

CMMI 기반의 무기체계 연구개발 프로세스 성과 모델 적용사례 연구

이혜진* 장재덕 차승훈 최상욱 유제상
LIG넥스원 지능형SW연구소 체계공학팀

A Case Study of CMMI-based R&D Process Performance Model for Weapon Systems

Hye Jin Lee*, Jae Duck Jang, Seung Hoon Cha, Sang Wook Choi, Jae Sang Ryu
LIGNex1 System Engineering

Abstract : Many companies around the world are applying CMMI to improve the organization's ability to perform projects, and many others are pushing to obtain CMMI certification as more and more of them are offered as preconditions for participation in projects or supply product. Organizations with high maturity such as CMMI Level 4~5, analyze the accumulated R&D data of the organization and establish the performance management model so that R&D performance is continuously managed. So this paper shows the R&D performance management model made by LIGNex1 which is certificated with CMMI Level 5 organization and the case applied to the project, including its effectiveness.

Key Words : CMMI, R&D Performance, Process Performance Model, Quality and Process Performance Objective, Performance Prediction

Received: April 22, 2020 / **Revised:** May 14, 2020 / **Accepted:** June 15, 2020

* 교신저자 : Hye Jin Lee, hyejinlee@lignex1.com

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

LIGNex1은 국내 방위산업업체로서 국방계획에 따라 무기체계를 연구개발 및 생산하는 업무를 수행하고 있다. 연구개발조직은 고품질의 무기체계 제품개발, 납기일정 준수, 계약비용 대비 투입비용 절감을 위해 조직차원의 품질 및 프로세스 성과 목표(QPPOs; Quality Process Performance Objectives)를 수립하여 관리하고 있다.

사업목표로부터 측정 가능한 4개의 세부 QPPOs로 변환하여, 목표를 달성하기 위한 프로세스 및 측정지표(일정, 비용, 품질 측면)를 정의하였다.

또한 연구개발 조직의 품질 및 프로세스 성과 목표(QPPOs)을 고려하여 일정, 비용, 품질 관련 프로세스에 대한 프로세스 성과모형을 구축하였다.

이것은 CMMI(Capability Maturity Model Integration) V1.3의 조직차원의 프로세스 성과(OPP; Organizational Process Performance) 프로세스의 요구 항목을 따른 것인데, 첫 번째는 사업목표를 추적할 수 있는 QPPO 수립, 두 번째는 조직의 프로세스 성과 목표를 달성하기 위한 프로세스 선택 및 측정지표 정의, 세 번째는 프로세스 성과 베이스라인과 프로세스 성과 모델 구축이다.

본문에서는 LIG넥스원 연구개발 조직의 프로세스 성과모델 구축 내용과 프로젝트에 적용한 사례를 소개하고자 한다.

2. 프로세스 성과모델 소개

2.1 프로세스 성과모델 정의

프로세스 성과모델은 과거 프로젝트 경험 데이터를 기반으로 성과들에 영향을 미치는 요소(Factor)들과 성과(품질 및 프로세스 성과)와의 정량적인 관계에 대한 정의이다. 프로세스 성과모델은 프로젝트에서 수행될 최적화된 프로세스를 구성(정의)하고, 프로젝트 종료 시점에서야 파악될 수 있는 결과들을 예측하기 위해 활용된다.

이해를 돕기 위해 그림 1은 프로세스 성과모델의 일반적인 예제를 보여준다. 네비게이션 시스템은 출발지점에서 목적지를 설정하면, 최적의 경로와 도착 시간을 예측하여 알려주고, 주행속도를 측정하여 도착 시간 예측 정보와 교통상황에 따른 최적의 경로가 변경되어 표시된다.

Navigation System의 예와 같이 당사의 연구개발 조직의 프로세스 성과모델은 품질 및 프로세스 성과 목표(QPPOs)와 관련된 성과를 예측할 수 있는 모델이며, 프로젝트 진행 중에 진행된 실적에 따른 목표달성 확률이 변경되어 표시된다. 이러한 연구개발 프로세스 성과모델을 구축하기 위한 데이터 수립 및 절차를 개략적으로 설명하고자 한다.

2.2 프로세스 성과모델 구축 절차

CMMI V1.3의 조직차원의 프로세스 성과(OPP) 프로세스에서 요구하고 있는 프로세스 성과모델은 해당 조직의 수년간 축적된 과거 데이터를 분석한 결과를 바탕으로 구축되어지도록 요구하고 있다. 이

<Table 1> Quality and Process Performance Objectives

no	연구개발 사업목표	연구개발 QPPOs
1	납품기한 내 개발제품 인도	납기일정 준수 (일정 편차 0%)
2	제품 품질 준수	결함제거효율성 00% 달성
3	개발일정 준수	개발일정 준수 (마일스톤 편차 ±0%)
4	매출이익률 향상	계약비용 대비 인건비 0.0% 절감

※ 회사 보안정책 상 목표수치는 0으로 표시함



[Figure 1] Navigation System

내용은 신규 프로젝트의 성과 데이터는 조직의 과거 프로젝트의 성과 데이터와 유사한 값으로 생성될 것을 의미한다. 이 개념을 바탕으로 우리 조직은 2002년부터 2009년까지 과거 33개 프로젝트의 성과 데이터를 수집하여 분석하였다.

연구개발 프로세스 성과모델 구축은 4단계로 진행되었다. 첫 번째 단계로 조직의 QPPOs를 고려하여 프로세스 성과모델 구축 대상을 비용, 일정, 품질 관련 3가지 항목으로 식별하였다. 두 번째 단계로 식별된 프로세스 성과모델 대상과 관련된 과거 데이터 수집 범위를 선정하고 조직 차원의 데이터 베이스로부터 데이터를 수집하였다. 수집된 데이터는 이상치 제거, 결측치 제거 등 데이터 품질을 확인하였다. 세 번째 단계로 데이터의 정규성 검증을 수행하고, 프로세스 성과 목표와 수집한 과거 데이터 간의 상관관계를 분석하여 통계적으로 유의한 변수를 식별하였다. 네 번째 단계로 회귀분석, 몬테카를로 시뮬레이션 등 과학적/통계적 분석을 통해 프로세스 성과 모델을 도출하였고, 끝으로 과거 실적 데이터를 적용해 봄으로써 성과모델에 대한 타당성 검증을 수행하였다.

2.3 조직차원의 프로세스 성과모델

당사는 일정, 품질, 비용 관련하여 3개의 프로세스 성과모델을 구축하였다. 특히 품질 관련하여 프로세스 성과모델을 쉽게 사용하기 위해 SW, HW, System 3개 프로세스를 모두 포함하여 하나의 프로세스 성과모델로 통합, 구축하였다.

구축된 프로세스 성과모델 중 개발기간, 개발투입공수 및 결함제거효율성 예측 성과모델은 몬테카를로(Monte Carlo) 시뮬레이션 기법을 활용하여

<Table 2> R&D Process Performance Model

분류	프로세스	프로세스 성과모델
일정	프로젝트 관리	개발기간 예측 성과모델
품질	SW 개발	결함제거효율성 예측 성과모델
	HW 개발	
	System 개발	
비용	프로젝트 관리	개발투입공수 예측 성과모델

구축하였으며, 몬테카를로 시뮬레이션을 수행하기 위해서는 통계 관리 도구(Crystal Ball)가 설치되어 있어야 한다.

예를 들어 결함제거효율성 예측 성과모델의 상세 내용을 살펴보면, 예측 값은 산출 공식을 통해 산출하는데, 산출 공식에는 독립 변수인 개발제품 규모와 종속 변수인 각 단계 별 투입되는 결함비율과 검출되는 결함 비율이 대입된다. 예상되는 인도 후 결함건수(건)와 예상되는 결함제거효율성(%)이 예측 결과로서 확인할 수 있다. 결함제거효율성 예측 성과모델과 같이 개발기간, 개발투입공수 예측 성과모델도 각각의 산출 공식에 따라 산출되며, 독립 변수와 종속 변수도 각각 다르게 대입된다.

2.3.1 프로세스 성과모델 워크시트

프로세스 성과모델은 프로젝트에서 활용하기 쉽게 엑셀 워크시트 형태로 제공하고 있다. 프로젝트 관리자는 그림 2와 그림 3에서 워크시트 내의 예측 성과모델 활용 가이드 및 사례를 참고하여 프로젝트의 프로세스 성과모델을 활용한다.

그림 2의 활용 가이드에 따르면 프로세스 성과모델 워크시트에서 프로젝트의 규모(하드웨어 부품수, 소프트웨어 라인 수)를 입력하고 Crystall ball을 실행하여 몬테카를로 시뮬레이션을 분석하면 그림 3의 그래프와 같이 예측결과(결함제거효율성 목표

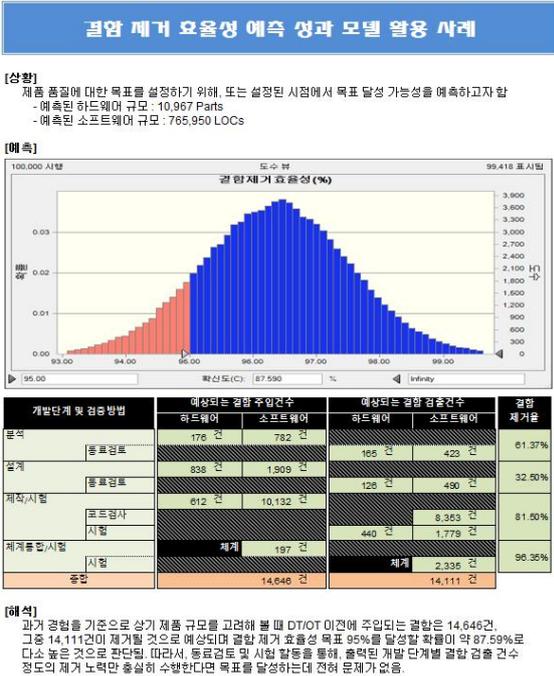
결함 제거 효율성 예측 성과 모델 활용 가이드

※ 활용 시기
 - 개발 계획 수립 시
 - 각 개발 단계 수행 완료 직후

※ 활용 방법
 [프로젝트 단계별 목표 설정 시]
 1. 예측된 제품(하드웨어, 소프트웨어) 규모(부품수, 라인수)를 입력
 2. 크리스탈 볼의 "Start" 버튼을 클릭하여 실행 (약 2~3회 정도 실행)
 [각 개발단계 수행 완료 직후]
 1. 예측된(또는 실제) 제품(하드웨어, 소프트웨어) 규모(부품수, 라인수)를 입력
 2. 완료된 개발 단계의 해당 "결함 검출 실적" 란에 실제 검출된 결함 수를 입력 (완료된 모든 단계는 실제 검출된 결함 수를 입력)
 3. 크리스탈 볼의 "Start" 버튼을 클릭하여 실행 (약 2~3회 정도 실행)

※ 결과 값 해석 방법
 예측된 결과 값의 지속 하단 란에 설정된 결함 제거 효율성 목표 값을 입력하여 "Enter" 키를 누른 후 중간 하단의 확률 값을 확인하고 아래와 같이 조치한다.
 - 70% 이상 : DT/OT 이전에 소프트웨어에 주입된 결함의 제거율(DRE)에 대한 설정된 목표를 달성할 확률이 높다는 것을 의미함
 - 50% 이상 ~ 70% 미만 : DT/OT 이전에 소프트웨어에 주입된 결함의 제거율(DRE)에 대한 설정된 목표를 달성할 확률이 다소 미흡하므로, 단계별 결함 검출 목표를 높게 설정하여 동료검토 및 시험 활동을 강화할 필요가 있으며, 위함관리를 통해 지속적으로 모니터링 및 완화 활동을 수행할 필요가 있음을 의미함 (경정)
 - 50% 미만 : DT/OT 이전에 소프트웨어에 주입된 결함의 제거율(DRE)에 대한 설정된 목표를 달성할 확률이 낮으므로 반드시 단계별 결함 검출 목표를 높게 설정하여 동료검토 및 시험 활동을 강화하여야 하며, 또한, 프로젝트 목표 재협상 및/또는 위함관리 활동이 요구됨을 의미함

[Figure 2] Guide for defect removal effectiveness prediction performance model



[Figure 3] Example for defect removal effectiveness prediction performance model

표 달성 확률)를 확인할 수 있다.

예측결과 값 해석방법에 따르면 예측결과가 70% 이상일 경우는 목표를 달성할 확률이 높다는 것을 의미하여 현재 계획대로 수행해도 좋음을 의미한다. 50%이상 70%미만일 경우 목표를 달성할 확률이 다소 미흡하므로, 확률을 높이는 활동(동료검토 및 시험 강화)을 수행할 필요가 있음을 의미한다. 50% 미만일 경우 반드시 단계 별 결함검출 목표를 높게 설정하여 동료검토 및 시험 활동을 강화하여야 하며, 또한 프로젝트 목표 재협상 및/또는 위험관리 활동이 요구됨을 의미한다. 프로젝트관리자는 예측 결과 값(확률 값)을 확인하여 프로젝트 개발범위 및 특성 등을 고려하여 적절한 조치를 수행함으로써 프로젝트를 성공적으로 완수할 수 있다.

3. 프로젝트 적용 사례

3.1 프로세스 성과모델 활용 시점

프로세스 성과모델은 프로젝트 계획 수립 시점과 프로젝트 개발단계 별 종료 시점에 활용할 수 있다.

개발단계는 분석, 설계, 제작/구현, 체계통합/시험 단계인 4개 단계로 구성되어 있다.

프로젝트 계획 수립 시점에는 계획된 독립변수들 (controllable factors)의 값으로 프로젝트 목표 달성 가능성을 예측할 수 있다. 만약 예측 결과 목표 달성 가능성이 낮은 경우, 아래와 같은 활동들의 수행을 통해 목표달성 가능성을 높이고, 재 예측한다.

- 프로젝트 계획 요소(독립변수),프로세스 변경
- 프로젝트 목표 재협상
- 프로젝트 위험 요인으로 관리

프로젝트 개발단계 별 종료 시점에는 단계 별 수행했던 독립변수 값(수행기간 실적, 결함검출 실적, 투입 실적)을 입력하여 프로젝트 중간(단계별) 목표 달성 가능성을 예측할 수 있다. 만약 예측 결과 목표 달성 가능성이 낮은 경우, 아래와 같은 활동들의 수행을 통해 목표달성 가능성을 높이고, 재 예측한다. 다만 체계통합시험 단계 종료 시점에는 프로젝트 종료 시점이기 때문에 체계통합시험 단계의 실적을 입력하여 예측하지 않는다.

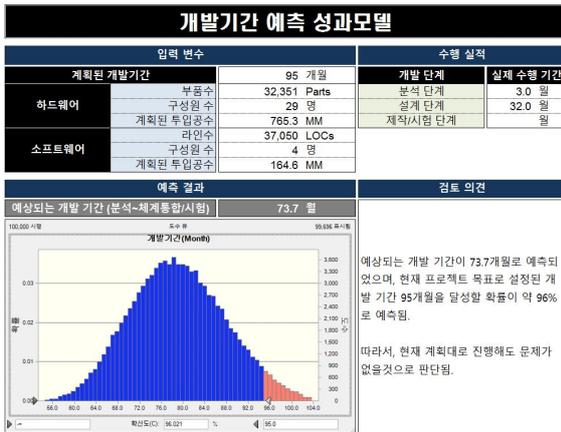
- 프로젝트 계획 요소(독립변수) 변경
- 프로젝트 위험 요인으로 관리

3.2 프로세스 성과모델 활용 사례

당사의 무기체계 연구개발 프로젝트는 개발기간 예측 성과모델, 결함제거효율성 예측 성과모델, 투입공수 예측 성과모델을 모두 활용하고 있으며, 프로젝트관리자는 예측 성과모델 활용을 통해 위험 식별 및 문제에 대한 근본원인 분석활동으로 연계하는 등 정량적인 프로젝트 관리를 수행하고 있다.

3.2.1 개발기간 예측 성과모델 사례

개발기간 예측 성과모델은 계획된 개발기간 내에 개발을 완료할 수 있을지 예측해 보는 성과모델로써 하드웨어와 소프트웨어 별 입력 변수(부품 수/라인 수, 구성원 수, 계획된 투입공수)를 입력하고 몬



[Figure 4] Period prediction performance model worksheet

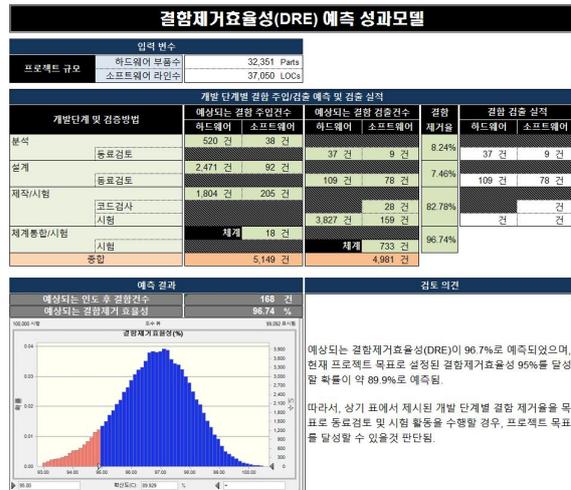
테카를로 시뮬레이션을 수행하면 예측 결과를 확인할 수 있다.

개발기간 예측 성과모델은 계획수립 시점뿐만 아니라 개발단계 별로 반복적으로 예측할 수 있으며, 진행 간에 개발 지연 및 추가계약 등으로 개발기간이 변경되면, 변경된 개발기간을 재 예측해 볼 수도 있다. 계획수립 시점에는 수행 실적이 입력되지 않지만, 개발단계 별 종료 시점에는 완료한 개발단계의 실제 수행기간을 입력해야 한다.

그림 4의 개발기간 예측 성과모델 워크시트에 예측 결과에 따르면, 예상되는 개발기간을 73.7개월로 예측하였으며, 현재 프로젝트 목표로 설정된 개발기간 95개월을 달성할 확률이 약 96%로 예측됨을 그래프에서 보여준다. 따라서 프로젝트관리자는 검토의견으로 현재 계획대로 진행해도 문제가 없을 것으로 판단된다고 작성하였다.

3.2.2 결함제거효율성 예측 성과모델 사례

결함제거효율성 예측 성과모델은 사용자 확인 시험(개발시험, 운용시험)전까지 검출한 결함을 목표치까지 제거할 수 있을지 예측해 보는 성과모델로써 하드웨어와 소프트웨어 별 입력 변수(부품 수/라인 수)를 입력하고 몬테카를로 시뮬레이션을 수행하면 예측 결과를 확인할 수 있다. 또한 입력 변수 입력 시 개발단계 별 예상되는 결함 투입건수와 예상되는 결함 검출건수를 예측해 주기 때문에 개발



[Figure 5] Defect removal effectiveness prediction performance model worksheet

단계 별 검출활동(동료검토, 시험) 수행 계획 시 참고할 수 있다.

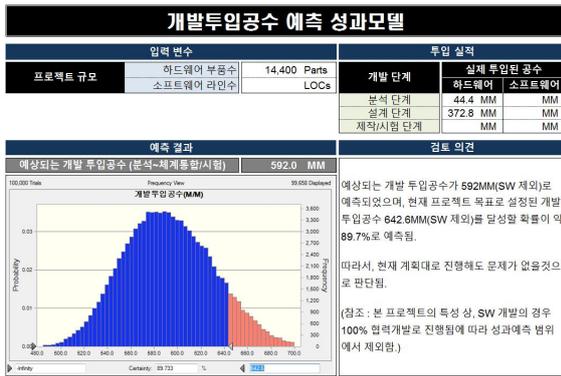
결함제거효율성 예측 성과모델은 계획수립 시점뿐만 아니라 개발단계 별로 반복적으로 예측할 수 있으며, 진행 간에 요구사항 추가/변경 등으로 인해 프로젝트의 규모가 변경되면, 결함제거효율성을 재 예측해 볼 수도 있다. 계획수립 시점에는 수행 실적이 입력되지 않지만, 개발단계 별 종료 시점에는 결함 검출 실적을 입력해야 한다.

그림 5의 결함제거효율성 예측 성과모델 워크시트에 예측 결과에 따르면, 예상되는 결함제거효율성을 96.7%로 예측하였으며, 현재 프로젝트 목표로 설정된 결함제거효율성 95%를 달성할 확률이 약 89.9%로 예측됨을 그래프에서 보여준다.

따라서 프로젝트관리자는 검토의견으로 상기 표에서 제시된 개발단계 별 결함제거율을 목표로 동료검토 및 시험 활동을 수행하면 프로젝트 목표를 달성할 것으로 작성하였다.

3.2.3 개발투입공수 예측 성과모델 사례

공수 예측 성과모델은 분석단계부터 체계통합/시험단계에 걸쳐 투입되는 총 공수를 예측해 보는 성과모델로써 하드웨어와 소프트웨어 별 입력 변수(부품 수/라인 수)를 입력하고 몬테카를로 시뮬레



[Figure 6] Effort prediction performance model worksheet

이션을 수행하면 예측 결과를 확인할 수 있다.

공수 예측 성과모델도 계획수립 시점뿐만 아니라 개발단계 별로 반복적으로 예측할 수 있으며, 진행 기간에 계획된 공수가 변경되어 추가 투입되는 경우 예상되는 개발투입공수를 재 예측해 볼 수도 있다. 계획수립 시점에는 수행 실적이 입력되지 않지만, 개발단계 별 종료 시점에는 실제 투입된 공수 실적을 입력해야 한다.

그림 6의 개발투입공수 예측 성과모델 워크시트에 예측 결과에 따르면, 예상되는 개발투입공수를 592MM로 예측하였으며, 현재 프로젝트 목표로 설정된 개발투입공수 642.6MM를 달성할 확률이 약 89.7%로 예측됨을 그래프에서 보여준다. 따라서 프로젝트 관리자는 검토의견으로 현재 계획대로 개발투입공수를 투입하면 프로젝트 목표를 달성하는데 문제없음으로 작성하였다.

3.3 프로세스 성과 관리 사례

지금까지 설명된 바와 같이 일정, 비용, 품질 분야 프로세스 성과모델을 활용하여 프로젝트 개발단계 별 종료 시점에 실제 프로세스 성과가 중간 설정 목표를 달성하였는지 확인하고, 현재 상황에서 최종 품질 및 프로세스 성과목표 달성 가능성을 예측해 본다. 그림 2의 예측결과 값 해석방법에서 언급했듯이 예측 결과 목표 달성가능성이 낮게 예측된 경우 구간 별로 조치활동을 수행한다. 만약 목표 달성가능성이 50~70%미만이면, 목표 달성가능성이 다소 미흡하므로, 좀 더 관심을 가지고 측정지표 관리를

통해 지속적으로 모니터링하고, 50% 미만이면 목표 달성가능성이 낮으므로 목표 달성가능성이 50% 이상이 될 때까지 계획을 변경(예를 들면, 투입공수 증대, 동료검토나 시험활동 강화 등)하여 재 예측하거나, 위험관리를 통해 지속적으로 모니터링을 수행한다.

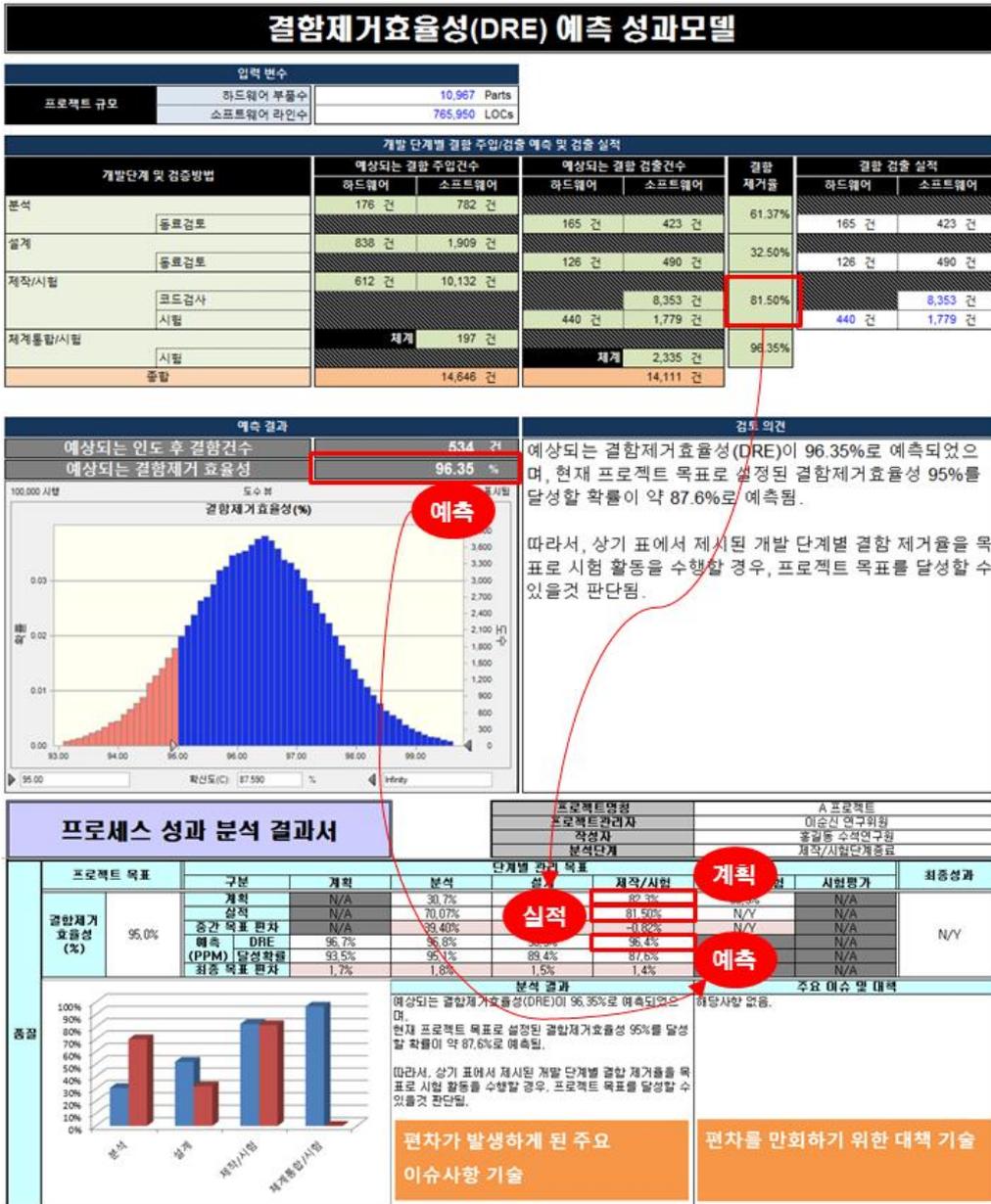
그림 7과 같이 분석된 예측 결과(예상되는 결합 제거효율성)는 프로세스 성과분석보고서에 문서화하고 만약 중간/최종목표대비 부족 부분(편차; 계획 대비 실적)에 대해서는 근본원인 분석을 실시하여 최종목표 달성이 가능하도록 예방조치 활동을 수행한다. 이러한 프로세스 성과분석보고서는 계획시점 및 각 개발단계 종료시점마다 작성하여 프로세스 성과를 주기적으로 모니터링하고, 객관적으로 프로젝트의 진척 척도를 확인하는 문서로 활용하고 있다.

4. 결 론

한정된 예산 및 개발기간 내에 개발해야 하는 무기체계 연구개발 환경 속에서 성숙된 연구개발 방법으로 프로젝트를 성공시키기 위해서 당사는 국제적인 연구개발 모델인 CMMI을 도입하고, 다양한 프로젝트 관리 기법을 적용하는 등 많은 노력을 해 오고 있다. 당사의 프로젝트관리자들은 프로젝트 추산부터 계획수립, 진행관리, 이슈 및 위험관리 등 기본적인 관리 활동과 함께, 프로젝트 종료 시점에서야 파악할 수 있는 연구개발 성과 결과물들을 프로젝트 진행 기간에 예측함으로써, 프로젝트의 최종 성과목표를 성공적으로 달성할 수 있었다.

하지만 실제 무기체계 사업에 적용해 본 결과, 프로젝트 계획 수립 시점에 프로세스 성과모델을 활용했을 때 예측결과 목표 달성가능성이 낮은 경우, 정부와의 계약 완료된 시점에서 프로젝트 목표(기간, 투입공수) 재협상은 시기적으로 어려웠다. 다만 프로젝트관리자는 목표 달성가능성이 낮음을 인지하고, 사업 초기부터 지속적으로 최종목표 달성이 가능하도록 예방조치 활동을 수행하였다.

성과모델의 부족한 점으로는 다양한 무기체계 제



[Figure 7] Example for process performance analysis result

품군(유도무기, 해양, 항공, 통신, 레이더 등)의 구분 없이 동일한 프로세스 성과모델을 적용하다 보니 무기체계 제품 별 특성에 맞게 최적화된 성과관리를 하지 못한 점이 있었다.

성과 모델과 관련하여 개선점으로서는, 전체 무기체계 대상으로 단일하게 적용했던 성과모델을 제품군 별로 적용할 수 있는 성과모델로 다양하게 구축하여 해당 제품군에 최적화된 성과관리 프로세스

로 개선할 예정이다. 다만 성과모델 개선을 위해서는 조직의 일정, 비용, 품질 관련된 정확한 데이터가 수년간 충분히 축적되어 개선된 성과모델로 사용되어야 가능한 일이다. 앞으로 당사 연구개발 조직은 변화하는 무기체계 개발 특성에 맞도록 제품군 별 프로세스 성과모델을 지속적으로 개선함으로써, 성숙된 프로세스 성과관리를 통해 성공적으로 프로젝트를 완료할 수 있도록 노력하고자 한다.

References

1. CMMI for Development, Version 1.3, Software Engineering Institute, p235, 2010.
2. Crystal Ball installation Guide, Oracle Crystal Ball Fusion Edition, 2010.
3. LIGNex1 R&D Process Performance Management Plan, LIGNex1 R&D Process Asset Library, 2019.
4. LIGNex1 R&D Defect Estimation & Management Model Procedure, LIGNex1 R&D Process Asset Library, 2016.
5. Forecasting Exchange Rates by Monte Carlo Simulation, Dong-Bek Shin, Journal of Industrial Economics and Business, 20(5), 2075-2093(p19), 2007.