한국항해항만학회지 제28권 제10호, pp. 909~915, 2004 (ISSN-1598-5725)
Journal of Korean Navigation and Port Research

해양사고 피해규모에 의한 수색·구조 구역의 위험수준 평가

장운재* · 금종수**

*목포해양대학교대학원, **목포해양대학교 해상운송시스템학부 교수

Evaluation of Risk Level for Damage of Marine Accidents in SRRs using Fuzzy Theory

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 해양사고 피해규모에 의한 위험수준을 평가하였다. 이러한 위험수준 분석은 정량적분석보다 전문가에 의한 정성적분석이 용이하다. 우리나라 RCC 및 RSC 수색·구조구역에 대한 위험수준 평가를 위해 본 연구에서는 전문가 지식에 기반한 퍼지이론과 계층분석법을 이용하였다. 본 연구의 퍼지이론은 퍼지 확장원리에 의한 최대최소화 합성이고, 비퍼지화는 무게중심법을 이용하였다. 그 결과 목포 수색·구조 구역의 위험수준이 가장 높은 것으로 평가되어, 향후 위험수준을 경감 하기위해 많은 구조선과 구조장비가 필요 할 것으로 판단된다.

핵심용어 : 구조조정본부, 구조지부, 수색·구조구역, 계층분석법, 퍼지확장원리, 최대최소화 합성법, 무게중심법

Abstract : *This paper suggests an evaluation of risk level for damage of marine accidents in SRRs. Qualitative analyses in words is sometimes priorior to quantative analyses in numeric symbols. This paper introduces a concept of fuzzy theory with the plenty of related literature riview and AHP in the Korean SRRs of RCC and RSC . The methodology of this paper is max · min composition of fuzzy extensive principle, defuzzifiation is centroid of gravity methods. At the result, the evaluation of risk level is especially over Serious for marine accident of 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), AHP(analytic hierarchy processing), fuzzy extensive principle, max · min composition, centroid of gravity method*

1. 서 론

선박이 해상에서 조난을 당하거나 해양 환경오염에 피해를 주는 사고가 발생했을 경우 인명과 재산 및 해양환경의 피해를 최소화하기 위해 조난자 및 조난선박에 대해서는 신속히 수색·구조하고, 환경오염 사고에 대해서는 신속한 방제작업을 통해 사고로 인한 피해를 최소화할 필요가 있다.

2001년 우리나라 수색·구조구역에서 발생한 해양사고 는 총 614척이며, 이중 구조한 해양사고는 자력구조를 포함하여 총 491척으로 구조율은 약 80%에 이르고 있으나 수색·구조선에 의한 구조율은 37%로 대응능력이 매우 빈약하다고 할 수 있다. 특히, 한중일 어업협정의 발효 등으로 인한 배타적 경제수역에 대한 감시업무와 각종 해상범죄 등이 증가되고 있다. 이러한 실정으로 인하여 수색·구조선의 업무가 구난 이외에 다른 업무에도 운영되고 있어, 해상에서 해양사고로 인해 조난 및 환경오염이 발생시 사고에 대한 신속한 대응과 관련한 위험성은 점차 높아지고 있다. 따라서 이러한 위험성을 제어하기 위한 수단인 수색·구조선과 관련 장비의 확보 및 효율적 배분을 위해 위험수준 평가는 매우 중요하다고 할 수 있다.

한편, 해역의 위험성과 관련된 선행연구는 확률척도를 가정한 계층분석법을 이용하여 대상해역에 대한 위험성의 종합평가점수를 산정하여 평가점수에 따라 위험성 제어방안의 우선순위를 결정하였다(금, 2001).

그러나 계층분석법은 복잡한 평가대상을 계층구조의 형태로 분석함으로써 평가에 일관성을 유지하고 의사결정을 보다 용이하게 하였으나, 의사결정자의 정보를 표현하는 애매성(Vegueness)이 포함된 평가에는 한계가 있었다. 최근 인간이 가진 인식의 애매성을 포함하고 통계자료와 전문가의 지식을 기반으로 한 퍼지이론이 평가문제에도 유효한 것으로 알려져 있다(변, 1996; Feagas, 1980; Sii, 2001).

따라서 평가에 일관성을 유지하고 인간이 가진 애매한 정보를 표현하고 의사결정을 하기 위한 정량적인 평가방법이 제안 될 필요가 있다.

* 대표저자 : 장운재(정회원), jwj98@mmu.ac.kr 061)240-7252
** 종신회원, jskeum@mmu.ac. kr 061)240-7075

본 연구에서는 이러한 단점을 보완하는 방법으로 계층분석법과 퍼지이론을 이용하여 위험수준을 평가하였다.

한편, 기존의 안전공학 분야에서는 위험요인을 관리하고 평가하기 위한 평가항목으로 위험의 발생가능성과 결과의 심각성을 고려하고 있다(임, 2002). 따라서 본 연구에서도 인명과 선박, 환경오염피해에 의한 심각성과 해양사고의 발생척수를 고려하였다.

인명피해의 심각성은 사망과 행방불명된 승무원의 수(Personnel Numbers; PN), 선박피해의 심각성은 구조하지 못한 선박척수(Ship Volumes; SV), 환경오염피해의 심각성은 해양사고로 인해 해역에 유출된 기름의 유출량(Oil Volumes; OV)을 고려하였다.

또한, 해양사고의 발생척수(Marine accident; MA)는 해양경찰서별 해양사고 발생척수 자료를 기초로 하였고, 각 요소의 멤버쉽 값은 해양수산관련 전문가(교수, 연구원, 대학원생 이상) 30명의 설문조사를 토대로 작성하였다.

2. 이론적 배경

2.1 퍼지로직(fuzzy logic)

일반적으로 시스템의 특성이 복잡하여 정량적인 방법으로 해석하기 어렵거나 정보가 정성적이고 부정확한 경우에는 퍼지이론을 이용한다. 본 연구에서 이용하는 퍼지이론은 퍼지로직이며, 이 이론은 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 규칙으로 부터 새로운 관계나 사실을 유추해 나가는 일련의 과정이다. max-min 추론을 사용하여 입력변수 2, 출력변수 1인 시스템을 구성하면 Mamdani의 min연산은 식(1)과 같이 나타낼 수 있다(성, 1999 ; Mamdani, 1975).

Input : x is A′ AND y is B′
R^1 : IF x is A_1 AND y is B_1, THEN z is C_1
OR R^2 : IF x is A_2 AND y is B_2, THEN z is C_2
....
OR R^n : IF x is A_n AND y is B_n, THEN z is C_n

Conclusion : z is C

$$R_C : \mu_C(z) = \bigvee_{i=1}^{n} [\mu_{A_i}(x_0) \wedge \mu_{B_i}(y_0)] \wedge \mu_{C_i}(z) \quad (1)$$

여기서 A′, B′ : 심각성에 대한 퍼지집합
A_i, B_i, C_i : 퍼지규칙의 변수 x, y, z에 대한 퍼지집합
C : 위험수준에 대한 퍼지집합
R_C : Mamdani의 min 연산규칙
μ_{C_i}, μ_{A_i}, μ_{B_i} : 퍼지집합 C_i, A_i, B_i에대한 소속함수값
x_0, y_0 : 심각성, 발생척수의 실제 입력값
$\vee, \wedge$: 논리합(max 연산), 논리곱(mim 연산)
$\bigvee_{i=1}^{n}$: 논리합의 합성,
R^i : 퍼지규칙(fuzzy rule)의 번호

그리고 식(1)은 Fig. 1과 같이 표현이 가능한데 Fig. 1 은 입력값 x_0, y_0의 퍼지집합 A_i, B_i에 대한 소속함수값 $\mu_{A_i}(x_0)$, $\mu_{B_i}(y_0)$를 구한 후 min연산에 의해 퍼지집합 C_i에 대한 $\mu_{C_i}(z)$를 구한 후 이 값들을 합성함으로써 결론부의 소속함수 μ_C를 구하는 과정을 도식화 한 것이다.

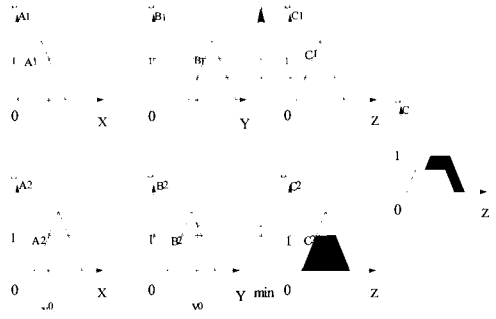


Fig. 1 ProOVeding of fuzzy-rule base

위와 같은 방법을 통하여 얻어진 결과값은 퍼지 값이므로 비퍼지화 과정을 거치게 된다. 비퍼지화는 여러 가지가 있으나 식(2)와 같은 무게중심법이 가장 일반적으로 사용된다.

$$z = \frac{\sum_{j=1}^{n} \mu_C(z_j) z_j}{\sum_{j=1}^{n} \mu_C(z_j)} \quad (2)$$

여기서 n : 전체 출력의 분할정도(quantization level)
z_j : 분할정도 j에 따른 출력
$\mu_C(z_j)$: 위험수준 퍼지집합 C에 대한 z_j의 소속함수값

2.2 계층분석법

계층분석법은 복잡한 평가대상을 계층구조의 형태로 분석함으로써 의사결정을 보다 용이하게 하고자 하는 목적으로 널리 사용되고 있다(이, 1988; 금, 2001).

계층분석법은 불분명한 선택문제에 있어서 문제를 계층적으로 분석하여 평가할 수 있고, 정성적인 특성들을 정량적인 판단기준에 따라서 평가하고, 다수의 전문가들의 의견을 반영함으로써 보다 객관적이고 일관적인 평가를 할 수 있는 이론이다. 이 이론의 핵심은 각 단계의 요소들 사이의 중요도를 결

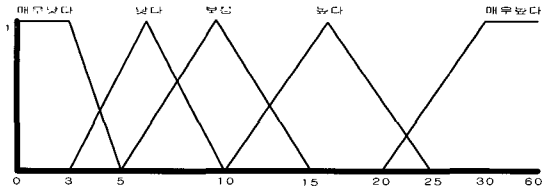
정하는 과정과 척도라고 할 수 있다. 중요도는 동일한 단계의 두 개의 요소들을 쌍대 비교하여 얻을 수 있다. 사물이나 형상에 대한 인간의 사고를 9개의 등급으로 나누고 유연성 있는 가중치를 산출하고, 일관성 검증을 통해 주관적으로 결정한 중요도에 대한 논리적 일관성을 확인한 후 가중치를 적용하는 방식이다. 이러한 일관성 검정은 피처버그 주립대학의 Tomas L. Satty 교수에 의해 제안되었으며 일관성 지표(C.I.)와 일관성 비율(C.R.)에 의해 표현되며 통상 C.I. 와 C.R.값이 0.1이하의 값을 가질 때, 일관성이 있는 것으로 검증된다(Satty, 1980).

3. 위험수준 평가 모델

3.1 위험수준 퍼지 규칙 베이스

퍼지 규칙에서 조건부와 결론부의 언어적 변수는 퍼지 집합에 대응된다. 입력 퍼지변수가 결정되고, 그 변수의 개수에 따라 설계할 수 있는 제어규칙의 최대개수가 결정되면, 입력공간이 정의된다. 이 중 시스템의 특성을 고려하여 입력변수의 영역(range)을 나누어 그에 따라 제어규칙을 결정하게 된다. 본 연구에서는 인명, 선박, 환경오염 피해에 의한 심각성 3개 항목에 대한 5개의 퍼지변수와 해양사고 발생척수의 퍼지변수를 5개로 구성하여 최종위험수준에 대한 전체규칙의 수는 75개가 된다.

인명피해에 의한 심각성 경우 멤버쉽 함수는 FIg. 2에서 보는 바와 같이 2001년 해양사고로 인한 사망, 행방불명의 승무원수에 대한 해양경찰청 자료를 기초로 해양수산관련 전문가의 설문 및 면접조사를 이용하였다.



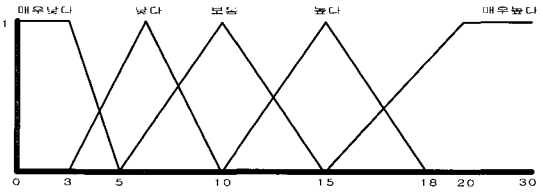
주) 매우높다(Very High): VH, 높다(High): H, 보통(Average): A
낮다(Low): L, 매우낮다(Very Low): VL

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

FIg. 2에서 보는 바와 같이 0~60명의 범위내에서 "매우낮다"는 0~5명으로, "매우높다"는 20~60명으로 5개의 언어변수로 결정하였다.

선박피해에 의한 심각성의 멤버쉽 함수는 Fig. 3에서 보는 바와 같이 2001년 해양경찰청의 구조하지 못한 선박척수 자료를 기초로 전문가의 설문 및 면접조사를 이용하였다.

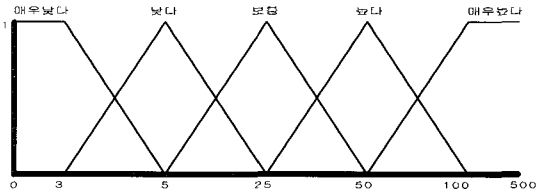
FIg. 3에서 보는 바와 같이 0~30척 범위내에서 "매우낮다"는 0~5척으로, "매우높다"는 15~30척으로 5개의 언어변수로 결정하였다.



주) 매우높다(Very High): VH, 높다(High): H, 보통(Average): A
낮다(Low): L, 매우낮다(Very Low): VL

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

환경오염피해에 의한 심각성은 Fig. 4에서 보는 바와 같이 2001년 해양경찰청의 오염사고 현황을 기초로 전문가의 설문 및 면접조사를 이용하였다.

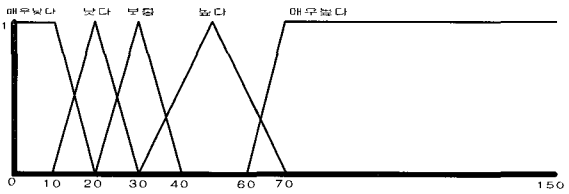


주) 매우높다(Very High): VH, 높다(High): H, 보통(Average): A
낮다(Low): L, 매우낮다(Very Low): VL

Fig. 4 Membership function of consequence severity for environment related risk variable

FIg. 4에서 보는 바와 같이 0~500(kℓ)의 범위내에서 "매우낮다"는 0~5(kℓ)으로, "매우높다"는 50~500(kℓ)로 5개의 언어변수로 결정하였다.

한편, 해양사고 발생척수는 2001년 해양사고 발생척수를 기초로 전문가의 설문 및 면접조사를 이용하였다.



주) 매우높다(Very High): VH, 높다(High): H, 보통(Average): A
낮다(Low): L, 매우낮다(Very Low): VL

Fig. 5 Membership function of frequency for marine accident variable

FIg. 5에서 보는 바와 같이 0~150척의 범위내에서 "매우낮다"는 0~50척으로, "매우높다"는 60~150척으로 5개의 언어변수로 결정하였다.

결론부의 인명피해에 의한 위험수준은 전문가의 설문 및 면접조사를 기반으로 Table 1, Fig. 6에서 보는 바와 같이 사망, 행방불명 승무원수와 해양사고 발생척수를 고려하여 "아주 사소함"에서 "치명적임"까지 5개의 언어변수로 구성하였다.

Table 1 Expression personnel related Risk Level

사망, 행방불명 승무원수 \ 해양사고 발생척수	매우 높다	높다	중간	낮다	아주 낮다
매우높다	C	C	C	C	S
높다	C	C	C	S	MO
중간	C	C	S	MO	MI
낮다	C	S	MO	MI	N
아주낮다	S	MO	MI	N	N

주) Critical(치명적임) : C, Serious(심각함) : S, Moderate(중간정도) : MO, Minor(사소함) : MI, Negligible(아주 사소함) : N

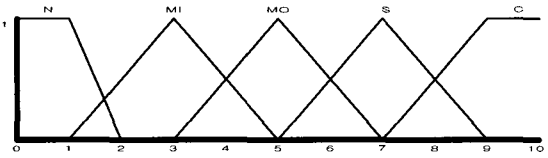


Fig. 6 Membership function of personnel related Risk Level variable

또한, 선박피해에 의한 위험수준의 경우에는 전문가의 설문 및 면접조사를 기반으로 Table 2, Fig. 7에서 보는 바와 같이 구조하지 못한 선박척수와 해양사고 발생척수를 고려하여 "아주 사소함"에서 "치명적임"까지 5개의 언어변수로 구성하였다.

Table 2 Expression ship related Risk Level

구조 하지 못한 선박척수 \ 해양사고 발생척수	매우 높다	높다	중간	낮다	아주 낮다
매우높다	C	C	C	C	S
높다	C	C	C	S	MO
중간	C	C	S	MO	MI
낮다	C	S	MO	MI	N
아주낮다	S	MO	MI	N	N

주) Critical(치명적임) : C, Serious(심각함) : S, Moderate(중간정도) : MO, Minor(사소함) : MI, Negligible(아주 사소함) : N

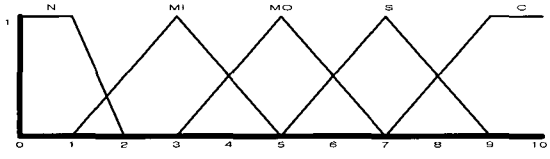


Fig. 7 Membership function of ship related Risk Level variable

한편, 환경오염피해에 의한 위험수준의 경우에도 전문가의 설문 및 면접조사를 기반으로 Table 3, Fig. 8에서 보는 바와 같이 기름 유출량과 해양사고 발생척수를 고려하여 "아주 사소함"에서 "치명적임"까지 5개의 언어변수로 구성하였다.

Table 3 Expression environment related Risk Level

기름 유출량 \ 해양사고 발생척수	매우 높다	높다	중간	낮다	아주 낮다
매우높다	C	C	C	C	S
높다	C	C	C	S	MO
중간	C	C	S	MO	MI
낮다	C	S	MO	MI	N
아주낮다	S	MO	MI	N	N

주) Critical(치명적임) : C, Serious(심각함) : S, Moderate(중간정도) : MO, Minor(사소함) : MI, Negligible(아주 사소함) : N

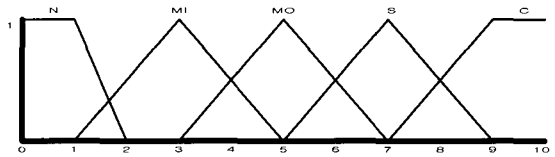


Fig. 8 Membership function of environment related Risk Level variable

따라서 인명피해의 위험수준(personnel related risk level; PR)산출에 대한 25개의 추론 Rule중 구체적인 예를 들면 다음과 같다.

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

또한, 선박피해의 위험수준(ship related risk level; SR)산출에 대한 25개의 추론 Rule중 구체적인 예를 들면 다음과 같다.

Rule 1: If SV is VL and MA is VL, Then SR is N
Rule 2: If SV is L and MA is VL, Then SR is N
Rule 3: If SV is A and MA is VL, Then SR is MI

한편, 환경오염 피해의 위험수준(environment related risk level; ER)산출에 대한 25개의 추론 Rule중 구체적인 예를 들면 다음과 같다.

Rule 1: If OV is VL and MA is VL, Then ER is N
Rule 2: If OV is L and MA is VL, Then ER is N
Rule 3: If OV is A and MA is VL, Then ER is MI

3.2 위험수준 평가모델 수행절차

해양사고 피해규모의 위험수준 평가모델은 아래의 5단계이고, 수행절차는 Fig.9와 같이 나타낼 수 있다.

1단계: 위험수준 평가요소를 입력 및 퍼지화 한다.
2단계: 전문가의 지식기반과 자료 수집 분석에 의한 퍼지규칙 기반 수립 및 퍼지추론법을 수행한다.

3단계: 위험수준의 비퍼지화 및 위험수준 결과를 출력한다.

4단계: 설문자료에 의한 위험수준 평가 요소 상대적인 중요도 산출한다.

5단계: 위험수준 평가요소와 중요도를 취합하여 최종 위험수준 결과를 출력한다.

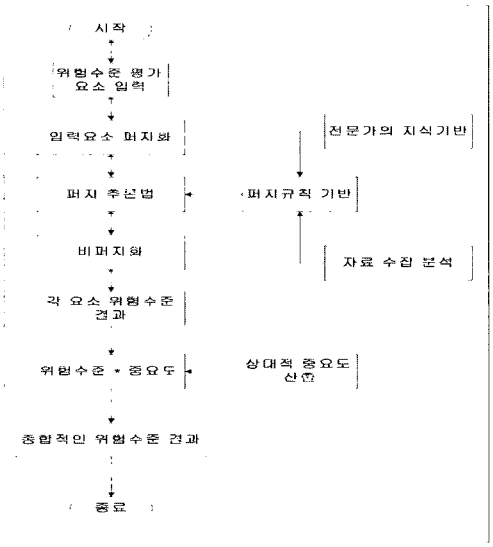


Fig. 9 Flow chart for evaluation model of Risk Level

4. 해양사고 피해규모의 위험수준 평가

4.1 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. 10과 같다.

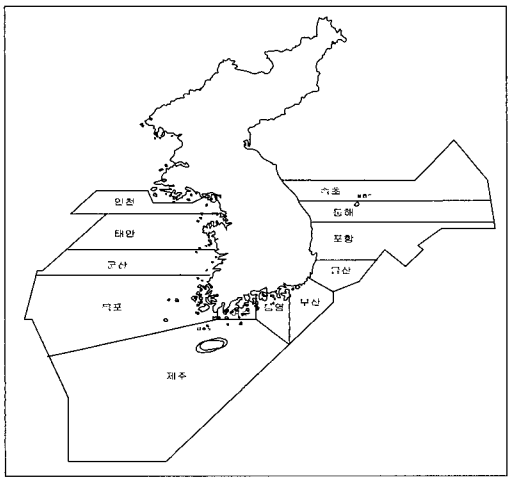


Fig. 10 Evaluation area for Risk Level

4.2 퍼지이론을 이용한 위험수준 평가

인명피해에 의한 위험수준은 인명피해에 의한 위험수준 Rule에 Table 5의 값을 입력하여 결론부의 멤버쉽 함수치를 산출하면 Table 4와 같이 나타낼 수 있다. 또한 Table 4와 식(2)를 이용하여 최종 인명피해에 의한 위험수준을 산출하면 Table 5와 같이 나타낼 수 있다.

Table 4 Membership value for personnel related risk

구분	N	MI	MO	S	C
인천	0.000	0.000	0.880	0.000	0.000
태안	0.000	0.000	0.000	0.000	0.560
군산	0.000	0.000	0.000	0.600	0.400
목포	0.000	0.000	0.000	0.000	0.857
제주	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
여수	0.000	0.000	0.000	0.400	0.440
통영	0.000	0.000	0.000	0.000	0.800
부산	0.000	0.000	0.000	0.000	0.840
울산	0.100	0.900	0.000	0.000	0.000
포항	0.000	0.700	0.300	0.200	0.000
동해	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
속초	0.500	0.500	0.000	0.000	0.000

Table 5 Risk level for personnel 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

따라서 Table 5에서 보는 바와 같이 제주해양경찰서 수색 · 구조구역의 위험수준이 8.927로 가장 높은 것으로 나타났다.

또한, 선박피해에 의한 위험수준은 인명피해에 의한 위험수준과 동일한 방법으로 선박피해에 관한 위험수준 Rule에 Table 7의 값을 입력하여 결론부의 멤버쉽 함수치를 산출하면 Table 6과 같이 나타낼 수 있다. 또한 Table 6과 식(2)를 이용하여 최종 선박피해에 의한 위험수준을 산출하면 Table 7과 같이 나타낼 수 있다.

Table 6 Membership value for ship related risk

구분	N	MI	MO	S	C
인천	0.000	0.000	0.000	0.400	0.600
태안	0.000	0.000	0.000	0.560	0.400
군산	0.000	0.000	0.000	0.600	0.750
목포	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
제주	0.000	0.000	0.000	0.000	0.400
여수	0.000	0.000	0.000	0.400	0.440
통영	0.000	0.000	0.000	0.000	0.600
부산	0.000	0.000	0.000	0.000	0.800
울산	0.000	0.100	0.800	0.200	0.000
포항	0.700	0.300	0.000	0.000	0.000
동해	0.000	0.600	0.400	0.000	0.000
속초	0.500	0.500	0.500	0.000	0.000

Table 7 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

Table 8 Membership value for environment related risk

구분	N	MI	MO	S	C
인천	0.000	0.000	0.880	0.000	0.000
태안	0.000	0.000	0.000	0.000	0.560
군산	0.000	0.000	0.000	0.000	0.575
목포	0.000	0.000	0.000	0.000	0.980
제주	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000
여수	0.000	0.000	0.000	0.000	0.440
통영	0.000	0.000	0.000	0.000	0.270
부산	0.000	0.000	0.000	0.000	0.840
울산	0.000	0.100	0.700	0.040	0.000
포항	0.700	0.300	0.125	0.000	0.000
동해	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
속초	0.500	0.500	0.000	0.000	0.000

Table 7에서 보는 바와 같이 목포해양경찰서 수색·구조구역의 위험수준이 8.927로 가장 높게 나타났다.

한편, 환경오염 피해에 의한 위험수준은 환경오염 피해에 관한 위험수준 Rule에 Table 9의 값을 입력하여 결론부의 멤버쉽 함수치를 산출하면 Table 8과 같이 나타낼 수 있다. 또한 Table 8과 식(2)를 이용하여 최종 환경오염 피해에 의한 위험수준을 산출하면 Table 9와 같이 나타낼 수 있다.

따라서 Table 9에서 보는 바와 같이 목포해양경찰서 수색·구조구역의 위험수준이 8.921로 가장 높게 나타났다.

Table 9 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 계층분석법을 이용한 종합 위험수준 평가

종합 위험수준을 평가하기 위하여 평가요소를 인명, 선박, 환경오염 피해 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 10과 같다. 여기서 각 행렬의 대표치는 표본의 기하평균을 정수화한 값이다.

최대고유치 λmax = 3.05로서 중요도의 정합도(*C.I.*) 및 정합비(*C.R.*)는 각각 0.03과 0.05으로 통상 계층분석법에서 인정되는 0.1이하의 값으로 그 유효성이 인정된다.

Table 10 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

λmax=3.05, C.I.=0.03, C.R.=0.05

평가요소에 대한 일대비교 행렬로부터 구한 각 평가요소의

중요도의 크기는 Table 10에서 보는바와 같이 환경오염에 대한 위험수준이 0.53으로 가장 높고, 선박에 대한 위험수준이 0.14로 가장 낮게 나타났다.

따라서 해양사고에 관한 종합 위험수준은 식(3)에 의해 산출 될 수 있다.

$$RL_{Total} = \sum_{i=1}^{3} RL_i * W_i \quad (3)$$

RL_{Total} : 해양사고 종합 위험수준

RL : 평가요소별 위험수준.

W: 위험수준에 대한 중요도

i : 인명, 선박, 환경오염 평가요소 단, $(i=1,2,3)$

우리나라 수색 · 구조 해역에 대한 2001년 해양경찰서별 해양사고 피해규모에 의한 최종 위험수준은 Table 11에서 보는바와 같이 목포해양경찰서가 8.909로 가장 높게 나타났고, 부산, 통영, 태안, 군산, 여수, 제주, 인천, 울산, 포항, 속초, 동해해양경찰서 등의 순으로 높게 평가되었다.

Table 11 Fuzzy risk level for marine accidents

구분	위험수준	순위	구분	위험수준	순위
인천	5.411	8	통영	8.734	3
태안	8.604	4	부산	8.874	2
군산	8.390	5	울산	4.240	9
목포	8.909	1	포항	2.886	10
제주	7.874	7	동해	1.198	12
여수	8.267	6	속초	2.400	11

따라서 비교적 위험수준이 높게 평가된 목포, 통영, 부산해양경찰서 수색 · 구조구역은 위험수준을 경감하기위해 수색 · 구조선 및 관련 장비의 우선적인 확보와 투입이 필요할 것으로 판단된다.

5. 결 론

오늘날 해상에서는 해양사고로 부터 인명, 재산 및 해양환경오염 피해를 최소화하기위해 조난자나 조난선박은 신속히 구조하고 환경오염사고에 대해서는 신속한 방제작업을 해야 할 필요가 있다. 또한, 이러한 해양사고에 대한 대응방안을 마련하기 위한 타당성의 확보를 위해 해양사고 피해규모의 위험수준을 평가하는 것은 매우 중요하다.

본 연구에서는 해양수산관련 전문가의 면접 및 설문조사를 통해 우리나라 수색 · 구조구역의 2001년 해양사고에 대한 위험수준을 퍼지이론과 계층분석법을 이용하여 종합적으로 평가하였다.

그 결과 각 해양경찰서별 수색 · 구조구역의 위험수준은 목포해양경찰서가 8.909로 가장 높게 나타났고, 부산, 통영, 태안, 군산, 여수, 제주, 인천, 울산, 포항, 속초, 동해해양경찰서 등의 순으로 높게 평가되었다.

특히, 비교적 위험수준이 높게 평가된 목포, 통영, 부산해양경찰서 수색 · 구조구역은 위험수준을 경감하기위해 수색 · 구조선 및 관련 장비의 우선적인 확보와 투입이 필요할 것으로 판단된다.

본 연구는 해양사고 피해규모의 위험수준에 대해 전문가의 주관적 판단을 퍼지규칙으로 표현하여 퍼지이론과 계층분석법을 이용하여 2001년 우리나라 수색 · 구조구역의 위험수준을 평가하였다는데 의의가 있다.

그러나 앞으로의 연구는 해양사고 자료에 대한 충분한 DB를 구축하여 전문가의 판단에 의한 멤버쉽 함수의 정확성을 높이고, 해양사고 원인별 위험수준을 평가할 수 있는 확장연구가 필요 할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

[1] 금종수 · 양동신(1999), 해상수색구조론, 효성출판사.

[2] 금종수 · 윤명오 · 장운재(2001), 연안해역의 항행안전성 평가에 관한 연구, 해양환경안전학회지 제7권 2호

[3] 변완희 · 최기주(1996), 퍼지이론을 이용한 교통사고 위험수준 평가모형, 대한교통학회지, 제14권, 2호.

[4] 성영준 · 김기봉(1999), 퍼지신경망을 이용한 철근콘크리트 교량의 손상도 평가, 구조물진단학회지, VOL 3, NO 4,

[5] 이상화 · 이철영(1988), 우리나라 연안의 해상교통관리 시스템 설치를 위한 기초연구, 한국항해학회지, 제12권, 2호.

[6] 임충규 · 박주식 · 강경식(2002), FTA에서 불확실한 위험분석을 위한 퍼지모형 연구, 안전경영과학회지, 제4권, 1호.

[7] Feagas.T.B, Biller.W.F.(1980), Fuzzy Concepts in the analysis of Public Health Risk, Plenum press, New York.

[8] Mamdani EH, Assilian S.(1975), An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller. *Int J Man-Machine Studies.* Vol 7.1

[9] 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.

[10] Satty.T.L. & Kearns,K.P.(1985), *Analytical Planning,* Pergamon press.

[11] Zadeh.LA(1976).,"A Fuzzy Algorithmic Approach to Definition of complex and Imprecise Concepts," *Int.J. Man-machin Studies.*, Vol.8,

[12] Zimmer.A.C.(1985), *Verbal verse Numerical Processing,* North_Holland, Amsterdam.

원고접수일 : 2004년 4월 28일
원고채택일 : 2004년 12월 8일