

## A Study on the Development of National Competency Standards(NCS) for Jobs in Robot-Integrated Process Automation

Yong-Kwan Kwon\*

\*Professor, Dept. of IT Convergence, Soongsil University, Seoul, Korea

### [Abstract]

As smart manufacturing and automation accelerate, jobs involving robot-integrated process automation are rapidly expanding. However, within the current National Competency Standards (NCS) framework, only units related to robot operation and maintenance exist, while duties involving the design, integration, and optimization of newly introduced robots remain undefined. This study aims to fill this gap by analyzing common duties required for robot introduction and proposing a standardized NCS-based job model. Literature review, case study analysis, and expert experience were integrated following the NCS development procedure to derive the “Robot-Integrated Process Automation” job framework. As a result, five competency units were identified and detailed with performance criteria and relevant knowledge, skills, and attitudes. This study expands the NCS framework by providing a standardized job model that serves as a foundation for future education and qualification programs.

▶ **Key words:** Robot-integrated, Process Automation, National Competency Standards (NCS), Job Standardization, Workforce Development

### [요 약]

최근 제조 현장의 스마트화와 자동화가 가속화되면서, 로봇을 활용한 공정 자동화 직무가 빠르게 확대되고 있다. 그러나 현재 국가직무능력표준(NCS) 체계 내에는 로봇 운용이나 설비 유지보수 중심의 능력단위만 존재할 뿐, 로봇을 새로 도입하여 공정을 설계·통합·최적화하는 직무는 표준화되어 있지 않다. 본 연구는 이러한 공백을 해소하기 위해, 제조 공정에 로봇을 도입할 때 요구되는 공통 직무를 분석하고 이를 NCS 기반의 표준 직무모형으로 제안하는 것을 목적으로 한다. 연구 방법은 문헌 조사, 사례분석, 현장 전문가의 경험을 통합하여 NCS 개발 절차에 따라 “로봇 도입 공정 자동화” 직무체계를 도출하였다. 연구 결과, 로봇 도입 공정 자동화 직무에 대한 새로운 NCS 직무 정의 및 구조를 제시하였으며, 총 5개의 능력단위를 도출하고 각 능력단위를 수행준거와 관련 지식, 기술, 태도로 구체화하였다. 본 연구는 로봇 분야의 NCS 체계를 확장함으로써 산업현장 중심의 표준화된 직무모형을 제시하고, 향후 전문인력 양성 교육과정 및 국가자격제도 개발의 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

▶ **주제어:** 로봇 도입, 공정 자동화, 국가직무능력표준(NCS), 직무 표준, 전문인력 양성

- First Author: Yong-Kwan Kwon, Corresponding Author: Yong-Kwan Kwon
- Yong-Kwan Kwon (kwonyk@ssu.ac.kr), Dept. of IT Convergence, Soongsil University
- Received: 2025. 08. 27, Revised: 2025. 10. 13, Accepted: 2025. 10. 14.

## I. Introduction

기업의 제조 경쟁력 확보 노력과 정부의 정책적 지원이 맞물리면서, 스마트공장은 이제 일부 대기업을 넘어 제조업 전반으로 확산되고 있다. 로봇, 인공지능, 비전 기술 등 첨단 기술이 융합된 자동화 시스템은 스마트 제조 환경의 핵심 요소로 자리 잡고 있으며, 이를 기반으로 한 공정 혁신은 생산성 향상과 품질 안정화, 그리고 심화되는 인력난 해소에 기여하고 있다[1,2]. 특히, 로봇 도입을 통한 자동화는 단순 반복 작업의 대체를 넘어, 제조공정의 재구성이 가능한 로봇 제조(Reconfigurable Robot Manufacturing) 아키텍처를 구현함으로써 제품 변화와 수요 변동에 자동으로 적응하는 다품종 주문생산 체계를 가능하게 하고[3], 생산·이송·검사 등 제조 전 과정을 고도화하고 있다. 로봇화와 디지털 기술 통합은 지속가능하고 경쟁력 있는 스마트 제조를 구현하는 필수 조건으로 자리 잡고 있다[4]. 정부 역시 이러한 흐름을 뒷받침하기 위해 정책적 지원을 강화하고 있다. 정부의 '2023년 지능형로봇 실행 계획'에 따르면, 제조 업종별·공정별 108개의 로봇 활용 모델을 개발하고, 표준모델에 해당하는 기업에 컨설팅 및 실증 보급을 지원하는 사업을 추진하며 제조 공정에 로봇 도입 기업 재직자 대상 교육 프로그램도 추진하겠다고 발표했다[5].

그러나 이러한 로봇 보급 확대 추세에도 불구하고 실제 산업현장에서 로봇을 도입하고 이를 공정에 효과적으로 통합하는 데에는 여전히 많은 어려움이 존재한다[6]. 국내 많은 중소 제조기업의 경우, 로봇 도입에 따른 기술적, 경제적 타당성 검토, 공정 재설계, 공정 운용 등 관련 역량의 부족을 애로사항으로 꼽고 있으며[7], 정부에서도 이 같은 문제점 해소를 위하여 "제조공정 로봇도입 엔지니어링 컨설팅" 지원 사업을 추진하고 있다[8]. 기업의 제조 경쟁력 강화를 위해, 무엇보다 로봇 도입을 통한 자동화 구축 업무를 전문화된 직무 체계로 정립하고 해당 인재를 양성할 수 있는 표준화된 직무 기준이 필요한 실정이다.

현재 국가직무능력표준(NCS)은 다양한 산업군의 직무를 체계화하여 교육훈련 및 자격제도와 연계하는 데 중요한 역할을 하고 있다[9]. NCS는 산업현장에서 요구되는 직무역량을 표준화하고, 신기술 도입에 따른 직무 변화를 반영하는 국가적 기준으로 기능한다. 그러나 로봇을 새롭게 도입하여 기존 수작업 공정을 자동화하는 직무, 즉 "로봇 도입 공정 자동화 직무"와 일치하는 NCS는 아직 구축되지 않았다. 기존의 NCS는 자동화 설비, 로봇 설계 및 유지보수 중심의 능력단위로 구성되어 있으며[10], 로봇 도입 타당성 검토에서부터 공정 분석, 시스템 설계, 설치

및 통합, 시운전 및 개선, 운영 및 최적화에 이르는 로봇 신규 도입 중심의 공정 전환 업무 전체를 포괄하는 직무 정의와 능력 단위는 부재하다.

본 연구는 기존 제조 공정에 로봇을 새롭게 도입하여 자동화할 때 요구되는 직무를 분석하고 표준화하여, 국가직무능력표준(NCS) 체계로 제안하는 것을 목표로 한다. 연구 방법은 문헌 조사와 사례 기반의 실무적 접근을 병행하였으며 NCS 개발 절차에 따라 "로봇 도입 공정 자동화"에 필요한 직무 체계를 도출하였다.

문헌 조사는 유사 직무에 대한 기존 NCS, 관련 연구논문, 로봇 자동화 보고서 등을 검토하였으며, 사례 분석은 정부 지원사업인 「로봇활용 제조혁신 지원사업」의 결과 보고서와 컨설팅 사례들을 종합하여 직무 분석을 수행하였다. 연구 결과, 새롭게 정의한 NCS 직무와 능력단위를 도출하였으며, 각 능력단위별 능력단위 요소, 수행 준거, 필요한 지식, 기술, 태도 등을 세부적으로 제시하였다.

본 연구를 통해 "로봇 도입 공정 자동화" 직무를 새롭게 정의하고 NCS 체계를 제안함으로써 해당 직무의 인력 양성, 교육·훈련 및 자격 체계에 활용될 수 있는 기초 자료를 제공하고자 한다.

## II. Preliminaries

### 1. Current Status of NCS

#### 1.1 The Concept and Structure of NCS

국가직무능력표준(NCS, national competency standards)은 산업현장에서 직무를 수행하기 위해 요구되는 지식·기술·소양 등의 내용을 국가가 산업부문별·수준별로 체계화한 것으로, 국가적 차원에서 표준화한 것을 의미한다[10,12]. 직무 중심의 인재 양성을 위해 교육·훈련, 자격, 인사관리, 직업정보 제공 등의 분야에 활용되며, 산업 수요 기반의 실무형 교육과 고용 연계를 위한 핵심 인프라로 기능한다. NCS는 직무를 대분류, 중분류, 소분류, 능력단위, 능력단위 요소로 계층화하여 정의한다[11]. 대분류는 산업의 큰 분야, 예를 들면 기계, 전기전자, 정보통신 등의 분야를 나타내며, 중·소분류는 직무의 성격에 따라 보다 구체적인 영역으로 구분된다. 능력단위는 특정 직무 수행에 필요한 주요 과업의 묶음이며, 능력단위 요소는 실제 작업(Task)에 가까운 세부 수행 항목을 의미한다[10,12]. 각 능력단위 요소는 성취 여부를 판단하기 위하여 개인이 도달해야 하는 수행의 기준을 제시하는 수행준거(performance criteria), 능력단위 요소를 수행하는데 필

요한 지식, 기술, 태도로 구성되며, 이는 직업 교육·훈련과 직무 수행의 일관성을 확보하는 기준으로 활용된다.

**1.2 Current Status of NCS in the Robotics Field**

현재의 NCS에서 로봇을 도입한 공정 자동화 직무와 일치하는 직무 표준은 없다. 로봇이 적용되거나, 로봇이 적용되거나 일부 유사하다고 판단되는 직무 체계를 정리하면 Table 1과 같다[10].

Table 1. Similar Jobs in the Current NCS

Major Category	Subcategory	Minor Category
15.Machinery	11.Smart Factory	01.Smart Factory Design 02.Smart Factory Installation 03.Smart Factory Operation & Management
19.Electrical/ Electronics	03.Electronic Device Development	08.Robot Development
17.Information & Communication	01.Information Technology	09.Smart Logistics

현재 로봇 적용과 관련된 NCS는 주로 스마트공장, 로봇 개발, 스마트물류 등에서 찾아볼 수 있다.

기계 분야(대분류 15)에서는 스마트공장 설계, 설치, 운영관리 직무가 있으며, 이는 센서, 로봇, 계측제어 기술을 활용해 설비를 설계·설치·운영 중심의 직무로 구성되어 있다. 전기·전자 분야(대분류 19)에서는 로봇 설계 위주의 직무로 로봇 기구, 하드웨어 및 소프트웨어 개발, 안전 인증, 유지보수 등 로봇 자체의 개발·관리 활동에 초점이 맞춰져 있다. 정보통신 분야(대분류 17)에서는 스마트물류 관련 직무로 자율주행 물류 로봇의 운영 및 관리 직무 중심으로 정의되어 있다.

이와 같이 기존 NCS는 주로 로봇 운용, 자동화 장비 설계, 정비 등 단위 기능 중심의 직무를 다루고 있다. 그러나 제조 공정에 로봇을 신규 도입하여 자동화 설계, 시스템 구축, 통합·운영, 최적화까지 이어지는 전 과정을 포괄하는 직무는 존재하지 않는다. 특히 중소 제조업을 중심으로 로봇 도입 수요가 증가하고 있음에도, 이러한 전 주기적 직무가 NCS에 부재하여 교육·훈련 프로그램 개발, 인력 양성, 채용 기준 수립에 혼선을 초래하고 있다.

따라서 본 연구는 이 공백을 보완하기 위해 로봇 도입 공정 자동화 직무를 새로운 NCS 체계로 제안하고자 한다.

**2. The Concept of Jobs in Robot-Integrated Process Automation and the Necessity of Proposing NCS**

로봇 도입 공정 자동화란 기존의 수작업 또는 기계작업 공정을 산업용로봇 또는 협동로봇(Cobot), 이동로봇 등을 활용하여 자동화 시스템으로 전환하는 활동을 의미한다. 단순히 로봇 장비 설치를 넘어서, 공정의 재설계(Process Reengineering), 작업 흐름의 최적화, 제어시스템과의 통합, 품질 개선 및 작업자 안전 확보 등 공정 전체를 자동화에 맞게 설계하고 운영하는 전 과정을 포함한다[13]. 특히 제조업에서의 로봇 도입은 생산성 향상, 인건비 절감, 품질 균일성 확보, 고위험 작업 대체, 야간무인화 운영 등 다양한 효과를 가져오며, 스마트팩토리 구현의 핵심 인프라로 간주된다. 그러나 중소 제조기업에서 로봇 도입 공정 전환 시, 로봇 도입 타당성 분석 등 기획 역량 부족, 공정 흐름에 맞는 로봇 선정 및 배치 어려움, 설치 이후 운영 오류 및 생산성 저하, 유지보수 인력 부족 등의 애로사항을 갖고 있다. 이는 직무 표준의 부재로 인해 현장 실무자가 무엇을 준비하고 어떤 역할을 수행해야 하는지를 알 수 없는 구조적 문제로 귀결된다. 따라서 관련 직무 자체를 하나의 표준화된 프로세스로 정의하고, 이를 NCS 직무 체계로 개발할 필요성은 매우 높다.

**3. Differences Between Existing NCS and Proposed NCS**

기존 NCS는 주로 설치 이후의 설비 운용이나 단순 유지보수 등 사후적 작업에 초점을 맞추고 있어, 로봇을 새로 도입하여 공정 기획, 설계, 설치·통합, 최적화와 같은 제조 공정 자동화 과정 전체의 직무를 충분히 반영하지는 못하고 있다. 본 연구에서는 로봇 도입 공정 자동화 직무를 전주기 관점에서 정의하였다. 즉, 로봇 도입의 기술적·경제적 타당성 분석부터 공정 재설계, 로봇 설치 및 시운전, 운영 및 유지보수, 공정 최적화와 표준화에 이르는 전 주기적 직무 체계를 제안한다. 또한 기존 NCS는 기계, 전자 등 특정 산업군 중심이었다면, 본 연구에서는 식품, 의약, 기계, 섬유 등 다양한 산업의 중소기업 사례를 적용함으로써 적용범위를 확장하였다. 직무수준에 있어서는 기존 NCS가 유지보수 중심의 기능인력 수준에 집중되어 있다면, 본 연구는 공정 분석과 기획, 설계 단계까지 포함하여 관리자급의 역할까지 포괄하도록 하였다. 이는 제조업 현장에서 로봇 도입을 실질적으로 추진할 수 있는 전문 인력에 필요한 역량을 반영한 것이다.

이와 같이 본 연구에서 제안하는 NCS는 기존 체계와 비교했을 때 적용 범위, 직무 수준, 산업적 활용 가능성 측면

면에서 뚜렷한 차별성을 가진다. 이러한 차이를 Table 2에 정리하였다.

Table 2. Differences Between Existing NCS and This Study

Category	Existing NCS	Direction of This Study
Job Definition	Operation & maintenance of installed automation systems	Overall process of new robot introduction and process automation
Scope of Work	Post-installation tasks (equipment inspection, simple programming)	Full cycle: Feasibility analysis-Design-Installation/Integration-Optimization-Operation
Target Industry	Limited to specific industries such as machinery, electronics	Wide application to SMEs in food, pharmaceuticals, textiles, multi-variety small-lot production
Workforce Level	Technicians and practitioners focusing on maintenance	Includes managerial level from planning to process redesign

### III. The Proposed Scheme

#### 1. Research Methodology

본 연구는 문헌 조사(Literature Review)와 사례 기반의 실무적 접근(case-based practical approach)을 병행하여 직무 분석을 수행하였다. 연구 절차를 도식화하면 Fig. 1과 같다.

첫째, 문헌 조사 단계에서는 유사직무에 대한 기존 NCS를 검토하였다. 특히 자동화 설비 운용, 로봇 유지보수, 스마트공장 구축 직무군을 중심으로 분석하여, 기존 체계의 한계와 미비점을 파악하였다. 또한 NCS 개발 절차, 로봇 활용 자동화 관련 논문, 정부·연구기관 보고서를 검토하여 신규 직무 개발을 위한 핵심 요소를 도출하였다.

둘째, 사례 분석 단계에서는 최근 2022년부터 2024년까지 정부 지원사업인 「로봇활용 제조혁신 지원사업」에 참여하여 로봇을 도입·자동화를 구축한 중소 제조기업 10개 사례를 선정하였다. 선정 기준은 로봇 신규 도입을 통해 공정을 자동화한 기업으로, 금속·기계·전기전자·식품·섬유 등 다양한 업종을 포함하였다. 각 사례는 로봇 도입 목적, 설계 과정, 시운전, 운영 및 최적화 단계에서 수행된 활동을 중심으로 분석하였다. 또한 최종 능력단위 도출 과정에서는 로봇·자동화 SI 기업의 전문가 4명과 컨설턴트 2명의 전문가그룹으로부터 피드백을 받아 연구 결과의 타당성과 실무적 적용 가능성을 검증하였다.

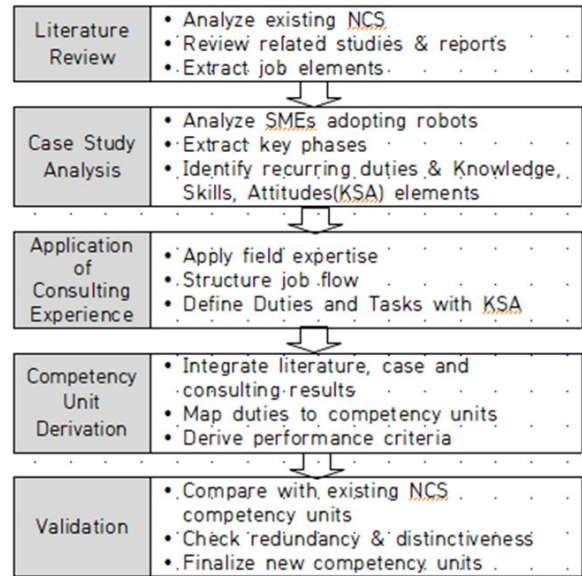


Fig. 1. Research Procedure

셋째, 컨설팅 경험 적용 단계에서는 저자의 다년간 현장 경험을 바탕으로 직무 구조를 분석-설계-통합-최적화의 절차로 체계화하였다. 각 단계에서 수행되는 주요 책무(Duty)를 정리하고, 이를 세부 작업(Task) 단위로 세분화하여[14] 지식·기술·태도(KSA) 요소와 연계하였다.

마지막으로, 문헌 조사와 사례 분석, 컨설팅 경험을 종합하여 능력단위 후보를 도출하였다. 도출된 후보는 기존 NCS 능력단위와 비교하여 중복 여부와 차별성을 검토하였으며, 전문가 피드백을 통해 최종 신규 능력단위를 확정하였다.

#### 2. Research Results

##### 2.1 Job Definition

로봇을 도입하여 기존 공정을 자동화하는 직무의 흐름은 크게 기획 및 분석, 설계 및 개발, 설치 및 운영, 유지보수, 공정 최적화 단계로 구분할 수 있다. 이러한 단계 구분은 기존 연구에서 제시된 로봇 프로세스 자동화(RPA, Robotic Process Automation)의 라이프사이클과도 일치한다. 선행 연구에서는 자동화 직무를 분석(Analysis) → 설계(Design) → 구축(Development) → 배포(Deployment) → 운영·모니터링(Monitoring) → 평가 및 최적화(Evaluation/Optimization)의 일련의 단계로 수행되어야 한다는 점을 강조하고 있으며[15,16], 특히 초기 분석 및 기획 단계의 중요성이 강조되고 있다[15]. 또한, 최근 연구에서는 지능형 로봇 프로세스 자동화 도입을 위한 프로세스 분석 프레임워크를 제안하면서, 기획·분석부터 최적화 단계까지의 전주기적 접근이 필요함을 강조하고 있다[17].

본 연구에서 제시하는 기획 및 분석 → 설계 및 개발 →

설치 및 운영 → 유지보수 → 공정 최적화의 직무 흐름은 기존 연구에서 제시된 로봇 및 자동화 시스템 도입 절차와 일관성을 가지며 작업단계별 주요 책무(Duty)를 정리하면 Fig. 2와 같다. Fig. 2를 토대로 한 개의 책무를 다시 작은 단위로 나눈 작업(Task)을 정리하면 Table 5와 같다. Fig. 2, Table 5에서 제시한 각 작업단계별 주요 책무와 작업, 주요 성과지표를 설명하면 다음과 같다.

기획 및 분석(Planning and Analysis) 단계에서는 기존 공정 문제점을 분석하고 로봇 도입에 대한 타당성을 평가한다. 제조 공정의 현재 상태와 개선점을 분석하고, 기존 공정에 로봇을 적용하는 것이 가능한지에 대한 기술적 분석과 로봇 도입 비용 및 투자 효과 분석을 통한 로봇 도입 타당성을 평가한다[18]. 더불어 로봇 도입을 통한 자동화 구축 시 생산성 향상, 불량률 감소, 원가 절감 등의 달성 목표를 설정한다. 이 단계에서 주요 성과지표는 공정 병목 분석, 생산성 향상 목표 도출이다,

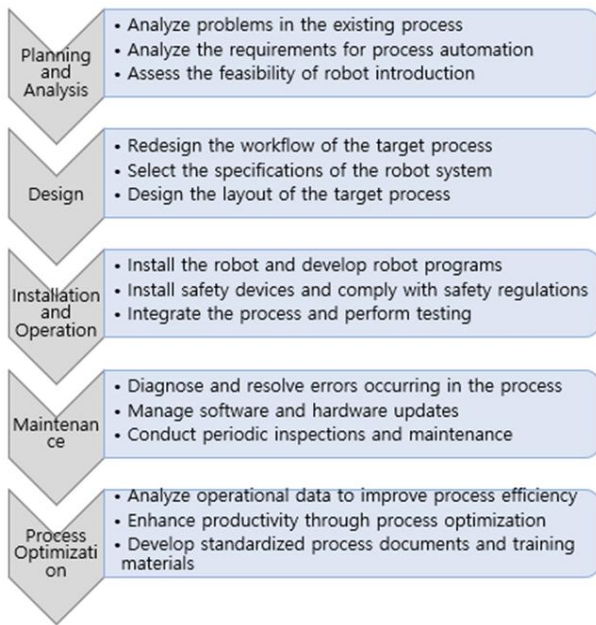


Fig. 2. Job Flow for Robot-Integrated Process Automation

설계(Design) 단계에서는 해당 공정을 재설계하고 이에 적합한 로봇 시스템을 선정, 개발하는 직무를 수행한다. 자동화할 공정의 작업 흐름을 다시 설계하고, 로봇의 위치 정확도, 반복 정밀도, 가반 하중(payload), 작업 영역 등 해당 공정의 요구 사양을 만족하는 로봇을 선정한다[19]. 로봇 주변 장치인 센서, 컨트롤러, 그리퍼 등을 선정하여 전체 공정의 레이아웃을 설계한다. 주요 성과지표는 공정 레이아웃, 정밀도, 가반하중, 사이클타임 등이다. 설치 및 운영(Installation and Operation) 단계에서는 로봇을 설치하고 시스템을 통합하는 직무를 수행한다. 제조 현장에

로봇을 설치하고, 주변 장치와 통합하여 공정을 시운전한다. 로봇 및 주변 장치 간의 네트워크를 연결하고 공정 요구사항에 맞도록 로봇의 작업 경로를 프로그래밍한다. 또한 로봇 도입 공정의 안전 관리 규정을 준수하고, 작업자와 로봇 간 상호작용의 안전성을 보장하도록 점검한다 [20,21]. 주요 성과지표는 설치 완료율, 안전규정 준수율이다. 유지보수(Maintenance) 단계에서는 로봇 및 주변 장치의 정기적인 점검과 유지보수를 수행한다. 운영 중 발생하는 오류를 진단 및 해결하며, 공정 택트타임을 최소화한다. 소프트웨어 및 하드웨어 업데이트를 관리한다. 주요 성과지표로는 평균고장간격이 된다. 공정 최적화(Process Optimization) 단계에서는 운영데이터를 분석하여 공정 효율성을 개선하고 공정 품질을 모니터링하여 공정 최적화를 수행한다. 공정 표준문서와 교육자료를 개발한다 [20,21]. 주요 성과지표는 불량률, 생산성 향상률가 된다.

이와 같은 직무는 주로 제조업 생산 현장과 스마트공장 구축 현장에서 수행되며, 산업용로봇, 협동로봇, 모바일로봇, PLC(Programmable Logic Controller), 센서 및 네트워크 장치 등을 활용한다.

Table 5. Key Duties and Tasks

Duty	Tasks
Process Requirements Analysis	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analyze problems in the existing process</li> <li>Analyze the requirements for robot automation</li> <li>Conduct technical analysis of robot applicability</li> </ul>
Feasibility Evaluation of Robot Introduction	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analyze the costs of robot introduction</li> <li>Analyze the investment effects of robot adoption</li> <li>Review the suitability of robot implementation</li> </ul>
Process Design for Robot Introduction	<ul style="list-style-type: none"> <li>Design the layout of the target process</li> <li>Select specifications for the robot system</li> <li>Design considering worker safety</li> </ul>
Robot Installation	<ul style="list-style-type: none"> <li>Install the robot system</li> <li>Program and test robot operations</li> <li>Comply with safety regulations and install safety devices</li> </ul>
Process Integration and Commissioning	<ul style="list-style-type: none"> <li>Test the linkage between robot operations and processes</li> <li>Build a real-time process monitoring system</li> <li>Inspect the system through commissioning</li> </ul>
Process Operation and Improvement	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diagnose and recover system errors</li> <li>Improve performance through operational data analysis</li> <li>Collect and analyze productivity-related data</li> </ul>
Maintenance Management	<ul style="list-style-type: none"> <li>Establish periodic inspection and maintenance plans</li> <li>Perform hardware and software updates</li> <li>Carry out preventive maintenance activities</li> </ul>
Performance Analysis and Optimization	<ul style="list-style-type: none"> <li>Derive improvements through performance analysis</li> <li>Identify cost reduction and quality improvement results</li> <li>Prepare reports on issues and improvement measures</li> </ul>

따라서 “로봇 도입 공정 자동화 직무”는 “제조 및 생산 공정에서 기존 작업을 대체하거나 개선하기 위해 로봇 시스템을 도입, 설계, 설치, 프로그래밍, 테스트, 유지보수하여 생산성을 향상시키고 공정 품질을 최적화하는 역할을 수행하는 직무”라 정의할 수 있다. 이는 로봇 도입 타당성 검토에서부터 공정 설계, 설치 및 통합, 운영과 안전관리, 유지보수, 최적화에 이르는 전 과정을 포함하며, 안전성, 효율성, 비용 효과성을 고려하여 공정을 자동화하는 작업의 특성을 갖는다.

## 2.2. Job Classification

기존 NCS 체계 내에서 새롭게 제안하는 직무의 적절한 위치결정을 위해서는 산업 연계성, 기존 유사직무와의 중복성, 교육·훈련 프로그램과의 연계성 등을 고려해야 한다. 제안 직무가 로봇자동화 기술의 특성을 가지며 제조업 내 역할을 고려하여 Fig. 3과 같은 직무 체계를 제안한다.

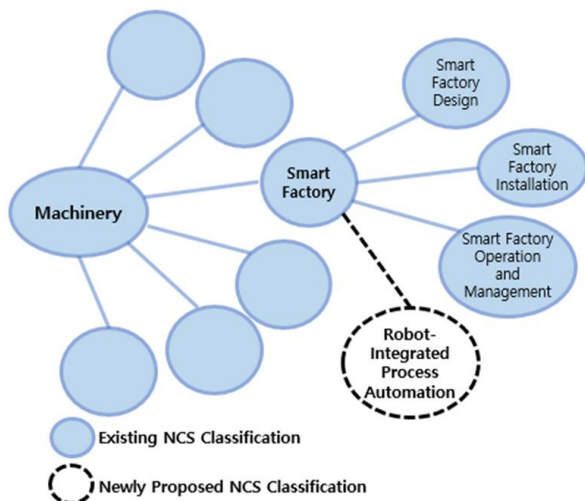


Fig. 3. Position of the Newly Proposed Job within the Existing NCS Classification

대분류는 “15. 기계” 분류에 포함하는 것을 제안한다. 그 이유는 하위의 중분류에 “스마트공장”이 포함되어 있다는 점과 로봇 기술은 제조업 및 자동화 기술과 밀접하게 관련되어 있으며 기계공학, 자동화 시스템, 제어공학의 기술을 활용하기 때문이다. 중분류는 공장의 생산 과정에 IoT(Internet of Things), 데이터 분석, 인공지능, 로봇 시스템 등을 활용하여 지능형 생산 시스템 구축을 다루는 “11.스마트공장”으로 제안한다. “스마트공장” 중분류는 이미 산업 현장에서 자동화와 디지털 기술을 결합하여 로봇 기반의 제조혁신을 포함하는 영역으로 설정되어 있어, 로봇 기반 공정 자동화, 인공지능-데이터 기반 스마트 제조 등의 신기술 직무를 담을 수 있는 유연성을 갖고 있다. 특

히, 로봇 활용 공정 자동화는 자동화 설비를 설계하고 운영하는 직무와 연계성이 높기 때문에 이 중분류가 적합하다 할 수 있다. 소분류는 “04.로봇 도입 공정 자동화”라는 신규 명칭으로 기존 체계에 추가할 것을 제안한다. 신규 제안 직무는 향후 스마트공장, 디지털트윈 등 제조 혁신이 가속화되는 추세에 따라 더욱 확장하고 세분화 되어야 할 직무라고 판단된다.

## 2.3. Derivation of Competency Units

본 연구에서 제안하는 “로봇 도입 공정 자동화 직무”의 능력단위는 Table 5에서 제시한 책무들을 중심으로, 밀접하게 연결된 책무 또는 서로 보완적인 역할을 하는 것들 하나로 통합하고 산업현장의 요구사항들을 반영하여 로봇 도입 기획, 시스템 설계, 설치 및 시운전, 운영 및 유지보수, 공정 최적화와 같은 큰 활동들로 구성하였다[20,21]. 공정 전주기의 흐름과 기존 NCS 및 사례분석 결과를 반영하고 교육·훈련 모듈 설계에 적합하도록 다음 5개의 핵심적인 능력단위를 도출하였다.

첫째, “공정 분석 및 로봇 도입 기획” 능력단위는 기존 공정의 문제를 진단하고 로봇 도입의 기술적·경제적 타당성을 검토하는 역량을 말한다. 로봇 도입 전 단계에서 기존 공정을 분석하고 로봇 도입 타당성 검토를 통하여 설비 투자 실패를 최소화하기 위해 필요한 역량이다. 반면 기존 NCS에는 단일 장비 운용 중심으로 직무가 구성되어 있어, 신규 장비의 도입 기획 및 ROI(Return On Investment) 검토 역량 등을 반영한 능력단위는 부재하다.

둘째, “로봇 도입 공정 자동화 설계” 능력단위는 로봇과 주변장치를 포함한 자동화 공정을 설계하고, 제어·안전 시스템을 통합 설계하는 능력을 말한다. 설계 단계에서 로봇, 공정, 제어시스템을 통합 설계할 수 있는 융합 설계 역량을 말하는 것으로, 산업 현장에서는 로봇을 단독으로 운용하기 보다는 공정을 통합하여 운영하는 경우가 많기 때문이다. 기존 NCS의 “기계설계”, “로봇운용”은 범위가 제한적이어서 공정 전체 설계 능력으로는 미흡하다.

셋째, “로봇 설치 및 시운전” 능력단위는 로봇 및 주변장치를 설치하고 초기 시운전과 튜닝을 통해 생산 가능한 상태를 확보하는 능력을 말한다. 설치·시운전 능력의 표준화를 통해 초기 오류와 생산성 손실을 최소화할 수 있다. 실제 사례들을 보면 시운전 단계에서의 정밀도 검증과 초기 튜닝은 자동화 구축의 중요 활동으로 확인된다. 기존 NCS는 로봇 설치 및 운용관련 능력단위는 존재하나 공정 단위의 로봇 시운전과 관련한 직무는 부족한 상황이다.

넷째, “운영 및 유지보수 관리” 능력단위는 로봇 공정의 운용과 유지보수를 관리하며 고장 대응을 통해 안정적 가

등을 유지하는 능력을 말한다. 로봇 공정은 장비 특성상 예방 정비, 장기 성능 유지가 필수이나 기존 NCS의 유지 보수 능력단위는 단일 설비 중심으로 공정 연계 관리 책무는 부족한 상황이다.

마지막으로 “공정 최적화 및 표준화” 능력단위는 로봇 도입 공정을 운영하며 생산성·품질을 최적화하고, 표준작업 절차를 수립, 문서화하는 능력을 말한다. 로봇 도입 후 공정 최적화, 작업 표준화를 수행하여 투자효과를 극대화하기 위해 필요한 역량이다.

이와 같은 도출 결과는 기존 NCS 직무 체계와 비교하여 다음의 차별성을 가진다. 기존 NCS에서는 ‘자동화 설비 운용’이나 ‘로봇 유지보수’와 같이 부분적 영역에 한정되어 있었으나, 본 연구는 로봇 도입 공정 전체 주기, 즉 분석-설계-설치-운영-최적화까지를 아우르는 포괄적 직무 체계를 제안하였다. 특히 “공정 분석 및 로봇 도입 기획”과 “공정 최적화 및 표준화” 능력단위는 기존 체계에서 다루지 못한 영역을 보완하며, 중소 제조기업의 로봇 도입 실무와 교육·훈련 요구를 반영한 새로운 직무 정의를 제시한다. 도출된 능력단위의 정의와 기존 NCS와의 차별성을 정리하면 Table 6과 같다.

Table 6. Comparison between Existing NCS and Proposed Competency Units

Proposed Competency Units	Distinctiveness
1. Process Analysis and Planning for Robot introduction	Extends scope to process diagnosis and feasibility evaluation beyond basic equipment operation
2. Design of Robot-Integrated Process Automation	Focuses on robot system design, integration, and safety beyond general equipment design
3. Robot Installation and Commissioning	Covers full cycle of installation, tuning, and verification, not just maintenance
4. Operation and Maintenance	Expands to preventive maintenance, monitoring, and fault response beyond simple upkeep
5. Process Optimization and Standardization	Newly proposed unit covering productivity optimization, documentation, and training material development

본 연구에서 제안하는 직무는 기존 NCS와 차별성을 갖는 동시에, 상호 연계를 통한 교육·훈련 모듈로 확장될 수 있다. “로봇 운용” 능력단위는 단일 장비 중심이지만, 본 연구의 “로봇 설치 및 시운전” 능력단위와 연계하여 장비 운용으로부터 공정 단위 설치·시운전까지 단계적 교육과정 이수 체계로 확장 가능하다. 이러한 연계성은 새로 정의한 직무가 기존 체계와 연계하여 점진적 교육·훈련·자격제도에 흡수될 수 있음을 의미한다.

도출된 능력단위는 타당성 검증을 위해, 로봇·자동화 SI 기업 소속 전문가와 컨설턴트로 구성된 전문가 그룹 6명을 대상으로 피드백을 실시하였다. 로봇·자동화 SI 기업 전문가의 직무는 시스템 설계 팀장, 프로젝트 매니저, 유지보수 등이며, 컨설턴트는 스마트공장 컨설팅 경력 10년 이상 보유자로 구성되었다. 주요 피드백 결과는 다음과 같다. “공정 분석 및 로봇 도입 기획” 단위의 ROI 검토는 실무에서 매우 필요하며 중소기업에서도 적용 가능한 단순화된 지표가 필요하다는 의견이 있었다. “로봇 설치 및 시운전” 능력단위의 시운전·튜닝에서는 초기 설치 단계의 안전인증 관련 규정을 구체화해야 한다는 의견이 있었다. “운영 및 유지보수 관리” 능력단위는 예지보전 요소를 포함해야 한다는 의견과, “공정 최적화 및 표준화” 단위는 실무에서 매우 필요하며 성과 측정을 위한 정량 지표를 포함하면 활용성이 더 높을 것이라는 의견이 있었다.

이상과 같이 제안된 능력단위 전반이 기존 NCS 공백을 보완하며 실제 산업 현장의 직무 요구와 부합한다는 점을 확인하였다. 특히, “공정 분석 및 로봇 도입 기획”, “공정 최적화 및 표준화” 능력단위는 기존 NCS에서 다루어지지 않았던 부분을 보완한다는 점에서 의의를 가진다고 평가하였다. 다만, 보다 정량적인 검증을 위해 향후 대규모 설문조사 등을 통한 후속 연구가 필요하다는 의견도 제시되었다.

#### 2.4 Derivation of Competency Unit Elements and Performance Criteria

앞 절에서 도출된 능력단위를 보다 구체화하여 각 능력단위별 세부 구성요소와 수행준거, 필요한 지식, 기술, 태도를 정리한 NCS 능력단위 명세서는 Table 7과 같다.

능력단위 요소는 해당 능력을 발휘하기 위해 수행해야 하는 하위 핵심 행동을 의미하며, 수행준거(Performance Criteria)는 각 요소의 성취 여부를 판단할 수 있도록 개인이 도달해야 하는 수행 기준을 의미한다[12]. 또한, 각 능력단위별로 직무 수행에 요구되는 지식(Knowledge), 기술(Skill), 태도(Attitude)를 도출하여, 능력단위가 단순히 개념적으로 정의되는 데 그치지 않고, 실제 산업 현장에서 측정 가능하고 교육·훈련에 활용 가능한 형태로 구체화하였다. Table 7은 로봇 도입 공정 자동화 직무의 능력단위 명세를 제시한 것이다. 로봇 도입 공정 자동화 직무를 구성하는 다섯 개의 능력단위는 로봇을 도입하고 공정을 자동화하는 전체 주기, 즉 기획-설계-설치-운영-최적화를 포괄하며, 각 단계에서 필요한 행동, 성취 기준, 및 지식, 기술, 태도를 규정하였다. 각 능력단위는 산업현장에서의 직무 수행 가능성, 교육·훈련 연계성, 성과측정의 정량화 가능성을 중심으로 설계되었다. 도출된 능력단위 명세를

간략히 설명하면 다음과 같다.

첫째, “공정 분석 및 로봇 도입 기획” 능력단위는 기존 공정의 문제를 분석하고 자동화 타당성을 검토하는 역할을 말한다. 수행준거는 투자대비수익률, 투자 회수기간 등의 경제성 분석 결과를 기반으로 로봇 도입의 타당성을 보고서 형태로 제시할 수 있어야 한다.

둘째, “로봇 도입 공정 자동화 설계” 능력단위는 로봇 및 주변장치의 사양 선정, 공정 레이아웃 설계, 안전-제어 시스템 설계 역량을 말한다. 특히 설계 신뢰성 확보를 위해 시뮬레이션 기반 설계 검증을 수행할 수 있어야 한다.

셋째, “로봇 설치 및 시운전” 능력단위는 설치, 프로그램 설정, 시운전 과정의 기술적 숙련도를 요구하며, 시운전 결과보고서를 작성할 수 있는 실무적 문서화 역량을 포함한다. 이는 현장 설치의 품질 검증 및 안전 확보에 직접적으로 연결된다.

넷째, “운영 및 유지보수 관리” 능력단위는 예지보전 중심의 유지보수 체계를 다루며, 장비 로그를 분석하여 잠재적 고장을 사전에 예측할 수 있는 능력을 포함한다. 이를 통해 설비 효율 유지가 가능하다.

다섯째, “공정 최적화 및 표준화” 능력단위는 운영 데이터를 활용한 공정 개선, 표준작업서 작성, 교육자료 개발 등을 포함한다. 특히 개선효과를 정량적으로 평가하고 결과를 표준문서로 체계화할 수 있는 능력이 필요하다.

각 능력단위별 수행준거는 산업현장에서 검증 가능한 정량적 기준으로 구체화하였으며, 지식·기술·태도로 통합하였다. 로봇 통합 공정 자동화 직무 흐름과 이에 대응되는 능력단위를 그림으로 나타내면 Fig. 4와 같다.

또한 본 연구에서 제안한 로봇 도입 공정 자동화 직무 모형은 해외 주요 국가의 직무역량체계와 비교할 때 다음과 같은 차별성을 갖는다. 미국 노동부가 제시한 ‘첨단제조역량모델(Advanced Manufacturing Competency Model)’은 기초역량에서 산업별 세부역량으로 이어지는 계층형 구조로 구성되어 있으나 정책적 가이드라인 성격이 강하여, 실제 공정 단위별 수행준거나 현장 적용 지표가 명확히 제시되지 수준까지는 발전하지 못했다. 일본에서는 로봇·메카트로닉스 분야 숙련기준과 자격기준을 중심으로 개발되어 왔으며 기계·전기·제어·시스템 통합 등 네 가지 영역을 중심으로 기술 숙련 체계가 구성되어 있다. 일본의 경우 장비 운용 능력과 개별 기술 숙련의 체계화라는 강점은 있지만, 로봇 도입 단계에서의 공정 통합 및 최적화 역량은 상대적으로 제한적이다. 이와 같은 비교를 통해 볼 때 본 연구에서 제안한 직무모형은 표준화된 역량 체계와 교육훈련 연계가 가능한 NCS 기반 모델로서 차별성이 있음을 확인할 수 있다.

Table 7. Competency Unit Specification

Competency Unit Name	1. Process Analysis and Planning for Robot Introduction
Competency Unit Elements	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagnosis of existing processes</li> <li>• Review of automation feasibility</li> <li>• Investment and ROI analysis</li> </ul>
Performance Criteria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Able to analyze existing process flows and bottlenecks to identify problems</li> <li>• Able to evaluate the technical and economic feasibility of robot introduction</li> <li>• Able to calculate introduction costs and payback periods</li> <li>• Able to prepare a report that justifies the feasibility of robot introduction</li> </ul>
Required Knowledge	Process flow and bottleneck analysis methods, robot application methods, ROI and investment-effect analysis methods
Required Skills	Process data analysis, application of robots, economic feasibility analysis
Required Attitudes	Analytical thinking, willingness to solve problems, financial responsibility
Competency Unit Name	2. Robot-Integrated Process Automation Design
Competency Unit Elements	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Robot/equipment selection</li> <li>• Process layout design</li> <li>• Safety design</li> </ul>
Performance Criteria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Able to select suitable robots and peripheral equipment for automation purposes</li> <li>• Able to design the layout of automated processes</li> <li>• Able to incorporate controllers, sensors, and safety devices into the design</li> <li>• Able to validate the design through simulation</li> </ul>
Required Knowledge	Robot specifications, CAD design, sensor and peripheral equipment specifications, safety management regulations
Required Skills	Process layout design, design simulation, system integration, safety evaluation
Required Attitudes	Compliance with safety regulations, flexibility in problem solving, collaborative attitude
Competency Unit Name	3. Robot Installation and Commissioning
Competency Unit Elements	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Robot system installation</li> <li>• Commissioning and tuning</li> <li>• Performance and quality verification</li> </ul>
Performance Criteria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Able to install robot systems and check system functions</li> <li>• Able to perform commissioning and initial tuning</li> <li>• Able to measure performance and quality to verify suitability</li> <li>• Able to prepare a commissioning result report</li> </ul>
Required Knowledge	Robot installation procedures, robot operating principles, system inspection methods, safety management standards
Required Skills	System installation and configuration, functional inspection, performance tuning
Required Attitudes	Compliance with safety, attention to detail in inspections, prompt problem response

Competency Unit Name	4. Operation and Maintenance
Competency Unit Elements	<ul style="list-style-type: none"> <li>Establishment of preventive maintenance plans</li> <li>Monitoring of operational status</li> <li>Failure response and performance maintenance</li> </ul>
Performance Criteria	<ul style="list-style-type: none"> <li>Able to establish preventive maintenance and inspection plans</li> <li>Able to monitor process operation status in real time</li> <li>Able to analyze causes and take corrective action in case of failures</li> <li>Able to analyze equipment logs and predict potential failures</li> </ul>
Required Knowledge	Maintenance procedures, performance monitoring techniques, failure diagnosis methods
Required Skills	Performing preventive maintenance, failure response, problem solving, maintenance planning
Required Attitudes	Proactive problem-solving mindset, responsibility for process operation, continuous improvement commitment
Competency Unit Name	5. Process Optimization and Standardization
Competency Unit Elements	<ul style="list-style-type: none"> <li>Productivity improvement</li> <li>Preparation of standardized process documents</li> <li>Development of training materials</li> </ul>
Performance Criteria	<ul style="list-style-type: none"> <li>Able to analyze process data to optimize productivity and quality</li> <li>Able to prepare standardized process documents</li> <li>Able to develop training materials for workers</li> <li>Able to quantitatively evaluate the effects of process improvements</li> </ul>
Required Knowledge	Process optimization techniques, performance indicator analysis methods, productivity analysis methods, standardization methods
Required Skills	Data analysis, standardization procedures, process improvement
Required Attitudes	Critical thinking, systematic documentation attitude, innovative problem-solving attitude

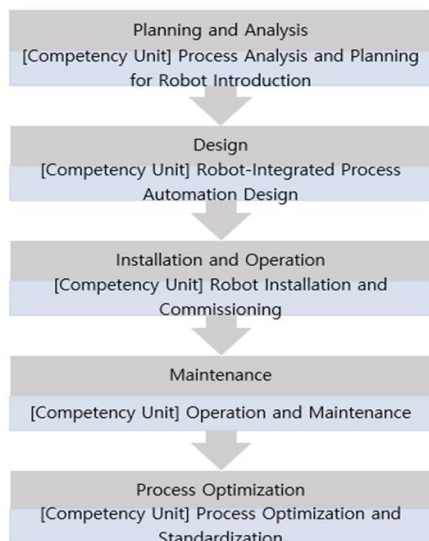


Fig. 4. Job Flow and Competency Unit Mapping

## IV. Conclusions

본 연구는 제조 공정에 로봇을 신규로 도입하여 자동화를 구축할 때 요구되는 직무를 표준화하여 NCS 체계로 제안하였다. 이를 위해 관련 NCS 현황과 문헌 조사, 로봇도입 공정 자동화 구축 사례를 분석하였으며, NCS 개발 절차에 따라 새롭게 제안하는 직무에 대한 NCS 체계를 개발하였다. “로봇 적용 공정 자동화” 직무를 정의하고 이를 기반으로 직무 분류 체계를 제안하여 기존 NCS에 통합하는 방안을 제시하였다. 직무 정의를 기반으로 도출된 능력단위는 “공정 분석 및 로봇 도입 기획”, “로봇 기반 공정 자동화 설계”, “로봇 설치 및 시운전”, “운영 및 유지보수 관리”, “공정 최적화 및 표준화”이다. 도출된 5개의 능력단위에 대하여 능력단위 요소, 능력단위 요소 별 수행 준거와 필요 기술, 지식, 태도를 체계화하였다.

향후에는 산업별 로봇 도입 현황 등 더 많은 정량적 데이터 셋을 활용하여 로봇 도입 공정 자동화 직무의 파급효과를 계량적으로 검증하는 것과 능력단위 기반 교육·훈련 모듈 개발 등을 후속 연구 주제로 제안한다. 또한 ‘공정 분석 및 로봇 도입 기획’ 능력단위의 경우 이론 교재와 ROI 분석 실습 모듈, ‘로봇 설치 및 시운전’ 능력단위는 시뮬레이션 기반 실습 패키지와 연계될 수 있다. 이러한 활용패키지 제작을 통해 능력단위는 단순한 직무 정의를 넘어, 교육훈련, 산업현장 자격제도로 이어지는 직무표준 체계로 발전할 수 있을 것이다.

본 연구의 기여는 기존 NCS 체계에서 부재했던 “로봇 신규 도입 및 공정 자동화” 직무를 하나의 독립적 직무로 정의하고, 이를 능력단위 체계로 구조화했다는 것과, 중소제조기업의 로봇 도입 과정에서 요구되는 직무를 명확히 제시함으로써, 향후 교육·훈련 프로그램 개발, 자격제도 설계, 정부 지원 정책 수립 등에 기초 자료를 제공할 수 있다는 점이다. 제시된 능력단위 체계는 현장 실무자뿐 아니라 로봇·자동화 SI 기업의 컨설턴트와 교육기관에서 활용 가능한 표준화된 기준을 마련한다는 의의를 갖는다.

## ACKNOWLEDGEMENT

This study utilized data and consulting materials from the ‘Robot-Based Manufacturing Innovation Support Program’ conducted by the Korea Institute of Industrial Technology(KITECH).

## REFERENCES

- [1] Joint Ministries, "4th Basic Plan for Intelligent Robots," Ministry of Trade, Industry and Energy, January 2024.
- [2] Karabegović, "High Robotization as a Foundation for Smart Industry-Korea," *Digital Technologies Research and Applications*, vol. 4, no. 2, pp. 125–141, Jul. 2025. DOI: 10.54963/dtra.v4i2.1314.
- [3] U. Asif, M. T. Kahn, A. Muhammad, and F. Chen, "Rapid and Automated Configuration of Robot Manufacturing Cells," *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, vol. 87, p. 102656, Jan. 2025, DOI: 10.1016/j.rcim.2025.102656.
- [4] N. Y. Han, "Robotics Integration in Manufacturing: Case Study of South Korea," *Digital Technologies Research and Applications*, vol. 5, no. 1, pp. 42–53, Jan. 2024. DOI: 10.54963/dtra.v5i1.1314.
- [5] Joint Ministries, "2023 Action Plan for Intelligent Robots," Ministry of Trade, Industry and Energy, May 2023.
- [6] S. Lee and J. Lee, "Application of Robots for Smartization of Manufacturing Processes in SMEs," *Journal of the Korean Institute of Communications and Information Sciences*, vol. 33, no. 8, pp. 3–9, Jul. 2016.
- [7] T. W. Kim and C. K. Suh, "An Analysis of Success Factors for the Adoption of Industrial Robots in SMEs Using AHP," *Journal of the Korean Operations Research and Management Science Society*, vol. 39, no. 2, pp. 1–16, Jun. 2022.
- [8] Ministry of SMEs and Startups, Korea Institute for Robot Industry Advancement, "2025 Robotics-Enabled Manufacturing Innovation Support Program Announcement," Ministry of SMEs and Startups Business Announcement No. 2024-581, Nov. 21, 2024.
- [9] S. W. Kim and K. S. Chung, "A Study on the Application of National Competency Standards (NCS) to 4-year Universities in South Korea—Focused on the Case of K-Univ.," *Journalism and Mass Communication*, vol. 8, no. 1, pp. 22–34, Jan. 2018, DOI: 10.17265/2160-6579/2018.01.003.
- [10] Human Resources Development Service of Korea, "National Competency Standards (NCS)," Human Resources Development Service of Korea, <https://www.ncs.go.kr/index.do>
- [11] Human Resources Development Service of Korea, "NCS Classification," HRD Korea, <https://www.ncs.go.kr/th01/TH-102-001-02.scd0>
- [12] Ministry of Employment and Labor, Human Resources Development Service of Korea, "Manual for National Competency Standards (NCS) Development and Improvement 2025," Ministry of Employment and Labor, 2025.
- [13] Korea Institute for Robot Industry Advancement, "Guidelines for Verification Standards of Robot Process Models," Korea Institute for Robot Industry Advancement, 2024.
- [14] R. E. Norton, "DACUM Handbook," Columbus, OH: The Ohio State University, 1997.
- [15] J. G. Enriquez, J. A. Garcia-Garcia, and F. J. Dominguez-Mayo, "Robotic Process Automation: A Scientific and Industrial Systematic Mapping Study," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 39113–39134, 2020. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2973575.
- [16] A. Kitsantas, "Integrating Robotic Process Automation with Artificial Intelligence: Enhancing Efficiency in Industry 4.0," *Journal of Systems and Management Sciences*, vol. 14, no. 7, pp. 202–220, 2024. DOI: 10.33168/JSMS.2024.0712.
- [17] S. Waduge, "A Process Analysis Framework to Adopt Intelligent Robotic Process Automation," *Sustainability*, vol. 16, no. 22, p. 9753, 2024. DOI: 10.3390/su16229753.
- [18] Korea Institute of Industrial Technology, "Procedure for Robot Introduction for Smart Factory Implementation," Korea Institute of Industrial Technology, 2023.
- [19] Korea Institute of Industrial Technology, "Procedure for Robot Introduction for Process Automation Using Robots," Korea Institute of Industrial Technology, 2024.
- [20] Korea Institute of Industrial Technology, "Robot Engineering Consulting Casebook," Korea Institute of Industrial Technology, 2024.
- [21] Korea Institute of Industrial Technology, "Robot Engineering Consulting Casebook," Korea Institute of Industrial Technology, 2023.

## Authors



Yong-Kwan Kwon received the B.S., M.S. degrees in Electrical Engineering from Sungkyunkwan University, Korea, in 1985, 1987, and the Ph.D. degree in Electronic Information Convergence from Seoul National

University of Science and Technology, Korea, in 2016. He is currently a Professor in the Department of IT Convergence, Soongsil University. He is interested in robotic systems, motion control systems, and embedded systems.