

## 다목표 의사결정 방법론 기반의 수상함 획득대안 분석

김경환<sup>1,2\*</sup>, 이재천<sup>2</sup>

<sup>1</sup>국방기술품질원, <sup>2</sup>아주대학교 시스템공학과

### An Analysis of Alternatives for the Acquisition of Naval Surface Ships based on a Multi-Objective Decision-Making Method

Kyong-Hwan Kim<sup>1,2\*</sup> and Jae-Chon Lee<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Defense Agency for Technology and Quality

<sup>2</sup>Dept. of Systems Engineering, Ajou University

**요약** 획득대안 분석 프로세스는 비용, 일정, 성능 및 위험이라는 제약사항 내에서 다양한 후보 대안들 가운데에서 최적의 대안을 선택하는 것이다. 신규 무기체계 획득을 위해 사용하고 있는 기존의 대안 분석 방법은 일반적으로 요구사항 분석, 설계 조합, 그리고 비용 추정을 통해 수행되고 있다. 본 논문은 합정 설계개념 정제 및 물자적 대안분석 단계에서 다목표 의사결정 방법을 기반으로 개선된 획득대안 분석 방법을 제시한 것이다. 이번 연구에서는 시스템공학 원리를 기반으로 효과도 분석, 사업 비용 추정, 그리고 위험도 평가 기법을 활용하여 차세대 다목적 훈련지원함에 대한 실질적인 응용 및 적용 연구를 수행하였다.

**Abstract** The process of an analysis of alternatives(AoA) attempts to select the best and balanced solution among a set of multiple candidate solutions under the constraints of cost, schedule, performance and risk(CSPR). The traditional AoA for the acquisition of a new weapon system has usually centered on the sequence of the requirement analysis, design synthesis, and cost estimation. An improved process for AoA is developed in this paper based on a multi-objective decision-making method, which is intended to be applied in the design concept refinement and material solution analysis stage for the acquisition of naval surface ships. The presentation of the proposed AoA approach is then followed by a case study for the next generation multi-purpose training ship based on the principles of systems engineering and also using the models of the effectiveness measure, cost estimation, and risk assessments.

**Key Words** : Systems Engineering, Analysis of Alternatives, Measure of Effectiveness, Measure of Risk

### 1. 서론

무기체계 획득대안의 분석은 미래전에 요구되는 미션, 합동능력 및 운용개념을 기반으로 초기 소요제기 단계에 설정된 개별 무기체계의 능력/목표성능을 충족시킬 수 있도록 다양한 기술적 대안들에 대한 절충(trade-off) 및 최적화를 통해 획득대안을 분석하고 이에 소요되는 기술들에 대한 개발 목표를 설정해야 한다.

무기체계 선행연구단계의 핵심 프로세스는 설계 개념

에 대한 개발을 통한 획득대안 분석으로 합정의 경우 개념 탐색 및 설계 단계에서 시스템공학(Systems Engineering) 원리에 입각하여 합정 설계 최적화를 수행해야 한다.

합정 및 무기체계는 초기 소요제기단계에서 건조가능성 검토, 초기 작전운용성능(안) 도출 등을 수행하며, 선행연구단계에서는 개념설계, 사업분석, 비용분석 등을 통해 사업 필요성, 요구사항 및 성능의 타당성, 비용 추정 등을 통해 획득대안을 분석하고 있으나, 효과도, 비용, 위

\*Corresponding Author : Kyong-Hwan Kim

Tel: +82-10-2332-4752 email: seahope21@nate.com

접수일 12년 07월 17일

수정일 (1차 12년 08월 20일, 2차 12년 09월 04일)

게재확정일 12년 09월 06일

험도를 종합적으로 고려한 대안분석은 미흡한 실정이다.

본 연구는 연구개발 무기체계의 선행연구단계(개념설계, 사업분석 등 수행)에서의 요구능력 및 기능 분석, 설계 조합을 기반으로 효과도, 비용, 위험도를 종합적으로 고려한 다목표 의사결정 환경에서의 획득대안 분석을 통한 국내 적용 방안을 제시하고 실증적 사례 분석을 통해 개선된 방법론에 대한 평가를 수행하였다.

## 2. 선행연구 분석

### 2.1 다목표 의사결정 방법론 고찰

다목표 의사결정 환경에서의 의사결정의 개념은 생명의 유전과 진화의 원리(적자 생존)를 기반으로 1973년 John Holland가 최초로 이론화시킨 유전자 알고리즘(Genetic Algorithms)에서 출발하여 1986년 Belton은 MAVT(Multi Attribute Value Theory) 이론으로 발전되었고, 1996년 Saaty의 AHP(Analytical Hierarchy Process) 이론과 융합되어 활용되었으며, 1998년 Thomas가 PGA 알고리즘(Pareto Genetic Algorithms)으로 발전시켰다.[1]

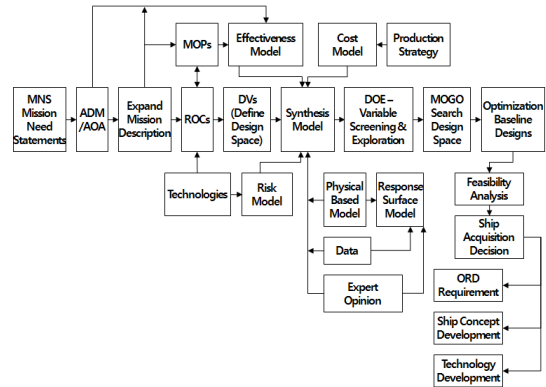
상기 이론들은 1976년 Reed가 합정 설계를 위해 최초로 개발한 설계조합 모델인 합정 설계조합 모델(Ship Synthesis Model)에 응용되었으며, 이를 기반으로 MIT에서 Thomas와 Alan J. Brown이 20년 이상 연구 및 발전시켜 1990년대에는 OMOE(Overall Measure of Risk) 기반의 ASSET(Advanced Ship Synthesis Evaluation Tool)에 적용되었다.

이후 2004년에는 Virginia Tech.의 Mierzwicki와 Alan J. Brown는 위험요소가 발생할 확률인 Pi(probability of occurrence)와 사업에 미치는 영향인 Ci(consequence of the event)를 기반으로 위험도를 평가할 수 있는 OMOR(Overall Measure of Risk) 함수를 개발함으로써 현재의 미 해군 합정 개념연구 및 설계 수행시 다목표 의사결정을 위한 함수로 응용되고 있다.

미 해군은 그림 1과 같이 초기 전력 기획 단계에서 JCIDS(Joint Capability Integration and Development System)를 통해 도출된 ICD(Initial Capability Document) 및 ADM(Acquisition Decision Memorandum)을 기반으로 임무정의(운용개념, 임무 시나리오, 요구운용능력 등), 개념탐색(Concept Exploration) 및 개념개발(Concept Development), 비용 및 위험분석 등을 수행하고 있다.[2]

특히 합정 개념 탐색 및 개발시 임무 및 작전운용성능을 기반으로 획득하고자 하는 대상 함정에 대하여 계층화된 효과도 모델을 설정하고, 관련된 설계 변수들(DVs

: Design Variables)에 할당 및 설계조합을 통해 효과도, 위험도, 비용을 고려한 다양한 설계 대안 도출을 위한 프로세스를 적용하고 있다.[3]



[그림 1] 합정 개념 및 요구사항 탐색 프로세스  
[Fig. 1] Concept and Requirements Exploration Process for Naval Ship

상기 미 해군 프로세스의 핵심은 효과도 측정(MOE/MOP : Measure of Effectiveness/Measure of Performance), 비용 추정, 위험도 평가 모델을 기반으로 합정을 구성하는 각종 설계 대안들(Design Variables)에 대한 설계조합을 통해 최적획득대안을 분석하는(AoA : Analysis of Alternatives) 것이다.[4]

이러한 설계 과정의 핵심은 대상 획득사업의 제약조건(성능, 비용, 일정) 내에서 다양한 획득대안들에 대한 비교분석을 실시하고, 실행 가능한 영역(feasible area) 내에서 설계 개념을 최적화 하는데 목적이 있다.

국내 합정 선행연구단계에서는 해군에서 제시한 초기 작전운용성능(안)을 기반으로 개념설계를 수행함으로써 요구성능을 충족시킬 수 있는 설계 대안을 개략적으로 제시하고 있다.

그러나, 사업 및 비용분석을 통해 작전운용성능(안)의 검증, 총 사업비용을 추정 등을 수행하고 있으나, 시스템 공학 프로세스를 기반으로 대상 함정에 대한 계층적인 효과도 모델, 위험도 모델 등을 고려한 다목표 의사결정 환경에서의 최적 설계 개념 구현은 미흡한 상태이다.

### 2.2 문제 정의

무기체계 선행연구단계에서 최적화 방법은 다양한 설계변수들을 대상으로 주어진 제한조건을 만족시키면서 목적함수들을 최소화 또는 최대화시키도록 설계변수의 값을 조정함으로써 설계하고자 하는 시스템의 최적 획득

대안을 도출하는 방법이다.

또한, 다양한 획득대안 및 제약사항(성능, 비용, 일정 등)에 따라 설정되는 무기체계 목표성능을 충족시키기 위한 기술적 접근방법으로 시스템공학 환경을 기반으로 서로 다른 설계변수 및 가용기술들을 식별, 선택 및 평가함으로써 획득 대안 및 연구개발 전략을 차별화해야 하나 이를 위한 체계적인 시도는 국내에서 아직 미흡한 실정이다.[5]

국내 무기체계 선행연구단계에서는 초기 전력 소요제기 단계에 설정된 작전운용성능을 기반으로 개념설계를 통해 이를 충족시킬 수 있는 적정 설계 대안을 설정하고 사업분석을 통해 개념설계를 통해 제시된 대안의 타당성 여부와 총 사업비추정을 실시하고 있다.

그러나, 작전운용성능이 타당하다고 하더라도 설계 변수의 선택에 따라 제한된 예산 혹은 비용 범위 내에서 그 이상의 효과가 있는 다양한 획득 대안들이 존재할 수 있으며, 이러한 대안들은 효과지수와 더불어 비용, 위험도와의 상호 절충 및 비교를 통해 최적의 대안을 도출할 필요가 있다.

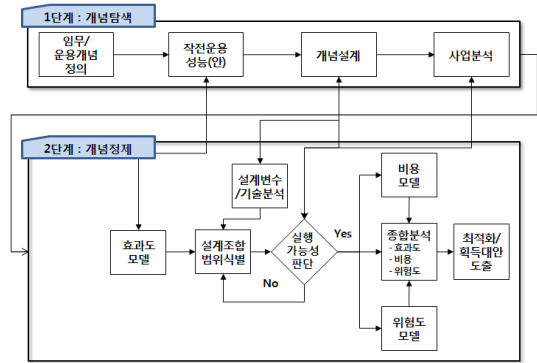
또한, 기존 개념설계 및 사업분석을 통해 도출되는 합정 획득 대안은 실행 가능한 영역 내부에 존재할 수 있는 단일 획득 대안 위주로 분석 및 검증하는 제한점이 있으며, 따라서 부체계 및 구성품 수준에 존재하는 다양한 후보 대안들에 대한 설계조합을 통해 설계공간 탐색을 확장하고, 효과도, 위험도, 비용을 종합적으로 평가하여 실행 가능한 영역에서 상대적으로 우월한 대안들 또는 비지배해(non-dominated frontier)들의 존재 여부를 확인할 필요가 있다.

### 2.3 연구방법

본 연구에서는 다목표 의사결정 환경에서의 획득대안 분석을 위한 실증적 연구를 위해 해상에서의 각종 훈련을 지원하는 다목적 훈련지원함(MTS : Multi-purpose Training Ship)을 시범대상으로 선정하여, 효과도, 비용, 위험도를 종합적으로 고려한 획득대안 분석 방법을 적용하였다.

초기 설계개념 및 각종 대안들에 대한 분석 범위는 국내 선행연구단계에서의 연구 산출물(개념설계, 사업분석 연구결과)을 활용하였으며, 시스템공학 프로세스를 기반으로 초기에 설정한 운영개념을 확인하여 임무 시나리오를 분석하였다.

본 연구에서 수행한 연구방법은 그림 2와 같이 기존 국내 선행연구 프로세스를 1단계 프로세스로 정의하고, 이를 확장한 2단계 개념정제 프로세스를 추가적으로 확장하여 적용한 것이다.



[그림 2] 확장된 합정 개념 탐색 및 개념 정제 프로세스 [Fig. 2] Advanced Concept Exploration and Concept Refinement Process for Naval Ship

1단계 개념탐색 단계에서는 MTS 합정 개념설계 및 사업분석 결과를 통해 초기 설계개념을 설정하고, 2단계 개념정제 단계에서는 작전운용성능(안)을 기반으로 효과도 모델을 개발하여 설계조합의 범위를 식별한 후, 1단계 개념설계 및 사업분석 결과와 비교를 통해 설계조합의 범위를 압축함으로써 실행 횟수 및 시간을 보다 줄이는 방법으로 효과도, 위험도, 비용에 대한 종합적인 분석을 수행하였다.

이러한 방법은 1단계 프로세스를 통해 도출된 초기 설계 개념을 설계 공간 탐색을 위한 기준점(또는 제한점)으로 활용함으로써, 2단계 개념정제 단계에서 수행하는 획득 대안의 탐색 범위를 보다 단순화시킬 수 있다.

효과도 모델은 초기에 설정된 작전운용성능에 대하여 계층적 모델을 활용하여 체계적으로 분류하고, 이에 대한 임무 및 효과도를 설정하기 위해본 사업분야 전문가들의 의견 수렴을 기반으로 AHP(Analytical Hierarchy Process) 기반의 전산도구를 활용하여 가중치를 설정하였다.

대안별 효과도는 합정 선체 재질의 변화에 따른 함정 배수량의 변화, 이에 따른 함 최대속력 및 소요마력의 충족을 위한 탑재 추진체계 및 가용 기술의 검토, 소요마력의 변화 등에 따른 관련 설계변수 간의 설계조합을 통해 산출하였다.

비용 추정은 각 대안별 설계변수들의 선택 및 조합에 따라 달라지는 소재, 탑재장비의 변화를 비용분할구조에 반영하여 함 중량의 증감을 반영하여 건조비 및 운영유지비(유류비 중점)를 비교 분석하였고, 선행연구단계 사업분석 결과를 토대로 공학적 추정과 전산모델 추정의 2 가지 방법을 병행하여 사용함으로써 미 해군의 단일 비용 추정 방식 보다 개선된 추정 방법을 사용하였다.

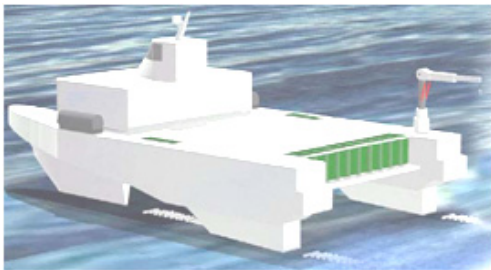
위험도는 선정된 위험요소의 성능, 비용, 일정의 3가

지 관점에서 위험도 목적 함수에 따라 위험도 평가 기준을 설정하여 위험도를 산출하였다.

### 3. 다목표 의사결정 기반의 수상함 획득대안 분석

#### 3.1 임무 및 운용개념 정의

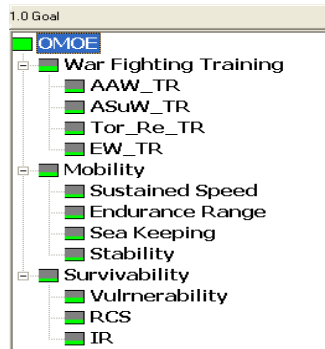
MTS 함정의 임무는 해상에서의 대함 및 대공 사격 훈련, 전자전 훈련, 어뢰 회수 훈련 지원으로 분류 및 정의되며, 유사 함정 설계 개념은 그림 3(미 해군/Lockheed Martin사 Sea SLICE함 개념 인용)과 같다.



[그림 3] MTS 함정 설계 개념도(예시)  
[Fig. 3] Design concept of MTS(example)

#### 3.2 획득대안별 효과도 산출

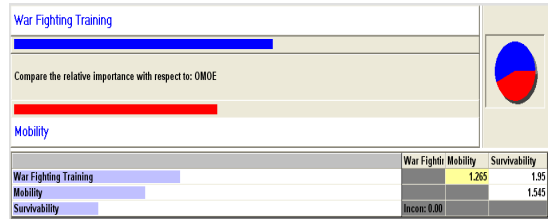
효과 분할 구조도(OMOE)는 본 MTS 함정의 임무 및 운용개념을 기반으로 미 해군 함정들에 통상적으로 적용하고 있는 분류 방식을 참조하여 그림 4와 같이 MOE 수준(Level 2)은 전투훈련능력(War Fighting Training), 기동능력(Mobility), 생존능력(Survivability) 3가지로 분류하였다.



[그림 4] OMOE 계층 구조도  
[Fig. 4] OMOE hierarchy

MOP 수준(Level 3)은 수준 2의 3가지 요구능력을 충족시키는데 필요한 항목으로 대공전훈련(AAW\_TR : Anti-Air Warfare Training), 대수상함전훈련(ASuW\_TR : Anti-Surface Ship Warfare Training) 등 11개 항목으로 분류하여 계층적 모델을 생성하였다.

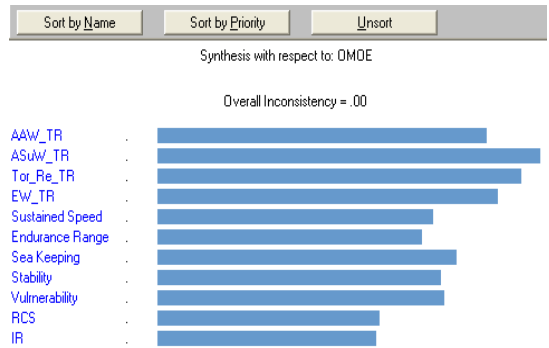
MOE 수준(Level 2)에서의 3가지 항목에 대한 가중치는 관련 전문가의 의견을 수렴하여 AHP 도구인 Expert Choice를 활용하여 3가지 항목에 대하여 그림 5와 같이 쌍대비교를 통해 가중치를 도출하였다.



[그림 5] OMOE 시뮬레이션 결과  
[Fig. 5] Simulation result of OMOE

3가지 항목에 대한 상대적 비교 결과 가중치 순위는 그림 5의 하단에 도시된 3가지 막대 그래프의 크기(가중치)에서와 같이 전투훈련능력, 기동능력, 생존능력 순으로 도출되었으며, 본 MTS 함의 임무가 전투함이 아닌 훈련지원함 임을 고려시 임무별 가중치는 타당한 결과로 분석된다.

MOP 수준(Level 3)에서의 가중치는 본 사업분야 전문가들의 의견을 기반으로 쌍대비교 및 시뮬레이션 결과 그림 6와 같이 막대 그래프의 크기(가중치)로 도출되었다.



[그림 6] MOP 가중치 시뮬레이션 결과  
[Fig. 6] Simulation result of MOP weights

총 11개 MOP 항목에 대한 가중치 순위는 대함사격, 어뢰 회수, 전자전, 대공전 훈련 분야가 타 분야 대비 상

대적으로 높으며, 생존성 분야인 레이더 반사 단면적(RCS : Radar Cross Section), 적외선(IR : Infra Red) 등의 분야는 본 MTS 함이 비전투함임에 따라 가중치가 상대적으로 낮게 도출되어 전반적으로 타당한 결과가 산출된 것으로 분석된다.

상기 가중치를 반영한 전체 효과도(OMOE)는 Alan J. Brown이 적용한 효과도 목적함수인 수식(1)을 사용하였고, 11개 MOP 항목별 VOP(Value of Performance)는 표 2에 제시된 설계변수들인 DVs(Design Variables)의 달성도(attained value)를 표 1 및 표 2에 제시된 대안별 조합 범위에 따라 지수화(Low=0, Medium=0.5, High=1.0) 하여 적용하여 수식 (1)에 적용함으로써 획득대안별 효과도를 산출하였다.

$$OMOE = g[VOP_i(MOP)] = \sum_i w_i VOP_i(MOP_i) \quad (1)$$

[표 1] MOE, MOP, VOP와 DVs

[Table 1] MOE, MOP, VOP and DVs

MOE		MOP		VOP		Related DV	
No.	MOE_Disc.	No.	MOP_Disc.	Threshold	Goal	No.	DV
MOE1	War fighting Training	MOP1	AAW_TR	0	1	DV1	UAVT
		MOP2	ASuW_TR	0	1	DV2	UBT
		MOP3	Tor_Recovery_TR	0	1	DV3	TRB
		MOP4	EW_TR	0	1	DV4	EWT
MOE2	Mobility	MOP5	Sprint Speed	0	1	DV5	PSYS
		MOP6	Endurance Range	0	1	DV5	PSYS
		MOP7	Seek Keeping	0	1	DV6	HULL
		MOP8	Stability	0	1	DV6	HULL
MOE3	Survivability	MOP9	Vulnerability	0	1	DV6	HULL
		MOP10	RCS	0	1	DV6	HULL
		MOP11	IR	0	1	DV5	PSYS

[표 2] 대안들에 대한 설계조합 범위

[Table 2] Design synthesis range of alternatives

대안	MOP1	MOP2	MOP3	MOP4	MOP5	MOP6	MOP7	MOP8	MOP9	MOP10	MOP11
Dgn1	H	L	H	L	M	M	L	H	L	M	H
Dgn2	H	L	H	M	M	M	L	H	L	M	H
Dgn3	H	L	H	H	M	M	L	H	L	M	H
Dgn4	H	H	H	L	M	M	L	H	L	M	H
Dgn5	H	H	H	M	M	M	L	H	L	M	H
Dgn6	H	H	H	H	M	M	L	H	L	M	H
Dgn7	H	L	H	L	M	M	L	H	H	M	M
Dgn8	H	L	H	M	M	M	L	H	H	M	M
Dgn9	H	L	H	H	M	M	L	H	H	M	M
Dgn10	H	H	H	L	M	M	L	H	H	M	M
Dgn11	H	H	H	M	M	M	L	H	H	M	M
Dgn12	H	H	H	H	M	M	L	H	H	M	M

예를 들어 상기 표 2에 제시된 MOP 9 성능지수는 취약성(Vulnerability)에 해당하는 성능 지수로 관련된 주요

설계변수(DV)는 선체 재질들이 설계변수이며, 미 해군 함정 개념설계 보고서 등에 적용된 재질별 성능지수(VOP)를 참고하여 MTS 함정에 적용 가능한 범위 내에서 H(0) 및 L(1) 2가지를 설계 선택사항(design option)으로 선정하였다.

### 3.3 설계 대안별 위험도 산출

설계 대안별 위험도 산출은 사업 위험과 관련된 설계 영역을 전문가 의견을 기반으로 성능, 비용, 일정 관점에서 수식 (2)에 따라 위험요소들이 일어날 확률 Pi와 위험요소가 초래하는 영향 Ci를 기반으로 표 3과 같이 도출하였다.

위험도 목적함수로는 Mierzwicki와 Alan J. Brown이 제시한 수식 (3)을 적용하였다.

$$Risk = Ri = Pi \times Ci \quad (2)$$

$$OMOR = W_{pef} \frac{\sum P_i C_i}{\sum_i (P_i C_i)_{max}} + W_{cost} \frac{\sum P_j C_j}{\sum_j (P_j C_j)_{max}} + W_{sched} \frac{\sum P_k C_k}{\sum_k (P_k C_k)_{max}} \quad (3)$$

수식 (3)에 있는  $W_{pef}$ ,  $W_{cost}$ ,  $W_{sched}$ 은 성능, 비용, 일정 각각에 대한 가중치(weight)로 미 해군 각종 함정들에 대한 분석시 일반적으로 적용하고 있는 기준인 0.5, 0.3, 0.2를 각각 적용하였다.

[표 3] 설계 변수들과 위험도 평가 결과

[Table 3] DVs and Risk Assessment result

Event	Risk Type	Related DVs	DVs option	Pi	Ci	Ri	ΣPerf	ΣCost	ΣSched
1	Performance	DV4	1	0.3	0.3	0.09	0.59	0.83	1.17
2	Performance	DV4	2	0.3	0.3	0.09			
3	Performance	DV4	3	0.5	0.3	0.15			
4	Cost	DV4	1	0.3	0.3	0.09			
5	Cost	DV4	2	0.3	0.5	0.15			
6	Cost	DV4	3	0.3	0.7	0.21			
7	Schedule	DV4	1	0.3	0.7	0.21			
8	Schedule	DV4	2	0.5	0.7	0.35			
9	Schedule	DV4	3	0.5	0.7	0.35			
10	Cost	DV6	1	0.3	0.3	0.09			
11	Cost	DV6	2	0.1	0.1	0.01			
12	Schedule	DV6	1	0.3	0.3	0.09			
13	Schedule	DV6	2	0.1	0.1	0.01			
14	Performance	DV2	1	0.1	0.1	0.01			
15	Performance	DV2	2	0.5	0.5	0.25			
16	Cost	DV2	1	0.3	0.3	0.09			
17	Cost	DV2	2	0.5	0.3	0.15			
18	Schedule	DV2	1	0.1	0.1	0.01			
19	Schedule	DV2	2	0.5	0.3	0.15			
20	Cost	DV2	1	0.1	0.1	0.01			
21	Cost	DV3	1	0.1	0.1	0.01			
22	Cost	DV5	1	0.1	0.1	0.01			
23	Cost	DV5	2	0.1	0.1	0.01			

상기 표 3은 미 국방부 위험도 관리지침에 따라 위험

의 종류(risk type)는 성능(performance), 비용(cost), 일정(schedule) 3가지로 분류하고 이와 관련된 설계 변수들(DVs)을 식별한 후, 위험도 관리 지침상의 적용기준인 5단계 척도(0.1~0.9)를 활용하여 Pi와 Ci를 평가한 것으로 본 MTS 사업 참여 전문가들의 의견 수렴, 기 검증된 미해군 함정 개념설계보고서 상의 유사 설계변수들에 대한 위험도평가 결과 등을 고려하여 평가한 것이다.

또한, 상기 표 3의  $\Sigma p_{ef}$ ,  $\Sigma cost$ ,  $\Sigma schd$ 는 성능, 비용, 일정별 각 위험도의 전체 합(최대값)을 나타낸 것으로 이 값을 수식(3)에 적용함으로써 해당 위험도 결과가 산출된다.

예를 들어 표 3의 설계변수 DV4의 경우 표 1의 MOP4의 설계 옵션(design option) 3가지가 식별되는데 3가지 사양 모두 개발 일정이 지연될 경우 MTS 영향이 높을 것으로 추정되어 일정 위험(schedule risk) Ci는 다른 설계변수 대비 상대적으로 높은 수준으로 평가되었다.

### 3.4 설계대안별 사업 비용 추정

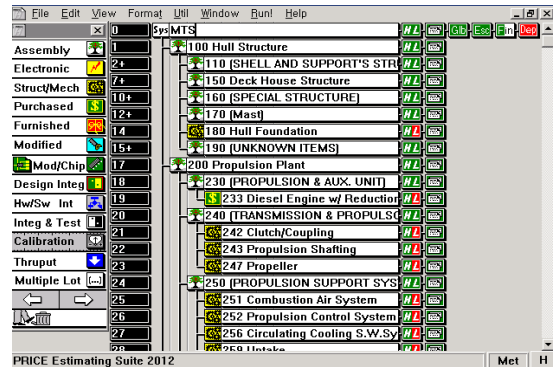
설계 대안별 비용 추정은 SWBS(Ship Work Breakdown Structure)를 기반으로 공학적 방법과 전산모델 추정 방법을 병행한 2가지 방법으로 총 사업비 추정을 실시하였다.

총 사업비 및 함 건조비는 유사 실적함들에 대한 노무 공수 비교 분석 등 공학적 비용 추정 방법론에 따라 국내의 유사 실적함을 비교분석하여 재료비, 노무비, 경비 등을 추정하였다.

공학적 추정의 경우 함 건조비는 MOP의 기준치와 목표치 범위 내에서 달성수준에 따른 설계 변수 및 소요기술의 설계조합 결과를 반영하여 설계 대안들에 대한 획득 비용을 추정하였다.

함 운영유지비는 선체 재질들에 대한 대안 선택에 따른 함정 배수량, 소요마력, 탑재 추진체계 간의 설계조합을 실시하였고, 설계조합 결과 도출된 각각의 대안에 대하여 탑재 엔진 기종별 연료소모율을 분석하여 함 수명주기 동안 소요되는 유류비를 정량적으로 추정하였다.

또한 전산모델(PRICE 모델 사용)에 의한 추정은 SWBS를 기반으로 비용분할구조도(EBS : Estimating Breakdown Structure)를 작성하여 함정 체계 분할구조(선체 100그룹, 추진체계 200그룹 등)에 대한 중량 추정, 제조복잡도(MCPLXS) 추정 등을 실시하였으며, 전산 모델로 작성한 비용분할 구조도는 그림 7과 같다.

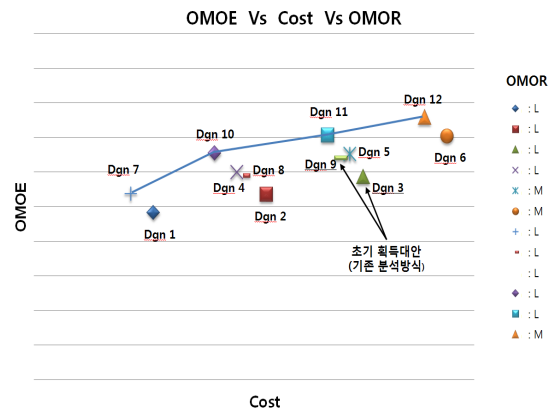


[그림 7] 전산모델 추정을 위한 비용분할구조도  
[Fig 7] Estimating Breakdown Structure(EBS) for Cost Estimation

비용추정 방법은 공학적 추정과 전산모델 추정을 병행하여 분석함으로써 2가지 추정 결과 간 상호 보완을 통해 추정 값의 신뢰도를 높였다.

### 3.5 효과도, 위험도, 비용에 따른 획득대안 비교평가

설계 대안들에 대한 분석 및 시스템 최적화는 각 성능 효과도의 기준치와 목표치 범위 내에서 대안별 선택 가능한 설계변수들을 식별 및 설계조합을 기반으로 도출되며, 효과도, 위험도, 비용 3가지 관점에서 총 12가지 MTS 함정 획득 대안들에 대하여 종합적으로 비교 분석한 결과는 그림 8과 같다.



[그림 8] 효과도, 비용, 위험도 평가 결과  
[Fig. 8] Result of OMOE, Cost, and OMOR

상기 그림 8의 결과를 종합 분석해 보면 총 12가지 대안 들 중 4가지 대안들(Dgn. 7, Dgn. 10, Dgn. 11, Dgn.

12)은 실행 가능한 영역 내부에 있는 8가지 대안들과 비교 시 비용대 효과도 측면에서 우월한 대안으로 비지배해에 해당 된다.

또한, 효과도가 높은 상기 4가지 대안 들 중 Dgn. 12는 나머지 3가지 대안들에 비해 효과도는 제일 높으나 위험도가 높으며, Dgn. 6은 Dgn. 11에 비해 소요되는 비용은 많으나 효과도는 유사하며 위험도는 오히려 증가됨을 정량적인 방법으로 비교 분석할 수 있었다.

그림 8에서 제시된 바와 같이 기존 선행연구단계 분석 방법으로 도출된 초기 획득대안인 Dgn. 9, Dgn. 3은 실행 가능 영역에는 존재하나, 이번 연구결과를 통해 보다 우월한 제3의 대안들이 존재함을 알 수 있고, 이러한 결과는 향후 유사 함정 및 무기체계 획득대안 분석시 본 연구 방법을 적용함으로써 보다 향상된 분석결과를 제시할 수 있음을 알 수 있다.

총 12가지 MTS 함정 획득 대안들에 대하여 효과도, 비용, 위험도를 대상으로 각각의 우선순위를 비교한 결과는 표 4와 같다.

**[표 4] MTS 함정 획득 대안들에 대한 우선순위**  
**[Table 4] ordinal result of Alternatives for MTS**

대안	설계 조합	우선 순위		
		효과도	비용	위험도
Dgn1	HLHLMMLHLMH	12	2	2
Dgn2	HLHMMMLHLMH	11	4	6
Dgn3	HLHHMMLHLMH	9	6	10
Dgn4	HHHLMMLHLMH	7	8	4
Dgn5	HHHMMMLHLMH	5	10	9
Dgn6	HHHHMMLHLMH	3	12	11
Dgn7	HLHLMMLHHMM	10	1	1
Dgn8	HLHMMMLHHMM	8	3	5
Dgn9	HLHHMMLHHMM	6	5	8
Dgn10	HHHLMMLHHMM	4	7	3
Dgn11	HHHMMMLHHMM	2	9	7
Dgn12	HHHHMMLHHMM	1	11	10

표 4에서 제시된 우선순위는 효과도는 높을수록, 비용 및 위험도는 낮을수록 우수한 획득 대안이며, 그림 8의 그래프를 병행하여 활용함으로써 대안들 간 종합적인 비교 분석에 유용하게 활용할 수 있다.

### 4. 결론

본 연구는 국내 무기체계 선행연구단계에서 개선되어야 할 획득대안 분석의 발전적 적용 방안을 MTS 함정 신규 건조 및 획득사업을 대상으로 국내 최초로 시범 적용

한 것이다.

이번 연구에서는 효과도, 위험도, 비용과 같은 다목표 의사결정 환경에서의 획득 대안에 대한 비교 평가를 수행하고, 실행 가능한 영역에서 기존 보다 우월한 해를 추가적으로 도출함으로써 향후 본 연구방법이 신규 무기체계 분석 시 보다 과학적인 획득대안 분석 및 의사결정 방법론으로 유용하게 활용될 수 있음을 확인할 수 있었다.

또한, 실행가능 영역 및 비지배해에 대한 확장된 탐색을 통해 기존 선행연구를 통해 도출된 초기 획득대안들 보다 우월한 획득 대안을 도출할 수 있음을 알 수 있었다.

MTS 함정 시범 연구 등을 통해 제시된 개선된 획득대안 분석 방법 및 성과물은 향후 유사 무기체계 획득 사업에 활용함으로써, 다목표 의사결정 환경에서 보다 과학적이고 합리적인 의사결정을 위한 수단으로 유용하게 활용될 것으로 기대된다.

본 연구과 관련된 추가적인 연구로는 위험도평가에 있어서 보다 계량화된 평가 방안을 마련하기 위해, 연구개발 사업 위험관리의 일환으로 미국 NASA에서 개발한 기술성숙도(Technology Readiness Level) 평가 지표를 적용한 위험도 평가 방안을 심층적으로 연구 중에 있다.

### References

- [1] Brown, A.J., Tomas, M., "Reengineering the Naval Ship Concept Design Process", From Research to Reality in Ship Systems Engineering Symposium, ANSE, pp. 1-5, 1998.
- [2] Virginia Tech., Ballistic Missile Defense Submarine SSBMD(X), Ocean Engineering Design Report, pp. 5-6, 2008.
- [3] Justin Stepanchick and Dr. Alan Brown, "Revisiting DDGX/DDG-51 concept exploration", Naval Engineering Journal, Vol. 119, No. 3, pp. 67-88, 2007.
- [4] Brown, A.J. and Juan Saceldo, "Multiple objective optimization in naval ship design," Naval Engineers Journal, Vol. 115, No. 4, pp. 49-61, 2003.
- [5] Hanwool Choi, "Naval ship concept design for the Republic of Korea navy : A Systems Engineering approach", Master's Thesis, Naval Post-graduate School, pp. 24-29, 2009.
- [6] US Department of Defense(DoD), "Risk Management Guidebook for DoD Acquisition", pp. 11-14, 2006.

**김 경 환**(Kyong-Hwan Kim)

[정회원]



- 1995년 12월 ~ 현재 : 국방기술 품질원 기술기획본부 기반체계 전력팀 선임연구원 재직 중
- 1996년 2월 : 순천대학교 기계공학과 (공학사)
- 2001년 1월 : 국방대학교 무기체계학과 (국방과학 석사)
- 2010년 2월 : 아주대학교 시스템공학과 (공학박사 수료)

<관심분야>

시스템공학, 비용대 효과분석, 최적화 등

---

**이 재 천**(Jae-Chon Lee)

[정회원]



- 1994년 9월 ~ 현재 : 아주대학교 시스템공학과 정교수
- 1977년 2월 : 서울대학교 공과대학 전자공학과 (공학사)
- 1979년 2월 : KAIST 통신 시스템공학 (석사)
- 1983년 8월 : KAIST 통신 시스템공학 (박사)
- 1983년 8월 ~ 1994년 8월 : KIST 책임연구원
- 1984년 9월 ~ 1985년 9월 : 미국 MIT Post Doc 연구원
- 1985년 10월 ~ 1986년 10월 : 미국 Univ. of California 방문 연구원
- 1990년 2월 ~ 1991년 2월 : 캐나다 Univ. of Victoria (Victoria, BC) 방문교수
- 2002년 3월 ~ 2003년 2월 : 미국 Stanford Univ. 방문교수

<관심분야>

시스템공학, 통신시스템, System Safety 등

---