Research Paper

Journal of Aerospace System Engineering
Vol.17, No.5, pp.1-10 (2023)

EISSN 2508-7150
http://dx.doi.org/10.20910/JASE.2023.17.5.1

신뢰도 및 정비도 기반 시뮬레이션과 운영유지 비용분석을 통한 무인항공기의 계획창정비 주기결정

이상엽[1,2†] · 손준현[1,2]

[1]부산대학교 국제전문대학원
[2]대한항공

Planned Depot Maintenance Interval Decision for Unmanned Aerial Vehicle through Reliability and Maintainability Based Simulation and Operating & Support Cost Analysis

Sang Yeob Lee[1,2†] , Jun Hyun Son[2]

[1]Graduate School of International Studies (GSIS), Pusan National University
[2]Korean Air

Abstract

This research sought to determine the optimal cycle of Planned Depot Maintenance (PDM) for Unmanned Aerial Vehicle (UAV), and PDM through Reliability and Maintainability-based simulation and Operating and Support (O&S) cost analysis using Reliability and Maintainability analysis results. The effectiveness of the PDM was verified economically, and the optimal PDM interval that balances UAV effective operations and sustaining engineering costs was presented.

초 록

본 연구는 무인항공기에 대한 계획창정비의 최적 주기결정 목표 하에, 신뢰도 및 정비도 분석결과를 활용하여 신뢰도 및 정비도 기반 시뮬레이션과 운영유지 비용분석을 통해 계획창정비 수행의 효용성(경제성)을 검증하였고, 무인항공기 운영의 효과성과 유지관리 비용의 균형을 맞추는 최적의 계획창정비 주기를 제시하였다.

Key Words : Planned Depot Maintenance(PDM, 계획창정비), Reliability(신뢰도), Maintainability(정비도), Spreadsheet Simulation(스프레드시트 시뮬레이션), Operating & Support Cost(운영유지비), Cost Estimating Relationship(CER, 비용추정식), Cost Benefit Analysis(CBA, 비용편익분석)

1. 서 론

미 국방부(DoD)는 약 20년 전부터 RAM 분석 결과를 기초로 수명주기비용(LCC)를 예측함으로써 최소의 투자 비용과 운영의 효율성 평가를 위해 주기적으로 운영유지(O&S) 비용을 분석하고 있다. 또한 자국 무기체계 비용분석에 적용할 수 있는 운영유지비용 추정 가이드[1](수명주기비용 분포 및 통계 포함, Fig. 1 - 2 참조)를 수시로 최신화하여 배포하고 있으며, 관련 연구활동이 매우 활발하다[2 - 4]. 다행히 우리나라 국방부도 2021년 2월 “총수명주기관리업무훈령” 제정을 통해 신뢰성기반비용관리(RAM-C) 개념을 도입하고, 전 무기체계의 운용성 제고를 위해 노력하고 있는 중이다[5].

한편 무인항공기(UAV)의 계획창정비(PDM)은 시스템 운용에 문제가 되기 전에 리스크를 식별하고 완화하는 데 실질적인 도움이 되고, 유지관리(sustaining engineering)에 대한 사전 예방적 접근 방식은 비계획

Received: May 04, 2023 Revised: Jun. 20, 2023 Accepted: Sep. 18, 2023
† Corresponding Author
Tel: *** - **** - **** E-mail: ichkan@pusan.ac.kr
Ⓒ The Society for Aerospace System Engineering

적 불가동 시간을 최소화하며 항공기의 수명을 연장하는 데 매우 중요하다. 계획창정비(PDM)을 수행함으로써 무인항공기(UAV)의 안전성 및 가동률을 높이고 고비용 고장의 위험을 줄일 수 있으며, 일반적으로 비계획 창정비보다 비용이 적게 들고, 주기적으로 유지관리하다 필요에 따라 수리하면 보다 효율적으로 운용할 수 있어서 시간이 지남에 따라 정비 소요가 감소하며, 이를 통해 전반적인 유지관리 비용 및 불가동 시간을 줄일 수 있다는 장점이 있다.

그러나 계획창정비(PDM)의 주기를 결정하는 것은 개발자에게나 소요군에게나 모두 어려운 일이다. 왜냐하면 개발간 계획창정비(PDM) 개념을 수립하지 못하는 경우가 대부분이며, 주기정비 개념을 도입했다 하더라도 실제 운영을 위해서는 소요군과의 합의와 비용투자가 병행되어야 하기 때문이다. 더군다나 기존의 유사 운용체계에 없는 정비개념인 계획창정비(PDM) 수행을 의사결정하는 것은 불가능에 가깝다. 이에 본 논문에서는 체계개발시 산출한 RAM 분석결과와 미국방부(DoD) 기준에 따른 운영유지(O&S) 비용분석을 통하여 무인항공기(UAV) 계획창정비(PDM)의 효용성(특히, 경제성) 검증과 최적 계획창정비(PDM) 주기를 제시하고자 한다.

본 논문은 2항에 신뢰도 및 정비도 기반 시뮬레이션과 운영유지(O&S) 비용분석을 수행하는데 필요한 분석 절차, 사용 공식 등 기본사항을 수록하고, 3 - 4항에 시뮬레이션 및 비용분석 결과를 제시한 후, 5항에서 분석결과를 요약하고 최종 결론으로 마무리한다.

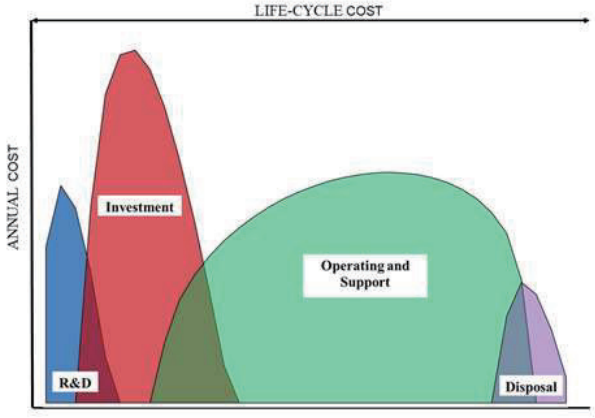

Fig. 1 Illustrative System Life Cycle

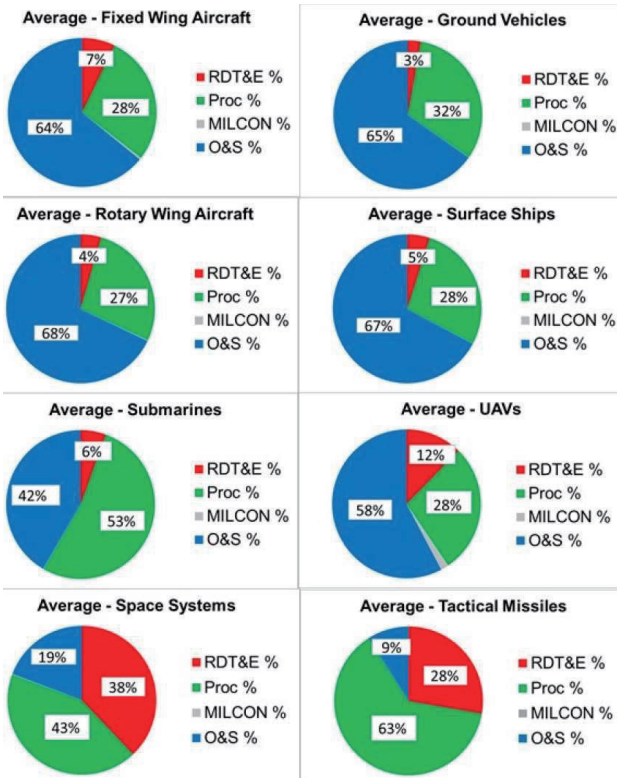

Fig. 2 Major Cost Categories as % of Total Life-Cycle Cost for Selected System Types

2. 분석 기본사항

2.1 분석 절차

무인항공기(UAV)의 계획창정비(PDM) 주기결정을 위한 분석은 다음의 절차에 따라 진행한다[6].

① 신뢰도 기반 스프레드시트(Spreadsheet) 시뮬레이션 수행

② 정비도(최소 정비비용) 기반 스프레드시트(Spreadsheet) 시뮬레이션 수행

③ 운영유지 비용분석(PDM 미적용 및 5 ~ 10년 주기 PDM 수행 대안별 비용편익분석(CBA) 수행)

④ 신뢰도 및 정비도 시뮬레이션과 운영유지(O&S) 비용분석 결과를 종합 고려한 최적 계획창정비(PDM) 주기결정

2.2 신뢰도 기반 시뮬레이션

신뢰도 기반 시뮬레이션에 활용된 항목과 공식은 다음과 같다[7 - 8].

$$MTBPM = \frac{AOR \times Con\,Fac}{\sum_{i=1}^{N} TF_i} \quad (1)$$

여기서,

$MTBPM$: 계획정비간 평균시간

AOR : 연간운용소요

$Con\,Fac$: 부체계간 계획정비 변환계수

TF_i : 계획정비별 업무빈도

$$Operating\ Time = PM \times MTBPM \quad (2)$$

여기서,

PM : 계획정비

$$R(t) = e^{-\frac{t}{\theta}}$$

여기서,

$R(t)$: 신뢰도함수

t : 운용시간

θ : 고장간 평균시간 ($MTBF$)

$$R(t)_{n+1} = R(t)_n \times Recovery\,Ratio \quad (3)$$

여기서,

$Recovery\,Ratio$: 계획정비 후 신뢰도 복구율

$Adjusted\,R(t) \le Target\,R(t)$인 시점을 신뢰도 측면에서의 계획창정비(PDM) 주기로 결정한다.

여기서,

$Adjusted\,R(t)$: 이전 신뢰도 × 신뢰도 복구율

$Target\,R(t)$: 목표 신뢰도 수준

2.3 정비도 기반 시뮬레이션

정비도 기반 시뮬레이션에 활용된 항목과 공식은 다음과 같다[7, 9].

$$C_{cm}F(t) + C_{pm}R(t) = C_{cm}F(t) + C_{pm}(1-F(t)) \quad (4)$$

여기서,

C_{cm} : 비계획정비 수행시 비용

C_{pm} : 계획정비 수행시 비용

$F(t)$: 고장(불신뢰도) 함수 $(1-R(t))$

$$\eta(T) = \frac{mean\,cost/cycle}{mean\,cycle} = \frac{C_{cm}F(T) + C_{pm}R(T)}{\int_0^T R(t)dt}$$

$$= \frac{C_{cm}(1-R(T)) + C_{pm}R(T)}{\int_0^T R(t)dt}$$

$$= \frac{C_{cm}(1-\int_0^T R(t)dt) + C_{pm}\int_0^T R(t)dt}{\int_0^T R(t)dt}$$

여기서,

$\eta(T)$: 평균정비주기당 평균정비비용

$\eta(T)$는 위 수식과 같이 신뢰도 함수를 적분해서 산출할 수 있으나, 수식의 복잡함과 스프레드시트 시뮬레이션의 용이함을 고려하여 아래 수식과 같이 일정시간 간격(Δ)별 면적($\Delta \times R(\Delta)$)의 합계를 구함으로써 계산할 수 있다.

$$\int_0^T R(t)dt \approx \Delta R(\Delta) + \ldots + \Delta R(T-\Delta) + \Delta R(T)$$

2.4 운영유지(O&S) 비용분석

운영유지비용의 비용분해구조(CBS)는 Table 1과 같으며, 비용분석을 위한 기초자료는 Table 2와 같다[1, 10 - 11].

Table 1 Operating & Cost CBS

Operating & Support Costs
Operating Support
Unit Maintenance
Operator Expenses
Expendable Materials/Repair Parts
Indirect Expense of Unit Maintenance
Intermediate Maintenance
Intermediate Labor Expenses
Expendable Materials/Repair Parts
Indirect Expense of Intermediate Maintenance

Unplanned Depot Maintenance
Direct Depot Labor Expenses
Expendable Materials/Repair Parts
Indirect Expense of Depot Maintenance
Planned Depot Maintenance
Direct Depot Labor Expenses
Expendable Materials/Repair Parts
Indirect Expense of Depot Maintenance
Sustaining Support
Replacement of Support Equipment
Up-to-date Technical Data
Software Maintenance Support
Indirect Support
manpower support
Installation support

.

Table 2 Operating & Cost Reference Data [12 - 13]

No.	Item	Value
1	MTBF	XX.XX hours
2	AOR	XXX hours
3	MTBPM	XX.XX hours
4	System Price	XXX,XXX mil. KRW
5	Operating Life	20 years
6	AOR	XXX hours
7	Unplanned Maintenance (Unit)	X.XX hours
8	Planned Maintenance (Unit)	XXX.XX hours
9	Unplanned Maintenance (Intermediate)	X.XX hours
10	Planned Maintenance (Intermediate)	X,XXX hours
11	Planned Maintenance (Depot)	XXX hours
12	Fuel cost	XXX mil. KRW
13	Annual Maintenance Frequency (Unit)	XXX.XX frequencies
14	Annual Maintenance Frequency (Intermediate)	XXX.XX frequencies
15	Annual Maintenance Frequency (Depot)	XXX.XX frequencies
16	Number of units	X units
17	Operating personnel	XX person
18	Placement year	2028 year

3. 신뢰도 및 정비도 시뮬레이션

3.1 신뢰도 기반 시뮬레이션

무인항공기(UAV)의 신뢰도 기반 시뮬레이션은 계획정비(PM)을 수행함에 따라 신뢰도 감소 수준을 평가하여, 목표한 신뢰도를 불만족하는 시점을 계획창정비(PDM) 주기로 결정한다.

3.1.1 입력자료

신뢰도 기반 시뮬레이션의 기준 입력자료는 Table 3과 같다[12 - 13].

Table 3 Reliability Simulation Reference Data

Item	Value
UAV MTBF	XX.XX hours
AOR	XXX hours
MTBPM	25.61 hours
Recovery Ratio	99.9%
Target Reliability	80%

3.1.2 시뮬레이션 자료

신뢰도 기반 스프레드시트 시뮬레이션 과정 및 결과는 Table 4와 같다[6].

Table 4 Reliability Spreadsheet Simulation

PM	R(t)	Adjusted R(t)	Operating Time	Operating Year
0	1.0000	1.0000	0.0000	0.0000
1	0.3059	0.9991	25.6100	0.0234
2	0.0936	0.9982	51.2100	0.0468
3	0.0286	0.9973	76.8200	0.0702
4	0.0088	0.9964	102.4200	0.0935
5	0.0027	0.9955	128.0300	0.1169
				...
247	<1E-10	0.8006	6324.45	5.7758
248	<1E-10	0.7999	6350.05	5.7991

3.1.3 결과자료

Table 5와 같이 5.8년 (6,350시간 경과 후) 계획창

정비(PDM)을 수행하는 것이 신뢰도 유지측면에서 타당하다.

Table 5 Reliability Simulation Result

Operating Time	6,350 hours
Optimal PDM Interval	5.80 years

3.2 정비도 기반 시뮬레이션

무인항공기(UAV)의 정비도 기반 시뮬레이션은 계획정비(PM) 수행시, 계획정비와 비계획정비 비용을 비교하여 평균정비주기 당 평균정비비용이 최소가 되는 시점을 계획창정비(PDM) 주기로 결정한다.

3.2.1 입력자료

정비도 기반 시뮬레이션의 기준 입력자료는 Table 6과 같다[12 - 13].

Table 6 Maintainability Simulation Reference Data

Item	Value
MTBF	86.46 hours
Failure Rate	11566 per 10^6 hours
Beta	2
C*pm*	XXX million KRW
C*cm*	XXX,XXX million KRW
delta(Δ)	5 hours

3.2.2 시뮬레이션 자료

정비도 기반 스프레드시트 시뮬레이션 과정 및 결과는 Table 7과 같다[6].

Table 7 Maintainability Spreadsheet Simulation(1/2)

T	F(t)	R(t)	Mean Cost
5	1.87E-07	1	3,291,738,403
10	7.48E-07	0.999999	3,291,745,192
15	1.68E-06	0.999998	3,291,756,506
20	2.99E-06	0.999997	3,291,772,346
25	4.67E-06	0.999995	3,291,792,711
30	6.73E-06	0.999993	3,291,817,602
35	9.16E-06	0.999991	3,291,847,019
40	1.2E-05	0.999988	3,291,880,961
45	1.51E-05	0.999985	3,291,919,428
50	1.87E-05	0.999981	3,291,962,422
			...
6,160	0.246974	0.753026	6,282,166,324
6,165	0.247321	0.752679	6,286,365,645
6,170	0.247668	0.752332	6,290,566,436

Table 7 Maintainability Spreadsheet Simulation(2/2)

T	Add to Integral	Integral R(t)	Mean Cost / Mean Cycle
5	4.999999	5.00000	658,347,804
10	4.999996	10.00000	329,174,673
15	4.999992	14.99999	219,450,625
20	4.999985	19.99997	164,588,848
25	4.999977	24.99995	131,671,979
30	4.999966	29.99991	109,727,564
35	4.999954	34.99987	94,053,124
40	4.999940	39.99981	82,297,416
45	4.999924	44.99973	73,154,198
50	4.999907	49.99964	65,839,722
			...
6,160	3.765128	5623.335	1,117,160
6,165	3.763394	5627.098	1,117,159
6,170	3.761660	5630.860	1,117,159

3.3.3 결과자료

Table 8과 같이 5.63년 (6,170시간 경과 후) 계획창정비(PDM)을 수행하는 것이 정비도(정비비용) 측면에서 이득이다.

Table 8 Maintainability Simulation Result

Optimal Time	6,170 hours
Optimal PDM Cycle	5.63 years

4. 운영유지(O&S) 비용분석

4.1 비용추정식(CER)

무인항공기(UAV)의 운영유지(O&S) 비용분석을 위한 비용추정식(CER)은 Table 9와 같다[1, 6].

Table 9 Cost Estimating Relationship

Cost Item	Cost Estimating Relationship (General)
Operating & Support Costs	
Operating Support	Operator Cost + Fuel Cost
Unit Maintenance	
Operator Expenses	Unit Maintenance Pay Rate × Maintenance Frequency (Unit Annual Maintenance Frequency) × Unit MTTR
Expendable Materials/Repair Parts	Unit Material Cost
Indirect Expense of Unit Maintenance	10% of Direct Labor Cost
Intermediate Maintenance	
Intermediate Labor Expenses	Intermediate Maintenance Rate × Number of Maintenance × Intermediate MTTR
Expendable Materials/ Repair Parts	Intermediate Material Cost
Indirect Expense of Intermediate Maintenance	10% of Direct Labor Cost
Unplanned Depot Maintenance	
Direct Depot Labor Expenses	Depot Maintenance Rate × Unplanned Depot Maintenance Frequency × Maintenance Time
Expendable Materials/ Repair Parts	Unplanned Depot Material Cost
Indirect Expense of Depot Maintenance	10% of Direct Labor Cost
Planned Depot Maintenance	N/A if not performed
Direct Depot Labor Expenses	Depot Maintenance Rate × Planned Depot Maintenance Frequency × Maintenance Time
Expendable Materials/ Repair Parts	Planned Depot Material Cost
Indirect Expense of Depot Maintenance	10% of Direct Labor Cost
Sustaining Support	3% of (Unit + Intermediate + Deport) Maintenance Costs
Replacement of Support Equipment	
Up-to-date Technical Data	
Software Maintenance Support	
Indirect Support	1% of (Maintenance + Sustaining Support) Costs
manpower support	
Installation support	

4.2 비용분석 입력자료

무인항공기(UAV)의 운영유지(O&S) 비용분석을 위한 입력자료는 Table 10과 같다[6].

Table 10 Cost Analysis Input Data

item	Input	Comment
System Price	XXX	Unit Price (KRW XX billion) × 0 units
Operating Life	20	Military Service Period : 20 years (Assumed)
MTBF	XX	
AOR	XXX	Military Requirements
Number of Annual Operations	XXX	Military Requirements
Unit Maintenance (Unplanned)	X.X	Unit MTTR
Unit Maintenance (Planned)	XXX	Unit Planned Maintenance Time × X units
Intermediate Maintenance (Unplanned)	X.X	Intermediate MTTR
Intermediate maintenance (Planned)	XXX	Intermediate Planned Maintenance Time × X units
Depot maintenance (Planned)	XXX	Depot Planned Maintenance Hours (1 month) × X units
Operating Cost		Operator Cost + Fuel

item	Input	Comment
		Cost
- Operator Expenses	XXX	Intermediate Skilled Engineers (KRW XX million)
- Fuel Cost	XX	One-time Fuel Consumption Cost × Number of Annual Operations (KRW X million)
Operating Cost Increase Rate	5.00%	Experience Value
Unit Annual Maintenance Frequency	XX	RAM Analysis Result (Frequencies)
Intermediate Annual Maintenance Frequency	XX	RAM Analysis Result (Frequencies)
Unplanned Depot Maintenance Frequency	XX	RAM Analysis Result (Frequencies)
Maintenance Frequency Increase Rate	3.53%	Experience Value
Unit Maintenance Labor Cost	XXX	Intermediate Skilled Technician (KRW XX million)
Intermediate Maintenance Labor Cost	XXX	Advanced Skilled Technician (KRW XX million)
Depot Maintenance Labor Cost	XX	Depot Labor Cost (KRW XX million)
Labor Cost Increase Rate	3.50%	As of 2023
Material Cost Increase Rate	5.00%	As of 2023
Discount Rate	2.00%	Applied when calculating NPV
Planned Depot Maintenance	2,880	Planned Depot Maintenance (PDM) Time : 3 Months (480hours) × Manpower
[of System Price]		
- Unit Material Ratio	0.0040%	Estimate (Similar System Experience Data Index)
- Intermediate Material Ratio	0.0044%	
- Unplanned Depot Material Ratio	0.0084%	
- Planned Depot Material Ratio (5 years)	6.65%	
- Planned Depot Material Ratio (6 years)	7.31%	
- Planned Depot Material Ratio (7 years)	8.05%	
- Planned Depot Material Ratio (8 years)	8.85%	
- Planned Depot Material Ratio (9 years)	9.73%	
- Planned Depot Material Ratio (10 years)	10.71%	

4.3 비용분석 결과

입력자료를 기준으로 무인항공기(UAV)의 운영유지(O&S) 비용분석 결과는 Table 11과 같다[6].

Table 11 Cost Analysis Result

(unit : 100 mil. KRW)

Cost Item	No PDM		
	PV	'28 NPV	%
Operating & Support Costs	11,646	9,174	100%
Operating Support	2,653	2,117	23%
Unit Maintenance	629	491	5%
Intermediate Maintenance	848	661	7%
Unplanned Depot Maintenance	7,167	5,632	61%
Planned Depot Maintenance	-	-	0%
Sustaining Support	259	204	2%
Indirect Support	89	70	1%

Cost Item	PDM (5years Cycle)		
	PV	'28 NPV	%
Operating & Support Costs	9,722	7,905	100%
Operating Support	2,653	2,117	27%
Unit Maintenance	437	349	4%
Intermediate Maintenance	628	502	6%
Unplanned Depot Maintenance	5,053	4,065	51%
Planned Depot Maintenance	766	725	9%
Sustaining Support	184	147	2%
Indirect Support	63	51	1%

Cost Item	PDM (6years Cycle)		
	PV	'28 NPV	%
Operating & Support Costs	9,609	7,790	100%
Operating Support	2,653	2,117	27%
Unit Maintenance	445	355	5%
Intermediate Maintenance	612	488	6%
Unplanned Depot Maintenance	5,157	4,148	53%
Planned Depot Maintenance	556	532	7%
Sustaining Support	186	150	2%
Indirect Support	64	51	1%

Cost Item	PDM (8years Cycle)		
	PV	'28 NPV	%
Operating & Support Costs	9,596	7,748	100%
Operating Support	2,653	2,117	27%
Unit Maintenance	460	366	5%
Intermediate Maintenance	620	494	6%
Unplanned Depot Maintenance	5,304	4,262	55%
Planned Depot Maintenance	367	356	5%
Sustaining Support	192	154	2%
Indirect Support	66	53	1%

Cost Item	PDM (7years Cycle)		
	PV	'28 NPV	%
Operating & Support Costs	9,771	7,923	100%
Operating Support	2,653	2,117	27%
Unit Maintenance	454	362	5%
Intermediate Maintenance	613	489	6%
Unplanned Depot Maintenance	5,242	4,212	53%
Planned Depot Maintenance	619	592	7%
Sustaining Support	189	152	2%
Indirect Support	65	52	1%

Cost Item	PDM (9years Cycle)		
	PV	'28 NPV	%
Operating & Support Costs	9,687	7,831	100%
Operating Support	2,653	2,117	27%
Unit Maintenance	464	370	5%
Intermediate Maintenance	626	499	6%
Unplanned Depot Maintenance	5,355	4,306	55%
Planned Depot Maintenance	397	384	5%
Sustaining Support	193	155	2%
Indirect Support	66	53	1%

Cost Item	PDM (10years Cycle)		
	PV	'28 NPV	%
Operating & Support Costs	9,882	7,984	100%
Operating Support	2,653	2,117	27%
Unit Maintenance	475	378	5%
Intermediate Maintenance	641	511	6%
Unplanned Depot Maintenance	5,485	4,404	55%
Planned Depot Maintenance	429	416	5%
Sustaining Support	198	159	2%
Indirect Support	68	55	1%

무인항공기(UAV) 운영유지(O&S) 비용분석 결과를 비교하면 Fig. 3과 같으며, 6년 또는 8년 주기 계획창정비(PDM) 수행시 가장 경제적임을 알 수 있다[6].

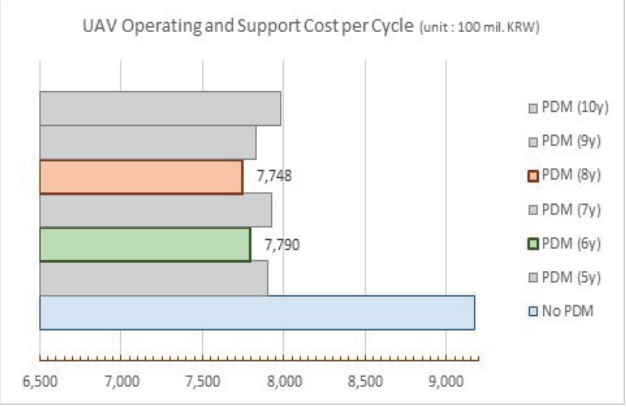

Fig. 3 Comparison of UAV O&S Cost per Cycle

5. 결 론

5.1 분석결과 요약

무인항공기(UAV)의 신뢰도 및 정비도 시뮬레이션과 운영유지(O&S) 비용분석 결과는 Table 12와 같다.

Table 12 PDM Interval Analysis Results

Item	PDM Interval Analysis	
	Operation Time	Interval
Reliability Simulation	6350 hours	5.80 years
Maintainability Simulation	6170 hours	5.63 years
Operating & Support Cost	6 or 8 years	

5.2 최종 결론

무인항공기(UAV)의 신뢰도 및 정비도 시뮬레이션과 운용유지(O&S) 비용분석을 통해 최적 계획창정비(PDM) 주기를 결정하였고, 이에 대한 최종 결론은 다음과 같다.

- 신뢰도 및 정비도 기반 시뮬레이션 결과, 최적주기 계획정비를 통한 신뢰성 개선 및 정비비용 최소화를 위해 약 6년 주기의 계획창정비(PDM) 수행이 필요하다.
- 운영유지(O&S) 비용분석 결과, 무인항공기(UAV)에 대한 계획창정비(PDM)을 수행하지 않고 운영하는 것보다, 5 ~ 10년 중 어느 주기로 계획창정비(PDM)를 수행하더라도 운영유지비 절감에 유리하다.
- 신뢰도 및 정비도와 운영유지비를 고려시, 무인항공기(UAV)는 계획창정비(PDM)를 수행하는 것이 경제적이며, 최적 주기로 6년을 추천한다.

후 기

이 논문은 저자가 중고도무인항공기(MUAV)의 계획창정비(PDM) 수행의 필요성 및 정량적 주기결정 근거자료로 국방과학연구소 및 공군에 제출한 “MUAV 체계 비행체 계획창정비(PDM) 주기결정 분석 보고서 요약”을 기초로 함.

References

[1] Office of the Secretary of Defense, Cost Assesment and Program Evaluation, “Operating and Support Cost-Estimating Guide”, Sep. 2020.

[2] Michael Boito, Tim Conley, Joslyn Fleming, Alyssa Ramos, Katherine Anania, “Expanding Operating and Support Cost Analysis for Major Programs During the DoD Acquisition Process“, *RAND*, ISBN: 978-1-9774-0089-5, 2018.

[3] Michael Boito, Thomas Light, Patrick Mills, Laura H. Baldwin, “Managing U.S. Air Force Aircraft Operating and Support Costs”, *RAND*, 2016.

[4] Gary L. Jones, “Investigation into the Ratio of System Operations and Support Costs to Life-Cycle Costs for Department of Defense Weapon Systems”, *Air Force Institute of Technology*, 21 Mar. 2013.

[5] Ministry of National Defense, “Total Life Cycle Management Order, Ministry of National Defense Order”, No. 2654, 20 Mar. 2023.

[6] Sang Yeob Lee, "Analysis Report of AVS PDM Interval Determination [Executive Summary]", *Korean Air IPS Technical Report*, MUAV-IPS-001-01, 23 Mar. 2023.

[7] DoD, MIL-HDBK-338B, “Electronic Reliability Design Handbook”, 1 Oct. 1998

[8] Reliability Information Analysis Center, "Reliabiliity Toolkit : Commercial Practices Edition", 30 Jun. 2000.

[9] Reliability Information Analysis Center, "Maintainability Toolkit", 30 Jun. 2000.

[10] DoD, “Reliability, Availability, Maintainability, and Cost Rationale Report Manual”, 1 Jun. 2009.

[11] DoD, “Reliability, Availability, Maintainability, and Cost (RAM-C) Rationale Report Outline Guidance”, 28 Feb. 2017.

[12] Agency for Defense Development, “MUAV System Integrated Logistics Support Plan (ILS-P)”, 8U5PP0051.

[13] Agency for Defense Development, “MUAV System RAM Analysis Report”, 8U5PP0053.

List of abbreviations

AOR	Annual Operating Requirement	연간운용소요
CBA	Cost Benefit Analysis	비용편익분석
CBS	Cost Breakdown Structure	비용분해구조
Ccm	Cost of corrective maintenance	비계획정비 비용
CER	Cost Estimating Relationship	비용추정식
Cpm	Cost of preventive maintenance	계획정비비용
DoD	Department of Defense	미국방성
ILS-P	Integrated Logistics Support Plan	종합군수지원 계획서
IPS	Integrated Product Support	통합체계지원
LCC	Life Cycle Cost	수명주기비용
MTBF	Mean Time Between Failures	고장간 평균시간
MTBPM	Mean Time Between Planned Maintenance	계획정비간 평균시간
MTTR	Mean Time To Repair	평균수리시간
MUAV	Multi-altitude Unmanned Air Vehicle	중고도 무인항공기
NPV	Net Present Value	순현재가치
O&S	Operating and Support	운영유지
PDM	Planned Depot Maintenance	계획창정비
PM	Planned Maintenance	계획정비
PV	Present Value	현재가치
RAM	Reliability, Availability, Maintainability	신뢰도, 가용도, 정비도
RAM-C	Reliability, Availability, Maintainability and Cost	신뢰성기반 비용관리
UAV	Unmanned Air Vehicle	무인항공기