

석사학위논문

스마트팩토리 도입 중소기업의
특성이 도입 혁신 관리와 성과에
미치는 영향에 관한 연구

2025년

한성대학교 지식서비스&컨설팅대학원

스마트융합컨설팅학과

스마트팩토리컨설팅전공

윤 경 환

석 사 학 위 논 문
지도교수 박현성

스마트팩토리 도입 중소기업의
특성이 도입 혁신 관리와 성과에
미치는 영향에 관한 연구

A study on the impact of characteristics of SMEs
adopting smart factories on innovation
management and performance

2024년 12월 일

한성대학교 지식서비스&컨설팅대학원

스마트융합컨설팅학과

스마트팩토리컨설팅전공

윤 경 환

석사학위논문
지도교수 박현성

스마트팩토리 도입 중소기업의
특성이 도입 혁신 관리와 성과에
미치는 영향에 관한 연구

A study on the impact of characteristics of SMEs
adopting smart factories on innovation
management and performance

위 논문을 공학 석사학위 논문으로 제출함

2024년 12월 일

한성대학교 지식서비스&컨설팅대학원

스마트융합컨설팅학과

스마트팩토리컨설팅전공

윤 경 환

윤경환의 공학 석사학위 논문을 인준함

2024년 12월 일

심사위원장 임옥빈 (인)

심 사 위 원 이상준 (인)

심 사 위 원 박현성 (인)

국문 초록

스마트팩토리 도입 중소기업의 특성이 도입 혁신 관리와 성과에 미치는 영향에 관한 연구

한성대학교 지식서비스&컨설팅대학원

스 마 트 융 합 컨 설 팅 학 과

스 마 트 팩 토 리 컨 설 팅 전 공

윤 경 환

스마트팩토리는 사물인터넷(IoT), 빅데이터, 인공지능(AI)과 같은 첨단 정보통신기술(ICT)을 제조업에 통합하여 생산성 증대, 품질 관리 향상, 자원 최적화 등을 가능하게 하는 혁신적인 제조 시스템으로 정의된다(박현오, 2020; 중소벤처기업부, 2018). 본 연구는 스마트팩토리 도입 중소기업의 특성이 도입 혁신 관리와 성과에 미치는 영향을 심층적으로 분석하고, 성공적인 도입 전략을 제시하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 국내 중소기업 300여 개를 대상으로 설문조사를 실시하여 정량적 데이터를 수집하고, 기술적, 조직적, 환경적 요인이 도입 혁신과 성과에 미치는 영향을 실증적으로 분석하였다.

분석 결과, 기술 준비성은 도입 성공의 가장 중요한 선행 요인으로 나타났다. 중소기업이 도입 초기 단계에서 충분한 기술적 인프라를 확보하지 못하면 도입 과정에서 실패 가능성이 커지며, 이는 원가절감과 품질 개선 같은 초기 성과에도 부정적인 영향을 미칠 수 있다(김정래 & 이상직,

2020). 또한 경영진의 리더십과 변화 관리 전략이 조직 내 저항을 최소화하고, 스마트팩토리 도입에 대한 직원들의 수용성을 높이는 데 중요한 역할을 하였다. 경영진의 적극적인 지원과 명확한 비전은 도입 초기부터 조직 내 자원의 배분과 협력을 유도하여 성과를 극대화하였다. 환경적 요인으로는 정부의 재정적 지원과 기술 교육 프로그램의 강화가 중소기업이 도입 장벽을 낮추는 데 효과적임을 확인하였다. 이러한 정책적 지원은 초기 투자 부담을 완화하고, 중소기업이 기술적 장벽을 극복할 수 있도록 돕는다(중소벤처기업부, 2018).

본 연구는 중소기업이 스마트팩토리 도입 성과를 극대화하기 위한 단계적 접근 방식을 제안한다. 도입 초기에는 일부 생산 공정의 디지털화와 자동화에 초점을 맞추고, 점진적으로 전체 생산라인을 지능형 시스템으로 전환함으로써 전략을 통해 초기 투자 부담을 줄이고 조직 구성원의 적응 시간을 제공해야 한다. 또한 스마트팩토리가 지속 가능한 성장을 실현하기 위해서는 기술적 준비뿐만 아니라 조직적, 환경적 요인들이 유기적으로 조화를 이루는 것이 필수적이다.

결론적으로, 본 연구는 중소기업의 스마트팩토리 도입 전략 수립에 있어 실질적인 정책적 시사점을 제공하며, 기업의 경영 혁신과 기술 도입 간의 조화로운 통합을 촉진하는 데 기여한다. 이를 통해 국내 중소기업이 변화하는 산업 환경에 능동적으로 대응하고 장기적으로 경쟁력을 강화할 수 있을 것으로 기대된다.

【주요어】 스마트팩토리, 경쟁환경, 정부지원정책, 기술준비성, 중소기업

목 차

제 1 장 서 론	1
제 1 절 연구의 배경 및 필요성	1
제 2 절 연구 목적 및 구성	4
제 2 장 이론적 배경	8
제 1 절 스마트팩토리의 개념	8
1) 스마트팩토리의 정의	8
2) 스마트팩토리의 특징	11
가) 연결성	12
나) 데이터 활용성	12
다) 지능화	13
라) 유연성	13
마) 지속 가능성	14
3) 스마트팩토리 도입 및 도입 수준	14
가) 스마트팩토리 도입	14
나) 스마트팩토리 도입 수준	19
다) 스마트팩토리 도입 현황	21
라) 스마트팩토리 도입 후 성과	22
제 2 절 스마트팩토리에 관한 선행 연구	23
1) 스마트팩토리 도입 의도에 관한 선행 연구	23
2) 스마트팩토리 도입 수준에 관한 선행 연구	24
3) 스마트팩토리 도입 효과에 관한 선행 연구	26
제 3 절 스마트팩토리 도입기업의 특성	27
1) 기술적 요인	27
가) 기술 준비성	28
나) 기술 신뢰도	28
다) 데이터 활용 역량	29
2) 조직 요인	30

가) 경영층 지원	30
나) 재정적 확보	31
다) 전문 인력 확보	31
3) 환경 요인	32
가) 정부 지원 정책	32
나) 기술 지원 구조	33
다) 경쟁 환경	33
제 4 절 도입 혁신 관리	34
제 5 절 도입의 성과	34
1) 효율성	35
2) 원가절감	35
3) 품질	36
 제 3 장 연구모형과 가설설계	37
제 1 절 연구모형의 설계	37
제 2 절 연구 가설의 설계	38
1) 기술 요인과 도입 성과 간의 관계	39
2) 조직 요인과 도입 성과 간의 관계	40
3) 환경 요인과 도입 성과 간의 관계	41
4) 기술 요인과 도입 혁신 관리 간의 관계	42
5) 조직 요인과 도입 혁신 관리 간의 관계	43
6) 환경 요인과 도입 혁신 관리 간의 관계	44
7) 혁신 관리는 스마트팩토리 도입 성과 간의 관계	45
8) 기술 요인과 도입 성과 간의 관계에서 도입 혁신 관리 매개 효과	46
9) 조직 요인과 도입 성과 간의 관계에서 도입 혁신 관리 매개 효과	47
10) 환경 요인과 도입 성과 간의 관계에서 도입 혁신 관리 매개 효과 ..	48
제 3 절 변수의 조작적 정의 및 분석 방법	49
1) 변수의 조작적 정의	49
가) 기술 요인	49
(1) 기술 준비성	49
(2) 기술 신뢰도	50
(3) 데이터 활용 역량	51

나) 조직 요인	52
(1) 경영층 지원	52
(2) 재정적 확보	53
(3) 전문 인력 확보	54
다) 환경 요인	54
(1) 정부 지원 정책	54
(2) 기술 지원 구조	55
(3) 경쟁 환경	56
라) 도입 혁신 관리	56
마) 도입의 성과	57
(1) 효율성	57
(2) 원가절감	58
(3) 품질	58
바) 분석 방법	60
 제 4 장 가설 검증	63
제 1 절 응답자 특성	63
1) 연구 대상자의 특성	63
제 2 절 측정 도구의 타당도와 신뢰도 검증	65
1) 기업 요인의 타당도와 신뢰도	65
2) 도입 혁신 관리 및 도입 성과의 타당도와 신뢰도	68
제 3 절 주요 변수의 기술 통계량 검증	69
제 4 절 주요 변수 간 상관관계	70
제 5 절 다중 회귀 분석	71
1) 기업 요인이 도입 성과에 미치는 영향	71
2) 기업 요인이 도입 혁신 관리에 미치는 영향	77
3) 도입 혁신 관리와 도입 성과 간 단순회귀분석	81
4) 기업 요인과 도입 성과 간의 관계에서 도입혁신관리의 매개 효과	83
5) 도입 혁신 관리의 간접 효과 분석	93
제 6 절 가설 검증 요약 결과	95
 제 5 장 결 론	101

제 1 절 연구 결과의 요약 및 시사점	101
1) 연구 결과의 요약	101
2) 연구의 시사점	103
제 2 절 연구의 한계점 및 향후 연구 방향	105
참 고 문 헌	107
부 록	120
ABSTRACT	127

표 목 차

[표 2-1] 스마트팩토리의 개념적 정의	9
[표 2-2] 스마트팩토리 도입 검토시 사전 점검표	15
[표 2-3] 스마트팩토리 도입 요인	16
[표 2-4] 기업 제조 혁신역량 수준	19
[표 2-5] 스마트 공장 단계별 내용	20
[표 2-6] 지능형(스마트)공장 도입 후 성과	23
[표 3-1] 각 변수의 조작적 정의	59
[표 3-2] 설문지 구성	62
[표 4-1] 연구 응답자 특성	64
[표 4-2] 기업 요인의 탐색적 요인분석	66
[표 4-3] 도입 요인의 신뢰도 분석	67
[표 4-4] 도입 혁신 관리 및 도입 성과의 탐색적 요인분석	68
[표 4-5] 도입 혁신 관리 및 도입 성과의 신뢰도 분석	69
[표 4-6] 주요 변수의 기술 통계량	69
[표 4-7] 주요변수 간 상관관계	70
[표 4-8] 기업 요인이 도입 성과에 미치는 영향	72
[표 4-9] 도입 혁신 관리에 미치는 영향	78
[표 4-10] 도입 혁신 관리와 도입 성과 간 단순회귀분석	82
[표 4-11] 기업요인 및 도입 혁신 관리가 도입성과에 미치는 영향	85
[표 4-12] 도입 혁신 관리의 매개효과 부트스트랩 검증	94
[표 4-13] 가설 검증 결과	97

그림 목 차

[그림 1-1] 논문의 구성	7
[그림 2-1] 스마트팩토리 개념도	11
[그림 2-2] 국내 스마트팩토리 도입 현황 및 증가율	22
[그림 3-1] 연구모형	37

제 1 장 서 론

제 1 절 연구의 배경 및 필요성

4차 산업혁명에는 다양한 산업에 급격한 변화를 불러왔으며, 특히 제조업에서는 스마트팩토리의 도입에 큰 화두로 떠오르고 있다. 스마트팩토리는 사물인터넷(IoT), 빅데이터, 인공지능(AI)과 같은 첨단 정보통신기술(ICT)을 생산 과정에 접목하여 생산성을 혁신적으로 향상시키고, 품질 관리 및 비용 절감을 가능하게 하는 시스템이다. 스마트팩토리는 특히 불량률 감소, 맞춤형 생산, 효율적인 자원 관리와 같은 다양한 측면에서 경쟁력을 강화할 수 있는 장점을 제공한다(박현오, 2020).

스마트팩토리 도입을 통한 제조업 혁신은 전 세계적으로 빠르게 확산되고 있다. 독일은 “인더스트리 4.0”이라는 국가 전략을 통해 제조업의 디지털 전환을 선도하고 있으며, 미국, 일본, 중국 등 주요 국가들도 스마트팩토리 도입에 적극적으로 나서고 있다. 이러한 글로벌 추세에 발맞추어 한국 역시 2015년 “제조업 혁신 3.0” 전략을 발표하며 스마트팩토리 도입을 촉진하기 시작하였다. 이후 2017년에는 “스마트 제조 혁신 비전 2025”를 통해 중소기업 중심으로 스마트팩토리 보급 및 고도화를 추진하고 있다(중소벤처기업부, 2018).

스마트팩토리는 제조업 경쟁력을 강화하는 핵심 수단으로 인식되고 있으며, 이를 통해 한국 제조업이 당면한 인구 감소, 임금 상승, 원자재 비용 증가 등의 문제를 극복할 수 있는 해결책으로 주목받고 있다. 특히 한국 제조업은 1970년대부터 급성장하여 국가 경제의 핵심 축을 담당해 왔으나, 2000년대에 들어 점차 그 경쟁력이 약화되고 있어 혁신이 필요한 상황이다(박상현, 이경구, 2020). 스마트팩토리는 이러한 제조업의 지속 가능성을 높이기 위한 중요한 해결책 중 하나로 자리 잡고 있다.

스마트팩토리 도입은 대기업에서는 비교적 빠르게 진행되고 있으나, 중소기업의 경우 다양한 제약으로 인해 도입이 더디다. 대기업은 자본과 기술적

인프라가 풍부해 스마트팩토리는 손쉽게 도입하고 운영할 수 있지만 중소기업은 한정된 자원과 인프라로 인해 도입에 어려움을 겪고 있다(김정래 & 이상직, 2020). 스마트팩토리를 도입하는 과정에서 중소기업이 직면하는 주요 문제는 크게 세 가지로 나눌 수 있다. 기술적 요인, 조직적 요인, 그리고 환경적 요인이다.

첫째, 기술적 요인으로는 스마트팩토리를 도입하기 위한 기술적 준비성, 데이터 활용 능력, 기술 신뢰도가 중요한 변수로 작용한다. 스마트팩토리 시스템을 구축하기 위해서는 정보통신 신기술 기반의 인프라가 갖추어져 있어야 하며, 도입된 기술이 실제 생산 환경에서 안정적으로 작동할 수 있어야 한다. 그러나 중소기업은 이러한 기술적 요인들을 충분히 준비하지 못한 경우가 많으며, 이는 도입 실패로 이어질 위험을 증가시킨다(이예림, 2019).

둘째, 조직적 요인은 스마트팩토리 도입 과정에서 매우 중요한 역할을 한다. 경영진의 적극적인 지원이 필수적이며, 도입을 위해 필요한 재정적 자원을 확보하는 것이 중요하다. 그러나 중소기업의 경우 경영진의 관심 부족이나 재정적 한계로 인해 스마트팩토리 도입 이후 차질을 빚는 경우가 많다(최영환 & 최상현, 2017). 더불어 스마트팩토리 도입 이후의 유지보수 및 운영을 담당할 수 있는 전문 인력의 부족도 중요한 문제로 작용한다.

셋째, 환경적 요인으로는 정부의 지원 정책, 기술 지원 구조, 경쟁 환경이 있다. 정부는 중소기업들이 스마트팩토리를 도입할 수 있도록 다양한 지원 프로그램을 제공하고 있으나, 많은 중소기업이 이와 관련된 정책을 충분히 이해하지 못하거나 정책 혜택을 받지 못하고 있는 상황이다(조익준, 2021). 경쟁 환경 역시 중요한 요소로, 중소기업이 스마트팩토리를 도입해 경쟁력을 강화하기 위해서는 정부와 산업계의 협력과 지원이 필수적이다.

중소기업의 스마트팩토리 도입에 관한 실증적 연구는 여전히 부족한 실정이다. 중소기업들이 스마트팩토리를 도입하는 과정에서 겪는 문제와 이를 해결하기 위한 구체적인 방안에 관한 연구가 충분하지 않아 중소기업은 명확한 도입 전략을 세우는 데 어려움을 겪고 있다(정상일 & 박현국, 2021). 대부분의 연구는 대기업 사례 분석에 중점을 두고 있으며, 중소기업의 구체적인 상황을 고려한 연구는 상대적으로 적다.

중소기업이 스마트팩토리를 도입하는 과정에서 직면하는 문제점 중 하나는 초기 투자 비용이다. 많은 중소기업들은 스마트팩토리 도입에 필요한 초기 자본이 부족하며, 이에 따라 도입을 미루거나 포기하는 경우가 많다. 도입 이후의 유지보수 비용도 추가적인 부담으로 작용한다(김수영, 2018). 이러한 현실적 제약은 중소기업이 스마트팩토리 도입을 주저하게 만드는 주요 요인 중 하나이다.

또한, 중소기업은 스마트팩토리를 도입하더라도 이를 운영하고 유지하는데 필요한 인력과 기술이 부족한 경우가 많다. 특히 데이터 분석 및 활용 역량이 부족하여 도입된 시스템을 효과적으로 활용하지 못하는 경우가 많으며, 이는 도입 성과를 저해하는 중요한 요인으로 작용한다(최영환 & 최상현, 2017). 중소기업이 스마트팩토리 도입이 성공적으로 이루어지기 위해서는 이러한 문제들에 대한 구체적인 해결책이 필요하다.

한국 정부는 중소기업의 스마트팩토리 도입을 촉진하기 위해 다양한 정책적 노력을 기울이고 있다. 2015년 “제조업 혁신 3.0” 전략을 통해 제조업의 디지털화를 촉진하고 있으며, 이후 “스마트 제조 혁신 비전 2025” 및 “스마트 공장 확산 및 고도화 전략”을 통해 중소기업 지원을 강화하고 있다(중소벤처기업부, 2018). 이를 통해 중소기업들이 스마트팩토리를 도입하는 과정에서 자금 지원, 기술 지원, 인력 교육 등을 받을 수 있도록 정책적 지원을 제공하고 있다.

그러나 정부의 지원에도 불구하고, 중소기업은 여전히 스마트팩토리 도입 과정에서 많은 어려움을 겪고 있다. 특히 정부 지원 프로그램에 대한 인식이 부족하거나, 지원 절차의 복잡성으로 인해 실질적으로 혜택을 받지 못하는 경우가 많다. 또한, 스마트팩토리 도입을 위해 필요한 추가적인 비용 부담과 경제적 성과에 대한 불확실성은 중소기업들이 도입을 주저하게 만드는 주요 요인으로 작용하고 있다(한국과학기술기획평가원, 2018).

정부는 스마트팩토리 도입의 양적 확산뿐만 아니라 질적 성과를 높이기 위한 전략적 지원을 강화해야 한다. 이를 위해 중소기업들이 도입 이후 지속적으로 스마트팩토리를 활용하고, 고도화할 수 있도록 후속 지원이 필요하다.

유지보수 및 사후 관리를 위한 기술 지원, 전문 인력 양성 등을 통해 중

소기업의 스마트팩토리 운영 역량을 강화하는 핵심 요소이다(김정래 & 이상직, 2020).

스마트팩토리 도입은 중소기업이 제조업에서 경쟁력을 강화하는 중요한 수단으로 인식되고 있다. 하지만 중소기업들이 스마트팩토리를 성공적으로 도입하고 운영하기 위해서는 다양한 요인이 복합적으로 작용한다. 본 연구는 스마트팩토리를 도입한 중소기업을 대상으로, 도입 과정에서 기술적, 조직적, 환경적 요인이 성과에 미치는 영향을 실증적으로 분석하고, 성공적인 성과 창출을 위한 전략적 방향성을 제시하는 것을 목적으로 한다.

특히, 중소기업의 기술적 준비성, 경영진의 지원, 그리고 정부의 정책적 뒷받침이 성공적인 도입에 중요한 역할을 한다는 점을 강조한다. 이를 통해 중소기업이 스마트팩토리를 도입하고 이를 장기적으로 활용할 수 있는 전략을 마련하는 데 기여하고자 한다. 또한, 스마트팩토리 도입 이후 지속적인 성과를 달성하기 위한 방안도 모색하며, 이를 통해 중소기업의 경쟁력 강화를 목표로 한다.

따라서 본 연구는 중소기업이 스마트팩토리를 성공적으로 도입하고 운영하기 위한 실질적 가이드라인을 제시하며, 이를 통해 제조업의 지속 가능한 성장을 촉진하는 데 기여할 것이다.

제 2 절 연구 목적 및 구성

본 연구는 제조 기업의 경쟁력을 강화하고 급변하는 글로벌 시장 환경에서 우위를 확보하기 위해 스마트팩토리 도입의 영향 요인과 그 성과를 심도 있게 분석하고자 한다. 연구의 목적은 스마트팩토리 도입 과정에서 영향을 미치는 다양한 요인을 규명하고, 이들이 도입 성과에 미치는 영향을 분석하며, 도입 혁신 관리가 이 과정에서 매개 역할을 수행하는지를 평가하는 것이다.

이를 위해 본 연구는 기존 문헌 고찰과 실증적 연구를 병행하여 진행하였다. 이론적 연구에서는 스마트팩토리 정의와 특징, 국내 스마트팩토리 추진 현황, 그리고 도입에 영향을 미치는 다양한 요인에 대한 기존 이론을 고찰하였다. 특히, 스마트팩토리 도입에 영향을 미치는 기술적 요인, 조직적 요인,

환경적 요인을 중심으로 관련 선행 연구를 심도 있게 분석하였다.

아울러, 스마트팩토리 도입 이후의 성과와 도입 혁신 관리와의 관계에 대한 연구도 검토하여 연구의 이론적 기반을 강화하였다. 이러한 문헌 고찰을 통해 스마트팩토리 도입이 제조 기업에 미치는 영향을 명확히 이해하고, 관련 변인들을 체계적으로 정리할 수 있었다.

실증적 연구는 선행 연구를 바탕으로 실증 분석을 통해 연구 가설을 검증하는 방식으로 수행되었다. 먼저, 연구 모형을 수립하고 연구 가설을 설정하였다. 본 연구에서는 기술 요인, 조직 요인, 환경 요인을 독립 변수로, 스마트팩토리 도입 성과를 종속 변수로, 그리고 도입 혁신 관리를 매개 변수로 설정하였다. 이 연구 모형을 통해 각 요인이 스마트팩토리 도입 성과에 미치는 직접적 효과뿐 아니라, 매개 변수로서 도입 혁신 관리의 매개 효과를 검증하고자 하였다.

총 10개의 주요 가설이 설정되었으며, 세부적인 각 요인이 스마트팩토리 도입 혁신 관리와 성과에 미치는 영향 및 매개 효과를 평가하고자 설정되었다. 첫 번째에서 세 번째 가설은 스마트팩토리 도입 시 기술적, 조직적, 환경적 요인들이 도입 성과에 유의한 영향을 미칠 것이라고 가정하였다. 네 번째에서 여섯 번째 가설은 기술적, 조직적, 환경적 요인들이 도입 혁신 관리에 미치는 영향을 분석하였다. 이는 도입 과정에서의 혁신 관리의 중요성을 확인하기 위함이다.

일곱 번째 가설은 도입 혁신 관리가 스마트팩토리 도입 성과에 유의한 영향을 미칠 것이라고 가정하며, 도입 혁신 관리의 역할을 강조하였다. 여덟 번째에서 열 번째 가설은 기술적, 조직적, 환경적 요인들이 도입 성과에 미치는 영향에서 도입 혁신 관리의 매개 효과가 있을 것이라는 가정하며, 각 요인 간의 복합적 관계를 파악하고자 하였다. 이를 통해 본 연구는 스마트팩토리 도입 과정에서 주요 요인이 어떻게 상호작용하며 도입 성과에 기여하는지를 실증적 검증하고자 한다. 스마트팩토리의 도입은 제조 기업의 경쟁력 향상에 필수적인 요소로 부각되고 있지만, 도입 과정에서 다양한 요인들이 상호작용하며 성과에 미치는 영향을 체계적으로 분석한 연구는 아직 부족하다.

이에 본 연구는 선행 연구를 바탕으로 구축된 이론적 틀과 실증적 검증을

통해 도입 요인 간의 관계를 구체적으로 밝혀내는 것을 목표로 한다. 이를 통해 제조 기업이 스마트팩토리 도입 시 직면하게 될 도전 과제와 해결 방안을 명확히 이해하도록 돕고, 궁극적으로 제조 경쟁력을 강화하기 위한 실질적이고 전략적인 시사점을 제공하고자 한다.

본 연구는 총 5장으로 구성되어 있으며, 각 장의 주요 내용은 다음과 같다. 제1장에서는 연구의 배경과 필요성, 목적 및 구성, 그리고 연구 설계 방법을 설명하였다. 제2장에서는 이론적 배경을 논의하며, 스마트팩토리의 개념, 정의, 특징, 관련 선행 연구를 다루고, 스마트팩토리 도입의 특성과 효과에 관한 선행 연구를 정리하였다. 제3장에서는 연구 모형과 연구 가설의 설계를 구체적으로 논의하며, 변수의 조작적 정의 및 분석 방법을 설명하였다.

제4장에서는 사회적 및 통계학적 특성에 대한 기초 통계 분석 결과를 제시하고, 측정 도구의 타당도와 신뢰도를 검증한 결과와 가설 검증 결과를 제시하였다.

마지막으로, 제5장에서는 연구 결과의 요약과 시사점을 제시하고, 연구의 한계점과 향후 연구 방향에 대해 논의하였다. 다음 그림<그림1-1>은 논문의 구성을 도식화한 것이다.

제1장 서론	
연구의 배경 및 필요성	연구의 방법 및 구성



제2장 이론적 배경		
스마트팩토리 개념	스마트팩토리에 관한 선행 연구	스마트팩토리 도입기업의 특성 및 도입 효과에 관한 선행 연구



제3장 연구 모형과 가설설계		
연구 모형의 설계	연구 가설의 설계	변수의 조작적 정의 및 분석 방법



제4장 가설 검증		
사회적 통계학적 특성에 관한 기초 통계분석	측정 도구의 타당도와 신뢰도 검증	가설 검증 결과



제5장 결론	
연구 결과의 요약 및 시사점	연구의 한계점 및 향후 연구 방향

〈그림1-1〉 논문 구성

제 2 장 이론적 배경

제 1 절 스마트팩토리의 개념

1) 스마트팩토리의 정의

스마트팩토리는 전통적인 노동집약적 제조업에서 발전하여 자동화를 뛰어넘는 혁신적인 제조 시스템으로, 정보통신기술(ICT)과 사이버 물리시스템(CPS)을 활용해 생산성을 극대화하고 결함을 최소화하는 동시에 고객의 다양한 요구에 효과적으로 대응할 수 있는 중요한 제조 혁신 개념이다. 이 개념은 기관과 연구자에 따라 다양하게 정의되지만, 공통적으로 지능화된 생산 시스템을 지향한다는 점에서 일치한다.

우리나라 스마트 공장 추진단은 스마트팩토리를 “기획, 설계, 생산, 공정, 유통, 공급망 관리 등 제조 과정에 정보통신(ICT)을 적용해 생산성, 품질, 고객 만족도를 향상한 공장”으로 정의하고 있다. 이는 제조 과정 전반에 ICT를 활용해 스스로 판단하고 운영하는 공장의 개념을 강조한다.

조혜지(2017)는 스마트팩토리를 “단순 자동화 공장이 아니라, 제품의 기획, 설계, 생산, 유통, 판매 등 전 과정을 정보통신기술로 통합해 스스로 데이터를 수집하고 작업 명령을 내릴 수 있는 지능화 공장”으로 정의하였다. 이는 기존의 공장 자동화와 달리, 스마트팩토리는 사물인터넷(IoT)을 통해 실시간으로 기계 상태나 공정 진행률 등의 정보를 수집하고 공유하며, 필요한 의사결정을 내리며 최고의 생산 효율을 달성할 수 있는 시스템임을 강조한다.

스마트팩토리는 제조 시스템에서 새로운 효율성을 달성하기 위해 스스로 조정할 수 있는 지능형 시스템 네트워크로, 매우 유연하고 견고하며 예기치 못한 상황에도 적절히 대응할 수 있다(Antons, 2020).

이러한 정의들을 종합하면, 스마트팩토리는 단순한 자동화를 넘어 정보통신

신기술과 사이버 물리시스템을 기반으로 한 지능형 제조 시스템으로, 제품 기획부터 판매에 이르는 전 과정을 통합 관리하고 최적화하며, 변화하는 시장 환경과 고객 요구에 유연하게 대응할 수 있는 미래지향적 제조 패러다임이다.

이는 생산성 향상, 품질 개선, 고객 만족도 증대, 예측 불가능한 상황에 대한 적응력 향상 등 다양한 측면에서 제조업 혁신을 이끄는 핵심 개념으로 자리 잡고 있다.

그 밖의 스마트팩토리에 대한 개념을 정리하면 <표2-1>의 내용과 같다.

<표2-1> 스마트팩토리의 개념

스마트팩토리 개념	
Radziwon et al. (2014)	복잡하고 다양한 동적 변화 속에서도 생산 공정의 문제를 해결하고 유연하며, 적극적인 대응할 수 있는 생산 프로세스 기반으로 한 제조 솔루션
한국표준협회 (2016)	전통 제조 산업에 ICT를 결합하여 제품의 기획, 설계, 생산, 유통, 판매 등 전 과정을 ICT 기술로 통합함으로써 최소 비용과 시간으로 고객 맞춤형 제품생산을 지향하는 공장이다. 생산성 향상, 에너지 절감, 인간 중심의 작업환경이 구현하며, 개인 맞춤형 제조와 융합 등 새로운 제조 환경에 능동적으로 대응할 수 있다(KS X9001-2, 3. 용어, 3.1).
Park (2016)	초 연결-네트워크(hyper-connected network) 기반의 통합된 제조 시스템
Longo 등 (2017)	향상된 모니터링, 분석, 모델링 및 시뮬레이션을 통해 지능(intelligence)을 포착, 생성, 확산할 수 있는 디지털 인프라와 첨단 제조 기능의 완벽한 통합된 시스템
Deloitte (2017)	새로운 수요에 대응하기 위해 연결된 운영 및 생산 시스템으로부터 지속적인 데이터 흐름을 활용하며 전통적인 자동화에서 완전히 연결되고 유연한 시스템으로의 발전한 형태
중소벤처기업부	제품의 기획, 설계, 생산, 유통, 판매 등 전

(2018)	과정을 IT 기술로 통합하여 최소 비용 및 시간으로 고객 맞춤형 제품을 생산하는 공장
중소벤처기업부와 민관합동 스마트 공장 추진단 (2018)	고객의 다양한 요구를 만족시킬 수 있는 제품을 즉시 생산 및 유통하는 사람 중심의 첨단 지능형 공장
김상문 & 유연우 (2020)	스마트팩토리는 클라우드 컴퓨팅(Cloud Computing), 사물인터넷(IoT), 가상 물리 시스템(Cyber-Physical System) 등의 정보통신기술을 바탕으로 실시간으로 정보를 수집하고 공유하며 활용하여 제조 과정을 최적화하는 시스템이다.
박상범 (2020)	스마트팩토리는 4차 산업혁명 기술 협동 로봇(Collaboration Robot), 인공지능(AI), 3D 프린팅, 사물인터넷(IoT), 센서, 빅데이터(Big Data) 등 4차 산업혁명 기술을 활용하고 융합 및 복합적으로 모든 생산활동을 자체적으로 수행할 수 있는 방식이다.

출처: 문수미. (2024). 스마트팩토리 개념

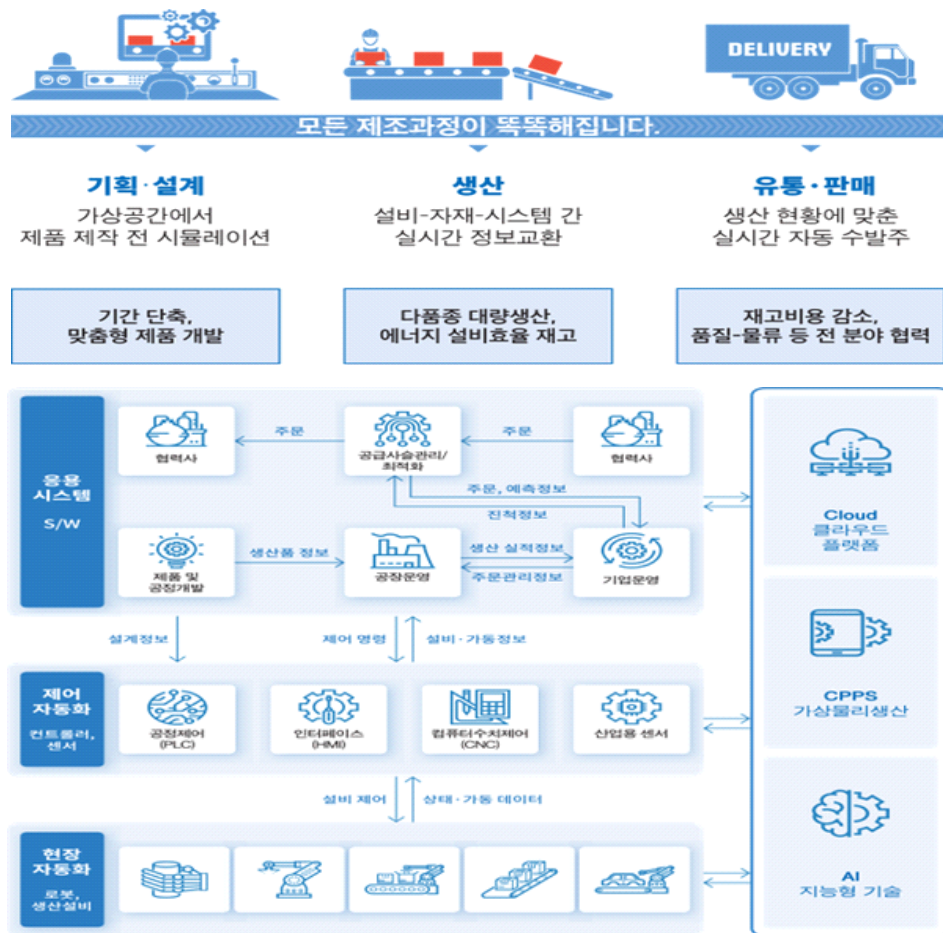
기존의 공장 자동화는 제품 설계부터 생산 및 출하까지 모든 공정을 자동화하는 데 중점을 두었다. 반면, 4차 산업혁명에 기반한 스마트팩토리는 무인화를 통한 에너지 절감, 품질 향상, 생산성 향상을 목표로 하며, 컴퓨터 기반 생산관리 시스템, 설계(CAD) 및 해석 시스템, 제조(CAM), 기능 관리 시스템(FMS) 등을 통합한 형태로 발전하고 있다(이록 & 김상영, 2020).

스마트팩토리는 생산 활동의 모든 공정을 통합 프로세스로 연결하여 공장 내 모든 공정과 활동을 제어할 수 있도록 하며, 생산 공정의 유연화와 자동화를 목표로 한다(문수미, 2024). 이를 통해 생산 공정과 활동에서 발생하는 데이터를 수집하고 분석하여 전체 생산 공정의 효율성과 생산성을 향상시키는 것을 목표로 한다.

수집된 데이터는 IoT, 딥러닝, AI, 로봇 장비, 빅데이터 등 자동화된 ICT 기술을 활용해 시스템의 지능화와 유연성을 지원하며, 민첩하고 능동적인 생산 체계와 신뢰성을 확보한다(소병업 & 신성식, 2017; 서창성 외, 2018).

본 연구는 초기 도입 단계에 있거나 제한된 역량을 가진 기업까지 포함하여 스마트팩토리의 정의와 도입 특성을 폭넓게 규명하고자 한다.

스마트 제조혁신추진단에서 제시한 스마트팩토리 개념도는 <그림2-1>에 나타나 있다.



출처: 스마트 제조혁신추진단

<그림2-1> 스마트팩토리 개념도

2) 스마트팩토리의 특징

스마트팩토리는 전통적인 노동력 중심의 생산 현장을 IT 기반 자동화 생

산 라인으로 변화시키며, 조직의 학습 능력과 이를 체계화하는 역량이 성공적인 운영을 위한 필수 요소로 평가된다(장훈, 2017).

스마트팩토리의 주요 특성은 가상화, 지능화, 연결성으로 정의된다. 제조 과정에서 생성된 빅데이터는 가상의 서버 공간에서 분석되어 제조 설비와 제품의 이동을 관리한다(가상화). 또한 제조 프로세스와 설비, 생산 업무가 자동화되어 운영된다(지능화). IoT 기술을 통해 원부자재, 제품, 작업자, 제조 공정 설비가 연결되며, 생성된 데이터는 내부 및 외부 공급망과 실시간으로 통합된다(연결성)(오주환, 2019).

스마트팩토리는 ICT 기반 통신 인프라를 활용해 기계, 설비, 스마트 단말기, 작업자 간 실시간 정보 교환과 제어를 가능하게 하는 첨단 제조 시스템이다. 기존 생산 공장과 비교해 스마트팩토리는 차별화된 다섯 가지 특징으로 구분될 수 있다(나형배 외, 2020).

가) 연결성

스마트팩토리는 기존 제조 공정과 달리 데이터의 실시간 연결성과 활용성을 중심으로 혁신적인 생산 방식을 제공한다. 스마트팩토리에서는 사람, 기계, 자재, 시스템이 유기적으로 연결되며, 각 요소는 센서를 통해 실시간 데이터를 수집하고 이를 기반으로 생산 과정 전반의 정보를 실시간으로 업데이트한다(신동민 외, 2017).

수집된 데이터는 소프트웨어를 통해 저장, 가공되어 모든 제조 공정을 연결함으로써 효율성을 극대화한다. 또한 생산 현장에서 수집된 데이터뿐만 아니라, 공급업체와 운영 시스템의 데이터를 통합하여 공급망 네트워크의 투명성과 견고함을 강화하며, 이를 통해 공급망의 전반적인 효율성도 높일 수 있다(나형배 외, 2020).

나) 데이터 활용성

스마트팩토리는 센서와 IoT 기기를 통해 방대한 데이터를 수집하고 분석

한다. 이러한 데이터 분석은 생산 과정을 최적화하고, 예지 보전을 통해 시스템 및 장비 고장을 예방하며, 제품 품질을 향상시키는 데 기여한다. 이를 통해 운영 효율성, 가동 시간, 품질, 안전성을 극대화할 수 있다. 또한 데이터를 기반으로 문제 발생 전 이상 징후를 식별하고 적절한 조치를 취함으로써 효율적인 예측 관리가 가능하다. 스마트팩토리는 이러한 데이터 활용을 통해 문제를 사전에 방지하는 혁신적인 제조 환경을 제공한다(나형배 외, 2020).

다) 지능화

스마트팩토리는 인공지능(AI)과 빅데이터(Big Data) 기술을 활용하여 생산 공정을 자동화하고, 실시간 데이터 분석과 의사결정을 통해 지능화된 운영을 구현한다. AI는 데이터 분석, 의사결정, 공정 최적화, 품질 관리 등 다양한 영역에서 핵심 역할을 수행하며, 이를 통해 생산성 향상과 비용 절감이라는 실질적인 성과를 가져온다.

지능화된 시스템은 변화하는 환경에 따라 스스로 판단하여 오류를 식별하고 최적화된 결과를 도출할 수 있다(Longo et al., 2017; 나형배 외, 2020). 특히 자동화된 워크플로우, 자산 동기화, 스케줄링 개선, 에너지 소비 최적화 등의 기능은 수율과 품질, 가동 시간을 높이며 불필요한 비용을 최소화한다(김은, 2017). 또한 실시간 데이터 시각화 프로세스를 통해 현장 및 생산 제품에서 수집된 데이터를 분석하고, 이를 실행 가능한 통찰력으로 변환하여 인간이나 자율 시스템의 의사결정을 지원한다.

라) 유연성

스마트팩토리는 시장 변화에 신속히 대응할 수 있는 유연한 생산 시스템을 특징으로 하며, 특히 다품종 소량 생산과 맞춤형 생산이 가능하다는 점에서 차별화된다. 이러한 유연성은 데이터를 기반으로 작업을 지시하고 수행할 수 있는 구조를 통해 이루어지며, 복잡해지는 고객 요구를 충족시키는 핵심 요소로 작용한다(신동민 외, 2017).

현대 제조업은 다품종 유연 생산 체제로 전환되고 있으며, 이에 따라 소프트웨어 시스템도 점점 더 유연해지고 있다. 이러한 변화는 제조 공정에서 다품종 생산을 위한 구조적 변경을 용이하게 하고, 다양한 주문 및 요구 사항에 맞춰 생산 과정을 효율적으로 조정할 수 있는 환경을 제공한다(나형배 외, 2020).

마) 지속 가능성

스마트팩토리는 지속 가능한 제조업의 핵심 요소로, 에너지 효율을 높이고 폐기물 발생을 줄여 환경 보호에 기여하며, 기업의 사회적 책임 실현에 중요한 역할을 한다. 실시간 네트워크와 시간 동기화 기술을 통해 제조 운영의 정보, 조치, 정보 공유 등이 즉각적으로 이루어져 공정 효율성을 향상시킨다(천우림, 2019).

또한, 민첩성과 유연한 스케줄링을 통해 생산 일정과 제품 변화에 신속히 대응하여 공장의 가동 시간을 극대화하고 생산성을 높인다. 특히 장비와 자재 흐름을 스스로 조정하고 일정 변경으로 발생하는 변화를 실시간으로 파악하여 스마트팩토리의 생산성을 지속적으로 향상시킨다(나형배 외, 2020).

3) 스마트팩토리 도입 및 도입 수준

가) 스마트팩토리 도입

국내 스마트팩토리 지원은 2014년부터 정부 주도의 정책으로 시작되어 빠르게 보급 사업이 추진되었으며, 산업 전반에 도입되었다. 2017년에는 ‘스마트 제조 혁신 비전 2025’를 발표하며 2025년까지 3만 개의 스마트 공장 구축을 목표로 설정하였다. 이후 민간 주도형 보급 정책으로 전환하여 중소 제조 기업의 경쟁력 강화와 일자리 창출에 중점을 두며 스마트화 전략을 지속적으로 추진하고 있다(최진수, 2022).

스마트팩토리 도입은 특정 부서가 아닌 경영진이 포함된 전사적 차원에서

추진되어야 하며, 구축 목표는 회사의 경영전략과 일치해야 한다(김진한 외, 2019).

스마트팩토리 도입을 위해서는 현재 운영 상황에 대한 객관적 진단을 통해 도입 필요성을 검토하는 것이 중요하다. 도입 자체가 목적이 아니라, 스마트팩토리를 통해 구현하고자 하는 구체적인 목표와 비전을 명확히 설정해야 한다. 또한 도입 효과를 사전에 검증한 후 추진해야 하며, 이를 위해 도입 전 점검표를 세심히 검토하는 과정이 필수적이다. 다음 <표2-2>는 도입 시 고려해야 할 사전 점검표를 제시하고 있다.

<표2-2> 스마트팩토리 도입 검토시 사전 점검표

번호	점검 항목
1	고객 관점에서 서비스 강화가 이뤄지는가?
2	비용 대비 효과(재무적 효과)가 대안 대비 우수한가?
3	비효율 개선 영역과 고도화 영역의 구분이 가능한가?
4	운영에 대한 인적 역량은 충족될 수 있는가?
5	스마트팩토리여야 하는 이유의 타당성, 왜?
6	도입 시 예측되는 위험에 대해 해소 방안이 있는가?
7	도입의 필요성에 대해 내부 구성원과 공감대를 형성했는가?
8	왜? 꼭 지금 도입해야 하는가?
9	도입을 통해 발생하는 잉여 자원에 대한 대책이 있는가?
10	스마트팩토리를 통해서 해결하고자 하는 현안이 무엇인가?

출처: 김승택. (2016). 스마트팩토리의 성공적 도입을 위한 고려사항, Deloitte Anjin Review, No.7.

스마트팩토리 도입을 위한 사전 검증 작업을 통해 도입 필요성이 확인되면, 다음 단계로 성과 목표를 명확히 설정하고 구체적인 구현 계획을 수립해야 한다. 이와 함께 스마트팩토리의 구성 요건을 구체적으로 정의하는 작업도 필수적이다.

박현호(2020)는 스마트팩토리 도입 요인에 관한 기존 연구를 검토한 결과, 대부분의 연구가 도입 요인을 기술 요인, 조직 요인, 환경 요인으로 구분하고 있다고 제시하였다. 다만 기존 연구들 간의 차이는 기술 요인, 조직 요인, 환경 요인 중 어느 요인이 더 중요한지에 대한 중요성 정도의 차이에 있다고 분석하였다. 스마트팩토리 도입 시 고려해야 할 도입 요인은 <표2-3>에 제시되어 있다.

〈 표2-3〉 스마트팩토리 도입 요인

항목		내용	참고문헌
기술의 준비성	중요성 및 정의	기술 인프라와 IT 인력 자원은 스마트팩토리 도입 성공에 중요한 기반 요소로 작용한다. 운영 시스템 도입과 전문 인력 확보는 효율적 관리와 기술 준비를 위한 핵심 요인이다.	윤경 (2015) 김기선 (2023)
	효율성	기술 인프라 확보한 기업은 클라우드 컴퓨팅과 같은 혁신 기술의 도입에 유리하며 가치 사슬 내에서 중요한 역할을 수행한다.	Low et al. (2011)
	전문 인력의 보유	IT 인프라 와 전문 인력의 보유가 기술 준비성과 스마트팩토리 도입에 긍정적 영향을 미친다.	박현호 (2005)
	경쟁적 환경 요인과 기업의 규모	외부 환경 요소와 기술 준비성은 기업의 경쟁력 강화에 지원하는 핵심 요인으로 작용한다.	Zhu & Kraemer (2005)
전문 인력	중요성	스마트팩토리의 운영 및 유지 관리를 위해 전문 인력을 확보하고 이들의 역량을 개발하는 것은 기업 경쟁력 강화를 위한 핵심 요소이다.	Rodolfa et al. (2005)
	개인 역량	스마트팩토리 도입을 위해 개인 역량과 전문 인력을 확보하는 것은 경제적, 사회적, 기술적 측면에서 필수적이다.	박현오 (2020)
	교육과 훈련	높은 기술 역량을 갖춘 숙련공을 대상으로 한 교육과 훈련은 스마트 제조 도입에 필수적인 요소이다.	SMLC (2011)
	미래 작업자의 역할	자동화 기계 모니터링과 의사결정 과정 참여를 위한 전문성 강화를 목표로 한 교육과 훈련이 필요하다.	권세인 (2019)
	실무적 지식과 교육	스마트팩토리 도입을 위해 실무 지식과 지속적인 교육이 필요하며, 기술 환경 변화에 대한 정보를 수집하는 것도 필수적이다.	김기선 (2023)
경영진의 지원	중요성	경영진은 환경 변화에 대응하고 문제 해결을 지원하는 방안을 마련함으로써 스마트팩토리의 성공적인 구축에 중요한 역할을 한다.	Kettinger & Grover (1995)
	혁신적 역할	경영진의 강력한 지원은 조직 내 혁신을 촉진하고, 신기술 도입에 대한 저항을 극	Ilin et al. (2017)

		복하는 데 중요한 기여를 한다.	
	리더십	기업의 성공과 실패는 최고경영자의 리더십에 크게 좌우된다.	박현오 (2020)
	의지와 중요성	중소기업에서는 경영진의 의지가 스마트팩토리 구축에 큰 영향을 미치며, 성공적인 도입을 위해 명확한 전략 공유가 필요하다. 중소기업에서는 경영진의 지원 의지와 역량이 스마트팩토리 구축 성공의 핵심 요인으로 작용한다.	최영환, 최상현 (2017) 김기홍 (2022)
	실패 예측 능력	경영진의 적극적인 도입 의지와 실패를 예측하는 능력은 스마트팩토리 성공 여부에 중요한 역할을 한다.	김기선 (2023)
재정적 확보	중요성	신기술 투자와 핵심 인력 유지를 위해 재정 건전성을 유지하고 효율적으로 운용하는 것이 중요하다.	박현오 (2020)
	정보 투자 재정적 지원	정보기술 투자는 제한된 자원 속에서 다른 프로젝트와 경쟁하며, 신기술 수용을 위해 재정적 지원이 필수적이다. 재정적 지원이 부족할 경우 신기술 채택이 지연되고, 금융 비용이 주요 방해 요소로 작용할 수 있다.	Hsu et al. (2015)
	지속 발적 재정 지원	새로운 기술의 수용과 발전을 위해 지속적인 재정적 지원은 필수적이다.	이성종 (2021)
	기업 규모별 재정 확보	대기업은 자체 예산을 활용하여 스마트팩토리를 구축하는 반면, 중소기업은 정부 지원사업과 동반 투자를 통해 스마트팩토리를 도입한다.	이성종 (2021)
	재정 확보와 대안 마련 필요성	스마트팩토리 구축을 위해 효과적인 재정 조달 방안을 마련하고, 타 예산을 활용할 수 있는 대안을 제시하는 것이 필요하다.	김기선 (2023)
흡수 역량	정의	새로운 정보의 가치를 인식하고 이를 조직 내에서 체득하여 상업화할 수 있는 능력은, 지식 보유가 효율적인 흡수 과정을 촉진한다.	Cohen & Levinthal (1990)
	외부 지식 자원 활동	흡수 역량은 외부 지식을 인식하고 이를 활용하여 새로운 지식을 창출하고 조직 내에 내재화하는 능력을 의미한다.	Lane & Lubatkin (1998)
	경쟁력 강화를 위한 지식 내재화	외부 지식을 내재화하여 조직의 경쟁력 강화를 도모하는 활동 능력을 의미한다.	Zahra & George (2002)
	상업적 적용을 위한 역량	외부 지식을 내재화하고 이를 상업적으로 활용하는 흡수 역량은 조직 혁신과 발전을	이천희 (2021)

		위한 핵심 행위 능력이다.	
	혁신 활동과 흡수 역량	흡수 역량이 높은 기업은 외부 기술과 지식을 효과적으로 활용하여 연구개발과 혁신 활동을 통해 경쟁 우위를 확보한다.	권진희 (2017)
	중소기업의 전략적 자산	중소기업에서 흡수 역량은 외부 지식을 활용하여 자원 제약을 극복하는 전략적 자산으로 작용한다.	임종화, 김병근 (2018)
정부 지원 정책	정부 지원 체계변화	중소벤처기업부 창설로 스마트 공장 지원 사업이 일원화되었으며, 이에 따라 지원 및 관리·감독 역할이 강화되었다.	강정석 (2018)
	R&D 지원과 경제 성장 촉진	정부의 R&D 지원은 기업의 연구개발 역량을 강화하며, 이를 통해 경제 성장과 고용 창출에 기여한다	윤윤규, 고영우 (2010)
	국가 경쟁력 강화	정부 차원의 스마트팩토리 지원은 생산성 개선과 품질 향상을 통해 제조업 경쟁력을 강화하고, 나아가 국가 경쟁력을 높이는 데 기여한다.	홍성화 (2020)
	중소기업의 R&D 지원 필요성	중소기업의 자금 부족 문제를 해결하기 위해 정부의 R&D 지원이 필요하며, 이는 기업 경쟁력을 높이는 데 효과적이다	이철희 (2021)
	세제 혜택과 R&D 보조금	정부는 재정 지원과 조세 감면을 통해 기업의 R&D 투자에 인센티브를 제공함으로써 기술 개발을 촉진한다.	이한웅 (2014)
	성공적인 스마트팩토리 구축지원	정부의 지원은 스마트팩토리 구축에 긍정적인 영향을 미치며, 기업의 적극적인 참여가 이러한 효과를 더욱 증대시킨다.	최영환, 최상현 (2017) 주영식, 이동희 (2019)
	정부 지원 활용과 준비 필요성	스마트팩토리 도입을 위해 정부 지원 조건을 정확히 이해하고 충족하며, 이를 최대한 활용하는 것이 필요하다.	김기선 (2023)
기술 지원 구조	중요성	기술 지원 구조가 잘 갖춰질수록 새로운 기술의 흡수력과 활용 능력이 향상되며, 이를 통해 상호 연계 시너지를 발휘할 수 있다.	김상문 (2020)
	외부 컨설팅과 지원 정책의 영향	외부 컨설팅에 대한 만족도와 정부 지원 정책은 스마트팩토리 도입 의도와 성공에 긍정적인 영향을 미친다.	김상문 (2020); 박현오 (2020)
	정보시스템 반 구조의 안정성	안정적인 정보시스템 기반을 갖춘 기업은 새로운 기술의 도입과 운영에서 부담이 적어, 전략적 기술 도입이 가능하다.	박현오 (2020)

나) 스마트팩토리 도입 수준

스마트 공장은 제품 기획부터 판매까지 전 생산 과정을 첨단 정보통신기술(ICT)을 활용하여 최소 비용과 시간으로 고객 맞춤형 제품을 생산하는 사람 중심의 철학을 기반으로, 작업자의 편의성과 안전성을 높이는 동시에 고도의 자동화와 지능형 공장을 구현한다.

스마트 제조혁신추진단에 따르면, 스마트 공장은 ICT 기술의 활용 정도와 역량에 따라 ‘구축 시스템 스마트화 수준(기초 - 중간1 - 중간2 - 고도)’으로 구분된다. 또한 기업의 종합적인 스마트 역량은 ‘기업 제조 혁신역량 수준(Level 1~5)’으로 측정되며, 스마트팩토리는 기업의 여력과 상황에 따라 점진적으로 구현되는 것을 목표로 한다. 이를 통해 각 기업은 내부 상황에 따라 적정 수준과 기능을 선택하여 스마트팩토리를 도입할 수 있다(이병찬 외, 2021).

스마트팩토리 도입 수준에 따른 ‘기업 제조혁신역량 수준(Level 1~5)’은 아래 <표2-4>에 정리되어 있다.

<표2-4> 기업 제조 혁신역량 수준(Level 1~5)

수준 정의		표준	IoT 대상	특성	조건 (구축 수준)	주요 도구
고도화	Level 5	자율 운영	작업자, 설비, 운전조건 +환경	맞춤 및 자율 (Customized)	모니터링부터 제어, 최적화까지 자율로 진행	인공지능, AR/VR, CPS 등
중간 2	Level 4	최적화	작업자, 설비, 자재, 운전조건	최적화 (Optimized)	공정 운영 시뮬레이션을 통해 사전 대응 가능	센서 제어기 최적화 도구
중간 1	Level 3	제어	작업자, 설비, 자재	분석 (Analysed)	수집된 정보를 분석하여 제어 가능	센서+ 분석 도구
기초	Level 2	모니터링	작업자, 설비, 자재	측정 (Measured)	생산 정보의 모니터링이 실시간 가능	센서
	Level 1	점검	자재	식별 (Identified)	부분적 표준화 및 데이터관리	바코드 RFID

출처: 한국경영인증원(2023)의 내용을 표로 정리

스마트 공장 도입을 고민하는 기업은 초기 단계부터 고도 수준을 염려할 필요가 없다. 스마트 공장은 도입을 원하는 기업의 상황에 따라 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 기업의 투자 여력과 현실에 맞춰 점진적으로 단계를 적용할 수 있다. 따라서 기업의 사정에 맞는 적절한 수준과 기능을 선택하여 구축하는 것이 중요하다. 스마트 공장의 단계별 내용은 아래 <표2-5>에 정리되어 있다.

<표2-5> 스마트 공장 단계별 내용

단계	구분	내용
ICT 미적용 *스마트 공장 미적용		수기 작성
		시스템을 갖추고 있지 못한 상태, Excel 정도 활용
Level 1부터 2	기초 수준	생산 정보 디지털화
		- 공장 내 아날로그 생산 정보를 디지털화 (전산 데이터)하는 수준: 바코드, RFID 등으로 생산 정보를 수집하고 제품생산 단위(LOT)별로 생산 과정 파악 - 제품의 생산 이력 관리
Level 3	중간 1 수준	생산 정보 실시간 수집/분석
		- 생산설비, 공정, 자재 및 제품 정보가 실시간 수집/분석되는 수준: 생산 정보를 통해 품질 분석이 가능하고 생산계획을 세울 수 있음 - 수집/분석한 정보를 이용하여 의사결정 실시
Level 4	중간 2 수준	시스템을 통한 생산 공정 제어
		- 수집/분석된 생산 정보를 토대로 원인과 해결책을 시스템이 스스로 판단하고 실시간으로 제어하여 생산 최적화하는 수준 - 분야별 관리 시스템의 상호 실시간 연동, 협력사까지 유기적으로 정보 공유
Level 5	고도화	맞춤형 유연 생산, 지능형 공장
		- IoT, CPS 기반의 완전한 지능형 공장 - 고객의 요구에 즉시 생산 배송하는 맞춤 서비스 공장

출처: 한국생산성본부(20. 6월 개정)

다) 스마트팩토리 도입 현황

2014년부터 2022년까지 국내 스마트 공장 도입 현황을 살펴보면, 디지털 전환이 국내 제조업의 핵심 전략으로 자리 잡으면서 스마트 공장 수는 급격히 증가했다. 2014년 227개에 불과했던 스마트 공장은 2015년 1,240개로 증

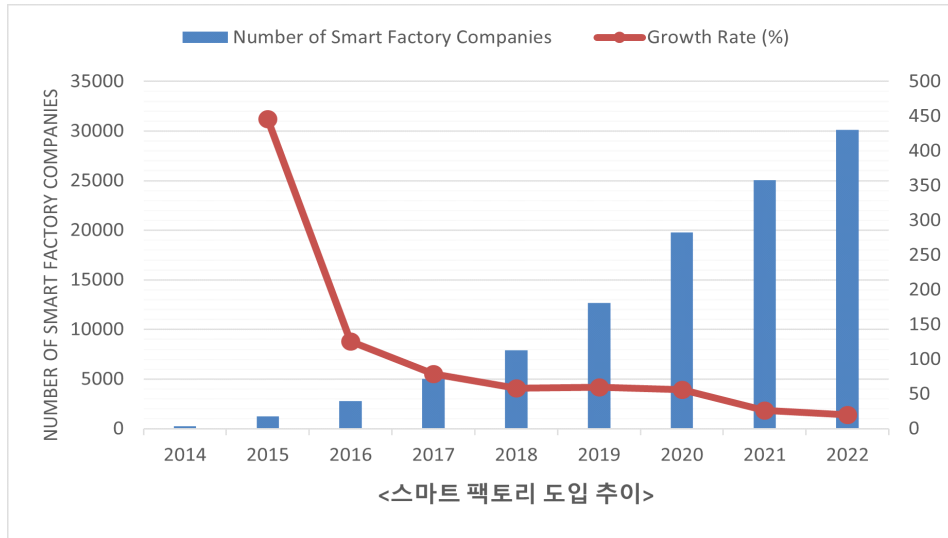
가하며 446%의 성장률을 기록, 빠른 확산세를 보였다. 이는 정부의 스마트 제조업 지원 정책과 사물인터넷(IoT), 빅데이터, 인공지능(AI) 등 4차 산업혁명의 핵심 기술이 산업 현장에 적극 도입된 결과로 해석된다.

2016년 이후에도 스마트 공장의 수는 꾸준히 증가했으며, 특히 2017년과 2018년 사이 높은 성장률을 유지했다. 이는 정부의 정책적 지원뿐만 아니라 대기업의 스마트 제조 시스템 도입과 그 기술이 중소기업으로 확산한 결과로 볼 수 있다. 스마트 공장 도입 확산사업과 같은 정부의 정책은 특히 중소기업의 디지털 전환을 촉진하며 중요한 역할을 수행했다. 이러한 지원은 스마트 제조 기술을 활용한 경쟁력 강화라는 국내 제조업체들의 목표에 큰 도움을 주었다.

그러나 2019년 이후 스마트 공장 성장률은 다소 둔화되는 모습을 보였다. 이는 초기 급속한 도입 이후 기술적 적용이 보편화되며 시장이 성숙 단계에 진입했음을 시사한다. 2022년에는 성장률이 약 20%에 이르렀으며, 이는 초기 폭발적 증가에서 벗어나 안정적인 확산 단계로 전환되었음을 의미한다. 현재 많은 국내 제조업체, 특히 중소기업들은 스마트 공장을 통해 생산 효율성과 경쟁력 강화를 목표로 하며, 기존 생산성의 한계를 극복하기 위한 노력을 지속적으로 전개하고 있다.

스마트팩토리 도입은 중소기업의 경쟁력을 강화하는 데 큰 기여를 했다. 2016년 1월까지 총 1,240개의 중소기업이 스마트팩토리를 구축하거나 진행 중이었으며, 2017년 말에는 지원받은 기업의 수가 총 5,003개에 달했다(최영환 & 치상현, 2017). 2019년 말까지는 총 12,660개의 중소기업이 스마트팩토리를 도입하였고, 이 중 기초 수준의 스마트팩토리가 76.4%, 중간 수준 이상의 스마트팩토리가 23.6%를 차지했다(서홍일 & 김태성, 2022).

2022년까지 스마트팩토리 누적 도입 수는 30,144개로 증가하며, 이는 중소기업의 스마트화 기반을 확장하는 중요한 성과로 평가받고 있다(스마트 제조혁신추진단, 2023). 다음 <그림2-2>는 국내 스마트팩토리의 연도별 도입 현황 및 증가율을 보여준다.



〈그림2-2〉 국내 스마트팩토리 도입 현황 및 증가율(2022년 기준)

라) 스마트팩토리 도입 후 성과

2024년 4월, 한국통계진흥원은 지능형(스마트) 공장 지원기업에 대한 성과 분석을 실시하였다. 조사 대상은 2014년부터 2019년까지 지능형(스마트) 공장 지원을 받은 총 12,660개 기업으로, 공정개선(생산성, 품질, 원가 절감, 납기 준수)과 경영개선(고용, 매출액 증가, 산업재해 감소율)을 주요 항목으로 설정하여 다양한 데이터를 수집하였다(중소벤처기업부, 2022).

공정개선 데이터는 전문 감리기관이 지능형(스마트) 공장 구축 전·후 실적 데이터를 활용하여 개선 성과를 도출하였으며, 경영개선 데이터는 고용노동부에서 제공한 고용 및 산업재해 자료와 한국평가데이터의 매출액 자료를 활용하여 신뢰성을 확보하였다(중소벤처기업부, 2022).

이 분석 결과, 지능형(스마트) 공장 도입 기업은 공정과 경영 전반에서 다음과 같은 긍정적인 성과를 보였다. 생산성은 29.4% 증가, 품질은 42.8% 향상, 원가는 15.9% 절감되었으며, 이는 기업당 매출 6.4% 증가, 고용 1.5명 증가, 산업재해 4.9% 감소로 이어졌다. 이러한 성과는 지능형(스마트) 공장 구축이 기업 성장과 좋은 일자리 창출에 기여함을 보여준다(스마트 제조혁신

추진단, 2023).

다음 <표2-6>은 지능형(스마트) 공장 도입 후 주요 성과를 정리한 것이다.

<표2-6> 지능형(스마트) 공장 도입 후 성과(2022, 통계진흥원, N=12,660)

공정개선 성과				경영개선 성과		
생산성(P)	품질(Q)	원가(C)	납기 준수(D)	고용	매출액	산업재해
29.4%▲	42.8%▲	15.9%▼	16.8%▲	1.5명▲	6.4%▲	4.9%▼

출처: 2021년 「스마트 공장 보급 확산사업 성과조사 분석」, 한국통계진흥원(22.4)

제 2 절 스마트팩토리에 관한 선행 연구

1) 스마트팩토리 도입 의도에 관한 선행 연구

스마트팩토리 도입 의도에 관한 선행 연구를 분석해 보면, 스마트 공장 경험이 없는 집단의 경우 스마트 공장 수용 만족도에 영향을 미치는 주요 요인은 흡수 역량으로 나타났다. 이는 스마트 공장에 대한 이해도가 낮은 상황에서 기술적 역량이 높을수록 스마트 공장의 수용성이 증가하여 만족도가 높아진다는 것을 의미한다. 반면, 스마트 공장 수용 경험이 있는 집단에서는 불확실성(부정적 영향), 경쟁 환경, 정부 지원과 같은 실질적 요인들이 수용과 만족도에 영향을 미치는 것으로 나타났다(길형철, 2019).

고정석(2020)의 연구에서는 스마트팩토리 도입 시 고려해야 할 기술적, 혁신적, 조직적, 환경적 요인들을 종합적으로 분석한 결과, 사회적 영향이 도입 의도에 중요한 요인으로 작용함을 확인했다.

스마트팩토리 도입에서 인지된 용이성에 영향을 미치는 요인은 기술 준비성, 전문 인력, 흡수 역량, 정부 지원, 기술 지원구조 등으로 나타났으며, 기술 요인과 환경 요인이 중요한 역할을 한다. 반면, 인지된 유용성에는 경영진 지원, 재정적 확보, 흡수 역량, 기술 지원구조와 같은 조직 요인이 큰 영향을 미쳤다. 이는 새로운 시스템 도입 시 환경적 요인(예: 정부 지원)이 용이성을

높이는 반면, 조직 내부 요인(예: 경영진의 지원, 재정적 확보)이 유용성 인식에 크게 영향을 미친다는 것을 보여준다(김기선, 2023).

박현오(2020)의 연구에 따르면, 기술 요인, 조직 요인, 환경 요인이 스마트팩토리 도입 의도에 영향을 미치는 가운데 혁신 요인이 조절 요인으로 유의미한 효과를 나타냈다. 분석 결과, 기술 요인($p < 0.05$)과 조직 혁신($p < 0.01$)이 스마트팩토리 도입에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 확인되었다.

허정미(2022)의 연구는 UTAUT(통합기술수용이론)의 하위 속성 이외에도 최고경영자의 의지 및 지원, 시스템 구현 역량, 정부의 지원과 같은 조직 환경 요인이 스마트팩토리 도입 의도에 미치는 영향을 분석했다. 연구 결과, 조직 환경 요인은 도입 의도에 유의미한 영향을 미쳤다. 또한, UTAUT 요인 및 조직 환경 요인과 도입 의도 간의 관계에서 신뢰가 매개 효과로서 부분적으로 긍정적인 영향을 미쳤으며, 신기술 및 서비스 도입에 대한 혁신 저항의 조절 효과도 부분적으로 확인되었다.

2) 스마트팩토리 도입 수준에 관한 선행 연구

스마트팩토리 도입 초기에는 비용 절감과 효율성 증대가 주요 목표였으나, 최근에는 지속 가능성과 친환경 제조를 실현하는 방향으로 전환되고 있다. 특히, 에너지 효율성을 높이고 탄소 배출을 줄이기 위한 첨단 기술 도입이 활발히 진행 중이다. 이러한 변화는 지속 가능한 발전 목표(SDGs)와 연계성을 강화하고, 환경친화적인 제조 생태계 구축에 중점을 두고 있다.

정부는 스마트팩토리 제조의 지속 가능성을 지원하기 위해 그린 뉴딜 정책과 연계한 다양한 지원책을 마련하고 있으며, 제조 과정에서 발생하는 데이터를 효율적으로 활용하기 위해 개방형 데이터 플랫폼 구축을 가속화하고 있다. 2020년 이후, 인공지능(AI)과 사물인터넷(IoT) 기술의 융합을 통해 제조 공정의 에너지 사용 최적화와 자원 활용 극대화를 목표로 연구개발(R&D)이 강화되고 있다.

2023년부터 스마트팩토리 구축의 방향성이 양적 확대에서 질적 고도화로 전환되었으며, 이를 통해 지능형 스마트팩토리 구축이 가속화되고 있다. 지능

형 팩토리는 발전 단계에 따라 세 가지 주요 단계로 구분된다. 첫 번째 단계는 생산 정보의 디지털화로, 기초적인 데이터의 수집과 기록을 목표로 한다. 두 번째 단계는 실시간 생산 정보 수집 및 분석을 통해 신속한 의사결정을 지원한다. 마지막으로 세 번째 단계는 실시간 제어를 통해 생산 공정을 자동으로 최적화하여 자율 운영 시스템을 구축하는 것이다(스마트 제조혁신추진단, 2023).

스마트 제조혁신추진단(2020)의 ‘스마트 공장 사업관리 시스템’을 통해 2025년까지 3만 개의 스마트 공장 보급, 스마트 공장 고도화 수준 Level 3 단계의 25% 이상 달성, 그리고 인공지능(AI) 데이터 허브 구축을 목표로 스마트팩토리의 보급을 적극적으로 지원하고 있다. 이러한 스마트팩토리를 도입한 기업들은 경영 개선 성과로 고용 증가(+3명), 매출액 증가(+7.7%), 산업재해 감소(-18.3%)를 기록하였으며, 공정 개선 성과로는 생산성 향상(+30.0%), 품질 향상(+43.5%), 원가 감소(-15.9%), 납기 준수율 증가(+15.5%)라는 긍정적인 결과를 얻고 있다.

박찬권 & 서영복(2020)의 연구에 따르면, 소기업과 중기업 간 스마트 제조 기술 도입 수준에는 차이가 존재한다. 소기업의 경우 14,703개 기업 중 64.6%가 공장 운영 시스템을 도입하였으며, 제조 자동화는 29.9%, 공정 시뮬레이션은 1.5%, 초정밀 금형 도입은 3.9%로 나타났다. 중기업의 경우 5,872개 기업 중 71.0%가 공장 운영 시스템을 도입하였으며, 제조 자동화는 27.8%, 공정 시뮬레이션은 0.4%, 초정밀 금형 도입은 0.8%로 집계되었다. 이러한 통계는 소기업과 중기업 간 스마트 제조 기술 도입에 있어 기술적 우선순위와 수준의 차이를 명확히 보여준다.

중소기업은 대기업에 비해 인적 및 물적 자원이 상대적으로 부족하여 스마트팩토리 구축에 많은 어려움을 겪는 경우가 많다. 이에 따라 전체적인 최적화를 구축하기보다는 특정 솔루션 도입, 시범 생산 라인의 반자동화, 또는 점진적인 개선에 초점을 맞추는 경향이 있다(김성태, 2021). 이러한 상황은 인력 부족, 인건비 상승, 경영 기반 약화와 같은 문제로 인해 더욱 악화되고 있으며, 중소기업의 제조 경쟁력 강화를 필수적으로 요구하고 있다(이종근 & 길종구, 2021).

중소기업 준비도의 세 가지 하위 변수는 모두 기술 수용성에 유의한 정의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 분석 결과, 시스템 구축 수준이 0.355($p < 0.0001$)로 기술 수용성에 가장 큰 영향을 미쳤으며, 그다음으로 시스템 운영 수준(0.286, $p < 0.001$)과 시스템에 대한 이해도(0.287, $p < 0.001$)가 유사한 수준의 영향을 보였다. 이러한 결과는 중소기업이 스마트팩토리 시스템을 구축할 준비가 되었는지 여부가 기술 도입과 수용에 가장 중요한 요인으로 작용하며, 시스템을 운영하고 이해하는 역량 역시 유의미한 영향을 미친다는 것을 보여준다(이예림, 2020).

3) 스마트팩토리 도입 효과에 관한 선행 연구

스마트팩토리 도입은 4차 산업혁명 시대에서 기업의 경쟁력을 높이고 경영 성과를 향상시키는 중요한 요소로 자리 잡고 있다. 스마트팩토리는 정보통신기술(ICT)과 자동화 기술을 활용하여 생산 공정의 효율성을 극대화하고, 데이터 기반 의사결정을 가능하게 함으로써 전통적인 제조업의 한계를 극복하는 혁신적 접근을 가능하게 한다. 여러 연구는 스마트팩토리 도입의 긍정적 영향을 실증적으로 분석하며, 이를 기업 경영에 필수적인 전략으로 제시하고 있다(오원근, 2018).

김현규(2020)는 스마트팩토리 도입 기업에서 실시간 주문형 맞춤 생산이 가능해지면서 제조 공정의 디지털화가 가속화되고 있다고 분석하였다. 이러한 발전은 재고량 감소, 불량률 감소, 인건비 절감을 통해 생산성 혁신을 이끌고 있다.

중소기업 기술정보진흥원(2018)에 따르면, 스마트팩토리 도입에 따른 기대 효과로 생산량 증대(49.4%), 공정시간 단축(46.8%), 원가 절감(41.2%), 불량률 감소(40.6%), 고객 맞춤형 생산(40.3%), 의사결정 시간 단축(36.5%) 등을 꼽을 수 있다. 실제로 스마트팩토리를 도입한 기업들은 공정 개선 성과로 품질 향상(+43.5%), 생산성 향상(+30.0%), 원가 감소(-15.9%), 납기 준수율 향상(+15.5%)을 달성하였으며, 경영 개선 성과로 매출액 증가(+7.7%), 고용 증가(+3명), 산업재해 감소(-18.3%) 등의 효과를 보였다(박찬권 & 이용규,

2022).

박현오(2020)의 연구에 따르면, 일부 국내 기업들은 스마트팩토리의 성공적인 도입을 통해 생산성 향상, 불량률 감소, 수익성 향상, 고용 창출 등의 성과를 나타내면서 스마트팩토리 도입에 대한 관심이 증가하고 있다. 특히, 스마트 공장의 상대적 이점은 수용 의도와 수용에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 업무 효율성 증대, 적시 정보 확보, 제품 품질 향상, 새로운 사업 기회 제공, 부가가치 창출 등을 통해 스마트팩토리 도입을 촉진하고 있음을 시사한다(길형철, 2019).

제 3 절 스마트팩토리 도입기업의 특성

1) 기술적 요인

스마트팩토리의 기술적 요인은 제조업의 혁신을 이끄는 중요한 요소로, 자동화, 연결성, 데이터 분석, 인공지능(AI), 사이버 물리시스템(CPS), 사물인터넷(IoT), 클라우드 컴퓨팅, 엣지 컴퓨팅, 로봇공학 등을 포함한다. 이러한 기술들은 제조 공정의 효율성을 높이고, 실시간 모니터링과 예측 유지보수를 가능하게 하며, 전체적인 생산성을 극대화하는 데 기여한다. 특히, 데이터 수집 및 분석 기술은 제조 과정에서 발생하는 데이터를 활용해 의사결정의 정확도를 높이고, 스마트한 공장 운영을 실현하는 핵심적인 역할을 수행한다.

임준홍(2017)의 연구에 따르면, 자동차 생산 공장에서 경제적, 내부적, 사회적, 기술적 요인은 혼류 생산에서 차종 수와 정(+)의 상관관계를 가지는 것으로 나타났다. 이는 기술적 수용자 특성과 상황적 요소에 따라 성과가 달라질 수 있음을 시사한다(Fuchs et al., 2010).

스마트 공장 도입과 관련하여 기술적 요인 중 무형성과 불확실성은 투자 수용 의도에 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 반면, 제조업에서는 상대적 이점이 중요한 요인으로 평가되었으나, 기술적 요인 자체로는 통계적 유의성을 확보하지 못했다. 그러나 스마트 공장을 효과적으로 구축하고 활용하기 위해서는 기술적 흡수 역량이 필수적인 요소로 작용하며, 이는 스마트

공장 도입 만족도에 유의미한 영향을 미치는 것으로 확인되었다(길형철, 2019).

가) 기술 준비성

기술 준비성은 스마트팩토리 도입에 중요한 요소로 작용한다. 박현오(2020)의 연구에 따르면, 기업의 기술 준비성이 높을수록 스마트팩토리 도입에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 분석되었다.

기업의 클라우드 컴퓨팅 서비스 사용 의도에 영향을 미치는 요인으로 기술 준비성은 중요한 역할을 한다. 윤경(2015)은 기술 준비성이 현대 기술 도입에서 핵심 변수임을 강조하며, 이는 조직의 기술적 인프라와 IT 인력 자원에 의해 크게 좌우된다고 언급하였다. Oliveira 등(2014)의 연구 또한 기술 인프라스트럭처와 IT 인력 자원이 조직의 기술적 준비성에 결정적인 영향을 미친다고 보고하였다.

따라서 기술 준비성은 기업이 혁신 기술을 수용하고 이를 효과적으로 활용하기 위한 다양한 기술적 요소들의 결합체로 정의될 수 있다(윤경, 2015).

나) 기술 신뢰도

스마트팩토리는 IoT, 딥러닝, 인공지능(AI), 로봇 장비, 빅데이터와 같은 첨단 ICT 기술을 활용하여 데이터 신뢰성을 확보하고 지능형 생산 시스템을 구축한다. 이러한 기술들은 민첩하고 능동적인 생산 환경을 가능하게 하며, 이에 따라 생산 시스템의 유연성과 신뢰성을 강화한다(소병업 & 신성식, 2017; 서창성 외, 2018).

스마트팩토리에서 신뢰성은 수집된 데이터를 기반으로 기기의 이상을 상태 감시하여 예측하고, 해당 정보를 바탕으로 수리 및 교체를 계획하여 실행하는 예지 보전 기능으로 구현된다. 이는 문제가 발생한 이후 대응하는 것이 아니라, 문제가 발생하기 전에 이를 예측하고 예방하는 조치를 가능하게 한다.

예지 보전 기능은 재고 보충, 이상 징후 식별, 품질 문제 예측 및 해결, 안전 및 유지보수 문제 모니터링을 포함한다. 이를 통해 스마트팩토리는 가동 시간, 품질, 산출량을 개선하고, 안전 문제를 사전에 방지할 수 있다(나형배 외, 2020).

다) 데이터 활용 역량

Long et al(2017)의 연구에 따르면, 스마트팩토리의 주요 특징은 다음과 같다. 제조 현장에서 수집된 데이터를 의사결정에 활용하는 전환성, 제조 현장의 시스템과 네트워크를 연결하는 연결성, 네트워크를 통제하고 정보를 수집하는 사이버 관리, 인공지능(AI)을 활용한 상황 인식과 학습을 통한 지식 인식, 그리고 자원 및 설비를 재구성하는 재구성 가능성이다. 이러한 특징들은 생산 공정을 최적화하고, 생산품의 품질 및 재고 관리를 개선하며, 생산 장비를 효율적으로 관리하고, 노동 생산성을 향상시키는 데 기여한다.

Belli et al(2019)는 스마트팩토리의 도입과 활용이 기업 및 비즈니스 프로세스를 관리하기 위한 디지털 도구의 채택과 디지털 혁명의 중요한 측면이라고 강조하였다. 기업이 정보통신기술(ICT)을 점진적으로 구축함으로써 스마트팩토리를 통해 점점 더 많은 데이터를 지속적으로 수집할 수 있으며, 이는 성장 잠재력을 높이는 기반이 될 수 있다.

스마트팩토리 도입 의도에 영향을 미치는 요인 중 하나로 ICT 활용 역량이 강조된다. 이는 데이터 관리 역량을 증진하고, 공장의 수직적 · 수평적 통합을 실현하는 데 핵심적인 역할을 한다. 또한, AI, IoT, 빅데이터와의 융합을 통해 공장 자동화와 디지털화를 촉진하며, 데이터 활용을 통한 실시간 의사결정과 공정 제어를 가능하게 한다(김현규, 2019).

2) 조직 요인

조직 요인은 조직의 구조, 문화, 리더십 스타일, 의사결정 과정과 같은 다양한 내부 특성을 의미하며, 이는 조직의 성과와 운영 방식에 직접적인 영향

을 미치는 중요한 요소들이다. 조직 요인은 구성원의 행동을 유도하고, 조직 목표 달성에 필요한 자원을 효과적으로 배분하며, 변화에 대한 적응력을 결정 짓는 핵심 변수로 간주된다(Kim & Lee, 2021).

Powell & Dent-Micallef(1997)는 조직 내 문화와 같은 자원과 정보기술이 상호 보완적으로 활용되고 특화될 때, 조직은 성과를 극대화할 수 있다고 주장하였다. 이는 조직 내 요소들이 조화를 이루어 작동할 때, 정보기술의 도입 및 활용이 더 큰 가치를 창출할 수 있음을 시사한다.

가) 경영층 지원

경영층의 적극적인 지원은 스마트팩토리 도입의 성공 가능성을 높이는 핵심 요소로 작용한다. 박현오(2020)의 연구에 따르면, 경영층의 지원은 스마트팩토리 도입에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났으며($t=2.102$, $p<0.05$), 이는 경영층의 명확한 비전 제시와 자원의 전략적 배분이 도입 과정에서 중요한 촉매 역할을 한다는 점을 시사한다.

스마트팩토리의 도입 및 실행 과정에서 최고경영자의 적극적인 관심과 재무적 지원은 지각된 유용성, 지각된 사용 용이성, 그리고 지각된 전환 비용에 중요한 영향을 미친다. 따라서 최고경영자는 스마트팩토리 시스템의 장점을 명확히 이해하고, 성공적인 도입을 위해 필요한 자원(인력, 설비 등)을 전략적으로 지원해야 한다(김현규, 2019).

또한, 박제선(2019)의 연구에서는 경영진의 의지와 실무자의 의지가 스마트팩토리 구축 실행에 중요한 영향을 미치는 요소로 나타났다. 이러한 의지 요소들은 스마트팩토리 도입의 실행력을 강화하고, 성공적인 구축 과정을 이끄는 데 유의미한 역할을 한다.

나) 재정적 확보

재무적 준비성은 스마트 공장 도입 의도와 수용에 긍정적인 영향을 미치는 주요 요인으로 분석되었다. 재무적 준비성은 기업의 투자 여력과 자금 용

통 가능성에 의해 결정되며, 스마트 공장 도입과 관련하여 가장 큰 비표준화 계수를 나타낸다. 이는 기업이 투자 효과가 큰 사업이라 하더라도 자금 회수 가능성을 면밀히 검토하며 투자 결정을 내리는 경향을 반영하는 결과로, 재무적 준비성이 기업 생존과 성장에 중요한 역할을 한다는 것을 시사한다(길형철, 2019).

박현오(2020)의 연구에서도 재정적 확보가 스마트팩토리 도입에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 구체적으로, 재정적 안정 수준과 스마트팩토리 도입 간의 관계를 분석한 t-검정 결과, t 값이 4.707로 나타났으며, 이는 $p < 0.01$ 수준에서 통계적으로 매우 유의미한 것으로 확인되었다. 이러한 결과는 재무적 준비성이 스마트팩토리 도입 성공에 필수적인 요인임을 강조한다.

다) 전문 인력 확보

박현오(2020)의 연구에 따르면, 전문 인력 확보 상태가 양호할수록 스마트팩토리 도입에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 이는 충분한 기술적 지식과 전문성을 보유한 인력이 스마트팩토리 기술의 수용과 적용을 촉진한다는 점을 시사한다.

Rodolfa et al(2005)는 전문 인력 역량을 '자격과 능력을 갖추고 특정한 일을 적절하고 효과적인 방법으로 이해하고 수행할 수 있는 것'으로 정의하였다. 이러한 정의는 스마트팩토리 도입 과정에서 전문 인력의 역할이 기술적 도입과 실행의 성공 여부를 결정짓는 핵심 요인임을 뒷받침한다.

3) 환경 요인

환경 요인은 기업이 직면한 외부 및 내부적 조건으로, 기업 활동에 직·간접적으로 영향을 미치는 요인을 의미한다. 이러한 요인은 기업 외부에 존재하

는 정치적, 경제적, 사회적, 기술적 요소와 같은 외적 요인과 기업 내부의 자원, 역량, 조직문화와 같은 내적 요인으로 나눌 수 있다.

고기훈(2004)은 조직이 환경 요인을 고려할 때 상당한 어려움에 직면한다고 분석하였다. Staw(1984)는 환경 요인을 고려한 연구가 조직 내 현실적인 문제를 해결하는 데 실질적인 유용성을 지니기 때문에 학문적 및 실무적 지지를 받고 있다고 주장하였다. 또한, Miller와 Friesen(1986)은 외부 환경의 역동성이 높아질수록 기업이 혁신 전략을 요구받는 정도가 커진다고 제안하며, 외부 환경과 경쟁 전략 간의 상호 연관성을 강조하였다.

가) 정부 지원 정책

길형철(2019)의 연구에 따르면, 정부의 지원은 스마트 공장 수용 의도와 수용에 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 중소기업은 정부의 다양한 지원을 기대하며 스마트 공장에 투자하고 있으며, 이러한 지원이 투자 집행의 중요한 검토 요소로 작용한다. 제조업에서 새로운 설비나 솔루션에 투자할 때, 기업은 수익성과 투자 회수 기간을 면밀히 검토하며, 수익에 대한 확신이 있을 경우에만 투자를 진행한다.

최영환 & 최상현(2017)은 정부 지원이 스마트팩토리 구축에 유의미한 영향을 미치는 요인으로 나타났다고 분석하였다. 이는 중소 제조기업이 스마트팩토리 구축을 통해 경쟁력을 조기에 확보하는 데 긍정적인 요소로 작용한다. 또한, 조직 참여도가 스마트팩토리 구축의 중요한 요인으로 작용하는 가운데, 정부의 정책적 지원 또한 스마트팩토리 구축에 큰 영향을 미친다고 언급하였다.

이들은 특히 기업의 규모와 제조 환경에 맞는 시스템 적용의 중요성을 강조하며, 정부의 다양한 정책적 지원이 스마트팩토리 도입에 유의미한 효과를 줄 수 있음을 제시하였다. 이러한 분석 결과를 바탕으로, 최태은, 고지영, 장현미(2020)는 정부의 정책적 지원이 스마트팩토리 도입에 긍정적인 영향을 미칠 것이라는 가설을 설정하였다.

나) 기술 지원 구조

스마트 공장의 컨설팅 지원은 스마트 공장 만족도에 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 정부는 스마트 공장 추진단을 통해 코디네이터 제도를 운영하고, 한국생산성본부 및 표준협회와 협력하여 컨설팅 지원사업을 적극적으로 추진하고 있다. 특히, 중소기업체를 대상으로 한 맞춤형 컨설팅은 스마트 공장에 대한 만족도를 증가시키는 중요한 요인으로 작용한다(길형철, 2019).

스마트팩토리 도입 과정에서 기업들은 자체적인 교육을 넘어 정부 및 외부 기관과 협력하여 기술적 지원을 받고 있다. 협력업체와 원청은 기술 검토와 인력 파견, 실무 능력 향상 교육을 제공하며, 정부는 업종별 전문가를 활용한 현장 맞춤형 혁신 활동을 지원함으로써 기업 역량 강화를 돕는다. 또한, 외부 전문가의 컨설팅과 협력업체의 인증 유지 및 설계 자문은 스마트팩토리 구축 과정에서 발생하는 기술적 어려움을 해결하는 데 중요한 역할을 한다(문수미, 2024).

다) 경쟁 환경

경쟁 환경은 스마트 공장 만족도에 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 길형철(2019)의 연구에 따르면, 외부 고객들의 요구에 따라 스마트 공장을 구축하는 경우, 스마트 공장에 대한 만족도가 향상될 수 있다. 또한, 경쟁 업체들이 스마트 공장을 도입하여 생산성을 향상할 경우, 이에 대응하기 위해 스마트 공장을 수용한 기업의 만족도 역시 높아질 가능성이 있다.

제조 기업들은 납기 단축, 품질 향상, 생산성 증대를 통해 기업 경쟁력을 강화하고 있으며, 급변하는 시장 환경에서 경쟁 우위를 확보하기 위한 노력을 기울이고 있다. 특히, 소비자의 요구가 고도화되고 시장 변화 속도가 증가함에 따라 고객 맞춤형 제품을 신속히 공급하는 능력이 글로벌 제조 경쟁력의 핵심 요소로 부각되고 있다. 이에 따라 제조 기업들은 복잡한 경영 환경 속에서도 제조 경쟁력을 확보하기 위해 정보시스템 및 스마트 공장 기술에 대한 지속적인 투자를 진행하고 있다(정연경 외, 2011).

제 4 절 도입 혁신 관리

새로운 기술에 대한 사용자의 채택은 기술 진보에서 필수적인 요소로 간주되며, 정보시스템 분야에서는 사용자들이 혁신 기술을 수용할 가능성을 예측하고 설명하기 위한 다양한 연구가 이루어져 왔다. Rogers(1983)는 혁신확산론(Innovation Diffusion Theory: IDT)을 통해, 개인이나 조직이 새롭다고 여기는 아이디어, 관행, 제품, 서비스 등이 사회 시스템 내에서 시간이 지남에 따라 특정 채널을 통해 전달되는 프로세스라고 정의하였다.

스마트팩토리 도입과 관련된 연구에서는 혁신 저항이 성과기대, 노력기대, 사회적 영향, 촉진 조건 간의 관계에 부(-)의 조절 역할을 하는 것으로 나타났다. 즉, 혁신 저항은 성과기대, 사회적 영향, 촉진 조건이 스마트팩토리 도입 의도에 미치는 긍정적인 영향을 감소시키는 역할을 한다는 점을 시사한다(김성태, 2021).

박현오(2020)의 연구에 따르면, 기술적 요인과 혁신의 상호작용은 스마트팩토리 도입에 유의미한 영향을 미치며($p < 0.05$), 조직적 요인과 혁신의 상호작용은 더욱 유의미한 영향을 미친다($p < 0.01$). 이는 혁신이 스마트팩토리 도입 과정에서 기술적 요인과 조직적 요인의 영향을 조절하는 중요한 요인으로 작용함을 보여준다.

제 5 절 도입의 성과

스마트팩토리 도입의 주요 성과는 원가 절감, 품질 향상, 그리고 운영 효율성 증대로 요약될 수 있다. 자동화와 데이터 기반 실시간 관리 시스템은 작업 속도를 증가시키고, 품질 문제를 사전에 예측하여 불량률을 감소시킨다. 또한, 운영 비용 절감과 함께 변화하는 시장 수요에 유연하게 대응할 수 있는 능력을 강화한다.

국내 제조 기업들은 스마트팩토리 도입의 주요 목적으로 운영의 효율성 및 효과성 증대와 품질 향상을 추구하고 있는 것으로 나타났다(권세인,

2019). 특히, 생산성 향상을 스마트팩토리 구축의 핵심 목표로 설정한 기업들은 신규 투자를 최소화하면서 수율 증가, 불량률 감소, 품질비용 절감, 생산비용 절감 등 구체적인 성과를 추구하는 경향이 높다(차석근 외, 2015).

1) 효율성

김준범 외(2007)의 연구에 따르면, 공정은 제품 생산의 핵심 과정으로, 사람과 기계에 의해 작업장에서 수행되는 모든 활동을 의미한다. 기업들은 생산 공정의 효율성과 효과성을 높이기 위해 자사의 공정을 평가하고 분석하여 비용 최소화를 통한 효율성 및 생산성 향상이 요구된다.

Sjödin et al.(2018)은 인공지능(AI) 및 자동화 기술의 발전과 사물인터넷(IoT)에 연결된 디지털 기술의 도입이 제조 혁신의 새로운 물결을 가능하게 한다고 주장하였다. 스마트팩토리는 사용자와 기계 간의 통신이 가능한 산업 장비와 자동화된 프로세스를 통합함으로써 지능적이고 적응적인 제조 환경을 제공한다. 이러한 스마트팩토리 시스템은 공장과 시장 간 실시간 상호작용을 가능하게 하며, 이를 통해 생산 시스템의 동적 적응력과 운영 효율성을 극대화한다.

2) 원가절감

서창성 외(2018)의 연구에 따르면, 스마트 공장은 ICT를 활용하여 낭비를 제거하고, 원가 절감, 품질 개선, 납기 단축, 생산성 향상 등 제조업 가치사슬 전반의 통합적 개선을 가능하게 한다고 분석하였다. 이만석(2023)은 스마트 공장이 타 시스템과의 연계를 통해 외주 관리, 거래처 관리, 원가 관리 기능을 효과적으로 활용할 수 있음을 강조하였다.

중소기업기술정보진흥원(2018)의 조사 결과, 스마트 공장 도입은 생산량 증대(49.4%), 공정시간 단축(46.8%), 원가 절감(41.2%), 불량률 감소(40.6%) 등 다양한 기대효과를 제공하며, 이는 중소기업들에게 긍정적인 변화를 가져다줄 수 있음을 시사한다.

3) 품질

Belli(2021)는 제조업에서 생산과 품질 간의 관계가 매우 밀접하며 높은 상관관계를 지닌다고 분석하였다. 스마트팩토리의 활용이 국내 중소기업의 제품 품질과 혁신 성과에 미치는 영향을 분석한 이록 & 김채수(2020)의 연구에서는 스마트팩토리 기술 적용이 기업 성과에 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타났다.

Pagnon(2017)은 스마트팩토리의 자동화가 지능화되고 기능화된 설비가 제품 품질을 향상시킬 수 있다고 주장하였다. 또한, Park(2016)은 스마트팩토리가 빠르고 최적화된 의사결정을 통해 품질을 개선하는 능력을 갖추게 한다고 강조하였다.

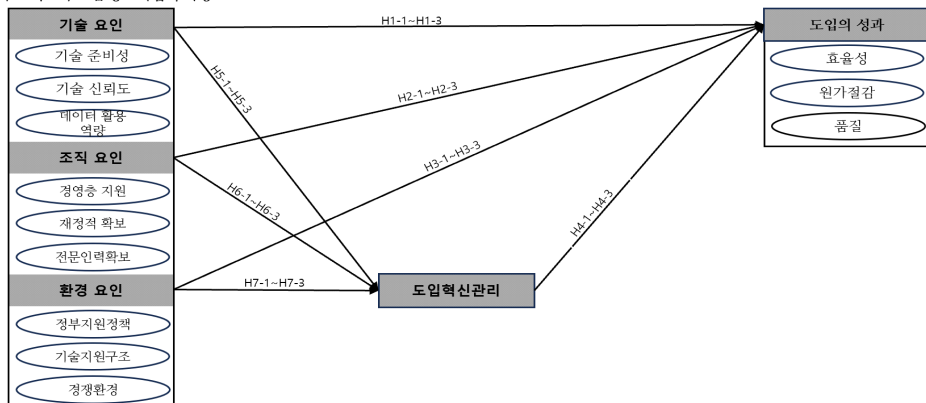
제 3 장 연구모형과 가설설계

제 1 절 연구모형의 설계

중소기업의 스마트팩토리 도입은 글로벌 경쟁력을 강화하고 운영 효율성을 높이기 위한 중요한 전략으로 자리 잡고 있다. 특히, 4차 산업혁명 시대에 자동화, 데이터 분석, 인공지능 기술을 활용한 스마트팩토리 도입은 비용 절감과 생산성 향상을 통해 기업 경쟁력을 높이는 필수 요소로 평가받고 있다. 이에 본 연구는 스마트팩토리 도입 중소기업의 특성이 도입 혁신 관리와 성과에 미치는 영향을 포괄적으로 분석하고, 이들 요인 간의 관계를 실증적으로 검토하는 것을 목적으로 한다.

본 연구는 스마트팩토리 도입 중소기업의 특성이 도입 혁신 관리와 성과에 미치는 주요 요인을 기술 요인, 조직 요인, 환경 요인으로 분류하였으며, 각 요인이 도입 혁신 관리와 도입 성과에 미치는 영향을 분석하였다. 또한, 도입 혁신 관리가 이러한 요인들과 도입 성과 간의 관계에서 매개 역할을 수행하는지 검토함으로써, 중소기업이 스마트팩토리를 성공적으로 도입하기 위한 정책적 시사점을 제공하고자 한다. 연구모형은 <그림3-1>에 제시하였다.

스마트 팩토리 도입 중소기업의 특성



<그림3-1> 연구모형

제 2 절 연구 가설의 설계

본 연구는 스마트팩토리 도입을 고려하는 중소기업들이 직면하는 다양한 요인이 도입 혁신과 도입 성과에 미치는 영향을 분석하고자 한다. 특히, 기술적 요인, 조직적 요인, 환경적 요인 등 세 가지 주요 요인이 스마트팩토리 도입에 미치는 영향을 중점적으로 파악하고자 한다.

스마트팩토리 도입에 영향을 미치는 요인은 크게 기술적 요인, 조직적 요인, 환경적 요인으로 구분할 수 있다.

첫째, 기술적 요인으로는 인프라 준비성, 기술 신뢰도, 데이터 활용 역량이 포함된다. 이러한 요인은 스마트팩토리의 기술적 기반을 확립하고 안정적인 운영을 보장하며, 데이터를 효과적으로 활용하여 최적화된 생산 환경을 구축하는 데 기여한다.

둘째, 조직적 요인으로는 경영층의 지원, 재정적 확보, 전문 인력의 확보가 중요하다. 스마트팩토리 도입을 성공적으로 이끌기 위해 경영진의 적극적인 지원과 재정적 뒷받침은 필수적이다. 또한, 스마트팩토리를 운영하고 유지하기 위해 필요한 전문 기술 인력의 확보는 시스템의 효율적 운영을 보장하며, 도입 혁신 관리 측면에서 중요한 역할을 한다.

셋째, 환경적 요인으로는 정부의 지원 정책, 기술 지원 인프라, 그리고 경쟁 환경이 스마트팩토리 도입 성과에 중요한 영향을 미친다. 정부는 스마트팩토리 도입을 촉진하기 위한 정책적 지원을 통해 산업 전반의 혁신을 촉진하며, 기술적 지원 인프라와 산업 간 경쟁 환경 또한 스마트팩토리의 성공적 도입과 직접적으로 연결된다.

스마트팩토리 도입의 성공 여부는 이러한 요인들이 어떻게 상호작용하는지에 따라 크게 달라질 수 있다. 특히, 도입 혁신 관리는 각 요인이 스마트팩토리 도입 성과에 미치는 영향을 중재하여 보다 체계적이고 전략적인 도입을 가능하게 한다. 본 연구는 이러한 요인들이 스마트팩토리 도입에 미치는 영향과, 도입 혁신 관리의 중재 역할이 도입 성과에 미치는 영향을 실증적으로 분석하고자 한다.

1) 기술 요인과 도입 성과 간의 관계

선행 연구에 따르면, 기술 요인의 세부 요인 중 하나인 기술 준비성은 스마트팩토리 도입에 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다(박현오, 2020). 스마트팩토리의 핵심 성공 요인 중 기술적 측면은 운영 성과와 환경 성과에 모두 높은 유의수준에서 유의한 정(+)의 영향을 미친다는 결과가 도출되었다(권세인, 2019). 스마트팩토리 도입 의도에 영향을 미치는 기술 요인에서 IT 기술 준비성이 높을수록 도입에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 분석되었다(박현오, 2020).

중소기업 스마트팩토리 기술 신뢰도와 관련한 곽민홍(2018)의 연구에 따르면, IoT, 빅데이터, AI, MES, ERP 등 스마트팩토리 핵심 기술이 기업의 생산성과 품질, 재무 성과에 미치는 영향을 분석하였다. 연구 결과, 스마트팩토리 구축 초기 단계에서는 생산성, 매출, 원가 절감에 대한 직접적인 효과는 미미하였으나, 불량률 감소와 고용률 증가 측면에서는 일부 유의미한 결과가 확인되었다.

스마트팩토리 구축 요인은 기업의 운영 성과에 유의한 정(+)의 영향을 미치며, 빅데이터 분석을 통해 고객이 원하는 제품을 적시에 생산하고 제공할 수 있도록 돕는다. 또한, 생산 및 제품 판매와 관련된 프로세스를 개선함으로써 빅데이터 시스템과 스마트팩토리는 상호 유기적이고 보완적인 관계를 형성한다(이유미, 2017).

조익준(2021)은 생산 빅데이터와 공정 개선 빅데이터 활용이 제품의 생산 과정에서 발생하는 정보를 기반으로 운영 성과에 유의미한 영향을 미친다고 밝혔다. 이상의 논의를 바탕으로 다음과 같은 가설을 수립하였다.

H1 스마트팩토리 도입한 중소기업의 기술 요인은 스마트팩토리 도입 성과(효율성, 원가절감, 품질)에 유의한 영향을 미칠 것이다.

H1-1 기술 준비성 수준은 스마트팩토리 도입 성과(효율성, 원가절감, 품질)에 유의한 영향을 미칠 것이다.

H1-2 신뢰도 수준은 스마트팩토리 도입 성과(효율성, 원가절감, 품질)에 유

의한 영향을 미칠 것이다.

H1-3 데이터 활용 역량 수준은 스마트팩토리 도입 성과(효율성, 원가절감, 품질)에 유의한 영향을 미칠 것이다.

2) 조직 요인과 도입 성과 간의 관계

선행 연구에 따르면, Rossmann et al.(2017)은 성공적인 스마트팩토리 전략 추진에서 주요 제약 요인으로 최고경영층의 비전 부재(21%), 최고경영자의 몰입 결여(28%), 전략과 관련한 전체 로드맵의 부재(20%)를 제시하였다. 조직 요인 중 하나인 최고경영층의 지원과 재정적 확보가 잘 이루어질수록 스마트팩토리 도입 의도는 향상된다는 연구 결과가 있다(박현오, 2020). 최고경영자의 의지, 재무적 요인, ICT 활용 역량, 그리고 정부 지원에 대한 기대는 스마트팩토리 도입 의도에 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다(김성태, 2021).

박현오(2020)의 연구에 따르면, 재정적 확보 수준이 양호할수록 스마트팩토리 도입 가능성이 높아지는 것으로 밝혀졌다($t=4.707$, $p<0.01$). 이는 재정적 안정성이 높은 기업일수록 초기 투자에 대한 부담을 덜 느끼며, 혁신적인 기술 도입에 적극적일 수 있음을 시사한다.

또한, 최영환과 최상현(2017)의 연구는 조직의 참여도, 외부 컨설팅, 정부의 지원, 최고경영자의 리더십이 스마트팩토리 도입에 정(+)의 영향을 미치는 요인으로 작용한다고 밝혔다. 이상의 논의를 바탕으로 다음과 같은 가설을 수립하였다.

H2 스마트팩토리 도입한 중소기업의 조직 요인은 스마트팩토리 도입 성과(효율성, 원가절감, 품질)에 유의한 영향을 미칠 것이다.

H2-1. 경영층의 지원 수준은 스마트팩토리 도입 성과(효율성, 원가절감, 품질)에 유의한 영향을 미칠 것이다.

H2-2. 재정적 확보 수준은 스마트팩토리 도입 성과(효율성, 원가절감, 품질)에 유의한 영향을 미칠 것이다.

H2-3. 전문 인력 확보 수준은 스마트팩토리 도입 성과(효율성, 원가절감, 품질)에 유의한 영향을 미칠 것이다.

3) 환경 요인과 도입 성과 간의 관계

선행 연구에 따르면, 환경 요인 중 기술 요인의 상대적 이점, 조직 요인 중 재무 준비성, 환경 요인 중 정부 지원이 스마트팩토리 도입에 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타났다(길형철, 2019). 서홍일(2022)의 연구에서는 정부 지원 정책과 스마트팩토리와의 영향 요인을 검증한 결과, 지원 정책과 정부 의지가 스마트팩토리 도입 수준에 유의한 정(+)의 영향을 미친다는 사실이 밝혀졌다. 따라서, 정부의 지원 정책과 의지가 높을수록 스마트팩토리의 수준이 향상되는 것으로 확인되었다.

권세인(2019)의 연구에서는 기술적 측면이 운영 성과와 환경 성과 모두에 높은 유의수준에서 정(+)의 영향을 미친다는 결과가 도출되었다. 이는 스마트팩토리의 핵심 성공 요인이 기술적, 조직적, 인적 측면으로 구분되며, 이러한 요인들이 운영 성과와 환경 성과에 유의미한 인과적 관계를 형성함을 시사한다.

또한, 외부 환경적 압력 요인으로 작용하는 경쟁 압력은 주변 조직에서 해당 기술을 도입하는 경우가 증가함에 따라 우리 조직도 해당 기술 도입을 고려해야 하는 상황을 만든다. 이 과정에서 다양한 외부 경쟁자들이 암묵적으로 기술 도입 압력을 형성하게 된다(Hada et al., 2011; Oliveira et al., 2014). 이상의 논의를 바탕으로 다음과 같은 가설을 수립하였다.

H3 스마트팩토리 도입한 중소기업의 환경 요인은 스마트팩토리 도입 성과(효율성, 원가절감, 품질)에 유의한 영향을 미칠 것이다.

H3-1 정부 지원 정책은 스마트팩토리 도입 성과(효율성, 원가절감, 품질)에 유의한 영향을 미칠 것이다.

H3-2 기술 지원 구조는 스마트팩토리 도입 성과(효율성, 원가절감, 품질)에 유의한 영향을 미칠 것이다.

H3-3 경쟁 환경은 스마트팩토리 도입 성과(효율성, 원가절감, 품질)에 유의한 영향을 미칠 것이다.

4) 기술 요인과 도입 혁신 관리 간의 관계

이록 & 김채수(2020)는 중소벤처기업의 스마트팩토리 기술 적용이 제품 품질, 시스템 품질, 그리고 혁신성과 간의 관계에 미치는 영향을 실증적으로 검증하였다. 이를 위해 스마트팩토리를 도입한 제조기업을 대상으로 기술적 측면에서 3개 요인(디바이스 기술, 플랫폼 기술, 애플리케이션 기술)과 품질·관리 측면에서 2개 요인(시스템 품질, 정보 품질)이 스마트팩토리 혁신성과에 미치는 영향을 분석하였다. 분석 결과, 스마트팩토리 기술 적용이 품질과 혁신성과에 부분적으로 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다.

오주환 외(2019)는 스마트 공장 기술을 도입한 100개의 국내 중소 제조기업을 대상으로 기술 수용이론 관점에서 스마트팩토리 기술 도입에 대한 직원들의 태도와 사용 용이성이 기술 수준에 미치는 영향을 연구하였다. 스마트 공장 기술은 제조 빅데이터 기술, 자동화 기술, 공급사슬 통합 기술로 구분되었으며, 실증 분석 결과, 직원들의 기술 수용 태도와 사용 용이성이 세 가지 기술 수준에 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 특히, 중소기업에서 자동화 기술과 공급사슬 통합 기술의 도입은 제조 성과를 통계적으로 유의하게 향상시키는 것으로 확인되었다.

Walczush(2007)는 기술 준비도의 긍정적 변수인 낙관성과 혁신성이 기술의 지각된 유용성에 긍정적인 영향을 미치고, 불안감과 불편함은 부정적인 영향을 미친다는 것을 증명하였다. 국내 연구에서도 오종철(2012)은 전자정부 셀프서비스 기술 수용의 영향 요인을 분석하여 긍정적인 기술 준비도가 이용 용이성, 유용성, 행위 통제(PBC)에 유의미한 영향을 미친다는 결과를 제시하였다.

제조 빅데이터 기술은 최적의 생산 프로세스 구축, 생산성 및 품질 개선, 생산 리드 타임 단축 등에서 생산 프로세스를 재구축할 수 있는 가능성을 제공한다(오주환, 2019). 또한, 제조 빅데이터는 작업 방법의 효과성, 생산성 및

품질 성과, 신제품 성과를 실시간으로 모니터링하여 생산 프로세스를 점진적으로 개선할 수 있는 도구로 기능한다(오주환, 2019).

이상의 논의를 바탕으로 다음과 같은 가설을 수립하였다.

H4 스마트팩토리 도입한 중소기업의 기술 요인은 도입 혁신 관리에 유의한 영향을 미칠 것이다.

H4-1 기술 준비성 수준은 스마트팩토리 도입 혁신 관리에 유의한 영향을 미칠 것이다.

H4-2 신뢰도 수준은 스마트팩토리 도입 혁신 관리에 유의한 영향을 미칠 것이다.

H4-3 데이터 활용 역량 수준은 스마트팩토리 도입 혁신 관리에 유의한 영향을 미칠 것이다.

5) 조직 요인과 도입 혁신 관리 간의 관계

선행 연구에 따르면, 조직 구성원들이 스마트팩토리 기술을 업무에 적극적으로 활용하고, 신기술을 수용하는 데 있어 거부감 없이 활용한다면, 신기술 수용 태도가 높아지는 것으로 나타났다(오주환 외, 2019).

스마트팩토리의 핵심 성공 요인 중 하나로 최고경영자의 리더십은 다수의 선행 연구에서 그 중요성이 강조되고 있다(한국표준협회, 2016b; Charalambous 등, 2015; Kiron 등, 2016). 스마트팩토리의 성공적인 구축을 위해 조직은 최고경영자의 리더십을 기반으로 명확한 비전, 전략, 계획을 수립해야 하며, 새로운 기술 및 시스템 도입에 따른 조직 변화를 지원하고, 조직 구성원들이 변화에 동참하도록 독려하는 적극적인 몰입과 지원이 요구된다.

길형철(2019)의 연구에서는 재무 준비성이 스마트팩토리 수용 의도 및 수용에 유의미한 정(+)의 영향을 미친다고 분석하였다. 특히, 재무 준비성은 기업 생존에도 중요한 영향을 미치며, 스마트팩토리 수용과 관련된 변수 중 가장 큰 표준화 계수를 가진 요인으로 나타났다.

박현오(2020)는 스마트팩토리 도입에서 개인의 역량과 조직의 전문 인력이 중요한 역할을 한다고 강조하였다. 전문 인력의 확보는 새로운 IT 기술을 접목하는 데 매우 중요한 요소로 작용하며, SMLC(2011)의 보고서에서도 성공적인 스마트 제조를 위해 교육과 훈련의 중요성이 강조되었다. 높은 기술 역량을 보유한 숙련공은 스마트 기술을 빠르게 적용할 수 있는 능력을 갖추고 있어 스마트팩토리 도입에 있어 중요한 자산으로 간주된다.

이상의 논의를 바탕으로 다음과 같은 가설을 수립하였다.

H5 스마트팩토리 도입한 중소기업의 조직 요인은 스마트팩토리 도입 혁신 관리에 유의한 영향을 미칠 것이다.

H5-1 경영층의 지원 정책은 스마트팩토리 도입 혁신 관리에 유의한 영향을 미칠 것이다.

H5-2 재정적 확보 수준은 스마트팩토리 도입 혁신 관리에 유의한 영향을 미칠 것이다.

H5-3 전문 인력 확보 수준은 스마트팩토리 도입 혁신 관리에 유의한 영향을 미칠 것이다.

6) 환경 요인과 도입 혁신 관리 간의 관계

선행 연구에 따르면, 스마트팩토리 도입에 영향을 미치는 환경 요인으로는 정부 지원, 외부 압박, 업계 동향이 주요하게 작용하는 것으로 나타났다. 외부 압박의 세부 요인으로는 협력업체의 요구 및 제안, 고객들의 요구 수준, 중국 발 후발주자, 글로벌 기업과의 경쟁이 포함된다. 정부 지원은 스마트 지원사업, 창조경제 혁신센터의 지원, 스마트 제조혁신추진단의 지원과 같은 다양한 정책적 노력이 포함되며, 업계 동향은 경쟁업체의 스마트팩토리 도입, ERP 시스템 도입, MES 도입, 경쟁업체의 시스템 구축 실패 등을 세부 개념으로 도출할 수 있다(조남재 & 문수미, 2023).

최영환과 최상현(2017)은 정부 지원이 스마트팩토리 구축에 유의미한 영향을 미친다고 분석하였다. Mason et al.(2022)은 스마트팩토리 구현에서 다

양한 요인이 중요하지만, 중소기업의 경우 정부 지원이 핵심적 요소로 작용한다고 강조하였다.

스마트팩토리 도입의 핵심 성공 요인(CSFs)과 기업 성과 간의 관계를 분석한 권세인(2019)의 연구에서는, 기술적 측면이 조직적·인적 측면보다 성과에 더 큰 영향을 미친다고 제시하였다. 또한, 김현규 외(2019)는 국내 소규모 막걸리 양조장을 대상으로 품질 관리 활동과 경영 성과 간의 관계를 분석한 결과, 품질 관리 활동 수준이 높을수록 경영 성과에 정(+)의 영향을 미친다고 밝혔다. 이 연구에서는 스마트 생산 수준의 조절 효과도 확인되었으며, 스마트 생산 수준이 높을수록 품질 관리 활동의 효과가 더욱 강화되는 것으로 나타났다.

이상의 논의를 바탕으로 다음과 같은 가설을 수립하였다.

H6 스마트팩토리 도입한 중소기업의 환경 요인은 도입 혁신 관리에 유의한 영향을 미칠 것이다.

H6-1 정부 지원 정책은 스마트팩토리 도입 혁신 관리에 유의한 영향을 미칠 것이다.

H6-2 기술 지원 구조는 스마트팩토리 도입 혁신 관리에 유의한 영향을 미칠 것이다.

H6-3 경쟁 환경은 스마트팩토리 도입 혁신 관리에 유의한 영향을 미칠 것이다.

7) 혁신 관리는 스마트팩토리 도입 성과 간의 관계

선행 연구에 따르면, 김정래(2019)는 혁신 저항의 조절 효과를 검증하여, 혁신 저항이 정부 지원 기대와 스마트팩토리 도입 의도 간에 정(+)의 조절 역할을 한다는 사실을 밝혀냈다. 구체적으로, 혁신 저항이 클수록 정부 지원 기대가 스마트팩토리 도입 의도에 미치는 영향이 더 강하게 나타나는 것으로 분석되었다.

Oliveira et al.(2014)는 혁신 확산 이론(DOI: Diffusion of Innovation)을

TOE 프레임워크와 결합하여 상대적 이점, 복잡성, 관찰 가능성, 호환성 등의 요인을 추가하였다. 이는 기술 요인, 조직 요인, 환경 요인에서 각기 다른 변수들이 특정 연구에 따라 다르게 작용할 수 있음을 시사한다. 최근 국내 연구에서도 TOE 프레임워크의 변수를 선택적으로 활용하여 스마트팩토리의 수용 의도와 도입 성과 간의 관계를 규명하고 있다(김승택, 2016; 길형철, 2019; 오주환 외, 2019; 김용성, 2021 등).

이상의 논의를 바탕으로 다음과 같은 가설을 수립하였다.

H7 혁신 관리는 스마트팩토리 도입 성과(효율성, 원가절감, 품질)에 유의한 영향을 미칠 것이다.

8) 기술 요인과 도입 성과 간의 관계에서 도입 혁신 관리 매개 효과

선행 연구에 따르면, 스마트팩토리 도입에 영향을 미치는 환경 요인과 기술적 특성은 다양한 세부 요인들로 구성되며, 이러한 요인들은 스마트팩토리의 도입 수준에도 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 도입 수준에 따라 활용 효과와 경영 효과가 달라지며, 활용 효과는 사용량과 사용 만족도로, 경영 효과는 불량 감소, 납기율 향상, 생산성 향상 등으로 구체화된다(문수미, 2024).

기업이 기술을 개발하고 사용하는 관점에서, 기술은 고유한 특성을 지닌다. 기술의 성숙도, 기술의 신뢰성, 기존 기술과의 연계성을 포함한 기술 우수성(Rothwell, 1992)과 시장 영향력, 응용성, 확장성을 기반으로 한 기술 범용성(Putnam, 1996)으로 구분할 수 있다.

오주환 외(2019)의 연구에 따르면, 종업원의 기술 수용 태도와 기술 사용 용이성은 스마트팩토리의 주요 세 가지 기술(자동화 기술, 제조 빅데이터 기술, 공급사슬 통합 기술)의 도입 수준에 정(+)의 영향을 미친다.

이상의 논의를 바탕으로 다음과 같은 가설을 수립하였다.

H8 스마트팩토리 도입한 중소기업의 기술 요인과 도입 성과 간의 관계에서

도입 혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.

H8-1 기술 준비성과 도입 성과(효율성, 원가절감, 품질) 간의 관계에서 도입 혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.

H8-2 신뢰도와 도입 성과(효율성, 원가절감, 품질) 간의 관계에서 도입 혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.

H8-3 데이터 활용 역량과 도입 성과(효율성, 원가절감, 품질) 간의 관계에서 도입 혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.

9) 조직 요인과 도입 성과 간의 관계에서 도입 혁신 관리 매개 효과

선행 연구에 따르면, 스마트팩토리의 핵심 성공 요인 중 하나인 통합된 조직·인적 측면이 운영 성과와 환경 성과 모두에 유의미한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다(권세인, 2019).

Lee et al.(2012)은 중소기업의 제조 실행 시스템(MES)을 대상으로 MES의 성공적 구현에 영향을 미치는 주요 요인을 규명하였다. 분석 결과, CEO 지원, 투자 충분성, 시스템 개발자의 역량, 사용자 참여가 MES의 성공적 이행에 중요한 요인으로 작용한다는 점이 확인되었다. 구체적으로, CEO 지원은 사용자 참여에, 사용자 참여는 MES 품질에, MES 품질은 사용자 만족도에, 사용자 만족도는 생산성과에 유의미한 영향을 미쳤다.

스마트팩토리 구축 이후 중소기업의 독립적인 유지 관리 역량 강화를 위해 모든 직원의 역량 개발이 필수적이다. 특히, 시스템 관련 분야의 전문 인력 양성이 지속적으로 이루어져야 하며, 이를 위한 전문 강사의 역량 또한 매우 중요하다는 연구 결과가 도출되었다(서홍일, 2022). 따라서, 전문 인력에 대한 교육과 훈련은 지속적으로 실시되어야 하며, 이는 스마트팩토리 구축 후 유지 관리의 성공적인 수행을 위한 필수적 조건으로 판단된다.

이상의 논의를 바탕으로 다음과 같은 가설을 수립하였다.

H9 스마트팩토리 도입한 중소기업의 조직 요인과 도입 성과(효율성, 원가절감, 품질) 간의 관계에서 도입 혁신 관리 매개 효과가 있을 것이다.

H9-1 경영층 지원과 도입 성과(효율성, 원가절감, 품질) 간의 관계에서 도입 혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.

H9-2 재정적 확보와 도입 성과(효율성, 원가절감, 품질) 간의 관계에서 도입 혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.

H9-3. 전문 인력 확보와 도입 성과(효율성, 원가절감, 품질) 간의 관계에서 도입 혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.

10) 환경 요인과 도입 성과 간의 관계에서 도입 혁신 관리 매개 효과

선행 연구에 따르면, 기업의 핵심역량, 혁신 의도, 기업 성과 간에는 구조적 인과관계가 존재하며, 특히 혁신 의도는 기업의 핵심역량과 기업 성과 사이에서 매개 역할을 하는 것으로 나타났다. 송원철(2021)의 연구 결과, 혁신 의도는 완전 매개 효과를 가지며, 총 효과 중 간접효과만 유의미한 것으로 분석되었다.

TOE 프레임워크에서 제시된 기술 요인과 환경 요인은 신기술 수용과 관련된 세부 변수(혁신역량, 기술 수용성, CEO 지원, 기업가정신, 조직 역량, 정부 지원, 경쟁 환경, 컨설팅 지원 등)로 구성되며, 이러한 변수들은 스마트팩토리 도입 후 지속적 사용과 고도화에 직접적으로 영향을 미치는 중요한 요인으로 검증되었다(길형철, 2019; 박현오, 2020; 김정래, 2020; 이종근 & 길종구, 2021).

이상의 논의를 바탕으로 다음과 같은 가설을 수립하였다.

H10 스마트팩토리 도입한 중소기업의 환경 요인과 도입 성과(효율성, 원가절감, 품질) 간의 관계에서 도입 혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.

H10-1 정부 지원 정책과 도입 성과(효율성, 원가절감, 품질) 간의 관계에서 도입 혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.

H10-2 기술 지원 구조와 도입 성과(효율성, 원가절감, 품질) 간의 관계에서 도입 혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.

H10-3 경쟁 환경과 도입 성과(효율성, 원가절감, 품질) 간의 관계에서 도입

혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.

제 3 절 변수의 조작적 정의 및 분석 방법

1) 변수의 조작적 정의

본 연구는 스마트팩토리에 대한 이론적 고찰과 선행 연구를 기반으로 연구 모형을 제시하고, 이를 토대로 연구 가설을 설정하였다. 변수의 조작적 정의는 기존 연구에서 검증된 자료를 참고하여 도출하였으며, 설문 항목은 연구 목적에 부합하도록 수정 및 보완하였다. 연구 변수의 모든 측정 항목은 5점 Likert 척도를 사용하여 응답자의 의견을 수집하고 분석하였다.

각 변수의 조작적 정의와 세부 측정 항목은 <표3-1>에 제시하였다.

가) 기술 요인

(1) 기술 준비성

기술 준비성(Technology Readiness)은 기업이나 조직이 새로운 기술을 도입하고 이를 효과적으로 활용할 수 있는 준비 상태와 역량을 의미한다. 이는 기술적 인프라뿐만 아니라 조직 구성원의 기술 수용 태도와 적응성, 그리고 기술을 운용할 수 있는 프로세스 전반을 포함한다. 기술 준비성은 변화하는 시장 환경과 혁신적 요구에 대응하기 위한 기업의 노력 수준을 반영하며, 신 기술 도입 과정에서 성공 가능성을 높이는 핵심 요소로 작용한다. 따라서 기술 준비성은 기업의 경쟁력 유지와 지속 성장을 위한 필수적 요건으로 간주된다.

이에림(2019)은 중소기업이 스마트 공장을 도입하고 효과적으로 수용하기 위해 사전 준비와 구축 수준이 매우 중요한 역할을 한다고 강조하였다. 박현오(2020)는 혁신적인 IT 기술의 수용을 위해서는 요소 기술 및 관련 인프라가 충분히 준비되어야 한다고 지적하였으며, Thoben et al.(2017)은 제조 현

장에서 기계 및 설비, 인력, 외부 공급사슬과의 데이터 연결성이 스마트 제조 환경의 필수 요건이라고 설명하였다. 또한, 오주환(2019)은 기업의 기술 도입이 종업원의 기술 수용 태도와 사용 용이성에 대한 인식에 따라 결정된다고 언급하였다.

본 연구는 선행 연구를 기반으로 기업이 새로운 기술을 성공적으로 도입하고 활용하기 위해서는 기술 준비성, 즉 필요한 모든 기술적 자원과 환경이 갖춰져야 함을 강조한다. 기술 준비성은 기업의 기술적 변화를 원활히 수용하고 이를 전략적으로 활용하는 기반을 제공하며, 이는 혁신적인 기술 도입의 필수적 전제 조건으로 작용한다. 본 연구에서는 기술 준비성을 인프라적 관점에서 다루며, 스킬 보유, 지식 보유, 전문가의 도움, 기술 결합 활용, 구축 장비 보유라는 총 5개의 항목으로 측정하였다.

(2) 기술 신뢰도

스마트팩토리 기술의 신뢰성은 자동화된 생산 시스템이 안정적이고 일관된 성능을 발휘하며, 의도한 기능을 정확하게 수행할 수 있는 능력을 의미한다. 이를 달성하기 위해 고급 센서, 인공지능(AI), 데이터 분석 기술을 활용하여 공정 데이터를 실시간으로 모니터링하고, 오류를 최소화하며, 예측 유지보수를 실행해 생산 과정의 효율성을 극대화한다. 신뢰성의 주요 요소로는 데이터의 정확성과 일관성, 시스템 안정성, 보안성, 상호운용성, 확장성, 실시간 대응성이 포함된다. 이러한 신뢰성은 자재(복원력)과 지속적인 생산성 유지, 제품 품질 및 안정성을 보장하여 디지털 전환 속 제조업의 성공에 핵심적인 역할을 한다.

스마트팩토리는 공장 내 모든 공정 및 활동을 통합된 프로세스를 통해 연결하여 제어 기능을 수행하며, 생산 공정의 유연성과 자동화를 선행적으로 달성하고자 한다. 이러한 통합 및 자동화된 시스템은 생산 과정에서 발생하는 데이터를 수집하고 분석하여 전체 생산 공정의 효율성과 생산성을 향상시키는 것을 목표로 한다(소병엽 & 신성식, 2017; 서창성 외, 2018).

스마트팩토리는 IoT, 딥러닝, 인공지능(AI) 기술, 로봇 장비, 빅데이터와

같은 자동화된 ICT 기술을 활용하여 데이터 신뢰성을 확보하고 지능적 생산 시스템을 구축한다. 이러한 기술들은 민첩하고 능동적인 생산 환경을 가능하게 하며, 이에 따라 생산 시스템의 유연성과 신뢰성을 강화한다(소병업 & 신성식, 2017; 서창성 외, 2018). 스마트팩토리의 목표는 생산 전략에 기반한 제조 여건 변화에 유연하게 대응하고, 공급망 관리(SCM) 통합 관점에서 QCD(Quality, Cost, Delivery)를 관리하여 신뢰성 있는 생산 운영을 달성하는 것이다(나형배 외, 2020).

본 연구는 선행 연구를 바탕으로 스마트팩토리 기술의 신뢰성을 자동화된 생산 시스템의 안정성과 일관된 성능, 기술적 신뢰성, 생산 중 시스템 안정성, 작업자의 신뢰와 관련된 부속 환경을 포함하는 요인으로 정의하였다. 기술 신뢰성은 안전한 서비스, 기술 정확성, 기술 오류 최소화, 기술 신뢰로 구성된 총 4개 항목으로 측정하였다.

(3) 데이터 활용 역량

스마트팩토리에서 데이터 활용 역량은 제조 과정 전반에서 발생하는 다양한 데이터를 수집, 분석, 시각화하고 이를 기반으로 최적의 의사결정을 내리는 능력으로 정의된다. 이러한 역량은 제조 장비의 상태 모니터링, 예지 정비, 생산 공정 최적화 등을 포함하며, 데이터 기반의 지능형 자동화를 통해 생산성 향상과 품질 개선을 이루기 위한 핵심 요소로 작용한다. 또한, 데이터 활용 역량은 디지털 트윈, 인공지능(AI), 빅데이터 분석과 같은 최신 기술들과 결합하여 스마트 제조의 유연성과 신속성을 증대시키는 데 기여한다. 이를 통해 제조업체는 실시간으로 변화하는 시장 수요에 대응하고, 에너지 효율성을 극대화하며, 운영 비용을 절감할 수 있다.

Long et al.(2017)의 연구에서는 스마트팩토리의 특징으로 제조 현장에서 수집된 데이터를 의사결정에 활용하는 전환성, 제조 현장의 시스템과 연결하는 네트워크의 연결성, 네트워크를 통제하고 정보를 수집하는 사이버 기능, 인공지능을 활용한 상황 인식과 학습을 통한 지식 생성, 자원 및 설비의 재구성 능력을 제시하였다. 이를 통해 생산 공정을 최적화하고, 생산품의 품질 및

재고를 효과적으로 관리하며, 생산 장비를 효율적으로 운영하고 노동 생산성을 향상시킬 수 있음을 밝혔다.

나형배 외(2020)의 연구에 따르면, 스마트팩토리는 실시간 데이터 시각화를 통해 제조 현장이나 생산 제품에서 얻어진 데이터를 변환하여 인간 또는 자율 시스템의 의사결정을 지원하는 실행 가능한 통찰력으로 전환할 수 있다. 이러한 데이터 활용은 시간, 품질 및 산출량을 개선하고 안전 문제를 사전에 방지하는 데 기여한다.

본 연구는 선행 연구를 바탕으로 스마트팩토리의 데이터 활용 역량을 기업이 데이터를 효과적으로 수집, 분석, 활용하는 정도로 정의하였다. 데이터 활용 역량은 생산 프로세스 구축 데이터 활용, 생산 공정 데이터 활용, 생산 성과 품질 성과 데이터 활용, 신제품 개발 프로세스 데이터 활용, 제품 생산 리드타임 데이터 활용, 실시간 상태 파악 개선 데이터 활용, 작업 방법 효과성 데이터 활용, 제품 생산 리드타임 개선 데이터 활용이라는 총 8개의 항목으로 구성하였다.

나) 조직 요인

(1) 경영층 지원

스마트팩토리에서 경영층의 지원은 디지털 전환과 생산 효율성을 극대화하는 데 있어 핵심적인 역할을 수행한다. 경영층은 기술 도입 및 혁신 과정을 촉진하며, 이를 위해 필요한 자원 할당, 조직문화 변화, 직원 교육 등을 적극적으로 지원해야 한다.

스마트팩토리의 성공적인 도입 및 운영 안착을 위해 최고 경영층의 지원은 결정적인 요인으로 작용한다. 최고 경영층의 강력한 의지와 관심, 그리고 재정적 지원은 조직 구성원들의 스마트팩토리 도입 의도를 높이는 중요한 동력으로 평가된다(박현오, 2020). 반면, 최고 경영층의 추진 의지가 부족할 경우 조직 구성원들이 도입에 대해 낮은 인식을 가지게 되고, 구축된 소프트웨어 운영 시스템의 활용도가 저하되며, 스마트팩토리 전담 추진 인력의 확보에

도 어려움이 발생할 수 있다(김현득 외, 2019).

따라서 최고 경영층의 적극적인 지원과 관심은 스마트팩토리의 성공적인 도입과 운영에 있어 필수적인 요소라 할 수 있다. 특히, 최고 경영층의 관심과 지원은 전문 인력 확보와 시스템 통합 및 활용을 위한 기반을 마련함으로써, 조직 내에서 새로운 기술과 서비스가 정착되고 지속적으로 활용될 수 있는 환경을 구축하는 데 기여한다(이종군, 2023).

본 연구는 선행 연구를 바탕으로 경영층의 지원을 스마트팩토리 도입 및 구축 과정에서 최고 경영층이 조직적 및 재정적 지원을 통해 구성원의 의사결정과 행동에 긍정적인 영향을 미치는 정도로 정의하였다. 경영층 지원은 적극적 지원, 경제적 위험(투자 손실 및 실패) 감수, 구성원의 반대에 적극적 대처, 적극적 추진, 도입에 관련된 이점을 정확하게 파악하고 있는지 총 5개 항목으로 구성하였다.

(2) 재정적 확보

전반적인 산업 경쟁력을 향상하기 위해서는 새로운 계획 수립도 중요하지만, 현재 추진 중이거나 예정된 스마트 공장 표준화 관련 시책들이 성공적으로 이행될 수 있도록 제도적 및 재정적 지원이 반드시 선행되어야 한다(백종현, 2016). Zeng et al.(2010)은 정부의 재정 보조금이 중소기업의 혁신에 효과적임을 밝혔으며, 박현오(2020)의 연구 결과에서도 재정적 확보가 양호할수록 스마트팩토리 도입 가능성이 더 높은 것으로 나타났다($t=4.707$, $p<0.01$). 이는 재정적 안정성이 높은 기업일수록 초기 투자에 대한 부담이 적고, 혁신적인 기술 도입에 더욱 적극적으로 대응할 수 있음을 시사한다.

본 연구에서는 스마트팩토리 도입과 관련한 재정적 확보를 재무적 지원 확보, 투자 예산 확보, 타 예산 활용, 도입 예산 외부 조달 능력의 총 4개 항목으로 구성하였다.

(3) 전문 인력 확보

스마트팩토리 도입 후에는 현재 사용하고 있는 스마트팩토리를 지속적으로 활용하고 고도화하려는 자발적이고 적극적인 노력이 필요하다. 이를 위해 스마트팩토리 전담 부서를 설립하고, 전문 인력을 양성하며, 관련 교육 및 훈련에 대한 예산을 증액하는 등 다양한 계획을 수립해야 한다(이종근, 2023). 또한, 스마트팩토리 기술과 시스템을 성공적으로 조직 내에 정착시키기 위해 기존 기술과의 융합 가능성을 극대화할 수 있는 내부 스킬과 지식을 강화하는 것이 중요하다. 최고경영자의 관심과 지원은 전문 인력 확보와 시스템 결합 및 활용을 위한 기반 마련에 필수적인 역할을 한다(이종근, 2023).

박현오(2020)의 연구에 따르면, 전문 인력의 확보 상태가 양호할수록 스마트팩토리 도입에 긍정적인 영향을 미친 것으로 나타났다. 이는 충분한 기술적 지식과 전문성을 보유한 인력의 확보가 스마트팩토리 기술의 수용과 적용을 촉진한다는 점을 보여준다. 본 연구는 스마트팩토리 도입의 성공에 미치는 영향 요소를 평가하기 위해 업무 수행 역량, 정의에 기반한 교육, 담당자 교육, 외부 전문기관과의 연계, 외부 전문가와의 협업, 그리고 정책적 지원 수준의 총 6개 항목으로 구성하였다.

다) 환경 요인

(1) 정부 지원 정책

박현오(2020)는 정부의 구체적이고 적극적인 지원이 이루어질 때 기업들이 스마트팩토리 도입을 적극적으로 고려하게 된다고 강조하였다. 정부의 지원은 기업의 매출 증가, 수출 확대, 고용 증대뿐만 아니라 기술력 개발과 강화, 시장 창출 등 경영 전반에 긍정적인 영향을 미친다(Almus & Czarnitzki, 2003; Lee, 2011; 김정래 & 이상직, 2020). 이러한 지원은 스마트팩토리와의 같은 혁신적인 기술 도입에서 그 효과가 더욱 두드러진다.

정부의 지원 기대는 스마트팩토리과 관련된 정부 지원사업에 대한 인식과

지원을 받을 수 있다는 기대를 의미하며, 이는 스마트팩토리 도입 의도에 가장 큰 영향을 미칠 수 있는 요인으로 평가되고 있다(김성태, 2021). 또한, 정부의 지원은 기업의 흡수량, 경쟁 환경 요인과 함께 스마트팩토리 도입 후 만족도에 유의한 영향을 미친 것으로 나타났다(김형철, 2019).

본 연구에서 정부 지원 정책은 구축 지원사업에 대한 이해도, 구축 관련 정부 및 공공기관의 지원 수준, 정부 지원사업이 기업의 경쟁력 강화에 미치는 영향, 구축 지원사업의 실질적 효과, 그리고 정부 지원이 스마트팩토리 도입 결정에 미치는 영향 정도로 총 5개 항목으로 구성되었다.

(2) 기술 지원 구조

김상문(2020)은 빅데이터 기반 중소 제조 기업의 스마트팩토리 수용 의도와 경영 성과에 관한 연구에서, 외부 컨설팅 만족도와 컨설턴트 역량이 중요한 의사결정 요인임을 확인했다. 정부 지원 정책과 지원 제도 역시 스마트팩토리 도입의 환경적 요인으로 작용하며, 이는 기업의 도입 의도에 영향을 미친다고 하였다.

스마트팩토리 도입 시 기업들은 자체적인 교육 외에도 정부, 외부 기관, 협력업체 등 다양한 외부 지원을 활용하여 교육 및 기술 지원을 시도하고 있다. 협력업체와 원청은 기술 검토, 인력 파견, 실무 수행 능력 향상 교육 등을 제공하며, 정부는 업종별 전문가를 활용한 현장 맞춤형 혁신 활동 지원을 통해 노하우 전수를 돕는다. 또한, 외부 전문가의 컨설팅과 협력업체의 인증 유지 및 설계 조언 등의 지원을 통해 스마트팩토리 구축 과정에서 기업의 기술적 난제를 해결할 수 있도록 지원하고 있다(문수미, 2024).

본 연구에서 기술 지원 구조는 스마트팩토리 도입과 관련하여 전문적인 기술 지원, 기술 지원이 스마트팩토리 구축 성공 가능성에 미치는 영향, 대기업의 전문성과 노하우 활용, 사후 관리 수준으로 반영하여 총 4개 항목으로 구성하였다.

(3) 경쟁 환경

Zahra & George(2002)는 기업의 경쟁력을 강화하기 위해 외부로부터 지식을 획득하고, 이를 내재화하여 변환하고 응용할 수 있는 조직 활동 능력으로 정의하였다.

주영석과 이동희(2019)는 중소 금속가공 기업을 대상으로 스마트팩토리 구축이 기업 생산성에 미치는 영향을 연구한 결과, 기업의 참여 의지, 정부 지원사업 참여 의지, 제조 역량이 스마트팩토리 구축 효과에 정(+)의 영향을 미친다는 것을 검증하였다.

본 연구에서 경쟁 환경은 경쟁 우위, 경쟁력 영향, 일부 경쟁 회사의 스마트 공장 운영, 고객 및 거래처로부터의 스마트 공장 구축 요구 정도를 반영하여 총 4개 항목으로 구성하였다.

라) 도입 혁신 관리

슘페터는 경제와 사회의 발전이 혁신을 통해 이루어진다고 보았다. 그는 기업이 변화하는 환경에 민첩하게 적응하고 높은 생산성을 달성하기 위해 공정, 시장, 재료, 조직 등 생산수단의 전 분야에서 이루어지는 일련의 활동을 "혁신"이라고 정의하였다(박현오, 2020). 기술 준비성이란 기업이 혁신 기술을 수용하고 활용하기 위해 필요한 기술적 능력을 갖추는 것을 의미하며, 이는 다양한 변수들의 결합체로 이해될 수 있다(윤경, 2015).

Kettinger & Grover(1995)는 혁신적인 정보기술의 도입이 기업의 전략적 목적과 최고경영자의 강력한 지원에 의해 결정될 경우, 기술혁신이 급진적이고 전사적으로 추진될 가능성이 크다고 주장하였다.

박현오(2020)의 연구에 따르면, 기술적 요인과 혁신의 상호작용이 스마트팩토리 도입에 유의한 영향을 미치며($p < 0.05$), 조직적 요인과 혁신의 상호작용이 스마트팩토리 도입에 더욱 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다($p < 0.01$). 이는 혁신이 스마트팩토리 도입 과정에서 기술적 및 조직적 요인의 영향을 조절하는 중요한 요인으로 작용한다는 것을 의미한다.

본 연구에서는 도입 혁신 관리를 다음과 같은 5개 항목으로 측정하였다

마) 도입의 성과

(1) 효율성

스마트팩토리 도입은 고객 맞춤형 생산 방식을 가능하게 하며, 고객 만족, 공정 효율성 향상, 지속 가능성, 제품 품질 개선, 비용 절감, 안전성 증대 등을 통해 기업의 수익성을 향상시킨다. 이는 이익 증대, 신규 시장 확보, 매출 확대와 같은 경영 성과로 이어질 수 있다(Kagermann et al., 2013; 고경석 외, 2021).

오원근(2018)은 4차 산업혁명 시대에서 기업들이 스마트팩토리 운영과 스마트 제조를 통해 경쟁력을 확보해야 한다고 강조하며, 스마트팩토리 도입이 대량생산의 효율성을 높이고 고객 가치를 최우선으로 고려함으로써 경영 성과를 크게 증가시킬 수 있다고 밝혔다.

스마트팩토리를 도입한 기업에서 나타나는 주요 효과로는 업무 효율성 제고, 불량률 감소, 생산성 향상, 원가 절감 등이 있으며, 이는 기업 경쟁력 강화의 핵심 요인으로 작용한다(김현규, 2020).

김준범 외(2007)의 연구에서는 공정이 제품 생산의 핵심 과정으로 정의되며, 이는 사람과 기계가 작업장에서 수행하는 모든 활동을 포함한다고 하였다. 연구에 따르면, 기업은 생산 공정의 효율성과 효과성을 높이기 위해 공정을 철저히 평가하고 분석하며, 이를 통해 비용 최소화를 실현하고 생산성을 극대화할 필요가 있다고 강조하였다.

본 연구의 효율성 요인의 측정은 비용 절감, 품질 향상, 유연성 향상, 리드타임 감소, 생산 속도 향상 정도로 총 5개 문항으로 구성되었다.

(2) 원가절감

중소벤처기업의 경우 생산성이 39% 증가하여 평균 개선 효과(30.0%)를 크게 웃도는 것으로 나타났으며, 품질, 원가, 납기 개선 효과 또한 가장 높은 수준으로 확인되었다(이종근, 2023). 기업은 스마트팩토리의 설비 자동화와 업무 자동화를 구축함으로써 공장별 제조지시, 스케줄 관리, 불량률 관리, 품질 관리, 실적 처리의 자동화를 실현하고, 생산 및 공급망의 생산성 향상이라는 목표를 달성할 수 있다(신장철 외, 2017; 임정우 외, 2017; Wu et al., 2016; Waibel et al., 2017).

본 연구에서 원가 절감은 노무비 절감, 재료비 절감, 생산 공정 설비 절감, 생산 공정 낭비 절감 정도로 측정되었으며, 총 4개 문항으로 구성되었다.

(3) 품질

스마트팩토리의 활용이 국내 중소 제조 기업의 제품 품질과 혁신 성과에 미치는 영향을 분석한 이록 & 채수(2020)의 연구에 따르면, 스마트팩토리 기술 적용이 기업 성과에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이 연구는 중소 제조 기업이 스마트팩토리를 통해 상호 간의 연결을 강화하여 높은 수준의 품질 관리와 제조 설계 과정에서의 실행 및 분석까지 포함하는 효과적인 정보 관리를 가능하게 함을 강조하였다. 또한, 다양한 디바이스로부터 수집된 체계적 정보를 통합 및 관리함으로써 중소 제조 기업의 성과를 극대화할 수 있음을 주장하였다.

Belli(2021)는 제조업에서 생산과 품질은 매우 밀접한 관계를 가지며 높은 상관관계를 지니고 있다고 하였다.

중소 제조업의 스마트 공장 도입 사례는 총 30,144개에 이르며, 품질 개선 측면에서 두드러진 성과를 보였다. 스마트 공장을 도입한 기업들은 평균적으로 품질 개선율이 43.5%에 달했으며, 이를 통해 제품의 불량률을 크게 줄이고 전반적인 품질 수준이 향상된 것으로 나타났다(스마트 제조혁신추진단, 2023).

본 연구에서 품질 요인의 측정은 품질 불량 비용 감소, 자재 불량 감소, 불량 검출 성능, 신속한 대응 정도를 포함하여 총 5개 문항으로 구성되었다.

〈표3-1〉 각 변수의 조작적 정의

변수명		조작적 정의	선행 연구
기술 요인	기술 준비성(인프라)	중소기업이 스마트 공장과 혁신적인 IT 기술을 효과적으로 도입하기 위해서는 충분한 사전 준비와 요소기술, 관련 인프라 구축이 필수적이다.	이예림(2019) 박현오(2020)
	기술 신뢰도	스마트팩토리의 기술 신뢰도는 자동화된 생산 시스템의 안정성과 일관된 성능을 보장하며, 안전한 서비스 제공, 기술 정확도, 오류 최소화, 기술 신뢰 구축 등을 통해 생산 공정의 효율성과 생산성을 향상시킨다.	소병업 & 신성식(2017) 서창성 외(2018) 나형배 외(2020)
	데이터 활용 역량	스마트팩토리의 데이터 활용 역량은 기업이 데이터를 효과적으로 수집, 분석, 활용하여 생산성과 품질을 최적화하고, 리드타임 단축과 실시간 의사결정을 통해 생산의 민첩성을 높이는 능력으로 정의한다.	황승연 외(2019) 배성민(2017) 이은지 & 조철호(2021) 김승택(2022)
조직 요인	경영층 지원	스마트팩토리의 성공적인 도입을 위해서는 최고 경영층의 강력한 의지와 관심, 재정적 지원이 필수적이며, 이는 구성원들의 도입 의도를 높이고 시스템의 활용도를 극대화하는 데 중요한 역할을 한다.	박현오(2020) 김현득 외(2019) 이종근(2023)
	재정적 확보	기업의 재정적 확보는 스마트팩토리 도입에 주요 요인으로, 재무적 지원, 투자 예산 확보, 타 예산 활용, 외부 자금 조달 능력 등이 스마트팩토리 도입 가능성에 긍정적인 영향을 미친다.	박현오(2020) 백종현(2016) Zeng et al.,(2010)
	전문 인력 확보	스마트팩토리 도입과 성공적인 정착을 위해서는 최고경영자의 관심과 지원을 통해 전문 인력을 확보하고, 전담 부서의 구성, 충분한 교육 및 예산 지원, 외부 전문가와의 협업이 중요하다.	이종근(2023) 박현오(2020)
환경 요인	정부 지원 정책	정부의 지원 정책은 스마트팩토리 도입 의사결정 및 구축 과정에서 기업의 경쟁력 강화와 효과적인 지원을 제공하는 중요한 요소로 작용한다.	박현오(2020) 김형철(2019) 김성태(2021) 김정래 & 이상직(2020) Lee(2011) Almus & Czarnitzki

			(2003)
	기술 지원 구조	스마트팩토리 도입 시 중소 제조기업들은 정부 및 협력업체의 기술 지원과 전문적인 컨설팅을 통해 구축 성공 가능성을 높일 수 있다.	김상문(2020) 문수미(2024)
	경쟁 환경	경쟁 환경은 경쟁우위, 경쟁력에 미치는 영향, 경쟁사의 스마트 공장 운영 여부, 고객 및 거래처의 구축 요구 정도를 측정된다.	주영석 & 이동희(2019)
도입 혁신 관리		숨페터의 혁신 개념에 따르면, 기업의 기술 및 조직적 요인과 혁신의 상호작용이 스마트팩토리 도입에 유의한 영향을 미치며, 이러한 혁신은 기술적 · 조직적 요소의 영향을 조절하는 중요한 요인으로 작용한다.	박현오(2020) 윤경(2015) Kettinger & Grover(1995)
도입의 성과	효율성	스마트팩토리 도입은 업무 효율성 제고, 불량률 감소, 생산성 향상, 리드타임 감소, 유연성 및 생산 속도 향상 등의 효과를 통해 기업의 경영 성과를 크게 향상할 수 있다.	김준범 외(2007) 김현규(2020) 오원근(2018) Kagermann et al.,(2013) 고경석 외(2021)
	원가절감	제조업에서 마케팅 역량과 기술 역량이 경영성과 및 원가우위전략에 중요한 영향이 미치고, 스마트 공장이 ICT 기술을 활용해 낭비 제거, 원가 절감, 생산성 향상 등 비용 효율화에 기여한다.	이종덕(2024) 서창성 외(2018)
	품질	스마트팩토리 기술이 중소 제조 기업의 품질 관리와 혁신성장에 유의한 영향을 미친다고 강조하였다.	이록 & 김채수 (2020)

바) 분석 방법

본 연구의 범위는 중소 · 중견기업을 대상으로 스마트팩토리 도입 경험이 있거나 도입하고 있는 기업의 임직원을 대상으로 2024년 8월 1일부터 2024년 9월 30일까지 60일간 설문조사를 실시하였으며, 배포된 설문지 300부 중 회수된 300부에서 결측값을 제외한 유효 응답 264부를 실증 분석에 사용하였다.

선행 연구를 토대로 설문지 제작 및 설문조사를 거쳐 실증 분석은 통계프로그램 IBM SPSS 27.0을 사용하였고 구체적으로 다음과 같은 통계적 분석을 수행하였다.

첫째, 기업의 일반 연구 대상자 특성을 파악하기 위해 개인 특성, 기업 특성, 스마트팩토리 활용 특성을 나누어 IBM SPSS 27.0을 사용하여 빈도분석을 실시하였다.

둘째, 기술의 요인, 조직의 요인, 환경의 요인 등 변수 간의 타당도와 신뢰도를 검토하기 위해 탐색적 요인분석(EFA)을 실시하였으며, Cronbach's α 계수를 활용하여 각 요인의 신뢰도를 분석하였다.

셋째, 주요 변수로서 기술 요인, 조직 요인, 환경 요인의 세 가지 요인을 독립 변수로 설정하고, 도입 혁신 관리의 수준과 분포를 파악하기 위해 기술 통계 분석을 실시하였다.

넷째, 기술 요인, 조직 요인, 환경 요인, 도입 혁신 관리에 영향을 구체적으로 설명하고, 각 요인 간의 복합적인 관계를 파악하기 위해 주요 변수 간의 전반적인 관계에 관한 상관분석을 실시하였다.

다섯째, 기업 요인이 스마트팩토리 도입 성과에 미치는 영향과 도입 혁신 관리의 매개 효과를 살펴보기 위해 Hayes process Macro 4번 모형을 이용하여 회귀분석을 실시하였다.

본 연구에서 사용된 설문지는 기존의 선행 연구를 토대로 연구 모형에 포함된 각 개념을 측정할 수 있도록 설문 문항을 구성하였다. 본 연구에 사용된 설문지로 기술 요인은 기술 준비성 5문항, 기술 신뢰도 4문항, 데이터 활용 역량 8문항으로 구성되어 있으며, 조직 요인은 경영층 지원 5문항, 재정적 확보 4문항, 전문 인력 확보 6문항으로 구성되어 있다. 환경 요인은 정부 지원 정책 5문항, 기술 지원구조 4문항, 경쟁 환경 4문항으로 구성되어 있으며, 도입 혁신 관리 4문항이며, 도입의 성과는 효율성 5문항, 원가절감 4문항, 품질 5문항으로 구성되어 있다. 인구통계학 특성에 관한 문항은 8문항이다. 본 연구에서 사용된 설문지의 응답은 “매우 그렇지 않다”의 경우 1점, “매우 그렇다”인 경우에는 5점을 부과하는 방식으로 리 커트 5점 척도(Likert Scale)를 사용하였다. 설문지 문항 구성 내용은 <표3-2>에 표현하였다.

〈 표3-2〉 설문지 구성

변수		항목 수	참고문헌
기술 요인	기술 준비성(인프라)	5	허정미
	기술 신뢰도	4	허정미
	데이터 활용 역량	8	김용성
조직 요인	경영층 지원	5	최진수
	재정적 확보	4	길형철
	전문 인력 확보 확신성	6	조지훈
환경 요인	정부 지원 정책	5	허정미
	기술 지원 구조	4	서홍일
	경쟁 환경	4	길형철
도입 혁신 관리		4	허정미
도입의 성과	효율성	5	권세인
	원가절감	4	문수미
	품질	5	문수미
인구 통계적 변수	직급 근무 경력 매출액 규모 종업원 수 업종 불량률 감소 도입 후 효율성 생산성 향상		연구자가 목적에 맞게 구성함

제 4 장 가설 검증

제 1 절 응답자 특성

1) 연구 대상자의 특성

본 연구에서 사용된 연구 대상자의 일반적인 특성에 대해 살펴보면 다음과 같다. 개인 특성의 경우 직급은 대리/과장급이 36.0%로 가장 많았고, 차장/부장급 34.8%, 사원 20%, 임원급 6.4%, 대표 1.9% 순으로 나타났다. 근무 경력은 1년 미만 5.3%, 1년~3년 미만 31.8%, 3년~5년 미만 30.7%, 5년~10년 미만 21.6%, 10년 이상 10.6%로 나타났다.

응답자의 소속 기업 특성의 경우 매출 규모는 50억 미만 22.3%, 50억~100억 미만 36.4%, 100억~500억 미만 37.1%, 500억~1,000억 미만 4.2%로 나타났다. 종업원 수는 20명 미만 14.4%, 20~50명 미만 30.7%, 100명~300명 미만 17.8%, 300명 이상 3.0%로 나타났다. 업종은 기계/금속이 32.2%로 가장 많았고, 전기/전자 27.7%, 섬유/화학 18.6%, 제약/식품 12.1%, 기타 9.5% 순으로 나타났다.

스마트팩토리 도입 후 불량률 감소는 5% 미만 22.3%, 5~10% 미만 34.1%, 10~20% 미만 25.0%, 20~30% 미만 12.9%, 30% 이상 5.7%로 나타났다. 도입 후 효율성 증가는 5% 미만 22.7%, 5~10% 미만 29.9%, 10~20% 미만 26.9%, 20~30% 미만 12.5%, 30% 이상 8.0%로 나타났다.

도입 후 생산성 향상은 5% 미만 22.7%, 5~10% 미만 33.3%, 10~20% 미만 21.6%, 20~30% 미만 15.2%, 30% 이상 7.2%로 나타났다. 다음 <표 4-1>에 연구 대상자의 특성 분석 결과를 작성하였다.

〈표4-1〉 연구 응답자 특성

특성		응답 구분	빈도	백분율
개인 특성	직급	사원	55	20.8
		대리/과장급	95	36.0
		차장/부장급	92	34.8
		임원급	17	6.4
		대표	5	1.9
	근무 경력	1년 미만	14	5.3
		1년~3년 미만	84	31.8
		3년~5년 미만	81	30.7
		5년~10년 미만	57	21.6
		10년 이상	28	10.6
기업 특성	매출 규모	50억 미만	59	22.3
		50억~100억 미만	96	36.4
		100억~500억 미만	98	37.1
		500억~1,000억 미만	11	4.2
	종업원 수	20명 미만	38	14.4
		20~50명 미만	90	34.1
		50~100명 미만	81	30.7
		100~300명 미만	47	17.8
		300명 이상	8	3.0
	업종	기계/금속	85	32.2
		전기/전자	73	27.7
		섬유/화학	49	18.6
		제약/식음료	32	12.1
		기타	25	9.5
스마트팩토리 활용 특성	도입 후 불량률 감소	5% 미만	59	22.3
		5~10% 미만	90	34.1
		10~20% 미만	66	25.0
		20~30% 미만	34	12.9
		30% 이상	15	5.7
	도입 후 효율성 증가	5% 미만	60	22.7
		5~10% 미만	79	29.9
		10~20% 미만	71	26.9
		20~30% 미만	33	12.5
		30% 이상	21	8.0
	도입 후 생산성 증가	5% 미만	60	22.7

		5~10% 미만	88	33.3
		10~20% 미만	57	21.6
		20~30% 미만	40	15.2
		30% 이상	19	7.2
전체			264	100.0

제 2 절 측정 도구의 타당도와 신뢰도 검증

측정 도구의 타당도와 신뢰도 검토를 위해 탐색적 요인분석 및 신뢰도 분석을 실시하였다.

탐색적 요인분석 방법은 주성분 분석으로 하였고, 요인의 회전은 베리맥스 회전을 적용하였으며, 요인의 수는 측정 도구의 이론적 구성에 부합하도록 고정하였다. 문항 제거 기준은 요인 적재량이 0.4 미만으로 나타나는 문항, 측정 도구 설계에 부합하지 않는 요인에 교차 적재 되는 저해 문항으로 판단하여 제외하였다.

신뢰도 분석은 내적일관성 지표인 Cronbach's α 를 검토하여 0.7 이상인 경우 신뢰도가 양호하다고 판단했다(채구목, 2018).

1) 기업 요인의 타당도와 신뢰도

본 연구의 독립 변수인 기업 요인들을 구성하는 43개 문항에 대한 탐색적 요인분석 과정에서 기술의 신뢰 1, 경쟁 환경 1문항은 교차 적재되어 제외하였다. 최종적으로 41개 문항이 분산 설명력 82.049%에서 9개 요인에 적재되었다. 해당 내용은 <표4-2>에 기재하였다.

〈표4-2〉 기업 요인의 탐색적 요인분석

	요인								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
TA2(전문 인력 확보)	.799	.194	.110	.279	.048	.138	.064	.100	.062
TA5(전문 인력 확보)	.780	.131	.130	.153	.225	.079	.155	.195	.103
TA4(전문 인력 확보)	.780	.218	.118	.141	.197	.181	.142	.057	.179
TA3(전문 인력 확보)	.746	.224	.185	.248	.093	.200	.060	.143	.163
TA1(전문 인력 확보)	.743	.209	.087	.203	.245	.161	.142	.037	.113
TA6(전문 인력 확보)	.722	.204	.110	.153	.232	.273	.137	.093	.237
DC3(데이터 역량)	.186	.850	.125	.095	.135	.163	.014	.036	.044
DC2(데이터 역량)	.109	.832	.144	.133	.218	.118	.105	.000	.110
DC4(데이터 역량)	.218	.826	.124	.109	.117	.144	-.013	.130	.064
DC5(데이터 역량)	.158	.813	.118	.058	.206	.042	.019	.175	.081
DC1(데이터 역량)	.141	.794	.159	.305	.100	.115	.021	.136	.047
DC6(데이터 역량)	.239	.753	.156	.238	.101	.084	.040	.260	.094
TSS3(기술 지원 구조)	.096	.160	.877	.088	-.007	.160	.168	.060	.004
TSS1(기술 지원 구조)	.138	.112	.851	.054	.166	.190	.099	.035	.035
TSS2(기술 지원 구조)	.136	.158	.849	.160	.024	.182	.153	.134	.002
TSS4(기술 지원 구조)	.024	.224	.813	.238	-.065	.080	.142	.060	.038
MS1(경영층 지원)	.267	.230	.265	.757	.155	.164	.107	.111	.139
MS2(경영층 지원)	.262	.169	.142	.745	.189	.125	.180	.177	.197
MS5(경영층 지원)	.350	.297	.237	.671	.122	.086	.213	.182	.095
MS4(경영층 지원)	.327	.231	.170	.667	.194	.193	.167	.208	.147
MS3(경영층 지원)	.296	.199	.174	.628	.176	.101	.301	.247	.186
TRL1 (기술의 준비성)	.233	.215	-.031	.365	.709	.184	.048	.212	.073
TRL4 (기술의 준비성)	.223	.409	.102	.162	.680	.030	.054	.032	.228
TRL3 (기술의 준비성)	.318	.359	.104	-.096	.650	.147	.226	-.067	.160
TRL2 (기술의 준비성)	.357	.288	.036	.401	.637	.174	-.039	.117	-.019
TRL5 (기술의 준비성)	.250	.101	.045	.256	.551	.156	.209	.487	.210
GSA2 (정부 지원 정책)	.267	.243	.427	.132	.089	.699	.115	.132	-.007
GSA4 (정부 지원 정책)	.286	.210	.370	.182	.171	.638	.263	.094	.187
GSA5 (정부 지원 정책)	.380	.186	.345	.148	.135	.630	.261	.128	.146
GSA1 (정부 지원 정책)	.347	.313	.384	.200	.146	.606	.002	.048	.177

GSA3 (정부 지원 정책)	.341	.175	.160	.262	.311	.601	.297	.144	.206
COMP ENV4 (경쟁 환경)	.220	-.069	.204	.194	.169	.156	.769	.268	.108
COMP ENV3 (경쟁 환경)	.174	.103	.322	.266	-.023	.174	.757	.034	.008
COMP ENV2 (경쟁 환경)	.178	.021	.498	.139	.176	.150	.607	.028	.187
TIT3(기술의 신뢰)	.238	.295	.132	.249	.129	.106	.211	.727	.192
TIT4(기술의 신뢰)	.217	.382	.138	.323	.088	.107	.107	.703	.103
TIT2(기술의 신뢰)	.120	.441	.268	.415	.064	.184	-.014	.488	.113
F3(재정적 확보)	.517	.143	.036	.238	.183	.174	.148	.229	.637
F4(재정적 확보)	.504	.144	.014	.245	.137	.203	.118	.203	.631
F1(재정적 확보)	.463	.270	.098	.264	.297	.135	.088	.066	.588
F2(재정적 확보)	.505	.186	.040	.350	.197	.129	.121	.222	.548
고유값	6.334	5.864	4.445	4.301	3.070	2.852	2.382	2.273	2.118
% 분산	15.450	14.303	10.842	10.490	7.488	6.957	5.811	5.545	5.165
누적 %	15.450	29.753	40.595	51.085	58.573	65.529	71.340	76.885	82.049
KMO=.946, Bartlett's $\chi^2=11642.222(p<.001)$									

탐색적 요인분석 과정의 문항 제거를 반영하여 신뢰도 분석을 실시한 결과 Cronbach's α 는 기술의 준비성 .882, 기술의 신뢰 .886, 데이터 역량 .947, 경영층 지원 .945, 재정적 확보 .938, 전문 인력 확보 .943, 정부 지원 정책 .940, 기술 지원 구조 .931, 경쟁 환경 .858 등 모두 0.7 이상으로 나타나 신뢰도가 양호한 것으로 판단하였다. 해당 내용은 <표4-3>에 기재하였다.

〈표4-3〉 기업 요인의 신뢰도 분석

구분		문항 수	Cronbach's α
기술 요인	기술의 준비성	5	.882
	기술의 신뢰	3	.886
	데이터 역량	6	.947
조직 요인	경영층 지원	5	.945
	재정적 확보	4	.938
	전문 인력 확보	6	.943
환경 요인	정부 지원 정책	5	.940
	기술 지원 구조	4	.931
	경쟁 환경	3	.858

2) 도입 혁신 관리 및 도입 성과의 타당도와 신뢰도

본 연구의 매개 및 종속 변수인 도입 혁신 관리와 도입 성과 문항 19개에 대한 탐색적 요인분석 결과 타당도 저해 문항은 없는 것으로 나타났으며, 분산 설명력 82.798%에서 4개 요인에 적재되었다. 해당 내용은 <표4-4>에 기재하였다.

<표4-4> 도입 혁신 관리 및 도입 성과의 탐색적 요인분석

	요인			
	1	2	3	4
Innovation1(도입혁신)	.843	.283	.210	.187
Innovation3(도입혁신)	.842	.282	.185	.177
Innovation2(도입혁신)	.803	.204	.310	.298
Innovation4(도입혁신)	.787	.214	.322	.238
Innovation5(도입혁신)	.670	.248	.185	.403
CR3(원가절감)	.297	.788	.253	.293
CR2(원가절감)	.293	.788	.284	.320
CR4(원가절감)	.277	.737	.280	.374
CR1(원가절감)	.304	.682	.389	.277
EFF4(효율성)	.244	.312	.733	.432
EFF5(효율성)	.339	.281	.704	.351
EFF3(효율성)	.339	.299	.669	.412
EFF1(효율성)	.384	.490	.641	.251
EFF2(효율성)	.313	.510	.610	.273
QC5(품질)	.309	.402	.334	.689
QC4(품질)	.359	.371	.310	.675
QC2(품질)	.265	.331	.418	.667
QC1(품질)	.395	.349	.359	.641
QC3(품질)	.310	.362	.416	.609
고유값	4.558	3.985	3.635	3.554
% 분산	23.992	20.974	19.130	18.703
누적 %	23.992	44.965	64.095	82.798

KMO=.963, Bartlett's $\chi^2=5681.945(p<.001)$

탐색적 요인분석 과정의 문항 제거를 반영하여 신뢰도 분석을 실시한 결과 Cronbach's α 는 도입 혁신 관리 .942, 효율성 .945, 원가절감 .938, 품질 .941 등 모두 0.7 이상으로 나타나 신뢰도가 양호한 것으로 판단하였다(채구묵, 2018). 해당 내용은 <표4-5>에 기재하였다.

〈표4-5〉 도입 혁신 관리 및 도입 성과의 신뢰도 분석

구분		문항 수	Cronbach's α
도입 혁신 관리		5	.942
도입 성과	효율성	5	.945
	원가절감	4	.938
	품질	5	.941

제 3 절 주요 변수의 기술 통계량 검증

주요 변수의 수준 및 분포를 살펴보기 위해 기술 통계 분석을 실시하였다.

주요 변수의 수준은 평균값을 통해 확인할 수 있다. 기업 요인들의 평균값을 살펴보면 기술의 준비성 3.36, 기술의 신뢰 3.55, 데이터 역량 3.82, 경영층 지원 3.47, 재정적 확보 3.17, 전문 인력 확보 3.26, 정부 지원 정책 3.59, 기술 지원 구조 4.05, 경쟁 환경 3.62로 나타났다. 기업 요인들의 측정 범위가 1~5점임을 고려하면 전반적으로 긍정적인 평가로 볼 수 있으며, 그 중 재정적 확보가 상대적으로 낮았고, 기술 지원 구조는 상대적으로 높았다. 도입 혁신 관리의 경우 3.62, 도입 성과의 경우 효율성 3.53, 원가 절감 3.41, 품질 3.52로 역시 긍정적인 평가가 확인되었다.

주요 변수의 분포는 왜도 및 첨도를 통해 정규분포에 가까운지 확인할 수 있다. 왜도의 절댓값이 3 미만, 첨도의 절댓값이 7 미만인 경우 정규성을 가졌다고 볼 수 있는데(채구묵, 2018), 주요 변수들은 모두 이러한 조건을 충족하는 것으로 나타났다. 해당 내용은 〈표4-6〉에 기재하였다.

〈표4-6〉 주요 변수의 기술 통계량

구분		최솟값	최댓값	평균	표준편차	왜도	첨도
기술 요인	기술의 준비성	1.00	5.00	3.36	0.76	-0.22	-0.15
	기술의 신뢰	2.00	5.00	3.55	0.87	-0.03	-0.79
	데이터 역량	1.00	5.00	3.82	0.76	-0.40	0.35
조직 요인	경영층 지원	1.60	5.00	3.47	0.87	-0.09	-0.69
	재정적 확보	1.00	5.00	3.17	0.98	-0.38	-0.37
	전문 인력 확보	1.00	5.00	3.26	0.92	-0.45	-0.16
환경	정부 지원 정책	1.20	5.00	3.59	0.90	-0.43	0.18

요인	기술 지원 구조	1.75	5.00	4.05	0.84	-0.61	-0.29
	경쟁 환경	1.33	5.00	3.62	0.87	-0.38	0.09
도입 혁신 관리		1.20	5.00	3.62	0.89	-0.11	-0.58
도입 성과	효율성	1.80	5.00	3.53	0.88	-0.12	-0.77
	원가절감	1.50	5.00	3.41	0.86	0.15	-0.49
	품질	2.00	5.00	3.52	0.82	-0.08	-0.58

제 4 절 주요 변수 간 상관관계

주요 변수 간의 전반적인 관계를 살펴보기 위해 Pearson 상관분석을 실시하였다.

주요 변수 간에는 전반적으로 정(+)의 상관관계가 유의한 것으로 나타났으며, 구체적인 결과는 <표4-7>에 제시하였다.

<표4-7> 주요변수 간 상관관계

구분		기술의준비성	기술의신뢰	데이터역량	경영충지원	재정적확보	전문인력확보	정부지원정책	기술지원구조	경쟁환경	도입혁신관리	효율성	원가절감	품질
기술 요인	기술의준비성	1												
	기술의신뢰	.597***	1											
	데이터역량	.603***	.648***	1										
조직 요인	경영충지원	.660***	.725***	.560***	1									
	재정적확보	.687***	.616***	.495***	.706***	1								
	전문인력확보	.674***	.560***	.523***	.685***	.805***	1							
환경 요인	정부지원정책	.619***	.584***	.548***	.662***	.644***	.707***	1						
	기술지원구조	.283***	.429***	.401***	.481***	.275***	.369***	.634***	1					
	경쟁환경	.437***	.460***	.257***	.585***	.480***	.496***	.623***	.579***	1				
도입 혁신 관리		.642***	.565***	.640***	.616***	.638***	.669***	.678***	.453***	.478***	1			

도 입 성 과	효율성	.693***	.697***	.567***	.747***	.718***	.662***	.717***	.452***	.638***	.736***	1		
	원가 절감	.604***	.620***	.497***	.693***	.660***	.656***	.586***	.375***	.567***	.691***	.822***	1	
	품질	.624***	.650***	.539***	.722***	.711***	.716***	.769***	.528***	.675***	.747***	.875***	.827***	1

*p<.05, **p<.01, ***p<.001

제 5 절 다중 회귀 분석

본 연구에서는 스마트팩토리를 도입한 중소기업의 특성이 도입 성과에 미치는 영향과 도입 혁신 관리의 매개 효과를 검증하기 위해 Hayes process macro 4번 모형을 활용하여 회귀분석을 실시하였다. 회귀분석은 크게 3단계로 구분하여 제시하였으며, 구체적으로, 1단계에서는 매개변수(도입 혁신 관리)를 배제한 상태에서 독립변수(기업 요인)와 종속변수(효율성, 원가절감, 품질) 간의 관계를 분석하였다. 2단계에서는 독립변수(기업 요인)가 매개변수(도입 혁신 관리)에 미치는 영향을 살펴보았고, 3단계에서는 매개변수(도입 혁신 관리)와 종속변수(효율성, 원가절감, 품질) 간의 관계를 분석하였다. 종속변수가 3단계임에 따라, 1단계와 3단계는 각각 3개의 회귀분석 결과가 제시하였다. 2단계와 3단계의 회귀계수를 기반으로 독립변수의 간접효과 크기를 산출하였으며, 이러한 간접효과의 유의성을 검토하기 위해 부트스트랩 검증을 실시하였다.

회귀분석 결과를 살펴보면 다음과 같다.

1) 기업 요인이 도입 성과에 미치는 영향

기업 요인이 효율성에 미치는 영향을 살펴보기 위한 1-1단계 모형의 설명력은 72.9%로 나타났으며, 회귀모형은 유의미하였다($F=79.696$, $p<.001$). 독립변수 중 기술의 준비성($\beta=.150$, $p<.01$), 기술의 신뢰($\beta=.164$, $p<.01$), 경영층 지원($\beta=.149$, $p<.05$), 재정적 확보($\beta=.207$, $p<.001$), 정부 지원 정책($\beta=.190$, $p<.01$), 경쟁 환경($\beta=.238$, $p<.001$)이 효율성에 유의미한 정(+)의 영향을 미쳤다. 특히, 경쟁 환경의 영향력이 가장 큰 것으로 분석되었다.

기업 요인이 원가 절감에 미치는 영향을 살펴보기 위한 1-2단계 모형의

설명력은 58.6%로 나타났으며, 회귀모형은 유의미하였다($F=42.380$, $p<.001$). 독립변수 중 기술의 신뢰($\beta=.139$, $p<.05$), 경영층 지원($\beta=.200$, $p<.01$), 전문인력 확보($\beta=.180$, $p<.05$), 경쟁 환경($\beta=.236$, $p<.001$)이 원가 절감에 유의미한 정(+)의 영향을 미쳤다. 특히, 경영층 지원의 영향력이 가장 큰 것으로 나타났다.

기업 요인이 품질에 미치는 영향을 살펴보기 위한 1-3단계 모형의 설명력은 73.6%로 나타났으며, 회귀모형은 유의미하였다($F=82.380$, $p<.001$). 독립변수 중 재정적 확보($\beta=.175$, $p<.01$), 정부 지원 정책($\beta=.257$, $p<.001$), 경쟁 환경($\beta=.253$, $p<.001$)이 품질에 유의미한 정(+)의 영향을 미쳤다. 특히, 경쟁 환경의 영향력이 가장 큰 것으로 분석되었다.

위 결과를 종합하면, 기업 요인 중 경쟁 환경은 효율성, 원가 절감, 품질 모두에 걸쳐 가장 큰 영향을 미치는 변수로 확인되었으며, 이는 기업의 내외부 환경 조성이 성과 개선에 중요한 역할을 한다는 것을 시사한다.

구체적인 결과는 <표4-8>에 기재하였다.

<표4-8> 기업요인이 도입성과에 미치는 영향

종속변수	독립변수	B	표준오차	β	t	유의확률	공차
효율성	상수	-.177	.182		-.974	.331	
	기술의 준비성	.173	.060	.150	2.876	.004**	.379
	기술의 신뢰	.166	.053	.164	3.100	.002**	.370
	데이터 역량	.091	.056	.079	1.633	.104	.441
	경영층 지원	.150	.059	.149	2.538	.012*	.298
	재정적 확보	.185	.055	.207	3.340	.001***	.268
	전문인력 확보	-.070	.059	-.074	-1.204	.230	.276
	정부 지원 정책	.186	.059	.190	3.171	.002**	.287
	기술 지원 구조	-.055	.050	-.053	-1.094	.275	.447
	경쟁 환경	.241	.048	.238	5.049	.000***	.462
	R=.859, 수정된 R2=.729 F=79.696, p=.000, Durbin-Watson=2.026						
원가 절감	상수	.220	.220		1.002	.317	

	기술의 준비성	.076	.073	.068	1.049	.295	.379
	기술의 신뢰	.138	.065	.139	2.134	.034*	.370
	데이터 역량	.084	.067	.074	1.237	.217	.441
	경영층 지원	.197	.071	.200	2.750	.006**	.298
	재정적 확보	.115	.067	.131	1.707	.089	.268
	전문인력 확보	.169	.071	.180	2.378	.018*	.276
	정부 지원 정책	-.040	.071	-.042	-.566	.572	.287
	기술 지원 구조	-.042	.061	-.042	-.701	.484	.447
	경쟁 환경	.233	.058	.236	4.043	.000***	.462
R=.775, 수정된 R2=.586 F=42.380,p=.000,Durbin-Watson=1.756							
품질	상수	.070	.167		.420	.675	
	기술의 준비성	-.007	.055	-.007	-.131	.896	.379
	기술의 신뢰	.095	.049	.100	1.924	.055	.370
	데이터 역량	.076	.051	.071	1.487	.138	.441
	경영층 지원	.080	.054	.085	1.471	.142	.298
	재정적 확보	.146	.051	.175	2.857	.005**	.268
	전문인력 확보	.102	.054	.114	1.891	.060	.276
	정부 지원 정책	.234	.054	.257	4.345	.000***	.287
	기술 지원 구조	.017	.046	.017	.360	.719	.447
	경쟁 환경	.239	.044	.253	5.433	.000***	.462
R=.863, 수정된 R2=.736 F=82.380,p=.000,Durbin-Watson=1.790							

*p<.05, **p<.01, ***p<.001

가설 H1 스마트팩토리 도입한 중소기업 특성 중 기술 요인은 도입 성과(효율성, 원가절감, 품질)에 유의한 영향을 미칠 것이다.

H1-1 기술 준비성은 스마트팩토리 도입 성과(효율성, 원가절감, 품질)에 유의한 영향을 미칠 것이다.

기술 준비성은 스마트팩토리 도입 성과 중 효율성에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 95% 신뢰수준(p<.05)에서 효율성의 β 값은 .150, t값은 2.876, 유의확률은 p=.004로 나타났다. 그러나 원가 절감의 β 값은 .068, t값은 1.049, 유의확률은 p=.295로, 품질의 β 값은 -.007, t값은 -.131, 유의확

물은 $p=.896$ 로 모두 유의미하지 않은 것으로 분석되었다. 이는 기술 준비성이 효율성 개선에는 중요한 기여를 하지만, 원가 절감과 품질 향상에는 상대적으로 낮은 영향을 미칠 수 있음을 시사한다.

H1-2 기술 신뢰성은 스마트팩토리 도입 성과(효율성, 원가절감, 품질)에 유의한 영향을 미칠 것이다.

기술 신뢰성은 스마트팩토리 도입 성과 중 효율성과 원가 절감에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 95% 신뢰수준($p<.05$)에서 효율성의 β 값은 .164, t 값은 3.100, 유의확률은 $p=.002$ 로 나타났으며, 원가 절감의 β 값은 .139, t 값은 2.134, 유의확률은 $p=.034$ 로 확인되었다. 품질의 β 값은 .100, t 값은 1.924, 유의확률은 $p=.055$ 로 유의미하지 않은 것으로 분석되었다. 이는 기술 신뢰성이 효율성과 원가 절감에 긍정적인 영향을 미치지만, 품질 향상에는 상대적으로 낮은 영향을 미칠 수 있음을 시사한다.

H1-3 데이터 역량은 스마트팩토리 도입 성과(효율성, 원가절감, 품질)에 유의한 영향을 미칠 것이다.

데이터 역량은 스마트팩토리 도입 성과 중 효율성, 원가 절감, 품질에 모두 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 95% 신뢰수준($p<.05$)에서 효율성의 β 값은 .079, t 값은 1.633, 유의확률은 $p=.104$ 로 나타났으며, 원가 절감의 β 값은 .074, t 값은 1.237, 유의확률은 $p=.217$ 로 확인되었다. 또한, 품질의 β 값은 .071, t 값은 1.487, 유의확률은 $p=.138$ 로 유의미하지 않은 것으로 분석되었다. 이는 데이터 역량이 스마트팩토리 도입 성과에 직접적인 영향을 미치지 못하지만, 다른 요인들과의 결합을 통해 간접적인 영향을 미칠 가능성을 시사한다.

가설 H2 스마트팩토리 도입한 중소기업 특성 중 조직 요인은 도입 성과(효율성, 원가절감, 품질)에 유의한 영향을 미칠 것이다.

H2-1 경영층의 지원 수준은 스마트팩토리 도입 성과(효율성, 원가절감, 품질)에 유의한 영향을 미칠 것이다.

경영층의 지원 수준은 스마트팩토리 도입 성과 중 효율성과 원가 절감에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 95% 신뢰수준($p < .05$)에서 효율성의 β 값은 .149, t 값은 2.538, 유의확률은 $p = .012$ 로 확인되었으며, 원가 절감의 β 값은 .200, t 값은 2.750, 유의확률은 $p = .006$ 로 나타났다. 그러나 품질의 β 값은 .085, t 값은 1.471, 유의확률은 $p = .142$ 로 유의미하지 않은 것으로 분석되었다. 이는 경영층의 지원이 효율성과 원가 절감에 중요한 역할을 하지만, 품질 향상에는 상대적으로 낮은 영향을 미칠 수 있음을 시사한다.

H2-2 재정적 확보 수준은 스마트팩토리 도입 성과(효율성, 원가절감, 품질)에 유의한 영향을 미칠 것이다.

재정적 확보 수준은 스마트팩토리 도입 성과 중 효율성과 품질에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 95% 신뢰수준($p < .05$)에서 효율성의 β 값은 .207, t 값은 3.340, 유의확률은 $p = .001$ 로 확인되었으며, 품질의 β 값은 .175, t 값은 2.857, 유의확률은 $p = .005$ 로 나타났다. 원가 절감의 β 값은 .131, t 값은 1.707, 유의확률은 $p = .089$ 로 유의미하지 않은 것으로 분석되었다. 이는 재정적 확보가 효율성과 품질 향상에 중요한 기여를 하지만, 원가 절감에는 상대적으로 낮은 영향을 미칠 수 있음을 시사한다.

H2-3 전문 인력 확보 수준은 스마트팩토리 도입 성과(효율성, 원가절감, 품질)에 유의한 영향을 미칠 것이다.

전문 인력 확보 수준은 스마트팩토리 도입 성과 중 원가 절감에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 95% 신뢰수준($p < .05$)에서 원가 절감의 β 값은 .180, t 값은 2.378, 유의확률은 $p = .018$ 로 확인되었다. 그러나 효율성의 β 값은 -.074, t 값은 -1.204, 유의확률은 $p = .230$, 품질의 β 값은 .114, t 값은

1.891, 유의확률은 $p=.060$ 으로 유의미하지 않은 것으로 분석되었다. 이는 전문 인력 확보가 스마트팩토리 도입 과정에서 원가 절감에 중요한 역할을 하지만, 효율성과 품질 향상에는 상대적으로 낮은 영향을 미칠 수 있음을 시사한다.

가설 H3 스마트팩토리 도입한 중소기업 특성 중 환경 요인은 도입 성과(효율성, 원가절감, 품질)에 유의한 영향을 미칠 것이다.

H3-1 정부 지원 정책은 스마트팩토리 도입 성과(효율성, 원가절감, 품질)에 유의한 영향을 미칠 것이다.

정부 지원 정책은 스마트팩토리 도입 성과 중 효율성과 품질에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 95% 신뢰수준($p<.05$)에서 효율성의 β 값은 .190, t 값은 3.171, 유의확률은 $p=.002$ 로 확인되었으며, 품질의 β 값은 .257, t 값은 4.345, 유의확률은 $p<.001$ 로 나타났다. 그러나 원가 절감의 β 값은 -.042, t 값은 -.566, 유의확률은 $p=.572$ 로 유의미하지 않은 것으로 분석되었다. 이는 정부 지원 정책이 스마트팩토리 도입 과정에서 효율성과 품질 향상에 중요한 역할을 하지만, 원가 절감에는 상대적으로 영향을 미치지 않는다는 점을 시사한다.

H3-2 기술 지원 구조는 스마트팩토리 도입 성과(효율성, 원가절감, 품질)에 유의한 영향을 미칠 것이다.

기술 지원 구조는 스마트팩토리 도입 성과 중 효율성, 원가 절감, 품질에 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 95% 신뢰수준($p<.05$)에서 효율성의 β 값은 -.053, t 값은 -1.094, 유의확률은 $p=.275$ 로 확인되었으며, 원가 절감의 β 값은 -.042, t 값은 -.701, 유의확률은 $p=.484$ 로 나타났다. 또한, 품질의 β 값은 .017, t 값은 .360, 유의확률은 $p=.719$ 로 확인되었다. 이는 기술 지원 구조가 스마트팩토리 도입 성과와의 관계에서 직접적인 영향보다는 간

접적이거나 다른 요인들과의 상호작용을 통해 기여할 가능성을 시사한다.

H3-3 경쟁 환경은 스마트팩토리 도입 성과(효율성, 원가절감, 품질)에 유의한 영향을 미칠 것이다.

경쟁 환경은 스마트팩토리 도입 성과 중 효율성, 원가 절감, 품질에 모두 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 95% 신뢰수준($p < .05$)에서 효율성의 β 값은 .238, t 값은 5.049, 유의확률은 $p < .001$ 로 나타났으며, 원가 절감의 β 값은 .236, t 값은 4.043, 유의확률은 $p < .001$ 로 확인되었다. 또한, 품질의 β 값은 .253, t 값은 5.433, 유의확률은 $p < .001$ 로 나타났다. 이는 경쟁 환경이 스마트팩토리 도입 성과 전반에 걸쳐 유의미한 정(+)의 영향을 미치는 핵심 요인임을 시사하며, 특히 경쟁이 치열한 환경일수록 도입 성과가 더 크게 나타날 가능성을 보여준다.

2) 기업 요인이 도입 혁신 관리에 미치는 영향

기업 요인이 도입 혁신 관리에 미치는 영향을 분석한 2-1단계 모형의 설명력은 61.2%로 나타났으며, 회귀모형은 유의미하였다($F=47.026$, $p < .001$). 독립변수 중 기술의 준비성($\beta = .129$, $p < .05$), 데이터 역량($\beta = .301$, $p < .001$), 전문인력 확보($\beta = .156$, $p < .05$), 정부 지원 정책($\beta = .168$, $p < .05$)이 도입 혁신 관리에 유의미한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 특히, 데이터 역량이 도입 혁신 관리에 가장 큰 영향을 미치는 변수로 확인되었다. 이는 스마트팩토리 도입에서 데이터 활용 능력의 중요성을 강조하며, 혁신적인 도입 관리의 핵심 요소임을 시사한다. 해당 내용은 <표4-9>에 기재하였다.

가설 H4 스마트팩토리 도입한 중소기업 특성 중 기술 요인은 도입 혁신 관리에 유의한 영향을 미칠 것이다.

〈표4-9〉 기업 요인이 도입 혁신 관리에 미치는 영향

종속변수	독립변수	B	표준오차	β	t	유의확률	공차
도입 혁신 관리	상수	-.133	.220		-.602	.548	
	기술의 준비성	.150	.073	.129	2.060	.040*	.379
	기술의 신뢰	-.042	.065	-.041	-.656	.513	.370
	데이터 역량	.352	.068	.301	5.203	.000***	.441
	경영층 지원	.001	.072	.001	.021	.984	.298
	재정적 확보	.124	.067	.137	1.845	.066	.268
	전문인력 확보	.151	.071	.156	2.128	.034*	.276
	정부 지원 정책	.166	.071	.168	2.338	.020*	.287
	기술 지원 구조	.071	.061	.068	1.175	.241	.447
	경쟁 환경	.078	.058	.076	1.342	.181	.462
R=.791, 수정된 R ² =.612 F=47.026, p=.000, Durbin-Watson=1.597							

*p<.05, **p<.01, ***p<.001

H4-1 기술 준비성(인프라) 수준은 스마트팩토리 도입 혁신 관리에 유의한 영향을 미칠 것이다.

기술 준비성(인프라) 수준은 스마트팩토리 도입 혁신 관리에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 95% 신뢰수준($p<.05$)에서 β 값은 .129, t 값은 2.060, 유의확률은 $p=.040$ 으로 나타나, 기술 준비성(인프라) 수준이 도입 혁신 관리에 유의미한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 이는 기술적 인프라가 스마트팩토리 도입 및 관리 과정에서 혁신적 성과를 촉진하는 중요한 요인임을 시사한다.

H4-2 신뢰도 수준은 스마트팩토리 도입 혁신 관리에 유의한 영향을 미칠 것이다.

신뢰도 수준은 스마트팩토리 도입 혁신 관리에 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 95% 신뢰수준($p<.05$)에서 β 값은 -.041, t 값은 -.656,

유의확률은 $p=.513$ 으로 나타나, 신뢰도 수준이 도입 혁신 관리에 유의미한 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었다. 이는 신뢰도가 도입 혁신 관리와의 관계에서 직접적인 영향보다는 간접적이거나 다른 요인과의 상호작용을 통해 기여할 가능성을 시사한다.

H4-3 데이터 활용 역량 수준은 스마트팩토리 도입 혁신 관리에 유의한 영향을 미칠 것이다.

데이터 활용 역량 수준은 스마트팩토리 도입 혁신 관리에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 95% 신뢰수준($p<.05$)에서 β 값은 .301, t 값은 5.203, 유의확률은 $p<.001$ 로 나타나, 데이터 활용 역량 수준이 도입 혁신 관리에 유의미한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 이는 데이터 활용 역량이 스마트팩토리 도입 과정에서 혁신적 관리 체계의 구축과 운영에 있어 핵심적인 역할을 한다는 점을 시사한다.

가설 H5 스마트팩토리 도입한 중소기업 특성 중 조직 요인은 스마트팩토리 도입 혁신 관리에 유의한 영향을 미칠 것이다.

H5-1 경영층의 지원 정책은 스마트팩토리 도입 혁신 관리에 유의한 영향을 미칠 것이다.

경영층의 지원 정책은 스마트팩토리 도입 혁신 관리에 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 95% 신뢰수준($p<.05$)에서 β 값은 .001, t 값은 .021, 유의확률은 $p=.984$ 로 나타나, 경영층의 지원 정책이 도입 혁신 관리에 유의미한 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었다. 이는 경영층의 지원이 도입 혁신 관리와의 관계에서 직접적인 영향보다는 보완적 역할이나 간접적인 기여를 통해 영향을 발휘할 가능성을 시사한다.

H5-2 재정적 확보 수준은 스마트팩토리 도입 혁신 관리에 유의한 영향을 미칠 것이다.

재정적 확보 수준은 스마트팩토리 도입 혁신 관리에 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 95% 신뢰수준($p < .05$)에서 β 값은 .137, t 값은 1.845, 유의확률은 $p = .066$ 으로 나타나, 재정적 확보 수준이 도입 혁신 관리에 유의미한 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었다. 이는 재정적 확보가 도입 혁신 관리와의 관계에서 직접적인 영향보다는 다른 요인과의 결합 또는 간접적인 경로를 통해 기여할 가능성을 시사한다.

H5-3 전문 인력 확보 수준은 스마트팩토리 도입 혁신 관리에 유의한 영향을 미칠 것이다.

전문 인력 확보 수준은 스마트팩토리 도입 혁신 관리에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 95% 신뢰수준($p < .05$)에서 β 값은 .156, t 값은 2.128, 유의확률은 $p = .034$ 로 나타나, 전문 인력 확보 수준이 도입 혁신 관리에 유의미한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 이는 전문 인력이 스마트팩토리 도입의 성공적 관리에 중요한 역할을 한다는 점을 시사한다.

가설 H6 스마트팩토리 도입한 중소기업 특성 중 환경 요인은 도입 혁신 관리에 유의한 영향을 미칠 것이다.

H6-1 정부 지원 정책은 스마트팩토리 도입 혁신 관리에 유의한 영향을 미칠 것이다.

정부 지원 정책은 스마트팩토리 도입 혁신 관리에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 95% 신뢰수준($p < .05$)에서 β 값은 .168, t 값은 2.338, 유의확률은 $p = .020$ 으로 나타나, 정부 지원 정책이 도입 혁신 관리에 유의미한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 이는 정부의 정책적 지원이 스마트팩토리의 도입 혁신 관리에 중요한 역할을 한다는 점을 시사한다.

H6-2 기술 지원 구조는 스마트팩토리 도입 혁신 관리에 유의한 영향을 미칠 것이다.

기술 지원 구조는 스마트팩토리 도입 혁신 관리에 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 95% 신뢰수준($p < .05$)에서 β 값은 .068, t 값은 1.175, 유의확률은 $p = .241$ 로 나타나, 기술 지원 구조가 도입 혁신 관리에 유의미한 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었다. 이는 기술 지원 구조가 스마트팩토리 도입 혁신 관리와의 관계에서 직접적인 영향보다는 간접적이거나 다른 요인과의 상호작용을 통해 기여할 가능성을 시사한다.

H6-3 경쟁환경은 스마트팩토리 도입 혁신 관리에 유의한 영향을 미칠 것이다.

경쟁 환경은 스마트팩토리 도입 혁신 관리에 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 95% 신뢰수준($p < .05$)에서 β 값은 .076, t 값은 1.342, 유의확률은 $p = .181$ 로 나타나, 경쟁 환경이 도입 혁신 관리에 유의미한 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었다. 이는 경쟁 환경이 도입 혁신 관리에 직접적인 영향을 미치지 못하며, 다른 요인들과의 상호작용을 통해 간접적으로 영향을 발휘할 가능성을 시사한다.

3) 도입 혁신 관리와 도입 성과 간 단순회귀분석

매개 효과 모형과 별개로, 도입 혁신 관리만을 투입하여 스마트팩토리 도입 성과에 미치는 영향에 대해 단순회귀분석을 실시하였다.

도입 혁신 관리가 효율성에 미치는 영향에 대한 단순회귀분석 결과 모형의 설명력은 54.0%였으며 회귀모형이 유의하였다. 도입 혁신 관리($\beta = .736$, $p < .001$)는 효율성에 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다.

도입 혁신 관리가 원가절감에 미치는 영향에 대한 단순회귀분석 결과 모형의 설명력은 47.6%였으며 회귀모형이 유의하였다. 도입 혁신 관리($\beta = .691$, $p < .001$)는 원가절감에 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다.

다.

도입 혁신 관리가 품질에 미치는 영향에 대한 단순회귀분석 결과 모형의 설명력은 55.7%였으며 회귀모형이 유의하였다. 도입 혁신 관리($\beta = .747$, $p < .001$)는 품질에 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 해당 내용은 <표4-10>에 기재하였다.

<표4-10> 도입 혁신 관리와 도입 성과 간 단순회귀분석

종속변수	독립변수	표준오차	β	t	유의확률
효율성	상수	.154		5.859	.000***
	도입 혁신 관리	.041	.736	17.600	.000***
R=.736, 수정된 $R^2=.540$ F=309.760, p=.000, Durbin-Watson=1.447					
원가절감	상수	.161		6.152	.000***
	도입 혁신 관리	.043	.691	15.488	.000***
R=.691, 수정된 $R^2=.476$ F=239.867, p=.000, Durbin-Watson=1.600					
품질	상수	.141		7.282	.000***
	도입 혁신 관리	.038	.747	18.201	.000***
R=.747, 수정된 $R^2=.557$ F=331.263, p=.000, Durbin-Watson=1.480					

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

H7 혁신 관리는 스마트팩토리 도입 성과(효율성, 원가절감, 품질)에 유의한 영향을 미칠 것이다.

스마트팩토리 도입 성과에 대한 단순 회귀분석 결과, 도입 혁신 관리는 효율성, 원가절감, 품질 모두에 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타났다.

효율성에 대한 도입 혁신 관리는 99.9% 신뢰수준($p < .001$)에서 β 값이 .736, t값이 17.600으로 분석되어, 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 이는 도입 혁신 관리가 스마트팩토리 도입 과정에서 효율성 향상에 핵심적인 역할을 한다는 점을 시사한다.

원가 절감에 대한 도입 혁신 관리는 99.9% 신뢰수준($p < .001$)에서 β 값이 .691, t값이 15.488로 나타나, 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 확인

되었다. 이는 도입 혁신 관리가 원가 절감을 높이고, 스마트팩토리 운영 성과를 극대화하는 주요 요인으로 작용함을 보여준다.

품질에 대한 도입 혁신 관리는 99.9% 신뢰수준($p < .001$)에서 β 값이 .747, t 값이 18.201로 분석되어, 품질에 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 이는 도입 혁신 관리가 품질 개선을 포함한 스마트팩토리 도입 성과에 매우 강력한 영향을 미치며, 도입의 전반적 성공에 중요한 역할을 한다는 점을 시사한다.

이와 같은 결과는 도입 혁신 관리가 스마트팩토리 도입 성과의 핵심 동인으로 작용하며, 효율성, 원가절감, 품질 향상을 위한 전략적 접근의 중요성을 강조한다.

4) 기업 요인과 도입 성과 간의 관계에서 도입 혁신 관리의 매개 효과

기업 요인(기술 준비성, 기술 신뢰, 데이터 역량, 경영층 지원, 재정적 확보, 전문인력 확보, 정부 지원 정책, 기술 지원 구조, 경쟁 환경)이 도입 성과(효율성, 원가절감, 품질)에 미치는 영향에서 도입 혁신 관리의 매개 효과를 검증하였다.

효율성에 대한 분석 결과, 기술 신뢰가 효율성에 유의미한 정(+)의 영향을 미쳤으며 ($\beta = .175$, $t = 3.503$, $p < .05$), 도입 혁신 관리는 효율성에 대해 ($\beta = .275$, $t = 5.550$, $p < .001$)로 나타나 유의미한 정(+)의 영향을 보였다. 경영층 지원은 효율성과 관련하여 긍정적인 영향을 미쳤으며 ($\beta = .149$, $t = 2.675$, $p < .01$), 재정적 확보 역시 효율성에 유의미한 정(+)의 영향을 나타냈다 ($\beta = .169$, $t = 2.868$, $p < .01$). 경쟁 환경은 효율성에 가장 강력한 영향을 미친 요인 중 하나로 확인되었다 ($\beta = .218$, $t = 4.852$, $p < .001$). 데이터 역량 ($\beta = -.004$, $t = -.082$, $p = .935$), 전문인력 확보 ($\beta = -.116$, $t = -1.996$, $p = .05$), 기술 준비성 ($\beta = .114$, $t = 2.304$, $p < .05$) 및 기술 지원 구조 ($\beta = -.071$, $t = -1.562$, $p = .120$)는 효율성과의 관계에서 유의하지 않은 결과를 보였다.

원가절감에 대한 분석 결과, 기술 신뢰가 도입 혁신 관리에 유의미한 정

(+)의 영향을 미쳤으며 ($\beta=.153$, $t=2.490$, $p<.05$), 도입 혁신 관리는 원가절감에 대해 ($\beta=.345$, $t=5.641$, $p<.001$)로 나타나 유의미한 정(+)의 영향을 보였다. 경영층 지원은 도입 혁신 관리와 원가절감 모두에서 가장 높은 영향력을 보였으며 ($\beta=.199$, $t=2.905$, $p<.01$), 경쟁 환경 역시 도입 혁신 관리와 원가절감 간의 관계에서 유의미한 정(+)의 영향을 나타냈다 ($\beta=.210$, $t=3.793$, $p<.001$). 기술 준비성 ($\beta=.023$, $t=.378$, $p=.706$), 데이터 역량 ($\beta=-.030$, $t=-.505$, $p=.614$), 재정적 확보 ($\beta=.084$, $t=1.146$, $p=.253$), 정부 지원 정책 ($\beta=-.100$, $t=-1.412$, $p=.159$), 기술 지원 구조 ($\beta=-.065$, $t=-1.155$, $p=.249$)는 도입 혁신 관리와의 간접 경로에서 유의하지 않은 결과를 보였다.

품질에 대한 분석 결과, 기술 신뢰가 도입 혁신 관리에 유의미한 정(+)의 영향을 미쳤고 ($\beta=.112$, $t=2.279$, $p<.05$), 재정적 확보는 도입 혁신 관리에 유의미한 정(+)의 영향을 미쳤으며 ($\beta=.136$, $t=2.349$, $p<.05$), 도입 혁신 관리는 품질에 대해 ($\beta=.282$, $t=5.786$, $p<.001$)로 나타나 품질에 강력한 정(+)의 영향을 미쳤다. 정부 지원 정책 ($\beta=.210$, $t=3.725$, $p<.001$), 경쟁 환경 ($\beta=.232$, $t=5.263$, $p<.001$)도 도입 혁신 관리와 품질 간의 관계에서 유의미한 간접 효과를 나타냈다. 기술 준비성 ($\beta=-.043$, $t=-.880$, $p=.380$), 데이터 역량 ($\beta=-.014$, $t=-.295$, $p=.768$), 경영층 지원 ($\beta=.085$, $t=1.555$, $p=.121$), 전문인력 확보 ($\beta=.070$, $t=1.225$, $p=.222$), 기술 지원 구조 ($\beta=-.002$, $t=-.044$, $p=.965$)는 유의미하지 않은 결과를 나타냈다.

이와 같은 결과는 도입 혁신 관리가 효율성, 원가절감, 품질과 같은 도입 성과에 중요한 매개 변수로 작용하며, 기술 신뢰, 경영층 지원, 재정적 확보, 정부 지원 정책, 경쟁 환경 등이 도입성과 개선에 있어 중요한 역할을 한다는 점을 시사한다. 특히, 도입 혁신 관리는 기술 신뢰와 경영층 지원과의 관계를 통해 효율성, 원가절감, 품질에 모두 강력한 간접 효과를 미치는 핵심 요인으로 확인되었다. 해당 내용은 <표4-11>에 기재하였다.

〈표4-11〉 기업요인 및 도입 혁신 관리가 도입성과에 미치는 영향

종속변수	독립변수	B	표준오차	β	t	유의확률	공차
효율성	상수	-.141	.172		-.820	.413	
	기술의 준비성	.132	.057	.114	2.304	.022*	.373
	기술의 신뢰	.177	.051	.175	3.503	.001***	.370
	데이터 역량	-.005	.056	-.004	-.082	.935	.398
	경영층 지원	.149	.056	.149	2.675	.008**	.298
	재정적 확보	.152	.053	.169	2.868	.004**	.264
	전문인력 확보	-.112	.056	-.116	-1.996	.047*	.271
	정부 지원 정책	.141	.056	.144	2.511	.013*	.281
	기술 지원 구조	-.074	.047	-.071	-1.562	.120	.445
	경쟁 환경	.220	.045	.218	4.852	.000***	.459
	도입 혁신 관리	.272	.049	.275	5.550	.000***	.375
R=.876, 수정된 R ² =.758 F=83.223, p=.000, Durbin-Watson=1.975							
원가절감	상수	.265	.208		1.273	.204	
	기술의 준비성	.026	.069	.023	.378	.706	.373
	기술의 신뢰	.152	.061	.153	2.490	.013*	.370
	데이터 역량	-.034	.067	-.030	-.505	.614	.398
	경영층 지원	.196	.067	.199	2.905	.004**	.298
	재정적 확보	.073	.064	.084	1.146	.253	.264
	전문인력 확보	.118	.068	.126	1.749	.081	.271
	정부 지원 정책	-.095	.068	-.100	-1.412	.159	.281
	기술 지원 구조	-.066	.057	-.065	-1.155	.249	.445
	경쟁 환경	.207	.055	.210	3.793	.000***	.459
	도입 혁신 관리	.333	.059	.345	5.641	.000***	.375
R=.803, 수정된 R ² =.631 F=45.954, p=.000, Durbin-Watson=1.793							
품질	상수	.105	.158		.664	.507	
	기술의 준비성	-.046	.053	-.043	-.880	.380	.373
	기술의 신뢰	.106	.046	.112	2.279	.023*	.370
	데이터 역량	-.015	.051	-.014	-.295	.768	.398
	경영층 지원	.080	.051	.085	1.555	.121	.298
	재정적 확보	.114	.048	.136	2.349	.020*	.264
	전문인력 확보	.063	.051	.070	1.225	.222	.271
	정부 지원 정책	.191	.051	.210	3.725	.000***	.281
	기술 지원 구조	-.002	.044	-.002	-.044	.965	.445
	경쟁 환경	.219	.042	.232	5.263	.000***	.459
	도입 혁신 관리	.260	.045	.282	5.786	.000***	.375
R=.880, 수정된 R ² =.766 F=86.970, p=.000, Durbin-Watson=1.818							

*p<.05, **p<.01, ***p<.001

가설 H8 스마트팩토리 도입한 중소기업 특성 중 기술 요인과 도입 성과 간의 관계에서 도입 혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.

H8-1 기술 준비성과 도입 성과(효율성, 원가절감, 품질) 간의 관계에서 도입 혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.

효율성에 대한 분석 결과, 기술 준비성은 95% 신뢰수준($p=.022$)에서 β 값이 .114, t 값이 2.304로 나타나 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 또한, 도입 혁신 관리는 99.9% 신뢰수준($p<.001$)에서 β 값이 .275, t 값이 5.550으로 분석되어, 효율성에 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 이는 기술 준비성이 도입 혁신 관리를 매개로 효율성을 더욱 강화할 가능성을 시사한다.

원가절감에 대한 분석 결과, 기술 준비성은 $p=.706$ 에서 β 값이 .023, t 값이 .378로 나타나 유의미하지 않은 결과를 보였다. 도입 혁신 관리는 99.9% 신뢰수준($p<.001$)에서 β 값이 .345, t 값이 5.641로 분석되어 원가절감에 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 이는 기술 준비성이 도입 혁신 관리를 통해 간접적으로 원가절감에 긍정적인 영향을 미칠 가능성을 시사한다.

품질에 대한 분석 결과, 기술 준비성은 $p=.380$ 에서 β 값이 $-.043$, t 값이 $-.880$ 으로 나타나 유의미하지 않은 결과를 보였다. 그러나 도입 혁신 관리는 99.9% 신뢰수준($p<.001$)에서 β 값이 .282, t 값이 5.786으로 분석되어 품질에 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 이는 기술 준비성과 도입 혁신 관리가 결합하여 품질 향상을 유도할 가능성을 시사한다.

H8-2 신뢰도와 도입 성과(효율성, 원가절감, 품질) 간의 관계에서 도입 혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.

효율성에 대한 분석 결과, 신뢰도는 99.9% 신뢰수준($p<.001$)에서 β 값이 .175, t 값이 3.503으로 나타나 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 또한, 도입 혁신 관리는 99.9% 신뢰수준($p<.001$)에서 β 값이 .275, t 값이 5.550으로 분석되어 효율성에 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 확인

되었다. 이는 신뢰도가 도입 혁신 관리를 매개로 효율성 향상에 간접적으로 기여할 가능성을 보여준다.

원가절감에 대한 분석 결과, 신뢰도는 95% 신뢰수준($p < .05$)에서 β 값이 .153, t 값이 2.490으로 나타나 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 또한, 도입 혁신 관리는 99.9% 신뢰수준($p < .001$)에서 β 값이 .345, t 값이 5.641로 나타나 원가절감에 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 이는 신뢰도가 도입 혁신 관리를 매개하여 원가절감을 더욱 강화할 가능성을 시사한다.

품질에 대한 분석 결과, 신뢰도는 95% 신뢰수준($p < .05$)에서 β 값이 .112, t 값이 2.279로 나타나 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 도입 혁신 관리는 99.9% 신뢰수준($p < .001$)에서 β 값이 .282, t 값이 5.786으로 나타나 품질에 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 이는 신뢰도와 도입 혁신 관리가 결합하여 품질 향상에 강력한 영향을 미칠 수 있음을 시사한다.

H8-3 데이터 활용 역량과 도입 성과(효율성, 원가절감, 품질) 간의 관계에서 도입 혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.

효율성에 대한 분석 결과, 데이터 활용 역량은 $p = .935$ 에서 β 값이 $-.004$, t 값이 $-.082$ 로 나타나 유의미하지 않은 결과를 보였다. 도입 혁신 관리는 99.9% 신뢰수준($p < .001$)에서 β 값이 .275, t 값이 5.550으로 분석되어 효율성에 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 이는 데이터 활용 역량이 도입 혁신 관리를 매개로 효율성에 간접적으로 기여할 가능성을 시사한다.

원가절감에 대한 분석 결과, 데이터 활용 역량은 $p = .614$ 에서 β 값이 $-.030$, t 값이 $-.505$ 로 나타나 유의미하지 않은 결과를 보였다. 그러나 도입 혁신 관리는 99.9% 신뢰수준($p < .001$)에서 β 값이 .345, t 값이 5.641로 나타나 원가절감에 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 이는 데이터 활용 역량이 도입 혁신 관리와의 결합을 통해 간접적으로 원가절감 향상을 이끌 가능성을 시사한다.

품질에 대한 분석 결과, 데이터 활용 역량은 $p = .768$ 에서 β 값이 $-.014$, t

값이 $-.295$ 로 나타나 유의미하지 않은 결과를 보였다. 도입 혁신 관리는 99.9% 신뢰수준($p < .001$)에서 β 값이 $.282$, t 값이 5.786 으로 나타나 품질에 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 이는 데이터 활용 역량이 도입 혁신 관리를 통해 품질에 간접적으로 긍정적인 영향을 미칠 가능성을 시사한다.

가설 H9 스마트팩토리 도입한 중소기업 특성 중 기술 요인과 도입 성과(효율성, 원가절감, 품질) 간의 관계에서 도입 혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.

H9-1 경영층 지원과 도입 성과(효율성, 원가절감, 품질) 간의 관계에서 도입 혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.

효율성에 대한 분석 결과, 경영층 지원은 99% 신뢰수준($p < .01$)에서 β 값이 $.149$, t 값이 2.675 로 나타나 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 또한, 도입 혁신 관리는 99.9% 신뢰수준($p < .001$)에서 β 값이 $.275$, t 값이 5.550 으로 분석되어 효율성에 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 이는 경영층 지원이 효율성 향상에 중요한 역할을 하며, 도입 혁신 관리가 이를 강화하는 핵심 매개 변수로 작용할 수 있음을 시사한다.

원가절감에 대한 분석 결과, 경영층 지원은 99% 신뢰수준($p < .01$)에서 β 값이 $.199$, t 값이 2.905 로 나타나 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 도입 혁신 관리는 99.9% 신뢰수준($p < .001$)에서 β 값이 $.345$, t 값이 5.641 로 나타나 원가절감에 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 이는 경영층 지원이 원가절감을 높이는 직접적인 요인일 뿐 아니라, 도입 혁신 관리가 이를 매개하여 더욱 강력한 효과를 발휘할 가능성을 제시한다.

품질에 대한 분석 결과, 경영층 지원은 $p = .121$ 에서 β 값이 $.085$, t 값이 1.555 로 나타나 유의미하지 않은 결과를 보였다. 도입 혁신 관리는 99.9% 신뢰수준($p < .001$)에서 β 값이 $.282$, t 값이 5.786 으로 분석되어 품질에 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 이는 도입 혁신 관리가 경영층 지원과 품질 간의 관계에서 매개 변수로 작용하여 간접적으로 품질 향상을 이

끝 수 있음을 시사한다.

H9-2 재정적 확보와 도입 성과(효율성, 원가절감, 품질) 간의 관계에서 도입 혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.

효율성에 대한 분석 결과, 재정적 확보는 99% 신뢰수준($p < .01$)에서 β 값이 .169, t 값이 2.868로 나타나 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 또한, 도입 혁신 관리는 99.9% 신뢰수준($p < .001$)에서 β 값이 .275, t 값이 5.550으로 분석되어 효율성에 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 이는 재정적 확보가 효율성 향상에 중요한 기초적 요인으로 작용하며, 도입 혁신 관리가 이를 매개하여 효율성을 더욱 높이는 데 기여함을 시사한다.

원가절감에 대한 분석 결과, 재정적 확보는 $p = .253$ 에서 β 값이 .084, t 값이 1.146으로 나타나 유의미하지 않은 결과를 보였다. 그러나 도입 혁신 관리는 99.9% 신뢰수준($p < .001$)에서 β 값이 .345, t 값이 5.641로 분석되어 원가절감에 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 이는 재정적 확보가 도입 혁신 관리를 통해 간접적으로 원가절감에 긍정적인 영향을 미칠 가능성이 있음을 시사한다.

품질에 대한 분석 결과, 재정적 확보는 95% 신뢰수준($p < .05$)에서 β 값이 .136, t 값이 2.349로 나타나 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 또한, 도입 혁신 관리는 99.9% 신뢰수준($p < .001$)에서 β 값이 .282, t 값이 5.786으로 분석되어 품질에 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 이는 재정적 확보와 도입 혁신 관리의 연계가 품질 향상을 극대화하는 데 중요한 역할을 할 수 있음을 시사한다.

H9-3. 전문 인력 확보와 도입 성과(효율성, 원가절감, 품질) 간의 관계에서 도입 혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.

효율성에 대한 분석 결과, 전문 인력 확보는 95% 신뢰수준($p < .05$)에서 β 값이 -.116, t 값이 -1.996으로 나타나 유의한 부(-)의 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 도입 혁신 관리는 99.9% 신뢰수준($p < .001$)에서 β 값이 .275, t 값

이 5.550으로 분석되어 효율성에 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 이는 전문 인력 확보가 효율성에 직접적으로는 부정적인 영향을 미칠 가능성이 있으나, 도입 혁신 관리를 통해 간접적으로 긍정적인 효과를 발휘할 가능성을 시사한다.

원가절감에 대한 분석 결과, 전문 인력 확보는 $p=.081$ 에서 β 값이 .126, t 값이 1.749로 나타나 유의미하지 않은 결과를 보였다. 그러나 도입 혁신 관리는 99.9% 신뢰수준($p<.001$)에서 β 값이 .345, t 값이 5.641로 분석되어 원가절감에 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 이는 전문 인력 확보가 원가절감에 직접적인 영향을 미치지 않지만, 도입 혁신 관리를 매개로 그 효과를 증폭시킬 수 있음을 시사한다.

품질에 대한 분석 결과, 전문 인력 확보는 $p=.222$ 에서 β 값이 .070, t 값이 1.225로 나타나 유의미하지 않은 결과를 보였다. 그러나 도입 혁신 관리는 99.9% 신뢰수준($p<.001$)에서 β 값이 .282, t 값이 5.786으로 분석되어 품질에 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 이는 도입 혁신 관리가 전문 인력 확보와 품질 간의 관계에서 핵심적인 매개 역할을 할 가능성을 시사한다.

이와 같은 결과는 전문 인력 확보가 도입 혁신 관리를 통해 도입 성과(효율성, 원가절감, 품질)에 간접적으로 기여할 수 있음을 나타내며, 도입 혁신 관리의 매개 효과를 확인할 수 있었다.

가설 H10 스마트팩토리를 도입한 중소기업의 환경 요인과 도입 성과 간의 관계에서 도입 혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.

H10-1 정부 지원 정책과 도입 성과(효율성, 원가절감, 품질) 간의 관계에서 도입 혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.

효율성에 대한 분석 결과, 정부 지원 정책은 95% 신뢰수준($p<.05$)에서 β 값이 .144, t 값이 2.511로 나타나 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 또한, 도입 혁신 관리는 99.9% 신뢰수준($p<.001$)에서 β 값이 .275, t 값이 5.550으로 분석되어 효율성에 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 확

인되었다. 이는 정부 지원 정책이 도입 혁신 관리를 매개로 효율성을 더욱 강화하는 데 기여할 수 있음을 시사한다.

원가절감에 대한 분석 결과, 정부 지원 정책은 $p=.159$ 에서 β 값이 $-.100$, t 값이 -1.412 로 나타나 유의미하지 않은 결과를 보였다. 도입 혁신 관리는 99.9% 신뢰수준($p<.001$)에서 β 값이 $.345$, t 값이 5.641 로 분석되어 원가절감에 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 이는 정부 지원 정책이 원가절감에 직접적으로 유의한 영향을 미치지 않지만, 도입 혁신 관리를 통해 간접적으로 영향을 미칠 가능성을 시사한다.

품질에 대한 분석 결과, 정부 지원 정책은 99.9% 신뢰수준($p<.001$)에서 β 값이 $.210$, t 값이 3.725 로 나타나 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 또한, 도입 혁신 관리는 99.9% 신뢰수준($p<.001$)에서 β 값이 $.282$, t 값이 5.786 으로 나타나 품질에 강력한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 이는 정부 지원 정책과 도입 혁신 관리가 품질 향상에 상호 보완적으로 기여할 수 있음을 시사한다.

이와 같은 결과는 정부 지원 정책이 도입 성과(효율성, 원가절감, 품질)에서 도입 혁신 관리와의 결합을 통해 성과를 더욱 증대시킬 수 있는 중요한 요인임을 강조한다.

H10-2 기술 지원 구조와 도입 성과(효율성, 원가절감, 품질) 간의 관계에서 도입 혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.

효율성에 대한 분석 결과, 기술 지원 구조는 $p=.120$ 에서 β 값이 $-.071$, t 값이 -1.562 로 나타나 유의미하지 않은 결과를 보였다. 도입 혁신 관리는 99.9% 신뢰수준($p<.001$)에서 β 값이 $.275$, t 값이 5.550 으로 분석되어 효율성에 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 이는 기술 지원 구조가 효율성에 직접적인 영향을 미치지 않더라도, 도입 혁신 관리를 통해 간접적으로 긍정적인 효과를 발휘할 가능성을 시사한다.

원가절감에 대한 분석 결과, 기술 지원 구조는 $p=.249$ 에서 β 값이 $-.065$, t 값이 -1.155 로 나타나 유의미하지 않은 결과를 보였다. 그러나 도입 혁신 관리는 99.9% 신뢰수준($p<.001$)에서 β 값이 $.345$, t 값이 5.641 로 분석되어 원

가절감에 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 이는 기술 지원 구조가 원가절감에 직접적인 영향을 미치지 못하더라도, 도입 혁신 관리를 통해 간접적으로 기여할 가능성을 보여준다.

품질에 대한 분석 결과, 기술 지원 구조는 $p=.965$ 에서 β 값이 $-.002$, t 값이 $-.044$ 로 나타나 유의미하지 않은 결과를 보였다. 그러나 도입 혁신 관리는 99.9% 신뢰수준($p<.001$)에서 β 값이 $.282$, t 값이 5.786 으로 분석되어 품질에 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 이는 기술 지원 구조가 품질에 직접적으로 유의한 영향을 미치지 않지만, 도입 혁신 관리와의 결합을 통해 품질 향상에 간접적으로 기여할 수 있음을 시사한다.

이와 같은 결과는 기술 지원 구조가 도입성과(효율성, 원가절감, 품질)에 직접적으로는 유의미한 영향을 미치지 않지만, 도입 혁신 관리를 매개로 성과 개선에 중요한 역할을 할 수 있음을 나타낸다.

H10-3 경쟁 환경과 도입 성과(효율성, 원가절감, 품질) 간의 관계에서 도입 혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.

효율성에 대한 분석 결과, 경쟁 환경은 99.9% 신뢰수준($p<.001$)에서 β 값이 $.218$, t 값이 4.852 로 나타나 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 또한, 도입 혁신 관리는 99.9% 신뢰수준($p<.001$)에서 β 값이 $.275$, t 값이 5.550 으로 분석되어 효율성에 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 이는 경쟁 환경이 도입 혁신 관리를 통해 효율성 향상에 중요한 역할을 할 수 있음을 시사한다.

원가절감에 대한 분석 결과, 경쟁 환경은 99.9% 신뢰수준($p<.001$)에서 β 값이 $.210$, t 값이 3.793 으로 나타나 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 또한, 도입 혁신 관리는 99.9% 신뢰수준($p<.001$)에서 β 값이 $.345$, t 값이 5.641 로 분석되어 원가절감 향상에 강력한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 이는 경쟁 환경과 도입 혁신 관리가 원가절감 향상에 함께 기여할 가능성을 보여준다.

품질에 대한 분석 결과, 경쟁 환경은 99.9% 신뢰수준($p<.001$)에서 β 값이 $.232$, t 값이 5.263 으로 나타나 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 분석되

었다. 또한, 도입 혁신 관리는 99.9% 신뢰수준($p < .001$)에서 β 값이 .282, t 값이 5.786으로 나타나 품질에 강력한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 이는 경쟁 환경이 도입 혁신 관리와 결합하여 품질을 향상시키는 데 결정적인 역할을 할 수 있음을 시사한다.

이와 같은 결과는 경쟁 환경이 도입 성과(효율성, 원가절감, 품질)에 직접적으로 유의미한 영향을 미치며, 도입 혁신 관리와의 결합을 통해 성과 향상을 극대화할 수 있음을 보여준다.

5) 도입 혁신 관리의 간접 효과 분석

앞선 회귀분석의 1단계와 3단계 회귀계수를 바탕으로 간접효과의 유의성을 검증하기 위해 부트스트랩 검증을 실시하였다. 부트스트랩 검증에서는 95% 신뢰구간(LLCI 및 ULCI)에 0이 포함되지 않을 경우, 해당 간접효과를 유의한 것으로 해석한다. 유의한 간접효과가 확인될 경우, 도입 혁신 관리가 해당 경로에서 매개 역할을 수행한다고 볼 수 있다.

검증 결과, 총 27개의 경로 중 6개 경로가 유의한 것으로 나타났으며, 이는 데이터 역량과 정부 지원 정책이 도입 혁신 관리의 매개효과를 통해 조직 성과(효율성, 원가절감, 품질)에 긍정적인 영향을 미치는 경로였다. 데이터 역량과 정부 지원 정책은 도입 혁신 관리를 통해 간접적으로 조직의 효율성, 원가절감, 품질을 개선하는 데 기여하며, 이는 기업의 데이터 활용 능력 강화와 정부 지원의 중요성을 강조한다.

기술의 준비성, 기술의 신뢰, 경영층 지원, 재정적 확보, 전문인력 확보, 기술 지원 구조, 경쟁 환경 등 다른 독립 변수들은 도입 혁신 관리의 매개효과를 통해 유의미한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 특정 요인에 따라 도입 혁신 관리가 조직 성과에 미치는 매개 효과의 차별성을 시사하며, 데이터 역량과 정부 지원 정책이 도입 성과 개선의 핵심 요인임을 강조한다. 따라서, 기업 성과를 높이는 데 있어 데이터 역량과 정부 지원 정책은 중요한 전략적 우선순위로 다뤄져야 하며, 도입 혁신 관리의 매개 효과를 극대화할 수 있는 방안을 마련하는 것이 필요하다. 해당 내용은 <표4-12>

에 기재하였다.

〈표4-12〉 도입 혁신 관리의 매개효과 부트스트랩 검증

간접경로	B	Boot SE	Boot 95% CI	
			LLCI	ULCI
기술의 준비성→도입 혁신 관리→효율성	.000	.026	-.003	.098
기술의 신뢰→도입 혁신 관리→효율성	.000	.017	-.049	.019
데이터 역량→도입 혁신 관리→효율성	.000	.026	.048	.150
경영층 지원→도입 혁신 관리→효율성	.000	.021	-.038	.044
재정적 확보→도입 혁신 관리→효율성	.000	.024	-.010	.083
전문인력 확보→도입 혁신 관리→효율성	.000	.024	-.005	.089
정부 지원 정책→도입 혁신 관리→효율성	.000	.023	.005	.094
기술 지원 구조→도입 혁신 관리→효율성	.019	.016	-.010	.054
경쟁 환경→도입 혁신 관리→효율성	.000	.020	-.017	.063
기술의 준비성→도입 혁신 관리→원가절감	.000	.032	-.005	.124
기술의 신뢰→도입 혁신 관리→원가절감	.000	.021	-.057	.026
데이터 역량→도입 혁신 관리→원가절감	.000	.031	.061	.180
경영층 지원→도입 혁신 관리→원가절감	.000	.026	-.051	.053
재정적 확보→도입 혁신 관리→원가절감	.000	.027	-.013	.095
전문인력 확보→도입 혁신 관리→원가절감	.000	.031	-.007	.117
정부 지원 정책→도입 혁신 관리→원가절감	.000	.029	.005	.117
기술 지원 구조→도입 혁신 관리→원가절감	.000	.020	-.013	.064
경쟁 환경→도입 혁신 관리→원가절감	.000	.024	-.022	.074
기술의 준비성→도입 혁신 관리→품질	.000	.026	-.003	.098
기술의 신뢰→도입 혁신 관리→품질	.000	.016	-.046	.019
데이터 역량→도입 혁신 관리→품질	.000	.027	.043	.150
경영층 지원→도입 혁신 관리→품질	.000	.020	-.038	.042
재정적 확보→도입 혁신 관리→품질	.000	.021	-.011	.076
전문인력 확보→도입 혁신 관리→품질	.000	.023	-.003	.088
정부 지원 정책→도입 혁신 관리→품질	.000	.021	.005	.088
기술 지원 구조→도입 혁신 관리→품질	.000	.016	-.010	.053
경쟁 환경→도입 혁신 관리→품질	.000	.019	-.016	.060

도입 혁신 관리의 매개효과 부트스트랩 검증 결과는 다음과 같다. 먼저, 효율성에 대한 결과를 살펴보면, 데이터 역량(LLCI: .048, ULCI: .150)과 정부 지원 정책(LLCI: .005, ULCI: .094)이 도입 혁신 관리의 매개효과를 통해 유의미한 간접효과를 나타냈다. 기술의 준비성, 기술의 신뢰, 경영층 지원, 재정적 확보, 전문인력 확보, 기술 지원 구조, 경쟁 환경은 유의미한 간접효과를

보이지 않았다.

다음으로, 원가절감에 대한 분석에서는 데이터 역량(LLCI: .061, ULCI: .180)과 정부 지원 정책(LLCI: .005, ULCI: .117)이 도입 혁신 관리를 통해 유의미한 간접효과를 발휘하였다. 이와 대조적으로, 기술의 준비성, 기술의 신뢰, 경영층 지원, 재정적 확보, 전문인력 확보, 기술 지원 구조, 경쟁 환경은 유의미한 매개효과를 확인할 수 없었다.

마지막으로, 품질에 관한 결과에서는 데이터 역량(LLCI: .043, ULCI: .150)과 정부 지원 정책(LLCI: .005, ULCI: .088)이 도입 혁신 관리의 매개효과를 통해 품질에 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 나머지 변수들은 유의미한 간접효과를 보이지 않았다.

이 결과는 데이터 역량과 정부 지원 정책이 도입 혁신 관리를 통해 조직의 효율성, 원가절감, 품질에 중요한 영향을 미친다는 점을 시사하며, 도입 혁신 관리의 매개효과를 극대화하기 위해 해당 요인의 중요성을 강조한다.

제 6 절 가설 검증 요약 결과

본 연구에서는 스마트팩토리 도입 성과를 효율성, 원가절감, 품질로 정의하고, 기업 요인과 도입 혁신 관리가 이러한 성과에 미치는 영향을 검토하였다. 기업 요인은 기술 요인, 조직 요인, 환경 요인으로 분류되며, 도입 혁신 관리는 매개 변수로 포함되었다. 해당 내용은 <표4-13>에 표기 하였다.

스마트팩토리 도입 성과는 효율성, 원가절감, 품질로 정의되며, 기업 요인과 도입 혁신 관리가 이러한 성과에 미치는 영향을 분석한 결과, 기술 요인, 조직 요인, 환경 요인이 각각 상이한 영향을 미치는 것으로 나타났다.

기술 요인 중 기술의 신뢰도는 효율성($\beta=.175$, $p<.001$), 원가절감($\beta=.153$, $p<.05$), 품질($\beta=.112$, $p<.05$)에 유의미한 정(+)의 영향을 미쳤다. 이는 기술적 안정성이 스마트팩토리 운영 전반에서 중요한 역할을 하며, 안정적인 기술 인프라가 기업의 생산 공정과 관리 체계를 강화하여 전반적인 성과를 개선하는 데 기여함을 시사한다. 연구에서는 “스마트팩토리는 고도화된 기술의 활용이 필수적이며, 기술의 안정성과 신뢰성은 운영 단계에서 오류를 최

소화하고 시스템 효율성을 극대화하는 데 중요한 역할을 한다”고 설명하고 있다. 반면, 데이터 활용 역량은 효율성($\beta = -.004$, $p = .935$), 원가절감($\beta = -.030$, $p = .614$), 품질($\beta = -.014$, $p = .768$) 모두에서 유의미하지 않은 결과를 보였다. 이는 데이터 활용 체계가 아직 미비하며, 수집된 데이터의 분석 및 활용 전략이 강화될 필요가 있음을 의미한다. 스마트팩토리에서 데이터는 원가절감 향상을 위한 핵심 자원이지만, 중소기업은 데이터 활용 역량을 체계적으로 구축하기 위한 기술적·조직적 기반이 부족하다고 언급하며, 데이터 역량이 성과에 미치는 영향을 강화하기 위해 전략적 투자가 필요함을 강조하고 있다.

조직 요인 중 경영층 지원은 효율성($\beta = .149$, $p < .01$)과 원가절감($\beta = .199$, $p < .01$)에 유의미한 정(+)의 영향을 미쳤으나, 품질($\beta = .085$, $p = .121$)에는 유의미한 영향을 미치지 않았다. 이는 경영층 지원이 초기 도입 단계에서 자원 배분과 효율성 증대에 중점을 두는 반면, 품질 개선과 같은 장기적 성과에는 직접적인 영향을 미치지 않고, 조직 내 협업과 기술 운영 전략이 더 중요하다는 점을 보여준다. 경영층 지원은 기술적 투자와 자원의 효과적인 배분을 통해 초기 성과를 극대화할 수 있으나, 장기적인 품질 개선에는 조직 내부의 기술 운영 역량과 연계가 필요하다고 분석한다. 전문 인력 확보는 효율성($\beta = -.116$, $p < .05$)에 부(-)의 영향을 미쳤는데, 이는 인력 배치나 역량 관리의 비효율성에서 기인했을 가능성이 크다. 스마트팩토리 도입 과정에서 전문 인력의 채용이 급증했으나, 이들 간의 협업 체계와 적응 과정이 미비해 조직적 비효율성을 초래할 수 있다고 설명한다.

환경 요인 중 경쟁 환경은 효율성($\beta = .218$, $p < .001$), 원가절감($\beta = .210$, $p < .001$), 품질($\beta = .232$, $p < .001$)에 모두 강한 정(+)의 영향을 미쳤다. 이는 치열한 시장 환경이 기업들의 경쟁 우위를 확보하기 위해 혁신적 기술을 도입하고 성과를 극대화하려는 압박이 존재했기 때문으로 해석된다. 중소기업이 스마트팩토리를 도입하는 주요 동기 중 하나는 경쟁 환경 속에서 생존과 성장 가능성을 유지하기 위한 전략적 필요성이라고 언급하며, 이를 성과와 연결하고 있다. 반면, 정부 지원 정책은 효율성($\beta = .144$, $p < .05$)과 품질($\beta = .210$, $p < .001$)에는 유의미한 영향을 미쳤으나, 원가절감($\beta = -.100$, $p = .159$)에는 영

향을 미치지 않았다. 이는 정부 지원이 장기적인 기술 개발 및 품질 표준화 같은 목표에 중점을 두는 반면, 단기적 재정 효율성에는 직접적인 영향을 미치지 않았음을 시사한다. 정부 지원 정책은 기술 개발과 품질 인증 등 장기 지원에 중점을 두며, 단기적 재정 효율성 확보와는 직접적 연관성이 낮다고 평가한다. 기술 지원 구조는 효율성($\beta = -.053$, $p = .275$), 원가절감($\beta = -.041$, $p = .449$), 품질($\beta = .025$, $p = .605$) 모두에서 유의미한 영향을 미치지 못했다. 이는 단순한 기술적 지원만으로는 성과를 높이는 데 한계가 있음을 나타낸다.

도입 혁신 관리는 효율성($\beta = .275$, $p < .001$), 원가절감($\beta = .345$, $p < .001$), 품질($\beta = .282$, $p < .001$)에 모두 유의미한 정(+)의 영향을 미쳤다. 이는 도입 혁신 관리가 기업 요인과 도입 성과 간의 관계를 강화하며, 성과를 체계적으로 관리하고 장애 요소를 극복하는 중요한 매개 변수로 작용했음을 보여준다.

도입 혁신 관리는 스마트팩토리 도입 과정에서 발생하는 복잡한 요소들을 체계화하고, 기술적 도입과 조직적 정착 간의 간극을 메우는 핵심 매개 변수로 작용한다고 설명한다.

이러한 결과는 기술의 신뢰도와 경쟁 환경이 전반적인 도입 성과에서 가장 일관된 영향을 미쳤으며, 스마트팩토리의 성공적인 운영을 위해 기술적 안정성, 경영층의 지원, 외부 환경의 영향을 종합적으로 고려해야 한다는 것을 시사한다. 또한, 데이터 활용 역량의 부족은 성과 향을 위한 개선 과제를 제시하며, 경영층 지원과 도입 혁신 관리의 중요성을 강조하고 있다.

스마트팩토리 도입 초기 단계에서 기술적 안정성이 시스템 운영의 효율성과 신뢰성을 보장하며, 중소기업이 기술 도입 장애를 극복하는 데 필수적인 역할을 한다고 설명하고 있다.

〈표4-13〉 가설 검증 결과

가설	내용	채택 여부
H 1	스마트팩토리를 도입한 중소기업의 기술 요인은 스마트팩토리 도입 성과에 유의한 영향을 미칠 것이다.	부분 채택
H 1-1	기술 준비성(인프라) 수준은 효율성에 유의한 영향을 미칠 것이다.	채택
H 1-2	기술 준비성(인프라) 수준은 원가절감에 유의한 영향을 미칠 것이다.	기각

H 1-3	기술 준비성(인프라) 수준은 품질에 유의한 영향을 미칠 것이다	기각
H 1-4	신뢰도 수준은 효율성에 유의한 영향을 미칠 것이다.	채택
H 1-5	신뢰도 수준은 원가절감에 유의한 영향을 미칠 것이다	채택
H 1-6	신뢰도 수준은 품질에 유의한 영향을 미칠 것이다	채택
H 1-7	데이터 활용 역량 수준은 효율성에 유의한 영향을 미칠 것이다.	기각
H 1-8	데이터 활용 역량 수준은 원가절감에 유의한 영향을 미칠 것이다.	기각
H 1-9	데이터 활용 역량 수준은 품질에 유의한 영향을 미칠 것이다.	기각
H 2	스마트팩토리를 도입한 중소기업의 조직 요인은 스마트팩토리 도입 성과에 유의한 영향을 미칠 것이다.	부분 채택
H 2-1	경영층의 지원 수준은 효율성에 유의한 영향을 미칠 것이다.	채택
H 2-2	경영층의 지원 수준은 원가절감에 유의한 영향을 미칠 것이다.	채택
H 2-3	경영층의 지원 수준은 품질에 유의한 영향을 미칠 것이다.	기각
H 2-4	재정적 확보 수준은 효율성에 유의한 영향을 미칠 것이다.	채택
H 2-5	재정적 확보 수준은 원가절감에 유의한 영향을 미칠 것이다	기각
H 2-6	재정적 확보 수준은 품질에 유의한 영향을 미칠 것이다	채택
H 2-7	전문 인력 확보 수준은 효율성에 유의한 영향을 미칠 것이다.	채택
H 2-8	전문 인력 확보 수준은 원가절감에 유의한 영향을 미칠 것이다.	기각
H 2-9	전문 인력 확보 수준은 품질에 유의한 영향을 미칠 것이다.	기각
H 3	스마트팩토리를 도입한 중소기업의 환경 요인은 스마트팩토리 도입 성과에 유의한 영향을 미칠 것이다.	부분 채택
H 3-1	정부 지원 정책은 효율성에 유의한 영향을 미칠 것이다.	채택
H 3-2	정부 지원 정책은 원가절감에 유의한 영향을 미칠 것이다.	기각
H 3-3	정부 지원 정책은 품질에 유의한 영향을 미칠 것이다.	채택
H 3-4	기술 지원 구조는 효율성에 유의한 영향을 미칠 것이다.	기각
H 3-5	기술 지원 구조는 원가절감에 유의한 영향을 미칠 것이다.	기각
H 3-6	기술 지원 구조는 품질에 유의한 영향을 미칠 것이다.	기각
H 3-7	경쟁 환경은 효율성에 유의한 영향을 미칠 것이다.	채택
H 3-8	경쟁 환경은 원가절감에 유의한 영향을 미칠 것이다.	채택
H 3-9	경쟁 환경은 품질에 유의한 영향을 미칠 것이다.	채택
H 4	스마트팩토리를 도입한 중소기업의 기술 요인은 도입 혁신 관리에 유의한 영향을 미칠 것이다.	부분 채택
H 4-1	기술 준비성(인프라) 수준은 도입 혁신 관리에 유의한 영향을 미칠 것이다.	채택
H 4-2	신뢰도 수준은 도입 혁신 관리에 유의한 영향을 미칠 것이다.	기각
H 4-3	데이터 활용 역량 수준은 도입 혁신 관리에 유의한 영향을 미칠 것이다.	채택
H 5	스마트팩토리를 도입한 중소기업의 조직 요인은 도입 혁신 관리에 유의한 영향을 미칠 것이다.	부분 채택
H 5-1	경영층의 지원 수준은 도입 혁신 관리에 유의한 영향을 미칠 것이다.	기각
H 5-2	재정적 확보 수준은 도입 혁신 관리에 유의한 영향을 미칠 것이다.	기각
H 5-3	전문 인력 확보 수준은 도입 혁신 관리에 유의한 영향을 미칠 것이다.	채택
H 6	스마트팩토리를 도입한 중소기업의 환경 요인은 도입 혁신 관리에 유의한 영향을 미칠 것이다.	부분 채택
H 6-1	정부 지원 정책은 도입 혁신 관리에 유의한 영향을 미칠 것이다.	채택

H 6-2	기술 지원 구조는 도입 혁신 관리에 유의한 영향을 미칠 것이다.	기각
H 6-3	경쟁 환경은 도입 혁신 관리에 유의한 영향을 미칠 것이다.	기각
H 7	도입 혁신 관리는 스마트팩토리 도입 성과에 유의한 영향을 미칠 것이다.	채택
H 7-1	도입 혁신 관리는 효율성에 유의한 영향을 미칠 것이다.	채택
H 7-2	도입 혁신 관리는 원가절감에 유의한 영향을 미칠 것이다.	채택
H 7-3	도입 혁신 관리는 품질에 유의한 영향을 미칠 것이다.	채택
H 8	스마트팩토리를 도입한 중소기업의 기술 요인과 도입 성과 간의 관계에서 도입 혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.	부분 채택
H 8-1	기술 준비성(인프라)은 효율성과 간의 관계에서 도입 혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.	기각
H 8-2	기술 준비성(인프라)은 원가절감 간의 관계에서 도입 혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.	기각
H 8-3	기술 준비성(인프라)은 품질 간의 관계에서 도입 혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.	기각
H 8-4	신뢰도와 효율성과 간의 관계에서 도입 혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.	기각
H 8-5	신뢰도와 원가절감 간의 관계에서 도입 혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.	기각
H 8-6	신뢰도와 품질과 간의 관계에서 도입 혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.	기각
H 8-7	데이터 활용 역량과 효율성 간의 관계에서 도입 혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.	채택
H 8-8	데이터 활용 역량과 원가절감 간의 관계에서 도입 혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.	채택
H 8-9	데이터 활용 역량과 품질 간의 관계에서 도입 혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.	채택
H 9	스마트팩토리를 도입한 중소기업의 조직 요인과 도입 성과 간의 관계에서 도입 혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.	부분 채택
H 9-1	경영층 지원과 효율성과 간의 관계에서 도입 혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.	기각
H 9-2	경영층 지원과 원가절감 간의 관계에서 도입 혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.	기각
H 9-3	경영층 지원과 품질과 간의 관계에서 도입 혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.	기각
H 9-4	재정적 확보와 효율성 간의 관계에서 도입 혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.	기각
H 9-5	재정적 확보와 원가절감 간의 관계에서 도입 혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.	기각
H 9-6	재정적 확보와 품질과 간의 관계에서 도입 혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.	기각
H 9-7	전문 인력확보와 효율성과 간의 관계에서 도입 혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.	기각
H 9-8	전문 인력확보와 원가절감 간의 관계에서 도입 혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.	기각
H 9-9	전문 인력확보와 품질과 간의 관계에서 도입 혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.	기각
H 10	스마트팩토리를 도입한 중소기업의 환경 요인과 도입 성과 간의 관계에서 도입 혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.	부분 채택

H 10-1	정부 지원 정책과 효율성과 간의 관계에서 도입 혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.	채택
H 10-2	정부 지원 정책과 원가절감 간의 관계에서 도입 혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.	채택
H 10-3	정부 지원 정책과 품질과 간의 관계에서 도입 혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.	채택
H 10-4	기술 지원 구조와 효율성과 간의 관계에서 도입 혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.	기각
H 10-5	기술 지원 구조와 원가절감 간의 관계에서 도입 혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.	기각
H 10-6	기술 지원 구조와 품질과 간의 관계에서 도입 혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.	기각
H 10-7	경쟁 환경과 효율성과 간의 관계에서 도입 혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.	기각
H 10-8	경쟁 환경과 원가절감 간의 관계에서 도입 혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.	기각
H 10-9	경쟁 환경과 품질과 간의 관계에서 도입 혁신 관리는 매개 효과가 있을 것이다.	기각

제 5 장 결 론

제 1 절 연구 결과의 요약 및 시사점

1) 연구 결과의 요약

본 연구는 중소기업의 스마트팩토리 도입 성과에 영향을 미치는 주요 요인을 기술적 요인(기술 준비성, 기술 신뢰도, 데이터 활용 역량), 조직적 요인(경영층의 지원, 재정적 확보, 전문 인력 확보), 환경 요인(정부 지원, 기술 지원, 경쟁 환경)으로 구분하여 심층적으로 분석하였다. 스마트팩토리의 도입은 단순히 최신 기술을 적용하는 것에 그치지 않으며, 이를 통해 효율성, 원가절감, 품질 등 기업의 전반적인 성과를 향상시키는 것을 목표로 한다. 본 연구는 이러한 맥락에서 도입 성과에 영향을 미치는 주요 요인들을 분석하고, 도입 혁신 관리가 이들 요인과 성과 간의 매개 역할을 하는지를 검증하였다.

본 연구와 박현오(2020)의 연구 모두 중소기업의 스마트팩토리 도입 성공 요인으로 기술적, 조직적, 환경적 요인의 중요성을 강조하였다. 기술적 요인으로는 기술 준비성이 효율성($\beta=.114$, $p<.05$)에 유의미한 영향을 미친다는 결과가 확인되었으며, 이는 기술 준비성이 스마트팩토리 도입 성공에 핵심적 역할을 한다는 박현오(2020)의 주장과 일치한다. 특히, 기술 신뢰도가 효율성($\beta=.175$, $p<.001$), 원가절감($\beta=.167$, $p<.01$), 품질($\beta=.096$, $p<.05$) 모두에 긍정적인 영향을 미쳤다. 본 연구 결과는 기술적 성숙도가 도입 초기 성과를 좌우한다는 기존 연구와의 일관성을 보여준다.

한편, 데이터 활용 역량은 품질($\beta=.102$, $p<.05$)에는 유의미한 영향을 미쳤으나 효율성과 원가절감에는 유의미하지 않았다는 점에서, 데이터 분석 전략과 기술적 숙련도의 강화 필요성이 대두되었다. 이는 조직 구성원의 적응과 기술적 준비가 도입 성과를 극대화하는 데 필수적이라는 박현오(2020)의 주

장과 맥락을 같이 한다.

조직적 요인에서 경영층의 지원이 효율성($\beta=.149$, $p<.01$) 과 원가절감($\beta=.241$, $p<.001$)에 긍정적 영향을 미친다는 본 연구의 결과는, 경영층의 명확한 비전과 리더십이 조직 협력을 유도하며 도입 초기 자원 배분을 효과적으로 지원한다는 박현오(2020)의 설명을 뒷받침한다. 재정적 확보 역시 효율성($\beta=.169$, $p<.01$)과 품질($\beta=.125$, $p<.05$)에 긍정적 영향을 미친다는 결과는, 초기 투자 부담을 줄이고 조직적 안정성을 확보하는 데 필수적임을 나타낸다.

다만, 전문 인력 확보가 효율성($\beta=-.093$, $p<.05$)에 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 본 연구의 결과는, 단순히 인력을 확보하는 것을 넘어 적절한 배치와 교육 프로그램의 필요성을 시사한다.

환경적 요인에서 정부 지원 정책은 효율성($\beta=.144$, $p<.05$)과 품질($\beta=.202$, $p<.001$)에 유의미한 영향을 미쳤으나, 기술 지원 구조가 성과에 미치는 영향은 유의하지 않다고 나타났다. 이는 정부 정책이 중소기업의 실제 요구를 충분히 반영하지 못하고 있다. 본 연구의 주장과, 정부 재정적 지원이 초기 도입 장벽을 낮추는 데 효과적이라는 박현오(2020)의 분석을 상호 보완적으로 설명한다.

경쟁 환경은 효율성($\beta=.218$, $p<.001$), 원가절감($\beta=.192$, $p<.001$), 품질($\beta=.238$, $p<.001$)에 유의미한 영향을 미쳤으며, 치열한 경쟁 상황에서 기업들이 기술 혁신을 통해 경쟁력을 강화하려는 동기를 제공한다는 점은, 스마트 팩토리를 조직 혁신의 도구로 인식해야 한다는 기존 연구와 같은 맥락에 있다.

경쟁 환경은 효율성($\beta=.218$, $p<.001$), 원가절감($\beta=.192$, $p<.001$), 품질($\beta=.238$, $p<.001$)에 유의미한 영향을 미쳤으며, 치열한 경쟁 상황에서 기업들이 기술 혁신을 통해 경쟁력을 강화하려는 동기를 제공한다는 점은, 스마트 팩토리를 조직 혁신의 도구로 인식해야 한다는 기존 연구와 같은 맥락에 있다.

도입 혁신 관리의 경우, 효율성($\beta=.275$, $p<.001$), 원가절감($\beta=.331$,

$p < .001$), 품질($\beta = .303$, $p < .001$)에 강력한 영향을 미치는 핵심적인 매개 변수로 작용했다. 이는 도입 혁신 관리가 효율성, 원가절감, 품질 향상에 기여한다는 박현오(2020)의 연구와 일치하며, 스마트팩토리 도입 성과를 극대화하기 위한 전략적 도구로서의 중요성을 부각시킨다.

결론적으로, 본 연구와 박현오(2020)의 연구는 중소기업의 스마트팩토리 도입 성과를 극대화하기 위해 기술적 준비성, 경영층의 지원, 정부 지원 정책 등이 통합적으로 고려되어야 함을 강조하였다. 아울러 데이터 활용 역량 강화, 전문 인력 확보를 위한 체계적 교육, 정부 지원 정책의 실효성 개선 등이 중소기업의 경쟁력과 지속 가능성을 향상시키는 주요 과제로 제시되었다.

2) 연구의 시사점

본 연구는 중소기업의 스마트팩토리 도입 특성이 도입 혁신 관리와 성과에 미치는 영향을 분석하여, 이를 바탕으로 실질적인 시사점을 도출하였다. 연구의 주요 시사점은 다음과 같다.

첫째, 기술적 준비성과 신뢰성의 중요성이다.

스마트팩토리 도입이 성공적으로 이루어지기 위해서는 기술적 준비성과 신뢰성이 반드시 확보되어야 한다. 기술 준비성은 스마트팩토리 운영의 기반이 되는 인프라를 구축하는 것을 의미하며, 이는 기업이 도입 초기부터 원가절감과 품질 향상에 기여할 수 있는 주요 요인으로 작용한다. 도입된 기술의 신뢰성은 안정적 운영을 가능하게 하며, 이를 위해 지속적인 유지보수와 품질보장이 이루어져야 한다. 이러한 점은 스마트팩토리가 단순히 기술을 적용하는 데 그치지 않고, 장기적으로 지속 가능한 운영 체계를 구축하는 것이 필요하다는 것을 보여준다.

둘째, 조직적 측면에서는 경영층의 지원, 재정적 확보, 전문 인력의 확보가 필수적이다.

스마트팩토리를 성공적으로 도입하기 위해서는 경영층의 리더십과 명확한 목표 설정이 중요하다. 경영진의 적극적인 지원은 조직 전체의 협력과 자원

배분을 유도하여, 도입 효과를 극대화하는 데 기여한다. 또한, 재정적 지원은 스마트팩토리 구축 초기뿐만 아니라 지속적인 운영과 개선을 위한 자원을 제공하는 데 중요한 역할을 한다.

전문 인력의 확보 역시 스마트팩토리 도입 성과에 중요한 변수로 작용한다. 기술적 역량과 실행 능력을 가진 인력은 생산 공정을 최적화하고 도입된 시스템의 안정성을 보장한다. 하지만, 전문 인력이 효율성에 부정적 영향을 미치는 사례가 나타날 수도 있다. 이는 인력 관리나 배치가 부적절할 경우 발생할 수 있는 문제로, 기업은 사내 교육 프로그램과 외부 전문가 채용을 통해 이를 해결할 필요가 있다.

셋째, 환경적 요인으로서는 정부 지원 정책과 기술 지원 체계가 있다.

정부의 정책적 지원은 중소기업이 스마트팩토리를 도입하는 데 있어 중요한 촉진제로 작용한다. 재정적 인센티브나 기술적 도움은 기업이 직면하는 초기 도입의 어려움을 완화하는 데 도움을 준다. 그러나 이러한 지원이 효과를 발휘하기 위해서는 절차의 간소화와 기업별 맞춤형 지원이 이루어져야 한다.

기술 지원 체계는 기업이 도입 과정에서 발생하는 기술적 문제를 해결하고, 시스템의 성과를 극대화할 수 있도록 돕는 역할을 한다. 특히, 기업의 필요에 맞춘 솔루션을 신속히 제공하는 체계를 구축하는 것이 중요하다.

경쟁 환경 또한 스마트팩토리 도입의 주요 동기 요인으로 작용한다. 치열한 경쟁은 기업이 스마트팩토리를 도입하여 원가절감과 품질을 개선할 필요성을 부각시킨다. 그러나 지나치게 치열한 경쟁은 기업의 자원 부족을 초래할 수 있어, 기업은 시장 상황을 고려한 전략적 계획을 수립해야 한다.

결론적으로, 스마트팩토리 성과를 극대화하기 위해서는 기술적, 조직적, 환경적 요인이 유기적으로 결합되어 작용해야 한다. 기술적 기반을 강화하고, 경영층의 지원을 확대하며, 정부와의 협력을 통해 재정적 지원을 확보하는 것이 중요하다. 이를 통해 스마트팩토리의 성공 가능성을 높이고, 기업의 장기적인 경쟁력을 강화할 수 있을 것이다.

스마트팩토리 도입은 단순히 기술의 자동화를 넘어, 지속 가능한 제조 혁신의 기반을 마련하는 데 그 목표가 있다. 기업 내부와 외부 요인을 통합적으로 고려하여 효과적인 운영 전략을 수립하는 것이 필수적이며, 이를 통해 스

마트팩토리의 도입 효과를 극대화할 수 있을 것이다.

제 2 절 연구의 한계점 및 향후 연구 방향

본 연구는 스마트팩토리 도입 중소기업의 특성이 도입 혁신 관리와 성과에 미치는 영향을 실증적으로 분석한 연구로서, 실제 스마트팩토리를 구축하거나 운영 중인 중소기업을 대상으로 설문조사를 통해 정량적 데이터를 수집한 점에서 강점을 가진다. 이러한 분석을 통해 스마트팩토리 도입 성과를 파악하고 이에 영향을 미치는 주요 요인을 규명하였으나, 몇 가지 한계점이 존재하며 이를 바탕으로 향후 연구 방향을 제안하고자 한다.

첫째, 본 연구는 국내 중소기업을 대상으로 한정된 표본을 바탕으로 수행되었다는 점에서 표본의 제한성이 있다. 스마트팩토리 도입 성과는 기업의 규모, 업종, 지역적 특성 등에 따라 상이하게 나타날 수 있다. 따라서 본 연구 결과를 모든 중소기업에 일반화하기에는 다소 제한적일 수 있다. 향후 연구에서는 다양한 산업군과 기업 규모를 포함한 확장된 표본을 바탕으로, 보다 일반화된 결론을 도출할 필요가 있다.

둘째, 스마트팩토리 도입 성과에 대한 분석이 도입 초기의 성과에 초점이 맞추어져 있다는 점도 한계점으로 지적될 수 있다. 본 연구는 도입 이후 원가 절감과 품질 개선 등 즉각적인 결과를 중심으로 분석하였으나, 스마트팩토리 도입은 기업의 장기적인 경쟁력 강화와 지속 가능한 성장에 영향을 미치는 과정으로 이해해야 한다. 향후 연구에서는 스마트팩토리 도입 이후 일정 기간 동안의 성과를 추적하여 중장기적인 효과를 평가하고, 지속 가능한 제조 혁신의 방향성을 제시해야 할 것이다.

셋째, 본 연구는 설문조사를 통해 데이터를 수집하였기 때문에, 기업의 내부적 특성이나 주관적 해석에 따른 편향이 발생할 가능성이 있다. 일부 기업은 도입 성과를 과대평가하거나 도입 과정에서의 어려움을 과소평가할 수 있는 한계를 내포하고 있다. 따라서 향후 연구에서는 객관적 성과 지표를 활용하거나 제3자 데이터를 병행하여 신뢰성을 높이는 방법론적 개선이 필요하다.

넷째, 본 연구는 스마트팩토리 도입 성과에 영향을 미치는 기술적, 조직

적, 환경적 요인에 중점을 두었으나, 공급망 관점에서의 분석은 다루지 않았다. 스마트팩토리는 개별 기업의 성과를 넘어 공급망 전체의 효율성과 시너지 효과를 창출할 수 있는 잠재력을 지닌다. 향후 연구에서는 스마트팩토리 도입이 공급망 내의 파트너십, 데이터 공유, 그리고 운영 최적화에 미치는 영향을 분석하고, 공급망 관점에서의 성과를 통합적으로 평가할 필요가 있다.

이러한 한계점을 보완하기 위해 향후 연구는 다음과 같은 방향으로 진행될 필요가 있다. 첫째, 다양한 산업군과 기업 규모에 따른 스마트팩토리 도입 사례를 분석하여 산업 특성과 규모별로 최적화된 도입 전략을 제시해야 한다.

이를 통해 기업들이 처한 환경에 맞춘 스마트팩토리 도입 방안을 설계할 수 있을 것이다. 둘째, 도입 이후 장기적인 성과를 평가하기 위한 후속 연구가 필요하다. 스마트팩토리가 기업의 지속 가능한 성장과 경쟁력 강화에 미치는 영향을 정밀하게 분석하기 위해 도입 후 수년간의 성과를 추적하는 연구가 이루어져야 한다. 이를 통해 단기적 성과뿐만 아니라 중장기적인 효과를 입증할 수 있을 것이다.

셋째, 스마트팩토리 도입의 성공 요인으로 작용하는 조직문화와 변화 관리 전략에 대한 심층적 분석이 요구된다. 경영층의 리더십, 조직문화, 변화 관리 전략이 스마트팩토리 도입과 운영 성과에 중요한 영향을 미치므로, 이러한 요인들이 기술적 요인과 어떻게 상호작용하는지 체계적으로 분석할 필요가 있다. 넷째, 정부의 지원 정책이 중소기업의 스마트팩토리 도입에 미치는 실질적 효과를 분석하고, 정책 개선 방향을 제시하는 연구가 필요하다. 특히, 중소기업이 정부 지원 프로그램을 효과적으로 활용할 수 있는 방안과 정책적 사각지대를 해소하기 위한 개선책을 탐구해야 한다.

본 연구에서 제기된 한계점과 이를 보완하기 위한 향후 연구 방향은 스마트팩토리 도입 중소기업의 경쟁력 강화를 지원하는 데 중요한 기초 자료로 활용될 수 있다. 다양한 연구를 통해 중소기업이 스마트팩토리 도입을 통해 장기적으로 제조업 경쟁력을 제고하고, 지속 가능한 성장을 실현할 수 있기를 기대한다.

참 고 문 헌

1. 국내문헌

- 강정석(2018). “자동화 및 스마트공장 구축에 대한 정부지원사업의 효과 분석”. 성균관대학교 일반대학원 박사학위논문
- 고경석, 허재준, 오재인. (2021). 스마트팩토리 도입에 영향을 미치는 요인에 관한 연구-고객사와 공급사 간 비교를 중심으로. 『Korea Business Review』, 25(3), 129-151.
- 고경석. (2020). “스마트팩토리 도입에 영향을 미치는 요인에 관한 연구”. 단국대학교 대학원 박사학위논문
- 고기훈. (2004). “기업환경요인에 따른 ERP 구현방법이 회계정보시스템 성과에 미치는 영향”. 한남대학교 대학원 박사학위논문
- 곽민홍. (2018). “스마트팩토리 핵심기술 적용에 따른 경영성과 분석 연구”. 서울과학기술대학교 대학원 석사학위 논문
- 권세인. (2019). “스마트팩토리 도입의 핵심성공요인과 기업성과에 관한 실증연구: 국내 중소 제조기업을 중심으로”. 단국대학교 대학원 박사학위 논문
- 권진희. (2017). “신제품 개발시 수요기관 협력이 프로젝트 성과와 시장성
과에 미치는 영향과 흡수역량의 조절적 역할”. 영남대학교 대학원 박사학위논문
- 기업제조혁신역량 수준
<https://www.ikmr.co.kr/business/industry/view01.php>,
<https://m.blog.naver.com/sigmagil/223242723272>
- 길형철. (2019). “스마트공장 수용 요인과 성과분석을 위한 실증적 연구”. 한성대학교 대학원 박사학위논문
- 김기선. (2023). “스마트팩토리 도입요인이 긍정적 인지 및 수용의도에 미치는 영향”. 동의대학교 대학원 박사학위 논문

- 김기홍. (2022). “국내 제조기업의 스마트팩토리 도입요인 및 성과에 관한 실증 연구”. 한국기술교육대학교 일반대학원 박사학위논문
- 김상문, 유연우. (2020). 기업역량이 스마트팩토리 수용의도 및 경영성과에 미치는 영향: 지역특성을 조절변수로. 『Journal of Digital Convergence』 , 18(9).
- 김상문. (2020). “빅데이터기반 중소제조기업의 스마트팩토리 수용의도와 경영성과에 관한 실증연구”. 한성대학교 대학원 박사학위논문
- 김성태. (2021). “스마트팩토리 도입의도에 영향을 미치는 요인에 관한 연구: 혁신저항의 조절효과를 중심으로”. 인천대학교 대학원 박사학위논문
- 김수영. (2018). 4차산업혁명시대 스마트팩토리운영관리(FOM)시스템의 도입성과에 대한 사례분석. 『전산회계연구』 , 16(1), 43-62.
- 김 은. (2017). 『4 차 산업혁명과 제조업의 귀환: 독일 전문가들이 들려주는 인더스트리 4.0 의 모든 것』. [KIIP] 한국지식재산연구원 도서.
- 김용성. (2021). “중소 제조기업 스마트 공장 지속사용 의도에 영향을 미치는 요인에 관한 연구: 후기수용모델(PAM)을 중심으로”. 한성대학교 대학원 박사학위논문
- 김재성. (2017). “스마트팩토리 구축을 위한 중소제조공정 빅데이터 분석 적용방안: 자동차 부품 제조공정을 중심으로”. 충북대학교 대학원 박사학위논문
- 김정래, 이상직. (2020). 스마트팩토리 기술수용에 영향을 미치는 요인에 관한 연구. 『Journal of Information Technology Applications & Management』 , 27(1), 75-95.
- 김정래. (2019). “중소기업의 스마트팩토리 도입의도에 영향을 미치는 요인에 관한 연구: 정부지원기대와 과업기술적합도를 포함하여”. 호서대학교 벤처대학원 박사학위논문
- 김준범, 김우제, 조남욱. (2007). DEA/AHP 모형을 이용한 제조공정들 간 효율성 평가: 휴대폰 케이스 제조공정 중심. 『대한산업공학회 추계

- 학술대회 논문집』 , 1079-1084.
- 김현규. (2019). 스마트팩토리 수용의도와 전환의도에 관한 실증 연구. 『한국산업정보학회지』 , 24(2), 65-80.
- 김현규. (2020). 한국 제조기업 측면에서의 스마트팩토리 운영전략이 기업 생산성 증대에 미치는 영향: 내부 통합화를 조절 변수로. 『한일경상논집』 , 88, 67-95.
- 김현득, 이경근, 윤제환, 염세경. (2019b). 중소기업 경영환경이 스마트공장 수준에 미치는 영향. 『대한경영학회지』 , 32(9), 1561-1579.
- 나형배, 안예환, 황인극. (2020). 『스마트공장개론』 , 도서출판 청람.
- 노상도, 조문빈, 이전일, 조현재, 조용주, 최석우. (2011). 중소 제조기업의 생산정보화를 위한 룰 베이스 기반의 맞춤형 도입가이드라인 시스템 구축에 관한 연구. 『한국생산제조학회 학술발표대회 논문집』 , 30-30.
- 문수미. (2024). “기업환경 및 기술관련 내부 특성이 중소기업의 스마트팩토리 도입 및 활용효과에 미치는 영향 연구”. 한양대학교 대학원 박사학위논문
- 박상범. (2020). 『생산·운영관리』 . 탐복스
- 박상현, 이경구.(2020). 스마트팩토리(smart Factory), 제조기업 분야에 새로운 경쟁우위 확보를 위한 경인차 역할을 할 수 있을까?: 포터의 다이아몬드 모델 분석을 중심으로. 『기업경리뷰』 , 11(4), 67-87.
- 박제선. (2019). “스마트팩토리 구축의지와 실행에 관한 관계 분석: 정부지원금과 기업 부담금의 조절효과를 중심으로”. 부산대학교 기술창업대학원 석사학위논문
- 박찬권, 이용규. (2022). 기술준비도와 혁신저항모델을 활용한 우리나라 중소기업의 스마트팩토리로의 전환 제고 방안에 대한 연구. 『기업경영연구』 , 29(3), 27-54.
- 박찬권, 서영복. (2020). 확장된 UTAUT 를 활용한 스마트팩토리 관련 기술의 사용의도에 대한 연구. 『경영교육연구』 , 35(5), 501-532.
- 박현오. (2020). “중소기업의 스마트팩토리도입에 영향을 미치는 요인에 관

한 실증연구 : 혁신특성 조절 효과 중심으로”. 인천대학교 대학원 박사학위논문

백종현, “스마트공장 국내외 표준화 동향,” *ie매거진*, 23(1), 29-36(8page), 2016년 3월.

산업통산자원부. (2017). 『4차 산업 혁명시대 스마트 공장 확산을 위한 핵심분야별 정책방안 연구(2017.12)』

서창성, 정신진, & 김석찬. (2018). 기업의 생산성 향상을 위한 스마트팩토리 구축. 『한국통신학회지 (정보와통신)』, 35(6), 43-49.

서홍일. (2022). “대·중소 상생형 지원사업을 통한 중소기업 스마트팩토리 구축에 대한 영향 평가 연구”. 금오공과대학교 대학원 박사학위논문

소병엽, 신성식. (2017). 센서와 가상 공정설계를 활용한 스마트팩토리 구축. 『한국 전자통신학회 논문지』, 12(6), 1071-1080.

송원철. (2021). “기업의 핵심역량이 기업성과에 미치는 영향에 관한 연구 : 스마트팩토리와 4차 산업혁명 인식의 매개효과를 중심으로”. 영남대학교 대학원 박사학위논문

스마트제조혁신추진단. (2020). 스마트공장 사업관리시스템
<https://www.smart-factory.kr/>

스마트제조혁신추진단. (2023). 스마트공장 사업관리시스템
<https://www.smart-factory.kr/>

신동민, 정봉주, 조현보. (2017). 『스마트 제조 제4차 산업혁명의 예술』. 이프레스.

신장철, 임옥경, 박영환, 송상화. (2017). 스마트 공급망 구현에 필요한 기본 요소들의 우선순위 결정에 관한 연구. 『한국 SCM 학회지』, 17(1), 1-12.

오원근. (2018). “4차 산업혁명이 제품수명주기 관리에 미치는 영향”. 동국대학교 대학원 박사학위논문

오재준, 최성주. (2017). 스마트팩토리 구축을 위한 PLC 기반의 필드버스 교육 장비 및 교육과정 개발. 『실천공학교육논문지』, 9(1), 49-56.

오종철. (2012). 전자정부 셀프서비스 테크놀로지 (SST) 수용의 영향요인에

- 관한연구. 『e-비즈니스연구』 , 13(1), 441-462.
- 오주환, 김지대. (2019). 스마트팩토리의 전략적 활용 연구: 구축 목적 및 내용이 지속적 활용에 미치는 영향. 『중소기업연구』 , 41(4), 1-36.
- 오주환, 서진희, 김지대(2019). 종업원 기술수용태도와 기술 사용용이성이 스마트공장 기술 도입수준과 제조성과에 미치는 영향. 『Journal of Information Technology Applications & Management』 , 26(2), 13-26.
- 윤 경. (2015). “클라우드 컴퓨팅 서비스 사용 의도에 영향을 미치는 요인 연구”. 단국대학 교대학원 박사학위논문
- 윤윤규, 고영우. (2010). 정부 R&D지원이 기업의 성과에 미치는 효과 분석, 『기술혁신연구』 , 19(1) pp.29-53.
- 이록, 김채수. (2020). 중소벤처기업의 스마트팩토리 기술적용이 품질과 혁신성과에 미치는 영향. 『벤처창업연구』 , 15(3), 59-71.
- 이병찬, 임종혁, 남윤명, 정수현. (2021). 스마트팩토리 도입기업 전문인력양성을 위한 비교연구-충북지역 스마트팩토리 도입기업들을 중심으로. 『기술경영』 , 6(4), 203-218.
- 이만석. (2023). “중소 제조기업을 위한 한국형 스마트팩토리 수준 진단 모형에 관한 연구, 사출업종을 중심으로”. 한국공과대학교 융합기술에너지 대학원 박사학위 논문
- 이성종. (2021). “스마트팩토리의 지속사용의도와 운영향에 미치는 요인에 관한 연구”. 숭실대학교 대학원 석사학위논문
- 이에림. (2019). 중소 제조기업의 스마트공장 준비도가 기술수용성과 기업 경쟁력 기대성과에 미치는 영향에 대한 연구: 기업가적 지향성에 따른 다중집단분석 중심으로. 『무역연구』 , 15(4), 465-481.
- 이용규, 박찬권. (2020). 우리나라 중소기업의 스마트팩토리 수용 및 활성화 제고 를 위한 정책 방향에 대한 연구. 『중소기업연구』 , 42(4), 251-283.
- 이유미. (2017). "스마트팩토리 구축을 위한 빅데이터 시스템 연구". 한국향

공대학교 대학원 석사학위논문

이종근, 길종구. (2021). 통합기술수용이론(UTAUT)이 스마트팩토리 도입의
도와 경영성과에 미치는 영향에 관한 실증연구 -최고경영자 태도의
조절효과. 『경영컨설팅연구』, 21(3), 61-84.

이종근. (2023). “기술-조직-환경(TOE)요인이 스마트팩토리 지속사용의도
와 도입성과에 미치는 영향에 관한 연구”. 동국대학교 일반대학원 박
사학위논문

이종덕. (2024). “중소기업의 핵심역량과 경쟁전략이 경영성과에 미치는 영
향”. 건국대학교 대학원 박사 학위논문

이천희. (2021). “중소벤처기업의 흡수역량이 기술혁신역량과 경영성과에
미치는 영향”. 건국대학교 대학원 박사학위논문

이학식, 임지훈. (2017). 『SPSS 24.0 매뉴얼』, 서울;집현재

이한웅. (2014). “정부지원이 중소기업 글로벌 R&D 협력 성과와 글로벌
역량에 미치는 영향”. 한양대학교 대학원 석사학위논문

임정우, 박성현, 배찬우, 반재만, 이영훈. (2017). 셀 방식 조립생산라인의
레이아웃 설계에 대한 사례연구. 『대한산업공학회지』, 43(5),
397-412.

임종화, 김병근(2018). 기업가지향성 및 흡수역량이 기업성과에 미치는 영
향, 제품혁신 성과의 매개효과를 중심으로. 『기술혁신학회지』,
21(4), pp.1536-1576.

임준홍. (2017). “스마트 공장 적용에 영향을 끼치는 요인에 관한 연구 :
자동차 조립공장을 중심으로”. 고려대학교 기술경영전문대학원 석사
학위 논문

장 훈. (2017), Industry 4.0 성숙도 지수 평가 모델 개발: 4 차 산업혁명
시대를 맞이하는 우리 기업들의 준비 현황은? 『과학기술정책』,
27(6), 10-13.

정상일, 박현숙. (2021). 중소기업의 스마트팩토리 고도화 수용의도에 미치
는 영향요인. 『Journal of Digital Convergence』, 19(6).

조남재, 문수미. (2023). 스마트팩토리 도입에 영향을 미치는 환경적 및 기

- 술적 요인의 분석: 근거이론 관점에서. 『e-비즈니스연구』, 24(3), 105-123.
- 조용주. (2017). 4차 산업혁명 시대에 국내 스마트팩토리 추진전략. 『정보과학회지』, 35(6), 40-48.
- 조익준. (2021). “스마트팩토리 구축요인에 따른 운영성과와 지속 사용 의도에 관한 연구: 조직특성과 생산방식 유형의 다중집단분석을 중심으로”. 한국산업기술대학교 지식기반기술 에너지대학원 박사학위논문
- 조혜지. (2017). ICT로 제조혁신, 스마트팩토리. ICT Spot Issue, 『정보통신기술진흥센터』, S17-11.
- 주영석, 이동희. (2019). 중소 금속가공 기업의 경쟁력 향상을 위한 스마트 공장 도입 요인 연구, 『대한산업공학회지』, 45(1), p.70-80.
- 중소기업기술정보진흥원. (2018). 중소기업 정보화 수준 조사보고서. 『TIPA 연구보고서』 19-01, pp.57-61.
- 중소벤처기업부. (2018). 중소기업 기술로드맵 2018-2020: 스마트 공장. 대전: 중소기업부
- 중소벤처기업부, 8개관계부처 합동. (2018). 중소기업 스마트 제조혁신 전략, 서울.
- 중소벤처기업부, 민관합동 스마트공장 추진단. (2018). 스마트공장 더 나은 내:일이 보인다. 2017 스마트공장 지원사업 참여기업 우수사례집. 중소기업부.
- 중소벤처기업부. (2019). 2019년 스마트공장 보급·확산사업 공고. 중소기업부.
- 차석근, 성기진, 김동훈, 송준엽, 최진석. (2008). SasS 기반 생산정보화와 적용모델. 『한국 IT 서비스학회 학술대회』, 543-546.
- 차석근, 윤재영, 홍정기, 강현구 & 조현찬. (2015). 스마트 공장을 위한 IT 융합 표준화 동향 분석과 시스템 구조. 『한국정밀공학회지』, 32(1), 17-24.
- 채구묵. (2018). 『SPSS와 AMOS를 이용한 고급통계학 (2판)』. 파주;양서원.

- 천우림. (2019). “인공지능을 활용한 스마트팩토리 구축 사례 및 전략 연구”. 남서울대학교 복지경영대학원 석사학위논문
- 최영환, 최상현. (2017). 스마트공장 시스템 구축이 중소기업 경쟁력에 미치는 요인에 관한 연구. 『경영정보학연구』, 19(2), 95-113.
- 최진수. (2022). “기업의 지식 흡수역량 결정 요인과 성과에 관한 연구: 중소 제조기업의 디지털 트랜스포메이션을 중심으로”. 경희대학교 대학원 박사학위논문
- 최태은, 고지영, 장현미. (2020). 스마트팩토리 도입 및 수용 요인에 관한 실증연구. 『로지스틱스 연구』, 28(5), 1-10.
- 한국과학기술기획평가원. (2018). 국내 스마트 제조 정책과 지원 현황 및 개선 방안, 『Issue Weekly』, 2019, 1-29.
- 한국표준협회. (2016b). 스마트공장 - 제3부: 운영관리시스템(진단 평가 모델). 『산업표준심의회』 2016년 6월 30일 제정.
- 한국표준협회. (2016a). “스마트 공장-제1부: 기본 개념과 구조”. 「국가기술표준원」 KS X 9001-1. 『산업표준심의회』, pp1-24.
- 허정미. (2022). “통합기술수용요인(UTAUT)과 조직환경요인이 스마트팩토리 도입의도에 미치는 영향에 관한 연구: 신뢰의 매개효과와 혁신저항의 조절효과”. 동국대학교 일반대학원 박사학위논문
- 홍성화. (2020). “스마트팩토리 도입과 운영단계에서 목표수준과 변화관리요인이 지속사용의도에 미치는 영향 연구”. 호서대학교 대학원 박사학위논문

2. 국외문헌

- Almus, M., & Czarnitzki, D. (2003). The effects of public R&D subsidies on firms' innovation activities: the case of Eastern Germany. *Journal of Business & Economic Statistics*, 21(2), 226-236.
- Antons, "Designing decision-making authorities for smart factories. *Procedia*" CIRP 9(3), pp. 316-322, 2020.
- Belli,, "Industry 4.0 With IoT: Optimizing Business Processes in an Evolving Manufacturing Factory Frontiers Ubiquitous Computing" 6(17), pp.1-14, 2021.
- Charalambous, G., Fletcher, S. and Webb, P.(2015) "Identifying the Key Organisational Human Factors for Introducing Human-Robot Collaboration in Industry: An Exploratory Study". *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 81, no. 9-12, pp. 2143-2155.
- Cohen, W. M. & Levinthal, D. A.(1990). Absorptive Capacity : A New Perspective on Learning and Innovation. *Administrative Science Quarterly*, 35(1), pp.128-152.
- Deloitte. (2017). *The Smart Factory: Responsive, Adaptive, Connected Manufacturing*. Deloitte University Press. University Press.
- Hada, P. S., Singh, R., & Meghwal, M. M. (2011), Security agents: A mobile agent based trust model for cloud computing, *International Journal of Computer Applications*, 36(12), 975-988.
- Hayes, A. F. (2018). *Introduction to Mediation, Moderation, and Conditional Process Analysis: A Regression-Based Approach*. Guilford Publications.
- Hsu, C. L. & Lin. C. C.(2015). "Factors Affecting the Adoption of Cloud Services in Enterprises," *Information Systems and*

- e-Business Management, 14(4), pp.791–822.
- Ilin et al.(2017). “Understanding the Determinants of e-Business Adoption in ERP-Enabled Firms and Non-ERP-Enabled Firms : A Case Study of the Western Balkan Peninsula,” Technological Forecasting & Social Change, 125,
- Kagermann, H., Helbig, J., Hellinger, A., & Wahlster, W. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the future of German manufacturing industry; final report of the Industrie 4.0 Working Group. Forschungsunion.
- Kettinger, J. W. & Grover, V.(1995). Special Section: Toward a Theory of Business Process Change Management. Journal of Management Information Systems, 12, pp.9–30.
- Kiron, D., Kane, G. C., Palmer, D., Phillips, A. N. and Buckley, N.(2016) “Aligning the Organization for its Digital Future”. MIT Sloan Management Review, vol. 58, no. 1, pp. 1–29.
- Lane, P. J. & Lubatkin, M.(1998). Relative Absorptive Capacity and Inter Organizational Learning. Strategic Management Journal, 19(5), pp.461–477.
- Lee, C. Y. (2011). The differential effects of public R&D support on firm R&D: Theory and evidence from multi-country data. Technovation, 31(5–6), 256–269.
- Lee, S. M., Hong, S. G., Katerattanakul, P., & Kim, N. R. (2012). Successful implementations of MES in Korean manufacturing
- Longo, F., Nicoletti, L. and Padovano, A.(2017) “Smart Operators in Industry 4.0: A Human-Centered Approach to Enhance Operators’ Capabilities and Competencies within the New Smart Factory Context”. Computers & Industrial Engineering, vol. 113, pp. 144–159.
- Low, C. & Chen, Y.(2011). Understanding the Determinants of Cloud

- Computing Adoption, *Industrial Management & Data Systems*, 111(7), pp.1006–1023.
- Mason, C. M., Ayre, M., & Burns, S. M. (2022). Implementing industry 4.0 in Australia: Insights from advanced Australian manufacturers. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 8(1), 53.
- Miller, D. & Friesen, P. H. (1986). Porter's (1980) generic strategies and performance: an empirical examination with American data: part I: testing Porter. *Organization studies*, 7(1), 37–55.
- Oliveira, T., Faria, M., Thomas, M. A., & Popovič, A. (2014). Extending the understanding of mobile banking adoption: When UTAUT meets TTF and ITM. *International journal of information management* 34(5), 689–703.
- Oliveira, T., Thomas, M., & Espadanal, M. (2014), Assessing the determinants of cloud computing adoption: An analysis of the manufacturing and services sectors, *Information & Management*, 51(5), 497–510.
- Pagnon. W.(2017) “The 4th Industrial Revolution – A Smart Factory Implementation Guide”. *International Journal of Advanced Robotics and Automation*, vol. 2, no. 2, pp. 1–5.
- Park, S.(2016) “Development of Innovative Strategies for the Korean Manufacturing Industry by Use of the Connected Smart Factory”. *Procedia Computer Science*, vol 91, pp. 744–750.
- Powell, T. C. & Dent-Micallef, A. (1997). Information technology as competitive advantage: The role of human, business, and technology resources. *Strategic management journal*, 18(5), 375–405.
- Putnam, R. D. (1996). The strange disappearance of civic America. *Policy: A Journal of Public Policy and Ideas*, 12(1), 3–15.
- Radziwon, A., Bilberg, A., Bogers, M., & Madsen, E. S. (2014). The

- smart factory: exploring adaptive and flexible manufacturing solutions. *Procedia engineering*, 69, 1184–1190.
- Radziwon, A., Bilberg, A., Bogers, M., & Madsen, E. S. (2014). The smart factory: exploring adaptive and flexible manufacturing solutions. *Procedia engineering*, 69, 1184–1190.
- Rodolfa, E. & Eisman, E. & Rehm, L. & Bent, R. & Nelson, P. & Ritchie, P.(2005). A Cube Model of Competency Development: Implications for Psychology Educators and Regulators. *Professional Psychology*, 36, pp.347–354.
- Rogers, E. M. (1983). *Diffusion of Innovations*(3rd ed), New York: The Free Press.
- Rothwell, R. (1992). Successful industrial innovation: critical factors for the 1990s. *R&d Management*, 22(3), 221–240.
- Sjödin, D. R. & Parida, V. & Leksell, M. & Petrovic, A.(20218). Smart Factory Implementation and Process Innovation,” *Research–Technology Management*, 61(5), pp.22–31.
- SMLC(2011). *Implementing 21st Century Smart Manufacturing*. Workshop Summary Report, The Smart Manufacturing Leadership Coalition.
- Thoben, K. D., Wiesner, S., & Wuest, T. (2017). Industrie 4.0 and Smart Manufacturing: A Review of Research Issues and Application Examples. *International Journal of Automation Technology*, 11(1), 4–19.
- Waibel, M. W., Steenkamp, L. P., Moloko, N., & Oosthuizen, G. A. (2017). Investigating the effects of smart production systems on sustainability elements. *Procedia manufacturing*, 8, 731–737.
- Walczuch, R., Lemmink, J., & Streukens, S. (2007). The effect of service employees’ technology readiness on technology acceptance. *Information & Management*, 44(2), 206–215.
- Wu, L., Yue, X., Jin, A., & Yen, D. C. (2016). Smart supply chain

- management: a review and implications for future research. *The international journal of logistics management*, 27(2), 395–417.
- Zahra, S. A. & George, G.(2002). The Net-Enabled Business Innovation Cycle and the Evolution of Dynamic Capabilities. *Information Systems Research*, 13(2), pp.115–225.
- Zhu, K. & Kraemer, K. L.(2005). ost-adoption Variation in Usage and Value of E-Business by Organizations: Cross-Country Evidence from the Retail Industry, *Information Systems Research*, 16(1), pp.61–84.

부 록

안녕하십니까?

바쁘신 와중에도 본 설문에 귀한 시간을 내어주셔서 진심으로 감사드립니다.

본 설문은 스마트팩토리¹⁾ 도입의 기술 요인, 조직 요인, 환경 요인 및 혁신관리가 도입 성과에 미치는 영향을 조사하기 위한 것입니다.

연구자는 본 연구를 통하여 스마트팩토리 도입 기업의 성공 요인을 파악하고 스마트팩토리 도입 기업의 성공적인 도입과 정착을 위한 학술적 정책적 함의를 찾고자 하오니, 설문 문항에 귀하의 솔직한 답변을 주시면 연구에 큰 도움이 될 것입니다.

응답해 주신 모든 내용은 통계법 제33조(비밀의 보호) 및 개인정보 보호법 제33조(개인정보 보호 원칙)에 의거 하여 철저히 비밀이 보장되며, 연구 목적 달성을 위한 통계 분석 외 다른 목적으로는 절대 사용되지 않을 것을 약속드립니다.

다시 한번 설문 응답에 진심으로 감사드리며, 귀사의 무궁한 발전과 귀하의 건승을 기원합니다.

감사합니다.

2024년 8월 2일

지도교수 박 현 성
한성대학교 IT 공과대학 산업시스템 공학부 교수

윤 경 환
한성대학교 지식서비스&컨설팅 대학원 스마트융합컨설팅학과
스마트팩토리컨설팅전공 공학석사과정

1) 스마트팩토리(Smart Factory)란 4차 산업혁명의 핵심 기술인 정보통신기술(ICT)을 제조업 전반에 적용하여 생산 효율성 극대화, 품질 향상, 안전 강화를 목표로 하는 지능형 생산 시스템을 의미합니다.

■ 스마트팩토리 기술 요인 관련 문항

□ 다음은 귀사(하)의 스마트팩토리 도입 시 귀사(하)의 기술의 준비성과 스마트팩토리 도입 관련 기술 신뢰도, 데이터 활용 역량 관련 정도를 파악하기 위한 질문입니다. 가장 가까운 항목에 ✓ 표를 해주십시오.

1. 스마트팩토리 도입 관련 기술의 준비성

번호	설문 내용	매우 그렇지 않다	- 보통 -				매우 그렇다
1	우리 회사는 스마트팩토리 도입에 필요한 스킬을 보유하고 있다.	①	②	③	④	⑤	
2	우리 회사는 스마트팩토리 도입에 필요한 지식을 보유하고 있다.	①	②	③	④	⑤	
3	우리 회사는 스마트팩토리 시스템을 이용 시 전문가의 도움을 얻을 수 있다.	①	②	③	④	⑤	
4	스마트팩토리 시스템이 우리 회사의 기술들과 결합 되어 활용될 수 있을 것이다.	①	②	③	④	⑤	
5	우리 회사는 스마트팩토리 도입 및 구축에 필요한 장비를 보유하고 있다.	①	②	③	④	⑤	

2. 기술 신뢰도

번호	설문 내용	매우 그렇지 않다	- 보통 -				매우 그렇다
1	스마트팩토리 기술이 우리 회사에 안전한 서비스를 제공해 줄 것이다.	①	②	③	④	⑤	
2	스마트팩토리 기술은 정확도가 높을 것이다.	①	②	③	④	⑤	
3	스마트팩토리 기술은 오류가 없을 것이다	①	②	③	④	⑤	
4	우리 회사는 스마트팩토리 기술을 믿을 것이다.	①	②	③	④	⑤	

3. 데이터 활용 역량

번호	설문 내용	매우 그렇지 않다	- 보통 -			매우 그렇다
1	우리 회사는 최적의 생산 프로세스 구축을 위하여 스마트팩토리의 제조 데이터를 활용할 것이다.	①	②	③	④	⑤
2	우리 회사는 최적의 작업 방법이 적용된 생산 공정의 구축을 위하여 스마트팩토리의 제조 데이터를 활용할 것이다.	①	②	③	④	⑤
3	우리 회사 공장의 생산성과 품질 성과를 최적화하기 위하여 스마트팩토리 제조 데이터를 활용할 것이다	①	②	③	④	⑤
4	우리 회사는 최적의 신제품 개발 프로세스의 구축을 위하여 스마트팩토리의 제조 데이터 분석 기술을 활용할 것이다.	①	②	③	④	⑤
5	우리 회사는 최적의 제품생산 리드타임 단축을 위하여 스마트팩토리	①	②	③	④	⑤

	의 제조 데이터 분석기술을 활용할 것이다.					
6	우리 회사는 현행 프로세스의 상태를 실시간으로 파악하고 이것을 점진적으로 개선하기 위하여 스마트팩토리의 제조 데이터를 분석하여 활용할 것이다.	①	②	③	④	⑤
7	우리 회사는 현행 작업 방법의 효과성을 실시간으로 파악하고 이것을 점진적으로 개선하기 위하여 스마트팩토리의 제조 데이터를 분석 활용 할 것이다.	①	②	③	④	⑤
8	우리 회사는 현행 제품생산 리드타임을 점진적으로 개선하기 위하여 스마트팩토리의 제조 데이터를 분석활용 할 것이다.	①	②	③	④	⑤

■ 스마트팩토리 조직 요인 관련 문항

☐ 다음은 귀사(하)의 스마트팩토리 도입 시 귀사(하)의 경영층 지원과 스마트팩토리 도입 관련 재정적 확보 관련 정도를 파악하기 위한 질문입니다. 가장 가까운 항목에 ✓ 표를 해주십시오.

1. 경영층 지원

번호	설문 내용	매우 그렇지 않다	- 보통 -			매우 그렇다
1	우리 회사 경영진들은 스마트팩토리 도입에 적극적으로 지원한다.	①	②	③	④	⑤
2	우리 회사 경영진들은 스마트팩토리 도입으로 경제적 위험 (투자 손실 및 실패 등)을 감수한다.	①	②	③	④	⑤
3	우리 회사 경영진들은 구성원의 반대에 적극적으로 대처한다.	①	②	③	④	⑤
4	우리 회사 최고 경영자는 스마트팩토리 도입에 적극적으로 추진한다.	①	②	③	④	⑤
5	우리 회사 최고 경영자는 도입에 관련된 이점을 정확하게 파악하고 이해한다.	①	②	③	④	⑤

2. 재정적 확보

번호	설문 내용	매우 그렇지 않다	- 보통 -			매우 그렇다
1	우리 회사는 스마트팩토리 도입을 위한 재무적인 자원을 확보 또는 계획 하고 있다.	①	②	③	④	⑤
2	우리 회사는 스마트팩토리 도입에 필요한 일정 규모의 투자 예산을 확보하고 있다.	①	②	③	④	⑤
3	우리 회사는 스마트팩토리 사업의 성공적인 추진을 위해 필요하다면 타 예산을 활용할 수 있는 유연성을 가지고 있다.	①	②	③	④	⑤
4	우리 회사는 스마트팩토리 도입 예산을 외부에서 조달할 수 있다.	①	②	③	④	⑤

3. 전문 인력 확보

번호	설문 내용	매우 그렇지 않다	- 보통 -			매우 그렇다
1	우리 회사는 스마트팩토리 운영 담당자의 역할과 업무수행 역량이 정의되어 있다.	①	②	③	④	⑤

2	우리 회사는 담당자의 역할과 역량 정의에 따른 교육과정이 지정되어 있다.	①	②	③	④	⑤
3	우리 회사 스마트팩토리 운영 담당자는 관련 교육과정을 이수 하였다.	①	②	③	④	⑤
4	우리 회사는 스마트팩토리에 대해 자문을 받을 수 있는 외부 전문가/기관과 연계되어 있다.	①	②	③	④	⑤
5	우리 회사 구성원들은 지도위원 등 외부 전문가와 협업을 수행해 본 경험이 있고 그 수준은 높다고 생각한다.	①	②	③	④	⑤
6	우리 회사 구성원들은 외부 교육과정 수강 시 필요한 시간과 정책적 지원과 활용을 잘 하고 있다.	①	②	③	④	⑤

■ 스마트팩토리 환경 요인 관련 문항

☐ 다음은 귀사(하)의 스마트팩토리 도입 시 귀사(하)의 정부 지원 정책, 기술지원 구조, 경쟁 환경, 사업 특성에 관련 정도를 파악하기 위한 질문입니다. 가장 가까운 항목에 ✓ 표를 해주십시오.

1. 정부 지원 정책

번호	설문 내용	매우 그렇지 않다	- 보통 -			매우 그렇다
1	우리 회사는 정부의 스마트팩토리 구축지원 사업에 대해 이해하고 있다.	①	②	③	④	⑤
2	우리 회사는 스마트팩토리 도입 및 구축(업그레이드)과 관련된 정부 및 외부 기관의 지원을 받고 싶어 한다.	①	②	③	④	⑤
3	우리 회사는 정부의 스마트팩토리 구축지원을 받기 위해 준비를 하고 있다.	①	②	③	④	⑤
4	우리 회사는 정부의 스마트팩토리 구축지원 사업이 경쟁력 강화에 도움이 될 것이라 생각한다.	①	②	③	④	⑤
5	우리 회사는 정부의 스마트팩토리 구축지원 사업이 구체적이고 효과적이라 생각한다.	①	②	③	④	⑤

2. 기술 지원 구조

번호	설문 내용	매우 그렇지 않다	- 보통 -			매우 그렇다
1	스마트팩토리 구축 성공을 위해 전문적인 기술 지원이 필요하다고 생각된다.	①	②	③	④	⑤
2	전문적인 기술 지원은 스마트팩토리 구축 성공 가능성을 높여줄 것이다.	①	②	③	④	⑤
3	스마트팩토리 구축을 위한 기술지원은 대기업의 전문성과 노하우를 활용하는 것이 효과적인 것이라고 생각된다.	①	②	③	④	⑤
4	스마트팩토리 구축을 위한 기술지원은 사후 관리까지 포함하는 장기적인 로드맵을 바탕으로 진행되어야 한다.	①	②	③	④	⑤

3. 경쟁 환경

번호	설문 내용	매우 그렇지 않다 - 보통 - 매우 그렇다				
		①	②	③	④	⑤
1	우리 회사가 스마트 공장을 수용하면 경쟁사에 비해 경쟁우위를 확보할 수 있을 것이다.	①	②	③	④	⑤
2	경쟁사가 스마트 공장을 수용하면, 우리 회사의 경쟁력은 영향을 받을 것이다.	①	②	③	④	⑤
3	회사 간 경쟁이 심해지고 있으며, 일부 경쟁 회사는 스마트 공장을 이미 운용하고 있다.	①	②	③	④	⑤
4	우리 회사는 고객/거래 선으로부터 스마트 공장 구축을 요구 받고 있다.	①	②	③	④	⑤

■ 스마트팩토리 도입 혁신 관리 요인 관련 문항

☐ 다음은 귀사(하)의 스마트팩토리 도입 시 귀사(하)의 스마트팩토리 도입 혁신 과정에 대한 관련 정도를 파악하기 위한 질문입니다. 가장 가까운 항목에 ✓ 표를 해주십시오.

1. 도입 혁신 관리

번호	설문 내용	매우 그렇지 않다 - 보통 - 매우 그렇다				
		①	②	③	④	⑤
1	우리 회사 직원(나는) 새로운 기술을 배우는 데 적극적인 태도를 보였다.	①	②	③	④	⑤
2	우리 회사 구성원(나는) 널리 활용되지 않은 기술이나 서비스에 대해 적극적으로 학습하고 있다.	①	②	③	④	⑤
3	우리 회사 구성원(나는) 새로 확보한 지식과 기술을 업무에 활용을 잘 하고 있다.	①	②	③	④	⑤
4	우리 회사 직원(나는) 새로운 지식과 기술의 업무 활용에 대해 큰 관심을 가지고 있다.	①	②	③	④	⑤
5	우리 회사 구성원이 새로운 지식과 기술 습득을 장려하는 시스템(인센티브)에 대해 매우 긍정적이다.	①	②	③	④	⑤

■ 스마트팩토리 도입의 성과 관련 문항

☐ 다음은 귀사(하)의 스마트팩토리 도입 시 귀사(하)의 효율성, 원가절감, 품질에 대한 관련 정도를 파악하기 위한 질문입니다. 가장 가까운 항목에 ✓ 표를 해주십시오.

1. 효율성 요인

번호	설문 내용	매우 그렇지 않다 - 보통 - 매우 그렇다				
		①	②	③	④	⑤
1	(생산공정 효율성) 스마트토리 도입 이전 대비 생산 공정의 효율성이 개선되었다.	①	②	③	④	⑤
2	(품질관리 효율성) 스마트팩토리 도입 이전 대비 제품 불량률이 감소하여 생산 효율성이 개선되었다..	①	②	③	④	⑤
3	(생산대응 효율성) 스마트팩토리 도입 이전 대비 제품 생산과 스케줄 관리의 유연성 향상되어 생산 효율성이 개선되었다.	①	②	③	④	⑤
4	(고객납기대응 효율성) 스마트팩토리 도입 이전 대비 납기 준수 및 리드 타임이 단축되어 생산 효율성이 개선되었다.	①	②	③	④	⑤
5	(라인밸런싱 효율성) 스마트팩토리 도입으로 고객 대응 속도와 생산 속도가 이전 대비 개선되어 전반적인 생산 효율성이 향상되었다.	①	②	③	④	⑤

2. 원가 절감 요인

번호	설문 내용	매우 그렇지 않다 - 보통 - 매우 그렇다				
		①	②	③	④	⑤
1	(노무비 절감) 스마트팩토리 도입을 통하여 노무비를 절감 되었다.	①	②	③	④	⑤
2	(재료비 절감) 스마트팩토리 도입을 통하여 재료비가 절감 되었다.	①	②	③	④	⑤
3	(설비정비 비용 절감) 스마트팩토리 도입을 통하여 설비정비 최적화를 통해 비용을 절감 되었다.	①	②	③	④	⑤
4	(생산공정 낭비 비용 절감) 스마트팩토리 도입을 통하여 생산공정의 낭비를 제거하여 비용을 절감 되었다.	①	②	③	④	⑤

3. 품질 요인

번호	설문 내용	매우 그렇지 않다 - 보통 - 매우 그렇다				
		①	②	③	④	⑤
1	(자재 불량률 감소) 원자재 입고시 품질 테스트를 통하여 자재 불량률을 효과적으로 감소시켜 품질 향상에 기여했다.	①	②	③	④	⑤
2	(품질 관리 정확도와 신뢰성) 불량 검출 성능을 향상시켜 품질 관리의 정확도와 신뢰성을 크게 강화하였다.	①	②	③	④	⑤
3	(품질의 안정성) 생산 도중 불량 발생 시 신속한 대응 체계를 구축하여 문제 해결 속도를 높이고 품질 안정성을 강화하였다.	①	②	③	④	⑤
4	(제품 품질 신뢰성) 생산 공정 내 불량 발생률을 감소시켜 제품 품질 수준을 높이고 신뢰성을 강화하였다.	①	②	③	④	⑤
5	(고객 만족과 제품 신뢰도) 품질 향상으로 완제품 불량률을 효과적으로 감소시켜 고객 만족도와 제품 신뢰도를 크게 향상시켰다..	①	②	③	④	⑤

다음은 응답자 일반특성에 관한 질문입니다.

1. 귀하의 직급은 어떻게 되십니까?

- ① 사원급 ② 대리, 과장급 ③ 차장, 부장급 ④ 임원급 ⑤ 대표

2. 귀사의 근무 경력 얼마나 되십니까?

- ① 1년 미만 ② 1년 이상-3년 미만 ③ 3년 이상-5년 미만
④ 5년 이상-10년 미만 ⑤ 10년 이상

3. 귀사의 매출액 규모는 어떻게 되십니까?

- ① 50억 미만 ② 50억 이상-100억 미만 ③ 100억 이상-500억 미만
④ 500억 이상-1,000억 미만 ⑤ 1,000억 이상

4. 귀사의 전체 종업원 수는 어떻게 되십니까?

- ① 20명 미만 ② 20명 이상-50명 미만 ③ 50명 이상-100명 미만
④ 100명 이상-300명 미만 ⑤ 300명 이상

5. 귀사의 업종은 무엇입니까?

- ① 기계, 금속 ② 전기, 전자 ③ 섬유, 화학 ④ 제약, 식음료 ⑤ 기타

6. 귀사의 스마트팩토리 도입 후 불량률 감소는 몇 %입니까?

- ① 0% 이상-5% 미만 ② 5% 이상-10% 미만 ③ 10% 이상-20% 미만
④ 20% 이상-30% 미만 ⑤ 30% 이상

7. 귀사의 스마트팩토리 도입 후 효율성(비용 절감, 납기, 고객 대응, 유연성 등) 향상은 몇 %입니까?

- ① 0% 이상-5% 미만 ② 5% 이상-10% 미만 ③ 10% 이상-20% 미만
④ 20% 이상-30% 미만 ⑤ 30% 이상

8. 귀사의 스마트팩토리 도입 후 원가절감 향상은 몇 %입니까?

- ① 0% 이상-5% 미만 ② 5% 이상-10% 미만 ③ 10% 이상-20% 미만
④ 20% 이상-30% 미만 ⑤ 30% 이상

- 지금까지 설문에 응답해 주셔서 감사합니다 -

ABSTRACT

A study on the impact of characteristics of SMEs adopting smart factories on innovation management and performance

Yoon Kyung-hwan

Major in Smart Factory Consulting

Dept. of Smart Convergence Consulting

Graduate School of Knowledge Service &
Consulting

Hansung University

Smart factory is defined as an innovative manufacturing system that integrates advanced information and communication technologies (ICT) such as the Internet of Things (IoT), big data, and artificial intelligence (AI) into manufacturing to increase productivity, improve quality control, and optimize resources (Park, 2020; Ministry of SMEs and Startups, 2018). This study aims to analyze in-depth the impact of the characteristics of SMEs adopting smart factories on their innovation management and performance, and to suggest strategies for successful adoption. To this end, a survey was conducted among 300 SMEs in Korea to collect quantitative data and empirically analyze the impact of technical, organizational, and environmental factors on adoption

innovation and performance.

The results showed that technical readiness is the most important antecedent of adoption success. If SMEs do not have sufficient technical infrastructure in the early stages of adoption, they are more likely to fail in the adoption process, which can have a negative impact on initial outcomes such as cost reduction and quality improvement (Kim, Jung-rae, & Lee, Sang-jik, 2020). In addition, management leadership and change management strategies played an important role in minimizing organizational resistance and increasing employee acceptance of smart factory adoption. Management's active support and clear vision guided resource allocation and cooperation within the organization from the beginning to maximize performance. In terms of environmental factors, we found that government financial support and enhanced technical training programs were effective in reducing barriers to adoption for SMEs. Such policy support eases the burden of initial investment and helps SMEs overcome technical barriers (Ministry of SMEs and Startups, 2018).

This study proposes a phased approach to maximize SMEs' smart factory adoption performance. In the early stages of adoption, the strategy should focus on digitization and automation of some production processes, and gradually transition the entire production line to intelligent systems to reduce the initial investment burden and provide adaptation time for organizational members. In addition, for smart factories to realize sustainable growth, it is essential that organizational and environmental factors, as well as technological arrangements, are organically coordinated.

In conclusion, this study provides practical policy implications for SMEs' smart factory adoption strategies and contributes to promoting the harmonious integration of management innovation and technology

adoption. This is expected to enable domestic SMEs to proactively respond to the changing industrial environment and strengthen their competitiveness in the long run.

【Key words】 Smart factory, competitive environment, government support policy, technology readiness, small and medium-sized businesses