한국기계가공학회지, 제20권, 제10호, pp. 102～111(2021.10) ISSN 1598-6721(Print)
Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 20, No. 10, pp. 102~111(2021.10) ISSN 2288-0771(Online)

https://doi.org/10.14775/ksmpe.2021.20.10.102

무기체계의 상세설계 단계에 적용을 위한 한국형 정비도 예측 S/W 개발

권재언*, 김수주*, 허장욱*,#

*금오공과대학교 기계공학과(항공기계전자융합전공)

Development of Korean Maintainability-Prediction Software for Application to the Detailed Design Stages of Weapon Systems

Jae-Eon Kwon*, Su-Ju Kim*, Jang-Wook Hur*,#

*Department of Mechanical Engineering (Department of Aeronautics, Mechanical and Electronic Convergence Engineering of Mechanical Engineering), Kumoh National Institute of Technology

(Received 25 March 2021; received in revised form 25 May 2021; accepted 27 May 2021)

ABSTRACT

Maintainability is a major design parameter that includes availability as well as reliability in a RAM (reliability, availability, maintainability) analysis, and is an index that must be considered when developing a system. There is a lack of awareness of the importance of predicting and analyzing maintainability; therefore, it is dependent on past-experience data. To improve the utilization rate, maintainability must be managed as a key indicator to meet the user's requirements for failure maintenance time and to reduce life-cycle costs. To improve the maintainability-prediction accuracy in the detailed design stage, we present a maintainability-prediction method that applies Method B of the Military Standardization Handbook (MIL-HDBK-472) Procedure V, as well as a Korean maintainability-prediction software package that reflects the system complexity.

Keywords : Maintainability Prediction(정비도 예측), Maintainability Analysis(정비도 분석), Weapon System(무기체계), Fault Detection & Isolation(고장탐지 및 분리), Mean Time To Repair(평균 수리시간)

1. 서 론

정비시간에 대한 정량적인 예측 및 분석 지표인 정비도(Maintainability)는 규정된 정비 및 수리 수준에서 숙련된 정비요원이 규정된 절차와 한정된 자원을 이용하여 정비를 수행할 때, 시스템 또는 장비가 요구하는 상태로 유지되거나 복구되는 능력을 의미한다[1]. 정비도는 RAM(Reliability, Availability, Maintainability) 분석에서 신뢰도와 더불어 가용도를 산출하는 주요한 설계 파라미터이며, 무기체계 설계 및 개발 시 반드시 고려되어야 할 지표이다[2].

체계(장비) 및 부품 등이 주어진 조건에서 고장 없이 의도한 기능을 수행할 확률을 뜻하는 신뢰도는 방위사업관리규정과 국방전력발전업무훈령 등을 통해 중요성이 강조되고, 관련 연구가 활발히 진행

Corresponding Author : hhjw88@kumoh.ac.kr
Tel: +82-54-478-7399

Copyright © The Korean Society of Manufacturing Process Engineers. This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-Noncommercial 3.0 License (CC BY-NC 3.0 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.

Table 1 Maintainability prediction of procedure I~V

Type	Application standard	Application point
Procedure I	Avionics, electrical and mechanical equipment exchanged in modular units	After the design concept is established
Procedure II	Ships and electronic equipment and mechanical equipment	Final design stage
Procedure III	Electronic and ground equipment for avionics	Development stage
Procedure IV	MTTR/MTPM prediction	Development stage
Procedure V	Electronics equipment for avionics, ground, ship	Development stage of all maintenance levels

된 것과 달리, 정비도 예측 및 분석의 중요성에 대한 인식은 부족하여 과거 경험자료에 의존하고 있는 실정이다[2]. 이러한 사항은 높은 정비시간이 요구시에는 정비인력의 보충으로 해소하여 특별히 문제시 하지 않는 사항과 정비도 예측 분석 도구(tool)의 부족 등이 주요 원인으로 고려되고 있다[3]. 그러나 가동률 향상과 관련하여 고장 정비시간에 대한 사용자의 요구사항을 충족하고, 수명주기비용 절감 등을 위해 정비도를 핵심 지표로써 관리해야 한다.

무기체계의 정비도 예측은 MIL-HDBK-472에 수록된 절차와 방법을 따라 수행되며, Procedure I부터 V까지 총 5가지의 절차가 제시되어 있다[4]. 국내에서는 Procedure II와 V를 적용하여 정비도를 예측하며, 정비업무시간 및 기능수준을 확인할 수 있는 체계에만 정비도 예측이 가능한 Procedure II와 달리, Procedure V는 모든 장비의 수준, 정비계단 및 정비개념에 적용할 수 있으며[5], 체계개발 초기 정비도 예측에 적용하는 Method A와 최종 설계단계에서 적용하는 Method B로 구분된다[6].

또한, 과학기술 발전의 가속화로 인한 무기체계의 고도화 및 복잡화 추세에 따라 시스템의 복잡도가 정비도 예측을 위해서는 고려해야 할 파라미터이나[7], 정비도 예측 규격인 MIL-HDBK-472에는 기술발전 추세 등에 관한 개념이 미반영되어 최신 무기체계의 정확한 정비도 예측이 곤란한 실정이다[7].

따라서 본 연구는 상세설계 단계에서 정비도 예측 정확도 향상을 위해 MIL-HDBK-472 Procedure V의 Method B를 적용한 정비도 예측 방법과 함께, 시스템 복잡도를 반영한 한국형 정비도 예측 소프트웨어를 제시하고자 한다.

2. 상세설계 단계 정비도 예측 방법

2.1 미 군사규격

정비도 예측에 대한 기준이 수록된 미 군사 핸드북은 MIL-HDBK-472로써 Table 1에 나타낸 바와 같이 적용할 체계 및 운용환경에 따라 Procedure I부터 Procedure V까지 총 5가지의 정비도 예측 절차를 제시하고 있다[4].

정비도 예측 절차 중에서 Procedure V는 Method A와 Method B로 구분되며, Method A는 개발 초기에 적용되는 데 반해, Method B는 설계가 구체화된 시점에 적용한다[8]. 상세설계 단계에 Procedure V의 Method B를 적용하기 위한 예측 절차를 Fig. 1에 나타내었으며, 필요한 정보로는 교체 가능 품목

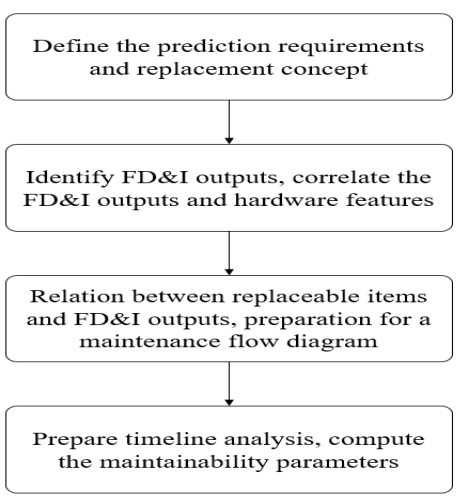

Fig. 1 Detailed maintainability prediction of procedure V(Method B)

Table 2 Survey for calculating complexity factor (Delphi method)

Maintenance work	Question	Increase or decrease	Weight factor
Fault isolation	What percentage of the time required for "Fault Isolation" work is expected to increase or decrease compared to similar system?	( ) %	
Disassembly	What percentage of the time required for "Disassembly" work is expected to increase or decrease compared to similar system?	( ) %	
Interchange	What percentage of the time required for "Interchange" work is expected to increase or decrease compared to similar system?	( ) %	
Reassembly	What percentage of the time required for "Reassembly" work is expected to increase or decrease compared to similar system?	( ) %	

(RI, Replaceable Item)에 대한 교체개념, 고장탐지 및 분리(FD&I, Fault Detection & Isolation) 결과와 고장률 등이 요구된다. FD&I 출력물은 결함을 식별할 수 있도록 표시한 결과물로써, 하나의 결함에 하나의 FD&I 값을 대응시킨 후 코드로 표현된다[3]. 예측 절차는 정비성 파라미터, 정비단계, RI 등을 비롯한 정비도 예측 요구사항과 교체개념을 정의하고, FD&I 출력물을 식별한 후 FD&I 출력물과 하드웨어 특징 및 RI와의 연관성을 파악하여 이들의 상관관계를 나타내는 매트릭스를 작성한다. 다음으로 FD&I를 통해 고장이 발생하고 탐지되었을 때 이에 따른 정비 과정과 정비시간을 나타내는 정비흐름도를 작성하고, 타임라인 분석과 수식을 통해 평균수리시간(MTTR, Mean Time To Repair) 및 정비성 변수를 계산한다.

2.2 시스템 복잡도

상세설계 단계에서 Procedure V의 Method B를 적용한 정비도 예측은 유사체계의 경험자료를 활용할 수 있으므로[7], 유사체계와 대상품목의 상호 비교 및 전문가 설문 등을 통해 시스템 복잡도 반영이 가능하다[7]. 시스템 복잡도를 정비도 예측에 반영하는 절차를 Fig. 2에 나타내었으며, 체계의 복잡성과 MIL-HDBK-472에 명시된 정비업무 요소의 관계 분석을 통해 시스템 복잡도에 따라 수리시간에 많은 영향을 미치는 요소를 식별하고, 가중치를 도출하여 MTTR 산출에 반영할 수 있다[7].

먼저, 정비계단을 확인하여 해당 수준의 정비 대상품목을 선정하고, 시스템 복잡도의 영향을 받는 정비업무(결함분리, 분해, 교환, 재조립 등)를 식별

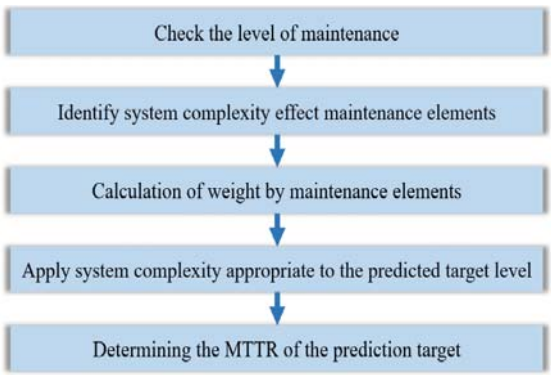

Fig. 2 Procedure of maintainability prediction reflecting the system complexity

한다. 그리고 Table 2에 나타낸 바와 같이 전문가 설문을 통해 앞서 식별된 정비업무 요소들로부터 시스템 복잡도의 가중치를 산정하며, 이를 통해 정비도 예측 대상 수준에 부합하는 시스템 복잡도를 적용하여 MTTR을 산출할 수 있다[7].

3. 정비도 예측 모델

3.1 MTTR 계산

정비도 예측을 위해 MIL-HDBK-472 Procedure V의 Method B 모델을 적용하여 무기체계의 MTTR을 산출하는 과정을 Fig. 3에 나타내었다[3]. RI의 FD&I가 1개인지 혹은 여러 개인지의 여부에 따라 수리시간을 계산하는 적용 모델이 차이가 나며, 단일 FD&I의 경우에는 식 (1)을 적용하여 수리시간을 계산하고, 복수 FD&I의 경우에는 식 (2)를 적용하

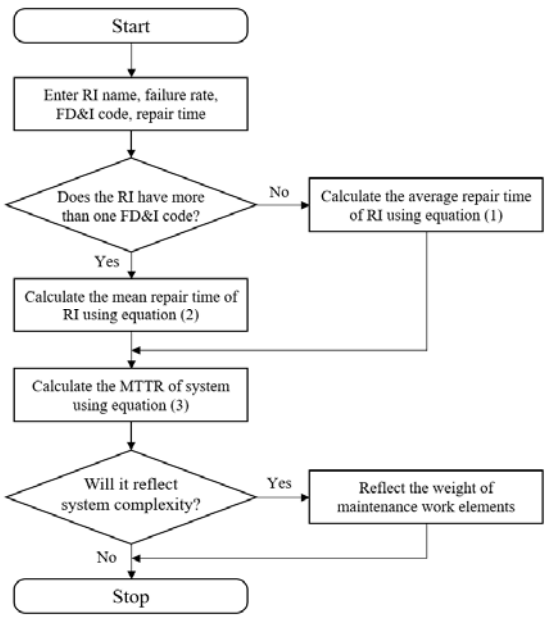

Fig. 3 Calculation model application process

여 수리시간을 산출한다. 그리고 무기체계의 정비도 파라미터인 MTTR은 식 (1) 혹은 식 (2)를 식 (3)에 대입하여 도출할 수 있으며, 이때, 시스템 복잡도를 고려 시에는 정비업무 요소의 가중치를 반영하여 계산한다.

3.2 n번째 RI의 수리시간(단일 FD&I)

각 RI가 고장이 발생했을 경우, 고장을 수리하기 위해 수행하는 업무들의 합인 수리시간(R_{nj})은 식 (1)을 이용하여 계산할 수 있다.

$$R_{nj} = \sum_{m=1}^{M_{nj}} T_{m_{nj}} \tag{1}$$

여기서, m = 1, 2, 3,…, M (고장 정비업무 수)

M_{nj} : j번째 FD&I 결과 중 n번째 RI 고장 시 고장정비 업무 수

$T_{m_{nj}}$: j번째 FD&I 결과 중 n번째 RI 정비 시 m번째 업무 소요시간(MTTR 요소별 평균 소요시간)

3.3 n번째 RI의 수리시간(복수 FD&I)

하나의 RI에 2개 이상의 FD&I 코드로 결함이 식별될 경우, 식 (1)에서 계산된 수리시간과 각 FD&I 코드에 할당된 고장률 값을 이용하여 수리시간(R_n)을 식 (2)를 이용하여 계산할 수 있다.

$$R_n = \frac{\sum_{j=1}^{J} \lambda_{nj} R_{nj}}{\sum_{j=1}^{J} \lambda_{nj}} \tag{2}$$

여기서, j = 1, 2, 3,…, J (FD&I 결과의 총 수)

λ_{nj} : j번째 FD&I 결과를 유발하는 n번째 RI의 고장률(실측 혹은 데이터북 활용)

R_{nj} : j번째 FD&I 결과를 유발하는 n번째 RI의 평균 수리시간

3.4 체계의 MTTR

정비도를 예측하고자 하는 체계의 MTTR은 식 (1) 혹은 식 (2)를 통해 산출된 파라미터를 식 (3)에 대입하여 계산할 수 있다.

$$MTTR = \frac{\sum_{n=1}^{N} \lambda_n R_{nj}}{\sum_{n=1}^{N} \lambda_n} \quad \text{혹은} \quad \frac{\sum_{n=1}^{N} \lambda_n R_n}{\sum_{n=1}^{N} \lambda_n} \tag{3}$$

여기서, n = 1, 2, 3,…, N (RI의 총 수)

λ_n : n번째 RI의 고장률

R_n : n번째 RI의 평균 수리시간

3.5 시스템 복잡도를 반영한 MTTR

체계의 MTTR에 시스템 복잡도를 반영하여 산출하고자 할 때에는 해당 정비업무 요소에 대한 가중치를 적용한 식 (4)를 이용하여 계산할 수 있다[7].

$$MTTR_c = \frac{\sum_{n=1}^{N} \lambda_n R_{nc}}{\sum_{n=1}^{N} \lambda_n} \tag{4}$$

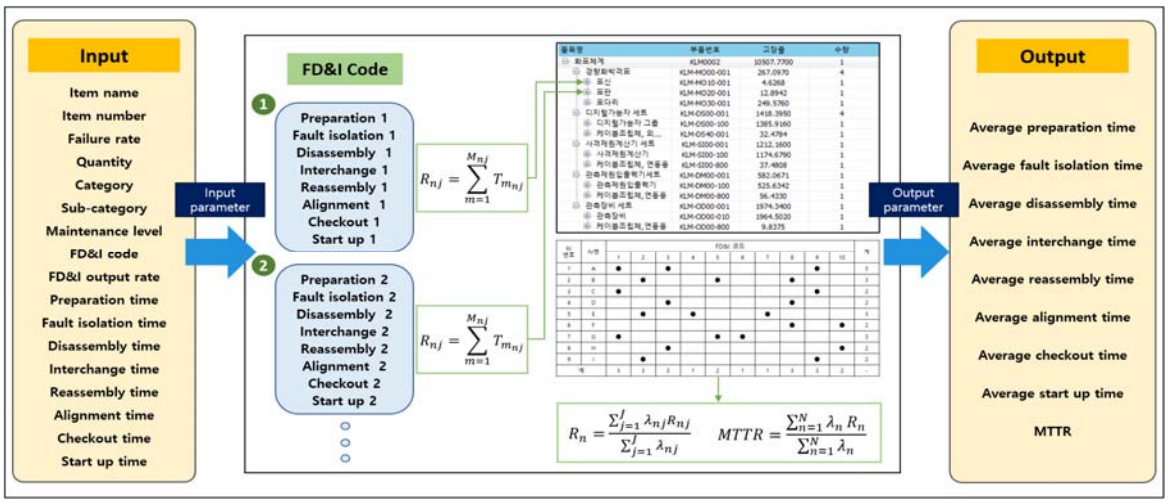

Fig. 4 Maintainability prediction S/W algorithm(MIL-HDBK-472 Procedure V, Method B)

여기서, n = 1, 2, 3,…, N (RI의 총 수)

λ_n : n번째 RI의 고장률

R_{nc} : 시스템 복잡도를 반영한 n번째 RI의 평균 수리시간

4. 한국형 정비도 예측 S/W 개발

정비도 예측 군사규격인 MIL-HDBK-472에 수록된 Procedure V의 Method B 계산모델을 적용하여 정비도를 예측할 수 있는 소프트웨어를 개발하였으며, 소프트웨어의 알고리즘은 Fig. 4에 나타낸 바와 같이 Input data를 입력하여 계산모델을 통해 출력 파라미터를 산출할 수 있도록 설계하였다.

또한, 개발한 소프트웨어를 통해 Fig. 5에 나타낸 화포체계를 대상으로 정비도 예측을 시연하였으며, RI의 고장률 및 FD&I 코드를 나타낸 Table 3과 FD&I 코드별 화포체계의 정비업무 시간을 나타낸 Table 4의 자료를 활용하였다.

소프트웨어 사용자는 정비도 예측 대상체계의 품명, 수준, 부품번호, 고장률 등의 정보가 입력된 엑셀파일 형식의 데이터를 간편하게 Load할 수 있으며, 해당 파일을 선택한 후 '불러오기'를 통해 Fig. 6에 나타낸 바와 같이 메인화면에 표시되고, General Data 탭을 이용하여 해당 품목의 카테고리, 정비수준(부대/야전/창), 작업빈도 및 인시를 입력할 수 있다.

프로그램의 상단메뉴 중 Setting의 Task Library에서 체계의 정비업무 시간을 입력할 수 있으며, Fig. 7은 Table 4에 나타낸 화포체계의 정비업무별 수리시간을 입력하는 모습을 나타내고 있다.

다음 단계는 FD&I 코드를 생성하는 단계로써, FD&I Library에 Table 3과 Table 4의 데이터를 Fig. 8과 같이 입력할 수 있으며, 여기서 생성한 FD&I 코드를 메인화면 하단의 FD&I Maintainability Data 탭에서 각각의 RI에 입력하고, 하나의 RI에 2개 이상의 FD&I가 해당될 경우에는 FD&I Output Percent값 조정을 통해 가중치를 부여할 수 있다.

프로그램의 상단 메뉴 중 Result에서 Fig. 9에 나타낸 바와 같이 체계의 정비업무별 평균수리시간과 산출된 MTTR을 확인할 수 있으며, Procedure V의 Method B를 적용한 화포체계의 MTTR은 4.7265h이 산출되었다. Fig. 9의 좌측 상단에 나타내고 있는 Mean Time to Repair(MTTR)에서 대상체계의 수준별 품목에 대한 MTTR을 막대그래프로 나타낼 수 있으며, 화포체계의 WBS Level 3 수준 품목에 대한 MTTR을 Fig. 10에 표시하였다.

또한, Fig. 9의 좌측 중앙에 있는 Maintenance Task Time에서는 체계의 수준별 품목에 대한 정비업무 시간을 원형 그래프 형식으로 나타낼 수 있으

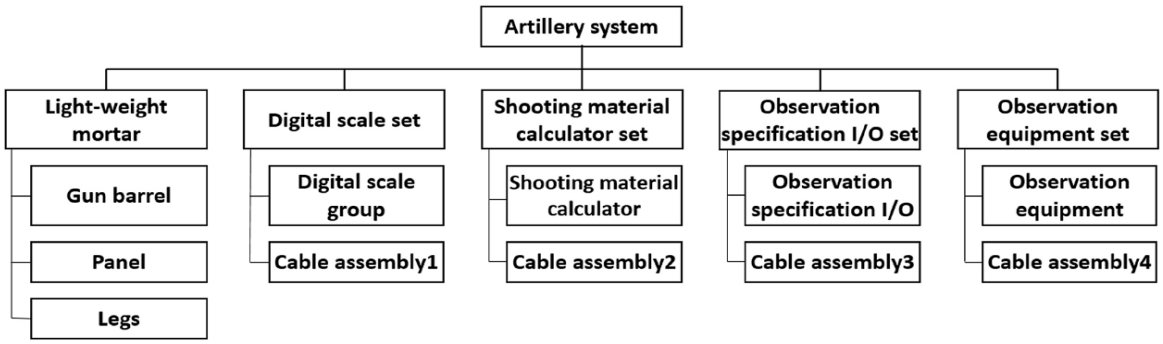

Fig. 5 Artillery system structure

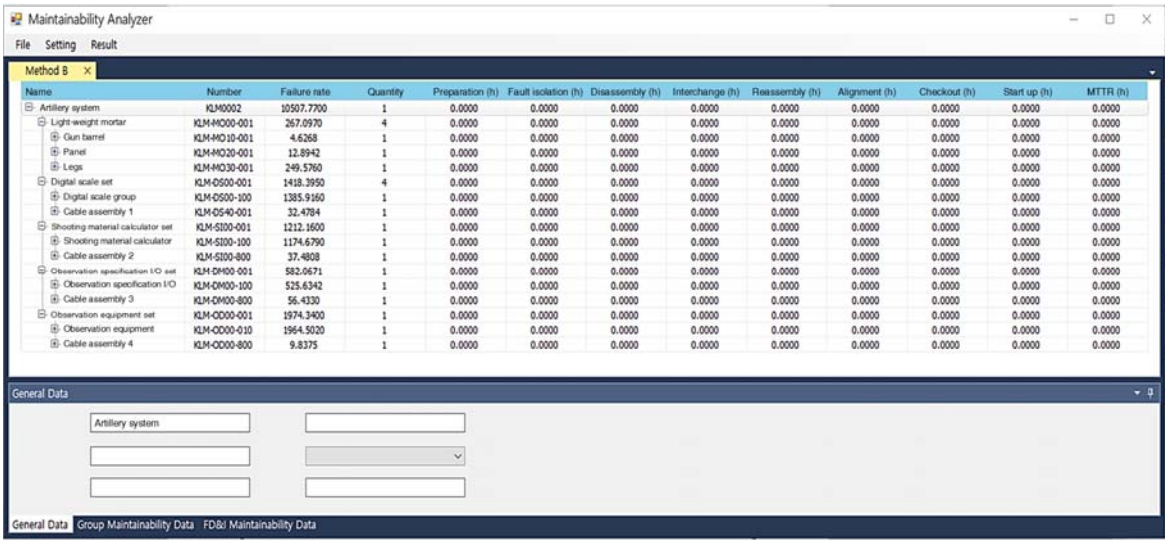

Fig. 6 Main screen of maintainability prediction S/W

Table 3 Failure rate and FD&I code of artillery system RIs

RI name		Gun barrel	Panel	legs	Digital scale	Cable assembly1	Shooting material calculator	Cable assembly2	Observation specification I/O	Cable assembly3	Observation equiment	Cable assembly4	$\Sigma\lambda$
$\lambda\times10^{-6}$		4.6	12.9	249.6	1,385	32.5	1,174.7	37.5	525.6	56.4	1,964	9.8	5,452.6
Qty		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11
FD & I code	1	4.6											4.6
	2		12.9										12.9
	3			249.6									249.6
	4				1,385.9								1,385.9
	5					32.5							32.5
	6						1,174.7						1,174.7
	7							37.5					37.5
	8								525.6				525.6
	9									56.4			56.4
	10										1,964.5		1,964.5
	11											9.8	9.8

Table 4 Maintenance tasks and repair time of artillery system RIs

FD&I code(n,j)	RI	Maintenance tasks time(min)			Repair time(h)
1,1	Gun barrel	• Preparation(1.26) • Disassembly(13.86) • Reassembly(21.72)	• Fault isolation(15.90) • Interchange(74.94) • Alignment(2.70)	• Check out(10.50) • Start up(5.00)	2.43
2,2	Panel	• Preparation(1.26) • Disassembly(13.86) • Reassembly(21.72)	• Fault isolation(15.90) • Interchange(82.08) • Alignment(2.70)	• Check out(10.50) • Start up(5.00)	2.55
3,3	Legs	• Preparation(1.26) • Disassembly(13.86) • Reassembly(21.72)	• Fault isolation(15.90) • Interchange(134.64) • Alignment(0.42)	• Check out(10.50) • Start up(5.00)	203.30
4,4	Digital scale	• Preparation(1.74) • Disassembly(9.90) • Reassembly(15.72)	• Fault isolation(15.90) • Interchange(181.74) • Alignment(1.80)	• Check out(10.02) • Start up(5.00)	5.59
5,5	Cable assembly 1	• Preparation(2.70) • Disassembly(5.64) • Reassembly(8.04)	• Fault isolation(15.90) • Interchange(51.12) • Alignment(0.90)	• Check out(8.94) • Start up(5.00)	3.19
6,6	Shooting material calculator	• Preparation(1.26) • Disassembly(13.86) • Reassembly(21.72)	• Fault isolation(15.90) • Interchange(158.0) • Alignment(2.70)	• Check out(10.50) • Start up(5.00)	3.82
7,7	Cable assembly 2	• Preparation(2.70) • Disassembly(5.64) • Reassembly(8.04)	• Fault isolation(15.90) • Interchange(87.24) • Alignment(0.90)	• Check out(8.94) • Start up(5.00)	2.24
8,8	Observation specification I/O	• Preparation(1.26) • Disassembly(13.86) • Reassembly(21.72)	• Fault isolation(15.90) • Interchange(149.50) • Alignment(2.70)	• Check out(10.50) • Start up(5.00)	3.67
9,9	Cable assembly 3	• Preparation(2.70) • Disassembly(5.64) • Reassembly(8.04)	• Fault isolation(15.90) • Interchange(91.98) • Alignment(0.90)	• Check out(8.94) • Start up(5.00)	2.32
10,10	Observation equipment	• Preparation(1.26) • Disassembly(13.86) • Reassembly(21.72)	• Fault isolation(15.90) • Interchange(172.30) • Alignment(2.70)	• Check out(10.50) • Start up(5.00)	4.12
11,11	Cable assembly 4	• Preparation(2.70) • Disassembly(5.64) • Reassembly(8.04)	• Fault isolation(15.90) • Interchange(42.10) • Alignment(0.90)	• Check out(8.94) • Start up(5.00)	1.49

며, WBS Level 3 수준의 포신에 해당하는 정비업무 시간을 Fig. 11에 나타내었다.

그리고 Fig. 9의 좌측 중앙에 있는 Calculate for Trade-off 기능은 MTTR에 가장 큰 영향을 미치는

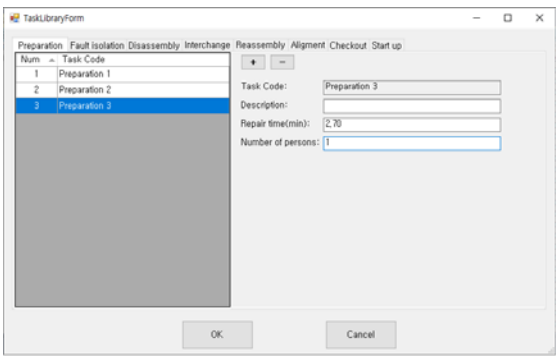

Fig. 7 Task Library Form screen

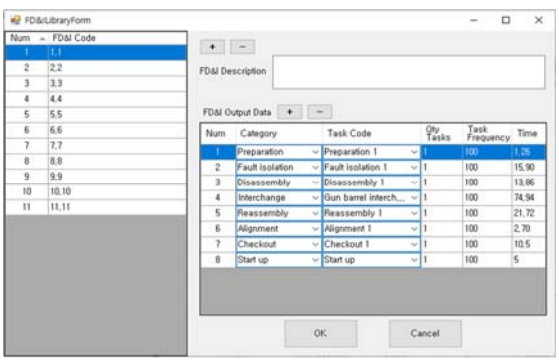

Fig. 8 FD&I Library Form screen

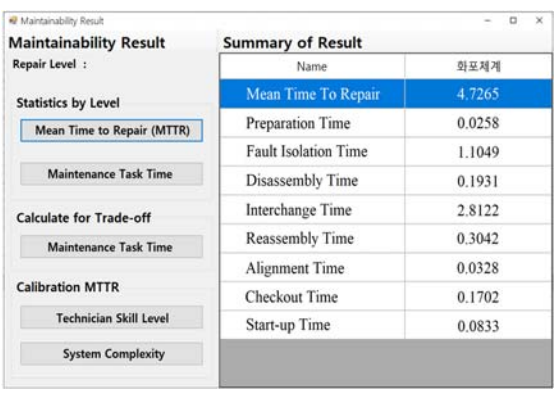

Fig. 9 Maintainability Result

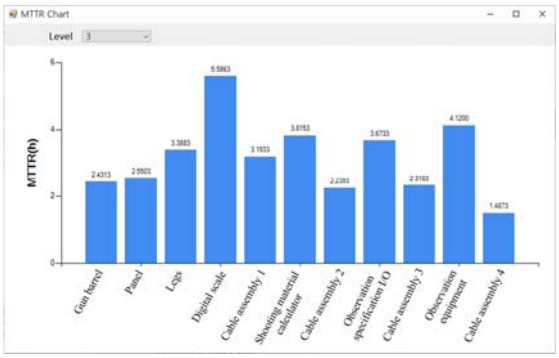

Fig. 10 MTTR Chart

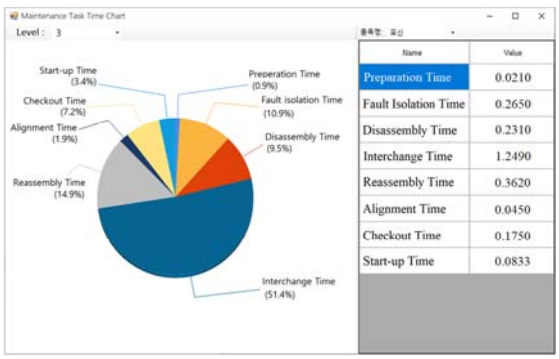

Fig. 11 Maintenance Task Time Chart

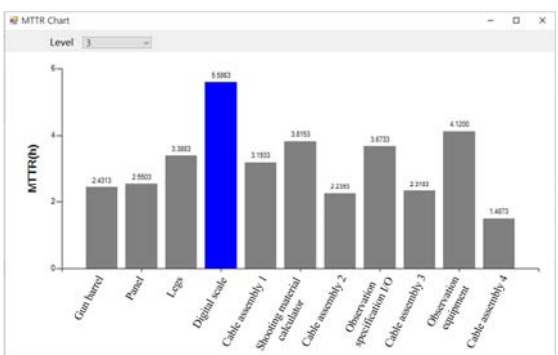

Fig. 12 MTTR Chart of Trade-Off

RI를 확인하고, 해당 RI의 정비업무 시간을 절충하여 체계의 MTTR을 재계산하게 하며, Fig. 12에 나타낸 바와 같이 WBS Level 3 수준에서 가장 많은 정비시간을 차지하는 RI는 디지털가늠자임을 확인

할 수 있다. Fig. 13의 상단은 Trade-off 전의 디지털 가늠자의 정비업무 시간을 나타낸 것으로써 교환 업무의 정비시간(3.0290h)이 가장 큰 비중을 차지하는 것을 알 수 있으며, Fig. 13의 하단과 같이 교환 업무를 3.0290h에서 1.5000h로 변경 시에는 체계 MTTR은 4.7265h에서 3.9201h로 개선됨을 알 수 있다.

아울러, Fig. 9 좌측 하단의 Calibration MTTR 기능을 통해 정비요원의 숙련도와 시스템 복잡도를 선택적으로 반영하여 MTTR을 산출할 수 있으며, 화포 체계의 시스템 복잡도가 유사체계 대비 교환 업무에서 약 10% 증가할 경우, 이를 반영한 MTTR은 Fig. 14에

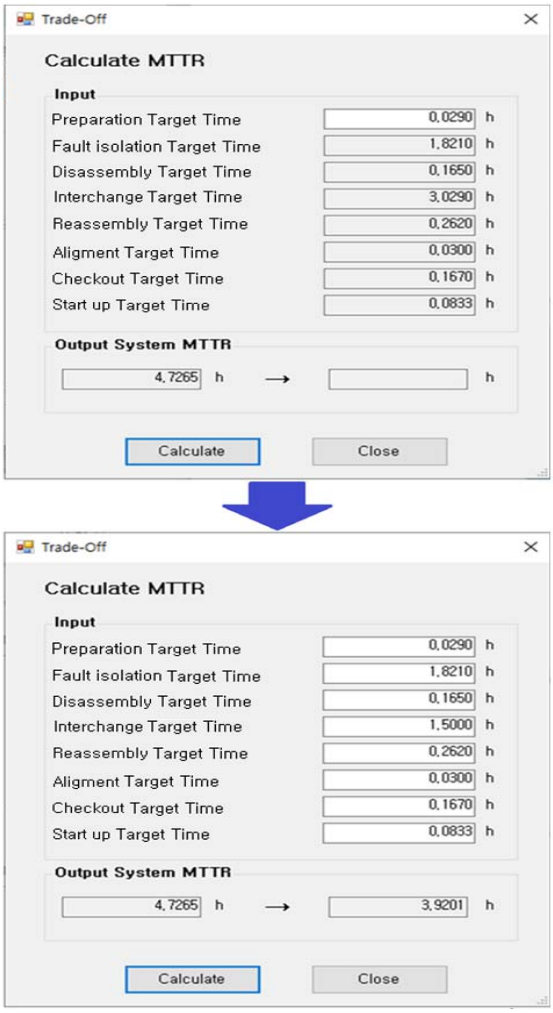

Fig. 13 Trade-Off

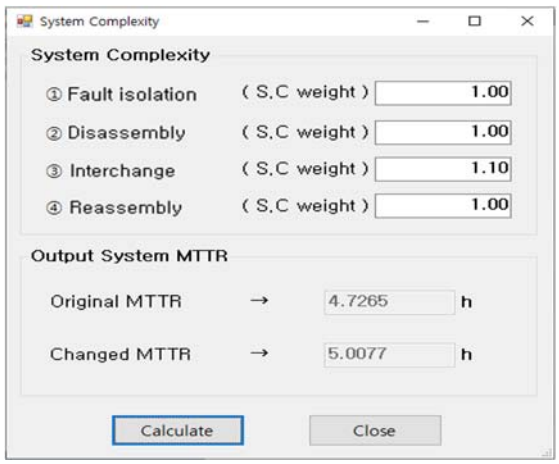

Fig. 14 System Complexity

나타낸 바와 같이 5.0077h로 산출되었다.

무기체계의 정비도 예측 정확도 향상을 위해서는 위에서 설명한 정비도 예측 도구(tool)의 개발 및 활용과 함께 정비업무 시간에 대한 데이터베이스 구축이 필요하다. 현재 정비도 예측을 위해 사용하고 있는 정비업무 시간은 MIL-HDBK-472에 수록된 정비업무 시간표를 적용하고 있으나, 1966년에 작성된 자료로 인해 누락된 품목이 많고, 최근의 기술발전 추세 등의 반영이 미흡한 실정이다. 따라서 향후에는 정비업무 시간에 대한 야전 운용데이터의 피드백 결과가 신규 무기체계 설계에 반영될 수 있도록 관련 자료수집 및 분석에 대한 연구가 요구되고 있다.

5. 결론

상세설계 단계에서 정확한 정비도 예측을 위해 MIL-HDBK-472에 수록된 Procedure Ⅴ의 Method B와 시스템 복잡도를 적용한 알고리즘을 정립하여 소프트웨어를 개발하였으며, 본 연구를 통해 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 기술발전 추세에 따라 고도화 및 복잡화 되고 있는 무기체계의 정비도 예측을 위해 시스템 복잡도를 반영할 수 있는 방법론을 제시함으로써, 우리나라 실정에 부합한 한국형 정비도 예측 소프트웨어를 개발하였다.

2) 개발된 소프트웨어를 통해 화포체계를 대상으로 정비도 예측을 시연함으로써, 무기체계 개발 간 적용이 가능함을 확인하였으며, Trade-off 및 Calibration MTTR 기능 등으로부터 정비도 예측에 가장 민감한 정비업무 요소의 식별이 용이하고, 정비업무 소요시간 변경으로 시스템 MTTR의 영향성을 판단할 수 있다.
3) 무기체계의 보다 정확한 정비도 예측을 위해서는 정비도 예측 도구의 개발 및 활용과 함께 실제 정비업무 시간에 대한 데이터베이스 구축이 필요하며, 정비 관련 야전 운용데이터의 피드백 결과가 신규 무기체계 설계에 반영될 수 있도록 자료수집 및 분석에 대한 연구가 요구되고 있다.

후 기

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 Grand ICT 연구센터지원사업의 연구결과로 수행되었음(IITP-2021-2020-0-01612).

REFERENCES

1. Department of Defense, “MIL-STD-721C: Definitions of Effectiveness Terms for Reliability, Maintainability, Human Factors, and Safety”, Military Standard Washington (DC): Department of Defense (US), pp. 5, 1981.
2. Defense Acquisition Program Administration, “Weapon system RAM Task Guidelines”, pp. 117, 2014.
3. Kim, S. J., Hur J. W., “A Study on the FD&I Calculation Method for the Maintainability Prediction of the Detailed Design Phase of a Weapon System”, Journal of Applied Reliability, Vol. 20, No. 1, pp. 19-27, 2020.
3. Department of Defense, “MIL-HDBK-472 Military Handbook : Maintainability Prediction”, Military Standardization Handbook Washington (DC): Department of Defense (US), pp. 2.11-2.29, 1966.
4. Department of Defense, “MIL-HDBK-470A Military Handbook : Designing and Developing Maintainable Products and Systems”, Military Handbook Washington (DC): Department of Defense (US), pp. 4-12, 1997.
5. Lee, J. Y., “A study on the maintainability prediction using MIL-HDBK-472,” M.S thesis, Industrial Information, Univ. of Suwon, Republic of Korea, pp. 40, 2008.
6. Kwon, J. E., Hur, J. W., “Korean Maintainability Prediction Methodology Reflecting System Complexity,” Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 20, No. 4, pp. 119-126, 2021.
7. Kim, Y. S., Hur J. W., “Maintainability Prediction Software Development Using the Method A of MIL-HDBK-472 Procedure V”, Journal of Applied Reliability, Vol. 20, No. 1, pp. 124-132, 2020.
8. Kim, Y. S., Hur, J. W., “A Study on the Maintainability Prediction in the Initial Design Phase between Weapon System Development”, Journal of Korea Institute of Military Science and Technology, Vol. 22, No. 6, pp. 824-831, 2019.