Journal of Knowledge Information Technology and Systems

ISSN 1975-7700

http://www.kkits.or.kr

Reliability Analysis of Systems Using Level (λ, ρ) Intuitioninstic Fuzzy Sets

Sang Yeop Cho*

Department of Internet, Chungwoon University

ABSTRACT

In this paper we propose a method to evaluate the reliability of systems using the level (λ, ρ) intuitionistic fuzzy sets. There are various studies using fuzzy sets, interval-valued fuzzy sets, L-R fuzzy numbers, level λ triangular fuzzy sets, level $(\lambda, 1)$ interval-valued fuzzy numbers, and intuitionistic fuzzy sets as methods to provide the theoretical basis of the analysis method for system reliability. The fuzzy sets represnt the degree of membership as a real number between zero and one. In the interval-valued fuzzy sets, the degree of membership represent the interval. Therefore, it is possible to solve the problem that the degree of membership for the fuzzy sets is uncertain. The L-R fuzzy numbers can be adjusted differently to the left-right slope of the membership functions. Therefore, we can represent more various fuzzy numbers. Level λ triangular fuzzy sets can adjust the magnitude of the degree of membership using λ. If λ = 1, it becomes level λ fuzzy numbers. In the level $(\lambda, 1)$ interval-valued fuzzy numbers it is possible to adjust the magnitude of the minimum degree of membership by using λ. The intuitionistic fuzzy sets can represent beliefs using a truth-membership function supporting evidence and a falsity-membership function contrary to evidence. In the level (λ, ρ) intuitionistic fuzzy sets used in this paper, it is possible to adjust the minimum degree of membership value of the falsity-membership function and the maximum degree of the truth-membership function by using λ and ρ, respectively. Therefore, it becomes possible to express various intuitive fuzzy sets.

KEYWORDS: Reliability analysis, Level (λ, ρ), Level (λ, ρ) interval-valued sets, Intuitioninstic fuzzy sets, Level (λ, ρ) intuitioninstic fuzzy sets

ARTICLE INFO: Received 5 September 2017, Revised 28 September 2017, Accepted 13 October 2017.

*Corresponding author is with the Department of Internet, Chungwoon University, 113 Sukgol-ro Nam-gu Incheon, 22100, KOREA.

E-mail addresses: sycho@chungwoon.ac.kr

1. 서 론

기존 집합 이론에서 표현하기 어려운 경계의 불확실성 문제를 해결하기 위해 퍼지집합이 제안되었다[1]. 퍼지집합에서는 퍼지집합 A의 소속값(degree of membership) $\mu_A(x)$를 실수로 표현한다. $\mu_A(x) \in [0,1]$. 소속값을 실수로 표현하는 방법은 기존의 집합 이론이 가지는 문제점은 해결할 수 있지만, 실수로 표현되는 퍼지집합의 소속값 자신이 불확실한 경우에는 문제를 가지게 되었다.

소속값이 불확실해지는 문제점을 해결하기 위해 퍼지집합이 소속값을 실수의 구간(interval)으로 표현하는 구간값 퍼지집합이 제안되었다[2]. 구간값 퍼지집합에서 구간은 $[\mu_{A^L}(x), \mu_{A^U}(x)]$로 표현한다. $0 \le \mu_{A^L}(x) \le \mu_{A^U}(x) \le 1$.

믿음시스템(belief system)이나 전문가시스템에서는 증거(evidence)를 지지(support)하는 참 소속함수(truth-membership function) 뿐만 아니라 증거에 반하는 거짓 소속함수(falsity-membership function)도 같이 고려해야만 한다. 퍼지집합과 구간값 퍼지집합에서는 이러한 시스템이 요구하는 증거를 지지하거나 거스르는 방법을 제공하지 못하고 있다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해서 직관 퍼지집합이 제안되었다[3]. 직관 퍼지집합에서 참 소속함수 $t_A(x)$와 거짓 소속함수 $f_A(x)$를 사용하여 증거에 대한 정보를 다루는 방법을 제공하고 있다. $t_A(x)$, $f_A(x) \in [0,1]$, $0 \le t_A(x) + f_A(x) \le 1$.

직관 퍼지집합은 기존의 퍼지집합이 처리하지 못하는 증거에 대한 지지와 반대를 다룰 수는 있었지만 정보가 가지는 불확정성(indeterminacy)을 명시적으로 표현하지 못하는 한계를 가지고 있다. 직관퍼지집합에서는 불확정성의 기본값으로 $1 - t_A(x) - f_A(x)$를 사용한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 불확정성을 다룰 수 있는 뉴트로소픽 집합(neutrosophic set)이 제안되었다[4]. 뉴트로소픽 집합에서는 참 소속함수, 불확정 소속함수(indeterminacy-membership function), 거짓 소속함수로 소속값을 표현한다. 그러므로 기존의 퍼지집합에서 다루지 못하는 불확정성을 명시적으로 정량화할 수가 있다. 뉴트로소픽 집합 A는 전체집합 U 상에서 정의된다. x = x(T, I, F) ∈ A. T, I, F는 뉴트로소픽 요소로서 실수 표준 또는 비표준 부분집합 $]0^-, 1^+[$이다. T는 집합 A에서 참 소속함수의 소속값이고 I는 집합 A에서 불확정 소속함수의 소속값이며 F는 집합 A에서 거짓 소속함수의 소속값을 표현한다.

구간값 퍼지집합의 최소 소속값 $\mu_{A^L}(x)$과 최대 소속값 $\mu_{A^U}(x)$을 λ와 ρ로 각각 조정할 수 있는 수준 (λ, ρ) 구간값 퍼지집합과 수준 $(\lambda, 1)$ 구간값 퍼지집합이 제안되었다[5]. $0 \le \lambda \le \rho \le 1$.

직관 퍼지집합의 참소속함수의 소속값 $t_A(x)$와 거짓 소속함수이 소속값 $f_A(x)$를 λ와 ρ로 각각 조정할 수 있는 수준 (λ, ρ) 직관 퍼지집합이 제안되었다[6]. $0 \le \lambda \le \rho \le 1$.

본 논문에서는 수준 (λ, ρ) 직관 퍼지집합을 이용하여 시스템의 신뢰도를 평가하는 방법을 제안한다. 수준 (λ, ρ) 직관 퍼지집합에서는 λ와 ρ를 사용하여 소속값의 크기를 조정하는 것이 가능하진다.

논문의 구성은 다음과 같다. 제 2 장에서는 관련 연구를 설명한다. 제 3 장에서는 수준 (λ, ρ) 직관 퍼지집합을 간단하게 기술한다. 제 4 장에서는 신뢰도를 평가하는 방법을 제안한다. 그리고 제 5 장에서는 결론을 기술한다.

2. 관련연구

공학 시스템을 개발하는데 있어서 사용하는 자료의 불확실성에서 발생하는 문제를 처리하는 방

법은 중요한 주제 중에 하나이다[7]. 이러한 문제를 해결하기 위해 퍼지집합을 이용하여 시스템이 신뢰도를 평가하는 연구가 많이 제안되고 있다.

Singer[8]는 시스템의 신뢰도를 분석하기 위해 사건의 빈도수를 L-R 퍼지 숫자로 표현하는 방법을 제안하였다. L-R 퍼지 숫자는 퍼지 숫자의 좌우 경사도를 다르게 표현하는 것이 가능하다. Cheng[9] 등은 수준-1 퍼지 숫자의 α-cut을 사용하여 신뢰도를 구간으로 표현하고 순차 시스템의 신뢰도를 계산하는 방법을 제안하였다. Chen[10]은 기존 제안된 방법들의 단점인 계산량을 줄이기 위하여 삼각퍼지숫자를 이용하여 시스템의 신뢰도를 계산하는 방법을 제안하였다. Chen[11]은 소속값이 단순한 실수로 표현되는 문제를 해결하는 방법으로 신뢰도를 모호집합으로 표현하여 신뢰도를 계산하는 방법을 제안하였다. Kumar[12] 등은 해양 플랜트 시스템의 신뢰도를 평가하기 위해 구간값 사다리꼴 모호집합을 이용하여 시스템의 신뢰도를 평가하는 방법을 제안하였다. 구간값 사다리꼴 모호집합에서는 최대 소속값과 최소 소속값이 구간으로 각각 표현된다. Cho[13]는 시스템을 구성하는 구성요소가 구성요소의 신뢰도와 가중값을 가지고 있는 가중 시스템의 신뢰도를 평가하기 위해 구간값 모호집합을 이용하여 계산하는 방법을 제안하였다. Fuh[5] 등은 수준 $(\lambda, 1)$ 구간값 퍼지 숫자를 이용하여 시스템의 신뢰도를 계산하는 방법을 제안하였다. 수준 $(\lambda, 1)$ 구간값 퍼지 숫자에서 최소 소속값은 λ에 의해 조정하는 것이 가능하다.

3. 수준 (λ, ρ) 직관 퍼지집합

이 장에서는 수준 (λ, ρ) 직관 퍼지집합에 대하여 간단하게 설명을 한다[5, 6].

수준 λ 삼각 퍼지숫자: R=(-∞, +∞) 상에서 수준 λ 삼각 퍼지 숫자 A는 다음과 같이 정의된다.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} \dfrac{\lambda(x-a)}{b-a}, & a \le x \le b, \\ \dfrac{\lambda(c-x)}{c-b}, & b \le x \le c, \\ 0, & otherwise. \end{cases} \quad (1)$$

여기에서 a < b < c. 수준 λ 삼각 퍼지 숫자 A는 (a, b, c; λ)로도 표기할 수 있다. λ = 1 이면 수준 λ 삼각 퍼지 숫자가 된다. 0 < λ ≤ 1.

수준 (λ, ρ) 구간값 퍼지숫자: R=(-∞, +∞) 상에서 수준 (λ, ρ) 구간값 퍼지 숫자 A는 다음과 같이 정의된다. 구간값 퍼지집합의 최소 소속값이 $\mu_{A^L}(x)$이고 최대 소속값이 $\mu_{A^U}(x)$이라면 $\mu_{A^L}(x)$와 $\mu_{A^U}(x)$는 아래와 같이 기술할 수 있다.

수준 λ 구간값 퍼지 숫자는 다음과 같이 정의된다.

$$\mu_{A^L}(x) = \begin{cases} \dfrac{\lambda(x-a)}{b-a}, & a \le x \le b, \\ \dfrac{\lambda(c-x)}{c-b}, & b \le x \le c, \\ 0, & otherwise. \end{cases} \quad (2)$$

그러므로 A^L = (a, b, c; λ), a < b < c.

수준 ρ 구간값 퍼지 숫자는 다음과 같이 정의된다.

$$\mu_{A^U}(x) = \begin{cases} \dfrac{\rho(x-p)}{b-p}, & p \le x \le b, \\ \dfrac{\rho(r-x)}{r-b}, & b \le x \le r, \\ 0, & otherwise. \end{cases} \quad (3)$$

그러므로 A^U = (p, b, r; ρ), p < b < r.

0 < λ ≤ ρ ≤ 1 이고 p < a < b < c < r 이면 A = $[A^L, A^U]$ = [(a, b, c; λ), (p, b, r; ρ)]를 얻을 수 있고 이를 수준 (λ, ρ) 구간값 퍼지 집합이 된다. 그리고 ρ = 1 이면 수준 $(\lambda, 1)$ 구간값

퍼지 집합이 된다.

직관 퍼지집합: 직관 퍼지집합은 참 소속함수 $t_A(x)$와 거짓 소속함수 $f_A(x)$를 사용하여 소속값을 표현한다. $t_A(x)$, $f_A(x) \in [0,1]$, $0 \le t_A(x) + f_A(x) \le 1$.

수준 (λ,ρ) 직관 퍼지집합: R=(-∞, +∞) 상에서 수준 (λ,ρ) 직관 퍼지집합은 다음과 같이 정의된다.

직관 퍼지 집합의 참 소속함수가 $t_A(x)$이고 거짓 소속함수가 $f_A(x)$이라면 $t_A(x)$와 $f_A(x)$를 다음과 같이 기술할 수 있다.

거짓 소속함수 $f_A(x)$는 다음과 같다.

$$f_A(x) = \begin{cases} \dfrac{\lambda(x-a)}{b-a}, a \le x \le b, \\ \dfrac{\lambda(c-x)}{c-b}, b \le x \le c, \\ 0, \quad otherwise. \end{cases} \tag{4}$$

여기에서 $f_A(x)$ = (a, b, c; λ), a < b < c. $f_A(x) \in [0,1]$

참 소속함수 $t_A(x)$는 다음과 같다.

$$t_A(x) = \begin{cases} \dfrac{\rho(x-p)}{b-p}, p \le x \le b, \\ \dfrac{\rho(r-x)}{r-b}, b \le x \le r, \\ 0, \quad otherwise. \end{cases} \tag{5}$$

여기에서 $t_A(x)$ = (p, b, r; ρ), p < b < r. $t_A(x) \in [0,1]$

0 < λ ≤ ρ ≤ 1 이고 p < a < b < c < r 이면 A = $[f_A(x), t_A(x)]$ = [(a, b, c; λ), (p, b, r; ρ)]를 얻을 수 있고 이를 수준 (λ, ρ) 직관 퍼지 집합이 된다. $0 \le t_A(x) + f_A(x) \le 1$.

만일 a = p, c = r, λ = 0이면 수준 (λ, ρ) 직관 퍼지 집합 [(a, b, c; λ), (p, b, r; ρ)]는 수준 ρ 삼각 퍼지 숫자 (p, b, r; ρ)로 축소된다. 만일 a = b = c = p = r, λ = ρ = 1이면 (a, b, c; λ)와 (p, b, r; ρ)]는 (a, a, a; 1)과 (a, a, a; 1)로 축소되어 (a, a, a; 1) = a가 된다.

4. 신뢰도 분석

이 장에서는 수준 (λ,ρ) 직관 퍼지집합을 이용하여 순차 시스템과 병렬 시스템의 신뢰도를 평가하는 방법을 제안한다.

순차 시스템의 구성은 <그림 1>과 같이 생각할 수 가 있다. 여기에서 구성요소(component) P_i 신뢰도를 R_i로 표현한다. 구성요소의 신뢰도 R_i를 $\langle f_A(x), t_A(x) \rangle$로 표현할 수 있다. $f_A(x)$는 식 (4)로 $t_A(x)$는 식 (5)로 각각 계산할 수 있다.

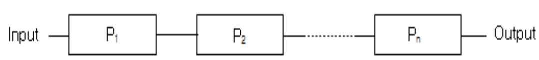

그림 1 순차 시스템의 구성
Figure 1. configuration of serial systems

<그림 1>과 같은 순차 시스템의 신뢰도 R은 다음과 같이 평가할 수 있다.

$$\begin{aligned} R &= \prod_{i=1}^{n} R_i \\ &= R_1 \bullet R_2 \bullet \cdots \bullet R_n \\ &= \langle f_{A_1}(x), t_{A_1}(x) \rangle \bullet \langle f_{A_2}(x), t_{A_2}(x) \rangle \bullet \cdots \bullet \langle f_{A_n}(x), t_{A_n}(x) \rangle \\ &= \langle \min(f_{A_1}(x), f_{A_2}(x), \cdots, f_{A_n}(x)), \min(t_{A_1}(x), t_{A_2}(x), \cdots, t_{A_n}(x)) \rangle \\ &= \langle \min_{i=1}^{n} f_{A_i}(x), \min_{i=1}^{n} t_{A_i}(x) \rangle \end{aligned} \tag{6}$$

병렬 시스템의 구성은 <그림 2>와 같이 생각할 수 있다. 여기에서 구성요소 P_i의 신뢰도를 R_i로

표현할 수 있다. 구성요소의 신뢰도 R_i를 $\langle f_A(x), t_A(x)\rangle$로 표현할 수 있다. $f_A(x)$는 식 (4)로 $t_A(x)$는 식 (5)로 각각 계산할 수 있다.

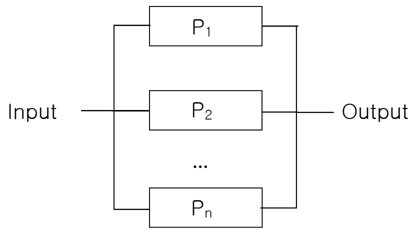

그림 2 병렬 시스템의 구성
Figure 2. configuration of parallel systms

<그림 2>와 같은 병렬 시스템의 신뢰도 R은 다음과 같이 평가할 수 있다.

$$\begin{aligned} R &= 1 - \prod_{i=1}^{n}(1 - R_i) \\ &= 1 - \prod_{i=1}^{n}(1 - \langle f_{A_i}(x),\ t_{A_i}(x)\rangle) \\ &= 1 - \prod_{i=1}^{n}(\langle 1-f_{A_i}(x),\ 1-t_{A_i}(x)\rangle) \\ &= 1 - (\langle 1-f_{A_1}(x),\ 1-t_{A_1}(x)\rangle \bullet \langle 1-f_{A_2}(x),\ 1-t_{A_2}(x)\rangle \bullet \cdots \bullet \langle 1-f_{A_n}(x),\ 1-t_{A_n}(x)\rangle) \\ &= 1 - \langle \min_{i=1}^{n} 1-f_{A_i}(x),\ \min_{i=1}^{n} 1-t_{A_i}(x)\rangle \\ &= \langle 1-\min_{i=1}^{n} 1-f_{A_i}(x),\ 1-\min_{i=1}^{n} 1-t_{A_i}(x)\rangle \end{aligned} \tag{7}$$

예: Singer[8]의 연구에서 제안된 예를 기반으로 실제 적용 예를 보이겠다.

서로 인접해 있는 두 대의 연마기계가 동작하고 있다고 가정하자. 이 기계들의 근처에 다가온 사람이 연마기계에서 나온 부스러기가 눈으로 들어가 다칠 수 있는 가능성은 얼마인가? 가장 위험한 사람은 기계를 조작하는 조작원이고 조작원들은 보안경을 착용할 의무가 있으나 종종 보안경을 착용하지 않는다. 그리고 기계근처로 재료로 사용할 물건들을 가져오는 사람들과 연마기계에서 만들어진 생산품 가져가는 사람들 그리고 다른 이유로 인해 연마기계근처에 오는 사람들도 위험하다. 누군가가 다칠 수 있는 주요사건에 대한 결함나무는 <그림 3>과 같이 만들 수가 있다.

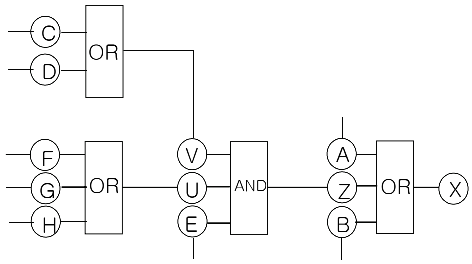

그림 3. 예에 대한 결함나무
Figure 3. fault tree for example

사고에 영향을 주는 사건들은 <표 1>에 나타나 있다.

표 1. 사고에 영향을 주는 기본 사건들
Table 1. The basic events contributing to the accident

기호	기본사건	$t(x)$	$f(x)$
A	조작원1이 보안경을 미착용	0.95	0.01
B	조작원2가 보안경을 미착용	0.95	0.01
C	기계1이 동작 중	0.99	0.01
D	기계2가 동작 중	0.90	0.05
E	보안경 없이 들어온 사람	0.90	0.05
F	재료를 가져오는 사람	0.80	0.10
G	생산품을 가져가는 사람	0.80	0.10
H	다른 이유로 들어오는 사람	0.90	0.05

<그림 3>에서 X의 함수는 다음과 같이 유도할 수 있다. U=F+G+H, V=C+D, Z=E×U×V, X=A+B+Z. 그러므로 다음과 같이 신뢰도를 구할 수 있다.

R_u=1-((1-R_f)•(1-R_g)•(1-R_h))
=1-((1-<0.10,0.80>)•(1-<0.10,0.80>)•(1-<0.05,0.90>))
=1-(<0.90,0.20>•<0.90,0.20>•<0.95,0.10>)

$=1-\langle 0.90, 0.10\rangle$
$=\langle 0.10, 0.90\rangle$
$R_v = 1-((1-R_c)\bullet(1-R_d))$
$=1-((1-\langle 0.01, 0.99\rangle)\bullet(1-\langle 0.05, 0.90\rangle))$
$=1-(\langle 0.99, 0.01\rangle\bullet\langle 0.95, 0.10\rangle)$
$=1-\langle 0.95, 0.01\rangle$
$=\langle 0.05, 0.99\rangle$
$R_z = R_e \bullet R_u \bullet R_v$
$=\langle 0.05, 0.90\rangle\bullet\langle 0.10, 0.90\rangle\bullet\langle 0.05, 0.99\rangle$
$=\langle 0.01, 0.99\rangle$
$R_x = 1-((1-R_a)\bullet(1-R_b)\bullet(1-R_z))$
$=1-((1-\langle 0.01, 0.95\rangle)\bullet(1-\langle 0.01, 0.95\rangle)\bullet(1-\langle 0.01, 0.99\rangle R_z))$
$=1-(\langle 0.95, 0.05\rangle)\bullet\langle 0.99, 0.05\rangle)\bullet\langle 0.99, 0.01\rangle)$
$=1-\langle 0.95, 0.01\rangle$
$=\langle 0.05, 0.99\rangle$

5. 결 론

본 논문에서는 수준 (λ, ρ) 직관 퍼지집합을 이용하여 시스템의 신뢰도를 평가하는 방법을 제안하였다. 우리가 제안한 방법은 시스템의 신뢰도를 수준 (λ, ρ) 직관 퍼지집합로 표현한 시스템의 신뢰도를 평가하는데 적용할 수가 있다.

수준 (λ, ρ) 직관 퍼지집합은 거짓 소속함수의 소속값 $f_A(x)$과 참 소속함수 소속값 $t_A(x)$을 λ와 ρ를 사용하여 크기를 조정하는 것이 가능해진다. 그러므로 기존의 퍼지집합의 소속값 표현방법보다 유연한 접근방법을 제공하는 것이 가능해 진다.

References

[1] L. Zadeh, *Fuzzy sets*, Inform and Control, Vol. 8, pp. 338-353, 1965.

[2] I. Turksen, *Interval valued fuzzy sets based on normal forms*, Fuzzy Sets and Systems, Vol. 20, pp. 191-210, 1986.

[3] K. Atanassov, *Interval-valued Intuitionistic fuzzy sets*. Fuzzy Sets and Systems Vol. 30, No. 3, pp. 343-349, 1989.

[4] F. Smarandache, *A unifying field in logics, Neutrosophy: Neutrosophic probability, set and logic*. Rehoboth: American research press, 1999.

[5] C-F Fuh, R. Jea, and J-S Su, *Fuzzy system reliability analysis base on level* $(\lambda, 1)$ *interval-valued fuzzy numbers*, Information Sciences, Vol. 272, pp. 185-197, 2014.

[6] S. Y. Cho, *A study on level* (λ, ρ) *intuitionistic fuzzy sets*, Proceedings of the 21st KKITS spring conference, Vol. 1, No. 1, pp. 160-163, 2017.

[7] A. Kaufmann, and M. M. Gupla, *Fuzzy mathematical models in engineering and management science*, North-Holland, Amsterdam, 1988.

[8] D. Singer, *A fuzzy set approach to fault tree and reliability analysis*, Fuzzy Sets and Systems, Vol. 34, pp. 145-155, 1990.

[9] C-H. Cheng and D-L, Mon, *Fuzzy system reliability analysis by interval of confidence*, Fuzzy Sets and Systems, Vol. 56, pp. 29-35, 1993.

[10] S. M. Chen, *Fuzzy system reliability analysis using fuzzy number arithmetic operations*, Fuzzy Sets and Systems, Vol. 64, pp. 31-38, 1994.

[11] S. M. Chen, *Analysis fuzzy system reliability using vague set theory*, Int'l Jl. of Applied Science and Engineering, Vol. 1, pp. 82-88, 2003.

[12] A. Kumar, S. P. Yadav, and S. Kumar, *Fuzzy reliability of a marine power plant*

using interval valued vague sets, Int'l Jl. of Applied Science Engineering, Vol. 4, No. 1, pp. 71-82, 2006.

[13] S. Y. Cho, *Reliability analysis of fuzzy systems with weighted components using interval valued vague sets*, Jl. of KKITS, Vol. 3, No. 2, pp. 31-40, 2008.

수준 (λ, ρ) 직관 퍼지 집합을 이용한 시스템의 신뢰도 분석

조상엽
청운대학교 인터넷학과

요 약

본 논문에서는 수준 (λ, ρ) 직관 퍼지집합을 이용하여 시스템의 신뢰도를 평가하는 방법을 제안하였다. 시스템의 신뢰도를 평가하는 방법의 이론적인 근거를 제공하는 방법으로 퍼지집합, 구간값 퍼지집합, L-R 퍼지 숫자, 수준 λ 삼각 퍼지집합, 수준 $(\lambda, 1)$ 구간값 퍼지숫자, 직관 퍼지집합 등을 이용하는 다양한 많은 연구가 있다. 퍼지집합은 소속값을 영과 1사이의 실수로 표현한다. 구간값 퍼지집합은 소속값을 구간으로 표현한다. 그러므로 퍼지집합이 소속값이 불확실한 문제를 해결하는 것이 가능하다. L-R 퍼지 숫자는 소속함수의 좌우 경사를 다르게 조정하는 것이 가능하다. 그러므로 보다 다양한 퍼지숫자를 표현할 수가 있다. 수준 λ 삼각 퍼지집합에서는 소속값의 크기를 λ로 조정할 수 있다. λ=1이면 수준 λ 퍼지숫자가 된다. 수준 $(\lambda, 1)$ 구간값 퍼지숫자는 최소 소속값의 크기를 λ를 이용하여 조정하는 것이 가능하다. 직관 퍼지집합은 증거를 지지하는 참 소속함수와 증거에 반하는 거짓 소속함수를 사용하여 믿음에 대한 표현이 가능하다. 본 논문에서 사용하는 수준 (λ, ρ) 직관 퍼지집합에서는 λ와 ρ를 이용하여 거짓소속함수 $f_A(x)$의 최소 소속값과 참소속함수 $t_A(x)$의 최대 소속값의 크기를 각각 조정하는 것이 가능하다. 그러므로 다양한 직관 퍼지집합을 표현하는 것이 가능하게 된다.

감사의 글

본 논문은 청운대학교의 2017학년도 학술연구조성비를 지원 받음.

Sang Yeop Cho received the bachelor’s degree in the Department of Computer Engineering from the Hannam University in 1986. He received the M.S. degree and the Ph.D. degree in the Department of Computer Engineering from Chungang University in 1988 and 1993, respectively. He is currently a professor in the Department of Internet at Chungwoon University, Incheon, Korea. He has been invited the publicity chair and received outstanding leadership award in the international conference on computer convergence technology 2011. His current research interests include artificial intelligence, intelligent systems, fuzzy sets, neutrosophic sets. He is a life member of the KKITS.

E-mail address: sycho@chungwoon.ac.kr