AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

Hilmi UYAR

BİST (BORSA İSTANBUL) VERİLERİNİN ÇEŞİTLİ BULANIK ZAMAN SERİLERİ YAKLAŞIMLARI İLE ÖNGÖRÜLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Ekonometri Ana Bilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Antalya, 2015

AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

Hilmi UYAR

BİST (BORSA İSTANBUL) VERİLERİNİN ÇEŞİTLİ BULANIK ZAMAN SERİLERİ YAKLAŞIMLARI İLE ÖNGÖRÜLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Danışman
Doç. Dr. Murat Alper BAŞARAN

Ekonometri Ana Bilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Antalya, 2015

Akdeniz Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğüne,

Hilmi UYAR' ın bu çalışması, jürimiz tarafından Ekonometri Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Programı tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan	: Prof. Dr. İbrahim GÜNGÖR	(İmza)
Üye (Danışmanı)	: Doç. Dr. Murat Alper BAŞARAN	(İmza)
Üye	: Yrd. Doç. Dr. Murat ETÖZ	(İmza)

Tez Başlığı: BİST (Borsa İstanbul) Verilerinin Çeşitli Bulanık Zaman Serileri Yöntemiyle Öngörülerinin Karşılaştırılması

Onay: Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Tez Savunma Tarihi : 20/01/2015
Mezuniyet Tarihi : 03/02/2015

Prof. Dr. Zekeriya KARADAVUT
Müdür

İ Ç İ N D E K İ L E R

TABLOLAR LİSTESİ

ŞEKİLLER LİSTESİ

ÖZET

Bulanık zaman serileri uygulamada son yıllarda üzerinde oldukça yoğun çalışılan konulardan biridir. Gerçek hayat koşullarında kullanılan döviz kuru, borsa verileri, hava kirliliği ve hatta hava durumu gibi zaman serileri gün içerisinde sürekli olarak değişkenlik göstermektedir. Bu tür zaman serilerinin değerlerini sayısal olarak ifade etmek yerine sözel değerlerle bulanık kümeler şeklinde ifade etmek daha doğru olacaktır. Zira bu tür zaman serilerinin değerleri klasik zaman serileri ile ifade edilirse sadece günlük ortalama değerler dikkate alınmış olur. Oysa böyle bir zaman serisinin gözlemleri birçok değeri içerebilen bir bulanık küme olarak alınabilir. Bu durumda gözlemleri bulanık küme olan zaman serilerinin öngörülmesi problemi ortaya çıkmaktadır. Literatürde bulanık zaman serilerinin öngörülmesi için birçok yöntem önerilmiştir. Bu çalışmada literatürde var olan iki faktörlü-yüksek dereceli (two factor-high order) bulanık zaman serisi makaleleri incelendi ve tahmin yöntemleri belirlendi. İlgili yöntemler karşılaştırılarak en iyi iki faktörlü-yüksek dereceli (two factor-high order) bulanık zaman serisi yöntemi mevcut literatür bilgisine göre ortaya konuldu.

Anahtar Kelimeler: Bulanık zaman serileri, öngörü, iki faktörlü-yüksek dereceli.

SUMMARY

COMPARISON OF VARIOUS FUZZY TIME SERIES APPROACHES TO THE PREDICTION OF THE ISTANBUL STOCK EXCHANGE DATA

Fuzzy Time Series (FTS) models have been quite intensely proposed in recent years. FTS models have been widely applied to diverse fields such as enrollments, stocks, weather and etc., as they can handle prediction problem under uncertain circumstances in which data are incomplete or vague. In this study, two factor high order Fuzzy time series articles have been reviewed and their forecasting methods determined. Related methods have been compared and finally, based on knowledge of the current literature, the best two factor high order Fuzzy time series method have been demonstrated.

Keywords: Fuzzy Time Series, forecast, two factor high order, compare Fuzzy time, Fuzzy rulebase, the best of Fuzzy time series.

ÖNSÖZ

Çalışmam boyunca benden desteğini esirgemeyen ve her zaman yanımda olan eşim Firdevs' e ve çalışmamı tamamlamam için gerekli motivasyonu kazanmamı ve korumamı sağlayan oğlum Taha Ender'e sonsuz sevgi ve şükranlarımla…

Hilmi UYAR

Antalya, 2015

GİRİŞ

Zaman serisi, ilgilenilen bir büyüklüğün zaman içerisinde sıralanmış ölçümlerinin bir kümesidir. Zaman serisi ile ilgili bu analizin yapılma amacı ise, gözlem kümesince temsil edilen gerçeğin anlaşılması ve zaman serisindeki değişkenlerin gelecekteki değerlerinin doğru bir şekilde tahmin edilmesidir(Allen,1964,s.133).

Bulanık zaman serisi yaklaşımları geleneksel zaman serisi yaklaşımlarına bir alternatif olarak ortaya atılmıştır. Geleneksel zaman serisi yaklaşımlarında ihtiyaç duyulan teorik varsayımlara bulanık zaman serilerinde gerek duyulmamaktadır. Bu tür zaman serilerinin değerlerini sayısal olarak ifade etmek yerine sözel değerlerle bulanık kümeler şeklinde ifade etmek tahminlerin elde edilmesinde alternatif bir yol olarak ortaya atılmıştır. Zira bu tür zaman serilerinin değerleri klasik zaman serileri ile ifade edilirse sadece günlük ortalama değerler dikkate alınmış olur. Oysa böyle bir zaman serisinin gözlemleri birçok değeri içerebilen bir bulanık küme olarak alınabilir.

“Bulanık zaman serisi yaklaşımıyla ilgili çalışmalar son yıllarda yoğun biçimde artmaktadır. Bulanık küme teorisi ilk olarak Zadeh (1965)’in çalışmasında ortaya atılmıştır. Song ve Chissom (1993a, 1993b, 1994) çalışmalarında, Zadeh’ in bulanık küme teorisine dayalı olarak, bulanık zaman serisi tanımını ve çözümleme algoritmalarını önermiştir. Chen (1996) da Song ve Chissom’ un önerdiği yöntemlere göre daha kolay bir yaklaşım geliştirmiştir. Son on yıl içinde, literatürde birçok bulanık zaman serisi yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin büyük çoğunluğu birinci dereceden bulanık zaman serisi modellerine dayalıdır. Birinci dereceden bulanık zaman serisi modelinde, bulanık zaman serisinin sadece bir önceki dönemden etkilendiği varsayılmaktadır. Sullivan ve Woodal (1994), Hwang, Chen ve Lee (1998), Chen ve Hwang (2000), Huarng (2001), Yu (2005a), Yu (2005b) ve Yolcu vd. (2008) çalışmaları birinci dereceden bulanık zaman serisi modellerini kullanan önemli çalışmalardır. Gerçek hayat zaman serileri için birinci dereceden daha yüksek modellere ihtiyaç duyulmaktadır. Chen (2002) çalışmasında, yüksek dereceli zaman serisi modeline dayalı bir yaklaşım ilk kez önerilmiştir. Buna karşın, Chen (2002) çalışmasında bulanık ilişkilerin belirlenmesi, ilişki tablolarının elde edilmesini gerektirmekte ve bu nedenle fazla hesaplama yükü getirmektedir. Karşılaşılan hesaplama yükünden kurtulmak için Huarng ve Yu (2006) bulanık ilişkilerin belirlenmesinde yapay sinir ağları (YSA) yönteminden yararlanmıştır. Aladağ vd. (2008) ise yüksek dereceli bulanık zaman serisi modeline dayalı ve ilişki belirlemede ileri beslemeli YSA modellerinin kullanıldığı bir yaklaşım önermiştir.”(Aladağ,2010,ss.95–96)

Bu çalışmada literatürde son yıllarda ortaya atılan çalışmalardan, iki faktörlü – yüksek dereceli (two – factor high order) bulanık zaman serisi modellerinden üçü incelendi. Tahmin performanslarına bakılarak modellerin karşılaştırmaları meteorolojik veriler ve finansal veriler yardımıyla gerçekleştirildi. İlgili yöntemler karşılaştırılarak en iyi iki faktörlü – yüksek dereceli bulanık zaman serisi yöntemi mevcut literatür bilgisine göre ortaya konuldu.

BİRİNCİ BÖLÜM

BULANIK ZAMAN SERİLERİNE GENEL BAKIŞ

1.1 Bulanıklığın Temel Kavramları

1.1.1 Matematiksel Modelleme

Matematik modeller ne kadar ayrıntılı olursa olsunlar gerçeği yansıtamazlar, ne kadar ayrıntılı olurlarsa olsunlar o kadar doğa olayını tam olarak temsil edemezler.(A. Einstein)

Bir laboratuvarda deney düzeneği kurulduktan sonra aynı şartlar altında ne kadar ölçüm yapılırsa yapılsın, bunların birbirine yakın fakat eşit olmadıkları sonucu gözlemlenir.

Günlük yaşamımızda sözcükleri kullanırken bilgi vermede bazı sözcükler için büyük bir belirsizlik bulunmaktadır. “Ahmet zengindir”, “güzel bir gün” ve “Ali gençtir” ifadeleri buna basit örneklerdir. Bulanık zaman serileri yöntemlerinin asıl amacı bu tür belirsiz ifadeleri matematiksel olarak modellemektir. “uzun boylu”, “zengin”, “bunalımlı” gibi ifadeler kesin olarak tanımlanamadıkları için bulanık ifadelerdir. Bununla birlikte, insan olarak, bu tür ifadelerden anlamlar çıkarılmaktadır ve karar vermede bu tür ifadeler kullanılmaktadır.

Bulanık kavramların matematiksel modellemesi Zadeh (1965) tarafından ortaya konuldu ve günümüzde onun yaklaşımları ile çalışmalar yürütülmektedir. Onun ileri sürdüğü iddia, sözcüklerde bilgi ve anlamların bir derecesinin olduğudur. Örneğin, “Ali gençtir” şeklinde bir ifadenin doğru ya da yanlışlığı farklı kişilere göre farklılık gösterir. Ali’nin yaşının kaç olduğu bilinirse önerinin doğrulu için veya daha doğru bir ifade ile Ali’nin “gençtir” ifadesine uygunluğu için bir derece belirlenebilir. Bu, “genç” kavramına yüklenen anlama bağlıdır. Eğer öneri “Ali’nin yaşı 22 den azdır” biçiminde olursa ve Ali’nin yaşı bilinirse önerinin doğululuğu ya da yanlışlığı için evet veya hayır cevabı verilebilir. Olası yaş kümesinin $[0,\infty)$ olduğunu düşünülerek bir $A = \{x: x \in [0,\infty) : x < 22\}$alt kümesi varsayımı ile Ali’nin yaşının A alt kümesinde olup olmadığına karar verilebilir. Zadeh tarafından “bulanık altküme” kavramı geliştirildi. Öyle ki; örneğin, 18 ve 21 yaşlar genç kabul edilir ancak; bu yaşların genç olmalarının dereceleri farklıdır. 18 yaş 21 yaştan daha gençtir. Bu, bulanık altkümede üyeliğin 0 veya 1 olmaması gerektiğini; 0’dan 1’e kadar olması gerektiğini düşündürmektedir. Diğer bir ifadeyle farklı yaş değerleri için farklı üyelik değerleri olması gerekmektedir. Buradan üyeliğin [0,1] kümesinin elemanı olması gerektiği kanısına varılır.

A kümesi, bir U kümesinin herhangi bir altkümesi olmak üzere A kümesinin karakteristik fonksiyonu (gösterge fonksiyonu) aşağıdaki gibidir.

$$\mathcal{X}_A(x) = \begin{cases} 1 \; eğer \; x \in A \\ 0 \; eğer \; x \notin A \end{cases}$$

Burada karakteristik fonksiyonun alabileceği sadece iki değer mevcuttur. Bu kavram elemanların görüntülerinin [0,1] aralığında olmalarına izin verilmesiyle genelleştirilir. Bulanık mantıkta her bir eleman [0,1] arasında üyelik dereceleri alır. Aynı eleman aynı anda birden fazla kümenin elemanı olabilir.

1.1.2 Bulanık Küme

Bulanık küme (veya belirtisiz küme) kavramı, küme kavramının eleman olmanın derecelendirilmesine dayanan bir genelleştirilmesidir. Bulanık kümeler bulanık mantığın doğal bir genişlemesi olarak Zadeh(1965) tarafından tanımlanmıştır. Bir nesne bir kümenin ya elemanı ya da elemanı değilken, bir bulanık kümenin belirli bir oranda kısmen elemanı olabilir.

X boştan farklı bir evrensel küme olmak üzere bir $A\colon X \to [0,1]$ fonksiyonuna X üzerinde bir bulanık küme adı verilir.

Bulanık küme farklı şekillerde de tanımlanabilir ancak kümenin her nokta için $[0,1]$ kapalı aralığında bulunan bir üyelik değerine sahip olmasını anlatması bakımından bu tanımların hepsi birbirine denktir.

Bir $x \in X$ elemanı için $A(x)$ değerine x'in A'daki elemanlık derecesi denir. $A(x) = 1$ olması klasik küme anlamında x'in A'nın elemanı olması, $A(x) = 0$ olması ise klasik kümelerdeki x'in A'nın elemanı olmaması durumuna denk gelir.

Eğer bir x için $A(x) = \propto$ ise x'in A bulanık kümesinin $\propto$ derecesinde elemanı olduğu söylenir. Örneğin $A(x) = 0{,}5$ ise x'in A'nın yarı yarıya elemanı olması şeklinde yorumlanır.

Bu yaklaşımın,

- Dünyada gerçek durumların (states) belirgin (crisp) olmadığı yani tam (exact) olarak ifade edilmez oldukları,
- Tam (complete) tanımlamalar, insanların kıyaslama ve algılama için kullandıklarından öte, verilerin çok detaylı incelenmesine bağlı oldukları dayandığı iki temel kabuldür.

Klasik kümelerde bir elemanın bir kümeye ait olup olmaması kümenin karakteristik değeri ile belirlenir. Karakteristik değer bir önermeye bağlı olarak, her elemanı, $\{0,1\}$ kümesine tasvir ederek ilgili elemanın ilgili kümeye ait olup olmamasını açıklar. Yeni küme tanımında ise herhangi bir elemanın ilgili kümeye ait olmasını, [0,1] sürekli aralığında karakteristik değere atanan sayının büyüklüğü ile açıklandığı kümeye bulanık küme denir. Ancak, yeni tanımlı kümeyi belirgin kümelerden ayırmak için karakteristik değere üyelik fonksiyonu denir (Zadeh, 1965). U evrensel kümesi olmak üzere, $A \subset U$'in üyelik fonksiyonu, μ_A

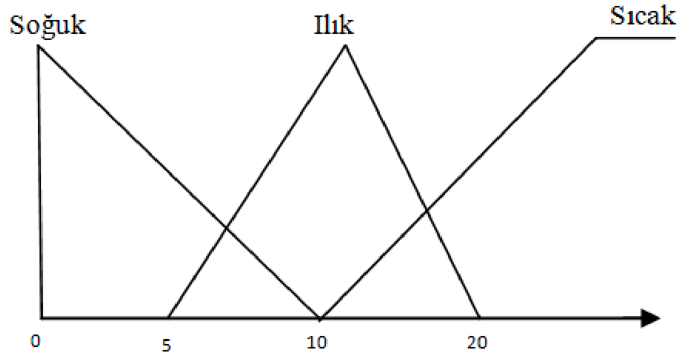
$$\mu_A : U \rightarrow [0,1]$$

biçiminde tanımlıdır. Burada geleneksel kümelerden farklı olarak $\{0,1\}$ kümesi yerine, [0,1] sürekli aralığı söz konusudur ve bu aralıktaki değerler üyelik derecesi adını alırlar (Zadeh, 1965).

Bulanık kurallara sözel ifadelerin modellemesi olarak bakılabilir. Dolayısıyla, bir sözel ifade, genel kabul gören biçimiyle, 5-li bir dizi olarak, $(x, T(x), U, G, M\,)$ biçiminde gösterilebilir.(Lee, 1990a,b). Bu dizide *x* herhangi bir değişken; $T(x)$, *x* in adlarının kümesini; *U*, *x*' in yer aldığı uzay veya evrensel kümeyi; *M* ise kendi değerini anlamı ile birleştiren semantik bir kuraldır. Örneğin; sıcaklık kavramının ad kümesi $T(x)$ şu şekilde gösterilebilir.

$$T(sıcaklık) = \{(çok\ soğuk), (soğuk), (ılık), (sıcak), (çok\ sıcak)\}$$

Burada *T* kümesinin her terimi *U* içerisinde bir bulanık küme ile temsil edilir. “sıcaklık” sözcüğüne bir nicelik kazandırılmak istenirse; örneğin, 10 °C civarı “ılık”, 5 °C civarı “soğuk” ve 20 °C civarı “sıcak” kabul edilir ve evrensel küme $U = [0\ °C, 20°C\,]$ olarak ele alındığında “bulanık sıcaklık kümesi” aşağıdaki gibi gösterilebilir.



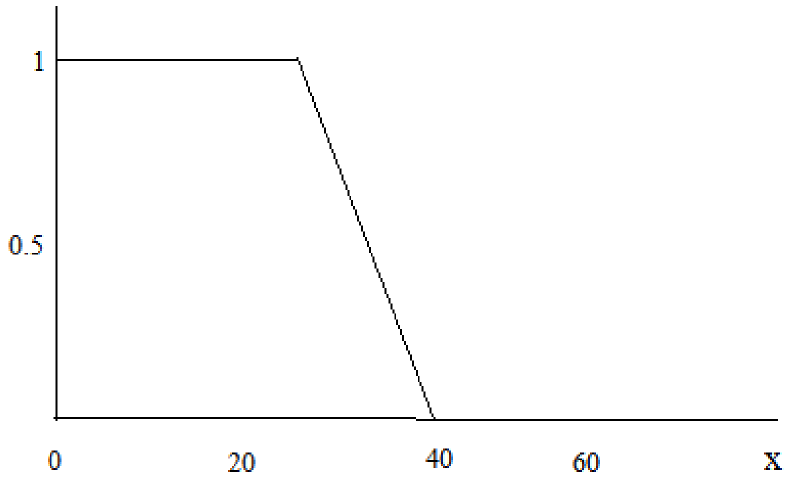
Şekil 1.1 Sıcaklık Değerlerinin 5℃, 10℃ ve 20 ℃ Civarındaki Üyelik Fonksiyonları

Bir bulanık kavram için elbette farklı fonksiyonlar tanımlanabilir. Bu şekilde bir esnekliğin olması uygulamada kolaylıklar sağlamaktadır. Şimdi “genç” kavramı için iki ayrı fonksiyon tanımlansın. Bu fonksiyonların kümeleri aşağıdaki gibi gösterilir.

✓ 20 yaş civarındaki bir kişi şu şekilde bir model oluşturabilir:

$$Y(x) = \begin{cases} 1, & x < 25 \\ \dfrac{40-x}{15}, & 25 \le x \le 40 \\ 0, & 40 < x \end{cases}$$

Bu modele göre üyelik fonksiyonu da şu şekilde oluşur:

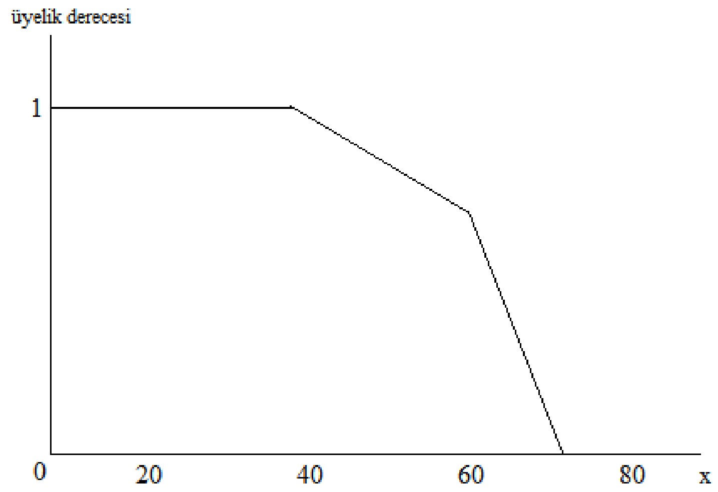


Şekil 1.2 Örnek *Y(x)* Üyelik Fonksiyonunun Grafik Gösterimi

✓ Daha yaşlı bir kişi farklı olarak şu şekilde bir model oluşturabilir:

$$Z(x) = \begin{cases} 1, & x < 40 \\ \dfrac{80-x}{40}, & 40 \le x \le 60 \\ \dfrac{70-x}{20}, & 60 < x \le 70 \\ 0, & 70 < x \end{cases}$$

Z(x) modeline göre üyelik fonksiyonu da şu şekilde oluşur:



Şekil 1.3 Örnek *Z(x)* Üyelik Fonksiyonunun Grafik Gösterimi

Uygulamada daha birçok üyelik fonksiyonu oluşturulabilir(Nguyen vd.,1991,ss.2-10).

1.1.3 Belirsizlik Olarak Bulanıklık

Günlük yaşantıda birçok belirsizlik türü vardır ve bu belirsizliklerin modellemesi için birçok tekniğe ihtiyaç duyulmaktadır.

Bulanık kümeler, nesnelerin oluşturduğu sınıfların sınırları açıkça tanımlanmadığında ortaya çıkan belirsizliğin farklı biçimleriyle ilgilenir. "genç" ve "yüksek gelir" örneğinde olduğu gibi bu tür belirsizliklerin (literatürde vagueness olarak geçmektedir) üyelik dereceleri ve kesinlikleri kişiden kişiye, sınıftan sınıfa değişkenlik gösterir ve bu durum bulanık kümeler sayesinde matematiksel olarak modellenmiştir.

Anlam belirsizliği (ambiguity) bir diğer belirsizlik türüdür. Bu, çeşitli şekillerde ortaya çıkabilir. Örneğin, bir kontrol sisteminde bir parametre sadece belirli bir aralıkta olduğu için biliniyorsa, bu parametre için bu aralıktan seçilen herhangi bir nominal değer için belirsizlik var demektir.

Bir diğer belirsizlik türü de rassallıktır. Rassallık olasılık teorisinde modellenmiştir. Öyle ki, sonuçları rassal değişkenlerin gözlemleri kabul edilir ve bu rassal değişkenlerin dağılımları ve kuralları mevcuttur. Bu kurallar elbette bilinmeyebilir. Ancak her rassal değişkenin kendine has bir kuralı mevcuttur. Bu durum, birçok farklı üyelik fonksiyonunun aynı bulanık kavram için atanabileceği gerçeğiyle tezat içindedir. Ancak, olasılık ve üyelik derecesi farklı şeylerdir.

Karmaşık gerçek hayat koşullarında birkaç belirsizlik türü bir arada bulunabilir. Örneğin, rastgele seçilecek her bir insan popülâsyonu için üzerinde çalışılan olay kişilerin "ahlak" ya da "politik görüşüyle" ilgili olabileceği gibi, her bir şehir için de "şekli" ya da "güzelliği" ile de ilgili olabilir.

Her belirsizlik türünün kendine has matematiksel gösterim ya da modeli ve ilgili bir hesaplaması vardır. Değişik matematiksel teoriler bir takım çantasındaki araçlar gibidir. Bir durum için biri diğerinden daha avantajlı olabilir. Uygulayıcı yaratıcı olmak zorundadır ve doğru matematiksel modeli kullandığının farkında olmalıdır. Bulanık kümeler ile bulanık kavramların modellemesi, matematiksel kavram ve teorilerin doğal dil ifadelerinin bir matematiksel kavram haline dönüşmesine öncülük eder. Örneğin, "genç" kavramını $[0,\infty)$ kümesinin altkümesi olarak ve $A:[0,\infty) \to [0,1]$ üyelik fonksiyonu ile modellediğimizde "genç" kavramına bir matematiksel anlam yüklemiş oluruz. Bu bir fonksiyondur ve matematiksel olarak işlenebilir ve diğer fonksiyonlarla birleştirilebilir. Bulanık kavram kullanışlı bir forma girmiş olur.(Nguyen,1991)

1.2 Bulanık Zaman Serileriyle İlgili Tanım ve Teoremler

Bulanık zaman serisi ilk olarak Song ve Chissom (1993) tarafından, Zadeh (1965)' in bulanık küme teorisine dayalı olarak ortaya atılmıştır. Klasik zaman serisi varsayımlarının sağlanamadığı durumlarda, Song ve Chissom tarafından önerilen bulanık zaman serisi, verinin modellenmesi ve tahmin yöntemlerinin belirlenmesi için alternatif bir yöntem olarak önerilmiştir. Bunun yanında, bulanık zaman serisi yaklaşımlarının klasik yaklaşımlardaki doğrusallık ve gözlem sayısı gibi kısıtları içermemesi, bu yaklaşımlara olan ilgiyi giderek arttırmaktadır. Song ve Chissom (1993)' de önerdikleri bulanık zaman serisi yaklaşımının literatürdeki klasik yaklaşımlardan daha doğru öngörü sonuçları verdiğini göstermiştir.

Song ve Chissom (1993)' de önerilen yöntem karmaşık matris işlemleri içermektedir. Bu nedenle Chen (1996) çalışmasın da Song ve Chissom (1993) çalışmasındaki karmaşık bileşke işlemlerine gerek duymayan, bulanık mantık grup ilişki tablolarının kullanıldığı bir yaklaşım önerilmiştir.

Song ve Chissom (1993) ve Chen (1996) çalışmasın da önerilen yöntemler birinci dereceden bulanık zaman serisi modelini kullanmaktadır. Chen (2002)'de ise yine bulanık mantık grup ilişki tablolarını kullanan yüksek dereceli bir bulanık zaman serisi yaklaşımı önerilmiştir. Chen (2002) çalışmasında önerilen yöntem, birçok bulanık mantık grup ilişki tablosu elde edilmesini gerektirdiğinden oldukça fazla işleme gerek duyan bir yöntemdir. Aladağ vd. (2009)'da ise bulanık ilişkilerin ileri beslemeli yapay sinir ağları ile belirlendiği ve

Chen (2002)'ye göre daha kolay hesaplamalar içeren yüksek dereceli bir bulanık zaman serisi yaklaşımı önerilmiştir(Koçak vd.,2010,s.123).

1.2.1 Bulanık Zaman Serileri

Bulanık zaman serisi yaklaşımları aşağıda verilen temel kavram ve tanımlara bağlıdır (Chen, 2002). Evrensel küme $U = \{u_1, u_2, u_3 \ldots\ u_b\}$ olmak üzere, U'nun elemanları aralıklardır. Bu aralıklar zaman serisinin tüm değerlerini kapsayan evrensel kümenin önceden belirlenen sabit bir aralık uzunluğuna göre parçalanması ile elde edilir.

Tanım 1.$Y(t), t =\ldots0,1,2 \ldots$ gerçel değerli zaman serisi olsun. Zaman serisine uygun evrensel küme tanımı ve parçalanması yapıldıktan sonra zaman serisinin her bir gerçek gözlemi bulanıklaştırılarak elde edilen veA_i bulanık kümelerinden oluşan yeni zaman serisi $F(t)$'ye bulanık zaman serisi adı verilir.

Tanım 2. 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. $R(t, t-1)$İfadesi, 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 mantık ilişki $A_i \rightarrow A_j$ şeklinde ifade edilebilir. Burada A_i bulanık ilişkinin sol yanı (LHS) ve A_j bulanık ilişkinin sağ yanı (RHS) olarak isimlendirilir.

Tanım 3. Eğer $F(t)$ değeri $F(t-1), F(t-2), F(t-3), \ldots\ F(t-n)$ gibi n tane değerden etkileniyorsa $F(t)$'ye n. dereceden bir faktörlü bulanık zaman serisi denir ve öngörü modeli $F(t-n), \ldots\ F(t-2), F(t-1) \rightarrow F(t)$ biçiminde gösterilir.
Lee At Al (2006) iki faktörlü yüksek dereceli bulanık zaman serilerini aşağıdaki gibi tanımlamıştır.

Tanım 4. $\big(F_1(t-1), F_2(t-1)\big), \big(F_1(t-2), F_2(t-2)\big), \ldots\ \big(F_1(t-n), F_2(t-n)\big)$ Değerleri $F_1(t)$'yi etkiliyorsa $F_1(t)$'ye iki faktörlü yüksek dereceli bulanık zaman serisi adı verilir ve $\big(F_1(t-n), F_2(t-n)\big), \ldots\ \big(F_1(t-2), F_2(t-2)\big), \big(F_1(t-1), F_2(t-1)\big) \rightarrow F_1(t)$ biçiminde gösterilir.

X_t ve Y_t , t-inci gündeki bulanık kümeler olmak üzere, $F_1(t)$=X_t ve $F_2(t)$=Y_t olsun. O halde iki faktörlü yüksek dereceli bulanık mantık ilişkisi $(X_{t-n}, Y_{t-n}), \ldots\ (X_{t-2}, Y_{t-2}), (X_{t-1}, Y_{t-1}) \rightarrow\ X_t$ biçiminde gösterilir. Burada $(X_{t-n}, Y_{t-n}), \ldots\ (X_{t-2}, Y_{t-2}), (X_{t-1}, Y_{t-1})$ bulanık mantık ilişkisinin sol yanı (LHS) ve X_t ise bulanık mantık ilişkisinin sağ yanı (RHS) olarak isimlendirilir. Chen (1996) ve Song and Chissom(1993a, 1993b).

İKİNCİ BÖLÜM
BULANIK ZAMAN SERİLERİ, ALGORİTMA ve UYGULAMALARI

2.1 Mesafe Tabanlı Bulanık Zaman Serileri Yöntemi

Mesafe Tabanlı Bulanık Zaman Serileri Yöntemi 2008 yılında Yungho Leu, Chien – Pang Lee ve Yie – ZuJou tarafından ortaya konulmuştur. Bu yöntem tahmin kurallarının seçiminde iki mantık kuralı arasındaki mesafeyi kullanır. Tahminde bulunabilmek için iki faktörlü mesafe tabanlı bulanık zaman serisi inşa edilir. Birinci faktör tahmini yapılacak olan değişkeni belirtirken ikinci faktör ise birinci faktör olarak belirlenmiş olan değişkeni etkileyen birçok aday değişkeni içermektedir. Mesafe Tabanlı Bulanık Zaman Serileri Yöntemi' nin uygulanmasında izlenecek adımlar aşağıdaki gibidir.

1. Adım: Korelâsyon Katsayısının Testi

Hangi aday değişkenin ikinci faktör bileşenleri için uygun olduğuna karar verebilmek için birinci faktör ile aday değişkenleri arasındaki korelâsyonun test edilmesi gerekmektedir.

2. Adım: Temel Bileşenler Analizi

Korelâsyon katsayısının testinden sonra ikinci faktör değerlerini belirlemek için temel bileşenler analizi (Principal Component Analysis - PCA) yardımıyla aday değişkenlerin bir lineer kombinasyonu oluşturulur. Bu lineer kombinasyon ikinci faktör değerleri olarak kabul edilir.

3. Adım: Aralıkların Belirlenmesi

Birinci faktöre ait aralıkların kestirimi şu şekilde belirlenir:

D_{min} ve D_{max} birinci faktöre ait minimum ve maksimum değerler; D_1 ve D_2 ise birinci faktörü n tane eşit aralığa bölecek olan iki tane reel sayı olsun. O halde birinci faktöre ait aralıkların kümesi $U = [D_{min} - D_1, D_{max} + D_2]$ biçiminde belirlenir.

İkinci faktöre ait aralıkların kestirimi de benzer biçimde V_{min} ve V_{max} ikinci faktöre ait minimum ve maksimum değerler; V_1 ve V_2 ise ikinci faktörü m tane eşit aralığa bölecek olan iki tane reel sayı olsun. O halde ikinci faktöre ait aralıkların kümesi,

$V = [V_{min} - V_1, V_{max} + V_2]$ biçiminde belirlenir. (Song & Chissom 1994)

4.Adım: Bulanık Kümelerin Tanımlanması

A_i, $1 \leq i \leq n$, birinci faktörün aralıkları üzerinde tanımlı bulanık küme olsun. O halde A_i aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$A_1 = \frac{1}{u_1} + \frac{0.5}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \cdots + \frac{0}{u_{n-1}} + \frac{0}{u_n}$$

$$A_2 = \frac{0.5}{u_1} + \frac{1}{u_2} + \frac{0.5}{u_3} + \cdots + \frac{0}{u_{n-1}} + \frac{0}{u_n}$$

$$\vdots \qquad\qquad \vdots$$

$$A_{n-1} = \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \cdots + \frac{0.5}{u_{n-2}} + \frac{1}{u_{n-1}} + \frac{0.5}{u_n}$$

$$A_n = \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \cdots + \frac{0}{u_{n-2}} + \frac{0.5}{u_{n-1}} + \frac{1}{u_n}$$

İkinci faktör için de benzer uygulama yapılır. B_j, $1 \leq j \leq m$, ikinci faktörün aralıkları üzerinde tanımlı bulanık küme olsun. O halde B_jaşağıdaki gibi tanımlanır.

$$B_1 = \frac{1}{v_1} + \frac{0.5}{v_2} + \frac{0}{v_3} + \cdots + \frac{0}{v_{m-1}} + \frac{0}{v_m}$$

$$B_2 = \frac{0.5}{v_1} + \frac{1}{v_2} + \frac{0.5}{v_3} + \cdots + \frac{0}{v_{m-1}} + \frac{0}{v_m}$$

$$\vdots \qquad\qquad \vdots$$

$$B_{m-1} = \frac{0}{v_1} + \frac{0}{v_2} + \cdots + \frac{0.5}{v_{m-2}} + \frac{1}{v_{m-1}} + \frac{0.5}{v_m}$$

$$B_m = \frac{0}{v_1} + \frac{0}{v_2} + \cdots + \frac{0}{v_{m-2}} + \frac{0.5}{v_{m-1}} + \frac{1}{v_m}$$

5.Adım: İkinci Faktörün Aralık Sayısının Ayarlanması

Öngörü kurallarının seçiminde birinci ve ikinci faktörlerin aralıklarının sayısı önemli bir etkiye sahiptir. Eğer birinci faktörün aralıklarının sayısı belirgin bir biçimde ikinci faktörün aralıklarının sayısından fazla olursa bulanık mantık kurallarının (Fuzzy Logic Rules - FLR) belirlenmesinde birinci faktör daha baskın olacaktır. Aynı durum ikinci faktör için de geçerlidir. Çalışmalarda daha doğru bir öngörü sonucu elde etmek için birinci ve ikinci faktörün aralık sayıları dengelenmelidir.

6.Adım: Bulanıklaştırma

Birinci faktörün ait olduğu u_i , $1 \leq i \leq n$, aralığı tespit edilerek düzenleme yapılır. Eğer birinci faktörün değeri u_i' e ait olursa, birinci faktör $\frac{0,5}{A_{i-1}} + \frac{1}{A_i} + \frac{0,5}{A_{i+1}}$ değerine bulanıklaştırılır ve X_i ile gösterilir.

İkinci faktör için de benzer uygulama yapılır. İkinci faktörün ait olduğu v_j , $1 \leq j \leq m$, aralığı tespit edilerek düzenleme yapılır. Eğer ikinci faktörün değeri v_j' e ait olursa, ikinci faktör $\frac{0,5}{B_{j-1}} + \frac{1}{B_j} + \frac{0,5}{B_{j+1}}$ değerine bulanıklaştırılır ve Y_j ile gösterilir.

Yukarıdaki ifade edilen durum daha da açık şekilde şu şekilde ifade edilebilir. Birinci ya da ikinci faktör değeri hangi kümede bulunuyorsa içinde bulunduğu kümenin indis değeri birinci ya da ikinci faktör değeri için bulanık küme olarak atanır. Bir önceki ve bir sonraki indis değerleri ise 0,5 üyelik değeriyle bulanık küme olarak belirlenir. Ancak uygulamada doğrudan ilgili faktör değerinin içinde bulunduğu kümenin indis değeri 1 üyelik değeriyle bulanık küme olarak kullanılmaktadır.

Örneğin, 01.01.2000 tarihindeki sıcaklık değeri 10,1℃ olsun. Bu değer u_1 =[10.1,10.60976) aralığında bulunduğundan u_1 değeri için bulanık küme A_1 olarak belirlenir.

7.Adım: Bulanık Mantık Kurallarının Belirlenmesi

i-nci gündeki FLR aşağıdaki gibi gösterilir.

$$(X_{i-n}, Y_{i-n}), \dots (X_{i-2}, Y_{i-2}), (X_{i-1}, Y_{i-1}) \rightarrow X_i$$

Burada X_{i-k} ve Y_{i-k} değerleri sırasıyla *i*-nci gündeki $F_1(i-k)$ ve $F_2(i-k)$ bulanık zaman serilerinin değerlerini göstermektedir.

8.Adım: *t*-inci Gündeki Birinci Faktörün Öngörülmesi

t-inci gündeki birinci faktörün öngörüsü için aşağıdaki prosedür uygulanır.

8.1 *t*-inci gündeki FLR' nin sol tarafının (LHS) oluşturulması.

t-inci gündeki FLR' nin sol tarafı aşağıdaki gibidir.

$$(X_{t-n}, Y_{t-n}), \dots (X_{t-2}, Y_{t-2}), (X_{t-1}, Y_{t-1})$$

8.2 Benzer FLR öngörü kurallarının araştırılması

FLR veri setindeki her bir aday FLR' nin sol tarafı ile t-inci gündeki FLR' nin sol tarafı arasındaki Öklid uzaklıkları (ED) hesaplanır. ED aşağıdaki gibi formüle edilmiştir.

$$ED = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}\left[\left(IX_{t-j} - RX_{i-j}\right)^2 + \left(IY_{t-j} - RY_{i-j}\right)^2\right]} \tag{2.1}$$

Burada IX_{t-j} ve IY_{t-j} değerleri t-inci gündeki FLR' nin sol tarafının bulanık kümelerinin indisleridir. Öyle ki, IX_{t-j} değeri X_{t-j}' nin, IY_{t-j} değeri ise Y_{t-j}' nin formül (1)' deki indisleridir. Benzer biçimde RX_{i-j} ve RY_{i-j} değerleri i-nci gündeki FLR' nin bulanık kümesindeki ilgili indisleridir.

8.3 Birinci faktörün öngörülmesi

t-inci gündeki birinci faktörü öngörmek için t-inci gündeki FLR' den k tane en küçük aralık seçilmiştir. Birinci faktörün t-inci gündeki değerini öngörmek için aşağıdaki formül kullanılır.

$$tahmin\ değeri = \frac{1}{W}\sum_{j=1}^{k}\frac{M[j]}{ED[j]} \tag{2.2}$$

Burada $ED[j]$ değeri j-inci gündeki en küçük Öklid uzaklığı, $M[j]$ ise j-inci en küçük Öklid uzaklığıyla birlikte FLR' nin sağ tarafındaki bulanık kümelerin orta nokta değeri ve W ise $W = \sum_{j=1}^{k}\frac{1}{ED[j]}$ biçimindedir. Eğer herhangi bir j değeri için $ED[j] = 0$ ise tahmin değeri ilgili $ED[j]$' nin orta nokta değerine yani $M[j]$' ye eşit olur.

2.1.1 Mesafe Tabanlı Bulanık Zaman Serileri Yönteminin Meteoroloji Verileriyle Uygulanması

Çalışmada Alanya ilçesinin 2000 yılı Ocak ayından 2013 yılı Eylül ayına kadarki aylık ortalama sıcaklık ve nispi nem oranları kullanılmıştır. Adımlar aşağıdaki gibi gerçekleşmiştir.

1. Adım: Korelasyon Katsayısının Testi

Aday değişkeni olan nispi nem değerinin sıcaklık değerinin tahmininde gerekli olduğuna karar verebilmek için korelasyon katsayılarının testine ihtiyaç duyulur. Elde edilen korelasyon katsayılarının sonuçları aşağıdaki gibidir.

Tablo 2.1 Sıcaklık ve Nispi Nem Değerleri İçin Korelasyon Değerleri

	KORELÂSYON	
	Sıcaklık	Nispi nem
Sıcaklık	1,000000	0,211803
Nispi nem	0,211803	1,000000

Her bir test için *p*- değeri anlamlı olduğundan ($\propto = 0.05$ anlamlılık seviyesinde) aday değişkeni sıcaklık değerinin tahmini için gereklidir.

2. ve 3. Adım: Aralıkların Belirlenmesi

U birinci faktörün, *V* ise ikinci faktörün aralıklarının kümesini belirtmek üzere; birinci faktöre ait $D_{min} = 10{,}1 D_{max} = 31$, $D_1 = 0$ ve $D_2 = 0{,}50976$; sonuç olarak $U = [10.1{,}31]$ elde edilir. Benzer biçimde ikinci faktöre ait $V_{min} = 41{,}2$, $V_{max} = 80{,}1$, $V_1 = 0$ ve $V_2 = 0{,}94878$ elde edilir.

4. Adım: Bulanık Kümelerin Tanımlanması ve Aralık Sayısının Ayarlanması

Birinci faktör olan sıcaklık değerleri 0,50976 öteleme değeri ile 41 aralığa bölünmüştür. Bu aralıklar aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

u_1 =[10.1,10.60976), u_2 =[10.60976,11.11952), u_3 =[11.11952,11.62928),$\cdots u_{40}$ =[29.98064,30.4904), u_{41} =[30.4904,31.00016).

Benzer biçimde ikinci faktör olan nispi nem değerleri de 0,94878 öteleme değeri ile 41 aralığa bölünmüştür. Bu aralıklar aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

v_1 =[41.2,42.14878),v_2 =[42.14878,43.09756),v_3 =[43.09756,44.04634), $\cdots$ v_{40} =[78.20242,79.1512) v_{41} =[79.1512,80.09998).

5. Adım: Bulanıklaştırma

Birinci ve ikinci faktörün ait olduğu u_i , $1 \leq i \leq n$, aralığı tespit edilerek düzenleme yapılır.

Tablo 2.2 Sıcaklık ve Nispi Nem Değerleri İçin Bulanık Kümeler.

Tarih	Sıcaklık	Bulanık küme	Nispi nem	Bulanık küme
01.01.2000	10,1	A1	46	B6
01.02.2000	11,9	A4	48,3	B8
01.03.2000	13,6	A7	53,2	B13
01.04.2000	17,7	A15	64,1	B25
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
01.07.2013	29,2	A38	57	B17
01.08.2013	29,9	A39	58,4	B19
01.09.2013	26,8	A33	54	B14

6. Adım: Bulanık Mantık Kurallarının Oluşturulması

Tablo 2.3 01.01.2012 Tarihinden 01.09.2013 Tarihine Kadar Olan Verilerin 3.Dereceden Bulanık Mantık İlişkileri(FLR Veri Seti).

FLR_1	$\left((A1, B6), (A4, B8), (A7, B13)\right) \rightarrow A15$
$\vdots$	$\vdots$
FLR_{161}	$\left((A27, B23), (A32, B1), (A38, B17)\right) \rightarrow A39$
FLR_{162}	$\left((A32, B1), (A38, B17), (A39, B19)\right) \rightarrow A33$
FLR_{163}	$\left((A38, B17), (A39, B19), (A33, B14)\right) \rightarrow A\#$

7.Adım: *t*-inci Aydaki Birinci Faktörün Öngörülmesi

Birinci faktör değerlerinin öngörüsü için, oluşturulan bulanık mantık kuralları kümesinin sol tarafının indisleri üzerinde Öklid uzaklıkları hesaplanır. Öklid uzaklıklarının hesaplanması, en son tahmin edilecek olan bulanık mantık kuralının yani FLR_{163}'ün sol tarafının indisleri olan 38, 39 ve 33 ten hesaplanacak bulanık mantık kuralının sol tarafının indislerinin farklarının kareleriyle, yine FLR_{163}'ün sağ tarafının indisleri olan 17, 19 ve 14 ten hesaplanacak olan bulanık mantık kuralının sağ tarafının indislerinin farklarının karelerinin toplamlarının karekökü alınarak yapılır. Aşağıda birkaç Öklid uzaklığı örnek olarak verilmiştir.

$$FLR_1:\ ED = \sqrt{(38-1)^2 + (39-4)^2 + (33-7)^2 + (17-6)^2 + (19-8)^2 + (14-13)^2} = 59{,}27056605$$

$$FLR_{161}:\ ED = \sqrt{(38-27)^2 + (39-32)^2 + (33-38)^2 + (17-23)^2 + (19-1)^2 + (14-17)^2} = 23{,}7486841$$

$$FLR_{162}:\ ED = \sqrt{(38-32)^2 + (39-38)^2 + (33-39)^2 + (17-1)^2 + (19-17)^2 + (14-19)^2} = 18{,}92088792$$

Bu şekilde eldeki 163 tane bulanık mantık kuralı için Öklid uzaklıkları hesaplanmış ve bu Öklid uzaklıkları içinden en küçük üç tanesi belirlenmiştir. Bunlar:

$$FLR_7:\ ED(1) = 5{,}385164$$

$$FLR_{140}:\ ED(2) = 5{,}830951$$

$$FLR_{115}:\ ED(3) = 7{,}615773$$

Elde edilen en küçük üç Öklid uzaklığı kullanılarak tahmin formülünde kullanılacak olan W sayısı hesaplanır:

$$W = \sum_{i=1}^{3} \frac{1}{ED(i)} = 0{,}4885 \tag{2.3}$$

Bulunan değerler (2.2)' de yerine konursa 01.09.2013 tarihine ait sıcaklığın öngörü değeri elde edilir. Bu değer aşağıdaki gibidir.

$$\left[\frac{26{,}8}{5{,}38516} + \frac{29{,}9}{5{,}83095} + \frac{29{,}2}{7{,}61577}\right] . \frac{1}{0{,}4885} = 28{,}53$$

01.01.2000 tarihinden 01.09.1013 tarihine kadar her bir sıcaklık değeri için öngörüler yapılmış ve gerçek değerleriyle en küçük kareler tekniği kullanılarak hataları hesaplanmıştır. Bu hatalar Tablo2.4'de gösterilmiştir.

Tablo 2.4 Sıcaklık Değerlerine Ait Öngörü Değerleri ve Hata Değerleri.

TARİH	Gerçek Sıcaklık	Öngörülen Sıcaklık	Hata$(gerçek - öngörü)^2$
01.01.2000	10,1		
01.02.2000	11,9		
01.03.2000	13,6		
01.04.2000	17,7	14,70161	8,990353
01.05.2000	21,7	18,11849	12,82721
⋮	⋮	⋮	⋮
01.08.2013	29,9	28,68661	1,47231
01.09.2013	26,8	28,53345	3,004862

Öngörü değerlerinin Hata Kareleri Ortalaması (Mean Square Error - MSE) şu şekilde bulunur:

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^{n}(gerçek\ değer_t - öngörü\ değeri_t)^2}{n}$$

O halde sıcaklık değerlerine ait $MSE = 7{,}7768$ ve ortalama karesel hata $RMSE = 2{,}7886$ olarak hesaplanır.

2.1.2 Mesafe Tabanlı Bulanık Zaman Serileri Yönteminin Borsa İstanbul Verileriyle Uygulanması

Uygulama BIST indeks değerinin tahmin edilmesi için iki faktörlü bulanık zaman seri yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Veriler Borsa İstanbul' un resmi internet adresinden elde edilmiştir. Çalışmada 03.01.2013 tarihinden 31.10.2013 tarihine kadar olan Borsa Kapanışı, USD/TRY, EURO/TRY ve Gösterge Faiz değerleri ele alınmıştır. Uygulama adımları aşağıdaki gibidir.

1. Adım: Korelâsyon Katsayısının Testi

Aday değişkenleri olan USD/TRY, EURO/TRY ve Gösterge Faiz değerinin Borsa Kapanış değerinin tahmininde gerekli olduğuna karar verebilmek için korelasyon katsayılarının testine ihtiyaç duyulur. Elde edilen korelasyon katsayılarının sonuçları aşağıdaki gibidir.

Tablo 2.5 Borsa İstanbul Değişkenleri İçin Korelasyon Değerleri

KORELÂSYON				
	KAPANIŞ	GÖSTERGE FAİZ	EURO_TL	USD_TL
KAPANIŞ	1.000000	-0,848736	-0,158804	-0,711595
GÖSTERGE FAİZ	-0,848736	1.000000	0,126410	0,847942
EURO_TL	-0,158804	0,126410	1.000000	0,112277
USD_TL	-0,711595	0,847942	0,112277	1.000000

Her bir test için *p*- değeri anlamlı olduğundan ($\propto = 0.05$ anlamlılık seviyesinde) aday değişkenleri Kapanış değerinin tahmini için gereklidir.

2. ve 3. Adım: Aralıkların Belirlenmesi

U birinci faktörün, *V* ise ikinci faktörün aralıklarının kümesini belirtmek üzere; birinci faktöre ait $D_{min} = 65452,4$ $D_{max} = 93178,87$, $D_1 = 0$ ve $D_2 = 214,93$ olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak $U = [65452.4, 93178.87]$ elde edilir.

İkinci faktör olarak bir değer belirlemek için aday değişkenleri üzerine temel bileşenler analizi yapılırsa aşağıdaki tablodaki değerler elde edilir.

Tablo 2.6 USD/TRY, EURO/TRY ve Gösterge Faizi Değerlerinin Temel Bileşenler Analizi Yardımıyla İkinci Faktör Skorlarının Belirlenmesi

Sıra No	Kapanış	USD/TRY	EURO/TRY	Gösterge faizi	İkinci Faktör
1	80033,33	1,7786	2,3539	6,27	5,0329774
2	79563,95	1,78	2,3374	6,41	5,1143333
3	80224,41	1,7815	2,3281	6,31	5,0547009
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
206	78919,41	1,9871	2,7363	8,22	6,3568054
207	77620,37	1,99	2,7358	8,23	6,3642786

Buradan, *V* ikinci faktörün aralıklarının kümesini belirtmek üzere $V_{min} = 4,111656$, $V_{max} = 7,496014$, $V_1 = 0$ ve $V_2 = 0,026235$ elde edilir.

4. Adım: Bulanık Kümelerin Tanımlanması ve Aralık Sayısının Ayarlanması

Birinci faktörün değerleri 676.25 öteleme değeri ile 41 aralığa bölünmüştür. Bu aralıklar aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

$u_1 = [65452.4, 66128.65)$, $u_2 = [66128.65, 66804.9)$, $u_3 = [66804.9, 67481.15)$, …

$u_{40} = [91826.15, 92502.4)$, $u_{41} = [92502.4, 93178.65)$.

Benzer biçimde ikinci faktör değerleri de 0.08254 öteleme değeri ile 41 aralığa bölünmüştür. Bu aralıklar aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

$v_1 = [4.19419, 4.27673)$, $v_2 = [4.27673, 4.27673)$, $v_3 = [4.27673, 4.35927)$, $\cdots$ $v_{40} = [7.33070, 7.41324)$, $v_{41} = [7.41324, 7.49578)$.

5. Adım: Bulanıklaştırma

Birinci ve ikinci faktörün ait olduğu u_i , $1 \leq i \leq n$, aralığı tespit edilerek düzenleme yapılır.

Tablo 2.7 Birinci ve İkinci Faktör Değerlerine Karşı Gelen Bulanık Kümeler

Tarih	Birinci Faktör	Bulanık Küme	İkinci Faktör	Bulanık Küme
03.01.2013	80033,33	*A23*	5,032977	*B12*
04.01.2013	79563,95	*A22*	5,114333	*B13*
07.01.2013	80224,41	*A22*	5,054701	*B12*
08.01.2013	80161,71	*A22*	4,977469	*B11*
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
28.10.2013	79565,18	*A21*	6,223242	*B26*
30.10.2013	78919,41	*A20*	6,356805	*B28*
31.10.2013	77620,37	*A18*	6,364279	*B28*

6. Adım: Bulanık mantık kurallarının oluşturulması

Tablo 2.8 03.01.2013 Tarihinden 31.10.2013 Tarihine Kadar Olan Verilerin 3.Dereceden Bulanık Mantık İlişkileri (FLR Veri Seti)

FLR_1	$\big((A23, B12), (A22, B13), (A22, B12)\big) \rightarrow A22$
⋮	⋮
FLR_{202}	$\big((A20, B24), (A21, B25), (A21, B26)\big) \rightarrow A20$
FLR_{203}	$\big((A21, B25), (A21, B26), (A20, B28)\big) \rightarrow A18$
FLR_{204}	$\big((A21, B26), (A20, B28), (A18, B28)\big) \rightarrow \#$

7.Adım: *t*-inci Gündeki Birinci Faktörün Öngörülmesi

Birinci faktör değerlerinin öngörüsü için, oluşturulan bulanık mantık kurallarının sol tarafının indisleri üzerinde Öklid uzaklıkları hesaplanır. Bu Öklid uzaklıklarından üç tanesi örnek olarak aşağıda verilmiştir.

$$FLR_1\!: \; ED = \sqrt{(21-22)^2 + (20-22)^2 + (18-22)^2 + (26-12)^2 + (28-13)^2 + (28-12)^2} = 26{,}41969$$

$$FLR_{204}\!: ED = \sqrt{(21-20)^2 + (20-21)^2 + (18-21)^2 + (26-24)^2 + (28-25)^2 + (28-26)^2} = 5{,}2915$$

$$FLR_{203}\!: \; ED = \sqrt{(21-21)^2 + (20-21)^2 + (18-20)^2 + (26-25)^2 + (28-26)^2 + (28-28)^2} = 3{,}1622$$

Hesaplama neticesinde en küçük üç Öklid uzaklığı 3,16227, 5,29150 ve 6,63324 olarak belirlenmiştir. Elde edilen en küçük üç Öklid uzaklığını kullanarak tahmin formülünde kullanılacak W sayısı hesaplanır. Bu sayı,

$$W = \sum_{i=1}^{3} \frac{1}{ED(i)} = 0{,}6559 \tag{2.4}$$

olarak elde edilir. Bulunan değerler (2.2)' de yerine konulursa 01.11.2013 tarihine ait birinci faktörün öngörü değeri elde edilir. Bu değer,

$$\left[\frac{77620{,}37}{3{,}16227} + \frac{78919{,}41}{5{,}29150} + \frac{79565{,}18}{6{,}63324}\right] . \frac{1}{0{,}6559} = 78449{,}56$$

olarak hesaplanır.

03.01.2013 tarihinden 31.10.1013 tarihine kadar her bir Kapanış değeri için öngörüler yapılmış ve gerçek değerleriyle en küçük kareler tekniği kullanılarak hataları hesaplanmıştır. Bu hatalar Tablo2.9'da gösterilmiştir.

Tablo2.9 Kapanış Değerlerine Ait Öngörü Değerleri ve Hata Değerleri

Tarih	Gerçek Kapanış	Öngörülen Kapanış	Hata $(gerçek - öngörü)^2$
03.01.2013	80033,33		
04.01.2013	79563,95		
07.01.2013	80224,41		
08.01.2013	80161,71	80050,5411	12358,5227
⋮	⋮	⋮	⋮
30.10.2013	78919,41	79194,4318	75636,9971
31.10.2013	77620,37	78449,5642	687563,084

Sonuç olarak, Kapanış değerleri için MSE=711,09 ve $RMSE = 26{,}6$ olarak hesaplanmıştır.

2.2 Otomatik Kümeleme Tekniğine Dayalı Bulanık Zaman Serisi

Otomatik Kümeleme Tekniğine Dayalı Tahminleme Yöntemi, Nai–Yi Wang ve Shyi-Ming Chen (2007) tarafından önerilmiştir. Otomatik kümeleme algoritması veri kümesini değişik uzunlukta kümelere ayırır. Öyle ki, Otomatik Kümeleme Tekniğine Dayalı Tahminleme Yöntemi verileri yoğunlaştıkları aralıklara göre gruplandırır. Bu yöntemin uygulamasında izlenecek olan adımlar aşağıdaki gibidir.

1.Adım: Sayısal veriler artan biçimde sıralanır. Artan biçimde sıralanmış olan sayısal veriler aşağıdaki gibi olsun,

$$d_{1.0} = d_{1.1} = \cdots < d_{2.0} = d_{2.1} = \cdots < \cdots < d_{m-1.0} = d_{m-1.1} = \cdots < d_{m.0} = d_{m.1} = \cdots < \cdots$$

Burada $d_{i.j}$'ler aynı değerin sayısal verileridir. $1 \leq i \leq n$ ve $j \geq 0$. Ayrıca incelenen seride *n* tane sayısal veri bulunmuş olsun. O halde, herhangi iki komşu değer arasındaki farkın ortalaması "*ortalama_fark*" şu şekilde hesaplanır:

$$ortalama\_fark = \frac{\sum_{i=1}^{n-1}(d_{i+1.0} - d_{i.0})}{n-1} \tag{2.5}$$

2.Adım: *ortalama_fark* değerine bağlı olarak aşağıda bahsedilen kurallara bağlı kalarak sayısal veri dizisindeki hangi komşu x_i ve x_j sayısal verilerinin kümeye konulacağına karar verilir.

Kural 1: x_i ilk kümedeki tek eleman ve x_j ise x_i' yi takip eden veri olsun. Bu durum $\{x_i\}, x_j, \ldots$şeklinde gösterilsin. Burada $x_i - x_j \leq ortalama\_fark.$ O halde x_j değeri x_i' nin ait olduğu kümeye konulur.

Kural 2: x_i herhangi bir kümenin son elemanı ve x_j ise x_i' yi takip eden veri olsun. Bu durum…$\{\ldots, x_i\}, x_j, \ldots$ şeklinde gösterilsin. Burada $x_i - x_j \leq ortalama\_fark$ ve $x_i - x_j \leq küme\ içi\ fark.$ O halde x_j değeri x_i' nin ait olduğu kümeye konulur. Burada "$küme\ içi\ fark$" kümedeki her bir komşu veri çifti arasındaki mesafenin ortalama farkıdır. $küme\ içi\ fark$ değeri aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır.

$$küme\ içi\ fark = \frac{\sum_{i=1}^{n-1}(c_{i+1,0} - c_{i,0})}{n-1} \tag{2.6}$$

Burada $c_{i,0}$ kümedeki elemanı göstermektedir. $1 \leq i \leq n.$

Kural 3: x_i herhangi bir kümenin son elemanı, x_j bir sonraki kümenin ilk elemanı ve x_k ise x_j' yi takip eden veri olsun.Bu durum $\ldots\{\ldots x_i\}, \{x_j\}, x_k, \ldots$ şeklinde gösterilsin. Burada $x_j - x_i \leq ortalama\_fark$ ve $x_k - x_j \leq x_j - x_i$. O halde x_k değeri x_j' nin ait olduğu kümeye konulur.

3.Adım: 2.adım da elde edilen kümeler aşağıdaki gibi gösterilsin:

$$\{x_{1,0}, x_{1,1}, \cdots, x_{i,0}, x_{i,1}\}, \cdots, \{x_{k,0}, x_{k,1}, \cdots, x_{n,0}, x_{n,1}, \cdots, x_{n,i}\}, \cdots, \{x_{q,1}, \cdots, x_{q,j}\}, \cdots, \{x_{r,0}, \cdots, x_{r,s}\},$$

Burada

$$x_{1,0} = x_{1,1} = x_1 < \cdots < x_{i,0} = x_{i,1} = x_i < \cdots < x_{k,0} = x_{k,1} = x_k < \cdots < x_{l,0} = x_{l,1} = x_l$$
$$= \cdots = x_{l,i} < \cdots < x_{q,1} = \cdots = x_{q,j} = x_q < \cdots < x_{r,0} = x_{r,1} = \cdots x_{r,s} = x_r$$

O halde yukarıdaki gösterim aşağıdaki biçime basitleştirilir:

$$\{x_1, x_i\}, \cdots, \{x_k, x_l\}, \cdots, \{x_q\}, \cdots, \{x_r\}$$

Daha sonra aşağıdaki forma dönüştürülür.

$$\{x_1, x_i\}, \cdots, \{x_k, x_n\}, \cdots, \{x_q - ortalama\_fark, x_q + ortalama\_fark\}, \cdots, \{x_r - ortalama\_fark, x_r\}$$

Burada tek bir x_q verisi olan küme$\{x_q - ortalama_fark\ , x_q + ortalama_fark\}$ formuna dönüştürülür. Bu şekilde bir forma dönüştürülmüş olan $\{x_q\}$ kümesi için $x_q - ortalama\_fark$ değeri $\{x_m, x_l\}$ kümesinin alt sınırı olan x_m'den daha küçük olursa $\{x_q - ortalama\_fark\ , x_q + ortalama\_fark\}$ kümesi yeniden $\{x_q\}$ şekline dönüştürülür.

4.Adım: 3. Adımda elde edilen kümeler aşağıdaki gibi olsun.

$$\{x_1, x_2\}, \{x_3, x_4\}, \{x_5, x_6\}, \cdots, \{x_k\}, \{x_l, x_m\}, \cdots, \{x_{n-1}, x_n\}$$

Bu kümeler aşağıdaki adımlara göre bitişik aralıklara dönüştürülür.

1. İlk küme $\{x_1, x_2\}$ formundan $[x_1, x_2)$ aralığına dönüştürülür.

2. Geçerli aralık $[x_1,x_2)$ aralığı ve geçerli küme ise $\{x_3, x_4\}$ olarak ayarlansın. Eğer $x_2 \geq x_3$ ise geçerli $\{x_3, x_4\}$ kümesi $[x_2, x_4)$ aralığına dönüştürülür, geçerli aralık $[x_2, x_4)$ aralığı ve geçerli küme ise sıradaki küme olan $\{x_5, x_6\}$ olarak belirlenir. Eğer $x_2 < x_3$ ise $\{x_3, x_4\}$ kümesi $[x_3, x_4)$ aralığına dönüştürülür,$[x_1, x_2)$ve $[x_3, x_4)$ aralıkları arasında yeni bir $[x_2, x_3)$ aralığı oluşturulur, $[x_3, x_4)$ aralığı geçerli aralık, sıradaki küme olan $\{x_5, x_6\}$ ise geçerli küme olarak belirlenir. Eğer geçerli aralık $[x_i, x_j)$ ve geçerli küme $\{x_k\}$ ise geçerli $[x_i, x_j)$aralığı $[x_i, x_k)$aralığına dönüştürülür ve $[x_i, x_k)$ aralığı geçerli aralık olarak, sıradaki küme ise geçerli küme olarak belirlenir.

3. Tekrarlı biçimde geçerli küme ve geçerli aralık tüm kümeler kontrol edilinceye kadar süreç devam ettirilir.

Otomatik kümeleme tekniğine dayalı tahminleme ve yüksek derece iki faktörlü bulanık zaman serileri: Bu metodun aşamaları aşağıdaki gibidir.

1.Adım: Birinci faktöre ait aralıkların kümesi *U*; ikinci faktöre ait aralıkların kümesi ise *V* olsun. D_{min} ve D_{max} birinci faktöre ait minimum ve maksimum değerler olmak üzere $U = [D_{min}, D_{max}]$ biçimindedir. Benzer şekilde E_{min} ve E_{max} ikinci faktöre ait minimum ve maksimum değerler olmak üzere $V = [E_{min}, E_{max}]$ biçimindedir. Yukarıda açıklanan otomatik kümeleme algoritmasına göre U kümesi değişik uzunluktaki u_1,u_2, … u_n aralıklarına bölünür. Aynı şekilde *V* kümesi değişik uzunluktaki v_1,v_2, … v_m aralıklarına bölünür.

2.Adım: Birinci faktörün bulanık kümesiyle temsil edilen her bir $A_i$sözel terimi tanımlanır. Burada $1 \leq i \leq n$ şeklindedir ve aşağıdaki gibi gösterilir:

$$A_1 = \frac{1}{u_1} + \frac{0.5}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \cdots + \frac{0}{u_{n-1}} + \frac{0}{u_n}$$

$$A_2 = \frac{0.5}{u_1} + \frac{1}{u_2} + \frac{0.5}{u_3} + \cdots + \frac{0}{u_{n-1}} + \frac{0}{u_n}$$

$$\vdots \qquad\qquad \vdots$$

$$A_{n-1} = \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \cdots + \frac{0.5}{u_{n-2}} + \frac{1}{u_{n-1}} + \frac{0.5}{u_n}$$

$$A_n = \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \cdots + \frac{0}{u_{n-2}} + \frac{0.5}{u_{n-1}} + \frac{1}{u_n}$$

Burada A_i'ler birinci faktörün değerlerini tanımlayan sözel ifadelerdir. Benze biçimde ikinci faktörün bulanık kümesiyle temsil edilen her bir $B_j$sözel terimi tanımlanır. Burada $1 \leq j \leq m$ şeklindedir ve aşağıdaki gibi gösterilir:

$$B_1 = \frac{1}{v_1} + \frac{0.5}{v_2} + \frac{0}{v_3} + \cdots + \frac{0}{v_{m-1}} + \frac{0}{v_m}$$

$$B_2 = \frac{0.5}{v_1} + \frac{1}{v_2} + \frac{0.5}{v_3} + \cdots + \frac{0}{v_{m-1}} + \frac{0}{v_m}$$

$$\vdots \qquad\qquad \vdots$$

$$B_{m-1} = \frac{0}{v_1} + \frac{0}{v_2} + \cdots + \frac{0.5}{v_{m-2}} + \frac{1}{v_{m-1}} + \frac{0.5}{v_m}$$

$$B_m = \frac{0}{v_1} + \frac{0}{v_2} + \cdots + \frac{0}{v_{m-2}} + \frac{0.5}{v_{m-1}} + \frac{1}{v_m}$$

Burada B_j’ler ikinci faktörün değerlerini tanımlayan sözel ifadelerdir.

3.Adım: Birinci ve ikinci faktör zaman serileri bulanıklaştırılır. Eğer birinci faktörün zaman serisi u_i’ ye ait ise birinci faktörün zaman serisi A_i bulanık kümesine bulanıklaştırılır. Burada $1 \leq i \leq n$ şeklindedir. Benzer biçimde eğer ikinci faktörün zaman serisi v_j’ ye ait ise ikinci faktörün zaman serisi B_j bulanık kümesine bulanıklaştırılır. Burada $1 \leq j \leq m$ şeklindedir.

4.Adım: 3.Adımda elde edilen bulanıklaştırılmış birinci ve ikinci faktör zaman serilerine dayalı olarak n-inci derecen iki faktörlü bulanık mantık ilişkileri oluşturulur. Eğer birinci faktörün i-nci gündeki bulanıklaştırılmış zaman verisi A_i ise, $i-k, \dots i-2,\ i-1$ ve i-inci günlerin k-ıncı derecen iki faktörlü bulanık mantık ilişkileri $\left((A_{ik}, B_{ik}), \dots\ (A_{i2}, B_{i2}), (A_{i1}, B_{i1})\right) \rightarrow A_i$ şeklinde oluşturulur. Burada $2 \leq k \leq n$ biçimindedir. Bulanık mantık ilişkilerinin sol tarafı mevcut durum; sağ tarafı ise sonraki durum olarak isimlendirilir. Daha sonra bulanık mantık ilişkilerinin mevcut durumuna dayalı olarak bulanık mantık ilişkilerini bulanık mantık ilişkileri gruplarına bölünür.

5.Adım: i-nci günden önceki k-ıncı derecen iki faktörlü bulanıklaştırılmış zaman verileri $(A_{ik}, B_{ik}), \dots\ (A_{i2}, B_{i2})$ ve (A_{i1}, B_{i1}) olsun. $A_{ik}, \dots\ A_{i2}$ ve A_{i1} bulanık kümenin birinci faktörünün bulanıklaştırılmış değerleri ve $B_{ik}, \dots\ B_{i2}$ ve B_{i1}bulanık kümenin ikinci faktörünün bulanıklaştırılmış değerleri olsun. O halde tahmin değerleri aşağıdaki prensipler yardımıyla hesaplanır(Lee et al., 2006).

Prensip 1.Eğer k-ıncı dereceden iki faktörlü bulanık mantık ilişki grupları içerisinde $\left((A_{ik}, B_{ik}), \dots\ (A_{i2}, B_{i2}), (A_{i1}, B_{i1})\right) \rightarrow A_j$ biçiminde bir bulanık mantık ilişkisi varsa i-nci güne ait tahmin değeri m_j’ dir. Burada m_j değeri u_i aralıklarının orta nokta değeridir.

Prensip 2.Eğer k-ıncı dereceden iki faktörlü bulanık mantık ilişki grupları içerisinde

$$\left((A_{ik}, B_{ik}), \dots\ (A_{i2}, B_{i2}), (A_{i1}, B_{i1})\right) \rightarrow A_{j1}$$

$$\left((A_{ik}, B_{ik}), \dots\ (A_{i2}, B_{i2}), (A_{i1}, B_{i1})\right) \rightarrow A_{j2}$$

$$\vdots$$

$$\left((A_{ik}, B_{ik}), \dots\ (A_{i2}, B_{i2}), (A_{i1}, B_{i1})\right) \rightarrow A_{jp}$$

biçiminde bir bulanık mantık ilişkisi varsa i-nci güne ait tahmin değeri şu şekilde hesaplanır:

$$\frac{m_{j1}+m_{j2}+\cdots+m_{jp}}{p} \tag{2.7}$$

Burada $m_{j1}, m_{j2}, \ldots m_{jp}$ değerleri sırasıyla $u_{j1}, u_{j2}, \ldots\ u_{jp}$ aralıklarının orta nokta değerleridir.

Prensip 3.Eğer k-ıncı dereceden iki faktörlü bulanık mantık ilişki grupları içerisinde $((A_{ik}, B_{ik}), \ldots\ (A_{i2}, B_{i2}), (A_{i1}, B_{i1})) \rightarrow \#$ biçiminde bir bulanık mantık ilişkisi varsa i-nci güne ait tahmin değeri aşağıdaki gibi hesaplanır. Burada $\#$ sembolü bilinmeyen bir değeri ifade etmektedir.

$$\frac{m_{i-k}+\cdots+m_{i-2}+m_{i-1}}{k} \tag{2.8}$$

2.2.1 Otomatik Kümeleme Tekniğine Dayalı Bulanık Zaman Serileri Yönteminin Meteoroloji Verileriyle Uygulaması

Çalışmada Alanya ilçesinin 2000 yılı Ocak ayından 2013 yılı Eylül ayına kadarki aylık ortalama sıcaklık ve nispi nem oranları kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan sıcaklık ve Nispi nem değerleri sırasıyla Tablo 2.10 ve 2.11 de gösterilmiştir.

Tablo2.10Alanya İlçesinin 2000 Yılı Ocak Ayından 2013 Yılı Eylül Ayına Kadar Olan Aylık Ortalama Sıcaklık Değerleri (Birim °C)(Devlet Meteoroloji İşleri Alanya İstasyon Müdürlüğü)

YIL	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
ORTALAMA SICAKLIK °C												
2000	10.1	11.9	13.6	17.7	21.7	26.8	29.2	29.1	27.1	22.3	19.1	14.4
2001	13.5	12.4	17.2	18.4	22.1	25.7	28.6	29.3	26.6	22.4	16.1	13.4
2002	11.0	14.6	15.7	17.2	21.5	26.0	29.2	28.9	26.2	22.5	18.6	13.0
2003	14.5	11.1	13.2	17.2	23.7	26.4	29.4	29.7	26.0	22.8	18.0	14.2
2004	11.8	12.4	15.3	17.7	21.2	25.6	28.8	28.5	26.7	23.6	17.6	13.6
2005	13.0	12.3	15.1	17.7	21.5	25.5	28.6	28.9	26.6	21.5	15.8	14.2
2006	11.8	12.8	14.8	18.6	21.9	25.7	28.7	29.2	26.9	22.0	16.4	13.9
2007	12.2	13.2	15.3	17.6	22.3	26.8	29.7	29.7	27.1	23.5	17.8	14.2
2008	11.9	12.2	16.4	18.4	22.0	27.4	30.0	30.7	27.1	23.0	19.1	14.3
2009	13.2	13.0	14.4	18.5	21.9	27.2	29.6	29.9	26.4	23.5	18.2	15.5
2010	14.0	14.0	16.9	19.2	22.5	26.1	29.0	31.0	28.4	23.2	20.2	16.0
2011	13.3	13.5	15.3	17.5	21.5	26.2	29.3	30.2	28.0	21.7	15.8	13.8
2012	11.2	11.5	13.8	17.5	21.7	26.7	30.4	30.9	27.9	23.3	19.1	14.5
2013	12.9	14.4	15.8	18.8	23.4	26,3	29,2	29,9	26,8			

Tablo 2.11 Alanya İlçesinin 2000 Yılı Ocak Ayından 2013 Yılı Eylül Ayına Kadar Olan Aylık Ortalama Nispi Nem Değerleri (Birim %)(Devlet Meteoroloji İşleri Alanya İstasyon Müdürlüğü)

YIL	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2000	46.0	48.3	53.2	64.1	60.8	49.0	59.8	56.3	57.2	42.7	42.8	44.0
2001	54.8	50.3	60.6	59.6	58.6	62.5	67.0	63.8	55.3	43.5	53.6	56.8
2002	46.2	46.5	48.7	63.9	65.7	64.8	72.3	70.8	70.6	63.3	66.0	68.7
2003	73.3	60.2	65.7	72.1	66.8	72.2	64.5	66.0	65.2	69.6	67.8	68.7
2004	70.1	64.6	65.2	68.6	74.9	72.8	71.1	77.7	64.8	67.6	60.9	62.4
2005	61.3	55.2	66.2	67.5	70.8	71.9	77.6	77.2	63.0	57.5	57.9	65.0
2006	61.1	61.9	73.0	68.3	71.6	77.6	80.1	79.1	67.3	72.2	68.7	59.4
2007	48.1	64.0	61.6	54.7	70.6	63.5	61.1	66.5	53.4	56.2	62.6	64.1
2008	48.1	52.0	65.6	70.2	66.5	62.5	63.1	66.5	65.0	54.1	61.1	57.5
2009	67.7	67.6	60.1	64.2	64.1	60.4	62.9	57.1	58.0	61.7	62.5	68.1
2010	68.0	66.0	62.7	63.9	70.1	67.7	72.3	66.9	63.3	58.8	56.7	75.5
2011	66.5	68.1	63.1	72.4	69.4	68.8	69.0	60.4	57.0	53.9	46.9	58.9
2012	63.3	54.9	54.0	64.0	67.0	64.3	55.2	50.0	53.8	59.2	56.9	67.0
2013	58.5	61.8	56.3	63.4	62.7	41,2	57	58,4	54			

Uygulamada izlenen adımlar aşağıda verilmiştir.

1.Adım:

Tablo 1’ deki veriler küçükten büyüğe sıralandığında verilerin sıralaması şu şekilde olur:

$$10.1 < 11 < 11.1 < \cdots < 22.4$$

Benzer biçimde Tablo 2’ deki verilerin küçükten büyüğe doğru sıralanmış biçimi şu şekildedir:

$$41,2 < 42,7 < 42,8 < \cdots < 60,4$$

2.Adım

$ortalama\_fark_{sıcaklık}$=0,2029
$ortalama\_fark_{nispi\_nem}$=0.3162

3.Adım

2.adımdaki $ortalama\_fark_{sıcaklık}$ ve $ortalama\_fark_{nispi\_nem}$ değerlerine göre kümeleme işlemi yapılır.

Tablo 2.12 Sıcaklık Değerleri İçin Kümeleme İşlemi

Öteleme	*Emsal küme*	*küme içi fark*
1.	10.1,	X
2.	11, 11.1, 11.2	0.1
3.	11.5,	X
4.	11.8, 11.9	0.1
5.	12.2, 12.3, 12.4	0.1
6.	12.8, 12.9, 13, 13.2, 13.3, 13.4, 13.5, 13.6, 13.8, 13.9, 14, 14.2, 14.3, 14.4, 14.5, 14.6, 14.8	0.125
7.	15.1, 15.3, 15.5, 15.7, 15.8, 16, 16.1	0.16
8.	16.4,	X
9.	16.9,	X
10.	17.2,	X
11.	17.5, 17.6, 17.7, 17.8, 18, 18.2, 18.4, 18.5, 18.6, 18.8	0.14
12.	19.1, 19.2	0.1
13.	20.2,	X
14.	21.2,	X
15.	21.5, 21.7, 21.9, 22, 22.1, 22.3, 22.4, 22.5	0.14
16.	22.8, 23, 23.2, 23.3, 23.4, 23.5, 23.6, 23.7	0.12
17.	25.5, 25.6, 25.7	0.1
18.	26, 26.1, 26.2, 26.3, 26.4, 26.6, 26.7, 26.8, 26.9, 27.1, 27.2, 27.4	0.12
19.	27.9, 28	0.1
20.	28.4, 28.5, 28.6, 28.7, 28.8, 28.9, 29, 29.1, 29.2, 29.3, 29.4, 29.6, 29.7, 29.9, 30, 30.2, 30.4	0.125
21.	30.7, 30.9, 31	0.15

Tablo 2.13 Nispi Nem Değerleri İçin Kümeleme İşlemi

$Öteleme$	$Emsal\ küme$	$küme\ içi\ fark$
1	41.2	X
2	42.7, 42.8	0.1
3	43.5	X
4	44	X
5	46, 46.2, 46.5	0.25
6	46.9	X
7	48.1, 48.3	0.2
8	48.7, 49	0.3
9	50	X
10	52	X
11	53.2, 53.4, 53.6, 53.8, 53.9, 54, 54.1	0.15
12	54.7, 54.8, 54.9, 55.2, 55.3	0.15
13	56.2, 56.3	0.1
14	56.7, 56.8, 56.9, 57, 57.1, 57.2, 57.5	0.13
15	57.9,58	0.1
16	58.4, 58.5, 58.6, 58.8, 58.9, 59.2, 59.4, 59.6, 59.8, 60.1, 60.2, 60.4, 60.6, 60.8, 60.9, 61.1, 61.3, 61.6, 61.7, 61.8, 61.9	0.175
17	62.4, 62.5, 62.6, 62.7, 62.9, 63, 63.1, 63.3, 63.4, 63.5, 63.8, 63.9, 64, 64.1, 64.2, 64.3, 64.5, 64.6, 64.8, 65, 65.2	0.135
18	66, 66.2, 66.5, 66.8, 66.9, 67, 67.3, 67.5, 67.7, 67.8, 68, 68.1, 68.3, 68.6, 68.7, 68.8, 69	0.187
19	69.4, 69.6	0.2
20	70, 70.2	0.2
21	70.6, 70.8, 71.1	0.25
22	71.6, 71.9, 72.1, 72.2, 72.3. 72.4	0.16
23	72.8, 73, 73.3	0.25
24	74.9	X
25	75.5	X
26	77.2	X
27	77.6, 77.7	0.1
28	79.1	X
29	80.1	X

Sıcaklık değerleri için elde edilen kümeler şu şekildedir:

$$\{10.1\}, \{11, 11.2\}, \{11.5\}, \cdots, \{30.7, 31\}$$

Nispi nem değerleri için elde edilen kümeler şu şekildedir:

$$\{41.2\}, \{42.7, 42.8\}, \{43.5\}, \cdots, \{80.1\}$$

4.Adım

Adım 3’te elde edilen kümeler içerisinde $\{x_q\}$ formunda tek elemanlı olan kümeler $\{x_q - ortalama\_fark\ , x_q + ortalama\_fark\}$ formuna dönüştürülür. O halde buradan hareketle kümelerin yeniden düzenlenmiş hali aşağıdaki gibidir.

Sıcaklık değerleri için elde edilen kümelerin yeniden düzenlenmiş hali şu şekildedir:

$$\{9.8971,10.3029\},\{11,11.2\},\{11.2971,11.7029\},\cdots\{30.7,31\}$$

Nispi nem değerleri için elde edilen kümelerin yeniden düzenlenmiş hali şu şekildedir:

$$\{40.8838,41.5162\},\{42.7,42.8\},\{43.1838,43.8162\},\cdots\{79.7838,80.4162\}$$

5.Adım

Adım 4'te elde edilen kümeler bitişik aralıklara dönüştürülür. Buna göre, sıcaklık değerleri için elde edilen kümelerden oluşturulan aralıklar şu şekildedir:

u_1 =[9.8971,10.3029), u_2 =[10.3029,11), u_3 =[11,11.2), ⋯ u_{40} =[30.4,30.7), u_{41} =[30.7,31).

Nispi nem değerleri için elde edilen kümelerden oluşturulan aralıklar şu şekildedir:

v_1 =[40.8838,41.5162), v_2 = [41.5162,42.7), v_3 = [42.7,42.8), ⋯ v_{56} =[79.4162,79.7838), v_{57} =[79.7838,80.4162).

Tablo 2.14 Sıcaklık ve Nispi Nem Değerleri İçin Bulanıklaştırılmış Zaman Verileri

Tarih	Sıcaklık	Bulanıklaştırılmış sıcaklık	Nispi nem	Bulanıklaştırılmış nispi nem
01.01.2000	10,1	A1	46	B9
01.02.2000	11,9	A8	48,3	B14
01.03.2000	13,6	A11	53,2	B21
01.04.2000	17,7	A21	64,1	B33
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
01.06.2013	26,3	A35	41,2	B1
01.07.2013	29,2	A39	57	B27
01.08.2013	29,9	A39	58,4	B31
01.09.2013	26,8	A35	54	B21

Meteoroloji verilerinin 3.dereceden bulanık mantık kuralları Tablo 2.15 de gösterilmiştir.

Tablo 2.15 01.01.2012 tarihinden 01.09.2013 Tarihine Kadar Olan Verilerin 3.Dereceden Bulanık Mantık Kuralları (FLR veri seti)

$\big((A4,B33),(A5,B23),(A11,B21)\big)\to A21$
⋮
$\big((A31,B33),(A35,B1),(A39,B27)\big)\to A39$
$\big((A35,B1),(A39,B27),(A39,B31)\big)\to A35$
$\big((A39,B27),(A39,B31),(A35,B21)\big)\to \#$

Tablo 2.16 01.01.2012 Tarihinden 01.09.2013 Tarihine Kadar Olan Verilerin 3.Dereceden Bulanık Mantık İlişki Grupları

Grup1: $\big((A4, B33), (A5, B23), (A11, B21)\big) \rightarrow A21$
Grup2: $\big((A5, B23), (A11, B21), (A21, B33)\big) \rightarrow A29$
Grup3: $\big((A11, B21), (A21, B33), (A29, B35)\big) \rightarrow A35$
Grup4: $\big((A11, B35), (A11, B31), (A11, B31)\big) \rightarrow A13$
Grup5: $\big((A11, B31), (A11, B31), (A13, B26)\big) \rightarrow A22$
Grup6: $\big((A11, B31), (A13, B26), (A22, B33)\big) \rightarrow A31$
Grup7: $\big((A13, B26), (A22, B33), (A31, B33)\big) \rightarrow A35$
Grup8: $\big((A21, B33), (A29, B35), (A35, B33)\big) \rightarrow A40$
Grup9: $\big((A22, B33), (A31, B33), (A35, B1)\big) \rightarrow A39$
Grup10: $\big((A23, B27), (A11, B35), (A11, B31)\big) \rightarrow A11$
Grup11: $\big((A29, B35), (A35, B33), (A40, B23)\big) \rightarrow A41$
Grup12: $\big((A31, B31), (A23, B27), (A11, B35)\big) \rightarrow A11$ Grup13: $\big((A31, B33), (A35, B1), (A39, B27)\big) \rightarrow A39$
Grup14: $\big((A35, B33), (A40, B23), (A41, B17)\big) \rightarrow A37$
Grup15: $\big((A35, B1), (A39, B27), (A39, B31)\big) \rightarrow A35$
Grup16: $\big((A37, B21), (A31, B31), (A23, B27)\big) \rightarrow A11$
Grup17: $\big((A39, B27), (A39, B31), (A35, B21)\big) \rightarrow \#$
Grup18: $\big((A40, B23), (A41, B17), (A37, B21)\big) \rightarrow A31$
Grup19: $\big((A41, B17), (A37, B21), (A31, B31)\big) \rightarrow A23$

Sıcaklık değişkeninin öngörü değerleri ise Tablo 2.17 de gösterilmiştir.

Tablo 2.17 01.01.2012 Tarihinden 01.09.2013 Tarihine Kadar Olan Verilerin Tahmin Edilen Değerleri

Tarih	Gerçek Sıcaklık	Gerçek Nispi Nem	Tahmin Edilen Sıcaklık
01.01.2012	11,2	63,3	
01.02.2012	11,5	54,9	
01.03.2012	13,8	54	
01.04.2012	17,5	64	18,15
01.05.2012	21,7	67	22
01.06.2012	26,7	64,3	26,7
01.07.2012	30,4	55,2	30,55
01.08.2012	30,9	50	30,85
01.09.2012	27,9	53,8	27,95
01.10.2012	23,3	59,2	23,25
01.11.2012	19,1	56,9	19,15
01.12.2012	14,5	67	13,8
01.01.2013	12,9	58,5	13,8
01.02.2013	14,4	61,8	13,8
01.03.2013	15,8	56,3	15,6
01.04.2013	18,8	63,4	18,95
01.05.2013	23,4	62,7	23,25
01.06.2013	26,3	41,2	26,7
01.07.2013	29,2	57	29,4
01.08.2013	29,9	58,4	26,7
01.09.2013	26,8	54	26,7

Sonuç olarak, Meteoroloji değerleri için Otomatik Kümeleme Tekniğine Dayalı Bulanık Zaman Serileri yöntemi uygulanmış, hata kareleri ortalaması (Mean Square Error) MSE=0,7077 ve ortalama karesel hata (Root Mean Square Error) ise $RMSE = 0{,}8412$ olarak hesaplanmıştır.

2.2.2 Otomatik Kümeleme Tekniğine Dayalı Bulanık Zaman Serileri Yönteminin Borsa İstanbul Verileriyle Uygulaması

Bu kısımda BIST (Borsa İstanbul) verileri kullanılmaktadır.

Tablo 2.18 03.01.2013 Tarihinden 31.10.2013 Tarihine Kadar Olan Piyasa Verileri

Sıra NO	TARIH	KAPANIS	USD/TRY	EURO/TRY	GOSTERGE FAIZ
1	03.01.2013	80033,33	1,7786	2,3539	6,27
2	04.01.2013	79563,95	1,78	2,3374	6,41
3	07.01.2013	80224,41	1,7815	2,3281	6,31
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
204	28.10.2013	79565,18	1,9815	2,7347	8
205	30.10.2013	78919,41	1,9871	2,7363	8,22
206	31.10.2013	77620,37	1,99	2,7358	8,23

1 ve 2.Adım

Kapanış verileri küçükten büyüğe doğru sıralandıktan sonra $ortalama\_fark_{kapanış}$ değeri şu şekilde bulunmuştur.

$$ortalama\_fark_{kapanış} = 135{,}251$$

İkinci faktör olarak USD/TL, EURO/TL ve GOSTERGE FAIZ değerleri temel bileşenler analizi (Principal Component Analysis) yöntemiyle şu şekilde belirlenmiştir:

Principal Components Analysis
Date: 02/09/14 Time: 15:07
Sample: 1/03/2013 10/17/2013
Included observations: 206
Computed using: Ordinary correlations
Extracting 4 of 4 possible components

Eigenvalues: (Sum = 4, Average = 1)

Number	Value	Difference	Proportion	Cumulative Value	Cumulative Proportion
1	2.639242	1.669540	0.6598	2.639242	0.6598
2	0.969702	0.682855	0.2424	3.608944	0.9022
3	0.286847	0.182638	0.0717	3.895791	0.9739
4	0.104209	---	0.0261	4.000000	1.0000

Eigenvectors (loadings):

Variable	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4
KAPANIS	-0.562955	0.038292	0.706353	0.427412
GOSTERGE__FAIZ	0.591841	-0.095055	-0.007473	0.800395
EURO_TRY	0.138534	0.989100	0.047428	0.015472
USD_TRY	0.560013	-0.105729	0.706229	-0.420056

Ordinary correlations:

	KAPANIS	GOSTERGE...	EURO_TRY	USD_TRY
KAPANIS	1.000000			
GOSTERGE__FAIZ	-0.848736	1.000000		
EURO_TRY	-0.158804	0.126410	1.000000	
USD_TRY	-0.711595	0.847942	0.112277	1.000000

Şekil 2.1 USD_TL, EURO_TL ve GÖSTERGE FAİZİ Değerleri İçin Temel Bileşenler Analizi Sonuçları

Buna göre ikinci faktör denklemi aşağıdaki gibidir:

$$ikinci\ faktör = 0.591841 * Gösterge\ faiz + 0.138534 * EuroTL + 0.560013 * UsdTL \qquad (2.9)$$

Borsa değişkenleri (2.7) de yerine konulup ikinci faktör değerleri belirlenir. İkinci faktör değerleri Tablo 2.19 da gösterilmiştir.

Tablo 2.19 BIST Değişkenleri İçin Belirlenen İkinci Faktör Değerleri

Sıra NO	TARIH	KAPANIS	USD/TRY	EURO/TRY	GOSTERGE FAIZ	İKİNCİ FAKTÖR
1	03.01.2013	80033,33	1,7786	2,3539	6,27	5,0329774
2	04.01.2013	79563,95	1,78	2,3374	6,41	5,1143333
3	07.01.2013	80224,41	1,7815	2,3281	6,31	5,0547009
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
204	25.10.2013	79271,5	1,9757	2,7253	7,81	6,1062426
205	28.10.2013	79565,18	1,9815	2,7347	8	6,2232427
206	30.10.2013	78919,41	1,9871	2,7363	8,22	6,3568054
207	31.10.2013	77620,37	1,99	2,7358	8,23	6,3642786

İkinci faktör verileri küçükten büyüğe doğru sıralandıktan sonra $ortalama\_fark_{ikinci\ faktör}$ değeri şu şekilde bulunur:

$$ortalama\_fark_{ikinci\ faktör} = 0{,}016509$$

3.Adım

2.adımdaki $ortalama\_fark_{kapanış}$ ve $ortalama\_fark_{ikinci\ faktör}$ değerlerine göre kümeleme işlemi yapılır. Buna göre kapanış verileri için kümele işlemi sonucunda elde edilen kümeler şu şekildedir:

$$\{65452.4{,}65519.87\}, \{66394{,}41\}, \{66715{,}06\}, \cdots \{93178{,}87\}$$

Benzer biçimde ikinci faktör verileri için kümele işlemi sonucunda elde edilen kümeler şu şekildedir:

$$\{4.128165777\}, \{4.275763345{,}4.294567342\}, \cdots \{7.512523666\}$$

4.Adım

Adım 3'te elde edilen kümeler içerisinde $\{x_q\}$ formunda tek elemanlı olan kümeler $\{x_q - ortalama\_fark\ , x_q + ortalama\_fark\}$ formuna dönüştürülür. O halde buradan hareketle kümelerin yeniden düzenlenmiş hali aşağıdaki gibidir.

Kapanış değerleri için elde edilen kümelerin yeniden düzenlenmiş hali şu şekildedir:

$$\{65452.4,65519.87\},\{66259.159,66529.661\},\cdots\{93043.619,93314.121\}$$

İkinci faktör değerleri için de aynı biçimde kümeler oluşturulup bir sonraki adıma geçilir.

5.Adım

Adım 4'te elde edilen kümeler bitişik aralıklara dönüştürülür. Buna göre, kapanış değerleri için elde edilen kümelerden oluşturulan aralıklar şu şekildedir:

u_1=[65452.4,65519.87),u_2=[65519.87,66259.159), u_3=[66259.159,66529.661), $\cdots$ u_{128}=[92247.321,93043.619),u_{129}=[93043.619,93314.121).

İkinci faktör değerleri için elde edilen kümelerden oluşturulan bitişik aralıklar şu şekildedir:

v_1 =[4.1116567769,4.1446747769), v_2 =[4.1446747769,4.275763345), v_3 =[4.275763345,4.2945673416), $\cdots$ v_{118} =[7.4308357281,7.4960146658), v_{119} =[7.4960146658,7.5290326658).

Kapanış ve ikinci faktör değerleri için bulanıklaştırma işlemi sonuçları Tablo 2.20 de gösterilmiştir.

Tablo 2.20 Kapanış ve İkinci Faktör Değerleri İçin Bulanıklaştırılmış Zaman Verileri

Tarih	Kapanış	Bulanıklaştırılmış kapanış	İkinci Faktör	Bulanıklaştırılmış ikinci faktör
03.01.2013	80033,33	A73	5,0329773744	B29
04.01.2013	79563,95	A69	5,1143333216	B33
07.01.2013	80224,41	A73	5,0547008749	B30
08.01.2013	80161,71	A55	4,977469448	B26
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
25.10.2013	79271,5	A69	6,1062426043	B60
28.10.2013	79565,18	A69	6,2232426893	B66
30.10.2013	78919,41	A67	6,3568054365	B71
31.10.2013	77620,37	A61	6,3642786172	B71

Bulanık mantık kuralları ise tablo 2.21 de gösterilmiştir.

Tablo 2.21 01.10.2013 Tarihinden 31.10.2013 Tarihine Kadar Olan Verilerin 3.Dereceden Bulanık Mantık İlişkileri

$\big((A55, B76), (A52, B76), (A55, B78)\big) \rightarrow A55$
$\vdots$
$\big((A67, B58), (A69, B60), (A69, B66)\big) \rightarrow A67$
$\big((A69, B60), (A69, B66), (A67, B71)\big) \rightarrow A61$
$\big((A69, B66), (A67, B71), (A61, B71)\big) \rightarrow A\#$

Borsa verileri kullanılarak kapanış değerlerinin öngörü değerleri hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 2.22 de gösterilmiştir.

Tablo 2.22 01.10.2013 Tarihinden 31.10.2013 Tarihine Kadar Olan Verilerin Öngörü Değerleri

Tarih	Gerçek Kapanış Değeri	Gerçek ikinci Faktör	Tahmin Edilen Kapanış Değeri
01.10.2013	76469,99	6,4486907576	76353,02
02.10.2013	75162,81	6,4463903968	75268,66
03.10.2013	76269,85	6,4853743523	76353,02
04.10.2013	76206,97	6,2662940972	76353,02
07.10.2013	75901,17	6,1837786361	76038,765
08.10.2013	75063,87	6,2548815979	75101,92
09.10.2013	74483,85	6,2287497777	74372,555
10.10.2013	75639,77	6,2261739693	75637,84
11.10.2013	76176,36	6,1189474717	76353,02
14.10.2013	76234,96	6,1380950941	76353,02
21.10.2013	78877,02	5,9897935351	78833,465
22.10.2013	79272,42	5,9892527616	79454,145
23.10.2013	78515,59	5,9915774457	78515,59
24.10.2013	78845,79	6,0374304065	78833,465
25.10.2013	79271,5	6,1062426043	79454,145
28.10.2013	79565,18	6,2232426893	79454,145
30.10.2013	78919,41	6,3568054365	78833,465
31.10.2013	77620,37	6,3642786172	77728,86

Sonuç olarak Borsa İstanbul verileri kullanılarak gerçekleştirilen uygulamada hata kareleri ortalaması MSE=107,82 ve ortalama karesel hata ise $RMSE = 10{,}38$ olarak hesaplanmıştır.

Otomatik kümeleme tekniğine dayalı bulanık zaman serileri yöntemiyle her iki veri kümesinin uygulaması sonucunda elde edilen hata değerleri Tablo 2.23 de gösterilmiştir.

Tablo 2.23 Otomatik Kümeleme Tekniğine Dayalı Bulanık Zaman Serileri Yöntemiyle Meteoroloji ve BIST Verileri İçin Bulunan Hata Ve Ortalama Karesel Hata (RMSE) Değerleri

	MSE	RMSE
Meteoroloji verileri	0.7077	0.8412
Borsa Verileri	107.82	10.38

2.3 Bulanık Kurallara Dayalı Bulanık Zaman Serileri Yöntemi

Bu yöntem Wang (1992) tarafından ortaya konmuştur. Bu yöntem beş adımdan oluşmaktadır. 1.adım: Eldeki nümerik datanın girdi ve çıktıları bulanık kümelere ayrılır. 2.adım: datadan bulanık kurallar üretilir. 3.adım: oluşturulan kuralların arasındaki anlaşmazlıkları gidermek için kurallara bir derece tayin edilir. 4.adım: üretilen kurallar için bulanık kural tabanı (Fuzzy Rule Base) oluşturulur. 5.adım: girdi ve çıktılardan oluşturulan bulanık kural tabanından durulaştırma işlemi yardımıyla kararlar verilir. Bu yöntemin işleyişi aşağıdaki gibidir:

x_1 ve x_2 girdi verileri, y ise çıktı verisi olmak üzere girdi – çıktı veri çiftlerinin kümesi aşağıdaki gibi olsun.

$$\left(x_1^{(1)}, x_2^{(1)}; y^{(1)}\right), \left(x_1^{(2)}, x_2^{(2)}; y^{(2)}\right), \dots$$

Verilen basit iki girdi – bir çıktı durumu çalışmada çoklu girdi – çıktı durumlarına genelleme yapılabilmesi açısından faydalı olacaktır. Buradaki asıl amaç yukarıda verilen bağıntıdaki girdi – çıktı çiftlerinden bulanık kurallar üretmek ve bu bulanık kuralları kullanarak $f\colon (x_1, x_2) \rightarrow y$ biçiminde modeller oluşturmaktır.

Bu yaklaşım aşağıda bahsedilen beş adımdan oluşmaktadır:

1. Girdi – Çıktı Kümesinin Bulanık Bölgelere Ayrılması:

Bir değişkenin içinde bulunma olasılığı en yüksek olan aralığa "ilgili aralık" (domain interval) olarak isim verilsin. O halde x_1,x_2 ve y değişkenlerinin ilgili aralıkları sırasıyla $[x_1^-, x_1^+]$, $[x_2^-, x_2^+]$ ve $[y^-, y^+]$ olsun. Her bir ilgili aralık$2N + 1$bölgeye ayrılır.(N değeri farklı değişkenler için farklı değerler alabilir ve bu bölgelerin uzunlukları eşit olabileceği gibi farklı da olabilir). Her bir bölgeye bir üyelik fonksiyonu atanır. Notasyonlar ise SN (Küçük N), … S1 (Küçük l), CE (Merkez),B1 (Büyük l), … BN (Büyük N**)** biçimindedir. Her bir üyelik fonksiyonu üçlü şekildedir. Değerlerden biri bölgenin merkezinde bulunur ve değeri birdir. Diğer iki değer ise merkezde olan bölgenin komşuluklarında bulunur ve değerleri sıfırdır. Elbette bundan daha farklı bir bölme şekli ve üyelik fonksiyonları da mümkündür.

2. Elde Edilen Veri Çiftlerinden Bulanık Kurallar Üretilmesi:

İlk olarak, farklı bölgelerde verilen $x_1^{(i)}$, $x_2^{(i)}$ ve $y^{(i)}$ değerlerinin dereceleri belirlenir. İkinci olarak, $x_1^{(i)}$, $x_2^{(i)}$ ve $y^{(i)}$ değerleri en yüksek dereceye sahip oldukları bölgeyle ilişkilendirilir. Son olarak, verilen girdi – çıktı çiftlerinden her biri için bir kural belirlenir. Bu yolla üretilen kurallar "ve" kurallarıdır. Yani, "ŞART" kısmının koşullarıyla üretilen kurallar "SONUÇ" kısmının sonuçlarıyla eş zamanlı biçimde örtüşmelidir. Bu çalışmada yalnızca "ve" kuralları incelenecektir.

3. Her Kural İçin Bir Derece Belirlenmesi:

Çok fazla veri çifti olduğundan ve her veri çifti için kural üretildiğinden dolayı oldukça karmaşık bir kurallar karmaşası olması çok muhtemeldir. Bu karmaşadan kurtulmanın bir yolu, veri çiftlerinden üretilen her kural için bir derece belirlenmesi ve en yüksek dereceye sahip karmaşık gruptan elde edilen kuralın kabul edilmesidir. Bu şekilde, hem karmaşık bir problem çözülmüş olur hem de kuralların sayısı oldukça azaltılmış olur.

Her bir kural için derece üretilirken aşağıdaki strateji izlenmiştir: kural için " EĞER x_1 değeri A ve x_2 değeri B ise O HALDE y değeri C dir." Bu kuralın derecesi *D(Kural)* aşağıdaki gibi tanımlıdır:

$$D(Kural) = m_A(x_1)m_B(x_2)m_C(y)$$

Uygulamada çoğunlukla veri çiftleri hakkında ön bilgi edinilebilir. Örneğin, elimizdeki verilerle ilgili bir uzman görüşüne başvurulacak olursa hangi tür verinin kullanışlı ve hayati öneme sahip olduğunu; hangi tür verinin de kullanışsız ve ölçüm hatalarına yol açabileceğini söyleyebilir. Bu yüzden eldeki veri çiftlerine ne ölçüde kullanışlı olduğunu düşünülüyorsa o ölçüde derece belirlenir. Buradan hareketle veri çiftleri bir bulanık küme teşkil eder. Yani, bulanık küme kullanışlı ölçümlerle tanımlanmış olur; herhangi bir veri çifti bu kümeye bir uzman tarafından belirlenen bir derece ile ait olmuş olur.

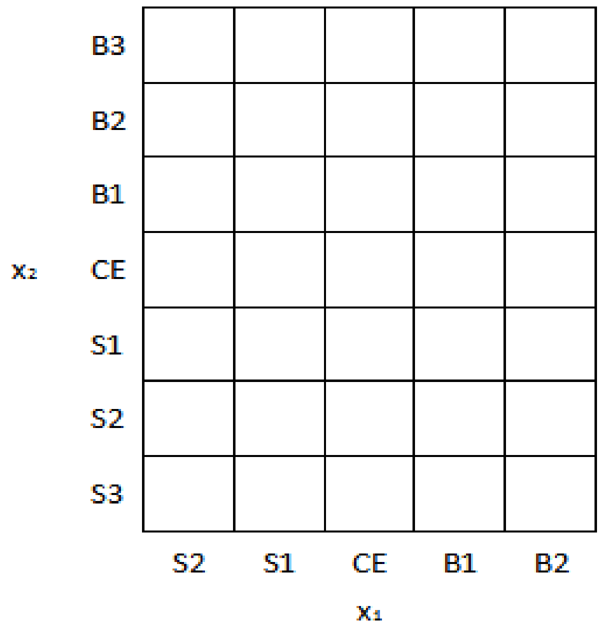
Varsayılsın ki $\left(x_1^{(i)}, x_2^{(i)}; y^{(i)}\right)$ veri çiftinin derecesi $m^{(i)}$ olsun. O halde *Kural*' ın derecesi aşağıdaki gibi yeniden tanımlanır:

$$D(Kural) = m_A(x_1)m_B(x_2)m_C(y)m^{(i)}$$

Yani, bir kuralın derecesi bu kuralı üreten veri çiftlerinin dereceleriyle kuralın bileşenlerinin derecelerinin çarpımıyla elde edilir. Bu uygulamada oldukça önemlidir. Çünkü gerçek sayısal veriler değişik güvenilirliğe sahiptirler. Örneğin, bazı gerçek veriler oldukça kötü olabilir. İyi veri için daha yüksek dereceler belirlenirken, kötü veriler için daha düşük dereceler belirlenir. Bu yolla, veri hakkındaki insan deneyimleri diğer bilgilerin elde edilmesinde etkin bir biçimde kullanılmış olur.

4. Bütünleşik Bulanık Kural Temelinin (Fuzzy Rule Base) Oluşturulması:

Bulanık kural temelinin formu aşağıdaki şekilde resmedilmiştir.



Şekil 2.2 Bulanık Kural Temelinin Formu

Kutucuklar aşağıdaki yöntem takip edilerek doldurulur: bütünleşik bulanık kural temeli ya sayısal verilerden elde edilen kurallarla ya da sözel kurallardan elde edilen kurallar ile belirlenir(sözel kurallar uzmanların belirlediği ya da önem durumuna göre belirlenen dereceler ile oluşturulan kurallar olarak tanımlandı). Eğer bir kutucukta birden fazla kural varsa derecesi en yüksek olan kural kullanılır. Bu şekilde hem sayısal hem de sözel bilgiler bir sisteme bağlanmış olur – bütünleşik bulanık kural temeli. Eğer sözel kural "ve" kuralı ise bulanık kural temelinin yalnız bir kutusunu doldurur; ancak, eğer sözel kural "veya" kuralı (ŞART kısmının her koşulunun sağlandığı durumda SONUÇ kısmını takip eden kural) ise ŞART kuralının bölgelerinin karşılık geldiği tüm satır ve sütunlardaki kutucukları doldurur.

5. Bütünleşik Bulanık Kural Temeline Dayalı Bir Haritalamanın Yapılması

Verilen (x_1, x_2) girdileri için çıktı kontrolü y'nin belirlenmesi için aşağıdaki durulaştırma stratejisi izlenir: ilk olarak, verilen (x_1, x_2) girdileri için (x_1, x_2)'ye uyan çıktı kontrolünün, m_{Oi}^{i} , derecesinin belirlenmesi için çarpım operasyonunu kullanarak i-nci bulanık kuralın öncüleri toplanır. Öyle ki;

$$m^{i}_{O^i} = m_{I^i_1}(x_1)m_{I^i_2}(x_2) \tag{2.10}$$

Burada O^i kural i'nin çıktı bölgesini, I^i_j ise j-inci bileşen için kural i'nin girdi bölgesini belirtmektedir. Buradan kural1 şu sonucu verir:

$$m^{1}_{CE} = m_{B1}(x_1)m_{S1}(x_2) \tag{2.11}$$

Daha sonra çıktının belirlenmesi için aşağıdaki merkezi durulaştırma formülü elde edilir:

$$y = \frac{\sum_{i=1}^{K} m^{i}_{O^i} y^{-i}}{\sum_{i=1}^{K} m^{i}_{O^i}} \tag{2.12}$$

Burada y^{-i} değeri O^i bölgesinin merkez değerini belirtmektedir. (bir bulanık bölgenin merkezi, üyelik değeri bire eşit olan bölge için üyelik fonksiyonlarında tüm noktalar arasından en küçük mutlak değere sahip olan nokta olarak tanımlanır.) K ise bütünleşik bulanık kural temelindeki bulanık kuralların sayısını belirtmektedir.

Beş adımlık bu süreç kolaylıkla çoklu girdi – çıktı durumları için genelleştirilebilir. Birinci adımdan dördüncü adıma kadarki süreç girdi – çıktı sayısından bağımsızdır. Ancak beşinci adımda $m^{i}_{O^i}$' yi $m^{i}_{O^i_j}$ ile değiştirmek yeterli olacaktır. Burada j indisi çıktı vektörünün j-inci bileşenini göstermektedir. O halde yukarıdaki durulaştırma formülü aşağıdaki gibi yeniden düzenlenir:

$$y = \frac{\sum_{i=1}^{K} m^{i}_{O^i_j} y_j^{-i}}{\sum_{i=1}^{K} m^{i}_{O^i_j}} \tag{2.13}$$

2.3.1 Bulanık Kurallara Dayalı Bulanık Zaman Serileri Yönteminin Borsa İstanbul ve Meteoroloji Verileriyle Uygulaması

lgili kurallar genel olarak aşağıda yer alan şart-koşul ifadeleri ile yazılırlar.

$$R_i: eğer x_1, A_{1i} ise\ , x_2, A_{2i} ise, \ldots x_n, A_{ni} ise y, B_i dir. (A\ ve\ B\ bulanık\ küme).$$

Bu durumda matematiksel model bulanık kural yapısı olarak isimlendirilir. Bulanık kural yapısının adımları aşağıdaki gibidir.

1. Bulanıklaştırma adımı: eldeki nümerik verilerin sözel ifadelere dönüştürülmesi.
2. Eldeki verileri ya da geçmiş deneyimleri kullanarak "şart - sonuç" (if - then) kurallarının oluşturulması.
3. Çıkarımlara ulaşmak için eldeki modelin çalıştırılması.
4. Durulaştırma: eldeki sözel ifadelerin –eğer gerekliyse- nümerik değerlere dönüştürülmesi.

Uygulamada hem BIST verilerini hem de meteoroloji verilerini bulanıklaştırmak için her iki veri seti için üyelik fonksiyonları inşa edildi. Üyelik fonksiyonlarının inşasında veri setinde her değişken için belirlenen aralık değerleri için sözel ifade olarak “düşük – orta – yüksek” ifadeleri belirlendi. Değişkenin değeri hangi aralıkta değer alıyorsa bu nümerik ifade için o aralığın sözel ifadesi atandı. Eğer nümerik değer üyelik fonksiyonunda sözel ifadelerin kesişim bölgesinde bulunursa da o değerin ordinat değeri daha düşük olan ifade sözel ifade olarak atandı. Bulanık sözel değişkenler ve nümerik değişkenlerin üyelik fonksiyonlarındaki değerleri Tablo 2.24 de gösterilmiştir.

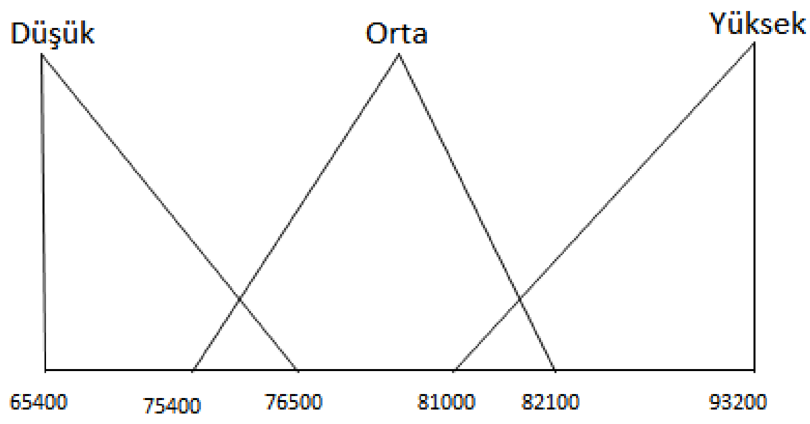
Tablo 2.24 Borsa Değişkenleri İçin Bulanık Sözel Değişkenler ve Nümerik Değişkenlerin Üyelik Değerleri

GİRDİ DEĞİŞKENLERİ			ÇIKTI DEĞİŞKENİ
EURO- TL	USD – TL	GÖSTERGE FAİZ	BIST
Düşük: (2.30, 2.30, 2.37)	Düşük: (1.74, 1.74, 1.81)	Düşük: (4.23, 4.23, 5.85)	Düşük: (65400,65400,76500)
Orta: (2.35, 2.44, 2.54)	Orta: (1.80, 1.86, 1.93)	Orta: (5.61, 5.81, 8.02)	Orta: (75400,78750,82100)
Yüksek: (2.51, 2.75, 2.75)	Yüksek: (1.91, 2.07, 2.07)	Yüksek: (7.87, 10.2, 10.2)	Yüksek: (81000,93200,93200)

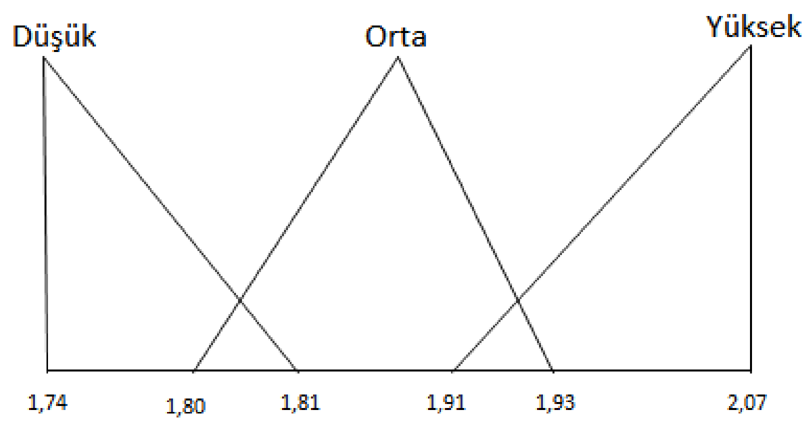
Tablo 2.25 Meteoroloji Değişkenleri İçi Bulanık Sözel Değişkenler ve Nümerik Değişkenlerin Üyelik Değerleri

GİRDİ DEĞİŞKENLERİ		ÇIKTI DEĞİŞKENİ
NİSBİ NEM	BASINÇ	SICAKLIK
Düşük: (31, 31, 61)	Düşük: (10000,10000,10105)	Düşük: (10, 10, 17)
Orta: (59, 63, 68)	Orta: (10100,10125,10150)	Orta: (15, 20, 26)
Yüksek: (66, 81, 81)	Yüksek: (10142,10210,10210)	Yüksek: (24, 31, 31)

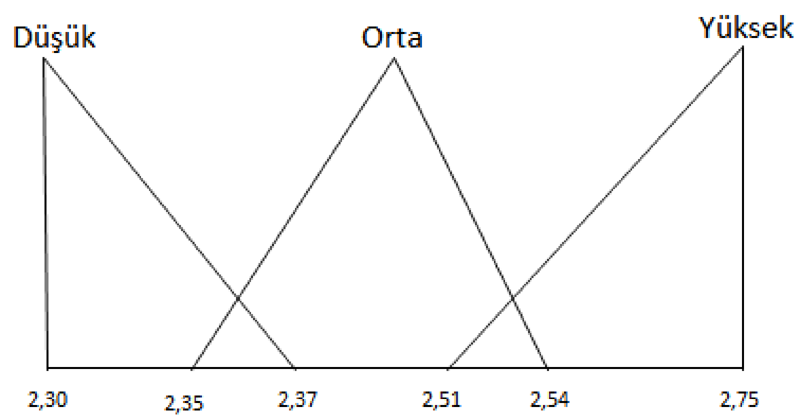
Veri kümesinde yer alan her bir gözleme karşı gelen bir kural verilen üyelik fonksiyonları kullanılarak yazılır. Her bir değişkenin alacağı sözel değerler ve onların üyelik fonksiyonları aşağıdaki şekiller yardımıyla gösterilebilir.



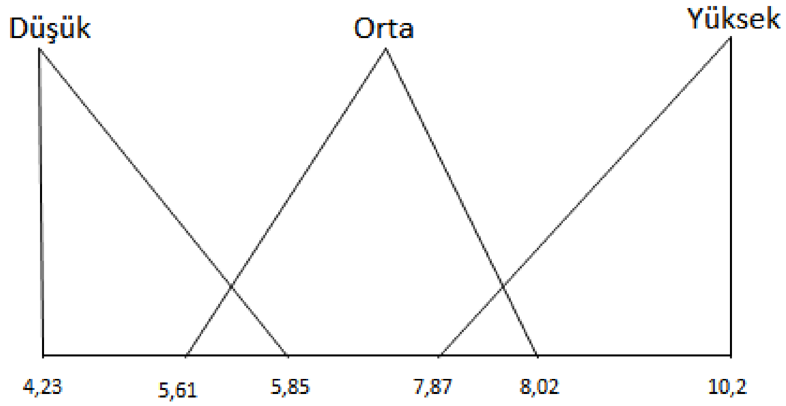
Şekil 2.3 Borsa İstanbul Değişkeninin Aldığı Değerler İçin Üyelik Fonksiyonları



Şekil 2.4 USD_TL Değişkeninin Aldığı Değerler İçin Üyelik Fonksiyonları

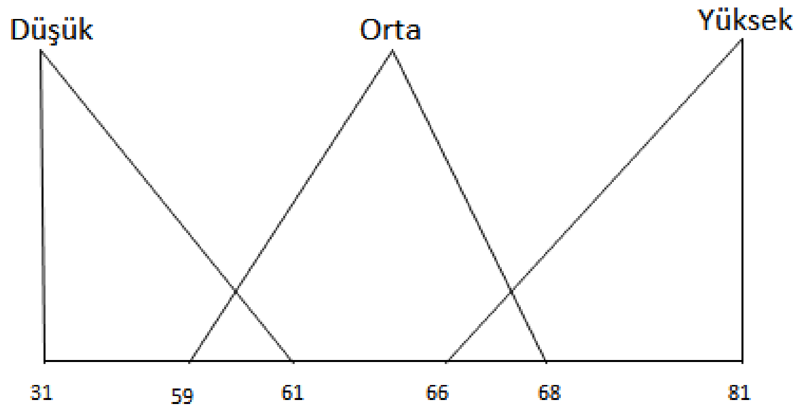


Şekil 2.5 EURO_TL Değişkeninin Aldığı Değerler İçin Üyelik Fonksiyonları

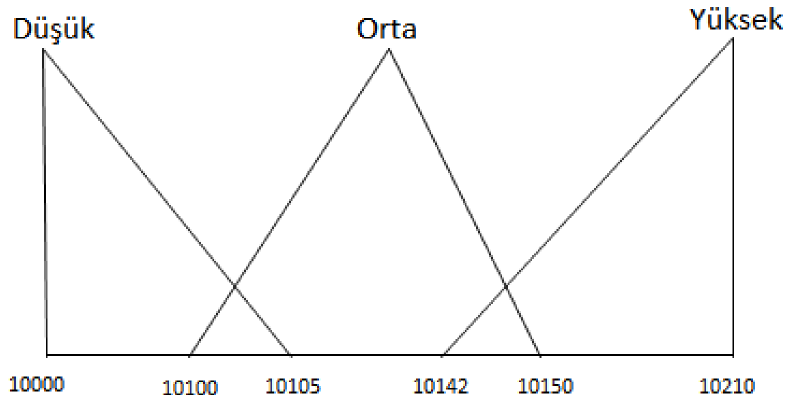


Şekil 2.6 Gösterge Faizi Değişkeninin Aldığı Değerler İçin Üyelik Fonksiyonları

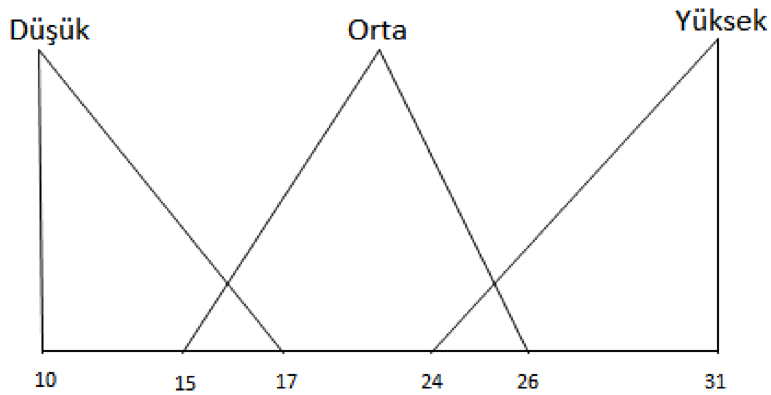
Aynı metodun meteoroloji değişkenleri için üyelik fonksiyonları ise aşağıdaki gibidir.



Şekil 2.7 Nispi Nem Değişkeninin Aldığı Değerler İçin Üyelik Fonksiyonları



Şekil 2.8 Basınç Değişkeninin Aldığı Değerler İçin Üyelik Fonksiyonları



Şekil 2.9 Sıcaklık Değişkeninin Aldığı Değerler İçin Üyelik Fonksiyonları

Her bir veri seti için gözlemler yukarıda verilen üyelik fonksiyonları yardımıyla bulanık kurallar haline dönüştürüldü ve Matlab R2013a programına girildi. Bu bulanık mantık kurallarından bazıları Alanya Meteoroloji verisi için aşağıdaki biçimde yazılır:

$$kural1: eğer\ basınç\ orta, nisbi\ nem\ düşük\ ise\ sıcaklık\ düşük.$$

$$kural2: eğer\ basınç\ yüksek, nisbi\ nem\ düşük\ ise\ sıcaklık\ düşük.$$

Toplam gözlem sayısı 165 olduğu için, ilgili programa 165 gözlem için kurallar girilmiştir. Benzer şekilde BIST verileri için de aynı yol izlenerek kurallar her bir gözlem için oluşturulmuştur. Bu kurallardan bazılar aşağıdaki biçimde verilmiştir:

$$kural1: eğer\ USD - TR\ düşük, EURO - TR\ orta, G.FAİZ\ orta\ ise\ BIST\ orta.$$

$$kural2: eğer\ USD - TR\ düşük, EURO - TR\ düşük, G.FAİZ\ orta\ ise\ BIST\ orta.$$

Her iki veri seti için modeller çalıştırılmış ve çıktı değişkenleri olan BIST indeks değeri ve sıcaklık değeri elde edilmiştir. Modellerin öngörü kabiliyetlerini belirlemek için veri kümesinin yüzde 80 test kümesi, yüzde 20 si tahmin kümesi olmak üzere ikiye ayrılmıştır.

Test veri kümesi ile modelleme çalışması gerçekleştirilirken, diğer küme tahmin amaçlı kullanılmıştır. Bu iki veri kümesi için gerçek ve öngörü değerleri aşağıdaki tablolarda yer almaktadır.

Tablo 2.26 Borsa İstanbul Değerleri İçin Öngörü Değerleri

	Gerçek değer (BIST)	Öngörü değeri
03.01.2013	80033,33	78800
04.01.2013	79563,95	78880
⋮	⋮	⋮
02.08.2013	74032,75	70400

Tablo 2.27 Meteoroloji Değerleri İçin Öngörü Değerleri

	Gerçek değer (Sıcaklık)	Öngörü değeri
01.01.2000	10,1	12,2
01.02.2000	11,9	15,1
⋮	⋮	⋮
02.08.2013	26,8	23,3

Bu sonuçlara ilişkin hata değerleri Tablo 2.28 de verilmiştir.

Tablo 2.28 Bulanık Kurallara Dayalı Bulanık Zaman Serileri Yöntemiyle BIST ve Meteoroloji Değerleri İçin Elde Edilen Ortalama Karesel Hata (RMSE) Değerleri

RMSE	
BIST	Meteoroloji
49,74	6,25

SONUÇ

Borsa İstanbul veri kümesine ilave olarak Alanya ilçesine ait meteorolojik ortalamalar veri kümesi çalışmaya dâhil edilmiştir.

Borsa İstanbul veri kümesinde borsanın kapanış indeks değerlerinin tahmini için aday değişken olarak USD_TL, EURO_TL ve Gösterge faizi değişkenleri belirlenmiştir. Alanya ilçesinin meteorolojik ortalamaları veri kümesinde ise Alanya ilçesinin sıcaklık değerlerinin tahmini için nispi nem ve basınç değişkenleri aday değişkenler olarak belirlenmiştir. Her iki veri kümesi için "Uzaklık Bazlı Bulanık Zaman Serileri Yöntemi", "Otomatik Kümeleme Tekniğine Dayalı Bulanık Zaman Serileri Yöntemi" ve "Bulanık Kurallara Dayalı Bulanık Zaman Serileri Yöntemi" ile uygulaması yapılmış ve bu uygulamalar sonucunda hata kareleri ortalaması tekniği kullanılarak bulunan sonuçları ortalama karesel hatalar (RMSE) aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

	Ortalama Karesel Hatalar (RMSE)		
	Uzaklık Bazlı Bulanık Zaman Serileri Yöntemi	Otomatik Kümeleme Tekniğine Dayalı Bulanık Zaman Serileri Yöntemi	Bulanık Kurallara Dayalı Bulanık Zaman Serileri Yöntemi
BORSA İSTANBUL VERİ SETİ	26,6	10,38	49,74
ALANYA METEOROLOJİ VERİ SETİ	2,78	0.8412	6,25

Bu karşılaştırma esas alınacak olursa hata oranı en düşük olan metodun "Otomatik Kümeleme Tekniğine Dayalı Bulanık Zaman Serileri Yöntemi" olduğu görülmektedir. Buradan hareketle bu yöntemin en iyi yöntem, bundan sonra "Uzaklık Bazlı Bulanık Zaman Serileri Yöntemi" ve en son olarak "Bulanık Kurallara Dayalı Bulanık Zaman Serileri Yöntemi" olduğu sonucuna varılmıştır.

Otomatik Kümeleme Tekniğine Dayalı Bulanık Zaman Serileri Yöntemi en iyi öngörü değerlerini vermiştir. Bu yöntemin en iyi yöntem olması verileri kümelerken yoğunlaşma noktaları etrafında otomatik kümelemesinden kaynaklanmaktadır.

KAYNAKÇA

Allen, R.G.D, “Statistics for Economists”, Mc-Millan, UK, 1964,ss.133–152.

Aladağ,(2010)“Yüksek Dereceli Bulanık Zaman Serisi Modeli ve IMKB Uygulaması”, Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi,Cilt/Vol.:11-Sayı/No: 2 : 95-101

Hung T. Nguyen, Elbert A. Walker, “A First Course Of FUZZY LOGIC”, Chapman&Hall/CRC, ss:2–10

Koçak, C., Eğrioğlu, E., Yolcu, U., Aladağ, Ç., “Döviz Kuru Verilerinin Bulanık Zaman Serisi İle Öngörüsü”, VII. İstatistik Günleri Sempozyumu Bildiriler Kitabı, ss:123

Chen, S.M.(2002),”Forecasting Enrollments Based On High-Order Fuzzy Time Series”, Cybernetics and Systems An International Journal 33 1-16.

Eğrioğlu, E., Aladağ, Ç.H., Yolcu, U., Başaran, M.A., Uslu, V.R. (2009), “*A* New Hybrid Approach Based on SARIMA and Partial High Order Bivariate Fuzzy Time Series Forecasting Model”, Expert Systems with Applications, 36, 7424-7434.

Chen, S. M. (1996), “Forecasting Enrollments Based On Fuzzy Time-Series”, Fuzzy Sets and Systems, 81, 311-319.

Box, G. E. P.,& Jenkıns, G. M. (1976). “Time Series Analysis: Forecasting And Control”. San Francisco, CA: Holdan-Day.

Wang, Li-Xin.,(1992), “Generating Fuzzy Rules by Learning from Examples”, IEEE Transactions on systems, Vol.22 No.6.

Yungho L., Chıen-Pang L., Yıe-Zu J.(2009), “A Distance Based Fuzzy Time Series Model for Exchange Rates Forecasting”,Taiwan,ROC.

Wang, Chen. (2007), “Temperature Prediction and TAIFEX Forecasting Based On Automatic Clustering Techniques And Two-Factors High-Order Fuzzy Time Series”,Taiwan, ROC.

G. E. P. Box and G. M. Jenkins,(1976)“Time Series Analysis: Forecasting and Control”. Oakland, CA Holden-Day,.

Yolcu,(2012). “The Forecasting of Istanbul Stock Market with a High Order Multivariate Fuzzy Time Series Forecasting Model”,Turkısh Journal of Fuzzy Systems, vol.3,No.2, pp.118–135.

Chen, S.M., Chen, C.D., “*TAIEX* Forecasting Based On Fuzzy Time Series And Fuzzy Variation Groups”. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, vol. 19 No.1, 2011.

Cheng, C-H.,Cheng, G-W., Wang, J-W., “Multi-attribute fuzzy Time Series Method Based On Fuzzy Clustering”.Expert Systems with Applications, 34, 1235–1242, 2008.

Egrioglu, E.,Aladag, C.H., Yolcu, U., Uslu, V.R., Basaran, M.A., “A New Approach Based On Artificial Neural Networks For High Order Multivariate Fuzzy Time Series”. Expert Systems with Applications, 36, 10589–10594, 2009a.

Song, Q., Chissom, B.S., “Fuzzy Time Series and Its Models”. Fuzzy Sets and Systems, 54, 269-277, 1993a.

Song, Q., Chissom, B.S., “Forecasting Enrollments With Fuzzy Time Series-Part I.”, Fuzzy Sets and Systems, 54, 1-10, 1993b.

Zadeh A.(1965), “Fuzzy Sets, Information And Control 8”, 338 – 353.

Sullivan, J.,&Woodall, W. H. (1994), “A Comparison Of Fuzzy Forecasting And Markov Modeling”, Fuzzy Sets and Systems, 64, 279-293.

Hwang, J. R., Chen, S. M., & Lee, C. H. (1998), “Handling Forecasting Problems Using Fuzzy Time Series”, Fuzzy Sets and Systems, 100, 217-228.

Song, Q. and Chissom, B.S. (1993a), “Fuzzy Time Series and Its Models”,Fuzzy Sets and Systems, 54, 269-277.

Song, Q. and Chissom, B.S. (1993b), “Forecasting Enrollments With Fuzzy Time Series- Part I”, Fuzzy Sets and Systems, 54, 1-10.

Huarng, K. & Yu, H.K. (2006), “The Application Of Neural Networks To Forecast Fuzzy Time Series”, Physica A, 363, 481-491.

Huarng, K. (2001), “Heuristic Models Of Fuzzy Time Series For forecasting” Fuzzy Sets and Systems, 123 (3), 369-386.

Ö Z G E Ç M İ Ş

Adı ve SOYADI **:**Hilmi UYAR

Doğum Tarihi ve Yeri **:**12.06.1983 – Alanya/Antalya

Medeni Durumu **:**Evli

<u>Eğitim Durumu</u>

Mezun Olduğu Lise **:**Ümraniye Anadolu Lisesi, İstanbul, 2001

Lisans Diploması **:**Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü Fen Fakültesi Matematik(İng.) Bölümü, İzmit, 2009

Yüksek Lisans Diploması **:**Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Ekonometri Ana Bilim Dalı, Antalya, 2015

Tez Konusu **:** Borsa İstanbul (BIST) Verilerinin Çeşitli Bulanık Zaman Serileri Yaklaşımları ile Öngörülerinin Karşılaştırması

Yabancı Dil **:**İngilizce

<u>İş Deneyimi</u>

Çalıştığı Kurumlar **:**Sınav Dershanesi(2009 – 2011)
Akdeniz Üniversitesi Alanya İşletme Fakültesi
(Yarı Zamanlı Öğretim Görevlisi, 2010–2011)
Alanya İlçe Milli Eğitim Müdürlüğü
(Ortaöğretim Matematik Öğretmeni, 2011 – 2014)

E-Posta **:**hilmiuyar@gmail.com