

요구사항 분석 및 아키텍처 정의 분야의 인공지능 적용 현황 및 방향

김진일*, 염충섭, 신중욱
고등기술연구원 플랜트엔지니어링센터

Application of AI Technology in Requirements Analysis and Architecture Definition – status and prospects

Jin Il Kim*, Choong Sub Yeum, Joong Uk Shin
Institute for Advanced Engineering, Plant Engineering Center

Abstract: Along with the development of the 4th Industrial Revolution technology, artificial intelligence technology is also being used in the field of systems engineering. This study analyzed the development status of artificial intelligence technology in the areas of systems engineering core processes such as stakeholder needs and requirements definition, system requirement analysis, and system architecture definition, and presented future technology development directions. In the definition of stakeholder needs and requirements, technology development is underway to compensate for the shortcomings of the existing requirement extraction methods. In the field of system requirement analysis, technology for automatically checking errors in individual requirements and technology for analyzing categories of requirements are being developed. In the field of system architecture definition, a technology for automatically generating architectures for each system sector based on requirements is being developed. In this study, these contents were summarized and future development directions were presented.

Key Words: Artificial Intelligence, 4th Industrial Revolution, Systems Engineering Process, Deep Learning, Natural Language Processing

Received: September 19, 2022 / **Revised:** December 20, 2022 / **Accepted:** December 22, 2022

* 교신저자: Jinil Kim / Institute for Advanced Engineering / jjkim@iae.re.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited

1. 서론

4차산업혁명 기술의 발달로 시스템엔지니어링 분야에서도 많은 변화가 일어나고 있다. 이러한 4차산업혁명 기술은 사물인터넷, 로봇공학, 가상현실 및 인공지능 기술들로 대변된다. 이러한 4차산업혁명 기술은 대부분의 산업분야에 적용되고 있으며, 시스템엔지니어링 분야 역시 이러한 기술 발전의 영향을 받을 수밖에 없다.

본 논문은 이러한 4차산업혁명 기술 중 시스템엔지니어링에 가장 밀접하게 영향을 미친다고 판단되는 인공지능 기술의 적용 현황과 전망에 대해서 조사 및 분석하고 향후 발전 전망에 대해서 기술하였다. 인공지능기술에 초점을 맞춘 이유는 사물인터넷, 로봇공학, 가상현실 등은 시스템 구현 기술인 반면에 인공지능 기술은 시스템엔지니어링의 핵심 프로세스인 요구사항 분석 및 아키텍처 정의에 일반적으로 사용될 수 있기 때문이다.

본 논문에서는 인공지능 기술의 일반적인 정의에 대해서 알아보고, 시스템엔지니어링 표준 프로세스를 분석하여 인공지능 기술 적용 현황을 검토할 대상 프로세스를 정의하였다.

조사 대상 프로세스는 현존하는 3개의 국제 및 산업 표준 중 공통적인 프로세스를 대상으로 하였다.

각 대상 프로세스별로 인공지능 기술 적용 현황을 조사 분석하였고, 인공지능 기술의 적용 전망에 대해서 기술하였다. 인공지능 기술은 제품에 구현된 기술을 대상으로 하지 않았고 시스템엔지니어링 프로세스에 적용되는 기술을 대상으로 하였다.

2. 인공지능 및 시스템엔지니어링 개요

2.1 인공지능 개요

인공지능(AI Artificial Intelligence)이 무엇인가에 대해서 John McCarthy는 아래와 같이 정의하고 있다.

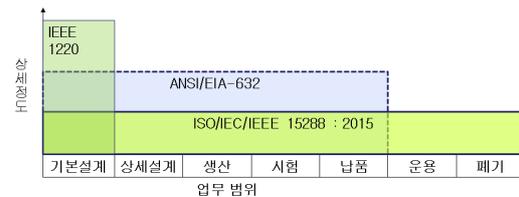
“AI is the Science and engineering of making

intelligence machine, especially intelligence computer program. It is related to the similar tasks of using computers to understand human intelligence, but AI does not have to confine itself to methods that are biologically observable”.[1]

이는 인간의 지능과 유사한 능력을 갖는 컴퓨터 프로그램의 개발로 볼 수 있다.

2.2 인공지능 적용 검토 대상 시스템엔지니어링 프로세스 선정

인공지능 적용 검토 대상 프로세스를 선정하기 위하여 현재의 시스템엔지니어링 표준을 그림 1과 같이 분석하였다.



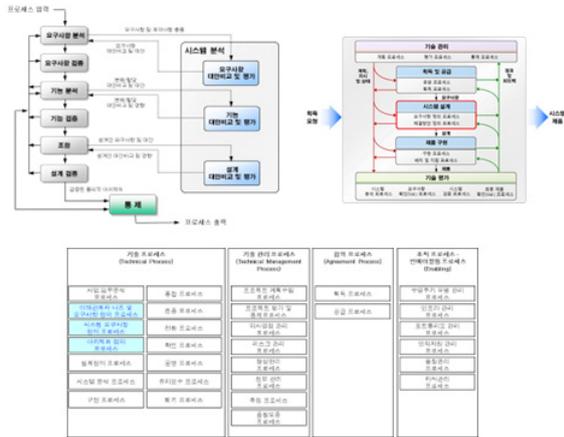
- ISO/IEC/IEEE 15288 :2015 – System and Software Life Cycle Process
- ANSI EIA 632 – Process for Engineering a System
- IEEE 1220 – IEEE Standard for Application and Management of the Systems Engineering Process

[Figure 1] Comparison of Systems Engineering Standards

그림1과 같이 현재 통용되고 있는 시스템엔지니어링 표준은 ISO 15288, EIA 632, IEEE 1220 등이 있다.[2],[3],[4] 이 세 개의 표준은 다루고 있는 업무 범위와 각 업무에 대한 내용의 상세 정도가 상이하다.

그림 2에서 볼 수 있듯이, IEEE 1220은 요구사항 분석, 기능분석, 아키텍처 조합, 시스템 분석에 대한 업무를 정의하고 있으며, EIA 632는 획득요청에서 시스템 제품의 납품까지를 정의하고 있고, 이 중 시스템 설계 부분의 요구사항 정의 프로세스, 해결방안 정의 프로세스가 IEEE 1220의 내용을 포함하는 것으로 볼 수 있다. 또한 ISO 15288은 기술, 기술관리, 합의 조직의 인에이블링(Enabling) 프로세스를 모두 포함하고 있다. 이 중 IEEE 1220

의 내용을 포함하는 부분은 이해관계자 니즈 및 요구사항 정의, 시스템 요구사항 정의, 아키텍처 정의의 프로세스로 볼 수 있다.



[Figure 2] Scope of study in Systems Engineering Standards

이에 본 논문에서는 각 표준에서 공히 다루고 있고, 시스템엔지니어링의 핵심 프로세스라고 판단되는 세 개의 업무 프로세스를 검토 대상으로 선정하였으며, 선정한 프로세스는 ISO 15288에서 아래와 같이 제시하는 프로세스이다.

- 이해관계자 니즈 및 요구사항 정의의 프로세스
- 시스템 요구사항 정의의 프로세스
- 아키텍처 정의의 프로세스

3. 세부 분야별 인공지능 기술 개발 현황

3.1 이해관계자 니즈 및 요구사항 정의의 프로세스 분야

이해관계자 니즈 및 요구사항 정의 프로세스의 주요 활동은 이해관계자의 니즈를 정의하고, 운용개념 및 수명주기 개념을 개발하며, 이해관계자 니즈를 이해관계자 요구사항으로 변환하고, 이해관계자 니즈를 분석 및 관리하는 것이다.[4]

이 프로세스에서 가장 중요한 것은 이해관계자의

요구사항을 추출하는 것인데, 이에 대하여 Shreta는 표 1과 같이 정리하여 발표하였다.[5]

<Table 1> Problems of Classical Requirements Elicitation Technique and Solutions Using AI [Ref 5 내용 발췌정리]

| 방법 | 단점 | AI 해결 방안 |
|-----|----------------------|--|
| 인터뷰 | 요구사항을 잘 표현하지 못함 | 키워드(Keyword)를 이상적인 요구사항으로 매핑 |
| 설문지 | 설문지의 내용에 대한 서로 다른 이해 | 자연어 처리 기법을 통해서 서로 다른 용어를 상위 개념의 용어로 변환 |

3.2 시스템 요구사항 정의의 프로세스 분야

시스템 요구사항 정의의 프로세스는 시스템 요구사항을 정의, 분석 및 관리하는 것이다.[4]

이 분야에서 식별된 기술 개발 현황은 요구사항의 무결성 분석과 요구사항의 범주 분석 분야이다.

3.2.1 시스템 요구사항 무결성 분석 분야

시스템 요구사항 분석 업무 중 중요한 업무 중 하나는 요구사항의 무결성을 분석하는 것이다.

IBM사의 “Requirements Quality Assistant”는 INCOSE(International Council on Systems Engineering)의 지침을 기반으로 자연어 처리기법을 이용하여 요구사항에 대해서 아래와 같은 결함을 검토하는 기능을 제공하고 있다.[6]

- 불완전한 요구사항 및 애매한 요구사항
- 복합 요구사항 또는 부정적인 요구사항
- 단위 또는 범위 누락 항목

INCOSE의 지침서에서 제시하는 좋은 요구사항의 특징에는 필요성, 구현 독립성, 명확성, 완전성, 단일성, 실현가능성, 검증가능성, 적합성 등이 있다.[7] 현재 DOORS에서는 이러한 좋은 요구사항의 특징 중 일부 항목에 대한 검토기능을 구현한 것이다.

이러한 기술은 이해관계자 요구사항이나 시스템

요구사항 각 문장 내에 존재하는 잠재적인 오류를 자동으로 식별하는데 사용될 수 있다.

3.2.2 시스템 요구사항 범주 분석

시스템 요구사항에는 기본적으로 기능 또는 능력 (capability) 요구사항이 포함되며 이 외에도 품질요구사항 (quality requirements), 즉 비기능 요구사항이 포함된다. 이러한 품질요구사항에는 성능, 적합성 (compatibility), 사용성, 신뢰성, 보안성, 안전성 등에 대한 요구사항이 포함된다.[8]

Tamai 등은 소프트웨어 요구사항 명세서를 자연어 처리 및 머신러닝 기법을 사용하여 분석함으로써 품질 요구사항에 대해서 아래 내용을 분석하였다.[9]

- ISO/IEC 25000 기준에 맞추어 잘 못 분류된 요구사항 식별 및 재분류
- 요구사항이 너무 많거나 없는 요구사항 범주 식별
- 요구사항이 과도하게 도출되었거나 불충분하게 추출된 요구사항에 대한 정보 분석

Taimi 등은 QRMiner라는 품질요구사항 분석 프로그램을 개발하였는데 여기에는 11,428개의 요구사항 문장이 사용되었고, 비교적 만족할만한 결과를 얻었으나 좀 더 정확도를 향상시킬 필요가 있다고 제시하였다.

이 연구의 의미는 이해당사자나 개발자들이 문서화한 요구사항 명세서에서 품질요구사항에 대한 검토를 인공지능 기술과 기존 데이터를 탑재한 소프트웨어가 수행한다는 데 있다.

이러한 기술은 운용요구서, 시스템 요구사항 명세서 등을 개발한 후 문서의 각 항목에 대한 요구사항이 적절히 정의되었는지 분석하는데 사용될 수 있다.

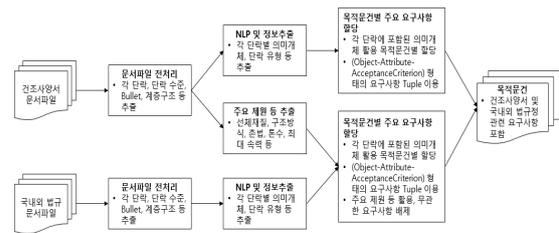
3.2.3 시스템 요구사항 할당 관리 분야

요구사항 관리에는 기본적으로 양방향 추적성 관리, 변경 관리 등이 포함되며 또 다른 중요한 관리

요소중의 하나는 업무 즉 WBS(Work Breakdown Structure)에 할당하여 관리하는 것이다. 이는 요구사항이 업무에 적절하게 할당되어 모든 요구사항이 제품에 반영되도록 하기 위한 활동이다.

이러한 할당 활동은 지금까지 주로 여러 전문가들이 협력하여 할당이 적합하게 이루어질 수 있도록 해 왔다. 이러한 방법의 단점은 전문가에 따라 판단이 달라질 수 있고 지식이 쌓이지 않는다는 것이다. 최근 이러한 단점을 보완하고자 한국의 YGM에서 자연어 처리 기법을 이용하여 요구사항을 업무에 자동 할당하는 프로그램을 개발하였다.[10]

YGM에서는 국내 합정분야의 건조사양서 (Build Specification)를 대상으로 요구사항을 할당하는 프로그램을 개발하였다.



[Figure 3] Requirements Allocation Program Development Concept[10]

YGM에서는 그림 3에서 볼 수 있듯이 해당 선박의 건조사양서와 관련 법규 문서 파일을 자연어 처리 기법을 이용하여 추출하고 이를 해당 선박의 설계에서 개발해야 할 목적문건(도면, 보고서 등)에 할당하는 기술을 개발하였다.

이 기술을 활용하면 설계자는 자신이 개발해야 할 목적문건이 만족시켜야 할 요구사항을 식별할 수 있으며, 설계 관리자나 고객은 자신의 요구사항이 어느 목적문건에서 만족되는지 확인하여 요구사항이 누락 없이 설계에 반영될 수 있도록 해 준다. 이러한 할당은 초기에 각 목적문건별로 핵심단어를 입력해 놓으면 이와 연관된 요구사항의 내용을 프로그램이 자연어 처리 기법을 활용하여 해당 목적문건에 할당하는 방식을 사용한다.

이 기술은 시스템 요구사항 명세서 개발 이후 각

요구사항 항목이 업무분해구조(WBS Work Breakdown Structure)에 할당하는데 사용될 수 있다.

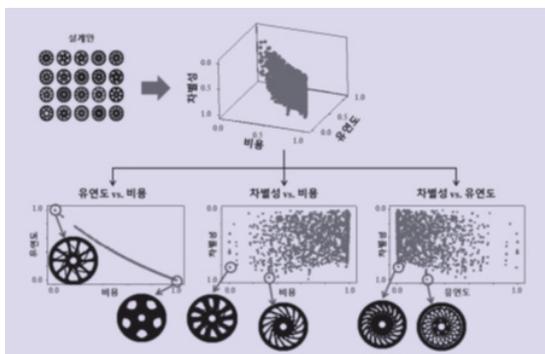
3.3 시스템 아키텍처 정의 프로세스 분야

시스템 아키텍처 정의 프로세스는 아키텍처 관점 개발, 후보 아키텍처 모델 및 뷰(view) 개발, 아키텍처와 설계 연계, 아키텍처 후보 평가, 선택한 아키텍처 관리 등이 포함된다.[4]

이 분야에서는 여러 개의 아키텍처 대안을 생성하는 분야, 주어진 요구사항을 반영한 아키텍처 자동 생성하는 분야, 가상설계지원 분야 등에 대한 연구가 식별되었다.

3.3.1 아키텍처 대안 생성 분야

강남우는 주어진 설계 파라미터 값을 다양화하여 다량의 구조 설계안을 생성하여 사용자가 선택할 수 있도록 하는 딥제너레이티브 디자인 방법을 제시하였다.[11]



[Figure 4] Deep Generative Design Concept[11]

그림 4에서와 같이 딥제너레이티브 디자인은 제너레이티브(generative) 디자인과 딥러닝을 결합한 방법으로서 기존의 제너레이티브 디자인의 한계를 극복하고자 개발된 기술이다.

이 방법에서는 과거 설계 레퍼런스(reference)를 바탕으로 모든 설계안을 생성한 후 각 설계안의 성능, 비용, 차별성 등을 평가하여 설계자에게 선호도

가 높은 순서로 설계안을 추천해 주는 기술이다.

그림 4에서와 같이 유연도, 비용, 차별성을 모두 고려했을 경우 가능한 솔루션 영역을 모두 보여주기 도 하고, 두 가지만을 고려했을 경우 가능한 솔루션 영역을 보여준다. 사용자는 이를 기반으로 적절한 솔루션을 선정할 수 있다.

이 방법은 주어진 파라미터를 기반으로 어느 정도 정형화 되어 있는 아키텍처 분야에 유용한 기술로 판단된다.

이 기술은 시스템 아키텍처 개발 시 각 성능 요구사항간에 균형을 맞춘 아키텍처를 개발하는데 사용될 수 있다.

3.3.2 아키텍처 자동 생성 분야

아키텍처 자동 생성 분야는 건설 산업 분야에서 수주를 위한 견적설계를 신속하게 하기 위하여 개발되고 있다. 대우건설에서는 수주지원 통합 플랫폼을 개발하여 수주 단계에서 인공지능 기술을 활용하여 설계를 자동화하여 이를 기반으로 개산견적, 공기산정 등을 지원하는 프로그램을 개발 중이다.[12]



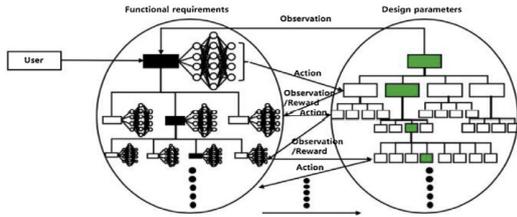
[Figure 5] AI based Automatic Design[12]

이러한 아키텍처 자동 생성, 즉 개념설계 기술은 기존의 설계데이터를 딥러닝 기법을 활용하여 학습시켜 활용한다. 건설 뿐 아니라 고객사의 수많은 견적 요청에 신속하고 정확하게 대응해야 하는 조선 분야 등에서도 이러한 기술은 유용하게 사용될 것으로 판단된다.

이 기술은 고객이 제시한 요구사항에 부합하는 개략적인 시스템 아키텍처를 신속하게 생성하여 견적에 대응하는데 사용될 수 있다.

3.3.3 가상설계지원 분야

인공지능 기술을 이용한 시스템 아키텍처 설계에 대한 근본적인 해법으로 이러한 아키텍처 자동 생성, 즉 개념설계 기술은 MIT의 Sang-Gook Kim 등은 가상설계지원(VDA Virtual Design Assistant) 플랫폼 기술의 개념과 개발 현황을 발표하였다.[13]



[Figure 6] Machine intelligence assisted design process[13]

그림 6과 같이 VDA는 설계자가 제공하는 자연어를 기능 요구사항으로 제시하고, 건전한 의사결정을 위한 설계 원칙을 구현하며 이를 위해서 기능 및 물리적 도메인을 검색하여 설계안을 제시하는 기능을 제공한다.

이러한 VDA 플랫폼은 해당 분야의 경험을 가진 전문가와 데이터로 학습된 인공지능 시스템이 상호 작용하며 함께 진화하는 프레임워크이다.

이 기술은 시스템 아키텍처 개발 시 개발자의 전문성을 활용하여 인공지능을 발전시킴으로써 보다 오류 없는 아키텍처를 개발하는데 사용될 수 있다.

4. 조사 결과 분석 및 발전 방향 전망

4.1 인공지능 기술 개발 현황 조사 결과 분석

시스템엔지니어링 프로세스의 핵심은 요구사항 분석과 이를 기반으로한 시스템 아키텍처 정의라고 볼 수 있다. 그러나 이러한 프로세스는 대부분 기계적으로 이루어지기 어려운 창의적인 업무 분야이다. 이에 따라 전산지원 시스템엔지니어링 도구에서도 이러한 업무들은 사용자가 직접 입력해야 하는 상황이었으나, 인공지능 기술의 발달로 일부분은 자동화

가 이루어지고 있다.

이해관계자 니즈 및 요구사항 분석 분야는 전통적인 요구사항 추출 방법의 단점을 보완하고자 하는 자연어 처리 기법이 활용되고 있다. 시스템 요구사항 정의 부분에서는 문서화된 요구사항 각 문장의 오류를 찾아내고, 요구사항의 범주 분석을 통해 과도하거나 부족하게 추출된 품질 요구사항을 분석해 주는 기술이 개발되고 있다. 시스템 아키텍처 정의 분야에서는 주로 특정 분야의 기본적인 아키텍처를 기반으로 주어진 요구사항을 만족할 수 있는 아키텍처를 자동 생성하는 기술이 개발되고 있으며, 전문가의 기술과 데이터로 학습된 인공지능이 상호 협력 및 발전하는 기술이 개발되고 있다. 개발되는 대부분의 기술은 아직 완성되었다고 보기는 어려우며 점차 정확도를 높여가는 방향으로 기술개발이 진행되고 있다.

4.2 세부 분야별 인공지능 기술 개발 방향

4.2.1 이해관계자 니즈 및 요구사항 정의 분야

이해관계자의 요구사항 추출에 있어서 가장 어려운 점은 이해관계자가 자기의 요구사항을 잘 표현하지 못한다는 것이다. 또한 이해관계자가 상호 모순되는 요구사항을 제시할 수도 있다. Shreta 등은 전통적인 요구사항 추출 방법인 인터뷰 및 설문지 기법의 단점을 인공지능을 활용하여 어떻게 극복할 수 있는지 제시하였다. 그러나 상호 모순되는 요구사항에 대한 인공지능 기술의 적용 부분에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

4.2.2 시스템 요구사항 정의 분야

시스템 요구사항 분석 분야에서 현재 조사되지 않는 분야는 자연어로 기술된 이해관계자의 요구사항을 기술적인 언어로 서술된 시스템 요구사항으로 변환하는 부분이다. 전통적으로 이러한 업무는 전문가의 판단이나 QFD(Quality Function Deployment) 기법을 이용하여 수행되어 왔다. 이 두 기법 모두 전문가의 판단이 중요한 역할을 하므로 이러한 사례를

데이터베이스화하고 딥러닝 기법을 적용하면 일정 부분 자동화하여 시스템엔지니어의 업무 부담을 줄여주고 오류의 가능성을 줄여줄 수 있을 것이다.

4.2.3 아키텍처 정의 분야

시스템 아키텍처 정의 분야의 기존 연구는 해당 분야의 기본적인 아키텍처에 대한 학습모델을 기반으로 요구사항에 부합하는 아키텍처를 제시하는 방향으로 연구가 수행되었으나 전혀 새로운 아키텍처에 대한 인공지능 적용 기술 개발은 매우 미미한 상태이다. 딥러닝 기술이 기본적으로 기존 데이터에 대한 학습을 기반으로 하므로 전혀 새로운 아키텍처 개발에 인공지능 기술의 적용은 어려울 것으로 판단되나, Sang-gook 등이 제시한 인공지능과 전문가의 상호 작용을 통한 동시 진화적인 방법이 유망하게 생각된다. 그러나 이 분야는 아직 초보적인 연구 단계이므로 기존 아키텍처 모델로 학습된 인공지능과 시스템 엔지니어가 어떻게 의사소통할지에 대한 방법론에 대한 연구가 필요하다고 판단된다.

4.3 조사결과 종합 및 발전 방향

본 연구에서 결과 및 발전방향을 종합하면 표 2와 같이 정리할 수 있다.

<Table 2> Status and prospects of each process

| 분야 | 기술개발 현황 및 발전 방향 |
|--------------------|---|
| 이해관계자 니즈 및 요구사항 정의 | <개발 현황> ● 인터뷰 및 설문지 요구사항의 처리 기술 <발전 방향> ● 상호 모순되는 요구사항 검토 기술 |
| 시스템 요구사항 정의 | <개발 현황> ● 요구사항 문장의 무결성 자동 분석 기술 ● 요구사항 범주 분석 기술 ● 시스템 요구사항 자동 할당 기술 <발전 방향> ● 자연어로 기술된 이해관계자 요구사항을 시스템 요구사항으로 변환하는 기술 |
| 아키텍처 정의 | <개발 현황> ● 특정 분야의 대안 아키텍처 자동 생성 기술 ● 신속한 개략적 개념 설계 기술 ● 전문가와 인공지능의 보완적 진화를 통한 아키텍처 생성 기술 <발전 방향> ● 아키텍처 정의를 위한 인공지능과 전문가와의 소통 향상 방향 |

5. 결론

4차산업혁명 기술의 발달과 더불어 인공지능기술이 시스템엔지니어링 분야에도 활용되고 있다. 본 연구에서는 시스템엔지니어링 핵심 프로세스인 이해관계자 니즈 및 요구사항 정의, 시스템 요구사항 정의, 아키텍처 정의 분야에 인공지능 기술 개발 현황을 분석하고 향후 기술 개발 방향을 제시하였다. 요구사항 및 특정 시스템 분야별 아키텍처 정의 부분은 좀 더 정확도를 높여가는 방향으로 연구가 필요하며, 새로운 아키텍처 정의 분야는 새로운 개념의 정립이 필요하다.

본 연구에서는 시스템엔지니어링의 핵심 프로세스 분야에 대한 인공지능 기술 개발 현황을 조사하였으나, 모든 기술에 대한 조사는 현실적으로 어려웠으며, 중요하다고 판단된 기술에 대해서 조사하였다.

사 사

본 연구는 산업통상자원부 및 한국에너지기술연구원 지원으로 수행되었음 (20224B10100090)

References

1. John Mccarthy, "What is Artificial Intelligence?", Stanford University, 2007.
2. ANSI/EIA, "ANSI/EIA-632, Process for Engineering a System", 2003.
3. IEEE, "IEEE 1220, IEEE Standard for Application and Management of the Systems Engineering Process", 2002.
4. ISO, "ISO/IEC/IEEE:15288, Systems and Software Engineering - System Life cycle Process", 2015.
5. Shreta Sharma, et. al., "Integrating AI Technique in Requirements Elicitation", International Conference on Advancements

- in Computing & Management. 2019.
6. IBM Engineering Requirements Quality Assistant, <https://www.ibm.com>.
 7. INCOSE, "Systems Engineering Handbook", 4th edition, 2015.
 8. ISO, "ISO/IEC 25000 Software Product Quality Requirements and Evaluation", 2014.
 9. Tetsuo Tamai et. al., "Quality Requirements Analysis with Machine Learning", 13th International Conference on Evaluation of Novel Approaches to Software Engineering, 2019, pp. 241-248.
 10. YGM, "강소특구 기술이전 사업화 사업 최종보고서", 2021.
 11. 강남우, "제너레이티브 디자인과 인공지능 기반 설계 자동화", Computational Structural Engineering, 2019, Vol.33, No. 1.
 12. <https://www.youtube.com/watch?v=L8z3q8waQ0k>.
 13. Sang-Gook Kim, et. al. "AI for Design : Virtual design assistant", CRIP Annals, Manufacturing Technology 68, 2019.
 14. Ron S. Kenetti, et. al., "Systems Engineering in the Fourth Industrial Revolution" Wiley, 2020.