

WORKING PAPER



기술 시나리오

‘인더스트리 4.0 에서의 인공지능’

주소 34112 대전광역시 유성구 대덕대로 593
(도룡동) 대덕테크비즈센터 10 층

홈페이지 www.smart-factory.kr

Imprint

Publisher

Federal Ministry for Economic Affairs and Energy
(BMWi)
Public Relations
11019 Berlin
www.bmwi.de

Text and editing

Plattform Industrie 4.0
Bertolt-Brecht-Platz 3
10117 Berlin

Design and production

PRpetuum GmbH, 80801 Munich

Last updated

March 2019

Picture credits

danchooalex/iStock (Cover)
ipopba/iStock (p. 5, 9, 10)
metamorworks/iStock (p. 20)
gorodenkoff/iStock (p. 30)

This publication as well as further publications can be obtained from:

Federal Ministry for Economic Affairs and Energy
(BMWi)
Public Relations
Email: publikationen@bundesregierung.de
www.bmwi.de

Central procurement service:

Tel.: 030 182722721
Fax: 030 1810272271

This brochure is published as part of the public relations work of the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy. It is distributed free of charge and is not intended for sale. The distribution of this brochure at campaign events or at information stands run by political parties is prohibited, and political party-related information or advertising shall not be inserted in, printed on, or affixed to this publication.

기술 시나리오

‘인더스트리 4.0 에서의 인공지능’

지은이 독일 플랫폼 인더스트리 4.0

옮긴이 송형권

펴낸곳 스마트제조혁신추진단

발행인 박한구



Table of Contents

서문	3
도입	5
인공지능 정의	7
인더스트리 4.0 관점에서 본 인공지능.....	9
인공지능의 기술 개발	11
인공지능은 왜 흥미로운가?	13
인공지능이 창출하는 새로운 기회	15
산업 생산에서 인공지능을 통한 자율성 수준.....	18
인간이 시스템 범위를 정합니다	31
인공 학습의 교수법	33
연계된 양질의 데이터가 인공지능을 가능하게 합니다	36
데이터의 가용성	37
데이터는 가치가 있습니다	38
플랫폼 인더스트리 4.0 의 인공지능.....	39
인공지능의 산업 활용에 관한 연구 필요성.....	47
시민과 산업 토론에서의 인공지능.....	49
현재까지의 인공지능 논의 요약	52

서문

인공지능 (Artificial Intelligence, AI)의 활용은 오늘날 주요 혁신 동력으로 간주됩니다. 민간 영역 혹은 공공 영역이나 경제 분야 등, 인공지능은 사회 전체에 영향을 끼치고 있습니다. 하지만 새로운 주제는 아닙니다. 인공지능의 발상, 원칙과 기술은 이미 지난 세기 중반에 개발되기 시작하였습니다. 그러나 당시에는 한정된 디지털 메모리 용량, 컴퓨터 처리 능력과 네트워크 대역폭으로 기술이 제한되었습니다. 그동안 인공지능에 필요한 디지털 기술과 인공지능 분야가 꾸준히 발전하면서, 오늘날 인공지능이 이미 전반에 걸쳐 효율적으로 사용할 수 있게 되었습니다.

인공지능은 “인간이 수행할 경우 지능이 필요한 작업을 컴퓨터가 실행할 수 있는 여러 방법들”이라는 관점으로 이해할 수 있습니다. 지능 자체는 정의하기 어렵지만, 학습할 능력이 없고, 문제를 스스로 해결할 수 있는 능력이 없는 것을 지능적이라고 간주할 수 없다는 데 일반적으로 동의합니다. 따라서 기계 학습 (Machine Learning, ML)은 인공지능의 중요한 분야 중 하나이지만, 유일한 것은 아닙니다. 오늘날 인공지능 분야에서 가장 성공적인 사례는 학습과 문제 해결이 조합을 이루는 것입니다. 그러나 기계가 학습하려면 데이터가 필요합니다. 즉, 단 한번 분석을 하기 위한 대량 데이터, 반복하여 학습하기 위한 많은 데이터, 계속 학습하기에 필요한 연속 데이터 등입니다. 데이터를 기반으로 하고, 교묘한 연결을 통해, 기계학습은 복잡성을 줄이고 이벤트나 패턴을 감지하여, 이벤트를 설명하거나 예측하거나 작업을 수행하는데 사용할 수 있습니다. 일반적인 'if-then' 형태의 프로그래밍, 또는 전형적인 자동화와 제어 엔지니어링 없이도 말입니다. 디지털화는 모든 분야에서 꾸준히 진행되고 있으며, 대량 데이터를 자동으로 제공하게 합니다. 인공지능이 다양한 혜택을 제공하는 데 필요한 바로 그 데이터입니다.

다양한 분야에서 인공지능 활용에 거는 기대가 높습니다. 이미 적용되고 있거나 적용 가능한 매우 다양한 분야, 그리고 현재 인공지능에 초점을 맞추고 있는 정치권, 과학계, 소비자 부분 등입니다. 인공지능과 관련한 기술 문제 이외에도, 몇 가지 만 예로 든다면, 데이터 주권, 직업의 미래, 윤리적 사용에 대한 문제 등도 있습니다.

새로운 기술과 인공지능을 사용하여 산업 생산은 혁신을 촉진할 수 있습니다. 이러한 관점에서 성공을 위해서는 두 가지 요소가 필수입니다. 첫 번째는 **인공지능을 능숙하게 다루는 법**을 배우려는 의욕이 있고 자격을 갖춘 직원이 필요합니다. 두 번째는 **인공지능을 지지하는 환경**이 필요합니다. 이 환경은 인공지능을 안전하고 체계적으로 사용하고, 국내외에서 인공지능을 쉽게 수용하는 분위기를 조성합니다. 이 문서는 플랫폼 인더스트리 4.0 과 워킹 그룹 내의 다양한 관점으로부터 인공지능이 산업 제조, 인더스트리 4.0 에 미치는 영향에 대하여 차별화된 견해를 제공합니다. 또한 인공지능을 위한 독일 플랫폼 (Plattform Lernende Systeme, Germany's

platform for artificial intelligence)과 독일 연방 경제에너지부의 기술 프로그램 스마트 서비스 세계 (Smart Services Worlds)의 지원 연구도 참여하였습니다. 이 문서는 독자가 인공지능을 이해하도록 돕고, 일련의 효과들을 인지하고, 스스로 결론을 내리게 하기 위한 것입니다.

이 문서가 지향하는 목적은 인공지능이 펼치는 새로운 가능성을 설명하고, 자율 자동화 공정을 다양한 수준으로 분류하는 것입니다. 이 분류는 수동에서 자율에 이르기까지 인공지능을 사용하여 산업 공정을 설계할 수 있는 방법을 제공하지만, 이 분류를 자율 자동화 수준 평가로 이해해서는 안 됩니다. 인공지능 용도에 대해 논의하고 향후 조치를 권장할 수 있는 근거를 제공합니다.

플랫폼 인더스트리 4.0 워킹 그룹들은 이 문서를 보충하기 위해 다른 문서들을 저술하였습니다. 이 문서들은 법률 분야 ('인더스트리 4.0 과 관련된 인공지능과 법률 *Artificial Intelligence and Law in the Context of Industrie 4.0*')와 보안 문제 ('인더스트리 4.0 보안 측면에서의 인공지능 *Artificial Intelligence (AI) in the Security Aspects of Industrie 4.0*')와 관련하여 특별한 요구 사항과 조치를 촉구하는 사항 등을 다룹니다.

도입

인공지능은 독일 경제력을 유지하는 데 없어서는 안될 핵심 기술중의 하나로 간주됩니다.¹ 인더스트리 4.0 공정 분야 외에, 인공지능은 제조업과 서비스업에서도 부가 가치를 제공할 수 있는 큰 잠재력을 보여줍니다. 생산과 제도가 현재 중점을 두는 제품이 인더스트리 4.0 에서는 보다 더 솔루션과 고객 지향 개념으로 바뀌고 있습니다. **엄격하게 정해진 생산과 가치 사슬이 미래에는 유연하고 매우 역동적인 제조와 서비스 생태계 시스템으로 전환될 것입니다.** 이는 주문에 따라 완전하게 개별 생산을 가능하게 할 것입니다. **고객 맞춤 요구 사항을 시작으로, 생산 시스템은 자율적으로 준비하고, 생산과 물류는 인공지능 지원에 힘입어 스스로 최적의 계획을 수립합니다.** 산업 공정에서 인공지능을 구현하는 데 필수적인 것은 데이터 출처, 학습 방법, 시스템 범위, 작업 공정과 인간의 개입을 구조화하고 연결하는 관리 셸 (administration shell)입니다. 또한 참조 아키텍처 모델 인더스트리 4.0 (Reference Architecture Model Industrie 4.0, RAMI 4.0) 네트워크 구성 요소의 구조화되고 표준화된 기능과 인터페이스는 인공지능 기술을 산업 생산 또는 엔지니어링에 통합하는 데 유용한 기반을 제공합니다.

이러한 공정을 더 잘 이해하기 위해, 산업 작업 공정에서 인공지능 기술 활용의 기회와 도전은 플랫폼 인더스트리 4.0 워킹 그룹 2 - 기술과 적용 시나리오 - 의 활동과 함께 논의됩니다. 또한 다른 모든 워킹 그룹을 아우르는 프로젝트인 '인더스트리 4.0 을 위한 인공지능'이라는 프로젝트 그룹도 논의에 참여하고 있습니다. 인공지능을 위한 독일 플랫폼 (Plattform Lernende Systeme, Germany's platform for artificial intelligence), 연방 인공지능 협회 (the KI Bundesverband e.V., Federal Association for Artificial Intelligence), 독일 연방 경제에너지부의 기술 프로그램인 스마트 서비스 세계 (Smart Services Worlds)의 지원 연구 프로젝트와도 진지하게 정보를 교환하고 있습니다.

산업 관점에서 볼 때, 인공지능 기술은 기술 시스템이 환경을 인식하고, 인식한 것을 처리하고, 문제를 독립적으로 해결하고, 문제 해결을 위해 새로운 방법을 찾고, 결정을 내리고, 특히 작업과 공정을 더 능숙하게 실행할 수 있도록 경험하며 배우는 방법과 절차로 이해되어야 합니다. **인공지능 기술을 사용하는 목적은 산업 공정에서 효율성을 높이는 것입니다.** 이와 관련된 것은 비용, 속도, 정밀도 또는 인간이 할 수 있는 것 이상의 문제를 해결하는 역량과 같은 요소입니다. 일반적으로 **산업 공정에서 더 높은 수준의 자율성은 인지 능력을 통해서만 달성될 수 있다고** 생각하고 있는 데, 인공지능 기술이 바로 그 인지능력을 제공할 수 있습니다. 인공지능이 가지고 있는 역량과 인공지능을 사용하는 정도에 따라, 공정에서 인간이 개입해야 할 필요성은

¹ https://www.bmbf.de/files/180718%20Eckpunkte_KI-Strategie%20final%20Layout.pdf.

줄어듭니다. 그러나 여기서는 인간이 정의한 시스템 범위 내에서 이루어지고, 인간이 지켜보는 인공지능 기술이 실행하는 인공지능 기반 의사 결정 과정만을 논의하고자 합니다. 현재 사용 중이거나 가까운 미래에 산업 분야에서 사용할 거의 모든 인공지능 시스템을 포함하고 있습니다.

이 문서는 산업 공정에서 자율성 수준을 기반으로 인공지능 기술을 사용하는 정도에 대해 설명합니다. 자율성 수준은 시스템이 자동화되고 자가 학습 방식으로 복잡한 상황을 얼마나 독립적으로 처리할 수 있는 지에 따라 달라집니다. 이 논의는 기술 문헌 (예를 들어, 현대 시뮬레이션 실험에 대한 문헌)을 참고하고 있습니다. 기술 문헌은 산업 총 공정 단계와 자율 공정 단계 사이의 관계를 정의하는 자율성 지수를 활용하여 생산 시스템의 자율성 최적 수준을 확인할 수 있는지를 조사합니다.² 프로젝트 그룹 '인더스트리 4.0 을 위한 인공지능'의 작업도 자율 주행 자동차의 (자율 주행) 수준에 대한 논의와 일치합니다.³ 이 문서는 프로젝트 그룹이 현재 논의하고 있고, 향후 지속적으로 논의할 것들을 설명합니다.

역주: 플랫폼 인더스트리 4.0 은 독일 연방정부 부처 간의 통합 단체로 독일 연방 경제에너지부와 교육연구부 대표들, 산업계, 과학계, 협회와 노동 조합의 전문가들이 모여 다양한 주제별 워킹 그룹에서 운영 솔루션을 개발합니다. 제조업의 디지털 변환 (Digital Transformation)을 추진하고 있습니다. 독일의 네트워크로서 변화를 추진하고 기술 기반을 개발하며 전 세계에 영향을 미치고 있습니다. 인더스트리 4.0 은 정보 통신 기술의 도움으로 산업용 설비와 공정을 지능적으로 연결하는 것 (intelligent networking)을 의미합니다.

출처: Plattform Industrie 4.0, <https://www.plattform-i40.de/PI40/Navigation/EN/Industrie40/WhatIsIndustrie40/what-is-industrie40.html>.

² Gronau: Der angemessene Grad von Autonomie in Cyber-Physischen Produktionssystemen: Industrie 4.0 Management 34 (2018) 6. Gronau: The appropriate degree of autonomy in cyber-physical production systems: Industry 4.0 Management 34, 그로나우, 사이버 물리 시스템에서 적절한 자율성 수준: 인더스트리 4.0 경영 34 (2018) 6, 독일어 서적.

³ SAE International: Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles, J3016_201806, Rev 2018-06-15. 미국 자동차기술자 협회 SAE 가 6 단계로 분류한 자율주행 자동차의 자율주행 기술 수준.

인공지능 정의



일반적인 관점에서 볼 때, 인공지능은 컴퓨터 과학의 하위 분야입니다. 인공지능은 인간이 수행할 경우 지능이 필요한 작업을 컴퓨터가 실행할 수 있는 방법과 기술을 다룹니다.⁴ 독일 기술자 협회 (VDI, Association of German Engineers)가 준비한 인공지능에 대한 보고서는 '인공지능은 독립적이고 효율적으로 작업을 처리할 수 있는 역량으로 기술적 시스템을 보완한다'라고 기술적으로 정의하였습니다.⁵ 그러나 인공지능에 대하여 일반적으로 받아들여지고 분명하며 정확한 정의는 아직 없습니다.⁶ 인공지능은 많은 데이터로 학습한 후 작업을 실행하고, 그 후에는 가능하면 다른 방법과 함께 이미 알고 있는 데이터를 바탕으로 결정을 내릴 수 있는 컴퓨터 시스템으로 자주 묘사됩니다. 학습 데이터의 품질과 양에 따라, 인공지능 시스템은 '올바른' 행동으로 여겨지는 것을 실행할 수 있습니다. 학습 알고리즘의 도움으로, 인공지능 시스템은 학습 모델을 최적화하고 데이터와 지식 기반을 확장하여 작업 중에도 학습을 계속할 수 있습니다.⁷

현재 인공지능에 대하여 부푼 기대를 갖는 이유는 핵심 기술 기능에 있습니다. 즉, 인공지능은 원칙적으로, 학습, 계획, 문제를 해결하는 인간과 인간의 합리적인 사고와 행동을 모두

⁴ Gabler Wirtschaftslexikon. (Gabler Business Encyclopedia Online, 가블러 온라인 독일어 비즈니스와 어휘 사전)

⁵ VDI-Statusreport Künstliche Intelligenz, Oktober 2018. 인공지능 현황 보고서, 독일 기술자 협회, 2018.10.

⁶ Stuart Russell, Peter Norvig: Künstliche Intelligenz: Ein moderner Ansatz. München, 2012. Online-Ressource: <http://aima.cs.berkeley.edu/>. (한글 판 - 스투어트 러셀, 피터 노빅 지음, “인공지능: 현대적 접근방식”, 제 3 판, 제이펍, 2016.01.29)

⁷ Glossary of the Plattform Lernende Systeme: <https://www.plattform-lernende-systeme.de/glossar.html>. “인공지능을 위한 독일 플랫폼” 용어 해설

형식화하는 데 사용될 수 있기 때문입니다. 핵심 기술 기능은 이미지와 음성 인식, 지식 습득, 기계 학습, 논리적 추론의 인지 파악 및 자동화, 산업 자동화 공정의 계획 및 구현 등이 포함됩니다. 현재 사용 중인 인공지능은 인간 지향적이며, 컴퓨터를 활용하여 인공지능 시스템으로 인간 활동을 지원하는 데 중점을 둡니다.

인공지능의 가능성에 대한 설명을 단순화하기 위해, 인공지능 기술을 적용하면서 '약한' 인공지능과 '강한' 인공지능으로 나누는 경우가 많습니다.⁸ 약한 인공지능은 마치 기계가 지능적인 것처럼 작동하는 기계적 역량으로 이해됩니다. 기계가 실제로 '생각'을 한다면 강한 인공지능일 것입니다, 즉, 생각하는 것을 단순한 흉내 내는 것이 아닐 때 말입니다. '약한' 인공지능과 '강한' 인공지능의 차이를 둘러싼 철학적 논쟁은 이 문서에서 다루지 않습니다. 현재 인공지능을 기술적이거나 과학적으로 설명하는 데 이 두 가지를 구별하는 것은 별 의미가 없습니다.

⁸ IEC White Paper: Artificial intelligence across industries; 2018. 국제전기기술위원회 백서: 산업 전반의 인공지능; 2018

인더스트리 4.0 관점에서 본 인공지능

산업 관점에서 볼 때, 인공지능 기술은 기술시스템이 환경을 인식하고, 인식한 것을 처리하고, 문제를 독립적으로 해결하고, 문제 해결을 위해 새로운 방법을 찾고, 결정을 내리고, 특히 작업과 공정을 더 능숙하게 실행할 수 있도록 경험하며 배우는 방법과 절차로 이해되어야 합니다.

기능 면에서, 여기서는 스스로 결정할 수 있는 인간 능력을 기술적으로 구현한 형태로 인공지능을 이해하고 있습니다. 인간이 하는 행동을 모방하려는 의도는 없습니다. 산업 공정에서는 효율성을 높이기 위해 인공지능 기술을 활용합니다. 주요 목표는 비용을 절감하고, 시간을 절약하고, 품질을 개선하며, 산업공정에서 건전성을 높이는 것입니다. 그러나 동시에, 인공지능은 생산 공정과 인접 공정을 원점에서 쇄신하고, 인공지능을 통해서나, 인공지능으로 제품이나 서비스를 풍부하게 하고, 새로운 비즈니스 모델을 구현할 수 있게 합니다. 이러한 목표를 통해 적응 능력과 문제 해결 능력을 갖춘 더 나은 산업 공정으로 더 쉽게 발전할 것입니다. 따라서 산업 공정에서 자율성 수준은 시스템이 특정 시스템 범위 내에서 복잡한 상황을 어떻게 독립적이고 자동으로 처리할 수 있는 지에 따라 달라집니다. 원칙상, 복잡적이고 복잡한 과정을 통달하려면 경험과 지능적 절차를 통해 얻은 지식이 필요합니다. 따라서 단순한 if/then 루틴과 전형적인 자동화 및 제어 절차와 더불어, 인공지능이 산업 공정에서 복잡한 상황을 능숙하게 처리하는 데 특히 적합한 것으로 보입니다.

독일 연방 경제에너지부가 PAiCE 기술 프로그램과 함께 후원한 연구에서, 제조업 기업들은 부가 가치의 약 3분의 1이 인공지능 애플리케이션과 연계될 것으로 기대한다고 주장했습니다. 예를 들어, 구매, 생산, 엔지니어링, 유통 또는 (판매 후) 서비스 분야에서 높은 수준의 자율성을 달성함으로써 가능합니다.⁹ 그러나 이런 기대에도 불구하고, 산업 기업에서 인공지능을 실제로 사용하는 정도는 여전히 상당히 낮습니다. 그 이유는 인공지능을 기업 구조와 전체 부가 가치

⁹ 'Potenziale der künstlichen Intelligenz im produzierenden Gewerbe in Deutschland', a study of the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy. Carried out by PAiCE supporting research of the VDI/VDE Innovation + Technik GmbH, 2018. '독일 제조에서의 인공지능의 가능성', 독일 연방 경제에너지 부의 연구, VDI / VDE Innovation + Technik 회사, 2018의 PAiCE 지원 연구에 의해 수행되었습니다. [역주: PAiCE는 Platforms, Additive Manufacturing, Imaging, Communication, Engineering의 약자입니다.]

사슬과 통합하는 데 엄청난 변화와 지출이 필요하다는 데 있습니다. 그러나 대기업들은 인공지능을 로봇 공학 또는 자원 관리 분야에 활용하는 경향이 있습니다. 중소기업에서는 지식 관리, 품질 관리 또는 구매 공급망 최적화 분야에서 활용하고 있습니다. 이러한 인공지능 활용은 컴퓨터 비전, 자연어 처리, 공정 계획 및 최적화를 기반으로 합니다. 인공지능을 적용할 때 실제 가치는 인공지능 기술로 시스템의 자율성이 상승하고, 이와 관련된 부가 가치를 실현하는 데 있습니다.

인공지능 기술을 활용하는 데는 더 높은 수준의 자율성이 현재 인간이 아직 도달할 수 없는 목표나 기능을 궁극적으로 달성할 수 있게 될 것이라는 기대와 망설임이 현재 공존합니다. 그러나 인공지능 활용이 어떤 영향을 미칠지는 현재 상세하게 예측할 수 없습니다. 생산 시설 제어와 최적화, 이와 관련하여 가능한 효율성 향상 외에도 인공지능이 미치는 가장 큰 영향은 비즈니스에서 고용 조직에 있습니다. **인공지능 기술을 반복적인 작업이나 주로 공정 관련 작업을 대체하려는 경향은 새로운 종류의 직무 프로파일과 직무 분야를 창출하는 것과 궤를 같이하고** 있습니다. 인간과 인간, 인간과 설비 사이에도 새로운 협력 형태가 만들어지고 있습니다. 따라서 장기적으로 볼 때, 전체 고용 구조가 변화할 수 있습니다. 예를 들어, 인공지능이 인력보다 더 낮고 안정적이며 비용면에서 더 효율적일 경우에, 간단한 일상 업무를 인공지능이 실행하는 것입니다. 그러나 인공지능이 인간을 위해 어느 정도 여유 공간을 만들 수 있는 분야가 이미 많이 있습니다. 예를 들어, 영속적으로 작업 부하가 많거나 지나치게 복잡하여 인간이 한계에 부딪친 분야들입니다.

인공지능의 기술 개발

인공지능은 20 세기 후반에 개발되기 시작하였습니다. 시작은 손으로 코딩하는 수준이었으며, 그 목표는 지식을 축적하는 것이었습니다. 당시 PROLOG 와 LISP 같은 논리 지향적이거나 기능적 프로그래밍 언어를 사용하여 전문가 시스템 (Expert System)을 개발하려고 노력했습니다. [역주: PROLOG 는 1972 년에 프랑스에서 개발되었고, 프랑스어 Programmation en logique (영어 programming in logic)의 줄인 말로, 논리형 고급 프로그래밍 언어입니다. LISP 는 List Processor 의 약자로 1958 년에 미국에서 인공지능용으로 개발된, 인공지능 지향의 프로그래밍 언어입니다.] 이러한 지식 기반 시스템을 개발하려는 노력이 큰 존재론적 프로젝트 (ontological project)로 발전하였고, 21 세기 첫 10 년 동안 대단한, 특히 특정 응용 분야가, 지원을 받았습니다. 그러나 대량 데이터, 대용량 컴퓨팅 역량, 최신 알고리즘으로 기계학습이 지난 10 년 동안 새로운 표준을 만들어 왔으며, 지식 기반 접근 방식을 뒤로 물러나게 했습니다. 지금 생각해보면, 미래 인공지능 모델은 데이터 기반과 지식 기반 접근 방식을 결합한 모습일 것으로 보입니다. 통계적 학습에만 필요한 방대한 양의 데이터는 일부 영역에서는 단순히 사용할 수 없거나, 현장에서 예기치 않은 현상을 보이는 흥미로운 드문 사례를 찾아내는 데 방해가 됩니다. 기계 학습을 활용하기 위한 사양, 검사와 검증에는 지식 기반 접근 방식도 필요합니다.

현재 사용되고 있는 인공지능 기술은 합리적 모델과 행동적 모델로 분류됩니다.¹⁰ 인간이 기계와 소통하는 경우, 일반적으로 행동적 인공지능 기술이 사용됩니다. 예를 들면, 기계용 자연어 처리입니다. 그러나 비용 최적화, 특정 환경에서 개체 또는 작동 인식, 복잡한 계획 공정과 같은 산업 공정에서는 합리적 인공지능 기술을 개발하는 경향이 있습니다. 여기에는 컴퓨터 비전, 공정 계획과 최적화가 포함됩니다.

오늘날 인공지능 애플리케이션의 원동력이고, 전 세계 인공지능 연구의 주요 과제 중 하나는 기계 학습입니다. 기계 학습은 매우 복잡한 사용 사례에 대한 알고리즘을 변수화하여 통계적으로 학습합니다. 기계 학습을 통해 시스템은 사전에 학습한 데이터와 수집된 공정 데이터를 비교하여 패턴과 원칙을 인식합니다. 적절한 알고리즘의 도움으로 기계 학습은 발생한 문제에 대하여 스스로 해결책을 찾을 수 있습니다.

기계 학습은 세 가지로 구분합니다 - 지도 학습, 비지도 학습, 강화 학습. 보다 구체적인 (부분) 적용은 회귀 및 분류, 구조 인식 및 구조 예측, 데이터 생성 (샘플링) 및 자율 작업입니다.

¹⁰ 'Potenziale der künstlichen Intelligenz im produzierenden Gewerbe in Deutschland', a study of the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy. Carried out by PAiCE supporting research of the VDI/VDE Innovation + Technik GmbH, 2018. [역주: 주석 9 와 같은 보고서입니다.]

지도 학습의 경우, 시스템은 알려진 입력 데이터와 해당 알려진 출력 데이터의 상관 관계를 통해 학습합니다. 시스템이 결함이 있는 예제를 사용하여 훈련하면 결함이 있는 상관 관계를 배우기 때문에, 지도 학습에서 올바른 데이터를 사용하는 것이 매우 중요합니다.

비지도 학습의 경우, 시스템은 입력된 예제 데이터만을 사용하여 학습하고, 알려진 출력과는 상관 관계가 없습니다. 데이터 그룹을 형성하고 확장하는 방법, 일반적인 내용, 편차가 발생하는 위치를 통해 배웁니다. 이를 통해 사용 사례를 정의하고 오류를 감지할 수 있습니다.

강화 학습에서, 시스템은 주어진 문제에 대한 해결책을 제시하고 제시한 해결책에 대하여 긍정적이거나 부정적인 피드백을 받는 시행 착오 과정을 통해 학습합니다. 관련된 보상 구도에 따라 인공지능 시스템은 적절한 기능을 수행하는 방법을 배웁니다.¹¹

연속적으로 상위의 숨겨진 네트워크 계층에서 계층적 특성 구조로 학습하는 것을 심층 학습이라고 합니다. 복잡하고 대량의 데이터를 분석하는 것은 지도 및 비지도 학습을 적용하는데 가장 중요한 분야입니다.¹²

다음 단계는 적절한 인공지능을 사용하여 상황에 따라 작업을 숙달하는 것에 중점을 두게 될 것입니다. 이 수준에 실제로 도달할 것인지와 시기는 아직 불확실합니다. 다음 단계를 위해서는 기계가 세상에 대한 지식, 즉 일종의 '세계 모델'에 대한 지식을 가져야 할 수도 있고, 스스로 인위적인 도덕성을 지녀야 할 수도 있습니다. 현재로서는 이것을 어떻게 이루거나 창출할 수 있는지 불분명합니다. 또한 **인공지능 응용 프로그램은, 기능이 인간에 의해 아직 완전히 이해되지 않는 일종의 기계, '블랙 박스'로 흔히 인식되곤 합니다.** 이것은 인공지능이 어떻게 통제되고, 이해할 수 있는 방식으로 사용될 수 있는지에 대한 의문을 제기합니다. 다시 말해서, 기술적인 용어로 말한다면, 문제는 이러한 시스템을 사전에 명기하고 추후에 검사 및 검증을 할 수 있느냐 하는 것입니다. 이는 특히 산업 공정에서 중요합니다. **엔지니어링 및 운영 공정, 성능의 자격 및 수용 공정, 표준화 공정에서 이해력 (예: 기능 안전 적용에 관한 경우) 등은 산업 공정에서 중요한 구성 요소이기** 때문입니다.

¹¹ Study conducted by the VDMA (Mechanical Engineering Industry Association of Germany) 'Machine Learning in Mechanical and Plan Engineering'. '기계와 계획공학에서의 기계학습', 독일기계산업협회 (VDMA) 연구.

¹² <https://www.mckinsey.de/news/presse/kunstliche-intelligenz-potenzial-von-neuronalen-netzen-gigantisch>. McKinsey, "인공지능: 신경망의 잠재력은 대단하다 Artificial intelligence: The potential of neural networks is gigantic", 맥킨지, 2018.04.20.

인공지능은 왜 흥미로운가?



비 전문가들은 종종 인공지능을 모호하거나 심지어 신비한 것으로 간주합니다. 이는 인공지능이 인간 기량과 경쟁하는 속성 때문입니다. 인공지능은 일반적으로 우리에게 명확하지 않은 방식으로 작동하며, 인간 지능과 비교하면 우리를 당황하게 만듭니다. 예를 들어, '바둑'의 경우, 인공지능이 많은 경우의 수를 놀라운 속도로 처리하는 능력에 우리는 매우 깊은 인상을 받고 있습니다. 그러나, 오늘날 알려져 있는 모든 인공지능 적용 분야는 매우 전문화되어 있으며, 일반적으로 적용할 수 없습니다. 실제 적용에 앞서 모든 새로운 작업은 광범위한 훈련이 필요하며, 사용 중에도 계속 훈련하고, 훈련을 통해 인공지능 시스템이 계속하여 최적화할 수 있습니다. 인간이 수행할 수 없거나 관련 데이터로 인해 충분히 빠르게 수행할 수 없는 경우, 인공지능 시스템은 일반적으로 미리 정해진 규칙과 시스템 범위 내에서 작동합니다. 이것이 자주 인공지능이 일종의 '서번트 증후군'을 가지고 있다고 여겨지는 이유입니다. [역주: 서번트 증후군은 자폐증이나 지적장애를 가진 사람이 암산, 기억, 음악, 퍼즐 맞추기 등 특정 분야에서 매우 우수한 능력을 발휘하는 현상입니다.] 알파고와 같이 바둑을 두는 인공지능은 자동차를 운전할 수 없으며, 이미지를 인식할 수 있는 인공지능은 음성 언어를 이해할 수 없습니다. 따라서 컴퓨터로 인간의 생각을 직접 복제하는 것은 현재 관심사가 아닙니다.

오늘날 인공지능 시스템이 데이터를 초고속으로 처리하고 해법을 제시할 수 있는 능력은 인간이 할 수 있는 것 이상입니다. 인간은 보편적으로 기계보다 더 지능적이지만, 작업을 수행하는 데 걸리는 시간과 감각 기관을 통해 데이터를 인식할 수 있는 역량에는 한계가 있습니다. 예를 들어, 인간은 패턴이나 오류를 인식하는 데 아무런 문제가 없습니다. 그러나 빠르게 변화하는 공정

신호와 같은 대량의 데이터에는 대응할 수 없습니다. 외부 포장에서 결함을 찾아내는 것과 같은 연속적이고 단조로운 작업에서도 마찬가지입니다. 이 경우 인간은 곧 피로를 느끼게 됩니다.

인공지능은 산업 공정에서 자동화된 작업과 인간 간의 상호 작용 또는 끊임없이 증가하는 팀 사이의 작업을 민첩하게 도와 주고, 효율성을 창출할 수도 있습니다. 이를 위해서는 관련 데이터를 생성하기에 충분하며 강력하고 효율적인 센서, 정보 분류를 위한 데이터의 정의 및 해석 역량, 엣지와 중추 시스템으로 데이터를 전송하기 위한 유연한 통신 인프라가 필요합니다. 이는 공정을 보다 효율적으로 만들고, 모든 관련자들의 이익을 위해 투명성을 제공합니다.

여기에 인공지능이 더해집니다. 인공지능이 문제를 해결하거나, 예기치 않은 현상을 알리거나, 현재 수준에 너무 복잡하거나 인간에게 너무 복잡한 상관관계를 단순화하는 데 사용 가능한 데이터를 활용합니다. 이러한 문제는 작업 자체 또는 일부 프로젝트의 도전적인 특성 때문에 발생할 수 있습니다. 프로젝트는 종종 복잡성을 극복해야 하는 어려움에 직면하고 계획 대비 비용, 마감 시간과 자원을 확인하고 준수해야 합니다.

인공지능이 창출하는 새로운 기회



인공지능 기술은 많은 잠재력을 가지고 있다고 말합니다. 산업 생산에서 품질을 개선하고 비용을 절감하는 동시에 생산 시간을 단축하며 작업 공정의 건전성을 높일 수 있습니다. 또한 사용자는 자원을 줄이고, 에너지 소비를 최적화하고, 물류 과정을 개선할 수 있어 지속 가능한 잠재력을 기대하고 있습니다. 동시에, 인공지능은 아이디어, 제품 창조, 엔지니어링, 생산과 인접 공정의 개선, 제품이나 서비스를 풍부하게 하고, 새로운 비즈니스 모델을 구현할 수 있게 합니다. 따라서 인공지능은 모든 산업 영역뿐 만 아니라 인더스트리 4.0 에도 영향을 미칩니다.

인공지능의 효율성과 적용은 여러 특정 요소에 따라 결정됩니다. 가장 중요한 것은 학습 단계에서 정보의 품질, 가용성과 해석 역량입니다. 인공지능을 개발하거나, 응용 프로그램으로 전송하거나, 인지된 비정상 또는 의존도를 평가하거나, 이를 증명하고 평가 체계와 통합하는 사람들의 전문적인 자격도 똑같이 중요합니다.

산업 생산에서 주요 부분은 이미 특정 작업과 영역에서 간단한 형태이지만 광범위하게 자동화를 실행하고 있습니다. 예를 들어, 미리 정해진 프로그램으로 항상 일정하게 실행되는 공정들입니다. 미래에는 제품 다양성, 공정 유연성 또는 비용에 대한 요구가 증가함에 따라 보다 유연하고 독립적인 자동화를 더 많이 요구할 것입니다. '자율시스템 전문가 포럼' (하이테크포럼 Hightech-Forum 자문위원회) 최종 보고서는 경제, 과학 및 사회를 위한 자율시스템의 중요성을 상세히 설명하였습니다.¹³ 자율시스템을 구축하는 기반은 센서학, 로봇 공학과 기계 학습입니다. 산업 생산에 활용하기 위해서는, 인간과 설비의 상호 관계에서, 자율시스템이 같이 작업하는 인간의 행동에 적응할 수 있어야 한다는 것이 특히 중요합니다. 여러 개의 자율 (하위) 시스템이 함께 한 단계 높게 전체로 하나의 자율시스템을 형성할 수 있습니다.

'자율시스템'은 기술 문헌에서 수동 개입 없이 작업 중 예기치 않은 사건에 대한 스스로 작업을 조절할 수 있는 시스템으로 정의됩니다.¹⁴ 산업적 관점에서 인공지능 기술을 사용할 때는 산업 공정과 지능형 기술시스템의 사용에 대한 인간 개입의 필요성을 줄이고, 정해진 시스템 범위 내에서 독립성을 높여야 합니다. 기술시스템이 복잡해지는 경우, 인간이 먼저 결정을 내릴 수 있도록 해야 합니다.

지능형 기술시스템은 서로 연결하고, 민첩하게 조절하고, 수명 주기 동안 지속적으로 스스로 수정하고, 외부 영향에도 불구하고 견고함을 유지하는 역량 등이 특징입니다. 또한, 글로벌 부가가치 사슬에서 고객 지향 서비스 및 역량을 통해 풍부해지면서, 지능형 기술시스템은 다양한 정보를 생성하고, 활용하며, 점점 더 복잡 해집니다.

인공지능을 사용하면 시스템이 명확하게 지정된 시스템 범위 내에서 인간의 도움 없이도 독립적으로 업무를 실행할 수 있습니다. 인공지능 기술은 강력한 적응력과 문제 해결 능력을 요구하는 예기치 않은 작업을 실행할 때 가장 가치가 있는 것으로 여겨집니다. If/then 규칙을 사용하여 특정 작업을 실행하도록 프로그래밍된 자동화 시스템은 그렇지 않습니다. 이 자동화

¹³ Forum Autonome Systeme: Chancen für Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft, Abschlussbericht 2017. 자율시스템 전문가 포럼: 경제, 과학 및 사회를 위한 기회와 위험, 최종보고서, Autonomous Systems Expert Forum - Opportunities and Risks for Business, Science and Society, Final Report, 2017.03.20, <https://www.acatech.de/publikation/fachforum-autonome-systeme-chancen-und-risiken-fuer-wirtschaft-wissenschaft-und-gesellschaft-abschlussbericht/>

¹⁴ D. P. Watson, D. H. Scheidt, 'Autonomous Systems', Johns Hopkins APL Technical Digest, Vol. 26, No. 4, 2005. '자율시스템', 존스홉킨스 응용물리실험실 (Applied Physics Laboratory) 기술 다이제스트.

시스템은 자율 실행이 가능하지만, 제한적입니다. 왜냐하면, 복잡하고 지능적인 기술시스템과 같은 의사 결정 능력이 없기에, 예측된 상황에만 대응할 수 있기 때문입니다. 전형적인 자동화 및 제어 엔지니어링을 사용하는 프로그램도 대부분 마찬가지입니다.

자율시스템은 준비 단계에서부터 부가 가치 사슬을 따라 계속해서 활용됩니다. 즉, 요구 사항 분석부터 시작해서 엔지니어링, 구매, 공급망 관리, 운영의 가상 개시, 생산, 마케팅, 제품 및 생산 시스템 사용, 재활용까지 포함합니다. 이는 인간/설비 상호 작용과 설비/설비 상호 작용뿐만 아니라 물류 및 공정 전반에 걸쳐 적용됩니다. 자율시스템은 산업 생산에 제공할 명확한 가치 제안을 가지고 있습니다. 산업 공정 및 응용 분야에서 효율성을 높이는 주된 이유는 공정 자율성입니다. 제조업의 경우, 최종 고객을 위한 가치 제안은 인공지능 자체가 아니라, 설비의 수명 주기 동안 인공지능을 통해 변화된 생산 설비에서 찾을 수 있습니다.

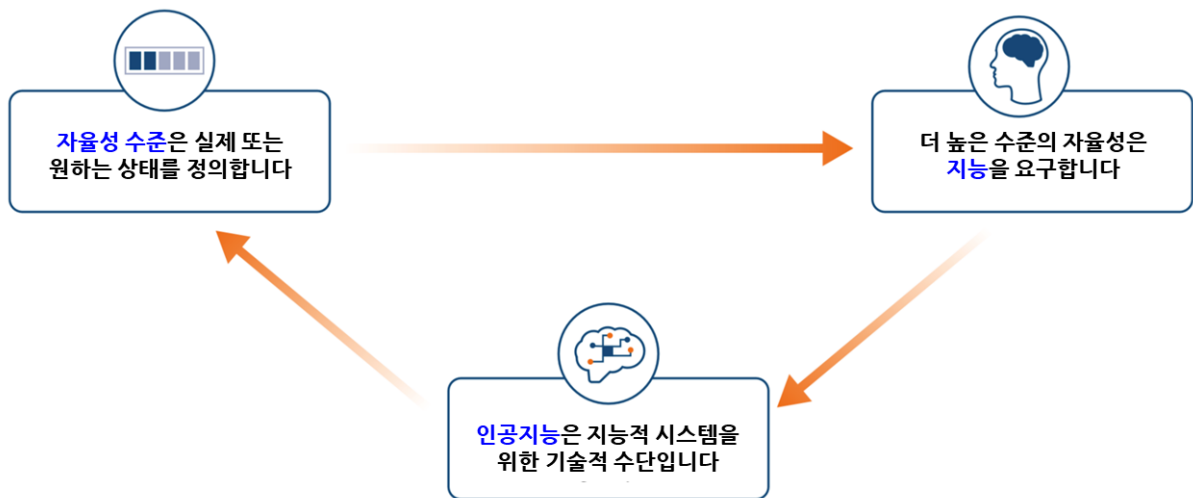
산업 생산에서 인공지능을 통한 자율성 수준

산업 생산에서 자율성 수준에 대한 다음 설명은 자동화 주제와 밀접하게 관련되어 있습니다. 산업 생산의 많은 부분은 이미 자동화 시스템을 갖추고 있습니다 - 생산의 작은 하위 영역에서부터 전체 생산 시설에 이르기까지. 기존 프로그래밍에서 자율시스템으로 변환하는 과정을 설명하기 위해서는 적절한 분류 체계를 설정하는 것이 중요합니다. 이를 통해 자동화 기술 제공업체와 고객은 현재 위치와 단기, 장기, 그 사이 어디에 위치할 지를 정할 수 있습니다. 이 분류는 주로 두 가지를 기준으로 합니다: 자동화 업무의 범위 (업무 수, 복잡성, 기간 등)와 인간이 수행하는 역할입니다. 이러한 두 가지 기준에 따라 자율적 특성 면에서 산업 공정을 분류합니다. 그럼에도 불구하고 여전히 매우 개략적인 분류입니다. 다양한 산업 영역을 위해 더 많은 단계로 나누고 구체화할 수 있습니다.

인공지능 기술을 어떻게 적용하고 있는가는 산업 공정에서 자율성 수준으로 나타나는데, 이는 적응력과 문제 해결 능력과 관련이 있습니다. 인공지능 기술을 통한 자율성은 산업 공정과 응용 분야에서 효율성을 높이는 주요 원동력입니다. 따라서 자율성 수준은 시스템이 자동으로 그리고 자가 학습을 통해 얼마나 독립적으로 복잡한 상황을 처리할 수 있는지에 달려 있습니다.

인공지능은 정해진 시스템 범위 내에서 문제를 조절하고 해결할 수 있는 역량을 시스템에 제공합니다. 이러한 인공지능 역량은 훈련과 학습 과정을 통해 완성해집니다. 그런 다음, 산업 공정에 인공지능을 사용하여 자율성 수준이 정해지게 됩니다. 자율성 수준은 특정 응용 프로그램 시나리오에 따라 더 강하거나 약한 자율적 작업 (설비 또는 공정) 수준과 관련이 있습니다. 자율성 수준은 처리할 상황이 얼마나 복잡한지, 이 상황에서 인간이 어떤 역할을 하게 되는지에 따라 달라집니다. 다음 [그림 1]은 자율성과 인공지능 간의 상관 관계를 간략히 묘사한 것입니다. 자율성 수준은 시스템의 일반적인 상태를 설명하거나, 미래에 원하는 상태를 설명하는 데 사용할 수 있습니다. 특정 자율성 수준에 도달하기 위해서는 시스템을 더욱 발전시키는 지능이 필요합니다. 지능은 경험을 통해 얻은 지식을 기반으로 하기 때문에 인공지능은 이러한 기능을 제공하는 데 적합합니다. 그러므로 인공지능은 일정한 수준의 자율성에 도달할 수 있는 기술적 수단입니다.

그림 1: 자율성과 인공지능간의 일반적 상관 관계



산업 생산은 매우 복잡한 작업입니다. 생산 시설의 전체 수명 주기에 관련된 모든 것을 포함할 수 있습니다. 주요 요소는 생산 시설의 운영, 즉 공정 제어뿐만 아니라, 계획, 엔지니어링, 투입, 운영, 서비스, 폐쇄 등의 분야도 있습니다. 이러한 분야들은 종종 밀접하게 얽혀있고 서로 영향을 미칩니다. 따라서 모든 산업 시스템이 동일한 자율성 수준을 달성할 수 없거나, 달성할 필요도 없기 때문에, 점진적 자율성 모델을 기반으로 자율성을 설명하는 것이 매우 중요합니다. 또한 점진적인 모델을 사용하면 공정 제어, 공정 계획, 현장 감시 또는 유지 보수와 같은 산업 생산 하위 분야를 구분할 수 있습니다. 여기서도 마찬가지로, 다른 하위 분야는 다른 자율성 수준을 달성 할 수 있습니다. 예를 들어, 제어 센터 운영은 높은 자율성 수준을 보유할 수 있지만, 현장 감시의 자율성은 상당히 제한적일 수 있습니다. 또한 인간은 자율적인 과정을 통해 쉽게 구현되지 않거나, 기술적이거나 주제 또는 경제적 이유로 복제될 수 없는 능력을 가지고 있습니다.

자율시스템은 의사 결정뿐만 아니라 작업 실행과 관련된 부분을 고려합니다. 의사 결정과 관련하여 독일 연방 정보통신 뉴미디어 협회 (Bitkom) 인공지능 위원회는 **생각 분류법을 개발했으며, 이를 토대로 자동 의사 결정의 6 단계 모델을 정의했습니다.** 이는 자율 주행차의 자율 주행 수준과 같습니다.¹⁵ 이 점진적 모델은 인간을 지원하거나 독립적으로 일하는 도구와 인간 사이의 상호 작용을 설명합니다. 플랫폼 인더스트리 4.0의 인공지능 프로젝트 그룹은 이

¹⁵ Bitkom guidelines „Künstliche Intelligenz verstehen als Automation des Entscheidens“, 2017. 독일 정보통신 뉴미디어 협회 지침 "의사 결정 자동화로 인공지능 이해", 2017.

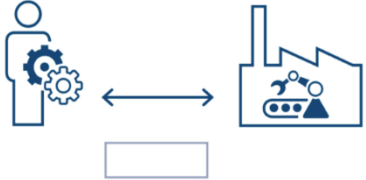
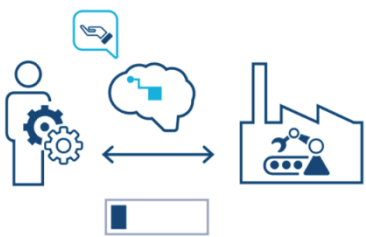
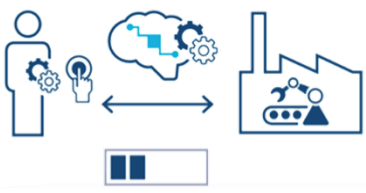
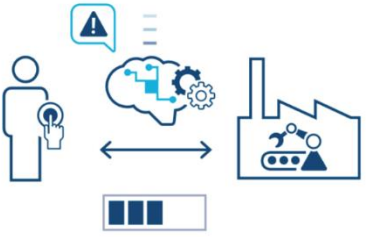
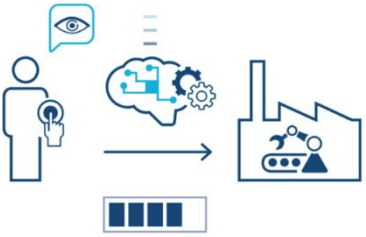
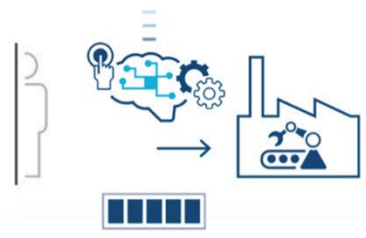
점진적 모델을 사용합니다. 이 그룹은 인공지능을 기반으로 하는 시스템 자율성의 분류법을 아래와 같이 제시하며, 산업 공정에서 설명하고, 다양한 응용 분야에 필요한 심층적인 지식과 업무를 유추합니다.

자율성 수준을 정의하는 데 기초가 되는 것은 자동화된 업무 범위와 부가 가치 공정에서 인간이 수행하는 역할입니다. 자율성 수준 0 은 인공지능이 실행하는 자동화가 없고 인간이 완전하게 제어하고 책임지는 산업 생산 운영으로 정의합니다 (자동화가 광범위하고 간단한 형태인 것은 허용되지만). 반면, 수준 5 는 인공지능 시스템이 전체 의사 결정과 실행 역할을 담당하며 인공지능이 제어하는 완전히 자동화된 생산 운영으로 정의합니다. 수준 1 에서 4 까지는 이들 사이의 서로 다른 수준을 정의합니다. 이러한 수준은 항상 정해진 시스템 범위와 알려진 형태의 인공지능 기술에 따라 정해진다는 점을 염두에 두어야 합니다. 더 강력한 형태의 인공지능 기술과 정해지지 않은 시스템 범위에서 작업을 실행하는 것은 여기서 논의하지 않습니다. 현재로는 이러한 시스템이 산업 생산에 사용될지 아닐지를 예측할 길이 없습니다.

다음 [그림 2]는 산업 생산에서 각 자율성 수준이 일반적인 정의로 요약되어 있습니다. 이것들은 특정 시스템 범위에서 공정 자동화로 이해됩니다. 다른 수준들은 향상된 자동화를 통해 달성할 수 있습니다. 자동화의 예로는 자동 번역, 자동 주문 제어 생산 (자전거 핸들바¹⁶), 챗봇(서비스 공정 자동화), 엔지니어링 지원, 로봇 공정 자동화 (Robotic Process Automation), 인공지능이 필요하지 않지만 자동으로 제어되는 전형적인 생산 라인을 들 수 있습니다. 다음에 설명하는 자율성 수준은 자동화 기술의 또 다른 형태인 인공지능 영향과 전적으로 관련이 있습니다. 산업 공정에서 인공지능을 기반으로 하는 자율성 수준은 전혀 자율성이 없는 수준 (수준 0: 프로그래밍에 사용되는 인공지능 없습니다)에서 부분 자율성 (수준 1 ~ 4: 인공지능 프로그램이 사용되고, 공정에 여전히 인간이 개입할 필요가 있습니다), 완전한 자율성 (수준 5: 인공지능 프로그램이 인간을 완전히 대체합니다)에 이르기까지 다양할 수 있습니다.

¹⁶ Plattform Industrie 4.0: Anwendungsszenario trifft Praxis; Auftragsgesteuerte Produktion eines individuellen Fahrradlenkers, (플랫폼 인더스트리 4.0: 실제 적용 시나리오: 개인 자전거 핸들바의 주문 기반 생산, 2017.04.22), <https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/anwendungsszenario0-trifft-praxis.html>.

그림 2: 산업 생산에서 인공지능을 통한 자율성 수준의 일반적 정의

수준 0		<p>자율성 없음 인간이 아무런 도움 없이 완전 제어권을 가집니다.</p>
수준 1		<p>선택 기능만 지원 인간이 모든 책임을 지고 모든 결정을 내립니다.</p>
수준 2		<p>부분적 자율성 명확히 정해진 부분에서만 시스템이 부분적인 자율성 기능을 실행하지만, 인간이 모든 책임을 지고 (일부) 목표를 설정합니다.</p>
수준 3	<p>시스템이 관리하는 환경</p> 	<p>제한된 자율성 더 광범위한 하위 영역에서 제한적인 자율성 기능을 실행하며, 문제 발생 시 시스템이 경고하고, 시스템이나 기능이 추천하는 대응책을 인간이 결정합니다.</p>
수준 4		<p>시스템 자율성과 적응성 시스템이 정해진 시스템 범위 내에서 자율적이고 적응적으로 작동하며, 인간은 감독하거나 비상 상황에 개입할 수 있습니다.</p>
수준 5		<p>완전 자율 운영 협력 관계와 변동하는 시스템 범위를 포함한 모든 분야에서 자율적으로 운영하며, 인간은 개입할 필요가 전혀 없습니다.</p>

이들 정의된 자율성 수준은 생산 운영에 대한 책임이 인간에서 자율시스템으로 점진적으로 전환됨을 보여줍니다. 수준 0에서 2까지는 특정 (부분) 자율 작업이 가능합니다. 그러나 이것들은 제한적이며, 인간은 항상 적극적인 제어와 가장 중요한 책임을 지고 있습니다.

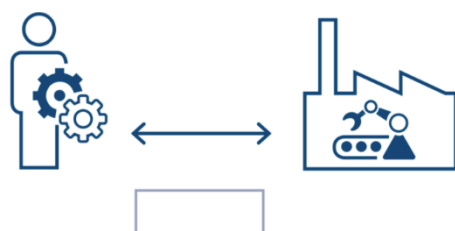
수준 4 에서 5 까지, 시스템은 먼저 부분적인 측면에 대해서만 책임을 지고 점차적으로 전체 시설에 대해 책임을 집니다. 인간이 하는 역할은 대체로 소극적입니다. 수준 3 은 시스템이 어떤 결정을 내리든지 인간이 여전히 확인해야 하는 과도기적 상황으로 정의합니다.

수준 3 에서 5 까지는 시스템에 신뢰성을 강하게 요구하기에, 수준 2 에서 수준 3 으로 전환하기 위해서는 한 가지 중요한 조건을 충족해야 합니다. 예를 든다면, 시스템은 예기치 않은 상황에 대응할 수 있도록 작업 환경을 주시해야 합니다.

위에서 정의한 자율성 수준을 부품 처리 로봇을 예로 들어 설명합니다. 이 로봇은 부품을 집어서 다른 곳 (예를 들어, 조립라인에 있는 다른 곳)으로 옮기는 작업을 실행합니다.

수준 0

수준 0 에서 산업 공정 제어는 순전히 프로그래밍된 if/then 루틴을 통해 또는 전형적인 자동화 및 엔지니어링 제어를 통해 이루어집니다. 이것은 일반적으로 자동화제어장비 (PLC, Programmable Logic Controller)를 통해 실행됩니다. 인공지능 알고리즘은 관여하지 않습니다. 항상 전체 공정에 대하여 완전한 통제권을 유지하고 있는 인간이 규칙을 명확하게 결정합니다. 그럼에도 불구하고 광범위한 일련의 프로그래밍된 규칙이 존재할 수 있습니다. 예를 들어, 시설을 안전하고 확실하게 작동하기 위한 설비 제어 또는 안전 관련 기능 등이 있습니다. 그러나 계속해서 운영하고 예기치 않은 요구에 지능적으로 대응하는 책임은 규칙을 만들거나 공정을 제어하는 인간의 손에 전적으로 달려 있습니다.



자율성 수준 0

자율성 없음

인간이 아무런 도움 없이 완전 제어권을 가집니다.

사례: 부품을 처리하는 로봇

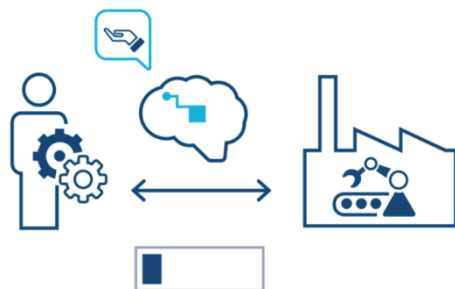
로봇은 미리 정해진 위치에서 부품을 집어 정확하게 지정된 다른 위치에 놓습니다.

자율 수준 0 에서 로봇은 전형적인 (가르치기) 방식으로 인간에 의해 정해진 (즉, 사전 설정된) 방식으로 프로그래밍되거나 설계되었습니다. 인간이 규칙을 정하고 우선 순위를 정합니다. 로봇은 정해진 범위 (시스템 범위) 내에서 작동합니다.

수준 1

수준 1 에서 인공지능 시스템은 지원 기능을 실행하므로 보조 시스템으로 작동합니다. 인공지능은 인간의 언어나 이미지와 같이 복잡하고 애매한 정보를 해석하는 데 용이합니다. 인공지능이 지원 하는 인터페이스는 사용자에게 도움을 주고, 운영 오류로부터 보호하며, 인식된 사용 요청을 기반으로 최적화 옵션과 예측을 제공할 수 있습니다. 보조 인력은 의미 있는 입력 데이터를 제안하고 입력 결과를 예측할 수 있습니다. 인공지능 보조 시스템은 팀 내와 팀 간의 작업을 최적화하는 데 도움이 될 수 있습니다. 인공지능은 관련된 개인의 다양한 목표를 고려하여 상황을 인식 할 수 있습니다. 그런 다음, 조정 및 중간 조정 방식으로 개입할 수 있습니다. 기존 정보를 미리 처리하고 그룹 내에서 더 쉽게 공유할 수 있습니다.

보조 시스템은 복잡성을 줄이고 어려운 상황에서 인간에게 권고하는 것을 목표로 합니다. 전체 공정과 관련하여, 수준 1 에서 인간은 여전히 모든 결정을 내리고 모든 공정에 대하여 완전한 책임을 지고 있습니다.



자율성 수준 1

선택 기능만 지원

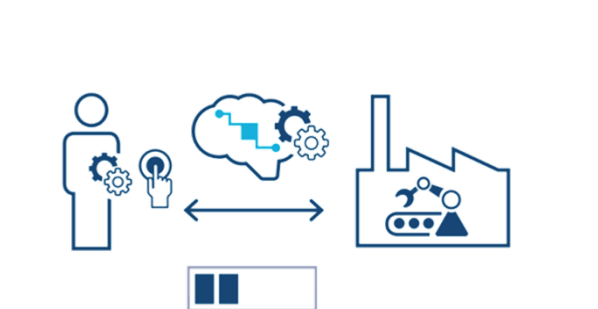
인간이 모든 책임을 지고 모든 결정을 내립니다.

사례: 부품을 처리하는 로봇

수준 0 과 마찬가지로, 자율 수준 1 의 로봇은 전형적인 방식으로 인간에 의해 정해진 (즉, 사전 설정) 방식으로 프로그래밍되거나 설계되며, 동일한 정해진 범위 내에서 작동합니다. 인간 지능이, 수준 0 와 마찬가지로, 규칙을 만들고 확정합니다. 수준 0 과는 달리, 인공지능을 사용하여 프로그래밍된 로봇의 보조 시스템은 에너지 또는 시간에 관한 공정 최적화 등 인간에게 목표 지향적 개선을 권고합니다. 그렇지만, 권고한 개선 사항을 어느 정도 활용할 것인지는 인간이 결정합니다.

수준 2

수준 2 에서 기본 개념은 간단한 작업의 자동화 또는 간단한 작업을 자동화 시스템에 위임하는 것입니다. 더 복잡한 작업은 운영자의 손에 남아 있습니다. 정해진 영역에서, 원하는 범위까지, 그리고 제한된 기간 동안, 시스템은 인간의 감독 하에 작업을 실행하지만, 결과는 인간이 책임을 집니다. 운영자는 경험적 지식으로 시스템을 지원하고, 목표를 설정하며, 특정 상황에서 작업 공정의 방향을 결정합니다. 공정 전체에 대한 책임은 여전히 완전하게 인간의 손에 달려 있습니다.



자율성 수준 2

부분적 자율성

명확히 정해진 부분에서만 시스템이 부분적인 자율성 기능을 실행하지만, 인간이 모든 책임을 지고 (일부) 목표를 설정합니다.

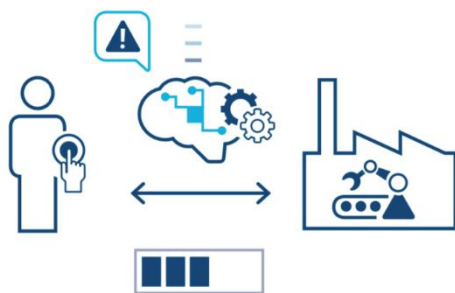
사례: 부품을 처리하는 로봇

자율 수준 2 의 로봇은 여전히 대부분 프로그래밍되거나 전형적인 방식으로 인간에 의해 정해진 (즉, 사전 설정) 방식으로 설계되었습니다. 수준 1 과 달리 인공지능 프로그래밍을 사용하면 시스템이 설정된 시스템 범위와 목표 내에서 스스로 개선할 수 있습니다. 예를 들어, 로봇은 미리 정해진 위치에 정확하게 놓여 있지 않은 부품을 인식하고 집거나, 작동 주기를 독립적으로 조절할 수 있습니다. 인간은 모든 분야에서 의사 결정 권한을 가지고 있으며, 필요한 경우 개입 할 수 있습니다.

수준 3

수준 3에서 운영자는 인공지능 제어 시스템이 자동화된 작업을 처리할 수 있는 시스템 범위를 정합니다. 시스템은 정해진 시스템 범위 내에서 해당 환경을 독립적으로 관측합니다. 생산 공정을 실시간으로 모니터링하여, 결함과 병목 현상 등을 감지할 수 있습니다. 만약 인공지능이 학습 단계에서 패턴을 인식하면, 적절하고 학습된 작업을 반자율적으로 실행할 수 있습니다. 예를 들어, 센서 데이터에서 갑작스런 과부하가 감지되면 독립적으로 빠르게 정지하거나 시설을 보안 모드로 전환합니다.

이러한 반 자율성은 생산 흐름을 최적화할 뿐만 아니라 문제와 결함을 미리 감지하거나 관련자에게 실시간으로 알리기 때문에 가동 중지 시간을 줄입니다. 이를 통해 재료, 자원 및 부품 교체를 절약할 수 있습니다. 인간의 역할은 단지 특정한 권고 대응책을 확정하거나 구체적인 문제에 대하여 지원하는 것입니다. 즉, 인간은 시스템이 경고할 때 개입합니다.



자율성 수준 3

제한된 자율성

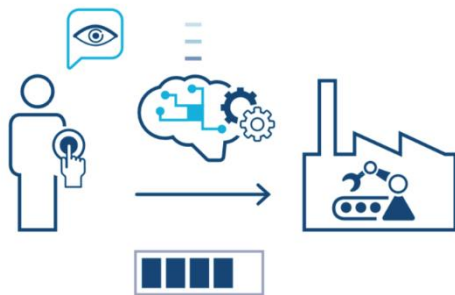
더 광범위한 하위 영역에서 제한적인 자율성 기능을 실행하며, 문제 발생 시 시스템이 경고하고, 시스템이나 기능이 추천하는 대응책을 인간이 확정합니다.

사례: 부품을 처리하는 로봇

자율 수준 3에서 로봇은 인간에 의해 정해진 (즉, 사전 설정된) 방식으로 부분적으로만 프로그래밍되며, 큰 범위로 설계됩니다. 수준 3의 로봇은 자체 작업을 조정하는 것 외에도 시스템 범위 (예: 자율 연속 경로 제어) 내에서 스스로 계획을 수립하고 실행할 수 있으며, 다른 로봇들과 협력하여 작업을 실행할 수도 있습니다. 예를 들어, 조립 라인의 속도를 조절할 수 있습니다. 이를 위해 로봇 시스템에는 환경을 인식하기 위한 센서가 장착되어 있습니다. 주변 환경을 인식하고, 움직임을 조절하며, 역량을 배울 수 있습니다. 인간은 시스템의 결정을 관찰하고, 예기치 않은 문제에 도움을 주며, 비상 상황에 개입할 수 있습니다.

수준 4

수준 4 에서 시스템은 더 큰 하위 영역 (예: 제어 센터 운영)에서 적응형 자율시스템으로 작동합니다. 정해진 시스템 범위 내에서 자율적으로 적응하여 작동하며 지속적인 학습 단계와 정해진 (부분) 목표에 스스로 최적화할 수 있습니다. 이를 통해 예측과 문제 해결 능력이 향상됩니다. 특정 주요 데이터를 기반으로 한 생산 전략을 스스로 최적화하는 것은 알고리즘에 의해 정의된 시스템 범위 내에서 가능합니다. 인간은 시스템이 원하는 부분에 대한 제어권을 포기합니다. 인간은 기껏해야 감시기능을 가지고 있으며 비상 상황에 개입합니다. 인간이 개입하지 못할 때, 시스템은 스스로 '옳다'고 생각하는 방식으로 다양한 상황을 처리할 것입니다.



자율성 수준 4

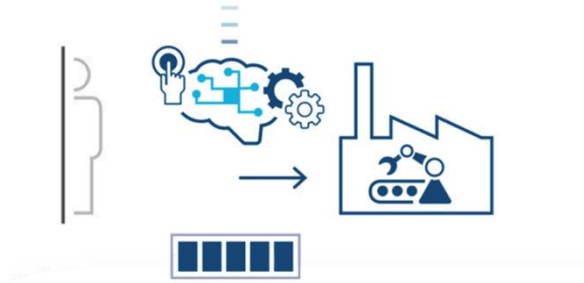
시스템 자율성과 적응성
시스템이 정의된 시스템 범위 내에서
자율적이고 적응적으로 작동하며,
인간은 감독하거나 비상 상황에 개입할 수
있습니다.

사례: 부품을 처리하는 로봇

수준 3 과 달리, 자율 수준 4 의 로봇은 자율적으로 작동합니다. 이를 위해 환경 인식에 필요한 모든 센서를 장착하고 있습니다. 주변 환경을 완전히 인식하고, 인간이 지정한 시스템 범위 내에서 자율적으로 반응합니다. 인간은 인공지능을 감독하고 비상 상황에 개입할 수 있습니다.

수준 5

이 최고 수준의 자율성에서, 설비나 광범위한 공정은 모든 부분에서 완전히 자율적으로 운영됩니다. 이 시스템은 스스로 조직하고 적응형 대비책을 가지고, 변동이 심하지만 여전히 지정된 시스템 범위 내에서 협조적으로 작업을 실행합니다. 설비와 상호 작용이 필요하지 않기에, 인간은 여기서 완전히 사라질 수 있습니다.



자율성 수준 5

완전 자율 운영

협력 관계와 변동하는 시스템 범위를 포함한 모든 분야에서 자율적으로 운영하며, 인간은 개입할 필요가 전혀 없습니다.

사례: 부품을 처리하는 로봇

자율 수준 5 에서 로봇은 다른 자율시스템과의 협력을 포함하여 인간이 지정한 시스템 범위 내에서 완전히 자율적으로 작동합니다. 예를 들어, 계획 기반 절차의 도움으로 전체 공정과 필요한 하위 작업 공정을 계획하고 관련된 다른 공정 또는 다른 자율시스템과 교환할 수 있습니다. 작업 매개 변수가 변동하는 경우, 계획은 역동적으로 수정되어 다른 시스템에 전달됩니다. 인간은 옆에 있을 필요가 없습니다. 비상시 시스템은 독립적으로 보안 모드로 들어가게 됩니다.

사례: 풍력 발전 설비의 회전 날개 제조에서 품질 보증

풍력 발전 설비를 위한 회전 날개 제조에서 품질을 보증하는 예는 기계 학습을 사용하여 생산 직후 직접 날개를 검사할 때 인공지능 지원이 얼마나 유익한지를 분명하게 보여줍니다. 제조업체는 제조 결함에 대한 책임을 피하기 위해 광범위한 품질 검사를 실시해야 합니다. 유리 섬유로 만들어지는 긴 회전 날개는 피로성 고장을 일으키는 균열, 비틀림, 균일하지 않은 재료, 또는 기타 결함 등이 없어야 합니다. 이들은 금속의 경우처럼 균열로 나타나지 않지만, 크레바스가 큰 표면을 가로 질러 뻗어 있듯이 보이고, 전체 회전 날개를 망치는 원인이 됩니다. 따라서 이를 방지하기 위해 날개 표면을 광학 스캔합니다. 이전에 인간이 수행하는 검사는 많은 시간이 걸렸으며, 피로로 인해 결함을 종종 간과하였습니다.

순전히 인간이 수행하는 검사는 수준 0 으로 분류되며 인공지능을 활용하지 않습니다.

검사의 성능과 실행 품질을 향상시키기 위해, 이미지에 대한 인공지능의 지원 평가와 광학 스캐닝 공정을 활용하여 검사를 수행합니다.¹⁷ 위에 명시된 자율성 수준에서, 이 품질 검사는 인공지능의 지원 없다면 여전히 수준 0으로 분류됩니다. 이 시스템은 적절한 기계학습 훈련 단계를 통해 최적화할 수 있으며 표면의 약 80%에서 결함을 완전히 제거할 수 있습니다. 나머지는 인간이 검사합니다. 속도, 비용, 제조 능력, 직원 만족도 측면도 개선되었습니다. 수준 1의 검사 시스템은 스캔한 이미지를 온전히 제공하고 이미지의 이상 징후를 지적하여 작업자를 지원합니다. 작업자는 추가 처리를 위해 결함이 있는 영역을 표시합니다.

수준 2에서는, 인공지능이 지원하는 검사 시스템 스스로가 결함 영역의 목록을 작성하고, 스캔 속도를 표면 상태에 맞게 조정하며, 검사 중에 학습합니다. 인공지능 전문가가 새로운 결함 이미지를 신경망에 추가하여 정밀도를 지속적으로 개선하고 궁극적으로 '허위 긍정'을 완전히 제거합니다. 따라서 인간 개입의 필요성이 지속적으로 감소하여, 작업자가 실제로 자격을 갖춘 업무에 더 많은 시간을 할애 할 수 있습니다.

이러한 검사 시스템은 이미 운영 중에 있습니다. 이러한 품질 보증 시스템은, 예를 들어, 발견된 결함을 자동으로 수리하는 다른 시스템과 결합하여 향후 더 높은 수준으로 끌어올릴 수 있습니다. 광학 시스템은 결함의 특성 정보 (얼마나 넓게 퍼져 있고, 얼마나 깊은지 등)와 수리 방법을 권고하고 결함 위치를 수리 로봇에 독립적으로 전달할 것입니다. 수준 3에서는 인간 전문가가 정해진 수리 절차를 실행할 수 있습니다. 작동 시간을 포함한 추가 학습 단계를 통해 전체 시스템은 자율적인 제조-검사-수리 시스템으로 더욱 발전할 수 있습니다. 시스템이 유리 섬유를 쌓는 동안 결함을 감지하고 생산 중에 수리도 할 수 있습니다. 그러면 이러한 시스템은 수준 4입니다.

사례: 설비와 생산 시설의 운영성 증대

이 사례에서는 종종 '예측 유지 보수'라고 부르는 영역과 관련하여 어떻게 인공지능을 사용할 수 있는 가를 설명합니다. 여기서 목표는 설비와 시설의 작동, 유지 보수, 결함 제거를 최대한 효율적으로 계획하는 것입니다. 유지 보수는 설비와 생산 시설을 운영하는 데 필요한 계획된 작업입니다. 인공지능은 모니터링, 사고 발생 시 설명, 예측에 관한 문제를 지원하는 데 활용할 수 있습니다. 또한 취해야 할 조치에 대하여 권고 사항을 제시할 수 있으며 궁극적으로 조치를 취할 수 있습니다.

¹⁷ http://www.fujitsu.com/downloads/GLOBAL/vision/2018/download-center/FTSV2018_customerstories_01_EN-1.pdf.

설비 및 생산 시설의 자동화를 위하여 미리 정해진대로 (예, 사전 설정) 프로그램된 기계 코드는 항상 공정 단계, 운영 자원, 제품의 품질 사양을 모니터링하고 진단하기 위하여 많은 평가 항목들을 포함하고 있습니다. 임계값을 초과하면 이런 시스템은 경보를 울리거나 이메일을 보내거나 기타 조치를 실행하는 등 인간이 정한 방식으로 대응합니다. 규칙의 인과 관계와 '지능'은 설비 전문가에 의해 정의되고 설계되었습니다. 이는 수준 0에 해당하며 인공지능과 아무런 관련이 없습니다.

설비 운영 영역에서 인공지능 자원을 사용하여 혜택을 받고, 미리 (즉, 사전 설정된) 프로그램된 자동화를 넘어서고, 인간이 가용할 수 있는 자원 이상으로 혜택을 얻을 수 있습니다. 예를 들어, 설비 데이터에 대한 이상 징후 검출이 있습니다. 여기에는 인공지능을 사용하여 설비의 복잡한 데이터 (다양한 센서 값 및 대용량 데이터)를 모니터링하고 이를 알고리즘으로 학습한 데이터 패턴과 비교하는 작업이 포함됩니다.

혜택은:

- 알고리즘의 '학습'은 경험적으로 실행됩니다. 이는 설비 공정의 인과관계에 대한 전문 지식이 필요하지 않다는 것을 의미합니다.
- 알고리즘을 학습하기 위한 출발점은 생산 시설에 존재하는 다양한 설비가 '정상' 상태일 때의 센서 데이터입니다. 따라서 알려진 오류와 기존 오류의 센서 데이터를 비교할 필요가 없으며, 이는 종종 (아직) 가용하지 않습니다.
- 이상 징후는 일반적으로 물리적 설비 자체보다 설비 데이터에서 훨씬 일찍 식별할 수 있으므로 이에 대한 조기 대응이 가능합니다.
- '단순' 규칙과 달리, 인공지능은 매우 복잡한 데이터를 분석할 수도 있습니다. 여기에는, 예를 들어, 수천 개의 센서 값에서 데이터 상관 관계를 검토하는 것과 같은 내용이 포함됩니다.
- 설비 전문가는 관련 설비 부품을 식별하고, 인과 센서 값의 시각화를 통해 의사 결정을 지원할 수 있습니다.
- 시스템은 지속적으로 의사 결정을 모으며, 지식을 축적합니다.
- 유지 보수 공정은 종종 개별 설비와 생산 시설의 일부에 중점을 둡니다. 이는 다른 제조업체의 설비를 통합하거나 요구 사항이 복잡할 경우입니다. 설비 간에 인공지능을 사용하면 전체적인 가치 사슬로 확장하고 관찰할 수 있습니다.

설비 운영에 필요한 정보 외에도 운영자에게 운영 자원의 가용성과 생산 제품의 품질에 대한 추가 정보를 제공합니다. 수준 1에서, 설비 운영자가 필요로 하는 정보를 풍부한 센서 데이터 또는 공정 정보에서 추출합니다. 인간이 그것을 평가하고 대응합니다. 오작동이 발생하면, 원인을 분석하고, 이에 대한 정보를 제공하며, 해결 방안까지 제시합니다.

수준 2에서는 인간이 정한 영역에서 인공지능이 자율적으로 작업을 처리합니다. 예를 들어, 공구의 마모와 파손과 관련하여 조정하거나 설비 운영자를 지원하기 위해 설비 자체를 보다 견고하게 작동하도록 하는 데 사용할 수 있습니다. 오작동이 발생하면 설비 운영자가 조치할 수 있도록 설비 운영자에게 개선 권고 사항을 추천할 수 있습니다. 비용이 많이 드는 작업의 경우, 특정 서비스 기술자에게 시운전을 요청하도록 인공지능이 자동으로 경보를 보낼 수 있습니다. 이러한 경우, 시운전에 대한 조치 계획이 마련될 수 있으며, 이 계획에는 기술자의 필수 전문 지식, 사용 가능한 도구 또는 작업 장소와 기술자의 물리적 근접성 등을 고려할 수 있습니다. 오작동 및 가능한 권고 대응책에 관한 중요한 정보도 서비스 기술자에게 전달될 수 있습니다. 다른 예는 유지 보수 작업 영역에서 찾을 수 있습니다. 여기서 인공지능을 사용하여 설비와 생산 시설의 실제 사용에 맞게 유지 보수 주기를 조정하기 위해 운영 상황을 추적할 수 있습니다. 이러한 경우, 유지 보수 작업을 보다 더 생산적으로 실행할 수 있습니다.

인공지능을 적용하는 것은 다음과 같은 목표를 포함합니다:

- 정기 수리기간에 보수작업을 하는 것이 아니라, 실제로 설비 상태에 따라 필요한 시기에만 유지 보수 작업을 실행합니다
- 손상이 발생하기 전이나 작업 흐름을 크게 방해하지 않는 경우에 (예: 주문 완료 후 또는 작업 휴식 시간) 문제를 해결합니다
- 합의된 시점에 필요한 자원과 여러 설비와 생산 시설을 사용하여 다양한 작업을 통합합니다.

인간이 시스템 범위를 정합니다



산업 환경에서 인공지능을 활용할 수 있는 폭넓은 분야는 센서 데이터의 분석과 해석으로, 설비와 생산 시설 전반에 걸쳐 있습니다. 설비의 모든 다른 측면의 상태를 기록하고 이를 기반으로 작업 공정 내에서 작업을 실행합니다. **인공지능의 주된 목적은, 예를 들어 예측 유지 보수 작업을 가능하게 하는 것과 같이, 명확하지 않은 상관 관계를 찾아 내는 것입니다.** 인공지능은 산업 공정에서 공정, 물류와 에너지 최적화에도 사용됩니다. 예를 들어, 환경 조건이 변화함에 따라, 복잡하고 상호 연관된 설비의 설정 파라미터를 조정해야 하는 경우도 있습니다. 분산된 데이터 공급 업체와 데이터 사용 업체가 서로 통신 할 수있는 '사물 인터넷'은 인공지능의 기반이며, 비즈니스 모델을 구현할 때 재정적 혜택을 강력히 요구합니다.

인공지능은 자율 기능과 시스템을 부가 가치 자산으로 구축할 수 있는 애플리케이션과 기술 포트폴리오를 포함하고 있습니다. 자율성은 항상 인간이 정한 시스템 범위 내에서 발휘됩니다. **인간은 전체 시스템에서 어느 정도의 자율성을 활용할 것인지를 정하고, 인공지능을 운영할 영역과 기능을 결정합니다.** 전체 시스템의 예로는 부동산, 생산 시설 또는 정확하게 정의된 작업 영역이 있습니다. 그러나 전체 시스템의 범위를 너무 좁게 정의해서는 안 됩니다. 기능에는 설비 관제 센터, 생산 라인의 엔지니어링, 물류 계획과 같은 것들을 포함합니다. 시스템의 자율성 수준이 인공지능의 기술적 한계에 의해서만 결정되는 것은 아닙니다. 이는 기본 법적 체계, 인간 행동의 장단점 추정, 데이터 보호의 요구 등과 같은 측면의 영향도 받습니다.

자율성 수준은 사용되는 인공지능 기술의 시스템 범위, 즉 실행할 수 있는 작업을 정의합니다. 예를 들어, 자율 주행 수준 3의 자율 주행 자동차는 고속도로에서는 독립적으로 주행할 수 있지만, 고속도로 출구로 나가는 것은 할 수 없습니다. 수준 3부터는 인공지능 시스템에 의한 환경 감시가 특정 공정과 관련하여 시스템 범위에 추가됩니다. 이 시스템은 환경을 독립적으로 인식하고 지정된 시스템 범위 내에서 그리고 인간의 개입 없이 '실제' 자율적인 결정을 내릴 수 있어야 합니다. 이것은 중요한 법적 문제를 제기합니다. 예를 들어 책임지고 있는 **의사 결정에 대한 법적 책임과 이해에 관한 문제**입니다. 이러한 문제는 산업과 정치분야를 넘어, 자율 주행 자동차의 자율주행이나, 산업 생산공정에서 인공지능 기술의 활용 여부와 관계없이 사회 전체가 논의해야 할 사안들입니다. 따라서 인공지능과 관련하여, 자율성 수준은 인공지능이 작동할 수 있는 일반적인 시스템 범위를 결정하므로, 법적 또는 윤리적 범위와 같이, 인공지능 기술의 비기술적 범위도 포함합니다.

인공 학습의 교수법

산업 공정에서 간단한 공정을 자동화할 경우, 대부분 전형적인 프로그래밍과 인간이 옆에서 개입하면 충분합니다. 그러나 더 수준 높은 의사 결정이 요구되는 복잡한 공정의 경우, 인공지능 기술을 기반으로 프로그래밍을 하는 것이 좋습니다. 다만, **전형적인 프로그래밍과 달리, 인공지능을 사용한다는 것은 매번 똑같은 결과를 기대할 수 없다는 것**을 의미합니다. 이는 학습 과정에서 사용하는 광범위한 데이터 풀 (Data Pool)과 정보 풀 (Information Pool, 이하에, 데이터 세트와 정보 세트로 사용합니다) 때문입니다.

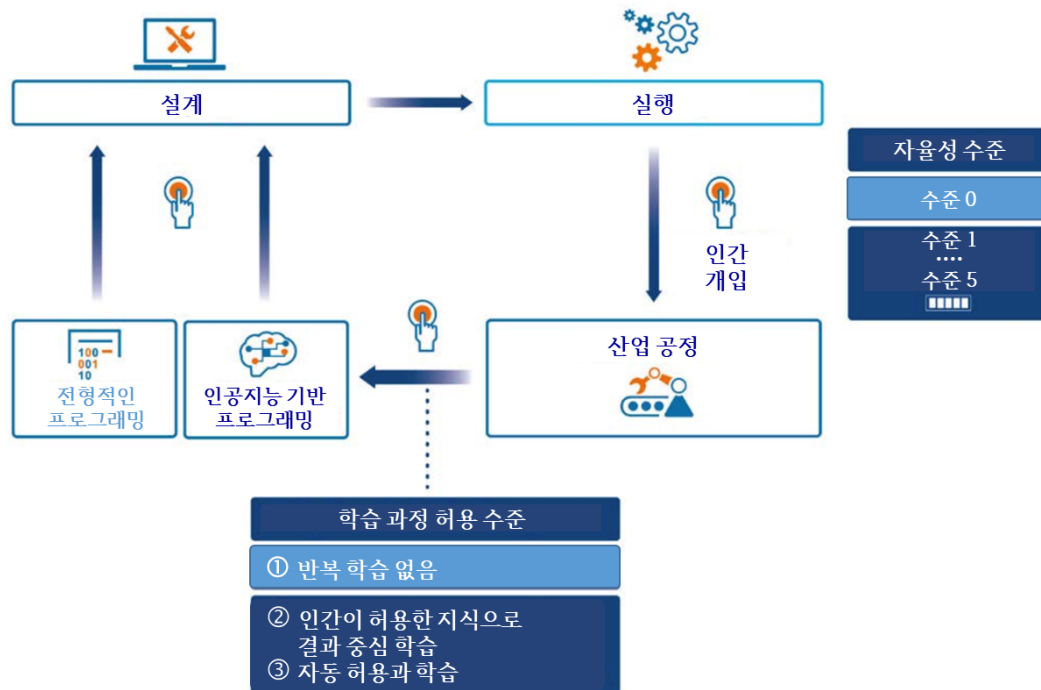
[역주: "데이터 풀 (Data Pool)"은 중앙 데이터베이스에서 얻은 관련 값 집합을 나타냅니다. 매우 기본적인 의미에서, 분석 목적으로 수집 된 모든 데이터 세트는 데이터 풀입니다. 아래에서는, 데이터 세트로 사용합니다. 정보 풀 (Information Pool)은 아래에서는 정보 세트로 사용합니다.]

<https://www.wisegeek.com/what-is-a-data-pool.htm.>

대신, 인공지능을 사용하여 얻고자 하는 것은 공정을 지속적으로 최적화하고, 문제가 발생했을 때 '올바른' 의사 결정을 내리는 것입니다. 인공지능 시스템은 정확하게 예상하지 못한 대응책을 권고할 수 있습니다. 그러나, 의사 결정은 항상 이치에 맞아야 하며 가능한 한 작업 공정에 부합해야 합니다.

인공지능이 산업 공정에 미치는 영향을 둘러싼 논의는 의사 결정 (규칙 작성/설계)과 실행 (규칙 실행)의 두 단계로 나눌 수 있습니다. 이는 의사 결정을 내리는 데 필요한 역량 (프로그래밍할 때 결정)과 의사 결정 작업을 실행하는 것 (실행 시 효과)은 동일시될 수 있습니다. 아래 [그림 3]은 설계와 실행 단계로 나누어, 산업 공정에서 전형적인 실행과 인공지능 기반의 실행을 설명합니다. 인공지능 보조 설계의 경우, 시스템은 초기 학습 과정을 통해 교육받고 전형적으로 프로그래밍된 하위 영역과 함께 산업 공정을 실행할 수 있습니다. '실행' 규칙에 대하여 인공지능을 통한 결정은 위에서 설명한 자율성 수준으로 분류 할 수 있습니다. 산업 공정에서 '설계' 단계를 시작할 때, '감독자' 역할을 맡은 인간은 인공지능이 처음 학습 단계에서 활용할 데이터를 미리 결정합니다. 또한 공정 작업을 실행하는 동안, 인공지능 시스템이 계속하여 학습할 때 활용할 수 있는 데이터도 결정해야 합니다. 공정을 최적화하기 위해 데이터가 필요하지만 과다 적합을 피해야 합니다. 이는 데이터를 분석할 때 과다 적합이 기존 문제 해결 모델에 부정적인 영향을 미칠 수 있기 때문입니다.

그림 3: 산업 공정에서 전형적인 실행과 인공지능 기반 실행의 규칙 순환



자동 학습이 허용되는 정도는 대략 세 가지 수준으로 나눌 수 있습니다:

허용 수준 0 - 수동적 학습 (더 이상의 추가 학습은 없습니다.)

새로운 학습은 수동으로 연장된 경우에만 진행됩니다 (예: 새 규칙 만들기). 지식이 자동으로 연장되지 않습니다.

허용 수준 1 - 인간이 허용하는 결과 중심 학습

인공지능은 독립적으로 추가 훈련 데이터를 수집하고 지속적인 학습을 통해 자율적으로 새로운 지식을 생성합니다. 그러나 인간이 새로운 지식을 사용할 것인지를 검토하고 허용해야 합니다.

허용 수준 2 - 자율 학습 (자동 허용과 학습)

인공지능은 독립적으로 데이터를 수집하고, 새로운 지식을 생성하며, 이 지식을 사용하여 정해진 시스템 범위 내에서 작업 (규칙 만들기)을 조절합니다. 규칙 적용은 수동 개입 없이 미리 정해진 범위 내에서만 완전히 자동으로 이루어집니다.

오늘날의 산업 생산 자동화 공정은 주로 간단한 if/then 규칙과 전형적인 자동화와 제어 엔지니어링을 기반으로 만들어졌습니다. 이를 위해서는 규칙 제정자가 요구 사항과 문제를 철저하게 이해해야 합니다. 생성된 규칙은 가치 사슬의 모든 작업 공정과 가능한 한 많은 파괴적인 공정 이상 징후를 다루어야 합니다. 그러나 요구 사항과 문제를 관통하는 규칙 제정자의 능력은 프로그래밍 및 엔지니어링 시스템에서 복잡한 요구사항을 재현할 수 있는 능력과 참여자들의 이해력과 경험 수준에 의해 제한됩니다. 시스템의 복잡성과 역동성이 증가함에 따라 인간이 할 수 있는 것 이상을 요구합니다. 프로그래머는 점점 더 많은 경험을 통해 더 좋아질 수 있지만, 모든 공정 흐름을 이해하고 재현할 수 없는 경우에, 기술시스템의 성능과 상호 작용 가능성은 매우 증가할 수 있을지라도, 전체 시스템의 잠재력에는 완전히 도달하지 않을 것입니다. (전체 시스템의) 잠재력 대비 인간이 프로그래밍과 엔지니어링으로 해결해야 할 작업들 사이의 격차, 이것이 바로 인공지능이 채우는 격차입니다.

인공지능의 기능적 영향은 공정 실행 (엔지니어링, 설비 제어, 패턴 인식, 물류, 청구서 검사 등)으로 나타나지만, 이러한 기능들은 일련의 규칙을 만들어 결정됩니다. 프로그래머는 시스템 범위, 프로그래밍 종류 및 인간 개입의 형태를 정의합니다. 실행 프로그래밍은 크거나 적게 인공지능의 영향을 받습니다. 그러나 규칙이 전형적인 프로그래밍 (if/then 시나리오, 제어 규칙 등), 인공지능 알고리즘 또는 인간 개입으로 만들어 지든, 실행과는 전혀 관련이 없습니다. 특정 자율성 수준 분류에서 결정적인 것은 전체 프로세스에서 인간 개입의 필요성입니다. 더 높은 자율성 수준에서, 인간이 수행하는 것은 감소하고 인공지능의 영향력은 증가합니다. 이 경우, 인공지능 프로그래밍을 사용할 때 가능한 요소는 이해력, 반복성, 재현성과 타당성입니다. 시스템 제어를 통해 의도하지 않은 작업이 발생하면 - 허용된 시스템 범위의 사양과 의도한 자율성 수준에 따라 - 제어를 조절하거나 심지어는 비상 정지까지 할 수 있어야 합니다.

여기서도 필요한 것은 제어 개념입니다. 인간은 위에서 언급한 인공지능 시스템의 작업조차도 숙달할 수 있어야 합니다. 예를 들어, 설비가 작업을 실행할 수 없고 인간에게 작업을 인계하여 결정하게 하는 경우, 인간이 적합하다고 판단하는 대로 적시에 대응해야 합니다.

연계된 양질의 데이터가 인공지능을 가능하게 합니다

인공지능 기술이 미래의 산업 공정에서 인간을 지원하려면 시스템이 학습 과정을 통해 배워야 합니다. 이러한 학습 과정은 적절한 데이터의 입력과 시스템 지향 알고리즘의 사용을 기반으로 합니다. **데이터의 양보다 더 중요한 것은 바로 데이터의 품질입니다.** 특히 데이터의 특정 컨텍스트(주석이 달리고 분류된 데이터)가 중요합니다.

[역주: 데이터의 컨텍스트 (context of data)는 데이터의 연계성을 의미합니다. 단순한 데이터는 쓸모가 없습니다. 예를 들어, 숫자 12 만의 데이터는 특별한 정보가 아니지만, 영하 12 도이면 날씨와 연계한 온도 12 가 되고, 12 살이면 나이와 연계하여, 정보가 될 수 있습니다. 데이터의 맥락이라고 표현할 수도 있습니다.]

이 다음, 훈련된 시스템은 - 적절한 기술과 함께 - 인간의 물리적 능력뿐만 아니라 인지 및 의사 결정 능력을 보충하는 데 사용됩니다. 주로 인공지능이 지원하는 것은 인지 능력이며, 시간과 비용을 절약할 뿐만 아니라 품질을 개선하고, 단순하고 반복적인 작업으로부터 인간을 해방하기 위함입니다. 인간이 지능적 공정에 대한 창조적인 계획에 더 많은 시간을 투입해야 한다는 생각입니다. 그들은 대체되어서는 안 되고, 풍부한 아이디어를 기술 공정의 새로운 모델을 만드는 데 활용해야 합니다. 인간의 도구로서 인공지능은 이에 대한 새로운 관점을 창출하고, 인더스트리 4.0 의 핵심 구성 요소 중 하나가 될 수 있습니다. 이를 위해서는 고품질 데이터와 정보의 가용성을 중심으로 하는 기계적 훈련 과정이 필요합니다. 이러한 연계성 기반 학습 데이터를 사용할수록 인공지능이 제어하는 설비는 더 좋아질 것입니다.

산업 공정에서 가치 제안을 인정하기 위해 사용하는 데이터의 품질은 아무리 강조해도 지나치지 않습니다. 이는 인공지능 시스템 훈련, 복잡한 공정에 대한 새로운 대응책 모색, 비즈니스 기업을 위한 고유한 판매 제안서 작성 등에 있어서는 오직 데이터 세트를 사용하는 데이터 기반 접근 방식이 단순히 부적절한 이유입니다. 학습 단계 이전에 사용 가능한 일반 정보, 회사 내부 또는 회사 간 데이터베이스에서 좋은 데이터를 선별하려면 인간이 집중적으로 준비 작업을 수행해야 합니다. 이러한 업무에는 **고품질 데이터를 분류, 분석 및 정의할 수 있는 전문 지식**이 필요합니다. 따라서 **데이터 전문가**는 해당 분야의 지식뿐만 아니라 인공지능 시스템을 교육하기 위한 연계된 지식도 보유해야 합니다. 독일이 미래의 경쟁력 있는 기술 국가로서의 지위를 유지하기 위해서는, 인공지능 전문지식과 영역 전문성을 결합한 교육 자격 과정을 편성하는 것이 필수적입니다. 부문별 전문가는 데이터 세트에서 구체적이고 적합한 데이터를 추출하고, 해당 데이터를 연계성 기반 방식으로 인공지능 시스템에 공급하는 것을 배울 수 있습니다.

데이터의 가용성

인공지능 시스템을 교육할때, 대규모 데이터 세트가 필요한 것은 아닙니다. 대신, 인공지능 시스템의 성공 여부는 연계성 기반, 논리적, 고품질의 데이터 세트가 가용한가에 달려 있습니다. 소비자 부문과 달리, 제조 산업에서 필요한 데이터는 더 구체적입니다. 기업은 일반적으로 생산 시설에 대하여 나름대로의 개념을 가지고 있어, 설비 데이터를 다른 회사의 설비로 전송하는 것은 간단한 작업이 아닙니다. '일괄 (batch) 1' (맞춤형) 생산에서도 일반적으로 생산 시설에 질적으로 '승인된' 부품이 한 번에 하나뿐이며, 설비의 인공지능 교육 단계에서도 사용이 제한적입니다. 데이터가 유용한 정보가 되려면 적어도 그 기능 및 역량과 연계하여 정의되어야 합니다. 시스템의 조건화와 최적화를 위하여 적합한 데이터 세트나 정보 세트를 사용하는 데에는, 수많은 장애물을 극복해야 합니다. 예를 들어, 다른 회사 또는 다른 제조업체의 설비에서 분류한 데이터는 일반적으로 다양한 형식입니다. 이 경우에 필요한 것은 이러한 비정형 데이터와 실시간으로 빠르게 발생하는 데이터를 수집할 수 있는 인프라입니다. 그러나 기업은 대체로 서로를 의심하고 노하우를 지키고 싶어하기 때문에 데이터 교환에 있어서는 신중합니다. 데이터에 대한 소유권은 없습니다. 무단 배포/사용으로부터만 보호됩니다. 따라서 데이터 보호는 회사의 이익에 가장 부합하며 일반적으로 기밀 유지 계약에 따라 규제됩니다. 현재 법이 제정된 바와 같이, 특히 경쟁사 간의 데이터 교환은 독점금지법에 따른 침해에 해당할 수 있습니다. 데이터 또는 정보가 제품으로 간주되는 경우, 데이터 또는 정보를 외국에서 사용하는 경우 수출 통제법을 준수해야 합니다. 물론 **개인 데이터 저장 규정이나 일반 데이터 보호 규정 (General Data Protection Regulation, GDPR)**과 같은 **현존하는 모든 현지 법률도 준수**해야 합니다. 따라서 산업용 제품 제조업체와 생산 시설 사용자 간의 데이터 교환이 모든 이해 관계자에게 합법적이고 동기부여적이며 경제적으로 어떻게 실현될 수 있는지에 대한 명확한 설명이 필요합니다.

따라서 이러한 **데이터 소유자의 소유권을 침해하지 않고 인공지능 기술 개발과 검증에 적절한 품질의 데이터를 제공할 수** 있어야 합니다. 이 두 가지 측면은 처음에는 양립할 수 없는 것처럼 보입니다. 두 가지 이해관계에 대한 정의를 실현하기 위해서는 기존 이해관계의 맥락에서 데이터 가용에 대한 필요성과 데이터 사용을 명확히 해야 합니다. 개인적 또는 경제적 이유로 데이터를 제공하지 않는 것에 대한 논쟁은 종종 지적 재산권에 대한 이유, 경쟁업체 또는 통제 할 수 없는 제 3 자에 의한 사용 또는 데이터 가치에 대한 인식 부족에 근거합니다. 다른 한편 (찬성하는 쪽)에는, 인공지능의 발전이나 새로운 비즈니스 모델을 창출하기 위해서는 좋은 데이터를 얻는 것이 필요하다는 대중의 관심이 있습니다. 찬성하는 쪽은 가능한 한 많은 데이터를 사용하여 기술이 진보하고 혁신하는 것을 선호합니다.

이러한 이해 상충을 해결하기 위한 다양한 방법의 글로벌 사례가 존재하며, 그 중 일부는 시장에 있습니다. 예를 들어, **제한적 규제가 있는 경제특구 (예: 지역 입법)**에서는 데이터 공개가

필수적입니다. 매우 개인적인 사용 형태 (예: 소셜 미디어, 검색 엔진 등)를 포함한 다른 영역에서는 데이터 제공이 허용되므로 운영자는 거의 무제한으로 사용할 수 있습니다. 또한 데이터를 제공하기 위해 공개된 개방형 데이터 플랫폼을 확보하는 것도 좋습니다.

또 다른 가능한 방법은 데이터를 부분적으로 신뢰에 입각하여 사용할 수 있도록 하는 것입니다. 수탁자는 출처를 밝히지 않고 일반적으로 유용한 데이터를 사용할 수 있게 합니다. 이러한 데이터는 일반 대중이 인공지능을 추가로 개발하거나 비즈니스 모델을 창출하기 위해 사용할 수 있습니다. 사용자 그룹이나 개별 컨소시엄은 데이터 사용 규칙에 어느 정도 동의할 수 있으며, 약속한 회사 및 사용자 그룹과 계약을 체결할 수 있습니다. 신뢰에 기초한 이러한 방법은 조직과 구조의 규칙과 신뢰성에 대한 투명성을 전제로 합니다. 이러한 신뢰 기반 조직의 예로는 협동조합, 정부 기관 또는 신뢰할 수 있는 기술 인프라가 포함될 수 있습니다.

데이터는 가치가 있습니다

데이터 경제와 모든 참가자가 혜택 (비용, 품질, 시간 절약, 유동성, 유연한 고용 등)을 누릴 수 있는 새로운 비즈니스 모델은 향후 데이터 제공 및 수집에 관련하여 중요한 역할을 할 것입니다. 따라서 데이터 세트의 비용 편익 비율을 측정하는 방법, 데이터의 일반적인 가치, 가격 책정 방안을 개발하는 방법에 대하여 일반적으로 질문합니다. 따라서 데이터 제공자는 데이터 세트를 사용할 때 부가 가치의 형태로 혜택을 누리기 때문에, 비즈니스 기업은 적절한 모델을 기반으로 데이터 세트에 데이터를 제공하는 것을 긍정적으로 결정해야 합니다.

관리되는 고품질의 데이터 세트를 만들고 데이터 가치를 결정하기 위한 초기 모델은 데이터 처리 (중개자) 기관이 될 수 있습니다. 이러한 기관은 협력 업체들의 협력 방안을 따르거나 계약상 합의된 규칙과 기밀 원칙에 따라 신뢰 기반으로 작동 할 수 있습니다. 데이터 처리 기관은 데이터가 적절한 품질인지, 표준화된 형식으로 데이터를 제공할 것을 보장해야 하며, 노하우를 재정적으로 실현하는 것을 규제해야 합니다. 이를 위해, 비즈니스 기업 의식이 완전히 바뀔 필요가 있습니다. 즉, 데이터는 소유하는 것이라기 보다 정제하고 활용해야 하는 것으로.

플랫폼 인더스트리 4.0의 인공지능

인더스트리 4.0은 다양한 관점을 포함하고, 플랫폼 인더스트리 4.0의 각 워킹 그룹은 각각의 관점에 초점을 맞추고 있습니다. 인더스트리 4.0에서의 인공지능 활용과 파급 효과는 특히 워킹 그룹들과 관련성이 있으며, 아래에서 (그리고 다른 문서에서 더 심층적인 논의) 다루게 될 주제입니다.

[역주: 이 장에서는 플랫폼 인더스트리 4.0의 6개 워킹 그룹과 각 워킹 그룹이 추구하는 목표, 인공지능 활용과 파급 효과 등 인공지능 관련 활동을 소개합니다.]

참조 아키텍처, 표준 및 규범 (Reference Architectures, Standards and Norms)

워킹 그룹 1 - 참조 아키텍처, 표준 및 규범 - 은 참조 아키텍처 모델 인더스트리 4.0 (Reference Architecture Model Industrie, RAMI 4.0), 인더스트리 4.0 구성 요소와 관리 셸 (Administration Shell)을 통해, 상호 작용하는 요소들로 이루어진 인더스트리 4.0 시스템을 위한 기본 요구 사항을 정의하는 것을 목표로 삼고 있습니다.

RAMI 4.0과 관리 셸은 해석 가능한 의미 체계를 사용하여 기본 표준에 의거한 기본 상호 작용 방식에 기초하고 있습니다. 이를 통해 다수의 자산과 자산 간의 상호 운용이 가능하고, 서로 다른 시스템 범위에 걸쳐 있는 다양한 제조업체와 사용자들이 서로 소통할 수 있습니다. '자산'이라는 용어는 모든 운영 자원, 공정 작업 및 작업자들을 포함하는 것으로 이해할 수 있습니다.

다양한 자료로부터의 많은 정보에 크게 의존하는 인공지능과 같은 핵심 기술의 경우, 아래에 열거한 요소가 필수적입니다. 인더스트리 4.0과 관리 셸을 활용하여 이 요소들을 구현할 수 있습니다.

- **네트워크에서 신뢰할 수 있는 파트너와 구성 요소를 통해 정보 제공.** 여기서, 중요한 것은 인더스트리 4.0 네트워크를 통해 구성 요소에 대한 정보를 알 수 있으며, 잠재적인 기술적 장애물이 있더라도 구성 요소들을 사용할 수 있다는 것입니다. 정보는 구조화되고 제어 가능해야 합니다. 이 방식은 분산된 데이터-자료-구조와 중앙 집중식 데이터 저장소를 모두 가능하게 해야 합니다.
- **정보를 해석하기 위해서는 정보의 문법 구조뿐만 아니라, 의미 체계와 문맥도 필요합니다.** 언어가 더 명시적일수록 참가자들이 더 용이하게 서로 교류할 수 있습니다. 기능과 결과를 명확하게 정의해야 합니다.

- **정보의 접근, 수집, 분석 및 학습은 인공지능이 산업 애플리케이션에 제공해야 하는 주된 기능입니다.** 다음 중요한 단계는 자율 공정으로 작업하고 자율 공정을 개선하는 것입니다. 이를 위해서는 데이터 간의 적극적인 상호 작용, 인공지능 학습 방식, 인간의 의사 결정, 기능을 제어하거나 조절하는 데 학습 결과를 활용하는 것 등이 필요합니다. 이것들은 인더스트리 4.0 구성 요소와 기능으로 뿐만 아니라, AAS 관리 쉘을 통해서도 구현되어야 합니다. 그리고 끊임없이 변화하는 시스템의 모든 것들도 그래야 합니다.
- **산업은 자원, 가용성, 장기적 안정성, 견고성뿐만 아니라, 건설 규모, 환경 조건 및 비용에 대하여 특별한 요구 사항을 가지고 있습니다.** 이는, 영구적으로 가능한 한 많은 정보가 필요한 것과 같은, 인공지능이 요구하는 사항들과 상충될 수 있습니다.

AAS 관리 쉘의 기본 구조와 상호 작용 패턴은 몇 가지 주요 문제를 해결합니다. 인공지능 기술은 시스템의 자율성과 대응 능력에 결정적인 기여를 할 수 있습니다. 자동화된 의사 결정의 핵심 기반으로 매우 중요한 것은 기호 (Symbol)를 올바르게 적용하는 것입니다.

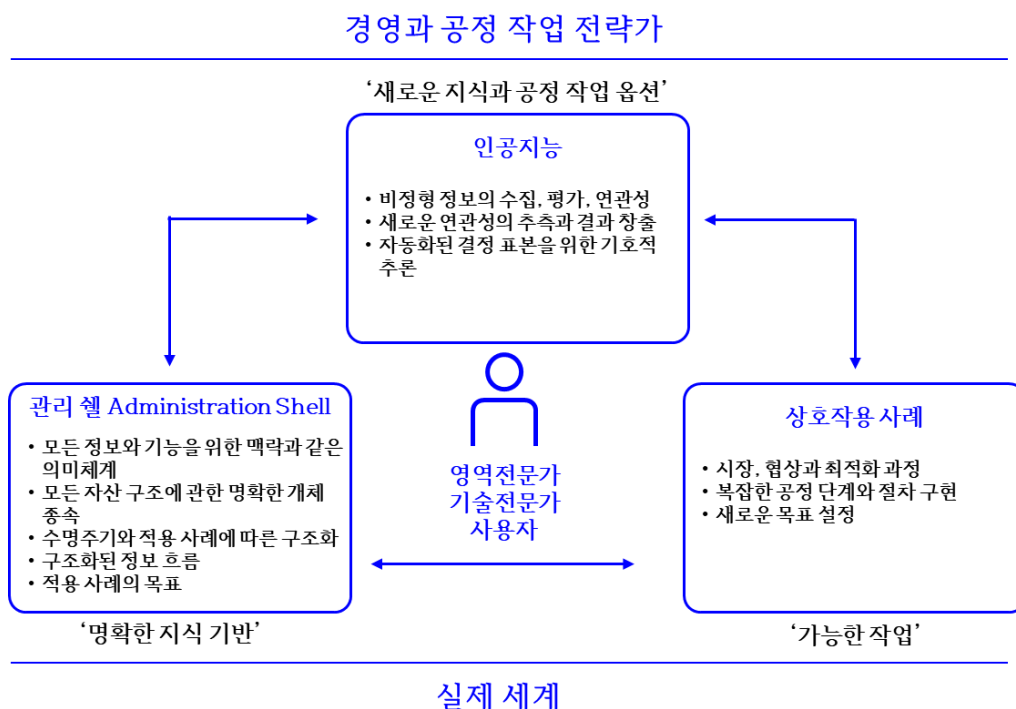
[역주: 여기에서 사용한 “Symbol”은 상징적 인공지능의 기반인 “기호 (상징)”로 해석할 수 있습니다. 1950년대 중반에서 1980년대 후반까지 인공지능 연구의 지배적이었던 패러다임이었던 *상징적 인공지능* 또는 *기호주의 인공지능* (Symbolic Artificial Intelligence)은 문제, 논리 및 검색을 고차원의 “기호 (상징)”로 처리하는 방식을 기반으로 하였습니다. 인간이 기호 (상징)로 표현하여 정한 규칙에 따라 처리하고 판단하는 인공지능 시스템으로 지식 기반의 추론 시스템이라고도 합니다. 전문가 시스템, 언어 처리 등에 응용되고 있습니다. 최근에는 인간의 뇌 신경망을 모형화하여 데이터로 학습하고 경험을 통해 성능을 향상하는 기계 학습, 심층 학습과 같은 *연결주의 인공지능* (Connectionist Artificial Intelligence)이 대세를 이루고 있습니다. 데이터 기반의 학습 시스템이라고도 합니다.]

여전히 해결해야 할 다음 과제도 있습니다:

- **인공지능을 사용하면 의미 체계를 자동으로 결합할 수 있습니다.** 언어와 의미 체계는 시간이 지남에 따라 변경되며 인공지능을 사용하면 이들을 더 탄력적으로 사용할 수 있습니다. 생성되고 명시적인 지식을 영역 전문가와 사용자는 지속적으로 검증해야 합니다.
- **패턴 인식 및 이상 징후 검출은 인공지능을 사용하는 또 다른 주요한 점입니다.** 이러한 기능은 민첩한 작업을 지원합니다. 자가 학습 시스템은 명시적 의미체계를 다층방식으로 확장하는 모델을 생성할 수 있습니다. 이들은 미래의 비즈니스 모델에 대한 잠재력을 창출하는 기능으로, 효율성 향상과 입력 자원을 감소하는 부분에서 더 많이 혁신할 수 있는 방법을 제공합니다.

대단히 중요하게, 정부 및 기업에 대한 다음과 같은 권고와 요구를 도출할 수 있습니다 :

- 기업과 정부는 인공지능 연구와 테스트 베드에서 수행하는 테스트에 충분한 자금을 투자해야 합니다.
- 중소기업은 이 문제를 인식하고 처리하도록 학습해야 합니다. 인공지능 (예: 데이터 과학자)에 대한 교육을 추진해야 합니다.
- 가치 창출 파트너 (인공지능 기술에 대한 일종의 "개방형 데이터") 간에 표본 데이터와 교육 데이터를 공유할 수 있어야 합니다.
- 인공지능 구현은 산업의 요구 사항 (예: 컴퓨팅 성능)을 충족해야 합니다.
- 인공지능 알고리즘은 가능한 한 많은 응용 프로그램에서 유효한 결과를 도출할 수 있도록 표준화할 수 있어야 합니다.

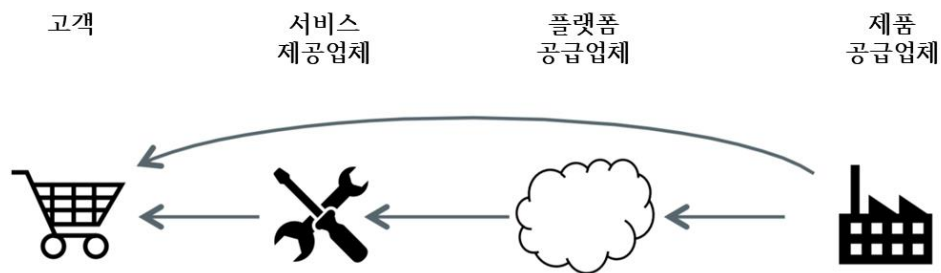


기술과 적용 시나리오

워킹 그룹 2 - 기술과 적용 시나리오 - 는 기존 및 미래 기술을 인더스트리 4.0에 사용할 때의 영향이나 인더스트리 4.0이 산업 생산에 미치는 영향에 중점을 둡니다. 시연 설명을 위해 일반 적용 시나리오가 만들어졌습니다. 이러한 시나리오는 디지털화 된 산업에서 인더스트리 4.0을 적용하기 위한 전반적인 체계를 나타내며 플랫폼 인더스트리 4.0 사용자와 워킹 그룹의 관점에서 영향과 요구 사항을 보여줍니다.¹⁸

이 문서 '인더스트리 4.0에서의 인공지능'의 다음 판이 개발된다면, 인공지능 영향과 공정에서 인공지능으로 인한 자율성과 결과들이 적용 시나리오에 적용되는 것을 포함할 것입니다. 인공지능과 자율성의 효과에 대한 예는 아래의 [그림 4]에서 가치 기반 서비스 (Value Based Services, VBS) 적용 시나리오로 설명합니다.

그림 4: 가치 기반 서비스 (Value Based Service, VBS)



Source: Plattform Industrie 4.0

‘가치 기반 서비스’ 적용 시나리오는 필요한 제품 정보 및/또는 공정 정보를 사용할 수 있을 때 서비스 업계에서 부가 가치망을 설계할 수 있는 방법을 보여 주고 있습니다.

[역주: 가치 기반 서비스 적용 시나리오는 다른 문서 “IIIRA 구조에 따른 인더스트리 4.0 적용 시나리오의 예시, 가치 기반 서비스”에서 자세히 설명합니다.]

¹⁸ Plattform Industrie 4.0: Fortschreibung der Anwendungsszenarien der Plattform Industrie 4.0. (Updated Application Scenarios of Plattform Industrie 4.0, 플랫폼 인더스트리 4.0의 적용 시나리오 최신판, 독일어 판만 존재합니다). 2016.11.15. <https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/fortschreibung-anwendungsszenarien.html>.

스마트 서비스 월드 (Smart Services Worlds) 계획의 배경은 기업 (예: 제조 산업)이 선택한 서비스 공급자에게 데이터를 공급하는 것입니다. 결국 서비스 공급자는 더 보편적인 형태의 지식으로 데이터를 개선하는 서비스를 제공합니다. 예를 들어, 설비 데이터를 기반으로 유지 보수 지침 초안을 작성하거나 설정 계획을 최적화할 수 있습니다. 서로 다른 서비스는 부가 가치망의 체계 내에서 서로 교류하여 가치 사슬과 유사한 생태학적 시스템을 창출하게 됩니다.

이러한 서비스가 지식을 추출하는 인공지능 능력으로 주로 이익을 얻을 것이라는 점에는 의심의 여지가 없습니다. 많은 중요한 인공지능 알고리즘의 기본 개념은 사용 가능한 데이터에서 학습한 패턴을 기반으로 입력 데이터를 출력 데이터로 변환하는 것입니다. 의사 결정 (서비스 간격, 생산 계획, 포트폴리오 변경)을 지원하거나 이상 징후 (생산 결함, 기술적 결함, 사용자 행동)를 감지하는 서비스의 경우, 인공지능 알고리즘은 오늘날 이미 매우 유용합니다. 모든 분석과 서비스 사용자의 피드백을 통해 서비스를 개선하고 사용자에게 추가적인 이점을 제공할 수 있습니다. 반대로, 고객은 인공지능을 사용하여 자체 서비스를 만들거나 최선의 선택을 할 수 있습니다. 또한 서비스는 서로 배울 수 있으므로 새로운 수준의 성능에 도달할 수 있습니다. 이 모든 것의 기반은 고품질 데이터입니다. 여기서 해결해야 할 과제 중 하나는 유용한 데이터와 쓸모없는 데이터를 분리하는 역량입니다. 쓸모없는 데이터는 측정 오류, 대표적이지 않은 무작위 샘플 또는 심지어 악의적으로 조작된 데이터 (sabotaged data) 등을 포함합니다.

[역주: data sabotage 는 아직 표준화된 정의가 없지만, 데이터의 무결성과 정확성을 손상시키기 위해 데이터를 악의적으로 변경하거나 조작하는 의도적인 행위입니다.]

그러나 장기적으로는 서비스가 향상될 것입니다. 결과적으로, 알고리즘이 인간의 개입 없이 자동으로 서로 협력하는 예기치 않은 시너지 효과를 발휘할 수도 있습니다. 다시 말하면, 인간이 제기한 문제를 최적화할 뿐만 아니라, 모델 자체의 근본적인 가정에 대하여 중대한 의구심까지 제기할 가능성도 있습니다. 완전히 새로운 해결책을 모색하고 대체안으로 제시할 것입니다.

네트워크 시스템의 보안

워킹 그룹 3 - 네트워크 시스템의 보안 - 은 '인더스트리 4.0 보안 측면에서의 인공지능'이라는 문서를 출판하였습니다.

[역주: 플랫폼 인더스트리 4.0, Artificial Intelligence (AI) in Security Aspects of Industrie 4.0, 인더스트리 4.0 보안 측면에서의 인공지능, 2019.02.01, <https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/AI-in-Security.html>.]

법적 체계

워킹 그룹 4 - 법적 체계 - 는 2016 년 부터, 인더스트리 4.0 과 관련한 법적 주제를 체계적으로 정리하고 연구하고 있습니다. '인더스트리 4.0 과 관련된 인공지능과 법'이라는 문서를 출판하였습니다.

[역주: 플랫폼 인더스트리 4.0, Artificial Intelligence and Law in the Context of Industrie 4.0, 인더스트리 4.0 과 관련된 인공지능과 법, 2019.05.27,

<https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/AI-and-Law.html>.]

이 문서는 인격권, 데이터 접근 및 보호, 책임 문제, 지적 재산권 및 고용법 문제 등을 다룹니다. 또한 취할 수 있는 조치도 권장하고 있습니다.

일, 교육 및 훈련

워킹 그룹 5 - 일, 교육 및 훈련 - 는 인간에 대한 인더스트리 4.0 의 효과 다룹니다. 어느 정도는 노사가 수용할 수 있는 기업 변화의 구조화 - 특히 구조화 조건을 창출하기 위해 '모범사례'를 통해 - 에 주된 초점을 맞추고 있습니다.

워킹 그룹 5 는 인공지능을 사용하는 것이 고용 구조, 근무 시간 규정, 작업장 설계, 데이터 보호 및 데이터 보안에 큰 영향을 미칠 것이라는 의견입니다. 인공지능은 근로자의 전문 자격 요건에 특별한 영향을 미치기에, 기업은 평생 교육 방안을 마련해야 합니다.

이 그룹은 또한 인공지능에 의해 가능하거나 영향을 받는 새로운 비즈니스 모델의 가능성 (예: 군중 고용)을 검토하고자 합니다.

인공지능은 독일 산업에 많은 기회를 제공합니다. 신속하게 행동하는 것이 중요합니다. 적시에 정보를 제공하고 모든 산업 이해 관계자를 포함한다면, 현장에서 인공지능을 원활하게 성공적으로 도입할 수 있을 것이라고 장담합니다.

인더스트리 4.0 에서의 디지털 비즈니스 모델

워킹 그룹 6 - 인더스트리 4.0 에서의 디지털 비즈니스 모델- 은 인더스트리 4.0 에서의 디지털 비즈니스 모델에 대한 기본 운영 원칙을 다룹니다. 인공지능의 이점은 지난 몇 년 동안 다양한 분야에서 매우 분명하게 드러났습니다. 대부분은 소비자 시장이며, 다양한 형태의 대량 데이터가

존재하는 것이 기업과 소비자 간의 거래 (Business to Consumer, B2C) 분야에서 인공지능이 혜택을 제공할 수 있는 이유 중 하나입니다. 이러한 대량의 최종 고객 데이터를 활용하기 위해 인공지능 기술을 사용하면 완전히 새로운 비즈니스 모델 (예: '롱테일'용 솔루션)을 만들 수 있게 되었습니다.

[역주: 롱테일 (Long Tail)은 디지털 시대에는 무한한 선택이 가능해 수요곡선의 꼬리부분 (Long Tail)이 머리부분보다 길어져 그동안 무시되었던 틈새상품이 중요해진다는 의미에서 틈새시장이나 틈새상품을 뜻합니다. 다시 말하면, 80%의 비인기 상품이 매출의 20%를 차지하는 등 높은 수익을 창출할 수 있는 새로운 비즈니스 모델을 만들 수 있다는 이론입니다. 소수의 인기 상품 20%가 매출의 80%를 차지한다는 파레토 (Pareto) 법칙에 반해, 아마존이나 넷플릭스와 같이 온라인에 새롭게 등장한 비즈니스 모델을 설명하기 위해 크리스 앤더슨 (Chris Anderson)이 처음으로 명명하였습니다. 이를 바탕으로 앤더슨은 '롱테일 경제학' (랜덤하우스, 2006.11.15)을 출간하였습니다.]

이러한 새로운 비즈니스 모델은 종종 디지털 경제의 핵심으로 실현되고 있습니다. 디지털 경제는 효율성과 품질을 저하하지 않으면서, 고객의 특정 요구와 고객 맞춤형 제품에 초점을 맞추고 있는 새로운 경제입니다. 그러나 이러한 모델과 서비스 플랫폼은 오늘날 소비자 시장 (B2C)에서 자리를 잘 잡고 있지만, 산업 생산 (B2B, Business to Business, 기업과 기업 간의 거래) 시장에서는 인더스트리 4.0 생산의 완전한 네트워킹과 인공지능을 엄격하게 활용해야만 가능할 것입니다. 산업 공정에서 실시간 데이터를 자동으로 수집하고 처리하면, 공정을 최적화하고, 자원관리를 개선하고, 공정에 맞게 인력을 배치할 수 있는 새로운 방법을 모색할 수 있습니다. 지능적인 상품 관리를 통해, 전형적인 전사적 자원관리 (Enterprise Resource Planning, ERP) 시스템이 지능적이고 유연한 관리 도구로 변환됩니다. 한 가지 목표는 생산 기한을 최대한 준수하면서 오류 없이 생산하는 것일 수 있습니다.

상태 모니터링, 생산 계획 또는 공정 품질과 같은 모든 생산 예측 시스템을 연결하는 것은 많은 가능성을 가지고 있습니다. 이러한 생산 예측 데이터는 인터페이스를 통해 상용화 과정과 연결될 수 있습니다. 설비를 최적으로 설정하면, 에너지 소비 개선, 설비 가동율 증가, 품질 향상, 최소한의 원자재 사용이 가능합니다.

작업 관련 공정의 모든 데이터와 정보는 지능형 제품 관리 및 제어 시스템을 사용하여 수집되고 분석됩니다. 실시간 처리를 통해 이상 징후와 문제를 감지할 수 있습니다. 최적화를 할 수 있고, 인공지능 기술을 사용하여 작업 공정 중에 직접 대응할 수 있습니다. 또한 미래에는 하이브리드 인공지능 시스템을 생산에 적용하는 것을 상상할 수도 있습니다.

[역주: 하이브리드 인공지능 시스템은 진화 신경망 (Evolutionary Neural Networks), 신경-퍼지 (Neuro-Fuzzy) 시스템, 신경-기호 컴퓨팅 (Neural-Symbolic Computing) 등 다양한 인공지능 기술을 두 개 이상 결합한 시스템을 의미합니다.]

이는 클라우드에서 다양한 생산 설비의 데이터를 분석하고 해당 모델을 학습시킵니다. 그런 다음, 기업내의 생산 예측 인공지능 시스템은 클라우드에서 인공지능의 모델 매개 변수로 주기적으로 업데이트하여, 생산을 최적화할뿐만 아니라 대량 데이터에서만 얻을 수 있는 효과를 통해서 혜택을 누릴 수 있습니다. 요약하자면, 인공지능 시스템을 활용하여 고객의 요구에 더 밀접하게 관련된 새로운 비즈니스 모델을 구현할 수 있으며, 이는 기업 구조에 광범위한 변화를 야기할 것이라고 말할 수 있습니다.

인공지능의 산업 활용에 관한 연구 필요성

법적 문제와 기술 보안 문제 다음으로 산업 공정에서 인공지능 기술을 사용하는 데 가장 큰 걸림돌 중 하나는 산업 응용 분야와 관련된 데이터가 부족하다는 것입니다. 그러나 이러한 데이터 부족은 단순히 더 크고 더 많은 양의 데이터를 생성하고 저장하여 해결할 수 있는 것이 아닙니다. 알고리즘 기법을 통해 해결해야 합니다. 이는 설비류의 결함, 생산 공정에서 오작동, 품질과 관련된 문제, 위험한 상황 등 산업 응용 분야와 관련된 이벤트가 실제로는 아주 드물게 발생하기 때문입니다. 실증 연구에 따르면, 전형적인 심층학습 방법은 최소한의 예제 데이터 세트에서 상위 단으로만 역량을 발휘할 수 있습니다. 따라서 특히 산업과 관련있는 데이터 유형 (예를 들어, 시계열 또는 신호 데이터)에 대한 기계 학습 과정, 전이학습, 데이터 보강 방법에 대하여 특정 영역 지식을 포함하는 것에 관한 연구가 필요합니다. 또한 디지털화 자체를 지속적으로 발전시키는 것도 중요합니다. 최신 센서를 사용하는 것, 자기 서술적 데이터, 모델링, 영역간 의미체계를 통한 더 나은 해석, 유연한 IoT 통신 인프라 등을 통하여 더 효과적으로 지속하는 것도 중요합니다.

또 다른 도전 과제는 산업 응용 분야에 필요한 절차의 정확성과 성능 역량입니다. 소비자 시장에서는 고객 추천의 정확도 수준이 10% 이상이면 시스템이 양호한 것으로 간주합니다. 그러나 광학 품질 관리 또는 예측 서비스와 같은 가장 간단한 산업 응용 분야일지라도 예측이나 검출 정확도를 90% 이상 요구합니다. 이러한 요구 사항을 충족하는 방법에 관해서는, 특히 데이터 예제가 부족하고, 매우 불균형한 훈련 데이터 세트에 비추어 볼 때, 연구가 필요한 미해결 과제입니다.

기계 학습 및 인공지능 응용 프로그램을 구현하려면 응용 프로그램 영역에 대한 특정 지식 외에도 데이터 과학 (및 긴 개발 기간)에 대한 일반적인 전문 지식이 필요합니다. 그렇지 않으면 많은 흥미로운 산업 문제를 재정적 이유로 완전히 재미없게 만듭니다. 자동화 비율이 높아지고 기계 학습 절차에 대한 접근 방식이 향상되는 것은 다양한 산업 전반에 걸쳐 광범위하게 적용하기 위한 주요 전제 조건입니다. 자동화된 기계학습 (Automated Machine Learning, AutoML)은 확실히 데이터 과학자의 부족을 보충하기 위한 매우 흥미로운 출발점입니다.

[역주: 자동화된 기계학습 (Automated Machine Learning)은 기계학습 모델을 개발하는 데 필요한 반복적인 과정을 자동화하여, 기계학습 모델을 빠른 시간에 쉽고 효율적으로 생성할 수 있는 과정을 의미합니다.]

보안이 중요한 시스템에 인공지능을 사용하려면 신뢰성이 매우 중요합니다. 오늘날 성공적으로 사용중인 인공지능 방식은 종종 블랙 박스 절차이며, 행동과 결정을 예측하기만 하거나 분석하는데 많은 어려움이 있습니다. 한편으로는 인공지능 방식의 명료성과 이해력을 개선해야 하며, 다른 한편으로는 보안이 중요한 시스템에서 인공지능을 사용하기 위한 보안 개념을 개발해야 합니다. 인공지능은 주로 솔루션이 아니라 시스템 엔지니어링의 절차입니다. 모델 검사와 같은 소프트웨어 기술 분야의 절차도 인공지능 시스템을 보호할 수 있습니다.

산업 환경에서 인공지능이 발전하기 위해서는, 여러 분야의 연구가 필요합니다. 인공지능에 사용된 방식의 명료성과 이해력, 데이터가 없거나 너무 적은 경우에 대처하는 방법, 오류율이 매우 낮은 방식의 개발, 환경 설정과 엔지니어링 요구가 낮은 방식의 개발 등이 포함됩니다. 대체로 연구는 인공지능을 쉽게 설명해 주는 역할을 해야 하며, 인공지능 응용 프로그램을 직관적으로 만들거나, 이해하기 쉬운 결정을 내리는 방법을 제시하거나, 소량의 데이터로 진행해야 합니다.

다른 관련 연구 분야로는 산업용 인공지능 솔루션에 대한 신뢰 확보 전략, 산업에서 인공지능 사용에 관한 윤리적 질문에 대한 답변, 인공지능의 데이터 기반 모델과 물리적 모델 간의 연계를 최대한 활용하는 것 등이 포함됩니다.

시민과 산업 토론에서의 인공지능



산업 생산 전반과 특히 인더스트리 4.0 에서 인공지능 사용에 대한 윤리적 측면¹⁹을 논의할 때는 다양한 사항을 고려해야 합니다. 인공지능 시스템이 인간의 삶 및/또는 순전히 기술적 과정에만 중대한 영향을 미치는지 아닌지를 결정하는 것이 가장 중요합니다. 여기서 논의할 때는 '가치 체계를 갖추고 자체 기능 영역을 자율적으로 정의하는 기계로 인간을 완전히 대체'한다는 의미에서 일종의 '인간과 같은 지능'이라는 개념을 전혀 포함하지 않습니다. 전문가들은 이를 '강한 인공지능'이라고 부르는데, 여기서 검토중인 인공지능 방식과는 아무런 관련이 없습니다. 산업 공정에서 활용할 수 있는 인공지능의 종류는 자동화 공정을 통해 인간 역량을 지원하는 것을 목표로 하는 인간 지향 인공지능입니다.

이러한 형태의 인공지능에 대한 공개 토론은 만족할 만한 사실에 근거하여 장려되고 진행되어야 합니다. 이를 위해서는 이 기술의 가능성과 위험, 가능한 영향의 평가와 관련하여 높은 수준의 투명성이 필요합니다.

¹⁹ According to the German dictionary 'Duden', ethics (in the vernacular usage) is defined as the 'sum of all moral rules and principles on which a [conscientious] attitude is based.' 독일 사전 '듀덴 (Duden)'에 따르면, 윤리 (언어적 용법)는 '[양심적인] 태도에 기반이 되는 모든 도덕적 규칙과 원칙의 합'으로 정의됩니다. <https://www.duden.de/rechtschreibung/Ethik#Bedeutung1a>.

산업에서의 인공지능

산업 환경에서, 인공지능은 기술 방식으로 활용되고, 공정과 공정 유연성을 개선하고, 비용, 자원, 시간, 에너지와 설비 성능을 최적화하거나, 지식 기반 공정을 자동화하는 것을 목표로 합니다.

산업용 인공지능 응용 프로그램은 본질적으로 기술적인 면이 많으며 인간 행동에 집중할 필요가 없기 때문에, 이러한 기술 응용 분야에 적용되는 윤리적 목적에 대해 이야기하는 것은 유익하지 않습니다. 그러나 이러한 응용 프로그램에 지침과 규정이 적용되어서는 안된다는 의미는 아닙니다. 산업 안전 규정 또는 기능 안전 규정과 같이 알려진 다양한 산업 규제가 이미 존재합니다. 이것들은 수년에 걸쳐 개발된 기본 윤리 원칙에 기초하고 있으며, 근본적으로 유럽 특성을 지니고 있고, 전 세계적으로 사용되고 있습니다.

'자율성 원칙'과 관련하여 언급할 가치가 있는 점은 일반적으로 설비가 내린 결정은 인간이 프로그래밍한 작업 지향적이고 목표 지향적인 알고리즘을 준수한다는 것입니다. 그러나 다른 한편으로, 인공지능의 일부가 좁게 정의된 매개 변수의 범위 내에서 비지도 방식으로 작동 할 수 있는 심층 신경망으로 구성될 수 있는 것도 사실입니다. 그러나 정의된 매개 변수는 인간이 지정하므로 자가 학습망의 결과를 인간이 제어할 수 있습니다. 그럼에도 불구하고 현대 인공지능 연구자들은 '설명 가능한 인공지능'을 미래에 자율적으로 작동하는 인공지능에 대한 신뢰를 키울 수 있는 분야 중 하나로 간주합니다.

인공지능과 관련된 불확실성

추적성 및 검사 가능성 개념과 관련하여 인공지능 응용 프로그램의 다양한 상황을 고려하는 것이 중요합니다. 인간의 삶에 중대한 영향을 미치는 시스템의 경우, 일반인도 알고리즘 결정의 인과 관계를 명확하게 이해할 수 있어야 합니다. 그러나 인간의 삶에 영향을 미치지 않는 기술 프로세스의 경우, 전문가들이 응용 프로그램을 지도하고 통제해야 합니다. 인공지능 기술 사용이 계속 증가함에 따라 산업 부문이 겪고 있는 근본적인 변화때문에, 근로자들이 필요한 교육 지원을 받을 수 있도록 인공지능은 교육 훈련 과정과 평생 학습 과정의 한 분야로 통합되어야 합니다.

이런 점에서 윤리는 국제 경쟁에서 협상 가능한 요소가 되어서는 안됩니다. 특정 분야에 적용할 수 있는 국제적으로 인정된 윤리 지침을 준수해야 합니다. 이 지침은 해당 지역 또는 지방에 적용될 수 있으며 각각 내용이 매우 다를 수 있습니다. 윤리적 행동은 궁극적으로 신뢰와 수용에 기초합니다. 신뢰할 수 있는 인공지능에 대한 윤리적 지침을 정의하는 것은 유럽이 모든 인간 중심의 인공지능 애플리케이션을 위한 체계를 세계에 제공할 수 있는 기회입니다.

지침을 작성하는 것은 디지털 혁신을 수용하는 데 있어 기업 내의 신뢰와 기업이 필요로 하는 신뢰에 필수적입니다. 지침은 또한 산업 내외부에서 유해한 인공지능 시나리오를 방지하는 수단으로 작용하여 과도하게 관료적이고 기술적인 장애물을 피하고, 이러한 장애물과 관련된 비용 (예 : 중소기업의 평가 및 모니터링 시스템)을 최소로 유지합니다. 플랫폼 인더스트리 4.0 의도는 인간 중심의 인공지능이 중요함을 강조하고, 한편으로는 인공지능 기술에 대한 신중한 접근과 다른 한편으로는 인공지능 발전에 너무 많은 제약을 가할 수 있는 것 사이에서 올바른 균형을 맞추는 것입니다.²⁰

²⁰ See also the document 'PI 4.0_Statement_Draft Ethics Guidelines für Trustworthy AI 2019-02-01' of the Plattform Industrie 4.0. 플랫폼 인더스트리 4.0 의 'PI4.0 성명서 초안, 신뢰할 수 있는 인공지능을 위한 지침 2019-02-01' 문서도 참조바랍니다.

현재까지의 인공지능 논의 요약

행동에 대한 첫 번째 일반적인 권고 사항은 수용, 능력/용량, 국제 상업적 사용 등의 주제와 관련이 있습니다. 수용과 관련하여, 인공지능과 인공지능이 미칠 수 있는 영향에 대한 광범위한 공개 토론을 권고합니다. 토론은 사실에 근거하여 만족할 만하고 투명하게 진행되어야 합니다. 이러한 공개 토론은 인공지능이 제공하는 기회와 활용 방안에 대하여 사람들이 서로 논의하고, 이 주제를 중요하게 생각하도록 격려합니다. 또한 인공지능 방법 및 응용 프로그램의 추가 모델링을 제공합니다. 교육과 전문 훈련 과정을 편성하여, 기술 및 방법론 전문가, 인공지능 방법을 실제 환경에 적용할 수 있는 응용 전문가에 대하여 꾸준히 증가하는 요구에 충족해야 합니다. 여기에는 전문가와 과학자뿐만 아니라 사용자와 의사 결정자도 포함되어야 합니다. 그들은 자율적 행동과 인공지능이 제어하는 공정에 익숙해지고, 인공지능과 함께 일하며, 심지어 자율적 공정에서 요구하는 지침을 따라야 합니다.

새로운 공정과 대안이 되는 구조적 가능성은 이미 시행되고 있는 표준 및 규정과 관련하여 자연스럽게 많은 질문을 야기합니다. 이러한 표준 및 규정은 종종 계획되고 때로는 인증된 절차 및 시스템 (예 : 기능 안전 및 산업 안전 분야)을 규제하지만, 표준과 규정의 사용을 인공지능 시스템의 역동적 의사 결정 과정으로 간주하는 것에 관한 질문에는 답변하지 못하고 있습니다. 기술과 체계적인 지식을 더 개발하기 위한 지원도 필요합니다. 여기에는, 인공지능의 기술적 측면뿐만 아니라, 부문 지식, 적합한 데이터의 출처, 중소기업의 인공지능 사용과 같은 산업 환경에 대한 중요한 검토를 포함해야 합니다.

인공지능을 사용하는 것은 정보와 적합한 데이터에 접근할 수 있는 능력을 기반으로 합니다. 이것은 한편으로는 적합한 데이터를 사용하는 것이 가장 중요한 훈련 단계와 다른 편으로는 실시간 및/또는 과거 데이터를 사용하는 시스템을 운영하는 것을 포함합니다. 상업적 목적 (새로운 비즈니스 모델 및 기능 테스트) 및 연구 프로젝트 (인공지능을 더 개발하기 위한)를 위해 훈련 데이터와 사용자 데이터를 사용하는 방법이 필요합니다. 이를 위해서는 기업과 고객이 실용적으로 함께 모이는 연방 데이터 환경이 필요합니다. 연방 데이터 환경을 통해 상업 네트워크와 컨소시엄이 공동 정보 및 규칙에 동의 할 수 있고, 상거래와 과학이 적합한 데이터의 데이터 세트에서 신뢰를 바탕으로 정보를 얻을 수 있습니다. 여기서 정치적 과제는 국제 네트워킹 및 데이터 사용 규제입니다. 또한 인공지능 사용과 그에 필요한 데이터에 대하여 국제적으로 인정되는 지침을 만드는 것도 필요합니다. 이와 관련하여 윤리가 국제 경쟁에서 협상 가능한 요소가 되어서는 안 됩니다.

지은이

Klaus Ahlborn, Gerd Bachmann, Fabian Biegel, Jörg Bienert, Prof. Dr. Svenja Falk, Prof. Dr.-Ing. Alexander Fay, Dr. Thomas Gamer, Kai Garrels, Dr.-Ing. Jürgen Grotepass, Dr. Andreas Heindl, Jörg Heizmann, Claus Hilger, Dr. Martin Hoffmann, Dr. Michael Hoffmeister, Michael Jochem, Johannes Kalhoff, Martin Kamp, Prof. Dr. Stefan Kramer, Dr. Bernd Kosch, Christoph Legat, Dr. Jan Stefan Michels, Dr. Alexander Mildner, Dr. Andreas Nettsträter, Rohitashwa Pant, Dr. Reinhard Pittschellis, Thomas Schauf, Dr. Hans-Jürgen Schlinkert, Dr. Marco Ulrich, Guido Zinke.

본 문서는 기술과 적용 시나리오 워킹 그룹과 인공지능 워킹 그룹의 작업 결과물입니다. 위에 거명한 편집위원들이 이 보고서 출판을 이끌었습니다.

www.plattform-i40.de

www.smart-factory.kr