

빅데이터 분석을 활용한 스마트팩토리 연구 동향 분석

이은지* · 조철호**†

* 연세대학교 글로벌인재대학

** 대구한의대학교 경영학과

Analysis of Smart Factory Research Trends Based on Big Data Analysis

Lee, Eun-Ji* · Cho, Chul-Ho**†

* Global Leaders College, Yonsei University

** Dept. of Business Management, Daegu Haany University

ABSTRACT

Purpose: The purpose of this paper is to present implications by analyzing research trends on smart factories by text analysis and visual analysis(Comprehensive/ Fields / Years-based) which are big data analyses, by collecting data based on previous studies on smart factories.

Methods: For the collection of analysis data, deep learning was used in the integrated search on the Academic Research Information Service (www.riss.kr) to search for “SMART FACTORY” and “Smart Factory” as search terms, and the titles and Korean abstracts were scrapped out of the extracted paper and they are organize ○ into EXCEL. For the final step, 739 papers derived were analyzed using the Rx64 4.0.2 program and Rstudio using text mining, one of the big data analysis techniques, and Word Cloud for visualization.

Results: The results of this study are as follows; Smart factory research slowed down from 2005 to 2014, but until 2019, research increased rapidly. According to the analysis by fields, smart factories were studied in the order of engineering, social science, and complex science. There were many ‘engineering’ fields in the early stages of smart factories, and research was expanded to ‘social science’. In particular, since 2015, it has been studied in various disciplines such as ‘complex studies’. Overall, in keyword analysis, the keywords such as ‘technology’, ‘data’, and ‘analysis’ are most likely to appear, and it was analyzed that there were some differences by fields and years.

Conclusion: Government support and expert support for smart factories should be activated, and researches on technology-based strategies are needed. In the future, it is necessary to take various approaches to smart factories. If researches are conducted in consideration of the environment or energy, it is judged that bigger implications can be presented.

Key Words: Smart Factory, Big Data, Text Mining, Word Cloud

● Received 5 November 2021, 1st revised 16 November 2021, accepted 17 November 2021

† Corresponding Author(chcho@dhu.ac.kr)

© 2021, Korean Society for Quality Management

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-Commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited

1. 서론

한국은행 자료에 따르면 제조업은 2017년 기준 국내총생산의 29.5%, 2018년 기준, 29.2%를 차지하고 있어 경제 성장의 견인차 역할을 담당하고 있다. 그러나 세계 경제의 불확실성에 대한 지속적인 증가와 국내 경기침체로 어려움에 봉착하고 있다. 이러한 제조업의 문제를 해결하기 위해 세계 각국은 제조혁신을 위한 투자와 정책 수립을 계속하고 있다. 제조업과 ICT융합으로 경쟁력이 강화되는 4차 산업혁명이 가속화되면서 각국의 제조업은 스마트 팩토리 구축을 통한 맞춤형 유연 생산 체제로 생산방식이 전환되고 있다. 또한 스마트팩토리는 제조업 경쟁력 강화를 위해 필수적인 방식으로 변화되고 있다.

스마트팩토리의 시장규모는 범위가 넓어서 정확히 산출하기는 어려우나, 사업의 중요성을 인식하여 여러 전문 시장조사 기관에서 시장규모를 추정하여 발표하고 있다. Markets and Markets(2017)의 조사에 의하면 세계 스마트팩토리 시장규모는 2016년 1,210억 달러에서 연평균 9% 성장하여 2020년 1,713억 달러에 이르는 것으로 나타났으며, 2017년에서 2022년 사이에 연평균 9.3% 성장하여 2022년에는 205.42억 달러에 달할 것으로 예상하는데 산업용 로봇의 채택 증가, IoT의 진화, 스마트 자동화 솔루션에 대한 수요 증가, 규정 준수에 대한 강조되고 있는 것이 증가하는 주요 동인이 될 것으로 전망했다. 골드만삭스(2016)는 “스마트팩토리 도입으로 기업들이 공장 당 평균 10~15%의 비용 절감 효과를 거둘 수 있으며, 전 세계적으로 5,000~6,500억 달러의 잠재적 경제 효과가 있다.”고 발표했다. 또한 골드만삭스(2016)는 스마트팩토리 핵심 기술을 ‘제품 라이프사이클 관리(PLM), 산업용 사물인터넷(IoT), 협동로봇(Cobot), 3D 프린팅, 무인운반차(Automatic Guided Vehicle: AGV), RFID’ 등으로 정의하였으며, 이 중 IoT와 PLM의 비중이 약 88% 차지하는 것을 제시하였다(조혜지, 김용균, 2018).

컨설팅 기업인 딜로이트(2021)는 3년 주기로 발표하는 ‘세계 제조 경쟁력 지수’에서 독일, 중국에 이어 한국이 ‘세계 3위’로 나타났다. 스마트 팩토리 분야에서 ERP, SCM, MES 등의 애플리케이션 기술은 이미 성숙하였으나 3D 프린팅, 로봇, 머신비전, 사물인터넷 등 디바이스 신기술들이 기술은 지속적으로 확산되고 있다(정보통신기술진흥센터, 2018; 김상문, 2019). 특히 개별 산업별로 스마트팩토리를 보면, MES가 2017년에서 2022년 사이에 가장 높은 속도로 성장할 것으로 예상했으며, 다양한 프로세스 및 개별 산업 분야에서 비용 효율적인 MES 솔루션을 사용할 수 있게 됨으로써 중소기업 부문에서도 성장할 것으로 예상하였다(김형철, 2019). 스마트팩토리의 국내시장 규모는 2015년 32.1억 달러이며 지속적인 성장으로 2020년 78억3000달러에서 2022년 127억6000만달러로 커진다. 연간 12.2%의 성장률로 이는 아시아 지역에서 중국에 이어 두 번째로 높은 성장률을 달성하고 있다고 볼 수 있다. 중소제조업체들은 지속적인 혁신활동을 통해 변화하는 경영 및 제조환경에 능동적으로 대응하고 고객의 다양한 니즈를 충족시키기 위해 생산 시스템을 유연화하는 등 생존을 위해 노력하고 있다. 정부는 고용확대와 경제성장의 기초가 되는 중소·중견 제조기업의 경쟁력 강화를 위해 다양하고 지속적인 지원 정책을 펼치고 있어 향후 스마트팩토리의 신규 보급 및 확산은 대기업에서 중소기업에 이르기까지 폭넓게 확산할 것으로 예상된다(김형철, 2019).

스마트팩토리에 대한 시장 규모가 커짐에 따라 이에 대한 연구가 지속적으로 이뤄지고 있음을 알 수 있다. 기존의 연구는 2005년부터 시작하여 최근까지 연구가 증가되고 있다. 하지만 10년 이상이 지난 지금 스마트팩토리에 대한 전반적인 연구는 다소 미흡하다고 볼 수 있으며, 대부분 5년 중심이거나 구체적인 분야별 연구는 부족하다는 것을 알 수 있었다. 이에 본 연구에서는 스마트팩토리에 대한 연구를 바탕으로 동향을 살펴보고자 한다. 즉 본 연구의 목적은 첫째, 스마트팩토리와 빅데이터 분석에 대한 전반적인 연구 동향 및 선행연구를 한다. 둘째, 빅데이터분석을 통해 스마트팩토리 연구에 대한 텍스트분석 및 시각적분석을 실시한다. 셋째, 스마트팩토리 분야별 연구 현황을 통한 전략적 방향을 제시하고자 한다.

2. 이론적 배경 및 선행연구

2.1 스마트팩토리 개념 및 선행연구

스마트팩토리(smart factory)는 ‘Industry 4.0 제조영역에서 디지털 기술을 기반으로 한 새로운 가치 창조’를 의미한다. 스마트팩토리는 “Forth Industrial Revolution”, “Digital Factory”, “Digital Manufacturing”, “Interconnected Factory”, “Integrated Industry”, “Production 4.0”, “Human-Machine Cooperation” 등으로 정의되어진다(고경석, 2020; Won and Park, 2020). 스마트팩토리는 사용자 및 다른 기계와 통신하는 산업 장비, 자동화된 프로세스 및 메커니즘을 활용하여 공장과 시장 간 실시간 소통을 촉진하여 동적 적응을 지원하고 효율성을 극대화하는 것이다(고경석, 2020; Sjödin et al., 2018).

스마트팩토리는 4차 산업혁명이 대두되면서 제조업의 경쟁력을 갖기 위해 ICT기술을 활용한 스마트팩토리화를 추진하고 있다. 독일의 경우 Industry 4.0기반 스마트팩토리 전략을 추진하고 있으며, 제조설비와 IoT(Internet of Things) 및 CPS(Cyber Physical System)을 융합한 맞춤형 유연생산과 제조공정 시뮬레이션을 개발하여 지속적으로 운영하고자 한다. 미국은 ‘첨단제조기술(Advanced Manufacturing Technology)전략’을 추진하였으며, 중국은 ‘중국 제조 2025 전략추진’을 발표하여 소재·부품·공정·산업기술 등 4대 기반산업 강화를 위한 중장기 계획에 따른 스마트팩토리를 진행하고 있다. 일본의 경우 스마트팩토리에 대한 인프라 혁신과 표준화에 투자를 하여 제조에 대한 중흥프로그램을 전략으로 추진하고 있다. 국내의 경우 2015년 ‘제조업 혁신 3.0’정책을 시작으로 산업통상자원부와 민관이 합동하여 스마트공장 추진단을 중심으로 운영되고 있으며, ‘스마트제조기술 R&D 로드맵’ 전략을 바탕으로 스마트팩토리화를 추진하고 있다. 특히 스마트센서, 사이버물리시스템(CPS), 3D프린팅, 에너지절감, 사물인터넷(loTT), 빅데이터(Big Data), 클라우드 컴퓨팅, 홀로그램의 8대 기반기술을 기반으로 스마트팩토리 기술 확보에 노력하고 있다(고경석, 2020).

스마트팩토리에 관한 연구는 점점 증가되고 있다. 스마트팩토리에 관한 연구는 현재 초기단계로써 향후 연구가 지속된다면 우리나라 경제성장에 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 스마트팩토리에 관한 연구는 기술 및 사례연구와 성과에 관한 연구가 대부분이었다. 스마트팩토리의 기술적인 부분에 관한 연구로서 김상문(2019)의 연구에서는 MES, ERP, SCM과 같은 소프트웨어 또는 로봇, IoT, RFID, 센서 등 하드웨어 관련 기술 적용의 효과를 성과분석과 관련하여 스마트 팩토리 수용의도에 영향을 주는 요인 및 경영성과를 연구하였다. 광민홍(2019)은 스마트팩토리의 기술적 요인인 IoT, ICT, Big Data, AI, MES, ERP 등이 생산성과, 품질성과 및 재무적 성과에 미치는 영향 관계를 연구하였으며, 명상일(2018)은 IoT 기반 스마트 팩토리 자동화관리 시스템에 관한 연구를 통해 스마트팩토리의 기술적 요인과 관련한 연구를 수행하였다. 권세인(2019)은 중소기업제조업을 대상으로 스마트팩토리 도입의 핵심 성공 요인에 관한 연구를 하였으며, 오주환(2019)은 스마트팩토리의 구축 목적과 지속적 사용의도에 관한 연구를 통해 스마트팩토리 구축 목적을 생산성 및 유연성 향상에 두고 이들 요인이 설비 자동화, 업무 자동화, 생산프로세스의 재구축, 생산프로세스의 점진적 개선, 내·외부통합 등이 스마트 팩토리 지속사용 의도에 미치는 영향을 연구하였다. 전략 및 사례를 바탕으로 전략을 제시한 스마트팩토리 논문도 이뤄지고 있다. 조지훈과 신완선(2019)은 중소기업을 위한 스마트공장 도입 준비도 진단체계 및 적용사례를 연구하였다. 윤영호 외 7인(2020)은 스마트공장의 공급기업의 설문조사를 바탕으로 스마트공장에 대한 성과연구를 통해 정책을 제언하였다. 이 외에도 다수의 연구가 스마트팩토리 도입의 효과 또는 성과와 관련하여 수행되었다.

또한 최근에는 이를 종합하여 분석한 연구동향 분석이 이뤄지고 있다. 양현립과 장태우(2016)는 학술지 초록 분

석을 활용해 국내 스마트팩토리에 관한 연구 트렌드를 탐색하였다. 이는 국내동향을 처음으로 살펴볼 수 있는 논문으로 의의가 있었다. 신재훈(2018)은 스마트팩토리의 보안요인에 대한 연구동향을 분석하였으며, 국내 논문뿐만 아니라 해외 논문의 데이터까지 함께 살펴보았다는 점에서 의미가 있었다. 조은누리과 장태호(2018)는 스마트제조 기술 동향을 파악하기 위해서 네이버(naver) 뉴스 기사를 바탕으로 트렌드를 분석하였으며, 권정흠과 이호(2019)는 빅카인드의 뉴스데이터를 기반으로 동향을 살펴보았다. 이상복(2019)은 텍스트 마이닝 처리를 이용하여 품질경영학회 연구동향을 분석하였다. UURINTUYA BAYARSAIKHAN(2021)은 스마트팩토리에 관한 텍스트 마이닝 분석을 통해 연구동향을 연도별로 살펴보았다. 다양한 접근을 통해 스마트팩토리에 관한 전반적인 흐름을 보여주고 있다는 점에서 큰 의의가 있다고 볼 수 있다. 다만 초반에는 연구 동향에서 기술적인 측면과 보안에 대한 논문이 연구되었고, 1년 또는 2년의 데이터만을 적용했기 때문에 일반화하기가 어려웠을 수 있다. 그리고 뉴스데이터를 기반으로 동향을 살펴보았다는 부분이 있으며, 최근에 분석한 부분에서는 텍스트 분석 및 5년간의 데이터를 살펴보았다는 점에서 의의가 있다. 하지만 본 연구에서 최근 2020년까지의 데이터를 반영하여 분석한다는 점과 연도별뿐만 아니라 분야별로 스마트팩토리의 연구 동향을 살펴본다면 스마트팩토리의 변화 과정 및 전략을 살펴볼 수 있다는 점에서 의의가 있다고 볼 수 있다. 따라서 본 연구에서는 스마트팩토리에 대한 전반적인 연구동향을 살펴본 후 빅데이터분석을 적용하여 전반적인 연구 및 분야별 현황을 파악하여 향후 전략적 방향성을 제시하고자 한다.

2.2 빅데이터 분석에 관한 스마트팩토리 개념 및 선행연구

빅데이터(Big Data: BD)는 디지털 환경에서 생성되는 데이터로 그 규모가 방대하고 생산 주기가 짧고, 수치 데이터인 정형데이터뿐만 아니라 문자와 영상 데이터 등 비정형데이터를 포함한 테라바이트(Terabyte) 이상의 대규모 데이터양을 의미한다. 빅데이터에 대한 정의는 다양하게 정의내려지고 있다. McKinsey(2011)는 “빅데이터를 일반적인 데이터베이스 소프트웨어가 수집, 저장, 관리, 분석할 수 있는 범위를 초과하는 대규모의 데이터”라고 정의하였다. IDC(2011)는 빅데이터 기술을 “다양한 데이터로 구성된 방대한 양의 데이터로부터 고속 캡처, 데이터 탐색 및 분석을 통해 경제적으로 필요한 가치를 추출할 수 있도록 디자인된 차세대 기술과 아키텍처”라고 정의하고 있다. Gartner(2011)은 “대용량(Volume) 데이터를 다양한 형태(Variety)와 빠른 속도(Velocity)로 가치(Value) 있는 정보를 만들어 낼 수 있는 데이터”로 정의한다(김성현 외, 2017; Wang et al., 2018). 김계수(2015) “다양한 데이터, 많은 양, 저장 속도 등이 기존과 완전히 다른 새로운 정보환경”을 의미하였다. 빅데이터의 특징은 4V1C로 데이터의 양(Volume), 데이터 생성속도(Velocity), 형태의 다양성(Variety), 데이터의 가치(Value) 그리고 복잡성(Complexity)으로 기술한다.

빅데이터의 중요성이 부각되면서 빅데이터 관련 시장도 큰 폭으로 성장하고 있다. 국내 빅데이터 시장은 2023년까지 연평균 성장률이 11.2% 성장하면서 2조 5,962억원의 규모에 달할 것으로 전망하고 있다. 2016년 이후 매년 10% 이상의 높은 성장세가 보이는 것으로 나타났다(한국 IDC, 2021; 김강원, 2017). 빅데이터가 생산효율을 증대시킬 수 있다면 어떤 부분에서 활용 가능한지 확인이 필요하다. 우선 제조 현장에서 취합할 수 있는 센서와 기계, 장비 간의 방대한 데이터 수집에 활용할 수 있다(이유미, 2017). 현재 센서기술의 발달로 제조 설비 및 부품, 제품에 센서를 부착하여 제품이 생산되는 전 과정을 모니터링 할 수 있고 이를 통해 방대한 데이터를 수집 및 분석하여 생산에 활용이 가능하다(이훈해, 2013).

스마트팩토리에서 빅데이터는 매우 중요한 역할을 하고 있으며 전반적인 스마트팩토리에서 빅데이터에 관련된 연구는 제조과정에서 발생하는 빅데이터를 중심으로 분석하여 스마트팩토리에 반영하는 형태의 연구가 이뤄지고 있다. 오주환(2019)은 제조 빅데이터의 분석 및 활용은 최적의 생산 프로세스의 구축, 생산성 및 품질개선, 생산 리드 타임

단축 등과 같은 측면에서 생산 프로세스를 재구축할 수 있게 함으로써 작업 방법의 효과성, 생산성 및 품질성과, 신제품 성과와 같은 항목들을 실시간으로 모니터링하여 생산 프로세스의 점진적 개선을 달성하게 해줄 수 있다는 것을 연구하였다. 또한 스마트팩토리 구축에서 외부통합을 통해 공급자, 제조업자, 유통업자 등의 외부 가치사슬 단계들의 공동협력과 통합을 이끌어내는 연구를 진행하였으며(신장철 외, 2017; 조용주, 2017; Veza, Mladinero, Gjeldum, 2015), Wang, Wan, Li and Zhang(2016)은 스마트팩토리 구현을 위한 내부통합이 기술적으로 제조 현장의 액추에이터 및 센서, 설비제어, 생산관리, 기획, 제품 수주, 판매 등과 같은 기업 내부의 서브시스템들의 포함을 필요로 한다고 설명하였다. 빅데이터 기술 적용 분야는 각종 연구 개발부터 마케팅, 서비스 등에서 활발하게 활용되고 있으며, 제조 현장에서 나오는 많은 양의 데이터 적용 기회는 매우 다양하다. 실제로 제조기업을 대상으로 조사한 결과, 향후 제조업 운영 및 관리 방법을 바꾸는데 가장 큰 영향을 미치는 요소로 68%가 빅데이터 분석으로 응답했다. 그만큼 빅데이터는 제조 산업 발전에 있어 유용한 수단이라 할 수 있다(유영남, 2016).

본 연구에서 빅데이터 분석은 기존의 연구논문들을 바탕으로 빅데이터를 활용하여 이에 대한 시사점을 제시하는데 활용되어졌다. 이와 같은 빅데이터와 관련된 연구는 최근까지 활발하게 이뤄지고 있으며, 다양한 분야에서 이뤄지고 있다. 초기에는 기술 위주의 연구가 대부분이었으며 최근에는 통합된 연구로 이뤄지고 있다. 조수곤과 김성범(2012)은 출판된 논문들 중 제목과 초록이 존재하는 연구논문들을 바탕으로 데이터마이닝 기법으로 빅데이터에 대해 분석하였으며, 산업공학의 현황과 추이를 파악하였다. 정용복과 박의섭(2015)은 학술지 게재 논문을 바탕으로 텍스트 마이닝으로 분석하여 주요 연구 동향, 시계열 트렌드, 상관관계 등을 분석하였다. 황동열과 황고은(2016)은 의미연결망 분석으로 인문 콘텐츠 분야의 변화과정을 제시하였다. 안주영과 안규빈 그리고 송민(2016)은 키워드 ‘에볼라’를 중심으로 뉴스기사와 매체 간의 관계를 텍스트 데이터를 이용하여 다양한 관점을 제시하였다. 육동인(2017)은 직업학 분야를 “직업”과 “진로” 주제어 텍스트마이닝 분석을 실시하여 연구동향을 파악하였다. 권미분(2017)은 “관광레저연구”에 대해 코퍼스(corpus, 말뭉치)생성으로 관광학에 대한 연구의 동향을 살펴보았다. 장남경과 김민정(2017)은 국내 패션 디자인분야에 대한 연구동향을 실시하였다. 김동남, 홍금석, 고진환, 전정환(2017)은 항공 연구 자료를 토대로 Topic modeling과 Network analysis를 분석하였다. 전지영(2019)은 “빅데이터” 핵심어 관련 국내 연구 동향 분석을 실시하였으며, 분야별, 연도별 비교 분석을 실시하여 연구의 방향성을 제시하였다.

본 연구에서도 “스마트팩토리(Smart Factory)”, “스마트공장”과 관련된 핵심어를 통해 연구동향을 살펴보고자 하며, 빅데이터 분석인 텍스트 마이닝을 통해 전체적인 부분과 분야별 부분을 구분하여 “제목”과 “초록”에 관련된 빈출키워드 분석을 실시하고 시각화 분석인 워드클라우드를 통해 이를 확인해보고자 한다. 본 연구를 위한 연구방법과 연구결과를 제시해보고자 한다.

3. 연구방법

본 연구는 스마트팩토리의 연구데이터를 바탕으로 빅데이터 분석을 통해 현황을 파악하고 시사점을 제시하고자 한다. 분석 데이터의 수집은 학술연구정보서비스(www.riss.kr)사이트의 통합검색에서 딥러닝을 사용하여 “SMART FACTORY”, “smart factory”, “스마트팩토리”, “스마트공장”을 검색어로 검색을 하였으며, 추출된 논문에서 제목과 국문초록을 scraping하여 EXCEL로 정리하였다. 2021.03.15일 기준으로 검색되어진 2020년까지의 논문을 중심으로 수집하였다. 수집된 논문은 총 1,095건의 논문이 도출되었으며, 논문이 중복되거나 연관성이 없거나, 한글이나 영문초록이 없는 경우를 삭제하여 1차 995건의 논문을 정리하였으며, 최종적으로 739건의 논문을 선정하였다. 스마트팩토리 관련 논문들은 2005년도에 처음 등장하였으며, 논문의 수가 타 주제에 비하여 많지는 않았다. 하지만 10년

이상 지속된 연구를 바탕으로 최신 연구까지 포함하여 연구를 한다는 것은 의의가 있다고 볼 수 있다. 본 논문에서 분석방법은 다음과 같다.

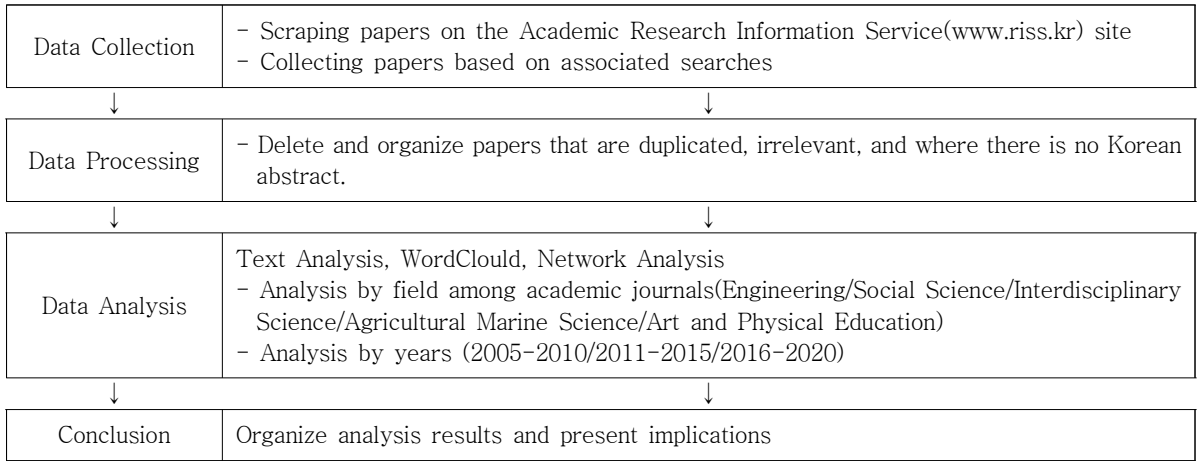


Figure 1. Research Method

스마트팩토리 논문유형별 현황을 살펴보고 분야별 논문 동향을 분석하였으며, 연도별 논문유형의 변화를 분석하여 연구 동향을 파악하였다. 분석패키지는 R x64 4.0.2프로그램과 Rstudio를 사용하였으며 KoNLP, gplot, word-cloud 등 패키지로 분석하였다. 분석방법은 빅데이터 분석 기법 중 하나인 텍스트마이닝(Text Mining)을 적용하여 분석을 실시하였으며, 시각화를 위해 워드클라우드(Word Cloud)를 사용하였다. 텍스트 형태인 제목과 초록에서 특수문자, 숫자 등의 불필요한 부분을 제거하였고 명사만을 추출하였다. 논문 제목 및 초록의 명사별 출현 빈도를 텍스트 마이닝 분석을 통해 분석하였다. 이를 통해 현재 스마트팩토리에 대한 연구의 동향을 살펴보고 주제 분야별과 연도별 분석을 다음과 같은 연구주제를 바탕으로 향후 연구방향을 제시해보고자 한다.

- 연구주제1. 스마트팩토리에 대한 선행연구와 논문 현황을 살펴본다.
- 연구주제2. 연구된 논문의 제목과 국문초록의 빈출키워드와 워드클라우드를 분석한다.
- 연구주제3. 연구된 논문의 국문초록에 대한 분야별/연도별 빈출키워드와 워드클라우드를 분석한다.

4. 분석결과

스마트팩토리에 대한 연구의 동향을 살펴보고 유용한 시사점을 제시하고자 하였다. 본 연구의 주제에 대한 주요 결과는 다음과 같다.

4.1 전체 분석결과

4.1.1 ‘스마트팩토리’ 일반 논문 현황

연도별 ‘스마트팩토리’에 관한 논문현황을 살펴보았다. 약 15년간(2005~2020년) 국내 주요 학술지에 게재된 “스마트팩토리(smart factory)” 관련 연구는 아래의 Figure2. 와 같다. 전반적으로 스마트팩토리에 관한 연구는 2005

년부터 2014년까지는 연구가 주춤하다가 2015년부터 연구가 급격히 증가하는 것을 알 수 있다. 이는 국내 기술력의 발전과 IT의 발전으로 함께 접목되면서 급격하게 증가된 것을 볼 수 있다. 2020년 코로나로 인해 경제가 전반적으로 주춤하고 있는 상태이긴 하지만 스마트팩토리에 관한 연구는 지속될 것으로 예상된다.

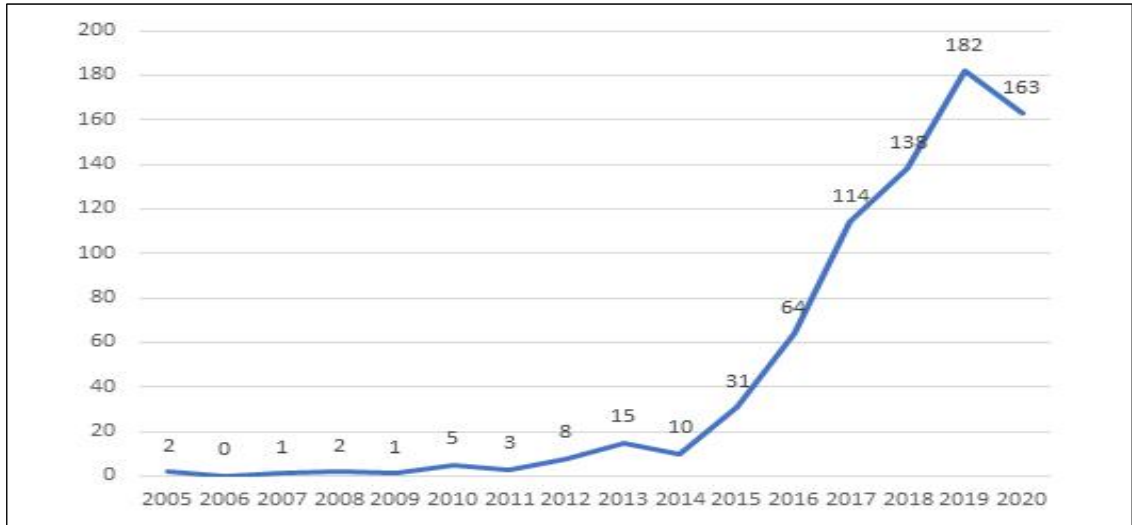


Figure 2. status of papers by year

분야별 논문을 연구한 결과 다음 Table1.과 같이 나타났다. 공학분야(Engineering)가 58.6%로 가장 많았으며, 사회과학(Social Science, 24.2%), 복합학(Interdisciplinary Science, 11.4%), 농수해양학(Agricultural Marine Science, 1.6%), 예술체육학(Art and Physical Education, 1.1%)순으로 나타났으며, 향후 분야별 분석에서는 여기서 분석된 상위 5위를 바탕으로 분석하고자 한다.

Table 1. Survey Configuration

Ran k	Field	Number of paper	Ratio	Ran k	Field	Number of paper	Ratio
1	Engineering	433	58.6	7	Business Economy	5	0.7
2	Social Science	179	24.2	8	Humanities	5	0.7
3	Interdisciplinary Science	84	11.4	9	Natural Science	4	0.5
4	Agricultural Marine Science	12	1.6	10	Human Science	1	0.1
5	Art and Physical Education	8	1.1	11	Chemistry	1	0.1
6	Agricultural	7	0.9	Total		739 (100%)	

연도별 분야에 따른 논문을 분석한 결과 Figure 3과 같으며, 스마트팩토리 연구 초반부터 공학관련 연구가 진행되었으며, 2011년이 되면서 공학에서 확장되어 사회과학에서 연구가 나타난다. 2015년 이후 다양한 분야의 연구가 이뤄졌으며, 2016년부터 복합학과 연관된 연구가 시작된다.

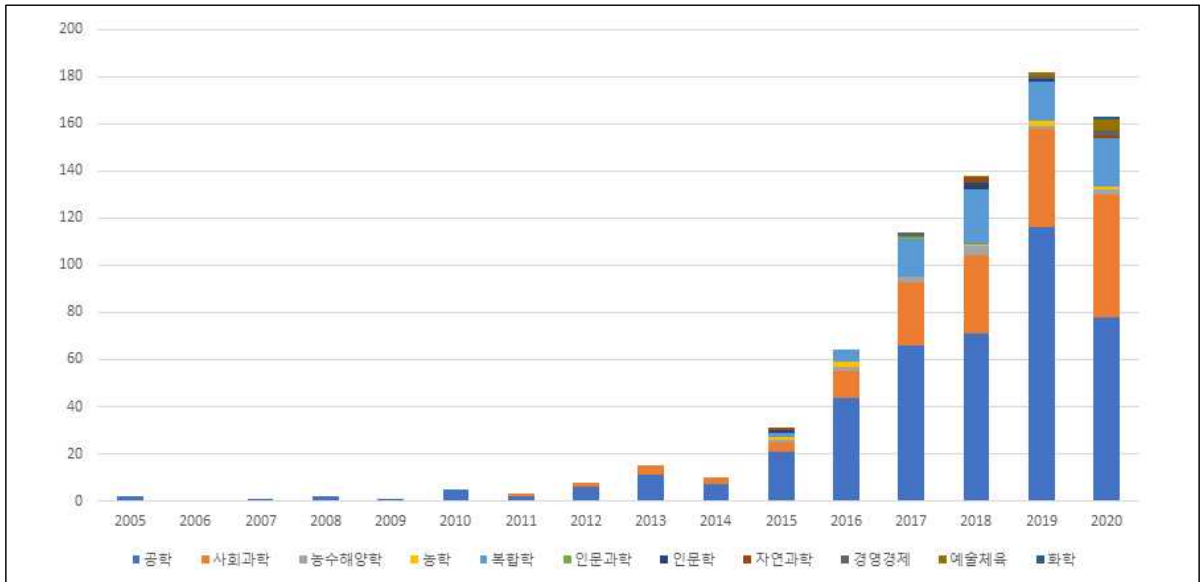


Figure 3. status of papers by year by field

전체 분석 중 제목에 관련 키워드 분석결과 ‘기술’, ‘데이터’, ‘분석’, ‘제조’, ‘이용’, ‘중소기업’, ‘산업혁명’, ‘IoT’등이 키워드 빈도가 높은 것으로 분석되었다.

No.	word	freq	No.	word	freq	No.	word	freq
1	기술	64	18	사물	25		정책	
2	데이터	52		인터넷			국내	16
3	분석	50	20	모니터링	24		동향	
	제조			보안			로봇	
5	이용	48	22	개발	23	39	서비스	
6	중소기업	47		관리			실시간	
7	산업혁명	46	24	제조업		41	중소	
8	IoT	43		모델	22		디지털	15
9	시대	35	26	자동화			영향	
10	환경	34		사례	21	44	제4차	
11	설계	33	28	혁신		45	가상	14
12	기업	32		설비	20	46	빅데이터	
13	플랫폼	32		센서		47	전략	
14	산업	30	31	생산	18	48	강화	13
15	도입	27		요인		49	무선	
16	공정	26	33	품질		50	방안	
	네트워크			ICT	17			



Figure 4. frequency keyword analysis and wordcloud about title

전체 분석 중 국문초록에 관련 분석결과 ‘기술’, ‘시스템’, ‘데이터’, ‘산업’, ‘분석’, ‘기업’, ‘제조’, ‘개발’, ‘산업혁명’, ‘생산’ 등의 키워드 빈도가 높은 것으로 분석되었다.

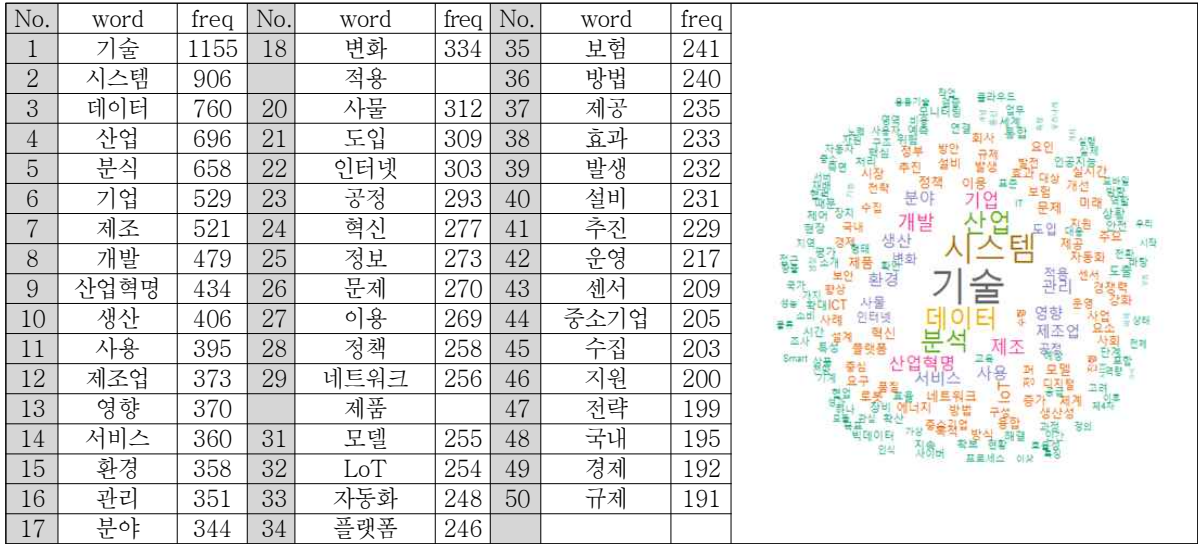


Figure 5. frequency keyword analysis and wordcloud about korean abstract

4.2 분야별 분석결과

분야별의 경우 총 11개의 분야 중에서 Top 5인 공학(Engineering), 사회과학(Social Science), 복합학 (Interdisciplinary Science), 농수해양학(Agricultural Marine Science), 예술체육학(Art and Physical Education) 을 중심으로 국문초록을 분석하여 살펴보도록 한다.

4.2.1 공학(Engineering)

공학 관련 분석결과 ‘기술’, ‘데이터’, ‘분석’, ‘산업’, ‘제조’, ‘생산’, ‘개발’, ‘사용’, ‘공정’, ‘관리’ 등이 키워드 빈도가 높은 것으로 나타났다.

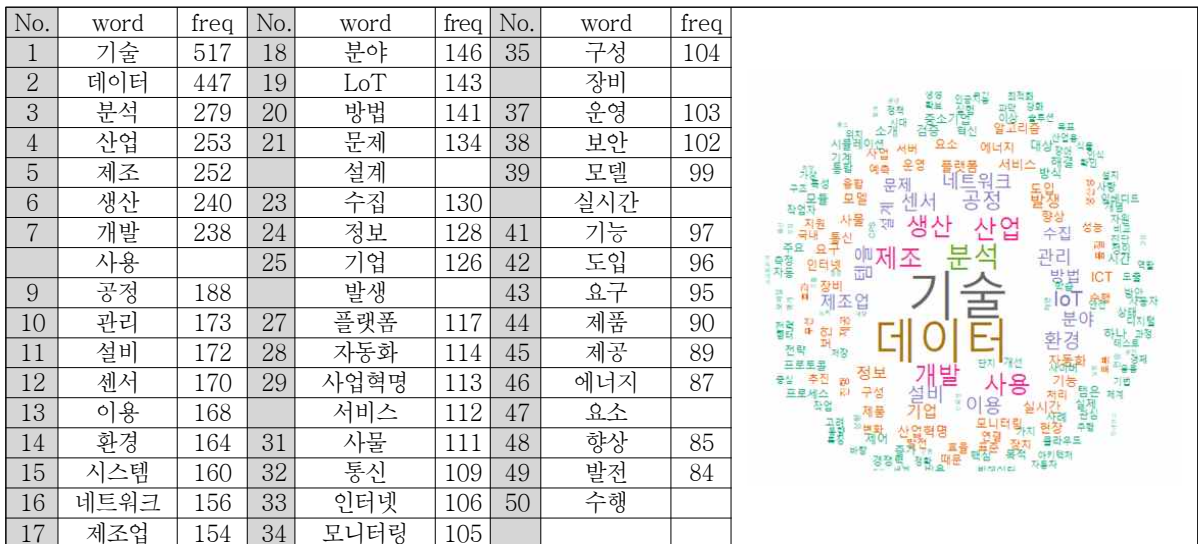


Figure 6. frequency keyword analysis and wordcloud about korean abstract of engineering

4.2.2 사회과학(Social Science)

사회과학 관련 분야 분석결과 ‘기술’, ‘산업’, ‘기업’, ‘산업혁명’, ‘보험’, ‘분석’, ‘변화’, ‘서비스’, ‘사물’, ‘규제’ 등이 키워드 빈도가 높은 것으로 분석되었다.

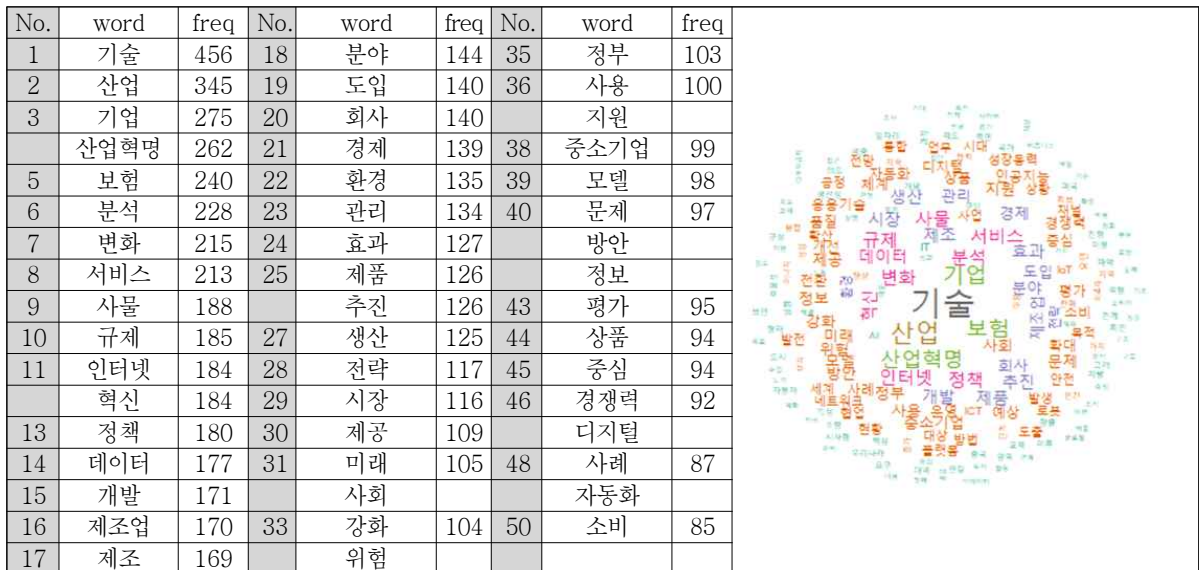


Figure 7. frequency keyword analysis and wordcloud about korean abstract of social science

4.2.3 복합학(Interdisciplinary Science)

복합학 관련 분석결과 ‘기술’, ‘데이터’, ‘분석’, ‘기업’, ‘제조’, ‘산업’, ‘도입’, ‘관리’, ‘모델’, ‘산업혁명’ 등이 키워드 빈도가 높은 것으로 분석되었다.

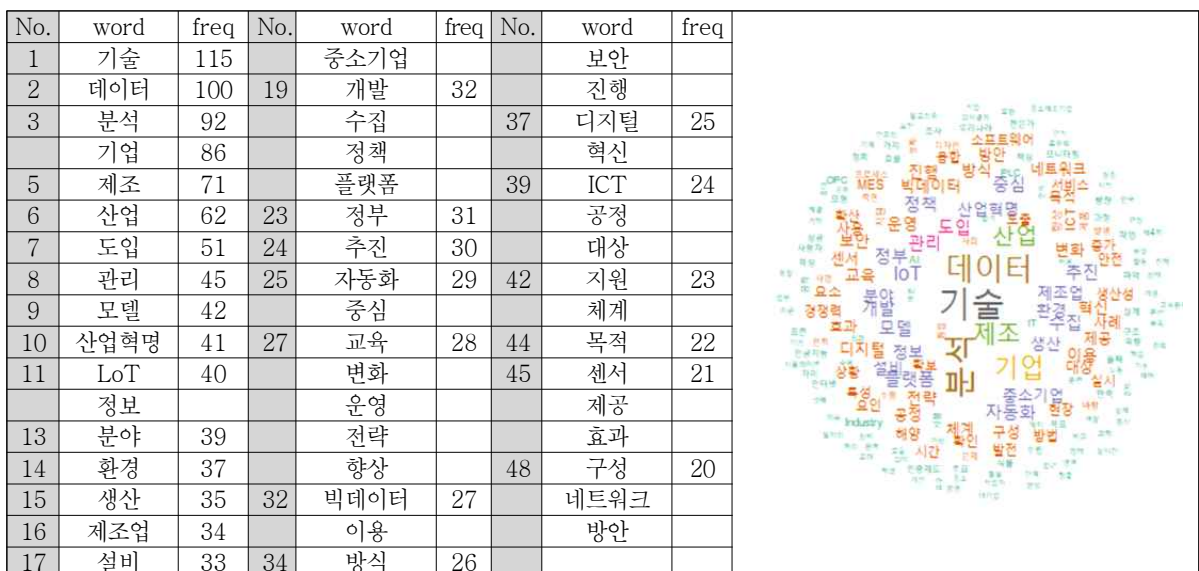


Figure 8. frequency keyword analysis and wordcloud about korean abstract of interdisciplinary science

4.2.4 농수해양학(Agricultural Marine Science)

분야별 분석 중 농수해양학 관련 분석결과는 ‘온실’, ‘농가’, ‘환경’, ‘물류’, ‘재배’, ‘기업’, ‘기술’, ‘전체’, ‘요인’, ‘평가’ 등이 키워드 빈도가 높은 것으로 나타났다.

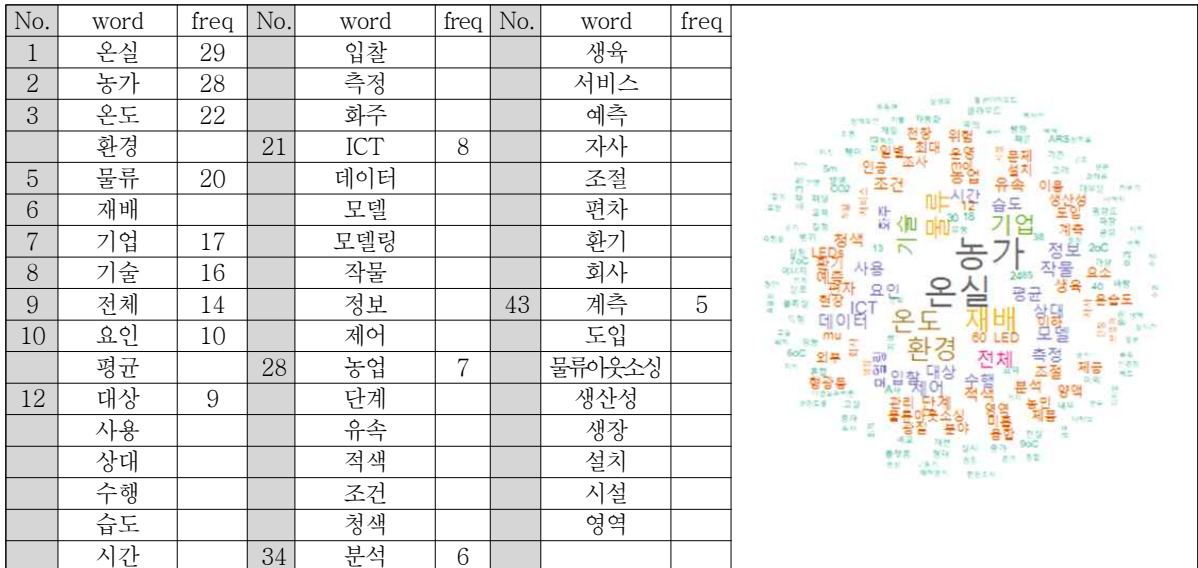


Figure 9. frequency keyword analysis and wordcloud about korean abstract of agricultural marine science

4.2.5 예술체육학(Art and Physical Education)

예술체육학 관련 분석결과 ‘분석’, ‘인터페이스’, ‘제조’, ‘사용’, ‘플랫폼’, ‘데이터’, ‘사용자’, ‘디바이스’, ‘디자인’, ‘기업’ 등이 키워드 빈도가 높은 것으로 분석되었다.

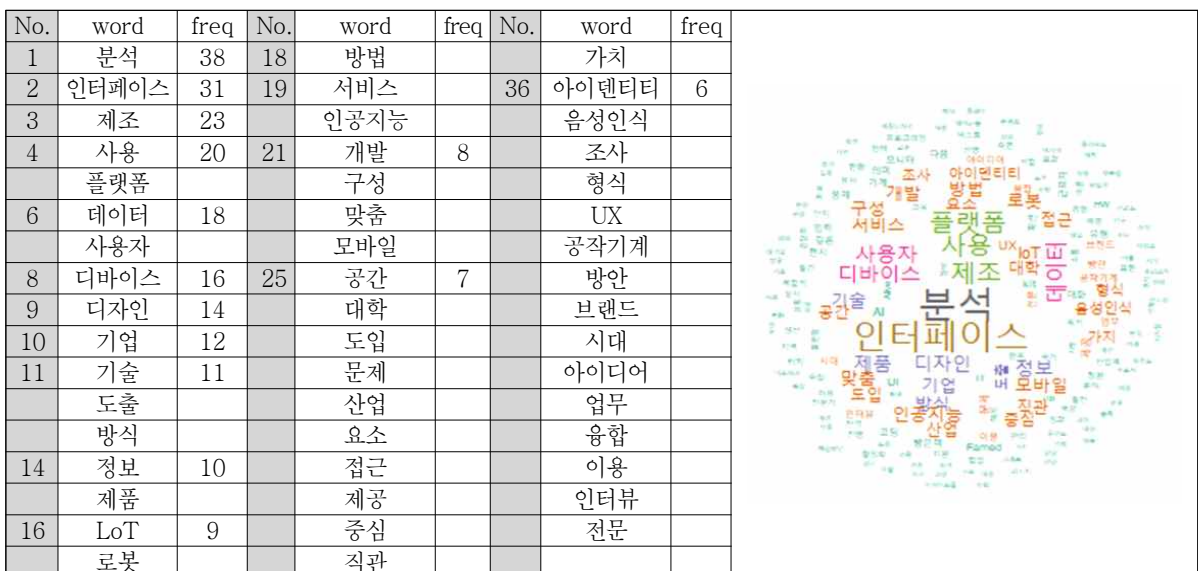


Figure 10. frequency keyword analysis and wordcloud about korean abstract of art and physical education

4.3 연도별 분석결과

4.3.1 2005년 ~ 2010년

2005년에서 2010년 관련 분석결과 ‘밸브’, ‘임베디드’, ‘기능’, ‘네트워크’, ‘센서’, ‘이용’, ‘사용’, ‘기술’, ‘전력’, ‘제어’ 등의 키워드 빈도가 높은 것으로 분석되었다.

No.	word	freq	No.	word	freq	No.	word	freq
1	밸브	24		인터페이스		35	공정	4
2	임베디드	16	19	그리드	5		기계	
3	기능	13		단말			메인	
4	네트워크	12		디지털			모듈	
5	센서	11		모바일			발전	
	이용			문제			부품공급	
7	사용	10		변위			사용자	
8	기술	9		부팅			상황	
9	전력	8		설비			서버	
	제어			성능			소비	
11	개발	7		시간			수요	
	설계			요구			업체	
	정보			운영			연결	
	증강			유비			운영체제	
	파일럿			자원			프로그램	
	현실			작동			효율	
17	비례	6		쿼터				

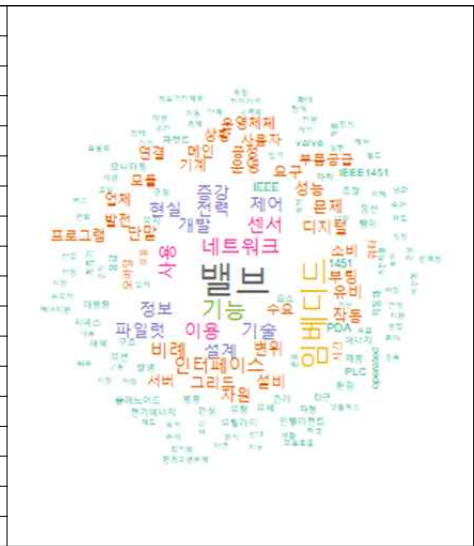


Figure 11. frequency keyword analysis and wordcloud about korean abstract of 2005-2010

4.3.2 2011년 ~ 2015년

2011년에서 2015년 관련 분석결과 ‘기술’, ‘생산’, ‘산업’, ‘사물’, ‘인터넷’, ‘개발’, ‘제조업’, ‘제조’, ‘사업’, ‘서비스’ 등 키워드 빈도가 높은 것으로 나타났다.

No.	word	freq	No.	word	freq	No.	word	freq
1	기술	150		식물			공정	
2	생산	90		융합			자동화	
3	산업	89	20	기업	31		정책	
4	사물	84		정보			향상	
	인터넷		22	사용	30		혁신	
6	개발	59	23	플랫폼	29	40	ICT	21
7	제조업	48	24	분야	28		IT	
8	제조	41		이용			구성	
9	사업	40	26	네트워크	27		변화	
10	서비스	37	27	진행	26		자원	
11	추진	36	28	경제	24	45	대응	20
12	에너지	35		발생			동향	
13	단지	34		온도			모바일	
	환경		31	기능	23		제품	
15	관리	32		기초		49	대상	19
	문제			작물			분석	
	성장		34	개념	22			

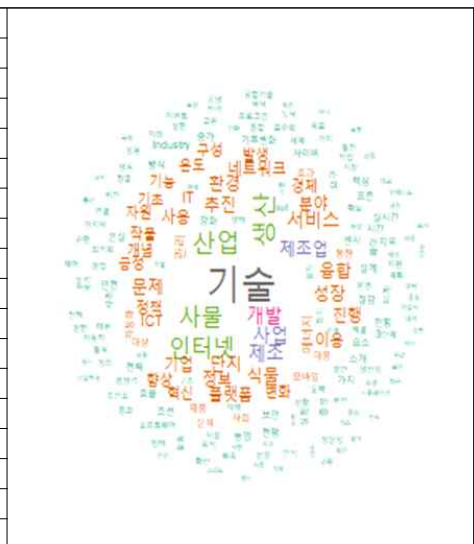


Figure 12. frequency keyword analysis and wordcloud about korean abstract of 2011-2015

리를 정립하기 위해 정책이나 규제, 혁신에 기반을 마련하였다. 또한 향후 다양한 학문과 통합하여 연구되었으며, 교육이나 각 전문분야에도 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

연도별 분석결과, 2005년부터 2010년 스마트팩토리 연구초반에는 ‘밸브’, ‘임베디드’, ‘기능’, ‘네트워크’, ‘센서’와 같은 기본 기술에 관한 연구가 중심으로 연구되어졌다. 2011년부터 2015년에는 ‘기술’, ‘생산’, ‘산업’, ‘사물’, ‘인터넷’, ‘개발’, ‘제조업’, ‘서비스’와 같은 성과와 기술력에 관한 연구가 이뤄진 것을 알 수 있으며, 2016년부터 2020년까지는 ‘기술’, ‘데이터’, ‘기업’, ‘분석’, ‘환경’, ‘관리’ 등 기존에 누적되어온 데이터를 바탕으로 이를 분석하는 연구들이 증가된 것을 알 수 있다. 성과 및 산업의 변화에 맞춰서 연구가 이뤄지고 있는 것을 알 수 있었다. 즉, 2005년부터 2010년 스마트팩토리 연구 초반에는 기술력과 자동화에 따른 연구에 초점을 두었으며 2011년부터 2015년에는 국내 기술과 산업이 발전되면서 사물인터넷(IoT), 자동화에 초점을 두었으며, 서비스 및 환경에도 연구가 확장된 것을 알 수 있다. 2016년부터 2020년까지는 기존에 누적되어온 데이터를 바탕으로 이를 분석하는 연구들이 증가되었으며, 성과 및 산업의 변화에 맞춰서 연구가 이뤄지고 있는 것을 알 수 있다.

전략적 시사점으로는 다음과 같다. 첫째, 정부의 지원과 전문가 지원이 활성화되어야 한다. 스마트팩토리가 전문화와 증가가 이뤄지면서 이에 대한 전문가의 필요성이 점점 증가되고 있다. 최근 코로나 시대와 로봇의 발전으로 스마트팩토리는 더욱 증가될 것으로 예상되고 있다. 이에 대한 구체적인 정부의 지원과 전문성이 발전될 수 있는 전문가 지원이 활성화되어야 한다. 둘째, 기술력을 바탕으로 한 전략이 필요하다. 스마트팩토리 중반 정립을 위한 규제와 정책에 관련된 연구가 있었으나 최근 스마트팩토리가 성장함에 따라 국내 기술력을 바탕으로 정부의 정책과 기업의 전략이 함께 갈 수 있는 방향을 제시하고 있다. 셋째, 스마트팩토리에 대한 분야를 다양하게 접근해볼 필요가 있다. 현재까지는 제조업에서의 기술을 바탕으로 대부분 연구가 되어 있으나 최근에는 농업, 과학 등의 다양한 분야에 대한 접근이 실시되고 있다. 환경이나 에너지를 고려한 연구도 함께 시행한다면 더 큰 시사점을 제시할 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구는 스마트팩토리에 관한 10년 이상의 연구를 종합적으로 살펴보았다는 점에서 큰 의의가 있으며, 특히 분야별/연도별로 키워드를 분석하였다는 점에서 의미가 있었다. 그럼에도 불구하고 본 연구에서는 키워드 분석은 실시하였지만 분석의 다양화가 부족하였다. 향후 연관성 분석 및 군집분석을 통해 스마트팩토리에 대한 영향력을 살펴본다면 더 의의가 있을 것으로 판단된다. 또한 국내 연구만 분석해보았기 때문에 향후에 해외 연구를 포함한다면 더 많은 트렌드 및 흐름을 살펴볼 수 있으며 전략적 시사점을 비교하여 제시할 수 있을 것으로 판단된다. 향후에는 더 많은 데이터로 스마트팩토리 적용에 관한 연구가 필요하다.

REFERENCES

- Ann, Juyoung, Ahn, Kyubin, and Song, Min. 2016. Text Mining Driven Content Analysis of Ebola on News Media and Scientific Publications. *Journal of the Korean Library and Information Science* 50(2):289-307.
- Cho Hyeji and Kim, Yongkyun. 2018. Smart Factory Technology and Industry Trends. Institute for Information and Communications Technology Promotion 15-25.
- Cho, Jihoon and Shin, Wanseon. 2019. Developing a Framework for Assessing Smart Factory Readiness of SMEs and Case Study. *Journal of Korean Society for Quality Management* 47(1):1-15.
- Cho, Sugon and Kim, Seoungbum. 2012. Finding Meaningful Pattern of Key Words in IIE Transactions Using Text Mining. *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers* 38(1):67-73.

- Cho, Yongju. 2017. Strategies for promoting domestic smart factories in the era of the 4th industrial revolution. *Communications of the Korean Institute of Information Scientists and Engineers* 35(6):40-48.
- Gil, Hyeongcheol. 2019. An Empirical Study on Adoption Factor and Performance Analysis of Smart Factory through Technical Acceptance Model, PhD diss., University of Hansung.
- Guang, Mongauck. 2019. Big Data, Korea Software Engineers Association Big Data Strategy Research Institute.
- Hwang, Dongryul and Hwang, Goeun. 2016. Examining of Semantic Map of Humanities Contents through Semantic Network Analysis. *Korea Humanities Content Society* 0(43):229-255.
- James, M. and Michael, C. 2011. Big Data: The next frontier for innovation, competition, and productivity, McKinsey Global Institute. <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/big-data-the-next-frontier-for-innovation>(accessed on 10 June 2020).
- Jang, Namkyung and Kim, Minjeong. 2017. Research Trend Analysis in Fashion Design Studies in Korea using Topic Modeling. *Journal of digital convergence* 15(6):415-423.
- Jeon, Jiyoung. 2019. A Study of Korea Big Data Research Trends Using Big Data Analysis. Master's Thesis, University of Hanbat.
- Joeunnuri and Chang, Taeho. 2018. Topic modeling analysis to understand trends in smart manufacturing technology, *The Korean Institute of Industrial Engineers A collection of papers from the Autumn Conference* 2018(11):837-864.
- Jointly with related ministries. 2015. Manufacturing Innovation 3.0 Strategy Action Measures.
- Jung, Yongbok and Park, Euseob. 2015. Keyword Analysis of Two SCI Journals on Rock Engineering by using Text Mining. *Korean Society for Rock Mechanics and Rock Engineering* 25(4):303-319.
- Kim Hyungchul. 2014. An Empirical Study on the financial characteristic by the growth stage of small and medium-sized enterprise. Master's degree, University of Mokpo.
- Kim, Dongnam, Hong, Kumsuk, Koh, Jinhwan, and Jeon, Jeonghwan. 2017. Analysing the Research Trend of Aerospace Field. *Industrial Development Institute* 33(4):193-226.
- Kim, Gangwon. 2017. Big data technology learned in practice. Data collection, loading, processing, analysis, and machine learning. WikiBooks.
- Kim, Gyesoo. 2015. Big Data Analysis and Meta Analysis. Hanarae.
- Kim, Sangmoon. 2018. The influence of the consultant's competence on the participation and reuse of the clients. *Journal of SME finance* 38(1):3-26.
- Kim, Sangmoon. 2019. An Empirical Study on the Smart Factory Acceptance Intension and Management Performance of Big Data-based Small and Medium Sized Manufacturing Companies. Master's degree, University of Hansung.
- Kim, Sunghyun, Chang Sokho, and Lee Sangwon. 2017. *Digital Convergence Research* 15(6):133-143.
- Kwak, Minhong. 2019. An Analytical Study on Business Performances According to the Application of Smart Factory Core Technology: Focusing on the application level and the variables affecting business performances. Master's degree, Seoul National University of Science and Technology.
- Kwon, Jounghuem and Lee Ho. 2019. A Study on Trends and Perceptions in Smart Factory: News Network Analysis. *Korean Society of Knowledge and Information Technology* 14(6):605-614.
- Kwon, Miboon. 2017. A Corpus Analysis of the Lexical Characteristics of Tourism Research Paper Abstracts and the Research Trends. *Journal of Language Sciences* 24(3):1-21.
- Kwon, Sein. 2019. An Empirical Study of Critical Success Factors for Implementation of Smart Factory and Firm Performance: Focused on Small and Medium-Sized Manufacturing Firms. PhD diss., University of Dankook.
- Lee, Hoonhye. 2013. A plan to utilize big data to strengthen manufacturing competitiveness, Korea Institute for Industrial Economics and Trade(KIET). ISSUE PAPER.

- Lee, Yumi. 2017. Research of Big Data system for Smart Factory. Master's Thesis, University of Korea Aerospace.
- Markets and Markets. 2017. Smart Factory Market by Technology(DCS, PLC, MES, ERP, SCADA, PAM, HMI, PLM), Component(Sensors, Industrial Robots, Machine Vision Systems, Industrial 3D Printing), End-User Industry, and Region. Global Forecast to 2022.
- Myung, Sangil. 2018. A Study on the Establishment of Smart Factory Automation Management System based on IoT. PhD diss., University of Tongmyong.
- Oh, Juhwan. 2019. A Study on Strategic Utilization of Smart Factory: Effects of Building Purposes and Contents on Continuous Usage Intention. PhD diss., University of Chungbuk.
- Ree, Sangbok. 2019. Analysis of Research Trends in Journal of Korean Society for Quality Management by Text Mining Processing. *Journal of Korean Society for Quality Management* 47(3):597-613.
- S. Goldman. 2016. *Factory of the Future: Beyond the Assembly Line*. Profiles in Innovation.
- Shin, Jaehoon. 2018. Research Trend Analysis on Smart Factory Security Factors: Based on Domestic (RISS) and Overseas (SCOPUS) Data. Master's degree, University of Chungbuk.
- Shin, Jangchul, Lim, Okkyung, Park, Younghwan, and Song, Sanghwa. 2017. A Study on Determining Priorities of Basic Factors for Implementing Smart Supply Chain. *Journal of the Korean Society for Supply Chain Management* 17(1):1-12.
- Sjödin, D. R., Parida, V., Leksell, M., and Petrovic, A. 2018. Smart Factory Implementation and Process Innovation. *Research-Technology Management* 61(5):22-31.
- The Asia-Pacific Economic Team of the Bank of Korea. 2019. Current status and implications of the introduction of smart factories in Japan. *International Economic Review*.
- UURINTUYA, BAYARSAIKHAN. 2021. Analysis of Smart Factory Research Trends using Text Mining., Master's degree, University of Chungbuk.
- Veza, I., Mladineo, M., and Gjeldum, N. 2015. Managing Innovative Production Network of Smart Factories. *IFAC-Papers On Line* 48(3):555-560.
- Wang, J., Ma, Y., Zhang, L., Gao, R. X., and Wu, D. 2018. Deep learning for smart manufacturing: Methods and applications. *Journal of Manufacturing Systems* 48(2018):144-156.
- Wang, S. J., Wan, D. L., and Zhang, C. 2016. Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook. *International Journal of Distributed Sensor Networks* 4:1-10.
- Won, Jaongyeon and Park, Minjae. 2020. Smart Factory Adoption in Small and Medium-sized Enterprises : Empirical Evidence of Manufacturing Industry in Korea. *Technological Forecasting and Social Change* 157.
- Yang, Hyunlim and Chang, Taiwoo. 2016. Exploring the Research Trend of Smart Factory in Korea by Journal Abstract Analysis. *The Korean Institute of Industrial Engineers A collection of papers from the Autumn Conference* 2016(11):412-424.
- Yook, Dongin. 2017. Text Mining-Based Analysis for Research Trends in Vocational Studies. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society* 18(3):586-599.
- Yoon, Yeongho, Lee, Jin, Lee, Eunbin, Moon, Bomyeong, Seo, Jihyung, Lee Jeongcheol, Chang, Taiwoo, and Sung, Siil. 2020. Policy Suggestions on the Smart Factory Based on the Survey Results from Smart Factory Suppliers *48(1):1-11*.
- Yu, Yeongnan. 2016. Analysis on technology level of Big Data for Smart Manufacturing in South Korea: Focused on Domestic Patent Trends. Master's Thesis, University of Yonsei.

<https://www.elec4.co.kr/article/articleView.asp?idx=25248>

<http://kostat.go.kr/portal/korea/index.action>

<http://kosis.kr/index/index.do>

<https://www.yna.co.kr/view/AKR20210504128700003>

http://it.chosun.com/site/data/html_dir/2017/04/17/2017041785056.html

저자소개

이은지 연세대학교에서 통계학학사, 경희대학교 경영학 석사, 박사를 졸업하였다. 현재 연세대학교 강사로 근무하고 있다. 주요 관심분야는 통계학, 데이터분석, 품질경영, 서비스·생산운영관리, 서비스기업, 중국산업 등이다.

조철호 한양대학교에서 경영학석사, 경희대학교에서 경영학 박사를 졸업하였다. 현재 대구한의대학교 경영학부에서 교수로 재직 중이다. 다수의 경영관련 학회에서 학술위원과 편집위원으로 활동 중이다. 주요 연구분야는 데이터분석, 의료·서비스 품질경영, 의료·복지 인사관리, 생산운영관리이다.