

에너지 부문 AI의 효과적 활용을 위한 과제

박찬국 에너지경제연구원 미래에너지연구실 실장

1. 머리말

최근 AI 기술이 발전하며 에너지 부문에서 그 활용이 확대되고 있다. AI는 에너지 생산·관리·소비 최적화를 가능하게 하는 동시에 효율성을 증대시키고 재생가능 에너지 활용 극대화에 기여하고 있다. 그러나 AI 기술 통합은 동시에 다양한 도전과제를 수반한다. 사이버 보안 취약성, 데이터 품질 문제, 성능 한계, 에너지 소비 증가, 높은 통합 비용, 일자리 감소, 전문가 부족, 윤리적 문제 등이 그것이다.

AI 기술을 성공적으로 에너지 부문에 적용하기 위해선, 잠재적 문제들을 분석하고 효과적인 대응 전략을 수립하는 것이 중요하다. 기술적 해결책뿐만 아니라 규제와 정책 차원에서 종합적인 접근이 필요하며, 이를 위해 정부·산업계·학계·시민사회 등 다양한 이해관계자들이 협력해 AI 활용에 따른 위험을 선제적으로 관리할 수 있는 거버넌스 체계를 구축해야 한다.

이번 원고에선 에너지 부문 AI 기술 활용에 따른 주요 문제점들을 진단하고, 실효성 있는 대응 방안을 모색할 것이다. 더불어, 기술·경제·환경·기업운영·노동·사회적 측면에서 발생할 수 있는 도전과제를 분석하고 대안을 제시하고자 한다.

2. 에너지 부문 AI 활용 시 우려 사항

2.1 기술적 문제

AI 기술이 에너지 부문에 적용되면서 사이버 보안 위험과 시스템 취약성이 증가하고 있다. 스마트 그리드와 AI 기반 에너지 관리 시스템은 해커들의 공격 대상이 될 수 있으며, 에너지 시스템의 네트워크 연결점이 늘어남에 따라 보안 관리가 복잡해지고 있다. 또한, AI 기술이 악용될 경우 데이터 조작을 통해 에너지 공급 안정성이 저해될 수 있으며, 고도화된 사이버 공격 가능성도 커지고 있다.

개인정보 노출 위험도 증가하고 있다. AI는 에너지사용 데이터를 분석해 개인생활 패턴과 같은 민감한 정보를 학습할 수 있으며, 해커가 이를 악용할 경우 개인정보와 시스템 안정성에 심각한 위협이 될 수 있다.

데이터 품질은 AI 시스템 성능과 신뢰도에 직접적 영향을 미치는 핵심요소다. 데이터 왜곡, 불완전성, 편향성 등의 문제는 에너지 시스템에 대한 정확한 분석과 예측을 방해한다. 또한, AI 시스템이 왜곡되거나 편향된 데이터를 기반으로 의사결정을 내릴 경우, 그 결과 역시 왜곡되거나 편향될 위험이 존재한다.

데이터 이용가능성 및 일관성 문제도 AI 모델의 효과성과 정확도에 큰 영향을 준다. AI 모델은 대량의 훈련 데이터에 의존하는데, 이 데이터가 충분하지 않거나 일관성이 없는 경우 모델 성능 저하 가능성이 있다.

기술적 성능 한계 역시 큰 과제다. AI와 기존 에너지 시스템 간 호환성·효율성 문제는 복잡하며, 전통적 전력망 설계가 AI 통합을 어렵게 할 수 있다. 또한, 분산형 에너지 시스템의 관리 복잡성, 데이터 흐름 문제, 재생에너지 변동성 등으로 인해 AI 성능이 충분하지 않으면 불안정성을 초래할 수 있다. AI 시스템의 신뢰성 및 실시간 검증 부족으로 인해 데이터 기반 접근법 자체에 대한 신뢰성 의문도 제기되고 있다.

2.2 경제 및 환경적 문제

AI 시스템은 고도화된 컴퓨팅 파워를 요구하고, 이는 경제·환경 측면에서 상당한 과제를 제시한다. 이러한 시스템은 막대한 에너지를 소비하며, 환경적 영향과 에너지 비용 증가로 이어질 수 있다. IEA(국제 에너지기구, International Energy Agency) 전망에 따르면, AI 활용 증가로 인해 전 세계 데이터센터의 전력 소비량이 2022년 460TWh에서 2026년 약 1,000TWh로 두 배 이상 증가할 것으로 예상된다.

이러한 급격한 에너지 소비 증가에도 불구하고, AI 에너지 소비에 대한 규제는 아직 미비한 실정이다. 더욱이 LLM(거대언어모델, Large Language Model) 대중화로 인해 AI 운영 비용은 더욱 증가할 가능성이 있다. AI 시스템의 에너지 사용량은 칩, 냉각 시스템, 데이터센터 설계 등 다양한 요소에 따라 변동되며, 특히 모델 구조와 학습 과정에 따라 크게 달라질 수 있어 정확한 추정이 어렵다.

AI 시스템 구축은 높은 초기 비용과 지속적인 경제적 압박을 수반한다. 인프라 구축, 데이터 관리, 사이버보안 강화 등에 대규모 투자가 필요하며, 센서와 네트워크 구축에 따른 추가적인 재정·운영적 위험도 고려해야 한다. 특히, 팬데믹이나 환경 위기와 같은 글로벌 위기 상황에선 이러한 경제적 부담이 더욱 가중될 수 있다.

한편, 기업 재정 상황에 따라 AI 도입 난이도는 크게 달라질 수 있다. 특히 소규모 기업의 경우, 제한된 재정 자원으로 인해 AI 시스템 구축에 큰 어려움을 겪을 수 있다. 충분한 재정적 기반이 없다면, AI 기술 적용에 필요한 기반시설 구축과 기술 개발이 제대로 이뤄지기 어려울 수 있다. 이러한 경제·환경적 과제들은 AI 기술의 광범위한 도입과 활용을 저해하는 주요 요인으로 작용하고 있으며, 이를 해결하기 위한 체계적 접근과 정책적 지원이 필요하다.

2.3 기업 운영 및 전략적 문제

AI 기반 운영의 효율성 향상과 전략적 관리엔 여러 우려 사항이 있다. 자율 시스템의 주요 목표는 인간 개입을 최소화하고 전반적인 위험을 감소시키는 것이다. 그러나 자율 로봇 운영에 필요한 자원과 도구가 충분하지 않을 경우, 오히려 시스템 운영의 비효율성이 증가할 수 있다. 로봇 시스템 구축 시 운영 부담이 가중될 수 있으므로, 자율 시스템의 강건성과 신뢰성 확보가 이러한 위험을 줄이는 핵심 요소가 된다.

AI 기술에 대한 과도한 기대와 홍보는 실망과 추가 투자 저해로 이어질 수 있다. 따라서 기대와

실제 성능 간 차이를 정확히 진단하고, 이를 바탕으로 효과적인 전략과 운영계획을 수립하는 것이 중요하다. AI 기술을 효과적으로 통합하기 위해선 기술적 준비와 함께 현실적인 기대치를 설정하고, 객관적인 성능 평가를 수행해야 한다.

혁신 수용과 리스크관리 측면에서도 여러 우려 사항이 있다. AI 및 관련 기술 채택에 있어 표준화 부재, 보안 문제, AI에 대한 낮은 신뢰도 등이 주요 장애물로 작용하고 있다. 표준화 부족으로 인한 시스템 간 호환성 문제, 보안 취약점으로 인한 데이터 노출 및 사이버 공격 위험 증가, 그리고 AI에 대한 낮은 신뢰도로 인한 기술 적용 어려움 등이 대표적이다.

에너지 시스템의 분산화와 디지털화가 진행됨에 따라 에너지 공급과 수요의 변동성이 증가하고, 에너지 생산 및 가격 예측이 더욱 복잡해지고 있다. 기존 발전소·배터리·사물인터넷(IoT)·빅데이터·AI·블록체인·전기차 등 다양한 요소들의 상호작용으로 인해, 전체 시스템 관리와 운영이 더욱 어려워질 수 있다. 이러한 복잡성 증가는 AI 기술 도입의 필요성을 높이는 동시에, 그 도입 과정에서의 어려움을 가중시키는 요인이 되고 있다.

2.4 노동 및 사회적 문제

AI 기술 발전은 에너지 부문에 큰 변화를 가져오고 있으며, 이는 노동 시장에 상당한 영향을 미치고 있다. 자동화 확대에 의해 일자리 감소가 이뤄지며, 노동 시장의 구조적 변화가 예상된다. AI가 제조업과 서비스 산업을 넘어 에너지 부문에서도 인력을 대체함에 따라, 실업률과 경제적 불안정성이 높아질 가능성이 있다. 로봇 플랫폼의 도입은 기존 노동력의 역할을 재정의하고, 새로운 기술과 역량을 요구하게 된다. 이러한 급격한 변화에 적응하지 못하는 근로자들이 증가하면서 사회적 불평등이 심화될 우려가 있다.

한편, AI 기술을 에너지 부문에서 효과적으로 활용하기 위해선 고도의 전문 지식을 갖춘 인력이 필수적이다. 그러나 현재 이러한 전문가가 부족한 실정이다. 특히, 신재생에너지 발전량 예측 등 복잡한 AI 응용 분야에선 기술적 노하우와 에너지 시스템에 대한 깊이 있는 이해가 요구되는데, 해당 역량을 갖춘 인력이 충분하지 않다. 이는 AI 시스템 설계·구현 과정에서 비효율을 초래하고, 데이터 관리와 운영 면에서 부정확한 결과를 야기할 위험이 있다.

AI가 주요 의사결정 과정에 더 깊이 관여하면서 윤리적 문제, 편향성, 차별 등에 대한 우려도 증가하고 있다. AI 알고리즘은 의사결정 과정에서 사회적, 경제적, 환경적 영향을 종합적으로 고려하는 데 한계가 있을 수 있다. 이로 인해 특정 지역이나 소수 집단에 대한 불공정한 에너지 공급 결정이 이뤄질 가능성이 생긴다. 또한, AI에 과도하게 의존할 경우 예상치 못한 상황에 대처하는 능력이 떨어질 수 있으며, 인간의 직관과 경험이 배제됨으로써 시스템의 유연성과 적응력이 저하될 수 있다.

3. 에너지 부문 AI의 효과적 활용을 위한 과제

3.1 기술적 문제 대응

에너지 부문에서 AI를 안전하게 활용하려면 우선 데이터 보안을 강화해야 한다. 이를 위해, 데이터 전송 및 저장 시 암호화를 적용하고, 민감한 데이터 접근을 철저히 관리해야 하며, IoT, 모바일, 스마트 장치의 보안 문제도 해결해야 한다. 또한, 정기적 보안 감사와 위험 평가를 통해 취

약점을 개선하고, 사용자의 보안 인식을 높이는 교육도 필요하다. 더불어, 중요한 데이터는 정기적으로 백업하고, 재해 발생 시 복구 계획을 마련하며, 관련 법률과 규제에 따라 AI 시스템 보안·프라이버시 정책을 지속적으로 갱신해야 한다.

다음으로, AI 시스템에서 사용자 데이터를 수집할 때는 명확한 설명과 동의를 받아야 하며, 최소한의 데이터만 사용해 프라이버시 침해 가능성을 줄여야 한다. 특히, IoT 장치는 불필요한 데이터 수집을 방지하기 위해 고유 서명을 사용해야 한다. 이와 더불어, 개인정보 보호를 위해 법규를 필수적으로 준수해야 하며, AI 모델 설계 시 윤리적 고려를 통해 프라이버시 침해를 최소화해야 한다. 나아가, 블록체인 기술을 활용해 데이터 프라이버시를 보존하는 것도 고려할 만한 방법이다.

한편, AI 시스템의 데이터 품질을 유지하기 위해선, 데이터 수집·정제·전처리 과정에서 오류를 제거하고 누락된 데이터를 보완하는 것이 중요하다. 이와 관련, 데이터 부족 문제는 고급 데이터 수집 기술과 합성데이터 생성으로 해결할 수 있다. 더불어 다양한 소스에서 데이터를 확보하고, 보안과 공유의 균형을 맞춰 데이터를 안전하게 공유하는 것이 중요하다.

마지막으로, 기존 에너지 시스템에 AI를 효과적으로 통합하려면, 표준화된 프로토콜과 인터페이스를 개발해 시스템 간 상호운용성을 보장해야 한다. 또한, AI 모델의 성능과 투명성을 유지하기 위해 설명가능한 AI 기술을 적용하고, 지능형 결정 지원 시스템을 통해 예측 모델과 의사결정 과정의 신뢰성을 높여야 한다. 더 나아가, 실시간 데이터 분석과 센서 기술을 개선해 시스템 신뢰성과 예측 정확성을 향상시키고, 재생에너지 부문에서 고장 탐지 및 진단의 정확성을 높여야 한다. 이에 더해, 분산형 에너지 자원 간 상호작용을 관리하는 통합 시스템을 구축하고, AI 시스템의 투명성과 자체 인증을 강화해 사용자 신뢰를 확보해야 한다.

3.2 경제 및 환경적 문제 대응

높은 에너지 소비 문제를 해결하기 위한 접근 방안으로는, 에너지 효율적인 알고리즘 개발과 클라우드 컴퓨팅 활용이 있다. 이를 통해 계산 복잡성을 줄이고 에너지 소비를 최소화하면서도 성능을 유지하는 알고리즘을 개발해야 한다. 클라우드와 엣지 컴퓨팅을 활용해 대규모 데이터를 효율적으로 처리하고 실시간 데이터분석 능력을 향상시킬 수 있다. 또한, AI 시스템의 에너지 소비를 줄이기 위해 재생에너지를 통합해야 한다. 태양광, 풍력과 같은 재생가능 에너지를 활용함으로써 AI 시스템의 지속가능성을 높일 수 있다.

AI 모델의 에너지 사용량을 공개하기 위한 표준을 마련하고, 기업의 참여를 유도하는 것도 중요하다. 정부와 기관이 주도해 AI 에너지 사용 표준을 마련하고, 이를 통해 다양한 AI 모델을 비교할 수 있게 해야 한다. 대형 AI 기업들도 이러한 표준을 수용하고 에너지 사용량과 탄소배출 정보를 공개함으로써, 에너지 효율성을 높이는 데 기여할 수 있다.

더불어, 중소기업이 AI를 통합하고 활용할 수 있도록 지원할 필요가 있다. 이를 위해선, 중소기업과 대학·연구기관 간 협력을 통해 AI 기술에 대한 접근성·노출과 보안 문제를 해결할 수 있어야 한다.

3.3 기업 운영 및 전략적 문제 대응

AI 기반 운영의 효율성을 극대화하고 전략적으로 관리하기 위해선 자율 시스템의 성능을 모니터

링하고 조정할 수 있는 통합 플랫폼이 필요하다. 이 플랫폼은 실시간 데이터 분석과 장애 예측을 통해 운영 효율성을 높이고, 신뢰성을 향상시켜야 한다. 예측 분석, 기계 학습, 최적화 알고리즘을 활용해 복잡한 에너지 시스템의 운영을 개선할 수 있으며, 실시간 의사결정 지원 시스템을 통해 운영 효율성을 더욱 강화해야 한다.

또한, AI 기술에 대한 과도한 기대를 줄이고 실제 성능과의 차이를 인식시키는 것도 중요하다. 이를 위해, 기술의 한계와 장점을 명확히 이해하고, 성공 및 실패 사례를 공유해 현실적인 기대치를 조정해야 한다. 더불어, 시장 변화와 기술 발전을 반영한 유연한 전략 계획을 마련하고, 주기적으로 전략을 검토 및 조정해야 하며, 다양한 시나리오에 대비한 계획도 필요하다.

혁신 수용성을 높이기 위해선, 지속적인 교육과 훈련을 통해 AI 기술 원리와 실용적인 사용 방법을 익혀야 한다. AI와 디지털 기술을 통합해 업무 효율성을 높이는 방안도 마련해야 한다. 동시에 포괄적인 리스크관리 시스템을 구축해 기술·운영 리스크를 식별하고 대응전략을 수립할 필요가 있다. 실시간 데이터 분석과 예측 모델링을 통해 리스크를 조기에 식별하고, 자동화된 리스크관리 시스템으로 신속하게 대응하는 것도 중요하다.

그리고 설명가능한 AI 기술을 개발해 투명성과 신뢰성을 높이고, 비전문가도 이해할 수 있는 직관적인 설명을 제공해야 한다. 이를 위해, 전문가와 사용자 대상 교육을 제공하고, AI 결정에 의문을 제기할 수 있는 능력을 함양해야 한다.

3.4 노동 및 사회적 문제 대응

직무 변화에 적응하기 위해선 재교육과 재취업 프로그램이 필수적이다. 자율 시스템 운영의 효율성을 높이기 위해 관련 직업군과 종사자를 파악하고, AI와 데이터 분석 등 기술 중심 교육 프로그램을 개발해 다양한 교육 방식을 활용해야 한다. 또한, AI와 인간이 협업하는 모델을 구축해 생산성과 혁신성을 높이고, 각자의 강점을 활용한 협업을 위해 사용자 친화적 인터페이스·도구를 제공해야 한다. 정부와 규제 기관은 AI와 자동화 기술의 영향을 지속적으로 모니터링하고 교육 시스템을 현대화해 기술 역량을 강화해야 한다. 규제 샌드박스과 공공-민간 파트너십을 통해 유연한 접근 방식을 도입하고, 이를 바탕으로 기술 혁신과 사회적 안정성 간 균형을 유지할 필요가 있다.

에너지 부문에서 AI 전문가를 양성하기 위해선 전문 교육과 훈련 프로그램이 필요하며, 이론과 실습을 겸비한 종합적인 교육 과정을 마련해야 한다. 또한, 산업체와 학계 간 협력을 강화해 실제 산업문제 해결 프로젝트에 참여할 기회를 제공하고, 인턴십 및 취업연계 프로그램을 통해 실무 경험을 쌓을 수 있는 기회를 마련해야 한다. 기존 에너지 종사자들에게는 AI 관련 재교육 프로그램을 제공하고, 경력 개발을 위한 프로그램도 마련해야 한다.

AI 윤리를 확립하고 오남용을 방지하기 위해선 투명성·공정성·책임성을 기반으로 윤리적 지침을 마련해야 한다. 또한, 데이터 처리와 결과해석 과정을 명확히 해 사용자 신뢰를 확보하고, 윤리적 지침을 지속적으로 개선해야 한다. 그리고 AI 알고리즘 설계부터 사용까지 모든 단계에서 규정을 준수하도록 하고, 이를 위반할 시 제재를 적용해야 한다. 에너지 회사와 관련 기관은 윤리적 기준을 준수하는 동시에 이를 감독하고, 실제 사례 연구와 교육 프로그램을 통해 AI 사용자들의 이해를 돕는 것이 중요하다.

이에 더해, AI 의사결정의 투명성을 높이고 윤리적 고려사항을 반영한, 해석가능한 AI 모델을 개발해야 한다. 이를 통해 사용자의 신뢰를 확보할 수 있다. AI에 대한 지나친 의존을 줄이기 위해선 인간과 AI가 협력하는 하이브리드 의사결정 시스템을 구축하는 한편, 인간의 경험과 직관을 AI 데이터 분석과 결합해 의사결정을 내릴 수 있도록 해야 한다. 또한, AI 시스템 실패에 대비해 비AI 기반 백업 시스템을 구축하고, 전통적인 모니터링 시스템을 유지해 과도한 AI 의존을 방지해야 한다.

4. 맺음말

지금까지 우리는 에너지 부문에서 AI 기술 활용에 따른 다양한 도전과제와 함께, 그에 대한 대응 방안을 살펴보았다. 이러한 과제들을 효과적으로 해결하고 AI의 잠재력을 최대한 활용하기 위해선 적절한 정책·규제적 접근이 함께 이뤄져야 한다.

우선, 정부는 AI 및 관련 기술 R&D를 적극 지원해 에너지 부문에서 기술 혁신을 가속화할 필요가 있다. 이를 바탕으로 대학·연구소·기업 간 공동 연구 프로젝트를 장려하고, 신재생에너지, 에너지 효율성, 스마트 그리드 등 주요 연구 분야에 대한 투자를 확대해야 한다. 또한, 정부가 전문가 양성을 위한 교육·훈련 프로그램을 구축해 AI 기술을 효과적으로 활용할 수 있도록 지원하는 것도 중요하다. 더불어, 디지털 인프라 및 데이터 관리 시스템을 구축하고 데이터 보안과 프라이버시 보호를 강화해야 한다.

기업이 AI 기술 수용을 촉진하고 혁신적인 기업 문화를 조성하도록, 다양한 정책 프로그램을 구축하는 것도 중요하다. 특히, 정부는 공공과 민간 부문 간 협력을 통해 혁신적 솔루션을 개발하고 적용할 수 있는 환경을 조성해야 한다. 이에 더해, 노동 시장 변화를 대비한 재교육 프로그램을 지원하고, 사회적 안전망을 강화하는 정책도 마련해야 한다.

마지막으로, 적절한 규제 체계 수립이 중요하다. 정부는 기술적 규제를 통해 AI 기술의 통합과 호환성을 보장하기 위한 표준과 프로토콜을 개발해야 하며, AI 시스템의 신뢰성과 안전성을 평가하기 위한 인증프로그램도 마련해야 한다.

경제적 규제 측면에선, 정부는 공정한 시장 경쟁을 촉진하고, AI 시스템의 에너지 소비를 줄이기 위한 에너지 효율 기준을 설정하며, 이를 효과적으로 관리하기 위한 모니터링 체계를 마련해야 한다.

사회적 규제 측면에선, AI 기술 도입이 노동 시장에 미치는 영향을 고려해 노동 법규를 현대화하고, 개인정보 보호와 데이터 보안 규제를 강화해야 한다. 특히, 정부는 윤리적 문제에 대한 명확한 지침을 수립하고 이를 엄격히 준수하도록 감독해야 한다.

※ 본 연구는 [박찬국, “에너지 혁신을 위한 AI, 도전과 과제”, 이슈분석, KISTEP]의 내용을 재인용 및 수정 보완하였음.

[참고문헌]

- [1] Chen, J. Y. (2022). Transparent Human-Agent Communications. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 38(18-20), 1737-1738.

- [2] DNV. (2023). Energy Cyber Priority 2023: Closing the gap between awareness and action.
- [3] Fui-Hoon Nah, F., Zheng, R., Cai, J., Siau, K., & Chen, L. (2023). Generative AI and ChatGPT: Applications, challenges, and AI-human collaboration. *Journal of Information Technology Case and Application Research*, 25(3), 277-304.
- [4] IEA (2023). Why AI and energy are the new power couple – Analysis. International Energy Agency.
- [5] IEA (2024), Electricity 2024: Analysis and forecast to 2026. International Energy Agency.
- [6] Tasnim, N., Al Mamun, S., Shahidul Islam, M., Kaiser, M. S., & Mahmud, M. (2023). Explainable Mortality Prediction Model for Congestive Heart Failure with Nature-Based Feature Selection Method. *Applied Sciences*, 13(10), 6138.
- [7] WEF (2023). The Future of Jobs Report 2023. World Economic Forum.

※ 출처: TTA 저널 제215호