

TOPSIS기법을 활용한 한국형 항공모함 최적설계 방안 연구

박명수
국방기술진흥연구소

Study on the Optimal Design of Korean Aircraft Carrier with TOPSIS Technique

Myeong-Soo Park
Korea Research Institute for Defense Technology Planning and Advancement

요약 한반도 주변 국가들은 해군력 강화를 위해 지속적으로 항공모함을 건조하고 있다. 한국은 유사시 중국과 일본의 해군력에 대응하기 위한 억제력 강화가 필요하며, 미 항공모함 전투단을 투입할 계획이 있지만, 이들이 도착할 때까지 방어 및 대응 능력을 확보하고 미 항공모함 전투단과의 합동작전을 통해 시너지 효과를 얻기 위해 해군력을 강화할 시점이다. 이를 위해 현재 전 세계에서 운용 중인 상륙강습함과 항공모함의 제원을 조사하여 핵심 설계요소를 도출하고, 다중 기준 의사결정방법 중 하나인 TOPSIS 기법을 활용하여 여러 설계대안 중 우선순위가 가장 높은 설계대안을 제시하였다. 분석의 신뢰성을 검증하기 위해 유사 사업 개념설계 AHP에 활용된 가중치를 적용하여 기존 TOPSIS 기법과 유사성을 비교 분석하였다. 두 방법을 통해 도출된 설계안의 순위는 다소 차이가 있었지만 모두 고정익이 최대치임과 동시에 경하중량이 낮은 설계안을 우선순위로 두는 것으로 나타났다. 이는 엔트로피 가중치 방식은 우선순위를 결정하기 위한 설계 제안의 수치적 값에 영향을 미쳤지만, 효과성 분석 자료를 활용한 방식은 전문가 설문 결과를 반영했기 때문에 주관적 선호도가 결과에 영향을 미쳤을 가능성이 있기 때문이다. 향후 다양한 군함의 설계에 다중 기준 의사결정 기법을 적절히 선택하여 활용한다면, 제한된 사양 내에서 합리적인 해결책을 도출할 수 있을 것으로 기대된다.

Abstract Countries surrounding the Korean Peninsula continuously build aircraft carriers to strengthen their naval power. South Korea needs to strengthen its deterrence capabilities to respond to China and Japan's naval power in an emergency. Although there is a plan to deploy the US carrier battle group in an emergency, it is time for South Korea to strengthen its naval power to secure defense and response capabilities until they arrive and achieve synergy through joint operations with the US carrier battle group. This study examined the specifications of amphibious assault ships and aircraft carriers currently in operation around the world to derive key design elements and utilized the TOPSIS technique, one of the multi-criteria decision-making methods, to present the design alternative with the highest priority among several design alternatives. The reliability of the analysis was assessed by applying the weights used in the AHP technique to similar projects and comparing and analyzing the similarity with the existing TOPSIS technique. As a result, it was found that both methods gave priority to designing with maximum fixed wings and low lightweight. The rankings of design proposals derived from the two methods showed some differences. This is because the entropy weighting method influenced the numerical values of the design proposals to determine priorities. In contrast, the method using the effectiveness analysis data reflected the results of an expert survey; so, subjective preferences may have influenced the results. Reasonable solutions can be derived within limited specifications if multi-criteria decision-making techniques are appropriately selected and used in designing various warships in the future.

Keywords : Aircraft Carrier, Multi-Criteria Decision Making, TOPSIS, AHP, Optimal Design

*Corresponding Author : Myeong-Soo Park(Korea Research Institute for Defense Technology Planning and Advancement)
email: pmssky2@naver.com

Received June 5, 2024

Revised June 25, 2024

Accepted July 5, 2024

Published July 31, 2024

1. 서론

한반도 주변국의 상황을 살펴보면, 중국은 J-15 24기를 탑재한 5만 3천톤급의 랴오닝함과 J-15 36기를 탑재한 6만 5천톤급 산둥함 등 2척의 항공모함을 보유하고 있으며 25년 배치를 목표로 세 번째 항공모함을 건조 중에 있다[1]. 일본은 헬기탑재호위함 이즈모와 카가를 각각 2척을 보유하고 있으며, 전투기를 탑재할 수 있도록 개조하는 동시에 F-35B를 도입할 계획을 갖고 있다[2]. 따라서 독도, 이어도 등의 도서지역 영유권 강화, 배타적 경제수역에서의 활동보장 및 동중국해, 남중국해, 말라카해협, 중동으로 이어지는 해상교통로 보호 등을 고려했을 때, 중국과 일본의 해상전력 증강에 대응가능한 전력을 확보해야 한다. 또한, 한반도 전면전 발생 시 미국 항모전투단의 투입계획이 있지만 도착하기까지 일정 기간이 필요하기 때문에 비상 상황 시 즉시 대응할 수 있으며 미 항모전투단과의 연합작전으로 시너지 효과를 발휘할 수 있다는 측면에서 한국군의 항공모함 획득사업은 필요하다고 볼 수 있다.

현대의 전쟁에서 주요 전력인 전투기의 해상작전 측면에서 살펴보면 육상의 비행장(청주, 대구)에서 독도 근해까지의 왕복거리를 약 800km로 가정할 경우, F-15K와 KF-16의 작전 가능 시간은 각각 최대 30분과 10분 수준이다[3]. 비상 시의 여유분 등을 고려하면 실제 작전시간은 그보다 더 짧아진다. 거리가 더 멀리 떨어진 이어도 부근 등은 작전시간이 더 제한될 수 있다. 그러나 항모를 보유하고 있다면 유사시 즉각적인 대응이 가능하며, 한반도 전쟁 발생 시 탄도 미사일에 의한 육상 비행장 무력화에 대비할 수 있다. 또한, 함재기의 보유로 인해 해상 전투단 대비 비약적인 작전반경을 갖게 될 수 있으며 상륙작전 및 대잠수함작전 등 다양한 작전 지원이 가능하다는 이점이 있다.



Fig. 1. Conceptual of a Korean light aircraft carrier[4]

항공모함의 필요성은 인정되지만 항공모함 건조와 운용에는 천문학적 비용이 수반된다. 이에 더해 함재기 도입, 구축함 및 잠수함 등 호위전력 확보에 수 조원이 추

가로 필요하다. 따라서, 한정된 제원내에서 항공모함을 최적으로 설계할 필요가 있으며 이를 위해서는 소요군의 다양한 요구조건에서 반드시 필요한 성능 요소들은 설계에 반영하고 상대적으로 필요성이 낮은 성능 요소들은 수정 또는 삭제하는 방안이 고려되어야 한다. 한국 해군에서는 Fig. 1과 같이 경하 배수량 30,000톤급 경항공모함 사업을 추진 중에 있으며, 해당 사업은 대형수송함-II 사업으로 시작되었으나 2020년 8월 발표된 국방중기계획에 따라 경항공모함 확보 계획으로 변경되었다. 이를 위해 본 연구에서는 다기준 의사결정법을 활용하여 한반도 운용환경에 최적화된 항공모함 설계안을 도출하고자 한다.

2. 본론

2.1 국·내외 유사실적 함정

군함은 상륙, 방공, 대잠전, 대함전 등 다양한 작전 유형에 따라 필요한 운용성능이 있으며, 보유한 능력에 따라 강습상륙함과 항공모함으로 분류할 수 있다.

강습상륙함은 상륙임무 수행을 위주로 하며, 헬기갑판을 갖추고 헬기를 이용하여 병력을 상륙시키는 LHA(Landing Helicopter Assault), LHA와 유사한 기능을 갖고 있으면서 도크를 통해 상륙주정 탑재 능력이 강화된 LHD(Landing Helicopter Deck)으로 나눌 수 있다.

항공모함은 항공작전 수행을 전문적으로하는 군함으로 강습상륙함에 비해 상대적으로 선속이 빠르고 상륙작전을 위한 일부 상륙병력 탑재 공간이 확보될 수 있으나 Well deck은 보유하고 있지 않다. 각국은 지속적으로 항공모함을 추가확보 하고 있다. 중국의 랴오닝(Liaoning)호는 러시아의 쿠즈네초프 2번함을 인수하여 개조한 함정이며, 최초의 중국산인 산둥호에 이어 만재배수량 8만 톤급의 푸젠호를 건조중에 있다. 인도는 이탈리아와 협력하여 비크란트(Vikrant)급을 건조하였으며, 이후 두 번째 항공모함인 INS비살급 도입을 추진중에 있다. 일본은 F-35B 구입과 함께 기존의 헬기항모인 이즈모급 2척을 전투기가 탑재 가능하도록 개조를 추진하고 있다. 1975년부터 니미츠(Nimitz)급 항공모함을 도입한 미국은 2008년 조지 H.W.부시를 마지막으로 10척의 니미츠급 항공모함 도입을 마무리 지었고, 이후 제럴드 R. 포드(Gerald R. Ford)급을 도입하여 순차적으로 니미츠급 항공모함을 대체하고 있다.

대부분의 실적함들은 취약성과 회복성 측면에서 선체 구조강도를 향상시키고 피격성 측면에서 방어시스템을 구축하였으며 주요구역 배치 개선을 통해 생존성을 확보하고 있다. 실적함들의 무장체계를 보면 강습상륙함과 항공모함이 유사한 경향을 보인다. 함포의 경우에는 강습상륙함과 항공모함 모두 주변저급 소형함정 등 대함 위협을 고려한 자함 방어 수준을 보유하고 있으며, 음영구역 최소화를 위해 2대 이상을 확보하고 있다. 근접방어무기체계(CIWS, Close-In Weapons System, 이하 CIWS)는 강습상륙함과 항공모함 모두 2대 이상 탑재하고 있다. 함대공미사일(SAAM, Surface to Air Anti Missile) 및 수직발사체계(VLS, Vertical Launching System, 이하 VLS)는 강습상륙함의 경우 이탈리아와 스페인을 제외한 대부분 함정에는 VLS 대신 주로 Deck type의 회전형 발사대를 운용하고 있다. 항공모함의 경우 대공위협 고려 VLS 또는 Deck type의 회전형 발사대를 이용하며 대함유도탄방어유도탄을 운용하고 있다. 반면에 감시체계에는 약간의 차이를 보인다. 어뢰음향대함체계의 경우, 강습상륙함은 어뢰 기만을 위해 주로 Nixie를 탑재하고 있지만, 항공모함은 주로 호위세력을 위용하여 대잠전을 수행하며 최소한의 자함방어를 위한 기만체계만을 탑재하고 있다.

2.2 항공모함 주요 성능요소

항공모함 획득 시 건조 및 운용비용이 천문학적이기 때문에 필요한 용도에 맞게 설계 및 운용되어야 한다. 따라서 제한된 예산 내에서 군의 요구사항을 최대한 만족시킬 수 있도록 개념설계 및 선행연구 단계에서 다양한 요구성능들의 우선순위를 결정할 필요가 있다. 항공모함의 주요 능력은 작전능력, 기동능력 그리고 생존능력으로 구분할 수 있다. 작전능력은 상륙, 항공, 대함전, 대공전, 대잠전 등이 포함되며, 기동능력에는 선속, 항속거리, 조종성 등이 포함된다. 마지막으로 생존능력에는 피탐성, 취약성, 회복성 등이 포함된다. 항공모함이 보유하고 있는 다양한 능력과 관련된 주요 성능요소들을 유사 실적함을 통해 식별할 수 있다. 국내·외 유사실적 함정들에서 경·중량급 함정에 맞도록 만재 톤수가 3만톤 미만이거나 10만톤 이상의 함정을 제외하면 Table 1과 같다.

무장체계나 감시체계 요소들은 유사한 사양을 갖고 있으므로 제외하면, 설계 시 우선순위를 고려해야 할 주요 성능요소로 중량, 함재기 수량, 상륙군 인원, 함 길이, 최대 선속이 선정될 수 있다.

Table 1. Summary of similar performance ship specifications

| Spec. | Amphibious assault ship | Aircraft Carrier |
|---------------------------------------|--------------------------------------|---------------------|
| Displacement[t] | 32,000~44,500 | 41,000~65,000 |
| Aircraft[ea] | Fixed : 0~20 or Rotary : 12~57 | Fixed+Rotay : 28~50 |
| Landing Force | 450~1690 | - |
| Ship Length[m] | 199~261 | 262~305 |
| Speed[kts] | 19~25 | 27~30 |
| Well Deck | ○ | × |
| CIWS | ○ | ○ |
| SAAM | ○ | ○ |
| Anti-missile Deception Device | ○ | ○ |
| Anti-ship/Anti-aircraft/Control Radar | ○ | ○ |
| Precision Approach Radar | ○ | ○ |
| Hull-Mounted Sonar | △ | △ |

2.3 다기준 의사결정과 함정 획득사업의 관계

다기준 의사결정(MCDM, Multiple Criteria Decision Making) 방법은 다목적 의사결정(MODM, Multiple Objective Decision Making)과 다속성 의사결정(MADM, Multiple Attribute Decision Making)으로 구분한다. 다목적 의사결정은 무한개의 대안 집합에서 주어진 목적들을 가장 만족시키는 대안들을 탐색하는 방법이다. 반면에, 다속성 의사결정은 이미 결정된 유한개의 대안 중에서 우선순위를 결정하여 바람직한 대안을 찾는 최적해 도출 방안이라 할 수 있다[5].

함정과 같이 획일화되지 않은 무기체계 획득사업에서 다뤄지는 문제들은 대부분 반복적이지 않고 여건이나 환경 등에 따라 변화하는 비정형적 의사결정 문제로 볼 수 있으며, 여러 요소들이 복잡하게 연관되었기 때문에 획득사업의 의사결정들은 단일요소 의사결정 분석기법보다는 다기준 의사결정 분석기법이 적용되어야 한다. 또한, 한정된 비교 대안 중 하나의 최적 대안을 선정하므로 이는 다속성 의사결정 기법과 상당히 유사하다. 따라서 함정 획득사업에서 다양한 성능요소에 대한 의사결정을 위해 다기준 의사결정 방법들을 적용할 수 있다.

2.4 다기준 의사결정 정의 및 분류

다기준 의사결정 방법은 상충되는 복수의 기준이 존재하는 상황에서 최적의 대안을 선택하는 의사결정을 말한

다. 다기준 의사결정은 여러 가지 항목을 고려하여 서로 다른 대상에 대해 선택, 카테고리화 그리고 우선순위를 선정하는 방법을 제공하여 복잡한 문제에 대한 최적의 의사결정이 가능하다. 다기준 의사결정은 이론적 배경, 질문의 형태에 따라 다양한 방법들이 제안되어 왔기 때문에 특정한 문제에만 적합한 방법이 있고 보편적이고 여러 영역에서 사용되는 방법이 있으며 대표적으로 가치 측정 모형, 목표지향 참조 수준 방법 그리고 순위 선호 방법으로 분류할 수 있다[7].

가치 측정 모형은 각 대안에 대해 수치적인 점수가 주어지고 이 점수는 대안에 대해서 우선순위를 정해 준다. 이 방법을 사용할 때는 이 기준이 얼마나 중요한지에 기준한 전체 점수에 대한 부분적 기여도를 고려한다[6]. 가치 측정 모형에는 다속성 효용이론(MAUT, Multiattribute Utility Theory, 이하 MAUT)과 계층적 의사결정(AHP, Analytic Hierarchy Process, 이하 AHP) 등이 있다.

목표지향 참조 수준 방법은 가치 측정 방법의 대안으로 목표 프로그래밍(GP, Goal Programing), 지향 레벨 및 참조 레벨 방법이다. GP 접근은 많은 대안이 있을 때 다기준 공정의 첫 단계로 사용되는데 주로 가장 부적절한 대안을 효율적인 방법으로 걸러내는 데 사용한다. 목표지향 참조 수준 방법은 MAUT나 AHP보다 덜 주관적이고 이해하기 수월한 절차를 제공하며 STEM접근과 TOPSIS(Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)기법 등이 있다.

본 연구에서는 전문가 설문조사 결과 없이도 적용가능한 TOPSIS기법을 적용하였다. TOPSIS기법은 C. L. Hwang & K. Yoon에 의해 제시된 다기준 의사결정 방법[7]으로 평가 대상과 이상적인 목표의 근접도에 따라 순위를 매긴다. TOPSIS기법은 다기준 의사결정방법의 최상의 해를 제시하는 방법이며, 이상적인 대안(PIS, Positive Ideal Solution)은 고려되는 대안의 최상값과 가장 가까운 거리에 위치하고, 이상적인 최악의 대안(NIS, Negative Ideal Solution)은 고려되는 대안 중 최하값과 가장 가까운 거리에 위치한다는 개념이다[8]. 이때 거리 계산은 유클리디언 거리(Euclidean distance)로 근접도를 평가하여 각 대안들의 순위를 결정하며, TOPSIS기법의 분석 절차는 다음과 같다[9].

단계 1. 평가 대상과 항목으로 이뤄진 의사결정행렬 (Decision Matrix)의 모든 성분, 즉 성능점수(Performance Score)들을 다음과 같은 정규화한 행렬 r_{ij} 를 식 (1)을 통해 구한다.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (1)$$

여기서, m 은 평가 대상, n 은 평가 항목의 개수이다. r_{ij} 는 i 번째 대상의 j 번째 평가 항목에 대한 성능점수는 나타낸다.

단계 2. 앞에서 정규화된 결정 행렬에 다음과 같이 각 평가 항목에 대한 가중치를 곱하여 가중 정규행렬 v_{ij} 를 식 (2)를 통해 구한다.

$$v_{ij} = w_j r_{ij} \quad (2)$$

여기서, w 는 j 번째 평가 항목의 가중치를 의미한다. 가중치는 엔트로피 가중치 방법(Entropy Weight Method)을 통해 의사결정자의 상대적 중요도 및 선호도 데이터 없이 수치적으로 계산할 수 있다.

단계 3. 아래 식 (3)과 같이 정의된 이상적인 해 v_j^+ 와 그 반대인 해 v_j^- 를 찾는다.

$$v_j^+ = \max(v_{ij}), v_j^- = \min(v_{ij}) \quad (3)$$

단계 4. 각 평가 대상과 이상적인 해의 유클리디언거리 d_i^+ 와 반대 해와의 유클리디언 거리 d_i^- 를 식 (4)를 통해 계산한다.

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad (4)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}$$

단계 5. 각 평가 대상들과 이상적인 해와의 유사성 (Closeness Coefficient, cc_i)를 식 (5)를 통해 계산하며, i 번째 평가 대상과 이상적인 대상과의 유사성은 다음과 같이 정의된다.

$$cc_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}, 0 \leq cc_i \leq 1 \quad (5)$$

단계 6. 단계 5에서 구한 이상적인 해와의 유사성을 바탕으로 대상들의 순위를 결정한다. 유사성 값이 큰 대상일

수록 높은 순위를 갖는다.

2.5 다기준 의사결정 방법을 이용한 설계안의 우선 순위 결정

2.2장에서 식별된 항공모함 주요 성능요소를 포함한 기 확보된 한국형 항공모함 정보를 Table 2~3에 걸쳐 정리하였다. 주요 성능요소들로 대상을 설문조사한 쌍별 비교 데이터가 없으므로 TOPSIS기법을 이용한 순위 결정을 수행하였다. 요소별 가중치는 유사 사업 개념설계 단계에서 실시한 효과도 분석자료(전문가 설문조사를 거쳐 요소별 가중치가 도출된 결과)와 엔트로피 가중치 방법을 활용하여 계산하였다.

Type 3과 4의 차이로 상륙군의 규모에 따른 경하중량 변화를 추정한다. Type 3에서 Ski Jump에 의한 중량증가 및 EMALS(Electro-Magnetic Aircraft Launching System) 영향 제외를 통해 Type 2와 조건을 일치 시켜 Type 2와 3의 차이로 고정익 대수에 따른 경하중량 변화를 추정하였다(Ski Jump 중량 : 300ton, EMALS 중량 : 800ton, AAG 중량 : 160ton). 이를 통해 상륙군 1명당 경하중량 변화와 고정익 1대당 경하중량 변화를 계산하였고 결과는 Table 4와 같다.

한국형 항공모함 전신인 유사 사업 개념설계에서 효과도 분석을 위해 Level 3 설계요소 계층도까지 구성하였으며, 이에 따른 전문가 설문조사를 실시하여 요소별 가중치를 도출하였다. Level 2까지의 각 항목과 가중치는 Fig. 2와 같고, Level 2 항목들은 Table 2~3에 제시된 설계정보의 항목들과 연결시켜 고려하였다.

Table 2. Aircraft carrier design information by type (1)

| | Type 1 | Type 2 |
|---------------------|--------|--------|
| Takeoff & Landing | STOBAR | STOBAR |
| Lenght[m] | 265 | 265+11 |
| Displacement[t] | 34,760 | 35,860 |
| Speed[kts] | 26 | 26 |
| A/C Storage[%] | 50 | 50 |
| EMALS | × | × |
| AAG | ○ | ○ |
| Fixed Wing[ea] | 16 | 16 |
| Fixed W. Weight[lb] | 51,000 | 51,000 |
| Helicopter[ea] | 2 | 2 |
| Troops | ○ | ○ |

Table 3. Aircraft carrier design information by type (2)

| | Type 3 | Type 4 |
|-----------------------|---------|---------|
| Takeoff & Landing | CATOBAR | CATOBAR |
| Lenght[m] | 265 | 265+11 |
| Displacement[t] | 38,260 | 38,360 |
| Speed[kts] | 26 | 26 |
| A/C Storage[%] | 50 | 50 |
| EMALS | ○ | ○ |
| AAG | ○ | ○ |
| Fixed wing[ea] | 28 | 28 |
| Fixed w. weight[lb] | 51,000 | 51,000 |
| Rescue helicopter[ea] | 2 | 2 |
| Troops | ○ | × |

Table 4. Change in hull weight

| | Variation in displacement |
|------------------|---------------------------|
| Per 1 Troop | 2.76ton |
| Per 1 Fixed wing | 158.3ton |

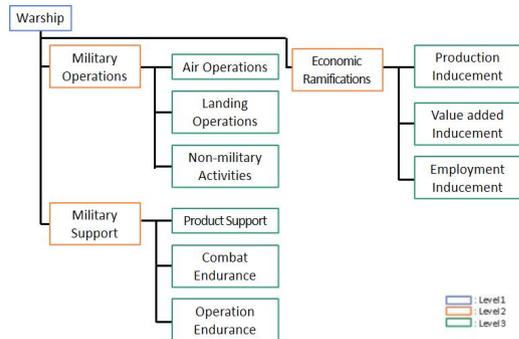


Fig. 2. Weighting by ship framework and analysis elements

- 항공작전(감시, 타격, 해상우세 등) : 고정익 대수
- 상륙작전(돌격, 강습 등) : 상륙군 규모
- 비군사적 활동(구조, 지원 등) : 구조헬기 대수
- 전력화 지원(전투발전, 군수지원 등) : 선속
- 전투지속(피탐, 취약 등) : 함 길이 (함 크기 요소, 선폭은 동일하여 제외함)
- 작전지속(장비 신뢰성) : 100% (ratio, default)
- 경제적파급 : 배 중량(선가와 비례 가정)

Table 4의 조건을 고려하여 상륙군 규모 및 탑재 고

정의 대수를 변화시킨 의사결정 조건이 Table 5와 같다. C1은 고정익 대수(ea), C2는 총 승조원, C3은 구조헬기 대수(ea), C4는 선속(kts), C5는 함 길이(m), C6은 함 운용성(%), C7은 경하중량(t)을 나타내며, 대안들의 중량 변화가 크지 않으므로 선속과는 국부적으로 선형관계라 가정하여 선속을 추정한다. 총 승조원은 필수적인 함 승조원, 헬기 운용, 부대 지위 및 돌격 제대 인원을 포함한다.

Table 5. Aircraft carrier decision-making conditions

| | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 |
|----|----|-------|----|-------|-----|-----|--------|
| A1 | 16 | 1,710 | 2 | 26.39 | 265 | 100 | 34,760 |
| A2 | 20 | 1,360 | 2 | 26.51 | 265 | 100 | 34,457 |
| A3 | 24 | 1,180 | 2 | 26.45 | 265 | 100 | 34,608 |
| A4 | 28 | 1,000 | 2 | 26.39 | 265 | 100 | 34,760 |
| A5 | 16 | 1,710 | 2 | 25.97 | 276 | 100 | 35,860 |
| A6 | 20 | 1,360 | 2 | 26.09 | 276 | 100 | 35,557 |
| A7 | 24 | 1,180 | 2 | 26.03 | 276 | 100 | 35,708 |
| A8 | 28 | 1,000 | 2 | 25.97 | 276 | 100 | 35,860 |

Table 5에 제시된 항공모함 의사결정 조건의 정규화된 의사결정 행렬은 Table 6과 같다.

Table 6. Normalized decision-making matrix

| r_{ij} | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| A1 | 0.252 | 0.452 | 0.354 | 0.356 | 0.346 | 0.354 | 0.349 |
| A2 | 0.315 | 0.359 | 0.354 | 0.357 | 0.346 | 0.354 | 0.346 |
| A3 | 0.378 | 0.312 | 0.354 | 0.357 | 0.346 | 0.354 | 0.348 |
| A4 | 0.441 | 0.264 | 0.354 | 0.356 | 0.346 | 0.354 | 0.349 |
| A5 | 0.252 | 0.452 | 0.354 | 0.350 | 0.361 | 0.354 | 0.360 |
| A6 | 0.315 | 0.359 | 0.354 | 0.352 | 0.361 | 0.354 | 0.357 |
| A7 | 0.378 | 0.312 | 0.354 | 0.351 | 0.361 | 0.354 | 0.359 |
| A8 | 0.441 | 0.264 | 0.354 | 0.350 | 0.361 | 0.354 | 0.360 |

다음으로 엔트로피 가중치 방법을 통하여 각 요소들의 가중치를 계산하면 Table 7과 같다.

Table 7. Weighted values matrix(Entropy)

| | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| w_j | 0.1355 | 0.1360 | 0.1457 | 0.1457 | 0.1456 | 0.1457 | 0.1457 |

각 요소별로 계산된 가중치와 정규화된 의사결정 행렬을 식 (2)에 따라 계산하면 가중 정규 의사결정 행렬을 구할 수 있으며, Table 8과 같다.

Table 8. Weighted normalized values decision-making matrix

| v_{ij} | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| A1 | 0.0341 | 0.0615 | 0.0515 | 0.0518 | 0.0504 | 0.0515 | 0.0509 |
| A2 | 0.0427 | 0.0489 | 0.0515 | 0.0521 | 0.0504 | 0.0515 | 0.0504 |
| A3 | 0.0512 | 0.0424 | 0.0515 | 0.0520 | 0.0504 | 0.0515 | 0.0506 |
| A4 | 0.0597 | 0.0359 | 0.0515 | 0.0518 | 0.0504 | 0.0515 | 0.0509 |
| A5 | 0.0341 | 0.0615 | 0.0515 | 0.0510 | 0.0525 | 0.0515 | 0.0525 |
| A6 | 0.0427 | 0.0489 | 0.0515 | 0.0513 | 0.0525 | 0.0515 | 0.0520 |
| A7 | 0.0512 | 0.0424 | 0.0515 | 0.0511 | 0.0525 | 0.0515 | 0.0522 |
| A8 | 0.0597 | 0.0359 | 0.0515 | 0.0510 | 0.0525 | 0.0515 | 0.0525 |

가중 정규 의사결정 행렬로부터 이상적인 해와의 유클리디안거리를 식 (4)를 통해 계산하고, 식 (5)를 통해 이상적인 해와의 유사성을 판단하여 대안의 우선순위 구하면 Table 9와 같다.

Table 9. Closeness Coefficient & Rank

| | Closeness Coefficient | Rank |
|----|-----------------------|------|
| A1 | 0.50059 | 2 |
| A2 | 0.42715 | 7 |
| A3 | 0.46968 | 5 |
| A4 | 0.50222 | 1 |
| A5 | 0.49734 | 4 |
| A6 | 0.42038 | 8 |
| A7 | 0.46410 | 6 |
| A8 | 0.49897 | 3 |

추가적으로 분석의 신뢰성을 검증하기 유사 사업 개념 설계 단계에서 전문가 설문조사를 통해 가중치가 도출된 결과 분석자료를 활용하였으며 사용된 요소별 가중치는 Table 10과 같다.

Table 10. Weighted values matrix(AHP)

| | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| w_j | 0.1355 | 0.1360 | 0.1457 | 0.1457 | 0.1456 | 0.1457 | 0.1457 |

앞선 방식과 동일한 방식으로 이상적인 해와의 유사성 및 대안의 우선순위를 구하였으며, 비교·분석을 위해 엔트로피 가중치 방법으로 분석된 순위와 함께 표기하면 Table 11과 같다.

Table 11. Comparison of entropy weights values and AHP weights values

| | Closeness Coefficient | | Rank | |
|----|-----------------------|-----|---------|-----|
| | Entropy | AHP | Entropy | AHP |
| A1 | 0.50059 | 2 | 0.41161 | 5 |
| A2 | 0.42715 | 7 | 0.39358 | 7 |
| A3 | 0.46968 | 5 | 0.52699 | 3 |
| A4 | 0.50222 | 1 | 0.58849 | 1 |
| A5 | 0.49734 | 4 | 0.41149 | 6 |
| A6 | 0.42038 | 8 | 0.39331 | 8 |
| A7 | 0.46410 | 6 | 0.52679 | 4 |
| A8 | 0.49897 | 3 | 0.58835 | 2 |

2.6 항공모함 설계안의 우선순위 결정 결과 분석

두 방법 모두 고정익이 최대치임과 동시에 경하중량 낮은 설계안이 1순위이지만 두 방법을 통해 계산된 설계안들의 순위들에는 약간의 차이를 보였다. 엔트로피 가중치 방법은 고정익이 최소이고 승조원 수가 최대치인 설계안이 2순위지만, 효과도 분석 데이터의 경우 승조원 수보다는 고정익 대수가 최대치에 근접한 설계안이 2순위를 차지하였다. 두 방법의 결과 차이의 원인을 살펴보면, 엔트로피 가중치 방법은 설계안들의 수치들이 우선순위에 영향을 주었으며, 효과도 분석자료를 활용한 방법은 관련 분야 전문가 설문조사 결과가 반영되어 한국군의 상황을 고려한 주관적인 선호도가 결과에 영향을 주었을 것으로 판단된다.

3. 결론

본 연구에서는 항공모함의 획득사업에 다중 의사결정 기법을 적용하여 다양한 요구성능들로 구성된 설계안들의 우선순위를 도출하였다. 함정과 같이 획일화되지 않는 무기체계의 최적 설계안을 선정할 때는 다기준 의사결정 기법이 유용하다. 다양한 다기준 의사결정 기법들을 소개하였고, 그 중 AHP기법과 TOPSIS기법을 이용하여 항공모함 설계안의 우선순위를 계산하였다. TOPSIS 기법에 필요한 의사결정 조건 행렬은 항공모함과 유사한 국내·외 유사 실적함들에서 식별된 항공모함의 주요 성능요소와 확보된 설계정보를 바탕으로 구성하였다. 이때 각 요소의 가중치를 결정하기 위해 함정의 개념설계에서 수행했던 효과도 분석자료를 이용한 방법과 전문가 설문조사 결과가 필요없는 엔트로피 가중치 방법을 적용

하였다. 두 방법 모두 1순위는 같지만, 다른 순위들은 약간의 차이를 보였으며 원인으로는 효과도 분석 데이터 자료는 정성적 요소에 대해 요소별 쌍별비교를 통한 AHP 기법으로 도출된 결과로 평가자들의 의견이 일부 반영되지만, 엔트로피 가중치 방법은 설계안들의 데이터를 통해서만 계산되며 각 요소 집합을 구성하는 수치들의 편차가 가중치에 영향을 주기 때문에 판단된다.

본 연구 결과로 제시된 항공모함 설계 시 주요 성능요소들 외에도 함재기의 성능, 이·착륙 방식에 따른 설계 변동성, 항공모함 추진 방식 등이 중요 성능요소로 함께 고려될 수 있으나, 정보 및 자료 획득 제한으로 본 연구에서 다루지 못한 점은 연구의 제한사항으로 남는다.

추후 이러한 점을 고려하여 다기준 의사결정 기법을 적절히 선정하고, 직접적으로 설계에 적용할 수 있는 양질의 데이터가 확보된다면 여러 함정의 설계에 활용되어 제한된 제원 내에서 합리적인 방안을 도출할 수 있을 것으로 사료된다.

References

- [1] J. W. Cho, "A Study on the Moon Jae-in Government's Light aircraft carrier Politics." *THE JOURNAL OF INTERNATIONAL RELATIONS*, Vol.25, No3, pp.155-180, Sep, 2022.
DOI: <http://dx.doi.org/10.15235/jir.2022.09.25.3.155>
- [2] Y. J. Park, "Japan's Decision to Equip with Aircraft Carriers and Its Impact on Maritime Strategy." *Review of International and Area Studies*, Vol.31, No.1, pp.1-29, Mar, 2022.
DOI: <http://dx.doi.org/10.56115/RIAS.2022.03.31.1.1>
- [3] K. Y. Yoon, The Justification for Possessing a Navy Light Aircraft Carrier, KIMS Periscope No.267, Korea Institute for Maritime Strategy, 2022, pp.11.
- [4] C. S. Jung, Aircraft Carrier 2033 Deployment, Basic Business Strategy Approved [Internet], Munhwa Ilbo, [cited 2021 January 22], Available From: <https://v.daum.net/v/cWOYCsh2qO> (accessed Jun. 04, 2024)
- [5] Y. H. Kim, J. H. Seo, Y. W. Cho, and M. K. Park, "A Case Study of MADM Using Taguchi Techniques and LAM.", *The 2005 Fall Conference of Korea Safety Management & Science*, Korea Safety Management & Science, Korea, pp.427-249, Nov 2005.
- [6] S. J. Choi, S. Y. Rieu, and D. R. Lee, "Multicriteria Decision Analysis - Methods and Case Studies.", *Korea Water Resources Association Conference(2004)*, Koera Water Resource Association, Incheon, Korea, pp.854-858, May, 2004

- [7] C. L. Hwang, K. Yoon, Multiple attribute decision making: methods and applications a state-of-the-art survey. Springer Science & Business Media, 2012.
- [8] M. K. Kim and K. S. Kang, "A study on selection of educational service quality's priority with TOPSIS method," *Journal of the Korea Safety Management & Science*, Vol.18, No.4, pp. 195-209, Dec. 2016.
DOI: <http://dx.doi.org/10.12812/ksms.2016.18.4.195>
- [9] S. H. Bae, S. D. Park, and S. J. Kim, "The Enhancement Strategy on National Cyber Capability Using Hybrid Methodology of AHP and TOPSIS." *Journal of Convergence Security*, Vol15, No.4, pp.43-55, 2015.

박 명 수(Myeong-Soo Park)

[정회원]



- 2020년 8월 ~ 2020년 12월 :
국방기술품질원 연구원
- 2021년 1월 ~ 현재 :
국방기술진흥연구소 연구원

<관심분야>

국방, 선행연구, 항공분야, 합정분야