2022-40호 (2022.11.30.)

R&D BRIEF

인공지능 기술

기초연구본부 선정 R&D 이슈 연구동향(33)

ICT · 융합연구단

NRF 한국연구재단

1 범용 인공지능이란?

○ 인공지능은 여러 학문이 연계된 융합 분야로 기술적 관점에서 인간의 인지, 학습, 추론 등 지적 능력을 기계/컴퓨터로 구현하는 기술임.

- 지능적인 기계, 특별히 지능적인 컴퓨터 프로그램을 만드는 과학 혹은 기술 (1995 Dartmouth 워크숍 John McCarthy)
- 사람과 자연스러운 대화를 나누고, 인간의 인지 능력을 향상시키거나, 반복적인 작업 수행 시 사람들을 대체함으로써 인간을 모방하는 기술 (2018 Gartner)
- 인지, 학습 등 인간의 지적능력/지능의 일부 또는 전체를 컴퓨터를 이용해 구현하는 지능 (2018 과학기술정보통신부)

○ 범용 인공지능(Artificial General Intelligence; General AI, AGI)은 기계가 인간처럼 지적 작업을 이해하고 학습하고 수행할 수 있도록 하는 지능으로, 포괄적인 지식과 인지 컴퓨팅 기능을 갖도록 설계된 범용 인공지능은 기계가 인간의 마음과 행동을 모방하여 다양한 종류의 복잡한 문제 해결이 가능한 것을 목표로 함.

2 왜 중요한가?

○ 지난 수년간 인공지능은 데이터, 알고리즘, 하드웨어의 급속한 증가와 발전에 힘입어 레이블링된 방대한 양의 데이터로부터 학습된 딥러닝 모델을 통해 특정 목적의 단일 태스크에 대해 인간수준 이상의 우수한 성능을 보여주고 있음.

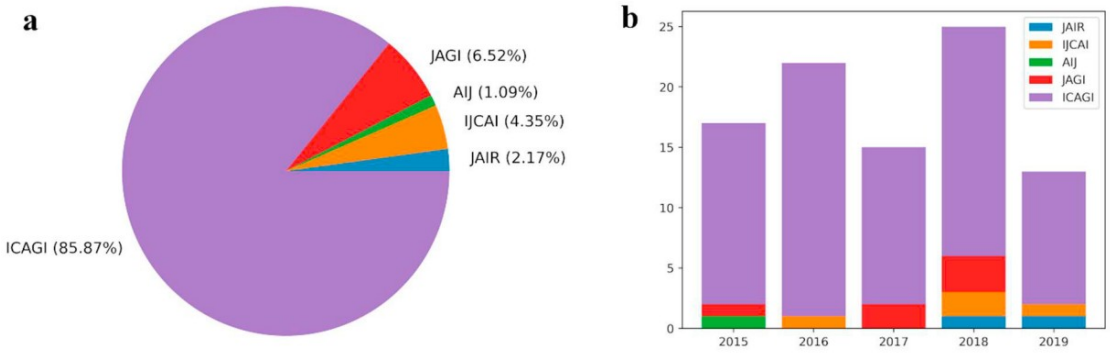
○ 이와 같은 인공지능이 데이터 구축 및 학습에 필요한 비용, 자원, 경험 측면에서의 효율성 확보와 적응력, 유연성, 확장성을 갖추어 다양한 분야에서 두루 활용되고, 인간과 신뢰, 소통, 공감하며 공존하기 위해서는 범용 인공지능과 사회지능을 갖춘 인공지능으로 발전해 나가야함.

3 최근 많은 연구가 이루어지고 있나?

○ 범용 인공지능 기술개발은 미국, 유럽, 중국 등 37 개국에서 약 72개의 관련 연구개발 프로젝트가 진행 중인 것으로 조사되었으며[1], 특히 Blue Brain Project, Human Brain Project, Biologically-Inspired Cognitive Architectures 프로젝트 등의 대규모 연구와 IBM Research의 Brain-inspired Computing, DeepMind의 Neuroscience-inspired AI 및 Allen Institute, OpenAI Research 등에서도 다양하게 관련 연구를 활발히 수행하고 있음.

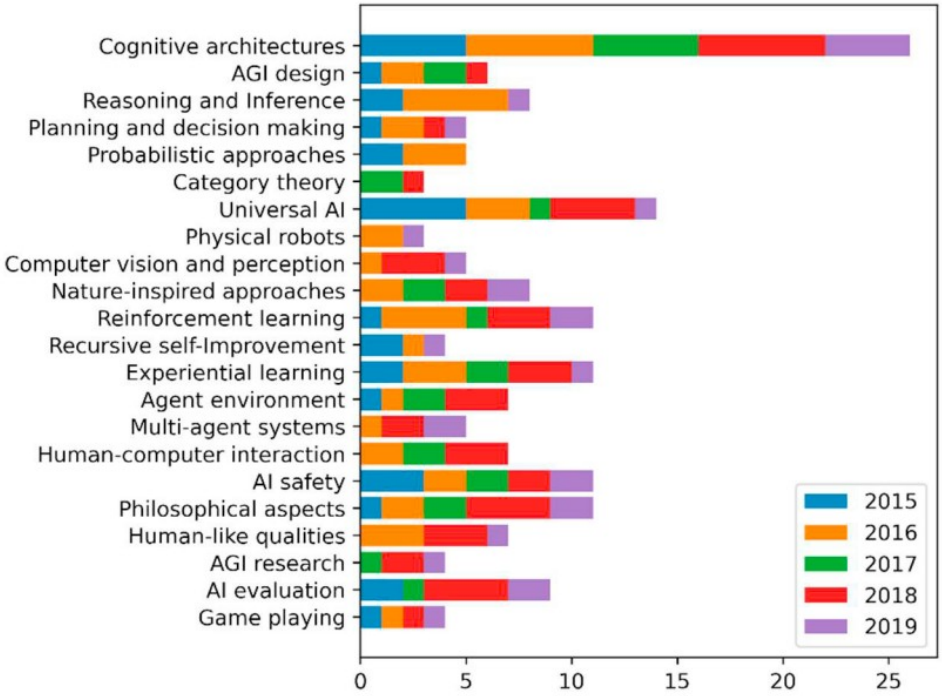
○ 범용 인공지능과 직접적으로 관련된 주요 국제 저널 (3)과 학회 (2)에서 범용 인공지능, 인간수준 인공지능, 슈퍼 인텔리전스 등 3개의 키워드에 대해 최근 5년간 출판된 논문 통계는 아래 그림과 같으며, ICAGI가 86%로 3,923편의 제출된 논문 중 92편의 논문만이 게재됨[2].

- Artificial Intelligence (AIJ)
- Journal of Artificial General Intelligence (JAGI)
- Journal of Artificial Intelligence Research (JAIR)
- International Conference on Artificial General Intelligence (ICAGI)
- International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI)



○ 연도별 연구주제 빈도는 아래 그림과 같으며, 가장 많이 연구된 주제는 인지 아키텍처(Cognitive architectures)이며, 감정, 추론, 학습 등의 주제도 다수 차지함.

1) Fitzgerald, McKenna, Aaron Boddy, and Seth D. Baum. "2020 survey of artificial general intelligence projects for ethics, risk, and policy." (2020): 20.
2) Kumpulainen, Samu, and Vagan Terziyan. "Artificial General Intelligence vs. Industry 4.0: Do They Need Each Other?." Procedia Computer Science 200 (2022): 140-150.



4 최근 국내외 연구 동향은?

○ **(국내)** 뇌인지발달과정 모사형 차세대 기계학습 기술 개발[3] (KAIST, 2019~)

■ 과학기술정보통신부가 지원하는 국내 최대 규모의 뇌모사형 인공지능 기술개발 R&D 과제로, 발달인지이론-계산신경과학-뇌기반 인공지능의 융합적 접근을 시도함.

■ 인간 두뇌의 핵심적 지능의 작동 원리와 인지 능력의 단계적 발달과정을 모사하고, 실세계 상호작용 경험과 지속적, 점증적 성장을 통해 영유아 수준의 인지 지능 수준을 갖는 뇌인지 발달 모사형 차세대 기계학습 기술 개발이 목표임.

■ 영유아의 지능을 Object concept formation, Single event memory, Self-guided play, Social learning의 4대 핵심요소로 범주화하고, 직관, 추상화, 관계학습, 일반화, 점진학습, 자가성장, 메타인지 등 현 인공지능의 난제들을 핵심요소 지능의 발달 개월 수에 따라 매핑함으로써, 핵심 지능 요소들의 작동 메커니즘 원형을 도출하고 이를 모사한 뇌발달 모사형 지능 컴퓨팅 모델을 개발함.

3) https://cnai.kaist.ac.kr/

○ **(미국)** Machine Common Sense[4] (DARPA, 2018~)

■ 미국 국방부 산하 방위고등연구계획국(DARPA)에서 차세대 인공지능 기술 경쟁의 우위의 공고화를 위해 인간의 보편적 능력이나 현 인공지능에 결여된 상식의 학습 및 추론 기술 확보와 실험적 서비스 개발을 목표로 새로운 환경 변화에 적응하는 능력을 갖춘 인공지능을 개발하고자 함.

■ 영유아기에 획득하게 되는 핵심 기본 상식과 사회·문화적 환경에서 보편적으로 획득하는 상식을 구분하고, 암묵적이고 당연한 상식을 딥러닝 기술과 인지발달심리학 등의 연구 결과를 바탕으로 기계 상식 즉, Machine Common Sense (MCS) 서비스를 개발하고자 함.

■ 학습 및 추론-예측-문제해결 등의 6가지 핵심적 인지능력에 대한 계산모델을 개발하고, 이를 바탕으로 환경과의 상호작용을 통한 학습-발달 및 새로운 지식 획득의 조합적 생성을 수행하고 연구함.

■ 영유아 수준의 지능을 구사 및 검증을 위한 평가 환경과 방법을 구축하고, 나아가 Allen Institute에서 구축한 벤치마크를 이용한 성능 평가를 실시함.

○ **(미국)** 신경과학기반 인공지능 에이전트 연구 (DeepMind)

■ Neuroscience-inspired Artificial Agent 연구를 선도적으로 수행하고 있으며[5], 처음에는 AlphaGo와 같이 많은 데이터를 주고 게임에서 이기는 방법을 배웠으나, 이후 인간은 하나의 게임을 마스터하면 규칙을 모르는 비슷한 게임에서도 금방 규칙을 익히고 잘하게 되는 인간의 이론화 및 일반화 방법을 모사한 에이전트를 지속적으로 개발함.

■ 특히 Go game agent의 단계적 발전을 통해 이를 잘 보여주고 있음[6].
- AlphaGo (사전 기보, 게임 규칙 및 환경 정보가 주어진 상태에서 바둑 학습)
- AlphaGo Zero (게임 규칙만 주어진 상태에서 Self-play로 바둑 학습)
- AlphaZero (게임 규칙만 주어진 상태에서 Self-play로 바둑, 체스, 쇼기 학습)
- MuZero (Self-play와 planning 모델만으로 바둑, 체스, 쇼기 학습)

■ 나아가 범용 인공지능을 위해 학습, 추론, 지식, 사회지능 및 언어에 이르기까지 인간지능의 특징과 잠재적 인자, 내재적 상태 및 동기가 자연지능 발현 및 행동 제어를 관여하는데 착안하여 인간 및 생명체의 행동과 뇌반응을 측정하고 분석하고 있음.

4) https://www.darpa.mil/program/machine-common-sense
5) https://www.deepmind.com/research?tag=Neuroscience
6) Schrittwieser, Julian, et al. "Mastering atari, go, chess and shogi by planning with a learned model." Nature 588.7839 (2020): 604-609.

5 기초연구사업 지원 현황은?

※ 연관 키워드 : 범용 인공지능, 뇌인지모사 인공지능, 자연지능, 사회지능, 상식

○ 지원과제 현황

구분	2017	2018	2019	2020	2021
지원과제수(건)	11	19	38	41	58
지원액(백만원)	752	1,375	2,945	3,280	5,779

※ 연구사업통합지원시스템(e-R&D)에서 상기 연관키워드 검색 후 전문가 검토를 통해 추출한 주요 지원과제 목록

○ 기초연구사업 주요 연구 소개

혁신적 인공지능을 위한 신경과학 기반 딥뉴럴네트워크 연구

<연구책임자>

■ 윤○○ (한양대학교)

<주요 연구내용 및 연구성과>

■ 뇌의 신경망이 어떤 방식으로 정보처리를 하여 주변 환경의 통계적 구조를 학습하는지 연구함으로써 뇌 안의 알고리즘을 추출하여 새로운 머신러닝 알고리즘 및 아키텍처 개발[7]을 목표로 함.

- 뇌의 추론 알고리즘을 추론할 수 있는 딥뉴럴네트워크 모델 개발
- 비지도 학습을 통해 뉴럴데이터로부터 신경망 그래프 모델의 구조 및 추론 알고리즘의 동시 학습 기술 개발
- 이를 통해 생성된 새로운 딥뉴럴네트워크 모델을 다양한 머신러닝 벤치마크에 적용

■ 뇌 메시지 전달 및 학습 규칙을 사용하여 베이지안 추론이 가능한 차세대 신경망 구축과 개발된 모델은 고급 통계 방법과 결합하여 원샷 러닝 및 장면 이해와 같은 기계학습 벤치마크 작업에서 인간에 가까운 성능을 달성할 것으로 기대

신경과학 기법을 활용한 기계학습 알고리듬 연구 및 개발

<연구책임자>

■ 이○○ (계명대학교)

<주요 연구내용 및 연구성과>

■ 신경과학적 관점을 통해 인공지능 내부를 관찰하고 학습된 인공신경망 결과 분석을 통해 최신의 학습 기반 인공지능의 성과와 신경과학적 연구 방법론을 접목함으로써 인공지능과 신경과학 연구의 동시적 발전 추구를 목표로 함.

- 기존의 학습 알고리듬 비교 및 인공신경망 내부에 대한 기초적 분석
- 학습된 인공신경망에 대한 신경과학적 접근을 통한 분석 및 결과 해석과 신경과학적 관점과 연구 방법론에 대한 융합적 분석

- 인공신경망과 여타 기계학습 기법을 활용한 신경과학 데이터 분석을 통해 학습에 대한 신경과학적 신개념 탐구와 이를 바탕으로 한 차세대 인공지능 개념 탐구

■ 인공지능 알고리듬의 성능 향상이 된 원인을 분석하는 방법으로 활성화 함수 변화 패턴과 연결 가중치 변화 패턴을 분석하는 방법과 역전된 이미지에 대한 지도학습법 기반 인공지능의 한계를 제시함으로써 인간과 기계의 인식 패턴이 어떻게 다른지 분석하고 그 원인을 제시함으로써 Artificial general intelligence(AGI) 개발 단계에서 해결해야 하는 문제를 제시하여, AGI 개발에 적용할 수 있는 중요한 개념을 수립함.

■ 기계학습 알고리듬을 이용해 시각피질 신경세포의 분자생물학적 표지자를 예측하였고, 신경과학계의 중요 문제 중 하나인 신경세포의 분자생물학적 유형을 분류하고 파악하는 방법으로 기계학습을 이용하여 우수한 예측 성능을 통해 기계학습을 이용해 신경세포의 유형을 분류하고 예측하는 과정을 자동화할 수 있음을 보임.

뇌기반 인공지능을 이용한 규범적 의사결정 및 학습 에이전트 연구

<연구책임자>

■ 이 ○ ○ (상명대학교)

<주요 연구내용>

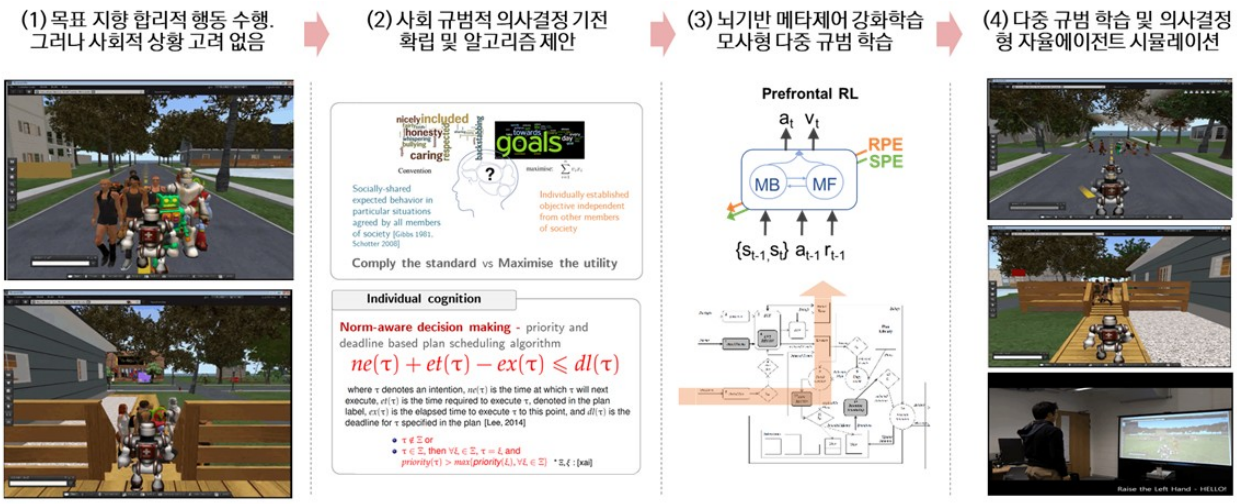
■ 인간의 두뇌에서 발견되는 의사결정 인지모델을 기반으로 사회적 상황에서 가장 올바른 행동을 추론, 학습하여 선택할 수 있는 “규범적 의사 결정 및 학습 가능한 인공지능 에이전트 기술 개발”을 목표로 함.

- 사회적 상황에서 인간의 규범적 의사 결정이 이루어지는 기전을 파악하고, 이를 규범과 목표 사이에서 의사 결정 수행이 가능한 cognitive architecture 기반 자율 에이전트를 설계
- 인간 두뇌에서 발현되는 메타 강화학습을 적용, 환경 변화에 따라 규범을 재빠르게 학습하고 갱신하여, 다양한 사회적 상황에서 능동적으로 규범적 행동을 수행할 수 있는 자율 에이전트 알고리즘 개발
- 이를 통해 자율에이전트의 의사 결정, 규범 학습 및 리비전, 지능 발현 및 사회적 딜레마에 대한 시뮬레이션 등의 연구들로 확장하고, 우수한 사회 지능을 갖춘 자율에이전트를 이용하여 윤리적 AI 기술에 공헌하고 인간과 사회에 대한 심도 있는 이해를 촉진

■ 본 연구를 통해 자율에이전트의 이론적 기반 및 계산 모델을 이해하고, 이를 개별 에이전트 지능으로 구현하는 연구자들을 위한 기본 프레임워크 제공

- 자율에이전트 학습 알고리즘 및 효율적 학습모델 제공 및 이를 멀티에이전트로 확장하여, 실세계 환경과 상호작용하면서 실용적 애플리케이션(예: 스마트 시티, 스마트 팩토리, 에너지 및 스마트 피드백 및 게임 AI 등) 구현을 위한 기술 제공
- 에이전시 모델링, 협동, 경쟁 및 조정에 관한 행동 발현 연구를 통해 인간 및 생물체 지능에 대한 이해를 도모하고, 이를 활용하여 심리학, 사회학, 생물학에서 심도

있는 연구를 진행하는 가설 설정 및 검증에 활용하여 인간과 AI의 공존을 위한 책임 있고, 안전하며, 믿음직스러운 상호작용 제공에 기여



규범적 의사결정 및 학습 에이전트 성과 개요

<주요 연구성과>

- 사회적 인지 프로세스(Socio-cognitive process)에서 확인되는 의사결정 모델 기반 규범적 의사 결정형 인지 아키텍처(Cognitive architecture) 및 자율 에이전트 개발
  - 사회 규범과 개인 목표가 충돌하는 상황에서, 각각의 deadline과 priority를 중심으로 규범/목표 최대 실행 가능한 norm-aware 스케줄링 알고리즘 제안
- 인간 두뇌에서 발현되는 메타 제어 강화학습 모사형 다중 규범 학습 에이전트 개발
  - 환경 변화, 구성원 변화 및 문화적 상황이 변화에 따라 다양한 규범을 학습하고, 일반화하여 적응 가능한 자율 에이전트 알고리즘 개발
- 메타버스 내 아바타에 적용하여, 사회 규범적 행동을 모델링하고 시뮬레이션하여 규범적 의사결정의 적정성, 효율성 확인
  - 아바타-아바타, 아바타-인간 상호작용 내 사회 규범적 의사 결정 발현 확인 및 능동적 사회 지능 현현 가능성 확인
- 상태 예측, 보상 예측 에러 기반 메타 제어 강화학습을 이식한 상황 인지형 메타제어 강화학습 알고리즘 개발
  - 환경 변화가 빈번하게 발생하는 상황에서 기존 알고리즘에 비해 빠르게 적응하고, 환경 변화 자체를 예측하기 힘든 noisy한 상황에서도 성공적으로 최적 규범적 행동을 수행
- 상황 인지형 예측 신호 기반 메타 제어 멀티에이전트 Policy distillation 알고리즘 제안
  - 2-player 멀티에이전트 상황에서 타인의 규범적 행동에 대한 Reliability에 따른 메타 제어 policy distillation 기법 개발

멀티모달 데이터 융합 및 사회적 인공지능을 통한 복합적 상황 인지 및 예측 기술 개발

<연구책임자>

■ 손○○ (연세대학교)

<주요 연구내용>

■ 복합상황인지 및 미래예측을 위한 핵심원천기술개발을 위하여 인공지능 신경망을 통해 비디오, 오디오, 텍스트 데이터를 포함하는 멀티모달 데이터간의 융합을 통하여 상호보완적인 정보를 다원적으로 통합하고, 인간의 사회적 지능을 묘사한 사회적 인공지능의 학습을 통하여 다중객체 및 주변 환경 간의 복합적 인과관계 추론기술 개발을 목표로 함.

- 멀티모달 데이터 복합정보 추출 및 융합 기술 개발
- 멀티모달 데이터 기반의 객체 상황인지 (행동인식과 감정인식)및 예측을 위한 딥러닝 기술 개발
- 다중 객체관계 모델링을 통한 사회적 인공지능기반 복합적 상황인지 기술개발
- 새로운 환경에서도 사회적 인공지능 기반의 상황인지를 적용할 수 있는 기술 개발

■ 본 연구의 결과물인 복합 상황 인지 및 예측 기술은 보편화되고 있는 다양한 인공지능 산업(예: 자율주행 자동차, 스마트 감시, 무인 리테일, 모바일 비서, 헬스케어, 스마트 산업 관리 서비스 등)에 필수적인 기술로, 향후 모든 인공지능 연구개발의 핵심 요소로 산업뿐만 아니라 화재, 재난 등의 긴급 서비스, 사회적 약자를 위한 보조서비스에도 활용됨으로써 사회 전체의 안전에 기여 가능함.

■ 또한, 인공지능에 사회적 지능을 학습시킴으로써 4차 산업에서 반드시 필요로 하는 상황인지를 통한 사고방지(안전), 인공지능의 의사결정 및 신뢰도 향상(윤리)과 같은 문제를 해결하고 인공지능의 성능을 인간 수준으로 향상시킴으로써 기술적 혁신 및 자동화를 이끌 수 있을 것으로 기대됨.

Human-inspired AI 연구소

<연구책임자>

■ 임○○ (고려대학교)

<주요 연구내용>

■ 딥러닝 기반의 인공지능이 가지는 지식학습, 추론처리, 암묵적 지식의 유추, 기억공간 등의 한계를 극복하기 위해 차세대 딥러닝 시대의 강인공지능을 추구하는 Robust AI의 기반기술 연구개발을 목표로 함.

- Robust AI 학습 추론을 위한 기반 기술 개발(외부지식을 활용한 추론기술 개발, 효율적인 지식추출 및 관리를 통한 추론모델 개발, 인간의 핵심 지능요소별 작동 메커니즘 원형모델 개발)
- Robust AI 인지모델 학습 및 추론기술 개발
- 지식-인지 하이브리드 Robust AI 모델 학습 및 추론기술 개발

■ Robust AI 모델을 통해 지식의 학습과 추론을 수행할 수 있는 딥러닝 기술을 확보하여 오픈 도메인에서 학습을 통한 지식의 확장이 용이해짐으로써 차세대 딥러닝 기술의 범용화, 보편화에 기여

■ 귀납 학습된 심볼릭 지식은 사람이 읽을수 있는 형태로 변환이 용이하므로, 결과 도출 근거와 과정에 대해 더 나은 "설명가능성"의 실현이 가능해 AI기술의 신뢰성 향상에도 기여

■ 디지털 비서, 법률, 상담로봇 등 다양한 AI 서비스에 적용이 가능한 기술이므로 국내 해당산업의 성장에 기여하고, 새로운 AI모델로 새로운 AI 서비스가 가능하게 되므로 신산업이창출될 것으로 이로 인한 경제적으로 1.10.12.), "State of AI Report". 소득 증가가 기대됨.

<주요 연구성과>

■ Robust AI 학습 추론을 위한 기반 기술 개발을 위하여 외부지식을 활용한 추론기술 개발

- [외부 심볼릭 지식을 이용한 상식 질의응답 시스템]
  - ✓ 언어모델(BERT-base)과 그래프 트랜스포머(Deng Cai, 2019)를 이용한 모델로 외부 심볼릭 지식(ConceptNet)을 활용해 적은 훈련 데이터로 딥러닝 학습을 통해 기존 성능대비 1.51% 향상
- [사전 학습 언어 모델의 상식 추론에서 클레버 한스 효과 분석]
  - ✓ Commonsense Reasoning Task에서 높은 성능을 보이는 PTLM 모델이 클레버 한스 효과(Clever Hasn Effect)가 덜 나타나는 것을 확인할 수 있었으며, 파라미터 정보가 많다고 해서 반드시 클레버 한스 효과가 덜 나타나는 것은 아니며, wh-word를 Blah로 변경한 경우 다른 PTLMs 모델보다 클레버 한스 효과가 더 나타나는 것을 확인
- [엔터티 위치 토큰을 사용하여 한국어 관계추출 모델 성능 향상 및 비교 분석]
  - ✓ 다양한 한국어 사전학습 언어모델을 관계추출 태스크에 적용하여 전반적인 성능 비교 및 분석을 진행한 결과 KoBERT와 KoELECTRA는 엔터티 시작 토큰에 해당하는 표상을 사용하는 경우 가장 좋은 성능을 보이고, HanBERT, KorBERT, KcELECTRA와 mBERT는 엔터티 위치토큰을 문장에 포함하면서 [CLS] 토큰으로 예측하였을 때 가장 좋은 성능을 보임
  - ✓ 엔터티 위치 토큰을 통해 엔터티 정보를 주는 것이 한국어 사전 학습 언어모델의 관계추출 성능 향상에 도움이 된다는 것을 확인

6 해당 기술을 활용한 시장 전망은 어떠한가?

○ 범용 인공지능은 현재 인공지능이 특정 도메인, 단일 태스크 수행으로 한정된 한계를 극복하고, 기계 번역, 자연어 처리, 논리적 추론, 지식 표현, 사회지능 등 다양한 문제 해결을 통해 복합적 태스크 수행을 가능하게 할 것으로 기대하며, 인간 생활을 지원하기 위해 사회, 산업, 경제, 의료 등 다양한 분야에서 많은 서비스에 활용될 것으로 예측함[8].

○ 기술 발전과 정부의 정책적 노력에 힘입어 산업 현장의 인공지능 기술 도입이 활발하며, 범용 인공지능에 대하여 IBM, 인텔, Microsoft, Google 등[9] 국내외의 다양한 연구기관 및 민간기업이 관심을 두고 있음.

○ 미국 Tesla의 Elon Musk는 휴머노이드 로봇 옵티머스를 개발 중으로 최초의 진정한 인공지능인 범용인공지능을 탑재할 것이라고 발표함[10].

○ 미국 DeepMind는 아타리 게임, 이미지 캡션 지정, 인간과 채팅, 로봇 팔로 컬러 블록을 쌓는 등 600여 가지 기능을 갖춘 제너럴리스트 에이전트 Gato[11]를 출시하였고, Gato가 AGI인가에 대해서는 다양한 의견이 있음.

○ 이외에도 일본 Team AI는 휴머노이드 연동 AGI 프로토타입[12], MIT의 이족 자립보행 로봇 Toddler[13], 비영리 기관인 Robots Without Borders의 질의응답 에이전트 LUNA[14] 등은 범용인공지능을 추구함.

○ 국내 네이버, 카카오, LG AI연구원, SKT 등 정보통신기술 기업들은 특정 분야에 한정되지 않고 모든 영역에서 활용할 수 있는 범용 인공지능 시대를 열기 위한 핵심 기술로 초거대 AI 개발을 통해 인공지능 산업 주도권을 장악하기 위해 활발한 투자를 진행하고 있음.

---

7) Gu, Yi, et al. "A map-like micro-organization of grid cells in the medial entorhinal cortex." Cell 175.3 (2018): 736-750.
8) 범용 인공지능(AGI)과 AI 반도체(뉴로모픽) 기술개발 동향과 향후 전망 (2020), IRS글로벌(130-44-20238)
9) Artificial Intelligence Index Report 2022, Stanford Institue for Human-Centered Aritificial Intelligence (HAI)
10) https://futurism.com/elon-musk-robots-agi
11) Reed, Scott, et al. "A generalist agent." arXiv preprint arXiv:2205.06175 (2022).
12) https://www.team.ai/product-page
13) https://news.mit.edu/newsoffice/2005/techtalk49-19.pdf
14) http://lunaai.org/

7 향후 중점적으로 추진하여야 할 연구주제가 있다면?

집필진 조사 결과 A	■ **범용 인공지능을 위한 인간지능 모사 인공지능[15] 기술 개발** – 범용 인공지능을 위해 현 인공지능 기술의 적응력(Adaptability), 유연성(Flexibility), Scalability(확장성) 향상과 데이터 구축 및 학습에 필요한 비용·자원·경험 측면에서의 효율성 개선 필요 – 사회 전반에서 인공지능을 도입·활용 시 인간을 이해하고 배려하는 사회지능(Social Intelligence)을 갖춘 인공지능 기술이 필요
연구자 조사 결과 B	■ **자연지능의 유연하고 효율적인 일반화 기술 개발** – 서로 다른 환경에서 유연하게 일반화를 가능하게 하는 생물학적 뇌의 신경 메커니즘을 기반으로 현재 인공지능 기술의 한계를 이해함으로써 샘플 효율적인 일반화 기술 개발 필요 – 자연지능과 인공지능의 일반화 방법 및 효용성을 비교하기 위한 새로운 벤치마크 데이터 생성이 필요
연구자 조사 결과 C	■ **인간중심 인공지능을 위한 기반 연구** – 인간지능(human intelligence)와 기계지능(machine intellingence)의 차이를 이해하고 인간지능의 약점을 보완할 수 있는 인간중심적 인공지능 기술 필요 – 현재까지 주로 연구되어 온 인공지능은 정적이고 상호독립적인 데이터들에 대한 인식(perception) 또는 분류(classification) 중심이었음. 향후에는 실세계 같은 불확실한 시공간 위에서 의사결정을 내리고, 그에 대해 인간과 소통할 수 있는 인공지능 기술 필요 – 인간지능의 알고리즘적 근간이라 할 수 있는 스파이크 기반 신경망에 대한 연구를 통해 인간의 지능뿐만 아니라, 감정, 의식 등 다양한 차원의 마음 현상에 대한 연구 필요
연구자 조사 결과 D	■ **내재적 가치 기반 초적응형 의사결정 모델 및 에이전트 기술 개발** – 사회적 규범은 오랜 인간의 가치가 응축된 사회적 합의로, 인간 내면 상태에서 의사 결정에 많은 영향을 미침. 그뿐만 아니라, 현대 의사결정 연구에 따르면, 인간의 의사 결정은 사회–생존–개인적 가치 등 여러 가지 시스템들이 통합되어 상호작용한 결과로 나타남 – 이에 따라, 사회적/문화적/환경적 변화에 따라, 빠르게 적응형 행동을 학습하고 수행하는 원샷 학습 기전 및 개인형 가치 형성 기전을 확립하여, 인간과 더 빠르고 깊은 상호작용 가능한 인공지능 에이전트 기술 확보

	– 개인의 의사결정에는 더 넓게는 진화생존적, 사회문화적, 개인적 가치체계가 필수적임. 이에 대한 내재적 가치 학습 및 가치 체계 확립에 대한 기전을 확보하고, 외재적 목표-내재적 가치 통합형 인공지능 에이전트 기술 확보가 절실함
연구자 조사 결과 E	■ **범용 인공지능을 위한 멀티모달 데이터 기반 사회적 인공지능 기술 개발** – 인간의 사회적 지능을 묘사한 사회적 인공지능(Artificial Social Intelligence)을 통해 논리적 추론과 문제 해결, 다른 객체들과의 상호작용, 사회적/정서적 감지 및 추론을 포함한 인공지능 기술 개발 필요 – 단일 모달리티 기반 인공지능 기술은 여러 모달리티의 정보를 사용하는 인간의 인지 시스템을 모방하는 데 한계가 있음 – 따라서, 멀티모달 데이터의 융합을 통한 상호보완적인 특성을 가지는 표현자를 학습하여 인간의 사회적 지능을 더욱 정확하게 묘사하는 인공지능 기술 개발이 필요하며 이를 통해 인공지능의 복합상황인지 능력 향상을 기대할 수 있음
연구자 조사 결과 F	■ **차세대 Robust AI 모델을 위한 학습 및 추론 기술 개발** – 지식기반 방법(Knowledge-driven approach), 지식을 활용한 추론과 그 과정을 설명할 수 있는 방법(Reasoning and Cognitive model), 지식처리가 가능한 심층신경망(Hybrid model) 연구 등 신경망(neural-network) AI와 심볼릭(Symbolic) AI의 융합연구로 결정적이며 재사용이 가능하고 설명가능한 Robust AI 연구 필요

15) 김진아, et al. "생명체의 유연한 자연지능 모사 방법과 데이터 기반 방법을 융합한 통합 인공지능." 정보과학회지 39.12 (2021): 30-41.

8 기초연구사업 결과들이 원천기술 확보로 이어지려면?

집필진 조사 결과 A	■ 범용 인공지능 연구는 컴퓨터 소프트웨어 분야의 연구뿐만 아니라 뇌과학, 신경과학, 철학, 심리학 등 다양한 분야와의 융합 연구가 필요한 기술로 적합한 과제 지원 분야, 과제의 규모 확장에 대한 고려와 상기 융복합 연구내용에 대한 심사평가가 가능해야 함. ■ 또한 기초연구사업이지만 연구단계에 그치지 않고 개발 결과에 대한 실세계 검증 등의 후속 과제수행 트랙을 통해 대내외 원천기술로 확보될 수 있도록 가이드라인 마련이 필요함.
연구자 조사 결과 B	■ 기초연구에 대한 장기적이고 대규모의 투자와 더불어 연구시설 및 장비 확보가 우선되어야 함. 이를 위해 중견연구 이상 연구비 규모의 층을 현재보다 두텁게 재정비해야 할 필요가 있다고 판단됨. ■ 연구자들이 장기적 연구에 몰입할 수 있는 환경을 제도적으로 보장해 주어야 하고, 이를 위해 연구사업의 평가 방법을 넘어 대학 운영 방식의 자율성이 확보되어야 함.
연구자 조사 결과 C	■ 단기적인 성과나 활용가능성보다는 문제 제기를 중심으로 연구를 진행할 수 있도록 장려해야 함. 즉, 원천기술의 이전 단계라고 할 수 있는 원천적 "문제제기", 원천"이론" 등에 중점을 맞춘 연구계획 평가 기준이 마련되어야 함. ■ 융합 연구가 필수적인 분야인 만큼 연구과제가 다루는 주제의 깊이만큼이나 넓이(폭)를 강조할 필요가 있음. pi자형 연구자를 양성하는 프로그램 또는 pi자형 연구 주제를 발굴하고 장려할 필요가 있음. 즉 두 개 이상의 독립된 분야에서 전문성을 취득한 연구자를 양성하고, 발굴할 필요가 있음.
연구자 조사 결과 D	■ 사회 규범적 의사 결정형 에이전트는 근본적으로 합리성과 인간 고유의 내재적 가치 사이에서 맥락에 맞는 가장 적절한 선택을 추론하는 과정으로 볼 수 있음. 따라서, 경제학, 사회학, 심리학, 정신과학, 신경과학, 인공지능에 이르는 폭넓은 분야에서 융합적 사고로 접근하는 것이 필수적임. 따라서, 적절한 연구 과제 분야, 규모 및 도전적 목표 지향에 걸맞은 평가 체계 마련이 시급함. ■ 보편적인 인간지능에 대한 깊이 있는 이해를 바탕으로 기전을 확립하고, 이를 통해 인공지능 에이전트 원천 기술로 발전하는 로드맵이 절실함. ■ 규범적 의사 결정은 법학, 철학 및 심리학 분야에서 다양한 관점으로 접근되고 고려되는 바, 각각의 컨텍스트에 맞게 보다 근본적으로 정의하고 구현하여 실제에 적용하는 연구로 확장하여 원천 기술을 확보할 수 있어야 함. 실제로 법적 판단과 형사사법적

	예측에서 규범적 의사 결정 인공지능 에이전트에 대한 수요가 있으며 (예: 인공지능 판사), 리걸테크 시장 형성이 가능할 것으로 기대함. ■ 규범적 의사결정, 나아가서 인간의 내재적 가치 기반의 의사결정 에이전트 기초 연구는 인간과 안전하게 소통하고 공존할 수 있는 AI 개발의 토대가 되며, 인간에게 위해가 될 수 있는 위험한 AI의 행동(예, 표면적 이해에 기반한 잘못된 응답, 사회적 편견을 보이는 의사결정 등)에 대한 AI 보호 장치(safeguard)로 작동이 가능함. 이에 따라 차세대 인간-가치 내재형 인공지능 상호작용 연구로 확장하여 효용성을 확보할 수 있음. ■ 인간 가치 내재형 에이전트로 확장 연구되는 경우, 에이전트 행동 관찰 및 제어를 통해, 인간의 가치 원리에 대한 이해를 도모할 수 있으며, 외현적으로 드러나는 행동뿐 아니라 행동 기저에 있는 동기를 이해함으로써 인간의 심리와 행동에 대한 깊은 이해를 도울 수 있음. 이는 인공지능 기초연구 및 원천기술이 뇌인지과학, 인지심리학 및 기초 과학을 증진할 수 있는 토대가 되며, 나아가서 계산 정신의학, 디지털 치료제 분야의 원천 기술로 자리 잡을 수 있을 것으로 사료됨.
연구자 조사 결과 E	■ 기존의 단일 모달리티 기반 산업 분야에서 멀티모달 데이터 기반의 새로운 산업군을 형성하고 실제로 적용 가능한 인공지능 기술(스마트 CCTV, 무인 드론 등)을 보급할 수 있는 토대가 필요함. ■ 최근 인공지능 기술을 선도하는 해외 기업 연구 그룹은 대규모 데이터베이스와 높은 연산 능력을 가지는 장비를 기반으로 여러 분야에서 뛰어난 성능을 확보함(Google의 CLIP, PaLM, OpenAI의 GPT-3 등). ■ 비디오, 오디오, 텍스트를 포함한 대규모 멀티모달 데이터베이스 확보가 필요하며, 단일 모달리티 기반 인공지능보다 훨씬 많은 연산 능력을 필요로 하는 멀티모달 기반 인공지능 원천 기술을 확보하기 위해 충분한 고성능 서버 및 서버 공간의 확충이 필요함.
연구자 조사 결과 F	■ 차세대 인공지능 연구는 단일 학문 관점이 아닌 융·복합적인 학문의 관점으로 인공지능 기술의 새로운 방법론들에 관한 연구가 이루어져야 하며, 융·복합적인 학문을 통해 인간이 가진 지능들을 연구하여 새로운 인공지능 모델 개발이 필요함. ■ 또한 전문적 연구인력 양성을 위한 융·복합 교육 및 원천기술확보를 위한 대학, 출연연의 사업화 지원 및 수요-공급간 기술교류 활성화를 통한 기술고도화가 필요함.

참고 문헌

[1] Fitzgerald, McKenna, Aaron Boddy, and Seth D. Baum. "2020 survey of artificial general intelligence projects for ethics, risk, and policy." (2020): 20.

[2] Kumpulainen, Samu, and Vagan Terziyan. "Artificial General Intelligence vs. Industry 4.0: Do They Need Each Other?." Procedia Computer Science 200 (2022): 140-150.

[3] https://cnai.kaist.ac.kr/

[4] https://www.darpa.mil/program/machine-common-sense

[5] https://www.deepmind.com/research?tag=Neuroscience

[6] Schrittwieser, Julian, et al. "Mastering atari, go, chess and shogi by planning with a learned model." Nature 588.7839 (2020): 604-609.

[7] Gu, Yi, et al. "A map-like micro-organization of grid cells in the medial entorhinal cortex." Cell 175.3 (2018): 736-750.

[8] 범용 인공지능(AGI)과 AI 반도체(뉴로모픽) 기술개발 동향과 향후 전망 (2020), IRS글로벌 (130-44-20238)

[9] Artificial Intelligence Index Report 2022, Stanford Institue for Human-Centered Aritificial Intelligence (HAI)

[10] https://futurism.com/elon-musk-robots-agi

[11] Reed, Scott, et al. "A generalist agent." arXiv preprint arXiv:2205.06175 (2022).

[12] https://www.team.ai/product-page

[13] https://news.mit.edu/newsoffice/2005/techtalk49-19.pdf

[14] http://lunaai.org/

[15] 김진아, et al. "생명체의 유연한 자연지능 모사 방법과 데이터 기반 방법을 융합한 통합 인공지능." 정보과학회지 39.12 (2021): 30-41.

저자소개

| **ICT·융합연구단**
기초연구본부

NRF R&D BRIEF 2022-40호

인공지능 기술

기초연구본부 선정 R&D 이슈 연구동향(33)

|발행일| 2022년 11월 30일
|발행인| 이 광 복
|발행처| 한국연구재단
본 원 : 대전광역시 유성구 가정로 201
서울청사 : 서울특별시 서초구 헌릉로 25
http://www.nrf.re.kr
|편 집| 정책연구실 정책혁신팀