

KEARNEY

# 2023 Industry 4.0 현황 : 디지털 기반의 회복탄력성

August 2023



## 01

## 인더스트리 4.0 배경과 필요성

## 1. 제조 산업이 직면한 새로운 도전

지난 3년 동안 공급망 및 제조 분야 리더들은 COVID-19 팬데믹과 전 세계 공급망 이슈에 대처해왔다. 수요 급증, 공급 부족, 봉쇄, 납기 지연, 노동 생산성 및 가용성의 감소와 같은 다양한 어려움이 발생했다. 이제 이러한 문제들 중 일부가 완화되었고, 리더들은 새로운 과제에 직면했다. 이 보고서에서는 인더스트리 4.0 기술 도입이 다음 네 가지 과제를 어떻게 해결할 수 있는지에 대해 설명한다.

**공급망 투자**

고객 수요를 충족할 수 있을 만큼 충분히 투자하되, 생산 시설을 불필요하게 확장하는 데 낭비하지 않도록 섬세한 균형이 필요하다. 인더스트리 4.0 기술은 생산 설비나 장비를 다목적으로 활용할 수 있게 하여 비즈니스에 유연성을 제공한다.

**인플레이션 대응**

2022년에 글로벌 물가 상승은 인건비와 재료비를 계속 상승시켰다. 그 결과 많은 제조업체들이 글로벌 경기 침체를 예상하고 비용 절감에 집중하고 있다. 인력을 줄이는 것은 일반적인 접근 방식이지만, 인더스트리 4.0 기술을 적용하면 제조업체는 생산성과 효율성을 높이고 원자재 소비를 최소화하며 고정 자산을 최대한 활용할 수 있다.

**ESG (환경, 사회 및 거버넌스)**

제조업은 전 세계 탄소 배출량의 약 20%를 차지하며 전 세계 에너지원의 54%를 소비한다. 인더스트리 4.0은 제조업체가 ESG 차원에서 높은 성과를 낼 수 있도록 돕는다. 이 보고서는 주로 환경 측면에 초점을 맞춰 탄소 배출과 자재 소비를 줄이고, 에너지 및 자원 사용을 최적화하는 방법을 살펴본다.

**인력 관리**

제조업체는 비용을 줄이기 위해 오랫동안 아웃소싱에 의존해 왔다. 하지만 글로벌 생산 네트워크가 점점 복잡해지고 있으며, 이로 인해 제조 노드(작업장이나 생산시설)를 효과적으로 관리하고 관련 규정을 준수하는 것이 어려워지고 있다. 인력 부족, 높은 이직률, 직원 세대별 선호도의 변화는 복잡성을 증가시키고 있으며, 이는 인건비와 고용 비용을 늘리고 혁신 속도를 늦출 수 있다. 인더스트리 4.0 기술은 작업의 효율성을 높이고, 고도로 숙련된 전문 인력의 필요성과 비용을 낮출 수 있다.

5가지 인더스트리 4.0 기술(3D 프린팅, 첨단 로봇틱스, 웨어러블, 산업용 사물 인터넷, 인공지능)은 위 과제를 극복하는 데 효과적이다. 각 기술의 발전 모습을 알아보고, 기업은 어떻게 적용할 수 있을지 살펴본다.

## 02


## 인더스트리 4.0 기술의 적용

## 1. 3D 프린팅

AM(Additive manufacturing, 적층 제조) 또는 3D 프린팅이라고 불리는 이 기술은 다양한 원재료를 활용해 다양한 형태로 제작할 수 있는 다목적 기술이다. 제조 기업들이 다양한 분야에서 이 기술을 활용하면서 3D 프린팅 시장은 빠르게 성장할 것으로 예상된다. Grand View Research에 따르면, 2021년에 전 세계적으로 220만 대의 3D 프린터가 출하되었고, 2030년에 이 수치가 2,150만 대에 이를 것이다.





















## ■ 빠른 성장이 예상되는 3D 프린팅 시장

## Technology growth

	<b>445억 달러</b> 2026년까지 3D 프린팅 산업 예상 시장 가치		<b>24%</b> 2021년부터 2026년까지 시장 가치의 CAGR
	<b>295억 달러</b> 2032년까지 3D 프린팅 소재 산업 전망		<b>18.6%</b> 2022년부터 2032년까지 3D 프린팅 소재 성장률

Source: Kearney analysis

## ■ AM 기술은 프로토타이핑과 모델링을 넘어 산업 전반에 걸쳐 다양한 이점을 제공하고 있다.

Major applications				
항공 우주		 Jigs and fixtures (부품 고정/안정화 장치)	 End-use parts (최종 사용 단계에서 사용되는 구성품)	 신속한 프로토타입
자동차		 Jigs and fixtures (부품 고정/안정화 장치)	 신속한 프로토타입	 Tooling (부품을 만들기 위한 도구/장비)
의료		 Jigs and fixtures (부품 고정/안정화 장치)	 신속한 프로토타입	 End-use parts (최종 사용 단계에서 사용되는 구성품)
위탁 생산		 Jigs and fixtures (부품 고정/안정화 장치)	 신속한 프로토타입	 주조
소비재		 End-use parts (최종 사용 단계에서 사용되는 구성품)	 신속한 프로토타입	 주조

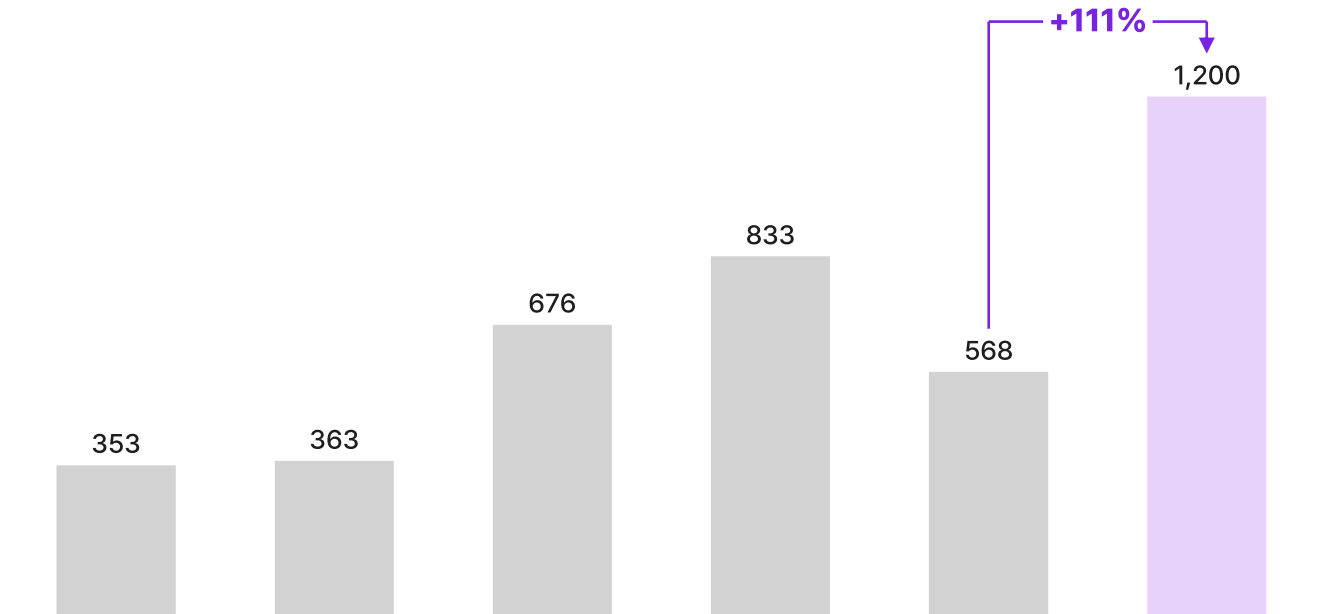
Sources: Essentium; Kearney analysis

## 1) 투자

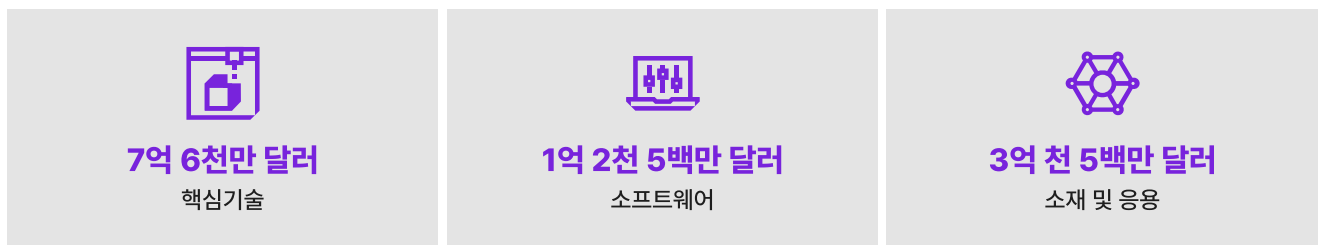
제조기술협회(Association for Manufacturing Technology)에 따르면 팬데믹으로 인해 2020년 자금 조달이 지연되고, 이로 인해 2021년 투자 수요가 급증하여 벤처 캐피탈(VC) 자금 조달 수요가 두 배 이상 증가했다. 평균 거래 규모는 최고 기록인 1,900만 달러까지 상승했다.

■ 지난 두 해(2021년-2022년)에 3D 프린팅은 상당한 투자를 받았다.

3D 프린팅 투자 금액 추이  
(백만 달러)



2021년 카테고리별 3D 프린팅 투자 금액



## 2) 인플레이션 대응

2022년에는 고객들이 원가 절감을 위해 프로토타입을 자체적으로 생산함에 따라 3D 프린터 제조업체와 판매업체가 기록적인 매출을 올렸다. 기술이 더 빠르게 발전하고, 자동화되고, 더 많은 양을 생산할 수록, 설계부터 생산까지 모든 영역에서 비용을 절감할 수 있는 3D 프린팅의 가치는 더욱 올라간다. 그러므로 3D 프린팅 기술에 투자하는 것은 단기적으로 공급망 탄력성을 제공할 뿐만 아니라 장기적으로 기업이 생산 가치를 높이는 데 도움이 될 것이다.

### 제품 개발

제품 개발에서 프로토타입 제작에 3D 프린팅을 사용하면 기업이 새로운 제품을 개발하는 비용이 줄어드는 것 뿐 아니라 오류를 보다 빠르게 수정할 수 있으며, 이에 따라 출시 기간도 빨라질 수 있다. 3D Systems에 따르면, 3D 프린팅은 제품 개발 프로젝트의 속도를 3배에서 5배까지 높일 수 있다.

### 원자재

원자재 비용 절감 또한 기업들이 3D 프린팅을 고려하는 이유이다. 3D 프린팅은 원자재가 필요한 곳에만 추가되므로 인쇄 과정에서 원자재 낭비를 크게 줄일 수 있다. 새로운 비금속 원자재가 계속해서 등장하면서 생산 비용을 더욱 낮출 수 있어 3D 프린팅이 제조 업계에서의 차지하는 역할은 더욱 커질 것이다.

### 설계 및 재설계 기회

AM은 제품 및 부품 재설계가 가능하고 그 비용 또한 매우 효율적이다. AM을 사용하면 다양한 재료로 만들어진 여러 부품을 하나의 통합 어셈블리로 대체할 수 있어 비용이 절감되고 조립 과정을 최소화할 수 있다. 또한, 재료 부피를 최소화하면서 필요한 수준의 높은 강도를 얻을 수 있다. 부품 설계가 승인되면 즉시 생산이 시작되므로 비용을 절감할 수 있다. AM은 과도한 재고와 노후화의 위험을 줄여준다. AM 도입의 우선순위를 정하고 계획을 세우려면 관리자는 기존 제조 방식에서 AM으로 전환할 총 범위를 결정해야 할 것이다.

### 3) ESG

3D 프린팅은 기존의 감산식 생산 방식보다 낭비가 적어 기업들은 복잡한 제품/부품을 보다 효율적이고 지속 가능한 방식으로 생산할 수 있게 되었다. 실제로 미국 에너지부는 AM이 폐기물 및 재료 비용을 90% 가까이 절감하고 제조 에너지 사용량을 25%까지 줄일 수 있을 것으로 예상하고 있다. 3D 프린팅은 주문형 제조를 지원하므로 재고와 배송 과정을 줄일 수 있다. 또한, AI를 사용하여 최적화할 수 있으며, 이를 통해 인쇄된 부품의 신뢰성과 일관성을 개선하고 폐기물을 최소화할 수 있다.

#### 무게 감소

Ampower에 따르면, 비행기에서 1kg의 무게 절감은 연간 2,500 리터의 등유를 절감하는 것과 같다고 했다. 이로 인해 20년 수명을 가진 항공기의 경우 최대 126,000kg의 이산화탄소 절감이 가능하며, 엔진, 펌프, 터빈 등 다른 응용 분야에서도 유사한 절감 효과를 얻을 수 있다.

#### 폐기물 감소 및 재활용

AM은 감산 제조 방식에 비해 스크랩과 폐기물을 크게 줄여준다. AM은 원료 분말에서 제품이 만들어지기 때문에 폐기물이 거의 발생하지 않는다. 원자재 생산에서 재활용률을 높이고 100% 재활용 재료로 만든 새로운 금속 분말 생산 기술을 도입하면 3D 프린팅의 CO<sub>2</sub> 배출량을 더욱 줄일 수 있다.

#### 배출량 감소

AM은 운송 과정에서 배출되는 이산화탄소도 줄일 수 있다. 부품을 가상 인벤토리에 설계 파일로 저장하고 AM을 사용하여 온디맨드 방식으로 생산할 수 있다. 그렇게 되면, 완성된 부품을 장거리 운송할 필요가 없으며 재고 관리도 간소화할 수 있다. 재고 자재를 운송하는 것도 부피가 작기 때문에 완제품 부품을 운송하는 것보다 더 효율적이며, 동일한 재고 자재를 사용하여 여러 부품을 제조할 수 있다.

### 4) 인력 관리

AM은 기존 제조 방식보다 노동력이 적게 든다. 3D 프린팅은 완전히 자동화된 방식으로 부품을 제작하므로 작업자의 감독이 거의 필요하지 않아 소수의 직원으로 제조할 수 있다. 또한, AM을 활용하게 되면 하나의 장비가 모든 제작 과정을 처리한다. 따라서 여러 기계에 대한 광범위한 교육이 필요하지 않다. 다만, AM 기술로 대규모 생산을 해야 할 경우에는 인간 개입의 기간과 빈도가 전체 워크플로우에 영향을 미칠 수 있다는 점을 주목해야 한다. 기계 관리, 지지물 제거 및 품질 보증과 같은 작업은 이상적인 생산 과정을 방해할 수 있다. 그러므로 이에 따른 기술 교육은 필요하며 실제로 펜실베이니아 주립대학교, MIT, 퍼듀대학교, 일리노이대학교 등 많은 대학에서 전문 인력 양성 프로그램을 제공하고 있다. ASTM과 America Makes는 Auburn 대학교와 함께 AM 센터를 설립하여 직업 교육 자료를 제작하고 있다. 유럽에서는 AM 기술과 관련된 교육과정 표준을 개발하고 있다.



## 2. 첨단 로봇틱스

제조업에서의 로봇은 센서, 커넥티드 시스템, AI 등의 기술 발전으로 혁신을 거듭하고 있으며, 이제 자율적으로 작동하며 인간과 협업하고 있다. 협업 로봇(코봇)은 좁은 공간에서도 설치할 수 있고, 전문가 도움 없이 구성, 교육, 운영, 수리할 수 있다. 제조 분야에서 로봇은 운영 및 자재 비용을 절감하고, 작업 생산성을 높여주고 있다.

### 1) 투자

제조 기업은 팬데믹, 기후 변화, 지정학적 혼란으로 인해 공급망을 재평가하고 조정해왔다. 약 40%의 기업은 향후 3년 이내 리쇼어링(reshoring), 니어쇼어링(nearshoring) 등 최적의 입지로 이동하는 데 주력하고 있다. 첨단 로봇틱스는 이 과정에서 경쟁 우위를 유지하는 데 핵심 역할을 한다. 북미 지역의 기업은 2022년에 4만 4천 대 이상의 로봇에 2,380만 달러를 투자했으며, 이는 2021년 대비 11% 증가한 수치다. 특히 자동차, 반도체, 생명과학 산업과 같이 리쇼어링이 진행 중인 산업에서 로봇틱스 투자는 높아질 것으로 예상된다.

로봇틱스 투자는 자동차, 반도체, 생명과학 산업에서 리쇼어링에 힘입어 성장세를 이어갈 것으로 예상된다.

#### 기술 성장



2026년까지 전 세계 산업용 로봇 시장  
**780억 달러** 예상



전 세계 산업용 로봇 지출의 **45%**가  
자재 운반에 할당



2032년까지 전 세계 산업용 로봇 시장  
**1,430억 달러** 예상



2022년 전 세계 매출의 **43%**가  
자동차 산업에서 창출

Sources: GlobeNewswire; Kearney analysis

로봇 가격은 2021년과 2022년 사이에 5% 상승했지만, 이는 일반적인 인플레이션 상승률인 8.5%보다 낮은 수치다. 그 이유는 기술 발전과 함께 비전 시스템과 같은 하드웨어 비용이 점차 줄어들고 있기 때문이다. 앞으로 이 추세가 지속되어 시장 수요가 추가로 창출될 것이며, 로봇은 여러 제품·서비스를 지원할 수 있는 플랫폼 역할을 하게 될 가능성이 높다.

## 2) ESG

로보틱스는 생산 공정의 안전성과 작업 환경 및 효율성을 개선시켜 ESG 기준을 충족하는 데 기여한다. 많은 기업들은 공급망을 소비자에게 가깝게 옮기고 있는데, 이러한 다중 지역 가치 사슬은 제품 운송과 관련된 탄소 배출을 줄인다. 하지만 규모의 경제가 줄어들고 운영 및 인건비가 늘어난다는 단점도 있다. 이때 로보틱스가 기업이 이를 관리하는 데 도움을 준다. 무인 제조 및 자동화 생산은 완전 상용화되기엔 아직 멀었지만, 코봇은 제조 분야에서 널리 사용되고 있다.

- 글로벌 전동 공구 제조 회사인 RUPES는 로봇 팔을 도입하여 '무결점(zero defect)' 목표를 달성했다.
- AMP Robotics는 로봇에 인공지능과 딥러닝을 도입해 재활용품을 99%의 정확도로 인식하고 분류한다.
- Apple의 재활용 로봇인 Daisy는 기존 파쇄기에서는 불가능한 수준의 정밀도로 최대 120만 대의 아이폰을 개별 부품으로 분해한다.

## 3) 인력 관리

현재 제조업 인력의 25%가 향후 10년 이내에 은퇴할 것으로 예상되며, 젊은 노동자는 근무 조건과 보상이 더 나은 분야에서 일하기를 선호한다. 로봇은 이러한 인력 부족 문제를 해결하는 데 핵심이다. 로봇이 현재 부족한 인력의 80%까지 보충할 것이며, 포브스에 따르면 인건비를 최대 75%까지 절감할 수 있다. 특히 코봇은 인간과 함께 일하며 전체 생산성을 85%에서 100%까지 높일 수 있다. 제조업은 생산성 뿐만 아니라 근무 조건도 개선함으로써 젊은 노동자에게도 매력적인 진로 선택지가 될 수 있다. 게다가 노코드(No-code) 기술로 로봇 교육을 하는 것이 주류가 되면서 중소기업에서도 로봇 기술을 쉽게 도입할 수 있게 되었다.

- Ally Robotics는 누구나 쉽게 만들 수 있는 로봇 팔을 개발하고 있다.

## 4) 인플레이션 대응

인건비는 다른 비용보다 빠른 속도로 상승하는 반면, 코봇 가격은 하락하면서 대부분의 기업이 코봇을 도입할 수 있게 되었다. 코봇은 자재 운반, 픽 앤 플레이스(물체를 집어서 원하는 위치로 이동하여 놓는 과정), 조립, 검사, 포장 등 다양한 작업을 수행하는 데 적합하다. 코봇은 초기 투자 비용이 상대적으로 낮은 데다가 기능이 계속 향상되고 있어서, 인건비 상승에 대응할 수 있는 중요한 수단으로 주목받고 있다.



### 3. AR/VR/웨어러블

증강현실(Augmented reality, AR)은 실제 환경에 디지털 정보를 겹쳐 보여주는 기술이고, 가상현실(Virtual reality, VR)은 완전한 가상 환경 속에서 사용자가 상호작용할 수 있게 하는 기술이다. 제조 산업에 AR/VR 기술이 적용되면서 많은 기업들이 기존 시스템과 AR/VR 기기를 연결할 수 있는 모듈을 개발하고 있다.

- Siemens의 오펜터 가상현실(Opcenter VR)은 제품 수명 주기 관리(PLM) 시스템 및 제조 실행 시스템(MES)과 함께 작동하도록 설계되었다. 먼저 PLM 시스템과 연결하면 제품을 디자인하고 개발하는 과정에서 생성되는 데이터를 활용해 디지털 트윈을 생성할 수 있다. 이를 통해 제품과 공정을 가상으로 검증하여 비용을 줄이고 효율성을 높일 수 있다. 또한 MES 시스템 연동을 통해 실시간 데이터를 활용하여 제조 과정을 가상으로 시뮬레이션할 수 있다. 이를 통해 잠재적인 문제를 미리 파악하고, 최적의 작업 흐름을 계획할 수 있다.

제조 분야에 도입된 또 다른 기술인 웨어러블(Wearable)은 인체공학적 설계와 소재의 개선으로 사용자 편의성이 더욱 높아지고 있다.

- Kenzen ECHO 스마트 패치는 작업자 건강과 안전을 실시간으로 모니터링하는 데 사용된다. 이 패치는 작업자가 착용하는 장치와 모바일 앱, 팀 대시보드, 기업 소프트웨어가 모두 연동되어 작업자에게 건강 정보를 제공한다.

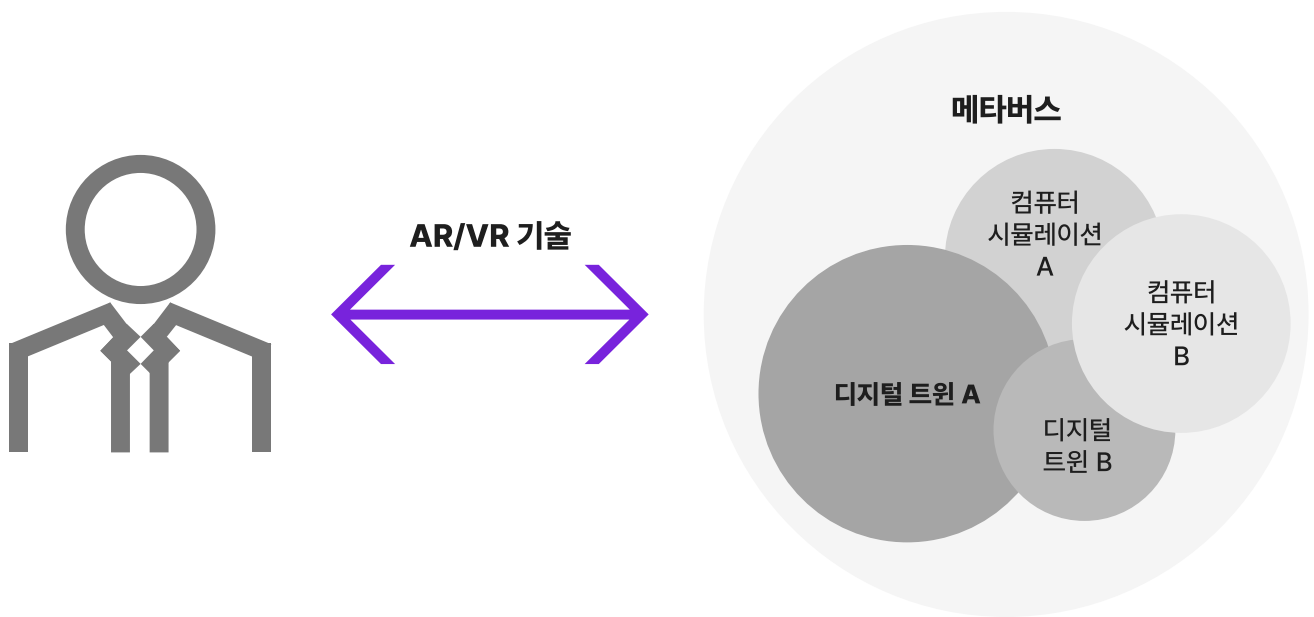
**AR, VR, 웨어러블 기술은 각각 다른 용도로 사용된다.**

활용 유형	VR	AR	Wearables
사용자로부터 지속적으로 정보 수집			
사용자에게 별다른 작업을 요구하지 않고도 맥락과 상황에 맞는 정보 제공			
가상으로 만든 물체를 조작해 전체 시스템에 미치는 영향 관찰			
전체 환경을 시뮬레이션하여 사용자에게 몰입형 경험 제공			

Source: Kearney Analysis

마지막으로, 메타버스는 “인터넷의 인터넷”으로 불리며 가상 생태계를 서로 연결한다. 산업용 사물 인터넷(IIoT)는 물리적 자산을 인터넷에 연결하는 데 기여하는 반면, 메타버스는 AR/VR을 사용할 수 있는 플랫폼을 제공함으로써 AR/VR 가치를 더욱 높인다.

■ 메타버스는 가상 생태계 간의 연결을 용이하게 해준다.

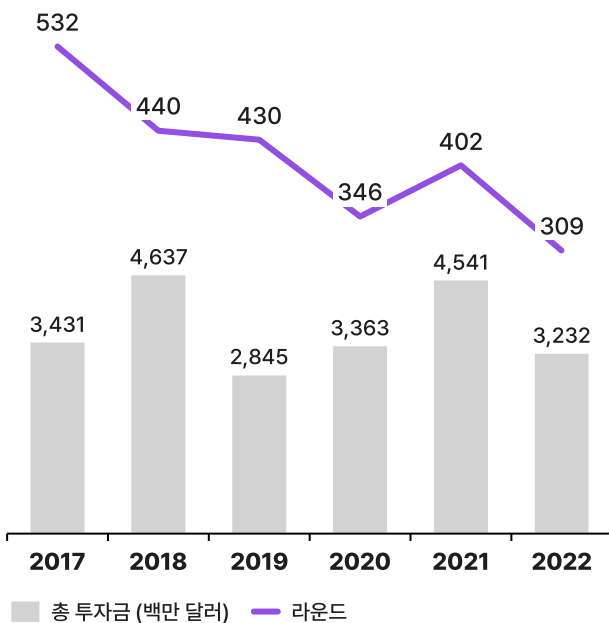


## 1) 투자

지난 한 해 동안 벤처 캐피탈 투자금은 계속해서 줄어들었지만, 향후 투자 전망은 밝다.

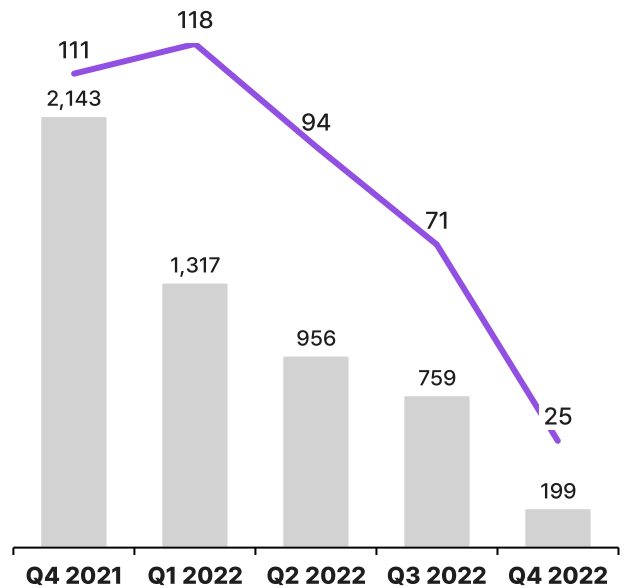
### AR/VR 산업의 벤처 캐피탈 투자 현황

2017년 ~ 2022년 11월



Sources: Crunchbase; Kearney analysis

2021년 4분기 ~ 2022년 11월



### AR, VR에 대한 미래 투자 전망

기술 성장 (글로벌 AR/VR 시장 2022~2026)



2022년 총 지출액 **138억 달러**



AR 투자의 **약 33%**는  
산업 유지보수 및 교육 분야에 집중



2026년 총 지출 예상액  
**509억 달러(연평균 성장률 32%)**



VR 투자의 **약 44%**는  
교육 및 협업 분야에 집중

Sources: IDC; Kearney analysis

## 2) 인플레이션 대응

AR/VR과 제조 공정을 통합하면 인플레이션에 대응하는 데 도움이 된다. 먼저, **R&D 비용을 줄일 수 있다**. 가령, BMW는 가상 환경에서 자율 주행 차량을 학습시켜 현실에서 구현하기 어려운 수천 개의 맞춤형 시나리오를 테스트한다. BMW의 자율 주행 차량 중 약 95%를 가상 시뮬레이션을 통해 훈련하고 있다.

또한, 제조 기업들은 생산 시설 구축 및 업그레이드에 필요한 **자본 투자를 최적화**하고자 AR/VR을 활용한다. BMW는 NVIDIA와 협력하여 디지털 트윈과 옴니버스 플랫폼을 사용하여 미래 공장을 설계하고, 생산 일정을 시뮬레이션한다. 이로써 품질과 생산량을 높이고, 비용과 다운타임을 줄일 수 있다.

AR/VR과 웨어러블 기술은 **운영 비용을 줄이는 데에도 도움이 된다**. 장비를 원격으로 진단하고 수리함으로써 다운타임을 줄일 수 있고, 비용 부담이 큰 현장 교육을 가상으로 제공함으로써 직원 교육 비용을 줄일 수 있다. 또한 작업자가 제품 결함이나 조립 여부와 같은 정보를 시각적으로 확인할 수 있어 품질 관리 프로세스를 개선할 수 있다. 피킹(picking) 및 패킹(packing) 작업의 효율성도 높일 수 있는데, 작업자에게 재고 수준과 제품 위치에 대한 실시간 정보를 제공하며, 공급망에서 발생할 수 있는 오류 가능성을 최소화하기 때문이다.

## 3) ESG

환경적으로는 AR/VR 시뮬레이션을 통해 에너지 소비를 줄이고, 자원을 더 효율적으로 활용할 수 있다. 예컨대, JetBlue의 조종사는 시뮬레이션으로 교육을 받고, 가상으로 수리 작업을 수행함으로써 장거리 이동을 줄인다. 또한 AR/VR 기술은 원격 근무를 촉진시켜 교통 배기가스 배출을 줄이는 데 도움이 된다.

AR/VR 교육은 사회적으로 모두에게 동등한 교육 기회를 제공한다. 실제 모든 Verizon 직원은 매장 강도에 대처하는 교육을 받고 있다. 또한 웨어러블 기기는 직원 건강 상태를 모니터링하는 데 많이 사용된다. 예를 들어, Kenzen은 위험한 직종의 종사자를 위한 웨어러블을 제작하며, 따내 Bionics는 건설 및 기타 산업 작업자가 부상 위험을 줄이도록 엑소 스켈레톤(외골격 장치)을 제공한다.

반면 AR/VR, 웨어러블 기술이 사회에 끼치는 부정적 영향도 고려해야 한다. 일자리 대체 및 개인 정보 보호 문제를 야기할 수 있으므로, 일자리 변화에 따른 정책과 개인정보 보호 및 데이터 사용에 대한 투명성을 유지하기 위한 가이드라인이 필요하다.

## 4) 인력 관리

AR/VR 기술과 메타버스를 결합하면 직원 교육의 수준을 높이고, 교육 비용을 줄일 수 있다. Honeywell은 혼합 현실 기술과 데이터 분석을 결합한 교육 솔루션을 개발하여, 직원들이 안전하게 실전 상황을 체험할 수 있도록 시뮬레이션 환경을 제공했다. 당사에 따르면, 이 방식으로 교육 효과를 최대 100% 높였으며, 기술 교육 시간을 최대 66% 줄였다.

## 4. 산업용 사물 인터넷 (IIoT)

IIoT(Industrial Internet of Things) 기기는 실시간 산업 데이터를 생성하여 제조 리더들이 보다 선제적이고 정보에 기반한 의사결정을 내리는데 도움을 준다. 강력한 IIoT 인프라를 구축하면 예지 유지보수가 가능하므로 예기치 않은 다운타임 관련 비용(Siemens 보고서에 따르면, 2021년 Fortune 글로벌 500대 기업에서 1.5조 달러의 손실 비용)을 줄일 수 있다. 자산 센서 솔루션과 응용 프로그램은 장비를 빠르게 정확하게 관리하고 업데이트 할 수 있다. 이 보고서는 상태 모니터링과 예지 유지보수 방식을 도입하면 7,340억 달러를 절감할 수 있고, 생산성은 6% 증가할 수 있다는 결론을 냈다.

IIoT는 제조 가치 사슬 전반에 걸쳐 있다.

이해관계자	활용 사례	지원 기술
1 고객	 주문 처리  송금  고객센터 서비스  물류	 모바일 앱  IIoT 지원 기기  GPS
2 직원	 생산 계획  인적 자원  진행상황 보고  작업자 안전	 생체인식 시스템  스마트 기기  모바일 앱
3 자산	 공정 모니터링  에너지 효율  작업 계획  장비 모니터링	 IIoT 기반 감지 시스템  분석 기기  모바일 앱
4 공급자	 주문  품질 관리  재고 관리  결제	 디지털 결제  RFID  모바일 앱  스마트 기기

Source: Kearney Analysis

IoT Analytics의 연구에 따르면, 2025년까지 300억 개 이상의 IoT 연결이 이루어질 것으로 예상되며, 이는 거의 1인당 4개의 IoT 기기를 갖게 되는 것이다. IIoT 기기 수가 늘어나고 생태계가 더 스마트해지고 더 많이 연결됨에 따라 제조 부문에서의 사이버 공격도 늘어나고 있다. IBM에 따르면, 2021년과 2022년, 제조는 가장 많은 사이버 공격을 경험했는데, 이는 전체 사이버 공격의 30%를 차지한다. 2022년에는 60개의 미국 제조 및 유틸리티 기업이 랜섬웨어 공격으로 50만 건 이상의 기록을 손실했다. 이 같은 공격으로 인한 다운타임 비용만 55억 3천만 달러가 넘는 것으로 추정된다. 게다가, 오늘날 대부분의 제조업체는 내부 시스템 뿐만 아니라, 제3자 공급업체와 연결된 복잡한 IIoT 생태계를 가지고 있어서 제어할 수 없는 공격에 노출될 위험이 크다.

다음은 사이버 보안을 위한 몇 가지 기본 원칙이다.

- 생태계 전반에 데이터를 안전하게 공유하고 비즈니스 개선에 활용한다.
- 사이버 보안을 비즈니스 성과와 통합하여 이사회 수준까지 끌어올린다.
- 사이버 분석을 활용하여 지속적인 개선 문화를 개발한다.
- 조직 외부로 사이버 위험 관리를 확장하여 제3자 공급 업체에도 적용한다.
- 변화하는 규정에 기반하여 리스크를 모니터링하고 조정하여 영향을 최소화한다.
- 리스크를 세분화하고 가치가 높은 자산에 초점을 맞추며 조직의 리스크 허용 가능성을 파악한다.

## 1) 투자

제조업체는 운영 효율성과 비용 절감에 중점을 두면서 저비용 센서, 클라우드 컴퓨팅, 빅 데이터 분석 등 다양한 IIoT 도구로 눈을 돌리고 있다. 5G 네트워크와 엣지 컴퓨팅의 등장으로 실시간 데이터 처리가 가능해지면서 IIoT의 잠재력이 더욱 향상되고 있다. 마지막으로, 코로나19 팬데믹으로 인해 기업은 새로운 업무 방식에 적응해야 했다. 이러한 모든 트렌드가 IIoT 부문을 성장시키고 투자 급증을 촉진하고 있다.

**IIoT 부문은 빠른 성장세 속에 투자가 급증하고 있다.**

기술 성장



**9,880억 달러**  
2027년까지 IIoT 시장의 예상 가치



**17.9%**  
2022년부터 2027년까지  
시장 가치 연평균 성장률



**368억**  
2025년까지 예상되는 IIoT 연결 수



**117%**  
2020년부터 2025년까지 IIoT 연결의 성장률

Sources: Research and Markets, Juniper Research; Kearney analysis



## 2) 인플레이션 대응

IIoT를 생산 과정에 통합하면 아래의 영역에서 지출을 줄이고 인플레이션의 영향을 완화할 수 있다.

### 제품 품질

IIoT 센서를 통한 실시간 모니터링은 전체 생산 과정을 추적하고, 제품 일부에 품질 문제가 발생하면 기술자에게 즉시 알려준다.

### 프로세스

제조업체는 공급 모니터링 및 IIoT 지원 자재 추적을 사용하여 자재 입고부터 최종 제품 배송까지 생산 공정의 각 단계를 검사하여 자재 손실을 방지할 수 있다.

### 자산 유지보수

IIoT 센서와 시스템은 기계의 가용성, 성능, 품질 등 전반적인 장비 효율성을 지속적으로 모니터링 한다. 이를 통해 예지 유지보수가 필요한 시기를 파악하고 예기치 않은 다운타임을 방지할 수 있다.

### 에너지

스마트 커넥티드 팩토리는 생산량, 피크 부하 타이밍, 자산 상태를 고려하여 에너지 소비를 최적화할 수 있다.

### 안전

예지 유지보수 솔루션과 작업자 건강 및 안전 추적기는 잠재적인 산업 위험과 관련된 위험 비용을 줄이는데 도움이 된다

## 3) ESG

IIoT와 엣지 컴퓨팅은 ESG의 세 영역에 걸쳐 원하는 수준의 결과를 달성하는 데 필수적이다. 고성능 엣지 컴퓨팅은 조직이 운영의 모든 부분을 관찰, 감지, 조작할 수 있는 기능을 제공한다. 이러한 기술은 제조업체가 탄소 배출, 건강 및 안전, 폐기물, 투입 자재, 유틸리티 사용, 사고, 근무 시간, 위생, 환경, 데이터 거버넌스, 사이버 보안, 회계 기준 등에 대한 목표를 달성하는 데에 도움을 준다.

터키의 제조업체 Evyap은 IIoT 솔루션을 설치하여 기저귀 생산 라인에서 폐기물을 23% 줄이고 25만 달러를 절감하며 안전 사고율을 60% 개선하고, 5톤의 종이를 제거하고, 1,500시간을 절약했다.

LACROIX Electronics는 IIoT를 통해 장비 고장을 줄이고, 불량품과 결함을 최소화하며, 품질을 개선했다.

#### 4) 인력 관리

IIoT는 대부분의 주요 기업이 직면한 노동력 문제를 극복할 수 있는 매우 효과적이고 유연하며 비용 효율적인 방법을 제공한다. 제조 장비와 도구에 연결된 스마트 기기 및 센서 네트워크는 실시간 데이터 분석을 제공하여 생산 주기 전반의 다양한 단계에서 의사 결정을 내리고 조치를 취하는 데 사용된다. 이러한 솔루션 덕분에 작업자는 생산, 유지보수, 품질 관리, 교육 및 전반적인 공장 워크플로우에서 많은 작업을 수행할 필요가 없다. 가령, 시설 관리자는 IIoT 도구, 데이터 분석 및 시각화를 사용하여 공장에 상주하지 않고도 원격으로 문제를 감지할 수 있다. IIoT 인프라에 연결된 기기를 사용하면 작업을 수행하는 직원에게 시각적 신호와 동적이고 이해하기 쉬운 지침 및 피드백을 실시간으로 전달하며, 필요에 따라 정보를 즉시 업데이트할 수 있어 교육 프로세스를 더욱 신속하게 진행할 수 있다.

## 5. 인공지능 (AI)

인공지능(Artificial Intelligence, AI)은 제조업에 혁신을 가져온 핵심 기술이다. Siemens, IBM, NVIDIA 등의 주요 기업이 AI 개발을 주도하고 있고, AI 적용 범위를 제조 가치 사슬 전반으로 확대하고 있다.



### 제품 설계

NVIDIA RTX는 AI를 사용하여 제품 설계를 간소화하며, 새로운 제품 설계가 생산 라인에 어떤 영향을 미치는지 시뮬레이션하여 의사결정을 돕는다.



### 조달

DocuSign, Tradeshift와 같은 기업은 AI를 활용해 비용 분석, 공급업체 리스크 관리, 지능형 협상, 지속 가능성 목표 및 추적, 계약 및 품질 관리를 자동화하여 조달 업무 프로세스를 개선한다.



### 생산

IBM, Intel, Siemens, GE의 AI 기반 자율 솔루션은 생산 프로세스를 최적화한다. 이 솔루션은 생산의 정확성과 속도를 높이고, 유지보수 일정을 최적화하고, 위험을 예측하며 데이터 기반 해결책을 제공한다.



### 안전

Veo Robotics의 Veo FreeMove 기술은 첨단 센서와 AI를 사용하여 작업자 안전을 강화하는데, 작업자 행동을 감지하여 안전 프로토콜을 위반한 경우 즉시 기계를 정지시킨다.



### 규제 준수

Automation Anywhere은 규제 요건을 자동화하여 관리하기 위해 AI를 활용한다.



### 품질 관리

AI는 센서 데이터, 이미지 인식 데이터 등을 실시간으로 분석하여 결함을 감지하고 조치한다.



### 공급망

AI는 수요를 예측하여 재고를 최적화하고, 공급망 중단을 최소화하는 등 전반적인 공급망 효율성을 개선한다.



### 예측 유지보수

AI 기반 예측 유지보수 시스템은 센서의 데이터와 과거 유지보수 기록을 토대로 장비를 실시간으로 모니터링한다. 잠재적인 고장이나 성능 저하를 감지하여 선제적으로 유지보수할 수 있다.



### 지능형 로봇틱스

로봇은 AI를 통해 반복적이고 위험한 작업을 자동화하여 수행하고, 사람과 협력하며 전반적인 생산 효율성을 개선할 수 있다.



### 지속 가능성 및 에너지 효율성

AI는 에너지 절감 기회를 찾고, 에너지 효율적인 운영 전략을 추천해준다.



### 협업 제조

AI 기반 플랫폼 및 도구를 통해 공급업체, 파트너, 고객과 연결하여 실시간 정보를 공유하고, 프로세스를 최적화하며, 협업 혁신을 촉진할 수 있다.

반면, 해결해야 할 AI 리스크도 존재한다.



### 사이버 보안

AI는 IIoT 디바이스 및 센서 등 인터넷과 연결되어 상호작용하기 때문에 데이터 보호가 필수적이다. 강력한 인증 프로토콜 구현, 데이터 암호화, 잠재적인 취약성 또는 침입 모니터링이 필요하다.



### 데이터 저장

기업은 데이터 암호화, 접근 제어, 정기적인 백업을 포함한 강력한 데이터 저장 방침을 마련해야 한다. GDPR(일반 데이터 보호 규정) 및 SOC 2 표준과 같은 관련 데이터 보호 규정을 준수하여 민감한 데이터를 보호해야 한다.



### DevSecOps(development, security, and operations)

AI 애플리케이션의 보안을 보장하려면, AI의 전체 라이프사이클을 보안과 통합하는 포괄적인 접근 방식인 DevSecOps가 필요하다.



### 모니터링 및 업데이트

사이버 위협과 취약점은 계속 발전하기 때문에 AI 시스템의 지속적인 모니터링, 취약성 평가, 소프트웨어 업데이트 및 패치 설치가 필요하다.



### 직원 인식과 교육

직원들에게 보안 관련 교육을 실시함으로써 조직 전반의 보안 인식을 높여 직원들의 실수로 인한 보안 위반 가능성을 줄여야 한다.

## 1) 투자

AI에 대한 글로벌 투자는 2018년 796억 달러에서 2022년 말까지 1,896억 달러로 138% 급증했다. AI 시장은 계속 빠르게 성장하여, 시장 가치는 2028년까지 4,200억 달러를 넘어설 것으로 예상된다.

현재 제조 분야에서 AI는 전체 시장의 4% 미만을 차지한다. 그러나 노동 인력 부족 문제를 해결하기 위해 이 분야에 더 많은 투자가 이뤄질 것으로 예상된다. 보고서에 따르면 2030년까지 충원되지 못한 제조업 일자리가 210만 여개 생길 수 있고, 이 중 일부는 AI를 활용해 해결할 수 있을 것이다.

## 2) 인플레이션 대응

AI는 기업이 인플레이션에 대응하는 데 도움을 준다.

### 공급망 전반의 효율성 개선

AI는 공급망 전반에서 효율적인 경로를 파악하고, 수요 변동을 예측하며, 재고 관리를 최적화하여 운영 비용을 줄이고, 인플레이션의 영향을 통제할 수 있다.

### 생산성 향상 및 운영 비용 절감

제조 기업은 로봇틱스와 지능형 시스템 및 자동화를 통해 인건비를 절감하고 인플레이션이 임금에 미치는 영향을 최소화할 수 있다.

### 품질 비용 절감

AI가 제품 결함을 감지해 미리 알려주면, 기업은 재생산이나 반품에 드는 추가 비용을 줄일 수 있다. 예를 들어, GE의 디지털 트윈 기술은 가스 터빈의 온도 상승을 예측하여 47만 5,000달러의 비용을 절감했다.

### 장비가동시간 및 생산성 향상

AI는 IoT 센서를 통해 장비를 실시간으로 분석하여 유지보수 필요성을 예측하고 일정을 사전에 수립한다. 이로써 고장 위험을 최소화하고 장비 성능을 최적화할 수 있다.

### 3) ESG

AI는 기업이 직면한 많은 ESG 과제를 해결하는 데 도움을 준다. 특히 AI가 유용한 분야 중 하나는 재생 에너지의 관리 및 최적화 분야다.

#### 재생 에너지 생산량 예측

재생 에너지를 전력망에 효율적으로 통합하려면 에너지 생산량을 정확히 예측해야 한다. AI는 대기 및 기상 데이터 분석을 사용하여 예측 모델을 개선할 수 있다.

#### 모니터링 및 예측 유지보수

AI는 재생 에너지 시설 상태를 모니터링하고, 미리 정비함으로써 성능을 최적화한다. 가령, Performance for Assets(P4A)은 IBM의 AI 솔루션을 사용하여 풍력 터빈의 센서 데이터를 분석하고, 유지보수의 필요성을 미리 감지해 가동 중단 시간을 최소화한다.

#### 수요 관리

소비자의 전기 수요를 예측하고, 피크 수요 기간을 관리하여 에너지 효율을 높일 수 있다.

#### 리소스 최적화

AI는 제조 공정 중 에너지나 물 자원 사용을 개선할 수 있는 기회를 찾아주며, 이를 통해 기업은 환경 영향을 최소화할 수 있다. 예를 들어, EcoPlant는 IBM AI 솔루션으로 비효율적인 압축 공기 시스템을 최적화하여 에너지 낭비를 최대 50% 줄이고 연간 최대 17만 달러를 절감했다.

#### 재생 에너지 발전소 위치

AI는 바람 패턴, 태양 복사량, 지형 데이터, 전력망 인프라 등의 요소를 분석하여 재생 에너지 시설의 최적 위치를 파악할 수 있다.

#### 지속 가능한 제품 설계

기업은 AI 최적화 및 시뮬레이션 기술을 통해 더 지속 가능한 제품을 만들 수 있다. 엔진 제조업체인 Cummins는 AI 기반 디지털 프로토타입을 설계해 재료를 10~15% 절감했다.



## 4) 인력 관리

제조 기업은 AI 기반의 인력 관리를 통해 운영을 혁신하고 생산 효율을 크게 개선할 수 있다. AI는 아래와 같이 인력 배치를 개선하고, 제조 프로세스를 최적화한다.

### 직원 복지 향상

생성형 AI 챗봇은 직원과 소통하면서 만족도를 분석하고, 기업에 개선 조치를 제안한다.

### 생산성 및 장비 가동 시간 극대화

AI는 생산 라인, 장비 센서, 직원 데이터를 분석하여 최적의 작업 일정을 만들어 생산성을 극대화하고 다운타임을 최소화할 수 있다.

### 직원 번아웃, 이탈 및 결근 감소

AI는 과거 데이터, 설문조사, 성과 지표를 분석하여 직원의 번아웃이나 이탈 가능성을 예측하고, 기업이 선제적으로 대응할 수 있도록 돕는다.

### 교육 개선

AI 챗봇과 대화형 시뮬레이션은 직원 맞춤형 교육 경험을 제공할 수 있다.

### 채용 의사결정 개선

AI는 이력서 분석이나 면접을 수행하여, 기업이 더 객관적인 채용 결정을 내릴 수 있도록 돕는다.

### 인력 배치의 병목 현상 파악

AI는 생산 라인 및 직원 성과 지표와 같은 다양한 데이터를 분석하여 노동력을 효율적으로 배분할 수 있도록 지원한다.

### 직원 역할, 멘토 및 교육 프로그램 매칭

AI는 직원의 역량, 관심사, 성과 데이터를 분석하여 특정 역할이나 멘토, 교육 프로그램 간의 최적의 매칭을 제안한다. 이러한 개인화된 접근 방식은 직원의 역량과 참여도를 높여 성과와 직무 만족도를 향상시킬 수 있다.

### 인력관리 개선

생성형 AI는 가장 효율적인 워크플로를 파악하고 사람이 수행하던 작업을 자동화한다. 예를 들어, 스웨덴 기업인 PostNord는 Quinyx의 AI 도구를 사용하여 일정 및 인력 배치 계획과 보고 절차를 자동화했고, 물류 및 우편 서비스의 효율성을 높였다.

## 03

## Industry 4.0의 힘 발휘하기

많은 제조 기업은 인더스트리 4.0 기술을 도입하여 생산성과 효율성을 높이고, 손실을 줄이며, 직원의 역량을 높이고 있다. 3D 프린팅, 자동화, 웨어러블, IIoT 및 AI와 같은 인더스트리 4.0 기술은 직원들의 반복적인 수동 작업을 줄이고, 간단한 교육만으로 더 다양한 작업을 수행할 수 있도록 도움을 준다.

ESG 실천에 대한 요구가 증가하면서 제조 산업은 환경 영향을 줄이는 데 더 신경을 쓰고 있다. 인더스트리 4.0 기술은 배출량을 줄이고, 에너지와 자원 사용을 최적화하며, 자재 소비를 줄이는 데 도움이 된다. 지속 가능한 제품과 프로세스에 대한 정부, 사회, 고객 및 소비자의 요구가 늘어나면서, 새로운 디지털 도구는 기업의 아젠다를 발전시키는 데 중요한 요소가 될 것이다.

인플레이션 비용을 최소화하고, 인력 관리를 최적화하며 환경에 미치는 영향을 줄이는 데 있어 인더스트리 4.0의 역할은 향후 10년 간 확대될 것으로 예상된다. 또한 자동화 기술은 리쇼어링이나 니어쇼어링을 통해 공급망 붕괴를 극복하려는 기업들에게 자동화 기술은 큰 도움이 된다. Kearney의 2022년 리쇼어링 지수에 따르면, 제조업 경영진의 63%는 제조 운영 리쇼어링의 일환으로 자동화를 확대할 예정이거나 이미 확대했다고 답했다.

디지털 기술과 자동화는 제조업계가 직면한 문제들에 대한 확실한 해결책으로 보일 수 있지만, 가장 중요한 것은 제품 구성, 핵심 프로세스, 공장 인프라 및 인력 문제 등에 따라 어떤 기술 유형이 기업의 생산 요구사항에 가장 적합한지 파악하는 것이다. 목적에 맞는 인더스트리 4.0 전략과 로드맵은 기술 도입 시 발생하는 문제를 줄이고, 기업이 목표를 달성하는 데 도움을 줄 것이다.



KEARNEY

Copyright©2023 A.T. Kearney Korea LLC. All rights reserved.