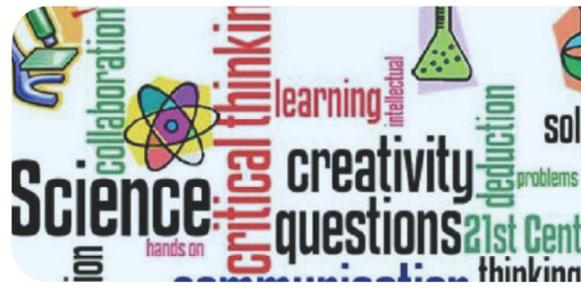
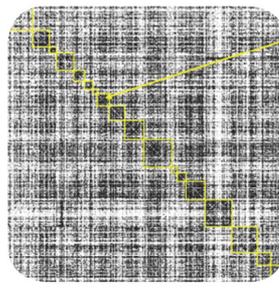


융합연구리뷰

Convergence Research Review



2018 November | Vol. 4 | No. 11

Part 1. 4차 산업혁명의 주요 융합 R&D 이슈 파악 : 텍스트마이닝을 통한 접근

Part 2. STEAM 기반 유아공학교육 프로그램 개발 및 효과

CONTENTS

- 01 편집자 주
- 03 4차 산업혁명의 주요 융합 R&D 이슈 파악:
텍스트마이닝을 통한 접근
- 35 STEAM 기반 유아 공학교육 프로그램
개발 및 효과



융합연구리뷰 | Convergence Research Review
2018 November vol.4 no.11

발행일 2018년 11월 5일

발행인 김주선

편집인 최수영·권영만

발행처 한국과학기술연구원 융합연구정책센터

02792 서울특별시 성북구 화랑로 14길 5

Tel. 02-958-4980 | <http://crpc.kist.re.kr>

펴낸곳 주식회사 동진문화사 Tel. 02-2269-4783



4차 산업혁명의 주요 융합 R&D 이슈 파악: 텍스트마이닝을 통한 접근

미래사회의 기반이자 중심역할을 할 것으로 기대되는 모든 것이 4차 산업혁명이라는 이름아래서 분류되고 있다. 사물인터넷, 빅데이터, 5G, 로봇, 인공지능 등 새로운 기술의 등장과 매스 미디어를 통한 4차 산업혁명에 관한 아이디어 확산을 통해 대중들 또한 4차 산업혁명이라는 주제에 친숙하다. 하지만 4차 산업혁명이 정확히 산업/기술/정책의 무엇을 의미하는지, 그리고 그 범위는 어디까지인지 모호한 것이 사실이다.

이에, 본 호 1부에서는 텍스트마이닝을 통한 4차 산업혁명의 주요 융합R&D 이슈를 파악하고, 기존의 국내외 4차 산업혁명 관련 논의의 상세내용 정리 및 시사점에 대해 소개하고자 한다. 4차 산업혁명에 대한 이해를 위해 논문은 Web of Science Core Collection SCIE, SSCI, A&HCI, ECI, 뉴스는 LexisNexis Business&Industry News를 통해 관련 문헌 데이터를 수집하였으며, 해당 데이터를 Document-Term Matrix로 표현하였다. 문헌 데이터 분석결과로 파악한 4차 산업혁명의 19개 주요 연구 분야는 그 성격에 따라 다음 5개 레벨: 1) “연결 인프라 구축”, 2) “데이터 활용 인공지능 개발”, 3) “시스템 및 프로세스 최적화”, 4) “산업 혁신”, 5) “사회 발전”으로 분류된다.

본 호를 통해 4차 산업혁명의 개념과 범위에 대한 명확한 정립을 통해 관련 융합R&D가 더욱더 활발히 이루어지길 기대해 본다.

STEAM 기반 유아 공학교육 프로그램 개발 및 효과

4차 산업혁명시대의 인재로 창의적이고 융합적인 사고가 가능한 융합형 과학인재의 필요성이 커지고 있다. 이러한 인재로 성장하기 위해서는 유아기 시절부터 다양한 경험을 토대로 미래사회에 적응할 수 있는 문제해결능력 함양이 필요하며, 관련된 다양한 경험을 쌓는 것이 중요하다.

이에, 본 호 2부에서는 유아를 위한 과학, 기술, 공학, 예술, 수학(이하 STEAM) 기반 유아 공학기반 프로그램을 개발하고 그 효과에 대해 살펴보고자 한다. 유아 시절에 형성된 경험은 자연스럽게 성장과정에서 개인의 사고와 문제해결 방안에 표출됨에 따라, 해당 시기에 STEAM에 대한 전방위적 경험이 중요하다.

유아들은 선천적으로 창의적인 특성이 있으며 자신들의 손으로 무엇인가를 만들어 내는 것을 선호하는 경향을 보이기에, 주어진 문제에 대한 예술적인 요소들을 탐색하고, 공학교육 경험을 통해 문제 인식 및 해결 능력을 기르는 것에 목적이 있다.

실험결과, STEAM 기반 유아 공학교육 프로그램은 유아의 과학효능감 증진에 효과가 있는 것으로 나타났다.

본 호를 통해 초중고교 과정에서의 융합형 교육뿐만 아닌 유아기 교육과정에서부터의 STEAM기반 프로그램이 확대되어 미래에는 모두가 융합형 인재로 자라날 수 있기를 기대해 본다.



융합연구리뷰

Convergence Research Review 2018 November vol.4 no.11



01

4차 산업혁명의 주요 융합 R&D 이슈 파악: 텍스트마이닝을 통한 접근

임치현, 이창현 (울산과학기술원)

I 서론

2016년 1월에 열린 제 46회 다보스포럼에서는 “Industry 4.0의 이해”라는 주제로 급속도로 발전하는 정보기술이 인류에 가져올 변화에 대한 논의가 진행되었다. 전문가들은 사물인터넷, 빅데이터, 인공지능, 블록체인 등 관련 기술이 “4차 산업혁명”을 이뤄낼 것으로, 산업, 경제 사회 패러다임이 이들 기술을 중심으로 변화할 것으로 전망하고 있다. 이들 기술은 독립적으로 활용되기보다 다른 기술들과 융합되어 활용되고 있으며, 이에 4차 산업혁명 관련 융합 이슈에 대한 상세한 이해 (예: 사물인터넷과 블록체인 간 융합)는 기술 기반의 실제 가치 창출을 위해, 국내 기업들 및 국가 경쟁력 강화에 매우 중요한 이슈이다. 하지만 “4차 산업혁명” 개념의 포괄성 및 모호성 때문에, 4차 산업혁명의 범위가 어디까지인지, 관련하여 어떠한 기술들이 중요한지, 관련 응용산업의 구체적 특성은 어떠한지, 무엇보다 이들 기술이 산업에 응용되기 위한 융합 이슈들이 무엇인지 깨닫기 어려워왔다.

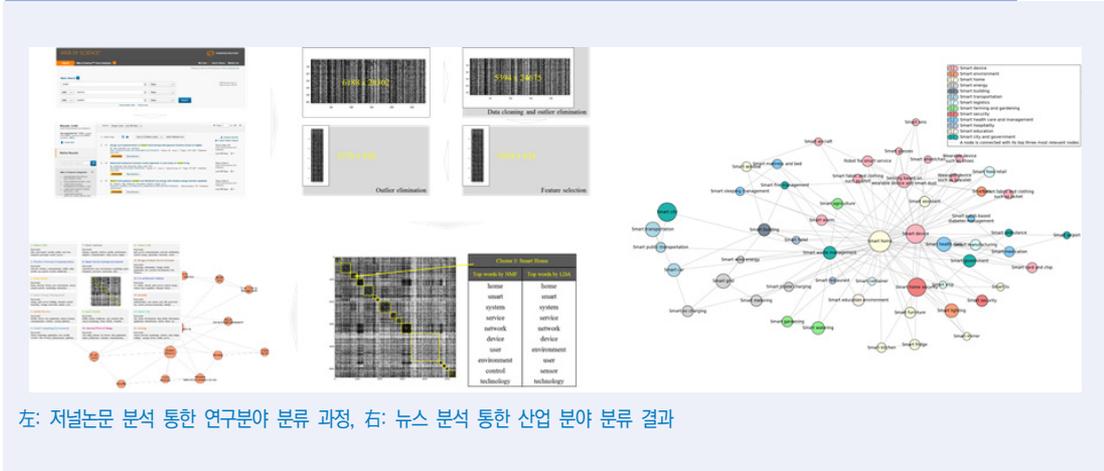
몇 사람의 전문가가 4차 산업혁명 관련 모든 정보를 수집하고 소화하기란 매우 어려운 일이다. 예를 들어, 2018년 9월 28일 기준 Web of Science Core Collection에서 “Internet of Things”로 검색 시 SCIE 데이터베이스에서만 6,920개의 논문이 검색되며, “big data”의 경우 10,730개의 논문이 검색된다. 이에 본 연구는 텍스트마이닝을 활용, 비지도학습 알고리즘에 기반해 자동화된 분석을 4차 산업혁명을 명시적으로 언급한 저널논문들 및 뉴스기사들을 대상으로 수행하였다. 분석된 660개 저널논문들은 9월 8일 기준 Web of Science Core Collection SCIE (Science Citation Index Expanded), SSCI (Social Science Citation Index), A&HCI (Arts & Humanities Citation Index), ECI (Emerging Sources Citation Index) 데이터베이스 내 4차 산업혁명 언급 논문 전수이며, 3,907개 뉴스기사들은 9월 17일 기준 LexisNexis Business & Industry News 데이터베이스 내 4차 산업혁명 언급 기사 전수이다. 저널논문들은 주로 4차 산업혁명 관련 기술적 이슈들을, 비즈니스뉴스들은 주로 4차 산업혁명 관련 기술 응용, 비즈니스, 산업, 사회적 이슈들을 함의한다.

이러한 텍스트마이닝 결과에 기반해 주요 연구분야 및 기술 응용 이슈들을 파악했으며, 나아가 주요 연구분야 간 네트워크 분석, 논문들 및 뉴스기사들에 대한 상세 리뷰를 통해 4차 산업혁명의 주요 융합 R&D 이슈를 파악하였다. 예를 들어, 연구분야 별로 SCIE, SSCI, A&HCI 논문 분포 분석 및 내용에 대한 정성적 리뷰에 기반해 “공학·과학”과 “인문학·사회학” 간 융합 R&D 이슈를 파악하였다. 파악된 이슈들은 4차 산업혁명 융합을 위한 6Cs 차원 (Connection, Collection, Communications, Computation, and Control for Creation) 관점에서 다음과 같은 4차 산업혁명의 5개 레벨에 따라 서술된다: (i) 연결 인프라 구축, (ii) 데이터 활용 인공지능 개발, (iii) 시스템 및 프로세스 최적화를 통한 (iv) 산업 혁신과 (v) 사회 발전. 끝으로 본 보고서는 연구 결과물을 기존의 국내외 4차 산업혁명 관련 논의 (예: 정부 4차 산업혁명 위원회에서의 논의) 대비해 비교하며, 4차 산업혁명 시대 융합 촉진을 위한 솔루션으로서 몇가지 융합연구정책 방향을 제안한다. 연구 결과물은 국내외 관련 논의와 일관적·상호보완적으로 나타났으며, 이는 본 연구가 취하는 “문서 빅데이터 분석 기반의 접근”이 다양한 분야 다수 전문가들의 의견 종합 결과를 근거하고 보완할 수 있음을, 매우 효율적인 접근임을 나타낸다. 본 연구는 4차 산업혁명의 개념 및 범위에 대한 명확화에 기여하며, 관련 융합 R&D를 촉진할 것이다.

II 연구방법론 및 연구모형

본 연구는 Lim and Maglio (2018)가 개발한 “관련 문서 텍스트마이닝 기반의 대상 이해” 방법론을 활용하였다 (그림 1 참조). Lim and Maglio (2018)는 다양한 문서에서 유의미한 word-features를 판별하는, 이들 word-features를 활용해 문서를 최적으로 클러스터링해 문서들이 함의하는 토픽을 분석하는 방법론을 개발하였으며, 방법론 활용의 사례로서 스마트서비스시스템 문헌 5,300여개 (2016년 5월 기준 SCIE, SSCI, ECI 데이터베이스 관련 저널논문 전수)의 텍스트데이터를 분석, 스마트서비스시스템 관련 주요 연구분야를 16개로 최적 클러스터링하였다 (예: 사물인터넷, 클라우드 컴퓨팅, 보안, 서비스시스템 설계 등). Lim and Maglio (2018)는 또한 스마트서비스시스템 관련 뉴스 1,200여개의 텍스트데이터를 분석해 스마트서비스시스템의 관련 산업 분야를 스마트 홈, 에너지, 빌딩, 교통, 제조 및 물류, 농업, 보안, 헬스, 호텔 및 식당, 교육, 도시 서비스시스템 11개로 분류하였다. Lim and Maglio (2018)의 접근은 National Science Foundation 및 미국 학자들에 의해 시도되던 스마트서비스시스템에 대한 포괄적 이해가 일부 전문가들의 합의에 의해 도출된 것이 아니라 5,300여개 문헌, 1,200여개 뉴스 “데이터에 기반해”, “반자동화된” 알고리즘에 기반해 도출되었다는 데에 그 의의가 있다.

그림 1. Lim and Maglio (2018)의 텍스트마이닝을 통한 스마트서비스시스템 관련 분야 분류



좌: 저널논문 분석 통한 연구분야 분류 과정, 우: 뉴스 분석 통한 산업 분야 분류 결과

본 연구의 초점은 4차 산업혁명 관련 융합 R&D 이슈 파악에 있다. 이에 본 연구 역시 1차적으로는 Lim and Maglio (2018)와 유사한 분석을 수행하나, 4차 산업혁명 관련 연구분야, 응용 이슈에 대한 파악에 그치지 않고 분야들 간 관계 분석, 분야 별로 상세한 정성적 분석을 통해 4차 산업혁명의 융합 R&D 이슈를 파악한다. 예를 들어 문헌 데이터의 Spectral Clustering을 통해 주요 연구분야를 분류한다면, 분야들 간 관계는 clusters 간 평균 cosine similarity 계산 후 이들 간 partially-connected 네트워크를 시각화해 분석될 수 있다 (이러한 텍스트마이닝 과정은 3.1장에서 자세히 소개됨). 이때 4차 산업혁명의 융합 R&D 이슈는 네트워크 node에 해당하는 연구분야 별 논문들의 분포 분석 및 리뷰를 통해 파악된다. 뉴스 데이터의 경우 토픽 모델링 알고리즘들에 (Blei et al., 2003; Lin, 2007) 기반해 정량적으로 분석되었으며, 이 역시 뉴스기사들에 대한 정성적 리뷰가 추가적으로 수행되었다. 이러한 통합적 접근에 기반해 다양한 융합 R&D 이슈들을 파악할 수 있었으며, 이들 이슈들에 대한 구조화 및 서술은 연구 결과물 전체를 아우르는 4차 산업혁명의 레벨, 차원의 관점에서 이루어진다. 끝으로 본 보고서는 연구 결과물의 신뢰성, 포괄성 평가를 위해 이를 기존의 국내의 4차 산업혁명 관련 논의 (예: 정부 4차 산업혁명 위원회에서의 논의) 대비해 비교한다. 표 1은 본 연구의 진행 경과를 요약한다.

표 1. 연구 진행 경과

연구단계	세부연구내용	연구방법
4차 산업혁명 관련 문헌조사	4차 산업혁명 관련 리뷰논문 조사	Web of Science 및 LexisNexis 데이터베이스 활용, 국내 외 관련 보고서 활용
	4차 산업혁명 관련 보고서 및 뉴스 조사	
4차 산업혁명 관련 텍스트데이터 수집	데이터 수집 키워드 파악	수집된 문헌, 뉴스 검토 및 사전 텍스트마이닝 수행
	문헌 데이터 수집 및 검토	
	뉴스 데이터 수집 및 검토	
4차 산업혁명 관련 텍스트마이닝 수행	문헌 데이터 정제	자연어 처리, 정보과학, 기계학습, 데이터 시각화 방법론 등 활용
	문헌 데이터 분석	
	문헌 데이터 분석 결과 해석	
	뉴스 데이터 정제	
	뉴스 데이터 분석	
	뉴스 데이터 분석 결과 해석	
4차 산업혁명 관련 주요 연구분야, 기술 응용 이슈, 융합&D 이슈 파악	4차 산업혁명 관련 주요 연구분야 파악	텍스트마이닝 결과 통합 해석
	4차 산업혁명 관련 주요 기술 응용 이슈 파악	
	4차 산업혁명 관련 융합 R&D 이슈 파악	
연구 결과 정리 및 문서화	4차 산업혁명 관련 주요 연구분야, 기술 응용 이슈 별 상세내용 정리	위 연구 결과 통합 해석 및 보고서 작성
	4차 산업혁명 관련 주요 융합 R&D 이슈 별 상세내용 정리	
	국내 융합연구정책 관점에서의 시사점 정리	

III 연구 내용

3.1 문헌 및 뉴스 텍스트마이닝 과정

4차 산업혁명에 대한 이해를 위해 먼저 관련 문헌 데이터를 Web of Science Core Collection으로부터 수집하였다. Web of Science Core Collection은 Clarivate Analytics 사의 데이터베이스로서, 전세계 공학과학 및 인문학사회학 주요 저널에 게재된 논문들을 담고 있다. 본 연구는 4차 산업혁명 관련하여 심사 검증된 연구 논문의 텍스트에 집중하기 위해 Web of Science Core Collection SCIE, SSCI, A&HCI, ECI 데이터베이스의 논문 데이터를 수집, 분석하였다. SCIE 데이터베이스는 주로 공학과학 관점에서의 4차 산업혁명 관련 기술 개발 논문들을, SSCI, A&HCI 데이터베이스는 주로 인문학사회학 관점에서의 4차 산업혁명 관련 기술 활용 및 현상 해석 논문들을, ECI 데이터베이스는 전 분야 논문들을 제공한다는 측면에서 4차 산업혁명의 주요 “융합” R&D 이슈를 파악하는 본 연구의 목적에 부합한다.

그림 2. 4차 산업혁명 관련 문헌 데이터 수집 과정

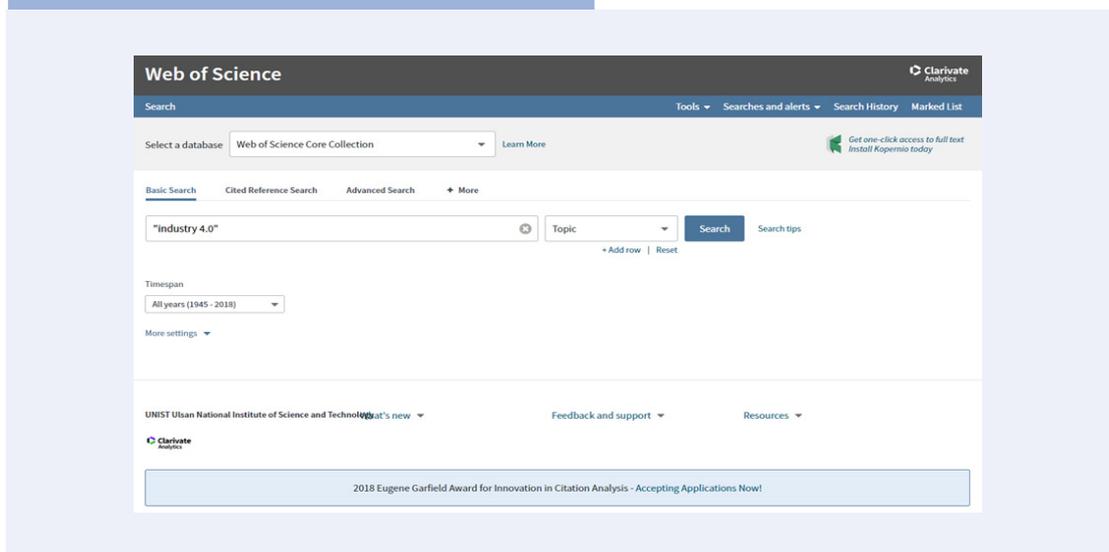
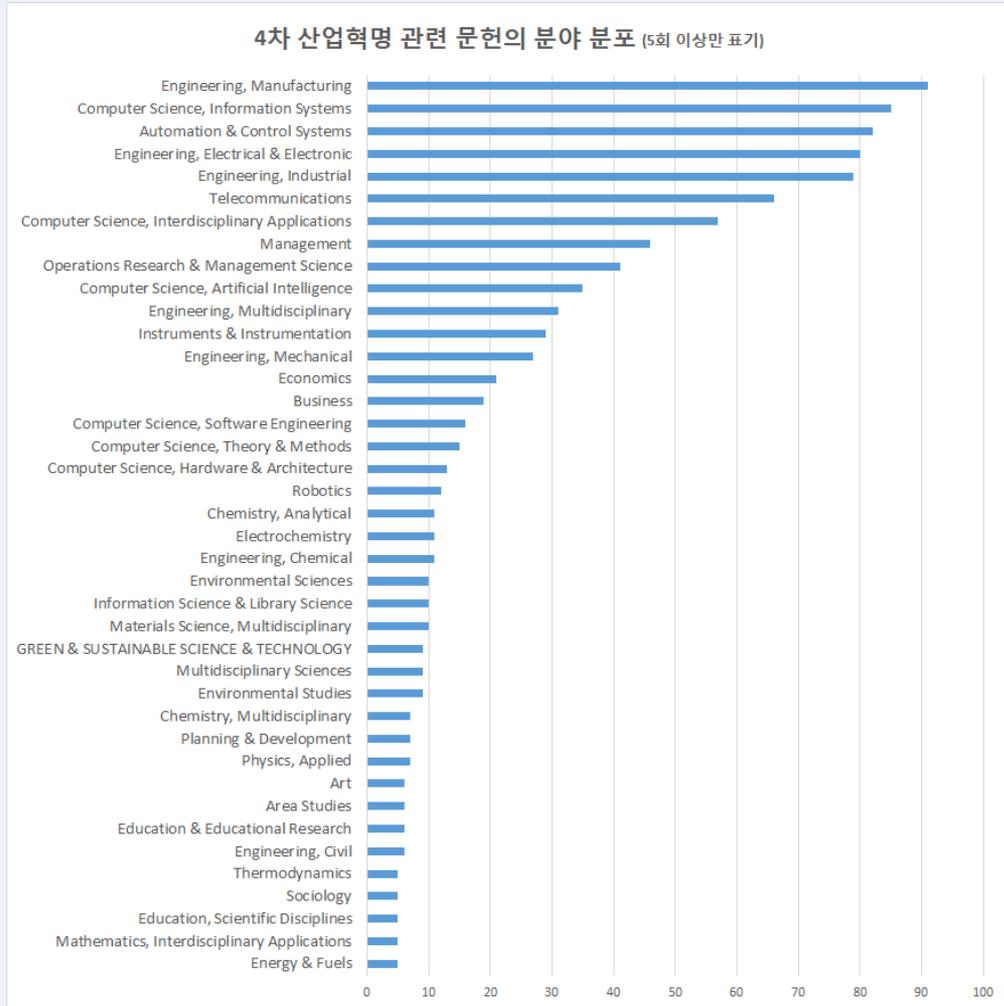


그림 2는 Web of Science Core Collection에의 검색 화면으로, 본 연구에서는 “industry 4.0”, “4th industrial revolution”, “fourth industrial revolution”를 검색 키워드로 사용하였으며, review 혹은 에디터의 editorial 유형은 제외하고, 특정 주제에 대한 “연구결과”를 서술하는 article 유형의 논문만 다운받았다. 다운된 정보 중 분석 대상 텍스트 데이터로는 논문 제목, 초록, 저자들이 삽입한 키워드 텍스트만을 활용하였으며, 그 근거는 다음과 같다. 기존의 문서 마이닝 연구들은 전체 텍스트가 아닌 서지 정보 텍스트(제목, 초록 등)만을 분석해도 그 결과가 전체 텍스트 분석 대비 유사하거나 더 나올 수 있음을 보였다(예: Xie and Miyazaki 2013, Noh et al. 2015). 무엇보다, 논문 PDF 파일로부터의 전체 텍스트 추출은 법적 이슈가 존재해 본 연구에서는 이를 지양하였다. 결과적으로 SCIE, SSCI, A&HCI, ECI 데이터베이스로부터 총 660개의 논문 정보를 다운받았으며(당초 684개 논문이었으나 일부 텍스트가 부족한 데이터는 제외), 이들 논문은 2018년 9월 8일 기준 해당 데이터베이스의 위 검색 키워드 관련 논문 전수이다.

그림 3은 수집된 논문 660개의 Web of Science 분야 분포를 나타낸다. Web of Science는 모든 논문들의 연구분야를 세분화하고 있으며, 한 논문은 1개 이상의 분야를 가진다. 지면 제약상 그림 3에는 5회 이상의 분야만 시각화하였다. 그림 3의 시사점은 다음과 같다. 첫째, 4차 산업혁명은 매우 학제적인 연구주제이다. 예를 들어, 4차 산업혁명을 이끄는 공학과학 기술 개발 연구분야로 Automation & Control Systems 등이 있으며, 그 대표적 적용 분야로 Manufacturing Engineering이 있으며, 4차 산업혁명의 경제적 혁신 관련 분야로 Business, Economics가, 이에 대한 인문사회학적 해석 관련 분야로 Sociology 등이 있다. 둘째, 수집된 660개 논문은 4차 산업혁명의 주요 “융합” R&D 이슈를 파악하는 본 연구의 목적에 부합한다는 점 역시 알 수 있었다.

그림 3. 4차 산업혁명 관련 문헌의 분야 분포



Maglio (2018)은 자동으로 Type 1 및 Type 3 단어 다수를 제거하고 Type 2 단어를 다수 유지시키는 word-featuring 알고리즘을 개발하였으며, 본 연구는 이 알고리즘을 활용해 전체 7,666개 features 중 697 features를 선정하였다 (이러한 word-featuring이 수행되지 않을 경우 학습의 효율성·효과성이 떨어지고 학습 결과에 대한 해석이 어려워짐). 알고리즘은 Type 3 단어의 제거를 위해 각 문서의 주제를 대표하는 단어 몇 개 (parameter 1)를 선출하고, Type 1 단어의 제거를 위해 복수의 (parameter 2) 문서에서 대표로 선출된 단어만을 features로 선정하며, 두 parameters 값 결정을 위한 metrics를 제공한다. 본 보고서에서는 지면 제약상 알고리즘에 대한 자세한 설명은 생략한다. 그림 4의 오른쪽 그림은 문서 대표도 상위 word-features 100개를 나타내며 (단순 frequency가 아닌, 통계적·의미론적 중요도를 계산하는 metrics들의 기하평균에 의해 계산된 대표도 기반), 단어의 크기는 대표도 값의 크기에 따라 시각화되었다. 그림에서 나타난 바와 같이, “4차 산업혁명”을 대표하는 word-features가 잘 선별된 것을 볼 수 있다.

다음 스텝은 선별된 word-features 697개를 활용한 660개 논문 분류이다. 앞서 밝힌 바와 같이, 본 연구는 “특정 주제에 대한 연구결과”를 서술하는 article 유형의 논문들만 분석하였다 (여러 주제들을 다루는 review, editorial 유형은 제외). 하나의 article은 하나의 핵심 주제를 가진다는 가정 하, 문헌 데이터는 hard clustering (한 데이터는 하나의 클러스터에만 할당)에 의해 분류되었다. 분석 대상 데이터에 가장 효과적인 hard clustering 방법을 찾기 위해 K-means Clustering (Principal Component Analysis 후 수행), Spectral Clustering 등의 성능이 테스트되었으며, 테스트를 위한 metric은 Silhouette Coefficient (Rousseeuw, 1987)를 활용하였다. 가장 성능이 좋은 경우는 Spectral Clustering (Von Luxburg, 2007)였다. 이 방법 사용 하 최적의 클러스터 개수 역시 Silhouette Coefficient를 활용해 파악하였다. 이때, Spectral Clustering은 NP-hard 문제로 heuristic하게 문제를 풀어 항상 같은 결론을 내지 않으므로, 각 클러스터 개수 경우마다 200번의 연산을 수행, 평균 성능을 계산하였다. 그림 5에 하이라이트된 바와 같이, 데이터 간 거리를 Euclidean distance, Cosine distance 중 무엇으로 계산해도 19개의 클러스터로 분류하였을 때가 최적임이 판별되었다. 이러한 정량적 판단을 보완하기 위해 13개~22개 클러스터의 경우 결과 모두를 정성적으로 평가하였으며 (클러스터 개수가 커짐에 따라 추가되는 토픽 분석), 최종적으로 19개 클러스터로 분류하는 것이 맞다고 판단했다 (19개와 20~22개 경우가 크게 다르지 않음).

그림 5. Spectral clustering의 최적 클러스터 개수 파악 과정

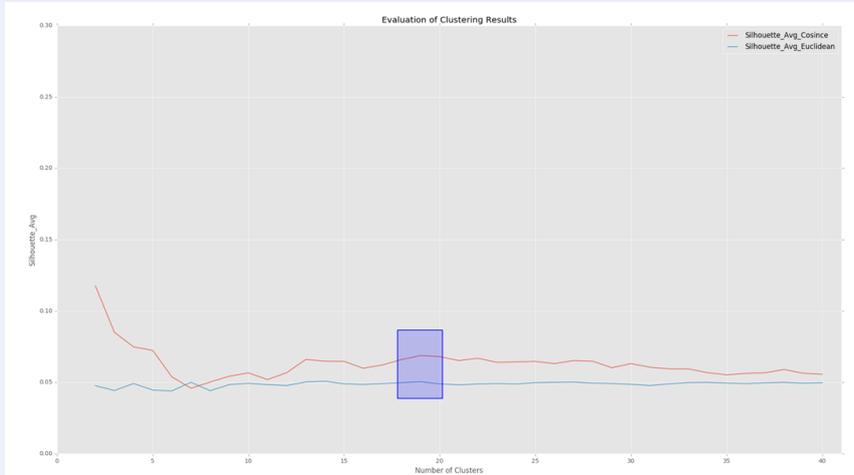


그림 6. 클러스터 별 토픽 이해 및 명명 과정

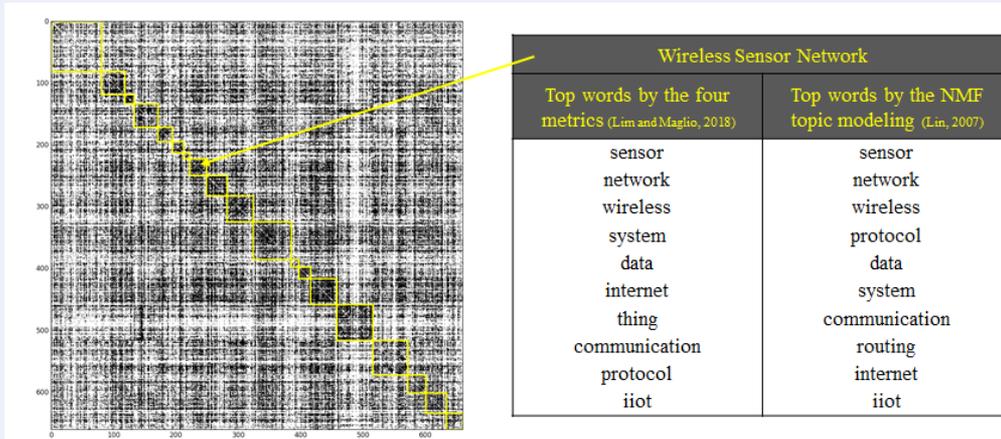
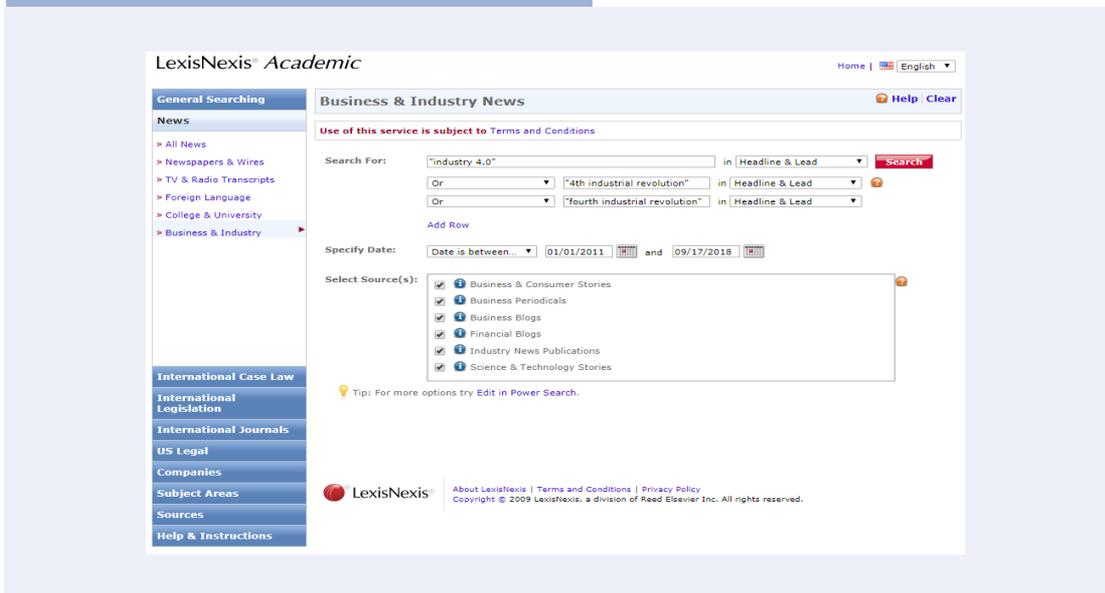


그림 6은 클러스터 별 토픽 이해 및 명명 과정을 도식화한다. 기존 연구에서 제안된 토픽 모델링 방법 및 단어 중요도 산정 방법에 기반 (예: Lin, 2007; Lim and Maglio, 2018), 각 클러스터 별 토픽을 대표하는 단어들을 찾았으며 (그림 6의 오른쪽 표 참조), 이를 고려해 클러스터 별 토픽을 이해하려 했다. 하지만 단순히 단어의 중요도만 고려할 경우 제한적인 이해가 형성될 수 있다 (예: 맥락에 따라 다른 의미를 갖는 단어의 특성 파악이 어려우며, 중요도 상위 몇 개의 단어들에게 편향될 수 있음). 이에 본 연구는 클러스터링 결과에 대한 시각화 분석을 수행하였다 (그림 6의 왼쪽 matrix 참조; row와 column 모두 문서를 나타내며, intersection cell은 문서 간 cosine similarity가 전체 평균값보다 클 경우 black, 반대의 경우 white로 표기; 결과적으로 클러스터의 color density는 클러스터 주제의 specific한 정도를 나타냄). 또한, cosine similarity 기준 클러스터 별 대표 및 비대표 논문들 비교 (즉, 클러스터 논문들 간 관계 공간의 중심 및 외곽 위치 논문들을 비교; 두 집단 간 차이가 크면 해당 클러스터는 일반적인 토픽이거나 구체적인 토픽 2개 이상을 포괄할 수 있음)를 통해 클러스터 별 토픽 이해 및 명명을 체계적으로 수행했다. 무엇보다, 각 클러스터 별 대표 논문들의 제목, 초록, 본문을 살펴보는 과정을 통해 클러스터 별 이해를 깊이, 명명을 정확히 하려했다.

그림 7. 4차 산업혁명 관련 뉴스 데이터 수집 과정



뉴스 데이터 수집 및 분석 역시 문헌 데이터의 그것과 유사한 논리, 절차에 의해 수행된만큼, 본 보고서의 지면 제약상, 이는 간단히만 서술한다. 2018년 9월 18일에 LexisNexis Business & Industry News 데이터베이스로부터 “industry 4.0”, “4th industrial revolution”, “fourth industrial revolution”를 검색 키워드로 3,907개 뉴스기사들을 수집하였으며 (그림 7 참조), 이는 “Industry 4.0”이라는 용어가 독일에서 처음 등장한 2011년 이후 전수 데이터이다. 하나의 특정 주제에 집중하는 연구논문 article과 달리, 뉴스는 여러 주제들을 종합적으로 서술할 때가 많다. 이에 뉴스 데이터 분석은 soft clustering을 활용하였다 (하나의 데이터가 여러 클러스터에 할당). 대표적인 soft clustering 기법인 LDA (latent Dirichlet allocation; Blei et al., 2003)와 NMF (non-negative matrix factorization; Lin 2007)을 활용하였다. 몇가지 metrics를 활용해 최적의 토픽 개수를 정량적으로 파악하려 했으나 이러한 접근은 효과적이지 못했다 (최적 개수가 28개로 판명되었으나 이는 3,907개 기사를 포괄하기에 매우 부족하였음). 이에 기존 연구들의 정성적 토픽 개수 선정 접근을 참조 (예: Mankad et al., 2016), 20개 토픽부터 5개씩 증가시키며 20, 25, ... 80개 경우를 테스트하였다. 결과적으로 수집한 3,907개 뉴스에는 60개 정도의 토픽이 존재하는 것으로 판단하였으며, 토픽에 대한 이해 및 명명은 LDA, NMF 방법에 기반해 파악한 토픽 대표 단어 30개 및 그 대표값을 분석해 수행하였다. 뉴스 데이터 분석의 그 외 절차는 앞서 설명한 문헌 데이터의 그것과 유사하다. 뉴스 데이터 분석 역시 정량적 분석뿐 아니라 정성적 분석 (주요 뉴스기사들을 직접 리뷰)을 통해 분석 결과의 깊이를 더하고자 하였다.

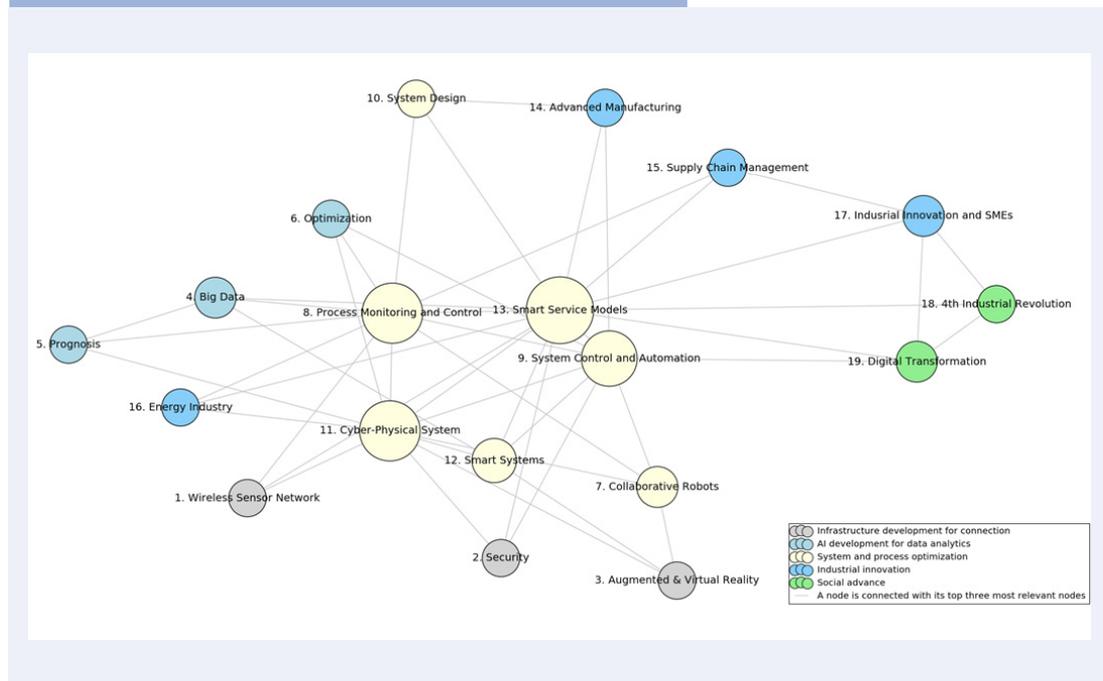
3.2 문헌 데이터로부터의 시사점: 4차 산업혁명의 5개 레벨 및 19개 주요 연구분야

문헌 데이터 분석 결과 파악한 4차 산업혁명의 19개 주요 연구분야는 다음과 같이 그 성격에 따라 5개 레벨로 분류된다. 각 연구분야 관련 상세 정보 및 융합 R&D 이슈는 3.5장에서 서술될 것이다. 4차 산업혁명의 첫 번째 레벨은 “연결 인프라 구축”으로, (1) 센싱 및 무선 통신 기술 개발, (2) 보안 기술 개발, (3) 가상현실 기술 개발 등을 망라한다. 두 번째 레벨은 “데이터 활용 인공지능 개발”로, (4) 빅데이터 수집 및 관리, (5) 예측 모델 개발, (6) 최적화 모델 및 알고리즘 개발 등을 포함한다. 여기서 인공지능이란 최근 등장한 머신러닝, 딥러닝 알고리즘 류에 국한되지 않으며, 인간이 데이터를 활용해 최적의 의사결정을 내리는 데에 도움을 주는 알고리즘부터 스스로 의사결정을 내리고 행동하는 알고리즘 모두를 포괄한다. 세 번째 레벨은 “시스템 및 프로세스 최적화”로, (7) 인간과 협동하는 로봇 개발 (여기서 로봇이란 하드웨어, 소프트웨어

모두 포괄), (8) 특정 프로세스 모니터링 및 제어 (예: 품질 제고를 위한 공정 프로세스 제어), (9) 특정 시스템 제어 및 자동화 (예: 온도 제어가 자동화된 스마트 빌딩), (10) 시스템 설계 (예: 새로운 스마트홈 시스템 아키텍처 설계), (11) 가상물리시스템 개발 (예: 디지털화된 공정 시스템에 대한 모니터링), (12) 스마트 시스템 개발 (예: 스마트 공장 및 에너지 시스템 개발), (13) 스마트 서비스 모델 설계 (예: 의류산업을 위한 사물인터넷 기반의 새로운 서비스 비즈니스 모델 설계) 등을 포괄한다. 네 번째 레벨은 “산업 혁신”으로, (14) 제조 산업 혁신 (예: 최적화되고 자동화된 제조), (15) 발전된 공급사슬관리 방식 (예: 사물인터넷 기반의 물류 흐름 분석), (16) 에너지 산업 발전 (스마트 그리드 개발), (17) 산업 혁신 과정 분석 (예: 4차 산업혁명 시대 중소기업들의 중요성 및 현황에 대한 분석) 등을 포괄한다. 다섯 번째 레벨은 “사회 발전”으로, 관련 논문들은 (18) 4차 산업혁명 현상에 대한 사회학적 연구, (19) 스마트시티 등 사회 전체의 디지털 트랜스포메이션 등을 다루는 것을 확인할 수 있었다. 요약하면, “산업 혁신”과 “사회 발전” 이슈는 4차 산업혁명의 목표를 (상위 계층), “시스템 및 프로세스 최적화” 이슈는 목표 달성을 위한 방식을 (중위 계층), “연결 인프라 구축”과 “데이터 활용 인공지능 개발”은 방식 이행을 위해 필요한 기반수단 (하위 계층)을 나타낸다.

그림 8에 이들 19개 주요 연구분야간 관계를 5개 레벨에 대한 color coding 하 나타내었다. 한 node는 cosine similarity 기준 그 node와 가장 관련이 깊은 세 개 nodes와 연결되었으며, node의 크기는 network degree로, 즉 여러 nodes와 관계가 깊을수록 크도록 시각화하였다. 네트워크에 나타난 관계를 보면 맨 아래 3개의 lightgray nodes가 1단계 인프라 기술로서 4차 산업혁명의 기반을 제공하고, 좌상단 lightblue nodes가 2단계 인공지능 기술로서 4차 산업혁명을 위한 도구를 제공하며, 가운데 및 상단의 lightyellow nodes가 1, 2단계 기술에 기반해 만들어지는 3단계 시스템 및 프로세스 최적화 사례들을 나타내며, 우상단 및 좌측의 lightskyblue nodes가 이러한 사례들을 아우르는 4단계 산업 혁신을, 마지막으로 우측의 lightgreen nodes가 이 모두를 아우르는 5단계 사회 발전을 나타낸다. 그림에 나타났듯이, 3단계 nodes가 네트워크 중심에 있으며 4, 5단계 nodes는 3단계 nodes를 통해 1, 2 단계 nodes와 연결된다. 이는 4차 산업혁명을 위한 사례 개발의 핵심은 시스템과 프로세스 최적화임을 나타내며, 연결 인프라 기술, 인공지능 기술을 통해 이를 이루고, 이에 기반해 산업 혁신과 사회 발전이 이루어짐을 나타낸다. 이러한 분석 및 해석에 기반, 본 보고서는 4차 산업혁명을 “(i) 연결 인프라 구축, (ii) 데이터 활용 인공지능 개발, (iii) 시스템 및 프로세스 최적화를 통한 (iv) 산업 혁신과 (v) 사회 발전”이라 정의한다.

그림 8. 4차 산업혁명의 5개 레벨 및 19개 주요 연구분야



3.3 뉴스 데이터로부터의 시사점: 4차 산업혁명 관련 기술, 응용산업, 기업, 국가, 사회적 이슈

3,907개 뉴스가 포괄하는 토픽들은 크게 4차산업혁명 관련 (1) 최신기술, (2) 응용산업, (3) 기업, (4) 국가 현황, (5) 사회적 이슈로 분류된다. 이 외에도 특정 기업의 마켓 리포트, 4차 산업혁명 관련 행사 소식 등이 있었지만, 이들은 본 연구가 답하고자 하는 “4차 산업혁명이 무엇인가,” “4차 산업혁명의 융합 R&D 이슈는 무엇인가”와 관계가 약하므로 본 보고서에서는 다루지 않는다.

첫째, 최신기술 토픽으로는 Sensing, Internet of Things, Big Data Analytics, Artificial Intelligence, Cybersecurity, Robotics, Cloud Solution, Blockchain 등이 있으며, 이는 문헌 데이터 분석 결과와 상당히 일치함을 볼 수 있다. 한가지 주목할 점은 아직까지 Blockchain 관련 연구논문들은 많지 않아 문헌 데이터 분석으로부터는 이의 중요성을 뚜렷이 확인할 수 없었다는, 그러나 최근 부상한 기술이니만큼 뉴스 데이터 분석으로부터는 그를 확인할 수 있었다는 점이다. 둘째, 응용산업 토픽으로는 Cryptocurrency, Fintech, Advanced Manufacturing, Fashion Supply Chain Management,

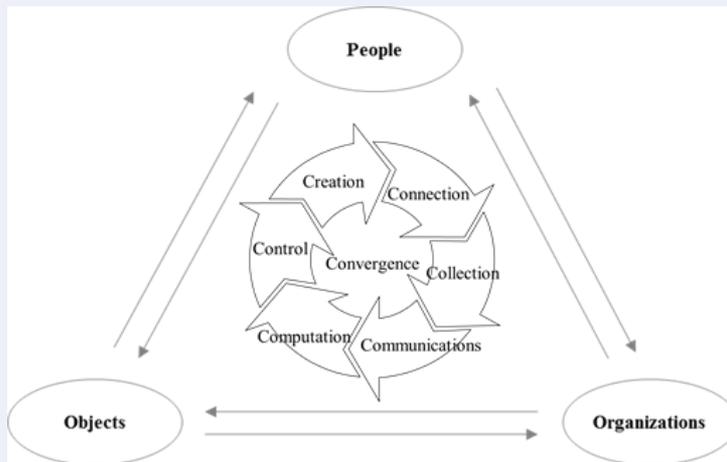
Energy, Transportation 등을 찾을 수 있었으며, 이로부터 4차 산업혁명 기술들이 금융, 제조, 패션, 에너지, 교통 산업에 응용됨을 확인할 수 있었다. 이러한 발견 역시 문헌 데이터 분석 결과와 일관적이며, 다만 차이는 뉴스 데이터는 보다 여러개의, 세분화된 응용분야를 보여줬다는 점이다. 셋째, 기업 토픽으로는 IBM, Huawei, Bosch, SAP, Ericsson, Nokia, Siemens, Startups 등을 찾을 수 있었으며, 예를 들어 IBM의 경우 클라우드 솔루션 기술 개발에서, Huawei의 경우 5G 기술 개발에서, SAP의 경우 데이터 관리 및 분석 기술 개발에서, Siemens의 경우 Advanced Manufacturing 분야에서 앞장서고 있음을 확인하였다. 특히, 4차 산업혁명 맥락에서 여러 스타트업 기업들이 금융, 패션, 에너지 분야 등에서 등장하고 있는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 세부적 기업 활동에 대한 정보는 문헌 데이터는 가지지 못한 것으로, 뉴스 데이터로부터만 확인될 수 있었다. 넷째, 국가 현황 토픽으로는 China, Malaysia, Singapore, UK, Australia, Korea 등의 국가에서 일어나는 4차 산업혁명 관련 동향이 있었다. 이처럼 4차 산업혁명 언급 뉴스기사가 여러 국가 현황을 다루고 있는 것은 4차 산업혁명의 사회적 중요성, 이에 대한 많은 국가의 관심을 말해준다. 또한, 4차 산업혁명은 급격히 발전하는 기술을 다루니만큼 정책적 지원 및 제한이 중요함을, 이것은 국가마다의 환경, 맥락에 따라 다름을 확인할 수 있었다. 이러한 정보 역시 문헌 데이터는 가지지 못한 것으로, 뉴스 데이터로부터만 확인될 수 있었다. 다섯째, 사회적 이슈 토픽으로는 4th Industrial Revolution, Digital Transformation, Smart City, Education 등을 확인할 수 있었으며, 이 중 첫 번째, 두 번째 토픽의 발견은 문헌 데이터 분석 결과와 일치한다. 세 번째, 네 번째 토픽은 뉴스 데이터로부터만 확인될 수 있었으며, 4차 산업혁명이 궁극적으로 사람들의 삶의 질 향상에 기여해야 함을, 4차 산업혁명 시대 적합한 교육방법 개발이 필요함을 나타낸다.

3.4 문헌, 뉴스 데이터로부터의 시사점: 4차 산업혁명을 위한 융합의 6Cs 차원

본 연구는 “4차 산업혁명을 위한 융합”을, 3.2, 3.3장에서 기술한 문헌, 뉴스 데이터로부터의 시사점을 종합해 4차 산업혁명의 주요 융합 R&D 이슈를 도출하기에 앞서 정의하였다. 문헌, 뉴스 데이터 분석 과정, 분석 결과 해석 과정, 관련 문헌 (예: Lu, 2017; Lim and Maglio, 2018) 분석을 종합해 그림 9와 같은 프레임워크를 개발할 수 있었다. 앞서 밝힌 연결 인프라 기술, 인공지능 기술은 특정 시스템 혹은 프로세스 최적화를 통해 문제를 해결하고 관련 이해관계자에게 가치를 창출하며, 이는 산업 혁신, 사회 발전에 기여한다. 이에 4차 산업혁명은 “사람, 사물, 조직을 연결해 (Connection), 관심 시스템 및 프로세스로부터 데이터를

수집하고 (Collection), 통신하며 (Communications), 그것이 함의한 정보를 인공지능으로 계산해내 (Computation), 관심 시스템 및 프로세스의 최적 제어에 (Control) 활용해 가치를 창출하는 (Creation) 사례들을 집약”한다 특징을 갖는다. 이들 6Cs 차원은 앞서 기술된 3.2, 3.3장의 시사점과 관련이 깊다. 예를 들어 Connection은 사물인터넷, Communications는 5G, Computation은 인공지능 등과, 즉 공학과학과 관련이 깊으며 Creation은 산업 혁신과 사회 발전의 핵심 목적인만큼 인문학과사회학과 밀접한 관련이 있다. 본 보고서에서 말하는 “융합”이란 이들 6Cs 중 2개 이상의 결합을 말하며, 3.5장에서 서술할 4차 산업혁명의 융합 R&D 이슈는 이러한 관점에서 도출, 서술되었다.

그림 9. 4차 산업혁명을 위한 융합의 6Cs 차원



3.5 4차 산업혁명의 주요 융합 R&D 이슈

표 2에 4차 산업혁명의 주요 융합 R&D 이슈를 열거하였다. 표 2에서 C1부터 C6는 각각 Connection, Collection, Communications, Computation, Control, Creation을 나타낸다.

표 2. 4차 산업혁명의 주요 융합 R&D 이슈

4차 산업혁명의 5개 레벨	레벨 별 융합 R&D 이슈	관련 6Cs 차원						이슈 도출 근거
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	
레벨 1: 연결 인프라 구축	1.1. 무선 센서 네트워크 구축 및 확장							문헌
	1.2. 사이버보안 강화							문헌
	1.3. 가상현실 및 증강현실 기술 개발							문헌
	1.4. 블록체인을 활용한 사물, 사람, 조직 연결							뉴스
	1.5. 산업 별 통합 연결 인프라 구축							뉴스
레벨 2: 데이터 활용 인공지능 개발	2.1. 빅데이터 수집 및 통합							문헌
	2.2. 예측 및 예측 기술 개발							문헌
	2.3. 최적화 기술 개발							문헌
	2.4. 산업 별 데이터 활용 인공지능 개발 및 발전							뉴스
레벨 3: 시스템 및 프로세스 최적화	3.1. 인간-로봇 협력 시스템 개발							문헌
	3.2. 프로세스 모니터링 및 제어 사례 개발							문헌
	3.3. 시스템 제어 및 자동화 사례 개발							문헌
	3.4. 새로운 유형의 시스템 설계							문헌
	3.5. 사이버물리시스템 개발							문헌
	3.6. 스마트 시스템 개발 및 구현							문헌
	3.7. 새로운 유형의 스마트 서비스 모델 설계							문헌
	3.8. 산업 별 시스템 및 프로세스 최적화 사례 개발							뉴스
레벨 4: 산업 혁신	4.1. 제조 산업 혁신 사례 개발							문헌
	4.2. 공급사슬망관리 혁신 사례 개발							문헌
	4.3. 에너지 산업 혁신 사례 개발							문헌
	4.4. 대중소기업 혁신 메커니즘 이해							뉴스
	4.5. 산업 혁신 메커니즘 이해							문헌
	4.6. 기술 스타트업의 혁신 지원							뉴스
레벨 5: 사회 발전	5.1. 스마트시티 구축 사례 개발							뉴스
	5.2. 4차 산업혁명의 사회 발전 메커니즘 이해							문헌
	5.3. 디지털 트랜스포메이션 촉진							문헌
	5.4. 혁신 촉진 및 부작용 방지 위한 정책 개발							뉴스
	5.5. 4차 산업혁명 시대 차세대인력 교육							뉴스

지금까지 3.2, 3.3, 3.4장에서 설명한 연구결과는 정량적 텍스트마이닝 결과 및 정성적 논문, 뉴스 리뷰에 기반한다. 여기서 한걸음 더 나아가, 4차 산업혁명의 주요 융합 R&D 이슈 파악을 위해 연구분야 별 논문의 출처 정보 분석, 뉴스가 함의하는 실용적 연구 이슈 파악을 시도하였다. 연구분야 별 논문의 출처 정보 분석은 같은 클러스터 내 논문들이 어떠한 SCIE 저널에서 나왔는지 (혹은 어떠한 SSCI 저널에서 나왔는지)에 대한 분석, 출처 및 연구주제가 다양할 경우 이들을 껴는 융합 R&D 이슈가 무엇인지에 대한 고민을 수반하였다. 뉴스가 함의하는 실용적 연구 이슈 파악은 뉴스에서 소개된 사례, 현황 정보가 다른 맥락에서 응용될 수 있을지 (예: 패션 분야 블록체인 활용 사례가 다른 산업에서 응용될 수 있을지), 여러 뉴스를 포괄하는 융합 R&D 이슈가 무엇인지에 대한 고민을 수반하였다. 결과적으로 표 2와 같은 융합 R&D 이슈들을 도출할 수 있었으며, 이들은 4차 산업혁명의 5개 레벨 및 관련 6Cs 차원에 따라 분류되었다. 각 이슈는 크게 보아 대부분의 차원과 관련이 있으나, 표 2에서 레벨 1부터 3까지는 이슈 별로 핵심적인 차원들만 표기하였다. 예를 들어 1.2. 사이버보안 강화는 Computation, Control과도 관련이 있으나, 본 연구에서 분석된 데이터 상으로 가장 관련이 깊던 Connection, Collection, Communications만 표기하였다. 반면 레벨 4와 5 이슈는 모든 차원이 관련이 깊다 판단했다.

레벨 1 연결 인프라 구축 관련 융합 R&D 이슈의 특징은 다음과 같다. 1.1. 무선 센서 네트워크 구축 및 확장은 Connection, Collection, Communications 기술 개발 이슈인만큼 관련 논문들은 모두 SCIE 저널 및 공학과학 관련 ECI 저널에서 나왔다. 즉, 이슈 1.1은 공학과학 내 융합 이슈이다. 1.2. 사이버보안 강화 역시 마찬가지로 특징을 갖고 있으며, 관련 논문들은 서로 다른 분야에서의 보안 기술을 다룬다. 이들 기술의 핵심 아이디어 간 간 벤치마킹 및 융합이 실용적일 것으로 보인다. 1.3. 가상현실 및 증강현실 기술 개발은 Control 차원과도 관련이 깊으며, 가상현실 및 증강현실 기술 개발을 다루는 SCIE 저널논문, 사람이 기술을 잘 활용하도록 방법을 연구한 SSCI 저널논문 등이 분포해있었다. 이로부터, 사용자가 잘 활용할 수 있는 가상현실 및 증강현실 기술 개발 연구가 실용적일 것으로 보인다. 1.4. 블록체인을 활용한 사물, 사람, 조직 연결은 뉴스 데이터 분석으로부터 도출된 융합 R&D 이슈이다. 이 이슈는 세부적으로 그림 9의 사물 node 내 연결 이슈, 사람 node 내 연결 이슈, 조직 node 내 연결 이슈, 그리고 복수의 nodes 간 연결 이슈를 가지며, Connection, Collection, Communications 외에도 Control 차원과도 관련이 깊다는 특징을 가진다 (예: Smart Contracts 활용). 또한 블록체인 기반의 연결은 물리적 연결이 아닌 사회적 연결을 가능하게 한다는 점에서 공학과학인문사회학 모두의 융합과 관련이 깊다. 예를 들어 다양한 뉴스들이 여러 유형의 암호화폐 별 유용성 및 가능성을 다루고 있었으며, 이는 블록체인 기술 기반의 사회 변화와

관련이 깊다. 끝으로 1.5. 산업 별 통합 연결 인프라 구축은 무선 센서 네트워크 및 사이버보안 인프라, 가상 현실증강현실 및 블록체인 기술을 통합하는 연결 인프라가 다양한 산업에서 구축되어야 함을 말한다.

레벨 2 데이터 활용 인공지능 개발 관련 융합 R&D 이슈의 특징은 다음과 같다. 2.1. 빅데이터 수집 및 통합은 Collection, Communications, Computation 차원과 관련이 깊으며, 특정 공학과학 분야의 빅데이터 수집 및 분석 SCIE 저널논문, 경영 효율화를 위한 빅데이터 수집 및 분석 SSCI 저널논문 등이 분포해 있었다. 이들 중 여러 논문들이 특정 source 한개로부터의 데이터 수집이 아닌, 분석 목적 하 여러 sources로부터의 데이터를 통합해 활용하는 연구를 다루고 있었다 (예: 공장의 여러 기계로부터의 데이터 통합, 소셜 네트워크 內 여러 사람들로부터의 데이터 통합). 2.2. 예측 및 예후 기술은 Computation, Control 차원과 관련이 깊으며, 관련한 대부분의 논문들은 특정 대상의 예측예후를 위한 알고리즘 개발 연구였으며 (SCIE 저널), 유일한 SSCI 저널논문은 10여년 후의 예측예후 기술 기반 제조 산업 모습을 델파이 기법에 기반해 조사하였다 (Bokrantz et al., 2017). 예측예후 기술은 제조 산업 외에도 헬스케어 산업에서 개발되고 있으며, 앞으로 이들 기술의 핵심 아이디어 간 벤치마킹 및 융합이 실용적일 것으로 보인다. 2.3. 최적화 기술 개발 역시 Computation, Control 차원과 관련이 깊으며, 이 이슈 논문들은 최적화 모델 및 알고리즘 개발 (주로 SCIE 저널) 및 경영 문제 및 산업 현장에서의 최적화 사례 개발 (주로 SSCI 및 ECI 저널)을 다루고 있다. 2.4. 산업 별 데이터 활용 인공지능 개발 및 발전은 빅데이터 수집 및 통합, 예측예후 모델 및 최적화 기술 개발을 통한 인공지능이 지속적으로 다양한 산업에서 활용되고 발전되어가야 함을 말한다.

레벨 3 시스템 및 프로세스 최적화 관련 융합 R&D 이슈의 특징은 다음과 같다. 3.1. 인간-로봇 협력 시스템 개발은 Computation, Control, Creation 차원과 관련이 깊으며, 여기서 로봇은 하드웨어 (예: 제조 로봇) 및 소프트웨어 (예: 제조 로봇에 내재된 인공지능) 모두를 말한다. 이 이슈는 로봇 개발 자체에 집중하는 SCIE 저널논문들 및 로봇과 인간의 협력에 (예: 인간이 로봇을 교육) 초점을 두는 SSCI, ECI 저널논문들을 포괄하며, 이로부터 앞으로 인간-로봇 협력 시스템 전체를 고려한 로봇 개발, 사용자 분석 연구가 다수 등장해야 할 것으로 보인다. 3.2. 프로세스 모니터링 및 제어 사례 개발 역시 Computation, Control, Creation 차원과 관련이 깊으며, 대상 프로세스에 따라 다양한 SCIE 저널논문 (예: 공정 프로세스), SSCI 저널논문이 (예: 인간 행동 프로세스) 분포해 있었다. 역시 앞으로 이들 연구의 핵심 아이디어 간 벤치마킹 및 융합이 실용적일 것으로 보인다. 예를 들어, 공정 프로세스, 비즈니스 프로세스 데이터는 과거에도 수집되었기에 Manufacturing Process Management, Business Process Management 사례가 지속적으로 개발되어 왔다. 최근 들어 수집 가능해진 인간 행동 프로세스 데이터 (예: 환자 행동 프로세스) 활용을 통해

Customer Process Management, Personal Process Management 사례가 다수 개발될 수 있을 것으로 보인다 (Lim et al., 2018b). 3.3. 시스템 제어 및 자동화 사례 개발 역시 이슈 3.1과 유사한 특징을 가지며, 앞으로 대상 시스템에 따라 다양한 융합 사례가 기대된다. 3.4. 새로운 유형의 시스템 설계는 유일하게 A&HCI 저널논문들을 포함하고 있는 이슈이며 (예: 4차 산업혁명 시대 제품 시스템 설계를 위한 새로운 관점 연구), 대상 시스템에 따라, 설계 방법론이 공학적 기반을 가지느냐 인문사회학적 기반을 가지느냐에 따라 다양한 논문들이 분포해있었다. 역시 앞으로 이들 연구의 핵심 아이디어 간 벤치마킹 및 융합이 실용적일 것으로 보인다 (예: 공학 기술을 활용한 서비스 시스템 설계, 인문사회학-예술 분야의 설계 방법론을 활용한 인간-로봇 협력 시스템 설계). 3.5. 사이버물리시스템 개발 이슈는 대부분의 관련 논문이 SCIE 저널로부터 나온 제조, 생산 고도화를 위한 사이버물리시스템 개발 사례 연구였으며, 몇가지 SSCI 저널로부터 나온 논문들은 사용자 관점에서 본 사이버물리시스템 개발 연구를 다루고 있었다. 역시, 앞으로 사용자가 잘 활용할 수 있는 사이버물리시스템 개발이 실용적일 것으로 보인다. 3.6. 스마트 시스템 개발 및 구현은 Collection, Communications, Computation, Control 기술에 기반한 특정 시스템의 스마트화, 가치 Creation을 다룬다. 시스템의 예시는 공장 (Smart Factory 연구), 배 (Smart Ship), 물류 (Smart Logistics 연구) 시스템 등을 망라하는만큼, 앞으로도 다양한 산업에서의 스마트 시스템이 기술 융합에 기반해 등장할 것으로 보인다. 3.7. 새로운 유형의 스마트 서비스 모델 설계는 클라우드 서비스 설계, 사물인터넷 및 블록체인 기반의 신규 서비스 설계 등을 망라하며, 산업 분야 역시 에너지, 물류, 식품, 화학, 제조 등 다양했다. 역시 앞으로 기술 융합 기반의 신규 서비스가 다양한 산업에서 등장할 것으로 보인다. 3.8. 산업 별 시스템 및 프로세스 최적화 사례 개발은 앞서 밝힌 사례들이 다양한 산업에서 개발되고 발전되어가야 함을 말한다.

레벨 4 산업 혁신 관련 융합 R&D 이슈의 특징은 다음과 같다. 4.1. 제조 산업 혁신 사례 개발 이슈는 제조 산업에서의 최적화자동화 사례들을 지속적으로 개발해야함을 요구한다. 관련 논문들 중 일부는 기계 시스템의 자동화를 다루고 있으며, 향후 자동화의 범위가 특정 기계 시스템을 넘어 지속적으로 확장될 것으로 보인다. 4.2. 공급사슬망관리 혁신 사례 개발은 대부분의 관련 논문이 Web of Science 분야 Management 혹은 Business에 해당했으며, SSCI, ECI 저널로부터 나왔다. 예를 들어, 새로운 데이터 분석 알고리즘 (예: 스케줄링 알고리즘) 기반의 생산 및 물류 혁신 사례, 새로운 기술 (예: 센싱, 사물인터넷 기술)이 공급사슬망관리에 미칠 영향에 대한 조사 연구 등이 분포해있었다. 4.3. 에너지 산업 혁신 사례 개발은 산업에서의 에너지 절약관리 기술 개발, 에너지 산업 혁신을 위한 새로운 기술 (예: 센싱, 보안, 배터리 기술) 관련 연구 등이 분포해 있었으며, 관련 Web of Science 분야는 Electrical Engineering, Energy & Fuels, Economics

등을 망라한다. 4.4. 대중소기업 혁신 메커니즘 이해 이슈는 뉴스 데이터로부터 도출된 이슈이며, 앞으로 대중소기업들이 어떠한 4차 산업혁명 관련 기술을 개발하고 어떻게 활용하는지 그 과정을 분석, 혁신의 메커니즘을 이해하는 것이 미래의 혁신 촉진에 기여할 것으로 판단된다. 4.5. 산업 혁신 메커니즘 이해 이슈는 특정 산업 (예: 제조, 에너지)이 4차 산업혁명 관련 기술들에 기반에 어떻게 발전되어 가는지, 여러 산업을 관통하는 도전과제는 무엇인지, 산업 별로 SMEs (Small and Medium-sized Enterprises) 발전을 촉진 하려면 어떻게 해야하는지에 대한 연구가 분포해있었다. 4차 산업혁명 시대가 아직은 완전히 도래하지 않았다고 판단되는 지금, 이슈 4.5에 대한 연구는 미래를 준비하고 개선하는 데에 기여할 것이다. 4.6. 기술 스타트업의 혁신 지원 이슈는 뉴스 데이터로부터 도출된 이슈이며, 기술 발전이 매우 빠른 지금, 앞으로 기술 스타트업 들을 어떻게 발전시킬지, 새로운 기술 스타트업 발생을 어떻게 촉진시킬지에 대한 연구가 실용적일 것으로 기대된다.

레벨 5 사회 발전 관련 융합 R&D 이슈의 특징은 다음과 같다. 5.1. 스마트시티 구축 사례 개발은 뉴스 데이터로부터 도출된 이슈이며, 전세계에서 등장하고 있는 스마트시티 구축 사례의 지속적 개발을 요구한다. 스마트시티 관련 연구 (예: Lim et al., 2018a)를 살펴보면, 이러한 사례는 특정 기술의 활용 관점뿐 아닌, 시민들의 편의·심리 관점에서의, 인문·사회·과학·예술 관점에서의 사례를 두루 포괄한다. 스마트시티 맥락 아래 레벨 3, 레벨 4의 연구가 앞으로 다양한 사례를 만들어낼 것으로 보인다. 5.2. 4차 산업혁명의 사회 발전 메커니즘 이해 이슈는 관련 논문 대부분이 인문·사회·과학 분야의 SSCI, ECI 저널에서 나왔다. 사회가 4차 산업혁명 관련 기술들 및 응용사례들에 기반에 어떻게 발전되어 가는지, 이에 따른 도전과제는 무엇인지에 대한 연구는 미래의 4차 산업혁명 시대를 준비하고 만들어가는 데에 기여할 것이다. 5.3. 디지털 트랜스포메이션 촉진 이슈는 트랜스포메이션 대상의 레벨에 따라, 즉 대상이 산업 내 특정 시스템이나 혹은 산업·사회 전체이냐에 따라 관련 연구가 SCIE, SSCI, ECI 저널에 고루 분포해있었다. 즉, 이 이슈는 공·학·과·학·인·문·학·사·회·학 모두의 융합과 관련이 깊다. 5.4. 혁신 촉진 및 부작용 방지 위한 정책 개발은 뉴스 데이터로부터 도출된 이슈이며, 앞으로 4차 산업혁명 관련 정책이 국가 별로 다른 사회·경제 환경에 따라 어떻게 달리 추구 되고 있는지, 추구되어야 하는지에 대한 연구가 다수 이루어져야할 것으로 보인다. 이는 4차 산업혁명 시대, 기술에 끌려가지 않는, 기술을 끌어가는 형태의 사회 발전에 기여할 것이다. 5.5. 4차 산업혁명 시대 차세대 인력 교육 역시 뉴스 데이터로부터 도출된 이슈이며, 기술 발전에 따라 급변하는 산업·사회·경제 환경 속에 대학원부터 초등학교까지의 교육이 어떻게 이루어져야 하는지에 대한 고민, 연구를 요구한다.

다섯 개 레벨 전체를 아우르는 시사점은 다음과 같다. 표 2에 나타난바와 같이, 레벨 1의 이슈들은 주로

Connection, Collection, Communications 기술과 관련이 깊다. 이에 따라 관련 논문들은 공학·과학 분야 SCIE, ECI 저널들로부터 나왔다. 즉, 이들 이슈는 공학과학 중심의 융합과 관련이 깊다. 레벨 2의 이슈들 역시 Collection, Communications, Computation, Control 기술과 관련이 깊은만큼 반면 공학·과학 중심의 융합과 관련이 깊지만, 경영 문제 해결을 위한 데이터 활용 등 공학·과학·인문학·사회학 전체의 융합에도 기여한다. 한편 레벨 3의 이슈들은 수집된 데이터 분석으로부터 얻어진 정보를 활용한, 인공지능 기반 제어를 통한 가치 창출 (Creation) 사례 개발을 다룬다. 즉 이들 이슈는 공학·과학·인문학·사회학 전체의 융합과 관련이 깊다. 레벨 4의 이슈들 역시, 이때부터 연구 대상의 범위가 광범위해짐에 따라 공학·과학·인문학·사회학 전체의 융합과 관련이 깊다. 특히 산업과 경영의 실제 문제 해결을 위한 융합과 관련이 깊다. 레벨 5 이슈들의 경우 관련 논문들은 대부분 인문학·사회학 분야 SSCI, ECI 저널들로부터 나왔다. 즉, 이들 이슈는 인문학·사회학 중심의 융합 연구를 다룬다. 종합하면, 레벨 1부터 레벨 5까지의 이슈들은 공학·과학부터 인문학·사회학까지의 융합 스펙트럼을 형성한다.

3.6 국내외 관련 논의와의 비교

2017년 10월 11일, 정부의 대통령 직속 4차 산업혁명 위원회는 서울 상암동 S-PLEX에서 위원회를 출범하고 4차 산업혁명 대응을 위한 기본 정책방향을 논의하였다. 이 회의에서는 4차 산업혁명을 "인공지능, 빅데이터 등 디지털 기술로 촉발되는 초연결 기반의 지능화 혁명"이라 정의하였으며, 4차 산업혁명 시대에는 "네트워크에 많은 사람·사물이 연결, 데이터가 기하급수적으로 늘어나고, 인공지능 소프트웨어가 이를 스스로 학습하여 일부 지적 판단기능을 수행"한다, "네트워크 (사물인터넷, 5G), 데이터 (Cloud, Big Data), 인공지능 (기계학습, 알고리즘) 등 디지털 기술은 다양한 기술과 융합, 범용으로 영향을 미치는 4차 산업혁명 핵심동인"이라고 밝혔다. 이러한 정의 및 특징은 본 보고서 3.2장에서 제안된 4차 산업혁명 정의, 3.4장에서 제안된 6Cs 기반 4차 산업혁명 프레임워크와 (그림 9) 매우 관련이 깊다. 독자의 편의를 위해 본 보고서의 4차 산업혁명 정의 및 특징을 여기에 반복한다: 4차 산업혁명이란 "(i) 연결 인프라 구축, (ii) 데이터 활용 인공지능 개발, (iii) 시스템 및 프로세스 최적화를 통한 (iv) 산업 혁신과 (v) 사회 발전"을 말하며, "사람, 사물, 조직을 연결해 (Connection), 관심 시스템 및 프로세스로부터 데이터를 수집하고 (Collection), 통신하며 (Communications), 그것이 함의한 정보를 인공지능으로 계산해내 (Computation), 관심 시스템 및 프로세스의 최적 제어에 (Control) 활용해 가치를 창출하는 (Creation) 사례들을 집약"한다.

구체적으로, 위원회가 제시한 메시지 “데이터에 대한 자가 학습을 통해 지속적으로 알고리즘 성능을 강화 하므로 데이터가 산업의 새로운 경쟁원천으로 부각”은 표 2의 레벨 2 융합 R&D 이슈들과 관련이 깊으며, 메시지 “각종 제품과 서비스가 지능화됨으로써 삶의 편의성 향상, 안전한 생활환경 조성, 맞춤형 서비스 제공 등 국민 삶에 큰 혜택”은 레벨 3의 이슈 3.6, 이슈 3.7, 레벨 5의 이슈 5.1 등과 관련이 깊다. 또한 메시지 “위험 직무, 단순 반복 업무는 자동화 가능성이 있는 반면, 창의성이나 고도의 기술력 등이 요구되는 양질의 일자리는 증가”는 레벨 3의 이슈 3.1, 레벨 5의 이슈 5.4, 이슈 5.5 등과 관련이 깊다. 위원회가 제시한 주요 추진방향 및 추진과제 중 추진방향 1. “산업·경제 - 산업·서비스 지능화 혁신” 하 추진과제 “각 분야와 지능화 기술의 전면적 융합을 통해 산업 경쟁력을 높이고 신산업·일자리 창출”은 레벨 3의 이슈 3.8, 레벨 5의 이슈 5.5 등과 관련이 깊으며, “사회문제 해결 및 편리하고 안전한 공공 서비스를 제공함으로써 국민의 삶의 질을 높이고 혁신성장을 위한 선도 시장 창출”은 레벨 3의 이슈 3.7, 레벨 5의 이슈 5.1과 관련이 깊다. 또한 추진과제 “새로운 기술서비스가 시장에 안착할 수 있도록 규제 샌드박스 도입, 상용화 시점에 맞춰 개별규제 해소 등 규제 재설계”는 레벨 4의 4.5, 레벨 5의 5.4 등과 관련이 깊으며, “중소·벤처기업을 성장 동력으로 육성하기 위해 성장단계별 지원 강화 및 공정한 경쟁시장 환경 조성”은 레벨 4의 이슈 4.4, 4.6 등과 관련이 깊다. 마찬가지로, 추진방향 2. “사회제도 - 미래사회 변화 선제 대응” 관련 과제들은 전반적으로 레벨 5의 융합 R&D 이슈들과 관련이 깊으며, 추진방향 3. “과학기술 - 4차 산업혁명 기술기반 강화” 관련 과제들은 전반적으로 레벨 1과 레벨 2 융합 R&D 이슈들과 관련이 깊다.

2018년 9월 28-29일, 이탈리아 Cernobbio에서는 WMF (World Manufacturing Forum)이 개최되었으며, 세계 40여개국에서 900여명이 참석하여 다양한 토의·토론을 진행하였다. 포럼에서는 제조 산업이 세계경제를 이끄는 원동력이다, 빅데이터 기반의 사회가 도래하였다고 강조되었다. 포럼에서는 특히 몇가지 메시지가 강조되었으며, 이들 역시 표 2의 융합 R&D 이슈들과 관련이 깊다. 예를 들어 “Strengthen and expand infrastructures to enable future-oriented manufacturing”은 레벨 1의 이슈들과, “Explore real value of data-driven decision making”은 레벨 2의 이슈들과, “Develop effective policies to support global business initiatives”는 레벨 3의 이슈 3.7과, “Cultivate a positive perception of manufacturing”는 레벨 4의 이슈 4.1과, “Assist SMEs with digital transformation”는 레벨 4의 이슈 4.4 및 4.6과, “Promote education skills development for societal well being”은 레벨 5의 이슈 5.5와 관련이 깊다. 본 연구는 이와 같은 국내외 논의와 독립적으로, 수집된 데이터에 대한 정량적 분석, 정성적 리뷰를 중심으로 수행되었다. 그럼에도 불구하고 위와 같이 국내외 기존 논의와 본 연구의 결과물들이 관련

이 깊은 것은, 본 연구가 국내외 다양한 분야 다수 전문가들의 의견 종합 결과를 근거하고 보완할 수 있음을 나타낸다.

3.7 융합연구정책을 위한 제언

4차 산업혁명 시대를 대비하기 위한, 만들어가기 위한 융합 R&D 이슈로서 표 2의 이슈들 모두가 각자의 중요성을 가진다. 그중 본 보고서는 특히 레벨 3 “시스템 및 프로세스 최적화”의 이슈들의 중요성을 강조하고자 한다. 3.5장 마지막 문단에서 밝힌 바와 같이, 레벨 1부터 레벨 5까지의 이슈들은 공학과학부터 인문학사회학까지의 융합 스펙트럼을 형성한다. 이 스펙트럼 下 (그림 10 참조), 레벨 3의 이슈들은 레벨 1, 레벨 2 관련 기반 기술들과 레벨 4, 레벨 5의 산업 및 사회 발전을 연결하는 가교 구축 역할을 담당한다. 4차 산업혁명을 만들어가기 위해서는 이의 구체적 사례들이 지속적으로 다수 개발되어야 하며, 이는 다양한 산업에서의 시스템 및 프로세스 최적화 노력에 기반할 것이다.

그림 10. 4차 산업혁명과 공학과학인문학사회학의 융합

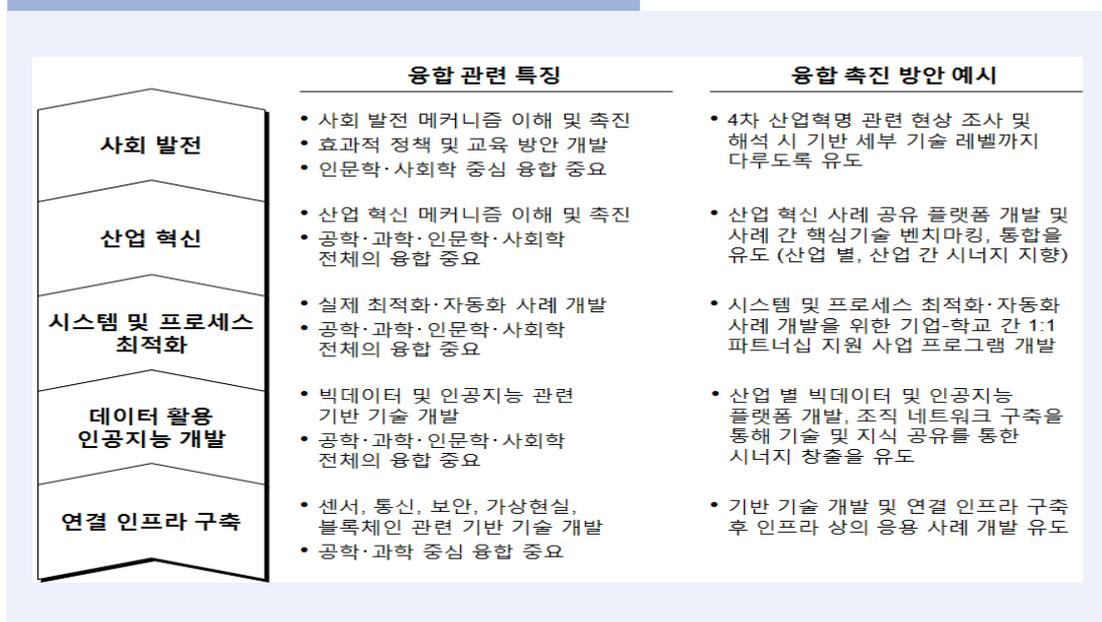


그림 10에 예시된 바와 같이, 본 보고서는 레벨 3의 융합 R&D 이슈 추구를 위해 정부가 기업-학교 간 1:1 파트너십 지원 사업 프로그램을 개발할 수 있다 제안한다. 해당 사업 下 연구과제들은 실제 기업이 다루는, 혹은 관심을 갖는 시스템 혹은 프로세스에 대한 최적화 사례 (그리고 이것이 산업 및 사회 전반에 미치는 영향이 클 사례) 개발에 집중하며, 참여 기업과 학교는 레벨 1, 레벨 2의 기반 기술들을 활용한 혁신에 집중한다. 정부는 개발된 사례를 레벨 4, 레벨 5의 산업 및 사회 발전을 위해 확산하는 역할을 담당하며, 이의 효율적인 작업을 위해 산업 별로 고르게 연구과제가 개발될 수 있도록 계획한다. 이러한 제안은 다른 레벨들의 이슈들의 중요성을 낮게 보기 때문이 아니다. 레벨 1, 레벨 2의 이슈들의 경우 기존의 정부부처 별 공학과학 주도 사업에 조금 더 인문학사회학 요소를 가미하도록 할 수 있다 (예: 기반 기술 개발 후 응용 사례 개발 유도, 기반 기술 관련 플랫폼 개발 및 조직 네트워크 구축 장려). 마찬가지로, 레벨 4, 레벨 5의 이슈들의 경우 반대로 정부부처 별 인문학사회학 주도 사업에 조금 더 공학과학 요소를 가미하도록 할 수 있다 (예: 4차 산업혁명 관련 현상 조사 및 해석 시 기반 세부 기술 레벨까지 다루도록 유도, 사례 공유 플랫폼 개발 및 사례 간 핵심기술 벤치마킹을 유도).

융합연구정책 관점에서 바라본 본 연구의 가치는 다음과 같다. 첫째, 본 연구는 “융합연구”를 위해 이종의 연구분야 간 융합연구 촉진을 위한 프레임워크 (예: 그림 8, 그림9), 아이디어 (예: 표 2)를 제시한다. 둘째, 본 연구는 “융합정책”을 위해 미래 유망 융합기술 발굴 (예: 4차 산업혁명 레벨 1부터 3까지의 연구분야) 및 융합 R&D 사업의 전략적 방향 (예: 그림 10)을 도출한다. 셋째, 본 연구는 “융합교육”을 위한 개념적 기반을 제시한다. 예를 들어 4차 산업혁명의 6Cs 차원은 융합인재가 갖추어야할 역량을 대변할 수 있다: 미래사회를 선도할 융합인재는 Connection, Collection, Communications, Computation, Control 기반의 Creation을 가능하게 해야 한다. 종합하자면, 본 연구는 4차 산업혁명 이해를 위한 지식 기반, 융합 R&D 이슈 리스트를 개발하였다. 이는 4차 산업혁명을 위한 융합 아이디어를 발굴하는 “학술적·실용적 연구의 장”을 마련한 것으로, 앞으로 융합연구 활성화에 기여할 것이다. 또한 4차 산업혁명의 세부 기반 기술 부터 사회 발전까지의 이슈를 폭넓게 다룸에 따라, 국가 R&D 정책 및 전략 방향 수립에 기여할 것으로 기대 된다.

IV 결론

본 연구는 4차 산업혁명에 대한 이해와 관련 융합 R&D 이슈 도출을 위해 텍스트마이닝 기반의 접근을 취했다. 4차 산업혁명 관련 686개 저널논문들(9월 8일 기준 Web of Science Core Collection 주요 데이터베이스 내 관련 논문 전수), 3,907개 뉴스기사들(9월 17일 기준 LexisNexis Business & Industry News 데이터베이스 내 관련 기사 전수)의 텍스트 데이터가 분석되었으며, 3.1장에 서술된 연구 과정 결과, 4차 산업혁명의 5개 레벨 및 19개 주요 연구분야(3.2장), 4차 산업혁명 관련 최신기술, 응용산업, 기업, 국가 현황, 사회적 이슈(3.3장), 4차 산업혁명을 위한 융합의 6Cs 차원이(3.4장) 파악되었으며, 4차 산업혁명의 주요 융합 R&D 이슈 28개가(3.5장) 도출되었다. 이러한 연구결과는 국내외 관련 논의와 일관적·상호보완적으로 나타났으며(3.6장), 이는 본 연구가 취하는 “문서 빅데이터 분석 기반의 접근”이 다양한 분야 다수 전문가들의 의견 종합 결과를 근거하고 보완할 수 있음을, 매우 효율적인 접근임을 나타낸다. 나아가 본 연구는 4차 산업혁명 시대 융합 촉진을 위한 솔루션으로서 몇가지 융합연구정책 방향을 제안한다(3.7장).

본 연구는 4차 산업혁명의 개념 및 범위에 대한 명확화에 기여하며, 관련 융합 R&D를 촉진할 것이다. 구체적으로 본 연구의 의의는 다음과 같다: 본 연구는 4차 산업혁명을 직접적으로 언급하는 문헌 및 뉴스 데이터 대부분을 분석했다는 점에서 포괄성을 가지며, 그 분석 방법이 정량적 방법론에 기반한다는 점에서 객관성을 가진다. 정량적 분석의 한계를 극복하기 위해 연구진은 데이터를 직접 정성적으로 리뷰하고 관련 문헌을 참조하고자 노력하였다. 최종적으로 도출된 융합 R&D 이슈는 이러한 통합적 접근에 기반해 도출되었다는 데에, 4차 산업혁명의 5개 레벨에 따라 체계적으로 구조화되고 서술되었다는 데에 의의를 가진다. 물론 3절에 기술된 연구 결과 및 토의는 연구진 내에서 정리되었다는 점에서 한계를 가진다. 하지만 연구진은 도출된 28개 융합 R&D 이슈가 완전한(exhaustive) 리스트라고 생각하지 않으며, 이는 미래 연구들을 통해 지속적으로 정제, 확장되어야 한다. 예를 들어 보다 많은 키워드들을 활용해 수집한 데이터를 분석할 수 있을 것이며, 특정 연구분야의 텍스트데이터에 집중해 연구분야 별 융합 R&D 이슈를 세분화할 수 있을 것이며, 시간에 따른 4차 산업혁명 관련 문헌 및 뉴스의 발전·확장을 관찰할 수 있을 것이다. 데이터 분석 방법론 측면에서는, 뉴스 데이터의 word-features 선별, 최적의 토픽 개수 판별 과정이 개선되어야 한다.

또한, 본 연구는 문헌 및 뉴스 데이터로부터 추출된 토픽을 연구진이 한번 더 정성적으로 분류하였으나, 이 작업 역시 계층적 토픽 모델링 방법론에 기반해 정량적으로 시도될 수 있다. 나아가, 본 연구는 문헌 및 뉴스 데이터로부터 추출된 토픽들을 연구진이 정성적으로 종합하였으나, 이 작업 역시 문헌 데이터와 뉴스 데이터가 개별적으로 구성하는 토픽 공간의 관계 분석에 기반해 정량적으로 시도될 수 있다. 끝으로, 도출된 이슈들에 대한 각계 전문가들의 의견을 설문인터뷰해 이슈들을 평가, 보완, 확장할 수 있을 것이다. 연구진은 본 연구의 결과가 4차 산업혁명 이해 및 촉진을 위한 주요 레퍼런스로 활용될 수 있으리라 생각하며, 이것이 융합을 통한 국내 기업·산업 경쟁력 강화에, 사회 발전에, 정부 및 국내 학계가 4차 산업혁명 관련 분야의 국제적 우위를 선점하는 데에 기여하길 희망한다.

저자_ 임치현 (Chiehyeon Lim)

• 학력

포항공과대학교 산업경영공학 박사
포항공과대학교 산업경영공학 학사

• 경력

現) 울산과학기술원 조교수
前) University of California, Merced Assistant Project Scientists/Lecturer

저자_ 이창헌 (Changhun Lee)

• 학력

울산과학기술원 대학원 경영공학과 석박사통합과정 재학 중

• 경력

現) 울산과학기술원 서비스시스템 연구실 (<http://service.unist.ac.kr/>) 연구원

참고문헌

1. Blei, D. M., Ng, A. Y., & Jordan, M. I. (2003). Latent Dirichlet allocation. *Journal of Machine Learning Research*, 3(Jan), 993-1022.
2. Bokrantz, J., Skoogh, A., Berlin, C., & Stahre, J. (2017). Maintenance in digitalised manufacturing: Delphi-based scenarios for 2030. *International Journal of Production Economics*, 191, 154-169.
3. Lim, C., & Maglio, P. P. (2018). Data-driven understanding of smart service systems through text mining. *Service Science*, 10(2), 154-180.
4. Lim, C., Kim, K. J., & Maglio, P. P. (2018a). Smart cities with big data: Reference models, challenges, and considerations. *Cities*, Forthcoming.
5. Lim, C., Kim, M. J., Kim, K. H., Kim, K. J., & Maglio, P. P. (2018b). Customer process management: A framework for using customer-related data to create customer value. *Journal of Service Management*, Forthcoming.
6. Lin, C. J. (2007). Projected gradient methods for nonnegative matrix factorization. *Neural Computation*, 19(10), 2756-2779.
7. Lu, Y. (2017). Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of Industrial Information Integration*, 6, 1-10.
8. Mankad, S., Han, H. S., Goh, J., & Gavirneni, S. (2016). Understanding online hotel reviews through automated text analysis. *Service Science*, 8(2), 124-138.
9. Noh, H., Jo, Y., & Lee, S. (2015). Keyword selection and processing strategy for applying text mining to patent analysis. *Expert Systems with Applications*, 42(9), 4348-4360.
10. Raschka, S. (2015). *Python machine learning*. Packt Publishing Ltd.

11. Rousseeuw, P. J. (1987). Silhouettes: a graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 20, 53-65.
12. Von Luxburg, U. (2007). A tutorial on spectral clustering. *Statistics and computing*, 17(4), 395-416.
13. Xie, Z., & Miyazaki, K. (2013). Evaluating the effectiveness of keyword search strategy for patent identification. *World Patent Information*, 35(1), 20-30.



02

STEAM 기반 유아 공학교육 프로그램 개발 및 효과

김성현 (동남보건대학교 조교수)

I 서론

인공지능, 사물인터넷 등으로 대변되는 4차 산업 혁명이 이슈가 되면서 미래사회에 대한 희망 그리고 다른 한편으로는 불안감이 공존해 나가고 있다. 3차 산업혁명으로의 급격한 변화에서 인간은 이전의 시기보다 더욱 복잡해지는 세계 속에서 기존보다 더욱 다양한 범위의 능력과 더불어 창의성, 문제해결능력 등을 동시에 요구받고 있다(임명희, 박윤조, 김성현, 2017). 다시 말해 4차 산업혁명 시대를 맞이하고 있는 미래사회에서는 창의적이고 융합적인 사고가 가능하며 협력 그리고 소통이 가능한 과학인재가 요구된다(홍혜경, 2017). 이에 따라 단순히 인지적 학업능력을 기르도록 하는데 제한이 있음을 인정하며 미래사회에 적응할 수 있는 문제 해결능력을 기르기 위한 노력을 기울이고 있다(지성애, 2015).

관련하여 최근 여러 연구자들은(Bagiati, Yoon, Evangelou, & Ngambeki, 2010; DeJarnette, 2012) 보다 어린 연령인 초등학교 고학년이전에 융합(STEAM)교육에 노출하는 것이 과학, 수학, 기술 등의 관련 영역에 대한 흥미와 관심을 효과적으로 높일 수 있으며 이후에 관련 영역의 직업을 선택할 가능성이 있다고 주장하였다(김현수, 정혜영, 2017에서 재인용). 이에 따라 유아기 그리고 초등학교 저학년들을 대상으로 하는 융합인재교육에 대한 관심 역시 증가하고 있다. 21세기 들어 대부분의 학문 분야 뿐만 아니라 교육계에서도 교과 간의 '융합'에 관한 논의가 그 핵심이 되고 있는 가운데 유아교육계에서는 유아기가 융합교육을 위한 기반이 되는 시기임을 인식하고 융합교육을 바람직한 방향으로 설정하여 이전부터 수행하고 있다(이연승, 2014). 그럼에도 불구하고 융합교육 관련 연구 그리고 적합한 실천 방안 등은 여전히 초·중등 교육과 비교하여 미흡한 수준이라고 볼 수 있다.

STEAM교육은 과학, 기술, 공학, 예술, 수학 등의 첫글자를 따서 만든 조합어로 초기에는 관련 분야의 인력수급 및 양성을 위해 시도되었으나 진정한 융합 및 창의적 교육을 위해 예술과의 통합이 필요하다는 견해가 수용되어 예술이 포함된 STEAM교육으로 시도되고 있다(홍혜경, 2017; Sharpan, 2012; Sousa & Pileki, 2013; Yarkman, 2008). 나아가 융합교육은 유아들에게 필수적인 즐겁고 역동적인 놀이를 제공해 주며, 문제해결의 기술들을 학습하고 적용한다는 점에서(Park, Park, & Bates, 2018) 최근 유아교육의 트렌드로 자리 잡고 있다. STEM Smart brief (2011)은 융합교육에 노출되는 정도가 낮을수록 수학, 과학

그리고 다양한 기본 개념의 형성에 결합에 보임을 입증하면서 융합교육의 중요성에 대하여 경험적인 증거들을 제시하고 있다. 반면에 STEAM교육의 중요성이 강조되고 관련 연구들이 활발하게 진행되고 공급되는 한편으로 STEAM교육이라는 표현이 무색할 정도로 유아교육현장에서의 STEAM교육에서 E(공학)이 포함되지 않았다는 의문들이 지속적으로 제기되고 있다(DiFrancesca, Lee, & McIntyre, 2014). 이는 비단 국외의 상황일 뿐만이 아니며 국내에서도 공학은 과학, 수학, 기술 등과의 교과에 대하여 공학 관련전공 교사, 교육과정 등이 전무하여 기술과 혼용되거나 배제되어 교육하고 있는 실정이다(김영민, 외, 2013).

진정한 의미의 STEAM교육은 목적성이 분명하게 과학적 탐구를 할 수 있도록 하고, 기술적 설계와 실제 문제해결의 맥락에서 관련 공학적 지식을 적용하는 문제-기반 학습이어야 하기 때문에 공학이 STEAM 분야의 통합을 위한 촉매제 역할을 할 수 있는 것은 분명하다(홍혜경, 2017; Katehi, Pearson, & Feder, 2009). 유아들은 선천적으로 창의적인 특성이 있으며 자신들의 손으로 무엇인가를 만들어내는 것을 선호하는 경향성을 보인다. 나아가 유아들은 문제상황에 직면하였을 때 해결하기 위해 최선을 다해 아이디어를 떠올리고 해결하고자 하는 열망을 보이기 때문에 공학은 선천적으로 유아들에게 참여하고자 하는 욕구를 불러일으키며 다른 한편으로 공학활동을 할 때 유아들은 편안함을 느낀다(Davis, Cunningham & Lachapelle, 2017). 나아가 유아들은 일상적인 놀이 시 자신들이 원하고 필요한 것을 이루기 위해 여러 가지 시도를 하고 시행착오를 기반으로 문제를 해결하는 문제해결자임을 고려할 때 현실세계의 문제를 해결하기 위해 작업하는 공학자와 유사하게 공학적인 사고가 가능한 존재이다(Stone-MacDonald, Wendell, Douglas & Love, 2015). 이와 같이 유아들은 매일의 일상에서 공학적인 설계를 실제적으로 적용하여 문제 해결을 위하여 활용하고 있음에도 몰두하고 유아교육 현장에서는 유아들을 위한 효과적인 공학교육이 이루어지고 있지 못하며 융합교육 내에서도 상대적으로 적게 주목받고 있다(홍혜경, 2017). 이는 유아교사들이 특히 공학의 내용에 특정적으로 중점을 기울인 융합교육과 관련된 적합한 활동 혹은 계획안을 구성하는데 있어 어려움을 지각하고 있기 때문이다(Katehi et al., 2009). 특히 공학활동을 유아의 상위사고기술의 발달을 지원하고 STEAM학습을 위한 흥미로운 맥락을 제공하며, 수학과 과학에서 강조하는 과정적 기술의 발달을 촉진할 수 있기 때문에 유아 공학교육 적용에 대해 유아교육 연구자들의 심도 깊은 논의가 필요하다(홍혜경, 2017).

다가오는 4차 산업혁명 시대에서는 엄청난 양의 정보와 기술이 쏟아져 나오기 때문에 정보를 선별하고 논리적으로 조직화하여 적용할 수 있는 능력이 요구된다(조형숙, 2016). 관련하여 일상생활의 다양한 문제들을 논리적, 합리적 그리고 창의적으로 해결할 수 있는 인지능력이 요구된다. 감각 및 지각적인 작용을 기반으로 현상과 물체를 이해하며 사건을 기억하고 추론하는 능력을 효과적으로 발달시키기 위한 접근은 유아교육

분야의 오랜 관심사 중의 하나이기도 하다(김성현, 2016). 관련하여 공학교육은 유아의 인지능력을 효과적으로 증진시킬 수 있다. 공학교육에서는 유아가 일상생활에서 직면한 문제들을 스스로 인식하고 이를 해결하기 위해 다양한 아이디어를 형성하는 과정을 통해(Stone-MacDonald et al., 2015) 유아의 인지능력을 향상시킬 수 있다. 특히 공학교육의 설계에 대한 지속적인 노출을 통해 유아들은 문제해결을 위한 동기들을 더욱 향상시킬 수 있으며 다양한 개념 또한 형성할 수 있다(DiFrancesca et al., 2014; McGrew, 2012). 관련하여 Pantoya, Aguirre-Munoz 그리고 Hunt(2015)는 3-7세의 유아들을 대상으로 혼합연령 그룹을 구성하여 공학교육을 수행한 결과 유아들이 공학적인 사고를 하는 결과가 나타났을 뿐만이 아닌 인지적인 능력에도 향상이 나타났음을 보고하고 있다.

관련하여 Stone-MacDonald와 동료들(2015)는 유아들이 공학적인 문제해결의 과정에서 지속적으로 사고하고 반성적으로 사고하는 능력의 과정을 보인다고 주장하였는데 문제해결을 위해서 다양한 옵션을 고려하고 문제해결과정까지 지속적으로 사고하고, 결과물에 대한 예측, 분석, 비교 등의 반성적인 사고 과정을 통하여 유아의 인지능력을 보다 효과적으로 향상시킬 수 있을 것으로 예측할 수 있다. 즉 유아들이 선천적으로 가지고 있는 문제해결 적인 성향을 공학교육을 중심으로 융합교육을 전개한다면 무엇보다 효과적으로 유아의 인지능력을 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

다음으로 창의성은 일반적으로 개개인이 새로운 아이디어를 생성하는 경향성 혹은 독창적이고 의미 있는 생산물을 만드는 개인의 능력을 의미하는 것으로(Chi, Kim & Kim, 2016), 특히 유아기는 무엇보다 창의성 발달에 결정적인 시기로 알려져 있다(Kornhaber & Gardner, 1991). 특히 근래들어서는 유아들의 창의성을 효과적으로 증진시키기 위한 방법으로 유아기 시기에 융합교육의 중요성이 강조되고 있으며 다양한 표상 매체를 통해 유아들이 다양한 아이디어를 직접 생성해 보는 경험의 중요성이 강조되고 있다(김성현, 2016). 특히 공학의 중요한 요소 중 하나인 문제해결력은 창의성과 밀접한 연관이 되어 있다. 공학교육에서는 주변 상황과 관련된 문제를 발견하는 것으로부터 출발하여 상황에 대한 호기심 및 관찰에서 문제를 발견하고 문제를 해결하기 위해 독창적인 아이디어를 창출하고 이를 표상하고, 문제를 해결하는 과정이기에 이러한 과정에서 문제를 해결하기 위해 자율적이고 능동적인 즉 창의적인 활동을 요구한다고 볼 수 있다(정진현, 김춘화, 2014). 또한 공학교육에서는 제한된 시간과 자원을 활용하여 대처 가능한 다양한 유연한 사고를 촉진한다는 측면에서(Crismond & Adams, 2012) 창의성을 촉진할 수 있다.

나아가 Stone-MacDonald와 동료들(2015)은 유아들이 공학적 학습경험에서 문제해결을 위한 사고체계로 새로운 정보나 아이디어에 대하여 수용하는 창의적이고 융통적인 사고를 한다고 주장하였다. 또한 Katehi와

동료들(2009)은 공학적 사고방식에서 창의성은 공학설계과정에서 나타나는 고유한 것임을 주장하며 공학과정 자체가 창의성을 발현 하는 과정임을 시사하였다. 이러한 주장은 공학교육이 유아의 창의적인 사고를 효과적으로 촉진할 수 있음을 시사한다.

다음으로 과학적 유능감은 과학에 흥미를 보이고 재미있어 하며 과학에 대한 자신감을 보이는 것을 지칭한다(Matzipopoulos, Patrick & French, 2008). 한국경제연구원(2017)은 ‘제4차 산업혁명이 요구하는 한국인의 역량과 교육 개혁’ 보고서에서 OECD에서 시행하는 국제학업 성취도 평가에서 국내 학생들의 성적은 OECD 5위이지만 과학에 대한 흥미도는 OECD 평균이하인 26위로 나타나고 있다고 보고하였다. 이러한 결과는 국내의 학생들이 과학 학습에 대한 흥미나 즐거움이 결여되어 있는 상태에서 자발적으로 과학을 학습하지 않고 과학에 대한 자기주도성이 떨어진다는 측면을 시사하고 있다. 융합교육의 또 다른 구심점 중의 하나인 과학은 유아교육의 핵심 교육 영역 중의 하나로 과학 개념의 형성이 유아의 창의성, 지적능력 등을 포함한 총체적 발달에 긍정적 영향을 미치기 때문에 유아교육 현장에서도 중요시 하는 교과영역 중의 하나이다(노현희, 이길동, 2006; 이석희, 김은진, 공지영, 2010; 임갑빈, 박영란, 2007; 지성애, 2015; Özbey & Alisinanoğlu, 2008). 선행연구자들(지성애, 2015; Morrison, 2013)은 융합교육의 중요한 가치 중 하나로 유아들에게 동기를 촉진시키고 이를 기반으로 개념형성을 하는 것을 통해 유능감을 더욱 촉진시킬 수 있음을 강조하고 있다. 이는 유아기 시기부터 융합교육을 실시할 경우 과학적인 동기 및 유능감을 더욱 촉진시킬 수 있음을 시사한다.

특히 공학교육은 융합교육의 핵심적인 요소로서(Stone-MacDonald et al., 2015), 유아들이 즐거움을 느낌과 동시에 수학, 기술, 과학 등의 요소를 효과적으로 통합할 수 있는 핵심역할을 한다. 특히 공학자적인 사고를 하는데 있어 유아기는 결정적인 시기라고 할 수 있으며 유아기부터 형성된 공학적인 사고가 추후 다른 교과에 대한 정체감 발달에도 핵심적인 역할을 하는 것으로 Pantoya와 동료들(2015) 그리고 Heroman(2017)은 주장하고 있다. 이에 공학을 중심으로 한 STEAM기반 유아 공학교육 프로그램을 개발한다면 유아의 인지능력 그리고 창의성 뿐 아니라 과학적 유능감 또한 효과적으로 발달시킬 수 있을 것으로 판단한다. 그럼에도 불구하고 유아공학교육에 관한 논의는 현재까지 제한적으로 이루어져 왔다. 공학교육의 필요성이 대두됨에 따라 박창현과 김혜리(2017)는 유아 STEAM교육 관련 데이터 마이닝 분석에서 유아기 공학교육이 무엇보다 요구됨을 주장하였다. 나아가 홍혜경 (2017)은 융합인재교육에서 유아를 대상으로 한 공학교육의 적용 가능성을 탐색하면서 유아 공학교육의 기초자료를 제공하였을 뿐 아니라 이러한 기초자료를 기반으로 유아교육 현장에 적용 가능한 프로그램을 개발하고 현장적용 타당성을 검증하여야 함을 주장하였다.

앞서 언급한 바와 같이 STEAM교육은 4차 산업혁명 시대에 무엇보다 필수적인 교육으로 주목받고 있으며, 공학이 그 핵심 매개역할을 수행할 수 있다. 이에 본 연구에서는 STEAM 기반의 유아 공학교육 프로그램을 개발하고 개발한 프로그램의 현장적용 타당성을 검증하고자 한다. 이러한 본 연구의 목적을 수행하기 위해 선정된 연구문제는 다음과 같다.

첫째, STEAM 기반 유아 공학교육 프로그램은 어떻게 개발할 것인가?

둘째, STEAM 기반 유아 공학교육 프로그램의 현장 적용 효과는 어떠한가?

II STEAM 기반 유아 공학교육 프로그램의 개발

1. STEAM 기반 유아 공학교육 프로그램의 목표선정

STEAM 기반 유아 공학교육 프로그램의 목표 선정을 위해 기존의 유아 융합교육 및 공학교육 관련 선행 연구(홍혜경, 2017; Bagiati, et al., 2010; Christenson & James, 2015; DeJarnette, 2012; DiFrancesca, Lee, & McIntyre, 2014; Katehi et al., 2009; Linderman & Anderson, 2015; Stone-MacDonald et al., 2015; Pantoya, Aguirre-Munoz, & Hunt, 2015; Park et al., 2018)의 목적 및 목표를 분석하고, 이를 반영하여 본 프로그램의 하위 목표를 설정하였다. 이러한 선행논문들은 무엇보다 유아가 선천적인 공학자로 공학자적인 사고를 하고 일상생활에서 다양한 문제해결전략들을 사용하고 있음을 인식하고 있음을 기반으로 하고 있다. 이에 따라 유아가 일상생활 내에서 공학교육 경험을 통해 탐구하고 일상생활의 문제해결을 체계적으로 수행하는 경험을 형성하는데 그 목적을 두고 있다. 이에 본 연구의 프로그램의 목적은 유아가 지속적인 공학교육 경험을 통해 일상생활의 다양한 문제를 인식하고 해결하는 능력을 기르는 것으로 목적을 선정하였다. 또한 이러한 목적을 달성하기 위해서 유아는 일상생활의 다양한 문제들에 대하여 통합적으로 접근하고 문제의 원인과 그 해결방법을 논리적으로 추론하는 능력이 요구된다. 또한 이러한 문제해결을 위해 다양한 많은 아이디어를 산출하는 능력이 요구되며, 이러한 문제해결 및 일상생활에서의 과학 및 수학적 원리에 대하여 즐거움을 경험하고 자신이 문제해결자로서의 유능감을 형성할 필요성이 있다. 이에 본 연구 목적을 달성하기 위한 하위 목표로 첫째, 유아의 문제해결 능력을 증진한다. 둘째, 유아의 창의적 사고력을 증진한다. 셋째, 유아가 과학을 즐기고 유능감을 형성할 수 있도록 한다.로 선정하였다.

2. STEAM 기반 유아 공학교육 프로그램의 내용

본 연구에서 STEAM 기반 유아 공학교육 프로그램 내용은 선행연구들이 제시한 단계에 유아의 흥미 및 적합성을 고려하고 누리과정의 교육내용 등을 고려하여 다양한 STEAM의 요소들을 통합적으로 수행할 수 있도록 구성하였다. 먼저 설계 및 계획을 하는 과정에서는 유아들이 다양한 예술적인 표현을 기반으로 문제 해결능력 및 창의성을 발달시켜 나간다는 주장에 따라(김성현, 2016; 김숙이, 2016), 유아들이 예술적인 요소들을 탐색하고 다양한 자신의 아이디어를 시각적으로 표현할 수 있도록 설계도를 제작하는 과정의 요소들을 포함하였으며 자신들이 만든 작품들을 또래들에게 소개하고 평가하는 과정을 통해 감상할 수 있는 내용들을 구성하였다. 또한 수학 및 과학적인 요소들은 각각 수학 및 과학에 대한 사고, 지식, 과정 등의 요소들이 포함될 수 있도록 내용을 구성하였다. 본 활동에서 수행하는 내용들에서는 국가수준의 교육과정인 누리과정에서 제시하는 수학 및 과학적인 요소들인 공간위치, 공간이해, 표상, 길이, 크기, 도형, 분류, 추론, 힘, 운동, 균형, 경사, 관찰, 측정, 가설, 실험, 예측 등의 전반적인 내용들이 설계하기, 도전하기 등의 단계에서 포함될 수 있도록 활동을 선정하였다. 또한 이러한 과정에서 수행단계에서 사용 가능한 관련 재료 및 도구들을 탐색하는 과정을 통해 기술적인 요소들이 포함되도록 내용을 구성하였다. 한편 STEAM 기반 유아 공학교육 프로그램은 유아에게 공학이라는 학문에 대하여 소개하고 공학자들이 문제를 해결해나가는 과정에 대하여 선행연구들이 제시한 교수학습 단계를 통해 활동 내에서 공학의 요소들이 적합하게 포함될 수 있도록 교육 내용을 구성하였다. 또한 활동 전개 시 초반부의 활동과 미션은 다르지만 유사한 형태의 수학 및 과학적 개념이 포함되는 추후 활동들을 구성하여 유아들이 이전의 경험을 상기하고 더욱 높은 수준의 수행들에 도전할 수 있도록 내용을 구성하였다. 이러한 구성은 유아가 이전 회기에 획득하였던 경험을 내면화 하고 보다 높은 수준의 활동에 도전할 수 있는 기회를 제공한다. 프로그램의 차시별 내용은 다음 표 1과 같다.

표 1. STEAM 기반 유아 공학교육프로그램 차시 활동 및 내용

주차	차시	활동명	활동	STEAM요소
1	1-2	설계? 공학?이 뭐예요?	설계 및 공학에 대하여 알아보기	T, E, A
2	3-4	아기돼지에게 튼튼한 집을!	바람에 부서지지 않은 집 짓기	S, E, A, M
3	5-6	계란요리사의 고민 해결!	120cm 에서 계란 깨뜨리지 않기	S, T, E, A, M
4	7-8	견우와 직녀가 만나는 오작교!	아이스크림 막대로 다리 만들기	S, T, E, A, M
5	9-10	유치원 버스를 멈춰줘!	버스가 안전하게 멈추는 장치 만들기	S, E, A, M
6	11-12	동실동실 물위의 배!	강사이를 건너는 배 만들기	S, T, E, A, M
7	13-14	토끼로부터 당근을 지켜라!	발을 돌려쌀 수 있는 경계선 만들기	S, E, A, M
8	15-16	나는야 썰매 금메달리스트!	가장 빨리 내려올 수 있는 경사로 만들기	S, T, E, A, M
9	17-18	콩쥐의 구슬을 찾아줘!	모래에서 구슬을 거를 수 있는 도구 만들기	S, T, E, A, M
10	19-20	헨젤과 그레텔의 과자집	젤리빈과 이쑤시개로 구조물 만들기	S, T, E, A, M

3. STEAM 기반 유아 공학교육 프로그램의 교수-학습 단계

‘STEAM 기반 유아 공학교육 프로그램’의 교수-학습단계는 앞서 언급된 유아 공학교육 문헌 및 교육의 실제에 관한 연구논문들(홍혜경, 2017; Christenson & James, 2015; Heroman, 2017; Lottero-Perdue, Bowditch, kagan, Robinson-Cheek, Webb, Meller & Nosek, 2016; Stone-MacDonald et al., 2015)을 비교 분석하여 교수학습 단계를 구축하였다. 연구자들에 따른 교수학습 단계 및 내용은 다음 표2와 같다.

표 2. 유아 공학교육 관련 선행연구의 교수-학습 단계 및 내용

구 분	교수학습 단계 및 내용
Lottero-Perdue, Bowditch, kagan, Robinson-Cheek, Webb, Meller & Nosek, 2016	Ask - 무엇이 문제이지? 목표는 무엇이지? 규칙은 무엇이지? 고려사항: 우리는 무엇을 알아야 하지? Imagine - 각각의 재료들이 어떻게 이용될 수 있고 바꿀 수 있을지 브레인 스토밍. 문제를 해결하기 위해 재료들이 어떻게 함께 사용되어야 할지를 이야기 Try - 교사에게 아이디어를 보여주기 위하여 재료를 사용 설계하기, 설계한 내용을 테스트 Try Again - 테스트 결과를 반영하여 어떻게 향상시킬 수 있을지를 고려 재료를 사용하여 교사에게 새로운 아이디어를 보이기 새로운 설계하기, 새로운 설계를 테스트 하기
Stone-MacDonald, Wendell, Douglas & Love, 2015	생각해 보기 - 문제에 대하여 이야기하거나 읽거나 듣기. 문제를 해결하기 위한 목표를 논의하기. 문제해 결에 대한 제안을 생각해 보기 유사한 문제와 현존하는 해결책들을 찾아보기. 문제를 가지고 있는 사람들의 욕구나 원하는 것을 이야기 해보기. 이용가능한 도구 및 재료들을 탐색하기. 문제를 해결하기 위한 결정내리기. 브레인 스토밍. 문제를 해결하기 위한 설계 를 위한 브레인 스토밍. 설계하기. 그러한 부분이 어떻게 될 수 있을지 예측하기. 어떠한 해결방법들이 있을지 그려보거나 표상해보기 시도하기 - 재료나 도구를 가지고 직접 시행하거나 지켜보는 것을 소집단 혹은 개인별로 시행 수정하기 - 시도한 결과를 기반으로 수정하기, 실험과정에서 나타났던 과정을 기록하고 다음 수행을 위한 결과를 기록하기 공유하기- 마지막 완성 품을 도래 혹은 성인과 공유. 그것을 그려보거나 이야기 하기. 초기의 계획과 나중의 계획을 비교해보기
홍혜경(2017)	문제탐색/목표설정 - 구성물에 대한 목표정하기 설계/계획의 시각화 - 수학적, 과학적 지식과 사고를 토대로 목표한 해결방법에 대한 구체적 형태를 창의적으로 계획 2D로 표상 시도/반복수정하기 - 수학 및 과학적 지식과 과정기술을 적용 실제로 3D 구성물을 만들고 시작품에 대하여 발생하는 문제점의 해결을 반복함 해결책/결과물 완성하기 단계 - 최종적으로 목표한 구성물의 공간적, 기하학적 표상여부를 검토하고 기능을 검증 공유/평가하기 - 완성된 결과물에 대하여 도래와 교사와 함께 감상하고 평가하는 공유기회
Christenson & James, 2015	단계 1. 문고 문제를 정의하기- 문고 답하는 과정을 통하여 해당하는 문제 혹은 목표 문제등을 정의함 단계2. 계획을 세우고 창조하기 위하여 배경지식 활용하기 배경 지식들을 활용하여 계획을 세우고 창조하기 단계3. 만들고 시험해 보고 다시 한번 디자인하기 단계4. 결과들에 대하여 의사소통하기
Heroman, 2017	생각해보기 - 무엇이 문제인지에 대하여 아이디어를 브레인 스토밍하기, 어떠한 재료들을 가지고 있고 필요한지, 계획을 만들기, 아이디어를 그리기 직접 만들어보기 - 필요한 재료들을 모으고 문제를 해결하기 위한 설계에 착수하기 시도해보기 - 만든 것들을 테스트 해보기 바꾸기 혹은 더 좋게 만들기 - 왜 실패했는지 더 잘 만들기 위해서는 어떻게 해야하는 지를 기반으로 다시한번 시도해보기 공유하기 - 창작품들을 보여주고 공유하기, 어떻게 만들었는지에 대하여 이야기 하고 이러한 것들을 어떻게 개선시킬 수 있을 지에 대하여 이야기 하기

본 프로그램에서는 위의 선행논문들의 공통적인 공학교육의 교수학습 단계 및 내용을 추출하여 다음과 같은 교수-학습 단계를 선정하였다. 먼저 질문하기 단계이다. 질문하기 단계에서는 유아들이 친숙한 혹은 문제가 포함된 이야기들을 활용하여 접근할 경우 보다 문제를 인식하고 목표선정에 적합하다는 선행연구자들(Bagiati, 2011; Bagiati & Evangelou, 2015; Pantoya et al., 2015)의 주장에 따라 유아들이 문제상황에 대한 이야기 혹은 PPT 동화의 이야기를 듣고 문제를 인식하고 달성할 목표를 선정하고 제한사항들을 확인하는 단계이다. 이러한 단계에서 유아들은 문제에 대하여 인식하고, 해결해야하는 목표를 설정하고, 지켜야할 규칙은 무엇이 있는지에 대하여 인식할 수 있도록 질문한다. 두 번째 단계는 설계하기의 단계이다. 위 단계에서는 브레인스토밍을 통해 문제를 해결하기 위한 설계 준비에 돌입한다. 교사는 유아들의 다양한 아이디어를 수학적 그리고 과학적 개념들과 연계할 수 있도록 하며 계획을 구상할 수 있도록 한다. 또한 유아들은 자신들이 계획한 부분들에 대하여 개인 혹은 소집단의 형태로 제공된 설계노트를 활용하여 2D 형태로 표현할 수 있도록 하였다. 다음으로 세 번째 단계는 도전하기 단계이다. 위 단계에서는 재료나 도구를 가지고 설계도에서 그림 및 언어로 표상하였던 부분들을 실제로 제작하도록 한다. 다음으로 자신이 인식한 문제가 해결되었는지의 여부를 파악한 후 다시 한번 문제점을 파악해 보는 단계이다. 다음으로 재도전하기의 단계이다. 문제해결 과정에서 나타났던 문제들을 기록 혹은 설계도를 수정 보완하고 다시 한번 수행한다. 문제해결 과정에 대하여 성공하였다면 자신의 설계에 보완하고 싶은 부분을 찾아보고 최종 제작을 위한 설계도를 재 제작한다, 자신이 원하는 대로 문제해결이 이루어지지 않았다면 실패한 내용을 표상하고 이를 최종적으로 설계도에 반영한다. 마지막으로 공유하기 단계이다. 문제해결에 성공한 유아들은 자신의 설계도와 최종 작품을 비교하여 또래들에게 설명하고 문제점을 어떻게 개선할 수 있었는지에 대하여 이야기하고, 문제해결에 실패한 유아들은 실패한 원인들을 찾아보고 또래들과 함께 해결책을 공유하도록 한다. 위의 내용을 그림으로 제시하면 다음 그림1과 같다.

4. STEAM 기반 유아 공학교육 프로그램의 교사의 역할

본 프로그램의 운영에 있어서 유아가 공학적인 사고에 기반하여 즐거움을 느끼고 수학, 과학, 기술 그리고 예술 등의 지식을 통합적으로 교육하기 위하여 다음과 같은 교사의 역할을 수행하였다. 첫째, 흥미유발자로서의 역할이다. 교사는 유아가 문제상황에 대하여 호기심을 갖고 자발적으로 사고하고 설계하며 문제를 해결할 수 있도록 해야 한다. 이에 교사는 유아가 갖고 있는 사전 경험을 상기하고 문제해결을 위한 유아의

흥미를 자극하여 동기화하기 위한 흥미유발자로서의 역할을 수행한다. 둘째, 계획자로서의 역할이다. 공학적인 관점에서 유아가 발달적 그리고 문화적으로 적합한 방식으로 탐색, 탐구 및 설계가 이루어져야 한다 (Evangelou, 2010). 나아가 효과적인 공학교육이 이루어지려면 교사가 교육과정의 핵심 개념에 대하여 초점을 맞출 수 있어야 한다(홍혜경, 2017). 이에 교사는 유아의 공학활동에 적합한 자료 및 환경을 제공하는 계획자로서의 역할을 수행한다. 셋째, 협력자로서의 역할을 수행한다. 유아의 공학적 사고를 활성화 하기 위해서는 교사가 협력하고 능동적으로 모델링해주는 역할 또한 요구된다. 유아가 적합한 개념을 형성하기 위해서 교사는 유아의 행동을 잘 관찰한 후 의도적인 교수활동을 통해서 유아가 개념을 형성할 수 있도록 해야 한다(NAEYC, 2002). 이에 교사는 유아들의 호기심에 기초하여 안내하고 촉진하는 협력자로서의 역할을 수행한다. 마지막으로 교사는 경험제공자로서의 역할을 수행한다. 공학교육에서는 무엇보다 유아가 반복적으로 문제를 인식하고 문제의 해결방법을 위해 설계하고 검증하고 재설계하는 과정들이 중요하기 때문에 교사는 다양한 일상생활의 맥락들 내에서 유아에게 공학적인 사고의 경험을 제공하는 경험제공자로서의 역할을 수행한다.

5. STEAM 기반 유아 공학교육 프로그램의 평가

‘STEAM기반 유아 공학 프로그램’ 평가는 크게 유아 스스로의 자가 평가와 교사의 평가로 수행되었다. 유아평가는 유아가 문제인식, 문제해결 그리고 재설계의 과정에서 나타난 문제점의 인식 및 대안점에 대한 측면에 대하여 토의하거나 표상하는 활동에 기반하여 이루어졌다. 또한 교사 평가는 각 차시에서 보여지는 유아의 문제해결 기술 및 대안책에 대하여 평가하였다. 즉 본 프로그램에서는 유아 및 교사의 평가가 동시에 이루어질 수 있도록 하였고, 목표와 관련된 표준화된 검사들을 통해 표준화된 검사를 통한 평가 또한 이루어졌다.

이와 같이 ‘STEAM 기반 유아 공학교육 프로그램’은 첫째, 목적 및 목표 둘째, 교육내용 셋째, 교수-학습 방법, 넷째, 교사의 역할 다섯째, 평가로 구축하였다. ‘STEAM 기반 유아 공학교육 프로그램’을 요약 제시한 모형은 그림 1과 같다.

그림 1. STEAM 기반 유아 공학 프로그램의 모형

목적 및 목표	목적	지속적인 공학교육 경험을 통해 일상생활의 다양한 문제를 인식하고 해결하는 능력을 기르기
	목표	첫째, 유아의 문제해결 능력을 증진한다. 둘째, 유아의 창의적 사고력을 증진한다. 셋째, 유아가 과학을 즐기고 유능감을 형성할 수 있도록한다
교육 내용	S	· 3차원 작품 제작 · 과학적 사고/지식-힘, 비교, 측정, 추론, 실험 등
	T	· 다양한 도구 및 재료 탐색하기 · 다양한 도구를 사용하여 제작
	E	· 공학과정 · 문제인식-설계-제작 등의 과정
	A	· 예술적인 요소 탐색 · 설계를 통한 아이디어의 표상 · 3차원 작품 제작 · 작품 소개 및 감상
	M	· 3차원 작품 제작 · 수학적 사고/지식 - 공간 위치, 이해, 표상, 선, 크기, 도형 변별, 패턴 등
교수 학습 단계	질문하기	- 문제상황에 대한 이야기 혹은 피피티 동화를 활용한 문제 인식, 달성 목표 설정 및 제한점, 규칙 확인
	설계하기	- 브레인스토밍을 통해 문제를 해결하기 위한 의견나누기 - 설계노트를 활용한 이차원적 표상
	도전하기	- 재료 및 도구를 가지고 실제로 제작 - 문제해결 수행여부의 점검 - 부족한 부분에 대한 재설계
	재도전하기	- 설계도를 수정 및 보완 - 보완된 설계도를 기본으로 재도전 후 최종 설계도 제작
	공유하기	- 문제점을 개선과정에 대한 소개 - 최종작품 소개 - 문제 해결에 대한 해결책 토의
	교사의 역할	흥미유발자, 계획자, 협력자, 경험제공자
	평가	유아
	교사	- 유아의 문제해결기술 및 대안책의 평가를 통한 모델링 및 협력

III STEAM 기반 유아 공학교육 프로그램의 현장적용 타당성 검증

1. 연구대상

본 연구에서 개발한 ‘STEAM 기반 유아 공학교육 프로그램’의 효과분석을 위하여 K도에 소재한 A 유치원 만 5세 2학급 유아 40명(실험집단: 20명, 비교집단: 20명)을 연구대상으로 선정하였다. 연구대상 유아가 재원중인 유치원은 두 반은 사회·경제적인 수준이 유사한 반으로 선정하였다. 본 연구에 참여하기에 앞서 연구목적 등을 명시한 연구 참여 동의서를 유아와 부모로부터 동의를 받았으며 동의하지 않은 부모님은 없었다. 연구 참여에 대한 보상으로는 실험집단 및 비교집단 모두에게 소정의 간식 및 선물(인당 5,000원 상당)을 제공하였다. 본 연구에 참여한 유아의 평균 월령은 실험집단 73.00개월(SD=2.13), 비교집단 72.75개월(SD=3.24)로 집단 간에 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타나($t=-.288, p>.05$) 동질집단임이 확인되었다.

2. 연구도구

1) 유아의 인지능력 검사도구

본 연구에서 유아의 인지능력을 측정하기 위해 사용한 연구도구는 한국 Wechsler 유아지능검사 4판(Korean Wechsler Preschool and Primary Scale of Intelligence-Fourth Edition: K-WPPSI-IV)을 사용하였다(Park, Lee & Ahn, 2016). K-WPPSI-IV는 만 2세 6개월에서 7세 7개월 유아를 대상으로한 지능검사로서 인지능력에 대한 임상적 평가가 가능하다. 전반적인 인지적 능력을 산출하는 전체 지능지수와 언어이해, 유동적추론, 시공간, 작업기억, 처리속도의 지적 기능을 나타내는 지표점수 및 소검사 점수를 제공한다. K-WPPSI-IV는 모든 소검사를 실시하는 부담을 감소시키기 위해 4세~7세 7개월의 검사를 따로 구분하여 운영하고 있기에 본 연구에서는 4세~7세 7개월의 척도를 사용하였다. 유아용(4:0-7:7세) 검사는

언어이해 지표에는 상식, 공통성이 포함되며, 시공간은 토막짜기, 모양맞추기, 유동성추론은 행렬추리, 공통 그림찾기, 작업기억은 그림기억 위치찾기, 처리속도는 동형찾기, 선택하기가 포함되어 10개의 핵심소검사로 구성되어 있으며 수용어휘, 어휘, 동물짜짓기, 그림명명 등 5개의 보충소검사로 구성된다. 본 연구에서는 핵심 소검사만을 사용하였다. 유아의 지능을 인지능력을 측정하기 위해 K-WPPSI-IV 워크샵에 참석하고 검사훈련을 충분히 받은 검사자들이 유치원에 방문하여 조용한 환경에서 면대면 검사를 실시하였으며 검사 시간은 대략 1시간~1시간 20분 정도가 소요되었다. 본 연구에서의 점수화는 원점수를 표준화 형태로 변환하여 평균이 10인 변환점수를 사용하였다. 표준화 연구에서의 K-WPPSI-IV의 신뢰도는 언어이해 .94, 시공간 .85, 유동적추론 .96, 작업기억 .85, 처리속도 .78, 전체 .92로 나타났다.

2) 유아용 창의성 검사도구

유아의 창의성은 Torrance(1976, 1990)가 개발한 창의성 검사(Torrance Tests of Creative Torrance: ttct)를 김영채(1998, 2002년 개정)가 한국판으로 표준화한 검사를 사용하였다. TTCT는 언어성 그리고 도형의 두 가지 유형으로 구분되어 있다. 본 연구에서는 그중에서도 도형검사를 사용하였으며 A형을 사전에, B형을 사후검사에 사용하였다. TTCT는 창의적 사고 중에서도 각각의 영역에서 다소간 독특한 측면을 다루는 활동들로 구성되어 있으며, 이서로 상이한 창의적 사고 과정을 요구한다. TTCT-도형 A형 검사 및 TTCT-도형 B형 검사 모두 그림 구성하기, 쌍의 두 직선-선 그리기의 활동으로 각각 세 가지 활동으로 구성되어 있다. 본 검사는 많은 아이디어를 산출하는 능력인 유창성, 다른 사람과 다른 고유의 아이디어를 산출하는 능력인 독창성, 자신의 아이디어를 언어적으로 표현할 수 있는 능력인 제목의 추상성, 자신의 아이디어를 더욱 세부적으로 표현할 수 있는 능력인 정교성, 그리고 아이디어를 바로 멈추는 것이 아닌 다양한 맥락 등을 고려하여 다른 아이디어로 확산시킬 수 있으며 성급하게 반응을 폐쇄하고 종결시키는 것을 지연시킬 줄 아는 능력인 성급한 종결에 대한 저항의 5개 하위 요인으로 창의성을 측정한다. 창의성 검사는 원점수를 평균 100으로 환산하여 점수화하였다. 이 검사도구의 신뢰도는 Cronbach 알파계수 .90이상이며 검사 소요시간은 한 유아 당 약 30분 정도 소요된다.

3) 유아용 과학적 유능감 검사도구

본 연구에서는 유아의 과학적유능감을 검사하기 위하여 Matzicopoulos, Patrick 그리고 French(2008)가 개발한 유아 과학 유능감 및 선호도 검사도구(Puppet Interview Scales of Competence in and

enjoyment of Science) 검사도구를 지성애(2015)가 국내 유아의 상황에 맞게 표준화된 검사도구를 사용하였다. 본 검사도구는 과학에 대한 자기 믿음 및 효능감을 측정하기 위한 유아용 검사도구로서 과학에 대한 일반적인 유능감 및 특정영역의 과학적 지식과 과학기술 사용에 대한 효능감을 측정하는 ‘과학적 효능감(7문항)’(예: 나는 과학에 대해 많이 알고 있다), 과학을 좋아하고 선호하는 정도를 측정할 수 있는 문항들로 구성된 ‘과학에 대한 선호(6문항)’(예: 나는 과학활동을 할 때 신이난다), 마지막으로 과학관련 학습이 쉽다고 지각하며 다양한 과학 개념을 빠르게 형성할 수 있다고 믿는지의 여부를 평가하는 ‘과학학습의 용이성(4문항)’(예: 과학은 쉽다)의 요인들로 구성되어 있다. 본 검사도구의 실시과정에서는 두 개의 손인형이 사용된다. 이러한 손인형은 성별에 영향을 받지 않도록 남아에게는 남자인형, 여아에게는 여자인형이 제공된다. 두 인형 중 한인형은 과학에 대한 긍정적인 반응을 제시하고 다른 인형은 부정적인 반응을 제시한다. 유아는 이 두 인형의 과학에 관한 내용중 어떠한 인형이 자신의 생각과 유사한지를 선택하게 된다. 그러한 후 자신이 그 문항의 서술과 많이 일치하는지 혹은 적게 일치하는지를 한 번 더 선택하게 하는 단계에 걸친 평정방식으로 진행된다. 점수는 4점(매우 그렇다)에서 1점(전혀 그렇지 않다)로 평정되며 유아가 획득 가능한 점수의 범위는 17점(최저)에서 68점(최고)이다. 본 검사에는 각 하위영역별로 획득점수에 대한 문항별 평균점수를 통하여 분석하였다. 본 연구에서의 전체 신뢰도는 .87로 나타났다.

3. 연구절차

본 연구에서 예비실험, 사전검사, 실험처치, 사후검사 순으로 실시하였다.

1) 예비실험

본 연구에 들어가기 전 개발된 ‘STEAM기반 유아 공학교육 프로그램’ 적용을 위한 실험처치 활동 절차 및 내용, 교수학습 단계의 적절성, 활동시간 파악, 효율적 운영 방안 모색을 위해 예비실험을 실시하였다. 예비 실험은 본 실험연구에 참여하지 않는 S시에 위치한 A어린이집 만 5세반 유아 22명을 대상으로 ‘STEAM기반 유아 공학교육 프로그램’을 적용한 실험처치 활동 안을 총 4회에 걸쳐 적용하였다. 예비실험 결과 유아들이 공학개념을 생소해 하는 경향이 나타났으며 공학을 잘 모르는 경우가 많이 발생하였기 때문에 본 실험에서는 유아들에게 공학에 대하여 생각해보고 교실 내에서 발생하는 문제를 해결해 보는 설계과정에 대한 내용을 포함하였다.

2) 교사 훈련 및 검사자간 일치도

본 연구에서 개발된 ‘STEAM기반 유아 공학교육 프로그램’을 적용하여 실험처치하기 위해 본 연구자와 교사들은 교사훈련을 통해 본 연구에서 개발한 ‘STEAM기반 유아 공학교육 프로그램’과 비교 집단 실험처치인 ‘탐구학습 중심 유아 과학교육 프로그램’을 숙지하고 훈련하였다. 특히 본 연구의 목적 및 목표, 실험집단 및 비교집단 프로그램의 교수-학습단계, 교사의 역할 등을 포함한 프로그램 시행 과정에서 요구되는 제반 사항에 대해 교육을 2시간씩 4회 실시하였고, 실험 도중에도 정기적으로 실험 중에 나타났던 문제점 및 적용점등에 대한 토의를 진행하였다.

유아의 인지능력, 창의성, 과학적 유능감 검사는 본 연구자와 연구보조원이 실시하였다. K-WPPSI-IV 검사도구는 워크샵을 이수 후 다시 한번 검사자간 훈련을 실시하였으며 다른 기타 검사도구는 이전에 검사를 시행한 경험이 있는 검사자들로 구성하고 자체적으로 검사자 훈련을 실시하였다. 검사자 훈련과정에서 각 검사도구의 내용, 하위요인의 특성, 검사 방법 및 유의 사항에 대해 반복적으로 점검하며 숙지율을 높였다. 나아가 유아능력을 적합하게 평가할 수 있도록 본 연구 대상이 아닌 예비연구 유아들을 대상으로 검사를 실시하고 검사자간 신뢰도를 구하였다. 검사자간 신뢰도는 ICC(Intra-coefficient correlation)의 방법으로 실시하였으며 ICC 값은 인지능력 .99, 창의성 .98, 과학적 유능감 .98로 나타났다.

3) 사전 및 사후검사

본 연구의 사전검사는 실험처치 전인 2018년 7월 1일부터 10일까지 실시하였다. 각 검사는 실험집단과 비교집단이 재원중인 어린이집의 원장실 및 특별활동실을 활용하여 1:1의 형태로 이루어졌으며 검사는 본 연구자와 연구보조원들이 수행하였다. 사후검사는 2018년 9월 13일부터 20일까지 실시되었으며 모두 사전 검사와 동일하게 이루어졌다.

4. 실험처치

본 연구에서는 ‘인지놀이에 기반한 유아 정서·사회적 유능감 프로그램’의 효과를 검증하기 위한 실험 처치는 2014년 8월 18일부터 9월 19일까지 이루어졌으며, 총 5주에 걸쳐 총 20차시가 실시되었다. 실험 집단에는 ‘인지놀이에 기반한 유아 정서·사회적 유능감 프로그램’을 처치하고 비교집단에는 ‘마음이론에 기초한 유아 정서·사회적 유능감 프로그램’을 제공하였다.

1) 실험집단

본 연구에서 실험집단은 10개의 내용 및 20차시로 구성된 ‘STEAM 기반 유아 공학교육 프로그램’을 실험 집단에 처치하였다.

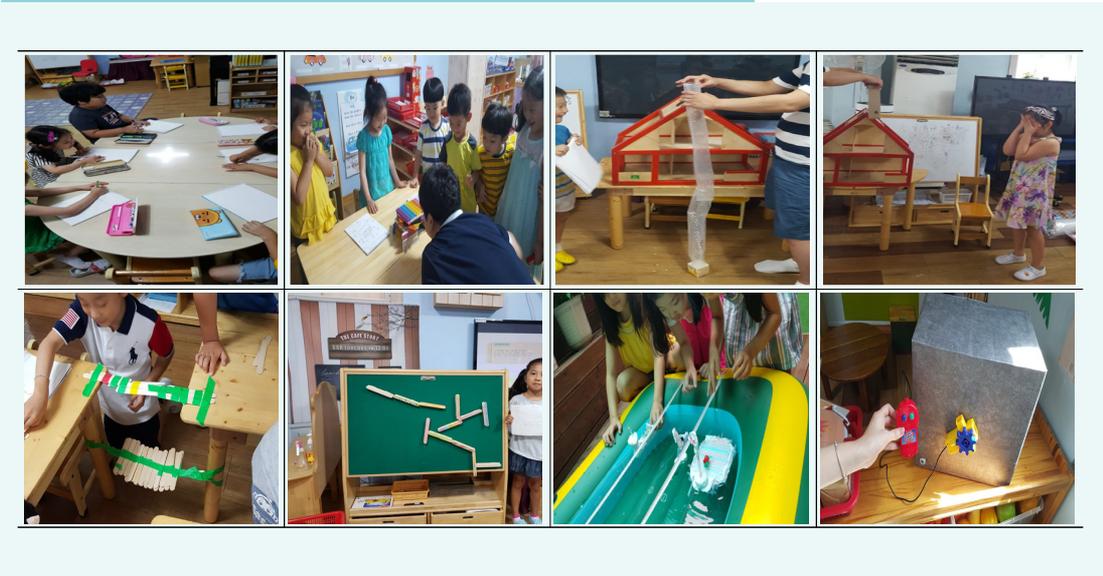
실험집단의 수업계획안의 예시 및 수업활동에 관한 내용은 다음 표3과 그림 2에 제시되어 있다.

표 3. 유아 공학교육 관련 선행연구의 교수-학습 단계 및 내용

활동명	달걀 요리사의 고민	
활동목표	<ul style="list-style-type: none"> · 문제가 무엇인지 인식하고 해결하는 방법에 관심을 갖는다 · 주어진 재료를 사용하여 문제해결을 시도한다 · 문제를 파악하고 해결하는데 적극적으로 참여한다 	
단계	활동내용	활동자료
질문하기	<ul style="list-style-type: none"> · ‘요리사’의 이야기를 들으며 문제를 인지한다. <p>〈요리사 이야기〉 안녕? 나는 달걀요리를 전문으로 하는 달걀리아의 요리사야우리 주방은 매우 좁아서 계단으로 7칸 위에 냉장고가 있단다. 냉장고에서 달걀을 꺼내서 아래층 요리사에게 주는데 달걀이 매번 깨져서 손해가 커서 고민이야. 아래층까지 달걀을 깨뜨리지 않고 전달 할 수 있는 방법이 없을까?</p>  <ul style="list-style-type: none"> · 이야기를 회상하며 해결방법에 대해 자유롭게 이야기를 나눈다. 	손인형 PPT동화
설계하기	<ul style="list-style-type: none"> · 활동 상황과 자료를 제시한다. · 개인별로 달걀을 깨뜨리지 않고 떨어트리는 방법과 장치를 설계 한다. · 제시된 자료 이외에 필요한 자료를 찾아본다. 	설계노트 필기도구

도전하기	<ul style="list-style-type: none"> 설계도를 기반으로 하여 장치를 만들어 본다. 활동 장소로 이동하여 달걀을 떨어뜨려 본다. 	다양한 자료 -우유팩, 충격완화제, 다양한 원단, 끈, 비닐, 테이프, 솜, 가위 등
재도전하기	<ul style="list-style-type: none"> 달걀이 깨진 유아는 설계를 수정 보완하는 과정을 거쳐 달걀떨어트리기에 재도전한다. 	
공유하기	<ul style="list-style-type: none"> 유아들의 활동을 사진, 영상 자료로 기록 한다. 달걀을 떨어뜨려본 경험과 자신이 만든 장치를 다른 유아들에게 소개한다. 자유선택 영역 중 역할 영역에 달걀리야를 구성하여 달걀요리사가 되어 유아가 직접 구상한 장치를 사용해 보는 활동으로 연계한다. 	카메라

그림 2 STEAM 기반 유아 공학 프로그램의 수업활동 내용 예시

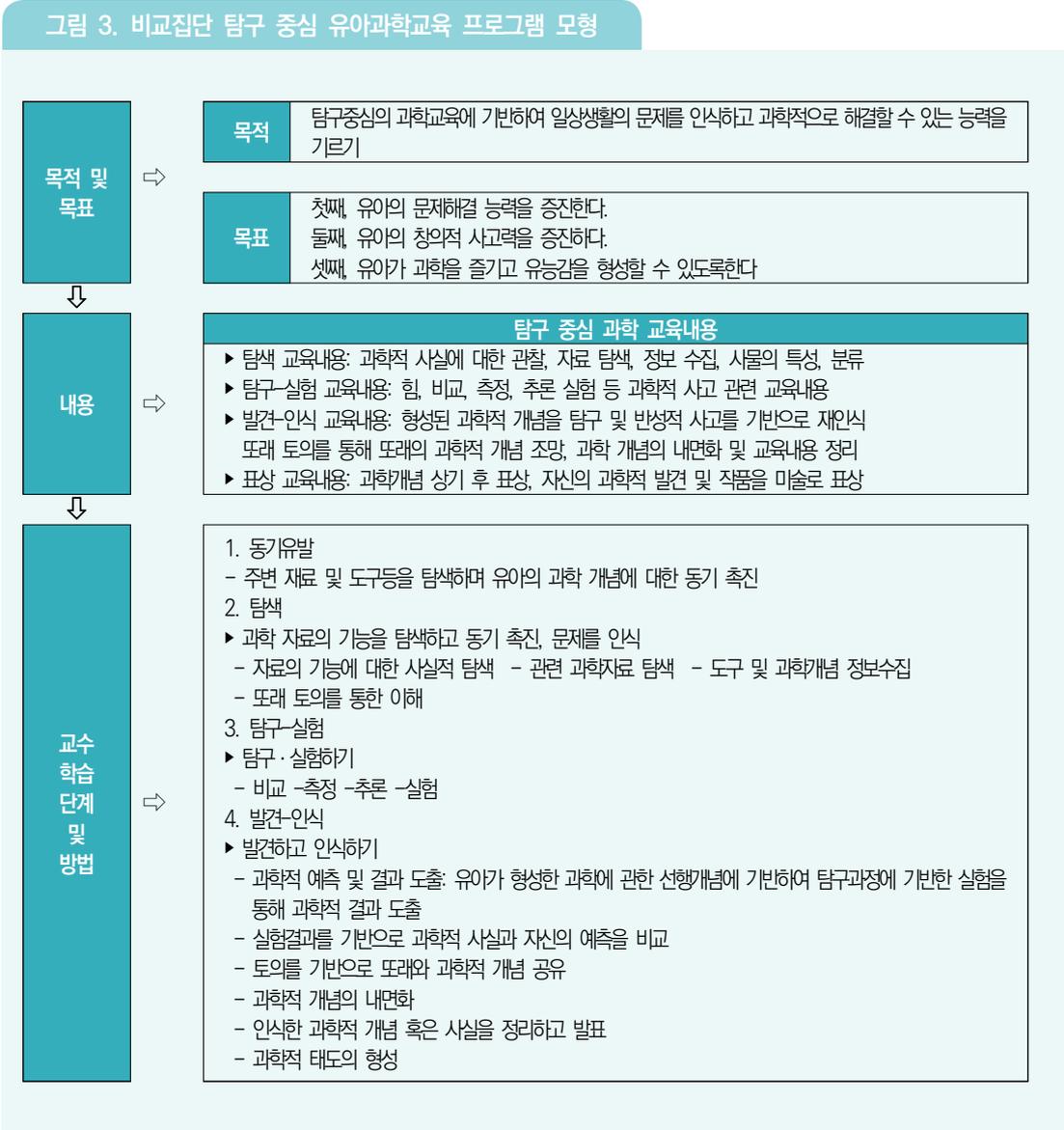


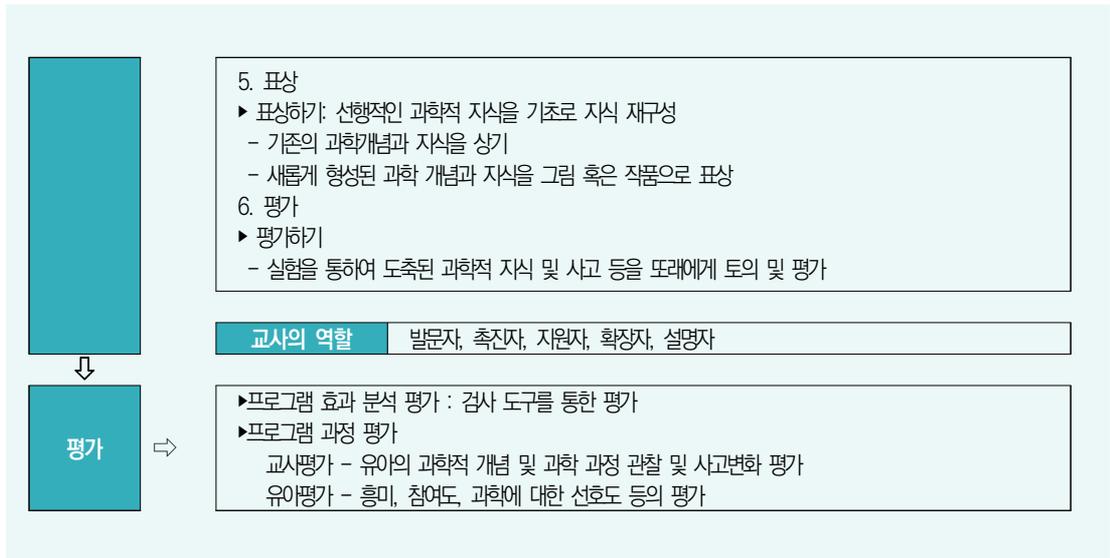
2) 비교집단

비교집단에서는 ‘탐구중심 유아과학교육 프로그램’을 실시하였다. 이는 지성애(2015)의 연구에서 활용되었던 과학프로그램을 기반으로 실험집단의 프로그램의 내용주제 및 활동내용에 맞추어 누리과정의 요소들을 반영하여 구성하였다. 비교집단 프로그램은 동기유발-> 탐색->탐구-실험-> 발견-인식-> 표상->평가의

총 6단계를 거쳐 수행되었다. 본 프로그램은 유아들이 탐구를 기반으로 한 과학적 문제해결을 촉진시키기 위한 방법으로 비교, 측정, 추론, 실험 등과 같은 과학적 탐구요소들과 연계한 탐구 및 실험단계를 통해 다양한 과학적 결과를 발견하고 이를 표상함으로써 내면화 하고 토의를 통해 평가할 수 있도록 구성되었다. 비교 집단에 제공한 활동 모형은 다음 그림 3과 같다.

그림 3. 비교집단 탐구 중심 유아과학교육 프로그램 모형





5. 자료처리 및 분석

본 연구에서는 'STEAM 기반 유아 공학교육프로그램'의 효과를 검증하기 위해 수집된 자료를 SPSS 18.00 프로그램을 이용하여 비교, 분석하였다. 'STEAM 기반 유아 공학교육 프로그램'에 따른 유아의 인지능력, 창의성 그리고 과학효능감의 차이를 알아보기 위해 사전검사 점수를 공변인으로 한 공변량분석 검증을 실시하였다.

6. 연구결과 및 해석

'STEAM 기반 유아 공학교육프로그램'의 교육현장 적용 효과 분석 결과를 제시하면 다음과 같다.

1) 인지능력에 미치는 효과

인지능력에 대한 효과성 검증을 하기 위하여 사전검사 점수를 공변인으로 하여 공변량 분석을 한 결과는 표 4와 같다. 인지능력을 분석하기 위한 과정에서 집단 동질성을 파악하기 위하여 Levene 검증을 실시한 결과 모든 하위영역과 전체 인지능력에서 모두 동질한 집단인 것으로 나타났다. 분석 결과를 세부적으로

살펴보면 표 4에 제시된 바와 같이 전체 인지능력에 있어서 사전검사 결과는 실험집단(M=9.15, SD=1.17)과 비교집단(M=8.57, SD=1.69)으로 실험집단이 조금 높은 수치로 나타났으며, 사후 검사 결과 실험집단(M=11.36, 교정M=11.19, SD=1.42), 비교집단(M=9.92, 교정M=10.08, SD=1.71)으로 실험집단은 2.21, 비교집단은 1.35 상승한 것으로 나타나 실험집단이 더 높이 상승한 것으로 나타났다. 이러한 사후집단의 차이는 사전검사 점수를 통제한 상태에서도 유의미한 차이가 나타났다(F=6.454, $p < .05$). 이는 실험집단 프로그램이 비교집단 프로그램에 비하여 유아의 전체 인지능력 향상에 효과 있다는 것을 의미한다. 하위 요인인 언어이해를 살펴보면, 사전검사 결과는 실험집단(M=8.88, SD=10.43)과 비교집단(M=7.80, SD=8.53)으로 실험집단이 조금 높은 수치로 나타났으며, 사후 검사 결과 실험집단(M=10.43, 교정M=10.02, SD=2.26), 비교집단(M=8.53, 교정M=8.94, SD=3.23)으로 실험집단은 1.55, 비교집단은 .73 상승한 것으로 나타나 실험집단이 더 높이 상승한 것으로 나타났다. 그렇지만 공변량을 통제한 사후검사에서는 차이가 나타나지 않았다(F=2.54, $p > .05$). 이는 실험집단 프로그램이 비교집단 프로그램에 비하여 언어이해에 유의미한 효과가 없음을 의미한다. 다음으로 하위 요인인 시공간을 살펴보면, 시공간은 사전검사 결과 실험집단(M=9.90, SD=2.13)과 비교집단(M=9.33, SD=2.87)으로 실험집단이 조금 높은 수치로 나타났으며, 사후 검사 결과 실험집단(M=12.85, 교정M=12.68, SD=2.13), 비교집단(M=11.00, 교정M=11.17, SD=2.37)으로 실험집단은 2.95, 비교집단은 1.67 상승한 것으로 나타나 실험집단이 더 높이 상승한 것으로 나타났다. 이러한 사후집단의 차이는 사전검사 점수를 통제한 상태에서도 유의미한 차이가 나타났다(F=7.90, $p < .01$). 이는 실험집단 프로그램이 비교집단 프로그램에 비하여 유아의 시공간 능력 향상에 효과 있다는 것을 의미한다. 다음으로 하위 요인인 유동성 추론을 살펴보면, 유동성 추론은 사전검사 결과 실험집단(M=9.40, SD=1.80)과 비교집단(M=9.13, SD=2.23)으로 실험집단이 조금 높은 수치로 나타났으며, 사후 검사 결과 실험집단(M=11.93, 교정M=11.90, SD=1.70), 비교집단(M=10.48, 교정M=10.50, SD=1.87)으로 실험집단은 2.53, 비교집단은 1.35 상승한 것으로 나타나 실험집단이 더 높이 상승한 것으로 나타났다. 이러한 사후집단의 차이는 사전검사 점수를 통제한 상태에서도 유의미한 차이가 나타났다(F=6.23, $p < .05$). 이는 실험집단 프로그램이 비교집단 프로그램에 비하여 유아의 유동성 추론 능력 향상에 효과 있다는 것을 의미한다. 다음으로 하위 요인인 작업기억을 살펴보면, 작업기억은 사전검사 결과 실험집단(M=9.20, SD=1.32)과 비교집단(M=9.13, SD=1.41)으로 실험집단이 조금 높은 수치로 나타났으며, 사후 검사 결과 실험집단(M=12.55, 교정M=12.54, SD=1.57), 비교집단(M=11.08, 교정M=11.08, SD=2.43)으로 실험집단은 3.35, 비교집단은 1.95 상승한 것으로 나타나 실험집단이 더 높이 상승한 것으로 나타났다. 이러한 사후집단의

차이는 사전검사 점수를 통제한 상태에서도 유의미한 차이가 나타났다($F=5.04, p<.05$). 이는 실험집단 프로그램이 비교집단 프로그램에 비하여 유아의 작업기억 능력 향상에 효과 있다는 것을 의미한다. 마지막으로 처리속도를 살펴보면, 사전검사 결과 실험집단($M=8.35, SD=2.40$)과 비교집단($M=7.48, SD=2.40$)으로 실험집단이 조금 높은 수치로 나타났으며, 사후 검사 결과 실험집단($M=9.03, 교정M=8.68, SD=2.89$), 비교집단($M=8.55, 교정M=8.89, SD=2.76$)으로 실험집단은 .48, 비교집단은 1.07 상승한 것으로 나타나 비교집단이 더욱 높이 상승한 것으로 나타났다. 하지만 이러한 사후집단의 차이는 사전검사 점수를 통제한 상태에서 유의미한 차이가 나타나지 않았다($F=6.23, p<.05$). 이는 실험집단 프로그램의 효과가 인지능력의 하위영역인 처리속도에서는 나타나지 않았음을 시사한다.

표 4. 유아 공학교육 관련 선행연구의 교수-학습 단계 및 내용

변인	집단(N)	사전점수		사후점수			F
		M	SD	M	교정M	SD	
언어이해	실험집단(20)	8.88	2.36	10.43	10.02	2.26	2.54
	비교집단(20)	7.80	2.54	8.53	8.94	3.23	
시공간	실험집단(20)	9.90	2.13	12.85	12.68	2.13	7.90**
	비교집단(20)	9.33	2.87	11.00	11.17	2.37	
유동성 추론	실험집단(20)	9.40	1.80	11.93	11.90	1.70	6.23*
	비교집단(20)	9.13	2.23	10.48	10.50	1.87	
작업기억	실험집단(20)	9.20	1.32	12.55	12.54	1.57	5.04*
	비교집단(20)	9.13	1.41	11.08	11.08	2.43	
처리속도	실험집단(20)	8.35	2.40	9.03	8.68	2.89	2.95
	비교집단(20)	7.48	2.40	8.55	8.89	2.76	
전체 인지능력	실험집단(20)	9.15	1.17	11.36	11.19	1.42	6.45*
	비교집단(20)	8.57	1.70	9.92	10.08	1.69	

* $p<.05$, ** $p<.01$

2) 창의성에 미치는 효과

창의성에 대한 효과성 검증을 하기 위하여 사전검사 점수를 공변인으로 하여 공변량 분석을 한 결과는 표 5와 같다. 창의성을 분석하기 위한 과정에서 집단 동질성을 파악하기 위하여 Levene 검증을 실시한 결과

모든 하위영역과 전체 창의성에서 모두 동질한 집단인 것으로 나타났다. 분석 결과를 세부적으로 살펴보면 표 5에 제시된 바와 같이 전체 창의성에 있어서 사전검사 결과는 실험집단(M=88.92, SD=15.22)과 비교 집단(M=90.93, SD=19.18)으로 비교집단이 조금 높은 수치로 나타났으며, 사후 검사 결과 실험집단(M=107.36, 교정M=107.92, SD=11.73), 비교집단(M=96.52, 교정M=95.96, SD=16.23)으로 실험집단은 18.44, 비교집단은 5.07 상승한 것으로 나타나 실험집단이 더 높이 상승한 것으로 나타났다. 이러한 사후집단의 차이는 사전검사 점수를 통제된 상태에서도 유의미한 차이가 나타났다($F=13.12, p<.01$). 이는 실험집단 프로그램이 비교집단 프로그램에 비하여 유아의 전체 창의성 향상에 효과 있다는 것을 의미한다. 창의성의 하위요인별로 살펴보면, 하위 요인인 유창성의 사전검사 결과는 실험집단(M=103.10, SD=20.49)과 비교집단(M=100.85, SD=14.52)으로 실험집단이 조금 높은 수치로 나타났으며, 사후 검사 결과 실험집단(M=121.65, 교정M=121.32, SD=14.89), 비교집단(M=108.90, 교정M=109.23, SD=12.21)으로 실험집단은 23.45, 비교집단은 8.05 상승한 것으로 나타나 실험집단이 더 높이 상승한 것으로 나타났다. 또한 사전검사 점수를 통제된 상태에서의 결과 또한 통계적으로 유의미한 것으로 나타났다($F=4.38, p<.05$). 이는 실험집단 프로그램이 비교집단 프로그램에 비하여 창의성의 하위요인인 유창성에 효과적인 것을 의미한다. 다음으로 하위 요인인 독창성을 살펴보면 사전검사 결과 실험집단(M=97.90, SD=16.32)과 비교집단(M=101.60, SD=16.88)으로 비교집단이 조금 높은 수치로 나타났으며, 사후 검사 결과 실험집단(M=121.35, 교정M=121.81, SD=12.15), 비교집단(M=113.45, 교정M=112.99, SD=15.05)으로 실험집단은 23.45, 비교집단은 11.85 상승한 것으로 나타나 실험집단이 더 높이 상승한 것으로 나타났다. 이러한 사후집단의 차이는 사전검사 점수를 통제된 상태에서도 유의미한 차이가 나타났다($F=4.38, p<.05$). 이는 실험집단 프로그램이 비교집단 프로그램에 비하여 유아의 독창성 향상에 효과 있다는 것을 의미한다. 다음으로 하위 요인인 제목의 추상성을 살펴보면 사전검사 결과 실험집단(M=73.80, SD=32.07)과 비교집단(M=76.95, SD=31.52)으로 실험집단이 조금 높은 수치로 나타났으며, 사후 검사 결과 실험집단(M=85.95, 교정M=86.45, SD=29.11), 비교집단(M=73.20, 교정M=72.70, SD=31.07)으로 실험집단은 12.65상승한 것으로 나타났으나 비교집단은 3.75 감소한 것으로 나타나 실험집단이 더 높이 상승한 것으로 나타났다. 하지만 이러한 사후집단의 차이는 사전검사 점수를 통제된 상태에서 유의미한 차이가 나타나지 않았었다($F=2.74, p>.05$). 이는 실험집단 프로그램의 효과가 창의성의 하위영역인 제목의 추상성에서는 나타나지 않았음을 시사한다. 다음으로 하위 요인인 정교성을 살펴보면, 정교성은 사전검사 결과 실험집단(M=101.60, SD=24.60)과 비교집단(M=106.90, SD=28.37)으로 비교집단이 조금 높은 수치로 나타났으며, 사후 검사 결과 실험집단(M=125.60, 교정

M=127.28, SD=18.42), 비교집단(M=110.50, 교정M=108.82, SD=29.68)으로 실험집단은 24.00, 비교집단은 3.60 상승한 것으로 나타나 실험집단이 더 높이 상승한 것으로 나타났다. 이러한 사후집단의 차이는 사전검사 점수를 통제된 상태에서도 유의미한 차이가 나타났다(F=10.09, $p<.01$). 이는 실험집단 프로그램이 비교집단 프로그램에 비하여 유아의 정교성 향상에 효과 있다는 것을 의미한다. 마지막으로 성급한 종결에 대한 저항을 살펴보면, 사전검사 결과 실험집단(M=68.20, SD=21.70)과 비교집단(M=68.35, SD=27.78)으로 비교집단이 조금 높은 수치로 나타났으며, 사후 검사 결과 실험집단(M=82.25, 교정M=82.28, SD=20.07), 비교집단(M=76.55, 교정M=76.52, SD=23.09)으로 실험집단은 14.08, 비교집단은 8.20 상승한 것으로 나타나 비교집단이 더욱 높이 상승한 것으로 나타났다. 하지만 이러한 사후집단의 차이는 사전검사 점수를 통제된 상태에서 유의미한 차이가 나타나지 않았다(F=.927, $p<.05$). 이는 실험집단 프로그램의 효과가 창의성의 하위영역인 성급한 종결에 대한 저항에서는 나타나지 않았음을 시사한다.

표 5. 유아 창의성능력에 대한 공변량분석 결과

변인	집단(N)	사전점수		사후점수			F
		M	SD	M	교정M	SD	
유창성	실험집단(20)	103.10	20.49	121.65	121.32	14.89	8.96**
	비교집단(20)	100.85	14.52	108.90	109.23	12.21	
독창성	실험집단(20)	97.90	16.32	121.35	121.81	12.15	4.38*
	비교집단(20)	101.60	16.88	113.45	112.99	15.05	
제목의 추상성	실험집단(20)	73.80	32.07	85.95	86.45	29.11	2.74
	비교집단(20)	76.95	31.52	73.20	72.70	31.07	
정교성	실험집단(20)	101.60	24.60	125.60	127.28	18.42	10.09**
	비교집단(20)	106.90	28.37	110.50	108.82	29.68	
성급한 종결에 대한 저항	실험집단(20)	68.20	21.70	82.25	82.28	20.07	.927
	비교집단(20)	68.35	27.78	76.55	76.52	23.09	
전체 창의성	실험집단(20)	88.92	15.22	107.36	107.92	11.73	13.12**
	비교집단(20)	90.93	19.18	96.52	95.96	16.23	

* $p<.05$, ** $p<.01$

3) 과학적 유능감에 미치는 효과

과학적 유능감에 대한 효과성 검증을 하기 위하여 사전검사 점수를 공변인으로 하여 공변량 분석을 한 결과는 표 6과 같다. 과학적 유능감을 분석하기 위한 과정에서 집단 동질성을 파악하기 위하여 Levene 검증을 실시한 결과 모든 하위영역과 전체 과학적 유능감에서 모두 동질한 집단인 것으로 나타났다. 분석 결과를 세부적으로 살펴보면 표 6에 제시된 바와 같이 전체 과학적 유능감에 있어서 사전검사 결과는 실험집단 ($M=2.64$, $SD=.82$)과 비교집단($M=2.74$, $SD=.87$)으로 비교집단이 조금 높은 수치로 나타났으며, 사후 검사 결과 실험집단($M=3.24$, 교정 $M=3.25$, $SD=.34$), 비교집단($M=3.08$, 교정 $M=3.08$, $SD=.45$)으로 실험집단은 .93, 비교집단은 .34 상승한 것으로 나타나 실험집단이 더 높이 상승한 것으로 나타났다. 이러한 사후집단의 차이는 사전검사 점수를 통제한 상태에서는 유의미한 차이가 나타나지 않았다($F=1.92$, $p>.05$). 이는 실험 집단 프로그램이 유아의 전체 과학적 유능감을 향상시키는 데에는 효과가 없었음을 의미한다. 과학적 유능감의 하위요인별로 살펴보면, 하위 요인인 과학적 효능감의 사전검사 결과는 실험집단($M=2.48$, $SD=.70$)과 비교 집단($M=2.68$, $SD=.89$)으로 비교집단이 조금 높은 수치로 나타났으며, 사후 검사 결과 실험집단($M=3.41$, 교정 $M=3.41$, $SD=.37$), 비교집단($M=2.96$, 교정 $M=2.96$, $SD=.53$)으로 실험집단은 .93, 비교집단은 .28 상승한 것으로 나타나 실험집단이 더 높이 상승한 것으로 나타났다. 또한 사전검사 점수를 통제한 상태에서의 결과 또한 통계적으로 유의미한 것으로 나타났다($F=9.49$, $p<.01$). 이는 실험집단 프로그램이 비교집단 프로그램에 비하여 과학적 유능감의 하위요인인 과학적 효능감 향상에 효과적인 것을 의미한다. 다음으로 하위요인인 과학 선호를 살펴본 결과, 사전검사 결과 실험집단($M=2.79$, $SD=1.02$)과 비교집단($M=2.83$, $SD=1.00$)으로 비교집단이 조금 높은 수치로 나타났으며, 사후 검사 결과 실험집단($M=3.09$, 교정 $M=3.10$, $SD=.52$), 비교집단($M=3.18$, 교정 $M=3.17$, $SD=.51$)으로 실험집단은 .30, 비교집단은 .35 상승한 것으로 나타나 비교집단이 조금 높이 상승한 것으로 나타났다. 하지만 이러한 사후집단의 차이는 사전검사 점수를 통제한 상태에서 유의미한 차이가 나타나지 않았다($F=.29$, $p<.05$). 이는 실험집단 프로그램의 효과가 과학 선호에서는 나타나지 않았음을 의미한다. 마지막으로 과학학습의 용이성을 살펴본 결과, 사전검사 결과 실험집단($M=2.71$, $SD=.94$)과 비교집단($M=2.70$, $SD=.96$)으로 실험집단이 조금 높은 수치로 나타났으며, 사후 검사 결과 실험집단($M=3.16$, 교정 $M=3.16$, $SD=.60$), 비교집단($M=3.14$, 교정 $M=3.14$, $SD=.67$)으로 실험집단은 .45, 비교집단은 .44 상승한 것으로 나타나 실험집단이 조금 높이 상승한 것으로 나타났다. 하지만 이러한 사후집단의 차이는 사전검사 점수를 통제한 상태에서 유의미한 차이가 나타나지 않았다($F=.01$, $p<.05$). 이는 실험집단 프로그램의 효과가 과학학습의 용이성에서 나타나지 않음을 시사한다.

표 6. 유아 창의성능력에 대한 공변량분석 결과

변인	집단(N)	사전점수		사후점수			F
		M	SD	M	교정M	SD	
과학적 효능감	실험집단(20)	2.48	.70	3.41	3.41	.37	9.49**
	비교집단(20)	2.68	.89	2.96	2.96	.53	
과학 선호	실험집단(20)	2.79	1.02	3.09	3.10	.52	.29
	비교집단(20)	2.83	1.00	3.18	3.17	.51	
과학 학습의 용이성	실험집단(20)	2.71	.94	3.16	3.16	.60	.01
	비교집단(20)	2.70	.96	3.14	3.14	.67	
전체 과학적 유능감	실험집단(20)	2.64	.82	3.24	3.25	.34	1.92
	비교집단(20)	2.74	.87	3.08	3.08	.45	

*p<.05, **p<.01

IV 결론

본 연구는 STEAM 기반의 유아 공학교육 프로그램을 개발하고, 개발한 프로그램이 유아의 인지능력, 창의성 그리고 과학적 유능감에 미치는 효과를 비교·분석하여, 교육현장 적용 타당성을 검증하는데 그 목적이 있다. 본 연구의 결과를 요약하고 논의하면 다음과 같다.

1. STEAM 기반 유아 공학교육 프로그램 개발

본 연구에서 개발한 STEAM 기반 유아 공학교육 프로그램은 목적 및 목표, 내용, 교수-학습방법, 교사의 역할 그리고 평가 체계로 구성하였다.

첫째, 본 연구에서는 유아가 선천적으로 공학자적인 성향을 타고났으며 일상생활에서 놀이를 기반으로 다양한 문제해결전략들을 사용하고 있음을 기반으로 하여 유아가 지속적인 공학교육 경험을 통해 일상생활의 다양한 문제를 인식하고 해결하는 능력을 기르는 것으로 목적을 선정하였다. 또한 이러한 목적을 달성하기 위한 하위 목표로 유아의 문제해결능력을 증진하기, 유아의 창의적 사고력을 증진하기, 유아가 과학을 즐기고 유능감을 형성할 수 있도록 하기로 목표를 선정하였다. 이러한 목표는 궁극적으로는 유아의 인지능력, 창의성, 과학적 유능감을 증진시키고자 하기 위함이다. 본 공학교육 프로그램의 이러한 목적 및 목표 설정은 선행 연구들(홍혜경, 2017; Bagiati, et al., 2010; Christenson & James, 2015; DeJarnette, 2012; DiFrancesca, et al, 2014; Katehi et al., 2009; Linderman & Anderson, 2015; Stone- MacDonald et al., 2015; Pantoya et al., 2015; Park et al., 2018)의 목적 및 목표를 반영하였기 때문에 유아공학 교육을 위한 효과적인 목표설정을 하였다고 판단된다.

둘째, 본 연구에서 개발한 STEAM에 기반한 유아 공학교육 프로그램의 내용은 선행연구들이 제시한 유아의 흥미 및 적합성을 고려하였으며 공학을 중심으로 하여 다른 교과의 필수적인 개념을 융합적으로 습득할 수 있도록 구성하였다. 본 프로그램의 공학교육 내용은 총 20차시를 개발하였으며 유아에게 생소한 개념이라고 볼 수 있는 공학에 관한 내용부터 시작하였다. 이는 예비실험 단계에서 유아가 일상적으로 문제해결 활동을 수행하고 있음에도 불구하고 이를 체계적으로 수행하지 못하고 있음을 착안하여 공학교육에 관한 내용을 별도의 차시로 다루어 보다 효과적인 공학교육을 수행할 수 있었을 것으로 판단한다. 또한 누리과정의 교육

내용의 수학, 과학, 예술, 기술 등의 핵심 내용을 반영하였다. 특히 공학을 중심으로 이러한 내용을 효과적으로 통합하여 제시하였다. 또한 개념의 수준을 두 단계로 구분하여 초기 차시에는 보다 쉬운 개념을 통해 유아가 공학적인 사고에 더욱 익숙해 질 수 있도록 구성한 후, 후반부 차시에서는 이전에 습득하였던 개념들을 확장하고 응용하여 적용할 수 있는 활동을 수행하였기 때문에 유아들의 개념 및 공학적인 사고를 더욱 견고화 할 수 있는 형태로 내용이 구성된 것으로 판단한다.

셋째, 본 프로그램의 교수-학습 단계는 공학교육 관련 선행연구자들의 주장을 반영하여, 질문하기->설계하기->도전하기->재도전하기->공유하기의 전체 5단계의 내용으로 구성하였다. 교수학습 단계에서는 유아의 공학적인 사고를 촉진하기 위하여 문제를 인식할 수 있도록 하고, 문제점에 대한 대안을 탐색하고, 설계를 하고 도전을 한 후 문제점을 수정하여 다시 한번 도전할 수 있도록 하였다. 또한 자신의 문제해결방식 및 다른 또래의 문제해결을 위해 개선해야 할 점을 함께 토의하며 유아의 공학적 사고가 더욱 촉진될 수 있도록 교수-학습 단계를 구성하였다. 선행연구자들(Bagiati, 2011; Bagiati & Evangelou, 2015; Pantoya et al., 2015)은 융합교육의 핵심이 공학임에도 불구하고 교사가 공학에 대한 개념을 적합하게 알지 못할 뿐 아니라 체계적으로 수행할 수 있는 교수학습 단계가 부족함을 주장하였다. 이러한 관점에서 선행연구자들의 주장을 반영한 교수-학습 단계는 앞으로의 유아 공학교육에 있어서 중요한 초석이 될 것으로 판단한다.

다음으로 본 프로그램에서의 교사의 역할은 유아들이 문제 상황에 호기심을 갖고 문제해결을 위한 동기화 하는 흥미유발자로서의 역할, 유아의 공학활동을 촉진시키기 위하여 공학활동에 적합한 자료 및 환경 그리고 교육계획 등을 수립하는 계획자로서의 역할 유아의 적합한 개념 형성을 위해 의도적인 교수활동을 통해 유아들의 개념을 형성하고 내면화 시킬 수 있는 협력자로서의 역할, 일상생활의 맥락 그리고 교육 내용의 맥락 내에서 유아들에게 다양한 문제해결 및 공학적 사고에 대한 경험을 제공하는 경험제공자로서의 역할을 수행하였다. 이는 유아가 일상생활 내에서 문제에 대하여 인식하고 적합한 탐색, 탐구 및 설계를 이루어지는 것을 통해서 다양한 개념을 형성할 수 있도록 하기 위한(홍혜경, 2017; Evangelou, 2010) 역할을 수행함으로써 유아의 공학적 사고 및 문제해결성향을 촉진시키기 위한 적절한 교사의 역할이 수립되었다고 본다 마지막으로 평가는 유아 스스로의 자기 평가 및 교사의 평가 과정을 통하여 각 차시에서 발생하는 유아의 문제해결을 더욱 촉진시킬 수 있는 방향으로 평가되었으며 목표와 관련된 표준화된 평가 또한 동시에 이루어졌다. 이러한 목적 및 목표, 교육내용, 교수학습 단계, 교사의 역할, 그리고 평가의 체계로 구성된 구조화 된 본 프로그램은 STEAM교육에 대한 활발한 논의에도 불구하고 교사가 현장에서 적용하기에 구조화된 프로그램이 부족했던 현재 상황에 비추어 교사가 현장에서 적용가능한 체계의 프로그램을 구성하였다고 판단한다.

2. STEAM 기반 유아 공학교육 프로그램의 교육현장 적용 타당성 검증

본 연구에서 개발한 STEAM 기반 유아 공학교육 프로그램의 유아교육 현장 적용 타당성을 검증하기 위하여 STEAM 기반 유아 공학교육 프로그램을 교육현장에 처치하는 실험연구를 수행하고 프로그램이 유아의 인지 능력, 창의성, 과학적 유능감에 미치는 효과를 분석한 결과를 논의 하면 다음과 같다.

첫째, 본 연구에서 개발한 STEAM 기반 유아 공학교육 프로그램은 유아의 인지능력을 유의미하게 증진시켜 주는 것으로 나타났다. 먼저 STEAM 기반 유아 공학교육 프로그램이 유아의 인지능력에 효과적이라고 나타난 본 연구결과는 문제해결능력에 대한 공학의 효과성을 주장한 선행연구들(홍혜경, 2017; Bagiati, et al., 2010; Christenson & James, 2015; DeJarnette, 2012; DiFrancesca, et al, 2014; Katehi et al., 2009; Linderman & Anderson, 2015; Stone-MacDonald et al., 2015; Pantoya et al., 2015; Park et al., 2018)의 주장을 지지해 주는 결과이다. Park과 동료들(2018)은 유아교육 현장에서 공학교육이 필요한 이유에 대하여 유아들이 놀이 그리고 즐거운 활동들 경험하는 과정에서 다양한 개념에 대하여 학습할 뿐만 아니라 문제해결 기술들을 기를 수 있기 때문이라고 주장하였다. 특히 수학 및 과학교육에서는 과정적 기술의 발달을 촉진할 수 있도록 하는 것을 권고하고 있는데(Hefty, 2014), 유아들이 다양한 문제에 대하여 다각적으로 탐색하고 문제들을 분석하고, 자신의 문제들을 재해결해 나가는 과정에서 유아의 인지적 문제해결 능력 즉 인지능력이 증진된 것으로 보인다. 나아가 몇몇 선행연구자들은(Bagiatti & Evangelou, 2015; Katehi et al., 2009; Park et al., 2018)은 교사들이 유아의 공학교육의 과정 및 단계 교육 내용 등을 효과적으로 공학적 사고에 연결하지 못하고 있음을 지적하며 교육과정에 적합한 공학교육을 제공할 때 문제해결능력을 효과적으로 촉진시킬 수 있다고 주장하였다. 본 연구에서는 구조화된 프로그램 내에 교사의 역할 또한 강조 하여 유아의 인지능력을 효과적으로 증진시킨 것으로 보여 진다.

하위 영역 별로 살펴 볼 때, 인지능력의 하위요인 중 시공간, 유동적 추론, 작업 기억에서 유의미한 향상을 보인 것으로 나타났다. 먼저 시공간 지표는 토막 짜기 그리고 모양 맞추기의 소검사로 구성되어진 지표로 지각적인 추론 능력을 측정하는 형태이다. 본 연구에서 유아들은 설계도를 제작하는 과정에서 이를 이차원으로 표상하고 실제로 작품을 제작하는 과정을 통해서 자신의 표상을 실제에 적용시켜보는 과정을 수행하였다. 공학교육의 중요한 가치는 유아들이 자신의 생각을 다양한 감각을 통해서 탐색하는데 있다(Park et al., 2018). 유아들은 자신이 2차원으로 표상한 것에 대하여 다양한 재료를 통해서 3차원으로 제작하고 문제를 해결하는 과정에서 자신의 의도대로 되지 않은 부분들에 대하여 점검하고 재표상하는 과정들을 반복하였는데, 자신의 표상을 실제로 제작물로 제작해 보는 설계의 과정을 반복한 것이 시공간의 증진에 기여하였을 것

로 판단한다. 실제 교육현장에서는 여러 가지 작품 및 구성품을 만들지만 자신이 직접 설계하는 설계과정에서 생각을 표상하고 실제 구성품으로 제작하는 과정이 동기의 촉진 뿐 아니라 실제 지각능력에도 영향을 줄 수 있음을 시사해 준다.

다음으로 유동적 추론에도 유의미한 효과가 나타났다. 유동적 추론은 규칙성을 찾아볼 수 있도록 하는 행렬추리와 그림으로 제시되는 사물들 중에서 공통된 특성을 찾을 수 있도록 구성되어 있다. 즉 규칙, 분류, 비교 등과 같은 유아기의 과학 및 수학적 개념의 핵심요소들이 포함되어 있는 것으로 볼 수 있다. Pantoya와 동료들(2015)은 특히 유아기 혹은 초등학교 저학년들은 수학 그리고 과학과 같은 학문적인 용어를 잘 알지 못하기 때문에 동기화가 결여될 수 있기 때문에 공학의 요소들을 이야기 혹은 그리기 등의 활동 등과 통합하여 운영하는 것이 융합교육의 핵심이 될 수 있음을 주장하였다. 본 연구에서는 이야기, PPT동화 등 다양한 문제해결 관련 전략들을 사용하여 유아들이 문제점들을 인식할 수 있도록 하였으며, 실패를 반복하는 원인 등을 분석하는 과정을 통해 여러 가지 패턴 등을 탐색할 수 있는 경험을 제공하였다. 예를 들어 유아들은 돼지집을 지어주는 활동에서 늑대가 돼지의 집 지붕을 공략한다는 것을 인식하고 이를 보완하기 위한 대책을 수립하였다. 이와 같이 유아들은 문제를 해결해 나가는 과정에서 어떠한 결과가 나타날지에 대하여 추론해 보고 자신의 예측과 다른 결과가 나올 경우 원인을 파악해 보는 과정을 반복하였는데 이러한 과정이 유아의 유동적 추론을 향상시킨 것으로 판단된다. 공학은 과학적인 지식을 매일의 문제상황에 실제적인 적용을 하는 것에 그 가치가 있다(Difrancesca et al., 2014). 관련하여 비교집단에서도 예측 등의 활동들을 제공하였으며 비교집단 역시 유동성 추론이 더욱 향상되었지만 공학교육을 적용한 실험집단이 더욱 유의미하게 높게 향상된 본 연구결과는 수학 및 과학적인 개념들을 통합할 수 있는 핵심요소로 공학을 제시한 선행연구자들의 주장(홍혜경, 2017; Bagiati, et al., 2010; Christenson & James, 2015; DeJarnette, 2012)을 다시 한번 지지해 주는 결과이다.

또한 작업기억에서도 유의미한 효과가 나타났다. 작업기억은 정보를 효율적으로 처리하기 위해 정보를 조작하고 주의를 통제하는 등 복잡한 인지처리과정과 관련되어 있으며(Hofmann, Friese, Schmeichel, & Baddeley, 2011), 정보저장을 위하여 제한된 용량을 효과적으로 사용하는 과정이다(Baddeley, 2000). 유아들은 문제를 해결하는 과정에서 실험과정에 주의를 기울이고 문제해결에 효과적이지 않은 정보들을 제거하고 해결책을 탐색해야 한다. 초기차시에서 실패함에도 불구하고 같은 해결책을 반복하였다면 추후 차시에 도달함에 따라서 점차적으로 불필요한 요소들을 효과적으로 제거하고 보다 목표에 집중하는 모습이 나타났다. 유아들이 일상생활에서 적합하게 문제를 해결하기 위해서는 무엇보다 주어진 정보를 효과적으로 활용하고

불필요한 정보에서 적합한 정보로 주의를 전환하는 작업기억의 과정이 요구된다. 특히 공학자들은 반복적인 재설계를 통해서 다양한 프로토타입을 구성하고 여러 다양한 옵션에서 가장 효과적인 옵션을 고려하는 지속적인 사고를 하며 유아 또한 주의 분산이나 방행에도 불구하고 참여하는 활동에 주의를 기울이고 주의 집중한다(Stone-MacDonald et al., 2015). 반복적인 문제를 해결하기 위해 주의를 기울이고 문제해결을 위해 여러 가지 다른 자원들을 고려하는 과정이 작업기억을 효과적으로 증진시킨 것으로 보여진다.

한편 본 연구에서 언어이해 및 처리속도는 이전에 비하여 증가하기는 하였지만 비교집단과 유의미한 차이는 나타나지 않았다. 언어이해는 생활상의 상식과 관련된 개념으로 문화적인 영향을 받기도 하며 특별한 수학 혹은 과학적인 개념이 중요하게 요구되지 않는다. 이러한 측면이 교육내용에서 수학, 과학 및 기술의 개념을 중점적으로 강조한 본 프로그램의 효과가 크게 드러나지 않다고 볼 수 있다. 또한 처리속도는 정보를 빠르게 처리하는 과정으로 본 연구에서는 문제의 빠른 해결보다는 다양한 관점에서 심도 깊게 추론하는 것을 중점적으로 하였기 때문에 처리속도의 향상이 제한적이라고 판단한다. 이에 후속연구에서는 이러한 부분을 동시에 향상시킬 수 있는 보완된 프로그램이 요구된다.

둘째, 본 연구에서 개발한 STEAM기반의 유아 공학교육 프로그램이 유아의 창의성을 효과적으로 증진하는 것으로 나타났다. 이러한 본 연구결과는 무엇보다 유아의 공학교육과정이 STEAM교육에서 유아의 발산적인 사고 및 창의력을 효과적으로 증진할 수 있다는 선행연구자들(Stone-MacDonald et al., 2015; Pantoya et al., 2015; Park et al., 2018)의 주장을 지지해 준다. 무엇보다 창의성은 공학설계 과정에서 고유하게 요구되는 것으로(Katehi et al., 2009), 공학의 시발점은 문제를 해결하기 위한 상상과 이를 설계도로 스케치하는 과정을 통하여 발현된다(Pantoya et al., 2015). 특히 공학은 유아들에게 다양한 감각적인 방법들을 통해서 창조하고 대안을 모색할 기회를 제공하는데 그 가치가 있다(Bagiatti & Evangelou, 2015). 본 연구에서 유아는 문제를 인식하고 문제를 해결하기 위하여 다양한 방식으로 문제를 해결하기 위한 의견을 이야기하고 이를 설계도를 통해서 표현하는 과정을 거쳤다. 이러한 과정을 통해 궁극적으로 유아의 창의성이 증진된 것으로 판단한다. 또한 유아들은 표상활동을 통해 자신의 생각이나 욕구를 표현하고자 하는 동기를 향상시키며(김숙이, 2016), 생각 뿐이 아닌 생각했던 아이디어를 직접 만들어보고, 말해보고, 신체적으로 표현하는 활동을 통하여 더욱 자신의 창의성을 증진시켜 나갈 수 있다(김경숙, 홍혜경, 2012; 김성현, 2016; 지성애, 김희정, 김치곤, 2011). 본 프로그램에서는 유아들이 자신의 아이디어를 설계도를 통해서 표현하고 이를 직접 제작하는 과정을 거쳤는데 이러한 과정을 통해 유아의 창의성이 증진된 것으로 판단한다. 하위 요소별로 살펴보았을 때에는 유창성, 독창성, 정교성의 하위영역이 증진된 것으로 나타났다.

적으로 표현하기 위해 아이디어를 세부적으로 표현하는 것을 의미한다(김성현, 2016). 공학교육의 교수학습 단계의 중요한 측면은 시도하고 실패한다 할지라도 이를 다시한번 조정하여 재시도 할 수 있도록 하는 반복적인 재설계의 과정에 있다(Park et al., 2018; Stone-MacDonald et al., 2015). 유아들은 자신이 의도하는 데로 문제가 해결되지 못하였을 경우 이를 해결하기 위해 반복적으로 시도하고 이전의 시도를 보완하는 노력을 기울인다(Park et al., 2018). 본 연구에서도 계란 요리사를 위한 상자를 제작하는 과정에서 유아들이 계란이 튕겨져 나가는 문제점을 발견하자 이를 보완하기 위해 계란이 튀어나가지 않은 장치에 관한 아이디어를 기존의 아이디어에 통합하여 더욱 세부적이고 정교한 아이디어를 산출하는 모습을 보였다. 또한 또래 유아들이 실험을 하는 모습들을 살펴보면서 자신의 아이디어를 보다 정교화 하는 등의 모델링 또한 나타났다. 즉 실패를 하더라도 이를 보완하기 위하여 기존의 자신의 아이디어를 보다 세부적으로 변경하고 이를 설계도 그리고 실제 작업물로 반복적으로 표상했던 경험들이 유아가 보다 세부적으로 아이디어를 생성할 수 있는 정교성의 능력을 향상시켰을 것으로 보여 진다. 반면에 성급한 종결에 대한 저항 그리고 제목의 추상성에서는 유의미한 향상이 나타나지 않았다. 이러한 측면은 언어이해가 유의미한 향상을 나타내지 못했었던 인지능력의 결과들과 더불어 유아들이 언어로도 효과적으로 표상할 수 있도록 하는 내용들을 반영해야 할 필요성을 다시 한번 부각시켜 준다. 또한 유아들이 자신의 아이디어를 세부적으로 표현하는 것에 더하여 실패하지 않도록 더욱 오랫동안 생각하고 가장 효과적인 결과를 산출하기 위해 아이디어를 더욱 확장시켜나가는 것과 같이 교수학습 단계에서 유아들이 자신의 생각을 보다 유지하고 정리할 수 있는 시간을 제공해 주는 것이 요구된다.

셋째, 유아의 과학적 유능감에 대한 연구결과 과학 효능감을 제외한 다른 영역에서는 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 과학효능감은 특정한 영역에서 과학과 관련된 기술들을 사용하는데에서 나타나는 유능감을 의미한다(지성애, 2015). 유아 공학교육 관련연구자들은(홍혜경, 2017; Bagiati, et al., 2010; DiFrancesca, et al, 2014; Katehi et al., 2009; Stone-MacDonald et al., 2015; Pantoya et al., 2015) 공학교육의 가치가 무엇보다 자신이 갖고 있는 과학 및 수학적 개념들을 실제적인 상황에서 적용할 수 있는 기회를 통해 과학 및 수학적 개념들을 효과적으로 통합할 수 있다고 주장한다. 본 연구에서 유아의 과학효능감이 증가한 연구결과는 이러한 연구자들의 주장을 지지해 준다. 유아들은 자신이 갖고 있는 높이, 길이, 무게, 모양, 예측, 측정과 같은 다양한 수학 및 과학적 개념들을 문제해결 상황에서 적용하였으며 이를 통해 효과적으로 문제를 해결하는 경험을 하였다. 유아들은 동기화된 상태에서 실패에 구애받지 않고 여러 가지 문제를 해결한 경험에 기반하여 과학적 효능감이 상승한 것으로 보여 진다. 유아기의 공학교육에 기반하여 수학 및 과학적 개념들을 일상적인 문제해결에 적용해 본 경험이 추후 학문적 정체성 형성에 기반이

된다고 주장하였던 Pantoya와 동료들(2015)의 주장에 기반하여 살펴봤을 때, 본 연구결과는 유아기부터 유아들이 동기를 갖고 즐거움을 느끼면서 일상적인 문제해결시 공학적인 사고를 촉진할 수 있는 다양한 공학교육 프로그램들이 개발되어야 함을 시사한다.

한편 본 연구에서 과학 선호 및 과학 학습에의 용이성은 유의미한 효과가 나타나지 않았다. 이러한 측면은 비교집단이 과학중심의 프로그램을 운영하였던 차원들도 영향이 있을 수 있다. 다른 한편으로는 본 연구에서는 유아들에게 과학적 개념 혹은 과학등과 같이 과학에 관한 내용들에 대하여 중점을 두기 보다는 공학자, 공학적인 사고에 관한 내용들을 중심으로 프로그램이 운영되었다. 이에 후속연구에서는 과학, 수학적인 개념 및 내용등을 공학적인 활동 과정에서 더욱 효과적으로 통합할 수 있도록 하는 방안이 요구된다. 이러한 측면이 보완된다면 과학적 흥미 및 동기가 상대적으로 낮은 국내 학생들이 유아기부터 과학 및 수학 그리고 공학 등 다양한 미래분야의 학문에 대한 긍정적인 인식을 형성하는 계기가 될 것으로 판단한다.

결론적으로 본 프로그램은 유아의 인지능력, 창의성 그리고 과학적 유능감 중 과학 효능감을 효과적으로 증진시켜 준 것으로 나타나 유아교육 현장에서의 STEAM기반 유아 공학교육 프로그램의 현장적용 타당성을 입증하였다. 이러한 본 연구결과는 공학이 중요시 되는 미래사회에 적합한 유아공학교육 프로그램이 부족한 국내 현장에서 후속 연구들을 촉발시키기 위한 초석으로 작용하기를 기대한다.

마지막으로 후속연구에 대한 제언을 실시하면 다음과 같다. 본 연구는 단기간에 걸쳐 만 5세 유아만을 대상으로 운영하였다. 이에 후속연구에서는 보다 어린 연령부터 장기간 이루어지는 프로그램의 운영이 필요하다.

둘째, 본 연구에서 유아의 공학적인 능력을 측정하고자 하였으나 현장에서 적용가능한 유아의 공학적 능력을 측정하기 위한 평가도구가 개발되지 않은 실정이다. 이에 유아의 공학적 능력을 효과적으로 측정하기 위한 도구 제작이 요구된다.

셋째, 본 연구에서 언어이해, 처리속도, 제목의 추상성, 성급한 종결에 대한 저항 등의 요소들은 증진 되지 못하였다. 이에 후속연구에서는 유아의 언어적인 능력 그리고 보다 유아가 지속적이고, 깊게 사고할 수 있는 능력을 증진시키기 위한 교육 내용을 보완하기 위한 노력이 필요하다.

마지막으로, 본 연구를 시행해본 결과 과학 및 수학 등에 흥미를 보이고 재능을 보이는 유아들을 위한 프로그램이 요구된다. 이러한 프로그램은 유아들의 흥미수준에 맞추어 난이도 및 단계를 조정하여 미래융합 인재 양성을 위한 유아들의 요구를 충족시킬 수 있는 프로그램이 개발되기를 제안한다.

저자_ 김성현 (SeongHyun Kim)

• 학력

중앙대학교 유아교육과 문학박사
성균관대학교 인재개발학 석사
성균관대학교 문학사/심리학 학사

• 경력

現) 동남보건대학교 조교수
前) 아이공감 교육심리발달연구소 소장

참고문헌

1. 김경숙, & 홍혜경. (2012). 색다른 용도법 (Unusual uses) 을 활용한 표상활동이 유아의 창의성에 미치는 효과. *창의력교육연구*, 12, 93-112.
2. 김성현. (2016). 미술표상과 이야기구미기표상 활동이 유아의 창의성, 언어능력, 그리기표상능력에 미치는 효과 비교. *유아교육학논집*, 20(5), 353-381.
3. 김숙이. (2016). 그림이야기책의 가상놀이에서 유아들의 가상적, 상징적, 복합적 표상능력 및 언어적 표상활동의 차이 분석. *아동교육*, 25(2), 25-45.
4. 김영민, 김현정, 허혜연, 이창훈, & 김기수. (2013). 초·중등교육에서의 공학교육 프로그램 개발. *한국기술교육학회지*, 13(2), 21-41.
5. 김현수, 정혜영. (2017). 유아 융합인재교육 프로그램 효과에 관한 체계적 문헌고찰 및 메타분석. *유아교육연구*, 37(5), 33-55.
6. 노현희, & 이길동. (2006). 탐구중심 과학활동이 유아의 창의성 증진에 미치는 영향. *교육의 이론과 실천*, 11(2), 47-69.
7. 이석희, 김은진, & 공지영. (2010). 과학 실험 프로그램이 저소득층 아동의 과학 태도, 자아존중감, 자기유능감과 창의성에 미치는 효과. *초등과학교육*, 29(4), 538-551.
8. 이연승. (2014). 누리과정에서 STEAM (융합인재교육) 의 방향. *유아교육연구*, 34(1), 327-341.
9. 임갑빈, & 박영란. (2007). 생태유아교육 탐구활동 프로그램이 유아의 과학 탐구능력 및 창의성에 미치는 영향. *미래유아교육학회지*, 14(1), 125-165.
10. 임명희, 박윤조, & 김성현. (2017). 예비보육교사의 직업기초능력, 교직 인·적성, 행동유형 간의 관계. *한국보육학회지*, 17(4), 145-161.
11. 정진현, & 김춘화. (2014). 유치원 창의적 공학기술교육 프로그램이 유아의 창의성에 미치는 효과. *한국초등교육*, 25(4), 201-214.
12. 조형숙. (2016). 5 세 유아를 위한 유·초 연계 스토리텔링 수학교육 프로그램 개발. *유아교육학논집*, 20(1), 241-264.
13. 지성애. (2015). 과학과 융합한 유아 미술교수학습 모형 개발 및 효과 분석. *유아교육학논집*, 19(6), 337-369.

14. 지성애, 김희정, & 김치곤. (2011). 가정과 연계한 동화 극화활동이 유아의 창의성과 그리기 표상능력에 미치는 효과. *한국교육문제연구*, 29(1), 131-154.
15. 한국경제연구원. (2017). '제4차 산업혁명이 요구하는 한국인의 역량과 교육 개혁'.
16. 홍해경. (2017). 융합인재교육을 위한 유아공학교육의 적용에 대한 고찰. *유아교육연구*, 37(4), 157-183.
17. Bagiati, A. (2011). Early engineering: A developmentally appropriate curriculum for young children (Doctoral dissertation, Purdue University).
18. Bagiati, A., & Evangelou, D. (2016). Practicing engineering while building with blocks: identifying engineering thinking. *European Early Childhood Education Research Journal*, 24(1), 67-85.
19. Bagiati, A., Yoon, S. Y., Evangelou, D., & Ngambeki, I. (2010). Engineering Curricula in Early Education: Describing the Landscape of Open Resources. *Early Childhood Research & Practice*, 12(2), 1-15.
20. Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory?. *Trends in cognitive sciences*, 4(11), 417-423.
21. Berger, C. (2016). Creating an engineering design process for the preschool classroom.
22. Brief, STEM Smart. (2011). Preparing and supporting STEM educators.
23. Chi, S. A., Kim, S. H., & Kim, H. (2016). Problem behaviours of kindergartners: The affects of children's cognitive ability, creativity, and self-esteem. *South African Journal of Education*, 36(1), 1-9.
24. Christenson, L. A., & James, J. (2015). Building bridges to understanding in a preschool classroom: A Morning in the Block Center. *YC Young Children*, 70(1), 26-28.
25. Crismond, D. P., & Adams, R. S. (2012). The informed design teaching and learning matrix. *Journal of Engineering Education*, 101(4), 738-797.
26. Davis, M. E., Cunningham, C. M., & Lachapelle, C. P. (2017). They Can't Spell" Engineering" but They Can Do It: Designing an Engineering Curriculum for the Preschool Classroom. *ZERO TO THREE*, 37(5), 4-11.
27. DeJarnette, N. (2012). America's children: Providing early exposure to STEM (science, technology, engineering and math) initiatives. *Education*, 133(1), 77-84.

43. Özbey, S., & Alisinanoğlu, F. (2008). Identifying the General Ideas, Attitudes and Expectations Pertaining to Science Activities of the Teachers Employed in Preschool Education. *Journal of Turkish Science Education*, 5(2), 123–131.
44. Pantoya, M., Hunt, E., & Aguirre-Munoz, Z. (2015). Developing an engineering identity in early childhood. *American Journal of Engineering Education*, 6(2), 61–68.
45. Park, H. W., Lee, K. O., & Ahn, D. H. (2016). K-WPPSI-IV Wechsler Preschool and Primary Scale of Intelligence. Seoul: Hakjisa.
46. Park, D. Y., Park, M. H., & Bates, A. B. (2018). Exploring young children's understanding about the concept of volume through engineering design in a STEM activity: A case study. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16(2), 275–294.
47. Sharapan, H. (2012). From STEM to STEAM: How early childhood educators can apply Fred Roger s approach. *Young Children*, 67(1), 35–41.
48. Sousa, D. A. & Pileck, T. (2013). From STEM to STEAM: Using brain-compatible strategies to integrate the arts. Thousand Oaks, CA: Corwin.
49. Stone-MacDonald, A., Wendell, K., Douglass, A., & Love, M. L. (2015). *Engaging Young Engineers*. Brookes Pub..
50. Torrance, E. P.(1990). *Torrance Tests of Creative Thinking*. Beacon-ville, IL: Scholastic Testing Services.
51. Torres-Crespo, M. N., Kraatz, E., & Pallansch, L. (2014). From Fearing STEM to Playing with It: The Natural Integration of STEM into the Preschool Classroom. *SRATE Journal*, 23(2), 8–16.
52. Van Hoorn, J., Nourot, P., Scales, B., & Alward, K. (2007). *Play at the center of the curriculum* (4th Edition). New York: Macmillan.
53. Yarkman, G. (2008). STEAM Education: an overview of creating a model of integrative education. PATT.



융합연구리뷰

Convergence Research Review 2018 November vol.4 no.11