

선행 연구단계에서 신규 무기체계의 RAM 목표값 설정을 위한 OMS/MP 작성 연구 : 무인전투차량의 사례를 중심으로*

최 흥 철*, 강 태 호**, 윤 병 조***, 이 호 찬*

요 약

RAM 분석은 무기체계의 개발 목표를 제시함으로써 투입되어야 하는 자원의 범위를 결정짓는데, RAM 분석이 제대로 되지 않을 경우 사업비용의 막대한 증가를 초래할 수 있다. 개념연구 단계에서의 누적비용비율은 총 비용대비 1%미만이지만 총 수명주기비용의 65-70%가 결정되므로 탐색개발 전 단계까지 RAM 분석이 매우 중요하다. 새로운 기술에 기반한 신규 무기체계를 기존 방식의 OMS/MP로 작성하여 RAM 목표값을 산출하면, 미래 전장에서 적용될 신규 기능의 반영이 어렵다는 제한 사항이 있다. 따라서 본 논문은 무인전투차량의 사례를 중심으로 델파이기법과 베이지안 이론을 토대로 신규 기능을 반영한 인수를 도출하여 OMS/MP를 작성하는 방법을 제시한다.

A Study on OMS/MP for Establishing Target RAM Values of New Weapon System in Precedent study : Focusing on the case of unmanned combat vehicle

Hong-Cheol Choi*, Taeho Kang**, Byung Jo Youn***, Hochan Lee*

ABSTRACT

RAM analysis determines the range of resources to be invested by presenting the development goals of the weapon system. If the RAM analysis is not performed properly, it can cause a huge increase in business costs. While the cumulative cost ratio in the concept study is less than 1% of the total cost, 65-70% of the total lifecycle cost is determined and can't be reduced later. Therefore, RAM analysis is crucial in precedent study. When calculating the target RAM value by writing an existing OMS/MP, new functions and the future missions are hardly considered and reflected. Therefore, this paper proposes a method to establish OMS/MP by deriving arguments based on Delphi and Bayesian theory focusing on unmanned combat vehicle.

Keywords : RAM analysis, OMS/MP, Unmanned Combat Vehicle, Bayesian

접수일(2019년 1월 29일), 게재확정일(2019년 3월 20일)

* 육군사관학교 물리화학과

** 경찰청 장비담당관실

*** 방위사업청 장갑차사업팀

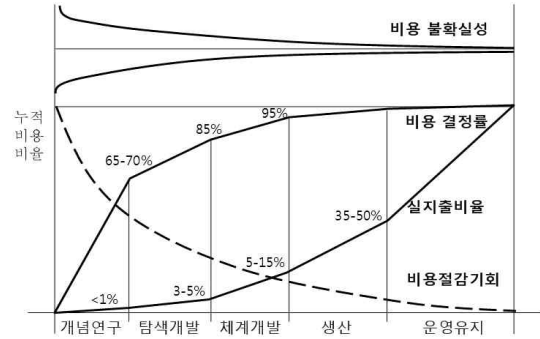
★ 본 논문은 육군사관학교 화랑대연구소의 2019년도 논문
게재비 지원을 받아 연구되었음.

1. 서론

RAM 분석(RAM analysis)이란 개발되는 무기체계의 최초 개념설계 단계부터 폐기 시까지 지속적으로 수행되는 업무로서 설계, 시험 및 야전운용 자료를 수집 및 분석해 무기체계의 신뢰도(Reliability), 가용도(Availability), 그리고 정비도(Maintainability)에 대한 예측 및 분석활동을 통해 무기체계의 설계지원, 평가, 개선사항 도출, 군수지원요소 분석 등의 업무를 지원하는 체계공학의 한 업무이다[1-3].

RAM 분석은 무기체계의 개발 목표를 제시함으로써 투입되어야 하는 자원의 범위를 결정짓는다. 현실적인 RAM 분석이 되지 않을 경우 사업비용의 막대한 증가를 초래할 수 있다. 방위력개선 사업비용은 수명주기비용(Life Cycle Cost)을 의미하며 통상 연구개발을 통한 획득의 경우 연구개발비, 양산비 그리고 운영유지비로 구분된다. 수명주기비용은 일반적으로 개발 초기에 대부분 결정되기 때문에 비용 절감을 위해서는 개념연구 단계에서 명확한 사용자요구와 운용개념을 설정하고 설계단계에서 이에 부합한 집중적인 비용관리를 수행해야 한다[4].

무기체계의 운용유지비용을 최적화하기 위해 매우 중요한 요소가 바로 RAM이다. RAM 분석의 최종 목표는 분석, 검증, 환류를 통해서 가용성이 높은 무기체계를 개발하고 운영유지간 필요한 종합군수지원(Integrated Logistics Support, ILS) 소요를 정량적으로 제시하는 것이다. 이를 위해 RAM 분석으로 신뢰도, 정비도, 그리고 가용도 각각의 목표값을 산출함으로써 무기체계의 수명주기비용의 절감, 장비 성능의 향상과 원활한 군수지원계획을 수립하기 위한 기초자료로 활용될 수 있다. (그림 1)과 같이 개념연구 단계에서의 누적비용비율은 총 비용대비 1%미만이지만 총수명주기비용의 65-70%가 결정된다[5]. 따라서 비용 측면에서 안정적인 운영유지를 위해서는 무기체계 개발 이전 선행연구단계에서부터 기술개발 내역에 따른 비용추진과 해당 무기체계의 종합군수지원(I



(그림 1) 수명주기비용 결정요인

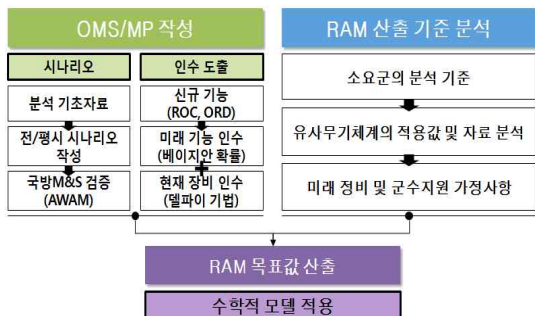
LS) 요소, RAM 분석을 통한 명확한 목표값 산출이 이루어져야 한다.

RAM 분석을 통한 목표값 산출을 위해 먼저 전-평사로 나누어 운용형태 요약 및 임무유형(Operational Mode Summary/Mission Profile)을 작성하는데 이는 장비의 운용개념 및 제원 등을 제시하는 문서이다[6]. 전투시나리오 및 부대훈련계획 등을 통해 작성된 운용형태 요약 및 임무유형(OMS/MP)을 바탕으로 전투준비태세, 모의분석, 유사장비의 제원 등으로 RAM 목표값을 설정하는 방법이 일반적으로 적용되고 있다[7-12].

하지만 미래 전에서 활용될 새로운 무기체계들은 신규 기능과 기존과 다른 운용개념이 요구된다[13-15]. 따라서 신규 무기체계의 경우 기존의 방식대로 OMS/MP를 작성하여 RAM 목표값을 산출하는 경우 미래 작전환경에서 활용될 새로운 기능의 반영이 어렵다는 제한사항이 있다. 이를 해결하고자 본 논문에서는 무인전투차량의 사례를 중심으로 신규 기능과 임무까지 고려한 운용형태 종합 및 임무유형(OMS/MP)의 작성방법에 대해 제시하고자 한다.

미래 전장에서 활용되는 신규 성능에 대한 요소를 운용형태종합 및 임무유형(OMS/MP)에서 반영하기 위해 현재를 기준으로 하는 장비에 대한 인수와 미래 임무에 부합하는 기능에 대한 인수를 각각 도출하여 동시에 적용하고자 하였다. 이를 위해 먼저 국방 M&S(Modeling and Simulation)를 통해 운용시나리오를 구체화 및 검증한다. 이렇게 세분화된 운용형태별로 현재 장비 인수는 델

파이기법으로, 미래 기능 인수는 베이지안 확률을 기반으로 도출한다. 일반적인 델파이기법을 적용



(그림 2) RAM 목표값 산출 절차

하기 위해 설문형식으로 다년간 작전을 수행하고 훈련하는 군 전문가로부터 자료를 수집하였다. 이를 통해 작성된 OMS/MP를 바탕으로 RAM 산출 기준을 정의하고, 정량화된 입력값을 수학적 모델에 적용하여 RAM 목표값과 종합군수지원(Integrated Logistics Support) 요소를 도출할 수 있다.

다음 2.1에서는 본 논문에서 제시하는 RAM 목표값 산출 방법론을 설명하고, 일반적으로 RAM 분석에 필요한 시간 분류 및 수학적 모델에 대해 설명한다. 2.2에서는 RAM 목표값 산출을 위해 현재의 장비와 임무를 기반으로 전·평시 운용형태종합 및 임무유형(OMS/MP)을 작성하는 방법과 그 결과에 대해 설명한다. 2.3에서는 베이지안 이론에 기반한 신규 기능에 대한 인수까지 고려하여 OMS/MP를 수정하고, 이를 바탕으로 도출된 고유가용도와 임무유형 값을 2.2의 결과와 비교분석한다. 결론에서 본 연구의 한계점과 기대효과에 대해 정리하면서 결론을 맺는다.

2. 본 론

2.1 RAM 목표값 산출 방법론

2.1.1 RAM 목표값 산출 절차

개발예정인 새로운 개념의 무기체계는 기존 장비에서 활용되지 않은 신규 기능을 포함하게 된다. 하지만 선행연구 단계에서는 개발 전 신규 기능의 구성품 파악이 어렵고 유사무기체계의 자료

에 신규 기능에 대한 정보가 포함되지 않는다. 즉, RAM 목표값 산출에서 신규 기능에 대한 반영이 제한적인 수밖에 없다. 따라서 운용형태종합 및 임무유형(OMS/MP)의 작성 단계에서 미래 전장 환경과 임무에서 신규 기능이 어떻게 발휘되는지 반영하는 것이 중요하다. 본 논문에서 제시하는 운용형태종합 및 임무유형(OMS/MP)의 작성방법은 (그림 2)와 같다. 먼저 개발될 장비의 운용제대의 임무를 기반으로 전·평시 전투시나리오를 작성하고 이를 국방M&S를 통해 목표 달성 여부를 검증한다. 작성된 시나리오를 바탕으로 군 전문가의 자문 및 설문을 통해 델파이기법을 적용하고 운용제대의 현 임무와 교리에 근거하여 인수를 도출한다. 그리고 미래의 확장된 작전환경과 임무를 고려하여 각 신규 기능에 대한 인수를 베이지안 확률을 통해 도출하고 미래 기능 인수로 통합한다. 각각 도출된 인수를 반영하여 운용형태종합 및 임무유형(OMS/MP)을 완성할 수 있다.

다음으로 소요군의 분석기준을 고려하여 유사 무기체계의 군수지원 자료 중 개발예정 장비에 적합한 행정군수지원시간과 총 고장정비시간 등을 추정하여 적용하여야 한다[7,16]. 이렇게 도출된 데이터를 정량화하여 수학적 모델에 적용함으로써 신뢰도, 가용도, 정비도의 RAM 목표값을 산출할 수 있다.

2.1.2 시간분석 및 분류

<표 1> 무기체계의 운용 및 정비관련 시간분류

		총 시간(TT)			
총 가동시간(TUT)		총 비가동시간(TDT)			
운용 시간(OT)	비운용시간(NOT)	총 정비시간(TMT)		총 행정 및 군수지원시간(TALDT)	
	경계 시간(AT)	대기 시간(ST)	총 고장 정비시간(TCM)	총 예방 정비시간(TPM)	행정지원 시간(TADT)

운용형태종합 및 임무유형(OMS/MP) 작성 및 RAM 목표값 산출을 위하여 체계의 운용시간과 군수지원과 관련된 시간을 분석하기 위해 명확히 분류하는 것이 중요하고, 이를 위해 <표 1>과 같이 시간 분류를 정의한다[17]. 총 시간은 총 가동시간

과 총 비가동시간으로 분류되는데, 총 가동시간
 <표 1> 무기체계의 운용 및 정비관련 시간분류

총 시간(TT)						
총 가동시간(TUT)		총 비가동시간(TDT)				
운용 시간 (OT)	비운용시간 (NOT)		총 정비시간 (TMT)		총 행정 및 군수지연시간 (TALDT)	
	경계 시간 (AT)	대기 시간 (ST)	총 고장 정비시간 (TCM)	총 예방 정비시간 (TPM)	행정지연 시간 (TADT)	군수지연 시간 (TLDT)

간은 장비가 실제로 기능을 수행할 수 있는 시간을 의미하고 총 비가동시간은 실제 정비를 하거나 수리부속을 확보하기 위해 기능을 수행할 수 없는 시간을 의미한다. 용어를 명확하게 위해 시간분류의 세부내용은 <표 2>와 같이 정의한다.

2.1.3 수학적 모델

빈도(신뢰도), 정비업무량(정비도)을 나타내는 척도로 나타나며, <표 3>과 같이 수학적 모델에 의해 RAM목표값을 산출할 수 있다[1,6]. 가용도는 고유가용도, 성취가용도, 운용가용도로 구분된다. 신뢰도와 정비도의 척도로는 각각 평균고장간시간(MTBF)과 평균수리시간(MTTR)을 사용할 수 있다.

2.2 현재 장비 기준 OMS/MP 작성

RAM 목표값 산출을 위해서 운용형태종합 및 임무유형(OMS/MP)을 작성하여 수학적 모델에 적용하기 위한 입력값을 도출한다. 보안상 지금부터 사용하고 도출되는 모든 수치는 실제 자료가 아닌 가공의 수치로 제시하였다. 평시와 전시로 나누어 각각에 대한 기초자료를 토대로 <표 1>과 같이 운용시간, 비운용시간, 총 정비 시간,

<표 2> 시간분류의 세부내용

구 분	세 부 내 용
TT (Total Time)	통상 Calendar Time을 기준으로 하며, 연간 8,760 시간
TUT (Total Up Time)	체계가 기능을 수행 가능한 상태의 총 시간
TDT (Total Down Time)	체계가 기능을 수행 불가능한 상태의 총 시간
OT (Operating Time)	기능을 수행하는데 필요한 장비의 작동 시간, 임무 수행 상태로 시동이 켜져 있는 상태, 또는 시동은 꺼졌으나 주무장의 사격 및 탐지/식별장치 등 체계의 핵심 시스템이 가동 중인 상태
AT (Alert Time)	장비운용을 위해 경계상태로 대기하는 시간 (승무원이 탑승하고 장비가 가동될 수 있는 상태이나 임무를 수행중이지 않을 때 엔진 미가동, 통신 및 전자장비 운용 상태)
ST (Standby Time)	장비가 가동될 수 있으나 임무나 작전에 투입되지 않은 상태(병력 미 탑승, 전방 집결지 점령 후 대기)
TMT (Total Maintenance Time)	예방 또는 고장정비를 수행한 총 시간
TCM (Total Corrective Time)	발생한 고장에 대한 보수정비가 수행한 총 시간(사용자 · 부대정비 시간만 의미)
TPM (Total Preventive Time)	예방정비를 위해 소요되는 정비시간(예방정비로 인하여 장비가 작동 불가능한 시간)
TALDT (Total Administrative & Logistics Delay Time)	예방 또는 고장정비의 수행과정에 필요한 행정 및 군수지원의 총합
TADT (Total Administrative Time)	군수지연시간을 제외한 행정처리 총 지연 시간
TLDT (Total Logistics Delay Time)	교체용 부품(수리부속)을 확보(획득)하기 위해 소요되는 시간

RAM은 무기체계의 전투준비태세(가용도), 고장

<표 3> RAM 목표값 산출을 위한 수학적 모델

구분	척도	수학적 모델
가용도	고유가용도 (A _i)	$\frac{OT}{OT + TCM} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$
	성취가용도 (A _a)	$A_a = \frac{TUT}{TUT + TCM + TPM} = \frac{OT + ST}{OT + ST + TCM + TPM}$
	운용가용도 (A _o)	$A_o = \frac{TT - TDT}{TT} = \frac{OT + ST}{OT + ST + TCM + TPM + TALDT}$
신뢰도	평균 고장간시간 (MTBF)	$MTBF = \frac{\text{총 운용시간}}{\text{고장횟수}} = \frac{OT \times ALDT}{(1 - A_o) \times TT - TCM - TPM}$
정비도	평균 수리시간 (MTTR)	$MTTR = \frac{\text{총 고장정비시간}}{\text{고장횟수}} = \frac{TCM}{OT/MTBF}$

총 행정 및 군수지원시간 등에 대한 값들을 작성한다. 평시의 경우 개발 장비가 배치될 운용제대의 연간 훈련계획을 토대로 작성하며, 전시의 경우 부대의 현행 작전의 목표를 달성할 수 있도록 교리와 국방 M&S를 통해 전투 시나리오를 토대로 운용형태종합(OMS)을 작성한다.

종합군수지원(ILS) 요소를 도출하기 위해 평균·최대 기동거리, 엔진가동시간, 무장 사격발수, 통신운용시간, 탐지운용시간에 대한 임무유형(MP) 작성이 필요하다. 평시의 경우 연간 사용량을 기준으로 작성하고, 전시의 경우 3일 전투를 기준으로 작성한다.

2.2.1 평시 OMS/MP

평시 운용형태요약 및 임무유형(OMS/MP) 작성을 위해서는 장비가 도입될 부대의 연간훈련계획, 해당 제대의 훈련 예정표 및 일일예정사항, 장비정비정보체계 상 장비운영이력과 정비실적 등을 기초자료로 분석하여야 한다. 본 연구에서는 무인전투차량이 0여단의 OO부대에서 활용된다고 가정하여 앞서 언급한 기초자료를 수집하고, 주행경로, 인근지형, 부대임무 등을 조사하였다. 운용형태요약(OMS) 분석은 수집한 자료를 토대로 교육훈련의 총 가용시간과 비업무시간(정비 및 내무생활)을 분석하여 운용형태별로 종합한다. 이와 같은 방식으로 분석된 무인전투차량의 평시 운용형태요약(OMS)은 <표 4>에서 보는 바와 같이 연간 약 1,144시간동안 훈련 및 작전에 투입된다는 것을 확인할 수 있다.

<표 4> 평시 연간 운용형태 종합(예)

구분	임무	횟수	총 시간 (TT)	총 가동시간(TUT)			총 비가동시간(TDT)		
				소계	OT	AT	ST	정비가용시간 (TCM+TALDT)	계획정비 (TPM)
전술 훈련	OO훈련	00	588	380	150	115	115	208	-
	OO훈련	00	500	404	122	122	160	96	-
	OO훈련	00	456	360	90	110	160	96	-
	소계	-	1544	1144	362	347	435	400	-
비전술 훈련	계획정비 시간	-	216	-	-	-	-	-	216
	병기본 훈련	-	848	848	-	-	848	-	-
	휴일	-	88	88	-	-	88	-	-
	기타 (내무생활)	-	6064	6064	-	-	6064	-	-
	소계	-	7216	7000	-	-	7000	-	216
계	-	8760	8144	362	347	7435	400	216	

임무유형(MP) 분석은 운용형태요약(OMS) 분석 시 도출된 운용형태별로 개발 장비의 연간 기동거리, 사격발수, 통신운용시간, 그리고 화학탐지 <표 5> 평시 임무유형(예)

구 분	평균기동거리 (km)	최대기동거리 (km)	엔진가동시간 (hr)	사격발수 (1대/연간)	통신 운용 시간	탐지 운용 시간
OO훈련	330	379	150	-	265	133
OO훈련	330	379	122	950	244	141
OO훈련	330	379	90	500	200	126
계	990	1137	362	1450	709	400

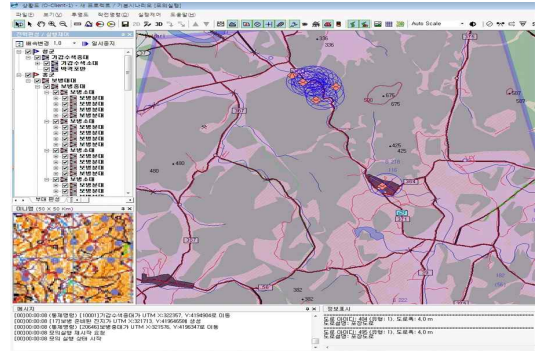
시간을 분석한다. 통신(전장관리체계, 무선통신, 원격통제)은 장비가 경계 중에도 계속 운용되므로 시간분류에서 운용시간과 경계시간을 합한 값으로 도출한다. 따라서 훈련형태별로 분석된 임무유형(MP)은 <표 5>에서 보는 바와 같다.

2.2.2 전시 OMS/MP

전시 운용형태요약(OMS)을 작성하기 위해 먼저 72시간 전투시나리오를 작성해야 한다. 객관적 자료 도출을 위하여 교리에서 제시하고 있는 표준 작전계획 및 임무를 적용하여 임의 지형에 대해 군 전문가의 자문을 받아 72시간 전투시나리오를 작성한다. 이를 (그림 3)과 같이 지상무기효과모델(AWAM)¹⁾을 활용하여 실제 작전목표 달성이 가능한지를 검증하고 필요시 시나리오를 재수정한다. 최종 검증된 전투 시나리오를 바탕으로 작전 유형에 따른 세부 운용형태를 구체화하여 작성할 수 있다.

전시 운용형태요약(OMS) 분석을 위해서는 작성된 전투시나리오를 토대로 세부 운용형태별로 운용시간, 경계시간, 대기시간을 도출해야 한다. 이를 위해 델파이 기법의 일반적 절차에 따라 각 인수를 도출하고자 하였다[18]. 먼저 무인전투차량

은 현재 운용되는 장비가 아니지만 현재 운용되는 K-000을 대체하므로 이를 기준으로 교리와 작전 계획에 근거하여 각 인수를 도출하고자 하였다.



(그림 3) 지상무기효과모델(AWAM)을 통한 시나리오 검증

사진 작성된 운용형태별로 장비가 운용되거나 경계하는 정도를 리커트 5점 척도(Likert Scale)로 설문을 제작하였고 현재 임무를 수행하는 군 전문가 23명의 의견을 종합하였다. 이를 분석하여 각 인수를 도출하고, 운용형태별 임무시간에 각 인수를 적용하여 <표 6>에서와 같이 운용·경계·대기 시간을 도출할 수 있다. 이를 통해 작성된 전시 운용형태요약(OMS)은 <표 7>과 같으며, 총비가동시간(TDT)은 전투준비태세평가 규정에서 요구되는 해당 제대의 요구 수준인 C1과 유사체계의 가용도(90%)를 고려해 90% 수준으로 판단하였다.

전시 임무유형(MP)은 운용형태요약(OMS) 분석 시 도출된 작전유형을 기준으로 분석한다. 연간 평균기동거리는 아래의 식과 같이 작전지역 내 포장도로, 비포장도로, 야지의 비율 자료를 기초로 기동로 상태에 따른 지형인수를 적용하여 산출한다. 최대 기동거리는 평균기동거리에 상황조치별 기동거리를 반영하여 산출할 수 있다.

$$\text{균기동거리} = \text{평균주행속도} \times \text{운용시간} \times \text{기동로인수} \times \text{지형인수}$$

작전유형별로 엔진가동시간, 사격발수, 통신운용시간, 그리고 화학탐지시간까지 도출된 임무유형(MP)의 정량화된 분석결과는 <표 8>에서 보는 바와 같다. 무인전투차량은 72시간 치열전투 시간 동안 약 279km를 기동하며, 총 엔진가동시간은 약 27시간임을 알 수 있다.

1) 지상무기효과모델(Army Weapon Effectiveness Model) : 한반도 전역의 고도 수치자료, 지형지물, 벡터지도를 내장하고 있고 1,000종 이상의 무기체계를 동시에 모의가 가능한 지상군에서 가장 무기체계 분석을 위해 일반적으로 활용하는 국방 M&S임.

<표 6> 운용형태별 운용시간 인수(예)

작전 유형	운용형태	시나리오상 시간	임무 시간 (H)	운용시간 인수
전투 준비 태세	OOOO태세	D일 00:00~00:00	0	0.1
	OOO점령	D일 00:00~00:00	0	0.1
	OOOOO경계	D일 00:00~00:00	0	0.1
	OO정찰	D일 00:00~00:00	0	0.5
	OOOOO습격	D일 00:00~00:00	0	0.8
	OOO낙하/OO공격	D일 00:00~00:00	0	0.4
	OOOO준비	D일 00:00~00:00	0	0.1
부대 이동	OO준비 / OO수립	D일 00:00~00:00	0	0.1
	OO이동	D일 00:00~00:00	0	0.7
	OOOO교전	D+1일 00:00~00:00	0	0.4
	OO정찰	D+1일 00:00~00:00	0	0.5
	매복	D+1일 00:00~00:00	0	0.1
	OO유도	D+1일 00:00~00:00	0	0.3
집결지 활동	OOOOO경계	D+1일 00:00~00:00	0	0.1
	OO정찰	D+1일 00:00~00:00	0	0.5
	OOOOO습격	D+1일 00:00~00:00	0	0.8
	OOO낙하/OO공격	D+1일 00:00~00:00	0	0.4
역습	OOO이동	D+2일 00:00~00:00	0	0.7
	OOOOO공격	D+2일 00:00~00:00	0	0.8
	OO유도	D+2일 00:00~00:00	0	0.3
	OO공격	D+2일 00:00~00:00	0	0.8
초월 지원	OOOOO정찰	D+2일 00:00~00:00	0	0.1
	OO정찰	D+2일 00:00~00:00	0	0.5
	OOOO점령	D+2일 00:00~00:00	0	0.1
	OO유도	D+2일 00:00~00:00	0	0.3
	매복	D+2일 00:00~00:00	0	0.1
	OOO공격	D+2일 00:00~D+3일 00:00	0	0.8
	OO유도	D+3일 00:00~00:00	0	0.3
계			72	10.8

<표 7> 전시 운용형태종합(예)

구 분		TT	TUT	OT	AT	ST	TDT
72H 전투	전투준비태세	16.0	16.0	4.4	9.4	2.2	-
	부대이동	12.0	12.0	4.7	5.3	2.0	-
	집결지활동	16.0	16.0	6.8	6.6	2.6	-
	역습	8.0	8.0	5.2	1.8	1.0	-
	초월지원	20.0	20.0	5.8	11.2	3.0	-
	소계	72.0	72.0	26.9	34.3	10.8	-
비전투		144	122.4	-	-	122.4	21.6
계		216	194.4	26.9	34.3	133.2	21.6

<표 8> 전시 임무유형(예)

구 분	평균 기동 거리 (km)	최대 기동 거리 (km)	엔진 가동 시간 (hr)	사격 발수	통신 운용 시간	탐지 운용 시간
전투준비 태세	51.1	56.1	4.4	400	13.8	6.8
부대이동	48.8	55.8	4.7	200	10.0	5.8
집결지 활동	68.6	73.6	6.8	300	13.4	8.4
역습	54.0	59.5	5.2	650	7.0	3.2
초월지원	56.8	61.8	5.8	450	17.0	10.0
계	279.3	306.8	26.9	2000	61.2	34.1

2.3 미래 기능을 고려한 OMS/MP 작성

앞서 전시 OMS/MP 작성과정에서는 현재 사용되고 있는 장비를 기준으로 인수를 도출하였고, 새롭게 도입되는 무기체계의 신규 기능은 반영하지 않았다. 하지만 무인전투차량 같은 미래 무기체계는 작전요구성능(ROC, Required Operational Capability)과 운용요구서(ORD, Operational Requirement Document)에서 미래 전장환경에 부합하는 새로운 기능을 요구하고 있다. 선행연구 단계에서는 요구된 신규 기능이 이전에 활용되지 않은 경우 기존의 자료를 활용할 수 없다. 하지만 베이지안 분석을 활용하면 사전 정보가 없는 경우에도 사후확률분포 추정을 통하여 인수를 도출할 수 있다.

따라서 미래의 임무 및 기능이 고려된 인수를 도출함으로써 실제에 더 근접한 RAM 목표값과 종합군수지원(ILS)요소를 도출할 수 있다.

2.3.1 베이지안 이론

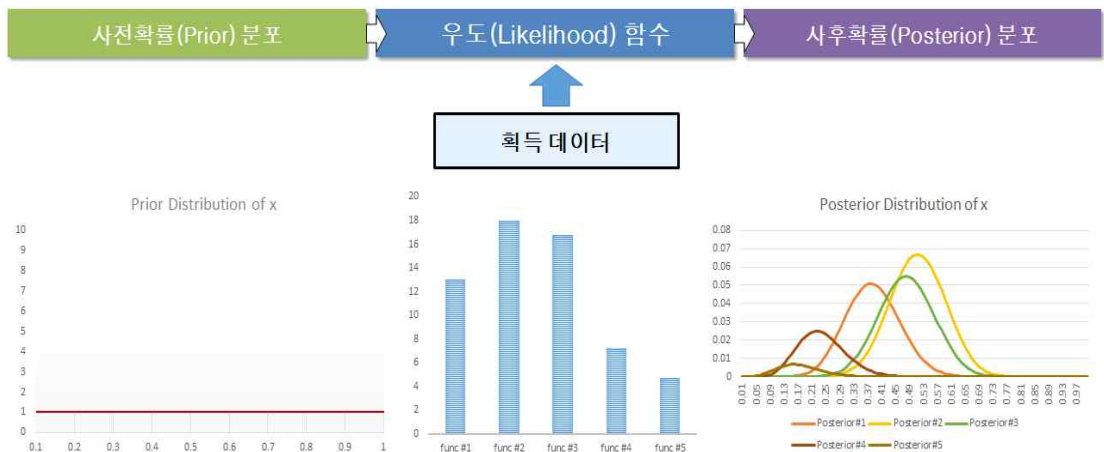
베이즈 법칙(Bayes' rule)에 의하면 미지변수에 대한 불확실성은 경험에 기반한 주관적 사전지식과 데이터에 기반한 객관적 가능성의 곱으로 나타남으로 아래의 식과 같이 나타낼 수 있다[19].

$$x|D) P(D|x) P(x) \quad (2)$$

따라서 베이지안 이론에서는 객관적인 데이터와 주관적인 지식을 하나로 통합하여 고려할 수 있는데, 주관적인 지식인 사전확률분포와 관측된 데이터를 우도함수에 적용하여 사후확률분포를 추론할 수 있다[20,21]. 특히 아직 개발 전의 장비에 대한 군수지원 자료가 없어 사전확률분포를 모르더라도 (그림 4)에서 보듯이 비교적 많은 데이터가 있는 경우 참해에 근접한 결과를 얻을 수 있다.

2.3.2 미래 성능을 반영한 인수 도출

베이지안 이론에 기반하여 사후확률 분포를 추정하기 위해서는 신규 성능이 운용형태별로 얼마나 사용될지에 대한 데이터가 필요하다. 이를 위해 전투시나리오에서 신규 기능의 운용여부를 스위치 온/오프 리스트를 작성할 수 있다[22,23].



(그림 4) 베이지안 이론을 통한 사후확률 분포 추정

<표 9> 운용형태별 신규 기능 스위치 온/오프 리스트(예)

운용형태	저소음 주행	무인 감시	자율 주행	원격 사격	통신 중계
OOOO태세/ OOO 경계	13	18	16.75	7.25	4.75
OOO 이동	24.25	22	17.75	15.25	19
OO 정찰	25.25	16.75	15	14.75	17.75
매복	7.5	24.75	4.75	12.5	23
OO 유도	14.75	23.25	14	7	21
OOOOO 습격/OO 공격	10.25	9	16	25.25	7
포탄/OO공격	9.25	11	15.75	16	17.25

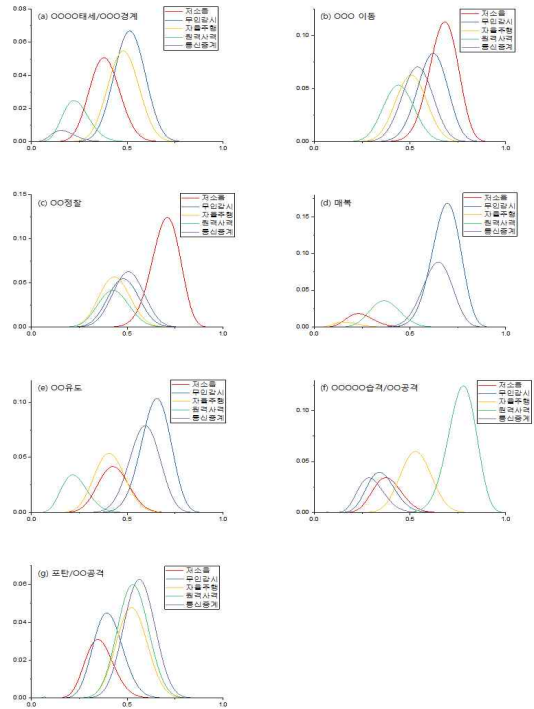
<표 10> 쌍대비교를 통한 신규 기능 간 가중치 도출

	w_2	w_3	w_4	w_5
	0.231	0.272	0.198	0.171

스위치 온/오프 리스트를 작성하기 위해 작전유형에서 각 기능과 운용개념의 전문가 집단(36명)을 선정하고, 각 운용형태에서 신규 기능의 운용여부를 5점 척도로 종합하여 <표 9>와 같이 데이터를 얻을 수 있다. 신규 기능의 운용여부를 나타내는 리스트이므로 우도함수는 각 신규 기능이 일어날 빈도수와 확률값을 포함하고 있는 이항분포로 가정한다.

$$D(x) = C_k x^k (1-x)^{n-k} \quad (3)$$

확보한 데이터를 우도함수에 적용하고, 이를 통해 운용형태별 신규 기능의 사후확률 분포를 (그림 5)와 같이 얻을 수 있다. 이로부터 미래 기능 인수를 도출하기 위하여 먼저 쌍대비교(pairwise comparison)를 통하여 신규 기능 간 중요도를 비교한다[24]. 앞서 선정된 36명의 군 전문가의 결과를 분석한 결과, <표 10>과 같이 가중치가 도출되었으며 이 때 일관성 지수(Consistency Index)는 0.006으로 타당하게 나타났다. 마지막으로 5종의 신규 기능을 통합한 하나의 미래 기능 인수를 도출하기 위해 참혜에 가장 근접한 사후확률을 도출하여 <표 11>에 나타난 식에 대입하여 운용형태별 운용인수를 얻을 수 있다.



(그림 5) 운용형태별 사후확률 분포

2.3.3 미래 신규 기능을 고려한 OMS/MP 작성

무인전투차량이 배치될 부대의 경우 미래의 임무 변동이 제한적으로 확장될 것으로 예상된다. 현행임무를 수행하되, 책임지역이 0~0배 확대되고 임무의 빈도수가 증가하므로 이에 대한 고려가 OMS/MP에 포함되어야 한다. 2.2에서 작성한 OMS/MP는 현행임무를 무인전투차량이 단순 대체하여 수행한다고 가정하여 작성하였다. 이는 앞서 언급한 바와 같이 미래 전장에서 개발 중인 신규 기능들이 실제 운용되었을 때 발생할 수 있는 RAM 값이나 ILS요소의 변화를 반영하지 못한다. 따라서 신규 기능들이 미래 전장에서 운용되는 정도를 인수에 반영하여야 하고, 앞서 베이지안 분석을 통해 도출한 미래 기능 인수를 앞서 도출한 현재 장비 인수에 반영하여 운용형태종합(OMS)을 수정할 수 있고, 그 결과는 <표 12>와 같다.

임무유형(MP) 수정 시에 각 요소별로 직접적인 영향을 미치는 신규 기능의 인수만 반영하였다.

<표 11> 운용형태별 미래 기능 인수(예)

운용형태	계산식	미래 기능 인수
OOOO태세/ OOO 경계	$x D) = \sum w_i P(D x_i) P(x_i)$ x : 전체 신규 기능 D : 운용형태 x_i : i 번째 신규 기능 w_i : i 번째 신규 기능의 가중치	0.0459
OOO 이동		0.0794
OO 정찰		0.0700
매복		0.0688
OO 유도		0.0642
OOOOO습격 /OO 공격		0.0562
포탄/OO공격		0.0472

평균·최대 기동거리 및 엔진가동시간은 저소음 및 자율주행 기능의 미래 인수만, 통신 및 탐지 운용시간은 무인감시, 통신중계 및 원격사격 기능의 미래 인수만 작전유형별로 적용하여 <표 13>과 같이 결과가 나타났다.

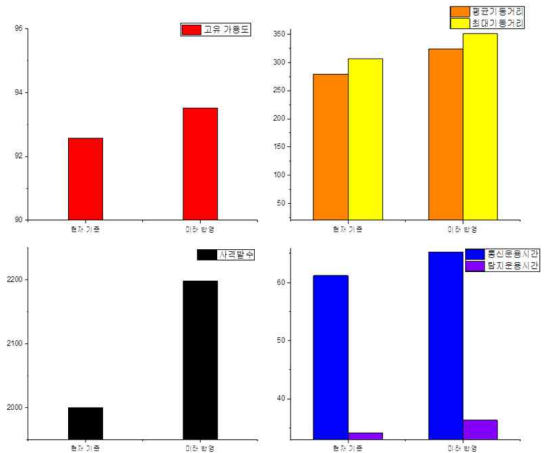
현행 임무에 기반하여 작성된 2.2장의 OMS/MP와 신규 성능의 활용까지 고려한 2.3장의 OMS/MP에서 각각 고유가용도와 임무유형을 도출하여 (그림 6)과 같이 비교할 수 있다. 고유가용도는 <표 3>의 수학적 모델에 적용하여 도출할 수 있고 1%정도 증가하였다. 기동거리와 전자장비 운용시간은 각각 15%, 6% 증가한 것을 확인할 수 있다. 개발될 장비의 확장될 임무와 신규 성능을 고려하여 인수를 결정함으로써 미래 환경에서 실제장비가 운용되었을 때의 변화 정도를 선행연구

<표 12> 수정된 전시 운용형태종합(OMS)

구분	TT	TUT	OT	AT	ST	TDT	
72H 전투	OO준비	16.0	16.0	5.2	9.2	1.6	-
	OO이동	12.0	12.0	5.5	5.1	1.4	-
	OO행동	16.0	16.0	7.8	6.1	2.1	-
	OO행동	8.0	8.0	5.7	1.5	0.7	-
	OO지원	20.0	20.0	7.0	10.6	2.4	-
	소계	72.0	72.0	31.2	32.5	8.2	-
비전투	144	122.4	-	-	122.4	21.6	
계	216	194.4	31.2	32.5	130.7	21.6	

<표 13> 수정된 전시 임무유형(예)

구분	평균 기동거리 (km)	최대 기동거리 (km)	엔진 가동 시간 (hr)	사격 발수	통신 운용 시간	탐지 운용 시간
OO준비	61.4	66.4	5.3	432	14.5	7.2
OO이동	56.1	63.1	5.4	214	10.9	6.3
OO행동	79.8	84.8	7.9	329	14.2	8.9
OO행동	58.7	64.2	5.7	727	7.5	3.4
OO지원	67.5	72.5	6.9	497	18.2	10.6
계	323.5	351	31.2	2,199	65.3	36.4



(그림 6) 가용도 및 임무유형(MP) 비교

단계에서부터 예측하여 반영할 수 있고, 이를 통해 추후 장비운용비용을 절감할 수 있는 기회를 가질 수 있을 것으로 예상된다.

3. 결 론

본 논문에서 선행연구단계에서 새로운 기능의 무기체계의 RAM 분석을 위한 운용형태종합 및 임무유형(OMS/MP) 작성방법을 무인전투차량이라는 사례를 중심으로 제시하였다. 먼저 신규 장비가 운용될 제대의 현행 임무, 교리 및 장비에 근거하여 전투시나리오를 작성하고 각 인수를 도출하였다. 그리고 작전요구성능 및 운용요구서를 바탕으로 확장된 임무 및 신규 기능을 반영하여, 새로운 기능이 작전유형별/운용형태별로 얼마나 활용될 수 있는지를 베이지안 분석을 바탕으로 도출하였다. 현재 장비의 인수와 미래 기능의 인수를 통합하여 최종 인수를 산출하고, 이를 바탕으로 OMS/MP를 수정하였다. 수정된 OMS/MP에서 산출된 값을 수학적 모델에 대입하여 RAM 목표값을 산출할 수 있다. 즉, 선행 연구단계에서 새로운 무기체계의 신규 기능 및 미래 전장 환경을 반영하여 운용형태종합 및 임무유형(OMS/MP)을 작성하는 방법을 구체화하였고, 이를 바탕으로 RAM 목표값 및 종합군수지원(ILS) 요소를 도출할 수 있다.

<표 14> 무인전투차량 RAM 목표값

구 분	고유가용도(A _i)	MTBF	MTTR
체계기준	93.51%	41.7H	4.6H
산출자료	수정된 전시 OMS	평시 OMS	

제시된 방법론을 바탕으로 RAM 목표값을 산출한 결과는 <표 14>과 같다. 베이지안을 기반으로 수정된 전시 OMS로 고유가용도를 도출할 수 있으나, 평균고장간시간과 평균수리시간은 도출할 수 없다는 제한사항이 있다. 하지만, 수정된 MP로 도출되는 ILS요소까지 고려하면, 무인전투차량의 설계 시 개발가능성을 판단하여 총수명주기 비용 관리에 기초자료로 활용될 수 있다. 또한 향후 개발될 체계를 예측하고, 시험 및 평가단계에서의 신뢰성과 내구성을 평가하는 기초자료로 활용될 수 있다.

선행연구 단계 및 탐색개발 전 단계는 개발비

와 운영유지비를 결정하는 과급효과가 매우 큰 단계이다. 이후 단계에서는 총수명주기 비용이 크게 변동되기 힘들다. 따라서 초기단계에서 신규 무기체계의 적정 RAM 목표값 설정 및 종합군수지원(ILS) 요소 도출은 소요군에서 제시하는 작전운용 개념을 충족시킬 수 있고, 이를 토대로 최적화된 군수지원체계의 개발과 총수명주기 비용 산출을 위한 기초로 활용될 수 있다. 획득 단계에서부터 올바른 작전 개념에 부합하는 적정 목표값을 제시함으로써 획득 이후 운영유지단계에서 소요군의 요구까지 충족 할 수 있을 것으로 기대된다.

결론적으로 RAM 목표값 및 군수지원요소의 현실화를 통하여 지속적으로 누적되어 발생하고 있는 장비유지비를 사전 예측하여 적정 예산 산출 및 예산을 절감에 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 즉, 장기적 관점에서 2012년 이후 증가율 5% 이하로 하락중인 국방비 재원의 한계를 극복하기 위한 방안의 일환으로 활용될 수 있다.

참고문헌

- [1] 최성일, 최완수, 이상근, 종합군수지원 개발 실무 지침서, 방위사업청, 2015.
- [2] 문기정, 한장근, 연재성, 문성민, 이정호, 무기체계 RAM 업무편람, 방위사업청, 2014.
- [3] 구옥희, (장비제작업체를 위한) 종합군수지원(ILS) 업무 안내서, 방위사업청, 2007.
- [4] 최성빈, 방위력 개선사업 비용관리, 한국국방연구원, 2007.
- [5] J. R. Nelson, Life Cycle Costing and Life-Cycle Analysis, IDA, 2004.
- [6] DOD, Department of Defense Guide for achieving Reliability, Availability, and Maintainability, Washington, 2005.
- [7] 김경용, 배석주, “전투준비태세 및 유사장비 운용자료를 활용한 RAM 목표값 설정방법에 관한 연구”, 산업경영시스템학회지, 제 32권, 제 3호, 2009.

[8] 한창희, 신규용, 오명호, “OMS/MP 및 유사장비 정비자료 분석을 통한 소형전술차량의 RAM 목표값 산출”, 한국군사학논집, 71집, 1권, 2015.

[9] 김광용, 진교수, 안창순, “OMS/MP 이용차량의 거리기준 신뢰도 목표값의 산출방안”, 한국방위산업학회, 제 16권, 제 1호, 2009.

[10] 김해연, 변재정, “모의분석을 통한 OMS/MP 산출기법에 관한 연구”, 한국군사과학기술학회지, 제 15권, 제 6호, 2012.

[11] 전성현, 김건인, 이성희, “전력화 장비의 OMS/MP 작성 및 적용방안”, 육군사관학교 화랑대연구소, 2012.

[12] 박홍순, 권태욱, 이철화, 박대현, “차기 군 위성통신체계 OMS/MP 분석 및 운용개념으로부터의 RAM 목표값 산출 제안”, 한국군사과학기술학회지, 제 16권, 제 3호, 2013.

[13] 김성우, “신 성장동력의 로봇개발 동향과 전망”, 융합보안논문지, 17(2), 2017.

[14] 허영대, “미래전쟁을 대비한 NCW기반 전투력 발전방안 연구”, 융합보안논문지, 17(5), 2017.

[15] 박근석, 천상필, 김성표, 엄정호, “전장에서 드론을 활용한 보안 위협과 시나리오”, 융합보안논문지, 18(4), 2018.

[16] 허용도, “야전운용제원과 연계한 RAM 분석방안”, 2004년 국방품질경영 학술세미나, 2004.

[17] 화랑대연구소, “미래형 전차 OMS/MP 개발/전차전 임무분야 분석연구”, 서울: 화랑대연구소, 1999.

[18] 노승용, “델파이 기법(Delphi Technique): 전문적 통찰로 미래예측하기”, 국토 9월호, 2006.

[19] Sivia, Devinder S, Data analysis : a Bayesian tutorial, Oxford university press, 1996.

[20] 최주호, “신뢰성분석 및 설계를 위한 베이지안 통계기법”, 기계저널, 제54권, 제2호, 2014.

[21] Gelman Andrew et al., Bayesian data analysis, Vol. 2, London: Chapman & Hall/CRC, 2014.

[22] 송기훈, 박영만, 홍순국, 민승식, 유재우, 최충현, “소나체계의 OMS/MP 설정과 운용실적 분석을 통한 RAM 목표값 설정 방안 연구”, 한국군사과학기술학회지, 제18권, 1호, 2015.

[23] 정철곤, 조경민, 정치권, 여철모, “박격포 체계 OMS/MP분석을 통한 RAM 목표값 산출기법에 관한 연구”, 한국경영과학회 학술대회논문집, 2015.

[24] 여규동, 김길호, 이상원, “AHP 가중치 도출을 위한 쌍대비교의 수정비율 개발”. 국토연구 제71권, 2011.

【저자소개】



최 홍 철 (Hong-Cheol Choi)
2012년 2월 육군사관학교 학사
2016년 2월 서울대학교 석사
2019년 1월 ~ 현재
육군사관학교 물리화학과 강사
email : choihc32@gmail.com



강 태 호 (Taeho Kang)
2009년 2월 육군사관학교 기계공학 학사
2014년 8월 노스웨스턴대학교 전자공학 석사
2018년 ~ 현재
경찰청 장비담당관실 연구사
email : taehokang65@gmail.com



윤 병 조 (Byung Jo Youn)
2006년 2월 기계공학 석사
2012년 8월 경영학 박사
2017년 ~ 현재
방위사업청 장갑차사업팀
email : ceasear@korea.kr



이 호 찬 (Hochan Lee)
2000년 2월 육군사관학교 물리학 학사
2004년 2월 서울대학교 물리학 석사
2013년 8월 퍼듀대학교 물리학 박사
2013년 8월 ~ 현재
육군사관학교 물리화학과 조교수
email : channy64@kma.ac.kr