



**T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**ARALIK DEĞERLİ NEUTROSOPHİC KÜMELERDE BENZERLİK ÖLÇÜSÜ ve
ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME PROBLEMLERİNE UYGULAMALARI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İbrahim ARSLAN

**AĞUSTOS 2020
GÜMÜŞHANE**

**T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MATEMATİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ARALIK DEĞERLİ NEUTROSOPHİC KÜMELERDE BENZERLİK ÖLÇÜSÜ ve
ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME PROBLEMLERİNE UYGULAMALARI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İbrahim ARSLAN

**Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
“Matematik Mühendisliği Anabilim Dalı”
Yüksek Lisans Programında Kabul Edilen Tezdir.**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 27.07.2020

Tezin Sözlü Savunma Tarihi: 25.08.2020

AĞUSTOS 2020

TEZ BEYANNAMESİ

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Matematik Mühendisliği** Anabilim Dalı'nda, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlamış olduğum **“Aralık Değerli Neutrosophic Kümelerde Benzerlik Ölçüsü ve Çok Kriterli Karar Verme Problemlerine Uygulamaları”** isimli tez çalışmasında; bütün bilgi ve belgeleri genel akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel ve yazılı bütün bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak hazırlayıp sunduğumu, başka kaynaklardan yararlandığım bilgileri metin ve kaynaklarda eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma süresince bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksi durumda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 05/09/2020

İbrahim ARSLAN

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ARALIK DEĞERLİ NEUTROSOPHİC KÜMELERDE BENZERLİK ÖLÇÜSÜ ve ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME PROBLEMLERİNE UYGULAMALARI

İbrahim ARSLAN

Gümüşhane Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Matematik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Rıdvan ŞAHİN

2020, 69 sayfa

Son zamanlarda neutrosophic kümeler arasındaki benzerlik ölçüsü ile ilgili bazı yöntemler sunulmasına rağmen, aralık değerli neutrosophic kümelerin benzerlik ölçüsü hakkında çalışma sayısı oldukça azdır. Literatürde var olan benzerlik ölçüleri hala belirsiz olan çok kriterli karar verme problemlerinin çözümünde yeterli değildir. Dolayısıyla bu çalışmada, literatüre yeni bir benzerlik ölçüsü kazandırılarak bu ölçü tabanlı ve daha kullanışlı karar verme yöntemleri amaçlanmaktadır. Daha genel bir deyişle literatürde var olan benzerlik ölçülerinin eksik yanları tespit edilmiş olup, aralık değerli neutrosophic küme tabanlı yeni bir benzerlik ölçüsü tanımlanmıştır. Yeni tanımlanan benzerlik ölçüsü var olan benzerlik ölçüleri ile karşılaştırılarak yeni ölçünün üstün olduğu durumlar

belirlenmiştir. Çalışmanın bir sonucu olarak, tanımlanan benzerlik ölçüsü öncelikle, benzerlik ölçüsü tabanlı bir karar verme yöntemine sonra ise çok kriterli karar verme yöntemlerinden MABAC yöntemine uygulanarak iki model inşa edilmiştir. Bir karar verme problemi çözülerek sonuçlar diğer benzerlik ölçüleri ile karşılaştırılmış ve yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bulanık küme, Neutrosophic küme, Aralık değerli neutrosophic küme, Benzerlik ölçüsü, MABAC metodu, Çok kriterli karar verme



ABSTRACT
MS THESIS

**SIMILARITY MEASURE of INTERVAL VALUED NEUTROSOPHIC SETS and
its APPLICATIONS to MULTICRITERIA DECISION MAKING PROBLEMS**

İbrahim ARSLAN

Gümüşhane University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mathematical Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Rıdvan ŞAHİN

2020, 69 pages

Although some methods about the similarity measure between neutrosophic sets have been presented recently, the number of studies on the similarity measure of interval-valued neutrosophic sets is very few. The similarity measures that exist in the literature are not sufficient in solving the still uncertain multi-criteria decision-making problems. Therefore, in this study, it is aimed to gain a new similarity measure to the literature and use it in the solution and to facilitate the resolution of decision-making problems. In more general terms, the shortcomings of similarity measures that exist in the literature have been identified, and a new interval-valued neutrosophic set-based similarity measure has been defined. By comparing the newly defined similarity measure with the existing similarity measures, the situations where the new measure is superior are determined. As a result of

the study, two models were constructed by applying the similarity measure first to a similarity-based decision making method and then to the MABAC method, one of the multi-criteria decision making methods. After solving a decision-making problem, the results were compared with other similarity measures and interpreted.

Keywords: Fuzzy set, Neutrosophic set, Interval valued neutrosophic set, Similarity measure, MABAC method, Multi-criteria decision making.



TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Matematik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Tez konusunun belirlenmesinde bana yardımcı olan, bu çalışmanın her aşamasında bilgi ve tecrübesini benimle paylaşan, her fırsatta zaman ayırıp bana yol gösteren değerli danışman hocam Doç. Dr Rıdvan ŞAHİN'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Lisansüstü eğitimimin bütün aşamalarında yanımda olan ve beni hiç yalnız bırakmayan, her daim desteğini ve sevgisini derinden hissettiğim sevgili eşim Nursema ARSLAN'a, kızım Elif Dila ARSLAN ve oğlum Yusuf Eren ARSLAN'a sonsuz teşekkür ederim.

İbrahim ARSLAN
Gümüşhane, 2020

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET IV

ABSTRACT	VI
TEŞEKKÜR	VIII
İÇİNDEKİLER	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	X
TABLolar DİZİNİ	XI
SEMBOLLER ve KISALTMALAR	XII
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.2. Temel Kavramlar	5
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	15
2.1. Neutrosophic Kümelerde Benzerlik Ölçüleri	16
2.2. Tek Değerli Neutrosophic Kümelerde Benzerlik Ölçüleri	16
2.3. Aralık Değerli Neutrosophic Kümelerde Benzerlik Ölçüleri	17
3. BULGULAR ve TARTIŞMA	20
3.1. Önerilen Aralık Değerli Neutrosophic Benzerlik ölçüsü	20
3.2. Aralık Değerli Neutrosophic Benzerlik Ölçüsü Tabanlı Karar Verme	37
3.3. Aralık Değerli Neutrosophic MABAC Metodu	39
3.4. Sayısal Örnek	42
3.4.1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları	42
3.4.2. Benzerlik Metodunun Uygulaması	44
3.4.3. MABAC Metodunun Uygulaması	49
3.5. Karşılaştırma Analizi ve Kararlılık Analizi	53
4. SONUÇ VE ÖNERİLER	61
5. KAYNAKLAR	63
ÖZGEÇMİŞ	70

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. 1. Klasik küme (a) ve bulanık küme (b).....	6
Şekil 3. 1. Mabac Yöntemi Sınır Yakınlık Alanı (Pamucar ve Cirovic, 2015).....	41
Şekil 3. 2. γ risk faktörünün MABAC metodundaki genel sıralamaya etkisi	57
Şekil 3. 3. Farklı risk faktörlerinin MABAC için genel sıralama sonuçlarına etkisi	58
Şekil 3. 4. γ risk faktörünün benzerlik metodundaki genel sıralamaya etkisi.....	59
Şekil 3. 5. Farklı risk faktörlerinin benzerlik metodu için genel sıralamaya etkisi.....	60



TABLÖLER DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 2.1. Mevcut benzerlik ölçüleri	18
Tablo 3.1. Karar matrisleri	45
Tablo 3.2. R grup karar matrisi	46
Tablo 3.3. $\tilde{R}$ Ağırlıklı karar matrisi	47
Tablo 3.4. A^+ Pozitif ideal alternatif matrisi	48
Tablo 3.5. A^- Negatif ideal alternatif matrisi	48
Tablo 3.6. Benzerlik ölçüsü değerleri	48
Tablo 3.7. $\hat{R}$ Normalize edilmiş karar matrisi	50
Tablo 3.8. R' Ağırlıklı karar matrisi	51
Tablo 3.9. Sınır yaklaşık alanı matrisi	51
Tablo 3.10. Benzerlik ölçüsü matrisi	51
Tablo 3.11. Mesafe ölçüsü matrisi	52
Tablo 3.12. Aralık değerli benzerlik ölçülerinin karşılaştırma analizi	53
Tablo 3.13. Mevcut benzerlik ölçülerinin benzerlik metodu ile karşılaştırılması	55
Tablo 3.14. Mevcut benzerlik ölçülerinin MABAC metodu ile karşılaştırılması	56
Tablo 3.15. γ risk faktörünün MABAC metodundaki sıralamaya etkisi	56
Tablo 3.16. Farklı risk faktörleri için MABAC metodundaki sıralamanın değişimi	57
Tablo 3.17. γ risk faktörünün benzerlik metodundaki sıralamaya etkisi	58
Tablo 3.18. Farklı risk faktörleri için benzerlik metodundaki sıralamanın değişimi	59

SEMBOLLER ve KISALTMALAR

AADNAO	: Ağırlıklandırılmış Aralık Değerli Neutrosophic Aritmetik Ortalama
AADNGO	: Ağırlıklandırılmış Aralık Değerli Neutrosophic Geometrik Ortalama
AHP	: Analytic Hierarchy Process
ADNK	: Aralık Değerli Neutrosophic Küme
BK	: Bulanık Küme
COPRAS	: Complex Proportional Assessment.
ÇAKV	: Çok Amaçlı Karar Verme
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
ELECTRE	: Elimination Et Choix Traduisant La Realité.
GKM	: Grup karar matrisi
MABAC	: Multi-Attributive Border Approximation Area Comparison
MULTIMOORA	: The Multi-Objective Optimization By Ratio Analysis Plus Full Multiplicative Form
NK	: Neutrosophic Küme
PROMETHEE	: Preference Ranking Organization Method
SBK	: Sezgisel Bulanık Küme
SYA	: Sınır Yakınlık Alanı
TDNK	: Tek Değerli Neutrosophic Küme
TDNS	: Tek Değerli Neutrosophic Sayı
TODIM	: An Acronym In Portuguese For Iterative Multicriteria Decision Making
TOPSIS	: Technique For Order Preference By Similarity To An Ideal Solution
VIKOR	: Višekriterijumsko Kompromisno Rangiranje Resenje
YK	: Yakınlık Katsayısı
$\pi_A(x)$	: Tereddütlük Fonksiyonu
$\kappa_A(x)$	: Karakteristik Fonksiyon
$v_A(x)$	: Üye Olmama Fonksiyonu
$\mu_A(x)$	: Üyelik Fonksiyonu
$s(\alpha)$	: Skor Fonksiyonu
$h(\alpha)$	: Kesinlik Fonksiyonu
$T_A(x)$	: Doğruluk üyelik fonksiyonu
$I_A(x)$	: Belirsizlik üyelik fonksiyonu
$F_A(x)$	: Yanlışlık üyelik fonksiyonu

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Bütün canlıların doğumdan ölüme kadar geçirdikleri süreyi yaşam olarak tanımlayabiliriz. Bu süre zarfında tüm canlılar birçok zorlu ve karmaşık olayla karşılaşır. Biz insanoğlu da yaşamımızın her anında değişik olaylarla karşılaşırız. Bu olaylar karşısında bazen çok zorlanırız ve çözüm için değişik yollar aramaya başlarız. Kısaca hayatın her anında karmaşık bir hikâye vardır. Bu hikâyeler bazen çok kararsız durumları ortaya çıkarır ve dolayısıyla karar vermek bazen çok kolay olmayabilir. Özellikle son yıllarda teknolojinin hızla gelişmesi alternatiflerin bol olduğu bir süreci ortaya çıkarmıştır. Yani alternatifler arttıkça karar problemleri de çoğalmaya başlamıştır.

Günlük yaşamda veya iş hayatında karşılaşılan problemleri hızlı ve doğru bir şekilde çözmek, olaylara farklı açılardan bakmak ve farklı çözüm yolları üretmek, karar alma sürecinde doğru bir yol izlemekle mümkündür. Bu süreçte belki de en zor olanı belirsizlik içeren problemler olmaktadır. Belirsizlik arttıkça karar vermek hem zorlaşır hem de uzar. Bu tür problemlerin çözümünde de kısa yoldan, çözüm odaklı çalışan en belirgin bilim matematiktir. Matematik ve matematikçiler bu tür problemler için birçok çalışma ve teori ortaya atmıştır. Bu teoriler arasında aralık matematiği, olasılık teorisi, bulanık kümeler teorisi, yaklaşımlı kümeler teorisi, esnek kümeler teorisi gösterilebilir. Bu teoriler içerisinde en belirgin ve güncel olanı ise bulanık kümeler teorisidir.

1895 yılında George Cantor, klasik veya belirgin kümeler teorisini ortaya koymuştur. Cantor'un kümesine göre, bir nesnenin bir kümeye üye olması ve üye olmaması söz konusudur. Bu kümeleri ifade etmekte ise karakteristik fonksiyonlardan yararlanılmaktadır. Karakteristik fonksiyonu, üyelik durumuna göre her bir elemana 1 ve 0 değerlerinden birini atayan fonksiyondur. Klasik küme kavramında, bir X kümesindeki A alt kümesi kendisine ait karakteristik fonksiyonu κ_A ile ifade edilmektedir. Buradaki karakteristik fonksiyonun görevi X 'in elemanlarını $\{0,1\}$ kümesine götürmektir. Yani bu fonksiyonu matematiksel olarak,

$$\kappa_A: A \rightarrow \{0,1\} \text{ için } \forall x \in X, \kappa_A(x) = \begin{cases} 1, & x \in A \\ 0, & x \notin A \end{cases}$$

şeklinde ifade etmek mümkündür.

Söz konusu fonksiyonda görüldüğü gibi A kümesine ait elemanlar 1 değerini alırken, ait olmayan elemanlar ise 0 değerini almaktadır. Klasik kümelerde bir eleman birden fazla kümeye ait olabilmekte ve ait olduğu kümelere de aynı üyelik derecesi ile yani 1 olarak bağlı kalmaktadır.

Klasik kümelerde bir eleman için üyelikten üye olmamaya geçiş çok kesindir. Bu kesinlik, belirsizlik içeren problemlerin çözümünde klasik kümeleri yetersiz kılar. Bu tür belirsizlik içeren problemleri açıklayabilmek için Zadeh tarafından 1965 de bulanık kümeler (BK) tanımlanmıştır. Klasik küme teorisine karşın, bulanık küme teorisi gerçek hayatta belirsizliklerin ölçülmesinde güçlü ve anlamlı araçlar sunmakta ve doğal dildeki belirsiz kavramların anlamlı bir şekilde ifade edilmesini sağlamaktadır. Bulanık küme teorisinde, bulanık kümeleri içeren bir evrensel kümedeki elemanların üyelik geçişi dereceli olmaktadır. Eğer bir eleman herhangi bir kümeye ait olacaksa, o elemanın o kümeye ait olma derecesi de söz konusu olmaktadır. Yani bu derecelendirme bulanık kümelerin sınırlarına belirsizlik özelliğini katmaktadır. Bu sebeple bir elemanın bu kümeye ait olma derecesini ölçmeye yarayan bir fonksiyonla tanımlayabilmektedir. Söz konusu fonksiyon evrensel kümenin elemanlarını belirli bir aralıktaki reel sayılara karşılık getirerek elemanlar arasındaki derecelendirmeyi gerçekleştirmektedir. Buradaki fonksiyon üyelik fonksiyonu olarak tanımlanmakta ve X boş olmayan bir küme olmak üzere; X ’deki bir bulanık A kümesi;

$$A = \{\langle x, \mu_A(x) \rangle : x \in X\}$$

şeklinde gösterilmektedir. Buradaki üyelik fonksiyonu $\mu_A(x)$ ile verilmektedir; $\mu_A(x)$ üyelik fonksiyonu, A’nın elemanlarının üyelik derecesini göstermektedir.

Atanassov (1986) bulanık kümelerde eğer bir eleman bir kümeye ait ise, aynı elemanın aynı kümeye ait olmama durumu da olması gerektiğini belirtmiştir. Bir A bulanık kümesinde üyelik derecesi $\mu_A(x)$ iken üye olmama derecesi $1 - \mu_A(x)$ olarak alınabilir. Bu durumun bir uygulaması olarak, 10 oturumlu bir oylamada 8 kabul ve 2 ret oyu çıkabilir. Yani, oylamanın kabulü için üyelik derecesi 0.8 iken reddi için de üye olmama derecesi 0.2 dir ve bu derecelerinin toplamı birdir. Fakat Atanassov bu oturumda 5 kabul ve 4 ret oyla beraber 1 de çekimser oy çıkması durumunda bulanık kümelerin bu örnekteki gibi problemlerde kullanımının yetersiz kalacağını belirtmiştir (Atanassov, 1986).

Dolayısıyla bulanık kümede bir elemanın tereddüt (belirsizlik) durumunu açıklamak için Atanassov, 1986 da bu kümeye X evrensel kümesinin elemanlarını $[0,1]$ aralığına

götüren, üyelik olmama fonksiyonu olan $v_A(x)$ 'i ekleyerek, bulanık kümenin daha genel hali olan

$$A = \{\langle x, \mu_A(x), v_A(x) \rangle : x \in X\}$$

sezgisel bulanık kümesini (SBK) tanımlamıştır. Sezgisel bulanık küme teorisinde üyelik olma ve üyelik olmama fonksiyonlarının dereceleri toplamı her zaman $[0,1]$ aralığında değer alır. Buradaki belirsizlik fonksiyonu $\pi_A(x) = 1 - \mu_A(x) - v_A(x)$ şeklinde tanımlanmakta olup, belirsizlik fonksiyonu herhangi bir x elemanının A kümesine ait olup olmamasının belirsizlik seviyesini belirtmektedir.

Üyelik olma ve üyelik olmama fonksiyonlarındaki sınırlandırma, içerisinde belirsizlik bulunduran problemlerin için çözümünü zorlaştırmaktadır. Yani sezgisel bulanık kümeler, karar problemlerinde etkili sonuçlar vermesine rağmen, gerçek hayatta hala belirsiz bilgilerle başa çıkamadığı durumlar vardır. Örneğin, bir makale bir hakem tarafından incelendiğinde, hakem makaleyi % 70 kabul edilebilir, % 60 kabul edilemez bulurken, kanaatinin ise % 20 belirsiz olduğunu söyleyebilir. Bu durum hem BK'ler hem de SBK'lerle etkili bir şekilde açıklanamaz. Bu tür durumların çözümü için 1998 de Smarandache bulanık ve sezgisel bulanık kümeyi de içine alan içerisinde doğruluk $T_A(x)$, belirsizlik $I_A(x)$ ve yanlışlık $F_A(x)$ üyelik fonksiyonlarını barındıran, yeni bir küme teorisi olan neutrosophic kümeleri (NK) tanımlamıştır. Neutrosophic kümelerde belirsizlik açıkça ölçülür ve doğruluk üyeliği, belirsizlik üyeliği ve yanlışlık üyeliği birbirinden bağımsızdır.

Neutrosophic küme yukarıda belirtilen kümeleri felsefi bakış açısıyla genelleştirir. Bilimsel ya da mühendislik bakış açısına göre, neutrosophic kümeleri gerçek uygulamalarda kullanmak zor olduğundan Wang vd. (2010) neutrosophic kümenin özel hali olan tek değerli neutrosophic kümeleri (TDNK) tanımlamışlardır. Bu küme teorisinde de birbirlerinden bağımsız olarak doğruluk üyelik fonksiyonu $T_A(x) \in [0,1]$, $I_A(x) \in [0,1]$, $F_A(x) \in [0,1]$ olacak şekilde üç fonksiyon tanımlanmıştır. Tek değerli neutrosophic kümeler, insanın düşüncesini açıklamak için çok uygundur. Dolayısıyla, neutrosophic kümeler belirsizlik ve tutarsız bilginin temsiline en iyi şekilde uyarken, sezgisel bulanık küme belirsizlik ve tutarsız bilgiyi temsil etmede yetersiz kalır. Sonuç olarak bu durum neutrosophic kümelerde, hızlı bir gelişmenin yanında çok çeşitli uygulama alanlarının doğmasına imkân sağlamıştır.

Bununla birlikte birçok uygulamada, problem alanları hakkındaki bilgi veya veri eksikliği nedeniyle, karar bilgileri gerçek sayılar yerine aralıklarla verilebilir. Bu nedenle,

Smarandache'ın öncülüğünde, Wang vd. (2005) özel bir neutrosophic kümesi olan aralık değerli neutrosophic kümeler (ADNK) teorisi kavramını ortaya koymuştur. Değerleri gerçek sayı yerine, aralıklı olan aralık değerli neutrosophic küme, NK'ya göre belirsizliklerle başa çıkmada daha güçlüdür. NK'nin önemli bir uzantısı olarak ADNK, gerçek hayatta birçok uygulamaya sahiptir.

Endüstriyel, finansal ve ekonomiyi de içeren birçok karar problemlerinin karar vericileri bu problemlerin çözümü için birçok karar kriteri olduğunu hesaba katmıştır. Dolayısıyla, karar problemlerinin yapısı kriterlerinin çokluğu nedeniyle karmaşıktır. En uygun seçimi yapmak zor olduğundan çeşitli çok kriterli karar verme yöntemleri (ÇKKV) geliştirilmiştir. TOPSIS (Hwang ve Yoon, 1981), VIKOR (Opricovic ve Tzeng, 2002), ELECTRE (Benayoun vd., 1969), EDAS (Keshavarz vd., 2015), PROMETHEE (Mareschal ve Vincke, 1984), COPRAS (Bausys R., Zavadskas EK., Kaklauskas A., 2015), MULTIMOORA (Stanujkic vd., 2017) ve TODIM (Kahneman ve Tversky, 1979), MABAC (Peng ve Yang, 2016) bu yöntemlerden birkaçıdır.

Her gerçek alanda karar almak birey için çok zor bir iştir. Karar verme bazı özelliklere göre yapılır. Gerçek hayatta nitelik bilgisi belirsizlik, eksik ve tutarsız olabilir. Benzerlik ölçüsü, iki nesne arasındaki benzerlik derecesini belirlemek için en önemli ölçüm araçlarından biridir. Çok amaçlı karar verme, örüntü tanıma ve tıbbi tanı vb. gibi çeşitli pratik problemleri çözmek için birçok benzerlik ölçüsü önerilmiş ve uygulanmıştır.

Bu çalışmada, literatüre yeni bir benzerlik ölçüsü kazandırılarak, alternatif çözümleri çoğaltmak ve daha kullanışlı bir yöntem oluşturmak amaçlanmaktadır. Bunu yapmak için aralık değerli neutrosophic kümelerde yeni bir benzerlik ölçüsü tanımlanarak, ÇKKV yöntemlerine uygulaması araştırılmıştır. Literatürde var olan benzerlik ölçüleri ile karşılaştırılması yapılarak, üstün olduğu kısımlar gösterilmiştir. Ayrıca bu benzerlik ölçüsünün çok kriterli karar verme problemlerindeki uygulamaları karar verme yöntemleri örneklerle açıklanmıştır.

Bu tezde ilk olarak bulanık küme, sezgisel bulanık küme, neutrosophic kümelerle ilgili temel kavramlara yer verilmiştir. İkinci bölümde, neutrosophic küme tabanlı benzerlik ölçüleri ile ÇKKV yöntemlerinin bir literatür çalışması verilmiştir. Tezin üçüncü bölümünde, öncelikle iki yeni aralık değerli neutrosophic benzerlik ölçüsü tanımlanarak benzerlik ölçüsünün şartlarını sağladığı gösterilmiştir. Daha sonra tanımlanan bu iki yeni benzerlik ölçüsünün lineer kombinasyonu ile yeni bir hibrit benzerlik ölçüsü inşa edilerek bazı özellikleri incelenmiştir. Tanımlanan hibrit benzerlik ölçüsü ile iki karar verme

yöntemi oluşturulmuştur. Bu yöntemlerden ilki aralık değerli neutrosophic benzerlik ölçüsü tabanlı karar verme modeli iken ikincisi ise aralık değerli neutrosophic MABAC modelidir. Oluşturulan bu iki modelin kullanılabilir olduğunu göstermek için bu iki yeni model yenilenebilir enerji kaynaklarının sıralanması problemine uygulanmıştır. Son olarak ise literatürde var olan aralık değerli benzerlik ölçüleri ile önerilen hibrit benzerlik ölçüsünün bir karşılaştırma analizi sunulmuştur. Dördüncü ve son bölümde ise çalışmada elde edilen sonuçlar değerlendirilerek bazı öneriler verilmiştir.

1.2. Temel Kavramlar

Klasik küme iyi tanımlanmış nesneler topluluğu olarak tanımlanabilir. Klasik kümelerde bir nesnenin bir kümeye ait olması ve ait olmaması söz konusudur. Bu yaklaşıma göre bir eleman bir kümeye ya aittir ya da değildir. Bu tür kümeleri ifade etmekte için karakteristik fonksiyonlardan yararlanılmaktadır. Karakteristik fonksiyon her bir elemana 0 ve 1 değerlerinden birini üyelik durumuna göre atayarak evrensel küme üzerinde tanımlanan bir fonksiyondur. Klasik küme kavramında, bir X kümesindeki herhangi bir A alt kümesi kendisine ait karakteristik fonksiyon olan κ_A ile ifade edilmektedir. Buradaki karakteristik fonksiyon X in elemanlarını $\{0,1\}$ kümesine dönüştürmektedir. Klasik bir A kümesini

$$\kappa_A: A \rightarrow \{0,1\} \text{ için} \quad \forall x \in X, \kappa_A(x) = \begin{cases} 1, & x \in A \\ 0, & x \notin A \end{cases} \quad (1.1)$$

karakteristik fonksiyon yardımıyla ifade etmek mümkündür. (1.1) denklemindeki karakteristik fonksiyonda görüldüğü gibi A kümesindeki elemanlar 1 değerini alırken, A kümesinin dışındaki elemanlar ise 0 değerini almaktadır. Klasik kümelerde bir eleman birden fazla kümenin elemanı olabilmekte ve elemanı olduğu kümelere de aynı üyelik derecesi ile yani 1 ile tanımlanmaktadır. Üyelik dereceleri 1 değerini alan elemanlar oluşturulan kümeyi belirlemektedir. Dolayısıyla klasik kümelerde bir eleman için üyelikten üye olmamaya derecelendirilmiş bir geçişin çok kesin olduğu görülmektedir. Kesin olma durumu aşağıda verilen örnekteki gibi bazı durumlarda çok mantıklı gelmemektedir. Bir dersin başarı notları oluşturulurken 70 – 80 aralığında bulunan notlar için BA ve 60 – 70 aralığında bulunan notlar için BB kullanılmış olsun. Klasik küme teorisine göre 70 alan bir öğrenci için BA değerlendirmesi yapılırken, 69.9 alan bir öğrenci için BB değerlendirmesi yapılacaktır. Ancak 0.1 lik bir not farkı ile bu iki öğrenci iki farklı ders notuna maruz

kalmaktadır. Bu durumu modelleyebilmek için Zadeh tarafından 1965 de bulanık kümeler tanımlanmıştır.

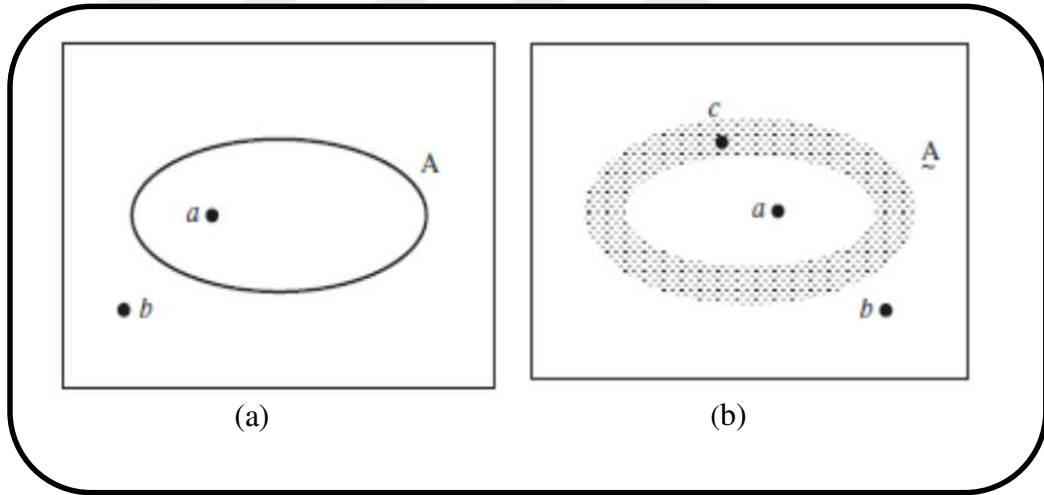
Tanım 1.1. (Zadeh, 1965). X sonlu bir küme olmak üzere;

$$A = \{\langle x, \mu_A(x) \rangle : x \in X\} \quad (1.2)$$

kümesi bulanık küme olarak adlandırılır. Burada $\mu_A: X \rightarrow [0,1]$ üyelik fonksiyonun $\mu_A(x)$ de x in A ye ait olma derecesini gösterir.

Zadeh'in bulanık kümeleri üzerine fikirleri kısa zamanda yapay zeka, sinir ağları, karar verme, uzman sistemler, kontrol teorisi gibi farklı birçok dalda uygulama alanı bulmuştur.

Klasik kümeler ile bulanık kümelerin elemanlarının üyelik ve üyelik dışı geçişleri şekil 1.1 de gösterilmiştir.



Şekil 1. 1. Klasik küme (a) ve bulanık küme (b)

Bulanık kümeler olduğu belirli durumlarda kullanışlı olmayabilir. Bulanık küme de bir elemanın tereddüt durumunu açıklamak için kaynaklanan bu eksikliği gidermek için Atanassov (1986), Zadeh'in bulanık kümelerinin bir genişlemesi olan sezgisel bulanık kümelerini tanımlamıştır.

Tanım 1.2. (Atanassov, 1986) $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ sonlu bir küme ve $\mu_A: X \rightarrow [0,1]$, $\nu_A: X \rightarrow [0,1]$ olsun. $0 \leq \mu_A(x) + \nu_A(x) \leq 1$ şartını sağlayan, sırasıyla μ_A üyelik fonksiyonu ve $\nu_A(x)$ üye olmama fonksiyonu için;

$$A = \{\langle x, \mu_A(x), \nu_A(x) \rangle : x \in X\} \quad (1.3)$$

şeklinde tanımlanan A kümesine X üzerinde tanımlı bir sezgisel bulanık küme (SBK) denir.

$\mu_A(x)$; $x \in X$ in A kümesine ait olma derecesini, $\nu_A(x)$; $x \in X$ in A kümesine ait olmama derecesini gösterir. Bulanık kümelerinden farklı olarak sezgisel bulanık kümelerinde; $\pi_A: X \rightarrow [0,1]$ ve $\pi_A(x) = 1 - \mu_A(x) - \nu_A(x)$ ile tanımlı bir tereddüt fonksiyonu söz konusudur. Sezgisel bulanık kümeler; üyelik derecesi, üye olmama derecesi ve tereddüt derecesini aynı anda göz önünde bulundurur. Dolayısıyla klasik ve bulanık kümelerine göre daha esnek, kullanışlı ve etkilidir.

$\pi_A(x) = 1 - \mu_A(x) - \nu_A(x) = 0$ olduğu durumda sezgisel bulanık kümeler, Zadeh 'in bulanık kümelerine indirgenir. Dolayısıyla bulanık kümeler, sezgisel bulanık kümelerin özel bir durumudur.

Atanassov (1986), sezgisel bulanık kümeler üzerinde aşağıdaki gibi temel küme işlemleri tanımlamıştır.

Tanım 1.3. (Atanassov, 1986) X sabit bir küme olmak üzere

$$A = \{\langle x, \mu_A(x), \nu_A(x) \rangle : x \in X\}$$

$$A_1 = \{\langle x, \mu_{A_1}(x), \nu_{A_1}(x) \rangle : x \in X\}$$

$$A_2 = \{\langle x, \mu_{A_2}(x), \nu_{A_2}(x) \rangle : x \in X\}$$

kümeleri üç sezgisel bulanık küme olsun. O halde

1. $\bar{A} = \{\langle x, \nu_A(x), \mu_A(x) \rangle : x \in X\}$ kümesine A kümesinin tümleyeni denir.
2. $A_1 \cap A_2 = \{\langle x, \min\{\mu_{A_1}(x), \mu_{A_2}(x)\}, \max\{\nu_{A_1}(x), \nu_{A_2}(x)\} \rangle : x \in X\}$ kümesine A_1 ile A_2 kümelerinin kesişimi denir.
3. $A_1 \cup A_2 = \{\langle x, \max\{\mu_{A_1}(x), \mu_{A_2}(x)\}, \min\{\nu_{A_1}(x), \nu_{A_2}(x)\} \rangle : x \in X\}$ kümesine A_1 ile A_2 kümelerinin birleşimi denir.
4. $A_1 + A_2 = \{\langle x, \mu_{A_1}(x) + \mu_{A_2}(x) - \mu_{A_1}(x) \cdot \mu_{A_2}(x), \nu_{A_1}(x) \cdot \nu_{A_2}(x) \rangle : x \in X\}$ kümesine iki sezgisel bulanık kümenin toplamı denir.
5. $A_1 \cdot A_2 = \{\langle x, \mu_{A_1}(x) \cdot \mu_{A_2}(x), \nu_{A_1}(x) + \nu_{A_2}(x) - \nu_{A_1}(x) \cdot \nu_{A_2}(x) \rangle : x \in X\}$ kümesine iki sezgisel bulanık kümenin çarpımı denir.
6. $n \cdot A = \{\langle x, 1 - (1 - \mu_A(x))^n, (\nu_A(x))^n \rangle : x \in X\}$

$$7. A^n = \{\langle x, (\mu_A(x))^n, 1 - (1 - v_A(x))^n \rangle : x \in X\}$$

Xu (2007b), $0 \leq \mu_A, v_A \leq 1$ ve $\mu_A + v_A \leq 1$ koşulu ile $\alpha = (\mu_A, v_A)$ sayı çiftini sezgisel bulanık sayı olarak adlandırmıştır. θ tüm sezgisel bulanık sayılar kümesini göstermek üzere; en büyük sezgisel bulanık sayı $\alpha^+ = (1,0)$ ve en küçük sezgisel bulanık sayı $\alpha^- = (0,1)$ dir. Chen ve Than (1994), $\alpha = (\mu_\alpha, v_\alpha)$ sezgisel bulanık kümesi için $s_\alpha = \mu_\alpha - v_\alpha$ olacak şekilde skor fonksiyonunu tanımlamıştır. Açık ki, $s_\alpha = [-1,1]$ dir. Daha sonra Hong ve Choi (2000), $\alpha = (\mu_\alpha, v_\alpha)$ sezgisel bulanık sayısı için $h(\alpha) = \mu_\alpha + v_\alpha$ olacak şekilde kesinlik fonksiyonunu tanımlamışlardır. Skor ve kesinlik fonksiyonlarına dayalı olarak Xu ve Yager (2006) sezgisel bulanık sayılar için bir karşılaştırma metodu geliştirmişlerdir.

Tanım 1.4. (Xu ve Yager, 2006) $\alpha_1 = (\mu_{\alpha_1}, v_{\alpha_1})$, $\alpha_2 = (\mu_{\alpha_2}, v_{\alpha_2})$ iki sezgisel bulanık sayı olmak üzere α_1 ve α_2 sayılarının skor ve kesinlik fonksiyonları sırasıyla

$$s(\alpha_1) = \mu_{\alpha_1} - v_{\alpha_1}, \quad s(\alpha_2) = \mu_{\alpha_2} - v_{\alpha_2}$$

$$h(\alpha_1) = \mu_{\alpha_1} + v_{\alpha_1}, \quad h(\alpha_2) = \mu_{\alpha_2} + v_{\alpha_2}$$

şeklindedir. Bu durumda

- $s(\alpha_1) < s(\alpha_2)$ ise $\alpha_1 < \alpha_2$
 - $s(\alpha_1) = s(\alpha_2)$ ise bu durumda
- $$(1.4)$$
- 1) $h(\alpha_1) = h(\alpha_2)$ ise $\alpha_1 \cong \alpha_2$ dir.
 - 2) $h(\alpha_1) < h(\alpha_2)$ ise $\alpha_1 < \alpha_2$
 - 3) $h(\alpha_1) > h(\alpha_2)$ ise $\alpha_1 > \alpha_2$

Sezgisel bulanık kümeler üzerinde tanımlanan işlemlerden esinlenerek, sezgisel bulanık sayılar için temel işlem kuralları tanımlanmıştır.

Tanım 1.5. (Xu, 2007b; Yager, 2006) $\alpha = (\mu_\alpha, v_\alpha)$, $\alpha_1 = (\mu_{\alpha_1}, v_{\alpha_1})$ ve $\alpha_2 = (\mu_{\alpha_2}, v_{\alpha_2})$ sezgisel bulanık sayılar olmak üzere;

- 1) $\bar{\alpha} = (v_\alpha, \mu_\alpha)$
- 2) $\alpha_1 \wedge \alpha_2 = \{\min(\mu_{\alpha_1}, \mu_{\alpha_2}), \max(v_{\alpha_1}, v_{\alpha_2})\}$
- 3) $\alpha_1 \vee \alpha_2 = \{\max(\mu_{\alpha_1}, \mu_{\alpha_2}), \min(v_{\alpha_1}, v_{\alpha_2})\}$

$$4) \alpha_1 \oplus \alpha_2 = \{\mu_{\alpha_1} + \mu_{\alpha_2} - \mu_{\alpha_1} \cdot \mu_{\alpha_2}, v_{\alpha_1} \cdot v_{\alpha_2}\} \quad (1.5)$$

$$5) \alpha_1 \otimes \alpha_2 = \{\mu_{\alpha_1} \cdot \mu_{\alpha_2}, v_{\alpha_1} + v_{\alpha_2} - v_{\alpha_1} \cdot v_{\alpha_2}\}$$

$$6) \lambda \alpha = \{1 - (1 - \mu_{\alpha})^{\lambda}, v_{\alpha}^{\lambda}\}, \lambda > 0$$

$$7) \alpha^{\lambda} = \{\mu_{\alpha}^{\lambda}, 1 - (1 - v_{\alpha})^{\lambda}\}, \lambda > 0$$

Son yıllarda, sezgisel bulanık kümeler birçok karar verme problemlerine uygulanmıştır. Fakat bu tür uygulamalarda ortaya çıkan belirsiz ve tutarsız bazı bilgileri sezgisel bulanık kümeleri kullanarak tanımlamak mümkün değildir. Bu nedenle, Smarandache 1999'da neutrosophic mantığı ve neutrosophic kümeleri önermiştir. Bir neutrosophic küme, genişletilmiş bir kümenin her bir elemanının, standart birim aralığındaki $]0^{-}1^{+}[$ cinsinden, doğruluk, belirsizlik ve yanlışlık derecelerine sahip olduğu bir kümedir. Bu yöntem sezgisel bulanık kümeler için kullanılan standart aralığın $[0,1]$ bir genişlemesini temsil eder. Burada sunulan belirsizlik (yani, belirsizlik faktörü), doğruluk ve yanlışlık derecelerinden bağımsızdır.

Smarandache (1999) neutrosophic kümeleri aşağıdaki gibi tanımlamıştır.

Tanım 1.6. (Smarandache, 1999) X herhangi bir küme ve $x \in X$ olsun, X üzerinde tanımlı bir A neutrosophic kümesi

$$A = \{\langle x, T_A(x), I_A(x), F_A(x) \rangle : x \in X\} \quad (1.6)$$

olarak tanımlanır.

Bu kümede $T_A(x)$ doğruluk üyelik fonksiyonunu, $I_A(x)$ belirsizlik üyelik fonksiyonu ve $F_A(x)$ yanlışlık üyelik fonksiyonudur. $T_A(x), I_A(x), F_A(x)$ fonksiyonları $]0^{-}1^{+}[$ kümesinin reel standart standart olmayan alt kümeleridir yani bu durum cebirsel olarak, $T_A: X \rightarrow]0^{-}1^{+}[$, $I_A: X \rightarrow]0^{-}1^{+}[$ ve $F_A: X \rightarrow]0^{-}1^{+}[$ şeklinde açıklanır. ($]0^{-}1^{+}[$, $[0,1]$ aralığının genişlemesidir).

Dolayısıyla buradaki üyelik fonksiyonlarının toplamı denklem (1.7) şeklinde ifade edilir

$$0^{-} \leq T_A(x) + I_A(x) + F_A(x) \leq 3^{+} \quad (1.7)$$

Neutrosophic küme, yukarıda belirtilen kümeleri felsefi bakış açısıyla genelleştirir. Bilimsel veya mühendislik bakış açısından, neutrosophic küme ve küme-teorik operatörlerin tanımlanması gerekir. Aksi takdirde, gerçek uygulamalarda kullanmak zor

olacaktır. Neutrosophic kümelerin gerçekçi problemlerde uygulanmasındaki zorluktan dolayı, Wang vd. (2010) neutrosophic kümelerin alt sınıfı olan tek değerli bir neutrosophic küme kavramını ortaya koymuştur.

Tek değerli neutrosophic kümeler aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

Tanım 1.7. (Wang vd., 2010) X herhangi bir küme ve $x \in X$ olsun. X de bir A tek değerli neutrosophic kümesi, doğruluk üyelik fonksiyonu $T_A(x)$, belirsizlik üyelik fonksiyonu $I_A(x)$ ve yanlışlık üyelik fonksiyonu $F_A(x)$ ile karakterize edilir. $\forall x \in X$ için $T_A(x), I_A(x), F_A(x) \in [0,1]$ olmak üzere;

$$A = \{\langle x, T_A(x), I_A(x), F_A(x) \rangle : x \in X\} \quad (1.8)$$

şeklinde ifade edilir.

Tek değerli bir neutrosophic sayı (TDNS) ise $u = (T_u, I_u, F_u)$ ile gösterilmektedir.

Tek değerli neutrosophic kümeler için aşağıdaki özellikler tanımlanmıştır.

Tanım 1.8. (Wang vd., 2010)

$$\begin{aligned} A &= \{\langle x, T_A(x), I_A(x), F_A(x) \rangle : x \in X\} \\ B &= \{\langle x, T_B(x), I_B(x), F_B(x) \rangle : x \in X\} \end{aligned}$$

iki tek değerli neutrosophic küme olmak üzere;

$$\begin{aligned} 1) \quad A + B &= \left\{ \langle x, T_A(x) + T_B(x) - T_A(x).T_B(x), \right. \\ &\quad \left. I_A(x) + I_B(x) - I_A(x).I_B(x), F_A(x) + F_B(x) - F_A(x).F_B(x) \rangle : x \in X \right\} \\ 2) \quad A.B &= \{\langle x, T_A(x).T_B(x), I_A(x).I_B(x), F_A(x).F_B(x) \rangle : x \in X\} \\ 3) \quad \lambda.A &= \left\{ \langle x, 1 - (1 - T_A(x))^\lambda, 1 - (1 - I_A(x))^\lambda, \right. \\ &\quad \left. 1 - (1 - F_A(x))^\lambda \rangle : x \in X \right\}, \lambda > 0 \\ 4) \quad A^\lambda &= \{\langle x, (T_A(x))^\lambda, (I_A(x))^\lambda, (F_A(x))^\lambda \rangle : x \in X\}, \lambda > 0 \\ 5) \quad A^c &= \langle F_A(x), 1 - I_A(x), T_A(x) \rangle \text{ (A'nın tümleyeni)} \end{aligned} \quad (1.9)$$

Tek değerli neutrosophic sayılar için bazı cebirsel özellikler aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır. $\lambda > 0$ için

Tanım 1.9. (Wang vd., 2010) $u = \langle T_u, I_u, F_u \rangle$ ve $v = \langle T_v, I_v, F_v \rangle$ iki tek değerli neutrosophic sayı olsun. O halde,

$$\begin{aligned}
1) \quad u + v &= \langle T_u + T_v - T_u \cdot T_v, I_u \cdot I_v, F_u \cdot F_v \rangle \\
2) \quad u \cdot v &= \langle T_u \cdot T_v, I_u + I_v - I_u \cdot I_v, F_u + F_v - F_u \cdot F_v \rangle \\
3) \quad \lambda \cdot u &= \langle 1 - (1 - T_u)^\lambda, I_u^\lambda, F_u^\lambda \rangle \\
4) \quad u^\lambda &= \langle T_u, 1 - (1 - I_u)^\lambda, 1 - (1 - F_u)^\lambda \rangle \\
5) \quad u^c &= \langle F_u, 1 - I_u, T_u \rangle \text{ (u nun tümleyeni)} \\
6) \quad u \subseteq v &\text{ ise } T_u \leq T_v, I_u \geq I_v \text{ ve } F_u \geq F_v \\
7) \quad u = v &\Leftrightarrow u \subseteq v \text{ ve } v \subseteq u
\end{aligned} \tag{1.10}$$

Tanım 1.10. (Wang vd., 2005) X boş olmayan herhangi bir küme ve $\forall x \in X$ olsun,

$$A = \{ \langle x, [T_A^L(x), T_A^U(x)], [I_A^L(x), I_A^U(x)], [F_A^L(x), F_A^U(x)] \rangle, x \in X \} \tag{1.11}$$

kümesine X üzerinde tanımlı aralık değerli bir neutrosophic küme (ADNK) denir.

$T_A(x), I_A(x), F_A(x)$ sırasıyla doğruluk üyelik fonksiyonu, belirsizlik üyelik fonksiyonu, yanlışlık üyelik fonksiyonunu göstermek üzere,

$\forall x \in X$ için,

$$\begin{aligned}
0 &\leq T_A^L(x) + I_A^L(x) + F_A^L(x) \leq 3, \\
0 &\leq T_A^U(x) + I_A^U(x) + F_A^U(x) \leq 3
\end{aligned}$$

bağıntısı vardır.

Tanım 1.11. (Wang vd., 2005) $\forall x \in X$ üzerinde tanımlı iki ADNK

$$\begin{aligned}
A &= \{ \langle x, ([T_A^L(x), T_A^U(x)], [I_A^L(x), I_A^U(x)], [F_A^L(x), F_A^U(x)]) \rangle | x \in X \} \\
B &= \{ \langle x, ([T_B^L(x), T_B^U(x)], [I_B^L(x), I_B^U(x)], [F_B^L(x), F_B^U(x)]) \rangle | x \in X \}
\end{aligned}$$

Olsun. Bu iki ADNK üzerine işlemler aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

1) $\forall x \in X$ için $A \subseteq B$ ise;

$$T_A^L(x) \leq T_B^L(x), T_A^U(x) \leq T_B^U(x), I_A^L(x) \geq I_B^L(x), I_A^U(x) \geq I_B^U(x)$$

$$F_A^L(x) \geq F_B^L(x), F_A^U(x) \geq F_B^U(x).$$

2) $\forall x \in X$ için $A = B$ ise; $A \subseteq B$ ve $B \subseteq A$ ise $A = B$ dir. Yani,

$$T_A^L(x) = T_B^L(x), T_A^U(x) = T_B^U(x), I_A^L(x) = I_B^L(x), I_A^U(x) = I_B^U(x)$$

$$F_A^L(x) = F_B^L(x), F_A^U(x) = F_B^U(x) \text{ dir.}$$

3) Boş bir A kümesi ($A = \emptyset$); $\forall x \in X$ için

$$T_A^L(x) = T_A^U(x) = 0, I_A^L(x) = I_A^U(x) = 1, F_A^L(x) = F_A^U(x) = 1. \text{ Yani}$$

$$A = \{x, [0,0], [1,1], [1,1]: x \in X\} \text{ dir.}$$

4) A kümesinin tümleyeni A^c ile gösterilir. $\forall x \in X$ için

$$A^c = \{ \langle x, ([F_A^L(x), F_A^U(x)], [1 - I_A^U(x), 1 - I_A^L(x)], [T_A^L(x), T_A^U(x)]) \rangle : x \in X \} \text{ dir.}$$

5) $\forall x \in X$ için

$$A \cup B = \left\{ x, \left(\begin{array}{l} [\max(T_A^L(x), T_B^L(x)), \max(T_A^U(x), T_B^U(x))], \\ [\min(I_A^L(x), I_B^L(x)), \min(I_A^U(x), I_B^U(x))], \\ [\min(F_A^L(x), F_B^L(x)), \min(F_A^U(x), F_B^U(x))] \end{array} \right) : x \in X \right\}$$

6) $\forall x \in X$ için

$$A \cap B = \left\{ x, \left(\begin{array}{l} [\min(T_A^L(x), T_B^L(x)), \min(T_A^U(x), T_B^U(x))], \\ [\max(I_A^L(x), I_B^L(x)), \max(I_A^U(x), I_B^U(x))], \\ [\max(F_A^L(x), F_B^L(x)), \max(F_A^U(x), F_B^U(x))] \end{array} \right) : x \in X \right\}$$

$$7) \lambda.A = \left\{ x, \left(\begin{array}{l} [1 - (1 - T_A^L(x))^\lambda, 1 - (1 - T_A^U(x))^\lambda], \\ [(I_A^L(x))^\lambda, (I_A^U(x))^\lambda], [(F_A^L(x))^\lambda, (F_A^U(x))^\lambda] \end{array} \right) : x \in X \right\}$$

$$8) A^\lambda = \left\{ x, \left(\begin{array}{l} [(T_A^L(x))^\lambda, (T_A^U(x))^\lambda], [1 - (1 - I_A^L(x))^\lambda, 1 - (1 - I_A^U(x))^\lambda], \\ [1 - (1 - F_A^L(x))^\lambda, 1 - (1 - F_A^U(x))^\lambda] \end{array} \right) : x \in X \right\}$$

Aralık değerli küme üzerinde tanımlı, aralık değerli sayı ve cebirsel işlemleri; Ye (2014) tarafından aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır.

Tanım 1.12. (Ye, 2014)

$$u = \{[T_u^L, T_u^U], [I_u^L, I_u^U], [F_u^L, F_u^U]\},$$

$$v = \{[T_v^L, T_v^U], [I_v^L, I_v^U], [F_v^L, F_v^U]\}$$

iki aralık değerli neutrosophic sayısı ve $\lambda > 0$ olmak üzere,

$$\begin{aligned}
1) \quad u + v &= \left\{ \begin{aligned} &[T_u^L + T_v^L - T_u^L \cdot T_v^L, T_u^U + T_v^U - T_u^U \cdot T_v^U], \\ &[I_u^L \cdot I_v^L, I_u^U \cdot I_v^U], [F_u^L \cdot F_v^L, F_u^U \cdot F_v^U] \end{aligned} \right\} \\
2) \quad u \cdot v &= \left\{ \begin{aligned} &[T_u^L \cdot T_v^L, T_u^U \cdot T_v^U], [I_u^L + I_v^L - I_u^L \cdot I_v^L, I_u^U + I_v^U - I_u^U \cdot I_v^U], \\ &[F_u^L + F_v^L - F_u^L \cdot F_v^L, F_u^U + F_v^U - F_u^U \cdot F_v^U] \end{aligned} \right\} \\
3) \quad u^\lambda &= \left\{ \begin{aligned} &[(T_u^L)^\lambda, (T_u^U)^\lambda], [1 - (1 - I_u^L)^\lambda, 1 - (1 - I_u^U)^\lambda], \\ &[1 - (1 - F_u^L)^\lambda, 1 - (1 - F_u^U)^\lambda] \end{aligned} \right\} \\
4) \quad \lambda \cdot u &= \left\{ \begin{aligned} &[1 - (1 - T_u^L)^\lambda, 1 - (1 - T_u^U)^\lambda], [(I_u^L)^\lambda, (I_u^U)^\lambda], \\ &[(F_u^L)^\lambda, (F_u^U)^\lambda] \end{aligned} \right\}
\end{aligned} \tag{1.12}$$

şeklinde tanımlanmıştır.

İki aralık değerli neutrosophic sayıyı sıralamak için Ye (2013) de aşağıdaki tanıımı vermiştir.

Tanım 1.13. (Ye, 2013) $x = \{[T_u^L, T_u^U], [I_u^L, I_u^U], [F_u^L, F_u^U]\}$ bir aralık değerli neutrosophic sayı olsun. $0 < \beta < \alpha < 1$ ve $0 \leq s_{\alpha, \beta}(x) \leq 1$ olmak üzere, skor fonksiyonu aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$s_{\alpha, \beta}(x) = \frac{2}{3} + \frac{T^L + T^U}{6} - \alpha \frac{I^L + I^U}{6} - \beta \frac{F^L + F^U}{6} \tag{1.13}$$

Tanım 1.14. (Zhang vd., 2014) $X = \{u_1, u_2, u_3, \dots, u_n\}$ ADNS'lerin bir ailesi, $AADNAO: X^n \rightarrow X$ olacak şekilde ağırlıklandırılmış aralık değerli neutrosophic aritmetik ortalama operatörü (AADNAO)

$$AADNAO(u_1, u_2, u_3, \dots, u_n) = \sum_{j=1}^n w_j u_j$$

şeklinde tanımlanır ve

$$AADNAO(u_1, u_2, u_3, \dots, u_n) = \left(\begin{aligned} &[1 - \prod_{j=1}^n (1 - T_j^L)^{w_j}, 1 - \prod_{j=1}^n (1 - T_j^U)^{w_j}], \\ &[\prod_{j=1}^n (I_j^L)^{w_j}, \prod_{j=1}^n (I_j^U)^{w_j}], \\ &[\prod_{j=1}^n (F_j^L)^{w_j}, \prod_{j=1}^n (F_j^U)^{w_j}] \end{aligned} \right) \tag{1.14}$$

şeklinde gösterilir. Burada $w_j \in [0, 1]$ ve $\sum_{j=1}^n w_j = 1$ olmak üzere, u_j 'lerin ağırlık vektörü $w = (w_1, w_2, w_3, \dots, w_n)^T$ dir.

Tanım 1.15. (Zhang vd., 2014) $X = \{u_1, u_2, u_3, \dots, u_n\}$ ADNS'lerin bir ailesi, $AADNGO: X^n \rightarrow X$ olacak şekilde ağırlıklandırılmış aralık değerli neutrosophic geometrik ortalama operatörü (AADNGO)

$$AADNGO(x_1, x_2, \dots, x_n) = \prod_{j=1}^n w_j u_j$$

şeklinde tanımlanır ve

$$AADNGO(x_1, x_2, \dots, x_n) = \left(\begin{array}{c} [\prod_{j=1}^n (T_j^L)^{w_j}, \prod_{j=1}^n (T_j^U)^{w_j}], \\ [1 - \prod_{j=1}^n (1 - I_j^L)^{w_j}, 1 - \prod_{j=1}^n (1 - I_j^U)^{w_j}], \\ [1 - \prod_{j=1}^n (1 - F_j^L)^{w_j}, 1 - \prod_{j=1}^n (1 - F_j^U)^{w_j}] \end{array} \right) \quad (1.15)$$

şeklinde gösterilir. Burada $w_j \in [0,1]$ ve $\sum_{j=1}^n w_j = 1$ olmak üzere, u_j 'lerin ağırlık vektörü $w = (w_1, w_2, w_3, \dots, w_n)^T$ dir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Benzerlik kavramı birçok bilim alanında kendine önemli bir yer bulmuştur. Çoğunlukla kümeleme, sınıflandırma, özellik seçimi, aykırı değer tespiti gibi karar verme problemi içeren uygulamalarda kullanılmaktadır. Literatürde, bu ölçülerle ilgili pek çok yöntem bulunmaktadır. Bu bölümde neutrosophic küme tabanlı benzerlik ölçüsü tanımını verilerek literatürde var olan neutrosophic benzerlik ölçüsü ile yapılan bazı çalışmalar hakkında bilgiler sunulmuştur.

Tanım 2.1. A ve B , X üzerinde tanımlı iki aralık değerli neutrosophic küme olsun. O halde,

- 1) $0 \leq N(A, B) \leq 1$,
- 2) $N(A, B) = 1 \Leftrightarrow A = B$,
- 3) $N(A, B) = N(B, A)$,
- 4) C , X üzerinde tanımlı bir aralık değerli neutrosophic küme olmak üzere;

$$A \subseteq B \subseteq C, N(A, C) \leq N(A, B) \text{ ve } N(A, C) \leq N(B, C)$$

özellikleri sağlanıyorsa, $N(A, B)$ ye A ve B nin bir benzerlik ölçüsü denir.

Çok kriterli karar verme problemleri hakkında bir çok yazar tarafından araştırma yapılmış ve bu tür problemlerde çözüm elde etmek için değişik yöntemler geliştirilmiştir (Chi vd., 2013; Ye 2013; Peng vd., 2015; Şahin, 2015; Şahin ve Küçük, 2018). Chi ve Liu (2013) bir şirketin seçiminde aralıklı olarak tanımlanan neutrosophic kümelerle ÇKKV problemlerini ele almak için neutrosophic TOPSIS yöntemini genişletmişlerdir. Majumdar ve Samanta (2014,2015) mesafe ve benzerlik kavramını ilk olarak tanıtmışlardır. Bausys vd. (2015) çalışmalarında TDNK'lerle COPRAS yöntemini genişletmiş ve sıvılaştırılmış bir doğal gaz terminali yer seçimine uygulamışlardır. Bausys ve Zavadskas (2015), ÇKKV sorunlarının çözümü için ADNK tabanlı VIKOR yöntemini sunmuşlardır. Peng vd. (2016) çok değerli neutrosophic kümelerin ortamındaki ÇKKV sorunlarını ele almak için genişletilmiş ELECTRE yöntemini önermişlerdir. Peng ve Yang (2016) MABAC'ı en iyi projeyi elde etmek için Ar-Ge proje seçimine uygulamıştır. Malzeme seçimi problemi için Xue ve ark. (2016) aralık değerli bir sezgisel bulanık MABAC önermiştir. . Wang ve Liu (2016) yeni enerji depolama alternatif seçimi için aralıklı neutrosophic kümeler ile

optimize PROMETHEE yöntemini kullanmışlardır. Zhang vd. (2016) aralık değerli neutrosophic sayıları (ADNS) içeren yeni bir ELECTRE IV yöntemini sunmuşlardır. Tan vd. (2017) acil karar verme problemleri için neutrosophic VIKOR uygulamışlardır. Karaşan ve Kahraman (2017) ADNK tabanlı EDAS yöntemini önermişler ve tedarikçi seçim problemlerine uygulamışlardır. Yu vd. (2017) bir turizm web sitesinde otelleri seçmek için MABAC yöntemini farklı yaklaşımlarla kullanmışlardır. Sun vd. (2018) tereddütlü bulanık MABAC yöntemini önermiştir. Peng ve Dai (2018) yeni bir skor fonksiyonuna ve TDNK'nin yeni bir aksiyomatik mesafe ölçüsüne dayalı ÇKKV problemleri için MABAC, TOPSIS ve benzerlik ölçüsünü içeren bir hibrit model sunmuşlardır.

2.1. Neutrosophic Kümelerde Benzerlik Ölçüleri

Salama ve Blowi (2012) bir benzerlik ölçütü olan neutrosophic kümeler alanı arasındaki korelasyon katsayısını tanımlamıştır. Broumi ve Smarandache (2013) neutrosophic kümeler için yeni bir benzerlik ölçüsü serisi önermiştir. Pinaki vd. (2014) neutrosophic kümelerin benzerliğini ve entropisini önermiştir. Biswas vd. (2015) yamuk bulanık neutrosophic sayılarla çok özellikli karar vermeyi temel alan kosinüs benzerlik ölçüsünü incelemişlerdir. Pramanik ve Mondal (2015) kaba neutrosophic kümelerin kosinüs benzerliği ölçüsünü sunmuşlardır. Pramanik ve Mondal (2015) ayrıca kaba neutrosophic kümelerin kotanjant benzerlik ölçüsü ve bunun tıbbi tanıya uygulanmasını çalışmışlardır. Ji vd. (2016) çok değerli neutrosophic ortamlarda projeksiyon tabanlı TODIM yöntemini personel seçimine uygulamışlardır. Biswas vd. (2016) TDNK'lerin genişletilmesiyle TOPSIS yöntemini önermişlerdir. Peng ve Liu (2017) EDAS yöntemine dayanan neutrosophic kümelerde yeni bir benzerlik ölçüsü önermişlerdir. Thao ve Smarandache (2018) neutrosophic kümelerde benzerlik ölçüsünü tıbbi sorunlarla ilgili bir uygulamada kullanmışlardır. Qin ve Wang (2019) yeni bir benzerlik ölçüsü ve entropi kavramını çalışmışlardır. Neutrosophic kümelerin bazı yeni uygulamaları; (Abdel-Basset vd., 2018; Mohamed vd., 2018; Abdel-Basset vd., 2019) olarak verilebilir.

2.2. Tek Değerli Neutrosophic Kümelerde Benzerlik Ölçüleri

Xu ve Yager (2009) iki ADNK arasındaki benzerlik ölçüsünü TDNK'ye genişletmiş ayrıca TDNK'ler için ağırlıklandırılmış bir benzerlik ölçüsü tanımlamışlardır. Ye (2013) TDNK'lerin mesafeye dayalı benzerlik ölçüsünü önermiştir. Broumi ve Smarandache (2013) Hausdorff mesafesini tanıtmıştır. Ye ve Fu (2014) tanjant fonksiyonuna dayanan

tek değerli bir neutrosophic benzerlik ölçüsü tanımlayarak tıbbi tanı problemine uygulamışlardır. Ye (2014) TDNK'ler için kosinüs fonksiyonuna dayalı geliştirilmiş kosinüs benzerliği ölçülerini önermiştir. Majumdar ve Samanta (2014) TDNK için entropi ölçüsüne dayalı tek değerli neutrosophic kümelerin çeşitli benzerlik ölçülerini incelemişlerdir. Ye vd. (2014) TDNK'lerde iki vektör arasındaki Jaccard, Dice ve kosinüs benzerlik ölçülerini daha da yaygınlaştırmışlardır. Ye (2015) tek değerli neutrosophic kosinüs benzerlik ölçüsünü sunmuştur. Majumdar (2015) TDNK'leri karşılaştırmak için Hamming ve Euclidean mesafesini kullanmıştır. Ye (2015) TDNK'ler için kotanjant fonksiyonuna dayalı iki kotanjant benzerlik ölçüsü tanımlayarak, bu benzerlik ölçülerini bir buhar türbininin arıza teşhisine uygulamıştır. Ye (2017) tek değerli neutrosophic kümelerin kotanjant benzerlik ölçüsünü önermiştir.

2.3. Aralık Değerli Neutrosophic Kümelerde Benzerlik Ölçüleri

Wang ve Qu (2013) mesafeye dayalı benzerlik tanımını önermiştir. Broumi ve Smarandache (2013) aynı zamanda aralık değerli neutrosophic kümeler arasındaki korelasyon katsayısını önermiştir. Ye (2014) tarafından iki aralık değerli neutrosophic küme arasındaki benzerlik ölçüsü tanımlanmıştır. Ye (2014) Hamming mesafesi ve Öklid mesafesine dayanan ADNK benzerlik ölçüsü sunmuştur. Broumi ve Smarandache (2014) aralık değerli neutrosophic kümelerin kosinüs benzerliği ölçüsünü tanımlamıştır. Ye (2015) aralık değerli neutrosophic kosinüs benzerlik ölçüsünü sunmuştur. Aydoğdu (2015) bir ADNK için bir entropi ölçüsü önermiştir.. Peng vd. (2017) MABAC benzerlik ölçüsü ve EDAS yöntemine dayanan bazı aralık değerli neutrophic soft karar verme yöntemleri geliştirmiştir. Bolturk ve Kahraman (2018) aralık değerli neutrosophic küme tabanlı kosinüs benzerlik ölçüsü ile AHP'ye dayalı bir yöntem geliştirmişlerdir. Wang vd. (2018) aralıklı neutrosophic olasılıkla bulanık stokastik ÇKKV yöntemlerini sunmuşlardır. Mondal vd. (2018) aralık değerli neutrosophic kümelerde tanjant benzerlik ölçüsünü bir yatırım şirketi seçme problemine uygulamışlardır. Zhikang ve Ye (2018) aralık değerli neutrosophic küme tanımlı logaritma benzerlik ölçüsünü arıza teşhis yöntemi problemine uygulamışlardır.

Aralık değeri neutrosophic kümelerde var olan bazı benzerlik ölçüleri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 2.1. Mevcut benzerlik ölçüleri

Mevcut Aralık Değerli Benzerlik Ölçüleri	Yazarlar
$S_{Y_1}(A, B) = 1 - \frac{1}{6n} \sum_{i=1}^n \{ T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i) + T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i) + I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i) + I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i) + F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i) + F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i) \}$	(Ye, 2014a)
$S_{Y_2}(A, B) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\left\{ \begin{aligned} &T_A^L(x_i).T_B^L(x_i) + T_A^U(x_i).T_B^U(x_i) + I_A^L(x_i).I_B^L(x_i) + \\ &I_A^U(x_i).I_B^U(x_i) + F_A^L(x_i).F_B^L(x_i) + F_A^U(x_i).F_B^U(x_i) \end{aligned} \right\}}{\left\{ \begin{aligned} &T_A^L(x_i)^2 + T_B^L(x_i)^2 + T_A^U(x_i)^2 + T_B^U(x_i)^2 + I_A^L(x_i)^2 + I_B^L(x_i)^2 + \\ &I_A^U(x_i)^2 + I_B^U(x_i)^2 + F_A^L(x_i)^2 + F_B^L(x_i)^2 + F_A^U(x_i)^2 + F_B^U(x_i)^2 - \\ &(T_A^L(x_i).T_B^L(x_i) + I_A^L(x_i).I_B^L(x_i) + F_A^L(x_i).F_B^L(x_i)) - \\ &(T_A^U(x_i).T_B^U(x_i) + I_A^U(x_i).I_B^U(x_i) + F_A^U(x_i).F_B^U(x_i)) \end{aligned} \right\}}$	(Ye, 2014b)
$S_{Y_3}(A, B) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\left\{ 2 \cdot \left(T_A^L(x_i).T_B^L(x_i) + T_A^U(x_i).T_B^U(x_i) + I_A^L(x_i).I_B^L(x_i) + I_A^U(x_i).I_B^U(x_i) + F_A^L(x_i).F_B^L(x_i) + F_A^U(x_i).F_B^U(x_i) \right) \right\}}{\left\{ \begin{aligned} &T_A^L(x_i)^2 + T_B^L(x_i)^2 + T_A^U(x_i)^2 + T_B^U(x_i)^2 + I_A^L(x_i)^2 + I_B^L(x_i)^2 + \\ &I_A^U(x_i)^2 + I_B^U(x_i)^2 + F_A^L(x_i)^2 + F_B^L(x_i)^2 + F_A^U(x_i)^2 + F_B^U(x_i)^2 \end{aligned} \right\}}$	(Ye, 2014b)
$S_{Y_4}(A, B) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\left(T_A^L(x_i).T_B^L(x_i) + I_A^L(x_i).I_B^L(x_i) + F_A^L(x_i).F_B^L(x_i) + T_A^U(x_i).T_B^U(x_i) + I_A^U(x_i).I_B^U(x_i) + F_A^U(x_i).F_B^U(x_i) \right)}{\left(\sqrt{[T_A^U(x_i)]^2 + [I_A^U(x_i)]^2 + [F_A^U(x_i)]^2} + \sqrt{[T_A^L(x_i)]^2 + [I_A^L(x_i)]^2 + [F_A^L(x_i)]^2} \right) \cdot \left(\sqrt{[T_B^U(x_i)]^2 + [I_B^U(x_i)]^2 + [F_B^U(x_i)]^2} + \sqrt{[T_B^L(x_i)]^2 + [I_B^L(x_i)]^2 + [F_B^L(x_i)]^2} \right)}$	(Ye, 2014b)
$S_{Y_5}(A, B) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \cos \left\{ \frac{\pi}{4} \left(\max \{ T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i) , I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i) , F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i) \} + \max \{ T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i) , I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i) , F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i) \} \right) \right\}$	(Ye, 2015)
$S_{Y_6}(A, B) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \cos \left\{ \frac{\pi}{12} \left(\frac{ T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i) + T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i) + I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i) + I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i) + F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i) + F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i) }{ T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i) + T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i) + I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i) + I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i) + F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i) + F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i) } \right) \right\}$	(Ye, 2015)
$S_{Y_7}(A, B) = \frac{2 \sum_{i=1}^n \left\{ \begin{aligned} &T_A^L(x_i).T_B^L(x_i) + T_A^U(x_i).T_B^U(x_i) + I_A^L(x_i).I_B^L(x_i) + \\ &I_A^U(x_i).I_B^U(x_i) + F_A^L(x_i).F_B^L(x_i) + F_A^U(x_i).F_B^U(x_i) \end{aligned} \right\}}{\sum_{i=1}^n \left\{ \begin{aligned} &T_A^L(x_i)^2 + T_B^L(x_i)^2 + T_A^U(x_i)^2 + T_B^U(x_i)^2 + I_A^L(x_i)^2 + I_B^L(x_i)^2 + \\ &I_A^U(x_i)^2 + I_B^U(x_i)^2 + F_A^L(x_i)^2 + F_B^L(x_i)^2 + F_A^U(x_i)^2 + F_B^U(x_i)^2 \end{aligned} \right\}}$	(Ye, 2016)
$S_{B_1}(A, B) = 1 - \sqrt[p]{\frac{\sum_{i=1}^n \left\{ \begin{aligned} & T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i) ^p + T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i) ^p + \\ & I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i) ^p + I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i) ^p + \\ & F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i) ^p + F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i) ^p \end{aligned} \right\}}{\sum_{i=1}^n \left\{ \begin{aligned} & T_A^L(x_i) + T_B^L(x_i) ^p + T_A^U(x_i) + T_B^U(x_i) ^p + \\ & I_A^L(x_i) + I_B^L(x_i) ^p + I_A^U(x_i) + I_B^U(x_i) ^p + \\ & F_A^L(x_i) + F_B^L(x_i) ^p + F_A^U(x_i) + F_B^U(x_i) ^p \end{aligned} \right\}}}$	(Broumi ve Smarandache, 2014a)

Tablo 2.1. (devamı)

$S_{B_2}(A, B) = \frac{\sum_{i=1}^n \left\{ \begin{array}{l} \min\{T_A^L(x_i), T_B^L(x_i)\} + \min\{T_A^U(x_i), T_B^U(x_i)\} + \\ \min\{I_A^L(x_i), I_B^L(x_i)\} + \min\{I_A^U(x_i), I_B^U(x_i)\} \\ + \min\{F_A^L(x_i), F_B^L(x_i)\} + \min\{F_A^U(x_i), F_B^U(x_i)\} \end{array} \right\}}{\sum_{i=1}^n \left\{ \begin{array}{l} \max\{T_A^L(x_i), T_B^L(x_i)\} + \max\{T_A^U(x_i), T_B^U(x_i)\} + \\ \max\{I_A^L(x_i), I_B^L(x_i)\} + \max\{I_A^U(x_i), I_B^U(x_i)\} \\ + \max\{F_A^L(x_i), F_B^L(x_i)\} + \max\{F_A^U(x_i), F_B^U(x_i)\} \end{array} \right\}}$	(Broumi ve Smarandache, 2014a)
$S_{B_3}(A, B) = \frac{\sum_{i=1}^n \left\{ \begin{array}{l} T_A^L(x_i) \cdot T_B^L(x_i) + T_A^U(x_i) \cdot T_B^U(x_i) + I_A^L(x_i) \cdot I_B^L(x_i) + \\ I_A^U(x_i) \cdot I_B^U(x_i) + F_A^L(x_i) \cdot F_B^L(x_i) + F_A^U(x_i) \cdot F_B^U(x_i) \end{array} \right\}}{\max \left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^n \left\{ \begin{array}{l} T_A^L(x_i)^2 + T_A^U(x_i)^2 + I_A^L(x_i)^2 + \\ I_A^U(x_i)^2 + F_A^L(x_i)^2 + F_A^U(x_i)^2 \end{array} \right\} \\ \sum_{i=1}^n \left\{ \begin{array}{l} T_B^L(x_i)^2 + T_B^U(x_i)^2 + I_B^L(x_i)^2 + \\ I_B^U(x_i)^2 + F_B^L(x_i)^2 + F_B^U(x_i)^2 \end{array} \right\} \end{array} \right\}}$	(Broumi ve Smarandache, 2014a)
$S_{B_4}(A, B) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\left\{ \begin{array}{l} (T_A^L(x_i) + T_A^U(x_i)) \cdot (I_A^L(x_i) + I_A^U(x_i)) \cdot (F_A^L(x_i) + F_A^U(x_i)) \cdot \\ (T_B^L(x_i) + T_B^U(x_i)) \cdot (I_B^L(x_i) + I_B^U(x_i)) \cdot (F_B^L(x_i) + F_B^U(x_i)) \end{array} \right\}}{\left\{ \begin{array}{l} \sqrt{(T_A^L(x_i) + T_A^U(x_i))^2 + (I_A^L(x_i) + I_A^U(x_i))^2 + (F_A^L(x_i) + F_A^U(x_i))^2} \cdot x \\ \sqrt{(T_B^L(x_i) + T_B^U(x_i))^2 + (I_B^L(x_i) + I_B^U(x_i))^2 + (F_B^L(x_i) + F_B^U(x_i))^2} \end{array} \right\}}$	(Broumi ve Smarandache, 2014a, 2014b)
$S_F(A, B) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{e^{-\frac{1}{6} \left(\frac{ T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i) + T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i) + I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i) + I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i) + F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i) + F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i) }{ T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i) + T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i) + I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i) + I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i) + F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i) + F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i) } \right)}}{1 - e^{-1}}$	(Fu ve Ye, 2017)
$S_L(A, B) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \cot \frac{\pi}{4} \left\{ 1 + \max \left\{ \begin{array}{l} T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i) , I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i) , \\ F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i) , T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i) , \\ I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i) , F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i) \end{array} \right\} \right\}$	(Liu, 2018)
$S_M(A, B) = 1 - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \tan \left(\frac{\pi}{12} \left(\begin{array}{l} \left \lambda (T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i)) + (1 - \lambda) (T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i)) \right + \\ \left \lambda (I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i)) + (1 - \lambda) (I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i)) \right + \\ \left \lambda (F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i)) + (1 - \lambda) (F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i)) \right \end{array} \right) \right),$ $0 \leq \lambda \leq 1$	(Mondal vd., 2018)
$S_J(A, B) = 1 - \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n \max \left\{ \begin{array}{l} T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i) + T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i) , I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i) + \\ I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i) , F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i) + F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i) \end{array} \right\}$	(Ji ve Zhang, 2016)
$S_A(A, B) = 1 - \frac{1}{2} \left\{ \begin{array}{l} \max_i (T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i)) + \max_i (I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i)) + \\ \max_i (F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i)) + \max_i (T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i)) + \\ \max_i (I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i)) + \max_i (F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i)) \end{array} \right\}$	(Aydoğdu, 2015)

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu bölümde aralık değerli neutrosophic kümeye dayalı iki yeni bir benzerlik ölçüsü tanımlanarak özellikleri sunulmuştur. Daha sonra bu benzerlik ölçüleri doğrusal fonksiyon yardımıyla birleştirilerek genelleştirilmiş benzerlik ölçüsü tanımlanmıştır.

3.1. Önerilen Aralık Değerli Neutrosophic Benzerlik ölçüsü

Tanım 3.1.1. X , n elemanlı sonlu bir küme olsun. $\forall x_i (i = 1, 2, \dots, n) \in X$ için;

$$A = \{ \langle x_i, ([T_A^L(x_i), T_A^U(x_i)], [I_A^L(x_i), I_A^U(x_i)], [F_A^L(x_i), F_A^U(x_i)]) \rangle | x_i \in X \}$$

$$B = \{ \langle x_i, ([T_B^L(x_i), T_B^U(x_i)], [I_B^L(x_i), I_B^U(x_i)], [F_B^L(x_i), F_B^U(x_i)]) \rangle | x_i \in X \}$$

İki aralık değerli neutrosophic küme olsun. O halde, A ve B arasında

$$N_1(A, B) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log_2 \left[2 - \frac{\left(|T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i)| + |I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i)| + |F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i)| + |T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i)| + |I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i)| + |F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i)| \right)}{6} \right] \quad (3.1)$$

şeklinde tanımlanır.

Teorem 3.1.1. A ve B iki ADNK olsun. O halde $N_1(A, B)$ aşağıdaki özellikleri sağlar

- 1) $0 \leq N_1(A, B) \leq 1$
- 2) $N_1(A, B) = 1 \Leftrightarrow A = B$
- 3) $N_1(A, B) = N_1(B, A)$
- 4) C , X üzerinde tanımlı bir aralık değerli neutrosophic küme olmak üzere;

$$A \subseteq B \subseteq C, \quad N_1(A, C) \leq N_1(A, B) \text{ ve } N_1(A, C) \leq N_1(B, C) \text{ 'dir.}$$

İspat:

$$\left[2 - \frac{\left(|T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i)| + |I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i)| + |F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i)| \right)}{6} \right] = \eta \text{ olsun, } \eta \in [1,2] \text{ için}$$

$$1) \quad 0 \leq T_A^L(x_i) + I_A^L(x_i) + F_A^L(x_i) \leq 3, \quad 0 \leq T_A^U(x_i) + I_A^U(x_i) + F_A^U(x_i) \leq 3$$

$$0 \leq T_B^L(x_i) + I_B^L(x_i) + F_B^L(x_i) \leq 3, \quad 0 \leq T_B^U(x_i) + I_B^U(x_i) + F_B^U(x_i) \leq 3$$

Üyelik fonksiyonlar için

$$0 \leq |T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i)| \leq 1$$

$$0 \leq |I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i)| \leq 1$$

$$0 \leq |F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i)| \leq 1$$

ve

$$0 \leq |T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i)| \leq 1$$

$$0 \leq |I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i)| \leq 1$$

$$0 \leq |F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i)| \leq 1$$

olduğundan

$$0 \leq |T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i)| + |I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i)| + |F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i)| \leq 3$$

$$0 \leq |T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i)| + |I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i)| + |F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i)| \leq 3$$

bulunur. O halde

$$0 \leq |T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i)| + |I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i)| + |F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i)| + |T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i)| + |I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i)| + |F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i)| \leq 6$$

olur. Dolayısıyla

$$0 \leq \max \left(|T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i)|, |I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i)|, |F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i)|, |T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i)|, |I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i)|, |F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i)| \right) \leq 1$$

olduğundan,

$$1 \leq 2 - \frac{\left(|T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i)| + |I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i)| + |F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i)| \right) + |T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i)| + |I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i)| + |F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i)|}{6} \leq 2$$

ve

$$0 \leq \log_2 \left[2 - \frac{\left(|T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i)| + |I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i)| + |F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i)| \right) + |T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i)| + |I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i)| + |F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i)|}{6} \right] \leq 1 \text{ dir.}$$

Burada $\forall x_i \in X (i = 1, 2, 3 \dots, n)$ için

$$0 \leq \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log_2 \left[2 - \frac{\left(|T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i)| + |I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i)| + |F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i)| \right) + |T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i)| + |I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i)| + |F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i)|}{6} \right] \leq 1$$

olur. Böylece $0 \leq N_1(A, B) \leq 1$ bulunur.

2) $A = B \Rightarrow N_1(A, B) = 1$ dir. $\forall x_i \in X (i = 1, 2, 3 \dots, n)$ için

$$A = B \Rightarrow T_A^L(x_i) = T_B^L(x_i), \quad I_A^L(x_i) = I_B^L(x_i), \quad F_A^L(x_i) = F_B^L(x_i)$$

$$T_A^U(x_i) = T_B^U(x_i), \quad I_A^U(x_i) = I_B^U(x_i), \quad F_A^U(x_i) = F_B^U(x_i) \text{ dir.}$$

Dolayısıyla

$$\begin{aligned} |T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i)| &= 0, |I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i)| = 0, |F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i)| = 0 \\ |T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i)| &= 0, |I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i)| = 0, |F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i)| = 0 \end{aligned}$$

olur. O halde

$$\begin{aligned} &|T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i)| + |I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i)| + |F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i)| \\ &+ |T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i)| + |I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i)| + |F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i)| = 0 \end{aligned}$$

dır. Böylece

$$\log_2 \left[2 - \frac{\left(|T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i)| + |I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i)| + |F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i)| \right) + |T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i)| + |I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i)| + |F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i)|}{6} \right] = 1$$

olur ve buradan hareketle $N_1(A, B) = 1$ dir.

Tersine $N_1(A, B) = 1$ olsun. O halde,

$$\begin{aligned} |T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i)| &= 0, |I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i)| = 0, |F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i)| = 0, \\ |T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i)| &= 0, |I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i)| = 0, |F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i)| = 0 \end{aligned}$$

olur.

Ve

$$\begin{aligned} T_A^L(x_i) &= T_B^L(x_i), & I_A^L(x_i) &= I_B^L(x_i), & F_A^L(x_i) &= F_B^L(x_i) \\ T_A^U(x_i) &= T_B^U(x_i), & I_A^U(x_i) &= I_B^U(x_i), & F_A^U(x_i) &= F_B^U(x_i) \end{aligned}$$

dir.

Buradan hareketle $A = B$ olur.

Sonuç olarak; $N_1(A, B) = 1 \Leftrightarrow A = B$

3) $N_1(A, B) = N_1(B, A)$ olduğunu gösterelim

$$\begin{aligned} |T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i)| &= |T_B^L(x_i) - T_A^L(x_i)|, & |I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i)| &= |I_B^L(x_i) - I_A^L(x_i)|, \\ |F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i)| &= |F_B^L(x_i) - F_A^L(x_i)| \end{aligned}$$

$$|T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i)| = |T_B^U(x_i) - T_A^U(x_i)|, |I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i)| = |I_B^U(x_i) - I_A^U(x_i)|,$$

$$|F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i)| = |F_B^U(x_i) - F_A^U(x_i)| \text{ eşitliklerinden hareket edersek,}$$

$$\frac{\left(|T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i)| + |I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i)| + |F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i)| \right) + |T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i)| + |I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i)| + |F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i)|}{6}$$

=

$$\frac{\left(|T_B^L(x_i) - T_A^L(x_i)| + |I_B^L(x_i) - I_A^L(x_i)| + |F_B^L(x_i) - F_A^L(x_i)| \right) + |T_B^U(x_i) - T_A^U(x_i)| + |I_B^U(x_i) - I_A^U(x_i)| + |F_B^U(x_i) - F_A^U(x_i)|}{6}$$

ve

$$2 - \frac{\left(|T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i)| + |I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i)| + |F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i)| \right) + |T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i)| + |I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i)| + |F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i)|}{6}$$

$$= 2 - \frac{\left(|T_B^L(x_i) - T_A^L(x_i)| + |I_B^L(x_i) - I_A^L(x_i)| + |F_B^L(x_i) - F_A^L(x_i)| \right) + |T_B^U(x_i) - T_A^U(x_i)| + |I_B^U(x_i) - I_A^U(x_i)| + |F_B^U(x_i) - F_A^U(x_i)|}{6}$$

olur. Yine

$$\log_2 \left[2 - \frac{\left(|T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i)| + |I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i)| + |F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i)| \right) + |T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i)| + |I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i)| + |F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i)|}{6} \right]$$

$$= \log_2 \left[2 - \frac{\left(|T_B^L(x_i) - T_A^L(x_i)| + |I_B^L(x_i) - I_A^L(x_i)| + |F_B^L(x_i) - F_A^L(x_i)| \right) + |T_B^U(x_i) - T_A^U(x_i)| + |I_B^U(x_i) - I_A^U(x_i)| + |F_B^U(x_i) - F_A^U(x_i)|}{6} \right]$$

olur. Dolayısıyla sonuç olarak;

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log_2 \left[2 - \frac{\left(|T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i)| + |I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i)| + |F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i)| \right) + |T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i)| + |I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i)| + |F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i)|}{6} \right]$$

$$= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log_2 \left[2 - \frac{\left(|T_B^L(x_i) - T_A^L(x_i)| + |I_B^L(x_i) - I_A^L(x_i)| + |F_B^L(x_i) - F_A^L(x_i)| \right) + |T_B^U(x_i) - T_A^U(x_i)| + |I_B^U(x_i) - I_A^U(x_i)| + |F_B^U(x_i) - F_A^U(x_i)|}{6} \right]$$

eşitliği sağlanır. Bu eşitliklerden de $N_1(A, B) = N_1(B, A)$ olduğu görülür.

4) $A \subseteq B \subseteq C$ ise

$$T_A^L(x_i) \leq T_B^L(x_i) \leq T_C^L(x_i), I_A^L(x_i) \geq I_B^L(x_i) \geq I_C^L(x_i), F_A^L(x_i) \geq F_B^L(x_i) \geq F_C^L(x_i)$$

ve

$$T_A^U(x_i) \leq T_B^U(x_i) \leq T_C^U(x_i), I_A^U(x_i) \geq I_B^U(x_i) \geq I_C^U(x_i), F_A^U(x_i) \geq F_B^U(x_i) \geq F_C^U(x_i)$$

olduğu açıktır. Dolayısıyla

$$|T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i)| \leq |T_A^L(x_i) - T_C^L(x_i)|$$

$$|I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i)| \leq |I_A^L(x_i) - I_C^L(x_i)|$$

$$|F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i)| \leq |F_A^L(x_i) - F_C^L(x_i)|$$

$$|T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i)| \leq |T_A^U(x_i) - T_C^U(x_i)|$$

$$|I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i)| \leq |I_A^U(x_i) - I_C^U(x_i)|$$

$$|F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i)| \leq |F_A^U(x_i) - F_C^U(x_i)|$$

bulunur. O halde

$$\begin{aligned} & \frac{\left(|T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i)| + |I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i)| + |F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i)| \right. \\ & \quad \left. + |T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i)| + |I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i)| + |F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i)| \right)}{6} \\ & \leq \\ & \frac{\left(|T_A^L(x_i) - T_C^L(x_i)| + |I_A^L(x_i) - I_C^L(x_i)| + |F_A^L(x_i) - F_C^L(x_i)| \right. \\ & \quad \left. + |T_A^U(x_i) - T_C^U(x_i)| + |I_A^U(x_i) - I_C^U(x_i)| + |F_A^U(x_i) - F_C^U(x_i)| \right)}{6} \end{aligned}$$

eşitsizliği elde edilir. Bu eşitsizliklerin her iki yanı ‘-’ ile çarpılırsa

$$\begin{aligned} & - \frac{\left(|T_A^L(x_i) - T_C^L(x_i)| + |I_A^L(x_i) - I_C^L(x_i)| + |F_A^L(x_i) - F_C^L(x_i)| \right. \\ & \quad \left. + |T_A^U(x_i) - T_C^U(x_i)| + |I_A^U(x_i) - I_C^U(x_i)| + |F_A^U(x_i) - F_C^U(x_i)| \right)}{6} \\ & \leq \\ & - \frac{\left(|T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i)| + |I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i)| + |F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i)| \right. \\ & \quad \left. + |T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i)| + |I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i)| + |F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i)| \right)}{6} \end{aligned}$$

eşitsizliği elde edilir. Daha sonra her iki eşitsizlik 2 ile toplanır ve

$$\begin{aligned} & \left[2 - \frac{\left(|T_A^L(x_i) - T_C^L(x_i)| + |I_A^L(x_i) - I_C^L(x_i)| + |F_A^L(x_i) - F_C^L(x_i)| \right. \right. \\ & \quad \left. \left. + |T_A^U(x_i) - T_C^U(x_i)| + |I_A^U(x_i) - I_C^U(x_i)| + |F_A^U(x_i) - F_C^U(x_i)| \right)}{6} \right] \\ & \leq \end{aligned}$$

$$\left[2 - \frac{\left(|T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i)| + |I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i)| + |F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i)| \right) + |T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i)| + |I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i)| + |F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i)|}{6} \right]$$

eşitsizliği ele edilir. Ve sonuç olarak,

$$\begin{aligned} & \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log_2 \left[2 - \frac{\left(|T_A^L(x_i) - T_C^L(x_i)| + |I_A^L(x_i) - I_C^L(x_i)| + |F_A^L(x_i) - F_C^L(x_i)| \right) + |T_A^U(x_i) - T_C^U(x_i)| + |I_A^U(x_i) - I_C^U(x_i)| + |F_A^U(x_i) - F_C^U(x_i)|}{6} \right] \\ & \leq \\ & \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log_2 \left[2 - \frac{\left(|T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i)| + |I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i)| + |F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i)| \right) + |T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i)| + |I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i)| + |F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i)|}{6} \right] \end{aligned}$$

eşitsizliğine ulaşılır. Dolayısıyla da; $N_1(A, C) \leq N_1(A, B)$ olduğu görülür.

Yukarıdaki işlemlere benzer olarak $N_1(A, C) \leq N_1(B, C)$ olduğu kolayca gösterilebilir. O halde $N_1(A, B)$ dört özelliği de sağladığı için bir benzerlik ölçüsüdür.

Tanım 3.1.2. $\forall x \in X$ için;

$$A = \{\langle x, ([T_A^L(x_i), T_A^U(x_i)], [I_A^L(x_i), I_A^U(x_i)], [F_A^L(x_i), F_A^U(x_i)]) \rangle | x \in X\}$$

$$B = \{\langle x, ([T_B^L(x_i), T_B^U(x_i)], [I_B^L(x_i), I_B^U(x_i)], [F_B^L(x_i), F_B^U(x_i)]) \rangle | x \in X\}$$

iki aralık değerli neutrosophic küme olsun. O halde, A ve B arasındaki ağırlaştırılmış benzerlik ölçüsü aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$N_1^w(A, B) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n w_i \log_2 \left[2 - \frac{\left(|T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i)| + |I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i)| + |F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i)| + |T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i)| + |I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i)| + |F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i)| \right)}{6} \right] \quad (3.2)$$

Burada $0 \leq w_i \leq 1$, $\sum_{i=1}^n w_i = 1$.

Teorem 3.1.2. A ve B arasındaki ağırlaştırılmış benzerlik ölçüsü $N_{1w}(A, B)$ aşağıdaki özellikleri sağlar.

- 1) $0 \leq N_1^w(A, B) \leq 1$
- 2) $N_1^w(A, B) = 1 \Leftrightarrow A = B$
- 3) $N_1^w(A, B) = N_{1_w}(B, A)$
- 4) C, X üzerinde tanımlı bir aralık değerli neutrosophic küme olmak üzere;

$A \subseteq B \subseteq C$ ise $N_1^w(A, C) \leq N_1^w(A, B)$ ve $N_1^w(A, C) \leq N_1^w(B, C)$ 'dir.

Teorem 3.1.1'in ispatına benzer şekilde N_1^w 'nin dört özelliği de sağladığı gösterilebilir.

Aşağıda başka bir aralık değerli benzerlik ölçüsü sunulmuştur.

Tanım 3.1.3. X , n elemanlı sonlu bir küme olsun. $\forall x_i (i = 1, 2, \dots, n) \in X$ için;

$$A = \{ \langle x_i, ([T_A^L(x_i), T_A^U(x_i)], [I_A^L(x_i), I_A^U(x_i)], [F_A^L(x_i), F_A^U(x_i)]) \rangle | x_i \in X \}$$

$$B = \{ \langle x_i, ([T_B^L(x_i), T_B^U(x_i)], [I_B^L(x_i), I_B^U(x_i)], [F_B^L(x_i), F_B^U(x_i)]) \rangle | x_i \in X \}$$

iki aralık değerli neutrosophic küme olsun.

O halde A ve B arasındaki benzerlik ölçüsü aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$N_2(A, B) = 1 - \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n \left[\frac{(T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i))^2}{4 + T_A^L(x_i) + T_B^L(x_i)} + \frac{(T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i))^2}{4 + T_A^U(x_i) + T_B^U(x_i)} + \frac{(I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i))^2}{4 + I_A^L(x_i) + I_B^L(x_i)} + \frac{(I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i))^2}{4 + I_A^U(x_i) + I_B^U(x_i)} + \frac{(F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i))^2}{4 + F_A^L(x_i) + F_B^L(x_i)} + \frac{(F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i))^2}{4 + F_A^U(x_i) + F_B^U(x_i)} + |m_A(x_i) - m_B(x_i)| \right] \quad (3.3)$$

$$m_{ij}(x_i) = \frac{2 + T_{ij}(x_i) - F_{ij}(x_i)}{4}, (i = 1, 2, \dots, m, j = 1, \dots, n). \quad (3.4)$$

Teorem 3.1.3. $N_2(A, B)$ benzerlik ölçüsü aşağıdaki özellikleri sağlar.

- 1) $0 \leq N_2(A, B) \leq 1$
- 2) $N_2(A, B) = 1 \Leftrightarrow A = B$
- 3) $N_2(A, B) = N_2(A, B)$
- 4) C, X üzerinde tanımlı bir aralık değerli neutrosophic küme olmak üzere;

$A \subseteq B \subseteq C$ için $N_2(A, C) \leq N_2(A, B)$ ve $N_2(A, C) \leq N_2(B, C)$

İspat:

$$1) \quad 0 \leq T_A^L(x_i) + I_A^L(x_i) + F_A^L(x_i) \leq 3, \quad 0 \leq T_A^U(x_i) + I_A^U(x_i) + F_A^U(x_i) \leq 3$$

$$0 \leq T_B^L(x_i) + I_B^L(x_i) + F_B^L(x_i) \leq 3, \quad 0 \leq T_B^U(x_i) + I_B^U(x_i) + F_B^U(x_i) \leq 3$$

Üyelik fonksiyonlar için

$$0 \leq \frac{(T_A^L - T_B^L)^2}{4 + T_A^L + T_B^L} \leq 1, \quad 0 \leq \frac{(I_A^L - I_B^L)^2}{4 + I_A^L + I_B^L} \leq 1, \quad 0 \leq \frac{(F_A^L - F_B^L)^2}{4 + F_A^L + F_B^L} \leq 1,$$

$$0 \leq \frac{(T_A^U - T_B^U)^2}{4 + T_A^U + T_B^U} \leq 1, \quad 0 \leq \frac{(I_A^U - I_B^U)^2}{4 + I_A^U + I_B^U} \leq 1, \quad 0 \leq \frac{(F_A^U - F_B^U)^2}{4 + F_A^U + F_B^U} \leq 1$$

$$0 \leq |m_A(x_i) - m_B(x_i)| \leq 1$$

dir. Ve buradan eşitsizlikler toplanırsa;

$$0 \leq \left[\frac{(T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i))^2}{4 + T_A^L(x_i) + T_B^L(x_i)} + \frac{(T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i))^2}{4 + T_A^U(x_i) + T_B^U(x_i)} + \frac{(I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i))^2}{4 + I_A^L(x_i) + I_B^L(x_i)} \right. \\ \left. + \frac{(I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i))^2}{4 + I_A^U(x_i) + I_B^U(x_i)} + \frac{(F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i))^2}{4 + F_A^L(x_i) + F_B^L(x_i)} + \frac{(F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i))^2}{4 + F_A^U(x_i) + F_B^U(x_i)} \right. \\ \left. + |m_A(x_i) - m_B(x_i)| \right] \leq 7$$

eşitsizliği elde edilir. Daha sonra,

$$0 \leq \max \left[\frac{(T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i))^2}{4 + T_A^L(x_i) + T_B^L(x_i)}, \frac{(T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i))^2}{4 + T_A^U(x_i) + T_B^U(x_i)}, \frac{(I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i))^2}{4 + I_A^L(x_i) + I_B^L(x_i)} \right. \\ \left. + \frac{(I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i))^2}{4 + I_A^U(x_i) + I_B^U(x_i)}, \frac{(F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i))^2}{4 + F_A^L(x_i) + F_B^L(x_i)}, \frac{(F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i))^2}{4 + F_A^U(x_i) + F_B^U(x_i)} \right. \\ \left. + |m_A(x_i) - m_B(x_i)| \right] \leq 1$$

eşitsizliğinden hareketle;

$$0 \leq \left[\begin{aligned} & \frac{(T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i))^2}{4 + T_A^L(x_i) + T_B^L(x_i)} + \frac{(T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i))^2}{4 + T_A^U(x_i) + T_B^U(x_i)} + \\ & \frac{(I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i))^2}{4 + I_A^L(x_i) + I_B^L(x_i)} + \frac{(I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i))^2}{4 + I_A^U(x_i) + I_B^U(x_i)} + \\ & \frac{(F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i))^2}{4 + F_A^L(x_i) + F_B^L(x_i)} + \frac{(F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i))^2}{4 + F_A^U(x_i) + F_B^U(x_i)} + |m_A(x_i) - m_B(x_i)| \end{aligned} \right] \leq 1$$

eşitsizliği elde edilir. Ve eşitsizlik '-1' ile çarpıldığında;

$$-1 \leq - \left[\begin{aligned} & \frac{(T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i))^2}{4 + T_A^L(x_i) + T_B^L(x_i)} + \frac{(T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i))^2}{4 + T_A^U(x_i) + T_B^U(x_i)} + \\ & \frac{(I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i))^2}{4 + I_A^L(x_i) + I_B^L(x_i)} + \frac{(I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i))^2}{4 + I_A^U(x_i) + I_B^U(x_i)} + \\ & \frac{(F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i))^2}{4 + F_A^L(x_i) + F_B^L(x_i)} + \frac{(F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i))^2}{4 + F_A^U(x_i) + F_B^U(x_i)} + |m_A(x_i) - m_B(x_i)| \end{aligned} \right] \leq 0$$

eşitsizliği elde edilir. Yine eşitsizliğe 1 eklendiğinde;

$$0 \leq 1 - \left[\begin{aligned} & \frac{(T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i))^2}{4 + T_A^L(x_i) + T_B^L(x_i)} + \frac{(T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i))^2}{4 + T_A^U(x_i) + T_B^U(x_i)} + \\ & \frac{(I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i))^2}{4 + I_A^L(x_i) + I_B^L(x_i)} + \frac{(I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i))^2}{4 + I_A^U(x_i) + I_B^U(x_i)} + \\ & \frac{(F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i))^2}{4 + F_A^L(x_i) + F_B^L(x_i)} + \frac{(F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i))^2}{4 + F_A^U(x_i) + F_B^U(x_i)} + |m_A(x_i) - m_B(x_i)| \end{aligned} \right] \leq 1$$

olur. Dolayısıyla

$$0 \leq 1 - \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n \left[\begin{aligned} & \frac{(T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i))^2}{4 + T_A^L(x_i) + T_B^L(x_i)} + \frac{(T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i))^2}{4 + T_A^U(x_i) + T_B^U(x_i)} + \\ & \frac{(I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i))^2}{4 + I_A^L(x_i) + I_B^L(x_i)} + \frac{(I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i))^2}{4 + I_A^U(x_i) + I_B^U(x_i)} + \\ & \frac{(F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i))^2}{4 + F_A^L(x_i) + F_B^L(x_i)} + \frac{(F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i))^2}{4 + F_A^U(x_i) + F_B^U(x_i)} + |m_A(x_i) - m_B(x_i)| \end{aligned} \right] \leq 1 \text{ dir.}$$

Buradan hareketle

$0 \leq N_2(A, B) \leq 1$ olduğu görülür.

2) $A = B \Rightarrow N_2(A, B) = 1$ dir. $\forall x_i \in X (i = 1, 2, 3 \dots, n)$ için

$$A = B \Rightarrow T_A^L(x_i) = T_B^L(x_i), \quad I_A^L(x_i) = I_B^L(x_i), \quad F_A^L(x_i) = F_B^L(x_i)$$

$$T_A^U(x_i) = T_B^U(x_i), \quad I_A^U(x_i) = I_B^U(x_i), \quad F_A^U(x_i) = F_B^U(x_i)$$

dir.

$$m_A(x_i) = \frac{2+T_A(x_i)-F_A(x_i)}{4} = \frac{2+T_B(x_i)-F_B(x_i)}{4} = m_B(x_i)$$

olduğundan $|m_A(x_i) - m_B(x_i)| = 0$ dir. O halde

$$\frac{(T_A^L(x_i)-T_B^L(x_i))^2}{4+T_A^L(x_i)+T_B^L(x_i)} = 0, \quad \frac{(T_A^U(x_i)-T_B^U(x_i))^2}{4+T_A^U(x_i)+T_B^U(x_i)} = 0, \quad \frac{(I_A^L(x_i)-I_B^L(x_i))^2}{4+I_A^L(x_i)+I_B^L(x_i)} = 0,$$

$$\frac{(I_A^U(x_i)-I_B^U(x_i))^2}{4+I_A^U(x_i)+I_B^U(x_i)} = 0, \quad \frac{(F_A^L(x_i)-F_B^L(x_i))^2}{4+F_A^L(x_i)+F_B^L(x_i)} = 0, \quad \frac{(F_A^U(x_i)-F_B^U(x_i))^2}{4+F_A^U(x_i)+F_B^U(x_i)} = 0 \text{ ve dolayısıyla}$$

$$\frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n \left[\frac{(T_A^L(x_i)-T_B^L(x_i))^2}{4+T_A^L(x_i)+T_B^L(x_i)} + \frac{(T_A^U(x_i)-T_B^U(x_i))^2}{4+T_A^U(x_i)+T_B^U(x_i)} + \frac{(I_A^L(x_i)-I_B^L(x_i))^2}{4+I_A^L(x_i)+I_B^L(x_i)} + \frac{(I_A^U(x_i)-I_B^U(x_i))^2}{4+I_A^U(x_i)+I_B^U(x_i)} + \frac{(F_A^L(x_i)-F_B^L(x_i))^2}{4+F_A^L(x_i)+F_B^L(x_i)} + \frac{(F_A^U(x_i)-F_B^U(x_i))^2}{4+F_A^U(x_i)+F_B^U(x_i)} + |m_A(x_i) - m_B(x_i)| \right] = 0 \text{ bulunur. O halde}$$

$$1 - \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n \left[\frac{(T_A^L(x_i)-T_B^L(x_i))^2}{4+T_A^L(x_i)+T_B^L(x_i)} + \frac{(T_A^U(x_i)-T_B^U(x_i))^2}{4+T_A^U(x_i)+T_B^U(x_i)} + \frac{(I_A^L(x_i)-I_B^L(x_i))^2}{4+I_A^L(x_i)+I_B^L(x_i)} + \frac{(I_A^U(x_i)-I_B^U(x_i))^2}{4+I_A^U(x_i)+I_B^U(x_i)} + \frac{(F_A^L(x_i)-F_B^L(x_i))^2}{4+F_A^L(x_i)+F_B^L(x_i)} + \frac{(F_A^U(x_i)-F_B^U(x_i))^2}{4+F_A^U(x_i)+F_B^U(x_i)} + |m_A(x_i) - m_B(x_i)| \right] = 1$$

olur.

Sonuç olarak; $A = B \Rightarrow N_2(A, B) = 1$ sağlanmış olur.

Tersine $N_2(A, B) = 1 \Rightarrow A = B$ olduğunu gösterelim.

$$1 - \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n \left[\frac{(T_A^L(x_i)-T_B^L(x_i))^2}{4+T_A^L(x_i)+T_B^L(x_i)} + \frac{(T_A^U(x_i)-T_B^U(x_i))^2}{4+T_A^U(x_i)+T_B^U(x_i)} + \frac{(I_A^L(x_i)-I_B^L(x_i))^2}{4+I_A^L(x_i)+I_B^L(x_i)} + \frac{(I_A^U(x_i)-I_B^U(x_i))^2}{4+I_A^U(x_i)+I_B^U(x_i)} + \frac{(F_A^L(x_i)-F_B^L(x_i))^2}{4+F_A^L(x_i)+F_B^L(x_i)} + \frac{(F_A^U(x_i)-F_B^U(x_i))^2}{4+F_A^U(x_i)+F_B^U(x_i)} + |m_A(x_i) - m_B(x_i)| \right] = 1$$

ise

$$\frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n \left[\frac{(T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i))^2}{4 + T_A^L(x_i) + T_B^L(x_i)} + \frac{(T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i))^2}{4 + T_A^U(x_i) + T_B^U(x_i)} + \frac{(I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i))^2}{4 + I_A^L(x_i) + I_B^L(x_i)} + \frac{(I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i))^2}{4 + I_A^U(x_i) + I_B^U(x_i)} + \frac{(F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i))^2}{4 + F_A^L(x_i) + F_B^L(x_i)} + \frac{(F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i))^2}{4 + F_A^U(x_i) + F_B^U(x_i)} + |m_A(x_i) - m_B(x_i)| \right] = 0$$

dır. Buradan hareketle;

$$\begin{aligned} \frac{(T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i))^2}{4 + T_A^L(x_i) + T_B^L(x_i)} &= 0, \frac{(T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i))^2}{4 + T_A^U(x_i) + T_B^U(x_i)} = 0, \frac{(I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i))^2}{4 + I_A^L(x_i) + I_B^L(x_i)} = 0, \\ \frac{(I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i))^2}{4 + I_A^U(x_i) + I_B^U(x_i)} &= 0, \frac{(F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i))^2}{4 + F_A^L(x_i) + F_B^L(x_i)} = 0, \frac{(F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i))^2}{4 + F_A^U(x_i) + F_B^U(x_i)} = 0, \\ |m_A(x_i) - m_B(x_i)| &= 0 \end{aligned}$$

olur ve

$$T_A^L(x_i) = T_B^L(x_i), T_A^U(x_i) = T_B^U(x_i), I_A^L(x_i) = I_B^L(x_i), I_A^U(x_i) = I_B^U(x_i), F_A^L(x_i) = F_B^L(x_i),$$

$$F_A^U(x_i) = F_B^U(x_i), m_A(x_i) = m_B(x_i) \text{ olur.}$$

Buradan $A = B$ olduğu görülür.

O halde, $N_2(A, B) = 1 \Rightarrow A = B$ olduğundan $N_2(A, B) = 1 \Leftrightarrow A = B$ şartı sağlanmış olur.

3) $N_2(A, B) = N_2(B, A)$ olduğunu gösterelim

$$\begin{aligned} \frac{(T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i))^2}{4 + T_A^L(x_i) + T_B^L(x_i)} &= \frac{(T_B^L(x_i) - T_A^L(x_i))^2}{4 + T_B^L(x_i) + T_A^L(x_i)}, \\ \frac{(T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i))^2}{4 + T_A^U(x_i) + T_B^U(x_i)} &= \frac{(T_B^U(x_i) - T_A^U(x_i))^2}{4 + T_B^U(x_i) + T_A^U(x_i)}, \\ \frac{(I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i))^2}{4 + I_A^L(x_i) + I_B^L(x_i)} &= \frac{(I_B^L(x_i) - I_A^L(x_i))^2}{4 + I_B^L(x_i) + I_A^L(x_i)}, \\ \frac{(I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i))^2}{4 + I_A^U(x_i) + I_B^U(x_i)} &= \frac{(I_B^U(x_i) - I_A^U(x_i))^2}{4 + I_B^U(x_i) + I_A^U(x_i)} \end{aligned}$$

$$\frac{(F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i))^2}{4 + F_A^L(x_i) + F_B^L(x_i)} = \frac{(F_B^L(x_i) - F_A^L(x_i))^2}{4 + F_B^L(x_i) + F_A^L(x_i)},$$

$$\frac{(F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i))^2}{4 + F_A^U(x_i) + F_B^U(x_i)} = \frac{(F_B^U(x_i) - F_A^U(x_i))^2}{4 + F_B^U(x_i) + F_A^U(x_i)}$$

ve

$$|m_A(x_i) - m_B(x_i)| = |m_B(x_i) - m_A(x_i)|$$

olduğundan, $N_2(A, B) = N_2(B, A)$ olduğu kolaylıkla görülür.

4) $A \subseteq B \subseteq C$ ise

$$T_A^L(x_i) \leq T_B^L(x_i) \leq T_C^L(x_i), I_A^L(x_i) \geq I_B^L(x_i) \geq I_C^L(x_i), F_A^L(x_i) \geq F_B^L(x_i) \geq F_C^L(x_i)$$

ve

$$T_A^U(x_i) \leq T_B^U(x_i) \leq T_C^U(x_i), I_A^U(x_i) \geq I_B^U(x_i) \geq I_C^U(x_i), F_A^U(x_i) \geq F_B^U(x_i) \geq F_C^U(x_i)$$

olduğu açıktır.

Dolayısıyla X üzerinde tanımlı tüm x_i ler için, $0 \leq m_A(x_i) \leq m_B(x_i) \leq m_C(x_i)$ den hareketle

$$|m_A(x_i) - m_B(x_i)| \leq |m_A(x_i) - m_C(x_i)|, |m_B(x_i) - m_C(x_i)| \leq |m_A(x_i) - m_C(x_i)|$$

olur. Ve yine

$$\frac{(T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i))^2}{4 + T_B^L(x_i) + T_A^L(x_i)} \leq \frac{(T_A^L(x_i) - T_C^L(x_i))^2}{4 + T_A^L(x_i) + T_C^L(x_i)}, \frac{(T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i))^2}{4 + T_B^U(x_i) + T_A^U(x_i)} \leq \frac{(T_A^U(x_i) - T_C^U(x_i))^2}{4 + T_A^U(x_i) + T_C^U(x_i)}$$

$$\frac{(I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i))^2}{4 + I_B^L(x_i) + I_A^L(x_i)} \leq \frac{(I_A^L(x_i) - I_C^L(x_i))^2}{4 + I_A^L(x_i) + I_C^L(x_i)}, \frac{(I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i))^2}{4 + I_B^U(x_i) + I_A^U(x_i)} \leq \frac{(I_A^U(x_i) - I_C^U(x_i))^2}{4 + I_A^U(x_i) + I_C^U(x_i)}$$

$$\frac{(F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i))^2}{4 + F_B^L(x_i) + F_A^L(x_i)} \leq \frac{(F_A^L(x_i) - F_C^L(x_i))^2}{4 + F_A^L(x_i) + F_C^L(x_i)}, \frac{(F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i))^2}{4 + F_B^U(x_i) + F_A^U(x_i)} \leq \frac{(F_A^U(x_i) - F_C^U(x_i))^2}{4 + F_A^U(x_i) + F_C^U(x_i)}$$

eşitsizliğinden hareket ederek,

$$\begin{aligned}
& \frac{(T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i))^2}{4 + T_A^L(x_i) + T_B^L(x_i)} + \frac{(T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i))^2}{4 + T_A^U(x_i) + T_B^U(x_i)} + \frac{(I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i))^2}{4 + I_A^L(x_i) + I_B^L(x_i)} + \frac{(I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i))^2}{4 + I_A^U(x_i) + I_B^U(x_i)} \\
& + \frac{(F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i))^2}{4 + F_A^L(x_i) + F_B^L(x_i)} + \frac{(F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i))^2}{4 + F_A^U(x_i) + F_B^U(x_i)} + |m_A(x_i) - m_B(x_i)| \\
& \leq \\
& \frac{(T_A^L(x_i) - T_C^L(x_i))^2}{4 + T_A^L(x_i) + T_C^L(x_i)} + \frac{(T_A^U(x_i) - T_C^U(x_i))^2}{4 + T_A^U(x_i) + T_C^U(x_i)} + \frac{(I_A^L(x_i) - I_C^L(x_i))^2}{4 + I_A^L(x_i) + I_C^L(x_i)} + \frac{(I_A^U(x_i) - I_C^U(x_i))^2}{4 + I_A^U(x_i) + I_C^U(x_i)} \\
& + \frac{(F_A^L(x_i) - F_C^L(x_i))^2}{4 + F_A^L(x_i) + F_C^L(x_i)} + \frac{(F_A^U(x_i) - F_C^U(x_i))^2}{4 + F_A^U(x_i) + F_C^U(x_i)} + |m_A(x_i) - m_C(x_i)|
\end{aligned}$$

eşitsizliği elde edilir. Ve bu eşitsizlik ‘-1’ ile çarpıldığında,

$$\begin{aligned}
& - \left[\frac{(T_A^L(x_i) - T_C^L(x_i))^2}{4 + T_A^L(x_i) + T_C^L(x_i)} + \frac{(T_A^U(x_i) - T_C^U(x_i))^2}{4 + T_A^U(x_i) + T_C^U(x_i)} + \frac{(I_A^L(x_i) - I_C^L(x_i))^2}{4 + I_A^L(x_i) + I_C^L(x_i)} \right. \\
& \quad + \frac{(I_A^U(x_i) - I_C^U(x_i))^2}{4 + I_A^U(x_i) + I_C^U(x_i)} + \frac{(F_A^L(x_i) - F_C^L(x_i))^2}{4 + F_A^L(x_i) + F_C^L(x_i)} + \frac{(F_A^U(x_i) - F_C^U(x_i))^2}{4 + F_A^U(x_i) + F_C^U(x_i)} \\
& \quad \left. + |m_A(x_i) - m_C(x_i)| \right] \\
& \leq \\
& - \left[\frac{(T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i))^2}{4 + T_A^L(x_i) + T_B^L(x_i)} + \frac{(T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i))^2}{4 + T_A^U(x_i) + T_B^U(x_i)} + \frac{(I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i))^2}{4 + I_A^L(x_i) + I_B^L(x_i)} \right. \\
& \quad + \frac{(I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i))^2}{4 + I_A^U(x_i) + I_B^U(x_i)} + \frac{(F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i))^2}{4 + F_A^L(x_i) + F_B^L(x_i)} + \frac{(F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i))^2}{4 + F_A^U(x_i) + F_B^U(x_i)} \\
& \quad \left. + |m_A(x_i) - m_B(x_i)| \right]
\end{aligned}$$

eşitsizliği elde edilir. O halde

$$\begin{aligned}
& 1 - \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n \left[\frac{(T_A^L(x_i) - T_C^L(x_i))^2}{4 + T_A^L(x_i) + T_C^L(x_i)} + \frac{(T_A^U(x_i) - T_C^U(x_i))^2}{4 + T_A^U(x_i) + T_C^U(x_i)} + \frac{(I_A^L(x_i) - I_C^L(x_i))^2}{4 + I_A^L(x_i) + I_C^L(x_i)} \right. \\
& \quad + \frac{(I_A^U(x_i) - I_C^U(x_i))^2}{4 + I_A^U(x_i) + I_C^U(x_i)} + \frac{(F_A^L(x_i) - F_C^L(x_i))^2}{4 + F_A^L(x_i) + F_C^L(x_i)} + \frac{(F_A^U(x_i) - F_C^U(x_i))^2}{4 + F_A^U(x_i) + F_C^U(x_i)} \\
& \quad \left. + |m_A(x_i) - m_C(x_i)| \right]
\end{aligned}$$

$\leq$

$$1 - \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n \left[\frac{(T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i))^2}{4 + T_A^L(x_i) + T_B^L(x_i)} + \frac{(T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i))^2}{4 + T_A^U(x_i) + T_B^U(x_i)} + \frac{(I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i))^2}{4 + I_A^L(x_i) + I_B^L(x_i)} \right. \\ \left. + \frac{(I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i))^2}{4 + I_A^U(x_i) + I_B^U(x_i)} + \frac{(F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i))^2}{4 + F_A^L(x_i) + F_B^L(x_i)} + \frac{(F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i))^2}{4 + F_A^U(x_i) + F_B^U(x_i)} \right. \\ \left. + |m_A(x_i) - m_B(x_i)| \right]$$

olur. Dolayısıyla $N_2(A, C) \leq N_2(A, B)$ bulunur.

Benzer şekilde $N_2(A, C) \leq N_2(B, C)$ olduğu gösterilir.

$N_2(A, B)$ benzerlik tanımındaki dört özelliği de sağladığı için bir benzerlik ölçüsüdür.

Tanım 3.1.4. $\forall x \in X$ için;

$$A = \{\langle x, ([T_A^L(x_i), T_A^U(x_i)], [I_A^L(x_i), I_A^U(x_i)], [F_A^L(x_i), F_A^U(x_i)]) | x \in X \rangle\}$$

$$B = \{\langle x, ([T_B^L(x_i), T_B^U(x_i)], [I_B^L(x_i), I_B^U(x_i)], [F_B^L(x_i), F_B^U(x_i)]) | x \in X \rangle\}$$

İki aralık değerli neutrosophic küme olsun. A ve B arasındaki ağırlıklı benzerlik ölçüsü aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$N_{2w}(A, B) = 1 - \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n w_i \left[\frac{(T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i))^2}{4 + T_A^L(x_i) + T_B^L(x_i)} + \frac{(T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i))^2}{4 + T_A^U(x_i) + T_B^U(x_i)} + \right. \\ \left. \frac{(I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i))^2}{4 + I_A^L(x_i) + I_B^L(x_i)} + \frac{(I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i))^2}{4 + I_A^U(x_i) + I_B^U(x_i)} + \right. \\ \left. \frac{(F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i))^2}{4 + F_A^L(x_i) + F_B^L(x_i)} + \frac{(F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i))^2}{4 + F_A^U(x_i) + F_B^U(x_i)} + |m_A(x_i) - m_B(x_i)| \right] \quad (3.5)$$

Burada $0 \leq w_i \leq 1$, $\sum_{i=1}^n w_i = 1$ 'dir.

Teorem 3.1.4. A ve B arasındaki ağırlıklı benzerlik ölçüsü $N_2^w(A, B)$ aşağıdaki özellikleri sağlar.

- 1) $0 \leq N_2^w(A, B) \leq 1$
- 2) $N_2^w(A, B) = 1 \Leftrightarrow A = B$

- 3) $N_2^w(A, B) = N_2^w(B, A)$
- 4) C, X üzerinde tanımlı bir aralık değerli neutrosophic küme olmak üzere;

$$A \subseteq B \subseteq C, \quad N_2^w(A, C) \leq N_2^w(A, B) \text{ ve } N_2^w(A, C) \leq N_2^w(B, C)$$

Teorem 3.1.2'nin ispatına benzer şekilde N_2^w 'nin dört özelliği de sağladığı gösterilebilir.

(3.1) deki benzerlik ölçüsü denklemi ile (3.3) deki benzerlik ölçüsü denklemi doğrusal olarak birleştirilerek yeni bir hibrit benzerlik ölçüsü aşağıdaki tanımlanmıştır.

Tanım 3.1.5. X , n elemanlı sonlu bir küme olsun. $\forall x_i (i = 1, 2, \dots, n) \in X$ için;

$$A = \{ \langle x_i, ([T_A^L(x_i), T_A^U(x_i)], [I_A^L(x_i), I_A^U(x_i)], [F_A^L(x_i), F_A^U(x_i)]) | x_i \in X \rangle \}$$

$$B = \{ \langle x_i, ([T_B^L(x_i), T_B^U(x_i)], [I_B^L(x_i), I_B^U(x_i)], [F_B^L(x_i), F_B^U(x_i)]) | x_i \in X \rangle \}$$

iki aralık değerli neutrosophic olmak üzere,

$$N_3(A, B) = \gamma \left\{ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log_2 \left[2 - \frac{\left(|T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i)| + |I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i)| + |F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i)| + |T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i)| + |I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i)| + |F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i)| \right)}{6} \right] \right\} +$$

$$(1 - \gamma) \left\{ 1 - \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n \left[\frac{(T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i))^2}{4 + T_A^L(x_i) + T_B^L(x_i)} + \frac{(T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i))^2}{4 + T_A^U(x_i) + T_B^U(x_i)} + \frac{(I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i))^2}{4 + I_A^L(x_i) + I_B^L(x_i)} + \frac{(I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i))^2}{4 + I_A^U(x_i) + I_B^U(x_i)} + \frac{(F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i))^2}{4 + F_A^L(x_i) + F_B^L(x_i)} + \frac{(F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i))^2}{4 + F_A^U(x_i) + F_B^U(x_i)} + |m_A(x_i) - m_B(x_i)| \right] \right\}, \quad (3.6)$$

$0 \leq \gamma \leq 1$ olmak üzere, $N_3(A, B)$ bir benzerlik ölçüsüdür.

Teorem 3.1.5. $N_3(A, B)$ tanımı aşağıdaki özellikleri sağlar.

- 1) $0 \leq N_3(A, B) \leq 1$
- 2) $N_3(A, B) = 1 \Leftrightarrow A = B$
- 3) $N_3(A, B) = N_3(B, A)$
- 4) C, X üzerinde tanımlı bir aralık değerli neutrosophic küme olmak üzere;

$A \subseteq B \subseteq C$ için $N_3(A, C) \leq N_3(A, B)$ ve $N_3(A, C) \leq N_3(B, C)$ dir.

$N_3(A, B)$; $N_1(A, B)$ ve $N_2(A, B)$ benzerlik ölçülerinin bir kombinasyonu olduğundan ispatı açıktır. Ve dolayısıyla $N_3(A, B)$ de bir benzerlik ölçüsüdür.

Tanım 3.1.6. $\forall x \in X$ için;

$$A = \{\langle x, ([T_A^L(x_i), T_A^U(x_i)], [I_A^L(x_i), I_A^U(x_i)], [F_A^L(x_i), F_A^U(x_i)]) | x_i \in X \rangle\}$$

$$B = \{\langle x, ([T_B^L(x_i), T_B^U(x_i)], [I_B^L(x_i), I_B^U(x_i)], [F_B^L(x_i), F_B^U(x_i)]) | x_i \in X \rangle\}$$

iki aralık değerli neutrosophic küme olsun.

O halde, A ve B arasındaki ağırlaştırılmış benzerlik ölçüsü aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$N_{3w}(A, B) = \gamma \left\{ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n w_i \log_2 \left[2 - \frac{\left(\begin{array}{l} |T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i)| + |I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i)| + \\ |F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i)| + |T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i)| \\ + |I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i)| + |F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i)| \end{array} \right)}{6} \right] \right\} +$$

$$(1 - \gamma) \left\{ 1 - \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n w_i \left[\frac{\left(\frac{(T_A^L(x_i) - T_B^L(x_i))^2}{4 + T_A^L(x_i) + T_B^L(x_i)} + \frac{(T_A^U(x_i) - T_B^U(x_i))^2}{4 + T_A^U(x_i) + T_B^U(x_i)} + \right. \right. \right. \\ \left. \left. \frac{(I_A^L(x_i) - I_B^L(x_i))^2}{4 + I_A^L(x_i) + I_B^L(x_i)} + \frac{(I_A^U(x_i) - I_B^U(x_i))^2}{4 + I_A^U(x_i) + I_B^U(x_i)} + \right. \right. \\ \left. \left. \frac{(F_A^L(x_i) - F_B^L(x_i))^2}{4 + F_A^L(x_i) + F_B^L(x_i)} + \frac{(F_A^U(x_i) - F_B^U(x_i))^2}{4 + F_A^U(x_i) + F_B^U(x_i)} + |m_A(x_i) - m_B(x_i)| \right) \right] \right\}, \quad (3.7)$$

$$0 \leq \gamma \leq 1$$

Burada $0 \leq w_i \leq 1$ ve $\sum_{i=1}^n w_i = 1$ dir.

Teorem 3.1.6. A ve B arasındaki ağırlaştırılmış benzerlik ölçüsü $N_{3w}(A, B)$ aşağıdaki özellikleri sağlar.

- 1) $0 \leq N_{3w}(A, B) \leq 1$
- 2) $N_3^w(A, B) = 1 \Leftrightarrow A = B$
- 3) $N_3^w(A, B) = N_3^w(B, A)$
- 4) C, X üzerinde tanımlı bir aralık değerli neutrosophic küme olmak üzere;

$$A \subseteq B \subseteq C \text{ için } N_3^w(A, C) \leq N_3^w(A, B) \text{ ve } N_3^w(A, C) \leq N_3^w(B, C) \text{ 'dir.}$$

Teoremin ispatı yukarıda yapılan ispatlara benzer şekilde yapılabilir.

3.2. Aralık Değerli Neutrosophic Benzerlik Ölçüsü Tabanlı Karar Verme

Bu bölümde, önerilen benzerlik ölçüsünün uygulanmasını göstermek için benzerlik ölçüsü tabanlı bir karar verme modeli geliştirilmiştir.

$A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$ alternatiflerin kümesi, $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ kriterlerin kümesi ve $R = \{R_1, R_2, \dots, R_s\}$ de karar vericiler kümesi olsun. Özdeş olmayan karar vericilerin önem dereceleri birbirinden farklıdır. Bazı karar vericiler sahip oldukları tecrübe ve bilgi birikiminden dolayı önem dereceleri az yada daha fazla olabilmektedir. $\lambda = \{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_s\}$ ve $w = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}$ sırasıyla karar vericilerin ve kriterlerin ağırlık vektörleri olsun, $\lambda_k \in [0,1], k = 1,2, \dots, s$ ve $\sum_{k=1}^s \lambda_k = 1$ ve $w_j \in [0,1], j = 1,2, \dots, n$ $\sum_{j=1}^n w_j = 1$. tarafından değerlendirilmesi sonucu oluşan. Alternatif A_i 'nin C_j özelliğine göre k. karar verici tarafından değerlendirmesi sonucu oluşan karar matrisi

$R^{(k)} = (r_{ij}^{(k)})_{m \times n}$ dir. Buradan

$$(r_{ij}^{(k)})_{m \times n} = \left([T_{ij}^{L(k)}, T_{ij}^{U(k)}], [I_{ij}^{L(k)}, I_{ij}^{U(k)}], [F_{ij}^{L(k)}, F_{ij}^{U(k)}] \right)_{m \times n} \quad (i = 1,2, \dots, m; j = 1,2, \dots, n) \quad k.$$

karar verici tarafından i. alternatifin j. kriter altında aldığı değerdir.

Karar vericiler önceden tanımlanmış kriter özelliklerine göre alternatiflerin derecelendirmesini sağlar. Her karar verici, Adım 1 'de gösterilen her bir özneteliğe dayalı alternatiflerle ilişkili bir neutrosophic karar matrisi oluşturur.

Aşağıdaki adımlar ile ağırlıklı benzerlik ölçüsüne dayalı bir yöntem sunulmuştur.

Adım 1. Alternatifler ve kriterler arasındaki ilişkinin belirlenmesi

Her bir karar vericiye karşılık gelen A_i ($i = 1,2, \dots, m$) alternatifleri ile C_j ($j = 1,2, \dots, n$) özelliği arasındaki ilişki aşağıdaki matrisde gösterilmiştir.

$$R^{(k)}[A|C] = \begin{matrix} & \begin{matrix} C_1 & & C_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} A_1 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} [T_{11}^{L(R(k))}, T_{11}^{U(R(k))}], [T_{11}^{L(R(k))}, T_{11}^{U(R(k))}], [T_{11}^{L(R(k))}, T_{11}^{U(R(k))}] & \cdots & [T_{1n}^{L(R(k))}, T_{1n}^{U(R(k))}], [T_{1n}^{L(R(k))}, T_{1n}^{U(R(k))}], [T_{1n}^{L(R(k))}, T_{1n}^{U(R(k))}] \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ [T_{m1}^{L(R(k))}, T_{m1}^{U(R(k))}], [T_{m1}^{L(R(k))}, T_{m1}^{U(R(k))}], [T_{m1}^{L(R(k))}, T_{m1}^{U(R(k))}] & \cdots & [T_{mn}^{L(R(k))}, T_{mn}^{U(R(k))}], [T_{mn}^{L(R(k))}, T_{mn}^{U(R(k))}], [T_{mn}^{L(R(k))}, T_{mn}^{U(R(k))}] \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Adım 2. Grup karar matrisinin bulunması

Karar vericilerin ağırlık vektörü, $(\sum_{k=1}^s \lambda_k = 1), \lambda_k (k = 1,2, \dots, s)$ olmak üzere, grup karar matrisi (GKM) $R = (r_{ij})_{m \times n}$

$$r_{ij} = GKMA_{\lambda} (r_{ij}^{(1)}, r_{ij}^{(2)}, \dots, r_{ij}^{(s)}) = \lambda_k \cdot (r_{ij}^{(k)})_{m \times n} = r_{ij}^{(1)} \cdot \lambda_1 \oplus r_{ij}^{(2)} \cdot \lambda_2 \oplus \dots \oplus r_{ij}^{(s)} \cdot \lambda_s \quad (3.8)$$

$$= \left(\begin{array}{c} \left[1 - \prod_{k=1}^l (1 - T_{ij}^{L(k)})^{\lambda_k}, 1 - \prod_{k=1}^l (1 - T_{ij}^{U(k)})^{\lambda_k} \right], \\ \left[\prod_{k=1}^l (I_{ij}^{L(k)})^{\lambda_k}, \prod_{k=1}^l (I_{ij}^{U(k)})^{\lambda_k} \right], \left[\prod_{k=1}^l (F_{ij}^{L(k)})^{\lambda_k}, \prod_{k=1}^l (F_{ij}^{U(k)})^{\lambda_k} \right] \end{array} \right)_{mxn} \quad (3.9)$$

denklemleri yardımıyla bulunur ve

$r_{ij} = ([T_{ij}^L, T_{ij}^U], [I_{ij}^L, I_{ij}^U], [F_{ij}^L, F_{ij}^U])_{mxn}$ ($i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$) R grup karar matrisinin bir elemanıdır. R grup karar matrisi

$$R = \begin{bmatrix} [T_{11}^L, T_{11}^U], [I_{11}^L, I_{11}^U], [F_{11}^L, F_{11}^U] & [T_{12}^L, T_{12}^U], [I_{12}^L, I_{12}^U], [F_{12}^L, F_{12}^U] & \dots & [T_{1n}^L, T_{1n}^U], [I_{1n}^L, I_{1n}^U], [F_{1n}^L, F_{1n}^U] \\ [T_{21}^L, T_{21}^U], [I_{21}^L, I_{21}^U], [F_{21}^L, F_{21}^U] & [T_{22}^L, T_{22}^U], [I_{22}^L, I_{22}^U], [F_{22}^L, F_{22}^U] & \dots & [T_{2n}^L, T_{2n}^U], [I_{2n}^L, I_{2n}^U], [F_{2n}^L, F_{2n}^U] \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ [T_{m1}^L, T_{m1}^U], [I_{m1}^L, I_{m1}^U], [F_{m1}^L, F_{m1}^U] & [T_{m2}^L, T_{m2}^U], [I_{m2}^L, I_{m2}^U], [F_{m2}^L, F_{m2}^U] & \dots & [T_{mn}^L, T_{mn}^U], [I_{mn}^L, I_{mn}^U], [F_{mn}^L, F_{mn}^U] \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \text{şeklinde gösterilir.}$$

Adım 3. Ağırlıklandırılmış grup karar matrisi bulunur.

Ağırlıklandırılmış grup karar matrisi $\tilde{R}$, denklem (3.8) kullanılarak aşağıdaki gibi bulunur.

$$\tilde{R} = w_j \cdot R = w_j \cdot (r_{ij})_{mxn} = \left(\begin{array}{c} [1 - (1 - T_{ij}^L)^{w_j}, 1 - (1 - T_{ij}^U)^{w_j}], \\ [(I_{ij}^L)^{w_j}, (I_{ij}^U)^{w_j}], [(F_{ij}^L)^{w_j}, (F_{ij}^U)^{w_j}] \end{array} \right)_{mxn} \quad \left(\sum_{j=1}^n w_j = 1 \right), \quad w_j (j = 1, 2, \dots, n) \quad (3.10)$$

Adım 4: Pozitif neutrosophic ideal alternatif ve negatif neutrosophic ideal alternatifinin belirlenmesi

Genellikle fayda kriterleri ve maliyet kriterleri olmak üzere, kriterler iki tipte kategorize edilebilir. Önerilen karar verme stratejisinde, fayda kriterleri için bir maksimum operatör ve tüm maliyet kriterleri için bir minimum operatör kullanılarak ideal bir alternatif tanımlanabilir.

A^* pozitif neutrosophic ideal alternatif ve A^- negatif neutrosophic ideal alternatif olup, A^* ve A^- aşağıdaki gibi elde edilir.

$A^* = \{C_1, C_2, \dots, C_m\}$ pozitif ideal alternatif

$$\begin{cases} C_j^* = \left(\max_i [\tilde{T}_{C_j}^{L A_i}, \tilde{T}_{C_j}^{L A_i}], \min_i [\tilde{I}_{C_j}^{L A_i}, \tilde{I}_{C_j}^{L A_i}], \min_i [\tilde{F}_{C_j}^{L A_i}, \tilde{F}_{C_j}^{L A_i}] \right) & \text{maliyet kriteri} \\ C_j^* = \left(\min_i [\tilde{T}_{C_j}^{L A_i}, \tilde{T}_{C_j}^{L A_i}], \max_i [\tilde{I}_{C_j}^{L A_i}, \tilde{I}_{C_j}^{L A_i}], \max_i [\tilde{F}_{C_j}^{L A_i}, \tilde{F}_{C_j}^{L A_i}] \right) & \text{fayda kriteri} \end{cases} \quad (3.11)$$

$A^- = \{C_1, C_2, \dots, C_m\}$ negatif ideal alternatifi

$$\begin{cases} C_j^- = \left(\max_i [\tilde{T}_{C_j}^{L A_i}, \tilde{T}_{C_j}^{L A_i}], \min_i [\tilde{I}_{C_j}^{L A_i}, \tilde{I}_{C_j}^{L A_i}], \min_i [\tilde{I}_{C_j}^{L A_i}, \tilde{I}_{C_j}^{L A_i}] \right) & \text{fayda kriteri} \\ C_j^- = \left(\min_i [\tilde{T}_{C_j}^{L A_i}, \tilde{T}_{C_j}^{L A_i}], \max_i [\tilde{I}_{C_j}^{L A_i}, \tilde{I}_{C_j}^{L A_i}], \max_i [\tilde{I}_{C_j}^{L A_i}, \tilde{I}_{C_j}^{L A_i}] \right) & \text{maliyet kriteri} \end{cases} \quad (3.12)$$

Adım 5. $S(A_i, A^*)$ ve $S(A_i, A^-)$ benzerlik ölçüsünün hesaplanması.

(3.6) daki denklem yardımıyla $S(A_i, A^*)$ ve $S(A_i, A^-)$ hesaplanır.

Adım 6. Her bir alternatif için yakınlık katsayısının (YK_i) hesaplanması

Her bir alternatif için

$$YK_i = \frac{S(A_i, A^*)}{S(A_i, A^*) + S(A_i, A^-)} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (3.13)$$

denklemini yardımıyla yakınlık katsayısı hesaplanır.

Adım 7. Alternatiflerin sıralanması

Tüm alternatifler, yakınlık katsayısı değerlerine göre sıralanır. En yüksek değer en iyi alternatifi yansıtır.

3.3. Aralık Değerli Neutrosophic MABAC Metodu

MABAC (Multi-Attributive Border Approximation Area Comparison) yöntemi Pamucar ile Cirovic (2015) tarafından literatüre kazandırılmış olan ÇKKV yöntemlerinden biridir. Pamucar ve Cirovic (2015) yöntemi ilk olarak lojistik merkezlerinde forklift satın alımı hususunda kullanmışlardır. Son yıllarda pek çok farklı ÇKKV problemi de bu yöntem ile ele alınmıştır. Yöntem, değerlendirme yaparken karar alternatiflerine ait kriter fonksiyonlarının sınır yakınlık alanına olan uzaklıklarını esas alır (Milosavljevic vd., 2018). Sistematik bir süreci, basit hesaplama prosedürü ve ses mantığı ile yeni bir ÇKKV yöntemidir. Basit hesaplama prosedürü ve çözümün tutarlılığı nedeniyle karar verme için özellikle pratik ve güvenilir bir araçtır.

Aralık değerli neutrosophic MABAC metodu aşağıdaki adımlarla sunulmuştur.

Adım 1. Karar matrisinin belirlenmesi

Alternatifler ve kriterler belirlenerek aralıklı neutrosophic karar matrisi olan

$$R^{(k)} = (r_{ij}^{(k)})_{m \times n} = \left(\left[T_{ij}^{L(R^{(k)})}, T_{ij}^{U(R^{(k)})} \right], \left[I_{ij}^{L(R^{(k)})}, I_{ij}^{U(R^{(k)})} \right], \left[F_{ij}^{L(R^{(k)})}, F_{ij}^{U(R^{(k)})} \right] \right),$$

($i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n, k = 1, 2, \dots, s$) matrisi oluşturulur.

Adım 2. Grup karar matrisinin bulunması ve normalize edilmesi

Karar vericilerin ağırlık vektörü, ($\sum_{k=1}^s \lambda_k = 1$), $\lambda_k (k = 1, 2, \dots, s)$ olmak üzere,

Karar matrisi $R^{(k)} = (r_{ij}^{(k)})_{m \times n}$ matrisi denklem (3.9) yardımıyla,

$R = (r_{ij})_{m \times n} = ([T_{ij}^L, T_{ij}^U], [I_{ij}^L, I_{ij}^U], [F_{ij}^L, F_{ij}^U])_{m \times n} (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n)$ grup karar matrisine dönüştürülür.

Grup karar matrisi $R = (r_{ij})_{m \times n}$,

$$\hat{R} = (\hat{r}_{ij})_{m \times n} = \begin{cases} [T_{ij}^L, T_{ij}^U], [I_{ij}^L, I_{ij}^U], [F_{ij}^L, F_{ij}^U], & C_j \text{ fayda kriteri} \\ [F_{ij}^L, F_{ij}^U], [1 - I_{ij}^L, 1 - I_{ij}^U], [T_{ij}^L, T_{ij}^U] & C_j \text{ maliyet kriteri} \end{cases} \quad (3.14)$$

denklemini yardımıyla normalize edilir.

Adım 3. Ağırlıklı karar matrisinin bulunması

w_j , j . kriterin ağırlığını göstermek üzere, $\sum_{j=1}^n w_j = 1$ için,

$$\begin{aligned} R' = (r'_{ij})_{m \times n} &= w_j \cdot \tilde{r}_{ij} \\ &= ([1 - (1 - \tilde{T}_{ij}^L)^{w_j}, 1 - (1 - \tilde{T}_{ij}^U)^{w_j}], [(\tilde{I}_{ij}^L)^{w_j}, (\tilde{I}_{ij}^U)^{w_j}], [(\tilde{F}_{ij}^L)^{w_j}, (\tilde{F}_{ij}^U)^{w_j}]) \end{aligned} \quad (3.15)$$

ağırlıklı matrisi hesaplanır.

Adım 4. Sınır yaklaşık alanı (SYA) matrisi $G = (g_j)_{1 \times n}$ nin hesaplanması.

Her kriter için denklem (3.16) yardımıyla SYA aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$g_j = \prod_{i=1}^m (r'_{ij})^{\frac{1}{m}} = \left(\left[\prod_{i=1}^m (T'^L_{ij})^{\frac{1}{m}}, \prod_{i=1}^m (T'^U_{ij})^{\frac{1}{m}} \right], \left[\left[1 - \prod_{i=1}^m (1 - I'^L_{ij})^{\frac{1}{m}}, \left[1 - \prod_{i=1}^m (1 - I'^U_{ij})^{\frac{1}{m}} \right] \right] \right], \left[1 - \prod_{i=1}^m (1 - F'^L_{ij})^{\frac{1}{m}}, 1 - \prod_{i=1}^m (1 - F'^U_{ij})^{\frac{1}{m}} \right] \right) \quad (3.16)$$

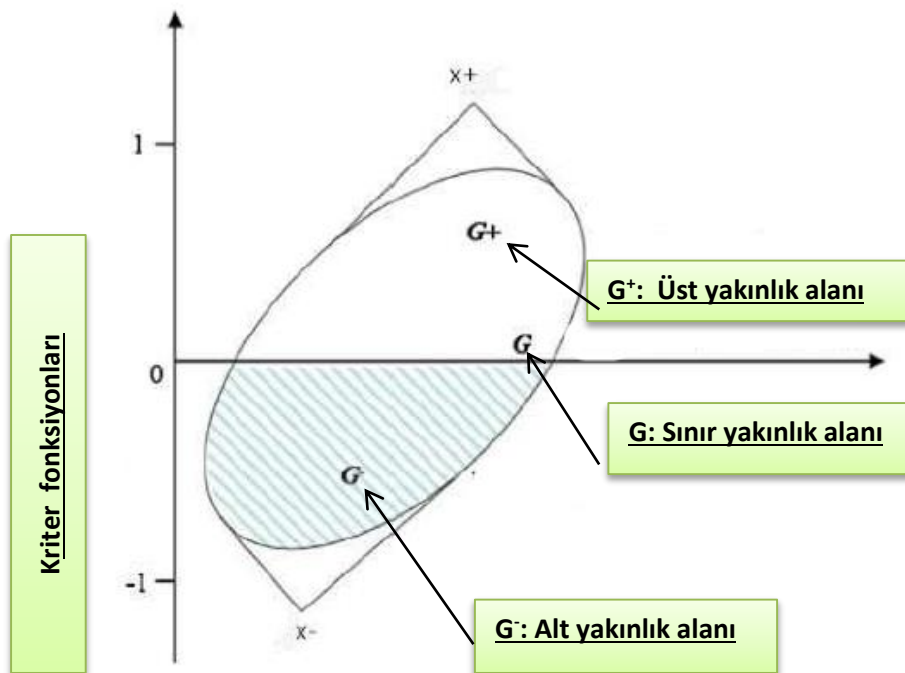
Adım 5. Uzaklık ölçüsünün hesaplanması

Mesafe matrisi $D = (d_{ij})_{m \times n} = 1 - N_3(A, B)$ (denklem (3.6)) eşitliği ve denklem 3.17 kullanılarak hesaplanır.

$$d_{ij} = \begin{cases} d_h(t_{ij}, g_j), & t_{ij} > g_j \\ 0, & t_{ij} = g_j \\ -d_h(t_{ij}, g_j), & t_{ij} < g_j \end{cases} \quad (3.17)$$

Adım 6. Alternatiflerin sıralanması

Alternatifler $Q_i = \sum_{j=1}^n d_{ij}$, $i = 1, 2, \dots, m$; $j = 1, 2, \dots, n$. $Q_i(1, 2, \dots, m)$ denklemi yardımıyla sıralanır. Tüm alternatifler, hesaplanan ölçüm değerlerinin azalan sırasına göre sıralanır. En yüksek değer en iyi alternatifi yansıtır. Ve sonuçlar gerek duyulursa aşağıda verilen grafikte gösterilir.



Şekil 3. 1. Mabac Yöntemi Sınır Yakınlık Alanı (Pamucar ve Cirovic, 2015)

$d_{ij} = 0$ olduğunda alternatif A_i sınır yakınlık alanını (G), $d_{ij} > 0$ ise üst yaklaşık alanını (G^+) ve $d_{ij} < 0$ ise alt yaklaşık alanını (G^-) ifade eder. Üst yaklaşık alan (G^+) ideal yaklaşımı (A^+) içeren alanı, daha düşük yakınlaştırma alanı (G^-) ise ideal olmayan

alternatifi (A^-) içeren alanı belirtir. Alternatifler içinden en iyi olarak alternatif A_i 'nin seçilebilmesi için üst yaklaşık alana (G^+) ait olan çok özelliğe ihtiyaç vardır.

3.4. Sayısal Örnek

Bu bölümde yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, jeotermal enerji, hidroelektrik enerji, biyokütle enerjisinin tanımları yapılarak bu enerji kaynaklarının sıralamasının yapıldığı sayısal örnek verilmiştir. Bu örneğin çözümü için, aralık değerli neutrosophic küme benzerlik ölçüsü ve aralıklı değerli neutrosophic MABAC yöntemleri kullanılmıştır.

3.4.1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

En genel anlatımla yenilenebilir enerji kaynağı, enerji kaynağından alınan enerjiye eşit oranda veya kaynağın tükenme hızından daha çabuk bir şekilde kendini yenileyebilmesi ile tanımlanır.

Yenilenebilir enerji kaynakları

- Güneş Enerjisi
- Rüzgar Enerjisi
- Jeotermal Enerji
- Hidroelektrik Enerjisi
- Biyokütle Enerjisi

şeklinde verilebilir.

➤ Güneş Enerjisi; güneş, dünya üzerindeki tüm enerji kaynaklarına direk veya dolaylı etki eden bir kaynaktır ve 170 milyar MW gücüyle dünyaya ışınlanmaktadır. Bu değer bugün dünyada kullanılan toplam enerjinin 15-16 bin katıdır. Bugün dünyaya ulaşan güneş enerjisini değerlendirmenin iki yolu vardır; birincisi ısıya ikincisi elektrik enerjisine dönüştürmektir. Güneş enerjisini insanoğlunu kullanımına sunmak için güneş pilleri, güneş enerjisini ısı enerjisine dönüştürmek ve doğrudan elektriğe dönüştürmek için kullanılır. Fotovoltaik hücreler (PV hücreleri - güneş pilleri), çevreyi kirletmeden herhangi bir hareket mekanizmasına ihtiyaç duymadan güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren sistemlerdir. Başlangıçta kol saatleri, hesap makinelerigibi küçük ölçekli alanlarda kullanılan güneş pilleri, daha geniş kullanım alanlarına yayılmıştır. İlk büyük ölçekli kullanım alanı uzay çalışmalarında, uzay araçlarına enerji sağlamak için en önemli sistemler olarak güneş panelleridir.

Güneş enerjisi bugün konut, iş, tarım teknolojisi, sanayi, ulaşım araçları, iletişim araçları, sinyalizasyon, otomasyon ve elektrik enerjisi gibi yaygın bir alanda kullanılmaktadır.

➤ Rüzgar Enerjisi; tüm dünyada elektrik enerjisine kolay ve hızlı bir şekilde dönüştürülebilen en yenilenebilir enerji kaynağıdır. Rüzgar enerjisinden elektrik enerjisine dönüşüm, yenilenebilir enerji teknolojilerinin en hızlı ilerlediği alandır. Rüzgar enerjisi, tamamen doğal bir kaynak olarak kirliliğe neden olmayan ve tükenmesi muhtemel olmayan, son yirmi yıldır dünyada en hızlı büyüyen yenilenebilir enerji kaynağıdır. Bu gelişmenin altında yatan en önemli faktörlerden biri yüksek verimdir. Rüzgar enerjisi teknolojisi, insanların ihtiyacı olan aydınlatma, ısınma, soğutma görevi gören aletlerin ihtiyaç duyduğu en temiz elektrik enerjisini üretmek için kullanılmaktadır. Rüzgar enerjisinin kullanımını önemli kılan durumlardan biri de çevreye verdiği zararın düşük olmasıdır.

➤ Jeotermal enerji; yeryüzünün kabuğunun derinliklerinde sıcak kayaların ve sıvıların ısısı ile elde edilen, zayıf katmanlardan geçen ve tekrar toprağa ulaşan enerjidir. Başka bir deyişle, yeraltına giden yağmur suyu veya diğer su kaynakları uygun yerlerde sıcak kaya ile magma tabakasına atılır ve ısıtılır. Su ve buharla çözünmüş minerallerden geçen iyonların ve gazların çevre kirliliğine neden olmamak için bu sular ısı eşanjöründen geçirilir ve içerdikleri kükürt dioksit, hidrojen sülfür, karbondioksit ve azot oksitler geri gönderilir, enerjide kullanılan artık su ile tekrar topraklanır (Reenjeksiyon). Jeotermal enerji üretimi sırasında üretilen su tekrar toprağa pompalanırsa, yüzey sularından daha kirli olan erimiş mineral, çeşitli tuzlar ve gazlar nedeniyle elimine edilir, temiz ve yenilenebilir hale gelir. Böylece çevre üzerindeki olumsuz etki önlenir. Jeotermal enerji; kaynak su üretimi, ısıtma (bölgesel, konut, sera, vb.), kimyasal malzeme üretimi, kurutma, bitki ve su ürünleri yetiştiriciliği, tarım, sera gibi alanlarda kullanılabilmektedir.. Jeotermal kaynağın verimliliği çok yüksektir. Çünkü doğrudan elde edilebilir, düşük maliyetli, kesintisiz, çevre dostu ve yerli güç kaynağıdır.

➤ Hidroelektrik enerjisi; yenilenebilir bir enerji kaynağı olup, bu kaynaklar içerisinde teknolojinin en ileri düzeyinde olanıdır. Hareket halindeki suların sağladığı güç olan hidroelektrik enerji, teknolojik gelişme söz konusu olduğunda en gelişmiş enerji kaynağıdır. Gücü su olduğu için hidroelektrik enerji santralleri bir su kaynağı üzerine inşa edilmektedir. Elektrik uzak yerlere kadar taşınabildiği için, hidrolik enerjinin de kullanımı artmıştır. Hidroelektrik santralleri hareket halinde olan suyun gücünü elektriğe dönüştüren

bir teknolojidir. Akan su içindeki enerjinin ne kadar olduğunu, suyun akış ya da düşüş hızı tayin eder. Büyük ve hızla akan nehirlerin elektrik enerjisi için kuvvetli güçleri vardır. Ya da toplanan su yüksek bir noktaya çıkarılıp oradan akıtılarak, yüksek enerji elde edilir. İki durumda da su kanal veya borulardan geçirilerek, türbinlere doğru akar, elektrik üretmek için pervane biçiminde kolları olan türbinlerin döndürülmesini sağlar. Türbinler jeneratörlere bağlıdır ve mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürürler.

➤ Biyokütle enerjisi; organik maddeden çeşitli yollarla sağlanan enerji türüdür. Biyokütle enerjisi klasik ve modern olmak üzere iki grupta ele alınabilir. İlk, ağaçlardan elde edilen yakıt olarak kullanılan odun ve hayvan atıklarıdır. İkincisi, tarım alanında bitkisel, kentsel ve tarımsal tabanlı endüstriyel atık olarak sıralanabilir (MEB, 2002). Biyokütle kaynakları, sürdürülebilir bir şekilde yeniden yetiştirilebildiği için önemli bir sera gazı azaltma potansiyeline sahiptir. Sosyo ekonomik, sağlık, yoksulluk, çevre açısından biyoçeşitlilik ve mekansal yönde arazi kullanımı gibi alanlarda biyokütle enerji uygulamalarının bazı etkileri görülmektedir.

Örnek: Enerji talebi giderek dünyanın en önemli sorunlarından biri haline gelmiştir. Bugün hava, su ve çevre kirliliğini azaltmak için çeşitli alternatif kaynaklar araştırılmaktadır. Buradan son zamanlarda önemi gittikçe artan yenilenebilir enerji kaynakları arasında bir karşılaştırma yapılarak en iyi kaynağın hangisi olabileceği bulunmak istenmiştir. Bunun için iki yöntem kullanılmıştır.

Bu problemde beş alternatif vardır. Bunlar jeotermal enerji A_1 , rüzgar enerjisi A_2 , hidroelektrik enerjisi A_3 , güneş enerjisi A_4 , ve biyokütle enerjisi A_5 olarak alınmıştır. Alternatiflere ilişkin kriterler; enerji kaynağının kalitesi C_1 , çevresel etki C_2 , ekonomik boyut C_3 , teknolojik etki C_4 ve sosyopolitik etki C_5 olarak belirlenmiştir. Kriterlerin ağırlık vektörü $w = \{0.12, 0.18, 0.2, 0.25, 0.15\}$ olarak alınmıştır.

Alternatifler verilen kriterler altında üç karar verici tarafından değerlendirilmiştir ve bu değerlendirmeler R_1 , R_2 ve R_3 matrisleri ile sunulmuştur. Karar vericilerin ağırlık vektörü $\lambda = \{0.25, 0.35, 0.4\}$ olarak alınmıştır.

3.4.2. Benzerlik Metodunun Uygulaması

Adım 1. Karar matrislerinin elde edilmesi

Kriterler altında alternatifler için karar vericiler tarafından yapılan değerlendirme ile

$$R^{(k)} = (r_{ij})_{5 \times 5}^{(k)} = \left(\left[T_{ij}^{L(R^{(k)})}, T_{ij}^{U(R^{(k)})} \right], \left[I_{ij}^{L(R^{(k)})}, I_{ij}^{U(R^{(k)})} \right], \left[T_{ij}^{L(R^{(k)})}, T_{ij}^{U(R^{(k)})} \right] \right)_{5 \times 5}$$

($i = 1, 2, \dots, 5; j = 1, 2, \dots, 5, k = 1, 2, 3$) karar matrisleri oluşturulur (Tablo 3.1).

Tablo 3.1. Karar matrisleri

	R_1				
	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
A_1	$\begin{pmatrix} [0.5, 0.6] \\ [0.4, 0.5] \\ [0.5, 0.6] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.6, 0.7] \\ [0.5, 0.6] \\ [0.9, 0.9] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.3, 0.4] \\ [0.1, 0.4] \\ [0.1, 0.5] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.6, 0.7] \\ [0.3, 0.5] \\ [0.8, 0.9] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.2, 0.5] \\ [0.3, 0.5] \\ [0.5, 0.5] \end{pmatrix}$
A_2	$\begin{pmatrix} [0.2, 0.3] \\ [0.4, 0.5] \\ [0.6, 0.7] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.6, 0.7] \\ [0.4, 0.5] \\ [0.2, 0.3] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.4, 0.6] \\ [0.5, 0.9] \\ [0.3, 0.5] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.8, 0.8] \\ [0.1, 0.8] \\ [0.2, 0.5] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.7, 0.8] \\ [0.2, 0.5] \\ [0.3, 0.3] \end{pmatrix}$
A_3	$\begin{pmatrix} [0.4, 0.5] \\ [0.3, 0.4] \\ [0.1, 0.9] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.5, 0.6] \\ [0.4, 0.5] \\ [0.2, 0.8] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.1, 0.4] \\ [0.5, 0.5] \\ [0.1, 0.1] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.1, 0.3] \\ [0.2, 0.3] \\ [0.1, 0.2] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.2, 0.4] \\ [0.3, 0.4] \\ [0.2, 0.3] \end{pmatrix}$
A_4	$\begin{pmatrix} [0.3, 0.4] \\ [0.2, 0.6] \\ [0.6, 0.8] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.6, 0.7] \\ [0.2, 0.4] \\ [0.1, 0.2] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.1, 0.2] \\ [0.3, 0.6] \\ [0.2, 0.4] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.2, 0.4] \\ [0.3, 0.6] \\ [0.4, 0.8] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.5, 0.9] \\ [0.1, 0.9] \\ [0.2, 0.9] \end{pmatrix}$
A_5	$\begin{pmatrix} [0.9, 0.9] \\ [0.1, 0.1] \\ [0.2, 0.2] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.7, 0.7] \\ [0.6, 0.6] \\ [0.5, 0.5] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.2, 0.5] \\ [0.5, 0.7] \\ [0.3, 0.6] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.4, 0.8] \\ [0.3, 0.7] \\ [0.1, 0.5] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.6, 0.8] \\ [0.3, 0.5] \\ [0.2, 0.4] \end{pmatrix}$

	R_2				
	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
A_1	$\begin{pmatrix} [0.3, 0.4] \\ [0.2, 0.5] \\ [0.5, 0.8] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.1, 0.5] \\ [0.4, 0.5] \\ [0.7, 0.9] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.3, 0.7] \\ [0.2, 0.4] \\ [0.1, 0.2] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.6, 0.6] \\ [0.3, 0.3] \\ [0.9, 0.9] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.5, 0.6] \\ [0.3, 0.3] \\ [0.1, 0.3] \end{pmatrix}$
A_2	$\begin{pmatrix} [0.3, 0.5] \\ [0.5, 0.8] \\ [0.1, 0.2] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.2, 0.5] \\ [0.1, 0.4] \\ [0.3, 0.5] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.5, 0.6] \\ [0.4, 0.5] \\ [0.3, 0.3] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.4, 0.4] \\ [0.1, 0.2] \\ [0.2, 0.4] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.5, 0.6] \\ [0.3, 0.3] \\ [0.1, 0.3] \end{pmatrix}$
A_3	$\begin{pmatrix} [0.5, 0.7] \\ [0.4, 0.5] \\ [0.1, 0.2] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.2, 0.3] \\ [0.3, 0.6] \\ [0.3, 0.8] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.4, 0.6] \\ [0.3, 0.3] \\ [0.1, 0.1] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.5, 0.6] \\ [0.2, 0.4] \\ [0.6, 0.9] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.2, 0.4] \\ [0.3, 0.4] \\ [0.2, 0.3] \end{pmatrix}$
A_4	$\begin{pmatrix} [0.5, 0.6] \\ [0.6, 0.6] \\ [0.6, 0.8] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.2, 0.3] \\ [0.3, 0.4] \\ [0.3, 0.3] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.1, 0.2] \\ [0.3, 0.5] \\ [0.3, 0.4] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.4, 0.4] \\ [0.5, 0.6] \\ [0.3, 0.6] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.4, 0.5] \\ [0.3, 0.6] \\ [0.3, 0.8] \end{pmatrix}$
A_5	$\begin{pmatrix} [0.2, 0.5] \\ [0.2, 0.3] \\ [0.1, 0.3] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.3, 0.5] \\ [0.4, 0.7] \\ [0.3, 0.6] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.7, 0.8] \\ [0.6, 0.7] \\ [0.4, 0.5] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.3, 0.5] \\ [0.4, 0.6] \\ [0.3, 0.4] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.2, 0.4] \\ [0.2, 0.5] \\ [0.3, 0.5] \end{pmatrix}$

Tablo 3.1. (devamı)

	R_3				
	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
A_1	$\begin{pmatrix} [0.2,0.3] \\ [0.1,0.6] \\ [0.2,0.3] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.3,0.6] \\ [0.5,0.7] \\ [0.5,0.6] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.7,0.9] \\ [0.2,0.3] \\ [0.4,0.4] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.3,0.4] \\ [0.2,0.5] \\ [0.2,0.8] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.4,0.5] \\ [0.5,0.6] \\ [0.5,0.8] \end{pmatrix}$
A_2	$\begin{pmatrix} [0.2,0.3] \\ [0.1,0.5] \\ [0.2,0.2] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.2,0.3] \\ [0.5,0.6] \\ [0.3,0.5] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.2,0.2] \\ [0.6,0.6] \\ [0.4,0.5] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.7,0.9] \\ [0.2,0.6] \\ [0.3,0.4] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.1,0.6] \\ [0.2,0.5] \\ [0.2,0.3] \end{pmatrix}$
A_3	$\begin{pmatrix} [0.6,0.8] \\ [0.2,0.5] \\ [0.3,0.3] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.7,0.9] \\ [0.2,0.4] \\ [0.3,0.5] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.1,0.4] \\ [0.6,0.8] \\ [0.3,0.7] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.5,0.7] \\ [0.2,0.3] \\ [0.1,0.2] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.5,0.9] \\ [0.2,0.4] \\ [0.6,0.6] \end{pmatrix}$
A_4	$\begin{pmatrix} [0.4,0.9] \\ [0.5,0.6] \\ [0.7,0.8] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.5,0.8] \\ [0.4,0.4] \\ [0.1,0.1] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.5,0.8] \\ [0.1,0.3] \\ [0.4,0.6] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.5,0.5] \\ [0.4,0.7] \\ [0.7,0.8] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.2,0.5] \\ [0.5,0.6] \\ [0.3,0.4] \end{pmatrix}$
A_5	$\begin{pmatrix} [0.1,0.2] \\ [0.4,0.7] \\ [0.5,0.6] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.5,0.6] \\ [0.1,0.3] \\ [0.2,0.2] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.3,0.4] \\ [0.4,0.6] \\ [0.4,0.9] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.5,0.5] \\ [0.1,0.9] \\ [0.3,0.6] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.3,0.6] \\ [0.4,0.5] \\ [0.5,0.6] \end{pmatrix}$

Adım 2. Grup karar matrisinin hesaplanması

Karar vericilerin ağırlık vektörü, $\lambda = \{0.25, 0.35, 0.4\}$ olmak üzere

Karar matrisleri $R^{(k)} = (r_{ij})_{5 \times 5}^{(k)}$ (3.9) daki denklem yardımıyla,

$R = (r_{ij})_{5 \times 5} = ([T_{ij}^L, T_{ij}^U], [I_{ij}^L, I_{ij}^U], [F_{ij}^L, F_{ij}^U])_{5 \times 5}$ grup karar matrisine dönüştürülmüştür ve Tablo 3.2 de sunulmuştur.

Tablo 3.2. R grup karar matrisi

	R				
	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
A_1	$\begin{pmatrix} [0.32,0.42] \\ [0.18,0.54] \\ [0.35,0.50] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.34,0.59] \\ [0.46,0.59] \\ [0.65,0.77] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.50,0.7] \\ [0.17,0.35] \\ [0.17,0.33] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.49,0.56] \\ [0.25,0.41] \\ [0.47,0.85] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.39,0.53] \\ [0.32,0.53] \\ [0.42,0.64] \end{pmatrix}$
A_2	$\begin{pmatrix} [0.24,0.38] \\ [0.25,0.59] \\ [0.21,0.27] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.33,0.5] \\ [0.27,0.5] \\ [0.27,0.44] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.37,0.47] \\ [0.5,0.62] \\ [0.34,0.42] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.65,0.78] \\ [0.13,0.44] \\ [0.28,0.4] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.44,0.66] \\ [0.23,0.42] \\ [0.17,0.3] \end{pmatrix}$
A_3	$\begin{pmatrix} [0.52,0.71] \\ [0.28,0.47] \\ [0.16,0.34] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.52,0.72] \\ [0.27,0.49] \\ [0.27,0.66] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.22,0.48] \\ [0.45,0.50] \\ [0.16,0.22] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.42,0.59] \\ [0.2,0.33] \\ [0.19,0.34] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.34,0.70] \\ [0.26,0.4] \\ [0.31,0.4] \end{pmatrix}$
A_4	$\begin{pmatrix} [0.41,0.75] \\ [0.42,0.6] \\ [0.64,0.8] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.44,0.66] \\ [0.3,0.4] \\ [0.15,0.18] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.29,0.54] \\ [0.19,0.42] \\ [0.30,0.47] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.4,0.44] \\ [0.40,0.64] \\ [0.45,0.72] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.36,0.67] \\ [0.28,0.66] \\ [0.27,0.62] \end{pmatrix}$
A_5	$\begin{pmatrix} [0.50,0.6] \\ [0.22,0.32] \\ [0.23,0.36] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.5,0.6] \\ [0.25,0.48] \\ [0.29,0.37] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.46,0.6] \\ [0.49,0.66] \\ [0.77,0.66] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.41,0.60] \\ [0.21,0.73] \\ [0.23,0.5] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.37,0.61] \\ [0.29,0.5] \\ [0.33,0.50] \end{pmatrix}$

Adım 3. Ağırlıklı grup karar matrisinin bulunması

Denklem 3.10 yardımıyla ağırlıklı karar matrisi

$$\tilde{R} = w_j \cdot R = w_j \cdot (r_{ij})_{5 \times 5} = \begin{pmatrix} [1 - (1 - T_{ij}^L)^{w_j}, 1 - (1 - T_{ij}^U)^{w_j}], \\ [(I_{ij}^L)^{w_j}, (I_{ij}^U)^{w_j}], [(F_{ij}^L)^{w_j}, (F_{ij}^U)^{w_j}] \end{pmatrix}_{5 \times 5}$$

$$\left(\sum_{j=1}^5 w_j = 1 \right), \quad w_1 = 0.12, w_2 = 0.18, w_3 = 0.2, w_4 = 0.25, w_5 = 0.15$$

denklemleri ile bulunmuştur ve Tablo 3.3 de sunulmuştur.

Tablo 3.3. $\tilde{R}$ Ağırlıklı karar matrisi

	$\tilde{R}$				
	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
A_1	$\begin{pmatrix} [0.05, 0.06] \\ [0.81, 0.93] \\ [0.88, 0.92] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.07, 0.15] \\ [0.87, 0.91] \\ [0.92, 0.95] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.13, 0.25] \\ [0.70, 0.81] \\ [0.70, 0.80] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.16, 0.17] \\ [0.71, 0.80] \\ [0.83, 0.96] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.07, 0.11] \\ [0.84, 0.91] \\ [0.88, 0.94] \end{pmatrix}$
A_2	$\begin{pmatrix} [0.03, 0.06] \\ [0.03, 0.10] \\ [0.03, 0.04] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.05, 0.11] \\ [0.79, 0.88] \\ [0.79, 0.93] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.09, 0.12] \\ [0.87, 0.91] \\ [0.69, 0.74] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.23, 0.31] \\ [0.61, 0.81] \\ [0.66, 0.76] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.08, 0.15] \\ [0.80, 0.88] \\ [0.84, 0.87] \end{pmatrix}$
A_3	$\begin{pmatrix} [0.08, 0.06] \\ [0.79, 0.89] \\ [0.79, 0.93] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.05, 0.12] \\ [0.79, 0.88] \\ [0.79, 0.93] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.05, 0.12] \\ [0.85, 0.87] \\ [0.69, 0.74] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.13, 0.2] \\ [0.67, 0.76] \\ [0.66, 0.76] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.06, 0.17] \\ [0.81, 0.87] \\ [0.84, 0.87] \end{pmatrix}$
A_4	$\begin{pmatrix} [0.08, 0.13] \\ [0.86, 0.91] \\ [0.8, 0.88] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.1, 0.18] \\ [0.81, 0.85] \\ [0.71, 0.96] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.07, 0.14] \\ [0.72, 0.84] \\ [0.79, 0.86] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.12, 0.14] \\ [0.8, 0.9] \\ [0.82, 0.95] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.06, 0.15] \\ [0.83, 0.94] \\ [0.82, 0.93] \end{pmatrix}$
A_5	$\begin{pmatrix} [0.8, 0.10] \\ [0.83, 0.87] \\ [0.84, 0.88] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.12, 0.15] \\ [0.78, 0.88] \\ [0.80, 0.84] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.12, 0.17] \\ [0.87, 0.92] \\ [0.82, 0.92] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.12, 0.20] \\ [0.68, 0.93] \\ [0.7, 0.84] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.07, 0.13] \\ [0.83, 0.90] \\ [0.85, 0.90] \end{pmatrix}$

Adım 4. Pozitif ideal ve negatif ideal alternatiflerinin belirlenmesi

$$A^* = \{C_1, C_2, C_3, C_4, C_5\}$$

C_1, C_3, C_4 ; maliyet kriteri, C_2, C_5 ; fayda kriteri olmak üzere (3.11) denklemleri ile pozitif ideal matrisi hesaplanmıştır ve Tablo 3.4’ de gösterilmiştir.

Tablo 3.4. A^* Pozitif ideal alternatif matrisi

A^*				
C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
$\begin{pmatrix} [0.084, 0.151] \\ [0.033, 0.101] \\ [0.027, 0.037] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.046, 0.116] \\ [0.870, 0.911] \\ [0.925, 0.961] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.129, 0.254] \\ [0.70, 0.813] \\ [0.688, 0.737] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.233, 0.313] \\ [0.602, 0.758] \\ [0.657, 0.762] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.059, 0.109] \\ [0.842, 0.940] \\ [0.877, 0.935] \end{pmatrix}$

Benzer şekilde,

$$A^- = \{C_1, C_2, C_3, C_4, C_5\}$$

C_1, C_3, C_4 ; maliyet kriteri, C_2, C_5 ; fayda kriterleri olmak üzere negatif ideal matrisi (3.12)

denklemleri ile hesaplanmış ve Tablo 3.5’de gösterilmiştir.

Tablo 3.5. A^- Negatif ideal alternatif matrisi

A^-				
C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
$\begin{pmatrix} [0.031, 0.055] \\ [0.902, 0.940] \\ [0.947, 0.973] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.123, 0.205] \\ [0.781, 0.847] \\ [0.708, 0.824] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.048, 0.119] \\ [0.869, 0.919] \\ [0.821, 0.921] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.120, 0.135] \\ [0.796, 0.925] \\ [0.831, 0.962] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.084, 0.168] \\ [0.802, 0.871] \\ [0.822, 0.870] \end{pmatrix}$

Adım 5. Benzerlik ölçülerinin hesaplanması

$\gamma = 0.5$ olmak üzere, $S(\tilde{R}, A^*)$ ve $S(\tilde{R}, A^-)$ denklem (3.6) deki benzerlik ölçüsü ($N_3(A, B)$) kullanılarak hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 3.6 de gösterilmiştir.

Tablo 3.6. Benzerlik ölçüsü değerleri

$S(\tilde{R}, A^*)$		C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
	A_1	0.533	0.898	0.935	0.871	0.902
	A_2	0.984	0.891	0.905	0.953	0.897
	A_3	0.571	0.890	0.904	0.924	0.897
	A_4	0.508	0.889	0.891	0.849	0.898
	A_5	0.566	0.889	0.874	0.898	0.900
$S(\tilde{R}, A^-)$		C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
	A_1	0.852	0.868	0.892	0.899	0.889
	A_2	0.604	0.889	0.911	0.884	0.913
	A_3	0.882	0.924	0.906	0.889	0.912
	A_4	0.888	0.911	0.896	0.911	0.900
	A_5	0.879	0.914	0.911	0.902	0.900

Tablo 3.6 de her bir alternatifin aritmetik ortalaması alınarak sonuçlar aşağıda gösterilmiştir.

$$S(A_1, A^*)=0.828, S(A_2, A^*)=0.926, S(A_3, A^*)=0.837, S(A_4, A^*)=0.808, S(A_5, A^*)=0.825$$

$$S(A_1, A^-)=0.88, S(A_2, A^-)=0.84, S(A_3, A^-)=0.903, S(A_4, A^-)=0.901, S(A_5, A^-)=0.901$$

Adım 6. Her bir alternatif için yakınlık katsayısı hesaplaması

Denklem (3.10) yardımıyla her bir alternatif için yakınlık katsayıları hesaplanmıştır ve aşağıda gösterilmiştir.

$$(YK_1)=0.484, (YK_2)=0.524, (YK_3)=0.481, (YK_4)=0.472, (YK_5)=0.478$$

Adım 7. Adım 6 deki sonuçlardan hareketle, alternatifler $A_2 > A_1 > A_3 > A_5 > A_4$ şeklinde sıralanır ve buradan en ideal enerji türünün rüzgar enerjisi (A_2) olduğu görülür.

3.4.3. MABAC Metodunun Uygulaması

Adım 1. Karar matrislerinin elde edilmesi

Karar matrisleri

$$R^{(k)} = (r_{ij})_{5 \times 5}^{(k)} = \left(\left[T_{ij}^{L(R^{(k)})}, T_{ij}^{U(R^{(k)})} \right], \left[I_{ij}^{L(R^{(k)})}, I_{ij}^{U(R^{(k)})} \right], \left[F_{ij}^{L(R^{(k)})}, F_{ij}^{U(R^{(k)})} \right] \right)_{5 \times 5}$$

($i = 1,2, \dots, 5; j = 1,2, \dots, 5, k = 1,2,3$) Tablo 3.1 de gösterilmiştir.

Adım 2. Grup karar matrisinin bulunması ve normalize edilmesi

Karar vericilerin ağırlık vektörü, ($\sum_{k=1}^3 \lambda_k = 1$), $\lambda_k (j = 1,2,3)$ olmak üzere, karar matrisleri $R^{(k)} = (r_{ij})_{m \times n}^{(k)}$ matrisi denklem (3.9) yardımıyla, $R = (r_{ij})_{5 \times 5} = ([T_{ij}^L, T_{ij}^U], [I_{ij}^L, I_{ij}^U], [F_{ij}^L, F_{ij}^U])_{5 \times 5} (i = 1,2, \dots, 5; j = 1,2, \dots, 5)$ grup karar matrisine dönüştürülmüştür. (Tablo 3.2) Grup karar matrisinden de denklem (3.14) kullanılarak normalize $\hat{R}$ matrisi elde edilmiş ve Tablo 3.7 de gösterilmiştir.

Burada karar vericilerin ağırlık vektörü, $\lambda = \{0.25, 0.35, 0.4\}$ dır.

Tablo 3.7. $\hat{R}$ Normalize edilmiş karar matrisi

$\hat{R}$					
	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
A_1	$\begin{pmatrix} [0.35,0.50] \\ [0.46,0.82] \\ [0.32,0.42] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.34,0.6] \\ [0.47,0.6] \\ [0.65,0.77] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.17,0.33] \\ [0.64,0.83] \\ [0.51,0.77] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.48,0.86] \\ [0.59,0.74] \\ [0.5,0.56] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.4,0.54] \\ [0.32,0.54] \\ [0.42,0.64] \end{pmatrix}$
A_2	$\begin{pmatrix} [0.20,0.27] \\ [0.41,0.75] \\ [0.24,0.38] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.33,0.5] \\ [0.27,0.5] \\ [0.27,0.44] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.33,0.42] \\ [0.38,0.50] \\ [0.37,0.47] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.28,0.4] \\ [0.56,0.87] \\ [0.65,0.78] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.44,0.66] \\ [0.23,0.42] \\ [0.17,0.3] \end{pmatrix}$
A_3	$\begin{pmatrix} [0.16,0.34] \\ [0.52,0.72] \\ [0.52,0.71] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.52,0.72] \\ [0.27,0.49] \\ [0.27,0.66] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.16,0.22] \\ [0.5,0.55] \\ [0.22,0.48] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.19,0.34] \\ [0.67,0.8] \\ [0.42,0.59] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.34,0.7] \\ [0.26,0.4] \\ [0.31,0.4] \end{pmatrix}$
A_4	$\begin{pmatrix} [0.64,0.8] \\ [0.4,0.58] \\ [0.41,0.75] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.44,0.66] \\ [0.30,0.4] \\ [0.15,0.17] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.30,0.47] \\ [0.57,0.80] \\ [0.29,0.54] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.45,0.72] \\ [0.36,0.6] \\ [0.40,0.44] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.36,0.67] \\ [0.28,0.66] \\ [0.27,0.62] \end{pmatrix}$
A_5	$\begin{pmatrix} [0.23,0.36] \\ [0.69,0.78] \\ [0.50,0.6] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.5,0.6] \\ [0.25,0.48] \\ [0.29,0.37] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.37,0.66] \\ [0.34,0.51] \\ [0.46,0.61] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.23,0.5] \\ [0.27,0.79] \\ [0.41,0.6] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.36,0.61] \\ [0.3,0.5] \\ [0.33,0.51] \end{pmatrix}$

Adım 3. Ağırlıklı karar matrisinin bulunması

$w_1 = 0.12$, $w_2 = 0.18$, $w_3 = 0.2$, $w_4 = 0.25$, $w_5 = 0.15$, kriterlerin ağırlıkları olmak üzere; (3.15) denklemi kullanılarak ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi bulunmuştur ve R' matrisi Tablo 3.8 de gösterilmiştir.

Adım 4. Sınır yaklaşık alanı (SYA) matrisinin hesaplanması

Sınır yaklaşık alanı (SYA) matrisi $G = (g_j)_{1 \times 5}$ denklem (3.16) kullanılarak hesaplanmıştır ve Tablo 3.9 de sonuçlar gösterilmiştir.

Tablo 3.8. R' Ağırlıklı karar matrisi

R'					
	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
A_1	$\begin{pmatrix} [0.92,0.94] \\ [0.06,0.09] \\ [0.04,0.05] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.88,0.93] \\ [0.08,0.10] \\ [0.12,0.14] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.83,0.87] \\ [0.13,0.17] \\ [0.11,0.15] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.87,0.96] \\ [0.15,0.19] \\ [0.12,0.14] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.91,0.93] \\ [0.05,0.08] \\ [0.03,0.1] \end{pmatrix}$
A_2	$\begin{pmatrix} [0.90,0.91] \\ [0.05,0.09] \\ [0.03,0.045] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.88,0.91] \\ [0.05,0.09] \\ [0.05,0.08] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.87,0.88] \\ [0.08,0.10] \\ [0.07,0.09] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.82,0.85] \\ [0.14,0.22] \\ [0.16,0.19] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.92,0.95] \\ [0.03,0.06] \\ [0.03,0.04] \end{pmatrix}$
A_3	$\begin{pmatrix} [0.9,0.92] \\ [0.06,0.09] \\ [0.06,0.05] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.91,0.95] \\ [0.05,0.09] \\ [0.05,0.12] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.83,0.84] \\ [0.1,0.11] \\ [0.04,0.1] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.8,0.83] \\ [0.17,0.2] \\ [0.11,0.15] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.92,0.95] \\ [0.03,0.06] \\ [0.03,0.04] \end{pmatrix}$
A_4	$\begin{pmatrix} [0.96,0.98] \\ [0.05,0.07] \\ [0.05,0.09] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.9,0.93] \\ [0.05,0.07] \\ [0.03,0.03] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.86,0.89] \\ [0.11,0.16] \\ [0.06,0.1] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.86,0.93] \\ [0.09,0.15] \\ [0.10,0.11] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.90,0.95] \\ [0.04,0.1] \\ [0.04,0.09] \end{pmatrix}$
A_5	$\begin{pmatrix} [0.91,0.92] \\ [0.08,0.09] \\ [0.06,0.07] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.91,0.93] \\ [0.05,0.09] \\ [0.05,0.07] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.88,0.93] \\ [0.07,0.1] \\ [0.09,0.12] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.81,0.88] \\ [0.07,0.2] \\ [0.10,0.15] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.90,0.94] \\ [0.04,0.07] \\ [0.05,0.08] \end{pmatrix}$

Tablo 3.9. Sınır yaklaşık alanı matrisi

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
G	$\begin{pmatrix} [0.43,0.61] \\ [0.27,0.49] \\ [0.34,0.50] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.46,0.65] \\ [0.28,0.45] \\ [0.29,0.46] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.37,0.58] \\ [0.34,0.49] \\ [0.25,0.0.4] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.5,0.61] \\ [0.24,0.5] \\ [0.31,0.56] \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} [0.41,0.68] \\ [0.25,0.49] \\ [0.27,0.47] \end{pmatrix}$

Adım 5. Benzerlik ölçülerinin hesaplanması

$\gamma = 0.5$ olmak üzere, $R' = (r'_{ij})_{5 \times 5}$ ve $G = (g_j)_{1 \times 5}$ matrislerinin her bir elemanı için ayrı ayrı denklem (3.6) kullanılarak benzerlik ölçüsü $S_{N_{5 \times 5}}$ hesaplanmıştır. (Tablo 3.10)

Tablo 3.10. Benzerlik ölçüsü matrisi

		C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
S_N	A_1	0.792	0.835	0.818	0.834	0.801
	A_2	0.793	0.819	0.792	0.861	0.785
	A_3	0.791	0.786	0.812	0.847	0.780
	A_4	0.768	0.796	0.807	0.816	0.776
	A_5	0.800	0.808	0.795	0.825	0.788

Adım 6. Uzaklık ölçüsünün hesaplanması

Uzaklık ölçüsü matrisi $D = (d_{ij})_{5 \times 5} = 1 - S_{N_{5 \times 5}}$ denklem (3.16) ve denklem (3.17) yardımıyla hesaplanmıştır ve sonuçlar Tablo 3. 11de gösterilmiştir.

Tablo 3.11. Mesafe ölçüsü matrisi

$(d_{ij})_{5 \times 5}$		C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
	A_1	-0.207	-0.164	0.181	-0.165	0.199
	A_2	-0.206	-0.181	0.207	0.138	0.214
	A_3	0.208	-0.214	-0.188	-0.152	-0.219
	A_4	-0.231	0.203	0.192	-0.183	-0.223
	A_5	-0.199	0.191	0.204	-0.174	-0.211

Adım 7. Alternatiflerin sıralanması

Alternatiflerin sıralanması $Q_i = \sum_{j=1}^5 d_{ij}$, $i = 1, 2, \dots, 5$; $j = 1, 2, \dots, 5$. $Q_i(1, 2, \dots, 5)$ denklemi yardımıyla bulunmuştur.

$Q_1 = -0,15702$, $Q_2 = 0,173605$, $Q_3 = -0,56628$, $Q_4 = -0,24262$, $Q_5 = -0,1889$ olduğundan alternatifler $A_2 > A_1 > A_5 > A_4 > A_3$ şeklinde sıralanır ve buradan en kullanışlı enerji türünün yine rüzgar enerjisi (A_2) olduğu görülmektedir.

3.5. Karşılaştırma Analizi ve Kararlılık Analizi

Bu bölümde literatürde var olan ve Tablo 2.1 de gösterilen aralık değerli benzerlik ölçüleri ile yeni tanımladığımız aralık değerli benzerlik ölçüsünün karşılaştırma analizi yapılmış ve Tablo 3.12 de gösterilmiştir.

Tablo 3.12. Aralık değerli benzerlik ölçülerinin karşılaştırma analizi

	Küme 1	Küme 2	Küme 3	Küme4
A	$\{x, \langle [1,1], [0,0], [0,0] \rangle\}$	$\{x, \langle [0.3,0.4][0.2,0.3][0.4,0.5] \rangle\}$	$\{x, \langle [0.3,0.4][0.2,0.3][0.6,0.75] \rangle\}$	$\{x, \langle [1,1], [0,0], [0,0] \rangle\}$
B	$\{x, \langle [0,0], [0,0], [0,0] \rangle\}$	$\{x, \langle [0.45,0.6][0.3,0.45][0.6,0.75] \rangle\}$	$\{x, \langle [0.45,0.6][0.3,0.45][0.4,0.5] \rangle\}$	$\{x, \langle [0,0], [1,1], [1,1] \rangle\}$
S_{Y_1}	0.666667	0.825	0.825	0
S_{Y_2}	0	0.857142857	0.857142857	0
S_{Y_3}	0	0.923076923	0.923076923	0
S_{Y_4}	0/0=Tanımsız	1	0.923175396	0
S_{Y_5}	6.12574E-17	0.938191336	0.938191336	6.12574E-17
S_{Y_6}	0.866025404	0.962455236	0.962455236	6.12574E-17
S_{Y_7}	0	0.923076923	0.923076923	0
S_{B_1}	0	0.8	0.8	0
S_{B_2}	0	0.666666667	0.666666667	0
S_{B_3}	0	0.666666667	0.909788868	0
S_{B_4}	0/0=Tanımsız	0.196834165	0.166789669	0
S_F	0.551559136	0.746024746	0.746024746	0
S_L	6.12574E-17	0.668178638	0.668178638	6.12574E-17
S_M	0.732050808	0.86168324	0.86168324	0
S_J	0	0.775	0.775	0
S_A	0	0.475	0.475	-2
S_{N_3}	0.660149464	0.919333222	0.875583222	0

Tablo 3.12. (devamı)

	Küme5	Küme6	Küme7
A	$\{x, \langle [0,0], [0,0], [0,0] \rangle\}$	$\{x, \langle [1,1], [0,1], [1,1] \rangle\}$	$\{x, \langle [1,1], [0,1], [1,1] \rangle\}$
B	$\{x, \langle [0,0], [0,0], [0,0] \rangle\}$	$\{x, \langle [0.59,0.68], [0.6,0.6], [0.45,0.450] \rangle\}$	$\{x, \langle [0.75,0.95], [0.6,0.6], [0.01,0.01] \rangle\}$
S_{Y_1}	1	0.378333333	0.453333333
S_{Y_2}	0/0=Tanımsız	0.382604827	0.476856039
S_{Y_3}	0/0=Tanımsız	0.553455072	0.645771864
S_{Y_4}	0/0=Tanımsız	0.697695566	0.701871143
S_{Y_5}	1	6.12574E-17	0.015707317
S_{Y_6}	1	0.559916162	0.653420604
S_{Y_7}	0/0=Tanımsız	0.553455072	0.645771864
S_{B_1}	0/0=Tanımsız	0.479776848	0.479776848
S_{B_2}	0/0=Tanımsız	0.31559633	0.414285714
S_{B_3}	0/0=Tanımsız	0.344	0.464
S_{B_4}	0/0=Tanımsız	0	0.0377109
S_F	1	0.267621685	0.333791934
S_L	1	6.12574E-17	0.007854143
S_M	1	0.473874549	0.542164254
S_J	1	0	0.01
S_A	1	-0.85	-0.64
S_{N_3}	1	0.53805385	0.560201031

Tablo 2.1 de verilen benzerlik ölçülerinin 7 farklı ikili küme örneklerinden ortaya çıkan sonuçlar Tablo 3.12 de verilmiş olup bu sonuçların değerlendirilmesi aşağıda yorumlanmıştır.

- ✓ Yeşil arka plan rengindeki aynı sonuçlar nedeniyle bu satıra ait olan benzerlik ölçüleri ile karar verilemeyeceğini gösterir.
- ✓ Sarı arka plan rengi sonuçları benzerlik ölçüsü tanımında ki $0 \leq s \leq 1$ özelliğini sağlamadığından dolayı, bu satırlarda var olan benzerlik ölçülerine göre karar verilemeyeceğini gösterir.
- ✓ Mavi arka plan rengi " $\frac{0}{0}$ = Tanımsız " bir ifade olduğundan bu sonucu veren benzerlik ölçülerine göre karar verilemeyeceğini gösterir.

Yapılan karşılaştırmalara göre önerdiğimiz benzerlik ölçüsü, verilen farklı küme örneklerinin hepsine uygulandığında bu benzerlik ölçüsü ile karar verilebileceği görülmüştür. Bu sonuç bize açıkça gösterir ki, önerilen benzerlik ölçüsü diğer benzerlik ölçülerinden daha üstün ve kullanışlıdır.

Verilen enerji probleminde mevcut benzerlik ölçüleri kullanılarak elde edilen sonuçlar Tablo 3.13 ve Tablo 3.14 de gösterilmiştir.

Tablo 3.13. Mevcut benzerlik ölçülerinin benzerlik metodu ile karşılaştırılması

Benzerlik ölçüleri	Alternatiflerin sayısal sonuçları					Alternatiflerin sıralaması	En iyi alternatif	En kötü alternatif
S_{Y_1}	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	$A_2 > A_1 > A_3 > A_5 > A_4$	A_2	A_4
	0.479	0.539	0.472	0.457	0.465			
S_{Y_7}	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	$A_2 > A_3 > A_1 > A_5 > A_4$	A_2	A_4
	0.452	0.541	0.453	0.449	0.451			
S_{B_1}	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	$A_2 > A_1 > A_3 > A_5 > A_4$	A_2	A_4
	0.476	0.546	0.445	0.423	0.433			
S_A	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	$A_2 > A_5 > A_1 > A_3 > A_4$	A_2	A_4
	0.417	0.654	0.387	0.328	0.489			
S_L	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	$A_2 > A_1 > A_3 > A_5 > A_4$	A_2	A_4
	0.471	0.511	0.457	0.429	0.439			
S_F	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	$A_2 > A_1 > A_3 > A_5 > A_4$	A_2	A_4
	0.477	0.549	0.464	0.444	0.454			
S_J	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	$A_2 > A_1 > A_3 > A_5 > A_4$	A_2	A_4
	0.464	0.561	0.457	0.437	0.447			
S_{Y_5}	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	$A_2 > A_1 > A_3 > A_5 > A_4$	A_2	A_4
	0.462	0.561	0.461	0.449	0.456			
S_M	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	$A_2 > A_1 > A_3 > A_5 > A_4$	A_2	A_4
	0.482	0.532	0.477	0.465	0.471			
S_{B_3}	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	$A_2 > A_1 > A_3 > A_4 > A_5$	A_2	A_5
	0.459	0.538	0.456	0.446	0.437			
Önerilen benzerlik ölçüsü	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	$A_2 > A_1 > A_3 > A_5 > A_4$	A_2	A_4
	0.484	0.524	0.481	0.472	0.478			

Tablo 3.14. Mevcut benzerlik ölçülerinin MABAC metodu ile karşılaştırılması

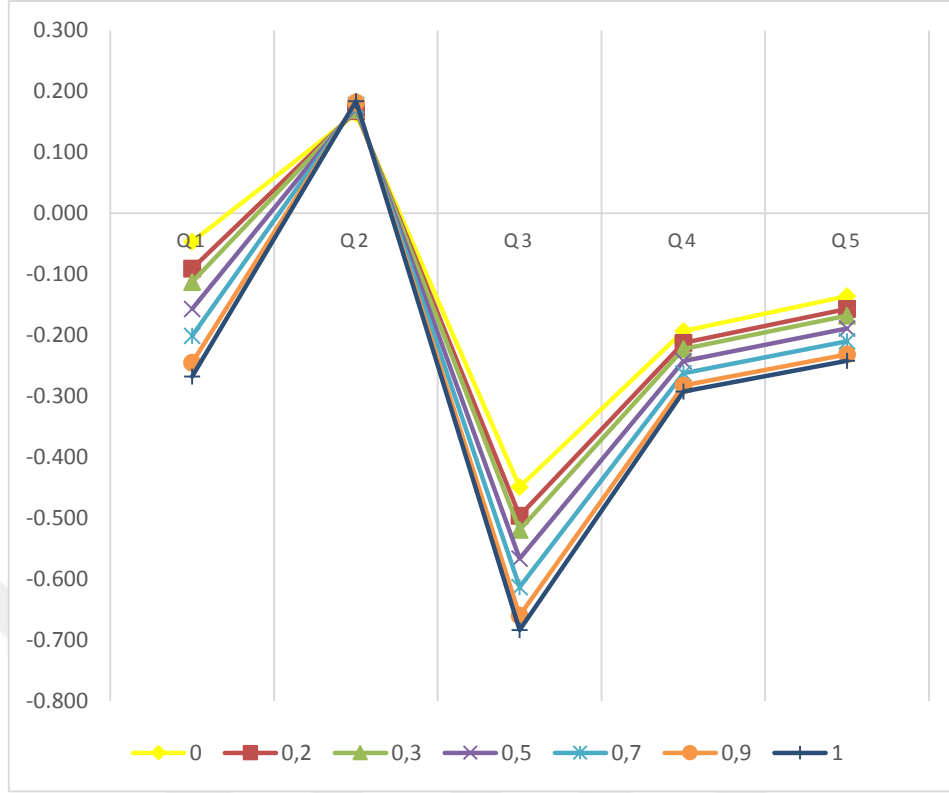
Benzerlik ölçüleri	Alternatiflerin sayısal sonuçları					Alternatiflerin sıralaması	En iyi alternatif	En kötü alternatif
S_{Y_1}	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	$A_2 > A_1 > A_5 > A_4 > A_3$	A_2	A_3
	-0.197	0.187	-0.573	-0.273	-0.199			
S_{Y_7}	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	$A_2 > A_5 > A_1 > A_4 > A_3$	A_2	A_3
	-0.214	0.166	-0.624	-0.256	-0.204			
S_{B_1}	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	$A_2 > A_5 > A_1 > A_4 > A_3$	A_2	A_3
	-0.383	0.297	-1.129	-0.421	-0.366			
S_A	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	$A_2 > A_5 > A_1 > A_4 > A_3$	A_2	A_3
	-1.014	0.719	-2.628	-1.099	-0.924			
S_L	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	$A_2 > A_1 > A_5 > A_4 > A_3$	A_2	A_3
	-0.467	0.563	-1.612	-0.631	-0.524			
S_F	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	$A_2 > A_5 > A_1 > A_4 > A_3$	A_2	A_3
	-0.452	0.276	-1.201	-0.485	-0.418			
S_J	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	$A_2 > A_5 > A_1 > A_4 > A_3$	A_2	A_3
	-0.376	0.340	-1.040	-0.410	-0.295			
S_{Y_5}	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	$A_2 > A_1 > A_5 > A_4 > A_3$	A_2	A_3
	-0.197	0.187	-0.573	-0.273	-0.199			
S_M	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	$A_2 > A_5 > A_1 > A_4 > A_3$	A_2	A_3
	-0.272	0.190	-0.701	-0.296	-0.247			
S_{B_3}	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	$A_2 > A_5 > A_1 > A_4 > A_3$	A_2	A_3
	-0.485	0.439	-1.502	-0.497	-0.436			
Önerilen Benzerlik ölçüsü	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	$A_2 > A_1 > A_5 > A_4 > A_3$	A_2	A_3
	-0.157	0.174	-0.566	-0.243	-0.189			

Kararlılık analizinde γ 'nın değişiminin genel sıralamaya etkisi incelenmiş ve sonuçlar aşağıdaki tablo ve grafiklerde gösterilmiştir.

Tablo 3.15. γ risk faktörünün MABAC metodundaki sıralamaya etkisi

γ	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	Q_5	Alternatiflerin sıralaması
0	-0.047	0.164	-0.449	-0.193	-0.136	$A_2 > A_1 > A_5 > A_4 > A_3$
0.2	-0.091	0.168	-0.496	-0.213	-0.157	$A_2 > A_1 > A_5 > A_4 > A_3$
0.3	-0.113	0.170	-0.519	-0.223	-0.168	$A_2 > A_1 > A_5 > A_4 > A_3$
0.5	-0.157	0.174	-0.566	-0.243	-0.189	$A_2 > A_1 > A_5 > A_4 > A_3$
0.7	-0.201	0.178	-0.613	-0.262	-0.210	$A_2 > A_1 > A_5 > A_4 > A_3$
0.9	-0.245	0.182	-0.660	-0.282	-0.231	$A_2 > A_5 > A_1 > A_4 > A_3$
1	-0.268	0.184	-0.683	-0.292	-0.242	$A_2 > A_5 > A_1 > A_4 > A_3$

Tablo 3.15 deki sonuçlara göre, $\gamma = 0$ olduğunda alternatifler N_2 benzerlik ölçüsüne göre, γ değeri 0 ile 1 arasında değer aldığı anda alternatifler N_3 benzerlik ölçüsüne göre ve $\gamma = 1$ olduğunda ise alternatifler N_1 benzerlik ölçüsüne göre sıralanmıştır. Sonuçlara göre MABAC metodunda γ risk faktörünün alternatiflerin sıralamasında etkili olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar şekil 3.2 deki grafikte ayrıca gösterilmiştir.

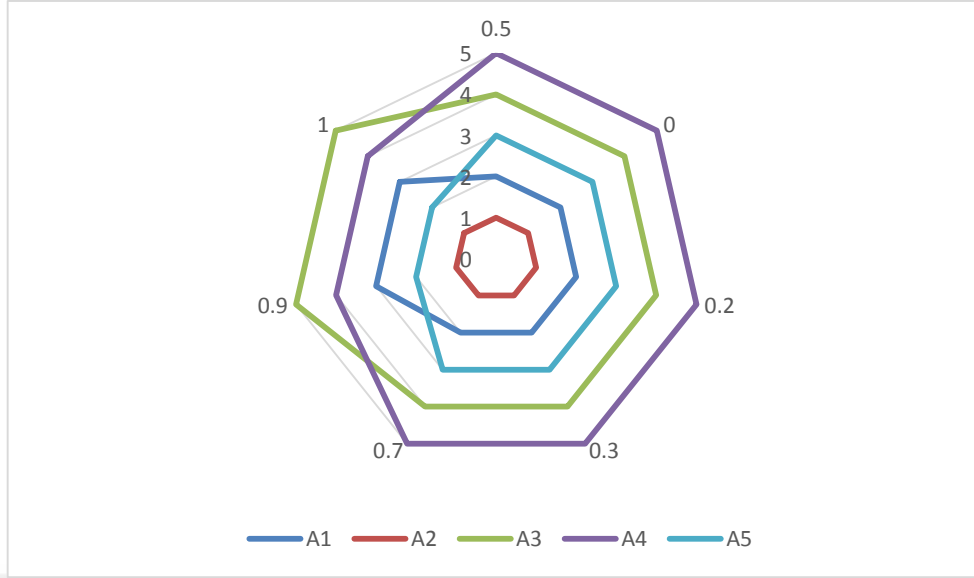


Şekil 3. 2. γ risk faktörünün MABAC metodundaki genel sıralamaya etkisi

Tablo 3.16. Farklı risk faktörleri için MABAC metodundaki sıralamanın değişimi

Risk faktörü(γ)	0.5	0	0.2	0.3	0.7	0.9	1
A_1	2	2	2	2	2	3	3
A_2	1	1	1	1	1	1	1
A_3	4	4	4	4	4	5	5
A_4	5	5	5	5	5	4	4
A_5	3	3	3	3	3	2	2

Tablo 3.16 ya göre, risk faktörü değiştikçe en iyi alternatifin değişmediği, diğer alternatiflerin ise kısmi olarak değişmektedir. Dolayısıyla burada, risk faktörünün MABAC metodunda genel sıralama üzerine etkisinin olduğu görülmektedir. Bu durum şekil 3.3 deki grafikte ayrıca gösterilmiştir.

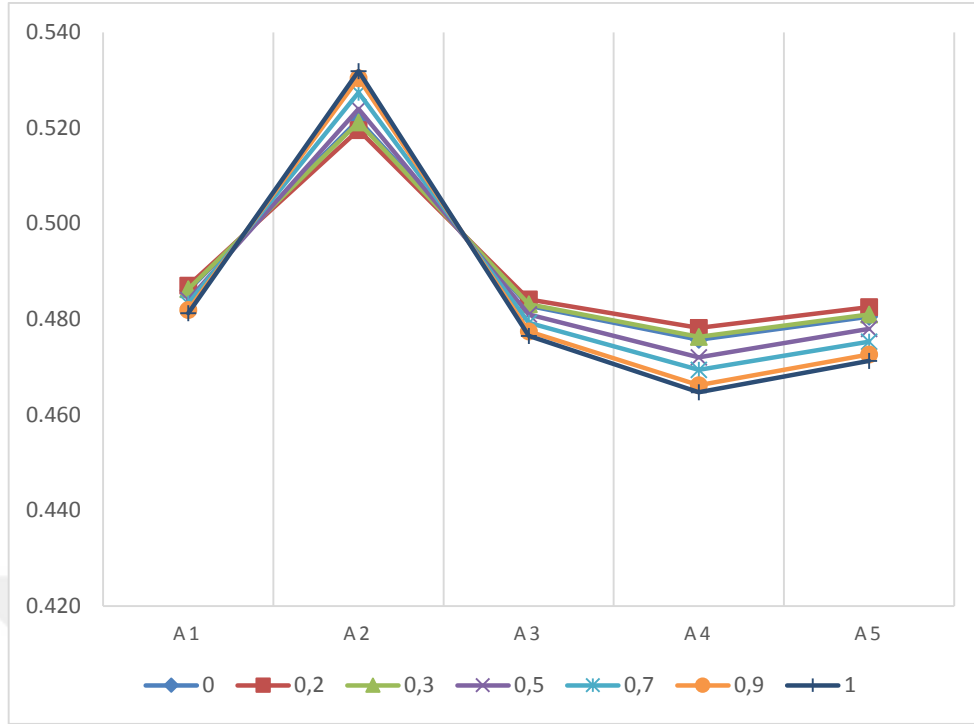


Şekil 3. 3. Farklı risk faktörlerinin MABAC için genel sıralama sonuçlarına etkisi

Tablo 3.17. γ risk faktörünün benzerlik metodundaki sıralamaya etkisi

γ	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	Alternatiflerin sıralaması
0	0.486	0.522	0.483	0.476	0.480	A2>A1>A3>A5>A4
0,2	0.487	0.520	0.484	0.478	0.483	A2>A1>A3>A5>A4
0,3	0.486	0.521	0.483	0.476	0.481	A2>A1>A3>A5>A4
0,5	0.484	0.524	0.481	0.472	0.478	A2>A1>A3>A5>A4
0,7	0.483	0.527	0.479	0.469	0.475	A2>A1>A3>A5>A4
0,9	0.482	0.530	0.477	0.466	0.473	A2>A1>A3>A5>A4
1	0.481	0.532	0.477	0.465	0.471	A2>A1>A3>A5>A4

Tablo 3.17 deki sonuçlara göre, $\gamma = 0$ olduğunda alternatifler N_2 benzerlik ölçüsüne göre, γ değeri 0 ile 1 arasında değer aldığı anda alternatifler N_3 benzerlik ölçüsüne göre ve $\gamma = 1$ olduğunda ise alternatifler N_1 benzerlik ölçüsüne göre sıralanmıştır. Sonuçlara göre γ değeri değişse de benzerlik metoduna göre, alternatiflerin sıralamasının her üç benzerlik ölçüsüne göre de değişmediği görülmüştür. Bu sonuçlar şekil 3.4 deki grafikte gösterilmiştir.

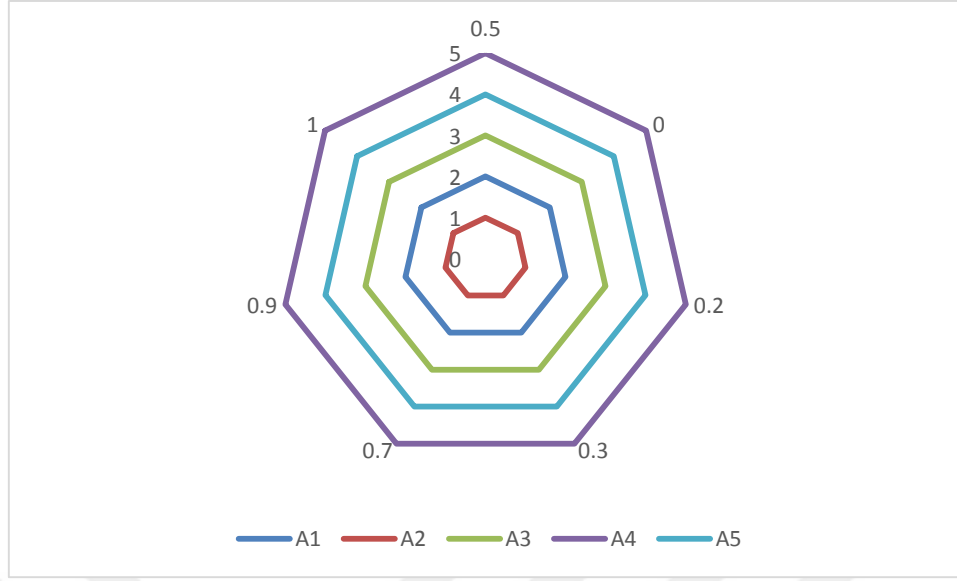


Şekil 3. 4. γ risk faktörünün benzerlik metodundaki genel sıralamaya etkisi

Tablo 3.18. Farklı risk faktörleri için benzerlik metodundaki sıralamanın değişimi

Risk faktörü	0.5	0	0.2	0.3	0.7	0.9	1
A_1	2	2	2	2	2	2	2
A_2	1	1	1	1	1	1	1
A_3	3	3	3	3	3	3	3
A_4	5	5	5	5	5	5	5
A_5	4	4	4	4	4	4	4

Tablo 3.18 deki sonuçlara göre, risk faktörü değişse de alternatiflerin sıralamasında herhangi bir değişiklik olmadığı görülmüştür. Bu durum önerilen metodun kararlı olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar şekil 3.5 deki grafikte de ayrıca sunulmuştur.



Şekil 3. 5. Farklı risk faktörlerinin benzerlik metodu için genel sıralamaya etkisi

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Son yıllara bakıldığında dünyada insanoğlu birçok problemle uğraşmaktadır. Bunların içinde sağlık, enerji, mühendislik, eğitim ön plana çıkmaktadır. Dünyada gelişen teknoloji, meydana gelen sağlık alanındaki sorunlar gelecek adına daha belirsiz problemleri ortaya çıkarmaktadır. Bunun gibi birçok belirsiz yöntemler arasından hangisinin insana ve yaşama daha faydalı olacağı da tartışılmaktadır. Bu yöntemler arasından seçim yapmak çok önemlidir ve dolayısıyla karar vericiler en iyisini seçmek için çalışmalar yapmaktadırlar. Neutrosophic kümeler, bu gibi birçok pratik problemde ortaya çıkan belirsiz ve tutarsız bilgileri modellemek için oldukça kullanışlıdır. Bu çalışmada karar verme problemlerinde kullanılabilecek iki aralık değerli neutrosophic benzerlik ölçüsü tabanlı yöntem geliştirilmiştir. Bunu yapmak için için klasik küme, bulanık küme, sezgisel bulanık küme, neutrosophic küme, tek değerli neutrosophic küme ve aralık değerli neutrosophic küme gibi temel kavramaların tanım ve özellikleri verilmiştir. Aralık değerli iki yeni benzerlik ölçüsü denklemi elde edilmiş ve bu denklemler lineer bir yöntemle birleştirilerek yeni bir aralık değerli benzerlik ölçüsü tanımlanmıştır. Daha sonra çok kriterli bir karar verme probleminin çözümünde bu benzerlik ölçülerinin bir uygulaması gösterilmiştir. Bu tür sorunların çözümüne yönelik bir yöntem, her bir alternatif ile ilgili ideal alternatif arasındaki mesafe ve benzerlik ölçüleriyle oluşturulmuştur. Daha sonra açıklayıcı bir örnek olarak yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili bir problem ele alınmış önerilen benzerlik ölçüleri ile tüm alternatiflerin sıralaması hesaplanmıştır. Her hesaplama matrislerle tablo şeklinde sunulmuş ve en iyi alternatif belirlenmiştir. Literatürde var olan benzerlik ölçüleri ile önerdiğimiz benzerlik ölçüsü farklı kümeler kullanılarak karşılaştırmıştır. Karşılaştırma sonucunda var olan benzerlik ölçülerinin eksik yönleri gösterilmiştir. Önerilen benzerlik ölçüsünün ise tüm örnekler üzerinde kayda değer sonuçlar verdiği görülmüştür. Buradan da önerilen benzerlik ölçüsünün karar vermede daha kullanışlı olacağı sonucuna varılmıştır.

Sonuç olarak elde ettiğimiz verilerden hareketle aşağıda yeni çalışmalar için bazı öneriler sunulmuştur.

- ✓ Amaçlanan yöntemler ilerleyen zamanlarda belirsizlik içeren birçok problemi modellemek ve karmaşık problemleri çözmek için geniş bir alanda uygulanabilir.
- ✓ Önerilen teknikler mevcut karar verme yöntemlerini genişletir ve dolayısıyla karar vericiler için yararlı bir yol sağlayabilir.
- ✓ Önerilen benzerlik ölçüleri tıbbi teşhis, örüntü tanımaları vb. gibi bilim ve mühendisliğin gerçek yaşam uygulamalarındaki belirsiz problemlerin çözümünde rahatlıkla kullanılabilir.
- ✓ Önerilen yöntem yüksek mertebeden neutrosophic kümelere genişletilebilir.
- ✓ Tanımlanan N_1 ve N_2 benzerlik ölçüleri başka benzerlik ölçüleri ile lineer birleşim sağlayarak yeni benzerlik ölçüleri elde edilebilir.
- ✓ Önerilen modeller literatürde var olan diğer ÇKKV yöntemleri ile beraber kullanılarak güncel karmaşık problemlerin çözümünde kullanılabilir.

5. KAYNAKLAR

- Abdel-Basset, M. ve Mohamed, M., 2018. The Role of Single Valued Neutrosophic Sets and Rough Sets in Smart City, Imperfect and Incomplete Information Systems, Measurement, 124, 47-55
- Abdel-Basset M., Manogaran G., Gamal A. ve Smarandache, F., 2018. A hybrid approach of neutrosophic sets and DEMATEL method for developing supplier selection criteria, Design Autom Embed Systems, 22, 3, 257–278.
- Abdel-Basset M., Nabeeh N., El-Ghareeb H. ve Aboelfetouh A., 2019. Utilising neutrosophic theory to solve transition difficulties of IoT-based enterprises, Enterprise Information Systems, 37, 1-21.
- . Abdel-Basset, M., Asmaa A. ve Florentin S., 2019. A hybrid Neutrosophic multiple criteria group decision making approach for project selection, Cognitive Systems Research, 57,39, 216-227.
- Atanassov K., 1986. Intuitionistic fuzzy sets, Fuzzy Sets and Systems, 20, 87–96.
- Aydoğdu, A., 2015. On entropy and similarity measure of interval valued neutrosophic sets, Neutrosophic Sets Systems 9, 47–49.
- Bausys, R., Zavadskas, E. ve Kaklauskas, A. (2015). Application of neutrosophic set to multicriteria decision making by COPRAS, Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research, 49, 2, 91-106 .
- Bolturk, E. ve Kahraman, C., 2018. A novel interval valued neutrosophic AHP with cosine similarity measure, Soft Computing, 22, 15, 4941–4958.
- Broumi, S. ve Smarandache, F., 2014. Cosine similarity measure of interval valued neutrosophic sets, Neutrosophic Sets and Systems, 5, 15–20.
- Broumi, S. ve Smarandache F., 2014. Correlation coefficient of interval neutrosophic set, Applied Mechanics and Materials, 436, 511–517.
- Broumi, S. ve Smarandache, F. 2014a. July. New distance and similarity measures of interval neutrosophic sets. In Information Fusion (FUSION), 2014 17th International Conference, pp. 1-7, IEEE.
- Broumi, S. ve Smarandache, F. 2014b. Cosine Similarity Measure of Interval Valued Neutrosophic Sets, Neutrosophic Sets & Systems, 5, 15-20.

- Broumi, S. ve Smarandache, F., 2013. Correlation coefficient of interval neutrosophic set, Applied Mechanics Materials, 436, 511–517.
- Broumi, S., Deli, I. ve Smarandache, F., 2015. N-valued interval neutrosophic sets and their application in medical diagnosis, *Critical Review, Center for Mathematics of Uncertainty, Creight on University, Omaha, NE, USA*, 10, 45-69.
- Chen S. M. ve Tan J. M., 1994. Handling multicriteria fuzzy decision-making problems based on vague set theory, Fuzzy Sets and Systems, 67, 163–172.
- Chi P. ve Liu P., 2013. An extended TOPSIS method for the multi-attribute decision making problems on interval neutrosophic set, Neutrosophic Sets Systems, 1, 63-70.
- De, S. K., Biswas R. ve Roy A. R., 2000. Some operations on intuitionistic fuzzy sets, Fuzzy Sets and Systems, 114, 477–484.
- Fu, J. ve Ye, J., 2017. Simplified neutrosophic exponential similarity measures for the initial evaluation/ diagnosis of benign prostatic hyperplasia symptoms, Symmetry, 9, 8, 154, 1-10.
- Hwang, C. ve Yoon, K., 1981. Multiple Attribute Decision Making, Methods and Applications, New York, 259 p.
- Hong D. ve Choi C., 2000. Multicriteria fuzzy decision-making problems based on vague set theory, Fuzzy Sets and Systems, 114, 103–113.
- Ji P. ve Zhang, Y., 2016. A subethood measure with the hausdorff distance for interval neutrosophic sets and its relations with similarity and entropy measures. In *Control and Decision Conference (CCDC)*, Chinese, pp. 4152-4157, IEEE.
- Kahneman D. ve Tversky A., 1979. Prospect theory: An analysis of decision under risk, Econometrica, 47, 263–292.
- Karasan, A. ve Kahraman, C., 2017. Interval-Valued Neutrosophic Extension of EDAS Method. In *Advances in FuzzyLogic and Technology 2017*. Kacprzyk, J., Szmidt, E., Zadrożny, S., Atanassov, K.T., Krawczak, M., (eds.), Springer International Publishing, Cham, Switzerland, pp. 343–357.
- Karaşan, A. ve Kahraman, C., 2018. A novel interval valued neutrosophic EDAS method, Prioritization of the united nations national sustainable development goals, Soft Computing, 22, 4891–4906.

- Keshavarz vd., 2015. Multi-Criteria Inventory Classification Using a New Method of Evaluation Based on Distance from Average Solution (EDAS) Archived 2 September 2016 at the Wayback Machine, Informatica, 26, 3, 435-451.
- Küçük G. D. ve Şahin R., 2018. A Novel Hybrid Approach for Simplified Neutrosophic Decision Making with Completely Unknown Weight Information, International Journal for Uncertainty Quantification, 8, 161-173.
- Liu, C., 2018. New Similarity Measures of Simplified Neutrosophic Sets and Their Applications, Journal of Information Processing Systems, 14, 3, 790-800.
- Marechal vd., 1986. How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method, European Journal of Operational Research, 24, 228- 238
- Majumdar P. ve Samanta A., 2014. On similarity and entropy of neutrosophic sets, Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, 26, 3, 1245-1252.
- Milli Eğitim Bakanlığı, 2012. Yenilenebilir Enerji Teknolojileri, Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Önemi, Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara, [http://www.solaracademy.com/menus/Yenilenebilir Enerji Teknolojileri Kaynakları Önemi.164622.pdf](http://www.solaracademy.com/menus/Yenilenebilir_Enerji_Teknolojileri_Kaynaklari_Onemi.164622.pdf)
- Mondal, K., Pramanik, S. ve Giri, B., 2018. Interval Neutrosophic Tangent Similarity Measure Based MADM strategy and its Application to MADM Problems, Neutrosophic Sets and Systems, 19, 47-56.
- Opricovic S. ve Tzeng G., 2002. Multicriteria planning of post-earthquake sustainable reconstruction, Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, 17, 3, 211-220.
- Opricovic S. ve Tzeng G., 2004. Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS, European Journal of Operational Research, 156, 2, 445-455.
- Opricovic S. ve Tzeng G., 2007. Extended VIKOR method in comparison with outranking methods, European Journal of Operational Research, 178, 2, 514-529.
- Pamučar, D. ve Čirović, G., 2015. The selection of transport and handling resources in logistics centers using Multi-Attributive Border Approximation area Comparison (MABAC), Expert Systems with Applications, 42, 6, 3016-3028.
- Peide, L., 2013. Some power generalized aggregation operators based on the interval neutrosophic numbers and their application to decision making, IEEE Transactions on Cybernetics, p.12.

- Peng J., Wang J. ve Wu H., 2016. An extension of the ELECTRE approach with multi-valued neutrosophic information, Neural Computing and Applications , 28,1011-1022.
- Peng, X. ve Liu, C., 2017. Algorithms for neutrosophic soft decision making based on EDAS, new similarity measure and level soft set, Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, 32,1, 955–968.
- Peng, X. ve Yang, Y., 2016. Pythagorean fuzzy Choquet integral based MABAC method for multiple attribute group decision making, International Journal of Intelligent Systems, 31, 989-1020.
- Peng, X., Dai, J. ve Yuan, H., 2017. Interval-valued fuzzy soft decision making methods based on MABAC. Similarity Measure and EDAS, Fundamenta Informatica, 152, 4, 373–396.
- Pramanik, S.ve Mondal K., 2015. Cotangent similarity measure of rough neutrosophic sets and its application to medical diagnosis, Journal of New Theory, 4, 464–471.
- Pramanik, S., Biswas P. ve Giri, B., 2017. Hybrid vector similarity measures and their applications to multi-attribute decision making under neutrosophic environment, Neural Computing and Applications, 28, 1163–1176.
- Smarandache, F., 1998. Neutrosophy. Neutrosophic Probability, Set and Logic, Pro Quest Information & Learning, Ann Arbor, Michigan, USA, 105, 118–123.
- Stanujkic vd., 2017. A neutrosophic extension of the MULTIMOORA method, Informatica, 28 ,1, 181–192.
- Şahin, R., 2017. Cross-entropy measure on interval neutrosophic sets and its applications in multicriteria decision-making, Neural Computing Application, 28, 1177–1187.
- Şahin, R. ve Yiğider, M., 2016. A Multi-criteria neutrosophic group decision making method based TOPSIS for supplier selection, Applied Mathematics & Information Sciences, 10, 5, 1843-1852.
- Tan R., Zhang W. ve Chen L., 2017. Study on emergency group de-cision making method based on VIKOR with single valued neutro-sophic sets, J. Saf. Scie. Tech., 13, 79–84.
- Turksen I.B., 1986. Interval valued fuzzy sets based on normal forms, Fuzzy Sets and Systems, 20, 191–210.
- Torra V., 2010. Hesitant fuzzy sets, International Journal of Intelligent Systems, 25, 529–539.

- Vincke P. ve Brans J., 1985. A preference ranking organisation method: The PROMETHEE method for MCDM, Management Science, 31, 647-656.
- Wang J. ve Li X., 2015. TODIM method with multi-valued neutrosophic sets, Control and Decision, 30, 6, 1139–1142.
- Wang, Z. ve Liu, L., 2016. Optimized PROMETHEE based on interval neutrosophic sets for new energy storage alternative selection, Revista Tecnica de La Facultad de Ingenieria Universidad Del Zulia, 39, 9 , 69–77.
- Wang, H., Smarandache F., Zhang Q. ve Sunderraman R., 2010. Single valued neutrosophic, sets, Multispace and Multi-structure, 4, 410–413.
- Wang, H., Smarandache, F., Zhang, Q. ve Sunderraman, R., 2005. Interval Neutrosophic Sets and Logic, Theory and Applications in Computing, 5, 1-38.
- Wang, H., Smarandache, F., Zhang, Y. ve Sunderraman, R., 2010. Single valued neutrosophic sets, Rev. Air Force Acad, 1, 10–14.
- Wang, Y., Wang, Q. ve Wang, L., 2018. Fuzzy stochastic multi-criteria decision-making methods with interval neutrosophic probability based on regret theory, Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, 35, 2309–2322.
- Xu Z. S. ve Yager R., 2006. Some geometric aggregation operators based on intuitionistic fuzzy sets, International Journal of General Systems, 35, 417–433.
- Xu Z., 2007a. A method for multiple attribute decision making with incomplete weight information in linguistic setting, Knowledge-Based Systems, 20, 719–725.
- Xu Z., 2007b. Intuitionistic fuzzy aggregation operators, IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 15, 1179–1187.
- Yager R., 2004. Generalized OWA aggregation operators, Fuzzy Optimization and Decision Making, 3, 93–107.
- Ye, J, 2009. Multicriteria fuzzy decision-making method based on a novel accuracy function under interval-valued intuitionistic fuzzy environment, Expert Syst. Appl., 36, 6899–6902.
- Ye J., 2013. Multicriteriadecision-making method using the correlation coefficient under single-value neutrosophic environment, International Journal of General Systems, 42 ,386–394.

- Ye J., 2014a. Similarity measures between interval neutrosophic sets and their applications in multicriteria decision-making, Journal of Intelligent and Fuzzy Systems, 26,165–172.
- Ye, J., 2014b. Vector Similarity Measures of Simplified Neutrosophic Sets and Their Application in Multicriteria Decision Making, International Journal of Fuzzy Systems, 16, 2, 204-211.
- Ye J., 2014c. Single valued neutrosophic cross-entropy for multicriteria decision making problems, Applied Mathematical Modeling, 38, 1170–1175.
- Ye J., 2014d. A multicriteria decision-making method using aggregation operators for simplified neutrosophic sets, Journal of Intelligent and Fuzzy Systems, 26, 2459–2466.
- Ye, J., 2014e. Improved correlation coefficients of single valued neutrosophic sets and interval neutrosophic sets for multiple attribute decision making, Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, 27, 5, 2453-2462.
- Ye, J., 2015. Improved cosine similarity measures of simplified neutrosophic sets for medical diagnoses, Artificial Intelligence in Medicine, 63, 3, 171-179.
- Ye J. ve Fu J., 2016. Multi-period medical diagnosis method using a single valued neutrosophic similarity measure based on tangent function, Computer Methods and Programs in Biomedicine, 123, 142–149.
- Ye, J., 2016. The generalized Dice measures for multiple attribute decision making under simplified neutrosophic environments, Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, 31, 1, 663-671.
- Ye J., 2017a. Single valued neutrosophic similarity measures based on cotangent function and their application in the fault diagnosis of steam turbine, Soft computing, 21, 3, 817-825.
- Ye, J. 2017b. Single-valued neutrosophic similarity measures based on cotangent function and their application in the fault diagnosis of steam türbine, Soft Computing, 21, 1–9.
- Ye S. ve Ye J., 2014. Dice similarity measure between single valued neutrosophic multi sets and its application in medical diagnosis, Neutrosophic sets and systems, 6, 48-53.
- Yılmaz, S. A., 2014. Green Jobs and Potential for Renewable Energy in Turkey, Ankara, Ministry of Development Specialization Thesis, Publication, 2887p.

Zadeh, L. A., 1965. Fuzzy Sets, Information and Control, 8, 338-353.

Zhang, H.Y., 2014. Wang, J.Q. ve Chen, X.H., 2014. Interval neutrosophic sets and their application in multicriteria decision making problems, Scientific World Journal , 2014, 1-15.

Zhang H., Wang J. ve Chen X., 2016. An outranking approach for multi-criteria decision-making problems with interval-valued neutrosophic sets, Neural Computing Application, 27, 3, 615–627



ÖZGEÇMİŞ

İbrahim ARSLAN, 1978 yılında Gümüşhane'nin Çamlıköy köyünde doğdu. İlköğrenimini Gazipaşa İlköğretim Okulu'nda orta ve lise öğrenimini de Ali Fuat Kadir Beyoğlu Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 1997 yılında Atatürk Üniversitesi Erzincan Eğitim Fakültesi Matematik Öğretmenliği Bölümü'nde başladığı lisans eğitimini 2001 yılında tamamladı. 2001 yılında Gümüşhane ilinin Kürtün ilçesinde matematik öğretmeni olarak göreve başladı. Halen Ali Fuat Kadir Beyoğlu Anadolu lisesinde matematik öğretmeni olarak çalışmaktadır. 2017-2018 Eğitim-Öğretim Yılı Güz Yarıyılında Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Matematik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda başlamış olduğu yüksek lisans eğitimine devam etmektedir. İbrahim ARSLAN, evli ve iki çocuk babasıdır.