

3D 프린팅 산업에 대한 사회경제환경 융합형 통합기술수용모델을 통한 기업의 3D기술수용의도 분석

The Analysis on Technology Acceptance Model for the 3D Printing Industry
with the Social Economic Environment Converged Unified Theory Of Acceptance
and Use of Technology Model

김영수(Young-soo Kim)*, 홍아름(Ah-reum Hong)**

목 차

I. 서론	V. 연구결과
II. 이론적 배경 및 기존 문헌	VI. 연구결과
III. 연구 모형 및 연구 가설	VII. 제언
IV. 연구방법	

국문 요약

3D 프린팅 산업의 종사자들이 3D 프린터의 도입을 결정하는 의사 결정에 어떤 인자들이 영향을 주고, 인자들의 역할을 파악하는 것이 중요하다. 이를 통해 국내 기업 등에서 활용되는 3D 프린터의 활용 증대 및 관련 산업 투자 증가로, 국내 3D 프린팅 산업의 발전에 기여할 수 있는 방안을 찾고자 한다.

3D 프린팅은 기술의 발전, 대중의 관심, 투자의 활성화에 따라 급속한 발전을 이룩하고 있다. 외국은 장비, 소재, S/W, 산업 활용 등에서 괄목할 발전을 거두고 있으나, 국내에서는 예상보다 저조하다. 3D 프린터 산업의 활성화 및 저변 확대를 위해 원활한 3D 프린터의 도입이 필요하나, 실제 도입 및 현장 적용에는 상당히 미흡한 실정이다. 문헌조사를 통해 경제성, 기술성, 환경성을 대표하는 독립변수들을 선정하였고, 3D 프린팅 산업에 대한 사회환경융합형 통합기술수용모델을 제안하여, 독립변수들이 3D 기술 수용의도에 어떤 영향을 미쳤는지를 독립변수 상관분석법, 무상관 회귀분석법 등을 통해 조사하였다. 본 연구를 통해 기업이 3D 프린팅 기술 및 장비의 도입을 위해 출력단가와 같은 경제성 요인과 정부지원, 3D 콘텐츠 같은 환경성 요인들이 유기적으로 확대 발전해야 한다는 점을 확인하였다. 이는 정부의 체계적이고 실효적인 지원이 필요하고, 사용자인 기업이 직접 체감할 수 있는 경제적 지원과 관련 법령, 제도 등의 개선이 필요하다. 경제적, 기술적 시간적 투자가 진행되어야 국내의 3D 프린팅 산업이 발전되고 이를 토대로 3D 프린팅 산업을 4차산업혁명의 핵심 동력으로 삼아야 할 것이다.

핵심어 : 3D 프린팅, 융합형 통합기술수용모델, 수용의도, 출력단가, 정부지원

※ 논문접수일: 2018.10.8, 1차수정일: 2018.11.27, 2차수정일: 2018.12.20, 게재확정일: 2018.12.24

* (주)다이엔티 종합기술연구소 부장, alex1kim@naver.com, 031-831-4305

** 경희대학교 테크노경영대학원 조교수, arhong@khu.ac.kr, 031-201-2145, 교신저자

ABSTRACT

It is important for the people in the 3D printing industry to determine which factors influence the decision-making that determine the adoption of 3D printers and the role of the factors. Through this, we intend to find ways to contribute to the development of 3D printing industry in Korea by increasing utilization of 3D printer used in domestic companies and increasing investment in related industries. 3D printers are making rapid progress according to the development of technology, the public interest, and the activation of investment. Foreign countries have made remarkable progress in equipment, materials, software, and industrial applications, but they are lower than expected in Korea. It is necessary to introduce a smooth 3D printer in order to revitalize the 3D printer industry and enlarge the base, but it is insufficient for actual introduction and field application. The independent variables that represent economic, technological, and environmental characteristics were selected through a literature survey, and a model for accepting integrated technology for convergence of societies in the 3D printing industry was proposed. This study confirms that economic factors such as output unit price, government support, and environmental factors such as 3D contents should be developed organically for the introduction of 3D printing technology and equipment. This require systematic and effective support from the government, and it is necessary to improve the economic support, related laws, and systems that can be directly experienced by the user as a user. As the domestic 3D printing industry develops with economic, technological and time investment, 3D printing industry should be the key engine of the 4th industrial revolution.

Key Words : 3D Printing, converged UTAUT model, acceptance intent, printing price, government support

I. 서 론

1980년대부터 “Rapid Prototyping”에서 발전한 3D 프린터는 2010년대 기술의 발전, 대중의 관심, 투자의 활성화에 따라 급속한 발전을 하고 있다. 특히 미국과 유럽, 그리고 중국의 경우 장비, 소재, S/W, 산업 활용 등에서 괄목할 발전을 선도하고 있다. 기술 경향 및 시장조사 전문 기관인 FROST&SULLIVAN의 3D 프린팅 산업의 매출 예상(2016년 2월)에 따르면, 2014년 428.1M 유로, 2016년 4억6660만 유로, 2020년 9억2040만 유로로 예상되며, 2014년부터 2020년까지의 연평균 성장률(CAGR)을 13.6%로 예상하였다.

전기영 외(2016)는 장비, 소재, S/W, 산업 활용 등의 측면을 경쟁국들과 비교한다면, 3D 프린터 기술 및 장비의 도입, 활용 등의 분야에서 예상보다 저조하다는 평가를 받고 있음을 제시하였다. 필요보다 실제 도입 사례 및 현장 적용이 상당히 미흡한 실정임을 지적하고 있다. 산업용 부품 및 시제품들의 제작이 가능한 산업용 3D 프린터의 경우 높은 도입 가격과 운영비용 등의 이유가 도입을 주저하는 요인이 될 수 있고, 저조한 도입 현황은 3D 프린터의 활용 범위의 확대를 부진하게 하는 효과를 만들고 있다. 3D 프린팅 산업에 종사하는 담당자들이 3D 프린터 도입을 결정하는 의사결정에 어떤 다양한 인자들이 영향을 주고 있으며, 변수간의 주요 역할이 무엇인지 파악하는 것이 중요하다. 현재 국내기업, 연구소 등에서 활용되는 산업용 3D 프린터의 활용을 확대 시키고 관련 산업 진흥과 국내 3D 프린팅 산업의 발전에 기여할 수 있는 방안을 찾고자 한다.

본 연구의 목적은 첫째, 국내 기업 및 연구소의 3D 프린터 도입 의도에 영향을 주는 요인을 파악하여 주요 요인이 3D 프린터의 도입에 미치는 영향을 분석한다. 둘째, 국내 3D 프린터의 도입 증대에 기여할 수 있는 요인을 파악하여 국내 3D 프린터 산업의 활성화 방안에 대해 검토해 본다. 산업적 용도로 3D 프린터를 도입하고자 하는 기업 및 연구소 등의 수요자 요구를 경제성, 기술성, 환경성 요인으로 검토하여 구분하였다. 경제적 요인을 경제성으로 분류하여, 출력단가, 출력시간, 출력소재, 출력물 품질을 경제성 요인으로 규정하였다. 기술적 요인을 기술성으로 분류하여, 출력물 품질, 형상 자유도, 학습 정도를 기술성 요인으로 규정하였다. 환경적 요인을 환경성으로 분류하여, 학습 정도, 3D 콘텐츠, 안전성, 정부 지원을 환경성 요인으로 규정하였다. 이중 경제적, 기술적, 환경적 성격을 동시에 갖는 요인이 있으며, 출력물 품질은 경제성과 기술성을, 학습 정도는 기술성과 환경성의 성격을 동시에 갖는 것으로 파악하였다. 경제성, 기술성, 환경성에 해당하는 요인들을 기반으로 하여 ‘3D 프린팅 산업에 대한 사회경제환경 융합형 UTAUT(Unified Theory Of Acceptance and Use of Technology) 모델’을 예상하였고 이에 대한 설문을 구성하였다. 중소기업 종사자의 3D 프린팅 도입에 미치는

영향에 대해 작성된 설문을 수집하여 이를 기술 통계 방법을 통해 해당 모델의 가설을 검증하였다.

강승철(2017)은 3D프린팅 기술이 제조의 디지털화를 통해 산업구조 및 제품생산의 패러다임 변화를 선도할 기술로써 파악하였고, 사물인터넷, 인공지능, 빅데이터 등과 함께 4차산업혁명을 대비하기 위해 반드시 기반과 경쟁력을 갖추어야 할 핵심기술로 제시하였다. 서정훈(2013)은 적용분야(사용자)에 따라 3D 프린터를 Personal 프린터 군, Professional 프린터 군, Production 프린터 군으로 분류됨을 제시하였다. 권혁인 외(2016)은 최근 들어 산업의 발전양상이 기술 수요자 니즈 충족으로 무게 중심이 빠르게 이동하였음을 파악하였고, 고객 가치 창출을 위해 비즈니스 생태계의 구성이 무엇보다 시급함을 제시하였다. 3D프린팅의 기술과 산업환경 등이 급속히 변화됨에 불구하고, 주요 소비처인 산업용 3D 프린터 사용자에 대한 조사와 분석에 관한 선행 연구에 한계를 갖게 되었다. 본 연구에서는 기업체 또는 공공기관의 산업용 3D 프린터 사용자를 중심으로 3D 프린팅 기술을 기업 및 조직에 도입하기 위한 수용의도를 분석하여, 3D 프린팅 산업발전과 왕성한 생태계 구성에 기여하고자 한다.

II. 이론적 배경 및 기존 문헌

남두현(2014)은 3D 프린팅의 정의에 대해 다음과 같이 디지털 데이터화 된 3차원 제품 디자인을 2차원 단면으로 연속적으로 재구성하여 소재를 한 층씩 인쇄 적용하는 것을 의미한다고 정의하였다. 위 특성으로 적층 가공(AM, Additive Manufacturing)이라고 칭하며, 출력하고자 하는 대상을 STL, OBJ, AMF 등의 형식으로 3차원 데이터의 형태로 저장하여, 3D 프린터를 통해 3차원 입체물로 제조하는 것으로 정의하였다. 박세환(2014)은 3D 프린팅의 기본 원리에 대해 합성수지(플라스틱), 금속성 가루, 목재, 고무, 바이오 재료 및 고분자 물질 등의 다양한 소재들을 CAD(Computer Aided Design) 설계도에 따라 적층제조법(Additive manufacturing)으로 점차 제품을 형상화하는 것으로 정의하였다. 3D 프린팅 기술로는 재료의 종류와 적용하는 방식에 따라 다양한 기술의 유형들이 존재하고 이를 통해 발전해 왔으며, 적용방식에 따라서 구분하면 압출, 광조형, 소결, 층층적층, 고에너지 조사 등의 분류 방식이 있다. 3D 프린팅을 수행하는 기술을 나타내는 방식은 제조사, 장비, 및 소재 등의 분류 기준으로 중심으로 다양하게 분류 되었고, 일부 장비의 시장 확대 및 영향력 증가로 인해 FDM, SLS, SLA, DLP, DMT, Polyjet 등의 다양한 명칭으로 소개되었다. 양정직·조희영(2017)은 ASTM(American Society for Test and Material)의 적층제조(AM: Additive manufacturing)의 정의와 기존

에 사용되던 일반적인 3D 프린팅 방식에 대한 분류를 다음과 같이 정리할 수 있음을 제시하였다.

〈표 1〉 3D 프린팅 기술 분류

기술	정의	방식	재료
광중합 방식 (Vat Photopolymerization)	빛을 조사하여 플라스틱 소재의 중합반응을 일으켜 선택적 고형화 시키는 방식	SLA DLP	Photopolymer
재료분사 방식 (Material jetting)	용액형태의 소재를 Jetting으로 토출시키고 자외선 등으로 경화시키는 방식	Polyjet MJM	Photopolymer, wax
재료압출 방식 (Material extrusion)	고온 가열한 재료를 노즐을 통해 압력으로 연속해서 밀어내며 위치를 이동시켜 물체를 형성하는 방식	FDM FFF	Clay, food, metal, Ceramics,
분말적층용융 방식 (Powder bed fusion)	가루 형태의 모재위에 고에너지빔을 조사해서 선택적으로 소재를 결합시키는 방식	DMLS EBM SLS	Metal alloy, steel, metal/ceramic powder
접착제분사 방식 (Binder jetting)	가루 형태의 모재위에 액체 형태의 접착제를 토출시켜 모재를 결합시키는 방식	3DP PP	Plaster
고에너지 직접조사방식 (Direct Energy Deposition)	고에너지원(레이저, 전자빔 등)으로 원소재를 녹여 부착시키는 방식	MDT LMD	Metal
판 접합 방식 Sheet Lamination	얇은 필름 형태의 재료를 열, 접착제 등으로 붙여가며 적층시키는 방법	LOM UC	Paper, metal foil

3D 프린팅 또는 급속조형(Rapid Prototyping)이라 불리던 명칭은 적층 가공(Additive Manufacturing)이란 공식적인 산업표준 용어로 정의되었다. ASTM(American Society for Test and Material) International에서 7대 주요 기술방식을 제안하였다. 이는 ASTM International F42 위원회에서 관련 의견 등을 정리하여 ASTM F2792-12a 규정을 제정함으로써 공식화되었다. 3D 프린터의 사용 목적에 따라 나누어 본다면, 개인용 3D 프린터와 산업용 3D 프린터로 분류된다.

3D 프린터의 중요 요소인 사용 재료, 에너지(광원), 사용 S/W, 출력물의 정밀도, 후처리 공정 필요 여부, 출력 비용, 소요시간 등을 비교하여, 오픈소스 기반의 FFF(FDM) 방식의 개인용 3D 프린터와 산업용으로 시판되는 PBF, DED 방식 등의 산업용 3D 프린터와의 특성을 분류하면 다음의 〈표 2〉와 같이 정리할 수 있다.

기술수용모델(TAM: Technology Acceptance Model)은 1989년 David에 의해 제시되었으며, 사회심리학을 기반으로 인지된 유용성과 인지된 용이성이 이용자가 새로운 기술을 수용에 미치는 역할을 고찰하였다. 기술수용모델(TAM)은 초기의 Ajzen and Fishbein(1980)의 합리 행동이론(TRA: Theory of Reasoned Action)과 Ajzen(1985)의 계획행동이론(TPB: Theory

〈표 2〉 개인용 및 산업용 3D 프린터의 특성 및 차이점

	개인용 3D 프린터	산업용 3D 프린터
방식(ASTM)	재료압출 (Material extrusion)	광중합(Vat Photopolymerization) 재료분사(Material jetting) 재료압출(Material extrusion) 분말적층응용(Powder bed fusion) 고에너지직접조사(Direct energy deposition) 접착제분사(Binder jetting)
방식(상용명)	FFF(FDM)	SLA, DLP, Polyjet, FFF(FDM), SLM, EBM, HP, LMD, LOM
재료	플라스틱(PLA, ABS, 등)	플라스틱, Photopolymer, 왁스, 금속분말, 금속 와이어, 세라믹분말, Paper, 금속호일
사용 S/W	오픈소스	자체 S/W, 상용 S/W
출력물의 크기	~30cm 내외	~50cm / ~2,000cm
후처리 공정	일부 사용	대부분 필요
출력 재료 비용	상대적 저렴 (US\$5~30/kg)	상대적 매우 비쌈 (금속분말 : US\$100~5,000/kg)
소요 시간	상대적 출력속도 느림	재질 및 설계에 따라 달라짐
장비 가격	상대적 저렴 (US\$500~3,000/unit)	상대적 매우 비쌈 (US\$10,000~1,000,000/unit)

of Planned Behavior)에 비해 IT 기술의 수용을 예측하기 위해 개선되었으며, 여러 분야에서 다양하게 사용되고 있다. 모델의 확정과 변형이 용이한 이론적 배경의 완성도 높은 이론으로 평가되고 있다.

김준우·문형도(2007)에 의하면 합리행동이론(TRA)과 계획행동이론(TPB)의 핵심 요인은 지각된 사용유용성과 지각된 사용용이성으로 지각된 사용유용성이란 특정한 시스템을 이용하는 것이 개인의 직무 성과를 향상시킨다고 개인이 믿는 정도를 말하고, 지각된 사용용이성은 특정한 시스템을 이용하는 것이 노력을 적게 필요할 것이라고 믿는 정도를 의미함을 제시하였다. 아울러 초기 David의 연구모델은 지각된 사용유용성은 태도를 통하여 간접적으로 시스템 사용의도 및 사용행동에 영향을 미치고, 직접적으로 시스템 사용의도에 영향을 주는 것으로 분석하였음을 지적하였다. 이후 기술수용모델은 정보시스템 분야에서 많은 응용과 확장이 이루어져 왔음을 지적하였다.

이후, 통합기술수용모델(UTAUT: Unified Theory Of Acceptance and Use of Technology)은 2003년 Venkatesh등에 의해 제시되었으며, 합리행동이론(TRA: Theory of Reasoned Action), 계획행동이론(TPB: Theory of Planned Behavior), 기술수용모델(TAM: Technology Acceptance Model(Davis, 1989)), 혁신확산모델(IDM: Innovation Diffusion Model(Rogers, 1995)) 등 기존의 기술수용이론을 통합하여, 이론들의 개념적 유사성을 통합변수로 제시하였다. 송병철·

김완민(2018)에 따르면 통합기술수용이론은 기존의 단순하고 설명력이 부족했던 기술수용모델(TAM)을 성과기대, 노력기대, 사회적 영향, 촉진조건 등의 4대 핵심 요인과 성별, 나이, 경험, 사용 자발성의 조절변수들을 추가한 연구모델임을 지적하였다. 그리고 기존의 기술수용 이론에서 설명하지 못한 다양한 변수들을 추가할 수 있으며, 이를 응용하여 새로운 정보기술 수용에 적합한 모델로 접근하는 방식으로 활용되었음을 제시하였다. 통합기술수용모델(UTAUT)에서 행위 의도(Behavior Intention)는 성과 기대(Performance Expectancy), 노력 기대(Effort Expectancy), 사회적 영향(Social Influence)으로부터 영향을 받는다. 아울러 사용 행위(Use Behavior)는 행위 의도(Behavior Intention)와 촉진 조건(Facilitating Conditions)으로부터 영향을 받고, 독립변수인 성별(Gender), 연령(Age), 경험(Experience), 사용 자발성(Voluntariness of Use) 등은 조절변수로서 역할을 보여주고 있음을 지적하였다.

통합기술수용모델(UTAUT)은 IT기술 수용에 있어서 가장 포괄적인 수용모델 이론이 되었으며, 사용자의 의도와 사용행위에 대한 설명이 가능하며, 기술에 대한 사용자의 수용, 비수용(거절)의 결정 후에 대한 연구가 가능하다. 3D 프린팅 관련 논문의 주제와 연구결과를 요약하여 다음의 <표 3>과 같이 정리하였다.

임수창(2014)은 3D 프린팅은 전·후방 가치 사슬의 긴밀한 연결 고리가 형성되어 있을 때에만 3D 프린터 산업이 제공하는 완전한 가치를 얻을 수 있음을 지적하였고, 3D프린터 연관 산업 육성 전략으로서 제품군별 전략을 제시하였다. Low End 3D 프린터 군에서는 일반 대중들이 3D 프린터를 사용할 수 있는 설계 장치의 활성화가 필요하며, Professional 3D 프린터 군에서는 고객층이 사용하고자 하는 재료의 다양화가 필요하고, Production 3D 프린터 군에서는 조형물에 대한 고객의 요구가 제대로 반영되는 새로운 패러다임의 기술적 진보가 필요함을 지적하였다.

손상균(2015)에 따르면, 3D 프린터에 대한 기술수용에 미치는 요인으로 유희성, 품질, 비용, 혁신성, 3D 모델링 경험을 제기했으며, 비용, 혁신성은 ‘인지된 사용 용이성’에 정의 영향을 미치고, 품질, 3D 모델링 경험은 ‘인지된 유용성’에 정의 영향을 미치는 것으로 확인하였다. 반면 ‘유희성’은 ‘인지된 사용 용이성’과 ‘인지된 유용성’ 양쪽 모두에 정의 영향을 미치고 있음을 확인하였다. 손진욱·이강배(2015)에 따르면 제조 분야 3D 프린팅 도입 의도에 영향을 미치는 요인으로 기술 특성, 기업 특성, 사회적 영향을 제시하였고, 산업군, 기업 규모, 3D 프린팅 사용 경험을 조절변수로 제시하였다. 권혁인 외(2016)에 따르면 기존 산업에 3D 프린팅 기술이 융합되었을 때, 중요 요인 및 파급력을 측정하는 기준은 전무한 상황임을 지적하였다. 이에 3D 프린팅 기술 적용산업 선정을 위한 기준 요인을 최초로 도출하여, 7개의 핵심요인인 기술성, 시장성, 공공성, 공급환경, 국가경쟁력 기여도, 3D 프린팅 산업특성, 지식재산권 등을 도출하였다. 조사결과 시장성, 기술성 등을 중요요인으로 제시하였다. 요인 간 가중치 측정 결과,

〈표 3〉 3D 프린팅 논문의 주제 및 연구 결과 요약

저자	연구 주제	변수	연구 결과
손상균 (2015)	3D 프린터에 대한 기술수용모델(TAM) 검증에 관한 연구	유희성, 품질, 비용, 혁신성, 3D모델링 경험	유희성, 품질, 비용, 혁신성, 3D 모델링 경험을 제기하였다. 이들 변수들은 인지된 사용용이성과 인지된 유용성에 정의 영향을 미침을 확인하였다. 인지된 유희성은 인지된 사용용이성과 인지된 사용유용성 양쪽 모두에 정의 영향을 미침을 확인하였다.
손진욱·이강배 (2015)	제조 분야 3D 프린팅 도입 의도에 영향을 미치는 요인에 관한 연구	기술 특성, 기업 특성, 사회적 영향	도입 의도에 영향을 미치는 요인으로 기술 특성, 기업 특성, 사회적 영향을 제시하였고, 산업군, 기업규모, 3D 프린팅 사용 경험을 조절 변수로 제시하였다.
권혁인 외 (2016)	3D 프린팅 기술의 융합 활성화를 위한 적용산업 선정 (평가) 기준 도출에 관한 연구	기술성, 시장성, 공공성, 공급환경, 국가경쟁력, 기여도, 3D프린팅 산업특성, 지식재산권	<ul style="list-style-type: none"> - 기존 산업에 3D 프린팅 기술이 융합 되었을 때에 중요한 및 파급력을 측정기준이 전무한 상황임을 지적하였다. - 3D 프린팅 기술 적용산업 선정을 위한 기준 요인으로 기술성, 시장성, 공공성, 공급환경, 국가경쟁력 기여도, 3D 프린팅 산업특성, 지식재산권 등을 도출하였다. 조사결과 시장성, 기술성 등의 요인이 중요 요인으로 제시하였다. - 가중치 측정 결과, 시장성 요인을 가장 중요하게 고려해야 함을 제시하였고, 3D 프린팅 산업특성의 요인이 낮은 가중치 비중을 차지하였다. 3D 프린팅 산업이 성장할 수 있는 환경적 특성이 더욱 중요하다는 것을 제시하였다.
임수창 (2014)	3D프린터 연관 산업 육성 전략 수립	설계 장치의 활성화, 재료 다양화, 패러다임의 기술적 진보	<ul style="list-style-type: none"> - 3D 프린팅은 전·후방 가치 사슬의 긴밀한 연결 고리가 형성 되어 있을 때에만 3D 프린터 산업이 제공하는 완전한 가치를 얻을 수 있음을 지적하였다. - 3D프린터 연관 산업 육성 전략으로서 제품군별 전략을 제시 하였다. Low End 3D 프린터는 대중들이 3D 프린터를 사용할 수 있는 설계 장치의 활성화가 필요하다. Professional 3D 프린터 군에서는 고객층이 사용하고자 하는 재료의 다양화가 필요하다. Production 3D 프린터 군에서는 조형물에 대한 고객 요구가 제대로 반영 되는 새로운 패러다임의 기술적 진보가 필요함을 지적 하였다.

상위 세부요인 중 4개가 시장성 요인일 정도로 시장성 요인을 가장 중요하게 고려해야 함을 지적하였다. 3D 프린팅 산업특성의 요인은 낮은 가중치 비중을 차지하며, 3D 프린팅 산업이 성장할 수 있는 환경적 특성이 더욱 중요하다는 것을 제시하였다.

III. 연구 모형 및 연구 가설

3D 프린팅 기술 및 시스템을 수용하려는 중소기업 및 연구소에서 중요하게 생각하는 요인을

확인하는 것이 필요하다. 이에 대한 요인 및 독립변수들을 확인하기 위해 문헌 연구와 전문가 인터뷰의 방법을 이용하였다. 문헌 연구에서 확인할 수 있는 요인 및 독립변수들에 대해 산업계, 학계, 연구소 등 전문가들의 의견을 청취하여 주요 요인들의 경제성, 기술성, 환경성의 특성과 독립변수를 선정하였다.

3D 프린터로 대표되는 새로운 3D 기술을 도입하기 위해서는 수용자인 기업의 입장에서 다양한 변수들을 고려해야 하며, 위 변수들은 그 특성에 대해 경제성, 기술성, 환경성의 특징을 가지게 된다. 이에 대해 서동혁 외(2007), 임수창(2014), 이보경 외(2012), 권혁인 외(2016) 등의 논문을 중심으로 독립변수를 확인하였다.

(1) 경제성

새로운 기술 도입 주요 변수로서 경제성이 표출되고 있으며, 경제성은 출력단가, 출력시간, 출력소재, 출력물 품질 등으로 표현되고 있다. 서동혁 외(2007)의 융합시대의 IT산업 발전 비전과 전략이란 한국산업연구원(KIET) 연구보고서에 따르면, 산업 또는 기업의 비즈니스 차원에서 확산되고 있는 융합화의 효과를 분석하기 위해서 생산 측면의 비용절감 효과와 수요 측면의 소비자 효용증대 효과 등의 IT산업의 경제성 특성에 대해 분석하였다.

임수창(2014)의 3D프린터 연관 산업 육성전략 수립에 따르면, 3D 프린팅의 경제성에 대한 평가와 중요성에 대해 논하고 있다. 최근 소비자들의 디자인과 기능에 따라 다양한 요구가 생기면서, 고객 요구를 기반으로 제품 개발을 위해서 제품 개발 기간을 최대한 단축시키는 방안으로 3D 프린터는 많이 사용하고 있음을 제시하였다. 의료 분야에서는 맞춤형 진료(임플란트, 인공관절 등)가 주목 받으면서 금속 재료를 사용하는 금속 3D 프린터가 많이 활용되고 있음을 지적하였다. 중소기업들도 3D 프린터 활용에 최근 많은 관심을 보인다. 특히 외주 가공에 걸리는 비용과 시간 절감 및 보안 강화의 한 방안으로 3D 프린터 도입을 검토하고 있음을 제시하였다. 3D 프린터는 3D 설계 데이터만 있으면, 장비 스스로 조형을 할 수 있음을 지적하였다. 이와 같은 3D 프린터의 편의성과 효율성으로 제품 개발과정에 이용하는 사례가 많음을 제시하였다.

(2) 기술성

이보경 외(2012)의 ICT와 3D 프린팅에 의한 제3차 산업혁명에 따르면 현재 3D 프린터는 재료, 속도, 크기, 경도, 정밀도 등의 기술적 측면에서 제한적인 성능을 보인다. 그러나 신기술 개발, 재료 물질의 발전 및 핵심 특허권 만료 등의 긍정적 요인들로 인해 수년 내에 빠른 속도의 발전이 예상된다.

(3) 환경성

권혁인 외(2016)에 따르면 3D 프린팅 기술 적용산업 선정을 위한 기준 요인을 기술성, 시장성, 공공성, 공급환경, 국가경쟁력 기여도, 3D 프린팅 산업특성, 지식재산권 등 7개의 핵심 요인으로 제시하였다. 조사결과 시장성, 기술성 등의 요인을 주요 요인으로 제시하였다. 변수 간 가중치 측정 결과, 시장성 요인이 상위 세부요인 중 4개 일 정도로 시장성 요인을 가장 중요하게 고려해야 함을 지적하였다. 3D 프린팅 산업특성의 요인이 낮은 가중치 비중을 차지하며, 3D 프린팅 산업이 성장할 수 있는 환경적 특성이 더욱 중요하다는 것을 제시하였다.

3D 프린터를 사용하거나 연구하는 산업계, 학계, 연구소 등의 CEO, 임원, 팀장, 책임연구원 등 3D 프린팅 전문가 집단 5인에 대하여, 3D 프린팅 기술 및 장비 수용에 관한 중요 요인 검토 및 우선 순위, 그리고 3D 프린팅 발전 방향 등에 대한 인터뷰를 진행하였다. 상기의 전문가들에게 e-mail 질의를 통해 주요 설문지표에 대한 선정요청을 하였으며, (산업용) 3D 프린터 도입에 영향을 주는 요인, 요인들의 중요도 및 순서, 3D 프린팅 산업 활성화에 필요한 것이 무엇인지에 대해 질문하여, 이에 대한 각 전문가들의 회신을 통해 중요 요인에 대한 검토를 진행하였다.

〈표 4〉 3D 프린팅 전문가 리스트

전문가	직업 / 직위	소속	비고
A	CEO	(주)3D테크놀러지	산업계
B	CEO	(주)루브리카	산업계
C	상무	(주)솔리드이엔지	산업계
D	팀장(책임연구원)	경북대 레이저연구소	학계
E	책임연구원	포항산업기술연구소	연구소

전문가 A

서강대학교 전자공학과에서 공학석사, 아주대학교 경영대학원에서 경영학석사 학위를 취득하고, 세계적인 반도체 제조 장비 업체인 KLA-TENCOR(미)사에서 연구개발 및 R&D Manager, ASML(네덜란드)사에서 연구개발 및 교육지원 업무를 역임했다. 산업인력공단 3D프린터 개발 NCS 교육동영상 강사이며, 현재 3디테크놀러지 주식회사 대표이사로 재직 중이다. 관심분야는 3D 프린팅, 4차 산업혁명, 반도체 등이다.

전문가 B

3D 프린팅 교육 및 연수 전문가인 (주)루브리카 대표로 재직 중이다. 3D 프린팅 프로세스 특허 및

코딩을 통한 드론 제어 S/W를 개발하였다. 콘텐츠 코리아랩을 운영하였고, 트라움 체움장 운영중이다. 3D 프린팅 기술을 활용한 아이디어 제품 개발 과정(고용노동부), 방과후 강사 양성과정(여가부)을 운영중이며, 3D프린팅/트론 활용 경진대회, 3D프린팅 올림피아드 경진대회, 3D프린팅 캠프를 개최중이다. 관심분야는 3D프린팅, 드론, ICT루키 교육, 체험 솔루션 등이다.

전문가 C

서울대학교 기계설계학과에서 CAD/CAM 관련 공학박사 학위를 취득하였고, 3D프린팅 S/W 및 CAD/CAM 개발 관련 다수의 프로젝트를 진행하였다. ㈜솔리드이엔지 사에서 상무로 금속 3D 프린팅 S/W 개발하였으며, 현재 ㈜리얼디멘션 사에서 상무로 재직 중이다. 관심분야는 3D 프린팅, CAD/CAM 등이다.

전문가 D

고려대학교 화공생명공학과에서 공학 석사, 경북대학교 치의과학 대학원에서 박사 수료 하였고, 라파 바이오(주) 사에서 연구기획팀 팀장을 역임하였다. 현재 경북대 첨단정보통신융합산업기술원 레이저 응용센터(LAC) 선임팀장(책임연구원)으로 재직 중이다. 관심분야는 3D 프린팅, 레이저 응용기술, 치의학, 바이오 기술, 4차 산업혁명 등이다.

전문가 E

한양대학교 금속공학 공학박사 학위를 취득하였고, POSCO RTP 지원사업 간사, 노르웨이 SINTEF visiting researcher, 대한용접접합학회 편집이사 이다. 현재 포항산업과학연구원(RIST) 전문연구원으로 재직 중이다. 관심분야는 3D 프린팅, 접합아금 및 표면개질, Ti 금속기술, 4차 산업혁명 등이다.

5명의 전문가들을 FGI(Focus Group Interview)를 통해서 본 연구에 대한 변수를 도출하였다. 전문가 A는 산업용 3D 프린터 도입에 영향을 주는 변수들로 출력단가, 소요시간, 소재, 품질, 형상자유도, 사후처리, 3D 프린팅 학습정도, 안정성, 3D 콘텐츠, 정부지원, 프린터에 대한 관리자 및 실수요자의 이해도 등이 중요하다고 지적하였다. 이중 3D 프린터에 대한 관리자 및 실수요자의 이해도, 정부지원, 출력품질/형상자유도 등의 중요성이 높다고 판단하였다. 3D 프린팅의 활성화를 위해, 수요 창출 및 관련 기술 인력을 확충, 선진국과의 기술격차 해소, 벤처 창업의 기술 분야로서 지원이 필요하고, 교육, 정부 기관의 국산장비 구매를 통한 국내 생산/개발기업을 지원 등이 필요하며, 이는 계속적이고 체계적인 정부의 지원이 필요함을 지적하였다. 전문가 B는 3D 프린터 도입에 영향을 주는 요인들로 1순위는 출력단가, 출력시간, 품질(사후 처리), 2순위는 정부 지원, 3순위는 3D 모델링 프로그램과 기계 연동 안정성, 슬라이싱 프로그램의 유무 등을 선정하였다. 3D 프린팅 시장의 성장과 활성화를

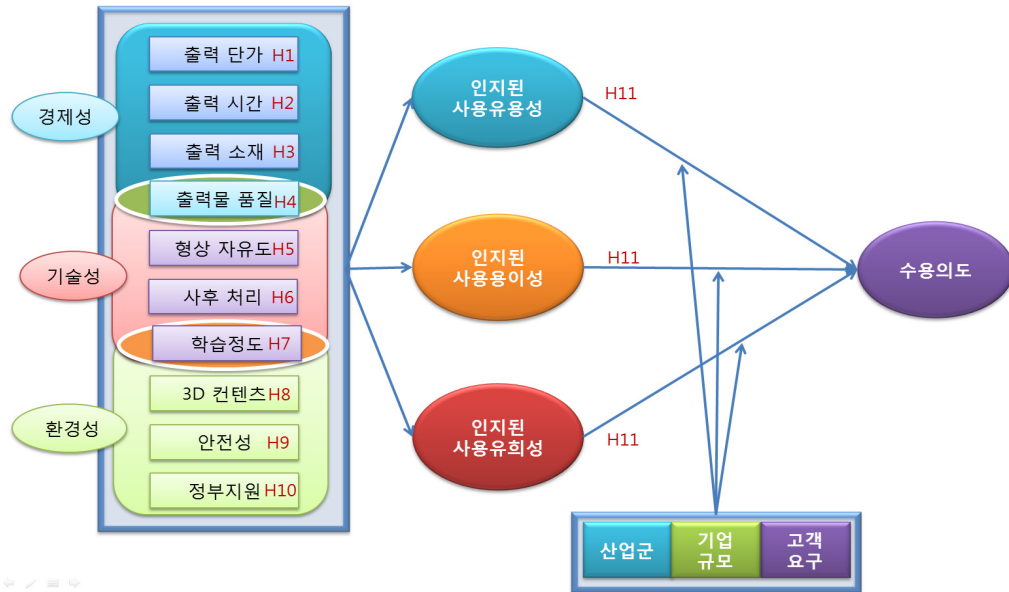
위해, 3D모델링 S/W, 슬라이싱 S/W, 관련 기술 및 재료 분야 등의 개발, 기계 도입, 전문 인프라 및 도입 비용의 지원, 전문 교육기관 확보 등의 방안을 제시하였다. 기업체의 3D 프린터 도입을 위해 초기 운용을 위한 새로운 기술 인프라 구축, 기술적 결함(출력 도중 실패)에 대한 기업의 부담 감소 등을 위해 정부의 지원이 필요함을 지적하였다. 3D 프린팅 활성화를 위해 제조업과 다양한 기업에서 수요를 늘려야 하며, 이에 일반인의 인식 확대 및 교육이 필요함을 제시하였다.

전문가 C는 3D 프린터 도입에 영향을 주는 요인들로 출력 품질 및 형상 정확도, 다양한 소재 지원, 후처리, 출력단가 등이 중요함을 지적하였다. 중요도의 순서는 출력 품질, 출력단가, 출력소재, 후처리의 순으로 제시하였다. 3D 프린팅은 기존의 제조 방법과 획기적으로 다른 제조 패러다임을 제시하는 새로운 제조 방법이기 때문에, 기존의 제조 방식을 따르던 업체들이 기존 제조 방식의 틀을 벗어나기 어려움을 지적하였고, 이에 정책, 자금 등 정부의 적극적 지원이 필요함을 지적하였다. 아울러 3D 프린팅에 활성화를 위해 3D 프린팅이 적용될 수 있는 군수, 항공, 발전 등 분야에서 적극적인 조달구매 정책을 통한 범정부적 수요 창출이 필요하며, 3D 프린팅을 기반으로 한 제품 설계 교육 지원이 필요함을 제시하였다.

전문가 D는 3D 프린터 도입에 영향을 주는 요인들로 품질, 소재, 단가, 정부지원, 기존 설비나 공정에 있어 상호보완성을 제시하였고, 기존 생산라인 안에 3D프린팅의 장점을 적용함이 중요함도 지적하였다. 기존 산업계의 보수적인 시각을 변화시키기 위해 3D프린팅의 기술이나 생산성에 대한 다양한 R&D, 컨설팅 등 필요함을 지적하였으며, 아울러 3D 프린팅에 활성화를 위해 적극적인 정부의 지원과 관심 및 소재 가격 안정화, 제품 품질(물성 등) 개선, 필요한 수요처 확보 등이 중요함을 제기하였다.

전문가 E는 3D 프린터 도입에 영향을 주는 요인들을 장비, 소재, S/W, 서비스의 관점으로 판단하여, 장비 관점에서는 가격, 속도, 품질, 크기, 편의성, 내구성 등이며, 소재 관점에서는 종류, 가격, 품질, 사용기한 등이며, S/W 관점에서는 편의성, 슬라이싱 속도, 인터페이스, 편의성 등이며, 서비스 관점에서는 전/후처리, 디자인, 교육, 지원 순으로 판단하였다. 본 전문가는 3D 프린팅이 아직까지는 산업에 제대로 정착이 되어있지 않은 단계로 규정하였고, 장비의 보급 및 인력양성과 관련하여 정부지원이 필요함을 지적하였고, 정부가 주도하지 않는다면 산업 투자 및 활용이 어려운 현실을 지적하였다. 아직까지는 3D 프린팅 기술을 기존 산업에 적용하는 것이 비용이나 시간적인 측면에서 장점이 크게 부각되지 않는 상황이므로, 3D 프린팅의 활성화를 위해서는 새로운 문화의 확산이 필요하고, 다양한 분야에서의 도전과 친숙도의 증가에 따라 3D 프린팅 활용도가 높아질 것으로 기대됨을 제시하였다.

2. 연구모형



(그림 1) 연구 모형

1989년 David에 의해 제시된 기술수용모델(TAM: Technology Acceptance Model)은 인지된 유용성과 인지된 용이성이 이용자가 새로운 기술을 수용에 영향을 미치는지 고찰하여 IT기술의 수용과 예측을 위해 개선되었으며, 여러 분야에서 다양하게 사용되고 있다. 모델의 확장과 변형이 가능하고 이론적 배경의 완성도 높은 이론으로 평가되고 있다. 김준우·문형도(2007)에 의하면 초기 David의 연구모델은 지각된 유용성은 태도를 통하여 간접적으로 시스템 사용 의도 및 사용 행동에 영향을 미치고, 직접적으로 시스템 사용의도에 영향을 주는 것으로 분석하였음을 제시하였다. 이후 기술수용모델은 정보시스템 분야에서 많은 응용과 확장이 이루어져 왔음을 지적하였다. Venkatesh(2003)등에 의해 제시된 통합기술수용모델(UTAUT: Unified Theory Of Acceptance and Use of Technology)은 기존의 기술수용이론을 통합하여, 이론들의 개념적 유사성을 통합변수로 제시하였다. 또한, Baron and Kenny(1986)는 구조모형방정식에서 잠재변수의 통계학적 설명력을 위한 매개변인의 중요성에 대해 언급 한바 있다. 매개변인의 효과가 유의한 것으로 결론내기 위해서 매개효과의 검증 도구로는 다중회귀분석과 SUR 모형이 가장 많이 활용한다(Baron and Kenny, 1986; Judd and Kenny, 1981). 송병철·김완민(2018)에 따르면 통합기술수용이론은 기존의 기술수용 이론에서 설명하지 못한 다양한 변수들을 추가

및 응용하여 새로운 정보기술 수용에 적합한 모델로 접근하는 방식으로 활용되었음을 제시하였다. Schniederjans(2017)에서는 3D프린팅 기술을 기업에서 채택하려는 의도를 분석했다. 3D 프린팅 기술의 도입에 있어서 복잡성과 기대 역할에 대한 도입 요인을 제시하였다. 연구 결과, 최고 경영진의 타고난 개인적 특성이 채택 의도에 대한 인식에 영향을 주게 되어 3D 인쇄를 채택하는 역할을 한다는 것을 검증하고 있다.

본 연구에서 적용하는 통합기술수용모델(UTAUT)에서 행위 의도(Behavior Intention)는 성과 기대(Performance Expectancy), 노력 기대(Effort Expectancy), 사회적 영향(Social Influence)으로부터 영향을 받는다. 사용 행위(Use Behavior)는 행위 의도(Behavior Intention)와 촉진 조건(Facilitating Conditions)으로부터 영향을 받고, 독립변수인 성별(Gender), 연령(Age), 경험(Experience), 자발성(Voluntariness of Use)은 조절변수로서 역할을 지적하였다. 통합기술수용모델(UTAUT)은 기술수용에 있어서 가장 포괄적인 수용모델 이론이 되었으며, 사용자의 의도와 사용행위에 대한 설명이 가능하며, 기술에 대한 사용자의 수용, 비수용(거절)의 결정 후에 대한 연구가 가능하다. 본 연구에서는 TAM 모델과 UTAUT 모델의 변형 구조 연구를 위해 3D 프린팅 기술의 사회경제환경 융합형 UTAUT 분석 모델을 선정하였다.

3. 변수설정

(1) 경제성

서동혁 외(2007)에 따르면 산업 또는 기업의 비즈니스 차원에서 확산되고 있는 융합화의 효과를 분석하기 위해 생산 측면의 비용절감 효과와 수요 측면의 소비자 효용증대와 IT산업의 경제성 특성에 대해 분석하였다. 임수창(2014)에 따르면, 3D 프린팅의 경제성에 대한 평가와 중요성에 대해 논하고, 일반 소비재 전자제품에 대해 최근 소비자들의 디자인과 기능에 따라 다양한 요구가 생기면서, 고객 요구 기반으로 제품 개발을 위해서 제품 개발 기간을 최대한 단축시키려는 방안으로 3D 프린터를 많이 사용하고 있음을 제시하였다. 3D 프린터 사용의 큰 이유는 시제품 제작에 소요되는 비용과 시간의 절감을 위해서이며, 3D 프린터는 3D 설계 데이터만 있으면 다른 작업이 필요 없이 장비 스스로 조형을 한다는 점을 지적하였다. 3D 프린터의 편의성과 효율성을 제품 개발과정에 이용하는 사례가 가장 많다.

(2) 기술성

이보경 외(2012)에 따르면 현재 3D 프린터는 재료, 속도, 크기, 경도, 정밀도 등의 기술적 측면에서 제한적인 성능을 보이나, 신기술 개발, 재료 물질의 발전 및 핵심 특허권 만료 등

의 긍정적 요인들로 인해 수년 내 빠른 속도의 발전이 예상됨을 제시하였다.

(3) 환경성

권혁인 외(2016)에 따르면 3D 프린팅 기술 적용산업 선정을 위한 기준 요인을 시장성, 기술성을 주요 요인으로 제시하였다. 요인 간 가중치 측정 결과, 시장성을 가장 중요하게 고려해야 함을 지적하였다. 3D 프린팅 산업특성의 요인이 낮은 가중치 비중을 차지하며, 3D 프린팅 산업이 성장할 수 있는 환경적 특성이 더욱 중요하다는 것을 제시하였다. 3D 프린팅의 환경적 영향 등에 대해 정부 관계부처(미래부, 산업부, 문체부, 복지부, 교육부, 기재부, 고용부, 식약처, 통계청)의 2017년 3D 프린팅산업 진흥 시행계획(2017.03.31)을 살펴보면, 정부는 3D 프린팅 산업 진흥 및 이용자 보호와 국내 산업 경쟁력 제고를 위한 종합적인 정책 추진 방향과 실천전략으로써 3D프린팅 산업 진흥 기본계획(2017~2019)을 마련하였고(2016.12, 정보통신전략위원회), 시행계획서에 2017년 3D프린팅산업 활성화 방향과 세부 정책 과제 및 추진 내용을 구체적으로 제시하여 중요성을 확인하였다.

(4) 출력단가

박종찬·노병욱(2017)에 의하면 3D 프린팅의 활용은 비용 면에서도 효과적이며, 디자인, 설계 변경 때마다 별도 금형을 제작해서 검증한다면 단가 상승은 물론 개발 기간도 길어지지만, 3D 프린터를 활용하면 시제품 제작이 간단해져 신속한 설계 검증 및 피드백이 가능해짐을 지적하였다. 아울러 3D 프린팅 기술을 통한 비용 절감은 디자인 가변성과 제품 설계 및 생산 효율성 확보, 제조업 공정의 단축을 통해 효과가 나타남을 제시하였다.

(5) 출력시간

박종찬·노병욱(2017)에 의하면 3D 프린팅은 기존 수치제어(NC: Numerical Control)를 이용하여 재료를 깎고 다듬는 것에 비해 제조공정 시간을 획기적으로 단축시켜 줌을 지적하였고, 따라서 3D 프린터가 제조업 패러다임을 바꿀 혁신적인 아이템으로 부상하고 있다.

(6) 출력소재

박종찬·노병욱(2017)에 의하면 3D 프린팅은 디자인 혁신이 필요한 제조업에 응용하면서 ‘소재절감’을 통한 생산 효율성을 제고할 수 있다. 공장 내에서 필요한 맞춤형공구를 직접 생산하거나 재료를 절감한 디자인 집약 제품을 생산할 수 있다.

(7) 출력물 품질 / 사후처리(정밀도)

〈표 5〉 3D 프린팅의 현재 기술 및 미래 진보 예측

계약사항		현재	미래 예측
느린 조형속도		반나절~하루 소요 (20cm 조형물 기준 - 3cm/hr 수준)	수 분~한 시간 이내 소요
제한적 재료 선택		플라스틱류 중심. 1~2개 재료만 가능(ABS, 아크릴 등)	다양한 재료(스테인리스, 티타늄, 유연한 섬유세라믹, Carbon fiber, 유리, 구리 등), 여러 가지 색깔이 가능
최대 조형 사이즈		약 30cm ³ 박스 크기 미만	수십 m ³ 큐빅 사이즈 이상 가능
상품 디자인	복잡도	3D CAD 전문가 중심 디자인 주로 외형 디자인에 집중 제한된 내부 부품 개수 처리 가능	초보자용 S/W로 쉽게 디자인 복잡한 외형 디자인과 수 백, 수천 개 내부부품 등 복잡한 디자인 처리 가능
	정밀도	0.5~0.01mm 조형 해상도	반도체 집적레벨 나노 스케일 정밀도 가능

(8) 형상자유도(복잡도)

박종찬·노병욱(2017)에 의하면 3D 프린팅 개발의 강점은 디자인 변경성이 용이하고, 복잡한 구조를 구현하며 제조단계를 단축시키는 ‘공정혁신’에 있고, 이를 통하여 소비자의 만족감을 상승시키고, 제조업의 효율성에 기여하면서 ‘다품종 주문생산’의 시대를 열어주었음을 지적하였다. 아울러 S/W를 개발하는 IT기업, 디자인산업, 후처리 공정산업 등 타 산업과의 시너지효과를 창출하면서 ‘제조업 생태계 변화’를 이끌었음을 제시하였다.

(9) 학습정도

3D 프린팅의 학습정도 영향 등에 대해 2017년 3D 프린팅 산업 진흥 시행계획에서 공공 3D 프린팅 인프라 기능 고도화와 K-ICT 3D 프린팅 지역센터를 구축하고 운영하기로 하였으며, 지역센터 특화산업 분야를 중심으로 인프라의 공동 활용, 기술 개발(산학연 협의체 구성·운영) 등의 공동 프로젝트 기획하기로 하였다. 고용노동부를 통하여 3D 프린팅 국가 기술자격 신설을 검토하기로 하였다. 산업인력공단에서는 2018년 하반기에 ‘3D 프린터 마스터’ 등의 국가 기술자격을 개설할 예정이다.

(10) 3D 콘텐츠

2017년 3D 프린팅 산업 진흥 시행계획에 따르면 3D 프린팅을 위한 3D 콘텐츠의 개발 및 확보를 위해 다음과 같은 계획을 마련하기로 하였다. 미래창조과학부는 모바일 기반의 3D 프린팅 콘텐츠 생성·저작·출력 기술 및 응용 서비스의 개발 계획을 수립할 예정이며, 3D데이터

형상 검증·출력을 위한 SW기술 국산화 및 콘텐츠 보호를 위한 3D프린팅 환경을 고려한 저작권 보호기술을 개발하기로 하였다. 이종·복합 다기능소재 등 차세대 3D프린팅 소재개발을 위한 3D 콘텐츠 모델링 및 해석 SW기술 개발 사업을 진행하기로 하였다. Shapeways社(美)는 3D 콘텐츠를 자사의 웹사이트에 등재(업로드)하여 대상물을 출력하거나, 3D 콘텐츠를 판매할 수 있고, 다른 사용자들도 웹사이트 상의 3D 콘텐츠를 구매하거나, 대상물 출력을 요청할 수 있다. 이는 3D 콘텐츠가 3D 프린팅 산업의 발전과 경제성에 매우 중요한 역할을 맡고 있음을 보여주는 사례이다.

(11) 안전성

2017년 3D 프린팅 산업 진흥계획에 따르면 안전성 증진 및 보완을 위해 다음과 같은 계획을 마련하기로 하였다. 산업통상자원부는 3D 프린팅 산업안전 교육업무 전반의 운영 효율화를 위해 '3D 프린팅 안전교육 시스템'을 2017년 12월까지 구축하는 계획을 수립 하였고, 안전한 이용 환경을 조성하기 위해 이용자 보호 지침 및 안전교육 서비스, 사업자 신고 제도 운영을 계획하였다. 정부의 3D 프린팅 진흥 계획을 실현하기 위해 2018년 2월 정부의 관계부처 합동으로 2018년 3D 프린팅 산업 진흥 시행계획을 제시하였다. 과기정통부에서는 3D 프린팅 이용자의 보호지침 시행을 계획하였고, 3D 프린팅 산업 안전 교육을 실시하기로 하였으며, 3D 프린팅 서비스 사업자 신고제도 운영을 시행하기로 하였다. 3D 프린팅 이용자 보호 지침은 3D 프린팅 서비스 사업 표준약관을 2018년 10월을 제정하여 3D프린팅 제품 및 서비스에 대한 분쟁소지를 예방하고 이용자 피해를 최소화 하였고, 장비공급, 소재공급, 소프트웨어 이용과 서비스제공에 대한 표준약관 4종이 제정되었다. 3D 프린팅산업 안전교육은 한국안전보건협회, 한국표준협회 등의 3D 프린팅 산업안전교육 실시기관을 통하여, 안전표준 교재를 활용한 산업 안전교육을 실시하도록 하였다. 집체 및 방문 교육은 연중 실시해야 하며, 대표자는 신규 8시간, 보수 2년마다 6시간의 교육을 하고, 종업원은 신규 16시간, 보수 1년마다 6시간의 교육을 이수하도록 하였다. 3D 프린팅 서비스 사업자 신고제도는 신고서를 통해 연중으로 신규, 변경, 폐업의 접수 및 처리 하고, 2018년 7월에 3D 프린팅 서비스사업자 신고제도 안내 책자를 발간 및 배포하기로 하였다.

(12) 정부지원

2017년 3D 프린팅 산업 진흥계획을 통해 정부는 다음과 같이 기획 중이다. 산업통상자원부는 국제표준화 기구인 ISO/TC261 총회에 참가하여 신규 표준 조인트 그룹 제안 계획을 수립하였다. 아울러 3D프린팅 분야 국가 기술표준(KS, Korea Standard)을 추진하기로 하였으며, 3D 프린팅 산업통계 기반 강화 및 3D프린팅 기업 육성을 위한 세제 지원을 확대 추진하기로 하였

다. 미래창조과학부는 3D 프린팅 SW분야 국내 표준화 포럼을 운영하기로 하였으며, 국내 중소 3D 프린팅 기업 공동 A/S센터를 운영하기로 하였다. 이와 같은 변수들에 대한 조사를 바탕으로 다음과 같은 가설을 정리하였다. 각 변수와 관련된 연구 가설을 <표 6>과 같이 정리하였다.

<표 6> 연구 가설

변수	가설	가설 내용
H1. 출력단가	H1_1	출력단가는 인지된 사용유용성에 부(-)의 영향을 미칠 것이다.
	H1_2	출력단가는 인지된 사용용이성에 부(-)의 영향을 미칠 것이다.
	H1_3	출력단가는 인지된 사용유희성에 부(-)의 영향을 미칠 것이다.
H2. 출력시간	H2_1	출력시간은 인지된 사용유용성에 부(-)의 영향을 미칠 것이다.
	H2_2	출력시간은 인지된 사용용이성에 부(-)의 영향을 미칠 것이다.
	H2_3	출력시간은 인지된 사용유희성에 부(-)의 영향을 미칠 것이다.
H3. 출력소재	H3_1	출력소재는 인지된 사용유용성에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.
	H3_2	출력소재는 인지된 사용용이성에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.
	H3_3	출력소재는 인지된 사용유희성에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.
H4. 출력물품질	H4_1	출력물 품질은 인지된 사용유용성에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.
	H4_2	출력물 품질은 인지된 사용용이성에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.
	H4_3	출력물 품질은 인지된 사용유희성에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.
H5. 형상자유도 (독창성)	H5_1	형상자유도(독창성)은 인지된 사용유용성에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.
	H5_2	형상자유도(독창성)은 인지된 사용용이성에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.
	H5_3	형상자유도(독창성)은 인지된 사용유희성에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.
H6. 사후 처리	H6_1	사후 처리는 인지된 사용유용성에 부(-)의 영향을 미칠 것이다..
	H6_2	사후 처리는 인지된 사용용이성에 부(-)의 영향을 미칠 것이다.
	H6_3	사후 처리는 인지된 사용유희성에 부(-)의 영향을 미칠 것이다.
H7. 학습정도	H7_1	학습정도는 인지된 사용유용성에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.
	H7_2	학습정도는 인지된 사용용이성에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.
	H7_3	학습정도는 인지된 사용유희성에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.
H8. 3D 콘텐츠	H8_1	3D 콘텐츠는 인지된 사용유용성에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.
	H8_2	3D 콘텐츠는 인지된 사용용이성에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.
	H8_3	3D 콘텐츠는 인지된 사용유희성에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.
H9. 안전성	H9_1	안전성은 인지된 사용유용성에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.
	H9_2	안전성은 인지된 사용용이성에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.
	H9_3	안전성은 인지된 사용유희성에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.
H10. 정부 지원	H10_1	안전성은 인지된 사용유용성에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.
	H10_2	안전성은 인지된 사용용이성에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.
	H10_3	안전성은 인지된 사용유희성에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.
H11. 수용의도	H11_1	인지된 사용유용성은 수용의도에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.
	H11_2	인지된 사용용이성은 수용의도에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.
	H11_3	인지된 사용유희성은 수용의도에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.

IV. 연구방법

1. 연구모형 및 변수

1) UTAUT 모델 조사대상의 선정

3D 프린팅 수용의도에 대한 연구개념, 측정변수, 측정항목에 대한 사항을 정리하여 다음과 같이 <표 7>에 정리하였다.

<표 7> 3D 프린팅 수용의도에 대한 측정항목

연구개념		측정변수			측정항목
		설문	변수명	축약명	
독립 변수	출력 단가	B1	PRICE1	PR_1	산업용 3D프린터 가격 정도
		B1n2	PRICE2	PR_2	산업용 3D프린터 운영 비용
		B1n3	PRICE3	PR_3	3D프린터 활용으로 비용절감 기대
	출력 시간	B1n4	TIME1	TI_1	산업용 3D프린터의 출력시간 정도
		B1n5	TIME2	TI_2	제작시간 단축
		B1n6	TIME3	TI_3	물류, 배송 시간 단축 기대
	출력 소재	B1n7	MATERIAL1	MA_1	소재 소모량 감소
		B1n8	MATERIAL2	MA_2	3D프린팅용 소재가 제한적
		B1n9	MATERIAL3	MA_3	소재의 특성이 출력물 특성에 영향
	출력물 품질	B1n10	QUALITY1	QU_1	대량생산품 비해 정밀도 떨어짐
		B1n11	QUALITY2	QU_2	대량생산품에 비해 특성 감소
		B2n1	QUALITY3	QU_3	출력물의 특성 변화
	형상 자유도	B2n2	FREE1	FR_1	3D 프린팅 출력물 자유도
		B2n3	FREE2	FR_2	디자인된 3D컨텐츠의 구현
		B2n4	FREE3	FR_3	원하는 형상의 구현
	사후 처리	B2n5	POST_PROCESS1	PO_1	출력물 적층 후 사후처리 허용
		B2n6	POST_PROCESS2	PO_2	적층 후 사후처리가 용이함
		B2n7	POST_PROCESS3	PO_3	사후처리 후 외형이나 품질의 향상
	학습 정도	B2n8	STUDY1	ST_1	3D프린터 사용의 경쟁력 향상 정도
		B2n9	STUDY2	ST_2	3D프린터의 사용 용이성
B2n10		STUDY3	ST_3	3D프린터의 사용에 호기심 여부	
3D 컨텐츠	B2n11	CONTENT1	CO_1	3D컨텐츠의 출력에 효과적임	
	B3n1	CONTENT2	CO_2	3D 컨텐츠의 디자인/수정 용이성	
	B3n2	CONTENT3	CO_3	3D 컨텐츠 출력의 즐거움	
	B3n3	CONTENT4	CO_4	다양한 3D 컨텐츠의 유용성	
	B3n4	CONTENT5	CO_5	3D 컨텐츠 다양성의 중요성	

〈표 7〉 3D 프린팅 수용의도에 대한 측정항목 (계속)

연구개념		측정변수			측정항목
		설문	변수명	축약명	
독립 변수	안전성	B3n5	SAFE1	SA_1	3D프린터 사용의 안전성
		B3n6	SAFE2	SA_2	3D프린터 안전사용 지침 준수
		B3n7	SAFE3	SA_3	출력물 활용상의 안전성 문제
	정부 지원	B3n8	GOV_SUPPORT1	GO_1	정부지원이 3D프린터 활용에 도움이 됨
		B3n9	GOV_SUPPORT2	GO_2	정부 지원제도의 이용 용이성
		B3n10	GOV_SUPPORT3	GO_3	정부의 지원제도가 적음
매개 변수	인지된 사용 유용성	B3n11	PU_1	PU_1	3D프린터의 사용유용성은 산업용 설비도입 의도에 긍정적 영향 줌
		B4n4	PU_2	PU_2	개인적 호기심이 강할수록 3D프린터의 사용 경험 유용함
	인지된 사용 용이성	B3n12	PEOU_1	PEOU_1	3D프린터 사용편이성의 산업용 설비도입 의도 긍정적 영향 여부
		B4n5	PEOU_2	PEOU_2	3D프린터를 사용하기 쉬울수록 장비를 유용 하게 사용할 수 있음
		B4n6	PEOU_3	PEOU_3	S/W 사용이 쉬울수록 출력물 제작이 용이함
		B4n7	PEOU_4	PEOU_4	3D 프린터는 사용하기 쉽게 발전함
	인지된 사용 유희성	B4	PE_1	PE_1	3D프린터의 유희적 기능은 산업용 설비 도입 의도에 긍정적 영향 줌
		B4n2	PE_2	PE_2	3D프린팅의 유희적 기능은 장비를 쉽게 사용하는데 도움을 줌
		B4n3	PE_3	PE_3	3D프린터의 효율적 사용은 사용자에게 즐거움 줌
	종속 변수	수용 의도	B4n8	UI_1	UI_1
B4n9			UI_2	UI_2	3D프린터의 효율적 사용으로 좋은 제품을 제작 가능
B4n10			UI_3	UI_3	3D프린터 사용에 따른 활용도 증대 예상

2. 연구 방법론

본 연구는 회귀분석(Regression analysis)과 무상관회귀분석(SUR, Seeming Unrelative Regression)을 사용하였다. 회귀분석은 변수와 변수 사이의 관계를 알아보기 위한 통계적 분석 방법으로 독립변수의 값에 의해 종속변수의 값을 예측하기 위해 이용한다. 단순회귀분석은 하나의 종속변수와 하나의 독립변수의 관계를 분석할 경우 이용되고, 다중회귀분석은 하나의 종속변수와 둘 이상의 독립변수의 관계를 분석한다. 결정계수(coefficient of determination)는 선형회귀분석을 이용할 때 많이 사용되는 용어이다. 회귀식의 적합도를 SSTO(total sum of squares)에 대한 SSR(regression sum of squares)의 상대적 크기에 의해 측정된다.

$$r^2 = \frac{SSR}{SSTO} = \frac{SSTO - SSE}{SSTO} = 1 - \frac{SSE}{SSTO} \quad (0 \leq r^2 \leq 1) \quad 1)$$

정군오, 장원경, 김연용(2005)에 의하면 변수의 추정에 자기상관 및 이분산성의 문제가 발생할 가능성이 있을 경우, 로지스틱 회귀분석(Logistic regression)보다 개선된, 일반화 최소자승법(GLS, generalized least squares)의 응용인 무상관회귀분석을 이용하여, 독립변수들과 매개 변수들의 관계를 분석하였다. 둘 혹은 그 이상의 방정식들의 오차항 들이 상관된, 각 방정식을 별개로 추정하는 것은 유효한 추정이 될 수 없다. 변수 간의 상관을 고려하는 SUR(seemingly unrelated regression)모델이 유효한 추정이 될 수 있다. 최성택 외(2015)에 의하면 SUR모형은 Zellner에 의해 1962년에 제안되었으며, 다수의 회귀방정식(regression equations)으로 구성 되었음을 제시하였다. 따라서 본 연구에서는 SUR모형을 채택하였고, 이는 동일 시점에서 구축된 추정모형 간의 오차항이 서로 상관관계에 놓여 있는 경우 활용되며, 수단별 수요를 독립적으로 추정할 때보다 효율적인 결과가 보장된다는 것을 지적하였다. 3D 프린터의 수용의도에 영향을 줄 수 있는 독립변수들이 각기 독립적 성격과 적용 시점이 동일 시점이거나 수용자 또는 수용기업이 고려하는 짧은 시간 내에 작용하므로, 수용의도에 대한 영향을 규명하는 모델로서 SUR이 적합하다.

V. 연구결과

1. 연구모델에 관한 신뢰성 및 타당성 분석

1) 인구통계학적 특성

본 연구에 이용된 59명의 응답자에 대한 인구통계학적 특성은 <표 8>과 같다. 응답자들은 기업에 종사하고 있는 개인을 중심으로 표본을 선정하여, 회사의 도입 의사에 영향성을 끼치는 변수를 측정하기 위해 노력하였다. 성별은 남성 81%, 여성 19%로 남성이 4배 이상 많았으며, 20대 8%, 30대 41%, 40대 39%, 50대 8%, 60대 3%로 30대와 40대가 가장 많은 비중을 차지하였다. 3D 프린터 사용경험이 있는 경우 88%, 없는 경우 12%로 나타났다. 사용하고 있는 3D

1) SSTO(Total sum of squares): 모든 개체의 총 변량(SSTO = SSR + SSE)

SSR(regression sum of squares): 개체가 가지는 총 변량 중 회귀식으로 설명 가능한 변량

SSE(error sum of squares): 개체가 가지는 총 변량 중 회귀식으로 설명 불가능한 변량

〈표 8〉 인구통계학적 특성에 대한 빈도분석(N=59)

구분	상세	빈도(N)	비율(%)
성별	남자	48	81%
	여자	11	19%
연령	20~29세	5	8%
	30~39세	24	41%
	40~49세	23	39%
	50~59세	5	8%
	60세 이상	2	3%
사용 경험	있다	52	88%
	없다	7	12%
사용 3D프린터의 가격	100만원 이하	5	8%
	100~300만원	14	24%
	300~1000만원	8	14%
	1,000만원~1억원 미만	12	20%
	1억원 이상	17	29%
	사용하고 있는 3D 프린터 없음	3	5%
기업(단체)의 규모	벤처기업(1~10명)	18	31%
	중소기업(10~300명)	26	44%
	중견기업(300~1,000명)	8	14%
	대기업(1,000명 이상)	7	12%
기업(단체)의 매출액	10억 미만	23	39%
	10억~100억 미만	12	20%
	100억~1,000억 미만	16	27%
	1,000억 이상	8	14%
기업(단체)의 분야	IT산업	28	47%
	BT산업	3	5%
	NT산업	1	2%
	일반 제조	16	27%
	기타	11	19%
제품 사용자의 요구 사항	인증	27	46%
	RFP(사양서, 제작절차 규정)	7	12%
	성적서	5	8%
	기타	1	2%
	없다	19	32%

프린터의 가격은 100만원 이하 8%, 100~300만원 미만 24%, 300~1000만원 미만 14%, 1,000만원~1억원 미만 20%, 1억원 이상 29%, 사용하고 있는 3D 프린터 없음 5%로, 1억원 이상 (산업용) 3D 프린터 사용자와 100~300만원의 (개인용) 3D 프린터 사용자가 가장 많았다. 응답자의 기업(단체)의 규모는 벤처 기업 31%, 중소기업 44%, 중견기업 14%, 대기업 12%로, 중소기업 종사자들이 가장 많았다. 기업(단체)의 매출액은 10억 미만 39%, 10억~100억 미만 20%, 100억~1,000억 미만 27%, 1,000억 이상 14%으로, 100억~1,000억 미만이 가장 많았다. 기업(단체)의 분야는 IT산업 47%, BT산업 3%, NT산업 2%, 일반 제조 27%, 기타 분야 19%로 IT산업 분야가 가장 많았다. 응답자가 응답한 제품 사용자의 요구사항은, 인증 46%, RFP(사양서, 제작절차) 12%, 성적서 8%, 기타 2%, 없다는 32%, 3D 프린팅 관련 인증을 가장 많이 요구 받은 것으로 나타났다.

2) 기술통계량

〈표 9〉 독립변수의 기술통계량

Variable		Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
출력 단가	pr_1	59	4.152	.582	3	5
	pr_2	59	4.169	.497	3	5
	pr_3	59	3.932	.907	2	5
출력 시간	ti_1	59	2.678	.937	1	5
	ti_2	59	3.983	.861	2	5
	ti_3	59	3.492	1.073	1	5
출력 소재	ma_1	59	3.610	1.034	1	5
	ma_2	59	3.915	.794	2	5
	ma_3	59	4.068	.740	2	5
출력물 품질	qu_1	59	3.186	.937	1	5
	qu_2	59	3.644	.905	2	5
	qu_3	59	3.915	.624	2	5
형상 자유도	fr_1	59	4.153	.715	2	5
	fr_2	59	3.881	.966	2	5
	fr_3	59	3.881	.873	2	5
사후 처리	po_1	59	3.915	.677	2	5
	po_2	59	3.050	.877	2	5
	po_3	59	4.000	.695	2	5

〈표 9〉 독립변수의 기술통계량 (계속)

Variable		Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
학습 정도	st_1	59	4.000	.695	3	5
	st_2	59	3.153	.925	1	5
	st_3	59	4.085	.816	1	5
3D 컨텐츠	co_1	59	4.051	.628	3	5
	co_2	59	3.220	.966	1	5
	co_3	59	3.898	.865	2	5
	co_4	59	4.034	.718	2	5
	co_5	59	4.237	.703	2	5
안전성	sa_1	59	3.458	1.056	1	5
	sa_2	59	3.542	.795	2	5
	sa_3	59	3.102	.923	1	5
정부 지원	go_1	59	3.661	.902	1	5
	go_2	59	2.949	.936	1	5
	go_3	59	3.644	.924	1	5
인지된 사용 유용성	pu_1	59	4.000	.719	2	5
	pu_2	59	4.017	.754	1	5
인지된 사용 용이성	peou_1	59	3.932	.691	2	5
	peou_2	59	4.136	.753	2	5
	peou_3	59	4.169	.791	2	5
	peou_4	59	4.271	.639	3	5
인지된 사용 유희성	pe_1	59	3.949	.705	2	5
	pe_2	59	3.831	.723	2	5
	pe_3	59	3.915	.877	1	5
수용 의도	ui_1	59	3.983	.707	2	5
	ui_2	59	4.237	.727	3	5
	ui_3	59	4.186	.754	2	5

3) 독립변수의 상관계수 조사

상관 독립변수의 상관관계는 각 변수 간의 다중공선성 지수를 확인하여 상관관계를 분석하였다. 각 변수가 0.7을 넘는 강한 상관관계가 없으므로 독립변수로 사용 가능함을 확인하였다.

〈표 10〉 독립변수의 상관계수 조사

	pc_1	pc_2	pc_3	tl_1	tl_2	tl_3	ma_1	ma_2	ma_3	qu_1	qu_2	qu_3	fr_1	fr_2	fr_3	po_1	po_2	po_3	st_1	st_2	st_3	co_1	co_2	co_3	co_4	co_5	sl_1	sl_2	sl_3	go_1	go_2	go_3			
pc_1	1																																		
pc_2	0.506	1																																	
pc_3	-0.078	-0.051	1																																
tl_1	-0.288	-0.288	0.319	1																															
tl_2	-0.098	0.086	0.528	0.271	1																														
tl_3	-0.205	-0.062	0.549	0.246	0.457	1																													
ma1	-0.157	-0.057	0.321	0.064	0.264	0.553	1																												
ma2	-0.084	0.125	0.183	0.055	0.149	0.232	0.232	1																											
ma3	-0.065	0.062	0.187	0.181	0.246	0.327	0.283	0.421	1																										
qu_1	0.010	-0.180	0.137	0.246	0.239	0.216	0.201	-0.141	0.031	1																									
qu_2	0.105	0.022	0.348	0.166	0.258	0.219	0.199	0.269	0.268	0.059	1																								
qu_3	0.084	0.047	0.173	0.130	0.094	-0.040	0.108	0.194	0.349	-0.120	0.251	1																							
fr_1	-0.016	0.072	0.335	0.100	0.257	0.305	0.199	0.357	0.372	-0.146	0.272	0.378	1																						
fr_2	0.033	0.007	0.423	0.090	0.267	0.506	0.436	0.256	0.253	0.272	0.207	0.040	0.326	1																					
fr_3	0.342	0.007	0.229	-0.027	0.319	0.192	0.234	0.209	0.146	0.302	0.273	0.140	0.195	0.535	1																				
po_1	-0.01	0.095	0.243	0.065	0.145	0.106	0.272	0.275	0.425	0.053	0.316	0.350	0.241	0.090	0.187	1																			
po_2	0.143	0.006	-0.014	0.055	0.002	0.138	0.227	0.011	-0.036	0.338	-0.155	-0.113	0.062	0.317	0.529	0.245	1																		
po_3	0.128	0	0.109	0	0.087	0.116	0.240	0.344	0.403	0.106	0.274	0.358	0.313	0.385	0.427	0.440	0.255	1																	
sl_1	-0.128	-0.2	0.356	0.186	0.346	0.393	0.456	0.219	0.336	0.186	0.603	0.318	0.347	0.308	0.284	0.367	-0.028	0.324	1																
sl_2	0.052	0.018	0.362	0.197	0.458	0.219	0.171	0.253	0.262	0.166	0.395	0.232	0.329	0.406	0.386	0.131	0.111	0.241	0.349	1															
sl_3	-0.1	0.134	0.334	0.149	0.321	0.287	0.387	0.065	0.248	0.227	0.112	0.082	0.214	0.057	0.063	0.513	0.062	0.152	0.396	0.051	1														
co_1	-0.022	0.027	0.400	0.204	0.640	0.372	0.323	0.286	0.401	0.247	0.427	0.143	0.444	0.380	0.578	0.294	0.055	0.237	0.554	0.402	0.429	1													
co_2	0.123	-0.007	0.116	0.023	0.108	-0.007	0.243	0.317	0.292	0.068	0.190	0.403	0.175	0.379	0.441	0.319	0.303	0.437	0.231	0.425	-0.046	0.237	1												
co_3	-0.097	0.201	0.255	0.129	0.299	0.315	0.418	0.088	0.119	0.173	0.129	-0.080	0.249	0.212	0.075	0.221	0.125	0.086	0.290	0.214	0.452	0.391	0.275	1											
co_4	0.070	0.080	0.374	0.298	0.447	0.381	0.320	0.217	0.417	0.093	0.337	0.084	0.191	0.329	0.337	0.396	0.105	0.345	0.415	0.226	0.378	0.417	0.262	0.477	1										
co_5	-0.006	0.130	0.286	0.118	0.292	0.620	0.390	0.160	0.466	0.089	0.135	0.047	0.270	0.423	0.271	0.260	0.135	0.247	0.282	0.076	0.325	0.441	0.074	0.352	0.564	1									
sl_1	0.081	0.080	0.321	0.099	0.483	0.392	0.324	-0.056	0.203	0.348	0.228	0.008	0.226	0.274	0.490	-0.017	0.144	0.094	0.353	0.369	0.315	0.589	0.069	0.127	0.275	0.409	1								
sl_2	0.004	0.025	0.171	0.169	0.266	0.167	0.262	0.047	0.024	0.302	0.105	0.164	0.125	0.198	0.293	-0.105	0.131	0	0.219	0.331	0.141	0.220	0.066	-0.069	0.118	0.198	0.562	1							
sl_3	-0.062	-0.076	0.276	0.019	0.263	0.280	0.548	0.083	0.167	0.396	0.168	0.135	0.028	0.284	0.358	0.290	0.352	0.242	0.323	0.345	0.332	0.259	0.187	0.229	0.229	0.281	0.482	0.464	1						
go_1	0.002	0.015	0.266	0.093	0.325	0.335	0.299	0.152	0.268	-0.006	0.483	0.193	0.296	0.230	0.298	0.460	0.081	0.220	0.413	0.414	0.204	0.396	0.443	0.485	0.364	0.238	0.111	-0.124	0.291	1					
go_2	0.078	-0.018	0.037	0.079	-0.129	0.043	0.193	0.087	0.080	-0.127	0.060	0.170	0.115	-0.102	-0.029	0.184	0.068	0	0.106	0.109	0.07	-0.113	0.127	0.121	0.080	-0.008	-0.046	-0.078	0.186	0.285	1				
go_3	0.135	0.209	0.053	0.025	0.231	0.180	0.015	0.099	0.187	0.158	0.093	0.037	0.214	0.145	0.032	-0.104	0.080	-0.107	0.027	0.166	-0.028	0.299	-0.085	0.062	-0.034	0.318	0.241	0.244	0.084	-0.044	-0.200	1			

2. 가설검정 및 분석결과

독립변수들을 무상관회귀분석(Seemingly unrelated regression)의 방법으로 조사한 결과는 인지된 사용유용성(PU_1), 사용용이성(PEOU_2), 사용유희성(PE_1)과 다음의 변수와의 통계적 유의미성을 보여주었다.

〈표 11〉 무상관회귀분석 조사 SUR

Equation	Obs	Parms	RMSE	R-sq	chi2	P
pu_1	59	32	0.429	0.638	103.94	0.0000
peou_2	59	32	0.404	0.707	142.60	0.0000
pe_1	59	32	0.427	0.628	99.43	0.0000
ui_3	59	32	0.383	0.738	166.16	0.0000

		Coef.	Std. Err.	t	P> t
pu1(유용성)					
출력 단가	pr_1	-0.0368	0.162	-0.23	0.821
	pr_2	0.401 **	0.201	2.00	0.046
	pr_3	-0.022	0.105	-0.21	0.833
출력 시간	ti_1	0.276 ***	0.086	3.2	0.001
	ti_2	-0.079	0.127	-0.62	0.534
	ti_3	0.028	0.120	0.23	0.817
출력 소재	ma_1	0.086	0.094	0.91	0.36
	ma_2	-0.124	0.116	-1.06	0.288
	ma_3	0.323 **	0.130	2.48	0.013
출력물 품질	qu_1	-0.188 *	0.097	-1.94	0.052
	qu_2	0.067	0.105	0.63	0.526
	qu_3	0.032	0.156	0.2	0.838
형상 자유도	fr_1	0.075	0.140	0.53	0.593
	fr_2	0.047	0.116	0.41	0.684
	fr_3	0.098	0.150	0.65	0.515
사후 처리	po_1	0.113	0.169	0.67	0.504
	po_2	-0.023	0.105	-0.22	0.829
	po_3	-0.090	0.126	-0.71	0.476
학습 정도	st_1	0.218	0.149	1.46	0.143
	st_2	-0.017	0.100	-0.17	0.864
	st_3	0.048	0.122	0.4	0.692

〈표 11〉 무상관회귀분석 조사 SUR (계속)

3D 컨텐츠	co_1	-0.387	0.254	-1.52	0.128
	co_2	-0.054	0.123	-0.44	0.659
	co_3	0.121	0.153	0.79	0.431
	co_4	-0.054	0.158	-0.34	0.735
	co_5	-0.080	0.161	-0.5	0.619
안정성	sa_1	0.305 **	0.121	2.53	0.011
	sa_2	-0.106	0.121	-0.88	0.379
	sa_3	-0.180	0.124	-1.46	0.144
정부 지원	go_1	0.043	0.127	0.34	0.734
	go_2	-0.130	0.079	-1.65	0.100
	go_3	0.196 **	0.090	2.17	0.030
cons		0.449	0.883	0.51	0.611
peou_2(용이성)					
출력 단가	pr_1	0.444 ***	0.153	2.9	0.004
	pr_2	-0.183	0.189	-0.97	0.334
	pr_3	0.128	0.098	1.30	0.193
출력 시간	ti_1	-0.082	0.081	-1.01	0.314
	ti_2	-0.043	0.119	-0.36	0.717
	ti_3	-0.264 **	0.113	-2.34	0.019
출력 소재	ma_1	0.025	0.088	0.29	0.775
	ma_2	-0.024	0.109	-0.21	0.830
	ma_3	0.096	0.122	0.78	0.433
출력물 품질	qu_1	0.148	0.091	1.62	0.104
	qu_2	0.033	0.099	0.33	0.740
	qu_3	0.121	0.147	0.82	0.412
형상 자유도	fr_1	0.098	0.132	0.74	0.457
	fr_2	-0.040	0.109	-0.36	0.718
	fr_3	-0.120	0.141	-0.82	0.413
사후 처리	po_1	-0.347 **	0.159	-2.18	0.029
	po_2	0.188 *	0.099	1.90	0.057
	po_3	0.002	0.118	0.01	0.988
학습 정도	st_1	0.198	0.140	1.41	0.158
	st_2	0.152	0.095	1.6	0.109
	st_3	0.035	0.115	0.46	0.647
3D 컨텐츠	co_1	0.242	0.239	1.01	0.313
	co_2	-0.166	0.116	-1.43	0.152
	co_3	0.275 *	0.144	1.91	0.056
	co_4	-0.259 *	0.149	-1.74	0.082
	co_5	0.652 ***	0.152	4.30	0.000

〈표 11〉 무상관회귀분석 조사 SUR (계속)

안정성	sa_1	-0.084	0.114	-0.74	0.461
	sa_2	-0.308 ***	0.114	-2.71	0.007
	sa_3	-0.000	0.116	0	0.998
정부 지원	go_1	0.201 *	0.120	1.68	0.093
	go_2	-0.035	0.074	-0.48	0.634
	go_3	-0.054	0.085	-0.63	0.528
cons		-0.398	0.832	-0.48	0.632
pe_1(유희성)					
출력 단가	pr_1	-0.1678	0.1616	-1.04	0.299
	pr_2	0.372 *	0.120	1.86	0.063
	pr_3	0.253 **	0.104	2.44	0.015
출력 시간	ti_1	-0.002	0.0859	-0.02	0.984
	ti_2	-0.339 ***	0.126	-2.69	0.007
	ti_3	-0.097	0.119	-0.82	0.415
출력 소재	ma_1	-0.126	0.093	-1.35	0.177
	ma_2	-0.002	0.116	-0.02	0.983
	ma_3	-0.426 ***	0.130	-3.28	0.001
출력물 품질	qu_1	0.039	0.096	0.41	0.681
	qu_2	0.057	0.105	0.55	0.585
	qu_3	0.331 **	0.155	2.13	0.033
형상 자유도	fr_1	-0.304 **	0.139	-2.19	0.029
	fr_2	0.057	0.1156	0.49	0.625
	fr_3	-0.167	0.149	-1.12	0.264
사후 처리	po_1	-0.176	0.168	-1.05	0.294
	po_2	0.155	0.104	1.48	0.138
	po_3	0.097	0.125	0.78	0.437
학습 정도	st_1	0.412 ***	0.148	2.78	0.005
	st_2	0.035	1.000	0.35	0.729
	st_3	0.013	0.122	0.11	0.915
3D 콘텐츠	co_1	0.105	0.253	0.42	0.676
	co_2	0.018	0.122	0.15	0.884
	co_3	0.070	0.152	0.46	0.646
	co_4	0.407 **	0.157	2.59	0.010
	co_5	0.102	0.160	0.64	0.524
안정성	sa_1	0.117	0.120	0.97	0.331
	sa_2	-0.082	0.120	-0.68	0.494
	sa_3	-0.093	0.123	-0.75	0.405

〈표 11〉 무상관회귀분석 조사 SUR (계속)

정부 지원	go_1	0.051	0.127	0.40	0.686
	go_2	-0.032	0.078	-0.41	0.680
	go_3	0.244 ***	0.090	2.71	0.007
	cons	0.433	0.879	0.49	0.622

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

인지된 사용유용성(PUI)에 영향을 미치는 독립변수는 산업용 3D프린터 운영 비용(pr_2, 0.401, 5% 유의 수준), 출력시간 정도(ti_1, 0.276, 1% 유의 수준), 소재의 특성이 출력물 특성에 영향(ma_3, 0.323, 5% 유의 수준), 대량 생산품에 비해 정밀도 떨어짐(qu_1, -0.188, 10% 유의 수준), 3D 프린터 사용 안전성(sa_1, 0.305, 5% 유의 수준), 정부의 지원제도가 적음(go_3, 0.196, 5% 유의 수준)으로 분석되었다. 산업용 3D 프린터 운영비용은 개인용 소형 3D 프린터 대비 산업용 3D프린터의 소요되는 운영비용의 영향이 크기 때문에 운영비용에 대해 인지된 사용유용성에 정(+의 영향을 미치는 것으로 판단된다. 산업용 3D프린터의 출력시간 정도(ti_1)은 산업용 3D 프린터의 출력시간이 적을수록 경제적 유용성에 영향이 크기 때문에, 출력시간에 대해 인지된 사용유용성에 정(+의 영향을 미치는 것으로 판단된다. 산업용 3D프린터 관련 소재의 특성은 산업용 3D 프린터로 출력되는 출력물 특성에 영향이 크기 때문에 소재의 특성에 대해 인지된 사용유용성에 정(+의 영향을 미치는 것으로 판단된다. 최근 산업용 3D 프린터의 정밀도가 매우 급속히 향상되었으나, 현재까지 대량 생산품의 정밀도와 비교하면, 후처리가 되지 않은 상태에서는 비교적 정밀도가 떨어지므로, 관련 정밀도는 인지된 사용유용성에 부(-의 영향을 미치는 것으로 판단된다. 산업용 3D프린터를 사용하는 과정에서의 안정성은 기존공정과 비교하여 비교적 안정성 있는 환경에서 적용되며, 장비의 안정성이 빠르게 발전하기 때문에 인지된 사용유용성에 정(+의 영향을 미치는 것으로 판단된다. 정부는 3D프린팅 관련 3D 프린팅 산업 진흥 시행계획(2017)을 수립하여, 지원제도를 도입하고 있으나, 현재까지는 이에 대한 예산의 확대 및 실수요자들에 대한 구체적 지원정도가 충분하지 않은 것으로 평가되었다. 정부의 지원제도가 인지된 사용유용성에 정(+의 영향을 미치는 것으로 판단된다.

인지된 사용용이성(PEOU_2)에 영향을 미치는 독립변수는 산업용 3D프린터 가격 정도(pr_1, 0.444, 1% 유의 수준), 물류, 배송시간 단축기대(ti_3, -0.264, 5% 유의 수준), 출력물 적층 후 사후처리 허용(po_1, -0.347, 5% 유의 수준), 적층 후 사후처리가 용이함(po_2, 0.188, 10% 유의 수준), 3D 콘텐츠 출력의 즐거움(co_3, 0.275, 10% 유의 수준), 다양한 3D 콘텐츠의 유용성(co_4, -0.250, 10% 유의 수준), 3D 콘텐츠 다양성의 중요성(co_5, 0.652, 1% 유의 수

준), 3D 프린터 안전사용 지침 준수(sa_2, -0.308, 1% 유의 수준), 정부 지원이 3D 프린터 활용에 도움됨(go_1, 0.201, 10% 유의 수준)으로 분석된다. 산업용 3D프린터 가격 정도는 개인용 소형 3D 프린터 대비 산업용 3D 프린터의 도입 비용은 시스템당 US\$10,000~1,000,000 이므로, 개인용 장비 대비 상대적으로 매우 비싼 것으로 알려져 있다. 이에 산업용 3D 프린터 가격 정도는 인지된 사용유용성에 정(+의 영향을 미치는 것으로 판단된다. 가격이 비쌀수록 기능적 성능이 발전하기 때문에 사용용이성에 비례하여 효과가 나타나는 것을 확인하였다.

산업용 3D 프린터의 활용으로 물류, 배송시간 단축 기대가 증대되고 있으며, 기존의 대량생산 제조공정으로 인한 지리적 거리 및 소요 시간 등을 단축하는데 기여를 하고 있으므로, 물류, 배송시간 단축 기대는 인지된 사용유용성에 적은 영향을 미칠 것으로 판단된다. 배송 시간 단축의 기대치가 적을수록 영향을 미친다고 판단된다. 산업용 3D 프린터를 이용하여 적층한 후에 생산되는 출력물은 3D 프린팅 방식에 따라 정도가 있으나 사후 처리의 과정이 필요하다. 특히 금속 등을 이용한 직접 부품 생산의 경우에는 출력물의 상품성 및 제품성 향상을 위하여 사후 처리가 필요할 수 있다. 이에 출력물 적층 후 사후처리 허용은 인지된 사용유용성에 부(-)의 영향을 미치는 것으로 판단된다. 사후 처리의 허용도 사용자에게는 부담감으로 느껴지기 때문에, 편리함에는 부(-)의 영향력을 미치는 것으로 판단된다. 산업용 3D프린터의 출력물은 소재 및 적층 방식에 따라 공정 및 난이도가 맞춤형 사후처리가 필요하다. 사후처리에 대해서는 사용하기 편리한(용이한) 과정일수록 3D프린터의 사용에 제한이 적어진다. 이에 적층 후 사후처리가 용이함은 인지된 사용유용성에 정(+의 영향을 미치는 것으로 판단된다.

3D 콘텐츠를 출력하는 과정 등에서 느낄 수 있는 즐거움이 발생할 수 있고, 즐거움은 3D 프린팅을 용이하게 느끼는데 도움이 될 것이다. 이에 3D 콘텐츠 출력의 즐거움이 인지된 사용용이성에 정(+의 영향을 미치는 것으로 판단된다. 다양한 3D 콘텐츠의 유용성(co_4)에 대해 인지된 사용용이성에 미치는 영향이 -0.250 이므로 10% 유의 수준에서 통계학적으로 유의미한 변수가 도출되었다. 3D 콘텐츠를 이용하여 출력할 경우, 3D 콘텐츠가 다양한가에 따라 3D 프린팅을 용이하게 이용하는데 영향을 줄 수 있을 것이다. 3D 콘텐츠가 유용하게 사용되는 경우 상대적으로 출력하기 어렵거나 형상이 복잡한 경우가 있으므로, 3D 콘텐츠의 유용성이 인지된 사용용이성에 부(-)의 영향을 미치는 것으로 판단된다. 3D 콘텐츠의 다양성은 출력할 수 있는 출력물의 다양성과 밀접한 연관성이 있다. 3D 콘텐츠의 다양성이 바탕이 되지 않고, 제한이 되어 있다면 3D 프린팅의 출력에 제한이 있는 것과 같은 영향을 줄 수 있다. 이에 3D 콘텐츠 다양성의 중요성이 인지된 사용용이성에 정(+의 영향을 미치는 것으로 판단된다.

산업용 3D 프린터 사용 공정에서의 안정성을 확보하기 위해 필요한 안전사용 지침은 사용 공정 및 운영 방법 등에 필수적으로 반영되고 준수되어야 한다. 그러나 대부분의 안전사용 지침

의 경우 사용용이성(편이성)보다는 사용자의 안전에 중점을 두고 준비되는 경우가 많기 때문에, 3D 프린터 안전사용 지침 준수는 인지된 사용용이성에 부(-)의 영향을 미치는 것으로 판단된다. 안전사용 지침이 많을수록 제작과정 등이 복잡해지고 사용용이성에 부(-)의 영향을 미친다고 판단된다. 정부의 3D 프린팅 산업 진흥 시행계획(2017) 및 관련 방안, 지침 등이 수립되어, 지원제도가 도입되고 있다. 이는 정부 지원이 충분하지 않으나, 교육, 장비 활용, 재정 지원, 중점 센터 설립 등을 포함한 지원제도가 산업용 3D 프린터를 사용하고자 하는 사용자들의 용이성을 증가시키는 것으로 판단된다. 정부 지원이 3D 프린터 활용에 인지된 사용용이성을 통해 정(+)의 영향을 미치는 것으로 판단된다.

인지된 사용유희성(PE_1)에 영향을 미치는 독립변수는 산업용 3D 프린터 운영 비용(pr_2, 0.372), 3D 프린터 활용으로 비용절감 기대(pr_3, 0.253), 제작시간 단축(ti_2, 0.007), 소재의 특성이 출력물 특성(ma_3, 0.001), 출력물의 특성 변화(qu_3, 0.331), 3D 프린팅 출력물 자유도(fr_1, -0.304), 3D 프린터 사용이 경쟁력 향상 정도(st_1, 0.412), 다양한 3D 콘텐츠의 유용성(co_4, 0.407), 정부의 지원제도(go_3, 0.244)으로 분석되었다. 산업용 3D 프린터 운영 비용은 개인용 소형 3D 프린터 대비 산업용 3D프린터에 소요되는 운영 비용의 영향이 크고, 운영 비용의 증가는 유희적 경험에 영향을 줄 가능성이 있기 때문에 운영 비용에 대해 인지된 사용유희성에 정(+)의 영향을 미치는 것으로 판단된다.

3D 프린터의 활용으로 인해 기존 대량생산 공정으로 진행할 경우 대비 비용절감의 효과가 나타나는 것이 확인된다. 비용 절감 부문에 대한 기대는 3D 프린팅의 활용과 유희성에 대해 긍정적으로 평가될 가능성이 높다. 3D 프린터 활용으로 비용절감 기대에 대해 인지된 사용유희성에 정(+)의 영향을 미치는 것으로 판단된다. 제작시간 단축은 산업용 3D 프린터의 출력으로 인해 기존의 대량생산 공정에 비해 시간이 단축 될수록 인지된 사용유희성에 부(-)의 영향을 미치는 것으로 판단된다. 예를 들어 기업적 유희성 측면인 경제적 가치 및 비용 발생을 검토하면, 제작 공정이 간단해질수록 제작 시간이 단축되는 반면에 경제적 가치가 떨어질 수 있고, 아울러 3D 프린터의 사용에 의한 시간 단축일 경우 3D 프린터의 도입 및 사용 비용이 발생할 수 있다.

산업용 3D 프린터 관련 소재의 특성은 산업용 3D 프린터로 출력되는 출력물 특성에 영향이 크다. 그러나 소재의 특성에 대해 인지된 사용유희성에 부(-)의 영향을 미치는 것으로 판단된다. 출력 가능한 소재가 제한적일수록 유희성이 떨어진다. 즉 소재의 다양성이 중요하다고 판단된다. 산업용 3D 프린터의 출력 품질이 매우 빠른 속도로 개선되고 있으나, 아직까지는 기존의 주조 등의 공정에서 생산된 출력물과의 특성을 비교할 때 차이점이 생길 수 있다. 이와 관련하여 출력물의 특성 변화는 인지된 사용유희성에 정(+)의 영향을 미치는 것으로 판단된다. 기존

의 생산 방식으로 생산하기 어려웠던 형상의 출력물을 산업용 3D 프린터를 이용하여 출력할 수 있다. 제작 자유도(난이도)가 높을수록 출력물 제작의 유희성은 감소할 수 있다. 3D 프린팅 출력물 자유도는 인지된 사용유희성에 부(-)의 영향을 미치는 것으로 판단된다. 출력물의 자유도가 높을수록 이에 대한 학습 및 연구 등이 필요하여 유희성이 감소할 수 있다. 3D 프린터 사용이 경쟁력 향상 정도는 산업용 3D 프린터를 이용하여, 제품을 출력함으로써, 제작에 대한 비용, 시간, 유지 보수, 품질 등의 여러 분야에서 경쟁력을 향상시킬 것으로 예상된다. 경쟁력과 학습정도 향상은 사용자의 즐거움(유희성)의 증가로 연계될 수 있을 것이다. 이로 인해 3D 프린터 사용이 경쟁력 향상 정도 및 학습정도는 인지된 사용유희성에 정(+의 영향을 미치는 것으로 판단된다. 3D 콘텐츠 출력의 경우, 다양한 3D 콘텐츠가 사용자에게 더 폭넓은 선택의 폭을 제시할 수 있으며, 이는 3D 프린터를 이용한 사용자의 즐거움(유희성)과 만족감을 향상시킨다고 판단된다. 이에 다양한 3D 콘텐츠의 유용성이 인지된 사용용이성에 정(+의 영향을 미치는 것으로 판단된다. 정부는 3D 프린팅 관련 3D 프린팅 산업 진흥 시행계획(2017)을 수립하여, 지원제도를 도입하고 있으나, 이에 대한 사용자의 만족감과 제도의 저변 확대에는 시간이 필요할 것으로 판단되고 있다. 그러나 정부의 지원제도에 따른 사용자의 즐거움(유희성)은 연관성이 높을 것으로 판단된다. 정부의 지원제도가 인지된 사용유희성에 정(+의 영향을 미치는 것으로 판단된다.

인지된 사용유희성(PU_1)에 대해 수용의도에 미치는 영향이 0.355 이므로 1% 유의 수준에서 통계학적으로 유의미한 변수가 도출되었다. 인지된 사용유희성은 기업적 측면에서 3D 프린터 사용하면 기업의 유용성이 강하게 증가하여 3D 프린터를 사용하고자 하는 수용의도에 강한 긍정적 영향을 미칠 것으로 판단된다. 인지된 사용용이성(PEOU_2)에 대해 수용의도에 미치는 영향이 0.211 이므로 10% 유의 수준에서 통계학적으로 유의미한 변수가 도출되었다. 인지된 사용용이성은 3D프린터를 쉽게 사용하여 3D 프린터를 도입하고자 하는 수용의도에 긍정적 영향을 미칠 것으로 판단된다.

VI. 연구결과

국내 기업의 산업용 3D 프린터의 수용 의도를 파악하기 위해 경제성, 기술성, 환경성을 나타낼 수 있는 변수를 도출해 내었다. 도출된 변수들은 출력단가, 출력시간, 출력소재, 출력물 품질, 형상 자유도, 사후처리, 학습정도, 3D 콘텐츠, 안정성, 정부 지원이다. 3D 프린팅의 수용의도에 대해 영향을 줄 수 있는 요인으로 경제성의 측면에서는 출력단가, 출력시간, 출력소재,

출력물 품질 등이 논의되었고, 기술성의 측면에서는 출력물 품질, 형상자유도, 사후처리, 학습 정도가 논의되며, 환경성의 측면에서는 학습정도, 3D 콘텐츠, 안정성, 정부지원 등이 논의되었다. 출력물 품질은 경제성과 기술성 성격을 모두 가진 변수로서, 학습정도는 기술성과 환경성 모두의 성격을 가진 변수로 도출되었다. 연구모형의 변수가 인지된 사용유용성, 인지된 사용용이성, 인지된 사용유희성에 어떤 영향을 미치는지에 대해 살펴보기 위해, 3D 프린팅 관계자들을 대상으로 설문조사를 진행하였으며, 이 데이터를 바탕으로 독립변수 회귀분석법, 무상관회귀분석법 등을 이용하여, 각각의 변수들이 기업의 3D 프린팅 기술 도입에 어떠한 영향을 줄 수 있는지 분석하였다. 분석 결과에 의하면, 인지된 사용유용성에 대해서는 출력단가, 출력시간, 출력소재, 출력물 품질, 안정성, 정부지원 등의 변수들이 통계학적 유의미한 변수임을 확인하였다. 인지된 사용용이성에 대해서는 출력단가, 출력시간, 사후처리, 3D 콘텐츠, 안정성, 정부지원의 변수들이 통계학적 유의미한 변수임을 확인하였다. 인지된 사용유희성은 출력단가, 출력시간, 출력소재, 출력물 품질, 형상 자유도, 학습정도, 3D 콘텐츠, 정부지원의 변수들이 통계학적 유의미한 변수임을 확인하였다. 이들 변수들 중 출력시간은 사용유용성에 대해, 출력단가, 3D 콘텐츠, 안전성은 사용용이성에 대해, 출력시간, 출력소재, 학습정도, 정부지원은 사용유희성에 대해 1% 유의 수준에서 통계학적 유의미한 변수로 도출되었다. 독립변수 회귀분석 조사법으로 수용의도에 대한 인지된 사용유용성, 인지된 사용용이성, 인지된 사용유희성의 영향성을 분석한 결과에 따르면, 인지된 사용유용성, 인지된 사용용이성은 통계학적으로 유의미한 결과를 확인하였으나, 인지된 사용유희성은 유의미한 결과를 얻지 못했다.

위 연구결과를 다음과 같이 정리할 수 있다. 첫째, 3D 프린팅을 도입하려는 기업의 수용의도에 대해 인지된 사용유용성, 인지된 사용용이성, 인지된 사용유희성 중 인지된 사용유용성, 인지된 사용용이성이 정(+)의 영향력을 나타낸다. 권혁인 외(2016)은 3D 프린팅 기술 적용 산업 선정을 위한 기준 요인으로 시장성, 기술성 등의 요인을 중요 요인으로 제시하였고, 가중치 측정 결과, 시장성 요인을 가장 중요하게 고려해야 함을 제시하였다. 본 연구에서는 3D 프린터의 수용의도는 기업의 입장에서 평가 및 검토되어야 하고, 이에 따른 3D 프린터의 유용성이 3D 기술 수용의도에 가장 중요한 요인으로 분석된다.

둘째, 인지된 사용유용성, 인지된 사용용이성, 인지된 사용유희성에 영향을 끼치는 주요 독립변수는 출력단가, 출력시간, 출력소재, 사후처리, 학습정도, 3D 콘텐츠, 안전성, 정부 지원은 통계학적으로 유의미한 변수로 도출되었다. 서동혁 외(2007)는 산업 및 기업의 비즈니스 차원에서 융합화의 효과를 분석하기 위해 생산 측면의 비용 절감 효과와 수요측면의 소비자 효용증대 효과 등의 특성에 대해 분석하였다. 이보경 외(2012)의 현재 3D 프린터는 재료, 속도, 크기, 경도, 정밀도 등의 기술적 측면에서 제한적인 성능을 보이나, 신기술 개발, 재료 물질의 발전

및 핵심 특허권 만료 등의 긍정적 요인들로 인해 수 년 내 빠른 속도의 발전을 예상하였다. 3D 프린팅은 출력단가와 출력시간을 줄일 수 있는 기술과 설계가 필요하고, 출력소재의 다양성 확보가 중요하며, 소재가 제한적일 때, 사용유용성과 사용용이성에 영향을 줄 수 있다. 사후 처리는 제작 후 추가 작업이 필요 없도록 하는 설계 및 제작 기술의 발전이 필요하고, 이는 학습정도와 3D 콘텐츠 등과 중요한 관련이 있다. 아울러 3D 프린팅 과정에서의 안전성은 사용유용성과 사용용이성에 중요한 영향을 미치며, 정부의 원활한 지원의 확대와 제도 개선 등이 중요한 요인으로 판단되었다.

셋째, 정부의 지원은 사용유용성, 사용용이성, 사용유희성에 모두 정(+의 영향을 나타내고 있으며, 정부의 지원제도 확대와 개선이 수용의도에 정(+의 영향을 나타낸다. 사전 전문가 인터뷰를 통해 확인한 정부 지원의 중요성에 대한 의견은 3D 프린팅 기술 및 장비 구매 촉진, 진입 장벽을 낮추며 산업의 필요에 대한 장려가 필요한 점, 기업체의 수용 시기에 기술 인프라 구축과 기업 부담의 해소, 3D 기술의 기반과 관련 시장 창출에 많은 노력이 필요한 점, 보수적인 산업계에 3D 프린팅 기술이나 생산성에 대한 다양한 R&D 및 컨설팅의 필요성, 정착 단계인 3D 프린팅 장비의 보급 및 인력양성 필요한 부분으로 나타났다. 이를 통하여 전문가들은 3D 프린팅의 발전과 기업에서의 수용의지 확대를 위해서는 정부의 전폭적이고 체계적인 지원의 필요성을 강조하였다. 정부의 지원은 3D 프린팅 도입의 경제성부터 기술의 발전, 학습 및 3D 콘텐츠 확대 등의 산업 저변 확대 등에 큰 영향을 주고 있다. 아울러 제조물책임법과는 별개로 사용자의 안전을 위해 정부 주도하에 3D 프린팅 안정성 지침 및 제도의 강화가 계획되고 점차적으로 실행되고 있으나, 정부의 정책적, 제도적, 재정적 지원 및 R&D 연구 확대를 절실히 요구하고 있다. 요인들이 사용기업의 기술 도입 인지에 영향을 준다고 판단된다.

본 연구에서의 제언은 다음과 같다. 기업의 3D 프린팅 수용의도에 영향을 줄 수 있는 주요 변수로는 출력단가, 출력시간, 출력소재, 사후처리, 학습정도, 3D 콘텐츠, 안전성, 정부 지원은 유의미한 변수로 도출되었으며, 이들 변수는 사용유용성, 사용용이성, 사용유희성, 사용기업의 3D 기술 도입 의지에 주요한 영향을 주는 것으로 확인되었다. 수용의도에 대한 인지된 사용유용성, 인지된 사용용이성은 유의미한 결과를 확인하였으나, 인지된 사용유희성은 유의미한 결과를 얻지 못하였는데, 이는 본 조사가 기업의 3D 프린팅 수용의도에 대한 영향성 분석이기 때문에, 주요 설문 대상자들이 산업용 3D 프린터 사용자들이거나 기업 관련자들로서 사용유용성과 사용용이성 대비 사용유희성의 영향이 적은 것으로 판단된다.

3D 프린팅이 발전함에 따라 현재의 경제성에 중요 영향을 미치는 출력 단가, 출력시간, 출력 소재 관련 기술이 더욱 발전할 수 있는 기반이 있고, 기업의 수용 의도에 긍정적 영향을 증대시킬 것이다. 아울러 기술성의 중요 요인인 사후처리, 학습 정도 관련 기술도 발전함에

따라 기업의 수용 의도에 긍정적인 영향을 미칠 것이다. 정부지원, 3D 콘텐츠, 출력단가 등이 큰 영향을 미치는 주요 변수로서 분석되었다.

정부 지원은 사용유용성, 사용용이성, 사용유희성 분석에서 유의한 결과를 다수 나타냈기에, 기업수용의도에 매우 강한 직접적 영향을 미치는 것으로 판단된다. 정부 지원의 부족함에 대해 인지된 사용유용성과 인지된 사용유희성에 강한 영향을 나타내는 것으로 볼 때, 현재 진행 중인 정부의 지원제도 확대와 개선이 필요한 것으로 판단된다.

3D 콘텐츠도 사용유용성, 사용용이성, 사용유희성 분석에서 통계적으로 유의미한 결과를 나타냈기에, 기업 수용의도에 직접적 영향을 미치는 것으로 판단되며, 3D 콘텐츠의 확대 및 3D 프린팅의 저변확대가 필요한 것으로 판단된다. 출력단가는 사용유용성, 사용용이성, 사용유희성, 분석에서 통계적으로 유의미한 결과를 나타냈기에, 산업용 3D 프린터의 도입에 경제성이 주요 고려 대상임을 판단할 수 있다.

본 연구결과를 통해 기업이 3D 프린팅 기술 및 장비를 도입하기 위해서는 경제성(출력단가) 및 환경성(정부지원, 3D 콘텐츠)의 요인들이 유기적으로 확대 발전해야 함을 확인할 수 있었다. 특히 국내의 산업용 3D 프린팅 시장이 발전하고 있는 시점에서 외국과의 기술 경쟁에서의 우위와 국내 적용 사례의 확대를 위해서 정부의 체계적이고 실효적인 지원이 필요하며, 사용자 인 기업이 직접 체감할 수 있는 경제적 지원과 관련 법령, 제도 등의 개선이 필요하다. 외국과의 경쟁에서 우위를 차지할 수 있도록 경제적, 기술적 시간적 투자가 진행되어야 국내의 3D 프린팅 산업의 발전이 이루어질 수 있고, 이를 토대로 3D 프린팅 산업이 4차산업혁명의 핵심 동력으로서 역할을 제대로 수행할 수 있을 것으로 판단된다.

VII. 제 언

본 논문의 주제가 3D 프린팅기술 기업의 수용 의도에 대한 연구를 통해 설문조사 대상자를 3D 프린터 사용자나 3D 프린팅 업계 종사자로 한정하여 설문조사 표본 수집에 있어 제한점이 있다. 하지만 이는 국내에서는 산업용 3D 프린팅 관련 연구가 미진한 상태이고 업계 관계자들의 수도 한정적이기 때문이라 생각된다.

향후 사용자들의 산업군, 기업 규모, 고객 요구 등의 변수에 따라 기업에서의 3D 프린터 도입 의도에 미치는 영향성을 분석해 본다면 수용자들의 환경과 조건에 따른 도입 의사에 대한 영향성을 확인할 수 있을 것으로 생각한다. 이를 통해 3D 프린터 도입 의도에 대해 진전되고 확대된 분석결과로 확장되는 연구가 후속 연구로 진행되길 바란다. 현재보다 3D 프린팅

산업의 활성화를 위해 본 논문이 기여하기를 바라며 후속 연구에서 추가적인 변수가 도출되기를 바란다.

참고문헌

- 강승철 (2017), “3D프린팅 산업 현황 : 3D프린팅 서비스 플랫폼을 중심으로”, 「한국멀티미디어학회지」, 21(1): 1-6.
- 곽기호·박성우 (2013), “글로벌 3D 프린터산업 기술 동향 분석”, 「기계저널」, 53(10): 58-64.
- 권혁인·김현경·정순규 (2016), 신기술 혁신 모델에 기반한 3D 프린팅 산업 비즈니스 생태계 모형에 관한 연구, 「정보화연구(구 정보기술아키텍처연구)」, 13(1): 29.
- 권혁인·홍무궁·강성민·정순규·백보현 (2016), “3D 프린팅 기술의 융합 활성화를 위한 적용산업선정 (평가)기준 도출에 관한 연구”, 「서비스경영학회지」, 17(5): 129-150.
- 김준우·문형도 (2007), “정보기술수용이론(TAM)의 대안적 모델의 개발에 관한 연구”, 「e-비즈니스연구」, 8(2): 423-450.
- 남두현 (2014), 「3D 프린팅 고분자 소재의 현황과 연구방향」, KEIT 이슈리포트, 14(8).
- 문두환 (2013), “3D 프린팅 기술의 응용 분야별 주요 성능 요소”, 「한국CDE 학회지」, 19(3): 19-23.
- 박세환 (2014), “3D 프린팅 산업동향 분석을 통한 연구개발정책 연구”, 「과학기술정책」, 24(3/4): 93-104.
- 박종찬·노병욱 (2017), “디지털 제조산업에서 3D 프린팅기술 도입과 제품디자인 활용 방안에 관한 연구”, 「한국디자인학회 학술발표대회 논문」, 28-29.
- 백기훈·봉진숙·신용태 (2015), “노년층의 스마트 정보격차 요인 및 해소 방안에 관한 실증적 연구”, 「정보과학회논문지」, 42(10): 1207-1221.
- 서동혁·이경숙·주대영·김종기 (2007), “융합시대의 IT 산업 발전 비전과 전략”, 「산업연구소 연구보고서」, 524: 12.
- 양정직·조희영 (2017), 「차량용 3D프린팅 기술 동향」, KEIT 이슈 리포트, 17(9).
- 서정훈 (2013), “3D 금속 프린팅 기술개발 및 응용사례 : 국내 DMT 3D 금속 프린팅 기술”, 「미세가공 심포지엄」, 27-52.
- 손상균 (2015), “3D 프린터에 대한 기술수용모델(TAM) 검증에 관한 연구”, 국민대학교 석사 논문.

- 손진옥·이강배 (2015), “제조 분야 3D 프린팅 도입의도에 영향을 미치는 요인에 관한 연구”, 한국경영정보학회 학술대회, 63-68.
- 송병철·김완민 (2018), “통합기술수용이론(UTAUT)에 근거한 기술수용 요인이 수용의도와 행동의도에 미치는 영향”, 「동북아 문화연구」, 54: 49-62.
- 이보경·심수민·김형수·이정환 (2012), “ICT와 3D프린팅에 의한 제3차 산업혁명”, KT 경제경영연구소.
- 이종성·박노성·오세성 (2005), “채널내/채널간 전 회차 드라마 시청률의 상호 영향력 분석”, 「방송통신연구」, 319-348.
- 임수창 (2014), “3D 프린터 연관 산업 육성 전략수립”, 고려대학교 대학원 석사학위 논문.
- 전기영·이재득·강승철 (2016), 「3D프린팅 산업현황 및 시장동향」, KEIT 이슈리포트, 16(06).
- 정군오·장원경·김연용 (2005), “연구개발비와 광고비가 기업가치에 미치는 영향”, 「대한경영학회지」, 18(5): 1851-1867.
- 최민수 (2011), “개인의 혁신성, 사회적 영향력, 사용자 인터페이스 요인이 스마트폰 수용에 미치는 영향에 관한 연구”.
- 최성권 (2010), “산업디자이너를 위한 신속조형기술 RP 활용 가이드”, 서울 : 헤지원.
- 최성권 (2018), “3D 프린팅 비즈니스 모델과 전망”, *SIMTOSconference*.
- 최성택·김수재·장진영·이향숙·추상호 (2015), “고령자 통행시간 예산의 영향 요인 규명에 관한 연구”, 「한국 ITS 학회논문지」, 14(4): 62-72.
- 표순형·최진성 (2014), 「3D 프린팅 소프트웨어 기술동향」.
- 한국디자인진흥원 (2013), 「3D 프린팅은 어떻게 소비문화를 바꾸는가」, 디자인 전략정보 개발 사업 연구보고서.
- 홍지수·김숙진 (2017), “기술수용모델을 기반으로 팻 웨어러블 디바이스 기능 인지가 구매 태도와 구매의 도에 미치는 영향 연구”, 「한국통신학회논문지」, 42(7): 1412-1421.
- KEIT (2017), 「맞춤형 제조산업 3D프린팅, KEIT 이슈 리포트, 17(9).
- Ajzen, I. (1985), “From Intentions to Actions: A Theory of Planned Behavior”, In J. Kuhl & J. Beckmann, (Eds.), *Action control: From cognition to behavior*, Berlin: Springer-Verlag.
- Ajzen, I. and Fishbein, M. (1980), “Understanding Attitude and Predicting Social Behavior”, *Englewood Cliffs*, Nj: Prentic Hall, INC.
- Baron, R. M. and Kenny, D. A. (1986), “The Moderator–Mediator Variable Distinction in Social Psychological Research: Conceptual, Strategic, and Statistical Considerations”, *Journal of Personality and Social Psychology*, 51(6): 1173.

- Davis, F. D. (1986), "A Technology Acceptance Model for Empirically Testing New End-User Information Systems: Theory and Results", Doctoral Dissertation, Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology.
- Davis, F. D. (1989), "Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology", *MIS Quarterly*, 319-340.
- Davis, F. D. (1993), "User Acceptance of Information Technology: System Characteristics, User Perceptions and Behavioral Impacts", *International Journal of Man-Machine Studies*, 38(3): 475-487.
- Frost&Sullivan (2016), "Emergence of 3D Printing Materials", 16(2): 32.
- Judd, C. M. and Kenny, D. A. (1981), "Process Analysis: Estimating Mediation in Treatment Evaluations", *Evaluation Review*, 5(5): 602-619.
- Lu, J., Yu, C. S., Liu, C. and Yao, J. E. (2003), "Technology Acceptance Model for Wireless Internet", *Internet Research*, 13(3): 206-222.
- Lucas Mearian (2016), "GE가 3D 프린팅 업체 2개를 인수한 이유", *IT World*, <http://www.itworld.co.kr/tags/2759/GE/101117> (2016.09.09.).
- Rogers, E. M. (1995), *Diffusion of Innovation*, 4th edition, New York: Free Press.
- Schniederjans, D. G. (2017), "Adoption of 3D-printing Technologies in Manufacturing: A Survey Analysis", *International Journal of Production Economics*, 183: 287-298.
- Standard, A. S. T. M. (2012), "Standard Terminology for Additive Manufacturing Technologies", *ASTM F2792-10e1*.
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B. and Davis, F. D. (2003), "User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View", *MIS Quarterly*, 425-478.
- Venkatesh, V. and Bala, H. (2008), "Technology Acceptance Model 3 and a Research Agenda on Interventions", *Decision Sciences*, 39(2): 73-315.
- Venkatesh, V., Thong, J. Y. and Xu, X. (2012), "Consumer Acceptance and Use of Information Technology: Extending the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology", *MIS Quarterly*, 157-178.
- Wohlers, T. (2017), *Wohlers Report 2017*; Wohlers Associates, Inc.: Fort Collins, CO, USA.
- Wu, J. H. and Wang, S. C. (2005), "What Drives Mobile Commerce?: An Empirical Evaluation of the Revised Technology Acceptance Model", *Information & Management*, 42(5): 719-729.

홍아름

서울대학교 기술경영경제정책협동과정에서 기술경영 박사학위를 취득하고 현재 경희대학교 테크노경영대학원 교수로 재직 중이다. 관심분야는 ICT 정책, 융합기술산업, 지식경영 등이다.

김영수

경희대학교 테크노경영대학원 기술경영 석사학위를 취득하고 현재 (주)디이엔티 종합기술연구소 부장으로 재직 중이다. 관심분야는 3D프린팅산업 분야이다.