

해상초계기 주요 항공전자장비 신뢰도 성장 분석 및 운용가용도 시뮬레이션

박지훈¹⁾ · 마정목^{*2)}

¹⁾ 해군 미래혁신연구단

²⁾ 국방대학교 국방과학학과

A Study on Reliability Growth of P-3 Essential Avionic Equipments and Operational Availability Simulation

Jihoon Park¹⁾ · Jungmok Ma^{*2)}

¹⁾ Navy Future Innovation Research Group, Korea

²⁾ Department of Defense Science, National Defense University, Korea

(Received 1 November 2019 / Revised 23 March 2020 / Accepted 30 March 2020)

Abstract

Failure of essential avionic equipments have a significant impact on the operations and safety of P-3 maritime patrol aircraft. Therefore, avionic equipments of P-3 are required to have higher reliability. Based on the field failure data, this paper studies the reliability growth of essential avionic equipments in P-3 using Duane model. Additionally, a simulation model is built and implemented for identifying the operational availability according to the field failure data of avionic equipments.

Key Words : Reliability(신뢰도), Reliability Growth(신뢰도 성장), Mean Time Between Failure(고장 간 평균시간), Simulation(시뮬레이션), Operational Availability(운용가용도)

1. 서론

해상초계기는 감시 및 정찰, 대잠수함작전, 대수상 함작전, 탐색 및 구조작전 등 해상에서 일어나는 모든 작전에 참여하는 해군 항공기로서 복잡하고 다양한 항공전자장비들을 운용하여 작전을 수행한다. 해상초

계기에서 운용하는 항공전자장비들은 통신·항법장비, 레이더, 전자광학·적외선 열상장비, 음향분석장비, 무장 통제체계, 전술컴퓨터 등이 있으며 각각의 독립된 장비들을 통합하여 임무를 수행한다. 따라서 해상초계기의 비행안전을 보장하고 부여된 임무를 성공적으로 수행하기 위해서는 높은 수준의 신뢰도를 갖춘 항공전자장비가 필요하다. 신뢰도는 무기체계가 명시된 기간 동안 주어진 환경과 운용 조건에서 요구되는 기능을 수행할 수 있는 확률을 의미한다. 특히 군에서는

* Corresponding author, E-mail: jxm1023@gmail.com

Copyright © The Korea Institute of Military Science and Technology

첨단기술과 접목된 항공전자장비가 많은 비용을 차지하기 때문에 무기체계 수명주기 전 단계에 걸쳐 높은 신뢰도를 요구하고 있다.

낮은 신뢰도로 인한 잦은 고장 발생은 무기체계가 요구된 성능을 발휘하지 못하게 하며, 수리부속 재고 산출, 정비주기, 교환주기 등의 오류를 초래하여 운용 유지 비용의 상승과 나아가 전투준비태세에도 영향을 미치게 된다. 또한, 개발단계에서 예측된 무기체계의 신뢰도와 실제 야전 운용 시 신뢰도 사이에 큰 차이가 발생하는 경우가 많이 발생한다. 이를 해결하기 위해 야전운용 자료를 활용하여 장비 개발에서 운용, 폐기까지 시간에 따른 신뢰도의 변화와 추세를 평가할 수 있는 신뢰도 성장 분석이 요구된다.

우리 군에서도 야전 운용자료를 이용하여 무기체계의 신뢰도 성장 분석 연구가 이루어지고 있다. 정일한(2012)^[1]은 야전 운용자료를 신뢰도 성장 모형에 적용하여 K계열 무기체계의 신뢰도 분석 및 평가를 실시하였다. 조인탁(2013)^[2]은 국내 개발 군용훈련기의 항공전자장비 운용자료를 바탕으로 고장률 추세를 분석하여 신뢰도 성장 분석의 필요성에 대해 연구하였다. 김두현(2014)^[3]은 One-Shot 유도무기를 대상으로 신뢰도 성장 분석을 실시하여 유도무기 시험평가 시 신뢰도 성장 관리를 통한 수행가능성을 연구하였다. 이창희(2016)^[4]는 K-000 장갑차의 개발시험과 운용시험의 고장자료를 바탕으로 신뢰도 성장 모형을 적용하여 신뢰도 성장을 확인하였다. 이용준(2019)^[5]은 다련장 발사대 체계의 개발시험 단계 고장데이터 분석으로부터 신뢰도 분석을 실시하고, 설계개선을 통해 신뢰도 성장을 확인하였다. 위 연구들은 야전 운용자료를 바탕으로 신뢰도 분석의 대표적인 평가척도인 고장 간 평균시간(MTBF : Mean Time Between Failure, 이하 MTBF)을 근거로 신뢰도 성장 분석을 실시하였으며, 항공기의 경우 공군에서 운용중인 일부 장비에 대해서 연구가 수행되었으나 해군에서 운용하는 항공기에 대해서는 연구가 이루어지지 않았다. 또한, 야전 운용자료를 신뢰도 성장 모형에 적용하는데 그치지 않고 더욱 확장하여, 전자장비의 신뢰도가 전투준비태세 척도인 운용가용도에 미치는 영향에 대한 정량적인 연구 자료도 없었다.

본 연구에서는 해상초계기의 야전 운용자료를 이용하여 주요 항공전자장비에 대한 MTBF를 도출하고, 시간에 따른 항공전자장비의 신뢰도 변화 과정을 살펴보기 위해 신뢰도 성장 분석을 수행하였다. 나아가,

시뮬레이션 모델을 통해 항공전자장비의 신뢰도 변화가 해상초계기의 운용가용도에 미치는 영향에 대해 분석하였으며, 앞서 언급한 연구들과의 차이점은 다음과 같다.

첫째, Fig. 1^[6]과 같이 다양하고 복잡한 항공전자장비가 통합되어 운용되는 해상초계기의 주요 전자장비에 대한 신뢰도 성장 분석을 최초로 실시하였다. 박지훈, 마정목(2019)^[7]은 해상초계기의 주요 기관 및 기체 수리부속 재고수준이 운용가용도에 미치는 영향에 대해 연구를 실시하였으나, 항공전자장비에 대한 분석은 이루어지지 않았다.

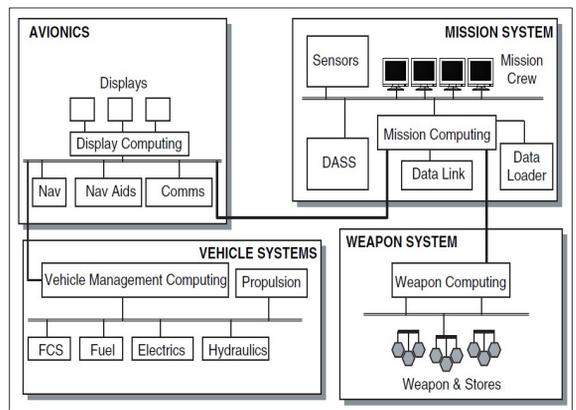


Fig. 1. Typical maritime patrol aircraft platform architecture

항공전자장비에 대한 신뢰도 분석의 필요성은 Table 1에서도 확인할 수 있다. Table 1은 해군 장비정보체계를 이용하여 해상초계기의 6년 간('13~'18년)의 고장정비 실적을 분석한 결과로, 전자장비의 고장정비 건수가 전체의 33.19 %로 가장 많은 비율을 차지하는 것을 보여준다. 따라서 본 연구는 향후 해상초계기 주요 항공전자장비의 신뢰도 평가와 효율적 재고 관리를 위한 참고 자료로서 가치가 있을 것으로 판단된다.

둘째, 시뮬레이션을 이용해 주요 항공전자장비의 신뢰도가 해상초계기 운용가용도에 미치는 영향을 분석하였다. 전자장비의 신뢰도를 향상시키려는 이유는 항공기의 가동률을 향상시키고 운용유지비용을 최소화하여 항공기 운용의 효율성을 제고하는데 있다. 따라서 본 연구는 전자장비의 신뢰도가 성장하고 안정화되는 것을 분석하는 것에 그치지 않고, 도출된 신뢰도

를 바탕으로 시뮬레이션을 설계해 해상초계기의 운용 가용도에 미치는 영향까지 확장하여 연구함으로써 전자장비 신뢰도 성장의 중요성을 보여주었다. 우선, 야전 운용자료를 바탕으로 도출된 주요 항공전자장비의 MTBF를 독립변수로 설정하고, 해상초계기의 운용가용도를 종속변수로 하는 시뮬레이션을 설계하여 결과를 도출하였다. 이후, 독립변수 MTBF를 증가시킨 값과 감소시킨 값을 적용하여 운용가용도의 변화를 비교하면 항공전자장비의 신뢰도 성장이 운용가용도에 미치는 영향에 대해 정량적으로 확인 가능할 것으로 판단했다.

Table 1. Corrective maintenance analysis

순 위	계 통	정비 횟수	비 율(%)
1	전자장비	1688	33.19
2	엔진	1170	23
3	기체	999	19.64
4	전기	666	13.1
5	여압	328	6.45
6	유압	235	4.62

2. 연구방법

2.1 연구대상 선정

현재 해군에서 운용하는 해상초계기는 2010년부터 전력화가 시작된 P-3CK 0대와 2016년부터 전력화가 시작된 성능개량 P-3C 0대이다. 성능개량 P-3C는 최근에 전력화가 되어 고장정비 실적이 P-3CK보다 적으므로, 본 연구에서는 많은 양의 항공전자장비 고장정비 실적을 보유하고 있는 P-3CK 해상초계기를 연구 대상으로 선정하였다.

다음으로 P-3CK 해상초계기의 연구대상 항공전자장비를 선정하기 위해 실제 운용부대의 임무지속여부 판단기준표를 참고하였다. 임무지속여부 판단기준표는 항공기의 안전한 운항을 위하여 항공전자장비의 결함 발생 시 임무를 지속할 것인지, 임무를 중단하고 기지로 복귀할 것인지에 대한 세부 기준을 제시하고 있다. 임무지속여부 판단기준표에 포함되는 항공전자장비들의 공통점은 임무 중에 해당 장비에 결함이 발

생하면 항공기의 안전운항이나 임무수행을 불가능하게하거나 제한시키는 중요한 장비라는 것이다. 본 연구에서는 임무지속여부 판단기준표의 중요장비 중에서 분석의 신뢰성을 높이기 위해 2년간('11년~'12년)의 자료를 추가하여 총 8년 간('11년~'18년)의 정비실적을 분석하였다. 그 중 고장정비 건수가 높은 6가지 품목의 항공전자장비를 선정하였으며, 결과는 Table 2와 같다.

Table 2. Failure number of avionic equipments

전자장비	A	B	C	D	E	F
고장정비 건수	188	170	72	39	35	19

2.2 연구수행 절차

야전 운용자료를 통한 해상초계기 주요 항공전자장비 신뢰도 성장 분석을 위해 다음과 같이 연구를 수행하였다. 먼저 해군 장비정보체계를 이용하여 P-3CK 해상초계기 0대에 대한 8년간('11년~'18년)의 고장 자료와 비행시간을 수집하였다. 그리고 신뢰도 성장 분석의 대표적인 모형 중 하나로 널리 사용되고 있는 Duane 모형^[8]을 적용하여 비행시간에 따른 연구대상 항공전자장비의 누적 MTBF와 고장률 변화를 분석하였다. Duane 모형은 응용의 단순성과 그래프를 통한 설명을 통해 신뢰도 성장 모형의 주된 목적인 달성 가능한 MTBF를 예측하고, 나중에 장비의 신뢰도 성장을 평가하는데 특히 적합한 모형이다. 무엇보다 실용적이며, 다양한 분야의 고장 데이터가 Duane 모형에 잘 맞는 것으로 밝혀지며, 본 연구에서도 Duane 모형을 적용하였다. 이를 통해 항공전자장비의 야전 운용자료로부터 신뢰도 변화를 도출하고 신뢰도가 시간에 따라 향상되고 안정화되는 지를 도식화하여 확인하였다. 수집된 정비자료 중에서 항공전자장비의 수리부속 교체가 이뤄지지 않는 단순 정비(장/탈착, 초기화 등)는 분석 자료에서 제외하였다.

끝으로, 연구대상 항공전자장비들의 MTBF값을 기반으로 해상초계기의 운용가용도를 산출하기 위한 시뮬레이션 모델을 구성하였다. 시뮬레이션 모델을 통해 선정된 항공전자장비의 신뢰도 변화에 따른 해상초계기의 운용가용도 변화를 정량적으로 도출하고 분석하였다.

3. 항공전자장비 신뢰도 성장 분석

3.1 고장자료 분석

연구대상으로 선정된 항공전자장비 6가지 품목의 MTBF 분석을 위해 2011년부터 2018년까지 해군 장비 정보체계의 고장자료 및 비행시간 자료를 수집하였다. 누적 MTBF는 8년 동안의 누적 운용시간을 해당 항공 전자장비의 총 고장수로 나눈 값으로, 그 결과는 Table 3과 같다.

Table 3. MTBF of avionic equipments

전자장비	A	B	C	D	E	F
MTBF (Hours)	140.71	155.61	367.42	678.3	755.83	1392.3

Table 3을 통해서 확인할 수 있듯이 A 항공전자장비가 140.71시간마다 수리부속 교체가 필요한 고장이 발생하여 고장 빈도가 가장 높으며, F 항공전자장비가 1392.3시간마다 수리부속 교체가 필요해 고장 발생 빈도가 가장 낮은 것을 확인할 수 있다. 하지만, 위의 결과만으로는 운용 시간에 따른 항공전자장비들의 MTBF의 증가, 감소, 안정화 여부 등 신뢰도 성장 여부를 확인할 수는 없다.

따라서, 본 절에서는 더욱 세부적인 항공전자장비들의 고장자료를 Duane 신뢰도 성장 모형에 적용하여 운용시간에 따른 MTBF와 고장률의 변화를 도출하는 신뢰도 성장 분석을 수행하였다. Duane은 다양한 제품의 고장 데이터를 바탕으로 누적 고장시간과 누적 MTBF가 로그 그래프에 타점되었을 때 선형관계가 성립함을 파악하고, 누적 MTBF의 값을 다음과 같이 나타냈다.

$$MTBF_c = bT^\alpha \tag{1}$$

여기서 T는 고장 발생시간, b는 초기 성장시작 MTBF와 관련된 상수이며, α 는 성장률(Growth Rate) 또는 성장기울기를 의미한다. α 의 값이 0과 1사이에 있으면 시간에 따라 제품의 신뢰도가 상승하는 것을 의미한다.

3.2 신뢰도 성장분석 결과

본 절에서는 6가지 항공전자장비의 야전 운용자료를 입력자료로 Duane 모형에 적용하여 신뢰도 성장분석을

실시하였다. 신뢰도 성장분석 프로그램은 Minitab 18을 사용하였으며, 식 (1)의 누적 MTBF를 구하기 위해 도출된 성장률 α , 상수 b는 Table 4와 같다. 또한, 6가지 항공전자장비 중 A의 야전 운용자료와 Duane 모형에 적용한 결과를 대표로 나타내면 Table 5와 같다.

Table 4. Parameter(α ,b) for Duane model of 6 items

전자장비	A	B	C	D	E	F
α	0.3175	0.1986	0.1906	0.2624	0.3173	0.3819
b	5.5498	21.306	45.791	46.392	33.865	36.449

Table 5. The field data and result of Duane model for avionic equipment A

Field Data			Duane
Cumulative Failure	Time to Failure(Hours)	Cumulative MTBF	Cumulative MTBF
1	83.9	83.9	22.66
2	139.3	69.66	26.61
...
187	26140.3	139.78	140.29
188	26290.5	139.84	140.55

Duane 모형의 성장률 α 는 일반적으로 0.1에서 0.6 사이의 값에서 형성되며^[9], 도출된 성장률들은 모두 해당 범위에 있음을 보여준다. Table 5를 통해 α 값이 가장 큰 F장비부터 가장 작은 C장비까지, 6가지 장비 모두가 운용시간 경과에 따라 신뢰도가 성장하고 있다는 것을 확인할 수 있다.

야전 운용자료를 Duane 모형에 적용하여 도출된 누적 MTBF의 운용시간에 따른 변화를 그래프로 나타내면 Fig. 2와 같이 나타난다.

Fig. 2를 통해 야전 운용자료를 Duane 모형에 적용하여 신뢰도 성장 곡선을 분석한 결과, 누적 MTBF의 값이 운용시간의 경과에 따라 증가함을 확인할 수 있다. 이는 6가지 항공전자장비의 신뢰도가 전력화부터 현재 시점까지 실제로 성장하고 있음을 보여준다. 단, Duane 모형은 MTBF의 일반적 경향성을 보여주므로, 4장의 시뮬레이션 모델에는 실제 야전 운용자료를 이용하였다.

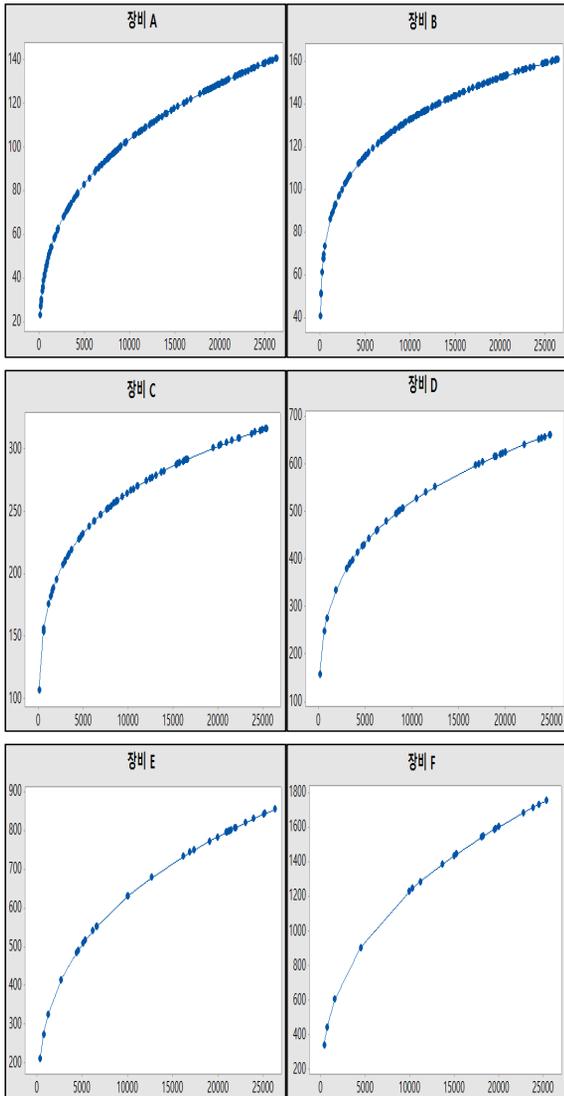


Fig. 2. Results of cumulative MTBF at(X axis : operation hour, Y axis : cumulative MTBF)

신뢰도 성장 분석뿐만 아니라 장비의 고장형태를 분석하기 위해 누적 고장률을 도출하였다. 누적 고장률(λ_c)은 Duane 모델을 이용해 도출된 누적 MTBF의 역수로 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다. 6가지 항공전자장비의 운용시간에 따른 누적 고장률의 변화는 Fig. 3과 같이 나타난다.

$$\lambda_c = \frac{1}{b} T^{-\alpha} \quad (2)$$

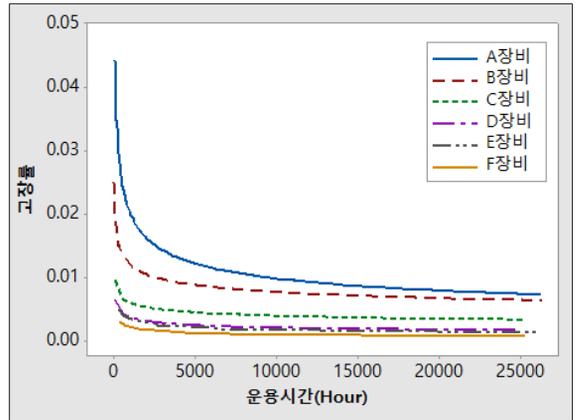


Fig. 3. Comparison of cumulative failure rate

Fig. 3을 통해 6가지 장비 모두 초기에는 고장률이 감소하다가 일정시간이 지나면서 고장률이 일정해지는 안정화 단계에 접어드는 것을 확인할 수 있다. 즉, 항공전자장비 6가지는 Fig. 4와 같이 운영 초기에는 제조상의 결함, 조작 미숙 등의 이유로 시간에 따라 고장률이 감소하는 신뢰도 성장단계와 일정 시점 이후에는 정비 숙련도 향상, 제조상의 결함 해결 등의 이유로 고장률이 일정해지는 안정화단계로 구분됨을 의미한다.

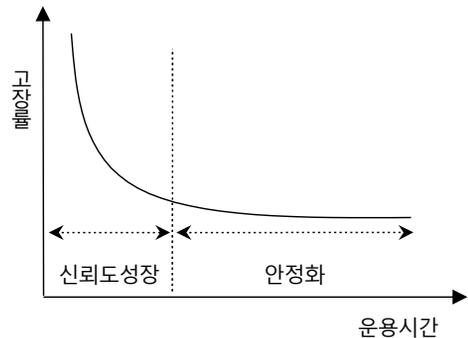


Fig. 4. Failure rate curve of avionics equipments

고장률 분석을 통해 고장률이 감소하는 신뢰도 성장 구간까지는 재고 수준을 최소화하여 불필요한 재고를 방지함으로써 운용유지비용을 감소시킬 수 있음을 알 수 있다. 또한, 안정화 단계의 MTBF를 활용해 적절한 전자장비의 소요와 재고수준을 판단함으로써 운용유지비용의 효율성을 높일 수 있을 뿐만 아니라, 해상초계기의 가동률도 향상시킬 수 있다. 끝으로 해당

항공전자장비의 정비 측면에서 접근하면, 안정화 단계에서는 장비의 고장이 운용시간과 무관하게 발생하므로 일정 주기마다 실시하는 주기정비보다 고장이 임박했다고 판단될 때 정비를 실시하는 예측정비가 이루어져야 한다는 것을 보여준다.

4. 시뮬레이션 설계

4.1 시뮬레이션 모델 구성

본 절에서는 야전 운용자료를 바탕으로 도출된 MTBF가 해상초계기의 운용가용도에 미치는 영향을 살펴보기 위해 시뮬레이션 기법을 활용하였다. 이에 따라 선정된 항공전자장비의 MTBF를 독립변수로, 항공기의 운용가용도를 종속변수로 설정하여 Fig. 5와 같이 시뮬레이션 모델을 구성하였다. 시뮬레이션 프로그램^[10]은 ARENA 15.1을 사용하였다.

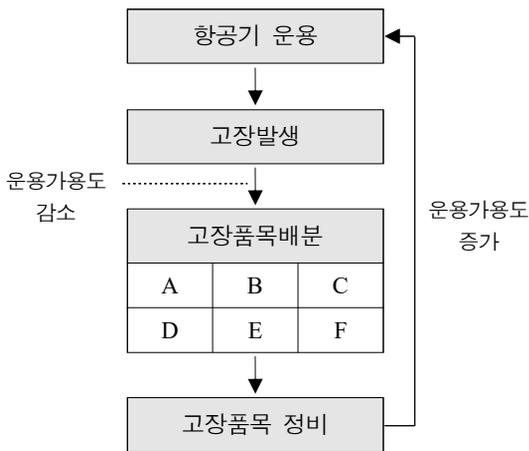


Fig. 5. Simulation model

Fig. 5의 시뮬레이션 모델의 입력 자료를 살펴보면, 우선 항공기 운용은 P-3CK 해상초계기 운용대수 0대와 내구년한 20년의 비행시간을 입력한다. 항공전자장비의 고장발생은 야전 운용자료를 바탕으로 도출된 Table 3의 MTBF가 지수분포를 따르도록 입력하였다. 지수분포는 앞의 사건이 이후의 사건에 영향을 주지 않는다는 무기역성을 가지고 있어 MTBF를 모델링할 때 가장 많이 사용된다. 이때, 해상초계기의 운용가용도는 고장발생 후 정비가 완료될 때 까지 감소하게 된다. 끝으로 고장품목배분과 고장품목 정비시간은 8

년간의 정비자료를 바탕으로 Table 6과 같이 산출하였다. 고장품목배분은 연구대상 항공전자장비 각각의 교체정비 건수를 A에서 F장비 총 수리부속 교체정비 건수로 나눈 비율이며, 정비시간 확률분포는 Arena 입력분석기(Input Analyzer)를 이용하였다. 입력분석기는 적용 가능한 모든 확률분포를 확인하고 각 분포에 대한 적합도 검정 결과에 따라 최소자승오차 값을 갖는 분포를 선정해준다. 6가지 항공전자장비는 고장 발생 시에 새로운 수리부속으로 Table 6의 확률분포 시간을 따라 교체가 이루어진다. 고장품목의 정비가 완료되면 해상초계기의 운용가용도는 증가하게 되며, 운용가용도는 보유장비 대비 가동장비 비율의 평균값으로 산출하였다.

Table 6. Allotments and distribution of corrective maintenance

전자장비	비율(%)	확률분포(시간)
A	35.9	0.999 + EXPO(1.45)
B	32.5	0.999 + 10*BETA(1.08, 5.44)
C	13.8	0.999 + WEIB(2.47, 0.773)
D	7.5	0.999 + EXPO(1.04)
E	6.7	0.999 + 14*BETA(0.64, 2.99)
F	3.6	0.999 + WEIB(0.0461, 0.309)

본 연구에서 시뮬레이션을 통해 살펴보고자 하는 중점사항은 항공전자장비의 신뢰도 변화에 따른 해상초계기 운용가용도의 변화이므로, 전자장비의 수리부속 재고량은 충분하여 고장 발생 시 바로 수리부속 교체가 가능한 것으로 설정하였다.

4.2 시뮬레이션 실행 및 결과

시뮬레이션 실행기간은 항공기 수명 20년을 가정하였을 때의 비행시간을 설정하였다. 이때, 8년의('11년~'18년) 비행시간 자료를 바탕으로 도출된 연간 평균 비행시간을 이용하여 20년의 비행시간을 입력하였다. 4.1절의 시뮬레이션을 반복하여 실행한 결과, Fig. 6과 같이 80회 이후에 누적 평균가용도가 안정상태에 이르는 것을 확인할 수 있다. 이에 따라 시뮬레이션 반복횟수를 120회로 설정하여 결과를 도출하였다.

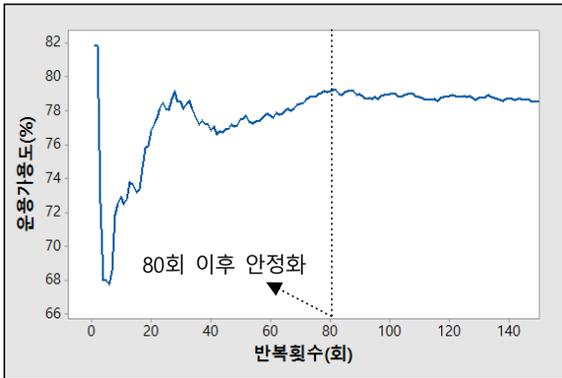


Fig. 6. Steady state arrival

MTBF의 변화에 따른 해상초계기 운용가용도의 변화를 살펴보기 위해, 우선 야전 운용자료를 바탕으로 도출된 항공전자장비들의 MTBF 값(Table 3)을 시뮬레이션 모델에 입력하여 결과를 도출하였다. 이후, 원래 값에서 60 % 감소된 MTBF를 시작으로 10 %씩 증가시켜 140 %까지 증가된 MTBF를 시뮬레이션 모델에 입력하여 운용가용도를 도출하였으며, 종합한 결과는 Fig. 7과 같다. 또한, 무기체계 수명에 따른 운용가용도의 변화를 살펴보기 위해 실행기간을 10년으로 설정하였을 때의 결과도 그래프에 추가하였다.

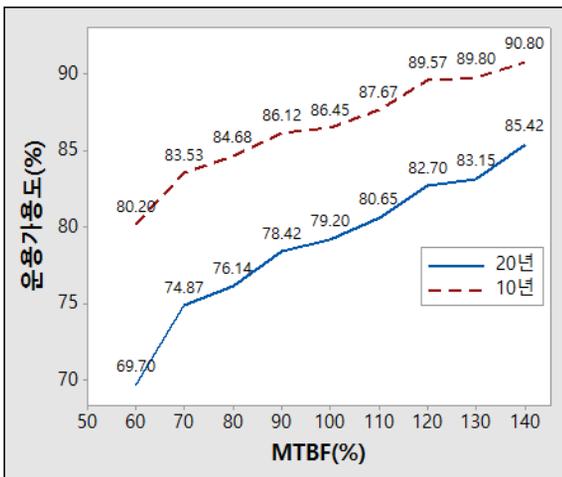


Fig. 7. Results of simulation at MTBF change

Fig. 7을 살펴보면 현재의 야전 운용자료를 바탕으로 도출된 운용가용도는 79.2 %를 나타내며, MTBF의 증가에 따라 운용가용도가 증가하는 것을 확인할 수

다. MTBF 증가에 따른 운용가용도의 변화량을 분석한 결과, MTBF의 값이 10 %씩 증가할 때 마다 운용가용도는 평균 1.96 %씩 증가하였다. 이는 항공전자장비의 신뢰도가 군의 전투준비태세 척도인 해상초계기 운용가용도에 미치는 영향과 신뢰도 성장의 중요성을 보여준다.

시뮬레이션 실행기간을 10년으로 설정 시, 즉 장비 수명을 10년으로 설정했을 때에도 MTBF가 증가함에 따라 운용가용도의 값도 증가하는 것을 확인할 수 있다. 또한, 같은 MTBF를 가지더라도 장비의 운용기간을 20년으로 설정했을 때 운용가용도의 값이 낮게 나오는 것을 정량적으로 확인할 수 있다. 이는 가혹한 환경에서 장기간 운용해야하는 무기체계의 특성 상, 수명기간 동안 가동률 향상을 위해 높은 신뢰도가 요구되는 이유를 보여준다.

5. 결론

본 연구는 해상초계기의 야전 운용자료를 바탕으로 신뢰도 분석의 대표적인 척도인 MTBF를 도출하여 신뢰도 성장 분석을 실시하였다. 나아가 도출된 MTBF 값을 바탕으로 시뮬레이션 모델을 설계하여, MTBF의 변화에 따른 해상초계기의 운용가용도 변화를 분석하였다.

무기체계 특성 상 개발단계의 예측된 신뢰도와 야전 운용을 통해 도출된 신뢰도 사이에는 차이가 존재한다. 따라서 군에서는 지속적으로 야전운용 자료를 통한 신뢰도 성장 분석을 실시하여 운용가용도를 유지하거나 향상시키는 활동을 해야한다. 하지만, 해상초계기의 항공전자장비에 대한 신뢰도 분석 연구는 없었으며, 본 연구에서 실시한 신뢰도 성장 분석 자료는 향후 해상초계기 항공전자장비의 신뢰도 평가와 효율적 재고관리를 위한 기초 자료로 활용이 가능할 것으로 판단된다. 나아가, 도출된 신뢰도를 바탕으로 시뮬레이션을 설계하여 신뢰도의 변화에 따른 운용가용도의 변화를 보여줌으로써 신뢰도 향상이 운용가용도 향상에 기여하는 것을 정량적으로 보여주었다.

하지만, 다음과 같은 두 가지 한계점이 있다.

첫째, 6가지 항공전자장비에 대한 분석으로 인해 해상초계기 전체 전자장비에 대한 신뢰도 성장분석에 대한 참고자료로서는 한계가 있다. 충분한 운용기간의

야전 운용자료를 바탕으로 많은 전자장비에 대한 분석이 반영된다면 더욱 정확한 연구진행이 가능할 것이다.

둘째, 시뮬레이션 설계 시 전자장비의 신뢰도와 고장정비 시간만을 고려하였다. 운용가용도에 영향을 미치는 예방/야전/외주 정비, 수리부속 재고수준 등의 다양한 요소를 고려하지 않았다. 이러한 다양한 요소들을 시뮬레이션 모델에 반영한다면 운용가용도에 미치는 신뢰도의 영향을 더욱 정밀하게 분석할 수 있을 것으로 판단된다.

References

- [1] I. Chung, H. Lee, Y. Park, "Reliability Evaluation of Weapon System using Field Data: Focusing on Case Study of K-series Weapon System," Journal of the Korean society for Quality Management, Vol. 40, No. 3, pp. 278-285, 2012.
- [2] I. Jo, S. Lee, J. Park, "A Study on Reliability Growth through Failure Analysis by Operational Data of Avionc Equipments," Society of Korea Industrial and Systems Engineering, Vol. 36, NO. 4, pp. 100-108, 2013.
- [3] D. Kim, S. Kim, "A Study on the Test and Evaluation of the Guided Missile Based on Reliability Growth," Korea Association of Defense Industry Studies, Vol. 21, No. 3, pp. 114-133, 2014.
- [4] C. Lee, Y. Ku, H. Hong, I. Jung, D. Park, S. Kim, "A Study on Reliability Program of the Armed Vehicles," Journal of the Korean society for Quality Management, Vol. 44, No. 3, pp. 565-574, 2016.
- [5] Y. Lee, J. Ryu, K. Son, S. Song, S. Kim, W. Park, "A Study on the Reliability Growth of Multiple Launch Rocket System Using Accelerated Life Testing," Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology, Vol. 22, No. 2, pp. 241-248, 2019.
- [6] I. Moir, A. G. Seabridge, "Military Avionics Systems," John Wiley & Sons Inc, West Sussex, England, 2006.
- [7] J. Park, J. Ma, "The Impact of P-3 Essential Assemblies on Operational Availability," Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology, Vol. 22, No. 3, pp. 416-424, 2019.
- [8] J. T. Duane, "Learning Curve Approach to Reliability Monitoring," IEEE Transactions on Aerospace, Vol. 2, No. 2, pp. 563-566, 1964.
- [9] Ministry of Defence(UK), "Chapter 8: Reliability Growth Models. In Applied R&M Manual for Defence Systems(GR-77), Part D - Supporting Theory," UK Ministry of Defense, Abbey Wood, Bristol, 2011.
- [10] W. D. Kelton, R. P. Sadowski and N. B. Zupick, "Simulation with Arena, 6th Edition," McGraw Hill, New York, 2015.