Journal of Knowledge Information Technology and Systems

ISSN 1975-7700

http://www.kkits.or.kr

Reliability Analysis of Systems Using Single Valued Neutrosophic Multisets

Sang Yeop Cho*

Department of Internet, Chungwoon University

ABSTRACT

Neurotrophic sets are representation of indeterminacy that is difficult to express in classical sets, fuzzy sets, interval valued fuzzy sets, intuitionistic fuzzy sets, interval intuitionistic fuzzy sets, and so on. Neurotrophic sets are defined on the real standard and nonstandard subsets of $]0^-, 1^+[$. For this reason, it is difficult for the neurotrophic sets to actually apply in real science and engineering area. Therefore, many researchers have proposed subclasses of neurotrophic sets that can solve real world problems. These neurotrophic sets include single valued neurotrophic sets, interval valued neurotrophic sets, simplified neurotrophic sets, and single valued neutrosophic multisets. In this paper, we propose a method for evaluating the reliability of systems using single valued neurotropihc multisets. Single valued neurotrophic multisets are class of neurotrophic sets representing single valued neurotrophic sets and multisets concept together to provide a way to handle multiple sets of indeterminacy. This method can be applied to evaluate the reliability of systems having membership values represented by a single-value neurotropihc multiple set that is difficult to express in single valued neurotrophic sets, interval valued neurotropihc sets, and simplified neurotrophic sets.

KEYWORDS: Reliability analysis, Neutrosophic sets, Single valued neutrosophic sets, Single valued neutrosophic multisets, Multisets

ARTICLE INFO: Received 6 February 2017, Revised 6 March 2017, Accepted 7 April 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

기존의 집합 이론에서는 원소가 집합에 한 번만 나타난다. 이러한 제약조건을 극복한 집합 개념이 다중집합(multiset)이다. 다중집합에서는 집합에서 원소가 한 번 이상 나타나는 것을 허용한다. 이러한 다중집합은 Bruijn[1]이 처음 소개를 하였다. Yager[2]는 다중집합을 유한개의 중복을 포함할 수 있는 개체의 모임이라고 정의하고 이를 백(bag)이라고 불렀다. 다중집합은 데이터베이스와 같은 분야에서 사용할 수 있는 수학적인 구조를 보여준다.

실세계에 대한 수학적인 모형을 구축하는 문제를 다룰 때 우리는 사용가능한 자료가 부정확하고 불확정적이라는 것을 알게 된다. 이러한 불확실성(uncertainty)문제를 다루기 위해 Zadeh[3]는 퍼지집합 이론을 발표하였다. 퍼지집합과 다중집합은 서로 결합을 하여 퍼지 다중집합 이론으로 발전하여 컴퓨터 과학의 많은 분야에서 응용되고 있다[4].

Smarandache[5]는 불확정성(indeteminacy)을 다루기 위해 뉴트로소픽(neutrosophic) 논리의 개념을 가지고 있는 뉴트로소픽 집합을 소개하였다. 뉴트로소픽 집합은 원소 x에 대해 참 소속함수(truth-membership function) $T_A(x)$, 불확정 소속함수(indeterminacy-membership function) $I_A(x)$ 그리고 거짓 소속함수(falsity-membership function) $F_A(x)$로 특징지울 수 있고 이들은 비표준(non-standard) 단위 구간 $]0^-, 1^+[$에 속한다. Wang[6]은 뉴트로소픽 집합을 많은 실제적인 문제에 적용하기 위해 $T_A(x)$, $I_A(x)$, $F_A(x) \in [0,1]$인 단일값 뉴트로소픽 집합을 발표하였다. 단일값 뉴트로소픽 집합과 다중집합의 개념을 결합한 단일값 뉴트로소픽 다중집합을 Chatterjee[7]가 소개를 하였다. 또한 여러 연구에서 퍼지 소프트(soft) 다중집합[8], 소프트 다중집합[9, 10] 등의 개념들을 소개하고 있다.

본 논문에서는 단일값 뉴트로소픽 다중집합을 이용하여 시스템의 신뢰도를 평가하는 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 관련 연구를 기술한다. 3장에서는 단일값 뉴트로소픽 다중집합에 대하여 설명한다. 4 장에서는 시스템의 신뢰도를 평가하는 방법을 제안한다. 마지막으로 5 장에서는 결론을 기술한다.

2. 관련연구

공학분야에서 시스템을 개발하는데 있어서 사용하는 자료의 불확실성과 불정확성 등의 문제로 이를 극복하기 위한 중요한 작업 중에 한 가지가 신뢰도를 모형화하는 것이다[11]. 퍼지집합을 이용한 시스템의 신뢰도를 평가하는 많은 연구들이 제안되었다.

Singer[12]는 시스템의 신뢰도를 분석하기 위해 사건의 빈도수를 L-R퍼지 숫자로 표기하여 허용성(tolerance)을 평가하는 퍼지집합 접근방법을 제안하였다. Cheng[13] 등은 수준-1 퍼지숫자의 α-cut을 사용하여 순차 시스템의 퍼지 신뢰도를 구간값으로 구하는 방법을 제안하였다. Chen[14]은 기존 제안된 방법들의 단점을 극복하기 위해 삼각퍼지 숫자를 이용하여 빠른 계산이 가능한 방법을 제안하였다. Chen[15]은 신뢰도를 모호집합으로 표현하여 신뢰도를 계산하는 방법을 제안하여 소속값이 단순한 실수로 표현되는 문제를 해결하는 방법을 제안하였다. Kumar[16] 등은 해양 플랜트 시스템의 신뢰도를 평가하기 위해 구간값 사다리꼴 모호집합을 이용하여 시스템의 신뢰도를 평가하는 방법을 제안하였다. Cho[17]는 신뢰도와 가중값을 가지고 있는 시스템의 신뢰도를 평가하기 위해 구간값 모호집합을 이용하여 계산하는 방법을 제안하였다.

Fuh[18] 등은 level(λ, 1) 구간값 퍼지 숫자를 이용하여 시스템의 신뢰도를 계산하는 방법을 제안하였다.

그러나 기존의 퍼지집합, 모호집합, 구간값 퍼지집합 등은 각각의 소속값을 실수 또는 구간으로 표현하여 신뢰도를 처리하고 있으나 이 방법들은 실세계에서 발생할 수 있는 불확정성(indeterminacy)은 처리하지 못하는 문제점을 가지게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 뉴트로소픽 집합을 이용하는 연구가 다수 있었다.

Cho[19], [20], [21] 그리고 [22]에서는 실제 문제에 적용이 가능한 단일값 뉴트로소픽 집합을 이용하여 시스템의 신뢰도를 계산하는 방법, 신뢰도를 구간값으로 표현하는 구간값 뉴트로소픽 집합을 이용하여 시스템의 신뢰도를 계산하는 방법, 단일값 뉴트로소픽 집합과 구간값 뉴트로소픽 집합을 포함하여 표현할 수 있는 단순 뉴트로소픽 집합을 이용하여 신뢰도를 계산하는 방법 그리고 단일값 뉴트로소픽 집합을 일반화시킨 사다리꼴 퍼지 뉴트로소픽 집합을 이용하여 신뢰도를 평가하는 방법을 각각 제안하였다.

3. 단일값 뉴트로소픽 다중집합

이 장에서는 단일값 뉴트로소픽 집합, 다중집합을 간단히 설명한 후 단일값 뉴트로소픽 다중집합에 대하여 설명한다.

3.1 단일값 뉴트로소픽 집합

이 절에서는 단일값 뉴트로소픽 집합(single valued neutrosophic set: $SVNS$)에 대하여 간단하게 기술한다[6].

정의 1: X가 점(point)의 공간(space)이라고 하자. 점은 X에 있는 일반 원소(generic element)로 x로 표기한다. X에 있는 단일값 뉴트로소픽 집합 A는 참 소속함수(truth-membership function) $T_A(x)$, 불확정 소속함수(indeterminacy-membership function) $I_A(x)$ 그리고 거짓 소속함수(falsity-membership function) $F_A(x)$로 특징지을 수 있다. X에 있는 각 점 x에 대하여 $T_A(x)$, $I_A(x)$, $F_A(x)$ $\in$ $[0,1]$.

X가 연속적이라면 $SVNS$ A는 다음과 같이 적을 수 있다.

$$A=\int_x \langle T_A(x),\ I_A(x),\ F_A(x)\rangle / x,\ x \in X \quad (1)$$

X가 이산적이라면 $SVNS$ A는 다음과 같이 적을 수 있다.

$$A=\sum_{i=1}^{n}\langle T_A(x_i), I_A(x_i), F_A(x_i)\rangle / x_i,\ x_i \in X. \quad (2)$$

정의 2: $SVNS$ A의 여집합은 c(A)로 표기하고 $T_{c(A)}(x)=F_A(x)$, $I_{c(A)}(x)=1-I_A(x)$, $F_{c(A)}(x)=T_A(x)$로 정의한다.

정의 3: 만일 $T_A(x) \le T_B(x)$, $I_A(x) \le I_B(x)$, $F_A(x) \ge F_B(x)$이라면 $SVNS$ A는 다른 $SVNS$ B에 포함된다. 즉, A⊆B.

정의 4: 만일 A⊆B이고 B⊆A이면 두 $SVNS$ A와 B는 같다. 즉, A=B.

정의 5: 두 $SVNS$ A와 B의 합집합은 C이고 C=A∪B이다. ∀x∈X에 대하여 $T_C(x)=\max(T_A(x), T_B(x))$, $I_C(x)=\max(I_A(x), I_B(x))$, $F_C(x)=\min(F_A(x), F_B(x))$.

정의 6: 두 $SVNS$ A와 B의 교집합은 C이고 C=A∩B이다. ∀x∈X에 대하여 $T_C(x)$=min($T_A(x)$, $T_B(x)$), $I_C(x)$=min($I_A(x)$,$I_B(x)$), $F_C(x)$=max($F_A(x)$,$F_B(x)$).

정의 7: 두 $SVNS$ A와 B의 차집합은 C이고 C=A-B이다. ∀x∈X에 대하여 $T_C(x)$=min($T_A(x)$, $F_B(x)$), $I_C(x)$=min($I_A(x)$, 1-$I_B(x)$), $F_C(x)$=max($F_A(x)$,$T_B(x)$).

3.2 다중 집합

이 절에서는 다중집합에 대하여 간단히 기술한다[23].

정의 8: U={$x_1,x_2,\cdots,x_n$}를 전체 집합이라고 하자. U의 크리스프 백(bag) 또는 다중집합 M은 함수 $C_M(\cdot)$로 특징지을 수 있다. C_M:U→N은 각각의 x에 대응되고 이 함수를 계수함수(count function)로 알려져 있다. x∈U. N은 자연수의 집합. 다중 집합 M은 다음과 같이 표현한다. M={$\frac{k_1}{x_1},\frac{k_2}{x_2},\cdots,\frac{k_n}{x_n}$}, 여기에서 M에서 x_i가 k_i번 나타난다.

3.3 단일값 뉴트로소픽 다중집합

이 절에서는 단일값 뉴트로소픽 다중집합(single valued neutrosophic multiset: $SVNMS$)에 대하여 간단히 기술한다[7]. 본 논문에서는 실제적인 사용을 위하여 양의 정수 값을 갖는 계수함수를 사용한다.

정의 9: $SVNMS$ A가 전체집합 U에서 정의되고 집합의 각 원소는 계수함수 C_f:X→N에 대응되며 이 함수는 집합에서 특정 원소가 나타나는 횟수를 나타낸다. 이 함수에서 각 x∈X는 참 소속 시컨스(truth-membership sequence) ($T_A^1(x),T_A^2(x),\cdots,T_A^k(x)$), 불확정 소속 시컨스(indeterminacy-membership sequence) ($I_A^1(x),I_A^2(x),\cdots,I_A^k(x)$) 거짓 소속 시컨스(falsity-membership sequence) ($F_A^1(x)$, $F_A^2(x)$, $\cdots$,$F_A^k(x)$) 등 세 개의 길이 시컨스 C_f(x)로 특징지워진다.

고려중인 전체집합 X={$x_1,x_2,\cdots,x_n$}이 이산적일 때 X상에서 $SVNMS$ A는 다음과 같이 표현한다:

$$A=\sum_{i=1}^{n}\langle(T_A^1(x_i),T_A^2(x_i),\cdots,T_A^{k_i}(x_i)),(I_A^1(x_i),I_A^2(x_i),\cdots,I_A^{k_i}(x_i)),(F_A^1(x_i),F_A^2(x_i),\cdots,F_A^{k_i}(x_i))\rangle/x_i, \quad (3)$$

여기에서 원소 x_i∈X는 X에서 $k_i=C_f(x_i)$번 반복된다.

정의 10: 집합 X 상에서 정의된 $SVNMS$ A의 원소 x_i∈X의 길이는 l(x_i:A)=$C_f(x_i)$이다. i=1,2,⋯,n.

정의 11: $SVNMS$ A의 원소의 수(cardinality)는 다음과 같이 정의한다: Card(A)=$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{l(x_i:A)}(T_A^j(x_i)+I_A^j(x_i))$, x_i∈X, i=1,2,⋯,n.

정의 12: 절대(absolute) $SVNMS$ $\tilde{A}$는 $SVNMS$이다. 여기에서 $T^i(x)$=1, $I^i(x)$=1, $F^i(x)$=0, ∀x∈X, i=1,2,⋯,l(x:$\tilde{A}$).

정의 13: 널(null) $SVNMS$ Φ는 $SVNMS$이다. 여기에서 $T^i(x)$=0, $I^i(x)$=0, $F^i(x)$=1, ∀x∈X, i=1, 2,⋯,l(x:Φ).

정의 14: 전체집합 X 상의 두 *SVNMS* A와 B 사이의 곱하기는 A×B 로 표기한다. 참 소속값, 불확정 소속값, 거짓 소속값은 다음과 같이 계산한다: $T^r_{A\times B}(x_i)=T^r_A(x_i)\,T^r_B(x_i)$, $I^r_{A\times B}(x_i)=I^r_A(x_i)\,I^r_B(x_i)$, $F^r_{A\times B}(x_i)=F^r_A(x_i)+F^r_B(x_i)-F^r_A(x_i)\,F^r_B(x_i)$, $\forall x_i \in X$, i=1,2,⋯,n, r=1,2,⋯,l.

4. 시스템의 신뢰도 분석

이 장에서는 *SVNMS*을 이용하여 시스템의 신뢰도를 계산하는 방법을 제안한다. 전체 시스템의 신뢰도는 시스템을 구성하고 있는 구성요소의 신뢰도를 기반으로 계산할 수가 있다.

순차 시스템의 구성은 그림 1과 같다. 구성요소 P_i의 신뢰도는 R_i로 표기한다. 신뢰도 R_i를 *SVNMS*로 표기하면 $R_i = \langle (T_i^1(x), T_i^2(x), \cdots, T_i^k(x)), (I_i^1(x), I_i^2(x), \cdots, I_i^k(x)), (F_i^1(x), F_i^2(x), \cdots, F_i^k(x))\rangle$이다. 여기에서 $T(x)$는 참 소속함수, $I(x)$는 불확정 소속함수 그리고 $F(x)$는 거짓 소속함수이다.

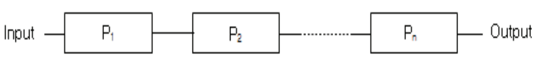

그림 1 순차 시스템의 구성
Figure 1. configuration of serial systems

순차 시스템의 전체 신뢰도 R은 다음과 같이 평가할 수 있다.

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

$$= R_1 \bullet R_2 \bullet \cdots \bullet R_n$$

$$= \langle (T_1^1(x), T_1^2(x), \cdots, T_1^k(x)), (I_1^1(x), I_1^2(x), \cdots, I_1^k(x)), (F_1^1(x), F_1^2(x), \cdots, F_1^k(x))\rangle \bullet \langle (T_2^1(x), T_2^2(x), \cdots, T_2^k(x)), (I_2^1(x), I_2^2(x), \cdots, I_2^k(x)), (F_2^1(x), F_2^2(x), \cdots, F_2^k(x))\rangle \bullet \cdots \bullet \langle (T_n^1(x), T_n^2(x), \cdots, T_n^k(x)), (I_n^1(x), I_n^2(x), \cdots, I_n^k(x)), (F_n^1(x), F_n^2(x), \cdots, F_n^k(x))\rangle$$

$$= \langle \prod_{i=1}^{n} (T_i^1(x), T_i^2(x), \cdots, T_i^k(x)), \prod_{i=1}^{n} (I_i^1(x), I_i^2(x), \cdots, I_i^k(x)), \sum_{i=1}^{n} (F_i^1(x), F_i^2(x), \cdots, F_i^k(x)) - \sum_{\substack{i=1 \\ i<j}}^{n} (F_i^1(x), F_i^2(x), \cdots, F_i^k(x))(F_j^1(x), F_j^2(x), \cdots, F_j^k(x)) + \sum_{\substack{i=1 \\ i<j<k}}^{n} (F_i^1(x), F_i^2(x), \cdots, F_i^k(x))(F_j^1(x), F_j^2(x), \cdots, F_j^k(x)) (F_k^1(x), F_k^2(x), \cdots, F_k^k(x)) - \cdots + (-1)^{n-1} \prod_{i=1}^{n} (F_i^1(x), F_i^2(x), \cdots, F_i^k(x))\rangle. \quad (4)$$

병렬 시스템은 그림 2와 같이 구성된다. 여기에서 P_i의 신뢰도는 R_i로 표기한다. 신뢰도 R_i를 *SVNMS*로 표기하면 $R_i = \langle (T_i^1(x), T_i^2(x), \cdots, T_i^k(x)), (I_i^1(x), I_i^2(x), \cdots, I_i^k(x)), (F_i^1(x), F_i^2(x), \cdots, F_i^k(x))\rangle$이다. 여기에서 $T(x)$는 참 소속함수, $I(x)$는 불확정 소속함수 그리고 $F(x)$는 거짓 소속함수이다.

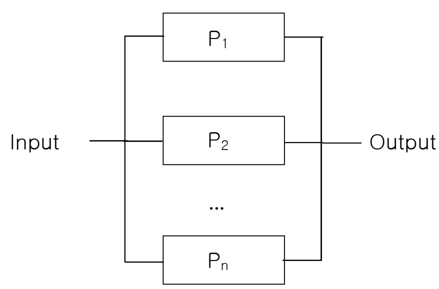

그림 2 병렬 시스템의 구성
Figure 2. configuration of parallel systems

병렬 시스템 신뢰도 R은 다음과 같이 평가할 수 있다.

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

$$= 1 - ((1 - R_1) \bullet (1 - R_2) \bullet \cdots \bullet (1 - R_n))$$

$$= 1 - ((1 - \langle (T_1^1(x), T_1^2(x), \cdots, T_1^k(x)), (I_1^1(x), I_1^2(x), \cdots, I_1^k(x)), (F_1^1(x), F_1^2(x), \cdots, F_1^k(x))\rangle) \bullet (1 -$$

$$\langle(T_2^1(x), T_2^2(x),\cdots, T_2^k(x)), (I_2^1(x),I_2^2(x),\cdots,I_2^k(x)), (F_2^1(x),F_2^2(x),\cdots,F_2^k(x))\rangle) \bullet \cdots \bullet (1 - \langle(T_n^1(x), T_n^2(x),\cdots, T_n^k(x)), (I_n^1(x),I_n^2(x),\cdots,I_n^k(x)), (F_n^1(x), F_n^2(x),\cdots,F_n^k(x))\rangle))$$

$$= 1 - \langle \min(1,(F_1^1(x),F_1^2(x),\cdots,F_1^k(x))), \min(1,1-(I_1^1(x),I_1^2(x),\cdots,I_1^k(x))), \max(1,(T_1^1(x), T_1^2(x),\cdots, T_1^k(x)))\rangle \bullet \langle \min(1,(F_2^1(x),F_2^2(x),\cdots,F_2^k(x))), \min(1,1-(I_2^1(x),I_2^2(x),\cdots,I_2^k(x))), \max(1,(T_2^1(x), T_2^2(x),\cdots, T_2^k(x)))\rangle \bullet \cdots \bullet \langle \min(1,(F_n^1(x),F_n^2(x),\cdots,F_n^k(x))), \min(1,1-(I_n^1(x),I_n^2(x),\cdots,I_n^k(x))), \max(1,(T_n^1(x), T_n^2(x),\cdots, T_n^k(x))\rangle$$

$$= 1 - \langle \prod_{i=1}^{n} \min(1,F_i^1(x),F_i^2(x),\cdots,F_i^k(x)), \prod_{i=1}^{n} \min(1,1-(I_i^1(x),I_i^2(x),\cdots,I_i^k(x))), \sum_{i=1}^{n} \min(1,(F_i^1(x), F_i^2(x),\cdots,F_i^k(x))) - \sum_{\substack{i=1 \\ i<j}}^{n} \min(1,(F_i^1(x),F_i^2(x),\cdots, F_i^k(x)))\min(1,(F_j^1(x),F_j^2(x),\cdots,F_j^k(x))) + \sum_{\substack{i=1 \\ i<j<k}}^{n} \min(1, (F_i^1(x), F_i^2(x), \cdots, F_i^k(x)))\min(1,(F_j^1(x), F_j^2(x), \cdots, F_j^k(x)))\min(1,(F_k^1(x),F_k^2(x),\cdots,F_k^k(x))) - \cdots + (-1)^{n-1} \prod_{i=1}^{n} \min(1,F_i^1(x),F_i^2(x),\cdots,F_i^k(x))\rangle$$

$$= \langle \min(1,\sum_{i=1}^{n} \min(1,(F_i^1(x),F_i^2(x),\cdots,F_i^k(x))) - \sum_{\substack{i=1 \\ i<j}}^{n} \min(1,(F_i^1(x),F_i^2(x),\cdots,F_i^k(x)))\min(1,(F_j^1(x),F_j^2(x),\cdots, F_j^k(x))) + \sum_{\substack{i=1 \\ i<j<k}}^{n} \min(1,(F_i^1(x),F_i^2(x),\cdots,F_i^k(x)))\min(1, (F_j^1(x),F_j^2(x),\cdots,F_j^k(x)))\min(1,(F_k^1(x),F_k^2(x),\cdots,F_k^k(x))) - \cdots + (-1)^{n-1} \prod_{i=1}^{n} \min(1,F_i^1(x),F_i^2(x),\cdots,F_i^k(x))), \min(1,1-\prod_{i=1}^{n} \min(1,1-(I_i^1(x),I_i^2(x),\cdots,I_i^k(x)))), \max(1,\prod_{i=1}^{n} \min(1,F_i^1(x),F_i^2(x),\cdots,F_i^k(x)))\rangle. \quad (5)$$

5. 결 론

본 연구에서 우리는 단일값 뉴트로소픽 다중집합을 이용하여 시스템의 신뢰도를 계산하는 방법을 제안하였다. 단일값 뉴트로소픽 다중집합은 단일값 뉴트로소픽 집합과 다중집합의 개념을 같이 표현할 수 있는 집합으로 불확정성을 가지는 다중집합을 처리할 수 있는 방법을 제공한다. 이 방법은 기존의 단일값 뉴트로소픽 집합, 구간값 뉴트로소픽집합, 단순 뉴트로소픽 집합 등에서 표현하기 어려운 단일값 뉴트로소픽 다중집합으로 표현되는 소속값을 가지는 시스템의 신뢰도를 평가하는데 적용하는 것이 가능해진다. 본 연구에서 제안한 방법은 시스템의 소속값을 단일값 뉴트로소픽 다중집합으로 표현한 시스템의 신뢰도를 평가하거나 또는 단일값 뉴트로소픽 다중집합으로 표현하는 것이 필요한 퍼지시스템 그리고 의료진단 시스템 [7] 등에 적용하는 것이 가능하다.

References

[1] N. G. Bruijn, *Denumerations of rooted trees and multisets*, Dscrete Appl. Math., Vol. 6, pp. 25-33, 1983.

[2] R. R. Yager, *On the theory of bags*, International Journal of General Systems, Vol. 13, pp. 23-37, 1986.

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

[4] S. Miyamoto, *Fuzzy multisets and their generalizations, multi set proessing*, Springer Berlin Heidelberg, pp. 225-235, 2001.

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

press, 1999.

[6] H. Wang, F. Smarandache, Y. Zhang, and R. Sunderraman, *Single valued neutrosophic stes*, Multispace and multistructure, Vol. 4, pp. 410-413, 2010.

[7] R. Chatterjee, P. Majumdar, and S. K. Samanta, *Single valued neutrosophic multisets*, Annals of fuzzy Mathmatics and Informatics, Vol. 10, No. 3, pp. 499-514, 2015.

[8] S. Aktas, and A. R. Salleh, *Fuzzy soft multiset theory*, Abstract & Applied Analysis, pp. 1-20, 2012.

[9] S. Aktas, A. R. Salleh, and N. Hassan, *Soft multiset theory,* Appl. Math. Sci., Vol.5, No. 2, pp. 3561-3573, 2011.

[10] K. V. Babitha, and S. J. John, *On soft multisets,* Ann. Fuzzy math. Infrom., Vol. 5, No. 1, pp.35-44, 2013.

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

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

[13] 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.

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

[15] 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.

[16] 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.

[17] 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.

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

[19] S. Y. Cho, *Reliability analysis of systems using single valued neutrosophic sets*, Jl. of Knowledge Information Technology and Systems, Vol. 10, No. 4, pp. 447-453, 2015.

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

[21] S. Y. Cho, *Reliability analysis of systems using simplified neutrosophic sets*, Jl. of Knowledge Information Technology and Systems, Vol. 11, No. 2, pp. 177-186, 2016.

[22] S. Y. Cho, *Reliability analysis of systems using trapezoidal fuzzy neutrosophic sets*, Jl. of Knowledge Information Technology and Systems, Vol. 11, No. 3, pp. 293-299, 2016.

[23] A. Syropoulus, *Mathematics of multisets*,

Pre-proceedings of the workshop on multiset processing, pp. 286-295, 2000.

단일값 뉴트로소픽 다중집합을 이용한 시스템의 신뢰도 분석

조상엽
청운대학교 인터넷학과

요 약

뉴트로소픽 집합은 기존의 집합, 퍼지집합, 구간값 퍼지집합, 직관 퍼지집합, 구간값 직관 퍼지집합 등에서 표현하기 어려운 불확정성을 표현할 수 있는 표현법이다. 뉴트로소픽 집합은 $]0^-, 1^+[$의 실수 표준 그리고 비표준 부분집합에서 정의된다. 이러한 이유로 뉴트로소픽 집합을 실제적으로 과학과 공학 분야에서 적용하는데 어려움이 있다. 따라서 많은 연구자들이 실 세계의 문제를 해결할 수 있는 뉴트로소픽 집합의 하위클래스를 제안하였다. 이러한 뉴트로소픽 집합들에는 단일값 뉴트로소픽 집합, 구간값 뉴트로소픽 집합, 단순 뉴트로소픽 집합, 단일값 뉴트로소픽 다중집합 등이 있다. 본 논문에서 우리는 단일값 뉴트로소픽 다중집합을 이용하여 시스템의 신뢰도를 평가하는 방법을 제안한다. 단일값 뉴트로소픽 다중집합은 단일값 뉴트로소픽 집합과 다중집합의 개념을 함께 표현한 뉴트로소픽 집합의 하나로서 불확정성을 가지는 다중집합을 처리할 수 있는 방법을 제공한다. 이 방법은 단일값 뉴트로소픽 집합, 구간값 뉴트로소픽 집합 그리고 단순 뉴트로소픽 집합에서는 표현하기 어려운 단일값 뉴트로소픽 다중 집합으로 표현된 소속값을 가지는 시스템의 신뢰도를 평가하는데 적용할 수 가 있다.

Acknowledgements

본 연구는 2016년도 청운대학교 학술연구조성비 지원에 의하여 연구되었음.

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