Journal of Knowledge Information Technology and Systems

ISSN 1975-7700

http://www.kkits.or.kr

# Reliability Analysis of Systems Using Trapezoidal Fuzzy Neutrosophic Sets

**Sang Yeop Cho***

*Department of Internet, Chungwoon University*

## ABSTRACT

One of the most important thing in developing new systems makes the model of reliability for the systems. In real world it is difficult to evaluate the correct probabilities because of incorrect and uncertain data produced by human. To solve the these problems the fuzzy theory is applied to analysis of system reliability. In fuzzy sets, interval valued fuzzy sets, and intuitionistic fuzzy sets, the membership degrees are represented by single real value, interval value, and truth membership value and falsity membership value respectively. But these fuzzy set theories have demerit that there are no way to evaluate the indeterminacy for components of systems. The neutrosophic sets can provide the method to deal with the indeterminacy. In this research we propose the way to evaluate the reliability of systems based on trapezoidal fuzzy neutrosophic sets. The trapezoidal fuzzy neutrosophic sets has the indeterminacy membership function which can process the indeterminacy of systems. In the trapezoidal fuzzy neutrosophic sets, the membership degrees are represented by the trapezoidal shape and then they has efficiency to calculate the membership degrees and generality to include the representation of the triangle fuzzy neutrosohpic sets. The proposed method may use to compute the reliability of systems in various application domains.



**KEYWORDS:** Reliability analysis, Neutrosophic sets, Trapezoidal neutrosophic sets, Neutrosophic operations, Neutrosophy

**ARTICLE INFO:** Received 15 June 2016, Revised 20 June 2016, Accepted 20 June 2016.

*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

Kaufmann 등은 신뢰 모형화(reliability modeling)는 신뢰공학에서 가장 중요한 요소라고 하였다[1]. 기존의 신뢰공학에서는 시스템 동작을 설명하는데 아래와 같은 두 가지 기본 가정에 기반을 둔 확률 척도(probability measure)를 이용하여 그 특징을 기술하였다[1, 2]:

1) 이진상태가정(binary state assumption): 시스템은 단지 두 가지의 크리스프 상태를 나타낸다. 즉, 완전하게 동작하거나 동작하지 않는다. 어느 때이던지 시스템은 이 두 가지 상태 중 한 상태가 된다.
2) 확률가정(probability assumption): 시스템의 동작은 확률척도로 완전하게 특징을 기술할 수 있다.

그러나 실세계에서 사람들에 의한 오류, 부정확한 자료, 자료의 불확실성 등으로 정확한 확률을 계산하는 것은 매우 어려운 작업이 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 시스템 신뢰도 분석에 퍼지 이론[3]을 적용하기 시작하였다.

기존의 신뢰도 이론의 문제점을 해결하기 위해 Cai는 새로운 가정을 다음과 같이 제안하였다[2].

1') 퍼지상태가정(fuzzy state assumption): 시스템의 실패와 성공의 의미는 합리적인 방법으로 자세하게 정의할 수가 없다. 그래서 어느 때이던지 시스템은 퍼지 성공상태나 퍼지 실패상태 중 한 가지 상태에 있는 것으로 생각할 수가 있다.
2') 가능성가정(possibility assumption): 시스템의 동작은 가능성척도로 완전하게 기술할 수 있다.

퍼지집합이론에서 퍼지집합 A의 소속값(degree of membership) $\mu_A(x) \in [0,1]$인 실수로 표현한다[3]. 그러나 이 값 자체가 종종 불확실하게 되는 문제가 있어 이를 해결하기 위해 소속값 $\mu_A(x) \subseteq [0,1]$인 부분 구간으로 표현한다[4]. 믿음시스템(belief system) 등에서는 증거를 지지하는 정도를 표현하는 참 소속함수(truth-membership) $t_A(x)$와 증거에 반하는 정도를 표현해주는 거짓 소속함수(falsity-membership) $f_A(x)$도 같이 고려해야 한다[5]. $t_A(x)$, $f_A(x) \in [0, 1]$이고 $0 \leq t_A(x) + f_A(x) \leq 1$.

그러나 이러한 퍼지집합들에서는 시스템에 존재하는 불확정(indeterminacy)을 다루는 방법은 제공하고 있지 못하다. 불확정성을 다루기 위해서는 이것을 표현할 수 있는 뉴트로소픽 집합(neutrosophic set)을 사용해야 한다[6].

본 연구에서는 퍼지집합이론의 발전된 형식의 하나인 뉴트로소픽 집합을 이용하여 시스템의 신뢰도를 평가하는 방법을 제안하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2 장에서는 관련 연구를 간단하게 소개한다. 제 3 장에서는 사리꼴 뉴트로소픽 집합을 설명한다. 제 4 장에서는 사다리꼴 뉴트로소픽 집합을 이용하여 신뢰도를 평가하는 방법을 제안한다. 끝으로 제 5 장에서는 결론을 기술한다.

## 2. 관련 연구

다양한 시스템을 개발하는데 있어서 중요한 일들 중 하나는 신뢰도를 모형화하는 것이다[1]. 퍼지집합이론이 나온 이후 이를 이용하여 시스템의 신뢰도를 평가하기 위한 많은 연구가 있었다[7-15].

Singer는 결함나무를 이용하여 신뢰도를 분석하는데 퍼지집합을 사용하는 것을 제안하였다[7]. Chen은 신뢰도 계산에 사용하는 퍼지집합의 계산의 편리성을 위해 삼각퍼지 숫자를 사용하는 것을

제안하였다[8]. Mon등은 시스템을 구성하는 구성요소들이 각각 서로 다른 소속함수를 사용하여 신뢰도를 표현하는 시스템의 신뢰도를 계산하는 방법을 제안하였다[9]. Chen은 소속값이 실수가 아닌 구간으로 표현되는 모호집합을 이용하여 신뢰도를 분석하는 방법을 제안하였다[10]. Wu는 베이지언 접근방법을 이용하여 퍼지 신뢰도를 추정하는 방법을 제안하였다.[11] Cho는 모호집합을 이용하여 시스템의 구성요소가 가중 구성요소로 구성된 시스템의 신뢰도를 분석하는 방법을 제안하였다[12]. Kumar는 해양 플랜트 시스템의 신뢰도를 평가하기 위해 구간값 사다리꼴 모호집합을 이용하여 신뢰도를 평가하는 방법을 제안하였다. 구간값 사다리꼴 모호집합은 모호집합의 구간의 양끝을 다시 구간으로 표현한 퍼지집합이다[13]. Cho는 뉴트로소픽 집합이 소속값을 실수로 표현하는 단일값 뉴트로소픽 집합을 이용하여 신뢰도를 평가하는 방법을 제안하였다[14]. Cho는 뉴트로소픽 집합의 소속값을 구간으로 표현하는 구간값 뉴트로소픽 집합을 이용하여 시스템이 신뢰도를 계산하는 방법을 제안하였다[15].

## 3. 사다리꼴 퍼지 뉴트로소픽 집합

이 장에서는 사다리꼴 퍼지 뉴트로소픽 집합에 대하여 소개를 한다[6, 16, 17].

### 3.1 사다리꼴 퍼지 뉴트로소픽 집합

정의 1: x로 표기되는 일반 원소(generic element)인 점(points)(개체들(objects))의 공간을 갖는 X가 있다고 하자. X에 있는 뉴트로소픽 집합 (neutrosophic set: $NS$) A는 참 소속함수(truth membership function) $T_A$, 불확정 소속함수 (indeterminacy membership function) $I_A$ 그리고 거짓 소속함수(falsity membership function) $F_A$로 규정할 수 있다. $T_A(x)$, $I_A(x)$ 그리고 $F_A(x)$는 ]0-, 1+[의 실수 표준 또는 비표준 부분집합이다. 즉

$$T_A\colon \mathrm{X} \rightarrow\ ]0^-, 1^+[ \tag{1}$$

$$I_A\colon \mathrm{X} \rightarrow\ ]0^-, 1^+[, \tag{2}$$

$$F_A\colon \mathrm{X} \rightarrow\ ]0^-, 1^+[. \tag{3}$$

$T_A(x)$, $I_A(x)$ 그리고 $F_A(x)$의 합에 대해서는 제약조건이 없다. 그래서 $0^- \le \sup T_A(x) + \sup I_A(x) + \sup F_A(x) \le 3^+$.

정의 2: 사다리꼴 퍼지 뉴트로소픽 집합($TrFNS$) A는 전체집합 X에서 A = $\langle(a_1,a_2,a_3,a_4),(b_1,b_2,b_3,b_4),(c_1,c_2,c_3,c_4)\rangle$로 표기한다. 각 파라메타는 다음관계를 만족한다: $a_1 \le a_2 \le a_3 \le a_4$, $b_1 \le b_2 \le b_3 \le b_4$, $c_1 \le c_2 \le c_3 \le c_4$.

참 소속함수 $T_A(x)$는 다음과 같이 정의 된다:

$$T_A(x)=\begin{cases} \dfrac{x-a_1}{a_2-a_1}, & a_1 \le x \le a_2, \\ 1, & a_2 \le x \le a_3, \\ \dfrac{a_4-x}{a_4-a_3}, & a_3 \le x \le a_4, \\ 0, & otherwise. \end{cases} \tag{4}$$

불확정 소속함수 $I_A(x)$는 다음과 같이 정의 된다:

$$I_A(x)=\begin{cases} \dfrac{b_2-x}{b_2-b_1}, & b_1 \le x \le b_2, \\ 0, & b_2 \le x \le b_3, \\ \dfrac{x-b_3}{b_4-b_3}, & b_3 \le x \le b_4, \\ 1, & otherwise. \end{cases} \tag{5}$$

거짓 소속함수 $F_A(x)$는 다음과 같이 정의 된다:

$$F_A(x)=\begin{cases} \dfrac{c_2-x}{c_2-c_1}, & c_1 \le x \le c_2, \\ 0, & c_2 \le x \le c_3, \\ \dfrac{x-c_3}{c_4-c_3}, & c_3 \le x \le c_4, \\ 1, & otherwise. \end{cases} \quad (6)$$

### 3.2 사다리꼴 퍼지 뉴트로소픽 집합의 연산

*TrFNS* A와 *TrFNS* B가 다음과 같다고 하자: A = $\langle(a_1,a_2,a_3,a_4),(b_1,b_2,b_3,b_4),(c_1,c_2,c_3,c_4)\rangle$, B = $\langle(e_1,e_2,e_3,e_4),(f_1,f_2,f_3,f_4),(g_1,g_2,g_3,g_4)\rangle$. A와 B에 대한 연산은 아래와 같이 정의한다:

1. A + B = $\langle(a_1+e_1-a_1e_1,a_2+e_2-a_2e_2,a_3+e_3-a_3e_3,a_4+e_4-a_4e_4),(b_1f_1,b_2f_2,b_3f_3,b_4f_4),(c_1g_1,c_2g_2,c_3g_3,c_4g_4)\rangle$, (7)

2. A • B = $\langle(a_1e_1,a_2e_2,a_3e_3,a_4e_4),(b_1+f_1-b_1f_1,b_2+f_2-b_2f_2,b_3+f_3-b_3f_3,b_4+f_4-b_4f_4),(c_1+g_1-c_1g_1,c_2+g_2-c_2g_2,c_3+g_3-c_3g_3,c_4+g_4-c_4g_4)\rangle$, (8)

3. λA = $\langle(1-(1-a_1)^{\lambda},1-(1-a_2)^{\lambda},1-(1-a_3)^{\lambda},1-(1-a_4)^{\lambda}),(b_1^{\lambda},b_2^{\lambda},b_3^{\lambda},b_4^{\lambda}),(c_1^{\lambda},c_2^{\lambda},c_3^{\lambda},c_4^{\lambda})\rangle$, $\lambda>0$; (9)

4. $A^{\lambda}$ = $\langle(a_1^{\lambda},a_2^{\lambda},a_3^{\lambda},a_4^{\lambda}),(1-(1-b_1)^{\lambda},1-(1-b_2)^{\lambda},1-(1-b_3)^{\lambda},1-(1-b_4)^{\lambda}),(1-(1-c_1)^{\lambda},1-(1-c_2)^{\lambda},1-(1-c_3)^{\lambda},1-(1-c_4)^{\lambda})\rangle$, $\lambda>0$; (10)

## 4. 시스템의 신뢰도 분석

이 장에서는 *TrFNS*을 이용하여 시스템의 신뢰도를 계산하는 방법을 제안한다. 시스템이 신뢰도는 시스템을 구성하는 구성요소의 신뢰도를 기반으로 하여 계산할 수 있다.

순차 시스템의 구성은 <그림 1>과 같이 생각할 수가 있다. 여기에서 순차시스템이 구성요소 $P_i$의 신뢰도를 $R_i$로 표기한다. 구성요소 $P_i$의 신뢰도를 $R_i$를 *TrFNS*으로 표기하면 $R_i$ = $\langle T(p_i),\ I(p_i),\ F(p_i)\rangle$가 된다. $T(p_i)$)는 $P_i$의 참 소속함수이고 $I(p_i)$는 $P_i$의 불확정 소속함수이며 $F(p_i)$)는 $P_i$의 거짓 소속함수이다. $T(p_i),\ I(p_i),\ F(p_i) \in [0, 1]$.

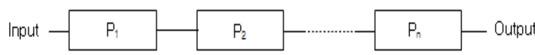


그림 1 순차 시스템의 구성
Figure 1. configuration of serial systems

순차 시스템의 신뢰도 R은 다음과 같이 평가할 수 있다.

$$
\begin{aligned}
R &= \prod_{i=1}^{n} R_i \\
&= R_1 \bullet R_2 \bullet \cdots \bullet R_n \\
&= \langle T(p_1),\ I(p_1),\ F(p_1)\rangle \bullet \langle T(p_2),\ I(p_2),\ F(p_2)\rangle \bullet \cdots \bullet \langle T(p_n),\ I(p_n),\ F(p_n)\rangle \\
&= \langle(a_{11},a_{12},a_{13},a_{14}),(b_{11},b_{12},b_{13},b_{14}),(c_{11},c_{12},c_{13},c_{14})\rangle \bullet \langle(a_{21},a_{22},a_{23},a_{24}),(b_{21},b_{22},b_{23},b_{24}),(c_{21},c_{22},c_{23},c_{24})\rangle \bullet \cdots \bullet \langle(a_{n1},a_{n2},a_{n3},a_{n4}),(b_{n1},b_{n2},b_{n3},b_{n4}),(c_{n1},c_{n2},c_{n3},c_{n4})\rangle \\
&= \langle(\prod_{i=1}^{n} a_{i1},\prod_{i=1}^{n} a_{i2},\prod_{i=1}^{n} a_{i3},\prod_{i=1}^{n} a_{i4}),(\sum_{i=1}^{n} b_{i1}-\sum_{\substack{i=1\\ i<j}}^{n} b_{i1}b_{j1} + \sum_{\substack{i=1\\ i<j<k}}^{n} b_{i1}b_{j1}b_{k1} - \cdots + (-1)^{n-1}\prod_{i=1}^{n} b_{i1},\ \sum_{i=1}^{n} b_{i2}- \\
&\quad \sum_{\substack{i=1\\ i<j}}^{n} b_{i2}b_{j2} + \sum_{\substack{i=1\\ i<j<k}}^{n} b_{i2}b_{j2}b_{k2} - \cdots + (-1)^{n-1}\prod_{i=1}^{n} b_{i2},
\end{aligned}
$$

$$\sum_{i=1}^{n} b_{i3} - \sum_{\substack{i=1 \\ i<j}}^{n} b_{i3}b_{j3} + \sum_{\substack{i=1 \\ i<j<k}}^{n} b_{i3}b_{j3}b_{k3} - \cdots + (-1)^{n-1}$$

$$\prod_{i=1}^{n} b_{i3},\ \sum_{i=1}^{n} b_{i4} - \sum_{\substack{i=1 \\ i<j}}^{n} b_{i4}b_{j4} + \sum_{\substack{i=1 \\ i<j<k}}^{n} b_{i4}b_{j4}b_{k4} - \cdots +$$

$$(-1)^{n-1}\prod_{i=1}^{n} b_{i4}),(\sum_{i=1}^{n} c_{i1} - \sum_{\substack{i=1 \\ i<j}}^{n} c_{i1}c_{j1} + \sum_{\substack{i=1 \\ i<j<k}}^{n} c_{i1}cb_{j1}c_{k1} -$$

$$\cdots + (-1)^{n-1}\prod_{i=1}^{n} c_{i1},\ \sum_{i=1}^{n} c_{i2} - \sum_{\substack{i=1 \\ i<j}}^{n} c_{i2}c_{j2} + \sum_{\substack{i=1 \\ i<j<k}}^{n} c_{i2}c_{j2}$$

$$c_{k2} - \cdots + (-1)^{n-1}\prod_{i=1}^{n} c_{i2},\ \sum_{i=1}^{n} c_{i3} - \sum_{\substack{i=1 \\ i<j}}^{n} c_{i3}c_{j3} + \sum_{\substack{i=1 \\ i<j<k}}^{n}$$

$$c_{i3}c_{j3}c_{k3} - \cdots + (-1)^{n-1}\prod_{i=1}^{n} c_{i3},\ \sum_{i=1}^{n} c_{i4} - \sum_{\substack{i=1 \\ i<j}}^{n} c_{i4}c_{j4} +$$

$$\sum_{\substack{i=1 \\ i<j<k}}^{n} c_{i4}c_{j4}c_{k4} - \cdots + (-1)^{n-1}\prod_{i=1}^{n} c_{i4}))\rangle \qquad (11)$$

병렬 시스템의 구성은 <그림 2>와 같이 생각할 수 있다.

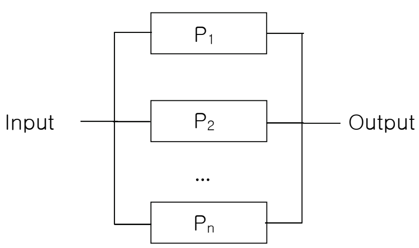


그림 2 병렬 시스템의 구성
Figure 2. configuration of parallel systems

병렬 시스템의 신뢰도 R은 다음과 같이 평가할 수 있다.

$$R = 1 - \prod_{i=1}^{n}(1 - R_i)$$

$$= 1 - \prod_{i=1}^{n}[\langle 1,\ 0,\ 0\rangle - \langle T(p_i), I(p_i), F(p_i)\rangle]$$

$$= 1 - \prod_{i=1}^{n}[\langle(1,1,1,1),(0,0,0,0),(0,0,0,0)\rangle - \langle(a_{i1},a_{i2},$$

$$a_{i3},a_{i4}),(b_{i1},b_{i2},b_{i3},b_{i4}),(c_{i1},c_{i2},c_{i3},c_{i4})\rangle]$$

$$= 1 - \prod_{i=1}^{n}[\langle(\min(1,c_{i1}),\min(1,c_{i2}),\min(1,$$

$$c_{i3}),\min(1,c_{i4})),(\max(0,1-b_{i1}),\max(0,1-b_{i2}),\max(0,1-$$

$$b_{i3}),\max(0,1-b_{i4})),(\max(0,a_{i1}),\max(0,a_{i2}),\max(0,$$

$$a_{i3}),\max(0,a_{i4}))\rangle]$$

$$= 1 - \langle(\prod_{i=1}^{n}\min(1,c_{i1}),\prod_{i=1}^{n}\min(1,c_{i2}),\prod_{i=1}^{n}\min(1,$$

$$c_{i3}),\prod_{i=1}^{n}\min(1,c_{i4})),(\prod_{i=1}^{n}\max(0,1-b_{i1}),\prod_{i=1}^{n}\max(0,1-b_{i2}),$$

$$\prod_{i=1}^{n}\max(0,1-b_{i3}),\prod_{i=1}^{n}\max(0,1-b_{i4})),(\prod_{i=1}^{n}\max(0,a_{i1}),\prod_{i=1}^{n}$$

$$\max(0,a_{i2}),\prod_{i=1}^{n}\max(0,a_{i3}),\prod_{i=1}^{n}\max(0,a_{i4}))\rangle$$

$$= \langle(1,1,1,1),(0,0,0,0),(0,0,0,0)\rangle - \langle(\prod_{i=1}^{n}\min(1,c_{i1}),$$

$$\prod_{i=1}^{n}\min(1,c_{i2}),\prod_{i=1}^{n}\min(1,c_{i3}),\prod_{i=1}^{n}\min(1,c_{i4})),(\prod_{i=1}^{n}$$

$$\max(0,1-b_{i1}),\prod_{i=1}^{n}\max(0,1-b_{i2}),\prod_{i=1}^{n}\max(0,1-b_{i3}),\prod_{i=1}^{n}$$

$$\max(0,1-b_{i4})),(\prod_{i=1}^{n}\max(0,a_{i1}),\prod_{i=1}^{n}\max(0,a_{i2}),\prod_{i=1}^{n}\max(0,$$

$$a_{i3}),\prod_{i=1}^{n}\max(0,a_{i4}))\rangle$$

$$= \langle(\min(1,\prod_{i=1}^{n}\max(0,a_{i1})),\min(1,\prod_{i=1}^{n}\max(0,$$

$$a_{i2})),\min(1,\prod_{i=1}^{n}\max(0,a_{i3})),\min(1,\prod_{i=1}^{n}\max(0,a_{i4}))),$$

$$(\min(0,1-\prod_{i=1}^{n}\max(0,1-b_{i1}),\min(0,1-\prod_{i=1}^{n}\max(0,1-$$

$$b_{i2}),\min(0,1-\prod_{i=1}^{n}\max(0,1-b_{i3}),\mathrm{mon}(0,1-\prod_{i=1}^{n}\max(0,1-$$

$$b_{i4})),(\max(0,\prod_{i=1}^{n}\min(1,c_{i1})),\max(0,\prod_{i=1}^{n}\min(1,c_{i2}),\max(1,$$

$$\prod_{i=1}^{n}\min(1,c_{i3})),\max(0,\prod_{i=1}^{n}\min(1,c_{i4})))\rangle. \qquad (12)$$

## 5. 결 론

본 논문에서는 사다리꼴 퍼지 뉴트로소픽 집합을 이용하여 시스템의 신뢰도를 계산하는 방법을 제안하였다. 사다리꼴 퍼지 뉴트로소픽 집합은 퍼지집합, 구간값 퍼지 집합, 직관퍼지집합 등이 표현하는 참 소속값, 거짓 소속값 뿐만 아니라 이러한 집합에서는 처리할 수 없는 불확정 소속값을 표현할 수 있으므로 시스템 구성요소의 상태를 보다 더 엄밀하게 표현하는 것이 가능하다.

사다리꼴 퍼지 뉴트로소픽 집합은 뉴트로소픽 집합의 구성요소인 참 소속함수 $T_A$, 불확정 소속함수 $I_A$ 그리고 거짓 소속함수 $F_A$의 소속값을 사다리꼴로 표현하므로 기존의 소속값 표현보다 계산의 편리성을 가지게 되며 삼각 퍼지 뉴트로소픽 집합의 표현력을 포함하는 일반성을 가지게 된다.

본 연구에서 제안한 방법은 참 소속값, 거짓 소속값 그리고 확정 소속값이 필요한 시스템의 신뢰도를 평가하는데 적용하는 것이 가능하다.

## References

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

[2] K. Y. Cai, C. Y. Wen, and M. L. Zhang, *Fuzzy variables as a basis for a theory of fuzzy reliability in possibility context*, Fuzzy Sets and Systems, Vol. 42, pp145-172, 1991.

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

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

[5] K. Atanassov, *Intuitionistic fuzzy sets*. Fuzzy Sets and Systems Vol. 20, pp. 87-96, 1986.

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

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

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

[9] D. L. Mon, and C. H., Cheng, *Fuzzy system reliability analysis for components with different membership functions*, Fuzzy Sets and Systems, Vol. 64, pp. 147-157, 1994.

[10] 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.

[11] H. C., Wu, *Fuzzy reliability estimation using bayesian approach*, Computers and Industrial Engineering 46, pp. 467-493, 2004.

[12] S. Y. Cho, and S. J. Park, *Reliability analysis of fuzzy systems with weighted components using vague sets*, Jl. of KISS, Vol. 33, No. 11, pp. 979-985, Nov. 2006.

[13] 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.

[14] S. Y. Cho, *Reliability analysis of systems using single valued neutrosophic sets*,

Journal of Knowledge Information Technology and Systems, Vol. 10, No. 4, pp. 447-453, 2015.

[15] S. Y. Cho, *Reliability analysis of systems using interval valued neutrosophic sets*, Journal of Knowledge Information Technology and Systems, Vol. 10, No. 5, pp. 593-601, 2015.

[16] J. Ye, *Trapezoidal fuzzy neutrosophic set and its application to multiple attribute decision making*, Neural computing and applications, 2014. DOI 10.1007/s00521-014-1787-6.

[17] P. Biswas, S. Pramanik, and B. C. Giri, *Cosine similarity measure based multi-attribute decision-making with trapezoidal fuzzy neutrosophic numbers*, Neutrosophic setrs and systems, Vol. 8, pp. 47-57, 2014.

## 사다리꼴 퍼지 뉴트로소픽 집합을 이용한 시스템의 신뢰도 분석

**조상엽**
*청운대학교 인터넷학과*

### 요 약

시스템을 개발하는데 있어서 중요한 일들 중 하나는 신뢰도를 모형화하는 것이다. 실세계에서는 부정확하고 불확실한 자료 때문에 정확한 확률을 계산하는 것은 어려운 작업이 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 퍼지이론이 시스템의 신뢰도를 분석하는데 적용하고 있다. 퍼지집합, 구간값 퍼지집합, 직관퍼지집합은 실수값, 구간값, 참 소속값과 거짓 소속값을 각각 표현하다. 그러나 퍼지집합 이론들은 시스템이 구성요소가 가지고 있는 불확정성을 평가할 수 있는 방법이 없다는 단점을 가지고 있다. 뉴트로소픽 집합은 불확정성을 다루 수 있는 방법을 제공할 수 있다. 본 연구에서는 사다리꼴 퍼지 뉴트로소픽 집합을 기반으로 하는 시스템이 신리도를 평가하는 방법을 제안한다. 사다리꼴 퍼지 뉴트로소픽 집합은 시스템의 불확정성을 처리할 수 있는 불확정 소속함수를 가지고 있다. 사다리꼴 퍼지 뉴트로소픽 집합에서 소속정도는 사다리꼴 형태를 가지므로 소속값을 계산하는데 효율적이며 삼각 퍼지 뉴트로소픽의 집합의 표현력을 포함하고 있다. 제안된 방법은 다양한 응용영역에서 시스템의 신뢰도를 계산하는데 사용할 수 있다.

**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