

석사학위논문

제조 중소기업의 AI도입이
생산성 성과에 미치는 영향
-생산관리 역량강화 중심으로 -

2026년

한 성 대 학 교
지식서비스&컨설팅대학원

스마트융합컨설팅학과

ESG융합컨설팅전공

김 선 일

석사학위논문
지도교수 주형근

제조 중소기업의 AI도입이 생산성 성과에 미치는 영향

- 생산관리 역량강화 중심으로 -

A Study on the Impact of Artificial Intelligence(AI)
Adoption on Productivity Performance in
Manufacturing SMEs

2025년 12월 일

한 성 대 학 교
지식서비스&컨설팅대학원

스마트융합컨설팅학과

ESG융합컨설팅전공

김 선 일

석사학위논문
지도교수 주형근

제조 중소기업의 AI도입이 생산성 성과에 미치는 영향

- 생산관리 역량강화 중심으로 -

A Study on the Impact of Artificial Intelligence(AI)
Adoption on Productivity Performance in
Manufacturing SMEs

위 논문을 컨설팅학 석사학위 논문으로 제출함

2025년 12월 일

한 성 대 학 교
지식서비스&컨설팅대학원

스마트융합컨설팅학과

ESG융합컨설팅전공

김 선 일

김선일의 컨설팅학 석사학위 논문을 인준함

2025년 12월 일

심사위원장 정진택 (인)

심사위원 이형용 (인)

심사위원 주형근 (인)

국 문 초 록

제조 중소기업의 AI도입이 생산성 성과에 미치는 영향 -생산관리 역량강화 중심으로 -

한성대학교 지식서비스&컨설팅대학원
스 마 트 용 합 컨 설 텅 학 과
E S G 용 합 컨 설 텅 전 공
김 선 일

본 연구는 자원기반관점(RBV)의 VRIO(가치, 희소성, 모방불가능성, 조직화) 프레임워크를 기반으로 제조 중소기업의 생산관리 AI 도입 역량을 진단하고, 이러한 내부역량이 자원가 전략 성과와 제품 차별화 전략 성과에 미치는 영향을 실증적으로 규명하는 것을 목적으로 한다. 또한 기업이 처한 외부환경 대응역량에 따라 AI 도입의 성과가 어떻게 달라지는지 분석함으로써, 중소기업의 경쟁력 수준에 따른 차별화된 AI 도입 전략을 제시하고자 하였다.

본 연구는 국내 제조 중소기업 중 생산관리 영역에 AI를 도입하였거나 추진 중인 기업을 대상으로 총 339개의 데이터를 수집한 후, SPSS 통계 패키지를 활용하여 분석하였다. 독립변수는 VRIO 프레임워크에 기반하여 AI 가치성, 희소성, 모방불가능성, 조직화로 구성하였으며, 종속 변수는 생산성 성과인 자원가 성과와 제품 차별화 성과로 설정하여 분석을 진행하였다.

분석 결과, AI 도입 내부역량이 생산성 성과에 미치는 영향은 전략 유형에 따라 상이하게 나타났다. 먼저 자원가 전략 성과에 영향을 미치

는 요인을 분석한 결과, AI 기술이나 설비를 보유하는 것만으로는 원가 절감 효과를 보기 어려우며, AI가 예지보전이나 자동화를 통해 실질적인 운영 가치를 창출하고, 대외적인 인증을 통해 신뢰를 확보할 때 비용 효율성이 극대화됨을 보여주었다. 제품 차별화 전략 성과에 있어서는, 차별화된 경쟁우위를 확보하기 위해서는 경쟁사가 모방하기 어렵고 고도화된 설비 및 기술과 이를 운용할 수 있는 숙련된 인력이 필수적임이 입증되었다. 또한 외부환경 대응역량을 기준으로 기업들을 ‘경쟁취약 집단’, ‘중간경쟁력 집단’, ‘고경쟁력 집단’으로 분류하여 집단별 특성을 분석하였다. 경쟁력이 취약한 집단에서는, 고가의 설비 투자보다는 실질적 가치 창출과 대외 신뢰 확보가 우선 과제이며, 중간경쟁력 집단에서는 공정 최적화와 운영 노하우가 성과의 주요 동인이고, 고경쟁력 집단에서는 전문 인력 양성과 지식 자산이 경쟁우위의 요인임이 확인되었다.

본 연구는 제조 중소기업의 AI 도입을 VRIO 기반의 전략 프레임워크로 해석하고, AI 투자 우선순위를 생산관리 관점에서 제시하였다. 제조 중소기업의 AI 도입이 단순한 기술 적용을 넘어 기업의 내부 자원과 결합하여 전략적 성과로 이어지는 것을 규명하였다는 점에서 학문적 의의가 있다고 하겠다. 실무적으로는 중소기업의 경쟁력 수준에 따른 단계별 AI 도입 로드맵을 제시하였다. 기업의 경쟁환경 수준에 따라 AI 도입 전략의 우선순위가 달라진다는 점을 실증적으로 보여줌으로써, 제조기업이 획일적인 스마트팩토리 로드맵을 따라가는 방식에서 벗어나 기업의 경쟁역량 수준에 맞춘 차별화된 AI 도입 전략을 수립해야 한다는 실무적 방향성을 제시하였다.

【주요어】 AI, 생산운영관리, 내부역량, VRIO

목 차

I. 서 론	1
1.1 연구 배경	1
1.2 연구의 필요성	2
1.3 연구 목적	3
II. 이론적 배경	4
2.1 기업의 내부 역량과 제조 AI 도입	4
2.1.1 중소기업 AI 도입 필요성	4
2.1.2 중소기업의 AI 도입 현황과 투자의 어려움	5
2.1.2.1 AI 도입 현황	5
2.1.2.2 중소기업 AI 도입 투자의 어려움	7
2.1.3 AI 투자 활성화 방안 전략	9
2.2 중소기업의 외부환경 변화	11
2.2.1 산업구조적 특성과 외부환경 변화	11
2.2.2 외부환경 변화와 중소기업의 자원의존성	12
2.2.3 중소기업의 스마트팩토리	13
2.2.3.1 스마트팩토리 도입과 발전단계	13
2.2.3.2 중소기업의 스마트팩토리 도입 현황	15
2.2.4 중소제조기업의 AI 도입	16

2.3 중소기업의 생산관리 내부역량	18
2.3.1 생산관리 내부역량의 개념과 중요성	18
2.3.2 중소기업 내부역량으로서 자원기반이론	20
2.3.3 내부역량의 진단요소: VRIO 프레임워크	21
2.3.3.1 VRIO 프레임워크의 이론적 기반	21
2.3.3.2 중소기업 관점의 생산관리 역량 VRIO 진단	22
2.3.3.3 AI도입과 VRIO 적용	24
2.4 중소기업의 생산성 성과	26
2.4.1 생산성 성과의 개념과 중요성	26
2.4.2 AI 도입과 생산성 혁신	26
2.4.3 저원가 전략	27
2.4.4 제품 차별화 전략	29
2.4.5 생산성 극대화 위한 AI 도입전략	30
III. 연구방법론	31
3.1 연구모델과 데이터 수집 방법	31
3.2 가설 설정	32
3.2.1 생산관리 AI 도입과 생산성 성과	33
3.2.1.1 가치성(Value)과 생산성 성과	34
3.2.1.2 희소성(Rarity)과 생산성 성과	35
3.2.1.3 모방불가성(Imitability)과 생산성 성과	36

3.2.1.4 조직화(Organization)와 생산성 성과	36
3.2.2 외부환경 대응역량의 조절효과	39
3.3 변수의 조작적 정의 및 측정도구	40
IV. 연구결과	42
4.1 기술 통계학 분석	42
4.2 신뢰성과 타당성 검증	44
4.3 상관분석	51
4.4 가설검정	54
4.4.1 AI도입 내부 역량이 저원가에 미치는 영향	54
4.4.2 AI도입 내부역량이 차별화에 미치는 영향	56
4.5 내부역량과 AI도입 활용 목적	60
4.6 외부환경 대응역량 집단 차이 분석	62
4.6.1 집단별 성과 차이	64
4.6.2 저원가 전략에 대한 집단별 내부역량 영향 분석	65
4.6.3 차별화 전략에 대한 집단별 내부역량 영향 분석	69
4.6.4 집단별 현재 내부역량과 AI투자기대 내부역량 차이 분석	71
4.6.4.1 경쟁취약집단	77
4.6.4.2 중간 경쟁력 집단	78
4.6.4.3 고 경쟁력 집단	79

V. 결 론	81
5.1 연구 요약	81
5.1.1 제조 중소기업의 AI도입을 위한 VRIO 상호 분석 결과 ...	81
5.1.2 AI도입 내부역량이 저원가에 미치는 영향	82
5.1.3 AI도입 내부역량이 제품 차별화에 미치는 영향	83
5.1.4 집단별 저원가 및 차별화 전략	84
5.1.5 저원가와 차별화 전략의 통합	84
5.2 연구의 시사점	85
5.2.1 이론적 시사점	85
5.2.2 실무적 시사점	86
5.3 향후 연구의 방향	88
설 문 지	89
참 고 문 헌	97
ABSTRACT	104

표 목 차

[표 2-1] 한국형 스마트팩토리 수준별 핵심 특징과 요구 역량	14
[표 2-2] 생산관리 역량의 VRIO 평가 매트릭스	22
[표 3-1] 변수의 조작적 정의	41
[표 4-1] 기술 통계표	43
[표 4-2] 외부환경 변화대응역량의 신뢰성과 타당성 분석	45
[표 4-3] 내부역량 AI도입에 대한 신뢰성과 타당성 분석 결과	48
[표 4-4] AI도입에 따른 생산성 성과의 신뢰성 타당성 분석	50
[표 4-5] 상관관계표	53
[표 4-6] 회귀분석: 저원가	55
[표 4-7] 회귀분석: 차별화	57
[표 4-8] 연구가설 요약	59
[표 4-9] 생산운영관리 부문의 AI도입 희망 분야	61
[표 4-10] 군집분석을 통해 구분한 집단 설명	62
[표 4-11] 군집별 성과차이 결과	64
[표 4-12] 저원가 전략의 회귀분석	68
[표 4-13] 회귀분석: 차별화전략	70
[표 4-14] 외부환경 대응: 경쟁취약 집단	73
[표 4-15] 외부환경 대응: 중간경쟁 집단	74
[표 4-16] 외부환경 대응: 고정쟁력 집단	75
[표 4-17] 집단별 VRIO 종합정리	76

그림 목 차

[그림 3-1] 연구모형	31
[그림 4-1] 회귀분석: 저월가	55
[그림 4-2] 회귀분석: 차별화	58

I. 서론

1.1 연구 배경

글로벌 경쟁 심화, 인건비 상승, 숙련 인력 부족 등의 도전에 직면하여 중소 제조기업의 경쟁력은 점차 약화되고 있다. 중소기업은 AI 도입을 위한 전문 인력, 데이터 인프라, 자본 투자 측면에서 취약한 상황이지만, 예측 정확성 향상, 불량률 저감 등 AI의 잠재적 가치는 생존과 경쟁력 측면에서 필수적이다(권준화, 2024). 인공지능(AI)은 스마트팩토리, 지능형 공급망 관리, 품질 예측 등 다양한 영역에서 기존 생산방식을 혁신하는 핵심 기술로 인식된다. 제조업에서도 AI라는 패러다임은 기업들에게 지능형 생산체제로 변화의 압력을 가하고 있다. 특히 생산 관리 분야는 원가 절감과 품질 향상을 동시에 달성해야 하는 핵심 영역임에도, 많은 중소기업이 여전히 경험과 직관에 의존한 관리 방식에 머물러 있다(권보경, 2024). 즉 대다수 기업은 AI 투자가 기초 수준에서 진행되고 있으며 글로벌 제조 대기업만 이미 AI를 활용해 생산 공정을 최적화하고, 데이터를 이용한 예측 모델로 비용 절감과 생산성 향상을 달성하고 있다(권준화, 2024).

최근 AI는 중소 제조기업의 경쟁력을 확보하기 위한 핵심 수단으로 부상하고 있다. 그러나 중소기업의 AI 활용 역량은 기술 인식 부족, 초기 투자 부담, 데이터 확보 어려움 등으로 매우 제한적이며, 실제로 중소기업의 약 69%는 비용 부족을 AI 도입의 가장 큰 애로요인으로 지적하고 있다(중기중앙회, 2025). 이러한 현실은 디지털 전환 격차의 심화와 함께 대·중소기업 간의 경쟁력 불균형을 초래할 가능성이 크다. 국내 제조업 또한 AI 중심의 디지털 전환이 본격화되고 있으나, 다수 기업의 도입 단계는 여전히 초기 수준에 머무르고 있다(NIA, 2025). 한국정보화진흥원 2025년에 발간된 보고서에 따르면, 국내 제조기업 중

AI를 활용한다고 응답한 기업은 증가 추세이나, 전체의 16% 미만으로 산업 평균을 밑도는 낮은 도입률을 보인다고 하였다(NIA, 2025). 이처럼 제조업 패러다임 변화의 핵심 축으로 AI가 빠르게 부상하고 있으나, 국내 제조 중소기업들은 인력·투자·데이터·전문역량 부족 등 구조적 한계 때문에 글로벌 트렌드에서 뒤처질 위험이 크다. 제조 생산관리 영역에서 AI 기술은 수요 예측, 생산 계획 최적화, 품질 관리, 예지보전 등 전방위적으로 중요성이 대두되면서, AI 기술이 제조 현장의 디지털 전환을 주도하고 있다(Kusiak, 2018).

1.2 연구의 필요성

이처럼 AI 투자가 중요해지고 있는 시점에서 AI 투자의 결정 요인, 내부 자원 제약 요인을 실증적으로 분석하는 연구는 중소 제조기업의 AI 도입 현황과 제약 요인을 분석하고, AI 기반 생산성 향상 효과를 검증하여 향후 중소 제조기업 정책 설계와 실행전략 수립에 실질적 근거를 제공할 할 필요가 있겠다.

특히 AI 도입이 생산관리 역량 강화를 통해 실제로 저원가 전략과 차별화 전략 성과로 이어지는지에 대한 실증적 연구는 아직 부족한 실정이다. 현행 생산관리 역량과 AI 도입 후 변화된 생산관리 역량 간의 격차(gap)를 체계적으로 분석한 연구는 거의 찾아볼 수 없다. 이에 중소기업이 내부자원을 어떻게 전략적으로 활용해 AI 도입에 성공할지, 경쟁우위 창출의 가능성을 면밀히 분석하는 것은 매우 중요하다고 할 수 있다. 현장 중심의 실증 연구 및 AI 도입에 따른 내부역량 격차, 외부환경 대응역량의 조절효과에 대한 체계적 분석은 국내외 학계·현장 모두에서 부족하다. 기업의 다양한 부문에 AI를 도입할 수 있지만, 제조 중소기업의 경우 생산관리 부문에서 내부역량 영역별 AI 투자 우선순위 설정에 대한 가이드라인이 필요하다.

1.3 연구 목적

국내 중소기업은 한정된 자원을 가지고 생산관리의 모든 영역에 AI를 도입하기 어려우므로, 어떤 영역의 역량 강화가 전략적 성과에 가장 큰 영향을 미치는지를 분석하여야 한다.

구체적인 연구 목적은 다음과 같다.

첫째, AI 도입 생산관리 내부역량이 전략적 성과에 미치는 영향을 검증한다. VRIO 프레임워크를 기반으로 생산관리 맥락에서 AI 도입이 가치성(Value), 희소성(Rarity), 모방불가능성(Inimitability), 조직화(Organization) 측면에서 역량을 어떻게 변화시키는지에 대한 AI 도입으로 인한 생산관리 내부역량의 변화를 측정하고, 그 역량이 저원가 전략 성과와 제품 차별화 성과에 미치는 영향을 실증적으로 분석한다. 이를 통해 VRIO 프레임워크의 각 요소가 어떤 전략적 성과에 더 큰 영향을 미치는지를 파악하고, 중소기업이 우선적으로 강화해야 할 역량을 식별한다.

둘째, 외부환경 대응역량의 조절효과를 규명한다. 중소기업이 직면한 외부환경 요인이 AI 기반 생산관리 내부역량과 전략적 성과 간의 관계를 어떻게 조절하는지를 분석한다. 경쟁 기업 수, 제품 유사성, 진입·철수 장벽, 생산관리 전문 인력 보유 수준이 내부역량과 전략적 성과 간 관계에 미치는 조절효과를 규명하여, 어떤 외부환경 조건에서 AI 도입의 효과가 극대화되는지를 파악하고, 환경에 따른 차별화된 전략 수립의 근거를 제시한다.

셋째, 현행 대비 미래 AI 도입 생산관리 역량의 격차를 분석한다. 중소 제조기업의 현재 생산관리 역량 수준과 AI 도입 후 기대되는 미래 역량 수준을 측정하고, 두 시점 간의 격차를 정량적으로 분석한다. 이를 통해 중소기업이 역량 강화를 위해 얼마나 많은 노력과 투자가 필요한지를 파악하고, 실행 가능한 로드맵을 제시하고자 한다.

II. 이론적 배경

2.1 기업의 내부 역량과 제조 AI 도입

제조 중소기업이 AI를 생산운영관리 전반에 도입하는 것은 단순한 기술혁신을 넘어 생산성 향상, 품질 안정화, 원가절감, 운영 신뢰성 확보, 실시간 의사결정 고도화 등 다양한 이점을 제공한다. AI는 중소기업이 기존의 구조적 한계를 극복하고, 장기적 경쟁우위를 확보할 수 있는 전략적 자산으로서 기능할 수 있다.

2.1.1 중소기업 AI 도입 필요성

대다수 중소 제조기업들은 공정 데이터 수집·분석 체계 미비와 인력 부족으로 생산계획, 재고관리가 경험 의존적으로 이루어지고 있으며, 이는 생산 오차, 재고 과잉으로 이어지고 있다. AI 기반 수요예측, 생산계획 모델을 도입한 중소기업 사례에서는 기존 방식 대비 예측 정확도가 향상되고, 납기 준수율, 생산성, 원가 절감 측면에서 개선 효과가 나타나 데이터 기반 생산계획 통제의 전략적 중요성이 강조되었다(중소기업 기술정보진흥원, 2025) (박철우·정동윤, 2023).

중소기업 설비는 노후화와 전문 인력 부족으로 돌발 고장과 생산중단 위험이 크며, 이는 생산성, 납기 신뢰성 저하의 주요 요인으로 지적된다. 생산설비의 예지보전 연구에서는 설비 센서데이터와 고장 이력을 활용한 AI 예지보전이 설비종합효율 향상과 돌발 정지 시간 감소에 효과적이며, 설비 유지보수 비용과 품질 불량률을 동시에 줄일 수 있는 해법으로 제시된다. 스마트공장, 에너지관리 시스템 평가 연구는 중소 제조기업에서 ICT와 데이터 기반 에너지 관리가 에너지 사용 효율과 환경성과를 개선하는 중요한 수단임을 보여주며, 공정·설비 수준의 데이

터 기반 제어가 경쟁력 강화와 직결된다고 제시되었다(강성우,2019)

다수의 중소기업은 자동화된 데이터 수집·분석 인프라가 부족해 의사결정이 직관과 부분 정보에 의존하고 있으며, 이는 불확실성이 높은 환경에서 의사결정 품질과 속도를 제약한다. 스마트공장 도입성과 연구에서는 센서 네트워크, 플랫폼, 정보시스템 등 디지털 인프라가 구축된 중소 제조기업에서 운영성과가 유의미하게 향상되는 것으로 나타나, 데이터 기반 운영·의사결정 체계의 효과가 확인되기도 하였다. 제조AI 정책 연구 역시 중소 제조기업의 경쟁력 강화를 위해 양질의 제조데이터 수집·전처리, AI 분석 역량, 현장 인력의 데이터 활용능력 제고를 핵심 과제로 제시하며, 이는 중소기업이 AI를 활용해 전략적 의사결정을 고도화해야 할 필요성을 제시하였다(김일중,김우순 외, 2022).

중소기업의 현장 품질검사는 많은 경우 작업자의 경험과 직관에 의존하여 변동성이 높다. AI 기반 영상검사 기술은 사람 검사 대비 더 높은 결함 탐지 정확도를 보이며, 검사 속도도 크게 향상시킬 수 있다. AI 품질예측 모델은 공정변수 간 상관관계를 실시간 분석하여 품질 이상 징후를 조기에 감지하고, 불량률 감소 및 공정능력지수 향상에 기여할 수 있다.

2.1.2 중소기업의 AI 도입 현황과 투자의 어려움

2.1.2.1 AI 도입 현황

대한상공회의소가 2024년 국내 500개사 IT·전략기획 담당자를 대상으로 실시한 ‘국내기업 AI 기술 활용 실태 조사’에 따르면, AI 기술을 활용 중이라고 답한 기업 153개사들의 AI 활용 분야는, 제품개발(R&D)(66.7%), 보안·데이터분석 등 IT 업무(33.3%), 품질 및 생산관

리(22.2%), 고객서비스 관리(13.7%), 영업 및 마케팅(13.1%), 물류 및 공급망 관리(9.8%), 재무 및 회계 4.6%, 기타 4.6%였다. AI 기술 활용을 통해 얻게 된 효과에 대해서는 시간 단축(45.8%), 비용 절감(22.2%), 생산량 증가(11.8%), 판매량 증가(8.5%), 불량률 감소(5.2%), 클레임 감소(3.9%), 기타(2.6%)였다. AI 기술을 이미 도입해 활용 중인 기업들은 ‘향후 AI 기술을 추가로 도입할 계획이 있다’고 답한 기업이 86.3%에 달했다(대한상공회의소, 2024).

2024년 중소벤처기업부의 스마트제조혁신실태조사에 따르면, 공장 보유 중소·중견기업 163,273개 사 중 스마트 공장을 도입한 기업은 19.5%(중소기업은 18.6%)로, 전체 스마트공장의 75.5%가 기초단계였다. 제조인공지능(AI)을 도입한 기업은 전체의 0.1%, 도입 계획이 있는 기업은 전체의 1.6%였으며, 스마트공장 도입기업의 5.2%가 제조인공지능(AI)을 도입하였거나 할 계획을 보유한 것으로 나타났다. 스마트공장 도입기업을 기준으로 제조AI 도입사는 0.6%, 제조AI를 도입할 계획사는 4.6%였으며, 제조데이터·인공지능(AI) 관련 전담 부서와 인력을 보유한 기업은 0.8%로 나타났다. 정부의 정책 방향은 스마트공장 보급 정책을 지속해서 추진하여 제조디지털전환(DX)의 기반 위에서 제조인공지능(AI)이 확산되도록 유도하는 것이다. 지역특화 AI센터를 구축하고 AI 전문기업을 육성하는 등 제조디지털전환(DX) 및 인공지능전환(AI) 생태계 조성을 추진하고 있다(중소벤처기업부, 2025).

제조 현장에서는 숙련공의 부족으로 인해 작업자들이 핵심 공정 변수에 대한 지식이 충분하지 않은 문제가 있으며, 이를 해결하기 위해 제조 공정의 전문 지식을 학습한 생성형AI 챗봇을 도입하여 작업자가 필요한 정보를 실시간으로 확인할 수 있도록 하였다. 기존의 수요 예측 정확도가 낮아 재고 회전율이 저조하고, 원자재 가격 변동으로 인해 제조원가 관리가 어려워지는 문제를 개선하기 위해, 과거 판매 이력, 계절적 요인, 경쟁사 동향 등 다양한 변수를 반영한 인공지능 기반의 수요

예측 시스템을 도입하였다. 이 시스템을 통해 수요예측의 정밀도가 높아지면서 재고 회전율이 개선되었고, 그 결과 운영 비용을 절감할 수 있었다(IMPACTIVE AI, 2025).

국내 중소기업들이 인공지능을 구축하여 생산성 제고, 품질 개선, 인력난 해소 등 다양한 분야에서 성과를 거두고 있으나 대기업의 확산 속도에 비해 느린 속도의 확산이 되고 있으며, 정부의 보조금 및 지원 프로그램 의존도가 높다. 인력난 해소, 기술 숙련자 지원, 품질 및 생산성과 관련된 문제 해결을 위해 지속적으로 노력하고 있으나, 열악한 제조 환경 속에서 인공지능 솔루션 구축에 따른 확실한 성과 보장이 불확실하다는 인식으로 인해 도입을 주저하고 있다. 지금까지의 국내 인공지능 구축 사례는 주로 데이터 분석과 예측 결과 제공에 국한되어 있었으나, 예측 기능만으로는 현실적인 문제 해결에 한계가 존재하기 때문에, 최근에는 문제를 인식하고 직접 조치를 취할 수 있는 실행형 인공지능(AI Agent)에 대한 수요가 확대되고 있다(이동수, 2025).

2.1.2.2 중소기업 AI 도입 투자의 어려움

제조기업, 특히 중소기업에게 있어 AI 도입의 가장 큰 장벽은 경제적 부담이다. AI 도입을 위해서는 상당한 시간과 자금을 투자해야 하지만, 많은 기업들이 도입 후에도 실질적인 성과 창출에 어려움을 겪고 있다(이경선, 김성욱, 2021). AI 도입의 가장 큰 어려움으로 '초기 비용 부담(44.2%)'이 꼽혔으며, 실제 스마트공장 고도화를 위한 투자방향 금액도 '1억 원 이하'가 68.9%로 가장 많아 비용 문제가 심각한 것으로 나타났다(중소기업중앙회, 2025). 이러한 비용 부담은 기업 규모가 작을수록 가중되는데, AI 투자 비용에 대해 '부담이 된다'고 응답한 비율은 대기업(57.1%)보다 중소기업(79.7%)이 월등히 높았다. 단순히 솔루션을 구매하는 비용 외에도 데이터 축적을 위한 센서 부착, CCTV 설치, 로

봇 운영을 위한 맞춤형 솔루션 구축 등 기존에 예상치 못한 자금이 추가로 투입되는 상황이다. 실제로 기업의 60.6%는 AI 전환의 효과가 미미할 것이라고 응답하여 투자 대비 성과에 대한 확신이 부족한 실정이다(대한상공회의소, 2024). 또한, 경영진은 대규모 투자가 수반됨에도 불구하고 단기간에 투자 대비 수익(ROI)이 가시화되지 않아 투자를 보수적으로 집행하게 된다(한국무역협회, 2025).

AI 기술을 운영하고 내재화할 전문 인력의 부재는 구조적인 제약 요인으로 작용한다. 중소기업이 겪는 가장 큰 어려움 중 하나는 AI 기술 전문 인력 부족(20.5%)이며, 스마트공장 운영 단계에서도 전문 운영 인력 부족(43.8%)이 가장 큰 애로사항으로 지적되었다(중소기업중앙회, 2025). AI 활용을 위한 전문 인력이 없다고 응답한 기업은 80.7%에 달하며, 인력을 충원하고 있지 않다는 응답도 82.1%로 나타나 인력난이 심각함을 보여준다(대한상공회의소, 2024). 내부 운영 인력의 부족은 도입 이후 결과 검증과 모델 고도화의 어려움으로 이어지며, 이는 높은 공급기업 의존성을 초래한다. 결국 AI 도입 성공의 핵심은 기존 인력의 재교육과 역량 강화를 통해 AI 리터러시 부족 문제를 해결하는 데 있다(이경선, 김성옥, 2021).

AI 기술의 근본적인 데이터 의존성은 기업에게 지속적인 모델 고도화와 검증이라는 과제를 안겨주며, 이는 대기업에게도 여전히 어려운 과제이다. 중소기업의 경우 생산 및 품질 데이터가 디지털화되거나 표준화되지 않아 AI 학습에 활용하기 어려운 '데이터 인프라 부족' 문제가 심각하다(한국무역협회, 2025). 많은 중소 제조기업들이 여전히 수기로 데이터를 입력하는 등 AX(AI 전환) 준비가 미흡하며, 양질의 데이터를 확보하지 못하고 있다(이경선, 김성옥, 2021). 제조 공정 데이터를 수집 및 분석하는 비율은 기업 규모가 클수록 높게 나타나는 반면, 중소기업은 생산설비의 노후화와 시스템과 현장의 괴리(28.5%)로 인해 데이터 활용에 어려움을 겪고 있다(대한상공회의소, 2024).

기술적, 경제적 요인 외에도 조직 문화와 경영진의 인식이 주요한 변수로 작용한다. AI가 필요하다는 공감대는 형성되어 있으나 구체적인 실행전략이나 로드맵이 부재한 '인식과 실행의 괴리'가 문제로 지적된다(한국무역협회, 2025). 많은 중소기업 CEO들이 AI 기술의 효과를 확신하지 못하고 있으며, 보수적인 조직 문화와 변화에 대한 저항 또한 AI 도입을 가로막는 저해 요인이다(이경선, 김성옥, 2021).

2.1.3 AI 투자 활성화 방안 전략

성공적인 AI 도입과 확산을 위해서는 기술적 접근을 넘어 조직 문화, 인력 양성, 비용 관리, 정책적 지원을 아우르는 포괄적인 극복 전략이 필요하다. 우선 도입 전략 측면에서는 무리한 전면 도입보다는 단계적 접근이 권장되는데, 개선 효과 측정이 용이한 소규모 파일럿 프로젝트로 시작하여 성공 경험을 축적하고 이를 전사적으로 확산시키는 과정이 선행되어야 한다(한국무역협회, 2025).

이 과정에서 조직 문화의 혁신은 필수적인 요소로, 리더는 AI의 가능성과 한계를 명확히 이해하는 마인드를 갖추고 비즈니스 모델 혁신이라는 비전을 전사적으로 공유해야 하며, 투명한 소통을 통해 구성원과의 신뢰를 구축해야 한다. 아울러 구성원들이 AI 도입을 실직의 위협이 아닌 업무를 돕는 '디지털 동료'와의 협업으로 인식할 수 있도록 고용 안정을 보장하고, 실패를 용인하며 자유롭게 실험할 수 있는 심리적 안정감을 제공해야 한다(한국무역협회, 2025).

인적 역량 확보를 위해서는 외부 전문가 활용에 그치지 않고 내부 역량을 강화하는 것이 중요하다. 장기적으로 조직의 데이터를 이해하고 활용할 수 있도록 재직자 대상의 직무 전환 교육과 AI 학습 전문가 과정을 지원하여 자체적인 운영 능력을 내재화해야 한다. 또한 솔루션 도입 시 경영진 주도의 하향식 접근보다는, 현장 실무자가 주도적으로 과

제를 발굴하는 상향식 접근을 통해 실질적인 업무 효율성을 제고해야 한다(이경선 외, 2021; 한국무역협회, 2025).

비용 및 기술적 한계를 극복하기 위한 방안으로는 클라우드 기반 AI 서비스(AIaaS) 활용이 있다. 클라우드 기반 AI 서비스(AIaaS)나 SaaS, 오픈소스 등을 활용하여 대규모 인프라 구축에 따른 초기 투자 부담을 경감하고, 정부의 R&D 지원 사업을 활용하여 투자 위험을 분산시키는 전략이 유효하다 (한국무역협회, 2025). 대학이나 연구기관과의 산학연 협력을 활용하여 기술력을 보완하고 비용을 절감할 수 있다. 나아가 데이터 부족 문제를 해결하기 위한 스몰데이터 기술 등 확장성과 안전성을 높이는 기술 서비스를 적극적으로 개발하고 도입할 필요가 있다(이경선 외, 2021).

이러한 기업의 노력을 뒷받침하기 위해 정책적으로는 기업의 AI 도입 단계를 '도입 전-중-후'로 세분화하여 사전 컨설팅, 데이터·기술 지원, 사후 교육 등 단계별 맞춤형 지원 체계를 구축해야 하며, 제조 밀집 지역 등에 AI 모델 공장을 구축하여 실증 사례를 확산시켜야 한다 (대한상공회의소, 2024).

2.2 중소기업의 외부환경 변화

2.2.1 산업 구조적 특성과 외부환경 변화

중소기업은 대기업과 구별되는 고유한 산업 구조적 특성을 지니고 있다. 제조 중소기업 다수는 다품종 소량 생산, 외주·하도급 위주의 거래 관계, 자본·인력·기술 측면의 제약으로 인해 시장 충격을 흡수할 수 있는 완충 장치가 부족하며, 이는 외부 환경 변화에 대 취약한 원인이 된다.

중소기업의 산업환경 변화 요인 중 하나는 디지털 전환(Digital Transformation)이다. 다수의 중소기업이 디지털 전환의 필요성은 인식하고 디지털 전환에 대한 마인드는 형성되어 있으나, 시스템, 데이터, 전문 인력 측면의 기반이 취약하여 실행 단계에서 어려움을 겪고 있다(M. Koumas et al., 2021). 디지털 격차(Digital Divide)와 조직역량의 불균형도 중소기업 산업구조의 취약성을 심화시키는 요소로 지적된다. 제조 중소기업은 기술 인프라 자체보다 최고경영자의 디지털 이해도, 명확한 디지털 전략, 변화관리 역량이 디지털 전환 성공의 핵심 요인임을 제시하였다(Ghobakhloo, 2021).

글로벌 공급망 재편과 리스크 확대는 중소기업의 산업 구조적 환경을 크게 변화시키고 있다. COVID-19 팬데믹, 미·중 갈등, 공급망 병목 등으로 인해 기존 글로벌 가치사슬의 효율성 중심 패러다임이 변하여, 리쇼어링·니어쇼어링과 같은 생산 거점 재배치 움직임으로 나타나고 있다(OECD, 2022). 중소 제조기업을 대상으로 스마트공장 도입환경과 공급망 협업 수준이 기업 성과에 미치는 영향을 분석한 연구에서는 공급망 내 디지털 협업 역량이 매출과 고용 성과를 유의하게 개선하는 것으로 나타났다(이춘섭, 유우식, 2023).

2.2.2 외부환경 변화와 중소기업의 자원의존성

자원의존이론(Resource Dependence Theory, RDT)은 Pfeffer and Salancik(1978)에 의해 제시된 조직이론으로, 조직이 생존과 성장을 위해 필요한 자원을 외부 환경으로부터 획득해야 하며, 이 과정에서 해당 자원을 통제하는 외부 조직에 의존하게 된다는 내용이다. 자원의존이론은 조직을 환경과 지속적으로 상호 작용하는 개방 시스템으로 인식하며, 조직은 자체적으로 모든 필요 자원을 생성할 수 없어 외부 의존이 필연적이라고 가정한다(Davis & Cobb, 2010). 중소기업은 그 규모적 한계와 구조적 제약으로 인해 타 조직 또는 외부 환경에 대한 높은 자원의존성을 보인다.

첫째, 재무 자원 의존성은 여전히 중소기업의 핵심 제약 요인으로 확인된다. 중소 제조기업의 평균 외부자금 의존도는 63%이며, 금융기관 대출이 전체 외부자금 조달의 71%를 차지한다. 특히 기술 투자나 디지털 전환 투자를 위한 R&D 자금은 외부 지원 의존도가 매우 높게 나타나며, 기술 기반 중소기업의 60% 이상이 정부 R&D 지원 또는 기술보 증기금을 통해 사업을 추진하는 것으로 보고되었다(KOTRA, 2024).

둘째, 기술자원 의존성도 확대되고 있다. 중소기업들은 자체 기술 연구역량이 부족하며, 기술 인력 확보가 어려워 대학, 연구기관, 대기업 협력망에 의존하는 경우가 많다. 이러한 기술 의존은 디지털 격차로 이어져, 기술 활용 수준이 기업간 성과차이를 확대하는 구조적 요인으로 작용한다. 중소기업들이 성장을 담보하고 다른 경쟁업체에 비해 경쟁우위를 확보하기 위해서는 불확실성과 리스크가 큰 혁신활동에 투자하기 보다는 외부기관과의 협업을 통해 비용을 최소화할 필요성이 높아지고 있다는 주장도 제기되었다(김치국, 박병기, 2023).

셋째, 시장 의존성은 대기업 중심 공급망 구조에서 매우 두드러진다. 국내 제조업 중소기업의 71%가 특정 대기업 또는 2~3개 주요 고객에

매출 80% 이상을 의존하고 있다. 이러한 시장 집중 구조는 중소기업이 가격 수용자(price taker)로서 교섭력 취약성을 심화시키는 요인으로 작용한다(KDI보고서, 2024).

최근의 디지털 전환(DX)은 자원의존 이론의 적용 범위를 확장시켜, 기존의 물적 자원 중심 종속 관계에서 디지털 자원 중심 의존성으로 변화하고 있다. 증가하고 있는 플랫폼 의존성은 운영 비용 감소와 활용 편의성을 제공하지만, 기술 공급자 주도권이 강화되어 중소기업의 전략적 자율성 감소 가능성을 내포한다. 또한 데이터 자원의 전략적 중요성이 부상함에 따라, 중소기업의 AI 도입 장벽은 기술 인프라 부족보다 데이터 표준화, 품질관리 부재가 핵심 제약 요인이라고 밝혔다(OECD, 2025).

2.2.3 중소기업의 스마트팩토리

2.2.3.1 스마트팩토리 도입과 발전단계

중소제조기업의 스마트팩토리 도입은 급격한 외부환경 변화에 대응하기 위한 전략적 선택으로 이해된다. 기업 생존을 위한 외부 압박은 기업이 기술적 우위를 점하거나 시장 생존을 위해 필수적으로 고려해야 하는 요인으로 작용한다. 중소기업은 외부의 기술적·환경적 요구를 수용하고, 정부 지원 정책을 매개로 삼아 스마트팩토리를 도입함으로써 외부 환경 변화에 능동적으로 대응하려 한다(이연승, 2024; 권세인, 2019)

스마트팩토리는 발전 수준에 따라 5단계로 구분된다(정종필, 신광섭, 2020). 기초단계(Level 1)는 수작업 중심 생산관리에서 바코드/RFID 기반 물적 추적으로 전환하는 수준이며, Excel 기반 데이터 관리와 기초 정보화 시스템을 활용한다.

[표 2-1] 한국형 스마트팩토리 수준별 핵심 특징과 요구 역량

수준	핵심 특징	ICT 요구사항
Level 1 (기초)	<ul style="list-style-type: none"> 수작업 중심 생산관리 바코드/RFID 기반 물적 추적 Excel 기반 데이터 관리 	<ul style="list-style-type: none"> 기초 정보화 시스템 Stand-alone 설비
Level 2 (중간1)	<ul style="list-style-type: none"> MES 기반 실시간 모니터링 POP 시스템 구축 설비 데이터 자동 수집 	<ul style="list-style-type: none"> 설비 인터페이스 데이터베이스 기초 네트워크
Level 3 (중간2)	<ul style="list-style-type: none"> ERP-MES 통합 빅데이터 분석기반 의사결정 예측적 품질관리 	<ul style="list-style-type: none"> 머신러닝 플랫폼 종합 플랫폼 IoT 센서 네트워크 Cloud 인프라
Level 4 (고도화)	<ul style="list-style-type: none"> AI 기반 자율 의사결정 디지털 트윈 구현 예측적 유지보수 	<ul style="list-style-type: none"> Edge Computing 5G 네트워크 실시간 AI 추론 제어
Level 5 (자율운영)	<ul style="list-style-type: none"> 완전 자율 생산 자기 진화 가지시스템 창출 최적화 	<ul style="list-style-type: none"> CPS 완전 구현 양자컴퓨팅 엔진 초연결 인프라

수준	AI/빅데이터 활용	생산성향상
Level 1 (기초)	<ul style="list-style-type: none"> 미활용 	5-10%
Level 2 (중간1)	<ul style="list-style-type: none"> 기초 통계분석 	15-20%
Level 3 (중간2)	<ul style="list-style-type: none"> 머신러닝 품질예측 이상감지 알고리즘 	25-35%
Level 4 (고도화)	<ul style="list-style-type: none"> 딥러닝 최적화 강화학습 제어 	40-50%
Level 5 (자율운영)	<ul style="list-style-type: none"> AGI수준자율화 제너럴AI 통합 	60%이상

출처: 정종필, 신광섭(2020) 참조 재구성

중간1단계(Level 2)는 MES 기반 실시간 모니터링과 POP 시스템 구축, 설비 데이터 자동 수집이 가능한 수준으로, 설비 인터페이스와 데이터 베이스, 기초 네트워크가 요구된다. 중간2단계(Level3)에서는 ERP-MES 통합과 빅데이터 분석 기반 의사결정, 예측적 품질관리가 이루어지며, 머신러닝 플랫폼, 종합 플랫폼, IoT 센서 네트워크, Cloud 인프라가 필요하다. 고도화단계(Level 4)에서는 AI 기반 자율 의사결정, 디지털 트윈 구현, 예측적 유지보수가 실현되며, Edge Computing, 5G 네트워크, 실시간 AI 추론 제어가 활용된다. 자율운영단계(Level 5)에서는 완전 자율 생산과 자기 진화 가능한 시스템 창출, CPS 완전 구현이 이루어진다(정종필, 신광섭,2020).

2.2.3.2 중소기업의 스마트팩토리 도입 현황

국내 공장 보유 중소·중견 제조기업 163,273개 가운데 스마트공장을 도입한 기업은 약 3만 5천여 개로, 도입률은 19.5%에 이르는 것으로 나타났다. 구축 수준을 살펴보면, 전체 스마트공장의 75.5%가 기초 단계, 24.5%가 고도화 단계로, 대부분의 중소기업이 초기 데이터 수집과 단순 자동화 수준에 머물러 있는 것으로 파악된다(중소벤처기업부, 2025).

정부는 디지털 전환(DX) 기반 위에 인공지능(AI)을 도입한 자율제조(AX)로 정책 방향을 전환하였으며, 중소 제조기업의 AI 도입률을 현재 약 1% 수준에서 2030년까지 10% 수준으로 확대할 목표를 제시하였다(국정현안관계장관회의, 2025). 이는 기존 스마트공장이 단순 정보화·자동화 수준에 머문 한계를 넘어, 제조데이터 표준화, AI 기반 공정 최적화, SaaS형 스마트공장 지원 등을 통해 실질적인 경쟁력 향상을 추구하기 위한 정책적 시도라 할 수 있다(중소벤처기업부, 2025).

2.2.4 중소기업의 AI 도입

AI 기반 기술의 확산은 중소기업의 산업 환경을 근본적으로 변화시키고 있으며, 제조업 분야에서 생산운영관리 패러다임의 전환을 촉진하고 있다. 상당수 중소기업이 고객응대, 마케팅, 문서작업 등 주변 업무에 AI를 도입하고 있으나, 생산, 품질 등 핵심 운영 영역에서의 활용은 아직 초기 단계에 머물러 있다. 이러한 현상은 중소기업이 AI 도입 자체에는 관심을 보이지만, 데이터 인프라, 시스템 통합 및 보안 등 기반 역량이 부족할 경우 실질적인 성과로 연결되기 어렵다는 점을 보여준다(OECD, 2025).

국정현안관계장관회의 자료(2025)에 의하면, 2024년 기준 스마트공장 도입률은 19.5%에 달했으나 스마트공장 구축의 대다수는 기초 수준에 머물러 있으며, 고도화 단계에서 요구되는 제조데이터 표준화, AI 기반 공정 최적화 적용은 여전히 미흡하다고 하였다. 정부의 정책적 지원은 기존 디지털 전환(DX) 중심의 정책 기조를 AI 자율제조(AX) 중심으로 전환하는데 있다. 중소 제조기업의 AI 도입률을 현행 약 1%에서 2030년까지 10% 수준으로 확대하고, 제조AI 전문기업 500개 육성, 스마트공장 1.2만 개 보급, 제조업 산업재해 20% 감소 등을 핵심 목표로 제시하고 있다.

제조업 현장에서 AI가 가장 활발히 적용되는 영역은 예측정비(predictive maintenance), 품질 예측, 공정 스케줄링, 에너지 관리 등이다. 제조 시스템에서 AI 기반 예측정비가 예기치 못한 설비 고장을 줄이고 유지보수 비용을 절감함으로써, 에너지 사용과 자원 낭비를 동시에 감소시키는 효과가 있음을 밝혔다(Rojek, 2025).

AI 도입은 재고관리, 공급망 계획, 서비스화를 포함한 가치사슬 전반에도 영향을 미친다. AI의 예측분석을 활용한 재고·수요 관리 알고리즘이 도입되면, 재고 수준을 낮추면서도 납기 준수율을 높이는 효과가

있다는 연구 결과도 제시되었다(이춘섭, 유우식, 2023).

AI 도입 과정에서의 조직·인적 자원의 제약도 뚜렷이 나타난다. 제조 중소기업의 디지털 전환 성공 조건은, 기술적 역량 못지않게 인적 자원 역량, 변화관리 역량, 외부 파트너와의 협력 구조가 중요하다고 지적하였다. AI도입이 실제 성과로 연결되기 위해서는, 기초 디지털 인프라 구축, 제조데이터의 체계적 축적과 분석, 경영자의 디지털 리더십, 조직 구성원의 역량 강화 등 복합적인 조건이 충족되어야 한다고 지적하였다(Ghobakhloo, 2021).

AI 도입은 중소기업의 자원의존 구조를 재편하는 이중적 효과를 발휘한다. 내부 역량 강화로 기존 의존성을 약화시키면서도 플랫폼, 클라우드 기반 새로운 의존성을 유발한다. AI 기반 생산관리·예측 정비시스템은 운영 불확실성을 완화하여 외부 공급업체 의존도를 감소시킨다(TIPA, 2025). 그러나 SaaS형 AI 솔루션(ERP·MES 클라우드) 확산으로 데이터·알고리즘 주권 문제가 대두된다. 스마트팩토리 기업 65%가 외부 클라우드 플랫폼을 사용하나, 72%가 데이터 주권 우려를 표명했다. AI 스마트제조혁신 3.0 전략은 제조데이터 표준화로 플랫폼 종속 리스크를 완화하는 방안을 제시하였다(중소벤처기업부, 2025).

2.3 중소기업의 생산관리 내부역량

2.3.1 생산관리 내부역량의 개념과 중요성

생산관리 역량은 기업이 원재료를 완제품으로 변환하는 과정에서 품질, 비용, 납기, 유연성 등의 경쟁우선순위를 달성하기 위해 보유한 자원, 프로세스, 지식의 통합적 능력을 의미한다. 중소기업의 맥락에서 생산관리 역량은 더욱 포괄적으로, "제한된 자원 하에서 운영 효율성과 전략적 유연성을 동시에 달성하는 조직 능력"으로 개념화하였다 (Schroeder et al., 2002).

생산관리 역량은 구체적으로 품질관리, 설비관리, 공정관리, 재고관리 등의 세부 역량으로 구분될 수 있으며, 각 영역은 AI 기술과 결합하여 고도화되고 있다. 품질관리(Quality Management) 역량은 제품의 결함을 사전에 감지하고 불량률을 최소화하는 능력을 말한다. 컴퓨터 비전(Computer Vision)과 딥러닝 알고리즘을 활용한 불량품 자동 검출 기술이 도입되면서, 미세한 결함까지 정확히 검출하고 불량 발생 가능성을 사전에 예측하는 품질 예측 모델 구축 역량이 중요해지고 있다. 설비관리(Equipment Management) 역량은 설비의 고장을 미연에 방지하고 가동률을 극대화하는 능력이다. 이는 IoT 센서 데이터를 활용하여 설비 상태를 실시간으로 모니터링하고, 머신러닝을 통해 고장 패턴을 학습하여 최적의 유지보수 시점을 예측하는 예지보전(Predictive Maintenance) 역량으로 진화하고 있다. 공정관리(Process Management) 역량은 생산 계획을 수립하고 공정 파라미터를 최적화하는 능력을 의미한다. 다양한 제약조건을 고려한 AI 기반의 생산 스케줄링(APS)과 공정 최적화 알고리즘을 통해 에너지 소비를 최소화하고 생산성을 최대화하는 것이 이 역량의 핵심이다. 재고관리(Inventory Management) 역량은 수요를 예측하고 적정 재고를 유지하는 능력이다. 과거 판매 데이터와

시장 트렌드를 종합적으로 분석하여 수요 예측의 정확도를 높이고, 실시간 재고 모니터링을 통해 재고 비용을 절감하는 역량이 요구된다.

생산관리 역량의 중요성은 첫째, 생산성 향상과 비용 절감이다. 생산관리 역량의 고도화는 기업의 생산성 지표에 직접적, 긍정적 영향을 미친다. 생산관리 역량이 확보된 기업들은 생산량이 증가하고, 생산원가 및 품질비용은 감소하는 성과를 거두었다. 이는 디지털 기술을 활용한 공정 개선이 불량률 감소와 납기 준수율 향상으로 이어지기 때문이다. 자율 의사결정 및 생산계획 수립에 AI 기술을 적용할 경우, 생산 계획과 물류 최적화 등의 의사결정을 자동화함으로써 생산 리드타임을 단축하고 재고 회전율을 향상시키는 등 운영 효율성을 획기적으로 개선할 수 있다(정호진, 황운중, 2024).

둘째, 기업의 혁신 성과와도 밀접한 관련이 있다. 디지털 전환 기술의 도입 및 활용은 기업의 혁신 활동에 긍정적인 영향을 미치며, 생산 공정 혁신에 대한 영향이 두드러지게 나타난다. 이는 디지털 기술을 활용하는 기업이 기존의 생산방식이나 공정 과정을 보다 효율적으로 개선함으로써 시장과 기술의 변화에 신속하게 적응하기 때문이다. 생산관리 역량이 높은 기업일수록 노동 생산성이 향상되어 고용이 증가하는 경향을 보인다. 디지털 전환 기술을 도입하거나 활용하는 기업은 고용을 증가시키는 것으로 나타났는데, 이는 기술이 노동을 대체하기보다는 노동 생산성을 높여 보완하는 역할을 수행함을 시사한다. 이러한 경향은 서비스업뿐만 아니라 제조업에서도 강하게 나타나며, 생산 공정의 효율화가 기업의 전반적인 경쟁력 강화로 이어진다는 점을 보여준다(정호진, 황운중, 2024). 셋째, 제조업 분야에서 AI 기술을 활용하는 최우선 분야는 '생산관리'로 나타났으며, 그 비율은 44.9%에 달한다. 이는 제품 개발이나 마케팅 등 타 분야에 비해 생산 현장에서의 데이터 분석 및 공정 최적화가 기업의 성과 창출에 가장 시급하고 중요한 과제를 반영한다(최현군,윤태현 외, 2024).

2.3.2 중소기업 내부역량으로서 자원기반이론

자원기반이론(Resource-Based View, RBV)은 기업의 경쟁우위가 외부 환경보다는 기업이 보유한 내부 자원과 역량에서 비롯된다고 설명하는 핵심 전략경영 이론이다(Barney, 1991). 자원기반이론의 핵심 가정은 두 가지이다. 첫째, 자원 이질성은 기업들이 서로 다른 자원을 보유하며, 그 차이가 성과 차이를 발생시킨다는 것이다. 둘째, 자원 비이동성은 일부 자원이 기업 간 이동이 어려워 경쟁우위가 지속될 수 있게 한다는 것이다(Barney & Hesterly, 2012). 최근 자원기반이론 연구는 기업 자원을 유형자원(설비, 자산, 시설), 무형자원(노하우, 특허, 프로세스), 조직자원(프로세스, 인력, 구조, 문화) 등으로 재구분하여 분석하는 경향을 보인다. 단순히 자원의 보유 여부가 아니라, 자원을 활용하는 조직 능력과 통합역량(Integrated Capability)을 경쟁력의 결정 요인으로 본다(KISTEP, 2021).

중소기업은 대기업과 질적으로 다른 경영환경에 직면하고 있다. 중소 제조기업은 시장 접근성과 정보 획득이 제한되며, 고객 요구 변화에 대한 대응속도가 낮다는 한계가 존재한다. 이러한 환경 불확실성은 자원기반 전략의 실질적 의사결정 속도에 영향을 미친다. 중소기업은 자본, 기술, 인력 등 모든 자원이 제한되어 있으며 특히 생산설비 투자 및 기술 도입 역량이 낮아 자원기반 전략 실행의 폭이 줄어든다. 또한 중소기업은 부족한 내부 자원을 보완하기 위해 공급업체, 고객사, 공공기관, 기술지원기관 등 외부 네트워크에 의존하는 경향을 보인다(중소벤처기업부, 2025).

최근 연구는 자원기반이론을 중소기업 전략에 적용할 때 가장 중요한 개념으로 조직역량(Organizational Capability)을 제시한다. 자원이 단순히 존재한다고 경쟁우위가 발생하는 것이 아니라, 조직 차원에서 자원을 결합·활용·확장하는 능력이 경쟁성을 좌우한다는 점이다(한상우,

2023). 특히 생산관리 역량, 학습역량, 재구성 능력(Reconfiguration Capability), 디지털 전환 수준은 중소기업 경쟁우위에 더 큰 영향을 미치는 것으로 확인되었다(박무성, 2025).

2.3.3 내부역량의 진단요소 : VRIO 프레임워크

2.3.3.1 VRIO 프레임워크의 이론적 기반

내부 자원과 역량을 체계적으로 진단하고 지속가능한 경쟁우위를 구축하기 위한 분석 도구가 VRIO Framework이다. 기업이 지속가능한 경쟁우위를 창출하기 위해 자원이 갖추어야 할 네 가지 조건인 가치(Value), 희소성(Rarity), 모방불가능성(Inimitability), 조직(Organization)의 평가 기준을 제시한다. 가치는 자원이 시장의 기회를 활용하거나 위협을 완화하여 성과 향상에 기여하는가를 평가한다. 희소성은 경쟁기업이 해당 자원을 보유하고 있는지 여부를 의미하며, 경쟁기업의 50% 미만이 보유할 때 희소성을 갖는 것으로 판단된다. 모방 불가능성은 경쟁기업이 동일한 자원의 획득 또는 복제를 위해 투입해야 하는 비용과 난이도를 의미한다. 조직은 가치 있고 희소하며 모방하기 어려운 자원을 실질적 성과로 전환할 수 있는 조직적 구조와 관리시스템, 보상정책 및 리더십 등이 구축되어 있는가를 판단한다(Barney, 2001).

VRIO 기반 내부자원 활용 전략은 중소기업이 AI 도입과 같은 신기술 도입 시 시행착오를 줄이고, 자원의 가치, 희소성, 모방 불가능성, 그리고 조직화 여부를 체계적으로 분석함으로써 지속 가능한 경쟁우위를 구축하는 데 실질적인 가이드라인을 제공할 수 있다(권준화, 2024). VRIO는 기업이 보유한 자원과 역량이 단순한 경쟁 균등 상태를 넘어서 지속가능한 경쟁우위로 연결될 수 있는지를 진단하는 정교한 관점이며, 자원 기반이 취약한 중소 제조기업에게 내부 역량의 전략적 활용

방향을 설정하는 실천적 가이드를 제공한다(송주영, 성형석, 2015).

[표2-2] 생산관리 역량의 VRIO 평가 매트릭스

생산관리 역량	가치 (V)	희소성 (R)	모방 불가능성(I)	조직 (O)	경쟁적 함의	성과 영향
기본 생산설비	○	×	×	○	경쟁 열위	평균 이하
숙련 작업인력	○	△	○	○	경쟁 균등	평균 수준
독자 생산공정	○	○	△	○	일시적 우위	평균 이상
품질관리 시스템	○	△	△	○	경쟁 균등	평균 수준
고객맞춤 역량	○	○	○	○	지속적 우위	우수
유연생산 시스템	○	○	○	△	미활용 우위	잠재적
AI기반 최적화	○	○	○	×	미실현 우위	미달성

*범례: ○ = 충족, △ = 부분 충족, × = 미충족

출처: Barney(1991), Newbert(2008)의 프레임워크를 중소기업에 적용

2.3.3.2 중소기업 관점의 생산관리 역량 VRIO 진단

중소기업 생산관리 환경에서 VRIO는 설비, 기술, 인력, 품질관리 시스템, 고객 맞춤 역량 등 생산역량을 체계적으로 평가하는 기준을 제공한다. Porter(1985)의 가치사슬 분석과 연계할 때, 생산관리 역량의 가치는 품질개선, 원가절감, 불량률 감소, 납기 단축 등을 통해 고객, 공급망, 시장 전반의 효익을 창출하는 능력에 의해 결정된다. COVID-19 팬데믹 이후 공급망 불확실성이 심화되면서 생산 유연성의 중요성이 부

각되었고, 생산 유연성이 높은 중소기업의 생존율은 그렇지 않은 기업 대비 2.8배 높게 나타났다(Ivanov & Dolgui, 2020). 이는 VRIO 관점에서 생산 유연성 역량의 가치가 환경 변화에 따라 동적으로 확대될 수 있음을 의미한다. 또한 희소성 측면에서 숙련 인력과 기업 고유의 생산 공정 노하우는 중소기업의 대표적 희소 자원으로 평가된다(Newbert, 2008). 조직화 차원에서 중소기업은 대기업과 달리 형식적 관리체계 보다는 리더십, 조직문화, 문제 해결 방식 등의 비공식적 요소가 역량 발휘의 핵심 기반이 되며, 이는 VRIO 평가에서 중요하게 고려되어야 한다(Wiklund & Shepherd, 2005). 중소기업의 생산관리 역량을 VRIO 기준에 따라 진단하는 과정은 역량 식별 → VRIO 평가 → 경쟁적 함의 도출 → 역량 개발 전략 수립의 단계로 구성된다. 평가 결과는 경쟁 열위, 경쟁균등, 일시적 경쟁우위, 지속적 경쟁우위로 구분되며, 지속적 경쟁우위를 창출하는 역량은 조직적 투자를 통해 유지 및 강화되어야 한다(Barney & Hesterly, 2012).

중소기업에 VRIO를 적용할 때는 대기업과 다른 접근이 필요하다. 첫째, 자원 기반이 약한 중소기업은 개별 자원보다 자원 조합과 활용 능력에 초점을 맞춰야 한다(Kellermanns et al., 2016). 둘째, 중소기업의 경쟁 범위가 지역적이거나 틈새시장인 경우가 많으므로, 희소성과 모방불가능성의 평가 기준을 조정해야 한다(Aragon & Sanchez, 2005). 셋째, 공식적 조직 시스템이 미비한 중소기업은 조직(O) 차원을 평가할 때 비공식적 메커니즘과 기업가적 역량을 고려해야 한다(Wiklund & Shepherd, 2005). VRIO는 유용한 분석 틀이나, 가치 판단의 모호성, 정태적 분석 관점, 자원 간 상호작용 미반영 등 한계가 존재한다(Kraaijenbrink et al., 2010). 이를 극복하기 위해 동적역량을 결합하기도 한다.

2.3.3.3 AI 도입과 VRIO 적용

최근 제조기업의 인공지능(AI) 도입은 생산성 향상, 비용 절감, 품질 개선 등 경영성과의 극대화를 위한 핵심 전략으로 부상하고 있다. AI 도입의 성공 여부는 단순히 기술적 도입 능력에 의해 결정되는 것이 아니라, 기업이 보유한 내부 자원과 역량이 이를 충분히 활용할 수 있는 기반을 갖추고 있는지에 의해 좌우된다. 자원기반이론은 기업의 경쟁우위가 외부 환경 요인보다 내부 자원과 역량의 질적 수준에 의해 결정된다고 강조하여(Barney, 1991), AI 도입의 준비 단계에서 내부 역량을 체계적으로 진단하는 것은 필수적 과제라 할 수 있다.

첫째, 가치 관점에서의 핵심은 AI 기술이 생산성과 경영성과 향상에 실질적으로 기여할 수 있는 역량 기반이 존재하는가를 평가하는 것이다. AI 도입 목적이 불분명하거나 가치창출 구조가 부재할 경우, 기술 도입은 비용 증가와 운영 혼란을 초래할 위험이 크다(Priem & Butler, 2001). 따라서 기업은 AI가 품질 향상, 납기 단축, 에너지 최적화, 예지보전 등 구체적 가치로 연결되는 프로세스와 데이터 기반 운영 체계를 보유하고 있는지 확인해야 한다.

둘째, 희소성 관점은 경쟁기업 대비 차별화된 자원 혹은 역량을 보유하고 있는지에 대한 평가를 의미한다. 단순히 AI 기술을 도입했다는 사실만으로는 차별적 경쟁력을 확보하기 어렵고, 고객, 현장, 공정 기반의 독자적인 데이터가 확보될 때 AI 활용의 전략적 의미가 강화된다(Newbert, 2008). 특히 중소기업은 숙련 작업자의 경험, 고객별 공정 조정능력, 협력 네트워크 등과 같은 희소 자원을 기반으로 AI 적용의 차별성을 확보할 수 있다.

셋째, 모방 불가능성 관점은 AI 기반 역량이 경쟁기업으로부터 보호될 수 있는지, 자원의 대체나 복제가 어려운지를 판단한다. 이는 생산 불량이력 데이터의 축적, 공정 운영 노하우, 조직의 문제 해결 문화 등

이 외부기업이 단기간 내에 모방하기 어려운 형태로 존재할 때 AI 도입 효과가 장기적으로 유지될 수 있음을 의미한다(Dierickx & Cool, 1989).

넷째, 조직화 관점은 가치·희소성·모방 불가능성이 확보된 자원을 실제 성과로 전환할 수 있는 조직적 기반의 유무를 평가한다. Barney(1995)는 이를 보완적 자원(Complementary Resources)으로 정의하며, 데이터 기반 의사결정 구조, 학습·협업 체계, 인재 육성 시스템, 보상정책, 디지털 운영 플랫폼(MES, ERP, APS)의 구축 여부를 핵심 요소로 제시하였다. 조직화가 미비할 경우 AI 기술은 실질적 성과 창출에 기여하지 못하고 오히려 운영 혼란과 비용 부담을 초래할 수 있다. AI 도입 전략은 기술 선정 → 데이터·공정 역량 기반 구축 → 조직 학습 및 활용 체계 정비 → AI 기반 의사결정 고도화의 흐름으로 설계되어야 하며, VRIO 프레임워크는 AI 도입의 준비도와 성공 가능성을 진단하는 핵심 도구로 활용될 수 있다. 중소기업의 경우 내부 자원 조합과 활용 역량의 강화가 AI 투자 성과의 핵심이며, 이는 외부 환경의 불확실성을 극복하고 지속가능한 경쟁우위를 확보하는 기반이 된다(권준화, 2024).

2.4 중소기업의 생산성 성과

2.4.1 생산성 성과의 개념과 중요성

생산성(Productivity)은 기업이 보유한 유·무형의 자원을 투입하여 가치를 창출하는 프로세스의 효율성을 의미하며, 학술적으로는 경제성(Economy), 효율성(Efficiency), 효과성(Effectiveness)의 세 가지 차원을 포괄하는 통합적 개념이다(이홍배, 2021). 전통적인 관점에서 생산성은 투입 대비 산출의 단순 비율로 정의되기도 하지만, 현대적 의미에서는 기술 수준의 변화와 산출물의 질적 개선까지 포함하는 동태적이고 포괄적인 개념으로 이해되어야 한다(임채현, 2022).

중소기업에 있어 생산성 성과는 단순한 지표 이상의 의미를 지니는 생존과 지속가능한 성장의 핵심 요인이다. 특히 4차 산업혁명 시대의 급격한 기술 패러다임 변화 속에서 중소 제조기업은 대기업에 비해 취약한 자본, 인력, 인프라의 제약을 극복해야 하는 과제에 직면해 있다(박무성, 2025; 임채현, 2022). 이러한 환경에서 생산성 향상은 기업 내부의 수익성 개선을 넘어, 불확실성이 높은 글로벌 공급망 환경에서 기민하게 대응할 수 있는 조직적 역량을 강화하는 기초가 된다(이홍배, 2021). Porter(1985)의 본원적 전략 프레임워크에 따르면, 생산성 성과는 저원가 우위와 차별화라는 두 가지 축을 통해 경쟁우위로 연결되며, 이는 각각 서로 다른 성과 지표를 통해 실현된다.

2.4.2 AI 도입과 생산성 혁신

최근 10년 동안 인공지능(AI), 데이터 분석 기술은 비즈니스 전반의 성과 창출 방식을 근본적으로 변화시키고 있다(Ayinaddis, 2025). AI는 인간의 학습과 추론 능력을 시스템으로 실현하여 스스로 상황을 인지하

고 최적의 결정을 내리게 함으로써, 제조 분야에서 스마트 공장 구현의 핵심 동력이 된다(이동수, 2025).

AI 도입은 다차원적 성과를 창출하는데, 첫째, 실시간 데이터 분석을 통해 공정을 최적화하고 의사결정 속도를 높임으로써 운영 효율성 및 관리 역량 강화에 기여한다(Sanchez et al., 2025). AI는 생산관리의 4대 경쟁 우선 순위인 품질, 비용, 납기, 유연성을 동시에 개선할 수 있는 유일한 기술로 평가받는다. 특히 수요 변동 대응 시간과 제품 전환 시간이 대폭 단축되는 등 유연성 역량에서 압도적인 성과를 보인다(Frank et al., 2019). 둘째, 자산 최적화 및 품질 혁신을 꾀할 수 있다. AI 기반 예지보전은 설비 가동 중단 시간을 최소화하고 유지보수 비용을 절감하며, 컴퓨터 비전 기술은 불량품을 자동으로 판별하여 품질 안정성을 확보한다(이동수, 2025; Hafner, 2024). 셋째, 경제적 부가가치 창출을 한다. AI 도입 기업은 매출액이 평균 4.0~4.3% 증가하고 부가가치는 약 7.6% 향상되기도 하며, 신규 사업 진출 가능성을 5.7% 높이는 등 외연 확장에도 기여한다(봉강호, 2023).

AI 도입으로 기업은 생산성 업무 자동화로 운영 비용을 절감하고, 신제품/신서비스 개발 주기를 단축함으로써 시장 대응성이 높아진다. 일반적으로 단기적으로는 운영 효율성 개선을 통한 직접적 성과가, 장기적으로는 기업 내부의 구조적 조정이나 경영전략 변경 등 보완적 자산의 재구성을 통해 간접적 성과가 실현되는 경향이 있다(중소기업기술정보진흥원, 2025).

2.4.3 저원가 전략

저원가 전략은 동일한 제품이나 서비스를 경쟁사보다 낮은 비용으로 생산하여 가격 경쟁력을 확보하는 전략이다. Porter(1985)는 저원가 전략을 "산업 내에서 가장 낮은 비용 생산자가 되는 것"으로 정의하며, 이

를 통해 평균 이상의 수익을 달성할 수 있다고 주장하였다. 저원가 전략은 규모의 경제와 공정 개선을 통해 경쟁사보다 낮은 비용 구조를 확보함으로써 시장 우위를 점하는 방식이다. 이 전략은 품질과 서비스 수준을 일정하게 유지하면서도 생산 과정의 비효율성을 제거하고 비용을 최소화하는 데 초점을 맞춘다(박무성, 2025). 자원이 제한된 중소기업의 경우 원가 절감은 생존의 필수 조건이라 할 수 있다. 국내 1차 협력 중소기업의 87%가 대기업으로부터 매년 평균 3.2%의 단가 인하 압력을 받는 구조적 환경에서, AI는 원가 구조를 근본적으로 개선하는 도구가 된다(홍장표, 2016). AI는 저원가 전략 하에서 경제성과 효율성을 극대화한다.

AI는 원재료 투입량과 에너지 소비 데이터를 분석하여 낭비 요소를 제거함으로써 제조원가를 15~20% 절감하여 자원 및 에너지 최적화를 이룩한다(Sanchez et al., 2025). 로봇과 결합된 AI는 노동집약적 작업을 자동화하여 인건비 부담을 완화함으로써 노동 및 재고 비용 절감에 기여한다. AI 기반 수요 예측은 재고를 10~20% 감소시켜 재고 유지 비용을 최소화한다. 예측 정비 시스템은 설비 가동률을 향상시켜 계획 외 정지를 감소시켜 비가동 손실을 줄이고 전체적인 생산성을 향상시킨다(이동수, 2025; Hafner, 2024). 저원가 전략 하에서 AI 도입의 성과는 주로 프로세스 효율성 측면에서 두드러진다. 이는 동일한 자원으로 더 많은 제품을 생산하거나, 더 적은 비용으로 동일한 성과를 달성함으로써 재무적 수익성을 개선하는 결과로 이어진다(이홍배, 2021).

그러나 중소기업의 AI 도입은 초기 투자 부담과 데이터 인프라 부족이라는 장벽에 부딪히기 쉽다. 따라서 정부의 맞춤형 지원과 수준별 솔루션 제공은 이러한 비용 장벽을 완화하고 저원가 전략을 디지털화된 지속가능 전략으로 전환하는 핵심적인 조절 요인이 된다(맹지은, 이홍식, 2025). 저원가 전략이 단순히 비용 압박에 대응하는 수단을 넘어, AI 데이터 기반 스마트 제조 역량과 결합될 때 운영 효율성과 자원 활

용도를 동시에 개선하는 생산성 전략으로 기능함을 강조한다. 중소기업의 경우, 제한된 인력과 설비 환경에서 AI 기반 공정 최적화와 예지보전을 활용함으로써 대규모 투자를 수반하지 않으면서도 의미 있는 생산성 향상과 원가 절감 효과를 달성할 수 있다(이승민 외, 2022).

2.4.4 제품 차별화 전략

Porter(1985)는 차별화를 "산업 전반에서 독특하다고 인식되는 무언가를 창출하는 것"으로 정의하였다. 차별화는 가격 프리미엄을 정당화하고 고객 충성도를 높여 지속 가능한 경쟁우위를 제공한다. 차별화 전략은 독창적인 제품이나 맞춤형 솔루션을 통해 고객에게 독특한 가치를 제공하고 가격 프리미엄을 정당화하는 방식이다(박무성, 2025; Porter, 1985). 중소기업은 규모의 경제를 달성하기 어렵기 때문에 대기업과의 직접 경쟁을 피하고 틈새시장을 공략하는 차별화 전략이 수익성 측면에서 더욱 효과적일 수 있다(Pelham, 2000).

AI 기술은 차별화 전략을 추구하는 중소기업에 다양한 고부가가치 성과를 제공한다. 첫째, AI와 3D 프린팅 등 디지털 기술의 결합은 대량 생산 체제에서도 다품종 소량 생산과 고객 맞춤형 제품 제작을 가능하게 하여 차별화 전략을 강력하게 지원한다. 단순한 비용 절감을 넘어 제품의 완성도를 높이고, 시장 대응력을 강화하여 고부가가치를 창출함으로써 매출 성장과 시장 점유율 확대를 견인하는 성과를 의미한다(박무성, 2025). 둘째, 데이터 기반 인사이트를 활용하여 시장 변화를 선제적으로 파악하고, 완전히 새로운 형태의 지능형 제품이나 서비스를 개발함으로써 시장 주도권을 확보할 수 있도록 해준다(Cimino et al., 2025; Keränen, 2025). 셋째, AI 기반 챗봇이나 분석 툴을 사용하여 고객 지원 수준을 높이고, 고객 요구 사항을 실시간으로 제품 설계에 반영하여 브랜드 가치를 향상시킬 수 있다(Keränen, 2025; Ayinaddis,

2025).

중소기업이 활용할 수 있는 차별화 원천은 다양하다. 차별화 전략 추구 기업이 기술혁신과 제품 품질에서 우수한 성과를 보였으며, 저원가 전략과 병행 시 혼합 효과가 약화된다고 하였다. 창업가 특성과 차별화 전략이 경영성과에 정(+) 영향을 미치며, 제품 혁신이 차별화의 주요 매개 변수임을 보여주었다. 이러한 연구들은 중소기업이 자원 제약 하에서 차별화 전략을 통해 대기업과의 경쟁에서 틈새시장을 공략할 수 있음을 보여준다. 차별화 전략의 한계는 높은 R&D 투자와 마케팅 비용이며, 모방 위험이 상존한다. 따라서 차별화 전략은 지속적인 R&D 투자와 혁신이 필수적이며, 모방 위험에 대비하기 위해 기술 특허나 고객 맞춤형 서비스를 결합하는 노력이 필요하다(이병헌, 2009; Porter, 1985). Porter(1985)는 지속적 혁신이 필수라고 강조하며, 차별화가 고객 충성도를 유발할 때만 프리미엄 가격이 정당화된다고 지적하였다.

2.4.5 생산성 극대화 위한 AI 도입전략

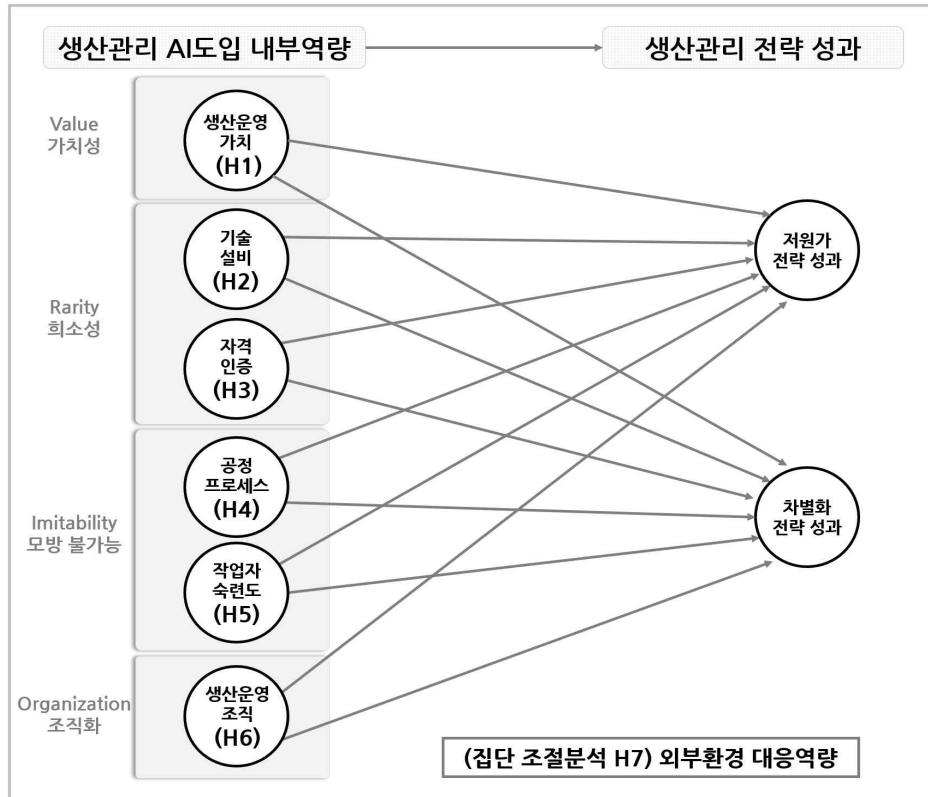
AI의 도입 성과는 저원가 전략 대비 차별화 전략을 채택한 기업에서 더욱 강화되는 경향을 보인다. 이는 AI 기술이 제공하는 유연하고 지능적인 제조 역량이 제품의 독창성을 강화하고 고객 맞춤형 서비스를 가능하게 하는 차별화 전략의 본질적 요구와 완벽하게 부합하기 때문이다(박무성, 2025). 반면, 저원가 전략과 차별화 전략을 무분별하게 병행할 경우 소위 '어중간한 상태'에 빠져 혼합 효과가 약화될 수 있으므로 주의가 필요하다(이병헌, 2009). 따라서 AI도입으로 경쟁력을 확보하기 위해서 중소기업 경영자는 단순한 기술 도입을 넘어 전략적 목표와 내부 혁신 역량이 유기적으로 결합된 생산성 관리 체계를 구축해야 한다(박무성, 2025; Cimino et al., 2025).

III. 연구방법론

3.1 연구모델과 데이터 수집 방법

본 연구는 제조 중소기업의 생산관리 AI 도입이 생산성 성과에 미치는 영향을 실증적으로 검증하고, 이러한 관계에서 외부환경 대응역량의 조절효과를 규명하기 위하여 [그림 3-1]과 같은 연구모형을 설계하였다. 본 연구의 대상은 국내 제조 중소기업 중 생산관리 영역에 AI 기술을 도입하였거나 도입을 추진하고 있는 기업이다.

[그림 3-1]연구모형



본 연구는 특정 업종에 편중되지 않도록 전자, 기계, 자동차, 화학, 금속 등 다양한 제조업 분야를 포함한다. 실증 분석을 위해 2025년 10월 20일부터 11월 7일까지 국내 다양한 기업의 구성원을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 설문 응답자 339명의 결과를 최종 분석에 활용하였다. 본 연구모형은 자원기반관점을 이론적 배경으로 하여, 독립변수, 조절변수, 종속변수로 구성된 조절효과 모형의 형태를 취하고 있다. 구체적으로 생산관리 AI 도입을 독립변수로, 생산성 성과를 종속변수로, 외부환경 대응역량을 조절변수로 설정하였다.

3.2 가설 설정

독립변수인 생산관리 AI 도입은 제조 중소기업이 생산관리 영역에 AI 기술을 도입하고 활용하는 정도를 의미한다. 본 연구에서는 Barney(1991)의 VRIO 프레임워크를 이론적 기반으로 하여 AI 도입 수준을 다차원적으로 측정하고자 한다. VRIO 프레임워크는 기업의 경쟁우위 원천을 가치성(V), 희소성(R), 모방불가성(I), 조직화(O)의 네 가지 차원으로 분석하는 전략적 도구로서, 본 연구에서는 이를 AI 도입 맥락에 적용하여 다음과 같이 조작적 정의를 수립하였다.

첫째, 가치성(V)은 생산 가치성으로 측정되며, AI 도입을 통해 생산 프로세스에서 창출되는 가치의 정도를 의미한다. 이는 AI 기술이 생산 효율성 향상, 비용 절감, 품질 개선 등 실질적인 가치를 제공하는지를 평가하는 차원이다. 둘째, 희소성(R)은 기술·설비와 자격·인증의 두 가지 하위 차원으로 구성된다. 기술·설비는 AI 관련 첨단 기술과 설비의 보유 수준을, 자격·인증은 AI 관련 자격증 및 인증의 보유 정도를 나타낸다. 이는 경쟁기업이 쉽게 확보하기 어려운 희소한 자원의 보유 정도를 측정한다. 셋째, 모방불가성(I)은 공정 프로세스와 숙련자 숙련도로 구성된다. 공정 프로세스는 AI를 활용한 기업 고유의 생산 프로세스

를, 숙련자 숙련도는 AI 시스템을 운영하고 활용할 수 있는 숙련 인력의 역량 수준을 의미한다. 이는 경쟁기업이 모방하기 어려운 암묵적 지식과 조직 특유의 역량을 반영한다. 넷째, 조직화(O)는 생산 조직화로 측정되며, AI 기술을 효과적으로 활용하기 위한 조직 구조, 프로세스, 시스템의 체계적 구축 정도를 나타낸다.

종속변수인 생산성 성과는 생산관리 AI 도입의 결과로 나타나는 기업의 성과를 의미한다. Porter(1985)의 본원적 경쟁전략에 따르면, 기업은 원가우위 전략 또는 차별화 전략을 통해 경쟁우위를 확보할 수 있다. 이를 바탕으로 본 연구에서는 생산성 성과를 저원가와 제품차별화의 두 가지 차원으로 측정하고자 한다. 첫째, 저원가는 생산비용 절감, 운영효율성 향상, 자원 활용의 최적화 등을 통한 원가경쟁력 확보를 의미한다. AI 기술의 도입은 생산 공정의 자동화, 최적화, 예측정비 등을 통해 원가절감 효과를 가져올 수 있다. 둘째, 제품차별화는 제품 품질 향상, 불량률 감소, 맞춤형 생산 등을 통한 차별화된 경쟁우위의 확보를 의미한다. AI 기술은 품질관리, 수요예측, 맞춤형 생산 등을 가능하게 함으로써 제품차별화에 기여할 수 있다.

3.2.1 생산관리 AI 도입과 생산성 성과

자원기반관점에 따르면, 기업의 경쟁우위와 성과는 기업이 보유한 가치 있고, 희소하며, 모방하기 어렵고, 조직화된 자원과 역량에 의해 결정된다. 지속가능한 경쟁우위를 창출하는 자원의 조건으로 VRIO 프레임워크를 제시하였으며, 이는 가치성, 희소성, 모방불가성, 조직화의 네 가지 차원으로 구성된다(Barney, 1991).

최근 인공지능(AI) 기술은 제조 중소기업에게 새로운 전략적 자원으로 부상하고 있다. AI를 포함한 디지털 기술이 제2의 기계시대를 이끌며 생산성 향상의 주요 동인으로 작용한다. 제조업에서 AI 기술은 생산

공정의 자동화, 품질관리 고도화, 예측 정비, 공급망 최적화 등 다양한 영역에서 활용되며 생산성 향상에 기여하고 있다. 제조기업의 스마트 제조 기술 도입이 생산 효율성과 제품 품질에 유의한 긍정적 영향을 미치는 것으로 보고되고 있으며, 중소 제조기업의 AI 기술 역량이 기업 성과에 미치는 영향에 관한 연구들도 증가하고 있다(맹지은, 이홍식, 2025). 본 연구에서는 Barney(1991)의 VRIO 프레임워크를 적용하여 생산관리 AI 도입을 다차원적으로 측정하고, 이것이 Porter(1985)의 본원적 경쟁전략에 기반한 생산성 성과(저원가, 제품차별화)에 미치는 영향을 검증하고자 한다.

3.2.1.1 가치성(Value)과 생산성 성과

가치성은 기업의 자원이 외부 기회를 활용하거나 위협을 중화시킴으로써 실질적인 가치를 창출하는 정도를 의미한다(Barney, 1991). AI 기술은 실시간 데이터 분석과 예측 분석을 통해 생산 공정을 최적화하고, 불필요한 낭비를 제거하며, 의사결정의 정확성을 향상시킴으로써 가치를 창출한다(송주영, 성형석, 2015).

저원가 관점에서 AI 기술의 가치성은 생산비용 절감에 직접적으로 기여한다. AI 기반 예측 정비(Predictive Maintenance)는 설비 고장을 사전에 예방하여 유지보수 비용을 절감한다. 또한 AI 기반 생산 스케줄링은 자원 활용의 최적화를 통해 재고비용과 운영비용을 감소시킨다(김일중, 김우순 외, 2022).

제품차별화 관점에서 AI 기술의 가치성은 품질 향상과 고객 맞춤화에 기여한다. AI 기반 품질관리 시스템은 불량률 실시간으로 감지하고 품질 변동성을 최소화함으로써 제품 품질을 향상시킨다. 스마트 팩토리 구축이 생산비용 절감과 품질 향상에 유의한 영향을 미친다는 것을 확인하였으며, 제조 중소기업의 AI 기술 활용 수준이 운영 효율성과 제품

경쟁력 향상에 긍정적 영향을 미치는 것으로 나타났다(박상현, 이정은, 2021). 따라서 본 연구에서는 다음과 같은 가설을 설정한다.

- H1-1 : 생산관리 AI 도입의 가치성은 저원가 전략에 영향을 미칠 것이다.
- H1-2 : 생산관리 AI 도입의 가치성은 차별화 전략에 영향을 미칠 것이다.

3.2.1.2 희소성(Rarity)과 생산성 성과

희소성은 특정 자원이 경쟁기업에게 쉽게 접근 가능하지 않은 정도를 의미한다(Barney, 1991). 본 연구에서는 희소성을 기술·설비 차원과 자격·인증 차원으로 구분하여 측정한다. 먼저 기술·설비 차원은 AI 관련 첨단 기술과 설비의 보유 정도를 의미한다. 중소기업의 경우 AI 기술 도입에 필요한 고가의 설비와 인프라 구축이 용이하지 않으며, 이를 확보한 기업은 경쟁우위를 가질 수 있다. 저원가 관점에서 희소한 AI 기술·설비는 자동화 수준을 높이고 공정 효율성을 극대화하여 생산비용을 절감시킨다. 스마트 제조 설비를 도입한 기업이 인건비와 재료비를 유의하게 절감하는 것으로 나타났다(봉강호, 조지연, 2024).

제품차별화 관점에서 희소한 기술·설비는 고도화된 품질관리와 혁신적인 제품 개발을 가능하게 한다. Porter & Heppelmann(2014)은 스마트 제품 개발에 필요한 IoT 및 AI 기술의 희소성이 제품 차별화의 핵심 요인이라고 강조하였다.

다음으로 자격·인증 차원은 AI 관련 자격증, 국제 인증, 표준 인증 등의 보유 정도를 의미한다. 자격·인증은 기업의 기술 역량과 신뢰성을 대외적으로 입증하는 수단이며, 중소기업에게는 시장에서의 차별화 요소로 작용한다. ISO 인증과 같은 품질 관련 인증이 운영 효율성 향상에 기여하며, 국내 중소 제조기업의 품질 인증 보유가 생산성 향상과 시장

경쟁력 강화에 긍정적 영향을 미친다고 하였다. AI 관련 자격·인증의 보유는 기술 역량의 공식적 인정을 의미한다. 이는 저원가 측면에서 체계적인 공정 관리와 효율성 향상으로, 제품차별화 측면에서 품질 보증과 브랜드 신뢰도 향상으로 이어질 수 있다(송단비, 2025). 따라서 본 연구에서는 다음과 같은 가설을 설정한다.

- H2-1: 생산관리 AI 도입의 희소성(기술·설비)은 저원가 전략에 영향을 미칠 것이다.
- H2-2: 생산관리 AI 도입의 희소성(기술·설비)은 차별화 전략에 영향을 미칠 것이다.
- H3-1: 생산관리 AI 도입의 희소성(자격·인증)은 저원가 전략에 영향을 미칠 것이다.
- H3-2: 생산관리 AI 도입의 희소성(자격·인증)은 차별화 전략에 영향을 미칠 것이다.

3.2.1.3 모방불가성(Inimitability)과 생산성 성과

모방불가성은 경쟁기업이 특정 자원이나 역량을 복제하거나 모방하는 것이 어려운 정도를 의미한다(Barney, 1991). 본 연구에서는 모방불가성을 공정 프로세스 차원과 숙련자 숙련도 차원으로 구분한다. 공정 프로세스 차원은 AI를 활용한 기업 고유의 생산 프로세스와 운영 방식을 의미한다. AI 시스템을 생산 공정에 통합하고 최적화하는 과정에서 축적된 기업 특유의 노하우와 프로세스는 단기간에 모방하기 어려운 자산이다(송주영, 2016).

저원가 관점에서 최적화된 공정 프로세스는 낭비를 최소화하고 효율성을 극대화하여 생산비용을 절감시키며, IT와 결합된 고유의 비즈니스

프로세스가 원가우위 창출에 기여한다. 제조기업의 프로세스 혁신이 원가절감에 유의한 영향을 미친다고 보았다(김일중, 김우순 외, 2022). 제품차별화 관점에서 고도화된 공정 프로세스는 품질 일관성과 제품 신뢰성을 향상시킨다. 도요타 생산방식의 사례를 통해 고유한 생산 프로세스가 품질 향상과 차별화의 핵심임을 보여주었다(이영훈, 권순걸 외, 2007). 숙련자 숙련도 차원은 AI 시스템을 운영하고 활용할 수 있는 숙련 인력의 역량 수준을 의미한다. 숙련 인력이 보유한 기업 특화적 지식이 경쟁우위의 원천이 된다고 하였다. AI 기술의 효과적 활용은 단순한 기술 도입을 넘어 이를 운영하고 최적화할 수 있는 숙련된 인력의 역량에 달려 있으며, 데이터 기반 의사결정에 능숙한 인력의 보유가 생산성 향상에 결정적 역할을 한다고 주장하였다(McElheran et al., 2025). 숙련된 인력은 AI 시스템의 출력을 해석하고 생산 현장에 적용하는 과정에서 암묵적 지식을 창출하며, 이는 경쟁기업이 모방하기 어려운 자산이 된다. 저원가 관점에서 숙련된 인력은 AI 시스템을 효율적으로 운영하고 문제 상황에 신속하게 대응하여 운영비용을 최소화한다. 제품차별화 관점에서 숙련 인력은 AI 기술을 활용하여 품질을 지속적으로 개선하고 고객 요구에 맞춘 제품을 생산할 수 있다. 제조기업의 기술 인력 역량이 생산성 향상에 유의한 영향을 미친다는 것을 확인하였다(산업연구원, 2024). 따라서 본 연구에서는 다음과 같은 가설을 설정한다.

- H4-1: 생산관리 AI 도입의 모방불가성(공정·프로세스)은 저원가 전략에 영향을 미칠 것이다.
- H4-2: 생산관리 AI 도입의 모방불가성(공정·프로세스)은 차별화 전략에 영향을 미칠 것이다.
- H5-1: 생산관리 AI 도입의 모방불가성(작업자·숙련도)은 저원가 전략에 영향을 미칠 것이다.

- H5-2: 생산관리 AI 도입의 모방불가성(작업자·숙련도)은 차별화 전략에 영향을 미칠 것이다.

3.2.1.4 조직화(Organization)와 생산성 성과

조직화는 기업이 보유한 가치 있고, 희소하며, 모방하기 어려운 자원을 효과적으로 활용할 수 있도록 조직 구조, 프로세스, 시스템을 체계적으로 구축한 정도를 의미한다(Barney, 1991). 우수한 자원을 보유하더라도 이를 효과적으로 배치하고 활용할 수 있는 조직 체계가 갖추어지지 않으면 성과로 연결되기 어렵다. AI 기술의 도입은 단순한 기술 투자를 넘어 조직 전반의 변화를 수반한다. AI 도입에 성공한 기업들은 공통적으로 명확한 전략, 조직 구조의 재설계, 변화관리 프로세스 등 체계적인 조직화를 이룩하였다. 생산관리 영역에서의 조직화는 AI 기술을 생산 프로세스에 통합하고, 관련 부서 간 협업을 촉진하며, 데이터 기반 의사결정 문화를 구축하는 것을 포함한다(Fontaine et al., 2019). IT 투자의 효과가 조직 구조, 프로세스, 업무 관행의 변화와 결합될 때 극대화된다는 것을 보여주었다(권준화, 2024).

저원가 관점에서 체계적인 조직화는 AI 시스템의 효율적 운영을 가능하게 하고, 부서 간 협업을 통해 중복과 낭비를 제거하며, 전사적 최적화를 달성하여 원가절감에 기여한다. 생산관리의 조직화 수준이 높을수록 생산비용이 감소한다. 제품차별화 관점에서 조직화는 부서 간 정보 공유와 협업을 촉진하여 품질 개선과 신제품 개발에 기여한다. 조직역량의 체계적 관리가 제품 차별화와 시장 경쟁력 강화로 이어진다. 조직화의 중요성은, 스마트 팩토리 도입 기업의 조직 준비도가 성과에 유의한 영향을 미친다고 하였으며(Fontaine & McCarthy, 2019), AI 도입을 위한 조직 문화와 구조의 정비가 생산성 향상의 핵심 요인임을 실증하였다. 따라서 본 연구에서는 다음과 같은 가설을 설정한다.

- H6-1: 생산관리 AI 도입의 조직화는 저원가 전략에 영향을 미칠 것이다.
- H6-2: 생산관리 AI 도입의 조직화는 차별화 전략에 영향을 미칠 것이다.

3.2.2 외부환경 대응역량의 조절효과

조절변수인 외부환경 대응역량은 기업이 급변하는 외부환경 변화에 대응할 수 있는 역량의 정도를 의미한다. 동적역량이론에 따르면, 급변하는 환경에서 기업의 성과는 단순히 자원의 보유 여부뿐만 아니라 환경 변화를 감지하고, 포착하며, 이에 대응하여 자원을 재구성하는 역량에 의해 결정된다(Teece, 2007). 급변하는 환경에서 자원 기반을 생성, 통합, 재구성하는 조직의 프로세스 역량이 기업의 지속가능한 경쟁우위를 창출한다고 강조하였다. 기술혁신이 빠르게 진행되는 제조업 환경에서 외부환경 변화에 대한 대응역량은 신기술 도입의 효과를 극대화하는 핵심 요인으로 작용한다(이석철, 2025). AI와 같은 첨단 기술은 그 자체로 성과를 보장하지 않으며, 기업이 처한 환경적 맥락과 이에 대응하는 역량에 따라 그 효과가 달라질 수 있다. 동일한 기술을 도입하더라도 환경 변화를 빠르게 감지하고 대응하는 기업은 기술의 잠재력을 극대화할 수 있는 반면, 환경 대응역량이 부족한 기업은 기술 도입의 효과가 제한적일 수 있다(박상운, 조근태, 2020). 외부환경 대응역량이 높은 기업은 다음과 같이 AI 도입의 효과를 극대화할 수 있다.

첫째, 환경 대응역량이 높은 기업은 경쟁 상황과 시장 변화를 정확히 분석하고 이에 맞추어 AI 기술을 전략적으로 활용할 수 있다. Porter(1980)는 산업 내 경쟁 강도, 제품대체 가능성, 진입장벽 등이 기업의 전략 선택에 영향을 미친다고 제시하였다. 외부환경 요인을 정확히 파악한 기업은 AI 기술을 경쟁우위 확보에 효과적으로 활용할 수 있다. 둘째, 환경 변화에 대응할 수 있는 전문인력을 보유한 기업은 AI

시스템을 시장 변화에 맞추어 지속적으로 최적화함으로써 생산성 향상 효과를 극대화할 수 있다. 환경 변화를 감지하고 대응하는 관리 역량이 기술 도입 성과를 좌우한다고 강조하였다(이상빈, 오세구, 2020). 셋째, 경쟁 강도가 높고 시장 진입이 용이한 역동적 환경에서는 AI 기술을 통한 신속한 대응이 더욱 중요해지며, 이러한 환경에 대한 이해와 대응역량이 높을수록 AI 도입의 효과가 강화된다. 환경 역동성이 높은 산업에서 동적역량의 중요성이 더욱 크다는 것을 실증하였으며, 환경 불확실성 하에서 기업의 대응역량이 혁신 성과를 높이는 조절효과를 확인하였다(이석철, 2025). 제조기업의 환경 대응역량이 기술혁신 활동의 성과를 강화시키며, 중소기업의 환경 대응 능력이 스마트 팩토리 도입 효과를 조절한다고 하였다(김형철, 2023). 본 연구에서는 외부환경대응역량을 경쟁기업 수, 제품 유사성, 진입·철수 용이성 등 외부환경과, 이에 대한 환경대응역량(전문인력 보유)의 네 가지 하위차원으로 구성하였다. 따라서 본 연구에서는 다음과 같은 가설을 설정한다.

- H7-1 : 외부환경 대응 역량 수준에 따라 내부역량과 저원가 전략 성과 간에 차이가 있을 것이다.
- H7-2 : 외부환경 대응 역량 수준에 따라 내부역량과 차별화 전략 성과 간에 차이가 있을 것이다.

3.3 변수의 조작적 정의 및 측정도구

본 연구에서 사용되는 변수들의 조작적 정의와 측정도구는 선행연구를 기반으로 개발하되, 제조 중소기업의 생산관리 AI 도입 맥락에 맞게 수정, 보완하였다. 모든 측정문항은 리커트(Likert) 5점 척도(1=전혀 그렇지 않다, 5=매우 그렇다)를 사용하여 측정하였다.

[표3-1] 변수의 조작적 정의

요인	조작적 정의	측정항목	
독립 변수	가치성 (V)	AI·데이터 기반 역량 강화가 원가 절감·품질 향상 등을 통해 전략적 가치를 창출할 수 있는 정도	<ul style="list-style-type: none"> - 에너지·원자재 투입 최적화 - 자동화·예지보전 - 고객 대응 유연성 - 품질 개선 및 불량률 감소
	희소성 (R) 기술·설비	경쟁사 대비 차별화된 설비·공정·기술 보유 정도	<ul style="list-style-type: none"> - 특정 전용설비 운영기술 보유 - 특정 원자재 부품 가공기술 - 특화 공정기술 - 자체 개발 설비 기술 희소성
	희소성 (R) 자격·인증	고객사 승인·환경·품질 인증 등 외부 공신력 기반 경쟁우위 확보정도	<ul style="list-style-type: none"> - 고객사 전용 인증 보유 - 환경·안전·품질 인증 활용 - 국제표준 인증 보유
	모방 불가능성 (I) 공정프로세스	축적된 공정노하우 및 개선속도로 인해 경쟁사가 모방하기 어려운 정도	<ul style="list-style-type: none"> - 고도화된 공정 운영 - 운영노하우와 시스템 고도화 - 프로세스 개선 - 생산스케줄링과 자원배분 최적화
	모방불가능성 (I) 작업자 숙련	인력경험·기술·전송을 기반으로 경쟁사가 모방할 수 없는 수준	<ul style="list-style-type: none"> - 기술 숙련도 - 문제해결 숙련도 - 기술 전송 체계
	조직화 (O)	생산·품질·설비·데이터 관리 체계 간 조직적 통합 및 실행력 수준	<ul style="list-style-type: none"> - 운영전략 실행력과 협업체계 - 생산품질 설비데이터 운영체계 - 생산개선 전사공유와 표준화
종속 변수	저원가 전략성과	AI 기반 생산 효율화로 원가 경쟁력을 확보하는 정도	<ul style="list-style-type: none"> - 조달비 절감 - 품질 관리 비용 절감 - 물류·운송비 절감 - 운영비 절감
	제품차별화 성과	품질·기능·친환경·맞춤화 등 차별적 제품 경쟁력 수준	<ul style="list-style-type: none"> - 가격 가치 차별화 - 기능 혁신 - 친환경 제품 - 고객 맞춤형 제품
조절 변수	경쟁기업 수	외부 경쟁자 수 증가에 대한 대응 민첩성과 전문성 수준	<ul style="list-style-type: none"> - 업계 경쟁 기업 수 - 해외 기업 포함 경쟁 심화 여부 - 시장점유율 경쟁 수준
	제품 유사성	동일 시장 내 제품 기능·품질·디자인·가격 경쟁의 동질성 정도	-기능·품질·디자인·가격 유사성 평가
	진입·철수 용이성	기술·자본·유통·규제 측면 진입장벽 수준	-기술·노하우·투자·규제 장벽
	생산관리 전문인력 보유	외부변화에 대한 대응 전문 인력 보유 및 대응 능력 수준	<ul style="list-style-type: none"> - 원자재·공급망·규제 대응 전문성 - 수요변화 및 리스크 대응 능력

IV. 연구 결과

4.1 기술 통계학 분석

조사에 참여한 표본의 제조업종, 사업장 규모, 매출규모, 직무, 근속 연수 등의 특성을 분석한 결과는 다음과 같다. 제조업종 분포를 살펴보면, ‘기계 및 장비 제조업’이 38명(11.2%)으로 가장 높은 빈도를 나타냈으며, 이어 ‘전자부품, 컴퓨터 제조업’이 33명(9.7%), ‘고무 및 플라스틱제품 제조업’이 32명(9.4%), ‘운송장비’ ‘1차 금속 자동차/ 트레일러’ 업종이 각각 30명(8.8%), ‘식품·음료 제조업’이 27명(8.0%)으로, ‘화학물질/화학제품 제조업’이 26명(7.7%) 순으로 확인되었다. 반면, ‘가구 제조업’은 10명(2.9%), ‘의료물질, 의약품/바이오제품 제조업’은 12명(3.5%) 등 상대적으로 낮은 비중을 차지하였다. 이는 표본이 특정 산업군에 편중되지 않고 다양한 제조업 업종을 포괄하고 있음을 의미한다.

사업장의 규모를 나타내는 근로자 수 항목에서는 50인 미만 사업장이 184명(54.3%)으로 절반 이상을 차지하였고, 50~100인 미만은 76명(22.4%), 100~300인 미만은 79명(23.3%)으로, 전체적으로 중소기업이 본 조사 대상의 주축을 이루고 있음을 확인할 수 있다. 매출 규모는 100억 미만 기업이 220명(64.9%)으로 가장 높은 비중을 보였으며, 100억~500억 미만이 104명(30.7%), 500억~1,500억 미만이 15명(4.4%)으로 나타났다. 표본의 대부분이 중소 제조기업 중심이라는 특징을 명확히 보여준다. 사업장 유형의 경우, 지방산업단지·일반산업단지에 위치한 사업장이 131명(38.6%)으로 가장 많았고, 일반지역 내 개별 입지(산단 외 개별 부지) 사업장이 164명(48.4%)으로 뒤를 이었다. 이는 제조업 특성상 산업단지 입지 선호가 반영된 결과로 해석할 수 있다.

[표4-1] 기술통계표

구분		빈도	비율	구분		빈도	비율
제조업종	가구	10	2.9	근로자수	50인 미만	184	54.3
	고무 및 플라스틱제품	32	9.4		50~100인 미만	76	22.4
	기계 및 장비	38	11.2		100~300인 미만	79	23.3
	목재/ 나무제품 (가구 제외)	8	2.4	사업장 유형	국가산업단지	29	8.6
	식품/음료	27	8.0		지방산업단지 / 일반산업단지	131	38.6
	운송장비	30	8.8		농공단지	15	4.4
	비금속 광물제품	11	3.2	매출규모	개별 입지 (산단외 개별 공장)	164	48.4
	섬유제조(의복 제외)	17	5.0		100억 미만	220	64.9
	의복 및 모피제품	10	2.9		100억~500억 미만	104	30.7
	의료/정밀 광학/시계	16	4.7	담당직무	500~1,500억 미만	15	4.4
	의료물질, 의약품/ 바이오제품	12	3.5		생산기획/ 스케줄링	17	5.0
	인쇄/기록 매체 복제업	6	1.8		자재/구매/ 외주관리	13	3.8
	1차 금속 자동차/ 트레일러	30	8.8		제조·공정 기술영역	30	8.8
	전기장비	16	4.7		공정설계/개선	37	10.9
	전자부품, 컴퓨터	33	9.7		설비기술/유지보수	24	7.1
	영상, 음향 및 통신장비	11	3.2		스마트팩토리/ 자동화/AI 적용	36	10.6
	코크스, 연탄, 석유정제품	6	1.8		라인관리/현장관리(반장·조장·작업관리)	37	10.9
	화학물질/ 화학제품	26	7.7		작업표준/표준시간/원가관리	14	4.1
	근속연수	1년 미만	36		10.6	품질관리(QC)/검사	31
1년 이상~3년 미만		54	15.9	품질보증(QA)/인증	45	13.3	
3년 이상~ 5년 미만		74	21.8	EHS(환경·안전·보건)	15	4.4	
5년 이상~10년 미만		79	23.3	창고/재고/자재관리	31	9.1	
10년 이상~20년 미만		69	20.4	출하/납기/운송관리	9	2.7	
20년 이상		27	8.0	유효	도입함	36	10.6
직급	사원/실원	37	10.9		3개월이내 도입예정	29	8.6
	주임/대리급	50	14.7		6개월 이내 도입예정	55	16.2
	과장/차장급	143	42.2	1년 이내 도입예정	219	64.6	
	연령대	부장급	82	24.2	20대	37	10.9
		임원급	27	8	30대	140	41.3
40대					125	36.9	
50대					37	10.9	

직무 분포를 살펴보면, 품질보증(QA)/인증 분야가 45(13.3%), 공정설계/개선 및 라인관리/현장관리(반장·조장·작업관리) 분야가 각각 37명(10.9%), 스마트팩토리/자동화/AI 적용 관련 직무가 36명(10.6%), 품질관리(QC)/검사 분야가 31명(9.1%), 제조·공정 기술영역 30명(8.8%), 설비기술/유지보수 24명(7.1%)으로 나타나 생산 중심 조직 특성을 반영하고 있다. 근속연수는 5년 이상~10년 미만이 79명(23.3%)으로 가장 많았고, 3년 이상~5년 미만이 74명(21.8%), 1년 이상~3년 미만이 54명(15.9%)으로 나타났다. 이는 응답자의 상당수가 해당 기업에서 일정 기간 이상 근무하며 업무 환경과 조직 운영을 충분히 이해하고 있는 계층임을 나타냈다.

4.2 신뢰성과 타당성 검증

본 연구에서는 측정도구의 타당성과 신뢰성을 검증하기 위하여 탐색적 요인분석을 실시하였으며, 그 결과는 [표4-2]의 회전된 성분행렬 결과에 제시하였다. 표에서 확인할 수 있듯이, 모든 문항의 요인적재량은 대체로 .65에서 .90 사이의 값으로 나타나, 각 문항이 해당 요인을 충분히 설명하고 있음을 확인하였다. 경쟁기업수, 제품유사성, 진입장벽, 대응역량, AI전략수립 요인에 속한 항목들은 모두 .70 이상의 높은 적재량을 보여, 측정항목들이 이론적 개념을 적절히 반영하고 있다는 점에서 수렴타당성이 확보되었다고 판단된다. 공통성 분석 결과는 [표4-2]의 공통성 분석 결과에 제시하였다. 대부분의 문항이 .70 이상으로 나타났다으며, 이는 추출된 요인들이 각 문항의 분산을 충분히 설명하고 있음을 보여준다. 공통성 값이 기준치인 .50 미만인 문항은 존재하지 않아, 구성된 요인모형이 측정변수의 특성을 안정적으로 반영하고 있음이 확인되었다.

[표4-2] 외부환경 변화 대응역량에 대한 신뢰성과 타당성 분석 결과

구분	성분					공통성	신뢰성
	1	2	3	4	5		
경쟁 기업수1	-0.382	0.291	-0.005	0.238	0.686	0.758	0.913
경쟁 기업수2	-0.411	0.199	-0.035	0.225	0.748	0.819	
경쟁 기업수3	-0.396	0.178	-0.004	0.193	0.769	0.817	
경쟁 기업수4	-0.492	0.179	-0.028	0.217	0.668	0.768	
제품 유사성1	-0.080	0.894	0.028	0.124	0.071	0.828	0.912
제품 유사성2	-0.116	0.897	0.020	0.103	0.171	0.859	
제품 유사성3	-0.324	0.801	0.033	0.098	0.163	0.784	
제품 유사성4	-0.281	0.782	0.043	0.119	0.208	0.750	
진입철수1	-0.112	0.061	-0.011	0.703	0.407	0.676	0.875
진입철수2	-0.220	0.135	-0.027	0.826	0.156	0.774	
진입철수3	-0.170	0.112	-0.050	0.829	0.078	0.737	
진입철수4	-0.239	0.128	0.012	0.852	0.125	0.815	
대응역량1	0.665	-0.184	-0.056	-0.232	-0.471	0.755	0.934
대응역량2	0.832	-0.204	-0.026	-0.229	-0.221	0.835	
대응역량3	0.820	-0.226	-0.029	-0.180	-0.284	0.836	
대응역량4	0.807	-0.125	0.026	-0.216	-0.303	0.807	
대응역량5	0.814	-0.213	0.063	-0.146	-0.237	0.790	
AI전략 수립1	-0.045	0.023	0.854	-0.005	0.011	0.733	0.903
AI전략 수립2	-0.005	0.011	0.891	0.029	-0.009	0.795	
AI전략 수립3	0.057	0.027	0.902	-0.068	-0.019	0.822	
AI전략 수립4	0.005	0.039	0.871	-0.025	-0.014	0.761	

그 결과는 본 연구의 측정모형이 이론적 구조를 실증적으로 뒷받침할 수 있을 만큼 적합하게 구성되어 있다. 신뢰도 분석 결과는 [표4-2]의 신뢰도 분석 결과에 제시하였다. Cronbach's α 값은 경쟁기업수 .913, 제품유사성 .912, 진입장벽 .875, 대응역량 .934, AI전략수립 .903으로 나타났으며, 이는 일반적으로 수용 가능한 기준인 .70을 크게 상회하는 수준이다. 이와 같은 높은 신뢰도 계수는 해당 요인 내 문항들이 높은 내적 일관성을 유지하고 있으며, 측정도구가 응답자의 인식을 안정적으로 측정하고 있음을 의미한다. 종합적으로, [표4-2]를 통해 확인된 요인 적재량, 공통성, 신뢰도 결과는 본 연구에 활용된 측정도구가 구성타당성과 신뢰성이 모두 충분히 확보된 도구임을 보여준다. 따라서 이후 수행한 회귀분석 및 추가 통계분석은 안정적인 측정모형을 기반으로 해석이 가능하며, 연구결과의 신뢰성을 확보할 수 있는 근거가 마련된 것으로 평가된다.

다음은 제조 중소기업의 내부역량을 구성하는 측정항목의 타당성과 신뢰성을 검증하기 위하여 탐색적 요인분석을 실시하였으며, 그 분석 결과는 [표4-3]에 제시하였다. 회전된 성분행렬을 살펴본 결과, 모든 문항의 요인적재량은 대체로 .70 이상으로 나타났으며, 이는 각 문항이 해당 요인을 충분히 설명하고 있음을 의미한다. AI가치성에 해당하는 문항들은 .737~.802 수준의 적재량을 보였고, AI기술설비희소성 관련 문항들도 .673~.806로 비교적 높은 적재량을 보였다. 이러한 결과는 각 문항이 이론적으로 설정된 요인에 안정적으로 적재되고 있어 수렴타당성(convergent validity)이 충분히 확보되었다고 할 수 있다.

또한 회전된 성분행렬에서 문항들이 다른 요인에 중복적으로 적재되는 교차적재(cross-loading)는 거의 나타나지 않았다. 예를 들어 AI가치성, AI기술설비희소성, AI자격인증희소성, AI공정프로세스 모방불가능성, AI작업자 숙련도 모방불가능성, AI조직화 요인 중 어느 문항도 주요인 외 다른 요인에 .40 이상 적재되지 않았다.

공통성(communalities) 분석 결과 역시 측정도구의 적합성을 뒷받침한다. [표4-3]에 제시된 바와 같이 대부분의 문항이 .691~.886 수준의 공통성을 보여 요인모형이 각 문항의 분산을 충분히 설명하고 있음을 확인하였다. 공통성 값이 .50 미만으로 낮아 제거가 필요하다고 판단되는 문항은 존재하지 않았으며, 이는 본 연구에서 구성한 측정모형이 내적 구조의 정합성을 갖추고 있음을 의미한다.

신뢰도 분석 결과는 Cronbach's α 값을 통해 확인하였다. AI가치성 요인은 .850 수준의 신뢰도 계수를 보였으며, AI기술설비희소성 요인은 .905로 매우 높은 신뢰도를 나타냈다. AI자격인증희소성 요인 역시 .876의 높은 신뢰도 값을, AI공정프로세스 모방불가능성 요인과 AI작업자 숙련도 모방불가능성 요인 또한 각각 .896과 .926으로 나타나 문항 간 내적 일관성이 충분히 확보되었음을 보여주었다. 마지막으로 AI조직화 요인은 .920 수준의 α 값을 나타내어 높은 신뢰도를 갖춘 요인으로 확인되었다. 모든 요인의 신뢰도 계수가 .70을 크게 상회함에 따라, 본 연구의 측정도구는 신뢰도 기준을 충족하는 것으로 판단된다.

종합하면, 본 연구의 내부역량 관련 측정도구는 요인적재량, 공통성, 그리고 신뢰도 계수 모두 기준치를 충족하였으며, 구성타당성과 신뢰성이 충분히 확보된 도구임이 통계적으로 입증되었다. 따라서 본 연구에서 수행한 회귀분석 및 구조적 분석은 안정적 측정기반 위에서 수행된 것으로 해석할 수 있으며, 연구결과의 신뢰성과 해석력은 충분히 확보된 것으로 판단된다.

[표4-3] 내부역량 AI도입에 대한 신뢰성과 타당성 분석 결과

구분	성분						공통성	신뢰성
	1	2	3	4	5	6		
AI가치성1	0.224	0.134	0.737	0.093	0.099	0.272	0.703	0.850
AI가치성2	0.231	0.149	0.802	0.094	0.094	0.129	0.753	
AI가치성3	0.232	0.137	0.771	0.096	0.183	0.159	0.735	
AI가치성4	0.007	0.045	0.764	0.319	0.059	0.011	0.691	
기술선풍비 회소성1	0.794	0.047	0.226	0.197	0.113	0.261	0.804	0.905
기술선풍비 회소성2	0.806	0.108	0.144	0.261	0.263	0.137	0.837	
기술선풍비 회소성3	0.718	0.181	0.241	0.401	0.079	0.160	0.799	
기술선풍비 회소성4	0.673	0.287	0.238	0.374	0.191	0.019	0.768	
자격인증 회소성1	0.191	0.222	0.220	0.253	0.298	0.717	0.801	0.876
자격인증 회소성2	0.186	0.232	0.191	0.172	0.438	0.710	0.850	
자격인증 회소성3	0.196	0.312	0.219	0.197	0.173	0.708	0.753	
공정프로세스 모방불가성1	0.308	0.069	0.198	0.782	0.248	0.144	0.832	0.896
공정프로세스 모방불가성2	0.349	0.162	0.215	0.751	0.222	0.141	0.827	
공정프로세스 모방불가성3	0.399	0.304	0.172	0.623	0.026	0.273	0.744	
공정프로세스 모방불가성4	0.352	0.315	0.222	0.610	-0.056	0.316	0.748	
작업자숙련도 모방불가성1	0.189	0.350	0.213	0.141	0.767	0.271	0.886	0.926
작업자숙련도 모방불가성2	0.188	0.414	0.118	0.151	0.730	0.267	0.848	
작업자숙련도 모방불가성3	0.198	0.430	0.150	0.133	0.715	0.235	0.831	
조직화1	0.135	0.806	0.130	0.167	0.310	0.191	0.845	0.920
조직화2	0.132	0.792	0.119	0.213	0.315	0.222	0.853	
조직화3	0.148	0.818	0.186	0.126	0.267	0.203	0.853	

AI 도입이 제조기업의 생산성 성과에 미치는 영향을 분석하기 위해 생산성 성과를 저비용성과 제품 차별화 성과의 두 차원으로 구분하여 탐색적 요인분석을 실시하였다. 그 결과는 [표4-4]에 제시하였다.

회전된 성분행렬에 따르면, 저비용성과 관련된 문항(AI기반 비용절감·운영 효율·예지보전·원가 개선 등으로 구성된 문항군)은 모두 첫 번째 요인에 .866~.900 수준으로 매우 높게 적재되었다. 이는 저비용성과가 AI 도입에 따라 하나의 일관된 구조적 개념으로 형성되어 있으며, 생산 공정 효율화·운영 최적화·비용절감이라는 공통된 기제를 중심으로 작동하고 있음을 의미한다. 다른 요인(제품 차별화 성과)으로의 교차적재는 최소 수준으로 나타나, 저비용성과 요인의 수렴타당성과 판별타당성이 모두 충분히 확보되었음을 알 수 있다.

제품 차별화 성과와 관련된 문항 역시 두 번째 요인에 .869~.872 수준으로 집중적으로 적재되었다. 이는 AI가 제품의 품질 고도화, 정밀 생산, 사용자 맞춤형 생산, 빠른 대응성 등 차별화 성과를 강화하는 구조적 특성을 지닌다는 점을 반영한다. AI 기반 품질 향상, 신뢰성 제고, 제품 고급화와 같은 문항들이 동일 요인에 강하게 적재된 것은, AI 도입이 단순한 공정 효율화에 그치지 않고 제품 경쟁력 측면에서도 독립적이고 의미 있는 성과군을 형성하고 있음을 실증적으로 보여준다.

공통성 또한 저비용성과 문항은 .773~.838, 제품 차별화 성과 문항은 .76~.79 수준으로 모두 높게 나타났다. 이는 두 요인 모두 문항의 분산을 75% 이상 설명하고 있으며, 각 문항이 요인의 개념을 충실히 반영하고 있음을 의미한다. 공통성 값 .50 미만의 문항이 하나도 없다는 점은 측정도구의 구조적 적합성을 더욱 강하게 지지한다.

[표4-4] AI도입에 따른 생산성 성과의 신뢰성 타당성 분석

구분	성분		공통성	신뢰성분석
	1	2		
AI저비용성과전략1	0.886	0.129	0.802	0.922
AI저비용 성과전략2	0.898	0.177	0.838	
AI저비용성과전략3	0.900	0.125	0.825	
AI저비용성과전략4	0.867	0.149	0.773	
AI차별화성과전략1	0.260	0.818	0.737	0.894
AI차별화성과전략2	0.166	0.872	0.787	
AI차별화성과전략3	0.100	0.877	0.779	
AI차별화성과전략4	0.064	0.869	0.76	

신뢰도 분석 결과 또한 매우 높은 수준을 보였다. 저비용성과는 $\alpha = .922$, 제품 차별화 성과는 $\alpha = .894$ 로 확인되었으며, 이는 두 성과 요인이 각각 독립된 구성개념으로서 높은 내적 일관성을 갖추고 있음을 의미한다. 두 요인의 신뢰도 계수가 모두 .90 전후의 값을 보였다는 점은 AI 기반 생산성 성과 요인들이 응답자 간 일관되게 측정되었음을 보여준다.

종합하면, 본 연구에서 사용한 AI 도입에 따른 생산성 성과(저비용성과·제품 차별화 성과) 측정도구는 요인적재량, 공통성, 그리고 신뢰도 모두 기준을 충족하여 측정모형의 구성타당성과 신뢰성이 충분히 확보된 것으로 판단된다. 이는 생산성 성과가 단일한 개념이 아니라 비용절감 성과와 제품 경쟁력 성과라는 두 가지 독립적이고 구조화된 성과군으로 구분될 수 있음을 실증적으로 보여주며, AI 도입이 생산성과에 미치는 영향이 다차원적이라는 본 연구의 이론적 전제를 강하게 지지한다.

4.3 상관분석

본 연구에서는 주요 변수 간의 선형적 관련성을 확인하기 위해 피어슨 상관관계 분석을 실시하였다. 상관계수 값은 -1에서 +1 사이에서 분포하며, +1에 가까울수록 강한 양(正)의 상관관계, -1에 가까울수록 강한 음(負)의 상관관계를 의미한다. 분석 결과는 아래와 같으며, 변수 간 통계적 유의성은 $p < 0.01 (**)$, $p < 0.05 (*)$ 수준에서 판단하였다.

상관관계 분석 결과, 먼저 AI가치성과 AI기술·설비 희소성 및 AI자격·인증 희소성 간에는 모두 통계적으로 유의한 정(+)의 상관관계가 확인되었다. AI가치성은 AI기술·설비 희소성과 $p < 0.01$ 수준에서 높은 양의 상관을 보였으며($r = .537$), AI자격·인증 희소성과도 $p < 0.05$ 수준에서 정(+)의 유의한 관계를 나타냈다($r = .522$). 이는 AI가치성이 높을수록 AI기술 자격 희소성, AI공정모방 숙련도 모방 불가능성을 긍정적으로 인식한다는 점을 의미한다. 또한 AI기술·설비 희소성과 AI자격·인증 희소성 역시 $p < 0.01$ 수준에서 매우 강한 정적 상관을 보였는데($r = .571$), 이는 AI 관련 역량이 개별적으로 작동하는 것이 아니라 상호 보완적 구조를 형성하며 복합적으로 강화된다는 점을 나타내준다. 즉, AI기술의 희소성이 높을수록 기업은 AI 도입의 가치성을 높게 인식하며, 동시에 자격·인증과 같은 인적 자원의 보유 수준 또한 기술적 적합성과 밀접히 연계되는 경향이 나타났다.

경쟁 환경과 관련된 변수들 사이에서도 의미 있는 상관관계가 나타났다. 경쟁기업 수는 제품유사성과 $p < 0.01$ 수준에서 정(+)의 상관을 보였으며($r = .498$), 시장의 진입·철수 용이성과도 $p < 0.01$ 수준에서 유의한 양(+)의 관계를 나타냈다($r = .541$). 이는 경쟁기업이 많은 산업일수록 제품의 동질성이 높고 진입과 퇴출이 비교적 용이한 구조적 특성을 가진다는 점을 반영한다. 반면, 제품유사성은 대응역량($p < 0.01$, $r = -.487$)과 차별화전략($p < 0.05$, $r = -.118$) 모두와 유의한 음(-)의 상관관계를 보였다.

며, 경쟁기업 수 역시 대응역량과 음의 관계를 나타냈다($r = -.792$, $p < .01$). 이는 경쟁이 과도한 환경에서는 기업이 전략적 대응이나 설비·기술 투자의 내부역량의 지속가능성이 떨어진다는 것을 말한다.

또한 대응역량은 저원가전략과 $p < .05$ 수준에서 음(-)의 상관을 보였으며($r = -.118$), 대응역량이 차별화전략과는 유의미한 관계를 나타내지 않았다. 저원가전략과 차별화전략 간의 관계 역시 $p < .01$ 수준에서 정적으로 유의하게 나타났다($r = .325$). 이는 외부 환경 변화에 대한 대응 능력이 우수한 기업일수록 AI 기반 설비·인력·기술에 대한 투자 의지가 높고, 차별화 전략의 실행 가능성 또한 커진다는 점을 의미한다.

한편, 일부 변수들 간에는 상관계수는 존재하였으나 통계적으로 유의성이 없이 나타난 경우도 확인되었다. 예를 들어 진입·철수 변수와 여러 생산역량 변수들 간의 관계, 혹은 대응역량 변수와 특정 운영역량 간의 관계 등은 통계적으로 유의하지 않아, 산업구조적 요인과 내부 운영역량 간의 직접적 연계가 항상 강하게 나타나는 것은 아님이 확인되었다. 이는 AI 역량이나 생산관리 역량이 성과로 전환되기 위해서는 단순한 외부환경요인보다는 조직화·대응역량과 같은 조절적 요인의 영향을 크게 받는다는 것을 나타내준다고 할 수 있다.

표에서 보듯, 상관분석 결과는 크게 세 가지 특징을 보여준다. 첫째, AI기반 내부역량(가치성·희소성·모방불가성)은 상호 강하게 연계된 구조를 보이며 복합적인 역량 강화 효과를 가지고 있다. 둘째, AI조직화는 AI가치성, AI기술·자격 희소성, AI 공정 및 숙련도의 모방불가성과 높은 상관관계를 나타내며 운영 효율성 확보의 핵심 동인으로 작용한다. 셋째, 경쟁기업수, 제품유사성, 진입철수 용이성은 기업의 대응역량과 유의한 음(-)의 관계를 보이는 등 경쟁이 과도한 시장일수록 전략적 선택의 폭이 제약될 가능성을 보여준다.

상관관계

구분	SI기치성	SI기술혁신성	SI저격화소성	SI공정모방	SI속원모방	SI조직화	경쟁기업수	제품유사성	진입철수	대응역량	저원기전략	차별화전략
SI기치성	1											
SI기술혁신성	.537**	1										
SI저격화소성	.522**	.571**	1									
SI공정모방	.537**	.766**	.618**	1								
SI속원모방	.440**	.529**	.717**	.524**	1							
SI조직화	.411**	.477**	.645**	.539**	.752**	1						
경쟁기업수	.123*	0.005	0.013	0.002	0.036	0.021	1					
제품유사성	0.065	-0.042	0.031	-0.021	0.034	0.033	.498**	1				
진입철수	0.024	0.008	-0.04	0.026	-0.002	-0.019	.541**	.326**	1			
대응역량	-0.077	0.002	-0.008	-0.016	-0.073	-0.054	-.792**	-.487**	-.508**	1		
저원기전략	.354**	.156**	.245**	.195**	.133*	.136*	.126*	0.036	-.118*	-.118*	1	
차별화전략	.411**	.468**	.415**	.407**	.310**	.285**	-0.033	-.118*	-0.001	0.065	.325**	1

** 상관관계가 0.01 수준에서 유의합니다(영축).

* 상관관계가 0.05 수준에서 유의합니다(영축).

[표4-5] 상관관계표

4.4 가설검정

4.4.1 AI도입 내부 역량이 저원가에 미치는 영향

차별화 집단을 대상으로 생산성면에서 AI도입이 저원가에 영향을 미치는 내부역량 요인을 분석하기 위해 다중회귀분석을 실시하였다.

회귀분석 결과, AI 기반 내부역량이 제조 중소기업의 저원가 전략 성과에 미치는 영향은 통계적으로 유의한 수준에서 검증되었다. 회귀모형의 설명력은 $R^2 = 0.123$, 수정 $R^2 = 0.107$ 로 나타나 독립변수가 종속변수의 변동을 약 10.7% 설명하는 것으로 확인되었으며, $F=7.743(p<0.05)$ 로 회귀모형 전체가 통계적으로 적합한 것으로 분석되었다. 또한 Durbin-Watson 계수는 2.085로 잔차의 자기상관 문제는 존재하지 않는 것으로 나타났다.

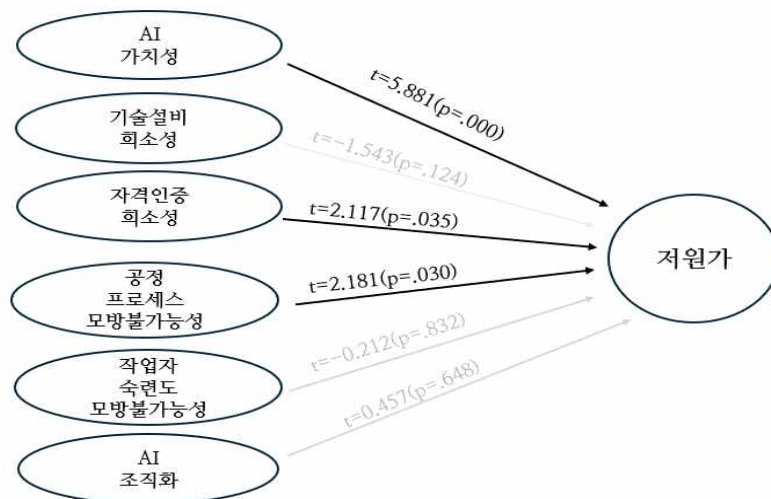
독립변수별 영향력을 살펴보면, 'AI 가치성'은 표준화 계수 $\beta = 0.302(t=5.881, p<0.001)$ 로 가장 높은 수준의 정(+)의 영향을 미치는 요인으로 확인되었다. 이는 에너지·원자재 투입의 최적화, 예지보전 및 자동화, 품질 개선과 불량률 감소, 고객 요구 대응의 유연성 등과 같은 AI 기반 가공·운영 역량이 직접적인 비용 절감 및 원단위 생산성 개선에 기여하여 저원가 전략을 강화함을 의미한다. 또한 'AI 자격인증 희소성'($\beta=0.109, p<0.05$)과 'AI 공정 프로세스의 모방 불가능성'($\beta=0.112, p<0.05$) 역시 통계적으로 유의한 정(+)의 효과를 보여, 차별화된 프로세스와 조직 기반의 AI 활용 능력이 원가 경쟁력 형성에 중요한 역할을 수행함이 확인되었다.

[표4-6] 회귀분석: 저원가

종속 변수	독립 변수	비표준화 계수		표준화 계수	t	유의확률	공선성 통계량
		B	표준화 오류	베타			VIF
저원가 전략	(상수)	6.965E-17	0.051		0.000	1.000	
	AI가치성	0.302	0.051	0.302	5.881	0.001	1.000
	기술설비 희소성	-0.079	0.051	-0.079	-1.543	0.124	1.000
	자격인증 희소성	0.109	0.051	0.109	2.117	0.035	1.000
	공정프로세스 모방불가능성	0.112	0.051	0.112	2.181	0.030	1.000
	작업자숙련도 모방불가능성	-0.011	0.051	-0.011	-0.212	0.832	1.000
	AI조직화	0.024	0.051	0.024	0.457	0.648	1.000

R2=0.123, 수정된 R2=0.107, F=7.743, Durbin-Watson=2.085

[그림 4-1] 회귀분석: 저원가



반면, ‘AI 기술 희소성’(p=0.124), ‘AI 작업자 숙련도’(p=0.832), ‘AI 조직 화’(p=0.648)는 통계적으로 유의미한 영향력을 보이지 않았다. 이는 단순히 AI 관련 기술을 확보하거나 인적 역량을 갖추는 것만으로는 원가절감 효과를 창출하기 어려우며, 실제 공정 및 운영 단계에서의 적용·내재화가 성과 도출의 핵심 요인임을 나타내준다고 할 수 있다. 공차와 VIF 값이 모두 1.000으로 나타나 다중공선성 문제는 존재하지 않는 것으로 확인되었다.

제조 중소기업이 저원가 전략 달성을 위해서는 AI 기술의 보유 및 인력 확보보다는 생산공정과 조직운영 전반에 걸친 AI 활용 역량의 구축이 보다 중요함을 실증적으로 규명하였다. 제조 중소기업이 AI 도입을 통한 비용 효율화 전략을 수립하는 데 있어서, 예지보전, 자동화, 공정 최적화 등 생산관리 중심의 AI 적용이 원가경쟁력 확보에 결정적 요인임을 보여준다 할 수 있겠다.

4.4.2 AI도입 내부역량이 차별화에 미치는 영향

제조 중소기업의 AI 도입 내부역량이 제품 차별화 성과에 미치는 영향을 실증적으로 검증하고자 회귀분석을 실시하였다. 분석 결과, 회귀 모형의 설명력은 $R^2 = 0.242$, 수정 $R^2 = 0.229$ 로 나타나, 독립변수들이 종속변수의 변동을 약 22.9% 설명하는 것으로 확인되었다. 또한 전체 회귀식의 검정 결과는 $F=17.699$, $p<0.001$ 로 통계적으로 매우 유의하였으며, Durbin-Watson=2.163을 보여 잔차의 자기상관 문제는 존재하지 않는 것으로 판단된다.

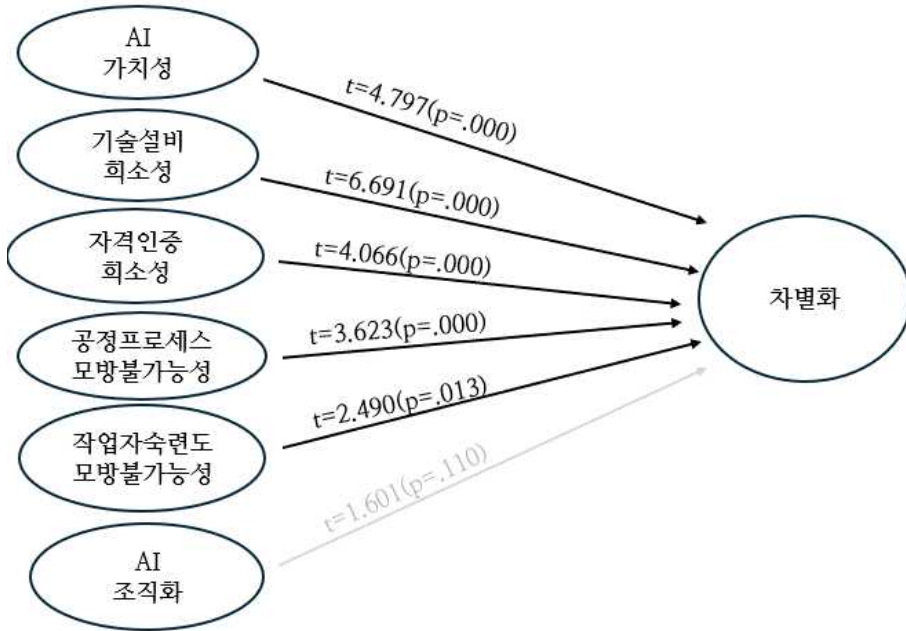
[표4-7] 회귀분석: 차별화

종속 변수	독립 변수	비표준화 계수		표준화 계수	t	유의확 률	공선성 통계량
		B	표준화 오류	베타			VIF
차별하 전략	(상수)	-3.364E-17	0.048		0.000	1.000	
	AI가치성	0.229	0.048	0.229	4.797	0.001	1.000
	기술설비 희소성	0.320	0.048	0.320	6.691	0.001	1.000
	자격인증 희소성	0.194	0.048	0.194	4.066	0.001	1.000
	공정프로세스 모방불가성	0.173	0.048	0.173	3.623	0.001	1.000
	작업자숙련도 모방불가성	0.119	0.048	0.119	2.490	0.013	1.000
	AI조직화	0.076	0.048	0.076	1.601	0.110	1.000

R2=0.242, 수정된 R2=0.229, F=17.699, Durbin-Watson=2.163

독립변수별 영향력을 살펴보면, AI 기술·설비 희소성이 표준화 계수 $\beta=0.320$, $t=6.691$, $p=0.000$ 으로 가장 큰 정(+)의 영향을 미치는 변수로 분석되었다. 이는 경쟁사가 모방하기 어려운 기술·설비 확보가 제품 차별화 성과에 결정적 요인으로 작용함을 의미한다. 다음으로 AI 가치성은 $\beta=0.229$, $t=4.797$, $p=0.000$ 으로 나타나, AI 기반 자동화·예지보전 및 데이터 기반 품질관리 능력이 제품의 기능적·품질적 차별성을 강화하는 데 중요한 역할을 수행하는 것으로 확인되었다.

[그림 4-2] 회귀분석: 차별화



또한 AI 가치성($\beta=0.229$, $t=4.797$, $p=0.000$)과 AI 자격·인증 희소성($\beta=0.194$, $t=4.066$, $p=0.000$) 역시 제품 차별화에 통계적으로 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 생산공정의 고도화, 운영노하우 축적, 자원 배분 및 생산 스케줄링의 최적화가 제품의 고품질 및 차별적 경쟁력 확보에 실질적 기여함을 보여준다. 또한 고객사 전용 인증, 환경·안전·품질 인증, 국제표준 인증이 제품의 차별화에 기여함을 보여주었다. AI공정 프로세스는 $\beta=0.173$, $t=3.623$, $p=0.000$ 으로 나타나고, AI 작업자 숙련도는 $\beta=0.119$, $t=2.490$, $p=0.013$ 으로 나타나, 공정프로세스와 전문 인력의 기술 활용 능력이 제품 차별화에 의미 있는 역할을 수행함을 확인하였다. 반면, AI 조직화는 $\beta=0.076$, $t=1.601$, $p=0.110$ 으로 통계적으로 유의하지 않은 변수로 분석되어, 장기적 조직내재화 역량은 중요할 수 있으나 단기적 제품 차별화 성과로 즉시 연결

되지 않음을 나타내준다. 또한 공선성 진단 결과, 모든 독립변수의 공차 한계(Tolerance)는 1.000, 분산팽창계수(VIF) 역시 모두 1.000으로 나타나 다중공선성 문제는 존재하지 않았다. 이는 각 독립변수가 서로 독립적으로 작용하며 회귀계수의 신뢰성을 저해하지 않음을 의미하여, 회귀 분석 결과의 통계적 해석 신뢰도가 높음을 보여준다.

[표 4-8] 연구가설 요약

가설	내용	채택여부
H1-1	가치성 → 저원가	채택
H1-2	가치성 → 차별화	채택
H2-1	희소성(기술·설비) → 저원가	기각
H2-2	희소성(기술·설비) → 차별화	채택
H3-1	희소성(자격·인증) → 저원가	채택
H3-2	희소성(자격·인증) → 차별화	채택
H4-1	모방불가능(공정 프로세스) → 저원가	채택
H4-2	모방불가능(공정 프로세스) → 차별화	채택
H5-1	모방불가능(작업자 숙련도) → 저원가	기각
H5-2	모방불가능(작업자 숙련도) → 차별화	채택
H6-1	조직화 → 저원가	기각
H6-2	조직화 → 차별화	기각

4.5 내부역량과 AI도입 활용 목적

위 저원가 및 차별화 전략에서 제조AI 도입과 활용 시 어떤 종류의 내부 역량화가 이루어지는지 분석하였다. 하지만 어떤 제조 AI가 도입 되는지에 대한 설명이 보장되어야 하므로 도입 또는 활용하고자 하는 AI유형이 무엇인지 분석하였다. 분석내용은 [표4-9]에 상세하게 제시하였다.

먼저 내부역량 분야를 살펴보면, 작업 표준화 및 작업자 지원체계 구축(137명, 13.5%)이 가장 높은 비중을 차지하였다. 이는 제조기업이 생산성 향상과 인력 효율화를 위해 자동화 기반 역량을 우선적으로 도입하고 있음을 보여준다. 그 다음으로는 자재 및 재고 관리 효율화(107명, 10.5%), 생산계획 및 일정 최적화(97명, 9.5%), 공정 최적화(85명, 8.4%), 설비 유지보수 및 예지보전(80명, 7.9%) 등이 고르게 분포되었다. 이러한 결과는 제조기업의 내부역량이 공정 효율성, 생산관리 자동화, 품질 관리 중심으로 집중되어 있음을 보여준다. AI 도입 목적 및 활용 분야에서도 유사한 경향이 나타났다. 응답자 중 AI 자재 재고관리 효율화(117명, 11.5%)가 가장 높은 비율을 보였으며, AI 작업지원 시스템(107명, 10.5%), AI 예지보전(93명, 9.1%) 등 다양한 영역에서 AI 기술이 활용되고 있는 것으로 나타났다. AI 기반 전략 의사결정 및 공급망 관리, 맞춤형 제품 생산, 고객·시장 반응 예측 등 수요 기반 AI 활용도 증가하고 있는 모습을 확인할 수 있었다.

내부역량 항목과 AI도입 후 활용도를 비교했을 때, 자재 및 재고관리 효율화, 작업표준화 및 작업자 지원체계 강화 등 AI 작업지원 시스템, 공정 최적화, 생산계획 및 일정 최적화 등 대부분 겹침을 알 수 있다. 이 결과는 제조 중소기업이 생산성 향상과 품질관리 강화를 위해 자동화·AI 기술을 실질적·전략적으로 도입하고 있음을 보여주는 것으로 해석할 수 있다.

[표4-9] 생산운영관리 부문의 AI도입 희망 분야

생산관리 투자 요인	현재 집중된 내부역량			AI 집중 투자 진행			차이 여부
	빈도	비율	우선 순위	빈도	비율	우선 순위	
수요예측 정확도 향상	47	4.6%	11	45	4.4%	13	차이
생산계획및 일정 최적화	97	9.5%	3	85	8.4%	5	차이
자재·재고 관리 효율화	107	10.5%	2	117	11.5%	1	차이
설비유지보수 및 예지보전	80	7.9%	5	93	9.1%	3	차이
공정 최적화	85	8.4%	4	87	8.6%	4	동일
작업표준화 및 작업자 지원 체계 강화	137	13.5%	1	107	10.5%	2	차이
에너지·자원 사용 최적화	61	6.0%	7	63	6.2%	7	동일
소량다품종 생산 대응력강화	43	4.2%	12	58	5.7%	9	차이
품질검사 자동화	47	4.6%	11	51	5.0%	11	동일
불량률감소 및 공정품질안정화	78	7.7%	6	75	7.4%	6	동일
데이터 기반 품질 관리	43	4.2%	11	38	3.7%	15	차이
고객 불만클레임 데이터분석·피드백 강화	50	4.9%	9	40	3.9%	14	차이
원자재·부품 품질 추적관리	35	3.4%	12	48	4.7%	12	동일
제품인증·규제 대응체계 강화	59	5.8%	8	58	5.7%	8	동일
협력사 네트워크 연계	48	4.7%	10	52	5.1%	10	동일

4.6 외부환경 대응역량 집단 차이 분석

앞서 본 연구는 AI활용이 강조된 내부역량 중 어떤 내부역량이 저원가전략과 차별화전략에 중요 요인인지 분석하는데 초점을 맞추었다. 하지만 외부환경 변화를 잘 대응하는 중소기업과 그렇지 않은 중소기업에 있어서 전략적으로 집중 관리해야 될 내부 역량이 다를 것이다. 이에 본 연구는 외부 환경요인으로 경쟁기업 수, 제품 유사성, 진입장벽, 전문인력 대응역량, AI전략수립 등 변수를 기초로 하여 집단을 구분하고자 한다. 즉, 외부환경에 대응차이를 집단별로 분류하면, 해당 집단이 펼치고자 하는 저원가 전략과 차별화 전략에 있어서 내부 대응역량 요인이 다를 것이라는 기대 하에 분석을 하는 것이다. 이에 조절(집단)분석을 위해서 k-평균 군집분석 방법을 통해서 집단을 분류하였다. [표4-10]에 상세 내역을 제시한다

[표 4-10] 군집분석을 통해 구분한 집단 설명

구분	군집1 (n=126)	군집2 (n=157)	군집3 (n=56)
경쟁기업수	매우 높음	중간	낮음
제품유사성	매우 높음	중간	낮음
진입장벽	낮음	중간	높음
전문인력 대응역량	낮음	중간	매우 높음
AI 전략수립 수준	중간	낮음	높음
주요산업적 특징	고경쟁·고유사성 시장 구조 / 전문인력 대응역량 취약	평균적 구조 / 대응역량·전략 모두 중간	저경쟁·고전문역량·AI 전략 강화형
핵심 경영환경	경쟁 집중도 높으나 전문인력 부족	전반적으로 안정적	전문인력 역량 높아 혁신 추진 용이

구분	군집 종합 설명
<p>군집1</p> <p>고경쟁· 고유사성 시장형</p>	<p>(전문인력 대응역량 낮음)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 군집 1은 경쟁기업수(4.35)와 제품유사성(4.27)이 가장 높아, 동일·유사 제품을 생산하는 기업 간 경쟁이 매우 강한 시장에 속함. • 진입장벽도 높아(3.94) 신규 진입이 제한되는 산업 구조를 보인다. 반면, 전문인력 대응역량(1.59)은 가장 낮게 나타나, 숙련된 전문인력 확보·육성·대응능력 측면에서 어려움이 큰 군집임. • 이는 기술 변화 대응, 공정 개선, 품질관리 전문성 강화에서 지속적인 제약이 존재함을 의미함. • AI 전략수립(2.87)은 중간 수준으로, 필요성은 인지하고 있으나 전문인력의 한계로 인해 전략 실행력이 낮은 특성이 있다. • “고경쟁·고유사성 시장에서 활동하지만 전문인력 대응역량은 취약하여 기술·AI 전략 실행력이 제한된 군집”
<p>군집2</p> <p>중간 균형형</p>	<p>(전문역량·전략 모두 평균 수준)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 군집 2는 모든 변수(경쟁기업수 3.91, 제품유사성 3.37, 진입장벽 3.80, 전문인력 대응역량 2.08, AI전략수립 1.70)가 중간 수준으로 나타남. • 특정 변수가 매우 높거나 낮지 않아, 경쟁·제품 차별화·전문인력 역량·기술 준비도 등 전반적으로 평균적이고 안정적인 산업 구조를 반영함. • “전문인력 역량·경쟁환경·기술수준이 모두 중간인 전형적인 중간 균형형 산업군”
<p>군집3</p> <p>저경쟁· 고전문인력</p>	<p>(대응역량·AI혁신 상위형)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 군집 3은 경쟁기업수(2.00)와 제품유사성(2.05)이 가장 낮아 경쟁 강도가 낮고 제품 차별화가 용이한 산업 구조임. • 반면, 전문인력 대응역량(3.93)은 세 군집 중 가장 높아 숙련도 높은 전문인력을 보유하거나 기술 대응능력이 매우 강한 집단을 의미함. 또한 AI 전략수립(2.40)도 가장 높아, 이 군집은 기술 기반 혁신, 공정 최적화, AI 시스템 도입에 적극적임. • “경쟁은 낮지만 전문인력 역량이 매우 높아 AI·기술 기반 전략 추진력이 강한 고혁신형 군집”

4.6.1 집단별 성과 차이

k-평균 군집분석을 통해서 도출된 집단을 저원가 전략과 차별화 전략에서 성과차이가 있는지 분석하였다. 세부분석 결과 내용은 [표4-11]에 나타냈다.

[표4-11] 군집별 성과차이 결과

변수		N	평균	표준편차	F	유의 확률	사후검정
저원가 전략	경쟁취약	126	3.4226	1.10656	1.408	.246	-
	중간경쟁력	157	3.3424	1.20837			
	고경쟁력	56	3.1116	1.11998			
차별화 전략	경쟁취약	126	3.4841	.95276	5.450	.005	고, 중간 > 취약
	중간경쟁력	157	3.8376	.93278			
	고경쟁력	56	3.8214	.94112			

군집별 성과차이 분석 결과 저원가 전략에서는 집단간 차이가 없다고 나타났으며, 차별화 전략에서는 고경쟁력, 중간 경쟁력 집단이 취약 경쟁 집단과 차이가 있다고 나타났다. 이에 차별화 전략이 집단별로 차이가 있어 세부적으로 인과관계를 분석하여 변수간 관계를 살펴볼 것이다. 또한 저원가 전략은 차이가 없지만 이것도 세부적으로 집단별로 영향력 차이를 살펴보겠다.

저원가 전략 성과의 경우, 군집별 평균(경쟁취약 3.42, 중간경쟁력 3.34, 고경쟁력 3.11)과 표준편차, 그리고 집단 간 차이에 대한 분산분석($F=1.408$, $p=.246$)을 보면, 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이는 군집별로 저원가 전략 성과는 차이가 없으며, 경쟁력 수준이 높아진다고 해서 저원가 전략 성과가 의미 있게 변화하는 경향은 발견되지 않았다는 것이며, 저원가 전략 성과는 집단 간 차이가 명확하지

않으므로 경쟁력 수준이 저원가 달성에 미치는 영향력이 제한적임을 의미한다고 할 수 있다.

차별화 전략 성과에서는 집단별 평균(경쟁취약 3.48, 중간경쟁력 3.84, 고경쟁력 3.82)이 관찰되었으며, 분산분석 결과($F=5.450$, $p=.005$) 통계적으로 유의한 차이가 있다. 사후검정 결과, 중간경쟁력 및 고경쟁력 집단이 경쟁취약 집단에 비해 차별화 전략 성과가 더욱 높다(중간, 고 > 취약). 이는 경쟁력 수준이 높아질수록 차별화 전략의 성과가 유의하게 증가하며, 경쟁력이 약한 기업에 비해 전략적 차별화 성과를 더욱 효과적으로 구현하고 있음을 의미한다.

저원가 전략은 군집 간 유의한 차이가 없었던 반면, 차별화 전략은 집단 간 유의하게 차이를 보인다. 경쟁력이 높은 기업일수록 차별화 전략의 성과가 더 높다는 점은, 시장 내 경쟁력이 제품·서비스 차별화 역량과 밀접하게 연관되어 있음을 시사하고, 경쟁취약 집단의 경우 차별화를 통한 시장 경쟁력이 한계가 있음을 보여준다. 이는 앞으로 경쟁력 제고를 목표로 하는 기업이 차별화 전략 역량을 강화하는 것이 중요하다는 점을 의미한다고 할 수 있겠다.

4.6.2 저원가 전략에 대한 집단별 내부역량 영향 분석

제조 중소기업의 경쟁 수준을 기준으로 세 개의 집단(경쟁취약 집단, 중간경쟁력 집단, 고경쟁력 집단)으로 구분하여, 내부역량 요인이 저원가 전략에 미치는 영향을 검증하였다. 분석 결과, 각 경쟁 수준에 따라 저원가 전략의 성과를 결정하는 핵심 요인이 상이하게 나타났으며, 이는 기업의 경쟁환경과 내부역량 간의 상호작용이 저원가 전략 실행 구조에 중요한 역할을 하고 있음을 나타내준다.

첫째, 경쟁취약 집단의 회귀모형은 $R^2 = .121$, 수정된 $R^2 = .077$ 로 다소 낮은 설명력을 보였으나, 전체 모형은 $F=2.737$ ($p<.05$)로 통계

적으로 유의하였다. 분석 결과, 저원가 전략에 유의한 정(+)의 영향을 미치는 요인은 AI가치성($\beta = .235, p = .008$)과 AI자격인증 희소성($\beta = .182, p = .040$) 두 가지로 나타났다. 이는 경쟁력이 낮은 기업일수록 공정 자동화나 장비투자와 같은 물질 기반보다는, AI를 통해 실질적인 비용절감 효과를 가져올 수 있는 가치 창출 역량이 중요하며, 외부 신뢰 확보와 시장 접근성을 위한 인증 확보가 원가우위 기반을 형성하는 실질적 요소로 작용함을 의미한다. 반면, AI기술설비 희소성, 공정프로세스 모방불가능성, 작업자 숙련도 모방불가능성, 그리고 AI조직화 역량은 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다. 이는 경쟁취약 기업에게는 고도화된 기술 및 공정능력 보유보다는 실행 가능성과 외부평가 요인이 보다 중요할 수 있음을 보여준다.

둘째, 중간경쟁력 집단에서는 회귀모형의 설명력은 $R^2 = .132$, 수정된 $R^2 = .097$, 전체 모형은 $F = 3.788$ ($p < .01$)로 유의한 것으로 확인되었다. 주요 영향요인은 AI가치성($\beta = .277, p < .001$) 및 AI공정프로세스 모방불가능성($\beta = .182, p = .022$)으로 나타났다. 이는 일정 수준의 경쟁력을 확보한 기업에서는 비용절감의 효과가 단순한 원가절감 장비 도입이 아니라, 생산 계획 및 물류 일정 최적화, 품질 안정성 확보, 예지보전 등을 통한 운영 효율성에서 기인함을 의미한다. 즉, 중간경쟁력 기업들에게 저원가 전략의 핵심은 공정 시스템의 고도화와 공정 운영 노하우의 차별적 확보이며, 근본적인 경쟁우위는 다른 기업이 쉽게 모방할 수 없는 공정 운영 능력에서 나온다고 해석할 수 있다. 반면, AI기술설비 희소성과 AI자격인증 희소성 등 자원적 요소는 오히려 저원가 전략에서는 제한적인 효과만을 나타내었다.

끝으로, 고경쟁력 집단의 회귀모형은 $R^2 = .340$, 수정된 $R^2 = .259$ 로 세 집단 중 가장 높은 설명력을 보였으며, 전체 모형 역시 $F = 4.202$ ($p < .01$)로 통계적으로 유의하였다. 이 집단에서 저원가 전략에 가장 강한 영향을 미치는 요인은 AI가치성($\beta = .542, p < .001$)으로 확인되었으며, 이어

AI자격인증 희소성($\beta = .352$, $p = .015$)과 AI작업자숙련도 모방불가능성($\beta = .351$, $p = .013$)이 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 경쟁력이 높은 기업일수록 AI 기술을 활용하여 원자재·에너지 투입 최적화, 불량률 개선, 생산성 향상 등을 통하여 비용효율성을 구조적으로 향상시키고 있으며, 전문 인증과 숙련된 인력의 역량이 고도화된 품질관리 및 비용통제 역량을 강화하는 데 기여하고 있음을 의미한다. 반면, AI기술설비 희소성이나 공정프로세스 모방불가능성과 같은 물적·기술적 자원은 비용절감 측면에서 유의한 영향을 미치지 않았다. 이는 고경쟁력 기업의 경우 이미 설비 및 기술 수준이 상향 평준화되어 있어, 설비 보유 여부 자체보다는 이를 효과적으로 활용할 수 있는 인적·지식적 역량이 경쟁의 핵심으로 이동했음을 보여준다.

[표4-12] 자원가전략의 회귀분석

종속변수		자원가 전략					
집단	요인 (내부역량)	비표준화 계수		표준화 계수	t	유의 확률	공선성 VIF
		B	표준화 오류	베타			
경쟁취약집단	(상수)	.141	.085		1.653	.101	
	AI가치성	.243	.089	.235	2.715	.008	1.019
	기술설비희소성	-.004	.082	-.004	-.050	.960	1.023
	자격인증희소성	.190	.091	.182	2.075	.040	1.044
	공정프로세스 모방불가능성	.123	.095	.115	1.297	.197	1.062
	작업자숙련도 모방불가능성	-.108	.095	-.101	-1.143	.256	1.052
	AI조직화	.002	.084	.002	.021	.984	1.026
	R제곱=.121, 수정된 R제곱=.077, F= 2.737, Durbin-Watson=1.913						
중간 경쟁력집단	(상수)	-.044	.081		-.543	.588	
	AI가치성	.281	.079	.277	3.564	.000	1.044
	기술설비희소성	-.133	.083	-.124	-1.598	.112	1.036
	자격인증희소성	.091	.079	.090	1.153	.251	1.044
	공정프로세스 모방불가능성	.173	.075	.182	2.321	.022	1.056
	작업자숙련도 모방불가능성	-.004	.073	-.004	-.057	.955	1.034
	AI조직화	.017	.076	.017	.224	.823	1.024
	R제곱=.132, 수정된 R제곱=.097, F= 3.788, Durbin-Watson=2.287						
고 경쟁력집단	(상수)	-.064	.116		-.551	.584	
	AI가치성	.497	.123	.542	4.033	.000	1.340
	기술설비희소성	.010	.121	.010	.082	.935	1.152
	자격인증희소성	.309	.123	.352	2.514	.015	1.457
	공정프로세스 모방불가능성	-.246	.123	-.251	-1.993	.052	1.178
	작업자숙련도 모방불가능성	.364	.142	.351	2.565	.013	1.388
	AI조직화	-.225	.145	-.209	-1.547	.128	1.350
	R제곱=.340, 수정된 R제곱=.259, F=4.202 Durbin-Watson=1.967						

4.6.3 차별화 전략에 대한 집단별 내부역량 영향 분석

첫째, 외부환경 경쟁취약 집단의 경우 제품 차별화 전략에 영향을 미치는 요인을 분석한 결과, 본 모형의 설명력은 $R^2 = 0.335$, 수정된 $R^2 = 0.302$ 로 확인되었으며, 전체 회귀모형은 $F=9.997$, $p<.001$ 수준에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 더빈-왓슨(Durbin-Watson) 값은 2.459로 자기상관 문제는 없는 것으로 판단된다. 독립변수 중 AI기술설비 희소성($\beta = .377$, $p<.001$)과 AI가치성($\beta = .297$, $p<.001$)이 가장 강한 정(+의 영향을 미치는 핵심 변수로 확인되었으며, AI공정프로세스 모방불가능성($\beta = .188$, $p<.05$)과 AI작업자숙련도 모방불가능성($\beta = .158$, $p<.05$) 또한 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 반면, AI조직화($\beta = -.008$, $p>.05$) 및 AI자격인증 희소성($\beta = .084$, $p>.05$)은 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 분석되었다. 이는 경쟁력이 취약한 기업일수록 AI기술설비 및 공정 역량의 구축과 AI 가치성의 확보가 제품 차별화 성과를 확보하는 데 핵심 요소임을 나타내준다. 둘째, 중간경쟁력 집단의 회귀분석 결과, 모형의 설명력은 $R^2 = 0.143$, 수정된 $R^2 = 0.109$, 전체 모형의 F값은 4.164, $p<.01$ 로 통계적으로 유의하였다. 더빈-왓슨 값은 2.197로 적정 수준이었다. 주요 영향 요인은 AI가치성($\beta = .235$, $p<.01$), AI기술설비 희소성($\beta = .219$, $p<.01$), AI공정프로세스 모방불가능성($\beta = .189$, $p<.05$), AI작업자숙련도 모방불가능성($\beta = .159$, $p<.05$)으로 나타났으며, 이 네 가지 AI 내부역량이 제품 차별화 전략 성과에 유의미한 영향을 미치는 변수임이 확인되었다. 반면, AI조직화($\beta = .114$, $p>.05$) 및 AI자격인증 희소성($\beta = .135$, $p>.05$)은 유의하지 않았다. 이는 경쟁력이 중간 수준인 기업들은 설비 및 공정 자동화 기반의 생산성과 가치 창출 요소가 차별화 요소로 작용하고 있음을 의미한다.

[표4-13] 회귀분석: 차별화전략

종속변수		차별화 전략					
집단	요인 (내부역량)	비표준화 계수		표준화 계수	t	유의 확률	공선성 VIF
		B	표준화 오류	베타			
경쟁취약집단	(상수)	-.140	.078		-1.810	.073	
	AI가치성	.320	.081	.297	3.941	.000	1.019
	기술설비희소성	.373	.075	.377	4.993	.000	1.023
	자격인증희소성	.091	.083	.084	1.096	.275	1.044
	공정프로세스 모방불가능성	.209	.086	.188	2.442	.016	1.062
	작업자숙련도 모방불가능성	.178	.086	.158	2.067	.041	1.052
	AI조직화	-.008	.077	-.008	-.103	.918	1.026
	R제곱=.335, 수정된 R제곱=.302, F= 9.997 , Durbin-Watson=2.459						
중간 경쟁력집단	(상수)	.058	.076		.769	.443	
	AI가치성	.223	.073	.235	3.040	.003	1.044
	기술설비희소성	.220	.077	.219	2.841	.005	1.036
	자격인증희소성	.128	.073	.135	1.747	.083	1.044
	공정프로세스 모방불가능성	.169	.070	.189	2.426	.016	1.056
	작업자숙련도 모방불가능성	.141	.068	.159	2.069	.040	1.034
	AI조직화	.106	.071	.114	1.493	.137	1.024
	R제곱=.143, 수정된 R제곱=.109, F=4.164, Durbin-Watson=2.197						
고 경쟁력집단	(상수)	.174	.106		1.645	.106	
	AI가치성	.139	.112	.148	1.234	.223	1.340
	기술설비희소성	.357	.110	.361	3.249	.002	1.152
	자격인증희소성	.369	.112	.411	3.290	.002	1.457
	공정프로세스 모방불가능성	.098	.112	.098	.874	.386	1.178
	작업자숙련도 모방불가능성	-.034	.129	-.032	-.261	.795	1.388
	AI조직화	.270	.133	.245	2.034	.047	1.350
	R제곱=.475, 수정된 R제곱=.411, F=7.391, Durbin-Watson=2.122						

셋째, 고경쟁력 집단의 회귀분석 결과, 모형의 설명력은 $R^2 = 0.475$, 수정된 $R^2 = 0.411$ 로 세 집단 중 가장 높은 설명력을 보였으며, 전체 모형 역시 $F=7.391$, $p<.001$ 로 유의하였다. Durbin-Watson 값은 2.122로 잔차의 자기상관 문제는 없었다. 독립변수 중 제품 차별화 전략에 가장 강한 영향을 미치는 요인은 AI자격인증 희소성($\beta=.411$, $p<.01$)과 AI기술설비 희소성($\beta=.361$, $p<.01$)으로 확인되었으며, AI조직화($\beta=.245$, $p<.05$) 역시 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 그러나 AI가치성($\beta=.148$, $p>.05$), AI공정프로세스 모방불가능성($\beta=.098$, $p>.05$), AI작업자숙련도 모방불가능성($\beta=-.032$, $p>.05$)은 유의한 영향을 미치지 않았다. 이는 경쟁력이 높은 기업일수록 차별화 경쟁 우위를 확보하기 위해 AI 전문인력 확보 및 인증 획득을 통한 지식 기반 역량 강화와 고도화된 기술설비 확보가 핵심 전략적 요인으로 작동함을 의미한다.

4.6.4 집단별 현재 내부역량과 AI투자기대 내부역량 차이 분석

제조 중소기업을 경쟁취약집단, 중간 경쟁력집단, 고 경쟁력집단으로 구분하여 VRIO 관점에서 AI 도입의 성과 차이를 분석하였다. 집단별로 대응표본 t-검정 결과를 중심으로 영역별 역량 변화를 검토하였으며, 자원가전략과 차별화전략을 종속변수로 한 회귀분석 결과를 병행하여 집단별 전략적 특성을 도출하였다. 세 집단 간 AI 도입 기대효과, 실행 기반, 조직화 수준에서 구조적 차이를 확인할 수 있었다.

외부환경 대응역량이 취약한 기업들은 AI를 도입함으로써 향상될 것이라는 기대감이 높지 않음을 알 수 있다. [표4-14]에서 기술 설비 및 자격 인증에 대한 기대감이 AI도입 후 오히려 하락하여, AI를 도입할 경우 기존에 유지하던 차별성이 희석되리라는 염려감이 노출되었다고 볼 수 있다. 조직화 부문에서 AI도입 후 기대감이 상승한 것은 이들

대응역량이 약한 기업들이 시설 설비 등 하드웨어 측면보다는 소프트웨어적인 조직화 부문에서 강화되어야함을 의미한다고 볼 수 있다.

중간 경쟁력집단은, [표4-15]에서, AI투자를 공정프로세스의 고도화에 우선하고, 이를 운영하기 위한 작업자의 기술 숙련도의 레벨업이 필요하다고 본다. 환경안전 품질 및 국제표준 인증을 보유한 내부 역량이 AI를 도입함으로써 더욱 레벨업되기를 기대하고 있음을 보여준다. 전반적인 조직화에 대한 기대보다, 기술 숙련도, 문제해결 역량 등 현장 실무적인 면의 AI도입을 더욱 기대하는 것으로 나타났다.

고 경쟁력집단은 [표4-16]에서 AI를 도입함으로써 기업 전반적으로 거의 모든 부문에서 레벨업을 기대하고 있다. AI도입이 하드웨어적 역량뿐 아니라 소프트웨어적 역량의 업그레이드로 연결되기를 기대함을 보여준다. 이는 상대적으로 외부환경 대응역량이 높은 기업일수록 더욱 더 AI도입에 적극적이며, AI도입을 통한 레벨업을 기대하고 있음을 의미한다고 할 수 있다.

[표4-14] 외부환경 대응: 경쟁취약 집단

VRIO	외부환경 경쟁취약						
	변수명	현재 내부 역량 (A)	AI 기대 내부 역량 (B)	대응차		t	유의 확률 (양측)
				평균차 (B-A)	표준 편차		
가치성	에너지·원자재 투입	3.69	3.57	-0.119	1.676	0.797	0.427
	자동화·예지보전	3.68	3.64	-0.040	1.713	0.260	0.795
	고객 대응 유연성 가치	3.87	3.73	-0.143	1.638	0.979	0.330
	품질 개선 및 불량률 감소	3.73	3.36	-0.373	1.614	2.595	0.011
기술 설비 희소성	특정 전용설비 운영기술 보유	3.89	3.38	-0.508	1.579	3.612	0.000
	특정 원자재 부품 가공기술	3.92	3.32	-0.603	1.664	4.069	0.000
	특화 공정기술 희소성	3.92	3.48	-0.437	1.627	3.011	0.003
	자체 개발 설비 기술 희소성	3.90	3.34	-0.556	1.603	3.891	0.000
가격 인증 희소성	고객사 전용 인증 보유	3.10	3.60	0.492	1.574	-3.510	0.001
	환경·안전·품질 인증 활용	3.49	3.11	-0.381	1.743	-2.453	0.016
	국제표준 인증 보유	3.57	3.17	-0.405	1.665	-2.729	0.007
공정 프로세스 모방 불가능성	고도화된 공정 운영 난이도	3.49	3.47	-0.024	1.723	-0.155	0.877
	운영노하우와 시스템 고도화	3.55	3.55	0.000	1.734	0.000	1.000
	프로세스 개선	3.62	3.58	-0.040	1.602	-0.278	0.781
	생산스케줄링과 자원배분	3.59	3.19	-0.405	1.508	-3.012	0.003
작업자 숙련도 모방 불가능성	기술 숙련도	3.45	3.24	-0.214	1.814	-1.326	0.187
	문제해결 숙련도	3.24	3.03	-0.206	1.856	-1.248	0.214
	기술 전승 체계	3.49	3.22	-0.270	1.857	-1.632	0.105
조직화	운영전략 실행력과 협업체계	3.60	3.94	0.349	1.665	2.354	0.020
	생산품질 설비데이터 체계	3.69	4.06	0.373	1.543	2.714	0.008
	생산개선 전사공유와 표준화	3.52	3.94	0.429	1.510	3.187	0.002

[표4-15] 외부환경 대응: 중간경쟁 집단

집단	중간 경쟁 집단						
	변수명	현재 내부 역량 (A)	AI 기대 내부 역량 (B)	대응차		t	유의 확률 (양측)
				평균차 (B-A)	표준 편차		
가치성	에너지·원자재 투입	3.66	3.80	0.134	1.577	-1.062	0.290
	자동화·예지보전	3.52	3.90	0.382	1.461	-3.277	0.001
	고객 대응 유연성 가치	3.45	3.99	0.541	1.550	-4.375	0.000
	품질 개선 및 불량률 감소	3.71	3.57	-0.146	1.518	1.209	0.229
기술 설비 희소성	특정 전용설비 운영기술 보유	3.61	3.87	0.255	1.450	-2.202	0.029
	특정 원자재 부품 가공기술	3.65	3.85	0.197	1.456	-1.699	0.091
	특화 공정기술 희소성	3.58	3.83	0.248	1.453	-2.142	0.034
	자체 개발 설비 기술 희소성	3.62	3.78	0.153	1.541	-1.243	0.216
자격 인증 희소성	고객사 전용 인증 보유	3.28	3.94	0.656	1.596	-5.150	0.000
	환경·안전·품질 인증 활용	3.20	3.91	0.707	1.718	-5.156	0.000
	국제표준 인증 보유	3.15	3.92	0.771	1.735	-5.565	0.000
공정 프로세스 모방 불가능성	고도화된 공정 운영 난이도	3.52	3.82	0.299	1.693	-2.216	0.028
	운영노하우와 시스템 고도화	3.43	3.76	0.331	1.554	-2.670	0.008
	프로세스 개선	3.49	3.86	0.369	1.550	-2.987	0.003
	생산스케줄링과 자원배분	3.23	3.83	0.599	1.601	-4.687	0.000
작업자 숙련도 모방 불가능성	기술 숙련도	3.28	3.76	0.484	1.910	-3.175	0.002
	문제해결 숙련도	3.15	3.67	0.522	1.838	-3.560	0.000
	기술 전승 체계	3.32	3.75	0.420	1.769	-2.977	0.003
조직화	운영전략 실행력과 협업체계	3.54	3.69	0.146	1.548	-1.186	0.237
	생산품질 설비데이터 체계	3.62	3.74	0.121	1.587	-0.956	0.341
	생산개선 전사공유와 표준화	3.74	3.71	-0.032	1.599	0.250	0.803

[표4-16] 외부환경 대응: 고 경쟁력 집단

집단	고 경쟁력 집단							
	VRIO	변수명	현재 내부 역량 (A)	AI 기대 내부 역량 (B)	대응차		t	유의 확률 (양측)
					평균차 (B-A)	표준 편차		
가치성		에너지·원자재 투입	2.77	3.39	0.625	1.987	-2.354	0.022
		자동화·예지보전	2.91	3.39	0.482	1.809	-1.995	0.051
		고객 대응 유연성 가치	2.86	3.46	0.607	1.816	-2.502	0.015
		품질 개선 및 불량률 감소	2.95	3.21	0.268	1.773	-1.130	0.263
기술 설비 희소성		특정 전용설비 운영기술 보유	2.80	3.70	0.893	1.681	-3.975	0.000
		특정 원자재 부품 가공기술	2.66	3.48	0.821	1.860	-3.305	0.002
		특화 공정기술 희소성	2.70	3.66	0.964	1.887	-3.823	0.000
		자체 개발 설비 기술 희소성	2.75	3.48	0.732	1.892	-2.895	0.005
가격 인증 희소성		고객사 전용 인증 보유	2.70	3.54	0.839	1.876	-3.348	0.001
		환경·안전·품질 인증 활용	2.79	3.57	0.786	1.885	-3.119	0.003
		국제표준 인증 보유	2.86	3.73	0.875	1.440	-4.546	0.000
공정 프로세스 모방 불가능성		고도화된 공정 운영 난이도	2.93	3.52	0.589	1.905	-2.315	0.024
		운영노하우와 시스템 고도화	2.80	3.41	0.607	1.923	-2.363	0.022
		프로세스 개선	2.70	3.73	1.036	1.829	-4.238	0.000
		생산스케줄링과 자원배분	2.82	3.48	0.661	1.832	-2.699	0.009
작업자 숙련도 모방 불가능성		기술 숙련도	2.89	3.27	0.375	2.128	-1.319	0.193
		문제해결 숙련도	2.59	3.30	0.714	1.866	-2.865	0.006
		기술 전승 체계	3.02	3.34	0.321	2.124	-1.132	0.262
조직화		운영전략 실행력과 협업체계	2.91	3.38	0.464	1.944	-1.787	0.079
		생산품질 설비데이터 체계	2.30	3.59	1.286	1.604	-6.000	0.000
		생산개선 전사공유와 표준화	2.34	3.46	1.125	1.478	-5.697	0.000

[표4-17] 집단별 VRIO 종합정리

VRIO	변수명	집단								
		경쟁취약			중간 경쟁력			고 경쟁력		
		역량 GAP	자원가 전략	차별화 전략	역량 GAP	자원가 전략	차별화 전략	역량 GAP	자원가 전략	차별화 전략
가치성	에너지 원자재 투입	-	강화	강화	-	강화	강화	강화	강화	-
	자동화-예지보전	-			강화			-		
	고객 대응 유연성 가치	-			강화			강화		
	품질 개선 및 불량률 감소	감소			-			-		
기술 설비 희소성	특정 전용설비 운영기술 보유	감소	-	강화	강화	-	강화	강화	-	강화
	특정 원자재 부품 가공기술	감소			-			강화		
	특화 공정기술 희소성	감소			강화			강화		
	자체 개발 설비 기술 희소성	감소			-			강화		
자격 인증 희소성	고객사 전용 인증 보유	강화	강화	-	-	-	-	강화	강화	강화
	환경-안전-품질 인증 활용	강화			강화			강화		
	국제표준 인증 보유	강화			강화			강화		
공정 프로세스 모방 불가능성	고도화된 공정 운영 난이도	-	-	강화	강화	강화	강화	강화	-	-
	운영노하우와 시스템 고도화	-			강화			강화		
	프로세스 개선	-			강화			강화		
	생산스케줄링과 자원배분	강화			강화			강화		
작업자 숙련도 모방 불가능성	기술 숙련도	-	-	강화	강화	-	강화	-	강화	-
	문제해결 숙련도	-			강화			강화		
	기술 전승 체계	-			강화			-		
조직화	운영전략 실행력과 협업체계	강화	-	-	-	-	-	-	-	강화
	생산품질 설비데이터 체계	강화			-			강화		
	생산개선 전사공유와 표준화	강화			-			강화		

4.6.4.1 경쟁취약집단

경쟁취약집단은 주로 고경쟁·고유사품 시장에 속하는 기업으로, 진입 장벽과 전문 인력 기반이 가장 낮은 수준을 보였다. 이 집단은 기술 변화 대응, 공정 개선, 품질관리 전문성 확보 측면에서 구조적 제약이 존재하며, 제조 AI의 필요성은 인식하나 실제 구현을 위한 인적 자원과 실행 기반이 부족한 집단으로 정의된다. 가치성 영역에서는 AI 도입을 제한적으로 인식하고, 기술·설비 희소성 영역에서는 전용설비, 특화공정, 자체 기술 내재화 항목 전반에서 VRIO-GAP이 감소하여, AI를 통한 기술 차별성 확보 기대는 가장 낮은 집단으로 확인되었다. 그러나 차별화전략을 종속변수로 한 회귀분석 결과에서는 기술설비 희소성이 유의한 영향 변수로 나타나, 해당 집단이 기술 경쟁의 중요성을 인식하고 있음에도 불구하고, 전문 인력 부족으로 인해 이를 AI에 기반하여 자력으로 구현할 수 있는 실행력은 제한적인 것으로 해석된다. 공정 및 작업 모방불가능성 영역에서도 VRIO-GAP 변화가 미미하였고, AI를 공정 혁신의 전략 도구라기보다 자원배분·스케줄링 등 운영 차원의 단기 대응 수단으로 인식하는 특징이 나타났다. 반면 조직화 영역에서는 운영전략 실행력, 데이터 통합, 표준화 항목에서 VRIO-GAP이 가장 크게 강화되어, 경쟁취약집단은 제조 AI 도입을 통해 조직·운영체계 정비를 핵심 전환 목표로 설정하고 있음이 확인되었다. 그러나 회귀분석에서는 조직화 항목이 전략 성과에 유의하지 않아, 현재는 아직 ‘기대 중심 선행변수 단계’에 머물러 있으며, 후행 성과로 연결되기 위해서는 조직적 성숙이 요구된다.

4.6.4.2 중간 경쟁력 집단

중간 경쟁력 집단은 경쟁기업 수, 제품 유사성, 진입장벽, 전문인력 대응역량, AI 전략 실현성 등 주요 변수에서 평균적인 수준을 보유하고 있는 군집으로 확인되었다. 이 집단은 특정 부문에서 두드러진 강점 또는 취약점을 나타내지 않는 대신, 외부환경과 내부역량 간의 균형이 상대적으로 안정적으로 형성되어 있다는 특징을 갖는다. 이러한 안정성은 중소 제조기업이 단기적인 운영 효율성을 확보하는 데 유리한 조건으로 작용하나, 동시에 신속하게 경쟁 우위를 확보하기 위한 돌파력에는 한계가 존재하는 것으로 판단된다. 중간 경쟁력 집단은 AI 기반 생산 혁신을 주도할 수 있는 고급 전문인력의 절대적 수급은 제한적이지만, 교육, 훈련, 외부전문기관과의 협업을 통해 향후 역량 발전 가능성을 보유한 것으로 해석된다. AI 전략 실현성 또한 평균적인 수준에 머물러 있어, 고도화된 AI 시스템의 전사적 도입보다는 공정 자동화, 품질 모니터링, 예지보전과 같은 표준화된 AI 솔루션의 도입 가능성이 우선적으로 높게 나타났다. 이는 중소 제조기업이 AI 도입의 초기 단계에서 나타나는 일반적 특성으로 평가될 수 있다.

저원가 전략을 종속변수로 한 회귀분석에서는 공정운영의 고도화와 이에 기반한 공정 효율성이 비용절감 중심의 성과에 핵심적 역할을 수행함을 나타냈다. 반면 조직화는 통계적으로 유의하지 않아, 조직 차원의 제도화나 거버넌스 구조가 비용절감 효과에 직접적인 기여를 하지 못하는 것으로 해석된다. 즉 중간 경쟁력 집단에서는 저원가 중심의 AI 도입 성과를 확보하기 위해 복잡한 조직화 역량 구축보다는, 공정 프로세스의 고도화와 이에 운영 노하우가 보다 현실적이고 실효성이 높다는 것을 보여준다.

차별화 전략을 종속변수로 한 회귀분석에서는, 특히 기술설비희소성은 중간 경쟁력 집단에서 제품 차별화 성과에 가장 큰 영향을 미치는

요인으로 확인되었다. 이는 AI 기반 설비의 고도화가 차별적 품질 확보, 고객 요구 대응, 생산 공정의 독창성 확보에 직접적으로 기여함을 보여준다. 생산공정프로세스의 모방불가능성 역시 유의미한 영향을 나타내어, 공정 데이터 축적, 운영 노하우 확보, 작업자 숙련도 기반의 AI 활용 역량이 지속적 경쟁우위 확보에 기여할 수 있음을 시사한다. 반면 AI 조직화는 차별화 성과에 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 나타나, 중간 경쟁력 집단에서는 차별화 전략 역시 설비와 공정 중심 역량의 확보가 우선적 과제임을 확인할 수 있다.

4.6.4.3 고 경쟁력 집단

고 경쟁력 집단은 상대적으로 낮은 경쟁강도와 제품 유사성을 보유한 집단으로, 이는 해당 기업들이 특정 제품군에서 어느 정도 독자적 기술, 차별적 품질, 또는 시장 내 고유의 전문성을 확보하고 있음을 의미한다. 숙련된 기술인력과 노하우를 보유하고 있을 뿐만 아니라, AI 전략 실현성에서도 높은 수준을 보유하여, AI도입을 통한 기반 설비 구축, 데이터 기반 공정관리, 시스템 최적화 등 실무적 AI 적용 능력에 대한 기대감이 높음을 보여준다. AI 활용 체계를 통해 경쟁우위 전략을 적극적으로 추진하고자 하는 기업 집단이다.

저원가 전략을 종속변수로 한 회귀분석[표4-12]에서 고 경쟁력 집단은 AI가치성, 기술설비희소성, 자격인증희소성 등이 모두 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 특히 AI가치성과 기술설비희소성의 효과 크기가 다른 군집에 비해 상대적으로 크게 확인되었다. 이는 AI 기반 공정 최적화와 설비 고도화가 비용절감 중심 전략에서 강력한 경쟁우위를 제공한다는 사실을 명확히 입증한다. 또한 자격인증희소성의 영향이 높다는 결과는, 관련 자격을 취득한 전문인력 보유 여부, 외부 기술기관과의 협력, 기술 인증 기반의 설비 활용이 저원가 전략 수행에 실질적

으로 기여하고 있음을 나타내준다.

차별화 전략을 종속변수로 한 회귀분석[표4-13]에서도 고 경쟁력 집단은 가장 높은 설명력을 보였으며, 핵심 변수들 모두가 유의미하게 성과에 긍정적 영향을 미치는 것으로 나타났다. 특히 기술설비희소성과 AI가치성은 제품 차별화 전략에 가장 큰 영향 요인으로 확인되었다. 이는 고 경쟁력 집단이 단순히 공정을 자동화하거나 비용을 절감하는 수준을 넘어, 고유한 공정 기술, 지능형 설비, 예측 기반 품질관리, 작업자 숙련도를 활용한 공정 모방불가능성 확보 등을 통해 지속 가능한 경쟁우위를 달성할 수 있음을 의미한다.

이상을 요약하면, 경쟁취약집단은 AI 도입을 통해 운영 수준의 개선만을 기대하는 반면, 기술 차별화와 숙련 인력 확보 측면에서는 실행 기반에 제약이 있다. 중간 경쟁력 집단은 기술 및 인증 기반 역량은 강화되고 있으나 조직화 단계로의 확장이 미흡한 과도기적 집단이다. 반면 고 경쟁력 집단은 VRIO 모든 영역에서 기술-공정-조직이 연계된 일관된 AI 전환 구조를 기대함으로써, 제조 AI 도입을 통한 지속가능한 경쟁우위 확보에 가장 적극적인 집단으로 평가된다.

V. 결론

5.1 연구 요약

본 연구는 AI 도입이 실제로 저원가 전략과 차별화 전략 성과로 이어지는지를 실증적으로 검증하는데 있었다. 특히 본 연구가 중소기업 경영자에게 내부 역량 중 어느 역량에 AI를 투자해야 하는지 분석하였고, 분석 결과로써 중소 제조기업의 지속 가능한 경쟁우위 확보와 경쟁력 제고에 도움을 주는데 설명을 집중하였다. 중소제조기업의 생산관리 역량 강화를 위한 AI 도입이 저원가 전략 성과와 제품 차별화 성과에 미치는 영향을 실증적으로 분석하여 VRIO 프레임워크로 AI 기반 생산관리 내부역량을 체계적으로 평가하고, 외부환경 대응역량의 조절효과를 검증하였다. 이러한 결과를 토대로 다음과 같은 분석 결론을 제시하겠다.

5.1.1 제조 중소기업의 AI도입을 위한 VRIO 상호 분석 결과

상관관계 분석 결과, AI가치성과 AI 기술·설비 희소성 및 자격·인증 희소성 간에는 통계적으로 유의미한 정(+)의 상관관계가 나타났다. 이는 인적·물적 자원이 상대적으로 열악한 중소기업 환경에서 생산관리 관련 설비 도입에 투입되는 자원 배분의 효과가 기업의 가치성 인식에 직접적으로 영향을 미치고 있음을 의미한다. 다수의 업무가 겸직되는 상황에서 제한된 인적자원을 운영하는 구조적 특성과 맞물려, 시간과 비용을 투자하여 획득한 자격·인증이 희소한 역량으로 인식되고 있음을 보여준다. 또한 AI 도입에 의해 기업의 가치가 제고되는 효과는 경쟁기업 수가 많은 시장 환경에서 더욱 두드러지며, 이는 생산성 향상을 통해 원가경쟁력 확보 및 저원가 전략 수행에 실질적으로 기여할 뿐 아니

라, 제품 차별화 전략 측면에서도 유의미한 성과를 창출함을 의미한다.

그러나 분석 결과, 단순한 AI 도입만으로는 성과 확보가 어려우며, 조직적 통합과 환경 대응력이 성과 전환의 핵심임을 의미한다. 따라서, 저원가 전략을 추구하는 중소기업은 AI 도입의 가치성, 기술·설비 희소성, 자격·인증 희소성, 공정 프로세스 및 작업자 숙련도 기반 모방 불가능성을 체계적으로 구축할 필요가 있다. 경쟁기업 수가 많더라도 외부 환경 대응역량이 충분할 경우 AI 도입 효과는 더욱 강화되어 저원가 전략에 기여할 수 있음이 확인되었다. 제품 차별화 전략을 지향하는 중소기업의 경우, AI 도입은 가치성·희소성·모방불가능성·조직화를 포괄한 경쟁 우위 확보에 긍정적으로 작용하는 것으로 나타났다. 경쟁기업 수가 많아도 성과가 유지되는 것으로 나타나, AI 기반 차별화는 저원가 전략 대비 상대적으로 더 견고한 경쟁력의 원천이 될 수 있음을 보여준다.

5.1.2 AI도입 내부역량이 저원가에 미치는 영향

제조 중소기업의 저원가 전략 성과에 유의미한 영향을 미치는 요인은 'AI 가치성', 'AI 관련 자격·인증의 희소성', 그리고 'AI 공정 프로세스의 모방불가능성'으로 규명되었다. 구체적으로 살펴보면, AI 가치성은 에너지 및 원자재 투입의 최적화, 예지보전과 같은 AI 기반 생산관리 활동이 비용 절감과 생산성 개선을 견인하여 저원가 전략 달성에 직접적으로 기여함을 확인하였다. 또한, AI 관련 자격·인증의 희소성은 고객사 요구 및 국제 표준에 부합하는 인증의 확보가 공급망 신뢰성과 생산관리 체계를 고도화함으로써 비용 효율성을 간접적으로 제고하는 동인으로 작용한다. AI 공정 프로세스의 모방불가능성은 축적된 공정 노하우와 자원 배분의 최적화 등 차별화된 프로세스 역량이 경쟁사 대비 우월한 생산 효율성을 창출하여 경쟁우위를 강화하는 것으로 나타났다.

따라서 AI 적용의 성과는 단순한 기술 보유 수준을 넘어 생산공정과 조직 운영에 AI를 실질적으로 적용·내재화할 수 있는 능력에 의해 좌우됨을 보여주었다. 또한 제조 중소기업의 원가 경쟁력 확보를 위해서는 인증을 통한 대외 신뢰 확보, 그리고 차별적 공정 역량이 유기적으로 결합될 때 달성 가능함을 나타낸다고 할 수 있겠다.

5.1.3 AI도입 내부역량이 제품 차별화에 미치는 영향

중소기업이 제품 차별화 성과를 달성하기 위해서는 희소성이 높은 AI 기술 및 설비 역량 확보가 가장 중요한 선행조건으로 확인되었다. 이는 경쟁사가 쉽게 확보할 수 없는 고도화된 기술·설비 보유가 시장에서의 차별적 경쟁우위 형성에 핵심적임을 의미한다. 이러한 희소 기술을 기반으로 한 AI 가치성은 자동화·예지보전·품질개선·생산스케줄 최적화와 같은 생산관리 효율화 역량을 강화하여 제품 품질과 기능적 차별성을 실질적으로 창출한다. 아울러 AI 공정 프로세스의 모방불가능성과 AI 자격·인증 희소성 역시 통계적으로 유의미한 영향을 나타냈다. 중소기업의 경우 고가의 설비와 기술 도입만으로 차별화가 달성되는 것이 아니라, 내부 현장 작업자의 숙련도를 기반으로 한 공정 활용 능력과 조직적 대응 역량이 결합될 때 차별화 효과가 극대화됨을 알 수 있다.

또한 AI 관련 자격·인증 확보는 기술 역량의 대외적 신뢰 확보 및 공급망 진입장벽 대응 측면에서 의미 있는 간접적 역할을 수행하며, 내부 공정관리 체계의 고도화 및 품질보증 능력 강화로 이어져 제품 차별화 기여 효과를 증대시킨다. 반면, AI 관련 조직화 역량은 통계적으로 유의한 영향을 보이지 않아, 장기적 역량 강화에는 중요할 수 있으나 단기적 성과인 제품 차별화에는 직접적 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

5.1.4 집단별 저원가 및 차별화 전략

저원가 전략은 군집 간 유의한 차이가 없었던 반면, 차별화 전략은 집단 간 유의하게 차이를 보여준다. 그러나, 경쟁 수준에 따라 저원가 전략의 성과에 영향을 미치는 내부역량의 구조는 뚜렷하게 차이를 보인다. 경쟁력이 낮은 기업은 AI활용 가치성과 인증 확보를 통한 신뢰 구축이 중요하며, 중간 수준의 기업은 공정운영 최적화 및 노하우 기반 운영역량이 핵심 요인으로 작용한다. 반면, 경쟁력이 높은 기업의 경우 AI가치성이 절대적인 영향력을 갖는 가운데, 전문인력과 인증 기반의 지식역량이 원가경쟁력의 근원적 기반을 형성한다. 이러한 결과는 저원가 전략의 성공 요인은 기업의 경쟁능력 성숙도에 따라 자원 중심에서 역량 중심으로 이동한다는 점을 보여준다.

경쟁력이 높은 기업일수록 차별화 전략의 성과가 더 높다는 점은, 시장 내 경쟁력이 제품·서비스 차별화 역량과 밀접하게 연관되어 있음을 나타내고, 경쟁취약 집단의 경우 차별화를 통한 시장 경쟁력이 한계가 있음을 보여준다.

5.1.5 저원가와 차별화 전략의 통합

전통적으로 Porter(1985)는 저원가와 차별화를 양립 불가능한 전략으로 보았으나, 최근 연구들은 두 전략의 통합 가능성을 제시한다. Hill(1988)은 특정 조건 하에서 차별화와 저원가의 동시 추구가 가능하다고 주장하였으며, 이는 중소기업에게 중요한 시사점을 제공한다. AI와 디지털 기술은 저원가와 차별화의 동시 달성을 가능하게 할 수 있다. Kretschmer and Khashabi(2020)는 디지털 기술이 규모의 경제와 범위의 경제를 동시에 실현할 수 있게 한다고 설명하였다. AI 기반 자동화는 비용을 절감하면서도 맞춤화를 가능하게 하여, 중소기업이 하이브리

드 전략을 추구할 수 있는 기반을 제공한다.

전통적인 관점에서는 저원가와 제품차별화 전략이 상충하는 선택지로 간주되었으나, 최근의 스마트 제조·AI 생산관리 연구는 두 전략이 디지털 역량을 매개로 상호 보완적으로 구현될 수 있음을 강조한다. AI 기반 공정 최적화, 예지보전, 품질 데이터 분석, 디지털 트윈 등은 공통적으로 원가절감과 품질·유연성 향상을 동시에 달성하는 수단으로 작용하며, 이를 통해 저원가 전략과 제품차별화 전략이 하나의 통합된 생산성과 체계 안에서 구현될 수 있는 가능성을 보여준다.

5.2 연구의 시사점

5.2.1 이론적 시사점

본 연구의 결과를 바탕으로 다음과 같은 이론적 시사점을 제시하겠다. 첫째, 제조AI 도입 또는 투자관점을 VRIO 프레임워크로 분석하면서 기존 전통적인 경영전략 관점을 AI기술 활용 관점으로 확대하여 연구함으로써 경영전략 이론을 한 단계 더 강화하는데 본 연구가 기여하였다. 둘째, 제조AI 투자 유형을 세분화하여 우선순위를 분석함으로써 생산관리 영역에서 실제 투자가 집중되는 영역을 분석하여 결과를 도출함으로써, 생산운영관리 이론에 실무적 영역을 이론으로 업데이트하는데 기여하였다. 마지막으로, 생산관리 영역에 AI도입이 저원가와 차별화 전략에 미치는 영향을 분석함으로써 기술경영학문 이론으로 확장하는데 기여하였다. 종합하면, 본 연구는 제조 중소기업의 AI 도입을 VRIO 기반의 전략 프레임워크로 해석하고, AI 투자 우선순위를 생산관리 관점에서 제시하며, AI가 경쟁전략에 미치는 영향을 실증적으로 밝힘으로써 경영전략·생산운영관리·기술경영 학문의 접점을 확장하는 데 중요한 이론적 기여를 제공하였다고 할 수 있다. 향후 AI 기반 기업경쟁력 연구

의 이론적 발전뿐만 아니라, 실증연구 축적을 위한 분석틀을 제시하는 데에도 의의가 있다고 할 수 있겠다.

5.2.2 실무적 시사점

본 연구는 제조 중소기업의 경쟁 수준에 따라 AI 도입이 저원가 전략과 제품 차별화 전략에 미치는 영향이 상이하게 나타난다는 점을 확인하였다. 이러한 분석 결과는 실무 현장에서 AI 투자 및 역량 구축의 우선순위를 설정하는 데 중요한 기준을 제공한다는 점에서 다음과 같은 실무적 시사점을 제시할 수 있다.

첫째, 경쟁력이 취약한 제조기업에게는 AI기술 설비의 단순 도입보다 AI 활용을 통해 즉각적인 비용 절감 효과를 창출할 수 있는 영역에 우선적으로 투자해야 한다는 점이다. 경쟁취약 집단은 AI기술설비 희소성보다는 AI가 제공하는 가치성, 예컨대 공정 오류 감지, 불량률 개선, 단순 반복 작업 자동화, 데이터 기반 품질관리와 같은 영역이 저원가 전략에 더 큰 영향력을 미치는 것으로 나타났다. 또한 AI자격인증 희소성이 비용절감과 의미 있게 연계된 결과는 경쟁력이 낮은 기업일수록 외부 전문 인증을 확보함으로써 기술 신뢰성, 품질 보증 능력, 시장 접근성을 확보하는 것이 실질적 경쟁우위 확보에 유리하다는 점을 의미한다.

둘째, 중간경쟁력 수준의 기업에게는 AI 기반 공정 최적화와 운영 효율성 강화가 실질적인 경쟁력 제고의 핵심으로 확인되었다. 연구결과에서 이들 기업은 공정프로세스의 모방불가능성과 AI가치성이 저원가 전략에 중요한 영향을 미치는 것으로 나타났는데, 이는 이미 일정 수준의 설비를 확보한 기업들은 공정 흐름, 생산 스케줄링, 재고관리, 예지보전, 품질관리 등 운영체계 전반을 AI로 정교하게 최적화하는 것이 비용 구조를 개선하는 데 직접적으로 기여함을 의미한다. 따라서 중간경쟁력

기업은 단순 설비 업그레이드보다는 운영 데이터 분석 역량, 공정 자동화 도입, AI 기반 의사결정 체계 구축 등 운영혁신 중심의 투자 전략을 고려해야 한다.

셋째, 고경쟁력 집단의 경우 AI가치성, AI자격인증 희소성, 그리고 작업자 숙련도 모방불가능성이 저원가 전략과 강하게 연결되어 나타났다. 이는 경쟁력이 높은 기업일수록 이미 설비와 기술기반이 어느 정도 갖추어져 있어 설비 자체가 경쟁우위를 설명하는 데 더 이상 충분하지 않으며, 오히려 AI를 효과적으로 활용할 수 있는 고급 인력과 전문 인증, 공정 운영 노하우가 경쟁우위를 유지하는 실질적 요인임을 보여준다. 따라서 고경쟁력 기업은 AI 활용 능력을 고도화하기 위해 데이터 분석 전문인력 확보, 사내 AI 교육 프로그램 운영, 글로벌·국가 공인 AI 인증 취득 지원 등 인적·지식적 역량 강화에 초점을 둔 전략적 투자가 필요하다.

넷째, 모든 경쟁 수준에서 AI가치성은 공통적으로 전략적 성과와 높은 연계성을 보이는 핵심 변수임을 보여준다. 이는 AI가 기업의 생산관리 및 운영관리 체계에 내재되어 지속적 개선을 유도할 수 있는 구조를 마련해야 한다는 점을 나타낸다고 할 수 있다. 단발성 설비 도입이 아니라 AI가 운영 전 과정에서 실질적인 가치를 창출하는지 여부를 지속적으로 평가·개선하는 체계적 관리가 필요하며, 이를 위해 데이터 수집 인프라, 실시간 모니터링 시스템, AI 유지보수 조직 등을 구축하는 것이 매우 중요하다.

마지막으로, 본 연구는 기업의 경쟁환경 수준에 따라 AI 도입 전략의 우선순위가 달라진다는 점을 실증적으로 보여줌으로써, 제조기업이 획일적인 스마트팩토리 로드맵을 따라가는 방식에서 벗어나 기업의 경쟁역량 수준에 맞춘 차별화된 AI 도입 전략을 수립해야 한다는 실무적 방향성을 제시한다. 이는 정부 정책 또는 지원사업 설계 측면에서도 동일하게 적용될 수 있다. 산업 특성이나 기업 규모에 따라 일률적인 AI지

원 정책을 제공하는 것이 아니라, 기업의 디지털 역량 수준에 따라 맞춤형 AI 도입 전략, 단계별 교육 프로그램, 비용지원 모델, 인증체계 강화 등을 차별적으로 설계하는 것이 효과적임을 의미한다. 본 연구는 제조 중소기업이 AI를 도입하고 활용하는 과정에서 경쟁력 수준에 맞춘 전략적 자원배분과 역량 구축 방향을 명확히 제시했다는 점에서 실무적 의의를 가진다.

5.3 향후 연구의 방향

본 연구는 중소기업 대상으로 제조AI 도입시 내부 역량을 분석하는 것에 초점을 맞추었다. 중소기업의 특성을 반영하여 외부환경 변화에 대응하기 위하여 내부 역량을 VRIO 프레임워크로 제시하였고, 특히 희소성과 모방 불가능성을 더욱 세분화하여 중소기업에게 필요한 역량이 무엇인지 분석하고자 하였다. 하지만 중소기업이 제조AI 도입을 위해 정부의 지원 또는 공급망 관련 대기업으로부터 지원이 아직 초창기여서 데이터를 확보할 수 없는 상황이었다. 이에 향후 연구에는 정부의 AI 투자 지원과 대기업 지원에 따라 중소기업 내부 역량 중 어느 영역을 경쟁우위로서 창출할 수 있는지, 그리고 고용변화가 긍정적 또는 부정적 영향을 미칠 수 있는지 연구할 필요성이 있다.

제조 중소기업의 AI도입이 생산성 성과에 미치는 영향
생산관리 역량강화 중심으로 -

안녕하십니까?

본 연구는 한성대학교 지식서비스&컨설팅대학원 석사학위 논문입니다.

본 설문지는 제조 중소기업을 대상으로 생산운영관리 부문에 AI 도입 시 생산성 성과에 미치는 영향을 도출하기 위한 설문조사입니다.

모든 응답 내용은 통계법 제33조에 의거하여 연구목적으로만 사용되고 비밀이 보장되며, 통계분석을 위해 변환 처리되어 관련 정보가 절대로 노출되지 않습니다.

귀중한 시간을 할애하여 설문에 응답해 주신 귀하께 감사드리며, 귀하의 무궁한 발전과 행복을 기원합니다.

감사합니다.

2025. 10.

한성대학교 지식서비스&컨설팅대학원
스마트융합컨설팅학과
ESG융합컨설팅전공

지도교수 : 주 형 근

석사과정 : 김 선 일

전화번호 :

e-mail : snc197004@naver.com

※ 귀사의 기업 일반현황에 대해 말씀해주시시오.

1. 귀사의 근무하는 제조 업종은 무엇입니까?

1)가구 2)고무제품 및 플라스틱제품 3)기계 및 장비 4)목재 및 나무제품(가구 제외) 5)식품/음료 6)운송장비 7)비금속 광물제품 제조업 8)섬유제품 제조업(의복 제외) 9)의복, 의복 액세서리 및 모피제품 제조업 10)의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업 11)의료용 물질, 의약품 및 바이오 12)인쇄 및 기록매체 복제업 13)1차 금속 자동차 및 트레일러 제조업 14)전기장비 15)전자부품, 컴퓨터 16)영상, 음향 및 통신장비 17)코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업 18)화학물질 및 화학제품 제조업

2. 현재 귀하가 속한 기업유형을 선택해 주십시오.

1) 1인 기업 2) 스타트업 3) 벤처기업 4) 중소기업

3. 귀사의 상시 근로자 수는 몇 명입니까?

1)50인 미만 2) 50~100인 미만 3) 100~300인 미만 4) 300인 이상

4. 귀사 사업장은 아래 중 어디에 해당합니까?

1)국가산업단지 2)지방산업단지/ 일반산업단지 3)농공단지
4)개별 입지(산단 외 개별 공장)

5. 귀사의 최근3년 평균 연 매출 규모는 어느 범주입니까?

1) 100억 미만 2) 100억~500억 미만 3) 500~1,500억 미만 4) 1,500억 이상

* 귀사가 소속해 있는 산업계의 특성을 말씀해 주십시오.

번호	구분	문항	전혀 그렇지 않다				매우 그렇다			
			1	2	4	5	1	2	4	5
1	경쟁 기업수	우리 업계는 시장 전체적으로 경쟁 기업 수가 많다.	1	2	4	5				
2	경쟁 기업수	우리 업계는 규모가 유사한 중소기업 수가 많다	1	2	4	5				
3	경쟁 기업수	우리 업계는 해외 기업까지 포함하면 경쟁 기업 수가 많다.	1	2	4	5				

4	경쟁 기업수	우리 업계는 시장 점유율을 놓고 다투는 핵심 경쟁 기업 수가 많다.	1	2	4	5
5	제품의 유사성	우리 업계는 각 기업이 제공하는 제품이 기능 면에서 유사하다.	1	2	4	5
6	제품의 유사성	우리 업계는 각 기업의 제품이 품질 수준에서 유사하다.	1	2	4	5
7	제품의 유사성	우리 업계는 각 기업이 제공하는 제품이 디자인 측면에서 유사하다.	1	2	4	5
8	제품의 유사성	우리 업계는 각 기업이 제공하는 제품이 가격대에서 유사하다.	1	2	4	5
9	진입·철수	우리 업계는 초기 투자비용(설비·시설 등)부담이 적어 진입이 용이하다	1	2	4	5
10	진입·철수	우리 업계는 기술·노하우 확보가 쉬워진입이 용이하다.	1	2	4	5
11	진입·철수	우리 업계는 유통·판매 경로 확보가 쉬워진입이 용이하다.	1	2	4	5
12	진입·철수	우리 업계는 규제·인허가 요건이 낮아진입이 용이하다.	1	2	4	5

※ 귀사의 외부환경 변화에 대한 대응 역량에 대해 말씀해 주십시오.

번호	질문	전혀 그렇지 않다				매우 그렇다			
		1	2	4	5	1	2	4	5
1	우리 회사는 외부의원자재 가격 변동에 신속히 대응하는 전문인력을 보유하고 있다.	1	2	4	5	1	2	4	5
2	우리 회사는 외부의공급망 리스크 발생에 신속히 대응하는 전문인력을 보유하고 있다.	1	2	4	5	1	2	4	5
3	우리 회사는 외부의품질·안전·환경 관련 법규·규제 변경에신속히 대응하는 전문인력을 보유하고 있다.	1	2	4	5	1	2	4	5
4	우리 회사는 외부의 수요 변화에 신속히 대응하는 전문인력을 보유하고 있다.	1	2	4	5	1	2	4	5
5	우리 회사는 외부의팬데믹·수출규제 등 충격 상황에 신속히 대응하는 전문인력을 보유하고 있다.	1	2	4	5	1	2	4	5

6. 귀사가 현재 내부 역량 중 경쟁우위가 있다고 생각하는 영역을 선택해 주십시오.

1순위		2순위		3순위	
-----	--	-----	--	-----	--

- 1) 수요예측 정확도 향상(판매·수요 변동 예측)
- 2) 생산계획 및 일정 최적화(라인 밸런싱, 작업 스케줄)
- 3) 자재 및 재고 관리 효율화(적정재고 유지, 낭비 방지)
- 4) 설비 유지보수 및 예지보전(설비 고장 사전예측, 다운타임 최소화)
- 5) 공정 최적화(공정시간 단축, 병목 제거)
- 6) 작업표준화 및 작업자 지원 체계 강화
- 7) 에너지·자원 사용 최적화(전력, 원자재 절감)
- 8) 소량 다품종 생산 대응력 강화(고객 맞춤형 생산체계)
- 9) 품질검사 자동화(AI 비전검사, IoT 센서 활용)
- 10) 불량률 감소 및 공정 품질 안정화
- 11) 데이터 기반 품질 관리(통계적 품질관리, SPC)
- 12) 고객 불만 및 클레임 데이터 분석·피드백 강화
- 13) 원자재·부품 품질 추적 관리(Traceability)
- 14) 제품 인증·규제 대응 체계 강화(안전, 환경, 국제규격)
- 15) 협력사 네트워크 연계(납기·품질 관리)

※ 귀사의 생산운영관리 부문의 현황을 말씀해 주십시오.

번호	구분	문항	전혀 그렇지 않다		매우 그렇다	
			1	2	4	5
1	가치성	우리 회사는 에너지·원자재 투입에서 최적화 역량 가치가 있다	1	2	4	5
2	가치성	우리 회사는 자동화·예지보전에서 역량 가치가 있다	1	2	4	5
3	가치성	우리 회사는 고객 대응 유연성에서 역량 가치가 있다	1	2	4	5
4	가치성	우리 회사는 품질개선·불량률 감소에서 역량 가치가 있다	1	2	4	5
5	기술 설비 희소성	우리 회사는 특정 제품 생산을 위한 전용설비 운영기술의 희소성이 있다.	1	2	4	5
6		우리 회사는 특정 원자재·부품 가공기술의 희소성이 있다.	1	2	4	5
7		우리 회사는 특화 공정기술의 희소성이 있다.	1	2	4	5
8		우리 회사는 자체 개발 설비 운영기술의 희소성이 있다.	1	2	4	5

9	자격 /인증 희소성	우리 회사는 고객사 전용 인증에 대한 활용 인증 희소성이 있다.	1	2	4	5
10		우리 회사는 환경·안전·품질 인증에 대한 활용 인증 희소성이 있다.	1	2	4	5
11		우리 회사는 국제표준 인증에 대한 활용 인증 희소성이 있다.	1	2	4	5
12	공정 프로세스 모방 불가능성	우리 회사의 고도화된 생산공정 때문에 경쟁 기업이 우리 프로세스를 모방하기 어렵다	1	2	4	5
13		우리 회사의 공정 운영 노하우와 시스템 고도화때문에 경쟁 기업은 우리 프로세스를 모방하기 어렵다	1	2	4	5
14		우리 회사의 공정 프로세스는 빠르게 개선되고 있기 때문에 경쟁 기업은 우리 프로세스를 모방하기 어렵다.	1	2	4	5
15		우리 회사의 생산 스케줄링과 자원 배분 공정은 최적화되어 있기 때문에 경쟁 기업은 우리 프로세스를 모방하기 어렵다	1	2	4	5
16	작업자 숙련도 모방 불가능성	우리 회사는 작업자의 기술 숙련도가 높아서 경쟁 기업은 작업 숙련도를 모방하기 어렵다	1	2	4	5
17		우리 회사는 작업자의 현장 문제 해결에 대한 숙련도가 높아서 경쟁 기업은 작업 숙련도를 모방하기 어렵다	1	2	4	5
18		우리 회사는 작업자의 기술전승이 높아서 경쟁 기업은 작업 숙련도를 모방하기 어렵다	1	2	4	5
19	조직화	우리 회사는 조직 내 운영전략 실행력과 협업체계가 잘 조직화되어 있다.	1	2	4	5
20	조직화	우리 회사는 조직 내 생산·품질·설비·데이터 운영체계가 잘 조직화되어 있다.	1	2	4	5
21	조직화	우리 회사는 조직 내 생산 개선에 대한 전사 공유와 표준화가 잘 조직화 되어있다.	1	2	4	5

7. 귀사의 조직 내 제조AI 도입여부를 답변해 주십시오.

1)도입함 2) 3개월 이내 도입 예정 3) 6개월 이내 도입 예정 4) 1년 이내 도입 예정

※ 귀사의 전반적인 AI 전략수립 및 실행체계에 관해서 답변해주시기 바랍니다.

번호	질문	전혀 그렇지 않다		매우 그렇다	
		1	2	4	5
1	(우리 회사는) AI 실행전략을 중장기 비전에 반영하고 있다.	1	2	4	5
2	(우리 회사는) AI 실행전략을 중장기 전략에 반영하고 있다.	1	2	4	5
3	(우리 회사는) AI 실행전략을 목표계획(일정)에 반영하고 있다.	1	2	4	5
4	(우리 회사는) AI 실행전략을성과평가에 반영하고 있다.	1	2	4	5

8. 현재 귀사가 제조AI 도입을 하였거나 도입을 검토하는 중이라면, 어떤 업무에 활용하고 있거나, 활용할 계획인지를 말씀해주시시오.

1순위		2순위		3순위	
-----	--	-----	--	-----	--

- 1) AI 기반 수요예측(판매·수요 변동 예측 알고리즘 활용)
- 2) AI 최적화 생산계획(라인 밸런싱, 작업 스케줄 자동 생성)
- 3) AI 재고·자재 관리(예측 기반 발주, 적정재고 자동 산출)
- 4) AI 예지보전(설비 고장 사전예측, 다운타임 최소화)
- 5) AI 공정 최적화(공정 데이터 분석, 병목 구간 자동 탐지)
- 6) AI 작업지원 시스템(작업 표준화, AR/VR 기반 작업자 지원)
- 7) AI 에너지·자원 최적화(전력·원자재 사용 패턴 분석, 절감안 제시)
- 8) AI 맞춤형 생산 대응(소량 다품종 생산 시 고객 맞춤형 모델 생성)
- 9) AI 품질검사 자동화(비전 검사, IoT 센서 데이터 기반 불량 탐지)
- 10) AI 품질 안정화(실시간 이상탐지, 불량률 예측 및 감소)
- 11) AI 품질 데이터 분석(SPC·통계분석을AI로 자동화)
- 12) AI 고객 피드백 분석(불만·클레임 텍스트마이닝, 감성분석)
- 13) AI 기반 추적관리(원자재·부품Traceability 시스템 고도화)
- 14) AI 규제 대응(제품 인증·안전·환경 규제 데이터 자동 검증)
- 15) AI 공급망·협력사 관리(납기 예측, 품질 데이터 공유·분석)

※귀사가 생산운영관리 부문에 AI 도입 시 기대하는효과를 말씀해 주십시오.

번호	구분	문항	전혀 그렇지 않다		매우 그렇다	
			1	2	4	5
1	가치성	(제조AI가 도입되면) 우리 회사는 에너지·원자재 투입에서 최적화 역량 가치가 더욱 높아질 것이다	1	2	4	5
2	가치성	(제조AI가 도입되면) 우리 회사는 자동화·예지보전에서 역량 가치가 더욱 높아질 것이다	1	2	4	5
3	가치성	(제조AI가 도입되면) 우리 회사는 고객 대응 유연성에서 역량 가치가 더욱 높아질 것이다	1	2	4	5
4	가치성	(제조AI가 도입되면) 우리 회사는 품질개선·불량률 감소에서 역량 가치가 더욱 높아질 것이다	1	2	4	5
5	기술설비 회소성	(제조AI가 도입되면) 우리 회사는 특정 제품 생산을 위한 전용설비 운영기술의 회소성은 더욱 높아질 것이다	1	2	4	5
6		(제조AI가 도입되면) 우리 회사는 특정 원자재·부품 가공기술의 회소성은 더욱 높아질 것이다	1	2	4	5
7		(제조AI가 도입되면) 우리 회사는 특화 공정기술의 회소성은 더욱 높아질 것이다	1	2	4	5
8		(제조AI가 도입되면) 우리 회사는 자체 개발 설비 운영기술의 회소성은 더욱 높아질 것이다	1	2	4	5
9	자격/ 인증 회소성	(제조AI가 도입되면) 우리 회사는 고객사 전용 인증에 대한 활용 인증 회소성은 더욱 높아질 것이다	1	2	4	5
10		(제조AI가 도입되면) 우리 회사는 환경·안전·품질 인증에 대한 활용 인증 회소성은 더욱 높아질 것이다	1	2	4	5

11		(제조AI가 도입되면) 우리 회사는 국제표준 인증에 대한 활용 인증 회소성은 더욱 높아질 것이다	1	2	4	5
12	공정 프로세스 모방 불가능 성	(제조AI가 도입되면) 우리 회사의 고도화된 생산공정 때문에 경쟁 기업이 우리 프로세스를 더욱 모방하기 어려워질 것이다	1	2	4	5
13		(제조AI가 도입되면) 우리 회사의 공정 운영 노하우와 시스템 고도화 때문에 경쟁 기업은 우리 프로세스를 더욱 모방하기 어려워질 것이다	1	2	4	5
14		(제조AI가 도입되면) 우리 회사의 공정 프로세스는 빠르게 개선되고 있기 때문에 경쟁 기업은 우리 프로세스를 더욱 모방하기 어려워질 것이다.	1	2	4	5
15		(제조AI가 도입되면) 우리 회사의 생산 스케줄링과 자원 배분 공정은 최적화되어 있기 때문에 경쟁 기업은 우리 프로세스를 더욱 모방하기 어려워질 것이다	1	2	4	5
16		(제조AI가 도입되면) 우리 회사는 작업자의 기술 숙련도가 높아서 경쟁 기업은 작업 숙련도를 더욱 모방하기 어려워질 것이다	1	2	4	5
17	작업자 숙련도 모방 불가능 성	(제조AI가 도입되면) 우리 회사는 작업자의 현장 문제 해결에 대한 숙련도가 높아서 경쟁 기업은 작업 숙련도를 더욱 모방하기 어려워질 것이다	1	2	4	5
18		(제조AI가 도입되면) 우리 회사는 작업자의 기술전송이 높아서 경쟁 기업은 작업 숙련도를 더욱 모방하기 어려워질 것이다	1	2	4	5
19	조직화	(제조AI가 도입되면) 우리 회사는 조직 내 운영전략 실행력과 협업체계가 더욱 조직화가 잘 되어 있을 것이다.	1	2	4	5
20	조직화	(제조AI가 도입되면) 우리 회사는 조직 내 생산·품질·설비·데이터 운영체계가 더욱 조직화가 잘 되어 있을 것이다.	1	2	4	5
21	조직화	(제조AI가 도입되면) 우리 회사는 조직 내 생산 개선에 대한 전사 공유와 표준화가 더욱 조직화가 잘 되어 있을 것이다.	1	2	4	5

* 귀사가 AI를 도입함으로써 고객만족을 위해 최종적으로 기대하는 바를 말씀해주세요.

번호	구분	문항	전혀 그렇지 않다		매우 그렇다	
1	지비용 전략 성과	(제조AI 도입되면) 우리 회사는 부품 조달 비용이 절감된 원가우위 전략을 창출할 수 있다.	1	2	4	5
2		(제조AI 도입되면) 우리 회사는 품질 관리 비용이 절감된 원가우위 전략을 창출할 수 있다.	1	2	4	5
3		(제조AI 도입되면) 우리 회사는 물류 및 운송 비용이 절감된 원가우위 전략을 창출할 수 있다.	1	2	4	5
4		(제조AI 도입되면) 우리 회사는 생산 공정 개선으로 운영 비용이 절감된 원가우위 전략을 창출할 수 있다.	1	2	4	5

5	제품 차별화 성과	(제조AI 도입되면) 우리 회사는가격 가치로 경쟁사와 차별화된 생산 성과를 창출할 수 있다.	1	2	4	5
6		(제조AI 도입되면) 우리 회사는 기능 혁신으로 경쟁사와 차별화된 생산 성과를 창출할 수 있다.	1	2	4	5
7		(제조AI 도입되면) 우리 회사는 친환경 제품으로 경쟁사와 차별화된 생산 성과를 창출할 수 있다.	1	2	4	5
8		(제조AI 도입되면) 우리 회사는 고객 맞춤형 제품으로 경쟁사와 차별화된 생산 성과를 창출할 수 있다.	1	2	4	5

※ 응답자 일반사항

1. 귀하의 성별을 말씀해 주십시오.

- 1) 남성 2) 여성

2. 귀하의 연령대에 대해서 응답해 주세요.

- 1) 20대 2)30대 3) 40대 4) 50대 5) 60대 이상

3. 귀하의 담당 직무를 말씀해 주십시오(복수일 경우, 가장 비중이 큰 직무1개를 선택).

- 1) 생산기획/스케줄링 2) 자재/구매/외주관리 3) 제조·공정 기술 영역
 4) 공정설계/개선 5) 설비기술/유지보수 6) 스마트팩토리/자동화/AI 적용
 7) 라인관리/현장관리(반장/조장/작업관리) 8) 작업표준/표준시간/월가관리
 9) 품질관리(QC)/검사 10) 품질보증(QA)/인증 11) EHS(환경·안전·보건)
 12) 창고/재고/자재관리13) 출하/납기/운송관리14) SCM 기획/수요·공급계획

4. 귀하의 근속연수를 말씀해 주십시오.

- 1) 1년 미만 2) 1년 이상~ 3년 미만
 3) 3년 이상~ 5년 미만 4) 5년 이상~ 10년 미만
 5) 10년 이상~ 20년 미만 6) 20년 이상

5. 귀하의 직급에 대해서 응답해 주세요.

- ① 사원/신입 ② 주임/대리급 ③ 과장/차장급 ④ 부장급 ⑤ 임원급

설문에 참여해 주셔서 다시 한번 진심으로 감사드립니다!

참 고 문 헌

1. 국내문헌

- 강성우. (2019). 스마트 팩토리용 설비 예지보전 모델의 분석 및 제언. 국정현안관계장관회의 자료. (2025). AI기반 스마트제조혁신 3.0전략.
- 권보경. (2024). AI시대 혁신 사례와 시사점 1 : 제조편.
- 권준화. (2024). 중소기업의 AI도입 및 활용에 관한 사례분석 및 시사점.
- 권준화, 전승희, 박예은. (2024). 중소기업의 AI 활용 확대 방안 연구.
- 김남형. (2023). 소기업(SMEs)의 디지털 전환 역량이 기업성과에 미치는 영향에서의 갈등 효과에 대한 연구.
- 김민호, 정성훈, 이창근. (2019). 스마트공장 도입 효과와 정책적 함의.
- 김상문. (2019). 빅데이터기반 중소제조기업의 스마트팩토리 수용의도와 경영성과에 관한 실증연구. 한성대학교 대학원 박사학위 논문.
- 김성태. (2022). 중소기업 CEO 의지 및 종업원 혁신 저항성이 스마트 팩토리 도입에 미치는 영향.
- 김수영. (2025). 디지털전환 요인이 조직 민첩성과 운영성과에 미치는 영향.
- 김용미. (2025). AI도입이 기업성과 및 생산성에 미치는 영향 및 시사점.
- 김일중, 김우순, 김준영 외. (2022). 중소 제조기업의 경쟁력 강화를 위한 제조AI 핵심 정책과제 도출에 관한 연구.
- 김정래. (2020). 중소기업의 스마트팩토리 도입의도에 영향을 미치는 요인에 관한 연구 - 정부지원기대와 과업기술적합도를 포함하여.
- 김진권, 김민수, 안돈휘. (2022). 중소기업의 ESG경영전략 활성화 방안 에 관한 연구.
- 김치국, 박병기. (2023). 중소기업의 정부 지원제도 활용, 연구개발 서비

- 스와 기술혁신역량 및 기업성과 간의 관계 연구.
- 김형철. (2023). 중소기업의 스마트팩토리 구축 요인이 활용에 미치는 영향-조직변화 수용성의 조절효과검증.
- 대외경제정책연구원(KIEP). (2023). Global Perspectives on ESG and Implications for Korea.
- 대한무역투자진흥공사(KOTRA). (2024). 중소기업 혁신네트워크 포럼 글로벌 연계·정책 특별분과 활동 보고서.
- 대한상공회의소. (2024). 국내기업 AI활용실태 조사 결과 보고서.
- 맹지은, 이홍식. (2025). 인공지능(AI)의 도입이 기업 성과에 미치는 영향 분석.
- 박동진, 서영욱. (2023). 중소기업 마케팅 능력이 시장 성과에 미치는 영향: 온라인 수출 마케팅의 매개효과 및 경쟁강도의 조절효과.
- 박무성. (2025). 스마트 공장 도입에 기반한 제조 중소기업의 디지털 전환과 내부역량이 기업성과에 미치는 영향에 관한 연구. 한외국어대학교 대학원 박사학위논문.
- 박상운, 조근태. (2020). 동적역량, 운영역량, 혁신성과 간의 관계: 환경역동성을 조절변수로 하여. 기술혁신연구, 28(4).
- 박상현, 이정은. (2021). 제조기업 스마트팩토리 고도화 적합성 분석과 경쟁전략- VRIO ERRC모델을 활용하여-.
- 봉강호, 안미소, 김정민. (2023). 국내 인공지능(AI) 도입기업 현황 분석 및 시사점. 소프트웨어정책연구소.
- 봉강호, 조지연. (2024). 인공지능 기술에 대한 중소기업의 인식 및 수요 조사·분석. 소프트웨어정책연구소 AI정책연구실.
- 산업연구원. (2024). AI시대 본격화에 대비한 산업인력양성 과제. 제162호(2024-7).
- 서홍일, 김태성. (2022). 대·중·소 상생형 스마트공장 구축 지원 사업 도입 기업에 대한 성과분석.

- 송단비. (2025). 자국우선주의 시대 한국의 AI 활용 전략.
- 송주영. (2016). VRIO모형을 이용한 전략적 기술평가응용에 관한 연구.
- 송주영, 성형석. (2015). 기술자원의 전략적 자원속성과 경쟁우위간의 관계에 관한 연구: 기술중소기업의 기술평가자료를 이용한 VRIO Framework의 실증분석.
- 이경선, 김성옥. (2021). AI 도입·확산의 저해 요인 분석 및 정책적 시사점.
- 이돈희, 김기주, 황재훈. (2022). 디지털 트랜스포메이션 전환을 위한 제조기업의 운영전략.
- 이동수. (2025). 중소기업 인공지능 솔루션 구축의도에 관한 연구. 고려대학교 대학원 박사학위논문.
- 이병현, 박상문, 손병호. (2009). 국내 중소기업의 전략 유형과 특성: 제조업을 중심으로.
- 이상빈, 오세구. (2020). 중소 제조기업의 동태적역량, 혁신역량이 혁신성과 및 경쟁우위성과에 미치는 영향. 충남대 경영경제연구, 42(4).
- 이석철. (2025). 디지털 역량, 디지털 리더십, 생성형 AI 활용이 중소기업 성과에 미치는 영향 분석. 서강대학교 대학원 박사학위 논문.
- 이승민, 신기윤, 이정동. (2022). 기업의 4차 산업혁명 기술 도입과 생산성간 관계 연구: 절대적 수준과 상대적 위치.
- 이연승. (2024). Evaluation of the impact of ESG practices on financial performance of SMEs.
- 이영훈, 권순걸, 이 흥, 이 현, 김찬모. (2007). 도요타생산방식의 효과적인 도입을 위한 방법론 연구: Part II, 국내 글로벌 기업의 도요타생산방식 도입추진 사례연구. 포스코 경영연구소, 20(3).
- 이재근, 허문구. (2020). 한국 소기업에게도 전략은 필요한가?: 소기업 전략 유효성과 전략 선택.

- 이춘섭, 유우식. (2023). 스마트공장 도입환경이 기업성과에 미치는 영향: 인천지역 중소기업을 중심으로.
- 이홍배. (2021). 중소기업의 정보시스템 운영 환경 요인과 성과와의 관계 연구. 고려대학교 기술경영전문대학원 박사학위논문.
- 임채현. (2022). 중소기업 기술혁신활동의 효율성 및 생산성 평가와 영향요인 연구. 성균관대학교 기술경영전문대학원 박사학위논문.
- 정종필, 신광섭. (2020). 융합연구리뷰-스마트팩토리 수준정의.
- 정지윤. (2022). 스마트팩토리 도입 영향요인에 관한 실증연구.
- 정형록, 안태식. (2005). 한국제조기업의 원가구조변화에 관한 연구.
중소기업기술정보진흥원. (2025). AI시대, 중소기업 맞춤 인공지능 활용 및 준비사항.
- 중소벤처기업부. (2025). 2024년 스마트제조혁신실태조사 결과 발표.
- 중소벤처기업부. (2025). AI 기반 스마트제조혁신 3.0 전략 발표.
- 중소벤처기업연구원. (2024). 중소기업의 AI 도입 및 활용에 관한 사례 분석과 시사점.
- 최성현. (2025). 사례로 본 국내 AI 준비 현황 및 시사점, AI 에이전트: 디지털혁신의 새로운 패러다임 세미나 발표자료.
- 최영철. (2021). 스마트팩토리를 도입한 POSCO의 핵심역량분석: VRIO 모형을 중심으로.
- 한국과학기술기획평가원. (2021). 스마트 제조혁신 기술개발사업.
- 한국무역협회. (2025). AX 우수 사례로 본 AI 도입 효과 극대화 방안.
- 한국산업기술진흥원. (2025). 기업의 AI 도입 현황 및 촉진 방안 분석.
- 홍장표. (2016). 대중소기업간 하도급거래와 수익성 격차.

2. 국외문헌

- Aragon-Sanchez, A., & Sanchez-Marin, G. (2005). Strategic orientation, management characteristics, and performance: A study of Spanish SMEs.
- Ayinaddis, S. G. (2025). Artificial intelligence adoption dynamics and knowledge in SMEs and large firms.
- Barney, J. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage.
- Barney, J. B., & Hesterly, W. S. (2012). Strategic Management and Competitive Advantage.
- Barney, J., Wright, M., & Ketchen, D. J. (2001). The resource-based view of the firm: Ten years after 1991.
- Baum, A. C., & Silverman, B. S. (2002). Alliance-Based Competitive Dynamics.
- Cimino, A., Corvello, V., et al. (2025). Artificial Intelligence Adoption for Sustainable Growth in SMEs...
- Daisy Valle Enrique, et al. (2023). Implementing industry 4.0 for flexibility, quality, and productivity improvement...
- Fountain, T., McCarthy, B., & Saleh, T. (2025). Building the AI-Powered Organization.
- Gerald F. Davis, & J. Cobb. (2010). Sociology, Economics, Political Science.
- Ghobakhloo, M. (2021). Digital transformation success under Industry 4.0: A strategic guideline for manufacturing SMEs.
- Hafner, D. (2024). Implication of Artificial Intelligence Adoption for Key Performance Indicators...

- Ivanov, D., & Dolgui, A. (2020). Viability of intertwined supply networks...
- Kellermanns, F., et al. (2016). The resource-based view in entrepreneurship.
- Keranen, T. (2025). Adoption of AI in Finnish Small and Medium size Enterprises.
- Koumas, M., Dossou, P. E., & Didier, J. Y. (2021). Digital Transformation of Small and Medium Sized Enterprises...
- Kraaijenbrink, J., Spender, J. C., & Groen, A. J. (2010). The resource-based view: A review and assessment of its critiques.
- Kusiak, A. (2018). Smart manufacturing.
- Lucas Santos Dalenogarea, et al. (2018). The expected contribution of Industry 4.0 technologies.
- McElheran, K., et al. (2025). The Rise of Industrial AI in America.
- Newbert, S. L. (2008). Value, rareness, competitive advantage, and performance.
- OECD. (2022). Global value chains after the COVID-19 pandemic.
- OECD. (2025a). Generative AI and the SME workforce.
- OECD. (2025b). The Digital Transformation of SMEs.
- Oliver, C. (1991). Strategic responses to institutional processes.
- Pfeffer, J., & Salancik, G. R. (1978). The external control of organizations: A resource dependence perspective.
- Priem, R. L., & Butler, J. E. (2001). Is the resource-based "view" a useful perspective...?
- Rojek, I., et al. (2025). The impact of novel artificial intelligence methods on energy efficiency in industry.
- Sanchez, E., Calderon, R., et al. (2025). Artificial Intelligence

- Adoption in SMEs: Survey Based on TOE?DOI Framework.
- Schroeder, R. G., et al. (2002). A resource-based view of manufacturing strategy.
- Teece, David J. (2007). Explicating Dynamic Capabilities...
- Wiklund, J., & Shepherd, D. (2003). Knowledge-based resources, entrepreneurial orientation.

ABSTRACT

A Study on the Impact of Artificial Intelligence(AI) Adoption on Productivity Performance in Manufacturing SMEs

Kim, Sun-il

Major in ESG Convergence Consulting

Dept. of Smart Convergence Consulting

Graduate School of Knowledge Service &

Consulting

Hansung University

This study aims to diagnose the AI adoption capabilities of manufacturing SMEs in production management based on the VRIO (Value, Rarity, Inimitability, Organization) framework of the Resource-Based View (RBV). It further seeks to empirically clarify the impact of these internal capabilities on the outcomes of low-cost strategy and product differentiation strategy. Furthermore, by analyzing how AI adoption outcomes vary according to firms' capabilities to respond to their external environment, it seeks to propose differentiated AI adoption strategies tailored to the competitiveness level of SMEs.

This study collected data from 339 domestic manufacturing SMEs that have adopted or are pursuing AI in production

management. Analysis was conducted using the SPSS statistical package. Independent variables were constructed based on the VRIO framework: AI value, rarity, inimitability, and organization. Dependent variables were set as productivity outcomes—low-cost performance and product differentiation performance—for analysis.

Analysis revealed that the impact of internal AI implementation capabilities on productivity outcomes varied depending on the strategic type. First, analyzing factors influencing low-cost strategy performance showed that merely possessing AI technology or equipment is insufficient to achieve cost savings. Instead, cost efficiency is maximized when AI creates tangible operational value through predictive maintenance or automation and secures trust through external certification. Regarding product differentiation strategy performance, it was proven that securing differentiated competitive advantage requires sophisticated equipment and technology difficult for competitors to imitate, along with skilled personnel capable of operating them. Furthermore, companies were classified into ‘competitively vulnerable groups’, ‘intermediate competitiveness groups’, and ‘high competitiveness groups’ based on external environment response capabilities, and the characteristics of each group were analyzed. For the vulnerable group, the priority tasks are creating tangible value and securing external trust rather than investing in expensive equipment. For the intermediate group, process optimization and operational know-how are the main drivers of performance. For the high-competitiveness group, cultivating specialized personnel and knowledge assets are the factors behind their competitive advantage.

This study interprets AI adoption by manufacturing SMEs using a VRIO-based strategic framework and proposes AI investment priorities from a production management perspective. Its academic significance lies in demonstrating that AI adoption by manufacturing SMEs transcends mere technology application; when combined with internal resources, it leads to strategic outcomes. Practically, it presents a phased AI adoption roadmap tailored to the competitiveness level of SMEs. By empirically demonstrating that AI adoption strategy priorities vary according to a company's competitive environment level, it suggests a practical direction: manufacturing companies should move away from following a uniform smart factory roadmap and instead establish differentiated AI adoption strategies tailored to their competitive capability level.

【Key words】 AI adoption, production operations management, internal capabilities, VRIO framework, low cost, product differentiation