

DEA기법을 이용한 함정무기체계의 구조적 효율성 평가 방안 연구

(A Study on the Structural Efficiency Evaluation of Naval Weapon Systems through DEA Method)

* 유 윤 진(Youn-Jin You)*, 최 석 철(Seok-Cheol Choi)**

ABSTRACT

자료포락분석(DEA: Data Envelopment Analysis)기법은 민간 및 국방 분야에 있어서 조직 및 사업의 효율성 분석을 위해 폭넓게 활용되고 있다. 특히, 최근 국방분야에서는 방위산업체, 군병원 그리고 군시설공사에 DEA기법을 활용한 연구가 진행되었다. 본 논문에서는 DEA기법을 활용하여 함정무기체계 구조적 효율성 평가를 수행하였다. 함정무기체계의 효율성 평가를 통해 무기체계 획득시 ROC¹⁾ 결정이나 기종결정 등에 객관적인 의사결정 정보를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

ABSTRACT

DEA method has been widely applied on civilian and defense side for efficiency analysis of organizations and programs(project). For many years Defense Industry, military hospital and military construction parts have been analyzed by using DEA method. In this paper we review and propose a method of warship evaluation through DEA method. The evaluation method proposed above can provide plenty of proper information for ROC decision, AOA and source selection on weapon acquisition.

Keywords : DEA(자료포락분석), 함정무기체계(Naval Weapon Systems)

논문접수일 : 2010년 9월 28일 심사(수정)일 : 2010년 11월 12일 논문게재확정일 : 2010년 11월 29일

* 국방대학교 무기체계학과 석사과정

** 국방대학교 무기체계학과 교수

† 교신저자

1) 작전요구성능(ROC: Requirement Operational Capability)

1. 서론

2009년 국방예산을 살펴보면 총 28조 9,803억 원이고, 그 중 방위력개선비는 전체의 13.4%인 8조 7,140억 원이다.[11] 무기체계 획득에 방대한 예산이 사용되기 때문에 예산 집행의 효율성 분석은 매우 중요하다.

예산의 효율적인 사용을 위해서 무기체계의 획득시 효율적인 무기체계를 평가하여 선택할 수 있어야 한다. 어떤 무기체계가 얼마나 효율적인지를 평가하고 그런 무기체계를 획득할 수 있다면 예산은 효율적으로 사용될 수 있다. 그렇다면 어떻게 무기체계가 효율적인지 확인할 수 있을까?

국내·외 정부 및 기업에서 활발하게 연구 및 활용되고 있는 DEA(자료포락분석, Data Envelopment Analysis)기법은 무기체계 구조적 효율성 평가에 적용할 수 있는 기법이다. 본 논문에서는 DEA기법을 활용한 합정무기체계평가 방안을 제안하고자 한다.

먼저, 2장에서는 합정무기체계의 평가 방법론을 고찰하였다. 3장에서는 DEA기법을 활용한 합정무기체계 평가 절차를 제시하였다. 4장에서는 세계 최고의 전투체계로 불리는 AEGIS 전투체계 탑재 합정(이하 AEGIS체계 합정)을 대상으로 구조적 효율성을 평가해 보았다. 마지막으로 5장에서는 DEA기법을 활용한 합정무기체계의 구조적 효율성 평가 방안에 대한 결론을 도출하였다.

2. 평가 방법론 고찰

2.1 효율성의 개념

일반적으로 효율성은 투입에 대한 산출의 비율로 정의할 수 있다. 조직이나 사업 등 시스템의 성과를 평가할 때 평가지표로서 효율성의 개념이 자주 활용된다. 조직의 장기적인 성장과 사업의 투자 대비 효과를 높이기 위해서 효율성 향상에 대

한 부단한 노력이 필요하다. 조직이나 사업의 효율성을 평가하기 위해서는 효율성을 측정하고, 그 척도가 의미하는 바를 분석할 필요가 있다. 또한, 무기체계의 외형적 특성 대비 성능을 비교한다면 여러 무기체계중에서 효율적인 무기체계를 식별해 낼 수 있을 것이다.

효율성을 평가하기 위해 다양한 의미의 효율성에 대해서 살펴보기로 한다.

2.2 투입 및 산출 측면의 효율성

2.2.1 투입 측면의 효율성

먼저 투입 측면의 효율성이란 투입요소의 효율성은 주어진 산출물 수준을 생산하는데 있어 기업이 투입요소를 최적으로 사용하여 나타나는 효율성으로써 기술적 효율성과 분배적 효율성으로 구분할 수 있다.

기술효율성(technical efficiency)은 주어진 산출물 수준을 생산하기 위해 요구되는 최소한의 투입요소의 양을 사용하는 상태를 말한다. 바꿔 말하면 주어진 산출을 달성하기 위해 최소한의 투입요소보다 더 많은 양을 사용하고 있다면 이를 기술적 비효율성이라고 한다.

분배효율성(allocative efficiency)은 투입요소간의 결합비율이 최적상태에서 생산될 때 나타나는 효율성을 의미한다. 여기서 배분적으로 효율적인 점은 기술적으로 효율적인 점들 중에서 가장 낮은 비용을 갖는 점을 나타낸다. 그래서 분배적 효율성은 가격 효율성이라고도 한다.

2.2.2 산출 측면의 효율성

산출 측면의 효율성은 생산과정에 있어서 최소한의 단위비용에 일치하는 산출물의 결합 및 수준을 의미하며 순수 기술적 효율성과 규모의 효율성으로 구분할 수 있다.

기술효율성(TE: technical efficiency)은 생산과정에서 산출을 얼마나 효율적으로 산출로 전환되는가를 측정하는 것으로 순수 기술효율성(PTE: pure technical efficiency)과 규모효율성(SE: scale efficiency)으로 분리된다. TE에서 규모의 효과를 제외한 것이 PTE이며, SE는 의사결정단위가 얼마나 규모의 경제에 접근하여 생산활동을 하는가를 측정하는 것이다. 여기서 기술적 효율성은 <식 3>과 같이 순수 기술효율성과 규모의 효율성의 곱으로 분해될 수 있다.

$$TE_{CRS} = TE_{VRS} \times SE \quad \text{<식 3>}$$

규모의 효율성은 기업의 생산규모가 사회적으로 최적규모 상태인가를 측정하는 것이다. 즉 만일 생산규모가 최적규모에 미치지 못한다면, 즉 규모에 대한 수익증가현상(IRS: Increasing Return to Scale)을 보이고 있다면, 이 기업은 추가생산의 이득이 존재하고 있음을 의미한다. 만일 생산규모가 최적규모를 초과하고 있다면, 즉 규모에 대한 수익감소현상(DRS: Decreasing Return to Scale)은 기업이 초과생산으로 인한 불이익을 감수하는 결과를 초래하게 된다. 따라서 사회적 관점에서 최적의 생산규모는 증가나감소가 나타나지 않는 점에서 결정되며, 즉 평균규모에 대한 수익 일정현상을 보이는 수준에서 규모의 효율성은 최대치인 1이 된다. 이와 같은 기술적 효율성의 분해는 개별생산자가 IRS 상태인지 또는 DRS 상태에서 생산활동을 하고 있는지를 판별하여 준다.[8]

2.2.3 무기체계의 구조적 효율성 개념

무기체계 효율성을 평가하기 위해 어떤 요소를 투입과 산출로 고려해야 하는가는 논쟁의 여지가 있을 수 있다. 본 연구에서는 기존 연구결과를 참고하여 다음과 같은 “무기체계 구조적 효율성” 정의를 바탕으로 투입 및 산출 요소를 고려할 것이다.[10]

무기체계의 구조적 효율성=

$$\frac{\text{산출(무기체계의 성능)}}{\text{투입(무기체계의 구조적 특징)}}$$

무기체계의 구조적 효율성은 구조적인 특징(선체길이, 선고, 톤수) 대비 성능으로 산출할 수 있다. 즉 비교집단의 구조적인 특징에 비하여 얼마나 무기체계의 성능이 효율적인가를 평가하는 것이다.

무기체계의 성능은 비용과 밀접한 관련이 있다. 따라서 무기체계의 선행연구 또는 개념설계 단계에서부터 적정성능, 즉 효율적인 성능을 결정하는 것이 중요하다. 따라서, 무기체계의 구조적 효율성을 측정하는 것은 의미있는 작업이라 할 수 있다.

2.3 DEA기법

DEA는 다수의 투입요소와 다수의 산출요소를 갖는 의사결정단위의 효율성을 투입 요소들의 가

<표 1> DEA기법의 특징과 제한점(5)

구분	내용
특징	<ul style="list-style-type: none"> ① 다수 투입과 산출이 존재하나 이들을 적절한 방법으로 하나의 지수로 종합화하기 힘든 경우에 유용함. ② DMU간 상대평가를 통해 비효율적인 조직의 경우 벤치마킹대상을 선정하고, 실현가능 목표치를 제시함. ③ DMU의 효율성을 최대로하는 투입과 산출에 대한 가중치를 직접 추정하기 때문에 가중치를 사전에 주관적으로 가정할 필요가 없음. ④ 구체적 생산함수, 특정한 함수형태 가정 불필요함.
제한점	<ul style="list-style-type: none"> ① 투입과 산출의 명확한 산출이 필요함. ② 분석대상의 내재적인 비효율성을 밝혀내기 어려움. ③ 투입 및 산출 요소 선정에 대한 연구 없이 상대적으로 단순한 모형 사용이 가능함. ④ 경영실수 또는 행운 등의 불가항력적인 요인은 고려치 않음.

중 합과 산출 요소들의 가중 합의 비율로 측정된 후, 이를 유사한 활동을 수행하는 다른 의사결정 단위들의 효율성과 비교하여 상대적인 효율성을 결정하는 방법이다.[9] DEA는 성과지표로서 효율성 측정 외에 비효율적인 DMU(의사결정단위, Decision Making Unit)에게 벤치마킹 대상으로 사용될 수 있는 참조집합을 제시함으로써 성과측정 뿐만 아니라 벤치마킹 도구로도 매우 유용하게 사용될 수 있다. 이러한 특성 때문에 DEA는 국내외 다양한 분야에서 사용되어 왔다. DEA모형의 특징과 제한점은 <표 1>과 같다.

2.4 DEA기법의 모형의 종류

DEA는 동질성(homogeneity)을 갖는 조직의 투입 대비 산출의 효율성을 평가하는 방법으로, 다양한 종류의 모형을 가지고 있다. 2.2절에서 살펴본 바와 같이 DEA모형들은 투입과 산출 중 어느 것을 고정느냐에 따라서 투입지향 모형과 산출지향 모형으로 나누어진다. 또한 효율성 측정에 있어서 규모의 효과(effect of scale)를 고려하느냐에 따라서 CCR(규모수익불변, Charnes, Cooper & Rhodes)모형과 BCC(규모수익가변, Banker, Charnes, & Cooper)모형으로 구분할 수 있다. CCR모형의 수리 모형은 아래 <식 1>과 같다.

$$e_k = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ik}} \quad \text{<식 1>}$$

여기서 e_k 는 DMU k 의 효율성을, y_{rk} 는 DMU k 에 의해 생산된 산출물 r 의 양을, x_{ik} 는 DMU k 가 사용한 투입 요소 i 의 양을, u_r 은 산출물 r 에 부여하는 가중치를, v_i 는 투입 요소 i 에 부여하는 가중치를, s 는 산출물의 수를, 그리고 m 은 투입 요소의 수를 각각 의미한다.

CCR모형은 Charnes, Cooper and Rhodes (1978)에 의해 제안된 것으로, 여러 종류의 투입 요소를 이용하여 여러 종류의 산출물을 생산하는 의사결정단위 DMU(decision making unit)들의 효율성을 수리계획법을 이용하여 측정·비교하는 기법이다. 이 모형은 규모의 확대에 비례하여 산출이 확대된다는 불변규모수익(CRS: constant return to scale)의 가정하에 모든 DMU의 투입에 대한 산출의 비율이 1을 초과해서는 안되며, 각 투입요소와 산출요소의 가중치는 0보다 크다는 제약조건하에 투입산출의 비율을 결정할 수 있도록 재구성된 선형계획모형이다.[6]

Banker, Charnes & Cooper(1984, 이하 BCC 모형)는 CCR모형의 CRS가정을 규모수익의 가변(VRS: Variable Return to Scale)으로 대체하여 규모의 효율성을 배제한 순수한 기술적 효율성만을 고려한 모형을 제시하였다.

$$\begin{aligned} \text{Min.} \quad & z_k = \theta - \epsilon \sum_{r=1}^s s_r^+ - \epsilon \sum_{i=1}^m s_i^- \\ \text{s.t.} \quad & \theta x_{ik} - \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} - s_i^- = 0 \quad (i = 1, 2, \dots, m) \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_i^+ = y_{rk} \quad (r = 1, 2, \dots, s) \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\ & \lambda_j, s_r^+, s_i^- \geq 0 \end{aligned}$$

<식 2>

BCC모형의 수리모형은 위 <식 2>와 같다.

BCC모형은 CCR모형의 가정 중에서 규모수익 불변을 극복하고 가변적 규모의 수익성의 가정을 반영하여 규모의 효율성과 기술효율성을 구분하기 위하여 변형시킨 DEA모형이다. BCC모형이 CCR모형보다 더 현실적일 수 있지만 단시간내의 개선을 위해서는 CCR모형을 참고하여 목표를 설정하는 것이 바람직하다. 본 연구에서는 CCR모형을 사용하였다.

2.5 DEA기법을 활용한 효율성 평가 사례

DEA기법을 활용하여 효율성을 분석한 사례를 살펴보면 다음 <표 2>와 같다.

먼저, 국방분야에서는 한미간 민군겸용기술사업의 비교연구, 무기체계 획득대안 의사결정을 위한 활용과 방위산업체, 군시설공사, 군병원의 효율성 평가에 활용되었다. DEA기법은 단일 기법보다는 DEA-AHP(계층분석적 의사결정기법, Analytic Hierarchy Process), DEA-PCA(주성분 분석, Principal Component Analysis) 등 다른 기법과 연계된 형태로 연구가 진행되고 있다.

박진희[2008]는 DEA-PCA모형을 이용한 무기체계 획득 대안 의사결정에 관한 연구를 통해 DEA기법이 획득체계에 적용될 수 있는 모형을 제시하였다. 그렇지만, 국방분야에는 획득사업과 관련된 많은 정보들이 비밀로 분류되어 있어 실질적인 연구에 제한이 되고 있는 실정이다.[3]

민간분야에서는 <표 2>에서 볼 수 있듯이, 정부기관, 기업, 국립공원, 은행 등 다양한 조직과 사업의 효율성 평가에 활용되고 있다. DEA기법을 활용한 벤치마킹 프레임워크, 의사결정나무와 연계기법 등 다양한 응용기법들도 개발되고 있다. 특별히 정부기관에서는 정량적인 성과평가를

<표 2> 국방/민간분야의 DEA기법 연구 사례

국방분야의 DEA기법 연구 사례			민간분야의 DEA기법 연구 사례		
저자/논문명	투 입	산 출	저자/논문명	투 입	산 출
신진, 과학기술혁신시스템 구축과 민군겸용개발 정책을 위한 한미간의 비교연구	1.과제의 전체비용 2.연구개발 기간	1.민간기업의 투자 액수 2.참여하는 민간기업 수	조건 외, DEA모형에 의한 서비스 운영의 기술적 효율성 평가	1.상당원수 2.상당 좌석수 3.교육훈련 시간 4.인건비	1.최초콜 완결율 2.서비스 수준 3.평균 응대속도 4.평균 대기시간등
박진희, DEA-PCA 방법을 이용한 무기체계 획득 대안 의사결정에 관한 연구	1.전투중량 2.전고 3.승무원수	1.톤당마력 2.최고속도 3.항속거리 4.주포구경	안상돈 외, DEA 모형을 이용한 지역농협 가공식품 사업의 경영 효율성 분석	1.가동일수 2.고정투자 3.직원수 등	1.매출 총이익
이대식, 방위산업체의 효율성 및 생산성 국제 비교분석	1.총자산 2.종업원수	1.총매출액	임성목, DEA에서 투입/산출 요소 선택 방법	1.판매 및 행정비용 2.총 자산 3.총 채무 등	1.세전 수익 2.판매량 3.보유 이득 등
장현규, DEA 모형에 의한 방산업체 효율성과 R&D 투자비용간 관계 연구	1.종업원수 2.총자산	1.매출액 2.당기순이익	한동여 외, Super DEA에 의한 광고비의 효율성 측정	1.TV광고비 2.라디오광고비 3.신문광고비 4.잡지광고비	1.매출
정덕수, AHP/Hybrid DEA 모형을 적용한 군시설공사의 적격심사 효율성 평가	1.판매/관리비 2.자산 3.부채	1.순이익 2.매출 3.현금흐름	박추환 외, 16개 광역시도별 총 산업생산의 상대적 효율성 및 성장구조 분석	1.종사자수 2.유형자산 연말잔액	1.출하액
김기태, AHP/DEA 모형을 이용한 전투합정 효율성 평가	1.예산 2.인원	1.전투력 경쟁 2.정비 경쟁 3.수행 능력	설현주 외, 조직상황을 고려한 DEA 기반의 벤치마킹 프레임워크	1.정보화인력 2.정보화예산	1.민원처리건수 2.생성문서수
최규영, DEA 모형을 이용한 한국 방산업체의 효율성 및 생산성 분석	1.종업원수 2.총자산	1.매출액	송영효 외, 국립공원의 효율성 및 생산성 고찰	1.직원수 2.물리적자산	1.임장객수 2.방문객수 3.총수입

위해 다양한 분야에 활용을 하고 있고, 2009년에는 국가연구개발사업의 효율성 평가를 위한 연구 과제가 수행되어 향후 연구개발사업의 효율성 분석을 위해 활용될 것으로 전망된다.

그 동안의 평가사례에서 도출할 수 있는 시사점으로는 먼저, DEA기법이 조직 및 사업의 효율성 평가에 널리 활용된다는 점이다. 아울러 효율성 평가를 통해 비효율적인 부분을 개선하기 위한 노력도 병행하여 연구되고 있다. 국방분야에서도 이러한 추세가 반영되어 <표 2>에서 언급한 것처럼 방산업체, 전투함정, 군시설공사, 보급부대 등 다양한 조직에 대한 효율성 평가 연구가 진행되었다. 그렇지만, 함정무기체계에 대한 연구는 아직 진행된 바가 없다.

3. DEA기법을 활용한 함정무기 체계평가 절차

3.1 함정무기체계 효율성 평가 절차

함정무기체계의 효율성을 평가하기 위한 절차는 다음과 같다. 먼저, 함정무기체계에 대한 이해가 필요하다. 함정무기체계는 기동, 항공무기체계에 비해서 복잡한 시스템이다. 단일 함정은 복합 시스템이다. 전투체계, 무장체계, 기관체계, 항해체계 등 복잡한 시스템이 하나의 무기체계를 이룬다. 함정 전체 시스템의 효율성을 평가하는 작업은 복잡한 작업이 될 수밖에 없다. 이러한 복잡

<표 3> 함정무기체계 효율성 평가 절차(4)

단계	내용
1단계	무기체계 평가(효율성 분석)의 목적 정의 및 DMU선정
2단계	무기체계 편람 등을 통한 DATA 수집 및 투입 및 산출 전체 리스트 작성
3단계	전체 리스트를 이용 DEA 분석에 활용할 적정 투입 및 산출 요소 선정
4단계	DEA분석을 수행, 효율성 점수를 산출 및 평가 결과 해석

시스템의 효율성을 평가하기 위한 절차를 아래와 같이 구분할 수 있다.

1단계는 무기체계 효율성 평가의 목적을 정의하는 것이다. 어떤 목적을 위해서 효율성 평가를 하는 것인지를 명확히 하는 단계이다. 그리고, DMU를 선정한다. DMU의 올바른 선정은 매우 중요하다.

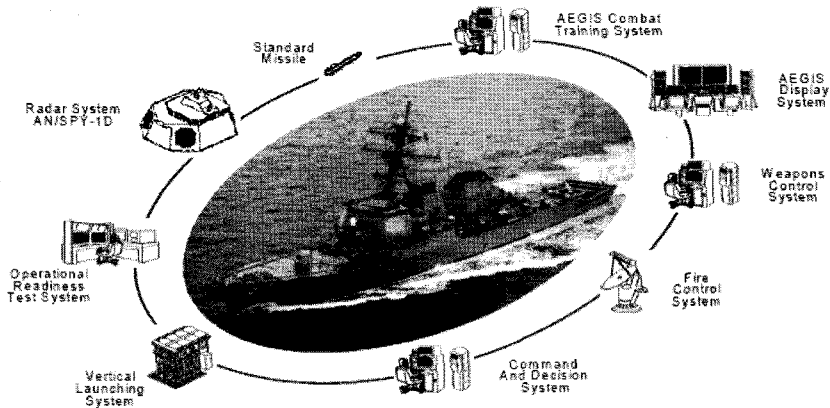
2단계는 투입 및 산출 자료를 작성할 수 있는 대상 DB를 결정하고, 투입 및 산출 자료를 작성하는 단계이다. 투입 및 산출 자료의 객관성 및 정확성은 평가 결과의 정확성에 있어 핵심적인 요소이다. 따라서, 대상 DB는 신중하게 결정해야 한다. 또한, 투입 및 산출 자료는 객관적이고 정확하게 수집 및 편집되어야 한다.

3단계는 2단계에서 수집된 전체 투입 및 산출 자료 중에서 DEA분석에 필요한 적정 투입 및 산출 요소를 선정하는 단계이다. 많은 자료들 중에서 핵심적인 자료를 선택함으로써 분석 목표를 만족시킬 수 있다.

4단계는 DEA기법 중에서 평가 목적에 적합한 세부기법을 선택하고 평가를 수행하는 단계이다. DEA기법은 시간이 갈수록 단점이 보완되어가면서 진화되고 있다. 현재까지 개발된 세부기법을 이용하여 무기체계 분석에 적합한 기법을 적용한다. 분석이 수행된 이후 결과를 해석하는 것도 매우 중요한 부분이라고 할 수 있다. DEA분석을 위해 다양한 소프트웨어가 활용되고 있다. 영국 Banxia소프트웨어의 Frontier Analyst, Data분석 및 통계학 소프트웨어인 STATA, Dea solver, 그리고 Scheel(2000)이 개발한 EMS(Efficiency Measurement System) 프로그램 등이 있는데, 본 연구에서는 프로그램의 획득과 사용이 용이한 EMS 프로그램을 사용하였다.[1]

3.2 함정무기체계평가의 활용

함정무기체계 평가결과는 다양한 분야에 활용



〈그림 1〉 AEGIS 전투체계 구성도(7)

이 가능하다. 무기체계 획득체계에 있어서 다양한 의사결정이 이루어진다. 기존의 의사결정모델로는 단순가중치법(SAW: Simple Additive Weighting)과 계층분석방법(AHP: Analytic Hierarchy Process)이 결합된 SAW-AHP모델, 지식기반 대안분석모델(KAAM: Knowledge-based Alternative Analysis), AHP-목표계획법, AHP- TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)모델 등이 있다. 공통적으로 AHP 모델을 사용하고 있는데, 이는 전문가들의 주관적인 의견이 반영되는 단점을 가지고 있다. 따라서, 무기체계간 상대비교를 통한 효율성 평가한다면 보다 객관적인 데이터라고 할 수 있을 것이다.[3]

예컨대, AEGIS체계 및 유사체계 탑재함정에 대해 효율성을 평가해보는다면, 어떤 함정이 구조적인 효율성을 가지고 있는지를 확인할 수 있을 것이고, 향후 유사 함정의 획득 의사결정에 객관적인 정보를 제공할 수 있다.

4. 함정무기체계 평가 결과

4.1 1단계 DMU 선정

먼저 1단계는 무기체계 효율성 평가의 목적을 정의하고 DMU를 선정하는 단계이다. 이번 평가

의 목적은 현존하는 세계 최고의 대공방어 시스템이라고 할 수 있는 AEGIS체계 탑재함정과 유사 전투체계 탑재함정의 구조적 특성 대비 성능을 비교하는 것이다. 이러한 비교를 통해서 무기체계의 효율성에 대한 평가가 가능하고, 향후 무기체계 획득시 이러한 평가를 활용하여 의사결정 단계에서 참고할만한 자료를 산출함에 두 번째 목적이 있다.

DMU 선정은 동질성(homogeneity)이 있는 자료이어야 한다. 자료간 특성이 다르다면 평가는 무의미하다. 동질성 있는 자료 선정을 위해서 다음과 같은 방법을 사용하였다. 우선, 세계 각국의 함정무기체계 중에서 AEGIS체계 및 유사체계 탑재함정을 선정하였다. 각 DMU들은 함형을 볼 때, DDG/CG/FFG라는 공통점이 있고, 톤수를 비교해보는다면 5,290톤에서 10,290톤 사이에 분포하고 있다. 또한 DDG, CG, FFG는 수행하는 임무가 비슷하다고 할 수 있기 때문에 DMU선정에 동질성이 확보되었다고 할 수 있다. DMU선정 결과는 아래 <표 4>와 같다.

추가로, AEGIS체계 함정은 현재 5개국(미국, 일본, 스페인, 노르웨이, 한국)에서 8개 Class의 함정에 탑재하여 100척 이상이 건조되어 운용중이다. 그리고 현재 호주에서도 동급 함정을 건조 중인 것으로 알려져 있다. 또한, DMU수의 부족

을 보완하기 위해서 AEGIS유사체계 합정 6척을 추가로 선정하였다. AEGIS체계는 현존하는 전투체계 중 대공 방어기능이 가장 뛰어난 체계이다. AEGIS체계 합정에는 <그림 1>과 같이 다양한 무기체계와 탐지장비가 탑재되어 있다.

향후 이와 같은 비교시 유사한 임무를 수행하는 전투합정을 DMU로 선택하여 비교가 가능할 것이다. 예를 들면, 초계합정, 고속합정, 상륙합정 등 합정의 임무형태별로 DMU를 선정하고, 톤수 구간을 선정하여 동질성 있는 자료를 선정하면 되겠다.

4.2 2단계 투입 및 산출 리스트 작성

2단계는 무기체계 편람 등을 통한 DATA수집 및 투입 및 산출 전체 리스트 작성 단계이다. 먼저, DATA를 수집하는 DB는 제인연감(Jane's Yearbook)으로 선정하였다.

제인연감은 영국 Jane's사가 매년 발간하는 무기체계에 관한 가장 권위있는 편람이다.

자료는 국방기술품질원 홈페이지(국방망)에서 국방기술정보통합서비스(Dtims)를 통하여 수집하

<표 4> DMU선정 결과

구분	국가	Class Name	Type
AEGIS 탑재합정	US	Arleigh Burke	DDG
		Arleigh Burke IIA	DDG
		Ticonderoga	CG
	Japan	Kongo	DDG
		Atago	DDG
	S.Korea	Sejong the Great	DDG
	Spain	Alvaro de Bazan	FFG
Norway	Fridtjof Nansen	FFG	
AEGIS 유사전투 체계탑재 합정	UK	Daring	DDG
	France	Forbin	FFG
	Italy	Orizzonte	FFG
	Netherl-ands	De Zeven Prov	FFG
	German	Sachsen	FFG
	China	Lanzhou	DDG

<표 5> 투입 및 산출 요소 선정결과

구분	내용	
투입	1. 만재톤수	
	2. 길이	
	3. 폭	
	4. 승조원수	
산출	항해능력	1. 최대속력
		2. 작전반경
		3. 순항속력
	대함 무기체계	1. 함포수
		2. 함포 사거리
		3. 대함 M/S적재수
		4. 대함 M/S사거리
	대공 무기체계	1. 대공 M/S적재수
		2. 대공 M/S사거리
		3. CIWS 수
대잠 무기체계	1. 어뢰 적재수	
	2. 어뢰 사거리	
	3. ASROC 적재수	
	4. ASROC 사거리	
대지 무기체계	1. 대지 M/S적재수	
	2. 대지 M/S사거리	

었다. 합정에 대한 자료는 제인연감 중에서 JFS(Jane's Fighting Ships)에서 수집이 가능하다. 전체 투입 및 산출 리스트는 <표 5>와 같다. 3장에서 언급했던 바와 같이 복합 시스템의 전체 효율성을 평가하는 것은 쉽지 않다. 따라서 본 연구에서는 대상 DMU에 대한 부분적인 성능에 대한 효율성을 평가할 것이다. 산출 리스트를 5가지로 분류한 것은 5가지 분야에 대한 효율성을 평가하기 위함이다.

4.3 3단계 투입 및 산출 요소 선정

3단계는 전체 리스트를 이용하여 DEA 분석에 활용할 투입 및 산출 요소를 선정하는 단계이다. 1단계에서 선정된 DMU의 개수는 14개이다. DMU의 개수와 투입 및 산출 리스트의 개수는 평가 결과의 효율성에 영향을 미친다. 따라서, 투입 및 산출자료의 개수를 적절히 선정할 필요가 있다.

먼저, 투입 리스트 중에서 DMU간 편차가 크지 않은 ‘푹’을 제외하여 3개의 변수를 선택하기로 한다. 그리고 산출자료는 DMU수를 고려하여 3개로 한정하기로 한다. 투입 및 산출 리스트 선정결과는 <표 6>, <표 7>, <표 8>과 같다.

항해능력 평가에서는 최대속력, 순항속력을 사용하였다. 무기체계는 4가지로 구분하여 평가가 가능한데, 대함/대공/대잠 무기체계를 구분하여

<표 6> 투입 DATA

DMU \ Input	톤수	길이	승조원수
A1	8950	153.8	346
A2	9155	155.3	278
A3	9957	172.8	358
A4	9485	161	300
A5	10000	164.9	309
A6	10450	165.9	350
A7	5853	146.4	200
A8	5290	133.2	146
A9	7450	153.4	232
A10	7050	152.9	195
A11	6635	152.9	200
A12	6048	144.2	204
A13	5600	143	255
A14	7000	155	280

<표 7> 산출 DATA(항해능력)

DMU \ Output	항해능력		대함무기체계	
	최고속력	작전속력	함포사거리	M/S사거리
A1	32	20	23	240
A2	31	20	23	240
A3	31	20	23	240
A4	30	20	23	240
A5	30	20	23	200
A6	30	20	23	124
A7	28	18	23	124
A8	26	16	15.75	185
A9	31	18	27.5	240
A10	31	18	16	180
A11	29	18	16	180
A12	28	18	23	240
A13	29	18	16	95
A14	29	15	22	120

<표 8> 산출 DATA(대공무기)

DMU \ Output	대공무기체계			대잠무기체계	
	M/S사거리	M/S적재수	VLS적재수	어뢰적재수	어뢰사거리
A1	1200	90	48	14	16.6
A2	1200	88	48	14	16.6
A3	1200	119	48	14	16.6
A4	1200	82	40	14	11
A5	1200	116	32	14	11
A6	167	101	48	48	16.6
A7	167	72	90	12	11
A8	50	28	96	4	11
A9	120	48	127	4	11
A10	120	54	90	4	12
A11	120	48	96	4	10
A12	167	64	128	6	11
A13	167	98	48	6	11
A14	150	48	16	6	11

평가할 수 있다. 대함무기체계에서는 함포사거리, 대함M/S 사거리를 변수로 선정하였다. 대공무기체계 평가에서는 M/S적재수와 사거리, VLS적재수를 변수로 선정하였다. 대잠무기체계에서는 어뢰 사거리 및 적재수와 사거리를 변수로 선정하였다.

4.4 4단계 평가결과 해석

4단계는 DEA분석을 수행하여 효율성 점수를 산출하여 평가 결과를 해석하는 단계이다. 2.2절에서 설명한 바와 같이 다양한 DEA모형 중에서 이번 평가에서는 2.4절에서 기술한 바와 같이 CCR모형을 선택하였다.

CCR모형을 이용하여 결정된 투입 및 산출 요소를 이용하여 DEA분석을 수행하고 효율성을 산출하였다. 또한, DMU의 순위를 확인하고자 초효율성을 산출하였다. 피참조횟수 및 참조대상란에는 비효율적인 DMU가 참조해야 할 DMU가 선정되었고, 효율적인 DMU인 경우 피참조된 횟수가 산출되었다.

DMU들의 항해능력, 대함무기체계, 대공무기 체계, 대잠무기체계에 대한 효율성 평가 결과는 <표 9>, <표 10>, <표 11>, <표 12>와 같다. 먼저 효율성 수치가 100%이상이면 효율적인 함정이고, 100%미만이면 비효율적인 함정이다. 순위는 효율성 수치에 대한 나열이다.

<표 9>에서 보는 바와 같이 항해능력의 평가 결과 A14가 가장 효율성이 높았다. 벤치마크 횡

수를 비교해 볼 때 A2는 9회, A7은 6회, A5는 3회 그리고 A14는 2회 피참조되었다. 효율성 수치 100%를 기준으로 좋은 집단과 좋지 않은 집단을 구분해 볼 수 있다. 효율성 값이 100%가 넘는 A2, A3, A5, A7, A14는 효율성이 좋은 집단이라고 할 수 있다. 효율성 값이 100%를 달성하지 못한 A1, A4, A6, A8-A13은 효율성이 좋지 못한 DMU라고 할 수 있다.

<표 9> 항해능력 효율성 평가 결과

DMU	효율성	순위	피참조횟수 및 참조대상
A1	99.67%	6	2 (1.00000)
A2	105.85%	3	9
A3	106.25%	2	0
A4	96.68%	8	2 (0.34) 5 (0.35) 14 (0.26)
A5	105.36%	4	3
A6	91.68%	10	2 (0.18) 5 (0.55) 7 (0.22)
A7	102.60%	5	6
A8	97.11%	7	2 (0.46) 7 (0.51)
A9	87.66%	13	2 (0.63) 7 (0.35)
A10	90.47%	11	2 (0.37) 7 (0.57)
A11	88.31%	12	2 (0.36) 7 (0.58)
A12	87.66%	13	2 (0.31) 7 (0.62)
A13	96.31%	9	2 (0.06) 5 (0.36) 14 (0.58)
A14	112.02%	1	2

<표 10> 대함무기체계 효율성 평가 결과

DMU	효율성	순위	피참조횟수 및 참조대상
A1	112.39%	2	3
A2	76.25%	12	4 (0.45) 14 (0.38)
A3	74.88%	13	4 (0.52) 14 (0.28)
A4	117.00%	1	7
A5	72.97%	14	4 (0.075) 13 (0.62)
A6	83.26%	9	1 (0.50) 13 (0.34)
A7	93.76%	5	4 (1.00)
A8	92.85%	6	4 (1.00)
A9	83.45%	8	4 (1.00)
A10	89.57%	7	4 (1.00)
A11	77.80%	10	1 (0.83)
A12	77.33%	11	1 (0.83)
A13	103.33%	4	2
A14	107.71%	3	2

<표 11> 대공무기체계 효율성 평가 결과

DMU	효율성	순위	피참조횟수 및 참조대상
A1	60.24%	12	9 (0.29) 11 (0.11)
A2	76.21%	10	9 (0.11) 11 (0.34)
A3	69.88%	11	9 (0.29) 11 (0.11)
A4	82.79%	9	5 (0.26) 11 (0.32)
A5	142.26%	1	4
A6	55.72%	13	5 (0.04) 9 (0.36)
A7	102.87%	6	1
A8	111.15%	4	1
A9	118.99%	2	4
A10	96.31%	7	7 (0.16) 8 (0.83)
A11	113.01%	3	6
A12	104.98%	5	0
A13	95.18%	8	5 (0.23) 11 (0.42)
A14	50.49%	14	5 (0.14) 11 (0.11)

<표 12> 대잠무기체계 효율성 평가 결과

DMU	효율성	순위	피참조횟수 및 참조대상
A1	76.15%	11	7(0.15) 8 (0.20) 14 (0.46)
A2	88.32%	9	8 (0.22) 14 (0.75)
A3	74.70%	12	7 (0.12) 8 (0.02) 14 (0.68)
A4	89.82%	8	7 (0.04) 12 (0.03) 14 (0.86)
A5	96.56%	6	12 (0.04) 14 (0.92)
A6	78.88%	10	7 (0.22) 12 (0.01) 14 (0.64)
A7	101.98%	4	7
A8	109.66%	3	6
A9	90.24%	7	7 (0.68) 8 (0.27) 12 (0.01) 14 (0.05)
A10	65.52%	13	7 (0.04) 8 (0.44) 12 (0.14) 14 (0.03)
A11	63.28%	14	7 (0.01) 8 (0.50) 12 (0.13)
A12	318.79%	1	7
A13	98.42%	5	12 (0.19) 14 (0.71)
A14	122.65%	2	9

특이한 점은 A14가 효율성은 가장 높았으나 피참조횟수는 2회로 많지 않았다는 점이다. 반면에 A2는 효율성 점수는 3위이지만 피참조횟수는 9회로 월등하게 높았다. 이는 비효율적인 DMU가 자신의 구조적 특성을 고려할 때 효율적인 집단을 참조한다는 점이다. 즉 투입 및 산출능력에서 투입변수로는 만재톤수, 길이, 승조원수를 입력하였고, 산출변수로는 최대속력과 순항속력을 입력하였다. 구조의 효율성 평가 결과, 비효율적인 함정이 자신의 최대속력과 순항속력을 고려할 때 효율적인 함정이 되기 위해서 어떤 함정의 만재톤수, 길이 승조원수를 참조하면 될 것인가를 측정한다는 것이다. 단순히 절대적인 효율성 값이 높다고 참조집단이 되는 것은 아니라는 점이다.

<표 10>에서 보는 바와 같이 대함 무기체계의 효율성에서는 117%(1위)로 평가되었다. 벤치마크 횟수 역시 7회로 가장 높았다. A1은 3회, A13와 A14는 각 2회 참조되었다.

항해 능력에서와 마찬가지로 효율성 100%를 기준으로 분류해 본다면, A1, A4, A13, A14는 대함 무기체계 효율성이 좋은 DMU라고 할 수 있고 100%를 넘지 못한 A2, A3, A5-12는 효율성이 좋지 못한 DMU라고 할 수 있다. 최초 투입 및 산출 자료를 이용하여 확인해 본다면 대함 무기체계에서 효율성이 좋은 함정에는 FFG가 다수 포함이 되었고 그렇지 못한 함정에는 이지스함정들이 주로 포함 되었다. 이는 함형별 임무 특성상 연안에서 임무를 수행하는 FFG인 경우 대함 무기체계를 다수 탑재하는 것이고, 원양에서 작전 임무를 수행하는 DDG와 CG의 경우에는 대함 무기체계보다는 대공, 대잠, 대지 무기체계를 탑재하는 것으로 이해할 수 있겠다.

<표 11>에서 보는 바와 같이 대공 무기체계의 구조의 효율성 평가 결과, A5가 142%(1위)로 가장 높았으며 참조횟수에서는 A11이 6회로 가장 많았다. A5, A9는 4회, A7, A8은 각각 1회 피참조되었다. 효율성이 100%를 초과한 DMU는 A5,

A7, A8, A9, A11, A12로 6개였으며, 100%를 넘지 못한 DMU는 A1, A2, A3, A4, A6, A10, A13, A14로 8개로 평가되었다.

<표 12>에서 보는 바와 같이 대잠 무기체계의 구조의 효율성 평가 결과, A12가 318%(1)로 초효율을 달성하였으며, 피참조횟수에서는 A14가 9회, A7과 A12가 7회, A8이 6회를 기록하였다. 효율성 100%를 초과한 효율적인 DMU로는 A7, A8, A12, A14등 4개이며 100%를 달성하지 못한 비효율적인 DMU로는 A1-A6, A9-A11, A13등 10개가 있다. A12가 대잠 무기체계에서 월등한 효율성을 나타낸 것은 임무를 수행하는 환경 특성 때문인 것으로 추정할 수 있다.

지금까지 살펴본 바와 같이 DEA기법을 활용하여 함정무기체계의 구조적 효율성을 평가해 보았다. 그 결과 함정의 구조적인 특성인 투입 요소가 어느 정도의 효율성을 갖고 있는지 확인할 수 있었다.

이런 결과를 바탕으로 소요군에서는 요구사항을 효율적으로 결정할 수 있고, 무기체계를 획득하는 방위사업청에서는 무기체계의 효율성 평가를 바탕으로 적정 ROC의 결정, 기종결정, 대상장비선정 등에 객관적인 정보를 제공할 수 있을 것이다.

5. 결론

DEA기법은 재무/금융, 의료/보건, 교육/학교, 공공서비스, 에너지, 교통, 국방 등 사회전분야에 걸쳐 효율성을 분석할 수 있는, 널리 활용되고 있는 방법론이다. 지금까지 DEA 기법을 활용하여 국방분야에서는 방산업체, 군병원, 군시설공사 등의 효율성을 평가 하였다. 그렇지만, 많은 예산이 투입되고 있는 함정무기체계 획득체계 상에는 적용이 되지 않았다.

DEA기법을 활용하여 함정무기체계의 구조적 효율성을 평가해 본 결과 어떠한 기종이 효율적인

성능을 보유하고 있는 지, 비효율적인 함정이 참 조해야 할 효율적인 함정은 어떤 함정인지, 비효 율적인 함정은 어떤 측면이 비효율적인 것인지 등 다양한 정보들이 평가됨을 확인 하였다. 이러한 방법론은 무기체계 의사결정에 객관적인 정보를 제공할 수 있을 것이다. 또한 기존의 의사결정 시 스템이 전문가의 주관적인 견해에 치중할 수밖에 없는 단점을 극복할 수 있을 것이다.

그렇지만, 다수의 투입 및 산출 요소를 좀 더 효과적으로 정제하여 평가 목적에 부합되는 요소 들을 선정하고 다양한 분야의 평가 결과를 하나로 통합하는 방법에 대해서는 추가적인 연구가 필요 하다.

또한 객관적인 자료를 사용하는 것이 평가결과 의 객관성을 보장하기 때문에 양질의 자료를 수집 하는 것도 보완되어야 할 부분이다.

전 세계에 다양한 무기체계들의 효율성을 평가 할 뿐만 아니라 준거대상까지 선정해주는 DEA기 법이 획득분야에 적용된다면 좀더 효율적인 획득 이 가능할 것이다.

참고문헌

- [1] 김성호 외 2명, 『효율성 분석 이론과 활용』, 서울경제경영, 2007
- [2] 황석원 외 6명, 국가연구개발사업 R&D 효율성 분석 및 제고방안, 과학기술정책연구원(STEPI), 2009
- [3] 박진희, DEA-PCA방법을 이용한 획득 대안 의사결정에 관한 연구, 국방대학교, 석사논문, 2008.12
- [4] 임성묵, DEA에서 투입/산출 요소 선택 방법, 산업공학회지 Vol22. 1호, 2009. 3
- [5] 안상돈 외 2명, DEA 모형을 이용한 지역농협 가공식품 사업의 경영 효율성 분석, 한국협동조합연구 제26권 2호
- [6] 이재호, 최호진, 국가정보화투자의 효율성 분석 과 미래 국가정보화 전략의 재정립, 정보통신산 업진흥원, 2009.7
- [7] 해군전투발전단, 『현대해군』 해군전투발전단, 2003
- [8] 황석원 외 6명, 국가연구개발사업 R&D 효율성 분석 및 제고 방안, 과학기술정책연구원 (STEPI), 2009
- [9] Charnes, A., W. W. Cooper, A. Y. Lewin, E. Rhodes, "Measuring theEfficiency of Decision Making Units", European Journal of Opereation Research 2, 1978
- [10] R. Gupta and Navneet Bhushan., "Performance Evaluation of Battle Tanks", Defense Science Journal, Vol 46, No. 2, April 1996
- [11] (국방망) http://8.80.5.25:8080/ja_statistic/ KIDA 국방예산통계 (2010.9.10)
- [12] (인터넷) <http://www.jeffhead.com/> (2010.9.10)
- [13] (국방망) <http://jdds.dtaq.mnd.mil:8080/> (2010. 9.10)

|| 저자소개 ||

유 윤 진(E-mail: osryj@dapa.mil, osryj@hanmail.net)

2000 해군사관학교(이학사)
현재 국방대학교 석사과정 무기체계 전공
관심분야 획득, DEA, ILS/RAM

최 석 철(E-mail: scchoi@kndu.ac.kr)

1979 육군사관학교 졸업(문학사)
1987 미국 해군대학원 졸업(OR/SA석사)
1992 미국 아이오와 주립대 졸업(산업공학박사)
2008~현재 국방과학기술연구정보센터장, 한국EVM학회 회장
2009~현재 한국국방경영분석학회 회장
현재 국방대학교 무기체계학과 교수 겸 교수부장
관심분야 획득사업관리, TLCSM, 종합군수지원, 체계공학, 국방과학기술, 국방 표준화

<주요저서>

- 군사OR 이론과 응용, 두남출판사, 2004(공저),
- 무기체계@현대·미래전, 21세기군사연구소, 2003
- 신뢰성 개론, 국방대학교, 2000.