

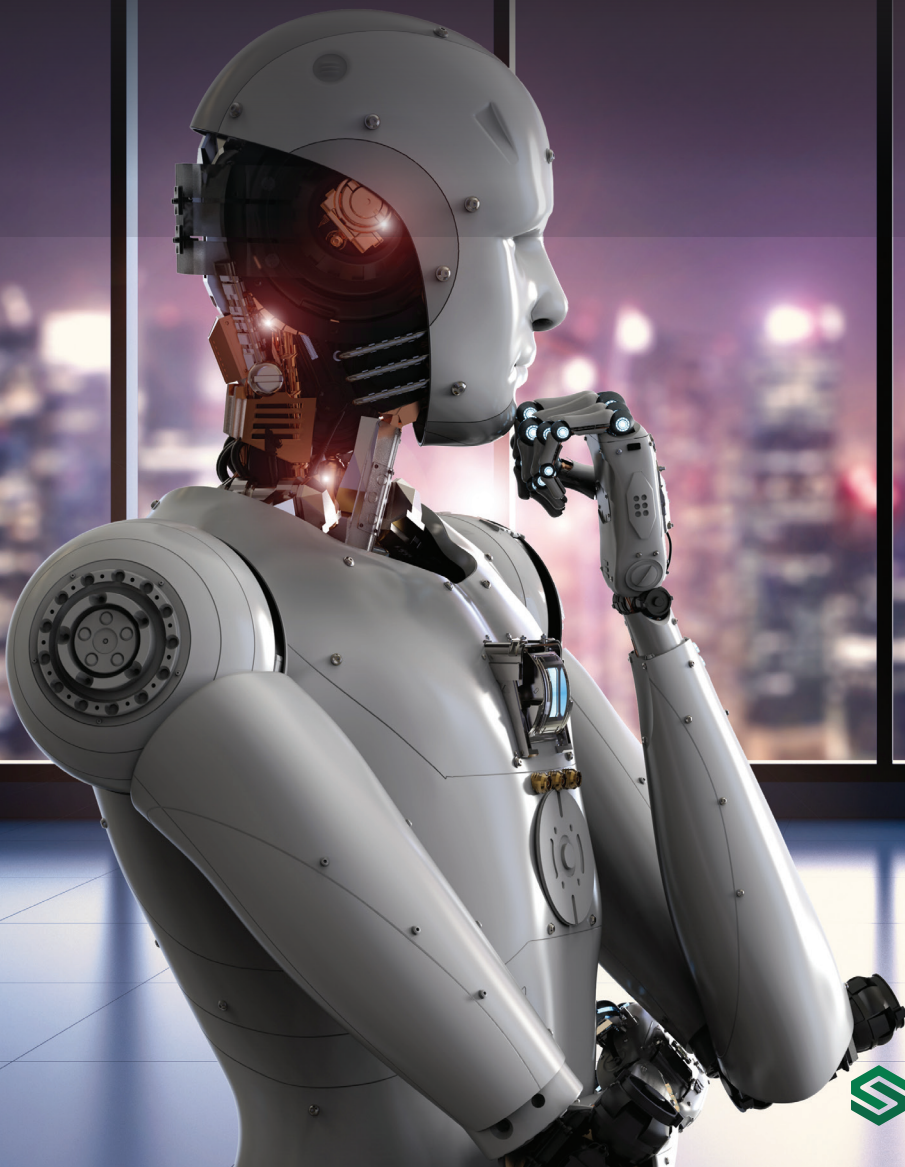
AI-005호

2020.1.7

SPRi AI BRIEF

인공지능 최신 동향과 시사점

vol.5



목차

01	스탠포드(Stanford) AI Index 개요
02	[R&D] 지속적인 AI R&D 투자와 美·中 간 경쟁 가열
03	[기술] 학습 비용은 감소, 기술 성능은 빠르게 향상
04	[경제] AI 분야 투자가 본격화되면서 관련 일자리도 급증
05	[교육] AI 분야 교육 수요 증가와 박사 채용 활발
06	[인식] AI 윤리 및 AI 활용 사회 문제 해결에 지속적 관심
07	[참고1] 인간 수준의 성능에 도달하기 위한 AI 기술 마일스톤
08	[참고2] 자율주행 : 테스트는 급증, 안정적 상용화는 아직

1 스탠포드 AI 인덱스

- 스탠포드 대학 출신의 전미인공지능협회(AAAI) 회장이었던 Eric Horvitz박사와 스탠포드대학의 컴퓨터 과학자들을 중심으로 인공지능의 영향력을 장기적으로 연구하기 위한 모임을 추진하여 이른바 ‘AI100(One Hundred Year Study on AI)’을 구성
 - AI의 진보에 따른 잠재적 혼란과 미래를 전망하고 이에 선제적으로 대응하기 위한 사회 기술적 영향 평가와 대응 방안 수립을 위한 연구 추진
 - ‘AI 인덱스’는 ‘AI100’ 프로젝트의 일환으로 스탠포드대 인간중심 AI연구소 (Human-Centered Artificial Intelligence Institute)에서 2017년부터 연차 보고서 형태로 발간
 - AI 관련 연구개발 활동, 기술 성능, 경제 투자 활동, 미디어 동향을 파악할 수 있는 지표 및 주요 사건들을 정량적 정성적으로 정리
 - 연구 활동, 기술성능, 미디어 관심 정도미국 중심의 지표에 초점을 두고 있으며 2017년 첫 보고서 발표 후 지표를 계속적으로 조정하고 있음
- * 2018년부터 기업 활동, 정부 관심도 등의 대외 환경 지표들을 함께 고려

2 2019년 보고서의 특징

- 2019년도 보고서에는 2018년 대비 3배 이상 많은 데이터가 포함되었으며 지표 항목도 경제활동, 교육활동, 공공인식, 사회적 고려 사항, 국가전략 등 AI의 기술과 연구 중심 활동에서 보다 다양한 대외적 영향 변수를 신규 추가 반영
- AI 인덱스의 국가간 비교를 돕는 Global AI Vibrancy Tool(vibrancy.aiindex.org)과 arXiv의 등록된 최신 AI 연구 동향을 전문으로 확인해 볼 수 있도록 AI Index arXiv monitor(arxiv.aiindex.org)를 지원

<표> 주요 지표 항목

장	구분	주요지표
Ch1	연구개발	논문, 깃허브 프로젝트, 여성AI인력, arXiv 동향, Microsoft Academic Graph
Ch2	컨퍼런스	참석자 동향, AAAI 논문, 참여기관, AI 윤리 학회, 인권과 AI,
Ch3	기술성능	컴퓨터 시각 (이미지, 비디오, 이미지-언어), 언어, 컴퓨팅 성능, 오픈글로트
Ch4	경제	일자리, 스타트업 투자, 기업 투자, 공공 투자, 기업 활동 (AI, 로봇 도입)
Ch5	교육	온라인강좌, 대학등록, 박사학위 고용 동향, 교수요원 다양성, 윤리강좌
Ch6	자율시스템	글로벌 동향, 자율주행차, 자율무기
Ch7	공공인식	중앙은행, 정부, 기업, 웹 및 글로벌 미디어 동향
Ch8	사회적고려	윤리적 과제, 윤리 이슈와 미디어 동향, 지속 가능 발전
Ch9	국가전략	국가전략동향, 글로벌 AI대응도, 국가보고서(미국, 중국, 싱가포르, 등 8개국)

3 이번 호에서는 AI 인덱스 2019의 주요 항목별 내용을 R&D, 기술성능, 경제, 교육, 인식 부문으로 구분하여 주요 내용을 요약 소개

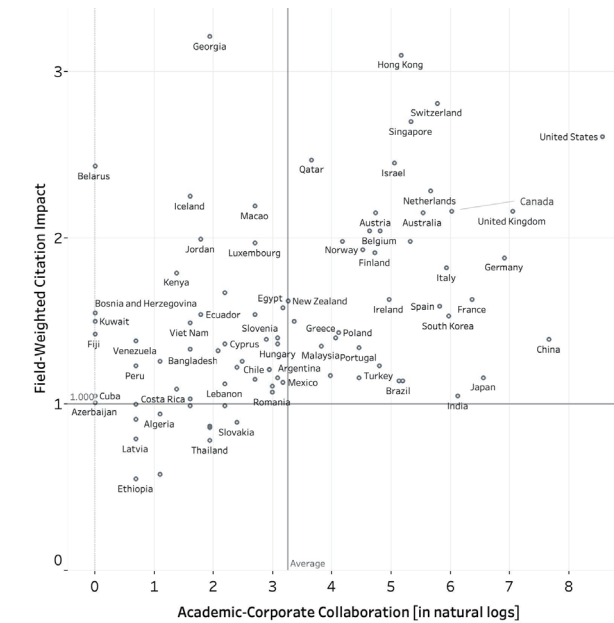
[R&D] 지속적인 AI R&D 투자와 美·中 간 경쟁 가열

1 (AI R&D) 美·中·EU 중심의 AI R&D 생태계 지속과 AI R&D의 양적 확대

- 측정기준** 1998년부터 2018년까지 AI R&D 관련 출판물(저널 논문, 학회지 논문, 특허, 인용 수)에 대한 세 가지 데이터베이스의 통계적 분석
 - (Elsevier SCOPUS)** 약 5,000개 이상 출판사의 22,800여 개의 출판물의 초록과 인용 정보를 담은 세계 최대의 데이터베이스로 동료 심사(peer-reviewed)를 거친 저널 논문, 학회지 등으로 구성됨
 - (arXiv)** 온라인 논문 등록 시스템인 arXiv는 새로운 아이디어 선점을 위한 장으로 활용되어 현재의 AI 연구 트렌드를 파악하기에 용이
 - * 분석한 AI 논문의 수는 2010년부터 2019년까지 83,572건
 - (Microsoft Academic Graph, MAG)** 마이크로소프트에서 공개한 학술 관계 데이터 베이스로 1990년부터 2018년까지 AI 관련 논문과 특허의 연도별 변화상과 국가별·지역별 인용을 파악하는데 활용
- Elsevier SCOPUS** 출판된 문헌에서 AI가 차지하는 비중은 지속적으로 증가세에 있으며, 특히 중국의 성장세가 두드러지는 가운데 美·中·EU가 대부분의 비중을 차지함
 - 1998년 대비 2018년 SCOPUS의 모든 문헌에서 AI관련 문헌은 약 3배 증가
 - * 2018년 기준 전체 저널 논문의 3%와 학회지의 9%가 AI 관련 연구 결과
 - 중국은 2018년 기준 24,929건의 논문이 등록되어 전 세계에서 가장 많은 논문을 발간하는 국가로 등극
 - * 1998년부터 2018년까지의 AI 논문 중 美·中·EU가 차지하는 비중은 73.6%(전체 71만 건 중 52.3만 건)
 - AI 논문의 질적인 척도인 FWCI²⁾ 측정 결과 미국에서 전 세계 평균 보다 40% 이상 상회하여 가장 우수한 논문을 생산하고 있으며, EU와 중국이 순으로 측정
- arXiv** AI 기술 발전에 따라 기계학습과 컴퓨터 비전 분야의 증가세가 두드러지고 있으며, 기계학습 분야에서도 특히 심층학습(Deep Learning)이 큰 폭으로 증가
 - 2010년 대비 2019년 arXiv에 등록된 AI 논문의 수는 20배 이상 증가했으며, 특히 컴퓨터 비전과 패턴 인식 분야는 2014년부터 가장 큰 AI 분야로 등극했고, 기계학습 분야는 심층학습에 힘입어 가장 가파르게 상승 중
- MAG** 동아시아 태평양 지역은 가장 많은 AI 논문이 발간 및 인용되고 있으며, 그 뒤를 유럽과 북미 지역이 이어가는 추세
 - AI 논문의 생산량(volume)은 중국, 미국, 인도, 영국, 독일 순으로 측정됨
 - 전 세계의 AI 저널 논문의 인용 중 32%가 동아시아 지역에, AI 학회 논문의 인용 중 40%가 북미 지역에 집중
 - * 북미 지역은 2014년부터 2018년까지 전 세계 AI 특허 인용에 60% 이상의 비중을 차지

- 산학협력의 확산** AI 논문의 저자가 학계와 산업계로 구성되어 있을 경우를 측정하여 협업의 정도를 측정한 것으로, 미국은 전 세계의 평균 대비 40% 이상의 가장 많은 협업 추진
 - 산학협력과 논문의 질적 지표(FWCI)를 비교해 보면 협업이 활발할수록 논문의 질적인 지표가 향상되는 추세

<그림> 국가별 AI 산학 협력(수평축)과 AI 논문의 질적 지표(수직축)



2 (국내 현황) SCOPUS 데이터 분석 결과 우리나라는 2014년부터 2018년까지 누적된 AI 관련 논문 수에서 14위를 차지하고 전체의 2.1%의 비중

- 논문 수** 2014년부터 2018년까지 발간된 우리나라 AI 논문의 수는 7,747건으로 14위를 차지했고, 전체 논문 수 37.3만 건과 대비해 2.08%의 비중을 차지
 - 우리나라 AI 논문의 수는 2018년을 기준으로 2014년 대비 2.8배 증가하여, 동일한 조건의 전 세계 상승 폭인 2.1배를 상회
- 인용 수** 동일한 기간에서 측정한 우리나라 AI 논문의 인용 수는 총 49,061건으로 15위이고, 전체 인용 수 275만 건과 대비해 1.78%의 비중
 - 2019년 주요 AI 학회의 참가자는 2018년 대비 30~40%의 증가폭이 나타났으며, 참여자의 다양성과 여성의 참여가 확대됨

3 (AI 학회) AI 관련 학회의 참가자와 발간 논문의 수는 지속적으로 성장하고 있으며, 특히 AI 윤리와 같은 사회적 이슈에 대한 논의가 활발

- 2019년 주요 AI 학회의 참가자는 2018년 대비 30~40%의 증가폭이 나타났으며, 참여자의 다양성과 여성의 참여가 확대됨
- AI 윤리 연구 현황은 AI 논문 제목에서 AI 윤리와 관련된 키워드³⁾가 포함되어 있는지 여부로 측정했으며, AI 윤리 연구는 지속적인 증가세에 있으나 전체에서 차지하는 비중은 매우 낮은 것으로 측정됨

3) 설명가능성, 윤리, 도덕, 법, 편향, 프라이버시, 책무성, 권리, 보안, 감정, 지속가능성 등

2) Field-Weighted Citation Impact(FWCI)는 해당 연도에 출간된 AI 논문의 평균 인용횟수를 측정한 것으로, AI Index에서는 지역별로 구분하고 전 세계의 평균 FWCI를 기준으로 삼아 美·中·EU를 비교

1

(컴퓨터 비전) 이미지 분류 성능 향상, 이미지분류 모델 학습 비용

- 1400만개 이상의 이미지로 구성된 데이터세트인 이미지넷(Image Net)*의 활용으로 효율적 이미지 분류 기술 확보
 - 컴퓨터 비전 분야의 학습 데이터 부족문제 해결을 위해 만들어졌고, ILSVRC(ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge) 경진대회를 통해 컨볼루션 신경망과 딥러닝의 발전을 이룩함
- 이미지 인식률은 점차 증가하여 2019년 기준 평균 약 85%를(1000개 샘플, Top-1 정확도 기준)⁴⁾ 넘어섰고, Top-5⁵⁾ 정확도 학습에 걸리는 시간*과 비용** 또한 대폭 감소
 - 퍼블릭 클라우드 인프라에서 이미지 분류 모델(ImageNet Corpora)을 93% 이상의 검증 정확도로 훈련하는데 필요한 시간은 1년 반사이 약 3시간(17.10.)에서 약 1분28초(19.7.)로 대폭 감소
 - ** 이미지 넷을 활용한 분류 모델(ResNet)을 93%이상의 검증정확도로 훈련하는 비용은 약 2,323 달러(17.10.)에서 약 12 달러(18.9.) 수준으로 감소(클라우드 TPU 활용, DAWN bench⁶⁾ 측정)
- 한편, 비디오 및 텍스트를 포함한 다양한 도메인에서 생성(합성)된 이미지 품질은 지속적 향상
 - 이미지 생성의 성능은 CIFAR-10⁷⁾ 데이터세트를 기준으로 FID*⁸⁾ 측정 결과 약 2년여 사이 약 25에서(17.7) 약 11(19.7.)로 성능이 향상
 - 생성된 이미지의 사실감이 일정 수준을 넘어서면 품질에 대한 평가가 어려우며, 이를 측정하기 위한 보다 효과적인 방법으로 특정 벡터 사이의 거리를 계산하는 FID기법 대두
- 이미지내의 객체들을 구분하고, 비디오의 의미를 분석하는 성능 향상
 - 이미지 내의 객체를 구분하기 위해서는 이미지의 모든 픽셀에 대한 정확한 경계와 객체 범주를 감지해야 할 수 있어야 하며, 의미론적인 분할이 가능해야 함
 - 최근 Cityscapes⁹⁾ 데이터 세트를 기준으로 객체 감지 성능척도인 평균IoU(mean Intersection over Union)가 약 63(15.1.)에서 약 83(19.6.)으로 성능 향상
 - 비디오 내의 사람 행동인식 데이터세트이자 벤치마크인 ActivityNet을 활용한 행동인식 모델의 성능은 성능평가지표(mean Average Precision)가 18%에서(16) 40%로(19) 증가
 - 동작이 크거나 분명한 범퍼카 운전, 에어로빅, 아코디언 연주 등은 높은 인식률(85%이상)을 보이며, 동작이 작은 커피마시기, 가위바위보게임, 세면 등은 낮은 인식률(10%이하)을 보임
 - 영상 또는 이미지를 놓고 그에 대한 질문에 답하는 모델인 VQA(Visual-Question Answering)는 최근(19.7.) 인식률이 인간(약 81%)에 근접(75.28%)

4) 입력받은 이미지를 분류할 때, 분류 모형이 가장 확률 높은 답변을 1개 제시하는 것으로, 정확하게 예상되는 답변이어야 함을 의미하며, 이미지 분류 성능의 기본 척도

5) 예상답변과 일치해야 하는 확률 순으로 5개의 답변을 제공하는 모델로 정확도가 95%이상이면 매우 뛰어난 모델로 평가

6) Stanford에서 개발한 이미지 분류 벤치마크 툴로, 93%의 검증정확도(우수) 달성을 기준으로 시간과 비용을 측정

7) 이미지 학습을 위한 dataset 로 10개의 클래스(비행기, 새, 고양이 등)로 분류된 6만개의 이미지로 구성, 각 클래스는 5천개의 학습데이터 및 1천개의 테스트데이터로 이루어짐

8) Frechet inception distance, 생성된 이미지를 평가하기 위해 개발된 방법으로 수치가 낮을수록 고품질을 의미하며 기존의 사전 훈련된 딥러닝 신경망 모델을 사용하여 생성된 이미지를 분류하는 방식인 IS(Inception Score)보다 우수

9) 50개의 서로 다른 도시의 거리 이미지를 갖는 이미지 객체 구분 학습용 데이터 세트(픽셀레벨의 주석을 보유한 고품질 5천 프레임 + 일반 2만 프레임으로 구성)

2

(자연어 처리 기술) 성능 기준선(Human base line : 인간 수준의 기준선)과 성능은 매 버전마다 상향조정 되고 있으며, 각 모델들은 더 빠르게 기준선에 도달하거나 갱신

- 텍스트 언어인식 AI의 벤치마크 툴인 GLUE(General Language Understanding Evaluation)¹⁰⁾* 및 후속버전인 SuperGLUE¹¹⁾**의 다양한 자연어 인식 모델 성능측정 결과 괄목할 성과 달성
 - 자연어 인식 도메인에서 모델들의 수준(state of the art)은 GLUE 출시당시(18.4.) 76.9 이었으나, 곧 인간수준(86.3)에 도달(19.4.)했고, 현재는 이를 넘어서는 성능(88.5)을 보임
 - ** 더 다양하고 어려운 언어 이해 수준을 측정 척도인 SuperGLUE로 구글의 T5¹²⁾모델 측정결과 모델 출시(19.5.) 5개월 만에 성능점수 88.9로 인간기준선(89.9)에 거의 도달
 - 전문가들은 현재 자연어 인식 기술의 발전 속도로 볼 때, 다양한 모델들이 곧 SuperGLUE의 기준도 수개월 내에 뛰어 넘을 것으로 판단
 - 자연어 처리 모델의 독해 이해력을 테스트하는 SQuAD(Stanford Question Answering Dataset)¹³⁾를 기준으로 언어의 이해력에 대한 성능 또한 증가*했으며, 훈련의 시간과 비용은 감소**
 - SQuAD1.1을 기준으로 한 점수는 67에서(16.8.) 95로(19.5.) 증가하며 기준선을 넘었고, SQuAD2.0의 경우에는 진행이 훨씬 빨라져 1년 만에 62에서(18.5.) 90으로(19.6.) 증가
 - ** CodaLab의 질의응답 모델을 SQuAD1.0에서 75점 이상의 수준으로 학습시키는데 소요되는 시간은 7시간에서(17.7.) 19분으로(19.3.) 감소했으며, 학습비용은 8달러에서 57센트로 감소
- 언어 추론모델은 ARC(AI2¹⁴⁾ Reasoning Challenge) 데이터세트¹⁵⁾를 통한 학습을 바탕으로 성능을 측정하며, 약 1년 반 만에 20%의(18.4.) 정확도에서 85.4%수준까지(19.9.) 급 발전

3

(기계번역(MT) 자연어처리 AI 시스템의 대표사례로 상용 번역 시스템은 지난 2년 사이 3배 증가(8(17) → 24(19)개)했으며, 번역 성능도 인간수준에 가까워짐

- 상용 번역시스템의 성장은 지리적 특성 및 비즈니스 관련 언어 데이터가 잘 마련된 중국, 일본, 한국, 독일 등의 언어를 기반으로 하는 번역 엔진이 견인
 - 기존 온프레미스 및 맞춤형 번역시스템 공급업체가 클라우드를 활용한 모델을 제공하고, 번역엔진 프레임워크가 공개소스로 제공됨에 따라 시스템 비용은 낮아지는 추세
- 상용 번역시스템의 성능은 hLEPOR¹⁶⁾을 통해 측정하며, 0.7이상(문장당 오류가 별로 없는 인간 수준의 품질 기준)의 성능을 보이는 언어 간 번역(영어-포르투갈,독일,중국,러시아어)이 증가

10) 자연어 처리 시스템을 학습 및 평가 분석하기 위한 리소스 모음이자 벤치마크 툴, 9개의 개별 지표를 통해 문장의 장르와 난이도, 언어적 수용가능성 및 감정측정, 유사성, 자연어 추론 등을 분석하며 모델 성능을 시각화하여 보여주는 뉴욕대, 워싱턴대, 구글답마인드의 합작 기술

11) 자연어 처리 기술발전으로 기존 GLUE 지표의 기준점을 넘어서기 시작하여, 더 높은 기준점을 갖는 SuperGLUE 출시

12) 구글의 새로운 자연어처리 모델로 Text-To-Text Transfer Transformer 의 약자

13) 자연어 처리 시스템의 독해력(이해력)을 테스트하기 위한 데이터 세트이자 툴, 버전 1.1은 500개 이상의 기사와 10만개 이상의 질문 및 답변 쌍을 보유, 버전 2.0은 기존 10만개 질의응답 세트에 5만개 이상의 답변 불가한 질문 세트를 결합하여 학습 기준 상황

14) Allen Institute for Artificial Intelligence(알렌인공지능연구소), 추론 및 학습 기능을 갖춘 AI 시스템 구축을 연구하기 위해 2013년 MS공동 창립자 Paul Allen이 설립

15) ARC 데이터 세트에는 7,787(도전 세트 2,590 + 쉬운 질문 5,197) 개의 초등학교 수준의 객관식 과학문제가 포함

16) harmonic mean of enhanced length penalty, precision, n-gram position difference penalty, and recall 의 약자, 기계 번역시 번역된 문장의 길이, 정밀도, 단어순서 등을 파악하여 번역의 정확도 성능을 측정하는 기법

[경제] AI 분야 투자가 본격화되면서 관련 일자리도 급증

1 (스타트업 투자) 2014년 이후 매년 50% 이상 급성장하여 2018년 404억

- **투자 규모** 유망 AI 스타트업 투자 집중 현상이 심화되어 투자 건수는 2,045건에서 2,690건으로 소폭 증가했으나, 평균 투자금액은 390만 달러에서 1,500만 달러로 급증
- **국가** 미국, 중국 AI 스타트업이 총 투자액의 80% 가까이 차지
 - * 국가별 AI 스타트업 투자액('18년 1월~'19년 10월, 억 달러) : △미국 363, △중국 250, △영국 29, △이스라엘 23, △캐나다 20, △프랑스 15, △일본 12, △싱가포르 10, △독일 9, △한국 4
- **분야** 자율주행차, 의료·제약, 바이오감시·보안, 미디어 콘텐츠 분야 투자가 활발히 진행
 - * 분야별 AI 스타트업 투자액('18년 1월~'19년 10월, 억 달러) : △자율주행차 77, △의료·제약 48, △바이오감시·보안 47, △미디어 콘텐츠 35, △사기적발·개인금융 31, △반도체 29

<표> AI 스타트업 투자 추이

	2014	2015	2016	2017	2018	연평균 성장률
총 투자액(백만 달러)	7,921	8,981	17,852	22,887	40,429	50.3%
투자 건수(회)	2,045	2,863	3,609	3,764	2,690	7.1%
평균 투자액(백만 달러)	3.9	3.1	5.0	6.1	15.0	40.4%

2 (기업의 활용) 약 58%의 기업이 한 개 이상의 기능 또는 사업에서 AI를 활용

- **지역별** 북미 기업의 AI 활용률이 가장 높고, 아시아, 남미 기업의 AI 도입이 빠르게 증가
 - * 지역별 AI 활용기업 비율('18→'19) : △북미 52%→63%, △아태 선진국 41%→61%, △유럽 51%→58%, △인도 50%→58%, △남미 39%→58%, △중국 등 신흥국 42%→56%
- **산업·기능별** 서비스 운영비용 절감, 제품·서비스 개발기간 단축 등에 AI를 주로 활용

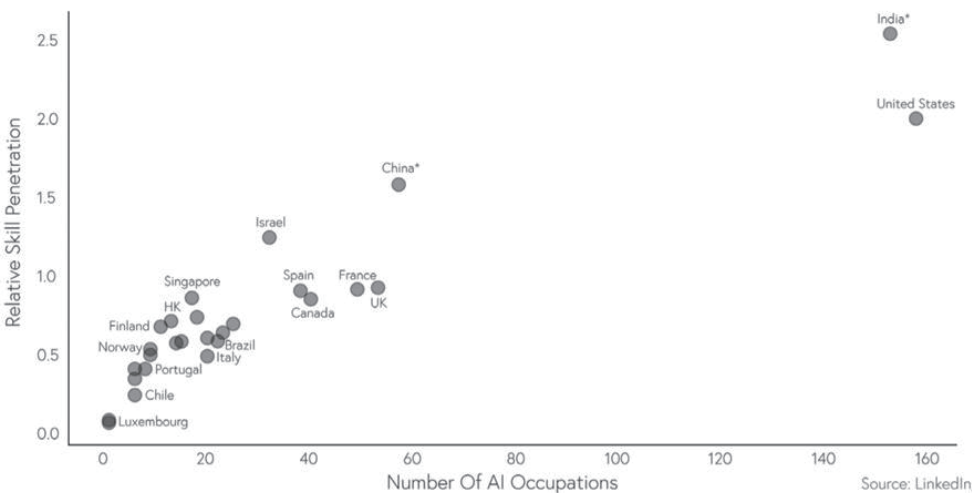
<표> 산업별 AI 활용 분야

	서비스 운영	제품·서비스 개발	마케팅·영업	제조	공급사슬	리스크 관리
전체 산업	42%	35%	27%	19%	18%	17%
전문 서비스	36%	31%	29%	10%	17%	12%
에너지·천연 가스	49%	42%	17%	21%	19%	12%
금융 서비스	55%	25%	43%	2%	12%	42%
헬스케어	50%	31%	19%	10%	12%	10%
공공	39%	36%	5%	4%	15%	12%
소매 유통	47%	33%	36%	14%	34%	14%
통신	74%	48%	28%	21%	27%	30%
여행&물류	52%	20%	17%	7%	31%	5%
첨단 기술	49%	55%	37%	12%	14%	14%
인프라	26%	43%	11%	30%	13%	6%
제약	19%	41%	16%	41%	11%	3%
자동차	26%	43%	13%	53%	18%	9%
소비재(CPG)	28%	12%	28%	32%	29%	11%

3 (일자리 규모) 미국, 중국, 인도의 AI 일자리 수가 가장 많고, 싱가포르, 브라질, 호주에서 AI 일자리가 가장 빠르게 증가

- **직업 수** 약 15,000개*의 직업 중에서 AI 분야 직업은 약 160개
 - 비즈니스용 SNS인 링크드인에서 분류한 15,000개의 직업 중에서 미국, 인도 등에 AI 전문성을 요구하는 직업이 약 160개 존재
- **일자리 수** 인도, 미국, 중국에서 AI 일자리 비중은 글로벌 평균 대비 각각 2.5배, 2배, 1.5배 수준
- **일자리 증가** 2012년 전체 일자리에서 0.1%에 불과했던 AI 일자리는 2019년 1.7%까지 증가
 - 싱가포르, 브라질, 호주, 캐나다, 인도 등의 2019년 AI 일자리는 2015~2016년 대비 3배 가까이 증가

<그림> 국가별 AI 직업 수(수평축)와 AI 일자리 수(수직축)



4 (산업별 일자리) 정보, 과학기술, 금융, 제조 등 기술 집약 서비스 산업에서 AI 분야 구인 비율이 1%를 상회

- 반면, 전통 서비스에 속하는 건설, 식음료, 예술, 공공, 헬스케어, 부동산업에서 AI 구인 비율은 0.1% 내외 수준에 불과

<표> AI 스타트업 투자 추이

산업	정보	과학 기술	금융	폐기물 관리	제조	경영 관리	자원 개발	농림 어업	도매업	교육
일자리 비중	2.4%	2.1%	1.3%	1.1%	1.1%	0.7%	0.6%	0.6%	0.5%	0.5%

산업	공공	소매	유틸리티	헬스케어	부동산	운송 물류	기타	예술 여가	식음료	건설
일자리 비중	0.5%	0.4%	0.4%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.1%	0.1%	0.1%

1 (온라인 교육) 세계 각국의 사용자가 온라인을 통해 AI 관련 교육

- AI 기술 숙련도 Coursera GSI¹⁷⁾에서는 학습자 생성 데이터를 기반으로 '비즈니스', '기술', '데이터 과학' 등 3개 영역에서 전 세계 60개국의 역량을 비교
 - 학습자가 특정 분야를 학습할 때의 성취도, 오류, 학습 수강 현황, 검색 기록 등을 종합
 - 3개 영역 내의 세부 기술을 통합하여 단일 가중치 인덱스를 제작, AI 분야의 기술 숙련도를 측정한 결과 60개국 중 한국은 45위(Emerging 그룹)에 그침

<표> AI 분야 기술 숙련도 순위(AI Index, 2019)

그룹 (백분위)	Cutting Edge (76%-100%)	Competitive (51%-75%)	Emerging (26%-50%)	Lagging (0%-25%)
국가	핀란드, 일본, 홍콩, 중국, 미국 등	폴란드, 뉴질랜드, 프랑스, 영국, 캐나다 등	포르투갈, 베트남, 태국, 인도, 한국 등	터키, 콜롬비아, 파키스탄, 필리핀, 멕시코 등

- AI 관련 온라인 수업 등록 2019년 중반까지 '딥러닝을 위한 텐서플로우' 과정이 가장 높은 등록률을 보였으나 2019년 후반에는 '머신러닝 소개' 과정이 가장 높은 등록률 (125,000명 이상)을 보임(Udacity, 2019)

2 (대학 수업 등록 현황) 대부분 국가의 대학의 AI/ML 수업 등록자 수 증가 추세

- 미국 내 AI 수업 등록자 수 미국 대학*의 인공지능(AI) 기초, 머신러닝(ML) 기초 수업**에 등록한 학부생 수가 증가(전공자, 비전공자)
 - AI 기초 수업 등록자 수 스탠포드 대학에서 2012년에서 2018년 사이에 5배 증가
 - ML 기초 수업 등록자 수 일리노이 대학에서 2010년에서 2018년 사이에 12배 증가
- * University of California-Berkeley, Stanford University, University of Illinois at Urbana-Champaign, University of Washington-Seattle, Carnegie Mellon University
- ** AI 기초 수업(Berkeley CS 188, Stanford CS 221, UIUC CS 440, UW CSE), ML 기초 수업 (Berkeley CS 189, Stanford CS 229, UIUC CS 446, UW CSE 446)
- 미국 외 AI 수업 등록자 수 미국 이외 여러 주요 컴퓨터 과학 관련 대학에서의 AI 및 ML 수업 등록자 수 ('10~'19) 또한 증가하는 추세
 - AI+ML 기초 수업 등록자 수 상위 대학 (1위) University of Toronto(캐나다), (2위) HSE University (러시아), (3위) Tsinghua University(중국)
 - AI 기초 수업 등록자 수 증가율 2015년 대비 Tsinghua University (4배), University of Toronto (3배), University of Melbourne(2배)

- AI 전공 박사 수 AI는 컴퓨터 분야 박사 과정¹⁸⁾에서 가장 인기 있는 전공이며, 계속해서 가장 빠르게 성장 (컴퓨터 분야 박사 졸업생의 21% 이상이 AI/ML 전공, '18)

3 (박사 채용 변화) 학계뿐만 아니라 산업계로 진출하는 AI 분야 박사가 증가

- 산업계 진출 박사 졸업생 AI 분야 신규 박사 졸업자 중 학계로 진출하는 비율보다 산업계로 진출하는 비율이 점점 높아지는 경향을 보임
 - AI 분야 신규 박사 중 150명 이상이 산업계로 진출하였으나, 학계로 진출한 경우는 절반 수준(약 70명)에 불과('18)
 - 산업계로 진출하는 AI 분야 신규 박사 비율은 2004년 21%에서 2018년 62% 이상으로 약 3배 증가
- 신규 교수 채용 컴퓨터 분야 신규 박사들은 다양한 경로(박사 후 과정, 연구 교수 등)를 통해 학계로 진출하고 있으며, 정년 트랙 교수 채용도 증가하는 추세
 - 컴퓨터 분야 전체 교수진 채용 중 약 46% (878명 중 406명, '18)의 정년 트랙 신규 교수를 채용하고 있으며, 그 숫자는 2016년 이후 꾸준히 증가하는 추세
 - 정년 트랙 신규 여성 교수진 채용은 전체 대비 약 21% 정도를 꾸준히 유지하고 있으며, 정년 트랙 해외 교수진 채용 비율은 약 18%
 - 학계로 진출하는 AI 분야 신규 박사의 대부분은 박사 후 과정을 수행하며, 정년 트랙 교수 혹은 연구 교수로 진출하기도 함
- 교수의 산업계 유출 AI 분야 교수의 산업계 유출이 빠르게 증가하는 추세이며, 이들의 스타트업 설립도 증가
 - 매년 산업계로 이직하는 AI 분야 교수의 수가 증가하는 추세 (2008년 4명에서 2018년 42명 이상으로 증가, 북미)
 - 교수 유출이 가장 많이 발생한 대학은 Carnegie Mellon University(16명)이며, University of Washington(11명), UC Berkeley(11명), Georgia Tech(10명) 순으로 나타남
 - AI 스타트업을 설립한 기업가(박사 졸업자)를 가장 많이 배출한 대학은 MIT(76명), Stanford University(72명), Carnegie Mellon University(39명) 순으로 나타남

4 (교수진의 다양성) AI 분야 박사 과정의 유학생 비율이 증가하고 있으며, 교수진의 성비 불균형 문제가 존재

- 박사 과정 유학생 비율 증가 미국의 AI 분야 박사 과정은 주로 유학생들이 주도하고 있음
 - AI 분야 박사 졸업자 중 유학생 비율이 증가하는 추세(2010년 40% 미만에서 2018년 60% 이상으로 증가)
- AI 분야 교수의 성별 다양성 AI 분야 교수의 남성 비율이 상당히 높음(평균 80%)

18) Computer Science, Computer Engineering, Information 에 한해 조사를 수행

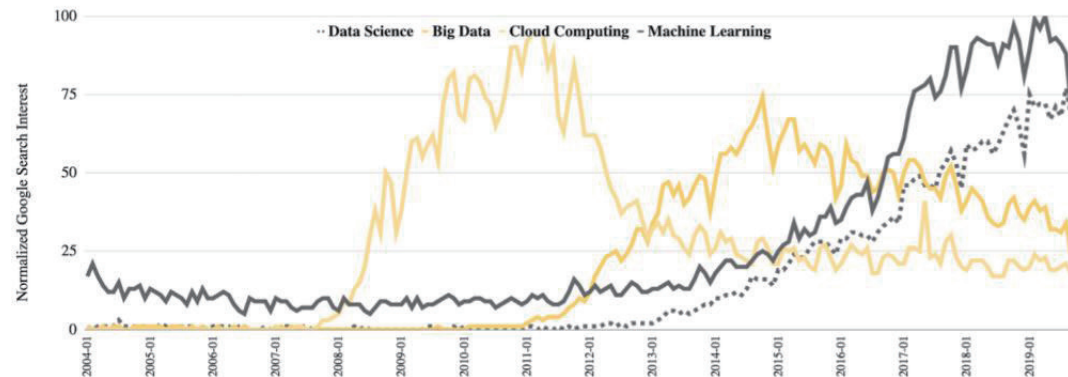
[인식] AI 윤리 및 AI 활용 사회 문제 해결에 지속적 관심

1 2016년 이후 사회 전반적으로 AI에 대한 관심 급증 추세

- **은행권** 산업 동향에 민감한 은행권의 각종 발간물과 언론 자료들을 분석한 결과 AI 언급 비중이 2016년 이후로 급증*
 - * 2014~2019년 중앙 은행 언론 자료 분석 결과 Bank of England, Bank of Japan, Federal Reserve, European Central Bank 순으로 AI 언급 비중이 높았음
- **정부** 미국 의회에서도 AI의 중요성을 강조하는 연설*들이 증가하여 현재 미국 의회가 역사상 가장 AI에 집중한 의회라는 평가
 - * 2016~2017년 대비 2017~2018년 국회 연설에서 AI 언급 비중이 10배 이상 급증
- **기업** 미국에서 공시하는 3천개 이상의 기업영업보고자료(earnings calls)에서 AI 관련 용어 언급 회수를 분석한 결과 2010년 0.01% 수준에서 2018년 0.42%로 증가
 - 특히, 금융업에서 AI 언급 빈도가 2018~2019.Q1 기간 동안 가장 높게 나타남
- **개인** 구글 검색 동향에서도 '빅데이터 (big data)'에서 인공 지능 관련 (data science, machine learning) 용어로 검색 비중이 역전
 - 2004년에서 2019년까지 미국에서 'big data', 'data science', 'cloud computing', 'machine learning'의 추이 분석 결과 2016~2017년 사이 AI 관련 용어 검색 비중이 빅데이터 검색 비중을 역전

<그림> 국가별 AI 직업 수(수평축)와 AI 일자리 수(수직축)

US search interest for "data science," "big data," "cloud computing" and "machine learning" via Google Trends
Source: Google Trends, GDELT, 2019.



- AI 연관 검색어로 'jobs', 'employment'가 빈번히 언급되며 killer robot, autonomous weapons, bias와 같은 역기능 관련 용어도 주로 사용*

* AI+Jobs이 GDELT (글로벌 뉴스 데이터 플랫폼) 데이터 분석 결과 전체의 17.7%를 차지

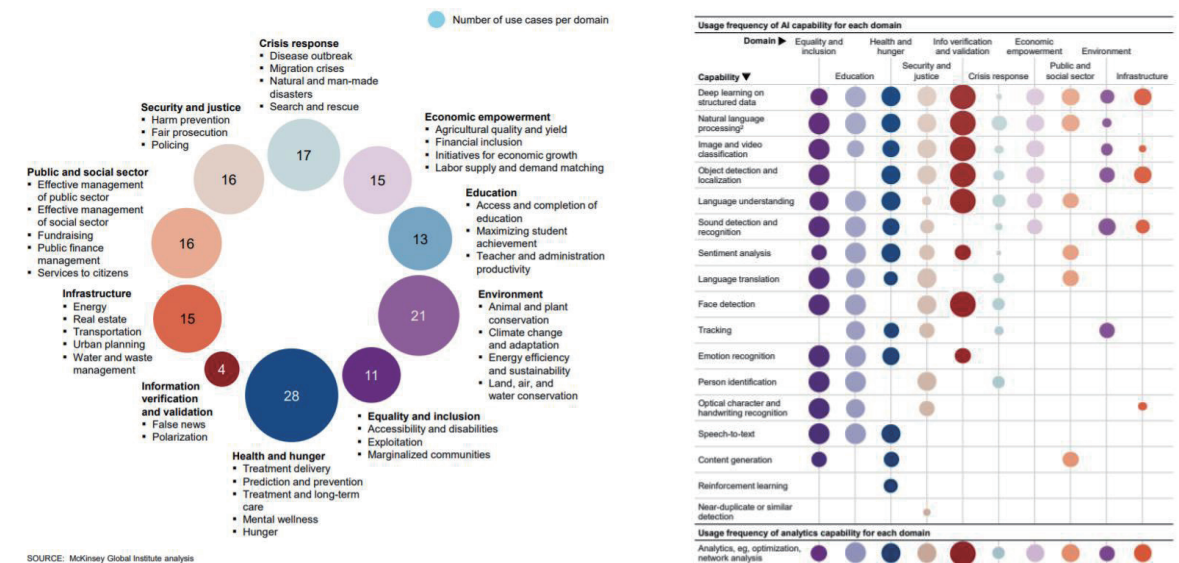
2 AI 윤리 문제에 대응하기 위한 다양한 기관 보고서들이 발간

- **발행기관** AI Index에서는 AI와 윤리 관련 2016~2019년까지 발간된 문서 총 59건의 내용을 분석*
 - * 협·단체 발행 19건, 정부 발행 13건, 기술 기업 11건, 정책연구소 8건, 산업계 8건
- **핵심 키워드** AI 윤리와 관련된 12개의 키워드*로 구분
 - * Accountability, safety, human control, Reliability Robustness Security, Fairness, Diversity and Inclusion, Sustainability, Transparency, Interpretability and explainability, multi stakeholder engagement, lawfulness and compliance, data privacy
- **주제** 글로벌 뉴스 미디어와 블로그 정보 3,661건의 분석 결과('18.8~'19.8)* AI윤리와 관련 '프레임워크 및 가이드라인'에 대한 빈도가 가장 높게 나타남*
 - * Framework and Guidelines (32%), Data Privacy Issues (14%), Facial Recognition (13%), Algorithm Bias (11%), Big Tech Advisory on Tech Ethics (11%), Ethics in Robotics and Driverless Cars (9%), and AI Transparency (6.7%)로 유형화

4 사회 문제 해결을 위한 AI 활용 연구 진행

- **AI for Social Good** 글로벌 경영 컨설팅 업체인 맥킨지는 160가지의 AI의 사회적 활용을 위한 사용 사례를 정리하는 보고서를 발간
 - UN의 17대 지속가능개발목표(SDGs)의 169개 세부 해결 과제(targets)에 절반 정도(85개)를 AI 적용 가능성 제시
 - * McKinsey Global Institute (2018.12), "Applying artificial intelligence for social good"

<그림> 사회문제와 AI역량



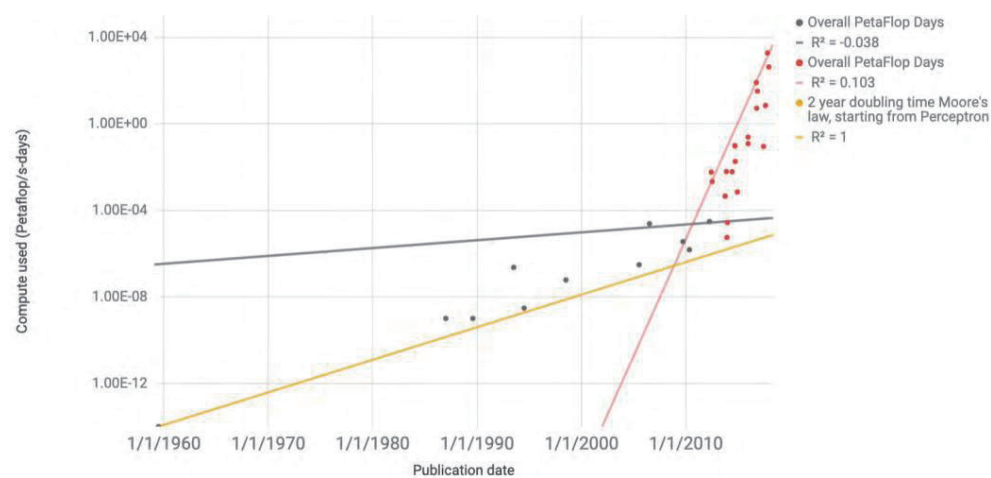
※ 출처 : McKinsey Global Institute (2018)

[참고1] 인간 수준의 성능에 도달하기 위한 AI기술 마일스톤

1 2년 마다 계산 성능이 두 배씩 증가한다는 무어의 법칙(Moor’s Law)은 2012년 이후 깨져, 3.4개월 마다 두 배씩 증가

- 컴퓨팅 성능은 AI 성능 향상을 뒷받침 하는 필수조건이며, 컴퓨팅 성능 발전의 가속화가 결국 AI 시스템 성능의 가속화를 야기

<그림> 컴퓨팅 성능의 변화



※ 출처 : McKinsey Global Institute (2018)

2 AI가 인간 수준의 성능에 도달한 AI 기술 혁신 사례들

<표> AI 주요 사례 계보

년도	사례	내용
1980	오셀로	• 보드게임 Othello를 플레이하는 AI인 BILL 등장, '89년 미국의 인간 챔피언 상대로 승리
1995	체커	• 체커 게임 프로그램 Chinook가 인간 챔피언 상대로 승리
1997	체스	• IBM의 DeepBlue 시스템이 인간 체스챔피언(카스파로프)을 상대로 승리
2011	제퍼디	• IBM의 Watson은 미국의 Jeopardy 퀴즈 쇼에서 인간 챔피언을 상대로 승리
2015	아타리 게임	• 구글 DeepMind는 강화학습으로 Atari게임을 훈련해 대부분 게임에서 인간수준 도달
2016	이미지넷 객체분류	• ImageNet의 객체분류 오류율이 인간보다(5%) 낮은 3% 수준 달성
2016	바둑	• 구글 DeepMind의 AlphaGo는 인간 바둑챔피언 이세돌을 상대로 4:1 승리
2017	피부암 분류	• 피부과 전문의와 동등한 수준의 AI 시스템 등장 (네이처 등재 논문)
2017	연설 인식	• MS와 IBM은 인간과 동등한 수준의 연설 인식 수준을 도달
2017	포커	• CMU의 Libratus, Alberta대의 DeepStack은 프로 포커선수 수준에 도달
2017	팩맨	• MS 딥러닝팀 Maluuba는 게임 PacMan의 최고점수인 999,900에 도달하는 AI 개발
2018	중-영 번역	• MS의 기계번역 시스템은 인간 수준의 품질과 정확성을 갖춘 중-영 번역 달성
2018	깃발 뺏기	• 구글 DeepMind는 1인칭 슈팅게임 QuakeIII의 capture the flag 게임을 인간수준으로 플레이하는 알고리즘 개발
2018	도타2	• 전략게임 Dota2에서 AI인 OpenAI Five가 인간 상대팀을 제압
2018	전립선 암 등급	• 구글은 전립선 암을 의사보다(61%) 뛰어난 70% 정확도로 진단하는 알고리즘 개발
2018	알파폴드	• 구글 DeepMind의 단백질 3D 구조를 예측하는 알고리즘
2019	알파스타	• 구글 DeepMind가 Starcraft II 프로게이머 수준 이상의 알고리즘 개발
2019	당뇨성 망막병 감지	• 전문가 수준 이상의 정확도로 당뇨성 망막병증의 감지, 가장 우수한 딥러닝 임상검증

[참고2] 자율주행 : 테스트는 급증, 안정적 상용화는 아직

1 (자율주행차) 세계적으로 25개의 국가에서 테스트*를 진행 중이며, 미국은 캘리포니아주를 중심으로 자율주행차(Autonomous Vehicle, AV) 테스트가 급진전

- * △북유럽 및 네덜란드는 전기차 충전소 배치, 물류 공급망 관리 △독일-벨기에간 자율주행 트럭 운행
△싱가포르의 대도시에서 AV테스트 영역 지정

- 미국은 워싱턴D.C. 및 41개 주에서 자율주행차 관련 법률을 추진 및 적용 중
 - 미국 내 교통사고 사망자수는 미국 역사의 전쟁 사망자 수보다 6배 이상 많으며, 자율주행으로 인한 교통사고를 방지 및 감소하기 위해 사고 데이터 분석을 활용
 - 네바다, 애리조나, 텍사스, 콜로라도 등 10개 주는 인간 개입 없는 자율주행을 허용하고 있으며 캘리포니아주는 2018년 기준 50여개 회사의 500여대 자율주행 테스트차량(2백만 마일 이상 주행)에 대해 라이선스를 허용
- 자율주행의 안전성과 신뢰성을 제고를 위한 기존의 자율주행사고 분석결과, 자율주행 차량의 백만 마일 당 평균 사고횟수는 약 22.5회로 인간보다 5.5배 높음

* 2018년 캘리포니아의 자율주행 차량의 교통사고는 46건이며 평균 205만 마일을 주행

<표> 자율주행 차량의 사고 종류

구분	비율
사고 형태	후미추돌(65%), 측면추돌(20%), 전방추돌(7%), 광범위(6%), 물체추돌(2%)
사고 당시의 주행 모드	일반(38%), 자율주행(62%)
사고 당시 차량 움직임	정지(44%), 전방 진행(30%), 회전 시(10%), 서행 후 정지(8%), 기타(8%)
피해 형태	경미(76%), MOD(20%), 없음(4%)
차량의 위치	교통신호 및 체증에 따른 정차(45%), 주행 중(55%)
사고 시간	낮 시간(92%), 밤 시간(8%)

※출처: DMV Collision Reports (2019)

2 (자율무기, Autonomous Weapon, AW) 공격과 방어 능력을 갖춘 인공지능 기반의 무기 체계가 최근 10개국을 중심으로 개발 진행

- 방공시스템*은 현재 최소 89개국이 보유, 63개국이 실전 배치 중(2017 기준)
 - * 목표 대상을 자율적으로 인지하는 ATR(Automated Target Recognition)은 1970년대부터 있었으며, 타겟의 위치, 분류 등은 인간이 개입해서 결정하는 시스템
- 전투, 타겟팅, 기타 부문에서 2000년대부터 급격히 증가하는 추세
 - * △(전투) 시스템이 직접 실행결정을 내리는 군사 목적의 시스템, △(타겟팅) 목표물 설정 기능만 있는 시스템, △(기타) 지능, 정찰, 폭발물 제거 등의 시스템
- 능동적 방어(Active Protection) 시스템은 현재 10개국*에서만 개발 및 제조
 - * 개발된 자율군사시스템 (건): 미국(94), 이스라엘(43), 러시아(37), 프랑스(27), 중국(26), 이탈리아(22), 인도(22), 영국(14), 독일(12), 한국(11)

