CSES | 사회적가치연구원
Center for Social value Enhancement Studies

4차산업혁명 기술로 인한 **미래사회 영향** 연구

www.cses.re.kr

4차산업혁명 기술로 인한 **미래사회 영향 연구**

CSES | 사회적가치연구원
Center for Social value Enhancement Studies

CSES | 사회적가치연구원
Center for Social value Enhancement Studies

95330
9 791197 921407
ISBN 979-11-979214-0-7 (EPUB2)

4차산업혁명 기술로 인한
미래사회 영향 연구

CSES | 사회적가치연구원
Center for Social value Enhancement Studies

Contents

발간사 4

머리글 5

I 연구 개요

1. 배경 및 목적 8
   1.1. 연구 배경 8
   1.2. 연구 목표 10
2. 연구 단계 및 방법 10

II 기술과 사회적 영향

1. 미래 선도 기술 선정 16
2. 기술의 사회적 영향 19
   2.1. 기술이 만들 사회적 영향 19
   2.2. 사회적 영향의 분류 20

III 미래 주요 트렌드

1. 5대 사회 분야 선정 26
   1.1. 국제·정치 분야 개요 27
   1.2. 경제·산업 분야 개요 30
   1.3. 정부·정책 분야 개요 34
   1.4. 사회·복지 분야 개요 36
   1.5. 국토·도시 분야 개요 38
2. 사회 분야별 미래 트렌드 39
   2.1. 국제·정치 분야 40
   2.2. 경제·산업 분야 44
   2.3. 정부·정책 분야 46
   2.4. 사회·복지 분야 48
   2.5. 국토·도시 분야 52
3. 미래 트렌드 소결 54

IV 사회적 영향 프레임워크

1. 중요도-발현시기 분석 58
   1.1. 중요도 분석 결과 58
   1.2. 발현시기 분석 결과 61
   1.3. IPA 분석 결과 65
2. 사회적 영향 프레임워크 70
   2.1. 사회적 영향 분석 70
   2.2. 미래 트렌드 분석 73

V 시사점 및 발전방향성

1. 시사점 78
2. 사회 분야별 발전방향성 80
   2.1. 국제·정치 분야 80
   2.2. 경제·산업 분야 80
   2.3. 정부·정책 분야 82
   2.4. 사회·복지 분야 82
   2.5. 국토·도시 분야 83

VI 부록

1. 미래 선도 기술 선정을 위한 문헌조사 결과 88
2. 미래 선도 기술별 사회적 영향 98
3. 중요도-발현시기 분석 위한 설문 114
4. 사회적 편익 산출방법 예시 143

참고문헌(I) 147

참고문헌(II) 154

발간사

사회적가치연구원은 올해 4월, 설립 5주년을 맞이하였습니다. 지난 5년간 기업들이 자발적으로 더 많은 사회 문제를 해결하고 사회적 가치를 창출할 수 있는 시장 환경 조성을 목적으로 연구와 사업을 수행해왔습니다.

대표적으로 사회적 기업들이 이룬 사회문제 해결 성과에 대한 사회적 가치를 측정하고 인센티브를 지급하는 사회성과인센티브 정책실험연구를 진행하고 있습니다. 2020년부터는 한국인이 바라보는 10대 사회문제, 세대별 사회문제를 분류하고 임팩트를 분석함으로써 한국의 사회문제에 대한 분석보고서를 발간했습니다.

최근 급변하는 4차 산업혁명 기술 발전으로 인해 발생되는 새로운 사회적 갈등과 예상되는 미래사회문제를 파악하고 현상에 대한 영향과 지표 연구에 대한 요구도 증가하고 있습니다. 인공지능(AI), 사물인터넷(IoT), 빅데이터, 블록체인 등 4차 산업혁명 기술의 발전은 생산 효율성 증가 및 일상 생활의 편리함을 포함하여 상당한 이점을 가져왔지만 동시에 자동화로 인한 일자리 이동, 개인 정보 보호 문제, 보안 위험 및 사회적 불평등 증가 등의 부정적 영향도 예상됩니다. 4차 산업 혁명은 우리의 삶과 사회를 개선할 수 있는 상당한 잠재력을 가지고 있지만 이러한 기술 발전과 관련된 잠재적인 도전과 위험을 고려하고 측정하는 것도 중요합니다.

본 보고서는 사회적가치연구원이 미래기술로 인한 미래 사회 문제의 임팩트를 고민하는 첫 출발점이 되는 연구보고서가 될 것입니다. 기술 개발 중심의 메가 트렌드 예측을 통해 4차 산업 혁명 기술을 선정하고, 기술이 초래할 긍정적·부정적 사회적 영향과 트렌드를 총망라합니다.

“미래를 향해 마음을 열고, 배우고, 이해할 때 내가 원하는 미래를 차지할 수 있다”는 비벡 와드와 듀크대 교수의 말처럼 정책입안자, 연구자, 기업가들이 미래기술의 특징을 배우고, 미래 기술의 사회적 영향과 트렌드를 이해하고, 미래 사회적 가치 측정 지표의 초석을 마련함으로써 우리가 원하는 미래를 준비하는데 도움이 되길 희망합니다.

2023년 5월
사회적가치연구원

머리글

2016년 세계 경제 포럼(World Economic Forum, WEF)에서 처음으로 언급된 4차 산업혁명이 산업 뿐만 아니라 우리 생활의 많은 부분에 영향을 주고 있습니다. 새로운 산업기술이 항상 긍정적인 영향만을 주는 것은 아닙니다. 제1차 산업혁명의 결과 환경 오염이 발생하였으며, 제2차 산업혁명으로 대량생산이 기능해졌지만, 노동 시장에는 저임금 일자리가 양산되는 부작용을 낳았습니다.

산업혁명의 핵심 기술들은 기존의 시장 질서를 붕괴시키고 사회 구조의 큰 변화를 가져오는 와해성 기술(disruptive technology)이 대부분이기 때문에 기술이 가져올 사회 현상을 올바로 예측하고 대응방안을 마련하지 못한다면 많은 사회적 비용을 지불하게 된다는 것을 우리는 경험상 체득했습니다. 최근의 암호화폐로 촉발된 사건 사고 등에서 이를 충분히 경험한 바 있습니다.

결과를 예측하기 어려운 미래의 사회현상을 다루는 것은 최근 떠오르는 ESG의 측면에서도 매우 중요합니다. 특히 E(Environment)와 G(Governance)에 비해 상대적으로 부족했던 S(Social)의 측면의 연구 관점에서 보았을 때 4차 산업혁명 기술로 인한 영향을 예측하는 것은 S에 대한 지표의 구축 방향을 제시해 줄 것으로도 기대됩니다.

본 연구에서는 경제, 정치, 사회, 건축, 도시, 과학, 공학 등 다양한 학문분야의 전문가들과 함께 방대한 양의 문헌을 고찰하고, 심층 인터뷰와 집담회 등을 통해 4차 산업혁명 기술로 인한 미래사회 변화의 긍정적 측면과 부정적 측면을 동시에 탐색하고자 했습니다. 또한 사회적 영향들의 상대적인 중요도와 발현 시기를 예상하여 그 영향을 분류하고, 그에 대한 대응 전략을 미력하나마 제시하고자 합니다.

미국의 시인인 랠프 월도 에머슨은 두려움에 대한 해독제는 앎(Knowledge is the antidote to fear)이라고 말했습니다. 이 연구결과가 4차 산업혁명 기술이 가져오는 미래에 대한 막연한 두려움에 대한 해독제가 되길 기대합니다.

2023년 5월
연세대학교 도시공학과 김갑성 교수

I 연구 개요

1. 배경 및 목적
1.1. 연구 배경
1.2. 연구 목표
2. 연구 단계 및 방법

I

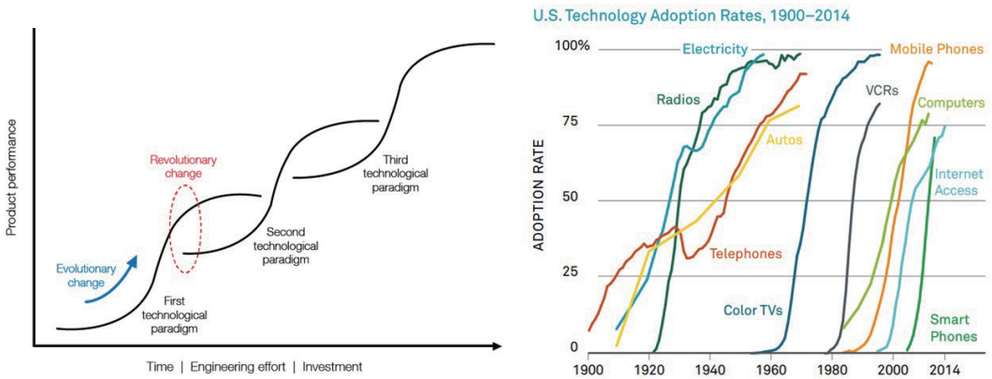
연구 개요

1.배경 및 목적

1.1. 연구 배경

4차 산업혁명의 도래와 선제적 대응의 필요성

4차 산업혁명 시대가 도래하며 다양한 분야에서 기술 발달이 빠르게 일고 있다. 이는 기술의 불연속점을 넘어서기 위한 파괴적인 혁신의 일환으로 보인다. 아울러 기술 수용 속도가 점차 빨라지고 있으므로 사회 변화에 대응하기 위해서는 기술 혁신의 실현 시기를 정확히 예측하여야 한다. 따라서 기술의 실현 시기와 파급효과를 예측하여 미래 사회 변화에 선제적으로 대응하는 것이 매우 중요하게 되었다.



<그림1> 파괴적 혁신의 필요성[1](좌)과 최신 기술의 수용률 추이[2](우)

1) Source : https://innovisio.blogspot.kr/2012/12/capturing-opportunity-in-disruption.html
2) Source : http://grupo.us.es/iwpr/wp-content/uploads/2016/09/la-disrupcion-tecnologica-ya-esta-aqui-05-10-2017pdf.pdf

새로운 사회적 갈등 발생

4차 산업혁명은 긍정적인 측면뿐만 아니라 부정적인 측면도 가져왔다. 특히 부정적 측면의 경우 신기술 상용화 이전에 발생할 사회적 현상을 예측하고 대응방안을 마련하지 못해 많은 사회적 피해와 비용이 촉발되었다. 일례로 소비자와 공유차량을 연결하는 기술을 응용한 플랫폼인 '타다'를 상용화하기 이전에 앞으로 일어날 변화들을 예측하고 대응방안을 마련하지 못해 이해관계자 간 갈등이 심화되었다.

<그림2> 새로운 사회적 갈등 발생

ESG의 대두와 S에 대한 연구 필요성

ESG는 기업의 비재무적 가치를 평가하기 위한 지표로서 전 세계적으로 주목받고 있다. 2006년 UN PRI(책임투자원칙)를 만들며 ESG 개념이 주목을 받은 이래로 이를 평가하기 위한 지표들이 제시되었으나 대부분 E나 G에 주목하고 실질적인 사회문제를 다루는 S에 대한 논의는 부족하였다.

<그림3> UN PRI에서 제시한 ESG 개념(Source: unpri.org)

1.2. 연구 목표

본 연구는 기술의 발달 양상을 예측하고 기술 발달에 따른 사회적 변화에 대한 선제적인 탐색 및 해결방안 고찰을 목적으로 한다. 이와 함께 분야별 사회적 변화를 긍정적·부정적 측면으로 구분하여 긍정적 변화에 대해서는 새로운 사회적 가치창출의 방향성을, 부정적 변화에 대해서는 대응방안을 각각 제시한다.

2. 연구 단계 및 방법

연구는 1)미래 선도 기술 선정 2)기술의 사회적 영향 분석 및 미래 주요 트렌드 선정 3)사회적 영향 및 트렌드의 우선순위 분석 4)시사점 및 발전 방향성 제언 등 4단계로 진행되었다.

1) 미래 선도 기술 선정

미래사회의 변화를 예측하기 위해서는 그 변화를 주도할 기술들에 대한 분석이 필요하다. 4차 산업혁명의 형태로 나타나는 미래의 혁신 및 성장을 이끄는 기술에 대해서는 DNA(Data, Network, AI) 기술부터 6T 기술 분류[3] 등 분류하고자 하는 노력은 있었지만 전반적인 합의에 이른 분류체계는 없었다.

따라서 이 연구에서는 미래 사회의 변화를 선도하는 기술을 먼저 제안하고자 한다. 이를 위해 학술문헌, 대중서적, 국내외 기사 등의 문헌자료에 더해 TED Talk 등 비문헌자료까지 자료를 폭넓게 분석하였다.

대부분의 자료는 최근 5년 내, 대중서적은 연구자료와의 내용적인 지연도를 고려하여 최근 10년 내의 자료를 활용해서 광범위한 분석을 실시하였다. 이와 함께 '미래 사회', '4차 산업혁명', '메가트렌드', '예측' 등의 키워드를 다루는 자료를 탐색하였다. 또한 비문헌자료 및 국내외 기사의 경우 대규모 자료 특성상 데이터마이닝을 활용하였다. 문헌 검토를 통해 추출한 기술은 총 12종으로, 상세한 결과는 [부록 1]에 기술하였다.

이후 기술 분야와 사회 분야 모두의 미래를 선도할 중요한 기술을 추출하기 위해 양 분야의 전문가로 연구진을 구성하고, 추출한 기술을 검토하여 미래 선도 기술을 선정하고자 하였다. 전문가 검토 후 네트워크 및 양자 컴퓨팅 기술의 미래 수요에 대응하고, 생명과학 기술을 의료영역에 해당하는 헬스케어와 식품공학에 해당하는 푸드테크로 세분화하는 등 총 15종의 기술을 선정하였다.

2) 기술의 사회적 영향 분석 및 미래 주요 트렌드 선정

앞에서 선정한 미래 선도 기술이 미칠 영향을 자료 조사 및 전문가 집담회(Roundtable Meeting)를 통해 분석하였다. 미래 선도 기술 선정에 활용한 자료를 포함하여 추가적인 조사도 진행하였다. 이후 이를 기반으로 다양한 분야의 전문가 16명을 초청하여 내부 연구진과 함께 5~6명으로 구성한 전문가 집담회를 진행해서 각 미래 선도 기술이 미칠 사회적 영향을 분석하였다.

또한 미래 선도 기술들의 공통된 사회적 영향을 추출하는 매핑(Mapping) 과정을 진행하였으며, 이 결과를 토대로 5대 사회 분야(국제·정치, 경제·산업, 정부·정책, 사회·복지, 국토·도시) 각각의 거시적인 미래 사회 현상을 말하는 주요 트렌드를 선정하였다. 이 작업을 통해 기술-영향-트렌드로 이어지는 흐름을 파악하고 미래의 거시적·미시적 예상 시나리오를 작성하여 종래에는 거시적 사회 발전 방향성을 도출해 내려 하였다.

3) 사회적 영향 및 주요 트렌드의 우선순위 분석

선정한 기술의 사회적 영향 및 미래 트렌드를 복합적으로 분석하여 각 영향 및 트렌드별 특성에 맞는 대응 방안을 제시하고자 하였다. 이에 각 영향 및 트렌드를 분석하여 시급성에 따른 우선순위를 부

3) 미래 유망산업으로 주목받고 있는 6개의 첨단 산업기술. 정보기술 IT(Information Technology), 생명공학기술 BT(Biology Technology), 나노기술 NT(Nano Technology), 환경공학기술 ET(Environment Technology), 우주항공기술 ST(Space Technology), 문화콘텐츠기술 CT(Culture Technology)

여하였다. 시급성은 중요도와 발현시기로 평가하였다. 즉 중요도가 높고 발현시기가 이를수록 시급히 대응해야 하는 '우선순위가 높은 트렌드'로 선정하였다. 중요도 및 발현시기 분석을 위해서는 총 22명의 전문가를 대상으로 설문조사를 진행하였으며, 중요도와 발현시기에 대하여 각각 다른 분석방법을 적용하였다.

중요도 평가

중요도 평가는 전문가 집단을 대상으로 AHP(Analytic Hierarchy Process; 계층화분석방법)를 진행하였다. AHP는 1970년대 Thomas Saaty 교수가 제안한 것으로, 평가기준이 다수여서 복잡한 의사결정이 필요한 문제에 대해 체계화된 평가수단을 제공한다. 사회적 영향이나 트렌드의 중요도는 영향의 파급력, 사회적 가치창출 가능성, 실현 가능성, 문제해결 난이도 등 다양한 기준을 복합적으로 고려해야 하기 때문에 AHP를 활용하는 것이 적절해 보인다.

따라서 이 연구에서는 쌍대비교(pairwise comparison)를 통한 AHP를 활용하여 상대적 중요도를 파악하였다. 쌍대비교를 위해 사회적 영향은 각 미래 선도 기술 내에서 2쌍씩 비교하였으며, 미래 주요 트렌드의 경우 5대 사회 분야 내에서 비교하였다. 이후 그 결과를 각 기술 또는 사회 분야 내에서의 총합이 100%가 되도록 중요도를 백분율로 제시하였다.

발현시기 분석

4차 산업혁명 기술이나 미래 선도 기술의 발현시기는 여러 문헌자료에서 티핑 포인트(tipping point), 전환점, 특이점(singularity) 등으로 제안되고 있다. 이를 종합한 자료를 22인의 전문가에게 제공하고 설문조사를 실시하여 각 기술의 발현시기와 미래 트렌드의 발현시기를 제시하였다. 구체적으로 전문가들에게 각 기술과 미래 트렌드의 실현 시기에 대하여 현재(2022년) 기준으로 몇 년 후가 될지를 질문하여 평균치를 제시하였다.

우선순위 분석

사회에 미칠 긍정적·부정적 영향이나 미래 사회 트렌드에 대한 시사점과 발전 방향성을 제시하고자 앞의 중요도 및 발현시기 분석 결과를 종합하였다. 중요도가 높고 발현시기가 가까울수록 시급히 다루어야 할 영향으로 판단되며, 이로써 우선순위가 높은 영향 또는 트렌드로 선정할 수 있었다. 또한 중요도와 발현시기를 기준으로 IPA 분석(Importance-Perception Analysis)을 실시하여 총 4개 영역으로 영향 또는 미래 사회 트렌드를 분류하는 분석 프레임워크(framework)를 구성하였다. 구체적인 분석 프레임워크는 다음과 같다.

① 높은 우선순위

이 영역은 발현시기가 가깝고 중요도가 상대적으로 높은 항목들을 포함한다. 따라서 이 항목에 속하는 영향은 긍정적인 경우 사회적 가치 창출을, 부정적인 경우 그 해결방향을 시급히 다루어야 할 필요가 있다.

② 장기적 대응

이 영역은 발현시기는 멀지만 중요도가 상대적으로 높은 항목들을 포함한다. 따라서 이 항목에 속하는 영향은 사회적 가치창출이나 문제해결에 대한 장기적인 계획을 수립할 필요가 있다.

③ 대비 권고

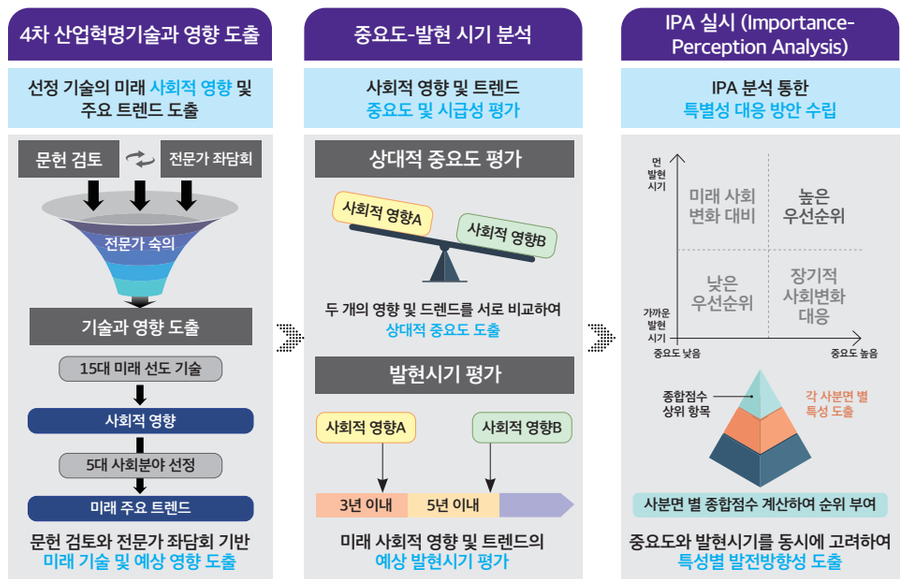
이 영역은 중요도는 낮지만 발현시기가 가까운 항목들을 포함한다. 따라서 이 항목에 속하는 영향은 지속적으로 관찰하며 대비할 필요가 있다.

④ 낮은 우선순위

이 영역은 발현시기도 멀고 중요도가 상대적으로 낮은 항목들을 포함한다. 따라서 이 항목에 속하는 영향은 많은 사람에게 대응의 필요성이 낮다고 인식될 가능성이 높다. 따라서 적절한 자원배분을 통해 장기적인 모니터링을 할 필요가 있다.

4) 시사점 및 발전 방향성 제언

앞의 IPA 분석을 통해 영향별 미시적인 시사점 및 대응 방향성을 살펴보았다면 사회 전체를 다루는 거시적인 방안에 대한 논의 또한 필요하다. 따라서 시급성 분석 결과와 앞선 미래 트렌드에 대한 분석을 바탕으로 5대 사회 분야의 시사점 및 발전 방향성을 제언한다.



<그림4> 연구 단계 및 방법 개요

II 기술과 사회적 영향

1. 미래 선도 기술 선정

2. 기술의 사회적 영향

2.1. 기술이 만들 사회적 영향

2.2. 사회적 영향의 분류

II

기술과 사회적 영향

1. 미래 선도 기술 선정

미래 사회 변화에 영향을 크게 미치는 기술을 선정하기 위해 다양한 문헌과 인터넷 자료를 조사하고 전문가 논의의 과정을 거쳐 인공지능(AI), 로봇, 빅데이터, 드론, 자율주행, 3D 프린팅, AR·VR & 메타버스, 블록체인, 클라우드 컴퓨팅, 헬스케어, 우주과학기술, 신재생에너지, 양자 컴퓨터, 차세대 통신(5G·6G 네트워크), 푸드테크 등 15개 미래 선도 기술을 선정하였다. 본 장에서는 15대 기술에 대한 개략적인 설명을 제시하였다.

인공지능(AI: Artificial Intelligence)

인공지능은 사람의 지능을 기계가 모방하고 학습하여 인간 영역으로 여겨졌던 일을 수행하도록 구현된 컴퓨터 시스템 또는 기계를 의미한다. 현재 인공지능은 사람처럼 일반적인 지능을 갖추지는 못하였으나 특정한 분야에서 사람의 능력을 뛰어넘었으며, 다양한 서비스에 인공지능이 탑재되어 활용되고 있다.

로봇

로봇은 자동으로 특정한 업무를 수행할 수 있는 기계로, 현재도 생산 공정을 담당하는 등 사람의 업무를 대체하고 있다. 특히 사람이 인공지능과 결합해서 로봇에 행동 규칙을 입력하는 것이 아니라 로봇 스스로 상황을 판단하고 행동함으로써 생산성을 크게 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

빅데이터

빅데이터는 방대한 양의 데이터 그 자체를 의미하면서 데이터를 처리하고 분석해서 정보를 얻는 기술까지 포괄하는 개념이다. 인터넷 확산과 스마트 기기 등장으로 방대한 양의 정보가 쏟아져 나오고 있다. 방대한 양의 자료를 유의미한 정보로 처리하는 빅데이터 분석 기술은 앞으로도 많은 분야에서 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

드론

드론은 사람이 탑승하지 않고 원격으로 조종하거나 자동으로 운항되는 항공기이다. 정찰 또는 공격 등 군사적 목적으로 개발되었으나 점차 촬영, 탐사, 공연 등 다양한 목적으로 활용되고 있다. 아마존에서는 드론으로 택배 서비스를 시도하는 등 기술 발전에 따라 운송 서비스의 많은 부분을 담당할 수 있을 것으로 기대된다.

자율주행

자율주행은 사람이 조작하지 않고 기계가 스스로 판단하여 운행되는 시스템을 의미한다. 철도·해운·항공 분야의 많은 부분을 자율주행 기술이 대체하고 있으며, 구글과 테슬라 등 글로벌 기업 중심으로 완전 자율주행 차량 개발과 자율주행 차량을 이용한 서비스를 개발하고 있다.

3D 프린팅

3D 프린팅 기술은 3차원 형상을 구현하기 위한 3차원 도면을 자동화된 출력 장치를 통하여 만드는 활동을 의미한다[1]. 3D 프린팅은 다양한 재료를 사용할 수 있으며, 작업 난도가 낮은 편이기 때문에 3D 프린팅이 보급된다면 산업 구조에 큰 변화를 불러올 것으로 전망된다.

증강현실(AR: Augmented Reality)·가상현실(VR: Virtual Reality) & 메타버스(Metaverse)

메타버스란 현실 세계와 유사하게 사회·경제·문화 활동이 이루어지는 3차원 가상세계를 일컫는 것으로, 현실 세계와 유사하지만 인공적인 환경인 가상현실과 실재인 현실세계에 가상의 정보를 추가하는 증강현실을 모두 아우르는 말이다. 현재는 메타버스가 기존 서비스와 크게 차별점이 없어 구체적인 청사진이 부족하다는 지적이 있지만 메타버스 기술이 발전한다면 단순히 컴퓨터와 콘솔 게임 등 엔터테인먼트 산업에 국한되지 않고 다양한 분야에서 도입될 가능성이 있다.

블록체인

블록체인은 정보를 분산해서 이용자가 공동으로 관리하여 자료의 위조 및 변조를 방지하는 기술이다. 블록체인으로 관리되는 자료는 중재자가 필요하지 않고 신뢰성이 높기 때문에 다양한 분야에서 자료 관리 구조를 변화시킬 수 있을 것으로 기대된다.

클라우드 컴퓨팅

클라우드 컴퓨팅이란 정보를 온라인에 존재하는 서버에 저장하고 사용자의 기기는 서버에 저장되어 있는 정보를 불러와서 작업하는 환경을 의미한다. 사용자는 다양한 기기로 시간이나 공간에 구애받지 않고 정보를 불러와서 작업할 수 있기 때문에 업무의 효율성과 유연성이 높아질 것으로 기대된다.

헬스케어

헬스케어는 질병 치료와 예방, 건강 관리 등을 포괄하는 개념이다. 디지털 기술과 헬스 케어의 결합으로 원격 진료를 받을 수 있으며, 스마트 기기로 건강 관리 자료를 수집하고 빅데이터와 인공지능의 도움으로 진단 정확도를 높임으로써 헬스케어 서비스가 한 단계 더 발전할 것으로 기대된다.

우주 과학기술

우주 과학기술이란 우주와 관련된 과학기술 일체로, 위성·우주선 등을 포괄하는 개념이다. 우주 공간이 위성 기술에 기반을 둔 인터넷 서비스, 우주 여행 등 기회의 장으로 변모하고 있기 때문에 우주 과학기술의 중요성은 더욱 부각될 것으로 보인다.

신재생에너지

신재생에너지란 기존의 화석연료를 대체할 새로운 동력인 신에너지와 재생 가능한 에너지를 이용하는 재생에너지를 포괄하는 개념이다. 화석 연료의 고갈에 대비하고 지구온난화 등 환경 문제 심화를 방지하기 위하여 신재생에너지로의 전환은 필연적이다.

양자 컴퓨터

양자 컴퓨터는 양자 역학의 물리적인 현상을 토대로 연산을 수행하는 기계로, 기존 컴퓨터보다 월등한 속도를 자랑한다. 기존 컴퓨터보다 월등하게 빠른 시간 내에 복잡한 문제를 풀 수 있기 때문에 많은 난제가 해결되어 사회에 다양한 파장을 불러올 것으로 기대된다.

차세대 통신(5G·6G 네트워크)

빅데이터 시대가 도래하여 주고받는 데이터가 급증하고 있는 가운데 무수한 통신을 감당하기 위해서는 이동통신 기술의 발전이 꾸준히 이루어져야 한다. 현재 개발 단계인 6세대 이동통신(6G)은 네트워크 전 구간에 인공지능 기술을 도입하고 지상의 통신과 우주의 위성통신을 결합해서 모든 환경이 연결되는 초연결 사회 실현에 기여할 것으로 기대된다.

푸드테크

푸드테크란 식품 산업에 적용된 4차 산업혁명 기술과 이로 인한 식품 산업에서의 파급효과를 의미한다. 식품 산업에 4차 산업혁명 기술이 적용되면 인공지능 기반으로 배양 환경을 조성하거나 생산 공정에서 로봇의 도움으로 식품의 생산성을 높일 수 있다. 또한 세포 배양 기술 등으로 기존 식품을 대체해서 식량 문제를 해결하는 대안이 될 수 있다.

2. 기술의 사회적 영향

2.1. 기술이 만들 사회적 영향

본 장에서는 앞에서 선정한 15대 미래 선도 기술이 보일 미래의 사회적 영향에 대해 기술한다. 아래의 <표 1>은 기술의 사회적 영향에 대한 요약이며, 기술별 상세한 사회적 영향은 [부록 2]에 기술하였다.

<표1> 기술의 사회적 영향 요약

기술	긍정적 효과	부정적 효과
AI	시스템 효율화로 원가 절감 및 품질 향상	일자리 감소, 학습 오류 유도
로봇	원가 절감 및 품질 향상, 위험환경 노동대체	일자리 감소, 군사 목적으로 활용
빅데이터	의사결정 지원, 이용자 맞춤형 서비스	데이터 스모그[4], 개인정보 유출
드론	순찰, 감시, 촬영 등 다목적 활용	사생활 침해 우려, 각종 범죄에 이용
자율주행	교통약자 이동 증진, 교통사고 저감	로보재킹[5], 정보 보안 문제
3D 프린팅	낮은 제조 진입 장벽, 시간 및 비용 절감	일자리 감소, 환경 오염
AR/VR& 메타버스	디지털 트윈[6] 실현, 입체적인 경험 제공	현실과 가상세계의 해리, 사회 활동량 감소
블록체인	인증 절차 간소화, 거래 진정성과 무결성	확장성 문제, 개인정보 보호 문제
클라우드 컴퓨팅	서버 구축 비용 감소, 에너지 효율화	서버 장애 시 이용 제약 발생
헬스케어	진단 정확도 향상, 원격 의료 등장	유전자 합성·변형으로 인한 사고, 생물학 범죄
우주과학기술	우주 공간 및 자원 활용, 우주 인터넷 서비스	우주 쓰레기 문제, 케슬러 신드롬[7]
신재생에너지	비용 절감, 탄소 배출 저감	시간대 또는 날씨에 따라 이용에 제약
양자 컴퓨터	연산 속도 극대화, NP 문제[8] 해결	기존 암호 체계 붕괴 위험
네트워크 (5G·6G)	통신 서비스 운영비용 절감	주파수 확보 관련 경쟁, 사이버 보안
푸드테크	농작업의 자동화·계량화, 대체식품 개발	배양육 안전성 우려, 대체 식품 관리 관할권 등

4) 과도한 양의 정보가 유통되며 쓸데없는 정보, 가짜 정보가 범람하는 정보화사회의 폐해를 산업사회의 폐해 중 하나인 '스모그(smog)'에 빗대어 만든 용어로, '정보 공해'라는 의미
5) 로보재킹: 무인 자동차를 외부에서 강제로 제어하여 범죄를 저지르는 행위
6) 디지털 트윈: 현실 세계를 가상 세계에 쌍둥이로 구현해서 시뮬레이션을 통해 현실에 대한 정확한 판단을 내릴 수 있게 하는 기술
7) 케슬러 신드롬(Kessler Syndrome): 우주물체 증가로 인하여 지구 저궤도상 충돌로 발생한 파편이 또 다른 연쇄적인 충돌을 일으키는 현상
8) NP(nondeterministic polynomial time) 문제 : 문제의 해결 경로가 다양하여 일반적인 방법으로는 해결에 시간이 과도하게 소요되는 문제

2.2 사회적 영향의 분류

미래 기술의 사회적 영향을 심도 있게 분석하기 위하여 긍정적·부정적 영향으로 분류하였다. 긍정적인 영향은 SV(Social Value; 사회적 가치)에 대한 기대치가 있는 영향으로, 부정적인 영향은 미래의 사회적 문제가 나타날 수 있는 영향으로 각각 정의하였다. 또한 현 시점과 비교하여 각각의 미래 영향이 미래 시점에서 그 SV나 문제 정도를 강화 또는 약화시키는지 함께 판단하여 분류하였다.

이와 같은 분류는 추후 기술로 인한 사회적 영향이 단순히 긍정적·부정적으로 작용하는 것만 고려하는 것이 아니라 사회적 가치를 창출할 수 있거나 사회적 문제로 발전할 여지가 있어 대비할 필요성이 있는 등 복합적인 평가를 하기 위해 진행하였다.

<표2> 사회적 영향의 세부 속성 분류

사회적 영향	신규	심화/강화	완화/약화
부정적 영향	신규 사회문제 영향	사회문제 심화 영향	사회문제 완화 영향
긍정적 영향	신규 SV 창출 영향	SV 창출 강화 영향	SV 창출 약화 영향

최종적으로는 <표 2>처럼 사회적 영향을 청색의 SV 창출 영역과 적색의 사회문제 영역으로 나누었다. SV 창출 영역에는 기존보다 SV 창출이 강화될 것으로 판단되는 영향, 새롭게 부상한 SV 창출 영향, 기존보다 사회문제가 완화되는 영향이 포함되었다. 사회문제 영역에는 기존보다 사회문제를 심화시킬 것으로 판단되는 영향, 새롭게 사회문제로 나타난 영향, 기존보다 SV 창출이 약화될 것으로 판단되는 영향이 포함되었다.

<표 3>은 각각 기술의 사회적 영향을 SV 창출 영역과 미래 사회문제 영역으로 분류한 결과의 개요이며, 총 105개의 사회적 영향에 대하여 내부 전문가 회의를 거쳐 분류하였다.

SV 창출에 기여할 것으로 기대되는 사회적 영향은 기존에는 존재하지 않았던 새로운 현상으로 인해 신규 SV 창출 영역이 발생하는 비율이 높은 것으로 나타났다. 이에 비해 미래에 사회문제로 나타날 사회적 영향은 기존의 사회문제가 더욱 심화되어 나타나는 영역의 비율이 높은 것으로 나타났다.

<표 3> 기술의 사회적 영향 분류 개요

	사회문제 완화	SV 창출 강화	신규 SV 창출
SV 창출 영역	미래 선도기술을 통해 발생하는 사회의 부정적 영향을 받아 나타나는 기존의 사회문제가 완화되고 있는 영역	미래 선도기술이 사회에 미치는 긍정적 영향 중 SV 창출 기대치가 기존보다 강화된 영역	미래 선도기술이 사회에 미치는 긍정적 영향 중 새롭게 SV 창출 가능성이 있는 영역
	10/105(9.5%)	21/105(20.0%)	24/105(22.9%)
	SV 창출 약화	**사회문제 심화**	**신규 사회문제**
미래 사회문제 영역	미래 선도기술을 통해 발생하는 사회의 긍정적 영향 중 SV 창출 기대치가 기존보다 약화된 영역	미래 선도기술이 사회에 미치는 부정적 영향으로부터 나타난 기존의 사회문제가 심화하고 있는 영역	미래 선도기술들을 통해 발생하는 사회의 부정적 영향 중 새로운 사회문제가 발생할 수 있는 영역
	10/105(9.5%)	22/105(21.0%)	16/105(15.3%)

SV 창출 영역에 대한 분류는 <표 4>와 같다. 일자리 대체 및 취약계층에 대한 서비스 제공으로 기존 사회문제가 완화되며, SV 창출이 기대될 것으로 예상된다. 또한 미래 선도 기술이 공통적으로 이용자 맞춤형 서비스 활성화에 기여하여 이로 인한 새로운 SV 창출이 기대된다. 이와 함께 기존의 SV 창출 분야 중 생산 비용 및 시간 감소와 에너지 효율 증가가 기존보다 SV 창출이 강화될 것으로 예상된다.

미래 사회문제 영역에 대한 분류는 <표 5>와 같다. 일자리가 성공적으로 대체된다면 SV 창출이 예상되지만 한편으로는 일자리 감소가 심화되고 이로 인해 실업률이 증가하게 된다면 일자리 생성으로 인한 기존의 SV 창출 효과가 약화될 것으로 예상된다. 또한 미래 선도 기술로 인해 발생하는 새로운 이해관계자 간 갈등과 안전에 대한 공통 이슈가 새로운 사회문제로 대두될 것으로 예상된다. 기존의 개인정보 침해를 비롯한 사이버 보안 문제의 위협이 미래에 더욱 심화될 것으로 예상되기도 한다.

<표 4> 기술의 사회적 영향 분류 결과(SV 창출 영역)

기술	사회적 영향(SV 창출 영역)			
AI	원가절감 및 품질 향상	개별화된 서비스	일자리 대체	감정노동 및 기피노동 대체
로봇	원가 절감 및 품질 향상	개별화된 서비스	단순노동 및 위험노동 대체	-
빅데이터	합리적인 의사결정	생산성 향상 및 비용 절감	신규 수익원 및 서비스 창출	이용자 맞춤형 서비스 제공
드론	항공기술 활용	경호경비 강화	교통 목적 활용	-
자율주행	연료 효율 증가 공유 활성화	교통체증 완화 및 사고 감소 유통·물류 개편	운전부담 경감	교통약자 이동 증진
3D 프린팅	낮은 제조 진입장벽	생산 소요 비용·시간 감소	장소 제약 감소	일자리 창출
AR/VR 메타버스	세컨드 라이프 실험	교육, 레저, 훈련 등에 활용	온라인 경제 활성화	디지털 트윈 실현
블록체인	비용 절감	거래의 진정성과 무결성 확보	-	-
클라우드 컴퓨팅	시·공간 제약 극복	스토리지 공간 확충 용이	에너지 및 비용 효율화	서버 구축비용 감소
헬스케어	진단 정확도 향상	개인맞춤형 정밀의료 서비스	의료비 절감 및 효율성 개선	응급취약계층 서비스 제공
우주과학기술	우주 인터넷 서비스 등장	-	-	-
신재생에너지	원료 비용 ZERO	탄소 배출 ZERO	-	-
양자 컴퓨터	양자 우월성 (연산능력 향상)	NP 문제 해결	고전 컴퓨터와의 상호 보완성	연산비용 절감
네트워크 (5G·6G)	통신서비스 운영비 절감	클라우드, 에지 컴퓨팅	-	-
푸드테크	농작업의 자동화, 계량화 다품종 소량생산	식품 원가절감	모바일 푸드 플랫폼 상용화	대체식품 개발
AI	원가절감 및 품질 향상	개별화된 서비스	일자리 대체	감정노동 및 기피노동 대체
로봇	원가 절감 및 품질 향상	개별화된 서비스	단순노동 및 위험노동 대체	-

<표 5> 기술의 사회적 영향 분류 결과(미래 사회문제 영역)

기술	사회적 영향(미래 사회문제 영역)			
AI	일자리 감소 및 실업률 증가	인공지능의 위협	-	-
로봇	일자리 감소 및 실업률 증가	법적, 윤리적 문제	군사적 목적 활용	-
빅데이터	스팸 확산	개인정보 유출 및 침해	가치 없는 정보 생산	-
드론	충돌 및 추락사고 증가	각종 범죄 활용	정보 보안 위협	테러 및 사생활 침해 위협
자율주행	책임 소재 불분명	정보 보안 문제	로보재킹	-
3D 프린팅	일자리 감소 및 실업률 증가	환경오염	윤리적 문제 대두	-
AR/VR 메타버스	시력 악영향	현실과 가상세계 간 해리	사회 활동량 감소	사생활 침해
블록체인	탈중앙화의 확장성 문제	군사적 목적 활용	개인정보 보호 문제	51%의 공격[9]에 취약
클라우드 컴퓨팅	서버 장애 등으로 인한 제약	클라우드 업체에 대한 공격	-	-
헬스케어	유전자 변형에 의한 사고 개인정보 보안성 문제	유전자 차별 기술 격차 심화	생물학 범죄, 사고 발생	진료 책임 소재 불분명
우주과학기술	정치적 갈등 발생 환경 문제	케슬러 신드롬[10] 위기 대응 역량 격차	국제사회 협약 부재	문화적 소외
신재생에너지	저장 기술의 한계	생산 원가 부담	-	-
양자 컴퓨터	사이버 보안 위협	-	-	-
네트워크 (5G·6G)	주파수 확보에 경쟁 과열	사이버 보안 위협	-	-
푸드테크	배양육의 안전성 우려	대체식품 관리 관할권 문제	식품 안전성 및 표시 문제	-
AI	일자리 감소 및 실업률 증가	인공지능의 위협	-	-
로봇	일자리 감소 및 실업률 증가	법적·윤리적 문제	군사적 목적 활용	-

9) 51%의 공격: 블록체인은 다수 이용자 합의 체제로 구성되므로 51%를 점유하게 되면 장부 조작 등의 활동이 가능
10) 케슬러 신드롬(Kessler Syndrome): 우주물체 증가로 인하여 지구 저궤도상 충돌로 발생한 파편이 또 다른 연쇄적인 충돌을 일으키는 현상

III 미래 주요 트렌드

1. 5대 사회 분야 선정

1.1. 국제·정치 분야 개요
1.2. 경제·산업 분야 개요
1.3. 정부·정책 분야 개요
1.4. 사회·복지 분야 개요
1.5. 국토·도시 분야 개요

2. 사회 분야별 미래 트렌드

2.1. 국제·정치 분야
2.2. 경제·산업 분야
2.3. 정부·정책 분야
2.4. 사회·복지 분야
2.5. 국토·도시 분야

3. 미래 트렌드 소결

III

미래 주요 트렌드

1. 5대 사회 분야 선정

사회적 영향을 통해 미래 주요 트렌드를 도출하기에 앞서 본 장에서는 사회 변화의 주요 5대 사회 분야를 선정한 결과를 기술한다. 5대 사회 분야는 문헌조사를 바탕으로 '기술로 인해 변화가 예상되는 주요 현상'을 도출하고, 이 현상들을 군집화해서 선정하였다. 미래 트렌드를 5대 사회 분야로 나누고 분야별 심층분석을 진행하여 이후의 논의를 구체화하기 위한 작업이다.

선정한 5대 사회 분야는 국제·정치, 경제·산업, 정부·정책, 사회·복지, 국토·도시이다. 이 장에서는 각 사회 분야의 개요 및 심층분석 내용을 기술하였다. <표 6>은 5대 사회 분야별 심층분석 결과의 요약이다.

<표 6> 5대 사회 분야별 심층분석 결과 요약

사회 분야	심층분석 요약
국제·정치	• 국가의 역할 변화와 정치 분야의 디지털화로 인한 민주주의, 정치 행태의 변화 • 인간중심주의의 위협과 윤리적 문제, 기술에 의한 군사력 향상과 사이버 안보 중요성 증대
경제·산업	• 산업 및 노동, 일자리 구조 변화와 공유경제를 통한 자원 활용의 극대화 • 다양한 디지털 화폐 등장과 데이터 활용 증가에 따른 변화 및 규제 마련의 필요성 증대
정부·정책	• 정부의 의사결정 방식이 전 과정에서 전환되며, 정부행태의 변화 • 정부조직의 구조가 변화하고, 공공데이터 개방과 규제혁신이 이루어짐
사회·복지	• 고령인구 및 취약계층에 대한 사회보장 서비스가 확대됨에 따라 불평등 해소 • 의료 산업의 기술발달로 산업 간 경계가 허물어지고 미래 건강시스템이 변화
국토·도시	• 국토의 공간 개념에 대한 정의와 관리방식이 변화하며, 국토의 디지털 트윈화 • 도시의 다양한 공공 서비스가 기술과 접목되어 시민들에게 효과적으로 전달됨

1.1. 국제·정치 분야 개요

국가의 역할

4차 산업혁명으로 인한 변화는 국제관계에 큰 영향을 미칠 것으로 예측된다. 국제관계는 주권국가 단위로 작동하지만 4차 산업혁명은 국내와 국제, 전쟁과 평화, 민간과 군대, 물리와 디지털, 공공과 개인 간 구분을 흐려지게 할 것으로 전망된다. 이에 따라 기존의 국제관계 질서에도 변화를 가져올 것으로 예상된다[2]. 아울러 4차 산업혁명의 핵심적인 특징인 '초연결성(Hyper-connectivity)'은 물리적 공간의 경계를 넘어 조직과 개인이 연결될 수 있게 해 주기 때문에 국제체제에서 기존 국가의 역할 또한 변화할 것으로 보인다.

4차 산업혁명 기술 발달로 여러 분야에서 새롭고 다양한 사회문제가 등장하게 되면서 개별국가 단위에서는 해결하기 어려운 문제도 함께 발생하게 된다. 이러한 문제들을 해결하기 위한 방안으로 국제협력이 고려될 수 있다. 기존에 사회와 환경 등 특정한 이슈에 대한 다양한 국제협력기구가 존재하였듯이 4차 산업혁명 시대에 새롭게 등장하는 문제에 대응하기 위해 국제기구가 신설될 것이고, 각 국가가 이를 활용하게 될 것이다. 이처럼 개별국가를 넘어 전 지구적으로 4차 산업혁명 시대에 발생하는 문제를 해결하기 위한 새로운 국제기구 혹은 국제 레짐(International Regimes)이 나타날 수 있으며, 각 국가는 개별국가 경계를 넘어 지구촌 공통 문제를 해결하기 위해 노력하는 모습을 보일 수 있다.

기술 발달은 심지어 개별국가의 소멸도 불러올 수 있다. 국민·영토·주권으로 구성된 국민국가나 개별국가 형태가 아닌 누구나 자신이 원하는 국가를 선택할 수 있다는 가상국가 논의도 진행되고 있다. 기존에 국가가 담당하던 국민의 신분 증명, 개인정보 관리 등의 역할을 기술이 대체할 수 있게 되면서 국가가 반드시 국민·영토·주권을 중심으로 구성되어야 하는 것은 아니라는 주장도 제기되고 있다[3].

4차 산업혁명에 따른 국제관계의 변화는 긍정적으로 예상되기도 하고 부정적으로 예상되기도 한다. 새로운 과학기술이 개별국가의 힘 구조를 수평적·협력적·분권적으로 개선하여 다자주의 국제협력 체제가 확대될 것이라는 긍정적인 전망도 있으나[4], 실제 국제관계에서 과학기술 발전으로 군비경쟁이 더욱 치열해지면서 더 치명적인 대량살상무기가 등장하는 등 세계평화를 위협할 것이라는 부정적 전망도 존재한다[5]. 즉 4차 산업혁명 시대의 국가는 개별국가를 넘어 다른 국가와의 협력 거버넌스를 강화하여 새로운 거버넌스 구조를 형성할 수도 있고, 반대로 국경 중심의 국민국가를 기반으로 자국을 보호하려는 자국 중심의 행태를 강화할 가능성도 존재한다.

만약 4차 산업혁명이라는 시대적 변화 속에서 각 국가가 자국 중심 행태를 강화하려 한다면 국제기구의 역할은 상당히 제한적일 수밖에 없다. 세계가 여전히 주권국가들로 구성되어 있다면 4차 산업혁명은 개인과 집단 단위를 넘어 국가 단위에서 느껴질 변화를 수반할 것이기 때문에 국가는 어떻게 준비해서 대응할 것인가를 생각해야 한다[6]. 즉 4차 산업혁명 시대에 부응하는 국가 차원의 대응 전략 마련이 필요하다. 4차 산업혁명이라는 새로운 흐름은 법·제도, 정치, 사회, 문화, 윤리, 교육 등 다양한 분야에서 새로운 이슈를 발생시킬 것이기 때문에 국가가 이러한 이슈들에 어떻게 대응할 것인지는 중요한 문제이다[7]. 세계 여러 국가는 이미 지난 산업혁명을 통해 새로운 흐름에 선도적으로 대처하지 않

는다면 국가 경쟁력 확보가 어렵다는 사실을 경험하였다. 따라서 국가들은 4차 산업혁명이라는 새로운 변화 속에서 선두주자가 되어 국가 경쟁력을 확보하기 위해 노력할 것으로 전망되며, 새로운 기술을 중심으로 한 국가 간 경쟁 심화가 예상된다.

디지털 정치와 디지털 민주주의

디지털 기술 발전은 정치 분야에 많은 변화를 초래할 것으로 전망된다. 특히 개인의 정치참여 행태, 민주주의, 정치적 의사결정에서 변화가 나타날 수 있다. 기술 발전으로 국민의 직접 투표로 입법과 행정 결정을 내릴 수 있는 환경이 마련되면서 개인의 직접적인 정치참여가 가능할 것으로 전망된다. 과거 아테네에서 직접 민주주의가 실현되었듯이 기술 발전은 대의 민주주의를 넘어 개인이 직접적으로 정치적 의사결정에 참여할 수 있게 해 줌으로써 직접 민주주의의 실현을 가능하게 한다.

온라인상에서의 정치참여 활성화는 기술 발전으로 인해 더욱 가속될 것으로 전망된다. 청와대 국민청원이나 백악관 위더피플과 같은 전자청원은 정부가 국민과 직접 소통하면서 특정 사회문제에 대한 해결책을 찾아가려는 것으로, 온라인에서의 집단지성을 통해 정치적 의사결정을 내리는 대표적 사례이다[8]. 4차 산업혁명 기술의 발전은 물리적 공간과 시간의 경계를 넘어 국민들이 온라인상에서 상호 소통하며 의사결정을 내릴 수 있는 환경을 조성해 줄 수 있기 때문에 국민들의 정치참여 행태가 간접적이기보다 직접적으로 변화할 수 있다. 다만 이 경우 디지털 기술을 이용하여 정권에 유리하게 여론을 조작하는 것 같은 '디지털 독재 현상'이 발생할 가능성도 있다[9].

디지털(Digital) 기술 발전과 민주주의(Democracy)를 결합한 새로운 정치적 의사결정 형태인 디지털크라시(Digitalcracy), 다시 말해 디지크라시(Digicracy)가 등장하면서 기존의 거대 정당이 존립할 기반을 위협하고 있다[10]. 거대 정당의 주요 역할 중 하나가 바로 선출직을 선발하는 것인데, 디지털 기술 발전으로 직접 민주주의가 활성화된다면 선출직의 중요도가 낮아지게 되면서 기존의 정치 과정에서 정당이 점유하고 있는 독점적 지위가 흔들릴 수도 있다[11].

정치 과정에서 발생하는 모든 의사결정이 합리적이고 객관적인 것은 아니며, 때로는 정치적 이해관계에 따라 비합리적인 결정이 발생하기도 한다. 이러한 정치적 의사결정의 비합리성 문제를 극복하는 대안으로 인공지능 기술을 활용한 의사결정이 주목받고 있다. 인공지능 기술을 활용하게 되면 더욱 합리적이고 객관적인 의사결정을 내릴 수 있으며, 향후에는 인공지능 로봇이 정치인을 대신해서 의회 활동을 담당할 수 있다는 논의이다[12].

그렇다면 기술을 활용한 의사결정이 기존의 정치적 의사결정에서 나타나는 문제를 해결할 대안이 될 수 있을까? 기술을 활용하게 되면 객관적이고 과학적인 증거를 기반으로 의사결정을 내릴 수 있기 때문에 의사결정의 정당성 확보에 유리하며, 무엇보다 국민 수용성이 제고될 것으로 전망된다. 다만 갈등 요소가 많아 이해관계가 첨예하게 대립하거나 가치 판단이 필요한 사안에 대해서는 결정을 내리기 어렵다는 한계가 있다. 물론 인공지능 기술이 고도화되면서 인공지능이 가치 판단까지 가능하게 될 수 있지만 인공지능이 어떤 기준에 따라 가치를 판단하고 결정을 내릴 것인지를 어떻게 정할 것인지, 인공지능의 판단에 대한 책임은 누가 질 것인지 등에 대한 문제도 함께 고려되어야 한다.

인간윤리

4차 산업혁명 기술 발달로 인공지능 로봇의 활용이 확대되고 일상화될 경우 가장 심각한 문제는 바로 인간의 생명과 안정성, 존엄성 등을 위협하는 윤리적인 문제이다[13]. 인간을 능가하는 기계의 보편화는 기존의 인간중심주의에서 기계 세계 또는 비인간 세계로 주도권이 넘어가는 상황을 초래할 수 있다. 이 때문에 인공지능 로봇과 같은 기계, 즉 비인간의 등장은 인간에게 실존적 위협(existential threat)으로 다가올 수 있다[14]. 다시 말해 인공지능 로봇과 같은 비인간적 존재의 등장은 기존의 인간중심주의적 사고에 변화를 가져올 수 있다.

인공지능 로봇의 등장으로 발생하게 될 윤리적 문제는 인공지능 로봇을 자율성 및 자유 의지가 있는 인간과 동일한 주체로 인정할 수 있는가 하는 데에서 시작한다. 인간은 자율성이 있는 존재로서 스스로 법칙을 수립하고 그것을 따르는 자기기획, 자기결정, 자기 입법적 성격을 띠고 있는 도덕적 행위자라 볼 수 있다[15]. 칸트(Kant)는 자율성을 인간을 규정하는 포괄적이고 핵심적인 개념으로 보고 욕구를 제어하고 이성적으로 선하다고 생각하는 일을 행하는 것, 다시 말해 이성에 의한 자율성을 진정한 자율성이라고 주장하였다[16].

이렇듯 인간은 자율성과 이성을 갖춘 존재이기에 인간만이 도덕적 행위자가 될 수 있다는 기존의 인간중심주의적 사고는 인공지능 로봇이 등장함에 따라 도전받는 상황에 놓이게 되었다. 인공지능 로봇을 인간과 동일한 수준의 자율성을 갖춘 주체로 인정할 수 있는가 하는 논의는 인공지능 로봇의 법적·도덕적 지위와 관련되기 때문에 무척 중요하다. 인공지능 로봇을 이미 상당한 수준의 자율성을 갖춘 자율적 행위자(autonomous agent)로 보는 견해도 있으나 여기서 말하는 자율성이란 인간의 개입 없이도 스스로 임무를 수행하는 능력인 자동성의 의미에 더 가깝기에 진정한 의미의 자율성이라 보기는 어려울 수 있다[17].

물론 기술이 더욱 발전해서 인공지능 로봇이 인간처럼 스스로의 자유 의지에 따라 사고하고 판단하여 결정을 내리고 그에 따른 행동을 한다면 완전한 자율성을 갖춘 독립된 주체로 받아들여질 가능성도 없지 않다. 다만 인공지능 로봇과 같은 기계 또는 비인간적 존재의 자율성을 인정한다 하더라도 이들의 의사결정을 어디까지 수용할 수 있는지, 인간이 아닌 존재들의 의사결정으로 발생할 수 있는 문제에 대한 법적·도덕적 책임은 어떻게 해결할 것인지 등의 문제가 여전히 상존한다. 또한 인공지능 로봇이 인간과 동일하게 사고하고 의사결정을 내리게 하기 위해서는 학습을 위한 데이터가 필요하며, 그 과정에서 인간의 데이터를 활용해야 하기에 프라이버시 문제도 주요하게 고려되어야 할 사안으로 떠오른다.

국가 안보

국가 차원에서 4차 산업혁명에 관심을 기울이는 가장 궁극적인 이유는 바로 군사기술 혁신을 통한 안보 딜레마의 해결이라 할 수 있다[18]. 2차 세계대전 이후 형성된 국제질서는 패권국으로 등장한 미국과 소련의 양극체제에서도, 소련 붕괴 이후 미국의 단극체제에서도 국익을 위해 군사력을 가장 중요한 수단으로 고려하고 자국의 가치와 질서를 국제사회에 투사하여 주변국의 지지와 협력을 이끌어내

는 한편 적대 세력의 공격을 억제하는 전통적이고 공격적인 현실주의 정책을 추진하는 방향으로 나타났다[19].

4차 산업혁명 기술의 발전은 군사기술의 첨단화를 가능하게 해서 인간이 수행하기 어려운 작업들을 좀 더 정확하고 빠르게 수행할 수 있게 해 주고 전투능력을 향상시켜 줄 수 있다. 현재의 국민국가·개별국가 형태가 향후에도 유지된다면 각 국가는 자국의 안보를 위해 새로운 기술을 군사기술에 적극 활용하여 군사력을 향상시키고 다른 국가에 비해 경쟁우위를 확보하려 할 것이다. 그 과정에서 국가는 전쟁 발발 시에도 자국민을 전쟁인력으로 활용하기보다 발전된 군사기술과 군사로봇을 이용하여 전쟁을 치르고자 할 수 있으며, 군사로봇이 전장에서 용병으로 활용될 가능성도 있다.

이처럼 4차 산업혁명 기술의 발달은 전쟁 양상의 변화를 가져올 것으로 전망된다. 기술 발전은 국가 간 무력 전쟁 변화뿐만 아니라 사이버 공간에서의 전쟁이라는 새로운 변화를 가져올 수 있다. 사이버 위협은 냉전 종식 이후 비약적인 정보통신기술의 발전에 따라 새롭게 나타나게 된 안보위협으로 이해할 수 있다[20]. 4차 산업혁명 기술의 발전은 해킹 등을 통해 국가 간 사이버 공격·위협을 가능하게 해서 사이버 안보가 국가 안보의 핵심이 되게 한다. 실제로 국가를 대상으로 한 해킹과 사이버전 등이 빈번하게 발생하고 있다. 사이버전이란 국가를 주체로 하여 사이버 공간에서 사이버 공격을 하는 행위로, 상대국의 인명 피해나 시설 손상 등 물리적 피해를 가하는 것을 목표로 한다. 이러한 다양한 형태의 공격으로부터 사이버 공간을 보호하는 것을 사이버 안보라 볼 수 있다[21].

4차 산업혁명 시대에는 다양한 분야에서의 디지털화가 진행됨에 따라 국가나 국민과 관련한 많은 정보가 모두 데이터화되기 때문에 국가는 이러한 데이터의 보안 및 관리를 위해 노력해야 한다. 또한 사이버 공간에서의 사이버 공격·위협 발생 가능성이 증대되기 때문에 국가의 사이버 안보 대응 역량을 향상시켜서 국가안보를 견고히 하고, 국가 차원의 사이버 위협에 대응할 수 있는 인재 양성을 위해 힘써야 한다.

1.2. 경제·산업 분야 개요

산업, 노동 및 일자리

4차 산업혁명 시대를 맞아 지능정보기술이 발달하게 되면서 전통적인 1차·2차·3차 산업혁명에 기반을 둔 새로운 산업이 등장할 수 있다[22]. 4차 산업혁명을 주도할 기술로는 인공지능, 로봇공학, 사물인터넷, 자율주행자동차, 3D 프린팅, 나노기술, 생명공학, 유비쿼터스 컴퓨팅 등이 거론된다. 이러한 기술의 혁신은 기술 자체에 대한 산업뿐만 아니라 다른 분야와의 융합을 통한 새로운 산업의 창출을 가능하게 한다[23]. 아울러 발전된 새로운 기술과 관련된 신산업이 등장하게 되면서 새로운 기술과 플랫폼을 기반으로 하는 새로운 산업구조가 형성될 수 있다. 그러나 이와 함께 산업구조의 갈등도 초래될 수 있다. 새로운 산업의 등장은 기존 산업과 신산업 간 갈등을 발생시킬 수 있기 때문이다.

이처럼 4차산업 혁명은 거의 모든산업분야의 경쟁력을 변화시킬 수 있을만큼 큰 변화를 초래할 것으로 예상되기도 한다[24]. 특히 4차 산업혁명은 모든 것이 연결된 초연결성을 특징으로 하기에 경쟁 간 경계도 소멸되어 글로벌 경쟁이 심화하고, 인터넷과 플랫폼 서비스 발전으로 많은 산업이 글로벌 경쟁에 노출되면서 글로벌 경쟁력을 갖춘 산업은 살아남고 그러지 못한 산업은 도태될 것으로 전망된다[25]. 따라서 4차 산업혁명 시대에 글로벌 경쟁력을 갖춰 생존하는 산업이 되기 위해서는 산업별 맞춤 대응이 필요하다.

산업구조의 변화는 노동 및 일자리 변화에도 영향을 미칠 것이 분명하다. 새로운 산업의 등장으로 산업구조가 변화하고 기존 산업과 갈등을 빚는 과정에서 새로운 일자리가 창출될 수 있다. 하지만 이러한 변화로 인해 기존 산업이 쇠퇴하며 일자리가 감소할 수도 있다. 4차 산업혁명 시대의 노동시장에 대한 긍정적 전망은 '기술 발달로 생산성이 향상되면서 새로운 산업이 창출되고, 새롭게 생겨난 산업에 대한 추가적인 노동 수요가 발생할 수 있다'는 것이다[26]. 그러나 4차 산업혁명으로 인해 제조업과 서비스업 일자리는 상당 부분 줄어들 수밖에 없다. 다만 과거 산업혁명 당시에는 농업 인구를 줄이면서도 생산량은 증가하였고, 농업 인구를 제조업과 서비스업이 흡수하였다. 이런 점을 감안할 때 앞으로는 엔터테인먼트를 비롯한 창조산업 활성화 등을 일자리 문제 해결을 위한 대안으로 고려할 필요가 있다[27].

제러미 리프킨(Jeremy Rifkin)은 노동의 종말(The End of Work, 1995)에서 "노동 없는 세계는 과학자, 엔지니어, 기업주에게는 고되고 정신없는 반복적인 작업으로부터 인간이 해방되는 역사상 새로운 시대의 시작을 의미하는 것일 수도 있다. 그러나 대다수 사람들의 의견이 일치하는 지점이 있다. 그것은 제조와 서비스 제공 과정에서 기계가 인간의 노동을 대체하는 새로운 시대가 시작된다는 것이다."라고 언급하였다. 또 칼 프레이(Carl B. Frey) 교수는 4차 산업혁명으로 현재 일자리의 47%가 사라질 수 있으며, 단순 노동의 중간 난이도 일자리는 사라지고 저숙련·저부가 일자리와 고숙련·고부가 일자리로 일자리의 양극화 현상이 나타나게 될 것으로 전망하였다[28].

기술 발전은 숙련된 노동자 혹은 전문가를 필요로 하기 때문에 비교적 반복적인 업무를 담당하던 중산층 노동자들은 기계로 대체되면서 노동 양극화 현상이 나타나고, 이로 인해 불평등은 심화되고 중산층은 몰락할 공산이 크다. 노동 방식과 노동 형태 역시 변화할 것으로 보인다. 양질의 일자리는 사라지고, 상용직에 비해 일용직 노동이 증가하며, 전문성을 중심으로 한 단기 고용이 증가할 것으로 전망된다. 기업 입장에서는 반복적인 업무를 수행하는 노동자들을 기계나 로봇으로 대체함으로써 노동에 소요되는 비용을 줄이고자 할 수 있다. 그러나 노동의 양극화는 불평등을 심화하고 중산층을 몰락시켜 경제 구조에 위협을 가할 수 있기 때문에 일자리의 감소 속도를 조절하는 등 피해를 최소화할 필요가 있다.

공유경제

기존의 경제학은 자원의 희소성(scarcity)을 전제로 하였지만 새로운 디지털 시대의 자원은 데이터·정보·재능·기술 등으로 확장되고, 공유경제 및 플랫폼 기업의 등장과 발전으로 희소성의 프레임이 약화되고 있다[29]. 케빈 켈리(Kevin Kellly)는 저서 The Inevitable을 통해 장기적 추세를 전망하며

'소유하지 않고 접근하기(accessing), 나만의 것이 아닌 우리 모두의 것으로 공유하기(sharing)'를 제시하였다[30]. 이러한 논의의 연장선상에서 4차 산업혁명 시대의 새로운 경제 형태로 공유경제가 주목받고 있다.

공유경제(sharing economy)란 소유가 아닌 공유 개념을 기반으로 해서 생산된 재화나 서비스를 소유하는 것이 아니라 서로 공유하는 개념으로 인식하여 자원 활용을 극대화하려는 경제 활동 방식을 의미한다. 즉 공유경제는 유휴자원을 타인과 공유하여 소비 자원의 낭비를 줄이고 사회 공동의 이익 증가에 기여하는 사회·경제적 활동을 의미하며, 재화와 서비스를 소유하는 것이 중심이었던 전통 경제와는 달리 협력적 소비(collaborative consumption)를 추구한다[31].

공유경제는 금융위기 이후 경제 성장 둔화, 정보통신기술 발전과 합리적인 소비문화가 결합되어 빠르게 확산되고 있다[32]. 발전된 기술을 기반으로 자원 활용을 극대화하기 위한 공유경제 활동이 증가함에 따라 교통, 숙박, 문화 등 다양한 분야에서 새로운 공유경제 기업들이 등장하고 있다. 대표적으로 에어비앤비(Airbnb)와 우버(Uber) 같은 새로운 공유경제 기업들이 등장하는 등 경제 시장의 변화가 일고 있으며, 이러한 공유경제 활성화로 4차 산업혁명 시대는 자원 낭비가 최소화될 것으로 전망된다[33].

이러한 공유경제는 소비 효율성을 높여 준다는 것이 장점이다. 그러나 공유경제는 발전된 디지털 기술을 기반으로 하기 때문에 기존에 대여 및 관리 업무, 전화 및 문의 등 업무를 수행하던 노동자들의 일자리는 줄어들게 할 공산이 크다. 또한 내수경제에 부정적인 영향을 미칠 수 있으며, 기존 서비스 시스템과의 심각한 사회적 갈등을 불러일으킬 수 있다.

디지털 화폐

4차 산업혁명 기술의 발달로 금융(finance)과 기술(technology)이 결합하여 기술을 이용한 새로운 금융 서비스를 창출하거나 기존의 금융 서비스를 변화시키고자 하는 핀테크(FinTech) 기반의 디지털 금융이 발달하게 되면서 디지털 화폐 시대가 시작되었다. 디지털 화폐란 화폐 가치를 디지털 형태로 저장하여 거래할 수 있는 것으로, 기존의 실물 화폐에서 디지털 화폐로의 전환이 가속화되고 있다. 디지털 화폐 종류로는 암호화폐, 가상화폐, 전자화폐, NFT(Non Fungible Token, 대체불가토큰), CBDC(Central Bank Digital Currency, 중앙은행 디지털 화폐) 등 다양하다. 국가별·기업별로 디지털 화폐를 만들 수 있어 다양한 디지털 화폐가 등장하고 있다[34].

그중 암호화폐(Cryptocurrency)란 블록체인이라는 암호화 기술을 사용하는 민간의 디지털 화폐를 의미하다. 비트코인과 이더리움 등이 해당된다[35]. 암호화폐는 가격 변동성이 크다는 점을 특징으로 한다. 가상화폐(Virtual Currency)는 기업이 발행하고 발행 기업의 서비스 내에서만 사용 가능한 게임 머니, 인터넷 쿠폰, 모바일 쿠폰 등을 의미한다. 또 전자화폐(Electronic Currency)는 카카오페이, 네이버페이, 삼성페이 등처럼 금융회사나 전자금융업자가 현금 또는 예금과 동일한 가치로 교환해 주고 온라인상에서 쉽게 결제할 수 있도록 해 주는 것이다[36]. NFT는 디지털 자산에 고유한 코드를 부여해서 복제 자체를 불가하게 하는 것을 의미한다. 최근 가장 주목받고 있는 CBDC는 각국의 중앙은행에서 발행하는 것으로, 암호화폐에 비해 가격 변동성이 적고 안정적이다[37].

비트코인과 같은 암호화폐는 탈중앙화적 관점에서 중앙화된 발행 주체가 없으며 사용자가 익명화되어 있다는 것이 장점이다[38]. 그러나 가격 변동성이 크기 때문에 가격이 급락할 경우 피해자가 발생할 수 있으며, 익명성을 부정적으로 활용할 경우 불법적인 거래나 범죄에 이용될 위험성도 존재한다. 따라서 민간이 발생하는 디지털 화폐인 암호화폐의 문제를 해결하기 위한 대안으로 중앙은행이 발행하는 디지털 화폐인 CBDC가 주목받고 있다. CBDC는 중앙은행에서 화폐 가치를 보증해 주기 때문에 가격 변동성이 안정적이며, 거래 내역이 기록되기 때문에 디지털 화폐가 부정적으로 사용될 가능성을 방지할 수 있다[39].

이러한 디지털 화폐를 둘러싼 국가 간 경쟁이 새롭게 나타나고 있으며, 디지털 화폐 사용이 가속될수록 국가 간 경쟁은 더욱 심화할 것으로 전망된다. 중국 정부가 디지털 위안화를 선보임에 따라 미국 정부 역시 기존의 달러 패권 지위가 흔들릴 것을 염려하여 중앙은행이 발행하는 디지털 화폐 관련 연구와 제도화를 위한 노력을 시작하였으며, 중국·미국 외에 러시아와 유럽 국가들도 경쟁적으로 디지털 화폐 논의에 관심을 보여 디지털 화폐에 대한 국가 간 경쟁이 심화될 가능성이 있다[40].

데이터의 자산화

4차 산업혁명 시대를 맞아 사회 전반에서 디지털 전환이 가속됨에 따라 데이터 양이 폭증하고 있다. 제프 베이조스 아마존 회장은 "우리는 결코 데이터를 버리지 않는다."라고 말하였으며, 손정의 소프트뱅크 회장도 "데이터는 산업혁명 시대의 석유 같은 자원이다."라고 하여 데이터를 중요하게 생각함을 드러냈다. 이처럼 4차 산업혁명 시대에 기술의 정교함은 국가와 기업이 얼마나 많은 데이터를 생성·수집·공유·활용하였는지로 결정되기 때문에 데이터는 매우 중요한 자원으로 고려될 수 있다[41].

또한 4차 산업혁명 시대의 핵심 기술인 인공지능(AI)은 방대한 양의 데이터를 바탕으로 학습을 반복함으로써 점차 고도화되기 때문에 데이터는 인공지능 기술의 기반이 된다는 점에서 주목받고 있다. 미국의 글로벌 IT 시장 조사 기관인 가트너(Gartner)에 따르면 인공지능 시장 가치는 2025년에 약 5조 달러가 될 것으로 전망된다[42]. 또한 인공지능 기술은 4차 산업혁명 시대의 대표적인 기술로, 생산성과 효율성을 향상시켜서 다양한 사회경제적 편익을 가져다줄 것으로 기대된다. 이처럼 4차 산업혁명 시대의 주요 기술인 인공지능의 기반이 되는 데이터는 자본·노동과 같은 기존의 생산 요소를 넘어서는 화폐·부동산과 같은 하나의 자산으로 고려되고 있으며, 데이터로 경제적인 수익 창출이 가능해짐에 따라 데이터의 자산 가치가 지속적으로 증가하고 있다.

데이터는 4차 산업혁명의 원동력으로, 경제·사회·기술 전반에 걸쳐 큰 변화를 가져다주고 있다[43]. 탈산업화 시대에는 물질적 자산보다 비물질적 자산인 정보, 지식, 데이터 등이 중요한 자산으로 여겨진다[44]. 데이터로 인한 가치 창출이 활성화됨에 따라 중국의 구이양 빅데이터 거래소, 한국의 KDX 데이터 거래소 등을 통해 데이터 자체가 하나의 디지털 재화로 거래되고 있다[45]. 따라서 4차 산업혁명 시대에는 데이터를 확보하고 데이터를 활용해서 유용한 자산으로 사용하려는 노력이 필요하며, 데이터 자산화를 이루기 위해서는 유용한 데이터를 선별하고 활용하는 능력과 데이터를 자유자재로 활용하고 생산·유통할 수 있는 데이터 민주주의 실현이 뒷받침되어야 한다[46].

한편 데이터 개방을 확대하게 되면 활용 가능한 데이터가 증가함에 따라 데이터를 활용한 새로운 가치 창출이 가능하지만 데이터 개방과 활용 과정에서 개인의 프라이버시가 침해될 우려가 있다. 이러한 문제에 각별히 주의하여야 한다. 또한 디지털 전환으로 온라인 데이터 양이 급증하면서 데이터를 관리하고 활용할 수 있는 역량을 갖춘 인재 양성의 필요성이 점차 높아지고 있다. 결국 데이터 활용 및 개인정보 규제에 대해 적절한 법과 제도를 마련해서 개인정보는 보호하되 데이터를 활용하여 가치를 창출할 수 있는 환경 마련의 필요성이 절실하다.

1.3. 정부·정책 분야 개요

데이터 기반 의사결정

정부 의사결정의 경우 전 분야에 걸쳐 기술과 데이터가 활용될 수 있다. 인공지능(AI)과 빅데이터(Big data) 등을 기반으로 하는 정책지능의 활용은 먼저 정보수집 역량의 변화를 불러일으킨다[47]. 인터넷 시대에는 단순히 정보를 탐색하고 획득하는 과정이 효율화되었으나 AI 시대에는 예측적 관점에서 비용 효율화를 꾀할 수 있으며, 의사결정에서는 예측 분석이 보편화될 수 있다.

정보 수집 단계 이후에는 모인 데이터를 가공하고 활용하는 과정에서 주로 자동화를 기반으로 한 기술이 활용될 수 있다. 특히 의사결정 과정이 일종의 로봇 알고리즘처럼 'if/then'의 사고 자동화를 이룰 수 있다[48]. 이는 복잡하고 숙고가 필요한 의사결정 문제가 단순화되는 효과를 나타내며, 필요한 업무에 집중하게 하여 의사결정의 효율화를 제고할 수 있게 된다.

앞의 정보 수집과 처리·활용 단계를 거쳐 공공서비스 전달 단계에서는 기존의 이원화된 정부와 국민 관계가 근본적으로 바뀔 수 있으며, 나아가 양방향 소통이 더욱더 다양한 방식으로 가능해질 것이다[49]. 특히 공공서비스 제공 방식의 경우 플랫폼으로서 인공지능 기술 적용에 따라 인간과의 협업을 가능하게 하는 수준으로 변화할 수 있다[50].

이처럼 일련의 의사결정 과정이 기술 영향을 받게 되면서 직접 민주주의와 결합한 새로운 의사결정 방식인 디지크라시(Digicracy)가 떠오르게 될 것이다. 디지크라시의 발전은 디지털 기술을 통해 좀 더 직접적인 방식으로 정부 정책에 관여할 수 있게 되며[51], 특정 정책을 기반으로 시민과 연대하는 일종의 정책 네트워크 형태로 발전될 것으로 예측된다[52].

정부 규제 혁신

4차 산업혁명 기술에 대하여 정부는 핵심 산업에 대한 규제를 혁신할 수 있다. 즉 기술 발전을 위하여 주요 사업에 대한 규제 완화 방식을 채택할 수 있다. 먼저 국토교통부는 자율주행차의 조속한 상용화와 관련 산업을 발전시키기 위해 자율주행차 규제혁신 로드맵 2.0을 마련하기도 하였다. 이는 관련 기술과 개발 측면에서의 규제 특례를 부여할 수 있으며, 자율주행 서비스에 대한 실증과 고도화를 지원할 수 있다. 그러나 이는 교통사고 주체의 책임이나 보험과 관련한 여러 문제를 초래할 수 있다.

금융산업 또한 4차 산업혁명의 영향에서 자유롭지 못하다. 혁신적 비즈니스 모델의 결합은 기존의 금융산업 영역을 확장한다. 이에 정부는 지능화 금융서비스 도입을 위하여 규제 부담을 완화하거나 금융규제 테스트베드의 운영을 강화하고자 한다. 이는 소비자인 국민의 편의성을 제고할 것이며, 관련 서비스의 운영 결과를 토대로 금융 당국은 해당 제도나 규제의 추가적인 개선 또는 보완이 가능하게 된다.

현재 정부는 데이터 규제혁신 정책을 발표하고 데이터 관련 산업의 규제 혁신에 박차를 가하고 있다. 데이터 산업 규제와 관련한 이슈로는 크게 기업-개인 간(B2C), 개인-정부 간(G2C), 정부-기업 간(G2B) 규제 등이 있다[53]. 신기술의 경우 각 분야에 해당하는 개별 원칙을 수립하는 것이 요구되며, 이후 각 특징을 고려해서 원칙을 수립하는 접근법이 필요하게 된다.

규제 방식의 변화 또한 중요한 이슈가 될 수 있다. 기존의 네거티브(negative)나 포지티브(positive)의 단일 방식 규제가 데이터 활용에서는 네거티브를 유지하되 금지 영역에서의 포지티브 방식을 취하는 혼합형 규제의 필요성을 불러올 것이다[54].

과학기술 컨트롤타워 일원화

향후 과학기술에 대한 국가 주도권 측면에서 정부는 과학기술 컨트롤 타워를 일원화함으로써 과학기술 정책의 우선순위를 높일 수 있다. 이는 국정운영에 과학기술을 최우선 과제로 삼게 되는 것으로, 국제적으로 과학기술 패권국가로 자리매김하는 데도 큰 영향을 미칠 것이다. 이를 위해 거시적인 측면에서는 과학기술인이 전면에 나설 수 있는 테크노폴리틱스[11] 시대를 준비해야 할 것이며, 과학기술에 통찰력 있는 행정가와 정치인이 필요하게 된다. 나아가 컨트롤타워를 명확히 하는 것이 요구된다. 이를 위해서는 예산 독립성을 보장하는 동시에 강화하는 것이 필요하다. 예산 강화와 독립권은 종국에 기초 연구개발 투자와 연구자 지원을 용이하게 할 수 있을 것이다.

또한 과학기술 거버넌스 측면에서 우리나라는 잦은 변화를 경험하고 있는 바[55] 몇 가지 중요한 조직개편 원칙이 존재한다. 첫째, 조직 개편 과정에서 무분별한 확장은 지양할 필요가 있다. 현재의 국가공무원 규모가 적지 않다는 점을 감안해야 하며, 향후에는 전반적인 측면에서 효율성을 고려한 조직개편이 필요하다. 둘째, 컨트롤타워 기관은 다양한 유관 부처와의 긴밀한 정책적 조율이 요구된다. 특히 보건의료, 환경, 국방 등 사회안보 분야와의 긴밀한 연계가 필요하다[56]. 마지막으로 단순히 정부 내부만의 조율이 아니라 민간 부문과의 유기적인 협력 확대 방향을 잡는 것이 필요하다. 실제로 4차산업혁명위원회는 국무회의에 참여하는 위상을 부여받았으며, 정부는 관련 정책을 총괄하는 민관합동 거버넌스를 구축할 것이라고 천명하였다. 결과적으로 컨트롤타워 역할과 과학기술 거버넌스 재정립은 과학기술 정책의 일관성을 유지할 수 있게 하며, 나아가 기술패권 경쟁에서 우리나라가 주도권을 쥘 수 있게 할 것이다[56].

11) 테크노폴리틱스(Techno-Politics): 기정학(技政學)으로도 불리며 기술이 국제정치의 패권을 정하는 시대.

공공데이터와 정보의 민간 공유

공공데이터 및 정보에 대하여 민간과 공유하는 것은 결국 모든 공공데이터에 접근할 수 있게 하는 것을 의미한다. 이러한 민간과의 공유는 여러 관점에서 정부의 신뢰 수준을 높이는 데 기여할 수 있다. 먼저 공공데이터를 개방함으로써 정부는 투명성 제고 효과를 기대할 수 있다. 또한 민간 의견을 적극적으로 반영할 수 있게 됨으로써 대의를 반영한 데이터가 종국적으로는 국민의 만족도 향상에 효과적으로 작용할 수 있다. 둘째 민간에 대한 데이터 개방과 이를 활용하는 것은 공공서비스 관련 예산 절감 효과를 기대할 수 있게 한다. 셋째 공공데이터 개방 과정에서 데이터 품질을 검증할 기준이자 카탈로그 기능을 수행할 수 있게 될 것이다. 넷째 전문성과 인력 부족으로 데이터 활용이 어려웠던 기업이나 비영리 기관은 공공데이터가 개방됨으로써 데이터 융합이나 분석을 용이하게 할 수 있게 된다.

이 밖에도 공공데이터 개방은 산업 및 경제적 변화를 불러일으킬 수 있다. 먼저 공공데이터가 민간과 공유되면 데이터를 기반으로 하는 산업의 경쟁력이 향상될 수 있고, 혁신 창업을 위한 핵심 원천 데이터를 제공할 수 있다는 장점이 생겨난다. 또한 데이터 기반 연구나 사업을 하는 다양한 주체들이 이러한 데이터를 활용함으로써 결과적으로는 다양한 사회적·경제적 가치를 창출할 수 있게 된다.

1.4. 사회·복지 분야 개요

기술을 통한 교육접근성의 민주화

4차 산업혁명은 산업과 경제적 분야뿐만 아니라 교육 분야에도 큰 영향을 미친다. 특히 디지털 기술은 교육 환경부터 학습법에 이르기까지 다양하게 적용되어 소위 에듀테크(Edutech)로 발전하고 있다. 에듀테크는 기술과 교육을 합성한 단어로, 기존의 교육방식과 환경 등이 다양한 4차 산업혁명 기술과 결합해서 기존과는 전혀 다른 학습을 경험하게 하는 것을 의미한다.

디지털 기술은 공교육에 활용될 수 있다. 대표적으로 개인 맞춤형 학습 기술(Adaptive and Personalized Learning)로 설명된다[57]. 기존의 온라인 학습 과정에서 축적된 많은 데이터를 활용하고 학습자의 수치화된 정보를 기반으로 하는 최적화된 학습 방법으로 교육 콘텐츠를 제공할 수 있게 되는 것이다. 즉 개인학습부터 평생학습에 이르기까지 AI 기술이 활용됨으로써 개별적인 학습 진단이 가능해지고, 그에 맞는 학습 경로를 설계하거나 제공하는 것이 가능해진다[57]. 대표적으로 MOOC와 같은 학습 플랫폼은 학습자의 재학습을 가능케 하였으며, 이는 전 분야에 걸쳐 기존의 교육이 갖는 경계적 한계를 극복하는 효과를 낳게 하였다[58]. 더 나아가 공교육은 이러한 기술을 학습 환경에 활용함으로써 기존에는 달성하기 어려웠던 차별 없는 교육 콘텐츠를 제공하거나 교육의 민주화를 이루는 데 크게 기여할 수 있게 된다.

다양한 데이터가 생겨나고 활용되면서 교육 분야 또한 개방형 데이터를 활용하는 환경과 기회가 증가하게 된다. 개방형 데이터를 활용하게 됨으로써 학습자들은 기존의 인위적이고 일방향적인(one-way) 학습 활동을 넘어 실생활과 밀접한 이슈들을 연관 지은 학습 활동을 수행할 수 있게 된다[59]. 이러한 과정을 통해 기존의 테스트 위주 학습 영향력은 점차 감소하게 되면서 응용 가능한 학습으로의 전환이 가능해질 것이다. 따라서 단순히 지식 습득 능력을 평가하는 것이 아니라 실용적이고 실천적인 측면 평가가 이루어질 수 있게 된다[58]. 이는 학습 과정과 습득을 전환함으로써 학습자의 지식 효용성을 극대화할 수 있고, 결과적으로 학습자의 성취도 또한 높일 수 있게 된다.

고령화와 의료 트렌드

4차 산업혁명은 특히 고령인구에 큰 영향을 미칠 수 있다. IoT 분야에서는 고령인구를 위한 기술과 제품의 융복합화를 가속화하며, 웨어러블(wearable) 기기의 다양한 센서를 통해 고령자의 세부적인 건강 데이터 원격 수집이 가능해진다[60]. 나아가 이러한 기술은 실버산업 속 돌봄 영역에도 적용되고 있다. 예를 들어 정부와 많은 지자체에서는 ICT를 활용하여 고령인구 복지에 대한 정책적 대응을 확대하는 추세를 보인다. 반려 로봇 보급 시범사업을 통해 정서적인 교감을 돕고, 노인 우울증 등을 예방하거나 방지하도록 돕기도 한다.

또한 응급상황에 대비하여 ICT 장비를 제공하는 응급안전 서비스 등 노인 고독사를 예방하기 위해 많은 노력을 하고 있다. 이처럼 기술이 고령인구 돌봄과 케어에 활용되는 과정을 통해 축적되는 데이터는 사회 및 정책적 효과를 기대하게 한다. 생체신호 센서와 웨어러블 기기는 많은 양의 동적 데이터를 생산하게 하며, AI를 통해 개인 맞춤형 서비스를 제공할 수 있게 한다. 이는 단순한 치료를 넘어 예방 중심의 의료 패러다임 전환을 유도할 수 있다.

이와 함께 고령자 대상 가상현실 기술은 돌봄 서비스와 보건의료 분야에서도 적극적으로 활용될 수 있다. VR 기기를 활용하여 고령자가 의학적인 재활 활동을 수행할 수 있으며, 신체 부착형 센서들을 통해 뇌졸중 환자의 재활훈련을 돕는 서비스를 제공할 수 있다.

이처럼 4차 산업혁명 기술은 보건의료 산업의 패러다임을 전환시킬 것이다[61]. 산업 경계가 명확하였던 보건 산업에서도 다양한 기술이 결합된 헬스케어의 등장으로 그 경계가 모호해지게 된다. 실제로 삼성이나 애플·구글 등 국내외 IT 기업들도 헬스케어 산업으로 사업 분야를 확장하고 있으며, 이를 핵심 산업의 하나로 인식하고 있다.

정보시스템 연계 사회보장제도

미래 사회보장제도는 4차 산업혁명 기술이 결합됨으로써 더욱 정확하고 신속하게 복지사각지대 대상자를 발굴할 수 있으며, 사회보장 분야의 빅데이터 플랫폼 구축이 가능해진다. 먼저 빅데이터를 활용하여 사회 취약계층을 발굴하고 지원하는 복지서비스를 통해 복지사각지대를 해소할 수 있다. 소득이나 체납 정보 등의 빅데이터를 기반으로 정확한 사회 취약계층을 발굴하며[62], 잠재적인 위험성이 있는 가구 탐색 역할을 수행할 수 있다.

다른 한편으로는 4차 산업혁명으로 인한 급변화에 적절히 대응하지 못하는 취약계층이 발생할 수 있다. 인공지능의 경우 저숙련 노동자의 일자리를 대체할 것이라는 전망이 많은 만큼 근로장려세제(Earned Income Tax Credit, EITC) 등과 같은 임금 보조금 정책은 노동자의 실업 위험을 약화하는 방

안이 될 수 있다[63]. 단순히 금전적 보상 제공 외에 일자리 보장 정책을 통해 취약계층이 지속적으로 근로할 수 있도록 함으로써 성취감을 높이고 사회적 관계와 기술 숙련도 제고 등을 유도할 필요도 있다.

이처럼 많은 데이터를 활용하고 다양한 사회 현상에 적절히 대응하기 위해서는 사회보장체계의 총체적인 대응이 요구된다. 고용 및 노동, 소득과 사회서비스 보장 등을 전반적으로 포괄하는 사회보장 플랫폼이 필요할 것이다. 사회보장제도는 다양한 분야가 연계되기 때문에 각 분야가 서로 독립적이기보다 유기적으로 연결된 하나의 플랫폼이 필요하다.

1.5. 국토·도시 분야 개요

국토 공간 개념과 관리 변화

4차 산업혁명은 흔히 국토의 다양한 측면을 변화시킨다. 특히 국가 내 주요 산업이나 생산 입지, 도시화 형태 등 다방면으로 변화를 일으킬 수 있다. 그중 가장 중요한 변화는 국토의 공간적 개념에 변화를 가져온다는 것이다. 국토의 공간적 위계(hierarchy) 측면에서 4차 산업혁명은 그 위계가 강화되거나 약화되는 상반된 결과를 초래할 것이라는 의견이 팽배하다[64]. 먼저 공간적 위계가 약화된다는 것은 국민 다수가 특정 대도시에 집중되는 것이 아니라 여러 도시로 분산되는 것을 의미한다. 실시간 교통신호제어, 스마트 도로, 대중교통 정보 등과 같이 기술이 접목된 교통전략으로 국민 편의성이 높아지고 국토 전반에 걸친 접근성과 이동성이 증가하게 된다. 또한 메타버스·가상현실 등 디지털 공간이 중요해지고 확대됨에 따라 기존의 네트워크가 더 다양해지고 강화되며, 물리적 공간 개념이 모호해지면서 공간을 좀 더 효율적으로 사용할 수 있게 된다. 결과적으로 이러한 기술 발달이 국토 개념을 희석시키며, 나아가 수도권-비수도권 간 대립 관계 또한 재정립될 것으로 예상된다.

그러나 기술 발전과 혁신이 국토의 공간적 위계를 더욱더 공고히 할 수도 있다[64]. 먼저 발달한 교통기술로 비도시지역 인구의 도시 유입이 더 편리해질 수 있다. 도시로 유입되는 인구가 많은 만큼 기술 발전과 산업 보급이 대도시 중심으로 이루어지게 될 것이며, 이러한 불균형이 중소도시와 대도시 간 정보의 비대칭성과 격차를 더 심화시킬 수 있다. 결과적으로 기존의 대도시는 점차 경쟁력이 강화되지만 농촌이나 중소도시는 소멸 위기에 놓이게 되면서 지역 간 경계가 더욱 강화될 수 있다.

4차 산업혁명은 단순히 국토의 공간적 위계 변화를 불러일으키는 것뿐만 아니라 국토 관리 변화를 초래할 수도 있다. 먼저 IoT나 AI 등의 기술을 활용하여 노후 사회기반시설의 유지·보수를 강화할 수 있다. 또한 국토 데이터 활용 환경이 성숙해지고 위치기반 사물인터넷(Geo-IoT) 플랫폼이 확충됨에 따라 정부의 서비스 전달 체계를 혁신시킬 수 있다[64]. 특히 기업의 생산 입지 측면에서 좀 더 적극적이고 유연한 이용이 가능해지며, 그에 따른 토지 관리도 적극적으로 대응하는 것이 요구된다.

국토 디지털 트윈화

4차 산업혁명은 공간 개념과 관리 변화뿐만 아니라 그에 따른 정보를 정태적인 표현 수준 이상으로, 현실과 가상세계를 연계하는 것이 가능해지는 동적인 '디지털 트윈 공간'으로 발전하게 된다[65]. 이를 국토 개념에 적용한 것이 디지털 트윈국토이다. 이는 데이터, 네트워크, 인공지능 등의 주요 기술을 바탕으로 한 가상 국토 구현을 의미한다.

특히 정부는 디지털 트윈이 효과적이고 효율적으로 구축 및 활용되도록 국토 데이터 구축, 디지털 트윈 관련 플랫폼 구축 및 운영, 법령 정비 및 표준 도출, 관련 기술 개발, 서비스 모델 가시화 등을 추진하고 있다[66]. 그중에서도 자율주행차를 위한 정밀도로지도나 시설물 관리에 필요한 지하공간 통합지도를 구축하는 등 전국의 지상과 지하를 아우르는 3D 지도를 확대하려 한다.

이처럼 국토의 디지털 트윈이 현실화되면 다양한 이점을 기대할 수 있다. 먼저 실제 국토와 디지털 국토가 동기화됨으로써 지능화를 이룰 수 있게 된다[67]. 또한 국토교통과학기술진흥원은 디지털 라이브 국토와 관련하여 공간정보에 대한 핵심 인프라를 제시하면서 데이터 생성·관리를 담당하는 기관과 공공 및 민간의 도메인 분야, 나아가 국민까지 초대용량 데이터를 활용할 수 있을 것이라고 제시하였다.

그러나 효과적인 디지털 트윈 국토가 실현되기 위해서는 적극적인 법·제도 제·개정이 요구된다. 먼저 단기적으로는 국가공간정보 기본법이나 시행령 등 관련성 높은 기존 법률을 개정하여 관련 사업이 활성화되고 연구개발 지원이 용이한 제도적 근거 마련이 요구된다[68]. 나아가 장기적인 측면에서는 국가 공간정보 보안 관리 규정 개정을 검토함으로써 활용 가능한 데이터를 근본적으로 확대하는 노력이 필요할 것이다[68]. 결과적으로 제도적 뒷받침이 디지털 트윈 국토에 대한 불확실성을 제거하고 더 효율 높은 연계와 활용을 가능하게 할 수 있다[66].

특히 연계된 디지털 트윈을 통해 다양한 가치를 예상할 수 있다. 영국의 CDBB(Center for the Digital Built Britain, 영국 디지털 건설센터)는 국가적 차원에서 디지털 트윈에 대하여 경제·사회·사업·환경적 측면에서의 혜택을 제시하기도 하였다.

2. 사회 분야별 미래 트렌드

본 장에서는 사회적 영향과 거시적인 시사점 및 해결 방향성 도출을 위하여 선정한 미래 주요 트렌드에 대하여 기술한다. 미래 주요 트렌드란 각 사회 분야에 대하여 미래 선도 기술이 추출한 공통된 사회적 영향을 의미한다. 이후 앞에서 진행한 5대 사회 분야별 심층분석 결과와 결부하여 거시적인 시사점 및 해결 방향성을 도출한다. <표 7>은 미래 주요 트렌드 선정 결과이다.

<표 7> 미래 주요 트렌드 선정 결과

사회 분야	미래 주요 트렌드
국제·정치	①직접 민주주의 활성화 ②탈중앙화 ③위성기술(활성화) ④정보 보안 위협 ⑤법·윤리적 문제 ⑥국가 안전·안보 ⑦다수 합의 체제 혁신
경제·산업	①생산성 향상 ②효율성 ③일자리 변화
정부·정책	①AI 기반 의사결정 ②(데이터) 정확성 ③이해당사자 간 갈등
사회·복지	①이용자 맞춤형 서비스 ②소득 불평등 ③안전사고 ④기술 격차 심화 ⑤신체 건강 악영향
국토·도시	①물류·사람 수송 ②환경 문제 ③스마트시티 가속화 ④지역불균형 심화

2.1. 국제·정치 분야

1)직접 민주주의 활성화

민주주의란 국민이 국가의 의사를 스스로 결정하고 실현하는 정치 이념을 말한다[69]. 하지만 국민이 모든 국가 의사를 스스로 결정하고 행하는 것은 비효율적이며, 불가능에 가깝다. 따라서 민주주의를 채택하는 많은 국가는 국민의 권력을 국가 또는 국민의 대표자에게 위임하는 형태인 대의 민주주의 형태를 채택하고 있다.

대의 민주주의는 국가와 지역 운영을 효율적으로 작동하게 하지만 한계가 명확하다[70]. 대표적으로 선출된 대표자가 지역 주민의 의사를 수렴하지 않고 주어진 권한을 남용하는 등 독선적인 행태를 벌이며 지역 주민의 의사에 반하는 경우가 있다[71]. 이러한 대표자의 부패를 견제하고 국민의 참여를 높여서 대의 민주주의를 보완하기 위한 제도로 주민투표, 주민발의, 주민소환 등이 있다.

그러나 이러한 제도가 실제로 작동하는 사례는 거의 없다. 주민의 청원과 투표로 선출된 대표자를 해임하는 주민소환을 위해서는 주민소환청구권자의 10% 서명으로 투표가 이루어지며, 유권자의 1/3 이상이 투표해야 개표할 수 있다. 하지만 청구권자의 10% 서명을 받는 것도, 유권자의 1/3 이상이 투표하는 것도 현실적으로 어렵다. 주민소환 현황(2020년 기준)에 따르면 116건의 주민소환 중 실제 투표로 이어진 사례는 10건이며, 이 중에서 2건만이 주민소환에 성공하고 나머지 8건은 개표조차 이루어지지 않았다.

주민 참여를 높이기 위한 직접 민주주의 강화 방안으로 전자투표 도입을 모색하고 있으나 전자투표 문제점 때문에 공직자 선거에서는 활용하지 못하고 있다[72]. 현재 전 당원 투표, 비례대표 경선투표 등 정당 내 의사결정 과정에서 모바일 또는 PC를 이용한 전자투표 방식이 이용되고 있음에도 해킹 또는 명의 도용으로 인한 투표 왜곡 우려로 공직자 선거에서는 활용하지 않고 있다[73].

하지만 블록체인 기반 전자투표는 기존 전자투표의 문제점을 해결할 수 있다. 블록체인 기반 전자투표는 유권자 본인인증 및 투표 내용 등 정보가 블록체인에 기록되고 그 정보를 다수의 노드에 분산해서 저장하고, 후보자와 참관인 등 이해관계자에게 노드 및 개표 결과를 검증하는 권한을 부여한다. 정보 수정이 불가능에 가까운 블록체인 특성 때문에 투표 조작이 불가능하며, 투표 과정과 결과의 투명성을 확보함으로써 신뢰도를 높일 수 있을 것으로 기대된다[74]. 실제로 에스토니아, 덴마크, 호주, 미국, 우크라이나 등에서 후보 선출과 당내 의결방식 등으로 블록체인을 활용하고 있다[75].

또한 네트워크와 메타버스 등 기술 발전으로 온라인에서 시민 의견을 형성할 수 있는 다양한 플랫폼이 활성화되어 주민의 의사를 교류하고 하나로 모을 수 있게 되었다. 대표자와 시민이 다양한 경로로 연결되고 목소리가 커지면서 대표자가 실제 민의를 무시하기 어렵게 됨으로써 민주주의가 강화될 수 있다.

한편 시민이 정치에 참여할 수 있는 경로가 확대되고 직접 민주주의 영역이 확대된다면 국민이 정치에 참여하는 주요 통로이자 민의를 대변하는 정당의 존재 이유가 모호해질 수 있다. 특히 국민을 대표하는 선출직의 권한이 약해지면서 선출직을 선발하는 정당의 업무와 권한이 많이 축소될 수 있다.

2)탈중앙화

이해당사자 간의 직접적인 거래만으로는 실제 거래가 이루어졌는지 확인하기 어렵기 때문에 거래의 신뢰성을 담보하는 중재자를 통해 거래를 진행하였으며, 중재자는 실제 거래 기록을 관리하였다. 하지만 중재자가 직접 거래 내용을 조작하거나 해킹을 당하여 거래 내용이 왜곡되는 등 문제가 발생할 우려가 있다. 블록체인은 중재자에 의존하는 거래 문제를 해결하기 위해 거래 정보를 사용자에게 분산해서 모든 사용자가 거래 기록을 공동으로 기록하고 관리하게 하는 방법으로 이러한 문제를 해결하였다.

블록체인 기술은 거래 내용을 사용자에게 분산해서 저장하기 때문에 제3자 개입으로 발생하는 절차를 간소화하고, 수수료 등 비용도 줄일 수 있다는 장점이 있다. 또한 블록체인을 위조하기 위해서는 사용자 가운데 절반 이상의 기록을 조작해야 하기 때문에 블록체인에 저장된 정보 수정은 불가능에 가깝다. 이러한 블록체인 기술을 도입하면 중앙 집중형 시스템을 유지하는 데 필요한 비용을 절감하면서도 보안과 신뢰성을 제고할 수 있다는 장점이 있다[76].

예를 들어 중고차 등 중고물품 거래나 원산지 표시 식품 거래 등 신뢰가 필요한 거래 과정에 블록체인이 도입된다면 위변조가 불가능하기 때문에 정부 또는 기관 등의 감독 없이도 거래 신뢰성을 확보할 수 있다. 또한 정부나 센터에서 관리해야 하는 각종 자료를 블록체인 기반으로 저장하고 관리하면 데이터 신뢰성을 강화하여 시스템 안전성을 높일 수 있을 것으로 기대된다[77].

3)위성 기술

전통적으로 우주는 군사 안보와 국익을 위한 강대국 간 경쟁의 장으로만 여겨졌다면 현재의 우주는 신흥 우주강국의 부상과 국제기구, 대학, 연구소 등 다양한 관계자의 참여로 더욱 복잡한 경쟁 및 협력의 장으로 변모하였다. 특히 미국 항공우주국(National Aeronautics and Space Administration: NASA)으로부터 기술을 이전 받은 SpaceX, Blue Origin, Boeing 등 미국 내 민간기업은 저궤도 위성

군으로 상업용 인터넷 서비스를 제공하고 유인 우주여행을 성공적으로 수행하는 등 우주산업을 선도하고 있다[78]. 하지만 다양한 국가와 이해관계자들의 우주 공간 참여에 따라 우주 공간 활용에 국제적 갈등이 발생할 우려는 더욱 커지고 있다.

1957년 소련이 최초의 인공위성 스푸트니크(Sputnik)를 발사한 이후 우주 공간을 둘러싼 국제적인 갈등과 협력을 중재하기 위해 UN을 중심으로 우주 관련 국제제도와 규범을 형성하기 위한 노력이 계속되었다. 1999년 UNSPACE-Ⅲ에서 "우주와 인간 개발에 관한 빈 선언문"을 발표하는 등 국제적인 협력에 어느 정도 성과가 있었다. 그러나 우주 공간 활용과 점유, 상업적 목적의 우주 자원 취득 등에 관한 강제력이 동원된 국제적 규범이 없다는 점에서 분명 한계가 있다[79].

한편 세계 각국에서 현재까지 쏘아 올린 위성은 약 6,000기이며, 현재도 매년 200기의 위성을 발사하고 있다. 2021년 7월 기준 운항 중인 4,800여 기의 위성을 포함하여 8,000톤의 우주 쓰레기가 우주 공간을 떠돌고 있다(ESA Space Debris Office, 2019). 우주 쓰레기를 피하기 위해 위성이 긴급 또는 회피 기동을 하는 사례가 빈번하며, 매년 우주 쓰레기로 위성 한 대가 파괴되는 등 우주 쓰레기는 현재 운용 중인 위성에 매우 위협적인 요소로 작용하고 있다. 특히 이러한 충돌 사고가 반복될 경우 충돌에 따른 파편으로 충돌 사고가 연쇄적으로 발생하는 케슬러 신드롬(Kessler Syndrome)이 심화될 우려가 있다.

이에 따라 2021년 영국 콘월에서 열린 주요 7개국(G7) 정상회의에서 우주 쓰레기 문제가 주요 안건으로 논의되었으며, 각국 정상들은 우주 쓰레기 문제 해결을 위해 모든 나라가 함께 움직여야 한다는 공동 선언문을 발표하였다[80]. 이러한 노력과 함께 우주 쓰레기를 수거하기 위한 다양한 기술이 개발되고 있기 때문에 우주 쓰레기 문제는 전 세계적인 협력 아래 해결될 것으로 기대된다.

4)정보 보안 위협

기술 발전으로 수많은 정보가 오가면서 정보 보안의 중요성은 더욱 높아지고 있다. 단순히 신상 정보만을 수집하는 과거와 달리 이용자의 카드 결제 내역, 이동 동선 등 수많은 개인정보가 수집되고 있기 때문에 이러한 개인정보가 유출된다면 개인의 재산 피해를 야기하거나 범죄 등에 악용될 가능성이 있다.

신기술 등장은 오히려 개인정보의 다양한 유출 경로가 될 수 있다. 클라우드 관리 회사가 정보를 유출하거나 클라우드 서비스 자체가 해킹을 당하는 경우가 대표적 사례이다. 또한 블록체인에 저장된 개인정보는 수정하거나 삭제하는 것이 불가능하기 때문에 블록체인을 통해 개인정보가 유출될 가능성이 있다. 게다가 가상현실 또는 메타버스 내에서 모든 활동은 감시될 수 있기 때문에 가상현실이나 메타버스도 개인정보와 사생활 침해에서 자유로울 수 없다.

개인정보를 넘어 사회 시스템 자체를 위협하는 보안 문제도 존재한다. 특히 양자 컴퓨터 등장은 현재 사용되고 있는 암호 체계를 크게 위협하고 있다. 현재의 암호 알고리즘은 컴퓨터가 해결하는 데 시간이 많이 소요되는 복잡한 수학 문제에 기반하고 있다. 하지만 양자 컴퓨터는 고전 컴퓨터의 계산 속도를 가볍게 뛰어넘어 이러한 난제를 빠른 시간 내에 해결할 수 있다. 즉 양자 컴퓨터 등장으로 기존

암호체계에 기반한 보안 시스템이 붕괴될 우려가 있다. 양자 컴퓨터 개발 상황을 고려할 때 기존 암호체계는 적어도 10년 이내에 양자 내성 암호로 전환되어야 한다. 이에 대비하여 양자 컴퓨터의 위협에도 안전한 양자 내성 암호가 다양하게 개발되고 있으며, 국제 표준화 논의가 지속되고 있다[81].

마지막으로 스마트시티 통신을 교란하거나 대상 자체를 해킹해서 발생하는 위협이 있다. 예를 들어 스마트시티 운송을 담당하는 자율주행 차량 또는 드론을 직접 해킹하거나 통신을 교란해서 운송 시스템에 혼란을 일으킬 수 있을 것이다.

5)법·윤리적 문제

4차 산업혁명의 대표적 기술인 인공지능은 사람이 효율적인 의사결정을 할 수 있도록 해 주거나 심지어 사람을 대신해서 중요한 결정을 내리기도 한다. 또한 로봇, 3D 프린팅, 자율주행 기술은 다양한 분야에서 사람 노동을 대체하고 있다. 기술이 사람 일을 대체하면서 생산성과 효율성이 올라가고, 안전사고 또한 크게 줄 것으로 기대된다.

하지만 기술이 사람을 대체하는 과정에서 다양한 법적 또는 윤리적인 문제와 마주하게 된다. 대표적으로 인공지능이 사람 역할을 대체하기 위해서는 개인정보를 포함한 많은 정보를 수집하고 학습해야 한다. 수집된 개인정보를 관리하는 주체와 자료의 사용 범위가 명확하게 정의되지 않는다면 사생활을 침해할 우려가 있다.

또한 기술 문제로 책임이 발생한다면 책임 소재를 가리기가 어렵다. 대표적으로 자율주행 차량과 관련된 교통사고가 있다. 먼저 자율주행 기술 자체의 문제인지 외부 요인으로 인한 문제인지를 가리기가 어렵다. 또한 자율주행 기술 문제로 판명되더라도 책임 주체가 운전 환경을 감시하지 못한 탑승자에게 있는지, 기술 오류로 인한 기업에 있는지 명확하지가 않다. 인공지능의 결정에 따라 발생한 사고로 생긴 갈등은 사회적으로 큰 파장을 불러올 수 있으며, 이에 대비하기 위해 신기술 도입과 함께 폭넓은 사회적 합의와 제도화가 필요하다.

그리고 신기술의 특성을 악용한 범죄 또는 지금까지 겪어 보지 못한 범죄가 발생할 수 있다. 예를 들어 자율주행 차량이 사람을 인지하고 피하거나 정차한다는 특성을 이용하여 차량을 강제로 멈춰 세워서 자율주행 차량이 운송하는 물품을 강탈하는 로보재킹 문제 등이 있다. 또한 3D 프린팅은 소비자로 하여금 집에서 제품을 쉽게 생산하게 해서 운송 문제를 해결할 수 있지만 검증되지 않은 도면이 무분별하게 확산됨으로써 발생하는 부작용이나 총기 제작 등 불법적인 물건을 쉽게 제작할 수 있으며, 이를 감독하기 어렵다는 문제가 존재한다.

6)국가 안전·안보

새로운 기술 발전은 전쟁 패러다임 또한 크게 변화시켰다. 인공지능과 로봇·드론이 군사 분야에 도입되어 다양한 임무에서 활용되고 있으며, 앞으로 기술 수준이 더 높아지고 다른 기술과 결합하면 사람이 통제하지 않고 스스로 판단하는 새로운 개념의 자율 무기체계로 발전할 것이다[82]. 그렇게 자율무기 체계가 등장하여 적을 식별하고 무기를 발사하는 주체가 사람에서 기술로 넘어가게 되면서

사람 중심 전략과 전술은 자율무기 체계에 맞춰 새롭게 변모하고, 기존의 전쟁 양상 또한 변화할 것으로 보인다[83].

또한 육지와 바다와 영공에서 이루어지는 전통적인 전쟁에 더해 위성 기술을 포함한 우주 기술의 역할이 확대되고 있다. 위성은 아군 통신을 지원하고 적군 정보를 획득하는 수단으로 활용될 수 있으며, 정밀 유도와 타격을 지원하는 등 현대전쟁에서 중요한 역할을 담당할 수 있다[84].

게다가 현대전쟁에서 사이버 공간이 전쟁의 새로운 영역으로 떠오르고 있다. 사이버 공간을 점령하면 정보 체계와 명령 체계를 왜곡하거나 마비시켜서 국가와 군 체계를 빠르게 무력화할 수 있다. 특히 미래 전쟁은 컴퓨터와 통신 기술을 기반으로 다양한 요소를 연결해서 치르는 네트워크 중심 체계로 이루어질 것으로 예상되기 때문에 명령 체계의 중심이 되는 사이버 공간을 지키거나 탈환하는 일의 중요성이 더욱 부각될 것으로 전망된다.

7)다수 합의 체제 혁신

블록체인 기술은 이용자 다수의 합의로 구성되고 정보를 분산해서 저장하기 때문에 저장된 정보의 신뢰성이 높아 새로운 다수 합의 체제의 플랫폼으로 활용될 공산이 크다. 또한 합의를 위해 일정한 공간에 모여서 투표하는 등 절차 간소화로 합의 체제 참여의 문턱을 낮춰 참여도를 높일 수 있어 다수 합의 체제의 결론이 공동체를 대변할 공산이 높아지게 된다.

하지만 블록체인 또한 공격을 받아 붕괴될 가능성이 일부 존재한다. 블록체인은 참여자의 다수결로 정보 신뢰성을 판단하기 때문에 담합 등의 방법으로 50% 이상을 점유하면 기존에 저장된 기록과 새로 생성되는 기록을 모두 조작할 수 있다. 특히 블록체인이 성숙하지 않아 참여자가 많지 않은 초기 단계에서 장부 조작이 발생하여 블록체인 체계를 위협할 우려가 크다.

블록체인에 참여자가 많은 경우에는 공격자가 조작해야 하는 장부가 많아지기 때문에 블록체인을 향한 공격에 효과적으로 대응할 수 있다. 하지만 블록체인은 모든 사항을 합의로 결정하기 때문에 이용자가 많을수록 합의 자체에 걸리는 시간이 길어진다는 한계가 있다.

2.2. 경제·산업 분야

1)생산성 향상

새로운 기술은 기존 기술보다 적은 비용으로 더 빠른 서비스를 제공할 수 있다. 대표적으로 양자 컴퓨터 기술은 고성능 컴퓨터가 소모하는 에너지보다 훨씬 적은 양으로도 특정 문제에 더 빠른 연산 능력을 자랑한다. 또한 네트워크 기술 발전은 통신 속도를 높여 에너지 관리, 교통 시스템 등 통신이 필요한 다양한 영역에서의 최적화에 이바지할 수 있을 것으로 기대된다.

또한 빅데이터에 기반을 두고 있는 인공지능은 생산 과정에서의 문제를 진단하고 해결하며 생산 과정의 최적화를 이끌고 있다. 인공지능의 개입으로 기업은 불필요한 비용을 절감하여 생산성을 높이면서도 불량률 감소로 품질 관리도 이룰 수 있을 것이다.

한편 신기술이 생산의 기존 관념을 무너뜨리는 파괴적인 혁신도 있다. 대표적으로 도면을 입력하면 프린터와 유사하게 입체적인 형상을 출력하는 3D 프린팅은 다양한 부품을 조립하여 물품을 생산하는 기존 생산 방식을 완전히 파괴한다. 이에 따라 기존 방식으로는 생산하기 어려운 물건도 쉽게 생산할 수 있으며, 물건을 제작하는 주체가 생산자에서 소비자로 이동하게 될 것으로 기대된다.

상품의 제작하는 사람이 소비자로 이동하면서 공장에서 대량 생산하여 획일화된 상품을 소비자에게 유통하는 기존의 산업 구조 대신 이용자가 도면을 받아서 각자의 취향에 맞는 상품을 생산하는 구조로 전환될 것이다. 특히 의료 분야에서는 관절, 치아, 의수, 인공 장기 등 사람에게 딱 맞는 신체 또는 장기 제작에 3D 프린팅을 적극적으로 활용하고 있다.

다만 새로운 기술을 도입하고 그 기술이 주류로 자리 잡기까지는 초기 비용이 많이 들고 시행 착오를 겪을 수밖에 없다. 따라서 새 기술을 정착시키기 위해서는 정부와 기업의 적극적인 투자와 함께 이용자의 수용 및 신뢰를 높이는 과정이 함께 이루어져야 할 것이다.

2)효율성

새로운 기술은 다양한 분야에서 사람의 의사결정을 도와 업무 효율을 높일 수 있다. 대표적으로 빅데이터와 인공지능은 다양한 분야에서 사람의 의사결정을 지원한다. 농작물의 생육 및 환경 정보 데이터를 활용해서 작물이 잘 자랄 수 있는 최적의 환경을 조성하고, 누적된 자료를 활용해서 병을 효율적으로 진단할 수도 있다.

새로운 기술은 제작 공정이나 서비스 흐름 전반을 효율적으로 개선하기도 한다. 대표적으로 3D 프린팅 기술은 상품의 제작과 유통 과정을 개선할 수 있다. 기존에 생산지에서 제작되어 소비자에게 전달되던 유통 과정이 생산자가 도면을 전달하면 소비자가 직접 생산하는 과정으로 압축되었다. 또한 자율주행 차량 도입으로 이동식 마트가 도입되면서 생산자와 소비자 간 거래가 직접 이루어질 것으로 예상된다.

클라우드 컴퓨터는 자원을 집약해서 효율적으로 활용하는 또 다른 예이다. 클라우드 컴퓨터는 이용자가 개별로 환경을 구축하는 것이 아니라 클라우드 회사가 환경을 구축하고 이용자에게 제공하여 집적에 따른 에너지를 절약할 수 있다. 또한 이용자는 인터넷만 있으면 시간이나 장소에 구애받지 않고 작업 환경을 구축할 수 있기 때문에 업무 유연성 및 효율성을 높일 수 있을 것으로 기대된다.

공유 경제는 빈 부동산이나 주차장에 세워 놓은 차량 등 활용하지 않는 자원을 사용하여 경제적인 이익을 얻는 새로운 패러다임으로, 새로운 기술과 결합하여 효율적으로 자원 활용도를 극대화할 수 있다. 대표적인 공유 서비스인 차량 공유 플랫폼에 자율주행 기술이 결합될 경우 사용자가 차량을 실제로 이용하지 않는 시간에 자율주행 차량이 스스로 주행해서 다른 이용자가 사용할 수 있을 것이다. 또한 자율주행 차량을 편한 장소에 반납하더라도 자율주행 차량이 스스로 움직여서 다른 사용자를 찾아 나감으로써 이미 생산된 자원을 쉼없이 활용할 수 있다.

3)일자리 변화

은행에서 돈을 인출하거나 송금하기 위해 ATM을 이용하고 패스트푸드 점에서 키오스크를 이용하여 음식을 주문하는 일이 어느새 자연스러운 일이 되었듯이 새로운 기술은 이미 우리 일상에 가까이 있다. 이렇듯 인공지능은 사람이 지금까지 해 온 많은 일을 대체하고 변화시켜 나갈 것이다. 지금은 사람을 응대하는 서비스업 일부에만 인공지능이 활약하고 있다면 앞으로는 더 복잡한 업무에서도 인공지능이 자리 잡을 것이다. 인공지능과 마찬가지로 로봇도 공장 자동화 과정에서 산업 역군으로 활약하고 있다.

새로운 기술은 사람이 기피하는 육체 노동이나 감정 노동을 대체하여 삶의 질을 높일 수 있으며, 인력이 부족한 농업 등에 투입되어 일손 부족 문제를 해결할 수 있다는 장점이 있다. 하지만 사람의 일자리를 위협한다는 점에서 노동 구조에 큰 위협이 될 수 있다. 특히 공장에서 하는 반복적인 업무를 로봇이 대신하거나 운송업의 많은 부분에서 자율주행 화물 차량이 대신하는 등 반복적인 업무를 담당하는 저숙련 노동자의 일자리를 대체한다는 점에서 이러한 노동 문제는 불평등이라는 사회문제로 크게 번질 공산이 크다.

그러나 새로운 기술은 노동 수요를 발생시킬 수 있기 때문에 또 다른 기회가 될 가능성이 있다. 기업에서 데이터 분석의 중요성을 인지하고 인공지능 전문가와 데이터 분석가를 채용하는 등 새로운 기술을 이해하고 활용하는 전문가 수요가 증가하게 된다. 또한 3D 프린팅을 이용해서 제작할 상품의 도면을 그리는 설계가 등 아예 새로운 일자리가 창출될 수 있다.

2.3. 정부·정책 분야

1)AI 기반 의사결정

인공지능(AI)은 최적 대안 분석, 효율성 향상 방법 제안, 데이터 기반 미래 예측 등 다양한 방식으로 의사결정에 관여하고 있다. 향후에는 빅데이터 기술 발전, 알고리즘 성숙화 등을 통해 생산성 및 효율성 향상이나 최적화를 넘어 실제로 복잡한 결정을 수행할 수 있다.

인공지능을 활용한 신약 연구는 임상 및 환자 정보 분석, 약물 사용 변경, 바이오 마커 개발 등으로 확장되고 있다. 이를 통해 신약 개발 주기 및 비용을 단축하고 혁신적 제약 생태계를 조성함으로써 글로벌 제약 강국으로의 도약 기반을 마련할 수 있다[85 86].

스마트팜 분야에서는 작물의 생육 및 환경정보(온도, 습도, CO2, 농도, 조도 등) 데이터를 기반으로 인공지능이 판단한 최적의 생육 환경을 조성한다. 이를 위해 스마트 온실, 스마트 축사, 정밀농업 등 농산물의 품질과 생산성을 향상시킬 솔루션이 개발되고 있다. 이는 농업 생산량 증대 및 식량 위기 극복으로 이어질 수 있다[87].

에지컴퓨팅(Edge Computing)[12)]과 관련하여 사용자는 복구 능력과 비용 절감 효과를 누릴 수 있다. 또한 기업과 서비스 제공업체는 실시간 모니터링으로 대기 시간을 단축하고 가용성 높은 애플리케이션을 구현할 수 있으며, 에너지 관리 최적화 및 도로 교통 시스템 고도화도 실현할 수 있다[88].

그러나 아직까지 헬스케어 분야에서 인공지능은 개인별 맞춤 서비스 제공보다 빠르고 정확한 진단을 통해 이득을 창출하는 방식으로 활용되기 때문에 정밀한 검사 및 진찰이 불가하고, 오진 확률도 적지 않아 초기 진단 지연 또는 투약 관련 문제가 발생할 가능성이 있다[89].

전통적인 의사결정 시스템은 흩어져 있는 정보를 탐색하고 수집하는 과정을 거쳐 의사결정을 수행한다. 하지만 인공지능 기반 의사결정 시스템은 예측적인 관점에서의 분석 및 비용 효율화를 꾀하며, 알고리즘에 의한 의사결정으로 복잡하고 숙고가 필요한 문제들을 해결하고 있다. 이러한 시스템을 공무 수행에 적용한다면 전통적으로 이원화된 정부-국민 관계가 동등한 양방향 소통으로 변화하고 디지털 기술을 활용해서 의사결정 과정에 직접 참여할 수 있는 등 디지크라시(Digicracy)를 통한 직접 민주주의가 실현될 것이다.

2)데이터 정확성

빅데이터 기술은 3V로 대표되는 데이터의 다양성(Variety), 데이터 처리 및 가공 속도(Velocity), 데이터의 크기(Volume) 측면에서 전통적인 데이터 분석 방식보다 압도적으로 발전하였다[90]. 과거에는 기업 내에서 만들어진 데이터가 주를 이루었지만 지금은 SNS처럼 기업 외부에서 생성되는 데이터가 대량 발생하며, 이를 목적에 맞게 처리할 경우 새로운 가치 창출이 가능해진다[91].

다량의 데이터를 처리하기 위한 기술은 데이터 처리를 통해 정확성을 높일 수 있도록 발전하였다. 대표적으로 건강 정보 획득과 활용이 중요한 헬스케어 산업에서 빅데이터 기술은 건강 정보 생성·획득·활용 시 정확성을 획기적으로 높인다[92].

데이터 정확성에 대해 양자 컴퓨터 또한 큰 역할을 한다. 양자 컴퓨터는 기존 컴퓨터로 해결이 어려운 NP 문제 해결에 기여한다[93]. NP 문제란 최적 경로를 찾거나 자연어 처리 등 다경로 문제를 말한다. 대표적인 예로 기상 예측이나 도시 교통 최적화 등에서 기여한다[94].

정확도를 높인 데이터가 가치 창출에 기여함이 분명하기 때문에 정부에서도 이를 활용해야 한다. 정확하게 가공한 데이터를 공유한다면 국가 예산 절감 효과도 보고 정부의 투명성과 만족도가 상승해서 정부 신뢰도를 높이는 데 기여할 수 있다. 또한 정부에서 제공하는 고정밀·고신뢰도의 공공데이터는 데이터 기반 산업의 경쟁력을 확보하고 연구 및 사업자들의 활용도를 높여 부가적인 사회·경제적 가치 창출에 이바지한다.

3)이해당사자 간 갈등

4차 산업혁명 기술이 도입됨으로써 이해당사자 간 갈등이 새로운 양상으로 발생하고 있으며, 이에 대해 4차 산업혁명 기술 도입에 대한 정부의 규제 강화가 필요하다는 입장과 완화가 필요하다는 입장이 대립하고 있다.

12) 에지컴퓨팅: 다양한 에지 디바이스(edge device)에서 발생하는 데이터를 클라우드와 같은 중앙 집중식 데이터 센터로 보내지 않고 데이터가 발생한 현장 혹은 근거리에서 실시간 처리하는 방식으로 데이터 흐름 가속화를 지원하는 컴퓨팅 방식.

규제 강화가 필요하다는 입장은 책임 소재 문제, 윤리적 문제, 담합 및 독점 문제를 근거로 삼는다. 푸드테크 분야에서는 배양육의 세포 배양 과정과 식품 가공 과정에 대한 안전성 관리감독 관할권 논란, 대체식품에 대한 용어 정립 및 정의 과정에서 기존 업계와의 갈등이 발생한 바 있다[95]. 원격의료 분야에서는 원격의료가 대형병원으로의 의료서비스 집중을 부추기고 의료 민영화를 초래할 수 있다. 아울러 사회적으로 의료기관의 수익사업 확대에 대한 반감이 강하고 의료서비스 시장에 대한 진입장벽이 높다는 점에서 사회적 갈등이 발생할 수 있다[96]. 네트워크 기술 분야에서는 주파수 수급 불균형으로 인한 통신 사업자 간 주파수 확보 과열 경쟁 및 시간 지연 위험, 담합과 같은 불공정 분배, 거래 비용 증가 등이 발생할 가능성이 있다[97].

그러나 이러한 갈등에도 정부 규제가 기술 발전을 저해하고 서비스화를 어렵게 하기 때문에 규제 완화 및 혁신을 통한 4차 산업혁명 기술의 적극적인 도입과 발전이 필요하다는 입장이 있다. 특히 모빌리티, 금융, 빅데이터 분야 등 핵심 산업에서의 규제 혁신이 필요하다고 주장한다. 모빌리티 분야에서는 자율주행자동차에 대하여 기술과 개발 측면에서의 규제 특례를 부여하거나 불분명한 책임 소재에 대한 규제 혁신이 요구된다. 금융 분야에서는 지능화된 금융 서비스 도입을 위한 규제 부담 완화 및 금융규제 테스트베드 운영이 요구되며, 빅데이터 분야에서는 비식별화를 통해 다양한 데이터를 수집하고 활용할 수 있도록 하는 제도적 배경과 기술 격차 해소에 따른 기업 경쟁력 확보가 요구된다. 또한 기존의 네거티브/포지티브 단일 형식의 규제를 혼합하여 데이터 활용에는 네거티브를 유지하되 그 밖의 영역에서는 포지티브 방식을 취하는 등 혼합적 규제를 통한 혁신이 필요한 상황이다.

2.4. 사회·복지 분야

1)이용자 맞춤형 서비스

4차 산업혁명 기술 발전은 개개인의 특성이나 요구를 반영한 서비스의 제공을 가능케 한다. 인공지능과 빅데이터 기술은 고객 선호 방식에 따라 서비스 제공 방식과 내용을 지속적으로 업데이트하고 서비스 만족도와 충성도 향상을 가능케 한다[98]. 로봇을 활용한 이용자 맞춤형 제조 기술은 가격과 품질뿐만 아니라 고객 요구를 제품 경쟁 요소로 포함하며, 이를 제품 주문 및 생산 단계에 반영한다[99]. 3D 프린팅은 대중화·상용화되면서 재료비가 대폭 감소하는 추세인 가운데 기존의 소품종 대량 생산에서 다품종 소량 생산, 즉 개인 맞춤형 생산 구조로 변화하고 있다[100 101]. AR/VR 메타버스 기술은 가상현실에서 원하는 삶을 설정하고 체험하는 등 개인의 요구를 시간과 비용 제한 없이 반영할 수 있다[102 103]. 디지털 헬스케어를 통한 개인 건강관리 서비스는 웨어러블 장치 또는 클라우드 시스템 등에서 수집한 데이터를 분석해서 개인의 DNA 정보, 신체 정보, 의료 정보 및 생활 정보 맞춤형 헬스케어 서비스 제공을 가능케 한다. 또한 만성질환의 근본적인 원인인 흡연, 음주, 운동 부족, 식습관 등 건강 관련 행위를 맞춤형 헬스케어를 통해 개선함으로써 만성질환의 예방 및 관리가 가능해진다[104]. 푸드테크 분야는 시공간 제약 없이 개인 맞춤형으로 설계된 영양소를 포함한 식품을 섭취할 수 있도록 하고 편리성, 질감, 맛, 영양, 포장, 분위기 등 개인의 취향 및 건강을 고려한 식품을 제공할 수 있다[105].

이러한 이용자 맞춤형 서비스가 교육에 적용되면 인공지능을 활용한 개별 학습진단, 학습경로 및 진도 설계 등이 가능해지고 전 분야에 걸쳐 기존의 교육 경계가 완화되는 효과가 나타난다. 또한 기존의 시험 기반 학습을 초월하여 응용 학습으로 전환됨으로써 지식 효용성이 극대화되고, 학습과 생산이 동시다발적으로 가능해지며, 단순 지식을 검증하는 것이 아닌 창의적 지식 생산 또는 응용 과정으로의 유도가 중요해진다. 따라서 적용형·맞춤형 학습 기술과 응용학습을 통해 기존 교육의 패러다임을 전환하고 교육의 민주화·평등화를 달성할 수 있다.

의료 분야의 이용자 맞춤형 서비스는 점차 고령화가 심화됨에 따라 고령친화기술 R&D 기본계획을 수립하는 등 의료 트렌드가 되어 가고 있으며, 고령인구의 안전한 가정생활을 위해 웨어러블 기기 또는 홈 IoT 기술을 접목하거나 반려 로봇을 보급하여 돌봄 사각지대를 해소하거나 의료 데이터를 분석하여 맞춤 솔루션을 제공하는 등 기존의 사후 치료 중심 의료 서비스에서 사전 예방 중심 의료 서비스로 변화하고 있다. 이처럼 의료 패러다임 변화와 고령 친화 기술 접목으로 고령인구의 안전한 생활이 보장되며, 의료산업 영역이 확장되고 있다.

2)소득 불평등

과학기술 발전에 따라 생산성이 향상되었고, 이로 인하여 노동수요가 증가되며 노동 가치는 향상되었다. 하지만 생산성 향상이 언제나 노동 가치 향상으로 연결되는 것은 아니었다. 생산성이 오르면서 임금 간극이 계속 벌어지고, 이는 고용률 저하를 야기하였다. 많은 학자가 기술 발전에 따른 노동의 종말을 예고한다. 학자들은 정보기술 발전은 이미 산업과 일자리를 빠르게 파괴하고 있고, 향후 노동시장 상황이 심각하게 전개될 것이라고 예측한다.

글로벌 금융위기 이후 산업용 로봇 판매량이 수직 상승하고, 2016년에는 전 세계 산업로봇 사용 추정치가 180만 대에 이르렀다고 추정하였다. 산업용 로봇 수요는 연간 14% 성장률을 보이고 있으며, 이는 2020년까지 전 세계적으로 약 310만 대의 산업용 로봇이 가동될 것으로 예측되었다[106]. 산업용 로봇 1대가 일자리 6개를 대체한다고 분석되면서 예측한 대로 2020년에 310만 대의 산업용 로봇이 가동된다면 이로 인해 사라질 일자리는 1,860만 개로 추정된다[107]. 결국 앞으로는 로봇을 구매할 수 있는 자본가와 로봇과 관련된 직종의 노동자들은 부를 축적할 수 있고, 상대적으로 로봇에 대체될 수 있는 직종의 저숙련 노동자 임금은 감소하면서 임금 격차가 심해질 것이다[108].

지식산업과 과학기술 급성장에 따라 경제 시스템은 1850~1970년대의 노동과 자본 투입이 경제 성장을 이끄는 산업 노동 경제에서 1970년대부터 현재에 이르기까지는 기술과 지식이 경제 성장에 중요한 요소가 되는 지식 경제로 전환되고 있다.

S&P 500 기업들의 시장가치 구성에서 공장 및 장비 등 실물자산 비중이 1975년 83%에서 2015년 13%로 줄어들었고, 반대로 무형자산 비중이 급증하고 있다. 또한 영국의 1~4차 산업의 고용지수 변화를 보면 사무직이나 판매직과 같은 저숙련 일자리는 자동화에 의하여 줄어들고 서비스직, 특히 전문직과 같은 고숙련 일자리는 지속적으로 증가하고 있다[109]. 결국 일자리 또한 유형자산을 다루는

제조 노동 중심 일자리에서 무형자산을 다루는 지식 중심 일자리로 이동하면서 산업 유형에 따른 일자리 양극화가 일어났다[110 111].

3)안전사고

드론 기술이 발달하고 상용화되면서 다양한 곳에서 드론이 사용되고 있다. 특히 드론이 많이 상용화된 해외에서는 범죄자나 도난 차량을 추적하는 정찰용, 산불진화 및 감시용, 빌딩 화재 시 내부 탐지용, 태풍이나 화산 폭발과 같은 재해 탐사용 등 다양한 목적으로 사용되고 있다. 이로 인해 과거에는 발견하지 못한 다양한 사고들을 초기에 발견하여 대처하면서 피해 정도를 줄였다[112]. 하지만 드론이 많이 사용될수록 상공에서 드론끼리의 추돌 및 추락 사고가 빈번히 발생하면서 그에 따른 재난 및 인명피해 같은 사고도 발생한다[113].

또한 AR/VR 기술이 발달하면서 재난 및 재해 상황 발생 시 빠르게 대피하여 인명사고를 최소화할 수 있는 가상 훈련을 생동감 있게 체험할 수 있게 되었다. 이에 따라 향후 재난 및 재해 상황 발생 시 사고 발생률이 줄어들 것으로 예상된다[114 115].

한편 의료기술이 발달하면서 환자의 의료 정보가 데이터화되고 이것들이 기업 및 병원과 공유되고 있다. 이러한 데이터 공유는 비대면 진료처럼 환자에게 더 나은 헬스케어 서비스를 제공하기도 하지만 병원과 약국에 대한 해킹 사례가 늘면서 환자의 프라이버시를 침해하는 문제가 야기되고 있다.

유전자 합성 및 변형 관련 의료 기술이 발달하면서 예측하지 못하는 다양한 사고가 발생할 수도 있다. 특히 유전자 조작 및 편집 기술이 발달하면서 사람들이 자신이 원하는 유전자는 남기고 원하지 않는 부분은 편집하는 과정에서 원치 않는 결과가 발생할 수 있다. 이러한 연구는 개인이 속한 집단에 중대한 영향을 미침으로써 파급력이 매우 크다. 또한 유전자 특수성에 따라 인간 유전체 연구는 피험자의 개인 정보 누설로 인한 프라이버시 침해 및 유전자 치료 관련 안전 문제도 야기한다[116 117].

이 밖에 식량 재난을 막기 위해 다양한 배양육 기술이 발달하였다. 하지만 이러한 배양육은 사람이 직접 섭취하기 때문에 건강과 직결되어 있다. 따라서 배양육 상용화를 위해서는 정확한 안정성 및 영양 성분 기준이 필요하다. 특히 미래식품이라고 불리는 식용곤충식품 섭취 경험자 중 일부는 알레르기 증상을 겪은 것으로 나타나고 있어 안정성 및 영양 성분 표시 개선 등이 시급하다[118].

4)기술 격차 심화

다양한 분야에서 과학기술은 발전하고 있다. 기술 발전에 따라 기술 수용이 낮은 사회적 취약계층은 기술을 받아들인 계층과 기술 격차가 발생한다. 이는 시간이 지날수록 심화되며, 종국에는 사회적 취약계층은 신기술에 접근조차 할 수 없을 정도로 일반계층과의 격차가 심화된다. 이로 인해 계층 간 사회적 격차가 발생할 것이다.

클라우드 컴퓨팅을 이용하면 개인저장 매체에 정보를 저장하지 않고 클라우드에 정보를 저장해서 시간이나 장소와 관계없이 어떠한 단말기로도 그 정보를 다시 이용할 수 있다. 따라서 클라우드 컴퓨팅을 활용할 경우 업무 효율성이 증대되고 비용 절감 효과를 볼 수 있다. 이 때문에 세계 각국에서 클라우드 컴퓨팅 활성화를 위한 각종 정책을 펼치고 있다. 하지만 인터넷을 사용할 수 없는 계층에서는 클라우드 컴퓨팅 기술 도입이 어렵기 때문에 사용할 수 있는 계층과의 기술 격차가 더욱 크게 발생할 수 있다[119].

또한 유전자 기술 발전에 따라 개인의 경제적 상황에 따른 의료 차별 및 건강 상태 차이가 발생할 수 있다. 유전자 편집 기술 등을 활용하여 부모들은 자신의 기호에 맞는 건강하고 지능 높은 맞춤형 아기를 선택할 수 있게 된다. 따라서 부모의 경제적 상황에 따라 아이 유전자가 달라지면서 아이 건강 상태가 달라질 수 있다. 이는 개인별 디지털 헬스케어 기술 접근성의 차이에 따라 계층 간 의료 차별 및 건강 격차가 발생할 위험이 있다는 얘기이다[120].

유전자 관련 정보를 기반으로 하는 다양한 헬스케어 기술도 발전하였다. 의료계는 유전자 정보를 통해 개인별 맞춤형 건강관리 서비스를 고객에게 제공하면서 만족도가 더 높은 의료서비스를 제공할 수 있게 되었다. 하지만 일부 보험업계에서는 유전자 정보를 기반으로 하여 고객을 차별하는 경우가 발생하고 있다. 이러한 유전 관련 정보가 대중화됨에 따라 개인정보 침해 발생 및 유전자 차별로 이어질 수 있다[121].

과학기술 발전에 따라 우주관광 시대가 도래하였다는 점도 주목된다. 하지만 고비용의 우주서비스를 이용할 수 있는 계층은 매우 제한적이기 때문에 우주서비스 이용에 따른 계층적 문화 소외가 발생한다. 특히 우주항공기술을 이용한 기후·환경·재난 등 위기 대응 역량에서 차이가 발생할 전망이다. 우주 기반 정보서비스 접근이 가능한 계층은 이를 기반으로 재난 발생 시 빠르게 대응해서 피해를 최소화할 수 있지만 그렇지 못한 계층은 피해가 클 수밖에 없다. 따라서 우주항공기술이 발전하면서 이에 접근할 수 있는 계층과 그렇지 못한 계층 간 문화적·환경적 격차는 심화될 것이다[122].

이 밖에 기후 협약을 실천하고 있는 서유럽이나 미국, 호주 같은 선진국 중심으로 신재생에너지 기술이 발전하고 있다. 태양광, 풍력, 바이오, 조력과 같은 다양한 신재생에너지는 과거에는 에너지 효율이 화석에너지보다 낮아 탄소배출량이 적고 환경오염이 적음에도 상용화 되지 못하였다. 하지만 최근 선진국 중심으로 신재생에너지가 사용되고 있다. 선진국의 첨단과학기술을 사용해 에너지 효율을 높이면서 환경오염을 최소화하였다. 상대적으로 기술 발전이 빠르지 않은 개발도상국은 여전히 화석에너지를 주연료로 사용하면서 환경오염 문제에 계속 노출되고 있다[123].

5)신체 건강 악영향

세계 인구 증가에 따라 식량 수요도 함께 증가하고 있다. 하지만 농작이 가능한 토지와 가용 노동력이 줄어들면서 농업 생산성이 낮아짐에 따라 미래 식량난 문제가 대두되고 있다. 이러한 식량 문제를 해결하기 위해 스마트팜 관련 기술이 발전하였다. 자동온도조절장치, 관수 병해충 원격관리 등 작물의 최적 생장 환경을 유지시킬 수 있는 관련 기술이 발전하였다. 이에 따라 온실가스 감축, 농업 생산성 증대, 푸드 업사이클링 등으로 미래 식량난에 대비할 수 있다[124].

인공지능 기술이 발전하면 노동소득은 감소하는 반면 자본소득은 증가하게 된다. 이에 따라 노동소득과 자본소득 간극이 커지면서 소득 불평등이 심화되고 실업률은 점증하고 있다. 이에 따라 여러

분야에서 일자리가 사라지고 있다. 예를 들어 자율주행 기술 발전에 따라 더 이상 운전자가 필요하지 않게 되면서 운송업계에서도 실업이 발생할 것이다. 다양한 분야에서의 실업률 증가는 많은 사회문제를 야기시킨다[125]. 대표적으로 약물 중독, 건강 악화, 사회적인 유대감 단절에 따른 자살률 증가와 범죄율 증가 등이 있다[126 127 128 129].

또한 3D 프린팅 기술이 발전하면서 여러 분야에서 3D 프린팅 기술이 활용되고 있다. FDM (Fused Deposition Modeling, 용융 적층 모델링) 방식은 저렴한 가격의 보급형 3D 프린터에 주로 적용되는 방식으로, 3D 프린터 확산에 크게 기여하고 있다. 하지만 3D 프린팅에 사용되는 소재가 주로 필라멘트 형태의 합성수지이므로 이에 따른 환경오염 문제가 발생한다. 3D 프린팅이 진행되는 과정에서 1분에 200억 개의 초미립자가 배출되는데, 이는 3D 프린팅 과정에서 인체에 유해한 물질이 배출될 가능성을 보여 준다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 3D 프린팅 과정에서 발생 가능한 유해 물질의 제거장치 설치를 의무화하고 프린터, 소재, 후처리 과정 등에서 발생 가능한 유해물질 배출 기준을 마련해야 한다[130 131].

아울러 AR/VR 관련 기술이 발전 및 상용화되면서 AR/VR 관련 기기들을 장시간 사용하게 될 것이다. 이에 따라 시력 약화 및 사회 활동량 위축이 우려된다[132]. 또한 AR/VR을 활용한 메타버스가 대중화된다면 사람과의 실제 접촉이 줄어들어 현실과 가상세계를 혼동하는 해리 현상을 겪을 수 있다[133].

유전 분야가 계속 발전하면서 유전자의 합성 및 변형을 활용한 다양한 연구가 진행되고 있다. 난치병 DNA를 자를 유전자 편집기술, 동물 복제 기술, GMO(Genetically Modified Organism, 유전자변형 농수산물) 등 다양한 분야에서 유전자 관련 연구가 진행되고 있다. 이러한 유전자 관련 기술 발전 및 상용화에 따라 원인을 정확하게 예측하기 어려운 사고 발생의 위험이 존재한다[134 135].

2.5. 국토·도시 분야

1)물류·사람 수송

도시에서 수송을 위한 교통체계는 물류나 사람 양쪽 모두를 포함하여 매우 중요한 요소이다. 수송기술 진화는 도시경제를 발전시키고, 교통시스템 혁신은 도시 형태를 변화시켰다. 4차 산업혁명 기술 중에서는 드론이나 자율주행 또는 더 발전할 우주과학기술이 이러한 변화를 부추길 것으로 예상된다.

자율주행은 운전자 부담을 경감시켜 운전자의 다양한 생산적 활동을 가능하게 한다[136]. 자율주행의 근간 기술인 V2V(차량 간 통신)와 V2I(차량과 인프라 간 통신)는 교통체계를 개선하고 대인/대물 사고를 줄인다[137]. 드론은 지상 교통 환경의 영향을 받지 않고도 수송할 수 있게 하여 효율성을 높인다.

이러한 기술은 단순한 교통 운송 수단 확대나 편의성 증대뿐만 아니라 물류·유인 수송시장의 구조 변화 또한 견인할 것으로 예측된다. 예를 들면 드론 배송의 정확성 및 효율성은 편리한 반품으로 리스 형태의 구매 패턴을 확산하며[138], 자율주행 기술은 생산자와 소비자를 직접 연결하고, 이동식 가게를 활성화할 것이다[139].

또한 발전된 위성 기술 등으로 다양한 위치 기반 데이터가 발생하며, 이를 활용하여 교통서비스 편의성과 효율성을 높이는 등 공공서비스 혁신이 발생하여 국토관리의 변화가 나타날 것이다.

하지만 새로운 교통 운송 수단의 등장으로 드론 충돌 등 새로운 사고 위험성이 발생할 수 있어 이에 대한 대비가 필요하다.

2)환경 문제

4차 산업혁명 기술 발전은 환경 문제에 대해 긍정적·부정적 영향을 모두 미친다. 스마트팜 기술은 작물 생장을 위한 에너지 사용을 효율화해서 생산성을 증대시키고 온실가스 감축에 기여한다. 또한 식품산업에서의 ICT 기술 적용을 말하는 푸드테크의 발전은 식품 가공 부산물을 새로운 식품으로 재생산하는 푸드 업사이클링을 활성화해서 환경 문제에 대응할 수 있다[140]. 대체식품 개발과 신재생에너지 활성화 또한 탄소배출 저감에 기여하여 기후변화로 인해 발생하는 문제의 대응방안이 될 수 있다. 신재생에너지 중 바이오에너지 또한 사용에 의해 발생한 이산화탄소가 다시 식물 성장 과정으로 들어가기 때문에 이산화탄소 배출량이 매우 적어 탄소배출 저감에 기여한다[141]. 하지만 3D 프린터의 플라스틱 소재 활용으로 인한 환경오염과 인체에 유해한 물질이 배출되는 문제점이 있다[142]. 또한 많은 분야에 AI가 적용됨에 따라 연산량이 늘며 연산을 위한 장치와 그에 필요한 에너지의 수요량이 증가해 또 다른 환경 문제를 낳을 수 있다[143].

3)스마트시티 가속화

스마트시티가 무엇인지는 끊임없는 논쟁거리이다. 하지만 공통적으로 스마트가 지칭하는 것은 객체에 스스로 정보를 생산·가공·분석해서 좀 더 발전된 서비스를 제공할 수 있도록 이전과는 다른 기능을 부여하는 것을 의미한다. 객체가 스마트해지는 것은 기술 발달이 가져온 대표적인 산물이다.

이 때문에 4차 산업혁명 기술을 토대로 새로운 도시 서비스가 폭발적으로 나타나는 것은 어색한 일이 아니다. 스마트시티는 이러한 4차 산업혁명 기술의 테스트베드로 작용해서 새로운 스마트시티 서비스를 만들어 내고, 이 서비스를 기존 도시들에 적용하여 도시의 스마트시티화를 가속화할 것이다.

원격진료와 AI를 이용한 의료체계 등으로 의료 개념이 진단 치료에 머무른 "메디컬"에서 예방과 사후관리를 포함하는 "헬스케어"로 확대되면서 병원 영역에 국한되어 있던 의료가 집, 지역사회, 도시로 확대되는 모습은 또 다른 스마트시티화이다.

대표적으로 자율주행기술로 교통 편의성이 증가하고, 이로 인해 타 지역 접근성이 증가하며 미래 지역교통체계의 변화를 만들어 낸다. 네트워크 발달과 교통의 편의성 증대로 공간 효율성이 향상되어 중소도시와 대도시 간 위계적인 관계가 모호해지고, 이로 인해 유연한 토지 이용이 가능해진다.

하지만 스마트시티 확산은 기존 시장 지배자와 지배산업을 붕괴시키는 와해성 기술(disruptive technology)인 4차 산업혁명 기술이 도시 양극화를 더욱 심화시키기 때문에 그에 대한 대비가 필요하다.

또한 스마트시티가 4차 산업혁명에 기반을 둔 신산업 창출 및 신기술 선점이라는 새로운 국면에

접어들면 신기술 실증에 필요한 인프라 구축 비용이 상당해져서 지방자치단체 단독으로는 불가능해 중앙정부와의 협력이 필요하다.

4)지역불균형 심화

새로운 지역 서비스는 중앙정부의 추진이 아니라 기초지방자치단체의 예산과 인구 정도가 도입에 유의한 영향을 미치기 때문에 서비스별 지역불균형을 초래한다.

특히 자율주행과 같이 전 국토를 대상으로 하는 서비스는 선제적 정책 수립과 중앙정부 및 지방자치단체 역할이 서로 보완적으로 추진되어야 하지만 그러지 않은 경우 기술 실현을 늦추는 결과가 초래된다.

구체적으로는 대도시 중심 투자 확대, 기술과 산업 보급 및 발전, 정보격차 심화, 중소도시 경쟁력 약화, 대도시 인구 집중화 등이 발생한다. 또한 4차 산업혁명에 대하여 도시지역이 비도시지역보다 대응에 유리하며, 선도지역의 spillover 효과(특정 지역에 나타나는 현상이나 혜택이 흘러 넘쳐 다른 지역에까지 퍼지거나 영향을 미치는 것)에 한계가 있기 때문에 공간 위계는 더욱 강화될 것이다.

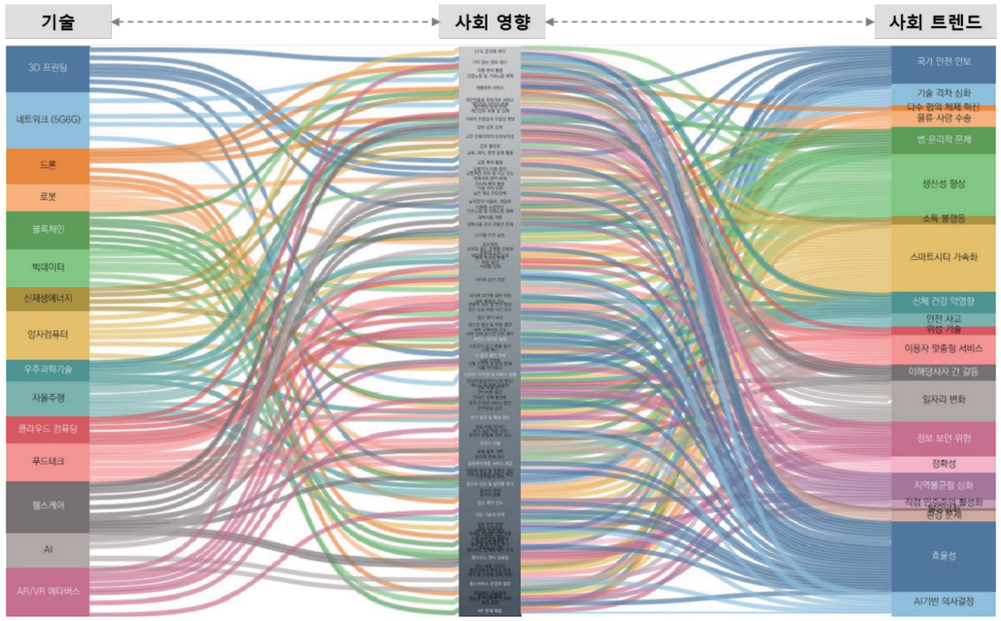
또한 4차 산업혁명 시대가 융합과 초연결 시대라면 이러한 spillover 효과의 제한적인 모습은 더욱 강화되어 지역 간 협력적 관계 없이는 지역별 격차가 극심해질 것이다.

지역 간 기술 격차가 발생하며, 이는 도시 간 성장 편차의 원인으로 작용할 뿐만 아니라 도시 내 소득 불균형의 주원인이 되고, 종래에는 도시의 다양한 경제적 지표 간 격차로 이어질 것이다.

3. 미래 트렌드 소결

앞의 각 5대 분야에서 선정한 트렌드는 미래 선도 기술이 사회적으로 미칠 영향에서 공통적인 부분을 각 사회 분야와 연결하는 매핑(Mapping) 과정을 통해 선정하였다. 미래 선도 기술이 나타낼 거시적인 트렌드는 직접 민주주의 활성화, 탈중앙화, 정보 보안 위협, 국가 안전·안보, 법·윤리적 문제, 다수 합의 체제 혁신, 위성 기술 활성화, 생산성 향상, 효율성, 일자리 변화, AI 기반 의사결정, 정확성, 이해당사자 간 갈등, 이용자 맞춤형 서비스, 소득 불평등, 안전사고, 기술 격차 심화, 신체 건강 악영향, 물류·사람 수송, 환경 문제, 스마트시티 가속화, 지역불균형 심화 등 총 22가지이다.

가장 다양한 미래 트렌드를 이끄는 기술은 헬스케어, 네트워크(5G·6G), 푸드테크로 나타났다. 반대로 미래 선도 기술은 공통적으로 효율성과 생산성 향상, 국가 안보 위협, 지역불균형 심화를 만들어 낼 것으로 예상되었다.



<그림 5> 기술-영향-트렌드 매핑(Mapping) 결과

IV 사회적 영향 프레임워크

1. 중요도-발현시기 분석
- 1.1. 중요도 분석 결과
- 1.2. 발현시기 분석 결과
- 1.3. IPA 분석 결과

2. 사회적 영향 프레임워크
- 2.1. 사회적 영향 분석
- 2.2. 미래 트렌드 분석

분야	미래 트렌드	AI	로봇	빅데이터	드론	자율주행	3D 프린팅	AR/VR 메타버스	블로체인	클라우드 컴퓨팅	헬스케어	우주 과학 기술	신재생 에너지	양자 컴퓨터	네트워크 (5G6G)	푸드테크
1. 국제정치	위성 기술											○			○	
	탈중앙화								○							
	정보 보안 위협			○	○	○		○	○	○	○			○	○	
	국가 안전·안보		○		○							○				
				○	○		○	○	○		○	○		○	○	
	법·윤리적 문제	○	○		○	○	○				○	○			○	○
	다수 합의 제재 혁신								○							
2. 경제산업	생산성 향상	○	○	○			○		○	○	○		○	○	○	○
		○	○	○										○	○	○
	효율성	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			○	○	○
	일자리 변화	○	○			○	○				○		○	○	○	○
			○					○						○	○	
3. 정부정책	AI기반 의사결정	○		○				○	○				○	○		
	정확성			○			○		○		○			○	○	
	이해당사자 간 갈등									○	○	○			○	○
4. 사회복지	이용자 맞춤형 서비스	○	○	○			○	○			○					○
	소득 불평등	○	○								○					
	안전 사고				○			○		○	○	○	○			○
	기술 격차 심화							○			○	○	○	○	○	
	신체 건강 악영향						○	○			○		○		○	○
5. 국토도시	물류·사람 수송				○	○						○				
	환경 문제						○						○			○
	스마트시티 가속화	○	○		○	○					○		○		○	○

<그림 6> 미래 트렌드 선정 결과

IV

사회적 영향 프레임워크

1. 중요도-발현시기 분석

이 장에서는 각 영향 및 트렌드에 대하여 우선순위를 설정하고자 중요도 분석 및 발현시기 분석을 하고, 이를 토대로 시급성에 대한 IPA(Importance-Perception) 분석 결과를 기술한다. 중요도와 발현시기 분석을 위해 사용한 설문은 [부록 3]에 수록하였다.

1.1. 중요도 분석 결과

인공지능(AI)

AI 기술로 인해 발생하는 영향 중 '일자리 감소 및 실업률 증가'가 가장 크게 영향을 받을 것이며, 기술별 중요도 평가 결과 25.8%로 분석되었다. 그다음으로 AI 기술 발전에 따라 영향을 많이 받는 효과는 '원가 절감 및 품질 향상'으로, 중요도 평가 결과가 24.2%에 달했다. 두 현상은 AI 기술뿐만 아니라 4차 산업혁명에 따른 기술 발전에 따라 영향을 많이 받을 것으로 보인다.

로봇

로봇 기술 발전에 따라 위험한 노동 및 단순노동이 로봇으로 많이 대체될 것으로 예상되었으며, 로봇의 기술별 중요도 평가 결과는 20.8%로 로봇 기술 발전에 따른 영향이 가장 클 것으로 예상되었다. 그다음으로 영향이 클 것으로 예상되는 현상은 일자리 감소 및 실업률 증가로, 중요도 평가 결과 20.0%로 분석되었다. 로봇이 위험노동 및 단순노동 등 많은 노동을 대체하면서 기존에 근무하던 많은 근로자가 자연스럽게 실업자가 될 것으로 예상된다.

빅데이터

빅데이터 기술 발전에 따라 많은 양의 정보를 활용해서 이용자 맞춤형 서비스 제공, 다양한 정보

생산, 생산성 향상 및 비용 절감 등의 효과를 볼 것으로 예상된다. 하지만 많은 데이터를 활용하는 만큼 개인정보 유출 및 침해 영향이 가장 클 것으로 예상되며, 중요도 평가 결과 36.7%로 분석되었다.

드론

드론은 기술 발전에 따라 여러 산업 분야에서 다양한 기능으로 사용되고 있다. 특히 시간과 장소 제약 없이 자유롭게 이동할 수 있는 특징이 있어서 경비, 교통 등의 목적으로 많이 사용된다. 따라서 드론 대중화의 가장 큰 영향은 테러 및 사생활 침해 위협인 것으로 분석되었으며, 중요도 평가 결과는 30.0%였다.

자율주행

자율주행이 상용화될 경우 운전이 어려운 교통약자의 운전 부담이 완화될 것이고, 교통사고 및 교통체증 문제가 완화될 것으로 예상된다. 하지만 사고 발생 시 책임 소재가 불분명하다는 문제가 있으며, 이는 자율주행 상용화 시 미치는 영향이 가장 큰 부분으로 분석되었다. 중요도 평가 결과는 20.0%였다. 책임 소재 불분명과 함께 미치는 영향이 가장 큰 것으로 분석되는 것은 유통 물류 개편으로, 중요도 평가 결과도 20.0%로 같았다. 한편 모든 차량이 자율주행하면 사고 감소와 교통체증 완화에 따른 유통 물류의 신속성이 개선될 것으로 예상된다.

3D 프린터

3D 프린터를 이용하여 다양한 물체의 빠른 시간 내 제조가 가능해지면서 기존 제조업에 대한 진입장벽이 많이 낮아졌다. 하지만 3D 프린팅을 이용하는 과정에서 환경오염 물질이 많이 배출되고 다양한 제품을 단시간에 제조할 수 있기 때문에 기존 제품에 대한 저작권이 침해되는 문제도 다양하게 발생할 것으로 예상된다. 그럼에도 3D 프린터 기술 발전을 통해 생산에 소요되는 시간과 비용을 효과적으로 줄일 수 있을 것으로 예상되며, 중요도 평가 결과 26.7%로 기술 발전에 따른 영향이 가장 클 것으로 분석되었다.

AR·VR & 메타버스

AR·VR & 메타버스 기술이 발전하면서 가상세계의 대중화가 이뤄질 것으로 예상되며, 중요도 평가 결과 25.8%로 이 부분이 가장 높은 것으로 분석되었다. 하지만 가상세계가 일반화되어 일상생활의 많은 부분이 온라인 세계로 대체되면서 현실과 가상세계 간 해리와 활동량 감소 등 부작용이 나타날 것으로 분석된다.

블록체인

블록체인 기술은 비즈니스 네트워크 내에서 정보를 투명하게 공유할 수 있도록 하는 고급 데이터베이스 메커니즘이다. 블록체인 기술은 다양한 산업 분야에서 혁신적으로 사용되고 있다. 블록체인 기

술 발전에 따라 거래비용이 절감되고 거래의 투명성이 보장된다. 블록체인 기술 발전에 따른 영향이 가장 큰 것은 개인정보 보호 강화로, 이 기능의 중요도 평가 결과 28.3%로 나타났다.

클라우드 컴퓨팅

클라우드 컴퓨팅은 사용자의 직접적인 관리 없이 데이터 스토리지, 컴퓨팅 파워 같은 컴퓨터 시스템 리소스가 필요할 때 바로 제공하는 것을 말한다. 클라우드 컴퓨팅 발달로 인터넷 접속만을 통해 시공간 제약없이 원하는 정보를 제공받을 수 있는 것이 가장 큰 영향이며, 중요도 평가 결과 33.3%로 가장 높게 나왔다. 하지만 클라우드 컴퓨팅에 의존할 경우 서버 장애 등 문제가 발생할 수 있다.

헬스케어

헬스케어 기술 발전에 따라 시간과 장소 제약 없이 다양한 계층에 의료 서비스를 제공할 수 있게 되었다. 그로 인하여 진료 시 책임 소재의 불분명함, 개인정보 보안 문제, 생물학 사고 및 범죄 발생 등 문제가 발생할 수 있을 것으로 예상된다. 하지만 그럼에도 헬스케어 기술 발전 등으로 영향이 가장 클 것으로 예상되는 기능은 개인 맞춤형 의료 서비스로, 중요도 평가 결과 24.2%로 가장 높게 나타났다. 헬스케어 기술 발전 및 상용화 과정에서 많은 문제가 발생할 수 있지만 그럼에도 기술 발전에 따라 치유되지 않은 질병에 관한 의료 기술이 다양하게 발전할 것으로 분석된다.

우주과학기술

우주과학기술 발달로 인터넷 서비스 제공이 원활해지고, 모니터링을 통해 전쟁 같은 위기 상황에 미리 대처할 수 있는 능력이 강화된다. 특히 우주과학기술 발전으로 케슬러 신드롬 및 다양한 환경 문제를 적극적으로 해결할 수 있을 것으로 분석되며, 중요도 평가 결과 30.8%로 이 부분이 기술 발전에 따라 가장 크게 영향을 받을 것으로 분석된다.

신재생에너지

선진국에서는 이미 다양한 에너지원을 활용한 신재생에너지가 활발히 이용되고 있다. 신재생에너지는 원료비용이 없어서 생산원가 부담을 크게 줄일 수 있는 장점이 있다. 특히 신재생에너지는 다른 화석에너지원과 비교할 때 탄소를 배출하지 않아서 환경을 오염시키지 않는 것이 가장 큰 장점이며, 중요도 평가 결과 33.3%로 영향이 가장 큰 것으로 분석되었다. 환경 오염을 걱정하는 많은 해외 선진국은 신재생에너지 기술 상용화를 위하여 노력을 기울이고 있다.

양자 컴퓨터

양자 컴퓨터는 양자 물리학 속성을 활용하여 계산을 수행하는, 제어 가능한 양자 역학 장치이다. 일부 계산 작업에서는 양자 컴퓨팅이 기하 급수적인 속도 향상을 제공한다. 양자 컴퓨터 기술 발전에 따라 연산 능력이 향상되고 NP 문제 해결이 가능한 것으로 분석된다. NP 문제는 문제를 푸는 각 단계에서 여러 가지 가능성을 동시에 고려할 수 있는 비결정적 알고리즘(non-deterministic algorithm)으로, 다항시간 내에 해결할 수 있는 문제로 정의된다. 중요도 평가 결과 40.0%로 양자 컴퓨터 기술 발전에 따라 NP 문제 해결에 가장 큰 영향을 미칠 것으로 분석된다.

네트워크(5G 6G)

2G에서 5G까지 네트워크 통신 기술이 빠르게 발전하고 있다. 기술이 발전하는 만큼 사람들은 인터넷에 접속해서 빠른 속도로 영상 매체를 전송 받을 수 있게 되었다. 사람들은 더욱더 빠른 네트워크 통신 기술을 원하면서 통신사 간 주파수 확보 경쟁이 과열되고 상향 평준화되어 감에 따라 통신 서비스 운영비가 절감될 수 있었다. 네트워크 기술 발전에 따라 통신서비스 운영비 절감 효과가 가장 큰 영향으로 분석되었고, 중요도 평가 결과 28.3%로 나왔다.

푸드테크

온난화 및 기상 악화, 전쟁에 따른 환경파괴 등으로 인하여 식품의 중요도가 높아 가고 있다. 이에 따라 다양한 대체 식품 기술이 발전하고 있지만 대체식품의 안전성 확보와 관리 등 문제들도 공존한다. 특히 푸드테크 기술 발전에 따라 다양한 배양육이 생기면서 안전성에 대한 우려가 매우 크다. 중요도 평가 결과 21.7%로 이 부분의 영향이 가장 큰 것으로 분석되었다.

1.2. 발현시기 분석 결과

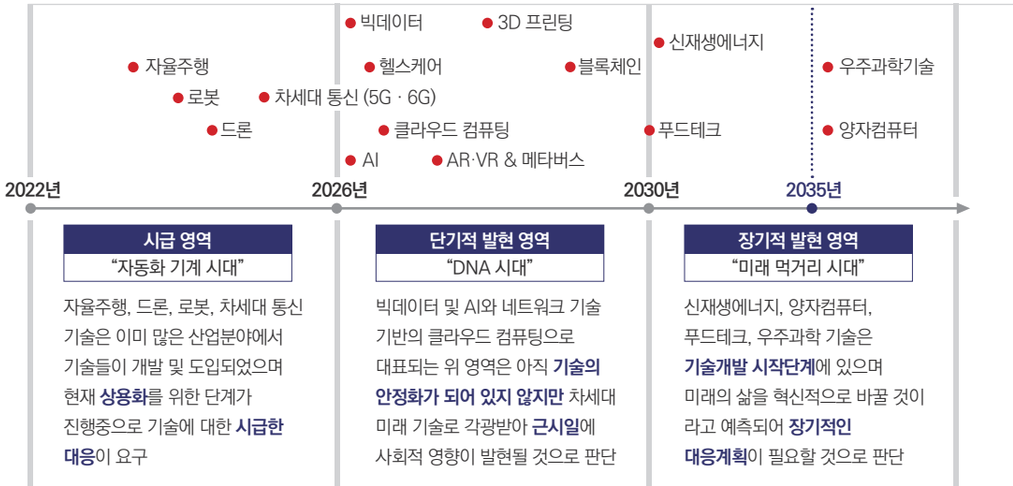
발현시기 분석은 사회적 영향 분석과 미래 트렌드 분석 방법이 상이하다. 미래 트렌드의 경우 각 트렌드에 대한 직접적인 전문가들의 의견을 구할 수 있는 반면에 사회적 영향의 경우 100여 개에 달하는 항목에 대해 전문가 의견을 구하는 것은 연구기간상 한계가 있었다. 따라서 사회적 영향의 경우 기술 발현시기를 탐색해서 기술이 발현될 때 그 사회적 영향도 함께 발현되는 것으로 가정하였다. 다만 이 가정에는 분명한 한계가 있다. 하나의 기술도 발전하는 수준에 따라 사회적 영향의 종류나 수준이 달라지기 때문이다.

1)사회적 영향의 발현시기 분석 결과

앞에서 설명하였듯이 사회적 영향을 분석하기 위해 15대 미래 선도 기술의 발현시기를 분석하고 순서대로 발현시기가 가까운 기술부터 상용화하기까지 시간이 걸릴 것이라고 예상되는 장기적 발현 기술들을 분류한다. 미래 선도 기술을 시간 흐름대로 나열해서 기술 개발 현황을 파악한다.

<표 8> 기술 및 사회적 영향의 발현시기 분석 결과표

기술	발현시기(연도)	기술	발현시기(연도)
AI	2026.2	클라우드 컴퓨팅	2026.9
로봇	2024	헬스케어	2026.7
빅데이터	2026.2	우주과학기술	2035.7
드론	2025.2	신재생에너지	2030.7
자율주행	2024.5	양자 컴퓨터	2035.7
3D 프린팅	2028.6	네트워크(5G·6G)	2025.7
AR·VR & 메타버스	2027.9	푸드테크	2030
블록체인	2029.3		



<그림 7> 기술 및 사회적 영향의 발현시기 분석 결과

시급 영역(자동화 기계 시대)

자율주행, 드론, 로봇은 이미 많은 산업 분야에서 기술이 개발·사용되고 있다. 하지만 상용화를 위하여 제도적 단계가 진행되고 있는 상황이어서 발달된 기술에 대응할 수 있는 제도 마련이 요구된다. 자율주행, 로봇, 드론의 발현시기는 전문가 분석 결과 평균적으로 3.4년 후 상용화되는 것으로 분석된다. 로봇 기술, 자율주행 기술 등의 발전으로 기계 자동화가 변화를 이끄는 시대가 될 것이다. 기계가 사람을 대체하면서 비용절감 효과 및 생산성이 향상될 수 있지만 그에 따른 다양한 사회적 문제가 발생될 것이기 때문에 이의 대응 방안 마련이 요망된다.

단기적 발현 영역(DNA 시대)

빅데이터, AI, 3D 프린팅 기술, 네트워크 통신, AR·VR & 메타버스, 클라우드 컴퓨팅, 헬스케어, 푸드테크 기술은 아직 안정화가 되어 있지 않지만 차세대 기술로 각광받아 가까운 시일 안에 사회적 영향이 발현될 것으로 전망된다. 빅데이터, AI, 3D 프린팅 기술의 발현시기는 전문가 분석 결과 평균 6년 이후 상용화가 전망된다. 네트워크 통신기술 발현시기는 6.6년, AR·VR & 메타버스와 클라우드 컴퓨팅과 헬스케어 기술 발현시기는 평균 7년, 푸드테크 기술은 8년으로 각각 분석된다. 많은 기술이 발현되는 단기적 영역에서는 네트워크 인공지능 기술 발전에 따라 데이터 수집·관리·활용 가능성이 급격히 확장될 것으로 분석된다. 빅데이터를 활용하여 합리적인 의사결정이 가능해지면서 생산성이 극대화될 것이다. 또한 가상세계가 활발히 운용되면서 시공간 제약이 사라질 것으로 예상된다. 이에 따라 가상공간에서의 사이버 보안 관련 문제가 발생할 수 있으므로 그에 따른 대응 방안 마련이 필요하다.

장기적 발현 영역(미래 먹거리 시대)

블록체인, 우주과학기술, 신재생에너지, 양자 컴퓨터 기술은 현재 기술 개발 시작 단계에 있지만 전문가들의 발현시기 분석 결과 평균 13년 후에 기술이 상용화되면서 삶을 혁신적으로 바꿀 것으로 예측된다. 이 시대에는 탈중앙화가 본격화되고, 기술이 국제사회 경계를 넘나들며 광범위한 영향을 미치는 시대가 될 것이다. 양자 컴퓨터 기반의 AI는 탈중앙화를 촉진하며, 우주과학기술은 국제적인 경계를 넘나들게 하는 토대로 작용할 것이다. 신재생에너지 기술 상용화는 기존의 에너지 생산과 소비 개념 전환을 초래할 것으로 분석된다. 이러한 미래 먹거리가 될 기술이 사회에 광범위하게 영향을 미치게 될 것이며, 장기적으로 그에 대응할 제도 마련에 관한 논의가 필요하다.

2)미래 트렌드의 발현시기 분석 결과

미래 트렌드의 경우 전문가 집단을 대상으로 3년 이내, 5년 이내, 10년 이내, 15년 이내, 15년 이상 등 5개 구간으로 나누어 설문을 진행하였다. 발현시기는 각 구간의 중간값을 활용하여 전문가 집단 평균을 구해 선정하였다.

분석 결과 경제·산업 분야의 트렌드가 대체적으로 빠르게 발현할 것으로 예상되었고, 정부·정책 분야의 트렌드는 발현까지 시기가 오래 걸릴 것으로 나타났다. 또한 15년 이상까지의 범위를 설정한 설문을 진행하였음에도 발현시기가 15년 이상으로 나타난 트렌드가 없었으며, 평균 발현시기가 6.3년으로 대체적으로 빠른 시일에 트렌드가 나타날 것으로 예상되었다.

국제·정치 분야의 트렌드 중 직접 민주주의의 활성화, 탈중앙화, 다수 합의 체제 혁신 등 사회체제 진화에 관한 트렌드의 발현시기는 다른 미래 트렌드에 비해 매우 늦을 것으로 나타났다.

<그림 8> 미래 트렌드의 발현시기 분석 결과

<표 9> 발현시기 분석 결과표(기준: 2022년)

사회 분야	미래 트렌드	발현시기(연도)	예상연도
1. 국제·정치	탈중앙화	13.2	2035.2
	정보·보안 위협	3.2	2025.2
	국가 안전·안보	7.0	2029
	법·윤리적 문제	3.9	2025.9
	다수 합의 체제 혁신	11.0	2033
	직접 민주주의 활성화	12.1	2034.1
	위성 기술	7.2	2029.2
2. 경제·산업	생산성 향상	3.9	2025.9
	효율성	3.9	2025.9
	일자리 변화	4.8	2026.8
3. 정부·정책	AI기반 의사결정	9.2	2031.2
	정확성	6.3	2028.3
	이해당사자 간 갈등	5.3	2027.3
4. 사회·복지	이용자 맞춤형 서비스	4.1	2026.1
	소득 불평등	4.7	2026.7
	안전사고	4.8	2026.8
	기술 격차 심화	5.5	2027.5
	신체 건강 악영향	6.8	2028.8
5. 국토·도시	물류·사람 수송	5.3	2027.3
	환경 문제	5.2	2027.2
	스마트시티 가속화	4.4	2026.4
	지역불균형 심화	6.6	2028.6

1.3 IPA 분석 결과

중요도와 발현시기를 고려하여 IPA 분석을 실시하였다. IPA 분석 기준은 중요도 20%, 발현시기 5년으로 설정하였다. 이에 따라 중요도가 20% 이상이고 발현시기가 5년 이내인 항목에 높은 우선순위가 부여되었다. 종합점수는 중요도가 높을수록, 예상시점이 가까울수록 높은 점수를 부여하도록 계산하였다.

1) 사회적 영향

사회적 영향에 대한 IPA 분석 결과 우선순위와 종합점수가 높은 영향은 빅데이터로 인한 개인정보 유출 및 침해, 클라우드 컴퓨팅으로 인한 시공간 제약 극복, 에너지 및 비용효율화, 네트워크로 인한 통신 서비스 운영 절감 등으로 나타났다. 빅데이터, 클라우드 컴퓨팅, 5G·6G 등 네트워크 기반 기술의 사회적 영향이 전반적으로 우선순위도 높고 종합점수도 높아 심층 분석이 시급히 요구되는 것으로 확인되었다.

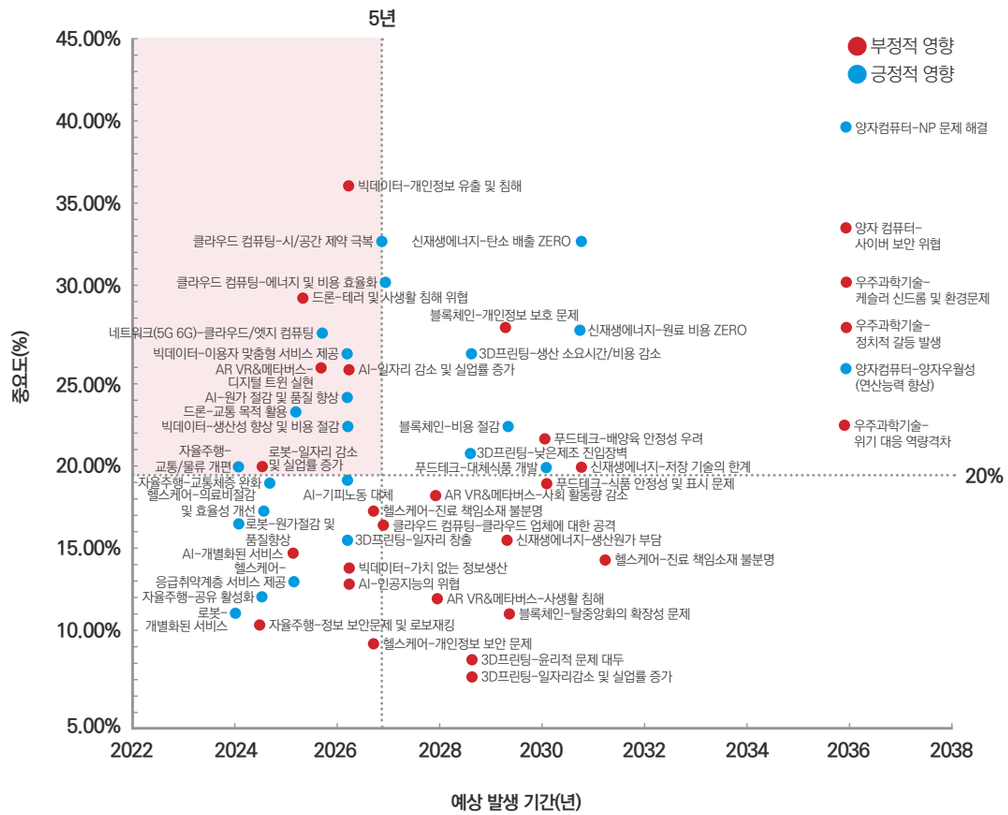
<표 10> 기술별 영향의 중요도, 발현시기 종합

기술	사회적 영향	중요도(%)	발현시기(연도)	종합점수
AI	일자리 감소 및 실업률 증가	25.8	6	4.17
	인공지능의 위협	13.3	6	2.33
	원가 절감 및 품질 향상	24.2	6	3.83
	개별화된 서비스	15.8	6	2.83
	감정노동 및 기피노동 대체	19.2	6	3.17
로봇	일자리 감소 및 실업률 증가	20.0	3.4	6.76
	법·윤리적 문제	17.5	3.4	5.00
	군사적 목적 활용	13.3	3.4	3.53
	원가 절감 및 품질 향상	16.7	3.4	4.41
	개별화된 서비스	11.7	3.4	3.24
	단순노동 및 위험노동 대체	20.8	3.4	6.47
빅데이터	개인정보 유출 및 침해	36.7	6	6.17
	가치 없는 정보 생산	14.2	6	2.33
	생산성 향상 및 비용 절감	22.5	6	3.67
	이용자 맞춤형 서비스 제공	26.7	6	4.50
드론	충돌 및 추락 사고 증가	15.0	3.4	4.71
	테러 및 사생활 침해 위협	30.0	3.4	8.53
	정보 보안 위협	18.3	3.4	5.29
	경비·경호 강화	13.3	3.4	4.41
	교통 목적 활용	23.3	3.4	6.47

기술	사회적 영향	중요도(%)	발현시기(연도)	종합점수
자율주행	책임 소재 불분명	20.0	3.4	5.59
	정보 보안 문제 및 로보재킹	10.8	3.4	3.24
	유통·물류 개편	20.0	3.4	5.59
	교통체증 완화 및 사고 감소	19.2	3.4	6.18
	운전부담 경감 및 교통약자 이동 증진	17.5	3.4	5.00
	공유 활성화	12.5	3.4	3.82
3D 프린팅	일자리 감소 및 실업률 증가	8.3	6	1.50
	환경 오염	19.2	6	3.33
	윤리적 문제 대두	9.2	6	1.50
	낮은 제조 진입장벽	20.8	6	3.33
	생산 소요 시간·비용 감소	26.7	6	4.33
	일자리 창출	15.8	6	2.67
AR·VR & 메타버스	현실과 가상세계 간 해리	19.2	7	2.86
	사회 활동량 감소	18.3	7	2.71
	사생활 침해	12.5	7	1.57
	온라인 경제 활성화	24.2	7	3.43
	디지털 트윈 실현	25.8	7	3.71
블록체인	탈중앙화의 확장성 문제	11.7	13	0.92
	개인정보 보호 문제	28.3	13	2.00
	51% 공격에 취약	16.7	13	1.38
	비용 절감	22.5	13	1.77
	거래 진정성과 무결성 확보	20.8	13	1.62
클라우드 컴퓨팅	서버 장애 등으로 인한 제약	18.3	7	2.57
	클라우드 업체에 대한 공격	15.8	7	2.43
	시·공간 제약 극복	33.3	7	4.57
	에너지 및 비용 효율화	30.8	7	4.43
헬스케어	생물학 사고 및 범죄 발생	15.8	7	2.14
	개인정보 보안 문제	10.0	7	1.29
	진료 책임소재 불분명	17.5	7	2.43
	개인 맞춤형 정밀의료 서비스	24.2	7	3.29
	의료비 절감 및 효율성 개선	17.5	7	2.86
	응급취약계층 서비스 제공	15.0	7	2.29
우주 과학 기술	정치적 갈등 발생	28.3	13	2.08
	케슬러 신드롬 및 환경 문제	30.8	13	2.31
	위기 대응 역량 격차	22.5	13	1.92
	우주 인터넷 서비스 등장	20.0	13	1.54
신재생에너지	저장 기술의 한계	20.0	13	1.54
	생산 원가 부담	18.3	13	1.38
	원료 비용 ZERO	28.3	13	2.15
	탄소 배출 ZERO	33.3	13	2.62

기술	사회적 영향	중요도(%)	발현시기(연도)	종합점수
양자 컴퓨터	사이버 보안 위협	34.2	13	2.62
	양자 우월성(연산능력 향상)	25.8	13	2.00
	NP 문제 해결	40.0	13	3.08
네트워크 (5G·6G)	주파수 확보 경쟁 과열	25.8	6.6	3.94
	사이버 보안 위협	18.3	6.6	2.73
	통신 서비스 운영비 절감	28.3	6.6	4.24
	클라우드·에지 컴퓨팅	27.5	6.6	4.24
푸드테크	배양육 안전성 우려	21.7	8	2.75
	대체식품 관리 관할권 문제	19.2	8	2.38
	식품 안전성 및 표시 문제	19.2	8	2.38
	대체식품 개발	20.0	8	2.50
	식품 원가절감 및 다품종 소량 생산	20.0	8	2.50

* 종합점수는 중요도/발현시기로 계산



<그림 9> IPA 분석 결과(사회적 영향)

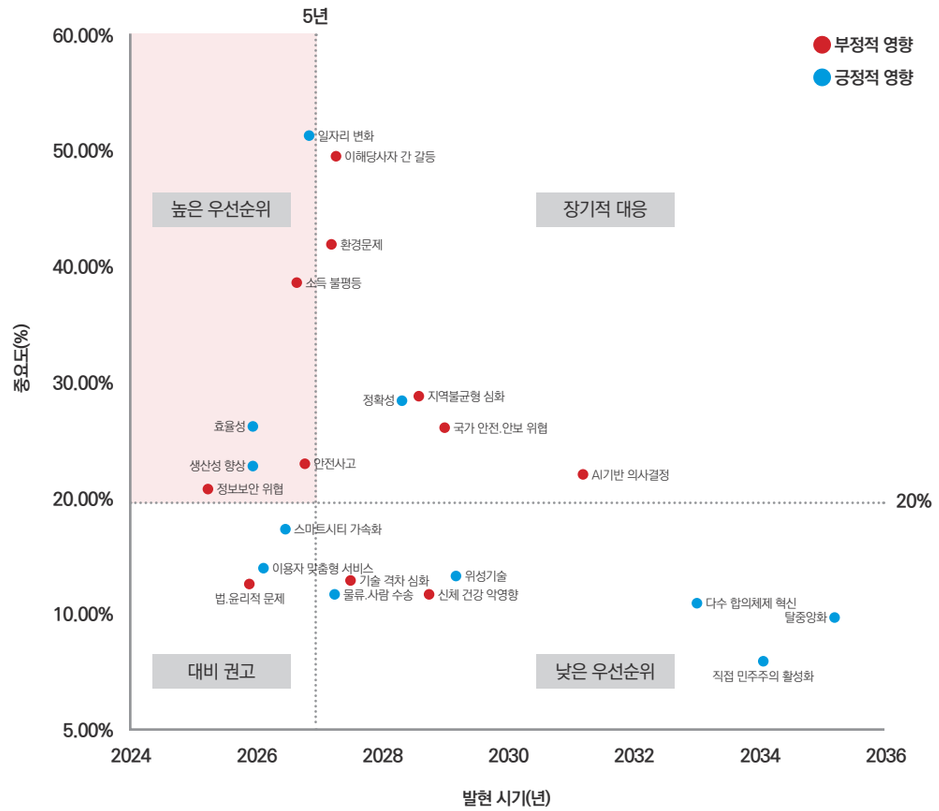
2) 미래 트렌드

미래 트렌드에 대한 IPA 분석 결과 우선순위와 종합점수가 높은 트렌드는 정보 보안에 대한 위협, 일자리 변화, 새롭게 발생하는 이해당사자 간 갈등, 소득 불평등의 발생 혹은 심화, 환경 문제로 나타났다. 특히 경제·산업 분야와 국토·도시 분야가 높은 종합점수를 받는 등 심층 분석이 시급히 요구되는 트렌드로 나타났다.

<표 11> 미래 트렌드의 중요도, 발현시기 평가 종합

사회분야	미래 트렌드	중요도(%)	발현시기(연도)	종합점수
국제·정치	탈중앙화	9.80	13.19	0.74
	정보 보안 위협	20.92	3.19	6.56
	국가 안전·안보 위협	26.11	7.00	3.73
	법·윤리적 문제	12.64	3.88	3.26
	다수 합의 체제 혁신	11.04	11.00	1.00
	직접 민주주의 활성화	6.11%	12.06	0.51
	위성기술	13.37	7.19	1.86
경제·산업	생산성 향상	22.73	3.94	5.77
	효율성	26.10	3.94	6.63
	일자리 변화	51.17	4.75	10.77
정부·정책	AI기반 의사결정	22.19	9.19	2.41
	정확성	28.38	6.31	4.50
	이해당사자 간 갈등	49.43	5.25	9.42
사회·복지	이용자 맞춤형 서비스	13.57	4.13	3.29
	소득 불평등	38.56	4.69	8.23
	안전사고	23.00	4.75	4.84
	기술 격차 심화	12.95	5.50	2.36
	신체 건강 악영향	11.91	6.75	1.76
국토·도시	물류·사람 수송	11.97	5.25	2.28
	환경 문제	41.80	5.19	8.06
	스마트시티 가속화	17.30	4.44	3.90
	지역불균형 심화	28.93	6.56	4.41

* 종합점수는 중요도/발현시기로 계산



<그림 10> IPA 분석 결과(미래 트렌드)

2. 사회적 영향 프레임워크

2.1 사회적 영향 분석

1) 높은 우선순위 영역

<표 12> 높은 우선순위 영역의 사회적 영향

기술-사회적 영향	분류	종합점수
헬스케어-개인 맞춤형 정밀의료 서비스	SV 창출	19.45
빅데이터-생산성 향상 및 비용 절감	SV 창출	18.67
AI-원가 절감 및 품질 향상	SV 창출	17.38
AI-일자리 감소 및 실업률 증가	사회문제	16.26
클라우드 컴퓨팅-에너지 및 비용 효율화	SV 창출	15.89
빅데이터-이용자 맞춤형 서비스 제공	SV 창출	15.75
클라우드 컴퓨팅-시·공간 제약 극복	SV 창출	14.70
네트워크(5G 6G)-주파수 확보 경쟁 과열	사회문제	14.32
드론-교통 목적 활용	SV 창출	13.72
네트워크(5G 6G)-클라우드·에지 컴퓨팅	SV 창출	13.45
네트워크(5G 6G)-통신 서비스 운영비 절감	SV 창출	13.06
자율주행-유통·물류 개편	SV 창출	12.50
자율주행-책임소재 불분명	사회문제	12.50
빅데이터-개인정보 유출 및 침해	사회문제	11.45
드론-테러 및 사생활 침해 위협	사회문제	10.67
로봇-일자리 감소 및 실업률 증가	사회문제	10.00
로봇-단순노동 및 위험노동 대체	SV 창출	9.60

높은 우선순위 영역은 중요도가 높고 발현시기가 가까워 시급히 다루어야 할 항목을 포함하고 있다. 이용자 맞춤형 서비스 활성화, 원가 등 비용 효율화와 이로 인한 생산성 향상에 따른 SV 창출, 일자리 감소 및 실업률 증가로 인한 사회문제 발생이 대표적인 영향으로 선정되었다.

특히 제조업 분야 생산성 향상이 서비스 분야 효율성보다 높은 우선순위 영역에 대거 포함되어 있어 이에 대한 대비가 시급한 것으로 판단되었다.

빅데이터와 네트워크 등 다른 기술의 근간이 되는 기술이 높은 우선순위 영역에 대거 포함되어 있는 등 다른 기술로 인한 영향보다 우선적으로 대응해야 할 필요성이 있는 것으로 나타났다.

2) 대비 권고 영역

<표 13> 대비 권고 영역의 사회적 영향

기술-사회적 영향	분류	종합점수
로봇-법적·윤리적 문제	사회문제	8.75
로봇-원가 절감 및 품질 향상	SV 창출	8.34
자율주행-교통체증 완화 및 사고 감소	SV 창출	7.67
자율주행-운전부담 경감 및 교통약자 이동 증진	SV 창출	7.00
로봇-군사적 목적 활용	사회문제	6.67
로봇-개별화된 서비스	SV 창출	5.84
드론-정보 보안 위협	사회문제	5.73
자율주행-공유 활성화	SV 창출	5.00
네트워크(5G 6G)-사이버 보안 위협	사회문제	4.95
드론-충돌 및 추락사고 증가	사회문제	4.69
AI-감정노동 및 기피노동 대체	SV 창출	4.56
자율주행-정보 보안 문제 및 로보재킹	사회문제	4.33
드론-경비·경호 강화	SV 창출	4.17
AI-개별화된 서비스	SV 창출	3.77
클라우드 컴퓨팅-서버 장애 등으로 인한 제약	사회문제	3.74
헬스케어-의료비 절감 및 효율성 개선	SV 창출	3.72
헬스케어-진료 책임 소재 불분명	사회문제	3.72
빅데이터-가치 없는 정보 생산	사회문제	3.37
헬스케어-생물학 사고 및 범죄 발생	사회 제	3.37
클라우드 컴퓨팅-클라우드 업체에 대한 공격	사회 문제	3.23
헬스케어-응급취약계층 서비스 제공	SV 창출	3.19
AI-인공지능의 위협	사회문제	3.17
헬스케어-개인정보 보안 문제	사회문제	2.13

대비 권고 영역은 중요도는 낮으나 발현시기가 가까워 지속적인 관찰이 필요한 항목을 포함하고 있다. 드론이나 네트워크 기술로 인한 보안 위협 등 기술을 적용하였을 때 발생할 사회문제가 포함되어 있다. 또한 상대적으로 로봇, 드론 기술의 사회적 영향이 대비 권고 영역에 대다수 포함되어 있다.

3) 장기적 대응 영역

<표 14> 장기적 대응 영역의 사회적 영향

기술-사회적 영향	분류	종합점수
AR·VR & 메타버스-온라인 경제 활성화	SV 창출	4.10
AR·VR & 메타버스-디지털 트윈 실현	SV 창출	4.38
3D 프린팅-낮은 제조 진입장벽	SV 창출	3.16
3D 프린팅-생산 소요 시간·비용 감소	SV 창출	4.04
블록체인-거래 진정성과 무결성 확보	SV 창출	2.85
블록체인-비용 절감	SV 창출	3.08
블록체인-개인정보 보호 문제	사회문제	3.88
푸드테크-대체식품 개발	SV 창출	2.50
푸드테크-식품 원가절감 및 다품종 소량 생산	SV 창출	2.50
푸드테크-배양육 안전성 우려	사회문제	2.71
신재생에너지-저장 기술의 한계	사회문제	2.30
신재생에너지-원료 비용 ZERO	SV 창출	3.26
신재생에너지-탄소 배출 ZERO	SV 창출	3.83
우주과학기술-우주 인터넷 서비스 등장	SV 창출	1.46
우주과학기술-위기 대응 역량 격차	사회문제	1.64
양자 컴퓨터-양자 우월성(연산능력 향상)	SV 창출	1.89
우주과학기술-정치적 갈등 발생	사회문제	2.07
우주과학기술-케슬러 신드롬 및 환경 문제	사회문제	2.25
양자 컴퓨터-사이버 보안 위협	사회문제	2.49
양자 컴퓨터-NP 문제 해결	SV 창출	2.92

장기적 대응 영역은 중요도가 높으나 발현하기까지 시일이 오래 걸릴 것으로 예상되는 항목을 포함하고 있다. 신재생에너지, 양자 컴퓨팅, 우주과학기술의 경우 발현시기까지 소요되는 시간이 오래 걸리지만 중요도가 높아 장기적으로 대응할 계획을 세우고 모니터링할 필요성이 있는 것으로 나타났다. 또한 앞서 언급했던 발현시기가 가까운 영향과 동일하게 비용 절감 등 제조업 생산성이 향상되는 영향이 포함되었다.

기술마다 특징적으로 나타나는 사회문제도 나타났다. 대표적으로 푸드테크로 인해 나타나는 배양육의 안전성에 대한 우려, 우주과학기술이 가져올 더욱 큰 환경 케슬러 신드롬 등이 있었다.

4) 낮은 우선순위 영역

<표 15> 낮은 우선순위 영역의 사회적 영향

기술-사회적 영향	분류	종합점수
AR·VR & 메타버스-현실과 가상세계 간 해리	사회문제	3.25
AR·VR & 메타버스-사회 활동량 감소	사회문제	3.11
3D 프린팅-환경 오염	사회문제	2.90
3D 프린팅-일자리 창출	SV 창출	2.40
푸드테크-대체식품 관리 관할권 문제	사회문제	2.40
푸드테크-식품 안전성 및 표시 문제	사회문제	2.40
블록체인-51% 공격에 취약	사회문제	2.28
AR·VR & 메타버스-사생활 침해	사회문제	2.12
신재생에너지-생산 원가 부담	사회문제	2.11
블록체인-탈중앙화의 확장성 문제	사회문제	1.60
3D 프린팅-윤리적 문제 대두	사회문제	1.39
3D 프린팅-일자리 감소 및 실업률 증가	사회문제	1.26

낮은 우선순위 영역은 중요도가 다른 영향에 비해 낮고 발현시기가 멀지만 미래 변화를 선도할 기술이 가져올 영향이라는 점에서 대응의 필요성이 실제보다 낮게 평가될 가능성이 있는 영역이다.

특히 아직 우리에게 익숙하지 않은 메타버스나 3D 프린팅이 가져올 사회문제가 대표적으로 나타나지 않았다. 다만 이들이 가져올 환경 문제나 사회 활동량 감소 등 일상 생활에 많은 문제를 가져올 가능성이 있기 때문에 예의 주시할 필요가 있다.

2.2 미래 트렌드 분석

1) 높은 우선순위 영역

<표 16> 높은 우선순위 영역의 트렌드

미래 트렌드	사회 분야	중요도(%)	발현시기(연도)	종합점수
일자리 변화	경제·산업	51.17	4.75	10.77
소득 불평등	사회·복지	38.56	4.69	8.23
효율성	경제·산업	26.10	3.94	6.63
정보 보안 위협	국제·정치	20.92	3.19	6.56
생산성 향상	경제·산업	22.73	3.94	5.77
안전사고	사회·복지	23.00	4.75	4.84

높은 우선순위 영역은 중요도가 높고 발현시기가 가까워서 시급히 다루어야 할 항목을 포함하고 있다. 일자리 감소와 대체 현상을 모두 반영하는 일자리 변화, 소득 불평등, 제조업 분야 생산성 향상, 서비스 효율성 증가 등이 모두 높은 우선순위 영역에 포함된다.

2) 대비 권고 영역

<표 17> 대비 권고 영역의 트렌드

미래 트렌드	사회 분야	중요도(%)	발현시기(연도)	종합점수
스마트시티 가속화	국토·도시	17.30%	4.44	8.54
이용자 맞춤형 서비스	사회·복지	13.57%	4.13	6.70
법·윤리적 문제	국제·정치	12.64%	3.88	6.24

중요도는 낮으나 발현시기가 가까워서 이에 대한 대비를 권고하는 영역에는 스마트시티 가속화, 이용자 맞춤형 서비스, 신기술로 인한 법과 윤리의 새로운 사회적 문제 대두가 포함된다.

3) 장기적 대응 영역

<표 18> 장기적 대응 영역의 트렌드

미래 트렌드	사회 분야	중요도(%)	발현시기(연도)	종합점수
이해당사자 간 갈등	정부·정책	49.43%	5.25	24.38
환경 문제	국토·도시	41.80%	5.19	20.62
지역불균형 심화	국토·도시	28.93%	6.56	14.26
정확성	정부·정책	28.38%	6.31	13.99
국가 안전·안보 위협	국제·정치	26.11%	7.00	12.87
AI 기반 의사결정	정부·정책	22.19%	9.19	10.92

중요도가 높아 장기적인 대응이 필요한 영역에는 새로운 이해당사자 간 갈등, 환경 문제, 지역불균형 심화, 데이터 정확성이 포함되었다. 특히 중요도가 매우 높게 측정된 이해당사자 간 갈등과 환경 문제는 현재도 중요하게 다루어지고 있지만 이에 대한 장기적인 계획이 수립되어야 한다.

4) 낮은 우선순위 영역

<표 19> 낮은 우선순위 영역의 트렌드

미래 트렌드	사회 분야	중요도(%)	발현시기(연도)	종합점수
위성기술	국제·정치	13.37%	7.19	6.59
기술 격차 심화	사회·복지	12.95%	5.50	6.39
물류·사람 수송	국토·도시	11.97%	5.25	5.91
신체 건강 악영향	사회·복지	11.91%	6.75	5.87
다수 합의 체제 혁신	국제·정치	11.04%	11.00	5.43
탈중앙화	국제·정치	9.80%	13.19	4.82
직접 민주주의 활성화	국제·정치	6.11%	12.06	3.00

위성기술 활성화, 기술 격차 심화, 물류·사람 수송 혁신 등은 중요도가 상대적으로 낮고 발현시기가 멀지만 지속적으로 모니터링을 하고 이후 이 트렌드에 대한 중요도가 높아졌을 때를 대비할 필요가 있다.

V 시사점 및 발전방향성

1. 시사점

2. 사회 분야별 발전방향성

2.1. 국제·정치 분야

2.2. 경제·산업 분야

2.3. 정부·정책 분야

2.4. 사회·복지 분야

2.5. 국토·도시 분야

V

시사점 및 발전방향성

1. 시사점

4차 산업혁명으로 기술이 혁신적으로 발전함에 따라 새로운 사회적 갈등이 발생할 것으로 예상된다. 이에 대한 탐색 및 고찰을 통해 선제적 대응방안이 필요하다. 따라서 본 연구는 미래 사회 변화를 탐색적으로 확인하여 대응방안을 제안하고자 하였다. 이를 위해 4차 산업혁명 기술을 포함하여 미래를 선도할 기술 15선과 그 기술이 가져올 사회적 영향을 문헌 조사 및 전문가 집담회(Roundtable Meeting)를 통하여 제시하였다.

이후 사회적 영향을 분류하여 미래에 사회적 가치(SV; Social Value)를 창출할 수 있을 것으로 예상되는 영향과 미래 사회 문제로 작용할 영향으로 구분하였다. 또한 각 기술이 공통적으로 나타내는 사회적 영향을 새롭게 설정한 5대 사회 분야로 군집화해서 미래 사회의 거시적인 트렌드 22가지를 제시하였다.

이후 사회적 영향과 미래 트렌드를 각각 IPA(Importance-Perception Analysis)하여 특성별 대응방안을 제안하고자 하였다. 이때 사회적 영향과 미래 트렌드를 각각 분석해서 미시적인 시각과 거시적인 시각에서의 분석을 모두 다루고자 하였다.

IPA를 위하여 영향 또는 트렌드의 중요도와 발현시기 분석을 진행하였다. 중요도-발현시기 분석 모두 전문가 20명을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 중요도는 AHP(Analytic Hierarchy Process)를 활용하여 분석하였다. 이후 이를 기반으로 IPA를 진행하여 사회적 영향 프레임워크를 설정하였다. 이를 통해 영향 또는 트렌드를 높은 우선순위, 대비 권고, 장기적 대응, 낮은 우선순위 등 4개 영역으로 분류하여 각 특성에 맞는 대응방안을 제시하였다.

본 연구는 아래와 같은 내용에 기여할 것으로 예상된다.

미래 BM개발에 기여

다양한 사업 분야에서의 BM(Business Model) 개발에는 미래 사회 변동성이 매우 중요하게 작용하며, 이 때문에 본 연구에서 제시하는 기술의 사회적 영향과 주요 미래 트렌드를 통해 미래 사회를 들여다볼 창을 설정하는 것은 BM 개발에 크게 기여할 것으로 기대된다.

새로운 SV 측정도구 개발에 기여

ESG 경영은 기업의 지속 가능성과 생존전략에 의거하여 더 이상 선택이 아닌 필수이다. 이에 S분야에 대해서도 새롭게 SV(Social Value; 사회적 가치)를 창출할 수 있는 영역이 발생하며, 이에 대한 측정방법 논의가 필요할 것으로 예상된다. 본 연구를 통해 새로운 SV 측정법을 개발, 선점함으로써 선도적인 역할을 수행할 수 있을 것으로 기대된다.

미래 대응 전략 수립에 기여

본 연구는 미래 영향을 예측하는데 그치지 않고 이를 중요도별, 발현 시기별로 분석하여 영향별 특성을 나타내고 각 특성에 맞는 대응방안을 제시하였다. 이러한 분석 프레임워크는 추후의 다른 사회 문제에도 적용할 수 있어 새롭게 나타나는 기술, 사회 현상에 대한 즉각적인 분석을 가능케하며, 선제적인 대응 전략을 수립하는 데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

<표 20> 사회적 편익 산출방법 예시([부록 3] 참고)

기술	주요 영향	이해당사자	산출방법	측정전문가
AI	일자리 변화 (일자리 감소 및 실업률 증가)	정부 기업 시민	• AI에 의한 신규 일자리로 보수 증가액 추정 • 업종별 일자리 증감 추정을 통하여 인력대체로 인한 기업의 인건비 절감액 추정	• AI 기술 관련 전문가 • 시장분석가
	국가 안전 안보 (인공지능의 위협)	정부 기업 시민	• 시나리오 분석(전쟁 발생 가능성) 및 기존 전쟁피해액으로부터 추정 • I/O 모형을 통한 부가가치 추정	• 군사전문가 • 군기술 관련 전문가
로봇	일자리 변화 (일자리 감소 및 실업률 증가)	정부 기업 시민	• 로봇으로 인한 신규 일자리로 보수 증가액 추정 • 업종별 일자리 증감 추정을 통하여 인력대체로 인한 기업의 인건비 절감액 추정	• 로봇기술 관련 전문가
	법·윤리적 문제 (법적 윤리적 문제)	정부 국회 기업 시민	• 로봇 사업의 시장 전망, 부가가치액 추정	• 시장분석가

2. 사회 분야별 발전방향성

2.1. 국제·정치 분야

4차 산업혁명이 만들어 낼 국가·사회 차원의 미래 변화 방향성 예측에 최근 새로운 변수가 등장하였다. 1980년대부터 본격화된 소위 세계화(globalization)의 추세가 한풀 꺾이는 양상이 목격된 것이다. 세계화의 본질은 '개인과 시장 약진, 국가 후퇴'라는 문구로 요약할 수 있다. 그러나 국제사회가 코로나 팬데믹, 미국과 중국 간 갈등에 기반한 신냉전체제 등장, 러시아-우크라이나 국경 분쟁을 경험하면서 개별국가 및 정부의 존재감이 강화되고, 국경이 다시 살아나며, 세계화 시대에 국제사회를 이끌던 국제 레짐의 약화 현상이 나타나고 있다. 다시 말해 4차 산업혁명의 발전이 평화 시기가 아니라 갈등 및 전쟁 시기와 중첩될 가능성이 짙어지고 있다는 것이다.

만에 하나 이러한 방향으로 국제정세가 전개된다면 4차 산업혁명의 미래 방향성을 예측할 때 기존과는 다른 시나리오가 전개될 가능성을 염두에 두어야 한다. 무엇보다 갈등 구조에서 살아남으려는 노력의 일환으로 국가의 힘이나 존재감이 다시 강해질 수 있다. 나아가 국가가 4차 산업혁명 기술을 시장과 사회를 통솔하고, 심지어 통제하는 방향으로 사용할 공산도 높아질 수 있다.

이러한 경우 4차 산업혁명 기술이 개인과 사회 복지 향상과는 거리가 먼 방향으로 작동할 수 있다. 예컨대 국제 레짐을 약화시키고 국회 및 정치 분야의 토론 기능과 시민 참여를 저하시키며, 정부의 중앙권력 집중을 심화시키고, 인공지능을 군사 기술에 이용함에 따라 인간윤리 문제를 간과하게 될 수 있으며, 국가안보를 이유로 정보에 대한 국가 통제를 강화시켜 소위 '빅 브라더(Big Brother)' 현상을 심화시킬 수도 있다.

4차 산업혁명 기술이 인류사회에 긍정적 또는 부정적 영향을 미칠 가능성은 양방향 모두 존재한다. 자유주의적(liberal) 국가에서는 개인의 자유를 증진하는 방향으로 기술이 사용될 공산이 높지만 비자유주의적(illiberal) 국가에서는 반대 방향으로 기술이 악용될 가능성을 배제할 수 없다. 그러나 이러한 개별 국가의 의지 외에도 신냉전과 같은 전 세계적 구조의 변화 역시 이 방향성에 영향을 미칠 가능성이 농후하다.

4차 산업혁명이 국가와 사회에 긍정적인 영향을 미칠 수 있도록 유도하기 위해서는 세계 정세 변화에 대한 면밀한 검토와 개선방안에 대한 철학적·정책적 모색이 이루어져야 한다. 우리가 기대한 긍정적 효과가 자동적으로 형성되어 나타날 것이라는 기대는 아직 너무 성급해 보인다. 우리가 통제할 수 없는 구조적 변화가 가시화되고 있기 때문이다.

2.2. 경제·산업 분야

정보화 혁명에 이은 4차 산업혁명의 전개가 우리 사회와 경제에 던지는 가장 중심적인 화두는 불평등 확대 및 중산층 붕괴 문제이다. 물론 정보화와 인공지능 확산이 일자리를 축소하는가 확대하는가 문제는 아직 논란의 여지가 분명하게 존재한다.

과거 인공지능 기술의 발전은 주로 고소득 및 전문직 일자리 대체에 집중될 것이라고 예상되었다. 이와 함께 정보화와 4차 산업혁명이 제조업의 세계화와 더불어 중산층을 축소시키는 중요한 요인으로 지적되었다. 그러나 최근 들어 그 대상이 하위 단순 노동직으로까지 대체 범위가 확대될 가능성이 짙다는 주장이 대두되고 있다. 인구가 감소하고 3D 직종 회피 증가, 노동자 복지제도 향상으로 노동공급 감소가 나타나고 있기 때문이다. 이 외에 노동자의 감정 훼손도 중요한 감소 요인으로 작동한다.

결과적으로 인공지능을 주축으로 하는 4차 산업혁명으로부터 안전한 계층은 막대한 자본을 소유하거나 인공지능을 기술적으로 통제할 수 있는 초기술전문직밖에 없다는 결론에 도달하게 된다. 기존의 복지제도를 대체하는 기본소득제도(Universal Basic Income, UBI)가 보편화될 경우 중산층 및 노동계층 붕괴와 실종은 더욱 가속될 가능성이 있다. 이들은 기본소득에 의존하는, 시민의 권리를 포기한, 정치·경제적으로 무의미한 존재가 될 것이다. 이 두 계층은 중간 시민계층을 구성하여 민주주의와 자본주의를 이끌어 가는 두 바퀴와 같은 존재이다. 따라서 이들의 붕괴는 민주주의는 물론 새로운 자본주의 모델에 대한 논의를 요구하게 될 것이다.

우리가 가장 우려할 시나리오는 앞에서 이야기한 국가 역할의 재강화 현상과 인공지능을 통솔하는 초자본 간 결탁 현상이 시민계층과 노동계층 붕괴 현상과 결합하는 것이다. 이러한 결합 현상은 16세기 이래 발전해 온 자유주의적 근대 정치·경제 체제의 근본적인 변화를 유발할 수 있다는 점에서 시사하는 바가 크다. 과거 '역사의 종언(The End of History)'에서 주장하던 자유주의적 민주주의와 자본주의가 역사 진화의 최종 단계가 되기는커녕 심각하게 붕괴되는 현상이 전개될 수도 있기 때문이다.

과연 4차 산업혁명 시대에는 제도화된 국가와 시장을 대신해서 누가 신뢰를 담보해 줄 수 있을 것인가? 국가의 정치적 권위일까 아니면 교환의 자유가 제도적으로 담보된 시장일까? 이 둘 다 아닐 수 있다는 것이 문제이다. 블록체인 같은 새로운 기술이 대안으로 떠오르고 있지만 루나 디지털 화폐 스캔들에서도 보듯이 아직은 전 세계의 모든 시민이 의존하기에는 문제가 많다. 애초 블록체인은 관료화된 국가 권력,시장을 장악한 거대자본을 대신해서 시민들이 자발적으로 신뢰를 보증하는 기술플랫폼을 만든다는 의미에서 주목받았다. 그러나 사유화된 기술은 언제든 강자의 무기가 되어 약자를 위협할 가능성을 배제할 수 없다. 그리고 이 기술이 국가 권력이나 자본의 힘과 결탁할 가능성 역시 간과할 수 없다. 만일 국가가 쇠약해지고 제도화된 시장의 질서가 붕괴된다면 탐욕화된 기술의 만행을 제어할 존재마저 없게 될 것이다.

중산 및 노동계층 붕괴, 불평등 고착화가 점점 가시화될 경우 우리는 어떤 대안을 모색할 수 있을까? 개인의 자유를 확대해 준 근대적 가치가 무너진다면 우리는 어떤 세상을 맞게 될까? 소수에 의해 장악된 기술이 국가와 시장마저 지배할 수 있게 된다면 우리는 어떤 안전장치를 마련해야 할 것인가? 4차 산업혁명의 수레바퀴를 거꾸로 돌릴 수 없다면 이러한 부작용에 대응할 방안 모색은 반드시 필요하다.

2.3. 정부·정책 분야

4차 산업혁명 시대 속 진보 기술은 정부에도 많은 영향을 미칠 수 있다. 정부의 의사결정에 영향을 미치기도 하며, 정부 조직 구조에 변화를 불러일으킬 수도 있고, 민관 관계에 영향을 미칠 수도 있다. 이 중 가장 중요한 현상은 정부의 의사결정이 변화하는 것이다. 정부 조직 구조가 변화하고 민간과의 관계를 형성하는 과정 모두 정부의 제반 의사결정과 유관한 성격을 띠기 때문이다. 실제로 연세대학교 미래정부연구센터에서 이상의 예상되는 변화들에 대해 전문가에게 자문한 결과 정부의 의사결정 변화가 가장 중요한 현상이라는 점을 밝혔다. 또한 일반 국민 대상으로 해당 현상에 대한 중요도를 묻는 설문 결과에서는 정부 의사결정 변화에 대한 문항이 갖는 평균 값이 리커트 5점척도 기준으로 3.66이라는 높은 수준을 보였다.

그렇다면 정부의 의사결정은 어떻게 변화할 것인가? 4차 산업혁명의 핵심 기술들은 과거에 비해 정부 의사결정의 정확성을 높일 것이며, 더 많은 양의 의사결정을 신속히 처리할 수 있게 할 것이다. 그러나 이러한 변화는 동시에 새로운 양상의 갈등을 양산할 수 있다. 기술 도입 과정에서 다양한 조직의 갈등이 생길 수 있으며, 신기술에 대한 기업의 규제 문제를 발생시킬 수 있다. 그럼에도 기술 발전을 도모할 수 있는 정부 혁신을 통해 유능하고 신뢰받는 정부로 변화하는 것이 필요하다.

2.4. 사회·복지 분야

사회·복지 분야에서의 예상 변화 현상은 교육, 의료, 사회보장제도 등으로 구분될 수 있다. AI나 빅데이터는 소비자 또는 국민 개개인의 특성을 고려한 맞춤형 교육과 의료서비스 등을 제공할 수 있으며, 안전사고와 관련된 사회보장 서비스를 더욱 정확히 전달할 수 있게 한다. 앞에서 논의한 것과 마찬가지로 미래정부연구센터에서 실시한 전문가 자문과 국민 대상 설문조사에서는 교육, 의료, 사회보장 서비스 등 변화 현상의 중요성이 다른 것과 비교해도 상당하였다. 교육·의료·사회보장 서비스의 중요성을 묻는 문항은 각각 5점 척도 기준으로 3.69, 3.93, 3.73 등 상당히 높은 평균 값을 나타냈다. 즉 이러한 사회 서비스는 상당한 중요성을 내포하고 있으며, 동시에 사회에 만연한 불평등과 유관하다는 공통점이 있다.

4차 산업혁명은 많은 기술 발전을 촉진시켰으며, 이는 불평등과 같은 사회문제를 해결할 수 있지만 반대로 문제를 불러일으킬 수도 있다. 대표적인 사례로 인공지능 기술은 숙련 노동에는 보완재로 작용하고 비숙련 노동에는 대체재로 역할할 수 있다. 그러나 이러한 문제에도 다양한 기술을 활용한 제도로 줄어드는 일자리 문제를 신속히 대응하는 것이 필요하다. 이 밖에도 빅데이터를 활용하여 사회적 취약계층 발굴·진단을 정확히 하여 그들에게 교육과 의료서비스를 확대하는 등 격차와 불평등을 완화하면서 기술 발전을 이루는 정책적 방안이 요구된다. 기술 진보와 발전은 거부할 수 없음을 감안하면 앞으로는 불평등 문제를 사후 대응이 아니라 정책적 측면에서 기술을 활용하여 문제의 근원을 예측 및 발굴하고 해소하는 것이 필수적이다.

2.5. 국토·도시 분야

물류, 사람 수송

드론과 자율주행 자동차 도입으로 국토 및 도시 공간 구조는 도심 집중도가 확대될 것이라는 전망과 분산된다는 전망이 병존한다. 도심으로의 집중이 확대될 것이라는 전망은 정보화 사회에서의 정보 접근성이 매우 중요하며, 이는 단순히 인터넷에 기반을 둔 정보뿐만 아니라 실제 대면 접촉으로 인한 긴밀한 네트워크 관계에서 수집되는 고급 정보의 중요성이 더 높아지기 때문이다. 필요할 때만 자동차를 대여해서 사용할 수 있기 때문에 다양한 생활 편의시설이 발달된 도심에 살면서 최신 정보를 접하고 대중교통을 이용하기 편리한 곳으로의 집중이 가속된다는 것이다. 반면에 도심의 번잡함을 회피할 수 있는 기회가 제공되어 일부 시민은 도심 밖에서 거주하면서 동일한 서비스를 제공받을 수 있다는 의견으로 분산 가능성에 무게를 두는 학자도 있다. 도심에는 주택 등의 공급 가용 토지가 부족해서 부동산 가격 상승 등 부작용이 발생할 수 있어 분산 기회를 잘 살린다면 도심으로의 집중을 완화할 수 있을 것이다. 즉 도시 외곽에 기존 도심에 버금가는 생활 편의 시설을 제공할 수 있는 정주 여건을 마련하고, 비교적 싼 주택이 공급되면 분산 효과가 극대화될 수 있다. 반면에 도심 집중이 불가피하다면 콤팩트 시티[13] 개념을 적극적으로 도입하여 도심을 고밀화하고, 많은 오픈스페이스를 확보하는 전략이 우선되어야 한다.

드론 도입은 물품의 배송 속도를 배가시켜 온라인 쇼핑 및 택배를 활성화하는 등 물류 및 사람 수송에 큰 변화를 주게 된다. 신선한 달걀·채소·빵을 매일 아침 배송 받을 수 있게 되고, 주문한 물건을 거의 실시간으로 받을 수 있다. 또한 주거지에 물류 집배송센터가 중요한 시설 중 하나가 될 것이다. 이를 통해 시민 삶의 질과 효용성이 높아질 것으로 예상된다.

반면에 자율주행차 도입으로 사고는 현저히 줄어들겠지만 사고가 발생할 경우 누구 책임인가를 규명하는 일이 매우 복잡해질 것으로 예상된다. 자율주행차 사고가 날 경우 자동차 자체 결함 때문인지, 운전자 과실이 원인인지, 통신사의 통신망 문제로 발생한 사고인지 등 책임 소재가 불분명한 상황이 다수 발생할 수 있다. 또한 인공지능을 활용해서 주행할 것이 확실한 가운데 예상하지 못한 상황에 어떻게 대처할지에 대한 윤리적 논의가 필요하다는 의견도 있다. 예를 들어 주행 시 상대방 자동차와의 충돌 위험이 발생하였지만 대처할 시간적 여유가 없다고 가정하였을 때 운전자를 먼저 보호할 것인가, 인명사고를 최소화하는 방향으로 대응할 것인가, 사고의 총 비용이 최저가 되도록 대처할 것인가에 따라 다양한 대응 알고리즘이 프로그램화될 수 있을 것이다. 어느 하나로 정하기에 애매모호하기 때문에 윤리적인 기준이 필요하다는 것이다. 지금의 보험회사 사고 산정 방식과는 차원이 다른 문제가 수반된다는 점에서 관련 기업이나 단체 등의 논의가 필요하다.

또한 드론과 자율주행 자동차 도입과 관련하여 수많은 규제 혁파가 전제되어야 한다. 군사적 이유, 기존 산업 보호 등 다양한 차원에서 규제 개혁이 이루어지지 못하고 있는 점도 해결되어야 한다. 우리

13) 콤팩트 시티(Compact City): 도시 중심부에 주거·상업 시설을 밀집시켜 시민이 교통수단을 이용하지 않고 걸어 다니며 생활할 수 있게 한 도시 모델

나라는 규제 대부분이 포지티브 방식(즉 할 수 있는 것만 나열하고 그 밖의 것은 불가한 방식)을 채택하고 있어 신산업 적용을 어렵게 한다. 법체계 전반을 포지티브 방식에서 네거티브 방식으로 전환하고, 사전 규제가 아닌 사후 규제로 전환할 필요가 있다.

드론과 자율주행차 도입은 하고 말고가 아니라 언제 할 수 있느냐의 문제로, 다른 나라에 앞서 관련 기술과 산업을 발전시키기 위해서는 선제적인 접근이 필요하다. 다른 나라가 다 도입한 후 우리나라가 도입한다면 많은 문제점과 부작용을 최소화할 수 있지만 우리가 관련 산업을 리딩할 수 있는 기회는 놓치게 된다.

환경 문제

기후변화로 생태계가 파괴되고 인류 종말까지 예견되는 상황에서 탄소 배출을 최소화하기 위한 사회와 기업의 노력은 가속될 것이다. 에너지 분야에서는 화석연료 사용을 지양하고 태양, 물, 바람 등을 활용한 신재생에너지의 사용이 현저히 증가할 것으로 예상된다. 현재와 같은 대단위 전력 생산·전송 시스템에서 스마트 그리드 개념의 커뮤니티 단위 에너지 자립을 추구하게 될 것으로 전망된다. 에너지 사용량을 최소화하기 위한 노력도 필요하다. 소득이 늘어나고 에너지를 필요로 하는 4차 산업혁명 기술로 많은 기기가 1인당 에너지 사용량을 크게 증가시킬 것이다. 원자력, 수력, 화력 등 기존의 에너지 생산 방식은 한계에 도달하였다. 답은 신재생에너지에서 찾아야 한다.

또한 푸드테크 발전은 대체육 등 기존의 탄소 배출에 많은 부분을 차지하였고, 윤리적 문제로 지적된 가축 사육을 최소화할 수 있는 방안이며, 요리 방식 변화와 더불어 주택의 주방을 획기적으로 변화시킬 요인이 된다. 푸드테크 발전은 기존의 농어촌에서 생산하던 방식에서 탈피하여 도시 내 공장에서 제조하는 방식으로 전환할 수 있어 농어촌 산업 붕괴로 이어질 수 있다. 젊은 노동자는 농어촌을 기피하는 경향이 강한데 스마트팜은 이를 더욱 강화시켜 농어촌 붕괴로 이어질 수 있다. 이를 최소화하기 위해서는 푸드테크 거점을 도시가 아닌 농어촌에 조성하여야 한다. 젊은 노동자를 유인하기 위해서는 도시에 버금가는 생활 편의 시설 조성이 필요하다. 스마트 빌리지를 조성하여 중요한 서비스, 즉 교육·의료·문화 등의 서비스가 제공될 수 있는 집적된 공간 조성이 요구된다.

이 밖에 3D 프린트를 활용한 산업이 발전하면 환경 문제가 악화될 수 있다. 지금도 3D 프린트로 인체 피해 사례가 나타나고 있어 대응이 필요하다. 피해를 최소화하기 위해서는 3D 프린트에 사용되는 원료와 장소 등에 대한 환경 기준 제정과 관리 제도를 확립할 필요가 있다.

스마트시티 가속화

스마트시티는 최첨단 기술을 활용해서 도시관리 비용을 획기적으로 줄이고 지속 가능성을 확보하기 위한 목적으로 추진되고 있다. 현재는 소수의 대도시를 중심으로 스마트시티가 보급되고 있으나 향후 중소도시는 물론 농어촌 지역으로 확대되어 전 국토에 적용될 것으로 전망된다. 이에 따라 국토 어디에 살거나 공공 인프라 혜택을 누릴 수 있어 공간적 불평등이 크게 해소될 것이다. 아직은 시장이 성숙되어 있지 못하고, 많은 기업이 초보적인 서비스를 경쟁적으로 제공하려 하고 있어 비용이 과다해 보이지만 향후 시장이 형성되고 소비자의 요구에 부응하는 서비스가 개발되면 효용성이 증대될 것이다. 초기 투자 비용이 과다한 것도 규모의 경제가 확보되면 많이 낮아질 것이고, 운영 단계에서의 비용 절감 효과가 커서 초기 투자 비용을 고려하더라도 편익 비용에 비해 현저히 클 것으로 기대된다.

우려되는 점은 첨단 기술에 익숙하지 못한 계층의 존재로 인한 Digital Divide(정보 격차) 확대와 지역적으로 공간적 불평등 심화이다. 다양한 디바이스 활용을 통해 소외계층을 최소화하는 방향으로 진화하고 있으며, 공간적 불평등을 오히려 줄일 수 있다는 의견도 있다. 전국에 조속히 보급하기 위해서는 재정적 열위에 있는 지역에 대한 중앙정부 차원의 지원이 필요하다. 특히 성공 확률이 높은 대도시뿐만 아니라 쇠퇴하고 있는 중소도시와 상대적으로 낙후된 농어촌에 스마트시티 기술이 보급되어야 한다. 실제 이러한 첨단 서비스가 필요한 곳은 도시보다 비도시 지역이다. 교육, 문화, 의료 등의 사각지대가 비도시 지역이기 때문이다. 기업들은 소외계층이 발생하지 않도록 특화 서비스 개발에 노력할 필요가 있다. 예를 들어 노인계층은 스마트폰 이용이 어렵기 때문에 다른 디바이스, 즉 목걸이·팔찌·신발에 부착하는 센서 등 다양한 형태의 디바이스를 개발해서 노인들이 필요한 서비스를 받을 수 있도록 해야 한다.

스마트시티 정착을 위해서는 제도 개선이 필수적이다. 참여 기업이 새로운 서비스를 제공하려 해도 기존 제도와 기득권층 반발로 도입이 어렵게 되는 경우가 많다. 이를 최소화하기 위해서는 네거티브 규제와 사후 규제로의 시스템 변혁이 필수적이다.

지역불균형 심화

도시 공간 구조 변화와 스마트시티 가속화 등으로 대도시로의 인구 집중이 더욱 심화될 것이라는 전망이 우세하다. 기술이 발전할수록 지역 격차는 확대되어 왔기 때문에 향후에도 이와 같은 가능성이 더 짙은 것이 사실이다. 이를 최소화하기 위해서는 중소도시와 농어촌 투자 확대가 필요하다. 전국을 동일한 수준의 서비스를 제공한다는 것은 불가능할 뿐만 아니라 효율적이지도 못하다. 대도시를 제외한 중소도시와 농어촌에는 거점을 조성해서 대도시 못지않은 서비스가 제공되도록 해야 한다. 스마트 빌리지는 농어촌 또는 중소도시에 500~2000가구 정도가 정주할 수 있는 공간으로 구성해서 대도시에 준하는 서비스를 제공하자는 개념이다. 교육·문화·보건의료·복지 서비스가 직접 또는 원격으로 제공되고, 생산·유통·소비가 이루어지는 공간으로 구성하는 것이다.

중앙정부는 국민의 최저 생활수준(National Minimum)을 고려한 생활 인프라를 지방자치단체가 제공할 수 있도록 재정이 열악한 지자체에 재정적 지원을 늘리고, 재정에 여력이 있는 지자체에는 규제 완화를 통해 자율적인 개선이 가능하도록 유도하는 것이 바람직하다. 현재 종합부동산세 수입을 주 세원으로 하는 광역특별회계를 확대해서 여유 있는 지자체로부터 세수를 확보하여 열악한 지자체를 지원하는 기금을 별도로 확보할 필요가 있다. 여유 있는 지차체에서 재원을 제공하는 만큼 일정 규제를 완화해서 지자체 세수가 늘어날 수 있도록 하는 등 상생 구조를 만드는 것이 필요하다. 기업들의 사회적 책임 일환으로 지역불균형 해소를 위해 지역 투자를 확대하거나 지역민을 위한 지원사업을 하도록 인센티브를 제공하는 것도 필요하다. 예를 들어 기업이 소외되거나 쇠퇴하고 있는 지역에 신규 투

자를 하거나 사회봉사 사업을 할 때 세금을 낮추어 주거나 일부 공동사업으로 진행해서 보조금을 지급하는 등의 지원을 통해 기업 참여를 유도할 필요가 있다.

지방자치단체 차원에서도 산업 구조 변화에 적극적으로 대응하는 전략 마련이 시급하며, 지역의 자원(물적, 인적 자원 등)을 고려한 전략산업 선정과 전략산업을 영위하는 기업 유치를 위한 각종 인센티브 마련 및 제도 개선이 요구된다. 흔히 기업들이 요구하는 조건에 맞추기보다는 자신들의 프로그램에 맞는 기업 유치를 원하는 바람에 무산되는 경우가 많은데, 기업이 요구하는 인센티브와 제도를 적극적으로 수용하는 것이 바람직하다.

VI 부록

부록 1. 미래 선도 기술 선정을 위한 문헌조사 결과
부록 2. 미래 선도 기술별 사회적 영향
부록 3. 중요도-발현시기 분석 위한 설문
부록 4. 사회적 편익 산출방법 예시

VI

부록

부록 1. 미래 선도 기술 선정을 위한 문헌조사 결과

미래 선도 기술 선정을 위한 문헌 조사는 학술자료, 대중서적, 국내외 기사, 비문헌자료를 활용하였다. 각각의 조사 결과는 아래와 같이 기술하였다.

1) 학술자료

학술자료 탐색으로 4차 산업혁명 기술과 미래 사회 변화(영향)에 관한 연구 진행 상황을 확인하고 각 연구로 분류하고자 하였다.

4차 산업혁명 시대를 맞아 특정 분야·산업·제도·정책 등에서 예상되는 변화를 논의한 연구는 4차 산업혁명 시대의 지능화·초연결성·개인화·융합 등의 특성이 특정한 산업·제도·정책 등에 어떤 변화와 영향을 줄 것인지 예측해서 어떻게 대응해야 하는가를 주로 논의하였다. 이 분류의 연구는 예측·전망하는 연구이기 때문에 실증적으로 분석하기보다는 주로 기술적·이론적으로 서술하였다. 실증적으로 분석한 연구는 주로 인식 정도를 묻는 설문조사를 활용하여 진행되었다.

4차 산업혁명 시대 기술 수용에 관한 연구의 경우 4차 산업혁명 시대의 새로운 기술에 대한 분야별·집단별·개인별 수용성 제고 방안을 주로 논의하였다.

본 연구 과제는 '4차 산업혁명 기술로 인한 미래 사회 영향 연구'이므로 4차 산업혁명 기술이 미래 사회에 어떤 영향을 미치는지, 4차 산업혁명 기술로 인해 미래 사회에 어떤 변화가 발생할 것인지 예측·전망하려는 연구에 가까울 것으로 판단된다. 탐색한 학술 자료를 다양한 기준으로 분류하였으며, 결과는 다음과 같다.

분야별·주제별

1) 경제/산업: 일자리/고용/노동(김세윤, 2020; 장이랑, 2018; 정재혁, 2021; 바야르마·이찬구, 2021; 김진하, 2016; 윤현중·최정민, 2018; 엄효진·이명진, 2020; 이명호, 2019), 소득불평등(윤희숙, 2017), 금융시장(장우석·이진하, 2017; 서문석·김동호, 2019)
2) 국제정치/외교: 국제질서의 변화(이성우, 2020), 국가 간 경쟁(김상배, 2018)
3) 정부/정책: 고용정책(바야르마·이찬구, 2021), 행정서비스 혁신(김영미, 2017; 윤광석, 2018), 스마트정부(김현성, 2012), 과학기술정책(유정원, 2018), 사회보험제도(최인덕, 2018), 의사결정(이은미, 2015), 재난관리정책(김동현, 2018; 강희조, 2017)
4) 조직/인사: 역량 강화/인적자원개발(최경주, 2020; 윤현중·최정민, 2018)
5) 의료/헬스케어: 원격의료(도규엽, 2020)
6) 주거: 새로운 주거환경/개발(이진원, 2019; 전하진, 2018),
7) 유통/물류: 성과(이충배 외, 2017), 적용방안(고승훈, 2020), 발전방안(오청란, 2019; 전해영, 2017)
8) 미디어/예술: 대응(박신의, 2017)
9) 정보통신/보안: 드론(정순채, 2017), 머신러닝(하재춘, 2019)
10) 법/규제: 드론(정순채, 2017), 잊힐 권리/개인의 권리(권헌영 외, 2013)
11) 교육: CSR 프로그램(강은혜, 2021), 미래학교(이현범, 2020), 발전방향(정탁준, 2019; 김민수, 2019)
12) 군대: 군사력(박용우, 2021; 이종용, 2018; 길병준, 2020; 박상희, 2020; 김수현, 2020)
13) 환경/에너지: 기후변화(최경호, 2019)

학문 분야

1) 행정/정책학(김현성, 2012; 김영미, 2017; 장이랑, 2018; 최경주, 2020; 바야르마·이찬구, 2021; 윤광석, 2018; 유정원, 2018; 이은미, 2015)
2) 정치학(김세윤, 2020; 김상배, 2018; 이성우, 2020)
3) 무역학/물류학(이충배 외, 2017; 고승훈, 2020; 오청란, 2019; 전해영, 2017)
4) 의학(도규엽, 2020)
5) 법학(도규엽, 2020; 권헌영 외, 2013)
6) 융합(정재혁, 2021; 강은혜, 2021; 이진원, 2019; 김수현, 2020)
7) 군사학(박용우, 2021; 이종용, 2018; 길병준, 2020; 박상희, 2020)
8) 교육학(이현범, 2020; 정탁준, 2019; 김민수, 2019)
9) IT(정순채, 2017, 하재춘, 2019)
10) 부동산학(전하진, 2018)
11) 경영학(윤현중·최정민, 2018; 서문석·김동호, 2019)
12) 경제학(윤희숙, 2017; 장우석·이진하, 2017)

13) 사회학(엄효진·이명진, 2020)

기술 분야

1) 기술 전반(이충배 외, 2017; 김세윤, 2020; 도규엽, 2020; 장이랑, 2018; 정재혁, 2021; 박용우, 2021; 강은혜, 2021; 이진원, 2019; 이종용, 2018; 길병준, 2020; 이현범, 2020; 고승훈, 2020; 박상희, 2020; 최경주, 2020; 오청란, 2019; 김수현, 2020; 전하진, 2018; 정탁준, 2019; 바야르마·이찬구, 2021; 윤현중·최정민, 2018; 장우석·이진하, 2017; 윤광석, 2018; 유정원, 2018)
2) 빅데이터(김현성, 2012; 김영미, 2017; 하재춘, 2019; 권헌영 외, 2013; 서문석·김동호, 2019; 이은미, 2015)
3) 인공지능(김민수, 2019; 엄효진·이명진, 2020)
4) 사물인터넷(이일호, 2015)
5) 로봇(도규엽, 2020)
6) 자율주행(김창기, 2016; 장성훈, 2020)
7) 가상현실(이재우, 2019; 최항섭, 2016)
8) 드론(정순채, 2017)
9) 핀테크(서문석·김동호, 2019)

연구 단위

1) 개인(장이랑, 2018; 정재혁, 2021; 강은혜, 2021; 이진원, 2019; 최경주, 2020)
2) 조직(이충배 외, 2017; 김세윤, 2020; 박용우, 2021; 이종용, 2018; 길병준, 2020; 이현범, 2020; 박상희, 2020; 김수현, 2020; 바야르마·이찬구, 2021; 유정원, 2018)

연구 대상

1) 공공 부문(박용우, 2021; 강은혜, 2021; 이종용, 2018; 길병준, 2020; 이현범, 2020; 박상희, 2020; 최경주, 2020; 김수현, 2020; 정탁준, 2019; 윤광석, 2018; 김현성, 2012; 유정원, 2018; 김영미, 2017)
2) 민간 부문(이충배 외, 2017; 김세윤, 2020; 이진원, 2019; 장우석·이진하, 2017)
3) 전반(장이랑, 2018; 정재혁, 2021)

연구 방법

1) 양적 연구(이충배 외, 2017; 김세윤, 2020; 장이랑, 2018; 정재혁, 2021; 강은혜, 2021; 이진원, 2019; 하재춘, 2019)
2) 질적 연구/사례 연구(도규엽, 2020; 박용우, 2021; 장이랑, 2018; 이진원, 2019; 이종용, 2018; 이현범, 2020; 정순채, 2017; 고승훈, 2020; 박상희, 2020; 최경주, 2020; 오청란, 2019; 김수현, 2020; 전하진, 2018; 바야르마·이찬구, 2021; 윤현중·최정민, 2018; 윤광석, 2018; 김현성, 2012; 유정원, 2018; 엄효진·이명진, 2020; 권헌영 외, 2013)

결과적으로 학술문헌에서는 4차 산업혁명 기술이 미래사회에 주는 영향을 예측·전망하고 시사점을 제시하려는 연구들이 주를 이루었으며, 실증적인 연구방법을 사용하기보단 기술적으로 작성하였다. 또한 4차 산업혁명 기술을 인공지능, 빅데이터 등으로 특정하기보다는 모든 4차 산업혁명 시대의 새로운 기술을 포함하는 큰 범위의 의미로 이해하고 있다. 생각보다 사회적으로 관심이 클 것이라 여겨지는 주제들이 실제 연구 진행으로는 이어지지 않고 있는 것으로 판단되었다.

2) 대중서적

세계미래보고서 2022
(메타 사피엔스가 온다, 세계적인 미래연구기구 '밀레니엄 프로젝트'의 2022 대전망!)

대분류	중분류	소분류
우주	NEW SPACE ODYSSEY 우주 골드러시의 시대가 열렸다	우주-패권, 신산업, 위성인터넷, 태양광발전, 쓰레기 산업, 여행&우주엔터, 거버넌스
리빙(라이프)	LIVING WITH A ROBOT 로봇과 동거하는 세상이 온다	고령인구 로봇, 탈중앙화, 성생활, 예술활동, 인공지능정치, 인공지능투자
과학기술	AIMETAVERSE AI메타버스, 새로운 디지털 월드	메타버스, 라이프로깅, 멀티 페르소나, 모션트래킹, 메타버스 입주, 정치와 엔터, 누넷
생명(과학)	ANTI-AGING 나이듦과 죽음을 거스르며	노화역전기술, 엑소좀, 디지털 트윈, BCI, 냉동인간, 식량혁명
기후환경	CLIMATE DISASTER 위기의 지구, 어떻게 살아남을 것인가	로켓기술, 모빌리티 혁명, 드론 비즈니스, 기후위기 대처 투자, 무탄소 에너지 사업, 하이퍼루프
ESG경영	ESG 경영	신기후체제, ESG평가방법

세계미래보고서 2035-2055
(코로나19로 인해 앞당겨진 미래, 당신의 생존 전략을 재점검하라!)

대분류	중분류	소분류
생명(과학) + 의료	건강과 수명 연장	장수, 마이크로바이옴, 의료, 유전자 가위, 예방적의료, 인공신경세포, 인공지능신약개발, 줄기세포 이식
스마트 시티 + 라이프	스마트 시티 & 라이프	축산업 혁명, 유전자 변형, 유전자 편집, 전기차, 자율주행차, 비행자동차, 항공운송, 스마트 로드
경제	경제와 일자리	구독경제, 보편적 기본소득, 일자리 소멸 및 탄생
거버넌스	거버넌스	초연결 사회, 세계 시민권, 조직운영 블록체인, 인공지능 의회(의원)
교육	교육	지식 업로드
기후환경	환경과 에너지	해수면 상승, 순환경제론, 생물다양성 복원, 배양육
기술	기술	양자컴퓨팅, 양자컴퓨터 온도제어, 나노제조지, 뇌번역, 안드로이드
우주	우주	화성식민지, 우주여행, 제2의 우주

세계미래보고서 2055
(박영숙 교수의 유엔미래보고서 2017년 최신판)

대분류	중분류	소분류
10대 메가트렌드		나노센서-나노사물인터넷, ESS, 블록체인, 그래핀 및 보로핀, 자율주행차, 인체장기 칩, 태양전지, 광유전학, 시스템 대사 공학
의료	건강과 수명의 기준 변화	텔로미어, 신체정복, 유전자 가위, 성생활, 디자이너 베이비, 시스템 의료
기술	인공일반지능과 제4차 산업혁명	인공일반지능, AI-바이오 융합, 정치로봇, 인공지능과 사이버 보안, 양자컴퓨터
일반	무경계로 인해 변모하는 세계	5G, 미래선거, 3D 프린팅 건축, 메가시티와 권력, 소유의 종말
거버넌스	넥스트 거번먼트와 권력의 분산	가상현실 저널리즘, 자율규제 시스템, 디지털 화폐, 국가 소멸
생명(과학)	생명공학과 인간의 미래	장기프린팅, DNA저장소, 지식 다운로딩, 로봇영생, 휴먼게놈, 슈퍼휴먼

AI 세계미래보고서
(2023 전 세계가 주목하는 인공지능 빅테크 대전망!)

대분류	중분류	소분류
기술+라이프	휴머노이드 반려로봇과 소피아버스	휴머노이드, 소피아버스, 자율로봇
기술+경제	메타버스, NFT, 암호화폐	메타버스 비즈니스, 블록체인과 NFT, 부동산투자와 NFT, 분산형 벤처캐피털
기술	산업의 주류로 부상하는 AI 테크	증강인간, 물류 머신러닝, 디지털 트윈, AI의 뇌 이해
의료	의료·헬스케어	AI 가상의사, 새로운 단백질, 디지털 알약, 바이오 디지털 트윈
라이프	미래의 교육과 직업	원격 교육

세계미래보고서 2021
(세계적인 미래연구기구 '밀레니엄 프로젝트'가 예측한, 포스트 코로나 특별판)

대분류	중분류	소분류
경제	포스트 코로나, 부의 판도가 바뀐다 _부의 미래	디지털 화폐, 토큰, 핀테크, 도시인구밀도 감소
라이프	대학 학위 무용지물의 시대 _교육의 미래	학위 무용지물, 코딩, 뉴럴링크
우주	우주시대는 더 이상 공상과학이 아니다 _지속가능한 인류의 미래	우주생활, 화성프로젝트, 우주여행 패키지
거버넌스+ 라이프	누구나 미래학자로 살아야 하는 시대가 온다 _시민의 미래	미래인, 원격근무, 세계시민, 스마트 워크
거버넌스	인공지능 정치인과 가상국가의 시대 _국가와 정치의 미래	가상국가, 인공지능 정치인
거버넌스 (기본소득)	기본소득제도는 약이 될 것인가, 독이 될 것인가 _복지의 미래	일자리 파괴와 재창조, 기본소득
경제	거대한 위기에 찾아온 새로운 기회 _비즈니스와 일자리의 미래	언론사소멸, 긱이코노미, 증강현실, 수명연장 기술, 생명공학 비즈니스, 유전자 연구
라이프	인류 문명의 지각변동 _기술과 문명의 미래	사물인터넷, 지구의 디지털화, 3D 프린팅, 생명공학

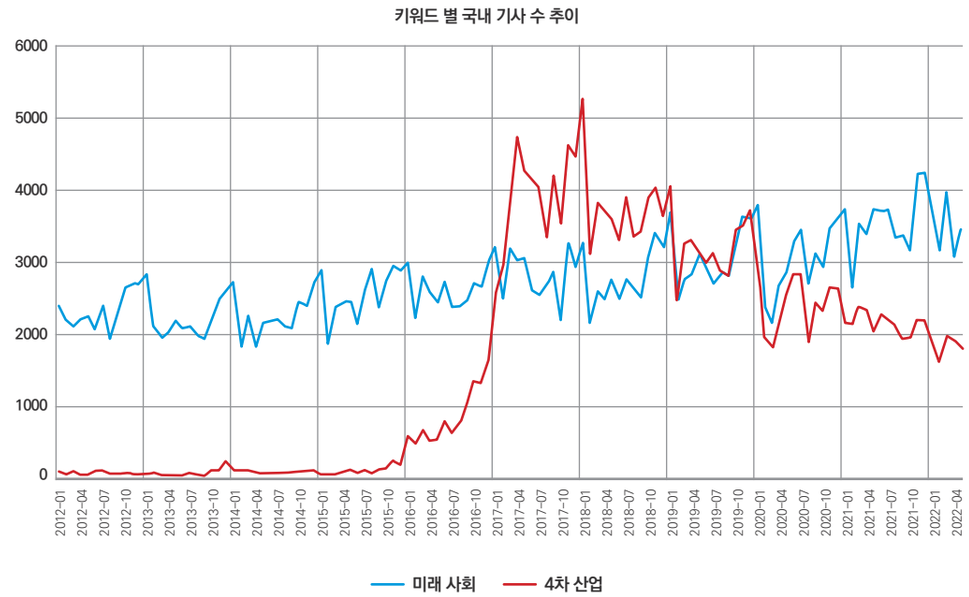
2022 한국이 열광할 세계 트렌드 (KOTRA가 엄선한 글로벌 뉴비즈니스)		
대분류	**중분류**	**소분류**
라이프	치유 사회 ① 마음 케어(Relax Science) ② 가족의 재정의(Redefining Family)	심리치료 챗봇, 스마트 실내정원, 명상웨어러블 디바이스, 가상현실, 누트로픽, 반려동물 복제사업, 반려로봇
우주, 라이프	새로운 놀이 ③ 하이퍼 엔터테인먼트 (Hyper Entertainment) ④ 퓨처 푸드 & 리큐어 (Future Foods & Liquor)	웨어러블 오디오, 메타버스 속 글로벌 마켓, VR콘서트, 스마트 글라스, 우주와인숙성, 미래식량, 천연원료 에너지 드링크
라이프, 스마트 시티	미래의 일상 ⑤ 모듈러 라이프(Modular life) ⑥ 데일리 터치 케어(Touch Healthcare) ⑦ 스마트 타운(Smarter Life, Smarter City)	스마트 조립주택, 무인배송, 비접촉 생체 인증
경제, 기후변화	공존 사회 ⑧ 컨셔스 패션(Conscious fashion) ⑨ 물과의 전쟁(The Struggle for Water) ⑩ 제로 이코노미(Zero Waste Society)	스마트 스티치, 의류업사이클링, 인공지능 바다청소부, 전기제조 생수, 물부족, 스마트 타이어, 친환경 플라스틱

8대 주제 도출			
1. 라이프	2. 과학기술	3. 생명과학 및 의료	4. 기후환경
5. 스마트시티	6. 경제	7. 거버넌스(기본소득)	8. 우주

3) 국내 기사 분석

국내 신문 기사의 경우 한국언론진흥재단에서 운영하는 BIGKinds를 활용하여 과거 10년간의 국내 신문기사를 수집하였다. 단순 반복되는 기사·부고·인사·동정·포토 등의 내용을 담은 기사는 분석에서 제외하였으며, 키워드별로 수집한 기사 내 단어 빈도를 통계적으로 분석해서 전체 기사 토픽을 추출하는 토픽 모델링 기법을 활용하였다. 이를 통해 키워드별 기사를 10개 단위로 클러스터링하여 토픽을 추출하였으며, 토픽 모델링에는 LDA 기법을 활용하여 과적합(overfitting) 문제를 해결하였다. 이후 10개 주제 군집별 빈도수가 높은 단어들을 추출하여 주제명을 부여하였다.

미래 사회에 대한 국내 기사는 지난 10년간 꾸준히 작성되어 왔으며, 점점 증가하는 추세이지만 4차 산업혁명에 대한 국내 기사는 2016년을 기준으로 폭증한 이후 점차 감소하는 추세이다.



<그림 11> 키워드별 국내 기사 수 추이

'미래 사회' 키워드로 수집한 기사 총 19만 9,531건을 분석한 결과는 <표 21>과 같다. 이 중 키워드에 포함된 '사회'라는 단어에 의해 신문의 사회면에 포함되어 있는 기사들이 추출되어 청소년·아동이나 여성 대상 범죄 등의 군집이 발생하여 이를 제외하였다. 또한 미래 주제 작품, 선거 군집은 본 연구와의 연관성이 낮아서 제외하였다.

<표 21> '미래 사회' 키워드 추출 기사 군집 결과(군집 번호는 기사 빈도수 내림차순)

번호	추출한 주요 단어	주제명
1	인간, 영화, 이야기, 아이, 세상, 작가, 세대, 문화, 세계, 작품	미래 주제 예술
2	정책, 정부, 청년, 일자리, 소득, 코로나, 인구, 고용, 국가, 국민	미래 정책
3	도시, 사업, 추진, 시민, 계획, 조성, 발전, 문화, 지원, 정책	미래 도시
4	후보, 국민, 정치, 대통령, 의원, 대표, 선거, 민주당, 정부, 대선	선거
5	데이터, 정보, 디지털, 과학, 기술, 혁명, 혁신, 기업, 서비스	정보 기술
6	기업, 경영, 에너지, 수소, 투자, 그룹, 사업, 금융, 환경, 탄소	에너지 기술
7	청소년, 지원, 활동, 문화, 아동, 센터, 복지, 재단, 진행, 행사	청소년·아동
8	대학, 학생, 학교, 지원, 인재, 운영, 학습, 전공, 수업, 프로그램	교육
9	중국, 미국, 북한, 일본, 대통령, 한국, 평화, 세계, 국가, 국제	외교
10	사건, 여성, 수사, 검찰, 피해자, 언론, 인권, 조사, 법, 범죄, 경찰	여성 대상 범죄

'4차 산업혁명' 키워드로 수집한 기사 총 19만 3,863건을 분석한 결과는 <표 22>와 같다. 군집 1·2·6은 문재인 정부의 4차 산업혁명과 관련한 정책에 대한 군집으로 묶어서 판단하였다. 또한 본 연구와 연관성이 낮은 군집 7을 분석에서 제외하였다.

<표 22> '4차 산업혁명' 키워드 추출 기사 군집 결과(군집 번호는 기사 빈도수 내림차순)

번호	추출한 주요 단어	주제명
1	정부, 정책, 경제, 일자리, 혁신, 규제, 성장, 위원회, 국가, 지원	혁신 정책
2	창업, 지원, 한국, 협력, 혁신, 포럼, 개최, 벤처, 대표, 스타트업	창업 정책
3	스마트, 생산, 자동차, 로봇, 에너지, 자율, 주행, 드론, 분야	기계 기술
4	지역, 대전, 광주, 농업, 도시, 추진, 조성, 육성, 지원, 발전, 관광	지역 발전
5	데이터, 정보, 서비스, 빅, 활용, 플랫폼, 의료, 디지털, 개인, 블록	정보 기술
6	대학, 학생, 인재, 양성, 학교, 지원, 취업, 프로그램, 운영, 대학교	대학 지원
7	후보, 의원, 대통령, 국민, 국회, 정치, 민주당, 선거, 대선, 위원장	선거
8	문화, 게임, 콘텐츠, 시대, 세계, 인간, 변화, 체험, 미래, 코로나	코로나 산업
9	투자, 펀드, 금융, 시장, 중국, 수익, 주식, 미국, 자산, 글로벌	글로벌 금융
10	도시, 스마트, 시티, 조성, 계획, 부산, 시설, 인천, 시민, 지역	스마트 시티

최종 결과로 추출한 주제는 미래 정책, 미래 도시(스마트 시티), 4차 산업혁명 기술, 교육, 외교, 글로벌 금융, 비대면, 지역 발전 등이다. 4차 산업혁명 기술은 다시 기계 기술, 정보 기술, 에너지 기술로 분류할 수 있다. 기계 기술(Mechanics)은 로봇·자율주행·드론·스마트팩토리 등, 정보 기술(Information)은 빅데이터·디지털전환·개인정보·플랫폼서비스·블록체인 등, 에너지 기술(Energy)은 탄소·수소에너지·지속가능성 등을 포함한다.

다만 분석 결과 국내 신문기사는 정부 정책에 더 관심을 두어 미래 사회나 4차 산업혁명에 대한 장기적 분석보다 정부 정책 분석 비중이 높았다. 따라서 미래 사회의 변화상 분석을 다루는 이번 연구에서 국내 신문기사 분석이 유효하지 않을 것으로 판단되어 이후의 연구에서는 제외할 것을 제안한다.

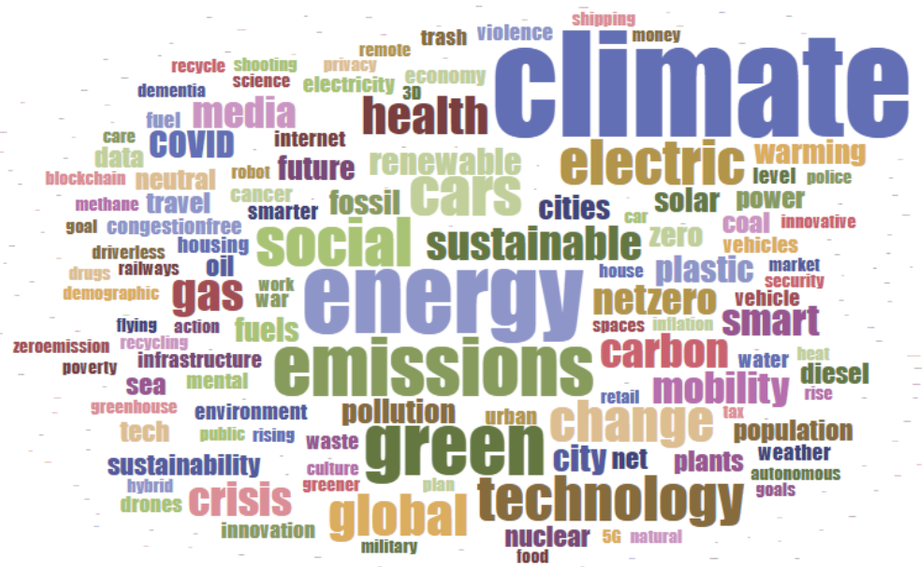
4) 해외 기사 분석

지난 5년 동안 발행된 신문기사를 조사하였다. 국내 신문기사를 이용한 문헌연구와는 조금 다르게 더 넓은 범위와 타임라인(~2050년)에 초점을 맞춤으로써 연구의 일반적인 궤적을 이해하려고 노력하였다.

주요 연구 플랫폼은 구글이었지만 특정 키워드를 사용해서 몇몇 유명하고 신뢰할 수 있는 뉴스 매체로 연구를 좁힐 수 있었다.

이를 통해 추출한 키워드는 "Future Cities, 2040, 2050, future social problems, future paradigm"이었다.

관측된 일반적인 패턴·트렌드는 키워드에 "city" 혹은 "cities"가 포함되어 있을 때 가장 많이 관찰된 단어는 "sustainability, technology, smart, mobility"로 추릴 수 있었다. 하지만 연구 범위를 넓혀 "future, society, 2040" 등으로 검색할 때 가장 부각된 이슈로는 "climate change, net-zero greenhouse gas emissions, energy, electric cars" 등이 있었다.



<그림 12> 해외 기사의 키워드로 작성한 Wordcloud

5) 비문헌 자료 분석

TED talk나 Youtube 스크랩을 통하여 비문헌 자료를 분석하였으며, 이러한 비디오 자료는 지난 10년 동안 업로드된 동영상에 초점을 맞추었다. 기사 분석과 비슷하게 키워드가 "도시"라는 단어와 연관되었을 때 콘텐츠는 일반적으로 "technology, smart mobility"와 "climate change"가 중심이었다. 검색 범위가 미래 사회 변화 문제로 넓어졌을 때 주요 논의 주제는 "climate change"였다. 신문 기사 문헌연구와 다르게 비디오 스크랩에서 관찰된 추가 주제는 "social media"와 관련된 잠재적인 문제들이었다.

6) 종합

앞의 문헌조사 결과 미래사회 연구에 대하여 다음과 같은 주제를 선정할 수 있었다. 이는 문헌조사 결과로 선정한 주제이며, 이후 이를 바탕으로 전문가 집담회를 진행하여 이 주제 목록을 보완한다.

<표 23> 문헌조사를 통해 선정한 주제 목록

주제	세부 분야
1. 경제	경제, 산업, 금융, 일자리
2. 거버넌스	국내정치/정책, 국제정치/외교, 조직인사, 법/규제
3. 교통/물류 서비스	교통, 유통, 물류, 드론, 자율주행
4. IT 서비스	정보통신, 보안, 미디어, 예술, 소셜 미디어(SNS)
5. 의료/헬스케어	의료, 헬스케어, 생명과학
6. 기후 변화	기후환경, 에너지, 지속가능성
7. 교육 서비스	교육
8. 스마트시티	도시, 주거, 인프라
9. 군사	군사, 방위산업

부록 2. 미래 선도 기술별 사회적 영향

본 장에서는 사회적 영향과 거시적인 시사점 및 해결 방향성 도출을 위하여 선정한 미래 주요 트렌드에 대하여 기술한다. 미래 주요 트렌드란 각 사회 분야에 대하여 미래 선도 기술이 추출한 공통된 사회적 영향을 의미한다. 이후 앞에서 진행한 5대 사회 분야별 심층분석 결과와 결부하여 거시적인 시사점 및 해결 방향성을 도출한다. <표 7>은 미래 주요 트렌드 선정 결과이다.

AI

1) 생산 및 시스템 효율화

생산 및 시스템이 효율화 되며 플랫폼의 다양한 사용자들이 거래를 위해서 필요로 하던 금전적 비용, 시간, 노력, 리스크를 줄여 전체적인 비용감소와 매출확대를 예상한다. 예로 AI 상담원, 음성인식 기술이 있다. 이는 품질향상과 함께 개별화된 서비스를 통해 고객 선호 방식에 따라 서비스의 제공방식과 내용을 지속적으로 맞춤 제공하여 서비스 만족도와 충성도를 높일 것이다. 이 기능을 통한 경제 성장 가능성이 있다.

2) 자동화

감정 노동 등 기피노동이 대체되며 질 낮은 일자리가 사라질 것이다.

3) AI 기반 시스템 위협

AI 관련 분야에서 새로운 일자리가 창출되며, 소득 증가에 따른 타 분야에서의 일자리 수요가 증가한다. 직업의 차원이 아닌 직무상의 대체현상이 일어날 것으로 예상된다. 현재 산업 전체의 고용을 유지하는 핵심 일자리의 약 48%는 2022년까지 안정적으로 유지될 전망이다. 또한, 인공지능 등 신기술로 인해 창출될 일자리는 전 세계적으로 1억 3,300만 개에 달할 것으로 추산하였다. 반면 약 7,500만 개의 일자리가 자동화에 의해 사라질 것으로 예상된다.

기존의 인공지능에 의한 노동시장에 대한 영향에 관한 연구들은 인공지능의 도입이 노동 및 산업의 생산성 향상에 기여하는 반면 직업구조 및 직무 변화에 따라 일자리 감소 또는 고용형태의 변화를 초래할 수 있다고 본다. 예를 들어, 김세윤(2020)은 2027년까지 일자리 2,500만 개가 소멸할 것이라고 예상한다. 유사하게 윤현중, 최정민(2018)도 4차 산업혁명이 본격화되면서 급격한 기술변화가 초래한 청년 실업 문제와 더불어 산업의 소프트화로 인해 기존 일자리가 감소하는 가운데 새로운 미래 유망 산업 분야, 특히 서비스 산업의 핵심인력 양성이 필요하다는 점을 강조하였다. 노동 소득은 감소하는 반면 자본 소득은 증가하는 소득 불평등의 심화와 실업의 증가는 많은 사회 문제를 야기시킬 것으로 전망된다. 일반적으로 실업률이 증가한 지역에서는 약물 중독, 스트레스 등으로 건강이 악화되고, 사회적인 유대가 단절되면서 자살은 물론 범죄도 증가하는 것으로 나타난다.

기술발전은 일자리의 속성에 따라 그 영향을 달리 주는데, 결국 이는 일자리 양극화(job polarization)을 야기할 수 있다. 자동화와 지능화의 확대에 따른 산업과 일, 일자리의 변화에 대한 우려가 높아지고 있으며, 특히 일자리 감소, 고용형태의 변화에 따른 복지정책과 사회 정책을 정비해야 한다는 주장이 대두되고 있다. 일자리의 감소와 양극화에 대비한 새로운 사회정책의 모색, 기본소득에 대한 논의가 대표적이다.

또한 기술 발전에 따라 고숙련자와 자본가에게로 잉여가 집중되어 저숙련 노동자의 상대임금이 감소할 것이며 임금격차를 보다 포괄적인 시각에서 소득불평등 분석에 위치시키는 것이 필요한데, 이를 위해서는 많은 추가연구가 이루어지는 것이 필요하다. 이론적 차원에서는 소득불평등 공리의 위배가 중요한 문제이다.

로봇

1) 생산 및 시스템 효율화

원가가 절감되며 품질이 향상된다. 비즈니스 차원에서의 로봇의 활용은 기업의 생산성과 서비스의 품질에 영향을 주며, 산업과 경제에 영향을 미칠 것으로 예상된다. 스마트 팩토리, 혹은 이용자 맞춤형 제조기술을 이용하여 초연결성과 초지능화로 제품과 서비스의 경쟁 요소가 단순히 가격과 품질이 아니라 데이터를 연결한다. 이를 통해 고객 요구를 고객과 기업이 공유하여 소비자 고유의 선호도를 제품 주문 및 생산계획 단계에 반영한 개별화된 서비스를 제공할 수 있다.

2) 자동화

로봇이 기존산업의 대부분을 대응함으로써 새로운 형태의 경제활동을 창출하고 현재의 사회 ·경제적 시나리오를 바꿀 가능성이 높다. 가장 큰 변화로써 일자리의 변화에 따른 경제적 변화가 예상되고, 기술에 따른 생산성의 증가로 인하여 일자리의 손실과 더불어 새로운 일자리의 창출이 이루어지게 되면서 노동의 구조형태가 바뀌게 된다. 로봇을 통해 저숙련 노동에서 창의적이고 사회 지향적인 일자리의 변화가 이루어지고, 이에 따른 사회적 변화가 확산된다. 인간과 기술 간 상호작용과 사회변동의 측면에서의 직무변화와 일자리 감소에 대해 우려하는 시각이 공존한다. 인공지능, 로봇, 빅데이터 등 신기술이 확산되기 시작하면서 기술발전에 따른 노동시장의 대격변과 인간 고용의 대폭적 감소가 예상되고, 이러한 개방형 의사소통 플랫폼은 특정 산업에 국한된 전통적인 일자리 형태의 감소를 초래할 수 있으나 융합형의 새로운 직업 수요를 기대할 수도 있다. 이 기능에 의한 일자리 양극화, 소득 불평등 심화 가능성이 있다.

3) 악용 가능

비인간 행위자가 전쟁수행의 주력이 되는 사이버, 키네틱 또는 로봇전쟁의 출현이 가능하며 전쟁전술, 전략의 변화를 요구하는 군사적 목적으로의 활용도 가능하다. 또한 로봇과 인공지능의 개발은 자동화된 알고리즘에 대한 안전장치와 인간의 통제 및 검증의 구축을 전제로 하여 제작기술 품질에 대한 법적 책임과 개인정보보호를 기반으로 하여야 한다. 또한 미래의 입법안에는 자율형 살상무기시스템의 개발을 전면적으로 금지할 수 있는 금지규정을 입법화해야 한다.

빅데이터

1) 새로운 정보/지식 창출

기업의 경영자는 빅데이터 기술 활용을 통해 광범위한 데이터를 효과적으로 분석해 더 합리적인 의사결정을 내릴 수 있고 사전 이슈 인지 및 대응 능력을 향상시킬 수 있어 기업의 제품 경쟁력을 확보할 수 있다. 또한 고객의 소비패턴, 선호 제품 및 서비스 등을 파악할 수 있는 정보를 제공해 준다. 또한, 외부로부터 데이터들을 활용해 이슈 감지 및 대응과 기업 내 데이터들을 연계해 의미 있는 정보를 산출함으로써 경쟁력을 확보할 수 있다.

신규 수익원 및 서비스 창출도 가능하며, 이용자 맞춤형 서비스 제공을 통해 온라인의 방대한 구매제안 중 최적 제안을 탐색해 주거나 부족한 생필품의 자동 구매를 가능하게 해주는 인공지능 기술 등 다양한 기술들의 접목으로 온라인 쇼핑 경험은 더욱 풍부해질 것이다. 또한 경제적 가치 창출, 사회적 문제 해결과 더불어 새로운 비즈니스 창출이 가능하다. 사례로 내·외국인 관광소비패턴 및 트렌드 분석을 통해 개인 맞춤형 관광정보 제공과 추가 관광지를 개발할 수 있다.

기업 및 기관에서 보유한 다양한 인프라 자산들에 대한 보수 및 수리가 가능해지고 효율화를 높여

비용절감을 할 수 있다. 과거에는 데이터가 서비스 제공을 목표로 만드는 콘텐츠이거나 업무 프로세스 처리 과정에서 다양한 사용자와 상호작용으로 만들어지는 내적 데이터였다. 반면 오늘날에는 SNS 등 외적 데이터가 등장했고 이러한 대량의 외적 데이터도 분석과 통계를 사용하면 정형화된 가치 있는 정보로 활용이 가능하다. 즉 대량의 다양한 데이터를 목적에 맞게 처리 및 가치 창출이 가능하다.

2) 악용 가능

컴퓨터와 네트워크에 대한 해킹이 가능하고, 인터넷에 의해 각종 스팸이 전달되는 현 상황에서 사물 인터넷에 대해 가해지는 해킹이나 사이버 범죄에 대한 대비책을 마련하는 것 역시 매우 어려운 과제일 것이다.

또한 온라인 공간에서의 오보와 유언 비어 등이 결합된 사이버 폭력이 소셜 네트워크 서비스와 언론을 통해 확산되며 위험상황이 발생할 수 있다.

3) 정보 홍수/데이터 스모그

가치 없는 정보의 생산 때문에 정보폭발이나 정보 홍수와 같은 표현들이 등장한 적이 있다. 현재는 그 크기가 기존 데이터에 비해 너무 방대해서 일반적으로 사용하는 방법이나 도구로는 도저히 수집, 저장, 검색, 분석, 시각화하기 어려운 정형 또는 비정형 데이터세트를 일컫는다. 가치 없는 정보의 과다·범람에 대처하기 위해 유용한 정보를 선별하는 능력이 필수적일 것이다.

4) 정보 보안

개인정보 유출 및 침해로 인해 발생할 수 있는 재산적 손실에 대한 위험도 증대한다. 또한 단순 유출, 해킹 뿐만 아니라, 해당 피해가 피싱 등으로 이어져 온라인 사이트에서 사용하는 계정의 비밀번호, 금융계좌의 비밀번호까지 노출되어 범죄의 목적으로 사용되는 사례의 증가와 이러한 사건으로 발생하는 피해가 대규모로 발생할 우려가 있다.

드론

1) 물류 및 유인 수송에 활용

물류, 유인 수송에 활용함으로써, 응급환자 수송 등 긴급 상황에도 활용할 수 있으며 단순히 배송 확대 뿐만 아니라 기존 물류시장 구조 변화를 견인할 것이다. 예를 들어, 드론 배송의 정확성 및 효율성, 반품의 편리성 증가 등으로 리스 형태의 구매 패턴이 확산될 것이다. 또한, 슈퍼마켓, 편의점 등 소량의 생필품을 파는 동네 상권 매출이 감소할 수도 있다.

2) 순찰, 감시, 촬영 목적으로 활용

해외에서는 범죄자나 도난 차량을 추적하는 정찰용, 산불진화 및 감시용, 빌딩화재 시 내부 탐지용,

태풍이나 화산폭발과 같은 재해 탐사용 등 공공 및 연구의 목적으로 다양하게 사용되고 있다. 또한 기상 관측, 정밀 지도 제작, 농업 등에서 활용이 가능하다. 항공기술이 첨단화되면서 인간이 수행하기 위험하고 어려운 작업환경에 드론의 활용이 확대되고 있다. 기상관측 및 태풍 등 기상변화 실시간 감시, 멸종동물의 지역적 분포, 정밀 지도 제작, 촬영 활용, 무인항공기, 정밀 농업, 넓은 농장 관리가 가능하고 농촌의 고령화에 따른 노동력 부족을 드론으로 대체할 수 있다. 농약을 살포하거나 목장에서 수천 마리의 소나 양떼를 모는 데도 사용되고 있다. 공연, 취미 등 문화생활 용도로도 활용이 가능해진다.

최대 1억달러에서 최소 60달러 미만으로 가격이 하락하면서 접근성이 강화되었고 10m 이상의 초대형 크기에서 40mm까지 초소형화 되면서 보관 및 사용의 용이성이 증대되고, 교통체증이나 지형의 영향이 없어 이동성이 강화된다.

3) 사고 위험 증가

충돌 및 추락사고가 증가한다.

4) 범죄, 테러 등에 악용 가능

드론 몰카, 개인/위치정보 노출 등 사생활 침해 우려가 있다. 드론에 총기를 부착한 대테러 또는 경호경비를 저해하거나 특정 지역 시설 무단 침입 및 마약 밀수, 사람 및 여객기와의 충돌위험, 드론 택배와 같은 무선네트워크 활용으로 인한 해킹 가능성 등의 위험도 도사리고 있다. 아울러 드론 비행으로 인한 개인 및 위치정보침해, 드론의 사생활침해와 관련하여 주거의 평온 침해 등 현재의 관련규정을 위반할 사항도 다수 존재한다.

군사적 목적으로 사용 시 작전 초기 인명피해를 최소화하고 다수의 드론이 동시에 여러 방향에서 표적을 공격하여 적의 대응을 어렵게 하여 방어체계에 상당한 혼란을 야기한다. 정순채(2017) 연구에서 실행한 국내의 드론 관련 인식조사 결과, 드론 활용에 따른 위험요소별 우려 정도는 충돌 및 추락사고 위험에 대해 69.2%가 매우 우려된다고 응답하였고, 국가 보안에 대한 테러위협은 65.6%가 매우 우려된다고 응답했다.

드론을 이용하여 총기 등 위험한 물건을 운반하거나 마약 등을 운반하는 경우도 있다. 또한 부정 청탁과 관련된 뇌물을 드론을 이용하여 운반할 수도 있다. 이 경우, 만약 드론이 발각되어도 그 소유자를 밝혀내지 못하면 처벌을 당하지 않을 수 있다는 익명성 때문에 더욱 쉽게 각종 범죄가 발생할 수 있다.

자율주행

1) 시스템 효율화

운전 방식 및 경로 최적화로 인한 연료 효율이 증가하고 V2V 기술(예: 차량 Platooning)의 활용으로 교통체계가 개선된다. V2V 기술, V2I 기술 등을 활용하여 대인 및 대물 사고 감소가 기대된다. 또한 자율주행 자동차가 스스로 이동하기 때문에 자유로운 편도 통행(One-way Trip)이 가능해지며, 이용하지 않을 때 다른 이용자가 사용하는 등 효율적인 사용이 가능하다. 유통 체계를 생산자와 소비자로 직접 연결하고, 이용자가 도·소매점을 방문하는 것이 아니라 배달 로봇, 이동식 가게 등장으로 찾아가는 서비스를 제공하면서 상업 서비스가 개편될 것이다.

2) 자동화

자율주행 기술로 운전자의 운전 부담이 경감되어 이동하는 시간에 다른 생산적인 활동이 가능하여 이동에 대한 부담이 줄어든다. 또한, 교통약자의 이동권도 증진될 것으로 기대된다. 본 기능으로 차내에서 다양한 생산적 활동이 가능할 뿐만 아니라 활동 범위가 확대되고 주차문제가 해결되어 도시공간 구조가 재편될 것이고, 교통약자의 이동이 증진될 것이다. 하지만 수송업 종사자의 일자리가 감소하여 노동 시장이 붕괴될 우려가 있다.

3) 윤리적 문제 대두

트롤리 딜레마 등 자율주행 차량 관련 사고 시 법적 규제 및 유고 시 책임 소재 논의가 필요하다. 무인 자동차를 사람이 차로 가로막는 등의 방법을 통해 강제로 정차시켜 물품 강탈 또는 납치 등의 범죄를 저지르는 로보재킹 문제가 발생할 수 있다. 이와 유사하게, 인간 운전자들이 자율주행 자동차를 고의로 괴롭힐 수 있다.

4) 정보 보안

자율주행 시스템을 해킹하거나, 통신을 교란하여 시스템 혼란을 초래할 수 있다.

3D 프린터

1) 제품 구조 혁신

고정비용이 낮으므로 소량 생산에서는 기존 제조방식보다 평균 비용이 낮고 일반 개인들도 3D 프린터와 재료만 구매하고 전문가가 제공하는 디지털 도면을 다운로드하면 제조할 수 있으므로 제조 진입장벽이 낮다. 3D 프린터가 대중화·상용화되면서 재료비가 대폭 감소하는 추세이며 기존의 '소품종 대량 생산'에서 '다품종 소량 생산', 즉 개인 맞춤형 생산 구조로 바뀌어 가고 있다. 초연결성과 초지능화로 제품과 서비스의 경쟁 요소가 단순히 가격과 품질이 아니라 데이터를 연결하여, 고객 요구를 고객과 기업이 공유하여 소비자 고유의 선호도를 제품 주문 및 생산계획 단계에 반영한다.

2) 제작 공정 효율화

기존 제조기술로 만들기 어려운 형태도 손쉽게 구현할 수 있기 때문에 제품의 경량화가 가능하고 여러 개의 부품을 만들어 조립하지 않고 일체형으로 설계하여 제조공정을 단축할 수도 있다. 또한, 복잡한 공구 세팅이나 금형 제작 없이 시제품을 디지털 도면으로부터 만들 수 있기 때문에 시제품 제작

기간을 수 주일에서 1~2일로 단축할 수 있고 설계팀과 생산팀 간의 커뮤니케이션과 디자인 수정이 용이하게 되므로 제품 설계 단계에서의 오류가 감소된다.

3) 재고 보유 필요성 감소

제조 장소에 대한 제약이 적기 때문에, 재고를 보유하는 대신 수요 발생 시점에 수요 발생지 인근에서 제조하여 공급할 수 있다. 예를 들어, 디지털 도면에 제조 노하우가 모두 포함되어 있으므로 우주 등과 같이 통상적으로 기존 제조기술을 적용하기 어려운 장소에서도 제조가 가능해진다.

4) 자동화

일자리 부문에서 정형외과 소재 제작, 캐릭터 제작 등에서는 이미 3D 프린팅 활용도가 높아지고 있어 해당 분야 일자리는 증가할 것이다. 다만 3D 프린팅이 기존 금형 산업의 일정 부분을 대체할 것이고 이에 따라 기존 제조업 노동자나 의료분야 전문직의 일자리가 없어질 것으로 전망된다. 앞서 언급한 항공기 엔진 부품, 의료용 제품 등 3D 프린팅이 활용되는 분야가 확대될 경우, 점차 기존 생산방식을 대체할 것이고 관련 근로자나 기존에 사용되었던 생산장비를 제조하는 업체의 근로자는 3D프린팅에 의해 일자리를 잃게 된다.

비숙련노동자가 숙련노동자에 비해 단기적으로 실업률이 증가하지만 장기적으로는 감소하고, 기술혁신이 단기적으로 총 고용에 주는 효과는 불확실하지만 장기적으로는 총 고용을 감소시킨다는 실증연구가 있다. 즉 일자리가 양극화되고 소득 불평등이 심화된다.

5) 윤리 문제 대두

검증되지 않은 설계도면의 유통과 프린팅한 제품의 사용으로 인해 발생하는 제조물의 책임 문제는 3D 프린팅이 확산된 이후에 발생 가능한 사회적 문제일 것이다. 또한 3D 프린팅에 의한 불법적 제품의 사용도 문제가 될 수 있다. 예를 들어, 검증되지 않은 도면이나 허가 받지 않은 소재 또는 장비를 사용한 제품, 그리고 암시장과 불법 제품남용의 문제가 발생한다.

3D 프린터가 보급되면서 기존의 디자인이나 창작물을 3D 도면으로 제작하여 프린팅하는 지식재산권 침해 사례가 발생하고 있다. 디지털 제조는 모든 생산 공정에 해킹이나 바이러스 침입이 발생할 수 있으며, 이를 통해 제품 설계 정보 유출이나 소비자 개인 정보 유출을 넘어 생산라인 전체가 마비될 수도 있다.

6) 환경오염

소재가 주로 필라멘트 형태의 합성 수지, 즉 플라스틱이므로 이로 인한 환경오염 문제도 예상된다. 2013년 미국 일리노이 기술연구소의 실험 결과 3D 프린팅이 진행되는 과정에서 1분당 200억 개의 초미립자가 배출되었는데, 이는 3D 프린팅 과정에서 인체에 유해한 물질이 배출될 수 있다는 가능성을 제시하고 있다. 3D 프린터 사용에 따른 전력소비도 문제가 될 수 있는데 프린팅 속도가 빠르지 않아 전력소모가 클 수 있다.

AR/VR & Metaverse

1) 다양한 가상현실 컨텐츠 개발 및 활용

세컨드 라이프 실현이 가능하고, 가상 현실에서 옷을 입어보고 구매하는 등 온라인 상에서의 입체적인 경험으로 인한 온라인 경제 활성화가 가능하다. 또한 교육, 레저, 훈련 등에 활용하여 재난, 재해, 레저 등 다양한 상황을 생동감 있고 안전한 상황에서 실험이 가능하다. 선호하는 시대의 가상현실 형성도 가능하다. 실제 세상과 동일한 디지털 트윈을 구현하여 실제 실현해보기 부담스러운 것들을 미리 시뮬레이션하여 효율성 있는 의사결정을 돕는다.

2) 가상현실 중독

AR/VR 기기 장시간 사용에 따른 시력감소로 인해 저시력 현상이 문제로 대두될 수 있고, 가상 세계에서 보내는 시간이 증가하면서 사회 활동량이 감소해 가족 구조 변화가 예상된다. 현실과 가상 세계를 혼동하는 해리 현상도 우려된다. 사생활 침해 문제도 존재한다.

블록체인

1) 탈중앙화

탈중앙화에 따른 이용자를 인증하는 절차가 간소화되어 비용을 절감할 수 있고 보안이 강화되지만 모든 사항을 합의로 결정하므로 블록체인에 참여하고 있는 의사결정자가 많아질수록 의사결정에 소요되는 시간이 오래 걸리는 확장성 문제가 있다.

2) 정보의 불변경성

정보가 변경되지 않으므로 블록체인 내에서 저장된 정보는 신뢰도가 높아, 금융이나 상거래 서비스 등에 적극적으로 활용될 수 있으며 거래의 진정성과 무결성을 확보한다. 다만 정보를 변경하는 것이 불가능에 가까우므로 입력된 개인정보를 수정하거나 삭제하는 것이 불가능하여 개인정보 보호가 어렵다.

3) 이중 지불 문제(=위조 전자화폐)

이용자가 암호화폐를 복제하여 보낼 경우 이를 구분하는 알고리즘에 따라 이중 지불 문제가 발생할 수 있다.

4) 51% 공격

블록체인은 다수 이용자의 합의로 구성되므로, 51%를 점유하여 장부를 조작할 수 있다.

클라우드 컴퓨팅

1) 작업 유연성 및 효율성 증가

인터넷만 있다면 이용자가 시간, 장소에 구애받지 않고 쉽게 작업 환경을 구축할 수 있어, 작업 유연성과 효율이 증가하며 스토리지 공간 확충이 용이해질 뿐만 아니라 신속한 서비스 구현이 가능하다.

2) 서버 구축비용 감소

사용자가 특정 시스템을 개별적으로 구축하지 않더라도 서버를 활용할 수 있으므로, 이용자가 직접적으로 투자하는 비용이 줄어든다.

3) 에너지 효율화

집적 효과에 따른 에너지 효율화에 더해, 이용자가 실제 사용하지 않는 자원에 대해 비용을 지불할 필요가 없어 에너지 절감이 가능하다.

4) 정보 보안

클라우드를 관리하는 회사가 정보를 누출하거나, 해킹 당할 우려가 존재한다.

5) 서버 장애 등으로 인한 이용 제약 우려

인터넷이 마비되면 클라우드 컴퓨팅 또한 마비되어 이용에 제약이 발생할 수 있다.

헬스케어

1) 스마트 기기, 신경과학 기술 등을 활용한 빅데이터 구축

건강정보 획득과 활용이 중요한 헬스케어 산업에서 4차 산업혁명은 건강정보 생성, 획득, 활용의 정확성과 비용을 획기적으로 개선할 것으로 기대된다. 일례로, 국내 기업 코아제타는 건강보험심사평가원의 바이오 빅데이터를 분석하여 제약회사에 서비스를 제공하고 해외의 신약 도입을 지원하고 있다.

디지털 헬스케어를 통한 개인의 건강관리와 관련된 서비스는 개인의 웨어러블 건강장치나 클라우드 정보시스템 등에서 획득된 데이터를 분석하여 개인의 게놈정보, 신체정보, 의료정보 및 생활양식에 맞춘 개별맞춤형 헬스케어 서비스의 제공을 가능하게 한다. 일례로, 국내 기업 에임메드의 경우 개인의 식습관 및 운동기록을 바탕으로 맞춤형 건강서비스를 제공하여 체중감량과 건강을 향상시키고, 이를 보험사와 연계하여 절약된 지급금의 일부를 수익화하는 비즈니스를 하고 있다. 또한 미국 기업 해빗은 웨어러블 헬스기기 제조회사 핏빗과 협업하여 이용자들의 건강상태를 실시간으로 전송받아 유전자와 건강상태에 맞는 영양식단을 제공하는 유전자 맞춤형 건강식 배송서비스를 도입했다.

이 기능은 만성질환의 근본 원인인 음주, 흡연, 운동부족, 식습관 등 건강행위를 맞춤형 헬스케어를 통해 개선함으로써 만성질환의 예방 및 합병증 관리가 가능하다. 일례로 당뇨 위험군 대상으로 라이프스타일 트레이닝을 제공한 결과 15년 후 당뇨 발병률이 27% 정도 감소한 사례(Y-USA Diabetes Prevention Program)가 있다. 이를 통해 질병 부담 감소에 따른 사회경제적 편익은 매우 클 것으로 기대된다.

2) 합성생물학의 이용

합성생물학을 이용한 약물 생산은 짧은 시간 내 저비용으로 대량 생산이 가능하며 경제적이고 효율적이다. 또한 여러 질병의 진단이나 병원균 검출에도 합성생물학이 유용하게 쓰인다. 일례로, 컬럼비아 대학교의 닐리 오스트롭 교수는 효모를 이용하여 곰팡이 감염을 진단할 수 있는 키트를 개발하여 기존의 복잡하고 비싼 진단 방법에 대한 대안을 제시했다. 또 다른 예로, 합성생물학을 활용하면 말라리아 치료제인 아르테미시닌을 생산하는 데 있어 기존의 자연추출방식보다 생산 시간과 비용이 적게 들고 수득률이 높게 나타난다는 점에서 더 경제적이다.

인공지능을 활용한 신약 연구는 임상 및 환자 데이터 분석, 약물 사용 변경, 바이오 마커 개발 등으로 범위가 확대되고 있다. 생명공학 정책 연구 센터 '바이오 인 워치'는 AI를 활용한 신약 개발 연구 프로젝트를 진행하고 있는 글로벌 기업은 약 150 여개에 달한다고 밝혔다. 일례로 미국 제약 스타트업 인실리코 메디슨(Insilico Medicine)은 인공지능을 사용하여 신약 후보의 발견 및 검증을 46일로 단축했다. 이 회사가 개발한 AI 시스템 'GENTRL'은 딥러닝을 통해 훨씬 저렴한 비용을 대상 물질을 발굴하는 데 결정적인 역할을 한 것으로 평가된다. 또한 인실 리코 메디슨은 GENTRL을 이용하여 코로나19 포함 바이러스의 발생에 대처할 수 있는 분자 구조의 데이터베이스를 구축하고 백신개발연구를 진행하고 있다.

우리나라는 인공지능 등을 활용한 신약 개발주기 및 비용 단축 등 혁신적 신약 개발 생태계 조성을 통해 글로벌 제약 강국 도약 기반을 조성하고 있다. 창업 초기기업 R&D, 펀드에 대한 투자 확대 및 기술이전/사업화 활성화 지원, 바이오의약품 생산인프라 확충 등 2017년 이후 혁신적 생태계를 조성하기 위한 노력을 기울이고 있다. 그 사례로는 신약분야 Bio-SPC 설립 지원(2017년, 35억원), h기 바이오 기업 전문펀드(385억원) 본격 투자, 연구중심병원 R&D 플랫폼 개방(2017년 이후) 및 보건산업혁신창업지원센터 운영(2018년) 등이 있다.

3) 원격 의료

공간적인 제약 해소로 의료 서비스 소외 대상에게 서비스 제공이 가능하나 대형 병원 집중으로 인

해 의료 민영화를 초래한다. 다만 의료기관의 수익사업 확대에 대한 사회적 반감이 강하고 의료서비스 시장에 대한 진입장벽이 높아 스마트 헬스케어에 대한 투자가 매우 부진하다.

예를 들어, 농어촌이나 도서지역 등 의료취약지역은 의료인들이 근무를 기피하거나 응급의료에 대한 서비스 격차가 커 응급상황 발생 시 대처할 수 있는 수단이 미흡하다. 또한, 지리적 한계로 응급의료에 대한 서비스 격차가 클 수 있다. 또 하나의 예는 해양 의료 사고이다. 이러한 상황에서 원격의료 적용의 효과로 응급 의료의 질이 높아지고 의료 서비스의 지역 간 격차 해소 및 의료 형평성을 제고할 수 있다.

다만 현재 디지털 헬스케어의 수준은 다가올 위험을 방지하고 정확한 진단을 통해서 시간과 비용을 감소시킴으로써 환자에게 이익을 주는 구조이므로 개인단위로 접근하기는 어렵다. 또한, 오진 가능성이 증가할 수 있으며 초기 진단 지연에 따른 병세 악화가 있을 수 있다. 따라서 정밀검사 한계에 따른 개인별 맞춤형 건강관리와 관련하여 여러 법제의 개편과 보완이 필요하다.

4) 생명안전 및 안보 문제

뉴욕 타임즈는 유전분야 의학계의 발전을 '인간 창조로 이어질 수 있는 것은 문제'라고 지적하였고 독일 철학자 한스 요나스는 이러한 현대기술의 특성과 위험성으로 말미암아 인간과 사회에 돌이킬 수 없는 결과를 초래할 수 있다고 예언하였다. 또한 인간 유전체 연구는 인간 유전자라는 대상을 다루기 때문에 유전적 소인을 예측할 수 없고, 개인이 속한 집단에 중대한 영향을 미치며 후대에 유의미한 것으로 재분석될 수 있다. 또한, 유전자의 특수성으로부터 인간 유전체에 대한 연구의 위험성은 크게 피험자의 개인 정보 누설로 인한 프라이버시 침해와 유전자 치료와 관련된 안전 문제로 구분된다. 이와 같은 유전자 합성·변형으로 인한 사고 발생 문제와 더불어 생물학 범죄·사고 발생이 우려된다.

4) 윤리적 문제 대두

의료 사고 발생 시 원격 의사와 현지 의사간의 책임 구분은 비교적 명확하나 현지의사와 현지 의료 보조인력 간의 책임 구분이 불분명하다. 따라서 원격의료 및 스마트 헬스케어의 범위, 책임소재 등에 관한 논의와 이에 따른 제도적 보완이 필요하다.

또한 유전자 변형 기술, 게놈 에디팅을 예로 보면 부모의 기호에 맞춘 맞춤형 아기가 태어날 수 있다. 따라서 빈부격차로 '유전자 격차'가 발생할 수 있다.

6) 전문성 결여

유전자 정보를 기반으로 개인별 맞춤 건강관리 서비스 제공 및 고객의 라이프 데이터를 기반으로 한 보험상품 서비스는 개인정보 침해 발생 위험과 유전자 차별로 이어질 수 있다. 예를 들어, 호주의 생명보험회사는 아직까지 유전자 정보가 질병을 발생시킨다는 명백한 연구 결과가 없는 상황에서 유전자 검사를 기반으로 보험가입자의 보험료를 인상하거나 보험가입을 거부한다는 사례를 확인할 수 있다.

7) 기술 격차

기술접근성 불균형에 따른 계층 간 건강격차 발생이 우려된다.

우주과학기술

1) 우주 공간 및 자원 활용

우주 공간에서 각 국가의 영향력과 기술력의 과시가 심화되고, 국가간 정치적 대립 관계가 우주활동의 국제협력 관계에 투영되면서 (심)우주에서의 분쟁 소지가 발생할 가능성이 증가할 것이다. 또한, 우주 공간의 활용과 점유, 상업적 목적의 우주 자원 취득 등에 대한 강제력이 동원된 국제적 규범은 부재한다. 폐기된 우주물체의 충돌, 유기, 추락 등에 대비해 사고의 책임소재를 가리고 물체 간 충돌 회피나 대응을 위한 명확한 국제적 합의사항 또한 부재한다.

2) 위성 기술 발전

최근 위성의 군집화 등으로 인하여 방대한 양의 위성영상 정보 분석을 실시간 처리하여야 한다. 현재 딥러닝 기술을 이용한 물체 감지(Object detection) 및 토지 등에 대한 의미론적 분할(Semantic segmentation, 도로, 건물, 숲등을 픽셀 단위로 분류) 기술을 개발 중이다. 또한 저궤도 군집위성을 활용한 우주 인터넷 서비스 등장하여 대규모 자원을 앞세운 기업들이 수천 개 이상의 위성으로 구성된 스타링크, 원웹, 카이퍼 등 우주인터넷 서비스를 구축 예정이다.

따라서 슬론 디지털 천체 관측과 대형 종관 망원경 사업 및 허블망원경과 같은 천문 분야나 지구관측, 태양관측, 달·행성탐사와 같은 우주 분야 연구를 위한 연구 장비 및 시설을 지속적으로 구축하면서 국내외 천문·우주분야에 거대한 빅데이터가 생산될 것이다.

또한 3D 변환 등 다양한 영상 분석 기술의 적용과 군집위성의 준실시간 관측의 장점을 이용해 위성정보의 부가가치를 높여 다양한 분야에 활용할 수 있는 위성 영상 서비스가 증가한다.

우주인터넷, 위성통신 등을 기반으로 전세계 문화적 교류의 폭이 폭발적으로 증가한다. 로봇 자율탐사 기술, 항공기 위성에 대한 안정성 평가 등 위성영상 분석 기술도 활용된다.

3) 우주 물체 증가로 인한 환경 문제

군집위성 서비스가 증가하면서 밤하늘의 천체 관측을 방해하는 광공해가 발생한다. 예를 들어, 최근 러시아가 군사적 목적으로 사용될 수 있는 위성 요격실험을 진행하면서 케슬러 신드롬 현상에 의해 우주쓰레기가 급증하면 ISS 등 저궤도 인공물체의 운용에 악영향을 미칠 것으로 전망한다. 또한 충돌, 유기, 추락 등의 문제도 존재한다.

4) 기술 격차

우주관광 시대가 도래하여 우주가 인간의 삶의 일부로 편입되었지만, 고비용 우주서비스를 이용할

수 있는 계층은 매우 제한적이며, 우주인터넷, 위성통신 등을 기반으로 전세계 문화적 교류의 폭이 폭발적으로 확대되는 반면 문화적 소외 계층의 범위도 증가될 것이다. 또한 우주 기반 정보서비스 접근 여부에 따라 지역별 기후·환경·재난 등에 대한 대비 및 대응 역량에 차이가 발생할 것이다.

신재생에너지

1) 원료 비용 없음

바이오에너지는 계속 자라는 식물을 주 원료로 사용하므로 자원고갈의 문제가 없다.

2) 탄소 배출 저감

태양광이나 풍력 등의 에너지는 탄소배출의 문제가 없다. 바이오에너지의 경우 사용에 의해 발생한 이산화탄소는 식물이 자라는 과정에서 다시 흡수되므로 이산화탄소 배출도 매우 적다. 따라서 탄소 배출을 제한하고 탄소 거래제를 시행하는 서유럽이나 미국, 호주 같은 선진국에서 더 두각을 드러낼 것이다. 다만 저장기술의 한계 탓에 밤에는 쓰지 못하거나 장마 등에 사용이 불가능해 효율성이 떨어진다.

3) 생산 원가 부담

아직 신재생에너지의 효율이 기존의 화석연료만큼 나오지 않아 에너지 생산 원가가 매우 높아 일부의 선진국에서만 실효성이 있다.

양자컴퓨터

1) 동시 병렬 연산 처리

적은 큐피트들로도 많은 경우의 수를 동시에 처리할 수 있어 문제에 대한 여러가지 답을 동시에 계산해 내기 때문에 현존하는 그리고 미래에 나타날 슈퍼컴퓨터들 보다도 뛰어난 성능을 보이는 양자우월성을 나타낼 것으로 예상한다.

2) 저전력 운영

양자컴퓨터의 예상 운영 전력량은 월평균 1~2,000 kWh로, 기존 페타급 초고성능컴퓨터 운영 전력량인 300만 kWh 대비 획기적으로 적은 에너지 소모, 그리고 이에 따른 연산비용 절감의 효과를 누릴 수 있다.

3) 비결정론적 문제 처리 특화

비결정론적인 큐비트의 특성을 활용하기에 최적 경로 찾기, 암호해독, 시장분석, 유체 등 복잡계 분석, 자연어 처리, 입자 미시 운동 등의 NP 문제 해결에 적합하다.

수송 루트 최적화를 통한 물류 네트워크 효율화, 물류 수송 비용 절감, 제조 기계 및 부품 공급 최적화, 이동 영향 요인 실시간 반영으로 인한 교통 시스템 효율화, 신약 및 재료 개발 프로세스 단축 등 물류·제조 분야의 프로세스의 혁신을 가져온다.

결정론적 문제 처리에 특화된 고전 컴퓨터와 양자컴퓨터는 특화된 영역이 서로 다르기 때문에 개인용 컴퓨터를 대체하는 것이 아니라 상호 보완적인 관계이다.

4) 사이버 보안 취약성

현존하는 암호화 알고리즘은 대표적인 NP문제인 소인수분해에 기반하여 고전 컴퓨터로는 해독이 불가했지만, 양자컴퓨터로는 해독이 가능하여 이에 따른 해킹 발생, 사이버 보안에 대한 전반적인 위협이 될 수 있다.

소인수분해를 활용하는 RSA 암호를 활용하여 만든 블록체인 역시 양자컴퓨터의 존재로 인해 데이터의 안전성에 심각한 문제가 초래되며, 이는 블록체인 기술 자체의 근간이 흔들리는 문제이다.

격자 암호(Lattice Cryptography)와 같이 양자 컴퓨터에도 해독이 어려운 포스트 양자 암호, 즉 양자내성 암호 개발에 대한 중요도가 매우 높아지며, 기존 암호화 알고리즘의 재편 영역에 대한 투자도 증가할 것으로 판단된다.

네트워크 통신 (5G, 6G)

1) 디지털 혁신

서비스 별로 분리된 네트워크 인프라를 통합하여 분할손을 줄일 수 있다. 또한 단말기 경량화 등의 실물 장비 구성 및 관리 프로세스 최소화를 통해 서비스 제공 속도를 높이고 통신 사업자의 경쟁력 및 운영 역량을 증진시킬 수 있다.

하이브리드 클라우드 및 엣지 컴퓨팅은 대역폭의 제약을 해소하고 전송 지연과 서비스 장애를 줄일 수 있다. 이를 통해 기업은 로드 시간을 단축시키고 이용자 근접 온라인 서비스를 통해 동적 및 정적 캐시 기능을 모두 지원할 수 있게 된다.

따라서 사용자는 엣지 컴퓨팅과 관련된 복구 능력과 비용 절감 효과를 누릴 수 있으며, 기업과 서비스 제공업체는 실시간 모니터링으로 대기 시간을 단축하고 가용성이 높은 애플리케이션을 구현할 수 있다.

2) 주파수 할당 문제

주파수 수급 불균형으로 통신 사업자 간 주파수를 확보하기 위해 과열 경쟁 및 시간 지연이 발생할 수 있다. 또한 기업 간 담합과 같은 불공정 분배, 거래비용 증가 발생 위험이 있다.

3) 보안 문제

엣지 사이트의 물리적 범용성으로 인해 코어 사이트에 비해 상대적으로 높은 보안 위험성이 존재한다. 따라서 엣지 컴퓨팅은 사이버 위협 및 우발적 상황에 대한 대응 전략이 마련되어야 한다.

푸드 테크

1) 스마트팜

작물의 생육 및 환경정보(온도, 습도, CO2 농도, 광량 등)에 대한 데이터를 기반으로 최적의 생육환경을 조성할 수 있다. 스마트 온실, 스마트 축사, 정밀농업 솔루션 등을 통해 농산물의 품질과 생산성은 높일 수 있다.

세계 인구 증가에 따른 식량 수요는 늘고 있는 반면, 토지와 가용 노동력이 줄어들어 생산성이 낮아짐에 따라 미래 식량난 문제가 대두되고 있는 시점에 스마트팜을 통한 온실가스 감축, 생산성 증대, 푸드 업사이클링은 미래의 식량난에 대비할 수 있는 방법이다.

또한 스마트팜의 무인자동화 시스템 및 로봇은 농촌의 청년층 유출에 따른 농업 생산인구 부족에 대한 대응책이 될 수 있다. 스마트팜의 예로는 자율주행 로봇형 트랙터, 기상재해 예측, 스마트시설 원예시스템 등이 있다.

2) 3D 식품 프린팅

설계도 및 재료 변경을 통해 대상 식자원을 저렴한 비용으로 신속하게 제작할 수 있다. 3D 식품 프린팅은 가공식품 제조, 우주식품 및 고령친화식품 등에 활용된다. 따라서 식품 원가절감 및 다품종 소량 생산이 용이하다.

또한 시공간 제약 없이 개인 맞춤형으로 설계된 영양소를 포함한 식품을 섭취할 수 있게 된다. 노인식의 경우 편리성, 질감, 맛, 영양, 포장 분위기 등 노인들의 취향 및 건강을 고려한 식품을 만드는 개인 맞춤형 식품설계가 가능하다.

3) 조직배양 및 대량생산 기술

환경 오염, 동물 복지, 식품 안전성 등의 이유로 대체 식품에 대한 수요가 증가하고 있는 실정이다. 대체식품은 고기, 소스, 간식, 건기식, HMR(가정간편식) 등 다양한 영역으로 확장될 수 있다.

대체 식품 개발은 세계 인구 증가와 급격한 기후환경 변화로 발생할 수 있는 식량난과 코로나19, 기상이변 등으로 인해 위협받는 식량안보 문제에 대한 대응 방안이 될 수 있다.

세계 대체식품 시장규모는 식물 기반 대체식품을 중심으로 2018년 기준 96억 2,310만 달러이며, 2025년까지 연평균 9.5%씩 증가하여 178억 5,860만 달러 규모로 성장할 것으로 전망된다.

4) O2O 서비스

음식 유통이 투명해지고 소비자가 필요한 음식을 시간과 장소의 제약 없이 먹을 수 있다. 일례로, 풀무원의 O2O 푸드 플랫폼 '출출박스'가 있다.

5) 안전성 관리 문제

배양육의 유전적 불안전성, 배지 및 구성성분 등 첨가물에 대한 안전성 문제가 검토되어야 한다. 배양육이 상용화되기 위해서는 안전성 및 영양성분에 대한 기준 확립이 필요할 것으로 보인다. 일례로 식용곤충식품 섭취 경험자 중 일부는 알레르기 증상을 겪은 것으로 나타나 곤충식품 안전성 및 표시 문제의 개선이 필요하다.

5) 관할권 갈등

배양육의 세포배양 과정과 식품가공 과정에 대한 안전성 관리감독 관할권 논란이 있다. 대체식품에 대한 용어 및 정의 과정에서 기존 업계와의 갈등이 발생할 수 있다.

부록 3. 중요도-발현시기 분석 위한 설문

미래 트렌드에 대한 중요도-발현시기 분석 설문

4차산업혁명 이후의 미래사회에 대한 예상 시나리오
중요도 산정을 위한 설문

본 설문은 「4차 산업혁명 기술로 인한 미래사회 영향 연구」 중 **4차산업혁명 이후의 미래사회의 예상 영향에 대해 중요도를 종합적으로 평가**하기 위한 것입니다. 각 평가항목의 절대적인 중요도를 전문가의 관점에서 판단하여 주시면 감사하겠습니다.

성 명 :
소 속 :
직 위 :
연락처 : ☏
E-mail :

AHP(Analytic Hierarchy Process: **계층화 분석법**)는

평가에서 고려되는 평가항목들을 계층화한 다음, 평가항목 간 상대적 중요도를 측정하여 사업 타당성을 종합적으로 판단하는 의사결정 기법입니다.

※ 설문 작성 시 유의사항

첫째, 본 설문지는 연구진이 선정한 '4차산업혁명 선도 미래기술' 평가항목의 상대적 중요도를 평가하는 것입니다.

둘째, 평가항목 간 비교는 평가항목 A가 B보다 상대적으로 얼마나 중요한지(또는 적절한지)를 평가하는 것입니다.

셋째, pp. 1~3에서 제시하는 평가 요령, 평가항목의 계층구조와 평가내용, 조사내용 요약을 꼭 읽어보시고 설문에 응해 주십시오.

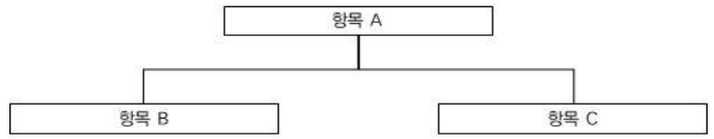
1. AHP 설문 응답 시 유의사항

1. 응답 예

예) 항목 A의 평가 기준에서 판단할 때 항목 B가 항목 C보다 매우 중요하다고 생각하시면 아래와 같이 기입하시면 됩니다.

평가항목	절대중요		매우중요		중요		약간중요		같다		약간중요		중요		매우중요		절대중요	평가항목
항목 B	⑨	⑧	✔	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	항목 C

[그림] 평가 예



2. 응답 일관도

□ AHP 분석에서는 분석의 부산물로 비일관도 지수가 생성됩니다. 비일관도 지수가 기준치를 초과하는 경우 응답 결과를 신뢰할 수 없다고 판단되어 환류과정(Feedback)을 수행하게 됩니다. 비일관도 지수가 높게 나오는 데는 크게 다음과 같이 두 가지 이유가 있습니다.

[원인 1] 서수적 일관성 결여 (A>B>C의 순위가 바뀌게 응답)

예) A가 B보다 중요하다고 응답하고, B가 C보다 중요하다고 응답하였을 경우, A가 C보다 중요하다고 응답해야 함에도 불구하고 반대로 응답할 경우
※ A>B, B>C → A>C라고 응답해야 함.

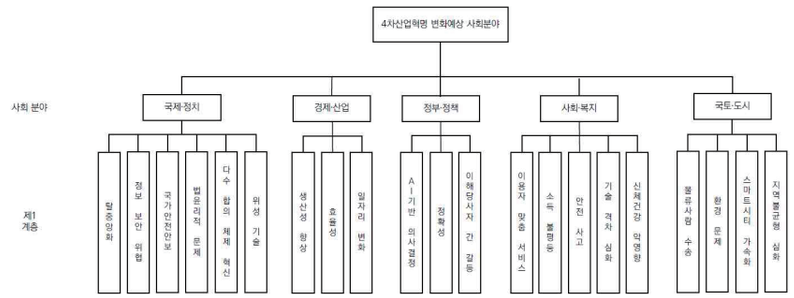
[원인 2] 기수적 일관성 결여

예) A가 B보다 2배 중요하다고 응답하고, A가 C보다 4배 중요하다고 응답하였을 경우, B가 C보다 2배 중요하다고 응답해야 함에도 불구하고 B가 C보다 9배 중요하다고 응답할 경우

※ 상대적 중요도 평가 설문에서 **평가항목이 3개 이상인 경우**, 특히 응답 일관도에 유념하여 설문해 주시기 바랍니다.

2. AHP 평가구조 및 내용

[그림 1] 4차산업혁명 선도 미래기술 AHP 계층구조

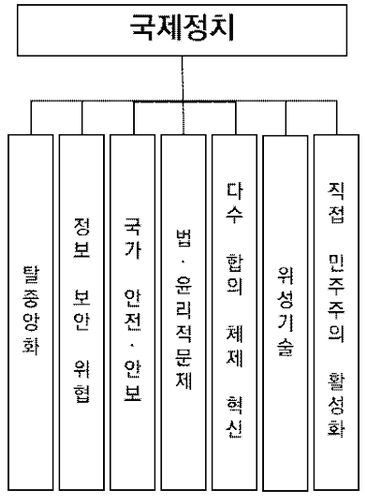


3. AHP 평가를 위한 설문 (가중치 선정)

□ **설문 I**은 분야별 제1계층의 평가항목 간 상대적 중요도를 평가하기 위한 것입니다. 미래사회 변화에 있어서 어느 예상 영향이 얼마만큼 더 중요하다고 생각하는지 전문가의 관점에서 신중히 응답해 주십시오 (응답 시 유의사항 참조).

국제·정치 분야

[그림 2] 제1계층의 중요도 평가 (국제·정치 하위 예상 시나리오)



I-1. 제1계층의 상대적 중요도 평가(국제·정치를 기준으로 평가)

평가항목	절대중요		매우중요		중요		약간중요		같다		약간중요		중요		매우중요		절대중요	평가항목
탈중앙화	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	정보 보안 위협
탈중앙화	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	국가 안전·안보
탈중앙화	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	법·윤리적 문제
탈중앙화	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	다수 합의 체제 혁신
탈중앙화	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	위성 기술
탈중앙화	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	직접 민주주의 활성화
정보 보안 위협	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	국가 안전·안보
정보 보안 위협	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	법·윤리적 문제
정보 보안 위협	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	다수 합의 체제 혁신
정보 보안 위협	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	위성 기술
정보 보안 위협	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	직접 민주주의 활성화
국가 안전·안보	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	법·윤리적 문제
국가 안전·안보	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	다수 합의 체제 혁신
국가 안전·안보	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	위성 기술
국가 안전·안보	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	직접 민주주의 활성화
법·윤리적 문제	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	다수 합의 체제 혁신
법·윤리적 문제	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	위성 기술
법·윤리적 문제	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	직접 민주주의 활성화
다수 합의 체제 혁신	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	위성 기술
다수 합의 체제 혁신	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	직접 민주주의 활성화
위성 기술	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	직접 민주주의 활성화

경제·산업 분야

[그림 3] 제1계층의 중요도 평가 (경제·산업 하위 예상 시나리오)

I-2. 제1계층의 상대적 중요도 평가(경제·산업을 기준으로 평가)

평가항목	절대중요		매우중요		중요		약간중요		같다		약간중요		중요		매우중요		절대중요	평가항목
생산성 향상	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	효율성
생산성 향상	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	일자리 변화
효율성	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	일자리 변화

정부·정책 분야

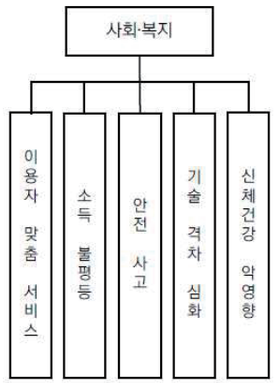
[그림 4] 제1계층 중요도 평가 (정부·정책 하위 예상 시나리오)

I-3. 제1계층의 상대적 중요도 평가(정부·정책을 기준으로 평가)

평가항목	절대중요		매우중요		중요		약간중요		같다		약간중요		중요		매우중요		절대중요	평가항목
AI기반 의사결정	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	정확성
AI기반 의사결정	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	이해당사자 간 갈등
정확성	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	이해당사자 간 갈등

사회·복지 분야

[그림 5] 제1계층의 중요도 평가 (사회·복지 하위 예상 시나리오)



I-4. 제1계층의 상대적 중요도 평가(사회·복지를 기준으로 평가)

평가항목	절대중요		매우중요		중요		약간중요		같다		약간중요		중요		매우중요		절대중요	평가항목
이용자 맞춤형 서비스	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	소득 불평등
이용자 맞춤형 서비스	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	안전 사고
이용자 맞춤형 서비스	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	기술 격차 심화
이용자 맞춤형 서비스	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	신체 건강 악영향
소득 불평등	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	안전 사고
소득 불평등	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	기술 격차 심화
소득 불평등	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	신체 건강 악영향
안전 사고	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	기술 격차 심화
안전 사고	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	신체 건강 악영향
기술 격차 심화	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	신체 건강 악영향

국토·도시 분야

[그림 6] 제1계층의 중요도 평가 (국토·도시 하위 예상 시나리오)

I-5. 제1계층의 상대적 중요도 평가(국토·도시를 기준으로 평가)

평가항목	절대중요		매우중요		중요		약간중요		같다		약간중요		중요		매우중요		절대중요	평가항목
물류·사람수송	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	환경 문제
물류·사람수송	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	스마트시티 가속화
물류·사람수송	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	지역불균형 심화
환경 문제	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	스마트시티 가속화
환경 문제	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	지역불균형 심화
스마트시티 가속화	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	지역불균형 심화

3. 4차산업혁명 선도 미래기술 실현 전망조사

□ 본 설문은 「4차산업혁명 기술로 인한 미래사회 영향 연구」에서 제시된 4차산업혁명 선도 미래기술의 실현 가능성 및 예상 실현 시기를 조사하기 위한 것입니다. 전문가의 관점에서 신중히 응답해 주십시오.

II-1. 귀하가 예상하시는 4차산업기술로 인해 나타날 것으로 예상되는 영향들에 대한 실현 시기를 선택(✓)하여 주시기 바랍니다.

예상 영향	3년 이내	5년 이내	10년 이내	15년 이내	15년 이상
탈중앙화					
정보 보안 위협					
국가 안전·안보					
법·윤리적 문제					
다수 합의 체제 혁신					
위성 기술					
생산성 향상					
효율성					
일자리 변화					
AI기반 의사결정					
정확성					
이해당사자 간 갈등					
이용자 맞춤형 서비스					
소득 불평등					
안전 사고					
기술 격차 심화					
신체 건강 악영향					
물류·사람 수송					
환경 문제					
스마트시티 가속화					
지역불균형 심화					

II-2. 귀하가 예상하시는 4차산업기술로 인해 나타날 것으로 예상되는 영향들에 대하여 긍정적/부정적 시나리오 중 상대적 발생가능성을 평가(✓)하여 주시기 바랍니다.

예상 영향	긍정적	〈----------							----------〉	부정적
탈중앙화	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤
정보 보안 위협	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤
국가 안전·안보	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤
법·윤리적 문제	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤
다수 합의 체제 혁신	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤
위성 기술	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤
생산성 향상	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤
효율성	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤
일자리 변화	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤
AI기반 의사결정	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤
정확성	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤
이해당사자 간 갈등	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤
이용자 맞춤형 서비스	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤
소득 불평등	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤
안전 사고	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤
기술 격차 심화	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤
신체 건강 악영향	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤
물류·사람 수송	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤
환경 문제	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤
스마트시티 가속화	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤
지역불균형 심화	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤

▣ 끝까지 설문에 참여해 주셔서 대단히 감사합니다. ▣

사회적 영향에 대한 중요도-발현시기 분석 설문

4차산업혁명 이후의 미래사회에 대한 예상 시나리오 중요도 산정을 위한 설문

본 설문은 「4차 산업혁명 기술로 인한 미래사회 영향 연구」 중 **4차산업혁명 이후의 미래사회의 예상 영향에 대해 중요도를 종합적으로 평가**하기 위한 것입니다. 각 평가항목의 절대적인 중요도를 전문가의 관점에서 판단하여 주시면 감사하겠습니다.

성 명 :
소 속 :
직 위 :
연락처 : ☏
E-mail :

AHP(Analytic Hierarchy Process: 계층화 분석법)는

평가에서 고려되는 평가항목들을 계층화한 다음, 평가항목 간 상대적 중요도를 측정하여 사업 타당성을 종합적으로 판단하는 의사결정 기법입니다.

※ 설문 작성 시 유의사항

첫째, 본 설문지는 연구진이 선정한 '4차산업혁명 선도 미래기술' 평가항목의 상대적 중요도를 평가하는 것입니다.

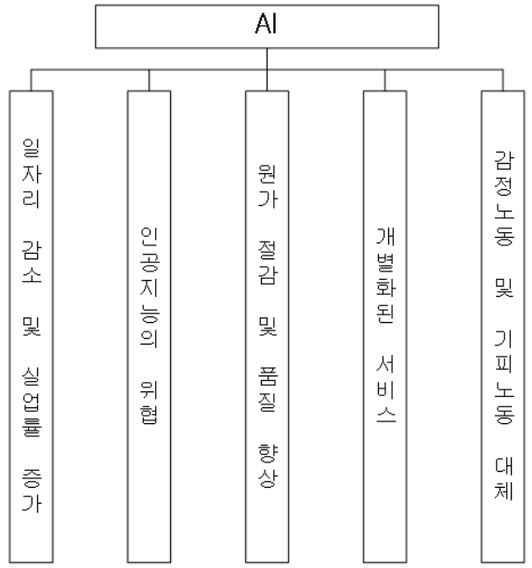
둘째, 평가항목 간 비교는 평가항목 A가 B보다 상대적으로 얼마나 중요한지(또는 적절한지)를 평가하는 것입니다.

셋째, pp. 1~3에서 제시하는 평가 요령, 평가항목의 계층구조와 평가내용, 조사내용 요약을 꼭 읽어보시고 설문에 응해 주십시오.

1. AHP 평가를 위한 설문 (가중치 선정)

□ **설문 I**은 기술 발전으로 예상되는 미래사회 변화 간 상대적 중요도를 평가하기 위한 것입니다. 미래사회 변화에 있어서 어떠한 변화가 상대적으로 더 중요하다고 생각하는지 전문가의 관점에서 신중히 응답해 주십시오 (응답 시 유의사항 참조).

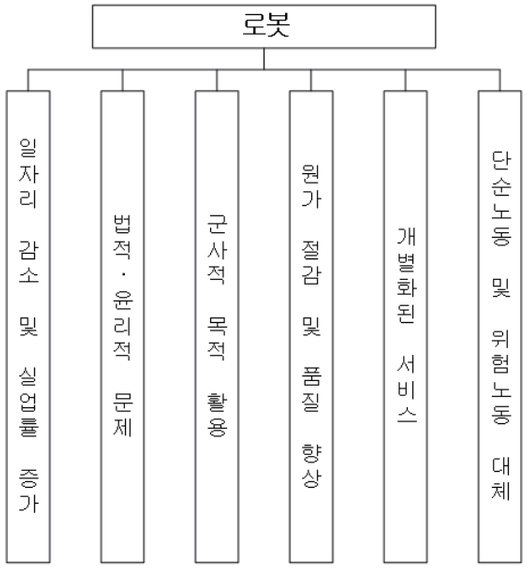
I-1. AI 기술 발전으로 예상되는 다음 미래사회 변화의 상대적 중요도가 어느 정도라고 생각하십니까? (상대적 중요도의 합계가 100이 되도록 응답하여 주십시오.)



[그림 1] AI 기술 발전으로 예상되는 미래사회 변화

예상되는 미래사회 변화	상대적 중요도
일자리 감소 및 실업률 증가	
인공지능의 위협	
원가 절감 및 품질 향상	
개별화된 서비스	
감정노동 및 기피노동 대체	
계	100

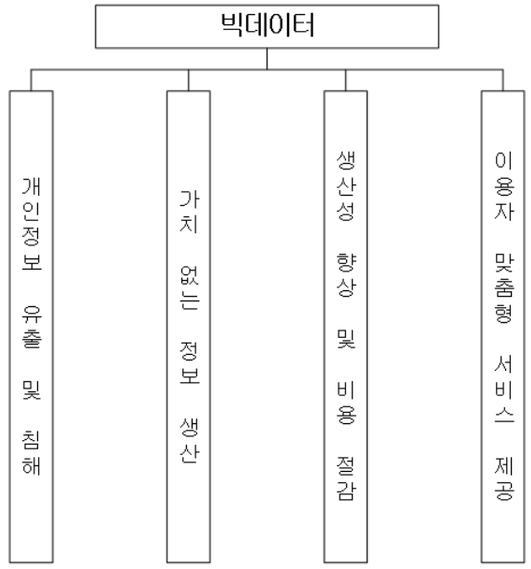
I-2. 로봇 기술 발전으로 예상되는 다음 미래사회 변화의 상대적 중요도가 어느 정도라고 생각하십니까? (상대적 중요도의 합계가 100이 되도록 응답하여 주십시오.)



[그림 2] 로봇 기술 발전으로 예상되는 미래사회 변화

예상되는 미래사회 변화	상대적 중요도
일자리 감소 및 실업률 증가	
법적·윤리적 문제	
군사적 목적 활용	
원가 절감 및 품질 향상	
개별화된 서비스	
단순노동 및 위험노동 대체	
계	0

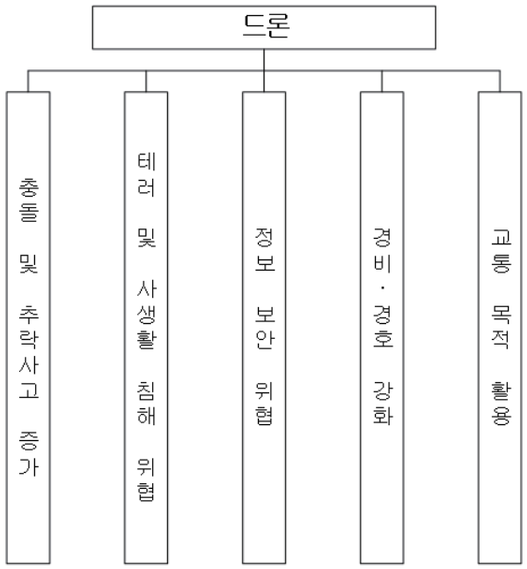
I-3. 빅데이터 기술 발전으로 예상되는 다음 미래사회 변화의 상대적 중요도가 어느 정도라고 생각하십니까? (상대적 중요도의 합계가 100이 되도록 응답하여 주십시오.)



[그림 3] 빅데이터 기술 발전으로 예상되는 미래사회 변화

예상되는 미래사회 변화	상대적 중요도
개인정보 유출 및 침해	
가치 없는 정보 생산	
생산성 향상 및 비용 절감	
이용자 맞춤형 서비스 제공	
계	0

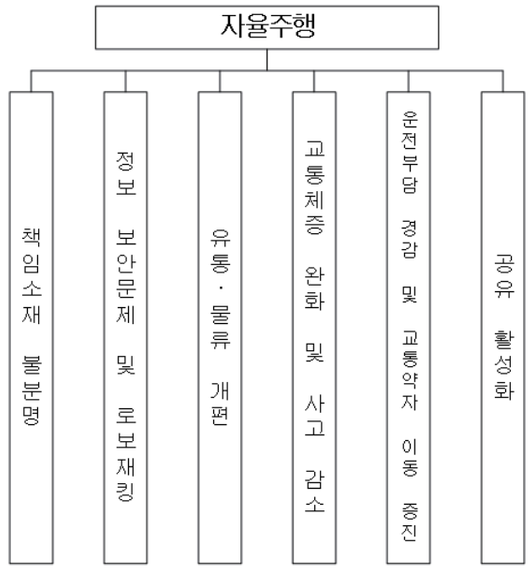
I-4. 드론 기술 발전으로 예상되는 다음 미래사회 변화의 상대적 중요도가 어느 정도라고 생각하십니까? (상대적 중요도의 합계가 100이 되도록 응답하여 주십시오.)



[그림 4] 드론 기술 발전으로 예상되는 미래사회 변화

예상되는 미래사회 변화	상대적 중요도
충돌 및 추락사고 증가	
테러 및 사생활 침해 위협	
정보 보안 위협	
경비·경호 강화	
교통 목적 활용	
계	0

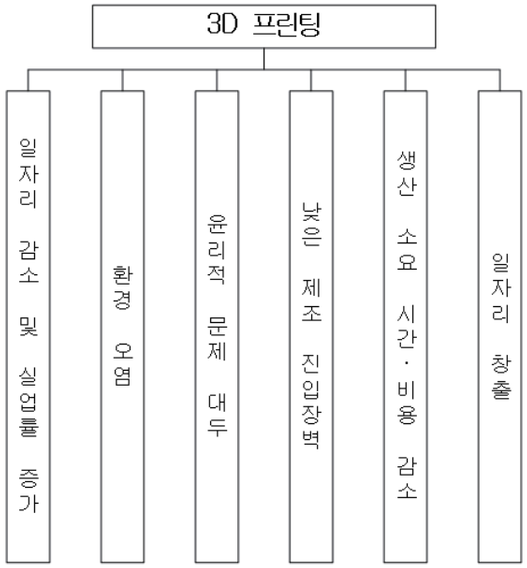
I-5. 자율주행 기술 발전으로 예상되는 다음 미래사회 변화의 상대적 중요도가 어느 정도라고 생각하십니까? (상대적 중요도의 합계가 100이 되도록 응답하여 주십시오.)



[그림 5] 자율주행 기술 발전으로 예상되는 미래사회 변화

예상되는 미래사회 변화	상대적 중요도
책임소재 불분명	
정보 보안문제 및 로보재킹	
유통·물류 개편	
교통체증 완화 및 사고 감소	
운전부담 경감 및 교통약자 이동 증진	
공유 활성화	
계	0

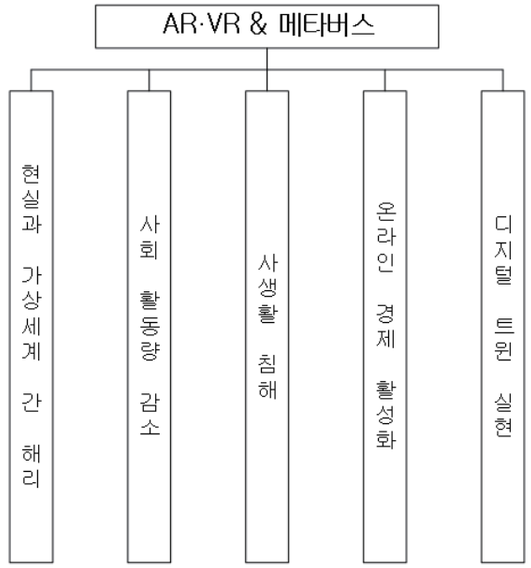
I-6. 3D 프린팅 기술 발전으로 예상되는 다음 미래사회 변화의 상대적 중요도가 어느 정도라고 생각하십니까? (상대적 중요도의 합계가 100이 되도록 응답하여 주십시오.)



[그림 6] 3D 프린팅 기술 발전으로 예상되는 미래사회 변화

예상되는 미래사회 변화	상대적 중요도
일자리 감소 및 실업률 증가	
환경 오염	
윤리적 문제 대두	
낮은 제조 진입장벽	
생산 소요 시간·비용 감소	
일자리 창출	
계	0

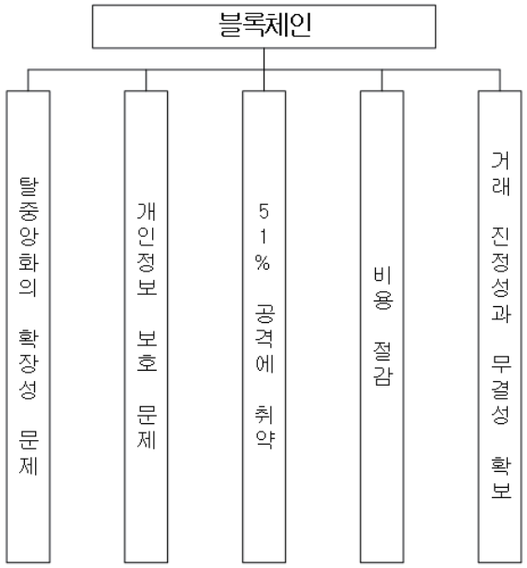
I-7. AR·VR & 메타버스 기술 발전으로 예상되는 다음 미래사회 변화의 상대적 중요도가 어느 정도라고 생각하십니까? (상대적 중요도의 합계가 100이 되도록 응답하여 주십시오.)



[그림 7] AR·VR & 메타버스 기술 발전으로 예상되는 미래사회 변화

예상되는 미래사회 변화	상대적 중요도
현실과 가상세계 간 해리	
사회 활동량 감소	
사생활 침해	
온라인 경제 활성화	
디지털 트윈 실현	
계	0

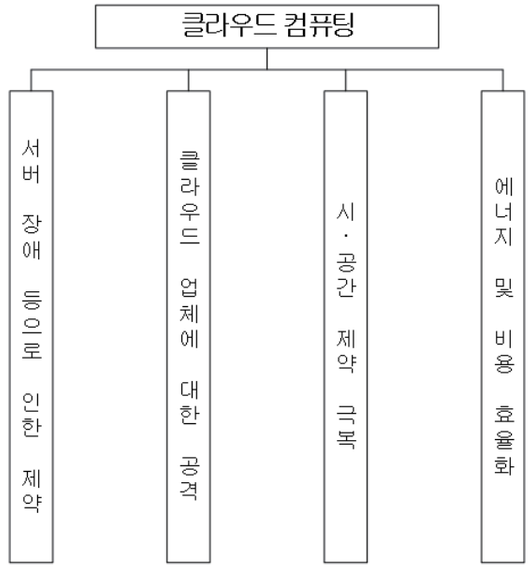
I-8. 블록체인 기술 발전으로 예상되는 다음 미래사회 변화의 상대적 중요도가 어느 정도라고 생각하십니까? (상대적 중요도의 합계가 100이 되도록 응답하여 주십시오.)



[그림 8] 블록체인 기술 발전으로 예상되는 미래사회 변화

예상되는 미래사회 변화	상대적 중요도
탈중앙화의 확장성 문제	
개인정보 보호 문제	
51% 공격에 취약	
비용 절감	
거래 진정성과 무결성 확보	
계	0

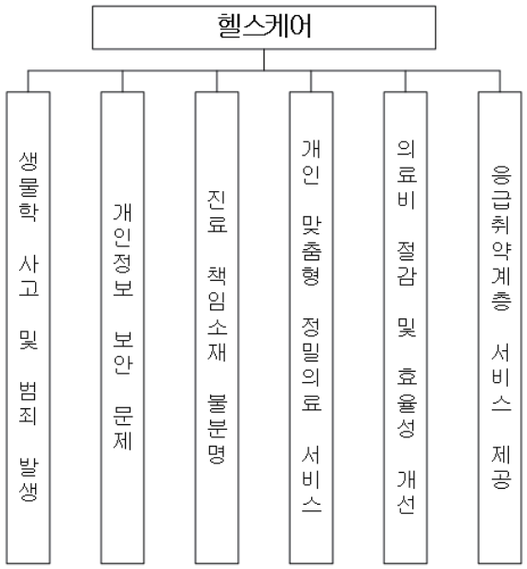
I-9. 클라우드 컴퓨팅 기술 발전으로 예상되는 다음 미래사회 변화의 상대적 중요도가 어느 정도라고 생각하십니까? (상대적 중요도의 합계가 100이 되도록 응답하여 주십시오.)



[그림 9] 클라우드 컴퓨팅 기술 발전으로 예상되는 미래사회 변화

예상되는 미래사회 변화	상대적 중요도
서버 장애 등으로 인한 제약	
클라우드 업체에 대한 공격	
시·공간 제약 극복	
에너지 및 비용 효율화	
계	100

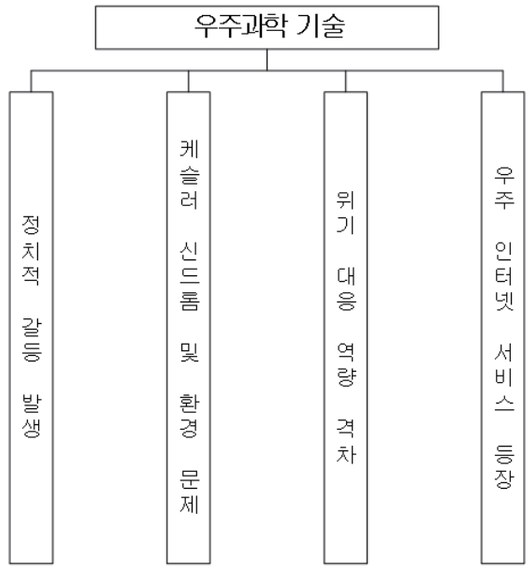
I-10. 헬스케어 기술 발전으로 예상되는 다음 미래사회 변화의 상대적 중요도가 어느 정도라고 생각하십니까? (상대적 중요도의 합계가 100이 되도록 응답하여 주십시오.)



[그림 10] 헬스케어 기술 발전으로 예상되는 미래사회 변화

예상되는 미래사회 변화	상대적 중요도
생물학 사고 및 범죄 발생	
개인정보 보안 문제	
진료 책임소재 불분명	
개인 맞춤형 정밀의료 서비스	
의료비 절감 및 효율성 개선	
응급취약계층 서비스 제공	
계	0

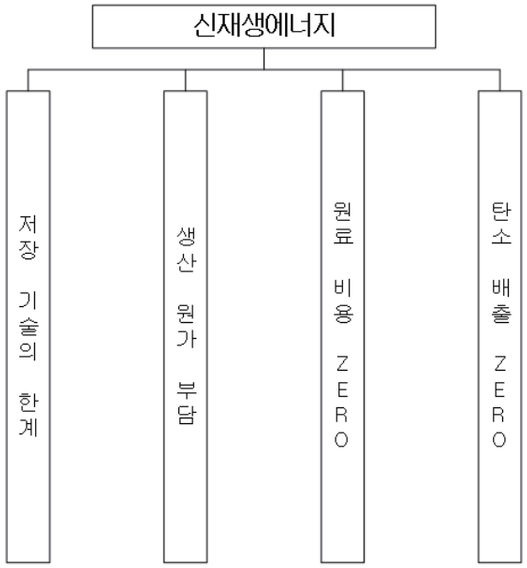
I-11. 우주과학 기술 발전으로 예상되는 다음 미래사회 변화의 상대적 중요도가 어느 정도라고 생각하십니까? (상대적 중요도의 합계가 100이 되도록 응답하여 주십시오.)



[그림 11] 우주과학 기술 발전으로 예상되는 미래사회 변화

예상되는 미래사회 변화	상대적 중요도
정치적 갈등 발생	
케슬러 신드롬 및 환경 문제	
위기 대응 역량 격차	
우주 인터넷 서비스 등장	
계	0

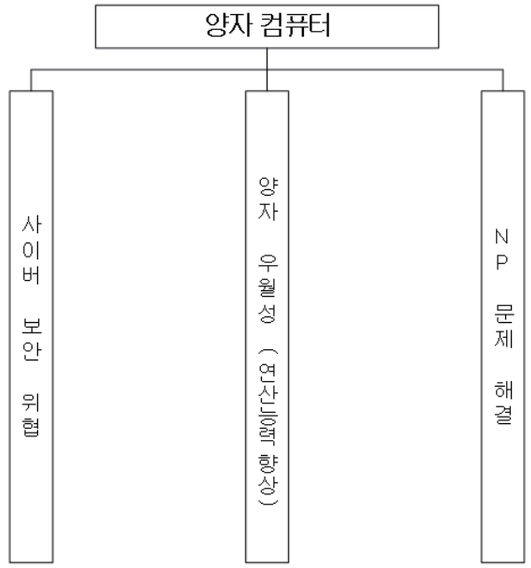
I-12. 신재생에너지 기술 발전으로 예상되는 다음 미래사회 변화의 상대적 중요도가 어느 정도라고 생각하십니까? (상대적 중요도의 합계가 100이 되도록 응답하여 주십시오.)



[그림 12] 신재생에너지 기술 발전으로 예상되는 미래사회 변화

예상되는 미래사회 변화	상대적 중요도
저장 기술의 한계	
생산 원가 부담	
원료 비용 ZERO	
탄소 배출 ZERO	
계	0

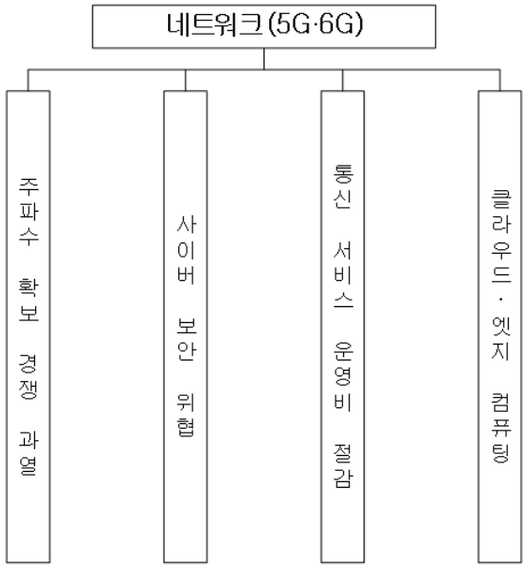
I-13. 양자 컴퓨터 기술 발전으로 예상되는 다음 미래사회 변화의 상대적 중요도가 어느 정도라고 생각하십니까? (상대적 중요도의 합계가 100이 되도록 응답하여 주십시오.)



[그림 13] 양자 컴퓨터 기술 발전으로 예상되는 미래사회 변화

예상되는 미래사회 변화	상대적 중요도
사이버 보안 위협	
양자 우월성 (연산능력 향상)	
NP 문제 해결	
계	0

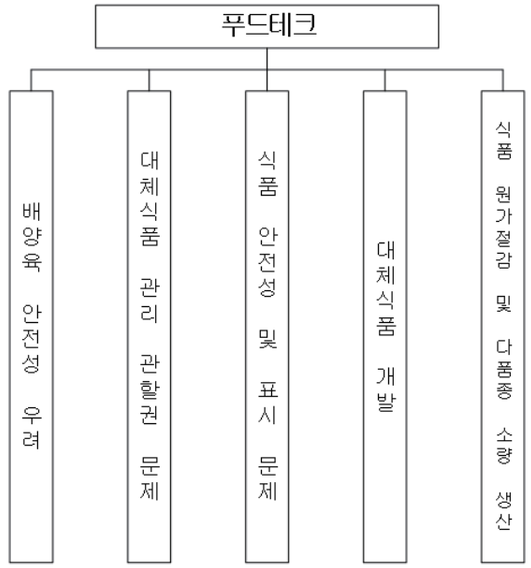
I-14. 네트워크(5G·6G) 기술 발전으로 예상되는 다음 미래사회 변화의 상대적 중요도가 어느 정도라고 생각하십니까? (상대적 중요도의 합계가 100이 되도록 응답하여 주십시오.)



[그림 14] 네트워크(5G·6G) 기술 발전으로 예상되는 미래사회 변화

예상되는 미래사회 변화	상대적 중요도
주파수 확보 경쟁 과열	
사이버 보안 위협	
통신 서비스 운영비 절감	
클라우드·엣지 컴퓨팅	
계	0

I-15. 푸드테크 기술 발전으로 예상되는 다음 미래사회 변화의 상대적 중요도가 어느 정도라고 생각하십니까? (상대적 중요도의 합계가 100이 되도록 응답하여 주십시오.)



[그림 15] 푸드테크 기술 발전으로 예상되는 미래사회 변화

예상되는 미래사회 변화	상대적 중요도
배양육 안전성 우려	
대체식품 관리 관할권 문제	
식품 안전성 및 표시 문제	
대체식품 개발	
식품 원가절감 및 다품종 소량 생산	
계	0

2. 4차산업혁명 선도 미래기술 실현 전망조사

□ 본 설문은 「4차산업혁명 기술로 인한 미래사회 영향 연구」에서 제시된 4차산업혁명 선도 미래기술의 실현 가능성 및 예상 실현 시기를 조사하기 위한 것입니다. 전문가의 관점에서 신중히 응답해 주십시오.

Ⅱ-1. 귀하가 예상하시는 4차산업혁명 선도 미래기술의 실현 시기를 선택(✓)하여 주시기 바랍니다.

기술명	3년 이내	5년 이내	10년 이내	15년 이내	15년 이상
AI					
로봇					
빅데이터					
드론					
자율주행					
3D 프린팅					
AR·VR & 메타버스					
블록체인					
클라우드 컴퓨팅					
헬스케어					
우주 과학기술					
신재생에너지					
양자 컴퓨터					
네트워크(5G·6G)					
푸드테크					

▣ 끝까지 설문에 참여해 주셔서 대단히 감사합니다. ▣

부록 4. 사회적 편익 산출방법 예시

기술	주요 영향	이해당사자	산출방법	측정전문가
AI	일자리 변화 (일자리 감소 및 실업률 증가)	정부 기업 시민	• AI에 의한 신규 일자리로 보수 증가액 추정 • 업종별 일자리 증감 추정을 통하여 인력대체로 인한 기업의 인건비 절감액 추정	• AI기술 관련 전문가 • 시장분석가
	국가 안전 안보 (인공지능의 위협)	정부 기업 시민	• 시나리오 분석(전쟁발생 가능성) 및 기존 전쟁 피해액으로부터 추정 • I/O 모형을 통한 부가가치 추정	• 군사전문가 • 군기술관련 전문가
로봇	일자리 변화 (일자리 감소 및 실업률 증가)	정부 기업 시민	• 로봇으로 인한 신규 일자리로 보수 증가액 추정 • 업종별 일자리 증감 추정을 통하여 인력대체로 인한 기업의 인건비 절감액 추정	• 로봇기술 관련 전문가
	법·윤리적 문제 (법적 윤리적 문제)	정부 국회 기업 시민	• 로봇 사업의 시장 전망, 부가가치액 추정	• 시장분석가
빅데이터	정보보안 위협 (개인정보 유출 및 침해)	기업 시민	• 빅데이터 산업의 시장 전망, 부가가치 증가액 추정 • I/O 모형을 통한 생산액, 부가가치 창출액 산정 • 회귀분석을 통한 피해액 추정	• 빅데이터 전문가
	이용자 맞춤형 서비스 (이용자 맞춤형 서비스 제공)	정부 기업 시민	• CVM 방식 추정	• 빅데이터 전문가 • 사회경제학 전문가
드론	국가안전 안보 (테러 및 사생활 침해 위협)	정부 기업 시민	• 시나리오 분석(전쟁발생 가능성) 및 기존 전쟁 피해액으로부터 추정 • I/O 모형을 통한 부가가치 추정	• 군사전문가 • 군기술관련 전문가
	물류/사람 수송 (교통 목적 활용)	공공기관 기업 시민 운송의뢰 기업	• 교통, 물류모형으로 추정	• 교통전문가
자율주행	효율성 (교통체증 완화 및 사고 감소)	정부 기업 시민	• 교통시간 감축 효과를 추정하기 위한 교통, 물류모형 추정 • 안전사고 감소로 인한 편익을 추정하기 위한 과거 안전사고 자료를 통한 통계적 추정	• 교통전문가
	이해당사자간 갈등 (책임소재 불분명)	정부 기업 시민 시민단체	• 과거 자료로 통계적 추정	• 정책전문가

기술	주요 영향	이해당사자	산출방법	측정전문가
3D 프린팅	환경문제 (환경 오염)	정부 기업 시민	• 기업의 환경분야 투자액 등 • 정부의 세출예산 • CVM 방식으로 추정	• 환경정책 전문가
	생산성 향상 (생산 소요 시간 및 비용 감소)	정부 기업	• 생산요소 시간, 비용 감소 회귀분석활용 추정	• 시장 분석가 • 3D 프린팅 전문가
AR/VR 메타버스	스마트시티 가속화 (온라인 경제 활성화)	정부 기업 시민	• 업종별 부가가치 창출액 추정 • CVM 방식으로 추정	• 시장 분석가
	신체건강 악영향 (현실과 가상세계 간 해리)	정부 시민	• 현실과 가상세계 간 해리로 나타나는 신체건강 악영향에 의한 피해 등 과거 자료로 통계적 추정	• 의료전문가
블록체인	정보보안 위협 (개인정보 보호 문제)	기업 시민	• 블록체인 산업의 시장 전망, 부가가치 증가액 추정 • I/O 모형을 통한 생산액, 부가가치 창출액 산정 • 회귀분석을 통한 피해액 추정	• 블록체인 전문가
	효율성 (비용 절감)	정부 기업 시민	• 비용 절감에 대한 유사 연구자료 활용	• 블록체인 전문가
클라우드 컴퓨팅	생산성 향상 (시공간 제약 극복)	정부 기업	• 시, 공간 제약 극복을 활용한 회귀분석 등	• 시장 분석가
	효율성 (에너지 및 비용 효율화)	정부 기업 시민	• 에너지 및 비용 효율화 연구자료 활용	• 클라우드 컴퓨팅 전문가
헬스케어	이용자 맞춤형 서비스 (개인 맞춤형 정밀의료 서비스)	정부 기업 시민	• 개인 맞춤형 정밀의료 서비스 CVM 방식 추정	• 의료전문가 • 사회경제학 전문가
	효율성 (의료비 절감 및 효율성 개선)	정부 기업 시민	• 의료비 절감 및 효율성 개선으로 인한 가치판단에 대한 유사 연구자료 활용	• 의료전문가
우주과학 기술	이해당사자간 갈등 (정치적 갈등 발생)	정부 기업 시민 시민단체	• 우주과학기술로 인한 정치적 갈등으로 인한 피해액 통계 추정	• 정책전문가
	환경문제 (케슬러 신드롬 및 환경 문제)	정부 기업 시민	• 기업의 환경분야 투자액 등 • 정부의 세출예산 • CVM 방식으로 추정	• 환경정책 전문가 • 사회경제학 전문가

기술	주요 영향	이해당사자	산출방법	측정전문가
신재생 에너지	생산성 향상 (원료 비용 ZERO)	정부 기업	• 원료 비용 절감 효과에 대한 회귀분석 등	• 신재생에너지 전문가
	환경문제 (탄소 배출 ZERO)	정부 기업 시민	• 기업의 탄소배출 절감 투자액 등 • 정부의 세출예산 • CVM 방식으로 추정	• 환경정책 전문가 • 사회경제학 전문가
양자 컴퓨터	정보보안 위협 (사이버 보안 위협)	기업 시민	• 회귀분석을 통한 피해액 추정	• 양자컴퓨터 전문가
	효율성 (NP 문제 해결)	정부 기업 시민	• 부가가치액을 유사연구 사례를 통해 추정	• 양자컴퓨터 전문가
네트워크 (5G·6G)	위성기술 (클라우드, 엣지 컴퓨팅)	정부 통신사 시민	• 이용료 (정량적) • 문헌 연구 (정성적)	• 네트워크 전문가
	생산성 향상 (통신 서비스 운영비 절감)	정부 기업 시민	• 클라우드, 엣지 컴퓨팅 부가가치 창출액 추정 • CVM 방식으로 추정	• 시장분석가
푸드테크	환경문제 (대체식품 개발)	정부 기업 시민	• 기업의 대체식품 개발 투자액 등 • 정부의 세출예산 • CVM 방식으로 추정	• 환경정책 전문가 • 사회경제학 전문가
	생산성 향상 (식품 원가절감 및 다품종 소량 생산)	정부 기업	• 식품 원가절감 및 다품종 소량 생산으로 인한 부가가치 창출액을 회귀분석으로 추정	• 시장분석 전문가

기술	주요 영향	이해당사자	산출방법	측정전문가
신재생 에너지	생산성 향상 (원료 비용 ZERO)	정부 기업	• 원료 비용 절감 효과에 대한 회귀분석 등	• 신재생에너지 전문가
	환경문제 (탄소 배출 ZERO)	정부 기업 시민	• 기업의 탄소배출 절감 투자액 등 • 정부의 세출예산 • CVM 방식으로 추정	• 환경정책 전문가 • 사회경제학 전문가
양자 컴퓨터	정보보안 위협 (사이버 보안 위협)	기업 시민	• 회귀분석을 통한 피해액 추정	• 양자컴퓨터 전문가
	효율성 (NP 문제 해결)	정부 기업 시민	• 부가가치액을 유사연구 사례를 통해 추정	• 양자컴퓨터 전문가
네트워크 (5G·6G)	위성기술 (클라우드, 엣지 컴퓨팅)	정부 통신사 시민	• 이용료 (정량적) • 문헌 연구 (정성적)	• 네트워크 전문가
	생산성 향상 (통신 서비스 운영비 절감)	정부 기업 시민	• 클라우드, 엣지 컴퓨팅 부가가치 창출액 추정 • CVM 방식으로 추정	• 시장분석가
푸드테크	환경문제 (대체식품 개발)	정부 기업 시민	• 기업의 대체식품 개발 투자액 등 • 정부의 세출예산 • CVM 방식으로 추정	• 환경정책 전문가 • 사회경제학 전문가
	생산성 향상 (식품 원가절감 및 다품종 소량 생산)	정부 기업	• 식품 원가절감 및 다품종 소량 생산으로 인한 부가가치 창출액을 회귀분석으로 추정	• 시장분석 전문가

참고문헌(I)

1 「삼차원프린팅산업 진흥법」(법률 제14839호, 2017. 7. 26. 시행) 제2조 제1호

2 강선주. 2018. 4차 산업혁명 시대의 국제정치: 기회와 도전. IFANS FOCUS. 2018-15K.

3 박영숙·제롬 글렌. (2020). 세계미래보고서 2021. 서울: 비즈니스북스.

4 이성우·정성희. (2019). 4차 산업혁명에 따른 정치 패러다임의 변화: 시민사회, 정부, 국제관계에 대한 영향. 경기: 경기연구원.

5 이성우. (2020). 4차 산업혁명과 국제정치적 구조변화. 국제지역연구. 24(4): 87-110.

6 강선주. (2018). 4차 산업혁명 시대의 국제정치: 기회와 도전. IFANS FOCUS. 2018-15K.

7 최계영. (2017). 4차 산업혁명과 ICT. 충북: 정보통신정책연구원.

8 박준규. (2020). [책으로 읽는 정치, 카이스트 미래전략 2021] 디지털과 만난 정치. 내일신문. 2020.10.23.

9 김유향. (2020). 디지털 민주주의 현재와 미래-②, 디지털 민주주의는 어디까지 왔는가. KISO JOURNAL. 39.

10 허태욱. (2019). [디지털과 사회] 스마트폰이 바꾼 세상, 블록체인이 한 번 더 바꿀 것 - 유럽, 미국에서 확산되는 '디지털 사회혁신', '디지털 민주주의'. 여시재 인사이트. 2019.10.15.

11 이성우·정성희. (2019). 4차 산업혁명에 따른 정치 패러다임의 변화: 시민사회, 정부, 국제관계에 대한 영향. 경기: 경기연구원.

12 박영숙·제롬 글렌. (2020). 세계미래보고서 2021. 서울: 비즈니스북스.

13 지현아. (2020). 로봇윤리(roboethics)의 도덕교육적 적용 방안 연구. 서울대학교 대학원 박사학위논문.

14 이성우·정성희. (2019). 4차 산업혁명에 따른 정치 패러다임의 변화: 시민사회, 정부, 국제관계에 대한 영향. 경기: 경기연구원.

15 지현아. (2020). 로봇윤리(roboethics)의 도덕교육적 적용 방안 연구. 서울대학교 대학원 박사학위논문.

16 박신화·박찬국·박충식·백종현·손화철·정원섭·하대청. (2018). 인공지능과 새로운 규범. 파주: 아카넷.

17 지현아. (2020). 로봇윤리(roboethics)의 도덕교육적 적용 방안 연구. 서울대학교 대학원 박사학위논문.

18 이성우·정성희. (2019). 4차 산업혁명에 따른 정치 패러다임의 변화: 시민사회, 정부, 국제관계에 대한 영향. 경기: 경기연구원.

19 이성우. (2020). 4차 산업혁명과 국제정치적 구조변화. 국제지역연구. 24(4): 87-110.

20 채재병. (2021). 사이버안보의 국제정치적 추세와 한국의 전략구상. 서울: 국가안보전략연구원.

21 채재병. (2021). 사이버안보의 국제정치적 추세와 한국의 전략구상. 서울: 국가안보전략연구원.

22 최계영. (2017). 4차 산업혁명과 ICT. 충북: 정보통신정책연구원.

23 장석인. (2017). 제4차 산업혁명 시대의 산업구조 변화 방향과 정책과제. 국토. 2017(2): 22-30.

24 강선주. (2018). 4차 산업혁명 시대의 국제정치: 기회와 도전. IFANS FOCUS. 2018-15K.

25 장병규. (2019). 4차 산업혁명 대정부 권고안 APPENDIX. 서울: 대통령직속 4차산업혁명위원회.

26 이성우·정성희. (2019). 4차 산업혁명에 따른 정치 패러다임의 변화: 시민사회, 정부, 국제관계에 대한 영향. 경기: 경기연구원.

27 장윤종. (2016). 4차 산업혁명과 한국산업의 과제. KIET 산업경제.

28 이성우·정성희. (2019). 4차 산업혁명에 따른 정치 패러다임의 변화: 시민사회, 정부, 국제관계에 대한 영향. 경기: 경기연구원.

29 이성우·정성희. (2019). 4차 산업혁명에 따른 정치 패러다임의 변화: 시민사회, 정부, 국제관계에 대한 영향. 경기: 경기연구원.

30 최계영. (2017). 4차 산업혁명과 ICT. 충북: 정보통신정책연구원.

31 이지나. (2020). 공유경제 현황과 활성화 방안에 대한 연구. 고려대학교 대학원 석사학위논문.

32 이지나. (2020). 공유경제 현황과 활성화 방안에 대한 연구. 고려대학교 대학원 석사학위논문.

33 장윤종. (2016). 4차 산업혁명과 한국산업의 과제. KIET 산업경제.

34 고용노동부. (2022). 현금 자리 대신할 디지털 화폐의 시대. 매거진 월간내일.

35 고용노동부. (2022). 현금 자리 대신할 디지털 화폐의 시대. 매거진 월간내일.

36 고용노동부. (2022). 현금 자리 대신할 디지털 화폐의 시대. 매거진 월간내일.

37 고용노동부. (2022). 현금 자리 대신할 디지털 화폐의 시대. 매거진 월간내일.

38 안용길. (2022). 디지털 화폐의 현황과 미래. KISO JOURNAL. 46.

39 고용노동부. (2022). 현금 자리 대신할 디지털 화폐의 시대. 매거진 월간내일.

40 정유신. (2022). [핀테크 칼럼] 디지털화폐시대 개막. 전자신문. 2022.03.31.

41 장병규. (2019). 4차 산업혁명 대정부 권고안 APPENDIX. 서울: 대통령직속 4차산업혁명위원회.

42 장병규. (2019). 4차 산업혁명 대정부 권고안 APPENDIX. 서울: 대통령직속 4차산업혁명위원회.

43 김옥기. (2021). 데이터는 어떻게 자산이 되는가?. 서울: 이지스퍼블리싱.

44 이진우. (2021). 데이터 자산화를 위해서 이것이 꼭 필요하다? / 데이터 리터러시 / 데이터 전략의 시대3. 투이컨설팅. 2021.12.31.

45 정의진·임현·박창현·박노언·지수영·문병진. (2020). (별책)제6회 과학기술예측조사 연구(1차년도): 미래이슈 분석. 충북: 한국과학기술기획평가원.

46 이진우. (2021). 데이터 자산화를 위해서 이것이 꼭 필요하다? / 데이터 리터러시 / 데이터 전략의 시대3. 투이컨설팅. 2021.12.31.

47 이원태·문정욱·류현숙 (2017). "지능정보사회의 공공정보화 패러다임 변화와 미래정책 연구". 정보통신정책연구원 연구보고서 기본연구 17-01.

48 황종성 (2017). "인공지능시대의 정부 - 인공지능이 어떻게 정부를 변화시킬 것인가". 한국정보화진흥원 IT & Future Strategy 2017년 제3호

49 황현주 (2019). "글로벌 인공지능 연구의 4대 키워드와 시사점". 한국정보화진흥원.

50 Sung, W.-J., & Hwang, S. (2017). A Review of Intelligent Society Studies: A look on the future of AI and policy issues. Informatization Policy, 24(2), 3-19.

51 문명재·최선미·박동규·박성원 (2019). 미래의 급격한 기술발전과 공공서비스 패러다임 변화. 서울: 국회미래연구원

52 KAIST 문술미래전략대학원 미래전략연구센터 (2020). 카이스트 미래전략(2021). 서울: 김영사

53 정일영·이광호·목은지 (2020). 데이터 산업의 이해관계자 기반 규제 이슈 분석 및 대응방안. 대전: 과학기술정책연구원

54 김근혜 (2017). 제4차 산업혁명에 대응하기 위한 정부의 규제 방식 전환에 관한 연구. 서울행정학회 학술대회 발표논문집, (), 95-118.

55 이삼열(2021). 우리나라 과학기술행정체제 이력 분석 연구. 충북: 한국과학기술기획평가원

56 이민형·장병열·이명화·안두현·이혜진·김태양 (2021). 변혁적 환경 대응을 위한 정부 R&D 역할과 시스템 혁신 전략 - 과학기술혁신정책 거버넌스 체계 중심으로-. 세종: 과학기술정책연구원

57 김영수 (2016). 제4차 산업혁명, 학교 교육을 어떻게 변화시킬까? 충북: 한국교육과정평가원

58 안현식(2018). 4차산업 시대의 대학의 혁신과 지역발전. 서울: 국가교육회의

59 계보경·신효은·권미영·김민송·최미애·백송이 (2020). 포스트 COVID-19 대응 미래교육 체제 전환을 위한 에듀테크 동향 분석. 대구: 한국교육학술정보원

60 김근령 (2017). 4차산업 혁명에 따른 고령친화산업 대응 방안. 충북: 한국보건산업진흥원

61 정현학·최영임·이상원 (2016). 4차 산업혁명과 보건산업 패러다임의 변화. 충북: 한국보건산업진흥원

62 과학기술정보통신부(2017). (혁신성장을 위한 사람 중심의) 4차 산업혁명 대응계획 I-KOREA 4.0. 서울: 대통령직속 4차산업혁명위원회

63 이상엽·이동규. (2020). 인공지능 (AI) 의 경제적 영향과 향후 정책방향에 대한 시사점: 조세 및 사회보장제도를 중심으로. 조세연구, 20(3), 61-88.

64 정우성·문정호·김진범·김상빈·이원복 (2017). 4차 산업혁명에 대응하는 국토정책 추진전략. 세종: 국토연구원

65 사공호상·임시영·성혜정 (2017). 지능정보사회에 대응한 차세대 국가공간정보 전략 연구. 국토연구원

66 남영우 (2021). 국토의 디지털트윈 구축 및 활용 정책방향. 국토연구원

67 성혜정·임은선 (2021). 디지털 트윈국토의 가치와 추진원칙. 국토연구원

68 서기환·오창화 (2020). 가상국토 구현을 위한 디지털트윈 정책방향. 세종: 국토연구원

69 Böckenförde, E. W. 1987. Demokratie als Verfassungsprinzip.

70 이우권, 박상주. 2015. 주민소환제도의 현황 분석과 개선방안 연구. 한국자치행정학보, 29(2): 173-192.

71 손주희, 문유석. 2020. 전자투표를 활용한 주민소환 활성화 방안: 블록체인을 활용한 전자투표를 중심으로. 지방정부연구, 23(4): 139-165.

72 손주희, 문유석. (2020). 전자투표를 활용한 주민소환 활성화 방안: 블록체인을 활용한 전자투표를 중심으로. 지방정부연구, 23(4): 139-165.

73 김형섭. 2021. 블록체인과 민주주의. 헌법학연구, 27(2): 1-53.

74 김형섭. 2021. 블록체인과 민주주의. 헌법학연구, 27(2): 1-53.

75 중앙선거관리위원회, 블록체인 기반 온라인투표시스템, e-선거정보 2018-04호; 김종갑, 앞의 논문, 1면; 이에 대해 상세한 것은 한국정보화진흥원, 블록체인 활용 전자투표 주요사례 및 시사점, 2017. 6면.

76 허태욱. 2017. 4차산업혁명시대 블록체인 거버넌스 시스템으로의 전환과 시민사회의 역할에 관한 서설적 연구. NGO연구, 12(2): 95-126.

77 연삼흠. 2018. 블록체인 세계여행: 블록체인 미래보고서. 서울: 스마일스토리

78 정헌주, 백유나, 정윤영. 2022. 우주와 국제개발협력: 우주기술을 활용한 지속가능발전목표 달성에 대한 탐색적 분석. 사회과학연구, 33(2): 125-147.

79 정헌주, 백유나, 정윤영. 2022. 우주와 국제개발협력: 우주기술을 활용한 지속가능발전목표 달성에 대한 탐색적 분석. 사회과학연구, 33(2): 125-147.

80 최성환. 2021. 우주 쓰레기 제거기술을 활용한 우주 강국의 우주무기 개발 개연성 고찰. 항공우주매거진, 15(3): 14-30.

81 염흥열. 2019. 양자 내성 암호 알고리즘의 개요와 국제 표준화 동향. 한국통신학회지 (정보와통신), 36(6): 25-31.

82 송윤선, 이원용. (2021). 인공지능과 로봇의 군사적 활용과 선행 과제. Journal of the The Korean Institute of Defense Technology Vol, 3(2), 001-006.

83 조현석. (2018). 인공지능, 자율무기체계와 미래 전쟁의 변환. 21 세기정치학회보, 8(1), 115-139.

84 이승호. (2015). 미래전쟁 양상 변화와 지상군 역할. 전략연구, 22(3), 107-137.

85 과학기술정보통신부. (2017). (혁신성장을 위한 사람 중심의) 4차 산업혁명 대응계획 I-KOREA 4.0. 서울: 대통령직속 4차산업혁명위원회.

86 서영호. (2020). 포스트 코로나 시대를 위한 인공지능 기술. Broadcasting and Media Magazine, 25(4): 35-45.

87 박영숙, 제롬 글랜. (2017). 세계미래보고서 2030-2050. 서울: 교보문고.

88 김기봉, 한군희. (2020). 4차 산업혁명시대의 디지털 헬스케어 산업에 대한 연구. 융합정보논문지, 10(3): 7-15.

89 김기봉, 한군희. (2020). 4차 산업혁명시대의 디지털 헬스케어 산업에 대한 연구. 융합정보논문지, 10(3): 7-15.

90 Sagiroglu, S. & Sinanc, D. 2013. Big data: A review. In 2013 international conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS): 42-47. IEEE.

91 Young-Ki, J., Myung-Gun, Suk., Chang-Jae, K. (2014). A study on the success factors of Big Data through an analysis of introduction effect of Big Data. Journal of Digital Convergence. 12(11): 241-248. https://doi.org/10.14400/JDC.2014.12.11.241

92 김기봉, 한군희. 2020. 4차 산업혁명시대의 디지털 헬스케어 산업에 대한 연구. 융합정보논문지, 10(3): 7-15.

93 이준, 이상미. 2019. 과학기술 한계 극복의 길을 여는 양자컴퓨터: 양자컴퓨터 R&D 현황과 정책. KISTI ISSUE BRIEF, 11. 대전: 한국과학기술정보연구원.

94 Mitsumura Naoki. 2019. 미래의 핵심 기술. 서울: 정보문화사.

95 박미성 외. (2019). 식품산업의 푸드테크 적용 실태와 과제-대체축산식품과 3D 식품 프린팅을 중심으로. 한국농촌경제연구원 기본연구보고서. 나주: 한국농촌경제연구원.

96 김기봉, 한군희. (2020). 4차 산업혁명시대의 디지털 헬스케어 산업에 대한 연구. 융합정보논문지, 10(3): 7-15.

97 카메이 타쿠야. (2020). 5G 이동통신 비즈니스. 파주: DK로드.

98 이경주, 김은영. (2020). 플랫폼 서비스 혁신에 있어 인공지능 (AI) 의 역할과 효과에 관한 연구: 카카오 그룹의 인공지능 활용 사례 연구. 지식경영연구, 21(1): 175-195.

99 정의진 외. (2020). 제6회 과학기술예측조사 연구(1차년도): 미래이슈 분석. 충북: 한국과학기술기획평가원.

100 박준홍, 이준상. (2019). 3D 프린터 소비자의 지각된 인식과 사용자 특성이 지각된 가치와 지속사용 의도에 미치는 영향. 한국정보통신학회논문지, 23(6): 697-703.

101 최병삼. (2016). [신기술과 산업 지형의 변화 ②] 3D 프린팅. 과학기술정책, 26(5): 24-31.

102 정의진 외. (2020). 제6회 과학기술예측조사 연구(1차년도): 미래이슈 분석. 충북: 한국과학기술기획평가원.

103 박영숙, 제롬 글랜. (2017). 세계미래보고서 2030-2050. 서울: 교보문고.

104 정유신 외. (2017). 4차 산업혁명과 헬스케어산업 활성화. 4차 산업혁명과 헬스케어산업 활성화 정책세미나 자료집. 서울: 보험연구원.

105 박영숙, 제롬 글랜. (2017). 세계미래보고서 2030-2050. 서울: 교보문고.

106 Ang Ahlstrom. 2018. "Chart: Why Industrial Robot Sales are Sky High". 『VISUAL CAPITALIST』 (5월 4일). https://www.visualcapitalist.com/ industrial-robot-sales-sky-high/ (최종검색일: 020/08/16).

107 김덕한. 2018. "로봇은 일자리 파괴자인가 아니면 일자리 메이커인가". 『조선닷컴』 (5월 28일) ttps://biz.chosun.com/site/data/html_dir/2018/05/27/2 018052702590.html (최종검색일: 020/08/16).

108 김세윤. 2020. 제4차 산업혁명의 일자리 영향에 대한 실증적 연구: 미국 상장기업 종업원수 증감추이 분석. 한국과 국제사회, 45: 203-230.

109 https://www.bbc.com/bitesize/guides/zx3vtyc/revision/3

110 이정수, 박민정, 민정탁, 박명준, 손동섭. 2021. 국내 로봇산업이 지역경제에 미치는 영향에 관한 연구. 한국산학기술학회 논문지, 2210: 174-186.

111 엄효진, 이명진. 2020. 인공지능AI 기반 지능정보사회 시대의 노동시장 변화: 경제사회학적 접근을 중심으로. 정보사회와 미디어, 212: 1-20.

112 정삼철 외. 2015. 드론산업 발전 동향과 활용 사례. 미래기획 연구총서. 청주: 충북발전연구원

113 정순채. 2016. 4차 산업혁명의 요소기술이 융합된 드론의 보안규제 및 영상추적에 대한 연구. 서울과학기술대학교 대학원 박사학위논문

114 정의진 외. 2021. 2045년을 향한 미래사회전망과 핵심 이슈 심층분석. 충북: 한국과학기술기획평가원.

115 박영숙, 제롬 글랜. (2017). 세계미래보고서 2030-2050. 서울: 교보문고.

116 정창록. 2017. 의료분야 유전기술의 발전에 따른 도덕적 정당성 논쟁에 대한 고찰: 체세포복제줄기세포연구· 유전자가위기술·

인간게놈합성프로젝트를 중심으로. 생명, 윤리와 정책, 11: 79-108

117 김준희, 한의진, 김예영. 2017. 생명자원으로서의 합성생물학에 대한 고찰과 전망. 생명자원연구, 25: 1-12.

118 박미성 외. 2019. 식품산업의 푸드테크 적용 실태와 과제-대체축산식품과 3D 식품 프린팅을 중심으로. 한국농촌경제연구원 기본연구보고서. 나주: 한국농촌경제연구원.

119 김성태, 김형철. 2015. 클라우드 컴퓨팅 발전과 개선방향. In Proceedings of KIIT Conference: 111-113.

120 과학기술정보통신부. 2017. (혁신성장을 위한 사람 중심의) 4차 산업혁명 대응계획 I-KOREA 4.0. 서울: 대통령직속 4차산업혁명위원회

121 4차산업혁명위원회. 2022. 디지털전환 시대 비대면 진료의 미래 정책세미나 자료집. 서울: 대통령직속 4차산업혁명위원회

122 최문정 외. 2021. 미래 불확실성에 대응하는 환경변화 탐색 및 대응방안 연구(Ⅱ). 충북: 한국과학기술기획평가원.

123 이진석. 2010. 바이오에너지 기술의 현황과 전망. The Magazine of the Society of Air-Conditioning and Refrigerating Engineers of Korea, 391: 39-44.

124 제롬 글렌, 박영숙. 2017. 세계미래보고서 2018. 서울: 비즈니스북스

125 H. Lipson & M. Kurman. 2017. 넥스트 모바일: 자율주행 혁명 (박세연 역). 서울: 더퀘스트.

126 정의진 외. 2020. 제6회 과학기술예측조사 연구(1차년도): 미래이슈 분석. 충북: 한국과학기술기획평가원

127 김세윤. 2020. 제4차 산업혁명의 일자리 영향에 대한 실증적 연구: 미국 상장기업 종업원수 증감추이 분석. 한국과 국제사회, 45: 203-230.

128 윤현중, 최정민. 2018. 기술변화와 인적자원개발: 4차 산업혁명과 그 변화를 중심으로. 인적자원개발연구, 214: 263-298.

129 이명호. 2019. 자동화 기술의 발달에 따른 미래사회 시나리오. 미래연구, 41: 5-44.

130 Gilpin, L., 2014 dark side of 3D printing : 10 things to watch", TechRepublic, http://www.techrepublic.com/article/the-dark-side-of-3d-printing-10-things-to-watch/,

131 김현창. 2015. 3D 프린팅이 사회. 경제에 미치는 영향에 관한 연구. Journal of Digital Convergence, 137: 23-31.

132 박영숙, 제롬 글렌. 2017. 세계미래보고서 2030-2050. 서울: 교보문고.

133 정의진 외. 2020. 제6회 과학기술예측조사 연구(1차년도): 미래이슈 분석. 충북: 한국과학기술기획평가원

134 김준희, 한의진, 김예영. 2017. 생명자원으로서의 합성생물학에 대한 고찰과 전망. 생명자원연구, 25: 1-12.

135 정창록. 2017. 의료분야 유전기술의 발전에 따른 도덕적 정당성 논쟁에 대한 고찰: 체세포복제줄기세포연구· 유전자가위기술· 인간게놈합성프로젝트를 중심으로. 생명, 윤리와 정책, 11: 79-108.

136 서현승, 김민준, 정창무, 김현정. 2020. 자율주행 자동차의 상용화가 상업 공간구조에 미치는 영향. 부동산학연구, 26(4): 93-110.

137 이지혜, 장형식, 박영일. 2018. 자율주행자동차의 사회 수용에 미치는 영향 요인과 정책적 시사점. 기술혁신학회지, 21(2): 715-737.

138 정삼철 외. 2015. 드론산업 발전 동향과 활용 사례. 미래기획 연구총서. 청주: 충북발전연구원.

139 H. Lipson & M. Kurman. 2017. 넥스트 모바일: 자율주행 혁명 (박세연 역). 서울: 더퀘스트.

140 박영숙, 제롬 글렌. 2019. 세계미래보고서 2020. 서울: 비즈니스북스.

141 박미성 외. 2019. 식품산업의 푸드테크 적용 실태와 과제-대체축산식품과 3D 식품 프린팅을 중심으로. 한국농촌경제연구원 기본연구보고서. 나주: 한국농촌경제연구원.

142 김현창. 2015. 3D 프린팅이 사회. 경제에 미치는 영향에 관한 연구. Journal of Digital Convergence, 13(7): 23-31.

143 G. Tamburrini. 2022. The AI Carbon Footprint and Responsibilities of AI Scientists. Philosophies. 7(1): 4.

참고문헌(II)

학술 문헌

D. J. Fagnant & K. Kockelman. 2015. Preparing a nation for autonomous vehicles: opportunities, barriers and policy recommendations. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 77: 167-181.

P. M. Bosch, F. Becker, H. Becker, K. W. Axhausen. 2018. Cost-based analysis of autonomous mobility services. Transport Policy, 64: 76-91.

강선준, 원유형, 박한준, 박성욱, 정석호. 2017. 4차 산업혁명 관련 규제수단 분석 및 발전방향에 관한 정책적 검토. 한국기술혁신학회 학술대회: 1393-1412.

고형석, 노은희, 고인수, 한경석. 2020. 기업의 빅데이터 활용의도에 미치는 영향요인 연구. 정보기술아키텍처 연구, 172: 85-102.

권헌영, 김경열, 김나연. 2013. 위험사회에서의 빅데이터 활용과 잊힐 권리의 보장에 관한 고찰. 공법연구, 414: 185-207.

권혁동, 심민주, 임세진, 강예준, 서화정. 2022. 양자내성 블록체인에 관한 기술적 동향. 정보보호학회지, 321: 7-17.

김경동. 2019. 4차 산업혁명의 도래와 윤리규범에 대한 소고. 법학연구, 193: 325-352.

김경동. 2021. 4차 산업혁명과 윤리규범을 위한 AI알고리즘 규제연구: 국가행정과 지방자치를 위한 지능정보화의 방향. 한국지방자치연구, 232: 23-48.

김근혜. 2017. 제4차 산업혁명에 대응하기 위한 정부의 규제 방식 전환에 관한 연구. 서울행정학회 학술대회 발표논문집: 95-118.

김기봉, 한군희. 2020. 4차 산업혁명시대의 디지털 헬스케어 산업에 대한 연구. 융합정보논문지, 103: 7-15.

김상배. 2018. 4차 산업혁명의 국제정치학: 주요국의 담론과 전략, 제도. 세계정치, 28: 11-52.

김선경, 최종명, 문지현, 최소은, 이영호. 2020. 의료취약 지역의 응급환자를 위한 확장현실 기반 원격의료 기술 동향. 정보과학회지, 385: 27-35.

김성태, 김형철. 2015. 클라우드 컴퓨팅 발전과 개선방향. In Proceedings of KIIT Conference: 111-113.

김세윤. 2020. 제4차 산업혁명의 일자리 영향에 대한 실증적 연구: 미국 상장기업 종업원수 증감추이 분석. 한국과 국제사회, 45: 203-230.

김정수, 서정한, 김종우. 2013. 클라우드 컴퓨팅 활성화에 관한 사회적 트랜드 분석 연구. 한국지능정보시스템학회 학술대회논문집: 113-120.

김준희, 한의진, 김예영. 2017. 생명자원으로서의 합성생물학에 대한 고찰과 전망. 생명자원연구, 25: 1-12.

김진영, 허완규. 2018. 제4차 산업혁명시대 인문사회학적 쟁점과 과제에 관한 연구. 한국디지털정책학회논문지, 1611: 137-147.

김택수, 최준호. 2019. 자율주행 운전 방식의 인지된 개인화가 신뢰도와 이용의도에 미치는 영향. 한국디지털콘텐츠학회 논문지, 203: 587-596.

김현성. 2012. 빅데이터시대에서 정보기술 패러다임의 변화와 스마트정부의 공공정보 활용방안. 현대사회와 행정, 223: 277-302.

김현창. 2015. 3D 프린팅이 사회⌧ 경제에 미치는 영향에 관한 연구. Journal of Digital Convergence, 137: 23-31.

김홍배, 안효정. 2018. 인공지능 기술의 항공우주분야 적용사례. 한국항공우주학회 학술발표회 초록집: 339-340.

박근수. 2015. 스마트헬스케어서비스 활성화 방안 연구. e-비즈니스연구, 166: 169-188.

박상영. 2021. 4차산업혁명 시대 정치참여 양상의 변화와 시민교육적 함의. 사회과교육연구, 282: 1-15.

박준홍, 이준상. 2019. 3D 프린터 소비자의 지각된 인식과 사용자 특성이 지각된 가치와 지속사용 의도에 미치는 영향. 한국정보통신학회논문지, 236: 697-703.

서영호. 2020. 포스트 코로나 시대를 위한 인공지능 기술. Broadcasting and Media Magazine, 254: 35-45.

서용윤. 2017. 데이터 분석 기반 미래 신기술의 사회적 위험 예측과 위험성 평가. 한국안전학회지, 323: 83-89

서현승, 김민준, 정창무, 김현정. 2020. 자율주행 자동차의 상용화가 상업 공간구조에 미치는 영향. 부동산학연구, 264: 93-110.

선화, 김현덕. 2019. 블록체인 기술이 물류산업에 미치는 영향에 관한 연구. e-비즈니스연구, 203: 137-148.

송봉규. 2019. 제4차 산업혁명기술과 범죄에 대한 탐색적 연구. 한국테러학회보, 122: 73-98.

송석현, 이삼열, 신열, 이재용. 2017. 한국의 공공데이터 개방 정책의 효과에 대한 연구: 생태계 관점에서. 한국지역정보화학회지, 204: 1-34.

송태민, 장상현. 2011. u-Healthcare 이슈 및 연구동향. 보건복지포럼, 171: 70-86.

신광수. 2021. 스마트시티와 함께 가속화되는 스마트헬스케어 기술. KIPE Magazine, 264: 36-40.

심민석. 2019. 로봇과 인공지능AI의 법적, 윤리적 입법방안에 관한 연구. 비교법연구, 192: 43-84.

엄효진, 이명진. 2020. 인공지능AI 기반 지능정보사회 시대의 노동시장 변화: 경제사회학적 접근을 중심으로. 정보사회와 미디어, 212: 1-20.

오병기. 2018. 우리나라 지역별 4차 산업혁명 대응지수 격차에 관한 분석과 거시정책적 시사점. 산업경제연구, 311: 275-292.

윤현중, 최정민. 2018. 기술변화와 인적자원개발: 4차 산업혁명과 그 변화를 중심으로. 인적자원개발연구, 214: 263-298.

윤희숙. 2017. 한국의 소득불평등 추이와 논의, 그리고 4 차 산업혁명 등 미래 변화의 대비. 응용경제, 194: 5-41.

이경주, 김은영. 2020. 플랫폼 서비스 혁신에 있어 인공지능 AI 의 역할과 효과에 관한 연구: 카카오 그룹의 인공지능 활용 사례 연구. 지식경영연구, 211: 175-195.

이동민. 2020. 자율주행자동차 도입과 지역교통 정책방향. 국토, 469: 37-42.

이명호. 2019. 자동화 기술의 발달에 따른 미래사회 시나리오. 미래연구, 41: 5-44.

이상엽, 이동규. 2020. 인공지능AI의 경제적 영향과 향후 정책방향에 대한 시사점: 조세 및 사회보장제도를 중심으로. 조세연구, 203: 61-88.

이성우. 2020. 4차 산업혁명과 국제정치적 구조변화. 국제지역연구, 244: 87-110.

이은미. 2015. 빅데이터의 정부 의사결정 반영에 관한 탐색적 연구-사회적 관심의 재난위기단계 적용을 중심으로. 한국정책학회보, 244: 491-512.

이일호. 2015. 독일의 사물인터넷 그 현실과 미래. 지역정보화, 90: 115-120.

이재승. 2019. 4차 산업혁명시대, 왜 윤리인가?. 인문사회21, 104: 1385-1394.

이정수, 박민정, 민정탁, 박명준, 손동섭. 2021. 국내 로봇산업이 지역경제에 미치는 영향에 관한 연구. 한국산학기술학회 논문지, 2210: 174-186.

이정현, 남진. 2021. 스마트시티 생활서비스의 지역적 특성과 결핍지역 분석 : 서울시 행정동을 중심으로. 국토계획, 565: 30-43.

이지나. 2019. 공유경제 현황과 활성화 방안에 대한 연구. 고려대학교 대학원 석사학위논문.

이지혜, 장형식, 박영일. 2018. 자율주행자동차의 사회 수용에 미치는 영향 요인과 정책적 시사점. 기술혁신학회지, 212: 715-737.

이진석. 2010. 바이오에너지 기술의 현황과 전망. The Magazine of the Society of Air-Conditioning and Refrigerating Engineers of Korea, 391: 39-44.

이홍재, 차용진. 2018. 제4차 산업혁명 위험분석: 위험인식 및 정책적 함의. 한국정책과학학회보, 223: 1-20

장이랑. 2018. 제4차 산업혁명 기술의 실현 가능성과 고용영향의 인식 및 영향 관계. 중앙대학교 대학원 박사학위논문.

장창호, 장재용, 송재민. 2018. 자율주행 차량의 도입과 공유가 도시공간에 미치는 영향 분석: 주차수요를 중심으로. 국토연구, 99: 151-169.

정남지. 2016. 제4차 산업혁명과 도시경제. 도시문제, 51572: 30-33.

정순채. 2016. 4차 산업혁명의 요소기술이 융합된 드론의 보안규제 및 영상추적에 대한 연구. 서울과학기술대학교 대학원 박사학위논문.

정재혁. 2021. 4차 산업혁명에 따른 미래 일자리 예측에 관한 연구. 인하대학교 대학원 박사학위논문.

정진명. 2019. 블록체인 기술과 개인정보 보호의 법률문제. 법조, 682: 248-280.

정창록. 2017. 의료분야 유전기술의 발전에 따른 도덕적 정당성 논쟁에 대한 고찰: 체세포복제줄기세포연구· 유전자가위기술· 인간게놈합성프로젝트를 중심으로. 생명, 윤리와 정책, 11: 79-108.

정화민, 이상윤. 2019. 국내기업의 빅데이터 이용의도에 미치는 영향요인 분석: 공공데이터 활용여부를 기준으로. 한국산학기술학회 논문지, 2010: 478-485.

조수진, 김수민, 박모경, 김한나. 2022. 디지털 헬스케어 보험 관련 최근 법률 개정과 쟁점: 유전자 차별의 관점에서. 한국의료법학회지, 301: 123-140.

지현아. 2020. 로봇윤리roboethics의 도덕교육적 적용 방안 연구. 서울대학교 대학원 박사학위논문.

최경, 김미희. 2016. 사물인터넷과 클라우드 컴퓨팅의 융합에 대한 연구. 한국콘텐츠학회논문지, 165: 1-12.

최병삼. 2016. [신기술과 산업 지형의 변화 ②] 3D 프린팅. 과학기술정책, 265: 24-31.

허준, 정연균. 2017. 드론을 이용한 범죄 및 드론을 활용한 범죄예방. 한국공안행정학회보, 263: 357-382.

보고서

4차산업혁명위원회. 2022. 디지털전환 시대 비대면 진료의 미래 정책세미나 자료집. 서울: 대통령직속 4차산업혁명위원회.

Amiibesheli, M. 2016. Towards dementia-friendly smart homes - researchgate. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/304538744_Towards_Dementia-Friendly_Smart_Homes

Appleton, J. 2022. How can smart cities improve urban public health? The Global Smart City Knowledge Center. Retrieved from https://hub.beesmart.city/en/strategy/how-can-smart-cities-improve-urban-public-health

Bum-Hyun Lee et al. 2021. Smart city services catalogue. Seoul: Presidential Committee on New Southern Policy.

EMBRAIN. 2013. 2013 모바일 헬스케어 관련 조사. 서울: 엠브레인.

Lalonde M. A. 1974. New Perspective on the Health of Canadians. Ottawa, Ontario, Canada: Minister of Supply and Services.

Marikyan, D. 2019. A systematic review of the smart home literature: A user perspective. Retrieved from https://fardapaper.ir/mohavaha/uploads/2018/12/Fardapaper-A-systematic-review-of-the-smart-home-literature-A-user-perspective.pdf

McKeown, T. 1976. The role of medicine: Dream, mirage, or nemesis? London: Nuffield Provincial Hospitals Trust.

Mckinsey&Company. 2013. The Big-Data Revolution in Healthcare.: Accelerating Value and Innovation

OECD. 2011. OECD Guidelines for Multinational Enterprises, Paris: OECD Publishing. http://dx.doi.org/10.1787/9789264115415-en

OECD. 2016. OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2016, Paris: OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/sti_in_outlook-2016-en

OECD. 2018. OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2018: Adapting to Technological and Societal Disruption, Paris: OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/sti_in_outlook-2018-en

OECD. 2021. Technology and Innovation Outlook 2021: Times of Crisis and Opportunity. Paris: OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/75f79015-en

The EU Platform on Sustainable Finance. 2022. Final Report on Social Taxonomy. The EU Platform on Sustainable Finance.

Vadillo, M. 2017. The role of smart homes in Intelligent Homecare and healthcare environments. Ambient Assisted Living and Enhanced Living Environments, 345-394. https://doi.org/10.1016/b978-0-12-805195-5.00014-4

World Economic Forum. 2022. The Global Risks Report 2022: Insight Report. Cologny and Geneva: World Economic Forum.

과학기술정보통신부. 2017. (혁신성장을 위한 사람 중심의) 4차 산업혁명 대응계획 I-KOREA 4.0. 서울: 대통령직속 4차산업혁명위원회

과학기술정보통신부. 2020. 2021년도 정부연구개발 투자방향 및 기준(안). 서울: 과학기술정보통신부

관계부처 합동. 2016. 제4차 산업혁명에 대응한 「지능정보사회 중장기 종합대책」. 관계부처 합동.

관계부처 합동. 2021. K-ESG 가이드라인 v1.0. 관계부처 합동.

국토교통부. 2020. 스마트시티 통합플랫폼 기반구축. 세종: 국토교통부

기초과학연구원. 2014. 말 많은 양자컴퓨터, 오해와 사실. IBS Newsletter 24. 대전: 기초과학연구원.

김동진 외. 2021. 2030 미래사회 변화 및 사이버위협 전망 연구. 전남: 한국인터넷진흥원.

김선배. 2017. 4차 산업혁명과 스마트 지역혁신: 정책모형과 추진전략. 세종: 산업연구원.

김영수. 2016. 제4차 산업혁명, 학교 교육을 어떻게 변화시킬까? 충북: 한국교육과정평가원

김은지 외. 2021. 일본의 ESG 대응 전략 분석과 시사점. 서울: 대한무역투자진흥공사.

김지은 외. 2020. 디지털 헬스 산업 분석 및 전망 연구. 충북: 한국보건산업진흥원.

김학래, 손지성. 2018. 공공데이터 공유 및 활용을 위한 범정부 지식플랫폼 연구. 대전: 한국과학기술정보연구원

문명재 외. 2019. 미래의 급격한 기술발전과 공공서비스 패러다임 변화. 서울: 국회미래연구원

이광형 외. 2015. 미래이슈 분석 보고서. 서울: 미래창조과학부 미래준비위원회

박미성 외. 2019. 식품산업의 푸드테크 적용 실태와 과제-대체축산식품과 3D 식품 프린팅을 중심으로. 한국농촌경제연구원 기본연구보고서. 나주: 한국농촌경제연구원.

산업통상자원부. 2015. 스마트 헬스케어 산업 활성화 방안과 바이오분야 산업엔진 프로젝트

서기환, 오창화. 2020. 가상국토 구현을 위한 디지털트윈 정책방향. 세종: 국토연구원.

서울연구원. 2020. 서울시 스마트시티 주요사업 실태와 발전방안. 서울연구원 정책리포트. 서울: 서울연구원.

전종홍. 2018. 스마트 헬스케어 의료기기 기술·표준 전략 보고서. 충북: 식품의약품안전평가원.

안현식. 2018. 4차산업 시대의 대학의 혁신과 지역발전. 서울: 국가교육회의.

이다은 외. 2021. 美 NIC Global Trends 2040으로 본 미래 시나리오와 시사점. 세종: 과학기술정책연구원.

이삼열. 2021. 우리나라 과학기술행정체제 이력 분석 연구. 충북: 한국과학기술기획평가원.

이설영 외. 2022. 서울특별시 자율주행자동차 시범운행지구 성과 평가 및 비전 수립 학술용역. 서울: 서울기술연구원.

이성우 외. 2019. 4차 산업혁명에 따른 정치 패러다임의 변화: 시민사회, 정부, 국제관계에 대한 영향. 경기: 경기연구원.

이영성, 배영임. 2018. 스마트포용도시를 위한 방향과 전략. GRI 포커스. 경기: 경기연구원.

이원태 외. 2018. 4차산업혁명시대 산업별 인공지능 윤리의 이슈분석 및 정책적 대응방안 연구. 충북: 정보통신정책연구원.

이정원 외. 2007. 미래 경제사회 전망과 과학기술 비전. 서울: 과학기술정책연구원.

이종원 외. 2017. 스마트 헬스케어 서비스 분야 도입사례 분석집. 충북: 정보통신산업진흥원.

이준, 이상미. 2019. 과학기술 한계 극복의 길을 여는 양자컴퓨터: 양자컴퓨터 R&D 현황과 정책. KISTI ISSUE BRIEF, 11. 대전: 한국과학기술정보연구원.

장병규. 2019. 4차 산업혁명 대정부 권고안 APPENDIX. 서울: 대통령직속 4차산업혁명위원회.

장윤종. 2016. 4차 산업혁명과 한국산업의 과제. 세종: 산업연구원.

전국경제인연합회, 김앤장. 2021. 글로벌 기준으로 본 ESG 경영 사례집: 분야별 국내외 ESG 사례. 서울: 전국경제인연합회·김앤장.

이준영. 2019. 5G 시대, 디지털 헬스케어 동향. 충북: 정보통신산업진흥원.

정삼철 외. 2015. 드론산업 발전 동향과 활용 사례. 미래기획 연구총서. 청주: 충북발전연구원.

정우성 외. (2017). 4차 산업혁명에 대응하는 국토정책 추진전략. 세종: 국토연구원

정유신 외. (2017). 4차 산업혁명과 헬스케어산업 활성화. 4차 산업혁명과 헬스케어산업 활성화 정책세미나 자료집. 서울: 보험연구원.

정의진 외. (2020). 제6회 과학기술예측조사 연구(1차년도): 미래이슈 분석. 충북: 한국과학기술기획평가원

정의진 외. (2021). 2045년을 향한 미래사회전망과 핵심 이슈 심층분석. 충북: 한국과학기술기획평가원.

정현학 외. (2016). 4차 산업혁명과 보건산업 패러다임의 변화. 충북: 한국보건산업진흥원.

조성은 외. (2021). 코로나 이후 디지털 전환과 경제·사회 미래전망. 세종: 경제·인문사회연구회.

조용운 외. (2014). 건강생활관리서비스 사업모형 연구. 보험연구원.

조윤정. (2016). 스마트 헬스케어의 부상에서 찾아야 할 기회요인. 서울: KDB 산업은행.

채재병. (2021). 사이버안보의 국제정치적 추세와 한국의 전략구상. 서울: 국가안보전략연구원.

최계영. (2017). 4차 산업혁명과 ICT. 충북: 정보통신정책연구원.

최문정 외. 2021. 미래 불확실성에 대응하는 환경변화 탐색 및 대응방안 연구(Ⅱ). 충북: 한국과학기술기획평가원.

한지아, 김은정. 2020. [KISTEP 기술동향브리프] 스마트 헬스케어. 충북: 한국과학기술기획평가원.

염지원, 오기환. 2021. 코로나19 이후 급부상하고 있는 디지털헬스산업. 경기: 한국바이오협회

한상범 외. 2021. 글로벌 ESG 동향 및 국가의 전략적 역할. 세종: 대외경제정책연구원.

황원식 외. 2017. 4차 산업혁명 시대의 신성장동력, 스마트헬스케어산업. 세종: 산업연구원.

대중도서

H. Lipson & M. Kurman. (2017). 넥스트 모바일: 자율주행 혁명 (박세연 역). 서울: 더퀘스트.

Matthias Horx. (2014). 메가 트렌드 2045 (배진아 역). 서울: 한국경제신문.

Mitsumura Naoki. (2019). 미래의 핵심 기술. 서울: 정보문화사.

김미경 외. (2022). 세븐 테크. 파주: 웅진지식하우스.

김석준. (2021). 6G 이동통신의 이해. 서울: 커뮤니케이션북스

박영숙, 제롬 글랜. (2017). 세계미래보고서 2030-2050. 서울: 교보문고.

박영숙, 제롬 글렌. (2015). 유엔미래보고서 2045. 서울: 교보문고.

박영숙, 제롬 글렌. (2016). 세계미래보고서 2050. 서울: 교보문고.

박영숙, 제롬 글렌. (2019). 세계미래보고서 2020. 서울: 비즈니스북스.

박의서. (2019). 생활을 변화시키는 블록체인. 서울: 영진닷컴.

최인혁 외. (2018). 4차 산업혁명 6개의 미래지도. 서울: 북새통.

심재우. (2021). 메타버스 트렌드 2025. 서울: 글라이더.

제롬 글렌, 박영숙. (2017). 세계미래보고서 2018. 서울: 비즈니스북스.

카메이 타쿠야. (2020). 5G 이동통신 비즈니스. 파주: DK로드.

기타자료

국토교통부, https://www.molit.go.kr/

대한민국 정책브리핑, https://www.korea.kr/

WHO, https://www.who.int/

삼성 헬스[웹사이트]. (2022.02.20). URL: https://www.samsung.com/sec/apps/samsung-health/

SK DT KeepWell[웹사이트]. (2022.02.20). URL: https://skdt.co.kr/keepwell/

김경진. "한국, 스마트폰 보유율 세계 1위… 세대 간 격차도 최저", 중앙일보, 2019.02.18. URL: https://www.joongang.co.kr/article/23377911

스마트도시 조성 및 산업진흥 등에 관한 법률 제2조 제1항

통계청. (2022.01). 주민등록인구 현황.

통계청. (2020). 2020년 고령자 통계

국민건강보험공단. (2020). 2020년 건강보험주요통계

연세대학교 연구 필진

구분	성명	소속	직위
책임연구원	김갑성	연세대 도시공학과	교수
연구원	이연호	연세대 정치외교학과	교수
연구원	문명재	연세대 행정학과	교수
연구원	김진희	연세대 도시공학과	교수
연구보조원	정민승	연세대 도시공학과	석박사통합과정
연구보조원	이상원	연세대 도시공학과	석박사통합과정
연구보조원	이재형	연세대 도시공학과	석박사통합과정
연구보조원	정다정	연세대 행정학과	박사과정
연구보조원	박예종	연세대 행정학과	박사과정
연구보조원	선우정	연세대 도시공학과	박사과정
연구보조원	이소정	연세대 도시공학과	석사과정
연구보조원	장설화	연세대 도시공학과	석사과정
자문위원	김종태	연세대학교	교수
자문위원	노철영	서울대학교	교수
자문위원	민병원	이화여자대학교	교수
자문위원	박윤미	이화여자대학교	교수
자문위원	박희준	연세대학교	교수
자문위원	신현욱	㈜KT	부장
자문위원	양희승	연세대학교	교수
자문위원	엄석진	서울대학교	교수
자문위원	우병원	연세대학교	교수
자문위원	은종환	상지대학교	교수
자문위원	이명호	태재연구재단	자문위원
자문위원	이상훈	연세대학교	교수
자문위원	이영성	서울대학교	교수
자문위원	이제승	서울대학교	교수
자문위원	이희정	서울시립대학교	교수
자문위원	진희선	연세대학교	교수
자문위원	황성수	영남대학교	교수
자문위원	황창호	군산대학교	교수

4차산업혁명 기술로 인한
미래사회 영향 연구

발행일	2023년 5월
발행처	사회적가치연구원(CSES) www.cses.re.kr
기획 및 담당	김태린 책임
보고서 출간	ESG협력팀 박영주 팀장, 최소연 책임, 오지은 RA
연구·집필	연세대학교
제작	내일날씨 www.goodnalc.co.kr
ISBN	979-11-979214-0-7(95330)

이 책은 저작권법에 따라 보호받는 저작물이므로, 이 책에 실린 내용의 무단 전재와 무단 복제를 금합니다.