

정부지원 과제의 시스템엔지니어링 적용 교훈 : 사례 연구

김진일* 엄충섭 신중욱

고등기술연구원 플랜트엔지니어링센터

Lessons Learned from Application of Systems Engineering to Government Funded Project : Case Study

Jin Il Kim*, Choong Sub Yeum, Joong Uk Shin

Plant Engineering Center, Institute for Advanced Engineering

Abstract : The systems engineering standard process is intended to be customized for a given project environment and system characteristics. This study describes the experience gained by applying systems engineering to government-funded projects. The characteristics of government funded project are lack of common development process among the participating organizations and mechanism to determine system requirements. This study describes the contents of the systems engineering activities, including development of operational concept, system requirements, verification requirements (test cases), test verification plan, and implementation of system test and lessons learned from these activities.

Key Words : Systems Engineering Application, Government Project Systems Engineering, Systems Engineering Process Customization, Operational Concept, System Requirement, System Verification

Received: October 25, 2019 / **Revised:** November 21, 2019 / **Accepted:** November 25, 2019

* 교신저자 : Jin Il Kim, jikim@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

우리나라는 약20조원의 예산을 연구개발에 지원하고 있으며, 산업부에서는 3조여 원을 연구개발에 투자하고 있다. 특히 산업부의 연구개발은 주로 사업화를 목적으로 하기 때문에 기초연구보다는 시스템을 개발하는 과제가 많다.

이처럼 사업화를 목적으로 수행되는 시스템 개발 과제는 시스템엔지니어링을 적용하여 사업의 성공 확률을 높이고, 사업화가 잘 진행되도록 할 필요가 있다. 시스템엔지니어링의 특성 중 하나는 표준 프로세스를 사업 수행 환경에 적합하게 적용조정 해서 사용해야 효과적이라는 것이다. 그리고 정부지원 과제의 특성은 연구 목표의 명확성과 연구의 자율성이라는 양면이 존재한다는 것이다. 따라서 아직까지 국내 산업기술 연구개발과제에 시스템엔지니어링을 반드시 적용해야 되는 상황은 아니다. 본 연구에서는 산업통상자원부에서 지원하는 연구개발 과제의 특성과 시스템 엔지니어링을 적용하여 수행한 내용, 체득한 교훈 및 향후 발전 방향에 대해서 논의하였다.

2. 산업통상자원부 지원 과제의 특성

산업통상자원부의 연구개발은 원천연구와 응용연구로 크게 구분되며, 사업화를 위한 핵심기술 개발, 생태계 구축, 테스트베드 구축 등 다양한 분야에 걸쳐 지원되고 있다. 본 연구에서는 응용연구분야의 핵심기술 개발 사업에 참여한 경험을 다루므로 이 사업에 대한 특성을 기술하고자 한다.

산업통상자원부의 핵심기술개발 과제의 특성은 다음과 같다.

- 제안요청서에 개략적인 요구사항 제시
- 정량적 목표 제시
- 산·학·연 추진체계

- 제안요청서에 개략적인 요구사항 제시
제안요청서에 수행해야할 업무와 개발할 기술 또

는 시스템에 대한 개략적인 요구사항을 제시하고 있다. 이러한 요구사항은 일반적으로 과제기획위원회를 통해 해당 분야의 전문가들이 작성한다. 이러한 요구사항은 시스템의 핵심적인 내용을 기술하는 정도이므로, 시스템 개발을 위한 세부적인 내용은 과제 추진 과정에서 개발해야 한다. 즉 시스템의 기능, 외부 인터페이스, 물리적인 특성, 각종 품질요소 등이 과제 수행 과정에서 정의되어야 한다. 그러나 대부분의 과제는 이러한 내용이 산발적으로 부분적으로 수행되고 있는 실정이다. 이러한 시스템 요구사항, 또는 시스템 사양서의 문서화가 필요하지만 지침이나 규정에는 이와 관련된 내용은 없는 실정이다.

- 정량적 목표 제시

제안요청서에는 개발할 기술이나 시스템이 만족해야 할 정량적 목표를 제시하고 있는데, 이러한 정량적인 목표는 시스템엔지니어링에서 주요 관리요소의 하나인 효과성 측정지표(Measure of Effectiveness) 또는 성능측정지표(Measure of Performance)의 성격을 갖는 요소이다. 이러한 정량적 목표는 특히 과제의 최종 성과물에 대한 검증지표로 사용되므로 과제에서 반드시 만족해야 하는 지표이다.

- 산·학·연 추진 체계

사업화를 목적으로 하는 과제는 대부분 개발하기 때문에 산업계에서 과제 주관을 맡으며, 학교나 연구소에서 기술 개발을 지원하는 체계로 수행하는 경우가 많다. 이는 상대적으로 연구 능력이 부족한 중소·중견기업을 연구능력을 갖춘 대학이나 연구소가 지원한다는 개념이다.

기타 특성으로는 정형화된 연구개발 프로세스의 부재를 들 수 있다. 이는 중소·중견기업의 경우 자체 프로세스를 갖추지 않은 경우가 많으며, 컨소시엄으로 운영되는 상황에서 공통의 프로세스를 도출하기 어렵기 때문이다. 과제 기획을 통해 과제 수행 프로세스를 제시하는 정도로 볼 수 있다. 또한 시스

템엔지니어링에 대한 지식이나 경험이 적은 경우가 많은데 이는 아직까지 국내의 국방, 철도 등 일부 분야를 제외하고는 시스템엔지니어링이 제도화되지 않았기 때문으로 판단된다.

3. 연구 대상 과제 개요

본 논문에서의 연구대상 과제는 다음과 같다.

3.1 개발 대상 시스템 개요

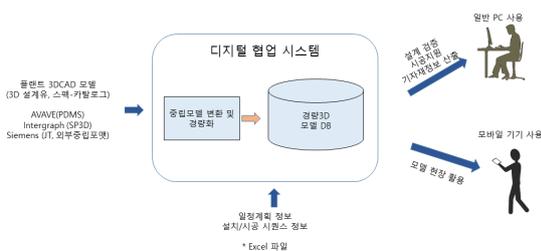
연구대상 과제에서 개발하고자하는 3D CAD(3 Dimension Computer Aided Design) 데이터를 활용하여 디지털 목업을 구축하고, 이를 이용하여 설계 검증, 간섭검토, 공법 시뮬레이션 등을 수행하도록 지원하는 디지털 협업 시스템이다. 그림 1은 디지털협업시스템의 운용개념도를 보여주고 있다.

이 시스템의 핵심 기능은 여러 종류의 CAD 파일을 처리하기 위한 중립 CAD 모델 개발, 대용량 CAD 파일을 압축하여 디지털 목업을 구축하는 기능, 구축된 목업을 활용하여 엔지니어링 활동을 지원하는 기능이다.

3.2 과제 수행 조직 및 업무

연구대상 과제는 산·학·연으로 구성된 컨소시움으로서 그림 2와 같이 구성되었다.

컨소시움의 총괄책임은 사업화를 전체적으로 수행할 기업에서 수행하였으며, 이의 일부분을 사업화할 중소기업이 참여하고, 세부 기술개발을 지원하기 위한 대학교가 참여하였으며, 연구소에서 시스템엔



[Figure 1] Operational Concept of Digital Collaboration System

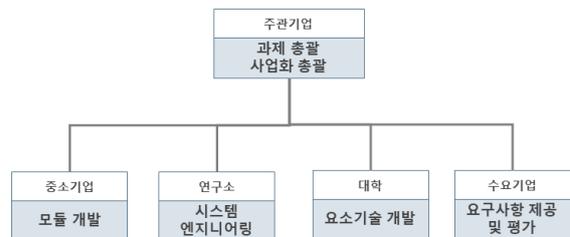
지니어링 적용 업무를 수행하였다. 또한 수요기업에서는 개발할 시스템에 대한 요구사항 제공 및 활용성 평가를 수행하였다.

4. 시스템엔지니어링 적용 경과

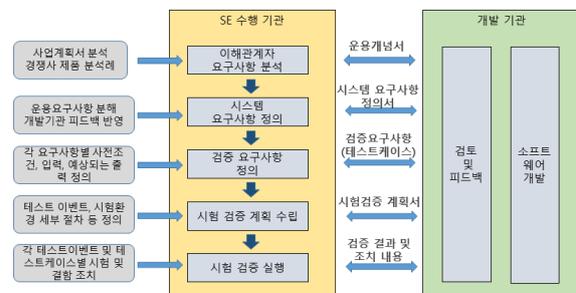
본 연구와 유사한 연구로는 방위사업분야에서 시스템 엔지니어링 표준을 비교한 사례[8]가 있으나 산업통상자원부의 과제에 시스템엔지니어링을 어떻게 적용할지에 대한 연구는 찾아볼 수 없었다. 연구대상 과제는 총3차 년도에 걸쳐 진행되었으며 기본적인 수행 개념은 그림 3과 같다. 그림 3은 국제시스템엔지니어링협회의 시스템엔지니어링 핸드북[4]를 참조하였으며, 사업계획서를 기반으로 요구사항과 검증계획을 개발하고 확인하는 프로세스를 보여주고 있다.

연차별로 수행한 시스템 엔지니어링 수행업무는 표 1과 같다.

각 업무별 수행 세부 내용은 다음과 같다.



[Figure 2] Organization of the Project



[Figure 3] Basic structure of application of systems engineering

<Table 1> SE Activities by year

연차	시스템엔지니어링 수행 업무
1차 년도	운용 개념서 작성 시스템 요구사항서 작성
2차 년도	검증요구사항 개발 시스템 검증 계획 수립
3차 년도	시험 평가 수행

<Table 2> Contents of Operational Concept Document

구분	작성 내용
1장	- 문서 개요 개발 대상 시스템 개요 기술
2장	- CAD 시스템에 대한 일반적인 내용 - 현재 3D CAD 리뷰 프로그램이 어떻게 사용되는지 - 주요 경쟁사 제품에 대한 비교 결과
3장	- 디지털협업시스템의 개발 배경, 목적 - 외부인터페이스, 주요 기능, 품질요소 및 안전/보완과 관련된 특성 기술
4장	- 최상위 수준의 운영 시나리오 - 최상위 수준의 기능을 정의 - 최상위 기능에 대한 세부 시나리오 정의
5장	- 시스템 개발로 인해 예상되는 효과 기술

4.1 운용 개념서 작성

운용개념서 작성은 일반적인 상황에서도 매우 중요하지만 여러 조직이 참여하여 시스템을 개발하는 과제에서는 매우 중요하다. 본 연구대상 사업에서는 과제 초기에 운용개념서를 작성하였으며, 이를 기반으로 개발할 시스템에 대한 공통의 조망을 갖도록 하였다. 운용개념서에 대한 표준은 ANSI[1], DoD[2] 등에서 제시하고 있으며 이들에 대한 비교분석을 수행한[9] 사례가 있다. 본 과제에서 개발하는 시스템이 소프트웨어 시스템이므로 이에 적합한 IEEE 표준[3]을 적용조정하여 작성하였다.

표 2는 운용개념서의 개략적인 내용을 보여주고 있다.

일반적인 운용개념서는 개발할 시스템에 대한 내용도 포함되지만 개발의 정당성도 포함되어 있다. 그러나 본 과제에서는 개발에 대한 정당성이 크게 필요한 상황이 아니므로 이 부분은 대폭 축소하였다. 이에 대한 결과는 참조문서[7]에 이미 발표한바 있다.

<Table 3> Contents of System Requirements Specification

구분	작성 내용
1장	- 시스템 목적, - 시스템 컨텍스트, 주요 기능, 사용자 특성
2장	- 외부 시스템 인터페이스 - 최상위 기능별 세부 요구사항 상세내용 - 사용자 편의성, 성능, 설계 제약사항, 시스템 속성
3장	- 검증 요구사항

• 체득한 교훈

운용개념서 국제 표준은 수명주기를 기반으로 작성되어 있어서 개발의 당위성과 개발할 시스템에 대한 내용으로 크게 구성되어 있다. 특히 제기된 필요성에 부합하는 다른 해결방안에 대한 내용도 포함되어 있다. 그러나 본 과제의 경우 사업의 필요성은 과제 기획단계에서 논의가 종결되고, 다른 해결방안에 대한 고려가 불필요한 상황이므로 개발될 시스템에 초점을 맞추는 것이 필요하다. 과제 제안 단계에서 개발할 시스템에 대한 개략적인 개념을 공유하기는 하지만 명확한 운용 개념, 구성요소, 외부 시스템 및 내부 컴포넌트간의 인터페이스는 명확히 정의되지 않는 것이 일반적이며 본 연구대상 과제에서도 이러한 현상을 발생되었다. 특히 인터페이스의 경우 과제 후반에 문제가 발생할 수 있으므로 운용개념 수립 시 인터페이스 개념을 명확히 정의하는 것이 필요하다.

4.2 시스템 요구사항서 작성

시스템 요구사항서 작성 ISO/IEC/IEEE 29148[6] 표준을 준용하여 작성하였다. 표 3은 시스템요구사항서의 내용을 개략적으로 보여주고 있다.

시스템 요구사항 작성 시 표준 템플릿의 적용조정에 대한 필요는 크게 발생하지 않았는데 이는 개발할 시스템에 초점을 맞추고 있기 때문이다. 주로 운용개념서에서 식별된 최상위 기능을 상세화시켜 세부 기능 요구사항을 도출하고, 사용자 편의성 등과 같은 부가적인 요구사항을 기술하였다. 검증요구사항 부분에는 각 요구사항을 어떻게 검증할지에

대한 내용을 기술하였다. 특히 시스템 요구사항 작성 시에는 과제 계획서에 기술된 내용이 누락되지 않도록 하였으며 경쟁사 제품과 경쟁하기 위하여 필요한 기능도 도출하여 명세화 하였다.

• 체득한 교훈

시스템 요구사항 작성 목적은 개발할 시스템이 만족해야 할 요구사항을 빠짐없이 식별하여 기술하는 것이다. 그러나 정부지원 과제의 특성은 이러한 요구사항을 확정해 줄 기관이 없다는 것이다. 따라서 요구사항서 베이스라인을 설정하기가 어려운 상황이다. 시스템을 사용할 계약자가 불특정 다수이므로 요구사항을 과제 컨소시엄에서 정의하지만 모든 요구사항을 만족시킬 수는 없는 상황이 발생한다. 따라서 시스템 요구사항에 대한 구분이 필요하다. 즉 반드시 만족해야 할 요구사항, 만족하면 좋은 요구사항 등으로의 구분이 필요하다. 과제 계획서에 제시된 요구사항은 반드시 만족해야하며, 경쟁사 제품 분석 등을 통해 식별된 요구사항을 만족하면 좋은 요구사항으로 분류해야 한다. 따라서 각 요구사항의 출처를 명확히 기술하여 개발 과정에서 요구사항 변경 관리 시 의사결정의 기준으로 활용할 수 있도록 해야 한다.

4.3 검증 요구사항 개발

검증요구사항이란 시스템 요구사항이 만족되었음을 어떻게 검증할 것인지를 수요자 관점에서 기술하는 요구사항으로 볼 수 있다. 일반적으로 검증 방법은 데모, 검사, 테스트, 분석 등이 있으나 소프트웨어 개발에서는 대부분의 요구사항이 테스트 방법을 적용하게 된다.

본 과제에서는 각 시스템 요구사항에 대한 테스트케이스를 그림 4와 같이 작성하였다.

테스트케이스 작성 시 관련 시스템 요구사항을 식별할 수 있도록 하였고, 사전조건, 시험 방법, 입력 및 예상 출력과 수행 결과를 기록할 수 있도록 하였다.

관리번호 : TC 2.2.2		프로젝트 단위 데이터 관리 테스트			
시스템 요구사항 (관리번호)	(2.2.2) 시스템은 사용자가 프로젝트 단위로 데이터를 관리할 수 있도록 해야 한다.				
시험 사전조건	시스템 로그인되어 있는 상태임				
시험 방법	(1) 시스템 프로젝트 관리기능 중 새 프로젝트 생성 메뉴 활성화 (2) 새 프로젝트 이름 입력				
시험 수행자	시험 일자				
단계	입력	예상 출력	실행결과	조치사항	조치 후 시험결과
1	새 프로젝트 이름	새 프로젝트 생성			
2					
3					
4					

[Figure 4] Contents of Test Case

• 체득한 교훈

검증요구사항의 일환으로 작성된 테스트케이스 작성은 시스템 요구사항과 동시에 정의되어야 한다. 각 시스템요구사항에 대한 논증을 거치지 않은 상태에서 테스트케이스를 작성하게 되면 요구사항의 불완전성, 불확실성 등이 식별되게 된다. 본 과제에서는 연차별 업무 계획 및 시간적인 제약으로 시스템요구사항 작성 이후 테스트케이스를 작성하였다. 이에 따라 검증하기 힘든 시스템 요구사항이 식별되었으며 이에 따라 시스템요구사항에 대한 재분석과 수정이 불가피하게 되었다. 또한 테스트케이스를 작성하는 과정에서 검증에 필요한 데이터들이 식별되었고 이에 대한 준비도 필요하게 되었다. 따라서 테스트케이스 작성 이후 필요한 데이터나 시설 등을 식별하고 준비할 기관 지정하여 차년도 사업계획에 반영하는 것이 필요하다.

4.4 시험검증 계획 수립

시험검증 계획은 시스템이 정의된 요구사항을 만족하는지 확인하기 위한 계획이다. 시스템엔지니어링에서는 이를 시험평가 종합계획서(Test and Evaluation Master Plan, TEMP)라 부른다. 이러한 문서에 대한 표준은 주로 국방분야에서 작성되어 있고, 본 사업에서 개발하고자하는 시스템이 소프트웨어이므로 이러한 특성을 잘 반영하기 위하여 소프트웨어 시험평가와 관련된 국제 표준인 ISO/IEC/IEEE 29119 [5]를 사용하였다.

<Table 4> Contents of System Test Plan

구분	작성 내용
1장	- 문서목적, 요약 - 적용, 참조문서, 용어 및 약어
2장	- 소프트웨어 시험 개요 - 소프트웨어 시험 레벨 - 소프트웨어 시험 조직
3장	- 시험대상, 목적, 전제조건, 품질목표 - 시험 시작 및 종료조건 - 시험프로세스 및 환경 - 시험 기준선, 데이터 및 산출물 - 시험 일정
4장	- 테스트 프로시저 및 테스트케이스

표 4는 시험검증 계획서의 내용을 보여주고 있다. 시험검증 계획 수립의 목적은 정의한 테스트케이스를 실행할 테스트 프로시저를 작성하고, 이를 위한 환경 및 업무 분장 등을 정의하는 것으로 볼 수 있다. 또한 테스트와 관련된 위험을 식별하고 이에 대한 대처방안, 필요한 훈련 등도 기술해야 한다. 본 과제에서는 시간, 예산 특성을 반영하여 테스트 프로시저와 테스트 케이스, 환경 정의에 초점을 맞추어 기술하였다. 이에 대한 결과는 참조문헌[10]에 상세한 내용을 발표한 바 있다.

• 체득한 교훈

시험검증 계획 수립을 위한 국제표준은 테스트 설계, 제품 및 프로젝트 위험, 재시험 및 회귀 테스트 등 심도 있는 내용을 제시하고 있다. 이러한 내용은 전문적인 교육과 경험이 부족한 상태에서는 작성하기 어려운 것이 현실이다. 본 과제에서는 이를 위하여 외부 교육을 수행하고, 전문가의 컨설팅을 받아 작성하였다. 소프트웨어 테스트에 대한 전문성이 부족한 상황에서는 사업 초기에 이에 대해 충분한 교육/훈련을 실시하여 효과적으로 시험평가 계획을 수립하도록 준비하는 것이 매우 필요하다.

4.5 시험검증 수행

시험검증 업무는 정의된 시험검증 계획에 따라 각 요구사항을 테스트케이스 양식의 내용을 이용하여 수행하는 것이다. 이러한 시험을 수행하는데 있어

개발기관이 아닌 다른 기관에서 시험할 때 발생한다. 각 테스트를 위해 소프트웨어를 작동하기 위해서는 메뉴와 사용법을 학습해야하기 때문이다. 과제 수행 계획 시에 이러한 내용을 반영하지 않게 되면 시험평가를 수행하는 기관에는 상당한 부담으로 작용하게 된다. 이에 본 과제에서는 개발자와 시험검증자가 함께 테스트를 수행하는 방식을 취하였다.

• 체득한 교훈

정부과제의 원활한 시험검증을 위해서는 각 기관의 개발일정을 고려하여 시험평가 일정계획을 수립해야 한다. 개발기관이 과제 종료시점까지 개발계획을 수립한다면 시험검증에 어려움을 겪게 된다. 이러한 내용이 과제계획 수립 시 반영되어야 한다. 또한 각 기관에서 개발한 시스템이 통합되어야하기 때문에 이러한 일정도 고려해야 한다. 또한 개발조직이 아닌 조직에서 시험검증을 수행할 경우 개발 시스템의 활용법 습득에 대한 고려가 초기 과제계획 수립 단계에서 반영되어야 한다.

5. 결 론

시스템엔지니어링 표준 프로세스는 항상 주어진 개발 환경에 적합하도록 적용조정하여 효과성을 높여야 한다. 본 연구에서는 우리나라 산업기술 개발 사업을 대상으로 시스템엔지니어링 적용 결과 체득한 교훈을 기술하였다.

정부 지원 과제의 특성은 공통의 프로세스를 갖지 않은 여러 기관이 협력을 통해 시스템을 개발한다는 것과, 구체적인 요구사항을 제공하거나 승인하는 메커니즘의 부재 등을 대표적으로 들 수 있다.

본 연구에서는 과제 초기의 계획서를 기반으로 운용개념서, 시스템 사양서, 테스트케이스, 시험평가 계획 수립 등을 수행하는 모델로 시스템엔지니어링을 적용하면서 체득한 교훈을 기술하였다.

체득한 교훈을 요약하면 각 단계별 시스템엔지니어링 산출물의 유연성과 참여기관의 협력이 중요하며, 요구사항의 중요도를 구분하여 관리하는 것이

<Table 5> Contents of System Test Plan

기존 문제점	적용 효과
개발할 전체 시스템에 대한 공통의 조망 부족	운용개념서를 통해 개발할 시스템에 대한 공통의 이해 및 의사소통 능력 증대
고객이나 시장의 요구사항을 체계적으로 확인하고 문서화하는 절차 부재	사업 초기에 경쟁사 제품 분석, 이해관계자 요구사항을 분석하여 운용개념서 및 시스템 요구사항서에 제시하여 제품 경쟁력 및 사업화 가능성 향상
시스템 요구사항이 불명확하며 몇 개의 성능 목표 달성에 초점	사업 초기에 시스템 요구사항을 정의하고 검토하여 안정적인 베이스라인 기반 위에 시스템 개발
서브시스템간 인터페이스의 체계적 정리 부족으로 사업후반에 인터페이스 문제 발생	사업 초기에 서브시스템간 인터페이스 요구사항을 명확히 정의하여 사업 후반부의 인터페이스 문제로 인한 재작업 저감
시험평가에 대한 계획이 시험평가 직전에 수립되어 시험평가에 필요한 설비, 데이터, 인력, 절차 준비 미비	시스템 요구사항 정의 이후 바로 검증 요구사항 및 시험평가 계획 수립으로 이에 필요한 자원을 사전에 준비

필수적이다. 또한 테스트케이스의 조기 작성, 테스트 수행을 위한 일정을 과제 계획 수립 시 합리적으로 반영하고 수행 주체가 개발자와 다를 경우 공동 수행을 위한 합의가 필요하다.

산업통상자원부 과제의 문제점과 본 사례를 통해 확인한 효과는 표 5와 같이 정리할 수 있다.

본 연구에서는 시스템엔지니어링 표준 프로세스를 연구개발에 조정하여 적용할 수 있는 능력을 갖춘 조직이 참여한 사례를 제시하였다. 4차산업혁명 시대를 맞이하여 기존의 비즈니스 모델과 시스템 아키텍처가 혁신적으로 변화하는 상황에서 시스템 엔지니어링 적용은 반드시 필요한 상황이다. 그러나 국내 여건을 고려할 때 이러한 능력을 갖추지 못한 중소·중견기업이 과제를 수행하는 경우가 많다. 시스템엔지니어링 능력은 단기간에 갖추어질 수 없기 때문에 이러한 경우 시스템엔지니어링 학회 등 전문성을 갖춘 기관이 시스템엔지니어링 수행 능력을

갖출 수 있도록 지원하는 연구개발 제도의 개선과 장기적인 측면에서 시스템엔지니어 인력 양성이 절실히 요구되는 상황이다.

사 사

이 연구는 2019년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(10080662, 효율적인 엔지니어링 프로젝트 협업 환경 구축을 위한 경량 3D 모델기반 디지털 협업 지원 시스템 개발).

References

1. ANSI/AIAA, Guide to the Preparation of Operational Concept Document, G-043A-2012, 2012.
2. DI-IPSC-81430A, DoD Data Item Description for Operational Concept Description (OCD), 2000.
3. IEEE Std 1362-1998(R2007), IEEE Guide for Information Technology -SystemDefinition-Concept of Operation(Conops) Document, 2007.
4. INCOSE, Systems Engineering Hand book v4, 2015.
5. ISO/IEC/IEEE 29119, Software and systems engineering — Software testing. 2013.
6. ISO/IEC/IEEE 29148, System and software engineering - Requirements engineering, 2011.
7. 김진일, 차재민, 이태경, 김준영, “3D 모델기반 디지털협업시스템” 운용개념 개발 방안 수립 사례, Journal of Korea Society of Systems Engineering, Vol. 13, No. 2, 2017.
8. 김보현, 허장욱, 방위사업에 적용 가능한 시스템 엔지니어링 표준에 대한 고찰, Journal of Korea Society of Systems Engineering, Vol. 12, No. 2, 2016.

9. 박중용, 운용개념 개발 가이드와 프로세스 분석 및 작성 사례 연구, Journal of the Korea Society of Systems Engineering, Vol. 9, No. 1, June 2013.
10. 살림 셀리, 신중욱, 김진일, 시스템엔지니어링

방법론을 적용한 소프트웨어 테스트케이스 개발에 관한 연구, Journal of Korea Society of Systems Engineering, Vol. 14, No. 2, 2018.