

에너지 혁신을 위한 AI, 도전과 과제¹⁾

- ⇒ 에너지 부문 인공지능(AI) 기술 활용이 확대되고 있지만, 여러 도전과제 동반
 - 최근 AI 기술의 발전으로 에너지 생산, 관리, 소비의 최적화를 위해 AI 기술을 활용하는 사례 증가
 - AI 기술의 통합은 에너지 효율성을 증대시키고, 재생 가능 에너지의 활용을 극대화하며, 전체적인 에너지 시스템의 안정성과 지속가능성을 향상
 - 그러나 AI 기술의 에너지 부문 통합은 기술적, 경제적, 사회적, 윤리적 차원에서 복잡한 도전과제 동반
 - 이러한 도전과제들은 사이버 보안 취약성, 데이터 품질 및 관리 문제, 기술적 성능 한계, 에너지 소비 증가, 높은 통합 비용, 자동화로 인한 일자리 감소, 자격을 갖춘 전문가 부족, 윤리 및 잠재적 오남용 문제 등 포함
- ⇒ 에너지 부문의 AI의 잠재력 실현을 위해 도전과제에 대한 분석과 대안 마련 요구
 - AI 기술 활용의 효율성과 잠재력에 관한 논의도 분명 중요한 분야이지만, AI 활용이 에너지 부문에서 초래할 수 있는 다양한 문제점들에 대한 심도 있는 분석과 이해는 상대적으로 부족한 상황
 - 데이터 프라이버시, 시스템 안정성, AI 의존도 증가에 따른 취약성 등 에너지 부문 AI 적용 시 반드시 고려해야 할 주요 이슈들에 대한 충분한 조명 요구
 - 에너지 부문 AI 기술의 성공적 활용을 위해서는 잠재적 문제점들을 보다 깊이 있게 분석하고, 이에 대한 효과적인 대응 전략을 수립하는 것이 필수
 - 기술적 해결책을 넘어, 규제 및 정책 차원에서의 종합적 접근 요구
 - 정부는 물론 산업계, 학계, 시민사회 등 다양한 이해관계자들이 협력하여 에너지 부문 AI 기술 활용에 따른 위험 요인을 선제적으로 식별하고 관리할 수 있는 거버넌스 체계 구축 필요
 - 본고에서는 에너지 부문 AI 기술 활용의 주요 문제점들을 심층적으로 진단하고, 이에 대한 실효성 있는 대응방안 모색
 - 기술적, 경제적, 기업 운영 및 전략적, 노동 및 사회적 측면에서 AI 기술 활용이 야기할 수 있는 다양한 도전과제들을 살펴보고 대안을 함께 검토

1) 에너지경제연구원 미래에너지연구실 박찬국 연구위원(green@keei.re.kr)

1 에너지 부문 AI 활용 시 우려 사항

가. 기술적 문제

1) 사이버 보안 및 시스템 취약성

- 에너지 부문에서 AI 적용이 확대됨에 따라 사이버 보안 위험이 증가하고, 에너지 인프라를 겨냥한 공격의 기회도 더욱 늘어날 전망
 - 스마트 그리드, AI 기반 에너지 관리 시스템 등 첨단 기술이 적용된 에너지 인프라가 해커들에게 매력적인 공격 대상으로 부상 가능
 - 에너지 시스템이 다양한 네트워크에 연결되어 있어 보안 관리의 복잡성이 증가하므로, 이에 대한 적절한 사이버 보안 대책 마련이 시급한 과제
 - 에너지 시스템의 디지털화와 상호 연결성이 확대되면서, 일부 취약점이 전체 시스템으로 급속히 전파될 수 있는 위험성도 간과 우려
- AI 기술의 활용 증가로 인해 에너지 시스템의 보안을 위협하는 새로운 형태의 적대적 공격 가능성에 대한 우려도 제기
 - 에너지 수요 예측 시스템을 대상으로 한 데이터 조작 공격이 발생할 경우, 예측 결과가 왜곡되어 에너지 공급의 안정성을 크게 저해
 - AI 시스템의 트레이닝 데이터를 조작하는 방식으로 공격이 이루어질 경우, 시스템의 예측 능력이 손상되고 이는 전반적인 에너지 공급에 부정적인 영향
 - AI 기술을 악용한 지능형 지속 위협(Advanced Persistent Threat) 공격과 같이 고도로 진화된 사이버 공격 기법이 등장할 가능성 존재

2) 에너지 부문 AI 기술의 활용 확대로 개인정보 노출 위험 동반 증가

- AI 기술이 사용자의 에너지 사용 패턴, 선호도, 행동 양식 등을 심층적으로 학습하고 예측하는 데 활용되면서 개인 프라이버시 침해 우려
 - 에너지 사용 데이터를 면밀히 분석할 경우 개인의 생활 패턴, 가족 구성, 경제적 지위 등 민감한 정보가 노출될 위험 상존
- 해커들은 시스템 취약점을 악용하여 여러 수법으로 개인 데이터 접근 시도
 - 이는 개인의 프라이버시를 직접적으로 위협할 뿐만 아니라, 에너지 시스템 전반의 안전성과 신뢰성 훼손
 - 랜섬웨어 공격 등 사이버 공격이 발생할 경우, 개인 데이터의 안전성이 크게 저하되고 대규모 프라이버시 침해 사태로 연계 가능



3) 데이터 품질, 데이터 이용가능성 및 일관성 문제

- 데이터 품질은 AI 시스템 성능과 신뢰도에 직접적인 영향을 미치는 핵심 요소
 - 데이터의 왜곡, 불완전성, 편향성 등의 문제는 에너지 시스템의 정확한 분석과 예측 방해
 - AI 시스템이 왜곡되거나 편향된 데이터를 기반으로 의사결정을 내릴 경우, 그 결과 역시 왜곡되거나 편향될 위험 존재
 - 과거 에너지 소비 데이터가 특정 지역이나 계층에 치우친 경우, AI 기반 전력 공급 계획이 불공평한 결과 초래 가능
- 에너지 분야 AI 응용 프로그램의 신뢰성과 효율성 저하 우려
 - 스마트 그리드 시스템에 비정상적이거나 거짓 데이터가 입력될 경우, 에너지 공급 결정에 부정적 영향을 미쳐 전력망 안정성에 위협
 - AI 시스템이 훈련된 데이터와 실제 데이터 간 차이로 인해 정확도 감소 가능
 - 실시간 에너지 수요 예측 모델이 과거 데이터에만 의존할 경우, 급변하는 시장 상황이나 기후 조건을 반영하지 못해 부정확한 예측 가능
- AI 시스템의 설명 가능성 부족으로 인한 데이터 품질 문제 대응 곤란
 - 설명 가능성이 부족한 시스템은 데이터 오류, 왜곡, 편향성 등의 문제점 발견과 해결에 어려움 초래
 - 현재 기술은 주로 AI 전문가에 초점을 맞추고 있어, 에너지 시스템 전문가의 사용성과 이해도 측면에서 한계 존재
 - 설명 가능성 부재로 인해 AI 모델의 신뢰성과 투명성에 대한 우려 증가
- 데이터 이용가능성 및 일관성 문제는 AI 모델의 효과성과 정확도에 큰 영향
 - AI 모델은 대량의 훈련 데이터에 의존하는데, 이 데이터가 충분하지 않거나 일관성이 없는 경우 모델 성능 저하 가능
 - 에너지 시스템의 복잡한 상호작용과 높은 차원의 데이터는 데이터 관리와 분석을 더욱 어렵게 만드는 상황
 - 이러한 복잡성은 AI 알고리즘의 효율적인 훈련과 장애 모델링에 추가적인 어려움 초래
- 데이터 부족 및 불일치로 인한 에너지 수요 예측 모델 정확도 저하 우려
 - 에너지 수요 예측 모델은 정확한 예측을 위해 대규모 과거 데이터가 필요하나, 데이터 불충분 시 예측 정확도가 크게 저하

- 최근 기후 변화와 새로운 에너지 사용 패턴으로 인해 과거 데이터가 현재 상황을 반영하지 못하는 문제 발생 가능
- 에너지 시스템 고장 진단 모델의 효율적인 훈련을 위해서는 대량의 라벨이 지정된 고장 데이터가 필요하나, 데이터 부족으로 인해 훈련 과정의 비용과 시간 측면에서 비효율성 우려
- 전력망 고장 예측 모델 개발 시, 고장 사례 발생 빈도가 낮아 충분한 고장 데이터 확보가 어려워 모델이 실제 고장 상황에서 정확하게 반응하지 못할 가능성 존재
- 전력시스템 과도 안정성* 분석 관련 상태 변수 데이터 부족도 AI 응용 프로그램의 정확도와 효과성에 제약

* 갑작스러운 고장, 사고 등이 발생하여도 전력시스템이 정상 상태로 회복하는 능력

4) 기술적 성능 한계

- 기존 에너지 인프라와 AI 통합의 어려움
 - AI와 기존 에너지 시스템 간 호환성, 복잡성, 효율성 문제가 주요 고려사항
 - 전통적 전력망 설계는 단방향 통신 중심으로 AI 통합에 장애물로 작용
- 분산형 에너지 시스템 증가에 따른 복잡성 증대
 - 분산형 발전기 간 상호작용으로 인한 조정·관리 복잡성 증가
 - 데이터 흐름과 네트워크 연결성 문제로 에너지 공급 의사결정·운영 방해 우려
- 재생에너지 변동성, 기존 인프라 호환성, 데이터 관리·보안, 수요 반응 관리 등 다양한 복잡성 내재
 - 복잡성 증가로 AI 필요성은 높아지나 충분한 성능을 확보하지 못할 경우, 불안정성 야기
- AI 신뢰성과 정확성 확보 문제
 - 투명성·해석가능성 부족, 실시간 신뢰성 검증·자체인증 부재 등으로 신뢰성 저하 우려
 - 정보 통합·활용 문제 및 병렬 알고리즘 부재로 인한 진단 정확도·효율성 저하
 - 데이터 기반 방법론 신뢰성 의문, 센서 정확도 저하 등으로 모델 성능 의심



나. 경제적 문제

1) AI 시스템의 고도의 컴퓨팅 파워 요구로 인한 경제적·자원적 과제 수반

- AI 시스템의 높은 에너지 소비로 인한 환경적 영향 및 에너지 비용 증가
 - AI 알고리즘의 잠재적 부정확성으로 에너지 낭비 및 환경적 부작용 증가 가능
 - 국제에너지기구(IEA)에 따르면, 전 세계 데이터센터 전력소비량은 AI 활용 증대 등으로 인해 2022년 460TWh에서 2026년 약 1,000TWh로 2배 이상 확대 가능²⁾
- AI 에너지 소비 규제 미비 및 대형언어모델(Large Language Model, LLM) 대중화로 인해 실제 AI 비용 증가 가능
 - 칩, 냉각 시스템, 데이터 센터 설계 등 다양한 요소로 인해 현 AI 에너지 사용량 추정치는 불확실
 - AI 시스템의 에너지 소비량은 모델, 아키텍처, 교육 프로세스에 따라 크게 변동 전망

2) AI 시스템 구축 시 높은 보급 비용 및 경제적 압박 발생

- 인프라, 데이터 관리, 사이버보안 조치 등에 상당한 투자 필요
 - AI 알고리즘 사용 시 센서, 네트워크 구축으로 재정 및 운영적 위험 증가
 - 특히 팬데믹, 환경 위기 등 글로벌 위기 상황에서 AI 기술 적용의 경제적 압박 증가
- 기업의 재정적 자원 부족도 AI 시스템 구축의 주요 도전과제이며, 특히 소규모 기업의 경우 재정 부족 및 지원 시스템 부재가 AI 기술 적용을 억제
 - 재정적 지원 부족은 AI 기술 적용을 위한 기반 시설 및 기술 개발 자금을 제한

다. 기업 운영 및 전략적 문제

1) AI 기반의 운영 효율성 및 전략적 관리 측면

- 자율 시스템의 주요 목표는 인간 개입 감소 및 시스템 전반의 위험성 감소인데, 자율 로봇 운영을 위한 자원과 도구 부족 시 시스템 운영 비효율성 증가
 - 로봇 시스템 구축은 운영 부담 가중 위험 내포, 자율 시스템의 강건성과 신뢰성 확보가 위험 감소의 핵심
- AI 기술에 대한 과도한 기대와 홍보로 인한 실망과 추가 투자 저해 가능
 - AI 기술 기대치와 실제 성능 간 괴리 진단 및 효과적 전략·운영 계획 필요
 - AI 기술의 효과적 통합을 위해서는 기술적 준비와 더불어 적절한 기대치 설정과 실제 성능에 대한 현실적 평가 필요

2) IEA(2024), Electricity 2024: Analysis and forecast to 2026.

2) 혁신 수용과 포괄적인 리스크 관리 측면

- AI 및 관련 기술 채택에 있어 표준화 부재, 보안 문제, 낮은 신뢰도 등의 장애물 존재
 - 표준화 부족은 시스템 간 호환성 문제 야기, 보안 문제는 데이터 노출이나 사이버 공격 우려 증가, 낮은 신뢰도는 AI 기술의 효과적 적용에 장애요인
- 에너지 시스템의 분산화와 디지털화로 에너지 공급·수요 변동성 증가, 에너지 생산 및 가격 예측 복잡해지는 상황
 - 기존 발전소, 배터리, IoT, 빅데이터, AI, 블록체인, 전기차량 등의 상호작용으로 관리·운영 어려움 초래

라. 노동 및 사회적 문제

1) 에너지 부문의 AI 발전으로 인한 자동화는 일자리 감소와 노동 시장 변화 초래

- AI의 빠른 발전으로 제조업, 고객 서비스 산업 등 다양한 분야에서 근로자 대체 예상
 - 에너지 부문에서도 AI 기반 모니터링 시스템 등으로 인력 대체 및 일자리 감소 가능, 인간 업무의 자동화로 실업과 경제적 불안정 초래 가능성 존재
- 로봇 플랫폼 사용 등으로 기존 노동력의 역할 변화 요구
 - 새로운 기술과 역량 필요성 야기, 일부 근로자들의 적응 어려움 및 사회경제적 불평등 심화

2) 에너지 부문의 AI 활용, 전문 지식을 갖춘 숙련 인력 부족

- 에너지와 AI 영역 모두에 걸친 깊은 이해와 전문성이 요구되나 전문가 부족
 - 신재생에너지 기반 발전량 예측 및 관리에 AI 활용 시 기술적 노하우와 에너지 시스템 이해 필수
 - 전문성 부족 시 AI 시스템 설계와 구현이 적절히 이루어지지 않을 우려 존재
- 에너지 부문 AI 기술 활용을 위한 실용적 경험 부족
 - 에너지 소비 패턴 분석 및 최적화 과정에서 현장 경험 풍부한 전문가 부족 시 위험 존재
- 에너지 시스템 특성과 요구사항에 대한 이해 부족 시 AI 솔루션 개발 및 배포가 현실적 필요와 불일치할 가능성 농후
 - 데이터 관리 및 분석, 시스템 통합, 운영 효율성 측면에서 부정확하거나 비효율적 결과 초래



3) 윤리 및 잠재적 오남용 가능성

- AI 알고리즘 사용 의사결정 과정에서 사회적, 경제적, 환경적 영향에 대한 고려가 부족할 가능성 존재
 - 알고리즘이 특정 데이터나 가정에 치우칠 경우, 편향된 결과 도출 우려
- AI 알고리즘의 편견 및 차별 취약성으로 인한 불공정한 의사결정 가능
 - 특정 지역이나 소수 집단에 대한 불공정한 에너지 공급 결정 가능성 존재

4) 중요 기능 및 예측에서의 과도한 AI 의존

- 스마트그리드 핵심 기능에서 데이터 기반 운영에 대한 과도한 의존성 증가
 - 실시간 데이터 과다 의존 시 예상치 못한 상황이나 데이터 오류에 취약
- AI의 과도한 의존으로 에너지 부문 혁신과 발전에 필요한 인사이트와 인간 직관 간과 가능
 - AI가 모든 상황에 대한 해답 제공 불가, 인간 전문가의 경험, 지식, 직관 필수
 - 단편적 접근으로 시스템 전체의 유연성과 적응력 저해 우려

2 에너지 부문 AI의 효과적 활용을 위한 과제

가. 기술적 문제 대응

1) 사이버 보안 취약성 대응

- 데이터 보안 강화 필요
 - 데이터 전송 및 저장 시 암호화 사용, 민감한 데이터 접근 제어 강화
 - IoT, 모바일, 스마트 장치의 에너지 효율성, 확장성, 보안 도전 해결 필요
- 정기적인 시스템 보안 감사 및 위험 평가로 취약점 식별 및 개선
 - AI의 효과적 활용과 위험 완화를 위한 포괄적 이해 중요
- 사용자 대상 보안 위험 및 대응 방법 교육, 인식 제고 필요
 - AI 기술 도입 관련 보안 위험 인식 제고의 중요성 강조
- 중요 데이터 정기 백업 및 재해 발생 시 복구 계획 마련
 - 에너지 확보 계획에 에너지 비상사태 대처 절차 및 전략 포함
- 관련 법률 및 규제 준수, AI 시스템 보안 및 프라이버시 정책 지속 갱신
 - 책임 있는 발전을 위한 적절한 법적 수단 필요

2) 개인정보 보호

- 사용자에게 데이터 수집 및 사용 방법을 명확히 제공하고 명시적 동의 획득
 - 투명성, 동의, 사용자 권한 부여 원칙 등을 에너지 부문 AI에 적용
- 필요한 최소한의 데이터만 수집 및 사용하여 프라이버시 침해 가능성 최소화
 - IoT 장치에서 고유 서명 사용으로 불필요한 데이터 수집 감소
- 데이터 보호 법규 준수로 사용자 개인정보 보호
 - AI 기술 사용 증가에 따라 법적 기준 준수의 중요성 더욱 부각
- AI 모델 설계 시 윤리적 고려사항을 포함하여 프라이버시 침해 가능성 최소화
 - 데이터 프라이버시 보존 및 효과적인 협업 모델 생성
 - 블록체인의 개인정보 보호 데이터 마이닝 및 AI/블록체인 설계 탐색

3) 데이터 품질 관리 및 가용성 확대

- 데이터 품질 관리를 위한 다양한 접근 방식 제시
 - 데이터 수집, 정제, 전처리 과정에서 오류 제거 및 누락 데이터 처리로 정확성 제고
- 데이터 부족 문제 해결을 위한 고급 데이터 수집 기술 활용 및 합성 데이터 생성
 - 합성 데이터로 다양한 시나리오 및 장애 이해 향상
- 데이터 공유 파트너십 구축 및 데이터 보안과 공유 간 조화로운 공존 탐색
 - 다양한 소스에서 데이터 획득 및 폐쇄성 극복
 - 익명화, 암호화, 접근 제어 등으로 안전성 보장 및 공유 촉진

4) 기술적 성능 한계 극복

- 기존 에너지 시스템에 효과적으로 AI를 통합하기 위한 표준화와 상호운용성 확보
 - 표준화된 프로토콜과 인터페이스 개발 및 도입으로 상호운용성 보장
- AI 모델의 성능과 투명성 균형을 위한 설명 가능한 AI 기술 적용
 - 모델 결정 과정 이해 및 신뢰성 제고, 사용자의 AI 시스템 출력 해석 및 조정 가능성 확보
- 지능형 결정 지원 시스템 개선으로 불확실성 문제 해결
 - 예측 모델링, 위험 평가, 시나리오 분석 등 통합하여 의사결정 과정 정확성 및 신뢰성 제고
 - 다중모델 결정 지원 시스템 및 플랫폼 개발



- 고급 데이터 분석 및 실시간 모니터링 시스템 개발
 - 실시간 데이터 분석과 모니터링으로 시스템 신뢰성 및 예측 모델 정확성 개선
- 센서 기술 정확도와 유지 관리를 개선하여 데이터 품질 및 모델 성능 향상
 - 재생에너지 부문에서 고장 탐지 및 진단의 정확성 제고
- 분산형 에너지 자원 간 상호작용 관리를 위한 통합 정보 시스템 개발
 - 다양한 데이터 소스 통합 및 복잡한 상황에서 효과적 알고리즘 적용
- 자율 시스템의 투명성 및 자체 인증 강화로 사용자 신뢰 구축
 - AI 모델 설계, 학습 데이터, 알고리즘 결정 기준 명확화
 - AI 시스템 결과에 대한 감사 및 검증 프로세스 구축으로 오류 및 편향 식별·수정

나. 경제적 문제 대응

1) 높은 에너지소비 문제 해결

- 에너지 효율적인 알고리즘 개발 및 클라우드 컴퓨팅 활용 필요
 - 계산 복잡성 감소, 에너지 소비 최소화 및 성능 유지 알고리즘 개발
 - 클라우드 및 에지 컴퓨팅으로 대규모 데이터 처리 및 실시간 처리 효율성 제고
- AI 시스템 에너지 소비 감축을 위한 재생에너지 통합
 - 태양광, 풍력 등 재생에너지 활용으로 AI 시스템의 지속가능성 증진
 - 에너지 비용 최소화, 재생에너지 활용 및 서비스 품질 보장을 위한 데이터 센터 운영
- AI 모델 에너지 사용량 공개를 위한 표준 마련 및 기업 참여 독려
 - 정부 및 기관 주도 AI 에너지 사용 표준 마련으로 다양한 AI 모델 비교
 - 대형 AI 기업들의 적극적 표준 수용 및 에너지 사용량, 탄소 배출 정보 공개 유도

2) 중소기업의 AI 통합 및 활용 지원

- 대학 및 연구 기관과의 협력을 통한 AI 기술 접근성 제고 및 개발 비용 분담
 - 유사 목표 기업 간 컨소시엄 형성으로 AI 기술 공동 개발 및 비용 공유
 - 정부 지원 인큐베이터 및 액셀러레이터를 통해 소규모 기업 및 신생 기업의 연구실 접근 지원
- 클라우드 기반 AI 서비스 활용으로 초기 투자 비용 절감
 - 사용량에 따른 가변적 비용 모델로 비용 부담을 완화하면서도 기업정보 노출 및 보안 문제를 해결하는 것이 중요

다. 기업 운영 및 전략적 문제 대응

1) AI 기반 운영 효율성 제고 및 전략 경영

- 자율 시스템 운영 효율성 극대화를 위한 통합 플랫폼 필요
 - 다양한 환경 및 조건에서 자율 시스템 성능 모니터링 및 조정 기능 포함
 - 장애 예측 및 예방 유지보수, 실시간 데이터 분석 등으로 신뢰성 제고
- 에너지 시스템 복잡성 관리 및 운영 효율성 향상을 위한 실시간 데이터 분석 및 의사결정 지원 시스템 개발
 - 예측 분석, 기계 학습, 최적화 알고리즘을 활용하여 운영 효율성 개선
- AI에 대한 과대 기대 관리 및 실제 성능 괴리 축소를 위한 인식 개선
 - 기술에 대한 현실적 이해 증진, AI 한계 및 장점 인식
 - 성공 사례 공유로 기대치 조정 및 실질적 이점 인식 제고
- AI 기술 도입 관련 불확실성 및 변화 대응을 위한 유연한 전략 계획 및 조정 메커니즘 마련
 - 시장 변화, 기술 발전, 운영 데이터 분석 기반 전략 주기적 재검토 및 조정
 - 다양한 시나리오 대비 계획 수립으로 변화하는 환경에 탄력적 대응

2) 혁신 수용성 제고 및 통합 리스크 관리

- 지속적인 교육 및 혁신 문화 촉진으로 AI 기술 이해 및 활용 능력 향상
 - AI 기술 원리, 적용 사례, 구체적 사용 방법 등 이론 및 실용 기술 훈련 포함
 - AI와 디지털 기술 통합 활용 장려, 업무 효율성 및 성과 향상 방안 제시
- 포괄적인 리스크 관리 시스템 구축으로 다양한 리스크 식별 및 평가
 - 기술적, 운영적, 전략적 리스크 및 AI 도입 관련 리스크 식별과 영향 평가
 - 예방, 완화, 전환, 수용 등 다양한 대응 전략 수립 및 정기 검토·조정
- 분석 도구 및 모니터링 시스템 통합으로 리스크 조기 식별 및 신속 대응
 - 실시간 데이터 분석, 예측 모델링, 시나리오 분석 등 활용
 - AI 및 빅데이터 분석으로 리스크 관리 프로세스 자동화 및 최적화
- 설명가능한 AI 기술 개발 및 통합으로 AI 수용성 및 리스크 대응 강화
 - AI 모델 내부 메커니즘 및 예측·결정 과정 설명으로 투명성 및 신뢰성 제고
 - 사용자 중심 접근으로 비전문가도 이해 가능한 직관적 설명 제공



- 설명 가능한 AI 시스템 효과적 사용을 위한 전문가, 개발자, 사용자 대상 교육 및 훈련 제공
 - AI 기술 기본 원리 및 설명가능한 AI 정보 해석·활용 방법 교육
 - AI 결정에 의문 제기 및 필요시 이의 제기 능력 함양

라. 노동 및 사회적 문제 대응

1) 재교육 및 재취업 프로그램을 통한 직무 변화 적응 지원

- 자율 시스템 운영 효율성 극대화를 위한 통합 플랫폼 필요
 - AI 및 자동화 영향이 클 것으로 예상되는 직업군 및 종사자 식별
 - AI, 데이터 분석 등 기술 중심 교육 프로그램 개발 및 다양한 교육 방식 활용
- AI-인간 협업 모델 구축으로 생산성 및 혁신성 제고
 - AI와 인간의 역할을 명확히 구분하여 각자의 강점 활용
 - 사용자 친화적 인터페이스, 커뮤니케이션 도구 등으로 효과적 협업 지원
- 정부 및 규제 기관의 정책 및 규제 개선으로 기술 변화 대응
 - AI 및 자동화 기술의 산업 및 직업 영향 지속 모니터링 및 분석
 - 교육 시스템 현대화 및 직업 훈련 프로그램 제공으로 기술 역량 강화
- 규제 샌드박스, 공공-민간 파트너십 등 유연한 접근으로 기술 혁신 촉진 및 영향 관리
 - 새로운 기술 실제 적용 실험 및 사회 영향 모니터링으로 기술 혁신과 사회적 안정성 균형

2) 에너지 부문 AI 활용 전문가 양성

- 전문 교육 및 훈련 프로그램 개발로 이론과 실습 경험 제공
 - 에너지 시스템, 지속 가능 에너지, AI 및 빅데이터 기초 등 종합적 교육 과정 개발
 - 다양한 교육 방식 통합 및 현업 전문가 대상 최신 기술 응용 교육
- 산업체와 학계 협력 강화로 실제 산업 문제 해결 프로젝트 참여 기회 제공
 - 에너지 효율성, 지속 가능 에너지, AI 데이터 분석 등 다양한 주제 포함
 - 인턴십 및 취업 연계 프로그램으로 학교 지식 실제 업무 적용 기회 제공
- 기존 에너지 부문 종사자 대상 재교육 및 경력 개발 지원
 - AI 관련 새로운 기술 이해·사용을 위한 온·오프라인 재교육 프로그램 제공
 - AI 활용 업무 수행 능력 향상을 위한 경력 개발 프로그램 마련

3) AI 윤리 확립 및 오남용 방지

- 투명성, 공정성, 책임성 중심의 윤리적 지침 및 규정 마련
 - AI 의사결정 보조 또는 대체 시 발생 가능한 윤리적 문제 예방
 - 데이터 출처, 처리 방법, 사용 목적 명확화 및 결과 해석 가능성 보장으로 사용자 신뢰 확보
 - AI 기술 발전에 따른 윤리적 지침 및 규정의 지속적 평가 및 개선
- AI 알고리즘 설계, 개발, 배포, 사용 전반에 걸친 규정 적용 및 위반 시 제재
 - 에너지 회사 및 관련 기관의 AI 시스템 사용 관련 윤리적 기준 준수 감독 및 감사 실시
 - 실제 사례 연구 및 교육 프로그램 개발로 AI 개발자, 사용자 등의 이해 촉진
- AI 의사결정 투명성 제고 및 모델 설계 시 윤리적 고려사항 반영
 - 공공 이익에 영향을 미치는 AI 의사결정 과정의 투명성 강화
 - 데이터 기반 및 결정 과정 명확한 설명으로 사용자 신뢰 및 조정 가능성 확보
- 해석 가능한 AI 모델 개발로 의사결정 근거 데이터 및 알고리즘 작동 방식 사용자 이해 도모
 - 최종 결정뿐만 아니라 논리적 과정 제공으로 투명성 강화
 - 에너지 공급 결정 시 지역 및 소비자 그룹 간 불공정 차별 방지 등 윤리적 고려사항 모델 통합

4) AI에 대한 과다 의존 방지

- 인간과 AI 협력하는 하이브리드 의사결정 시스템 구축
 - AI의 데이터 기반 분석과 인간의 경험, 창의성, 직관적 판단 통합
 - 효과적 상호작용을 위한 사용자 인터페이스, 의사소통 채널, 피드백 시스템 필요
- 인간 전문가의 역할 강조 및 AI 분석 비판적 평가 필요
 - AI 분석의 한계 보완 및 윤리적·법적 고려사항 반영, AI 권고 사항의 맹목적 수용 지양
- 하이브리드 의사결정 시스템의 지속적 평가 및 개선 필요
 - AI 모델 정확도, 의사결정 투명성, 전문가 의견 반영 여부 등 주기적 검토
 - 필요 시 인간 전문가의 입력을 바탕으로 시스템 조정 및 업데이트



- AI 시스템 실패를 대비하여 기존의 非AI 기반 시스템 병행 운영
 - 스마트 그리드 관리 시스템 등에서 AI 오류 시 수동 제어 및 모니터링 통한 즉시 대응 가능한 백업 필요
 - 특정 상황에 맞는 비상 프로토콜 개발로 AI 시스템 문제 발생 시 신속 대처
- 전통적 모니터링 및 제어 시스템 유지·강화로 과도한 AI 의존 방지
 - 정기 수동 검사 및 모니터링으로 AI가 제공하지 못하는 현장 지식 및 인간 직관 활용
 - 에너지 부문 종사자 대상 AI 시스템 및 전통적 의사결정 프로세스 교육·훈련

3 정책 및 규제 시사점

가. 정책 시사점

⇒ 기술적 문제 관련 지원 방안

- AI 및 관련 기술의 R&D 적극 지원으로 에너지 부문 기술 혁신 가속화
 - 대학, 연구소, 기업과 공동 연구 프로젝트 장려 및 재정적 지원 제공
 - 신재생 에너지, 에너지 효율성, 스마트 그리드 등 주요 연구 분야 투자 확대
- 에너지 부문 AI 기술 활용을 위한 전문가 양성 교육 및 훈련 프로그램 지원
 - AI 기본 원리부터 에너지 데이터 분석, 시스템 모델링, 스마트 그리드 관리 등 다양한 내용 포함
- AI 기술 활용에 필요한 디지털 인프라 및 데이터 관리 시스템 구축 촉진
 - 고속 인터넷, 대용량 데이터 저장소, 고성능 컴퓨팅 자원 등 기본 인프라 구축 촉진
 - 데이터 수집, 저장, 분석, 공유를 위한 통합 데이터 관리 시스템 개발 촉진
- 데이터 보안 및 프라이버시 보호를 위한 체계적 조치 마련
 - 관련 기준 설정 및 기술 지원 제공으로 데이터 보안 및 프라이버시 보호 강화

⇒ 경제적 문제 관련 지원 방안

- 중소기업 및 스타트업의 AI 기술 도입·활용을 위한 지원 체계 마련
 - 보조금, 저리 대출, 세금 혜택, 투자 유치 기회 제공 등 다양한 형태 고려
 - AI 기술 활용 연구개발 활동 지원으로 혁신과 성장 가속화

- 에너지 효율성 증진 위한 정부 정책 및 인센티브 프로그램 마련
 - 관련 기술 연구개발 지원 및 클라우드 컴퓨팅 등 혁신 기술 활용 장려
 - AI 모델 에너지 사용량의 투명성을 높일 수 있는 표준 마련

⇒ 기업 운영 및 전략적 문제 관련 지원 방안

- AI 기술 수용과 혁신적 기업 문화 장려를 위한 정책 및 프로그램 수립·실행
 - AI 기술 개발 및 적용 지원, 제도 현대화로 안정적 혁신 환경 조성
 - R&D 보조금, 혁신 챌린지, 스타트업 인큐베이터 및 액셀러레이터 프로그램 등으로 기업 혁신 활동 지원
- 공공 부문 프로젝트와 민간 기업 간 협력 촉진으로 혁신적 솔루션 개발 및 적용 장려
 - 기술 시범 프로젝트, 공동 연구개발, 공공 데이터 민간 부문 활용 등 다양한 형태로 협력
- 에너지 시스템 내 포괄적 리스크 관리 체계 구축 지원
 - 리스크 정보 공유 및 이해관계자 간 협력을 위한 플랫폼 구축 및 네트워크 조성

⇒ 노동 및 사회적 문제 관련 지원 방안

- AI 기술 발전이 에너지 부문 노동 시장에 미치는 영향 지속 연구 및 모니터링
 - 변화하는 노동 수요에 대응하는 정책 적시 개발 및 실행, 기존 노동력의 시장 변화 적응을 위한 재교육 프로그램 지원
- 재교육 프로그램은 에너지 부문의 새로운 직업 기회에 초점
 - 데이터 분석, AI 시스템 관리, 재생에너지 기술 등 분야 포함
- AI 도입으로 인한 일자리 변화 대비 사회적 안전망 강화 정책 마련
 - 실업 보험, 생활 보조금, 재교육 지원 등으로 노동자의 전환기 극복 지원

나. 규제 시사점

⇒ 기술적 규제

- AI 기술의 효과적 통합 및 호환성 보장을 위한 기술 표준 및 프로토콜 개발·적용
 - 다양한 기술 시스템 및 장비 간 상호 작용을 가능하게 하여 산업 혁신 촉진
 - 업계 전문가, 학계, 정부 기관 협력으로 실용적인 표준 마련
 - 국제 표준과의 호환성 고려로 글로벌 시장 경쟁력 강화



- AI 시스템 신뢰성 및 안전성 평가를 위한 인증 프로그램 개발·실행
 - AI 시스템 설계, 개발, 테스트, 배포 과정의 준수 기준 및 절차 명시
 - 인증 과정을 통해 사용자 및 시장에 AI 시스템 신뢰성 보증
- 인증 프로그램은 AI 시스템 결정 과정 및 결과에 대해 투명성을 요구하고, 개발자·제공자에게 책임성 부과
 - 의사결정 과정에 대한 사용자 이해 및 검증 가능
 - 잠재적 오류·편향에 대한 책임 명확화

⇒ 경제적·환경적 규제

- 공정한 시장 경쟁 촉진 및 독점 행위·시장 불공정 조작 방지 목적
 - AI 기술 관련 경제 활동 모니터링 및 필요 시 시장 개입으로 소비자 이익 보호
 - 투명한 가격 책정, 소비자 권리 보호, 기술 접근성 향상 등 포함 가능
- AI 시스템 에너지 소비 감축을 위한 에너지 효율 기준 설정
 - AI 시스템 설계 및 운영에서 에너지 사용 최적화 및 최소화 방법 제시
 - 성능과 에너지 사용 간 균형 모색, 개발자에게 에너지 효율적 설계·최적화 동기 부여
- AI 시스템 에너지 소비 효과적 관리를 위한 모니터링 및 보고 요구사항 마련
 - 시스템 운영자의 정기적 에너지 사용량 모니터링 및 규제기관 보고 의무화
 - 에너지 소비 투명성을 제고하여 에너지 사용 최적화 도모

⇒ 사회적·윤리적 규제

- AI 기술 도입이 노동 시장에 미치는 영향을 고려한 노동 법규 및 규정 현대화
 - 유연 근무 환경, 원격 근무, 프리랜서 및 계약직 노동자 권리 보호 등 포함
 - 기업의 AI 기술 도입 시 노동자 권리·복지 보호 규제 및 투명한 고용 관행, 공정한 해고 절차, 재교육·전환 지원 프로그램 제공 요구
- AI 기술 안전한 사용 보장을 위한 개인정보 보호 및 데이터 보안 규제 강화
 - 사용자 데이터 수집, 저장, 처리, 전송 과정의 보안 및 프라이버시 보호 조치
 - 데이터 보호법·규정 지속 업데이트 및 새로운 보안 위협 대응 조치 마련
- AI 기술의 윤리적 사용을 위한 명확한 지침 및 기준 수립, 엄격한 준수 감독
 - AI 기술 개발 및 적용 과정에서 발생 가능한 편향, 차별, 개인 자율성 침해 등 윤리적 문제에 대한 지침 포함
 - 다양한 이해관계자 참여 및 공개 토론·피드백을 통한 지속적 개선
 - 국제 협력을 통한 글로벌 수준의 윤리적 기준 모색 및 국제 사회 신뢰·협력 구축