

디지털화에 따른 개별 직업의 대체 가능성 추정 연구

A Study on the Estimation of
Job Substitution Probability According to Digitalization

박희대 • 이기열 • 전형모 • 류승완

2020. 12.



한국해양수산개발원
KOREA MARITIME INSTITUTE

저자	박희대, 이기열, 전형모, 류승완
연구진	연구책임자 박희대 한국해양수산개발원 종합정책연구본부 전문연구원 공동연구원 이기열 한국해양수산개발원 항만연구본부 부연구위원 공동연구원 전형모 한국해양수산개발원 종합정책연구본부 부연구위원 공동연구원 류승완 한국해양수산개발원 종합정책연구본부 연구원
연구기간	2020. 04. 16. ~ 2020. 10. 15.
보고서 집필내역	
연구책임자	박희대 연구총괄, 제1장 제1절~제2절, 제3장 제2절, 제4장, 제5장
내부연구진	이기열 제2장 제2절~제3절, 제3장 제1절 전형모 제2장 제1절 류승완 제1장 제3절
산·학·연·정 연구자문위원	김미루 한국개발연구원 지식경제연구부 부연구위원 남상욱 산업연구원 성장동력산업연구본부 부연구위원 ※ 순서는 산·학·연·정 순임

발간사

인공지능, 로봇공학 등 새로운 디지털 기술의 도입으로 인해 사람들의 생활이나 직업이 변화하고 있다. 디지털화의 가속화와 함께 노동의 대체에 대한 범위가 지속적으로 확장되고 있는 것이다. 신기술이 개발되는 속도는 가속화되고 있으며, 디지털화는 많은 업무에서 이를 수행하는 방식을 전환시키고 있다. 과거에는 사람이 할 수 있는 고유의 영역이라고 생각되던 고차원적 사고가 필요한 직업, 숙련도가 필요한 직업 등 많은 직업이 점점 대체되고 있어 이에 대한 우려가 확산되고 있다.

하지만 동시에 디지털 전환은 새로운 기회와 일자리를 창출하고 있다. 실제로 기술발달로 기인한 과거의 산업혁명은 노동시장에 지대한 영향을 미쳤다. 단순히 인간의 노동을 대체하여 일자리 감소만을 가져온 것이 아니라 일자리를 대량으로 증가시키기도 했기 때문이다. 노동시장의 안정은 매우 중요한 문제이며, 특히 임금근로자가 약 38%를 차지하는 우리나라의 경우 노동시장 전체에 미치는 영향은 국민의 대부분이 받게 될 영향이라고 해도 과언이 아닐 것이다.

최근의 기술발달은 노동시장에 미치는 영향이 직군마다 차별적으로 발생한다. 따라서 기술발전에 따른 노동시장의 변화를 분석하고 나아가 개별 직업의 대체 가능성을 추정하는 연구는 매우 시의적절하다고 사료된다. 직업별 대체 가능성 추정을 통해 고위험 직군을 식별하여 재

교육 및 재취업 자리 추천 등 선제적 조치를 취할 수 있는 반면, 대체도가 낮은 직군의 직무특성을 파악하여 향후 4차 산업혁명 시대가 필요로 하는 인력을 시기적절하게 공급할 수 있는 인력양성 계획을 수립할 수 있다. 즉 개별 직업별 대체 가능성 추정은 안정적인 노동시장을 유지하는 데 중요한 기준이 될 수 있을 것이다.

본 연구보고서는 우리 원의 박희대 전문연구원, 이기열 부연구원, 전형모 부연구원, 류승완 연구원이 공동 집필하였다. 착수부터 최종 보고에 이르기까지 본 연구의 자문을 해주신 한국개발연구원 김미루 부연구원, 산업연구원 남상욱 부연구원, KMI 이성우 본부장께 깊은 감사를 표하고 싶다.

2020년 12월

한국해양수산개발원

원장 장 영 태

목차

요 약	i
-----	---

Executive Summary	vii
-------------------	-----

제 1장 서론	1
---------	---

제1절 연구의 배경 및 목적	1
1. 연구의 배경	1
2. 연구의 목적	4
제2절 연구 범위 및 방법	6
1. 연구의 범위	6
2. 연구의 방법	8
제3절 선행연구 검토	10
1. 해외선행연구	10
2. 국내선행연구	12

제 2장 노동시장 및 인구전망	25
------------------	----

제1절 4차 산업혁명에 따른 인력수요 전망 - 고용노동부	25
제2절 2018 한국의 직업정보(2019) - 한국고용정보원	30
1. 인공지능	31
2. 빅데이터 분석	32
3. 사물인터넷	32
4. 자동화 로봇	33
5. 직업 변화 예측	34
제3절 인구전망	37

제 3장 분석자료 및 분석방법	43
------------------	----

제1절 분석자료	43
----------	----

1. 한국직업정보 시스템	45
2. 직업표지	47
제2절 분석방법	48
1. 주성분 분석	50
2. 로지스틱 회귀분석	53
제 4장 분석결과	57
제1절 주성분 분석결과	57
제2절 로지스틱 회귀분석 결과	66
제3절 직업별 대체확률	67
제4절 대체확률에 따른 직무특성 분석	72
제 5장 결론 및 정책제언	79
제1절 결론	79
제2절 연구의 한계점 및 향후 연구방안	80
제3절 정책제언	82
1. 정부	82
2. 공공기관	85
참고문헌	87
부 록	91

표목차

〈표 1-1〉 임금근로자 추이	5
〈표 1-2〉 한국표준직업분류 단계별 항목 수	7
〈표 1-3〉 한국직업사전의 직업 수 현황	7
〈표 1-4〉 연구의 흐름도	9
〈표 1-5〉 선행연구 정리	20
〈표 2-1〉 산업별 실질성장률 증가 전망	26
〈표 2-2〉 대분류별 취업자 수 전망	30
〈표 2-3〉 대분류별 인공지능 적용 정도	31
〈표 2-4〉 대분류별 빅데이터 분석 적용 정도	32
〈표 2-5〉 대분류별 사물인터넷 적용 정도	33
〈표 2-6〉 대분류별 자동화 로봇 정도	34
〈표 2-7〉 10년 후 직업대분류별 일자리 변화	35
〈표 2-8〉 10년 후 일자리 증가 직업(상위 10개)	36
〈표 2-9〉 10년 후 일자리 감소 직업(상위 10개)	36
〈표 3-1〉 한국직업정보 조사 연혁	46
〈표 4-1〉 주성분의 개수에 따른 설명력	60
〈표 4-2〉 주성분 1 로딩벡터(가중치순 상위 20개)	62
〈표 4-3〉 주성분 2 로딩벡터(가중치순 상위 20개)	63
〈표 4-4〉 주성분 3 로딩벡터(가중치순 상위 20개)	64
〈표 4-5〉 주성분 4 로딩벡터(가중치순 상위 20개)	65
〈표 4-6〉 로지스틱 회귀분석 결과	66
〈표 4-7〉 직업 대체확률 기초통계량	68
〈표 4-8〉 직업군별 대체확률(대분류)	70
〈표 4-9〉 해양수산 관련 직업 대체확률 기초통계량	70
〈표 4-10〉 해양수산 관련 직업 대체확률	71

그림 목차

〈그림 1-1〉 산업혁명의 역사	4
〈그림 2-1〉 전망별 취업자 수	27
〈그림 2-2〉 고용증가 산업별 취업자 수	28
〈그림 2-3〉 고용감소 산업별 취업자 수	28
〈그림 2-4〉 고용유지 산업별 취업자 수	29
〈그림 2-5〉 경제활동인구 상태별 분류	38
〈그림 2-6〉 한국과 세계의 인구구조	39
〈그림 2-7〉 한국과 세계의 생산연령인구 구성비 추이	39
〈그림 2-8〉 한국과 세계의 고령인구 구성비 추이	40
〈그림 2-9〉 한국과 세계의 합계출산율 추이	41
〈그림 3-1〉 데이터 특성 차원의 크기와 관측치 수의 관계	51
〈그림 3-2〉 로지스틱 함수	54
〈그림 3-3〉 선형회귀 및 로지스틱 회귀	54
〈그림 4-1〉 설명되지 않은 분산의 비율	59
〈그림 4-2〉 최적 주성분 개수	61
〈그림 4-3〉 직업별 대체확률	68
〈그림 4-4〉 주성분 1의 직무특성 분포(대체확률 상위 5개 직업)	73
〈그림 4-5〉 주성분 2의 직무특성 분포(대체확률 상위 5개 직업)	74
〈그림 4-6〉 주성분 3의 직무특성 분포(대체확률 상위 5개 직업)	74
〈그림 4-7〉 주성분 4의 직무특성 분포(대체확률 상위 5개 직업)	75
〈그림 4-8〉 주성분 1의 직무특성 분포(대체확률 하위 5개 직업)	76
〈그림 4-9〉 주성분 2의 직무특성 분포(대체확률 하위 5개 직업)	76
〈그림 4-10〉 주성분 3의 직무특성 분포(대체확률 하위 5개 직업)	77
〈그림 4-11〉 주성분 4의 직무특성 분포(대체확률 하위 5개 직업)	78

요약

디지털화에 따른 개별 직업의 대체 가능성 추정 연구

1. 연구의 목적

- ▶ 본 연구의 주요한 목적은 디지털 전환에 따른 노동시장의 미치는 영향을 상이하다는 것을 고려하여 4차 산업혁명으로 표현되는 기술들의 발달로 인한 개별 직군의 대체 가능성을 추정하여 노동시장의 안정성을 유지하는데 기여
 - 추정된 직업별 대체 가능성을 바탕으로 대체 위험도가 높은 고위험 직군을 식별
 - 직업별 대체 가능성 추정을 통해 고위험 직군을 식별하여 재교육 및 재취업 자리 추천 등 선제적 조치 가능
 - 대체도가 낮은 직군의 직무 특성을 파악하여 향후 4차 산업혁명 시대가 필요한 인력을 시기적절하게 공급 할 수 있는 인력양성 계획을 수립

2. 연구의 방법 및 특징

1) 연구의 방법

- ▶ 직업별 고용대체 확률을 추정하기 위하여 머신러닝의 비지도학습(Unsupervised learning) 방법론 중에서 주성분 분석(Principal component analysis)을 사용
- ▶ 주성분분석은 차원축소(Dimension reduction)와 변수 추출(Feature extraction) 기법으로 고차원 데이터에서 주로 사용
 - 고차원 데이터의 분산을 최대한 유지하면서 서로 직교(Orthogonal)하는 새 기저(Basis)를 찾아서 고차원 데이터를 선형 연관성이 없는 저차원 데이터로 변환하는 통계기법
- ▶ 주성분 분석을 통해 변수 추출을 한 후에는 로지스틱 회귀분석(Logistic regression)을 하여 직업별 대체 확률을 추정
- ▶ 로지스틱 회귀분석은 일반적으로 종속변수가 범주형(Categorical)의 경우 많이 사용되는 방법으로 특정 사건이 발생 할 확률을 예측할 수 있음
 - 종속변수가 카테고리 형태의 질적변수인 경우 선형회귀분석 보다 로지스틱 회귀분석이 좀 더 높은 적합성을 보이며 확률의 의미에 부합하게 0과 1사이의 값 안에서 예측
- ▶ 본 연구에서 고려된 직업은 총 665개의 직업이다. 이중에서 80개의 직업은 대체 여부가 표시된 표지가 있는 자료임
- ▶ 직업별로 총 202개의 직무특성 자료가 있으며, 직무특성 자료와 직업의 대체 여부 정보가 있는 자료를 결합

- 직업 표지가 있는 80개의 직무특성을 가지고 훈련 데이터(Training data set)을 만든 후에 직업표지와 직무특성의 관계를 가장 잘 설명할 수 있는 변수를 추출
- 추출된 변수를 가지고 변수와 직업 대체성과의 관계를 파악 한 후 직업 대체성 표지가 없는 직업 특성자료를 가지고 대체 될 확률을 도출

2) 연구의 특징

- ▶ 직업에 수행하는데 필요한 직무능력을 기반으로 직업의 대체 가능성을 추정한 후 산업별 비교하여 해양수산업 종사자의 직무 대체 가능성을 파악하여 다양한 정책 시사점을 도출했다는 점에서 의의가 있음
- 직업의 대체정도를 확률로 표현함에 따라 보다 직관적으로 이해할 수 있으며 대체가 용이한 직무특성 파악을 통해 재교육 및 향후 교육 방향을 설정 할 수 있음

3. 연구결과

1) 연구 결과 요약

- ▶ 전체 직업은 평균적으로 약 49%가 기술 발달로 대체될 것으로 나타남. 하지만 1분위수의 값이 6%이고 3분위수의 값이 95%인 것으로 보아 직업 대체에 양극화 현상이 매우 심하다고 할 수 있음
- ▶ 해양수산 관련 직업은 총 19개이며 평균적인 대체 확률은 49%로 전체 직업의 평균과 매우 비슷한 수치임

- ▶ 해양수산 관련 직업의 1분위수는 11%이고 3분위수가 97% 인 것으로 보아 전체 직업 기초통계량과 마찬가지로 직업간의 격차가 매우 큰 것으로 보임
 - 선박갑판원, 선박 객실 승무원 등의 직업 종사자는 마찰적 실업에 대비해야 하며 정부에서는 재교육 등의 정책이 조속히 마련해야 함
 - 대체 확률이 매우 낮은 직업의 직무 특성은 신체적인 활동 및 위험에 노출 정도는 매우 낮은 환경이었으며 상대적으로 다른 직업에 비해 높은 수준의 지식수준과 종합적인 사고를 요구하는 직무특성을 가지고 있음

2) 연구의 정책적 기여

- ▶ 우리나라에서는 해양수산 분야의 다양한 인력양성 프로그램이 시행되고 있으나 직무특성에 기반 한 인력양성 교육 프로그램이 부재
- ▶ 기술혁신이 급격하게 전개될 향후에는 재교육에 대한 필요가 전 연령대에 나타날 것이며, 산업적 변화로 인해 재교육 프로그램에 대한 요구도 증가
- ▶ 기존 노동력에 대한 재교육 강화를 위해서는 현재 역량 수준 인식과 역량 수요에 대한 이해와 더불어 성인 맞춤형 교육 제공, 온라인 및 오프라인을 병행한 교육법의 활용이 필요

3) 연구의 기대효과

- ▶ 디지털화에 따른 해양수산 분야의 직업별 대체 확률을 보다 정확하게 도출하기 위해서는 직무특성을 기반으로 분석을 수행해야 할 필요

가 있으므로 해양수산분야 직종의 직무특성 분석이 선행되어야 함

- ▶ 해양수산 분야의 전문인력 양성 시 4차 산업혁명과 관련된 직무특성을 반영하여 보다 전문적이고 미래지향적인 인력을 양성할 수 있는 기초적인 자료로 활용할 수 있음

A Study on the Estimation of Job Substitution Probability According to Digitalization

Hui-Dae Park · Ki-Youl Lee · Hyong-Mo Jeon · Seung-Wan Ryu

1. Purpose

- ▶ The primary purpose of this study is to analyze the possibility of replacement (replaceability) of an individual job family resulting from technological development represented by the 4th Industrial Revolution, contributing to the stability of the labor market. This analysis was considered given the fact that digital transformation has different effects on the labor market.
- A job family at high risk of substitution is identified based on the estimated replaceability of each job.
- This study gives rise to indicator whereby a preemptive response such as retraining and outplacement is required by identifying a job family at high risk of substitution through estimation job replaceability.
- By understanding job characteristics of a job family at low risk of substitution, this study is able to establish a human resource

training plan, which enables timely supply of workforce required by the era of the 4th Industrial Revolution.

2. Methodology and Feature

1) Methodology

- ▶ This study utilized a principal component analysis, which is an unsupervised learning methodology of machine learning in an effort to estimate the employment substitution rate by job.
- ▶ Dimension reduction and feature extraction were used to analyze major properties primarily targeting high-dimensional data.
 - This statistical methodology was utilized to transform high-dimensional data to nonlinear low-dimensional data for discovery of a new orthogonal basis while maintaining the maximum distribution of high-dimensional data.
- ▶ After extracting variables based on the analysis of major properties, this study carried out logistics regression to estimate the probability of replacement for each job analyzed.
- ▶ Logistic regression methodology is a widely used approach where dependent variables are categorical capable of forecasting the probability of a specific event to take place.
 - When dependent variables are qualitative variables in categorical forms, logistics regression analysis shows higher

goodness-of-fit than linear logistic regression analysis, predicting values within the range of 0 to 1, which corresponds with the definition of probability.

- ▶ The number of jobs considered in this study was a total of 665, 80 jobs of which were labelled as to whether the job could be substituted or not.
- ▶ There are 202 job characteristics per each job covered in this study, and data on job characteristics were integrated with the information of whether a specific job could be replaced or not.
 - After generating a training data set from 80 job characteristics with job labels, this study extracted variables that best explained the relationship between job labelling and job characteristics.
 - After identifying the relationship between the extracted variables and job replaceability, this study derived the possibility of substitution with job characteristics without the label on whether a job could be replaced or not.

2) Feature

- ▶ This study bears its significance in extracting a variety of policy implications by identifying the possibility of job replacement for those engaging in the oceans and fisheries industry. This process also includes comparison with other industries after estimating job replaceability based on job capacities necessary to perform a job.
 - The representation of job replaceability in the form of probability allows intuitive understanding, while contributing to

setting up a direction for retraining and further education by identifying easily replaceable job characteristics.

3. Results

1) Summary

- ▶ Overall, technological development will replace approximately 49% of jobs on average. Since the value of the 1st quantile was 6% and the 3rd quantile was 95%, however, job replacement turned out to be extremely polarized.
- ▶ The number of jobs analyzed in this study that related to oceans and fisheries was 19 and the job replaceability was 49% on average, which was very similar to that of overall jobs.
- ▶ Given that the 1st quantile was 11% and 3rd quantile was 97% of the jobs related to oceans and fisheries, the difference between jobs turned out to be extremely large, which was similar to that of overall jobs.
 - Those working as ship sailors and cabin crews should prepare against frictional unemployment, while the government should immediately establish relevant policy including retraining plans.
 - Characteristics of jobs considered extremely low risk of replacement included a working environment which required low physical activity as well as low exposure to risks. In addition, these jobs require advanced levels of knowledge and comprehensive cognitive ability.

2) Policy suggestions and relevant activities

- ▶ Diverse human resource training programs have been implemented in Korea's oceans and fisheries sector, but fall far short of training programs based on job characteristics.
- ▶ As technological innovation is rapidly accelerating in the future, the necessity of reeducation will be represented in all age groups. Moreover, the demand for reeducation programs will grow resulting from industrial change.
- ▶ Strengthening the reeducation of the existing workforce requires an understanding of current level of labor capacity and capacity demand together with the supply of education programs customized to each jobs and the utilization of online/offline dual instructions.

3) Expected benefits including policy contribution

- ▶ In order to make more accurate estimations on the replaceability of jobs in the oceans and fisheries sector following the digitization, it is necessary to carry out an analysis based on job characteristics. Hence, the analysis on job characteristics relevant to oceans and fisheries should precede first.
- ▶ When nurturing professional workforce in the oceans and fisheries sector, this study can be utilized as basic data for training more specialized and future-oriented human resource by reflecting job characteristics relevant to the 4th Industrial Revolution.

제 1 장

서론

제1절 연구의 배경 및 목적

1. 연구의 배경

최근 인공지능(Artificial Intelligence), 로봇제어(Mobile robotics) 등 신기술의 비약적인 발전, 인공지능 구현을 위한 빅데이터 구축 및 활용으로 노동의 대체에 대한 범위가 지속적으로 확장되고 있다. 과거에는 사람이 할 수 있는 고유의 영역이라고 생각되던 고차원적 사고가 필요한 직업, 숙련도가 필요한 직업 등 많은 직업이 점점 대체되고 있어 이에 대한 우려가 확산되고 있다.

과거 노동의 대체는 대부분 단순하고 반복적인 일로 정형화되어 있는 직업만을 대상으로 생각되었다. 미국 MIT의 노동경제학자 David Autor(2003)는 자동화가 노동시장에 미치는 영향을 분석하였다. 직업을 과업의 조합으로 생각하였고 정형화된 일과 비정형화된

일로 구분하여 직업을 파악하였다. 단순생산직, 정보 기록 및 분류 등 정형화된 업무는 자동화에 의해서 대체가 용이할 것이라고 예측하였다. 하지만 정치인, 연구직, 디자이너 등 비정형화된 업무는 사람의 경험과 훈련을 통해서 숙련도가 상승되고 기존의 없던 것을 창조하는 능력, 여러 가지 상황과 가치 판단 등 종합적인 사고가 필요한 업무들은 학습, 종합적인 사고가 어려운 컴퓨터로 대체가 어려울 것으로 예측하였다. 이런 인식은 폴라니의 역설로 “사람은 말로 표현하는 것보다 더 많이 알고 있다(We know more than we can tell)”로 확인할 수 있다. 즉 컴퓨터와 같은 기술발달의 대체는 특정 영역에만 한정된 것이고 그 이유는 학습, 창의적·종합적 사고 등은 기술이 발달하여도 모방할 수 없다는 것이다.

하지만 최근의 인공지능 기술은 학습이 가능하며, 최종 목표는 인간이 사고하는 것과 100% 똑같이 생각하는 인공지능을 구현하는 것이다. 학습이 가능한 인공지능 기술은 지속적으로 학습 및 지식 습득이 가능하며 휴식 없이 24시간을 계속 학습하여 단시간에 인간보다 더 높은 성과를 내고 있다. 대표적인 사례가 구글의 알파고(AlphaGo)다. 강화학습(Reinforcement learning) 방법으로 바둑의 기본적인 룰을 입력한 후 스스로 학습과정을 통해 기보를 축적하고 축적된 기보를 바탕으로 다양한 상황을 종합적으로 고려하여 빠른 시간 내에 인간의 성과를 뛰어넘었다. 이런 강화학습 기술은 현재에도 지속적으로 개발되어 여러 산업에 적용되고 있다.

과거 기술발달의 역사를 살펴보면 기술발달이 노동시장에 막대한 영향을 주었다. 18세기의 1차 산업혁명은 증기기관의 발달로 시작되었다. 광의의 개념으로 공업화라고 할 수 있으며 이로 인해 가내수공업 직군들이 일자리를 잃게 되었다. 2차 산업혁명은 석유와 전기에

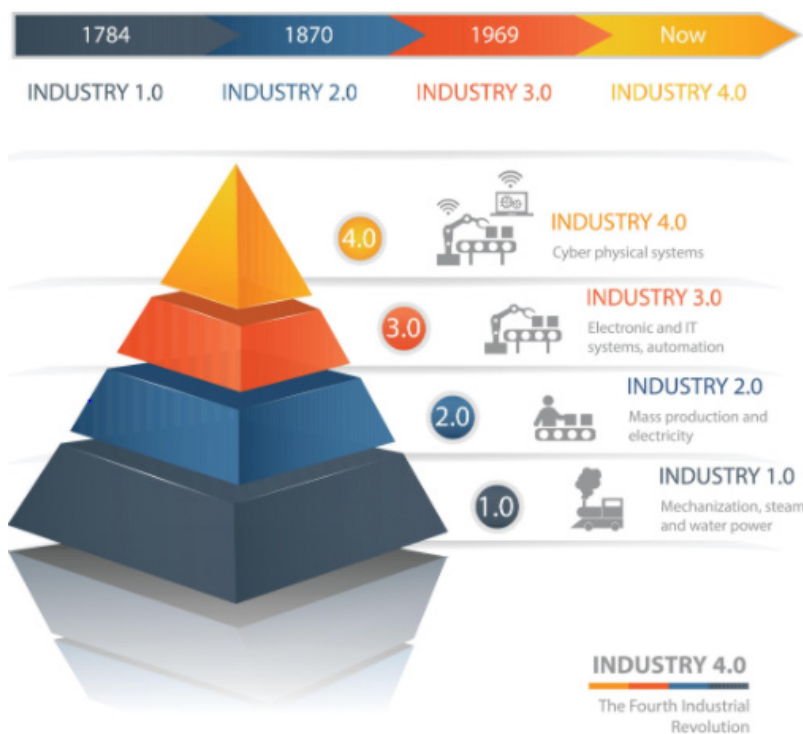
너지 기반의 대량 생산, 중화학 공업으로의 전환 등으로 요약할 수 있다. 2차 산업혁명으로 소비재의 대량 생산, 운송수단의 혁신, 문화의 발달 등 다양한 분야에 영향을 미쳤다. 2차 산업혁명 이후에는 많은 일자리가 창출되어 고용이 급격하게 증가하였다. 3차 산업혁명은 컴퓨터와 인터넷 등의 기술을 바탕으로 생산, 가공, 공유 등이 복합적으로 가능한 과학기술시대가 되었다. 2차 산업혁명에서 대량 생산 체계를 통한 대중화가 중심이었다면 3차 산업혁명은 개인 중심으로 변화하였다. 또한, 많은 산업에 컴퓨터가 도입되어 더 많은 정보를 처리 및 공유하였으며, 이를 기반으로 자동화 시스템을 구축하였다. 자동화 시스템의 도입으로 많은 일자리가 없어졌다. 하지만 서비스 산업 등 새로운 일자리도 창출되었다.

최근에는 4차 산업혁명 시대가 도래하였다고 한다. 4차 산업에 대한 정의는 아직 확립되어 있지 않지만, 일반적으로 사물인터넷(IoT), 로봇공학, 가상현실(VR), 나노바이오기술, 인공지능(AI), 빅데이터 등 신기술을 융합하거나 기존의 있던 것과 별개의 것을 창출하는 파괴적 기술(Disruptive technology)이 핵심이라고 할 수 있다. 이런 신기술은 산업에 지대한 영향을 미치고 있다. 비약적으로 효율성과 생산성이 향상되었고 이를 적용하는 산업이 점차 늘어나고 있다. 이에 따라 로봇, 인공지능 등 신기술 도입으로 대체되는 직군은 일자리가 급격하게 감소하고 있다. 2016년 다보스 세계경제포럼에서 신기술 도입은 “자본과 재능, 최고 지식을 가진 이에게 유리하지만 하위 서비스 종사자는 불리하기 때문에 장기적으로 중산층 붕괴로 이어질 수 있다”라고 언급되었다. 기술발달이 노동시장에만 영향을 미치는 것이 아니라 사회구조를 바꿀 수 있음을 경고한 것이다.

기술발달로 기인한 과거의 산업혁명은 노동시장에 지대한 영향을

미쳤다. 단순히 인간의 노동을 대체하여 일자리 감소만을 가져온 것이 아니라 일자리를 대량으로 증가시키기도 하였다. 최근의 기술발달은 노동시장에 미치는 영향이 직군마다 차별적으로 발생한다. 따라서 기술발달에 따른 직업별 영향을 분석하는 것이 매우 필요한 상황이다.

〈그림 1-1〉 산업혁명의 역사



자료: 게티이미지코리아

2. 연구의 목적

노동시장의 안정은 매우 중요한 문제이다. 한국은 2019년 기준 약

2천만 명의 임금근로자가 있다. 2020년 한국 인구는 대략 5,200만 명 이므로, 임금근로자는 전체인구에서 약 38%를 차지한다. 따라서 노동 시장 전체에 미치는 영향은 국민의 대부분이 받게 될 영향이며, 이는 경제, 정치, 문화 등 사회 전반으로 확대될 것이다.

〈표 1-1〉 임금근로자 추이

단위:천 명

	2015	2016	2017	2018	2019
임금근로자	18,799	19,233	20,006	20,045	20,559
정규직	12,787	13,077	13,428	13,431	13,078
비정규직	6,012	6,156	6,578	6,614	7,481

자료: 통계청 경제활동인구조사 근로형태별 부가조사

기술발달에 따른 산업의 패러다임이 변하면서 노동시장의 새로운 고용구조가 창출되었다. 1차 산업혁명 시대에는 많은 공장이 설립되면서 블루칼라로 불리는 생산직군의 일자리가 새롭게 만들어졌다. 2차 산업혁명 시대에는 생산의 자동화 및 분업으로 생산직군의 일자리가 폭발적으로 증가하였다. 3차 산업혁명 시대에는 자동화로 블루칼라 직군이 크게 감소하였으며 컴퓨터 관련 직군, 정보통신직군 등 화이트칼라 직군이 크게 증가하였다. 역사적인 관점에서 기술발달은 직업군 전반에 영향을 주지만 직업마다 받는 영향은 상이하다. 특정 직군은 크게 감소하나 새로운 직군이 생기는 등 직업마다 받는 영향이 매우 다르다.

따라서 본 연구의 주요한 목적은 디지털 전환이 노동시장에 미치는 영향이 상이하다는 것을 고려하여 4차 산업혁명으로 표현되는 기술발달로 인한 개별 직군의 대체 가능성을 추정하고자 한다. 추정된 직업별 대체 가능성을 바탕으로 대체 위험도가 높은 고위험 직군을 식별할 수 있다. 직업별 대체 가능성 추정을 통해 고위험 직군을 식

별하여 재교육 및 재취업 자리 추천 등 선제적 조치를 취할 수 있다. 또한, 대체도가 낮은 직군의 직무특성을 파악하여 향후 4차 산업혁명 시대에 필요한 인력을 시기적절하게 공급할 수 있는 인력양성 계획을 수립할 수 있다. 개별 직업의 대체 가능성 추정은 안정적인 노동시장을 유지하는 데 중요한 기준이 될 것이다.

제2절 연구 범위 및 방법

1. 연구의 범위

본 연구에서는 기술발전에 따른 노동시장의 변화를 분석하고자 한다. 개별 직업의 대체 가능성을 추정하는 것이 주요한 목적이다. 개별 직업은 시대가 변화함에 따라 새롭게 등장하거나 하나의 직업이 분리되거나 없어지는 등 많은 변화가 있다. 이러한 변화를 파악하기 위하여 통계청에서는 한국표준직업분류를 공표하고 있다. 1963년 최초로 작성된 이후 지속적인 개정을 거쳐 현재는 제7차 한국표준직업분류가 2018년 1월 1일부터 시행되고 있다. 통계청의 한국표준직업분류상에서 세세분류 기준으로는 1,231개로 분류된다. 실제 직업 수는 각각의 세세분류에 많은 직업이 있어 정확하게 추산할 수 없다(〈표1-2〉 참조).

〈표 1-2〉 한국표준직업분류 단계별 항목 수

대분류	중분류	소분류	세분류	세세분류
전체	52	156	450	1,231
1. 관리자	5	16	24	82
2. 전문가 및 관련 종사자	8	44	165	463
3. 사무 종사자	4	9	29	63
4. 서비스 종사자	4	10	36	80
5. 판매 종사자	3	5	15	43
6. 농림·어업 숙련 노동자	3	5	12	29
7. 기능원 및 관련 기능 종사자	9	21	76	198
8. 장치·기계 조작 및 조립 종사자	9	31	65	220
9. 단순노무 종사자	6	12	24	49
A. 군인	1	3	4	4

자료: 통계청, 한국표준직업분류(2017), p. 21

고용노동부와 한국고용정보원이 구축하는 『한국직업사전(2019)』에서도 한국의 직업에 대한 다양한 정보를 제공하고 있다. 1969년 인력개발연구소에서 발간한 『한국직업사전』을 시초로 총 여섯 번의 개정 을 통해 한국의 직업 현황을 파악하고 있다.

〈표 1-3〉 한국직업사전의 직업 수 현황

한국고용직업분류 대분류	본직업	관련직업	유사명칭	합계
0. 경영·사무·금융·보험직	909	931	533	2,373
1. 연구직 및 공학 기술직	1,213	1,326	673	3,212
2. 교육·법률·사회복지·경찰·소방직 및 군인	205	776	122	1,103
3. 보건·의료직	138	78	90	306
4. 예술·디자인·방송·스포츠직	378	507	299	1,184
5. 미용·여행·숙박·음식·경비·청소직	175	133	156	464
6. 영업·판매·운전·운송직	244	589	185	1,018
7. 건설·채굴직	205	288	461	954
8. 설치·정비·생산직	2,498	1,966	1,482	5,946
9. 농림·어업직	110	154	67	331
총 계	6,075	6,748	4,068	16,891

자료: 한국고용정보원(2020), 『한국직업사전(2019)』, p. 7

한국의 직업사전에서는 총 1만 6,891개의 직업을 조사하였다. 『한국직업사전보고서』에도 개별 직업 전체를 파악하는 것에 대한 불가능을 언급하고 있다.

“직업세계 및 노동환경은 기술진보, 경제성장 변화 그리고 정부의 정책 등에 따라 달라질 수 있기 때문에 『한국직업사전』에 수록된 직업정보 역시 절대적인 자료가 될 수 없다.”¹⁾

본 연구에서는 분석자료의 한계로 인하여 한국의 전체 직업에 대하여 분석하지 않고 직업의 직무특성자료가 있는 665개 직업만을 대상으로 한다. 665개는 한국고용정보원에서 직업별 직무특성을 파악하기 위하여 조사한 자료이며 한국의 직업사전, 한국표준직업분류, 미국 노동청 직업 분류 등을 참고하여 선정되었다.

기술발달에 따른 노동시장의 변화는 직업 감소만이 아니라 새로운 직업을 생성하는 것이다. 새롭게 생길 직업에 대한 예측도 중요하나 본 연구에서는 기술발달로 인한 실직이 사회 전반에 미치는 영향이 더욱 크다고 판단하여 일자리 대체에 중점을 두고 있다. 추가적으로 해양수산업 직업 모두를 분석대상으로 삼고 싶었으나 해양수산업 직업에 대한 직무특성 자료가 현저히 부족하여 우선은 직무특성 자료가 조사된 직업만을 분석대상으로 삼고 있다.

2. 연구의 방법

본 연구에서는 가용한 데이터 안에서 직업별 대체 가능성을 추정하였

1) ‘한국직업사전 이용 시 유의사항’ 인용.

다. 직업별 대체 가능성을 추정한 국내·외 선행연구를 다양하게 검토하였다. 기술혁신과 직업의 관계를 파악한 논문과 정책 및 민간 연구소의 연구보고서를 다방면으로 검토하였다. 특히 스마트화로 인식되고 있는 디지털 전환이 노동시장에 미치는 영향을 중점적으로 파악하고자 하였다. 또한, 직업별 대체 가능성 추정에 필요한 다양한 통계적 방법론을 파악하여 추정의 정확성을 높이하고자 했다.

〈표 1-4〉 연구의 흐름도



자료: 저자 작성

제3절 선행연구 검토

1. 해외 선행연구

Frey and Osborne(2013)은 이전 연구들에서 시행한 정형화 업무와 비정형화 업무의 분석틀에 더하여 인공지능의 발전으로 대부분의 비정형화된 업무도 컴퓨터 등을 이용하여 자동화될 수 있다는 것을 고려하여 분석하였다. 이는 기존 연구와 가장 큰 차이점으로, 기존의 분석틀을 벗어나 새롭게 적용된 인식이 이후 연구에서는 보편적으로 적용되었다. Frey and Osborne(2013)은 직무특성을 정의하고 대체 가능하지 않은 직무특성을 도출하였다. 10~20년 후에도 인공지능이 대체하기 힘든 업무 세 가지를 제시하였는데, Creative Intelligence(창의적 지능), Social Intelligence(사회적 지능), Perception and Manipulation(감지 및 조작) 등 병목(bottleneck) 업무다. 이러한 직무특성은 미국 직업정보시스템(O*Net)에서 9개의 직능변수로 구분한 후 정량화하여 제공된다. 즉 개별 직업에 세 가지 병목 업무의 비중이 어느 정도인지에 따라 대체 정도가 다르게 나타난다는 것이다. 분석결과 미국의 일자리는 10~20년에 후에 약 47%가 인공지능에 의해 사라지거나 대체될 것으로 추정되었다.

Arntz, Gregory, and Zierahn(2017)은 개별 직업이 수행해야 할 과업(task)을 파악하여 전산화 가능성을 분석하였다. 이는 기존의 Frey and Osborne(2013)이 직무특성 중심으로 분석한 것과 다른 접근이라고 할 수 있다. Arntz, Gregory, and Zierahn(2016)은 경제협력개발기구(OECD: Organisation for Economic Co-operation and Development) 국가 직업들이 전산화되면 어느 정도 대체되는지를

분석하였다. 분석에 사용된 방법은 기존의 Frey and Osborne(2013)에서 도출한 미국의 개별 직업의 대체 확률과 직업이 수행하는 데 필요한 직무 사이의 관계를 추정한 후 이러한 관계를 다시 이용하여 다른 국가의 직업별 대체 가능성을 추정하였다. 분석에 사용된 데이터는 개인에 대한 설문으로 만들어진 직업과 직무특성 데이터인 PIAAC(The Programme for the International Assessment of Adult Competencies)였기 때문에 개별 종사자가 수행하는 직무 및 직무특성을 정확히 파악할 수 있어서 좀 더 엄밀한 예측이 가능하다고 주장하였다. 연구결과는 선행연구와 다르게 21개 OECD 국가 전체 평균으로는 약 9%의 직업만이 자동화된다고 예측하였다. 특히 한국은 자동화로 인한 대체가 약 6%로 매우 낮은 국가로 분류되었다. 이러한 결과는 기존의 Frey and Osborne(2013)과는 전혀 다른 결과이다.

Arntz, Gregory and Zierahn(2017)의 연구에는 한계점이 존재한다. 직무가 동일하면 동일한 대체 위험을 가진다는 가정이다. 이러한 가정은 직무를 수행할 때 수반되는 조건이 동일하다는 것을 의미한다. 이는 고용 조건, 국가별 직업 문화 등이 동일하다고 간주하는 것이어서 다소 무리한 가정이라고 할 수 있다.

Frey and Osborne(2017)에서는 직무 대체에 대한 표지를 좀 더 객관화하는 작업과 분석방법론을 추가적으로 사용하였다. 옥스퍼드(Oxford) 공과대학에서 업무 자동화와 관련된 워크숍을 개최하여 직업 대체에 관한 설문을 시행하였다. 추가적으로 다양한 분야 전공자들과 함께 O*NET에서 제공하는 미국의 개별 직업의 직무수행능력 정보 중 10~20년 이내에 사라지거나 대체하기 어려울 것으로 생각되는 직무능력을 파악하였다. 설문 및 세미나를 통해서 향후 대체가 어려운 세 가지 능력을 도출한 후 이를 O*NET의 아홉 가지 능력변수

와 매칭하였다. 분석에 사용된 방법은 다양한 종류의 예측모형 중에서 가우시안 프로세스 분류기(Gaussian process classifier)를 이용하였다. 분석결과 대체 확률이 높은 직업군은 운송, 물류, 운영지원 업무를 하는 직군으로 분석되었다.

2. 국내 선행연구

박가열 외(2016, 고용정보원)의 연구는 직업별 업무수행능력을 구분하여 현직에 근무하고 있는 종사자를 대상으로 조사한 후, 설문을 바탕으로 하여 해당 분야의 전문가들이 현재 시점, 2020년, 2025년에 각각 기술에 의해 대체될 확률에 대해 응답한 조사결과를 분석하고, 각 직업 세분류별 업무능력대체비율(WARS)을 산출하였다. 한국의 직업구조 특성을 현실에 맞게 반영하였으며 업무수행능력 수준을 이용하여 해당 분야의 전문가들이 평가하는 인공지능 로봇기술의 대체 수준과 비교하여 기술의 일자리 대체 가능성을 분석하였다. 일자리 대체 민감직종을 분석하여 한국에서 디지털 전환에 의해 대체될 위험성이 높은 직업이 얼마나 되는지 확인하였다. 직종 세분류별 민감확률이 각 직종에서 추정되는 직무역량 수준 및 중요도와 그 역량이 스마트 기술에 의해 대체될 수준을 모두 감안하여 결과를 도출하였다.

분석방법과 분석에 이용한 자료는 첫째, 가장 기초자료가 되는 직종 세분류별 기술 대체위험 일자리 수는 직종별 인원수에 민감확률을 곱해 산출하였다. 둘째, 직종 대분류별로 스마트 기술에 의해 위협해지는 일자리 비중은 직종 세분류 자료의 합을 통해 단순 계산하였다. 셋째, 직종 대분류별로 취합하여 분석할 때에는 사회 전체의

변화 추세를 비교하는 데 초점을 맞추었다. 직종 증분류별로 분석할 때에는 각 직종 대분류 내에서 어떤 직종에서 민감확률이 70%를 넘는지 확인하였고, 이 직종에 취업 중이거나 예상되는 인원은 몇 명인지 등으로 고위험군의 비율을 파악하고 계산하는 것에 초점을 맞추었다. 마지막 단계로 전공별로 스마트 기술발달에 따라 예상되는 위험도는 졸업 직후 취업 시기에 발생하는 위험도로 파악하였다.

직종별 분석결과로 첫째, 2025년을 기준으로 직무능력 대체위험비율이 가장 높은 직종은 단순노무종사자로 업무수행능력의 91.1%가 대체위험에 직면할 것으로 제시되었다. 둘째, 2025년 기준으로 가장 낮은 대체위험을 기록한 직종은 관리직으로 분석되었는데 그 대체비율은 50.0%로 절반을 차지하였다. 셋째, 2020년 기준으로 업무수행능력의 과반수가 대체위험에 직면할 직종으로 단순노무종사자(65.3%), 농림어업 숙련종사자(54.1%), 장치, 기계조작 및 조립종사자(50.3%)의 3개 직종으로 분석되었다. 분석된 3개 직종의 경우 스마트 기술에 의한 고용 대체에 대한 제도적 제약이 없을 경우 급격한 시간 안에 상당한 일자리 상실 위험에 직면하게 될 것이라는 결론을 도출하였다. 전공별 분석결과로는 첫째, 전체 대체위험비율로 취업자에 대한 스마트 기술의 직무능력 대체비율은 2025년 기준 60.4%의 수치를 나타냈다. 둘째, 전공별 대체위험비율은 생각보다 큰 차이가 나타나지 않아 대체적으로 61~63% 사이를 기록하였다. 셋째, 졸업자 중에 스마트 기술에 의해 직무능력이 대체될 위험에 직면할 비율이 가장 높은 항목은 의약계열로 대체비율이 51.7%인 것으로 제시되었다.

이 연구는 한국의 직업구조 특성을 좀 더 명시적으로 적용하여 격차를 줄였고, 현실적이며 구체적인 연구결과를 제시하는 데 초점을 맞추었다. 직업별 현직자를 대상으로 설문조사와 업무수행능력 수준

을 분석하여 전문가들이 평정하는 인공지능 로봇기술의 대체 수준과 비교하였고 기술의 일자리 대체 개연성을 경험적으로 추정하였다.

오은주(2018, 서울연구원)의 연구에서는 서울 시민의 직업을 직무 대체도, 직무대체속도의 두 가지 기준으로 유형화하였다. 직업의 고용위험을 파악하기 위하여 박가열 등(2016)이 추정한 직무대체를 지표로 하여 ‘한국표준직업분류’상의 세분류를 활용하여 404개 직종별로 기술변화에 따라 고용이 대체될 확률인 직무대체도를 산정했다. 각 직업에서 필요한 역량은 한국직업정보시스템(KNOW)에 제시한 읽기, 이해하기, 추론하기 등 44개 항목을 통해 현재 수준과 전환 가능성에 대한 전문가 조사 분석을 활용하여 직무대체도를 추정하였다. ‘지역별 고용조사’에서 서울 통계는 표준직업분류상 중분류에서만 접근 가능하기에 세분류 단위로 측정된 직무대체도 확률을 중분류 수준으로 단순 평균한 결과를 바탕으로 상향 취합하여 서울 직업의 변화를 측정하였다. 2025년 직무대체도(70% 이상)와 2016~2025년 평균 직무대체속도(23.3%)를 기준으로 4개 집단으로 유형화 작업을 진행하였다. 2025년 직무대체도는 직업능력 중 기술로 대체될 가능성이 큰 능력의 비중을 의미한다. 직무대체속도는 2016년과 2025년 사이 직무대체도의 연평균 변화율을 나타내며, 이 기간 동안 직무 성격이 변하는 속도를 나타냈다. 직업 분류에서 앞으로 일자리가 없어질 가능성이 높은 고위험군 분류는 통상적으로 사용하는 직무대체도 70% 이상을 기준으로 결정하였다. 또한 다른 직업 유형 기준인 직무대체속도는 서울 전체 평균인 23.3%를 기준으로 분석하였다.

분석결과, 48개 직종 중 25개가 고용위험을 덜 받는 저위험 직업으로 나타났으며, 화이트칼라는 당분간 고용안정성이 가장 양호한 집단 1(저위험-저변화)로 분류되었다. 고위험 직종은 제조업 종사자,

단순판매직, 단순기계조작직, 노무직 등 전통 제조업 종사자, 단순판매직, 노무직 등이 집단 3(고위험-저변화)에 해당하고, 전기전자/기계제조/운송 관련 기계조작직 등이 집단 4(고위험-고변화)에 해당하는 것으로 나타났다.

오은주(2018, 서울연구원)의 다른 연구에서는 기존 연구의 2025년 직무대체도(70% 이상)와 2016~2025년 평균 직무대체속도(23.3%) 기준으로 4개 집단으로 유형화한 결과를 바탕으로 분석을 진행하였다. 직무대체도와 평균 직무대체속도를 기준으로 48개 직종을 집단 1(저위험-저변화), 집단 2(저위험-고변화), 집단 3(고위험-저변화), 집단 4(고위험-고변화) 등 4개 집단으로 분류하였다. 직무대체도가 70% 이상이면 고위험, 70% 미만이면 저위험을 의미하며, 직무대체속도가 직업 전체 평균인 23.3%보다 크면 고변화, 23.3% 미만이면 저변화를 의미한다. ‘저위험-저변화’인 집단 1은 2025년에도 기술대체가 낮으면서 2016~2025년 사이에 직무성격이 크게 변하지 않는 집단으로, 4개 집단 중 가장 안정적인 직업군이다. 총 48개 직종 중 5개 직종이 해당하며, 공공기업의 고위직, 행정·경영지원 관리직, 금융보험 사무직, 경영·회계 사무직, 운송·여가 서비스직 등이 포함된다. 집단 1 다음으로 고용이 안정적이라고 할 수 있는 집단 2(저위험-고변화)는 2025년에도 여전히 기술대체가 적은 집단이지만 미래에 직무활동의 변화를 겪을 집단이다. 집단 2는 전문적인 능력이나 체함에 따른 숙련이 필요한 직종으로, 법률행정/경영금융/과학/공학/정보통신 등 각 분야의 전문가와 기술자를 포함하였다. 집단 2는 회계사, 외환딜러, 투자분석가, 금융심사원 등 인간의 지적 능력 때문에 기술 대체는 힘들지만 지속적 자기계발이 필요한 직업군 등이 여기에 해당한다. 또한 중간숙련이 필요한 각종 기능직과 영업직이 집단 2에 포함

된다. 집단 3(고위험-저변화)은 이미 기술변화로 인한 대체가 어느 정도 진행되어 큰 변화 없이 계속 고위험군에 속하는 집단으로, 18개 직종이 해당한다. 서울의 대표 제조업인 섬유·신발/의복·가죽/금속·기계/식품가공 등에 종사하는 기능직이나 기계조작직이 가장 열악한 고용 상태인 집단 3에 속하고 있다. 또한 건설·운송·청소 관련 단순노무직, 매장·방문·통신 판매직 등도 집단 3으로 확인되었다. 집단 4(고위험-고변화)는 직무 성격이 변하여 2025년에 고위험군에 속하는 5개 직종으로, 운전운송 관련직, 전기·전자 기계조작직, 기계제조 및 관련 기계조작직, 기타 기능관련직 등이 해당한다. 이를 통해 2015년 서울 취업자의 집단별 세부 구성은 집단 2(저위험-고변화), 집단 3(고위험-저변화), 집단 1(저위험-저변화), 집단 4(고위험-고변화) 순임을 확인하였다.

연구를 통해 저위험군 직종 비중이 증가하는 추세로 서울 노동시장의 긍정적 진화가 예상되고, 기술변화에 따른 노동시장 안정성은 서울이 경기·전국보다 상대적으로 높았다. 저위험군은 상용직 비율이 60% 이상이고 자영업자·일용직 비율은 아주 낮고, 고위험군은 상용직 비율이 상대적으로 낮고 자영업자·일용직 비율은 높음을 제시하였다.

김건우(2018, LG경제연구원)의 연구에서는 주요국을 대상으로 기존 연구들과 같이 미국에서 동일한 직업일 경우 대체 확률이 동일할 것임을 가정하고, 미국의 직업분류와 한국의 직업분류를 연계하여 인공지능이 한국 노동시장에 미칠 파급효과를 살펴보았다.

분석방법으로는 첫째, Frey and Osborne이 미국 노동시장을 대상으로 도출한 대체확률을 미국 표준직업분류(SOC)와 국제노동기구(ILO)의 국제표준직업분류(ISCO) 연계표를 활용해서 국제표준직업분

류 기준으로 전환하였다. 둘째, 국제표준직업분류와 한국표준직업분류(KSCO) 연계표를 활용하여 한국표준직업분류 세분류 기준 423개 직업의 대체 확률로 전환하였다. 한국 기준으로 전환한 대체 확률을 지역별 고용조사 마이크로데이터와 매칭해 직업별, 산업별, 학력별 등 일자리 특성별로 자동화 위험에 노출된 일자리 현황을 분석하였다. 한국의 직업을 기준으로 전환한 직업별 대체 확률을 국내 고용데이터와 결합하여 분석함으로써 자동화 위험에 따라 얼마나 많은 일자리가 분포하는지 현황을 제시하였다. 고용데이터로는 지역별 고용조사의 최신 마이크로데이터를 활용하였다. 지역별 고용조사는 전국 약 20만 가구를 표본으로 하여 통계로 작성하고 직업별, 산업별 소분류 기준으로 세부적인 고용현황을 분석하였다.

인공지능으로 한국의 일자리에 미칠 영향을 분석한 결과 한국의 일자리 중 43%가 자동화될 가능성이 높은 고위험군으로 분석되었다. 특히 3대 고위험 직업과 3대 고위험 산업에 인공지능에 의한 자동화로 대체될 가능성이 높은 취업자가 60% 이상 몰려 있는 것으로 나타났다. 전통적으로 자동화의 영향이 컸던 제조업, 블루칼라 근로자뿐만 아니라 화이트칼라 근로자, 지역 상권의 서비스업 일자리도 인공지능에 의한 자동화에 많이 노출되어 있음을 확인하였다. 학력, 소득이 중간계층일 경우 상대적으로 자동화 위험이 높게 나타난 것도 특징으로 분석되었다.

오은진 외(2018, 2019, 여성정책연구원)의 두 연구에서는 기술발전에 따른 디지털 플랫폼 노동의 확산이 여성 노동에 어떤 영향을 미치고 있는가에 주목하여 분석하였다. 특히 기존 노동시장에서 나타나는 여성 노동의 문제는 진입장벽, 임금에서의 성별 격차, 직종 분리 현상, 여성 집중 직종의 저임금화 등이 있다. 기존 여성 노동의 여

러 문제가 새로운 디지털 네트워크 중심의 노동시장에서는 완화될 가능성이 있는가 아니면 더 가속화될 구조로 갈 것인가, 새롭게 창출되는 노동은 여성의 입장에서 지속가능성 등과 관련하여 다음과 같은 방식으로 연구를 진행하였다.

첫째, 디지털 플랫폼 노동시장의 확대와 관련하여 기존 노동시장에서 여성 노동의 변화를 고용형태 변화를 중심으로 살펴보았고, 디지털 플랫폼 노동시장에서 전체 노동자의 규모 및 여성 노동자 비중 등에 대한 해외사례 및 국내 조사연구 결과에 대해 검토, 분석하였다. 둘째, 해외의 디지털 플랫폼 노동과 관련하여 발견할 수 있는 젠더 이슈와 해외 정책사례 동향을 검토하면서 사회적 보호체계 및 능력개발, 그리고 모부성 보호제도에 대해 분석하였다. 셋째, 디지털 플랫폼 노동과 관련한 국내 실태를 파악하기 위해 디지털 플랫폼 기업 203개와 디지털 플랫폼 노동을 하고 있거나 경험한 적이 있는 노동자를 대상으로 설문 및 초점집단 면담조사를 실시하였다. 이 연구에서 조사대상 기업은 온라인 기반 업무수행을 하는 기업과 종사자, 그리고 지역 기반 호출형 업무를 수행하는 기업을 포함하지만 배달·운송 업무에 해당하는 기업과 종사자는 제외하고 표본을 설계하였다. 배달·운송과 관련한 기업과 종사자가 각 경제(Gig Economy)의 상당수를 차지하고 중요한 연구대상 집단이지만 이들 중 여성의 비중은 더 현격히 낮기 때문에 한정된 된 예산과 기간 등에 따라 본 조사에서는 제외하고 조사를 실시하였다. 배달·운송에 포함되는 호출형 노동자를 제외한 대신 여성들이 전 세계적으로 많이 활동하고 있는 호출형 노동인 가사·돌봄·교육 관련 디지털 플랫폼 노동과 웹 기반 노동에 집중하여 설문조사를 수행하고 이와 관련한 결과를 분석했다.

해당 설문조사에 참여한 디지털 플랫폼 노동자들을 대상으로 어떤

경로를 통해서 디지털 플랫폼을 기반으로 한 업무를 시작했는지에 대한 설문을 하였다. 추가적으로 본인이 수행하는 전체 업무에서 디지털 플랫폼 기반이 어느 정도의 비중을 차지하는지, 어떤 형태의 노동을 하고 있고 그것은 현재 사회적으로 보호받을 수 있는 성격인지, 본인의 삶에서 이 일이 얼마나 만족감을 주고 있는지와 같이 추가적인 디지털 플랫폼 속성에 따라 초점집단을 구성하고 면접을 실시하였다.

분석결과, 디지털 플랫폼 일자리 역시 기존 노동시장에서 발견되는 남녀의 임금격차, 그리고 여성 집중된 직종에서의 낮은 임금 등 직종 분리 현상 등은 유사한 형태로 나타나고 있었다. 더 큰 문제로 지적할 수 있는 것은 이들에게 제공되는 노동이 매우 분절적이어서 이를 경력개발로 이어질 것이라고 생각하지 않는 비중이 매우 높았으며, 그런 인식은 여성에게서 더 심하게 발견되고 있었다.

김현주(2017, 한국문화관광연구원)의 연구에서는 4차 산업혁명 시대 관광산업 일자리 창출을 위한 대학과 산업체, 정부의 상호관계를 바탕으로 지식기반 경제 및 사회 발전을 선도하는 유연한 프레임워크 구축의 필요성을 제시하였다. 이를 바탕으로 관광산업 일자리 창출을 위한 정책 방향을 다음과 같이 제안하였다.

첫째, 관광 분야 일자리 창출을 위한 정책 추진체계에 대한 정비를 제안하였다. 중앙정부, 지자체, 한국관광공사, 관련 협회에서 추진하고 있는 일자리 관련 정책을 체계화하고 정책사업별 대상, 목표, 투입예산, 추진방식 및 효과성 등에 대한 통합적인 데이터 관리 및 분석을 요구하였다. 둘째, 대학 및 기업 주도형 인재 양성을 위한 산학협력 프로그램 확대를 제안하였다. 대학 및 기업 주도형 산학협력을 기반으로 관광산업에서 필요로 하는 인재양성 기반을 마련할 필요성을 나타냈다. 향후 인력 수요가 증가할 것으로 예상되는 공유경제 컨

설턴트, 온라인 마케팅, 빅데이터 분석, 플랫폼 비즈니스 모델 등 4차 산업혁명과 관련한 핵심 분야에서 인력육성의 필요성을 제시하였다. 셋째, 산학연계 기반 프로젝트형 관광 R&D 사업에 대한 지원 확대를 제안하였다. 산학연계를 기반으로 프로젝트형 관광 R&D 사업에 대한 투자를 확대함으로써, 신규 비즈니스모델 창출과 연계한 영역에서 청년 일자리 창출을 유도해야 한다고 제시하였다. 넷째, 청년 창업에 대한 제도적 지원 강화를 제안하였다. 중앙정부, 지자체 등 공공영역에서 관리하는 빅데이터와 공공데이터 등을 통해 창업에 활용할 수 있는 시스템을 구축하고 청년 창업가의 아이디어를 실현할 수 있는 창업지원 환경 조성이 요구된다고 하였다. 또한 지역별 전략관광산업 육성과 연계하여 지역 기반의 관광 비즈니스 창업 허브를 구축할 필요가 있음을 확인하였다. 결론적으로 일자리 창출은 노동력의 수요 및 공급 영역에 해당하는 산학을 기반으로 추진해야 함을 제시하였다. 여기에 민간 차원의 접근에 한계가 있는 취·창업 지원, 인력육성, 재정지원 및 취업 관련 정보 전달체계 구축 등 공공정책의 필요성을 제시하였다.

〈표 1-5〉 선행연구 정리

구분	선행연구와의 차별성		
	연구목적	연구방법	주요 연구내용
1	<ul style="list-style-type: none"> • 제목: The Risk of Automation for jobs in OECD Countries: A comparative Analysis • 연구자(연도): Arntz, Gregory, and Zierahn (2017), OECD • 연구목적: 자동화로 인한 노동대체 추정 	<ul style="list-style-type: none"> • PIAAC 설문조사 • 기존 연구의 추정 관계 사용 	<ul style="list-style-type: none"> • 전산화에 따른 국가별 대체 정도 분석 • 평균적으로 9% 대체 • 한국은 약 6%로 낮은 대체 정도를 보임

구분	선행연구와의 차별성		
	연구목적	연구방법	주요 연구내용
2	<ul style="list-style-type: none"> • 제목: The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? • 연구자(연도): Frey and Osborn(2017), Technological Forecasting and Social Change • 연구목적: 기술발전으로 인한 노동대체 분석 및 추정 	<ul style="list-style-type: none"> • 워크숍 및 설문을 통한 직업 대체 정도 파악 • 대체하기 힘든 직무특성 파악 • 가우시안 프로세스 분류기를 통한 대체 확률 추정 	<ul style="list-style-type: none"> • 직업별 직무수행능력 중 대체 불가능한 능력 파악 • 운송, 물류, 경영지원 업무 등이 높은 대체 확률이 있는 직군으로 예측
3	<ul style="list-style-type: none"> • 과제명: 기술변화에 따른 일자리 영향 연구 • 연구자(연도): 박가열 외(2016, 고용정보원) • 연구목적: 스마트 자동화의 기술변화에 따른 일자리 변동 분석을 통해 일자리 대체 가능성이 높은 직종 제시 	<ul style="list-style-type: none"> • 스마트 자동화와 관련 요인의 일자리 변동에 미치는 영향 설문조사 • 스마트 자동화에 의한 직업별 능력대체비율(WARS)을 로짓모형, 로그모형 적용을 통해 분석범위를 통계적으로 모델링 • 기술혁신에 따른 고용서비스 전달체계에 대한 전문가 자문 	<ul style="list-style-type: none"> • 직업별로 44개 능력에 대해 5점 척도로 응답한 중요도를 가중치로 적용하여 능력 대체비율을 산출 • 직무 수준과 이를 대체할 기술발달 수준 직접 비교 • 모든 직종에서 대체될 위험에 직면할 인원의 비율을 구할 경우 다른 연구에 비해 일자리를 잃을 위험에 직면할 가능성이 더 높게 나타남
4	<ul style="list-style-type: none"> • 과제명: 4차 산업혁명 시대, 서울시 노동시장 진단과 대응방향 • 연구자(연도): 오은주 (2018, 서울연구원) • 연구목적: 기술발전에 따른 일자리 변화에 따른 서울 노동시장의 안정성 진단과 노동시장 정책의 기초 제시 	<ul style="list-style-type: none"> • 직무대체도 확률을 중분류 수준으로 단순 평균, 상향 취합하여 서울 직업의 변화를 측정 • 서울 직업의 고용위험을 파악하기 위해 박가열 등 (2016))이 추정된 직무대체도 지표 활용 • OECD 보고서 분석 	<ul style="list-style-type: none"> • 각 직업에서 필요한 역량 (한국직업정보시스템(KNOW))의 현재 수준과 전환 가능성에 대한 직무대체도를 추정 • 2025년 직무대체도(70% 이상)와 2016~2025년 평균 직무대체속도(23.3%) 기준으로 4개 집단으로 유형화

구분	선행연구와의 차별성		
	연구목적	연구방법	주요 연구내용
5	<ul style="list-style-type: none"> • 과제명: 기술발전이 고용에 미칠 영향을 고려해 직업군 특성별 인력개발정책 시행해야 • 연구자(연도): 오은주 (2018, 서울연구원) • 연구목적: 고용감소 가능성과 속도를 고려하여 인력개발정책의 우선순위 제시 	<ul style="list-style-type: none"> • 능력대체비율(WARS) 지표를 수정 적용한 직무대체도와 직무대체속도를 사용하여 48개 직종을 4개 집단으로 분류 • 인공지능, 고용위험 관련 문헌조사 • OECD 보고서 분석 	<ul style="list-style-type: none"> • 직무대체도(70.0%)와 평균직무대체속도(23.3%)를 기준으로 48개 직종을 집단 1(저위험-저변화), 집단 2(저위험-고변화), 집단 3(고위험-저변화), 집단 4(고위험-고변화) 등 4개 집단으로 분류 • 2015년 서울 취업자의 집단별 세부 구성은 집단 2(저위험-고변화), 집단 3(고위험-저변화), 집단 1(저위험-저변화), 집단 4(고위험-고변화) 순임
6	<ul style="list-style-type: none"> • 과제명: 인공지능에 의한 일자리 위험 진단 • 연구자(연도): 김건우 (2018, LG경제연구원) • 연구목적: 개인과 인공지능으로 인한 경쟁 환경의 변화 대처와 노동시장의 유연안정성 제고를 위한 제도적 기반 마련 	<ul style="list-style-type: none"> • 인공지능이 미치는 노동시장 영향 문헌조사 • OECD 보고서 분석 	<ul style="list-style-type: none"> • 노동시장을 대상으로 도출한 대체확률을 표준직업분류(SOC)와 국제노동기구(ILO)의 국제표준직업분류(ISCO) 연계표를 이용하여 국제표준직업분류 기준으로 전환 • 한국표준직업분류 세분류 기준 423개 직업의 대체확률로 전환 • 인공지능의 발전으로 비정형화된 업무까지 자동화될 경우에도 사회의 양극화 문제가 훨씬 더 심해질 가능성 도출
7	<ul style="list-style-type: none"> • 과제명: 기술발전에 따른 여성 일자리 전망과 대응전략1,2 • 연구자(연도): 오은진 외(2018, 2019, 여성정책연구원) 	<ul style="list-style-type: none"> • 디지털 전환 실태 파악을 위한 기업·전문가 델파이 조사 • 기존 노동시장의 변화와 새로운 노동시장에 대한 초점집단면접 	<ul style="list-style-type: none"> • 전문가 간담회(FGI), 프리랜서, 특수고용 등 비임금근로자 규모 분석, 해외 네트워크 노동과 관련한 실태 분석 • 디지털 플랫폼 일자리 역

구분	선행연구와의 차별성		
	연구목적	연구방법	주요 연구내용
7	<ul style="list-style-type: none"> 연구목적: 네트워크 혁명에 의해 확장되는 디지털 플랫폼 노동이 여성 노동에 어떤 변화를 가져올 것인가에 대한 예측 	<ul style="list-style-type: none"> OECD 자료 분석 및 영국, 프랑스 등의 네트워크 일자리 제도화 과정 검토 	<p>시 기존 노동시장에서 발견되는 남녀의 임금격차, 여성 집중된 직종에서의 낮은 임금 등 직종 분리 현상 등은 유사한 형태로 나타남</p>
8	<ul style="list-style-type: none"> 과제명: 4차 산업혁명과 관광산업 일자리 창출 방향 연구자(연도): 김현주 (2017, 한국문화관광연구원) 연구목적: 일자리 창출 정책을 위한 취업과 창업지원, 직업능력개발과 인력육성을 통한 종합적이고 장기적인 비전 제시 	<ul style="list-style-type: none"> 관광산업 직업별 변화 전망 관련 문헌조사 국가별 정책 분석 	<ul style="list-style-type: none"> 문헌조사를 통한 4차 산업혁명과 노동시장 전망 주요 국가의 일자리 창출 정책사례 분석 4차 산업혁명 시대 관광산업 일자리 창출을 위해 대학, 업계, 정부의 상호관계를 기반으로 지식기반 경제 및 사회 발전을 선도하는 유연한 프레임워크를 구축할 필요성 도출

제 2 장

노동시장 및 인구 전망

노동시장 전망은 어떤 부분에 중점을 두고 분석하느냐에 따라 결과가 다소 상이하다. 경제적인 충격, 신종 바이러스의 영향, 기술발전, 경제활동인구 감소 등 매우 다양한 요인이 동시에 여러 측면에서 영향을 주기 때문에 정확하게 예측하기 매우 어렵다. 따라서 많은 논문 및 연구보고서들 대부분 일정 수준의 가정을 기반으로 연구를 진행한다. 국가 경제성장 전망, 산업별 성장 전망, 인구 변화 등 가정에 기반하여 시나리오 분석을 통해 다양한 결과를 제시하고 있다.

제1절 4차 산업혁명에 따른 인력수요 전망 - 고용노동부

고용노동부의 4차 산업혁명에 따른 인력수요 전망에서는 경제성장 정도를 가정하여 기준전망²⁾과 혁신전망³⁾ 두 가지 시나리오로 구분

2) 4차 산업혁명을 포함한 국내·외 환경변화에 대해 특별한 대책을 강구하지 않고 최근 성장추이가 지속되는 상황을 가정하였다.

하여 예측하였다. 또한, 산업별 성장 전망에서는 산업별 실질성장률 증가 전망을 기준과 혁신으로 구분하여 예측하였다.

〈표 2-1〉 산업별 실질성장률 증가 전망

구분	실 측		시나리오별 전망					
			기준전망			혁신전망		
	'01~'08	'09~'16	'17~'21	'22~'26	'27~'30	'17~'21	'22~'26	'27~'30
전 산업	4.6	3.1	2.9	2.4	2.1	3.1	2.9	2.8
농림어업	2.1	-0.2	0.9	0.6	0.4	1.0	1.0	1.2
광업	-0.2	-0.6	0.6	0.4	0.3	0.7	0.8	1.0
제조업	6.0	4.1	2.4	2.1	1.8	3.0	2.7	2.4
SOC	3.2	1.7	2.0	1.4	1.0	2.1	1.8	1.8
서비스업	4.4	2.9	3.2	2.7	2.3	3.4	3.1	3.1

자료: 고용노동부(2018), 「2016~2030 4차 산업혁명에 따른 인력수요 전망」, p. 3

기준전망은 경쟁 수준 심화, 소비 측면의 감소 등의 이유로 제조업, 서비스업 등 전반적인 산업의 성장폭이 둔화된다는 가정이다. 혁신전망은 기술개발, 소득 증가, 투자 확대, 수출경쟁력 증가 등의 요인으로 전반적인 산업이 지속적인 성장을 한다는 것을 가정하였다. 분석결과 모든 산업군에서 성장이 예상되나 서비스업과 제조업 분야에서 가장 높은 성장을 할 것으로 예측되었다(〈표 2-1〉 참조). 특히 제조업은 기술발달 영향을 가장 빠르고 직접적으로 받기 때문에 가장 높은 성장률을 보인 것으로 판단된다. 서비스 산업은 소비자, 생산자, 사회 서비스 영역 등 고루 성장하지만, 공공행정, 교육 등은 기술발달로 인해 성장이 둔화될 것으로 보인다.

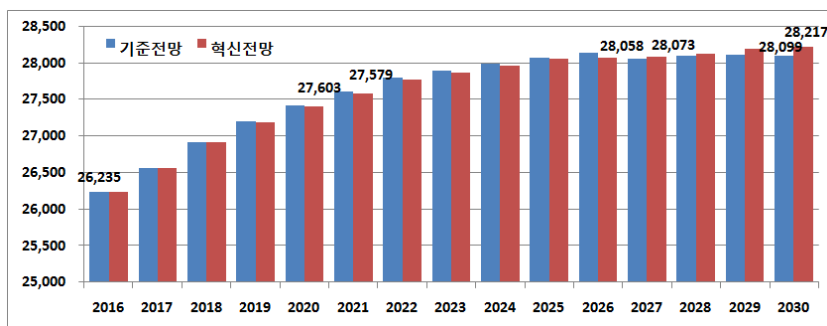
2030년 취업자 수는 약 12만 명 증가할 것으로 예측되었다. 기술

3) 4차 산업혁명에 따른 국내·외 환경변화에 대해 적극적으로 대응, 경제·산업구조 혁신을 통한 성장을 유도하는 상황을 가정하였다.

발달에 따른 경제성장으로 인한 고용증가 규모는 약 46만 명으로 예상되었다. 하지만 로봇기술, 인공지능, 자동화 등 기술발달에 따른 생산성 증가로 인한 일자리 감소는 약 34만 명으로 예상된다. 2023년까지는 꾸준한 성장을 보이고 그 이후에는 일정한 수준을 유지하는 것으로 보인다. 이는 노동생산성 상승으로 인한 취업자 감소보다 기술발달에 따른 경제성장으로 인한 일자리 증가가 더 큰 결과이다. 전망 가정에 따른 취업자 수의 차이가 다소 있다. 2027년 이후 성장률 증가폭이 커서 차이가 발생하는 것으로 보인다(〈그림 2-1〉 참조).

〈그림 2-1〉 전망별 취업자 수

단위: 천 명

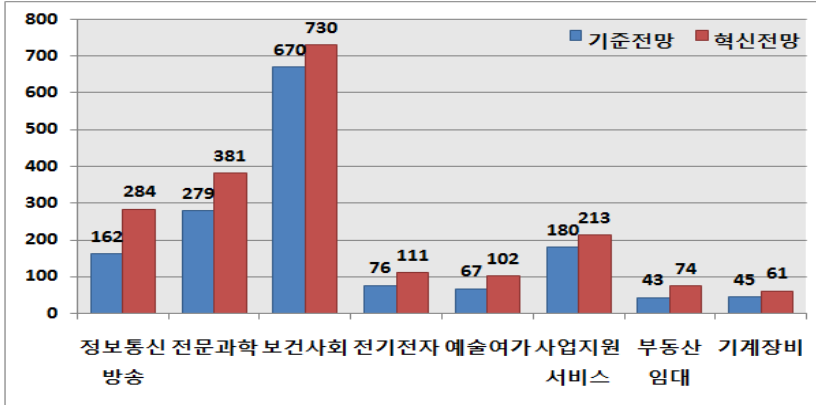


자료: 고용노동부(2018), 「2016~2030 4차 산업혁명에 따른 인력수요 전망」, p. 6

산업별로는 고용증가 산업, 고용감소 산업, 고용유지 산업으로 구분할 수 있다. 고용증가 산업은 정보·통신 서비스업, 전문과학기술 서비스업, 전기·전자·기계산업, 보건·복지 서비스업, 문화·예술·스포츠 등이다(〈그림 2-2〉 참조).

〈그림 2-2〉 고용증가 산업별 취업자 수

단위: 천 명

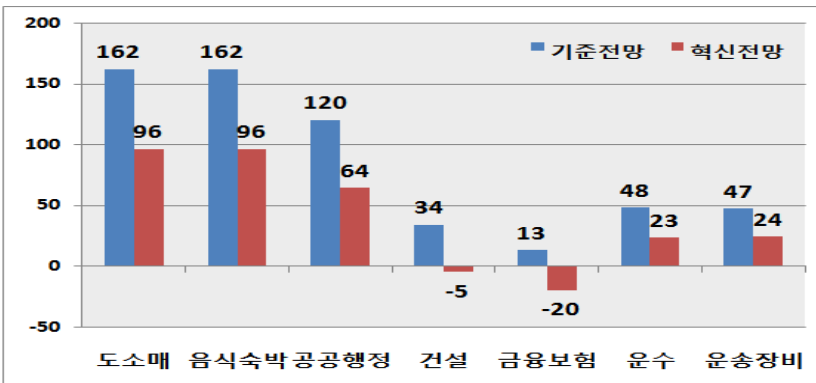


자료: 고용노동부(2018), 「2016~2030 4차 산업혁명에 따른 인력수요 전망」, p. 7

고용감소 산업은 도·소매업, 숙박·음식점업, 공공행정, 금융서비스업, 운수업 등이다. 금융서비스도 대부분 대체될 것으로 예상된다. 이들 산업은 기술발달에 매우 취약한 산업으로 대부분 인공지능에 의한 자동화가 가능한 산업이라고 할 수 있다. 혁신성장이 될수록 고용이 감소하는 경향이 있다(〈그림 2-3〉 참조).

〈그림 2-3〉 고용감소 산업별 취업자 수

단위: 천 명

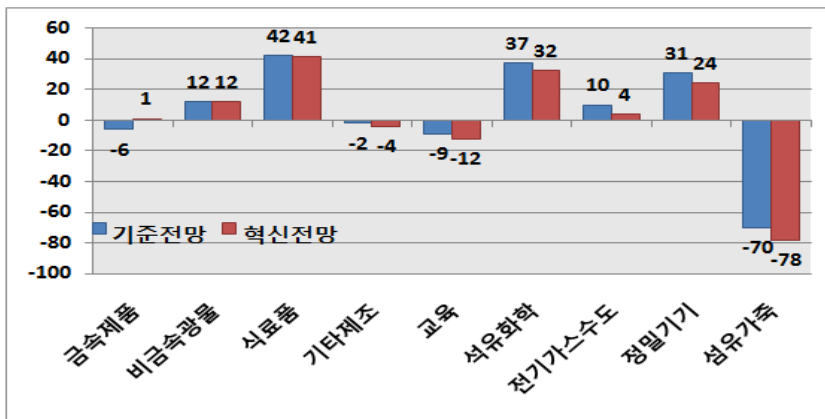


자료: 고용노동부(2018), 「2016~2030 4차 산업혁명에 따른 인력수요 전망」, p. 8

〈그림 2-4〉에서와 같이 고용유지 산업에는 금속제품, 석유화학, 식료품 제조업 등이 있다. 이들 산업은 기술발달로 소폭 성장할 것으로 예상되나, 자동화로 인한 생산성 증가가 공존한다. 고용 증가 및 감소의 효과가 비슷하여 노동시장에 미치는 영향은 크지 않을 것으로 보인다.

〈그림 2-4〉 고용유지 산업별 취업자 수

단위: 천 명



자료: 고용노동부(2018), 「2016~2030 4차 산업혁명에 따른 인력수요 전망」, p. 8

산업별 일자리의 변화뿐만 아니라 개별 직업의 변화도 같이 파악해야 한다. 반복적인 연습과 학습이 필요한 고숙련 직업군에서는 취업자 수가 큰 폭으로 증가하였다. 하지만 단순 반복업무가 대부분인 저숙련 직업군은 증가폭이 크게 둔화 또는 감소하였다. 통계청의 한국표준직업분류 대분류에 따른 취업자 수 예측에서는 일자리가 증가하는 것으로 예측되었다(〈표 2-2〉 참조). 기준전망보다 혁신전망이 다소 높은 취업자 수를 전망하였다. 4차 산업혁명과 직접 관련된 직업을 중심으로 취업자 수가 크게 증가하였다. 특히 정보·통신 전문가, 공학 전문가, 과학기술 전문가 등 신기술 개발 및 적용에 필요한 인력의 수요가 큰 것으로 보인다. 보건·사회복지 서비스직과 의료직

에 대한 수요도 크게 증가할 것으로 보인다. 기술발달에 따라 소득 증가와 여가시간 확대는 문화·예술·스포츠와 소비 증가로 이어져서 관련 분야의 취업자가 크게 증가할 것이다. 반대로 매장 판매종사자 또는 운전·운송 관련직, 청소경비 등 단순노무직은 기술발달로 인해 일자리가 크게 감소할 것으로 보인다. 특히 스마트팩토리, 자율주행 등으로 인해 생산직, 운전·운송 관련 직업은 큰 타격을 받을 것이다 (〈표 2-2〉 참조).

〈표 2-2〉 대분류별 취업자 수 전망

단위: 천 명, %

직업명	취업자			취업자 증감		
	2016년	기준전망	혁신전망	기준전망	혁신전망	혁신-기준
전 체	26,235	28,099	28,217	1,863	1,982	119
관리자	331	321	332	-10	2	12
전문가 및 관련 종사자	5,323	6,167	6,754	844	1,431	587
사무종사자	4,519	4,904	4,979	384	460	76
서비스종사자	2,815	3,160	3,194	345	378	33
판매종사자	3,088	3,205	2,971	117	-117	-234
농림·어업 숙련종사자	1,199	951	957	-249	-243	6
기능원 및 관련 기능종사자	2,365	2,397	2,458	33	94	61
장치, 기계조작 및 조립종사자	3,158	3,340	3,151	182	-7	-189
단순노무종사자	3,437	3,653	3,421	217	-16	-233

자료: 고용노동부(2018), 「2016~2030 4차 산업혁명에 따른 인력수요 전망」, p. 9

제2절 2018 한국의 직업정보(2019) - 한국고용정보원

한국고용정보원은 2001년부터 한국의 산업현장에서 실질적으로 요구되는 핵심적 지식, 성격, 업무수행능력, 가치관, 업무환경, 흥미 및 직업전망, 자격·훈련 등을 조사하여 공표하였다. ‘2018 한국직업정보 재직자 조사’에서는 4차 산업혁명 관련 기술이 어느 정도 직무에서

사용되는지를 조사하였다. 다양한 4차 산업혁명 관련 기술 중에서 여덟 가지 기술(인공지능, 클라우드 시스템, 빅데이터 분석, 사물인터넷, 자동화 로봇, 가상·증강 현실, 3D 프린터, 드론)을 선정하였다. 본 연구에서는 인공지능, 빅데이터 분석, 사물인터넷, 자동화 로봇에 대해서만 결과를 검토하고자 한다.

1. 인공지능

인공지능은 4차 산업혁명 시대를 가장 대표하는 기술이라고 할 수 있다. 전체 응답자 중 빅데이터 분석을 직무에 사용하는 비율⁴⁾이 16.5%이며 자주 사용하는 비율은 7.6%로 나타났다. 한국고용정보원의 직업 대분류 기준으로 인공지능 직무를 가장 많이 사용하는 직군은 연구직 및 공학 기술직(28.8%)으로 나타났다. 그다음으로는 예술·디자인·방송·스포츠직(19.0%), 경영·사무·금융·보험직(18.3%) 순으로 많았다(〈표 2-3〉 참조).

〈표 2-3〉 대분류별 인공지능 적용 정도

단위: %

직업대분류	사용하지 않음	가끔 사용함	자주 사용함
전체(18,176명)	83.5	8.9	7.6
경영·사무·금융·보험직	81.6	9.5	8.8
연구직 및 공학 기술직	71.2	16.0	12.8
교육·법률·사회복지·경찰·소방직 및 군인	83.5	9.5	7.0
보건·의료직	87.8	6.2	6.0
예술·디자인·방송·스포츠직	81.0	10.5	8.5
미용·여행·숙박·음식·경비·청소직	89.1	6.4	4.5
영업·판매·운전·운송직	85.5	7.0	7.5
건설·채굴직	98.3	1.0	0.7
설치·정비·생산직	92.2	4.0	3.8
농림·어업직	94.4	3.0	2.6

자료: 한국고용정보원(2019), 『2018 한국의 직업정보』, p. 114

4) 직무에 사용하는 비율은 가끔 사용하는 비율과 자주 사용하는 비율의 합

2. 빅데이터 분석

빅데이터 분석은 4차 산업혁명 시대에 인공지능 등 다양한 기술이 학습할 수 있는 데이터를 제공해준다는 점에서 매우 중요하다. 전체 응답자 중 빅데이터 분석을 직무에 사용하는 비율이 19.3%이며 자주 사용하는 비율은 4.8%로 나타났다. 한국고용정보원의 직업 대분류를 기준으로 인공지능 직무를 가장 많이 사용하는 직군은 연구직 및 공학 기술직(33.8%)으로 나타났다. 그다음으로는 경영·사무·금융·보험직(28.3%), 예술·디자인·방송·스포츠직(21.8%), 교육·법률·사회복지·경찰·소방직 및 군인(20.0%) 순으로 나타났다(〈표 2-4〉 참조).

〈표 2-4〉 대분류별 빅데이터 분석 적용 정도

단위: %

직업대분류	사용하지 않음	가끔 사용함	자주 사용함
전체(18,176명)	80.7	14.5	4.8
경영·사무·금융·보험직	71.7	20.4	7.9
연구직 및 공학 기술직	66.2	25.4	8.4
교육·법률·사회복지·경찰·소방직 및 군인	80.1	15.1	4.9
보건·의료직	83.2	13.2	3.5
예술·디자인·방송·스포츠직	78.2	16.2	5.6
미용·여행·숙박·음식·경비·청소직	93.0	5.3	1.6
영업·판매·운전·운송직	89.8	8.4	1.8
건설·채굴직	97.9	1.1	1.0
설치·정비·생산직	93.2	5.5	1.3
농림·어업직	95.4	3.3	1.3

자료: 한국고용정보원(2019), 『2018 한국의 직업정보』, p. 118

3. 사물인터넷

사물인터넷은 사물에 센서 및 프로세스 등을 부착하여 실시간으로 데이터를 수집하고 제어, 관리할 수 있는 기술 및 환경을 의미한다.

전체 응답자 중 사물인터넷을 직무에 사용하는 비율이 10.9%이며 자주 사용하는 비율은 3.4%로 나타났다. 한국고용정보원의 직업대분류를 기준으로 사물인터넷을 가장 많이 사용하는 직군은 연구직 및 공학 기술직(16.3%)으로 나타났다. 그다음으로는 예술·디자인·방송·스포츠직(15.0%), 경영·사무·금융·보험직(12.2%), 교육·법률·사회복지·경찰·소방직 및 군인(10.9%) 순으로 나타났다(〈표 2-5〉 참조).

〈표 2-5〉 대분류별 사물인터넷 적용 정도

단위: %

직업대분류	사용하지 않음	가끔 사용함	자주 사용함
전체(18,176명)	89.1	7.5	3.4
경영·사무·금융·보험직	87.8	9.0	3.2
연구직 및 공학 기술직	83.7	11.5	4.8
교육·법률·사회복지·경찰·소방직 및 군인	89.0	7.9	3.0
보건·의료직	92.8	5.4	1.8
예술·디자인·방송·스포츠직	85.0	9.5	5.5
미용·여행·숙박·음식·경비·청소직	92.9	4.6	2.5
영업·판매·운전·운송직	92.9	4.2	2.9
건설·채굴직	96.3	2.9	0.8
설치·정비·생산직	92.9	4.8	2.3
농림·어업직	95.4	2.6	2.0

자료: 한국고용정보원(2019), 『2018 한국의 직업정보』, p. 120

4. 자동화 로봇

자동화 로봇은 사람이 반복적으로 처리해야 하는 업무를 로봇이 대신 처리하는 것을 의미한다. 제조업 생산과정에서 주로 적용되며, 적용범위가 지속적으로 커지고 있다. 자동화 로봇을 직무에 사용하는 비율이 3.6%이며 자주 사용하는 비율은 1.0%로 나타났다. 다른 기술보다 적용된 수준이 미미하다고 할 수 있다. 한국고용정보원의

직업대분류를 기준으로 자동화 로봇을 가장 많이 사용하는 직군은 연구직 및 공학 기술직(6.2%)으로 나타났다. 그다음으로는 설치·정비직(5.5%), 보건·의료직(4.3%) 순으로 나타났다(〈표 2-6〉 참조).

〈표 2-6〉 대분류별 자동화 로봇 정도

단위: %

직업대분류	사용하지 않음	가끔 사용함	자주 사용함
전체(18,176명)	96.4	2.6	1.0
경영·사무·금융·보험직	98.0	1.5	0.5
연구직 및 공학 기술직	93.8	4.6	1.6
교육·법률·사회복지·경찰·소방직 및 군인	97.6	2.0	0.4
보건·의료직	95.7	3.0	1.3
예술·디자인·방송·스포츠직	97.0	2.2	0.8
미용·여행·숙박·음식·경비·청소직	99.6	0.4	0.0
영업·판매·운전·운송직	98.0	1.5	0.5
건설·채굴직	99.0	0.8	0.1
설치·정비·생산직	94.5	3.6	1.9
농림·어업직	98.3	0.7	1.0

자료: 한국고용정보원(2019), 『2018 한국의 직업정보』, p. 123

5. 직업 변화 예측

‘한국직업정보 재직자 조사’에서는 매년 재직자에게 해당 직업의 일자리가 10년 후에 줄어들 것인가, 늘어날 것인가의 정도를 설문조사하고 있다. 재직자의 답변을 감소, 현상유지, 증가로 재조정하여 그 빈도를 직업대분류 및 세세분류별로 분석하여 결과를 제시하고 있다.

10년 후 일자리가 감소할 것이라고 응답한 비율은 45.4%, 현상유지는 28.4%, 증가는 26.2%로 나타났다. 약 절반 정도의 응답자가 일자리가 감소할 것으로 예상하였다. 직업대분류별로 해당 직업의 ‘감소’가

예상될 것으로 가장 많이 응답한 직업은 ‘건설·채굴직’(64.7%)과 ‘설치·정비·생산직’(60.2%), ‘영업·판매·운전·운송직’(55.0%) 순으로 나타났다. ‘증가’라는 응답이 가장 많은 직업은 ‘보건·의료직’(48.0%), ‘미용·여행·숙박·음식·경비·청소직’(36.4%), ‘예술·디자인·방송·스포츠직’(31.5%) 순으로 많았다. 일자리 변화의 전체 평균과 직업대분류별 평균을 비교해보면 전체 평균보다 큰 직업분류는 ‘연구직 및 공학 기술직’, ‘교육·법률·사회복지·경찰·소방직 및 군인’, ‘보건·의료직’, ‘예술·디자인·방송·스포츠직’, ‘미용·여행·숙박·음식·경비·청소직’이다. 반대로 ‘영업·판매·운전·운송직’, ‘건설·채굴직’, ‘설치·정비·생산직’, ‘농림어업직’은 전체 평균보다 감소하는 것으로 예상하는 사람이 더 많았다(〈표 2-7〉참조).

〈표 2-7〉 10년 후 직업대분류별 일자리 변화

단위: %

직업대분류	감소	현상유지	증가
전체(18,176명)	45.4	28.4	26.2
경영·사무·금융·보험직	45.2	31.1	23.7
연구직 및 공학 기술직	37.8	32.4	29.7
교육·법률·사회복지·경찰·소방직 및 군인	47.6	23.3	29.1
보건·의료직	26.4	25.6	48.0
예술·디자인·방송·스포츠직	38.8	29.7	31.5
미용·여행·숙박·음식·경비·청소직	39.1	24.6	36.4
영업·판매·운전·운송직	55.0	26.6	18.4
건설·채굴직	64.7	24.8	10.5
설치·정비·생산직	60.2	25.7	14.1
농림·어업직	54.3	36.4	9.3

자료: 한국고용정보원(2019), 『2018 한국의 직업정보』, p. 138

10년 후 증가할 직업에 대한 조사결과도 추가적으로 제시하고자 한다. 〈표 2-8〉에서 보드시피 일자리가 가장 많이 증가할 것으로 예상되

는 직업은 프로그래머이며, 가장 많이 감소할 것으로 예상되는 직업은 잡지기사로 나타났다(〈표 2-9〉 참조).

〈표 2-8〉 10년 후 일자리 증가 직업(상위 10개)

단위: %, 명

직업명	평균(5점 척도)	'증가' 응답자 비율	응답자 수
프로그래머	4.33	93.3	30
수의사 보조원 (수의간호, 수의테크니션)	4.12	87.9	33
인공지능 전문가	4.10	86.7	30
심리상담 전문가	4.10	83.9	31
사회복지 관리자	4.06	87.1	31
놀이치료사	4.00	93.3	30
요양간호사 및 간병인	3.94	83.9	31
전문간호사	3.90	86.7	30
웹방송 전문가(1인 미디어 콘텐츠 제작자)	3.90	83.3	30
청능사	3.87	80.0	30

자료: 한국고용정보원(2019), 『2018 한국의 직업정보』, p. 140

〈표 2-9〉 10년 후 일자리 감소 직업(상위 10개)

단위: %, 명

직업명	평균(5점 척도)	'증가' 응답자 비율	응답자 수
잡지기자	1.57	83.3	30
어부 및 해녀	1.57	90.0	30
한복 제조원	1.63	93.3	30
통계·설문 조사원	1.67	80.0	30
은행 사무원(출납창구 제외)	1.70	96.7	30
주유원	1.73	83.3	30
출판물 기획자	1.77	86.7	30
광원 채석원 및 석재 절단원	1.80	80.0	30
세탁원(다림질원)	1.81	86.7	30
초등학교 교장 및 교감	1.81	90.3	31

자료: 한국고용정보원(2019), 『2018 한국의 직업정보』, p. 141

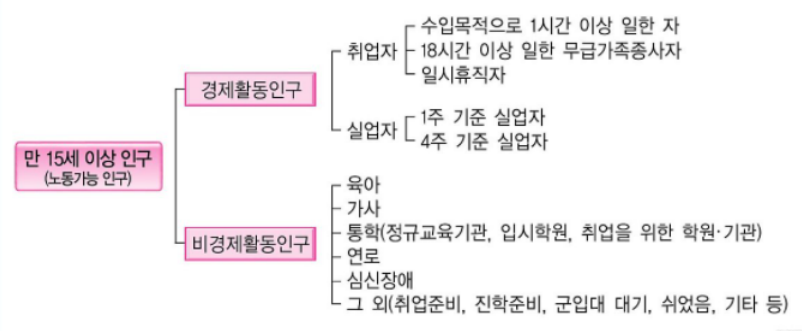
제3절 인구 전망

노동시장 변화 파악을 위해서 다양한 요인이 고려되며, 그중에서도 전체 인구 크기 및 경제활동 인구의 규모는 매우 중요한 요인 중 하나이다. 노동시장의 수요가 일반 기업이라고 하면 공급은 일반 국민이며, 따라서 국가 전체 인구의 변화는 노동시장에 지대한 영향을 미치므로 인구 변화를 파악해야 한다.

인구의 절대적인 크기도 중요 하지만, 특히 생산가능인구와 경제활동인구의 규모 정도가 더욱 중요하다. 일반적으로 생산가능인구는 크게 인구학적 관점과 노동력의 관점에서 정의된다. 먼저 인구학적 관점은 경제활동이 가능한 만 15세부터 64세까지의 인구를 의미하고 노동력의 관점에서는 만 15세 이상 인구를 의미한다. OECD에서는 인구학적 관점을 주로 사용하며, 한국의 경우는 노동력의 관점을 사용하나 상황에 따라 적용되는 관점이 다르다. 경제활동인구는 만 15세 이상의 생산가능인구 중에서 구직활동을 활발하게 하고 있는, 취업이 가능한 인구와 이미 취업한 인구의 합을 의미한다(〈그림 2-5〉참조). 중요한 것은 인구의 감소, 특히 생산가능인구의 감소는 국가의 잠재성장률 하락을 야기한다. 한국은 100명당 노인 인구의 변화가 지속적으로 증가할 것이고 이로 인해 한국의 잠재성장률이 꾸준히 감소할 것이다. 생산 부문의 감소만 있는 것이 아니라 수요 측면에서도 큰 위험이 있다. 통계청에서 발표하는 2019년 가계동향조사에 따르면 한국인은 평균적으로 40대에 가장 많은 소비를 하며 60대부터는 20대보다 낮은 수준으로 소비를 하게 된다. 생산가능인구의 감소는 생산 측면과 수요 측면 모든 측면에 부정적인 영향을 미친다. 또한, 고령층은 투자에 많은 영향을 주는 저축에 대해서 일반적으로

회의적이다. 고정소득이 적고, 기대수명 또한 길지 않아 저축을 많이 할 유인이 적다. 이로 인해 경제 전체의 투자규모에 부정적인 영향을 미친다고 할 수 있다. 인구에 대한 추이, 즉 생산가능인구, 노령층 인구, 남녀 인구 비율, 출산율 등의 인구 추이를 면밀히 파악할 수 있는 다양한 통계지표를 파악하는 것이 노동시장을 정확하게 파악하는 데 매우 중요하다.

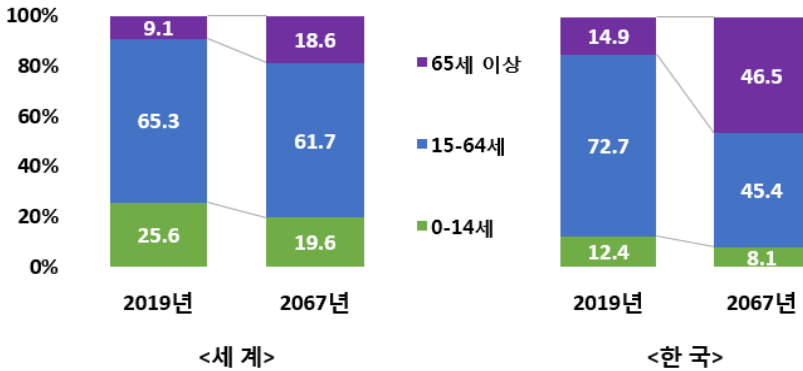
〈그림 2-5〉 경제활동인구 상태별 분류



자료: 통계청

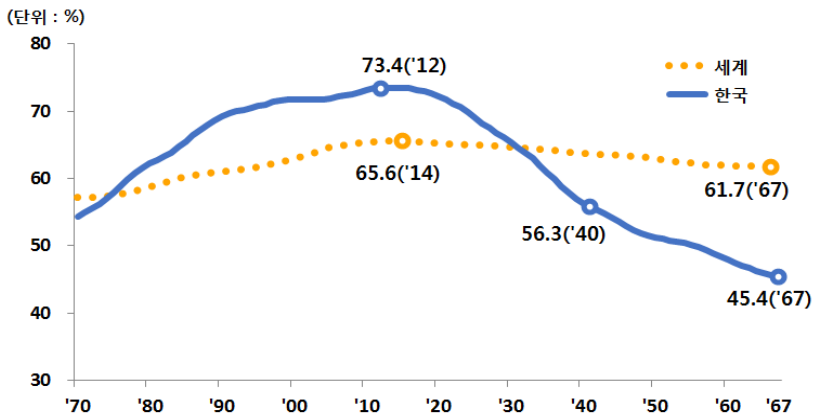
한국의 생산연령인구 추이를 세계 생산연령인구 추이와 비교해 보면 한국은 2012년 73.4%의 정점을 찍고 지속적으로 하락하고 있으며 2067년에는 45.4%가 될 것으로 예측되었다. 생산연령인구가 증가하는 국가는 약 20% 정도였고, 증가 후 감소 국가는 약 22%, 지속적인 감소 국가는 약 15%로 나타났다. 한국은 인구구조의 급격한 변화가 나타날 것으로 예측되었다. 특히 고령층 인구가 31.6%p 증가한 반면 그 외 연령대는 크게 감소하였다. 이는 세계 평균과 비교할 때 고령층 인구 증가속도가 매우 빠른 것으로 볼 수 있다(〈그림 2-6〉 참조).

〈그림 2-6〉 한국과 세계의 인구구조



자료: 2019년 장래인구특별추계를 반영한 세계와 한국의 인구현황 및 전망, p. 12

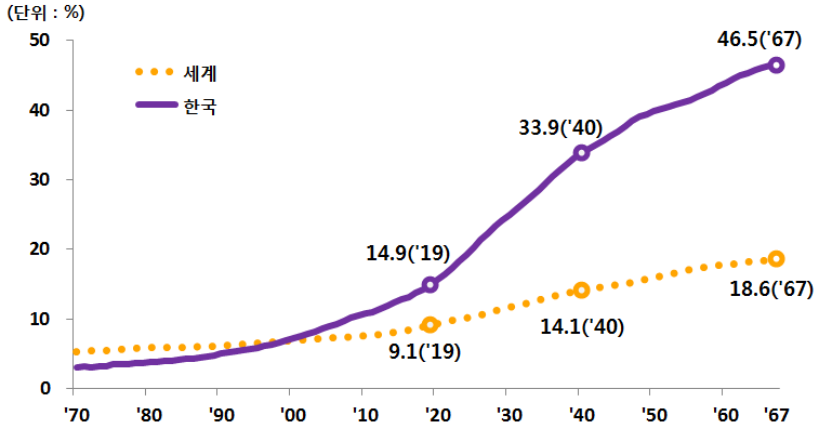
〈그림 2-7〉 한국과 세계의 생산연령인구 구성비 추이



자료: 2019년 장래인구특별추계를 반영한 세계와 한국의 인구현황 및 전망, p. 15

고령인구가 계속 증가하는 국가는 약 73% 정도였고, 증가 후 감소 국가는 약 16%, 지속적인 감소 국가는 약 4%로 나타났다. 고령화는 전 세계적으로 공통적인 현상임을 알 수 있다. 한국의 고령인구는 지속적으로 증가하여 2067년에는 약 46%로 인구의 절반 가까운 규모가 노령인구로 구성될 것으로 보인다(〈그림 2-8〉 참조).

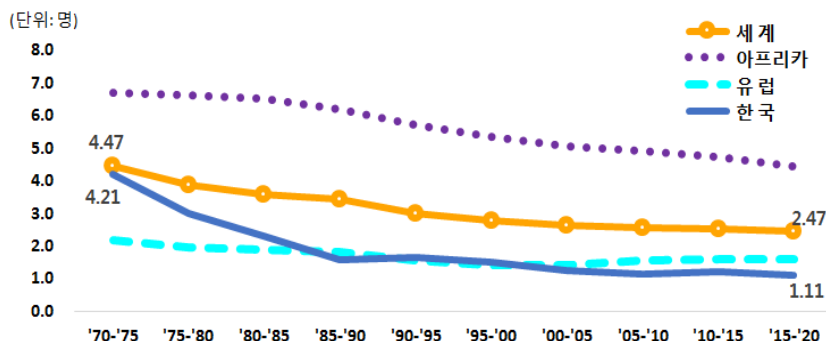
〈그림 2-8〉 한국과 세계의 고령인구 구성비 추이



자료: 2019년 장래인구특별추계를 반영한 세계와 한국의 인구현황 및 전망, p. 15

인구 변화에서 가장 중요한 부분이 출생이라고 할 수 있다. 출생률이 높은 국가는 시간이 지나면 생산 및 소비가 가능한 인구가 크게 증가하여 경제가 성장할 수 있는 중요한 토대가 될 수 있다. 2015~2020년 합계출산율은 세계 2.47명, 북아메리카 1.75명, 유럽 1.61명으로 추정된다. 한국의 합계출산율은 1.11명이며 과거 1970~1975년 4.21명으로 높은 수준을 기록하고 있었으나, 1995~2000년 1.53명으로 하락한 후에도 지속적으로 하락하여 세계적으로 가장 낮은 수치인 1.11명을 기록하고 있다(그림 2-9) 참조). 한국 정부는 다양한 정책을 통해 출산율을 높이려고 하지만 취업, 주거, 보육시설 등 다양한 문제가 복합적으로 결합되어 있어서 정책의 효과가 크게 나타나고 있지 않다.

〈그림 2-9〉 한국과 세계의 합계출산율 추이



자료: 2019년 장래인구특별추계를 반영한 세계와 한국의 인구현황 및 전망, p. 20

인구 변화는 단순히 한 국가의 인구가 많고 적음을 나타내는 것이 아니다. 인구 변화로 사회 전반에 미치는 효과가 어떤 부분에 어느 정도 영향을 미치는지를 종합적으로 파악하고 대응하는 것이다. 하지만 이러한 영향의 정도 및 영향을 받는 부분을 예측하는 것은 매우 어렵다. 또한 어떤 연령층이 증감의 대상인지에 따라 사회 전반에 미치는 영향은 상이하다. 이런 인구 변화의 효과가 사회·경제·정치·문화 등 모든 영역에 지속적으로 영향을 미치므로 전체적인 사고를 통한 파악이 필요하다. 한국의 경우 저출산 시대에 태어난 세대가 사회의 주축이 될 때 한국 사회가 어떻게 변하게 될 것인가에 대한 준비가 시급하다.

제 3 장

분석자료 및 분석방법

제1절 분석자료

본 연구에서 직업별 고용 대체확률 추정에 사용된 자료는 크게 두 가지이다. 먼저 개별 직업을 보다 쉽게 분석할 수 있도록 해당 직업을 적절히 수행할 수 있는 능력의 조합으로 바꾸는 자료가 필요하다. 직업별 직무능력 자료를 통하여 개별 직업을 직무능력의 조합으로 변형할 수 있다. 이를 통해 디지털 전환으로 어떤 능력이 가장 대체되기 쉬우며, 다양한 직무능력 조합 중에서 어떤 직무능력 조합이 대체되기 쉬운지 등의 분석을 좀 더 정확하고 쉽게 할 수 있게 된다.

직무능력으로 분석하는 방법은 두 가지 장점이 있다. 첫째, 모든 직업을 고려하지 않아도 된다. 모든 직업을 고려하는 것은 현실적으로 매우 어렵다. 구분 기준이 명확하지 않으며 정확한 수를 알 수 없고 안다고 하여도 매우 커서 분석에 사용하기 어렵다. 한국고용정보원의 『2020년 직업사전』에만 총 1만 6,891개의 개별 직업이 있어 이

것을 모두 고려하는 것은 많은 시간과 비용이 필요하다. 하지만 직무 능력 단위의 조합으로 축소하게 되면 고려한 직무능력의 개수로 직업을 표현할 수 있어 보다 간단하면서 정확하게 분석할 수 있다. 또한, 디지털 전환 등 기술발달로 직업이 대체되는 것이 아니라 특정 능력이 대체되어 그 능력이 주요하게 필요로 하는 직업이 대체되는 현실을 보다 잘 설명할 수 있다. 즉 디지털 전환으로 대체되기 용이한 능력을 파악하고 그 능력이 중요한 직업을 다시 파악함으로써 보다 정확하게 직업의 대체를 파악할 수 있다.

두 번째로 필요한 자료는 디지털 전환, 로봇 도입 등 다양한 기술 발전으로 고용 대체를 확신할 수 있는 직업이 어떤 것인지에 관한 자료이다. 예를 들면 ‘전화교환원은 기술발전으로 인해 대체된다’ 등의 자료를 의미한다. 가능한 많은 직업에 대해서 ‘대체가 된다’ 혹은 ‘대체가 되지 않는다’의 대체 여부를 나타내는 표지가 필요하다. 하지만 직업의 수가 매우 많아 모든 직업에 대한 표지를 얻을 수 없으며 해당 직업의 대체에 관한 판단은 객관적이지 않을 수 있다. 가능한 수의 직업 대체에 관한 표지를 확보한 후 통계적 방법론을 이용한 예측이 필요하다. 추가적으로 고려해야 할 사항은 직업 대체에 관한 표지의 신뢰성 및 객관성이다. 표지의 신뢰성 및 객관성 여부는 개별 연구자에 따라 기술발달의 정도 및 직업의 직무능력의 중요도를 다르게 판단한다면 해당 직업의 대체 여부를 다르게 생각할 수 있다.

본 연구에서는 이러한 객관성을 확보하기 위하여 다양한 분야의 전문가 자료를 기반으로 분석하였다. 해외에서 직업의 대체를 판단한 자료와 국내 자료를 동시에 고려하여 분석하였다. 해외자료는 옥스퍼드 공과대학 소속 연구자들의 분석결과를 사용하였으며, 국내에서는 고용노동부, 한국노동연구원, 한국고용정보원, 민간 컨설팅사

및 개별 연구자들의 직업별 대체 정도를 나타낸 표지를 복합적으로 사용하여 보다 객관적으로 분석하였다.

1. 한국직업정보 시스템

본 연구에서 사용한 자료는 한국고용정보원에서 작성 및 배포하고 있는 한국직업정보(KNOW: Korea Network for Occupations and Workers) 재직자 조사를 사용하였다. 한국직업정보는 청소년부터 노년층까지 전 연령의 진로 상담, 취업, 경력 설계, 재취업, 은퇴 후 구직 등의 의사결정에 필요한 기초 자료를 제공하기 위하여 한국의 대표적 직업⁵⁾의 직업 요구 능력, 업무환경 등 다양한 정보를 상세히 제공하고 있다. 한국직업정보는 미국의 O*Net(Occupational Information Network)⁶⁾을 벤치마킹하여 2001년부터 조사하여 공표하고 있다. 한국직업정보는 워크넷 홈페이지(www.wokr.go.kr)를 통해 이용 가능하다. 한국고용정보원이 매년 조사하여 최신 직업정보를 워크넷 홈페이지에 공개하고 있다. 2018년 한국직업정보 조사에서는 한국직업정보 직업 단위 811개와 2018년 한국고용직업분류(KECO: Korea Employment Classification of Occupations) 세분류 및 세세분류 수준까지 고려하여 조사직업 대상을 선정하였다. 매년 주요 조사영역을 선정하여 한 분야에 대해서는 좀 더 깊은 조사를 시행하고 있다. 최근 5개년의 재직자 조사 연혁을 살펴보면 <표 3-1>과 같다.

5) 한국고용정보원에서 발행한 2018년 한국의 직업정보에 따르면, 2019년 6월 기준 800개가 넘는 직업정보를 제공하고 있다.

6) O*Net(Occupational Information Network)은 학생, 구직자, 기업 및 인력 개발 전문가가 미국 직업의 특성을 이해할 수 있도록 수백 가지 직업 정의가 있는 데이터베이스이며, 미국 노동청에서 제작, 관리하고 있다.

〈표 3-1〉 한국직업정보 조사 연혁

연도	한국직업정보 조사 정보	주요조사영역
2014	• 14차 연도 재직자 조사 (730개 직업 25,550명)	업무환경·흥미
2015	• 15차 연도 재직자 조사 (736개 직업 약 24,288명)	업무수행능력·가치관
2016	• 16차 연도 재직자 조사 (재직자 조사 - 639개 직업 19,827명) (일반업무활동 - 92개 직업 1,006명)	재직자 조사, 일반 업무활동(Pilot)
2017	• 17차 연도 재직자 조사 (632개 직업 20,688명) · 14개 신규직업	일반 업무활동
2018	• 18차 연도 재직자 조사 (600개 직업 18,176명)	업무환경, 흥미

자료: 한국고용정보원(2019), 『2018 한국의 직업정보』, p. 4

한국직업조사에서는 1년 이상 해당 직무에 종사한 현직자를 대상으로 수행업무와 필요지식, 업무환경 등 전문 면접원과 대면 설문을 통해 자료를 수집한다. 조사대상 구분 시 임금근로자의 경우에는 사업체 단위에서 구분한 후 직업별로 표본추출을 한다. 비임금근로자 혹은 개인사업자와 같은 비상근 직군은 조사가 매우 어렵다. 비상근 직군은 개인 단위로 구분하여 표본추출을 한다. 사업체 단위에서는 한국고용직업분류의 세분류를 기준으로 각 직업당 30명이 조사될 때까지 사업체 단위로 조사하였다. 개인 단위는 권역, 종사자 규모 등을 고려하여 할당된 수만큼 표본을 눈덩이 표집(Snow-balling)⁷⁾ 방법을 사용하여 수집하였다.

한국직업정보에서 제공하는 개별 직업능력 정보는 ‘수행하는 일’,

7) 사전에 모집단의 규모를 정확히 알 수 없고 조사 대상자에게 접근이 어려울 경우에 사용하는 방법이다. 처음에는 소규모의 대상자를 선정하여 시작한 다음 이 응답자를 통해 비슷한 속성을 가진 다른 대상자를 소개하도록 하여 대상자를 늘려가면서 조사한다.

‘교육·훈련·자격’, ‘임금·직업만족도·일자리 전망’, ‘업무수행능력·지식·환경·성격·흥미·가치관·업무활동’ 등이 있다. 지식수준, 업무환경 등 해당 직업을 수행하기 위한 내용이 포괄적으로 포함되어 있다. 또한, 한국직업정보는 직업에 관한 여러 정보를 정량화하여 수치를 제공하는데 이것이 다른 조사에 비해 가지는 장점이다. 직업별 임금수준, 학력수준, 학과(계열) 출신 정보, 직업만족도, 일자리 전망 같은 개별 직업의 종사자 특성이나 인식을 백분위 점수나 빈도 등의 정보를 통해 제공한다. 추가적으로 직업의 특성 등을 다른 직업의 특성과 비교할 수 있도록 백분위 점수로 제공하고 있다는 점도 장점이라고 할 수 있다.

2. 직업표지

직업표지는 해당 직업이 미래에 대체되는 여부에 대한 정보를 의미한다. 각 분야의 전문가들이 직업의 직무특성과 미래 변화를 예측하여 개별 직업마다 대체 여부에 대한 정보를 제시한다. 본 연구에서 사용한 직업표지 자료는 총 5개이다. Frey and Osborne(2017), 고용노동부와 한국고용정보원의 「2017 직업전망」, 박가열 외(2016)의 『2030 미래직업』, 김한준 외(2017)의 『4차시대 신직업』, 삼정KPMG의 컨설팅 보고서들을 기반으로 표지를 작성하였다. 그 외 보고서들도 직업 대체에 관련된 표지가 있었지만 중복되는 내용이 있어서 위의 자료만을 이용하였다.

Frey and Osborne(2017)은 옥스퍼드 공과대학에서 업무 자동화에 대한 워크숍⁸⁾을 개최하였는데, 참석한 연구자들을 대상으로 설문조

8) Frey and Osborne(2017), “Examining the automatability of a wide range of tasks”.

사를 진행하였다. 다양한 질문 중에서 ‘빅데이터와 최신 기술을 고려하였을 때, 이 직업의 직무가 충분히 명료하게 설명될 수 있다면 컴퓨터로 이 직업을 수행하는 것이 가능한지’를 조사하였다.⁹⁾ Frey and Osborne은 이 질문을 통해 대체 표지를 정하였다. 답변 중에서 해당 직업이 확실히 대체될 것이라고 답한 직업에 대해서는 1을 부여하였고 그 외 직업에서는 0으로 표지하였다. 총 70개의 직업에 대해서 대체되는 직업이 37개이고 대체되지 않는 직업이 33개였다. 미국과 한국의 직업분류코드 연계표를 이용하여 Frey and Osborne이 조사한 직업의 표지를 한국 직업으로 변환하였다.¹⁰⁾

국내에서 분석한 직업의 대체표지에 대한 자료는 보고서마다 표지한 직업의 수와 이름이 상이하였다. 같은 직업에 대해서 서로 다르게 전망을 한 경우가 있었다. 분석의 객관성을 확보하기 위하여 직업에 대한 표지 정보를 보수적으로 사용했다. 즉 최소한 2개 이상의 보고서에서 동일한 전망을 한 것만 분석에 사용하였다. 보고서마다 상이한 전망을 나타낸 경우에는 그 직업 자체를 표지하는 직업 리스트에서 제외하였다. 직업의 미래를 판단하는 전문가 간 일치하지 않는 의견이 있는 직업은 표지하지 않은 것이 분석의 객관성을 확보하는 방법이고 Frey and Osborne도 같은 기준을 적용하였다.¹¹⁾

9) Frey and Osborne(2017), “Can the tasks of this job be sufficiently specified, conditional on the availability of big data, to be performed by state of the art computer-controlled equipment”.

10) Frey and Osborne(2017). 직업을 한국 직업으로 변환하여 만든 표지는 <부록 1>에 제시하였다.

11) 국내 직업 대체표지는 <부록 2>에 제시하였다.

제2절 분석방법

본 연구에서는 직업별 고용대체 확률을 추정하기 위하여 머신러닝의 비지도학습(Unsupervised learning) 방법론 중에서 주성분 분석(Principal component analysis)을 사용하였다. 주성분 분석은 차원 축소(Dimension reduction)와 변수 추출(Feature extraction) 기법으로 Karl Person이 1901년에 소개한 주축정리이론(Principal axis theorem)과 유사하게 처음 제기되었으며, 향후 Harold Hotelling(1933)에 의해 개념이 정립되었다.

주성분 분석을 통해 변수 추출을 한 후에는 로지스틱 회귀분석을 하여 직업별 대체확률을 추정한다. 로지스틱 회귀분석은 일반적으로 종속변수가 범주형(Categorical)인 경우 많이 사용되는 방법이다. 질적 반응변수의 예측은 개별 관측치들을 분류하는 것과 같은 개념이다. 즉 개별 관측치를 0이라는 범주로 할당하거나 1이라는 범주로 할당하는 문제로 생각할 수 있다. 범주로 할당하는 문제는 기존의 회귀분석과 달리 종속변수를 직접 모델링하지 않고 종속변수가 특정 범주에 포함될 확률을 모델링한다.

본 연구에서 고려된 직업은 총 665개의 직업이다. 이 중에서 80개의 직업은 대체 여부가 표시된 표지가 있는 자료이다. 665개의 직업 중에서 표지가 있는 58개를 제외한 607개 직업의 대체 정도를 예측하는 것이 추정의 주요한 목표이다. 직업별로 총 202개의 직무특성 자료가 있다. 직무특성 자료와 직업의 대체 여부 정보가 있는 자료를 결합한다. 직업표지가 있는 80개의 직무특성을 가지고 훈련 데이터(Training data set)를 만든다. 직업표지와 직무특성의 관계를 가장 잘 설명할 수 있는 변수를 추출한다. 추출된 변수를 가지고 변수와

직업 대체성과의 관계를 파악한다. 파악한 관계를 바탕으로 직업 대체성 표지가 없는 직업 특성자료를 이용해 대체될 확률을 도출한다. 추정의 자세한 과정은 아래와 같다.

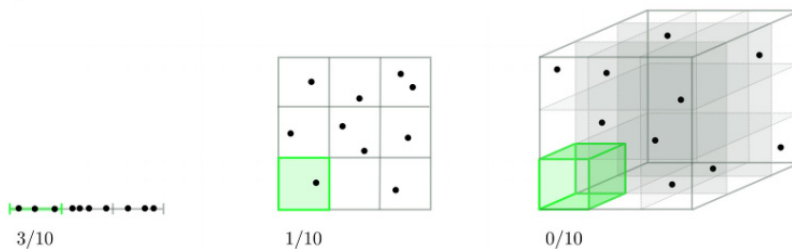
1. 분석자료: 직업과 해당 직업의 직무능력 조합
2. 분야별 전문가 집단에 의해서 개별 직업의 대체 여부 판정: 개별 직업이 대체되면 1, 대체되지 않으면 0으로 직업표지 부여
3. 주성분 분석을 이용하여 표지가 부여된 직업에 대한 직무특성과의 관계를 추정하여 변수를 추출, 즉 직무특성과 직업표지 간의 관계를 추정
4. 추출된 변수를 가지고 표지가 있는 직업에 대해서 로지스틱 회귀분석 수행
5. 로지스틱 회귀분석을 통해 파악한 변수의 계수 값을 이용하여 다른 직업의 대체확률을 추정

1. 주성분 분석

주성분 분석은 하나의 관측 대상에 대해 많은 특성값이 있는 고차원 데이터(High dimension)의 경우 많이 사용된다. 고차원 데이터의 분산을 최대한 유지하면서 서로 직교(Orthogonal)하는 새 기저(Basis)를 찾아서 고차원 데이터를 선형 연관성이 없는 저차원 데이터로 변환하는 통계기법이다. 즉 데이터 하나의 구성요소의 값을 알고 이 데이터와 강한 상관관계를 가지는 다른 데이터를 추정할 수 있다. 다차원 데이터 분석에서 하나의 구성요소 분석을 통해 다른 데이터를 파악하는 것이다.

본 연구에서 분석하는 자료는 고차원 데이터라는 특징이 있다. 즉, 직업의 특성에 비해 개별 직업 관측치의 수가 현저히 작다고 할 수 있다. 이러한 상황을 보통 ‘차원의 저주(Curse of dimension)’라고 표현한다. 일반적으로 적절한 추정을 위해서는 데이터의 특성이 하나 증가하게 되면 필요한 관측치의 수는 기하급수적으로 증가해야 한다.

〈그림 3-1〉 데이터 특성 차원의 크기와 관측치 수의 관계



자료: <http://jermwatt.github.io/>(검색일: 2020. 8. 20)

〈그림 3-1〉을 보면 특성 차원이 증가할수록 데이터 공간의 부피가 기하급수적으로 증가하여 전체에서 데이터 밀도가 급격하게 감소한다. 데이터 간의 거리가 증가하게 되므로 이러한 상황을 고려하지 않고 분석하게 되면 과적합(Overfitting)의 문제가 발생할 수 있다. 이러한 차원의 저주 문제를 해결하는 방법으로 데이터 관측치의 수를 늘리는 방법이 있지만, 현실적으로는 불가능한 경우가 많다.

차원 축소의 방법은 크게 변수 선택과 변수 추출로 나눌 수 있다. 변수 선택의 대표적인 예가 LASSO(Least absolute shrinkage and selection operator), 능형회귀(Ridge regression), 부분집합 선택법(Subset selection) 등이다. 변수 선택 방법들은 기존 변수 가운데 일부분만을 활용하는 방식이다. 변수 추출법은 기존 변수를 조합하여 새로운 변수를 만드는 방법으로 대표적인 예가 주성분 분석이다. 본 연

구에서는 직업이라는 것이 몇몇 특성만으로 결정되는 것이 아니라 모든 직무특성이 필요하고 그중에서 중요도만 차이가 있다고 생각하는 것이 적합하다고 판단하여 주성분 분석을 사용하였다.

주성분을 도출하는 방법은 특성변수의 선형결합을 통해 새로운 변수를 만드는 것이다. 특성변수가 p 개, 관측치가 n 개 있다고 하면 $X(p \times n)$ 로 특성변수를 정의할 수 있다. 새로운 변수 z 를 적절한 선형결합으로 만들어야 한다.

$$z_1 = \alpha_{11}x_1 + \alpha_{21}x_2 + \cdots \alpha_{p1}x_p$$

z_1 이 첫 번째 주성분이라면 가장 큰 분산을 가지게 되며 이러한 변수들은 특성변수 x 의 정규화된(Normalized) 선형결합이다. 즉 계수가 정규화된다는 의미는 $\sum_{j=1}^p \alpha_{j1}^2 = 1$ 이다. 계수들은 첫 번째 주성분의 로딩(Loadings)이라고 하고 이러한 벡터들을 모아서 주성분 로딩 벡터를 만든다. 각 변수 x 의 평균이 0이 되게 조정한 후 계수 정규화 가정하에서 가장 큰 분산을 가지는 형태의 선형결합을 찾는다.

$$z_{i1} = \alpha_{11}x_{i1} + \alpha_{21}x_{i2} + \cdots \alpha_{p1}x_{ip}$$

즉 최적화 문제로 정리하면 다음과 같다.

$$\max_{\alpha_{11}, \dots, \alpha_{p1}} \left\{ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^p \alpha_{j1} x_{ij} \right)^2 \right\} \text{ subject to } \sum_{j=1}^p \alpha_{j1}^2 = 1$$

위의 최적화 문제의 목적함수는 단순히 n 개 z_{i1} 값의 표본 분산을

최대화하는 것이고 이는 개별 주성분이 가능한 한 많은 특성의 정보(분산)를 설명하는 것을 목적으로 구성된 것이다.

2. 로지스틱 회귀분석

로지스틱 회귀는 영국의 통계학자인 D. R. Cox가 1958년에 제안한 모형이다. 이 방법은 독립변수의 선형결합을 이용하여 특정 사건이 발생할 확률을 예측할 수 있다. 로지스틱 회귀를 이해하기 위해서는 오즈(Odds)와 로짓 변환에 대한 사전지식이 필요하다. 오즈는 실패에 비해 성공할 확률의 비율을 의미한다. $Odds = p / 1-p$ 로 정의되며 p 는 성공확률을 의미한다. 예를 들면 대체확률이 1/5이고 대체되지 않을 확률이 4/5인 경우 오즈는 1/4의 값이 도출된다. 1/4의 의미는 5번 중에서 4번 대체되지 않을 동안 1번 대체된다는 것을 나타낸다. 이러한 오즈에 로그를 취한 것이 로짓(Logit)이다.

$$Logit = \log(Odds) = \log\left(\frac{p}{1-p}\right)$$

특성변수가 1개인 상황인 경우 로지스틱 회귀분석 식은 아래와 같다.

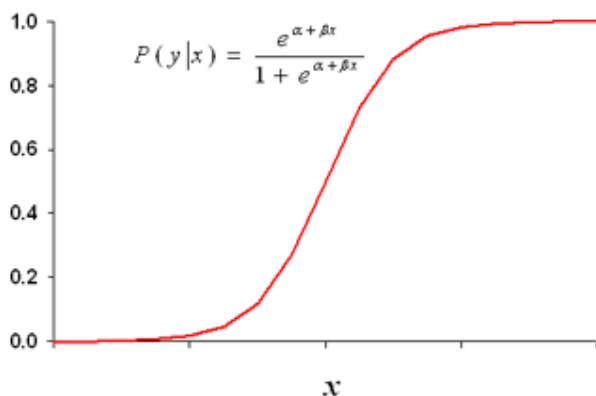
$$\log\left(\frac{p}{1-p}\right) = \alpha + \beta X$$

$$\frac{p}{1-p} = e^{\alpha + \beta X}$$

$$P = \frac{e^{\alpha + \beta X}}{1 + e^{\alpha + \beta X}}$$

위의 식을 x 에 대한 그래프로 나타내면 <그림 3-2>와 같다.

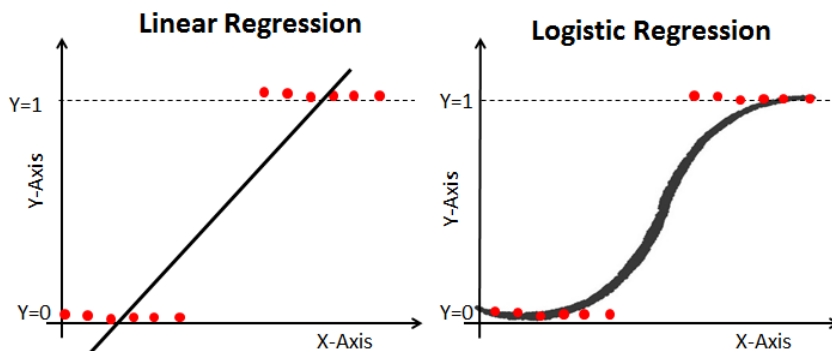
<그림 3-2> 로지스틱 함수



자료: <https://nittaku.tistory.com/478>(검색일: 2020. 8. 19)

일반적인 선형분석의 종속변수를 오즈비에 로그를 취한 값으로 변형하여 분석하게 되면 로지스틱 회귀분석을 할 수 있다. 이러한 분석의 장점은 모델 피팅(fitting)을 더 적절하게 만들 수 있는 것이다.

<그림 3-3> 선형회귀 및 로지스틱 회귀



자료: <https://ebbnflow.tistory.com/129>(검색일: 2020. 8. 19)

종속변수가 카테고리 형태의 질적 변수인 경우, 선형회귀분석 보다 로지스틱 회귀분석이 좀 더 높은 적합성을 보이며 확률의 의미에 부합하게 0과 1 사이의 값 안에서 예측된다(〈그림 3-3〉 참조). 로짓 모형과 같이 종속변수가 질적 변수인 모형에는 선형확률모형(Linear probability model), 프로빗(Probit model) 등이 있다. 선형확률모형은 설명변수의 값이 주어졌을 때, 종속변수의 조건부 기댓값을 확률로 나타내준다. 해석이 다른 모형에 비해 매우 용이하지만 몇 가지 한계점을 가지고 있다. 먼저 선형을 가정하고 있으며, 설명변수의 값이 매우 크거나 작은 경우 종속변수의 값이 0과 1 사이에 값을 가진다는 보장이 없다. 1보다 큰 값이 나오는 경우에는 해석이 어려운 단점이 있다. 로짓 모형과 프로빗 모형은 선형확률모형의 단점을 극복한 모형이다. 로짓 모형은 오차항(Error term)의 분포를 로지스틱 분포를 따른다고 가정하고, 프로빗 모형은 오차항의 분포가 정규분포를 따른다고 가정한다. 이러한 오차항의 가정으로 종속변수의 값이 0과 1 사이로 제한되어 확률로 해석할 수 있게 된다. 일반적으로 로짓 모형과 프로빗 모형은 유사한 추정값을 도출한다. 두 모형의 차이는 오차항의 가정으로 인해 오차항 분산에 차이가 난다. 프로빗 모형은 표준정규분포이므로 분산이 1이고 로짓모형은 $\pi^2/3$ 의 분산을 가진다. 분산의 차이로 인해 로짓 모형은 종속변수의 극단값이 0과 1에 수렴하는 속도가 프로빗 모형에 비하여 다소 느리다는 것이 차이점이다. 두 모형의 추정값은 큰 차이가 없으나 일반적으로는 프로빗 모형에 비해 로짓 모형이 수학적 편의성으로 인해 많이 사용된다. 따라서 본 연구에서도 다양한 장점이 있는 로짓 모형을 분석에 사용하였다.

제 4 장

분석결과

제1절 주성분 분석결과

전술하였듯이 본 연구에서는 개별 직업만을 고려하는 것이 아니라 직업별 직무특성을 고려한 직업 대체 가능성을 추정하고자 한다. 분석에 사용된 자료의 특성은 직업 하나당 직무특성이 202개가 있는 고차원 데이터이다. 전체 데이터는 665개의 행과 202개의 직무특성 열과 직무표지 1열이 합쳐져서 665×203 행렬 형태의 자료가 최종적인 분석자료이다.

직업표지가 있는 58개의 훈련 데이터를 가지고 주성분 분석을 하였다. 분석결과는 202개의 직무특성에 대한 로딩벡터를 제시하려고 한다. 분석결과 총 58개의 주성분이 도출되었다. 그리고 58개의 주성분에 202개의 특성에 대한 로딩벡터가 도출되었다. 202개의 특성을 선형결합하여 58개의 주성분으로 차원을 축소하였지만 여전히 직무표지가 있는 관측치에 비해 많은 직무특성이 도출되었다. 주성분 분

석에서 이러한 결과는 일반적이다.¹²⁾ 추가적으로 주성분으로 도출된 주성분 개수를 선택하는 기준 설정이 필요하다. 주성분의 개수를 제한하지 않으면 주성분 분석을 수행한 본질적인 의미를 잃게 된다.

주성분 분석의 주성분을 몇 개까지만 고려해야만 하는가는 매우 중요한 문제이다. 극단적인 경우를 생각해 보면 하나의 주성분만 고려되는 경우가 가장 이상적일 수 있다. 하지만 대부분 하나의 주성분만으로는 충분한 설명이 되지 않는다. 극단적으로 많은 경우 주성분이 너무 많아서 차원 축소의 본질적인 목표를 달성하지 못하게 된다. 주성분의 적절한 수를 찾는 방법의 목표는 가능한 한 주성분의 수를 줄이면서 최대한의 설명력을 가지는 주성분의 수를 정하는 것이다. 즉 ‘처음 몇 개의 주성분으로 자료의 정보를 얼마나 설명하느냐?’에 대한 문제로 정리할 수 있다. 일반적으로 주성분에 의해 설명되는 분산의 비율(PVE: Proportion variance explained)로 기준을 정할 수 있다. m번째 주성분에 의해 설명되는 분산을 아래와 같은 식으로 표현할 수 있다.

$$\sum_{j=1}^p Var(X_j) = \sum_{j=1}^p \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij}^2$$

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n z_{im}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^p \alpha_{jm} x_{ij} \right)^2$$

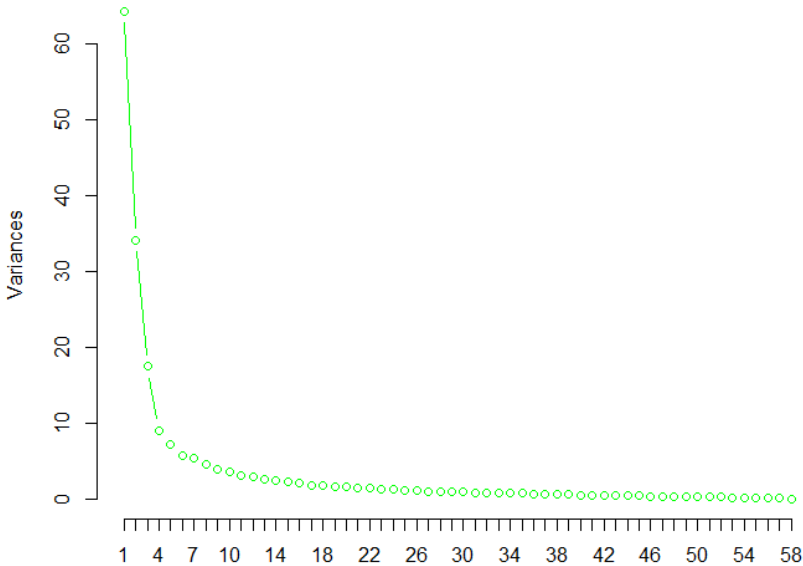
12) 부록에 202 × 58 로딩벡터에 대한 결과를 수록하였다.

m번째 주성분의 분산 비율은 아래의 식으로 표현할 수 있다.

$$\frac{\sum_{i=1}^n (\sum_{j=1}^p \alpha_{jm} x_{ij})^2}{\sum_{j=1}^p \sum_{i=1}^n x_{ij}^2}$$

처음부터 m개까지의 주성분의 PVE 값을 합한 값이다. 주성분의 수를 하나씩 늘려가면서 어느 정도가 설명되는지를 확인하여 적절한 수를 정할 수 있다.

〈그림 4-1〉 설명되지 않은 분산의 비율



자료: 저자 작성

〈그림 4-1〉에서 X축은 주성분의 수를 의미하고 Y축은 분산을 의미한다. 주성분이 늘어나면 분산이 점점 작아지는 것을 볼 수 있다.

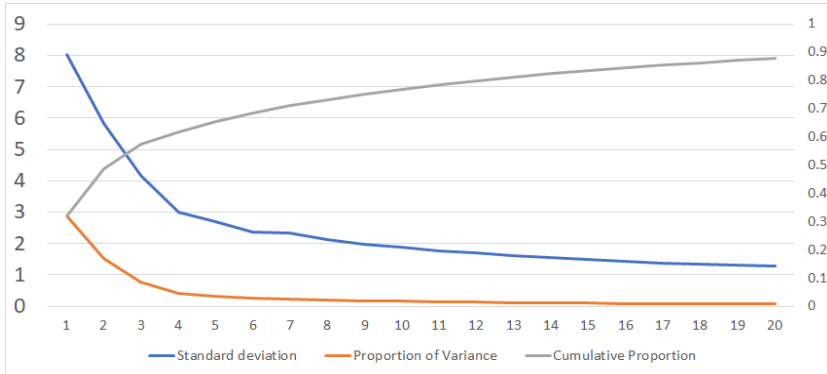
주성분 1개부터 4개까지는 급격한 감소를 보이다가 4개 이후로는 기울기가 완만한 것을 볼 수 있다. 이는 4개 이후에 주성분이 추가되더라도 추가되는 설명력이 매우 작다는 것을 알 수 있다.

〈표 4-1〉 주성분의 개수에 따른 설명력

개수	Standard deviation	Proportion of Variance	Cumulative Proportion
1	8.018	0.318	0.318
2	5.841	0.169	0.487
3	4.184	0.087	0.574
4	3.013	0.045	0.619
5	2.694	0.036	0.655
6	2.377	0.028	0.683
7	2.331	0.027	0.710
8	2.127	0.022	0.732
9	1.986	0.020	0.751
10	1.884	0.018	0.769
11	1.775	0.016	0.785
12	1.696	0.014	0.799
13	1.604	0.013	0.812
14	1.565	0.012	0.824
15	1.485	0.011	0.835
16	1.431	0.010	0.845
17	1.360	0.009	0.854
18	1.329	0.009	0.863
19	1.300	0.008	0.871
20	1.285	0.008	0.879

자료: 저자 작성

〈그림 4-2〉 최적 주성분 개수



자료: 저자 작성

〈표 4-1〉과 〈그림 4-2〉에 주성분 개수를 선택하는 다양한 근거 자료를 제시하였다. 〈표 4-1〉에는 표준편차, 분산비율, 누적분산비율을 같이 제시하였다. 표준편차에서도 4개 이후부터는 차이 값이 급격하게 감소하는 것을 볼 수 있다. 분산비율이나 누적분산비율에서도 같은 결과가 나타난다. 누적분산비율을 볼 때 4개의 주성분이면 정보량의 약 60% 이상을 설명할 수 있는 것으로 나타났다. 다양한 기준을 종합적으로 고려한 결과 본 분석에서는 주성분의 수를 4개까지 고려하는 것이 가장 적합하였다.

주성분 개수에 따른 설명력을 통해 주성분의 적절한 수를 파악하였다. 전술하였듯이 각각의 주성분은 분석에 고려된 전체 변수의 가중치로 만들어진 변수이다. 각 변수가 어느 정도 설명력이 있는지, 어느 정도 중요한지에 대한 정도를 나타내주는 것이 개별 주성분의 로딩벡터이다. 로딩벡터의 값을 통해서 개별 변수의 중요성을 파악할 수 있다. 주성분 1의 로딩벡터 상위 20개 변수의 가중치를 〈표 4-2〉에 제시하였다. 주성분 1에서는 업무환경에 대한 변수의 가중치가 높게 나타났다. 서서 근무, 몸을 구부리거나 비틀기, 반복 동작 등

신체를 움직이는 것을 의미하는 변수와 위험한 장비에 노출, 화상, 찢림, 자상 등 신체적 위험이 있는 근무환경의 직업이 대체될 확률이 높을 것으로 예상된다.

〈표 4-2〉 주성분 1 로딩벡터(가중치순 상위 20개)

순위	변수 종류	변수명	가중치
1	업무환경	서서 근무	0.0898
2	업무환경	몸을 구부리거나 비틀기	0.0844
3	업무환경	반복 동작	0.0839
4	업무환경	위험한 장비 노출	0.0768
5	업무환경	무릎을 구부리거나 웅크리거나 기기	0.0766
6	업무환경	경미한 화상, 자상, 찢림 등 노출	0.0756
7	업무환경	일상 보호장비 착용	0.0746
8	업무환경	위험한 상태 노출	0.0741
9	업무수행능력_중요도	신체적 강인성	0.0740
10	업무환경	신체적 동일업무 반복	0.0738
11	업무수행능력_중요도	유연성 및 균형	0.0730
12	업무환경	장비 속도에 보조 맞추기	0.0678
13	업무환경	사다리, 비계, 장대 오르내리기	0.0675
14	업무환경	오염물질 노출	0.0666
15	업무환경	온몸 진동 노출	0.0657
16	업무환경	비좁은 업무공간	0.0645
17	업무환경	매우 춥거나 더운 기온	0.0638
18	업무환경	소음 노출	0.0623
19	업무수행능력_중요도	반응시간과 속도	0.0566
20	업무수행능력_중요도	시력	0.0555

자료: 저자 작성

주성분 2에서는 주성분 1에서 설명한 부분을 제외한 부분에 대한 변수들의 설명력에 대한 가중치를 나타낸다. 주성분 1보다는 업무환경에 대한 변수의 가중치가 높게 나타난 변수가 적었다. 업무환경에

대해서는 다른 사람과의 접촉, 외부 고객 대하기, 불쾌하거나 화난 사람 대하기 등의 반복적인 대응업무 변수가 높은 순위를 차지하였다. 주성분 2에서는 지식 중요도, 지식수준 등의 변수들이 상위권에 나타났다.

〈표 4-3〉 주성분 2 로딩벡터(가중치순 상위 20개)

순위	변수 종류	변수명	가중치
1	업무환경	다른 사람과의 접촉	0.1368
2	업무환경	외부 고객 대하기	0.1327
3	업무환경	불쾌하거나 화난 사람 대하기	0.1269
4	업무환경	다른 사람과의 충돌	0.1243
5	업무수행능력_중요도	서비스 지향	0.1220
6	지식_중요도	고객서비스	0.1219
7	지식_중요도	상담	0.1219
8	지식_중요도	심리	0.1162
9	업무수행능력_중요도	사람 파악	0.1145
10	업무수행능력_중요도	말하기	0.1023
11	지식_수준	고객서비스	0.1004
12	업무환경	신체적으로 공격적인 사람 대하기	0.1004
13	업무수행능력_중요도	행동조정	0.0949
14	지식_수준	상담	0.0903
15	업무수행능력_중요도	설득	0.0896
16	업무수행능력_중요도	청력	0.0878
17	업무수행능력_수준	사람 파악	0.0860
18	업무수행능력_수준	서비스 지향	0.0856
19	지식_중요도	사회와 인류	0.0843
20	업무환경	걸거나 뛰기	0.0832

자료: 저자 작성

주성분 3에서는 지식수준 및 지식 중요도에 대한 변수의 가중치가 높게 나타났다. 통신, 의사소통과 미디어, 컴퓨터와 전자공학 등과

같은 업무에서 신체가 아닌 지식 등 고차원적인 사고가 필요한 변수들의 가중치가 높게 나타났다(〈표 4-4〉 참조).

〈표 4-4〉 주성분 3 로딩벡터(가중치순 상위 20개)

순위	변수 종류	변수명	가중치
1	업무환경	앉아서 근무	0.0972
2	지식_수준	통신	0.0929
3	업무수행능력_중요도	전산	0.0869
4	업무환경	실내근무	0.0850
5	업무수행능력_수준	전산	0.0837
6	지식_수준	의사소통과 미디어	0.0761
7	지식_수준	컴퓨터와 전자공학	0.0694
8	지식_중요도	컴퓨터와 전자공학	0.0631
9	지식_중요도	통신	0.0619
10	지식_수준	사무	0.0617
11	지식_중요도	의사소통과 미디어	0.0536
12	지식_중요도	사무	0.0495
13	지식_중요도	국어	0.0452
14	지식_수준	예술	0.0452
15	지식_수준	역사	0.0446
16	지식_중요도	산수와 수학	0.0427
17	지식_수준	국어	0.0386
18	지식_수준	건축 및 설계	0.0366
19	지식_수준	영업과 마케팅	0.0366
20	지식_수준	공학과 기술	0.0327

자료: 저자 작성

주성분 4에서는 지식수준, 지식 중요도, 업무환경, 업무수행능력 수준의 변수들이 고르게 나타났다(〈표 4-5〉 참조). 경제와 회계, 역할 갈등, 영업과 마케팅, 실외 근무 등 주성분 1과 2의 상위 변수들과 비교 시 좀 더 고차원적이고, 외부근무 환경에 대한 변수들의 가중치가 높게 나타났다. 추후에 제시된 로지스틱 회귀분석의 결과를 먼저 보면 주성

분 1과 주성분 2는 대체 가능성에 대해 유의하게 추정되었고 주성분 3과 주성분 4는 유의하지 않게 추정되었다. 이는 로딩벡터를 통해 판단한 가중치가 높은 변수들의 특성이 다르다는 것이 어느 정도 일관된 결과라고 볼 수 있다. 일반적으로 신체적인 활동이 많은 직업이 기술발달로 대체될 것이라는 상식과 유의하게 추정된 주성분 1과 주성분 2에서 업무환경 중 신체활동과 관련된 변수가 많다는 것은 일관된 결과를 보여준다고 판단된다.

〈표 4-5〉 주성분 4 로딩벡터(가중치순 상위 20개)

순위	변수 종류	변수명	가중치
1	지식_수준	경제와 회계	0.1784
2	지식_중요도	경제와 회계	0.1621
3	업무환경	역할 갈등	0.1527
4	지식_중요도	영업과 마케팅	0.1519
5	업무환경	실외 근무	0.1513
6	지식_중요도	경영 및 행정	0.1483
7	지식_중요도	인사	0.1482
8	지식_수준	경영 및 행정	0.1455
9	업무환경	역할 모호	0.1392
10	지식_중요도	건축 및 설계	0.1374
11	지식_수준	인사	0.1302
12	업무환경	매우 춥거나 더운 기온	0.1275
13	지식_수준	영업과 마케팅	0.1253
14	업무환경	극단적으로 밝거나 부적절한 조명	0.1203
15	업무환경	소음 노출	0.1180
16	업무수행능력_수준	재정 관리	0.1118
17	업무수행능력_수준	협상	0.1064
18	업무환경	오염물질 노출	0.1044
19	지식_중요도	상품 제조 및 공정	0.1039
20	업무환경	균형을 유지하기	0.0954

자료: 저자 작성

제2절 로지스틱 회귀분석 결과

앞 절에서 도출한 주성분을 이용하여 로지스틱 회귀분석을 하였다. 분석에 사용된 데이터는 직업표지가 있는 58개와 202개의 직무 특성을 선형결합하여 만든 주성분 4개이다. 로지스틱 회귀분석 결과는 <표 4-6>에 제시하였다.

<표 4-6> 로지스틱 회귀분석 결과

Deviance Residuals:				
Min	1Q	Median	3Q	Max
-2.10825	-0.26231	-0.02488	0.18234	2.11443
Coefficients:				
	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	0.0006	0.5816	0.001	0.9991
PC1	0.5234***	0.1540	3.398	0.0006
PC2	0.2506*	0.1184	2.116	0.0343
PC3	0.2581	0.1689	1.528	0.1264
PC4	0.0543	0.2096	0.259	0.7953

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
 (Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)
 Null deviance: 80.336 on 57 degrees of freedom
 Residual deviance: 25.083 on 53 degrees of freedom
 AIC: 35.083
 Number of Fisher Scoring iterations: 7

자료: 저자 작성

Deviance Residuals은 분석에 사용된 모든 관측치에 대해 임의의 하나의 점과 관련된 편차를 의미한다. Null deviance는 추정해야 할

모수의 수가 데이터의 수와 동일한 모형인 포화모형(Straturated model)에서 절편항만 가지는 모형인 영모형(Null model)에서의 이탈도를 의미한다. Residual deviance는 포화모형에서 (p 개의 모수+ 절편항)을 포함하는 모형에서의 이탈도를 의미한다. 두 값 모두 값이 작을수록 해당 모형이 적합하다고 해석할 수 있다. 본 분석에서도 카이스퀘어 검정값에 비해 작게 도출되어 적합한 모형이라고 할 수 있다. Fisher scoring iterations은 모형추정 방법과 관련되어 있다. 회귀분석은 일반적으로 Closed form solution이 존재하지만 로지스틱 회귀분석은 Iteration에 기반한 Newton raphson 알고리즘이 사용되기 때문에 반복횟수를 알려주는 것이다.

분석결과 주성분 1과 2가 유의하게 추정되었다. 일반적인 회귀분석과 다르게 개별 독립변수가 종속변수에 미치는 효과를 파악하는 것이 목적이 아니므로 개별 독립변수의 유의성 여부는 크게 중요하지 않다. 로지스틱 회귀분석의 목표는 대체가 되는 직업과 직무특성 조합으로 구성된 주성분의 관계를 파악하는 것이다. 이를 이용하여 직업 대체표지가 없는 직업을 대상으로 대체확률을 추정하고자 한다.

제3절 직업별 대체확률

직업표지가 있는 58개의 훈련 데이터를 통해 주성분 분석과 로지스틱 회귀분석을 하여 직무특성과의 관계를 도출하였다. 표지가 없는 607개의 직업과 표지가 있는 58개의 직업 모두 대체 가능성을 예측하였다.

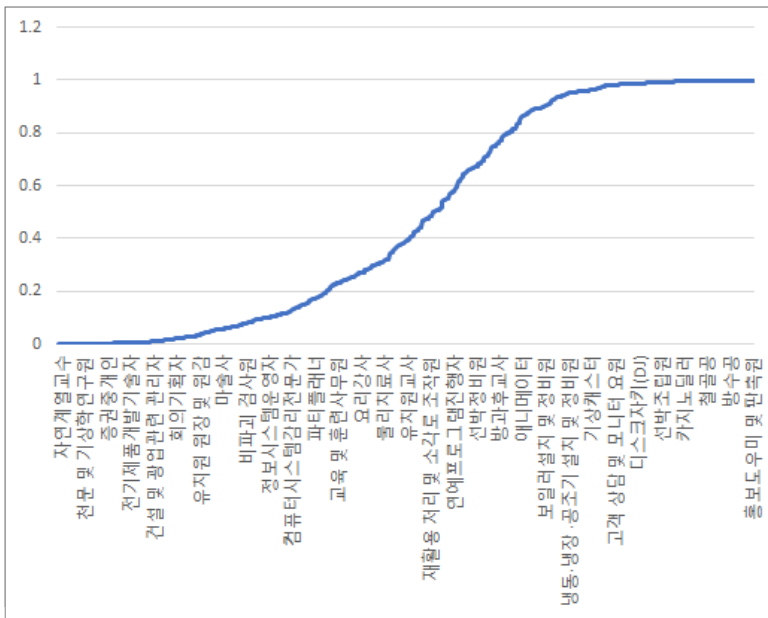
〈표 4-7〉 직업 대체확률 기초통계량

최솟값	1분위수	중앙값	평균	3분위수	최댓값	표준편차
0	0.06	0.39	0.48	0.95	0.99	0.4

자료: 저자 작성

개별 직업이 대체되는 것을 1로 표지하였다. 따라서 대체확률이 100%에 가까울수록 해당 직업이 대체될 가능성이 커지며 반대로 대체확률이 0%에 가까울수록 대체될 가능성이 거의 없다고 볼 수 있다. 평균이 0.48로 거의 반반의 확률로 대체가 된다고 분석되었다. 하지만 1분위수와 중앙값을 고려해 보면 절반 이상 수의 직업들이 대체될 가능성이 절반의 확률보다 낮게 추정되었다고 할 수 있다(표 4-7 참조).

〈그림 4-3〉 직업별 대체확률



자료: 저자 작성

개별 직업 665개의 대체확률은 부록에 수록하였다. <그림 4-5>에 서처럼 대체될 가능성이 0에 가까운 직군은 자연계열 교수, 외환 딜러, 조명 디자이너, 사진측량 및 분석기사, 임상심리사, 기업 고위임원 등이었다. 이런 직업 대부분은 주로 분석과 의사결정에 관련된 직무특성을 가지고 있었다. 다음 장에서 대체확률에 따른 직무특성 분석에서 좀 더 자세하게 다룰 예정이다. 절반의 확률인 50%의 대체확률을 보인 직업은 부동산 컨설턴트, 웹마스터, 조선공학기술자 등이었다. 대체확률이 거의 100%에 가까운 직업은 호텔 객실 청소원, 음식 배달원, 자동차부품 조립원, 철골공, 섬유 관련 등급원 및 검사원 등이었다. 이런 직업은 대부분 반복적인 업무라는 특성을 가지고 있었다.

추정된 대체확률을 한국고용정보원의 직업대분류 기준을 이용하여 구분하였다. 일반적인 상식과 부합하게 농림·어업직군이 가장 높은 대체확률로 추정되었다. 물론 개별 데이터의 수가 매우 작지만 <표 4-8>에서처럼 최솟값이 98.4%임을 고려하면 농림·어업직군은 거의 모든 직군이 대체된다고 예상하는 것이 무리가 없을 것으로 판단된다. 80% 이상으로 대체확률이 추정된 직군은 건설·채굴직, 영업·판매·운전·운송직, 미용·여행·숙박·음식·경비·청소직, 설치·정비·생산직이다. 대부분 신체활동의 비중이 많은 직군이라고 할 수 있다. 대분류 기준이라서 개별 직업의 대체확률은 낮을 수도 있다. 설치·정비·생산직군에서도 대체확률이 0%에 가까운 직업이 있다. 대체확률이 낮은 직군은 교육·법률·사회복지·경찰·소방직 및 군인, 연구직 및 공학 기술직으로 나타났다. 특히 연구직 및 공학 기술직은 대분류 기준으로는 가장 낮은 직군으로 추정되었다. 이런 직군은 신체적인 활동이 거의 없고 고차원적인 사고가 필요한 직군이다.

〈표 4-8〉 직업군별 대체확률(대분류)

직업대분류(한국고용정보원)	개수	평균	최소	최대
농림·어업직	4	99.53%	98.44%	99.95%
건설·채굴직	12	91.06%	50.55%	99.96%
영업·판매·운전·운송직	24	89.54%	37.45%	99.99%
미용·여행·숙박·음식·경비·청소직	44	87.27%	11.66%	99.99%
설치·정비·생산직	93	84.05%	0.18%	99.97%
예술·디자인·방송·스포츠직	97	51.45%	0.06%	99.97%
보건·의료직	27	40.23%	0.06%	99.92%
경영·사무·금융·보험직	155	38.40%	0.01%	99.94%
교육·법률·사회복지·경찰·소방직 및 군인	63	32.52%	0.01%	98.87%
연구직 및 공학 기술직	146	17.98%	0.01%	99.42%

자료: 저자 작성

본 연구에서 주요한 분석대상인 해양수산 관련 직업의 대체확률에 대한 기초통계량을 〈표 4-9〉에 제시하였다. 분석대상이 된 665개의 직업 중에서 해양수산 관련 직업은 19개이다. 19개 직업의 대체 가능확률 평균은 49%로 추정되었다. 최댓값은 99%이고 최솟값은 거의 0%에 가까운 것으로 추정되었다. 표준편차값이 큰 것으로 보아 해양수산 관련 직업 내에서 어떤 직무를 하느냐에 따라 대체확률이 크게 차이 나는 것으로 보인다. 이는 해양수산업 관련 직군에 수산과 같은 신체적인 활동이 많은 직군과 해양교통통제, 해양기술자, 해양 관련 연구직 등 다양한 직업군이 포함되었기 때문이다.

〈표 4-9〉 해양수산 관련 직업 대체확률 기초통계량

최솟값	1분위수	중앙값	평균	3분위수	최댓값	표준편차
0.00	0.11	0.57	0.49	0.97	1.00	0.39

자료: 저자 작성

해양수산 관련 직업 19개에 대한 직업명과 대체확률을 <표 4-10>에 제시하였다. 대체확률이 90% 이상인 직업은 선박갑판원, 선박객실승무원, 하역 및 적재단순종사원, 선박조립원, 선박기관원, 수상운송사무원 등이다. 이런 직군은 대부분 단순 응대 업무, 정비, 조립 등 일정한 규칙에 따라 반복적으로 수행되는 업무들이다. 대체가 어려운 직업은 환경 및 해양과학연구원, 해양공학기술자, 농림어업 관련 시험원, 선장 및 항해사, 선박교통관제사로 모두 10% 이하의 대체확률을 보였다. 이런 직업은 대부분 연구직으로 고차원적 지식에 기반하여 새로운 지식을 축적하고 판단하는, 종합적인 사고를 필요로 하는 직업이라 대체확률이 낮게 나온 것으로 보인다.

〈표 4-10〉 해양수산 관련 직업 대체확률

직업대분류(한국고용정보원)	직업명	대체확률
영업·판매·운전·운송직	선박갑판원	99.99%
미용·여행·숙박·음식·경비·청소직	선박객실승무원	99.97%
영업·판매·운전·운송직	하역 및 적재단순종사원	99.81%
설치·정비·생산직	선박조립원	99.18%
연구직 및 공학 기술직	선박기관원	98.76%
경영·사무·금융·보험직	수상운송사무원	95.43%
경영·사무·금융·보험직	선박종개인(용선종개인)	88.45%
설치·정비·생산직	선박정비원	66.66%
연구직 및 공학 기술직	도선사	60.01%
연구직 및 공학 기술직	조선공학기술자	57.32%
경영·사무·금융·보험직	선박운항관리사	32.24%
연구직 및 공학 기술직	해양수산기술자	26.80%
연구직 및 공학 기술직	선박기관사	22.51%
연구직 및 공학 기술직	수산학연구원	15.76%
연구직 및 공학 기술직	선박교통관제사	7.13%
연구직 및 공학 기술직	선장 및 항해사	6.16%
연구직 및 공학 기술직	농림어업 관련 시험원	3.03%
연구직 및 공학 기술직	해양공학기술자	0.67%
연구직 및 공학 기술직	환경 및 해양과학연구원	0.07%

자료: 저자 작성

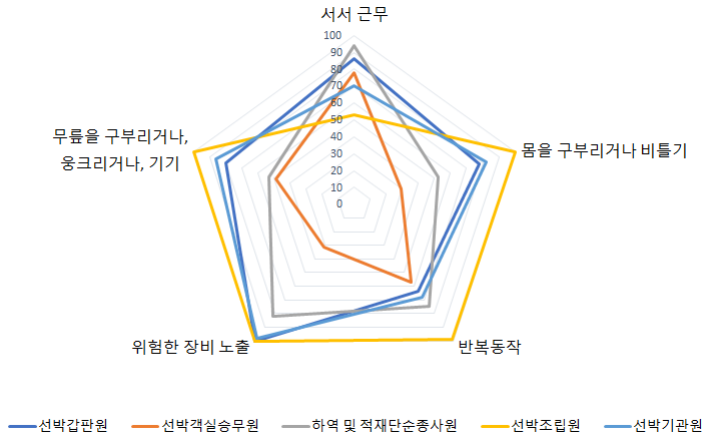
제4절 대체확률에 따른 직무특성 분석

3절에서는 추정된 직업별 대체확률에 대해서 기술하였다. 본 절에서는 대체 가능성이 높은 직업과 낮은 직업이 가지는 직무특성을 파악하고자 한다. 단순히 직업의 대체확률 분석만으로는 기술발달에 따라 노동시장에 미치는 영향을 대응하기가 어렵다. 모든 직업은 다양한 직무특성이 필요하며, 직업마다 중요한 직무특성이 있다. 직무특성의 조합을 파악하면 직업을 식별할 수 있게 된다. 따라서 직업을 직무특성의 관점에서 파악하여 향후에 인력양성 계획, 재취업을 위한 재교육 등에서 중점적으로 배양해야 할 능력을 식별하여 노동시장의 안정을 유지하는 데 큰 도움을 줄 수 있다. 해양수산업 관련 직군 19개 중에서 대체확률이 높은 5개 직업과 대체확률이 낮은 5개 직업의 직무특성을 분석하고자 한다. 주성분 분석에서 도출된 4개의 주성분 각각의 로딩벡터 상위 5개의 직무특성을 비교하고자 한다. 로딩벡터를 통해 중요한 직무특성 변수를 선정하고 해당 변수의 점수는 한국고용정보원에서 제공하는 한국직업정보 시스템의 점수를 활용하였다. 해당 직무특성을 나타내는 능력과 지식 모두 중요도와 수준 정보를 0~100점 척도로 나타낸다. 중요도는 업무수행에 필요한 지식 또는 능력이 다른 요소에 비해 상대적으로 중요하게 쓰이는지를 나타내고, 수준은 그 분야에서 높은 수준이 필요한지를 나타낸다.

〈그림 4-4〉는 대체확률이 가장 높은 5개 직업의 주성분 1의 직무특성 점수를 방사형 그래프로 나타낸 것이다. 주성분 1에 직무특성 점수가 대부분 매우 높은 것을 볼 수 있다. 특히 선박 조립원의 경우 서서 근무를 제외한 나머지 모든 부분에서 거의 100점에 가깝게 나타났다. 선박객실승무원의 점수가 상대적으로 낮게 나타났으며 서서

근무하는 직무특성의 점수가 높게 나타났다.

〈그림 4-4〉 주성분 1의 직무특성 분포(대체확률 상위 5개 직업)



자료: 저자 작성

〈그림 4-5〉는 대체확률이 가장 높은 5개 직업의 주성분 2의 직무 특성 점수를 방사형 그래프로 나타낸 것이다. 선박객실승무원이 모든 영역에서 가장 높은 점수를 보이고 있다. 이는 주성분 1에서 설명되지 못한 부분이 주성분 2에 남아 있어서 발생한 결과이다. 하역 및 적재단순종사원의 경우 모든 영역에서 낮은 점수를 보이고 있다.

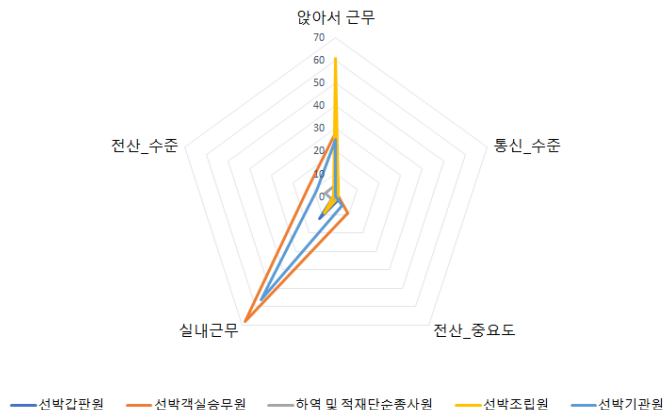
〈그림 4-5〉 주성분 2의 직무특성 분포(대체확률 상위 5개 직업)



자료: 저자 작성

〈그림 4-6〉은 대체확률이 가장 높은 5개 직업의 주성분 3의 직무 특성 점수를 방사형 그래프로 나타낸 것이다. 주성분 3의 직무특성에서는 대부분 실내근무와 얹아서 근무에서 높은 점수가 나타났으며 나머지 특성에서는 높은 점수를 보이지 않았다.

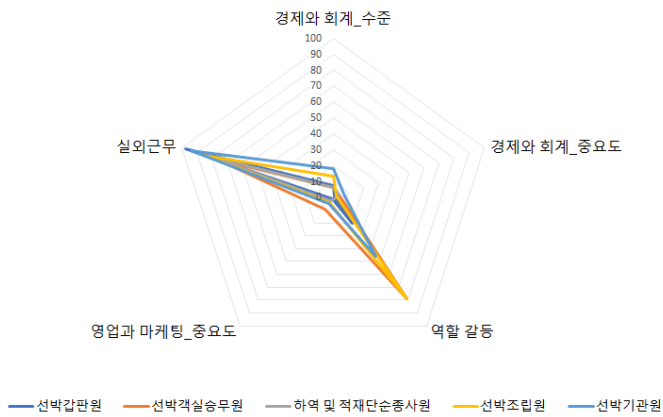
〈그림 4-6〉 주성분 3의 직무특성 분포(대체확률 상위 5개 직업)



자료: 저자 작성

〈그림 4-7〉은 대체확률이 가장 높은 5개 직업의 주성분 4의 직무 특성 점수를 방사형 그래프로 나타낸 것이다. 실외 근무에서 모든 직업의 점수가 높은 것을 볼 수 있다. 또한 역할 갈등도 상대적으로 다른 직무특성에 비해 높은 점수를 보였다.

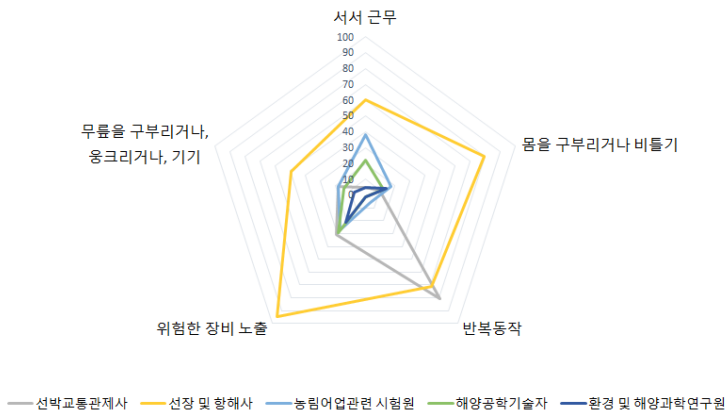
〈그림 4-7〉 주성분 4의 직무특성 분포(대체확률 상위 5개 직업)



자료: 저자 작성

〈그림 4-8〉은 대체확률이 가장 낮은 5개 직업의 주성분 1의 직무 특성 점수를 방사형 그래프로 나타낸 것이다. 선장 및 항해사를 제외한 다른 직업은 대부분 신체활동에 관한 점수가 낮게 나타났다. 선박교통 관제사는 반복동작에 대한 점수가 다른 직업보다 높게 나타났다.

〈그림 4-8〉 주성분 1의 직무특성 분포(대체확률 하위 5개 직업)



자료: 저자 작성

〈그림 4-9〉는 대체 확률이 가장 낮은 5개 직업의 주성분 2의 직무 특성 점수를 방사형 그래프로 나타낸 것이다. 선박교통관제사는 대 면 활동이 많은 직무특성에서 높은 점수가 나타났다. 해양공학기술 자는 모든 직무특성에 대해서 점수가 낮게 나타났다.

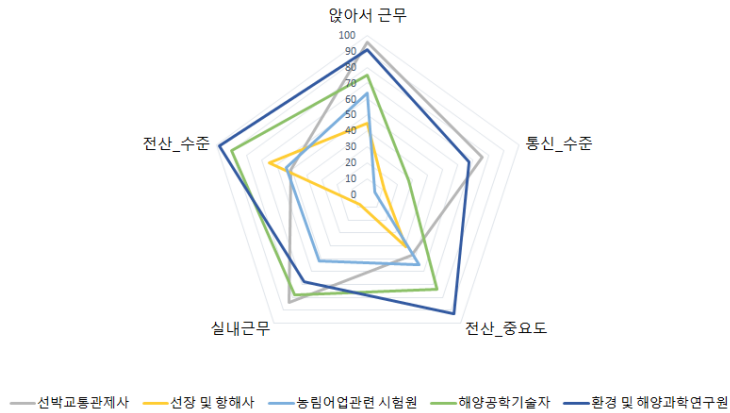
〈그림 4-9〉 주성분 2의 직무특성 분포(대체확률 하위 5개 직업)



자료: 저자 작성

〈그림 4-10〉은 대체확률이 가장 낮은 5개 직업의 주성분 3의 직무 특성 점수를 방사형 그래프로 나타낸 것이다. 환경 및 해양과학연구원은 전산에 대해서 학습해야 할 지식과 중요도가 매우 높은 것으로 볼 수 있다. 모든 직업이 대부분 실내근무와 앉아서 하는 근무의 특성을 보였다.

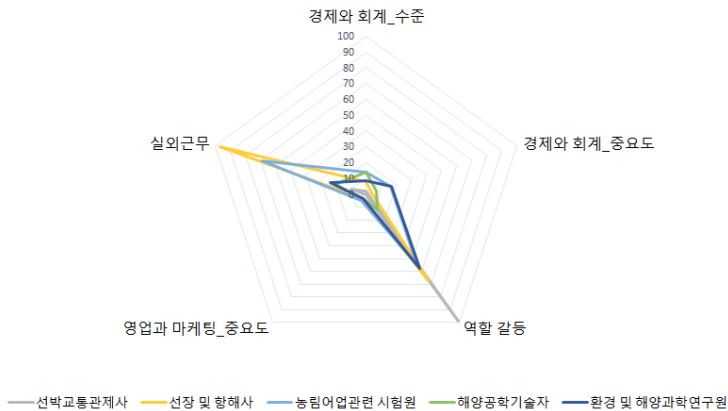
〈그림 4-10〉 주성분 3의 직무특성 분포(대체확률 하위 5개 직업)



자료: 저자 작성

〈그림 4-11〉은 대체확률이 가장 낮은 5개 직업의 주성분 4의 직무 특성 점수를 방사형 그래프로 나타낸 것이다. 실외 근무와 역할 갈등 직무의 점수가 높은 것으로 나타났다. 모든 직업에서 경영과 관련된 마케팅, 회계, 경제 등의 직무특성은 크게 중요하지 않은 것으로 나타났다.

〈그림 4-11〉 주성분 4의 직무특성 분포(대체확률 하위 5개 직업)



자료: 저자 작성

제 5 장

결론 및 정책제언

제1절 결론

본 연구에서는 기술발달이 노동시장에 미치는 영향을 분석하였다. 한국고용정보원이 제공하는 개별 직업의 직무특성 자료와 Frey and Osborne이 연구한 직업의 대체 유무에 관한 정보를 주요한 분석자료로 사용하였다. Frey and Osborne의 연구에서는 80개 직업의 대체 유무에 대한 정보만 존재하였다. 분석에 고려된 직무특성이 너무 많아서 본 연구에서는 주성분 분석을 이용하여 차원을 축소하였다.

주성분 분석을 통해 4개의 주성분을 도출하고, 주성분 4개 변수를 기술발달로 대체되는 직업에 로지스틱 회귀분석을 하였다. 로지스틱 회귀분석의 계수를 이용하여 다른 직업의 대체확률을 도출하였다. 분석결과 전체 직업은 평균적으로 약 49%가 기술발달로 대체될 것으로 나타났다. 하지만 1분위수의 값이 6%이고 3분위수의 값이 95%인 것으로 나타나 직업 대체에 양극화 현상이 매우 심하다고 할 수 있다.

해양수산 관련 직업은 총 19개이며 평균적인 대체확률은 49%로 전체 직업의 평균과 매우 비슷한 수치이다. 해양수산 관련 직업의 1분위수는 11%이고 3분위수가 97%인 것으로 나타나 전체 직업 기초 통계량과 마찬가지로 직업 간의 격차가 매우 큰 것으로 보인다. 이는 특정 직업에는 선제적인 정책이 필요하다는 것을 암시한다. 특히 선박갑판원, 선박객실승무원 등의 직업 종사자는 마찰적 실업에 대비해야 하며 정부는 재교육 등의 정책을 조속히 마련하여야 한다. 대체확률이 매우 낮은 직업의 직무특성은 신체적인 활동 및 위험 노출 정도가 매우 낮은 환경이었다. 상대적으로 다른 직업에 비해 높은 수준의 지식수준과 종합적인 사고를 요구하는 직무특성이 요구되었다. 이를 바탕으로 향후 도입될 인재양성 프로그램 등에서는 본 연구에서 도출된 직무특성을 강화하는 다양한 교육 프로그램을 수립하여야 할 것이다.

제2절 연구의 한계점 및 향후 연구방안

본 연구에서는 직업별 대체확률을 추정하였다. 추정에 고려된 것은 다양한 분야의 전문가 의견을 통해 개별 직업의 대체 여부를 기초로 하였다. 따라서 직업을 적절하게 수행하는 데 필요한 직무특성만이 고려되어 경제발전 상황, 인구 감소 등 외적 요인에 대한 고려가 없다고 할 수 있다. 과거에도 기술발전으로 직업의 생성, 소멸 및 대체가 빈번하였다. 하지만 경제가 지속적으로 발전하는 상황에서 대부분의 노동자들이 비교적 쉽게 다른 일자리를 찾을 수 있었다. 기술 발달에 의한 대체가 경제성장 단계에서는 큰 문제가 되지 않을 수 있

다. 즉 노동시장에서 노동의 공급보다 수요가 많은 초과수요 상황에서는 노동자의 시장지배력이 더 높으므로 보다 쉽게 일자리를 얻을 수 있다. 2020년 현재 한국은 경제가 폭발적으로 성장하는 시기는 이미 지났다고 할 수 있다. 기술발전에 따른 일자리의 소멸 및 대체가 미치는 영향은 상당하다.

인구 변화 측면에서도 직업에 다양한 영향을 줄 수 있다. 생산가능 인구가 많으면 노동시장에서 노동의 공급이 많은 상황이 된다. 반대의 경우에는 노동의 수요가 많은 상황이 된다. 한국의 경우 생산가능 인구가 감소하는 추세에 있다. 기술로 인한 대체가 활발하게 발생하여도 각 국가의 인구 상황에 따라 미치는 영향은 매우 상이할 수 있다.

직업의 대체에 미치는 외적 요인으로 경제 상황과 인구 변화를 예를 들어 설명하였다. 당연히 두 요인 이외에 많은 요인에 의해서 노동시장이 영향을 받을 것이다. 이러한 외적 요인을 고려하는 방법론을 통해 직업에 영향을 미치는 내적·외적 요인을 모두 고려하는 것이 좀 더 체계적인 분석이 될 것이다.

또한 일자리 대체를 직무특성에 기반하여 분석할 수도 있지만 언제 얼마의 시간이 지난 후에 대체되는지에 대한 고려도 매우 중요하다. 현재 대체확률이 매우 높게 추정되었지만 100년 후에 대체된다고 하면 상대적으로 지금 당장 대처해야 할 큰 이유가 없을 수 있기 때문이다. 따라서 추후에 노동시장에 미치는 외적 요인에 대한 고려와 함께 직업별로 대체될 때 어느 정도가 소용되는지에 대한 고려도 포함해 보다 체계적이고 현실 설명력이 높은 연구를 할 필요가 있다.

제3절 정책제언

정부는 4차 산업혁명, 저출산·고령화로 대표되는 인구 문제 등 다양한 요인에 의해 노동시장이 급격한 변화를 지속될 것을 감안하여 노동시장 안정을 위한 정책을 수립해야 한다. 산업구조 개편 등 산업에서 발생하는 변화에 대응하여 고용방식의 유연화, 탄력적인 근무시간 운용, 새로운 직군의 안정적인 인력 수급 등 다양한 상황에 대비하여야 한다. 또한 노동시장의 충격에 취약한 계층의 재교육, 이직지원 등이 필수적이며, 급변하는 시대에 지식을 빠르게 습득할 수 있는 평생학습 체제도 수립하여야 할 것이다.

1. 정부

1) 직무특성에 기반한 인력양성 교육 프로그램의 개선

현재 우리나라에서는 해양수산 분야의 다양한 인력양성 프로그램이 시행되고 있다. 해양수산은 분야별로 산업이 가지고 있는 특성이 뚜렷하며 이에 기반한 분야별 인력양성 프로그램이 운용되고 있다. 해양수산 분야 인력양성은 전문 고등학교와 대학교 및 한국해양수산연수원, 해양환경교육원 등 공공기관과 한국선급, 한국조선해양플랜트협회 등 민간기관에서 다양한 방식을 통해 교육을 실시하고 있다.¹³⁾ 하지만 많은 교육기관이 있음에도 문제점은 꾸준히 발생하였다. 특히 교육 프로그램과 인력양성 정책기반 미흡 등이 가장 큰 문제로 지적된 바 있다.

13) 박광서(2017).

(1) 스마트 인력양성

4차 산업혁명 시대에는 AI 인재 등 스마트 인력양성이 필수적으로 동반되어야 한다. 하지만 현재의 교육 프로그램은 이런 인력에 대한 산업계의 수요를 반영하지 못하고 있다. 지속적인 개선을 병행하고 있으나 급변하는 사회를 따라가지 못하고 있는 실정이다. 특히 기업에서도 기술변화 등에 따른 변화를 고려한 교육을 요청하는 것이 아니라 지금 당장 필요한 인력의 교육을 요청하는 실정이라 급변하는 노동시장에 대응하지 못하는 것이 가장 큰 문제점 중 하나라고 할 수 있다. 현재 대부분의 프로그램은 인턴십, 현장 체험 등 실무 위주의 교육을 통한 취업을 개선에 집중되어 있다. 이러한 프로그램은 바로 앞의 취업을 개선이라는 단기적인 목표이며, 4차 산업혁명 등 시대 변화를 반영하지 못하는 한계가 있어 이러한 문제를 개선할 필요가 있다. 따라서 해양수산 분야에서 필요로 하는 스마트, AI 기술 등을 선도할 전문인력 양성이 필요하며, 이를 위한 양성 프로그램이 마련되어야 할 것이다.

물론 해당 인력양성에 대한 프로그램 마련 등이 즉시 이루어지기 어려울 수 있다. 따라서 시범 교육과정을 운영하거나 시범운영 대학을 선정하여 정부가 이를 지원하고 시범 과정이 효율적으로 운영될 때 이를 점차적으로 확대할 필요가 있다.¹⁴⁾

(2) 기존 인력에 대한 재교육

4차 산업혁명의 가속화로 기존 일자리의 소멸이 예상되고 있으나

14) 국내 대림대학교는 4차 산업발전에 맞춰 메카트로닉스 전문가 양성을 위해 2021년부터 스마트 자동화, 인공지능, 로봇 등의 핵심기술만 가르치기로 했으며, 3년의 전문학사 교육과정을 통해 기계전자에 대한 기초 지식과 메카트로닉스 응용 기술, PLC 마이컴 PC를 사용한 자동화 시스템 제어기술 등의 실무교육을 진행하기로 함(대학저널, <http://www.dhnews.co.kr>, 검색일: 2020. 11. 11).

한편으로는 이로 인해 인공지능, 가상·증강 현실 같은 분야에서 일자리 부족 현상이 일어날 것으로 전망되고 있다. 즉 기술혁신이 급격하게 전개될 향후에는 재교육의 필요성이 전 연령대에 나타날 것이며, 산업적 변화로 인해 재교육 프로그램에 대한 요구도 증가할 것이다. 실제 세계경제포럼은 4차 산업혁명 시대 노동력 재교육 강화 방안을 모색하는 백서를 발간한 바 있다. 해당 백서에서는 기존 인력에 대한 재교육과 평생교육의 중요성을 언급하고 있다. 특히 기존 노동력에 대한 재교육 강화를 위해서는 현재 역량수준 인식과 역량수요에 대한 이해와 더불어 성인 맞춤형 교육 제공, 온라인 및 오프라인을 병행한 교육법의 활용이 필요하다.¹⁵⁾

현재 미국, 일본 등 선진국들은 4차 산업에 대한 직업교육을 통해 4차 산업혁명에 대응¹⁶⁾¹⁷⁾하고 있으나 우리나라에서는 제대로 된 교육을 받기 어려운 실정이다. 따라서 향후 정부는 모든 취업자 및 실업자가 학습을 지속적으로 할 수 있는 인프라 구축에 많은 정책적 지원을 해야 할 것으로 보인다.

2) 스마트 교육에 대한 인증제도 도입

4차 산업혁명 시대를 대비해 구축된 대학, 고등전문학교 등의 교육 중 우수한 교육 프로그램을 정부가 인증하는 제도를 구축할 필요가 있다. 이는 현재 일본이 AI 인재를 양성하기 위해 도입하여 시행

15) World Economic Forum(2017).

16) 미국에서는 대학들이 AI 교육기관을 앞다퉈 설립 중이고, 프랑스의 혁신학교 에콜 42는 2013년부터 해마다 천 명의 ICT 인력을 배출하고 있음(KBS 뉴스, 검색일: 2020. 11. 1).

17) AI, 빅데이터, 블록체인 등 4차 산업혁명 기술의 확산으로 직무 및 일자리의 구조적 변혁이 예상되며 일본, 미국 등 주요국은 이에 대응하기 위해 정부 차원의 인력양성 정책을 전개 중임. 우리나라도 자율주행차, 디지털헬스, 스마트공장 등 기술 기반의 신산업 육성을 위해 AI 대학원 설립 등 전문인력 양성을 추진 중이나 현장 수요 해소에 여전히 부족한 상황임(생명공학정책연구센터, 검색일: 2020. 11. 11).

하고 있는 제도이기도 하다. 일본 정부는 AI 교육 인증제도를 통해 정부가 인증하는 뛰어난 AI 관련 교육 및 자격 등의 보급을 촉진하고 있다. 따라서 정부 인증제도 도입은 우리나라에 필요한 스마트 전문 인력 양성에 기여함과 동시에 인공지능 분야의 인력부족난을 해결하는 데 도움이 될 수 있을 것으로 사료된다.

2. 공공기관

1) 해양수산 분야 직종의 직무특성 분석 연구 추진

디지털화에 따른 해양수산 분야의 직업별 대체확률을 보다 정확히 도출하기 위해서는 직무특성을 기반으로 분석을 수행할 필요가 있다. 개별 직업을 몇 개의 직무특성의 결합으로 생각하기 위해서는 해양수산 분야 직종에 대한 직무특성이 필요하나 현재는 다른 산업에 비해 현저히 부족한 실정이다. 따라서 향후 해당 분야의 심도 있는 연구를 수행하기 위해서는 먼저 해양수산 분야 직종의 직무특성을 분석하는 연구가 선행되어야 할 것으로 사료된다.

직무특성 자료가 있다면 해양수산 분야의 유망 직업 분야 및 직무 변화 양상, 교육 방향 등에 대한 다양한 질적·양적인 정보를 직접적으로 제공할 수 있다. 이러한 자료 제공을 통해 어떤 직무를 학습해야 하는지 가이드를 줄 수 있으며 불필요한 직무 학습시간을 줄여 교육에 대한 효율성을 제고할 수 있을 것으로 예상된다.

2) 해양수산 분야의 인력양성 방안 연구 추진

향후 정부가 해양수산 분야의 전문인력 양성을 추진하기 위해서는

이를 위한 인력양성 방안 연구가 선행되어야 한다. 현재 국내 및 국
외에서 진행되고 있는 4차 산업혁명과 관련된 사항을 지속적으로 반
영하여 국내에 맞는 인력양성을 위한 구체적인 교육방안 연구를 진
행할 필요가 있다.¹⁸⁾ 특히 4차 산업혁명에 대응하는 일본, 미국 등
주요국의 인력양성 전략에 대한 분석이 필요하다. 이를 통해 4차 산
업혁명 시대에 실질적으로 필요한 전문인력 양성방안을 도출할 수
있을 것으로 사료된다.

18) 고용노동부(2016), p. 166.

참고문헌

〈국내 문헌〉

- 김건우, 『개인과 인공지능으로 인한 경쟁 환경의 변화 대처와 노동시장의 유연안정성 제고를 위한 제도적 기반 마련』, LG경제연구원, 2018.
- 김현주, 『4차 산업혁명과 관광산업 일자리 창출 방향』, 한국문화관광연구원, 2017.
- 박가열 외, 『기술변화에 따른 일자리 영향 연구』, 고용정보원, 2016.
- 박광서 외, 『해양수산 분야 인력양성 실태와 개선방안 연구』, 한국해양환경에너지학회, 2017.
- 오은주, 『4차 산업혁명 시대, 서울시 노동시장 진단과 대응방향』, 서울연구원, 2018.
- _____, 「기술발전이 고용에 미칠 영향 고려해 직업군 특성별 인력개발정책 시행해야」, 서울연구원, 2018.
- 오은진 외, 『기술발전에 따른 여성 일자리 전망과 대응전략1』, 여성정책연구원, 2018.
- _____, 『기술발전에 따른 여성 일자리 전망과 대응전략2』, 여성정책연구원, 2019.
- 조영태, 『정해진 미래』, 북스톤, 2016.
- 통계청, 「2017~2067 장래인구특별추계」, 2019.

〈국외 문헌〉

- Arntz, Gregory and Zierahn, “The Risk of Automation for jobs in OECD Countries: A comparative Analysis”, OECD Social, Employment and Migration Working Papers, 2017.
- Autor, Levy and Murnane, “The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration”, *Quarterly Journal of Economics*, 2003.
- Frey, Osborne, “The future of employment: How susceptible are jobs to com-

puterisation?", working paper, 2013.

_____, "Replaced by robots? The challenges and opportunities of automation for the workforce", Oxford Martin School Seminar, 2015.

_____, "The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?", Technological Forecasting and Social Change, 2017.

Autor, D., F. Levy, and R. J. Murnane, "The skill content of recent technological change: An empirical exploration", 2003.

〈인터넷 자료〉

<http://jermwatt.github.io/>(검색일: 2020. 8. 20)

<https://nittaku.tistory.com/478>(검색일: 2020. 8. 19)

<https://ebbnflow.tistory.com/129>(검색일: 2020. 8. 19)

대학저널(<http://www.dhnews.co.kr>) (검색일: 2020. 11. 11)

부록

1. 직업별 대체 가능성 추정결과

순위	직업	대체확률
1	자연계열 교수	0.01%
2	생명정보학자	0.01%
3	중고등학교 교장 및 교감	0.01%
4	공학계열 교수	0.01%
5	투자분석가(애널리스트)	0.02%
6	엔진기계공학기술자	0.02%
7	금융상품개발원	0.02%
8	초등학교 교장 및 교감	0.02%
9	외환 딜러	0.02%
10	회계사	0.03%
11	공군장교(영관급 이상)	0.03%
12	인공위성개발원	0.03%
13	해군장교(영관급 이상)	0.05%
14	기계공학기술자	0.06%
15	스포츠에이전트	0.06%
16	소방관리자	0.06%
17	임상심리사	0.06%
18	나노공학기술자	0.06%
19	환경 및 해양과학연구원	0.07%
20	축산 및 수의학연구원	0.07%
21	사무용기계공학기술자	0.07%
22	선물거래중개인	0.07%
23	천문 및 기상학연구원	0.07%
24	의약계열 교수	0.07%
25	교육학 연구원	0.10%
26	육군장교(영관급 이상)	0.11%
27	헬리콥터 조종사	0.12%
28	품질인증심사전문가	0.12%
29	연료전자개발 및 연구자	0.13%
30	실업교사	0.14%

순위	직업	대체확률
31	이비인후과 의사	0.14%
32	토목공학기술자	0.15%
33	교통영향평가원	0.17%
34	헬리콥터 정비원	0.18%
35	철도차량공학기술자	0.20%
36	물리학 연구원	0.22%
37	농학 연구원	0.23%
38	아트컨설턴트	0.23%
39	스포츠마케터	0.25%
40	환경공학기술자	0.26%
41	조명 디자이너	0.26%
42	보건의료 관련 관리자	0.27%
43	경찰관리자	0.27%
44	로봇공학기술자	0.28%
45	증권중개인	0.29%
46	게임 프로그래머	0.29%
47	전기, 가스 및 수도 관련 관리자	0.30%
48	빅데이터 전문가(SNS 분석가)	0.32%
49	피부과 의사	0.32%
50	항공공학기술자	0.33%
51	연극·영화 및 방송기술감독	0.34%
52	발전설비기술자	0.34%
53	전기전자 및 기계공학시험원(기계 분야)	0.35%
54	증강현실전문가	0.35%
55	컴퓨터 하드웨어 기술자 및 연구원	0.36%
56	화학 연구원	0.37%
57	사진측량 및 분석가	0.37%
58	투자인수심사원(투자언더라이터)	0.38%
59	대학교 총장 및 대학학장	0.39%
60	장학사	0.40%
61	부동산펀드매니저	0.42%
62	네트워크 관리자	0.44%

순위	직업	대체확률
63	경영컨설턴트	0.45%
64	임학 연구원	0.52%
65	예체능계열 교수	0.52%
66	국악인	0.52%
67	전기제품개발기술자	0.55%
68	국회의원	0.56%
69	토목구조설계기술자	0.57%
70	산업공학기술자	0.58%
71	사이버 수사요원	0.58%
72	웹디자이너	0.58%
73	기업 고위임원	0.61%
74	원자력공학기술자	0.64%
75	해양공학기술자	0.67%
76	응용소프트웨어개발자	0.69%
77	항공기 조종사	0.71%
78	세무사	0.72%
79	음식료품화학공학기술자	0.76%
80	총무 및 인사관리자	0.77%
81	지리정보시스템 전문가(GIS 전문가)	0.79%
82	법무사	0.80%
83	카테고리 매니저	0.81%
84	의학연구원	0.82%
85	마케팅 전문가	0.86%
86	방송연출가	0.88%
87	리스크매니저	0.89%
88	미술교사	0.90%
89	건설 및 광업 관련 관리자	0.95%
90	교통안전연구원	0.97%
91	시장 및 여론조사 관리자	0.99%
92	전자의료기기개발기술자	1.01%
93	음성처리 전문가	1.09%
94	항공기정비원	1.09%

순위	직업	대체확률
95	자동차 디자이너	1.13%
96	컴퓨터시스템설계분석가	1.14%
97	가정의학과의사	1.15%
98	금융관리자	1.19%
99	풍력발전연구 및 개발자	1.24%
100	석유화학공학기술자	1.29%
101	응급구조사	1.41%
102	재료공학기술자	1.50%
103	공연기획자	1.60%
104	수질환경기술자	1.62%
105	의약품화학공학기술자	1.64%
106	광고제작감독(CF 감독)	1.72%
107	기후변화전문가	1.77%
108	게임 기획자	1.78%
109	헤드헌터	1.84%
110	식품학 연구원	1.86%
111	회의기획자	1.88%
112	방송제작관리자	2.06%
113	지질학 연구원	2.06%
114	사진기자	2.08%
115	잡지기자	2.18%
116	LED 연구 및 개발자	2.24%
117	촬영기자	2.27%
118	비누 및 화장품 화학공학기술자	2.28%
119	태양광발전연구 및 개발자	2.29%
120	여행 관련 관리자	2.47%
121	학예사(큐레이터)	2.53%
122	육군장교(위관급)	2.61%
123	입학사정관	2.64%
124	신용추심원	2.66%
125	창업컨설턴트	2.67%
126	시스템소프트웨어개발자	2.75%

순위	직업	대체확률
127	공연제작관리자	2.80%
128	대학 시간강사	2.81%
129	분양 및 임대사무원	2.88%
130	식품공학기술자	3.00%
131	농림어업 관련 시험원	3.03%
132	연구관리자	3.06%
133	유치원 원장 및 원감	3.22%
134	도료 및 농약품화학공학기술자	3.35%
135	금융자산운용가	3.44%
136	RFID시스템개발자	3.60%
137	행정학연구원	4.04%
138	기획·홍보 및 광고관리자	4.18%
139	인적자원전문가	4.19%
140	항공교통관제사	4.20%
141	보험계리사	4.21%
142	청소년지도사	4.28%
143	자연과학시험원	4.34%
144	지열시스템 연구 및 개발자	4.34%
145	수학 및 통계연구원	4.54%
146	감정평가사	4.89%
147	가구 디자이너	5.03%
148	이러닝교수설계자	5.04%
149	보석감정사	5.16%
150	컴퓨터 보안전문가	5.27%
151	정보통신컨설턴트	5.34%
152	전기·전자 및 기계 공학 시험원(전기·전자분야)	5.35%
153	소방공학 기술자 및 연구원	5.43%
154	토목시공기술자	5.48%
155	마술사	5.67%
156	보험인수심사원	5.67%
157	웹기획자	5.82%
158	토양환경공학기술자	5.83%

순위	직업	대체확률
159	육군부사관	5.83%
160	휴대폰 디자이너	6.04%
161	행사기획자	6.08%
162	선장 및 항해사	6.16%
163	사회조사전문가	6.16%
164	경제학 연구원	6.34%
165	의료장비기술영업원	6.39%
166	메카트로닉스공학기술자	6.41%
167	자동차공학기술자	6.45%
168	산업안전원	6.55%
169	공군장교(위관급)	6.57%
170	소음진동기술자	6.68%
171	보건위생 및 환경검사원	6.75%
172	해군장교(위관급)	6.77%
173	경주 아나운서	6.97%
174	선박교통관제사	7.13%
175	철도운송사무원	7.14%
176	통신기술개발자	7.29%
177	비파괴 검사원	7.55%
178	행정부고위공무원	7.62%
179	내과 의사	7.71%
180	정보통신 관련 관리자	7.85%
181	촬영기사	8.03%
182	KTX 정비원	8.19%
183	지방의회의원	8.29%
184	도시계획 및 설계가	8.50%
185	체인점 모집 및 관리영업원	8.53%
186	사서	8.54%
187	디자인 강사	8.64%
188	제조 분야 기술기능계 강사	8.68%
189	경찰관	9.24%
190	애니메이션 기획자	9.30%

순위	직업	대체확률
191	체육교사	9.41%
192	인쇄 및 광고영업원	9.53%
193	보험관리자	9.58%
194	에너지시험원	9.66%
195	공항검역관	9.70%
196	사회학 연구원	9.74%
197	건설자재시험원	9.76%
198	금융 관련 사무원	9.78%
199	정보시스템 운영자	9.84%
200	웹엔지니어	9.84%
201	담배제조 관련 조작원	9.99%
202	환경컨설턴트	10.07%
203	풍력발전시스템운영관리자	10.07%
204	미술관장	10.37%
205	물류관리전문가	10.41%
206	인명구조원	10.46%
207	금속공학기술자	10.52%
208	컴퓨터 강사	10.53%
209	번역가	10.69%
210	약학 연구원	10.86%
211	신문기자	10.94%
212	간판 제작 및 설치원	11.05%
213	데이터베이스개발자	11.18%
214	MIS 전문가(경영정보시스템개발자)	11.55%
215	소물리에	11.66%
216	수학교사	11.68%
217	마케팅조사전문가	11.75%
218	정부정책기획전문가	11.82%
219	에너지진단전문가	11.91%
220	일러스트레이터	11.99%
221	컴퓨터시스템관리전문가	12.06%
222	인테리어 디자이너	12.43%

순위	직업	대체확률
223	네트워크 엔지니어	12.54%
224	재무관리자	12.95%
225	상담전문가	13.08%
226	건축안전기술자	13.10%
227	커리어 코치	13.46%
228	신문제작관리자	13.65%
229	사회복지사	13.92%
230	관광통역안내원	13.95%
231	플랜트기계공학기술자	14.56%
232	문리학원 강사	14.59%
233	외교관	14.70%
234	기업인수합병전문가(M&A 전문가)	14.76%
235	웃음치료사	14.89%
236	의료관광 코디네이터	15.15%
237	관세사	15.17%
238	영상그래픽 디자이너	15.26%
239	수산화연구원	15.76%
240	경기심판	16.30%
241	영상·녹화 및 편집기사	16.56%
242	대기환경기술자	16.87%
243	파티플래너	17.09%
244	과학 교사	17.11%
245	전기계측제어기술자	17.23%
246	방송기자	17.29%
247	상·하수도 처리장치 조직원	17.40%
248	출판물 기획자	17.60%
249	전직지원전문가	17.70%
250	제품 생산 관련 관리자	18.00%
251	해외영업원	18.34%
252	호텔관리자	18.44%
253	한약사	18.62%
254	편의점 수퍼바이저	18.71%

순위	직업	대체확률
255	캐드원	19.27%
256	연예인 및 스포츠 매니저	19.33%
257	영업관리사무원	19.50%
258	자동차영업원	20.21%
259	환경공학시험원	20.54%
260	정부행정 관리자	20.96%
261	친환경건축컨설턴트	21.48%
262	화학공학 시험원	22.27%
263	건축설비기술자	22.31%
264	선박기관사	22.51%
265	교육 및 훈련사무원	22.71%
266	레스토랑 지배인	22.75%
267	폐기물처리기술자	23.01%
268	식품·섬유 공학 및 에너지 시험원(식품 분야)	23.03%
269	조명기사	23.12%
270	카피라이터	23.46%
271	다이어트프로그래머	23.50%
272	감사사무원	23.65%
273	가방 디자이너	24.18%
274	해양경찰관	24.35%
275	향기치료사(아로마테라피스트)	24.49%
276	조경기술자	24.51%
277	포워드(복합운송주선인)	24.77%
278	전기감리기술자	24.81%
279	건축 및 토목캐드원	25.00%
280	사진작가	25.54%
281	전자계측제어기술자	25.55%
282	항공기 객실승무원	25.56%
283	투어컨덕터(해외여행인솔자)	25.57%
284	도서관장	25.66%
285	소년원학교교사	26.01%
286	환경영향평가원	26.27%

순위	직업	대체확률
287	요리강사	26.38%
288	해양수산기술자	26.80%
289	청능사(청능치료사)	26.83%
290	통계사무원	26.98%
291	공군부사관	27.07%
292	속옷 디자이너	27.07%
293	네트워크프로그래머	27.19%
294	기술지원전문가	28.07%
295	주얼리 디자이너	28.16%
296	생물학 연구원	28.19%
297	이미용강사	28.48%
298	중독치료사	28.58%
299	건설 분야 기술기능계 강사	28.78%
300	생산관리사무원	29.51%
301	디지털영상처리전문가	29.54%
302	해군부사관	29.63%
303	승강기 설치 및 정비원	29.90%
304	통역가	30.03%
305	사회복지 관련 관리자	30.12%
306	경기감독 및 코치	30.31%
307	컬러리스트	30.53%
308	치과위생사	30.69%
309	물리치료사	30.73%
310	광고기획자	30.85%
311	진로진학상담교사	31.01%
312	교도관	31.34%
313	지도제작기술자	31.89%
314	농업용 기계장비기술영업원	31.92%
315	토목안전환경기술자	32.23%
316	선박운항관리사	32.24%
317	행정공무원	34.29%
318	미용사	34.37%

순위	직업	대체확률
319	검찰수사관	34.54%
320	웹프로그래머	34.86%
321	패션어드바이저	35.40%
322	패션디자이너	36.07%
323	관세행정사무원	36.30%
324	발전장치조작원	36.90%
325	전자통신장비기술영업원	37.20%
326	퍼스널쇼퍼	37.45%
327	위생사	37.46%
328	운송관련 관리자	37.58%
329	포장 디자이너	38.10%
330	팬시 및 완구 디자이너	38.17%
331	유치원 교사	38.18%
332	법률 관련 사무원(법무 및 특허사무원)	38.63%
333	의무기록사	39.36%
334	섬유공학 기술자 및 연구원	39.38%
335	항공운송사무원	39.59%
336	학습지 및 방문교사	39.93%
337	관리비서	40.60%
338	가전제품 설치 및 수리원	40.77%
339	대학 교육조교	40.92%
340	반도체공학기술자	41.49%
341	언어치료사	42.54%
342	철도 및 전동차기관사	42.67%
343	보조교사	43.07%
344	음향 및 녹음기사	43.25%
345	부동산컨설턴트	43.79%
346	철도기관차 및 전동차정비원	44.27%
347	만화가	44.30%
348	금속·재료공학 시험원	44.75%
349	음악교사	46.67%
350	출판물편집자	46.85%

순위	직업	대체확률
351	영화제작자	46.94%
352	입법공무원	47.28%
353	재활용 처리 및 소각로 조작용	47.44%
354	광고디자이너	47.63%
355	의지보조기기사	48.22%
356	보험설계사	48.47%
357	손해사정인	48.48%
358	철도교통관제사	48.75%
359	구매인(바이어)	50.05%
360	출입국심사관	50.07%
361	웹마스터	50.37%
362	잠수 및 수중기능원	50.55%
363	플로리스트	50.61%
364	환경·청소 및 경비 관련 관리자	50.99%
365	식품·섬유 공학 및 에너지 시험원(섬유분야)	51.03%
366	방송작가	51.29%
367	컴퓨터프로그래머	51.90%
368	속기사	53.94%
369	영사기사	54.40%
370	교도관리자	54.63%
371	사무기기설치 및 수리원	54.86%
372	교통계획 및 설계가	55.15%
373	감염관리전문간호사	55.36%
374	신발디자이너	56.79%
375	연예프로그램진행자	56.80%
376	경호원	57.30%
377	조선공학기술자	57.32%
378	치과기공사	57.66%
379	탐승수속사무원	58.01%
380	영양사	59.16%
381	친환경제품인증심사원	59.32%
382	도선사	60.01%

순위	직업	대체확률
383	일반비서	61.81%
384	직업상담사	61.82%
385	복디자이너	62.36%
386	비주얼 머천다이어(VMD)	63.08%
387	기록물관리사	63.18%
388	취업알선원	64.28%
389	무역사무원	64.50%
390	오토바이정비원	65.09%
391	인쇄기 조작원	65.63%
392	푸드스타일리스트	65.73%
393	스턴트맨(대역배우)	65.92%
394	취업지원관	65.95%
395	조향사	66.37%
396	여행상품개발자	66.61%
397	선박정비원	66.66%
398	외국어교사	66.86%
399	캐릭터디자이너	67.28%
400	리포터	67.37%
401	예능강사	67.37%
402	철도차량조립원	68.19%
403	정신보건사회복지사	68.28%
404	전기안전기술자	68.51%
405	소방관	68.84%
406	자동차정비원	69.33%
407	마케팅사무원	69.48%
408	경영기획사무원	70.72%
409	초등학교교사	71.09%
410	영업 및 판매 관리자	71.36%
411	화가	71.38%
412	조세행정사무원	72.43%
413	무인경비원	72.99%
414	안무가	74.46%

순위	직업	대체확률
415	호텔컨시어지	74.67%
416	점화·발파 및 화약관리원	74.80%
417	면세상품판매원	74.96%
418	교재 및 교구개발자	75.13%
419	방과후교사	75.66%
420	음반기획자	76.06%
421	품질관리사무원	76.20%
422	개그맨 및 코미디언	76.52%
423	게임그래픽디자이너	77.07%
424	통신공학기술자	77.33%
425	특수학교교사	78.07%
426	보건교사	78.60%
427	출납창구사무원	79.14%
428	스포츠강사	79.28%
429	저작권에이전트	79.77%
430	항공권발권사무원	79.92%
431	직물디자이너(텍스타일디자이너)	80.16%
432	공예원	80.23%
433	자재관리사무원	80.40%
434	생명과학시험원	80.48%
435	온실가스인증심사원	81.40%
436	자연환경안내원	81.54%
437	광고 및 홍보사무원	81.56%
438	서예가	82.88%
439	의료장비기사	83.35%
440	악기제조 및 조율사	83.52%
441	애니메이터	84.00%
442	안경사	84.68%
443	피오피(POP) 디자이너	86.09%
444	점토공예가	86.42%
445	결혼상담원	86.58%
446	통신 및 관련 장비 설치 및 수리원	86.74%

순위	직업	대체확률
447	위험관리원	87.12%
448	항공기유도원(마샬러)	87.33%
449	철로설치 및 보수원	87.35%
450	통신기기기술자	87.57%
451	전자제품개발기술자	88.00%
452	제관원	88.44%
453	선박중개인(용선중개인)	88.45%
454	게임시나리오작가	88.45%
455	사진인화 및 현상기 조작원	88.63%
456	호스피스전문간호사	89.16%
457	레크리에이션 강사	89.31%
458	통신서비스판매원	89.33%
459	의료코디네이터	89.37%
460	여행사무원	89.50%
461	장례지도사	89.51%
462	소품관리원	89.53%
463	보일러 설치 및 정비원	89.74%
464	회계사무원	89.74%
465	새시 조립 및 설치원	90.25%
466	보육교사	90.33%
467	자동차운전강사	90.44%
468	보험사무원	90.64%
469	건축자재영업원	90.74%
470	인터넷판매원	90.99%
471	이미지컨설턴트	91.72%
472	유리제조 및 가공기조작원	91.81%
473	통신장비기사	92.46%
474	외국어학원강사	92.73%
475	건설 및 광업기계설치 및 정비원	93.02%
476	검표원	93.19%
477	점토제품 생산기 조작원	93.40%
478	통신·방송 및 인터넷 케이블 설치 및 수리원	93.70%

순위	직업	대체확률
479	우편사무원	93.75%
480	모델	93.77%
481	금형원	93.86%
482	대형트럭운전원	94.21%
483	법원공무원	94.41%
484	제빵원 및 제과원	94.48%
485	냉동·냉장·공조기 설치 및 정비원	94.59%
486	전기 부품 및 제품제조 기계 조작원	94.62%
487	여행안내원	94.78%
488	산업용 기계장비기술영업원	95.05%
489	컴퓨터 설치 및 수리원	95.15%
490	바닥재 시공원	95.28%
491	교육행정사무원	95.28%
492	무대의상관리원	95.30%
493	자동차경주선수	95.34%
494	피부관리사	95.35%
495	수상운송사무원	95.43%
496	건설기계공학기술자	95.48%
497	분장사	95.62%
498	버스운전원	95.70%
499	특수분장사	95.78%
500	가수	95.81%
501	총무사무원	95.95%
502	금속공작기계조작원	95.98%
503	식품 및 담배 등급원	95.99%
504	네일아티스트	96.07%
505	한지공예가	96.08%
506	직조기 및 편직기조작원	96.09%
507	기상캐스터	96.12%
508	사회단체활동가	96.17%
509	보조출연자	96.22%
510	유리부착원	96.24%

순위	직업	대체확률
511	자동차 조립원	96.32%
512	식품영업원	96.42%
513	금속가공 관련 검사원	96.51%
514	양식 주방장 및 조리사	96.66%
515	병무행정사무원	96.71%
516	메이크업아티스트	96.72%
517	도로운송사무원	96.87%
518	인사 및 노무사무원	96.98%
519	행정 및 경영지원 관련 서비스 관리자	97.07%
520	전기·전자 부품 및 제품 조립원	97.28%
521	석유 및 천연가스제조 관련 제어장치 조작원	97.58%
522	우편물집배원	97.74%
523	기타 사회복지 관련 종사원	97.83%
524	공업기계설치 및 정비원	97.84%
525	프로골프선수	97.86%
526	공구제조원(치공구 포함)	97.91%
527	제화원	97.97%
528	보험대리인 및 중개인	98.01%
529	고객 상담 및 모니터 요원	98.05%
530	한국어 강사	98.08%
531	자동조립라인 및 산업용 로봇 조작원	98.10%
532	송배전설비기술자	98.10%
533	해설위원	98.13%
534	웨딩플래너	98.25%
535	텔레마케터(전화통신판매원)	98.31%
536	광원·채석원 및 석재 절단원	98.33%
537	경기기록원	98.37%
538	냉, 난방 관련 설비 조작원	98.43%
539	조림·영림 및 벌목원	98.44%
540	열차객실승무원	98.46%
541	플라스틱제품 생산기 조작원	98.47%
542	산업전문간호사	98.47%

순위	직업	대체확률
543	성우	98.48%
544	용접원	98.48%
545	신호원 및 수송원	98.53%
546	가구제조 및 수리원	98.54%
547	냉난방 및 공조공학기술자	98.55%
548	상품대여원	98.72%
549	판금원	98.73%
550	선박기관원	98.76%
551	디스크자키(DJ)	98.76%
552	상품기획자	98.77%
553	목재가공 관련 기계 조작원	98.78%
554	농업용 기계정비원	98.79%
555	골프장캐디	98.82%
556	양장 및 양복 제조원	98.83%
557	프로경륜선수	98.83%
558	다문화언어지도사	98.87%
559	시설 및 건축안내원	98.88%
560	전통건물건축원	98.88%
561	바텐더	98.90%
562	한복 제조원	98.90%
563	패턴사	98.95%
564	상품중개인 및 경매사	98.95%
565	건설 배관공	98.95%
566	자동차부품기술영업원	98.98%
567	부동산 및 임대업관리자	98.99%
568	금속 가공관련 제어장치 조작원	98.99%
569	크레인 및 호이스트운전원	99.06%
570	중식 주방장 및 조리사	99.08%
571	외선전공	99.11%
572	종이제품 생산기 조작원	99.11%
573	선박조립원	99.18%
574	전기 및 전자 설비 조작원	99.21%

순위	직업	대체확률
575	프로야구선수	99.22%
576	부동산중개인	99.23%
577	안내 및 접수사무원	99.29%
578	단조원	99.31%
579	배관 세정원 및 방역원	99.34%
580	비금속광물가공 관련 제어장치조작원	99.35%
581	비디오자키(VJ)	99.35%
582	오락시설 서비스원	99.37%
583	재단사	99.38%
584	산업전공	99.38%
585	섬유제조 기계 조작원	99.42%
586	웹방송전문가	99.42%
587	화랑 및 박물관안내원	99.42%
588	제분 및 도정 관련 기계 조작원	99.43%
589	프로축구선수	99.45%
590	작사가	99.46%
591	프로배구선수	99.46%
592	병원행정사무원	99.48%
593	애완동물미용사	99.49%
594	세탁관련 기계 조작원	99.49%
595	카지노딜러	99.52%
596	상점판매원	99.53%
597	수술실 간호사	99.56%
598	패션코디네이터	99.58%
599	표백 및 염색 관련 조작원	99.58%
600	프로경마선수	99.59%
601	단체급식조리사	99.60%
602	가구조립원	99.60%
603	통계 및 설문조사원	99.61%
604	음료 제조관련 기계 조작원	99.61%
605	공업 배관공	99.61%
606	조사자료처리원	99.62%

순위	직업	대체확률
607	도장기조작원	99.62%
608	지게차운전원	99.65%
609	섬유 관련 등급원 및 검사원	99.65%
610	구두미화원	99.66%
611	일식 주방장 및 조리사	99.67%
612	프로농구선수	99.68%
613	조적공 및 석재 부설원	99.71%
614	전화교환 및 번호안내원	99.74%
615	건축석공	99.75%
616	곡물가공제품 기계 조작원	99.77%
617	철골공	99.77%
618	과실 및 채소 관련 기계 조작원	99.78%
619	조경원	99.80%
620	하역 및 적재단순종사원	99.81%
621	전자 부품 및 제품제조 기계 조작원	99.82%
622	화학제품 생산기 조작원	99.82%
623	바리스타	99.82%
624	택시운전원	99.83%
625	방문판매원	99.84%
626	동물조련사	99.85%
627	건축목공	99.85%
628	펄프 및 종이 제조장치 조작원	99.85%
629	의복·가죽 및 모피 수선원	99.86%
630	청원경찰	99.86%
631	타이어 및 고무제품 생산기 조작원	99.87%
632	육아 도우미	99.87%
633	한식 주방장 및 조리사	99.87%
634	사무보조원	99.87%
635	혼례종사원	99.89%
636	모피 및 가죽의복 제조원	99.89%
637	건축 도장공	99.90%
638	재봉사	99.90%

순위	직업	대체확률
639	방수공	99.91%
640	간호조무사	99.92%
641	자동차 부분품 조립원	99.92%
642	특용작물재배자	99.92%
643	택배원	99.93%
644	소형트럭운전원	99.93%
645	수금원	99.93%
646	주조원	99.93%
647	도배공	99.94%
648	경리사무원	99.94%
649	음식배달원	99.94%
650	가축사육종사원	99.95%
651	매장계산원 및 요금정산원	99.95%
652	단열공(보온공)	99.96%
653	시멘트 및 광물제품 제조기 조작원	99.96%
654	매장정리원	99.96%
655	웨이터	99.96%
656	선박객실승무원	99.97%
657	콘크리트공	99.97%
658	계기검침원	99.97%
659	치어리더	99.97%
660	주유원	99.98%
661	홍보 도우미 및 판촉원	99.98%
662	경비원	99.98%
663	선박갑판원	99.99%
664	목욕관리사	99.99%
665	호텔객실청소원	99.99%

기본연구보고서 발간목록

2020년

01	해양수산업의 지역 간 연관구조 분석	장정인
02	해양수산 분야 기술 대외의존도 분석연구 - 스마트항만을 중심으로 -	전형모
03	지역 해양수산 오픈 플랫폼 구축방안 연구	최지연
04	갯벌 거버넌스 개선방안에 관한 연구	육근형
05	해양환경정책의 능동적 추진을 위한 자원체계 개선 방안 연구	박수진
06	항만 대기환경 관리 표준 및 평가모형 연구	안용성
07	해양수산분야 사회문제해결형 R&D 기반 구축 연구	좌미라
08	해양 유입 하천쓰레기 관리체계 개선방안	이윤정
09	수산물 품질·안전관리 제도 개선방안 연구	이현동
10	국제법 변화에 대응한 어선원 안전 및 권리 제고방안 연구	한덕훈
11	스마트 양식 클러스터 추진 방안 수립 연구	이상철
12	해양포유류 보호에 관한 수산업 대응 방안 연구	정명화
13	수산물 수급통계 개선 방안 연구	김수현
14	IMO 온실가스 규제 대응 정책방향 연구	박한선
15	퇴직전문가 활용을 통한 해운업 경쟁력 강화방안 연구	안영균
16	글로벌 선사들의 물류통합화 전략에 대한 국적선사의 대응방안	전형진
17	내항여객운송항로 정책 발전방안 연구	김태일
18	블록체인 기술기반 식품콜드체인 체계 구축 연구	조지성
19	항만자동화 도입 관련 노무 갈등 해소 방안 연구	김찬호
20	스마트항만과 스마트도시 연계 발전 방안 연구	이연경
21	항만의 회복탄력성 측정 모형 구축에 관한 연구	김성기
22	IMO 규제기반 해사산업의 글로벌 지속발전방안 연구 -新해사산업의경제적파급효과분석연구(4차년도)-	박한선
23	국내 항만연계 산업의 가치사슬 및 공급사슬 연계성 강화방안 - 자동차 산업을 중심으로	신수용

2019년

01	한반도 평화 체제 수립 대비 접경수역 연구	최지현
02	수산부문 전망모형 「KMI-FOSiM」 구축 연구(2차년도)	이현동
03	4차 산업혁명 시대의 스마트 어촌 구축방안 연구	박상우
04	해양수산분야 예견적 위험분석 기반구축 연구	최석우
05	재해대응 및 환경보전을 위한 연안토지 매수 이행방안 연구	윤성순
06	선박 대기오염물질 배출저감 기술의 평가·인증체계 구축 및 활용방안 연구	안용성
07	해양레저관광서비스 산업 육성방안 연구	최일선
08	주요국의 나고야의정서 이행체계 강화에 대응한 해양유전자원정책 개선 연구	박수진
09	하천·해양 수질의 연계·통합 관리 체계 연구	장원근
10	총허용어획량(TAC) 기반 수산자원관리 강화 방안 연구	이정삼
11	우리나라 수산업·어촌의 공익적 기능에 관한 연구	류정곤
12	우리나라 원양산업의 사회적 책임 실천 강화를 위한 정책연구	정명화
13	수산업 노동시장 구조 분석과 노동정책 변화에 따른 대응 연구	한광석
14	우리나라 정기선 해운정책 개선 방안 연구	김태일
15	국내외 해운금융 비교를 통한 국내 해운금융 역량강화 방안 연구	전형진
16	해상 사이버 보안체계 강화방안 연구	박한선
17	해운 기업 비즈니스 모델과 경쟁우위 분석 연구	윤희성
18	국내 항만산업이 지역경제에 미치는 영향 분석	하태영
19	동북아 공동배출규제해역 지정 필요성 및 추진방안 연구	이기열
20	수출기업의 글로벌 공급사슬협력 수준 분석과 물류정책 방안 연구 - 화주~물류기업 협력을 중심으로 -	김은수
21	신선식품 수출입 증대를 위한 우리나라 항만물류 개선 방안	신수용
22	환동해권 물류 및 지역개발 비즈니스 모델 제안과 협력방안	박한선
23	IMO 규제기반 해사산업의 글로벌 지속발전방안 연구 - 우리나라 新해사산업의 경쟁력 분석에 관한 연구 -	최나영환

수시연구보고서 발간목록

2020년

01	포스트 코로나 19 해양수산 분야 정책방안	박광서
02	생분해성 어구 사용 활성화 방안 연구	심성현
03	해양법 전문인력 양성 방안 연구	박영길
04	무인도서 해양주권 강화와 이용 활성화를 위한 제도 개선방안	정지호
05	지역 해양수산 재정분권 대응방향	황재희
06	데이터 3법 개정에 따른 항만·물류 데이터 활용도 제고 방안	이기열
07	양식 활어 유통 효율화 방안 연구	마창모
08	해양레저관광사업 추진을 위한 제도정비 방안	홍장원
09	해양바이오기업의 규제 정비 방안 연구	최석문
10	비상체제 시 선원의 안전을 위한 선박-항만-항공 이동경로 구축방안	이혜진

2019년

01	일본의 수산물 수입 구조 분석과 對일본 수출 전략 연구	임경희
02	선박부착생물에 대한 선제적 대응을 위한 정책방향 연구	박수진
03	수산물 위생안전을 위한 저온유통체계 구축방안 연구	장홍석
04	전국 사업체조사 마이크로데이터를 활용한 여촌지역 고용통계 (2016, 2017)	한광석

일반연구보고서 발간목록

2020년

01	지역 해양관광 경쟁력 지수 체계화 연구	최일선
02	AIS 기반 글로벌 선박 배기가스 배출량 분석 연구	강무홍
03	김 중기 수급전망모형 「Gim-MFoS」 구축 연구	허수진
04	중앙 북극 공해 비규제어업방지협정 이행방안 연구	김민수

05	동해 평화관광구역 조성 방안 연구	윤인주
06	디지털 공급사슬 물류정보통합 구축전략 연구(II) - 일반 수출입 컨테이너 정보교환방식 중심 -	이연경
07	스트레스 테스트를 통한 우리나라 해운·조선 기업의 안정성 분석	박성화
08	인공지능기반 해상운임예측 연구	황수진
09	국제물류주산업 실태분석 및 경쟁력 제고 방향 연구	최나영환
10	디지털화에 따른 개별 직업의 대체 가능성 추정 연구	박희대
11	시계열 분석을 통한 해운시장 분석 및 예측 연구	고병욱
12	해양수산업자 글로벌 경제효과 분석모형(KMI-GEM) 시범 구축 연구	임병호
13	해운항만물류 인력양성사업 관리운영 제도 개선 방안 연구	이자연

2019년

01	양식수산물의 경영비 조사체계 구축에 관한 연구	백은영
02	딤러닝 기반의 건화물선 시황예측 연구	윤희성
03	해운-조선산업 관계분석 연구 - 컨테이너 신조발주량 예측 -	최건우
04	디지털 공급사슬 물류정보통합 구축전략 연구(Ⅰ) - 디지털 공급사슬 생태계 정보통합지도 구축 중심 -	최상희
05	시민 건강증진을 위한 해안관리 방향	정지호
06	우리나라 주요 국제여객항 운영체계 개선방안 연구 : 운영, 시설, 제도를 중심으로	이경한
07	북한 서해 해양관광 활성화 방안	윤인주
08	EU의 수산물 소비 특성 및 수출 전략(프랑스, 스페인을 중심으로)	김지연
09	해양수산 위성계정 기초연구(Ⅰ)	장정인
10	우리나라 해운·물류기업의 중국 자유무역시범구 활용방안 연구	김형근
11	지역 해양수산 혁신성장체계 구축 연구	최지연
12	도미니카공화국 뱀장어 양식사업 타당성 조사	마창모
13	강원도 어촌 신활력 제고방안(2차년도) - 어촌 활성화 거버넌스 구축과 신활력 사업구상 -	박상우

일반연구 2020-10

디지털화에 따른 개별 직업의 대체 가능성 추정 연구

2020년 12월 29일 인쇄

2020년 12월 31일 발행

발 행 인 | 장 영 태

발 행 처 | 한국해양수산개발원

49111 부산시 영도구 해양로 301번길 26(동삼동)

연 락 처 | 051-797-4800 (FAX 051-797-4810)

등 록 | 1984년 8월 6일 제313-1984-1호

조판·인쇄 | 효민디앤피(051-807-5100)

판매 및 보급: 정부간행물판매센터 Tel : 02-394-0337

정가 6,000원

