

F-AHP법 및 ARAS법을 이용한 해양항공드론 배치에 관한 해양경찰서 관할구역 평가

장은재*†

* 목포해양대학교 해상운송학부 교수

Evaluation of Korea Coast Guard Districts Using F-AHP & ARAS Method for Deployment Marine Air Drones

Woon-Jae Jang*†

* Division of Maritime transportation, Mokpo National Maritime University, Mokpo 58628, Korea

요약 : 해양항공드론은 해양사고의 예방과 대응에 이용할 수 있는 새로운 장비이다. 이러한 해양항공드론을 배치하기 위한 관할구역을 결정하는 것은 정부 의사결정자가 효과적인 정책을 마련하도록 도움을 줄 수 있다. 이 연구의 목적은 F-AHP법과 ARAS법을 이용하여 해양항공드론을 배치하기 위한 적절한 구역을 평가하는 모델을 개발하기 위한 것이다. 그리고 이 제안된 모델의 적용가능성을 확인하기 위해 우리나라 해양경찰청의 관할구역에 적용하였다. 해양항공드론의 배치는 평가요소 사이에 중복이 높은 특징이 있기 때문에 식별된 평가항목의 중요도를 결정하기 위해서 F-AHP법을 이용하였다. 그 결과 해양드론의 배치에 있어서 연안에서의 실종자 항목이 가장 중요한 평가항목으로 나타났다. 또한 이 연구에서 지역 해양경찰청의 우선순위는 하나의 목표(해양사고 50% 저감)를 고려할 수 있는 ARAS법을 이용하였다. 그 결과로서 목포 해양경찰청 관할구역의 우선순위가 가장 높게 나타났고, 인천, 서귀포, 태안, 완도, 여수, 포항, 통영, 군산, 보령, 제주, 부안, 동해, 속초, 울산, 울진, 부산, 창원, 평택 해양경찰청 관할구역 순으로 나타났다.

핵심용어 : 해양항공드론, 해양경찰청, F-AHP, 중요도, ARAS

Abstract : A marine air drone is a new device that can be used to respond to and prevent marine casualties. Determining the districts where marine air drones can be deployed helps the government decision makers identify efficient policy. The aim of this study is to develop a model using the fuzzy-analytic hierarchy process (F-AHP) and additive ratio assessment (ARAS) method to evaluate appropriate districts for deploying marine air drones. To verify the applicability of the proposed model, a case study was performed with respect to the Korea coast guard (KCG) districts. Since the deployed marine air drones are characterized by a high degree of overlap between the evaluation attributes, the F-AHP is used to determine the weights of identified criteria. The results of this study, show that missing people from the shore was the most important criterion for deployment of the drone. For ranking the local districts of the KCG, the ARAS is applied in the case study with the single goal of 50% reduction in marine casualties. Consequently, the highest priority district was identified as Mokpo, followed by Incheon, Seogwipo, Taean, Wando, Yeosu, Pohang, Tongyeong, Gunsan, Boryeong, Jeju, Buan, Donghae, Sokcho, Ulsan, Uljin, Busan, Changwon, and Pyeongtaek.

Key Words : Marine air drone, Korea coast guard, Fuzzy-analytic hierarchy process (F-AHP), Weights, Additive ratio assessment (ARAS)

1. 서론

최근 4차산업에 대한 관심이 높아지면서 드론분야가 신산업으로 부상하고 있다. 현재까지 해양드론의 범위를 명확히 구분하고 있는 연구는 거의 없지만 해양을 3개의 공간으로

분류한다면 해양드론은 해양의 항공영역을 운항하는 해양항공드론과 수상의 영역을 운항하는 해양수상드론, 수중의 영역을 운항하는 해양수중드론 등 3가지의 영역으로 구분할 수 있다. 2019년 해양수산부에서는 해양수산 분야 드론 활성화 방안을 발표하였는데, 이 방안에 따르면 2023년까지 해양수산 공공서비스에 240대의 해양항공드론을 투입하여 해양

† jwj98@mmu.ac.kr, 061-240-7183

사고, 오염 및 항만시설 감시 등에 활용하는 것이다. 이러한 해양항공드론의 배치는 막대한 인프라가 투입되기 때문에 효율적인 운용을 염두에 두고 해역별 우선순위를 선정할 필요가 있다. 따라서 본 연구는 우리나라 해역에서 해양항공드론의 배치권역에 대한 우선순위를 평가하였다. 이를 위해 본 연구에서는 해양항공드론 배치 권역의 객관적인 평가를 위해 평가항목은 정량화가 가능한 자료로 선정하였고, 권역 구분은 해양경찰서의 관할권역으로 선정하였다. 이는 해양경찰청이 우리나라 수색구조를 총괄 담당하는 조직이며 관할 경찰서별로 해양사고 등의 자료를 집계하여 통계자료로 공개하고 있어 객관적 자료의 확보와 평가가 비교적 용이하기 때문이다.

평가기법에 있어서는 AHP법을 퍼지이론으로 확장한 F-AHP법(Fuzzy-Analytic Hierarchy Process법)과 ARAS법을 이용하였다. 이는 평가항목간의 중복성 등을 고려하기 위해 Fuzzy수를 이용한 AHP 평가법이 해양분야 뿐만 아니라 여러 분야에서 널리 이용되고 있기 때문이다. 특히 F-AHP법에서는 Chang(1992)이 제안한 F-AHP법이 평가에 널리 활용되고 있어 본 연구에서도 이를 이용한다. 또한 퍼지수를 이용하여 우선순위 결정시에는 비교대상이 많아지기 때문에 계산량이 증가한다. 따라서 이를 보완한 방법으로 가중치는 F-AHP법으로 얻고, 종합평가는 TOPSIS법이나 ARAS법(Zavadskas and Turskis, 2010) 등을 결합한 방법이 평가에 이용되고 있다 (Jang, 2013). 특히 ARAS법은 단순한 알고리즘으로 개념이 논리적이고 연산을 이해하기 쉬워 계산이 용이하고, 최적안과 대체안의 비교를 통해 우선순위를 결정하는 방식이다. 또한, TOPSIS법은 최대 이상적인 해와 최소 이상적인 해 등 2개의 이상적인 안이 필요하다. 그러나 ARAS법은 해양사고 50%까지 줄이겠다는 해양교통안전공단의 한 개의 목표안과 대체안을 비교하여 의사결정을 수행하므로 단일의 목표치가 제시된 평가에 효과적이므로 본 연구에서 이용하고자 한다.

선행연구로 국내에서는 MOF(2019)는 해양수산분야 드론 활성화 2023년 계획을 발표하였다. SLG(2018)은 해양수산분야 드론산업 개발 및 타당성을 조사하였다. KMI(2013)은 해양수산분야 드론활용 확대 방안을 연구하였다. 또한 해외에서는 Zorbas et al.(2016)이 목표지역의 비용-효과 및 최적 드론 배치에 대하여 연구하였다. 그러나 국내연구는 해양항공드론의 활용분야를 언급하였고, 국외연구는 드론의 커버리지를 고려한 최적배치에 대한 연구로 해양항공드론의 우선 배치를 위한 구역을 평가한 본 연구와는 차이가 있다. 또한 본 연구에서 이용한 F-AHP법 및 ARAS법을 이용한 평가는 국내 및 해양분야에서 적용이 많지 않으므로 유용한 평가기법이 될 것이다.

2. 연구방법

2.1 F-AHP법

본 연구의 F-AHP법은 Ecer(2018)이 사용한 방법으로 Chang (1992)의 F-AHP법을 보완한 것으로 F-AHP법의 절차는 Chang (1992)이 제안한 방법을 따르며, 다만 삼각 퍼지수의 언어표현은 Chan and Kumar(2007)이 제안한 방법을 이용하고, 일관성 검증을 Kwong and Bai(2003)이 이용한 방법을 추가하여 F-AHP법의 완성도를 높인다.

퍼지 집합이론은 애매성과 모호성이 있는 의사결정문제에 많이 이용되고 있다. 퍼지집합이론에서 언어적인 측정은 단순성과 선형성 때문에 일반적으로 삼각 퍼지수(Triangular Fuzzy Numbers)를 이용하며, 이때의 퍼지수는 일반적인 집합(Crisp Set)에서의 수와는 다른 의미를 갖는다. Fig. 1은 삼각 퍼지수 (l, m, u) 와 소속함수(Membership Function)를 나타내는데 m 은 적합정도 $\mu_A(x) = 1$ 로 멤버쉽 정도가 가장 높고, l 은 하한의 범위를 u 는 상한의 범위를 각각 나타낸다.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < l, \\ (x-l)/(m-l), & l \leq x \leq m, \\ (u-x)/(u-m), & m \leq x \leq u, \\ 0, & x > u. \end{cases} \quad (1)$$

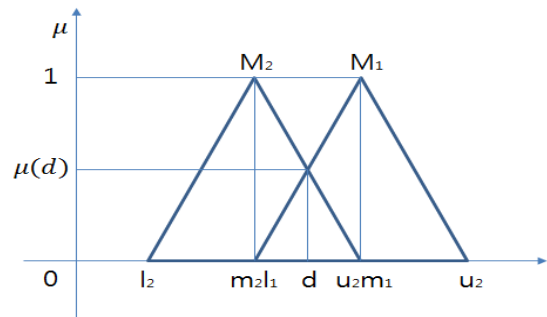


Fig. 1. The intersection between M1 and M2 (Zhu et al., 1999).

Table 1. The linguistic variables and their corresponding fuzzy numbers (Chan and Kumar, 2007)

Definition	Membership function
Just equal	(1, 1, 1)
Between equal and modrate	(1, 2, 3)
Moderate importance	(2, 3, 4)
Between moderate and fairly strong	(3, 4, 5)
Fairly strong importance	(4, 5, 6)
Between fairly and very strong	(5, 6, 7)
Vey strong importance	(6, 7, 8)
Between very strong and absolute	(7, 8, 9)
Absolute impotence	(8, 9, 9)
Reciprocal	$M_1^{-1} \approx (\frac{1}{u_1}, \frac{1}{m_1}, \frac{1}{l_1})$

본 연구에서 F-AHP의 쌍대비교에 활용되는 언어표현 척도와 이에 해당하는 삼각 퍼지수의 언어표현은 Table 1과 같이 Chan and Kumar(2007)을 활용한다.

AHP법에서는 일관성 검증을 통해 설문 응답자의 유효성을 검사하고 있으므로 Fuzzy AHP법에서도 AHP법과 같이 일관성 검증을 통해 유효성 확인이 필요하다. 본 연구에서는 Kwong and Bai(2003)이 이용한 방법으로 일관성 검증을 수행하였는데, 각 삼각 퍼지수 $M=(l,m,u)$ 의 쌍대비교 행렬을 식(2)를 이용하여 크리슈 수로 변환하여 통상의 AHP법으로 일관성 검사를 수행하였다.

$$M_{crisp} = \frac{(4 \otimes m + l + u)}{6} \quad (2)$$

이 크리슈 AHP에서 C.I. 또는 C.R. 값이 0.1 이하이면 유효성이 인정된다.

한편, Fuzzy AHP는 통상의 AHP분석 절차를 따르면서 퍼지수를 이용하고 있으며, 이 중 Chang(1992)이 제안한 Extent analysis method가 가장 일반적으로 사용되고 있으므로 본 연구에서도 이 방법을 이용한다. Chang(1992)의 Fuzzy-AHP는 아래와 같은 4단계의 절차로 구성된다.

- 1단계 : 1번째 요소의 Fuzzy Synthetic Extent값을 FS_i 라고 하면

$$FS_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \otimes \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} \quad (3)$$

여기서 $\sum_{j=1}^m M_{gi}^j = (\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j)$,

$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j = (\sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i)$ 이고, 역수는

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right) \text{ 이다.}$$

- 2단계 : $M_2 = (l_2, m_2, u_2) \geq M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ 일 가능성을 아래와 같이 정의하면

$$V = (M_2 \geq M_1) = hgt(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1 & , \text{ if } m_2 \geq m_1, \\ 0 & , \text{ if } l_2 \geq l_1, \\ \frac{(l_1 - u_2)}{((m_2 - u_2) - (m_1 - l_1))} & , \text{ otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

이다. 여기서 d 는 Fig. 1과 같이 $\mu_{M_1}(x)$ 과 $\mu_{M_2}(x)$ 사이의 가장 높은 교차점 D 의 세로좌표이다. M_1 과 M_2 를 비교하려면 $V(M_1 \geq M_2)$ 와 $V(M_2 \geq M_1)$ 각각의 값이 필요하다.

- 제3단계 : 삼각 퍼지수 M 이 다른 k 개의 퍼지수 $M_i (i=1,2,\dots,k)$ 보다 클 최소가능성의 정도는 아래와 같이 정의된다.

$$V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = V[(M \geq M_1) \text{ and } (M \geq M_2) \text{ and } \dots \text{ and } (M \geq M_k)] = \min V(M \geq M_i), i=1,2,3,\dots,k \quad (5)$$

$d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k), k=1,2,\dots,n; k \neq i$ 를 가정하면 중요도는

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \quad (6)$$

이고, 여기서 n 의 평가항목은 $A_i (i=1,2,\dots,n)$ 이다.

- 4단계 : 정규화과정으로 정규화된 중요도는

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \quad (7)$$

이고, W 는 비퍼지수이다.

2.2 ARAS법

일반적으로는 이상에서 기술한 F-AHP법으로 구한 평가항목의 중요도와 대체안을 종합하여 대체안의 우선순위를 결정하게 된다. 그러나 대체안 선정에 있어서도 계속적인 쌍대비교법을 이용하여 가중치를 얻는 방법은 설문자에게 과도한 부담을 줄 수 있고 이로 인해 일관성이 낮은 결과를 도출할 수 있다. 최근에는 우선순위 평가에 있어 TOPSIS법 또는 ARAS법이 간단하여 대체안의 순위결정에 유용한 방법으로 이용되고 있다. TOPSIS법은 최대 이상적인 해와 최소 이상적인 해를 고려하여 대체안을 선정하지만 ARAS법은 단일의 이상적인 해를 고려하여 대체안을 선정한다. 특히 해양교통안전공단에서는 10년내 해양사고를 50% 감축하겠다고 발표하였고, 이는 해양사고 저감이라는 이상적인 해가 하나 존재하므로 본 연구의 평가에 적합한 방법이므로 ARAS법을 이용하고자 한다. ARAS법의 구체적인 절차는 아래의 6단계로 구성된다(Zavadskas and Turskis, 2010).

- 1단계 : m 개의 대체안과 n 개의 평가항목으로 의사결정 행렬 X 를 구축한다.

$$X = \begin{bmatrix} x_{01} & \dots & x_{0f} & \dots & x_{0m} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{i1} & \dots & x_{ij} & \dots & x_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \dots & x_{mj} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}, i=0,1,\dots,m, j=1,2,\dots,n \quad (8)$$

각 평가항목에서 최적수행률 x_{0j} 을 결정한다.

$$x_{0j} = \begin{cases} \max x_{ij} & j \in \Omega_{\max} \\ i \\ \min x_{ij} & j \in \Omega_{\min} \\ i \end{cases} \quad (9)$$

- 2단계 : 최초값 $R = [r_{ij}]$ 의 정규화 결정행렬을 산출한다.

$$r_{ij} = \begin{cases} \frac{x_{ij}}{\sum_{i=0}^m x_{ij}} & j \in \Omega_{\max} \\ \frac{1/x_{ij}}{\sum_{i=0}^m 1/x_{ij}} & j \in \Omega_{\min} \end{cases} \quad (10)$$

- 3단계 : 정규화된 중요도 결정행렬 ν_{ij} 을 산출한다.

$$\nu_{ij} = w_j \times r_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (11)$$

여기서 w 는 F-AHP법에 의하여 산출한 정규화된 중요도 W 이다.

- 4단계 : 각 대체안의 전체 수행 인덱스 S_i 를 산출한다.

$$S_i = \sum_{j=1}^n \nu_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (12)$$

- 5단계 : 각 대체안의 근접상호작용정도 Q_i 를 산출한다.

$$Q_i = S_i / S_0, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (13)$$

S_0 는 대체안을 1이라고 할 때 전체 수행 인덱스이고, Q_i 은 1번째 대체안의 근접정도를 나타낸다.

- 6단계 : 대체안의 순위부여와 최적안을 선택한다.

Q 값이 가장 큰 대체안 부터 높은 순위를 부여하고, 목표치보다 큰(Q 값이 1 이상인) 대체안이 배치 우선순위가 높고, 가장 높은 값은 최적안이 된다.

3. 해양항공드론 배치 평가모델 구성

3.1 대상 권역 및 평가항목 추출

우리나라 해역에 해양항공드론의 배치를 평가하기 위해 본 연구에서의 대상해역은 해양경찰청 관할구역을 이용한다. 이는 우리나라의 수색구조가 실질적으로 해양경찰서별로 수행이 되고 있고, 해양항공드론의 운용을 위한 드론의 배치에 있어서도 드론의 운용거리 제약 및 효과적인 운용을 위해서 해양경찰서별로 운용될 것이기 때문이다.

한편 한정된 자원의 효과적인 활용을 위해서는 해양항공드론의 배치에 있어서 우선순위 평가가 선행되어야 한다. 이러한 우선순위 평가를 위해서는 평가항목을 추출해야 한다.

본 연구에서는 평가항목의 추출 및 F-AHP평가를 위해 해양수산분야 전문가(교수, 연구원 등)에 대해 설문 및 면접조사하여 총 22부의 유효한 설문을 분석에 사용하였다. 평가항목의 선정을 위한 해양항공드론의 활용분야에 대한 선행연구는 Table 2와 같다.

MOF(2019)에서는 해양오염감시, 해양생태모니터링, 항행 안전시설 점검, 항만시설 감시, 불법어업 지도단속 등으로 명시하였다. 또한 SLG(2018)에서는 적조예찰, 해상수색(해양 사고 모니터링), 어장도 측량 등을 제시하였다. KMI(2013)에서는 불법조업감시, 선박안전검사, 항계내 선박감시 등에 대하여 우선적 활용을 언급하였다.

Table 2. Recent studies on the adaption of Marine Air Drones

Author	Adoption factors
Ministry of Oceans and Fisheries, MOF(2019)	Inspection of Oil Pollution, Monitoring of Marine Bio, Inspection of Navigation Safe Facilities, Inspection of Port Facilities, Instruction & Inspection of Illegal Fishing
Sinan Local Government, SLG(2018)	Pre-monitoring of Red Tide, Marine Search(including Monitoring of Marine Accident), Measurement of Fisheries
Korea Marine Institute, KMI(2013)	Inspection of Illegal Fishing, Inspection of Ship's Safety, Monitoring of ship within ports

이상의 연구를 살펴보면 해양항공드론의 운용범위는 해양사고를 예방, 사고의 전후 감시와 정찰 등이 우선 목적이 될 것이다. 따라서 해양경찰서별 배치 우선순위 결정을 위하여 해양항공드론 운영목표를 바탕으로 Table 3과 같이 평가항목을 구성할 수 있다. 본 연구에서는 현실적으로 획득할 수 있는 객관적 자료로 평가항목을 구성하기 위해 해양경찰청의 통계자료 항목을 이용하였다.

Table 3. The criteria to deploy Marine Air Drones

Criteria	Definition
GS	Grab of ship's screw by Float
DV	Dead and injury of people on vessel
DS	Dead and injury of people in shore
MV	Missing people from vessel
MS	Missing people from shore
OP	Oil pollution by vessel

3.2 해양항공드론 배치 평가 모델

해양항공드론의 배치 평가는 Fig. 2에서 보이는 바와 같이 크게 3단계의 절차에 의해 수행된다.

첫 번째는 모든 평가항목을 구조화하는 것으로 평가목표와 각 평가항목을 식별하고 이를 구조화하는 것이다.

두 번째는 F-AHP법을 이용하여 중요도를 산출하는 것으로 일관성검사를 수행하고, 모든 평가항목의 중요도를 계산한다.

마지막으로 ARAS법을 이용하여 우선순위를 결정한다. 이때 해양사고 50% 달성의 목표치와 F-AHP법으로 산출한 중요도를 의사결정행렬에 입력 및 정규화하여 계산하고, 우선순위가 가장 높은 최적안을 선택하는 것이다.

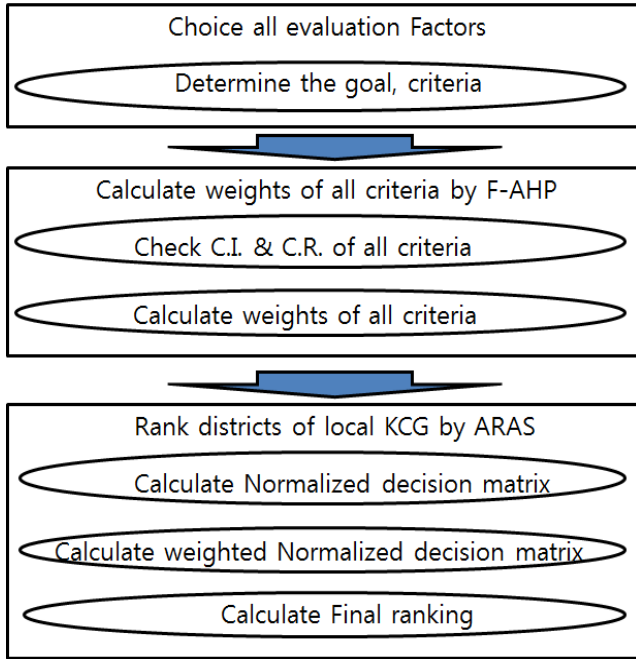


Fig. 2. The evaluation model to deploy Marine Air Drone.

4. 해양항공드론 배치 우선순위 평가

4.1 F-AHP를 이용한 평가항목의 중요도

F-AHP법을 이용하여 6개의 평가항목에 대하여 중요도를 계산하기 위한 평가항목별 퍼지수는 Table 4와 같다. 여기서 일관성 검사는 식(2)를 이용하여 퍼지수를 크리슘 수로 변환하고 AHP법으로 수행한 결과 C.I.는 0.063, CR은 0.051로 모두 0.1이하로 유효성이 인정된다.

Table 4. Value of criteria to calculate weights

	GS			DV			DS			MV			MS			OP		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
GS	1.000	1.000	1.000	0.454	0.626	0.878	0.322	0.421	0.630	0.269	0.369	0.598	0.311	0.454	0.848	0.901	1.219	1.520
DV	1.138	1.596	2.203	1.000	1.000	1.000	0.774	1.060	1.486	0.271	0.374	0.610	0.303	0.437	0.794	0.645	1.141	1.778
DS	1.587	2.374	3.106	0.673	0.944	1.292	1.000	1.000	1.000	0.336	0.422	0.527	0.333	0.500	1.000	1.056	1.558	2.282
MV	1.673	2.709	3.724	1.641	2.672	3.684	1.899	2.369	2.972	1.000	1.000	1.000	0.316	0.450	0.816	1.511	2.247	3.114
MS	1.179	2.203	3.213	1.260	2.289	3.302	1.000	2.000	3.000	1.226	2.223	3.169	1.000	1.000	1.000	2.528	3.252	4.000
OP	0.658	0.820	1.110	0.562	0.876	1.551	0.438	0.642	0.947	0.321	0.445	0.662	0.250	0.308	0.396	1.000	1.000	1.000

*λMax=6.316, C.I.=0.063, C.R.=0.051

* Grab of ship's screw by float(GS), Dead and injury of people on vessel(DV), Dead and injury of people in shore(DS), Missing people from vessel(MV), Missing people from shore(MS), Oil pollution by vessel(OP)

식(3)을 이용하여 평가항목의 FS_i 를 산출하고, 식(4)~식(5)를 이용하여 각 평가항목에 대한 가능성과 최소가능성을 계산하면

$$V(S_{GS} \geq S_{LV}, S_{LS}, S_{MV}, S_{MS}, S_{OP}) = \text{MIN}(0.756, 0.601, 0.199, 0.162, 1.000) = 0.162$$

$$V(S_{LV} \geq S_{GS}, S_{LS}, S_{MV}, S_{MS}, S_{OP}) = \text{MIN}(1.000, 0.862, 0.472, 0.409, 1.000) = 0.409$$

$$V(S_{LS} \geq S_{GS}, S_{LV}, S_{MV}, S_{MS}, S_{OP}) = \text{MIN}(1.000, 1.000, 0.604, 0.531, 1.000) = 0.604$$

$$V(S_{MV} \geq S_{GS}, S_{LV}, S_{LS}, S_{MS}, S_{OP}) = \text{MIN}(1.000, 1.000, 1.000, 1.000, 0.911, 1.000) = 0.911$$

$$V(S_{MS} \geq S_{GS}, S_{LV}, S_{LS}, S_{MV}, S_{OP}) = \text{MIN}(1.000, 1.000, 1.000, 1.000, 1.000, 1.000) = 1.000$$

$$V(S_{OP} \geq S_{GS}, S_{LV}, S_{LS}, S_{MV}, S_{MS}) = \text{MIN}(1.00, 0.766, 0.616, 0.222, 0.183, 1.00) = 0.183$$

이다. 따라서 식(6)의 중요도 W' 및 식(7)의 정규화된 중요도 W 는 Table 5와 같다.

Table 5. Standardized Weights

	FS_i			W'	W
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>		
GS	0.053	0.091	0.172	0.162	0.051
DV	0.067	0.125	0.247	0.409	0.128
DS	0.081	0.151	0.289	0.531	0.166
MV	0.131	0.254	0.481	0.911	0.285
MS	0.134	0.288	0.555	1.000	0.313
OP	0.053	0.091	0.178	0.183	0.057

* Grab of ship's screw by float(GS), Dead and injury of people on vessel(DV), Dead and injury of people in shore(DS), Missing people from vessel(MV), Missing people from shore(MS), Oil pollution by vessel(OP)

F-AHP법 및 ARAS법을 이용한 해양항공드론 배치를 위한 해양경찰서 관할구역 평가

Table 5에서 보이는 바와 같이 최종 정규화된 중요도 W 는 연안 실종자수(MS)가 0.313으로 가장 높게 나타났고, 선박 실종자수(MV) 0.285, 연안 사상자수(DS) 0.166, 선박 사상자수(DV) 0.128, 해양오염유출량(OP) 0.057, 부유물 감김(GS) 0.051 순으로 높게 나타났다.

4.2 ARAS를 이용한 대체안 우선순위 평가

1) 해양경찰서별 평가항목 분석

2018년 해양경찰서별 평가항목에 대한 정량적인 평가 값은 Table 6과 같다.

Table 6. Initial data determined for analysis

(Units: KI, Number, Persons)

	GS	DV	DS	MV	MS	OP
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6
Direction	Max	Max	Max	Max	Max	Max
Weights	0.051	0.128	0.166	0.285	0.313	0.057
Goal	10.6	4.0	42.8	0.9	0.8	6.6
IC	24.0	16.0	173.0	2.0	5.0	14.9
PT	32.0	0.0	109.0	0.0	0.0	1.3
TA	34.0	1.0	171.0	1.0	5.0	44.7
BR	5.0	1.0	58.0	0.0	2.0	48.7
GS	14.0	3.0	70.0	3.0	1.0	0.1
BA	3.0	19.0	43.0	0.0	1.0	1.3
MP	48.0	29.0	93.0	7.0	4.0	1.9
WD	15.0	5.0	54.0	7.0	0.0	1.7
YS	23.0	2.0	43.0	1.0	4.0	5.9
TY	38.0	0.0	57.0	4.0	1.0	0.5
CW	8.0	3.0	52.0	0.0	0.0	20.3
BS	12.0	0.0	152.0	0.0	0.0	1.6
US	12.0	8.0	74.0	1.0	0.0	0.1
PH	20.0	18.0	92.0	2.0	1.0	11.9
UJ	15.0	6.0	32.0	0.0	0.0	25.2
DH	34.0	1.0	89.0	0.0	1.0	29.4
SC	3.0	3.0	120.0	0.0	1.0	10.1
JJ	36.0	11.0	88.0	0.0	1.0	3.6
SGP	27.0	27.0	57.0	5.0	2.0	27.7
Average	20.7	7.9	83.5	1.7	1.5	12.9

* source: KCG (2018), Maritime Casualty Statistics

* Grab of ship's screw by float (GS), Dead and injury of people on vessel (DV), Dead and injury of people in shore (DS), Missing people from vessel (MV), Missing people from shore (MS), Oil pollution by vessel (OP), Incheon (IC), Pyeongtaeg (PT), Bolyeong (BL), Taean (TA), Gunsan (GS), Buan (BA), Mokpo (MP), Wando (WD), Yeosu (YS), Tongyeong (TY), Changwon (CW), Busan (BS), Ulsan (US), Pohang (PH), Ulsan (UJ), Donghae (DH), Sokcho (SC), Jeju (JJ), Seogwipo (SGP)

Table 6에서 스크류 감김 사고는 목포가 48건으로 가장 높은 것으로 나타났고, 부안과 속초가 각 3건으로 가장 낮은 것으로 나타났다. 선박 사상자수는 목포가 29명으로 가장 높은 것으로 나타났고, 평택, 통영, 부산이 0명으로 나타났다. 연안 사상자수는 인천이 173명으로 가장 높은 것으로 나타났고, 울진이 32명으로 가장 낮은 것으로 나타났다. 선박 실

종자수는 목포와 완도가 각각 7명으로 가장 높고, 평택, 보령, 부안, 창원, 부산, 울진, 동해, 속초, 제주가 0명으로 나타났다. 연안 실종자수는 인천이 5명으로 가장 높고, 완도, 창원, 부산, 울산, 울진이 0명으로 나타났다. 해양오염 유출량에서는 보령이 48.7kl로 가장 많고, 군산과 울산이 0.1kl로 가장 낮은 것으로 나타났다.

각 평가항목에서 목표치는 해양사고 50% 저감이기 때문에 해양경찰서별 해양사고 자료의 평균값에서 50%를 사용하였다. 또한 평가목표의 방향은 해양항공드론을 배치하여 해양사고의 위험성을 가능한 한 최소화 할 수 있는 해양경찰서별 우선순위를 선정하고자하기 때문에 스크류 감김 사고, 선박 사상자수, 연안 사상자수, 선박 실종자수, 연안 실종자수, 해양오염유출량 등 6개의 평가항목의 값이 모두 높은 MAX로 결정하면 된다.

2) 해양항공드론 우선배치 구역 순위결정

식(8)~식(10)을 이용하여 의사결정행렬을 작성하면 Table 7과 같다.

Table 7. Normalized decision making matrix

	GS	DV	DS	MV	MS	OP
	r_1	r_2	r_3	r_4	r_5	r_6
w	0.051	0.128	0.166	0.285	0.313	0.057
Goal	0.513	0.513	0.513	0.513	0.513	0.513
IC	1.161	2.038	2.072	1.181	3.360	1.157
PT	1.547	0.000	1.306	0.000	0.000	0.101
TA	1.644	0.127	2.048	0.591	3.360	3.472
BR	0.242	0.127	0.695	0.000	1.344	3.782
GS	0.677	0.382	0.838	1.772	0.672	0.008
BA	0.145	2.420	0.515	0.000	0.672	0.101
MP	2.321	3.694	1.114	4.134	2.688	0.148
WD	0.725	0.637	0.647	4.134	0.000	0.132
YS	1.112	0.255	0.515	0.591	2.688	0.458
TY	1.838	0.000	0.683	2.362	0.672	0.039
CW	0.387	0.382	0.623	0.000	0.000	1.577
BS	0.580	0.000	1.821	0.000	0.000	0.124
US	0.580	1.019	0.886	0.591	0.000	0.008
PH	0.967	2.293	1.102	1.181	0.672	0.924
UJ	0.725	0.764	0.383	0.000	0.000	1.957
DH	1.644	0.127	1.066	0.000	0.672	2.283
SC	0.145	0.382	1.437	0.000	0.672	0.784
JJ	1.741	1.401	1.054	0.000	0.672	0.280
SGP	1.306	3.439	0.683	2.953	1.344	2.151
Lower	4	10	1	9	6	10
Higher	15	9	18	10	13	9

* Grab of ship's screw by float (GS), Dead and injury of people on vessel (DV), Dead and injury of people in shore (DS), Missing people from vessel (MV), Missing people from shore (MS), Oil pollution by vessel (OP), Incheon (IC), Pyeongtaeg (PT), Bolyeong (BL), Taean (TA), Gunsan (GS), Buan (BA), Mokpo (MP), Wando (WD), Yeosu (YS), Tongyeong (TY), Changwon (CW), Busan (BS), Ulsan (US), Pohang (PH), Ulsan (UJ), Donghae (DH), Sokcho (SC), Jeju (JJ), Seogwipo (SGP)

각 평가항목에 대해 가중치 적용전의 목표치와 대체안을 비교하면 스크류 감김 사고는 기준보다 낮은 곳은 4곳, 높은 곳은 15곳으로 나타났다. 선박 사상자수는 기준보다 낮은 곳은 10곳, 높은 곳은 9곳으로 나타났고, 연안 사상자수는 기준보다 낮은 곳은 1곳, 높은 곳은 18곳으로 나타났다. 선박 실종자수는 기준보다 낮은 곳은 9곳, 높은 곳은 10곳으로 나타났고, 연안 실종자수는 기준보다 낮은 곳은 6곳, 높은 곳은 13곳으로 나타났다. 해양오염 유출량에서는 기준보다 낮은 해양경찰서는 10곳, 높은 곳은 9곳으로 나타났다.

식(11)~식(13)을 이용하여 의사결정행렬을 작성하고 우선순위를 결정하면 Table 8과 같다.

Table 8. Overall weights and rank for regional evaluation

	GS	DV	DS	MV	MS	OP	S	Q	Rank
	ν_1	ν_2	ν_3	ν_4	ν_5	ν_6			
<i>w</i>	0.051	0.128	0.166	0.285	0.313	0.057	1.000		
Goal	0.026	0.066	0.085	0.146	0.161	0.029	0.513		
IC	0.059	0.261	0.344	0.337	1.052	0.066	2.118	4.130	2
PT	0.079	0.000	0.217	0.000	0.000	0.006	0.301	0.588	19
TA	0.084	0.016	0.340	0.168	1.052	0.198	1.858	3.623	4
BR	0.012	0.016	0.115	0.000	0.421	0.216	0.780	1.521	10
GS	0.035	0.049	0.139	0.505	0.210	0.000	0.938	1.830	9
BA	0.007	0.310	0.085	0.000	0.210	0.006	0.619	1.207	12
MP	0.118	0.473	0.185	1.178	0.841	0.008	2.804	5.468	1
WD	0.037	0.082	0.107	1.178	0.000	0.008	1.411	2.752	5
YS	0.057	0.033	0.085	0.168	0.841	0.026	1.211	2.361	6
TY	0.094	0.000	0.113	0.673	0.210	0.002	1.093	2.131	8
CW	0.020	0.049	0.103	0.000	0.000	0.090	0.262	0.511	18
BS	0.030	0.000	0.302	0.000	0.000	0.007	0.339	0.661	17
US	0.030	0.130	0.147	0.168	0.000	0.000	0.476	0.928	15
PH	0.049	0.293	0.183	0.337	0.210	0.053	1.125	2.194	7
UJ	0.037	0.098	0.064	0.000	0.000	0.112	0.310	0.604	16
DH	0.084	0.016	0.177	0.000	0.210	0.130	0.618	1.204	13
SC	0.007	0.049	0.239	0.000	0.210	0.045	0.550	1.072	14
JJ	0.089	0.179	0.175	0.000	0.210	0.016	0.669	1.305	11
SGP	0.067	0.440	0.113	0.841	0.421	0.123	2.005	3.910	3
Lower	19	19	19	15	15	19			
Higher	0	0	0	4	4	0			

* Grab of ship's screw by float (GS), Dead and injury of people on vessel (DV), Dead and injury of people in shore (DS), Missing people from vessel (MV), Missing people from shore (MS), Oil pollution by vessel (OP), Incheon (IC), Pyeongtaeg (PT), Bolyeong (BL), Taean (TA), Gunsan (GS), Buan (BA), Mokpo (MP), Wando (WD), Yeosu (YS), Tongyeong (TY), Changwon (CW), Busan (BS), Ulsan (US), Pohang (PH), Ulsan (UJ), Donghae (DH), Sokcho (SC), Jeju (JJ), Seogwipo (SGP)

각 평가항목에 대해 가중치 적용 후 목표치와 대체안을 비교하면 선박 실종자수 및 연안 실종자수는 각각 기준보다 낮은 곳은 15곳, 높은 곳은 4곳으로 나타났다. 스크류 감김 사고, 연안과 선박 사상자수, 해양오염 유출량은 19곳 모두 기준보다 낮게 나타났다.

또한, 우선순위 평가결과 목포해양경찰서가 5.468로 가장 높게 나타났고, 인천 4.130, 서귀포 3.910, 태안 3.623, 완도 2.752, 여수 2.361, 포항 2.194, 통영 2.131, 군산 1.830, 보령 1.521, 제주 1.305, 부안 1.207, 동해 1.204, 속초 1.072, 울산 0.928, 울진 0.604, 부산 0.661, 창원 0.511, 평택 0.588 순으로 나타났다.

따라서 해양항공드론의 배치는 해양사고 50% 저감의 목표치보다 높게 나타난 목포해양경찰서의 가장 우선적인 배치 및 인천, 서귀포, 태안, 완도, 여수, 포항, 태안, 군산, 보령, 제주, 부안, 동해, 속초해양경찰서 등을 중심으로 우선배치가 필요하다.

5. 결론

해양사고의 예방과 피해의 최소화 등을 위해 해양항공드론의 이용에 대한 관심이 높아지고 있다. 본 연구에서는 F-AHP법 및 ARAS법을 이용하여 우리나라 해역에 대하여 해양항공드론의 배치 우선순위를 결정하였다.

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 평가항목은 연안 실종자수, 선박 실종자수와 해양오염 유출량, 선박 사상자수, 연안 사상자수, 스크류 감김 사고 항목 등6개로 선정되었다.

2. 평가항목의 중요도는 연안 실종자수(MS)가 0.313로 가장 높게 나타났고, 선박 실종자수(MV) 0.285, 연안 사상자수(DS) 0.166, 선박 사상자수(DV) 0.128, 해양오염유출량(OP) 0.057, 부유물 감김(GS) 0.051순으로 높게 나타났다.

3. 평가결과 목포해양경찰서가 5.468로 가장 높게 나타났고, 인천 4.130, 서귀포 3.910, 태안 3.623, 완도 2.752, 여수 2.361, 포항 2.194, 통영 2.131, 군산 1.830, 보령 1.521, 제주 1.305, 부안 1.207, 동해 1.204, 속초 1.072, 울산 0.928, 울진 0.604, 부산 0.661, 창원 0.511, 평택해양경찰서 0.588 순으로 우선순위가 높게 나타났다.

따라서 해양항공드론의 배치는 해양사고 50% 저감의 목표치보다 높게 나타난 목포, 인천, 서귀포, 태안, 완도, 여수, 포항, 태안, 군산, 보령, 제주, 부안, 동해, 속초해양경찰서 등을 중심으로 우선 배치가 필요하다.

본 연구는 우리나라 해역에서 해양항공드론의 우선 배치를 평가하기 위해 평가항목을 추출하고, F-AHP법 및 ARAS법을 이용하여 우선배치 해역을 평가하였다는데 의의가 있다.

향후연구에서는 해양항공드론의 효과적인 운용을 위한 타당성 분석, 경제성 및 효율성을 고려한 최적배치 등으로 연구를 확장할 필요가 있다.

References

- [1] Chan, F. T. S. and N. Kumar(2007), Global supplier development considering risk factors using fuzzy extended AHP based approach, *Omega* 35, pp. 417-431.
- [2] Chang, D. Y.(1992), Extent analysis and synthetic decision, *Optimization Techniques and Applications* 1, No. 1, pp. 352-355.
- [3] Ecer, F.(2018), An integrated fuzzy AHP and ARAS model to evaluate mobile banking services, *Technological and economic development of economy*, Vol. 24, No. 2, pp. 670-695.
- [4] Jang, W. J.(2013), Priority Evaluation of Preliminary Cases for IMO Information Management System using Fuzzy TOPSIS and AHP, *Journal of Navigation and Port Research*, Vol. 37, No. 5, pp. 493-498.
- [5] KCG(2018), Korea Coast Guard, Marine Casualty Statistics.
- [6] KMI(2013), Korea Marine Institute, Extensional plans of drone activation in Maritime & Fisheries.
- [7] Kwong, C. K. and H. Bai(2003), Determining the importance weights for the customer requirements in QFD using a fuzzy AHP with an extent analysis approach. *IEE Transactions*, Vol. 35, No. 7, pp. 619-626.
- [8] MOF(2019), Ministry of Oceans and Fisheries, Drone Vitality Plan in Oceans and Fisheries Part until 2023 years.
- [9] SLG(2018), Sinan Local Government, The drone industrial developments & the survey of suitable evaluation in maritime & fisheries parts in Sinan Local Government.
- [10] Zavadskas, E. K. and Z. Turskis(2010), A new additive ratio assessment (ARAS) method in multicriteria decision making, *Technological and Economic Development of Economy*, 16(2), pp. 159-172.
- [11] Zhu, K. J., Y. Jing, and D. Y. Chang(1999), A discussion on extent analysis method and applications of fuzzy AHP, *European Journal of Operational Research*, Vol. 116, pp. 450-456.
- [12] Zorbas, D., L. D. P. Pugliese, T. Razafindralambo, and F. Guerriero(2016), Optimal drone placement and cost-efficient target coverage, *Journal of Network and Computer Applications*, Vol. 75, pp. 16-31.

Received : 2020. 05. 04.

Revised : 2020. 06. 19. (1st)

: 2020. 07. 20. (2nd)

Accepted : 2020. 08. 28.