

## Çok Kriterli Karar Vermede Nötrosifik Critic ve Nötrosifik Waspas Entegre Yöntemi Temelli Mutluluk Düzeyi Belirleme Üzerine Bir Uygulama

Hamiyet Merkeççi<sup>1\*</sup> 

<sup>1\*</sup> Gaziantep Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü, 27310, Gaziantep, Türkiye

(Alınış / Received: 02.10.2023, Kabul / Accepted: 09.05.2024, Online Yayınlanma / Published Online: 23.08.2024)

### Anahtar Kelimeler

Tek değerli nötrosifik küme,  
Bulanık mantık,  
Critic metodu,  
Waspas metodu,  
Çok kriterli karar verme

**Özet:** Bu çalışmada, Türkiye istatistik Kurumunun yürüttüğü 'Yaşam Memnuniyeti Araştırması' kapsamında yer alan, yaş gruplarına ve yıllara göre değişiklik gösteren mutluluk düzeyinin belirlenmesi problemine uygulanan, Nötrosifik Critic ve Nötrosifik Waspas adlı yeni birçok kriterli karar verme yöntemi önerilmektedir. Önerilen yöntem, iyi bilinen Waspas yönteminin temel adımlarını izler, ancak öznitelik değerlerinin tek değerli nötrosifik kümeler kullanılarak ifade edilmesi bakımından klasik durumdan farklıdır. Ayrıca, seçim kriterlerinin ağırlıklarının belirlenmesi karar vericinin insiyatifine bırakılmamakta, bunun yerine iyi bilinen critic yönteminin temel adımları kullanılmaktadır. Sunulan mutluluk düzeyi belirleme probleminde, alternatifler, 2003-2022 yılları ve kriterler, 18-65+ yaş arası bireylerdir. Bu makalede amaç, 2003 yılından günümüze kadar her yıl, belirlenen yaş gruplarında mutluluk düzeyi ölçümünü, yaygın olarak kullanılan entegre birçok kriterli karar verme modeli ile tek değerli nötrosifik kümeler alanına genişletmektir. Böylece, öznitelik değerleri daha büyük bir belirsizlik kümesiyle başa çıkabilir. Nötrosifik küme teorisinin ifade gücünden yararlanarak önerilen yaklaşım, karar vericiye, yeterli ve kesin bilgi eksikliği, algı farklılıkları, dil değişkenleri ve kişisel görüşler gibi çeşitli nedenlerden kaynaklanan belirsizlikleri yönetebilecek modeller geliştirmesine yardımcı olacaktır.

## On an Application of Happiness Level Determination Based on Neutrosophic Critic and Neutrophic Waspas Integrated Method in Multi-Criteria Decision Making

### Keywords

Single valued neutrosophic set,  
Fuzzy logic,  
Critic method,  
Waspas method,  
Multicriteria decision making

**Abstract:** This study proposes a new multi-criteria decision-making method called Neutrosophic Critic and Neutrosophic Waspas, applied to the problem of determining the level of happiness, which varies by age groups and years within the scope of the 'Life Satisfaction Survey' conducted by the Turkish Statistical Institute. The proposed method follows the basic steps of the well-known Waspas method but differs from the classical case in expressing attribute values using single-valued neutrosophic sets. Additionally, the determination of the weights of selection criteria is not left to the discretion of the decision-maker; instead, the basic steps of the well-known critic method are used. In the presented happiness level determination problem, the alternatives are individuals aged 18-65+ for the years 2003-2022, and the criteria are chosen. The aim of this article is to extend the measurement of happiness levels in the specified age groups each year from 2003 to the present, using a widely used integrated multi-criteria decision-making model to the domain of single-valued neutrosophic sets. Thus, the approach enables dealing with attribute values with a larger uncertainty set. By leveraging the expressive power of neutrosophic set theory, the proposed approach will assist the decision-maker in developing models that can handle uncertainties arising from various reasons, such as insufficient and precise information, perceptual differences, language variables, and personal opinions.

## 1. Giriş

Felsefe alanında ileri sürülen tüm görüşlerle doğrudan ilgi kurabilen bir kavram olan mutluluk, farklı yönleriyle dikkat çeken disiplinler arası bir konudur. Bireylerin yaşam standartlarına ya da içine doğdukları toplumun değer yargılarına bağlı olarak değişkenlik gösterdiği düşünülse de temelde öznellik içeren bir olgudur. 1940'ların ikinci yarısından itibaren başlayan mutluluk düzeyi ölçüm çalışmaları, veri toplama yöntemiyle gerçekleştirilmiş, çıkan sonuçlar üzerinden belli bir kanaat oluşturulmaya çalışılmıştır. Kapsamlı bir veri tabanı örneği olan "World Data Base of Happiness" ve süreli yayınlar arasında yer alan "Journal of Happiness Studies" kişisel memnuniyet ve mutluluk konusunda başvuru kaynağı olarak nitelendirilebilir. Bu konuda Türkiye'de de pek çok resmi çalışmaya yer verilmiş ve istatistiksel olarak mutluluk konusunda ilk resmi araştırma Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından "Yaşam Memnuniyeti Araştırması (YMA)" adıyla 2003 yılında gerçekleştirilmiştir. O tarihten bu yana uygulanan veri toplama çalışması, her sene sistematik biçimde yapılmaktadır. Kapsamı gayet geniş tutulan bu türlü bir çalışmayla Türkiye'de yaşayan bireylerin kişisel mutlulukla ilgili görüşleri, içinde buldukları toplumun genel durumu, barınma, beslenme, sağlık, bireysel güvenlik, sosyal güvenlik, eğitim, ulaşım, çalışma hayatı ve kazanç düzeyi, kültürel faaliyetler gibi temel gereksinimler baz alınarak yaşam memnuniyetleri ve mutluluk düzeyleri ölçülmekte ve zamanla meydana gelebilecek değişimler gözlenmektedir.

Bu çalışmada kullanılan veriler için, Yaşam Memnuniyeti Araştırması 2021 [1] den faydalanılmıştır. Ülkemizde bireylerin mutluluk düzeyi ve yaşam memnuniyeti konusunda istatistiki veriler oluştururken karşımıza birçok değerlendirme kriteri ve alternatifi çıkmaktadır. Bunlardan bazıları şunlardır: yıllar itibariyle mutluluk düzeyi, yaş grubuna göre mutluluk düzeyi, cinsiyete göre mutluluk düzeyi, evli olan bireylerin mutluluk düzeyi, evli olmayan bireylerin mutluluk düzeyi, hanedeki kişi sayısına göre bireylerin hanehalkı gelirinden memnuniyeti, işteki durumuna göre işten memnuniyeti, cinsiyete göre yaşam memnuniyeti düzeyi, sağlık durumundan memnuniyet düzeyi, işten elde edilen kazançtan memnuniyet, komşuluk ilişkilerinden memnuniyet, akraba ilişkilerinden memnuniyet, arkadaş ilişkilerinden memnuniyet, evlilikten duyulan memnuniyet, kamu hizmetlerinden memnuniyet. Bu kadar fazla kriter ve alternatifi değerlendirirken, en iyi çözümü tasarlamak için çok amaçlı karar verme yöntemleri ve en iyi alternatifi seçmek için çok nitelikli karar verme yöntemlerini kullanmak daha iyi olacaktır. Bunların her birinin incelenmesi ayrı bir makale konusu olabilir. Bu yüzden bu çalışma, yıllar itibariyle yaş grubuna göre mutluluk düzeyini belirleme ve ayrı ayrı sınıflandırarak inceleme çalışması olacaktır. Burada

sonlu sayıda alternatif ve birden çok kriter olacağından çok kriterli karar verme yöntemi uygulamak en doğru yaklaşım olacaktır. Bu çalışma, Nötrosifik küme teorisinin ifade gücünden yararlanarak yapılacağından klasik yöntemle yapılan çalışmalardan farklı ve orjinal olacaktır. Net kümeler veya geleneksel bulanık kümeler tarafından dayatılan belirlemelerin kesinlikten yoksun olduğu ve sağlanan bilginin yetersiz olduğu durumlarda nötrosifik küme alternatif bir çözüm sunar. Burada, 2003-2022 yılları arasında yaş gruplarına göre mutluluk düzeyini belirlerken kararsız olanlar da göz önünde bulundurularak nötrosifik küme teorisi kullanılmaktadır. Seçim kriterlerinin ağırlıklarını belirlemek için nötrosifik critic yöntemi kullanılırken en mutlu yaş grubunu belirlemek için nötrosifik waspas yöntemi kullanılmaktadır. Zadeh [2], bir elemanın bir kümeye ait olup olmadığını bulmak için üyelik derecesini kullanır. x elemanı, üyelik derecesi sıfır (0) ise A kümesine ait değildir, 1 ise tam üyedir, 0 ile 1 arasında ise kısmi üyedir. Aralık değerli bulanık kümeler, bulanık kümelerin özel bir türüdür. Belirsizlik olduğunda kesin bir değerle tanımlamak zordur. Bu durum, Türksen [3] tarafından aralık değerli bulanık kümeler kullanılarak çözülmüştür. Sezgisel bulanık küme, geleneksel bulanık küme aracılığıyla, belirsiz bir kavramı tanımlamak için mevcut bilginin yetersiz olduğu durumlarda bulanık kümeyi tanımlamak için alternatif bir yaklaşımdır [4]. Sezgisel bulanık küme teorisi, ilk olarak Zadeh tarafından önerilen ve daha sonra Atanassov [5] tarafından geliştirilen, bulanık küme teorisinin bir genellemesidir. Atanassov, Zadeh tarafından geliştirilen klasik bulanık küme teorisinin doğru olduğunu ancak gerçek hayatta her zaman doğru cevabı vermeyeceğini belirtmektedir. Bir bulanık kümede, bir elemanın kümeye ait olma derecesi, 1- ait olmama derecesidir. Böylece ait olma ve olmama derecelerinin toplamı 1 olur. Ancak bu yaklaşım, ait olma ve olmama derecelerinin toplamı birden az olabileceği gerçek hayat uygulamalarında belirsizlikle baş etmede etkili bir yöntem değildir. Sezgisel bulanık küme teorisinde, üyelik ve üye olmama derecesine ek olarak bir tereddütlik indeksi vardır. Tereddütlik indeksi, herhangi bir elemanın kümeye ait olup olmadığı konusundaki tereddütlik derecesini gösterir. Tereddütlik derecesi, bir uzmanın belirli bir konudaki kararsızlığını veya bilgi eksikliğini yansıtır. Tereddütlik derecesi küçük ise o eleman hakkındaki bilgiler nispeten doğrudur, büyük ise bilgiler nispeten belirsizdir, değer sıfıra eşit olduğunda en kesindir. Bu durumda sezgisel bulanık küme bulanık küme olur. Atanassov'a göre bir elemanın insan deneyimine göre belirlenen gerçek üyelik değeri her zaman kesin olmayabilir. Bu nedenle, karar verme hatalarını en aza indirmek için üçüncü bir parametreye yani tereddütlik derecesine ihtiyaç vardır. Liu ve Liao [6], Yu ve Liao [7] sırasıyla bulanık karar üzerine bibliyometrik analiz ve IFS çalışmaları üzerine bir bilimsel ölçüm yürüttüler. Üyelik değerlerinin doğruluğu ve yanlışlığı üzerindeki bazı kısıtlamalar

nedeniyle, bulanık kümeler ve uzantıları yalnızca belirsiz bilgileri işleyebilir, gerçekte var olabilecek kararsız ve tutarsız bilgileri işleyemez. Bu tür bilgiler, belirsizliğin açıkça ölçüldüğü ve doğruluk, belirsizlik ve yanlışlık üyeliğinin birbirinden bağımsız olduğu nötrosofik küme (NS) tarafından iyi yönetilir. Nötrosofik küme, kararsız ve tutarsız bilgilerle başa çıkmak için daha makul bir matematiksel çerçeve sağlar. Son on yılda, nötrosofik küme ve aralık değerli nötrosofik küme kavramları çok çeşitli alanlarda etkin bir şekilde kullanılmıştır. Bunlar, tıbbi teşhis, veri tabanı, topoloji, görüntü işleme ve karar verme gibi alanlardır [8, 9, 10, 11, 12]. Smarandache ilk olarak nötrosofi kavramını, nötrlerin kökenini, doğasını ve kapsamını inceleyen bir felsefe dalı olarak tanıtmıştır [13, 14, 15, 16]. Nötrosofik küme; klasik küme, bulanık küme, aralık değerli bulanık küme, sezgisel bulanık küme, aralık değerli sezgisel bulanık küme, çelişkili küme, diyalektik küme, paradoksal küme ve totolojik küme kavramlarını genelleştiren önemli bir araçtır [14]. Nötrosofik küme yaklaşımında bir olgu, T+I+F toplamının 1 olması gerekmeyen doğruluk(T), belirsizlik (I) ve yanlışlık (F) olmak üzere üç üyeliğiyle temsil edilebilir [17]. Bu değer 1 e eşit, 1 den küçük veya 1 den büyük olabilir. 1 den küçük eksik bilgi, 1 e eşit tam bilgi, 1 den büyük çelişkili bilgi anlamına gelir. Nötrosofik kümeler çok kriterli karar verme problemlerinde zaten kullanılmaktadır. Wang, tek değerli nötrosofik kümeleri önermiştir [18,19]. Tek değerli nötrosofik kümenin entropi ölçümü Majumdar ve Samant tarafından tanıtılmıştır [20]. Bulanık kümelerin çapraz entropisinin bir uzantısı olarak Ye, tek değerli nötrosofik kümenin çapraz entropi ölçümünü tanımlamıştır [11] ve önerilen tek değerli nötrosofik çapraz entropiye dayalı çok kriterli karar verme yöntemini sunmuştur. Ye [12] ayrıca, basitleştirilmiş nötrosofik kümeler kavramını tanıtmıştır ve toplama operatörlerini kullanan bir çok kriterli karar verme yöntemi önermiştir. Peng ve arkadaşları [21] basitleştirilmiş nötrosofik sayıların bazı işlemlerini tanımlamış ve sezgisel bulanık sayıların ilgili araştırmasını kullanarak bir karşılaştırma yöntemi geliştirmişlerdir. Zhang ve arkadaşları [22] sezgisel nötrosofik kümeler üzerinde bazı yeni işlemler tanımlayarak aralık değerli nötrosofik sayılar için toplama işlemleri geliştirmişlerdir. Broumi ve Smarandache [8] sezgisel nötrosofik kümelerin korelasyon katsayısını tartışmışlardır. Bu çalışmada, önceki çalışmalardan farklı olarak tek değerli nötrosofik kümelerle tutarlı bir şekilde çalışabilen Waspas ve Critic adlı iki popüler yöntem birleştirilmiştir. Bu yaklaşım, nitel ve nicel özellikler için ayrı karar matrisleri yerine tek bir karar matrisi kullanılmasına izin vermektedir. Bu makale aşağıdaki gibi yapılandırılmıştır: Bölüm 2, orjinal Critic ve Waspas yöntemlerinin adımlarını kısaca açıklar. Bölüm 3, nötrosofik karşılıkları ayrıntılı olarak açıklamaktadır. Bölüm 4, ayrıntılı bir vaka çalışması sunar. Son olarak, bölüm 5, sonuçları içermektedir.

## 2. Materyal ve Metot

Waspas ve Critic yöntemleri önerilen yöntemin temelini oluşturmaktadır. Her iki yöntemin ayrıntılı formülasyonları, bu çalışmada bağlı kalınacak olan [23]'te görülmektedir.

### 2.1. Waspas

Ağırlıklı Toplam Ürün Değerlendirmesi (WASPAS) yöntemi, 2012'de Zavadskas, Turskis, Antucheviciene ve Zakarevicius tarafından tanıtılmıştır [24–27]. Bu yöntem, Ağırlıklı Toplam Modeli (WSM) ve Ağırlıklı Çarpım Modeli'nin (WPM) bir kombinasyonudur [28]. Böylece, her özelliğin göreceli önemi basitçe belirlenir ve ardından alternatifler değerlendirilir ve önceliklendirilir. Waspas yönteminin özellikleri şu şekildedir [23]:

- Telafi edici bir yöntem olarak kabul edilir;
- Nitelikler bağımsızdır;
- Niteliksel nitelikler niceliksel niteliklere dönüştürülür.

Metodun girdi bilgisi, karar vericiden alınan bilgilere dayanan alternatifler ve nitelikler matrisi cinsinden ifade edilir. Waspas yönteminin adımları şu şekilde özetlenebilir :

Adım1: Farklı alternatiflerin farklı kriterler altında performanslarını gösteren X karar matrisi oluşturulur. Karar matrisi, Eşitlik (1) de gösterilmiştir.

$$X = \begin{bmatrix} r_{11} & \dots & r_{1j} & \dots & r_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{i1} & \dots & r_{ij} & \dots & r_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & \dots & r_{mj} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix}_{m \times n} \quad (1)$$

$$i = 1, \dots, m \quad j = 1, \dots, n$$

Karar matrisi X te i. alternatifin j. kriter altındaki performansı  $r_{ij}$  gösterilmektedir.

Adım2: Karar matrisi normalize edilir. Maksimizasyon ve minimizasyon tipindeki kriterler sırasıyla Eşitlik (2) ve Eşitlik (3) ile normalize edilir.

$$r_{ij}^* = \frac{r_{ij}}{\max r_{ij}} \quad ; \quad i=1, \dots, m, \quad j=1, \dots, n \quad (2)$$

$$r_{ij}^* = \frac{\min r_{ij}}{r_{ij}} \quad ; \quad i=1, \dots, m, \quad j=1, \dots, n \quad (3)$$

Bu eşitliklerde i. alternatifin j. kriter altındaki normalize edilmiş performans değeri,  $r_{ij}^*$  ile gösterilmiştir.

Adım3: Denklem (4), her bir alternatifin ağırlıklı normalize edilmiş verilerindeki toplam göreceli önemini belirlemek için kullanılır.

$$Q_i^{(1)} = \sum_{j=1}^n r_{ij} \cdot w_j ; i=1, \dots, m \quad (4)$$

Burada  $w_j$ ,  $j$ . kriter ağırlığını ifade eder. Denklem (5) ise her alternatifin ağırlıklı normalleştirilmiş verilerinin çarpımsal göreceli önemini belirlemek için kullanılır.

$$Q_i^{(2)} = \prod_{j=1}^n (r_{ij}^*)^{w_j} ; i=1, \dots, m \quad (5)$$

Adım4: Adım3'te verilen WSM ve WPM yöntemlerine göre hesaplanan alternatiflerin toplam göreceli önemleri, Eşitlik (6) ile genelleştirilebilir:

$$Q_i = \frac{1}{2}(Q_i^{(1)} + Q_i^{(2)}) = \frac{1}{2} \left( \sum_{j=1}^n r_{ij} \cdot w_j + \prod_{j=1}^n (r_{ij}^*)^{w_j} \right) ; i=1, \dots, m \quad (6)$$

Ek olarak, denklem (6) daki sıralama doğruluğunu artırmak için denklem (7) önerilir:

$$Q_i = \lambda \sum_{j=1}^n r_{ij}^* \cdot w_j + (1-\lambda) \prod_{j=1}^n (r_{ij}^*)^{w_j} ; i=1, \dots, m, \lambda \in [0,1] \quad (7)$$

$\lambda=0$  ve  $\lambda=1$  olarak alındığında Waspas yöntemi, sırasıyla WPM ve WSM yöntemlerine dönüşmektedir. Burada  $\lambda$  değerinin seçimi, karar vericiye bağlıdır.

Adım5: Waspas yönteminde alternatiflerin sıralanması,  $Q_i$  değerleri dikkate alınarak yapılmaktadır. En yüksek  $Q_i$  değerine sahip alternatif, en iyi alternatif olarak seçilmektedir.

## 2.2. Critic

Diakoulaki ve arkadaşları tarafından geliştirilen Critic yöntemi, kriterlerin objektif ağırlıklarını bulmak için kullanılır. Bu yöntem, karar vericinin açıkça ifade ettiği görüşe ihtiyaç duymadan doğrudan kullanılabilir. Bu yöntemde objektif kriter ağırlıklarını elde etmek için karar matrisi kullanılarak birbiri ile çelişmediği varsayılan özellikler ve özelliklerin ağırlıkları belirlenir. Kriter ağırlıkları belirlenirken hem kriterin standart sapması hem de kriterler arasındaki korelasyon dikkate alınır, bu nedenle bu yöntem standart sapması yüksek ve diğerleri ile düşük korelasyona sahip kriterlere daha yüksek ağırlık verir. Başka bir deyişle, daha yüksek değer, kriterin göreceli öneminin karar verme problemi için daha yüksek olduğu anlamına gelir. Critic yönteminin tüm aşamaları [23] de ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

**Tablo 1.** Bazı nötrosofik küme teorik işlemleri

İşlem	Doğruluk	Belirsizlik	Yanlışlık
Tümleyen $c(A)$	$T_{C(A)}(x) = F_A(x)$	$I_{C(A)}(x) = 1 - I_A(x)$	$F_{C(A)}(x) = T_A(x)$

## 3. Nötrosofik waspas ve critic metodları

Önerilen yöntem, Nötrosofik Critic ve Nötrosofik Waspas yöntemleri olarak adlandırılan iki paralel yöntemin bir kombinasyonudur. Bu yöntemler, tek değerli nötrosofik kümeler kullanmaları bakımından geleneksel benzerlerinden farklıdır. Aşağıda önce nötrosofik sayılar kısaca tanımlanmakta ve ardından bunların Waspas ve Critic yöntemlerinde kullanıldığı mekanizmalar verilmektedir.

### 3.1. Tek değerli nötrosofik kümeler: ön hazırlıklar

Klasik kümeler, bir elemanın kümeye ait olup olmadığını mutlak değerlerle ifade edildiği kesin önermelere sahiptir. Yetersiz ve kesin bilgi, algı farklılıkları, dilsel değişkenler ve subjektif görüşlerden kaynaklanan belirsizlikleri incelemek için çeşitli teoriler geliştirilmiştir. Bu teorilerden biri de nötrosofik küme teorisidir. Nötrosofik küme teorisi, aralık değerli bulanık küme teorisi, sezgisel bulanık küme teorisi ve aralık değerli sezgisel bulanık küme teorisi dahil olmak üzere diğer bulanık küme teorilerini daha geniş ve daha esnek bir yapıda kapsar. Nötrosofik küme teorisi, 1995 yılında Smarandache tarafından, mevcut bilgilerin karışıklığa ve tutarsızlığa neden olduğu durumlarda belirsizlik problemlerini modellemek için geliştirilmiştir. Nötrosofik küme teorisi, doğruluk, yanlışlık, belirsizlik olmak üzere üç bağımsız işlevi kullanır. Aşağıda tek değerli nötrosofik kümelerin tanımları, özellikleri ve işlemleri kısaca açıklanmıştır.

**Tanım 3.1.1[13]:**  $X$  bir nesnelere uzayı olsun ve  $x \in X$  tarafından üretilsin.  $A \in X$  kümesinde doğruluk üyelik fonksiyonu  $T_A$ , belirsizlik üyelik fonksiyonu  $I_A$ , yanlışlık üyelik fonksiyonu  $F_A$  olarak tanımlanır. Her  $x \in X$  için  $T_A(x), I_A(x), F_A(x) \in [0,1]$  dir. Yani,

$$\begin{aligned} T_A: X &\rightarrow [0,1] \\ I_A: X &\rightarrow [0,1] \\ F_A: X &\rightarrow [0,1] \end{aligned}$$

biçiminde ifade edilir. Bu değerlerin toplamlarında herhangi bir kısıtlama bulunmamaktadır.

Bazı nötrosofik küme işlemleri aşağıdaki Tablo 1 de verilmiştir.

İçerme $A \subseteq B$	$T_A(x) \leq T_B(x)$	$I_A(x) \leq I_B(x)$	$F_A(x) \geq F_B(x)$
Birleşim $C = A \cup B$	$T_C(x) = \max(T_A(x), T_B(x))$	$I_C(x) = \max(I_A(x), I_B(x))$	$F_C(x) = \min(F_A(x), F_B(x))$
Kesişim $C = A \cap B$	$T_C(x) = \min(T_A(x), T_B(x))$	$I_C(x) = \max(I_A(x), I_B(x))$	$F_C(x) = \max(F_A(x), F_B(x))$
Fark $C = A \setminus B$	$T_C(x) = \min(T_A(x), F_B(x))$	$I_C(x) = \min(I_A(x), 1 - I_B(x))$	$F_C(x) = \max(F_A(x), T_B(x))$

### 3.2. Nötrosofik waspas

Yaklaşım aşağıdaki açılardan standart yöntemden farklıdır:

- 1) Problemdaki her öznitelik değerine ait (T,I,F) üçlülere elde etmek için dilsel biçimde dizilenmiş üçlü tablolar oluşturulur.
- 2) (T,I,F) üçlülere belirlendikten sonra karar matrisi sadece T (doğruluk) değerlerinden, sadece I (belirsizlik) değerlerinden ve sadece F (yanlışlık) değerlerinden oluşan bir matris olmak üzere üç matrise ayrılır. Çünkü nötrosofik kümeler teorisi bu değerlerin birbirinden bağımsız olduğunu belirtmektedir.
- 3) Bu üçlünün sonuçlarını birleştirmek için, literatürde özellikle nötrosofik kümeler için önerilen  $[T+(1-F)+(1-I)]/3$  skor fonksiyonu kullanılır.
- 4) Standart Waspas yönteminde kriter ağırlıklarının belirlenmesi açıkça belirtilmemiş olup kullanıcının takdirine bırakılmıştır. Doğrudan uzmandan veya Critic gibi bu amaç için tasarlanmış bir yöntemle elde edilebilirler.

### 3.3. Nötrosofik critic

Son zamanlarda, orjinal Critic yönteminin kriterler arasındaki çelişkili ilişkileri düzgün bir şekilde yakalama konusunda bir eksikliği olduğu iddia edilmektedir. Bu nedenle orjinal Critic yöntemiyle hesaplanan ağırlıkların geçerliliği tartışılabilir. Critic yöntemi için literatürde önerilen iyileştirmeler genellikle yalnızca kullandıkları veri normalleştirme tekniklerinde farklılık gösterir. Bu çalışmada, Critic yönteminin yalnızca sayısal değerlerle değil, aynı zamanda Boolean, kesin değerli, aralık değerli veya eksik değerler içerebilecek özniteliklerle de kullanılabilmesi için tek değerli nötrosofik kümeler kullanılmıştır.

### 4. Vaka analizi

Bu çalışma, Türkiye İstatistik kurumunun yürüttüğü 'Yaşam Memnuniyeti Araştırması 2021' kapsamında yer alan, yaş gruplarına ve yıllara göre değişiklik gösteren mutluluk düzeyinin belirlenmesi problemine uygulanan Nötrosofik Critic ve Nötrosofik Waspas yönteminin entegre bir uygulaması hakkındadır. Çalışma, 20 alternatif ve 6 kriterden oluşmaktadır. Alternatifler; 2003 (A1), 2004 (A2), 2005 (A3), 2006 (A4), 2007 (A5), 2008 (A6), 2009 (A7), 2010 (A8), 2011(A9), 2012 (A10), 2013 (A11),

2014 (A12), 2015 (A13), 2016 (A14), 2017 (A15), 2018 (A16), 2019 (A17), 2020 (A18), 2021 (A19), 2022 (A20) şeklinde belirtilmiştir. Bu alternatifler için kriterler; yaş grupları: 18-24 (C1), 25-34 (C2), 35-44 (C3), 45-54 (C4), 55-64 (C5), 65+ (C6) olarak belirtilmiştir. Önerilen yöntem aşağıdaki adımlarla ilerlemektedir:

**Adım1:** Nötrosofik küme değerleri (T,I,F) üçlülerinden oluşmaktadır. Bu yüzden bu kümede çalışılırken her biri için ayrı ayrı karar matrisleri oluşturulup ayrı sonuçlar bulunarak, bu sonuçlar tek bir skor fonksiyonunda birleştirilir. Bu anlamda klasik yöntemden farklıdır. Bu sebeple, ilk olarak, orjinal TÜİK verilerindeki her bir öznitelik değeri (T,I,F) üçlülere şeklinde ifade edilerek nötrosofik karar matrisi oluşturulmuştur. Orjinal durumda veriler; mutlu, ne mutlu ne mutsuz, mutsuz biçiminde kategorize edilmiştir. Bunu nötrosofik üçlülere dönüştürürken; Mutlu-Doğruluk üyelik derecesi (T), Ne Mutlu Ne Mutsuz –Belirsizlik üyelik derecesi (I), Mutsuz-Yanlışlık üyelik derecesi (F) olarak alınmıştır. Orjinal istatistik verileri yüzde olarak verilmiştir. Nötrosofik küme  $[0,1]$  aralığındaki sayılardan oluştuğundan, bir takım işlemlerle tüm değerler  $[0,1]$  aralığına taşınarak nötrosofik değerler oluşturulmuş ve Tablo 2 de sunulmuştur.

**Adım2:** Nötrosofik Critic yöntemi adımları, doğruluk üyelik derecesi (T) için ayrı, belirsizlik üyelik derecesi (I) için ayrı, yanlışlık üyelik derecesi (F) için ayrı uygulanarak her bir kriterin önem ağırlıkları belirlenmiş ve bu önem ağırlıkları bir sonraki sıralama yönteminde kullanılmak üzere Tablo 3 te verilmiştir.

**Adım3:** Kriterlerin önem ağırlıkları belirlendikten sonra bu ağırlıklardan faydalanarak Nötrosofik Waspas yöntemine geçilmiştir. Nötrosofik waspas yöntemindeki adımlar takip edilerek, (T,I,F) üçlüsü için ayrı ayrı sıralamalar yapılmış ve yıllara göre yaş gruplarının mutluluk düzeyi hesaplanarak Tablo 4, Tablo 5, Tablo 6 da sunulmuştur.

**Adım4:** Son aşamada, işlemlerde ayrı ayrı kullandığımız doğruluk üyelik değerleri (T), belirsizlik üyelik değerleri (I) ve yanlışlık üyelik değerleri (F) , skor fonksiyonu ile birleştirilerek hesaplamalar yapılmış ve mutluluk düzeyine göre sıralamalar oluşturulmuştur. Tablo 7 de sunulmuştur. Burada 1 en mutlu yaş grubunu, 6 ise en mutsuz yaş

grubunu temsil etmektedir. Aynı zamanda yaş grupları ayrı ayrı alınarak kendi içinde en mutlu oldukları yıldan en mutsuz oldukları yıla doğru

sıralanmıştır. Bu değerler Tablo 8, Tablo 9, Tablo 10, Tablo 11, Tablo 12, Tablo 13 de verilmiştir.

**Tablo 2.** Nötrosofik karar matrisi

Alternatif/Kriter	18-24	25-34	35-44	45-54	55-64	65+
2003	(0.571,0.351,0.780)	(0.599,0.339,0.061)	(0.614,0.300,0.0869)	(0.605,0.330,0.064)	(0.598,0.329,0.073)	(0.576,0.347,0.078)
2004	(0.609,0.279,0.112)	(0.568,0.314,0.119)	(0.575,0.306,0.119)	(0.574,0.304,0.122)	(0.566,0.281,0.153)	(0.605,0.274,0.121)
2005	(0.624,0.265,0.111)	(0.556,0.316,0.128)	(0.543,0.312,0.145)	(0.566,0.303,0.131)	(0.617,0.260,0.123)	(0.596,0.277,0.127)
2006	(0.620,0.272,0.108)	(0.573,0.313,0.114)	(0.560,0.304,0.136)	(0.559,0.328,0.114)	(0.589,0.304,0.107)	(0.579,0.283,0.138)
2007	(0.656,0.237,0.107)	(0.614,0.287,0.100)	(0.562,0.318,0.120)	(0.572,0.322,0.105)	(0.617,0.275,0.109)	0.600,0.262,0.138)
2008	(0.591,0.283,0.126)	(0.557,0.318,0.125)	(0.529,0.323,0.148)	(0.517,0.325,0.157)	(0.569,0.284,0.147)	(0.616,0.244,0.140)
2009	(0.574,0.315,0.111)	(0.559,0.314,0.127)	(0.535,0.332,0.133)	(0.513,0.310,0.177)	(0.520,0.292,0.188)	(0.543,0.278,0.179)
2010	(0.639,0.265,0.096)	(0.644,0.263,0.093)	(0.575,0.312,0.113)	(0.589,0.292,0.118)	(0.613,0.278,0.109)	(0.600,0.271,0.129)
2011	(0.695,0.250,0.054)	(0.620,0.281,0.099)	(0.607,0.303,0.091)	(0.597,0.286,0.117)	0.623,0.264,0.113)	(0.578,0.286,0.135)
2012	(0.646,0.260,0.094)	(0.656,0.273,0.071)	(0.585,0.302,0.113)	(0.555,0.321,0.124)	(0.593,0.290,0.117)	(0.603,0.287,0.111)
2013	(0.651,0.268,0.081)	(0.603,0.309,0.088)	(0.551,0.338,0.111)	(0.545,0.332,0.124)	(0.582,0.289,0.130)	(0.634,0.236,0.130)
2014	(0.612,0.304,0.084)	(0.579,0.329,0.092)	(0.521,0.360,0.119)	(0.515,0.327,0.158)	(0.548,0.313,0.140)	(0.628,0.246,0.126)
2015	(0.638,0.284,0.078)	(0.586,0.319,0.095)	(0.542,0.340,0.118)	(0.517,0.347,0.137)	(0.551,0.307,0.142)	(0.568,0.307,0.124)
2016	(0.651,0.263,0.086)	(0.620,0.287,0.093)	(0.582,0.308,0.109)	(0.583,0.307,0.109)	(0.623,0.249,0.128)	(0.645,0.250,0.105)
2017	(0.613,0.299,0.088)	(0.586,0.319,0.095)	(0.559,0.333,0.109)	(0.531,0.330,0.139)	(0.562,0.310,0.128)	(0.661,0.229,0.110)
2018	(0.554,0.351,0.095)	(0.532,0.364,0.104)	(0.507,0.369,0.123)	0.478,0.364,0.157)	(0.557,0.318,0.126)	(0.612,0.268,0.120)
2019	(0.567,0.338,0.096)	(0.520,0.343,0.137)	(0.506,0.372,0.122)	(0.497,0.357,0.146)	(0.487,0.355,0.158)	(0.585,0.292,0.122)
2020	(0.471,0.386,0.1429)	(0.468,0.381,0.151)	(0.454,0.394,0.152)	(0.462,0.385,0.153)	(0.490,0.365,0.145)	(0.577,0.304,0.118)
2021	(0.445,0.351,0.204)	(0.466,0.364,0.171)	(0.502,0.335,0.163)	(0.488,0.339,0.173)	(0.509,0.337,0.154)	(0.562,0.308,0.130)
2022	(0.479,0.364,0.157)	(0.468,0.366,0.166)	0.479,0.357,0.163)	(0.480,0.357,0.163)	(0.525,0.317,0.158)	(0.577,0.286,0.137)

**Tablo 3.**Kriterlerin önem ağırlıkları

WT	0,105370352	0,098557878	0,149249469	0,157247657	0,109095536	0,380479108
WI	0,078475135	0,103805927	0,230217046	0,125646123	0,077221019	0,38463475
WF	0,053257186	0,101188365	0,105399106	0,129512262	0,129587558	0,16094358

**Tablo 4.** Doğruluk üyelik derecesine (T) göre mutluluk düzeyi

Qi	18-24	25-34	35-44	45-54	55-64	65+
2003	0,533	0,541	0,575	0,579	0,550	0,640
2004	0,539	0,536	0,565	0,570	0,544	0,658
2005	0,542	0,534	0,557	0,568	0,553	0,652
2006	0,541	0,536	0,561	0,566	0,549	0,642
2007	0,547	0,543	0,562	0,570	0,553	0,655
2008	0,536	0,534	0,553	0,555	0,545	0,664
2009	0,534	0,534	0,555	0,554	0,536	0,620
2010	0,544	0,547	0,565	0,574	0,553	0,655
2011	0,553	0,544	0,573	0,577	0,555	0,641
2012	0,545	0,549	0,568	0,565	0,549	0,656
2013	0,546	0,541	0,559	0,563	0,547	0,675
2014	0,540	0,537	0,551	0,554	0,541	0,671
2015	0,544	0,538	0,557	0,555	0,542	0,635
2016	0,546	0,544	0,567	0,573	0,555	0,681
2017	0,540	0,538	0,561	0,559	0,544	0,690
2018	0,530	0,530	0,548	0,544	0,543	0,662
2019	0,532	0,528	0,547	0,549	0,529	0,646
2020	0,516	0,519	0,533	0,539	0,530	0,641

2021	0,511	0,518	0,546	0,547	0,534	0,632
2022	0,517	0,519	0,540	0,545	0,537	0,641

**Tablo 5.** Belirsizlik üyelik derecesine (I) göre mutluluk düzeyi

Qİ	18-24	25-34	35-44	45-54	55-64	65+
2003	0,532	0,540	0,557	0,544	0,531	0,692
2004	0,516	0,533	0,561	0,535	0,520	0,608
2005	0,512	0,533	0,565	0,535	0,515	0,612
2006	0,514	0,533	0,560	0,544	0,525	0,619
2007	0,505	0,525	0,569	0,541	0,518	0,594
2008	0,517	0,534	0,572	0,543	0,520	0,572
2009	0,524	0,533	0,578	0,537	0,522	0,613
2010	0,512	0,517	0,565	0,531	0,519	0,605
2011	0,511	0,523	0,559	0,528	0,516	0,623
2012	0,511	0,520	0,559	0,541	0,522	0,624
2013	0,513	0,531	0,581	0,545	0,522	0,562
2014	0,522	0,537	0,595	0,543	0,527	0,574
2015	0,517	0,534	0,583	0,550	0,526	0,647
2016	0,512	0,525	0,562	0,536	0,512	0,579
2017	0,520	0,534	0,578	0,544	0,527	0,553
2018	0,532	0,547	0,600	0,556	0,528	0,601
2019	0,529	0,541	0,602	0,554	0,536	0,630
2020	0,539	0,552	0,615	0,563	0,539	0,644
2021	0,532	0,547	0,580	0,547	0,533	0,648
2022	0,535	0,548	0,593	0,554	0,528	0,623

**Tablo 6.** Yanlılık üyelik derecesine (F) göre mutluluk düzeyi

Qİ	18-24	25-34	35-44	45-54	55-64	65+
2003	0,527	0,469	0,495	0,462	0,467	0,472
2004	0,455	0,517	0,522	0,521	0,540	0,524
2005	0,454	0,523	0,541	0,529	0,516	0,530
2006	0,454	0,514	0,535	0,514	0,502	0,542
2007	0,453	0,503	0,523	0,506	0,503	0,542
2008	0,458	0,521	0,543	0,550	0,535	0,544
2009	0,454	0,523	0,532	0,565	0,565	0,580
2010	0,450	0,498	0,518	0,518	0,503	0,532
2011	0,436	0,502	0,500	0,517	0,507	0,538
2012	0,450	0,478	0,518	0,523	0,511	0,513
2013	0,446	0,494	0,516	0,523	0,521	0,533
2014	0,447	0,497	0,522	0,551	0,530	0,529
2015	0,445	0,499	0,521	0,534	0,531	0,527
2016	0,448	0,498	0,514	0,509	0,520	0,506
2017	0,448	0,499	0,514	0,535	0,520	0,512
2018	0,450	0,506	0,525	0,550	0,518	0,523
2019	0,450	0,529	0,524	0,541	0,543	0,525
2020	0,462	0,538	0,545	0,547	0,533	0,521
2021	0,472	0,551	0,553	0,562	0,540	0,533
2022	0,464	0,548	0,553	0,554	0,543	0,541

**Tablo 7.** Mutluluk düzeyi sıralaması

Sıralama	18-24	25-34	35-44	45-54	55-64	65+
2003	6	3	4	1	2	5
2004	1	4	6	3	5	2
2005	1	5	6	4	2	3
2006	1	4	6	3	2	5
2007	1	5	6	3	2	4
2008	1	4	6	5	3	2
2009	1	2	5	3	4	6
2010	1	2	6	4	3	5
2011	1	4	5	3	2	6
2012	1	2	6	5	4	3
2013	1	3	6	5	4	2
2014	1	3	6	5	4	2
2015	1	2	6	4	3	5
2016	2	5	6	3	4	1
2017	2	3	6	5	4	1
2018	1	4	6	5	3	2
2019	1	3	6	4	5	2
2020	1	5	6	4	3	2
2021	1	5	6	4	2	3
2022	1	5	6	4	3	2

**Tablo 8.** 18-24 yaş arası yıllara göre mutluluk düzeyi sıralaması

	18-24
2011	0,535320
2007	0,529308
2013	0,528945
2016	0,528825
2012	0,528016
2015	0,527315
2010	0,527049
2005	0,524929
2006	0,524401
2017	0,523758
2014	0,523735
2004	0,522915
2008	0,520520
2009	0,518318
2019	0,517569
2018	0,516007
2022	0,505977
2020	0,504905
2021	0,502109
2003	0,491482

**Tablo 9.** 25-34 yaş arası yıllara göre mutluluk düzeyi sıralaması

	25-34
2012	0,516879
2010	0,510960
2003	0,510619
2016	0,507188
2011	0,506228
2013	0,505431
2007	0,505033
2015	0,501644
2017	0,501644
2014	0,501099
2006	0,496751
2004	0,495195
2009	0,492861
2008	0,492813
2005	0,492273
2018	0,492096
2019	0,485666
2020	0,476154
2022	0,474465
2021	0,473539

**Tablo 10.** 35-44 yaş arası yıllara göre mutluluk düzeyi sıralaması

	35-44
2003	0,50739
2011	0,504701



2012	0,497123
2016	0,496618
2010	0,494139
2004	0,493904
2007	0,489998
2017	0,489404
2006	0,488961
2013	0,487167
2015	0,484197
2005	0,483719
2009	0,481595
2008	0,479500
2014	0,478052
2018	0,474024
2019	0,473584
2021	0,471322
2022	0,464751
2020	0,457522

**Tablo 11.** 45-54 yaş arası yıllara göre mutluluk düzeyi sıralaması

45-54	
2003	0,524224
2011	0,510499
2016	0,509113
2010	0,508758
2007	0,507595
2004	0,504795
2006	0,502965
2005	0,501637
2012	0,500486
2013	0,498294
2017	0,49305
2015	0,490346
2008	0,487582
2014	0,486904
2019	0,48491
2009	0,483984
2018	0,479438
2021	0,479201
2022	0,478883
2020	0,47661

**Tablo 12.** 55-64 yaş arası yıllara göre mutluluk düzeyi sıralaması

### 5. Sonuçlar

Günlük yaşamda, olayların belirsiz, kararsız ve tutarsız olduğu durumlarla karşılaşılır. Bir olayı

55-64	
2003	0,517282
2011	0,510649
2007	0,510584
2010	0,510106
2005	0,507758
2016	0,507647
2006	0,507237
2012	0,505614
2013	0,501386
2017	0,499091
2018	0,498732
2008	0,496492
2004	0,495021
2015	0,494889
2014	0,494771
2022	0,488428
2021	0,486924
2020	0,485979
2019	0,483196
2009	0,482876

**Tablo 13.** 65+ yaş arası yıllara göre mutluluk düzeyi sıralaması

65+	
2017	0,541807
2016	0,531869
2013	0,526449
2014	0,522515
2008	0,516204
2018	0,512559
2004	0,508423
2012	0,506545
2007	0,506357
2010	0,505813
2005	0,503327
2019	0,497003
2006	0,493797
2011	0,493431
2022	0,492553
2020	0,49219
2003	0,491817
2015	0,487081
2021	0,483389
2009	0,475519

anlatırken veya bir durum hakkında karar verirken, genellikle olası, olası değil, orta, tatmin edici, zayıf vb. kesin olmayan ifadeler kullanılır. Bulanık küme teorisi, bu tür kesin olmayan dilsel ifadelerle ilgilenen

ve insan mantığına daha yakın kabul edilen bir yaklaşımdır. Ancak geleneksel bulanık küme teorisinde belirsizlik faktörü yoktur. Bu nedenle, gerçek dünyada var olan eksik ve tutarsız bilgilerden kaynaklanan çeşitli belirsizlik biçimlerini temsil etmek ve ek yetenekler sağlamak için nötrosifik küme kavramı tanıtılmıştır. Nötrosifik küme teorisi, karar vericinin, yeterli ve kesin bilgi eksikliği, algı farklılıkları, dil değişkenleri ve kişisel görüşler gibi çeşitli nedenlerden kaynaklanan belirsizlikleri yönetebilecek modeller geliştirmesine yardımcı olduğundan ifade gücü yüksektir. Karar verme problemlerinde bu anlamda kullanılması, daha doğru sıralamalar ve seçimler yapılmasına yardımcı olmaktadır. Bu çalışmada da mutlu olup olmadığı yönünde cevabı net olmayan, kararsız kalan bireyler mevcut olduğundan, nötrosifik küme değerleriyle karar verme yöntemlerinin entegre edilerek kullanılması daha doğru sonuçlar elde edilmesini sağlamıştır. Nötrosifik Critic ile kriterlerin önem ağırlıkları karar vericiye bırakılmamakta ve objektif sonuçlar elde edilmektedir. Nötrosifik Waspas ise ağırlıklı bütünleştirilmiş fonksiyonu optimize ederek tahminde yüksek tutarlılığa ulaşmayı sağlayan bir yöntem olmuştur. Bu entegre yöntemlerin sonucunda verilen tablolardan da yararlanarak aşağıdaki yorumlar yapılabilir:

1) Tablo 7 deki genel sıralamaya bakıldığında 2003-2022 yılları arasında en mutlu yaş grubu 18-24 yaş arası olurken en mutsuz yaş grubu 35-44 yaş arası olarak belirlenmiştir. Arada az da olsa farklılık gösteren yıllar Tablo da açıkça görülmektedir.

2) Başka bir bakış açısıyla, her yaş grubu için kendi içinde en mutlu olunan yıllar sıralaması yapılmak istendiğinde şu sonuçlar ortaya çıkmıştır:

a) 18-24 yaş arası:

A9>A5>A11>A14>A10>A13>A8>A3>A4>A15>A12>A2>A6>A7>A17>A16>A20>A18>A19>A1

Böylece bu yaş grubunun, diğer yıllarla kıyaslandığında en mutlu olduğu yıl 2011 yılıdır. En mutsuz olduğu yıl 2003 yılı olmuştur.

b) 25-34 yaş arası:

A10>A8>A1>A14>A9>A11>A5>A13>A15>A12>A4>A2>A7>A6>A3>A16>A17>A18>A20>A19

Böylece bu yaş grubunun, diğer yıllarla kıyaslandığında en mutlu olduğu yıl 2012 yılıdır. En mutsuz olduğu yıl 2021 yılı olmuştur.

c) 35-44 yaş arası:

A1>A9>A10>A14>A8>A2>A5>A15>A4>A11>A13>A3>A7>A6>A12>A16>A17>A19>A20>A18

Böylece bu yaş grubunun, diğer yıllarla kıyaslandığında en mutlu olduğu yıl 2003 yılıdır. En mutsuz olduğu yıl 2020 yılı olmuştur.

d) 45-54 yaş arası:

A1>A9>A14>A8>A5>A2>A4>A3>A10>A11>A15>A13>A6>A12>A17>A7>A16>A19>A20>A18

Böylece bu yaş grubunun, diğer yıllarla kıyaslandığında en mutlu olduğu yıl 2003 yılıdır. En mutsuz olduğu yıl 2020 yılı olmuştur.

e) 55-64 yaş arası:

A1>A9>A5>A8>A3>A14>A4>A10>A11>A15>A16>A6>A2>A13>A12>A20>A19>A18>A17>A7

Böylece bu yaş grubunun, diğer yıllarla kıyaslandığında en mutlu olduğu yıl 2003 yılıdır. En mutsuz olduğu yıl 2009 yılı olmuştur.

f) 65+ yaş grubu:

A15>A14>A11>A12>A6>A16>A2>A10>A5>A8>A3>A17>A4>A9>A20>A18>A1>A13>A19>A7

Böylece bu yaş grubunun, diğer yıllarla kıyaslandığında en mutlu olduğu yıl 2017 yılıdır. En mutsuz olduğu yıl 2009 yılı olmuştur.

## Etik Beyanı/Declaration of Ethical Code

*Bu çalışmada, "Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi" kapsamında uyulması gerekli tüm kurallara uyulduğunu, bahsi geçen yönergenin "Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler" başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbirinin gerçekleştirilmediğini taahhüt ederim.*

## Kaynakça

- [1] Tüik Yaşam Memnuniyeti Araştırması 2021 [https://www.tuik.gov.tr/media/announcement/s/yasam\\_memnuniyeti\\_arastirmasi\\_2021.pdf](https://www.tuik.gov.tr/media/announcement/s/yasam_memnuniyeti_arastirmasi_2021.pdf) (Erişim Tarihi: 01.08.2023)
- [2] Zadeh, L.A., 1965a. Fuzzy Sets. Inform. Control 8, 338-353.
- [3] Turksen, I., 1986. Interval valued fuzzy sets based on normal forms. Fuzzy Sets Syst. 20, 191-210.
- [4] Kumar, M., ve Yadav, S. P. 2012. A novel approach for analyzing fuzzy system reliability using different types of intuitionistic fuzzy failure rates of components. ISA Transactions, 51, 288-297.
- [5] Atanassov, K., 1986. Intuitionistic fuzzy sets. Fuzzy Sets Syst. 20, 87-96.
- [6] Liu, W., Liao, H., 2017. A bibliometric analysis of fuzzy decision research during 1970-2015. Int. J. Fuzzy Syst. 19 (1), 1-14.
- [7] Yu, D., Liao, H., 2016. Visualization and quantitative research on intuitionistic fuzzy studies. J. Intell. Fuzzy Syst. 30 (6), 3653-3663.
- [8] Broumi, S., Smarandache, F., 2013b. Correlation coefficient of interval neutrosophic set. Appl. Mech. Mater. 436, 511-517. [9] Kumar, M., ve Yadav, S. P. (2012). A novel approach for analyzing fuzzy system reliability using different types of intuitionistic fuzzy failure rates of components. ISA Transactions, 51, 288-297.
- [9] Peng, J., Wang, J., Zhang, H., Chen, X., 2014. An outranking approach for multicriteria decision-

- making problems with simplified neutrosophic sets. *Appl. Soft Comput.* 25, 336–346.
- [10] Ye, J., (-2013. Similarity measures between interval neutrosophic sets and their applications in multi criteria decision making. *J. Intell. Fuzzy Syst.* <http://dx.doi.org/10.3233/IFS-120724>.
- [11] Ye, J., 2014a. Single valued neutrosophic cross-entropy for multi criteria decision making problems. *Appl. Math. Model.* 38, 1170–1175.
- [12] Ye, J., 2014b. A multicriteria decision-making method using aggregation operators for simplified neutrosophic sets. *J. Intell. Fuzzy Syst.* 26 (5), 2459–2466.
- [13] Smarandache, F. 1999. A unifying field in Logics: Neutrosophic Logic. In *Philosophy* (pp. 1–141). American Research Press.
- [14] Smarandache, F., 1999. A Unifying Field in Logics. *Neutrosophy: Neutrosophic Probability, Set and Logic*. American Research Press, Rehoboth.
- [15] Smarandache, F. 2003. A unifying field in logics: neutrosophic logic. *Neutrosophy, neutrosophic set, neutrosophic probability and statistics*, third ed., Xiquan, Phoenix.
- [16] Smarandache, Florentin. 2017 "Neutrosophic Perspectives: Triplets, Duplets, Multisets, Hybrid Operators, Modal Logic, Hedge Algebras. And Applications (second extended and improved)." [https://digitalrepository.unm.edu/math\\_fsp/27](https://digitalrepository.unm.edu/math_fsp/27).
- [17] Smarandache, F. 2000. A Unifying Field in Logics: Neutrosophic Logic. *Neutrosophy, Neutrosophic set, Neutrosophic probability*. ISBN 1-879585-76-6 American Research Press.
- [18] Wang, H., Smarandache, F., Zhang, Y.Q., Sunderraman, R., 2010. Single valued neutrosophic sets. *Multispace Multistruct.* 4, 410–413.
- [19] Wang, Haibin & Smarandache, Florentin & Zhang, Yanqing & Sunderraman, Rajshekhar. 2012. Single valued neutrosophic sets. 10.
- [20] Majumdar, P., Samant, S.K., 2014. On similarity and entropy of neutrosophic sets. *J. Intell. Fuzzy Syst.* 26 (3), 1245–1252.
- [21] Peng, J., Wang, J., Wang, J., Zhang, H., Chen, X., 2016. Simplified neutrosophic sets and their applications in multi-criteria group decision-making problems. *Int. J. Syst. Sci.*
- [22] Zhang, H., Wang, J., Chen, X., 2014. Interval Neutrosophic Sets and Their Application in Multi criteria Decision Making Problems. *Sci. World.*
- [23] Alinezhad, A., Khalili J., 2019. New Methods and Applications in Multiple Attribute Decision Making (MADM), V.277, Springer.
- [24] Zavadskas, E. K., Antucheviciene, J., Saparautskas, J., & Turskis, Z. 2013. MCDM methods WASPAS and MULTIMOORA: Verification of robustness of methods when assessing alternative solutions. *Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research*, 47(2), 5–20.
- [25] Zavadskas, E. K., Bausys, R., & Lazauskas, M. 2015. Sustainable assessment of alternative sites for the construction of a waste incineration plant by applying WASPAS method with single-valued neutrosophic set. *Sustainability*, 7(12), 15923–15936.
- [26] Zavadskas, E. K., Bausys, R., Stanujkic, D., & Magdalinovic-Kalinovic, N. 2016. Selection of lead-zinc flotation circuit design by applying WASPAS method with single-valued neutrosophic set. *Acta Montanistica Slovaca*, 21(2), 85–92.
- [27] Zavadskas, E. K., Kalibatas, D., & Kalibatiene, D. 2016. A multi-attribute assessment using WASPAS for choosing an optimal indoor environment. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 16(1), 76–85.
- [28] Zavadskas, E. K., Turskis, Z., Antucheviciene, J., & Zakarevicius, A. 2012. Optimization of weighted aggregated sum product assessment. *Elektronika ir elektrotechnika*, 122(6), 3–6.