

論文

퍼지AHP법을 이용한 해양사고 피해규모에 의한 위험수준 평가

장은재* · 김종수**

*목포해양대학교대학원, **목포해양대학교 해상운송시스템학부 교수

Evaluation of Risk Level for Damage of Marine Accidents in using Fuzzy AHP

Woon-Jae Jang* · 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

요 약 : 본 연구는 우리나라 수색구조 구역에 대한 해양사고 피해규모에 의한 위험수준을 평가하였다. 이러한 위험수준 평가를 위해 본 연구에서는 전문가 지식에 기반한 퍼지로지크 퍼지측도와 t-준노름 퍼지적분법을 이용하였다. 본 연구의 퍼지로지크는 퍼지 확장원리에 의한 최대최소화 합성이고, 비퍼지화는 무게중심법을 이용하였고, 최종 평가는 t-준노름 퍼지적분법을 이용하였다. 그 결과 목포, 통영, 부산 수색·구조 구역의 위험수준이 가장 높은 것으로 평가되어, 향후 위험수준을 경감 하기위해 많은 구조선과 구조장비가 필요 할 것으로 판단 된다.

핵심용어 : 구조조정본부, 구조지부, 수색·구조구역, 퍼지측도, t-준노름 퍼지적분, 퍼지확장원리, 최대최소화 합성법, 무게중심법

Abstract : This paper suggests an evaluation of risk level for damage of marine accidents in SRRs. This paper introduces a concept of fuzzy logic with the plenty of related literature review, fuzzy measure t-seminormed fuzzy integral and in the Korean SRRs of RCC and RSC. The methodology of this paper is max·min composition of fuzzy extensive principle, defuzzification is centroid of gravity methods. And final evaluation value using t-seminormed fuzzy integral. At the result, the evaluation of risk level is especially over Serious for marine accident of Mokpo, Tongyoung, Busan SRRs. This paper recommends that many Rescue Vessels and Equipments need to the reduction of risk level about those.

Key words : RCC(Rescue Co-ordination Centers), RSC(Rescue Sub Centers), SRR(Search and Rescue Region), fuzzy measure, t-seminormed fuzzy integral, fuzzy extensive principle, max·min composition, centroid of gravity method

1. 서 론

선박이 해상에서 조난을 당하거나 해양 환경오염에 피해를 주는 사고가 발생 했을 경우 수색·구조선과 방제장비 등을 신속히 현장으로 투입하여 조난자나 조난선박에 대해서는 신속히 수색·구조하고, 환경오염 사고에 대해서는 신속한 방제작업을 통해 사고로 인한 피해를 최소화할 필요가 있다.

그러나 수색·구조선과 방제장비 등의 확보는 막대한 비용이 소요되므로 수색구조지부의 관할구역에 대한 위험성을 평가하여 우선순위를 결정할 필요가 있다.

평가문제에 있어서는 다수의 평가항목이 존재하고, 항목간의 관계가 상당히 복잡하기 때문에 이것을 이해하기 쉽게 하거나, 간편한 의사결정 시스템을 구축하는 것이 중요하다고 할 수 있다. 따라서 복수의 평가항목을 근거로 몇 개의 대체안중 가장 좋은 안을 선택하는 의사결정법에는 AHP법(계층분석법)이 널리 이용되고 있다(김 외, 2001).

한편, AHP법은 의사결정자의 정보를 표현하는 애매성(Vegueness)이 포함된 평가에는 한계가 있어 최근 인간이

가진 인식의 애매성을 포함하고 통계자료와 전문가의 지식을 기반으로 한 퍼지로지크를 이용하여 평가치를 산출하고 AHP법을 이용하여 위험수준을 평가한 연구가 있다(장과 김, 2004).

측도치의 애매성의 경우는 의사결정에 있어 평가자의 주관 포함되므로 평가항목 간에는 상호작용이 있어 비가법성이 있다. 즉, 평가문제에 있어 보완적으로 평가할 것인지, 대체적으로 평가할 것인지, 또는 소극적으로 평가할 것인지, 적극적으로 평가할 것인지 등을 제어할 필요가 있다(高萩榮一郎, 1996). 따라서 가법성을 가정한 확률측도에 의해 평가를 수행하는 AHP법은 평가에 한계가 있으므로 인간에 대한 감성 값을 부가하여 퍼지측도치를 산출하는 방법을 생각할 수 있다.

한편, 퍼지측도치를 이용하여 종합평가를 수행하기 위해 수계노가 제안한 퍼지적분법이 널리 이용되고 있다(김 외, 2001). 그러나 퍼지적분에 의한 평가는 평가치의 변동크기에 따라 종합평가점수가 달라지기 때문에 최근에는 평가하고자 하는 대상의 실정에 맞춘 평가가 가능한 방법으로 t-준노름 퍼지적분법이 제안되고 있다(김, 2004; Suarez&Gill, 1986).

* 중신회원, jwj98@mmu.ac.kr 061)240-7151

** 중신회원, jskeum@mmu.ac.kr 061)240-7075

따라서 인간의 평가에 있어서는 측도치의 애매성과 평가치의 애매성을 가지고 있어 양자를 통합하고, 종합평가치에 있어 유연성을 둔 평가방법이 제안될 필요가 있다.

본 연구에서는 선행연구에서 수행한 퍼지로지학을 이용하여 개별 평가치를 산출하고 인간의 감성값이 포함된 퍼지측도치와 평가에 유연성을 둔 t-준노름 퍼지적분을 이용하여 해석별 위험수준을 평가하고자 한다.

2. 이론적 배경

2.1 퍼지로지학(fuzzy logic)

퍼지로지학은 입력자료를 퍼지화한 다음 퍼지추론을 통해 결과를 도출한 후 결과를 비퍼지화하여 크리스프(crisp)값으로 나타내게 된다(Zadeh 1976).

퍼지규칙은 일반적으로 IF-THEN 형식으로 나타낼 수 있으며 퍼지추론(fuzzy inference)이란 어떤 주어진 규칙으로부터 새로운 관계나 사실을 유추해 나가는 일련의 과정이다. 한편, 비퍼지화는 여러 가지가 있으나 무게중심법이 가장 일반적으로 사용되므로 본 연구에서도 무게중심법을 이용하여 비퍼지화한다.

2.2 퍼지측도법

퍼지측도(fuzzy measure)는 애매한 대상을 주관적으로 계량할 때의 척도이다. 평가문제에 사용되는 퍼지측도의 정의는 전체집합 X의 임의의 부분집합 A, B를 구간 [0, 1]의 실수치에 대응시키는 집합함수 g가 다음 조건을 만족하는 것이다(孫永璿 · 鬼澤武久, 1997).

$$g(\emptyset) = 0, \quad g(X) = 1 \quad (\text{유계성})$$

$$A \subset B \text{ 이면, } g(A) \leq g(B) \quad (\text{단조성})$$

퍼지측도는 수계노가 제안한 λ-퍼지측도(g_λ)가 주관적 측도의 모델로서 많이 이용되고 있다.

수계노가 제안한 λ-퍼지측도(g_λ)는 식(3)과 같이 퍼지측도에 매개변수(λ)를 도입한 형태이다. 단, 여기서 λ-퍼지측도 g_λ 는 단조성을 갖는다.

$$g_\lambda(A \cup B) = g_\lambda(A) + g_\lambda(B) + \lambda g_\lambda(A)g_\lambda(B) \quad (3)$$

단, $A, B \in X, A \cap B = \emptyset, -1 < \lambda < \infty$

식(3)의 λ는 + 또는 - 값을 가짐으로서 각각 상승작용 또는 상쇄작용을 나타내며, λ가 0 값을 취할 때 λ-퍼지측도(g_λ)는 확률측도가 되어 가법성을 만족시키게 된다.

한편, 이러한 퍼지측도는 평가자의 감성에 기초하여 비판적인 평가를 하느냐?, 낙관적인 평가를 하느냐? 등으로 구분할 수 있다.

본 연구에서는 인간의 감성에 기초한 퍼지측도의 할당

방법인 ϕ_0 변환을 이용하였다(高萩榮一郎, 1996).

$$\phi_0: [0, 1] \rightarrow \square = [0, +\infty)$$

$$\phi_0(\square) = \begin{cases} [\square] & \square = 0 \\ \square & \square = 1 \\ 1 - [1 - \square] & \square = +\infty \\ (\square^0 - 1)/(\square - 1) \text{ 기타} \end{cases} \quad (5)$$

$$\text{단, } [\square] = \begin{cases} 1 & \square < \square \leq 1 \\ 0 & \square = 0 \end{cases}$$

$$\square = ((1/\xi) - 1)^2$$

이다. 따라서 퍼지측도 $\mu(E)$ 는 식(6)과 같이 수식화할 수 있다.

$$\mu(E) = \phi_0\left(\sum_{\square \in E} \square_0\right) \quad (6)$$

여기서 \square 는 AHP법에서 구한 중요도 \square 와 같다. 한편, ξ 의 값은 [0, 1]사이 임의적으로 정할 수 있는데 본 연구에서는 설문에 의해 임의의 두 항목간의 결합관계를 비판적인가, 낙관적인가 여부를 묻고, 그 정도를 물어 비판적인 경우 $\xi < 0.5$, 낙관적인 경우 $\xi > 0.5$, 중간인 경우 $\xi = 0.5$ 로 하였다. 또한 $\xi = 0.5$ 인 경우 상호작용이 없으므로 통상의 AHP법과 같은 방법이 된다.

또한, 평가요소간의 상호작용계수(ξ)는 식(7)으로 산출할 수 있다.

$$\eta_i = \sum_{j=1}^n \lambda_{ij} / (n-1) \quad (i \neq j) \quad (7)$$

$$\xi = \frac{\eta_i}{n}$$

한편, λ-퍼지측도(g_λ)와 ϕ_0 변환의 관계는 ϕ_0 변환에서 할당되어진 퍼지측도는 λ-퍼지측도(g_λ)의 조건을 만족한다. 즉, $\lambda = \square - 1$ 로 두면

$$\square = \square + \square (0 \leq \square, \square \leq 1) \text{ 일 때,}$$

$$\phi_0(\square) = \phi_0(\square) + \phi_0(\square) + \lambda \phi_0(\square) \phi_0(\square), \forall \lambda \square (-1, +\infty) \quad (8)$$

이라는 성질을 갖추고 있어 식(3)의 성질을 만족한다.

2.3 t-준노름 퍼지적분

지금까지 수계노의 퍼지적분을 이용한 평가법은 주관적인 평가기준이 포함되어 평가자의 주관성이 개입되어 평가가 가능하다는 이유로 여러 분야에서 이용되었다. 이러한 평가방법은 평가기준의 중요도의 크기에 따라 퍼지적분의 평가치가 달라진다는 것을 시사한다. 따라서 일반적인 퍼지측도에 대해서 평가방법의 다양성을 내포하는 준노름 퍼지적분을 이용하여 평가할 수 있다. Suarez와 Gil은 t-준노름(seminorm)과 t-준코노름(semicorm) 두

작용소를 사용하여 두개의 퍼지적분족을 정의하였다. 이 준노름 퍼지적분은 수계노의 퍼지적분을 확장한 개념이기도 하다(김, 2004; Suarez&Gil, 1986).

t-준노름(t-seminorm)은 다음의 두가지 조건을 만족하는 함수 $\alpha : [0,1] \times [0,1]$ 이다.

- (1) $\alpha \in [0,1]$ 인 각각의 α 값에 대하여, $\alpha(\alpha, 1) = \alpha(1, \alpha) = \alpha$ (유계성)
- (2) 만약 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4 \in [0,1]$ 인 경우 $\alpha_1 \leq \alpha_3, \alpha_2 \leq \alpha_4$ 일때 $\alpha(\alpha_1, \alpha_2) \leq \alpha(\alpha_3, \alpha_4)$ 이 성립한다. (단조성)

t-준노름 함수는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

- (1) $\alpha_1(\alpha, \beta) = \alpha \wedge \beta$
- (2) $\alpha_2(\alpha, \beta) = \alpha \beta$
- (3) $\alpha_3(\alpha, \beta) = 0 \vee (\alpha + \beta - 1)$

위의 t-준노름은 다음과 같은 크기순서가 성립한다.

$$0 \leq 0 \vee (\alpha + \beta - 1) \leq \alpha \beta \leq \alpha \wedge \beta \leq 1 \quad (9)$$

α 를 t-준노름 이라고 가정하면 $L^0(X)$ 의 원소인 모든 α 에 대하여, 집합 A상의 α 의 준노름 퍼지적분은 다음과 같이 정의된다.

$$\int_A \alpha \alpha \alpha = \alpha \alpha \alpha_{\alpha \in [0,1]} \alpha(\alpha, \alpha(A \cap H_0))$$

t-준노름중 첫번째 함수 $\alpha_1(\alpha, \beta) = \alpha \wedge \beta$ 에서도 보듯이 분명히 준노름 퍼지적분은 수계노의 퍼지적분을 일반화한 적분이다.

또한 식(9)에서처럼 t-준노름의 크기가 주어졌기 때문에 준노름 퍼지적분 역시 어떤 t-준노름을 쓰느냐에 따라 적분값의 크기가 주어질 수 있다.

$$\int \alpha \alpha_3 \alpha \leq \int \alpha \alpha_2 \alpha \leq \int \alpha \alpha_1 \alpha$$

이는 주어진 평가기준에 대한 중요도로 다양한 평가방법을 활용하므로써 평가결과치가 구간의 값으로 나오는 것을 의미한다.

3. 위험수준 평가 모델

3.1 위험수준 퍼지 규칙 베이스

본 연구에서는 선행연구(장과 금, 2004)에서 수행한 인명, 선박, 환경오염 피해에 의한 심각성 3개 항목에 대한 5개의 퍼지변수와 해양사고 발생척수의 퍼지변수를 5개로 구성하여 최종위험수준에 대한 전체규칙의 수는 75개로 하였다.

인명피해에 의한 심각성 경우 해양경찰청의 2001년 해양사고로 인한 사망, 행방불명의 승무원수 자료를 기초로

이용하였다. 또한, 선박피해에 의한 심각성은 구조하지 못한 선박척수 자료를 이용하였고, 환경오염피해에 의한 심각성은 해양경찰청의 오염사고 현황을 기초로 하여 전문가의 설문 및 면접조사를 이용하였다. 한편, 해양사고 발생척수는 2001년 해양사고 발생척수를 기초로 전문가의 설문 및 면접조사를 이용하였다.

결론부의 해양사고 피해규모 위험수준은 전문가의 설문 및 면접조사를 이용하여 심각성과 해양사고 발생척수를 고려한 결과 “아주 사소함”에서 “치명적임”까지 5개의 언어변수로 구성하였다.

따라서 인명피해의 위험수준에 대한 Rule은 예를들어 If(사망,행방불명 승무원수가 “매우높고”) (해양사고발생척수가 “매우높다”면) Then 위험수준은 “치명적임”이 된다. 또한 선박피해와 환경오염 피해에 의한 위험수준도 인명피해의 위험수준과 같이 나타낼 수 있다.

3.2 평가 대상해역

우리나라의 수색·구조구역은 13개 해양경찰서(부산, 인천, 속초, 동해, 포항, 울산, 태안, 군산, 목포, 완도, 여수, 통영, 제주)가 각각 나누어 담당하고 있다. 그러나 완도경찰서는 2002년 7월에 신설되었기 때문에 자료가 미비하여 본 연구에서 고려하는 경찰서는 12개이며 대상해역의 구체적인 범위는 Fig. 8과 같다.

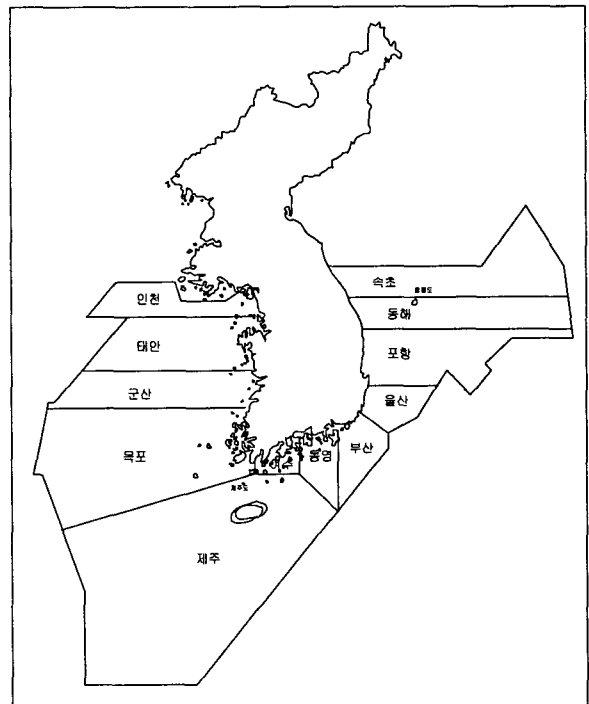


Fig.8 Evaluation area for Risk Level

3.3 위험수준 평가모델 수행절차

해양사고 피해규모의 위험수준 평가모델은 아래 7단계

에 의해 수행된다.

단계 1: 일대비교(pairwise comparison) 자료에 의한 평가항목의 상대적 중요도(w) 및 평가항목간의 상호작용계수(ξ)를 조사한다.

단계 2: 조사된 평가항목간의 상대적 중요도(w)와 평가속성간 상호작용계수(ξ)로 퍼지측도치($\mu(\cdot)$)를 구한다.

단계 3: 위험수준 평가요소를 입력 및 퍼지화 한다.

단계 4: 전문가의 지식기반과 자료 수집 분석에 의한 퍼지규칙 기반 수립 및 퍼지추론법을 수행한다.

단계 5: 위험수준의 비퍼지화 및 위험수준 결과를 출력한다.

단계 6: 위험수준치를 [0,1]사이로 표준화 하여 평가항목별 퍼지 평가치 $h(\cdot)$ 를 구한다.

단계 7: 안전성 평가의 최하위 계층인 평가속성을 통합 평가한 t-준도를 퍼지적분을 수행하여 종합평가 결과를 산출한다.

이상의 결과를 흐름도로 나타내면 Fig. 8과 같다.

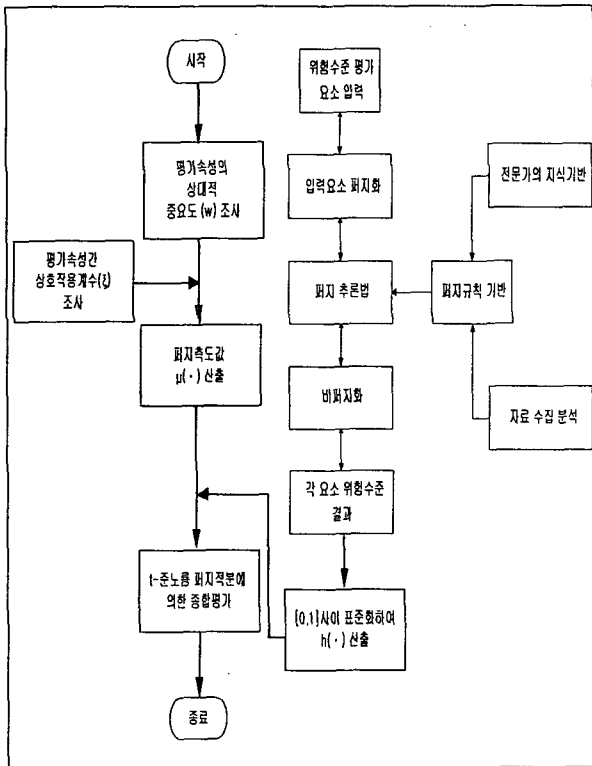


Fig. 8 Flow chart of Fuzzy logic and Fuzzy integral

4. 해양사고 피해규모의 위험수준 평가

4.1 퍼지이론을 이용한 위험수준 평가

인명피해에 의한 위험수준은 Table 2에서 보는 바와 같이 제주해양경찰서 수색·구조구역의 위험수준이 8.927로 가장 높게 나타났다.

Table 2 Risk level for person related risk

구분	사망, 행방불명 승무원수	해양사고 발생척수	위험수준
인천	3	48	5.000
태안	15	56	8.768
군산	7	44	7.579
목포	19	79	8.882
제주	38	112	8.927
여수	8	59	7.759
통영	11	70	8.862
부산	57	49	8.876
울산	2	29	2.868
포항	6	23	4.255
동해	1	20	0.768
속초	1	25	2.259

선박피해에 의한 위험수준은 Table 4에서 보는 바와 같이 목포해양경찰서 수색·구조구역의 위험수준이 8.927로 가장 높게 나타났다.

Table 4 Risk level for ship related risk

구분	구조하지 못한 선박척수	해양사고 발생척수	위험수준
인천	8	48	7.938
태안	7	56	7.597
군산	13	44	8.843
목포	21	79	8.927
제주	17	112	8.700
여수	8	59	7.759
통영	18	70	8.785
부산	11	49	8.862
울산	6	29	5.214
포항	3	23	1.863
동해	7	20	3.839
속초	4	25	3.266

환경오염피해에 의한 위험수준은 Table 6에서 보는 바와 같이 목포해양경찰서 수색·구조구역의 위험수준이 8.921로 가장 높게 나타났다.

Table 6 Risk level for environment related risk

구분	유출량(kℓ)	해양사고 발생척수	위험수준
인천	2.4	48	5.000
태안	24.5	56	8.768
군산	16.5	44	8.775
목포	24.6	79	8.921
제주	0.7	112	7.000
여수	232.9	59	8.717
통영	10.4	70	8.640
부산	339.7	49	8.876
울산	5.8	29	4.837
포항	3.5	23	2.304
동해	2.4	20	0.768
속초	0.7	25	2.259

4.2 ϕ_0 변환법을 이용한 퍼지측도치의 산출

종합 위험수준을 평가하기 위하여 평가요소를 인명, 선박, 환경오염 등, 이 3개의 평가요소에 계층분석법의 일대비교에 의한 임의의 두 항목간의 상대적 중요도를 산출하기 위해 설문 및 면접조사를 실시하였다.

각 평가요소별 설문 응답자의 수에 따라 기하평균한 일대비교 자료 및 계층분석법에 의해 구한 평가요소의 중요도는 Table 7과 같다. 여기서 각 행렬의 대표치는 표본의 기하평균을 정수화한 값이다.

최대고유치 $\lambda_{max} = 3.05$ 로서 중요도의 정합도(C.I.) 및 정합비(C.R.)는 각각 0.03과 0.05으로 통상 계층분석법에서 인정되는 0.1이하의 값으로 그 유효성이 인정된다.

Table 7 Pairwise comparison matrix and weight of evaluation factors by AHP

항목	인명	선박	환경오염	중요도
인명	1.00	3.00	0.50	0.33
선박	0.33	1.00	0.33	0.14
환경오염	2.00	3.00	1.00	0.53

$\lambda_{max}=3.05, C.I.=0.03, C.R.=0.05$

그리고 일대비교에 의한 상호작용계수 ξ 는 설문에 의한 자료를 바탕으로 두 평가항목간의 상호작용을 묻고 각각 비판적 또는 낙관적인가를 질문하여 [0, 1]의 공간에 위치하도록 하였다. 또한, 상호작용정도에 대한 값은 아주 적다(0.4, 0.6), 적다(0.3, 0.7), 보통이다(0.2, 0.8), 많다(0.1, 0.9), 아주 많다(0, 1.0)로 평가하여 동일 항목에 대한 각 개인의 값을 평균한 결과 Table 8과 같이 ξ 값은 0.30이 된다.

Table 8 Interaction value of evaluation factors

항목	x_1	x_2	x_3
x_1	0	0.38	0.16
x_2		0	0.36
x_3			0

$\xi = 0.30$

따라서 계층분석법에서 구한 중요도의 w 값과 상호작용 계수를 ξ 구하였으므로 식(6)에 의해 평가항목에 대한 퍼지측도치 $\mu(\cdot)$ 는 Table 9과 같다.

Table 9 The value of fuzzy measure $\mu(\cdot)$

$\mu(\cdot)$	퍼지측도치	$\mu(\cdot)$	퍼지측도치
$\mu(x_1)$	0.169	$\mu(x_1, x_3)$	0.741
$\mu(x_2)$	0.060	$\mu(x_2, x_3)$	0.475
$\mu(x_3)$	0.327	$\mu(x_1, x_2, x_3)$	1.000
$\mu(x_1, x_2)$	0.274		

4.3 퍼지평가치 $h(\cdot)$ 산출

각 해역별 평가치는 4개의 평가항목의 위험수준을 [0,1]사이로 하여 Table 10과 같이 위험성이 가장 높은 값을 1.000으로 하여 상대적인 값을 산출하였다.

선박, 환경오염피해에 대한 위험수준은 목포근해해역이 가장 높은 것으로 나타났고, 인명피해에 대한 위험수준은 제주근해해역이 가장 높은 것으로 평가되었다.

Table 10 Overall evaluation value $h(\cdot)$

항목	$h(x_1)$	$h(x_2)$	$h(x_3)$
인천	0.560	0.889	0.560
태안	0.982	0.851	0.983
군산	0.849	0.991	0.984
목포	0.995	1.000	1.000
제주	1.000	0.975	0.785
여수	0.869	0.869	0.977
통영	0.993	0.984	0.969
부산	0.994	0.993	0.995
울산	0.321	0.584	0.542
포항	0.477	0.209	0.258
동해	0.086	0.430	0.086
속초	0.253	0.366	0.253

Table 11에서 보는 바와 같이 인천, 태안, 군산, 목포, 제주, 여수, 통영, 부산, 동해, 속초해양경찰서의 종합평가치를 비교하면 값의 변동이 없음을 알 수 있다. 이것은 각 평가항목에 대한 평가치의 변동이 크지 않기 때문에 발생한다. 반면 평가항목간의 평가치 차이가 큰 울산, 포항해양경찰서의 경우 구간 값으로 나오게 된다. 이것은 평가시 평가대상의 실정에 맞춘 평가가 가능하다고 할 수 있다.

Table 11 Fuzzy risk level for marine accidents

구분	$\mu_1(0,0)$	$\mu_2(0,0)$	$\mu_3(0,0)$	Lank
인천	0.560	0.560	0.560	8
태안	0.851	0.851	0.851	5
군산	0.849	0.849	0.849	6
목포	0.995	0.995	0.995	1
제주	0.785	0.785	0.785	7
여수	0.869	0.869	0.869	4
통영	0.969	0.969	0.969	3
부산	0.993	0.993	0.993	2
울산	0.475	0.321	0.321	9
포항	0.258	0.209	0.209	10
동해	0.086	0.086	0.086	12
속초	0.253	0.253	0.253	11

우리나라 수색·구조 해역에 대한 2001년 해양경찰서별 해양사고 피해규모에 의한 최종 위험수준은 Table 11에서 보는 바와 같이 목포해양경찰서가 가장 높게 나타났고 부산, 통영, 여수, 태안, 군산, 제주, 인천, 울산, 포항, 속초, 동해해양경찰서 순으로 높게 평가되었다.

따라서 위험수준이 높게 평가된 목포, 부산, 통영해양경찰서 수색·구조구역은 위험수준을 경감하기 위해 수색·구조선 및 관련 장비의 우선적인 확보와 투입이 필요할 것으로 판단된다.

5. 결 론

본 연구에서는 해양수산업 관련 전문가의 면접 및 설문조사를 통해 우리나라 수색·구조구역의 2001년 해양사고에 대한 위험수준을 퍼지추론을 통해 평가치를 산출하였다. 또한, 평가항목에 대한 인간의 감성이 포함된 퍼지측도치를 산출하였으며 의사결정자의 실정에 맞추어 평가할 수 있는 t-준노름 퍼지적분을 이용하여 종합적인 위험수준을 평가하였다.

한편, 평가대상의 상황에 따라 평가대상에 맞추어 t-준노름이나 퍼지측도를 적절하게 선택하여 평가하는 방법으로 제시된 t-준노름 퍼지적분 평가법은 평가대상에 대한 유연성이 큰 평가법인 것이라고 할 수 있다.

종합평가 결과 각 해양경찰서별 수색·구조구역의 위험수

준은 목포해양경찰서가 가장 높게 나타났고, 부산, 통영, 여수, 태안, 군산, 제주, 인천, 울산, 포항, 속초, 동해해양경찰서 순으로 높게 평가되었다.

특히, 위험수준이 높게 평가된 목포, 부산, 통영해양경찰서 수색·구조구역은 위험수준을 경감하기 위해 수색·구조선 및 관련 장비의 우선적인 확보와 투입이 필요할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] 금중수·윤명오·장운재(2001a), 연안해역의 항행안전성 평가에 관한 연구, 해양환경안전학회지 제7권 2호
- [2] 금중수·윤명오·장운재(2001b), 퍼지적분 모델을 이용한 연안해역의 항행안전성 평가에 관한 연구, 한국항해학회지, 제 25권 4호.
- [3] 김미혜(2004), 퍼지적분을 이용한 침입탐지시스템 평가 방법, 정보보호학회논문지, 제14권 2호
- [4] 장운재·금중수(2004), 해양사고 피해규모에 의한 위험수준 평가, 한국항해항만학회 춘계학술발표회집.
- [5] 高萩榮一郎(1996),DEA의クロス効率値とファジィ測度-シヨケ積分モデルによる最良評價,平均評價および仲間の評價,日本オペレーションズリサーチ學會.
- [6] Mamdani EH, Assilian S.(1975), An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller. *Int J Man-Machine Studies*. Vol 7.1
- [7] Sii,H.S,Ruxton,T.,Wang,J(2001),"A Fuzzy-logic-based approach to qualitative safety modelling for marine system", *Reliability Engineering &System Safety* 73.
- [8] Suarez. G,Gil.A(1986),"Two Families of Fuzzy Integrals" *Fuzzy Sets and System* Vol.18.
- [9] Zadeh.LA(1976).,"A Fuzzy Algorithmic Approach to Definition of complex and Imprecise Concepts," *Int.J. Man-machin Studies*., Vol.8,
- [10] Zimmer.A.C.(1985), Verbal verse Numerical Processing, North_Holland, Amsterdam.