

인공지능 파도 넘기: 커리어래더(Career Ladder) 어프로치*

김규환**

최영빈***

구교준****

〈目 次〉

I. 서론

II. 이론적 논의

III. 분석방법

IV. 분석결과

V. 결론 및 정책적 시사점

〈요 약〉

본 연구는 커리어래더 접근법을 활용하여 인공지능에 의하여 대체가능성이 높은 직업을 확인하고, 이들 직업이 대체가능성이 낮은 직업으로 어떻게 이·전직할 수 있는지를 분석하였다. 분석에 사용된 자료는 ONET과 한국표준직업분류를 매칭하여 구축한 데이터로 직업별 기술과 역량의 중요도 정보를 포함한다. 해당 자료를 기반으로 직업 간 유사도는 유클리디언 거리를 활용하여 측정하였으며, 대체가능성이 높은 직업의 유형 구분은 잠재프로파일분석을 사용하였다. 분석결과, 대체가능성이 높은 직업을 총 6가지 유형으로 분류하였으며, 직업들은 공통적으로 복잡성과 전문성이 상대적으로 낮은 특징을 보이는 것으로 나타났다. 한편, 이들 직업은 다양한 대체가능성이 낮은 직업으로 이·전직이 가능한데, 대표적으로 자동차 정비원, 채굴, 토목, 화학 관련 직업 등이 있는데, 이러한 대체가능성이 낮은 직업들은 기술적 숙련도뿐 아니라 상황적응 능력, 인지적 역량, 신체적 숙련의 균형을 강하게 요구하는 것으로 나타났다. 따라서 향후 직업훈련과정에서는 장비 선택, 수리, 조작과 관련된 인지적 스킬 및 신체적 균형을 중심으로 한 훈련이 요구된다고 할 수 있다.

【주제어: 커리어래더, 인공지능, 일자리 대체가능지수, 일자리 이동, 일자리, 노동시장】

* 본 연구는 고려대학교 특별연구비(K2406861)의 지원을 받아 수행되었음.

** 제1저자, 서울지역 인적자원개발위원회 책임연구원(khkim01@innobiz.or.kr)

*** 공동저자, 한국농촌경제연구원 농촌정책연구실 연구원(cyb6702@krei.re.kr)

**** 교신저자, 고려대학교 행정학과 교수(jkoo@korea.ac.kr)

논문접수일(2025.4.21), 수정일(2025.6.1), 게재확정일(2025.6.11)

I. 서론

12%, 25%, 40%(WEF, 2020; Goldman Sachs, 2023; IMF, 2024). 이는 전 세계 여러 기관에서 발표한 자료를 바탕으로, 인공지능이 가까운 미래에 대체할 것으로 예상하는 일자리 비율이다. 그 외 IMF 보고서에는 향후 인공지능이 전 세계 일자리의 40%에 많은 영향을 끼칠 것으로 예측하고 있으며, 세계경제포럼의 보고서에서도 향후 5년 동안 인공지능을 비롯한 신기술로 8,500만 개의 일자리가 대체될 것으로 추정하고 있다(IMF, 2024; WEF, 2020).

한편, 인공지능에 따른 일자리 변화에 관한 연구로 구교준 외(2024)와 한지우·오삼일(2023)의 연구를 들 수 있다. 먼저, 구교준 외(2024) 연구를 살펴보면, 단순 서비스 및 노무직 뿐만 아니라 상대적으로 안전하다고 인식되었던 단순 사무직조차 인공지능에 의해 대체될 수 있음을 지적한다. 이는 인공지능이 단순 반복 작업뿐만 아니라 인지적 판단이 필요한 업무에도 영향을 미칠 수 있음을 시사한다. 한지우·오삼일(2023)의 연구에서도 비반복적이고 인지적 업무를 수행하는 직업에 주목하면서, 법률·회계와 같은 고숙련·고학력 직업도 인공지능의 발전으로 안정성을 보장받기 어려울 가능성이 크다고 예측한다. 즉, 인공지능의 발전이 단순 반복 업무를 넘어, 복잡한 인지적, 전문적 업무까지도 대체할 가능성이 있음을 보여준다.

물론, 신기술이 사라지는 일자리를 대체할 새로운 일자리를 창출할 것이라는 견해도 존재한다. 그러나 이러한 주장은 두 가지 측면에서 한계를 가진다. 첫째, 신기술로 생성되는 일자리의 속도는 일자리 소멸 속도를 따라가지 못하는 경우가 많다. 즉, 기술발전이 새로운 일자리를 만들지만, 이러한 일자리가 노동시장에 정착하는 데 많은 시간이 소요되며, 이에 따라 일자리를 잃은 노동자들이 새로운 일자리로 이동하기 어려운 미스매치 현상이 발생한다(Manyika et al, 2017). 둘째, 신기술의 자동화 속성이 강할수록 오히려 새로운 일자리 창출 속도는 둔화되는 경향이 있다. 즉, 인공지능은 인간의 노동을 대체할 가능성이 크기 때문에, 기존 일자리가 빠르게 줄어드는 반면, 인간이 주도할 수 있는 새로운 직무는 상대적으로 더디게 나타날 가능성이 크다는 것을 의미한다(Autor et al, 2024).

따라서, 인공지능이 어떤 일자리에 영향을 미칠 것인지 분석하고, 기존 일자리에서 밀려나는 노동자들을 대상으로 어떻게 재교육을 통해 노동시장에 재진입을 도울 것인지에 대한 정책적 대응이 필요한 상황이다. 그리고 이러한 정책을 수립과정에서 이·전직이 가능한 직업을 효과적으로 제시하기 위해서는 직업별로 요구되는 기술과 역량을 고려하여 기존 경력을 반영한 커리어래더를 구축하는 것이 필수라고 할 수 있다. 그러나 아직 커리어래더를 이에 적용한 연구는 부족한 상황이다.

본 연구는 이러한 점에 착안하여 커리어래더를 도출하는 것을 목표로 수행하였다. 구체적으로, 구교준 외(2024)의 연구 결과를 활용하여 인공지능¹⁾에 의해 대체가능성이 높은 일자리를 판별하고, 이를 그룹화하여 그룹별로 이·전직이 가능한 대체가능성이 낮은 직업을 제안하는 것이 주요 목적이다. 또한, 대체가능성이 높은 직업에서 요구하는 기술 및 역량과 대체가능성이 낮은 직업에서 요구하는 기술 및 역량의 차이를 비교하여 이·전직을 위한 훈련과정에서 무엇을 집중적으로 다루어야 하는지에 대한 구체적인 방향을 제시하고자 한다. 한편, 본 연구를 통해 도출한 커리어래더는 산업구조 변화에 따른 맞춤형 직업훈련 정책을 수립하는 데 핵심적 근거 자료로 활용될 수 있다. 특히, 지방자치단체 및 공공부문이 노동자의 이·전직 지원을 위한 훈련과정을 설계하고, 장기적인 일자리·산업 정책을 마련하는 데 이바지할 수 있을 것이다.

II. 이론적 논의

1. 인공지능과 일자리 및 직업훈련과의 관계

인공지능 기술의 발전은 노동시장에 적지 않은 영향을 미치고 있다(Wang et al, 2019; 엄효진·이명진, 2020). 이와 관련하여 Gruetzemacher et al.(2020)의 연구에서는 인간이 수행하는 작업의 약 40%가 인공지능에 의해 대체될 수 있다고 예측하였으며, 김건우(2018)의 연구에서는 43%부터 고위험 직군은 70%까지 인공지능에 의해 대체될 수 있을 것으로 예측한다. 구체적으로 어떠한 일자리가 대체될 수 있는지 살펴보면, 김건우(2018)의 연구에서는 사무직, 판매직, 기계 조작 직업이 대체가능성이 높은 직업으로 분류되었으며, 산업별로는 도소매업, 음식·숙박업, 제조업에서 대체가능성이 높아 향후 해당 분야에서 노동수요 감소할 것으로 예상하였다. 한요셉(2023)의 연구에서는 서비스 및 단순 노무직이 인공지능에 의해 대체될 수 있으며, 이는 결과적으로 임금에도 부정적 영향을 미칠 수 있다고 언급하였다. 한편, Idrisi et al.(2024)와 Chen et al.(2022)의 연구에 따르면, 김건우(2018)와 한요셉(2023)의 연구에서 주로 논의하는 저숙련 일자리뿐만 아니라 인공지능의 발전이 고숙련 일자리도 대체할 수 있음을 보여준다.

인공지능과 일자리 관계를 이해하면서 인간의 기술과 역량에 관심을 두고 살펴본 연구들도 존재하는데, 이러한 연구들은 주로 인공지능이 인간의 어떤 영역을 대체할 수 있을 것인지에

1) 본 연구에서 사용하는 인공지능 기술은 인공지능뿐만 아니라 인공지능과 결합한 로봇기술까지 포함한다.

관심을 두고 있다. Huang & Rust(2018)에 따르면, 인공지능 기술은 인간의 기계적, 분석적, 직관적, 감성적 지능의 순서로 점진적으로 대체할 수 있다고 주장하며, Masriadi et al(2023)의 연구에서도 인공지능으로 인간의 기술과 역량이 일부분 대체될 수 있음을 강조한다. 다만, 직관은 인공지능이 모방하기 어려운 영역으로 표현하고 있다. 한편, Mäkelä & Stephany(2024)의 연구에서는 인공지능의 도입으로 디지털 리터러시, 팀워크, 회복탄력성, 민첩성, 분석적 사고와 같은 기술이 인간에게 더 요구될 수 있음을 언급하였으며, 송성수(2022)의 연구에서도 인공지능의 암묵지 역량을 높이 평가하면서도 창의적 문제 제기, 정서적 결속 능력, 총체적 판단력 등은 오랜 기간 인간의 고유 영역으로 존재할 것으로 언급하였다. Lassébie & Quintini(2022)의 연구에서는 ONET의 기술과 역량을 활용하여 인공지능에 의해 대체가능한 기술과 역량을 제시하였는데, 분석결과 Repairing, Equipment Maintenance 등의 기술과 역량은 대체가능성이 낮게 나타났으며, Number Facility, Memorization 등의 기술과 역량은 대체가능성이 높게 나타났다.

인공지능이 인간의 기술과 역량을 대체하는 과정에서 직무에 변화가 나타날 수 있는데, 만약 노동자가 이러한 변화에 적응하지 못한다면 노동시장에서 배제될 수 있다. 방준식(2023)은 이러한 변화에 직업훈련이 효과적일 수 있음을 언급하면서, 기술 습득 중심의 직업훈련보다 창의적·융합적 사고 능력과 디지털 역량을 포함한 종합적인 직업훈련이 필요하다고 강조하였다. 다만, 김동규 외(2024)의 연구에서처럼 직무변화가 급격히 나타나고 있음에도 불구하고, 전통적인 직업훈련 체계가 이러한 변화를 반영하지 못하고 있기 때문에, 구조적 변화의 필요성도 고려할 필요가 있다. 최근에는 산업체와 교육기관이 협업하여 현장 중심 실무형 훈련 프로그램이 확대되고 있는데(Oschinski et al, 2024), 이러한 흐름은 직업훈련이 단순한 기술 습득에 그치는 것이 아니라, 실제 직무 현장에서 해당 기술을 어떻게 적용하고 활용할 수 있을지를 중심으로 구성되어야 함을 시사한다.

2. 일자리 대체가능성 지수

1) 일자리 대체가능성 지수에 관한 논의

일자리 대체가능성 지수는 기술발전과 자동화가 노동시장에 미치는 영향을 정량적으로 평가하기 위해 개발된 측정 도구인데, 해당 지수는 기술발전이 단순 반복적인 작업을 대체할 수 있다는 점에서 중요성이 강조되고 있다. 대표적으로 Autor et al(2003)은 직무의 인지적, 육체적 특성과 반복성 여부에 따라 직업을 구분하고, 자동화의 영향을 분석하였는데, 주목할 점은 루틴화 가능성 지수를 통해 인지적 작업이나 육체적 작업이 자동화의 주요 대상

이 될 가능성이 크다고 평가했다는 점이다. Frey & Osborne(2013)의 연구에서도 루틴화 가능성 지수를 통해 단순 반복 작업을 요구하는 저숙련 직업이 대체가능성이 크다는 점을 강조하였으며, 이를 통해 노동시장에서의 일자리 대체와 양극화를 설명하는 데 중요한 역할을 하였다. 한편, Frey & Osborne(2013)의 연구에서 활용한 루틴화 가능성 지수는 노동시장에서 일자리 대체가능성을 측정하는 지표로 널리 확장되어 활용되고 있다. 예컨대, Autor & Dorn(2013)은 일자리 자동화 가능성을 루틴화 가능성 정도(Routine Task Intensity, RTI)라는 개념으로 구체화하여, 직업별 반복적, 추상적, 육체적 업무의 비중을 산출하였으며, 김세움 외(2014)의 연구에서는 국내 직업 데이터를 기반으로 루틴화 가능성 지수를 도출하여 자동화가 노동시장에 미치는 영향을 분석하였다.

그러나, 기존의 루틴화 가능성 지수는 인공지능 기술의 영향을 충분히 반영하지 못한다는 한계를 갖고 있다. 자동화 기술이 주로 단순하고 반복적인 업무를 대체하는 데 초점을 맞추고 있다면, 인공지능은 더욱 복잡하고 인지적인 업무까지도 대체할 가능성이 있다는 점에서 차별성을 갖기 때문이다. 물론 이러한 한계를 보완하기 위하여 Webb(2019)는 인공지능 노출 지수(AI Exposure Index)를 개발하여, 인지적이고 비반복적인 고숙련 직무에서도 자동화의 가능성을 보여주고 있다. 그러나, 여전히 기존 지수들은 주로 미국이나 글로벌 노동시장 환경을 기반으로 설계되었기 때문에, 이를 한국의 노동시장에 직접 적용하는 데에는 한계가 존재한다. 따라서, 이러한 한계점을 보완하기 위해 구교준 외(2024)의 연구에서는 한국 노동시장의 특성을 반영한 인공지능에 의한 일자리 대체가능성 지수를 직접 개발하여 적용하였다. 이는 기존 연구에서 다루지 못했던 국내 노동시장 내 직업별 대체가능성을 보다 정교하게 분석할 수 있도록 설계되었다는 점에서 의미가 크다고 할 수 있다.

2) 국내 인공지능에 의한 일자리 대체가능성 지수 개발

구교준 외(2024)에서 개발한 일자리 대체가능성 지수는 기존 루틴화 가능성 지수의 한계를 보완하고, 인공지능과 로봇기술의 융합적 영향력을 통합적으로 평가할 수 있는 지수로써, 한국표준직업분류(KSCO)와 미국의 직업 데이터베이스인 Occupational Information Network(이하, ONET)을 연계하여 153개의 세분화된 직업을 대상으로 분석을 진행했으며, 공학 및 사회과학 전문가들의 설문을 통해 직무별 인공지능과 로봇기술의 대체가능성을 평가하였다.

해당 지수는 미국의 대표적인 직업 데이터베이스인 ONET을 기초로 일자리를 직무수행 역량과 기술의 집합으로 해석하고 대체가능성을 평가한 Felten et al(2021)의 접근에 근거하여 산출되었다. ONET은 약 1,000여 개의 직업에 대해 해당 직업의 직무수행에 요구되는 기

술(skill), 역량(ability), 지식(knowledge)을 중요도(Importance)와 수준(Level)으로 구분하여 제공하는 데이터베이스인데 지식 항목은 인공지능이 빅데이터 분석 등의 기능을 통해 상당 부분 대체할 수 있다는 가정하에 제외하였으며, 35개의 기술과 52개의 역량을 대상으로 대체가능성 지수를 도출하였다.

지수 산출 과정은 크게 직업 매칭과 직업별 대체가능성 계산의 두 단계로 이루어진다. 먼저, 미국표준직업분류(SOC)와 한국표준직업분류(KSCO)를 매칭하여, ONET의 세분류 직업 734개와 KSCO의 세분류 직업 446개를 중심으로 직업 간 1:1 및 1:N 매칭을 수행하였다. 이후, 분석과 해석의 용이성을 높이기 위해 최종적으로 소분류 수준의 153개 직업으로 매칭하여 직업 간 연계표를 완성하였다. 다음으로, 대체가능성 계산은 ONET에서 제공하는 직업별 기술과 역량의 중요도를 가중치로 활용하여 하나의 통합된 값(A)을 산출한 후, 전문가 설문조사 결과(B)를 반영하여 최종 지수를 도출하는 방식으로 이루어졌다. 설문조사는 공학, 자연과학, 사회과학 분야의 전문가 30명을 대상으로 진행되었으며, 인공지능과 로봇기술이 실제 직무수행에서 요구되는 기술과 역량을 어느 정도 대체할 수 있는지를 0~10점 척도로 평가하도록 하였다. 이후, 산출된 A값에 B값을 반영하여 0에서 1 사이의 값을 갖는 직업별 대체가능성 지수를 계산하였으며, 이 지수가 1에 가까울수록 대체가능성이 높음을 의미한다.²⁾

이러한 과정을 통해 도출된 구교준 외(2024)의 대체가능성 지수는 기존 연구 및 지수와 다음과 같은 측면에서 차별화를 보인다. 우선 초기 자동화 연구인 Frey & Osborne(2013)을 비롯하여 많은 후속 연구가 직업 단위 분석이었던데 비해, 일자리를 해당 직업의 직무수행을 위해 요구되는 역량과 기술의 집합으로 보고 매우 상세한 직무 단위 대체가능성을 평가했다는 점에서 방법론적으로 한 단계 진일보했다고 볼 수 있다. 또한, 한요셉(2023)과 같은 최근 연구들도 주로 인공지능의 영향에 한정하여 일자리 대체가능성을 분석하고 있지만 구교준 외(2024)의 연구는 인공지능과 로봇기술의 융합이라는 최신 경향을 반영하여 대체가능성 지수를 도출한 바 있다. 이를 통해 비반복적이고 고숙련이 요구되는 직업에서도 인공지능과 로봇기술의 대체가능성을 보다 포괄적으로 평가할 수 있도록 개선되었다. 마지막으로 해당 지수를 통해 최근 대체가능성 연구들에서 제대로 반영하지 못한 기술적 대체가능성 뿐 아니라 여러 제반 상황을 고려한 현실적 대체가능성까지 분석에 반영하였다. 이와 같은 평가 방식은 직업에 따라 요구되는 세세한 직무를 고려하여, 직업별 대체가능성을 보다 적실성 있게 예측할 수 있는 특징을 지니고 있다. 또한 인공지능 및 로봇기술의 융합이 해당 직

2) 좀 더 자세한 지수도출 과정은 구교준 외, “인공지능과 로봇기술의 노동시장 파급효과 분석을 위한 일자리 대체가능성 지수의 개발”, 「행정논총」 제62권 제3호, 2024. p. 46-48. 참조.

무를 어느 범위까지 수행할 수 있는지 종합적으로 평가함으로써, 실제로 현실에서 해당 일자리가 얼마나 대체될 수 있는지를 반영했다는 특징을 보인다. 특히 해당 지수가 유용한 점은 현실적 대체가능성을 반영하여 다가올 미래에 예상되는 일자리 양극화 심화 및 노동시장의 불균형 문제에 대응할 수 있는 방향성을 모색하는 데 기여할 수 있다는 점이다.

3. 커리어래더 어프로치

커리어래더(Career ladder)는 다양한 맥락에서 사용되고 있다. 먼저, 개인이 특정 직업 내에서 경험과 역량을 축적함에 따라 점진적으로 더 높은 직위로 이동하는 경력 발전 경로를 의미한다(Sullivan & Ariss, 2019). 이러한 정의를 토대로 한 기존 연구들은 주로 조직 내 경력개발 시스템의 운영 실태와 그 효과성을 분석하는 것을 목적으로 한다(박성희 외, 2006; 박광옥 외, 2014). 이와 같은 논의는 동일 직업 내에서의 승진이나 역할 확대 등 수직적 이동을 전제로 하며, 개인의 전문성 향상과 조직에 대한 기여도를 중심으로 커리어 개발이 설계된다는 특징을 보인다.

한편, 커리어래더를 조직 내부의 인적자원 개발 시스템으로 한정하기보다는 이를 보다 확장된 개념으로 이해함으로써 경기변동이나 사회구조의 변화에 따른 직업 간 이동까지 포함하려는 접근도 존재한다(김정훈 외, 2015; 이대창, 2021; Moscarini & Postel-Vinay, 2016). 예컨대, Moscarini & Postel-Vinay(2016)는 경기 확장기에는 노동자의 상향 이동이 활발하게 나타나는 반면, 경기 수축기에는 이러한 상향 이동이 감소한다는 점을 강조하며, 이를 동태적 일자리 사다리 모형으로 설명한다. 이는 기존의 조직 내 경력개발 논의가 경력 개발에 중점을 두고 있다면, 이러한 접근은 직업 내 경력개발 뿐만 아니라 직업 간 다양한 이동경로를 포함한다는 점에서 차별성을 보인다. 이러한 접근에서는 커리어래더뿐만 아니라 커리어 전환(career transition)이나 커리어 경로(Career Pathway)와 같은 다양한 용어들이 혼재되어 사용되고 있다(del Rio- Chanona et al, 2021; Morgan et al, 2024). 그러나 이러한 용어들도 산업구조의 재편이나 경제 상황의 변화와 같은 거시적 맥락 속에서 노동자의 직업 간 이동, 기술 전환을 수반한 이직 등의 현상에 주목한다는 점에서 동일하게 이해될 수 있다.

본 연구는 이러한 논의의 연장선상에서 커리어래더라는 개념을 재해석하여 활용한다. 즉, 인공지능 기술의 발전으로 일부 일자리가 소멸하고 새로운 일자리로의 전환이 요구되는 상황에서 이를 경력개발이라는 관점에서 접근하기보다 직업 간 이동 현상으로 이해할 수 있기 때문이다. 그리고 더 나아가 이러한 전환은 단순한 직업 간 이동만을 의미하는 것이 아니라, 기존의 직무 경험과 기술을 전략적으로 활용하여 좀 더 괜찮은 일자리로 진입하는 과정으로도 볼 수 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 직업 간 이동을 단순한 직업 간 전환이 아닌, 경

력의 연속성과 전략적 활용이라는 측면에서 커리어래더의 개념으로 이해하고자 한다.

III. 분석방법

본 연구는 커리어래더를 도출하기 위해 ONET과 한국표준직업분류를 활용하였으며, 대체가능성 지수는 구교준 외(2024)의 결과를 활용하였다. 구체적인 분석과정은 아래와 같다.

첫째, 직업 간 유사성을 측정하였다. 직업 간 유사성 측정을 위해 153개의 직업과 87개의 기술 및 역량으로 구성된 매트릭스를 사용하였다. 유사성은 유클리드 거리를 사용하여 측정하였는데, 이는 다차원 공간에서 두 직업 간 거리를 측정하는 방법이다. 해당 값이 작을수록 두 직업 간의 유사성이 높으며, 클수록 유사성이 낮다. 본 연구에서는 식(1)과 같이 해석의 편의를 위하여 1에서 유클리드 값을 차감함으로써 값이 클수록 두 직업 간의 유사성이 높도록 조정하였다. 그리고 최대-최소 정규화 방법을 활용하여 0에서 1 사이로 정규화하였다.

$$1 - \|O_i - O_j\|^2 \dots\dots\dots (1)$$

둘째, 주성분분석(Principal Component Analysis, 이하 PCA)을 활용하여 87개의 기술과 역량의 차원을 축소하였다. PCA는 상관관계가 있는 여러 변수를 소수의 대표적인 요인으로 요약하는 방법으로 데이터 구조를 간결하게 파악하는 데 유용하다(Jolliffe & Cadima, 2016). 이에 따라 기존 연구에서도 ONET자료에 PCA를 활용하여 다양한 연구가 이루어지고 있다(Burrus et al, 2013; Yu et al, 2024; Sireci et al, 2024). 이러한 맥락에서 본 연구에서도 87개 기술과 역량 정보를 그대로 사용하는 대신, PCA를 통해 핵심적 정보만 보존하면서 변수의 수를 축소하고자 하였다. 게다가 분석 대상 직업의 수가 153개이고, 기술 및 역량이 87개라는 것을 고려할 때, PCA를 활용하면 차원 불균형으로 발생할 수 있는 해석의 어려움과 과적합 가능성도 줄일 수 있다.

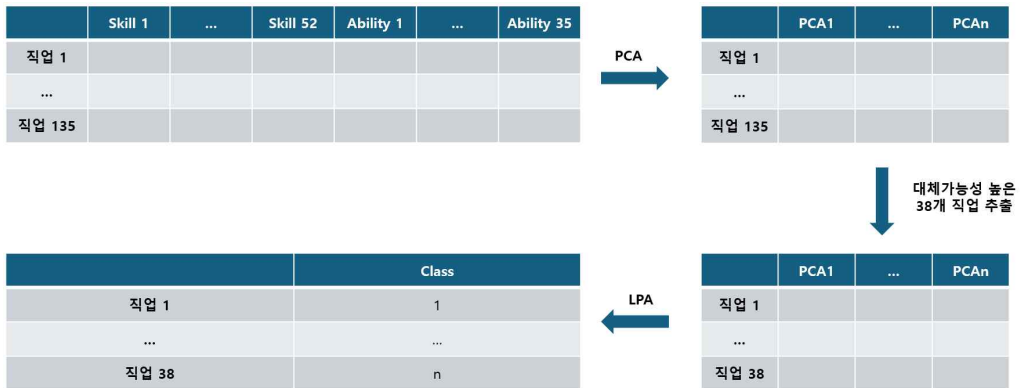
셋째, 인공지능에 의해 대체가능성이 높은 직업과 낮은 직업을 분류하였다. 대체가능성이 높은 직업과 낮은 직업은 구교준 외(2024)의 연구에서 제공하는 자료를 활용하여 분류하였다. 구교준 외(2014)의 연구에서는 인공지능에 의한 일자리의 대체가능성 지수를 0에서 1까지의 값으로 제시하고 있다. 1에 가까울수록 인공지능에 의해 대체가능성이 높은 직업이며, 0에 가까울수록 인공지능에 의해 대체가능성이 낮은 직업이다. 본 연구에서는 이 표준화된 값을 활용하여 153개 직업 중 대체가능성이 높은 직업은 상위 25%에 해당하는 38개

직업으로 선정하였으며, 대체가능성이 낮은 직업은 하위 50%에 해당하는 77개 직업으로 선정하였다.³⁾

넷째, 잠재적 프로파일 분석(Latent Profile Analysis, 이하 LPA)을 활용하여 대체가능성이 높은 38개 직업을 유형화하였다. LPA는 관측된 연속형 변수의 패턴을 기반으로 잠재적 이질 집단을 식별하는 분석방법으로(Magidson & Vermunt, 2002), 직업 간 기술 및 역량 구조의 유사성을 바탕으로 동질적인 직업을 도출하는 데 유용하다. 본 연구에서는 LPA를 통해 대체가능성이 높은 직업의 유형을 구분하였다.

PCA부터 LPA까지의 과정은 <그림 1>을 통해 확인할 수 있다.

<그림 1> 분석의 흐름



다섯째, LPA를 통해 도출한 대체가능성이 높은 직업에 대응하는 대체가능성이 낮은 직업을 추출하였다. 대체가능성이 높은 38개의 직업은 각각 하위 50% 직업에 해당하는 77개의 유사성 값을 가질 수 있다. 따라서 38개의 직업 × 77개 직업 간 조합으로 총 114,114개의 유사성 값이 산출된다. 그러나 이 모든 유사성 값을 활용할 경우, 유사성이 낮은 직업까지 커리어래더에 포함되는 문제가 발생한다. 이를 방지하기 위해, 직업별 유사성 점수 상위 5%에 해당하는 대체가능성이 낮은 직업만 추출하였다. 그리고 다수의 대체가능성이 높은 직업과 공통적으로 연결되는 직업만을 최종적으로 선정하여 커리어래더를 구성하였다. 예를 들어 그룹 1에 대체가능성이 높은 직업이 직업1과 직업2로 구성되어 있다면 아래 <그림 2>처럼 설명할 수 있다.

3) 대체가능성이 높은 직업과 낮은 직업의 매칭을 위해 상하위 25% 기준을 활용할 수도 있으나, 이 경우 매칭의 결과가 직업 유형별로 뚜렷이 구분되지 않아 매칭의 대상이 되는 대상 직업을 넓히기 위해 대체가능성 상위 25%, 하위 50% 기준을 활용하였다.

〈그림 2〉 커리어래더 도출과정



마지막으로 그룹별로 대체가능성이 높은 직업과 낮은 직업 간의 기술 및 역량 점수 차이를 분석하여 추가적인 훈련이 필요한 항목을 도출하였다. 먼저, 각 기술 및 역량에 대해 대체가능성이 낮은 그룹의 평균 점수에서 높은 그룹의 평균 점수를 뺀 값을 계산하였으며, 이를 통해 총 87개의 항목 간 점수 차이를 산출하였다. 다음으로 산출된 차이값의 평균과 표준편차를 계산하였으며, 이 값을 기준으로 차이가 큰 기술과 그렇지 않은 기술을 구분하였다. 구체적으로 차이값이 ‘평균+표준편차’와 ‘평균+2*표준편차’를 초과하는 경우 훈련이 필요한 기술로 정의하였으며, 식(2)에서 $S_{low}(i)$ 는 대체가능성이 낮은 직업 i 스킬 및 역량의 점수이며, $S_{high}(i)$ 는 대체가능성이 높은 직업 i 스킬 및 역량의 점수를 의미한다. D_i 는 $S_{low}(i)$ 에서 $S_{high}(i)$ 의 차이값을 말하며, μ_D 는 차이의 평균 σ_D 는 차이의 표준편차를 의미한다.

$$D_i = S_{low}(i) - S_{high}(i) \dots\dots\dots (2)$$

$$\mu_D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i \dots (3), \sigma_D = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (D_i - \mu_D)^2} \dots\dots\dots (4)$$

$$D_i > \mu_D + \sigma_D \dots (5), D_i > \mu_D + 2 * \sigma_D \dots\dots\dots (6)$$

IV. 분석결과

1. PCA 및 LPA분석 결과

153개 직업의 87개 기술과 역량에 대해 주성분 분석을 수행하였다. 주성분의 최적 개수는 누적분산비율을 기준으로 결정할 수 있는데, 누적분산비율이란 각 주성분이 데이터의 전체 분산에서 차지하는 비율을 누적인 값으로 주성분이 데이터를 얼마나 잘 설명하는지 나타낸다. 통상적으로 누적분산비율이 90%를 넘는 지점을 Cut-off의 기준점으로 설정하며, 데이터 대부분의 분산을 설명할 수 있는 최소한의 주성분 개수를 선택한다. 본 연구에서도 이를 참고하여 누적분산비율의 기준점을 90%로 설정하였다. <표 1>을 살펴보면, 주성분 분석을 통해 추출된 주성분의 누적분산비율이 90%를 초과하는 지점은 8개의 주성분이었으며, 이는 전체 데이터의 정보를 효과적으로 설명하는 데 필요한 주성분의 수로 판단할 수 있다.

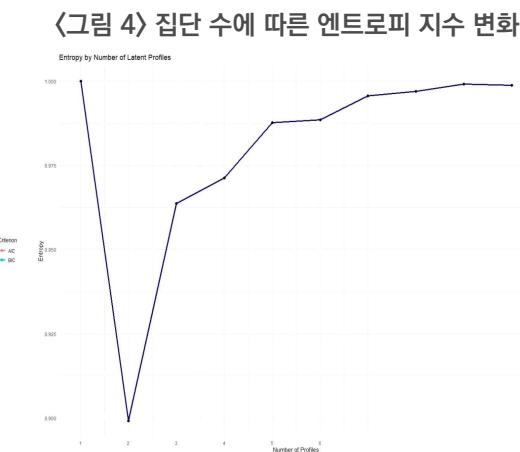
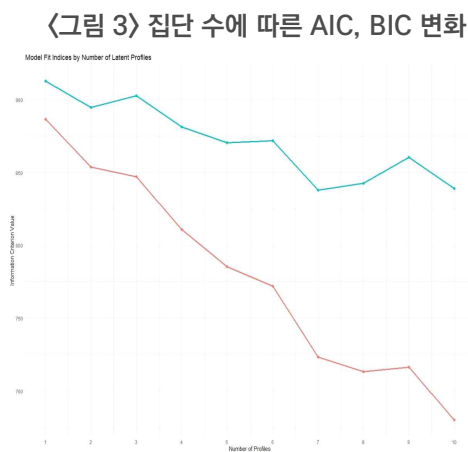
<표 1> 누적분산비율

PCA1	PCA2	PCA3	PCA4	PCA5	PCA6	PCA7	PCA8
0.554	0.742	0.806	0.836	0.858	0.876	0.893	0.905

잠재 프로파일 분석에서는 최적의 집단 수를 결정하기 위해 잠재 집단의 개수를 단계적으로 늘려가며 각 집단을 비교한다. 이 과정에서는 AIC(Akaike, 1987), BIC(Schwarz, 1978), 부트스트랩 우도비 검정(Bootstrap Likelihood Ratio Test; McLachlan, 1987), 엔트로피(Entropy; Ramaswamy et al, 1993)와 같은 적합도 지표를 고려하여 집단의 개수를 선정한다. <표 2>와 <그림 3>을 보면 잠재 집단의 개수를 2개에서 10개로 순차적으로 증가시킨 경우의 적합도 지표 결과이며, AIC와 BIC값이 집단 수가 증가함에 따라 전반적으로 감소하는 경향을 보이고 있다. 또한, BLRT 결과에서도 p값이 0.02 미만으로 유의하게 나타나고 있으며, <표 2>와 <그림 4>를 보면 엔트로피 값도 0.90 이상으로 높게 나타나 집단 간 구분의 명확성과 분류의 정확성을 시사하였다. 한편, 집단 수 결정 시에는 통계적 지표뿐만 아니라 각 집단의 해석 가능성도 함께 고려할 필요가 있다. 이러한 점에서 집단 수가 7개 이상일 경우, 일부 집단에 속하는 사례 수가 1개에 불과한 경우가 발생하여 해석에 어려움이 있었다. 이러한 정성적 판단을 종합적으로 고려한 결과, 최종적으로 집단 수는 6개로 결정하였다.

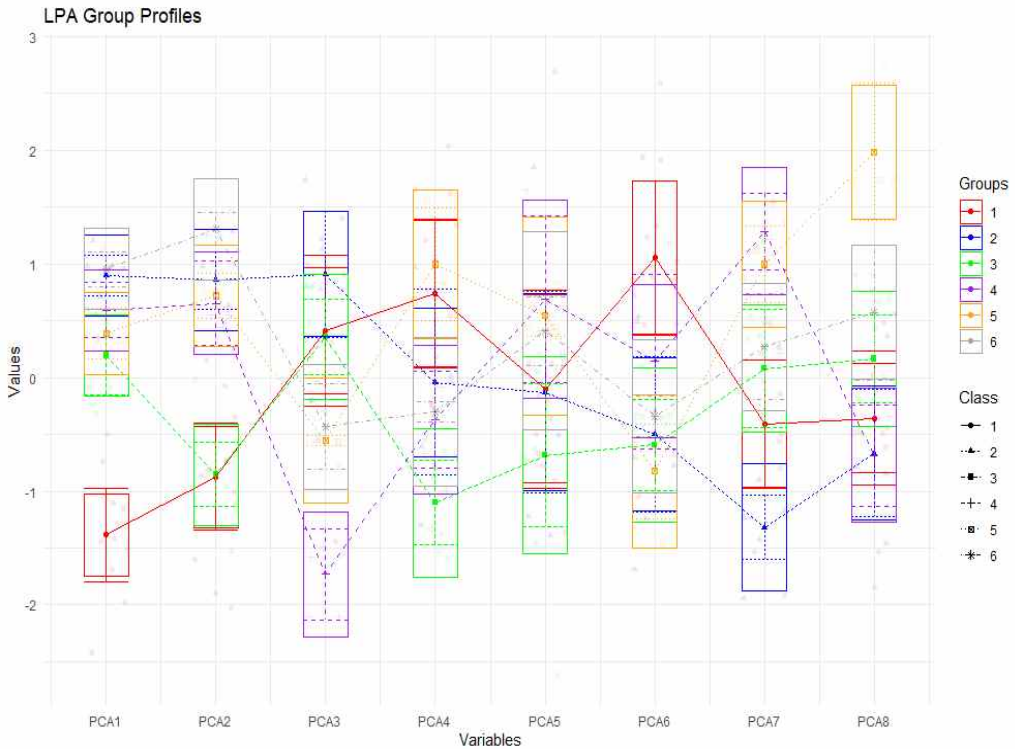
〈표 2〉 잠재 프로파일 집단별 적합도 지수

집단 수 정보지수		집단 2개	집단 3	집단 4	집단 5	집단 6	집단 7	집단 8	집단 9	집단 10
AIC		853.85	847.10	811.04	785.29	772.09	723.36	713.15	716.38	680.09
BIC		894.79	902.77	881.46	870.44	871.99	837.99	842.52	860.48	838.94
BLRT		0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.35	0.21
Entropy		0.90	0.96	0.97	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00
집단 내 객체 수	집단 1	23개	24개	10개	10개	11개	10개	10개	10개	7개
	집단 2	15개	6개	6개	8개	6개	17개	17개	1개	1개
	집단 3		8개	5개	6개	8개	8개	8개	8개	8개
	집단 4			17개	5개	5개	67개	47개	4개	3개
	집단 5				9개	4개	57개	57개	2개	4개
	집단 6					4개	47개	47개	4개	2개
	집단 7						47개	47개	3개	4개
	집단 8							2개	4개	3개
	집단 9								2개	4개
	집단 10									2개



〈그림 5〉는 6개로 구분된 한 잠재 집단별 항목별 산점도 그래프를 보여준다. X축은 8개의 PCA 항목을 나타내며, Y축은 각 항목에 대한 표준화된 PCA 값을 표시하는데, PCA 값이 증가함에 따라 해당 값이 높아진다. 그래프 내의 박스는 각 집단의 표준편차를 나타내고, 박스 내부의 점은 각 집단의 평균을 의미한다. 각 그룹의 직업적 특성과 요구되는 기술 및 역량에 대한 상세한 분석은 다음 장에서 논의하고자 한다.

〈그림 5〉 잠재 프로파일 분석 결과



2. 커리어래더 분석결과

1) 그룹 1: 경영 및 고객 서비스 종사자

그룹 1에 속하는 대체가능성이 높은 직업은 단순 경영·회계 업무 및 고객 지원 서비스와 관련된 직업이며, 〈표 4〉를 통해 확인할 수 있다. 이러한 직업의 특징을 살펴보면, 경영 및 회계 기술과 단순한 OA(사무 자동화) 기술이 요구되며, 소비자를 대상으로 서비스를 제공하는 것에 초점이 맞춰져 있으며, 전문적 기술이나 창의적 응용보다 간단한 업무 처리를 주를 이루고 있다. 예를 들어, 경영, 회계, 경리는 주로 OA나 회계 프로그램을 활용하는데, 최근 인공지능 기술의 발전으로 인해 대체가능성이 높아지는 상황이다. 한편, 매장 판매직, 건물 관리원, 검표원도 무인점포 등 무인화 시스템이 확장되면서, 이에 대한 필요 인력도 감소하는 추세이다. 그 밖에, 인공지능 기술이 소비자 선호도를 분석하여 맞춤형 제품을 추천하거나, 전자상거래가 활성화됨에 따라 방문 판매와 같은 직업에서도 인공지능 기술로 대체되는 경향을 보인다. 예를 들어 인공지능을 활용한 소비자 맞춤형 제품 추천, 아마존 고와 같이 인공지

능 기술을 활용한 무인 매장 등 인공지능 기반 맞춤형 전자상거래가 활성화됨에 따라 방문 판매도 대체되는 경향을 보인다. 최근에는 여행 산업에서도 Chat GPT와 같은 생성형 AI를 활용하여 AI플래너 서비스를 제공하고 있으며, 구글맵에서 AR 가상환경 기능과 라이브 뷰 기능을 도입하여 카메라를 비추면 인기 장소 추천하며 해당 위치까지 가는 길을 증강현실로 안내해 주고 있다. 한편, 그룹 1에 대응하는 대체가능성이 낮은 직업은 주로 전문 기술 및 응용 능력을 요구하거나 단순 판매를 넘어선 고차원적인 고객 서비스를 제공하는 직업으로 구성되어 있다. 통계 관련 사무원의 경우 경영, 회계와 달리 단순 데이터 입력을 넘어 자료 분석 및 해석 같은 역량이 요구되는 직업이다. 또한, 경찰, 소방, 돌봄, 혼례, 장례도 물건을 사고파는 것을 넘어 고객과의 정서적 교류 및 종합적인 서비스를 제공해야 하는 특징을 보여준다. 이 외에도 정보통신, 석유, 화학, 전기 등 다양한 산업 분야에서는 설치, 수리, 조작 등 현장에 인력이 직접적으로 투입되어야 하는 전문적인 직업도 이 그룹에 속해있다.

〈표 4〉 대체가능성이 높은 직업과 낮은 직업(그룹 1)

대체가능성이 높은 직업	대체가능성이 낮은 직업
경영 관련 사무원, 회계 및 경리 사무원 비서 및 사무 보조원, 여행·안내 및 접수 사무원 고객 상담 및 기타 사무원, 여가 서비스 종사자 매장 판매 종사자, 통신 관련 판매직 방문 및 노점 판매 관련직, 건물 관리원 및 검표원 기타 서비스 관련 단순 종사자	통계 관련 사무원, 경찰·소방 및 교도 관련 종사자 돌봄 및 보건 서비스 종사자, 혼례 및 장례 종사자 자동차 정비원, 운송장비 정비원 기계장비 설치 및 정비원, 전기공 정보 통신기기 설치 및 수리원, 방송·통신장비 관련 설치 및 수리원, 채굴 및 토목 관련 기능 종사자 배관공, 석유 및 화학물 가공 장치 조작원 화학·고무 및 플라스틱 제품 생산기 조작원 비금속제품 생산기 조작원, 자동 조립라인 및 산업용로봇 조작원 발전 및 배전장치 조작원, 전기 및 전자설비 조작원 철도 및 전동차 기관사, 상하수도 처리 장치 조작원 하역 및 적재 단순 종사자

참고: 한국표준직업분류(KSCO)의 소분류 사용

〈표 5〉는 그룹 1의 대체가능성이 높은 직업에서 낮은 직업으로의 이·전직 시 요구되는 기술과 역량의 차이를 보여준다.⁴⁾ 〈표 5〉의 항목들을 포함한 부록의 〈그림 6〉에서 주목할 부분은 하단의 막대그래프가 길게 나타난 기술과 역량으로 이는 두 직업 간 격차가 큰 요소들을 의하는데, 다음과 같은 특징을 보인다. 첫째, 시각, 청각, 신체 움직임과 같은 신체적 역량에서 큰 차이가 나타나는 것을 확인할 수 있다. 이는 대체가능성이 높은 직업이 주로 서비스

4) 그룹별 대체가능성이 낮은 직업과 높은 직업 간 기술 및 역량 간 점수 차이의 구체적인 값은 부록 〈표 16〉부터 〈표 21〉에서 확인할 수 있으며, 〈그림 6〉부터 〈그림 11〉에서도 확인할 수 있다.

직으로 구성되는 반면, 대체가능성이 낮은 직업은 기계를 직접 다루는 직업이기 때문에 나타난 결과이다. 둘째, 장비의 선택, 조작, 제어, 수리 등의 기술에서도 차이가 발생한다. 이는 대체가능성이 낮은 직업이 기계의 직접적인 조작, 설치, 수리를 수행하는 특성을 반영한 결과라고 할 수 있다. 결과적으로 첫 번째 그룹은 정형화된 일에 종사하는 인지적 서비스 직업으로부터 덜 정형화된 일에 종사하는 육체노동의 성격이 강한 직업으로의 이동 가능성을 잘 보여준다. 즉, 이는 인지적 서비스직에서 기술 기반 현장직으로의 이동 경로가 하나의 커리어래더로 작동할 수 있음을 의미한다.

〈표 5〉 교육 및 훈련이 필요한 역량 및 기술(그룹 1)

역량	기술
Control Precision(정밀 제어)	Equipment Selection(장비 선택)
Multilimb Coordination(사지 협응력)	Operations Monitoring(작업 모니터링)
Rate Control(속도 조절)	Operation and Control(조작 및 제어)
Reaction Time(반응 속도)	Equipment Maintenance(장비 유지보수)
Wrist-Finger Speed(손가락, 손목 속도)	Troubleshooting(문제 해결)
Speed of Limb Movement(손과 발 운동 속도)	Repairing(수리)
Depth Perception(깊이 감각)	Quality Control Analysis(품질 관리 분석)
Hearing Sensitivity(청각 예민성)	
Sound Localization(소리 위치 파악)	

참고: ONET의 기술(skill)과 역량(ability) 정보 사용

2) 그룹 2: 생산·운송·판매 종사자

〈표 6〉을 통해 그룹 2의 대체가능성 높은 직업들의 특징을 살펴보면, 단순 반복적인 업무와 표준화된 절차에 따라 수행되는 경우가 많다는 점이다. 예를 들어, 축산 및 사육 관련 종사자는 동물 사육, 관리, 사료 급여 등을 수행하며, 판매 관련 단순 종사자는 계산, 고객 응대, 상품 정리 등 정형화된 업무가 주를 이루고 있다. 이러한 패턴화된 작업은 자동화 기술 도입 시 기계나 인공지능으로 대체될 가능성이 크다. 또한, 용접원과 건축 마감 관련 기능 종사자도 로봇과 3D 프린팅 기술발전으로 점차 자동화가 진행되고 있다. 반면, 이에 매칭된 대체가능성이 낮은 직업을 살펴보면, 다루는 기계의 복잡성이 상대적으로 높아 단순한 조작이 아닌 원리 이해와 문제해결 능력이 필수적이다. 예를 들어, 자동차 정비원⁵⁾과 기계장

5) 자동차 정비원과 배관공이 대체가능성이 낮은 직업으로 공통적으로 나타난 것은, 이들 직업이 6개 그룹의 직업들과 유사한 수준의 기술 및 역량을 공유하고 있기 때문으로 해석할 수 있다. 실제로, 체력, 민첩성, 근력, 협응력, 지각 속도 등 신체적 및 인지적 능력에서 대체가능성이 높은 직업과 유사한 수준을 보이는 것으로 나타났다. 그러나 동일한 역량을 보유하고 있더라도, 해당 역량이 직무 수행에서 요구되는 수준에 따라 대체가능성의 평가는 달라질 수 있다. 즉, 그룹 내 대체가능성이 높은 직업에서는 인공지능에

비 설치 및 정비원은 해당 기계의 원리를 정확히 이해해야만 고장의 원인을 진단하고 적절한 수리 과정을 수행할 수 있다. 이와 같은 직업은 문제진단 및 판단이 요구되기 때문에 완전한 자동화가 어렵다. 또한, 화학·고무 및 플라스틱 제품 생산기 조작원, 비금속제품 생산기 조작원, 상하수도 처리 장치 조작원도 복잡한 생산 공정과 특수 장비를 다루는 업무로써 작업 중 온도, 화학 반응, 재료 특성 등의 변수들을 고려해야 한다. 이러한 직업은 단순한 기계 조작과 달리 높은 기술적 숙련도가 있어야 한다는 점에서 대체 가능성이 낮은 직업으로 분류될 수 있다. 더불어, 하역 및 적재 단순 종사자도 물건을 옮기는 노동력만을 요구하는 직업처럼 보일 수 있으나, 실제로 물류 흐름을 조정하고 예기치 않은 문제에 즉각적으로 대응해야 하는 업무가 포함된다.

〈표 6〉 대체가능성이 높은 직업과 낮은 직업(그룹 2)

대체가능성이 높은 직업	대체가능성이 낮은 직업
축산 및 사육 관련 종사자, 용접원 건축 마감 관련 기능 종사자 물품 이동 장비 조작원, 배달원 판매 관련 단순 종사자	자동차 정비원, 기계장비 설치 및 정비원 채굴 및 토목 관련 기능 종사자, 배관공 화학·고무 및 플라스틱 제품 생산기 조작원 비금속제품 생산기 조작원, 상하수도 처리 장치 조작원 하역 및 적재 단순 종사자

참고: 한국표준직업분류(KSCO)의 소분류 사용

〈표 7〉의 항목들을 포함한 부록의 〈그림 7〉에서 주목할 부분은 하단의 막대그래프에서 길게 나타난 역량과 기술이며, 이는 다음과 같은 특징을 갖는다. 첫째, 청각 등의 신체적 역량에서 차이가 나타났다. 이는 해당 직업들이 외부 환경에서 수행되며, 기계를 다루는 과정에서 신체적 역량 중 특히 청각이 중요한 역할을 한다는 점을 시사한다. 소음이 큰 작업장에서 기계의 작동 상태를 파악하거나 이상 신호를 감지하는 능력이 요구되기 때문이다. 둘째, 정보처리 및 기계 조작 관련 기술에서도 차이가 나타났다. 앞의 그룹과 마찬가지로 기계를 다루는 비중이 높아, 장비 선택, 제어, 조작, 유지보수 등의 기술이 필수적으로 요구되며, 이와 함께, 단순한 기계 조작을 넘어 상황에 맞는 정보처리 및 품질 관리 능력도 중요한 요소로 나타났다. 그룹 1과 마찬가지로 그룹 2의 커리어래더에서도 육체적 능력의 중요성이 상당히 강조되고 있다. 다만, 그룹 2의 커리어래더에서 나타난 특징은 반복적 육체노동이 문제 해결을 중시하는 좀 더 복합적인 기술숙련직으로 연결된다는 점을 들 수 있다.

의해 대체불가능한 기술이나 역량이 기초 수준에서 요구되는 반면, 자동차 정비원과 배관공은 해당 역량이 고도의 숙련을 필요로 하는 핵심 기술이나 역량으로 작용하고 있다.

〈표 7〉 교육 및 훈련이 필요한 역량 및 기술(그룹 2)

역량	기술
Flexibility of Closure(정보처리 유연성) Perceptual Speed(지각 속도) Hearing Sensitivity(청각 예민성) Auditory Attention(청각 집중력)	Equipment Selection(장비 선택) Installation(설치) Operations Monitoring(작업 모니터링) Operation and Control(조작 및 제어) Equipment Maintenance(장비 유지보수) Troubleshooting(문제해결), Repairing(수리) Quality Control Analysis(품질 관리 분석)

참고: ONET의 기술(skill)과 역량(ability) 정보 사용

3) 그룹 3: 생활 서비스 지원 종사자

그룹 3의 대체가능성이 높은 직업에는 식품, 미용, 가사와 관련된 직업들을 포함하며, 〈표 8〉에서 확인할 수 있다. 식음료 서비스 종사자의 경우 전문직뿐만 아니라 단순 자영업자까지 포함하는데, 최근 일반 음식점에서는 인건비 절감을 위해 자동화 기기를 활용하는 사례가 증가하는 상황이다. 한편, 미용 관련 직업의 경우 일부 전문직(예: 숙련된 미용사)에서 대체가능성이 낮을 수 있지만, 인공지능 기반의 헤어스타일 추천 시스템, 피부 분석 및 관리 로봇 등의 기술이 발전하면서 사람이 직접 수행하였던 노동을 점진적으로 대체할 것으로 예상할 수 있다. 마지막으로, 가사 및 육아 도우미의 경우, 육아 서비스는 감정 교류와 맞춤형 돌봄이 요구되므로 대체되는 데 다소 시간이 걸릴 수는 있지만, 가사 노동은 로봇청소기, 식기 세척기 등 IoT 및 인공지능 기반 전자기기의 발전을 통해 상당 부분 대체될 가능성이 높다. 반면, 이에 매칭된 대체가능성이 낮은 직업은 앞의 그룹처럼 복합적인 기술적 숙련도가 요구되는 직업이며, 마찬가지로 기계 조작과 특정 재료의 특성을 고려한 공정 조정 능력이 필요하다. 예를 들어, 자동차 정비원은 다양한 차량 모델의 부품과 엔진 시스템을 이해하고, 기계적 고장과 전자적 오류를 진단하고 해결해야 하며, 특히 전기차와 자율주행차 같은 첨단 기술의 도입으로 정비업무에는 기계적 수리 외에도 소프트웨어와 전자 시스템에 대한 전문성이 더욱 중요해지는 상황이다. 화학·고무 및 플라스틱 제품 생산기 조직원도 단순 기계 조작을 넘어서, 온도, 압력, 화학 반응 속도를 조정하며 품질과 안전성을 관리하고, 생산 공정의 예기치 않은 변수에 실시간으로 대응해야 한다.

〈표 8〉 대체가능성이 높은 직업과 낮은 직업(그룹 3)

대체가능성이 높은 직업	대체가능성이 낮은 직업
미용 관련 서비스 종사자, 조리사 식음료 서비스 종사자, 식품가공 관련 기능 종사자 세탁 관련 기계 조작원, 가사 및 육아 도우미 음식 관련 단순 종사자	자동차 정비원, 배관공 화학·고무 및 플라스틱 제품 생산기 조작원 비금속제품 생산기 조작원

참고: 한국표준직업분류(KSCO)의 소분류 사용

그룹 3에 매칭된 두 직업의 특징은 다른 그룹에 비해 이질성이 크다는 점이다. 대체가능성이 높은 직업은 대체로 대인 서비스직에 해당하고 이에 매칭된 대체가능성이 상대적으로 낮은 직업은 기계나 시스템을 다루는 기술직이기 때문이다. 직무 환경이나, 사용 장비, 교육 배경 등이 서로 상당히 다를 수 있다. 하지만 기초 역량 요소들을 해체해서 보면 이 둘은 몇 가지 공통 요소를 공유하고 있고, 이를 통해 연결이 가능하다. 예를 들어 미용사, 요리사는 손기술이 핵심이며, 이는 기계 정비, 조작원의 정밀작업에도 필수적인 요소이다. 또한 미용과 음식 관련 서비스직에서 요구되는 시청각 민감성과 빠른 상황 대응 능력 역시 복잡한 기계 조작에 요구되는 역량이다.

〈표 9〉의 항목들을 포함한 부록의 〈그림 8〉에서 주목할 부분은 하단의 막대그래프에서 길게 나타난 역량과 기술이며, 다음과 같은 특징을 보인다. 첫째, 다른 그룹과 마찬가지로 청각과 시각 등 신체적 역량에서 두드러진 차이가 나타났다. 이는 생활 서비스와 달리 중장비를 다루기 때문에 나타난 결과로 해석할 수 있다. 둘째, 반응 속도, 지각 속도, 정보처리의 유연성 등 문제해결을 위한 인지적 역량에서도 높은 차이를 보였다. 이는 예기치 않은 상황에 빠르게 대응하고, 복잡한 정보를 효율적으로 처리해야 하는 작업 특성과 관련이 있다. 셋째, 해당 직업들이 기계와 관련된 작업을 포함하고 있어, 장비 선택, 설치, 제어, 유지보수 등의 기술에서도 차이가 나타났다.

〈표 9〉 교육 및 훈련이 필요한 역량 및 기술(그룹 3)

역량	기술
Flexibility of Closure(정보처리유연성)	Equipment Selection(장비 선택)
Perceptual Speed(지각 속도)	Installation(설치)
Visualization(시각화 능력)	Operations Monitoring(작업 모니터링)
Reaction Time(반응 속도)	Operation and Control(조작 및 제어)
Wrist-Finger Speed(손가락, 손목 속도)	Equipment Maintenance(장비 유지보수)
Night Vision(야간 시력)	Troubleshooting(문제해결)
Glare Sensitivity(눈부심 민감도)	Repairing(수리)
Sound Localization(소리 위치 파악)	Quality Control Analysis(품질 관리 분석)

참고: ONET의 기술(skill)과 역량(ability) 정보 사용

4) 그룹 4: 제조 및 조립 기능 종사자

〈표 10〉과 같이 그룹 4의 대체가능성이 높은 직업은 의복, 전기, 운송 업종의 제조와 조립으로 구성되어 있으며, 제품을 조립하는 작업과 같이 상대적으로 단순하고 반복적인 작업 과정이 중심을 이룬다는 특징을 보인다. 이러한 직업은 제품조립 방식과 같은 매뉴얼만 학습하면 표준화된 공정을 비교적 쉽게 수행할 수 있다. 예를 들어, 섬유 및 가죽 산업에서는 동일한 원단을 일정한 규격에 맞춰 재단하거나 봉제하는 업무가 주를 이루고 있으며, 직물·신발 관련 기계 조작원도 필요 부품을 일정 규격에 맞춰 조립·결합하는 방식으로 업무가 진행된다. 이러한 직무는 알고리즘에 따라 반복 동작을 수행하는 자동화 라인이 도입될 경우, 상당 부분 대체될 가능성이 크다. 특히, 최근 기업들은 초기 설비 투자를 통해 생산 공정을 자동화함으로써 인건비 절감과 효율성 향상을 동시에 도모하는 경향이 강해지고 있다. 반대로 그룹 4의 대체가능성이 높은 직업의 이·전직이 가능한 대체가능성이 낮은 직업은 유지보수·설치·조작과 관련이 있다. 이러한 직업은 정해진 절차를 반복 수행하는 것이 아니라, 장비의 원리를 이해하고 문제를 해결하는 능력이 요구된다는 점에서 차별성을 가진다. 예를 들어, 채굴·토목 종사자 및 상하수도 처리 장치 조작원의 경우, 단순히 매뉴얼에 따라 규격화된 업무를 수행하는 것이 아니라, 작업 환경 조건과 지반·수질 상태 등을 고려하여 적절한 작업 방식을 결정해야 할 필요가 있다. 즉, 숙련된 인적자원이 보유한 경험적 노하우와 즉각적인 상황 판단 능력을 인공지능과 로봇이 완전히 대체하기는 어렵다는 점이 대체가능성이 낮은 직업의 공통된 특징이라 할 수 있다. 이러한 점은 현장 기반 문제 대응 역량을 기반으로 단순 제조직이 좀 더 복잡한 현장 기반 복합기술직으로 전환하는 것이 가능함을 의미한다.

〈표 10〉 대체가능성이 높은 직업과 낮은 직업(그룹 4)

대체가능성 높은 직업	대체가능성 낮은 직업
섬유 및 가죽 관련 기능 종사자 직물·신발 관련 기계 조작원 및 조립원 운송차량 및 기계 관련 조립원, 전기·전자 부품 및 제품 조립원 전기·전자 부품 및 제품 제조 장치 조작원	자동차 정비원, 방송·통신장비 관련 설치 및 수리원 채굴 및 토목 관련 기능 종사자, 배관공 화학·고무 및 플라스틱 제품 생산기 조작원 비금속제품 생산기 조작원, 상하수도 처리 장치 조작원

참고: 한국표준직업분류(KSCO)의 소분류 사용

〈표 11〉의 항목들을 포함한 부록의 〈그림 9〉에서 차이가 크게 나타나는 역량과 기술은 크게 두 가지 특징을 보인다. 첫째, 신체적 역량에서 차이가 나타났으며, 시각, 청각, 신체적 조작 능력을 포함한다. 대체가능성이 낮은 직업은 실외 작업이 많고, 제한된 시야와 환경에서 장비를 조작하고 유지보수하는 업무가 빈번하므로 신속한 대응 능력이 필수이다. 둘째, 기

술 장비 관리 기술에서도 차이가 확인된다. 장비의 선택, 설치, 유지보수, 문제해결, 수리의 기술이 포함되며, 이는 복잡한 장비를 다루는 과정에서 정확한 문제진단과 적절한 장비 선택이 필요함을 의미한다.

〈표 11〉 교육 및 훈련이 필요한 역량 및 기술(그룹 4)

역량	기술
Spatial Orientation(공간 지각)	
Time Sharing(동시 작업 능력)	
Speed of Limb Movement(사진 운동 속도)	Equipment Selection(장비 선택)
Gross Body Coordination(대근육 협응력)	Installation(설치)
Night Vision(야간 시력)	Equipment Maintenance(장비 유지보수)
Peripheral Vision(주변 시야)	Troubleshooting(문제 해결)
Glare Sensitivity(눈부심 민감도)	Repairing(수리)
Auditory Attention(청각 집중력)	
Sound Localization(소리 위치 파악)	

참고: ONET의 기술(skill)과 역량(ability) 정보 사용

5) 그룹 5: 식품 및 환경 설비 조작용

〈표 12〉를 보면, 그룹 5의 대체가능성이 높은 직업은 식품 및 음료 산업에서 표준화된 생산 공정과 반복적인 기계 조작을 요구하는 직업이다. 식품가공 기계 조작용원은 특정 원료를 정해진 순서에 따라 가공·혼합·포장하는 업무를 수행하며, 음료 제조 기계 조작용원 또한 일정한 비율로 재료를 배합하고 적절한 가공 환경을 설정하여 제품을 대량 생산하는 역할을 담당한다. 그러나 최근 스마트 팩토리 기술발전과 함께 센서 및 로봇을 활용한 자동화 생산 라인이 도입되어 기계를 활용한 제품 생산이 확대되고 있다. 반면, 대체가능성이 낮은 직업은 다른 그룹과 마찬가지로 일의 성격이 정형화되기 어려운 현장 작업과 복잡한 시스템 관련 직업으로 구성되어 있어, 기계 장치 및 시스템 작동 원리의 정확한 이해뿐 아니라 다양한 상황에서 현장 대응 능력이 필요하다. 예를 들어, 상하수도 처리 장치 조작용원 또한 수질 변화, 배관 누수, 압력 편차 등 다양한 시스템 변수를 지속적으로 모니터링하며 현장 상황에 맞게 적절한 조치를 취해야 할 필요가 있다. 물론, 자동화 시스템이 이러한 업무를 일부 대체할 가능성은 존재하지만, 복잡한 상황 인식과 불규칙한 변수에 즉각 대응하는 것은 상대적으로 어려운 점이 있다. 이러한 점은 그룹 5의 반복적 표준 공정 기반 직업들이 복잡한 현장 및 시스템 기반 통합 운영직으로 전환될 수 있음을 시사한다.

〈표 12〉 대체가능성이 높은 직업과 낮은 직업(그룹 5)

대체가능성 높은 직업	대체가능성 낮은 직업
식품가공 관련 기계 조작원, 음료 제조 관련 기계 조작원 기타 식품가공 관련 기계 조작원, 재활용 처리 및 소각로 조작원	자동차 정비원, 채굴 및 토목 관련 기능 종사자, 배관공, 석유 및 화학물 가공 장치 조작원 화학·고무 및 플라스틱 제품 생산기 조작원 비금속제품 생산기 조작원, 발전 및 배전장치 조작원 상하수도 처리 장치 조작원

참고: 한국표준직업분류(KSCO)의 소분류 사용

〈표 13〉의 항목들을 포함한 부록의 〈그림 10〉에서 차이가 크게 나타나는 역량과 기술은 크게 세 가지 특징을 보인다. 첫째, 시각 역량에서 유의미한 차이가 나타났다. 시각화 능력, 원거리 시력, 깊이 감각, 눈부심 민감도 등에서 차이가 확인되었는데, 이는 대체가능성이 낮은 직업에서 다루는 기계들의 특성과 관련이 있다. 즉, 복잡한 공정과 정밀한 부품을 다루는 경우가 많아 세밀한 관찰과 정확한 판단이 필수이며, 높은 수준의 시각적 역량이 요구된다. 둘째, 인지 및 정보처리 역량에서도 차이가 확인되었다. 문제 해결 속도, 정보처리유연성, 동시 작업 능력 등이 이에 해당한다. 단순한 기계 조작을 넘어 화학물질, 발전, 배전 등 복잡한 장치와 시스템을 다루는 직업의 경우 다양한 변수와 복잡한 상황에서 신속하고 유연한 문제 해결 능력이 필요하다. 셋째, 다른 그룹과 마찬가지로 기술적 분야에서 상당한 차이가 나타났다.

〈표 13〉 교육 및 훈련이 필요한 역량 및 기술(그룹 5)

역량	기술
Speed of Closure(문제 해결 속도) Flexibility of Closure(정보처리유연성) Visualization(시각화 능력) Time Sharing(동시 작업 능력) Far Vision(원거리 시력) Depth Perception(깊이 감각) Glare Sensitivity(눈부심 민감도)	Equipment Selection(장비 선택) Installation(설치) Equipment Maintenance(장비 유지보수) Troubleshooting(문제 해결) Repairing(수리)

참고: ONET의 기술(skill)과 역량(ability) 정보 사용

6) 그룹 6: 기계·설비 조작 종사자

그룹 6에 포함된 대체가능성이 높은 직업은 제조 및 설비 기계 조작에 종사하는 3개 직업으로 구성되어 있다. 한편 활용하는 역량과 기술이 유사하여 교육을 통한 전환이 상대적으로 수월할 것으로 예상되는 대체가능성이 낮은 직업은 8개가 매칭되었다. 이들의 구체적인

내용은 <표 14>에서 확인할 수 있다. 그룹 6에서 대체가능성이 높은 직업은 그룹 5와 유사한 생산 및 제조 과정에 필요한 기계 및 설비 조작 관련 일자리이다. 특히 그룹 6에서 언급된 도장, 냉난방, 목재 및 종이 관련 기계 및 설비의 공통적인 특징은 대상이 되는 작업이나 기계 및 설비에 대한 구체적이고 상세한 이해가 없어도 간단한 조작만으로 큰 어려움 없이 업무가 가능하다는 점이다. 이처럼 단순한 기계 및 설비 조작은 상대적으로 수월하게 인공지능으로 대체 가능할 것으로 쉽게 예상할 수 있다. 이에 반해 <표 14>의 대체가능성이 높은 직업에 대응하는 대체가능성이 낮은 직업은 상이한 특성을 갖는다. 예를 들어 자동차나 기계장비 정비를 위해서는 그 대상이 되는 자동차와 기계장비에 대한 이해가 선행되어야 한다. 또한, 기계 및 장치 조작원이라도 석유화학이나 플라스틱 관련 분야의 기계 및 장치는 냉난방이나 목재 관련 기계 및 장치에 비해 상대적으로 복잡하고 난이도가 높은 작업을 요한다. 즉, 이는 단순 기계조작직으로부터 고도의 기술과 정보처리가 결합된 복합 장비 기계 전문직으로의 커리어래더 연결 가능성을 의미한다.

〈표 14〉 대체가능성이 높은 직업과 낮은 직업(그룹 6)

대체가능성 높은 직업	대체가능성 낮은 직업
도장 및 도금기 조작원, 냉난방 관련 설비 조작원 목재 및 종이 관련 기계 조작원	자동차 정비원, 기계장비 설치 및 정비원 채굴 및 토목 관련 기능 종사자, 배관공 석유 및 화학물 가공 장치 조작원 화학·고무 및 플라스틱 제품 생산기 조작원 비금속제품 생산기 조작원, 하역 및 적재 단순 종사자

참고: 한국표준직업분류(KSCO)의 소분류 사용

한편 그룹 6의 대체가능성이 높은 직업과 매칭된 대체가능성이 낮은 직업의 역량과 기술 요구 수준을 비교하면 부록의 <그림 11>과 같다. 업무의 성격상 대체가능성이 높은 그룹과 낮은 그룹 간 차이는 존재하지만 대체로 인지적인 역량과 관련된 항목은 요구 수준이 낮고 신체적인 능력과 관련된 항목은 요구 수준이 높다. <그림 11>에서 특히 주목해야 할 부분은 하단의 막대그래프가 길게 나타난 항목들이다. 이들은 대체가능성이 높은 직업과 낮은 직업 간의 역량과 기술 요구량 차이가 현저하여 재교육 프로그램 등을 통한 리틀링이 필요하다는 의미이다. 격차가 큰 상위 20개 역량과 기술을 살펴보면 다음과 같은 두 가지 특징을 가진다. 첫째, 설치관련기술이나 수리능력, 청각민감도와 같이 기술적, 감각적 전문성과 관련된 역량과 기술이 집중적으로 분포되어 있다. 이들 분야는 기계나 장비와 관련된 숙련된 기술이나 정교한 기술적 장비와의 협업과 밀접하게 연관되어 있다. 둘째, 정보처리 유연성이나 동시작업 능력처럼 정보처리 및 인지 분야의 역량과 기술도 다수 상위에 분포되어 있

다. 기술적, 감각적 전문성이나 정보처리 및 인지 능력은 모두 현장 작업과 밀접하게 연관된 특성으로, 세부 직업에 따라 조정은 필요하겠으나 일반적으로 모의 환경에서 작업을 수행하거나 실제 장비를 활용한 워크샵 등을 통한 실습 중심의 현장 기반 학습이 대체가능성이 높은 직업과 낮은 직업 간의 역량 및 기술 격차를 메워주는 중요한 수단이 될 수 있을 것으로 기대된다.

〈표 15〉 교육 및 훈련이 필요한 역량 및 기술(그룹 6)

역량	기술
Speed of Closure(문제 해결 속도) Flexibility of Closure(정보처리 유연성) Spatial Orientation(공간 지각) Time Sharing(동시작업 능력) Night Vision(야간 시력) Peripheral Vision(주변 시야) Glare Sensitivity(눈부심 민감도) Hearing Sensitivity(청각 예민성) Sound Localization(소리 위치 파악)	Installation(설치) Repairing(수리)

참고: ONET의 기술(skill)과 역량(ability) 정보 사용

V. 결론 및 정책적 시사점

인공지능 및 인공지능과 결합한 로봇기술의 급속한 확산은 많은 노동자들이 일자리를 잃거나 새로운 변화의 압력에 직면하게 만들었다. 혹자들은 신기술이 사라지는 일자리 이상의 새로운 일자리를 만들 것이라고 주장하지만, 신기술의 대체일자리가 생기기까지 상당한 시간이 소요된다는 것이 기존 연구들의 일관된 주장이다(Brynjolfsson & McAfee, 2014). 변화된 기술이 경제 현장에서 생산성 향상과 새로운 일자리 변화로 이어지는 것은 구조변화를 동반하는 매우 긴 호흡이 요구되는 현상이다. 따라서 거시적으로 보면 기술혁신이 일자리를 없애기도 하지만 새로운 일자리를 만들고 결과적으로 노동시장 전체에 큰 영향을 주지 않을 수도 있지만, 기술혁신에 의해 당장 영향을 받는 사람들의 시각에서 미시적으로 보면 애기가 달라질 수 있다. 새로운 일자리는 일자리를 잃은 사람에게 돌아가지 않을 가능성이 크기 때문이다(Acemoglu & Restrepo, 2018).

본 연구는 신기술로 인한 노동시장의 일자리 구조조정 과정에서 성공적인 직업 전환과 경력재설계를 위한 커리어래더 어프로치의 적용가능성을 탐색하였다. 이를 위하여 직업 연

구에 폭넓게 활용되고 있는 미국의 ONET 데이터와 구교준 외(2024)의 직업별 대체가능성 지수를 활용하여 전체 153개 직업 중 대체가능성이 가장 높은 38개 직업을 6개 그룹으로 나누고, 해당 직업과 유사한 기술과 역량을 요구하는 대체가능성이 상대적으로 낮은 직업을 그룹별로 소개하였다. 커리어래더 분석의 내용과 함의를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 대체가능성이 낮은 직업일수록 직무의 복잡성과 전문성이 높다. 인공지능의 역할을 한마디로 요약하면 숨겨진 패턴을 찾아내서 기계가 대신할 수 있도록 해준다는 점이다. 복잡성과 전문성이 낮은 직업일수록 패턴화가 쉽고, 따라서 대체가능성이 높다. 위에서 제시된 여섯 개 그룹의 대체가능성이 높은 직업들의 직무는 공통적으로 복잡성과 전문성이 상대적으로 낮은 편이다. 또한, 비슷한 유형의 기술과 역량이 요구되고 있음에도 상대적으로 대체가능성이 낮은 직업들의 직무는 복잡성과 전문성으로 인해 덜 정형화된 특성을 지니고 있으며, 그 결과 인간 개입의 필요성이 증가하여 인공지능과 자동화 기술이 완전히 대체하기 어렵다고 할 수 있다.

둘째, 대체가능성이 낮은 직업일수록 기술적 숙련도 뿐만 아니라 상황적응 능력의 중요성도 높아지고 있다. 인공지능에 의해 대체가능성이 상대적으로 낮은 직업에서 공통적으로 관찰되는 특징은 장비선택, 설치, 유지보수, 수리와 같은 부분에서 높은 수준의 기술적 숙련도가 요구되는 것인데, 이는 앞서 언급한 직무 복잡성 연결되며, 예측하지 못한 문제 상황이나 돌발변수에 대응하는 능력이 중요하게 요구된다. 즉, 대체가능성이 낮은 직업에서는 현장에서의 즉각적 판단과 창의적 대응이 필수적이며, 이는 인공지능을 통한 일자리 대체 위협을 현저히 낮추는 데 영향을 미친다.

셋째, 대체가능성이 낮은 매칭 직업일수록 인지적 역량과 신체적 숙련의 균형이 요구된다. 유사한 기술과 역량이 요구하고 있음에도 대체가능성이 상대적으로 낮은 직업의 경우에는 작업이 단순한 육체적 움직임의 반복에 그치지 않고 복잡한 인지적 처리와 결합되어 수행되는 특징을 보인다. 인지활동과 신체활동의 결합으로 직무 성격이 비정형화되고 복잡해지면서 일자리 대체 위협을 낮추는 요인이 된다.

넷째, 위에서 나타난 대체가능성이 높은 직업과 이와 비슷한 기술과 역량이 요구되지만 상대적으로 대체가능성이 낮은 매칭 직업의 특성은 현장 실습 중심의 재교육이 커리어래더 접근을 위한 중요한 정책대안이 될 것임을 시사한다. 모든 그룹에서 대체가능성이 높은 직업에서 낮은 직업으로의 성공적 전환을 위해선 단순 이론 교육이 아닌 실제 장비활용, 모의 상황 실습을 통해 기술과 역량 격차를 메우는 현장형, 실습형 교육이 필수적이다.

다섯째, 대체가능성이 높은 직업에서 낮은 직업으로의 전환은 산업 내 수직적 이동이 아니라, 산업 간 혹은 직업 간 수평적 이동과 경력의 다변화를 요구한다. 이는 기존의 커리어

패스가 동일 분야 내 승진을 전제했던 것과 달리, 인공지능 시대의 커리어 전환은 이질적인 업무 특성과 기술구조를 넘나드는 다차원적 경력 이동을 필요로 함을 의미한다. 그리고 이를 위해선 단순한 커리어 이동 경로의 제시를 넘어선 전환을 위한 맞춤형 직업훈련 모듈 개발이 병행되어야 함을 시사한다.

마지막으로 대체가능성이 상대적으로 낮은 직업의 경우 인공지능 기술의 고도화 과정에서 마찬가지로 일자리대체 위협에 놓이게 될 것이라고 예상된다. 이들 직업은 조금 덜 정형화되고 복잡한 작업을 요구하기 때문에 상대적으로 대체가능성이 낮은 것이지 인공지능의 일자리 위협으로부터 자유로운 것은 아니기 때문이다. 따라서 커리어래더 접근도 어디까지나 거의 정해진 미래 위협에 대한 단기적 대응으로 이해할 필요가 있다. 따라서 현재 대체가능성이 낮은 직업에 대한 인공지능의 일자리 대체 위협이 증가하면, 다음 단계의 새로운 직업을 찾아 요구되는 기술과 역량의 갭을 분석하고 그것에 맞게 교육 프로그램을 새롭게 재디자인하는 과정이 필요하다. 인공지능의 파도를 넘기 위해선 한계 직업의 기술과 역량을 리틀링하기 위해 재교육 프로그램의 끊임없는 업그레이드가 요구되는 것이다.

본 연구는 인공지능으로 인한 노동시장의 구조적 변화에 대응하기 위한 정책적 기초자료를 제공하며, 특히 취약 직업에 대한 선제적 재교육 체계와 이·전직 지원 전략 수립의 과학적 토대를 마련하였다는 데 의의가 있다. 향후 정책 설계에서는 기술 격차를 메우는 현장 기반 실습 중심의 교육 모델 구축과 산업 현장의 수요를 반영한 직무 전환 인센티브 체계 설계가 병행되어야 할 것이다. 나아가, 본 연구에서 제시한 대체가능성이 낮은 직업과 높은 직업 간의 관계를 기반으로, 실제 노동시장 내 이·전직 경향과 흐름을 추가적으로 분석하는 후속 연구가 필요하다. 또한, 본 연구는 기존 연구와 달리 로봇과 인공지능을 모두 고려하여, 대체가능성이 낮은 직업과 높은 직업 간의 이·전직을 위해 요구되는 주요 기술 및 역량을 제시했다는 점에서 차별성이 있음에도 불구하고, 특정 산업이나 직무 분야에서는 좀 더 정교한 역량과 기술 목록이 요구되는데, 본 연구에서는 이와 같은 세부적인 요소들까지 충분히 포괄하지 못했다는 한계가 존재한다. 향후 연구에서는 이러한 분야별 특성을 반영하여 커리어래더의 구체성을 높이고, 실제 정책 설계나 직업훈련 과정에 실질적으로 활용할 수 있는 방안을 모색할 필요가 있다.

참고문헌

구교준·김지원·최영빈·김규환·홍지은. (2024). 인공지능과 로봇기술의 노동시장 파급효과 분석을

- 위한 일자리 대체가능성 지수의 개발. 「행정논총」, 62(3): 37-74.
- 김건우. (2018). 인공지능에 의한 일자리 위험 진단. 서울: LG경제연구원.
- 김동규·양인준·박세정·조아름·최기성. (2024). 인공지능에 의한 화이트칼라의 직무 대체 및 변화. 서울: 연구사업보고서.
- 김세움·고선·조영준. (2014). 기술진보의 노동시장에 대한 동태적 영향. 서울: 한국노동연구원.
- 김정훈·김을식·이다겸. (2015). 경기도 비경제활동인구의 노동시장 유인 정책방안. 서울: 정책연구.
- 박광옥·박성희·김연희·최정희. (2014). 임상간호사 경력개발 프로그램 평가. 「간호학의 지평」, 11(2): 123-131.
- 박성희·박광옥·박성애. (2006). 간호사 임상 경력 관리 프로그램 개발. 「간호행정학회지」, 12(4): 624-632.
- 방준식. (2023). 인공지능(AI)과 일자리: 직업능력개발을 중심으로. 「노동법포럼」, (39): 313-337.
- 송성수. (2022). 인공지능은 인간의 일자리를 얼마나 대체할 것인가: 인공지능 시대의 기술과 노동에 관한 시론. 「코기토」, (96): 7-37.
- 엄효진·이명진. (2020). 인공지능(AI) 기반 지능정보사회 시대의 노동시장 변화: 경제사회학적 접근을 중심으로. 「정보사회와 미디어」, 21(2): 1-20.
- 이대창. (2021). 한국의 경기변동과 일자리 상하이동. 「Korean Journal of Labor Economics」, 44(4).
- 한요셉. (2023). 인공지능으로 인한 노동시장의 변화와 정책방향. 서울: KDI 연구보고서.
- 한지우·오삼일. (2023). AI와 노동시장 변화. 서울: BOK 이슈노트, 30.
- Akaike, H. (1987). Factor analysis and AIC. *Psychometrika*, 52: 317-332.
- Autor, D., Chin, C., Salomons, A., & Seegmiller, B. (2024). New frontiers: The origins and content of new work, 1940-2018. *The Quarterly Journal of Economics*, 139(3): 1399-1465.
- Autor, D. H., & Dorn, D. (2013). The growth of low-skill service jobs and the polarization of the US labor market. *American Economic Review*, 103(5): 1553-1597.
- Autor, D. H., Levy, F., & Murnane, R. J. (2003). The skill content of recent technological change: An empirical exploration. *The Quarterly Journal of Economics*, 118(4): 1279-1333.
- Burrus, J., Jackson, T., Xi, N., & Steinberg, J. (2013). Identifying the most important 21st century workforce competencies: An analysis of the Occupational Information Network (ONET). *ETS Research Report Series*, 2013(2): i-55.
- Chen, N., Li, Z., & Tang, B. (2022). Can digital skill protect against job displacement risk caused by artificial intelligence? Empirical evidence from 701 detailed occupations. *PLOS ONE*, 17(11): e0277280.
- Del Rio-Chanona, R. M., Mealy, P., Beguerisse-Díaz, M., Lafond, F., & Farmer, J. D. (2021).

- Occupational mobility and automation: A data-driven network model. *Journal of the Royal Society Interface*, 18(174): 20200898.
- Felten, E. W., Raj, M., & Seamans, R. (2021). Occupational, industry, and geographic exposure to artificial intelligence: A novel dataset and its potential uses. *Strategic Management Journal*, 42(12): 2195–2217.
- Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2013). The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? University of Oxford Working Paper.
- Goldman Sachs. (2023). The potentially large effects of artificial intelligence on economic growth. Goldman Sachs.
- Gruetzemacher, R., Paradice, D., & Lee, K. B. (2020). Forecasting extreme labor displacement: A survey of AI practitioners. *Technological Forecasting and Social Change*, 161: 120323.
- Huang, M. H., & Rust, R. T. (2018). Artificial intelligence in service. *Journal of Service Research*, 21(2): 155–172.
- Idrisi, M. J., Geteye, D., & Shanmugasundaram, P. (2024). Modeling the complex interplay: Dynamics of job displacement and evolution of artificial intelligence in a socio-economic landscape. *International Journal of Networked and Distributed Computing*, 1–10.
- IMF. (2024). Gen AI: Artificial intelligence and the future of work (IMF Staff Discussion Note No. 2024/01). International Monetary Fund.
- Jolliffe, I. T., & Cadima, J. (2016). Principal component analysis: a review and recent developments. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 374(2065): 20150202.
- Lassébie, J., & Quintini, G. (2022). What skills and abilities can automation technologies replicate and what does it mean for workers? New evidence. *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*, (282): 1–66.
- Magidson, J., & Vermunt, J. (2002). Latent class models for clustering: A comparison with K-means. *Canadian Journal of Marketing Research*, 20(1): 36–43.
- Mäkelä, E., & Stephany, F. (2024). Complement or substitute? How AI increases the demand for human skills. *arXiv preprint, arXiv:2412.19754*.
- Manyika, J., Lund, S., Chui, M., Bughin, J., Woetzel, J., Batra, P., & Sanghvi, S. (2017). Jobs lost, jobs gained: Workforce transitions in a time of automation. McKinsey & Company.
- Masriadi, D., Ekaningrum, N. E., Hidayat, M. S., & Yuliaty, F. (2023). Exploring the future of work: Impact of automation and artificial intelligence on employment. *Endless International Journal of Future Studies*, 6(1): 125–136.
- McLachlan, G. J. (1987). On bootstrapping the likelihood ratio test statistic for the number of

- components in a normal mixture. *Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)*, 36(3): 318-324.
- Morgan, P., De Lappe, J., & Summers, N. (2024). A mixed-methods exploration of the nursing associate role, programme experiences and future career pathways. *British Journal of Nursing*, 33(11): 488-495.
- Moscarini, G., & Postel-Vinay, F. (2016). Did the job ladder fail after the Great Recession? *Journal of Labor Economics*, 34(S1): S55-S93.
- Nylund-Gibson, K., & Choi, A. Y. (2018). Ten frequently asked questions about latent class analysis. *Translational Issues in Psychological Science*, 4(4): 440.
- Oschinski, M., Crawford, A., & Wu, M. (2024). AI and the future of workforce training. The Conference Board of Canada.
- Ramaswamy, V., DeSarbo, W. S., Reibstein, D. J., & Robinson, W. T. (1993). An empirical pooling approach for estimating marketing mix elasticities with PIMS data. *Marketing Science*, 12(1): 103-124.
- Schwarz, G. (1978). Estimating the dimension of a model. *The Annals of Statistics*, 6(2): 461-464.
- Sireci, S. G., Longe, B., Suárez-Álvarez, J., & Oliveri, M. E. (2024). Analyzing the dimensionality of ONET cognitive ability ratings to inform assessment design. *Education Sciences*, 14(11): 1202.
- Sullivan, S. E., & Al Ariss, A. (2021). Making sense of different perspectives on career transitions: A review and agenda for future research. *Human Resource Management Review*, 31(1): 100727.
- Wang, Q., Liu, X., & Huang, K. (2019, December). Displaced or augmented? How does artificial intelligence affect our jobs: Evidence from LinkedIn. In *Proceedings of the International Conference on Information Systems (ICIS)*.
- Webb, M. (2019). The impact of artificial intelligence on the labor market. SSRN. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3482150>
- World Economic Forum. (2020). The future of jobs report 2020. World Economic Forum.
- Yu, J. C., Sokolowski, H. M., Rao, K. S., Moraglia, L. E., Khoubrouy, S. A., Abdi, H., & Levine, B. (2024). Visualization of latent components assessed in O*NET occupations (VOLCANO): A robust method for standardized conversion of occupational labels to ratio scale format. *Behavior Research Methods*, 56(1): 417-432.

〈표 16〉 대체가능 유형별 기술 및 역량의 평균 및 표준편차(그룹 1)

	대체가능성 높은 직업 평균 및 표준편차(A)	대체가능성 낮은 직업 평균 및 표준편차(B)	차이 (B-A)	훈련필요 (B-A) > 42.46
Oral Comprehension	40.73	40.98	0.24	
Written Comprehension	36.65	38.72	2.07	
Oral Expression	47.68	40.09	-7.59	
Written Expression	37.30	35.32	-1.98	
Fluency of Ideas	24.43	31.14	6.71	
Originality	28.99	33.88	4.89	
Problem Sensitivity	23.04	44.43	21.40	
Deductive Reasoning	25.68	41.47	15.79	
Inductive Reasoning	23.64	38.96	15.32	
Information Ordering	24.21	46.29	22.08	
Category Flexibility	20.96	32.66	11.71	
Mathematical Reasoning	27.86	36.25	8.39	
Number Facility	31.97	38.81	6.83	
Memorization	37.62	44.00	6.38	
Speed of Closure	23.66	48.45	24.79	
Flexibility of Closure	27.53	62.56	35.02	
Perceptual Speed	29.16	64.79	35.63	
Spatial Orientation	8.17	41.25	33.07	
Visualization	16.34	58.50	42.16	
Selective Attention	21.89	48.10	26.22	
Time Sharing	18.25	36.15	17.90	
Arm-Hand Steadiness	23.61	64.64	41.03	
Manual Dexterity	22.69	62.71	40.03	
Finger Dexterity	27.34	65.40	38.06	
Control Precision	18.42	66.58	48.16	O
Multilimb Coordination	14.72	59.14	44.43	O
Response Orientation	5.37	47.82	42.46	
Rate Control	7.58	54.37	46.78	O
Reaction Time	7.23	57.32	50.10	O
Wrist-Finger Speed	21.81	68.30	46.49	O
Speed of Limb Movement	7.77	50.52	42.75	O
Static Strength	14.06	44.91	30.85	
Explosive Strength	9.07	30.51	21.44	
Dynamic Strength	13.82	40.15	26.33	

Trunk Strength	30.58	55.45	24.87	
Stamina	17.72	49.48	31.76	
Extent Flexibility	13.79	55.53	41.74	
Dynamic Flexibility	3.36	19.04	15.68	
Gross Body Coordination	18.10	53.70	35.60	
Gross Body Equilibrium	11.77	39.56	27.78	
Near Vision	31.11	48.74	17.63	
Far Vision	25.91	50.53	24.62	
Visual Color Discrimination	26.15	67.22	41.07	
Night Vision	4.11	38.93	34.82	
Peripheral Vision	3.39	37.58	34.19	
Depth Perception	8.48	55.37	46.89	O
Glare Sensitivity	3.83	45.57	41.74	
Hearing Sensitivity	14.04	63.69	49.64	O
Auditory Attention	18.29	58.85	40.55	
Sound Localization	4.02	57.05	53.03	O
Speech Recognition	42.04	28.30	-13.74	
Speech Clarity	39.48	28.53	-10.95	
Reading Comprehension	35.67	38.16	2.49	
Active Listening	43.48	36.69	-6.79	
Writing	34.47	35.81	1.34	
Speaking	40.14	32.54	-7.60	
Mathematics	23.36	35.63	12.27	
Science	1.43	20.40	18.97	
Critical Thinking	26.96	38.77	11.80	
Active Learning	22.10	38.02	15.91	
Learning Strategies	13.25	30.32	17.07	
Monitoring	16.83	32.92	16.09	
Social Perceptiveness	29.70	26.22	-3.48	
Coordination	20.41	28.96	8.56	
Persuasion	35.95	21.17	-14.79	
Negotiation	27.39	18.10	-9.29	
Instructing	16.74	29.63	12.90	
Service Orientation	52.51	30.65	-21.86	
Complex Problem Solving	14.79	31.35	16.55	
Operations Analysis	14.61	28.60	13.99	
Technology Design	16.17	30.84	14.66	

Equipment Selection	2.57	57.38	54.81	○
Installation	0.00	33.38	33.38	
Programming	11.12	19.60	8.49	
Operations Monitoring	14.82	68.11	53.28	○
Operation and Control	10.88	66.08	55.20	○
Equipment Maintenance	2.04	58.34	56.30	○
Troubleshooting	8.46	64.07	55.61	○
Repairing	2.08	55.32	53.24	○
Quality Control Analysis	19.53	76.52	56.98	○
Judgment and Decision Making	13.43	23.37	9.93	
Systems Analysis	12.35	28.42	16.07	
Systems Evaluation	9.03	24.44	15.40	
Time Management	20.45	29.12	8.67	
Management of Financial Resources	8.09	11.95	3.86	
Management of Material Resources	9.26	17.16	7.90	
Management of Personnel Resources	10.54	20.58	10.03	
전체 평균 및 표준편차	평균(19.84) 표준편차(11.84)	평균(42.61) 표준편차(14.80)	평균(22.77), 표준편차(19.69)	

※ 차이의 값 양수: 대체가능성이 낮은 직업의 스킬 및 역량이 높은 직업보다 해당 값만큼 더 높음을 의미

※ ○: 개별 차이의 값 > 차이의 평균(22.77) + 차이의 표준편차(19.69)

※ ◎: 개별 차이의 값 > 차이의 평균(22.77) + 2*차이의 표준편차(19.69)

〈표 17〉 대체가능 유형별 기술 및 역량의 평균 및 표준편차(그룹 2)

	대체가능성 높은 직업 평균 및 표준편차(A)	대체가능성 낮은 직업 평균 및 표준편차(B)	차이 (B-A)	훈련필요
Oral Comprehension	18.25	29.11	10.86	
Written Comprehension	16.54	28.36	11.82	
Oral Expression	21.95	28.61	6.66	
Written Expression	9.57	23.65	14.08	
Fluency of Ideas	7.00	22.16	15.16	
Originality	10.99	24.20	13.21	
Problem Sensitivity	20.08	36.00	15.92	
Deductive Reasoning	21.82	33.55	11.73	

Inductive Reasoning	18.40	31.26	12.86	
Information Ordering	17.85	34.34	16.49	
Category Flexibility	19.68	28.76	9.09	
Mathematical Reasoning	18.61	30.92	12.31	
Number Facility	21.05	33.49	12.44	
Memorization	18.58	33.53	14.95	
Speed of Closure	23.89	37.98	14.09	
Flexibility of Closure	35.37	57.88	22.51	O
Perceptual Speed	44.05	66.06	22.02	O
Spatial Orientation	40.59	46.23	5.64	
Visualization	41.74	59.21	17.47	
Selective Attention	26.60	42.62	16.03	
Time Sharing	18.00	31.70	13.70	
Arm-Hand Steadiness	64.82	72.82	8.00	
Manual Dexterity	65.64	72.88	7.24	
Finger Dexterity	61.82	71.01	9.19	
Control Precision	66.16	76.46	10.30	
Multilimb Coordination	63.31	69.36	6.05	
Response Orientation	43.38	50.88	7.50	
Rate Control	53.14	67.05	13.92	
Reaction Time	48.95	66.19	17.23	
Wrist-Finger Speed	59.01	73.23	14.22	
Speed of Limb Movement	52.79	57.79	5.00	
Static Strength	53.74	51.92	-1.83	
Explosive Strength	31.66	33.61	1.95	
Dynamic Strength	45.94	47.20	1.26	
Trunk Strength	66.54	63.69	-2.84	
Stamina	59.94	59.55	-0.38	
Extent Flexibility	64.49	68.14	3.65	
Dynamic Flexibility	34.88	28.39	-6.49	
Gross Body Coordination	57.25	63.05	5.80	
Gross Body Equilibrium	35.51	44.05	8.54	
Near Vision	28.67	39.79	11.12	
Far Vision	43.87	46.78	2.90	
Visual Color Discrimination	48.31	67.90	19.59	
Night Vision	34.38	43.13	8.75	
Peripheral Vision	36.00	40.59	4.59	

Depth Perception	52.45	64.61	12.17	
Glare Sensitivity	40.57	50.03	9.46	
Hearing Sensitivity	41.44	65.35	23.91	O
Auditory Attention	38.24	58.51	20.27	O
Sound Localization	47.84	60.84	13.01	
Speech Recognition	12.89	18.16	5.28	
Speech Clarity	13.71	18.25	4.54	
Reading Comprehension	15.13	26.24	11.11	
Active Listening	14.28	23.21	8.93	
Writing	11.98	23.69	11.71	
Speaking	14.69	21.35	6.66	
Mathematics	19.94	32.30	12.37	
Science	9.29	16.93	7.64	
Critical Thinking	16.51	28.22	11.70	
Active Learning	8.43	26.92	18.50	
Learning Strategies	6.36	20.92	14.57	
Monitoring	14.46	27.20	12.74	
Social Perceptiveness	7.87	14.52	6.65	
Coordination	10.64	20.78	10.14	
Persuasion	7.11	12.22	5.12	
Negotiation	5.69	11.53	5.84	
Instructing	6.36	22.92	16.56	
Service Orientation	14.57	17.73	3.16	
Complex Problem Solving	10.94	24.02	13.08	
Operations Analysis	14.92	17.40	2.49	
TechnologyDesign	13.75	28.12	14.38	
Equipment Selection	33.97	68.70	34.73	◎
Installation	11.62	33.88	22.27	O
Programming	3.81	10.73	6.93	
Operations Monitoring	48.79	73.87	25.08	O
Operation and Control	53.91	73.95	20.04	O
Equipment Maintenance	32.49	70.96	38.47	◎
Troubleshooting	39.81	71.38	31.57	◎
Repairing	28.48	66.85	38.38	◎
Quality Control Analysis	53.97	79.40	25.43	O
Judgment and Decision Making	9.83	18.47	8.64	
Systems Analysis	8.17	22.89	14.72	

Systems Evaluation	5.91	19.06	13.15	
Time Management	14.49	24.10	9.61	
Management of Financial Resources	7.17	10.62	3.45	
Management of Material Resources	11.23	16.04	4.81	
Management of Personnel Resources	6.03	16.22	10.19	
전체 평균 및 표준편차	평균(19.84) 표준편차(11.84)	평균(42.61) 표준편차(14.80)	평균(11.88), 표준편차(8.15)	

※ 차이의 값 양수: 대체가능성이 낮은 직업의 스킬 및 역량이 높은 직업보다 해당 값만큼 더 높음을 의미

※ ○: 개별 차이의 값 > 차이의 평균(11.88) + 차이의 표준편차(8.15)

※ ◎: 개별 차이의 값 > 차이의 평균(11.88) + 2*차이의 표준편차(8.15)

〈표 18〉 대체가능 유형별 기술 및 역량의 평균 및 표준편차(그룹 3)

	대체가능성 높은 직업 평균 및 표준편차(A)	대체가능성 낮은 직업 평균 및 표준편차(B)	차이 (B-A)	훈련필요 (B-A) > 34.32
Oral Comprehension	13.07	25.55	12.48	
Written Comprehension	10.24	27.31	17.07	
Oral Expression	15.87	25.61	9.74	
Written Expression	6.60	21.75	15.15	
Fluency of Ideas	8.41	22.51	14.10	
Originality	15.06	26.19	11.13	
Problem Sensitivity	10.96	33.56	22.61	
Deductive Reasoning	11.95	33.45	21.50	
Inductive Reasoning	10.62	31.13	20.51	
Information Ordering	7.46	36.79	29.34	
Category Flexibility	10.31	29.94	19.64	
Mathematical Reasoning	12.17	30.87	18.70	
Number Facility	15.54	33.16	17.62	
Memorization	23.48	35.62	12.14	
Speed of Closure	15.66	39.11	23.45	
Flexibility of Closure	19.95	58.50	38.55	○
Perceptual Speed	27.60	63.67	36.07	○
Spatial Orientation	8.51	40.54	32.03	
Visualization	19.13	63.71	44.58	○
Selective Attention	11.83	42.74	30.90	
Time Sharing	13.18	24.45	11.27	

Arm-Hand Steadiness	55.27	73.62	18.35	
Manual Dexterity	57.03	70.55	13.51	
Finger Dexterity	49.71	73.42	23.71	
Control Precision	39.93	70.85	30.91	
Multilimb Coordination	39.53	62.27	22.74	
Response Orientation	15.63	43.80	28.18	
Rate Control	26.09	60.40	34.31	
Reaction Time	22.99	58.20	35.21	O
Wrist-Finger Speed	41.50	77.32	35.82	O
Speed of Limb Movement	38.36	47.85	9.49	
Static Strength	35.26	48.83	13.57	
Explosive Strength	20.75	39.01	18.26	
Dynamic Strength	37.19	46.39	9.19	
Trunk Strength	58.91	63.24	4.33	
Stamina	51.61	57.19	5.57	
Extent Flexibility	49.62	67.32	17.70	
Dynamic Flexibility	18.50	33.82	15.32	
Gross Body Coordination	51.50	58.80	7.30	
Gross Body Equilibrium	26.71	39.78	13.07	
Near Vision	15.35	40.52	25.17	
Far Vision	24.78	43.21	18.43	
Visual Color Discrimination	42.33	65.51	23.18	
Night Vision	3.39	38.81	35.42	O
Peripheral Vision	3.47	37.03	33.56	
Depth Perception	22.80	54.48	31.68	
Glare Sensitivity	4.63	40.20	35.57	O
Hearing Sensitivity	27.45	60.77	33.31	
Auditory Attention	26.70	58.97	32.27	
Sound Localization	6.07	58.36	52.29	◎
Speech Recognition	14.17	17.16	2.98	
Speech Clarity	11.87	16.14	4.26	
Reading Comprehension	8.01	25.11	17.10	
Active Listening	9.86	21.37	11.51	
Writing	9.90	22.23	12.33	
Speaking	10.95	21.06	10.11	
Mathematics	13.18	31.79	18.61	
Science	1.59	16.02	14.43	
Critical Thinking	8.41	28.96	20.55	

Active Learning	10.61	24.90	14.29	
Learning Strategies	10.59	20.27	9.68	
Monitoring	7.46	24.18	16.72	
Social Perceptiveness	13.40	16.46	3.06	
Coordination	11.95	19.36	7.41	
Persuasion	12.40	13.31	0.91	
Negotiation	11.16	12.05	0.89	
Instructing	9.82	22.46	12.64	
Service Orientation	27.03	19.13	-7.89	
Complex Problem Solving	4.43	23.33	18.89	
Operations Analysis	8.81	21.14	12.33	
Technology Design	8.65	30.35	21.69	
Equipment Selection	13.59	65.70	52.11	◎
Installation	0.19	46.81	46.62	O
Programming	1.67	12.51	10.83	
Operations Monitoring	30.07	67.97	37.90	O
Operation and Control	26.93	67.55	40.62	O
Equipment Maintenance	9.95	63.80	53.85	◎
Troubleshooting	25.20	68.94	43.74	O
Repairing	7.95	62.96	55.01	◎
Quality Control Analysis	38.21	78.71	40.49	O
Judgment and Decision Making	6.26	17.56	11.30	
Systems Analysis	6.08	21.90	15.82	
Systems Evaluation	4.12	18.06	13.94	
Time Management	10.96	22.76	11.79	
Management of Financial Resources	8.97	10.94	1.96	
Management of Material Resources	13.77	15.64	1.87	
Management of Personnel Resources	10.05	13.61	3.55	
전체 평균 및 표준편차	평균(18.84) 표준편차(14.30)	평균(39.53) 표준편차(19.35)	평균(20.69), 표준편차(13.63)	

※ 차이의 값 양수: 대체가능성이 낮은 직업의 스킬 및 역량이 높은 직업보다 해당 값만큼 더 높음을 의미

※ O: 개별 차이의 값 > 차이의 평균(20.69) + 차이의 표준편차(13.63)

※ ◎: 개별 차이의 값 > 차이의 평균(20.69) + 2*차이의 표준편차(13.63)

〈표 19〉 대체가능 유형별 기술 및 역량의 평균 및 표준편차(그룹 4)

	대체가능성 높은 직업 평균 및 표준편차(A)	대체가능성 낮은 직업 평균 및 표준편차(B)	차이 (B-A)	훈련필요 (B-A) > 23.30
Oral Comprehension	12.38	32.30	19.93	
Written Comprehension	19.50	31.09	11.60	
Oral Expression	14.80	31.28	16.48	
Written Expression	11.13	25.68	14.55	
Fluency of Ideas	9.21	25.52	16.31	
Originality	9.84	27.07	17.23	
Problem Sensitivity	20.77	37.29	16.52	
Deductive Reasoning	22.35	35.58	13.23	
Inductive Reasoning	21.04	32.93	11.89	
Information Ordering	27.20	38.60	11.39	
Category Flexibility	23.09	30.45	7.35	
Mathematical Reasoning	14.80	31.95	17.16	
Number Facility	16.55	33.77	17.22	
Memorization	15.06	37.06	22.00	
Speed of Closure	19.85	40.88	21.03	
Flexibility of Closure	40.85	58.85	18.00	
Perceptual Speed	50.12	65.38	15.26	
Spatial Orientation	10.53	41.59	31.06	O
Visualization	53.81	60.02	6.20	
Selective Attention	30.84	44.46	13.61	
Time Sharing	5.45	29.59	24.14	O
Arm-Hand Steadiness	82.35	71.90	-10.45	
Manual Dexterity	73.43	69.94	-3.49	
Finger Dexterity	82.33	70.12	-12.20	
Control Precision	68.40	71.13	2.73	
Multilimb Coordination	54.56	62.62	8.06	
Response Orientation	32.05	47.85	15.79	
Rate Control	46.50	59.03	12.53	
Reaction Time	48.30	59.53	11.23	
Wrist-Finger Speed	62.48	72.84	10.37	
Speed of Limb Movement	25.45	49.95	24.50	O
Static Strength	38.75	46.04	7.29	
Explosive Strength	14.98	31.77	16.79	
Dynamic Strength	33.50	43.23	9.73	

Trunk Strength	48.37	58.88	10.51	
Stamina	36.52	53.35	16.83	
Extent Flexibility	44.26	62.48	18.21	
Dynamic Flexibility	8.15	25.15	17.00	
Gross Body Coordination	31.90	57.22	25.32	O
Gross Body Equilibrium	19.68	39.29	19.61	
Near Vision	37.43	44.22	6.78	
Far Vision	35.00	45.57	10.58	
Visual Color Discrimination	61.79	69.94	8.15	
Night Vision	7.25	39.14	31.89	◎
Peripheral Vision	7.67	35.08	27.41	O
Depth Perception	41.63	57.70	16.07	
Glare Sensitivity	10.93	42.08	31.15	O
Hearing Sensitivity	50.79	63.87	13.09	
Auditory Attention	33.80	58.79	24.99	O
Sound Localization	14.85	55.85	41.00	◎
Speech Recognition	11.84	19.81	7.97	
Speech Clarity	11.58	19.53	7.95	
Reading Comprehension	20.64	27.96	7.32	
Active Listening	13.59	25.74	12.15	
Writing	11.43	25.29	13.85	
Speaking	11.74	23.12	11.38	
Mathematics	15.31	33.62	18.31	
Science	9.60	17.40	7.81	
Critical Thinking	16.23	30.83	14.60	
Active Learning	8.36	28.51	20.15	
Learning Strategies	3.95	23.24	19.29	
Monitoring	18.10	30.00	11.90	
Social Perceptiveness	4.32	17.29	12.98	
Coordination	6.42	21.83	15.41	
Persuasion	1.59	14.21	12.62	
Negotiation	2.47	12.70	10.23	
Instructing	7.45	25.00	17.55	
Service Orientation	6.03	20.14	14.11	
Complex Problem Solving	7.37	24.89	17.52	
Operations Analysis	17.78	20.36	2.58	
Technology Design	22.85	30.76	7.90	

Equipment Selection	39.96	69.67	29.71	O
Installation	16.46	40.36	23.90	O
Programming	6.10	13.82	7.73	
Operations Monitoring	58.15	72.05	13.90	
Operation and Control	54.34	71.27	16.93	
Equipment Maintenance	41.02	70.82	29.80	O
Troubleshooting	47.89	72.12	24.23	O
Repairing	35.15	66.62	31.47	O
Quality Control Analysis	65.98	80.66	14.68	
Judgment and Decision Making	10.89	19.00	8.12	
Systems Analysis	9.37	24.36	14.98	
Systems Evaluation	4.55	21.83	17.27	
Time Management	11.67	24.89	13.22	
Management of Financial Resources	6.77	10.26	3.49	
Management of Material Resources	10.35	15.28	4.93	
Management of Personnel Resources	3.39	15.36	11.97	
전체 평균 및 표준편차	평균(25.90), 표준편차(20.11)	평균(40.65), 표준편차(18.77)	평균(14.75), 표준편차(8.55)	

※ 차이의 값 양수: 대체가능성이 낮은 직업의 스킬 및 역량이 높은 직업보다 해당 값만큼 더 높음을 의미

※ ○: 개별 차이의 값 > 차이의 평균(14.75) + 차이의 표준편차(8.55)

※ ◎: 개별 차이의 값 > 차이의 평균(14.75) + 2*차이의 표준편차(8.55)

〈표 20〉 대체가능 유형별 기술 및 역량의 평균 및 표준편차(그룹 5)

	대체가능성 높은 직업 평균 및 표준편차(A)	대체가능성 낮은 직업 평균 및 표준편차(B)	차이 (B-A)	훈련필요 (B-A) > 22.09
Oral Comprehension	19.92	33.97	14.06	
Written Comprehension	27.60	33.54	5.95	
Oral Expression	19.76	34.46	14.69	
Written Expression	25.35	28.39	3.03	
Fluency of Ideas	6.42	24.45	18.03	
Originality	8.37	26.22	17.85	
Problem Sensitivity	28.54	40.73	12.19	
Deductive Reasoning	21.78	38.51	16.73	
Inductive Reasoning	21.97	35.94	13.97	

Information Ordering	32.75	40.61	7.86	
Category Flexibility	28.12	31.10	2.98	
Mathematical Reasoning	14.93	34.10	19.17	
Number Facility	19.53	36.99	17.45	
Memorization	22.21	37.02	14.81	
Speed of Closure	16.44	43.90	27.46	O
Flexibility of Closure	37.12	61.66	24.53	O
Perceptual Speed	60.09	72.78	12.70	
Spatial Orientation	19.69	40.09	20.40	
Visualization	27.73	57.64	29.92	O
Selective Attention	40.82	47.80	6.98	
Time Sharing	6.03	32.42	26.38	O
Arm-Hand Steadiness	58.03	68.16	10.13	
Manual Dexterity	57.42	66.01	8.59	
Finger Dexterity	50.12	67.29	17.18	
Control Precision	66.49	69.90	3.41	
Multilimb Coordination	47.97	60.88	12.92	
Response Orientation	28.38	49.29	20.91	
Rate Control	51.50	60.84	9.34	
Reaction Time	56.67	62.81	6.14	
Wrist-Finger Speed	59.35	71.15	11.80	
Speed of Limb Movement	46.03	51.76	5.73	
Static Strength	40.05	42.48	2.43	
Explosive Strength	22.24	28.68	6.44	
Dynamic Strength	32.64	40.53	7.89	
Trunk Strength	55.71	56.50	0.78	
Stamina	45.33	50.72	5.40	
Extent Flexibility	56.41	57.82	1.41	
Dynamic Flexibility	2.06	21.45	19.40	
Gross Body Coordination	43.09	53.59	10.50	
Gross Body Equilibrium	31.08	38.93	7.86	
Near Vision	40.53	44.93	4.40	
Far Vision	20.26	45.94	25.68	O
Visual Color Discrimination	46.28	67.84	21.56	
Night Vision	20.19	37.00	16.81	
Peripheral Vision	12.40	34.31	21.91	
Depth Perception	30.59	57.42	26.83	O

Glare Sensitivity	16.14	43.07	26.93	O
Hearing Sensitivity	54.88	63.20	8.32	
Auditory Attention	60.35	61.56	1.21	
Sound Localization	34.85	53.41	18.56	
Speech Recognition	19.12	19.57	0.45	
Speech Clarity	15.33	19.84	4.51	
Reading Comprehension	27.02	30.21	3.18	
Active Listening	23.05	27.30	4.25	
Writing	28.63	26.57	-2.06	
Speaking	19.55	23.93	4.39	
Mathematics	17.81	35.39	17.58	
Science	18.68	21.54	2.85	
Critical Thinking	19.58	33.08	13.50	
Active Learning	16.05	29.40	13.36	
Learning Strategies	10.07	24.09	14.02	
Monitoring	23.97	32.56	8.59	
Social Perceptiveness	8.64	17.40	8.76	
Coordination	17.40	22.60	5.20	
Persuasion	6.16	13.81	7.65	
Negotiation	7.66	12.59	4.94	
Instructing	12.41	25.14	12.73	
Service Orientation	9.99	19.66	9.67	
Complex Problem Solving	16.31	25.74	9.42	
Operations Analysis	21.09	21.42	0.34	
Technology Design	14.06	26.40	12.34	
Equipment Selection	23.27	60.29	37.02	◎
Installation	4.16	27.82	23.67	O
Programming	5.08	13.58	8.50	
Operations Monitoring	74.46	78.18	3.72	
Operation and Control	64.07	76.44	12.38	
Equipment Maintenance	28.47	64.70	36.23	◎
Troubleshooting	35.02	70.00	34.99	◎
Repairing	17.76	60.29	42.52	◎
Quality Control Analysis	64.69	80.89	16.20	
Judgment and Decision Making	9.05	20.24	11.19	
Systems Analysis	6.36	23.84	17.48	
Systems Evaluation	4.09	20.71	16.62	

Time Management	6.47	25.30	18.83	
Management of Financial Resources	2.00	10.38	8.39	
Management of Material Resources	6.04	15.15	9.11	
Management of Personnel Resources	7.51	17.07	9.56	
전체 평균 및 표준편차	평균(27.62), 표준편차(18.21)	평균(40.61), 표준편차(18.28)	평균(12.98), 표준편차(9.11)	

※ 차이의 값 양수: 대체가능성이 낮은 직업의 스킬 및 역량이 높은 직업보다 해당 값만큼 더 높음을 의미

※ ○: 개별 차이의 값 > 차이의 평균(12.98) + 차이의 표준편차(9.11)

※ ◎: 개별 차이의 값 > 차이의 평균(12.98) + 2*차이의 표준편차(9.11)

〈표 21〉 대체가능 유형별 기술 및 역량의 평균 및 표준편차(그룹 6)

	대체가능성 높은 직업 평균 및 표준편차(A)	대체가능성 낮은 직업 평균 및 표준편차(B)	차이 (B-A)	훈련필요 (B-A) > 16.03
Oral Comprehension	13.79	27.35	13.57	
Written Comprehension	18.99	27.16	8.17	
Oral Expression	16.64	27.25	10.61	
Written Expression	10.76	23.21	12.45	
Fluency of Ideas	9.63	20.40	10.77	
Originality	14.16	24.31	10.15	
Problem Sensitivity	20.28	35.90	15.63	
Deductive Reasoning	21.63	32.94	11.31	
Inductive Reasoning	19.98	31.16	11.18	
Information Ordering	21.82	36.37	14.55	
Category Flexibility	23.88	29.65	5.77	
Mathematical Reasoning	20.69	29.67	8.97	
Number Facility	23.53	32.47	8.95	
Memorization	22.08	35.88	13.80	
Speed of Closure	24.63	41.19	16.56	○
Flexibility of Closure	43.04	60.02	16.98	○
Perceptual Speed	56.61	68.88	12.27	
Spatial Orientation	24.81	46.64	21.83	◎
Visualization	48.23	60.65	12.43	
Selective Attention	39.83	44.95	5.12	
Time Sharing	10.96	32.69	21.73	○

Arm-Hand Steadiness	73.46	73.67	0.21	
Manual Dexterity	71.10	73.00	1.90	
Finger Dexterity	68.99	71.48	2.49	
Control Precision	72.05	78.20	6.14	
Multilimb Coordination	60.79	70.00	9.21	
Response Orientation	39.35	50.37	11.02	
Rate Control	62.00	69.49	7.50	
Reaction Time	58.06	68.43	10.38	
Wrist-Finger Speed	72.77	75.54	2.78	
Speed of Limb Movement	48.52	58.70	10.18	
Static Strength	51.53	54.00	2.48	
Explosive Strength	27.46	34.05	6.59	
Dynamic Strength	45.54	48.05	2.51	
Trunk Strength	66.02	64.35	-1.67	
Stamina	61.23	60.99	-0.24	
Extent Flexibility	59.69	68.40	8.71	
Dynamic Flexibility	20.90	29.54	8.65	
Gross Body Coordination	54.50	63.05	8.55	
Gross Body Equilibrium	29.78	45.52	15.74	
Near Vision	37.87	40.21	2.34	
Far Vision	35.53	48.15	12.62	
Visual Color Discrimination	61.67	68.52	6.86	
Night Vision	23.06	44.06	21.00	O
Peripheral Vision	25.97	42.26	16.30	O
Depth Perception	51.13	63.88	12.75	
Glare Sensitivity	28.97	51.82	22.85	◎
Hearing Sensitivity	47.85	70.04	22.18	◎
Auditory Attention	57.25	63.83	6.58	
Sound Localization	35.84	62.65	26.81	◎
Speech Recognition	10.22	17.89	7.67	
Speech Clarity	10.59	17.44	6.85	
Reading Comprehension	15.44	26.68	11.24	
Active Listening	12.35	22.76	10.42	
Writing	9.88	24.11	14.24	
Speaking	11.17	20.79	9.63	
Mathematics	21.18	31.05	9.87	
Science	5.53	16.49	10.97	

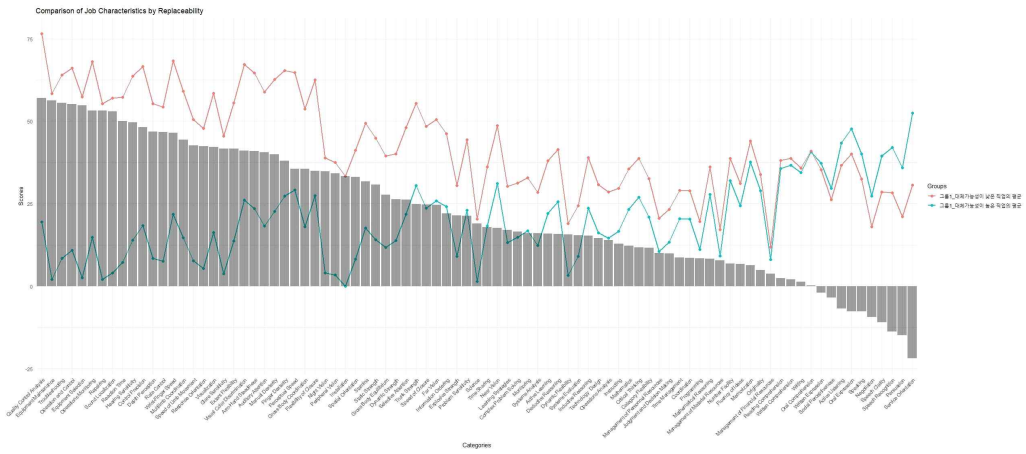
Critical Thinking	16.53	28.50	11.98	
Active Learning	11.89	26.68	14.80	
Learning Strategies	12.34	21.38	9.04	
Monitoring	21.02	25.73	4.71	
Social Perceptiveness	9.24	13.99	4.75	
Coordination	9.19	20.57	11.38	
Persuasion	4.65	12.74	8.09	
Negotiation	4.74	11.76	7.02	
Instructing	11.67	22.55	10.88	
Service Orientation	7.74	17.35	9.62	
Complex Problem Solving	12.14	24.12	11.99	
Operations Analysis	20.32	18.98	-1.34	
Technology Design	18.26	27.29	9.03	
Equipment Selection	52.42	66.29	13.87	
Installation	6.78	34.05	27.26	◎
Programming	8.24	11.19	2.94	
Operations Monitoring	66.69	75.05	8.36	
Operation and Control	65.38	74.58	9.20	
Equipment Maintenance	56.49	68.23	11.74	
Troubleshooting	53.69	69.25	15.56	
Repairing	45.43	63.68	18.25	○
Quality Control Analysis	70.88	78.07	7.19	
Judgment and Decision Making	9.01	18.45	9.44	
Systems Analysis	10.10	22.46	12.36	
Systems Evaluation	6.13	17.13	11.00	
Time Management	14.34	23.73	9.39	
Management of Financial Resources	6.69	10.96	4.27	
Management of Material Resources	11.71	16.32	4.62	
Management of Personnel Resources	7.22	17.07	9.85	
전체 평균 및 표준편차	평균(31.05), 표준편차(21.55)	평균(41.34), 표준편차(20.85)	평균(10.28), 표준편차(5.75)	

※ 차이의 값 양수: 대체가능성이 낮은 직업의 스킬 및 역량이 높은 직업보다 해당 값만큼 더 높음을 의미

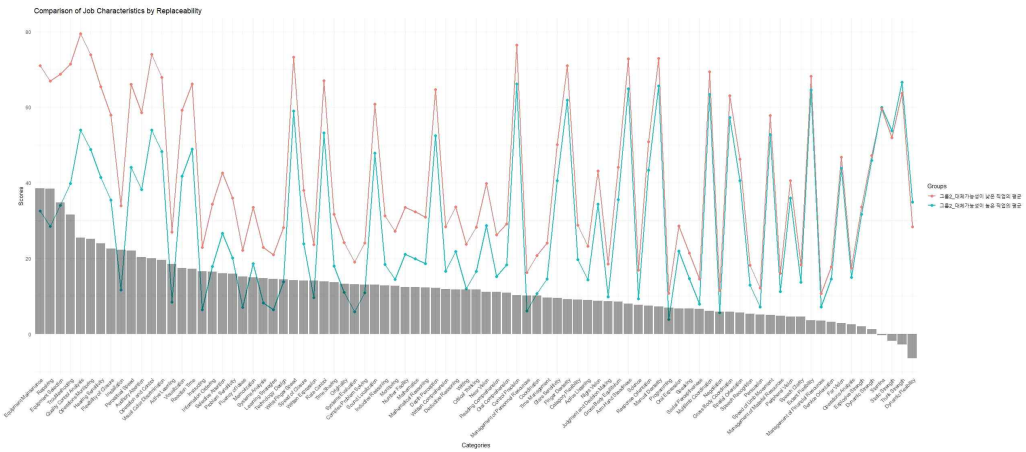
※ ○: 개별 차이의 값 > 차이의 평균(10.28) + 차이의 표준편차(5.75)

※ ◎: 개별 차이의 값 > 차이의 평균(10.28) + 2*차이의 표준편차(5.75)

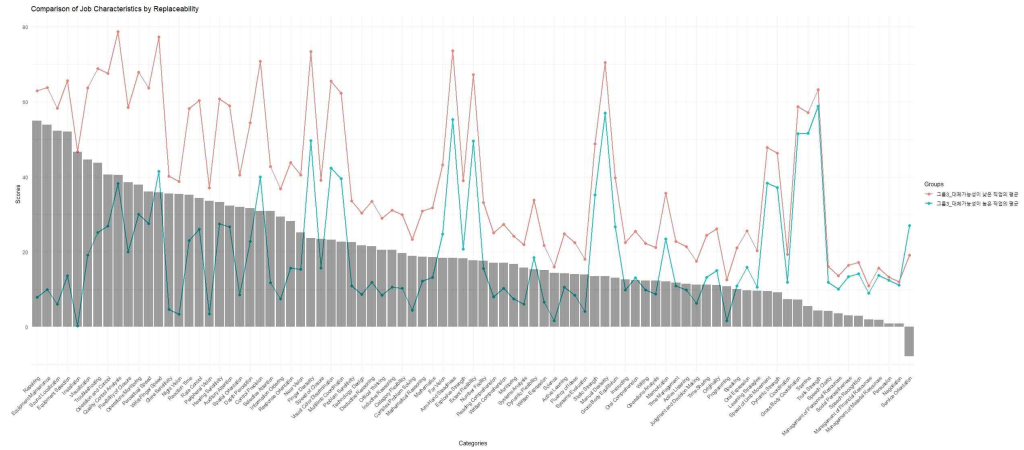
〈그림 6〉 대체가능성이 낮은 직업과 높은 직업의 기술 및 역량별 차이(1그룹)



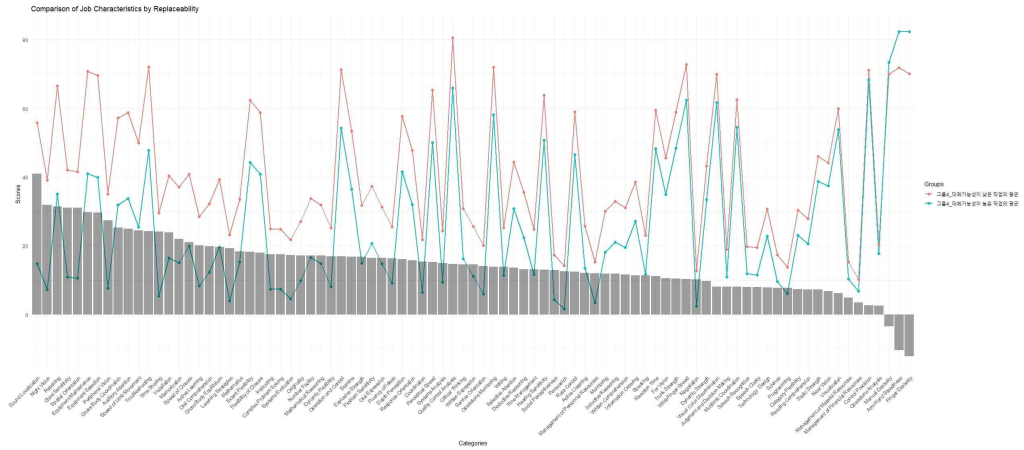
〈그림 7〉 대체가능성이 낮은 직업과 높은 직업의 기술 및 역량별 차이(2그룹)



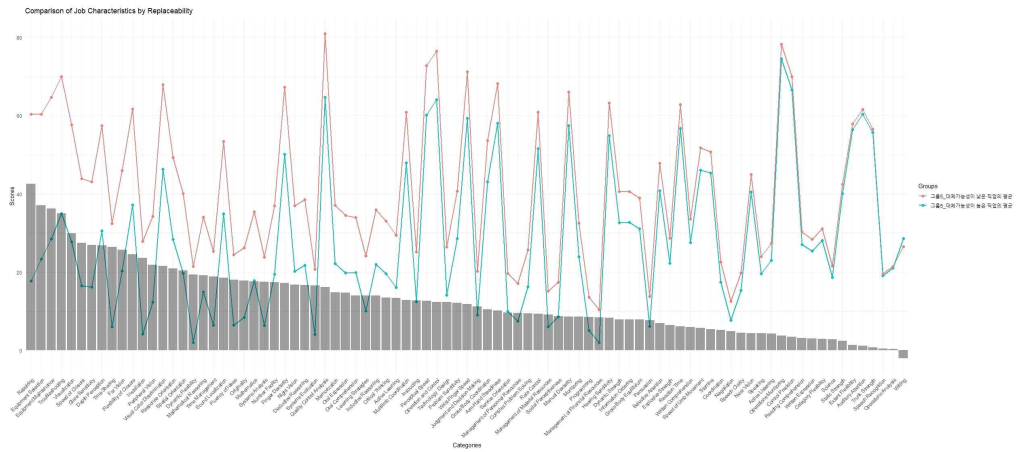
〈그림 8〉 대체가능성이 낮은 직업과 높은 직업의 기술 및 역량별 차이(3그룹)



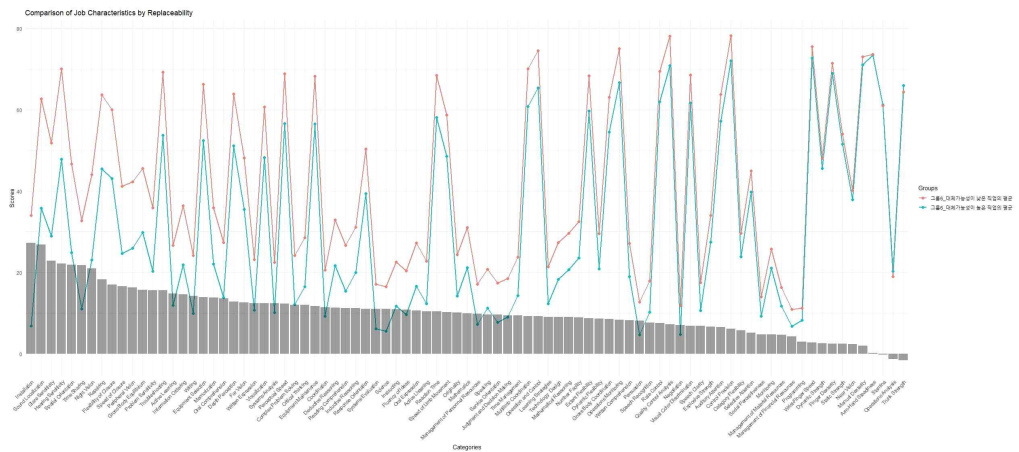
〈그림 9〉 대체가능성이 낮은 직업과 높은 직업의 기술 및 역량별 차이(4그룹)



〈그림 10〉 대체가능성이 낮은 직업과 높은 직업의 기술 및 역량별 차이(5그룹)



〈그림 11〉 대체가능성이 낮은 직업과 높은 직업의 기술 및 역량별 차이(6그룹)



ABSTRACT

Riding the Wave of Artificial Intelligence: A Career Ladder Approach

Gyuhwan Kim, Yeongbin Choi & Jun Koo

This study employs the career ladder approach to identify occupations with a high susceptibility to being replaced by artificial intelligence and to analyze potential transitions from these occupations to those with a lower susceptibility. The analysis is based on a dataset constructed by matching ONET with the Korean Standard Classification of Occupations, which includes information on the importance of various skills and competencies for each occupation. Occupational similarity was measured using Euclidean distance, while latent profile analysis was employed to classify highly replaceable occupations. The results revealed six distinct profiles of highly-replaceable occupations, which commonly exhibited relatively low levels of complexity and specialization. Meanwhile, transitions to low-replaceability occupations were found to be feasible, particularly into automotive maintenance, mining, civil engineering, and chemical-related positions. These low-replaceable occupations were characterized by a strong demand for a balanced combination of technical proficiency, situational adaptability, cognitive abilities, and physical skills. Accordingly, future vocational training programs should emphasize cognitive and physical skills related to equipment selection, repair, and operation.

【Keywords: career ladder, artificial intelligence, ai job replacement index, occupational transition, job, labor market】