

인공지능 융합 기술의 효용성 측정을 위한 생산성 검증 체계 분석

성민경, 이진규, 이강원

한국정보통신기술협회

[mksung, jklee, blong116]@tta.or.kr

Analysis of the Productivity Verification System for Measuring the Efficacy of Artificial Intelligence Convergence Technology

Sung Min Kyoung, Lee Jinkyu, Lee Kangwon

Telecommunications Technology Association

요약

최근 4차 산업혁명 시대가 본격화되면서 인공지능(AI) 기술은 다양한 산업과 공공 영역에 통합되고 있다. AI 모델 자체의 기술적 성능(예: 정확도, 재현율 등)에 대한 검증은 보편화되었지만, 실제 운영 성과인 개발 결과물의 경제적 효용성을 객관적으로 입증할 수 있는 성과 측정 및 검증 체계는 여전히 미흡한 실정이다. 본 논문은 AI 기술의 실질적인 가치를 정량적으로 평가하기 위한 생산성 검증 성과 지표 프레임워크, 성과 검증 수행 절차를 소개한다. 본 연구는 AI 기술의 산업 적용 성과를 정량적이고 객관적으로 측정하고자 하는 연구 및 실증 프로젝트에 가이드라인을 제공하는 데 기여할 것이다.

I. 서론

제4차 산업혁명 시대의 핵심 동력인 인공지능(AI) 기술은 단순한 연구 개발 단계를 넘어, 실제 산업 현장 및 다양한 운영 환경에 융합되며 혁신을 주도하고 있다[1-4]. AI 모델의 분류 정확도(Accuracy), 회귀 예측의 평균 제곱근 오차(RMSE), 탐지 모델의 평균 정밀도(mAP)와 같은 기술적 성능 지표는 AI 자체의 완성도를 평가하는 데 중요한 역할을 수행한다. 그러나 이러한 기술적 지표가 비즈니스 성과와 직접적으로 연결되는지에 대한 근거는 여전히 부족하다. 예를 들어, 높은 정확도를 가진 AI 모델이 실제 생산 공정에 적용되었을 때 예상치 못한 환경 변수나 외부 요인으로 인해 기대했던 생산성 향상으로 이어지지 않는 경우가 발생할 수 있다. 따라서 AI 기술의 진정한 가치를 입증하기 위해서는 단순히 모델의 성능을 평가하는 것을 넘어, 기술 도입으로 인한 실질적인 운영 효율성 및 경제적 효용성을 정량적으로 측정할 수 있는 성과 검증 체계가 필수적이다[5,6]. 본 논문은 이러한 문제의식 하에, AI 기술의 성과를 객관적으로 측정하기 위한 성과 검증 체계를 심층적으로 분석하고 그 핵심 방법론을 제시한다. 본 연구는 향후 AI 기반 기술의 다양한 적용 사례에서 그 성과를 측정하고자 하는 연구자 및 실무자에게 실질적인 가이드라인을 제공하는 데 의의가 있다.

II. 본론

AI 기술의 성과를 다각도로 평가하기 위해, 기술 자체의 성능 검증뿐만 아니라 성과 검증을 별도의 핵심 검증 항목으로 설정할 필요가 있다 [7-10]. 성과 검증은 AI 기술 적용으로 인해 발생한 효율성 및 경제적 타당성을 평가하는 것을 주된 목적으로 한다.

2.1. 성과 지표 프레임워크

성과 검증은 단순한 양적 증가를 넘어, 품질, 비용, 납기 등 다차원적인 비즈니스 목표를 측정하기 위해 P-Q-C-D 기반의 지표 프레임워크를 활용

한다. 이는 AI 기술이 적용되는 다양한 산업 영역에서 공통적으로 요구되는 핵심적인 성과 지표들을 포괄한다. 실제로 제조 공정 AI 실증사업에 적용된 주요 지표 예시는 다음과 같다.

가. Productivity (생산성, P)

- 시간당 생산량 개선율, 인당 노동생산성 증가율, UPPH(Unit Per Person per Hour) 개선율, 단위 당 작업 시간 개선율 등 AI 도입으로 인한 생산 효율 증대를 측정한다.

나. Quality (품질, Q)

- 공정 불량률 개선율, 가성 불량 감소율, 결함 판독 정확도 등 제품 및 서비스 품질 개선 정도를 측정한다.

다. Cost (원가, C)

- 설비 유지보수 작업 원가 비용 절감율, 가공설비 전력 사용량 절감율, 재고 비용 절감율, 손실 비용 절감율 (OEE) 등 원가 절감 효과를 측정한다.

라. Delivery (납기, D)

- 재고 과잉 및 부족 절감율, 제품 재고일수 감소율, 물류 공정 인건비 개선율 등 납기 및 물류 효율 증대를 측정한다.

마. Safety/Other

- 안전장비 가동 향상율, 위험도 감소, 안전 준수 시간 단축율 등 안전 및 기타 운영 효율성을 측정하는 지표도 포함된다.

또한, 각 생산성 지표에 대해서 AI 기술이 해결하고자 하는 분야를 '설계 지능화', '예지보전', '검사지능화', '공정지능화', '공급망지능화', '에너지관리'의 6개 핵심 기술로 설정한다. 각 핵심 기술은 표1에서 자세히 기술한다.

[표1. 기술에 따른 생산성 지표 분류]

해당기술	기술설명
설계지능화	실험계획으로 물리적인 실험시간을 단축하고 정확도를 높여 개발기간 단축
예지보전	다변량 모델기반 제조설비 이상감지로 설비 고정예지 및 효율 향상
검사지능화	딥러닝 결함 검출/분류 자동화로 품질 향상 및 인력 효율화
공정지능화	공정과 불량데이터를 연계하여 불량 원인 분석
공급망지능화	전 공장 물류설계/계획 최적화로 생산성 향상
에너지관리	전 공장 공정 최적화로 에너지 효율화

2.2. 생산성 성과 지표 그룹

다양한 AI 기술 적용 사례의 실제 성과 지표를 분석한 결과, 다음과 같은 세부 지표 그룹으로 분류할 수 있다. 이는 AI 기술이 해결하고자 하는 산업 공정의 핵심 영역을 반영한다.

[표2. 생산성 지표 예시]

생산성 지표 그룹	관련 지표 예시
생산 효율 (P)	시간당 생산량 개선 UPPH(Units Per Person per Hour) 개선 인당 노동생산성 증가 단위 당 작업 시간 개선
품질 및 불량 (Q)	공정 불량 개선 가성 불량 감소 결함 판독 정확도 시간 당 불량품 검사 수량
원가 절감 (C)	재고 비용 절감 설비 전력 사용량 절감 유지보수 원가 절감
물류 및 납기 (D)	제품 재고일수 감소 물류 공정 인건비 개선
안전 및 관리 (Safety / Others)	안전설비 가동 향상 안전 관련 모니터링 비용 감소

2.3. 성과 검증 수행 절차

성과 검증은 현장 실증을 기반으로 하므로, 다음의 체계적인 프로세스를 따른다.

가. 상담 및 계약: 기술 적용 주체와 사업 목적 및 성과 목표를 협의하여 지표를 사전에 정의하고, 시험 합의서를 작성한다. 이는 성과 검증의 기준이 '사용자 정의 기준'임을 반영하는 핵심 절차이다.

나. 시험 환경 구축: AI 솔루션이 적용된 대상 제품/서비스의 특성에 맞는 HW 및 SW 환경을 설계하고, 원시 데이터 수집이 가능한 인프라(네트워크, 데이터베이스)를 준비한다.

다. 사전 시험 및 본 시험 수행: 사전 시험을 통해 계획의 현실성을 검토한 후, 본 시험에서는 정의된 테스트 케이스를 실행하고, AI 도입 전후의

원시 데이터(서버 로그, DB 테이블 등)를 일관된 형식으로 수집하여 현장 실측치를 확보한다.

라. 결과 분석 및 결과서 작성: 수집된 데이터를 통계적으로 분석하고, 시험 합의서에 명시된 기준과 비교하여 최종 성과 향상율을 도출한다. 결과는 객관성, 신뢰성, 유효성이 검토된 후 검증 결과서로 발급된다.

III. 결론

본 연구는 AI 도입 사업의 성과를 정량적이고 객관적으로 측정하기 위한 생산성 검증 체계와 성과 지표 프레임워크의 핵심 요소를 분석하였다. 이 체계는 AI 모델의 내부 성능 검증을 넘어, 개발 결과물의 효율성 및 경제적 타당성을 사용자 정의 기준에 따라 AI 도입 전후의 현장 데이터 비교를 통해 체계적으로 입증하는 방법론을 제시한다.

향후 과제로는 이 프레임워크를 실제 다양한 제조업 분야(예: 화학, 철강, 자동차 부품 등)의 AI 실증 사례에 적용한 구체적인 실증 분석 결과를 제시하고, 산업 특성별 지표 설정을 위한 표준화된 가이드라인을 연구하는 것이 필요하다. 이를 통해 AI 기술이 가져오는 산업적 혁신을 더욱 명확하고 신뢰성 있게 평가할 수 있을 것으로 기대된다.

ACKNOWLEDGMENT

이 연구는 재단법인 대구디지털혁신진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (R25TA00690712-00 'AI 검증 및 인증 체계 구축 용역').

참 고 문 헌

- [1] Brynjolfsson, E., & McAfee, A., The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies. W. W. Norton & Company, 2014.
- [2] 정보통신정책연구원, AI(인공지능)의 경제효과: 문헌 연구. 정보통신 정책연구원, 2023.
- [3] Accenture, How AI can drive business and economic growth. Accenture Research Report, 2024.
- [4] 김영현, AI 도입이 한국인의 주당 업무 시간을 1.5시간 줄이고 생산성을 1% 높였다. 한국경제, 2025년 8월 19일, 2025.
- [5] 한국은행, AI의 빠른 확산과 생산성 효과: 가계조사를 바탕으로. 한국은행 조사통계월보, 2025.
- [6] Bessen, J. E., & Meng, M., The effect of AI on labor productivity: A macroeconomic perspective. NBER Working Paper Series, 2020.
- [7] Rai, R., & Singh, R., A systematic review of AI in healthcare: applications, challenges and opportunities. Artificial Intelligence Review, 56(1), 1-28, 2023.
- [8] Ma, M., & Yin, C., The Role of AI in Improving Supply Chain Management and Logistics. Journal of Business Logistics, 45(2), 150-165, 2024
- [9] 이재상, 불량을 77% 줄이고 생산성 37% 높인 비결, AI 스마트공장, 뉴스1, 2025년 9월 23일.
- [10] MIT, & Microsoft, Experimental Evidence on the Productivity Effects of Generative AI, 2025