

한국어 퍼지 언어변수를 이용한 리스크 평가의 논리적 일관성

임현교[†] · 변상훈

충북대학교 안전공학과

(2016. 2. 29. 접수 / 2016. 8. 11. 수정 / 2016. 8. 12. 채택)

Logical Consistency in Risk Assessment using the Korean Fuzzy Linguistic Variables

Hyeon-Kyo Lim[†] · Sanghun Byun

Department of Safety Engineering, Chungbuk National University

(Received February 29, 2016 / Revised August 11, 2016 / Accepted August 12, 2016)

Abstract : Usually, a risk can be expressed as a product of likelihood and consequence of a hazard factor. Therefore, conventional risk assessment is carried out by frequency analysis and severity analysis, in turns. However, it is well known that intuitive thinking is another excellent way of thinking of human beings. This study aimed to confirm whether there exist any difference in risk assessment results derived by two different procedures - intuitive and analytical. Thus, the present study showed 10 different illustrations to 30 undergraduate students. Their responses were organized as fuzzy membership functions, and summarized as risk assessments, and compared. The results were also verified with the help of statistical hypothesis testing, which showed no significant difference. On the contrary, however, similarity measure used in fuzzy set theory was not credible as anticipated. Many cases failed to satisfy statistical hypothesis even with similarity measure higher than 0.60 so that only a trend could be accepted. In addition, a subject showed a somewhat consistent logical discrepancy in his response, which implied the necessity of sincere analysis in fuzzy formulations.

Key Words : risk, risk assessment, analytical thinking, intuitive thinking, similarity measure.

1. 서론 - 리스크 평가의 주관성

국내 산업안전분야에 위험성평가라고 알려져 있는 기법은 1969년에 발간된 MIL-STD-882의 리스크평가(Risk Assessment)에서 비롯되었다. 이 문헌에서는 위험 요인으로 인한 리스크(risk)가 해당 위험요인으로 인한 사고나 트러블의 발생빈도(frequency, likelihood)와 발생강도(severity, consequence)의 곱으로 표현될 수 있다고 설명되었고 그 결과, 리스크평가는 발생빈도와 발생강도를 각각 추정하여 각각의 지표로 표현한 다음, 이들의 곱을 통하여 이루어질 수 있는 것으로 인식되어 왔다¹⁾.

그러나, 인간의 판단이 반드시 분석적 방법에 의해서만 이루어지는 것은 아니다. 인간의 판단은 직관적 사고(intuitive thinking)와 분석적 사고(analytical thinking)로 구분할 수 있는데, 직관적 사고란 판단이나 추리 따위의 사유 작용을 거치지 아니하고 대상을 즉각적으로

파악하는 인간의 인지 과정을 말하는 반면, 분석적 사고란 사고에 영향을 미치는 개별적인 요인들에 대한 분석과 평가를 종합하여 판단하는 것을 말한다²⁾. 따라서, 일반적으로 분석적 사고가 더 신중하고 면밀한 방법이라고 간주되기는 하지만, 위험요인에 대한 리스크평가가 각 개인의 주관적 평가라는 점을 전제한다면, 리스크 평가는 분석적 평가 결과보다는 직관적 사고에 의한 평가 결과와 크게 다르지 않을 것이라 예상할 수 있다.

한편, 인간의 주관적 판단의 변동성을 반영하기 위한 퍼지논리에 의한 추론 과정에는 또 한 가지 주관적인 평가가 개입된다. 즉, 위험요인의 발생빈도수준과 발생강도수준의 조합으로 표현되는 결과가 얼마나 위험한가, 그 위험수준을 결정하는 데에도 결국 평가자의 주관성이 개입되지 않을 수 없다. Fig. 1은 MIL-STD-882E에서 제시하고 있는 리스크평가의 대응수준을 퍼지추론의 과정을 도식적으로 묘사한 것이다³⁾. 그림에서는 리스크 수준이 ‘high’, ‘serious’, ‘medium’, ‘low’

[†] Corresponding Author : Hyeon-Kyo Lim, Tel : +82-43-261-2462, E-mail : hklim@chungbuk.ac.kr
Department of Safety Engineering, Chungbuk National University, #1, Chungdae-ro, Seowon-gu, Cheongju, Chungbuk, 28644, Korea

SEVERITY \ PROBABILITY	Catastrophic (1)	Critical (2)	Marginal (3)	Negligible (4)
Frequent (A)	High	High	Serious	Medium
Probable (B)	High	High	Serious	Medium
Occasional (C)	High	Serious	Medium	Low
Remote (D)	Serious	Medium	Medium	Low
Improbable (E)	Medium	Medium	Medium	Low
Eliminated (F)	Eliminated			

Fig. 1. A typical risk map³⁾.

등으로 표현되고 있는데, 입력되는 빈도수준과 강도수준에 따라서 정해지는 여러 가지 상황을 어떻게 인식하느냐는 퍼지추론에서 “IF~, THEN~”을 설정하는 것과 같은 의미이다. 여기에서 강도나 빈도를 나타내는 언어변수를 간단히 1, 2, 3 등의 숫자로 표기한 것을 강도지수, 빈도지수라고 부르기도 하며, 리스크지수(risk index)는 이들의 곱을 가리킨다.

본 연구는 제시된 상황에 대하여 분석적으로 판단된 결과와, 직관적으로 판단된 결과 사이에 차이가 있는지 여부를 확인하고, 리스크를 평가함에 있어 평가자들이 어떤 요인에 더 민감하게 반응하는지 파악하기 위하여 연구를 수행되었다.

2. 연구 방법

2.1 연구대상집단 및 연구자료

본 연구는 리스크평가에 대하여 이해가 깊다고 판단되는 안전공학 전공의 20대 대학생 30명(수학기간 평균 3.5 ± 1.5 년)을 대상으로 수행되었다. 피실험자에게는 각각 무작위순으로 10개의 위험상황이 제시되었으며, 회수된 총 300개 상황 중 응답 항목이 완성되지 못하여 불완전한 항목은 분석에서 제외하여, 실제 분석에는 총 299개 응답결과가 활용되었다.

연구에 활용된 언어변수는 빈도, 강도, 리스크 수준 등을 평가할 때 한국인이 쉽게 이해하여 언어변별이 쉽다고 판단되는 ‘낮다’, ‘보통이다’, ‘높다’ 등 세 개의 기본 형용사에 ‘매우’라는 정도부사를 추가하여, 5점 평가를 활용하였다⁴⁾.

위험 상황은 한국산업안전보건공단에서 제작한 위험 예지훈련도해집⁵⁾에 게재된 일러스트레이션(illustration) 중 무작위로 동일한 10매를 선정하여 가공한 다음, 피실험자에게 무작위 순으로 제시되었다. Fig. 2는 본 연구에서 활용된 일러스트레이션의 예이다. Fig. 2(a)는 리스크를 직관적으로 평가시키기 위한 일러스트레이션으로 전

체 리스크에 대한 평가 부분만이 제시되었으며, 직관적 평가가 끝나고 나면 Fig. 2(b)와 같이 리스크 요인의 발생빈도, 발생강도, 리스크를 순서에 따라 분석적으로 평가할 수 있는 일러스트레이션이 제시되었다. 본 연구에서 모든 일러스트레이션은 한글로 제시되었으나, 다만 본 논문에서는 학회지 편집규정상 영어로 수정한 것을 게재하였다.

2.2 연구절차

인간의 애매한 판단을 수학적으로 표현하는 데에는 퍼지수(fuzzy number)가 이용되는 것이 일반적인데, 그 중에서도 본 연구에서는 피실험자의 판단을 가능한 한 정확히(crisp) 표현하기 위해 삼각퍼지수(triangular fuzzy number)를 이용하였다. 즉 삼각퍼지수 \tilde{A} 는 하한값 a_1 , 중간값 a_2 , 상한값 a_3 에 의하여 정의되며, 각 값에서의 소속함수값은 $(0, 1, 0)$ 이 된다.

직관적 평가의 경우에는 먼저 피실험자로 하여금 제시된 위험상황에 대하여 얼마나 위험하다고 생각하는가를 언어변수에 따라 5점 평가를 하도록 한 뒤, 리스크를 하나의 퍼지수로 가정하여 Fig. 2(a)에 보는 바와 같이 각각의 100 mm 선형 척도 위에 가장 가능성이 높다고 예상되는 값(가장 확신도가 높은 값, 중간값), 최소값(하한값) 및 최대값(상한값)을 표시하게 하였다. 이 세 가지 값으로 제시된 상황에 대한 전체 리스크에 대응하는 삼각퍼지수가 정의된다. 한편, 분석적 평가에서는 개별적인 마찬가지로 방법으로 리스크 요인으로 인한 사고 발생 빈도 및 발생 강도를 각각 하나의 퍼지수로 간주하여 Fig. 2(b)에 보는 바와 같이 각각 중간값, 하한값, 상한값을 100 mm 선형 척도에 표시하게 하여 두 개의 퍼지함수를 얻었고, 그 두 퍼지함수의 연산으로부터 최종 리스크를 파악하였다.


결과적으로 직관적인 방법에 의한 리스크 평가는 처음부터 하나의 리스크 퍼지수를 통해 파악되지만, 분석적 방법에서는 발생빈도를 나타내는 퍼지수와, 발생강도를 나타내는 퍼지수를 각각 구한 후, 이들의 연산으로부터 리스크 퍼지수를 구하게 되며, 최종적으로는 각기 다른 방법에 의하여 얻어진 두 개의 퍼지리스크 소속함수(fuzzy risk membership function)의 비교문제로 귀착된다.

3. 결과 분석

3.1 직관적 평가결과와 분석적 평가결과의 일관성

직관적 평가결과 얻은 리스크지수와 분석적 평가결과 얻은 리스크지수는 동일한 위험상황에 대한 판단이

[Situation 1] After comprehending the following situation, please assess likelihood, consequence, and risk of an accident by marking on appropriate boxes and linear scales below.



Situation : While sitting on a steel bridge frame, a worker is pulling up a rope for exchanging lamp stabilizers located on the bridge.

Likelihood

very low low medium high very high

① Expected very low very high

② Min. very low very high

③ Max. very low very high

Consequence

very small small medium large very large

① Expected very small very large

② Min. very small very large

③ Max. very small very large

Risk

very small small medium large very large


① Expected very small very large

② Min. Risk very small very large

③ Max. Risk very small very large

(a) For intuitive assessment

[Situation 1] After comprehending the following situation, please assess likelihood, consequence, and risk of an accident by marking on appropriate boxes and linear scales below.



Situation : While sitting on a steel bridge frame, a worker is pulling up a rope for exchanging lamp stabilizers located on the bridge.

Likelihood

very low low medium high very high

① Expected very low very high

② Min. very low very high

③ Max. very low very high

Consequence

very small small medium large very large

① Expected very small very large

② Min. very small very large

③ Max. very small very large

(b) For analytical assessment

Fig. 2. Illustrations shown to subjects in the present study.

므로, PASW(Statistics Base) Ver.17.0의 *t*-검정 대응비교(paired *t*-test)를 이용하였다. 피실험자의 응답이 누락된 1개 상황을 제외하고 299개 상황에 대한 평가결과를 분석한 결과, 분석적 결과의 리스크지수가 직관적 평가시의 리스크지수보다 큰 경우가 44회 (14.7%), 반대로 작은 경우가 59회(19.7%)이었으나, 대부분의 경우 두 리스크지수는 동일하였다(196회, 65.6%). 최종판단을 5등급으로 구분하는 경우조차도, 2개 등급 차이가 나는 경우는 단 6회에 불과하였으며, 3개 등급 이상 차이가 나는 경우는 없었다.

그 결과, 두 지수의 상관계수 $r = 0.779$ ($p = 0.000$)으로서 상당히 높은 편이었으며, 두 지수간에 차이가 있다고 할 수 없었다 ($t = -1.549, df = 298, p = 0.122 > 0.05$). 따라서, 피실험자에게 있어 분석적 방법에 의한 평가든, 직관적 방법에 의한 평가든 평가결과는 같은 결과를 얻는다는 셈이다. 다만, 분석적 방법에 의한 평가는 고려대상으로 하는 위험요인의 개선을 통하여 리스크를 저감시키고자 하는 경우에는 개선방향을 선택하는 데 도움이 될 것

으로 판단되었다.

3.2 퍼지함수의 유사성

두 개의 삼각퍼지수 \tilde{A}, \tilde{B} 가 각각 $\{x_A \in R | a_1 < x_A < a_3\}$ 와 $\{x_B \in R | b_1 < x_B < b_3\}$ 에서 정의되고, $\tilde{A} = [a_1, a_2, a_3]$, $\tilde{B} = [b_1, b_2, b_3]$ 라고 한다면, 퍼지수의 연산을 수식으로 표현하면 다음과 같다⁶⁾.

$$[a_1, a_2, a_3] \odot [b_1, b_2, b_3] \approx [a_1 b_1, a_2 b_2, a_3 b_3] \quad (1)$$

두 개의 퍼지수, 다시 말해 두 개의 퍼지함수값이 같은가 다른가를 표현할 때에는 통상 유사성 척도(Similarity Measure)를 이용한다. 특히 Deng은 두 퍼지함수 사이의 유사도(degree of similarity)를 비교하는 방법을 제시하고, 사다리꼴 함수를 이용하는 예제를 제시하였다⁷⁾. 두 퍼지수 \tilde{A}, \tilde{B} 의 유사도는 다음과 같이 표현된다.

$$S(\tilde{A}, \tilde{B}) = \frac{1}{1 + |P(\tilde{A}) \cdot w_A - P(\tilde{B}) \cdot w_B|} \quad (2)$$

여기에서 $P(\tilde{A}), P(\tilde{B})$ 는 등급별 평균적분값(graded mean integration)을 말한다⁸⁾. 삼각퍼지수의 경우 $P(\tilde{A}), P(\tilde{B})$ 는 다음의 식으로 간단히 표현될 수 있다.

$$P(\tilde{A}) = \frac{a_1 + 2a_2 + a_3}{4} \quad (3)$$

$$P(\tilde{B}) = \frac{b_1 + 2b_2 + b_3}{4}$$

한편, 식(2) 중의 w_A, w_B 는 해당함수의 최고 확신도를 나타내는데, 본 연구에서처럼 삼각퍼지수를 채택하고, 각 피실험자의 응답을 대등하게 취급하기로 하면, $w_A = w_B = 1$ 로 취급될 수 있다.

퍼지 소속함수의 유사성을 비교하는 방법은 정립된 바 없다. 즉 모호함을 인정하는 퍼지이론이 적용된 이상, 어느 한도 내에서 두 함수가 같은가 다른가, 다시 말해 두 함수의 유사성을 판단하는 기준이 불명확한 것이다. 그러나, 두 함수가 같다 다르다 하는 판단은 정량적인 기준을 필요로 한다. 본 연구에서는 불가피한 방법으로, 비모수 통계학의 Kolmogorov-Smirnov 검정을 이용하였다. Kolmogorov-Smirnov 검정은 관측값의 분포와 비교하고자 하는 특정 분포간의 누적분포값의 차이를 통해, 연속된 두 자료의 일치정도를 검정하는 방법이다⁹⁾.

본 연구에서는 피실험자가 해당 상황에서 반응한 직관적 평가 결과와 분석적 평가 결과 사이에서 각각 유사도를 구하고, 총 299개 응답에 대한 상황을 유사도에 따라 크기순으로 정렬한 다음, 그 값을 1.00부터 0.05씩 줄여가며 그룹을 만들어, 해당 범위에 해당하는 상황의 리스크평가 결과의 유사성을 PASW, Statistics Base, Ver.17.0의 Kolmogorov-Smirnov 검정을 통하여 검증하였다. 그 결과는 Fig. 3과 같다.

유사도가 0.90 이상인 상황에서 Kolmogorov-Smirnov 검정을 통해서도 통계적 동일성이 확증된 경우는 40개 상황 중 35개 상황 (87.5%), 유사도가 0.90 미만 0.80 이상인 경우에는 36개 상황 중 33개 상황 (91.7%), 유사도가 0.80 미만 0.70 이상인 경우에는 43개 상황 중 37개 상황 (86.1%), 유사도가 0.70 미만 0.60 이상인 경우에는 36개 상황 중 31개 상황 (86.1%) 등, 대체로 유사도의 의의를 확인할 수 있었다. 그러나, 유사도가 그 이하로 저하하면 0.60~0.50 범위의 경우 38개 상황 중 29개 상황 (76.3%), 0.50~0.40 범위의 경우에는 46개 상

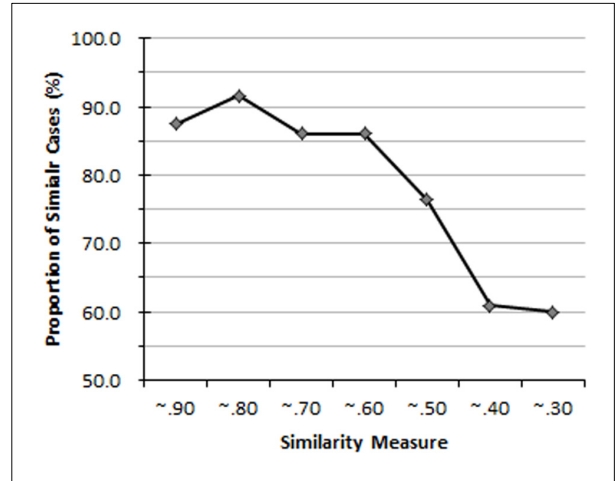


Fig. 3. Results of Kolmogorov-Smirnov test over similarity measure.

황 중 28개 상황 (60.9%)으로 급격히 저하한다. 따라서, 통상적인 상관계수(correlation coefficient)의 경우와 마찬가지로, 대체로 그 값이 0.60 이상인 경우에 한해 의미가 있다고 판단되었다. 그러나 유사성 척도 값이 0.90 이상인 경우에도 두 소속함수가 같다고 할 수 없는 상황도 확인되어, 유사도가 높다고 해서 반드시 두 평가결과가 일치한다고 단언할 수는 없었다.

3.3 퍼지추론함수의 도출

퍼지추론은 제시된 상황에 대한 개별적인 판단을 근거로 하여, 전문가의 의견을 종합하여 추론원칙(IF~THEN~ rules)을 만들고 이들을 종합, 적용하여 판단하는 것이 일반적인 방법이다. 이것을 정리한 그림이 Fig. 4이다¹⁰⁾. 그림에서 입력요인 1, 2, 3 등에 대한 개별적 평가와, 여러 개의 평가결과를 어떻게 종합하여 일관성있는 판단을 하느냐 하는 단계에서 주관적 판단이 개재된다.

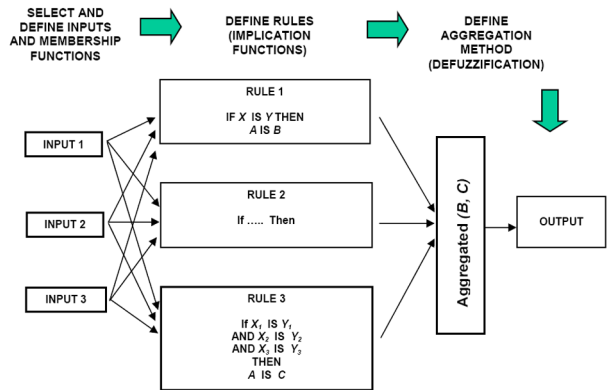


Fig. 4. General fuzzy inference system⁹⁾.

Table 1. Result of analytical risk assessment corresponding to 'very large' risk

Risk : very large	consequence					sum	%
	5	4	3	2	1		
5	17	2	0	0	0	19	35.9
4	17	4	0	1	0	22	41.5
3	6	4	0	0	0	10	18.9
2	1	1	0	0	0	2	3.8
likelihood	1	0	0	0	0	0	0
sum	41	11	0	1	0	53	
%	77.4	20.8	0	1.9	0		100

그러나, 많은 연구들이 추론규칙을 연구자 임의로 정하여 논의하고 있어서 결과의 신빙성에 의문을 갖지 않을 수 없다. 본 연구에서는 반대로, 피실험자들의 의견을 통하여 분석적 방법에 의하여 평가된 결과를 근거로, 그들의 판단규칙을 추론할 수 있는 퍼지추론함수를 도출하고자 하였다.

Table 1은 리스크 크기가 '매우 크다(very large)'고 판단한 피실험자들의 응답결과를 정리한 것이다.

이 표를 보면, 299개 상황에 대한 응답 중 총 53회가 '매우 크다'고 응답되었지만, 언어변수는 같더라도 개별적인 응답기준은 제각각 다르다는 것을 알 수 있다. 예를 들어, 리스크지수가 빈도수준이 5, 강도수준이 5인 경우 응답횟수는 17회이었지만, 빈도수준이 4, 강도수준이 2인 경우의 응답횟수는 1회뿐이었다. 그러므로, 응답자들이 판단한 응답에 대하여 빈도수준과 강도수준, 그리고 각 응답횟수를 곱하여 총합을 구한 다음 '매우 크다'라고 응답한 총응답횟수로 나누면 평균적으로 가장 확신도가 높은 리스크값, 즉 퍼지함수의 최대확신도에 대응하는 값을 구할 수 있다. 또한, 빈도수준과 강도수준의 곱으로 표현되는 리스크지수가 어느 한계값 이상이나 이하에서는 해당언어변수로 응답한 응답자가 없었다면 그것이 상한값, 또는 하한값이 된다.

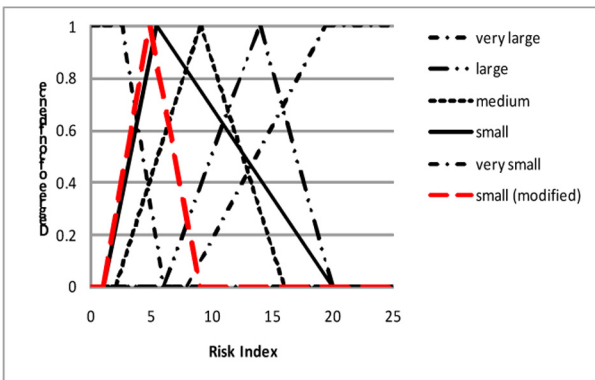


Fig. 5. Elicited fuzzy inference function in the present study.

각 언어변수에 대하여 그 결과를 정리한 것이 Fig. 5이다. 그림에서 보는 바와 같이 피실험자들의 리스크 평가 관련 소속함수는 대체로 고르게 분포되어 있으나, 다소 좌편향 성향을 지니고 있음을 알 수 있다. 이같은 사실은 실험에 활용된 일러스트레이션이 안전보건공단에서 제작된 것으로, 누구에게나 쉽게 위험을 인지시키기 위하여 작성된 점을 이해한다면 제시된 상황의 리스크가 크게 인식된 것은 예상치 못한 결과는 아니라고 할 수 있다.

다만, 리스크가 '작다(small)'라고 평가된 소속함수의 경우에는 심하게 좌측으로 편향되어 있었는데, 자료를 재분석한 결과 피실험자 1인의 1회 응답이 다른 상황이나 피실험자들은 물론, 해당 피실험자의 평가결과로부터 자연스럽다고 하지 못할 만큼 상이하였다. 이 피실험자는 해당 상황에 대하여 빈도는 '높다 (4등급)', 강도는 '매우 크다 (5등급)'이라고 평가하였으나, 종합적인 리스크는 분석적 평가나 직관적 평가 양쪽 모두 동일하게 '작다 (2등급)'으로 표현하여, 평가의 일관성에 의문점을 제기하였다. 해당 평가의 단 1회를 제외하면 Fig. 4의 수정된 점선에서 보는 바와 같이 대체적인 형태는 다른 평가함수들과 다르지 않다. 그러므로, 정리하자면 퍼지평가의 경우에도 통계적 실험자료의 이상치(outlier)와 같이 동질성(coherency)을 보장할 수 없는 자료가 개재될 수 있다는 점으로, 기계적인 자료정리와 분석에 주의를 요한다 할 수 있다.

4. 결론

본 연구는 일반적으로 행해지고 있는 리스크 평가의 방법론적 절차가 리스크 평가결과에 서로 다른 영향을 미치지 않는가, 평가자는 방법에 관계없이 논리적 일관성을 유지하는가에 대하여 실험적으로 확인하고자 하였다. 연구결과, 평가자는 분석적 평가방법이나 직관적 평가방법에 관계없이 일관성을 유지하고 있었으며, 평가결과 획득되는 리스크 평가수준도 다르다는 증거를 찾을 수 없었다.

그러나, 퍼지이론에서 사용하고 있는 유사성 평가척도는 통계적인 검정으로는 장담할 수 없으며, 유사도가 높은 경우에도 통계적 검정을 통해서 서로 상이하다고 평가되는 경우가 적지 않아, 대체로 유사도가 0.60 정도를 상회하는 경우에만 유사성을 인정할 수 있다고 판단되었으며, 그 역은 성립하지 않는 것으로 확인되었다.

또한, 평가자들의 평가결과를 퍼지함수로 재구성해 본 결과, 평가함수의 모양은 균형을 잡고 있었으나, 평

가자에 따라서는 의외로 일관성은 있지만, 평범하지 못한 반응을 보이는 경우도 있어, 인간의 리스크평가 결과를 기계적으로 정리하고 이해하는 것은 주의가 필요함을 알 수 있었다.

결론적으로, 위험요인에 대한 리스크평가는 분석적 평가든 직관적 평가든 결과는 다르지 않다. 그러므로, 어떤 방법을 택하더라도 리스크평가의 목적은 달성될 수 있다. 다만, 분석 방법을 택하여 빈도와 강도, 한 가지 측면에서 하나씩 검토해 나가는 것이 리스크평가 이후 리스크 저감(risk reduction)을 통한 개선을 추진하는 데 효과적인 것으로 판단된다.

감사의 글: 이 논문은 2014년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음 (This work was supported by the research grant of Chungbuk National University in 2014).

References

- 1) MIL-STD-882, System Safety Program Requirements, U.S. Department of Defense, 1969.
- 2) S.F. Davis and W. Bukist, 21st Century Psychology - A Reference Handbook, Sage Publications, 2008.
- 3) MIL-STD-882E, System Safety Program Requirements, U.S. Department of Defense, 2012.
- 4) H.K. Lim, S.H. Byun, H.J. Kim, "Risk Assessment using Fuzzy Linguistic Variables in Korean", Journal of the Korean Society of Safety, Vol.30, No.4, pp.151-158, 2015.
- 5) S.H.Kim, Illustrations for Hazard Anticipation Training, Korea Occupational Safety and Health Agency, 2007.
- 6) L.A. Zadeh, "Fuzzy Sets", Information and Control, 8, pp.338-353, 1965.
- 7) Y. Deng, X. Su, W. Jiang, J. Xu and P. Xu, "Risk Analysis Method : A Fuzzy Approach", Proceedings of the 3rd International Symposium on Electronic Commerce and Security Workshops, pp.146-150, 2010.
- 8) S.H. Chen and C.H. Hsieh, "Graded Mean Integration Representation of Generalized Fuzzy Number", Proceeding of 1998 Sixth Conference on Fuzzy Theory and Its Application, Chinese Fuzzy Systems Association, pp.1-6, 1998.
- 9) F.J. Massey, Jr., "The Kolmogorov-Smirnov Test for Goodness of Fit", Journal of the American Statistical Association, Vol.46, No.253, pp.68-78, 2010.
- 10) Nagi, E. W. T., Wat, F. K. T., "Fuzzy Decision Support System for Risk Analysis in e-commerce Development", Decision Support Systems, 40(2), pp.235-255, 2005.