Journal of Knowledge Information Technology and Systems

ISSN 1975-7700

http://www.kkits.or.kr

Reliability Analysis of Systems Using Single Valued Neutrosophic Sets

Sang Yeop Cho*

Department of Internet, Chungwoon University

ABSTRACT

In this paper we propose a new method to evaluate the reliability of systems based on the neutrosophic sets. Neutrosophic set is a part of neutrosophy which is able to deal with the nature of neutralities. There are many various studies to compute the reliability of systems such as fuzzy sets, interval valued fuzzy sets, intuitionistic fuzzy sets, etc. In fuzzy sets the degree of membership of a fuzzy set represented by a real number between zero and one. Sometimes the degree of membership itself may has the uncertainty and the vagueness. To deal this problem the concept of interval valued fuzzy sets was introduced which resolve the uncertainty of the degree of membership for fuzzy sets. In some applications we need to consider the truth membership to supported by the evidence and the falsity membership against by the evidence. To capture the this concept intuitionistic fuzzy sets was proposed. Intuitionistic fuzzy sets are able to only handle the incompleteness of information not the indeterminacy of information. In neutrosophic sets the concept of indeterminacy is included explicitly as truth membership, indeterminacy membership, and falsity membership. These three components of neutrosophic sets are independent. Therefore we can use the neutrosophic set as the generalized formal framework which generalizes the concept of the classic set, fuzzy set, interval valued fuzzy set, intuitionistic set, etc. The method proposed in the paper may be used to analyze the reliability of systems in various application domains include the concept of indeterminacy.

KEYWORDS: Reliability analysis, Neutrosophic sets, Single valued neutrosophic sets, Neutrosophic operations, Neutrosophy

ARTICLE INFO: Received 24 July 2015, Revised 14 August 2015, Accepted 14 August 2015.

*Corresponding author is with the Department of Internet, Chungwoon University, 25 Daehak-gil Hongseong-eup Hongseong-gun Chungnam, 350-701, KOREA.

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

1. 서 론

Zadeh가 1965년에 퍼지집합 개념을 제안한 이후 퍼지집합과 퍼지논리는 불확실성(uncertainty)을 다루는 많은 분야에서 사용되고 있다[1]. 전통적인 퍼지집합에서는 전체집합 U에서 정의된 퍼지집합 A의 소속값(degree of membership) $\mu_A(x)$를 실수로 표현을 한다. $\mu_A(x) \in [0, 1]$. 그러나 이 값 자체가 종종 불확실하게 된다. 그래서 이러한 문제(종종 소속값이 갖는 불확실성)를 해결하기 위해 퍼지집합의 소속값을 구간(interval) $[\mu_A^L(x), \mu_A^U(x)]$으로 표현하는 구간값 퍼지집합을 Turken이 1986년에 제안하였다[2]. $0 \le \mu_A^L(x) \le \mu_A^U(x) \le 1$. 전문가시스템이나 믿음시스템(belief system)에서는 증거(evidence)를 지지하는 참 소속함수(truth-membership) 뿐만 아니라 증거에 반하는 거짓 소속함수(falsity-membership)도 같이 고려해야만 한다. 그러나 퍼지집합과 구간값 퍼지집합에는 이러한 문제를 다룰 수 있는 방법을 제공하고 있지 않다. 이러한 문제를 해결하기 위해 1986년에 Atanassov는 퍼지집합을 일반화한 직관퍼지집합(intuitionistic fuzzy set)을 제안하였다[3]. 직관퍼지집합에서는 참 소속함수 $t_A(x)$와 거짓 소속함수 $f_A(x)$를 사용하여 불완전한 정보를 다루는 방법을 제공한고 있다. $t_A(x), f_A(x) \in [0, 1]$이고 $0 \le t_A(x) + f_A(x) \le 1$. 그러나 믿음 시스템에 존재하는 불확정(indeterminacy) 정보와 일관성이 없는 정보를 다루는 방법은 제공하고 있지 못하다. 직관퍼지집합에서는 불확정의 기본값으로 $1 - t_A(x) - f_A(x)$로 사용한다.

불확정성을 다룰 수 있는 뉴트로소픽 집합(neutrosophic set)은 1995년 Smarandache가 소개를 하였다[4]. 뉴트로소픽 집합에서는 참 소속함수, 불확정 소속함수(indeterminacy-membership), 거짓 소속함수가 각각 독립적으로 존재함으로 불확정성을 명시적으로 정량화할 수 가 있다. 뉴트로소픽 집합은 퍼지집합, 구간값 퍼지집합, 직관 퍼지집합의 개념을 일반화시킨 형식적인 프레임워크가 된다. 뉴트로소픽 집합 A는 전체집합 U 상에서 정의된다. $x = x(T, I, F) \in A$. T, I, F는 뉴트로소픽 요소로서 실수 표준 또는 비표준 부분집합 $]0^-, 1^+[$이다. T는 집합 A에서 참 소속함수의 정도(degree)이고 I는 집합 A에서 불확정 소속함수의 정도이며 F는 집합 A에서 거짓 소속함수의 정도이다. 뉴트로소픽 집합은 유사척도를 구하거나 다기준 의사결정방법 등 다양한 응용분야에 적용이 되고 있다[6, 7].

공학 시스템을 개발하는데 있어서 중요한 작업 중에 한 가지가 신뢰도의 모형화이다[8]. 퍼지 집합 이론이 발표된 이후 퍼지집합을 이용하여 시스템의 신뢰도를 평가하기 위한 많은 연구가 있었다[9-14].

Singer는 신뢰도를 분석하는데 퍼지접근법을 사용하는 것을 제안하였다[9]. Chen은 단순화된 삼각 퍼지 숫자를 이용한 퍼지연산 방법을 제안하였다[10]. Chen은 모호집합을 이용하여 신뢰도를 분석하는 방법을 제안하였다[11]. Cho는 모호집합을 이용하여 가중 구성요소를 갖는 시스템의 신뢰도를 분석하는 방법을 제안하였다[12]. Kumar는 해양 플랜트 시스템의 신뢰도를 평가하기 위해 구간값 사다리꼴 모호집합을 이용하여 신뢰도를 평가하는 방법을 제안하였다[13]. Cho는 구간값 모호집합을 이용하여 가중 구성요소를 갖는 시스템의 신뢰도를 계산하는 방법을 제안하였다[14].

본 논문에서는 단일값 뉴트로소픽 집합을 이용하여 시스템의 신뢰도를 분석하는 방법에 대하여 제안한다. 시스템의 신뢰도를 평가하는데 단일값 뉴트로소픽 집합을 사용하면 기존의 퍼지집합, 구간값 퍼지 집합, 직관 퍼지 집합 등에서 다룰 수가 없었던 불확정성을 평가하는 방법을 사용할 수 있게 된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2 장에서는

뉴트로소픽 집합에 대하여 간단하게 소개를 한다. 제 3 장에서는 단일값 뉴트로소픽 집합을 설명한다. 제 4 장에서는 단일값 뉴트로소픽 집합을 이용하여 신뢰도를 평가하는 방법을 제안한다. 마지막으로 제 5 장에서는 결론을 기술한다.

2. 뉴트로소픽 집합

이 장에서는 뉴트로소픽 집합에 대하여 간단하게 소개를 한다[4]. S_1과 S_2를 일차원 실수 표준 또는 비표준(real standard or non-standard) 부분 집합이라고 하자.

집합의 더하기:

$S_1 + S_2 = \{x \mid x = S_1 + S_2$, 여기에서 $s_1 \in S_1$ 그리고 $s_2 \in S_2\}$, $\{a\} + S_2 = \{x \mid x = a + S_2$, 여기에서 $s_2 \in S_2\}$, $\{1^+\} + S_2 = \{x \mid x = 1^+ + S_2$, 여기에서 $s_2 \in S_2\}$.

집합의 빼기:

$S_1 - S_2 = \{x \mid x = S_1 - S_2$, 여기에서 $s_1 \in S_1$ 그리고 $s_2 \in S_2\}$, $\{a\} - S_2 = \{x \mid x = a - S_2$, 여기에서 $s_2 \in S_2\}$, $\{1^+\} - S_2 = \{x \mid x = 1^+ - S_2$, 여기에서 $s_2 \in S_2\}$.

집합의 곱하기:

$S_1 \cdot S_2 = \{x \mid x = S_1 \cdot S_2$, 여기에서 $s_1 \in S_1$ 그리고 $s2 \in S_2\}$, $\{a\} \cdot S2 = \{x \mid x = a \cdot S_2$, 여기에서 $s_2 \in S_2\}$, $\{1^+\} \cdot S_2 = \{x \mid x = 1^+ \cdot S_2$, 여기에서 $s_2 \in S_2\}$.

집합의 나누기:

$S_1 / k = \{x \mid x = S_1 / k$, 여기에서 $s_1 \in S_1\}$ 여기에서 $k \in \mathbb{R}^*$.

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 T_A, 불확정 소속함수 I_A 그리고 거짓 소속함수 F_A로 규정할 수 있다. $T_A(x)$, $I_A(x)$ 그리고 $F_A(x)$는 $]0^-, 1^+[$의 실수 표준 또는 비표준 부분집합이다. 즉

$$T_A : X \rightarrow]0^-, 1^+[, \quad (1)$$
$$I_A : X \rightarrow]0^-, 1^+[, \quad (2)$$
$$F_A : X \rightarrow]0^-, 1^+[. \quad (3)$$

$T_A(x)$, $I_A(x)$ 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: NS A의 여집합(complement)은 c(A)로 표기하고, $\forall x \in X$에 대하여 다음과 같이 정의한다:

$$T_{c(A)} : \{1^+\} - T_A(x) \quad (4)$$
$$I_{c(A)} : \{1^+\} - I_A(x) \quad (5)$$
$$F_{c(A)} : \{1^+\} - F_A(x) \quad (6)$$

정의 3: 다음 식을 만족하면 NS A는 다른 NS B에 포함(containment)이 되고 $A \subseteq B$로 표기를 한다:

$$\inf T_A(x) \le \inf T_B(x),\ \sup T_A(x) \le \sup T_B(x), \quad (7)$$
$$\inf F_A(x) \ge \inf F_B(x),\ \sup F_A(x) \ge \sup F_B(x). \quad (8)$$

정의 4: 두 개의 NS A와 B의 합집합(union)은 C가 되고 $C = A \cup B$로 표기한다. C의 뉴트로소픽 요소는 $\forall x \in X$에 대하여 A와 B의 그것들과 다음과 같은 관계를 갖는다:

$$T_C(x) = T_A(x) + T_B(x) - T_A(x) \times T_B(x) \quad (9)$$
$$I_C(x) = I_A(x) + T_B(x) - I_A(x) \times T_B(x) \quad (10)$$
$$F_C(x) = F_A(x) + F_B(X) - F_A(x) \times F_B(X) \quad (11)$$

정의 5: 두 개의 NS A와 B의 교집합(intersection)은 C가 되고 C = A ∩ B로 표기한다. C의 뉴트로소픽 요소는 $\forall x \in X$에 대하여 A와 B의 그것들과 다음과 같은 관계를 갖는다:

$$T_C(x) = T_A(x) \times T_B(x) \tag{12}$$
$$I_C(x) = I_A(x) \times T_B(x) \tag{13}$$
$$F_C(x) = F_A(x) \times F_B(X) \tag{14}$$

3. 단일값 뉴트로소픽 집합

이 장에서는 단일값 뉴트로소픽 집합(single valued neutrosophic set: SVNS)에 대하여 간략하게 소개를 한다[4, 5].

정의 6: X를 x로 표기하는 X의 포괄 원소를 갖는 점들(개체들)의 공간이라고 하자. SVNS A는 참 소속함수 T_A, 불확정 소속함수 I_A 그리고 거짓 소속함수 F_A로 규정한다. X에 있는 각 점 x에 대해 $T_A(x)$, $I_A(x)$ 그리고 $F_A(x) \in [0, 1]$.

X가 이산적이라면 SVNS A는 다음과 같이 적을 수 있다:

$$A = \sum_{i=1}^{n} \langle T_A(x_i),\ I_A(x_i),\ F(x_i) \rangle / x_i,\ x_i \in X. \tag{15}$$

정의 7: SVNS A의 여집합은 c(A)로 표기하고, $\forall x \in X$에 대하여 다음과 같이 정의한다:

$$T_{c(A)}(x) = F_A(x), \tag{16}$$
$$I_{c(A)}(x) = 1 - I_A(x), \tag{17}$$
$$F_{c(A)}(x) = T_A(x). \tag{18}$$

정의 8: $\forall x \in X$에 대하여 다음 식을 만족하면 SVNS A는 다른 SVNS B에 포함이 되고 A ⊆ B로 표기한다:

$$T_A(x) \le T_B(x), \tag{19}$$
$$I_A(x) \le I_B(x), \tag{20}$$
$$F_A(x) \ge F_B(x). \tag{21}$$

정의 9: 만일 A ⊆ B이고 B ⊆ A이면 두 개의 SVNS A와 B는 같고(equal) A = B로 기술한다.

정의 10: 두 개의 SVNS A와 B의 합집합은 C가 되고 C = A ∪ B로 표기한다. C의 뉴트로소픽 요소는 $\forall x \in X$에 대하여 A와 B의 그것들과 다음과 같은 관계를 갖는다:

$$T_C(x) = \max(T_A(x),\ T_B(x)), \tag{22}$$
$$I_C(x) = \max(I_A(x),\ I_B(x)), \tag{23}$$
$$F_C(x) = \min(F_A(x),\ F_B(x)). \tag{24}$$

정의 11: 두 개의 SVNS A와 B의 교집합은 C가 되고 C = A ∩ B로 표기한다. C의 뉴트로소픽 요소는 $\forall x \in X$에 대하여 A와 B의 그것들과 다음과 같은 관계를 갖는다:

$$T_C(x) = \min(T_A(x),\ T_B(x)), \tag{25}$$
$$I_C(x) = \min(I_A(x),\ I_B(x)), \tag{26}$$
$$F_C(x) = \max(F_A(x),\ F_B(x)). \tag{27}$$

정의 12: 두 개의 SVNS A와 B의 차집합은 C가 되고 C = A - B로 표기한다. C의 뉴트로소픽 요소는 $\forall x \in X$에 대하여 A와 B의 그것들과 다음과 같은 관계를 갖는다:

$$T_C(x) = \min(T_A(x),\ F_B(x)), \tag{28}$$
$$I_C(x) = \min(I_A(x),\ 1 - I_B(x)), \tag{29}$$
$$F_C(x) = \max(F_A(x),\ T_B(x)). \tag{30}$$

4. 신뢰도 분석

이 장에서는 단일값 뉴트로소픽 집합에 기반을 둔 시스템의 신뢰도를 평가하는 방법을 제안한다. 전체 시스템의 신뢰도는 하위 시스템이 신뢰도를 기반으로 계산할 수 있다.

순차 시스템의 구성은 <그림 1>과 같이 생각할 수 가 있다. 여기에서 하위 시스템 P_i의 신뢰도를 Ri로 표기할 수 있다. 하위 시스템의 신뢰도 R_i를 단일값 뉴트로소픽 집합으로 표기하면 $R_i = \langle T(P_i), I(P_i), F(P_i) \rangle$가 된다. $T(P_i)$는 P_i의 참 소속함수이고 $I(P_i)$는 P_i의 불확정 소속함수이며 $F(P_i)$는 P_i의 거짓 소속함수이다. $T(P_i)$, $I(P_i)$ 그리고 $F(P_i) \in [0, 1]$.

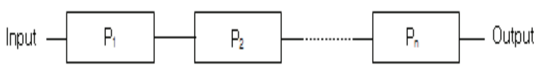

그림 1 순차 시스템의 구성
Figure 1. configuration of serial system

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

$$
\begin{aligned}
R &= \prod_{i=1}^{n} R_i \\
&= R_1 \bullet R_2 \bullet \cdots \bullet R_n \\
&= \langle T(P_1), I(P_1), F(P_1) \rangle \bullet \langle T(P_2), I(P_2), F(P_2) \rangle \bullet \cdots \bullet \langle T(P_n), I(P_n), F(P_n) \rangle \\
&= \langle \min(T(P_1), T(P_2), \cdots, T(P_n)), \min(I(P_1), I(P_2), \cdots, I(P_n)), \max(F(P_1), F(P_2), \cdots, F(P_n)) \rangle \\
&= \langle \min_{i=1}^{n} T(P_i), \min_{i=1}^{n} I(P_i), \max_{i=1}^{n} F(P_i) \rangle
\end{aligned}
\tag{31}
$$

병렬 시스템의 구성은 <그림 2>와 같이 생각할 수 있다. 여기에서 하위 시스템 P_i의 신뢰도를 R_i로 표기할 수 있다. 하위 시스템의 신뢰도 R_i를 단일값 뉴트로소픽 집합으로 표기하면 $R_i = \langle T(P_i), I(P_i), F(P_i) \rangle$가 된다. $T(P_i)$는 P_i의 참 소속함수이고 $I(P_i)$는 P_i의 불확정 소속함수이며 $F(P_i)$는 P_i의 거짓 소속함수이다. $T(P_i)$, $I(P_i)$ 그리고 $F(P_i) \in [0, 1]$.

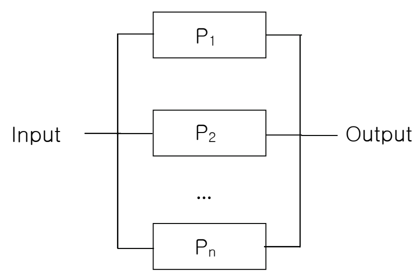

그림 2 병렬 시스템의 구성
Figure 2. configuration of parallel system

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

$$
\begin{aligned}
R &= 1 - \prod_{i=1}^{n} (1 - R_i) \\
&= 1 - \prod_{i=1}^{n} (1 - \langle T(P_i), I(P_i), F(P_i) \rangle) \\
&= 1 - [(1 - \langle T(P_1), I(P_1), F(P_1) \rangle) \bullet (1 - \langle T(P_2), I(P_2), F(P_2) \rangle) \bullet \cdots \bullet (1 - \langle T(P_n), I(P_n), F(P_n) \rangle) \\
&= 1 - [\langle \min(1, F(P_1)), \min(1, 1-I(P_1)), \max(1, T(P_1) \rangle \bullet \langle \min(1, F(P_2)), \min(1, 1-I(P_2)), \max(1, T(P_2) \rangle \bullet \cdots \bullet \langle \min(1, F(P_n)), \min(1, 1-I(P_n)), \max(1, T(P_n) \rangle\ ) \\
&= 1 - \langle \min_{i=1}^{n}(1, F(P_i)), \min_{i=1}^{n}(1, 1-i(P_i)), \max_{i=1}^{n}(1, T(P_i) \rangle \\
&= \langle \min(1, \max_{i=1}^{n}(1, T(P_i)), \min(1, 1-\min_{i=1}^{n}(1, 1-i(P_i)), \max(1, \min_{i=1}^{n}(1, F(P_i)) \rangle
\end{aligned}
\tag{32}
$$

5. 결 론

본 논문에서는 뉴트로소픽 집합의 인스턴스인 단일값 뉴트로소픽 집합을 이용하여 시스템의 신뢰도를 평가하는 방법을 제안하였다. 단일값 뉴트로소픽 집합은 소속값을 단일 실수로 표현하는 기존이 퍼지집합이 표현하지 못하는 불확정 소속값과 거짓 소속값을 나타낼 수 있고, 소속값을 구간으로 표현하는 구간값 퍼지집합 또는 직관 퍼지집합 표현하지 못하는 불확정 소속값을 나타낼 수가 있다.

단일값 뉴트로소픽 집합은 퍼지집합, 구간값 퍼지 집합, 직관퍼지집합 등이 표현하는 참 소속값, 거짓 소속값 뿐만 아니라 이러한 방법이 처리할 수 없는 불확정 소속값을 표현하므로서 시스템 구성요소의 상태를 보다 엄밀하게 표현하는 것이 가능하다. 그러므로 기존의 방법에서 사용하는 방법보다 단일값 뉴트로소픽을 사용하면 더 엄밀하게 시스템의 신뢰도를 계산할 수 있게 되었다.

본 논문이 제안한 방법은 불확정성이 내재되어 있는 시스템의 신뢰도를 평가하는 데 사용하는 것이 가능하다.

References

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

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

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

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

[5] H. Wang, F. Smarandache, Y. Zhang, and R. Sunderraman, S*ingle valued netrosophic stes*, Multispace and multistructure, Vol. 4, pp. 410-413, 2010.

[6] J. Ye, *Single valued neutrosophic minimum spanning tree and its clustering method*, Journal of Intelligent System, Vol. 23, No. 3 pp. 311-324, 2014.

[7] J. Ye, *Similarity measures between interval neutrosophic sets and their applications in multicriteria decision making*, Journal of Intelligent and Fuzzy Systems, Vol. 26, No. 1, pp. 165-172, 2014.

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

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

[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] 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, November, 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 fuzzy systems with weighted components using interval valued vague sets*, Jl. of KKITS, Vol. 3, No. 2, pp. 31-40, 2008.

단일값 뉴트로소픽 집합을 이용한 시스템의 신뢰도 분석

조상엽
청운대학교 인터넷학과

요 약

본 논문에서는 뉴트로소픽 집합을 기반으로 하는 시스템의 신뢰도를 평가하는 새로운 방법을 제안한다. 뉴트로소픽 집합의 뉴트로소피의 한 부분으로서 중간성의 성질을 다룰 수 있다. 시스템의 신뢰도를 계산하기 위해 퍼지집합, 구간값 퍼지집합, 직관 퍼지집합 등 다양하고 많은 연구가 있다. 퍼지 집합에서는 퍼지 집합의 소속정도를 영과 일 사이의 실수로 표현한다. 종종 소속정도 그 자체가 불확실성과 모호성을 갖는다. 이러한 문제를 처리하기 위해 퍼지집합의 소속정도의 불확실성을 처리할 수 있는 구간값 퍼지집합의 개념이 소개되었다. 그러나 일부 응용 분야에서는 증거를 지지하는 참 소속함수와 증거에 반하는 거짓 소속함수 필요하다. 이러한 개념을 포함하는 직관 퍼지 지합이 제안되었다. 직관 퍼지집합은 정보의 불완전성을 다룰 수는 있지만 정보의 불확정성을 다룰 수가 없다. 뉴트로소픽 집합에서는 참 소속함수, 불확정 소속함수 그리고 거짓 소속함수 등으로 불확정성의 개념을 명시적으로 포함하게 된다. 뉴트로소픽 집합의 이 세 가지 요소는 독립적이다. 그러므로 뉴트로소픽 집합은 전통적인 집합, 퍼지집합, 구간값 퍼지집합, 직관 퍼지집합 등의 개념을 일반화한 일반화된 형식 프레임워크로 사용할 수 있다. 본 논문에서 제안한 방법은 불확정성의 개념을 포함하는 다양한 응용분야에서 시스템의 신뢰도를 분석하는데 사용할 수 있다.

감사의 글

본 논문은 청운대학교의 2015학년도 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