

GT 유럽 벨기에 거점



# GT Insight

GLOBAL TECH KOREA

2022-GT-BE-043

유럽 그린딜에서의 인공지능 역할



# CONTENTS

## I. 주요 내용 요약

---

## II. 유럽 그린딜과 AI

---

## III. AI 관련 유럽 프로그램 및 국제협력

---

## IV. EU 회원국의 AI 전략과 우수 사례

---

## V. 정책 제안

---





## I 주요 내용 요약

### 가. 인공지능 기술의 잠재력

- ▶ 유럽 그린딜(European Green Deal)은 유럽 사회와 경제의 근본적인 녹색 전환을 목표로 하며 사회 전 분야에 영향을 미치기 때문에 이에 대한 보다 심도 높은 고찰이 선행되어야 함
  - 유럽 그린딜은 유럽의 효율적, 경쟁적, 더 지속 가능한 경제를 촉진하고자 하며 환경 부문에서 2050년까지 온실가스 무배출을 목표로 함
  - 인공지능(AI)은 이러한 유럽 그린딜의 환경 목표에 크게 기여할 수 있는 잠재력이 있지만, 많은 에너지와 자원 소모를 수반함
    - 유럽 그린딜이 실현하고자 하는 AI 역량 개발과 관련된 규제와 정책은 이러한 양면적 속성을 충분히 고려해야 함
    - 특히 효율적인 AI 정책 수립과 시행은 사회·기술적 메커니즘에 대한 견고한 이해를 기반으로 추구해야 인공지능 도입의 의도를 충분히 실현할 수 있음
- ▶ AI는 유럽 그린딜 정책에 다음과 같은 부문에서 차별화된 이점을 제공함
  - AI를 포함한 첨단 기술은 막대한 데이터의 수집과 빠른 분석이 가능하며 결과적으로 환경 관련 도전과제에 대한 이해를 높이고 대응할 수 있게 함
    - AI는 지상 관측 업무 효율 향상 및 환경 영향에 대한 효율적이고 적시성 높은 모니터링, 새로운 지식과 예측 능력 확보에 기여함
    - AI는 환경 사업 기획, 의사결정, 관리, 모니터링에 이르는 전 과정에서의 정보를 생성할 수 있음

- 시가 생성한 정보는 소비자와 생산자들에게도 전달돼 보다 더 지속 가능한 형태의 생산-소비로 연결되는 효과 가짐
- 자동화된 조정 메커니즘과 기술은 인프라의 최적화된 안전 운용을 가능케 함
- AI는 다양한 부문에서 녹색 전환에 기여할 수 있는 큰 잠재력을 지님
  - 건축 부문: AI 기반 에너지 수급 모니터링은 재생에너지 전력망 통합과 유럽 그린딜의 우선순위 중 하나인 건축 부문에서 강점을 가짐
  - 농업 부문: 물, 살충제, 비료 활용 최적화를 통한 환경 영향 최소화
  - 운송 부문: 운송 시스템과 인프라 설계 개선을 통한 엔진 효율 향상, 전기 자동차 충전 최적화, 다양한 운송 수단의 유기적인 연결, 철도 시스템 운용·관리 효율 향상
  - 순환 경제 부문: 디자인 및 제조, 소비 과정에서의 친환경 개념 강화를 통한 제품 검사, 분류와 분리, 해체로 이어지는 자원 순환 효율 향상
- 그 밖에 기후변화 및 오염 방지, 생물 다양성 증진, 자연 보호 등에 두루 기여한다는 점에서도 환경 부문에서 AI의 도입은 긍정적임

## 나. AI 기술의 부정적 영향

- 📡 AI 도입을 위한 데이터 센터, 네트워크, 디지털 하드웨어 인프라로 인해 환경에 부정적 영향을 미침
  - 디지털 하드웨어, 데이터 센터, 네트워크 내 AI 운용에 따른 에너지 소비율을 명확히 산정할 수는 없으나 다양한 예측치가 존재함
  - AI 기술 도입과 이를 위한 집약적인 데이터 사용은 정보통신기술(ICT) 부문의 에너지 소비 증가로 이어짐
    - 디지털 네트워크, ICT 부문에서의 데이터 트래픽은 전 세계 에너지 소모의 약 7%를

점유하고 있으며 2030년까지 13%로 증가할 전망이다

- 전 세계 총 에너지 사용량 중 ICT 부문의 비중은 5~9%이며, 2030년까지 20%로 늘어날 전망이다

- AI 사용에 따른 온실가스 배출은 해당 인프라에서의 에너지 효율 및 재생에너지 사용 정도에 따라 좌우됨

- 데이터 센터와 통신 네트워크가 발생시키는 온실가스 배출량은 2020년 이산화탄소 기준 1.1~1.3기가톤(Gt CO<sub>2</sub>eq)에 달함

- AI 도입 과정에서의 에너지와 자원 효율성 향상 또한 목표로 간주하고 있음

## 사회·기술 시스템으로 인한 구조적 효과가 환경에 부정적 영향을 미침

- 리바운드 효과(rebound effects)로 인해 기존의 의도와 달리 소비자, 사용자, 생산자 행동이 의도치 않은 방향으로 이어져 오히려 환경에 악영향을 미침

- 에너지 효율형 공정으로 생산된 제품 자체는 긍정적이거나, 소비 행위에서의 경각심 감소로 이어져 과잉 소비나 에너지 절감 행동을 오히려 줄이는 결과를 초래함

- 최근 연구에 따르면 리바운드 효과는 어느 정도 발생할 수 있으나 AI 기반 의사결정이 추구하는 철학과 목표, 그리고 적절하고 세밀한 규제 조항을 통해 미리 방지할 수 있음

- AI 도입이 온실가스 배출을 촉진하는 결과를 일으킬 수도 있음

- 가령 AI를 기반으로 한 유전·가스전 탐색 기술 향상은 화석연료 사용 가능성을 늘리는 결과를 초래할 수 있음

## 다. 유럽연합 차원의 노력

 유럽연합(EU) 차원에서는 EU인공지능법(Artificial Intelligence Act)<sup>1)</sup>을 도입해

## AI 기술 도입에 따른 위험 요소를 식별, 규제하고자 함

- 높은 신뢰성, 윤리성에 기반한 시장 확립, 기본권과 안전을 보장하는 거버넌스 시스템과 사법 체계의 필요성을 강조함
  - 특히 AI 도입 금지 분야를 검토함
  - 기본권, 건강, 안전 등에 위협이 될 수 있는 AI 시스템에 대한 규제를 마련할 계획임
  - 데이터, 데이터 거버넌스, 투명성, 인간의 관리 감독 또는 보안과 관련된 규정을 통해 환경에 미치는 악영향을 최소화할 수 있을 것으로 기대되고 있음
- 그러나 인권에 간접적 영향을 미치는 경우에 대해서는 언급하지 않고 있다는 점에서 한계를 지님
  - AI 도입에 따른 환경 영향을 평가하고 통제할 수 있는 제도적 절차와 방법론 구축을 위한 추가 연구가 제안됨

## EU 정책 전반에 걸쳐 AI와 유럽 그린딜의 실현은 높은 관련성을 지님

- 공동 유럽 그린딜 데이터 공간과 GreenData4AI 이니셔티브가 대표적인 관련 사업임
- 그 밖에 다음과 같은 EU 정규 사업은 2020년 이후 민관 투자 강화 및 AI 혁신, 연구, 도입을 가속화할 것으로 전망됨
  - 디지털 유럽 프로그램(Digital Europe Programme, DEP), 유럽연결계획(Connecting Europe Facility, CEF2), 호라이즌 유럽(Horizon Europe), 우주 프로그램(Space Programme)

## 정책적 관점에서 우선순위 배정이 중요함


- 대개 AI 기반 연구는 경제적 효익이 크지 않으므로 적절한 정책 조율이 전제되지

1) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1623335154975&uri=CELEX%3A52021PC0206>




않으면 녹색 전환 목표 우선순위에서 배제되기 쉬움

- 따라서 EU 연구 프로그램 내 일정 수준의 AI 응용 연구 잠재력을 위한 자원 배분이 필수적임

 회원국별 AI 전략 분석에 따르면 6개국만이 AI를 유럽 그린딜 목표와 연결 지어 고려하고 있음

- 회원국의 개별 R&D 전략은 아직 미흡한 수준으로 EU 차원에서 정책 조정과 추진력이 필요한 실정임


 대다수의 AI 관련 국제사업은 환경적 관점을 충분히 고려하고 있지 않기 때문에 EU 차원에서 보완하려는 노력이 필요함

## II

## 유럽 그린딜과 AI

### 1

### 환경 부문 도전과제 해결을 위한 AI의 잠재력

 유럽 그린딜(European Green Deal)은 유럽 사회와 경제의 근본적인 녹색 전환을 목표로 하며 사회 전 분야에 영향을 미치기 때문에 이에 대한 보다 심도 높은 고찰이 선행되어야 함

- 유럽 그린딜은 유럽의 효율적, 경쟁적, 더 지속 가능한 경제를 촉진하고자 하며 환경 부문에서 2050년까지 온실가스 무배출을 목표로 함
- 인공지능(AI)은 이러한 유럽 그린딜의 환경 목표에 크게 기여할 수 있는 잠재력이 있지만, 많은 에너지와 자원 소모를 수반함
  - 유럽 그린딜이 실현하고자 하는 AI 역량 개발과 관련된 규제와 정책은 이러한 양면적 속성을 충분히 고려해야 함
  - 특히 효율적인 AI 정책 수립과 시행은 사회·기술적 메커니즘에 대한 견고한 이해를 기반으로 추구해야 인공지능 도입의 의도를 충분히 실현할 수 있음

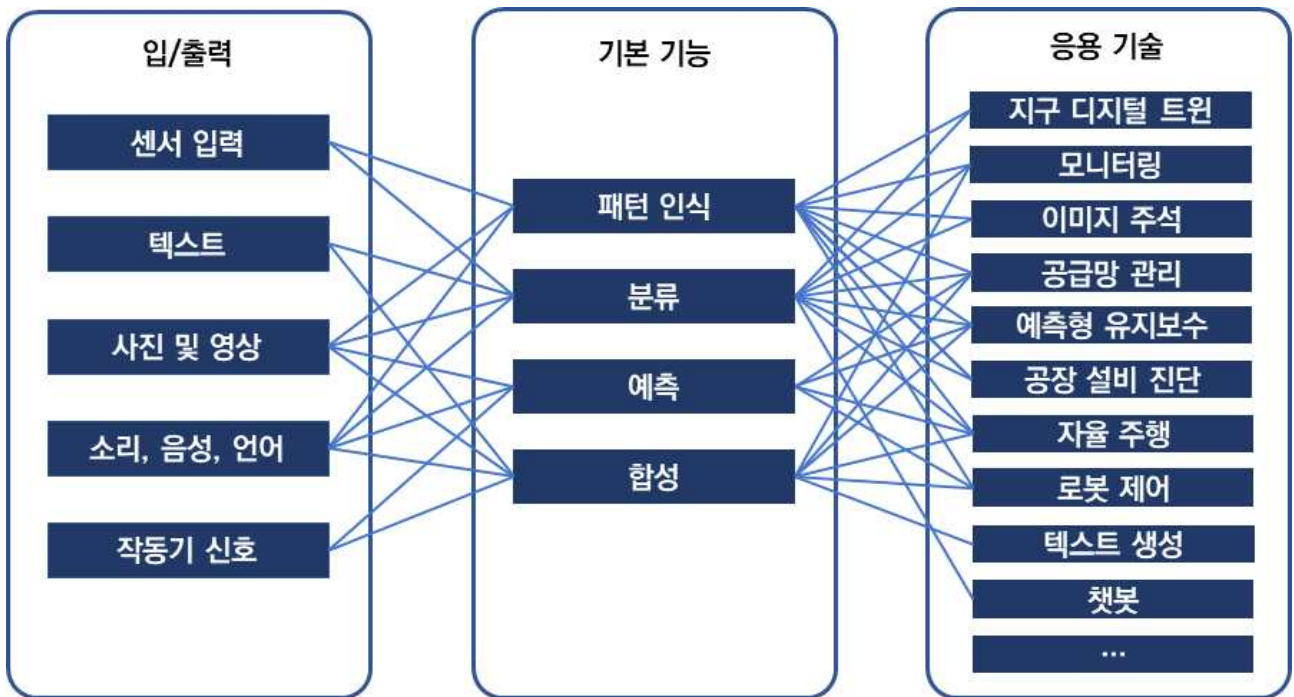
 AI는 유럽 그린딜 정책에 다음과 같은 부문에서 차별화된 이점을 제공함

- AI를 포함한 첨단 기술은 막대한 데이터의 수집과 빠른 분석이 가능하며 결과적으로 환경 관련 도전과제에 대한 이해를 높이고 대응할 수 있게 함
  - AI는 지상 관측 업무 효율 향상 및 환경 영향에 대한 효율적이고 적시성 높은 모니터링, 새로운 지식과 예측 능력 확보에 기여함
  - AI는 환경 사업 기획, 의사결정, 관리, 모니터링에 이르는 전 과정에서의 정보를

생성할 수 있음

- 시가 생성한 정보는 소비자와 생산자들에게도 전달돼 보다 더 지속 가능한 형태의 생산-소비로 연결되는 효과 가짐
- 자동화된 조정 메커니즘과 기술은 인프라의 최적화된 안전 운용을 가능케 함

〈도식1〉 인공지능 시스템의 구성 요소



## 가. 의사결정을 위한 정보 제공

**IT** 향상된 과학 지식은 환경 도전과제에 대한 이해와 대응 조치 실행을 위한 전제 조건이 되며 시는 다음과 같이 언급된 5개 유형의 데이터를 활용해 환경 문제 대응에 기여할 수 있음

- 지상 관측 시스템 원격 센서에서 취득한 지속적인 데이터 확보
- 커뮤니티 데이터 자원을 기반으로 한 개인의 과학 실험과 관찰 결과 추적

- 예: 세계생물다양성정보기구(Global Biodiversity Information Facility)

- 개별 국가에서 수행 중인 중·장기 환경 모니터링 네트워크를 대륙 단위로 확대(예: LTER, NEON, INSPIRE 사업)
- 저비용의 자동화된 센서 네트워크 배치
  - 예: 페놀로지(생물 관찰용) 카메라, 야생 생물 관찰용 카메라, 온도 측정 장치 등
- 시민이 직접 취득한 데이터 취합 및 활용

#### 환경 문제에 관한 관심과 연구 필요성이 커짐에 따라 특히 지구 관측 분야가 많은 주목을 받고 있음

- 코페르니쿠스(Copernicus) 프로그램이나 새로운 우주 프로그램을 필두로 한 EU 지구 관측 프로그램은 막대한 양의 환경 데이터를 생성하기 때문에 AI 시스템 개발에 있어 기회로 작용할 것임
  - 가령 효율성 및 적시성 높은 환경 영향과 추세 관측, 이를 토대로 한 패턴 도출, 시스템의 예측 능력 향상에 기여함
- 따라서 AI와 지구 관측은 환경 정책과 관련된 사업 기획 및 의사결정, 관리 및 모니터링을 위한 최적의 정보 생성을 가능하게 함

#### AI 기술과 지구 관측 데이터를 결합한 다수의 연구 프로젝트가 추진 중임

- 지구 디지털 트윈(Digital Twin of Planet Earth) 프로젝트
  - 지구 관측 데이터와 AI 기반 애플리케이션을 결합한 디지털 인프라를 통해 지구 시스템 과거, 현재에 대한 이해와 미래 예측에 대한 지식을 제공함
  - 인간의 활동이 환경에 미치는 영향을 시각화, 모니터링할 수 있기 때문에 기후변화, 환경 파괴, 도시화 결과에 대한 깊은 이해가 가능함

- BigEarthNet 프로젝트

- Sentinel-2 미션\*에서 수집한 이미지를 기반으로 신경망 기법을 적용해 토양 유형을 자동으로 분류, 농업이나 임업 목적 토지 활용을 모니터링하는데 필수적임

\* Sentinel-2 미션: 2개의 위성군으로 설계된 유럽우주국(ESA)이 개발 및 운영 중인 지구관측 미션

- ExtremeEarth 프로젝트


- 딥 러닝 기법을 활용, 홍수, 가뭄, 태풍과 같은 이상 기후 현황 예측 및 수자원 가용도 파악용 매핑 정보를 제공해 관계 사업의 효율성 향상이 가능함
- 시와 지구 관측 데이터로 해양 마이크로플라스틱 섬을 식별해 즉각적인 처리 활동으로 연계시킬 수 있는 프로젝트도 존재함


- AI for Earth 프로젝트

- AI for good 프로그램의 일환으로 마이크로소프트(Microsoft)가 추진 중인 프로젝트임
- 지표면 매핑을 위한 오픈소스 모델, 도구, 분류 기법, 자연 보호 관련 데이터, 지표면 데이터세트, 인프라 등을 포괄적으로 제공함

## AI와 지구 관측 부문에서는 다음과 같은 다양한 시도 중임


- 딥 러닝을 활용한 시각화 기반 진단 기법, 데이터 기반 딥 러닝 알고리즘 모델, 물리적 데이터 처리를 결합한 하이브리드 모델링 등

 그 밖에 유엔글로벌펄스(UN Global Pulse)와 유엔위성센터(UNOSAT) 간의 협업으로 UN 산하 기관들이 산불, 홍수, 태풍 피해 등을 모니터링할 수 있는 웹 기반 툴을 공개한 바 있음


 지상 관측 분야에서 AI의 활용은 데이터 전처리, 물리적 원리와 알고리즘의 통합, 데이터 실측과 같은 작업에 상당한 노력을 필요로 하며, 이러한 검증 과정이


선행돼야 높은 수준의 AI 훈련 및 개발, 제품 출시가 가능함

- 현재 충분하지 못한 학습 데이터가 해당 분야의 발전을 더디게 하는 요인 중 하나임
- 비록 AI가 광학 이미지 분석에 많이 사용되며 성능이 향상되고 있으나 인공위성, 레이더, 레이저 센서에서 생성한 다중 스펙트럼(multispectral) 이미지는 더 많은 연구개발이 선행돼야 하는 실정임
- 유럽우주국이 주관하는 AI4EO 프로젝트는 AI와 지구 관측 커뮤니티 간의 긴밀한 협력으로 PM2.5 미만의 미세먼지 입자와 이산화질소 대거 생성 지역을 예측할 수 있는 모델을 개발 중임
- TELEIOS 프로젝트는 지구 관측을 위한 가상 관측소 설계 및 구현을 시도 중임


 과거 실험 데이터를 재사용·재참조해 특정 영역의 실험과 연구에 활용 가능함

- 가령 배터리나 태양광 패널 개발 과정에서 AI를 사용해 테스트 및 개발 기간을 단축할 수 있음
- 계산 집약형 시뮬레이션 및 시뮬레이션과 실시간 데이터를 연결해 속도를 향상할 수 있음

 사회과학 부문에서 연구 목적으로 소셜 미디어 데이터를 활용하면 인터뷰와 같은 전통적 기법 대비 효율이 매우 높은 것으로 알려짐

 식물 연구 중 발형체 분야에서 AI, 빅데이터, 유전 정보, 환경 정보 등을 포괄적으로 활용, 빠른 성장과 수확이 가능한 유전 형질을 파악할 수 있음

## 나. 기업 대상 정보 제공 및 책임감 있는 경영 활동 장려

 AI는 더 지속 가능한 형태의 비즈니스 모델 개발을 가능케 함

- 지속가능하고 경제적인 비즈니스 의사결정 과정에서 필요한 정보를 제공함
  - 핀테크 부문에서 AI 기반 분석은 개선된 재무 의사결정 기회를 제공
  - 유엔환경계획(UNEP) 조사에 따르면 기계학습과 같은 기술이 금융 거래 과정에서 신뢰, 투명성, 추적 가능성을 확대하며 녹색 금융 도입을 통해 미래 금융 시스템의 효율성을 크게 향상할 것임
  - 또한 핀테크는 유·무형 자산과 인프라 위험 관리, 위기 대응 및 분산에 효율적

#### AI 도입을 통해 자원, 에너지, 지원 업무 효율성이 향상됨

- AI 솔루션은 인더스트리 4.0(Industry 4.0) 구축에 기여하며 스마트 기술의 산업 응용 및 공정 자동화와 직결됨
- 기계 간 통신(M2M)과 사물 인터넷은 전자-기계 장비 간의 연결을 강화해 높은 자동화율, 향상된 통신, 자가 모니터링을 가능케 함

#### 사이버 물리 시스템(Cyber Physical System, CPS)은 막대한 데이터를 생성하고 이를 기반으로 강화된 AI 모델은 새로운 제품과 비즈니스 모델 개발로 이어짐

- AI는 이 과정에서 예측형 분석, 지능형 보조 시스템, 로봇틱스, 지능형 자동화, 지능형 센서 등의 기술이 가진 잠재력을 극대화할 수 있음
- 인더스트리 4.0 솔루션 초기 도입은 비용 절감과 경제성이 목적이었으나 환경 문제(예: 자원, 에너지, 재료, 폐기물 등) 제반에서도 큰 효과를 기대할 수 있음

#### 공급망과 가치 사슬에서 발생하는 환경 영향을 최소화할 수 있음

- 예: 원자재 사용, 제품 폐기, 재활용 등

#### 가치 사슬 전 단계에서 생산되는 실시간 데이터의 양적 및 질적인 증가는 AI 기반 인더스트리 4.0 솔루션과 결합해 높은 수준의 데이터 통합이 가능함

- 소재와 제조 컴포넌트의 가치 사슬 전체에서 추적 가능해 순환 경제의 발판이 됨

#### 비구조화된 데이터 처리 효율성을 향상함

- 뉴스 기사, 감사 보고서, 소셜 미디어 콘텐츠와 같은 비구조화된 데이터를 통해 공급자 선정이나 모니터링 과정에서 효율적인 분석과 해석을 할 수 있음
- 구매(발주) 기업으로서 친환경 공급자를 통한 간접적으로 환경적 이익 실현이 가능함
  - 가령 실시간 인벤토리 추적, 구매 패턴 분석은 정밀한 수요 예측으로 연결됨
  - 이는 발주-조달 사이클 단축 및 예측 가능성 향상으로 불필요한 항공 운송 건 절감 주문 취소, 초과 선적과 같은 제품 파손, 부패 등의 원인을 최소화할 수 있음

### 다. 소비자 대상 정보 제공 및 책임감 있는 행동 장려

#### AI는 제품 생산 원과 공정 자체에 대한 소비자의 관심을 충족함

- 예를 들어 독일 녹색소비보조(Green Consumption Assistant) 프로젝트는 온라인으로 제품 구매 시 더 지속 가능한 구매 결정을 내릴 수 있게 선택지를 제공함
  - 제조 과정에서의 에너지 사용량 정보를 표시해 소비자들의 친환경 소비를 유도함
- AI가 인간 행동을 분석해 지속 가능한 소비에 대해 긍정적 유인이 되는 정보를 실시간으로 제공해 궁극적으로 친환경적 소비로 연계됨
  - 호텔 산업이 가장 대표적인 예로, AI 가상 비서나 도우미를 도입하면 숙박객이 에너지, 물, 수건을 더 적게 사용하는 경향이 있음을 발견함

### 라. 각종 기술 장비, 인프라, 위험 시설 관리 능력 향상



**AI는 센서 시스템과 자동화된 데이터 분석 기법을 기반으로 인프라 및 시스템 관리 효율성과 신속성을 향상함**

- 예를 들어 독일 WindNODE 프로젝트는 데이터 분석 플랫폼 도입을 통해 재생에너지 시스템의 예측력과 유연성을 향상함
- EU의 FUDIPO 프로젝트는 AI 기반 알고리즘 도입으로 오·폐수 처리장의 생화학 처리량 향상 및 정화 시설의 에너지 소모를 절감하고자 함

**예측형 유지보수 시스템에 활용 가능함**

- 대형 산업시설이나 플랜트의 경우 안전 관리에 있어 효율을 향상함
- 예방 정비를 위한 가동 정지 시간 감소, 잔여 부품 수명 증가, 고장 여부 확인 작업 횟수 감소 등을 통한 전반적인 수익성 향상이 실현 가능함
- 불필요한 부품 교체 방지는 환경에도 긍정적인 영향을 미침

## 마. 행정 부문의 녹색 역량 강화

**AI는 행정 부문에서 의사결정 자동화와 효율화를 통해 EU 환경 관련 법의 집행력 강화에 기여함**

- 오염물질 불법 방류 및 배출 방지에 기여함
  - EU의 공동 루마니아농업정책(Common Agricultural Policy for Romania) 사업을 통해 루마니아에서 개발된 수확 준수 현황 지도(crop compliance map)는 오염물질 배출 기업에 스마트미터를 도입, 배출량을 실시간으로 모니터링함
- AI는 기존의 모니터링 방법으로는 위반 사실 입증에 많은 노력이 필요한 경우에도 효과적임
  - 예측형 AI 소프트웨어인 PAWS(Protection Assistant for Wildlife Security)는

기계학습과 게임 이론을 통합해 밀렵꾼의 행동을 예측할 수 있으며 전자상거래 플랫폼에서 불법으로 사냥한 야생동물 리스트를 감지할 수 있음

- 금융업에서는 이미 보편적으로 사용 중인 사기 감지(fraud detection)기법을 EU ETS(Emissions Trading System)와 같은 배출권거래제도에 적용할 수 있음
  - 부가세 관련 사기 행위, 비인가 접근, 피싱, ID 위·변조, 자금 세탁 탐지 등이 가능함
  - 친환경 인증 라벨 및 허위 신고의 탐지가 가능함
- 디지털 모델링을 기반으로 정책 의사결정에 도입해 효율을 향상할 수 있음(예: 도시 계획)
  - 유럽 나노·반도체 기술 연구소인 IMEC와 네덜란드 응용 과학연구기구(TNO)는 벨기에 앤트워프 시를 대상으로 한 디지털 트윈을 개발함
  - 디지털·3D 형태로 구축된 이 플랫폼은 실시간 교통 정보와 대기 오염 정보를 결합해 도시 계획 및 구조 변경 등이 환경에 미치는 영향을 더 정밀하게 평가할 수 있음
  - 교차로를 지나는 다양한 도로 사용자 유형을 분석해 교통 신호를 보다 효율적으로 제어할 수 있는 기술 도입이 가능함(예: 스마트 교차로)
- 도시 계획, 교통 인프라 정비 및 확충 시 최적지 선정에 활용 가능함
- 정책 기획 과정에서 시민의 참여 유도에도 효과적으로 활용 가능함
  - IBM(국제 사무기기 회사)의 여러 복잡한 주제에 대해 사람과 토론을 할 수 있는 AI 시스템인 Project Debater는 시민들의 다양하고 수많은 의견을 요약, 정리하고 설득력 있는 논쟁으로 변환, 충분한 정보가 주어진 환경에서 의사결정이 가능하도록 지원함
  - 복잡하거나 논쟁이 되는 주제를 투표나 설문을 다루는 것으로 시작했으나 기능과 범위를 확장하기를 원하는 많은 지자체의 의견을 반영, 일상 언어로 이뤄지는 대화나 온라인 토론의 내용을 의미 있는 정책 정보로 변경할 수 있게 확장함

- AI 기반 텍스트 분석 도구(예: Nvivo, ATLAS.ti)는 이미 EU 공청회에 도입돼 다양한 참여자들의 공청회 토론 내용을 요약 가능함

## 2

## 탄소 중립 실현과 에너지 효율 향상

**IT** AI는 다양한 부문에서 녹색 전환에 기여할 수 있는 큰 잠재력을 지님

- 건축 부문: AI 기반 에너지 수급 모니터링은 재생에너지 전력망 통합과 유럽 그린딜의 우선순위 중 하나인 건축 부문에서 강점을 가짐
- 농업 부문: 물, 살충제, 비료 활용 최적화를 통한 환경 영향 최소화
- 운송 부문: 운송 시스템과 인프라 설계 개선을 통한 엔진 효율 향상, 전기 자동차 충전 최적화, 다양한 운송 수단의 유기적인 연결, 철도 시스템 운용·관리 효율 향상
- 순환 경제 부문: 디자인 및 제조, 소비 과정에서의 친환경 개념 강화를 통한 제품 검사, 분류와 분리, 해체로 이어지는 자원 순환 효율 향상

**IT** 그 밖에 기후변화 및 오염 방지, 생물 다양성 증진, 자연 보호 등에 두루 기여한다는 점에서도 환경 부문에서 AI의 도입은 긍정적임

### 가. AI 도입 현황

**IT** AI는 이미 유럽 그린딜 정책에서 중요한 역할을 수행 중이며 일정 수준 이상의 배출 절감 효과가 기대되고 있음

- 설문에 따르면 많은 부문에서 AI 기술을 이미 도입했거나 검토 중임

## 〈도식2〉 부문별 인공지능 기술 도입

부문	최소 1개 인공지능 기술	2개 이상 인공지능 솔루션 활용	도입 예정
농업, 임업, 수산업	39%	24%	18%
제조업	47%	27%	16%
건설업	36%	23%	16%
정유/가스	38%	19%	6%
쓰레기 처리	31%	21%	27%
물, 전기	45%	28%	17%
도소매	38%	22%	20%
운송	36%	22%	20%
식품	36%	26%	20%

[자료원: 유럽연합집행위 (2020년)]

- AI 도입은 일정 수준 이상의 온실가스 배출 절감 효과를 가짐
  - PwC와 마이크로소프트가 글로벌 온실가스 배출에 AI가 미치는 영향을 측정한 결과 2030년 기준 1.5~4% 감축 효과 또는 0.0~2.4기가톤(Gt)에 해당하는 이산화탄소 배출 절감 효과가 전망됨
  - 보스턴 컨설팅 그룹의 온실가스 저감 추정치는 2.6~5.3Gt로 비교적 높음
- 그러나 비즈니스 시나리오의 엄밀성이나 연구 방법론적 정밀도가 낮아 전적으로 신뢰하기에는 다소 무리가 있음

## 나. 에너지 및 건설 부문 AI 솔루션

- 🔧 AI는 건설과 에너지 부문에서 에너지 소비 감소와 배출 저감에 긍정적 효과를 가져옴
  - 유럽 그린딜은 건설과 에너지 부문 모두의 중요성을 강조함
  - 특히 건설 부문은 EU 총에너지 소비량의 40%, 이산화탄소 배출량의 36% 점유하고

있기 때문에 그 중요성이 크게 대두되고 있음

#### AI는 건물 부문에서 다음과 같은 긍정적인 효과를 가져옴

- 건물의 에너지 소비와 온실가스 배출 문제 해결을 위해 AI는 에너지 프로파일링, 수요 예측 등을 실현할 수 있음
- 사용자의 에너지 소비 패턴 분석 및 제안, 가전기기 등의 과잉 소비 감지 등을 통해 에너지 소비 최적화가 가능함
- 건설 과정에서 에너지 소비 효율 향상, 건축 폐기물 저감 등을 기대할 수 있음

#### AI는 에너지 부문에서 다음과 같은 긍정적인 효과를 가져옴

##### ● 재생에너지의 유연한 통합

- 탈탄소화를 위해서는 재생 가능한 전기 생산으로의 전환이 필요하며, 이는 결과적으로 기상 조건에 영향을 받는 분산된 전기 공급 체계로 전환되는 것을 의미함
- 지능형 전력망은 에너지 생산, 저장, 소비를 결합해 안정적인 수급 체계를 구축함
- 이 과정에서 AI는 공급망 네트워크를 통제, 수요 및 공급 예측, 부하 관리 최적화 등에 기여할 수 있으며 이미 Veritone나 지멘스(Siemens)와 같은 기업에서는 관련 솔루션을 상용화함

##### ● 재생에너지 최적화

- 다른 분야와 마찬가지로 AI는 재생에너지 최적화가 가능하며 대표적으로 강화학습을 이동식 집열판이나 풍력 터빈의 생산 최대화에 적용한 사례가 있음
- 지상·해상 풍력 터빈의 상태 모니터링, 문제 발견, 오류 예측 등에 적용 가능하며 가용성 및 생산성 증가와 유지보수 비용 절감에 기여함

##### ● 메탄 누출

- 가스 파이프라인과 압축 설비에서 메탄가스 누출 감지와 예측에 활용할 수 있음
- 미국 Bluefield에서는 23개 위성 이미지와 AI를 활용한 전 세계 130개국 12만 개 기업의 메탄 배출 데이터를 토대로 플로리다에 배치된 가스 파이프라인의 메탄 누출을 파악함

## 다. 운송 부문 AI 솔루션

### AI 도입을 통한 운송 시스템 및 인프라 개선이 가능함

- 차량 데이터, 인공위성 데이터, 보행자, 자전거, 승객을 위한 데이터 등의 통합은 AI 애플리케이션 성능 향상에 기여함
  - AI를 사용한 대중교통 스마트카드와 스마트폰 데이터 분석은 대중교통 사용자의 행동 및 이동 패턴에 대한 이해를 향상함
  - 그 결과 장·단기적 관점의 교통 인프라 서비스 수요 예측 및 인프라 구축 모델링이 가능하게 될 전망임
  - 나아가 다양한 수단의 운송 인프라 개선은 도로 점유 및 하중 최적화에도 기여함
- 그러나 이러한 혁신은 교통 당국의 데이터 및 AI 기반 분석 도구 통합이 선행되어야 함

### 에너지 및 자원 소비 효율을 향상함

- 차량 에너지 소비는 엔진 효율, 공기역학, 차량 무게, 타이어 저항 등의 다양한 요인에 종속됨
- 동역학, 출력 관리, 엔진 성능 강화, 에너지 소비 감소 등을 개선해 에너지 효율형 차량 설계 최적화에 기여할 수 있음
  - BMW, GM 등의 완성차 업체는 이미 설계 과정에서 AI를 사용하고 있음

- Green Steam은 선박의 연료 사용을 줄이는 소프트웨어 솔루션을 제공함

#### 다양한 저탄소 옵션을 제공함

- 승객과 화물 운송 데이터 AI 분석을 통한 다양한 운송 선택지를 시민에게 제공 가능함
- 이 과정에서 저탄소 기반 운송 수단의 정확한 도착 시간 예측하고 자율주행 기능과 결합해 더 많은 이점을 제시할 수 있음

#### AI 시스템은 배터리 성능과 및 충전 관리 효율을 향상하는 등 운송 전력화에 기여함

- 나아가 전기차 자체를 전력망과 통합해 전기 저장용 수단으로 활용할 수 있는 기회를 제공하기 때문에 기계학습을 통해 실시간으로 전력 관리가 가능하고 성능 및 효율을 향상할 수 있음

#### 교통 관리 및 경로 안내 시스템 운용에 활용할 수 있음

- 물류 시스템에서 AI는 운행 및 선적 과정에서의 선적물량, 도착지, 운송 방법 통합 최적화를 통한 효율 극대화가 가능함
  - 예를 들어 독일 Deutsche Post/DHL 그룹은 2018년부터 운송 수단 관리와 운전자를 위한 실시간 경로 최적화 알고리즘을 활용 중임
  - 유럽철도교통관리시스템(European rail traffic management system, ERTMS)를 도입해 유럽 내 철도 신호, 통제 및 통신 표준을 도입한 바 있음
  - AI 도입으로 열차 에너지 소모량 감소, 운행 정확도 상승이 기대됨(예: Shift2Rail 프로젝트)
- 항공 부문에서도 기계학습 기법을 통한 예측력 향상으로 교통 혼잡 및 대기시간 감소, 연료 소모량 절감 등 효과를 거둔 바 있음

## 17 최근 애플리케이션 기반 차 공유, 라이딩, 카풀서비스가 보편화됨에 따라 시도 공유 모빌리티 부문의 최적화를 위해 사용되기 시작함

- 효율적인 경로 탐색, 도착 시간 예측, 픽업 지점 선택 향상, 이동 수단 관리 최적화, 차량 유지보수 일정 관리 등에 다양하게 사용됨
- 그러나 라이딩 서비스가 환경에 미치는 영향은 아직 뚜렷하게 검증된 상태가 아님
  - 미국 캘리포니아와 8개 주요 대도시에서의 대규모 설문 데이터를 분석한 결과 앱 기반 이동 서비스는 친환경 운송과 경쟁적 위치에 있고 사용자의 60%가 라이딩 서비스를 이용하지 않았다면 대중교통, 도보, 자전거 이용 또는 이동을 포기했을 것이라고 답함
  - 사용자 픽업을 위한 이동 등의 요인으로 인해 운행 거리가 160% 증가했다는 점에서 오히려 환경에 부정적인 효과를 가져온 것으로 확인됨
  - 네덜란드, 독일, 영국에서의 차량 공유는 차량 구매와 운행 차량수, 탄소 배출 감소로 이어져 환경에 대체로 긍정적이지만 무료 차량 공유 서비스의 경우에는 그렇지 않은 것으로 나타남

## 17 자율주행차량 및 물류에 활용할 수 있음


- 글로벌 완성차 및 기술 기업들은 AI를 도로 운송에 적용 및 시험 중임
  - 자율 주행은 운행 효율을 10~20% 향상하는 효과가 있으나, 센서 기술 사용으로 인한 에너지 수요도 함께 증가하며 도심지 운행에서는 10~15%의 에너지를 추가로 사용할 것으로 예상됨
  - 완전 자율주행차량의 경우 일일 약 4,000GB의 트래픽을 생성하기 때문에 1,700만 대의 자율주행차량(전 세계 차량의 0.2%) 투입은 일일 글로벌 인터넷 통신량에 해당됨
  - 이뿐 아니라 네트워크 기술과 데이터 처리 인프라에 소요되는 전기 소모와 탄소



배출도 막대함

- 자율주행차량의 특성상 많은 운행 수요를 만들어 내기 때문에 배출량, 사고 발생 건수, 혼잡 등으로 인한 도로 인프라 효율이 저하된다는 지적이 있음
  - 연구에 따르면 완전 자율 주행 달성을 통해서만 가시적인 배출 감소가 가능함
  - 예를 들어 차간 거리 최적화 유지와 공기 저항 최적화 실현을 통한 에너지 소비 효율 향상이 예상됨

## 라. 농업 부문 AI 솔루션

 농업 부문에서의 AI 활용은 화학제품 투입 감소 및 영양 관리를 개선함

- 가장 잘 알려진 사례는 AI 기반 데이터 처리를 통해 효율적으로 시간 및 공간자원을 활용하고 비료와 살충제 투입이 최적화된 정밀 농업을 지원하는 것임
  - 카메라가 탑재된 농기계에서 생성한 작물 이미지를 딥 러닝과 연계해 잡초를 실시간으로 인식, 제초 작업 자동 수행이 가능함
  - 이러한 애플리케이션은 제초제 내성이 강한 잡초에 특히 효과적이며 제초제 사용 비중을 최대 77%까지 절감하는 효과를 가져옴
- 기계학습은 토양 화학 정보를 통해 토양 내 박테리아와 균 다양성 정밀 분석이 가능함
  - 농부는 이를 통해 제초제와 피복작물(cover crop)을 유연하게 선택할 수 있으며 해충 식별을 위한 왓츠앱(Whatsapp)과 연계된 실시간 이미지 분석 및 챗봇 서비스 등이 개발 중임
  - 식물의 초분광 이미지 분석을 통해 질소와 인 결핍을 탐지해 적절한 비료 조합을 제안하고 토양 영양 관리 최적화가 가능함

- 문헌 연구에 따르면 AI 기반 정밀 농업의 도입은 농기계 연료 소모를 6~25% 감소하고 살충·제초제 사용 11~90%(평균 25%), 이산화질소 배출 34% 감소하는 등 정량적인 잠재 효과를 가져옴

#### 물 사용량이 감소하는 효과를 가져옴

- AI는 위성 이미지와 강수량 및 증발량, 기후변화로 인한 각종 요소 등의 정보를 조합해 관개용수를 효율적으로 활용할 수 있도록 지원할 수 있음


#### 기후변화 적응에 기여함

- EU의 전체 온실가스 배출량에서 농업이 차지하는 비중은 약 10%임
  - 양과 소의 장내 발효는 전체 메탄 배출의 42%, 농토 및 분뇨에서 발생하는 이산화질소는 43%를 차지함
- 정밀 농업은 농기계 연비 향상에, AI를 활용한 투입물(비료 등) 효율 향상에 각각 기여함
  - 균형 잡힌 비료 성분 배합과 투입은 온실가스 배출량 감소와 수확량 향상으로 연결됨
  - 딥 러닝 및 초분광 측정 솔루션인 Cloud Agronomics는 토양 모니터링과 토양 산소 함량 증가 활동에 대한 효율을 분석할 수 있으며, 이를 통해 기후변화 완화에 기여함

#### 그러나 농업 부문에서의 AI 도입은 한계점을 지님

- 농업에서 AI 활용의 초점은 환경 문제 해결이 아니라 생산성 향상과 노동력 부족 대응에 있기 때문에 농업 부문 전반에 걸쳐 관련 데이터가 부족한 실정임
  - 현재 농업 개발이 자동화된 대량 생산용 작물(옥수수, 쌀, 밀) 중심이기 때문에 폭넓게 적용되기 어려움

## 마. 유럽 그린딜 주요 부문에서의 AI 솔루션

 AI 기술은 유럽 그린딜 정책의 주요 부문 중 하나인 순환 경제 실현에 기여함

- 제품, 부품, 소재 설계 과정에서의 AI 도입은 수명 연장, 향상된 재활용·재사용성, 적은 독성 물질 배출, 탄소 배출량 감소로 이어질 수 있음
- 초기 설계 단계에서 친환경 관련 매개변수를 참고할 수 있어 친환경적인 디자인을 구현할 수 있으며, 이를 위해 완제품 및 중간 소재에 대한 친환경 인증(labeling) 체계가 필요함
  - 예: 유럽우주국의 Accelerated Metallurgy 프로젝트는 합금 제조 과정에서 순환 경제 원리(무독성, 재사용/재활용을 염두에 둔 설계, 긴 수명, 폐기물 최소화 등) 추가함
  - 제품 수명주기 최종 단계에서 AI는 검사, 분류, 해체 과정에 활용, 소재 순환에 기여할 수 있음
- AI의 분류 및 패턴 인식 기능은 소재와 물체 파악에 용이함
  - ZenRobotics 기업 사례: AI 기반 로봇을 투입해 폐기물 분류에 활용, 일반·산업용 쓰레기 분류, 거주 지역 생활 쓰레기, 플라스틱, 포장, 금속, 건축 폐기물 등을 정밀 분류
  - Reconext 기업 사례: 전자 제품 2차 시장 및 재활용 시장에 재사용, 재활용, 수리 가능 여부 판별하는 솔루션 도입
- 순환 경제 비즈니스 모델의 효율성을 강화함
  - 매칭 알고리즘은 중고(second-hand) 플랫폼 비즈니스에서 활용 가능하며 제품 수명 연장 및 수리·수선이 필요한 여부를 사전에 예측할 수 있음
  - 엘렌 맥아더 재단에 따르면 소비자 가전 부문에서 사용 기간 연장(500억 달러), 폐기물 회수(240억 달러), 재료 효율 향상(80억 달러), 혁신 프로세스 최적화(80억 달러) 등을

통한 최적화 가능성이 있을 것으로 추정됨

- 순환 경제 관점에서 가장 잠재력이 큰 부문은 폐기물 없는 제품 설계 실현이지만, 시를 통해 이를 실제로 구현하려면 규제 체계와 장려책을 통해서만이 가시적 효과를 기대할 수 있을 것으로 보임

#### 오염 관리에 활용할 수 있음

- 토양, 대기, 해양을 포함한 물 환경을 대상으로 한 AI 기반 솔루션을 통해 오염 시뮬레이션, 예측, 측정, 오염물질 누출, 방류 등을 모니터링할 수 있으며, 오염물 제거 및 최적화도 가능함
  - 가령 향후 수일 내 대기 오염 정도 예측을 통해 경보할 수 있으며 실시간 모니터링 및 오염원 탐지에 사용 가능함(예: Hawa Daw의 대기 오염 분석, 예측 도구)

#### 기후변화 적응을 위해 활용할 수 있음

- 기계학습 기술로 기후변화로 인한 영향을 지역 단위로 정밀 예측이 가능함
  - 예측 모델 및 계산에 따른 비용이 많이 들지만, 대용량 데이터가 확보된 경우 특히 효과적임
- 대중에게 기후변화로 인한 영향을 더 생생하게 설명할 수 있음
  - 몬트리올 학습알고리즘 연구소(MILA)와 Conscient AI Labs이 개발한 기술은 해수면 상승과 폭풍우와 같은 기후변화로 인한 극한 환경으로 발생할 수 있는 위험을 더 상세하고 뚜렷하게 설명해 대중의 이목을 집중시킬 수 있음

#### 생물 다양성 및 자연 보전을 위해 활용할 수 있음

- 서식지 보전 계획: 생태계 모니터링, 서식지 발굴 및 감소 모니터링, 동물 이주 패턴 예측을 통해 각종 보전 활동을 계획할 수 있음

- 가령 지구·생물다양성 관측네트워크(Earth Observations Biodiversity Observation Network, GEO BON)에서 개발한 원격 데이터수집 솔루션은 생태계 전문가, 대중, 당국을 위한 의사결정 지원이 가능하며 글로벌 삼림 기후변화 지도 등을 개발함
- 생물 종 관리: 멸종 위기에 처한 동식물 탐색에 사용됨
  - 대개 카메라나 발자국 탐색과 같은 전통적 방식은 많은 노력과 시간이 필요하며 결과의 정확성도 높지 않음
  - 반면 AI 탑재 무인 차량이나 소형 이미징 시스템은 넓은 자연환경에 투입하기 적합함
  - Whaletrack 프로젝트는 인공위성 태깅, 음향 센서 데이터와 기계학습을 통해 정밀하고 포괄적인 고래의 생태를 연구할 수 있음
- 멸종위기 종 추적, 이미징 기반 이상 행동 감지를 통한 밀렵꾼 파악 및 경로 예측 등을 통해 불법행위를 더 효율적으로 통제 및 단속할 수 있음
- AI 기반 솔루션을 자연자본 평가에도 활용 가능함
  - 생물, 생체모방 자산, 식물 종 식별은 지구 모든 생물 종에 대한 유전자 코드를 라이브러리화할 수 있으며 생물 기반 혁신이 가능함
  - 자연어 처리, 딥러닝, 컴퓨터 비전, 확률, 기계학습 등의 기술을 모두 활용 가능함

### 3 AI 도입으로 인한 부정적 영향

- ⚠ AI 도입을 위한 데이터 센터, 네트워크, 디지털 하드웨어 인프라로 인해 환경에 부정적 영향을 미침
  - 디지털 하드웨어, 데이터 센터, 네트워크 내 AI 운용에 따른 에너지 소비율을 명확히 산정할 수는 없으나 다양한 예측치가 존재함
  - AI 기술 도입과 이를 위한 집약적인 데이터 사용은 정보통신기술(ICT) 부문의

## 에너지 소비 증가로 이어짐

- 디지털 네트워크, ICT 부문에서의 데이터 트래픽은 전 세계 에너지 소모의 약 7%를 점유하고 있으며 2030년까지 13%로 증가할 전망이다
- 전 세계 총 에너지 사용량 중 ICT 부문의 비중은 5~9%이며, 2030년까지 20%로 늘어날 전망이다
- AI 사용에 따른 온실가스 배출은 해당 인프라에서의 에너지 효율 및 재생에너지 사용 정도에 따라 좌우됨
  - 데이터 센터와 통신 네트워크가 발생시키는 온실가스 배출량은 2020년 이산화탄소기준 1.1~1.3기가톤(Gt CO<sub>2</sub>eq)에 달함
  - AI 도입 과정에서의 에너지와 자원 효율성 향상 또한 목표로 간주하고 있음

## 사회·기술 시스템으로 인한 구조적 효과가 환경에 부정적 영향을 미침

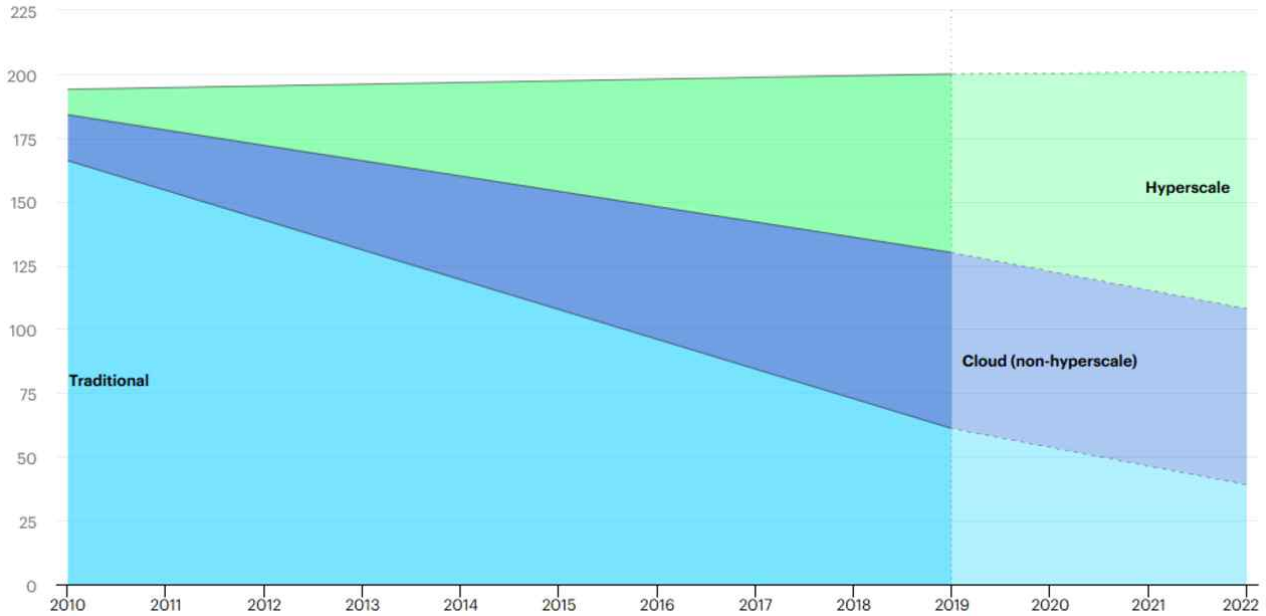
- 리바운드 효과(rebound effects)로 인해 기존의 의도와 달리 소비자, 사용자, 생산자 행동이 의도치 않은 방향으로 이어져 오히려 환경에 악영향을 미침
  - 에너지 효율형 공정으로 생산된 제품 자체는 긍정적이거나, 소비 행위에서의 경각심 감소로 이어져 과잉 소비나 에너지 절감 행동을 오히려 줄이는 결과를 초래함
  - 최근 연구에 따르면 리바운드 효과는 어느 정도 발생할 수 있으나 AI 기반 의사결정이 추구하는 철학과 목표, 그리고 적절하고 세밀한 규제의 조합을 통해 미리 방지할 수 있음
- AI 도입이 온실가스 배출을 촉진하는 결과를 일으킬 수도 있음
  - 가령 AI를 기반으로 한 유전·가스전 탐색 기술 향상은 화석연료 사용 가능성을 늘리는 결과를 초래할 수 있음

## 가. 에너지 소비, 자원 소비, 폐기물 처리

### AI 도입은 에너지 소비에 있어 환경에 부정적 영향을 미칠 수 있음

- 디지털 기술이 환경에 미치는 영향은 복잡한 양상을 가짐
  - 예를 들어 AI의 발전과 확대는 디지털 인프라와 하드웨어(데이터 센터, 네트워크 등) 보급으로 연결되지만, 더 많은 양의 전력과 자원의 소모를 뜻하기도 함
- 현재 하드웨어, 데이터 센터 그리고 네트워크에서 AI로 인해 발생하는 순 자원 소모량을 계산하는 것은 불가능함
  - AI 애플리케이션의 사용은 꾸준히 증가하지만, 오늘날의 하드웨어 대부분은 전통적인 알고리즘 기반 소프트웨어에서 작동함
  - AI 관련 데이터 처리 또한 개인용 기기가 아닌 대형 데이터 센터에서 이뤄지는 점을 고려하면 대형 데이터 센터는 AI용 기지국으로 간주할 수 있음
- 그러나 보편적으로 에너지 소비가 증가할 것이라는 점에서는 다수의 연구가 일치된 결론을 내림
  - 국제에너지기구(IEA)는 데이터 센터, 디지털 네트워크 및 기타 ICT 관련 하드웨어가 전 세계 전기 소모량의 7%를 소모하는 것으로 추정하고 있으며, 이 수치는 2030년 13%까지 증가할 것으로 추정됨
  - 다른 연구(Enerdata)에 따르면 ICT 부문의 전기 소비량은 전 세계의 전기 소모량의 5~9%를 차지하는 것으로 추정되며 2030년까지 20%로 그 비중이 늘어날 것으로 예측됨
  - 2019년 전 세계 데이터 센터의 전기 수요는 약 200TWh이며, 이는 전 세계 전기 수요의 약 0.8%에 해당함. 같은 기간 데이터 전송 인프라는 1%로 추산됨

〈도식3〉 데이터 센터 유형별 에너지 수요(2010~2022년, 단위: TWh)



[자료원: IEA (2020)]

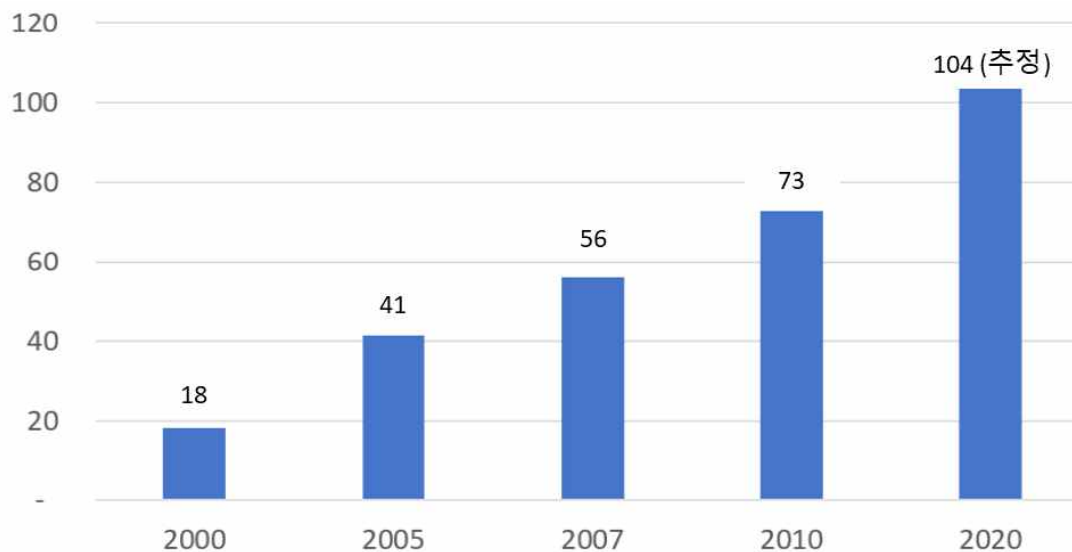
- IEA의 다른 연구에 따르면 2020년 이후 계산 부하량 7.5배 증가, 네트워크 트래픽이 12배 증가했음에도 불구하고 전 세계 데이터 센터의 전력 소모량은 많이 증가하지 않음
  - 데이터 센터 전력 소모량은 2030년까지 180% 증가한 366TWh로 예상됨
  - 반면 EU 내 데이터 센터의 전력 소모는 지난 20년간 꾸준히 증가함
- 한편 데이터 센터의 에너지 효율은 꾸준히 증가하고 있으며, 이는 에너지 효율이 높은 하이퍼스케일 데이터 센터로 대체되는 경우가 많아짐에 따른 것으로 보임
  - 하이퍼스케일 대용량 데이터 센터는 처리장치의 성능 효율과 유희상태 전력 관리 능력이 우수함
  - 2016~2019년 전 세계 하이퍼스케일 데이터 센터 투자는 130억에서 290억까지 증가했으며 글로벌 IT 기업의 투자에 따라 이 추세는 크게 달라지지 않을 전망이다
- 네트워크 인프라 자체의 에너지 효율 향상에도 불구하고 데이터 네트워크의 전력 소모는



꾸준히 증가하고 있음

- IEA 추정에 따르면 2019년 전력 소모량은 250TWh이며, 국제전기통신연합(ITU)은 2020년 전력 소모량을 276TWh로 추정함
- 데이터 네트워크의 전력 소모량은 전 세계 네트워크 보급 확대와 함께 꾸준히 증가할 전망이다

〈도식4〉 EU 데이터 센터 전력 소비량 (2010~2020년, 단위: TWh)



[자료원: JRC (2019)]

- 데이터 센터와 네트워크 내 AI의 전력 소비를 명확히 산정하는 방법론은 아직 존재하지 않으나, AI 기술 활용은 데이터 센터의 지능형 부하 분배 및 전력 관리에 긍정적인 것으로 보임
  - 데이터 센터 동적 부하 관리 능력은 약 25~30%의 에너지 절감 효과를 가져올 것으로 추정됨
  - 또한 개인용 기기 보급이 상대적으로 전력 소모가 많은 PC 사용을 줄이는 효과를 가져옴

- 2020년 EU 기준 PC 1,400만 대가 전력 효율이 높은 1,800만 대의 씬 클라이언트(thin client)로 교체됨에 따라 연간 45억 유로를 절감할 수 있을 것으로 추정됨
- 반면 AI 자체가 에너지 집약적 소프트웨어 애플리케이션에 근접하고 있다는 연구도 다수 발표되고 있어서 친환경적 관점에서는 다각적인 시각이 필요함

## AI 도입은 다량의 자원 소비를 요구함

- AI 도입은 반도체, 전기전자 제품, ICT용 부품과 같이 디지털 인프라 배치에 따른 자원 소모와 직결되며 특히 반도체 컴포넌트 생산은 높은 에너지 및 자원 집약도를 요구함
  - 금, 은, 구리, 인듐, 코발트, 팔라듐, 탄탈륨, 리튬, 알루미늄이 대표적인 소재로 모두 희귀 광물에 속함
  - 스마트폰과 태블릿은 대표적인 자원 집약적 제품으로, 중요 광물 자원 사용, 높은 보급 대수, 짧은 제품 수명 주기로 특징됨. 전 세계 코발트 사용량의 약 9.4%, 팔라듐 사용량의 8.9%는 디지털 기기 생산에 사용됨
- 데이터 센터의 경우 전력 소모는 ICT 하드웨어뿐 아니라 지원 시스템(예: 냉각 장비, 비상 전력 장치, 건물)의 역할도 중요함
  - 철, 알루미늄, 구리와 같은 보편적 건축 소재가 데이터 센터에 사용되며 대개 수십 년 이상의 기대수명을 보유함


## AI 소프트웨어가 직접적으로 환경에 미치는 영향

- 소프트웨어(제품) 자체가 환경 영향 평가 대상이 될 수 있음
  - 독일 환경부는 동일한 기능을 보유한 소프트웨어 코딩 방법에 따라 에너지 소비가 달라질 수 있음을 증명한 바 있음
  - 이러한 시도는 일련의 평가 기준을 제안하며 에너지 효율성, 하드웨어 자원 활용

효율성, 리소스 관리 기법 등을 두루 고려함

- 이를 위해 Blue Angel로 불리는 문서화 된 인증 체계 개발도 제안된 바 있음
- AI에도 동일한 철학을 적용할 수 있지만 이를 위해서는 보다 향상된 방법론 개발이 필요함

## 나. AI가 기후에 미치는 부정적 영향의 요인

 AI 시스템 자체에 영향을 주는 인과 요인은 다음과 같음

- AI 시스템이 기후·환경 목표에 긍정적으로 작용하는지를 판별하는 것은 시장의 역동성을 이해하는 것 이상으로 어렵기 때문에 시스템에 대한 전체론적인 시각과 이를 기반으로 한 규제 그리고 적절한 데이터세트 구축이 중요함
  - 가령 AI 기반 구매 추천 알고리즘은 개인 선호도에 최적화돼 있어서 소비 증가를 유도하지만, AI의 기능을 보완해 지속 가능성을 향상하는 것은 기존의 소비자군이 아닌 새로운 소비자 탐색 영역에 가깝기 때문에 결과적으로는 그 효과가 무효화 되기 쉬움
- AI가 가진 정보 수집, 최적화, 향상된 의사결정 능력은 친환경성 향상에 기여할 수 있지만 반대로 환경 문제를 악화시키는 방향으로 작용할 수 있음
  - 민간이 개발하는 대부분의 AI 솔루션들은 공공의 선에 반하기 쉬우며 민간 부분의 AI 시스템은 친환경성과 반대되는 결과로 이어지기 쉬움
  - 가령 오늘날 기계학습의 사용은 석유와 가스 증산에 기여하고 있으며, 빅테크 기업들이 개발한 상용 기계학습 도구는 정밀한 매장지 선정 및 최다 생산량 산정에 최적화돼 있음(예를 들어 아마존, 마이크로소프트, 구글이 개발한 AI은 셀, BP등의 정유회사에 판매됨)
- 많은 경우 AI 시스템이 가져오는 부정적인 효과는 시스템의 본위 적 의도보다는 사용자나 생산자 간 상호작용의 결과물에 가까움

- 가령 넷플릭스와 같은 스트리밍 서비스는 기존 매체(DVD)의 유통보다 에너지 효율이 높은 비즈니스 모델이지만, 사용자의 폭증과 이로 인한 데이터 센터 확장과 네트워크 사용량 증가로 인해 더 많은 에너지 소모로 귀결됨
- 효율적인 형태의 에너지 소비를 통해 설계된 제품은 오히려 소비자들로 하여금 에너지 소비에 대한 통제와 주도를 포기하는 효과를 가져 궁극적으로 더 많은 에너지 소비로 이어질 수 있음
- 또한 불충분하거나 편향된 데이터 입력은 AI 시스템의 의사결정에도 영향을 주어 친환경적이지 않은 관행이나 습관을 오히려 강화하는 효과를 가져옴

#### 이러한 부정적 영향을 최소화하는 방안은 다음과 같음

- 통상적인 규제가 AI의 부정적인 (외부) 효과를 통제하지 못하는 이유는 다음과 같은 3가지 요인으로 요약할 수 있음
  - AI 작동 메커니즘 자체가 블랙박스에 가까워 실제로 어떤 과정과 방법을 거쳐 작동하는지 이해하기 어렵다.
  - 지속적인 학습 능력으로 의사결정 프로세스와 결과가 달리질 수 있음
  - 편향된 결정 자체가 알고리즘의 편향성 때문인지, 인간 또는 학습을 통해 내재화한 것인지 판별할 수 없음
- 따라서 환경과 관련된 규제, 프로그램, 이니셔티브는 아래와 같은 기준을 통해 차별화되어야 함
  - 친환경 AI 관련 행위자에게 지속적인 장려책 및 시장 진출 기회를 제공해야 함(예: 독일 환경부의 AI 관련 사업과 EU의 녹색 공공 조달)
  - 예방적 접근을 통한 환경 규제(precautionary environmental law)가 AI의 친환경 부문과 관련된 불확실성을 해결할 수 있을 것으로 보이며 구속력 있는 환경 영향 평가 도구 개발 및 적용 그리고 이를 EU 차원의 규제 체계에 편입시킬 것을 제안함

- 데이터 관련 규정과 거버넌스의 체계적인 정비를 통한 환경 위험 감소, 높은 수준의 신뢰 구축 필요함
- 최근 EU가 제안한 데이터 거버넌스규제(Data Governance Regulation)가 가장 대표적임



## AI 관련 유럽 프로그램 및 국제협력

### 1 EU 프로그램 및 정책

유럽연합(EU) 차원에서는 EU인공지능법(Artificial Intelligence Act)<sup>2)</sup>을 도입해 AI 기술 도입에 따른 위험 요소를 식별, 규제하고자 함

- 높은 신뢰성, 윤리성에 기반한 시장 확립, 기본권과 안전을 보장하는 거버넌스 시스템과 사법 체계의 필요성을 강조함
  - 특히 AI 도입 금지 분야를 검토함
  - 기본권, 건강, 안전 등에 위협이 될 수 있는 AI 시스템에 대한 규제를 마련할 계획임
  - 데이터, 데이터 거버넌스, 투명성, 인간의 관리 감독 또는 보안과 관련된 규정을 통해 환경에 미치는 악영향을 최소화할 수 있을 것으로 기대되고 있음
- 그러나 인권에 간접적 영향을 미치는 경우에 대해서는 언급하지 않고 있다는 점에서 한계를 지님
  - AI 도입에 따른 환경 영향을 평가하고 통제할 수 있는 제도적 절차와 방법론 구축을 위한 추가 연구가 제안됨


EU 정책 전반에 걸쳐 AI와 유럽 그린딜의 실현은 높은 관련성을 지님

- 공동 유럽 그린딜 데이터 공간과 GreenData4AI 이니셔티브가 대표적인 관련 사업임
- 그 밖에 다음과 같은 EU 정규 사업은 2020년 이후 민관 투자 강화 및 AI 혁신,


2) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1623335154975&uri=CELEX%3A52021PC0206>

연구, 도입을 가속화할 것으로 전망됨

- 디지털 유럽 프로그램(Digital Europe Programme, DEP), 유럽연결계획(Connecting Europe Facility, CEF2), 호라이즌 유럽(Horizon Europe), 우주 프로그램(Space Programme)

 EU의 디지털 전략과 인공지능백서(White Paper on AI)<sup>3)</sup>는 지속 가능성, 기후 중립, 자원 효율형 경제를 핵심 목표로 명시하고 AI의 역할을 강조함

- ‘유럽 데이터 전략(European Data Strategy)’<sup>4)</sup>은 유럽 그린딜 구현을 위해 유럽 단일 데이터 공간 구축의 필요성을 강조하고 있으며 이를 유럽의 AI 솔루션 개발을 위한 선결 과제로 정의함
  - 유럽 공동 데이터 공간은 기후변화, 순환 경제, 제로 배출, 생물 다양성, 삼림 파괴 대응을 위해 반드시 필요함
  - GreenData4All 이니셔티브는 유럽의 환경 지역(geospatial) 데이터 인프라 사업의 일환으로 데이터 수집, 공유, 처리, 분석 플랫폼을 기반으로 환경 데이터에 대한 공공 접근성을 보장해 유럽의 녹색 및 디지털 전환을 지원함
  - 디지털 제품 여권은 제품 출처, 내구성, 구성, 재사용, 재활용, 분해, 최종 처리 가능성 등의 정보를 포함한 데이터셋을 제공함
  - 데스티네이션 어스(Destination Earth) 이니셔티브는 지구의 디지털 트윈을 구현하는 프로젝트로 인간, 자연, 기후 등의 정보를 시각화하며 모니터링 및 예측, 분석을 가능하게 함


 그 외에 운송, 에너지, 농업 부문에서도 다양한 노력을 추진 중임

3)


[https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/commission-white-paper-artificial-intelligence-feb2020\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/commission-white-paper-artificial-intelligence-feb2020_en.pdf)

4) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1593073685620&uri=CELEX%3A52020DC0066>

- 운송 부문: 철도 운송 데이터 상호 운용성 강화
- 에너지 부문: 스마트 빌딩, 에너지 효율, 재생에너지 지역 에너지 공급망 통합
- 농업 부문: 농업 디지털화 사업

 2020년 말 EU 집행위원회(EC)가 발표한 ‘데이터거버넌스법안(Data Governance Act)’<sup>5)</sup>은 공공 부문에서 데이터의 사용 및 유용성, 재사용에 있어 신뢰할 수 있는 환경을 구축하기 위한 체계를 마련할 예정임

- 유럽 데이터전략의 핵심 결과물로서 전략 분야(환경, 에너지, 농업, 모빌리티, 금융, 제조업, 공공 행정)에서 유럽 공동 데이터 공간 구축을 위한 근거를 마련하고 나아가 유럽 그린딜과 관련해서 앞서 언급한 분야의 기술 영역도 함께 다룰 전망임
- 유럽 디지털전략은 AI 도입에 따른 부정적 영향을 최소화하기 위해 2030년까지 기후 중립, 에너지 효율형, 지속 가능형 데이터 센터 구축을 주요 목표 중 하나로 언급하며 이를 위해 다음과 같은 내용을 제안함
  - 서버와 데이터 저장소 관련 친환경 디자인 규정 마련
  - 데이터 센터 관련 에너지 효율 강령 마련
  - 데이터 센터, 서버 룸, 클라우드 서비스용 EU 녹색 조달 평가 기준 마련
  - 에너지 효율 지침에 폐기물 재사용 관련 항목 추가

 EU 택소노미(EU Taxonomy)는 EU 내 지속 가능한 활동 분류 체계를 구축, 환경적으로 지속 가능한 프로젝트 및 경제 활동을 분류해 투자하고자 함

- 데이터 센터를 포함한 데이터 처리 관련 사항을 명시함
- EC는 데이터 센터의 효율성 및 기후 중립성을 포함한 전반적인 지속 가능성을

5) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52020PC0767>



평가할 수 있는 규정을 정비 중임

#### EU AI 혁신 관련 공공 및 민간 투자는 다른 국가 대비 저조한 실정임


- 2016년 기준 유럽의 투자 규모는 약 30~40억 달러로 추정되며, 이는 아시아(80~120억 달러), 북미(150~230억)에 비해 매우 저조한 수준임
- 이를 적극 보완하기 위해 2021~2027년 EU 재정프레임워크(Multiannual Financial Framework for 2021-2027)는 디지털 유럽 프로그램, 유럽연결계획, 호라이즌 유럽, 우주 계획 등으로 구체화할 계획임
  - 이 중 디지털 유럽 프로그램은 총 예산 76억 유로 중 AI에 25억 유로를 배정할 계획임
  - 그 외에 디지털전략을 기반으로 2020년 이후에는 연간 200억 유로를 투입할 계획임

#### 정책적 관점에서 우선순위 배정이 중요함

- 대개 AI 기반 연구는 경제적 효익이 크지 않으므로 적절한 정책 조율이 전제되지 않으면 녹색 전환 목표 우선순위에서 배제되기 쉬움
  - 따라서 EU 연구 프로그램 내 일정 수준의 AI 응용 연구 잠재력을 위한 자원 배분이 필수적임

## 2 국제 정책 및 프로그램

### 가. 정책 대화 및 파트너십

-  유엔(UN)과 국제전기통신연합(ITU)이 공동으로 2017년부터 글로벌 차원에서 AI for Good 이니셔티브를 추진해 지속 가능성 목표 실현을 위한 AI의 역할을 논의해 오고 있음

- 이에 따라 주요 국가에서 다양한 형태로 논의가 구체화되고 있음 (예: AI Commons 2021)
  - 그러나 환경 문제 해결을 위한 수단으로써의 AI의 역할은 코로나19로 인해 크게 주목받지 못하고 있는 실정임
- IT** 유엔환경계획은 유네스코(유엔교육과학문화기구, UNESCO) 및 스타트업 인사이드 (Startup Inside), 마이크로소프트와 공동으로 매월 AI 우수 도입 사례에 대한 온라인 세션을 진행 중임
- 기후변화, 자연, 생물 다양성, 폐기물, 오염, 모빌리티를 주요 주제로 다룸
- IT** 그 외에 국제기구가 주도하는 정책 커뮤니케이션 플랫폼이 추진 중임
- 예: UN on Artificial Intelligence (2018~2020년), ITU AI Repository (2021년), OECD AI Policy Observatory (2021년)
- IT** 민간 부문에서는 아마존, 구글, 페이스북, IBM, 마이크로소프트가 설립한 AI 파트너십이 대표적으로 AI 기술에 대한 이해, 우수 사례 공유, 사회적 수용과 인식 확대를 위한 역량 구축을 제안함
- 13개국 100개 이상의 기관이 참여하고 있으며 그중 절반 이상은 전문 협회, 대학교, 싱크 탱크를 포함한 비영리 조직임
  - 환경 관점에서 AI에 특화된 주제를 전문적으로 다루지는 못한다는 점에서 한계가 드러남
- IT** UN 사무총장의 주도로 추진된 디지털 협력 로드맵(Roadmap on Digital Cooperation, 2020년)은 환경 부문에서 AI과 디지털 기술의 확대 필요성을 언급함
- IT** 위성 이미지 데이터 수집을 통한 AI 개발을 목표로 한 Open UN GIS 이니셔티브

내 GEO-AI 워킹그룹 활동 등이 추진된 바 있음

- 다다수의 AI 관련 국제사업은 환경적 관점을 충분히 고려하고 있지 않기 때문에 EU 차원에서 보완하려는 노력이 필요함

## 나. 지속 가능한 개발을 위한 공동 거버넌스 이니셔티브

경제협력개발기구(OECD)는 회원국을 중심으로 정부 간 표준 개발을 추진 중임

- 2019년 6월 G20에서 채택한 ‘인공지능 원칙(G20 AI Principles)’<sup>6)</sup>은 OECD의 4대 권고안을 준용함
  - ①포용적 성장, 지속 가능한 개발, 웰빙 지향
  - ②인간 중심 가치와 공정성
  - ③투명성과 설명 가능성
  - ④견고성, 보안, 안정성
- 그러나 생태·환경적 관점에서 접근한 AI 개발 및 운용 지침이나 조항을 포함하고 있지 않다는 점에서 한계를 보임

UNESCO는 환경·지속 가능성 관점에서 AI 윤리를 보다 심도 있게 다루고 있으며 환경과 생태계 번영 등의 가치를 명시함

- AI 기술이 사회, 문화, 경제, 환경에 미치는 영향을 지속 평가할 것을 요구함
- 특히 탄소 발자국, 에너지 소비, 자원 효율 관점을 고려한 AI 기반 방법론의 개발을 제안함

6) <https://www.g20-insights.org/wp-content/uploads/2019/07/G20-Japan-AI-Principles.pdf>

# IV

## EU 회원국의 AI 전략과 우수 사례

**17** EU 차원에서는 2018년 최초로 ‘인공지능 합동계획(Coordinated Plan on AI)’을 발표함

- 이를 기초로 각 회원국은 개별적으로 국가 AI 전략을 수립하기로 합의했으며 세부적인 후속 작업은 EC의 AI 기술 개발과 사회·경제·공공서비스에 미치는 영향을 모니터링하는 지식 서비스인 AI Watch를 통해 추진 중임

**17** 회원국별 AI 전략 분석에 따르면 6개국만이 AI를 유럽 그린딜 목표와 연결 지어 고려하고 있음


- 회원국의 개별 R&D 전략은 아직 미흡한 수준으로 EU 차원에서 정책 조정과 추진력이 필요한 실정임

**17** 개별 회원국의 인공지능전략 개발, 추진 현황은 국가별로 상이함


- 27개 회원국 중 4개국(크로아티아, 그리스, 아일랜드, 루마니아)은 AI과 관련된 전략이 없음
- 8개국(오스트리아, 에스토니아, 라트비아, 사이프러스 체코, 룩셈부르크, 폴란드, 슬로바키아)은 AI 전략을 개발했으나 유럽 그린딜이나 환경 문제를 별도로 고려하지 않음
- 15개 국가(벨기에, 불가리아, 핀란드, 라트비아, 리투아니아, 몰타, 포르투갈, 슬로베니아, 스페인, 스웨덴 등)는 ▲에너지 효율 향상 및 에너지 관리 ▲지속 가능한 농업 ▲지속 가능형 운송 ▲스마트·지속 가능한 도시와 같은 환경 관련 우선순위를 언급함  
- 가장 많이 언급된 분야는 농업이며 대개 정밀 농업 기술 개발에 중점을 둠

- 스마트 그리드, 스마트 도시도 주된 관심사 중 하나임
- 아래 6개 국가는 더 구체적이고 포괄적인 전략을 제시함

## 가. 덴마크

 덴마크는 녹색 전환을 위한 AI 개발에 있어 선도국 입지를 확보하고자 아래와 같은 우선순위를 언급함

- 공공 부문: 집중 호우 시 홍수 예측, 배수 시스템 관리 향상을 통한 지능형 환경 모니터링 실현
- 기업, 연구 커뮤니티, 일반 시민이 접근 가능한 5개 공공 부문 데이터세트 구축: 개인 정보가 포함돼 있지 않은 운송, 환경, 기후 데이터 등
- 유럽우주국 회원국으로써 기상, 환경, 기후 데이터 수집 및 처리에 참여
- 에너지 및 유틸리티 부문: AI를 활용한 신제품 및 서비스, 비즈니스 모델을 개발하고, 다른 기업과 소비자로 하여금 에너지 소비를 최적화하여 생산-유통-처리 비용과 탄소 발자국 감소
- 농업 부문: 지속 가능한 농업 및 정밀 농업
- 교통 부문: 지능형 대중교통 시스템 구축, 개인 모빌리티를 포함한 교통 관리 최적화 솔루션 개발

 덴마크는 다수의 AI와 유럽 그린딜 관련 프로젝트를 추진 중임

- 당초 정부의 인공지능전략을 위한 예산은 24개 이니셔티브를 대상으로 920만 유로(2019~2027년)였으나 500만 유로로 축소됨

## 나. 헝가리

🏠 헝가리는 EU 회원국 가운데 국가 AI 전략에 환경 목표를 정량화한 유일한 국가로서 첨단 기술 개발과 환경 부문에의 AI 적용을 국가 AI 전략에 포함함

🏠 헝가리는 농업 부문에서 암모니아 배출을 2030년까지 32% 감소를 목표로 하며 재생에너지 생산량 중 70%를 스마트 기술을 통해 실현하고자 함

🏠 국가 전략에 다음과 같은 우선순위를 명시함


- 기후 주도형 농업: AI 도입으로 인한 농업 부문에서 발생하는 다양한 환경 영향 최소화
- AI 기반 예측형 축사 관리, 수자원, 대기 품질 개선 및 자원 효율 향상 솔루션 개발
- 농업 데이터 시스템 도입으로 농가를 위한 새로운 시스템 개발 및 효율성 강화
- 스마트 그리드와 에너지 생산량 예측 구현으로 기상에 대한 의존도가 높은 에너지의 정밀한 관리 가능
- 스마트 · 환경 인지형 생산, AI 기반 교통 관리, 도심 운송 네트워크 최적화, 경로 및 승객 최적화, 스마트 난방 공유, 데이터 기반 에너지 시장 모델 개발 등

## 다. 프랑스




🏠 프랑스는 스마트한 생태 전환을 위해 환경 부문에서의 AI 역량에 큰 비중을 둠

🏠 다음과 같은 AI 개발 우선순위를 지정함

- 운송 부문에서 무배출 도심지 모빌리티
- 농업 부문에서 농가를 위한 모니터링 도구 개발을 통해 농업 전체 가치 사슬에서의 스마트 농업 기초 마련

- AI 기술의 친환경성 강화
  - AI와 생태 전환 부문에 특화된 연구센터 설립
  - 스마트 그리드 도구 기반 환경 영향 측정 플랫폼 구현, 유럽 클라우드 전략에서 언급한 생태 전환 지원, AI의 에너지 소비 감소
  - 생태 데이터에 대한 무료 접근
-  프랑스는 2022년 말까지 AI 개발 부문에 15억 유로를 투입했으며, 이 중 7억 유로를 연구에 투입함
- AI 부문 정책에서 환경 연구만을 위한 세부 구분은 없음

## 라. 이탈리아

-  지속 가능한 개발 목표 구현을 위한 AI의 역할을 강조하고 있음
-  AI는 다음과 같은 부문에서 이탈리아의 지속 가능한 개발 목표에 기여할 수 있음
- 환경, 인프라, 네트워크: AI 솔루션을 통한 자원(예: 물, 전기, 천연가스) 사용 최적화, 오염물질 배출 감소(예: 지능형 네트워크 및 소모 감소), 순환 경제 강화(예: 폐기물 모니터링 및 예측형 관리), 자연재해 예측력 강화
  - 농업, 식품: 과잉 생산 방지, 정밀 농업, 식품 처리, 저장, 운송 최적화
  - 스마트 시티: 지능형 주차, 교통량, 교통 신호 통제, 교통 인프라 점등 관리 및 최적화
-  인증받은 공공 및 민간 조직이 사회적 환경 지속성을 촉진할 수 있도록 지원하는 시범 프로젝트로써 지속 가능성을 위한 신뢰(Trust for Sustainability)를 추진함

## 마. 네덜란드

- 📌 네덜란드는 농식품, 에너지 전환, 지속 가능성 부문에서 사회·경제적 기회를 최대한 활용하는 것을 목표로 함
  - 농식품 부문: 농업 자동화, 정밀 농업, 시스템 통합, 농업용 데이터 인프라 개발
    - 예를 들어 JointData 재단은 농식품 부문 안전하고 투명한 데이터 유통을 가능케 하는 스마트 낙농업 프로젝트에서 파생됨
  - 에너지 전환 부문: 다양한 재생에너지 활용을 위한 스마트 솔루션 구현, 건물의 에너지원 선택, 에너지 시스템에서의 전기차 역할, 전기 네트워크 오류 감지 등
  - 북해 풍력단지에서의 드론을 이용한 검사, 유지보수 로봇 등에도 AI 투입
  - 네덜란드 AI 전략에 따르면 정부의 AI 혁신 및 연구에 연간 약 4,500만 유로를 투입할 예정임

## 바. 독일

- 📌 독일은 국가 AI 전략에서 유럽 그린딜과 관련된 주제들을 가장 폭넓고 심도 있게 다루고 있으며 실제로 OECD의 AI 정책 데이터베이스 기준 환경 관련 AI 정책과 활동이 가장 적극적인 국가임
- 📌 AI이 환경에 미치는 영향 연구, 실증적 데이터 수집 및 AI의 이산화탄소 배출 저감 능력에 대한 체계적 분석에 큰 비중 둔다는 점이 특징임
  - AI·빅데이터 애플리케이션 랩(Application Lab for AI and Big Data)이 독일 정부에 의해 설립됨
    - 데이터 기반 지속 가능성 목표 달성을 추진할 예정이며, 이와 별개로 환경 데이터용 클라우드를 구축해 민간, 연구 커뮤니티, 시민 사회로 하여금 투명한 접근을 보장하고




지속 가능한 AI 애플리케이션을 개발할 계획임


- 독일 정부는 농업·재활용·순환 경제 부문에서 AI 관련 연구 프로젝트를 지원하고 있음
    - 농업용 디지털 테스트베드(testbed)\*를 구축해 디지털 및 AI 기술을 통해 동물 복지, 생물 다양성, 환경 최적화, 농업 효율성 향상 등을 최적화하고자 함
  - \* 테스트베드: 과학 이론, 계산 도구, 신기술에 대해 엄격하고 투명하고 재현 가능한 테스트를 수행하기 위한 플랫폼
  - 재활용·순환 경제용 애플리케이션 실험을 추진해 AI를 기반으로 한 재활용·친환경 제품 개발 촉진, 스마트 센서·추적 기술을 통한 회수 및 분류 품질 향상 등을 목표로 함
- AI 법규 구현 및 지속 가능성을 위해 제안된 '지속 가능한 AI' 개념을 실현할 수 있도록 관련 법규를 검토 중에 있음
  - 프랑스와 함께 특정 산업 부문(헬스케어, 환경, 로보틱스, 모빌리티)에 대한 AI 클러스터를 구축할 계획임
  - AI과 환경 관련 솔루션에 대한 독자적 자금조달 체계를 보유한 유일한 국가로서 기후와 환경이 AI 관련 사업 평가에 있어 중요한 판단 기준이 됨
    - 2019~2025년 20억 유로의 펀딩을 추진할 계획임
    - 현재 13개 프로젝트를 추진 중임
    - 50개 주력 애플리케이션을 구축함




### 가. 응용 연구 지원 강화

 2021~2027년 EU 장기 예산(Multiannual Financial Framework for 2021-2027)으로 추진되는 디지털 유럽 프로그램, 유럽 연결 프로젝트, 호라이즌 유럽, 우주 프로그램 등은 유럽의 디지털 역량 강화에 기여함

- 이 가운데 호라이즌 유럽은 AI 관련 거의 전 분야에서 추진하는 환경 목표 실행과 직접적인 연관이 있음
- 디지털 유럽 프로그램은 일반적인 전략에 치중되어 있으며 AI 도입에 대해 다소 불명확하기 때문에 관련 4개 프로그램의 펀딩 목표와 예산 배정에 대해 보다 더 정밀한 조율이 요구됨
  - 전략적 관점에서 적절한 조율 없이는 높은 수준의 지속 가능성 목표 기준을 가졌으나 경제적 효과가 작은 분야에 우선순위 배정에 실패할 가능성이 큼
  - AI 솔루션 기반 비즈니스 모델 창출이 불가능한 부문(예: 생물 다양성, 자연 보호, 환경 모니터링 등)에 관한 관심도 지속돼야 함

 개별 회원국별 여건과 역량 차이로 AI 솔루션의 직접 확보와 구현이 어려울 수 있음을 고려해 보편적으로 재현 가능한 AI 응용 기술을 개발해야 함

 환경 모니터링을 위한 AI 개발을 위해서는 연구원의 관련 역량 강화, 무결성 높은 데이터 관리와 확보, 관측 데이터에 대한 손쉬운 접근 체계 마련, 프로토타입 애플리케이션 개발 등이 보장돼야 함

## 나. 환경 영향 평가를 위한 방법론 개발 및 촉진, 구현

- 새로운 AI 애플리케이션이 가져오는 환경 영향(원자재 및 에너지 사용량 등) 외에도 이를 사용함으로써 야기되는 간접적인 영향도 평가해야 함
- 민간 부분에서 개발된 AI의 경우 지속 가능한 개발 원칙을 준수하기 위해 시스템에 대한 감사 및 인증 제도를 개발하고 환경, 사회, 인권 등에 미치는 영향을 여기에 포함할 것을 제안함

## 다. 동향 모니터링 및 지속 평가

- 체계적인 방식으로 유럽 그린딜 우선순위 영역에서 현재 AI 관련 활동이 미치는 환경과 사회, 법률, 윤리적 영향 평가를 위한 프로젝트와 이니셔티브를 적극적으로 지원해야 함
- 이러한 체계적인 평가 결과를 토대로 EU의 연구 프로그램을 조정해 구체적이고 정량화된 목표를 수립하고 추진할 수 있을 것으로 기대됨
  - 이와 관련해 목표를 구체적으로 수치화한 헝가리를 모범 사례로 들 수 있음
  - 현재 유럽 그린딜 목표와 관련 있는 AI 애플리케이션은 전력망, 비료 사용, 운송 등 알려진 부문에서 최적화를 기대하고 있으나, 산업 구조의 혁신은 이러한 변수로만 측정하지 못한다는 한계점이 있음
  - 따라서 과거 데이터를 기반으로 훈련된 기계학습 모델을 넘어선 정교한 방법론 개발도 함께 병행되어야 함
- AI 시스템이 국가와 이해 관계자마다 사용 정도가 다르기 때문에 사회 및 경제적 불평등을 심화시킬 수 있다는 점을 생각해야 함

- 가령 최첨단 농기계 대량 투입은 영세농 또는 노동집약형 환경에는 영향을 주지 못함

## 라. 디지털 시장에서의 전환 가속화

- 📌 AI 시스템 개발과 사용에 참여하는 민간 부문에 대한 인센티브 지원은 궁극적으로 공공 조달 영역과 연결돼 지속 가능한 공급망 관리로 확대할 수 있음
- 📌 규모의 경제나 기존 기술 지배력으로 인해 잠재력 높은 신규 기업의 진입이 어려울 수 있기 때문에 공공 부문에서는 특정 목적에 맞는 적절한 우선순위 개발이 필요함

## 마. 데이터 경제 및 데이터 가용성 확대

- 📌 환경 문제와 관련된 초국가적인 광범위한 공개 데이터와 접근 플랫폼의 보급이 절실함
- 공정하고 지속 가능한 개발 목표를 달성하기 위한 자원이자 글로벌 공공재로서 활용하기 위해서는 전 세계적인 합의가 필요함
- 유럽 데이터 전략의 일부로서의 GreenData4All 이니셔티브를 기반으로 한 공동 유럽 그린딜 데이터 공간 추진 제안이 대표적임

## 바. 회원국-EU 간 AI 전략 통합 조율

- 📌 AI와 관련해 EU 내 협력 강화를 위한 추가적인 노력이 필요함
- 유럽 그린딜과 관련해 AI를 국가 전략 차원에서 명시한 국가가 6개국에 불과하다는 점은 유럽과 개별 회원국의 정책 협력이 충분히 반영되지 못하고

있음을 보여줌

- 공동 유럽 그린딜 데이터 공간을 보다 적극적으로 활용, AI 개발을 위한 데이터 단편화 방지 및 관련성 높은 데이터 확보를 촉진해야 함

## 사. EU 가치에 기반한 AI 의제 제안

- 📌 AI 관련 대부분의 글로벌 이니셔티브는 환경 문제 자체에 관심을 두기보다 환경 위험 분석, 논의, 정책 개발에 집중되어 있기 때문에 EU 차원의 노력은 이러한 격차를 해소할 수 있음
- 유엔환경계획의 AI for the Planet 이니셔티브 혹은 CODES(Coalition for Digital Environmental Sustainability)에 참여하거나 자체적인 이니셔티브를 추진하는 것이 대표적인 방안임
- 개발도상국이나 신흥 국가로 하여금 AI 개발이 가진 잠재력에 더 폭넓게 접근할 수 있도록 데이터 접근성, 제한된 기술 베이스, 비즈니스 모델 미비, 규제 미비 등의 문제를 해결할 것을 권장함



## 유럽 그린딜에서의 인공지능 역할

발 행 일 | 2022년 6월

작 성 자 | 유럽 벨기에 거점 강주석 소장 (kangjs@kiat.or.kr)

문 의 처 | KIAT 국제협력기획팀 (jskim11@kiat.or.kr)

- 
- ※ 본 자료에 수록된 내용은 한국산업기술진흥원의 공식적인 견해가 아님을 밝힙니다.
  - ※ 본 내용은 무단 전재할 수 없으며, 인용할 경우, 반드시 원문출처를 명시하여야 합니다.
  - ※ 본 자료는 GT온라인 홈페이지([www.gtonline.or.kr](http://www.gtonline.or.kr))를 통해서도 보실 수 있습니다.



KIAT(한국산업기술진흥원)  
미국 워싱턴 D.C. 거점  
김은정 소장



KIAT  
유럽 벨기에 거점  
강주석 소장



KIAT  
베트남 하노이 거점  
임병혁 소장



KEIT(한국산업기술평가관리원)  
미국 실리콘밸리 거점  
박성환 소장



KEIT  
유럽 독일 거점  
박효준 소장



KORIL(한국이스라엘산업연구개발재단)  
유럽 이스라엘 거점  
최정인 소장