

## 항공기의 RAM 예측을 위한 모델 개발에 관한 연구 (A Study on the development of model for aircraft RAM prediction)

김성청\*, 하영민\*, 주현준\*\*

\*충북대학교, \*\*국방과학연구소

### 요 약

항공기 개발단계에서의 RAM(Reliability, Availability, Maintainability) 예측은 진행중인 설계개념이 RAM 개발 목표값을 달성할 수 있는지를 판단하여 이를 설계에 반영하기 위한 것이다. 본 연구에서 신뢰도 예측 모델은 항공기의 임무에 초점을 둔 임무신뢰도와 시스템신뢰도를 산출하고, 정비도 예측 모델은 군수지원분석자료(LSAR)와의 호환성을 유지할 수 있도록 하였으며, 가용도 예측 모델은 신뢰도와 정비도 자료를 활용한 운용가용도를 예측하는 데에 기준을 두었다. 본 연구는 기존의 RAM 예측이 각각 독립적으로 수행된 점을 보완하여 서로간의 상호관계를 반영한 통합 예측 모델을 개발하는 데에 초점을 두었으며, 실제적인 운용개념을 반영한 모델링으로서 항공기 개발단계에서 뿐만 아니라 실제 운용단계에서의 RAM 분석에 효과적이라 판단된다.

### 1. 서론

본 연구는 항공기에 대한 신뢰도(Reliability), 가용도(Availability), 정비도(Maintainability) 예측을 효과적으로 수행할 수 있도록하는 통합 모델링 개발에 초점을 두고 수행하였다. 이를 통하여 개발단계에서 쉽고 빠르게 예측업무를 수행함으로써 항공기의 RAM 목표치 달성을 위한 설계반영 및 현 설계개념상에서의 RAM 값을 판단할 수 있도록 하기 위함이다. 이를 위하여 다음과 같은 측면에 주안점을 두고 수행하였다.

첫째, 항공기 특성에 적합한 임무신뢰도 예측 모델을 구현하는 것이다. 임무신뢰도는 장비의 고장률 뿐만 아니라 고장난 장비의 수리율이 임무신뢰도에 영향을 미치는 중요한 변수이다. 그러나, 항공기는 운용중에 고장난 장비를 수리할 수 있는 상황이 발생하지 않는 점에 착안하여 고장률만을 임무신뢰도 예측에 고려하였다. 동시에, 임무신뢰도 예측에 사용된 모든 시스템들로부터 시스템신뢰도 예측이 가능하도록 구현하고자 하였다.

둘째, 종합군수지원 요소 개발을 위한 군수지원분석과의 상호 호환적인 정비도 예측 모델을 구현하는 것이다. 정비도 예측을 위해서는 시스템의 정비업무가 도출되어야 하고 정비업무의 연간 업무빈도와 정비소요시간 및 정비인시가 산출되어야 한다. 이를 위해서는 RAM 분석자와 군수지원분석자간의 자료 공유는 물론 상호 연계성을 반영할 수 있는 모델을 구현하고자 하였다.

셋째, 항공기 운용 특성을 반영한 운용가용도 예측 모델을 구현하는 것이다. 운용가용도 예측에 사용되는 운용가용도 식은 미 군사규격서에 제시된 식과 미 해군의 운용자료를

통해 산출된 식을 고려하였다. 또한, 식에 포함되는 모수들을 산출할 때에 항공기의 운용 특성을 반영한 다각적인 해석을 통하여 가장 적합한 개념을 반영하고자 하였다.

넷째, 신뢰도, 정비도, 가용도의 상호 연계성을 반영한 RAM 예측 통합환경을 구현하는 것이다. 장비의 가용도를 산출하기 위해서는 장비의 신뢰도와 정비도 관련 모수값이 도출되어야 한다. 이런 점을 고려하여 신뢰도와 정비도 예측 모델의 결과값이 운용가용도 예측 모델에 자동으로 입력될 수 있도록 구현하고자 하였다. 이를 통해, 신뢰도, 정비도, 가용도 예측 모델의 통합화가 가능하도록 하였다.

본 연구는 항공기의 설계단계에서부터 운용시까지 RAM 분석에 효율적으로 활용될 수 있도록 하였다. 설계단계에서는 설계자가 현재의 설계개념 상태에서 어느정도의 RAM 값을 갖게될지를 판단하여 RAM 목표값 달성을 위해 설계자가 수행해야 할 업무를 결정한다. 예를 들면, 신뢰도 향상을 위해서는 보다 성능이 우수한 제품을 선정한다든지 아니면, 설계 개념을 변경할 수가 있고, 정비도 향상을 위해서는 정비용이성을 고려한 설계가 이루어져야 한다. 이러한 RAM의 궁극적인 목표달성을 위해 효과적인 RAM 예측이 가능한 모델링을 개발하는 것이 본 연구의 목적이다.

## 2. 본론

통합 RAM 예측 모델은 크게 신뢰도 예측 모델, 정비도 예측 모델, 가용도 예측 모델로 구성되어 있다. 신뢰도 예측 모델은 시스템 신뢰도와 임무 신뢰도값을 산출할 수 있고, 정비도 예측 모델은 비행시간당 검사 시간 및 인시, 비행시간당 정비인시를 구할 수 있으며, 가용도 예측 모델은 운용가용도를 결과값으로 제시할 수 있도록 구현하였다. 이들 세 모델간의 상호 연결관계를 표현하면 그림 1과 같다.

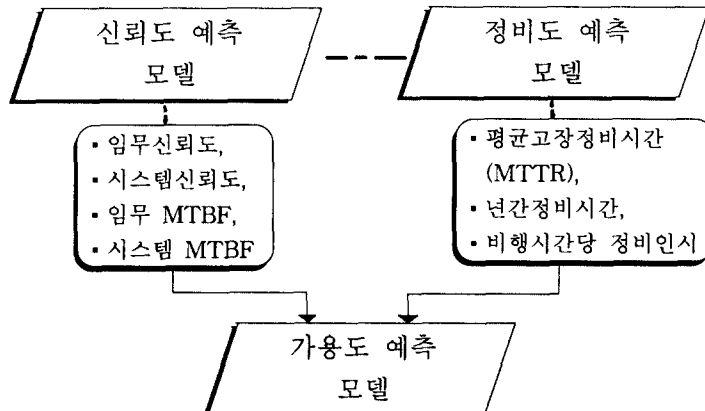


그림 1. RAM 예측 모델

그림 1에서 신뢰도 예측 모델은 시스템의 임무신뢰도와 시스템신뢰도가 결과값으로 산출된다. 또한, 시스템 MTBF와 임무신뢰도로부터 계산된 임무 MTBF값이 가용도 예측 모델에 입력값으로 적용되는 것을 보여준다. 정비도 예측모델에서는 비행시간당 정비인시 값이 산출되며 평균고장정비시간(MTTR)과 연간정비시간(즉, 연간 총 고장정비시간

+ 년간 총 예방정비시간)이 계산되어 가용도 예측 모델에 적용된다.

RAM 예측 모델은 델파이 3.0으로 구현되었으며, 사용환경은 윈도우 95/NT이다. 그리고, 하드웨어 사양은 CPU 486이상, RAM 8M이상 즉, 윈도우 95가 작동할 수 있는 최소 사양이면 가능하다.

## 2.1 신뢰도 예측 모델

부품에 대한 신뢰도 예측에는 크게 기계적인 부품에 대한 신뢰도 예측과 전자부품에 대한 신뢰도 예측으로 나눌 수 있다. 기계부품에 대한 신뢰도 예측으로는 NPRD 95(Nonelectronic Part Reliability Data)와 같은 DB가 존재하고 전자부품에 대한 신뢰도 예측은 MIL-HDBK-217F(Reliability Prediction of Electronic Equipment)의 절차에 의해 수행된다[6][7]. 이러한 부품들의 신뢰도를 근거로 하여 시스템의 신뢰도를 산출하는 데는 시스템신뢰도와 임무신뢰도 두가지로 구분할 수 있다. 시스템신뢰도는 구성 부품의 신뢰도의 곱으로 산출이 가능한 반면 임무신뢰도는 완제품의 운용개념을 이해하고 임무를 설정한 후 임무를 성공적으로 수행하기 위해서 작동되어야 하는 시스템을 정의하여야 한다. 때문에 완제품의 임무신뢰도 예측에 있어서 부품들의 수명예측 및 완제품의 운용개념을 이용한 정확한 임무를 설정하는 것이 무엇보다 중요하다. 임무신뢰도 예측 기법을 정리하면 그림 2와 같다.

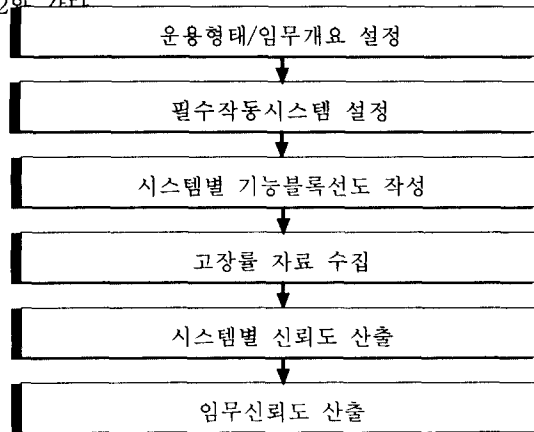


그림 2. 임무신뢰도 예측 기법

그림 2에서 운용형태(Operational Mode)란 시스템이 운용임무를 수행하기 위해서 사용될 예상 방법들을 서술한 것으로 시스템의 수명기간동안 사용하게 될 각 임무에 대한 예상 백분율과 여러가지 환경조건에 놓이게 될 시간의 백분율로 표현된다. 그리고, 임무개요(Mission Profile)은 시스템의 어떤 특정한 임무수행이 어떠한 환경조건하에서 어떠한 형태로 수행되는가를 시간적으로 표현한 것이다[4]. 필수작동시스템이라고 정의한 것은 주어진 임무를 성공적으로 완수하기 위해서 필수적으로 작동되어야 하는 시스템을 의미한다. 그리고, 이러한 각각의 필수작동시스템들이 정상적으로 작동되기 위해 서브시스템들간의 기능적인 연결관계를 직렬, 병렬, 대기, 혼합구조형태로 표현한 것을 기능블록선

도로 정의하였다[5].

본 연구는 완제품의 운용형태와 임무개요를 정확히 표현할 수 있도록 하여 보다 실제 운용상태에서 발생할 수 있는 임무신뢰도에 가깝도록 하였다. 또한 기존의 시스템들의 기능적인 연결표현을 대기구조까지 확대하여 보다 정확한 기능블록선도 작성을 가능하게 하였으며 항공기의 시스템신뢰도와 임무신뢰도를 동시에 계산할 수 있도록 하였다.

## 2.2 정비도 예측 모델

개발 단계에서의 정비도 예측은 정비성 검토를 기반으로 하여 도출될 수 있는데, 이러한 정비성 검토는 항공기 최초 설계에서부터 시제기 제작 및 초기 운영 단계에 이르기까지 종합적이고 체계적인 정비 일반 사항에 대한 전문적, 경험적 판단으로 이루어져야 하며 그 검토결과는 실제 항공기 운영에 있어서 매우 중요한 변수로 작용한다. 본 연구는 항공기의 정비 인시수를 예측하여, 이를 개발 목표치와 비교 검토하여 그 결과를 설계 반영 및 종합군수지원 요소 개발에 적용하는데에 그 목적이 있다.

### 2.2.1 적용식[12]

정비도 예측 모델에 적용한 식은 MIL-HDBK-472의 절차 II와 V에 기준을 두었다.

#### 2.2.1.1 절차 II (정비율(Maintainability Index))

$$MI = \frac{(\sum \lambda) \bar{M}_c t_i + (\sum f) \bar{M}_p t_j}{t} \quad (1)$$

여기서,

$\bar{M}_c$  = 평균 고장 정비 시간 ( $t_i$  시간에 대한 )

$$= \frac{\sum (\lambda M_c)}{\sum \lambda}$$

(  $M_c$  = 고장 정비 작업을 수행하는에 요구되는 인시  
 $\lambda = 10^6$  시간당 고장수로 표현되는 평균부품고장율 )

$\bar{M}_p$  = 평균예방정비시간 (  $t_j$  시간에 대해서)

$$= \frac{\sum (f M_p)}{\sum f}$$

(  $M_p$  = 예방정비활동을 수행하는데 요구되는 인시  
 $f = 10^6$  시간당 예방정비활동의 발생빈도 )

$\sum \lambda$  = 부품고장률의 합

$\sum f$  = 예방정비작업들의 발생빈도의 합

$t_i$  =  $t_j$  기간동안의 운용시간

$t_j$  = 운용기간의 칼렌다 시간(Calendar time)

t = 운용시간(operating time)

본 모델에서는 식 (1)에서 t를 항공기의 연간운용시간으로 설정하였고, 예방정비업무빈도를 산출하기 위한  $t_j$  를 칼렌다 시간이 아닌 운용시간으로 간주하였다. 이는 예방정비업무빈도를 산출하기 위해서는 예방정비간격을 도출해야 하는데, 항공기의 예방정비간격은 일반적으로 비행시간(flight hour) 단위로 정해지기 때문에 단위를 통일시키기 위해서이다.

### 2.2.1.2 절차 V (비행시간당 평균 정비 인시( $\overline{MMH}/FH$ ))

$$\overline{MMH}/FH = \sum_{n=1}^N (1 + F_{2n}) \lambda_n \overline{MMH}_n + \sum_{n=1}^N F_{1n} \lambda_n \overline{MMH}_D + \sum_{r=1}^{PM} F_r \overline{MMH}_r, \quad (2)$$

여기서,

$\lambda_n$  =  $n^{\text{th}}$  RI 의 비행시간당 고장률

N = RI 의 수

$F_{1n}$  = type 1의 틀린 신호(false alarm)의 발생빈도

$F_{2n}$  = type 2의 틀린 신호의 발생빈도

$\overline{MMH}_n$  =  $n^{\text{th}}$  RI를 수리하는데 요구되는 평균 정비인시

$\overline{MMH}_D$  = type 1의 틀린 신호에 관계된 평균 정비인시

$F_r$  =  $r^{\text{th}}$  예방정비의 빈도

$\overline{MMH}_r$  =  $r^{\text{th}}$  예방정비의 형태를 수행하기 위한 평균 정비인시

PM = 예방정비형태 수

식 (2)에서 type 1과 type 2의 틀린 신호에 대한 발생빈도는 항공기 시스템과 운용 및 정비 환경에 따라 서로 다른 특성을 갖게됨에 따라 표준 값을 도출할 수 없는 관계로 본 연구에서는 type 1과 type 2의 틀린 신호는 발생하지 않는 것으로 가정하였다. 때문에 식 (2)는 식 (3)과 같이 단순화된다.

$$\overline{MMH}/FH = \sum_{n=1}^N \lambda_n \overline{MMH}_n + \sum_{r=1}^{PM} F_r \overline{MMH}_r, \quad (3)$$

그러므로, 식 (1)에서  $t_i$ ,  $t_j$ , t를 연간비행시간으로 통일시키고, 식 (2)에서 틀린 신호를 고려하지 않으면 식 (1)과 식 (2)는 식 (4)와 같은 동일한 개념이 된다.

$$(\sum \lambda) \overline{M}_c + (\sum f) \overline{M}_p \equiv \sum_{n=1}^N \lambda_n \overline{MMH}_n + \sum_{r=1}^{PM} F_r \overline{MMH}_r, \quad (4)$$

### 2.2.2 정비도 산출 방법

정비도 예측에 필요한 정비업무 분석은 항공기의 각 시스템별 고장유형(FD&I)를 설정하고, 각각의 고장유형에 대한 정비업무를 도출하여 수행한다. 정비업무는 예방정비와 고장정비업무로 구분할 수 있고, 정비업무를 고유하게 식별할 수 있는 부호인 업무부호로 표시한다. 업무부호는 7자리로 구성되는데 첫째자리는 운용 및 정비에 필요한 정비, 운

용, 지원 기능을 나타내는 업무기능부호이고, 둘째자리는 업무수행의 계획성 또는 비계획성을 식별하는 업무주기부호, 셋째자리는 요구되는 정비기능수행이 인가된 정비단계부호, 넷째자리는 획득에 관한 집행 관리 책임 또는 관할권을 가지는 사용군부호, 다섯째자리는 정비업무 수행동안 품목의 운용상태를 나타내는 운용도부호, 그리고 여섯번째와 일곱번째자리는 업무일련번호이다. 본 연구에서는 이러한 정비업무부호를 키값으로 하여 예측업무를 수행하였다. 이는 종합군수지원 요소개발을 위한 군수지원분석 업무와 자료를 공유한다는 측면을 고려한 것이다. 이러한 정비업무가 도출되면 해당 정비업무의 연간 업무빈도를 결정해야 한다. 연간 업무빈도는 정비업무가 고장정비인 경우는 시스템의 고장률을 이용하고, 예방정비인 경우는 해당 정비업무의 정비간격을 이용하여 산출한다. 이러한 정비업무분석과정은 군수지원분석과정과 일치하므로 RAM 분석자와 군수지원분석자간에 자료를 주고 받을 수 있도록 모델을 구현하였다. 이상으로, 정비도 예측 기법을 정리하면 그림 3과 같다.

본 정비도 예측 모델의 범위는 각 시스템별 비행전, 간, 후 검사시간과 비행시간당 정비인시수 분석으로 이

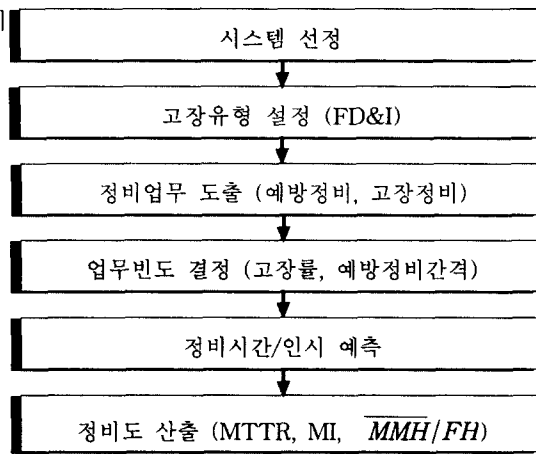


그림 3. 정비도 예측 기법

### 2.3 가용도 예측 모델

RAM의 궁극적인 목표가 장비의 사용시간을 증가시키고 정비소요시간을 줄임으로써 장비의 가용도를 증가시키기 위한 점을 고려할 때 가용도는 개발중인 항공기 RAM 업무의 중요한 부분을 차지한다. 개발중인 항공기를 실제로 운용시킬 때 어느정도의 가동율을 나타낼 것인가를 예측한다는 데에는 여러가지 고려해야 할 사항이 있다. 항공기의 신뢰성과 고장났을 때 이를 수리할 수 있는 정비능력 및 부품조달 능력, 그리고 여러 부수적인 환경 요인 등이 가동율과 밀접한 관련이 있다고 할 수 있다.

항공기의 가용도 예측은 운용가용도 예측에 주된 관점을 두고 수행하였다. 관련 규격과 자료로부터 가장 적합한 운용가용도 산출식을 도출하였으며 이들 식으로부터 항공기의 운용특성을 고려하여 모수들을 다각적인 측면으로 분류하여 접근하였다. 즉, 동일한 식에

들어가는 모수들을 어떤 기준에 맞춰 값을 결정하느냐에 따라 운용가용도 예측치가 달라지기 때문에 가능한 모든 기준을 설정하여 분석하였다. 가용도 예측 모델에서 적용한 개념상의 특징은 다음과 같다.

첫째, 운용가용도를 예측하였다.

가용도는 고유가용도(Ai), 달성가용도(Aa), 운용가용도(Ao)로 분류할 수 있는데 본 연구에서는 운용 개념을 가장 잘 표현하는 운용가용도에 초점을 두고 예측 모델을 구현하였다.

둘째, 적용가능한 모든 식을 고려하여 분석하였다.

운용가용도 산출을 위한 식으로써는 MIL-STD-1388-2B, DOD 3235.1-H, NAVORD OD 44622등의 자료를 조사하여 적용 가능한 식을 결정하였다[13][15][16]. 여러 형태의 식을 운용가용도 산출에 적용함으로써 운용가용도가 각 식들에 의해 어떠한 결과값을 갖는지를 분석할 수 있었다.

셋째, 동일한 식일지라도 모수들의 정의를 달리하여 분석하였다.

운용가용도 산출 식에서 모수들을 어떤 개념하에서 결정하느냐에 따라 결과값이 달라진다. 그러므로, 운용가용도 산출에 필요한 모수결정은 운용개념을 최대한 반영하였으며 다각적인 측면을 고려하였다.

### 2.3.1 적용 식[13][14][15]

운용가용도 산출식은 MIL-STD-1388-2B에 정의되어 있는 식과 미 해군에서 사용한 식으로써 NAVORD OD 44622에 정의되어 있는 식을 적용하여 산출하였다. 이들 식을 정리하면 다음과 같다.

#### 2.3.1.1 MIL-STD-1388-2B에 근거

운용가용도 산출을 위한 식으로써 MIL-STD-1388-2B와 DOD 3235.1-H에서는 다음과 같이 정의한다.

$$A_o = \frac{OT + ST}{OT + ST + TPM + TCM + ALDT} \quad (5)$$

여기서,

OT = 연간 운용시간

ST = 대기시간

TPM = 연간 총 예방정비시간

TCM = 연간 총 고장정비시간

ALDT = 부품/정비요원/수송에 의한 대기로 발생한 연간 행정 및 군수지연시간

#### 2.3.1.2 NAVORD OD 44622에 근거

NAVORD OD 44622에서는 미해군의 운용개념과 과거 경험자료로부터 보다 더 현실적인 식을 제시하고 있다.

$$A_o = \frac{MTBF}{MTBF + MDT} , 5M_{CT} \leq MDT \leq 15M_{CT} \quad (6)$$

여기서,

MTBF = 평균고장간시간

MDT = 평균지연시간

식 (6)은 평균지연시간의 결정이 평균수리시간을 기준으로 5에서 15의 범위사이에서 결정된다는 것을 보여주고 있다.

### 2.3.2 모수 정의 기준에 따른 식 분류

앞에서 운용가능도는 산출식의 모수(parameter)를 어떠한 개념하에서 정의하느냐에 따라 산출 결과값이 달라진다고 하였다. 때문에, 운용가능도 예측에서는 항공기가 앞으로 운용될 환경과 운용개념을 최대한 반영하여 모수를 결정하는 것이 중요한 문제이다. 본 연구에서는 모수 결정을 위하여 발생 가능한 모든 경우를 분석하였으며, 운용가능도 예측에 적용한 모든 개념을 분류하면 <표 1> 과 같다.

<표 1> 모수 정의 기준에 따른 식 분류

유형	적용식	모수 정의	비고
A	MIL-STD-1388-2B	정비시간 산출시 모든 정비시간 반영	
B	MIL-STD-1388-2B	정비시간 산출시 비행전/간/후 검사시간과 주기검사 시간, 그리고 항공기상(ON-AIRCRAFT)에서의 비계획 정비시간만을 반영	
C	MIL-STD-1388-2B	정비시간 산출시 주기검사시간과 항공기상(ON-AIRCRAFT)에서의 비계획 정비시간만을 반영	
D	NAVORD OD 44622	MTBF는 항공기의 시스템 MTBF 적용	
E	NAVORD OD 44622	MTBF는 항공기의 임무 MTBF 적용	

### 2.3.3 운용가능도 산출 방법

운용가능도 산출 방법으로써는 MIL-STD-1388-2B와 NAVORD OD 44622로 분류하여 정리하면 다음과 같다.

#### 2.3.3.1 MIL-STD-1388-2B에 의한 산출 절차

각 유형별로 운용가능도 산출을 위해서는 연간 고장정비시간과 연간 예방정비시간을 결정한다. 이를 위해서는 정비도 예측에서 사용된 정비업무로부터 연간정비시간을 직접 구할 수 있도록 하였으며 각 유형별로의 정비시간 결정 개념을 반영하였다. 다음 단계로써는 항공기의 연간 운용시간과 대기시간 및 ALDT를 결정한다. 마지막 단계에서는 모수 값으로부터 운용가능도 산출식을 이용하여 값을 도출하였다. 위의 절차를 정리하면 그림 4와 같다.



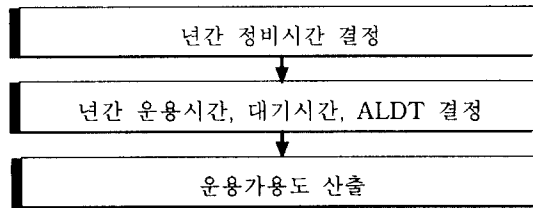


그림 4. MIL-STD-1388-2B에 의한 운용가용도 산출 절차

### 2.3.3.2 NAVORD OD 44622에 의한 산출 절차

여기서는 먼저 항공기의 MTBF를 결정한다. MTBF는 시스템 MTBF와 임무 MTBF로 각각 산출하였다. 운용가용도 산출에 필요한 MTBF는 항공기 신뢰도 예측 모델을 통하여 산출한 시스템 MTBF와 임무 MTBF가 계산에 자동으로 적용되도록 구현하였다. 다음 단계로써 평균지연시간을 결정하기 위해서는 평균 고장정비시간을 구해야 하는데 평균 고장정비시간은 항공기 정비도 예측 모델에서 사용된 정비업무중 항공기상(ON-AIRCRAFT)에서의 비계획 정비업무시간만을 반영하여 산출하였다. 이는 정비업무중 항공기의 운용가용도에 영향을 미치는 정비업무만을 고려하기 위해서이다. 평균고장정비시간에 5에서 15사이의 변위를 할당하여 평균지연시간을 결정하게 된다. 마지막 단계에서는 보수값으로부터 운용가용도 산출식을 이용하여 값을 도출하였다. 위의 절차를 정리하면 그림 5와 같다

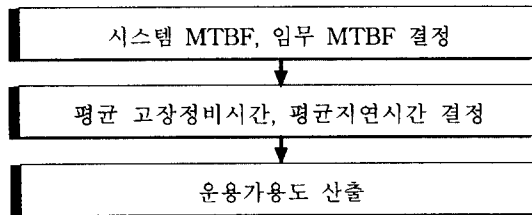


그림 5. NAVORD OD 44622에 의한 운용가용도 산출 절차

## 2.4 적용 사례

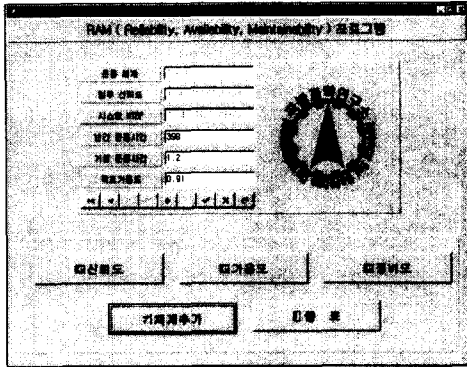


그림 6. RAM 예측 모델 초기화면

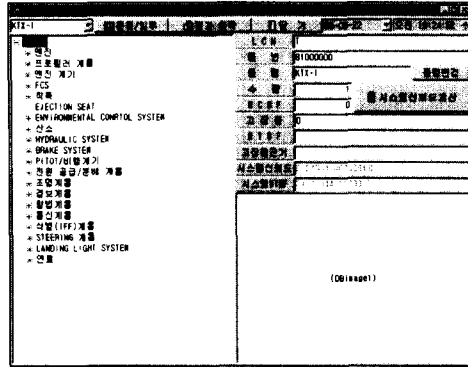


그림 7. 신뢰도 초기화면

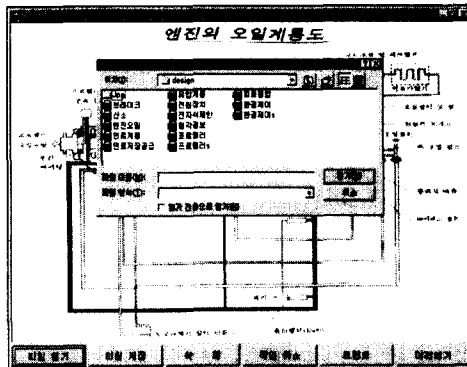


그림 8. 설계자료 입력화면

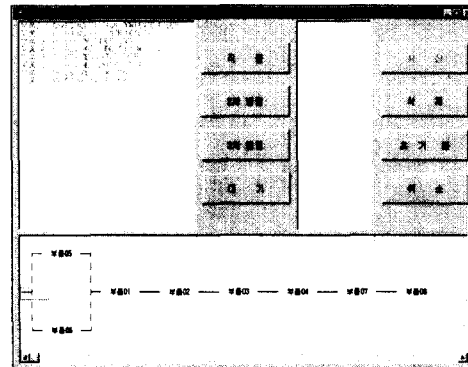


그림 9. 기능블록선도 설정화면

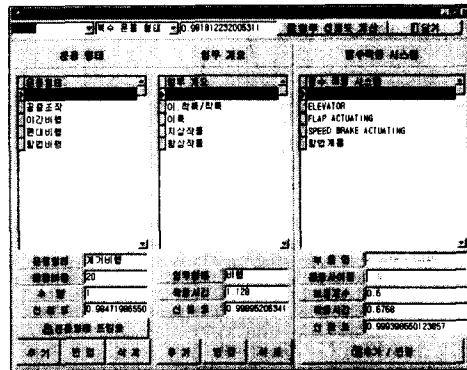


그림 10. 운용형태/임무개요 설정화면

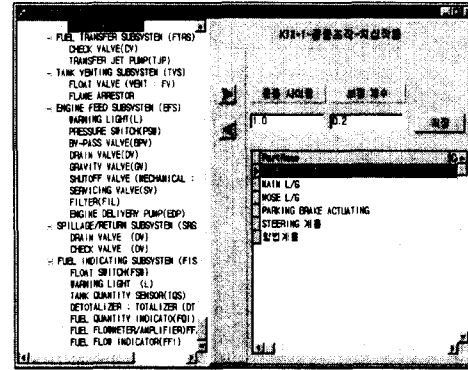


그림 11. 필수작동시스템 설정화면

정비도 (Maintenance) 화면

LCM: T11A    정비부호: A10F11A

종류명: 엔진 회전수 계기를 발진기 작동도

정비내용: 엔진 회전수 발진기 작동도 점검

정비시간: 2.64    난간정비시간: 150.7576

정비인사: 0.0017    난간정비인사: 0.256286

정비시간: 0.0017    난간정비시간: 0.256286

LCM 정비 항목

정비항목: 엔진

정비항목 상세보기

정비항목 검사    난간정비항목 검사    난간정비항목 검사

정비항목 검색    난간정비항목 검사    난간정비항목 검사

정비항목 검색    난간정비항목 검사    난간정비항목 검사

그림 12. 정비도 초기화면

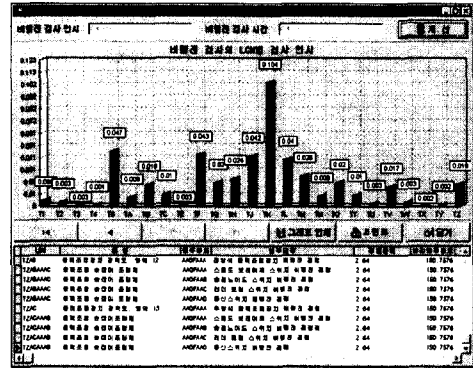


그림 13. 비행전 검사화면

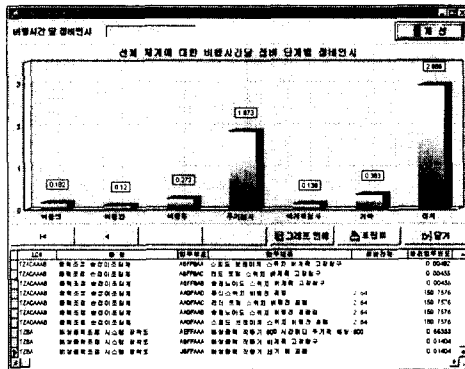


그림 14. 비행시간당 정비인사화면

가용도 (Availability) 화면

가용도 (Availability)

유형 1    유형 2    유형 3    유형 4

$AT = ST$   
 $AO = ST + TPA + TCR + ALDT$   
 $AT = ST + TPA + TCR + ALDT$

ST : 평균 가동도  
 AT : 평균 가동 시간  
 ST : 평균 대기 시간  
 TPA : 평균 총 정비 시간  
 TCR : 평균 총 고장 정비 시간  
 ALDT : 평균 운수 불량 지연 시간

ST :     계산 결과(Ao) :   
 ALDT : 105.033  
 TPA + TCR :

그림 15. 운용가용도(유형 C) 계산화면

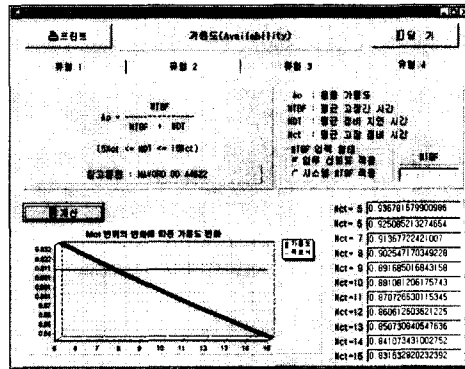


그림 16. 운용가용도(유형 E) 계산화면

### 3. 결론

본 RAM 예측 모델은 RAM 분석자가 항공기의 설계단계에서 설계개념을 이해하고 그때의 설계개념상의 RAM 특성치를 쉽게 판단하여 설계에 민첩하게 반영할 수 있도록 하기위해서 개발되었다. 이는 설계가 완료된 후 항공기 운용시점에서 RAM 특성이 좋지 않게 나타날 경우 이때의 설계변경은 막대한 비용이 소요되는 관계로 문제점을 해결하지 못하는 경우가 발생할 수 있기 때문이다. 즉, RAM 분석의 중요한 측면은 설계가 끝나기 전에 RAM 특성이 충분히 고려된 설계가 이루어지도록 하는 데에 있다. 설계자는 비용과 시스템 최적화를 고려하여 신뢰도와 정비도를 향상시킬 수 있는 개념을 시스템 설계시 고려하여야 하고, RAM 분석자는 이러한 설계개념을 이용하여 RAM 예측 업무를 수행하고 그 결과를 다시 설계에 피드백시키는 과정을 거쳐야 한다.

기존의 RAM 분석 모델은 대부분이 해외 RAM 분석도구 개발업체에서 개발된 것으로서, 친숙함이 덜하고 관심사항이 아닌 부분까지를 포함하고 있으며, 사용하기 번거로운 부분이 존재한다[8][9][10][11]. 본 모델은 RAM 분석 기본 개념을 유지시키면서 입력항목을 단순화시켰으며 무엇보다 RAM 분석자가 사용하기 편리하도록 구현하였다.

본 모델은 항공기의 설계단계에서는 RAM 예측에 적용되고, 향후 운용시에는 운용 자료로부터 RAM 특성치를 분석하기 쉽게 구현되었다. 본 모델은 개발단계에 있는 KTX-1 항공기의 RAM 예측에 활용되어 유용한 결과를 제시하였으며, 향후 KTX-1이 운용될 때 축적된 운용자료로부터의 RAM 분석이 가능하게 되었다[1][2][3]. 개발을 위해서는 축적된 자료가 매우 중요하다는 것을 선진 항공기 개발업체의 개발 사례로부터 인식할 수 있는 상태에서, 본 모델은 항공기 개발 경험이 미비한 현 한국 현실에서 개발시점에서 운용시점까지의 항공기 RAM 분석에 일조할 것으로 판단된다.

### 참고문헌

1. 신용문 외, ASDC-501-980299, "KTX-1 #05호기 임무신뢰도 예측 방안 연구", 국방과학연구소, 1998.
2. 주현준, ASDC-501-980315, "KTX-1 #05호기 정비도 예측 방안 연구", 국방과학연구소, 1998.
3. 주현준, ASDC-501-980429, "KTX-1 #05호기 운용가용도 예측 방안 연구", 국방과학연구소, 1998.
4. 김철 외, "RAM 기법", 국방과학연구소, 1986.
5. MIL-STD-756B, "Reliability Modeling and Prediction", 1981.
6. MIL-HDBK-217F, "Reliability Prediction of Electronic Equipment", 1991.
7. NPRD95, "Nonelectronic Parts Reliability Data", RAC, 1995.
8. RPP Ver 3.3.4.1.5.1, "Reliability Prediction Program", Powertronic Systems, Inc., 1992.
9. MRP Ver 2.0, "Mechanical Reliability Program", Powertronic Systems, Inc., 1991.
10. MPP Ver 2.1, "Maintainability Prediction Program", Powertronic Systems, Inc.,

- 1989.
11. AvSim for Windows Ver 6.1, "Availability and Reliability Simulation", Item Software, 1996.
  12. MIL-HDBK-472, "Maintainability Prediction", 1984.
  13. MIL-STD-1388-2B Notice 1, "DoD Requirements for a Logistic Support Analysis Record", 1993.
  14. 김성호 외, ATRC-515-940229, "한국형 군수지원분석 자료처리체계(LOADERS) 자료 항목분석", 1994.
  15. NAVORD OD 44622, "Reliability Data Analysis and Interpretation", 1974.
  16. John C. Conlon 외, DoD 3235.1-H, "Test & Evaluation of System Reliability Availability and Maintainability", 1982.