



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



**BASİTLEŞTİRİLMİŞ NEUTROSOPHİC KÜMELER ve
ZAMAN SERİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Esra ÖZTÜRK DİKİCİ

**AĞUSTOS 2020
GÜMÜŞHANE**

T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MATEMATİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BASİTLEŞTİRİLMİŞ NEUTROSOPHİC KÜMELER ve
ZAMAN SERİLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Esra ÖZTÜRK DİKİCİ

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

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 28/ 09/ 2020
Tezin Sözlü Savunma Tarihi: 18/ 08/ 2020

AĞUSTOS 2020

TEZ BEYANNAMESİ

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Matematik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlamış olduğum “Basitleştirilmiş Neutrosophic Kümeler ve Zaman Serileri” 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.

28/09/2020

Esra ÖZTÜRK DİKİCİ

ÖZET
YÜKSEK LİSANS TEZİ

BASİTLEŞTİRİLMİŞ NEUTROSOPHİC KÜMELER ve
ZAMAN SERİLERİ

Esra ÖZTÜRK DİKİCİ

Gümüşhane Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Matematik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Rıdvan ŞAHİN

2020, 69 sayfa

Klasik zaman serileri zamana bağlı bir verinin geçmiş değerlerini kullanarak gelecek değerlerini tahmin etmeyi amaçlar. Ancak belirsizlik içeren verilerde klasik zaman serilerini kullanmak zordur. Bu nedenle belirsizlik içeren karar verme problemlerinin çözümünde sıklıkla kullanılan bulanık küme, sezgisel bulanık küme ve neutrosophic küme kavramları zaman serileri ile birleştirilerek daha fonksiyonel tahmin modelleri tanımlanmıştır.

Bu çalışmada, entropi kavramı ile basitleştirilmiş neutrosophic kümelerin belirsizlik fonksiyonu tanımlanarak neutrosophic zaman serileri tabanlı yeni bir tahmin modeli geliştirilmiştir. Daha sonra önerilen modelin üstünlüğünü göstermek için sayısal örnekler verilmiş ve literatürdeki mevcut sonuçlarla karşılaştırma yapılmıştır. Ayrıca ülkemizde yaşadığımız Covid-19 salgını vaka sayılarına önerilen model uygulanmış ve sonuçlar mevcut modellere göre değerlendirilmiştir. Son olarak bütün sonuçlar detaylı bir şekilde yorumlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Neutrosophic kümeler, Üçgen bulanık kümeler, Entropi, Neutrosophic zaman serileri

ABSTRACT

MS THESIS

SIMPLIFIED NEUTROSOPHIC SETS and TIME SERIES

Esra ÖZTÜRK DİKİCİ

Gümüşhane University

The Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mathematical Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Rıdvan ŞAHİN

2020, 69 pages

Classical time series aim to predict future values of time-dependent data using historical data. However, it is difficult to use classical time series for indeterminacy data. For this reason, more functional estimation models are defined by combining the concept of fuzzy set, intuitionistic fuzzy set and neutrosophic set, which are frequently used in the solution of decision making problems involving indeterminacy, with time series.

In this study, a new prediction model based on neutrosophic time series has been developed by defining the indeterminacy function of simplified neutrosophic sets by the concept of entropy. Then, numerical examples are given to show the superiority of the proposed model and a comparison is made with the existing results in the literature. In addition, the recommended model applied to the numbers of cases of the covid-19 outbreak in our country and the results were evaluated according to the existing models. Finally, all results are interpreted in detail.

Keywords: Neutrosophic sets, Triangular fuzzy sets, Entropy, Neutrosophic time series

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Matematik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Bu tez çalışmanın hazırlanma süreci boyunca fikirlerini ve yönlendirmelerini esirgemeyen, her konuda bana rehberlik eden danışman hocam Doç. Dr. Rıdvan ŞAHİN'e teşekkürlerimi borç bilirim. Ayrıca yüksek lisans eğitimim süresince üzerimde emeği geçen Matematik Mühendisliği bölüm hocalarıma teşekkür ederim.

Eğitim hayatımın her aşamasında maddi ve manevi desteklerini hep arkamda hissettiğim aileme ve arkadaşlarıma teşekkür ederim. Lisansüstü eğitimimin her aşamasında yanımda olan ve beni hiç yalnız bırakmayan, her daim desteğini ve sevgisini derinden hissettiğim sevgili eşim Dr. Öğr. Üyesi Erkan DİKİCİ'ye ve oğlum Hüseyin Eser DİKİCİ'ye sonsuz teşekkür ederim.

Esra ÖZTÜRK DİKİCİ
Gümüşhane, 2020

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZET	IV
İÇİNDEKİLER.....	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ	VIII
TABLolar DİZİNİ.....	IX
SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİSİ	XI
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.2. Temel Kavramlar	3
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	11
2.1. Zaman Serileri	11
2.2. Bulanık Zaman Serileri.....	13
2.3. Sezgisel Bulanık Zaman Serileri	15
2.4. Neutrosophic Zaman Serileri	16
3. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	17
3.1. Önerilen Tahmin Modeli	17
3.2. Sayısal Örnekler.....	21
3.3. Karşılaştırma Analizi	48
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	57
5. KAYNAKLAR	59
ÖZGEÇMİŞ	70

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 3.1. Önerilen Modelin Akış Diyagramı.....	20
Şekil 3.2. Örnek 1 için öngörülen kayıtlar ile gerçek kayıtların karşılaştırılması	50
Şekil 3.3. Örnek 1 için farklı modellerin 3. dereceden karşılaştırılması	51
Şekil 3.4. Örnek 1 için 1974 ve 1975 yıllarının tahmin sonuçlarının karşılaştırılması	51
Şekil 3.5. Örnek 1 MSE ve MAPE değerlerinin karşılaştırılması	52
Şekil 3.6. Örnek 2 için öngörülen değerler ile gerçek değerlerin karşılaştırılması	53
Şekil 3.7. Örnek 2 RMSE değerlerinin karşılaştırılması	54
Şekil 3.8. Örnek 3 için öngörülen değerler ile gerçek değerlerin karşılaştırılması	55
Şekil 3.9. Örnek 3 RMSE değerlerinin karşılaştırılması	55
Şekil 3.10. Örnek 3 AFE değerlerinin karşılaştırılması.....	56

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 3.1. Taban haritalama tablosu (Huarng, 2001).....	17
Tablo 3.2. 1971-1992 yılları arasındaki Alabama Üniversitesi öğrenci kayıtları	21
Tablo 3.3. Örnek 1'in neutrosophic değerleri	25
Tablo 3.4. Örnek 1 için 1. dereceden neutrosophic ilişkiler.....	26
Tablo 3.5. Örnek 1 için 1. dereceden neutrosophic ilişki grupları	26
Tablo 3.6. Örnek 1 için 2. dereceden neutrosophic ilişkiler.....	26
Tablo 3.7. Örnek 1 için 2. dereceden neutrosophic ilişki grupları	27
Tablo 3.8. Örnek 1 için 3. dereceden neutrosophic ilişki grupları	27
Tablo 3.9. Örnek 1 için birinci dereceden tahmin değerleri.....	28
Tablo 3.10. Teknik Destek ve Bilgi Değişim Mekanizması (TAEIX) 2004 değerleri.....	29
Tablo 3.11. Örnek 2'nin neutrosophic değerleri	33
Tablo 3.12. Örnek 2 için 1. dereceden neutrosophic ilişkiler.....	34
Tablo 3.13. Örnek 2 için 1. dereceden neutrosophic ilişki grupları	34
Tablo 3.14. Örnek 2 için 2. dereceden neutrosophic ilişkiler.....	35
Tablo 3.15. Örnek 2 için 2. dereceden neutrosophic ilişki grupları	35
Tablo 3.16. Örnek 2 için 3. dereceden neutrosophic ilişki	36
Tablo 3.17. Örnek 2 için 3. dereceden neutrosophic ilişki grupları	37
Tablo 3.18. Örnek 2 için 4. dereceden neutrosophic ilişki grupları	37
Tablo 3.19. Örnek 2 için birinci dereceden tahmin değerleri.....	39
Tablo 3.20. Türkiye'deki Covid-19 vaka sayıları	40
Tablo 3.21. Örnek 3'ün neutrosophic değerleri	43
Tablo 3.22. Örnek 3 için 1. dereceden neutrosophic ilişkiler.....	44
Tablo 3.23. Örnek 3 için 1. dereceden neutrosophic ilişki grupları	44
Tablo 3.24. Örnek 3 için 2. dereceden neutrosophic ilişkiler.....	45
Tablo 3.25. Örnek 3 için 2. dereceden neutrosophic ilişki grupları	45
Tablo 3.26. Örnek 3 için 3. dereceden neutrosophic ilişkiler.....	46
Tablo 3.27. Örnek 3 için 3. dereceden neutrosophic ilişki grupları	46
Tablo 3.28. Örnek 3 İçin 4. Dereceden Neutrosophic İlişki Grupları	47
Tablo 3.29. Örnek 3 için birinci dereceden tahmin değeri	48

Tablo 3.30. Örnek 1 için karşılaştırma analizi.....	49
Tablo 3.31. Örnek 2 için karşılaştırma analizi.....	52
Tablo 3.32. Örnek 3 için karşılaştırma analizi.....	54

SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİSİ

ADF	: Augumented Dickey-Fuller
AFE	: Ortalama Tahmin Hatası
ANFIS	: Yapay Sinir Ağları-Bulanık Mantık Hibrit Yaklaşımı
AR	: Otoregresif Model
ARIMA	: Otoregresif Tümlleşik Hareketli Ortalama
ARMA	: Otoregresif Hareketli Ortalama
BCO	: Bulanık C-Ortalamaları
COVID-19	: Yeni Koronavirüs Hastalığı
DF	: Dickey-Fuller
MAPE	: Ortalama Mutlak Yüzde Hatası
MSE	: Ortalama Kare Hatası
NARX	: Doğrusal Olmayan Otoregresif Eksojenik Sinir Ağları
RMSE	: Ortalama Karekök Hatası
TAIEX	: Teknik Destek ve Bilgi Değişim Mekanizması
YSA	: Yapay Sinir Ağları
μ_α	: α 'nın Üyelik Fonksiyonu
ϑ_α	: α 'nın Üye Olmama Fonksiyonu
π_α	: α 'nın Tereddüt Fonksiyonu
T_α	: α 'nı Doğruluk Fonksiyonu
F_α	: α 'nın Yanlışıklık Fonksiyonu
I_α	: α 'nın Belirsizlik Fonksiyonu
$S(\alpha)$: α 'nın Skor Fonksiyonu
$H(\alpha)$: α 'nın Tam Fonksiyonu
f_{A_j}	: Bulanık Kümenin Üyelik Fonksiyonu
$F(t)$: Bulanık Zaman Serisi
$R(t, t - 1)$: t Zamanı ile (t-1) Zamanı Arasındaki Bulanık İlişki
$\mu_i(Y(t))$: Sezgisel Bulanık Kümenin Üyelik Fonksiyonu
$\gamma_i(Y(t))$: Sezgisel Bulanık Kümenin Üye Olmama Fonksiyonu
$F_I(t)$: Sezgisel Bulanık Zaman Serisi
$R_I(t, t - 1)$: $F_I(t)$ ve $F_I(t - 1)$ Arasındaki Sezgisel Bulanık İlişki
$F_N(t)$: Neutrosophic Zaman Serisi
$R_N(t, t - 1)$: $F_N(t)$ ve $F_N(t - 1)$ Arasındaki Neutrosophic İlişki
N_j	: Neutrosophic Küme

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Çok kriterli karar verme önemli bir karar bilimidir. Bu bilim dalında karar verici veya vericiler belirli kriterlere göre alternatifler arasından seçim yapmaktadır. Gerçek hayat problemleri uygulamalarında karar vericiler problemin çözümünü belirsizlikten veya eksik bilgiden dolayı tam olarak sağlayamaz. Bunun bir sonucu olarak bu tür problem verileri kesin sayılarla ifade edilemez. Dolayısıyla daha esnek ve belirsizliği ifade edecek bulanık kümeler, sezgisel bulanık kümeler, neutrosophic kümeler ve basitleştirilmiş neutrosophic kümeler gibi teorilere ihtiyaç duyulmaktadır. Belirsizlik problemlerinde kullanılan bu teoriler ile günlük yaşam problemlerinde sıkça kullanılan zaman serileri kavramı birleştirilerek bulanık zaman serileri, sezgisel bulanık zaman serileri ve neutrosophic zaman serileri yaklaşımları ortaya atılmıştır.

Belirsizlikleri modellemek için klasik kümeye alternatif olarak tanımlanan bulanık küme kavramı ilk kez Zadeh tarafından 1965'te ortaya atılmıştır. Bulanık küme teorisi, U evrensel kümesindeki $\alpha = \{ \langle x, \mu_\alpha(x) \rangle : x \in U \}$ kümesinin elemanlarını $[0,1]$ kapalı aralığına götüren $\mu_\alpha: U \rightarrow [0,1]$ üyelik fonksiyonu yardımıyla inşa edilmiştir. Bu teoriye göre eğer bir eleman kümeye tam ait ise "1" üyelik derecesine, tam ait değilse "0" üyelik derecesine ve bir elemanın kümeye kısmi üyeliği varsa $(0,1)$ aralığında bir üyelik derecesine sahiptir. Bulanık α kümesinde bir elemanın kümeye ait olma derecesi μ_α iken ait olmama derecesi $1 - \mu_\alpha$ dır. Böylece ait olma derecesi ile ait olmama derecesi toplamı 1'e eşittir. Fakat bu yaklaşım gerçek hayat problemlerindeki belirsizliği ele almakta etkin bir yöntem değildir. Çünkü ait olma derecesi ve ait olmama derecesinin toplamı 1'den küçük olabilir. Bu duruma örnek olarak, 10 kişilik bir oylamada 7 evet ve 3 hayır oyu çıkabilir. Yani; oylamada evet için üyelik derecesi 0.7 iken hayır için üye olmama derecesi 0.3'tür ve bu derecelerin toplamı 1'dir. Fakat bu oylamada 4 evet ve 3 hayır ile 3 oy çekimser çıkabilir. Bu örnekteki gibi problemlerde bulanık kümelerin yetersiz kaldığı görülmektedir.

1986'da Atanassov bulanık küme kavramındaki üyelik fonksiyonunun yanına üyelik olmama fonksiyonunu ilave ederek bulanık kümelerin daha geneli olan sezgisel bulanık küme teorisini tanımlamıştır. Üye olma derecesi gibi üye olmama derecesi de U evrensel kümesinin elemanlarını $[0,1]$ kapalı aralığına götüren $\vartheta_\alpha: U \rightarrow [0,1]$ üye olmama fonksiyonu ile belirlenmiştir. Sezgisel bulanık kümede U evrensel kümesinin her elemanı

için aldığı değerler toplamı $0 \leq \mu_\alpha + \vartheta_\alpha \leq 1$ aralığında olacak şekilde tanımlanmıştır. $0 \leq \mu_\alpha + \vartheta_\alpha < 1$ olduğu durumlarda küme tanımında direkt olarak verilmeyen fakat literatürdeki uygulamalarda var olan tereddüt derecesi, $\pi_\alpha = 1 - (\mu_\alpha + \vartheta_\alpha)$ biçiminde tanımlanır. Yukarıdaki örnekte $\mu_\alpha = 0.4$, $\vartheta_\alpha = 0.3$ iken $\pi_\alpha = 0.3$ 'tür. Bu nedenle sezgisel bulanık kümeler, bulanık kümelere göre gerçek hayat problemlerin çözümünde daha etkilidir. Fakat üyelik fonksiyonu ve üyelik olmama fonksiyonunun toplamının $[0,1]$ kapalı aralığında kalması ve tereddüt derecesinin üyelik ve üyelik olmama derecesine bağlı kalması kararsızlık içeren yapıları modellemede sezgisel bulanık kümeleri yetersiz bırakmaktadır.

Samarandache 1998'de bir elemanın doğruluk (üye olma), belirsizlik (tereddüt) ve yanlışlık (üye olmama) fonksiyonlarını bağımsız bir şekilde tanımlayarak neutrosophic küme teorisi adı verilen yeni bir küme teorisi sunmuştur. Bu teoride üyelik fonksiyonu yerine doğruluk fonksiyonunu T_α , üyelik olmama fonksiyonu yerine yanlışlık fonksiyonunu F_α ve ek olarak da tereddüt fonksiyonu yerine belirsizlik fonksiyonunu I_α olarak kullanılmıştır. Burada neutrosophic kümelerin doğruluk, belirsizlik ve yanlışlık fonksiyonlarının $[0,1]$ aralığında bağımsız olarak tanımlanması sezgisel bulanık kümeler kullanılarak yapılan modellemelere göre neutrosophic kümeleri daha esnek ve gerçekçi olmasını sağlamaktadır. Klasik neutrosophic kümelerin, U evrensel kümesindeki doğruluk, yanlışlık ve belirsizlik fonksiyonları $]0^-, 1^+[$ aralığında değer almaktadır. Bu standart olmayan aralıklar uygulamalarda güçlük oluşturduğundan Wang ve ark. 2005'te neutrosophic kümelerin alt sınıfı olan ve küme elemanlarının sadece $[0,1]$ in alt birim aralığında değer aldığı aralık değerli neutrosophic kümeleri ve 2010'da neutrosophic kümelerin özel hali olan tek değerli neutrosophic kümeleri geliştirmişlerdir. Ye 2014'de neutrosophic kümelerin bir alt sınıfı olan ve küme elemanlarının $[0,1]$ aralığında üç reel sayı ile ifade edilebildiği basitleştirilmiş neutrosophic kümeleri tanımlamıştır.

Zaman serisi, bir verinin uygun bir zamana göre almış olduğu değerlerin art arda sıralanmasıyla oluşturulan bir veri kümesidir. Box vd. 1970'de yazdıkları kitapta ilk kez zaman serilerinden bahsetmiştir. Belirsizlik problemlerinde klasik zaman serileri yetersiz kaldığı için Song ve Chissom (1993a, 1993b, 1994) bulanık zaman serisi kavramını geliştirmişlerdir. Bulanık kümelere sezgisel bulanık kümelere geçiş nedenleri düşünülerek, bulanık zaman serilerinin genelleştirilmiş hali olan sezgisel bulanık zaman serileri Kumar ve Gangwar tarafından 2015'te geliştirilmiştir. Henüz yeni bir çalışma alanı olan bulanık zaman serileri ve sezgisel bulanık zaman serilerini kapsayan neutrosophic zaman serilerini Tanuwijaya vd. 2017'de geliştirmişlerdir.

Bu tez çalışması dört bölümden oluşmaktadır. Tezin genel bilgiler olan birinci bölümünde çok kriterli karar verme metotları ve buna bağlı olarak bulanık küme, sezgisel bulanık küme, neutrosophic küme tanımları ile klasik zaman serisi, bulanık zaman serisi, sezgisel bulanık zaman serisi ve neutrosophic zaman serisi tanımları verilmiştir. Tezin yapılan çalışmalar olan ikinci bölümünde zaman serileriyle ilgili yapılan literatür araştırması verilmiştir. Tezin bulgular olan üçüncü bölümünde önerdiğimiz tahmin modeli açıklanmış ve sayısal örnekler yapılmıştır. Ayrıca bulunan sonuçlar ile daha önceki çalışmalarda bulunan sonuçların karşılaştırılması yapılmıştır. Tezin sonuçlar ve öneriler bölümü olan dördüncü bölümünde ise geliştirilen model ve örnekler ile ilgili bulgular değerlendirilerek bazı öneriler sunulmuştur.

1.2. Temel Kavramlar

Bu kısımda çalışmamıza katkı sağlayacak olan bulanık kümeler, sezgisel bulanık kümeler, neutrosophic kümeler, basitleştirilmiş neutrosophic kümeler verilerek modelimizdeki reel değerlerin neutrosophic değerlere dönüştürmede kullanılacak doğruluk, yanlışlık ve belirsizlik fonksiyonları tanımlanmıştır. Ayrıca zaman serileri, bulanık zaman serileri, sezgisel bulanık zaman serileri ve neutrosophic zaman serileri tanımları yine bu bölümde sunulmuştur.

Tanım 1.2.1. (Zadeh,1965) U boştan farklı bir küme ve $x \in U$ olsun.

$$\alpha = \{ \langle x, \mu_\alpha(x) \rangle : x \in U, \mu_\alpha: U \rightarrow [0,1] \} \quad (1.1)$$

kümesine U evrensel kümesinde bir bulanık küme denir.

$\forall x \in U$ için $\mu_\alpha(x)$, x 'in α bulanık kümesine ait üyelik derecesidir.

Eğer U sadece bir tek elemana sahip ise,

$$\alpha = \{ \langle x, \mu_\alpha(x) \rangle : x \in U \} \quad (1.2)$$

bulanık sayı olarak adlandırılır.

Bulanık kümelerin genelleştirilmiş hali olan sezgisel bulanık kümeler aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

Tanım 1.2.2. (Atanassov, 1986) U boştan farklı bir küme olmak üzere U üzerinde bir sezgisel bulanık küme, $\forall x \in U$ için $0 \leq \mu_\alpha(x) + \vartheta_\alpha(x) \leq 1$ şartını sağlayan $\mu_\alpha: U \rightarrow [0,1]$, $\vartheta_\alpha: U \rightarrow [0,1]$ fonksiyonlar olmak üzere

$$\alpha = \{ \langle x, \mu_\alpha(x), \vartheta_\alpha(x) \rangle : x \in U \} \quad (1.3)$$

ile tanımlanır.

$\forall x \in U$ için $\mu_\alpha(x)$ ve $\vartheta_\alpha(x)$ sayıları sırasıyla x 'in α sezgisel bulanık kümesine ait üyelik derecesi ve üyelik olmama derecesi olarak adlandırılır.

Eğer U sadece bir tek elemana sahip ise,

$$\alpha = \{ \langle x, \mu_\alpha(x), \vartheta_\alpha(x) \rangle : x \in U \} \quad (1.4)$$

sezgisel bulanık sayı olarak adlandırılır. Kolaylık için, bir sezgisel bulanık sayı $\alpha = \langle \mu_\alpha, \vartheta_\alpha \rangle$ ile gösterilir.

Tanımdaki $\mu_\alpha(x) + \vartheta_\alpha(x) \leq 1$ koşulundan, $\mu_\alpha(x) \leq 1 - \vartheta_\alpha(x)$ eşitsizliği tanımlanabilir. Bu eşitsizlik ile üyelik fonksiyonu kümesinin $[\mu_\alpha(x), 1 - \vartheta_\alpha(x)]$ aralığına genişletilebileceği yorumu yapılabilir. $\mu_\alpha(x)$, üyelik fonksiyonunun alt sınırı iken, $1 - \vartheta_\alpha(x)$ üyelik fonksiyonunun üst sınırıdır. Bu durum göz önünde bulundurularak α sezgisel bulanık kümesi,

$$\alpha = \{ \langle x, \mu_\alpha(x), 1 - \vartheta_\alpha(x) \rangle : x \in U \} \quad (1.5)$$

olarak da tanımlanabilir (Atanassov, 1986).

Sezgisel bulanık küme teorisi, bulanık küme teorisinden farklı olarak tereddüt derecesi olarak adlandırılan ek bir bilgi sunar. $\forall x \in U$ için α sezgisel bulanık kümesindeki x elemanının tereddüt derecesi,

$$\pi_\alpha(x) = 1 - (\mu_\alpha(x) + \vartheta_\alpha(x)) \quad (1.6)$$

$$\pi_\alpha(x) = 1 - \mu_\alpha(x) - \vartheta_\alpha(x) \quad (1.7)$$

olarak tanımlanır. $\pi_\alpha(x)$, x elemanının α sezgisel bulanık kümesine ait üyelik derecesine karar vermede yaşanan tereddütün seviyesi olarak açıklanabilir. Eğer $\pi_\alpha(x)$ değeri küçükse

x elemanı hakkındaki bilgi göreceli olarak daha kesindir. Fakat $\pi_\alpha(x)$ değeri büyükse x elemanı hakkındaki bilgi göreceli olarak daha belirsizdir. $\pi_\alpha(x) = 0$ ise x elemanı hakkında bilgi kesindir ve bu durumda sezgisel bulanık küme Zadeh (1965) tarafından tanımlanan bulanık kümeye indirgenir.

Sezgisel bulanık kümelerin genelleştirilmiş hali olan neutrosophic kümeler ve neutrosophic kümelerin özel hali olan basitleştirilmiş neutrosophic kümeler aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

Tanım 1.2.3. (Smarandache, 1998) U sonlu bir evrensel küme olsun. $\forall x \in U, 0^- \leq T_\alpha(x) + I_\alpha(x) + F_\alpha(x) \leq 3^+$ olmak üzere $T_\alpha: U \rightarrow]0^-, 1^+[$, $I_\alpha: U \rightarrow]0^-, 1^+[$ ve $F_\alpha: U \rightarrow]0^-, 1^+[$ fonksiyonları ile U üzerinde bir α neutrosophic küme

$$\alpha = \{\langle x, T_\alpha(x), I_\alpha(x), F_\alpha(x) \rangle : x \in U\} \quad (1.8)$$

ile tanımlanır.

Burada $T_\alpha(x)$, $I_\alpha(x)$ ve $F_\alpha(x)$ sırasıyla $x \in U$ nin doğruluk, kararsızlık ve yanlışlık derecesidir. $]0^-, 1^+[$ standart olmayan aralık olarak tanımlanır ve $\varepsilon > 0$ sonsuz küçük bir sayı olmak üzere $0^- = 0 - \varepsilon$, $1^+ = 1 + \varepsilon$ dir.

Neutrosophic kümelerde $\forall x \in U$ için $T_\alpha(x) + F_\alpha(x) \leq 1$ ve $I_\alpha(x) = \emptyset$ olduğunda neutrosophic kümeler sezgisel bulanık kümelere indirgenir. Neutrosophic kümelerin sezgisel bulanık kümelere farkı tereddüt değerinin üyelik ve üye olmama değerlerinden bağımsız olmasıdır.

Standart olmayan aralıklar, mühendislik problemleri uygulamalarında kullanılmadığından Ye (2014) basitleştirilmiş neutrosophic kümeleri tanımlamıştır.

Tanım 1.2.4. (Ye, 2014) U evrensel bir küme ve $x \in U$ olsun. U üzerinde bir α neutrosophic kümesi $T_\alpha(x)$ doğruluk fonksiyonu, $I_\alpha(x)$ kararsızlık fonksiyonu ve $F_\alpha(x)$ yanlışlık fonksiyonu ile karakterize edilir. Eğer $T_\alpha, I_\alpha, F_\alpha$ reel standart $[0,1]$ aralığında yani $T_\alpha: U \rightarrow [0,1]$, $I_\alpha: U \rightarrow [0,1]$ ve $F_\alpha: U \rightarrow [0,1]$ ise, basitleştirilmiş neutrosophic küme,

$$\alpha = \{\langle x, T_\alpha(x), I_\alpha(x), F_\alpha(x) \rangle : x \in U\} \quad (1.9)$$

ile tanımlanır.

Böylece basitleştirilmiş neutrosophic kümelerdeki her eleman $[0,1]$ reel standart aralığında üç reel sayıyla ifade edilebilir.

Özellikle, eğer U sadece bir tek elemana sahip ise,

$$\alpha = \{\langle x, T_\alpha(x), I_\alpha(x), F_\alpha(x) \rangle : x \in U\} \quad (1.10)$$

basitleştirilmiş neutrosophic sayı olarak adlandırılır ve bir basitleştirilmiş neutrosophic sayı $\alpha = \langle T_\alpha, I_\alpha, F_\alpha \rangle$ ile gösterilir.

Reel değerli veri setini neutrosophic verilere dönüştürmek için gerekli olan doğruluk fonksiyonu üçgen bulanık sayıların üyelik fonksiyonundan yararlanılarak aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

Tanım 1.2.5. (Abhishekh, vd., 2018a) R reel sayılar, $T_\alpha(x): R \rightarrow [0,1]$ bir fonksiyon olsun. T_α üyelik fonksiyonuna sahip R üzerinde bir α bulanık kümesi bir bulanık sayı olarak adlandırılır. $a, b, c \in R$ ve $a < b < c$ olmak üzere $\alpha = (a, b, c)$ üçlüsüne bir üçgensel sayı denir. Burada $[a, c]$ kapalı aralığı üçgenin tabanı iken b noktası ise yüksekliğidir. $\alpha = (a, b, c)$ üçgensel bulanık sayısının üyelik fonksiyonu

$$T_\alpha(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a} & , a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b} & , b \leq x \leq c \\ 0 & , \text{diğer} \end{cases} \quad (1.11)$$

ile tanımlanır.

Yukarıda verilen üçgensel bulanık sayının üyelik fonksiyonu neutrosophic zaman serilerinde sayının doğruluk fonksiyonu olarak kullanılmıştır.

Tanım 1.2.6. (Singh, vd., 2019) α neutrosophic sayısında doğruluk fonksiyonu $T_\alpha(x)$ kullanılarak yanlışlık fonksiyonu $F_\alpha(x)$

$$F_\alpha(x) = g(1 - T_\alpha(x)) \quad (1.12)$$

ile tanımlanır. Burada $1 - T_\alpha(x) = u$ olmak üzere $g(u) = \frac{u}{n}$ dir. n ise, tüm doğruluk değerlerinin toplamıdır.

Entropi mühendislik problemlerinde sistem düzensizliğini ölçmek için kullanılan temel kavramlardan biridir. Dolayısıyla neutrosophic kümelerin belirsizlik fonksiyonu entropi kullanılarak tanımlanabilir.

Sezgisel bulanık kümelerdeki entropi tanımı (Chen ve Li, 2010) ile neutrosophic kümeleri belirsizlik fonksiyonunu

$$I_{\alpha}(x) = 1 - \sqrt{(T_{\alpha}(x) - F_{\alpha}(x))^2} \quad (1.13)$$

şeklinde tanımlayabiliriz.

Tanım 1.2.7. (Peng vd., 2015) Herhangi bir neutrosophic sayı $\alpha(T_{\alpha}, I_{\alpha}, F_{\alpha})$ için α 'nın S ile belirtilen skor fonksiyonu aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

$$S(\alpha) = \frac{T_{\alpha} + 1 - I_{\alpha} + 1 - F_{\alpha}}{3} \quad (1.14)$$

Burada $S(\alpha) \in [-1, 1]$ dir.

Tanım 1.2.8. (Peng vd., 2015) Herhangi bir neutrosophic sayı $\alpha(T_{\alpha}, I_{\alpha}, F_{\alpha})$ için H ile belirtilen tam fonksiyonu aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

$$H(\alpha) = T_{\alpha} - F_{\alpha} \quad (1.15)$$

Skor değerleri eşit olursa tam fonksiyon değerlerinde aşağıdaki şekilde işlem yapılır.

Tanım 1.2.9. (Peng vd., 2015) $\alpha_1(T_{\alpha_1}, I_{\alpha_1}, F_{\alpha_1})$ ve $\alpha_2(T_{\alpha_2}, I_{\alpha_2}, F_{\alpha_2})$ iki neutrosophic sayı olmak üzere bu sayıların karşılaştırılması

1. $S(\alpha_1) > S(\alpha_2)$ ise $\alpha_1 > \alpha_2$
2. $S(\alpha_1) = S(\alpha_2)$ olursa;

$$H(\alpha_1) = H(\alpha_2) \rightarrow \alpha_1 = \alpha_2$$

$$H(\alpha_1) < H(\alpha_2) \rightarrow \alpha_1 < \alpha_2$$

$$H(\alpha_1) > H(\alpha_2) \rightarrow \alpha_1 > \alpha_2$$

şeklinde tanımlanır.

Zaman serisi, bir büyüklüğün belirli bir zaman içerisindeki ölçümlerinin sıralandığı bir veri kümesidir. Zaman serisinde ölçümler belirli noktalarda yapılabildiği gibi, sürekli

olarak da yapılabilmektedir. Bu ölçümler, zaman serilerini konu alan çalışmaların çoğunda eşit zaman aralıklarında yapılmıştır. Bu zaman aralıkları gün, ay veya yıl olabilir. Oluşturulan bu zaman serileri sayesinde insanlar günlük hayatlarında olayları daha iyi analiz ederek, maruz kalabilecekleri riskleri önceden kestirip muhtemel zararları en az düzeye indirme şansı bulabilmektedir. Zaman serileri tanımlama, açıklama ve tahmin gibi birçok alana uygulanabilmektedir. Zaman serisi analizinde iki amaç söz konusudur:

- i) Zaman serisinin geçmiş davranışının incelenmesi ve doğasının ortaya çıkarılması
- ii) Gelecek değerlerinin tahmin edilmesi.

Zaman serilerinin belirsizlik problemlerinde yetersiz kalması bulanık zaman serisi tanımını ortaya çıkarmıştır.

Tanım 1.2.10. (Chen, 2002) Evrensel küme $U = \{u_1, u_2, \dots, u_b\}$ olmak üzere, U 'nun elemanları aralıklar olsun. Bu aralıklar zaman serisinin tüm değerlerini kapsayan evrensel kümenin önceden belirlenen sabit bir aralık uzunluğuna göre parçalanması ile elde edilir. U 'nun elemanlarına bağlı olarak A_j bulanık kümeleri

$$A_j = \frac{f_{A_j}(u_1)}{u_1} + \frac{f_{A_j}(u_2)}{u_2} + \dots + \frac{f_{A_j}(u_b)}{u_b} \quad (1.17)$$

şeklinde tanımlar. Burada f_{A_j} , A_j bulanık kümesinin üyelik fonksiyonudur ve $f_{A_j}: U \rightarrow [0,1]$ dir. $f_{A_j}(u_a)$, u_a alt aralığının A_j bulanık kümesine ait üyelik derecesidir ve $f_{A_j} \in [0,1]$ dir.

Tanım 1.2.11. (Chen, 2002) Gerçel sayıların bir alt kümesi olan Y_t , $(t = 0,1,2, \dots)$ $A_j(t)$ bulanık kümeleri tarafından tanımlanan evrensel küme olsun. Eğer, $F(t)$, $A_j(t)$ bulanık kümelerinden oluşuyorsa, $F(t)$, Y_t evrensel kümesinde tanımlı bir zaman serisi olarak tanımlanır.

Farklı bir ifadeyle, Y_t ; $(t = 0,1,2, \dots)$ reel değerli bir zaman serisi olsun. Zaman serisine uygun evrensel küme ve evrensel kümenin alt aralıkların tespit edildikten sonra bunlara bağlı olarak elde edilen A_j bulanık kümelerinden oluşan yeni zaman serisi, $F(t)$ bulanık zaman serisi olarak adlandırılır (Yolcu ve ark., 2009).

Tanım 1.2.12. (Chen, 2002) Bulanık zaman serisinde, $F(t)$ değerinin sadece $F(t - 1)$ 'den etkilendiği düşünülürse, bulanık zaman serisine birinci dereceden bulanık zaman serisi adı verilir.

Birinci dereceden bulanık zaman serisi için bulanık ilişki $F(t) = F(t - 1) * R(t, t - 1)$ şeklinde gösterilebilir. Bu ifadede, $*$ herhangi bir operatörü göstermektedir. $R(t, t - 1)$ ifadesi, incelenen bulanık zaman serisindeki, t zamanı ile $(t - 1)$ zamanı arasındaki bulanık ilgiyi belirten bir fonksiyonu temsil etmektedir. $F(t - 1) = A_i$ ve $F(t) = A_j$ olduğu durumda bulanık ilişki $A_i \rightarrow A_j$ şeklinde ifade edilebilir. Burada, A_i bulanık ilişkinin sol yanı A_j ise bulanık ilişkinin sağ yanı olarak isimlendirilir.

Tanım 1.2.13. (Chen, 2002) $F(t)$ bir bulanık zaman serisi olsun. Eğer $F(t - 1), F(t - 2), \dots, F(t - n); F(t)$ 'yi etkiliyorsa bulanık ilişki:

$$F(t - n), \dots, F(t - 2), F(t - 1) \rightarrow F(t) \quad (1.18)$$

şeklinde gösterilir ve bu modele n . dereceden bulanık zaman serisi tahmin modeli denir. $F(t)$ 'ye de n . dereceden bulanık zaman serisi adı verilir.

Bulanık zaman serilerinin genelleştirilmiş hali olan sezgisel bulanık zaman serileri aşağıdaki gibi tanımlanır.

Tanım 1.2.14. (Fan, vd., 2017) U evrensel kümesinde $Y(t)$ ($t = 0, 1, 2, \dots$) bir zaman dizisi ve A, U evrensel kümesinin alt aralıklarından oluşan bir bölünme kümesi;

$$\{\cup_{i=1}^k A_i = U; A_i \text{ dil değişkeni}, i = 1, 2, \dots, k\} \quad (1.19)$$

olsun.

Burada üyelik ve üyelik olmama fonksiyonu $\mu_i(Y(t)), \gamma_i(Y(t))$ olmak üzere A_i sezgisel bulanık kümelerinden oluşan yeni zaman serisi, $F_I(t)$ sezgisel bulanık zaman serisi olarak adlandırılır ve

$$F_I(t) = < \mu_1(Y(t)), \gamma_1(Y(t)) > / A_1 + < \mu_2(Y(t)), \gamma_2(Y(t)) > / A_2 + \dots + < \mu_n(Y(t)), \gamma_n(Y(t)) > / A_n \quad (1.20)$$

ile gösterilir.

Tanım 1.2.15. (Fan, vd., 2017) Bir $F_I(t)$ sezgisel bulanık zaman serisi yalnızca $F_I(t - 1)$ tarafından etkileniyor ise $F_I(t) = F_I(t - 1) * R_I(t, t - 1)$ birinci dereceden sezgisel bulanık

zaman serisi olarak adlandırılır. Burada $R_I(t, t - 1)$, $F_I(t)$ ve $F_I(t - 1)$ arasındaki sezgisel bulanık ilişkidir.

Herhangi bir t değeri için $R_I(t, t - 1) = R_I(t - 1, t - 2)$ ise $F_I(t) = F_I(t - 1) * R_I$ zamanla değişmeyen sezgisel bulanık seriler olarak adlandırılır.

Tanım 1.2.16. (Fan, vd., 2017) Bir $F_I(t)$ sezgisel bulanık zaman serisi $F_I(t - 1), F_I(t - 2), \dots, F_I(t - m)$ tarafından etkileniyorsa sezgisel bulanık ilişkisi

$$F_I(t - m), \dots, F_I(t - 2), F_I(t - 1) \rightarrow F_I(t) \quad (1.21)$$

şeklinde tanımlanır ve bu modele m. dereceden sezgisel bulanık zaman serisi tahmin modeli denir. $F_I(t)$ 'ye ise m. dereceden sezgisel bulanık zaman serisi adı verilir.

Sezgisel bulanık zaman serileri kümesine belirsizlik fonksiyonu eklenerek neutrosophic zaman serileri aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

Tanım 1.2.17. (Guan, vd., 2019) Gerçel sayıların bir alt kümesi olan $X(t)$ ($t = 1, 2, \dots$) $f_j(t)$ neutrosophic kümeleri tarafından tanımlanan evrensel küme olsun. Eğer $F(t)$, $f_j(t) = \langle T_N(x), I_N(x), F_N(x) \rangle$ ($j = 1, 2, \dots$) neutrosophic kümelerinden oluşuyorsa, $F(t)$ 'ye $X(t)$ evrensel kümesinde tanımlı bir neutrosophic zaman serisi adı verilir.

Tanım 1.2.18. (Guan, vd., 2019) Bir $F_N(t)$ neutrosophic zaman serisi yalnızca $F_N(t - 1)$ tarafından etkileniyor ise $F_N(t) = F_N(t - 1) * R_N(t, t - 1)$ birinci dereceden neutrosophic zaman serisi olarak adlandırılır. Burada $R_N(t, t - 1)$, $F_N(t)$ ve $F_N(t - 1)$ arasındaki neutrosophic ilişkidir.

Herhangi bir t değeri için $R_N(t, t - 1) = R_N(t - 1, t - 2)$ ise $F_N(t) = F_N(t - 1) * R_N$ zamanla değişmeyen neutrosophic zaman serisi olarak adlandırılır. Aksi halde bu seriler zamanla değişen neutrosophic zaman serisi olarak tanımlanır.

Tanım 1.2.19. (Guan, vd. 2019) Bir $F_N(t)$ neutrosophic zaman serisi $F_N(t - 1), F_N(t - 2), \dots, F_N(t - m)$ tarafından etkileniyorsa neutrosophic ilişkisi:

$$F_N(t - m), \dots, F_N(t - 2), F_N(t - 1) \rightarrow F_N(t) \quad (1.22)$$

şeklinde tanımlanır. Bu modele m. dereceden neutrosophic zaman serisi tahmin modeli denir. $F_N(t)$ 'ye ise m. dereceden neutrosophic zaman serisi adı verilir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu bölümde, bu tez çalışmasına katkı sağlayan ve literatürde var olan bazı çalışmalar verilmiştir.

2.1. Zaman Serileri

Zaman serisi, bir büyüklüğün belirli bir zaman içerisindeki ölçümlerinin sıralandığı bir veri kümesi olarak tanımlanmıştır. Zaman içinde sürekli olarak kaydedilebilen verilere sahip serilere sürekli zaman serileri; sadece belirli aralıklarda elde edilebilen verilere sahip serilere de kesikli zaman serileri adı verilmektedir. Zaman serisi verileri genellikle günlük, haftalık, aylık, üç aylık, altı aylık, yıllık ve daha uzun dönemli aralıklarla derlenir. Zaman serilerinin bileşenleri; trend, mevsimsellik, konjonktürel ve düzensiz dalgalanmalardan oluşmaktadır ve sahip oldukları bileşenlere göre deterministik ve stokastik zaman serileri olarak ikiye ayrılır. Trend, mevsimsellik ve konjonktürel deterministik kısmını, düzensiz dalgalanmalar stokastik kısmını oluşturmaktadır. Deterministik zaman serilerinde ileriye yönelik alacağı değerler tahmin edilebilirken, stokastik (olasılıklı) zaman serilerinde ileriye yönelik alabileceği değerler serinin geçmiş dönemdeki değerleri tarafından kısmen tanımlanabilir. Yani zamanın belli dönemlerinde rastsal değerler alırlar ve bu değerlerin önceden kestirilebilmesi mümkün değildir.

Zaman serisi analizinde kullanılan bazı yöntemler aşağıda verilmiştir.

1. Üstel düzgünleştirme yöntemleri
2. Doğrusal ve mevsimsel üstel düzgünleştirme yöntemi
3. Box-Jenkins yöntemi (otoregresif hareketli ortalama yöntemi)
4. AR (p) modelleri (otoregresif modeller)
5. MA (q) modelleri (hareketli ortalama modelleri)
6. ARMA (p,q) modelleri (otoregresif ve hareketli ortalama modelleri)
7. ARIMA(p,d,q) modelleri (otoregresif tümleşik hareketli ortalama modelleri)
8. Mevsimsel Box-Jenkins modelleri
9. Yapay sinir ağları

Zaman serisi verilerinin durağan olduğu varsayılır. Eğer bir zaman serisinin ortalaması, varyansı ve kovaryansı zaman boyunca sabit kalıyorsa serinin durağan olduğu

söylenbilir. Dolayısıyla zaman serisi analizinde serinin durağanlığı sonuçların doğru elde edilmesi için önemlidir. Literatürde en çok tercih edilen durağanlık testleri grafiksel analiz, otokorelasyon fonksiyonu (ACF), Dickey-Fuller (DF) (1979) birim kök testi, Augumented Dickey-Fuller (ADF) (1981) birim kök testi ve Philips-Perron (1988) birim kök testidir. Zaman serisi analizinde durağanlık incelendikten sonra seriler arasında uzun dönemli ilişki olup olmadığı eş bütünleşme testleriyle incelenir. En çok tercih edilen yöntemler Engle-Granger (1987) ve Johansen (1988) eş bütünleşme testleridir. Zaman serisi analizinde uzun dönemli ilişki belirlendikten sonra ilişkinin yönü nedensellik analizleri ile belirlenir. En sık kullanılan yöntemler Granger (1969) ve Toda-Yamamoto (1995) nedensellik testleridir.

Zaman serileri ile analiz fikri ilk olarak iktisat alanında ortaya çıkmıştır. Box vd. (1970) yazdıkları kitapla Box-Jenkins metodolojisini literatüre kazandırmışlardır. Bu yaklaşımda zaman serisinin durağan olmadığı durumlarda otoregresif hareketli ortalama (ARMA) sisteminin otoregresif tümleşik hareketli ortalama (ARIMA) sistemine nasıl dönüştürüleceği anlatılmıştır. Nelson (1972) Amerikan ekonomisi ile ilgili tahmin modelinde ARIMA'yı kullanmıştır. Gujarati (1978) zaman serileri ile ilgili tüm bilgileri kitabında toplamıştır. Hipel ve McLeod (1994) yayımladığı kitapta ARIMA modellerini ve model kurma sürecini ayrıntılı bir şekilde açıklamışlardır. Potter ve Negnevitsky (2006) Avustralya üzerindeki bir örneklem noktasında rüzgârın hızının ve yönünün tahmin edilmesi için ilk kez yapay sinir ağları-bulanık mantık hibrit yaklaşımından (ANFIS) bahsetmişlerdir. Soman vd. (2010) rüzgâr hızı çalışmalarında tahmin yapılırken zaman skalası ve ayrıntılı karşılaştırma tablosu ile konuyu açıklamışlardır. Hill vd. (2012) İngiltere'nin güç sistemi için rüzgâr hızının tahminini coğrafi konum, mevsimsellik vb. farklılıklarını ele alarak incelemişlerdir. Chandra vd. (2013) rüzgâr hızının tahmini yapılacak bölgeye ve tahmin süresine bağlı olarak kullanılacak tahmin yöntemlerinin farklılaşacağını ifade etmişlerdir. Hou vd. (2013) elektrik üretimi tahmin sonuçlarının hata analizini yapmak için bir yazılım önermişlerdir. Prema ve Uma Rao (2015) zaman serilerini, güneş ışıınımını bir gün önceden tahmin etmek üzere farklı veri setleri ile çalışmışlardır. Bu çalışmada toplamsal ve çarpımsal ayrışım modellerinden bahsetmişlerdir ve iki aylık veri seti ile Hindistan özelinde uygulama yapmışlardır. Xu ve Koçkar (2016) enerji sistemlerinde tüketici odaklı fiyatlandırmanın zaman serileri yöntemlerinden yararlanarak tahmin edilmesi üzerinde çalışmışlardır. Oprea vd. (2017) ARIMA yöntemini hem pv panel hem de rüzgar türbini üzerinde kullanmışlardır ve güneş ışıınımının, rüzgar hızına oranla daha yakın tahmin değeri elde etmişlerdir. Chen ve

Folly (2018) kısa dönem zaman aralıklarında ARIMA, yapay sinir ağı (YSA) ve ANFIS olmak üzere üç ayrı tahmin yöntemini karşılaştırmışlardır.

Birçok ülkede farklı alanlarda zaman analizleri kullanılmış ve geliştirilmiştir. Türkiye de ağırlıklı olarak 2010 yılından sonra pek çok alanda çalışmalar yapılmıştır. Akgül (2003) zaman serileri analizi ve ARIMA modelinin kullanımına yönelik kitabında birçok örnek yapmıştır. Sevüktekin ve Nargeleçekenler (2007) ekonometrik zaman serisi analizi yapmışlardır. Çiğdem (2009) zaman serilerinde mevsimsel düzeltme üzerine çalışmış ve aylık sanayi üretimim üzerine uygulama yapmıştır. Köse vd. (2014) Karabük ilinin 24 saatlik rüzgâr hızı tahminini hesaplamışlardır. Zakeri (2015) Türkiye elektrik piyasasındaki fiyat tahmini yapmıştır. Çolak vd. (2015) farklı zaman ölçeklerindeki çalışmalarında kısa dönem rüzgâr hızı tahminlerinde zaman serilerinden hareketli ortalama modelinin daha başarılı olduğunu göstermişlerdir. Kerem vd. (2016) veriler üzerinde rastgele yürüyüş, ikinci dereceli trend, doğrusal trend, basit hareketli ortalama, ARIMA ve NARX modellerinin kısa dönem rüzgar hızı tahminindeki en iyi sonuç veren modelin NARX olduğunu göstermişlerdir. Başaran Filik ve Filik (2017) kısa dönem rüzgâr hızında kullanılmak üzere AR ve YSA yöntemlerini birlikte kullanmayı önermişlerdir. Kaya (2019) zaman serileri analizinde Box-Jenkins yöntemi ile savunma sanayi verileri üzerine bir uygulama yapmıştır. Üzümcü (2019) zaman serileri ve panel veri ekonometrisinde ekonomik büyüme üzerine çalışmıştır. Turan (2019) zaman serileri modelleri ile yenilenebilir enerji sistemlerinin güç üretimi tahmini yapmıştır. Gözüyılmaz (2020) zaman serilerinin karmaşık tam sayılı programlama ile parçalara ayrıştırılması için yeni bir model önermiştir.

Zaman serisi analizi doğrusallık, veri sayısı, normallik, durağanlık gibi kısıtlamalara ve varsayımlara ihtiyaç duyar. Bu nedenle günlük hayatta belirsizlik içeren verileri klasik zaman serileri ile ifade etmek zordur.

2.2. Bulanık Zaman Serileri

Bulanık küme kavramından yola çıkarak bulanık zaman serisi kavramı ilk olarak Song ve Chissom (1993a, 1993b, 1994) tarafından ortaya atılmıştır. Bulanık zaman serileri zamanla değişen ve zamanla değişmeyen olarak ikiye ayrılır. Zamanla değişmeyen bulanık zaman serisinde zaman serisinin iç ilişkisinin zamana göre değişmediği, zamanla değişen bulanık zaman serisinin ise değiştiği varsayılmaktadır. Bulanık zaman serileri çözüm yöntemleri genel olarak üç aşamadan oluşur. Birinci aşama gözlemlerin bulanıklaştırılması,

ikinci aşama bulanık ilişkilerin belirlenmesi ve üçüncü aşama ise ilişkilerin durulaştırılmasıdır. Literatürde bu aşamaların her birine yapılan katkılarla yeni yöntemler ortaya atılmıştır.

Bulanıklaştırma aşaması için Song ve Chissom (1993a, 1993b, 1994), Chen (1996, 2002), Eğrioğlu vd. (2010) çalışmalarında evrensel küme parçalanmasına dayalı bulanıklaştırma işlemi uygulamışlardır. Bu işleme göre evrensel kümenin önceden belirlenen keyfi bir aralık uzunluğuna göre eşit veya eşit olmayan uzunluktaki aralıklara bölünür. Huarng (2001) keyfi seçilen aralık uzunluğunun kritik bir karar olduğunu savunmuştur. Bu nedenle ortalamaya ve dağılıma dayalı iki yaklaşım önermiştir. Huarng ve Yu (2006a) aralık uzunluğunun bir orana göre artırılmasını önermiştir. Yolcu vd. (2009) aralık uzunluğunun bir orana göre artırılması yöntemini, oranın optimizasyonu ile geliştirmişlerdir. Davari vd. (2009), Kuo vd. (2009, 2010), Park vd. (2010), Hsu vd. (2010) değişen aralık uzunluklarını parçacık sürü optimizasyonu yöntemiyle belirlemişlerdir. Aslan (2012) evrensel küme parçalanması için gerekli olan aralık uzunluğunun hesaplanmasında yapay arı kolonisi algoritması kullanarak yeni bir yöntem önermiştir. Bircan (2014) evrensel küme parçalanması için gerekli olan aralık uzunluğunu ilk kez yapay bağışıklık algoritmasıyla belirlemiştir. Cheng vd. (2008), Li vd. (2008) çalışmalarında bulanık c-ortalamlar (BCO) yöntemini, Eğrioğlu vd. (2011) Gustafson-Kessel bulanık kümeleme yöntemini, Chen ve Tanuwijaya (2011), Bang ve Lee (2011) bulanık olmayan hiyerarşik kümeleme algoritmasını kullanmışlardır.

Bulanık ilişki belirleme aşamasında Song ve Chissom (1993a, 1993b, 1994) matris operasyonlarından yararlanmışlardır. Chen (1996) ile birlikte literatürde birçok yöntem bulanık grup ilişki tablolarını uygulamaktadır. Huarng ve Yu (2006b), Aladağ vd. (2009), Eğrioğlu vd. (2009, 2009, 2009) yapay sinir ağlarını kullanmışlardır. Chen (1996) ve Song ve Chissom (1993a) çalışmalarında bulanık ilişki matrisi yerine bulanık mantık grup ilişki yöntemini önermişlerdir. Huarng (2001), Yu (2005), Huarng (2006b) ve Cheng vd. (2008) bulanık ilişki belirlemede bulanık mantık grup ilişki tablolarını kullanmışlardır. Yu ve Huarng (2010) ve Yolcu vd. (2012) çalışmalarında bulanık ilişki belirlemede küme üyelik değerlerinin kullanıldığı bir yaklaşım önermişlerdir. Baş (2011) ve Eğrioğlu (2012) bulanık ilişki belirlemede genetik algoritmaya dayalı bir yaklaşım önermişlerdir. Dalar (2012) bulanık ilişki belirlemede parçacık sürü optimizasyonu kullanarak bulanık ilişki matrisi elemanlarını elde etmiştir.

Durulaştırma aşamasında Chen (1996), Huarng (2001), Huarng ve Yu (2006b) merkezileştirme yöntemini kullanmışlardır. Aladağ vd. (2010) merkezileştirme ile birlikte adaptif bekleyişler yöntemini uygulamışlardır. Song ve Chissom (1994) ileri beslemeli yapay sinir ağlarını kullanmışlardır. Baş (2011) bulanık ilişkiler tablosunda tekrar eden ilişkilerin dikkate alındığı yeni bir bulanık zaman serisi c z m yöntemi önermiştir.

2.3. Sezgisel Bulanık Zaman Serileri

Bulanık kümenin daha geneli olan sezgisel bulanık küme kavramı Atanassov (1986) tarafından ortaya atılmıştır. Sezgisel bulanık küme kavramını kullanarak birçok sezgisel bulanık zaman serisi çalışmaları yapılmıştır.

Kumar ve Gangwar (2015) zaman serisi tahmininde kullanmak için sezgisel bulanık zaman serileri kavramını vermişlerdir. Wang vd. (2015) söylem evrenini eşit olmayan aralıklara bölmek için bulanık kümeleme algoritmasını ve daha nesnel sezgisel bulanık kümenin üyelik ve  ye olmama işlevlerini tespit etmişlerdir. Fan vd. (2016) vektör nicelemesine ve eğri benzerlik  lc s ne dayanan uzun vadeli sezgisel bulanık zaman serisi tahmin modeli önermişlerdir. Wang vd. (2016) bulanık küme teorisinin belirsiz veri tahminindeki bulanık zaman serilerinin nesnelliğini büyük  lc de sınırlayan verilerin tarafsızlık derecesini tanımlayamadığını savunarak bu bağlamda çok faktörlü yüksek mertebeden sezgisel bulanık zaman serisi tahmin modeli oluşturmuşlardır. Fan vd. (2017) geleneksel modellerin genellikle tüm söylemler için uygun olamayan bölünmeler yaptığını ve bulanık ilişki gruplarının hesaplama karışıklığı yarattığını düşünmüşlerdir. Bu sorunların üstesinden gelmek için uygun bir sezgisel bulanık zaman serisi tahmin modeli ve uyarlanabilir bölüm algoritması önermişlerdir. Abhlshekh ve Singh (2018a) tarihsel bir bulanık zaman serisi verilerini sezgisel bulanık zaman serisi verilerine dönüştürerek yüksek dereceli sezgisel bulanık zaman serilerine dayanan bir yöntem sunmuşlardır. Bisht vd. (2018) sezgisel bulanık zaman serisinde zamana yönelik birden fazla geçerli bulanıklaştırma yöntemi nedeniyle çift tereddütlü bulanık küme uygulamasını sunmuşlardır. Bu çalışmada söylem evrenini bölmek için ortalama tabanlı ayrıklaştırma yaklaşımını ve çift tereddütlü bulanık küme oluşturmak için iki farklı üçgen ve gauss bulanıklaştırma yöntemi kullanmışlardır. Abhlshekh ve Singh (2018b) skor fonksiyonlarına göre sezgisel bulanık zaman serileri kavramını kullanarak gelişmiş ve çok yönlü tahmin modeli önermişlerdir. Eğrioğlu vd. (2018) yeni sezgisel bulanık zaman serisi tanımlamaları yapmışlar ve sezgisel

bulanık kümelere dayanan yeni bir tahmin modeli tanımlamışlardır. Abhlshekh ve Singh (2020) ortalama uzunluğa dayalı sezgisel bulanık küme kullanarak yeni bir zaman serisi tahmin modeli geliştirmişlerdir.

2.4. Neutrosophic Zaman Serileri

Bulanık küme ve sezgisel bulanık küme teorisini kapsayan neutrosophic küme teorisini Smarandache (1998) sunmuştur. Standart olmayan aralıklar birçok uygulamada güçlük oluşturduğu için neutrosophic kümelerin özel hali olan basitleştirilmiş neutrosophic kümeler Ye (2014) tarafından geliştirilmiştir. Neutrosophic küme kavramı zaman serilerine uygulanarak neutrosophic zaman serileri tanımlanmıştır. Ancak neutrosophic zaman serileri yeni bir çalışma alanı olup pek fazla literatüre sahip değildir.

Tanuwijaya vd. (2017) neutrosophic zaman serisine tek değerli neutrosophic tereddüt derecesi ekleyerek birinci dereceden tek değerli neutrosophic tereddüt bulanık zaman serisi önermişlerdir. Belirsizliği daha iyi yakalamak için Markov Zinciri algoritması kullanmışlardır. Abdel-Basset vd. (2019) neutrosophic zaman serilerine dayalı bir neutrosophic tahmin yaklaşımı ortaya koymuşlardır. Tarihsel veriler doğruluk, belirsizlik ve yanlışlık fonksiyonları yardımıyla neutrosophic zaman serisi verilerine dönüştürülmüştür. Ayrıca neutrosophic veri elde etme sürecinde skor ve tam fonksiyonları kullanılmıştır. Singh ve Huang (2019) neutrosophic gredyan tabanlı yeni bir hibrit zaman serisi önermişlerdir. Singh (2020) neutrosophic küme teorisi ve parçacık sürü optimizasyonu algoritmasına dayanan yeni bir zaman serisi tahmin modeli geliştirmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Önerilen Tahmin Modeli

Bu bölümde literatürde var olan birinci ve yüksek mertebeden bulanık zaman serisi ve sezgisel bulanık zaman serisi modellerine göre daha iyi sonuç veren neutrosophic zaman serisi verilerine dayalı yeni bir tahmin modeli tanımlanmıştır. Bu modelin adımları aşağıda sunulmuştur.

Adım 1. U söylem evreninin belirlenmesi

D_S ve D_L sırasıyla D_V mevcut tüm veri setiden en küçük ve en büyük veriler, D_1 ve D_2 uygun pozitif sayılar olmak üzere U söylem evreni

$$U = [D_S - D_1, D_L + D_2] \quad (3.1)$$

şeklinde belirlenir.

Adım 2. L aralık uzunluğunun belirlenmesi

Uygun L aralık uzunluğunun belirlenmesi için aşağıdaki sıra takip edilir.

- D_{V-1} , D_V değerleri arasında tüm mutlak farklar hesaplanır ve bunların ortalaması alınır.
- Ortalamanın yarısı ilk uzunluk olarak düşünülür.
- İlk uzunluğa göre taban haritalama tablosundan (Tablo 3.1) uygun baz seçilir.
- Sonuç yuvarlanır.

Verilerin uygun aralık seçiminde kullanılan taban haritalama tablosu Tablo 3.1’de gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Taban haritalama tablosu (Huarng, 2001)

Aralık	Baz
0,1-1,0	0,1
1,1-10	1
11-100	10
101-1000	100

Adım 3. m aralık sayısının hesaplanması ve uygun dil aralıklarının belirlenmesi

D_S ve D_L sırasıyla D_V mevcut tüm veri setiden en küçük ve en büyük veriler, D_1 ve D_2 uygun pozitif sayılar ve Adım 2’de bulunan uygun uzunluk L olmak üzere m aralık sayısı

$$m = \frac{D_L + D_2 - D_S + D_1}{L} \quad (3.2)$$

formülü ile hesaplanır.

U söylem evreni Adım 2’de bulunan L uzunluğu ve m aralığı ile dil aralıkları

$$\begin{aligned} u_1 &= [(D_S - D_1), (D_S - D_1) + L] \\ u_2 &= [(D_S - D_1) + L, (D_S - D_1) + 2L] \\ &\vdots \\ u_m &= [(D_S - D_1) + (m - 1) \cdot L, (D_L - D_2)] \end{aligned} \quad (3.3)$$

şeklinde tanımlanır.

Adım 4. Üçgen bulanık kümelerin tanımlanması

Adım 3’de bulunan dil aralıklarına karşılık gelen A_j ($j=1,2,\dots,m$) üçgensel bulanık kümeler

$$\begin{aligned} A_1 &= [(D_S - D_1), (D_S - D_1) + L, (D_S - D_1) + 2 \cdot L] \\ A_2 &= [(D_S - D_1) + L, (D_S - D_1) + 2 \cdot L, (D_S - D_1) + 3 \cdot L] \\ &\vdots \\ A_m &= [(D_S - D_1) + (m - 1) \cdot L, (D_L - D_2), (D_L - D_2)] \end{aligned} \quad (3.4)$$

şeklinde tanımlanır.

Adım 5. Üçgen bulanık kümelere karşılık gelen üyelik (doğruluk) derecelerini bulma

Tanım 1.2.5’te verilen (Abhishekh vd., 2018a) üçgen bulanık kümelere karşılık gelen doğruluk dereceleri

$T_A(x): R \rightarrow [0,1]$ ve $A = (a, b, c)$ olmak üzere

$$T_A(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & \text{diğer} \end{cases} \quad (1.11)$$

şeklinde hesaplanır.

Adım 6. Üçgen bulanık sayılardan neutrosophic sayıların elde edilmesi

Adım 5’de (1.11) denklemi ile bulunan doğruluk derecesi yardımıyla (1.12) denkleminde yanlışlık derecesi hesaplanır. Bulunan doğruluk ve yanlışlık dereceleri kullanılarak (1.13) entropi denkleminde belirsizlik derecesi bulunur.

Bu değerleri veren ifadeler aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$T_A(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a} & , a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b} & , b \leq x \leq c \\ 0 & , \text{diğer} \end{cases} \quad (3.5)$$

$$F_A(x) = g(1 - T_A(x)) \quad \text{burada } g(u) = \frac{u}{n} \quad n: \text{tüm doğruluk derecelerini toplamı}$$

$$I_A(x) = 1 - \sqrt{(T_A - F_A)^2}$$

Denklem (3.5) ile bulunan dereceler $N_j = \{T_A(x), F_A(x), I_A(x)\}$ ($j=1,2,\dots,m$) neutrosophic kümeleri oluşturur.

Adım 7. Skor fonksiyon ile uygun neutrosophic sayıların belirlenmesi

Denklem (1.14) ile neutrosophic sayıların skor değerleri

$$S_{N_j}(x_i) = \frac{T_{N_j}(x_i) + 1 - I_{N_j}(x_i) + 1 - F_{N_j}(x_i)}{3} \quad (3.6)$$

formülü ile bulunur ve skor değeri büyük olan verinin neutrosophic değeri alınır. Eğer skor değerler eşit olursa tam fonksiyonu (Denklem 1.16) kullanılır.

Adım 8. Neutrosophic ilişki ve ilişki gruplarının belirlenmesi

Bu ilişkiler aşağıdaki şekilde belirlenir.

$F(t-1) = N_i$ ve $F(t) = N_j$ olsun. Aralarındaki neutrosophic mantıksal ilişki $N_i \rightarrow N_j$ şeklinde gösterilir. Neutrosophic mantıksal ilişkilerde $N_i \rightarrow N_j$ ve $N_i \rightarrow N_k$ gibi durum varsa neutrosophic mantıksal ilişki grupları oluşur ve $N_i \rightarrow N_j, N_k$ şeklinde gösterilir.

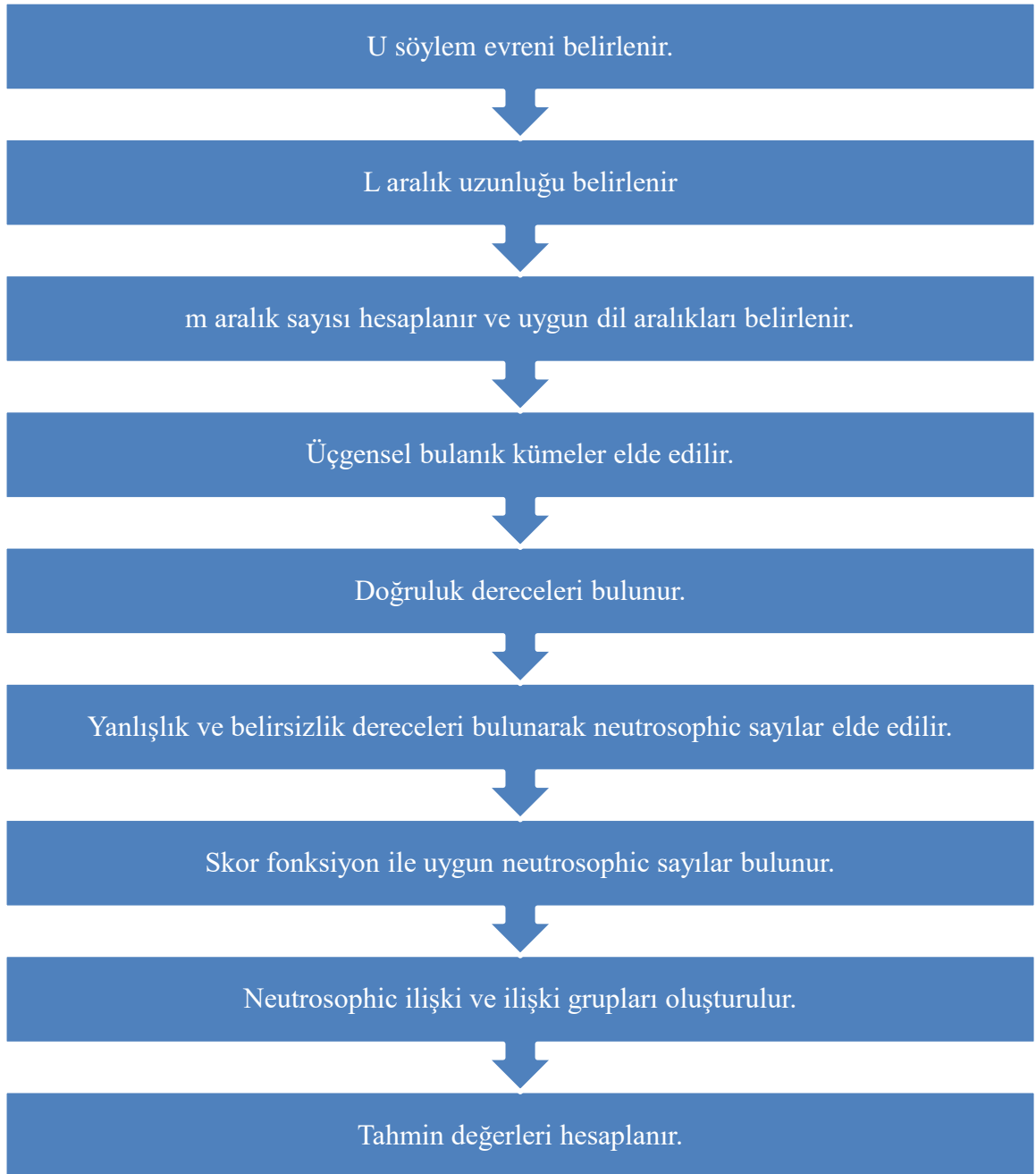
Adım 9. Tahmin değerlerinin bulunması

Mevcut değer tahmini için bir önceki yılın neutrosophic değeri alınır. Bu N_j olsun.

- Eğer ilişki grubunda $N_j \rightarrow N_k$ ise tahmin değeri A_k üçgen bulanık kümesinin orta noktasıdır.

- Eğer ilişki grubunda $N_j \rightarrow N_{k_1}, N_{k_2}, \dots$ ise neutrosophic belirsizlik vardır. Bu belirsizliği gidermek için bir üst ilişki ve ilişki grubuna geçilir. Bu işlem $N_j \rightarrow N_m$ elde edilene kadar devam edilir. Dolayısıyla tahmin değeri A_m üçgen bulanık kümesinin orta noktası olur.

Önerilen modelin daha iyi anlaşılması için aşağıdaki Şekil 3.1’de akış diyagramı oluşturulmuştur.



Şekil 3.1. Önerilen modelin akış diyagramı

3.2. Sayısal Örnekler

Örnek 1: (Abhishekh vd., 2018a) 1971-1992 yılları arasındaki Alabama üniversitesine kayıt yaptıran öğrencilerin sayısı üzerine bir uygulama yapmıştır. Önerilen model ile aynı örnek çözülerek bazı sonuçlar elde edilmiştir.

Aşağıdaki Tablo 3.2’de 1971-1992 yılları arasındaki Alabama üniversitesine kayıt yaptıran öğrencilerin sayısı verilmiştir.

Tablo 3.2. 1971-1992 yılları arasındaki Alabama Üniversitesi öğrenci kayıtları

Yıl	Değer	Yıl	Değer
1971	13055	1982	15433
1972	13563	1983	15497
1973	13867	1984	15145
1974	14696	1985	15163
1975	15460	1986	15984
1976	15311	1987	16859
1977	15603	1988	18150
1978	15861	1989	18970
1979	16807	1990	19328
1980	16919	1991	19337
1981	16388	1992	18876

Önerilen yeni model ile aşağıdaki adımlar sunulmuştur.

Adım 1: U söylem evreninin belirlenmesi

Mevcut veri setinde en büyük veri 19337 ve en küçük veri 13055 olduğundan U söylem evreni

$$U = [13055 - 5, 19337 + 13] = [13050, 19350]$$

dir. Burada $D_1 = 5$ ve $D_2 = 13$ tür.

Adım 2: L aralık uzunluğunun belirlenmesi

- Tüm verilerin mutlak farkları sonucu ortalaması 510.3 olarak hesaplanır.
- İlk uzunluk $\frac{510.3}{2} = 255.15$ tir.
- Tablo3.1'den aralık uzunluğu için 255.15 [101,1000] aralığında yer aldığı için baz 100 olarak alınmıştır.
- Baz 100 için 255.15 sayısı yuvarlanarak uygun neutrosophic uzunluk sayısı $L=300$ olarak bulunur.

Adım 3: m aralık sayısının hesaplanması ve uygun dil aralıklarının belirlenmesi
(3.2) denklemi kullanılarak

$$m = \frac{19350 - 13050}{300} = 21$$

aralık sayısı elde edilir. O halde U söylem evreni uzunluğu $L=300$ olan 21 dilsel aralığa bölünür.

Adım 1'de $U=[13050,19050]$ olarak bulunduğuundan U evrensel kümesi uzunluğu 300 olan 21 dil aralığına aşağıdaki gibi bölünmüştür.

$u_1 = [13050,13350]$	$u_{12} = [16350,16650]$
$u_2 = [13350,13650]$	$u_{13} = [16650,16950]$
$u_3 = [13650,13950]$	$u_{14} = [16950,17250]$
$u_4 = [13950,14250]$	$u_{15} = [17250,17550]$
$u_5 = [14250,14550]$	$u_{16} = [17550,17850]$
$u_6 = [14550,14850]$	$u_{17} = [17850,18150]$
$u_7 = [14850,15150]$	$u_{18} = [18150,18450]$
$u_8 = [15150,15450]$	$u_{19} = [18450,18750]$
$u_9 = [15450,15750]$	$u_{20} = [18750,19050]$
$u_{10} = [15750,16050]$	$u_{21} = [19050,19350]$

Adım 4: Üçgen bulanık kümelerin tanımlanması

Adım 3'de bulunan dil aralıklarını neutrosophic kümelere dönüştürmek için U söylem evreni uzunluğu 300 olan 21 üçgen bulanık kümeye aşağıdaki şekilde bölünmüştür.

$$\begin{aligned}
A_1 &= [13050, 13350, 13650] & A_{12} &= [16350, 16650, 16950] \\
A_2 &= [13350, 13650, 13950] & A_{13} &= [16650, 16950, 17250] \\
A_3 &= [13650, 13950, 14250] & A_{14} &= [16950, 17250, 17550] \\
A_4 &= [13950, 14250, 14550] & A_{15} &= [17250, 17550, 17850] \\
A_5 &= [14250, 14550, 14850] & A_{16} &= [17550, 17850, 18150] \\
A_6 &= [14550, 14850, 15150] & A_{17} &= [17850, 18150, 18450] \\
A_7 &= [14850, 15150, 15450] & A_{18} &= [18150, 18450, 18750] \\
A_8 &= [15150, 15450, 15750] & A_{19} &= [18450, 18750, 19050] \\
A_9 &= [15450, 15750, 16050] & A_{20} &= [18750, 19050, 19350] \\
A_{10} &= [15750, 16050, 16350] & A_{21} &= [19050, 19350, 19350] \\
A_{11} &= [16050, 16350, 16650] & &
\end{aligned}$$

ADIM 5: Üçgen bulanık kümeler karşılık gelen üyelik (doğruluk) derecelerinin bulunması

Denklem (3.5) kullanılarak üyelik değerleri hesaplanır. Örnek olarak 13055 değeri

13050 < 13055 < 13350 olduğundan $T_{A_1}(13055) = \frac{13055-13050}{13350-13050} = 0.016$ bulunur.

13563 değeri 13350 < 13563 < 13650 olduğundan $T_{A_1}(13563) = \frac{13650-13563}{13650-13350} = 0.29$

dur. Benzer şekilde diğer değerler aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$A_1 = \frac{0.016}{13055} + \frac{0.29}{13563}$$

$$A_2 = \frac{0.71}{13563} + \frac{0.276}{13867}$$

$$A_3 = \frac{0.72}{13867}$$

$$A_4 = \emptyset$$

$$A_5 = \frac{0.513}{14696}$$

$$A_6 = \frac{0.486}{14696} + \frac{0.016}{15145}$$

⋮

$$A_{16} = \frac{0}{18150}$$

$$A_{17} = \frac{1}{18150}$$

$$\begin{aligned}
A_{18} &= \frac{0}{18150} \\
A_{19} &= \frac{0.26}{18970} + \frac{0.58}{18876} \\
A_{20} &= \frac{0.73}{18970} + \frac{0.073}{19328} + \frac{0.043}{19337} + \frac{0.42}{18876} \\
A_{21} &= \frac{0.92}{19328} + \frac{0.95}{19337}
\end{aligned}$$

Burada tüm üyelik değerleri toplamı $n = 21.016$ dır.

Adım 6: Üçgen bulanık sayılardan neutrosophic sayıların elde edilmesi

Denklem (3.5) kullanılarak bulanık sayılar neutrosophic sayılara dönüştürülür. Örnek olarak 13055 değeri için $T_{A_1}(13055) = 0.016$ idi. Buna göre $U = 1 - 0.016 = 0.984$ ten $F_{A_1} = \frac{0.984}{21.016} = 0.046$ bulunur. $I_{A_1} = 1 - \sqrt{(0.016 - 0.046)^2} = 0.969$ bulunur. Benzer şekilde diğer değerler aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\begin{aligned}
N_1 &= \{(13055, 0.016, 0.046, 0.969), (13563, 0.29, 0.033, 0.743)\} \\
N_2 &= \{(13563, 0.71, 0.013, 0.303), (13867, 0.27, 0.034, 0.757)\} \\
N_3 &= \{(13867, 0.72, 0.013, 0.289)\} \\
N_4 &= \emptyset \\
&\vdots \\
N_{19} &= \{(18876, 0.58, 0.019, 0.439), (18970, 0.26, 0.034, 0.768)\} \\
N_{20} &= \{(18876, 0.42, 0.027, 0.607), (18970, 0.73, 0.012, 0.279), \\
&\quad (19328, 0.073, 0.044, 0.970), (19337, 0.043, 0.045, 0.997)\} \\
N_{21} &= \{(19328, 0.92, 0.003, 0.076), (19337, 0.95, 0.002, 0.045)\}
\end{aligned}$$

ADIM 7: Skor fonksiyon ile uygun neutrosophic sayıların belirlenmesi

Denklem (3.6) kullanılarak skor değerler bulunur. Skor değeri büyük olan veri alınır. Eğer skor değerler eşit olursa tam fonksiyon (1.16) kullanılır. Örnek olarak 13563 değerinin N_1 deki skor değeri $S_{N_1}(13563) = \frac{0.29+1-0.743+1-0.033}{3} = 0.504$ iken N_2 deki skor değeri $S_{N_2}(13563) = \frac{0.71+1-0.303+1-0.013}{3} = 0.79$ dur. Burada görüldüğü gibi $S_{N_2} > S_{N_1}$ olduğundan 13563 değerinin neutrosophic değeri N_2 dir. Benzer şekilde diğer değerler aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$S_{N_1} = \{(13055,0.33), (13563,0.504)\}$$

$$S_{N_2} = \{(13563,0.79), (13876,0.49)\}$$

$$S_{N_3} = \{(13867,0.806)\}$$

$$S_{N_4} = \emptyset$$

⋮

$$S_{N_{19}} = \{(18876,0.706), (18970,0.81)\}$$

$$S_{N_{20}} = \{(18876,0.59), (18970,0.81), (19328,0.35), (19337,0.33)\}$$

$$S_{N_{21}} = \{(19328,0.94), (19337,0.96)\}$$

Yukarıda bulunan skor değerlerine karşılık gelen neutrosophic değerler Tablo 3.3’de gösterilmiştir.

Tablo 3.3. Örnek 1'in neutrosophic değerleri

Yıllar	Değer	Neutrosophic değer	Yıllar	Değer	Neutrosophic değer
1971	13055	N_1	1982	15433	N_8
1972	13563	N_2	1983	15497	N_8
1973	13867	N_3	1984	15145	N_7
1974	14696	N_5	1985	15163	N_7
1975	15460	N_8	1986	15984	N_{10}
1976	15311	N_8	1987	16859	N_{13}
1977	15603	N_9	1988	18150	N_{17}
1978	15861	N_9	1989	18970	N_{20}
1979	16807	N_{13}	1990	19328	N_{21}
1980	16919	N_{13}	1991	19337	N_{21}
1981	16388	N_{11}	1992	18876	N_{19}

Adım 8: Neutrosophic ilişki ve ilişki gruplarının belirlenmesi

Tablo 3.3’e göre birinci dereceden neutrosophic ilişkiler Tablo 3.4’de gösterilmiştir.

Tablo 3.4. Örnek 1 için 1. dereceden neutrosophic ilişkiler

$N_1 \rightarrow N_2$	$N_2 \rightarrow N_3$	$N_3 \rightarrow N_5$	$N_5 \rightarrow N_8$	$N_8 \rightarrow N_8$
$N_8 \rightarrow N_9$	$N_9 \rightarrow N_9$	$N_9 \rightarrow N_{13}$	$N_{13} \rightarrow N_{13}$	$N_{13} \rightarrow N_{11}$
$N_{11} \rightarrow N_8$	$N_8 \rightarrow N_8$	$N_8 \rightarrow N_7$	$N_7 \rightarrow N_7$	$N_7 \rightarrow N_{10}$
$N_{10} \rightarrow N_{13}$	$N_{13} \rightarrow N_{17}$	$N_{17} \rightarrow N_{20}$	$N_{20} \rightarrow N_{21}$	$N_{21} \rightarrow N_{21}$
$N_{21} \rightarrow N_{19}$				

Tablo 3.4’de birinci dereceden neutrosophic ilişkilere karşılık gelen neutrosophic ilişki grupları Tablo 3.5’de verilmiştir.

Tablo 3.5. Örnek 1 için 1. dereceden neutrosophic ilişki grupları

$N_1 \rightarrow N_2$	$N_{11} \rightarrow N_8$
$N_2 \rightarrow N_3$	$N_7 \rightarrow N_7, N_{10}$
$N_3 \rightarrow N_5$	$N_{10} \rightarrow N_{13}$
$N_5 \rightarrow N_8$	$N_{17} \rightarrow N_{20}$
$N_8 \rightarrow N_8, N_9, N_7$	$N_{20} \rightarrow N_{21}$
$N_9 \rightarrow N_9, N_{13}$	$N_{21} \rightarrow N_{21}, N_{19}$
$N_{13} \rightarrow N_{13}, N_{11}, N_{17}$	

Tablo 3.3’e göre ikinci dereceden neutrosophic ilişkiler Tablo 3.6’da gösterilmiştir.

Tablo 3.6. Örnek 1 için 2. dereceden neutrosophic ilişkiler

$N_1, N_2 \rightarrow N_3$	$N_2, N_3 \rightarrow N_5$	$N_3, N_5 \rightarrow N_8$	$N_5, N_8 \rightarrow N_8$
$N_8, N_8 \rightarrow N_9$	$N_8, N_9 \rightarrow N_9$	$N_9, N_9 \rightarrow N_{13}$	$N_9, N_{13} \rightarrow N_{13}$
$N_{13}, N_{13} \rightarrow N_{11}$	$N_{13}, N_{11} \rightarrow N_8$	$N_{11}, N_8 \rightarrow N_8$	$N_8, N_8 \rightarrow N_7$
$N_8, N_7 \rightarrow N_7$	$N_7, N_7 \rightarrow N_{10}$	$N_7, N_{10} \rightarrow N_{13}$	$N_{10}, N_{13} \rightarrow N_{17}$
$N_{13}, N_{17} \rightarrow N_{20}$	$N_{17}, N_{20} \rightarrow N_{21}$	$N_{20}, N_{21} \rightarrow N_{21}$	$N_{21}, N_{21} \rightarrow N_{19}$

Tablo 3.6’da bulunan ikinci dereceden neutrosophic ilişkilere karşılık gelen ikinci dereceden neutrosophic ilişki grupları Tablo 3.7’de gösterilmiştir.

Tablo 3.7. Örnek 1 için 2. dereceden neutrosophic ilişki grupları

$N_1, N_2 \rightarrow N_3$	$N_{11}, N_8 \rightarrow N_8$
$N_2, N_3 \rightarrow N_5$	$N_8, N_7 \rightarrow N_7$
$N_3, N_5 \rightarrow N_8$	$N_7, N_7 \rightarrow N_{10}$
$N_5, N_8 \rightarrow N_8$	$N_7, N_{10} \rightarrow N_{13}$
$N_8, N_8 \rightarrow N_9, N_7$	$N_{10}, N_{13} \rightarrow N_{17}$
$N_8, N_9 \rightarrow N_9$	$N_{13}, N_{17} \rightarrow N_{20}$
$N_9, N_9 \rightarrow N_{13}$	$N_{17}, N_{20} \rightarrow N_{21}$
$N_9, N_{13} \rightarrow N_{13}$	$N_{20}, N_{21} \rightarrow N_{21}$
$N_{13}, N_{13} \rightarrow N_{11}$	$N_{21}, N_{21} \rightarrow N_{19}$
$N_{13}, N_{11} \rightarrow N_8$	

Tablo 3.3’e göre üçüncü dereceden neutrosophic ilişki ve ilişki grupları Tablo 3.8’de gösterilmiştir.

Tablo 3.8. Örnek 1 için 3. dereceden neutrosophic ilişki grupları

$N_1, N_2, N_3 \rightarrow N_5$	$N_{11}, N_8, N_8 \rightarrow N_7$
$N_2, N_3, N_5 \rightarrow N_8$	$N_8, N_8, N_7 \rightarrow N_7$
$N_3, N_5, N_8 \rightarrow N_8$	$N_8, N_7, N_7 \rightarrow N_{10}$
$N_5, N_8, N_8 \rightarrow N_9$	$N_7, N_7, N_{10} \rightarrow N_{13}$
$N_8, N_8, N_9 \rightarrow N_9$	$N_7, N_{10}, N_{13} \rightarrow N_{17}$
$N_8, N_9, N_9 \rightarrow N_{13}$	$N_{10}, N_{13}, N_{17} \rightarrow N_{20}$
$N_9, N_9, N_{13} \rightarrow N_{13}$	$N_{13}, N_{17}, N_{20} \rightarrow N_{21}$
$N_9, N_{13}, N_{13} \rightarrow N_{11}$	$N_{17}, N_{20}, N_{21} \rightarrow N_{21}$
$N_{13}, N_{13}, N_{11} \rightarrow N_8$	$N_{20}, N_{21}, N_{21} \rightarrow N_{19}$
$N_{13}, N_{11}, N_8 \rightarrow N_8$	

Adım 9: Tahmin değerlerinin bulunması

Örneğin 1971 yılı 13055 değeri için bir önceki yıl olmadığı için tahmin edilemez. 1972 yılı 13563 değeri için bir önceki yılın yani 1971 yılının neutrosophic değerine bakılır. 1971 yılının neutrosophic değerinin Tablo 3.3'den N_1 olduğu görülür. Tablo 3.5'te $N_1 \rightarrow N_2$ olduğundan 13563'ün tahmin değeri A_2 nin orta noktasıdır. Yani 13563'ün tahmin değeri 13650 dir. 1985 yılı 15163 değeri için bir önceki yılın yani 1984 yılının neutrosophic değerine bakılır. 1984 yılının neutrosophic değerinin Tablo 3.3'den N_7 olduğu görülür. Tablo 3.5'te $N_7 \rightarrow N_7, N_{10}$ olduğundan neutrosophic belirsizlik vardır. Bu belirsizliği gidermek için 1985 yılının iki önceki yılların neutrosophic değerine bakılır. 1983 ve 1984 yıllarının neutrosophic değerlerinin N_8, N_7 olduğu görülür. Tablo 3.7'de $N_8, N_7 \rightarrow N_7$ olduğundan 15163'ün tahmin değeri A_7 nin orta noktasıdır. Yani 15163'ün tahmin değeri 15150 dir. Benzer şekilde diğer değerlerin tahmin hesaplamaları Tablo 3.9'da gösterilmiştir.

Tablo 3.9. Örnek 1 için birinci dereceden tahmin değerleri

Yıllar	Değer	Tahmin	Yıllar	Değer	Tahmin
1971	13055	-	1982	15433	15450
1972	13563	13650	1983	15497	15450
1973	13867	13950	1984	15145	15150
1974	14696	14550	1985	15163	15150
1975	15460	15450	1986	15984	16050
1976	15311	15450	1987	16859	16950
1977	15603	15750	1988	18150	18150
1978	15861	15750	1989	18970	19050
1979	16807	16950	1990	19328	19350
1980	16919	16950	1991	19337	19350

Örnek 2: Teknik destek ve bilgi değişim mekanizması (TAIEX) veri tabanları yoluyla teknik yardım ihtiyacını belirler. TAIEX 2004 değerleri için literatürde birçok uygulama vardır. (Abdel Basset vd., 2019) TAIEX 2004 değerleri içinde bir uygulama yapmışlardır. Önerilen model ile aynı örnek çözülerek bazı sonuçlar elde edilmiştir.

Aşağıdaki Tablo 3.10'da TAIEX 2004 değerleri verilmiştir.

Tablo 3.10. Teknik Destek ve Bilgi Değişim Mekanizması (TAEIX) 2004 değerleri

Tarih	Değer		Tarih	Değer		Tarih	Değer
01.11.2004	5656.17		22.11.2004	5838.42		13.12.2004	5878.89
02.11.2004	5759.61		23.11.2004	5851.1		14.12.2004	5909.65
03.11.2004	5862.85		24.11.2004	5911.31		15.12.2004	6002.58
04.11.2004	5860.73		25.11.2004	5855.24		16.12.2004	6019.23
05.11.2004	5931.31		26.11.2004	5778.65		17.12.2004	6009.32
08.11.2004	5937.46		29.11.2004	5785.26		20.12.2004	5985.94
09.11.2004	5945.2		30.11.2004	5844.76		21.12.2004	5987.85
10.11.2004	5948.49		01.12.2004	5798.62		22.12.2004	6001.52
11.11.2004	5874.52		02.12.2004	5867.95		23.12.2004	5997.67
12.11.2004	5917.16		03.12.2004	5893.27		24.12.2004	6019.42
15.11.2004	5906.69		06.12.2004	5919.17		27.12.2004	5985.94
16.11.2004	5910.85		07.12.2004	5925.28		28.12.2004	6000.57
17.11.2004	6028.68		08.12.2004	5892.51		29.12.2004	6088.49
18.11.2004	6049.49		09.12.2004	5913.97		30.12.2004	6100.86
19.11.2004	6026.55		10.12.2004	5911.63		31.12.2004	6139.69

Önerilen yeni model ile aşağıdaki adımlar sunulmuştur.

Adım 1: U söylem evreninin belirlenmesi

Mevcut veri setinde en büyük veri 6139.69 ve en küçük veri 5656.17 olduğundan U söylem evresi

$$U = [5656.17 - 56, 6139.69 + 61] = [5600.17, 6200.69]$$

dir. Burada $D_1 = 56$ ve $D_2 = 61$ dir.

Adım 2: L aralık uzunluğunun belirlenmesi

- Tüm verilerin mutlak farkları bulunarak ortalaması 38.93 olarak hesaplanır.
- İlk uzunluk $\frac{38.93}{2} = 19.46$ dır.

•Tablo 3.1’den aralık uzunluğu için 19.46 [11,100] aralığında yer aldığı için baz 10 olarak alınmıştır.

•Baz 10 için 19.46 sayısı yuvarlanarak uygun neutrosophic uzunluk sayısı $L=20$ olarak bulunur.

Adım 3: m aralık sayısının hesaplanması ve uygun dil aralıklarının belirlenmesi

Denklem (3.2) kullanılarak aralık sayısı

$$m = \frac{6200.69 - 5600.17}{20} = 30.026$$

olarak bulunur. O halde $U=[5600.17,6200.69]$ söylem evreni, uzunluğu $L=20$ olan 30 dilsel aralığa bölünür.

$u_1 = [5600.17, 5620.17]$	$u_{16} = [5900.17, 5920.17]$
$u_2 = [5620.17, 5640.17]$	$u_{17} = [5920.17, 5940.17]$
$u_3 = [5640.17, 5660.17]$	$u_{18} = [5940.17, 5960.17]$
$u_4 = [5660.17, 5680.17]$	$u_{19} = [5960.17, 5980.17]$
$u_5 = [5680.17, 5700.17]$	$u_{20} = [5980.17, 6000.17]$
$u_6 = [5700.17, 5720.17]$	$u_{21} = [6000.17, 6020.17]$
$u_7 = [5720.17, 5740.17]$	$u_{22} = [6020.17, 6040.17]$
$u_8 = [5740.17, 5760.17]$	$u_{23} = [6040.17, 6060.17]$
$u_9 = [5760.17, 5780.17]$	$u_{24} = [6060.17, 6080.17]$
$u_{10} = [5780.17, 5800.17]$	$u_{25} = [6080.17, 6100.17]$
$u_{11} = [5800.17, 5820.17]$	$u_{26} = [6100.17, 6120.17]$
$u_{12} = [5820.17, 5840.17]$	$u_{27} = [6120.17, 6140.17]$
$u_{13} = [5840.17, 5860.17]$	$u_{28} = [6140.17, 6160.17]$
$u_{14} = [5860.17, 5880.17]$	$u_{29} = [6160.17, 6180.17]$
$u_{15} = [5880.17, 5900.17]$	$u_{30} = [6180.17, 6200.17]$

Adım 4: Üçgen bulanık kümelerinin belirlenmesi

Adım 3’de bulunan dil aralıklarını neutrosophic kümelere dönüştürmek amacıyla U evrensel kümesi uzunluğu 20 olan 30 üçgen bulanık kümelere dönüştürülmüştür.

$$A_1 = [5600.17, 5620.17, 5640.17] \quad A_{16} = [5900.17, 5920.17, 5940.17]$$

$$\begin{aligned}
A_2 &= [5620.17, 5640.17, 5660.17] & A_{17} &= [5920.17, 5940.17, 5960.17] \\
A_3 &= [5640.17, 5660.17, 5680.17] & A_{18} &= [5940.17, 5960.17, 5980.17] \\
A_4 &= [5660.17, 5680.17, 5700.17] & A_{19} &= [5960.17, 5980.17, 6000.17] \\
A_5 &= [5680.17, 5700.17, 5720.17] & A_{20} &= [5980.17, 6000.17, 6020.17] \\
A_6 &= [5700.17, 5720.17, 5740.17] & A_{21} &= [6000.17, 6020.17, 6040.17] \\
A_7 &= [5720.17, 5740.17, 5760.17] & A_{22} &= [6020.17, 6040.17, 6060.17] \\
A_8 &= [5740.17, 5760.17, 5780.17] & A_{23} &= [6040.17, 6060.17, 6080.17] \\
A_9 &= [5760.17, 5780.17, 5800.17] & A_{24} &= [6060.17, 6080.17, 6100.17] \\
A_{10} &= [5780.17, 5800.17, 5820.17] & A_{25} &= [6080.17, 6100.17, 6120.17] \\
A_{11} &= [5800.17, 5820.17, 5840.17] & A_{26} &= [6100.17, 6120.17, 6140.17] \\
A_{12} &= [5820.17, 5840.17, 5860.17] & A_{27} &= [6120.17, 6140.17, 6160.17] \\
A_{13} &= [5840.17, 5860.17, 5880.17] & A_{28} &= [6140.17, 6160.17, 6180.17] \\
A_{14} &= [5860.17, 5880.17, 5900.17] & A_{29} &= [6160.17, 6180.17, 6200.17] \\
A_{15} &= [5880.17, 5900.17, 5920.17] & A_{30} &= [6180.17, 6200.17, 6200.17]
\end{aligned}$$

ADIM 5: Üçgen bulanık kümelere karşılık gelen üyelik (doğruluk) derecelerinin bulunması

Denklem (3.5) kullanılarak üyelik değerleri hesaplanır. Örnek olarak 5656.17 değeri A_2 aralığında $5640.17 < 5656.17 < 5660.17$ olduğundan $T_{A_2}(5656.17) = \frac{5660.17-5656.17}{5660.17-5640.17} = 0.2$ bulunur. 5656.17 değeri A_3 aralığında $5640.17 < 5656.17 < 5660.17$ olduğundan $T_{A_3}(5656.17) = \frac{5656.17-5640.17}{5660.17-5640.17} = 0.8$ bulunur. Benzer şekilde diğer değerler aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\begin{aligned}
A_1 &= \emptyset \\
A_2 &= \frac{0.2}{5656.17} \\
A_3 &= \frac{0.8}{5656.17} \\
&\vdots \\
A_{26} &= \frac{0.0345}{6100.86} + \frac{0.024}{6139.69} \\
A_{27} &= \frac{0.976}{6139.69} \\
A_{28} &= \emptyset \\
A_{29} &= \emptyset
\end{aligned}$$

$$A_{30} = \emptyset$$

Burada tüm üyelik değerlerinin toplamı $n = 45$ dir.

Adım 6: Üçgen bulanık sayılarından neutrosophic sayıların elde edilmesi

Denklem (3.5) kullanılarak bulanık sayılar neutrosophic sayılara dönüştürülür. Örnek olarak 5656.17 değeri için $T_{A_2}(5656.17) = 0.2$ dir. Buna göre $U = 1 - 0.2 = 0.8$ den $F_{A_2} = \frac{0.8}{45} = 0.017$ ve $I_{A_1} = 1 - \sqrt{(0.2 - 0.017)^2} = 0.817$ bulunur. Benzer şekilde diğer değerler aşağıdaki gibi bulunur.

$$N_1 = \emptyset$$

$$N_2 = \{(5656.17, 0.2, 0.017, 0.817)\}$$

$$N_3 = \{(5656.17, 0.8, 0.004, 0.204)\}$$

$$\vdots$$

$$N_{26} = \{(6100.86, 0.034, 0.0214, 0.986), (6139.69, 0.024, 0.0216, 0.997)\}$$

$$N_{27} = \{(6139.69, 0.976, 0.00053, 0.024)\}$$

$$N_{28} = \emptyset$$

$$N_{29} = \emptyset$$

$$N_{30} = \emptyset$$

Adım 7: Skor fonksiyon ile uygun neutrosophic sayıların belirlenmesi

Denklem (3.6) kullanılarak skor değerler bulunur. Skor değeri büyük olanın skor değeri alınır. Eğer skor değerler eşit olursa tam fonksiyonun (1.16) daki karşılaştırmaları kullanılır. Örnek olarak 5656.17 değerinin N_2 deki skor fonksiyonu $S_{N_2}(5656.17) = \frac{0.2+1-0.017+1-0.817}{3} = 0.45$ iken N_3 deki skor fonksiyonu $S_{N_3}(5656.17) = \frac{0.8+1-0.004+1-0.204}{3} = 0.86$ dir. Burada görüldüğü gibi $S_{N_3} > S_{N_2}$ olduğundan 5656.17 değerinin neutrosophic değeri N_3 dir. Benzer şekilde diğer değerler aşağıdaki gibi bulunur.

$$S_{N_1} = \emptyset$$

$$S_{N_2} = \{(5656.17, 0.45)\}$$

$$S_{N_3} = \{(5656.17, 0.86)\}$$

$$\vdots$$

$$S_{N_{26}} = \{(6100.86, 0.34), (6139.69, 0.33)\}$$

$$S_{N_{27}} = \{(6139.69, 0.98)\}$$

$$S_{N_{28}} = \emptyset$$

$$S_{N_{29}} = \emptyset$$

$$S_{N_{30}} = \emptyset$$

Yukarıda bulunan skor fonksiyonlara göre verilerin neutrosophic değerleri Tablo 3.11’de verilmiştir.

Tablo 3.11. Örnek 2'nin neutrosophic değerleri

Tarih	Değer	Neutrosophic değer	Tarih	Değer	Neutrosophic değer
01.11.2004	5656.17	N_3	02.12.2004	5867.95	N_{13}
02.11.2004	5759.61	N_8	03.12.2004	5893.27	N_{15}
03.11.2004	5862.85	N_{13}	06.12.2004	5919.17	N_{16}
04.11.2004	5860.73	N_{13}	07.12.2004	5925.28	N_{16}
05.11.2004	5931.31	N_{17}	08.12.2004	5892.51	N_{15}
08.11.2004	5937.46	N_{17}	09.12.2004	5913.97	N_{16}
09.11.2004	5945.2	N_{17}	10.12.2004	5911.63	N_{16}
10.11.2004	5948.49	N_{17}	13.12.2004	5878.89	N_{14}
11.11.2004	5874.52	N_{14}	14.12.2004	5909.65	N_{15}
12.11.2004	5917.16	N_{16}	15.12.2004	6002.58	N_{20}
15.11.2004	5906.69	N_{15}	16.12.2004	6019.23	N_{21}
16.11.2004	5910.85	N_{16}	17.12.2004	6009.32	N_{20}
17.11.2004	6028.68	N_{21}	20.12.2004	5985.94	N_{19}
18.11.2004	6049.49	N_{22}	21.12.2004	5987.85	N_{19}
19.11.2004	6026.55	N_{21}	22.12.2004	6001.52	N_{20}
22.11.2004	5838.42	N_{12}	23.12.2004	5997.67	N_{20}
23.11.2004	5851.1	N_{13}	24.12.2004	6016.42	N_{21}
24.11.2004	5911.31	N_{16}	27.12.2004	5985.94	N_{19}
25.11.2004	5855.24	N_{13}	28.12.2004	6000.57	N_{20}
26.11.2004	5778.65	N_9	29.12.2004	6088.49	N_{24}
29.11.2004	5785.26	N_9	30.12.2004	6100.86	N_{25}
30.11.2004	5844.76	N_{12}	31.12.2004	6139.69	N_{27}
01.12.200	5798.62	N_{10}			

Adım 8: Neutrosophic ilişki ve ilişki gruplarının belirlenmesi

Tablo 3.11'e göre birinci dereceden neutrosophic ilişkiler Tablo 3.12'de verilmiştir.

Tablo 3.12. Örnek 2 için 1. dereceden neutrosophic ilişkiler

$N_3 \rightarrow N_8$	$N_8 \rightarrow N_{13}$	$N_{13} \rightarrow N_{13}$	$N_{13} \rightarrow N_{17}$	$N_{17} \rightarrow N_{17}$
$N_{17} \rightarrow N_{17}$	$N_{17} \rightarrow N_{17}$	$N_{17} \rightarrow N_{14}$	$N_{14} \rightarrow N_{16}$	$N_{16} \rightarrow N_{15}$
$N_{15} \rightarrow N_{16}$	$N_{16} \rightarrow N_{21}$	$N_{21} \rightarrow N_{22}$	$N_{22} \rightarrow N_{21}$	$N_{21} \rightarrow N_{12}$
$N_{12} \rightarrow N_{13}$	$N_{13} \rightarrow N_{16}$	$N_{16} \rightarrow N_{13}$	$N_{13} \rightarrow N_9$	$N_9 \rightarrow N_9$
$N_9 \rightarrow N_{12}$	$N_{12} \rightarrow N_{10}$	$N_{10} \rightarrow N_{13}$	$N_{13} \rightarrow N_{15}$	$N_{15} \rightarrow N_{16}$
$N_{16} \rightarrow N_{16}$	$N_{16} \rightarrow N_{15}$	$N_{15} \rightarrow N_{16}$	$N_{16} \rightarrow N_{16}$	$N_{16} \rightarrow N_{14}$
$N_{14} \rightarrow N_{15}$	$N_{15} \rightarrow N_{20}$	$N_{20} \rightarrow N_{21}$	$N_{21} \rightarrow N_{20}$	$N_{20} \rightarrow N_{19}$
$N_{19} \rightarrow N_{19}$	$N_{19} \rightarrow N_{20}$	$N_{20} \rightarrow N_{20}$	$N_{20} \rightarrow N_{21}$	$N_{21} \rightarrow N_{19}$
$N_{19} \rightarrow N_{20}$	$N_{20} \rightarrow N_{24}$	$N_{24} \rightarrow N_{25}$	$N_{25} \rightarrow N_{27}$	

Tablo 3.12'de verilen birinci dereceden neutrosophic ilişkilere karşılık gelen birinci dereceden neutrosophic ilişki grupları Tablo 3.13'de verilmiştir.

Tablo 3.13. Örnek 2 için 1. dereceden neutrosophic ilişki grupları

$N_3 \rightarrow N_8$	$N_{22} \rightarrow N_{21}$
$N_8 \rightarrow N_{13}$	$N_{12} \rightarrow N_{13}, N_{10}$
$N_{13} \rightarrow N_{13}, N_{17}, N_{16}, N_9, N_{15}$	$N_9 \rightarrow N_9, N_{12}$
$N_{17} \rightarrow N_{17}, N_{14}$	$N_{10} \rightarrow N_{13}$
$N_{14} \rightarrow N_{16}, N_{15}$	$N_{20} \rightarrow N_{21}, N_{19}, N_{20}, N_{24}$
$N_{16} \rightarrow N_{15}, N_{21}, N_{13}, N_{16}, N_{14}$	$N_{19} \rightarrow N_{19}, N_{20}$
$N_{15} \rightarrow N_{16}, N_{20}$	$N_{24} \rightarrow N_{25}$
$N_{21} \rightarrow N_{22}, N_{12}, N_{20}, N_{19}$	$N_{25} \rightarrow N_{27}$

Tablo 3.11'e göre ikinci dereceden neutrosophic ilişkiler Tablo 3.14'de verilmiştir.

Tablo 3.14. Örnek 2 için 2. dereceden neutrosophic ilişkiler

$N_3, N_8 \rightarrow N_{13}$	$N_8, N_{13} \rightarrow N_{13}$	$N_{13}, N_{13} \rightarrow N_{17}$	$N_{13}, N_{17} \rightarrow N_{17}$
$N_{17}, N_{17} \rightarrow N_{17}$	$N_{17}, N_{17} \rightarrow N_{17}$	$N_{17}, N_{17} \rightarrow N_{14}$	$N_{17}, N_{14} \rightarrow N_{16}$
$N_{14}, N_{16} \rightarrow N_{15}$	$N_{16}, N_{15} \rightarrow N_{16}$	$N_{15}, N_{16} \rightarrow N_{21}$	$N_{16}, N_{21} \rightarrow N_{22}$
$N_{21}, N_{22} \rightarrow N_{21}$	$N_{22}, N_{21} \rightarrow N_{12}$	$N_{21}, N_{12} \rightarrow N_{13}$	$N_{12}, N_{13} \rightarrow N_{16}$
$N_{13}, N_{16} \rightarrow N_{13}$	$N_{16}, N_{13} \rightarrow N_9$	$N_{13}, N_9 \rightarrow N_9$	$N_9, N_9 \rightarrow N_{12}$
$N_9, N_{12} \rightarrow N_{10}$	$N_{12}, N_{10} \rightarrow N_{13}$	$N_{10}, N_{13} \rightarrow N_{15}$	$N_{13}, N_{15} \rightarrow N_{16}$
$N_{15}, N_{16} \rightarrow N_{16}$	$N_{16}, N_{16} \rightarrow N_{15}$	$N_{16}, N_{15} \rightarrow N_{16}$	$N_{15}, N_{16} \rightarrow N_{16}$
$N_{16}, N_{16} \rightarrow N_{14}$	$N_{16}, N_{14} \rightarrow N_{15}$	$N_{14}, N_{15} \rightarrow N_{20}$	$N_{15}, N_{20} \rightarrow N_{21}$
$N_{20}, N_{21} \rightarrow N_{20}$	$N_{21}, N_{20} \rightarrow N_{19}$	$N_{20}, N_{19} \rightarrow N_{19}$	$N_{19}, N_{19} \rightarrow N_{20}$
$N_{19}, N_{20} \rightarrow N_{20}$	$N_{20}, N_{20} \rightarrow N_{21}$	$N_{20}, N_{21} \rightarrow N_{19}$	$N_{21}, N_{19} \rightarrow N_{20}$
$N_{19}, N_{20} \rightarrow N_{24}$	$N_{20}, N_{24} \rightarrow N_{25}$	$N_{24}, N_{25} \rightarrow N_{27}$	

Tablo 3.14'de elde edilen ikinci dereceden neutrosophic ilişkilere karşılık gelen ikinci dereceden neutrosophic ilişki grupları Tablo 3.15'te verilmiştir.

Tablo 3.15. Örnek 2 için 2. dereceden neutrosophic ilişki grupları

$N_3, N_8 \rightarrow N_{13}$	$N_9, N_{12} \rightarrow N_{10}$
$N_8, N_{13} \rightarrow N_{13}$	$N_{12}, N_{10} \rightarrow N_{13}$
$N_{13}, N_{13} \rightarrow N_{17}$	$N_{10}, N_{13} \rightarrow N_{15}$
$N_{13}, N_{17} \rightarrow N_{17}$	$N_{13}, N_{15} \rightarrow N_{16}$
$N_{17}, N_{17} \rightarrow N_{17}, N_{14}$	$N_{16}, N_{16} \rightarrow N_{15}, N_{14}$
$N_{17}, N_{14} \rightarrow N_{16}$	$N_{16}, N_{14} \rightarrow N_{15}$
$N_{14}, N_{16} \rightarrow N_{15}$	$N_{14}, N_{15} \rightarrow N_{20}$
$N_{16}, N_{15} \rightarrow N_{16}$	$N_{15}, N_{20} \rightarrow N_{21}$
$N_{15}, N_{16} \rightarrow N_{21}, N_{16}$	$N_{20}, N_{21} \rightarrow N_{20}, N_{19}$
$N_{16}, N_{21} \rightarrow N_{22}$	$N_{21}, N_{20} \rightarrow N_{19}$
$N_{21}, N_{22} \rightarrow N_{21}$	$N_{20}, N_{19} \rightarrow N_{19}$
$N_{22}, N_{21} \rightarrow N_{12}$	$N_{19}, N_{19} \rightarrow N_{20}$
$N_{21}, N_{12} \rightarrow N_{13}$	$N_{19}, N_{20} \rightarrow N_{20}, N_{24}$
$N_{12}, N_{13} \rightarrow N_{16}$	$N_{20}, N_{20} \rightarrow N_{21}$

Tablo 3.15. (devamı)

$N_{13}, N_{16} \rightarrow N_{13}$	$N_{21}, N_{19} \rightarrow N_{20}$
$N_{16}, N_{13} \rightarrow N_9$	$N_{20}, N_{24} \rightarrow N_{25}$
$N_{13}, N_9 \rightarrow N_9$	$N_{24}, N_{25} \rightarrow N_{27}$
$N_9, N_9 \rightarrow N_{12}$	

Tablo 3.11'e göre üçüncü dereceden neutrosophic ilişkiler Tablo 3.16'da verilmiştir.

Tablo 3.16. Örnek 2 için 3. dereceden neutrosophic ilişki

$N_3, N_8, N_{13} \rightarrow N_{13}$	$N_8, N_{13}, N_{13} \rightarrow N_{17}$	$N_{13}, N_{13}, N_{17} \rightarrow N_{17}$
$N_{13}, N_{17}, N_{17} \rightarrow N_{17}$	$N_{17}, N_{17}, N_{17} \rightarrow N_{17}$	$N_{17}, N_{17}, N_{17} \rightarrow N_{14}$
$N_{17}, N_{17}, N_{14} \rightarrow N_{16}$	$N_{17}, N_{14}, N_{16} \rightarrow N_{15}$	$N_{14}, N_{16}, N_{15} \rightarrow N_{16}$
$N_{16}, N_{15}, N_{16} \rightarrow N_{21}$	$N_{15}, N_{16}, N_{21} \rightarrow N_{22}$	$N_{16}, N_{21}, N_{22} \rightarrow N_{21}$
$N_{21}, N_{22}, N_{21} \rightarrow N_{12}$	$N_{22}, N_{21}, N_{12} \rightarrow N_{13}$	$N_{21}, N_{12}, N_{13} \rightarrow N_{16}$
$N_{12}, N_{13}, N_{16} \rightarrow N_{13}$	$N_{13}, N_{16}, N_{13} \rightarrow N_9$	$N_{16}, N_{13}, N_9 \rightarrow N_9$
$N_{13}, N_9, N_9 \rightarrow N_{12}$	$N_9, N_9, N_{12} \rightarrow N_{10}$	$N_9, N_{12}, N_{10} \rightarrow N_{13}$
$N_{12}, N_{10}, N_{13} \rightarrow N_{15}$	$N_{10}, N_{13}, N_{15} \rightarrow N_{16}$	$N_{13}, N_{15}, N_{16} \rightarrow N_{16}$
$N_{15}, N_{16}, N_{16} \rightarrow N_{15}$	$N_{16}, N_{16}, N_{15} \rightarrow N_{16}$	$N_{16}, N_{15}, N_{16} \rightarrow N_{16}$
$N_{15}, N_{16}, N_{16} \rightarrow N_{14}$	$N_{16}, N_{16}, N_{14} \rightarrow N_{15}$	$N_{16}, N_{14}, N_{15} \rightarrow N_{20}$
$N_{14}, N_{15}, N_{20} \rightarrow N_{21}$	$N_{15}, N_{20}, N_{21} \rightarrow N_{20}$	$N_{20}, N_{21}, N_{20} \rightarrow N_{19}$
$N_{21}, N_{20}, N_{19} \rightarrow N_{19}$	$N_{20}, N_{19}, N_{19} \rightarrow N_{20}$	$N_{19}, N_{19}, N_{20} \rightarrow N_{20}$
$N_{19}, N_{20}, N_{20} \rightarrow N_{21}$	$N_{20}, N_{20}, N_{21} \rightarrow N_{19}$	$N_{20}, N_{21}, N_{19} \rightarrow N_{20}$
$N_{21}, N_{19}, N_{20} \rightarrow N_{24}$	$N_{19}, N_{20}, N_{24} \rightarrow N_{25}$	$N_{20}, N_{24}, N_{25} \rightarrow N_{27}$

Tablo 3.16'da verilen üçüncü dereceden neutrosophic ilişkilere karşılık gelen üçüncü dereceden neutrosophic ilişki grupları Tablo 3.17'de verilmiştir.

Tablo 3.17. Örnek 2 için 3. dereceden neutrosophic ilişki grupları

$N_3, N_8, N_{13} \rightarrow N_{13}$	$N_{12}, N_{10}, N_{13} \rightarrow N_{15}$
$N_8, N_{13}, N_{13} \rightarrow N_{17}$	$N_{10}, N_{13}, N_{15} \rightarrow N_{16}$
$N_{13}, N_{13}, N_{17} \rightarrow N_{17}$	$N_{13}, N_{15}, N_{16} \rightarrow N_{16}$
$N_{13}, N_{17}, N_{17} \rightarrow N_{17}$	$N_{15}, N_{16}, N_{16} \rightarrow N_{15}, N_{14}$
$N_{17}, N_{17}, N_{17} \rightarrow N_{17}, N_{14}$	$N_{16}, N_{16}, N_{15} \rightarrow N_{16}$
$N_{17}, N_{17}, N_{14} \rightarrow N_{16}$	$N_{16}, N_{16}, N_{14} \rightarrow N_{15}$
$N_{17}, N_{14}, N_{16} \rightarrow N_{15}$	$N_{16}, N_{14}, N_{15} \rightarrow N_{20}$
$N_{14}, N_{16}, N_{15} \rightarrow N_{16}$	$N_{14}, N_{15}, N_{20} \rightarrow N_{21}$
$N_{16}, N_{15}, N_{16} \rightarrow N_{21}, N_{16}$	$N_{15}, N_{20}, N_{21} \rightarrow N_{20}$
$N_{15}, N_{16}, N_{21} \rightarrow N_{22}$	$N_{20}, N_{21}, N_{20} \rightarrow N_{19}$
$N_{16}, N_{21}, N_{22} \rightarrow N_{21}$	$N_{21}, N_{20}, N_{19} \rightarrow N_{19}$
$N_{21}, N_{22}, N_{21} \rightarrow N_{12}$	$N_{20}, N_{19}, N_{19} \rightarrow N_{20}$
$N_{22}, N_{21}, N_{12} \rightarrow N_{13}$	$N_{19}, N_{19}, N_{20} \rightarrow N_{20}$
$N_{21}, N_{12}, N_{13} \rightarrow N_{16}$	$N_{19}, N_{20}, N_{20} \rightarrow N_{21}$
$N_{12}, N_{13}, N_{16} \rightarrow N_{13}$	$N_{20}, N_{20}, N_{21} \rightarrow N_{19}$
$N_{13}, N_{16}, N_{13} \rightarrow N_9$	$N_{20}, N_{21}, N_{19} \rightarrow N_{20}$
$N_{16}, N_{13}, N_9 \rightarrow N_9$	$N_{21}, N_{19}, N_{20} \rightarrow N_{24}$
$N_{13}, N_9, N_9 \rightarrow N_{12}$	$N_{19}, N_{20}, N_{24} \rightarrow N_{25}$
$N_9, N_9, N_{12} \rightarrow N_{10}$	$N_{20}, N_{24}, N_{25} \rightarrow N_{27}$
$N_9, N_{12}, N_{10} \rightarrow N_{13}$	

Tablo 3.11'e göre dördüncü dereceden neutrosophic ilişki ve ilişki grupları Tablo 3.18'de verilmiştir.

Tablo 3.18. Örnek 2 için 4. dereceden neutrosophic ilişki grupları

$N_3, N_8, N_{13}, N_{13} \rightarrow N_{17}$	$N_8, N_{13}, N_{13}, N_{17} \rightarrow N_{17}$
$N_{13}, N_{13}, N_{17}, N_{17} \rightarrow N_{17}$	$N_{13}, N_{17}, N_{17}, N_{17} \rightarrow N_{17}$
$N_{17}, N_{17}, N_{17}, N_{17} \rightarrow N_{14}$	$N_{17}, N_{17}, N_{17}, N_{14} \rightarrow N_{16}$
$N_{17}, N_{17}, N_{14}, N_{16} \rightarrow N_{15}$	$N_{17}, N_{14}, N_{16}, N_{15} \rightarrow N_{16}$

Tablo 3. 18. (devamı)

$N_{14}, N_{16}, N_{15}, N_{16} \rightarrow N_{21}$	$N_{16}, N_{15}, N_{16}, N_{21} \rightarrow N_{22}$
$N_{15}, N_{16}, N_{21}, N_{22} \rightarrow N_{21}$	$N_{16}, N_{21}, N_{22}, N_{21} \rightarrow N_{12}$
$N_{21}, N_{22}, N_{21}, N_{12} \rightarrow N_{13}$	$N_{22}, N_{21}, N_{12}, N_{13} \rightarrow N_{16}$
$N_{21}, N_{12}, N_{13}, N_{16} \rightarrow N_{13}$	$N_{12}, N_{13}, N_{16}, N_{13} \rightarrow N_9$
$N_{13}, N_{16}, N_{13}, N_9 \rightarrow N_9$	$N_{16}, N_{13}, N_9, N_9 \rightarrow N_{12}$
$N_{13}, N_9, N_9, N_{12} \rightarrow N_{10}$	$N_9, N_9, N_{12}, N_{10} \rightarrow N_{13}$
$N_9, N_{12}, N_{10}, N_{13} \rightarrow N_{15}$	$N_{12}, N_{10}, N_{13}, N_{15} \rightarrow N_{16}$
$N_{10}, N_{13}, N_{15}, N_{16} \rightarrow N_{16}$	$N_{13}, N_{15}, N_{16}, N_{16} \rightarrow N_{15}$
$N_{15}, N_{16}, N_{16}, N_{15} \rightarrow N_{16}$	$N_{16}, N_{16}, N_{15}, N_{16} \rightarrow N_{16}$
$N_{16}, N_{15}, N_{16}, N_{16} \rightarrow N_{14}$	$N_{15}, N_{16}, N_{16}, N_{14} \rightarrow N_{15}$
$N_{16}, N_{16}, N_{14}, N_{15} \rightarrow N_{20}$	$N_{16}, N_{14}, N_{15}, N_{20} \rightarrow N_{21}$
$N_{14}, N_{15}, N_{20}, N_{21} \rightarrow N_{20}$	$N_{15}, N_{20}, N_{21}, N_{20} \rightarrow N_{19}$
$N_{20}, N_{21}, N_{20}, N_{19} \rightarrow N_{19}$	$N_{21}, N_{20}, N_{19}, N_{19} \rightarrow N_{20}$
$N_{20}, N_{19}, N_{19}, N_{20} \rightarrow N_{20}$	$N_{19}, N_{19}, N_{20}, N_{20} \rightarrow N_{21}$
$N_{19}, N_{20}, N_{20}, N_{21} \rightarrow N_{19}$	$N_{20}, N_{20}, N_{21}, N_{19} \rightarrow N_{20}$
$N_{20}, N_{21}, N_{19}, N_{20} \rightarrow N_{24}$	$N_{21}, N_{19}, N_{20}, N_{24} \rightarrow N_{25}$
$N_{19}, N_{20}, N_{24}, N_{25} \rightarrow N_{27}$	

Adım9: Tahmin değerlerinin bulunması

Örneğin 1.11.2004 tarihinin 5656.17 değeri için bir önceki tarih olmadığı için tahmin edilemez. 2.11.2004 tarihinin 5759.61 değeri için bir önceki tarihin yani 1.11.2004 tarihinin neutrosophic değerine bakılır. 1.11.2004 tarihinin neutrosophic değerinin Tablo 3.11’den N_3 olduğu görülür. Tablo 3.13’de $N_3 \rightarrow N_8$ olduğundan 5759.61’in tahmin değeri A_8 in orta noktasıdır. Yani 5759.61’in tahmin değeri 5760.17dir. 4.11.2004 tarihinin 5860.73 değeri için bir önceki tarihin yani 3.11.2004 tarihinin neutrosophic değerine bakılır. 3.11.2004 tarihinin neutrosophic değerinin Tablo 3.11’den N_{13} olduğu görülür. Tablo 3.13’de $N_{13} \rightarrow N_{13}, N_{17}, N_{16}, N_9, N_{15}$ olduğundan neutrosophic belirsizlik vardır. Bu belirsizliği gidermek için 4.11.2004 tarihinden önceki iki tarihin neutrosophic değerine bakılır. 2.11.2004 ve 3.11.2204 tarihlerinin neutrosophic değerlerinin N_8, N_{13} olduğu görülür. Tablo 3.15’te $N_8, N_{13} \rightarrow N_{13}$ olduğundan 5860.73’ün tahmin değeri A_{13} ün orta noktasıdır. Yani

5860.73'ün tahmin değeri 5860.17dir. Benzer şekilde diğer değerlerin tahmin değerleri hesaplanarak Tablo 3.19'da gösterilmiştir.

Tablo 3.19. Örnek 2 için birinci dereceden tahmin değerleri

Tarih	Değer	Tahmin	Tarih	Değer	Tahmin
01.11.2004	5656.17	-	02.12.2004	5867.95	5860.17
02.11.2004	5759.61	5760.17	03.12.2004	5893.27	5900.17
03.11.2004	5862.85	5860.17	06.12.2004	5919.17	5920.17
04.11.2004	5860.73	5860.17	07.12.2004	5925.28	5920.17
05.11.2004	5931.31	5940.17	08.12.2004	5892.51	5900.17
08.11.2004	5937.46	5940.17	09.12.2004	5913.97	5920.17
09.11.2004	5945.2	5940.17	10.12.2004	5911.63	5920.17
10.11.2004	5948.49	5940.17	13.12.2004	5878.89	5880.17
11.11.2004	5874.52	5880.17	14.12.2004	5909.65	5900.17
12.11.2004	5917.16	5920.17	15.12.2004	6002.58	6000.17
15.11.2004	5906.69	5900.17	16.12.2004	6019.23	6020.17
16.11.2004	5910.85	5920.17	17.12.2004	6009.32	6000.17
17.11.2004	6028.68	6020.17	20.12.2004	5985.94	5980.17
18.11.2004	6049.49	6040.17	21.12.2004	5987.85	5980.17
19.11.2004	6026.55	6020.17	22.12.2004	6001.52	6000.17
22.11.2004	5838.42	5840.17	23.12.2004	5997.67	6000.17
23.11.2004	5851.1	5860.17	24.12.2004	6016.42	6020.17
24.11.2004	5911.31	5920.17	27.12.2004	5985.94	5980.17
25.11.2004	5855.24	5860.17	28.12.2004	6000.57	6000.17
26.11.2004	5778.65	5780.17	29.12.2004	6088.49	6080.17
29.11.2004	5785.26	5780.17	30.12.2004	6100.86	6100.17
30.11.2004	5844.76	5840.17	31.12.2004	6139.69	6140.17
01.12.2004	5798.62	5800.17			

Örnek 3: Çalışmanın son örneğinde dünyayı etkisi altına alan ve Türkiye’de de görülen Covid-19 salgınının Türkiye’deki 27.03.2020 ile 26.04.2020 tarihleri arasındaki vaka sayılarının önerilen model ile tahmin değerleri bulunmuştur.

Türkiye’deki 27.03.2020 ile 26.04.2020 tarihleri arasındaki Covid-19 vaka sayıları Tablo 3.20’de verilmiştir (URL-1, 2020).

Tablo 3.20. Türkiye'deki Covid-19 vaka sayıları

Tarih	Değer	Tarih	Değer
27.03.2020	2069	12.04.2020	4789
28.03.2020	1704	13.04.2020	4093
29.03.2020	1815	14.04.2020	4062
30.03.2020	1610	15.04.2020	4281
31.03.2020	2704	16.04.2020	4801
01.04.2020	2148	17.04.2020	4353
02.04.2020	2456	18.04.2020	3783
03.04.2020	2786	19.04.2020	3977
04.04.2020	3013	20.04.2020	4674
05.04.2020	3135	21.04.2020	4611
06.04.2020	3148	22.04.2020	3083
07.04.2020	3892	23.04.2020	3116
08.04.2020	4117	24.04.2020	3122
09.04.2020	4056	25.04.2020	2861
10.04.2020	4747	26.04.2020	2357
11.04.2020	5138		

Önerilen yeni model aşağıdaki adımlar sunulmuştur.

Adım 1: U söylem evreninin belirlenmesi

Mevcut veri setinde en büyük veri 5138 ve en küçük veri 1610 olduğundan U söylem evreni

$$U = [1610 - 10, 5138 + 62] = [1600, 5200]$$

dir. Burada $D_1 = 10$ ve $D_2 = 62$ dir.

Adım 2: L aralık uzunluğunun belirlenmesi

- Tüm verilerin mutlak farkları bulunarak ortalaması 385.4 olarak hesaplanır.
- İlk uzunluk $\frac{385.4}{2} = 192.7$ dir.
- Tablo3.1'den aralık uzunluğu için 192.7 [101,1000] aralığında yer aldığı için baz 100 olarak alınır.
- Baz 100 için 192.7 sayısı yuvarlanarak uygun neutrosophic uzunluğu $L=200$ olarak bulunur.

Adım 3: m aralık sayısının hesaplanması ve uygun dil aralıklarının belirlenmesi

Denklem (3.2) kullanılarak aralık sayısı

$$m = \frac{5200 - 1600}{200} = 18$$

olarak bulunur. O halde $U=[1600,5200]$ söylem evreni, uzunluğu $L=200$ olan 18 dilsel aralığa bölünür.

$u_1 = [1600,1800]$	$u_{10} = [3400,3600]$
$u_2 = [1800,2000]$	$u_{11} = [3600,3800]$
$u_3 = [2000,2200]$	$u_{12} = [3800,4000]$
$u_4 = [2200,2400]$	$u_{13} = [4000,4200]$
$u_5 = [2400,2600]$	$u_{14} = [4200,4400]$
$u_6 = [2600,2800]$	$u_{15} = [4400,4600]$
$u_7 = [2800,3000]$	$u_{16} = [4600,4800]$
$u_8 = [3000,3200]$	$u_{17} = [4800,5000]$
$u_9 = [3200,3400]$	$u_{18} = [5000,5200]$

Adım 4: Üçgen bulanık kümelerin belirlenmesi

Adım 3'de bulunan dil aralıklarını neutrosophic kümelere dönüştürmek için U evrensel kümesi, uzunluğu 200 olan 18 üçgen bulanık kümelere dönüştürülmüştür.

$A_1 = [1600,1800,2000]$	$A_{10} = [3400,3600,3800]$
$A_2 = [1800,2000,2200]$	$A_{11} = [3600,3800,4000]$
$A_3 = [2000,2200,2400]$	$A_{12} = [3800,4000,4200]$
$A_4 = [2200,2400,2600]$	$A_{13} = [4000,4200,4400]$

$$A_5 = [2400, 2600, 2800]$$

$$A_{14} = [4200, 4400, 4600]$$

$$A_6 = [2600, 2800, 3000]$$

$$A_{15} = [4400, 4600, 4800]$$

$$A_7 = [2800, 3000, 3200]$$

$$A_{16} = [4600, 4800, 5000]$$

$$A_8 = [3000, 3200, 3400]$$

$$A_{17} = [4800, 5000, 5200]$$

$$A_9 = [3200, 3400, 3600]$$

$$A_{18} = [5000, 5200, 5200]$$

Adım 5: Üçgen bulanık kümelerle karşılık gelen üyelik (doğruluk) derecelerinin bulunması

Denklem (3.5) kullanılarak üyelik dereceleri bulunur. Örnek olarak 1815 değeri A_1 aralığında $1800 < 1815 < 2000$ olduğundan $T_{A_1}(1815) = \frac{2000-1815}{2000-1800} = 0.925$ bulunur. 1815 değeri A_2 aralığında $1800 < 1815 < 2000$ olduğundan $T_{A_2}(1815) = \frac{1815-1800}{2000-1800} = 0.075$ bulunur. Benzer şekilde diğer değerler aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$A_1 = \frac{0.52}{1704} + \frac{0.925}{1815} + \frac{0.05}{1610}$$

$$A_2 = \frac{0.655}{2069} + \frac{0.075}{1815} + \frac{0.26}{2148}$$

⋮

$$A_{17} = \frac{0.31}{5138} + \frac{0.005}{4801}$$

$$A_{18} = \frac{0.69}{5138}$$

Burada tüm üyelik değerleri toplamı $n = 29.57$ olduğu görülür.

Adım 6: Üçgen bulanık sayılardan neutrosophic sayıların elde edilmesi

Denklem (3.5) kullanılarak bulanık sayılar neutrosophic sayılara dönüştürülür. Örneğin 1815 değeri için $T_{A_1}(1815) = 0,925$ dir. Buna göre $U = 1 - 0.925 = 0.075$ den $F_{A_1} = \frac{0.075}{29.57} = 0.002$ ve $I_{A_1} = 1 - \sqrt{(0.925 - 0.002536)^2} = 0.077$ bulunur. Benzer şekilde diğer değerler aşağıdaki gibi elde edilir.

$$N_1 = \{(1704, 0.52, 0.016, 0.496), (1815, 0.925, 0.002, 0.077), (1610, 0.05, 0.032, 0.982)\}$$

$$N_2 = \{(2069, 0.655, 0.011, 0.356), (1815, 0.075, 0.031, 0.956), (2148, 0.26, 0.025, 0.765)\}$$

⋮

$$N_{17} = \{(5138, 0.31, 0.023, 0.713), (4801, 0.005, 0.033, 0.971)\}$$

$$N_{18} = \{(5138, 0.69, 0.010, 0.320)\}$$

Adım 7: Skor fonksiyon ile uygun neutrosophic sayıların elde edilmesi

Denklem (3.6) kullanılarak skor değerler bulunur. Skoru büyük olanın değeri alınır. Eğer skor değerler eşit ise tam fonksiyonun (1.16) daki karşılaştırmaları kullanılır. Örnek olarak 1815 değeri için N_1 deki skor fonksiyon $S_{N_1}(1815) = \frac{0.925+1-0.077+1-0.002}{3} = 0.948$ ve 1815 değeri için N_2 deki skor fonksiyon $S_{N_2}(1815) = \frac{0.075+1-0.956+1-0.031}{3} = 0.362$ bulunur. Burada görüldüğü gibi $S_{N_1} > S_{N_2}$ olduğundan 1815 değerinin neutrosophic değeri N_1 dir. Benzer şekilde diğer değerler aşağıdaki gibi bulunur.

$$S_{N_1} = \{(1704,0.669), (1815,0.948), (1610,0.345)\}$$

$$S_{N_2} = \{(2069,0.762), (1815,0.362), (2148,0.489)\}$$

⋮

$$S_{N_{17}} = \{(5138,0.524), (4801,0.333)\}$$

$$S_{N_{18}} = \{(5138,0.786)\}$$

Yukarıda bulunan skor değerlere göre verilerin neutrosophic değerleri Tablo 3.11’de verilmiştir.

Tablo 3.21. Örnek 3'ün neutrosophic değerleri

Tarih	Değer	Neutrosophic değer	Tarih	Değer	Neutrosophic değer
27.03.2020	2069	N_2	12.04.2020	4789	N_{16}
28.03.2020	1704	N_1	13.04.2020	4093	N_{12}
29.03.2020	1815	N_1	14.04.2020	4062	N_{12}
30.03.2020	1610	N_1	15.04.2020	4281	N_{13}
31.03.2020	2704	N_6	16.04.2020	4801	N_{16}
01.04.2020	2148	N_3	17.04.2020	4353	N_{14}
02.04.2020	2456	N_4	18.04.2020	3783	N_{11}
03.04.2020	2786	N_6	19.04.2020	3977	N_{12}
04.04.2020	3013	N_7	20.04.2020	4674	N_{15}
05.04.2020	3135	N_8	21.04.2020	4611	N_{15}
06.04.2020	3148	N_8	22.04.2020	3083	N_7
07.04.2020	3892	N_{11}	23.04.2020	3116	N_8

Tablo 3.21. (devamı)

08.04.2020	4117	N_{13}	24.04.2020	3122	N_8
09.04.2020	4056	N_{12}	25.04.2020	2861	N_6
10.04.2020	4747	N_{16}	26.04.2020	2357	N_4
11.04.2020	5138	N_{18}			

Adım 8: Neutrosophic ilişki ve ilişki gruplarının belirlenmesi

Tablo 3.21'e göre birinci dereceden neutrosophic ilişkiler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 3.22. Örnek 3 için 1. dereceden neutrosophic ilişkiler

$N_2 \rightarrow N_1$	$N_8 \rightarrow N_{11}$	$N_{16} \rightarrow N_{14}$
$N_1 \rightarrow N_1$	$N_{11} \rightarrow N_{13}$	$N_{14} \rightarrow N_{11}$
$N_1 \rightarrow N_1$	$N_{13} \rightarrow N_{12}$	$N_{11} \rightarrow N_{12}$
$N_1 \rightarrow N_6$	$N_{12} \rightarrow N_{16}$	$N_{12} \rightarrow N_{15}$
$N_6 \rightarrow N_3$	$N_{16} \rightarrow N_{18}$	$N_{15} \rightarrow N_{15}$
$N_3 \rightarrow N_4$	$N_{18} \rightarrow N_{16}$	$N_{15} \rightarrow N_7$
$N_4 \rightarrow N_6$	$N_{16} \rightarrow N_{12}$	$N_7 \rightarrow N_8$
$N_6 \rightarrow N_7$	$N_{12} \rightarrow N_{12}$	$N_8 \rightarrow N_8$
$N_7 \rightarrow N_8$	$N_{12} \rightarrow N_{13}$	$N_8 \rightarrow N_6$
$N_8 \rightarrow N_8$	$N_{13} \rightarrow N_{16}$	$N_6 \rightarrow N_4$

Tablo 3.22'de verilen birinci dereceden neutrosophic ilişkilere karşılık gelen birinci dereceden neutrosophic ilişki grupları Tablo 3.23'de verilmiştir.

Tablo 3.23. Örnek 3 için 1. dereceden neutrosophic ilişki grupları

$N_2 \rightarrow N_1$	$N_{11} \rightarrow N_{13}, N_{12}$
$N_1 \rightarrow N_1, N_6$	$N_{13} \rightarrow N_{12}, N_{16}$
$N_6 \rightarrow N_3, N_7, N_4$	$N_{12} \rightarrow N_{16}, N_{12}, N_{13}, N_{15}$
$N_3 \rightarrow N_4$	$N_{16} \rightarrow N_{18}, N_{12}, N_{14}$

Tablo 3.23. (devamı)

$N_4 \rightarrow N_6$	$N_{18} \rightarrow N_{16}$
$N_7 \rightarrow N_8$	$N_{14} \rightarrow N_{11}$
$N_8 \rightarrow N_8, N_{11}, N_6$	$N_{15} \rightarrow N_{15}, N_7$

Tablo 3.21'e göre ikinci dereceden neutrosophic ilişkiler Tablo 3.24'de verilmiştir.

Tablo 3.24. Örnek 3 için 2. dereceden neutrosophic ilişkiler

$N_2, N_1 \rightarrow N_1$	$N_8, N_{11} \rightarrow N_{13}$	$N_{16}, N_{14} \rightarrow N_{11}$
$N_1, N_1 \rightarrow N_1$	$N_{11}, N_{13} \rightarrow N_{12}$	$N_{14}, N_{11} \rightarrow N_{12}$
$N_1, N_1 \rightarrow N_6$	$N_{13}, N_{12} \rightarrow N_{16}$	$N_{11}, N_{12} \rightarrow N_{15}$
$N_1, N_6 \rightarrow N_3$	$N_{12}, N_{16} \rightarrow N_{18}$	$N_{12}, N_{15} \rightarrow N_{15}$
$N_6, N_3 \rightarrow N_4$	$N_{16}, N_{18} \rightarrow N_{16}$	$N_{15}, N_{15} \rightarrow N_7$
$N_3, N_4 \rightarrow N_6$	$N_{18}, N_{16} \rightarrow N_{12}$	$N_{15}, N_7 \rightarrow N_8$
$N_4, N_6 \rightarrow N_7$	$N_{16}, N_{12} \rightarrow N_{12}$	$N_7, N_8 \rightarrow N_8$
$N_6, N_7 \rightarrow N_8$	$N_{12}, N_{12} \rightarrow N_{13}$	$N_8, N_8 \rightarrow N_6$
$N_7, N_8 \rightarrow N_8$	$N_{12}, N_{13} \rightarrow N_{16}$	$N_8, N_6 \rightarrow N_4$
$N_8, N_8 \rightarrow N_{11}$	$N_{13}, N_{16} \rightarrow N_{14}$	

Tablo 3.24'de bulunan ikinci dereceden neutrosophic ilişkilere karşılık gelen ikinci dereceden neutrosophic ilişki grupları Tablo 3.25'te verilmiştir.

Tablo 3.25. Örnek 3 için 2. dereceden neutrosophic ilişki grupları

$N_2, N_1 \rightarrow N_1$	$N_8, N_{11} \rightarrow N_{13}$	$N_{13}, N_{16} \rightarrow N_{14}$
$N_1, N_1 \rightarrow N_1, N_6$	$N_{11}, N_{13} \rightarrow N_{12}$	$N_{16}, N_{14} \rightarrow N_{11}$
$N_1, N_6 \rightarrow N_3$	$N_{13}, N_{12} \rightarrow N_{16}$	$N_{14}, N_{11} \rightarrow N_{12}$
$N_6, N_3 \rightarrow N_4$	$N_{12}, N_{16} \rightarrow N_{18}$	$N_{11}, N_{12} \rightarrow N_{15}$
$N_3, N_4 \rightarrow N_6$	$N_{16}, N_{18} \rightarrow N_{16}$	$N_{12}, N_{15} \rightarrow N_{15}$
$N_4, N_6 \rightarrow N_7$	$N_{18}, N_{16} \rightarrow N_{12}$	$N_{15}, N_{15} \rightarrow N_7$
$N_6, N_7 \rightarrow N_8$	$N_{16}, N_{12} \rightarrow N_{12}$	$N_{15}, N_7 \rightarrow N_8$
$N_7, N_8 \rightarrow N_8$	$N_{12}, N_{12} \rightarrow N_{13}$	$N_8, N_6 \rightarrow N_4$
$N_8, N_8 \rightarrow N_{11}, N_6$	$N_{12}, N_{13} \rightarrow N_{16}$	

Tablo 3.21'e göre üçüncü dereceden neutrosophic ilişkiler Tablo 3.26'da verilmiştir.

Tablo 3.26. Örnek 3 için 3. dereceden neutrosophic ilişkiler

$N_2, N_1, N_1 \rightarrow N_1$	$N_8, N_{11}, N_{13} \rightarrow N_{12}$	$N_{16}, N_{14}, N_{11} \rightarrow N_{12}$
$N_1, N_1, N_1 \rightarrow N_6$	$N_{11}, N_{13}, N_{12} \rightarrow N_{16}$	$N_{14}, N_{11}, N_{12} \rightarrow N_{15}$
$N_1, N_1, N_6 \rightarrow N_3$	$N_{13}, N_{12}, N_{16} \rightarrow N_{18}$	$N_{11}, N_{12}, N_{15} \rightarrow N_{15}$
$N_1, N_6, N_3 \rightarrow N_4$	$N_{12}, N_{16}, N_{18} \rightarrow N_{16}$	$N_{12}, N_{15}, N_{15} \rightarrow N_7$
$N_6, N_3, N_4 \rightarrow N_6$	$N_{16}, N_{18}, N_{16} \rightarrow N_{12}$	$N_{15}, N_{15}, N_7 \rightarrow N_8$
$N_3, N_4, N_6 \rightarrow N_7$	$N_{18}, N_{16}, N_{12} \rightarrow N_{12}$	$N_{15}, N_7, N_8 \rightarrow N_8$
$N_4, N_6, N_7 \rightarrow N_8$	$N_{16}, N_{12}, N_{12} \rightarrow N_{13}$	$N_7, N_8, N_8 \rightarrow N_6$
$N_6, N_7, N_8 \rightarrow N_8$	$N_{12}, N_{12}, N_{13} \rightarrow N_{16}$	$N_8, N_8, N_6 \rightarrow N_4$
$N_7, N_8, N_8 \rightarrow N_{11}$	$N_{12}, N_{13}, N_{16} \rightarrow N_{14}$	
$N_8, N_8, N_{11} \rightarrow N_{13}$	$N_{13}, N_{16}, N_{14} \rightarrow N_{11}$	

Tablo 3.26'da verilen üçüncü dereceden neutrosophic ilişkilere karşılık gelen üçüncü dereceden neutrosophic ilişki grupları Tablo 3.27'de verilmiştir.

Tablo 3.27. Örnek 3 için 3. dereceden neutrosophic ilişki grupları

$N_2, N_1, N_1 \rightarrow N_1$	$N_8, N_8, N_{11} \rightarrow N_{13}$	$N_{12}, N_{13}, N_{16} \rightarrow N_{14}$
$N_1, N_1, N_1 \rightarrow N_6$	$N_8, N_{11}, N_{13} \rightarrow N_{12}$	$N_{13}, N_{16}, N_{14} \rightarrow N_{11}$
$N_1, N_1, N_6 \rightarrow N_3$	$N_{11}, N_{13}, N_{12} \rightarrow N_{16}$	$N_{16}, N_{14}, N_{11} \rightarrow N_{12}$
$N_1, N_6, N_3 \rightarrow N_4$	$N_{13}, N_{12}, N_{16} \rightarrow N_{18}$	$N_{14}, N_{11}, N_{12} \rightarrow N_{15}$
$N_6, N_3, N_4 \rightarrow N_6$	$N_{12}, N_{16}, N_{18} \rightarrow N_{16}$	$N_{11}, N_{12}, N_{15} \rightarrow N_{15}$
$N_3, N_4, N_6 \rightarrow N_7$	$N_{16}, N_{18}, N_{16} \rightarrow N_{12}$	$N_{12}, N_{15}, N_{15} \rightarrow N_7$
$N_4, N_6, N_7 \rightarrow N_8$	$N_{18}, N_{16}, N_{12} \rightarrow N_{12}$	$N_{15}, N_{15}, N_7 \rightarrow N_8$
$N_6, N_7, N_8 \rightarrow N_8$	$N_{16}, N_{12}, N_{12} \rightarrow N_{13}$	$N_{15}, N_7, N_8 \rightarrow N_8$
$N_7, N_8, N_8 \rightarrow N_{11}, N_6$	$N_{12}, N_{12}, N_{13} \rightarrow N_{16}$	$N_8, N_8, N_6 \rightarrow N_4$

Tablo 3.21'e göre dördüncü dereceden neutrosophic ilişkiler ve ilişki grupları Tablo 3.28'de verilmiştir.

Tablo 3.28. Örnek 3 için 4. dereceden neutrosophic ilişki grupları

$N_2, N_1, N_1, N_1 \rightarrow N_6$	$N_8, N_8, N_{11}, N_{13} \rightarrow N_{12}$	$N_{12}, N_{13}, N_{16}, N_{14} \rightarrow N_{11}$
$N_1, N_1, N_1, N_6 \rightarrow N_3$	$N_8, N_{11}, N_{13}, N_{12} \rightarrow N_{16}$	$N_{13}, N_{16}, N_{14}, N_{11} \rightarrow N_{12}$
$N_1, N_1, N_6, N_3 \rightarrow N_4$	$N_{11}, N_{13}, N_{12}, N_{16} \rightarrow N_{18}$	$N_{16}, N_{14}, N_{11}, N_{12} \rightarrow N_{15}$
$N_1, N_6, N_3, N_4 \rightarrow N_6$	$N_{13}, N_{12}, N_{16}, N_{18} \rightarrow N_{16}$	$N_{14}, N_{11}, N_{12}, N_{15} \rightarrow N_{15}$
$N_6, N_3, N_4, N_6 \rightarrow N_7$	$N_{12}, N_{16}, N_{18}, N_{16} \rightarrow N_{12}$	$N_{11}, N_{12}, N_{15}, N_{15} \rightarrow N_7$
$N_3, N_4, N_6, N_7 \rightarrow N_8$	$N_{16}, N_{18}, N_{16}, N_{12} \rightarrow N_{12}$	$N_{12}, N_{15}, N_{15}, N_7 \rightarrow N_8$
$N_4, N_6, N_7, N_8 \rightarrow N_8$	$N_{18}, N_{16}, N_{12}, N_{12} \rightarrow N_{13}$	$N_{15}, N_{15}, N_7, N_8 \rightarrow N_8$
$N_6, N_7, N_8, N_8 \rightarrow N_{11}$	$N_{16}, N_{12}, N_{12}, N_{13} \rightarrow N_{16}$	$N_{15}, N_7, N_8, N_8 \rightarrow N_6$
$N_7, N_8, N_8, N_{11} \rightarrow N_{13}$	$N_{12}, N_{12}, N_{13}, N_{16} \rightarrow N_{14}$	$N_7, N_8, N_8, N_6 \rightarrow N_4$

Adım 9: Tahmin değerlerinin bulunması

Örneğin 27.03.2020 tarihinin 2069 değeri için bir önceki tarih olmadığı için tahmin edilemez. 28.03.2020 tarihinin 1704 değeri için bir önceki tarihin yani 27.03.2020 tarihinin neutrosophic değerine bakılır. 27.03.2020 tarihinin neutrosophic değerinin Tablo 3.21'den N_2 olduğu görülür. Tablo 3.23'te $N_2 \rightarrow N_1$ olduğundan 1704'ün tahmin değeri A_1 in orta noktasıdır. Yani 1704'ün tahmin değeri 1800 dür. 31.03.2020 tarihinin 2704 değeri için bir önceki tarihin yani 30.03.2020 tarihinin neutrosophic değerine bakılır. 30.03.2020 tarihinin neutrosophic değerinin Tablo 3.21'den N_1 olduğu görülür. Tablo 3.23'te $N_1 \rightarrow N_1, N_6$ olduğundan neutrosophic belirsizlik vardır. Bu belirsizliği gidermek için 31.03.2020 tarihinden iki önceki tarihlerin neutrosophic değerlerine bakılır. 29.03.2020 ve 30.03.2020 tarihlerinin neutrosophic değerlerinin N_1, N_1 olduğu görülür. Tablo 3.25'da $N_1, N_1 \rightarrow N_1, N_6$ olduğundan belirsizlikten kurtarılmaz. Bu nedenle 31.03.2020 tarihinden üç önceki tarihlerin neutrosophic değerlerine bakılır. 28.03.2020, 29.03.2020 ve 30.03.2020 tarihlerinin neutrosophic değerlerinin N_1, N_1, N_1 olduğu görülür. Tablo 3.27'de $N_1, N_1, N_1 \rightarrow N_6$ olduğundan 2704'ün tahmin değeri A_6 nın orta noktasıdır. Yani 2704'ün tahmin değeri 2800 dür. Benzer şekilde diğer değerler hesaplanarak Tablo 3.29'da gösterilmiştir.

Tablo 3.29. Örnek 3 için birinci dereceden tahmin değeri

Tarih	Değer	Tahmin	Tarih	Değer	Tahmin
27.03.2020	2069	-	12.04.2020	4789	4800
28.03.2020	1704	1800	13.04.2020	4093	4000
29.03.2020	1815	1800	14.04.2020	4062	4000
30.03.2020	1610	1800	15.04.2020	4281	4200
31.03.2020	2704	2800	16.04.2020	4801	4800
01.04.2020	2148	2200	17.04.2020	4353	4400
02.04.2020	2456	2400	18.04.2020	3783	3800
03.04.2020	2786	2800	19.04.2020	3977	4000
04.04.2020	3013	3000	20.04.2020	4674	4600
05.04.2020	3135	3200	21.04.2020	4611	4600
06.04.2020	3148	3200	22.04.2020	3083	3000
07.04.2020	3892	3800	23.04.2020	3116	3200
08.04.2020	4117	4200	24.04.2020	3122	3200
09.04.2020	4056	4000	25.04.2020	2861	2800
10.04.2020	4747	4800	26.04.2020	2357	2400
11.04.2020	5138	5200			

3.3. Karşılaştırma Analizi

Bu bölümde, sunulan örneklerde önerilen model ile literatürde var olan diğer modellerin MAPE, MSE, RMSE, AFE yönünden karşılaştırılması yapılmıştır. Çıkan sonuçlar tablolar ile sunulmuştur. Sonuçlara göre önerilen modelin tahmin değerinin diğer modellere göre gerçek verilere daha çok yaklaştığı görülmüştür. Ayrıca sonuçların daha iyi anlaşılması için bulunan tahmin değerleri ile literatürdeki tahmin değerlerini gösteren grafikler verilmiştir. Karşılaştırma analizinde kullanılacak literatürdeki bazı formüller aşağıda verilmiştir.

$$(ortalama mutlak yüzde hatası)MAPE = \frac{1}{n} \sum \frac{|tahmin-değer|}{değer} * 100 \quad (3.7)$$

$$(ortalama kare hatası)MSE = \frac{1}{n} \sum (tahmin - değer)^2 \quad (3.8)$$

$$(ortalama karekök hatası)RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (tahmin_i - değer_i)^2}{n}} \quad (3.9)$$

$$tahmin hatası = \frac{|tahmin - değer|}{değer} \times 100 \quad (3.10)$$

$$(ortalama tahmin hatası)AFE = \frac{tahmin hatasının toplamı}{hata sayısı} \quad (3.11)$$

Örnek 1 için önerilen modelin MSE ve MAPE açısından diğer modellerle karşılaştırılması Tablo 3.30’de verilmiştir.

Burada karşılaştırma yapılacak modeller

- M1 : Chen’nin modeli (2002).
- M2 : Singh’in modeli (2020).
- M3 : Joshi ve Kumar’ın modeli (2012).
- M4 : Kumar ve Gangwar’ın modeli (2015).
- M5 : Abhishekh vd. modeli (2018a).

olarak kodlanmıştır.

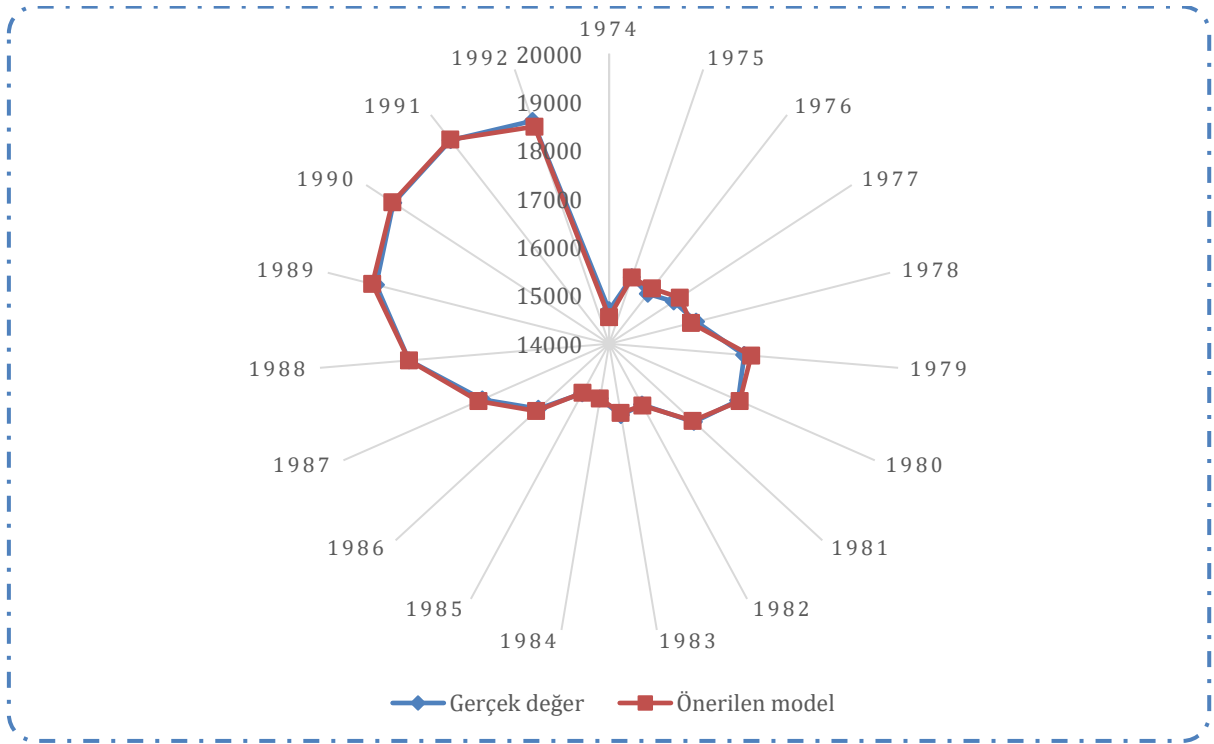
Tablo 3.30. Örnek 1 için karşılaştırma analizi

Model	MSE	MAPE(%)
M1	86694	1.52
M2	76509	1.40
M3	175559.6	2.23
M4	243601.4	2.33
M5 2. dereceden	24443.4	0.81
M5 3. dereceden	25493.6	0.82
M5 4. dereceden	22042.3	0.76
M5 5. dereceden	21833	0.74
M5 6. dereceden	23190	0.78
M5 7. dereceden	24735.5	0.84
Önerilen model	7154.143	0.422
2. dereceden önerilen model	7133.4	0.411
3. dereceden önerilen model	7146.263	0.401
4. dereceden önerilen model	6359.056	0.368
5. dereceden önerilen model	6727.235	0.386

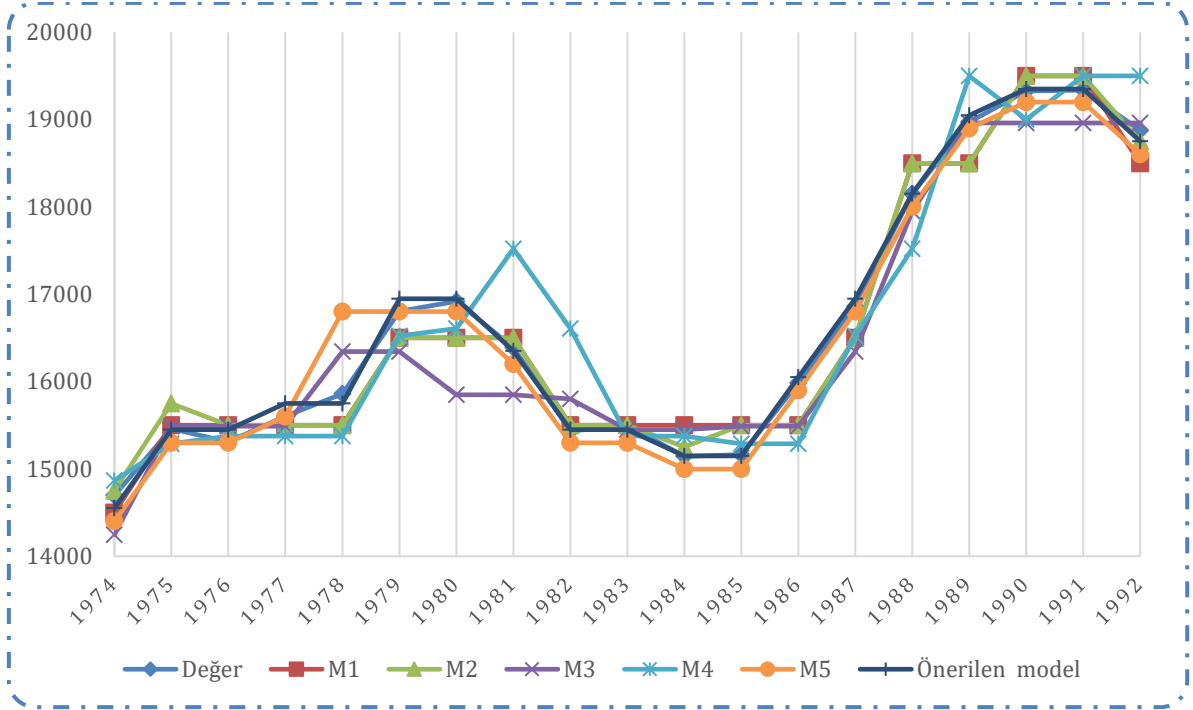
Tablo 3.30. (devamı)

6. dereceden önerilen model	5940.125	0.353
7. dereceden önerilen model	4895.533	0.314

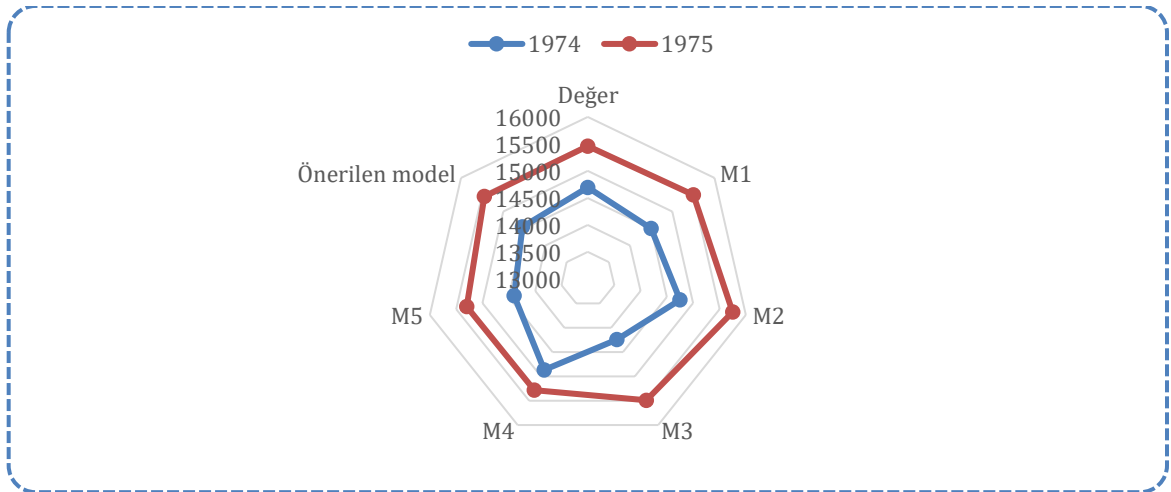
Tablo 3.30'deki sonuçların karşılaştırılmasında önerilen model ile elde edilen tahmin değerlerinin mevcut modellerin değerlerine oranla gerçek değerlere daha yakın olduğu görülmüştür. Yani önerilen modelin ortalama mutlak yüzde hatasının (MAPE) diğer modellere oranla daha düşük olduğu bulunmuştur. Karşılaştırmaların daha anlaşılır olması için aşağıda grafikler verilmiştir.



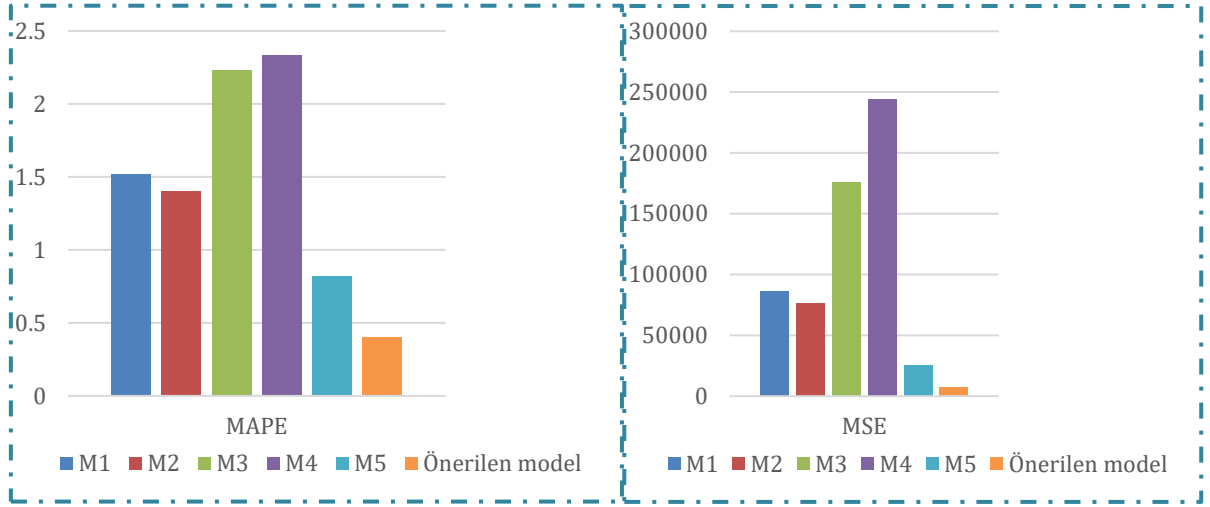
Şekil 3.2. Örnek 1 için öngörülen kayıtlar ile gerçek kayıtların karşılaştırılması



Şekil 3.3. Örnek 1 için farklı modellerin 3. dereceden karşılaştırılması



Şekil 3.4. Örnek 1 için 1974 ve 1975 yıllarının tahmin sonuçlarının karşılaştırılması



Şekil 3.5. Örnek 1 MSE ve MAPE değerlerinin karşılaştırılması

Örnek 2 için önerilen modelin RMSE açısından diğer modellerle karşılaştırılması Tablo 3.31’de verilmiştir.

Burada karşılaştırma yapılacak modeller

- K1 : Guan vd. modeli (2019).
- K2 : Huarng vd. modeli (2007).
- K3 : Chen ve Kao’nun modeli (2013)
- K4 : Cheng vd. modeli (2008)
- K5 : Chen vd. modeli (2013)
- K6 : Chen ve Chang’ın modeli (2010)
- K7 : Chen ve Chen’nin modeli (2011)
- K8 : Yu ve Huarng’ın modeli (2010)
- K9 : Abdel Basset vd. modeli (2019)

olarak kodlanmıştır

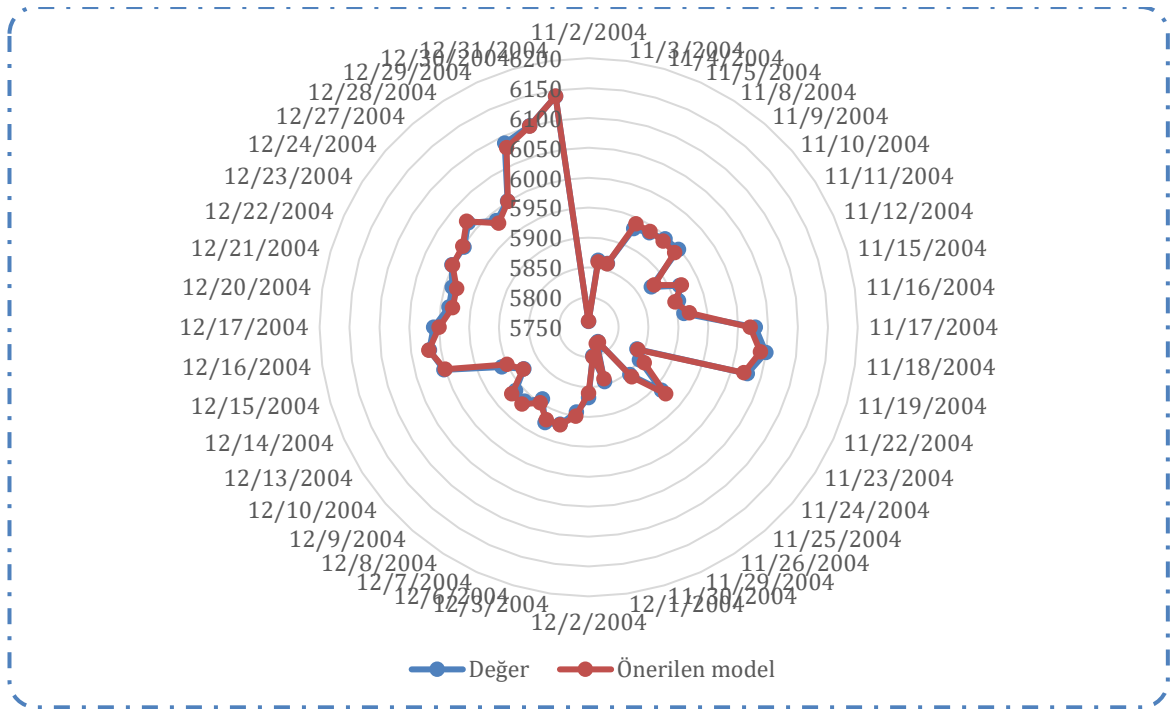
Tablo 3.31. Örnek 2 için karşılaştırma analizi

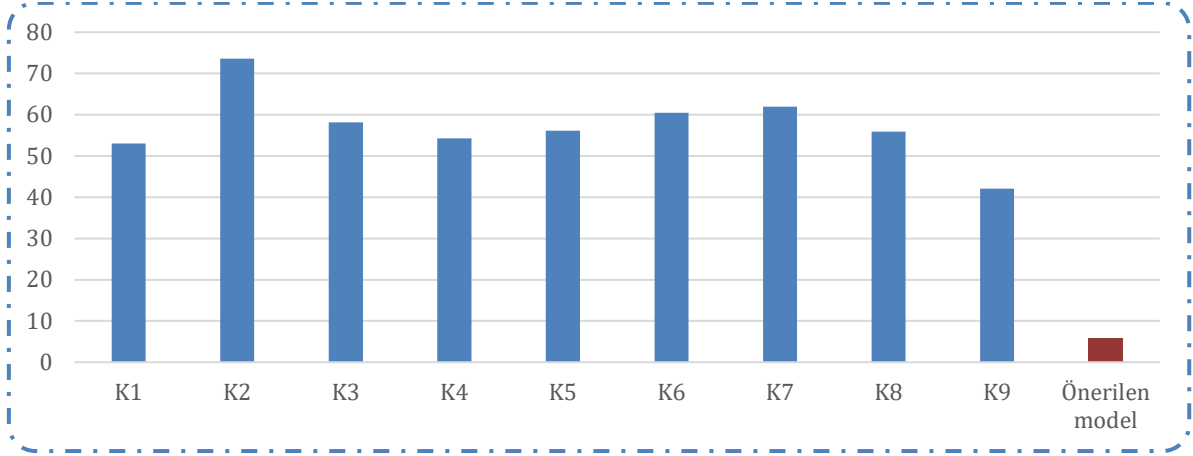
Model	RMSE
K1	53,01
K2	73,57
K3	58,17

Tablo 3.31. (devamı)

K4	54,24
K5	56,16
K6	60,48
K7	61,94
K8	55,91
K9	42,05
Önerilen model	5,81

Tablo 3.31'deki sonuçların karşılaştırılmasında önerilen model ile elde edilen tahmin değerlerinin mevcut modellerin değerlerine oranla gerçek değerler daha yakın olduğu açıktır. Yani ortalama karekök hatasına (RMSE) göre geliştirilen modelin hata oranının diğer modellerden daha düşük olduğu açıktır. Karşılaştırmaların anlaşılır olması için aşağıda grafikler verilmiştir.





Şekil 3.7. Örnek 2 RMSE değerlerinin karşılaştırılması

Örnek 3 için önerilen modelin RMSE VE AFE açısından diğer modeller ile karşılaştırılması yapılmıştır. Sonuçlar Tablo 3.32’de verilmiştir.

Burada karşılaştırma yapılacak modeller

Y1 : Singh’in modeli (2020).

Y2 : Abhishekh vd. modeli (2018a)

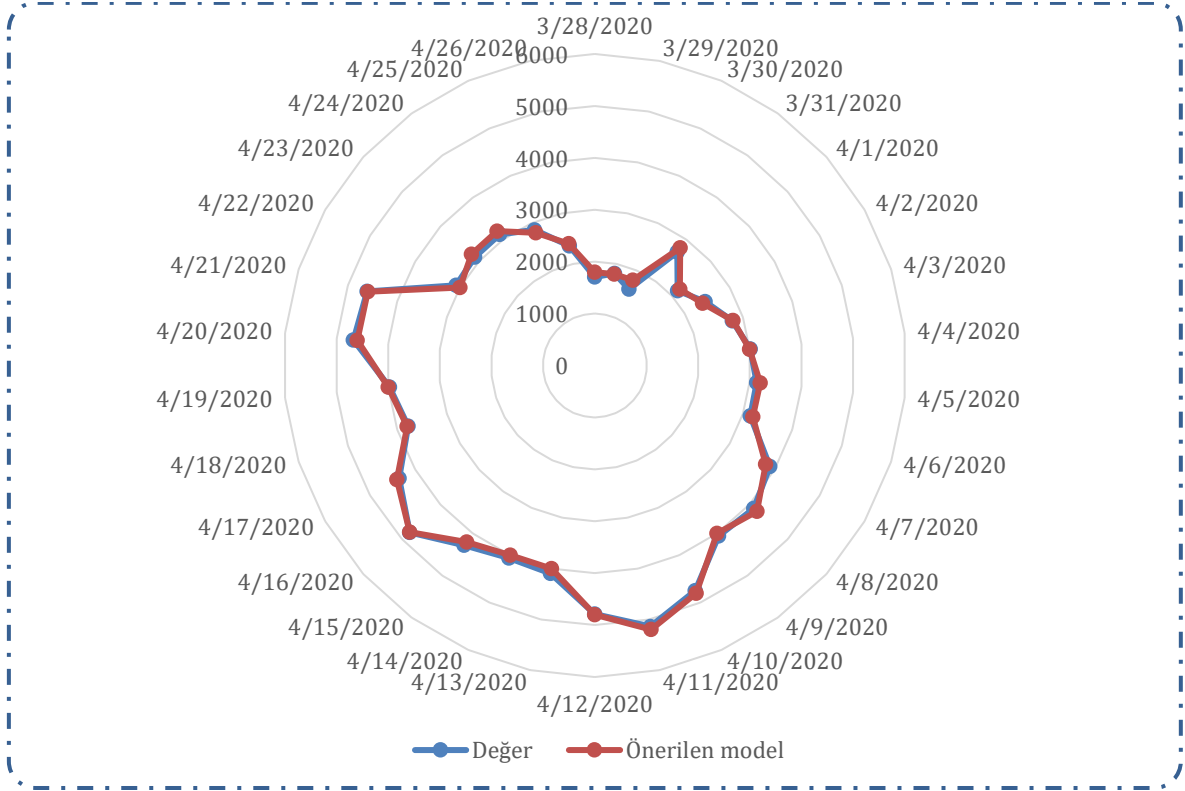
Y3 : Abhishekh vd. modeli (2020).

olarak kodlanmıştır.

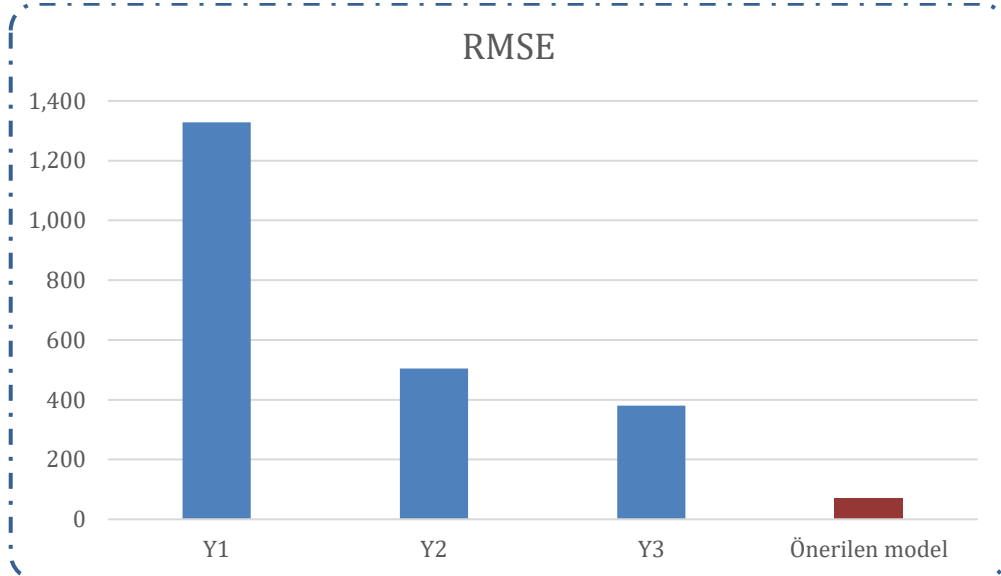
Tablo 3.32. Örnek 3 için karşılaştırma analizi

Model	RMSE	AFE
Y1	1328.201	22.52896
Y2	504.6857	6.147432
Y3	380.0759	8.386912
Önerilen model	69.86463	2.032294

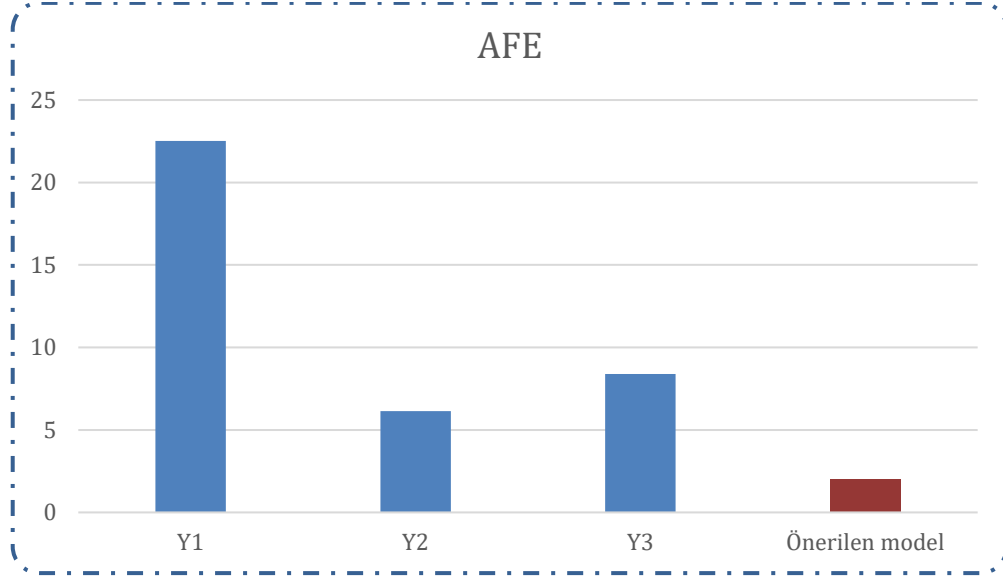
Tablo 3.32’deki sonuçların karşılaştırılmasında önerilen model ile elde edilen tahmin değerlerinin mevcut modellerin değerlerine oranla gerçek değerlere daha yakın olduğu görülmüştür. Yani önerilen modelin ortalama tahmin hatasının (AFE) diğer modellere oranla daha düşük olduğu bulunmuştur. Karşılaştırmaların anlamlı olması için aşağıda grafikler verilmiştir.



Şekil 3.8. Örnek 3 için öngörülen değerler ile gerçek değerlerin karşılaştırılması



Şekil 3.9. Örnek 3 RMSE değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 3.10. Örnek 3 AFE değerlerinin karşılaştırılması

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada ilk olarak bulanık küme, sezgisel bulanık küme, neutrosophic küme ve basitleştirilmiş neutrosophic küme tanımları verilerek klasik zaman serisi, bulanık zaman serisi, sezgisel bulanık zaman serisi kavramlarından bahsedilmiştir. Daha sonra bu kavramlar neutrosophic zaman serilerine genelleştirilmiştir. Sezgisel bulanık zaman serilerinden neutrosophic zaman serilerine geçmek için üçgen bulanık kümelerin üyelik fonksiyonu neutrosophic kümelerin doğruluk fonksiyonu olarak alınmıştır. Bulunan doğruluk fonksiyonu yardımıyla yanlışlık fonksiyonu bulunmuştur. Önerdiğimiz modelin daha iyi sonuç vermesi için entropi kavramını kullanarak doğruluk ve yanlışlık fonksiyonu ile belirsizlik fonksiyonu tanımlanmıştır. Bu kavramlar ile neutrosophic zaman serisi verilerine dayanan yeni bir tahmin modeli önerilmiştir. Bu modelde ilk olarak tarihsel zaman serisi verilerinden söylem evreni elde edilmiştir. Bu söylem evrenindeki verilerin aralık uzunluğunu tanımlayarak üçgen bulanık kümeler oluşturulmuştur. Doğruluk, belirsizlik ve yanlışlık üyeliğini elde etmek için tarihsel veriler neutrosophic sayılara dönüştürülmüştür. Uygun neutrosophic sayıyı bulmak için skor fonksiyonundan yararlanılmıştır. Tarihsel zaman serisi verilerinin tahmin değerlerini bulmak için basit aritmetik hesaplamalar yapılmıştır. Önerilen yöntem birinci ve yüksek dereceli neutrosophic zaman serisi verilerinde uygulanmıştır. Bu yöntemin yaklaşım performansını ölçmek için üç örnek sunulmuştur. Bu örneklerden birincisi Alabama üniversitesine 1971-1992 yılları arasındaki öğrenci kayıtları değerlerini tahmin etmek üzerinedir. İkincisi TAIEX 2004 verilerinin tahmin değerleri için yapılmıştır. Son örnek ise günümüzde yaşadığımız Covid-19 salgını için Türkiye'deki vaka sayılarının tahmini üzerinedir. Son örneğimizde özellikle hastalığın pik yaptığı zamanı içeren veri seti kullanılmıştır. Önerilen modelin üstünlüğünü göstermek için MAPE, MSE, RMSE ve AFE formüllerinden yararlanılmıştır ve elde edilen verilerin önerilen modelin diğer modellerden daha iyi sonuç verdiği gösterilmiştir. Sunulan bütün örneklerde önerilen yöntemin bulanık zaman serisi, sezgisel bulanık zaman serisi ve neutrosophic zaman serisi alanında yapılmış diğer modellerden üstünlüğü grafiklerle desteklenmiştir.

Gerçek hayatta karşılaşılan birçok problemin çözümünde zaman serilerinden yararlanılmaktadır. Klasik zaman serisinin yetersiz kaldığı problemlerde bulanık zaman serisi devreye girmiştir. Bulanık zaman serisinin genellemesi olan sezgisel bulanık zaman

serisi de problemlere bulanık zaman serisinden daha doğru bir yaklaşım sunmuştur. Sezgisel bulanık zaman serisinin yetersiz kaldığı durumda neutrosophic zaman serileri kullanılarak pek çok tahmin modeli geliştirilmiştir. Bu çalışmanın neutrosophic zaman serilerinde tahmin değeri yaklaşımını artırmak için gelecekteki araştırmalara öncüllük etmesi amaçlanmıştır. Aşağıda yeni çalışmalar için bazı öneriler sunulmuştur.

- ✓ Önerilen yöntem çok değişkenli neutrosophic zaman serisi tahmin modellerine uyarlanabilir.
- ✓ Neutrosophic verilerin elde edilmesinde farklı entropilerden yararlanılabilir.
- ✓ Belirsiz neutrosophic ilişkilere sahip aralık değerli neutrosophic zaman serisi modeli geliştirilebilir.
- ✓ Tahmin değerleri için olasılıklı bir yaklaşım ile önerilen modelin algoritması geliştirilebilir.
- ✓ Önerilen model ekonomi problemleri, işletme problemleri, sağlık bilimi, elektrik tüketimi, hava tahmini gibi birçok alanda kullanılabilir.

5. KAYNAKLAR

- Abdel-Basset, M., Chang, V., Mohamed, M. ve Smarandache, F., 2019. A Refined Approach for Forecasting Based on Neutrosophic Time Series, Symmetry, 11(457).
- Abhishekh, Gautam, S. S. ve Singh, S. R., 2018a. A Refined Method Of Forecasting Based On High-Order Intuitionistic Fuzzy Time Series Data, Progress in Artificial Intelligence, 7, 339-357.
- Abhishekh, Gautam, S. S. ve Singh, S. R., 2018b. A Score Function-Based Method of Forecasting Using Intuitionistic Fuzzy Time Series, New Mathematics and Natural Computation, 14(1), 19-111.
- Abhishekh, Gautam, S. S. ve Singh, S. R., 2020. A New Method of Time Series Forecasting Using Intuitionistic Fuzzy Set Based on Average-Length, Journal of Industrial and Production Engineering, 37(4), 175-185.
- Akgül, I., 2003. Zaman Serilerinin Analizi ve ARIMA Modelleri, Der Yayınları, İstanbul.
- Aladağ, Ç. H., Başaran, M. A., Eğrioğlu, E., Yolcu, U. ve Uslu, V. R., 2009. Forecasting in High Order Fuzzy Time Series by Using Neural Networks to Define Fuzzy Relations, Expert Systems with Applications, 36, 4228-4231.
- Aladağ, Ç. H., Eğrioğlu, E., Günay, S. ve Yolcu, U., 2010. Yüksek Dereceli Bulanık Zaman Serisi Modeli ve Imkb Uygulaması, Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 11(2), 96-97.
- Aslan, Y., 2012. Yapay Arı Kolonisi Algoritmasına Dayalı Yeni Bir Bulanık Zaman Serisi Çözüm Yöntemi. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, 85s.
- Atanassov, K. T., 1986. Intuitionistic Fuzzy Sets, Fuzzy Sets and Systems, 20(1), 87-96.

- Bang, Y. H. ve Lee, C. H., 2011. Fuzzy Time Series Prediction Using Hierarchical Clustering Algorithms, Expert Systems with Applications, 38(4), 4312-4325.
- Baş, E., 2011. Bulanık Zaman Serisi Çözümlemesi İçin Genetik Algoritmaya Dayalı Yeni Bir Yaklaşım. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, 67s.
- Başaran Filik, Ü. ve Filik, T., 2017. Kısa-Dönem Rüzgar Hızının Tahmininde Otoregresif ve Yapay Sinir Ağları Tabanlı Yeni bir Hibrit Yaklaşım, Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi, 7(2), 419-427.
- Bircan, Ç., 2014. Yapay Bağışıklık Algoritmasına Dayalı Yeni Bir Bulanık Zaman Serisi Çözüm Yöntemi. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, 96s.
- Bisht, K., Joshi, D. K. ve Kumar, S., 2018. Dual Hesitant Fuzzy Set-Based Intuitionistic Fuzzy Time Series Forecasting, Ambient Communications and Computer Systems, 696, 317-329.
- Box, E. P. G., Jenkins, G. M. ve Reinsel, G. C., 1970. Time Series Analysis: Forecasting and Control, Wiley, Oxford.
- Chandra, D. R., Kumari, M. S. ve Sydulu, M., 2013. A Detailed Literature Review on Wind Forecasting, International Conference on Power, Energy and Control (ICPEC), 630-634.
- Chen, S.M. ve Chang, Y.C. 2010. Multi-variable fuzzy forecasting based on fuzzy clustering and fuzzy rule interpolation techniques. Inf. Sci. 2010, 180, 4772–4783.
- Chen, S.M. ve Chen, C.D. 2011. TAIEX forecasting based on fuzzy time series and fuzzy variation groups. IEEE Trans. Fuzzy Syst. 19, 1–12.

- Chen, Q. ve Folly, K. A., 2018. Comparison of There Methods for Short-Term Wind Power Forecasting, International Joint Conference on Neural Networks, Rio de Janerio, Brazil, 1-8.
- Chen, S. M., 1996. Forecasting Enrollments Based on Fuzzy Time Series, Fuzzy Sets and Systems, 81, 311-319.
- Chen, S. M., 2002. Forecasting Enrollments Based on High-Order Fuzzy Time Series, Cybernetics and Systems an International Journal, 33, 1-16.
- Chen, S.M., Manalu, G.M.T., Pan, J.S. ve Liu, H.C. 2013. Fuzzy forecasting based on two-factors second-order fuzzy-trend logical relationship groups and particle swarm optimization techniques. IEEE Trans. Cybern. 43, 1102–1117.
- Chen, S. M. ve Tanuwijaya, K., 2011. Multivariate Fuzzy Forecasting Based on Fuzzy Time Series and Automatic Clustering Techniques, Expert Systems with Applications, 38(8), 10594-10605.
- Chen, T. Y. ve Li, C. H., 2010. Determining Objective Weights With Intuitionistic Fuzzy Entropy Measures: A Comprative Analysis, Information Sciences, 180, 4207-4222.
- Cheng, C. H., Cheng, G. W. ve Wang, J. W., 2008. Multi-Attribute Fuzzy Time Series Method Based on Fuzzy Clustering, Expert Systems with Applications, 34, 1235-1242.
- Chen, S.M. ve Kao, P.Y. 2013. TAIEX forecasting based on fuzzy time series, particle swarm optimization techniques and support vector machines. Inf. Sci., 247, 62–71.
- Çiğdem, Ş., 2009. Zaman Serileri Analizinde Mevsimsel Düzeltme Yöntemleri ve Aylık Sanayi Üretim İndeksine Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 110s.

- Çolak, I., Sağıroğlu, Ş., Yeşilbudak, M., Kabalcı, E. ve Bülbül, H. İ., 2015. Multi-Time Series and Time Scale Modeling for Wind Speed and Wind Power Forecasting, 4th International Conference on Renewable Energy Reserach and Applications, Palermo, Italy.
- Dalar, A. Z., 2012. Parçacık Sürü Optimizasyonuna Dayalı Bulanık Zaman Serisi Yaklaşımı. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, 66s.
- Davari, S., Zarandi, M. H. F. ve Turksen, I. B., 2009. An Improved Fuzzy Time Series Forecasting Model Based on Particle Swarm Intervalization, The 28th North American Fuzzy Infomation Processing Society Annual Conferences (NAFIPS 2009), Cincinnati, Ohio, USA.
- Dickey, D. D. ve Fuller, W. A., 1979. Distribution of The Estimators For Autoregressive Time Series With A Unit Root, Journal of American Statistical Association, 74(366), 427-431.
- Dickey, D. D. ve Fuller, W. A., 1981. Likelihood Ratio Statistics For Autoregressive Time Series With Unit Root, Econometrica, 49(4), 1057-1072.
- Eğrioğlu, E., 2012. A New Time Invariant Fuzzy Time Series Forecasting Method Based on Genetic Algorithm, Advances in Fuzzy Systesms, 12, 1-6.
- Eğrioğlu, E., Aladağ, C. H., Yolcu, U., Başaran, M.A. ve Uslu, V.R., 2009. A New Hybrid Approach Based on SARIMA and Partical High Order Biyariate Fuzzy Time Series Forecasting Model, Expert Systems with Applications, 36(4), 7424-7434.
- Eğrioğlu, E., Aladağ, C. H., Yolcu, U., Uslu, V. R. ve Başaran, M. A., 2009. A New Approach Based on Artificial Neural Networks for Hingh Order Multivarite Fuzzy Time Series, Expert Systems with Applications, 36(7), 10589-10594.

- Eğrioğlu, E., Aladağ, C. H., Yolcu, U., Uslu, V.R. ve Basaran, M. A., 2010. Finding an Optimal Interval Length in High Order Fuzzy Time Series, Exper Systems With Applications, 37(7), 5052-5055.
- Eğrioğlu, E., Aladağ, Ç. H., Yolcu, U., Uslu, V. R. ve Erilli, N. A., 2011. Fuzzy Time Series Forecasting Method Based on Gustafson-Kessel Fuzzy Clustering, Expert Systems with Applications, 38(8), 10355-10357.
- Eğrioğlu, E., Yolcu, U. ve Bas, E., 2018. Intuitionistic High-Order Fuzzy Time Series Forecasting Method Based on Pi- Sigma Artificial Neural Networks Trained By Artificial Bee Colony, Granular Computing, 4(4), 639-654.
- Eğrioğlu, E., Uslu, V. R., Yolcu, U., Başaran, M. A. ve Aladağ, C. H., 2009. A New Approach Based on Artificial Neural Networks for High Order Bivariate Fuzzy Time Series, Applications of Soft Computing, 265-273.
- Engle, R. F. ve Granger, C. W. J., 1987. Cointegration and Error Correction: Representation, Estimation and Testing, Econometrica, 55(2), 251-276.
- Fan, X., Lei, Y., Wang, Y. ve Lu, Y., 2016. Long-Term Intuitionistic Fuzzy Time Series Forecasting Model Based on Vector Quantisation and Curve Similarity Measure, The Institution of Engineering and Technology, 10(7), 805-814.
- Fan, X., Lei, Y. ve Wang, Y., 2017. Adaptive Partition Intuitionistic Fuzzy Time Series Forecasting Model, Journal of Systems Engineering and Electronics, 28(3), 585-596.
- Gözüyılmaz, Ş., 2020. Decomposing Time Series Data Via Mixed Integer Programming. Yüksek Lisans Tezi, Özyeğin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 47s.

- Granger, C. W. J., 1969. Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-Spectral Methods, Econometrica, 37(3), 424-438.
- Guan, H., Dai, Z., Guan, S. ve Zhao, A., 2019. A Neutrosophic Forecasting Model for Time Series Based on First-Order State and Information Entropy of High-Order Fluctuation, Entropy, 21(5), 455.
- Gujarati, D. N., 1978. Basic Econometrics, McGraw-Hill.
- Hill, D. C., McMillan, D., Bell, K. R. W. ve Infield, D., 2012. Application of Auto-Regressive Models to U.K. Wind Speed Data For Power System Impact Studies, IEEE Transactions on Sustainable Energy, 3(1), 134-141.
- Hipel, K. W. ve McLeod, A. I., 1994. Time Series Modelling of Water Resources and Environmental Systems, Elsevier, Amsterdam.
- Hou, Z., Makarov, Y. V., Samaan, N. A. ve Etingov, P. V., 2013. Standardized Software For Wind Load Forecast Error Analyses and Predictions Based on Wavelet-ARIMA Models-Applications at Multiple Geographically Distributed Wind Farms, 46th Hawaii International Conference on System Science, Hawaii, 5005-5011.
- Huarng, K., 2001. "Heuristic Models of Fuzzy Time Series For Forecasting", Fuzzy Sets and Systems, 123(3), 369-386.
- Huarng, K. ve Yu, T. H. K., 2006a. Ratio-Based Lengths of Intervals to Improve Fuzzy Time Series Forecasting, IEEE Transactions on Systems, 36(2), 328-340.
- Huarng, K. ve Yu, T. H. K., 2006b. The Application of Neural Networks to Forecasting Fuzzy Time Series, Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications, 363(2), 481-491.

- Huarng, K.H., Yu, T.H.K. ve Hsu, Y.W. 2007. A multivariate heuristic model for fuzzy time-series forecasting. IEEE Trans. Syst. Man Cybern. Part B (Cybern.), 37, 836–846.
- Hsu, L. Y., Horng, S. J., Kao, T. W., Chen, Y. H., Run, R. S., Chen, R. J., Lai, J. L. ve Kuo, I. H., 2010. Temperature Prediction and TAIEX Forecasting Based on Fuzzy Relationships and MTPSO Techniques, Expert Systems with Application, 37(4), 2756-2770.
- Johansen, S., 1988. Statistical Analysis of Cointegration Vectors, Journal of Economic Dynamatic and Control, 12(2-3), 231-254.
- Kaya, E., 2019. Zaman Serileri Analizinde Box-Jenkins Yöntemi ile Savunma Sanayi Verileri Üzerine bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Karaman, 194s.
- Kerem, A., Kırbaş, İ. ve Saygın, A., 2016. Performance Analysis of Time Series Forecasting Models for Short Term Wind Speed Prediction, International Conference on Engineering and Natural Sciences, 24-28 May 2016, Sarajevo.
- Köse, B., Recebli, Z. ve Özkaymak, M., 2014. Stokastik Modellerde Rüzgar Hızı Tahmini; Karabük Örneği, 2. International Symposim on Innovative Technologies in Engineering and Science, Karabük, 807-815.
- Kumar, S. ve Gangwar, S. S., 2015. Intuitionistic Fuzzy Time Series: An Approach For Handling Non-Determinism In Time Series Forecasting, IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 24(6), 1270-1281.
- Kuo, I. H., Horng, S. J., Chen, Y. H., Run, R. S., Kao, T. W., Chen, R. J., Lai, J. L. ve Lin, T. L., 2010. Forecasting TAIEX Based on Fuzzy Time Series and Particle Swarm Optimization, Expert System with Application, 37(2), 1494-1502.

- Kuo, I. H., Horng, S. J., Kao, T. W., Lin, T. L., Lee, C. L. ve Pan, Y., 2009. An Improved Method for Forecasting Enrollments Based on Fuzzy Time Series and Particle Swarm Optimization, Expert Systems with Application, 36(3), 6108-6117.
- Li, S. T., Cheng, Y. C. ve Lin, S. Y., 2008. A FCM-Based Deterministic Forecasting Model for Fuzzy Time Series, Computers and Mathematics with Applications, 56(12), 3052-3063.
- Nelson, C. R., 1972. The Prediction Performance of the FRB-MIT-PENN Model of the U.S. Economy, The American Economic Review, 62(5), 902-917.
- Oprea, S. V., Bara, A., Carutasu, G. ve Pirjan, A., 2017. Prosumers Renewable Small-Size Generation Forecasting Analyses With ARIMA Models, ECAI 2016 International Conference, Ploiesti, Romania.
- Park, J. I., Lee, D. J., Song, C. K. ve Chun, M. G., 2010. TAIEX and KOSPI 200 Forecasting Based on Two Factors High Order Fuzzy Time Series and Particle Swarm Optimization, Expert Systems with Application, 37(2), 959-967.
- Peng, J. J., Wang, J. G., Wang, J., Zhang, H. Y. ve Chen, X. H., 2015. Simplified Neutrosophic Sets And Their Applications In Multi-Criteria Group Decision-Making Problems, International Journal of Systems Science, 47(10), 2342-2358.
- Philips, P. ve Perron, P., 1988. Testing For A Unit Root in Time Series Regression, Biometrika, 75(2), 335-346.
- Potter, C. W. ve Negnevitsky, M., 2006. Very Short-Term Wind Forecasting for Tasmanian Power Generation, IEEE Transactions on Power Systems, 21(2), 965-972.
- Prema, V. ve Uma Rao, K., 2015. Development of Statistical Time Series Models For Solar Power Prediction, Renewable Energy, 83, 100-109.

- Sevüktekin, M. ve Nargeleçekenler, M., 2007. Ekonometrik Zaman Serileri Analizi, Nobel Yayıncılık, İstanbul, 494s.
- Singh, A., Joshi, D. K. ve Kumar, S., 2019. A Novel Construction Method of Intuitionistic Fuzzy Set from Fuzzy Set and Its Application in Multi-criteria Decision-Making Problem, Advances in Intelligent Systems and Computing, 702, 67-75.
- Singh, P., 2020. A Novel Hybrid Time Series Forecasting Model Based on Neutrosophic-PSO Approach, International Journal of Machine Learning and Cybernetics, 11, 1643-1658.
- Singh, P. ve Huang, Y. P., 2019. A High Order Neutrosophic-Neuro-Gradient Algorithm-Based Expert System For Time Series Forecasting, International Journal of Fuzzy Systems, 21, 2245-2257.
- Smarandache, F., 1998. Neutrosophy. Neutrosophic Probability, Set, and Logic, ProQuest Information and Learning, 105, 118-123.
- Soman, S. S., Zareipour, H., Member, S., Malik, O. ve Fellow, L., 2010. A Review of Wind Power and Wind Speed Forecasting Methods With Different Time Horizons, North American Power Symposium, Arlington, USA.
- Song, Q. ve Chissom, B. S., 1993a. Fuzzy Time Series and Its Models, Fuzzy Sets and Systems, 54(3), 269-277.
- Song, Q. ve Chissom, B. S., 1993b. Forecasting Enrollments With Fuzzy Time Eeries-Part I, Fuzzy Sets and Systems, 54(1), 1-9.
- Song, Q. ve Chissom, B. S., 1994. Forecasting Enrollments With Fuzzy Time Series-Part II, Fuzzy Sets and Systems, 62(1), 1-8.

- Tanuwijaya, B., Selvachandran, G., Son, L. H., Abdel-Based, M., Huyny, H. X., Pham, V. H. ve Ismail, M., 2017. A Novel Single Valued Neutrosophic Hesitant Fuzzy Time Series Model: Application in IDX and Merval Stock Index Forecasting, IEEE Access, 8, 1-16.
- Toda, H.Y. ve Yamamoto, T., 1995. Statistical Inferences in Vector Autoregressions With Possibly Integrated Processes, Journal of Econometrics, 66(1-2), 225-250.
- Turan, F., 2019. Zaman Serileri Modelleri ile Yenilenebilir Enerji Sistemlerinin Güç Üretim Tahminlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 65s.
- URL-1, www.covid19.saglik.gov.tr. 01 Eylül 2020.
- Üzümcü, N., 2019. Zaman Serileri ve Panel Veri Ekonometrisinde Eşbütünleşme Analizlerinin Değerlendirilmesi: Cari Açık ve Ekonomik Büyüme Üzerine bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla, 106s.
- Wang, H., Smarandache, F., Sunderraman, R. ve Zhang Y.Q., 2010. Single valued neutrosophic sets, Multispace and Multistructure, 4, 410-413.
- Wang, H., Smarandache, F., Zhang, Y. Q. ve Sunderraman, R., 2005. Interval Neutrosophic Sets and Logic: Therory and Applications in Computing, Hexis, 5, 100.
- Wang, Y., Lei, Y., Fan, X. ve Wang, Y., 2015. Intuitionistic Fuzzy Time Series Forecasting Model Based on Intuitionistic Fuzzy Reasoning, Hindawi Publishing Corporation Mathematical Problems in Engineering. 2016, 1-12.
- Wang, Y., Lei, Y., Lei, Y. ve Fan, X., 2016. Multi- Factor High-Order Intuitionistic Fuzzy Time Series Forecasting Model, Journal of Systems Engineering and Electronics, 27(5), 1054-1062.

- Xu, H. ve Koçkar, I., 2016. Participation of Customers in Active Demand Side Participation Programs Under Different Pricing Schemes, IEEE Power Energy Society General Meeting, 1-5.
- Ye, J., 2014. A Multicriteria Decision-Making Method Using Aggregation Operators For Simplified Neutrosophic Sets, Journal of Intelligent and Fuzzy Systems, 26 (5), 2459-2466.
- Yolcu, U., Aladağ, C. H., Eğrioğlu, E. ve Uslu, V. R., 2012. Time Series Forecasting with a Novel Fuzzy Time Series Approach: An Example for Istanbul Stock Market, Journal of Statistical Computation and Simulation, 83(4), 599-612.
- Yolcu, U., Eğrioğlu, E., Uslu, V. R., Basaran, M. A. ve Aladağ, C. H., 2009. A New Approach for Determining the Length of Intervals for Fuzzy Time Series, Applied Soft Computing, 9, 647-651.
- Yu, T. H. K., 2005. Weighted Fuzzy Time Series Models for TAIEX Forecasting, Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications, 349(3-4), 609-624.
- Yu, T. H. K. ve Huarng, K. H., 2010. A Neural Network-Base Fuzzy Time Series Model to Improve Forecasting, Expert Systems with Application, 37(4), 3366-3372.
- Zadeh, L. A., 1965. Fuzzy sets. Information and Control, 8(3), 338-353.
- Zakeri, S. A. H., 2015. Time Series Analysis and Forecasting Electricity Prices in Turkey. Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 99s.

ÖZGEÇMİŞ

Esra ÖZTÜRK DİKİCİ, 1991 yılında Antalya'nın Finike ilçesinde doğdu. İlk ve orta öğrenimini Finike Atatürk İlköğretim Okulu'nda tamamladı. 2009 yılında Finike Anadolu Lisesi'nden mezun oldu. 2009 yılında Ordu Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Matematik Bölümü'nde başladığı lisans eğitimini, 2011 yılında yatay geçiş yaptığı Pamukkale Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Matematik Bölümü'nde bölüm birincisi olarak tamamladı. 2017-2018 Eğitim-Öğretim Yılı Güz Yarıyılı'nda Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Matematik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda başlamış olduğu yüksek lisans eğitimine devam etmektedir.

Ortaöğretim ve lise düzeyinde özel matematik dersleri veren ve çeşitli okullarda ücretli öğretmenlik yapan Esra ÖZTÜRK DİKİCİ, evli ve bir çocuk annesidir.