 코드에 대한 개선을 시도할 때 기업의 내부 보안 코드의 유출 가능성이 있다. 이는 이미 국내 대기업 개발자의 생성형 AI 사용으로 인한 대기업 정보 유출 사례에서도 나타났다.¹¹⁴⁾ 이로 인해 국가별, 기업별로 생성형 AI 활용을 제한하는 사례가 늘고 있다.

생성형 AI가 기존의 저작물을 학습하여 새로운 콘텐츠를 생성할 때, 윤리적 문제와 저작권 침해 문제가 발생할 수 있다. 저작권 침해 관련하여 일부 기업과 소송으로 생성형 AI에 활용이 어려울 수 있다. 이는 생성형 AI의 효율성을 감소시키는 결과가 귀결될 것이다. 생성형 AI를 활용한 소프트웨어, 저작물 등에 문제가 생겼을 때 책임 소재의 모호함으로 인해 그 책임을 누구에게 물을 것인가에 대한 법적, 윤리적 문제가 생길 수 있다.

생성형 AI 개발 도구에 대한 적절한 교육이 부족하여 도구에 대한 효율적 활용이 어려울 수 있는 등 여러 문제에 대한 이슈가 발생할 것이다. 개발자는 AI 모델의 작동 방식, 머신러닝의 기초, 데이터 분석에 대한 이해 등 생성형 AI의 원리와 효과적인 프롬프트를 구성하고 AI가 생성한 결과물을 해석하는 등 AI 시스템과 상호 작용하는 방법을 배우는 것이 선행되어야 한다.

생성형 AI 도구의 성능과 비용 문제도 고려해야 한다. 생성형 AI를 활용하기 위해서는 LLM을 소유하고 서비스하고 있는 기업에 사용료를 지불해야 한다. 일반 사용자들은 LLM을 소유하고 있는 OpenAI, MS, 구글 등에 월 구독료로 10~30 달러를 지불해야 한다.¹¹⁵⁾ 개발자들이 생성형 AI에 API(Application Programming Interface)를 이용하여 데이터 미세조정을 진행할 때는 데이터 토큰 단위로 비용을 지불해야하기 때문에 특히 Startup 같은 소규모 기업에게 큰 부담이 된다.¹¹⁶⁾

또한 개인정보, 보안이나 데이터의 특수성 등에 의해 자체 LLM을 구축하기 위해서는 성능과 가격이 높은 컴퓨팅 시스템, 많은 양의 데이터가 필요하며, 학습시간도 많이 걸린다.

114) 산업경제(2024), “기밀 유출 막아라“…챗GPT 경계 나선 삼성·LG·SK, <https://www.ebn.co.kr/news/view/1577665/?sc=Naver> 2024.1.16. 조회

115) ITWorld(2023.12.14.), “생성형 AI의 적정가는 누가 결정하는가?” 생성형 AI 가격 정책과 전망, <https://www.itworld.co.kr/news/318056>, 2024.1.19. 조회

116) ZDNET(2023.8.29.), 오픈AI, ‘생성AI’ 기업 시장으로 진격, <https://zdnet.co.kr/view/?no=20230829112156>, 2024.1.19. 조회

2. 전문가 심층 인터뷰 (개발자 및 개발 환경 분석)

소프트웨어 공학의 개발 프로세스와 문헌에서 조사된 바에 기반하여 전문가 심층 인터뷰를 시행하였다. 심층 인터뷰 질문은 일반적인 질문지를 구성하여 1차 인터뷰를 시행하였다. 1차 인터뷰 결과를 대상으로 다시 구조화된 설문지를 이용하여 2차 자문을 시행하였다. 심층 인터뷰 내용은 생성형 AI 개발 도구 사용 현황과 발전 방향, SW 개발자 인재상 및 확보 방안이다.

본 결과는 표본 설계를 통한 설문조사가 아니므로 객관적인 지표는 아니며, 전문가들의 심층 인터뷰를 통한 주관적인 결과이다. 그러나 심층 인터뷰 대상은 생성형 분야를 연구하거나, 개발 분야의 고급 개발자로서 실제 생성형 AI 도구를 이용하여 개발한 경험이 있는 전문가들로 생성형 AI에 대한 통합적이고 정량적인 연구 결과가 없는 상황에서 유용한 데이터로 활용할 수 있을 것으로 생각된다.

〈표 3-9〉 심층 인터뷰 전문가 소속 및 전문 분야

소속	전문분야	직무
대학	자연어 처리(NLP) 검색 알고리즘 연구 및 개발	교수
대학	머신러닝(ML)을 이용한 이미지 분석 및 시스템 개발	교수
대기업	소프트웨어 아키텍처 설계	팀장
중기업	데이터 분석 및 추천 알고리즘 개발	팀장, 고급 개발자
중기업	소프트웨어 개발 및 검증	고급 개발자
Startup	인터넷 서비스 관련 기획 및 기술 총괄	CTO
Startup	생성형 AI 서비스 관련 소프트웨어 개발	고급 개발자

가. 생성형 AI 개발도구 사용 현황

생성형 AI 개발도구는 코딩을 위해 가장 많이 활용하고 있었다. 전문가들은 개발자가 코드 생성 시 필요한 기능을 문장으로 서술하여 기능에 대해 생성형 AI가 작성한 코드를 활용하거나, 개발자가 작성한 일부 코드에 대해 생성형 AI가 추천하거나 보완해준 코드를 개발 시 이용하고 있다고 응답하였다. 개발자들은 직접적인 코드 작성

외에도 코드의 주석 작성에도 활용하고 있었으며, 기존에 구현되어 있는 코드의 리팩터링¹¹⁷⁾에도 활용하고 있었다. - “코드를 리팩토링할 때 ChatGPT를 활용하기도 하는데, 기존 코드와 원하는 리팩토링 방향을 prompt로 입력해 코드를 얻는다.”

심층인터뷰에 참여한 고급 개발자는 개발자들이 개발 도구에 플러그인이 가능한 생성형 AI 도구의 경우(사례 : Copilot, Amazon CodeWhisperer 등)는 개발 기능에 대한 직접적인 코드 생성에 활용하며, 대화형 생성형 AI 도구(사례 : ChatGPT)의 경우는 개발 상황과 질문을 프롬프트(Prompt)¹¹⁸⁾에 입력하면 결과를 자연어로 알려주고, 코드가 필요한 경우에는 코드를 결과로 알려주어 여러 가지 방법으로 활용한다고 응답하였다.

그러나 모든 개발 부분에 활용하기는 어려우며, 개발 코드의 특성에 따라 사용이 가능한 부분과 그렇지 못한 부분이 있었다. Startup의 전문가들은 최근 데이터를 반영하지 못하는 생성형 AI의 기술적 한계로 새로운 라이브러리가 많이 출시되고 빠른 주기로 업데이트되는 등 변화가 많은 프론트엔드 개발보다는, 안정성이 중요하여 코드가 자주 바뀌지 않는 백엔드 개발에 활용이 많다고 응답하였다. 구현 시 초급개발자를 위한 단순 코딩을 지원하며, 초급 개발자의 학습 도구로서 유용하다고 했다. - “특정 언어에 대해 알지 못하는 초급개발자의 학습 시간이 상당히 줄었으며, 선임에게 지속적으로 물어보기 힘든 질문들을 ChatGPT에게 즉각적으로 물어볼 수 있어 장점이 많다.”

개발 프로세스 중 코딩에 비해 요구 분석, 설계, 테스트 등에 생성형 AI 도구를 활용하는 데 제약이 많았다. 전문가들은 비즈니스 로직이 중요한 서비스나 고객 시스템 개발 시는 요구 분석 및 설계에는 활용하기 어렵다고 응답하였다. 단 생성형 AI 도구는 요약 기능이 우수하여, 자연어로 제공된 내용을 고객 요구사항으로 정리하는 기능으로 활용 가능하다고 응답하였다. - “GPT를 활용할 때, 프롬프트를 구체적으로 작성해야 하므로 일정 수준의 노동력이 소요되기는 하지만, 전체적으로 작업 소요 시간이 상당히 감축된다.”

전문가들은 테스트의 경우는 단일 기능에 대한 테스트는 가능하다고 답변하였다. - “함수를 개발할 때 함수에 대한 주석을 잘 작성해 두면, Copilot이 주석과 코드를

117) 위키피디아, 소프트웨어 공학에서 '결과의 변경 없이 코드의 구조를 재조정함'을 뜻한다. 주로 가독성을 높이고 유지보수를 편하게 한다. 버그를 없애거나 새로운 기능을 추가하는 행위는 아니다. 2023.9.12. 조회

118) 인공 지능(=언어 이해, 그림 인식, 문제 해결, 학습 능력 등 인간의 정신이 가진 일부 특성을 가진 기계를 만드는 방법을 연구하는 학문)에서 컴퓨터에게 자연어로 지시하거나 질문하는 것(Cambridge Dictionary)

분석해 테스트 코드를 자동으로 생성해 준다.”, “테스트 코드 작성이 꽤 시간이 오래 걸리는데, Copilot을 사용한 이후로 단위테스트 코드를 작성하는 시간이 굉장히 많이 줄었다.”

그러나 전문가들은 비즈니스 로직에 대한 테스트는 불가능하다고 응답하였다. 한 전문가는 개발 현장에서 가장 어려운 부분 중 하나가 테스트 데이터를 생성하는 것인데 생성형 AI 도구를 활용해서 필요한 테스트 데이터 생성은 어려우며, 자동 생성된 테스트 케이스도 현장에 효과적으로 적용할 수 없다고 응답하였다. SI 대기업에 종사하는 전문가는 다음과 같이 설명하였다. - “자동으로 생성되는 다수의 테스트 케이스에 대한 모든 테스트는 어려운 상황이며, 가장 크리티컬한 테스트 케이스를 선정해주는 것이 필요하다. 테스트에서 AI 코딩 도구의 현장 유용성 면에서 평가해 볼 때, 100점 만점으로 환산 시 약 10점 정도 수준으로 매우 초기 단계라 생각된다.”

전문가들은 생성형 AI 도구의 효과 측면에서는 긍정적인 대답과 함께 부정적인 측면도 제시하였다. 전문가들은 전반적으로 생성형 AI 개발 도구를 활용하는 개발자의 생산성이 늘어났다고 응답하였다. 이는 개발하는 제품이나 서비스의 종류, 개발자의 수준에 따라 차이가 있는 것으로 보인다. 기술력이 없는 초급 개발자보다는 생성형 AI의 잘못된 정보를 빠르게 확인할 수 있는 중급개발자의 생산성이 더 높아진 것으로 분석된다. - “중급개발자의 경우는 개발 생산성이 1.5 배 정도 향상되었다.”, “기존 1달 정도 걸리던 개발 업무가 2주로 단축되었다.”, “현재로서는 초급 부분에서는 생성형 AI를 활용한 개발은 30% 정도의 성능 향상이 된 것으로 보인다.”

반면에 금융, 제조 등 고객사의 중요한 데이터를 다루는 복잡한 시스템을 개발하는 담당자는 다음과 같이 응답하였다. - “현재 생성형 AI 도구 활용은 코딩 등에서의 기능이 간단하고 단순 반복 업무에 주로 활용되고 있으며 이는 전체 개발 프로세스의 약 30%를 차지하고, 이 중 약 30% 정도의 효율이 개선되는 것으로 보여 개발 프로세스 전체적으로는 약 10% 내외 정도의 생산성 향상 효과가 있을 것으로 보인다.”

한 전문가는 기존 인터넷 검색 활용하여 코드를 확인하기 위해서는 검색 결과를 각각의 사이트를 방문하여 일일이 확인해야 했으나, 생성형 AI의 경우는 요약되고 정선된 결과를 산출하여 활용이 편의성과 생산성이 높아졌다고 응답했다. 한편, 다른 전문가는 원하는 결과를 얻기 위해서 지속적인 프롬프트 변경이 필요하여, 성능 향상을 못 느끼는 경우도 있다고 하였다. - “ChatGPT는 원하는 답을 얻을 때까지 프롬프트(prompt)를 계속 수정해야 하는 상황도 있어서 구글에서 검색하는 경우와 비교해 큰 이점이 없는 경우도 자주 있다. 실행되지 않는 코드가 대부분이라 실제로 사용하기보

다는 아이디어를 얻는 데 활용하고 있다.”

전문가들은 지적인 생성형 AI 개발 도구를 활용 시 문제점은 최신 정보 부족, Hallucination¹¹⁹⁾, 성능 제한, 보안 등이었다. 전문가들 대부분은 Hallucination의 해결 방법으로 사람의 검증은 필수라고 대답하였다. - “생성형 AI가 작성한 코드는 사람이 꼭 확인해야 한다.”, “LLM을 제대로 활용하기 위해서는 Hallucination을 걸러낼 수 있는 능력 필요하다.”, “정확성이 많이 부족하여, 검색과 통합하여 자연어 생성의 환각(hallucination) 줄이는 연구가 필요하다.”

SI 업체에 종사하는 전문가는 고객사 시스템의 비즈니스 로직이 복잡하여 생성형 AI 도구를 직접 활용하기는 애로사항이 많다고 응답했다. - “프론트엔드단에서 회사에 적합한 UI 컴포넌트 프레임워크가 나와야 하여 생성형 AI 도구 적용이 쉽지 않다. DB 중심의 SI 업무 프로세스와 회사 표준(응용 프레임워크, 개발 표준, 보안 등)에 맞게 코드를 생성이 어려워, 기존의 코딩 도구들을 서로 결합하여 업무 목적에 맞게 취사선택해서 사용할 수 있는 AI코딩 도구를 자체 개발하였다.”

생성형 AI를 활용한 서비스를 개발하는 전문가는 생성형 AI 도구의 경우는 입력 토큰의 수가 제한되어 있어, 광대한 기업 데이터에 대한 분석이 어렵다고 응답하였다. - “토큰(Token)¹²⁰⁾이 늘어나는 것과 답변 품질(성능)은 반비례 관계이다.”

기업에서 데이터 활용에 대한 문제점은 보안이라는 전문가들의 의견이 많았다. - “생성형 AI 개발 도구 사용에 대한 보안 문제는 골칫거리이나 생산성이 높아진다는 점에 대해서는 대부분 인식하고 있어 이를 통한 생산성 증진은 환영하는 입장으로 보안을 담보한 적극적 활용에 초점을 맞추고 있다.”, “ChatGPT는 보안 문제로 회사 업무에 활용할 수 없으며, 대형 클라우드 플랫폼에서 보안을 보장하는 생성형 AI API를 활용하고 있다.”

교수들은 대학에서 학생들이 생성형 AI 도구를 많이 활용하고 있으며, 학생들이 개발 시에 구글 검색을 하는 경우가 줄고, 생성형 AI 도구를 주로 사용하며, 개발 초반부터 생성형 AI 사용 의존도가 높다고 응대하였다. - “GPT-4 활용 시 단계별 질문을 활용하면, 웬만한 프로토타입(단위 프로그램 수준) 정도의 결과물을 얻을 수 있다.”

119) 위키피디아, 인공지능(AI) 분야에서 환각 또는 인공 환각은 인공지능이 학습 데이터에 만들어진 맞지 않는 (justified) 데이터에 대해 보이는 자신감 있는 반응, 2023.9.12. 조회

120) OpenAI, 토큰(Token)은 단어조각이며, API가 프롬프트를 처리하기 전에 받은 입력이 토큰으로 나뉘며, 토큰은 단어가 시작되거나 끝나는 곳에서 정확히 잘리지 않으며, 토큰에는 후행 공백과 하위 단어까지 포함될 수 있음,

<https://help.openai.com/en/articles/4936856-what-are-tokens-and-how-to-count-them>, 2023.9.12. 조회

뉴스 기사는 “전 세계에 생성형 인공지능(AI) 열풍을 일으킨 오픈AI의 ‘챗GPT’ 사용자가 8월까지 3개월 연속 감소, 여름방학을 맞아 숙제할 때 챗GPT를 사용하는 학생들이 줄어든 영향으로 판단”으로 분석하였다.¹²¹⁾ 교수들은 대학에서 논문 작성의 경우 대략적인 초안 작성과 논문 교정에 생성형 AI 도구를 활용하고 있다고 응답하였다. - “논문 작성 시 기존 투입되던 노력을 100으로 환산한다면, GPT를 통해 투입되는 노력이 약 70 정도로 감소한다.”

나. 생성형 AI 개발 도구 및 LLM 발전 방향

생성형 AI 도구 등 신기술의 발전 방향은 가까운 미래의 변화도 예측이 매우 어렵다. 소프트웨어 전문가 중 한 명은 다음과 같이 언급하고 있다. - “요즘은 새로운 기술이 6주마다 나오고 있어, 이 분야는 새로운 지식을 계속해서 익혀야 하는 것이 너무 어렵다.” 이러한 문제에도 불구하고 현재 기술의 문제점을 해결하고, 도구 유용성의 높이는 방향에서 현재 기술이 어떻게 변화해야 하는지에 중점을 두어 조사하였다.

대부분 전문가들은 생성형 AI 도구는 소프트웨어를 전공하지 않은 비소프트웨어 전문가들도 개발이 가능하게 발전되어 AI 코딩이 점차 확산될 것이라고 응답하였다. - “코딩은 물론 분석과 설계에도 생성형 AI 도구의 활용이 점차 확산될 것이다.” 전문개발자 측면에서는 초급의 수준이 지금보다 올라갈 것이라는 의견이 있었다. - “생성형 AI 개발도구의 활용으로 전체적인 개발자 수준이 상향 평균화될 것이다.”

반면에 생성형 AI 도구의 대대적인 확산은 어려울 것이라는 의견을 낸 전문가도 있었다. - “생성형 AI 도구가 모든 사람에게 유용하지는 않을 것이며, 컴퓨터 관점에서의 이해도와 문제 인식 및 해결 능력이 높은 사람에게 LLM 활용 효과가 높고 향후 우수 개발자가 될 것이다.”

생성형 AI 도구 확산에 대해 여러 가지 의견을 가진 전문가들이 동일하게 전문개발자의 수준은 빠르게 향상될 것으로 예측했다.

한 전문가는 3년 이내 짧은 기간에는 문서 작성 보조 도구로써 가장 활발하게 활용될 것이라고 응답했다. - “최근 문서 작성 분야에서 GPT 활용도가 높으며, GPT가 사람보다 경쟁력이 높다.” 생성형 AI 도구가 궁극적으로 지금의 계산기나 검색 도구처럼 일반적으로 쓰게 될 거라는 예상이 있었다.

121) 조선일보(2023.9.18.), 챗GPT는 과제용?... 새학기 돌아오니 순방문자 증가

생성형 AI 도구 활용에 긍정적, 부정적 의견을 나타낸 전문가 모두가 생성형 AI의 활용 및 확산을 위해서는 앞에서 지적인 정확성 및 신뢰성, 성능, 보안 등의 문제가 우선 해결되어야 한다는 의견이 지배적이었다. 몇몇 전문가들은 생성형 AI 도구가 생성한 정보를 검증할 수 있는 도구와 생성형 AI 도구가 생성한 코드를 실행시킬 수 있도록 수정하는 도구가 개발되어야 한다고 응답하였다. - “ 생성형 엔진의 코드 생성 관련 논문 등에서는 생성된 코드의 극히 작은 부분만 실행된다는 결과를 보여주고 있어, 이러한 코드가 실전에서 활용되기 위해서는 컴파일러와 함께 결합되어 활용되어야 한다.”

생성형 AI(LLM)를 기업에서 활용하려면 성능, 보안, 비용 등의 문제점이 해결해야 한다. 기업 환경에서 사용하기 위해서는 적절한 비용으로 기업이 원하는 생산성이 보장되어야 한다는 것이다. 이를 위해서는 우선 생성형 AI의 기술적 발전이 필요하나, 현재 있는 기술을 잘 활용하여 문제를 해결하는 방안도 있다고 한다.

전문가들은 기업 데이터와 관련된 생성형 AI 도구의 정확도 및 신뢰성 면을 향상시키기 위해서는 토큰 수의 확대가 필요한데 이를 해결할 수 있는 획기적인 기술은 현재는 없어 보이며, CoT(Chain of Thought), 벡터 DB¹²²⁾ 등을 활용하여 현재 문제를 해결하려고 하고 있다고 응답했다. CoT 프롬프트는 LLM이 최종 답변을 제공하기 전에 일련의 중간 단계를 제공하여 문제를 해결할 수 있도록 하는 기술이며, 모델이 다단계 문제에 답하도록 유도하여 추론 능력을 향상시킨다.¹²³⁾ 이는 프롬프트 엔지니어링의 한 가지 기술이다.

기업 데이터를 활용하기 위해 미세조정(Fine-Tuning)이라는 방법을 활용하기도 한다. 딥 러닝에서 미세조정은 사전 훈련된 모델의 가중치가 새로운 데이터에 대해 훈련되는 전이 학습이다. 모델을 효과적으로 사용하기 위해 지침과 여러 예제를 프롬프트에 포함한다. 미세조정은 프롬프트에 들어갈 수 있는 것보다 더 많은 예제를 학습 시킴으로써 소수 샷 학습을 개선하여 다양한 작업에서 더 나은 결과를 얻을 수 있도록 한다.¹²⁴⁾

122) 마이크로소프트, What is a vector database?, 벡터 데이터베이스는 특징이나 속성을 수학적 표현인 벡터로 데이터를 저장하는 데이터베이스로 벡터는 일반적으로 텍스트, 이미지, 오디오, 비디오 등과 같은 원시 데이터를 변환하여 생성한다. 벡터 데이터베이스의 가장 큰 장점은 벡터 거리 또는 유사도를 기반으로 의미론적 또는 문맥적 의미에 따라 가장 유사하거나 관련성이 높은 데이터를 찾을 수 있다는 것이다., 2023.9.14. 조회

123) 위키피디아, 프롬프트 엔지니어링, https://en.wikipedia.org/wiki/Prompt_engineering#Chain-of-thought, 2023.9.14. 조회

124) 위키피디아, Fine-tuning (deep learning), [https://en.wikipedia.org/wiki/Fine-tuning_\(deep_learning\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Fine-tuning_(deep_learning)), 2023.9.14. 조회

미세 조정(Fine-Tuning)을 위해서는 현재는 비용과 보안 중 한 가지를 희생해야 하는 문제점이 있다. 빅테크가 제공하는 LLM을 사용하면, 시스템 구축 비용이 절약되나 데이터 유출에 대한 우려가 있다. 반면에 사내에 LLM을 구축하면 데이터의 보안은 보장되나 비용면에서 큰 부담이 된다. 한 전문가는 현재는 많은 기업들이 기업 내에 sLLM을 구축하려고 시도하고 있다고 응답했다. - “LLM은 기업 내 온프로미스(On-premise)를 구축하는 방향으로 발전할 것이며, 특정 목적을 위한 소형 LLM(sLLM)이 기업에 보급될 것으로 생각된다.” 이는 국내 스타트업도 비용은 적고 특정 성능이 우수한 sLLM을 연이어 출시하는 것으로도 확인할 수 있다.¹²⁵⁾

다. 소프트웨어 전문가 인재상

생성형 AI 도구 출시 이후에 소프트웨어 전문가의 인재상이 어떻게 변화할 수에 대한 전문가 의견을 물었다. 초급, 중급, 고급에 대하여 수행해야 하는 업무, 업무를 수행하기 위한 최소 역량 기준을 조사하고 SW전문가 수준에 관계 없이 공통적으로 필요한 개발언어, 개발도구, 교육 등에 대해 조사하였다.

전문가들은 대부분 학력, 경력에 대해서는 크게 중요하게 생각하지 않았으며, 개발 업무 역량이 중요하다고 생각하며, 구인 시 업무 담당자가 심층 면접을 통해 자사 업무에 적합한 인력을 선정한다고 언급했다. 일부 회사의 회사에서 인력 수준을 정의하고 시험, 인터뷰, 프로젝트 경력 등을 감안하여 수준 인증을 해주고 있었다.

전문가들은 공통으로 초급은 지시한 단일 업무가 가능한 경우, 중급은 프로젝트 한 부분의 업무를 계획하고 초급과 같이 수행이 가능한 경우, 고급은 전체 프로젝트를 기획하고 팀 운영이 가능한 경우라고 응답하였다.

이전 연구¹²⁶⁾에서는 SW 인재를 다음과 같이 정의하였다. SW 인재는 일반적으로 초급, 중급, 고급, 최고급으로 구분되지만, 수요 조사 결과 중급 인재의 수요가 많고, 중급 역량의 범위가 넓어 중급을 두 단계로 분류하였다.

OPEN AI Fine-tuning, <https://platform.openai.com/docs/guides/fine-tuning>, 2023.9.14. 조회
125) 매일경제(2023.7.23), 작지만 똑똑한 AI ... sLLM 시대 온다
126) 진희승, 윤보성, 이승윤(2022), 빅데이터 기반 SW인력 수요 분석, 소프트웨어정책연구소

[그림 3-14] SW인력의 수준별 정의

구분	초급(기초역량, 입문자)	중급 I(실무역량, 실무자)	중급 II(문제해결역량, 숙련자/전문가)	고급(혁신역량, 혁신가)
	기초지식, 산업기사	기사	기사상	기사사, 강사
정의	직무에 필요한 기본적인 소양을 이해하고 능동적 소양개발, 의사결정 등 자신의 직무에 활용할 수 있는 역량을 보유한 인재. 구체적인 업무지시를 받아 자신이 보유한 기술을 적용하여 일을 수행할 수 있는 단계로 기본적인 개발 원리를 이해하고 습득하고자 하는 의욕이 있는 자	자신의 보유 지식/기술을 직무 분야에 대한 적용·유용하여 서비스·제품 등에 대한 개발 업무를 책임지고 수행할 수 있는 역량을 보유한 인재. 기본적인 기술 실무능력을 갖춘 경력자	서비스·제품에 대한 책임을 갖고 관련 업무를 운영하여 능동적으로 기술을 적용·유용하고 문제를 해결할 수 있는 역량을 보유한 인재. 신기술 이해 및 문제해결능력을 갖춘 경력자	해당 기술분야에 대한 특별한 공헌과 반복적인 경험을 바탕으로 문제의 정의 및 해결 능력을 갖고, 새로운 기술 트렌드를 습득하여 개발·구현할 수 있는 역량 및 고도의 기술력을 바탕으로 기존과는 다른 창의적 프로젝트를 기획하고 고도인재에 대한 기술 있는 역량 발휘할 수 있는 인재
동상적 경력	약 3년 미만	3년~10년 내외(신기술/특정분야 빠른 경우 5년 내)	5년~15년 내외(신기술/특정분야 빠른 경우 10년 내)	15년 이상(신기술/특정분야 빠른 경우 10년 이상)
교과 이수	없음	직접과목 5개 이상 + @ (간접/융합과목 3개 내외)	직접과목 10개 이상 + @ (간접/융합과목 5개 내외)	직접과목 15개 이상 + @ (간접/융합과목 5개 이상)
일반적 자격	기초지식, 산업기사	기사	기사상	기사사, 강사
업적 지칭	주니어	시니어	시니어	테크 리더, 수석
주요 능력범위	기본적인 프로그래밍 원리/논리 이해 및 기본 개발 프로그램 활용 능력 보유 ·변용적 언어(Java, Python, C 등) 기본 코딩능력 보유 ·파이썬 기본 지식 이해 및 지식 응용 능력 수행	·통합 개발환경 독립적 프로젝트 모듈 내 숙련된 구현 ·변용적 프로그래밍 언어 사용에 대한 고급 소양을 보유하고 제품 개발에 필요한 기술 습득 속도가 빠름 ·파이썬 알고리즘 분석 및 서비스 구현 원리 지원	·독립적인 SW서비스 개발 프로젝트에 대한 숙련된 설계/구현/관리 ·SW 기업의 전문/핵심 프로젝트, 기술자 단위급 중급 ·파이썬 활용 프로젝트 운영관리	·특정 SW분야에 최고로 지식 보유자로, 자타 인정 기술자로서 기반으로 해당 분야/기술 내 영향력 높음 ·SW기술자 그룹 중급, 사업 고도화를 통한 수익창출 ·파이썬 버전 업그레이드 연구 및 대체재 개발
2022년 SW인력 수준 정의	역할 및 책임	수준 단계 및 주요 능력범위를 통상적 식별 용이 및 편의에 따라 구분하였지만 본문의 의지와 역량에 따라 상향 정도 및 시간 단축 가능	·독립적인 SW서비스 개발 프로젝트에 대한 숙련된 설계/구현/관리 ·SW 기업의 전문/핵심 프로젝트, 기술자 단위급 중급 ·파이썬 활용 프로젝트 운영관리	·특정 SW분야에 최고로 지식 보유자로, 자타 인정 기술자로서 기반으로 해당 분야/기술 내 영향력 높음 ·SW기술자 그룹 중급, 사업 고도화를 통한 수익창출 ·파이썬 버전 업그레이드 연구 및 대체재 개발
	영향력	·원장적 지식 및 감독적 업무 수행 ·문제 해결 시 개인적 재량권 사용 ·예상치 못한 상황에 가이드/지침 필요	·수준 단계 및 주요 능력범위를 통상적 식별 용이 및 편의에 따라 구분하였지만 본문의 의지와 역량에 따라 상향 정도 및 시간 단축 가능	·독립적인 SW서비스 개발 프로젝트에 대한 숙련된 설계/구현/관리 ·SW 기업의 전문/핵심 프로젝트, 기술자 단위급 중급 ·파이썬 활용 프로젝트 운영관리
	복합성	·개인 실무수준에서 팀 책임에 기여하고 주로 중급 실무자의 상용직을 ·프로젝트 단위 기능에 영향 및 의사결정 참여	·수준 단계 및 주요 능력범위를 통상적 식별 용이 및 편의에 따라 구분하였지만 본문의 의지와 역량에 따라 상향 정도 및 시간 단축 가능	·독립적인 SW서비스 개발 프로젝트에 대한 숙련된 설계/구현/관리 ·SW 기업의 전문/핵심 프로젝트, 기술자 단위급 중급 ·파이썬 활용 프로젝트 운영관리
	지식	·기본 도메인 지식을 보유하고 새로운 정보가 체계적으로 지식될 때 이를 흡수하여 적용	·수준 단계 및 주요 능력범위를 통상적 식별 용이 및 편의에 따라 구분하였지만 본문의 의지와 역량에 따라 상향 정도 및 시간 단축 가능	·독립적인 SW서비스 개발 프로젝트에 대한 숙련된 설계/구현/관리 ·SW 기업의 전문/핵심 프로젝트, 기술자 단위급 중급 ·파이썬 활용 프로젝트 운영관리
	비즈니스 스핀	·단위급 수행 및 프로젝트 지원을 위한 소용 기술 보유 ·문제 해결에 필요한 도구/방법을 이해하고 자신의 역할에 대한 디지털 기술 보유 ·자신의 개발 기여를 사별하고 협상 ·조직 표준을 인식하고 자신에게 적절한 작업 관행 사용	·수준 단계 및 주요 능력범위를 통상적 식별 용이 및 편의에 따라 구분하였지만 본문의 의지와 역량에 따라 상향 정도 및 시간 단축 가능	·독립적인 SW서비스 개발 프로젝트에 대한 숙련된 설계/구현/관리 ·SW 기업의 전문/핵심 프로젝트, 기술자 단위급 중급 ·파이썬 활용 프로젝트 운영관리
주 교육 형태	멘토링(업무 적용 관련)	멘토링(문제 해결, 응용 관련)	멘토링(문제 해결, 응용 관련)	멘토링(관리, 창의력, 조직 의사결정 관련)
관련사업 예	지식적 프로젝트(개인/단체)	수준적 프로젝트(협업형, 제시된 주제 선택)	수준적 프로젝트(협업형, 제시된 주제 선택)	수준적 프로젝트(자유 주제 선정)
	서비스전문교육(중·고급 과정 등)	서비스전문교육(중·고급 과정 등)	서비스전문교육(중·고급 과정 등)	서비스전문교육(중·고급 과정 등)

자료 : 진희승, 윤보성, 이승운(2022), 빅데이터 기반 SW인력 수요 분석, 소프트웨어정책연구소

본 연구에서는 SW인력에서 개발자로 범위를 좁혀 초급, 중급, 고급의 수준을 정의하였다. 심층 인터뷰 결과를 토대로 개발자 수준은 다음과 같이 정의할 수 있다.

[그림 3-15] 개발자 수준 정의

구분	초급	중급		고급
		주니어	시니어	
학력 수준	대학 졸업	석사 졸업	석사 졸업	박사 졸업
경력 수준	4년 미만	4년 이상	5년 이상	8년 이상
개발업무 역량	·기술과 개발언어 문제 이해를 기반으로 업무 소용 및 단위 기능 구현 가능 ·단, 업무지시가 필요하여 필요 기술 및 라이브러리에 대한 지식과 활용 미숙	·트렌디한 기술/제품과 최신 라이브러리에 대한 지식을 기반으로 업무에 필요한 기술 스택을 찾아냄 ·모든 수정 및 컴포넌트 개발 가능 ·리드 요구사항 반영 및 요청에 대한 논리 준수 가능 ·솔루션 개선책 제시 가능	·코드 리뷰 및 주니어 리드 가능	·솔루션 및 서비스 전체 구조 파악과 대부분의 문제 해결 가능 ·팀 운영을 통해 전체 프로젝트를 총괄 리딩할 수 있음
생성형 AI 활용 형태 및 역량	·사수 및 Stack Overflow 도움 최소화 및 자기학습 속도 향상 ·생성형 AI와 팀 구성하여 단위 기능 개발 가능	·생성형 AI 관련 새로운 모델과 전이학습에 대한 이해 및 구현 가능 ·주요 개발도구의 완전한 사용과 코드 초안 작성 등에 생성형 AI(코피ilot 등)를 활용함으로써 업무 효율성 향상	·주요 코드 리뷰 및 코드 검색을 통한 기존 지식 활용이 생성형 AI를 활용함으로써 업무 효율성 향상	·주요 기술 조합 및 설계에 대한 아이디어 소용을 얻는 생성형 AI를 활용 ·새로운 모델을 제안하고 생성형 AI를 발전시킬 수 있음

자료 : SPRI 분석

소프트웨어 인재 역량에 대한 큰 특징은 개발자들의 소프트웨어의 기본 개념의 학습이 필요한지에 대한 전문가들의 의견이 나뉜다는 점이다. 신기술을 개발하거나 신기술을 이용하여 새로운 소프트웨어 전문 제품을 만들기 위해서는 운영체제(OS, Operating System), 데이터 구조(DS, Data Structure), 프로그램 언어(PL, Program Language) 등의 기본 소프트웨어 지식이 필요하다는 의견이 지배적이었다. 소프트웨어 개발팀장은 특정 프로그램 언어나 제품에 대한 지식보다는 컴퓨터공학의 기본적인 개념을 알고, 활용할 수 있는 능력이 필요하다고 응답했다. - “빠르게 변화하는 환경에서 새로운 제품 개발을 위해서는 소프트웨어 전공자들이 기본적으로 학습하는 운영체제, 데이터베이스, 네트워크 등의 지식이 필수적이며, 그런 지식이 없이는 업무

수행에 한계가 있다.”, “ GPT가 생성하는 콘텐츠를 이해하기 위해 대학에서 배우는 전공 교육(OS, PL, DS 등 CS의 기본 개념)은 여전히 필요하다고 생각된다.”, “기본적인 개발 지식과 코드 지식이 없는 상황에서 GPT를 오용하여 잘못된 코드를 생성하는 사례가 있다.”

반면에 대학에서 컴퓨터공학 전공을 통해 소프트웨어를 학습할 필요가 없다는 전문가는 개발환경이 너무 빨리 변하기 때문에 필요한 지식만을 학습하는 것이 효율적이라고 응답하였다. - “LLM을 활용하여 바로 필요한 것의 취득이 가능하여 컴퓨터 사이언스 분야에서 과거에 필수적으로 배워야 하는 분야들의 필수성이 많이 희석되었다.”, “ 해외 우수대학에서는 기초과목은 학생들이 알아서 하는 것으로 커리큘럼을 구성하고, 우리나라 대학원 과목들을 대학교 과목에서 많이 가르치고 있다.”

심층인터뷰에 참여한 대부분 전문가는 기술적인 요구사항 외에 커뮤니케이션 역량은 고객, 다른 전문가들과 소통을 위해서는 필수 요소로 필요하다고 했다. - “커뮤니케이션 역량은 요구사항 수집, 프로젝트 진행, 문제 해결 등에서 필요하다.”

한 전문가는 융합 분야에서의 개발자의 역할에 대한 변화가 있을 것이라고 응답하였다. 생성형 AI 도구를 활용함으로써 비개발자도 개발을 할 수 있으나, 전문 개발자의 역할은 여전히 존재할 것이라는 의견이다. - “ 금융, 제조 분야 등 SW 융합 분야에 있어서 개발자의 역할은 개발언어와 도구를 활용하는 것을 넘어 도메인 지식을 습득하고 이를 활용하여 기획 및 설계를 수행하고, 새로운 기술을 개발하고 적용하는 역할을 부여받을 것으로 예상된다.”

라. 인재 확보 및 교육

심층인터뷰에 참여한 전문가들은 전문 개발자들이 원하는 기업은 전문성 향상이 가능하고 자유로운 근무 환경을 가진 기업이라고 응답했다. 전문가들은 전문 개발자들이 유튜브, 블로그를 통한 개발자 모임, 학회 등을 활용하여 개인의 역량을 지속적으로 향상하며, 이런 활동을 지원하는 기업을 선호한다고 응답했다.

기업에서 일괄적인 교육보다는 업무 중심의 개별적 교육이 주를 이루며, 개발자들은 현장에 직접 적용할 수 있는 교육을 자발적으로 찾아서 하는 경향이 있다고 한다.

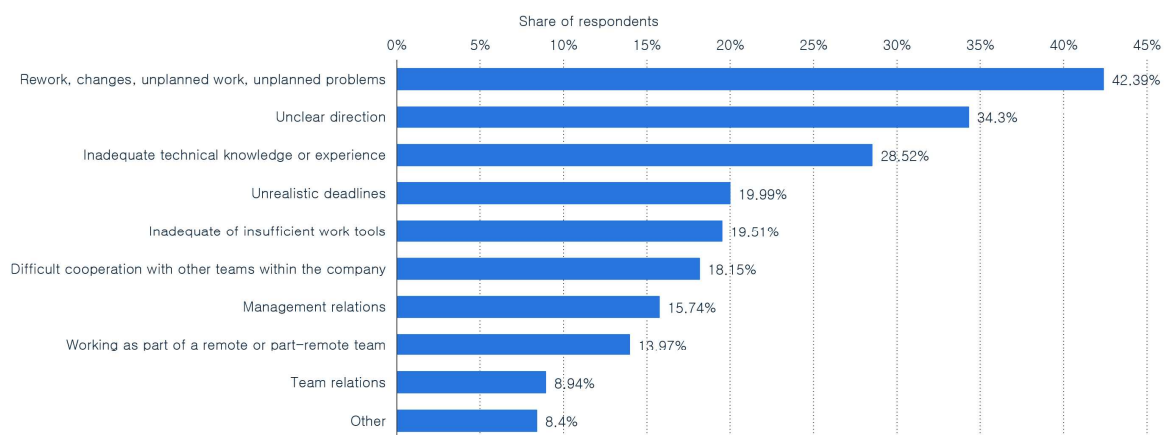
전문가들은 인재 확보에 대해서는 실력이 있는 개발자를 채용하기는 어려우며, 전문가 선정을 위해서는 채용 프로세스를 점점 정교하게 수정하고 직접 채용을 원하는

부서 중심으로 전문가 기술 검증을 진행한다고 응답했다. 전문가들은 실력이 부족한 개발자들을 다수 배출되어 실력이 있는 개발자를 선정하는 작업에 노력이 들어간다고 응답했다. 채용된 인력에 따라 회사 운영에 영향을 더 많이 받는 startup에서 더욱 채용에 심사숙고하는 것을 알 수 있었다.

마. 심층 인터뷰 분석

소프트웨어 개발자들이 업무에서 어려움을 느끼는 부분은 업무 변경과 정확하지 않은 업무지시가 가장 큰 부분이나 기술적 지식과 작업 도구의 부족도 큰 문제로 생각하고 있다.

[그림 3-16] 개발자 업무에서 어려운 점

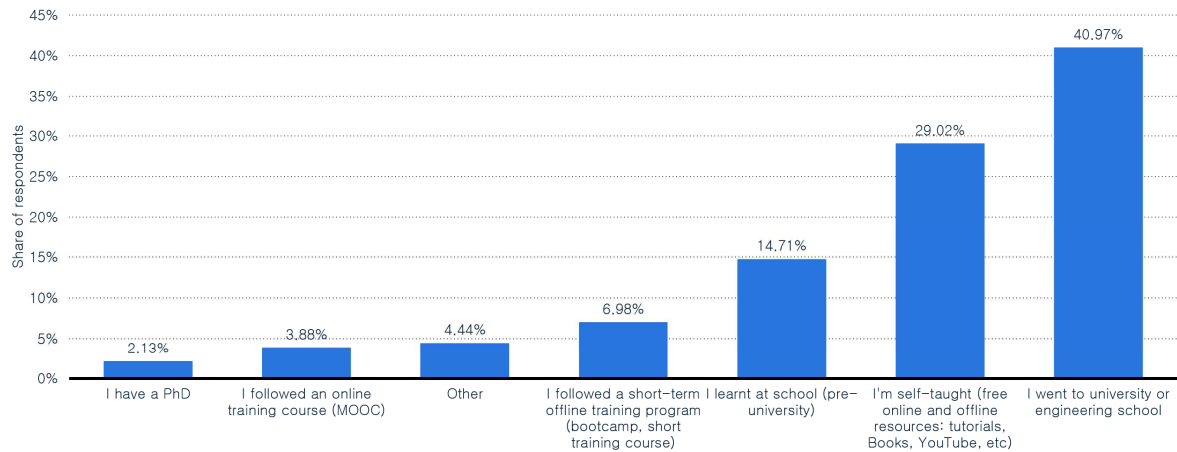


자료 : codinGame(2023) 2022년 131개국 개발자 98개국 채용 담당자 18,200명 대상 조사

기술적 지식이나 개발 도구의 부족 문제는 생성형 AI의 출현으로 많은 부분이 해소된 것으로 보인다. 전문가들의 심층 인터뷰 결과 기존에는 인터넷 학습이나 검색을 활용하거나, 선배들에게 문의하여 개발 관련 지식을 습득하였다. “[그림 3-17] 프로그래밍 학습 방법”과 같이 개발자들은 프로그램을 대학에서 학습하는 것 다음으로 많은 수가 독학으로 학습한다.

심층 인터뷰에 참여한 전문가들은 생성형 AI 출현 이후에는 생성형 AI를 활용하여 빠르게 지식 습득을 하고 프로그램 개발 시 부족한 지식을 채워나간다고 응답하였다.

[그림 3-17] 프로그래밍 학습 방법



자료 : codinGame(2023) 2022년 131개국 개발자 98개국 채용 담당자 18200명 대상 조사

개발자들은 생성형 AI 개발 도구를 개발 시 기본적으로 활용하여, 개발 코드 생성 및 검증은 물론, 개발 코드 설명이나 개발문서 작성에도 활용하는 것으로 조사되었다. 물론 전문가들은 생성형 AI 개발도구를 요구 사항 분석이나 설계 부분에 활용하기 위해서는 생성형 AI 개발도구의 기술적 발전이 필요하다고 응답하였다.

코드를 생성하는 것은 기존의 코드를 LLM이 학습한 결과로 가능하지만, 고객의 요구사항을 듣고 고객 요청의 맥락까지 파악하는 것이 부족하리라고 생각한다. 또한 프로그램이나 서비스의 설계를 위해서는 기술적 지식, 도메인 지식, 기업의 전략, 고객 분석 등의 여러 가지 지식과 요소가 포함되어야 하므로, 생성형 AI가 이를 수행하기에는 부족이 점이 많을 것으로 분석이 된다.

이는 개발자들이 가장 어렵게 생각하는 업무 변경과 명확하지 않은 업무 지시와 연관이 되는 부분이다. LLM의 경우는 문서화되어 있는 지식에 대한 학습이 가능하며, 경험한 학습에 의해 몸에 쑥민 암묵지는 학습이 불가능하다. 또한 프롬프트 엔지니어링을 이용하여 명확한 요청사항을 입력해야 답을 낼 수 있는 생성형 AI는 내재적 요구사항은 처리할 수가 없다.

이 이외에도 생성형 AI 활용의 확대를 위해서는 생성형 AI 성능의 문제와 기업 데이터의 활용 시 보안 문제도 해결해야 한다. 이를 위해 기업들은 sLLM¹²⁷⁾의 자체 구축을 고려하고 있다.

127) small LLM, 머신러닝 매개변수(parameter)를 줄여 비용을 아끼고 미세조정(fine-tuning)으로 정확도를 높이는 '맞춤형 LLM', AI타임스(<https://www.aitimes.com>), 2023.4.7

기업은 생성형 AI 출현 이후 지식을 가진 직원보다는 주어진 문제를 해결할 수 있는 역량을 가진 직원이 인재라고 생각하고 있었다. 그렇게 하기 위해서는 소프트웨어 공학의 기본적인 개념을 알고 생성형 AI가 생산하는 지식을 선별하여 활용할 수 있어야 한다. 현재 생성형 AI 문제 중의 하나가 환각 현상으로 이를 해결하기 위한 기술적인 연구가 이루어지고 있으나, 그 문제는 아직 획기적 기술적 진보는 어려워 보이며, 생성형 AI를 활용하는 사람들의 책임으로 보인다.

팬데믹 종료 이후 비대면 서비스의 요구는 줄었으나, 팬데믹 이후의 경제적, 사회적, 문화적 변화는 이어가고 있어 소프트웨어 인재 수요는 아직도 공급을 넘어서는 것으로 조사되었다.

생성형 AI 출현 이후 개발자들의 역할, 교육 방법, 인재상 등이 변화하고 있으며, 생성형 AI가 개발 업무에 미치는 영향을 확인하기 위해서는 개발 업무(Task)별로 심도있게 분석하는 것이 필요하겠다. 다음 절에서는 전문가 자문을 통해 개발 업무(Task) 별로 미치는 영향을 분석하고, 이는 전체 개발 프로세스를 어떻게 변화시킬지 분석하겠다.

제3절 생성형 AI가 개발업무에 미치는 영향 분석

제2절에서 문헌조사 방법과 전문가 심층인터뷰를 이용하여 소프트웨어 개발에 LLM을 활용하는 현황을 정리하였다. 본 절에서는 구조화된 설문지를 통해 SW산업 및 융합산업 전문가 조사를 수행하여 소프트웨어 개발 단계인 분석, 설계, 테스트, 배포 단계에서 생성형 AI 활용 현황을 정리하고, “〈표 3-8〉 개발 업무를 수행하는 직업에서 수행하는 DWA”에 정의된 개발 태스크별 LLM의 영향을 분석한다. 본 절에서 분석한 사항은 제2절 소프트웨어 개발에 LLM 활용현황과 전문가 설문지를 정보를 기반한 것으로 정성적인 분석이다.

자문을 얻은 전문가들은 다음과 같으며, 대학과 기업에서 개발, SW아키텍트, CTO, 연구 등 여러 가지 직무를 수행하고 있는 20여 명의 전문가들을 포함하였다. 기업은 패키지, 서비스, 게임 SW 등 SW산업별¹²⁸⁾로 구분하여 전문가들을 섭외하였다.

〈표 3-10〉 전문가 소속 및 전문 분야

소속	전문 분야	직무
대학교	NLP, 빅데이터 프로그램 등	교수
대기업	AI 교육	팀장
제조 대기업	자동차 관련 임베디드 프로그램 개발	SW 개발자
IT 서비스 기업	AI Coding, SI 프로그램 설계	Application Architect
IT 서비스 기업	생성형 AI 관련 서비스, 고객 데이터 분석, 시큐어 코딩	SW 개발자
IT 서비스 기업	제품 추천 및 판매	대표
IT 서비스 기업	게임 SW	프로덕트 매니저
IT 서비스 기업	데이터 분석, 제품 추천	엔지니어링 팀 리드
패키지 SW	테스트 자동화 도구	SW Architect
패키지 SW	전자결재 프로그램	사업/프로젝트 관리
투자회사	스타트업 발굴, 펀드 투자	대표

128) 소프트웨어 산업은 패키지, 서비스, 게임 SW, 정보 서비스로 분류함(SW산업 자료집)

제1절에서 정리한 소프트웨어 개발 단계인 소프트웨어 요구분석(Software Requirements), 소프트웨어 설계(Software Design), 소프트웨어 구현(Software Construction) 및 소프트웨어 시험(Software Testing) 등의 단계 정의와 단계별 LLM의 영향을 전문가에게 조사한 내용과 분석 결과는 다음과 같다.

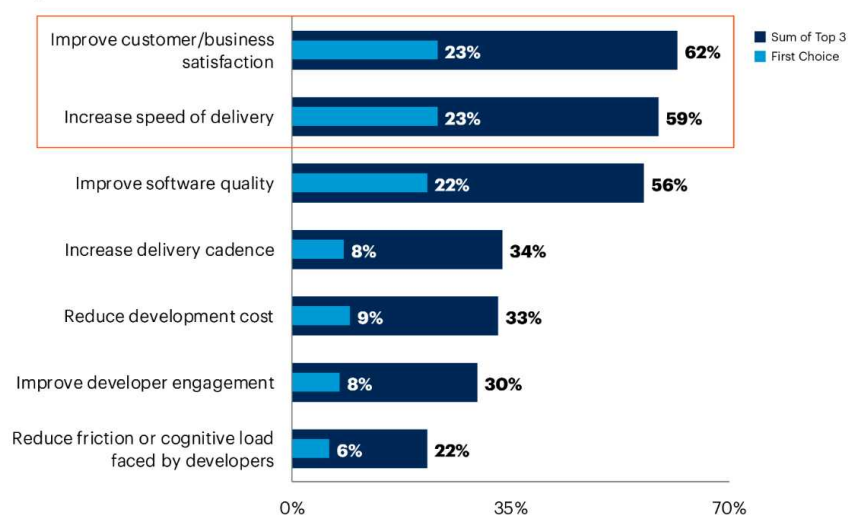
1. SW 개발 프로세스별 생성형 AI가 개발에 미치는 영향 분석

가. SW 요구 분석

소프트웨어 개발 시 분석 단계에서는 수행하는 업무에 대해 전문가들의 의견을 종합하면 다음과 같다. RFP(Request for Proposal) 분석, 실제 데이터 및 회의 기반 요구사항을 정리하고 시스템 모델링을 수행하는 단계이다. 또한 요구사항으로부터 테스트 케이스를 생성한다.

Gartner(2023) 조사에서 소프트웨어 엔지니어링 리더의 개발 생산성 목표는 고객 만족도 향상, 개발 속도, 소프트웨어 품질 순이라고 발표하였다. 개발 리더들이 개발 생산성을 향상시키기 위해서 개발 속도와 더불어 고객만족도가 중요하다고 생각하는 것은 제품을 완성시키기 위해서는 고객 승인이 필요하기 때문이다. 소프트웨어의 고객 만족도 향상을 위해 고객 요구사항 분석은 중요한 부분이다.

[그림 3-18] 개발자 생산성 향상 목표



출처 : Hema Nair et al.(2023), Quick Answer: How Can Generative AI Tools Speed Up Software Delivery?, Gartner, 2023.6.8.

개발팀은 고객이 만족하는 완성되고 고도화된 요구사항 도출을 위해 생성형 AI를 활용할 수 있다. 전문가들은 생성형 AI는 특정 비즈니스의 일반화된 사실을 확인하는데 유용하다고 한다. 예를 들면 인터넷 금융 서비스에 성공하기 위한 필요한 시스템의 기능을 생성형 AI에게 문의할 수 있다. 이렇게 추출한 키워드를 토대로 소프트웨어의 궁극적인 목표와 방향성을 결정한다면 고객 요구사항 만족도를 향상하고, 이를 통하여 생성형 AI가 소프트웨어 생산성 향상에 기여할 것으로 판단된다.

SI 기업의 전문가는 기존 시스템의 기능을 분석하는 데 생성형 AI 활용이 가능하며, 시스템 업그레이드 시 분석된 기능을 기반으로 시스템 설계에 생성형 AI가 유용하다고 한다.

인터넷 서비스 기업에 종사하는 전문가는 이미 인터넷에 있는 자료에 대한 리서치 및 다양한 비슷한 케이스를 통한 의견 수집 등은 이미 LLM이 잘하고 있는 영역이기 때문에, 기능 추가 및 신규 비즈니스 확장할 때 LLM을 통한 자료 조사가 유용하다고 했다.

스타트업에 종사하는 전문가는 제품의 가장 중요한 기능에 집중하여 개발하는 초기 모델인 최소기능제품 (MVP, Minimum Viable Product)에 생성형 AI를 활용할 수 있다고 한다. MVP를 위해서는 시장조사, 사용자 인터뷰, 프로토타입 개발, 사용자 피드백 수집, 핵심 가설 검증, 제품 개선과 확장 등의 일련의 프로세스가 필요하다. 시장조사를 위하여 생성형 AI를 이용하여 경쟁 제품 조사, 경쟁 현황과 차별화 전략 작성, 시장 전망, 성장성, 시장 기획 분석 등이 가능하다. 생성형 AI를 이용하여 사용자 인터뷰 질문지를 만들 수 있으며, 인터뷰에 대한 결과분석이 가능하다. 이를 통해 주요 기능 도출이 가능하다.

제2절에서 살펴본 바와 같이 소프트웨어 요구분석 단계에서는 아직 생성형 AI를 정형화하여 사용하기는 어려우며, 생성형 AI에 특화된 관련 요구사항 분석 도구들도 많지 않은 상황이다. 생성형 AI 도구가 LLM 기술을 기반으로 하기때문에 자료 조사나 새로운 아이디어 도출에 유용하지만, 소프트웨어 요구사항 분석의 경우 생성형 AI 도구를 효과적으로 사용하기 위해서는 기업 형태 및 서비스에 따라 프롬프트 엔지니어링 개발과 사용법 습득 및 활용 방안 마련이 중요할 것으로 판단된다. 또한 자료 조사 결과의 경우도 생성형 AI 신뢰성의 문제로 생성된 자료에 대한 검증은 필수적이다.

또한 전문가는 고객사의 비즈니스 로직 개발 부분은 사람의 보완이 필요하여, 최신 트렌드의 기술을 활용할 때는 LLM의 학습데이터의 최신성이 부족하여 LLM의 활용가능성이 높지 않다고 한다. LLM의 활용성을 높이기 위해서는 LLM 데이터의 최신성을 확보하기 위한 기술 혁신이 필요하다고 판단된다.

전문가들은 생성형 AI는 회의 시 화자를 구분하여 회의록 생성이 가능하며, 이때 LLM의 환각 현상을 줄이기 위해 RAG(Retrieval-Augmented Generation) 기반 QA(질의응답) 시스템을 활용한다고 한다. 요구 분석 단계에서는 생성형 AI의 환각을 줄이는 것이 생성형 AI의 활용성을 높이는 데 중요한 요소라고 판단되며, 일부 해결 방안이 고안되고 있는 것을 확인하였다.

나. SW 설계

설계 단계는 구조 설계와 상세 설계로 나뉘며, 구조 설계를 전문가들은 다음과 같이 정의하였다. 분석 기반 구조 설계서를 작성하는데, SW 컴포넌트를 식별하고 컴포넌트 간 처리 방식을 문서화하며, 데이터베이스 및 네트워크 설계하고, 시스템 아키텍처를 구성한다.

생성형 AI가 구조 설계 단계를 전체적으로 수행하기는 어려우며, 부분적으로 도움을 줄 수 있다는 전문가들의 의견이 많았다. 부분적으로 활용할 수 있는 부분은 “<표 3-11> 구조 설계 단계에서 LLM 활용”와 같다. 정리하자면 초기 아이디어를 얻거나, 설계 단계를 문서 작성에 활용하는 것으로 판단된다. 반면에 노력 대비 편익이 적다거나, 활용이 어렵다는 의견도 있었다.

<표 3-11> 구조 설계 단계에서 LLM 활용

LLM 활용 내용
설계의 여러 가지 가능성을 확인하는 차원에서 LLM에게 질의
제공 서식에 맞추어 문서 작성
활용하거나 조사할 기술에 대한 간단한 설명 및 사용 예시를 생성시켜 이를 통해 기술 학습의 첫 단계로 활용
플러그인 기능을 연결하면 실제 구조도도 자동으로 그려낼 수 있는 멀티모달 기능을 사용

상세 설계 단계는 코드 초안 단계까지 수행하는 단계로 작성된 구조 설계 기반 비즈니스 로직 구현을 위한 설계 단계이다. 개발자는 비즈니스 요구사항에 맞는 유스케이스를 정의하고, 기능에 필요한 함수들의 스펙을 정의하는 단계이다. 상세 설계 단계에서 필요한 자료 구조 및 코딩 규칙, 그리고 프로토콜 및 라이브러리들을 구체화한다. 개발자는 지속적 통합 및 배포(CI/CD, Continuous Integration/Continuous

Delivery) 같은 자동화 파이프라인도 구축한다. 이 단계에서는 LLM의 활용도가 많지 않다는 의견이 대다수이었다.

제2절 조사 분석과 전문가 의견을 종합할 때 설계 단계는 소프트웨어 개발 단계인 분석, 설계, 개발, 테스트 단계 중 생성형 AI 활용이 가장 어려운 단계이다. 설계 관련 정보를 얻거나, 서식에 맞는 문서 작성 이외에 직접적인 설계는 어려운 것으로 판단된다.

다. SW 구현

구현 단계는 코드를 개발하는데, 먼저 단위 컴퍼넌트(클래스, 함수)별 코드를 생성하고 단위테스트를 수행하는 단계이다. 데이터베이스를 검색, 저장할 수 있는 쿼리를 생성한다. 컴퍼넌트 인터페이스를 개발하고 전체 코드를 통합한다.

이 단계에서는 제2절에서 기술한 바와 같이 다양한 코드가 출시되어 있으며, 코드 생성, 코드 추천, 코드 자동완성, 주석 작성, 코드 번역 등의 기능이 지원되고 있어 소프트웨어 개발 단계 중 테스트 단계와 더불어 생성형 AI 도구를 가장 많이 활용할 수 있다. 여러 종류의 생성형 AI 개발도구가 있으나, 전문가 조사에서는 대부분의 전문가가 Copilot를 활용하고 있었다. 일부 전문가가 Tabnine를 활용하고 있었다.

전문가 조사에서 Copilot는 깃허브를 이용하는 개발자들은 접근이 용이하고, 개발자들이 많이 활용하는 코드 관련 검색이 필요 없는 코드 자동완성 기능을 많이 활용하는 것으로 조사되었다. 단점으로는 복잡한 코드 생성 시는 검증하는 데 시간이 더 소요되어 활용성이 낮았다. 또한 초급개발자들은 생성형 AI가 제안한 코드의 의존성이 높아져 역량 향상에 부정적인 영향을 미친다는 의견이 있었다.

ChatGPT의 경우도 소프트웨어 코딩에 활용가능한데, 이는 대화형 플랫폼으로 접근성이 가장 좋으며 개발자가 코드에 대한 도움을 받거나, 새로운 기능에 대한 아이디어를 얻는 용도로 유용하게 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

생성형 AI는 같은 작동 원리로 데이터베이스 쿼리언어인 SQL도 생성이 가능하나, 데이터베이스 쿼리 효율화는 어디 정도까지 가능한지 확인이 필요하겠다. 데이터베이스 쿼리 최적화를 담당하는 데이터베이스 엔지니어가 부족한 현실에서 생성형 AI를 활용하면, 초보자도 관련 업무가 가능한지 여부는 검토할 필요가 있다. LLM의 활용 증가로 VectorDB¹²⁹⁾의 사용도 증가하며, 관련 전문가가 많이 필요하리라고 예측된다.

전체 코드를 통합하는 단계에서는 개별 개발자가 작성한 코드와 필요한 외부 소프트웨어를 통합 및 타 시스템과 연동하고 성능 향상을 위해 코드 리팩토링 등을 수행한다. 소프트웨어를 통합하는 단계에서는 생성형 AI 개발 도구 활용이 어렵다는 전문가들의 의견이 지배적이었다. 개별 코드 생성만으로는 해결할 수 없는 문제들이 많아 사람의 개입이 필요하다는 의견이 많았다. 요구 분석 단계와 같이 생성형 AI를 이용하여 기본적인 아이디어 도출은 가능할 것이다.

라. SW 테스트

제2절에서 확인한 바와 같이 생성형 AI 개발도구를 가장 많이 활용 가능한 부분이 테스트이다. 생성형 AI를 이용하여 자동 케이스케이스, 테스트코드, 데이터 생성 및 코드 디버깅이 가능하다. 테스트는 시간이 많이 걸리고 반복적인 업무가 많아 생성형 AI를 이용하면 가장 개발 효율성을 높일 수 있는 단계이기도 하다. 또한 코딩 자동화로 개발 생산성을 높인다 하더라도 테스트 속도가 코딩 속도를 따라가지 못한다면 테스트 단계가 개발의 병목현상이 될 수 있어, 테스트에 생성형 AI를 적용하는 것은 필수적인 사항이라고 판단된다.

기존의 테스트 자동화 도구의 단점은 너무 많은 테스트 케이스를 생성하여 테스트의 효율성을 감소시키는 것과 테스트 데이터의 부족이었다. 생성형 AI를 이용하면 사용자 시스템 요구사항이나 사용자 스토리가 포함된 텍스트 프롬프트를 제출하여 테스트 사례 적용 범위를 최적화함으로써 테스트를 최소화할 수 있다.

테스트 데이터의 경우 기존의 테스트 데이터를 활용하여 생성형 AI가 새로운 테스트 데이터를 생산함으로써 테스트 데이터의 부족 문제를 해결할 수 있다. 한가지 문제점은 편향된 훈련 데이터는 편향성이 심화된 데이터를 생성할 수 있다는 점이다.

생성형 AI 이용한 테스트 결과에 대한 결함 분류, 결함 예측을 포함한 분석 보고서 작성은 개발자의 시간을 절약해 준다.

그러나 문헌 자료 등을 분석한 결과와는 다르게, 전문가 심층 인터뷰에서는 생성형 AI 코딩 도구에 비해 테스트 도구는 많이 사용하지 않는 것으로 조사되었다. 코드 생성은 기존 개발 환경(IDE, integrated development environment)에 생성형 AI 도구를

129) VectorDB는 임베딩 및 벡터 검색 기술을 사용하여 텍스트, 이미지, 음성 등 다양한 형태의 데이터를 저장하고 검색하기 위한 데이터베이스, 관련 메타데이터가 포함된 텍스트 데이터를 저장, 검색 및 관리하기 위한 사용하기 쉽고 빠른 인터페이스를 제공한다

연결하여 활용이 쉬우나, 생성형 AI 테스트 도구는 기존의 테스트 자동화 도구에 통합되지 않아 그런 현상이 나타나는 것으로 분석된다. 향후 테스트 프로세스를 IDE처럼 통합테스트환경(ITE, integrated test environment)가 제공되어야 테스트에 생성형 AI 활용이 많아질 것으로 예측된다.

2. 생성형 AI가 SW 직무별 작업(Task)에 미치는 영향 분석

생성형 AI가 SW 직무별 작업에 미치는 영향을 분석하기 위해 O*NET 데이터를 활용하여 요구분석, 설계, 개발, 테스트에 관련된 직무 중 코딩과 가장 관련이 있는 직무를 선정하였다. 컴퓨터 프로그래머(Computer Programmers), 소프트웨어 개발자(Software Developers), 웹 개발자(Web Programmers)가 선정되었으며, 각 직무의 작업(Task)와 세부작업(DWA) 항목과 TASK, DWA의 연관 데이터를 분석하였다. DWA 51개를 선정하고 전문가 설문을 시행하여 생성형 AI가 소프트웨어 개발에 미치는 영향도에 대해 분석하고자 한다.

DWA의 자세한 선정 과정은 “제3장 제1절 2. SW전문가 직무별 작업(Task) 및 세부업무(DWA)”에서 확인할 수 있다. 개발과 직접적으로 관련이 있고, 생성형 AI의 영향을 받는 DWA를 식별하고 컴퓨터 프로그래머, 소프트웨어 개발자, 웹 개발자의 작업과 비교하여, 개발과 관련 있는 직무에 생성형 AI의 영향 정도를 분석한다.

SW 관련 직무의 작업 중 개발과 관련된 O*NET의 작업(Task)를 분석한 결과 컴퓨터 프로그래머(Computer Programmers), 소프트웨어 개발자(Software Developers), 웹 개발자(Web Programmers)의 작업은 다음과 통합할 수 있다.

요구분석 단계에서는 다음과 같은 사항을 검토하여 문서화한다.

- 사용자 요구사항을 분석하여 기술 요구사항 결정
- 사용자 요구사항과 소프트웨어 요구사항을 분석하여 시간 및 비용 제약 내에서 설계의 타당성 검토
- 하드웨어 구성을 결정하기 위해 보고 문서, 비용 또는 보안 요구 사항과 같은 요소에 대한 정보를 입수하고 평가

설계 단계에서는 다음과 같은 사항을 수행하고 문서화한다.

- 입력, 출력 및 논리적 작동을 설명하는 상세한 워크플로우 차트와 다이어그램 생성
- 시스템 상호 작용 또는 시퀀스 다이어그램 개발
- 프로그래밍 언어, 디자인 도구 또는 애플리케이션 선택

- 물리적, 인터페이스, 논리 또는 데이터 모델을 포함하는 웹 모델 또는 프로토타입 생성
- 저작 또는 스크립팅 언어, 콘텐츠 제작 도구, 관리 도구, 디지털 미디어를 사용하여 웹사이트 설계

구현 단계에서는 다음과 같은 사항을 수행하고 코딩한다.

- 워크플로우 차트와 다이어그램을 사용하고 컴퓨터 기능, 주제 및 기호 논리에 대한 지식을 적용하여 프로그램을 작성, 분석, 검토
- 프로그램 개발 및 수정에 대한 문서를 작성하며, 코딩된 지침에 주석을 삽입하여 다른 사람들이 프로그램을 이해할 수 있도록 함
- 기존 소프트웨어를 수정하여 오류를 수정하고, 새로운 하드웨어에 맞게 조정하거나, 인터페이스를 업그레이드하고 성능을 개선
- 웹 애플리케이션 또는 웹사이트에 대한 코드 작성

테스트 단계에서는 다음과 같은 사항을 수행한다.

- 소프트웨어 시스템 테스트 또는 검증 절차, 프로그래밍 또는 문서 개발
- 코드가 유효한지, 적절하게 구조화되어 있는지, 업계 표준을 충족하는지, 운영 체제 또는 하드웨어와 호환되는지 확인하기 위해 코드 평가
- 프로그램과 소프트웨어 애플리케이션을 테스트하여 원하는 정보를 생성하는지, 지침이 올바른지 확인
- 프로그램을 적절히 변경하고 다시 확인하여 원하는 결과가 나오는지 확인하여 오류 수정

SW 전문가 중 개발과 깊은 연관이 있는 직무의 작업<표 3-8> 개발 업무를 수행하는 직업에서 수행하는 DWA) 중 “개발과 직접적으로 관련이 있는 세부 작업”은 전문가들의 의견을 반영하여 다음과 같이 15개의 DWA를 추출하였다.

〈표 3-12〉 SW 관련 직무의 작업 중 개발과 관련된 DWA

단계	DWA	설명
구현	Modify software programs to improve performance	소프트웨어 성능 향상을 위해 소프트웨어 프로그램 수정
구현	Write computer programming code	컴퓨터 프로그래밍 코드 작성
설계	Create databases to store electronic data	데이터를 저장하기 위한 데이터베이스 생성
구현	Develop computer or online applications	애플리케이션 개발
설계	Develop diagrams or flow charts of system operation	소프트웨어 input, output, 로직에 대한 순서도를 정의하고 개발
테스트	Develop testing routines or procedures	소프트웨어 테스트 시나리오를 제작하고 테스트 시행
설계	Develop models of information or communications systems	정보나 통신 시스템(소프트웨어)에 대한 모델 개발
테스트	Resolve computer software problems	컴퓨터 소프트웨어 문제 해결
테스트	Test software performance	소프트웨어 성능 테스트
해당없음	Communicate project information to others	소프트웨어 개발 프로젝트 정보(프로젝트 사양, 활동, 현황 등)를 다른 사람들에게 전달 (리포트 작성)
설계	Design software applications	소프트웨어 애플리케이션 설계
설계	Design websites or web applications	웹사이트나 웹 애플리케이션 설계
요구분석	Document technical specifications or requirements	소프트웨어 기술적 사양이나 요구사항 문서화
해당없음	Apply mathematical principles or statistical approaches to solve problems in scientific or applied fields	과학적/이론적이거나 응용 분야에서 문제를 해결하기 위해 수학적 원리나 통계적 접근 방법 적용
해당없음	Document design or development procedures	소프트웨어 설계와 개발 절차 문서화

출처 : Spri 분석

위의 표에 DWA가 속하는 요구사항 분석, 설계, 구현, 테스트 등 개발 단계를 지정하였으며, DWA가 여러 단계에 속하는 경우 개발 단계를 명시하지 않는다.

SW 전문가 중 개발과 깊은 연관이 있는 직무의 작업(〈표 3-8〉 개발 업무를 수행하는 직업에서 수행하는 DWA)에서 전문가들의 의견을 반영하여 “생성형 AI에 영향을 많이 받는 DWA” 을 다음과 같이 5개 선정한다.

〈표 3-13〉 SW 관련 직무의 작업 중 생성형 AI에 영향을 가장 많이 받는 DWA

Task	설명	의견
Write computer programming code	컴퓨터 프로그래밍 코드 작성	-비즈니스 로직과 밀접하게 연관이 없는 일반적 코드는 스타일에 맞추어 자동 작성 -이미 활용되고 있는 프로그래밍 코드라면 코드를 작성하는 데 현업의 다수 개발자가 활용
Develop computer or online applications	애플리케이션 개발	-Copilot이나 chatGPT의 활용도가 높은 부분으로 소프트웨어 개발에 필요한 모듈을 작성하는 데 유용
Test software performance	소프트웨어 테스트 (코드 리뷰, 에러 등)	-LLM을 통해서 가장 잘 활용할 수 있는 분야로 코드리뷰, 디버깅은 가장 주요하게 사용되는 영역이며 납득할 만한 결과 도출 -코드리뷰는 AI가 객관적인 시각으로 진행하면서 개발자 역량 향상에 도움
Prepare instruction manuals	소프트웨어 사용 설명서 작성	-일관성있는 문구의 문서를 작성하여 유용 -설명서 초안에 활용할 수 있으나, 사용설명서는 사용자 친화적으로 만들 필요가 있어 사람의 검토가 필수적 -API 등의 문서의 경우 AI로 쉽고 빠르게 제작 가능
Develop testing routines or procedures	소프트웨어 테스트 시나리오 및 테스트 케이스 제작	-테스트 제작은 LLM이 가장 잘하는 영역 중 하나로, 정확한 정보가 주어진다면 시나리오와 테스트 코드 생성 가능

출처 : Spri 분석

O*NET의 Task와의 연관도 데이터를 활용하여 선정된 DWA를 기반으로 개발자의 작업(Task)을 분석한 결과 “생성형 AI의 영향을 많이 받는 작업”은 다음과 같다.

소프트웨어 코드를 작성하고, 테스트 케이스를 생성하여 자동테스트를 진행하고, 매뉴얼을 작성하는 개발자의 작업은 문헌 연구, 소프트웨어 심층인터뷰에서도 확인하였듯이 생성형 AI를 이용할 수 있고, 현업에서도 이미 생성형 AI를 활용하고 있는 것으로 판단된다. 개발 프로세스에 생성형 AI 활용 및 성능 평가에 대한 연구도 다수 진행되고 있다.

요구분석, 설계, 구현, 테스트의 개발 단계별 작업(Task) 중에서 대부분의 테스트 단계의 작업은 생성형 AI에 영향을 가장 많이 받는 것으로 분석된다.

개발 단계에서는 다음 작업은 생성형 AI의 영향을 많이 받는 작업이다.

- 워크플로우 차트와 다이어그램을 사용하고 컴퓨터 기능, 주제 및 기호 논리에 대한 지식을 적용하여 프로그램을 작성, 분석, 검토
- 웹 애플리케이션 또는 웹사이트에 대한 코드 작성

개발 단계에서는 다음 작업은 생성형 AI가 영향이 작은 것으로 분석된다.

- 프로그램 개발 및 수정에 대한 문서를 작성하며, 코딩된 지침에 주석을 삽입하여 다른 사람들이 프로그램을 이해할 수 있도록 함
- 기존 소프트웨어를 수정하여 오류를 수정하고, 새로운 하드웨어에 맞게 조정하거나, 인터페이스를 업그레이드하고 성능을 개선

요구분석 단계와 설계 단계는 생성형 AI가 영향을 많이 미치지 못하는 것으로 분석된다.

Prepare instruction manuals” 는 “<표 3-12> SW 관련 직무의 작업 중 개발과 관련된 DWA” 에서 확인할 수 있는데, 개발과 직접적인 관련이 없는 것으로 조사되었다.

위의 5개의 DWA보다는 생성형 AI의 영향도가 낮지만 생성형 AI의 영향을 받는 DWA 5개를 다음과 같이 추출하였다.

<표 3-14> SW 관련 직무의 작업 중 생성형 AI에 영향을 받는 DWA

Task	설명	의견
Modify software programs to improve performance	소프트웨어 성능 향상을 위해 소프트웨어 프로그램 수정	-비효율적인 코드를 수정하는데 제한적으로 활용할 수는 있으며, 성능에 영향을 끼치는 코드 등을 탐지하는데 유용 -초급개발자의 경우 유용하게 사용 가능하나, 다만 해당 코드가 문제가 없는지에 대한 검증 필수
Document design or development procedures	소프트웨어 설계와 개발 절차 문서화	-전체 기능 명세가 있다면 문서화 가능 -문서화에 대한 초안을 만들거나 만들어진 문서를 검토받고 보완 활용 -문서화는 개발자의 시간이 많이 소요되는 문서화에 LLM을 활용하여 개발 생산성 향상
Document technical specifications or requirements	소프트웨어 기술적 사양이나 요구사항 문서화	-문서화 마무리 단계에 사용하기에 적합 -시스템별 특수성으로 인해 사용에 제약
Apply mathematical principles or statistical approaches to solve problems in scientific or applied fields	소프트웨어 개발 시 이론적이거나 응용 분야의 문제를 해결하기 위해 수학적, 통계적 접근 방법 적용	-LLM은 많은 시간 누적된 내용(역사, 이론, 기술 등)에 대해 높은 수준의 응답(대체로 맞는)을 생성 -문제를 해결하기 위한 기본 프롬프트 작성은 사람의 영역
Conduct research to gain information about products or processes	소프트웨어 제품이나 개발 프로세스에 대한 정보를 얻기 위해 연구 수행	-널리 알려진 프로세스에 대해서는 답을 잘 주지만, 전문적이거나 특정 제품에 대한 정보는 부족

출처 : Spri 분석

부분적으로 생성형 AI의 영향을 받을 수 있는 업무는 요구분석 단계의 요구 사항의 문서화이다

구현 단계 중 다음의 작업은 생성형 AI의 영향을 다소 받을 수 있는 작업이다.

- 프로그램 개발 및 수정에 대한 문서를 작성하며, 코딩된 지침에 주석을 삽입하여 다른 사람들이 프로그램을 이해할 수 있도록 함
- 기존 소프트웨어를 수정하여 오류를 수정하고, 새로운 하드웨어에 맞게 조정하거나, 인터페이스를 업그레이드하고 성능을 개선

“Conduct research to gain information about products or processes” 는 “<표 3-12> SW 관련 직무의 작업 중 개발과 관련된 DWA” 에서 확인할 수 있듯이 개발과 직접적인 관련은 없는 작업이다.

문헌 연구, 전문가 심층인터뷰, 전문가 설문을 진행한 결과 개발 단계 중 통합테스트를 제외한 테스트 작업의 대부분은 생성형 AI의 영향을 받는 것으로 분석된다. 구현 단계는 부분적으로 생성형 AI의 영향을 받으며, 복잡한 코딩을 제외하고 일반적으로 인터넷에서 찾을 수 있는 코드는 생성형 AI를 활용하여 생성할 수 있다. 요구 분석과 설계 단계는 아직 생성형 AI의 영향이 작은 것으로 판별된다.

3. 생성형 AI가 개발 업무에 미치는 영향에 대한 최종 결과 분석

문헌 연구, 전문가 심층 인터뷰, O*NET 자료 분석 결과를 바탕으로 최종적으로 생성형 AI가 개발 업무에 미치는 영향을 개발 프로세스 단계별과 개발자 직무에 따라 분석한다.

가. 개발 프로세스 단계별 분석

최종 결과 분석은 개발 프로세스 단계인 요구 분석, 설계, 개발, 테스트 단계인 개발 순서에 따르지 않고, 생성형 AI의 영향을 많이 받는 테스트, 개발, 요구분석, 설계를 순으로 기술한다.

문헌분석을 통해서는 테스트 단계에 생성형 AI의 영향이 큰 것으로 조사되었으며, 전문가들은 테스트 코드 생성에 생성형 AI 도구를 효과적으로 활용할 수 있다고 했다. 자동테스트 기능에 생성형 AI 도구를 활용하는 것에 대해서는 현장 전문가의 부정적인 의견도 많았다. 통합 테스트 단계의 전체 비즈니스 로직의 테스트는 불가하기 때문에 생성형 AI를 통해 테스트를 완료하기는 어렵다고 분석이 된다.

많은 테스트 도구가 존재함(제3장 제2절 1.문헌 연구다. 소프트웨어 시험 참조)에도 불구하고, 테스트 전 과정을 지원할 수 있는 도구 개발이 필요하다. 그러나 “[그림 3-13] 인공 지능/기계 학습(AI/ML)을 활용하는 시험(테스트) 분야”와 같이 테스트 항목의 우선순위를 정하는 기능이 정상적으로 작동된다면 기존 자동테스트 도구의 문제점을 생성형 AI가 많은 부분 해결할 것이다.

심층 인터뷰에서 테스트 데이터 생성에 대한 의견은 긍정적이거나 부정적인 의견 엇갈렸다. 테스트 시 테스트 데이터는 생성하기 어렵고 생성에 많은 시간이 소요된다. 테스트 데이터가 부족한 경우, 부족한 테스트 데이터라도 그 데이터가 양질의 테스트 데이터인 경우는 생성형 AI를 통해 많은 양의 테스트 데이터를 생성할 수 있다. 그러나 이 경우도 편향된 데이터가 생성되는 문제는 여전히 존재하며, 테스트 데이터에 문제가 있는 경우는 생성형 AI의 도움을 받기는 어렵다.

문헌분석, 전문가 인터뷰 결과 구현 단계에 코드를 작성하는 것이 개발 프로세스 중 생성형 AI의 영향을 가장 많이 받을 것으로 판단된다. 문헌분석, 전문가 인터뷰, O*NET 작업(Task) 분석 결과 구현 단계에서 개발자가 생성형 AI를 활용하여 할 수 있는 작업은 문헌이나 인터넷 등에 나타난 코드를 이용한 코드 생성과 통합개발환경(IDE)이 제공하는 함수를 사용할 때 코드 자동완성 기능을 활용하는 것이다.

문헌에서는 프로그래밍 언어가 자연어와 같은 특성을 가지므로 코드를 분석하여 주석을 만들거나, 코드 번역 등도 가능하다는 연구 결과가 나왔다. 단순한 코드의 주석을 작성하는 것은 전문가 심층 인터뷰 결과 현업에서 많이 쓰는 기능이다. 구현 단계에서 코딩을 위한 개발 도구는 많은 경쟁 제품(제3장 제2절 1.문헌연구 다.소프트웨어 구현 참조)이 있으며, 개발자들도 활발히 개발도구에 포함된 생성형 AI의 기능을 활용하고 있다.

개발에 생성형 AI 도구를 활용하기 어려운 작업은 비즈니스 로직이 복잡하거나 개발 코드가 최신 기술을 활용해야 하는 코드를 작성해야 할 때이다. 현재 빠르게 변하는 최신 기술을 생성형 AI가 학습하기에는 시간적 격차를 극복하기는 힘들다. 또한 전체 소프트웨어를 통합하는 과정은 개별 코드 생성만으로 해결하기 어려운 문제를 해결해야 하기 때문에 통합적 지식이 있고 종합적 사고가 가능한 전문가가 수행할 수 있는 부분이다.

요구분석 단계에서는 개발자는 문헌분석과 전문가 심층 인터뷰 결과 요약 기능이 뛰어난 생성형 AI 도구를 활용하여 개발자와 도메인 전문가의 요구 사항 관련 회의를 요약하는 업무를 수행할 수 있다. 개발자는 사용자 요구 사항 수집과 분석을 위한 아이디어 도출하고 데이터 기반으로 요구 사항의 우선순위를 정하는 데에 일부 생성형 AI의 도움을 받는다. O*NET 작업(Task)를 기준으로 분석할 결과 요구사항 단계에서 생성형 AI의 활용이 어려울 것으로 판단된다.

생성형 AI는 요구 분석 단계에서는 고도화된 검색과 요약 기능을 활용한 문서 작성을 할 수 있다. 이를 효과적으로 활용하기 위해서는 프롬프트 엔지니어링을 적절하게 사용해야 한다. 생성형 AI 도구를 활용하여 요구사항 단계의 작업을 수행하기보다는 요구사항 도출을 위한 정보 획득에 효과적으로 사용할 수 있다고 판단된다. 요구분석 단계에서 개발 업무에 생성형 AI를 활용하려면 관련 요구 사항 분석 도구의 개발이 필요하다.

설계 단계는 문헌분석 결과, 전문가 심층 인터뷰, O*NET 작업(Task) 분석 결과 모두 생성형 AI 활용이 어려운 것으로 나타났다. 설계 단계도 요구분석 단계와 마찬가지로 아이디어와 지식을 얻는 용도로 활용할 수 있다. 설계 단계에서는 서식에 맞는 문서 생성이나, 멀티모달을 이용한 구조도 등의 활용도 가능하다. 현재 가장 생성형 AI의 활용이 어려운 단계가 설계 단계이며, 이는 새로운 지식을 활용하여, 문제를 해결하고, 통합하는 과정이 필요한 단계이기 때문이다.

전문가 심층 인터뷰 결과 초급 개발자 교육에 생성형 AI 활용이 유용한 것으로 확인되었다.

금융, 제조 등 고객사의 중요한 데이터를 다루는 복잡한 시스템을 개발하는 전문가는 구현 단계가 전체 개발 프로세스의 약 30%를 차지하고, 이 중 약 30% 정도의 효율이 개선되는 것으로 보여 개발 프로세스 전체적으로는 약 10% 내외 정도의 생산성 향상 효과가 있을 것이라고 언급하였듯이 현재 일부 개발과 테스트에 생성형 AI를 활용하는 것은 개발 생산성 면에서 큰 성과는 없을 것으로 보이나, 지루한 작업을 자동화함으로써 개발자의 업무 만족도를 높이는 데에는 생성형 AI 활용의 효과가 크다고 할 수 있다.

나. 직무별 영향도 분석

컴퓨터 프로그래머(Computer Programmers), 소프트웨어 개발자(Software Developers), 웹 개발자(Web Programmers) 직무별로 작업(Task), 세부작업(DWA)을 분석한 결과 생성형 AI에 영향을 받는 직무는 코딩이 역할의 많은 부분을 차지하는 프로그래머(Computer Programmers)이다.

소프트웨어 개발 과정에 요구사항·분석 문서화, 소프트웨어 설계, 소프트웨어 구현, 테스트 이외에도 다른 많은 작업(Task)이 필요하다. 컴퓨터 프로그래머, 소프트웨어 개발자, 웹 개발자의 작업(Task) 항목은 “제3장 제1절 1. SW전문가 직무별 작업과 세부 업무”에 기술되어 있다. <표 3-5> 컴퓨터 프로그래머가 수행하는 작업(Task, 11개), <표 3-6> 소프트웨어 개발자가 수행하는 작업(Task, 12개), <표 3-7> 웹

개발자가 수행하는 작업(Task, 12개) 참조)

이 중 생성형 AI의 영향을 받는 것과 영향도가 적거나 없는 컴퓨터 프로그래머(Computer Programmers)의 작업을 다음과 같이 분류하였다.

〈표 3-15〉 컴퓨터 프로그래머 작업의 생성형 AI 영향(Task, 11개)

작업 (Task)	생성형 AI에 영향을 받는 작업
입력, 출력 및 논리적 작동을 설명하는 워크플로우 차트와 다이어그램을 준비하고 코딩	O
다른 사람들이 프로그램을 이해할 수 있도록 코드 주석을 작성하고 개발 내용을 문서로 작성	O
시스템, 네트워크의 중앙 처리 장치 또는 주변 장비가 프로그램의 지시에 응답하는지 조사	
소프트웨어를 실행하여 원하는 정보를 생성하는지 테스트	O
원하는 결과가 나오도록 프로그램을 적절히 변경하고 다시 확인하여 오류 수정	O
시스템 분석가와 상의하여 컴퓨터 프로그램 실행 시 발생하는 문제를 정의하고 해결	
운영 효율성을 높이거나 새로운 요구사항에 적응하기 위해 기존 프로그램의 수정	O
시스템 프로그래머로서 시스템 분석 및 프로그래밍	
컴퓨터 제조업체 및 다른 사용자와 협력하여 새로운 프로그래밍 방법 개발	
최종 사용자를 안내하기 위한 지침이나 매뉴얼을 작성	O
프로그래밍 및 프로그램 코딩 교육 및 사용자에게 프로그램의 사용법과 기능에 대해 교육	

컴퓨터 프로그래머는 코드를 생성하고 테스트 관련 일을 많이 하기 때문에 생성형 AI의 영향을 많이 받는다. 그러나 하드웨어와 연관된 개발 작업과 새로운 프로그래밍 기술을 개발하는 것은 아직 생성형 AI가 할 수 없는 영역이다. 또한 다른 전문가와 협의하고, 교육하는 일도 사람이 해야 하는 영역이라 할 수 있다.

생성형 AI의 영향을 받는 것과 영향도가 적거나 없는 소프트웨어 개발자(Software Developers)의 작업을 다음과 같이 분류하였다.

〈표 3-16〉 소프트웨어 개발자가 수행하는 작업(Task, 12개)

작업 (Task)	생성형 AI에 영향을 받는 작업
프로그래머, 설계자, 기술자 등을 감독하고 업무 할당	
과학적 분석과 수학적 모델을 사용하여 결과를 예측하여 소프트웨어를 설계, 개발 및 수정	O
사용자의 요구사항을 분석하여 시간과 비용의 제약 내에서 설계의 타당성 결정	
소프트웨어 시스템 테스트 또는 검증 절차 및 문서를 개발하거나 지시	O
기존 소프트웨어를 수정하여 오류를 수정하고, 새로운 하드웨어에 맞게 조정하거나, 인터페이스를 업그레이드하고 성능 개선	O
시스템 분석가, 프로그래머 등과 상의하여 시스템을 설계하고 프로젝트의 한계와 기능, 성능 요구 사항 및 인터페이스에 대한 정보 획득	
데이터 처리 또는 프로젝트 관리자와 상의하여 데이터 처리 프로젝트의 제한 사항이나 기능에 대한 정보 획득	
프로젝트 상태, 제안서 또는 소프트웨어 시스템 설계 등 기술적 문제에 대해 고객 또는 다른 부서와 상담	
정보를 분석하여 새 시스템의 설치 또는 기존 시스템의 수정을 결정하고 계획	
하드웨어 구성을 결정하기 위해 필요한 보고 문서, 비용 또는 보안 요구 사항과 같은 요소에 대한 정보를 입수하고 평가	
시스템 기능 및 요구사항 분석을 위해 데이터를 저장, 검색 및 조작	
시스템이 사양에 맞게 작동하는지 확인하기 위해 장비의 기능을 모니터링	

소프트웨어 개발자는 사용자 요구 사항을 분석하고 소프트웨어를 솔루션을 개발하며, 컴퓨터 하드웨어 엔지니어와 협력하여 하드웨어 및 소프트웨어 시스템을 통합하는 등의 코딩과 테스트 이외의 많은 작업을 한다. 소프트웨어 개발자는 분석, 설계, 문제 해결 등의 업무과 설계자, 시스템 분석가, 프로그래머, 고객 등과 협의와 관련된 업무가 많아 생성형 AI의 영향이 컴퓨터 프로그래머보다는 작은 것으로 판단된다.

생성형 AI의 영향을 받는 것과 영향도가 적거나 없는 웹 개발자(Web Developers)의

작업을 다음과 같이 분류하였다.

〈표 3-17〉 웹 개발자가 수행하는 작업(Task, 12개)

작업 (Task)	생성형 AI에 영향을 받는 작업
저작 또는 스크립팅 언어, 콘텐츠 제작 도구, 관리 도구, 디지털 미디어를 사용하여 웹 사이트를 설계, 구축 또는 유지 관리	
사용자 요구 사항을 분석하여 기술 요구 사항 결정하고, 경영진 또는 개발팀과 상의하여 요구사항의 우선순위를 정하고 솔루션을 선정	
경영진 또는 사용자와 협력하여 전자상거래 전략을 개발하고 이러한 전략을 웹 사이트와 통합	
웹 아키텍처 또는 기술에 대한 조사, 문서화, 평가 또는 대안 선택.	
물리적, 인터페이스, 논리적 또는 데이터 모델을 포함하는 웹 모델 생성	
시스템 상호 작용 또는 시퀀스 다이어그램을 개발	
예산, 장비, 성능 요구 사항, 접근성 및 개인정보 보호를 포함한 법적 문제 등 기술적 고려 사항을 웹사이트 디자인 계획에 통합	
웹 어플리케이션, 웹사이트 코드 개발	O
테스트 계획, 테스트 절차 또는 테스트 결과를 문서화	O
코드를 평가하여 코드가 유효한지, 적절하게 구조화되어 있는지, 업계 표준을 충족하는지, 브라우저, 장치 또는 운영 체제와 호환되는지 확인	O
서버 부하, 대역폭, 데이터베이스 성능, 브라우저 및 디바이스와 같은 기술적 요소를 문서화	
제품 기능, 활동, 소프트웨어, 통신 프로토콜, 프로그래밍 언어, 운영 체제 소프트웨어 및 하드웨어 등 웹 사이트 사양에 대한 명확하고 자세한 설명을 제공	
네트워크 담당자 또는 웹사이트 호스팅 대행사와 소통하여 웹 사이트에 영향을 미치는 하드웨어 또는 소프트웨어 문제를 해결	

웹 개발자는 웹사이트를 개발하고 웹사이트 성능, 확장성, 서버 측 코드 및 프로세스를 최적화한다. 웹 개발의 경우는 시스템 분석, 구조 설계, 네트워크 설계 등의 개발 이외의 다양한 업무를 수행하기 때문에 생성형 AI의 영향을 받는 작업이 많지 않다.

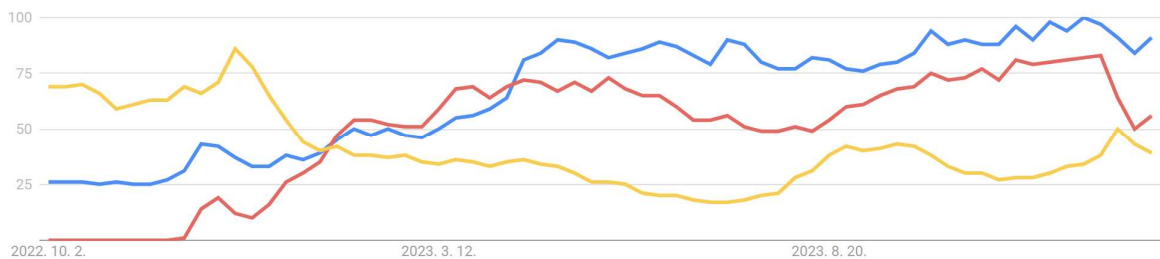
제4장 생성형 AI시대에 대응한 디지털 인재양성

제1절 디지털 시장 변화와 인재 양성

생성형 AI 등장 이후 각국의 AI 정책이 빠르게 변화하고 있다. OpenAI사의 ChatGPT는 5일 만에 100만 명, 두 달 만에 1억 명의 이용자를 확보할 만큼 폭발적인 인기를 누렸으며, 경제, 사회, 정치, 교육, 문화 측면에서 사회적 반향도 컸다.

다음은 ChatGPT 출시 이후 구글 트렌드를 이용하여 코로나에 대한 관심이 현재 많이 줄었으나 전 세계적으로 가장 큰 영향을 주었던 코로나의 검색 결과와 비교한 결과(2022.10 ~ 2023.12)이다.

[그림 4-1] 시간의 흐름에 따른 관심도 변화



출처 : Google Trends (2024.1.19. 조회) 파란색 : AI, 빨간색 : Chatgpt, 노란색 : Covid

OpenAI사 이외에 구글, 메타 등의 빅테크도 대형언어모델(LLM)에 기반을 둔 생성형 AI 도구를 발표하고 있으며, 총 13만 5천명이 참가한 2024년 CES의 주제가 “전 산업을 관통하는 인공지능 기술의 융합”인 것을 참조하여도 IT 분야는 물론 다른 산업에서도 AI의 영향력이 커지고 있다. 130)

생성형 AI 애플리케이션의 증가는 다양한 산업 분야의 문제를 해결할 수 있기 때문에 다양한 분야에서 인공지능 통합 시스템의 사용 확대되고 있다. 예를 들면, 메타버스와 생성형 AI 기술이 통합되어 스마트 공장 등 CPS(Cyber Physical System)의 구현이 더욱 가속화될 것이다.

130) 연합뉴스(2024.1.14.), 'CES 2024' 참관객 총 13만5천명...지난해 대비 17% 증가

생성형 AI의 성능의 대한 사회적 관심의 영향으로, 많은 투자가 일어나고 이에 따라 생성형 AI의 성능은 더욱 좋아지게 될 것이다. 예로, 미국 벤처캐피탈(VC)들이 생성형 AI 스타트업에 투자한 금액이 전년 대비 27% 늘어난 14억 달러(1조8,400억 원)로 집계되었다.¹³¹⁾

해외 생성형 AI 시장은 MS, 아마존, 구글, IBM 등 빅테크가 주도하고 있다. MS, 아마존 등 클라우드를 소유한 기업은 AI 지원 클라우드 서비스로 진화하고 있으며, 구글도 LLM 모델인 람다(LaMDA), 팜2(PaLM2) 등을 기반으로 바드(Bard) 등의 서비스를 선보이고 있다. 국내에서는 하이퍼클로바(HyperCLOVA), ‘Ko-GPT 2.0’ 등을 출시하며, 네이버, 카카오도 생성형 AI 시장에 뛰어들고 있다.

해외 주요국 정부에서는 생성형 AI 기술을 포함한 AI 기술을 혁신하는 정책을 “제2장 제3절 1. 주요국의 AI 및 생성형 AI 정책 동향”에 정리한 바와 같이 발표하고 시행하고 있다.

미국은 2023년 10월에 「안전하고 신뢰성 있는 AI를 위한 행정명령(EO)」을 AI 안전성과 보안의 표준 확립, 근로자 지원, 혁신과 경쟁 촉진, 이민정책 등의 사항을 포함하여 발표하고, 20개 이상의 연방 기관에 구체적 역할과 기간(30일 ~ 365일)을 명시하였다.¹³²⁾

AI 혁신과 경쟁을 촉진하기 위해 미국 내 거주 중인 AI 전문가의 업무 및 연구 지속성을 위한 리소스를 지원하고, AI 관련 분야의 글로벌 인재 확보를 위한 비자 제도를 개선하는 등의 정책을 발표하였다. 미국은 생성형 AI 시대를 대비하여 생성형 AI의 위험성에 대한 방어는 물론, AI 기술 우위를 유지하기 위해 글로벌 우수 인재를 유치하고 양성하는 정책을 펴고 있다. 이러한 AI 정책의 성공을 위하여 정부에 AI 관련 인력을 적극적으로 모집하고 있다.¹³³⁾ 또한 인공지능의 작동 원리 인공지능이 가져올 편익과 위험 등에 대한 교육을 목적으로 AI 교육법을 제정하여, 연방정부 직원 중 사업관리, 연구·개발·조달 실무자와 관리자 대상 교육을 시행하고 있다. 국가 인공지능 정책의 성공적인 시행을 위해서는 정부에서 인공지능 관련 전문가의 활동은 필수적이다.

특히, 미국국립표준기술연구소(NIST)에 설치한 생성형 AI에 관한 공개 실무그룹(Generative AI Public Work Group, 2023.7.)은 생성형 AI 관련 테스트, 평가, 측정에 대한 NIST의 작업을 지원하고, 건강, 환경, 기후 변화와 같은 분야의 주요 과제를 해

131) 삼성SDS(2023.11.10.), 글로벌 AI 리더들이 전하는 생성형 AI 기술의 전망, <https://www.samsungds.com/kr/insights/prospective-of-generative-ai-technologies.html>, 2024.1.19. 조회

132) Shiva Aminian et al.(2023.11.10.), Timeline : Executive Order on Safe, Secure, and Trustworthy Artificial Intelligence

133) The White House(2023.10.30.), FACT SHEET: President Biden Issues Executive Order on Safe, Secure, and Trustworthy Artificial Intelligence

결 방안을 모색하는 역할을 부여받아, AI의 위험을 해결하고 생성 AI 기술이 생산적으로 사용될 가능성을 높이는 데 기여할 것이다.¹³⁴⁾

중국은 2020년 「차세대 인공지능 발전보고서」, 2022년 「중국 인공지능 인재양성 백서」 등에서 정부·기업·대학·연구소 통합 인공지능 인재양성 체계 구축을 제안하고, 기초연구형 인재, 상황 응용형 인재 등 인공지능 인재 역할에 따라 양성 방안을 마련하였다. 특히 상황응용형 인재 양성을 위해서 바이두, 알리바바, 텐센트(BAT) 등은 검색, 전자상거래, 소셜 네트워킹 등 인터넷 플랫폼을 통해 수집한 풍부한 데이터를 기반으로 인공지능 대회, 교육 등을 통해 실무에 직접 활용할 수 있는 경험을 제공하고 있다. 또한 인공지능 분야 선도기업은 대학, 연구기관 등과 함께 과학연구 프로젝트에 자금을 제공하고 인공지능 인재 인증 시행을 활성화하고 있다.¹³⁵⁾

영국은 우수한 글로벌 인재와 혁신기업을 유치하기 위해 새로운 비자 제도를 도입하는 등 미국과 유사한 이민제도를 개혁하고 있다. 해외에서 활동하는 우수한 인재가 영국에서 안정적으로 연구 및 취업 활동을 할 수 있도록 High Potential Individual Visa를 신설하고, Skilled Worker Visa의 학력 기준 및 고용 절차 등의 요건을 완화하였다. 혁신적인 사업 아이디어, 기술을 바탕으로 잠재력을 가진 예비 창업가와 기업을 위한 신규 비자 제도를 신설하였다.¹³⁶⁾

우리나라는 생성형 AI와 직접적으로 관련된 정책으로 「초거대 AI 경쟁력 강화 방안」을 2023년 4월에 발표하였고, 2024년부터는 「생성AI 선도인재양성 사업」을 시행한다. 「초거대 AI 경쟁력 강화 방안」 방안에서는 초거대 AI에 대한 기술·산업 인프라 확충, 혁신 생태계 조성, 범국가 AI 혁신 제도·문화 정착 등 기술, 산업, 시장, 제도 등에 대한 전략적 측면을 다루었다면 「생성AI 선도인재양성 사업」은 그 중 인력양성에 초점을 맞추어 시행하게 되는 첫 사업이라는 점에서 의미가 있다. 이를 시발점으로 어떻게 생성형 AI 시대에 어떻게 디지털 인재양성을 해나갈 것인지에 대한 종합적인 정책 방향과 세부 방안들을 다음 절에서 제시한다.

134) NIST(2023.6.22.), Biden-Harris Administration Announces New NIST Public Working Group on AI,

<https://www.nist.gov/news-events/news/2023/06/biden-harris-administration-announces-new-nist-public-working-group-ai> 2024.1.19. 조회

135) 바이두 클라우드 2019 ABC인재 인증 체계, 화웨이 HCIA-AI인증, HCIP-AI EI개발자 인증 등

136) UK Department for Digital, Culture, Media & Sport(2022.10.4.), UK Digital Strategy

제2절 생성형 AI시대의 디지털 인재 양성 정책 제언

1. 디지털 인력 확보 기본 방향

생성형 AI로 인해 개발자 개발환경이 변화하면서 디지털 인력 교육 방향 변화가 필요하다. 본 연구에서 생성형 AI의 출현 이후 코드의 자동 생성, 테스트 자동화 등의 영향으로 인한 개발자의 역할 변화에 대한 분석을 진행하였다. 소프트웨어 개발 단계 중 소프트웨어 구현과 테스트 단계의 여러 작업(Task)이 생성형 AI 도구의 영향을 많이 받는 것으로 분석되었으며, 이에 따라 개발자와 전문 개발자가 아닌 도메인 전문가들의 역할에도 일부 변화가 생길 것으로 판단되었다.

디지털 기술 중 가장 수요가 많은 소프트웨어 기술에 대한 급격한 변화로 인해 방향 전환이 필요한 디지털 인력양성 정책 방향을 디지털 교육 대상, 내용, 방법에 대해 폭넓게 논의 및 제안하고자 한다.

가. 디지털 교육 저변 확대 및 개인 맞춤형 교육

생성형 AI가 생산성 향상 등의 많은 장점에도 불구하고 일부 전문가들은 생성형 AI의 신뢰성, 편향성, 보안 등의 문제를 지적하고 있다. 생성형 AI 장점을 극대화하고, 위험성을 극복하려면, 생성형 AI에 대한 개념, 사용법, 위험 등의 기초적 내용부터 전문가를 위한 심화 내용까지 교육 대상별, 수준별 교육이 초중등, 대학생, 직장인은 물론이고 일반인에게도 교육하는 것을 고려할 필요가 있다.

○ 전문개발자 육성

전문개발자에 대해서는 개발자 수준별로 교육을 세분화하는 것을 검토할 필요가 있다. 초급 개발자에게는 생성형 AI를 활용한 내용 습득보다는 활용 방법에 비중을 더 두는 것을 고려해야 한다. 생성형 AI의 기능이 초급 개발자 과업의 일부를 대체할 수 있다고 해도 초급 개발자의 역할은 다른 형태로라도 여전히 존재한다는 것이 전문가들의 중론이다. 따라서 초급 개발자가 생성형 AI를 효과적으로 활용하게 하여 그들의

수준 향상을 목표로 하고 새로운 역할 범위가 형성될 수 있도록 하는 것이 바람직하다. 다시 말해, 생성형 AI 활용은 초급 개발자에게는 생산성 향상보다는 수준 향상에 도움이 크게 될 것으로 분석되어, 초급 개발자 양성에 생성형 AI 기술 활용 교육을 적극 도입하는 방안 마련을 검토할 필요가 있다.

반면 중급 개발자의 경우는 생성형 AI를 활용한 급격한 개발 성과 향상이 예측되어, 인재 양성을 위한 정부 리소스를 디지털 혁신을 선도할 수 있는 중·고급 개발자 양성에 집중하는 것이 더 효율적일 것이다. 아울러 중급 개발자 이상은 생성형 AI를 활용한 생산성 향상은 자기학습을 통해 충분히 소화할 수 있는 경우가 많기 때문에, 생성형 AI에 대한 직접적 교육보다는 신기술에 대한 습득 기회 제공 및 역량 향상 지원에 초점을 맞추는 것이 더 효과적일 것이다.

따라서, 예를 들어 재직자 대상으로 가칭 「디지털 신기술 리·업스킬링」 사업 등을 추진할 수 있다. 디지털 기술자의 43%는 새로운 영역의 기술을 익히는 데 중점을 두고 있어¹³⁷⁾ 이를 보다 선도적, 효율적, 체계적으로 지원할 수 있는 중·고급 대상 교육 프로그램 확대 및 참여 유인책 제공이 필요하기 때문이다.

중소기업에 초점을 맞춘다면 바우처 사업 형태도 바람직하다. 바우처는 공급자 지원 방식이 아닌 수요자 직접 지원 방식으로, 공급자들 간 경쟁을 촉발하여 수급자의 서비스 선택권을 보장하고, 공급기관의 허위·부당 청구 등 도덕적 해이를 방지할 수 있는 것이 장점이다.

직무별로는 본 연구 시작 전까지 생성형 AI가 생성한 산출물의 신뢰성 문제로 테스트 인력의 역할이 증가할 것으로 예측하였으나, 문헌분석 결과 생성형 AI의 영향을 가장 받는 직무는 테스트 관련 직무로 분석되었다. 그러나 생성형 AI 테스트 도구는 아직 사용에 한계가 있어 관련 도구의 개발이 선행되어야 생성형 AI 도구를 활용한 효과적인 테스트 작업이 가능할 것으로 판단된다.

생성형 AI의 기술적 한계와 작업 시 커뮤니케이션의 높은 중요도 때문에 생성형 AI가 영향을 주기 어려운 소프트웨어 개발 단계는 요구분석과 설계로 관련 직무를 수행하는 인력의 양성 확대를 검토할 필요가 있다. 따라서 향후 관련 사업들에서는 개발 단계별 생성형 AI 활용 가능성과 수준을 충분히 고려하여 설계하고 자원을 배분하는 것을 고려해야 한다.

137) CompTIA(2023), 2022년 9월~10월 1,125명 조사; 미국 응답자 500명, 각 지역 응답자 125명: 호주, 아세안, 베네룩스, 독일, 영국

○ 도메인 전문가 육성

전문개발자가 아닌 타산업에 종사하는 도메인 전문가들도 프로그래밍 기술 습득이 용이해지면서 디지털 전환이 가속되고 있으므로 이와 같은 환경변화에 효과적으로 편승할 수 있도록 기존 도메인 직원의 디지털 교육에 중점을 두는 것을 고려해야 한다. 특히 자동차, 의료, 금융 등 디지털 전환이 가속화되고 있는 분야를 선정하여 선택과 집중에 의한 교육 효율성을 높이고, 데이터의 중요성, 특정 도메인에 필요한 AI 기술, 윤리적 고려사항 및 법적 규제 등을 함께 교육하여 디지털 전환을 선도할 수 있는 인재를 디지털X(디지털 기술 중심 도메인 혁신)뿐만 아니라 X디지털(도메인 중심 디지털 전환)로도, 양방향 접근을 통해 양성하는 것이 바람직할 것이다.

디지털 전환을 선도할 수 있는 도메인 전문가 양성을 위해서는, 기존에 구직자 중심으로 구성되었던 정부 교육 지원 사업들이 중소기업 재직자에게도 혜택이 이어지도록 수정·확대해 나가는 것을 검토할 필요가 있다.

○ 초중등, 대학생 교육

초중등 학생 대상의 디지털 리터러시 교육에 생성형 AI의 기본 원리, 사용법, 환각(Hallucination), 보안 등의 문제점에 대한 콘텐츠를 포함한다. 대학생 대상으로는 디지털 윤리에 대한 교육이 수반되는 것이 바람직하다. 생성형 AI가 교육에 큰 영향을 미칠 것이라는 예상과 함께 부정행위에 대한 우려가 커지고 있어, 대학 현장에서 생성형 AI를 활용하면서 고려해야 할 저작권, 책임성, 개인정보 등에 대한 기본적인 윤리교육을 하는 것을 검토할 필요가 있다.

○ 일반인 평생 교육

일반인을 대상으로는 생성형 AI 활용에 대한 이점에 대한 교육과 함께, 생성형 AI의 신뢰성, 보안, 허위 정보 등에 대한 가이드북 보급을 고려할 필요가 있다. 이는 정부에서 2023년 9월에 발표한 전국민 AI 일상화 실행계획 및 디지털 권리장전과 맞닿아 있다. 윤석열 대통령은 2023년 9월, 뉴욕구상 이후 미국 뉴욕대학교에서 열린 디지털 비전 포럼에서 기조연설을 통해 디지털 권리장전의 5가지 기본원칙을 밝힌 바 있다. 그것은 디지털 환경에서의 자유와 권리 보장, 디지털에 대한 공정한 접근과 기회의 균등, 안전하고 신뢰할 수 있는 디지털 사회, 자율과 창의 기반의 디지털 혁신의 촉

진, 인류 후생의 증진이다. 국민 누구나 보편적으로 생성형 AI에 대해 배우고 누리고 사용할 수 있도록 하는 여건을 조성하고 개인 디지털 격차 발생을 예방하는 조치 등은 이와 같은 철학을 실현하는 방안이 된다.

○ 공무원 직무 교육

공무원을 위한 생성형 AI 사용에 대한 공식 지침을 마련하고 교육하는 것을 검토할 필요가 있다. 예를 들면 공공부문의 직원이 생성형 AI를 활용할 수 있는 적절한 및 부적절 사례집을 만들어 배포하는 것이다.

나. 생성형 AI 기술의 효율적 활용을 위한 디지털 교육

교육 내용은 기존의 “지식의 습득” 중심에서 “무엇이 진짜 문제인지를 아는 것과 보이지 않던 문제를 발굴하는 것”과 “어떻게 문제를 새롭고 획기적으로 해결할 수 있는가”가 모두 중요해지는 교육으로 진화할 것으로 판단된다. 생성형 AI를 활용하게 되면서, 단편적 지식과 정보의 습득보다는 문제를 새롭게 인식하고 이를 혁신적으로 해결하는 역량이 점점 더 중요해지기 때문이다. 따라서 강의식 교육보다는 프로젝트 형의 교육을 더욱 확대해 나갈 것을 검토할 필요가 있다. 특히 문제의 발굴과 해결에 대해 창의적 접근을 할 수 있도록 사업 구조를 개선하고 교육 여건을 마련하는 것이 중요하다. 실무형 교육 방법으로 프로젝트형 교육은 프로젝트 수행 시 결과물도 중요하지만, 수행하면서 얻는 경험과 문제 해결 방법을 익히는 것을 목표로 하는 것이 중요할 것이다.

생성형 AI는 비정규 교육생들의 교육 수준을 높일 수 있는 매우 좋은 활용 도구다. 생성형 AI를 활용한 코드 생성과 코드 리뷰로 비정규 교육생들의 지식 습득과 업무처리 속도를 높이고, 수준 높은 교육을 진행하면서도 개개인이 원하는 내용에 맞추어 학습할 수 있도록 지도할 수 있다.

전문 개발자의 경우는 프로그래밍 언어 이론, 데이터 구조, 컴퓨터 구조 등 컴퓨터과학에 대한 기본적인 개념 습득이 생성형 AI를 활용한 효율적인 소프트웨어 개발을 위해서 더 필요하다. 컴퓨터과학에 대해 이해 없이 코딩만 배운 사람은 배운 것에서 조금만 바뀌어도, 새로운 소프트웨어 개발에 기존 학습 내용을 적용하기 어렵기 때문이다. 따라서 전문 개발자가 되고자 하는 정규과정 학생들에게는 보다 탄탄한 이론적 기

초역량 함양을 강화할 수 있도록 개선해 나갈 필요가 있다.

전문가 심층 인터뷰에서, 구직자들에게는 기존에도 취업 정보 등을 제공하는 서비스가 있으나, 디지털 인력의 구직을 위해서는 디지털 직무 취업에 필요한 정보와 취업에 성공하는 방법 등을 제공하는 것을 확대해야 한다는 의견이 많았다. 취업에 필요한 정보로는 기업이 원하는 디지털 인재상, 디지털 기술 등이 있다. 또한 기업 정보를 구하고 정리하는 법 등에 대한 교육이 필요하다. 아울러 신기술이 쏟아져 나오는 최근의 현황과 미래 전망을 고려해보면, 경력경로 맵 등과 같이 개개인에 맞춤형된 성장경로를 선택하고 디지털 인재로서의 비전을 실현해나가는데 지름길을 제시해 줄 수 있는 가이드 작성과 배포를 검토할 필요가 있다.

다. 생성형 AI를 활용한 연구와 디지털 교육

○ 생성형 AI를 활용한 교육

생성형 AI를 활용한 교육 확대를 위한 방안 마련을 검토할 필요가 있다. 독학 시 생성형 AI를 활용하면 아주 큰 도움이 될 것으로 예상되며, 가상 AI 기반 튜터 등은 교육의 질과 기회를 개선하여 줄 것이다. 코딩 교육 시 생성형 AI를 조교(TA) 수준으로 활용한다면 교육 효율성이 높아질 것으로 기대된다.

○ AI 원천기술 연구 지원

빠르게 변화하는 기술을 지속적으로 학습하는 것보다는 원천기술 개발을 지원하는 쪽에 투자하여, 기술을 따라가는 것이 아니라 지배하도록 기본 연구에 대한 투자 확대를 검토할 필요가 있다.

자연어 처리(NLP), 거대언어모델(LLM), AI 반도체, 컴퓨터 비전, 빅데이터 분석 등에 대한 기초 지식에 대한 연구개발을 통한 고급인재 양성을 추진이 요구된다. 디지털 인재가 사용할 수 있는 도구 개발 및 관련 연구 진행을 검토할 필요가 있다. 생성형 AI 도구 활용의 한계점을 극복하기 위한 소프트웨어 엔지니어링과 AI의 통합, 신뢰성 확보 및 비용 절감에 대한 연구도 마찬가지다. 생성형 AI 문제를 해결하여, 생성형 AI 활용도를 높이려면 생성형 AI의 신뢰성을 확보하는 연구를 선행하는 것이 바람직하다.

○ 생성형 AI 활용 기술 연구 지원

산업현장에서 생성형 AI 적용 가능성과 한계에 대한 연구를 선행하고, 생성형 AI의 활용으로 인한 가치 창출 가능성이 큰 의료, 금융, 법률 등 분야의 주요 이슈 해결을 위한 연구를 통해 타 산업 AI 인재의 역량을 강화에 대한 검토가 필요하다.

AI 기술의 응용이 중요한 인지과학, 심리학, 경제학, 언어학 등 학문에도 생성형 AI를 활용한 연구 과제를 포함시키는 것을 검토할 필요가 있다. 더불어 다학제간 전문 지식이 미치는 영향에 대해 안전한 AI 개발 및 배포를 위해 다양한 학문과 지식을 통합하는 전체론적 관점에서 AI를 개발 및 관리하는 것이 바람직할 것이다.

○ 기업의 인재 양성 역할 확대

생성형 AI 등 새로운 기술의 빠른 변화에 대응하기 위해서는 디지털 인력양성에 대한 기업의 역할 확대를 고려할 필요가 있다. 예를 들면 대기업은 빠르게 이머징 기술 습득을 위한 부서가 존재하여 사내에 전파하는 프로세스가 있어, 실질적이고 효과적인 교육 콘텐츠 제작이 가능하다. 대기업에서 교육 커리큘럼을 제작하도록 정부가 지원하고, 제작된 교육 콘텐츠를 중소기업과 스타트업에 전파할 수 있는 방안을 모색할 필요가 있다.

○ 생성형 AI 교육 및 사용 환경 지원

개인의 생성형 AI 교육을 위해서는 생성형 AI 도구를 사용하기 위한 구독료와 데이터 튜닝을 위한 API 사용료 등을 지원할 수 있다. 정부 지원 교육이 집합교육 형태보다는 개인 주도의 교육으로 개인이 교육에 필요한 교육시스템, 개발 도구 사용료 등의 지원 확대를 검토할 필요가 있다.

중소기업과 스타트업이 자체 데이터를 활용 가능하고, 보안을 확보할 수 있는 소형 언어모델(sLLM)을 제공하여 생성형 AI 역량을 자체 개발할 수 있도록 지원하는 것이다. 생성형 AI 신뢰성 향상을 위해서 도메인 별로 전문 데이터셋을 수집하고 공유하며 소형언어모델(sLLM)을 활용을 위해서 AI 모델을 설계, 개발, 훈련 및 유지보수에 대한 전문지식에 대한 교육을 시행하는 것을 검토할 필요가 있다.

2. 디지털 인재 양성을 위한 교육 환경 구축

○ 체계적 교육시스템 구축

디지털 역량을 가진 인력을 계속해서 확보하기 위해서는 디지털 인재의 AI 기술 및 지식을 평가하고 그에 맞는 교육 지원 프로그램 개발의 검토가 필요하다. 이를 위해서는 현 디지털 인재의 AI 기술 및 지식을 평가하는 제도 마련이 필요하며, 디지털 인재의 수준을 평가하고 개인의 기술과 역량에 따라 개인 맞춤형 교육 프로그램과 커리어 패스를 지원한다면 디지털 인력양성 사업을 더욱 효율적으로 추진할 수 있다.

○ 디지털 교육 교재 개발

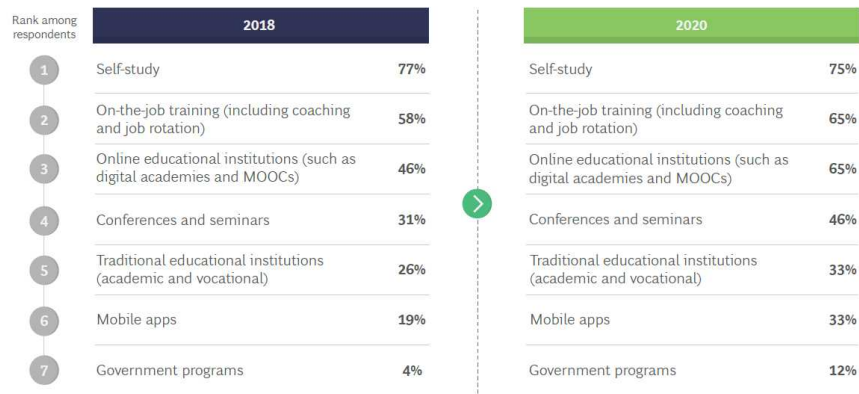
생성형 AI 시대에 대비하여 국가경쟁력을 높이려면 AI 교육자료 개발에 대해 고심할 필요가 있다. 전문 개발자들을 위한 교육 콘텐츠는 정형화할 수 없어 교재 개발에 대한 수요가 많지 않을 것이다. 앞서서도 기술하였듯이 기술 내용을 포함한 교재보다는 활용 방법에 대한 교육을 필요로 한다.

그러나 초등 및 중등 단계에서는 디지털 리터러시에 대한 교육과 학생들이 AI를 빠르게 채택하고 대비할 수 있도록 필요한 교육자료 및 콘텐츠를 개발하는 것을 고려해야 한다.

○ 디지털 교육을 위한 학습시스템 마련

디지털 교육 수요 증가로 인한 큰 문제 중 하나인 교수자 부족 문제 해결을 위해 초중고, 대학생, 직장인, 일반인까지 전 국민 교육을 위해 온라인 교육시스템의 구축을 고려할 필요가 있다. 특히 디지털 인재는 학습자 주도의 온라인 시스템에 대한 요구도 늘어나고 있다. 온라인 학습을 선호하는 디지털 인재의 비율은 2018년 46%에서 2020년 65%로 크게 증가하였다.

[그림 4-2] 기술 훈련 방법에 대한 응답자 비율



자료 : BSG(2021), Decoding the Digital Talent Challenge

생성형 AI를 활용한다면 기존의 온라인 교육시스템보다 효과적인 교육 시스템 개발이 가능하다. 온라인 튜터, AI 코드 리뷰어 등을 통한 개인에 맞춘 피드백을 강화한 개인 맞춤형 교육시스템 개발을 검토할 필요가 있다.

○ AI 인력 기술 및 평가시스템 구축

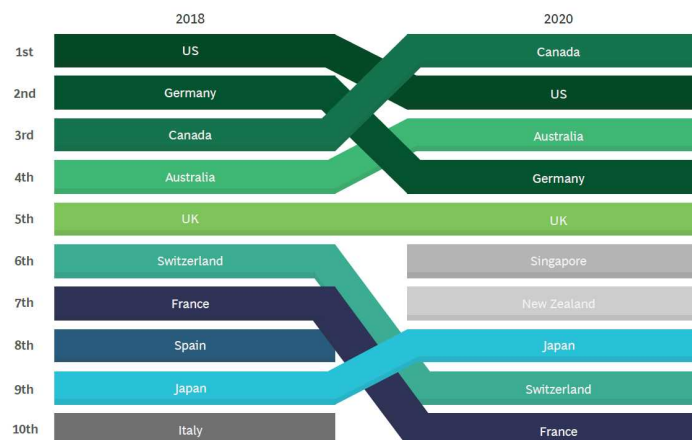
인구통계 정보 및 AI 작업을 수행하는 데 필요한 지식 및 기술, 현 AI 인력 상태 등을 파악하기 위한 주기적인 연구를 수행하는 것이 바람직할 것이다.

3. 지속적인 디지털 인재 확보 추진

○ 글로벌 인재 확보

디지털 인력, 특히 전문 개발자 부족 문제를 해결하기 위해 해외 주요국에서는 글로벌 인재 채용을 위한 제도 개선을 추진하고 있다. 그러나 디지털 인력은 근무지를 해외로 이동하는 것에 대해 점점 더 소극적으로 변하고 있다. 해외 근무에 대한 조사에서 2018년에는 67%가 해외로 근무지를 옮길 의향이 있다고 했던 것에 비해 2020년 조사에서는 그 수치가 55%로 감소했다. 입국에 대한 규제 및 국수적인 이민 정책이 이유였다. 캐나다가 높은 순위에 있는 것도, 개방성 때문이라고 한다.

[그림 4-3] 디지털 인력의 해외 취업 시 선호하는 국가



출처 : 2020 BCG, 디지털 분야 종사자 9,864명을 대상 설문

미국, 영국 등 해외 주요국에서는 비자 제도 개선을 통해 적극적 글로벌 인재 유치를 추진하고 있다. 국내에서도 2023년 12월 「제4차 외국인 정책 기본계획」을 확정하고, 이민을 활용한 경제와 지역 발전 촉진을 위해 취업비자 및 창업 비자 제도를 개선하였다. 특히 워케이션 비자는 원격 근무에 익숙한 해외 디지털 인재 흡수에 기여할 것으로 예상된다. 이와 더불어 글로벌 디지털 최고급 인재와 실무 인재의 확보를 늘리기 위한 디지털 인재 대상 비자 제도 마련을 검토할 필요가 있다.

해외 대학 및 연구기관과의 국제 연구 및 협력을 통한 인재 육성 및 유치를 추진하고, 해외 인력의 정착을 위한 비용 지원 및 세제 지원, 가족 지원 등 정착 지원 제도 등을 마련하는 것에 대한 고려도 필요하다.

○ 정부 AI 전문가 채용

미국, 영국 등은 효율적이고 실질적인 인공지능 정책을 세우고 정책 수행을 위해, 인공지능, 데이터 전문가 정부 고위관리자 및 실무 전문가로 채용하고 있다. 정부에서는 인공지능에 전문지식이 있는 인력이 정책을 수립 및 수행하는 것을 검토할 필요가 있다.

○ 생성형 AI 활용 지침 제작

AI 및 생성형 AI를 개발, 배포, 사용하는 조직과 그 신뢰성을 보장할 책임이 있는 조직이 활용할 수 있도록 AI 사용 관련 지침 마련을 고려할 필요가 있다. AI 활용에 대한 윤리적, 법적, 사회적 영향력을 고려한 생성형 AI 활용 가이드라인 제작을 위해서는 AI 분야에서 윤리적, 법적 및 사회적, 기술적 측면에 정통한 전문가들의 협력이 필요하다.

○ 디지털 인재 네트워킹 활성화 지원

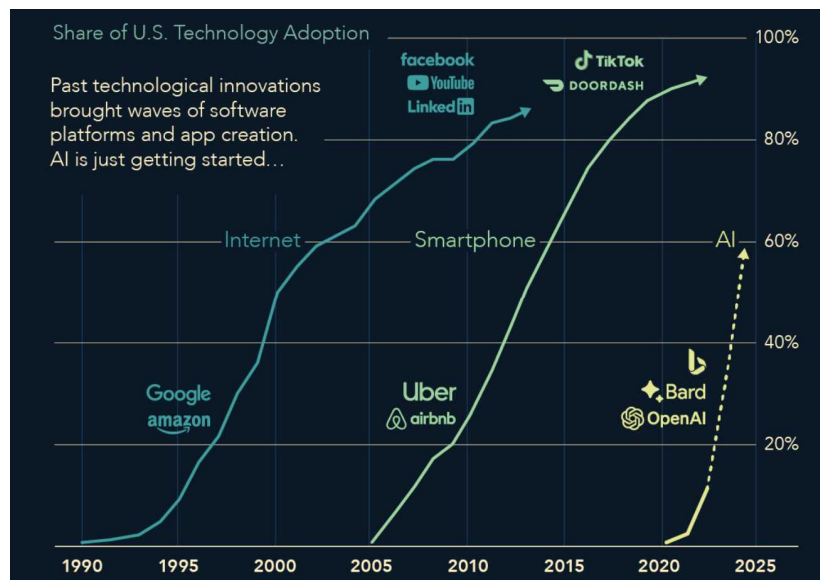
디지털 전문가들은 해외 학회 및 기업 컨퍼런스, 디지털 커뮤니티를 통한 네트워킹을 활발하게 하고 있다. 이러한 네트워킹 장을 이용하여 AI 분야 선도 전문가들과 혁신가들과 아이디어와 지식 교류를 통한 디지털 인재 역량 강화를 지원한다.

제5장 결론

제1절 연구의 요약 및 의의

전 세계를 연결하고 접근성을 대폭 확대한 인터넷 출현, 인터넷의 기능이 스마트폰으로 탑재된 아이폰의 출현 이후, 생성형 AI의 등장은 세 번째 IT 혁명이라 부를 수 있다. 이는 기술적 혁신은 물론이고, 경제적 막대한 영향과 보편적 기술로써 일상생활의 변화를 주도할 것으로 예측되기 때문이다. 생성형 AI 서비스인 ChatGPT가 출시된 지 5일 만에 100만 명이 사용했으며, 2023년 12월 ChatGPT 페이지 방문 횟수가 16억 회¹³⁸⁾이 될 정도로 많은 사용자가 사용하고 있다. 생성형 AI 중 하나인 ChatGPT의 사용 빈도는 보편적으로 사용하고 검색 엔진인 구글의 사용 빈도 (840억)의 2% 정도가 되고 있다.

[그림 5-1] 인터넷, 스마트폰, AI 기술 적응 주기별 소프트웨어



출처 : Visual Capitalist (Writerbuddy, Omdia, Coatue)

생성형 AI의 출현으로 경제, 사회, 교육, 문화적으로 많은 변화가 예상되며, 특히 노동시장에 미치는 영향을 클 것이라는 연구와 기사들이 많이 노출되고 있다. 생성형

138) similarweb chat.openai.com <https://www.similarweb.com/website/chat.openai.com/#overview>
2023.1.24. 조회

AI를 활용한 도구는 광고 및 마케팅 분야 종사자가 가장 많이 사용하고 있으며, 다음으로 기술자들이 많이 사용하고 있다. 본 연구는 생성형 AI 시대에 적합한 디지털 인재 양성 정책 수립을 위해, 생성형 AI가 디지털 기술 중 수요가 가장 많은 개발 관련 기술 활용에 미치는 영향을 분석하였다.

AlphaGo의 출현 이후 촉발된 AI 기술에 대한 사회적 관심이 OpenAI사가 2022년 말 ChatGPT를 발표한 이후 다시금 폭발적으로 증가하고 있는 점, 그 사회경제적 파급력이 과거 어느 기술보다 클 것으로 예상되는 점은 생성형 AI 등장을 고려한 정책 방향의 수정을 요구한다. 나아가, 디지털 전환의 확산과 코로나-19로 개발자에 대한 수요가 급격히 늘어나게 된 점 또한 디지털 인재양성 정책 변화의 필요성을 야기한다. 이에 따라, 본 연구에서는 생성형 AI가 개발 업무에 미치는 영향을 파악하고, 개발자 양성 정책의 방향이 어떻게 변화해야 하는지에 대해 분석하였다.

1) SW 개발 환경변화에 따른 개발 업무 변화

본 연구에서는 문헌 연구, 심층 인터뷰, 전문가 설문을 통하여 생성형 AI의 개발 업무의 활용 연구와 현황을 검토한 사항을 O*NET의 데이터를 이용한 생성형 AI의 개발 작업에 대한 영향 분석 시 활용하여 분석의 신뢰성을 높였다. 심층 인터뷰와 전문가 설문은 고급 개발자, 개발 리더, SW 아키텍처, CTO, 벤처 투자가, 컴퓨터공학 교수 등 소프트웨어 기술 연구 및 개발 관련 책임자와 실무 담당자 등을 섭외하고, 생성형 AI의 소프트웨어 개발의 영향도와 전망을 다각도로 분석하였다.

분석 결과, 문헌 연구와 전문가 심층 인터뷰 결과는 대부분 유사했으나, 문헌 연구에서 테스트 부분에서 생성형 AI의 영향력이 가장 클 것으로 예측하였으나 개발자들과 IT 전문가들은 테스트에 생성형 AI 개발 도구를 활용하기에는 많은 제약이 따른다고 응답하였다.

전문가 심층 인터뷰에 따르면, 개발자들은 오히려 구현 단계에서 코딩을 위해서 생성형 AI 도구는 일상적으로 활용한다는 의견이 많았다. 맥킨지의 개발자 대상 분석자료(2023)에서도 코드 생성 및 기존 코드의 재구성 작성에 30~40% 시간이 절약되는 것으로 나타나 있다. 일반적인 함수를 구현하거나 라이브러리 등의 자동 완성 기능의 활용하는 데는 생성형 AI가 상당히 유용하나, 복잡한 알고리즘이나 비즈니스 로직을 구현할 때는 사용할 수 없다는 의견이 많았다.

회의 요약 등의 일부 작업을 제외한 요구분석 단계와 설계 단계에서는 생성형 AI

활용이 어려울 것으로 판단되며, 이는 소프트웨어 개발의 극적인 생산성 향상이나 생성형 AI의 개발자 대체는 현재 단계의 기술로는 어려울 것으로 보인다.

생성형 AI가 개발 업무는 미치는 영향을 면밀히 분석하기 위해 O*NET의 개발자 작업(Task), 세부 작업(DWA) 데이터를 사용하여 분석을 시행한 결과, 전문가 심층 인터뷰 결과에서 나온 바와 같이 구현 단계에서 생성형 AI의 영향도가 가장 큰 것으로 나타났다. 개발 업무 중 생성형 AI의 영향도가 가장 큰 작업은 컴퓨터 프로그래밍 코드 작성, 애플리케이션 개발, 소프트웨어 테스트, 소프트웨어 사용 설명서 작성, 소프트웨어 테스트 시나리오 및 테스트 케이스 제작이었다. 이러한 영향으로 전문 개발자가 아닌 소프트웨어 산업 외의 다른 산업에 종사하는 도메인 전문가들도 개발 작업에 접근이 수월해지며, 디지털 전문가로 전환 가능성이 커질 것으로 예상된다.

그러나 개발 단계에서 요구분석과 설계 단계에서는 생성형 AI 활용도가 낮아 종합적으로 개발자들의 전 개발 단계에서 개발 생산성 향상에 많은 영향을 주지는 못하는 것으로 분석된다. 또한 개발자 업무 중 컴퓨터 하드웨어 엔지니어와 협력하여 하드웨어 및 소프트웨어 시스템을 통합하고, 고객, 마케팅 담당자, 소프트웨어 품질 담당자, 소프트웨어 보안 담당자 등 소프트웨어 개발에 중요한 이해관계자와의 협상 등 직접적인 개발 업무에 속하는 않는 작업들에 대해서는 생성형 AI를 활용할 수 없다.

생성형 AI가 소프트웨어 개발 업무와 연관된 디지털 인재에게 주는 영향이 커짐에 따라 해외 주요국들의 디지털 인재 양성 정책에도 변화가 일어나고 있으며, 생성형 AI 시대에 적합한 디지털 인재 양성을 위해 국내 디지털 인재 양성 정책도 검토할 필요가 있다. 본 연구에서 분석한 해외 주요국의 디지털 인재양성 정책 동향은 다음과 같다.

2) 생성형 AI 해외 정책 방향

생성형 AI 출현 이후 해외 각국은 생성형 AI를 포함한 AI를 효과적으로 활용한 국가 경쟁력 확보를 추진하는 동시에, AI 및 생성형 AI의 부작용에 대한 대비책을 마련하고 있다. 특히 AI가 경제, 사회에 미칠 영향력이 매우 클 것으로 예상됨에 따라, AI 사용에 대한 규제 및 올바른 활용을 위한 지침을 마련하고, 디지털 인재 교육에 관련 내용을 포함하고 있다. 특히 미국은 AI 위험 관리 프레임워크 (AI RMF)를 개선하여 위험에 대처하고, 생성형 AI를 이용해 현시대의 주요 문제를 해결하기 위해 “생성형 AI 공개 실무그룹”을 발빠르게 출범시켰다.

해외 주요국은 현재까지 생성형 AI 관련 인력을 중심으로 인재 양성 정책을 마련하

기보다는 기존의 디지털·SW·AI 등 기술 인재 양성 정책에 생성형 AI 기술을 포함하고 있다. 해외 주요국은 AI를 포함한 디지털 인력의 확보를 위해 초중등 학생의 디지털 리터러시 교육, 대학 학위의 신설 및 확대, 재직자 재교육까지 교육 대상별, 수준별 교육의 중요성을 강조하고, 글로벌 해외 인재 확보를 위해 비자 제도와 장학제도를 개편하고 있다. 또한 실무에 즉각 활용할 수 있는 디지털 인재 양성을 위해 기업의 역할을 강조하고 있다.

3) 생성형 AI 시대에 대응한 디지털 인재 양성

국내 디지털 인재 특히 AI·SW 인재 양성 정책도 생성형 AI 기술 등 기술 변화 양상에 맞추어 변화할 필요가 있다. 디지털 기술은 이제 전문가들만의 전유물이 아니라 전 국민이 활용해야 할 기술이며, 이에 따라 전국민 대상으로 개개인의 목표와 수준에 따른 맞춤형 교육을 지속할 수 있는 체계 구축을 검토할 필요가 있다.

본 연구에서는 디지털 인재 양성 정책 방안으로 첫째, 디지털 인재 양성의 기본 방향을 교육 대상, 교육 내용, 교육 방법 측면에서 정하고, 둘째, 디지털 인재 양성을 위한 교육 환경 구축, 마지막으로 지속적이고 효율적인 디지털 인재 확보 추진을 제안하였다.

첫째, 디지털 인재 확보의 기본 방향은 디지털 교육 저변을 확대하되, 개개인에게 맞춤형으로 교육하는 것이다. 생성형 AI 개발 도구의 올바른 활용은 초급 개발자의 수준 향상에 기여할 것으로 판단되며, 이를 위해서는 단순한 코딩 교육보다는 컴퓨터 과학의 기본 이론을 학습하고, 생성형 AI 개발 도구를 이용하여 소프트웨어를 효과적으로 개발할 수 있는 교육 방향을 정립하는 것이 바람직하다.

생성형 AI 개발 도구는 초급 개발자보다는 중·고급 개발자의 생산성 향상에 영향을 미칠 것으로 판단되며, 중소기업 및 스타트업의 개발자 부족 문제 해결에 생성형 AI 기술을 적극 활용할 수 있는 정책개발이 필요하다. 생성형 AI 개발 도구를 활용하여 타 산업에 종사하는 도메인 전문가들도 수준 높은 프로그래밍이 가능해질 것으로 예측되며, 디지털 전환에 선두에 설 수 있는 디지털 전문가 양성에 주력하는 방안의 검토가 필요하다.

디지털 교육의 저변 확대와 맞춤형 교육을 위해 디지털 교육 내용과 방법의 변화를 모색해 나가는 것이 바람직하다. 생성형 AI를 활용하게 되면서, 단편적 지식과 정보의 습득보다는 문제를 새롭게 인식하고 이를 혁신적으로 해결하는 역량이 점점 더 중요

해지기 때문에, 단순한 지식보다는 문제를 발굴하고 해결할 수 있는 능력을 가르치는 방향으로 교육 내용을 개편하는 것을 고려할 필요가 있다. 이를 위해서는 강의 방식보다는 연구와 프로젝트 중심의 교육 프로그램을 강화하는 것이 바람직하다.

둘째, 디지털 인재 양성을 위한 체계적인 교육시스템을 구축하고, 생성형 AI 기술을 활용한 교육 환경 구축을 검토할 필요가 있다. 또한 디지털 전환의 선두에 설 디지털 인재를 양성하기 위해서는 개개인이 경력경로를 세우고 지속적인 역량 향상이 필요하며, 역량 향상을 확인할 수 있는 평가 제도를 검토할 필요가 있다.

마지막으로, 지속적이고 효율적인 인재 양성을 위해서는 글로벌 인재를 확보하고, 인재 양성 정책을 수행하는 정부 담당자의 AI 역량을 높이는 것이 요구된다. 미국, 영국 등 주요국도 자국의 비자 제도를 혁신적으로 개선하여, 디지털 인재 특화 비자의 대상을 확대하고 신청 절차를 간소화하여 글로벌 인재 확보에 힘쓰고 있다. 국내 정책도 실질적으로 신청 절차를 간소화하고, 비자 신청 프로세스를 이해하기 쉽게 변경하는 것이 필요하다. 또한 생성형 AI를 포함한 AI 정책을 효과적으로 시행하기 위해서는 정부 담당자가 AI를 제대로 이해하는 것이 선행되어야 하므로, AI 관련 역량을 가진 정부 담당자의 확보에 대해 고민할 필요가 있다.

4) 연구의 의의

본 연구는 생성형 AI가 개발자의 개발 업무에 미치는 영향을 통합적 관점에서 분석하고, 이에 대응하는 정책 방향을 제시했다는 데서 의의가 있다. 문헌 분석, 전문가 심층 인터뷰를 통하여 생성형 AI가 개발 업무에 미치는 영향을 요구분석, 설계, 구현, 테스트 단계별로 세분하여 분석하였으며, 선행 연구의 데이터 분석 방법은 개선하여 본 연구에 적용하였다.

AI나 생성형 AI의 직업에 미치는 영향을 분석한 선행 연구들에서는 “모든 직업에서 수행하는 직무”와 “AI나 생성형 AI 역량”을 비교하여 “각 직업에 대한 생성형 AI의 영향도”를 분석하였다. 본 연구는 “개발자가 수행하는 직무”와 “개발자에 특화하여 생성형 AI가 할 수 있는 일”에 관한 분석을 위해 문헌 연구, 전문가 심층 인터뷰를 진행하였으며, 분석 결과를 O*NET의 데이터에 적용하여 생성형 AI 개발자 직무에 미치는 영향도를 분석하였다. 또한 개발 프로세스별로 생성형 AI의 영향을 분석함으로써 개발자의 역량 및 역량 변화를 구체적으로 분석하였다.

주요국의 AI 인재 양성 정책의 흐름 하에 생성형 AI 인재 양성에 특화된 디지털 인

재 양성 방안에 대해 종합하고, 분석된 생성형 AI가 개발자 개발 환경에 미치는 영향에 맞는 국내 디지털 인재 양성의 방향성과 대상, 방법, 정책 등을 제안하였다. 특히 생성형 AI를 활용하여 효과적으로 인재 양성을 할 수 있는 방안도 마련하였다.

제2절 연구의 한계점 및 향후 연구

본 연구는 생성형 AI 영향에 의한 개발 환경 변화를 요구사항 분석, 설계, 구현, 테스트의 개발 프로세스 단계별로 문헌 연구, 심층 인터뷰, O*NET 데이터를 이용하여 분석한 연구로, 생성형 AI의 개발 업무에 대한 영향을 다각도로 분석하였다. 그러나 생성형 AI 기술의 빠른 변화 속도를 감안하면 생성형 AI 영향에 의한 개발 환경은 생각보다 빨리 변하여, 생성형 AI에 의한 개발 환경 변화에 대한 현황 분석 내용은 곧 변경될 수 있을 것이다. 특히 본 연구에서는 지적인 테스트 도구의 문제점, 생성형 AI 개발 도구의 요구사항과 설계 단계에서 한계 등 이슈들의 변화 및 해결에 대한 지속적인 검토가 필요하다.

본 연구에서 생성형 AI 기술의 한계로 코딩과 오류 검증을 주 업무로 수행하는 구현 단계나 테스트 이외의 요구분석이나 설계 단계, 이외의 개발 활동에서는 생성형 AI 도구의 사용이 어렵다는 결론에 이르렀으며, 향후 연구로는 생성형 AI 활용이 어려운 개발 관련 업무나 교육에 생성형 AI 기술을 적용하여 개발 생산성을 높이고 디지털 전환을 가속하게 하는 방안에 대한 연구를 수행할 것이 요구된다.

참 고 문 헌

[국내 문헌]

S&T GPS. (2022). 일본 AI전략 2022 발표

강송희, 이현승, 유호석. (2021). 디지털 전환을 촉진하는 Nocode와 RPA

관계부처합동(2023.4), 초거대 AI 경쟁력 강화 방안

관계부처합동(2023.9), 전국민 AI 일상화 실행계획

과학기술인재플랫폼(2023), 「2023국가인공지능(AI)전략」

과학기술정보통신부, 정보통신기획평가원(2024.1.11.), 2024년도 생성AI 선도인재양성 사업 공고, 과학기술정보통신부 공고 제2024-0016호

교육부. (2021.3.19.). 첨단(신기술)분야 모집 단위별 입학정원 기준 고시

김소미. (2023). 「2023년 미국 국가 AI R&D 전략계획 주요 내용」, NIA

박형민. (2023). 일본의 해외 우수인재 유치 및 국제공동연구 지원 정책 현황, 정책자료 공유 산업통상자원부, KIAT. (2019). 일본의 인공지능 정책 동향

삼성KPMG 경제연구원. (2023). 챗GPT와 생성형 AI가 만드는 빅테크 플랫폼 혁신

소프트웨어정책연구소. (2023). 2022년 AI 산업 실태조사

조수연. (2017). 디지털 시대의 금융 디지털 인재 운영 방안

진희승. (2015). SW MDD 유용성 논의와 사례 분석

진희승, 윤보성, 이승윤. (2022). 빅데이터 기반 SW인력 수요 분석, 소프트웨어정책연구소

한국과학기술기획평가원. (2022). 「중국 인공지능 인재양성 현황 진단 및 제언」, 과학기술인재정책 동향리포트 22년 5호

한국지능정보사회진흥원, AI미래전략센터. (2021). 영국 AI 국가전략의 주요 내용 및 시사점, THE AI REPORT, 2021, NIA, AI미래전략센터

한국데이터산업진흥원. (2022). DATA ECONOMY_Global news trends in Japan, vol3, no9, 2022.9,

한국지능정보사회진흥원. (2022). 「미국, 연방정부 대상의 “인공지능교육법” 제정」,

디지털 법제 Brief

홍은주. (2023). ChatGPT를 넘어, 생성형 AI(Generative AI)의 미래 - 1편

[국내 사이트]

ITWorld. (2023.12.14.). “생성형 AI의 적정가는 누가 결정하는가?” 생성형 AI 가격 정책과 전망

ZDNET. (2023.8.29.). 오픈AI, '생성AI' 기업 시장으로 진격

딜로이트 보도자료(2024.1.16.), 글로벌 기업 임원 75%, ‘3년 내’ 생성형AI로 인한 조직
대전환 전망

매일경제. (2023.7.23.). 작지만 똑똑한 AI ... sLLM 시대 온다

매일경제. (2024.1.16.). AI가 가짜뉴스 확산? ... IT거물들 “사용 늘수록 신뢰 확보할 것”

산업경제. (2023.5.16.). “기밀 유출 막아라”...챗GPT 경계 나선 삼성·LG·SK

삼성SDS. (2023.11.10.). 글로벌 AI 리더들이 전하는 생성형 AI 기술의 전망

서울경제(2023.8.29.), AI기업 82%가 인력난 호소...비자 문턱 낮춰 인재 확보해야

슬로우뉴스. (2023.6.11.). 챗GPT 시대, 진실과 거짓의 경계가 더욱 흐려진다.

연합뉴스. (2024.1.14.). 'CES 2024' 참관객 총 13만5천명...지난해 대비 17% 증가

조선일보. (2023.9.18.). 챗GPT는 과제용?... 새학기 돌아오니 순방문자 증가

한겨레(2024.1.3.), 세계 기업인 380명 “생성형 AI 기술 도입, 외부 규제 변화 대응이 과제”

한국일보(2023.11.18.), “연봉만 최대 130억 원” ...물지마 AI 투자, ‘편의 전쟁’

[해 외 문헌]

Alexandre Georgieff. (2022). Artificial Intelligence and employment : New
Cross-Country Evicence

Allied Market Research(2023.7), Generative AI Market Size, Share, Competitive
Landscape and Trend Analysis Report by Component (Software, Service), by
Technology (Generative Adversarial Networks (GANs), Transformer, Variational

Autoencoder (VAE), Diffusion Networks, Retrieval Augmented Generation), by End User (Media and Entertainment, BFSI, IT and Telecom, Healthcare, Automotive and Transportation, Others): Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2023–2032

Antonio Mastropaolo, Luca Pascarella, Emanuela Guglielmi, Matteo Ciniselli, Simone Scalabrino, Rocco Oliveto, Gabriele Bavota. (2023), On the Robustness of Code Generation Techniques: An Empirical Study on GitHub Copilot, *2023 IEEE/ACM 45th International Conference on Software Engineering (ICSE)*

Benjamin Laker. (2022.3.3.). How To Manage Digital Talent In A Way That Makes Them Stay, Forbes

Brent Stewart et al. (2022). Quick Answer: What is Design-to-Code?, Gartner
BSG(2021). Decoding the Digital Talent Challenge

Caroline Lemieux, Jeevana Priya Inala, Shuvendu K. Lahiri, Siddhartha Sen. (2023). CODAMOSA: Escaping Coverage Plateaus in Test Generation with Pre-trained Large Language Models, *ICSE(IEEE/ACM International Conference on Software Engineering) 2023*

Anton Cheshkov, Pavel Zadorozhny, Rodion Levichev. (2023), Evaluation of ChatGPT Model for Vulnerability Detection. ArXiv preprint arXiv:2304.07232

Christof Ebert and Panos Louridas(2023). Generative AI for Software Practitioners, *IEEE Software Volume: 40 Issue: 4, 2023.7. - 8.*

Dr Sorin Dan from the University of Vaasa, Finland, and Dr Diana Ivana, Dr Monica Zaharie, Dr Mihaela Drăgan, and Dr Daniel Metz from Babeş-Bolyai University, Romania, and NTT DATA(2021). *Managing Digital Talent, Business & Economics*
Eloundou, T., Manning, S., Mishkin, P., & Rock, D. (2023). Gpts are gpts: An early look at the labor market impact potential of large language models. arXiv preprint arXiv:2303.10130.

Fahim Sufi(2023). Algorithms in Low-Code-No-Code for Research Applications: A

Practical Review, *Algorithms* 2023

- Felten, E., Raj, M., & Seamans, R.(2021). Occupational, industry, and geographic exposure to artificial intelligence: A novel dataset and its potential uses
- Felten, E., Raj, M., & Seamans, R.(2023). How will Language Modelers like ChatGPT Affect Occupations and Industries?. arXiv preprint arXiv:2303.01157.
- Gartner(2021). Market Share Analysis: Application Development Software, Worldwide
- Gartner(2022). Forecast Analysis: Low-Code Development Technologies, Worldwide
- Gartner(2022). Market Guide for AI-Augmented Software-Testing Tools
- Gartner(2023). How to Use Generative AI to Boost Developer Productivity
- Gartner(2023). Hype Cycle for Software Engineering
- Gartner(2023). Market Share: Application Development, Worldwide, 2022
- Gartner(2024). TechWave Podcast: AI-Infused Future of Software Developers and Synthetic Cohorts
- Giuseppe Destefanis et al.(2023), A Preliminary Analysis on the Code Generation Capabilities of GPT-3.5 and Bard AI Models for Java Functions
- IEEE. (2014). Guide to Software Engineering Body of Knowledge V3.0
- ISO/IEC/IEEE std 24765:2010(E). (2010) Systems and software engineering – Vocabulary
- Juho Leinonen, Arto Hellas, Sami Sarsa, Brent Reeves, Paul Denny, James Prather, Brett A. Becker. (2022). Using large language models to enhance programming error messages, arXiv preprint arXiv:2210.11630
- J. Lin, Y. Liu, Q. Zeng, M. Jiang and J. Cleland-Huang. (2021), “Traceability transformed: Generating more accurate links with pre-trained BERT models“, *Proc. IEEE/ACM 43rd Int. Conf. Softw. Eng. (ICSE)*
- K. Lano, S. Kolahdouz-Rahimi, S. Fang. (2021) Model Transformation Development Using Automated Requirements Analysis, Metamodel Matching, and Transformation by Example, *ACM Transactions on Software Engineering and Methodology Vol. 31, No. 2, 2021.11.17.*

- Lightcast(2021). THE DIGITAL TALENT FORECAST: Mapping the Evolving Role of Digital Skills in a Dynamic Labor Market
- L. Tunstall, L. Von Werra, and T.(2022). Wolf, Natural language processing with transformers. *O’ Reilly Media, Inc.*
- Luca Traini, Daniele Di Pompeo, Michele Tucci, Bin Lin, Simone Scalabrino, Gabriele Bavota, Michele Lanza, Rocco Oliveto, Vittorio Cortellessa. (2021). How Software Refactoring Impacts Execution Time, *ACM Transactions on Software Engineering and Methodology*, vol 31, no 2.
- Marie-Anne Lachaux, Baptiste Roziere, Lowik Chanussot, Guillaume Lample. (2020). Unsupervised Translation of Programming Languages, *NIPS’20: Proceedings of the 34th International Conference on Neural Information Processing Systems*, Article No.: 1730
- Maxime Savary-Leblanc, Lola Burgueno, Jordi Cabot, Xavier Le Pallec, Sebastien Gerard (2022). Software assistants in software engineering: A systematic mapping study, [wileyonlinelibrary.com/journal/spe](https://www.wileyonlinelibrary.com/journal/spe), DOI: 10.1002/spe.3170
- M. Chen et al.(2021). Evaluating Large Language Models Trained on Code, July 2021. [arXiv:2107.03374](https://arxiv.org/abs/2107.03374)
- Melinda Ballou(2023). Evolving Use of Generative AI for Automated Software Quality, Project and Portfolio Management and Application Lifecycle Management(ALM), IDC
- Mckinsey(2023.6). The economic potential of generative AI: The next productivity frontier
- Mckinsey(2023.6). Unleashing developer productivity with generative AI
- Michele Rosen(2023). Generative AI Will Have the Greatest Impact on Software Development and Design in the Short Term, IDC
- N Nguyen, Sarah Nadi. (2021). An empirical evaluation of GitHub copilot’s code suggestions, *2022 IEEE/ACM 19th International Conference on Mining Software Repositories (MSR)*

Polaris(2023), Generative AI Market Share, Size, Trends, Industry Analysis Report, By Component (Software and Services); By Technology; By End-Use; By Region; Segment Forecast, 2024 - 2032

S. Lu et al. (2021). Codexglue: A machine learning benchmark dataset for code understanding and generation, arXiv preprint arXiv:2102.04664, 2021.

Wahyu Rahmانيar. (2023). ChatGPT for Software Development: Opportunities and Challenges, DOI 10.36227/techrxiv.23993583.v1

WEF. (2023). Future of Jobs Report 2023

Zhangyin Feng, Daya Guo, Duyu Tang, Nan Duan, Xiaocheng Feng, Ming Gong, Linjun Shou, Bing Qin, Ting Liu, Daxin Jiang, Ming Zhou. (2020). Codebert: A pre-trained model for programming and natural languages, arXiv preprint arXiv:2002.08155

[해 외 사이트]

GOV.UK. (2018). Ai Sector Deal

EU. (2021). Digital Decade

Jennifer Shalamanov. (2022.9.7.). What Is Digital Talent & Why You Should Care, Udacity

Joachim Herschmann. (2022). Infographic: Artificial Intelligence Use-Case Prism for Software Development and Testing, Gartner

Martin Heller. (2023). Review: CodeWhisperer, Bard, and Copilot X, InfoWorld

Maxim Tabachnyk. (2022.7.26.). ML-Enhanced Code Completion Improves Developer Productivity, Google Research Blog

NIST. (2023.6.22.). Biden-Harris Administration Announces New NIST Public Working Group on AI

OECD.AI. AI skill demand by IT category

PR Newswire. (2023.6.8.). Generative AI Market Size to Grow USD 126.5 Billion by 2031

at a CAGR of 32%

Reuter. (2023.6.23.). US-based generative AI job postings up 20% in May, Indeed data show

Sacolick, Isaac. (2023.4.15.). What is CI/CD? Continuous integration and continuous delivery explained, InfoWorld

Shiva Aminian et al. (2023.11.10.). Timeline : Executive Order on Safe, Secure, and Trustworthy Artificial Intelligence

Stackoverflow. (2023). 2023 Developer Survey

Swimm Team, AI Code Review: How It Works and 3 Tools You Should Know

Swinhoe. (2017.10.13.). GitHub CEO: The Future of Coding is No Coding at All

Thanh (Bruce) Pham. (2019.10.16.). 6 Stages for Software Development Procedure You Need to Know, Saifom Technology

The White House. (2023.10.30.). FACT SHEET: President Biden Issues Executive Order on Safe, Secure, and Trustworthy Artificial Intelligence

UK Department for Digital, Culture, Media & Sport. (2022.10.4.). UK Digital Strategy

주 의

1. 이 보고서는 소프트웨어정책연구소에서 수행한 연구보고서입니다.
2. 이 보고서의 내용을 발표할 때에는 반드시 소프트웨어정책연구소에서 수행한 연구결과임을 밝혀야 합니다.



[소프트웨어정책연구소]에 의해 작성된 [SPRI 보고서]는 공공저작물 자유이용허락 표시기준 제 4유형(출처표시-상업적이용금지-변경금지)에 따라 이용할 수 있습니다.
(출처를 밝히면 자유로운 이용이 가능하지만 영리목적으로 이용할 수 없고 변경 없이 그대로 이용해야 .)