

ANP법을 이용한 수색구조선의 우선 배치순위

장운재* · 조준영* · 김종수**

*목포해양대학교대학원, **목포해양대학교 해상운송시스템학부 교수

Allocation Order of SRU using Analytic Network Process

Woon-Jae Jang* · Cho Jun-young* · Jong-Soo Keum**

*Graduate school of Mokpo National Maritime University, Mokpo 530-729, Korea

**Division of Maritime transportation system, Mokpo National Maritime University, Mokpo 530-729, Korea

요약 : 본 연구는 ANP법을 이용하여 수색구조선의 우선 배치순위를 평가하였다. 이러한 평가를 위해서 본 연구에서는 퍼지추론 및 계층분석법을 이용하여 인명피해, 선박피해, 환경오염피해에 대해 위험성을 평가하였다. 또한 DEA법 및 리커트 척도법을 이용하여 수색구조선의 정량적, 정성적 운영효율성을 평가하였다. 마지막으로는 위험성 평가와 운영효율성 평가를 ANP법을 이용하여 종합 평가치를 산출하였다. 그 결과 MP, YS RCC/RSC구역이 수색구조선의 우선 배치순위가 비교적 높은 것으로 나타났다.

핵심용어 : AHP법, SRU, DEA법, ANP법, 퍼지로지법, 구조조정본부/구조조정지부

Abstract : This paper aims to evaluate allocation order of SRU using Analytic Network Process. For evaluation, in this paper, assess about person, ship and environment related risk by fuzzy logic and AHP(Analytic hierarchy Process). Also, quantity and quality operation efficiency assess by DEA(Data Envelopment Analysis) and Liqueate scale. finally total weight calculate by ANP. At the result, Rescure Units of MP, YS RCC/RSC is order higher. Thus, it needs to have more rescue ships and rescue devices for relieving the risk in the future.

Key words : AHP(Analytic hierarchy Process), SRU(Search and Rescue Unit), DEA(Data Envelopment Analysis), ANP(Analytic Network Process), Fuzzy logic, RCC/RSC(Rescue Co-ordinator Center/ Rescue Sub Center)

1. 서론

선박이 해상에서 조난을 당하거나 해양 환경에 피해를 주는 오염사고가 발생했을 경우 수색구조선을 현장으로 투입하여 조난자나 조난선박에 대해 수색구조하고, 환경오염 사고에 대해서는 신속한 방제작업을 통해 사고로 인한 피해를 최소화할 필요가 있다. 또한 최근에는 한·일간 독도분쟁과 중국어선 불법조업 등 해양분쟁에 대비해 수색구조선이 경비임무에도 중요한 역할을 하고 있다. 이를 위해 해양경찰청은 2006년 신조선 7척 건조를 시작으로 4년간 31척의 선박건조계획을 추진하고 있다. 따라서 수색구조선의 배치 문제는 수색구조 구역의 위험성을 평가하여 위험성이 높은 지역의 우선 배치가 필요할 뿐만 아니라 현재 수색구조선의 임무가 다양하기 때문에 수색구조 구역의 운영효율성을 평가하여 효율성이 높은 지역에 수색구조선을 우선적으로 배치할 필요가 있다. 이것은 효율성이 높은 지역은 상대적으로 비효율적으로 운용중인 지역에 비해 수색구조선이 과잉 운용될 가능성이 높기 때문이다.

수색구조 구역의 위험성 평가에 있어서 선행연구에서는 AHP(Analytic hierarchy Process)법에 의해 평가항목의 가중치를 산출하고 퍼지추론법을 이용하여 종합평가치를 산

출하여 우선순위를 결정한 연구가 있다(장과 금, 2004). 또한 수색구조 구역의 운영효율성 평가에 있어서는 선행연구에서 DEA(Data Envelopment Analysis)법과 퍼지추론법을 이용하여 정량적인 자료는 DEA법으로 운영효율성을 평가하고, 정성적인 자료는 리커트 척도법을 이용하여 운영효율성을 평가하여 최종 운영효율성은 퍼지추론법에 의해 효율성을 평가한 연구가 있다(장과 금, 2005). 그러나 수색구조선은 수색구조 업무뿐만 아니라 경비업무, 해상범죄 수사 등 여러 가지 업무를 병행하기 때문에 수색구조선의 운용에 관한 의사결정시에는 해양사고의 위험성뿐만 아니라 운영효율성 등 다양한 요소를 복합적으로 고려하게 된다. 따라서 평가 역시 이러한 요소를 고려하여 복합적으로 평가해야 한다.

복잡한 시스템을 계층구조의 형태로 표현하여 의사결정을 보다 용이하게 하는 방법으로 AHP법이 널리 이용되고 있다. 그러나 AHP법은 평가항목 즉, 내부요소의 독립 및 평가항목과 대체안, 평가기준 등 외부항목에 대해서도 독립을 가정하고 있으며 평가기준으로부터 대체안 선정시까지 하나의 방향 흐름만을 가정하고 있다. 그러나 현실문제에 있어서는 여러 요소가 복합적으로 상호작용하고 피드백하고 있어 AHP법으로 평가한다는 것은 한계가 있다. 최근 이러한 AHP법의 단점을 보완한 방법으로 ANP(Analytic Network Process)법이 평가에 널리 이용되고 있다(木下, 2000). 특히 ANP법

평가 시나리오의 설정에 따라 중요도가 다르게 나타나는 평가 문제에 있어 종합적 사고가 가능한 방법으로 이용되고

* 종신회원, jwj98@mmu.ac.kr 061)240-7069
* 정회원, jycho721@mmu.ac.kr 061)240-7069
** 종신회원, jskeum@mmu.ac.kr 061)240-7075

있으므로 본 연구에서도 ANP법을 이용하여 RCC/RSC별 수색구조선의 우선 배치순위를 평가하고자 한다.

2. 이론적 배경

2.1 ANP법

ANP(Analytic Network Process)는 AHP법의 외부종속법을 네트워크의 형태로 확장한 모델이다. 다목적 의사결정 문제에 있어서는 사회현상을 취급할 때 각 평가기준, 각 대안 뿐만 아니라 시나리오의 설정도 필요하다. 또한 그 시나리오의 설정이 종합 목적으로부터 일의적으로 결정되어지는 것만 아니라 각 대안마다 결정되어지고, 그것이 다른 경우가 많은데 이와 같은 시스템을 퍼드백형 ANP라고 부르고 있다. ANP법은 각 대안에서 시나리오에 대한 중요도를 w_s , 각 시나리오에서 평가기준에 대한 중요도를 w_c , 각 평가기준에서 대안에 대한 중요도를 w_A 로 부여한다. 또한 시나리오, 평가기준, 대안의 관계를 하나의 매트릭스로 표현한 슈퍼매트릭스를 사용해 각 대안의 종합평가를 구한다. 이러한 슈퍼매트릭스는 식(1)과 같이 표현할 수 있다.

$$W = \begin{matrix} & \begin{matrix} \text{Scenario} \\ \text{Factor} \end{matrix} & \begin{matrix} \text{Evaluation} \\ \text{Factor}} \end{matrix} & \begin{matrix} \text{Alternative} \\ \text{Idea} \end{matrix} \\ \begin{matrix} \text{Scenario} \\ \text{Factor} \end{matrix} & & & w_s \\ \begin{matrix} \text{Evaluation} \\ \text{Factor} \end{matrix} & w_c & & \\ \begin{matrix} \text{Alternative} \\ \text{Idea} \end{matrix} & & w_A & \end{matrix} \quad \text{식 (1)}$$

그런데 $W = (w_{ij})$ 라고 하면, $w_{ij} = w_i/w_j, w_{jk} = w_j/w_k$ 이기 때문에 $w_{ij} \times w_{jk} = w_i/w_k$ 의 간접적으로 근사하게 된다. 따라서, 행렬 w 를 2승한 것의 (i, k) 요소 $W_{ik}^{(2)} = \sum w_{ij} \times w_{jk}$ 는 2단계 까지 고려한 비율(w_i/w_k)의 간접적인 근이치이다.

$$W^2 = \begin{matrix} & \begin{matrix} \text{Scenario} \\ \text{Factor} \end{matrix} & \begin{matrix} \text{Evaluation} \\ \text{Factor} \end{matrix} & \begin{matrix} \text{Alternative} \\ \text{Idea} \end{matrix} \\ \begin{matrix} \text{Scenario} \\ \text{Factor} \end{matrix} & & w_s \cdot w_A & \\ \begin{matrix} \text{Evaluation} \\ \text{Factor} \end{matrix} & w_c \cdot w_A & & w_c \cdot w_s \\ \begin{matrix} \text{Alternative} \\ \text{Idea} \end{matrix} & w_c \cdot w_A & & \end{matrix} \quad \text{식 (2)}$$

같은 모양으로 3단계, 4단계까지를 고려한 비율(w_i/w_k)의 간접적인 근이치는 식(3)처럼 된다.

$$W^4 = \begin{matrix} & \begin{matrix} \text{Scenario} \\ \text{Factor} \end{matrix} & \begin{matrix} \text{Evaluation} \\ \text{Factor} \end{matrix} & \begin{matrix} \text{Alternative} \\ \text{Idea} \end{matrix} \\ \begin{matrix} \text{Scenario} \\ \text{Factor} \end{matrix} & & & w_s^2 \cdot w_A \cdot w_c \\ \begin{matrix} \text{Evaluation} \\ \text{Factor} \end{matrix} & w_c^2 \cdot w_s \cdot w_A & & \\ \begin{matrix} \text{Alternative} \\ \text{Idea} \end{matrix} & & w_A^2 \cdot w_c \cdot w_s & \end{matrix} \quad \text{식 (3)}$$

(3)

그 결과 W^{3n+1} (n 은 정수)가 W 와 같은 모양의 매트릭스가 되는 것을 알 수 있다. 따라서 $W^{3n+1} = (w_{ij}^{(3n+1)})$ 은 길게 $(3n+1)$ 까지 전부 통과한 간접적인 비율을 고려한 중요도이다. 그런데도 이러한 소행렬마다(시나리오, 평가기준, 대안) 행백터는 같은치로 수렴한다는 것을 알 수 있다. 따라서 W^{3n+1} 의 극한확률행렬을 계산하면 $\lim_{n \rightarrow \infty} W^{3n+1} = W^*$ 으로 된다. 단,

$$W^* = \begin{matrix} & \begin{matrix} \text{Scenario} \\ \text{Factor} \end{matrix} & \begin{matrix} \text{Evaluation} \\ \text{Factor} \end{matrix} & \begin{matrix} \text{Alternative} \\ \text{Idea} \end{matrix} \\ \begin{matrix} \text{Scenario} \\ \text{Factor} \end{matrix} & & & w_s^* \\ \begin{matrix} \text{Evaluation} \\ \text{Factor} \end{matrix} & w_c^* & & \\ \begin{matrix} \text{Alternative} \\ \text{Idea} \end{matrix} & & w_A^* & \end{matrix} \quad \text{식 (4)}$$

로 된다. 그리고 최종적으로 각 시나리오의 중요도는 w_s^* 이고 각 평가기준의 중요도는 w_c^* 이고 각 대안의 중요도는 w_A^* 이다.

2.2 퍼지로지법

본 연구에서는 해양사고 위험성 평가항목에 대한 평가치의 중요도를 산출하기 위해 퍼지로지법을 이용하고자 한다. 퍼지로지의 구성을 위해 사용된 퍼지규칙은 IF-THEN 형식이며, 합성규칙은 Max-Min 합성법을 이용하며, 비퍼지화는 일반적으로 널리 알려진 무게중심법을 이용하였다. 또한, 본 연구에 사용된 중요도 산출을 위한 설문 및 면접조사는 해양수산관련 전문가(교수, 연구원, 대학원생 이상) 30명을 대상으로 하였고, 평가에 이용된 자료는 해양경찰청의 2003년 해양사고 자료를 기초로 하였다. 인명피해의 위험성은 사망 또는 행방불명된 승무원수, 선박피해의 위험성은 구조하지 못한 선박척수, 환경오염피해의 위험성은 해당 수색구조해역의 오염사고 자료이며, 해양사고 발생빈도는 해양경찰청의 2003년 해양사고 발생척수 자료이다. 이러한 자료와 전문가의 설문 및 면접조사를 이용하여 멤버쉽 함수는 “매우 낮다(VL)”에서 “매우 높다(VH)”까지 5개의 언어변수로 구성하였다. Fig. 1~4는 해양사고의 위험성과 발생척수에 대한 멤버쉽 함수를 나타내고 있다.

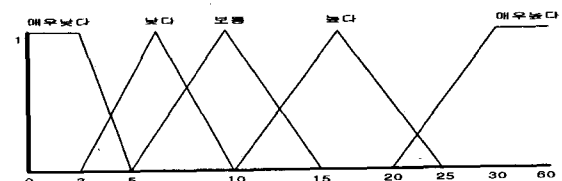


Fig.1. Membership function of consequence severity for personnel related risk variable.

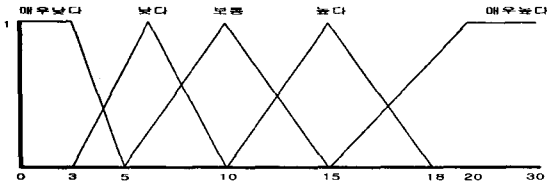


Fig.2. Membership function of consequence severity for ship related risk variable.

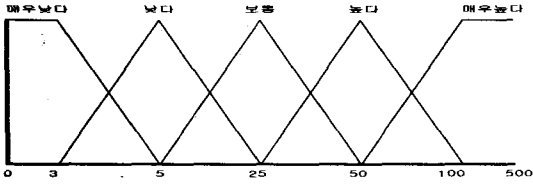


Fig.3. Membership function of consequence severity for environment related risk variable.

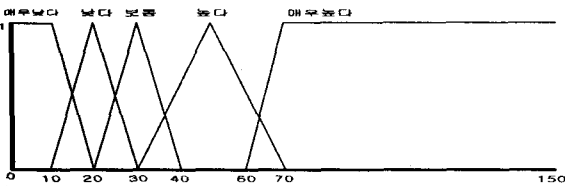


Fig.4. Membership function of frequency for marine accident variable.

결론부의 평가항목의 위험성은 Table 1, Fig. 5에서 보는 바와 같이 심각성과 해양사고 발생척수 자료를 이용하였으며 총 75개의 퍼지규칙을 설정하였다. 예를 들어 인명피해의 위험수준(personnel related risk level; PR)산출에 대한 25개의 추론 Rule은 다음과 같이 나타낼 수 있다. 단, PN은 인명피해에 의한 위험성이고, MA는 해양사고 발생척수이다.

- Rule 1: If PN is VL and MA is VL, Then PR is N
- Rule 2: If PN is L and MA is VL, Then PR is N
- Rule 3: If PN is A and MA is VL, Then PR is MI

Table 1. Expression personnel related Risk Level

평가항목 \ 해양사고 발생척수	매우 높다	높다	중간	낮다	아주 낮다
매우 높다	C	C	C	C	S
높다	C	C	C	S	MO
중간	C	C	S	MO	MI
낮다	C	S	MO	MI	N
아주 낮다	S	MO	MI	N	N

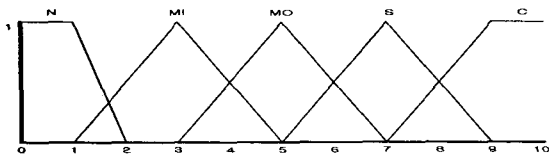


Fig.5. Membership function of personnel related Risk Level variable.

2.2 운영효율성 평가

1) 정량적 운영효율성 평가 방법

본 연구에서 사용하는 RCC/RSC의 운영효율성은 투입과 산출에 관련된 모든 요소를 동시에 고려하고, 투입요소들에 대해 최대산출을 생산하는 조직과 비교하여 그 외 조직의 효율성을 상대적으로 측정하는 방식이다(Drakes et al, 2003). DEA법은 유사한 다수 투입요소를 사용하여 유사한 다수 생산물을 얻기 위해 유사한 기술을 사용하는 의사결정단위(Decision Making Unit: DMU)들 간의 상대적 효율성을 측정하기 위한 선형계획법이다. 어떤 DMUo의 효율성을 측정하는 방법을 선형계획모형으로는 식(5)와 같이 나타낼 수 있다(Drakes et al, 2003).

$$MAX \sum_{r=1}^s u_r y_{ro} \tag{5}$$

제한조건

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{ro} - \sum_{r=1}^m v_r x_{ij} \leq 0$$

$$\sum_{i=1}^m v_r x_{io} = 1$$

$$u_r, v_i \geq 0, (j=1,2,\dots,n, r=1,2,\dots,s, i=1,2,\dots,m)$$

여기서 x_{ij}, y_{ij} (모든 양수)는 각각 j 번째 DMU_j의 측정된 투입과 산출의 벡터를 나타낸다. 그리고 $u_r, v_i (> 0)$ 는 이문제의 해 즉 참조집합, 최저기저벡터로 사용되는 DMUo들의 표본자료에 의해 결정되는 변수의 가중치이다. 본 연구에서는 선행연구에서 이용한 2개의 투입변수인 경비함정과 특수함정 척수와 4개의 산출변수인 해양사고 척수, 해상범죄 건수, 해양오염사고 척수, 관할면적을 이용하여 운영효율성을 산출하였다.

2) 정성적 운영효율성 평가 방법

경비업무에 관한 정성적 효율성 평가를 위해 리커트 척도법을 이용하고자 한다. 이 방법은 응답자 중심의 대표적인 척도화 방법으로 개인의 가치를 묻는 것을 중심으로 사회과학 분야에서 성격, 적성 및 태도 등 정성적 가치를 평가하는 기법으로 널리 이용되고 있다(Nanna et al, 1998). 이 기법은 먼저 조사 분야에 대해 호의적 문항과 비호의적 문항을 선정하고, 선정된 분야에 대한 반응 카테고리를 평가대상에 따라 호의적/ 비호의적 또는 긍정적/ 부정적 등의 언어표현 정도를 나누는데 일반적으로 5단계로 나누어 응답자에게 체크하도록 한다. 따라서 본 연구에서도 경비업무에 대한 운영효율성의 정도를 5단계로 구분하여 운영효율성이 '가장 높다'에서 '가장 낮다'의 언어변수를 구성하고 각 언어변수의 사이에

공백을 두어 언어변수의 중간으로 하여 총 9개로 하였다. 한편, 리커트 척도법에서 점수의 환산은 대개 우호적인 부분은 높은 점수를 부여하고 비우호적인 부분일수록 낮은 점수를 부여하고 있고, 척도화 점수는 5, 5, 9, 11점 척도 등 여러 가지가 있으나 일반적으로 9점 척도법이 자주 이용되고 있기 때문에 본 연구에서도 9점 척도법을 이용하여 운영효율이 가장 높은 경우는 9점을 가장 낮은 경우는 1점으로 하였으며 1점씩 점수를 부여하였다.

3. 평가대상해역의 범위와 특징

3.1 평가 대상해역

우리나라의 수색구조구역은 13개 해양경찰서(YS, IC, SC, DH, PH, US, TA, GS, MP, YD, YS, TY, CJ)의 담당구역이며 대상해역의 구체적인 범위는 Fig. 6과 같다.

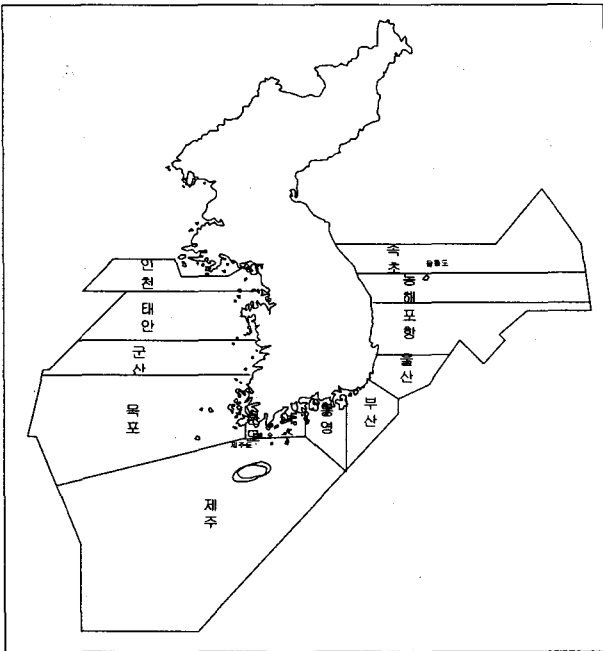


Fig. 6. Evaluation area for risk level.

3.2 위험성 평가모델 수행절차

RCC/RSC 수색구조선 운영 평가모델은 아래 4단계에 의해 수행된다.

단계 1 : 시나리오, 평가항목에 대한 중요도를 조사한다.

단계 2 : 평가치를 산출한다. 평가치의 중요도의 산출은 E, P, S 평가항목은 퍼지추론법을 이용하고, 정성적 운영효율성 평가항목은 리커트 척도법을 이용하고, 정량적 운영효율성 평가항목은 DEA법을 이용한다.

단계 3 : 평가항목별 위험성이 가장 높은 수색구조구역의 값을 1.0으로 하여 상대적인 비율로 중요도를 작성한다.

단계 4 : 각 중요도와 평가치를 슈퍼매트릭스에 나타내어

마이크로브 분석을 이용하여 종합평가 결과를 산출한다. 이상의 결과를 흐름도로 나타내면 Fig. 7과 같다.

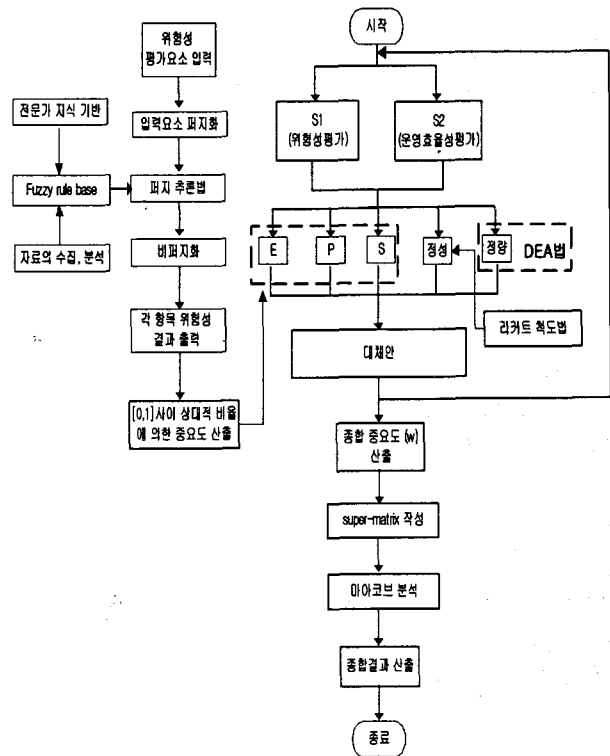


Fig. 7. Flow chart of Analytic Network Process.

4. 수색구조선 배치 우선순위 평가

4.1 평가기준에 대한 중요도 평가

시나리오 S_1 인 위험성(Risk)을 중심으로 평가항목간의 중요도는 Table 2와 같다.

Table 2. Pairwise comparison matrix of risk evaluation factors by AHP

Risk	personnel 중요도	ship 중요도	environment 중요도	정성적 효율성	정량적 효율성
인명	2.83	4.27	1.00	6.50	8.24
선박	1.00	3.40	0.35	5.21	6.40
환경오염	0.29	1.00	0.23	2.50	4.30
정량	0.19	0.40	0.15	1.00	4.80
정성	0.16	0.23	0.12	0.21	1.00

$\lambda_{max}=5.3345, C.I.=0.0440$

시나리오 S_2 인 효율성(Efficiency)을 중심으로 평가항목간의 중요도는 Table 3과 같다.

Table 3. Pairwise comparison matrix of efficiency evaluation factors by AHP

Efficiency	personnel 중요도	ship 중요도	environment 중요도	정성적 효율성	정량적 효율성
인명	2.48	4.67	1.00	0.23	0.47
선박	1.00	3.20	0.40	0.16	0.21
환경오염	0.31	1.00	0.21	0.11	0.15
정량	6.21	8.74	4.30	1.00	2.97
정성	4.80	6.82	2.13	0.34	1.00

$\lambda_{max}=5.6338$, C.I.=0.0909

따라서 이러한 매트릭스의 중요도는 각각 다음과 같이 된다.
 시나리오 S_1 : $w_{c1}^T = (0.477, 0.275, 0.127, 0.085, 0.036)$
 시나리오 S_2 : $w_{c2}^T = (0.141, 0.076, 0.036, 0.495, 0.252)$

즉, S_1 은 인명피해, 선박피해, 환경오염피해 등을 중시하고, S_2 는 정량적 운영효율성, 정성적 운영효율성 등을 중시하고 있다는 것을 알 수 있다.

4.2 평가항목에 대한 평가치

1) 위험성 평가항목에 대한 평가

환경오염피해에 의한 위험성(E)은 Table 4에서 보는 바와 같이 YS, TY 수색구조구역의 위험성이 8.927로 가장 높게 나타났다.

Table 4. Risk level for environment related risk

구분	유출량 (kt)	사고 발생척수	위험성	구분	유출량 (kt)	사고 발생척수	위험성
IC	2.1	39	4.692	PS	482.0	60	8.700
TA	4.9	21	3.263	US	3.6	39	5.126
GS	5.6	43	7.044	PH	8.5	48	7.296
MP	58.0	93	8.871	DH	0.5	21	1.243
CJ	32.3	90	8.868	SC	30.8	31	7.193
YS	721.2	74	8.927	YD	1.1	46	5.000
TY	107.1	123	8.927				

인명피해에 의한 위험성(PN)은 Table 5에서 보는 바와 같이 YS 수색구조구역의 위험성이 8.927로 가장 높게 나타났다.

Table 5. Risk level for person related risk

구분	사망 및 행 방 불명된 승무원수	사고 발생척수	위험성	구분	사망 및 행 방 불명된 승무원수	사고 발생척수	위험성
IC	12	39	8.460	PS	19	60	8.700
TA	0	21	1.243	US	13	39	8.283
GS	4	43	6.000	PH	7	48	7.579
MP	17	93	8.888	DH	15	21	7.150
CJ	3	90	7.000	SC	9	31	6.607
YS	5	74	8.927	YD	2	46	5.000
TY	24	123	8.700				

선박피해에 의한 위험성(S)은 Table 6에서 보는 바와 같

이 CJ, PH 수색구조구역의 위험성이 8.862로 가장 높게 나타났다.

Table 6. Risk level for ship related risk

구분	불구조 선박 척수	사고 발생척수	위험성	구분	불구조 선박 척수	사고 발생척수	위험성
IC	4	39	5.711	PS	6	60	7.385
TA	6	21	3.833	US	10	39	8.460
GS	8	43	7.938	PH	11	48	8.862
MP	18	93	8.785	DH	7	21	4.142
CJ	6	90	8.862	SC	3	31	3.185
YS	4	74	7.750	YD	8	46	7.938
TY	15	123	8.843				

2) 정성적 운영효율성

RCC/RSC는 구난업무 뿐만 아니라 경비임무의 비중도 비교적 높는데 경비임무에 관한 효율성은 정량적인 자료의 수집이 곤란하기 때문에 본 연구에서는 해양경찰 간부(합정경험이 있는 경사급 이상) 30명에게 경비임무의 운영효율성에 관해 설문 및 면접조사를 하였다. 설문조사를 토대로 정성적인 운영효율성은 Table 7과 같이 산출하였고, 종합평가를 위하여 퍼지로그에 이용된 자료는 백분율로 산정한 점수를 이용하였다.

Table 7. The results of the expert assessment

구분	점수	백분율(%)	구분	점수	백분율(%)
IC	8.42	93.56	PS	6.12	68.00
TA	4.38	48.67	US	6.24	69.33
GS	5.24	58.22	PH	5.1	56.67
MP	7.79	86.56	DH	4.38	48.67
CJ	3.52	39.11	SC	7.78	86.44
YS	7.38	82.00	YD	3.72	41.33
TY	5.64	62.67			

Table 7에서 보이는 바와 같이 경비임무에 관한 운영효율성은 IC RCC가 8.42로 가장 높은 것으로 나타났으며 MP RCC가 7.79, DH RCC가 7.78, CJ RCC가 7.38로 비교적 높은 것으로 나타났다. 특히 서해쪽의 RCC가 높게 나타나고 있는데 이것은 최근 중국어선의 불법조업 단속을 위한 경비임무가 상대적으로 빈번하기 때문에 합정 가동율 대비 경비업무의 비율이 높아 운영효율성을 비교적 높게 평가한 것으로 판단된다.

3) 정량적 운영효율성

2003년 해양경찰청 통계자료를 이용하여 우리나라 RCC/RSC 전체에 대하여 운영효율성을 산출한 결과 평균 효율치는 84.11%로 나타났다. 우리나라 RCC/RSC 중 MP, CJ, YS, TY, PS, US, PH RCC/RSC 등의 효율성이 100%로 나타나 다른 RCC/RSC에 비해 상대적으로 효율성이 높은 것으로 나타났다(금과 장, 2004b).

Table 8. Statistics and efficiency of RCC/RSC

구분	투입요소		산출요소				효율성 (%)
	경비 항정 (척)	특수 항정 (척)	해양 사고 (척)	해상 범죄 (건)	해양오 염사고 (건)	관할 면적 (km ²)	
IC	19	6	39	2,640	23	23,672	64.23
TA	11	8	21	2,839	14	25,384	69.52
GS	11	7	43	1,992	16	30,577	56.93
MP	13	5	93	4,703	24	39,365	100.00
CJ	9	5	46	816	8	4,601	67.39
YS	13	5	90	1,257	27	247,437	100.00
TY	12	9	74	4,987	28	9,402	100.00
PS	15	12	123	4,832	36	9,234	100.00
US	12	10	60	5,041	54	3,638	100.00
PH	10	4	39	1,808	25	5,998	100.00
DH	11	3	48	1,378	21	48,859	100.00
SC	8	3	21	810	9	44,302	54.10
YD	12	3	31	1,536	12	64,817	81.22
평균	12.00	6.15	56.00	2664.54	22.85	42868.15	84.11

4) 평가치에 대한 중요도 산출

우리나라 수색구조 구역에 대한 개별 평가치는 Table 9에서 보이는 바와 같이 3개의 평가항목의 위험성에 대해 전체 합이 1.000으로 하여 상대적인 비율 값으로 산출하였다.

Table 9. Overall evaluation value

구분	P	S	E	정성	정량
IC	0.092	0.063	0.055	0.111	0.059
TA	0.013	0.042	0.038	0.058	0.064
GS	0.065	0.087	0.083	0.069	0.052
MP	0.096	0.090	0.104	0.103	0.091
CJ	0.076	0.097	0.104	0.097	0.091
YS	0.096	0.085	0.105	0.074	0.091
TY	0.094	0.097	0.105	0.081	0.091
PS	0.094	0.081	0.102	0.082	0.091
US	0.090	0.094	0.060	0.067	0.091
PH	0.082	0.097	0.086	0.058	0.091
DH	0.077	0.045	0.015	0.103	0.049
SC	0.071	0.035	0.084	0.049	0.074
YD	0.054	0.087	0.059	0.046	0.062

인명피해에 대한 위험성은 YS RSC가 가장 높은 것으로 나타났고, 선박피해에 대한 위험성은 CJ, PH RCC/RSC가 가장 높은 것으로 나타났으며, 환경오염피해에 대한 위험성은 YS, TY RCC/RSC가 가장 높은 것으로 평가되었다.

4.3 시나리오에 대한 중요도

Table 10은 IC RCC에 대해 각 시나리오의 중요도를 나타내고 있다.

Table 10. Weight of each Scenario in Incheon

IC	s ₁	s ₂	중요도
s ₁	1.00	0.17	0.146
s ₂	0.5.84	1.00	0.854

Table 10에서 보이는 바와 같이 IC RCC는 s₁의 중요도가 0.854로 해역의 해양사고에 대한 위험성에 관한 업무보다는 운영효율성에 중점을 두고 있으며, 이것은 최근 중국어선의 불법침입에 따른 업무가 과중되고 있다는 것을 반영하고 있다. 따라서 전체 RCC/RSC에 대해 시나리오별 중요도를 산출하면 Table 11과 같다.

Table 11. Weight of each Scenario

구분	s ₁	s ₂	구분	s ₁	s ₂
IC	0.146	0.854	PS	0.797	0.203
TA	0.466	0.534	US	0.472	0.528
GS	0.472	0.528	PH	0.500	0.500
MP	0.180	0.820	DH	0.207	0.793
CJ	0.201	0.799	SC	0.466	0.534
YS	0.828	0.172	YD	0.527	0.473
TY	0.812	0.188			

Table 11에서 보이는 바와 같이 인천, 목포, 제주, 동해RCC는 해양사고의 위험성에 대한 업무보다는 운영효율성의 업무에 비교적 중점을 두고 있으며, 여수, 통영, 부산 RCC는 해양사고의 위험성에 대한 업무에 중점을 두고 있는 것으로 나타났다.

4.4 종합 중요도 산출

평가항목의 중요도와 개별 평가항목에 대한 평가치의 중요도 및 개별 수색구조 구역에 대한 중요도를 이용하여 식(1)과 같은 슈퍼매트릭스의 형태로 표현하면 Table 12와 같이 나타낼 수 있다.

Table 12. Expressed weight by Super-matrix

W=

	s ₁	s ₂	E	...	정량	IC	...	YD
s ₁	0	0	0	...	0	0.146	...	0.527
s ₂	0	0	0	...	0	0.854	...	0.473
E	0.477	0.141	0	...	0	0	...	0
:	:	:	:	:	:	:	:	:
정량	0.036	0.252	0	...	0	0	...	0
IC	0	0	0.055	...	0.059	0	...	0
:	:	:	:	:	:	:	:	:
YD	0	0	0.059	...	0.074	0	...	0

따라서 $\lim_{n \rightarrow \infty} W^{2n+1} = W^*$ 으로 되기 때문에 최종 종합 중요도는 식(4)의 형태로 Table 13과 같이 산출된다.

참고 문헌

Table 13. Total weight by Markov

W =

	s_1	s_2	E	...	정량	IC	...	YD
s_1	0	0	0	...	0	0.478	...	0.478
s_2	0	0	0	...	0	0.522	...	0.522
E	0.302	0.302	0	...	0	0	...	0
P	0.171	0.171	0	...	0	0	...	0
S	0.080	0.080	0	...	0	0	...	0
정성	0.299	0.299	0	...	0	0	...	0
정량	0.149	0.149	0	...	0	0	...	0
IC	0	0	0.085	...	0.085	0	...	0
TA	0	0	0.041	...	0.041	0	...	0
GS	0	0	0.070	...	0.070	0	...	0
MP	0	0	0.097	...	0.097	0	...	0
CJ	0	0	0.075	...	0.075	0	...	0
YS	0	0	0.094	...	0.094	0	...	0
TY	0	0	0.089	...	0.089	0	...	0
PS	0	0	0.088	...	0.088	0	...	0
US	0	0	0.086	...	0.086	0	...	0
PH	0	0	0.082	...	0.082	0	...	0
DH	0	0	0.057	...	0.057	0	...	0
SC	0	0	0.076	...	0.076	0	...	0
YD	0	0	0.060	...	0.060	0	...	0

Table 13에서 보이는 바와 같이 우리나라 수색구조 해역에 대해 2003년 RCC/RSC별 수색구조선의 우선 배치순위를 평가하면 MP, YS, TY, PS, US, IC, PH, SC, CJ, GS, YD, TA RCC/RSC 순으로 높게 평가되었다. 특히 MP, YS RCC/RSC 등이 우선 배치순위가 높게 평가된 것은 위험성과 운용효율성 평가항목에서 중요도가 모두 높게 나타났기 때문이다. 따라서 우선 배치순위가 높게 평가된 MP, YS RCC/RSC에 대해 수색구조선의 우선적인 배치가 필요할 것으로 판단된다.

5. 결 론

본 연구는 우리나라 수색구조선의 우선 배치순위를 평가하였다. 이를 위해 본 연구에서는 해양사고 위험성에 대한 시나리오와 운용효율성에 대한 시나리오를 구성하고 그에 따른 평가항목 5개를 설정하여 우리나라 13개 RCC/RSC에 대해 ANP법에 의해 종합적인 우선 배치순위를 결정하였다.

향후 연구에서는 수색구조선의 운용에 종사하는 종사자의 사기, 복지를 고려하고 해양사고 및 해상범죄사고의 예방업무 등 잠재적인 사고 데이터를 고려하여 평가할 수 있는 확장 연구가 필요할 것이다.

- [1] 장운재·김중수(2004), 해양사고 피해규모에 의한 수색 구조구역의 위험성 평가, 한국항해항만학회지, 제28권 10호, pp. 909-915.
- [2] 장운재·김중수(2005), DEA와 퍼지추론을 이용한 RCC/RSC별 운영효율성 평가, 해양환경안전학회 춘계학술발표회집, pp. 62-75.
- [3] 해양경찰청(2005), 2005년 해양경찰백서, pp. 14-37.
- [4] 木下榮藏(2000), 入門AHP, 日科技連近出版社, pp. 20-95.
- [5] 木下榮藏(2001), 入門數理モデル, 日科技連近出版社, pp. 60-84.
- [6] L.Drakes, R.Simper(2003), The measurement of English and Welsh police force efficiency; a comparision of distance function model, European journal of operational Research, 158. pp.165-186.
- [7] M.J.Nanna, S.S.Sawilowsky(1998), Analysis of Likert Scale Data in Disability and Medical Rehabilitation research, Psychological Methods, Volume 3, Issue 1. pp. 55-67.
- [8] Satty.T.L. & Kearns,K.P.(1985), Analytical Planning, Pergamon press. pp. 103-118.
- [9] Zadeh.LA(1976), A Fuzzy Algorithmic Approach to the definition of complex and Imprecise Concepts, Int.J. Man-machin Studies, Vol.8, pp. 249-291.
- [10] Zimmer.A.C.(1985), Verbal verse Numerical Processing. North-Holland, Amsterdam, pp. 54-92.