

국방 품질 분야 AI 비전 검사 적용을 위한 제언

정일호*, 진홍식*

*국방기술품질원

e-mail:ilhojung@dtqa.re.kr

Suggestion for AI-powered vision inspection application of defense quality

Il-Ho Jung*, Hong-Sik Jin*

*Defense Agency for Technology and Quality

요약

AI가 적용된 비전검사란 인공지능 기술을 이용해 카메라로 촬영된 이미지를 사람처럼 인식하고 분석하여 의미있는 정보를 추출하는 기술이다. 딥러닝 기술을 적용하는 사람의 눈과 뇌처럼 시각정보를 이해하고 판단할 수 있게 하고 얼굴 인식, 객체 인식, 이미지 분류 등 다양한 방식으로 활용된다. 이 기술은 제조업의 외관 검사, 자율 주행, 의료 진단 등 광범위한 분야에서 활용되며, 일상생활의 혁신을 이끌고 있다. 본 연구에서는 현재까지 AI를 활용한 비전시스템이 어떻게 발전되어 왔으며, 어떻게 활용되고 있는지를 조사하였고, 그 한계 등 문제점을 분석한 결과를 바탕으로 군수품 품질 관리 분야에서의 향후 연구 방향에 대하여 제언하고자 한다.

1. 서론

4차 산업혁명의 핵심 기술인 인공지능(AI), 사물인터넷(IoT), 빅데이터, 클라우드가 결합하면서 전통적인 품질 관리 체계는 품질 4.0이라는 새로운 패러다임으로 전환되고 있다.[1] 비전 검사는 카메라와 영상처리 기술을 이용해 제품·부품의 외관·구조·패턴을 자동으로 검사하는 기술로, AI·딥러닝의 도입으로 정밀도와 생산성이 크게 향상되었다. AI 기반 비전 검사 시스템의 기술적 진화와 품질 4.0 패러다임 전환에 따른 적용 현황 및 과제를 종합적으로 검토하였다.

2. AI 기반 비전 검사 시스템

2.1 비전 검사 기술의 역사

1950 ~ 1960년대는 Gibson의 광학 흐름 이론을 제안하고, 우주 탐사 이미지 처리 등 머신비전 기술 발전의 계기가 마련되었고, 1970 ~ 1990년대는 반도체 패턴 인식 기술 발전, 로봇과의 결합 및 응용 확대를 통하여 실시간 결합 탐사·자동화 기반이 구축되었다. 2000 ~ 2010년대는 딥러닝·AI

도입으로 전수 검사가 확대되었고, 고정밀·고속 검사 및 결합 자동 인식 등의 기술 발전으로 다양한 산업에 적용되고 있다. 2020년대에 이르러 품질 4.0(Quality 4.0) 패러다임을 기반으로 “AI·IoT·빅데이터·클라우드 기반으로 실시간 데이터 수집·분석·활용을 강조하며 기존 관리체계를 완전히 디지털화하고 있다.

2.2 비전 검사 시스템

비전 검사 시스템의 주요 구성품들과 그 기능은 [표 1]과 같고, 작동 원리는 [표 2]와 같다.

[표 1] 비전 검사 시스템 구성품과 기능

구성품	기능
카메라	흑백·컬러 이미지 센서로 2D·3D 이미지 촬영
렌즈	왜곡 없이 선명하게 대상 크기·형상 포착
조명	다양한 형태, 대상에 균일 빛 제공
영상처리 SW	이미지 분석·참조와 비교, 검사 항목 판별
제어장치(PC 등)	SW 실행·시스템 전반 제어·데이터 처리
입력장치(센서)	제품 위치 감지 → 촬영 신호 전달
출력장치(로봇 등)	합부 판정 결과에 따라 제품 분류·공정 제어

[표 2] 비전 검사 시스템 작동 원리

작동명	작동 원리
이미지 획득	카메라가 조명 아래 제품의 이미지를 촬영
이미지 처리	획득된 이미지는 영상처리 SW가 분석
판단 및 출력	분석 결과는 미리 설정된 기준과 비교되어 합격/불합격 여부가 결정, 해당 정보 출력

비전 검사의 주요 기능은 [표 3], 활용 분야는 [표 4]와 같이 전자제품, 자동차 부품, 식품, 의약품 등 다양한 산업 현장에서 품질 관리 및 공정 자동화에 활용되고, CT, MRI 등 신체를 대상으로 하는 의료기기에도 비전 검사가 적용된다.

[표 3] 비전 검사 주요 기능

검사 분야	적용 방법
결함 감지	제품의 표면 이상, 굽힘 등 자동 감지
치수 측정	길이, 직경 등 치수를 높은 정확도로 측정
정렬 및 위치 확인	부품 위치/정렬상태 확인 및 부품누락 검사
패턴 인식 및 식별	바코드 등 패턴 판독 및 제품 식별
포장 검사	제품의 포장 상태 불량, 누락, 오염 등을 검사
색상 검사	제품의 색상 불량이나 이상을 감지

[표 4] 비전 검사 활용 분야

산업 분야	활용 방법
철강제품	강판의 롤마크, 스크래치 등 실시간 검사 및 판별
기계부품	차체 등 기계 구조물의 결함을 실시간 검사하고 불량을 초기에 구별하여 품질을 향상 시킴
전자 부품	PCB 등을 결함을 검사, 크랙/납땜 불량 등을 선별, 배터리 제조 중 음극-분리막-양극간 길이 측정
식품	씻가루 등 이물질 혼입 여부 확인, 표지 및 제품 포장 상태 등을 검증함

2.3 AI를 적용한 비전 검사 시스템

AI가 적용된 비전 검사 시스템이란 기존의 비전 검사 시스템에 인공지능 기술을 접목하여 카메라로 촬영된 이미지와 비디오를 사람처럼 인식하고 분석하여 의미 있는 정보를 추출하는 기술로써 활용 분야는 [표 5]와 같다.

[표 5] AI 비전 검사 시스템 활용 분야

산업 분야	적용 방법
제조업	제품의 불량 검출, 조립 공정 감시 등 품질 관리
자율주행	도로 환경을 인식하고 주행에 필요한 정보를 추출
의료	영상 데이터를 분석하여 진단의 정확도를 높임
일상생활	시각 장애인에게 사물 정보를 제공, 쓰레기 분리수거 자동화 등
콘텐츠 분석	영상 콘텐츠에서 객체 및 동작을 인식하고 장면을 설명하는 등 유용한 정보를 추출하고 분석함

AI가 적용된 비전 검사 시스템의 주요 구성품들과 그 기능은 [표 6]과 같고, 작동 원리는 [표 7]과 같다.

[표 6] AI 비전 검사 시스템 구성품과 기능

구성품	기능
카메라	제품이나 사물의 이미지를 수집하는 '눈' 역할 고해상도, 열화상 등 목적에 따라 다양한 센서 사용
조명	피사체의 특징을 명확하게 보이도록 하며, 조명의 종류, 방향, 각도 등은 이미지 품질 좌우
렌즈	이미지의 초점을 맞추고 시야각을 결정
컴퓨팅 플랫폼	이미지를 처리하고 AI를 실행하는 '뇌' 역할을 하는 HW로 데이터 저장, 처리를 위한 GPU 등 포함
SW	AI를 통해 이미지 분석, 패턴 인식 및 예측 모델 생성 이미지 수집, 전처리, 모델 학습 등 전체 시스템 운영
주변기기 및 인터페이스	카메라와 플랫폼 간의 데이터를 주고 받고, 분석 결과를 외부로 피드백하는 인터페이스도 포함

[표 7] AI 비전 검사 시스템 작동 원리

작동명	작동 원리
데이터 수집	카메라와 센서가 대상의 이미지를 촬영
데이터 전처리	이미지에서 노이즈를 제거하고 품질 최적화
모델 학습 및 분석	알고리즘을 사용하여 이미지를 학습하고 분석하여 특정 인사이트나 예측을 생성
결정 및 피드백	분석 결과를 바탕으로 결정을 내리고, 결과를 다른 시스템에 전달 및 작업 제어

2.4 AI 비전 검사 시스템을 활용한 품질관리

AI 비전 검사 시스템을 활용한 품질관리는 딥러닝 기반의 인공지능 기술을 활용하여 제품의 결함 검출, 품질 기준 충족 여부 확인 등 제조 현장의 품질 관리 프로세스를 자동화하고 정밀도를 높이는 기술이다. 이를 통해 생산 과정에서 발생하는 오류를 신속하고 정확하게 감지하고, 거짓 양성(false positive)을 최소화하여 전반적인 제품 품질 향상과 운영 효율성 증대를 기대할 수 있다. AI 비전 검사 시스템을 활용한 품질관리 특징은 [표 8]과 같다.

[표 8] AI 비전 검사 시스템을 활용한 품질관리 특징

주요 특징	특징 설명
딥러닝 기반의 정밀한 결함 검출	딥러닝 신경망을 활용하여 육안으로 확인하기 어려운 미세한 결함까지 정확하게 검출
자동화 및 효율성 증대	기존의 수동 검사 방식을 자동화하여 검사 속도와 생산 효율성을 대폭 향상
프로세스 최적화	검사 결과를 분석하여 제조 공정의 문제점 파악, 불량품 선별 등으로 신뢰성 확보
다양한 산업 분야 적용	식품, 전자 제품 등 다양한 산업에서 제품의 품질 관리와 일관성 유지를 위해 활용
소프트웨어 없이 활용 가능	딥러닝 기반 AI 비전 시스템은 코딩이나 프로그래밍 기술이 없어도 품질 관리 지원

3. 품질관리 제한사항과 연구 과제

3.1 데이터의 양과 품질 문제

비전 AI의 성능은 학습된 데이터의 양과 품질에 크게 의존합니다. 딥러닝 모델은 효과적인 학습을 위해 기본적으로 방대한 양의 데이터가 필요하다. 또한 데이터 수집 과정에서 여러 가지 노이즈 등으로 모든 상황에 대한 양질의 데이터를 확보하는 것이 쉽지 않다. 학습 데이터의 불균형은 결과의 편향성을 초래할 수 있습니다. 편향성을 줄이기 위해서는 학습 데이터의 다양성을 보장하고, 알고리즘을 지속적으로 모니터링하여 편향을 감지하고 수정해야 한다. 이와 같이 좋은 품질의 방대한 양의 데이터 확보를 위해서는 원론적으로는 다양한 환경에서 데이터를 수집하여 모델의 강건성을 높이고, 데이터 전처리 과정에서 노이즈를 최소화하는 기술적 접근이 필요합니다. 또한, 실제 환경과 유사한 가상 데이터를 생성하여 다양한 상황을 데이터 증강과 전이 학습 등 시뮬레이션하는 방법에 대한 연구가 지속적으로 필요하고 이를 표준화하여 공유 및 활용하는 방안도 함께 연구되어야 할 것이다.

3.2 높은 연산 비용 문제

딥러닝 모델은 방대한 양의 데이터 → 대규모 학습 → 많은 계산량과 시간 → 높은 연산 비용이 발생하는 문제로 직결된다. 특히 대량의 이미지 데이터를 빠르게 분석해야 하므로 계산 리소스가 많이 필요하고, 특히 실시간으로 처리해야 하는 경우 고성능 하드웨어가 필요하다. 이 문제를 해결하기 위하여 기본적으로 학습 알고리즘의 최적화 및 경량화와 관련된 연구가 필요하다. 또한, 클라우드 컴퓨팅으로 데이터 처리를 분산하여 계산 리소스를 절감하는 방안도 좋은 연구가 될 것이다. 더불어 실시간으로 처리해야 하는 경우 등 고성능 하드웨어의 필요성이 증가하고 있으므로 GPU, NPU 같은 고성능의 하드웨어에 대한 연구가 지속적으로 필요해 보인다.

3.3 보안 문제

AI 기술 활용이 높아짐에 따라 데이터 확보 및 활용 과정에서의 보안 문제가 큰 제한사항 중 하나임을 알 수 있다. 보안 문제가 발생할 경우 AI 기술에 대한 신뢰도가 크게 하락할 수 있다. 특히, AI 비전 검사 시스템은 이미지와 영상 데이터를 활용하기 때문에 개인정보 보호에 대한 우려도 있다. 따라서 AI 비전 검사 시스템 기술을 활용하는 과정에서는 데이터의 익명화 및 암호화 기술을 통해 보안과 개인정보를 보호하는

것이 중요하다. 클라우드 기반의 데이터 처리 기술은 중앙에서 분석 결과를 빠르게 제공할 수 있지만 보안 문제를 동반할 수 밖에 없다. 이에 민감한 개인 데이터가 기기 밖으로 전송되지 않거나 클라우드로 전송하지 않고 로컬에서 처리하여 보안과 개인정보 보호를 강화할 수 있는 온디바이스 AI나 엣지 AI에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

정보의 공유는 결국 보안 문제가 가장 큰 제한사항이므로 이를 해결하기 위한 정책 연구 및 데이터의 이해당사자 상호간의 활용을 위하여 계약제도, 개인정보보호, 기술보호 및 보안 등 관련 제도 전반에 걸친 연구가 병행되어야 할 것이다.

4. 결론

AI 기반 비전 검사 시스템은 품질 4.0 시대에 필수적인 데이터-중심·실시간·지능형 품질 관리 도구로 자리매김하고 있다. 기술 흐름은 광학·알고리즘 → 로봇·자동화 → 딥러닝·AI로 진화했으며, 현재는 정밀 결함 검출, 공정 자동화, 다산업 적용을 통해 제조 현장의 생산성·품질을 크게 향상시키고 있다. 그러나 데이터 양·품질, 모델 일반화, 실시간 연산 등 여러 한계가 존재한다. 이를 극복하기 위해 데이터 증강, 전이 학습, 경량화 모델, 고성능 하드웨어 등의 연구가 필요하다.



[그림 1] AI 활용 위한 기본적 선제 조건은 정책과 제도 개선

비전 AI 기술은 미래의 핵심 기술 중 하나로, 여러 산업에서 필수적인 역할을 할 것으로 기대됩니다. 그러나 기술의 발전과 함께 데이터 보호, 리소스 관리 등 여러가지 문제가 지속적으로 대두되고 있습니다. 이를 해결하기 위해서는 기술적 발전과 더불어 윤리적 규제와 사회적 논의가 필요합니다. 특히 비전 AI의 신뢰성을 높이고 안전하게 사용할 수 있는 환경을 조성하는 것이 앞으로의 중요한 과제가 될 것입니다.

참고문헌

[1] Jihoon Kang, Yeongmin Lee, "The Quality Management Measures Following the Quality 4.0 Paradigm Shift and the Adaption of Smart Factories in the Defense", DTaQ-22-7542-R, Defense Agency for Technology and Quality, Korea.