

미사일 시험을 위한 대안결정의 정량적 분석: 자료포락분석을 이용한 국외 시험장 선정에 중점으로

한 승 조*

요 약

국방 무기체계 연구개발 과정에서 관련 규정이나 지침에 명시되지 않았지만, 연구개발 주관기관 내부적으로도 합리적인 대안 선택의 문제가 많이 발생한다. 대안 선택에 있어서 합리적인 과정이 적용되지 않으면 사업진행에 차질을 초래할 수 있으며, 이로 인해 사업기간 연장이나 추가 자원이 투입되는 상황도 발생된다. 특히 국내 미사일 연구개발 시험평가를 위한 많은 의사결정 과제들이 도출되며, 대표적인 것 중의 하나가 시험장 선정의 문제이다. 대안이 되는 시험장의 우선순위만 판단해야 한다면 델파이 기법(Delphi Method)이나 분석적계층과정(Analytic Hierarchy Process)을 활용할 수 있지만, 비용의 투입요소가 고려된다면 자료포락분석(Data Envelopment Analysis) 더 적합하다. 본 연구에서는 미사일 시험 시 발생하는 다양한 의사결정의 문제들을 염출해 보고, 이를 합리적으로 해결할 수 있는 의사결정의 방법이 제시된다. 제시된 의사결정의 프레임워크(Framework)는 국외 시험장을 선정하는 문제와 연관하여 모의 사례연구(Simulated Case Study)로 적용 과정이 연구된다.

The Quantitative Analysis of Alternative-Decision in Missile Test: Focusing on Selecting a Foreign Test Site through Data Envelopment Analysis

Han, Seung Jo*

ABSTRACT

Although the related regulations or guidelines are not specified in the defense weapon system R&D process, R&D authorities frequently encounter problems that require rational decision-making. If the rational process is not applied in the matter of alternative choice, the project could be disrupted, which can result in longer project periods or more resource provision. In particular, a variety of decision-making methods are needed for test&evaluation of missile R&D. The issue of selecting a test site is one of the representative decision-making problems. If it is needed to determine the priority of multiple sites, Delphi Method and Analytic Hierarchy Process(AHP) will be applied. However, if the input of cost is to be considered, Data Envelopment Analysis(DEA) is more valuable to solve the problem. This paper proposes a solution to handle quantitatively various decision-making problems that can occur in missile flight test, and shows how DEA is applied through a simulated case study of selecting a foreign test site.

Key words : Analytic Hierarchy Process, Alternative Decision, Data Envelopment Analysis, Test Site, Missile Flight Test

1. 서 론

다양한 대안들 중에서 조직과 주어진 사업의 목표를 효과적으로 달성할 수 있는 최적의 대안을 선택하는 과정은 대부분의 사회조직에서 필수적이다. 이러한 대안 선택의 문제는 경영, 정치, 군사, 외교 분야에만 국한된다고 생각되기 쉽지만, 공학을 기본으로 업무가 진행되는 연구개발 분야에서도 자주 발생하고 있다.

20세기까지는 국방무기체계의 연구개발이 주로 정부 및 군 내·외부 조직에 의해 비공개적으로 이루어졌기 때문에 대안 선택도 관련 조직 내부에서 이루어짐에 따라 결정(안)에 대한 특별한 검증이나 공개가 제한적이었다. 하지만 최근의 무기체계 연구개발은 군 외부의 사업과 거의 유사한 방향으로 의사결정의 투명성과 객관성이 요구되고 있다. 하나의 무기체계는 복합시스템(System of Systems)으로 연구개발을 주관하는 조직 내에서도 합리적인 의사결정이 보장되어야만 원활한 사업진행이 가능하다. 의사결정 결과 외에도 과정의 합리적인 추진은 외부참여 기관의 이의 제기를 미연에 방지하고, 이의 제기 처리를 위한 시간과 노력의 낭비를 막을 수가 있다.

무기체계 연구개발의 특성상 적절치 못한 의사결정으로 인한 전력화 지연 등은 군 전력에 적지 않은 차질을 초래할 수 있으며, 사업실패의 경우 사업과정에서 획득된 기술 등이 쉽게 민간 분야로 전파(Spin-off)되지 않는 경우도 발생할 수 있다[1].

국방 무기체계 연구개발 사업 시 대안 선택의 객관성 확보는 시제 제작을 위한 업체의 제안서 평가 시 관련 전문가들에 의한 평가, 무기체계 연구개발이 점진적으로 진화해 가는 과정을 평가하는 핵심 기술요소(CTE: Critical Technology Elements)를 대상으로 하는 기술수준평가(TRA: Technology Readiness Assessment)[2] 시 국방기술품질원이 주관하여 외부 전문가들에 의한 평가 등이 있다. 위의 사례는 연구개발 주관기관이 아닌 제 3의 기관을 통한 의사결정 과정으로 국방전력발전업무훈령이나 방위사업관리규정에 명시하고 있다.

하지만 실제로 연구개발을 추진하는 과정에서

관련 규정에 명시되지 않았지만, 연구개발 주관기관 내부적으로도 합리적인 대안 선택의 문제가 많이 발생한다. 예를 들어 유도탄의 시험을 국내와 해외에서 시험하는 방안, 국외에서 수행하는 것이 더 합리적일 경우 다양한 해외 시험장들 중 최선의 시험장을 선택하는 문제 등이 발생 가능하다. 또한 복합시스템에서 하부 체계에 공통적으로 적용될 수 있는 수송수단의 문제에도 기존 군용 표준차량을 사용할 것인가, 새로운 차량을 개발할 것인가, 혹은 일부만 군용 표준차량을 적용하고 다른 하부 체계는 새로운 차량을 제작하여 적용하는 것이 좋은지 선택해야 할 경우가 발생한다.

연구개발 주관기관 내부에서 의사결정은 구성원이 주로 기계, 전자 등 공학 분야의 전문가들로 구성되어 있다는 특성과 연구개발 진행의 특성(신속한 결정과 추진 요구) 등으로 과학적인 의사결정 방법보다는 과거 경험이나 일부 인원들에 의해 기술적 검토만으로 최종 결정에 합의되고 있는지 고찰할 필요가 있다.

무기체계 연구개발의 대안 선택의 문제는 다양하지만 본 연구에서는 시험평가(Test&Evaluation) 분야에만 국한하여, 시험평가 분야에서 발생되고 있는 문제들을 고찰해 보고, 특히 미사일의 국외 시험장 사용 시 정량적 의사결정의 방법을 적용하는 과정을 모의 사례연구[2]를 통해 제시해 보고자 한다.

모의 사례연구에 적용하는 정량적 의사결정방법은 자료포락분석(DEA: Data Envelopment Analysis)이 이용되며, DEA는 의사결정단위(DMU: Decision Making Unit)들의 효율성을 상대적으로 정량화하여 대안들의 비교를 가능하게 하는 방법이다[3].

2장에서 무기체계 시험평가 분야에서 발생할 수 있는 대안 선택의 문제를 도출해 보고, 정량적으로 분석하여 최선의 선택이 가능할 수 있는 방안을 개념적으로 제시한다. 3장에서는 정량적 의사결정의 프레임워크와 DEA 기법을 알아보고, 4장에서는 시험평가 분야의 대표적인 1개 분야에 DEA를 적용하는 과정을 모의 사례연구를 통해 설명한다. 마지막으로 5장에서는 연구결과 요약 및 연구의의, 연

구 한계사항 및 추후 연구 분야를 제시한다.

2. 시험평가 분야 대안 선택 분야

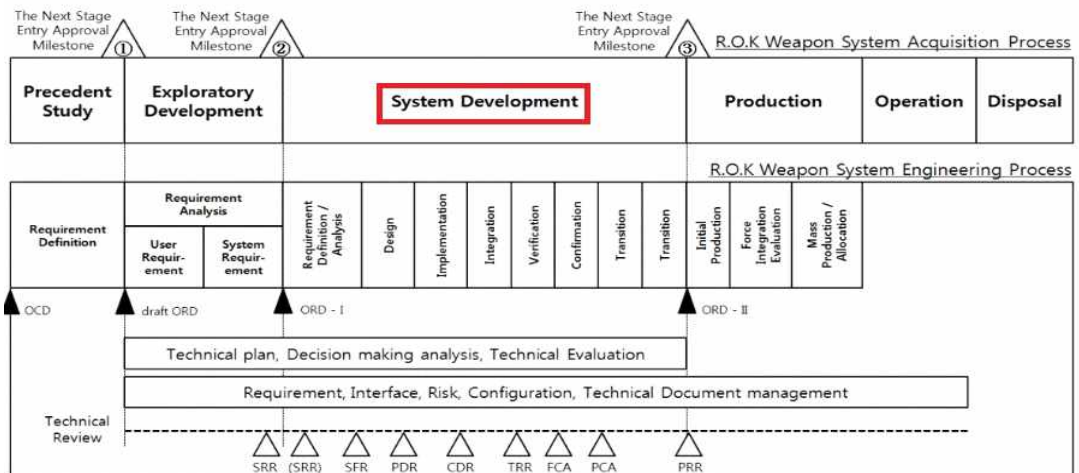
무기체계의 체계개발(System Development)은 (Figure 1)에서 보는 바와 같이 통상 탐색개발(Exploratory Development)을 거쳐서 운용성 확인을 통해 개발목표의 충족성이 확인되고, TRA를 통해 기술성숙도 수준(TRL: Technology Readiness Level)이 6이상 도달할 경우 수행되는 국내연구개발 프로세스 중 하나이다[4].

체계개발을 위해서는 연구개발 주관기관은 부체계별 전담 연구팀이 구성되는 것 외에도 사업의 프로세스와 예산을 전반적으로 관리하면서 하부 체계에서 수행이 제한적인 연구개발 분야를 담당하는 체계 종합팀이 구성된다. 예를 들어 대공방어용 미사일 체계가 개발되기 위해서는 유도탄팀·레이다팀·발사대팀·통제소팀 등이 구성될 수 있고, 일정·예산·종합군수지원(ILS)·시험평가 등 타 체계팀에서 수행하기 곤란한 공통의 업무나 종합하는 체계 종합팀이 구성되어 운영된다.

체계 종합팀의 업무 중 체계개발 단계에서 중요한 업무 중 하나가 시험평가이며, 이를 통해 양산 및 전력화를 위한 전투용 적합여부가 결정된다.

시험평가는 하부 체계나 핵심부품 등을 대상으로 개발시험평가(DT&E)나 운용시험평가(OT&E) 이전에 수행하는 자체기술시험, 기술적 성능을 검증하는 개발시험평가, 운용 성능을 검증하는 운용 시험평가로 구분된다[2]. 통상 체계 종합팀에서는 하부 체계가 설계 및 제작하는 시기에 합참에서 작성해야 하는 시험평가기본계획서(TEMP: Test&Evaluation Master Plan)를 위해 시험평가와 관련된 사항을 결정하여 합참 제공문서에 반영해야 한다. 연구개발 주관기관에서는 상세설계검토(CDR: Critical Design Review)가 수행되는 시기까지는 작성해야 하며, TEMP 작성 시 시험평가 방법 및 대상을 계획하는데 다양한 대안 선택의 문제가 발생한다.

미사일 분야의 시험은 사거리 및 고도 등의 영향으로 주로 연안, 섬 등에서 수행되는 경우가 많다. 이러한 경우 유도탄과 표적탄(혹은 표적기)을 운용하는 지역이 다양하게 고려될 수 있다. 발사지역은 연안 인근의 군 시설, 비행시험의 안전을 고려한 섬이나 섬 인근의 바지선이 고려될 수 있다. 기본적으로 계측장비의 계측 가능성이 중요하게 고려되어야 하지만 이외에도 시험이 이루어지는 해상에서의 선박과 연안지역의 민간 피해가 최소화될 수 있는 방안이 반드시 고려되어야 한다.



(Figure 1) R.O.K weapon system acquisition process(including system development)[6]

시험평가 시 가용예산, 장비의 운반 용이성, 시험 요원들의 시험 편의성이 고려되어 합리적인 장소가 결정되어야 한다.

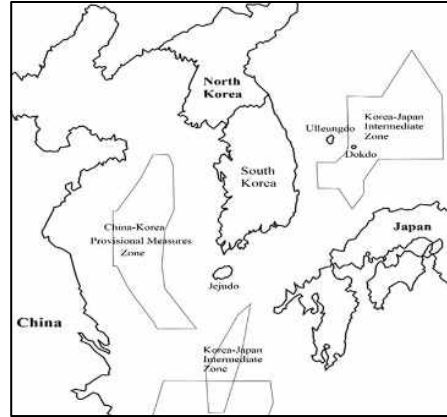
개발되는 시스템이 이동 가능한 장비라면 이동을 고려한 시험평가 방안이 도출되어 TEMP에 반영되어야 하고, 특히 OT&E의 경우 평가를 수행하는 소요군 요구에 따라 가용지역(주로 기존 전력이 배치된 지역)을 탐색하고, 최적의 위치를 TEMP에 반영해야 한다. 국내에서 가용지역이 다수이기 때문에 연구개발 주관기관의 편의성 외에도 소요군이 요구하는 지역등도 고려하여 가장 적합한 지역을 선정해야 하며, 선정 시 고려요소는 다양할 수 밖에 없기 때문에 체계 종합팀에서는 합리적인 의사결정을 최대한 객관적이고 관련 기관이 결과에 수궁할 수 있는 절차로 수행해야 한다.

미사일의 해상 시험은 민간 어선 및 상선의 피해가 없어야 하며 어민들의 어업권이 보장될 수 있도록 선박소개(Ship Dispersion)가 필수적이다. 이를 위해 군(해군) 전력 이외에도 해양경찰의 선박, 필요 시 해수부 예하 어업관리단의 선박까지 협조되어 발사 전에 비행궤적 상의 어선이나 상선이 없도록 조치가 취해져야 한다[7]. 이 경우 어느 정도의 선박소개 전력이 필요한지, 즉 최소의 전력으로 최대의 선박소개 효과가 달성될 수 있는지를 결정해야 한다.

만약 국내 해상에서 미사일 시험이 제한된다면 국외 시험장을 이용한 방안을 사전에 준비한다. 미사일 개발 기술이 장거리·고고도로 급속하게 진화함에 따라 영역적으로 넓지 않은 국내 시험장에서 수행에 제한이 되는 경우가 존재한다. 예를 들어 장거리 미사일을 시험할 경우 서해상에 존재하는 한중잠정조치수역이나 남해와 동해의 한일중간수역이 (Figure 2)에서와 같이 육지에서 먼 거리에 있지 않기 때문에 미사일 시험이 외교적이나 군사적인 문제로 확장될 수 있는 우려가 존재한다. 연구개발 주관기관에서는 이러한 외교적·군사적 마찰을 고려하여 필요 시 국외에서 안전하게 목적을 달성할 수 있는 시험장 사용을 계획한다.

국외 시험장은 국가별로 무기체계의 특성이나 안보환경에 맞게 구성되어 있기 때문에 시험장 지

설이나 계측장비의 구성이 다양하다.



(Figure 2) Provisional measures zone and intermediate zones in S. Korea[8]

따라서 국외 시험장을 고려할 경우 최소의 비용으로 최대의 비행시험이 가능 하도록 계획되어야 하며, 이 경우 고려할 요소는 주로 소요비용, 계측장비 수량 및 성능, 운용자 편의성, 유사 시험 수행 여부 등이다.

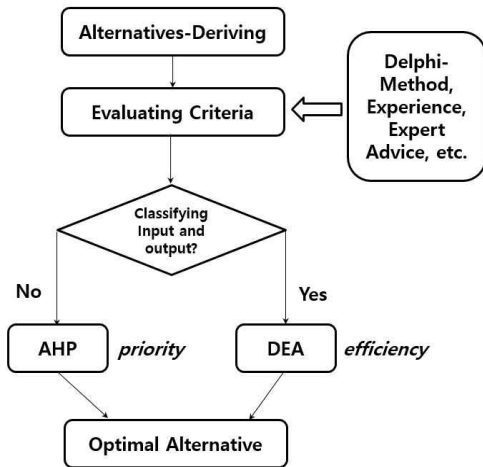
본 장에서는 주로 미사일 분야의 무기체계 체계개발 시 시험평가 계획에서 발생할 수 있는 대안선택의 문제를 확인하였다. 이는 전문가들이 기존의 경험과 전문지식을 통해 결정할 수도 있지만, 무기체계가 복잡해지고 고도화됨에 따라 일부 인원에 의한 의사결정이 쉽지 않은 경우가 발생한다. 이런 경우 합리적인 대안 선택이 될 수 있는 과학적인 의사결정 방안이 적용될 필요가 있다.

3. 정량적 의사결정 Framework 및 자료포락분석(DEA) 기법

미사일 시험과 관련된 대안 선택의 정량적 분석을 위한 프레임워크는 (Figure 3)에 개념적으로 제시되어 있다.

2장에서 살펴본 문제가 발생할 경우 연구개발 주관기관의 참여자들은 다양한 대안(Alternative)을 문헌연구, 기존 사업에서의 경험 등을 통해서 우선

적으로 도출한다. 여러 대안들을 정량적으로 평가하기 위한 평가요소(Criteria)를 객관적인 기준에 따라 선정해야 하며, 이 때 사용 가능한 방법이 전문가의 의견, 과거 경험도 있지만 합리성 확보 차원에서 Delphi Method가 추천된다. 전문가의 의견이나 과거 경험, 혹은 사업 책임자의 직관(Intuition)은 정성적인 방안으로 소수 인원들의 주관이 반영될 여지가 있다. 하지만 Delphi Method는 다수의 전문가들이 여러 번의 의견 개진과 의견수렴 과정을 거치면서 정량적으로 최종 결정에 다다른 점에서 소수 인원들의 주관을 가급적 배제할 수 있는 장점이 있다. 특히, 수렴도(Degree of Convergence)와 합의도(Degree of Concensus)가 2, 3회 Delphi 과정을 거치면서 수치적으로 평가자들에게 제시될 수 있기 때문에 최종 결정에 대한 반론이 최소화될 수 있는 이점도 있다[9].



(Figure 3) Framework for quantitative evaluation

Delphi 등의 방법으로 대안 선택의 평가요소 혹은 고려요소들이 정해진다. 고려요소들의 투입요소(Input)와 산출요소(Output)가 구분될 수 있고 효율성(Efficiency) 측면의 문제로 판단되면 자료포락분석(DEA)을 적용하고, 투입요소와 산출요소가 구분되지 않아서 단순히 대안들의 우선순위(Priority)만을 고려한다면 분석적계측과정(AHP:

Analytic Hierarchy Process)을 적용할 수 있다.

예를 들어 A라는 하부 체계의 지상 기동시험을 a, b, c, d 등에서 실시할 수 있고, 이동거리·시험장비 수준·시험 용이성 등이 평가요소로 결정된 경우에는 평가요소에서 Input과 Output을 구분하기 어렵고 단지 a, b, c, d의 우선순위만을 알 필요가 있기 때문에 AHP를 적용하는 것이 적절하다.

AHP는 전문가의 주관적인 의견을 수학적 분석이 적용된 절차를 통해 정량적으로 대안의 우선순위를 결정할 수 있는 방법으로, 복잡한 문제를 고려요소(평가요소)와 대안들로 계층화(Hierarchy)하여 최선의 합리적인 정책이나 결정에 이르게 하는 과정이다[9,10].

반면 자료포락분석(DEA)은 투입 대비 결과의 효율을 판단하여 조직의 성과를 측정하거나 대안들 중에 최선의 선택에 이르게 하는 방법이다. 군에서 많이 사용하는 비용 대 작전효과 분석(COEA: Cost-Operational Effectiveness Analysis)과 유사하다. COEA는 산출물이 작전적인 효과(피해율, 진출률 등)이지만, DEA는 독립적인 다양한 분야를 다룰 수 있다. DEA는 대표적으로 CCR 모형과 BCC 모형으로 구분된다. CCR(Charnes, Cooper, Rhodes) 모형은 투입에 따른 산출이 비례적으로 증가한다(Constant Return to Scale)는 것을 가정하여 구성된 것이며, BBC(Banker, Charnes, Cooper) 모형은 투입에 따라 산출이 가변적임(Variable Return to Scale)을 전제로 제시된 것이다[2]. 즉, BBC 모형은 경제학에서 주로 사용되는 한계효용 체감의 법칙(Law of Diminishing Marginal Utility)과 같이 통상 투입 대비 효과가 로그함수 그래프와 유사한 형태를 보인다는 것을 가정하여 제시된 것이다.

(Figure 3)에서 제시된 프레임워크 상의 적용기법 중 시험평가와 관련 문제를 모의 사례연구로 알아보기 위해 적용할 DEA를 이론적으로 살펴본다.

DEA의 대표적인 2개의 모형 중 해결하고자 하는 문제의 Return to Scale(규모 수익)에 대한 특성이 Constant인지 Variable한지는 사전에 판단하기 어려운 경우가 있기 때문에 기본적인 CCR 모형을 기준으로 개념을 정리하고자 한다.

DEA는 두 모형 모두 여러 입력과 산출요소가 있는 의사결정 단위(DMU: Decison Making Unit)들의 상대적인 효율성을 다루며 CCR 모형은 아래와 같다[2, 10].

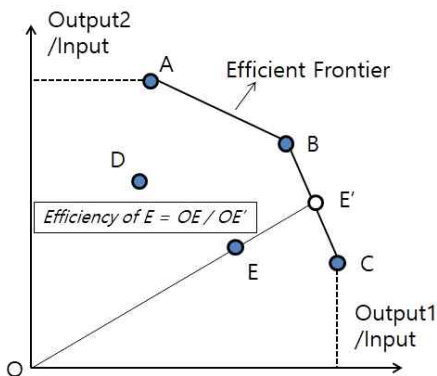
$$Max \frac{\sum_{j=1}^n (U_j Y_{jk})}{\sum_{i=1}^m (V_i X_{ik})}$$

Subject to

$$Max \frac{\sum_{j=1}^n (U_j Y_{jh})}{\sum_{i=1}^m (V_i X_{ih})} \leq 1; h = 1, 2, 3, \dots, t$$

$$U_j > 0, V_i > 0; j = 1, 2, 3, \dots, n; i = 1, 2, 3, \dots, m$$

여기서 n은 총 산출물의 수, m은 총 투입요소의 수, h는 DMU, t는 DMU의 개수를 의미한다. X_{ih} 는 i 번째 투입물의 양, Y_{jh} 는 j 번째 산출물의 양, V_i 는 i 번째 투입물의 가중치, U_j 는 j 번째 산출물의 가중치를 의미한다. 위 수식을 이용하여 DMU별로 가장 효율적인 Efficient Frontier가 도출되고, 이를 준거(Reference)로 하여 각 DMU의 효율성이 아래 그림과 같이 측정된다.



(Figure 4) DMU efficiency

DEA 장점은 하나의 모형 내에서 투입물과 산출물의 측정단위가 동일할 필요가 없으며, 투입과 산출에 대한 함수적인 관계를 가정할 필요가 없다는 것 등이 있다. 또한 비효율적인 DMU를 식별하여 이를 개선시킬 수 있는 방법을 분석할 수 있다.

DEA의 분석은 위 수식을 통한 수기적인 방법이나 엑셀 등을 이용할 수도 있고, 최근에 전용 SW인 Frontier Analyst 등을 이용할 수도 있다.

4. 모의 사례연구: 미사일 시험을 위한 국외 시험장 선정을 중심으로

본 장에서는 2장에서 제시한 무기체계 체계개발 시 발생될 수 있는 미사일 시험평가 분야에서의 의사결정 분야를 선택하여 (Figure 3)에 제시된 DEA 기법을 적용하는 방안을 설명한다. 가정 사항으로 대안이 될 수 있는 국외 시험장에 대해 기초자료 조사를 통해 시험장의 비용이나 계측장비 등은 연구개발 주관기관에서 알고 있다고 보고, 이를 평가할 수 있는 평가요소도 Delphi 기법이나 경험 등으로 선정되었다고 본다.

국외 시험장의 사용은 시험장을 보유한 국가에 시험장 사용료 및 각종 시설 사용료를 지불해야 하기 때문에 비용(Cost)의 Input이 존재한다. 또한 가용한 국외 시험장을 직접 방문하여 수집한 정보나 On-line으로 국외 시험장을 통해 획득된 시험장 정보를 바탕으로 Output이 될 수 있는 계측장비의 수준, 시험장이 제공하는 각종 데이터를 파악한다면 DEA나 AHP를 적용할 수 있다. 국방 무기체계 연구개발은 사전에 정해진 기간과 예산에 제한을 받기 때문에 단순하게 후보 국외 시험장의 활용 우선 순위만으로는 관련기관을 설득하여 승인을 받거나, 최소의 예산으로 최대의 효과를 얻을하기에는 무리가 있다. 만약 이러한 문제에 AHP를 적용한다면 Input이 되는 Cost가 높을수록 Output이 되는 지표도 좋은 것이 되어 결국 국외 시험장에 많은 예산을 지불하여 활용하는 것이 우선순위가 높게 나올 가능성이 존재한다. 따라서 Input 대비 Output의 효율성이 좋은 결정이 필요하기 때문에 DEA가 AHP보다는 (Figure 3)와 같이 더 적합하다.

체계개발 시 개발되는 미사일을 국외 시험장으로 이동시켜서 수행하기 때문에 해당 국가 시험장의 계측장비가 가장 중요한 정량적인 요소이다. 통상 미사일은 표적에 운용하기 때문에 다수의 레이더·광학측정장비(optic)·원격측정장비(tlm)가 필요하다. 소요비용(1발당 시험장 사용료, 억원)과 보유 계측장비 수, 해당국에서 지원 가능한 시험지원 인원, 유사시험 사례는 정량적인 수치로 확인이 가능하지만, 시험요원의 편의성(전산 장비 수준, 숙소, 식당 등)은 사전 현장 방문이나 기초 자료 조사를 통해 정량적으로 입력해야 한다. 이런 경우에는 통상 5, 7, 10점 Likert 척도를 이용하여 다수의 평균치를 이용할 수 있다. <Table 1>은 7개의 미사일 시험장을 보유한 나라별로 Input 1개 요소, output 6개 요소를 고려하였고 세부 수치는 가상의 값을 입력하였다. <Table 1>의 자료를 바탕으로 Frontier Analyst SW를 이용하여 분석하였고, 이때 모형은 CCR 모형이 적용되도록 하였다.

<Table 1> Input data for DEA

Nation	Input (cost)	Output					
		radar	optic	tlm	utility	cases	person
A	100	7	5	4	9	8	30
B	35	11	9	7	3	6	40
C	40	3	3	3	5	2	30
D	150	21	25	11	9	10	30
E	30	3	3	3	5	1	20
F	50	8	4	4	7	5	43
G	32	4	5	4	7	7	50

<Table 2> Analysis Result

Nation	Score(%)
A	45.4
B	100.0
C	58.6
D	65.9
E	78.1
F	82.3
G	100.0

<Table 2>에서와 같이 비용 대비 시험장 사용의 효율성은 B와 G가 우선적으로 선정됨을 알 수 있다. 통상 DEA의 특성상 Efficiency Frontier를 준거로 삼기 때문에 최고 점수가 2개 이상인 경우가 발생한다. 이럴 경우에는 최종 선정된 2개(혹은 그 이상)의 대안 중에서 정책적인 사항을 고려하거나, 산출요소 중에서 시험과 관련하여 중요한 분야에 가중치를 부여하여 최종적으로 결정할 수 있다.

이러한 결과를 바탕으로 연구개발 주관기관에서는 변동시킬 수 있는 분야(예, 사례에서 사용비용이나 지원인력)를 식별하여 협상을 통해 비용이나 지원인력에 변경을 요청할 수도 있다.

(Figure 3)에서 이러한 의사결정을 AHP로 수행해 보면 다음과 같다. AHP 설문에 참석한 인원은 국방 무기체계 시험평가 업무에 경험이 있는 군 관련 인원 10명이 선정되었으며, 모두 남성으로 나이는 48.80(±6.29)이었다.

설문지에서 제공되는 국외 시험장 자료는 <Table 1>이 주어졌으며, Output의 지표는 수치가 높으면 상대평가에서 양의 평가(3, 5, 7, 9)가 이루어지고, Input의 비용은 수치가 높으면 연구개발 주관기관에서 더 많은 예산이 소요되므로 분수(1/3, 1/5, 1/7, 1/9)로 평가되도록 하였다. 예를 들어 Radar는 A가 C나 E보다 많이 보유하므로 3, 5, 7, 9로 평가하고, Cost는 A가 B, C보다 더 소요되므로 1/3, 1/5, 1/7, 1/9로 평가되도록 설문 전에 주시켰다.

앞선 DEA에서 Input 및 Output 요소별로 가중치가 동일함을 가정하여 분석이 이루어졌기 때문에 비교분석을 위해 AHP에서도 Input 및 Output의 평가지표(Level 1)들에서는 동일 가중치를 가정하지만, 각 평가지표 내에서의 국가별 평가(Level 2)는 <Table 1>을 검토한 후 쌍대비교를 실시하도록 하였다.

10명의 쌍대비교 데이터는 기하평균으로 하나의 Matrix를 구성하고, 정규화 과정을 거쳐서 최종적으로 우선순위가 정해진다. 또한 분석의 일관성을 측정하기 위해 CR(Consistency Ratio)를 확인하여 0.1이하에 포함되는지 확인하였다.

<Table 3> AHP Result

Nation	Criteria (Level 2)									
	cost	radar	optic	tlm	utility	cases	person	Priority	Rank	CR
A	0.044	0.151	0.074	0.075	0.285	0.233	0.088	0.14	3	0.039 <0.01
B	0.224	0.199	0.195	0.274	0.031	0.165	0.181	0.18	2	0.081 <0.01
C	0.184	0.034	0.057	0.055	0.064	0.030	0.075	0.07	5	0.035 <0.01
D	0.029	0.435	0.507	0.385	0.285	0.282	0.069	0.28	1	0.020 <0.01
E	0.189	0.037	0.060	0.056	0.070	0.025	0.036	0.07	5	0.053 <0.01
F	0.166	0.107	0.057	0.079	0.132	0.098	0.196	0.12	4	0.051 <0.01
G	0.164	0.037	0.050	0.075	0.132	0.167	0.356	0.14	3	0.040 <0.01

<Table 3>은 각 평가지표별로 우선순위와 종합적으로 국가별 시험장 선정의 우선순위를 나타내고 있다. DEA 결과와는 다르게 D 국가가 가장 우선순위가 높게 나타나고 있다. 이러하나 결과가 DEA 결과와 다르게 나타날 수 밖에 없는 이유는 다음과 같다. DEA는 기본적으로 경제성에 중점을 두고 있지만, AHP는 전문가의 경험에 의한 주관적인 판단에 의존하고 있다. 즉, DEA 결과는 최소 투입-최대 이익의 DMU를 종합하여 최종 결과를 도출하지만, AHP는 경쟁 대상보다 좋으면 우선순위가 좋게 나오는 구조를 따른다. 즉, AHP에서는 사용비용을 많이 지불하는 국가별 기관에서는 당연히 시설에 많은 장비와 인력을 투입할 수 밖에 없을 것이다.

국방 연구개발주관기관에서는 단순한 우선순위보다는 Input과 관련된 예산의 제약이 매우 중요한 요소이므로, 경제성 있는 시험장 선정에 중점을 둘 수 밖에 없으므로 본 사례는 AHP보다 DEA를 적용하는 것이 적합하다.

하지만 본 사례에서와 같이 DEA나 AHP에서 평가기준(Level 1)의 중요도를 모두 동일하게 적용하였지만, 만약 상이한 중요도를 고려할 경우 AHP를 통한 평가기준별 가중치를 도출하여 DEA 적용할 수도 있다.

5. 고찰 및 결론

본 연구에서는 무기체계 체계개발 시 시험평가와 관련된 의사결정 분야와 이를 정량적으로 판단하는 방안을 논의하였다. 특히 미사일 분야의 국외

시험장 선정 방안을 DEA를 통해 모의 사례로 제시하였다.

일반적으로 무기체계 연구개발 주관기관에서는 엔지니어링 분야를 주로 다루기 때문에 의사결정이 필요한 분야가 사회과학 분야에 비해 적다고 여겨 지지만, 사업 초기 단계나 특히 시험평가를 계획하는 시점에서 많은 의사결정 분야가 도출되고 있다. 하지만 과거와 현재에도 과학적인 기법을 이용한 정량적인 의사결정의 과정보다는 과거의 사례와 일부 전문가들의 경험에 의존하고 있는 것이 적지 않다.

국방 무기체계 개발단계에서 설계 및 제작이 기본적으로 중요하지만, 시험평가가 사업일정과 투입 노력의 50% 수준을 차지한다고 연구되고 있다[12]. 무기체계의 복잡성은 시험평가 관련기관들의 협력이 필수적이며, 협력을 위한 연구개발 주관기관의 합리적인 대안 선정의 과정과 결과 공개는 중요한 이슈이다.

특히 연구개발 주관기관 중의 하나인 국방과학 연구소는 안흥에 종합시험장을 구축하여 매년 2,300여건의 시험을 수행하고 있고, 이 중 80%는 유도무기 및 총포·탄약을 대상으로 해상에서 수행하고 있다[13]. 하지만 서해안의 좁은 공간과 밀도 높은 민간 어선 및 상선 운행에 따른 많은 선박소거 소요, 시험 기간 중 일부 지역에서의 어업활동 금지가 이루어지는 만큼 어업 종사자들의 잦은 민원제기 등으로 국외 시험장의 필요성이 점차 증대되고 있는 실정이다.

국외 시험장의 선정은 상당한 규모의 연구개발

예산이 소요되고 국내 환경에 적합하도록 개발된 무기체계를 다른 환경에서 시험이 이루어져야 한다는 리스크도 있기 때문에 사전에 시험장을 선정하는 것이 연구개발(시험평가) 성패에 중요하다. 예산의 제약만을 고려하여 국외 시험장을 선정하기에는 부족한 측면이 많기 때문에 투입되는 비용에 비해 효율적인 시험이 이루어질 수 있도록 과학적인 기법에 의한 대안의 선택이 요구된다. 따라서 본 연구에서는 비용이라는 입력요소와 계측장비 등 입력요소가 다수인 특성을 지닌 국외 시험장 선정을 DEA를 통해 수행하는 방안이 제시되었다.

제시된 DEA를 포함한 정량적인 의사결정은 연구개발 주관기관의 사업진행에 필요한 것 외에도 선정의 사유를 사업과 연관된 관련 기관(방위사업청, 합동참모본부, 소요군)과 협의하고 이해시키는 것에도 이용될 수 있다.

또한 국방무기체계 시험평가의 검증은 통상 검사(Inspection), 시연(Demonstration), 시험(Live Test), 분석(Analysis) 중 하나 혹은 다수를 결합하여 수행하도록 되어 있다. 4개의 검증방법은 우선 순위가 있는 것이 아니라, 개발되는 무기체계의 특성이나 시험환경에 따라 연구개발주관기관이 제시하고 관련기관이 협의하여 확정한다. 특히 분석은 안전이나 시험환경이 조성되지 않을 경우 M&S를 포함하여 다른 방법을 종합적으로 판단하는 것으로 가장 범위가 넓다. 하지만 소요군 입장에서는 가급적 시험(Live Test)이 눈으로 직접 볼 수 있기 때문에 선호하지만, 연구개발 과정에서 본 연구와 관련되어 M&S를 활용한 분석이 필요한 경우가 빈번하다. 국외 시험장은 행정절차가 복잡하고 국외로 지출되는 비용이 국내 시험장과 비교할 수 없을 정도이므로, 무기체계의 특성과 전력화 기간을 고려하여 가용범위 내에서 국내 시험장을 활용하되 병행하여 M&S를 포함한 분석의 방법을 소요군 입장에서 적극적으로 수용하는 자세가 필요하다[14].

본 연구에서는 의사결정의 프레임워크를 제시하였지만 정보공개 제한 등으로 모의 사례연구를 수행하였고, 프레임워크에서 Delphi Method나 필요 시 AHP를 적용하는 사례연구는 수행하지 않았다. 하지만 모의 사례연구 외에도 더욱 복잡한 의사

결정이 필요한 분야에서는 DEA와 다른 과학적인 의사결정 기법을 복합적으로 활용하면 좀더 객관적이고 합리적인 의사결정에 도달할 수 있을 것이다.

과학적인 의사결정은 시스템 엔지니어링의 일부 분야이다. 이미 무기체계 연구개발 분야에서 시스템 엔지니어링과 관련된 사항이 대표적으로 사업성과 관리(EVM: Earned Value Management), 목표비용관리(CAIV: Cost as An Independent Variable) 등으로 반영이 되어 있다[15]. EVM 및 CAIV는 사업 성과 및 비용·일정에 관한 것이며, 일정한 시점에서의 의사결정을 해결해 주는 것은 아니다. 본 연구에서와 같이 사업 진행 중에 발행하는 중요한 의사결정도 시스템 엔지니어링 관점에서 정량적인 판단이 이루어질 수 있도록 적극적으로 활용되어야 한다.

참고문헌

- [1] Jeon, Tae Bo, "A rational model for performance improvement decision making of korean military weapon systems", The Quarterly Journal of Defense Policy Studies, Vol. 29, No. 3, 2013, pp. 89-117.
- [2] Yu, Donghyun · Lim, Dongil · Seol, Hyeonju, "A framework for deriving investment priority in national defense R&D-using DEA based on TRA", Journal of the KIMST, Vol. 21, No. 2, 2018, pp. 217-224.
- [3] Choi, Jae-Ho · Lee, Yoon-Woo · Jang, Min-uk · Seo, Sang-Won, "Efficiency evaluation of defense industry firms by utilizing DEA", Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society, Vol. 19, No. 9, 2018, pp. 501-207.
- [4] Kwon, Il Ho, "On risk evaluation based on improved system readiness level and system performance achievement indices in the exploratory phase of weapon systems development", Ph.D. dissertation, Ajou University(S.Korea), 2014.
- [5] Sim, Sang Hyun · Lee, Jae-Chon, "On the Improvement of the Test and Evaluation Process in the Weapon Systems Development

- with Systems Safety Incorporated, J. Korea Saf. Manag. Sci., Vol. 15, No. 3, pp. 51-60, 2013.
- [6] Kim, Jang-Eun · Shim, Bo-Hyu · Cho, Yu-Seup, et al., "A Study on The Mass Production Weapon System Parts Localization System Engineering Development Management Process Application based on ISO/IEC/IEEE 15288", J Korean Soc Qual Manag, Vol. 33, No. 3, pp. 541-552, 2016.
- [7] Han, Seung Jo · Lee, Sung Man, et al., "(A) Study on the Ship Dispersion for Missile Flight Test", Proc. of KIMST, June 2019.
- [8] Kim, Suk Kyoan, Fishery Regimes and Illegal Fishing in the Yellow Sea. Regional Challenges and Cooperation. 2017.
- [9] Han, Seung Jo, "(A) Study of Deriving Military Weather-Modification Technologies Suitable for Korean Environment and It's Establishment", Ph.D. dissertation, Chungnam National University(S. Korea), 2019.
- [10] Han, Seung-Jo · Lee, Seung-Min, "Quantification of Considerations related with Decision-making in Ground Operation : Focusing on Evaluating Avenues of Approach in IPB", Convergence Security Journal, Vol. 19, No. 2, pp. 129-136, 2019.
- [11] Woo, Sang-Kyu, "A study on the efficiency of university evaluation using data envelopment analysis", Ph.D. dissertation of Kyungwoon University(S. Korea), 2017.
- [12] Kim, Ki-Su, "Test and Evaluation based on Collaboration and Control", Proc. of 2019 weapon system T&E seminar, July 2019.
- [13] Back, Sang-Wha, et al., "Analysis on ship distribution characteristics of marine firing range", Proc. of 2019 weapon system T&E seminar, July 2019.
- [14] Ryoo, Yeon-Uk · Lim, Yeong-Bong, "A Study on the Efficient Planning of Defense Weapon System Test & Evaluation", Convergence Security Journal, Vol. 13, No. 2, pp. 143-153, 2013.
- [15] Park, Kyeong-il · Pyun, Wan-joo · Park, Young-won, "A systems engineering case study to improve defense R&D program effectiveness", Journal of the Korea Society of Systems Engineering, Vol. 4, No. 2, pp. 35-43, 2008.

[저자 소개]



한 승 조 (Han, Seung Jo)
 1998년 2월 육군사관학교 학사
 2002년 2월 KAIST 석사,
 아주대학교 석사
 2011년 9월 미)뉴욕주립대(비팔로)
 박사과정 수료
 2013년 2월 단국대학교 박사
 2019년 9월 충남대학교 박사
 email : seungjo1651@add.re.kr