

## 무기체계 운용가용도 산정 모델에 관한 연구

(A Study on an Operational Availability Computation Model for Weapon Systems)

† 김혜령(Kim Hye Lyeong)\*, 백순흠(Baek Soon Heum)\*\*, 최상영(Choi Sang Yeong)\*\*\*

### 초 록

본 연구에서는 무기체계 소요기획 단계에서 목표운용가용도를 산정할 때 활용할 수 있는 운용가용도 계산 모델을 제안한다. 운용가용도 계산 모델은 체계의 운용가용도 계산에 필요한 시간요소 정의와 시간 값 추정 방법으로 구성된다. 운용가용도 계산 시간요소는 총시간과 총비가동시간 요소로 구성된다. 시간요소는 운용형태종합 및 임무유형(OMS/MP : Operational Mode Summary/Mission Profile) 요소를 기초로 정의하였다. 총시간은 전시 작전기간 혹은 평시 365일이며, 총비가동시간은 총예방정비시간, 총고장정비시간, 총행정/군수지연시간으로 구성된다. 그리고 이러한 시간요소에 대하여 무기체계 유형별 시간 값 추정 방법을 제시하였다.

### ABSTRACT

In this study, we propose the operational availability computation model that can be used on the weapon system's requirement planning phase. The proposed model consists of the time parameters of Ao(Operational Availability) for a system and each time parameter's estimation method. The time parameters for Ao computation are TT(Total Time) and TDT(Total Down Time). The time parameters are defined by considering OMS/MP(Operational Mode Summary/Mission Profile) elements. TT is a calendar time as a specific mission time at wartime or one year at peacetime. TDT consists of TPM(Total Preventive Maintenance time), TCM(Total Corrective maintenance time), TALDT(Total Administrative and Logistics Down Time). Then the estimation method for these time parameters are presented by the weapon systems types.

**Keywords :** RAM(Reliability, Availability, Maintainability), Ao(Operational Availability), OMS/MP (Operational Mode Summary/Mission Profile), TT(Total Time), TPM(Total Preventive Maintenance time), TCM(Total Corrective Maintenance time), TALDT(Total Administrative and Logistics Down time)

논문접수일 : 2009년 11월 2일    논문게재확정일 : 2009년 12월 18일

\* 국방대학교 국방과학부 박사과정

\*\* 국방기술품질원

\*\*\* 국방대학교 국방과학부 교수

† 교신저자

## 1. 서론

목표운용가용도(Target Operational Availability)는 중장기 전력 소요요청서에 전력화지원요사항목 중 종합군수지원요소로서 제시된다[1]. 목표운용가용도는 운용가용도의 목표치이며, 체계개발 과정에서 RAM(Reliability, Availability, Maintainability)값 중 신뢰도와 정비도를 절충(trade-off)하는 기준(base-line)이 된다.

운용가용도를 산정하는 방법은 준비태세 이행분포식을 활용하는 방법이 있다. 이것은 무기체계 총 수량, 작전 수행에 필요한 최소 수량과 목표로 하는 준비태세율 값만으로 운용가용도를 역산할 수 있지만 매우 개략적인 값이다. 그리고 운용형태종합 및 임무유형(OMS/MP: Operational Mode Summary/Mission Profile)을 작성하여 시간요소를 기초로 운용가용도를 계산하는 방법이 있다. OMS/MP는 미래 전장 환경에서 “해당 무기체계의 임무는 무엇이며, 어떻게 사용될 것인가?”를 체계적이고 정량적으로 분석하여 운용형태별 필수임무기능의 구체적인 운용량을 기술한 문서이다[2]. OMS/MP는 작성 시간과 소요 비용 측면에서 소요결정이 되지 않은 단계에서 작성하는 것이 제한되므로, 소요기획 단계에서 활용하는 것이 제한된다.

본 연구에서는 소요기획 단계에서 OMS/MP를 작성하지 않고, 유사장비 운용 제원, 정비교리 등을 기초로 목표운용가용도 산정을 지원하는 계산 모델을 제시한다. 제안하는 계산 모델은 운용가용도 계산에 필요한 시간요소에 대한 정의와 시간값 추정 방법을 설명한다. 시간요소는 총가동시간요소와 총비가동시간 요소가 있다. 시간 값 추정 방법은 무기체계 유형과 운용 시기에 따라 구분하며, 운용가용도 산정 대상체계에 따라 선택적으로 적용한다.

무기체계의 가용도를 유지하는 목적은 전시 작전임무를 지속적으로 수행 가능한 상태로 유지하

는데 있다. 이를 위해서는 전시 예측 가능한 요소를 최대한 고려하여 무기체계의 성능과 지원능력에 관한 요구사항을 정의해야 한다. 본 논문에서는 전시 운용가용도를 산정할 때 전투손실에 따른 정비소요까지 고려하였다. 운용가용도 계산 시간요소 중 총비가동시간요소를 산정할 때 전투손실 따라 수리 복구에 소요되는 정비시간과 행정/군수 지연시간을 포함하였다. 전시 전투손실에 따른 정비소요와 정비시간은 해당 무기체계 또는 유사장비의 전시 운용 자료를 활용해야겠지만 현실적으로 어려워므로 유사장비의 전시 피해율을 분석한 자료를 활용하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 운용가용도 계산식과 기존의 운용가용도 산정에 관한 연구를 고찰한다. 3장에서는 운용가용도 계산에 필요한 시간 값을 추정하기 위해 무기체계 유형별로 정비정책과 전시 장비 피해율 산정 방법을 분석한다. 4장에서는 무기체계 유형별 운용가용도 계산에 필요한 시간 값 추정 방법을 제시한다. 5장에서는 제안하는 운용가용도 계산 모델을 기초로 운용가용도를 계산한 예를 제시한다. 그리고 6장에서 결론을 맺는다.

## 2. 운용가용도 계산 관련 연구

### 2.1 운용가용도 계산식

가용도는 어떤 시스템이 임의의 시점에서 가동상태에 있을 확률이다. 가용도는 무기체계의 운용 환경에 따라 고유가용도( $A_i$ : Inherent Availability), 성취가용도( $A_a$ : Achieved Availability), 운용가용도( $A_o$ : Operational Availability)로 구분한다. 고유가용도는 체계의 고유 속성으로 인한 고장 발생에 따른 비가동시간을 고려한 값으로 체계개발 단계에서 설계개념을 설정할 때 적용된다. 성취가용도는 고유가용도에 예방정비시간까지 고려한 값이며, 체계개발 단계부터 최초 운용능력을 확인할 때

까지 적용한다. 운용가용도는 장비가 실제 운용환경에서 정해진 조건에서 사용될 때 만족스럽게 운용될 확률로 비가동시간인 고장정비시간, 예방정비시간, 행정지연시간 그리고 군수지연시간을 고려하여 장비가 정비를 거쳐 임의의 시점에 가동상태에 있을 확률을 의미한다.

일반적인 운용가용도 계산식은 다음과 같다.

$$\text{운용가용도}(A_o) = \frac{\text{총가동시간}(TUT)}{\text{총가동시간}(TUT) + \text{총비가동시간}(TDT)} \quad (1)[15]$$

운용가용도(Ao) : Operational Availability  
 총가동시간(TUT) : Total Up Time  
 총비가동시간(TDT) : Total Down Time

RAM 분석 위한 시간요소는 <그림 1>에서 보는 바와 같이 총가동시간과 총비가동시간으로 구분한다. 총가동시간(TUT)은 대기시간(ST: Standby Time), 경계시간(AT: Alert Time), 운용시간(OT: Operating Time)으로 구성된다. 총비가동시간(TDT)은 총예방정비시간(TPM: Total Preventive Maintenance time)과 총고장정비시간(TCM: Total Corrective Maintenance time), 총행정/군수지연시간(TALDT: Total Administrative and Logistics Down Time)으로 구성된다.

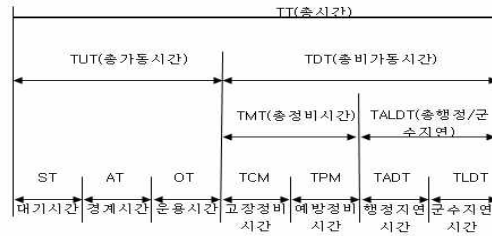
<그림 1>에서  $TDT = TMT + TALDT$  이므로 식(1)을 다시 쓰면 식(2)와 같다

$$A_o = \frac{TUT}{TUT + TMT + TALDT} \quad (2)$$

총가동시간(TUT)은 총시간(TT)에서 총비가동시간(TDT)을 제외한 시간이다. 따라서  $TUT = TT - TDT = TT - (TCM + TPM + TADT + TLDT)$ 이므로 식(2)를 다시 쓰면 식(3), 식(4)와 같다.

$$A_o = \frac{TUT}{TUT + TCM + TPM + TADT + TLDT} \quad (3)$$

$$= \frac{TT - (TCM + TPM + TADT + TLDT)}{TT} \quad (4)$$



<그림 1> RAM 분석 시간요소 구분[15]

총시간(TT)은 전시와 평시로 구분한다. 총가동시간(TUT)은 전시 운용가용도를 계산 할 경우 전투시나리오 및 운용시나리오를 근간으로 추정한다. 평시 운용가용도를 계산 할 경우 평시 교육 훈련계획 및 평시 작전운용개념을 근간으로 추정한다.

소요기획 단계에서는 무기체계의 평시 및 전시 운용시나리오가 구체적으로 정립되지 않은 상태이므로 총가동시간(TUT)은 운용시간(OT), 경계시간(AT), 대기시간(ST)으로 명확하게 구분하는 것이 제한된다. 따라서 제안하는 계산 모델은 식(4)의 총시간(TT)과 총비가동시간(TDT) 관계식을 기초로 운용가용도를 계산한다. 식(4)를 적용하여 운용가용도를 계산하기 위해서는 총시간(TT), 총예방정비시간(TPM), 총고장정비시간(TCM), 총행정/군수지연시간(TALDT) 값이 필요하다.

## 2.2 기존 연구

이한규(2001)는 미래형 전차의 RAM 목표값 설정에 관한 연구에서 RAM 분석 시간요소에 대하여 유사장비의 평시 운용제원과 전문가 의견 수렴을 통하여 운용가용도 계산 시간 값을 추정한 후 전시 및 평시 운용가용도를 계산하였다. 이 연구에서는 총행정/군수지연시간을 전문가 평가기법(Delphi)과 유사장비 평시 운용제원을 기초로 의사결정정보분석 기법(Decision Tree Technique)

으로 산정하였다[3].

박상근(2005)은 해군 함대 수리창에서의 함정 운용가용도 영향 요인 분석에 관한 연구에서 평시 함정 운용제원을 기초로 ARENA를 이용하여 운용가용도를 분석하였다[4]. 배주근(2006)은 항공기 엔진의 운용가용도와 적정재고 수준 분석에 관한 연구에서 F-16 엔진의 평시 운용제원을 기초로 총시간, 총예방정비시간, 총고장정비시간, 총행정/군수지연시간을 추정한 후 ARENA를 이용하여 평시 운용가용도를 분석하였다[5].

기존의 연구는 주로 유사장비의 평시 운용제원을 기초로 평시 운용가용도만 산정하거나, 전문가 평가 기법으로 전시 행정/군수지연시간을 예측하여 전시 운용가용도를 산정하였다. 그러나 대부분의 무기체계는 전시에 동일한 시간 동안 무기체계 운용량이 증가하므로 전시 고장발생확률도 높아진다. 그리고 무기체계의 신뢰도 특성에 따른 운영손실 이외에 전시 적과의 교전으로 인한 전투손실까지 발생한다.

그러므로 현실적인 전시 운용환경을 고려하여 전시 운용가용도를 산정하기 위해서는 총비가동시간 값 추정 시 전시 무기체계 운용량 증가에 따른 보정(calibration)인수 개념을 도입하여 유사장비 평시 운용제원을 보정해서 활용해야하며, 전투손실까지 고려할 필요가 있다.

### 3. 무기체계 유형별 정비정책 및 전시 장비 피해율 산정 방법

식(3), 식(4)를 기초로 무기체계의 운용가용도를 계산하기 위해서는 총비가동시간 값 추정이 중요하다. 총비가동시간은 무기체계의 신뢰도 특성과 정비정책과 밀접한 관련이 있다. 따라서 무기체계 유형을 지상장비, 해상장비, 항공장비로 구분하여 육군, 해군, 공군의 정비정책과 전시 장비 피해율 산정 방법을 고찰하였다.

#### 3.1 지상장비

지상장비는 육군의 정비정책을 참고하였다. 항공장비 및 특수무기를 제외하고 대부분의 지상장비는 부대정비, 야전정비, 창정비로 구분하며, 정비계단은 5계단으로 구분하고 있다.

지상장비의 전시 피해율은 “K-2008 지상장비 손실률”을 참고할 수 있다. K-2008은 2008년도 기준으로 5027-04 작전계획에 대하여 CEM (Concept Evaluation Model)을 활용하여 작전기간 동안의 주요 장비에 대한 피해를 분석한 것이다[6]. 장비 손실률은 작전기간 동안 누적 완파장비 비율로서 작전형태별 손실분포비율을 참조하여 대파, 중파, 소파 피해율을 산출하고 있다[7,8].

#### 3.2 해상장비

해상장비는 해군의 함정 및 잠수함(정) 정비정책을 참고하였다. 함정과 잠수함은 자체를 부대로 간주하며, 장착 또는 탑재된 품목과 선체는 장비로 분류한다.

함정 및 잠수함(정)의 정비는 3계단으로 부대정비, 야전정비, 창정비로 구분하고, 추가로 상가정비가 있다. 그리고 잠수함(정)은 야전정비와 창정비 사이에 중간 창정비라는 계획정비가 있으며, 창정비부대(정비창)에서 수행한다. 상가정비는 수면하 선체 및 구조물의 검사수리를 위하여 상가시설을 구비한 정비지원부대 또는 민간업체에서 수행한다[9,10,11].

해상장비의 전시 장비 피해율은 “해상장비 피해율 K-2008”을 참고한다. K-2008은 2008년도 기준으로 5027-04 작전계획에 대하여 전구급 분석용 위게임 모형(ITEM)을 활용하여 주요장비의 피해율을 분석한 것이다. 장비 피해율은 작전기간 동안 누적피해율로 산출하였고, 피해율은 손상 비율을 기초로 완파 대파, 중파, 소파 피해율을 산출하고 있다. 함정은 장착 및 탑재 위치에 따라 탑재

장비의 피해율을 별도로 산정하고 있다. 잠수함(정)은 피해 발생 시 모두 완파로 간주하고 있다 [12].

### 3.3 항공장비

항공장비는 공군의 항공기 정비정책을 참고하였다. 항공장비의 정비단계는 3단계로 구분하고 있으며, 1, 2단계 정비는 기지정비 단계로 기지 자체 정비능력을 확보하여 운용하며, 3단계는 창정비이다. 부대정비 및 야전정비 부대는 비행 부대에 편제되어 있으며, 비행 부대의 규모와 기종에 따라 부대정비대대(중대), 야전정비대대(중대)로 편성된다[13].

항공기의 전시 장비 피해율은 “K-2008 항공기 손실률 연구” 를 참고한다. K-2008은 2008년도 기준으로 5027-04 작전계획에 대하여 전구급 공중작전 분석 모델(Thunder)을 활용하여 항공기의 피해율을 분석한 결과이다. 항공기 피해율은 작전 기간 동안 누적피해율로 산출하였고, 피해 발생 시 모두 완파로 처리하고 있다[14].

## 4. 운용가용도 계산 모델

본 연구에서 제안하는 운용가용도 계산 모델은 운용가용도 계산 시간요소와 시간 값 추정 방법으로 구성된다. 운용가용도 계산식과 시간요소는 동일하지만, 무기체계 유형별 총비가동시간요소 추정 방법은 다르다.

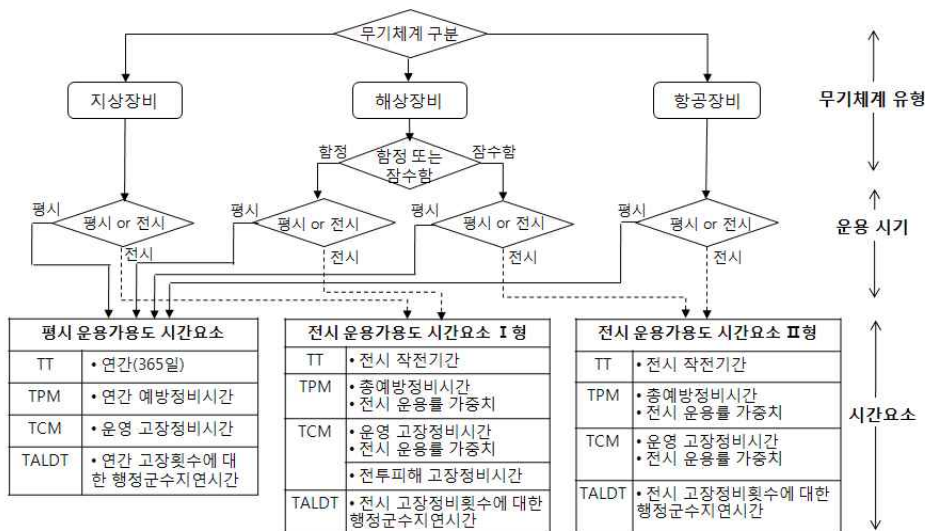
### 4.1 운용가용도 계산 시간요소

운용가용도 계산 식(3)과 식(4)를 적용하여 운용가용도를 계산하기 위해서는 총시간(TT), 총비가동시간(TDT) 값을 산정해야 한다. 운용가용도 계산 시간요소는 다음과 같다.

총시간(TT)은 운용가용도를 분석하는 대상 기간으로 평시는 365일을 기준으로 하며, 전시는 대상 무기체계가 수행해야 하는 주요 작전기간이다.

총예방정비시간(TPM)은 총시간(TT) 동안 장비를 운용하는 동안 소요되는 예방정비시간이다.

총고장정비시간(TCM)은 총시간(TT) 동안 장비를 운용하는 동안 발생하는 고장과 전투손실에 따라 장비를 수리 복구하는데 소요되는 고장정비



<그림 2> 운용가용도 계산 시간요소 구분

시간이다[5,6]. 총고장정비시간(TCM)은 장비를 사용하는 동안 장비의 신뢰도 특성에 따라 고장이 발생하며, 이를 운영손실이라 한다. 운영손실은 평시와 전시 모두 적용된다[7,8]. 전시에는 전투 임무 수행 중에 교전피해가 발생하며, 이를 전투 손실이라 한다. 장비 피해에 따라 정비대충장비 교체 시간 또는 수리 복구에 따른 고장정비시간이 소요된다[7,8].

총행정/군수지연시간(TALDT)은 정비 수행을 위해 소요되는 수송시간, 수리부속 혹은 정비인력 대기 등으로 정비시간 이외에 정비활동에 소요되는 비가동시간이다.

운용가용도 계산 시간요소에 대해서 <그림 2>와 같이 무기체계 유형과 운용 시기에 따라 계산식을 정의하였다. 무기체계 유형은 지상장비, 해상장비, 항공장비로 구분하며, 해상장비는 함정과 잠수함으로 구분한다. 운용 시기는 평시와 전시로 구분한다.

평시는 무기체계 유형별 동일한 시간요소를 적용한다. 전시는 2가지 유형으로 무기체계 유형별 전시 운용가용도 계산 시간요소를 선택적으로 적용한다. <그림 2>에서 전시 운용가용도 시간요소 I 형은 총고장정비시간(TCM) 산정 시 전시 장비 피해율 자료를 기초로 전투손실에 따른 고장정비 시간까지 산정하여 전시 운용가용도를 계산하기 위한 것이다. <그림 2>에서 전시 운용가용도 시간요소 II 형은 총고장정비시간(TCM) 산정 시 운영손실에 따른 고장정비시간만 고려하여 전시 운용가용도를 계산하기 위한 것이다.

전시 운용가용도 계산 시간요소 I 형은 지상장비와 해상장비 중 함정 및 탑재장비와 같이 전시 피해율을 완파, 대파, 중파, 소파로 분류하여 이를 기초로 고장정비시간을 정량적으로 산출할 수 있는 무기체계에 적용한다.

전시 운용가용도 계산 시간요소 II 형은 해상장비 중 잠수함과 항공장비와 같이 전투 피해를 모두 완파로 처리하여 피해에 따른 고장정비시간 산

정이 제한되거나 유사장비의 피해율 자료를 참고할 수 없는 무기체계에 적용한다.

운용가용도 계산 시간요소별 속성과 계산식은 <표 1>과 같다. 총시간(TT)은 평시는 365일을 기준으로 하며, 전시는 해당 무기체계의 주요 작전기간이다. 총예방정비시간(TPM)은 정비계단별 예방정비횟수( $n$ )와 평균예방정비시간( $\overline{M}_{pt}$ ), 총고장정비시간(TCM)은 정비계단별 고장횟수( $m$ )와 평균고장정비시간( $\overline{M}_d$ ), 총행정/군수지연시간(TALDT)은 고장정비횟수( $m$ )와 정비계단별 평균행정/군수지연시간( $\overline{ALDT}$ )으로 계산한다.

본 논문에서는 동일 기간 동안 평시보다 전시에 운용률이 높아지는 것을 고려하여 전시 예방정비소요 및 고장정비소요를 산정하기 위하여 유사장비 평시 운용제원을 활용할 때 전시 운용률 보정인수( $k$ ) 개념을 도입하였다.

전시 운용률 보정인수( $k$ )는 식(5)와 같으며, 다음과 같이 산정할 수 있다. 평시 및 전시 운용 시나리오가 있을 경우 평시 및 전시 운용시간을 산출하여 동일 기간 동안 전시 운용률을 평시 운용률로 나눈 값으로 정량적으로 산정한다. 평시 및 전시 운용시나리오가 없을 경우 전문가 평가기법으로 동일기간 동안 평시 운용률 대비 전시 운용률 증가치를 정성적으로 산정한다.

$$k = \frac{OT_{wartime} / TT_{wartime}}{OT_{peacetime} / TT_{peacetime}} \quad (5)$$

전시 장비 운용률 보정인수( $k$ )는 <표 1>과 같이 전시 총예방정비시간, 총고장정비시간, 총행정/군수지연시간 추정 시 적용한다.

## 4.2 운용가용도 계산 시간 값 추정 방법

### 4.2.1 총시간(TT)

총시간은 운용가용도를 분석하는 대상 기간으

<표 1> 운용가용도 계산 시간요소 계산식

구분 시간요소	평 시	전 시	
	평시 운용가용도 시간요소	전시 운용가용도 시간요소 I형	전시 운용가용도 시간요소 II형
TT	365일×24시간	작전기간×24시간	
TPM	$\sum_{i=1}^E n_i \times \overline{M}_{pt_i}$ <i>E</i> : 정비계단수 <i>n<sub>i</sub></i> : <i>i</i> 계단의 예방정비횟수 $\overline{M}_{pt_i}$ : <i>i</i> 계단의 평균예방정비시간	$\sum_{i=1}^E (n_i \times \overline{M}_{pt_i}) \times \frac{\text{전시 } TT(hr)}{365 \times 24hr} \times k$ <i>E</i> : 정비계단수 $n_i$ : <i>i</i> 계단의 연간 예방정비횟수 $\overline{M}_{pt_i}$ : <i>i</i> 계단의 평균예방정비시간 <i>k</i> : 전시운용율 보정인수	
TCM	$\sum_{i=1}^M m_i \times \overline{M}_{ct_i}$ <i>E</i> : 정비계단수 $m_i$ : <i>i</i> 계단의 연간고장횟수 $\overline{M}_{ct_i}$ : <i>i</i> 계단의 평균고장정비시간	$\sum_{i=1}^E (m_i \times \overline{M}_{ct_i}) \times \frac{\text{전시 } TT(hr)}{365 \times 24hr} \times k$ <i>E</i> : 정비계단수 $m_i$ : <i>i</i> 계단의 연간고장정비횟수 $\overline{M}_{ct_i}$ : <i>i</i> 계단의 평균고장정비시간 <i>k</i> : 전시운용율 보정인수	
	전투손실	$(L_1 \times \overline{M}_{ct_1}) + (L_2 \times \overline{M}_{ct_2}) + (L_3 \times \overline{M}_{ct_3})$ <i>L<sub>1</sub></i> : 총시간(TT)누적 소파손실율 <i>L<sub>2</sub></i> : 총시간(TT)누적 중파손실율 <i>L<sub>3</sub></i> : 총시간(TT)대파손실율 $\overline{M}_{ct_i}$ : 평균부대정비시간 $\overline{M}_{ct_2}$ : 평균야전정비시간 $\overline{M}_{ct_3}$ : 평균장정비시간	-
TALDT	$\sum_{i=1}^E m_i \times \overline{ALDT}_i$ <i>E</i> : 정비계단수 $m_i$ : <i>i</i> 계단 연간고장횟수 $\overline{ALDT}_i$ : <i>i</i> 계단 평균행정군수지연시간	$\sum_{i=1}^E (m_i \times \overline{ALDT}_i) \times \frac{\text{전시 } TT(hr)}{365 \times 24hr} \times k + \sum_{j=1}^E (L_j \times \overline{ALDT}_j)$ <i>E</i> : 정비계단수 $m_i$ : <i>i</i> 계단의 연간고장횟수 $\overline{ALDT}_i$ : <i>i</i> 계단의 평균행정군수지연시간 <i>k</i> : 전시운용율 보정인수 <i>L<sub>j</sub></i> : 장비 피해율 <i>L<sub>1</sub></i> = 소파, <i>L<sub>2</sub></i> = 중파, <i>L<sub>3</sub></i> = 대파, <i>L<sub>4</sub></i> = 완파	
		$\sum_{i=1}^M (m_i \times \overline{ALDT}_i) \times \frac{\text{전시 } TT(hr)}{365 \times 24hr} \times k + (L_4 \times \overline{ALDT}_r)$ <i>E</i> : 정비계단수 $m_i$ : <i>i</i> 계단의 연간고장횟수 $\overline{ALDT}_i$ : <i>i</i> 계단의 평균행정군수지연시간 <i>k</i> : 전시운용율 보정인수 <i>L<sub>4</sub></i> : 전시장비완파율 $\overline{ALDT}_r$ : 완파장비 교체시간	

로써 평시는 365일을 기준으로 하며, 전시는 대상 무기체계가 수행해야 하는 주요 작전기간이다. 총 시간 요소 추정 방법은 지상장비, 해상장비, 항공장비 모두 동일하다.

#### 4.2.2 총예방정비시간(TPM)

총예방정비시간은 대상 장비의 연간 예방정비 회수와 예방정비시간을 기초로 산정한다. 예방정비 주기와 시간은 각 군의 정비규정 또는 장비별

계획정비지침에서 제시하고 있는 예방정비 주기와 시간을 참고하여 총시간 동안 예방정비 회수와 예방정비시간을 산정한다.

총예방정비시간(TPM) 산정 시 지상장비는 주간정비 이상의 계획정비를 고려한다. 일일정비는 사용자가 장비를 운용하기 전에 가동상태를 확인하는 수시점검이므로 비가동시간에 포함하지 않는다. 계획정비 중 창 순환정비는 장비의 내구성 측면에서 재생주기에 따라 수행되며, 순환정비 동안 정비대충장비로 대체되므로 비가동시간에 포

합하지 않는다.

해상장비는 예방정비시간 산정 시 부대정비부대와 야전정비부대에서 예방정비계획에 따라 수행하는 예방정비를 포함한다. 즉 사용자에게 의한 수시점검과 내구 수명과 관련되는 창순환정비, 상가정비는 비가동시간에서 포함하지 않는다.

항공장비는 비행 전, 후 점검시간은 장비가 가동 가능한 상태로 비가동시간에 포함하지 않으며, 부대정비부대와 야전정비부대에서 예방정비계획에 따라 수행하는 예방정비시간을 포함한다.

#### 4.2.3 총고장정비시간(TCM)

총고장정비시간은 유사장비의 운용제원을 참고하여 연간 평균고장횟수와 평균고장정비시간을 추정하여 평시 및 전시 총고장정비시간을 계산한다. 지상장비의 경우 유사장비 운용제원 이외에 “야교 101-10-1 편성기술 및 군수제원”[7]과 같은 교범을 참고하여 연간 고장횟수와 평균고장정비시간을 판단한다.

고장정비 횟수를 산정할 때 하위 정비계단에서 교체 후 상위 정비계단에서 수리 혹은 재생하는 것은 고장정비 횟수와 시간에 포함하지 않는다.

전시의 경우 전투손실에 따른 정비시간까지 포함한다. 작전기간 동안 전투손실은 전시 작전계획에 따라 지상장비, 해상장비, 항공장비의 장비 피해율을 분석한 자료 중 유사장비 피해율을 기초로 정비소요발생확률을 추정한다.

##### 4.2.3.1 운영손실에 따른 고장정비시간

총고장정비시간을 산정하기 위해서 정비교범 또는 유사장비 운용제원을 기초로 총시간 동안 고장횟수와 평균고장정비시간을 산정한다.

전시에는 평시 보다 작전임무 수행 소요가 증가하여 장비 운용률이 높아지며, 운용환경이 가혹

해지므로 평시 대비 동일 기간 동안 고장발생확률이 증가할 것이다. 이에 따라 평시 운용제원을 기초로 총시간 동안 고장횟수를 산정한 후 전시 운용률 보정인수(k)를 곱하여 전시 고장횟수와 총고장정비시간을 추정한다.

##### 4.2.3.2 전투손실에 따른 고장정비시간

전투손실은 유사장비의 전시 피해를 분석 자료를 참고하여 전투 피해에 따른 고장정비시간을 산정한다. 장비 피해율을 전투 피해 정도에 따라 완파, 대파, 중파, 소파로 분류하며, 완파는 수리불가, 대파는 창정비, 중파는 야전정비, 소파는 부대정비 대상이다. 대파, 중파, 소파 피해율을 전투손실에 따른 정비계단별 정비소요 확률로써 고장정비횟수로 간주한다. 정비계단별 정비시간은 운영손실에 따른 고장정비시간을 준용하거나, 지상장비의 경우 정비교리상의 수리복구 시간을 적용한다.<sup>1)</sup> 완파 장비는 수리가 불가능하여 정비대충장비로 대체되거나 다른 장비로 임무가 교체되므로 정비시간이 아니라 행정/군수지연시간이 소요된다.

<표 1>에서 전시 운용가용도 시간요소 I 형은 지상장비와 함정(탑재장비 포함)에 적용되는 것으로 K-2008 전시 장비 손실률(지상장비)/장비 피해율(함정)과 같이 기존의 검증된 자료[6,12]를 활용하여 전투손실에 따른 정비소요 확률과 정비시간을 추정하여 고장정비시간을 산정한다. 전시 운용가용도 시간요소 II 형은 항공기와 잠수함(탑재장비 포함)에 적용하며, 교전 피해를 입을 경우 모두 완파로 간주하므로[12,14], 전투손실에 따른 고장정비시간은 산정하지 않는다. 대신 정비대충장비 혹은 장비 교체에 따른 행정/군수지연시간 소요가 증가한다.

#### 4.2.4 총행정/군수지연시간(TALDT)

행정/군수지연시간은 1회의 고장정비 건에 대

1) 육군의 경우 각 정비계단에 소요되는 최대 정비시간을 부대정비는 24시간 이내, 야전정비는 5일 이내, 창정비는 15일 이내에 수리가능 한 것으로 분류하고 있다. 육군본부, 야전교범 20-10 정비근무, p.1-10~1-12, 2002.5.30.



하여 정비를 수행하기 위해 경유할 수 있는 모든 경로에 대해서 발생확률과 소요시간을 의사결정 계보분석 기법(Decision Tree Technique)으로 산정한다[3,15]. 모든 경로에 대해서 경로 발생확률과 소요시간은 유사장비 운용제원 또는 전문가 평가 방식으로 산출한다.

행정/군수지연시간은 식(6)과 같이 각 경로의 발생확률과 소요시간을 곱하여 지연시간을 산정하고, 모든 경로의 지연시간을 합하여 총행정/군수지연시간을 구한다.

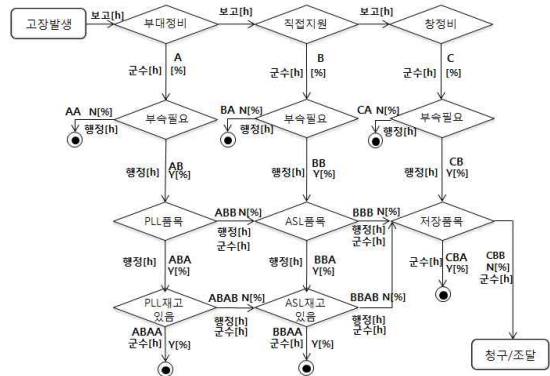
$$ALDT = \sum_{i=1}^N [T(hr)_i \times P(\%)_i] \quad (6)[3]$$

$T(hr)_i = i$ 번째경로의소요시간  
 $P(\%)_i = i$ 번째경로가발생할확률

체계의 고장에 대하여 정비를 수행하기 위해서는 고장판단 및 보고, 장비 이동, 정비형태 결정, 정비에 필요한 정비자원의 가용여부 확인과 정비자원을 확보하기까지의 과정을 거치며, 이때 행정/군수지연시간이 소요된다. 정비에 필요한 정비자원으로는 수리부속, 정비인력, 정비지원 장비, 정비시설이 있다.

<그림 3>은 3계단 정비체계에서 무기체계에 고장이 발생하여 이를 수리하는데 거치는 경로를 간략화한 것이다. 행정/군수지연시간 경로 모델은 다음의 가정 사항을 전제로 한다. ① 수리부속은 보급지원 절차를 거쳐 확보하므로 행정지연시간과 군수지연시간이 소요된다. ② 수리부속은 부대 정비계단에서는 규정휴대품목(PLL: Prescribed Load List)을, 야전정비계단에서는 인가저장품목(ASL: Authorized Stockage List)만을 보유한다. ③ 정비인력과 정비지원 장비, 정비시설은 해당 정비부대의 자원을 활용하므로 별도의 확보시간은 산정하지 않고 정비 행정처리시간에 포함한다. ④ 행정/군수지연시간은 하나의 고장사건에 대해

여 해당 정비부대에서 정비를 수행하기 위해 소요되는 시간으로 정비시간을 제외한 시간이다. ⑤ 하위 정비부대에서 교체된 품목을 상위 정비부대에서 수리 혹은 재생하는데 소요되는 시간은 포함하지 않는다.



<그림 3> 평시 행정/군수지연시간 분석 경로[3,15]

<그림 3>에서 각 경로 및 소요시간은 다음과 같다. 고장이 발생했을 때 정비를 수행하기 위해서는 고장판단 및 보고와 해당 정비계단의 정비부대로 장비를 이동하는데 시간(A, B, C)이 소요된다. 정비를 수행하기 위해서 정비자원이 필요한지 확인하며, 이때 정비 행정처리시간(AA/AB, BA/BB, CA/CB)이 소요된다. 그리고 정비자원이 필요한 경우 이를 확보하기 위해 행정 및 군수지연시간이 소요된다. 수리부속의 경우 해당 부대의 규정휴대품목 또는 인가저장품목인지 확인하고 인가저장품목이 아닌 경우 상급부대로 청구(ABA/ABB, BBA/BBB)하며, 규정휴대품목 및 인가저장품목일 경우 해당 부대에서 보유할 경우 이를 수령하거나 재고가 없을 경우 상급부대에서 수령(ABAA/ABAB, BBAA/BBAB)한다. 전시 행정/군수지연시간 경로는 평시와 동일하며, 다만 전시 상황을 고려하여 선(先)보급·후(後)행정 조치로 행정시간 등 경로별 소요시간이 줄어들 것이다.

## 5. 운용가용도 계산 예

4장에서 기술한 운용가용도 계산 시간요소와 시간 값 추정 방법을 적용하여 해군 00급 함정의 탑재장비 중 가상의 XYZ 체계에 대하여 운용가용도를 계산하였다. 계산 예의 입력 자료 중 예방정비 횟수와 예방정비시간은 정비교범을 참고하였고, 고장횟수와 고장정비시간은 유사장비 운용제원을 참고하였다. 그리고 전시 운용률 보정인수(k)와 행정/군수지연시간은 임의의 장비 운용제원을 참고하였다.

### 5.1 총시간

평시는 1년을, 전시는 초기 30일(D~D+30일)을 총시간으로 하였으며, 시간으로 환산하면 전시는 8,760시간, 전시는 720시간이다.

전시 운용률 보정인수(k)는 식(5)를 기초로 다음과 같이 '2'로 산정하였다.

① 평시와 전시 운용시간을 산정

XYZ 체계는 평시 365일(8,760시간) 동안 164일(3,936시간) 운용하고, 전시에는 30일(720시간) 동안 27일(648시간) 운용한다.

② 평시 시간당 운용률 계산

$$\frac{OT_{peacetime}}{TT_{peacetime}} = \frac{164 \times 24hr}{365 \times 24hr} = 0.45 (45\%)$$

③ 전시 시간당 운용률 계산

$$\frac{OT_{wartime}}{TT_{wartime}} = \frac{27 \times 24hr}{30 \times 24hr} = 0.9 (90\%)$$

④ 전시 운용률 보정인수(k) 산정

$$k = \frac{OT_{wartime}/TT_{wartime}}{OT_{peacetime}/TT_{peacetime}} = \frac{0.45}{0.9} = 2$$

## 5.2. 예방정비횟수/ 예방정비시간

총예방정비시간은 유사장비 평시 운용제원과 정비교범을 기초로 분기, 반기 계획정비에 대하여 예방정비횟수와 평균예방정비시간을 참고하였다. 전시 예방정비시간은 전시 운용률 보정인수(k)를 곱하여 계산하였다.

<표 2> 총예방정비시간 계산

구분	연간 회수	1회 평균 정비 시간	연간 예방정비 시간	전시 예방정비 시간
분기	연 2회	8시간	16시간	16시간
반기	연 2회	144시간	288시간	288시간
계	-	-	304시간	49.97시간*

\* 전시 총예방정비시간= 평시 연간예방정비시간 × {(전시 총시간 × 전시 운용률 보정인수) / (365일 × 24hr)}

### 5.3 운영손실에 따른 고장정비시간

연간 고장횟수와 고장에 따른 평균정비시간은 유사장비 평시 운용제원을 참고하였다.

<표 3> 운영손실에 따른 고장정비시간 계산

구분	연간 회수	1회 평균 정비시간	연간 고장정비시간	전시고장정비시간
부대정비	1	0.5	0.5	-
야전정비	2.5	12	30	-
창정비	-	360	0	-
계	5	-	30.5	5.01*

\* 전시 고장정비시간= 평시 연간고장정비시간 × {(전시 총시간 × 전시 운용률 보정인수) / (365일 × 24hr)}

### 5.4 전투손실에 따른 고장정비시간

전투손실에 따른 완파, 대파, 중파, 소파 비율은 <표 4>의 피해율(A)과 <표 5>의 손실분포비율(a~d)을 참고하여 계산한다. 완파의 경우 수리 복

구가 불가능하므로 정비시간이 소요되지 않는다.

<표 4> 전투손실에 따른 고장정비시간 계산

구분	D~D+29일 누적 피해율
피해율(A)	XX.XX
완파율(A×a)	XX.XX
대파율(A×b)	XX.XX
중파율(A×c)	XX.XX
소파율(A×d)	XX.XX
정비시간(hr)	13.97*

· 출처 : 해군본부, 전시 함정/항공기 및 탑재장비 피해율 (K-2008) 해상장비 피해율 재정의), 2005.12.27.

\* 전시 피해에 따른 정비시간= 대파율× 평균장정비시간 + 중파율×평균야전정비시간 + 소파율×평균부대정비시간

<표 5> XYZ체계 유사장비의 전시 손실분포비율

계	완파(a)	대파(b)	중파(c)	소파(d)
1	XX.XX	XX.XX	XX.XX	XX.XX

· 출처: 해군본부, 전시 함정/항공기 및 탑재장비 피해율 (K-2008) 해상장비 피해율 재정의), 2005.12.27.

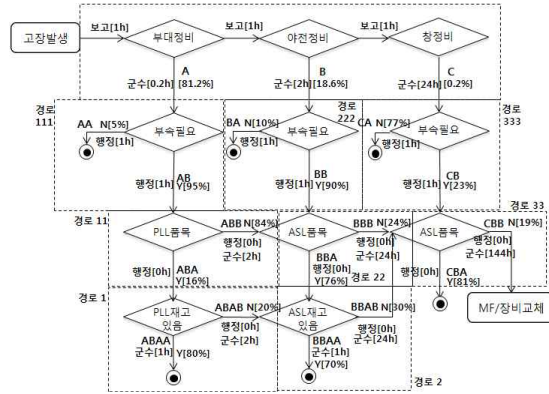
### 5.5 행정/군수지연시간 계산

하나의 고장사건에 대하여 정비계단별로 정비를 완료하기까지 소요되는 경로와 발생확률은 <그림 4>와 같다. 행정/군수지연시간 분석 경로별 소요시간은 임의의 장비 제원을 참고하여 산정하였다.

- ① 경로 1(hr) = (1hr)×0.8+{(2hr)+경로2}×0.2
- ② 경로 11(hr)={ (0hr)+경로1}×0.16+{(2hr)+경로22}×0.84
- ③ 경로 111(hr) = (1hr)×0.05+{(1hr)+경로11}×0.95
- ④ 경로 2, ⑤ 경로 22, ⑥ 경로 222, ⑦ 경로 33, ⑧경로 333은 ①~③번과 동일한 절차

로 계산

$$\textcircled{9} \text{ 총경로시간}(\overline{ALDT}) = \{(1\text{hr}+0.2\text{hr})+\text{경로111hr}\} \times 0.812 + \{(1\text{hr}+2\text{hr})+\text{경로222hr}\} \times 0.186 + \{(1\text{hr}+24\text{hr})+\text{경로333hr}\} \times 0.002$$



<그림 4> XYZ 체계 행정/군수지연시간 분석 경로

<그림 4>는 전시 행정/군수지연시간 분석 경로와 소요시간이며, 평시 행정/군수지연시간은 <그림 4>의 경로1, 2와 경로 11, 22, 33에서 추가적으로 행정지연시간이 발생한다. 평시 행정지연시간은 공통적으로 1시간으로 가정하였으며, 경로 33에서 평시에는 장비교체가 아니라 수리부속 청구/조달에 따라 군수지연시간이 360시간 정도 소요된다고 가정하였다. 이에 따라 전시와 평시 행정/군수지연시간을 계산한 결과는 <표 6>과 같다.

<표 6> 평시 및 전시 행정/군수지연시간 계산 결과

구분	$\overline{ALDT}$	정비계단별 행정/군수지연시간(h)		
		부대정비	야전정비	창정비
평시	<b>30.62</b>	28.60	33.34	94.73
전시	<b>20.16</b>	18.85	20.40	32.3

2) 장비 피해율 및 손실분포비율은 비밀자료이므로 원본자료를 적용하지 않고 변형하여 적용하였으며, 자료형태와 계산 방법만 준용하였으므로 실제 자료를 적용한 결과와는 정비시간에 오차가 있다.

## 5.6 목표 운용가용도 계산 결과

연간 고장횟수 3.5회(부대정비 1회, 야전정비 2.5회), 평균 고장정비시간 0.5시간(부대정비), 12시간(야전정비)일 때 평시와 전시 운용가용도는 <표 7>과 같다.

평시 운용가용도는 94.90%이다. 전시 운용가용도(A)는 전투손실에 따른 고장정비시간을 고려하지 않았을 때 운용가용도이며, 전시 운용가용도(B)는 전투손실에 따른 고장정비시간까지 포함하여 계산한 운용가용도이다. 전시 전투손실에 따른 장비 피해를 고려하지 않은 경우 90.77%, 전투손실에 다른 장비 피해를 고려한 경우 88.35% 수준으로 전투손실을 고려하지 않았을 때 보다 2.42% 감소하였다.

<표 7> XYZ체계 평시 및 전시 운용가용도

구분	평시	전시 (A)	전시 (B)
총시간(TT)	8760	720	720
총비가동시간(TDT)	446.45	66.47	83.92
총예방정비시간(TPM)	304	49.97	49.97
총고장정비시간(TCM)	30.5	5.01	18.98
고장정비시간(a)	30.5	5.01	5.01
피해고장정비시간(b)	-	-	13.97
총행정군수지원시간(TALDT)	111.95	11.48	14.96
운용가용도(Ao)	0.9490	0.9077	0.8835

본 계산 예는 일부 운용가용도 계산 시간요소를 임의의 수치를 적용하였으므로, 실제 해당 무기체계의 운용가용도의 수치와는 차이가 있다. 하지만 평시와 전시 운용가용도를 상대적으로 비교했을 때 전시 운용량 증가와 전투손실 등으로 전시 운용가용도가 감소하므로 전시 정비인력 및 수리부속 확충, 정비대충장비의 적정 수준 확보 등 전시 비가동시간을 감소시켜서 운용가용도를 높이는 방안에 관한 분석이 필요하다.

## 6. 결론

본 연구에서는 소요기획 단계에서 무기체계 유형별 정비정책을 고려하여 목표운용가용도를 산정하는 계산 모델을 제안하였다. 제안하는 계산 모델은 운용가용도 계산에 필요한 시간요소에 대한 정의와 시간 값 추정 방법으로 구성된다.

운용가용도 계산에 필요한 시간요소는 총시간과 총비가동시간, 총비가동시간은 기존의 연구에 제시하고 있는 총예방정비시간, 총고장정비시간, 총행정/군수지원으로 구성된다. 본 연구에서는 전시 운용가용도를 계산 시 전시 운용률 보정인수(k) 개념을 도입하여, 동일 기간 동안 평시 보다 전시 무기체계 운용률이 높아지는 것을 고려하여 총비가동시간을 산정하였다. 그리고 전시 교전피해에 따라 전투손실로 인한 정비소요를 포함하여 총비가동시간을 산정하였다. 운용가용도 계산 시간 값 추정은 무기체계 유형별 전시와 평시로 구분하였다.

본 연구에서 제시한 운용가용도 계산 모델 개념을 적용하여 차후에 운용가용도 계산 지원 S/W를 개발 할 수 있다. S/W를 활용하여 고장횟수와 장비 피해율을 상수로 계산 할 뿐만 아니라 확률적으로 모의가 가능할 것이다. 그리고 지상무기, 항공무기에 대해서도 운용가용도 계산 모델의 실효성을 검증하는 것이 필요하다.

## 참고문헌

- [1] 국방부, 훈령 제1185호 국방전력발전업무훈령, 국방부, pp.15~17, 2009.8.20.
- [2] 방위사업청, 종합군수지원 개발 실무지침서, 방위사업청, pp.285~289, 2009.1.
- [3] 이한규, “미래형 전차의 RAM 목표값 설정에 관한 연구”, 석사학위 논문, 군사과학대학원, pp.29~43, 2000.1.
- [4] 박상곤, “해군 함대수리창에서의 함정 운용가

- 용도 영향 요인 분석”, 석사학위 논문, 국방대학교, 2005.12.
- [5] 배주근, “항공기 엔진 최대 운용가용도 신뢰적정 재고수준”, 석사학위 논문, 국방대학교, 2006.12.
- [6] 육군본부, K-2008 전시 지상군 장비손실율, 2005.
- [7] 육군본부, 야전교범 101-10-1 편성기술 및 군수제원(1), 1999.6.30.
- [8] 육군본부, 야전교범 20-10 정비근무, p.1-10~1-12, 2002.5.30.
- [9] 해군본부, 함정정비규정(제1266호), pp.9-2-7~9-2-13, 2007.7.10.
- [10] 해군본부, 잠수함(정)정비규정(제1289호), pp. 9-3-4 ~9-3-13, 2007.8.8.
- [11] 해군본부, 정비관리규정(제1288호), pp.9-1-16~9-1-18, 2007.8.8.
- [12] 해군본부, 전시 함정/항공기 및 탑재장비 피해를(K-2008) 해상장비 피해율, 2005.12.27.
- [13] 공군본부, 공군교범 6-101, 정비관리, pp. 27~29, 1993.2.1.
- [14] 공군본부, K-2008 항공기 손실률 연구, 2006.1.
- [15] TRADOC/AMP-P Pamphlet 70-11, “RAM Rationale Report Handbook”, 1999.
- [16] OPNAV INSTRUCTION 3000.12A, Operational Availability Handbook, June. 2003.

■ 저자 소개 ■

김 혜 령(E-mail: yhu2ki@hanmail.net)

- 1998 부경대학교 전자공학과 졸업(학사)
- 2006 서울대학교 기계항공공학부 졸업(석사)
- 현재 국방대학교 국방과학부 무기체계학과 박사과정 재학 중
- 관심분야 무기체계 RAM 분석, 복합시스템아키텍처, 모델링 및 시뮬레이션

백 순 흠(E-mail: 1211white@naver.com)

- 1981 육군사관학교 기계공학과 졸업(학사)
- 1985 국방대학교 무기체계학과 졸업(석사)
- 1995 연세대학교 기계공학과 졸업(박사)
- 현재 국방기술품질원 기술기획본부 책임연구원
- 관심분야 신뢰성 공학, 시스템 엔지니어링, 군수공학

최 상 영(E-mail: sychoi@kndu.ac.kr)

- 1982 육군사관학교 토목공학과 졸업(학사)
- 1985 국방대학교 무기체계학과 졸업(석사)
- 1989 (영) 크랜필드공대 체계과학과 졸업(박사)
- 현재 국방대학교 국방과학부 무기체계학과 교수
- 관심분야 M&S 및 VV&A, 복합시스템아키텍처, 무기체계 RAM 분석

<주요저서/논문>

- 무기체계 RAM 이론과 응용, 국방대학교 교재, 1995.10.
- RAM 목표값 설정을 위한 시뮬레이션 모델 아키텍처 연구, 국방과학기술, 제1권 제2호, 국방과학기술 연구정보센터, 2008.12.