

E-PAPER



인공 지능 및 기후 변화

AI를 기후 변화 목표에 맞추기
위한 기회, 고려사항 및 정책 활용

Lynn H. Kaack, Priya L. Donti,
Emma Strubell, David Rolnick

 **HEINRICH BÖLL STIFTUNG**
HONG KONG
Asia | Global Dialogue

저자

Lynn H. Kaack 은취리히연방공과대학교(ETH Zürich)의 에너지정치그룹에서박사후연구원이자 강사이고 ‘Climate Change AI’ 의장이며 오스트리아 로봇 공학 및 인공 지능 위원회(ACRAI) 회원이다. Kaack의 연구는 에너지 분야 전반의 기후 완화 정책을 알리기 위해 통계와 기계 학습(machine learning, ML)의 방법을 적용한다. Kaack 박사는 카네기 멜론 대학교(CMU)에서 공학 및 공공정책 박사 그리고 기계 학습 석사 학위를 취득했다.

Priya L. Donti 는카네기 멜론 대학의 컴퓨터 과학 및 공공 정책 박사 과정 학생이며, ‘Climate Change AI’ 의장이자 미국 에너지부(DOE) 계산과학 펠로우이다. Donti의 연구는 기계 학습, 전력 시스템 및 기후 변화 완화의 만남에 있다. 특히, 그녀는 (전력 시스템 물리학과 같은) 도메인 지식을 기계 학습 모델에 통합하는 방법을 탐구한다.

Emma Strubell 은카네기 멜론 대학의 언어 기술 연구소의 조교수이다. 자연어 이해와 기계 학습의 접점인 ‘그린 AI(Green AI)’에 대한 Strubell의 연구는 가장 권위 있는 시상식에서 최고의 논문상을 수상했으며 뉴욕타임스 및 월스트리트 저널을 포함한 뉴스 매체에서 인용되었다.

David Rolnick 은맥길 대학교와 밀라 퀘벡 AI 연구소의 컴퓨터 과학 대학의 조교수이다. Rolnick 는 ‘Climate Change AI’의 의장과 디지털 시대의 지속가능성(단체)의 과학적 공동 책임자로 재직하고 있다. Dr. Rolnick는 미국 국립과학재단(NSF) 전 수리학 박사후 연구원, NSF 전 대학원생 리서치 펠로우 및 풀브라이트 장학금 수혜자이다. 그는 매사추세츠 공과대학교(MIT)에서 응용수학 박사 학위를 받았다.

목차

서문	4
요약	5
1 . AI란 무엇인가?	5
2 . 인공 지능과 기후 변화	6
기후 변화 완화 및 적응을 위한 AI 응용	6
배출량이 증가하거나 영향이 불확실한 AI 응용	10
AI의 에너지 사용	11
3 . 정책 수단	11
4 . 정책 관련 고려사항	12
5 . 결론	13
권장 읽을거리	14
참고문헌	15

서문

지속가능한 경제 변혁을 위한 디지털 기술 사용은 유럽과 독일의 정책 입안 논의의 핵심 포인트가 되었다.

최근 기계 학습의 획기적인 발전으로 인공지능(AI)이 유엔의 지속가능발전목표 달성을 도울 수 있다는 희망이 높아졌다. 반면에, AI 또는 AI 기반 기술은 적용 유형과 배포 상황에 따라 글로벌 자원 소비 및 배출의 동인이 될 수도 있다는 우려가 있다.

많은 요인들이 실제 결과를 형성하는 데 역할을 할 것이다. 예를 들어, 위성 이미지 분석을 위한 원격 감지 알고리즘은, 농업 생산성에 대한 정보를 수집하거나 건물 에너지 소비를 예측하는 데 사용할 수 있지만, 석유 및 가스 탐사를 촉진하는 데도 사용할 수 있다. 자율주행 자동차는 운전을 더 효율적으로 만들 수 있는 반면에 사람들이 운전하는 양을 증가시킬 수도 있다.

본 보고서의 저자들은 북미 및 유럽의 주요 연구 기관의 기계 학습 및 정책 전문가들이다. 그들은 기후에 유익한 기계 학습 기술의 사용을 식별 및 촉진하고 지구에 해를 끼칠 수 있는 기술에 대한 경고에 전념한다. 본 보고서는 AI 적용이 기후 모델링, 배터리 개발, 전기 네트워크 및 식품 보안에 가져올 수 있는 구체적인 혜택과 AI가 기후 변화 해결 노력에 해를 끼칠 수도 있는 방법에 대한 개요를 제공한다.

저자들은 지구를 괴롭히는 문제들에 대한 만병통치약으로 기술을 선전하는 것을 피하면서, 우리에게 보다 지속가능한 미래를 인도하는 데 있어 인공지능의 역할이, 궁극적으로 인간의 결정에 달려 있다는 사실을 상기시킨다. AI의 사용이 자원 소비와 배출량을 증가시키기보다는 감소시킬 수 있는지 아닌지는 스마트 정책, 규제 프레임워크 및 인센티브에 따라 달라질 것이다.

Priya Donti, Lynn Kaack, David Rolnick, Emma Strubell 등 저자들이 해당 분야의 최신 발전을 업데이트하고 이러한 기술의 광범위한 사회적 영향을 평가하는 방법에 대한 아이디어를 제공해 준 것에 감사를 표시한다. 우리는 이 보고서가 기존 정책을 평가하기 위한 공통의 기준선을 만드는 것은 물론 향후 정책 옵션에 대한 논의의 출발점이 되기를 바란다.

Vérane Meyer

디지털 정책부서 책임자
Heinrich-Böll-Stiftung, 베를린

Zora Siebert

유럽연합 정책 프로그램 책임자
Heinrich-Böll-Stiftung, 브뤼셀

Sabine Muscat

프로그램 책임자, 기술 및 디지털 정책
Heinrich-Böll-Stiftung, 워싱턴 D.C.

요약

사회 전반에 인공 지능(AI) 기술의 보급이 증가함에 따라 AI가 기후 진행을 어떻게 가속화하거나 방해할 수 있는 지, 다양한 이해관계자가 그러한 발전을 어떻게 안내할 수 있는지 이해하는 것이 중요하다. 한편, AI는 에너지, 제조업, 농업, 임업 및 재난 관리와 같은 다양한 분야에서 기후 변화 완화와 적응 전략을 촉진할 수 있다. 반면에, AI는 또한 AI 자체와 관련된 에너지 사용뿐만 아니라 고배출 부문에 이익을 주거나 소비자 수요를 증가시키는 사용을 통해 온실가스 배출량 증가를 초래할 수 있다. 여기서는 기후 변화와 AI의 다면 관계에 대한 간략한 개요를 제공하고 AI 사용을 기후 변화 완화 및 적응 경로와 일치시키기 위한 정책 수단을 권장한다.

1. AI란 무엇인가?

인공 지능(AI)은 컴퓨터가 복잡한 작업을 수행하도록 하는 모든 알고리즘을 말한다. 최근 데이터에서 패턴을 자동으로 추출하는 일련의 기술인 기계 학습(machine learning, ML)이라는 AI의 하위 영역이 발전하고 있다. 특히 성공적인 AI 분야에는 컴퓨터 비전(이미지 내용 해석), 자연어 처리(단어와 텍스트 분석), 시계열 분석(예: 예측) 및 제어(복합 시스템 운영)가 포함된다. 현재 이러한 각 기능에 대해 많은 AI 도구를 즉시 사용할 수 있다. AI의 최첨단 연구 영역에는 해석 가능성(예측이 정확한 이유 설명), 불확실성 정량화(예측 신뢰도 보정) 그리고 몇 가지 학습(사용 가능한 데이터가 거의 없을 때 통찰력 부여)과 같은 교차 주제가 포함된다.

AI 방식은 의사들의 의료 영상 라벨링(labeling) 보조, 자율주행차 장애물 감지, 광고용 소비자 패턴 예측 등 응용 분야에 광범위하게 활용되고 있다. 엔지니어링과 과학을 아우르는 다른 기본 도구와 마찬가지로 AI는 다양한 적용을 가속화하고 활성화하는 데 사용할 수 있다.

2. 인공 지능 및 기후 변화

광범위한 적용 가능성을 감안할 때 AI와 ML은, 사회가 그것들을 사용하는 방법에 대해 크게 의존하는 것에, 영향을 미친다. 따라서 기후 변화 해결의 중요성으로 인해 AI가 기후 진행에 미치는 잠재적 영향을 평가해야 한다.

기후 변화 완화 및 적응을 위한 AI 응용

AI는 완화 및 적응을 위한 연구, 엔지니어링 및 정책 등에 유용한 방법을 제공해 기후 변화 대응에 적용될 수 있다. 여기서는 AI가 도움이 될 수 있는 몇 가지 중요한 방법을 소개하고, 각 영역에 대해 한 가지 특정 예를 자세히 살펴본다.

- **정보 수집:** 어떤 정책 관련 정보를 다른 분야에 사용할 수 없는 경우, AI는 대량의 원시 데이터[예: 지리 공간 이미지, 텍스트 문서 또는 센서 데이터]를 분석하여, 한정되었던 정보의 활용을 확장할 수 있다. 예를 들어, AI를 위성 이미지에 적용하여 온실 가스 배출원을 정확히 찾아내고 건물 효율성 특성에 대한 정보를 수집하고 삼림 벌채를 추적할 수 있다.

예: AI를 사용하여 식품 보안 개선

기후 변화는 더 빈번하고 심각한 폭풍, 가뭄, 홍수 그리고 질병과 해충의 확산으로 농업에 점점 더 많은 영향을 미치고 있다. 고해상도 인공위성과 공중영상이 널리 보급됨에 따라, 농작물 상태와 수확량을 규모에 맞게 모니터링하고 위기를 미연에 방지하기 위한 조기 경보 시스템을 고안하는 것이 가능해졌다. AI는 이러한 과정을 자동화하는 데 사용되어 분석할 수 있는 이미지의 수를 크게 늘리고 사람이 알아차리지 못할 수 있는 이미지의 미묘한 신호를 포착한다. 예를 들어, AI를 사용하면 전문가가 몇 개의 이미지에서 작물 지역에 표시를 하고 알고리즘이 이를 자동으로 넓은 영역에 추론하도록 학습할 수 있다. 이 분야의 주요 참여자들은 정부 프로그램 [예: '미국항공우주국 수확'(NASA Harvest)¹] 과 '유럽연합 코페르니쿠스 지구관측 서비스'(Copernicus Land Monitoring Service²), 비정부 기구[예: '지구관측 글로벌 농업 모니터링 그룹'(GEOGLAM³)], 그리고 많은 수의 민간 기업[예: '인디고 아틀라스 통찰력'(Indigo Atlas Insights⁴)]을 포함한다.

1. NASA Harvest: <https://nasaharvest.org/>
2. Copernicus Land Monitoring Service: <https://www.copernicus.eu/en/services/land>
3. GEOGLAM: <http://earthobservations.org/geoglam.php>
4. Indigo Atlas Insights: <https://www.indigoag.com/atlas-insight>

- **예측:** AI는 이력 데이터의 패턴을 분석함으로써 풍력 생산, 교통 수요 및 재해 재난 같은, 수량에 대한 예측을 제공하는 데 도움을 줄 수 있다. 이러한 예측은 다시 전력 시스템 최적화, 인프라 계획 및 재해 관리와 같은 맥락에서 매우 필요한 예측을 제공할 수 있다.

예: 태양광 PV 실시간 예측

전력 시스템 운영자들은 대량의 태양과 바람을 사용하는 그리드를 관리하기 위해 전력 생산에 대한 단기 예측(또는 “실시간 예측”)에 점점 더 의존하고 있다. 과거 데이터를 사용함으로써, AI가 전력 생산과 국지적인 날씨와 같은 요인 간의 상관관계를 학습한 다음 이러한 통찰력을 적용하여 향후 전력 생산을 예측할 수 있다. 예를 들어, 비영리 단체인 ‘오픈클라이밋픽스’(Open Climate Fix)⁵는 위성 사진에서 구름 커버를 식별하고 몇 시간 전에 태양 에너지를 더 정확하게 예측하기 위해 다른 날씨 및 위치 데이터와 결합하는 오픈 소스 실시간 예측 모델을 개발하고 있다. 또 다른 예로, 미국 에너지부와 국립대기연구센터는 협력하여 최대 72시간 전에 확률적 다중 시간 규모 태양광 발전 예측을 개발했다[Haupt et al. 2016].

- **운영 효율성 개선:** AI는 이러한 시스템이 최적화되는 방식을 개선함으로써 실제 시스템의 효율성을 향상시키는데 도움을 줄 수 있다. 이러한 예로는 산업 냉난방 시스템 관리, 화물 운송 통합, 식품 산업의 폐기물 감소 등을 들 수 있다.

예: 난방, 환기 및 냉방(HVAC) 시스템 제어

난방, 환기 및 냉방(HVAC) 시스템은 건물에서 소비되는 에너지의 절반 이상을 담당하며, 현재 시스템은 실제 건물 열역학, 사용 패턴 및 장비 제약 측면에서 개선의 여지가 크다. AI 기반 제어 전략은 효율을 높이기 위해 HVAC 시스템의 작동을 개선하는 데 도움이 될 수 있다. 예를 들어, 강화 학습⁶[Wang and Hong 2020] 및 AI와 모델 예측 제어⁷[Drgoňa et al. 2020, Drgoňa et al. 2018]와 같은 기술은 상업용 및 주거용 건물에서 최적의 HVAC 제어 전략을 찾는 데 사용되었다. AI 기반 제어 전략은 산업적 맥락에서도 사용할 수 있다. 예를 들어, 영국 AI 회사인 딥마인드(DeepMind)는 구글 데이터 센터에서 HVAC에 대한 이러한 접근 방식을 개발함으로써 효율성이 크게 향상되었다[Gamble and Gao 2018].

5. Open Climate Fix: <https://openclimatefix.org/>
6. 강화 학습이라는 것은 알고리즘이 일부 환경과 상호 작용하여 원하는 결과의 기회를 최대화하는 전략을 학습하려고 하는 기계 학습 영역을 말한다.
7. 모델 예측 제어는 프로세스의 미래 상태도 고려하여 프로세스를 제어하는 방법이다. 그것은 여러 산업에 걸쳐 광범위하게 적용되고 있다.

- **예측 유지관리:** AI는 결함을 조기에 발견함으로써 인프라 안전을 높이고, 비용을 절감하고, 시스템의 에너지 효율을 높이는 데 도움을 줄 수 있다. 예를 들어, AI는 천연가스 파이프라인의 누출을 감지하고, 태양광 패널 출력의 이상을 식별하고, 인프라나 산업 장비의 결함을 예측하는 데 사용되어 왔다.

예: 철도 시스템 유지관리

철도 시스템은 승객과 화물 운송에서 탄소를 제거하는 데 중요한 역할을 한다. 고탄소 교통수단에 대한 철도 시스템의 경쟁력을 높이기 위해서는 많은 종류의 접근법이 필요하겠지만, 예측 정비 기술은 효율성을 향상시키고, 비용이 많이 드는 수리의 필요성을 줄이는 과정에 역할을 할 수 있다. AI는 센서 데이터를 규모에 맞게 분석해 예측 정비 시스템을 알려 현재 또는 미래의 이상 징후를 탐지할 수 있다. 예를 들어, 독일철도주식회사(Deutsche Bahn)⁸은 기계적인 결함을 예측하고 철도 장비의 상태를 모니터링하기 위해 음향 센서와 비디오 장비의 데이터를 분석하는 AI 기술을 개발하고 있다. 다른 연구에서는 철도 유지 관리 결정을 안내하기 위해 선로 특성에 대한 사전 지식과 진동 데이터 및 비디오 이미지의 대규모 분석을 결합하는 방안을 검토했다[Jamshidi et al. 2018].

- **과학 실험 촉진:** AI는 — 예컨대, 성공 가능성이 더 높은 미래 실험을 제안하기 위해 과거 실험에서 학습함으로써 — 과학적 발견 프로세스를 가속화하는 데에 도움이 될 수 있다. 이와 같이, AI는 배터리나 차세대 태양 전지 같은 청정 기술 개발을 가속화하는 데 도움을 줄 수 있다.

8. Deutsche Bahn: https://www.deutschebahn.com/en/Digitalization/technology/New-Technology/artificial_intelligence-3520346

예: 전기저장기술의 연구 및 개발

배터리—전기 저장은 운송 및 전기 산업에서 탈탄소화 전략의 핵심 구성 요소로 간주되고 있으며, 이 기술은 성능과 비용 개선에 여전히 상당히 필요하다[Beuse et al. 2020]. AI가 배터리 산업의 연구개발(R&D)에 성공적으로 활용되기 시작했다. 예를 들어, 연구원들은 AI를 사용한 데이터 분석을 통해 배터리의 용량 저하를 평가할 수 있다는 것을 입증했지만 이는 아직 잘 이해되지 않고 있다[Severson et al. 2019]. 또한 AI는 — 예컨대, 다음에 시도할 잠재적 재료를 추천하기 위해 재료의 대규모 데이터베이스를 분석함으로써 — 새로운 배터리 재료의 발견을 가속화하는 데에도 사용할 수 있다[Jain, et al. 2013]. 이러한 AI 주도적 접근 방식이 배터리 업계에 적용되기 시작하고 있다.⁹

- **대략적인 시간 집약적 시뮬레이션:** AI는 기후 물리학이나 공학 시스템을 모델링하는 데 사용되는 전산 집약적 시뮬레이션의 속도를 가속화시키는 데 도움을 줄 수 있다. 예를 들어, AI는 기후 모델 및 전력 시스템 최적화 모델의 부분들을 대략적으로 파악하는 데 도움을 줄 수 있으며, 이미 도시 계획 프로그램의 속도를 높여 실시간 의사 결정을 지원하고 있다.

예: 현지화된 기후 모델

기후 과학자들은 기후 변화와 관련된 요인(대기 및 해양 물리학 등)에 대해 매우 정확하게 파악하고 있지만 물리학 기반 기후 모델을 실행하는 것은 대규모 슈퍼컴퓨터가 필요한 일부 시뮬레이션과 함께 매우 시간과 계산 집약적일 수 있다. AI가 물리학 기반 모델을 대체할 수는 없지만, 경우에 따라 특히 이러한 모델의 시간 집약적인 부분에 대한 빠른 근사치를 제공할 수 있다. 예를 들어, AI는 보다 정확한 모델의 예측을 관찰함으로써 클라우드 물리학(기후 시뮬레이션의 중요한 구성 요소)의 대략적인 모델을 학습할 수 있는데, 이는 전체 기후 모델이 보다 효율적으로 실행되는 데 도움이 될 수 있다. 물리학 기반 모델과 AI의 조합은 지구의 특정한 위치에서 기후 변화에 대한 세밀한 예측을 가능하게 할 수 있지만, 만약 완전한 물리적 시뮬레이션만 사용한다면 예측에 시간이 엄청나게 많이 걸릴 것이다. AI의 도움을 통해, 지역 수준에서 더 많은 정보에 입각한 의사 결정을 내릴 수 있으며(예: 재난에 탄력적인 인프라의 계획), 정확한 기후 모델에 대해 슈퍼컴퓨터를 실행하는 데 필요한 에너지를 절약할 수 있다. 기후 과학자들은 점점 더 AI를 그들의 전산 파이프라인에 통합하고 있다(예컨대, [Reichstein et al. 2019] 및 AI2ES 이니셔티브¹⁰ 참조).

9. 예를 들어, Aionics, Accure 및 Twice와 같은 플레이어를 참조합니다.

10. 기상, 기후 및 연안 해양학 전문 AI에 대한 국립과학재단 AI 연구소(AI2ES): <https://www.ai2es.org/>

배출량이 증가하거나 영향이 불확실한 AI 응용

AI의 광범위한 적용 가능성을 감안할 때, 기후 변화 완화 및 적응 전략에 부정적인 영향을 미치는 방향으로도 활용될 수 있다. 예를 들어, 석유 및 가스 탐사와 채굴을 용이하게 하도록 AI가 폭넓게 적용된다. AI 의존도가 높은 자율주행차는 투입 조건에 따라 운송 부문에서 배출량이 늘어날 수 있고, 마케팅이나 제조 분야의 AI 기반 혁신은 상품과 서비스의 소비를 늘리고 관련 배출량을 증가시킬 수 있다. 기후에 대한 AI의 이러한 적용의 영향은 연구가 잘 되어 있지 않지만, 잠재적인 영향은 클 수 있다.

예: 석유 및 가스 탐사와 채굴

AI는 화석연료 산업 내에서 광범위하게 사용되어 왔다. 예를 들어, 최근 보고서에서 석유 및 가스 회사가 채굴 현장을 확인 및 모델링하고, 화석 연료 운송 및 저장 기능을 확대하기 위해 파이프라인을 최적화하고, 정제 공정을 개선하고, 화석 연료 파생 제품의 마케팅 및 판매를 촉진하기 위해서 대규모 기술 기업이 AI를 사용하고 있는 방법을 상세히 기술하였다[Greenpeace 2020]. 일부 보고서는 AI를 비롯한 디지털 기술이 오는 2025년까지 석유 및 가스 부문에서 무려 4천 250억달러의 가치를 창출할 수 있을 것으로 추정한다[Spelman et al. 2017]. 이는 배출량 증가에 직접적인 영향을 미치며, 화석 연료 기술의 경쟁력을 높여 저탄소 기술로의 전환을 늦출 수 있다[Victor 2019].

예: 자율주행 차량

AI는 자율주행차(AV) 기술의 핵심 요소로서 자율주행 승용차, 트럭, 배달 로봇, 드론 등의 개발을 가능하게 한다. AV는 승객과 화물 운송에 근본적인 변화를 가져올 수 있으며 차량 설계, 교통 흐름 및 운송 수요에 영향을 미칠 수 있다. 자율주행 차량은 주행 시 소비되는 에너지를 줄일 수 있는 측면이 있지만(예: 군집 주행,¹¹ 친환경 주행 그리고 AV와 저탄소 운송 통합), AV는 — 예컨대, 개별적 교통수단을 사용하는 장벽을 낮추고, 운행 거리를 늘리고, 승객과 화물을 철도와 같은 저탄소 옵션으로부터 멀리 옮김으로써 — 실제로 더 높은 에너지 소비로 이어질 수 있다[Wadud et al. 2016].

11. 군집 주행은 매우 가깝게 함께 운전하는 트럭을 말하고, 이것은 AI 기술로 촉진되고 공기 저항을 줄여 연비를 더욱 좋게 만든다.

AI의 에너지 사용

AI 알고리즘을 실행하면 에너지를 직접 사용하지만 그 양은 알고리즘마다 크게 다르다. 가장 널리 사용되는 AI 시스템은 매우 적은 전력을 사용하며 표준형 노트북이나 스마트폰에서 실행할 수 있다. 주로 연구에 국한된 일부 시스템은 더 많은 양의 에너지를 사용하며, 이는 자동차가 폐차 될 때까지 배출하는 탄소의 양 정도로 추정된다[Strubell et al. 2019]. AI의 총 전력 소비량에 대한 수치는 존재하지 않지만, 국제 에너지 기구(International Energy Agency)는 현재 데이터 센터가 전 세계 전력의 1% 정도를 소비하고 있으며[IEA 2019], 이 중 AI가 차지하는 비율은 제한적이라고 보고한다. 전기 사용 외에도, 사용되는 하드웨어와 관련된 내장 배출물을 고려하는 것도 중요할 수 있다. 단일 AI 모델의 에너지 소비 측정은 AI 기반 적용의 기후 영향을 추정하는 것에 비해 상대적으로 쉽지만, AI 기반 적용이 온실가스(GHG) 배출에 훨씬 더 큰 (긍정적 및 부정적) 효과를 미칠 것으로 예상된다. 이 영역의 동향을 계속 모니터링해야 한다.

3. 정책 수단

AI를 기후 변화 완화 및 적응에 잘 활용하려면, 정책 입안자들이 다음 세 가지 주요 영역에서 조치를 취해야 한다고 생각한다. (a) 기후 변화 해결을 명시적으로 목표로 하는 적용에서 AI의 연구, 개발 및 배치를 촉진하고, (b) 경제의 여러 부문에서 새롭게 등장하거나 이미 사용 중인 AI 기반 기술의 영향을 규제하고, 그리고 (c) AI와 기후 변화의 접점에서 규제 및 혁신을 위한 공공 부문 역량을 늘린다. 우리는 아래 영역에서 잠재적인 정책 수단을 제안한다. 전반적으로, 우리는 정책 결정이 인센티브 제공이나 진행 과정 통제를 통한 목표 달성에 중요한 것임을 강조한다.

기후에 도움이 되는 AI 연구, 개발 및 배치를 촉진한다.

- 컴퓨터 과학과 기후 관련 분야(예: 엔지니어링, 경제 또는 도시 계획)의 접점에서 학제간 교류 및 응용 연구를 가속화한다.
- 연구, 개발 및 실증(RD&D) 프로그램을 통해 기후 변화 완화와 적응을 위한 AI 적용의 기술적 준비 상태를 발전시키기 위한 경로를 개발한다.
- 기후 변화 완화 및 적응과 관련된 부문 및 산업(예: 전기 부문)에서 AI 기술 배치에 대한 장애물을 줄인다.

AI 기반 기술의 배출 영향 규제

- 기후 영향에 대한 고려사항을 AI 기반 신기술(예: 자율주행 차량 또는 공유 경제 애플리케이션)의 규제에 통합하여 이러한 기술을 기후 변화 완화 및 적응 경로와 더 잘 일치시킨다.
- AI가 산업 내 효율성 향상을 위해 적용될 때 온실가스 배출량 감소 및 반발 효과 회피를 위한 경제적 인센티브 및 규제 요건(예: 탄소세 또는 상한 거래 프로그램)을 만든다.
- 해당되는 경우, 수명 주기 영향과 외부 효과를 포함하여 온실가스 배출 또는 AI의 에너지 소비 영향에 대한 투명성을 제고하고 보고를 의무화한다.

공공부문에서 AI 및 데이터 공유 촉진

- 유익한 경우에는 공공기관 내에서 자체 AI 구현 역량을 개발 또는 강화한다.
- 관련 프로젝트의 범위 지정, 설계 및 배치 과정 전반에 걸쳐 AI 기술에 관여하거나 영향을 받는 이해 관계자(예: 시민 사회, 산업 등)의 피드백을 통합하는 프로세스를 개발한다.

4. 정책 관련 고려사항

AI 시스템은 위험과 의도하지 않은 결과를 초래할 수 있다. 예를 들어, 유럽 집행위원회의 'AI에 대한 고급 전문가 그룹'(High — Level Expert Group on AI)은 신뢰할 만한 AI에 대해 7가지 요구사항을 정의했다[AI HLEG 2019]. 이러한 고려사항은 다른 곳과 마찬가지로 AI의 기후 변화 관련 응용 분야에도 적용된다. 기후 전략과 관련하여, 다음의 문제들이 특히 관련되어 있다.

- **영향 평가 기준:** AI의 기후 영향에 관해서 이용할 수 있는 데이터의 측면에서 근본적인 비대칭성이 존재한다. 특히 AI 모델의 에너지 소비는 비교적 쉽게 추정할 수 있지만 사용 사례의 영향에 대한 데이터는 거의 없다. 그럼에도 불구하고, 이 분야의 정책은 — 특히 AI 부문이 빠르게 진화하는 속도를 감안할 때 — 에너지 사용과 적용 별 영향을 모두 해결함에 있어서 주도적이어야 한다.

- **형평성:** 형평성은 모든 수준의 통치에서 기후 변화 완화와 적응 전략과 관련하여 중심적으로 고려해야 할 사항이다. AI 기반 접근법은 - 예를 들어, 정보 격차를 확대하거나 알고리즘 편향과 같은 문제를 통해 - 불평등을 악화시킬 수 있다.
- **권력 이동:** AI의 사용으로 인해 관련 데이터를 통제하는 사람, 이러한 데이터의 AI 기반 분석을 위한 용량과 지적 자본의 (불균등한) 분포, 그리고 이러한 분석에 대한 접근과 유지 관리의 조건에 의해서 공공 및 민간 기업 사이에서 권력 구조가 이동될 수 있다. 많은 기후 전략이 공공 부문에서 실행되기 때문에 AI를 사용하려는 공공 기관은 자체 역량 구축과 관련된 결정을 내릴 때 이러한 요소들을 고려해야 한다.
- **중요 인프라:** 에너지 분야는 기후 변화 완화의 중심이며, 그 중 많은 부분이 중요한 인프라로 간주된다. 중요 인프라에 대해 AI를 적용하려면 안전과 보안에 대한 고려사항을 통합해야 한다.

5. 결론

우리가 앞으로 AI를 채택하기로 한 것은 기후 변화 목표를 향한 사회적 진전에 중대한 영향을 미칠 것이다. 광범위하면서도 강력한 엔지니어링 도구인 AI는 - 기후 변화 완화 및 적응에 도움이 되는 적용과 방해하는 적용을 모두 포함하여 - 다양한 적용을 가속화하는 데 사용할 수 있다. 정책은 AI가 기후 변화 전략과 현재 및 미래의 사회 복지에 부합하는 방향으로 적용되도록 하는 중요한 역할을 할 수 있다.

권장 읽을거리

기후 변화 완화 및 적응을 위한 AI 응용

- Rolnick, D., Donti, P.L., Kaack, L.H., Kochanski, K. et al., 2019. Tackling climate change with machine learning. arXiv preprint arXiv:1906.05433
- IEA (2017), Digitalisation and Energy, IEA, Paris
- Deutsche Energie-Agentur, 2020. Artificial Intelligence – from Hype to Reality for the Energy Industry

온실가스 배출량 증가시키는 AI 응용

- Costas Samaras, various articles on the climate and energy impacts of autonomous vehicles
- Donaghy, T., Henderson, C., and Jardim, E., 2020, Oil in the Cloud: How Tech Companies are Helping Big Oil Profit from Climate Destruction, Greenpeace Reports

AI의 에너지 사용

- IEA (2019), Data centres and energy – from global headlines to local headaches?, IEA, Paris
- Strubell, E., Ganesh, A. and McCallum, A., 2019. Energy and policy considerations for deep learning in NLP. arXiv preprint arXiv:1906.02243
- Schwartz, R., Dodge, J., Smith, N.A. and Etzioni, O., 2019. Green AI. arXiv preprint arXiv:1907.10597

정책 관련 고려사항

- High-Level Expert Group on Artificial Intelligence (AI HLEG), EU Guidelines for Trustworthy AI (2019)

참고문헌

Beuse, M., Steffen, B. and Schmidt, T.S., 2020. Projecting the Competition between Energy-Storage Technologies in the Electricity Sector. *Joule*, 4(10), pp.2162-2184.

Drgoňa, J., Arroyo, J., Figueroa, I.C., Blum, D., Arendt, K., Kim, D., Ollé, E.P., Oravec, J., Wetter, M., Vrabie, D.L. and Helsen, L., 2020. All you need to know about model predictive control for buildings. *Annual Reviews in Control*.

Drgoňa, J., Picard, D., Kvasnica, M. and Helsen, L., 2018. Approximate model predictive building control via machine learning. *Applied Energy*, 218, pp.199-216.

Gamble, C. and Gao, J., 2018. Safety-first AI for autonomous data centre cooling and industrial control. Available at: <https://deepmind.com/blog/article/safety-first-ai-autonomous-data-centre-cooling-and-industrial-control>

Greenpeace, 2020. Oil in the Cloud: How Tech Companies are Helping Big Oil Profit from Climate Destruction. Available at: <https://www.greenpeace.org/usa/reports/oil-in-the-cloud>

Haupt, S.E., Kosovic, B., Jensen, T., Lee, J., Jimenez, P., Lazo, J., Cowie, J., McCandless, T., Pearson, J., Weiner, G. and Alessandrini, S., 2016. The SunCast solar-power forecasting system: the results of the public-private-academic partnership to advance solar power forecasting. National Center for Atmospheric Research (NCAR), Boulder (CO): Research Applications Laboratory, Weather Systems and Assessment Program (US).

High-Level Expert Group on Artificial Intelligence (AI HLEG), EU Guidelines for Trustworthy AI (2019). Available at: <https://ec.europa.eu/futurium/en/ai-alliance-consultation/guidelines>

IEA (2019), Data centres and energy - from global headlines to local headaches?, IEA, Paris. Available at: <https://www.iea.org/commentaries/data-centres-and-energy-from-global-headlines-to-local-headaches>

Jamshidi, A., Hajizadeh, S., Su, Z., Naeimi, M., Núñez, A., Dollevoet, R., De Schutter, B. and Li, Z., 2018. A decision support approach for condition-based maintenance of rails based on big data analysis. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 95, pp.185-206.

A. Jain, S.P. Ong, G. Hautier, W. Chen, W.D. Richards, S. Dacek, S. Cholia, D. Gunter, D. Skinner, G. Ceder, K.A. Persson. The Materials Project: A materials genome approach to accelerating materials innovation. *APL Materials*, 2013, 1(1), 011002.

Reichstein, M., Camps-Valls, G., Stevens, B., Jung, M., Denzler, J. and Carvalhais, N., 2019. Deep learning and process understanding for data-driven Earth system science. *Nature*, 566(7743), pp.195-204.

Severson, K.A., Attia, P.M., Jin, N. et al. Data-driven prediction of battery cycle life before capacity degradation. *Nat Energy* 4, 383–391 (2019).

Spelman, M., Ashraf, M. and Weinelt, B., 2017. Digital Transformation Initiative–Oil and Gas Industry. In *World Economic Forum: Geneva*.

Strubell, E., Ganesh, A. and McCallum, A., 2019. Energy and policy considerations for deep learning in NLP. arXiv preprint arXiv:1906.02243.

Victor, D.G., 2019. How artificial intelligence will affect the future of energy and climate. Available at: <https://www.brookings.edu/research/how-artificial-intelligence-will-affect-the-future-of-energy-and-climate>

Wadud, Z., MacKenzie, D. and Leiby, P., 2016. Help or hindrance? The travel, energy and carbon impacts of highly automated vehicles. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 86, pp.1-18.

Wang, Z. and Hong, T., 2020. Reinforcement learning for building controls: The opportunities and challenges. *Applied Energy*, 269, p.115036.

인공 지능 및 기후 변화

AI를 기후 변화 목표에 맞추기 위한 기회, 고려사항 및 정책 활용

한국어판

출판사: Heinrich-Böll-Stiftung Asia Ltd

Unit E, 22/F, Derrick Industrial Building, 49 Wong Chuk Hang Road, Hong Kong, China.

info@hk.boell.org

편집자: 권성호, 하려령, Bonnie Au, Lucia Siu

한국어 번역: DataSource International Limited

조판: Avery Choi

발행: <https://hk.boell.org/>

발표 일시: 2021년 12월

수권: Creative Commons(CC BY-NC-SA 4.0),

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

이 보고서에 표현된 것은 저자들의 생각과 의견이며 반드시 Heinrich-Böll-Stiftung 또는 Climate Change AI 의의견을 반영하는 것은 아니다.