

ATL 1.0: 인공지능 기술 수준 정의

ATL 1.0: An Artificial Intelligence Technology Level Definition

민옥기 (O.G. Min, ogmin@etri.re.kr)	지능정보연구본부 책임연구원/본부장
김영길 (Y.K. Kim, kimyk@etri.re.kr)	언어지능연구실 책임연구원/실장
박종열 (J.Y. Park, jongyeoul@etri.re.kr)	시각지능연구실 책임연구원/실장
박전규 (J.G. Park, jgp@etri.re.kr)	복합지능연구실 책임연구원/실장
김지용 (J.Y. Kim, kji@etri.re.kr)	스마트데이터연구실 책임연구원/실장
이윤근 (Y.K. Lee, yklee@etri.re.kr)	인공지능연구소 책임연구원/소장

ABSTRACT

Artificial-intelligence (AI) technology is used in a variety of fields, from robot cleaner motion control to call center counselors, AI speakers, and Mars exploration. Because the technology levels of all applications and services that utilize AI vary widely, it is not possible to view all applications using AI technology at the same level. Nevertheless, there have been no cases in which the level of AI technology was defined. Therefore, the Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI) Artificial Intelligence Research Laboratory has defined the levels of the main technical elements of AI from steps 1 to 6. In this report, the Artificial Intelligence Technology Level 1.0 (ATL 1.0) is presented. It was established by comprehensively referring to the AI technology prospects and technology roadmaps of major countries. It is hoped that it can be used as a measure for determining the levels of AI applications or services or as an indicator for establishing a technology roadmap.

KEYWORDS 좁은 인공지능, 일반 인공지능, 슈퍼 인공지능, 지식 성장, 인공지능 모달리티, 통합인지, 인간-AI 협업지능, Artificial Super Intelligence, Artificial Narrow Intelligence, Artificial General Intelligence

1. 서론

딥러닝의 정확도가 높아지고 활용범위가 넓어지면서 인공지능 기술은 지난 10년간 산업과 국가 측

면에서 가장 중요한 기술로 자리 잡았다.

이에 따라 미국, 중국, 유럽 등 대부분의 국가들은 인공지능을 국가 차원에서 육성해야 할 기술로 특정 지었다. 시장을 활성화시키기 위한 데이터,

* DOI: <https://doi.org/10.22648/ETRI.2020.J.350301>

* 이 논문은 2019년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 ETRI지원금 사업으로 수행한 연구임[준지도학습형 언어지능 원천기술 및 이에 기반한 외국인 지원용 한국어 튜터링 서비스 개발].

* 이 논문을 쓸 수 있도록 계기를 만들고, 의견을 주신 ETRI 기술정책연구본부 이지형 본부장, 연승준 실장과 기술기획부 진승현 부장, 이승환 실장에게 감사드린다.



인력 등과 같은 기반조성은 물론이고, 국가 차원의 기술 로드맵과 연구개발 투자를 강화하였다. 미국 국방부에서 도전적인 장기 프로젝트를 주로 하는 DARPA(Defense Advanced Research Projects Agency)에서도 현 인공지능 기술의 한계를 뛰어넘기 위한 차기 AI(Next AI) 연구개발과 딥러닝 기술의 협소성을 극복하기 위한 열린 세계 문제해결(Open World Problem), 기계 상식 이해(Machine Common Cense) 등과 같은 프로젝트를 시작하였다. 또한, 국가 주도로 향후 20년을 준비하는 로드맵[1]을 마련하고 2019년 AAAI(Association for the Advancement of Artificial Intelligence)에서 발표하였다. 해당 로드맵은 복합지능(Integrated Intelligence), 의미 있는 상호작용(Meaningful Interaction), 자기인지 학습(Self-aware Learning) 세 개의 축으로 구성되어 있다.

그러나 수많은 인공지능 프로젝트와 로드맵 제시에도 불구하고, 이 기술들의 수준을 가늠할 수

있는 적절한 지표는 없다. 물론, 예외적으로 자율주행 자동차의 경우는 운전자의 개입 정도에 따라 수준 0에서 5까지 정의한 사례가 있으나, 이는 자율주행 자동차에서만 사용 가능하다. 인공지능 기술의 범위와 활용범위가 워낙 넓고 다양하여 자율주행 자동차처럼 유일한 지표를 책정하기 어려운 면이 있어서일 것으로 생각된다. 이에 ETRI 인공지능연구소는 인공지능 기술을 개발하고, 응용이나 서비스를 사업화하고, 로드맵을 수행할 때 기준이 될 수 있는 인공지능 기술 수준(ATL: Artificial Intelligence Technology Level)을 정의하여 배포하고자 하였다.

본 고에서는 인공지능 기술 수준을 정의하기 위한 배경으로 <가트너>, <포브스>, 각국의 로드맵 등에서 제시하고 있는 기술의 발전전망과 인공지능과 관련한 수준 정의 사례들을 II장에서 먼저 살펴본다. III장은 ATL 1.0을 구성하는 기술 요소들



그림 1 인공지능 기술전망

과 수준 정의 내용을 기술하였다.

II. AI 기술전망과 수준 정의 동향

본 장에서는 인공지능 기술 이슈들과 현재 수행 중인 프로젝트, 그리고 로드맵을 중심으로 발전 방향을 전망해 보고, 인공지능 관련 수준 정의 사례들을 살펴본다.

1. 인공지능 기술전망

포브스[2]는 딥러닝을 핵심으로 하는 현재 인공지능 기술의 지능 수준은 좁은 인공지능(ANI: Artificial Narrow Intelligence)이며, 향후 인간처럼 다양한 분야를 포괄적으로 학습하고 이해할 수 있는 일반 인공지능(AGI: Artificial General Intelligence)과 인간을 뛰어넘는 슈퍼 인공지능(ASI: Artificial Super Intelligence)으로 발전할 것으로 전망했다. 더불어 인공지능 대응과 의식 측면에서는 조건에 대하여 반응하거나, 제한적인 메모리를 가지고 단순히 사물/인지를 분류하는 단계에서 인간의 요구사항이나 감정, 생각체계를 이해하는 마인드 이론(Theory of Mind)과 자기인지(Self-aware) 단계로 진화할 것으로 전망하였다.

가트너[3]는 시장 중심으로 5년 이내에 도래할 주요기술로 AutoML과 챗봇, Edge AI를, 5~10년 사이에 도래할 주요기술로 디지털 윤리(Digital Ethics), 대화 사용자 인터페이스(Conversational User Interface), 설명 가능한 AI(Explainable AI), 스마트 로봇, AI PaaS 등을 제시하였으며, 10년 이후의 기술로 AGI와 퀀텀 컴퓨팅을 전망하였다.

CCC(The Computing Community Consortium)가 제시하는 미국의 20년간 R&D 로드맵[1]은 앞서 언급한 바와 같이 복합지능, 의미 있는 상호작용,

표 1 향후 20년간 AI 연구 로드맵 주요내용

복합지능(Integrated Intelligence)	
Science of integrated intelligence	신경 과학 분야 인간 지능의 이해, 메타 추론
Contextualized AI	특정 개인, 조직, 상황에 맞춤화
Open knowledge repositories	방대한 세계 지식 저장소 필요
Understanding human	인간의 메타인지 이해, 인지 구조 설계, 강화학습 등
의미 있는 상호작용(Meaningful Interaction)	
Diversity of interaction channels	다양한 상호작용을 통한 AI 견고성, 정확성
Collaboration	사회 규범, 가치, 의미 통합, 이용자의 멘탈/감정 모델링
Improving online interaction	사회적 현상에 대한 통찰력을 위한 온라인 상호 작용
Trust and responsibility	고위험 분야에도 AI에 대한 신뢰성 확보
자기인지 학습(Self-aware learning)	
Learning Expressive Representations	인과 관계 유추 & 모델링 및 인과 모델 AI 적용
Trustworthy Learning	신뢰성을 높이기 위한 설명 가능하고 해석 가능한 AI
Durable ML Systems	데이터 이동 시 신속대응, 전이 학습을 통해 비용 절감 등
Integrating AI and Robotic Systems	AI와 로봇 시스템 통합, 인간 환경에 보급

출처 Y. Gil et al., "A 20-Year Community Roadmap for artificial Intelligence Research in the US," Sponsored by CCC and AAAI, 2019. 8. CC BY 4.0.

자기인지 학습으로 분류 정의하였으며 주요 내용은 표 1과 같다.

도전적인 차세대 기술을 많이 개발하고 있는 미국 국방부 DARPA[4]는 인공지능과 관련해서도 다양한 중장기 프로젝트를 진행 중이다. 충분히 많은 데이터가 있어야만 좋은 성능을 얻을 수 있는 딥러닝의 문제점을 해결하기 위해 적은 레이블 데이터로도 학습이 가능한 기술(Learning with Less Labels, '19~'20)을 개발 중이며, 넓은 분야를 스스로 학습

SAE Level	Name	Narrative definition		Execution of	Monitoring of driving environment	Fallback performance of dynamic driving task	System capability (driving modes)	
Human driver monitors the driving environment								
0	No Automation	The full-time performance by the human driver of all aspects of the dynamic driving task, even when "enhanced by warning or intervention systems"		Human driver			n/a	
1	Driver Assistance	The driving mode-specific execution by a driver assistance system of "either steering or acceleration/deceleration"	using information about the driving environment and with the expectation that the human driver performs all remaining aspects of the dynamic driving task	Human driver and system	Human driver	Human driver	Some Driving modes	
2	Partial Automation	The driving mode-specific execution by one or more driver assistance systems of both steering and acceleration/deceleration		System				
Automated driving system monitors the driving environment								
3	Conditional Automation		with the expectation that the human driver will respond appropriately to a request to intervene	System	System	Human driver	Some driving modes	
4	High Automation	The driving mode-specific performance by an automated driving system of all aspects of the dynamic driving task	even if a human driver does not respond appropriately to a request to intervene			System	System	Many Driving modes
5	Full Automation		under all roadway and environmental conditions that can be managed by a human driver			System	System	All Driving modes

출처 SAE, "Automated Driving - Levels of Driving Automation are Defined in New SAE International Standard J3016,"SAE International. 2014.

그림 2 자율주행 자동차 레벨 정의

하거나, 인간과 유사한 방법으로 학습할 수 있는 차세대 학습방법 등 인공지능을 단순한 도구에서 파트너로 견인하기 위한 다양한 연구를 진행 중이며, 주요 프로젝트들은 다음과 같다.

- eXplainable AI(XAI, '17~'21): 도출한 결과에 영향을 준 요인을 설명하는 AI
- Competency-Aware Machine Learning(CAML, '19~'23): 인공지능이 스스로 문제를 해결할 수 있는 역량을 인지하면서 모델을 수립하는 AI
- Guaranteeing AI Robustness and Deception(GARD, '19.2): 인공지능이 외부의 공격에도 강건하며 오작동 없이 할 수 있도록 견고함을 가진 AI
- Lifelong Learning Machine(L2M, '18~'21): 새로운 변화에도 적응할 수 있고, 평생 지식을 성장시킬 수 있는 학습 방법
- Science of AI and Learning for Open-World Novelty(SAIL-ON, '19.3): 문제영역을 특정

분야에 한정하지 않고, 인간처럼 제한 없이 학습하고 이해할 수 있는 AI

이밖에도 ABI 리서치[5]는 향후 유망 기술로 연합학습(Federated Learning), 멀티모달 기계학습(Multi-modal Machine Learning), 분산 지능(Distributed Learning), 엣지 인공지능(AI Moving to the Edge)을 주요 전망으로 제시하고 있다.

2. 인공지능 관련 수준 정의 동향

I 장에서 언급한 바와 같이, 인공지능 기술에 대하여 일관성 있게 수준을 정의한 사례는 없다.

다만, 운전자의 개입 정도에 따라 자율주행 수준을 정의한 사례와 NASA에서 광범위하게 기술이 시장에 활용 가능한지를 7단계로 표현하는 TRL(Technical Readiness Level)이 있다. 그리고 기술 측면은 아니나 인공지능을 활용하기 위하여 데이터, 교육수준, 인프라 등 주변 여건의 준비도를 국

가별로 발표한 사례가 있다.

자율주행 자동차의 기술수준[6]은 레벨 0에서 레벨 5까지 여섯 단계로 정의되는데, 레벨 0~2까지는 자동 브레이크나 크루즈 정도를 의미하고, 레벨 3부터 자율주행 기능이 있다. 레벨 3은 조건부 자율주행으로 운전자 개입을 전제로 하며, 레벨 4는 특정 환경에서 운전자 개입 없이 주행 가능하고, 레벨 5는 모든 환경에서 운전자 개입 없이 주행할 수 있는 것으로 되어 있다.

옥스퍼드는 각국의 정부 AI 준비도(Government AI Rediness Index)[7]를 조사하였다. 정부 AI 준비도는 관리(Governance), 인프라와 데이터, 기술과 교육, 정부와 공공서비스 4개의 척도를 사용하였다. 관리 측면은 데이터 보호법이 있는지와 정부 정책이 존재하는지를 나타내고, 인프라와 데이터는 가용 데이터 정도와 네트워크 접근성을 일컫는다. 기술과 교육 측면은 AI 스타트업 기업의 개수와 기술 수준을 의미한다. 마지막 정부와 공공서비스는 AI를 활용한 공공서비스 정도나 정부가 미래 비전으로 AI를 얼마나 중요시하는 정도를 의미한다. 싱가포르가 9.186점으로

1위이며, 영국, 독일, 미국이 그 뒤를 이었고, 일본 10위, 중국 20위, 한국은 6.839점으로 26위에 랭크되었다.

이에 앞서 미국 스탠포드도 MIT, 오픈 AI 등과 합동으로 AI 인덱스[8]를 발표한 바 있다. AI 인덱스도 옥스퍼드 AI 준비도와 유사하게 각국의 논문, 특허, 컨퍼런스 참석, 일자리, 스타트업 등을 지표로 지난 20여 년의 추이를 분석하였다. 한국은 상용 기계 통역(MT: Machine Translation) 분야에서 독일, 일본과 같이 괄목할 만한 성장을 해온 것으로 분석되었으며, 산업용 로봇의 5대 주요시장(한국, 중국, 일본, 미국, 독일)에 포함되어 있다.

III. ATL 1.0 정의

본 장에서는 ETRI 인공지능연구소에서 정의한 인공지능 기술수준 ATL(AI Technology Level) 1.0을 소개한다. 먼저 인공지능의 기술 수준을 가늠할 수 있는 기술 요소들을 먼저 설명하고, 요소별로 정의한 기술 수준과 활용하는 예를 제시하겠다.

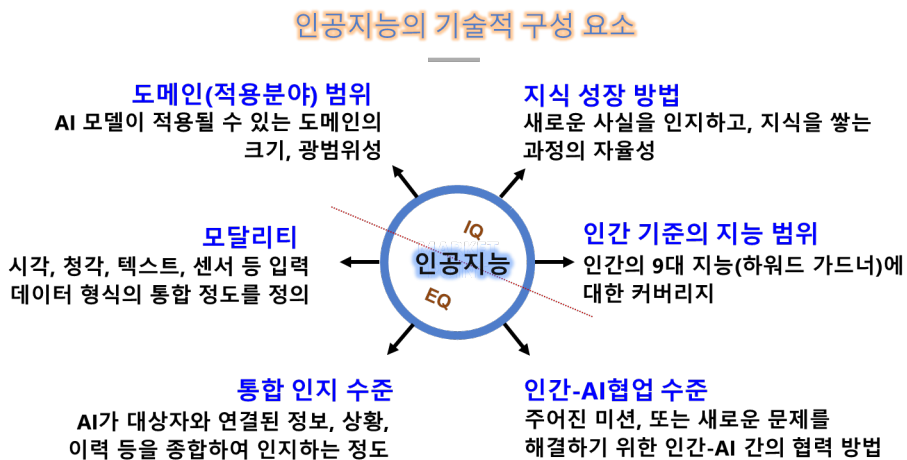


그림 3 인공지능 기술요소

1. 기술 요소

인공지능 기술요소는 인간을 기준으로 지능지수(IQ)에 해당하는 ‘똑똑한 AI’를 만들기 위한 기술 요소와 인간을 이해하면서 소통할 수 있는 정도를 가늠할 수 있는 ‘인간과 소통하는 AI’ 지수로 나누었다.

똑똑한 AI를 구성하는 기술 요소는 지식 성장 방법과 인간의 지능 범위, 그리고 적용 도메인 범위가 있다. 지식 성장방법은 사전 정의된 지식 외에 새로운 지식이 있을 때 이것을 어떻게 AI가 학습할 수 있을지에 대한 것이며, 인간의 지능 범위는 하워드 가드너(Howard Gardner)가 정의한 인간의 9대 다중지능 이론[9]에 대하여 어디까지 수용할 수 있는지를 의미한다. 하워드 가드너의 다중지능이론은 1983년에 정의된 것으로 지금까지 인간 지능을 가장 보편적으로 표현한 것으로 평가받고 있다. 9대 다중지능으로는 언어지능, 논리-수학적 지능, 공간지능(시각지능 포함), 신체-운동적 지능, 음악 지능, 개인 내 지능, 자연주의적 지

능, 대인관계 지능, 실존 지능이 있다. 적용 도메인은 AI가 특정 도메인에 지식체계를 구축하고 이 지식 또는 지능을 다른 분야에도 적용할 수 있을지를 계층화한다.

인간과 소통하는 AI를 구성하는 기술요소는 인간-AI 협업 수준, 입력 모달리티, 통합 인지 방법이 있다. 인간-AI 협업 수준은 인간이 AI를 사전 정의된 방법으로만 사용하는지, 아니면 AI 판단을 추천 받거나 파트너와 같이 서로 간의 의견을 교류할 수 있는지의 정도를 계층화하였다. 입력 모달리티는 좁은 인공지능(ANI)에서는 시각, 청각, 텍스트, 촉각(센서) 등 보통 동질의 입력만을 사용하고 있으나, 일반 인공지능으로 갈수록 여러 종류의 모달리티를 통합할 수 있는 복합 인공지능으로 발전하게 된다. 통합인지는 AI가 인간처럼 여러 요소들을 종합 판단할 수 있는지 여부를 의미한다.

2. 기술요소별 기술 수준 정의

기술요소별 기술 수준은 그림 4와 같다.

	Level	지식성장	지능범위	도메인	인간-AI 협업	모달리티	통합 인지
ASI (A Super I)	6	인간의 개입 없이 지식성장	인간의 6대 지능 이상을 지원하고 빠르고 정확함	오픈 영역	AI 스스로 미션을 생성하고 수행	5개 이상	AI 자기인지와 인간보다 빠른 직관
AGI (Artificial General Intelligence)	5	인간의 부분개입 지식성장	인간의 4대 이상을 통합 지능	이중 분야로 확장가능	AI가 판단 근거 설득, 인간-AI 상호협업	4개 이상	인간/상황/이력/지식 종합 판단
	4	인간 개입으로 지식 성장	인간의 2대 지능 이상을 통합	유사 분야로 확장가능	AI가 판단 근거를 설명하며 추천	2~3개	인간/상황/이력/지식 부분종합
ANI (Artificial Narrow Intelligence)	3	비지도 학습 (고정지식)	1개 분야 전문가수준으로 지식처리 가능	동일 분야 내 확장	AI 추천으로 AI-인간 협업 미션 수행	ND	인간과 주변 상황 연결판단
	2	지도학습 (고정지식)	단일 분야에서 단순한 업무 처리	ND	AI-인간 협업으로 사전 정의된 미션 수행	ND	언어, 이미지, 감정, 현상 등 동종 인지
	1	규칙 기반 (고정지식)	정해진 조건 비교로 대응 처리	고정 분야 적용	사전에 정해진 순서에 따라 수행	1개	HW 인지 수치 의존 (온도 센서 등)
똑똑한 AI (IQ)				인간과 소통하는 AI (EQ)			

© Copyright ETRI Artificial Intelligence Research Lab.

* ND: Not Defined

그림 4 기술요소별 기술수준 정의

ATL 1~3단계는 현재 딥러닝을 중심으로 다양한 분야에 활용되고 있는 좁은 인공지능(ANI)에 매핑될 수 있으며, 1~3단계는 단일 입력모달리티와 단일 응용 영역에서 현재 사용되거나 개발되고 있는 기술들을 포함한다.

ATL 4~5단계는 일반 인공지능(AGI) 단계에서 필요한 기술 발전 단계를 정의하였다. 4단계는 AGI의 기반이 될 수 있는 통합 지능, 멀티 모달리티, 인간-AI 협업 등이 부분적으로 이루어지는 단계를 표현하며, 5단계는 파트너 수준의 인공지능을 달성할 수 있는 기술 요소들을 정의하였다.

ATL 6단계는 인공지능이 기술적인 측면에서 궁극적으로 지향하고 있는 인간처럼 생각하고, 인간처럼 판단하고, 성장하는 데 필요한 기술 수준을 모두 갖춘 기술 단계로 정의하였다.

지식성장, 지능범위, 도메인, 인간-AI 협업, 입력 모달리티, 통합인지 정도 6개의 기술 요소별로 표현한 것을 똑똑한 AI와 인간과 소통하는 AI

두 개로 이원화하여 정성적으로 설명하면 표 2와 같다.

3. ATL 활용 예시

ATL의 6가지 기술 요소들은 기술 로드맵을 수립하거나, 중점기술의 마스터 플랜, 응용과 서비스의 개발 계획을 효과적으로 표현할 수 있다.

일례로 영화 <어벤져스>에 나오는 자비스나 덴브라운 소설 <오리진>의 윈스턴과 같은 인공지능 개인비서를 2045년까지 개발한다면 단계적으로 그림 5와 같이 표현할 수 있다.

IV. 결론

본 고에서는 인공지능 연구개발을 수행하거나 제품을 개발할 때, 최종 결과물의 기술 수준을 정의하는 기준점을 마련하는 것을 목표로 하였다.

기술 수준 정의를 위하여 인간을 닮아가며 진화

표 2 ATL 1.0의 정성적인 수준

Level 6	ASI	오픈 영역, 오픈 모달로 인간 개입 없이 지식이 성장하는 인공지능	AI가 스스로 미션을 만들고 수행할 수 있으며, 인간보다 빠르게 판단
Level 5	AGI	인간의 4가지 이상의 지능을 통합할 수 있고, 사람의 부분 개입으로 지식이 성장하고, 다른 분야로 확장 가능	AI가 인간/상황/이력/지식을 종합 판단할 수 있으며, 인간과 상호 토론 및 목적에 따른 설득, 최종 사람 판단
Level 4		인간의 2대 지능 이상을 통합적으로 추론할 수 있고, 인간 개입으로 지식이 성장하고, 유사 분야로 확장 가능	AI가 2~3개 입력 모달리티를 종합 판단하여 추천하고, 판단 근거까지 설명 제공. 시행 여부 사람 판단
Level 3	ANI	단일 분야에서 전문가 수준으로 지식처리가 가능하고, 동일 분야에서 지식 재사용	AI가 현상을 분석하고 추천할 수 있으며, AI끼리 협력하거나 사람과 협력하여 미션 수행
Level 2		사전 훈련된 영역에서만 대응이 가능한 고정적인 지식을 가진 AI	동일한 형식(음성 또는 이미지 등)에 대한 인지와 사전 정의된 미션 수행
Level 1		정해진 규칙에 대한 반응으로 동작(예시: 실내기온 28도 이상이면 에어컨 동작)	사전에 정해진 순서나 기계적 수치에 의존한 인지(예시: 심박수 위험 경고 등)
		똑똑한 AI(IQ)	인간과 소통하는 AI(EQ)



그림 5 AI 개인비서 마스터 플랜

하고 있는 인공지능 기술의 지향점과 유력 기술 전망 자료, 주요 국가들의 인공지능 기술 개발 투자 내용 등을 분석하였다. 이러한 요소들을 연계하고, 중요도를 평가하여 인공지능 기술 발전에 영향이 큰 기술 요소들을 도출하였다. 인공지능 기술의 범위가 넓어 유일한 척도로 수준을 정의할 수 없으므로 복수 개의 기술 요소를 스파이더 차트로 활용할 수 있도록 제안하였다.

본 고에서 정의한 기술 수준 정의 테이블은 세계 최초로 제안되는 것이며, 국가 로드맵 수립, 기업의 핵심 기술에 대한 중장기 마스터 플랜 등 여러 각도로 활용될 수 있을 것이다. ETRI 인공지능연구소에서도 향후 기술 개발 계획을 수립하는 단계에서 활용되었으며, 국제 표준으로도 제안할 예정이다.

ETRI 내부 많은 전문가들의 의견을 수렴하여 기준점을 마련하였지만, 인공지능의 광범위성을 볼 때 미처 반영하지 못한 요소도 있을 것으로 생각된다. 본 고에 수록된 ATL을 버전 1.0으로 정의하고, 추후 기술요소 추가에 대한 요구사항에 따라 개선해 나갈 예정이다.

용어해설

좁은 인공지능(ANI) 제한적으로 좁은 영역에 대한 지능으로 현재의 인공지능 기술을 의미함

일반적인 인공지능(AGI) 인간처럼 지속적으로 배울 수 있으며, 여러 도메인을 연결하거나 일반화시킬 수 있는 인간의 다기능적 요소를 사용할 수 있는 AI

초지능 또는 슈퍼 인공지능(ASI) 인공지능 연구의 정점이 될 것이며, 인간의 다면적인 지능을 넘어서 인간보다 빠르고 더 정확한 의사결정이 가능함을 의미하며, 인간에게 위협적일 수 있다는 부정적인 의견을 동시에 가지고 있음

약어 정리

AAAI	Association for the Advancement of Artificial Intelligence
AGI	Artificial General Intelligence
ANI	Artificial Narrow Intelligence
ASI	Artificial Super Intelligence
ATL	Artificial Intelligence Technology Level

참고문헌

- [1] Y. Gil et al., "A 20-Year Community Roadmap for artificial Intelligence Research in the US," Sponsored by the Computing Community Consortium (CCC) and the Association for the Advancement of Artificial Intelligence (AAAI), Aug. 2019.
- [2] N. Joshi, "7 Types of Artificial Intelligence," Fobes Media LLC, June 19, 2019. <https://www.forbes.com/sites/cognitiveworld/2019/06/19/7-types-of-artificial-intelligence/#145fe100233e>
- [3] S. Sicular et al., "Hype Cycle for Artificial Intelligence, 2019," Gartner, July 2019.
- [4] <https://www.darpa.mil/our-research>
- [5] ABI Research, "AI Investment &Technology Trends," 2019
- [6] SAE, "Automated Driving - Levels of Driving Automation are Defined in New SAE International Standard J3016," SAE International, 2014.
- [7] Oxford Insights and the International Development Research Centre, "Government Artificial Intelligence Readiness Index," Oxford Insights & IDRC, Contributors, 2019.
- [8] R. errault et al., "Artificial Intelligence Index Report," 2019 annual report, Standford HAI(Human-centered AI), 2019.
- [9] 위키백과, "다중지능이론," <https://ko.wikipedia.org/wiki/다중지능이론>