

## BİR ÇİMENTO FİRMASI İÇİN DÖNEMSEL SATIŞ MİKTARLARININ TAHMİNİNDE BULANIK ZAMAN SERİSİ MODELLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

### COMPARISON OF FUZZY TIME SERIES MODELS IN FORECASTING PERIODIC SALES AMOUNT

Yrd.Doç.Dr. Çiğdem SOFYALIOĞLU<sup>1</sup>  
Arş.Gör. Şule ÖZTÜRK

#### ÖZET

*Gelecekteki müşteri taleplerinin tahmin edilmesi ve kaynak planlamasında etkin kararlar verme konusunda zaman serisi analizleri etkin bir biçimde kullanılmakla birlikte, bu tahmin tekniklerinin uygulama geçerliliğini kısıtlayan bazı faktörler bulunmaktadır(büyük örneklem hacmi, normal dağılım, bu yöntemlerin dilsel terimlere dayanan verilerle gerçekleştirilememesi gibi). Zadeh tarafından önerilen bulanık küme teorisi ve bulanık mantık dilsel verilerle ifade edilen bilgilerdeki belirsizlik ve muğlaklığı ele almak için genel bir yöntem sağlamıştır. İlk olarak Song ve Chissom (1993) birinci dereceden bulanık zaman serisi modelini geliştirmiş, daha sonra önerilen bu modelin tahmin doğruluğunu iyileştirmek ve hesaplama yükünü azaltmak amacıyla çok sayıda model önerilmiştir. Chen (1996), Hwang vd. (1998) ve Chen (2002) bu konuda en temel bulanık tahmin modellerini ortaya koymuştur. Bu çalışmanın amacı dönemsel satış miktarları verilerine dayanarak bu üç temel bulanık tahmin modelini, tahminlerin güvenilirliği bakımından kıyaslamaktır.*

#### ABSTRACT

*Although time series analyses is effectively used in forecasting customer demands and resource planning, there are some factors that limits the validity of these analyses (such as big sample volume, normal distribution and inability of using linguistic concepts). Fuzzly cluster theory and fuzzy logiz which was proposed by Zadeh, provided a methodology which handles uncertainty and ambiguity in linguistic data. Firstly, Song and Chissom proposed first order fuzzy time series model. After that many models were proposed in order to eliminate the calculation difficulty of the model and improve the forecasting accuracy of the model. Chen (1996), Hwang et al. (1998) and Chen (2002) proposed the main fuzzy forecasting models in this field. The aim of this study is to apply the stated three models to the*

<sup>1</sup> Celal Bayar Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Sayısal Yöntemler Anabilim Dalı.

*periodic sales data and compare the three Fuzzy Time Series Models in terms of reliability of the models.*

**Anahtar Kelimeler:** Bulanık zaman serileri, bulanık mantıksal ilişkiler, tahminlerin güvenilirliği

**Key Words:** Fuzzy Time Series, fuzzy logical relationships, reliability of the forecasts

## 1. GİRİŞ

Yeni teknolojiler ve dünya çapında şiddetlenen rekabet ile karşı karşıya kalan şirketlerin içinde faaliyet gösterdikleri çevre de giderek daha dinamik ve küresel bir hale gelmektedir. Bu durum şirket yöneticileri açısından karar vermeyi giderek daha zor ve kritik bir hale getirmiştir. Gelecekteki müşteri taleplerinin tahmin edilmesi ve kaynak planlamasında etkin kararlar verme konusunda zaman serisi analizleri uygulamada oldukça yaygın biçimde kullanılmaktadır. Zaman serisi yöntemleri, gelecekteki değerleri tahmin etmek için zamanla ölçülen geçmiş verilerin sıralı dizisindeki ilişkileri ortaya çıkarmaya çalışır. Geleneksel tahmin yöntemleri regresyon analizi, hareketli ortalamalar, otoregresif hareketli ortalamalar gibi istatistiksel araçlarla yürütülür. Ayrıca ARIMA ve ekonometrik modeller içeren kantitatif teknikler bu amaçla sıklıkla kullanılmakla birlikte, bu teknikler uygulama geçerliliğini kısıtlayan büyük örneklem hacmi (en az 50 örneklem verisi), normal dağılım ve kararlı veri trendlerine ihtiyaç duyarlar. Bu yöntemlerin temel kısıtlarından bir diğeri de uygulamaların dilsel terimlere dayanan tarihsel verilerle gerçekleştirilememesidir (Wang ve Hsu, 2008: 2732).

Zadeh tarafından önerilen bulanık küme teorisi ve bulanık mantık dilsel verilerle ifade edilen bilgilerdeki belirsizlik ve muğlaklığı ele almak için genel bir yöntem sağlar. İlk olarak Song ve Chissom (1993a,b), Zadeh tarafından önerilen bulanık küme teorisinden yararlanarak birinci dereceden bulanık zaman serisi modelini geliştirmiştir. Bu yöntemle elde edilen ortalama tahminleme hatasının geleneksel yöntemlere göre yapılan tahmin sonuçlarından daha iyi olduğu görülmektedir [*% 3,15-% 4,49 aralığında ortalama %3,15*]. Bu yöntemde bulanık ilişkiler matrisi çok büyük olduğunda Max-Min işlemini yapmak çok zaman almaktadır (Inceoğlu, 2010: 12).

Song ve Chissom'dan beri tahminlerin doğruluğunu iyileştirmek ve hesaplama yükünü azaltmak amacıyla çok sayıda çalışma yürütülmüştür. Song ve Chissom modelinin bulanık ilişkilerin elde edilmesi adımı hesaplamaya yükünü azaltmak amacıyla ilk olarak Sullivan ve Woodall (1994) tarafından bilinen matris çarpımına dayalı Markov model tabanlı yöntem geliştirilmiştir. Ardından Chen (1996) basitleştirilmiş aritmetik işlemler kullanarak Alabama Üniversitesinin kayıt verileri için etkin bir tahmin yöntemi geliştirerek tahmin doğruluğunu iyileştirmiştir. Chen önerdiği yöntemde karmaşık matris işlemleri yerine bulanık ilişki tablosundan yararlanma fikrini ortaya atmıştır (Aktaran Wong vd., 2010: 1466).

Hwang vd. (1998) ise yaptıkları çalışmada gözlem değerlerindeki yıllık değişimleri kullanan bulanık zaman serilerine dayanarak tahminleme için yeni bir yöntem geliştirmişlerdir. Yazarlar bu yıla ait gözlem değerindeki değişimin geçmiş verilerin trendiyle ilişkili olduğunu öne sürmektedir. Tahmin değerleri, türetilmiş bu ilişkiden yararlanarak elde edilir. Önerilen modelin ortalama tahminleme hatası Song ve Chissom (1993) tarafından önerilen modele göre daha düşük çıkmıştır, dolayısıyla daha etkin olduğu söylenebilir.

Huarng (2001a) ayrıca tahminlerin doğruluğunu arttırmak için bulanık mantık grupları içinde sezgisel artış/azalış eğilimi (trend) kavramını geliştirmiştir. Bu model bulanık ilişkilerin belirlenmesinden sonra (Chen, 1996 modeli ile benzer biçimde) modele sezgisel bilgileri ekler ve sezgisel bulanık mantık ilişki gruplarını oluşturduktan sonra tahmin yapar.

Literatürde bulanık zaman serileri ile ilgili kritik sorunlardan birisi de uygun aralık genişliklerinin belirlenmesidir. Çünkü farklı aralık genişlikleri bulanık zaman serilerinde tahmin sonuçlarını önemli biçimde etkilemektedir. Dolayısıyla dikkat edilmesi gereken nokta aralık genişliğinin çok büyük ya da çok küçük olmamasıdır. Aralık genişliği çok büyük olduğunda bulanık zaman serisinde dalgalanmalar kaybolur. Diğer yandan aralık genişliği çok küçük olduğunda ise bulanık zaman serisinin anlamı kaybolmuş olacaktır. Uygun aralık genişliğinin belirlenmesi amacıyla Huarng (2001b: 389-391) dağılıma ve ortalamaya dayalı iki farklı yaklaşım önermiştir. Yu (2005: 660-662), bulanık zaman serilerinde aralık genişliklerinin tahminleme sürecinin ilk adımında belirlendiğini, bu yüzden modelin gözlem değerlerinin dağılımını yansıtmada çoğu kez başarısız olduğunu öne sürmüş ve aralık genişliklerinin bulanık ilişkiler formülasyonu boyunca düzeltilebilmesi konusunda bir model önermiştir. Li ve Cheng (2007: 1906-1910) ise evren genişliğinin  $D_1$  ve  $D_2$  pozitif keyfi sayılarına göre belirlenmesine alternatif olarak farklı bir yöntem ortaya koymuştur.

Chen (2002), bulanık zaman serilerine dayalı birinci dereceden bulanık tahmin yöntemlerinin yeteri kadar iyi sonuç vermediği düşüncesiyle daha yüksek dereceden bulanık tahmin yöntemini geliştirmiştir. Ancak  $F(t)$  bulanık zaman serisi  $F(t-1), F(t-2), \dots, F(t-n)$  tarafından etkileniyorsa, bu durumda n. dereceden bulanık zaman serisi modelinden bahsedilir  $[F(t) \rightarrow F(t-1), F(t-2), \dots, F(t-n)]$ . Uygulama sonuçları bu yöntemin birinci dereceden bulanık zaman serileri ile karşılaştırıldığında, en küçük karesel hata ortalamasına sahip olması nedeniyle, göre daha güvenilir tahmin sonuçları verdiğini ortaya koymuştur. Önerilen yöntem özellikle 3. dereceden bulanık tahmin yöntemi ile elde edilen sonuçlarda en düşük karesel hata ortalamasını vermiştir.

Yüksek dereceli bulanık zaman serilerinin çözümlemesinde, bulanık mantık grup ilişki tablolarının kullanımı oldukça karmaşık olduğu için Aladağ vd. (2009, 2010) çalışmalarında bulanık mantık ilişkilerinin belirlenmesinde ileri beslemeli ve Elman tipi yapay sinir ağları modelini kullanmış, böylece bulanık mantık grup ilişki tablolarına gerek kalmamıştır.

Literatürde Song ve Chissom (1993) tarafından geliştirilen modelin temel olarak üçüncü ve dördüncü adımlarının iyileştirilmesine odaklanan diğer çalışmalar da bulunmaktadır.

Bu çalışmanın amacı ise bir çimento fabrikasının üretim verilerine dayanarak bulanık zaman serileri için önerilmiş olan temel bazı yöntemleri farklı aralık genişliklerinde uygulamak ve tahmin sonuçlarını güvenilirlikleri bakımından karşılaştırmaktır. Geçmiş çalışmalardan farklı olarak bu çalışmada her üç modelde de aralık genişlikleri keyfi olarak belirlenmemiş, Huarng (2001) tarafından önerilen dağılıma ve ortalamaya dayalı yaklaşım esas alınmıştır. Çalışmamız kapsamında ele aldığımız başlıca yöntemler sırasıyla Chen (1996), Hwang vd. (1998) ve Chen (2002) modelleridir. Uygulama adımına geçmeden önce bahsedilen bu modellerin işlem adımları kısaca özetlenmeye çalışılacaktır.

## 2. BAŞLICA BULANIK ZAMAN SERİSİ MODELLERİ

Daha öncede bahsedildiği gibi literatürde ilk rastlanan bulanık zaman serisi modeli Song ve Chissom (1993) tarafından geliştirilmiştir. Önerilen model birinci derecen bulanık tahmin yöntemidir. Eğer  $F(t)$  bulanık zaman serisi sadece  $F(t-1)$  tarafından etkileniyorsa birinci dereceden bulanık zaman serisi modeli söz konusudur  $[F(t) \rightarrow F(t-1)]$ . Song ve Chissom Alabama Üniversitesi kayıt verilerini kullanarak bulanık zaman serileri problemi üzerinde çalışmışlar ve dört adımdan oluşan bulanık zaman serisi tahminleme yöntemini geliştirmişlerdir: (1) Zaman serisi aralığına bağlı olarak evrenin tanımlanması ve evrenin eşit aralıklara bölünmesi, (2) Aralıkların bulanık hale getirilmesi ve bulanıklaştırılmış zaman serisi içinde bulanık mantık ilişkilerinin tanımlanması, (3) Tahminleme, (4) Elde edilen tahmin sonuçlarının durulaştırılması.

Song ve Chissom(1993a, 1993b, 1994) tarafından önerilen yöntemde  $i$ . yıla ait tahmin değeri denklem 1' e göre hesaplanır.

$$A_i = A_{i-1} \circ R[I]$$

Burada;

$A_i$ :  $i$ . yılın tahmini değeri

$A_{i-1}$ :  $(i-1)$ . yılın kayıt sayısı

$R$ : Bulanık ilişkiler kümesi

$\circ$ : Max.-Min. Bileşke operatörü

Bu yöntemde bulanık ilişkiler matrisi çok büyük olduğunda Max-Min işlemi yapmak çok zaman almaktadır. Daha sonra Chen (1996) yaptığı çalışmada yöntemi daha basitleştirerek karmaşık matris işlemleri yerine bulanık ilişki tablosundan yararlanma fikrini ortaya atmış ve aynı verileri kullanarak daha iyi tahmin sonuçları elde etmiştir. Chen (1996) yönteminin algoritması aşağıda olduğu gibi özetlenebilir (İnceoğlu, 2010:15).

1. Adım: Evrensel küme (U) tanımlanır. Geçmiş yıllardaki verilere ait en büyük ve en küçük gözlem değerleri sırasıyla  $D_{max}$  ve  $D_{min}$  ve keyfi iki sayı  $D_1$  ve  $D_2$  olmak üzere,  $U = [D_{min}-D_1; D_{max}+D_2]$  şeklinde ifade edilir.
2. Başlangıç ve bitiş noktaları belirlendikten sonra uygun sınıf aralığının belirlenmesi ile evrensel küme uygun sayıda eşit parçalara bölünür ( $u_i, i=1,2, \dots, b$ ).
3. Evrensel küme ve parçalanmalara bağlı olarak bulanık kümeler tanımlanır.  

$$A_i = f_{A_i}(u_1)/u_1 + \dots + f_{A_i}(u_b)/u_b (i=1,2, \dots, b) \quad [2]$$
4. Daha sonra her bir gözlemin ait olduğu aralık belirlenerek, bu aralığın en yüksek üyelik değerine sahip olduğu bulanık küme belirlenir.
5. Bulanık mantık ilişki ve grup ilişki tablosu oluşturulur. Örneğin bulanık ilişkiler  $A_1 \rightarrow A_2, A_1 \rightarrow A_1$  ve  $A_1 \rightarrow A_3$  şeklinde iken bulanık mantık grup ilişki  $A_1 \rightarrow A_2, A_1, A_3$  şeklinde olmaktadır.
6. Tahminler ( $F(t-1)=A_j$ ) aşağıdaki durumlara göre elde edilir. Bulanık grup ilişki tablosunda;
  - a. Sadece  $A_i \rightarrow A_j$  ilişkisi varsa tahmin  $A_j$  dir.
  - b.  $A_i \rightarrow A_i, A_j, \dots, A_k$  ise tahmin  $A_i, A_j, \dots, A_k$  dir.
  - c.  $A_i \rightarrow \text{Boş}$  ise tahmin  $A_i$ 'dir.
7. Tahminler merkezileştirme yöntemi kullanılarak durulaştırılır. 6. adımın (a) ve (c) durumları için durulaştırılmış tahmin değeri  $A_j$  bulanık kümesinde en yüksek üyelik değerine sahip olan  $u_j$  aralığının orta noktasıdır. (b) durumu için ise durulaştırılmış tahmin, her bir  $A_i, A_j, \dots, A_k$  bulanık kümelerinin en yüksek üyelik değerine sahip olan  $u_i, u_j, \dots, u_k$  aralıklarının orta noktalarının aritmetik ortalaması olarak elde edilir.

Hwang vd. (1998) yaptıkları çalışmada gözlem değerlerindeki yıllık değişimleri kullanan bulanık zaman serilerine dayanarak tahminleme için yeni bir yöntem geliştirmişlerdir. Yazarlar bu yıla ait gözlem değerindeki değişimin geçmiş verilerin trendiyle ilişkili olduğunu öne sürmektedir. Tahmin değerleri de türetilmiş bu ilişkiden yararlanarak elde edilir. Bu yılın değişimi geçmiş yılın değişimine çok benzediği için, geçmiş yıla ait değişim, bir sonraki yılın değerini tahmin etmek için kriterdir. t yıla ait değerleri tahmin etmek için öncelikle temel alınacak yıl sayısı (w) belirlenmelidir. Daha sonra geçen yıla ait değişim **kriter**, temel alınan diğer geçmiş yıllara (w) ait değişimler operasyon matrisi olarak adlandırılan matrisi oluşturmak üzere kullanılır. t yılındaki kriter matrisi  $C_t$ , operasyon matrisi ise  $O^w(t)$  aşağıdaki gibi açıklanır:

$$C_t = F(t-1) = \begin{bmatrix} \overset{\text{(büyükazalış)}}{\tilde{C}_1} & \overset{\text{(azalış)}}{\tilde{C}_2} & \dots & \dots & \dots & \overset{\text{(çokbüyükazalış)}}{\tilde{C}_m} \end{bmatrix} \quad [3]$$

$$O^w(t) = \begin{bmatrix} F(t-2) \\ F(t-3) \\ \vdots \\ F(t-(w-1)) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (\text{büyükazalış}) & (\text{azalış}) & \dots & (\text{çokbüyükartış}) \\ O_{11} & O_{12} \dots & & O_{1m} \\ O_{21} & O_{22} \dots & & O_{2m} \\ \vdots & & & \vdots \\ O_{wm} & & & O_{wm} \end{bmatrix} \quad [4]$$

Daha sonra denklem 5'e göre operasyon matrisi  $O^w(t)$  ve kriter matrisi  $C_t$  arasındaki ilişki matrisi elde edilir.

$$R(t) = O^w(t) \otimes C(T) = R(t) = \begin{bmatrix} O_{11}xC_1 & O_{12}xC_2 \dots & O_{1m}xC_m \\ O_{21}xC_1 & O_{22}xC_2 \dots & O_{2m}xC_m \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ O_{w1}xC_1 \dots & & O_{wm}xC_m \end{bmatrix} \quad [5]$$

Burada  $R_{ij} = O_{ij}xC_j$ ,  $1 \leq i \leq w$  ve  $1 \leq j \leq m$ 'dir.

İlişki matrisinden geçen yıl ve geçmiş diğer yılların veri değişimi arasındaki ilişkiyi anlayabiliriz. Böylece t. yılın tahmini değişimi denklem 6'dan yararlanarak elde edilebilir.

$$F(t) = [Max(R_{11}, R_{12}, \dots, R_{1w}), Max(R_{21}, R_{22}, \dots, R_{2w}), \dots, Max(R_{1m}, R_{2m}, \dots, R_{wm})] \quad [6]$$

Önerilen modelin ortalama tahminleme hatası Song ve Chissom (1993) tarafından önerilen modele göre daha düşük çıkmıştır, dolayısıyla daha etkin olduğu söylenebilir. Hwang vd. (1998) çeşitli w düzeylerinin (w=2, 3,..9) ortalama hataya etkisini de sınımlamışlardır. Değerlendirme sonuçları ortalama hata düzeyinin %3.12'den %2,79'a değiştiğini gösterse de temel alınan yıl sayısı ve ortalama hata arasında bir ilişki bahsetmek zordur. Ancak çeşitli w düzeylerine göre elde edilen ortalama hata düzeylerinin önceki yöntemle göre daha iyi olduğu söylenebilir.

Literatürde bulanık zaman serileri ile ilgili kritik sorunlardan birisi de uygun aralık genişliklerinin belirlenmesidir. Çünkü farklı aralık genişlikleri bulanık zaman serilerinde tahmin sonuçlarını önemli biçimde etkilemektedir. Dolayısıyla dikkat edilmesi gereken nokta aralık genişliğinin çok büyük ya da çok küçük olmamasıdır. Aralık genişliği çok büyük olduğunda bulanık zaman serisinde dalgalanmalar kaybolur. Diğer yandan aralık genişliği çok küçük olduğunda ise bulanık zaman serisinin anlamı kaybolmuş olacaktır. Dalgalanmaları uygun bir biçimde yansıtılabilmek ve anlamlı bulanık seriler elde edebilmek için dalgalanmaların en azından yarısını içinde barındıran aralık uygun aralık genişliği olarak seçilmelidir. Bulanık zaman serilerindeki dalgalanmalar iki ardışık verinin ilk farkının mutlak değeri ile sunulabilir. Uygun aralık genişliğinin belirlenmesi amacıyla Huarng (2001b) iki farklı yaklaşım önermiştir: Dağılıma dayalı ve ortalamaya dayalı yaklaşım.

Dağılıma dayalı olarak aralık genişliği verilerin ilk farkların dağılımına göre hesaplanır. Bu yaklaşımın işlem aşamaları aşağıdaki gibi özetlenebilir.

1. İlk farklar için  $A_{i+1}$  ve  $A_i$  ( $i=1, 2, \dots, n-1$ ) arasındaki mutlak farklar ve mutlak farkların ortalaması hesaplanır.
2. Tablo 1'den yararlanarak ortalama farkın baz değeri elde edilir.
3. İlk farkların kümülatif dağılımı çizilir. 2. Adımda elde edilen baz değeri uygun aralık genişliğinin elde edilmesi için kullanılır.
4. İkinci adımda belirlenen baz değerinin uygun katlarına göre aralık uzunluğu ilk farkların sayısının yarısını kapsayacak şekilde seçilir.

Tablo 1: Aralık Uzunluğunu Belirlemek İçin Baz Tablosu

Aralık	Baz değeri
0,1-1,0	0,1
1,1-10	1
11-100	10
101-1000	100
1001-10000	1000
10001-100000	10000
100001-1000000	100 000

Dağılıma dayalı olarak uygun aralık genişliğinin nasıl belirlendiğini varsayımsal bir örnek üzerinden göstermek istersek 30, 50, 80, 120, 100 ve 70 değerlerinden oluşan bir zaman serisi düşünelim (Huarng, 2001b).

- Ardışık veriler arasındaki ilk mutlak farklar sırasıyla 20, 30, 40, 20, 30 ve ilk mutlak farkların ortalaması ise 28 olarak belirlenir.
- Beş tane ilk fark değerimiz bulunduğu için seçtiğimiz aralık uzunluğundan büyük ilk farkların sayısı 2,5'dan büyük olmalıdır. Seride baz değeri 10'dan büyük ilk farkların sayısı 5,  $(10 \times 2 =)$  20'den büyük ilk farkların sayısı 3'dür.  $(10 \times 3)$  30'dan büyük ilk farkların sayısı ise 1'dir. Dolayısıyla aralık uzunluğu 20 olarak belirlenir.

İkinci yaklaşım ise verilerin ilk farklarının ortalamasına dayanır. Ortalamaya dayalı aralık genişliğinin belirlenmesi için işlem adımları aşağıdaki gibi özetlenebilir.

1. İlk adımda dağılıma dayalı yaklaşımda olduğu gibi ardışık terimler arasındaki mutlak farklar ve bu farkların ortalaması elde edilir.
2. Ortalama farkın yarısı hesaplanır. Bu değere karşılık gelen baz değeri Tablo 1'den elde edilir ve yuvarlama işlemiyle uygun aralık genişliği belirlenmiş olur.

Örneğimizde mutlak birinci farkların ortalama değeri 28'dir.  $28/2=14$  değerine karşılık gelen baz değeri Tablo 1'de görülebileceği gibi 10'dur. Daha sonra 14 değeri yuvarlanarak elde edilen 10 değeri uygun aralık genişliğidir. Araştırma sonuçları Chen'in birinci dereceden bulanık zaman

serisi modelinin dağılıma ve ortalamaya dayalı aralık genişliğinin tahmin edilmesiyle daha iyi sonuç verdiğini göstermektedir.

Chen (2002), bulanık zaman serilerine dayalı birinci dereceden bulanık tahmin yöntemlerinin yeteri kadar iyi sonuç vermediği düşüncesiyle daha yüksek dereceden bulanık tahmin yöntemlerine giriş yapmıştır. Eğer  $F(t)$  bulanık zaman serisi sadece  $F(t-1)$  tarafından etkileniyorsa birinci dereceden bulanık zaman serisi modeli söz konusudur [ $F(t) \rightarrow F(t-1)$ ]. Ancak  $F(t)$  bulanık zaman serisi  $F(t-1)$ ,  $F(t-2)$ , ...,  $F(t-n)$  tarafından etkileniyorsa, bu durumda n. dereceden bulanık zaman serisi modelinden bahsedilir [ $F(t) \rightarrow F(t-1)$ ,  $F(t-2)$ , ...,  $F(t-n)$ ]. Yüksek dereceli bulanık zaman serisinin işlem adımları aşağıda olduğu gibi özetlenebilir.

1. Yöntemin ilk adımlarında Chen (1996) modeline benzer biçimde evrensel küme tanımlanıp, belirlenen alt aralıklara bağlı olarak  $A_j$  bulanık kümeleri tanımlandıktan sonra, zaman serisinin her gözlem değeri bulanıklaştırılır.

2. Bulanık ilişki ve bulanık grup ilişki tablosu oluşturulur.

Birinci dereceden bulanık ilişkiler  $A_i \rightarrow A_j$ ,  $A_i \rightarrow A_i$  ve  $A_i \rightarrow A_k$  iken bulanık grup ilişkisi  $A_i \rightarrow A_j, A_i, A_k$  elde edilir.

Benzer biçimde n. dereceden bulanık ilişkiler

$$A_{in}, A_{i(n-1)}, \dots, A_{i1} \rightarrow A_{j1}$$

$$A_{in}, A_{i(n-1)}, \dots, A_{i1} \rightarrow A_{j2}$$

.

.

$$A_{in}, A_{i(n-1)}, \dots, A_{i1} \rightarrow A_{jp}$$

olarak verilmişken bulanık grup ilişki tablosu  $A_{in}, A_{i(n-1)}, \dots, A_{i1} \rightarrow A_{j1}, A_{j2}, \dots, A_{jp}$  olarak elde edilir.

3. Bulanık tahminler elde edilir. Bu aşamada üç farklı durum söz konusudur. n. dereceden bulanık ilişki tablosunda;

a)  $A_{in}, A_{i(n-1)}, \dots, A_{i1} \rightarrow A_j$  ilişkisi mevcutsa,  $A_j$  bulanık tahmin değeri olacaktır.

b)  $A_{in}, A_{i(n-1)}, \dots, A_{i1} \rightarrow A_{j1}, A_{j2}, \dots, A_{jp}$  ilişkisi mevcutsa belirsizlik durumu söz konusudur. Böyle bir durumda belirsizlik giderilene kadar incelenen derecenin bir üst derecesine bakılarak  $m > n$  olmak üzere,  $A_{in}, A_{i(n-1)}, \dots, A_{i1} \rightarrow A_j$  ilişkisini veren m değeri aranır. Bu durumda bulanık tahmin değeri yine  $A_j$  olacaktır.

c)  $A_{in}, A_{i(n-1)}, \dots, A_{i1} \rightarrow \text{Boş}$  ilişkisi bulunuyorsa  $A_{in}, A_{i(n-1)}, \dots, A_{i1}$  bulanık kümelerine bağlı olarak  $u_{in}, u_{i(n-1)}, \dots, u_{i1}$  aralıklarının orta noktaları  $m_{in}, m_{i(n-1)}, \dots, m_{i1}$  olmak üzere

$$\frac{1xm_{in} + 2xm_{i(n-1)} + \dots + nxm_{i1}}{1+2+\dots+n} [7]$$

ifadesi elde edilir.

4. Bulanık tahminler durulaştırılır.

Uygulama sonuçları bu yöntemin birinci dereceden bulanık zaman serileri ile karşılaştırıldığında, en küçük karesel hata ortalamasına sahip olması nedeniyle, göre daha güvenilir tahmin sonuçları verdiğini ortaya



koymuştur. Önerilen yöntem özellikle 3. dereceden bulanık tahmin yöntemi ile elde edilen sonuçlarda en düşük karesel hata ortalamasını vermiştir.

### 3. UYGULAMA

Daha öncede değinildiği gibi bu çalışmanın amacı İMKB’de işlem gören Bursa Çimento fabrikasının altı aylık satış verilerine dayanarak bulanık zaman serileri için önerilmiş olan bazı temel yöntemleri farklı aralık genişliklerinde uygulamak ve tahmin sonuçlarını güvenilirlikleri bakımından karşılaştırmaktır. Satış verileri 1997- 2011 yılları arasında kapsamakta olup şirketin web sayfasında bulunan yıllık faaliyet raporları ve Kamu Aydınlatma Platformundan elde edilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2: Altı Aylık Dönemlere ait Satış Rakamları

Dönem	Çimento satışları (ton)	Dönem	Çimento satışları (ton)
1997 Haziran	630.391	2004 Aralık	826.268
1997 Aralık	759.110	2005 Haziran	823.225
1998 Haziran	632.259	2005 Aralık	820.070
1998 Aralık	761.595	2006 Haziran	756.528
1999 Haziran	782.414	2006 Aralık	900.960
1999 Aralık	672.808	2007 Haziran	913.066
2000 Haziran	550.586	2007 Aralık	885.985
2000 Aralık	789.788	2008 Haziran	887.945
2001 Haziran	646.193	2008 Aralık	791.056
2001 Aralık	659.370	2009 Haziran	845.726
2002 Haziran	662.912	2009 Aralık	944.277
2002 Aralık	830.350	2010 Haziran	883.825
2003 Haziran	665.946	2010 Aralık	999.175
2003 Aralık	778.200	2011 Haziran	899.877
2004 Haziran	937.033	2011 Aralık	979.124

Uygulamanın ilk adımında farklı bulanık tahmin modellerinin uygulanabilmesi amacıyla aralık genişlikleri belirlenmiştir. Ancak bu adımda aralık genişlikleri Chen (1996), Hwang vd. (1998) ve Chen (2002) modellerinde olduğu gibi keyfi biçimde belirlenmemiş, Huarng (2001b) tarafından önerilmiş olan dağılıma ve ortalamaya dayalı yaklaşımlar esas alınmıştır. Sonuç olarak her iki yaklaşıma göre iki farklı aralık genişliği tanımlanmıştır.

Uygulamanın izleyen adımlarında ise sırasıyla Chen (1996), Hwang vd. (1998) ve Chen (2002) tarafından önerilen bulanık tahmin modelleri, tanımlanmış olan her iki aralık genişliği için uygulanmış ve elde edilen tahmin sonuçlarının güvenilirliği, ortalama karesel hatalarına göre kıyaslanmıştır.

### 3.1. Sınıf Aralığının Belirlenmesi

Dağılıma dayalı olarak sınıf aralıklarının belirlenmesinde izlenecek adımlar 2. alt bölümde anlatılmıştır. Buna göre Tablo 2’de yer alan satış verilerine dayanarak;

- İlk olarak zaman serisinde dönemsel farklılıklar hesaplanmış ve farkların ortalaması 90.019 olarak bulunmuştur.
- Bu değere karşılık gelen baz değeri Tablo 1’den 10.000 olarak elde edilir.
- Uygulamada 1997-2011 yılları arasında altı aylık 30 adet satış verisi dolayısıyla 29 adet dönemler arası farklılıklara ait veri bulunmaktadır. Veri sayısının yarısı  $29/2 = 14,5$  olarak hesaplanmıştır.
- Baz değerinin katlarına göre “den çok frekans dağılım tablosu “ çizilmiştir. Tablo 3’ e göre fark serisinde baz değeri 10.000’den büyük ilk farkların sayısının 25, 90.000’den büyük ilk farkların sayısının 17, 100.000’den büyük ilk farkların sayısının ise 14 olduğu görülmektedir. 14,5’den büyük olma koşulunu ilk sağlayan değer 90.000 olduğu için, dağılıma dayalı yaklaşıma göre aralık genişliği **90.000** olarak kabul edilir.

Tablo 3:Farklar için Kümülatif Frekans Tablosu

Baz Değeri ...'Den Çok	Kümülatif Frekans
10000	25
20000	23
30000	21
40000	21
50000	21
60000	20
70000	18
80000	17
<b>90000</b>	<b>17</b>
100000	14

1. alt bölümde anlatılan adımlar izlenerek ortalamaya dayalı yaklaşıma göre sınıf aralığı aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

- İlk farkların ortalamasının yarısı  $90.019/2=45.009$  olarak hesaplanmıştır.
- Bu değere karşılık gelen baz değeri Tablo 1’den 10.000 olarak elde edilir.
- İlk farkların ortalamasının yarısı baz değer olan 10.000’in en yakın katına ulaşacak şekilde yuvarlanır. Buna göre ortalamaya dayalı yaklaşıma göre aralık genişliği **50.000** olarak kabul edilir.

### 3.2 Chen (1996) Modeli

İlk olarak dağılıma dayalı olarak elde edilen sınıf aralığı değerine göre Chen (1996) bulanık tahmin modeli uygulanmıştır. Modelin 2. alt bölümde yer verilen adımlarına göre;

a. İlk olarak zaman serisindeki minimum ve maksimum satış miktarları belirlenerek evren (U) tanımlanmıştır.

$D_{\min}=550\ 586$ ,  $D_{\max}=999\ 175$ , uygun pozitif sayılar ise  $D_1=10\ 586$  ve  $D_2=80\ 825$  olarak kabul edildiğinde

$$U = [D_{\min} - D_1, D_{\max} + D_2] = [540\ 000, 1080\ 000]$$

b. Evren genişliği, sınıf aralığı olarak kabul edilen 90 000 'e bölüldüğünde eşit aralıklı altı sınıf elde edilir ( $u_1, u_2, \dots, u_6$ ). Her bir sınıf aralığı aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

$$u_1 = [540\ 000, 630\ 000) \quad u_2 = [630\ 000, 720\ 000) \quad u_3 = [720\ 000, 810\ 000)$$

$$u_4 = [810\ 000, 900\ 000) \quad u_5 = [900\ 000, 990\ 000) \quad u_6 = [990\ 000, 1080\ 000)$$

c. Evrensel küme parçalanmalarına bağlı olarak bulanık kümeler ve bunlara karşılık gelen dilsel ifadeler aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

$$A_1 = 1/u_1 + 0,5/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_3 + 0/u_4 \quad (\text{çok çok az})$$

$$A_2 = 0,5/u_1 + 1/u_2 + 0,5/u_3 + 0/u_4 + 0/u_3 + 0/u_4 \quad (\text{çok az})$$

$$A_3 = 0/u_1 + 0,5/u_2 + 1/u_3 + 0,5/u_4 + 0/u_3 + 0/u_4 \quad (\text{az})$$

$$A_4 = 0/u_1 + 0/u_2 + 0,5/u_3 + 1/u_4 + 0,5/u_3 + 0/u_4 \quad (\text{fazla})$$

$$A_5 = 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0,5/u_4 + 1/u_3 + 0,5/u_4 \quad (\text{çok fazla})$$

$$A_6 = 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0,5/u_3 + 1/u_4 \quad (\text{çok çok fazla})$$

d. Yukarıda belirlenmiş bulanık kümeler doğrultusunda satış rakamlarının bulanık değerleri elde edilmiştir (Tablo 4).

Tablo 4: Satış miktarlarının bulanık değerleri

Dönem	Çimento satışları	Bulanık değerler	Dönem	Çimento satışları	Bulanık değerler
1997 Haziran	630.391	A2	2004 Aralık	826.268	A4
1997 Aralık	759.110	A3	2005 Haziran	823.225	A4
1998 Haziran	632.259	A2	2005 Aralık	820.070	A4
1998 Aralık	761.595	A3	2006 Haziran	756.528	A3
1999 Haziran	782.414	A3	2006 Aralık	900.960	A5
1999 Aralık	672.808	A2	2007 Haziran	913.066	A5
2000 Haziran	550.586	A1	2007 Aralık	885.985	A4
2000 Aralık	789.788	A3	2008 Haziran	887.945	A4
2001 Haziran	646.193	A2	2008 Aralık	791.056	A3
2001 Aralık	659.370	A2	2009 Haziran	845.726	A4
2002 Haziran	662.912	A2	2009 Aralık	944.277	A5
2002 Aralık	830.350	A4	2010 Haziran	883.825	A4
2003 Haziran	665.946	A2	2010 Aralık	999.175	A6
2003 Aralık	778.200	A3	2011 Haziran	899.877	A4
2004 Haziran	937.033	A5	2011 Aralık	979.124	A5

e. Tablo 4'e dayanarak birinci dereceden bulanık ilişkiler ve birinci dereceden bulanık ilişki grupları oluşturulur. Birinci dereceden bulanık ilişki grupları Tablo 5'de görülebilir.

Tablo 5: Birinci dereceden bulanık ilişki grupları

A1→	A3
A2→	A3,A1,A4,A2
A3→	A2,A3,A5,A4
A4→	A2,A4,A3,A5,A6
A5→	A4,A5
A6→	A4

f. Satış miktarlarının bulanık değerlerine göre tahmini satış miktarları hesaplanır. Bu hesaplama önceden belirtilmiş esaslara göre gerçekleştirilir. Örneğin 2009 Aralık dönemi satış miktarı için bulanık değer A5'dir. Birinci dereceden bulanık ilişki grupları tablosuna baktığımız zaman A5'e karşılık gelen üç tane bulanık değer olduğu görülmektedir. Bu değerler, A4, A5 ve #'dir. Görüldüğü gibi bu üç değerden birisi boş değerdir. 2009 Aralık tahmini satış miktarı hesaplamak için boş değeri hesaplama katmayıp u4 ve u5 bulanık kümelerinin orta noktalarının ortalaması alınır. Yapılan hesaplama sonucu 2009 Aralık tahmini satış miktarı 900 000 olarak bulunur. Bütün dönemler için benzer şekilde tahmini satış miktarları hesaplanır.

Benzer biçimde ortalamaya dayalı yaklaşım kullanılarak belirlenmiş sınıf aralığına,  $D_{\min}$ ,  $D_{\max}$ ,  $D_1$  ve  $D_2$ 'ye göre evren  $U=[550\ 000, 1000\ 000]$  olarak tanımlanmış ve evren sınıf aralığı genişliğine bağlı olarak dokuz alt sınıfa ( $u_1, u_2, \dots, u_9$ ) bölünmüştür. Her bir alt sınıfın aralıkları, bu aralıklara karşılık gelen bulanık değerler ve dilsel ifadeleri aşağıda yer almaktadır:

$$u_1 = [550\ 000- 600\ 000) u_2 = [600\ 000- 650\ 000) \quad u_3 = [650\ 000-700\ 000)$$

$$u_4 = [700\ 000-750\ 000) u_5 = [750\ 000-800\ 000) \quad u_6 = [800\ 000-850\ 000)$$

$$u_7 = [850\ 000- 900\ 000) \quad u_8 = [900\ 000-950\ 000) \quad u_9 = [950\ 000- 1000\ 000)$$

$$A_1 = 1/u_1 + 0,5/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 + 0/u_8$$

(çok çok çok az)

$$A_2 = 0,5/u_1 + 1/u_2 + 0,5/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 + 0/u_8$$

(çok çok az)

$$A_3 = 0/u_1 + 0,5/u_2 + 1/u_3 + 0,5/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 + 0/u_8$$

(çok az)

$$A_4 = 0/u_1 + 0/u_2 + 0,5/u_3 + 1/u_4 + 0,5/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 + 0/u_8$$

(az)

$$A_5 = 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0,5/u_4 + 1/u_5 + 0,5/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 + 0/u_8 \text{ (orta)}$$

$$A_6 = 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0,5/u_5 + 1/u_6 + 0,5/u_7 + 0/u_8 + 0/u_8 \text{ (fazla)}$$

$$A_7 = 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0,5/u_6 + 1/u_7 + 0,5/u_8 + 0/u_8 \text{ (çok fazla)}$$

$$A_8 = 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0,5/u_7 + 1/u_8 + 0,5/u_8$$

(çok çok fazla)

$$A_9 = 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 + 0,5/u_8 + 1/u_8$$

(çok çok çok fazla)

Analizin bundan sonraki kısmı da benzer biçimde gerçekleştirilmiş ve tahmini satış miktarları hesaplanmıştır. Tablo 6'de her iki yaklaşıma göre hesaplanmış sınıf aralığı değerlerine göre elde edilen tahmini satış değerleri görülebilir.

### 3.3 Hwang vd. (1998) Modeli

Bu bölümde yıllar itibarıyla çimento satışı miktarlarını tahmin etmek üzere Hwang vd. (1998) tarafından önerilen bulanık zaman serisi modeli, dağılıma dayalı ve ortalamaya dayalı sınıf aralığı genişliğine göre iki farklı biçimde uygulanmıştır. Ancak analizin uygulama adımları ortalamaya dayalı sınıf aralığı üzerinden gösterilmiş, dağılıma dayalı sınıf aralığına göre yapılan uygulamanın sadece tahmin sonuçlarına yer verilmiştir.

a. İlk olarak birbirini izleyen yıllar arasındaki satış miktarı değişimleri hesaplanmıştır (Tablo 7).

Tablo 6: Chen (1996) Yöntemine göre hesaplanmış tahmini satışlar

Dönem	Çimento satışları	Dağılım yaklaşımı Tahmini satışlar	Ortalama yaklaşımı Tahmini satışlar	Dönem	Çimento satışları	Dağılım yaklaşımı Tahmini satışlar	Ortalama yaklaşımı Tahmini satışlar
1997 Haziran	630.391	765.000	725.000	2004 Aralık	826.268	810.000	800.000
1997 Aralık	759.110	720.000	765.000	2005 Haziran	823.225	810.000	800.000
1998 Haziran	632.259	765.000	725.000	2005 Aralık	820.070	810.000	800.000
1998 Aralık	761.595	720.000	765.000	2006 Haziran	756.528	720.000	765.000
1999 Haziran	782.414	810.000	765.000	2006 Aralık	900.960	855.000	875.000
1999 Aralık	672.808	720.000	712.500	2007 Haziran	913.066	855.000	875.000
2000 Haziran	550.586	765.000	775.000	2007 Aralık	885.985	855.000	875.000
2000 Aralık	789.788	810.000	765.000	2008 Haziran	887.945	855.000	875.000
2001 Haziran	646.193	765.000	725.000	2008 Aralık	791.056	810.000	765.000
2001 Aralık	659.370	765.000	712.500	2009 Haziran	845.726	855.000	800.000
2002 Haziran	662.912	720.000	712.500	2009 Aralık	944.277	900.000	875.000
2002 Aralık	830.350	810.000	800.000	2010 Haziran	883.825	855.000	875.000
2003 Haziran	665.946	720.000	712.500	2010 Aralık	999.175	900.000	875.000
2003 Aralık	778.200	810.000	765.000	2011 Haziran	899.877	855.000	875.000
2004 Haziran	937.033	855.000	875.000	2011 Aralık	979.124	900.000	875.000

b. Satış miktarlarındaki minimum ve maksimum değişim değişime dayanarak evren tanımlanmıştır.  $D_{\min} = -164.404$  ,  $D_{\max} = 239.202$  , uygun pozitif sayılar ise  $D_1=35.596$  ve  $D_2=10.798$  olmak üzere;

$$U = [D_{\min} - D_1, D_{\max} + D_2] = [-200.000, 250.000]$$

c. Sınıf aralığı değeri olan 50.000'e göre evren dokuz eşit aralığa bölünmüştür.

$$u_1 = [-200.000, -150.000] \quad u_2 = [-150.000, -100.000] \quad u_3 = [-100.000, -50.000],$$

$$u_4 = [-50.000, 0] \quad u_5 = [0, 50.000] \quad u_6 = [50.000, 100.000],$$

$$u_7 = [100.000, 150.000] \quad u_8 = [150.000, 200.000] \quad u_9 = [200.000, 250.000].$$

d. Sınıfların bulanık küme tanımlamaları ve dilsel karşılıkları aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

$$A_1 = 1/u_1 + 0,5/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 + 0/u_9 \text{ (çok büyük azalış)}$$

$$A_2 = 0,5/u_1 + 1/u_2 + 0,5/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 + 0/u_9 \text{ (büyük azalış)}$$

$$A_3 = 0/u_1 + 0,5/u_2 + 1/u_3 + 0,5/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 + 0/u_9 \text{ (azalış)}$$

$$A_4 = 0/u_1 + 0/u_2 + 0,5/u_3 + 1/u_4 + 0,5/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 + 0/u_9 \text{ (küçük azalış)}$$

$$A_5 = 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0,5/u_4 + 1/u_5 + 0,5/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 + 0/u_9 \text{ (değişiklik yok)}$$

$$A_6 = 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0,5/u_5 + 1/u_6 + 0,5/u_7 + 0/u_8 + 0/u_9 \text{ (küçük artış)}$$

$$A_7 = 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0,5/u_6 + 1/u_7 + 0,5/u_8 + 0/u_9 \text{ (artış)}$$

$$A_8 = 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0,5/u_7 + 1/u_8 + 0/u_9 \text{ (büyük artış)}$$

$$A_9 = 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 + 0,5/u_8 + 1/u_9 \text{ (çok büyük artış)}$$

Tablo 7: Çimento satışları ve varyasyonlar

Dönem	Çimento satışları	Değişimler	Dönem	Çimento satışları	Değişimler
1997 Haziran	630.391		2004 Aralık	826.268	-110.765
1997 Aralık	759.110	128.719	2005 Haziran	823.225	-3.043
1998 Haziran	632.259	-126.851	2005 Aralık	820.070	-3.155
1998 Aralık	761.595	129.336	2006 Haziran	756.528	-63.542
1999 Haziran	782.414	20.819	2006 Aralık	900.960	144.432
1999 Aralık	672.808	-109.606	2007 Haziran	913.066	12.106
2000 Haziran	550.586	-122.222	2007 Aralık	885.985	-27.081
2000 Aralık	789.788	<b>239.202</b>	2008 Haziran	887.945	1.960
2001 Haziran	646.193	-143.595	2008 Aralık	791.056	-96.889
2001 Aralık	659.370	13.177	2009 Haziran	845.726	54.671
2002 Haziran	662.912	3.542	2009 Aralık	944.277	98.551
2002 Aralık	830.350	167.438	2010 Haziran	883.825	-60.452
2003 Haziran	665.946	<b>-164.404</b>	2010 Aralık	999.175	115.350
2003 Aralık	778.200	112.254	2011 Haziran	899.877	-99.298
2004 Haziran	937.033	158.833	2011 Aralık	979.124	79.247

e. Satış miktarlarındaki değişimin bulanık değerleri Tablo 8'de yer almaktadır.

f. Hwang vd. (1998) analizlerinde farklı w düzeylerinin (temel alınan yıl sayısı) ortalama hataya etkisini sınımlar ancak temel alınan yıl sayısı ve ortalama hata arasında bir ilişki bulamamışlardır. Dolayısıyla

analizimiz  $w=4$  düzeyinde gerçekleştirilmiştir.  $w$  değeri ise tahmin için kaç yıl geri gidileceğini göstermektedir.

g. Uygun  $w$  düzeyinin seçilmesi, operasyon matrisini  $O^w(t)$  ve kriter matrisinin  $C(t)$  belirlenmesini sağlamaktadır.  $t$ , tahminin yapılacağı yıldır.  $w=4$  için operasyon matrisi  $[O^4(t)]_{3 \times 9}$  boyutunda, kriter matrisi ise  $[C(t)]_{1 \times 9}$  boyutunda olur.

Tablo 8: Satış miktarlarının bulanık değerleri

Dönem	Çimento satışları	Değişim	Bulanık Değerler	Dönem	Çimento satışları	Değişim	Bulanık Değerler
1997 Haziran	630.391		-	2004 Aralık	826.268	-110.765	A2
1997 Aralık	759.110	128.719	A7	2005 Haziran	823.225	-3.043	A4
1998 Haziran	632.259	-126.851	A2	2005 Aralık	820.070	-3.155	A4
1998 Aralık	761.595	129.336	A7	2006 Haziran	756.528	-63.542	A3
1999 Haziran	782.414	20.819	A5	2006 Aralık	900.960	144.432	A8
1999 Aralık	672.808	-109.606	A2	2007 Haziran	913.066	12.106	A6
2000 Haziran	550.586	-122.222	A2	2007 Aralık	885.985	-27.081	A4
2000 Aralık	789.788	<b>239.202</b>	A9	2008 Haziran	887.945	1.960	A5
2001 Haziran	646.193	-143.595	A2	2008 Aralık	791.056	-96.889	A3
2001 Aralık	659.370	13.177	A5	2009 Haziran	845.726	54.671	A6
2002 Haziran	662.912	3.542	A5	2009 Aralık	944.277	98.551	A6
2002 Aralık	830.350	167.438	A8	2010 Haziran	883.825	-60.452	A3
2003 Haziran	665.946	<b>-164.404</b>	A1	2010 Aralık	999.175	115.350	A7
2003 Aralık	778.200	112.254	A7	2011 Haziran	899.877	-99.298	A3
2004 Haziran	937.033	158.833	A8	2011 Aralık	979.124	79.247	A6

Örneğin  $w=4$  düzeyi için 1999 Aralık satış miktarı tahmin edilmek istendiğinde

$$O^4(\text{Aralık 1999}) = \begin{bmatrix} 1998 \text{ Aralık bulanık değişim değeri} \\ 1998 \text{ Haziran bulanık değişim değeri} \\ 1997 \text{ Aralık bulanık değişim değeri} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A7 \\ A2 \\ A7 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,5 & 1 & 0,5 & 0 \\ 0,5 & 1 & 0,5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,5 & 1 & 0,5 & 0 \end{bmatrix}$$

$C(\text{Aralık 1999}) = 1999 \text{ haziran bulanık varyasyon değeri} =$

$$A_5 = [0 \ 0 \ 0 \ 0,5 \ 1 \ 0,5 \ 0 \ 0 \ 0]$$

a. Daha sonra operasyon ve kriter matrislerinin daha önce anlatılmış formüle göre çarpımlarıyla ilişki matrisi oluşur.

$$R(\text{Aralık 1999}) = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,25 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,25 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

b. Daha sonra her bir sütundaki en büyük değerler seçilerek bulanık değişim matrisi oluşturulur.

$$F(\text{Aralık1999}) = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0,25 \ 0 \ 0 \ 0]$$

Diğer dönemler için de bulanık değişim matrisi aynı adımlar izlenerek oluşturulmuştur. Tüm dönemler için bulanık değişim matrisleri Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9: Tahmin edilen değişim değerlerinin üyelik fonksiyonları(w=4)

Dönem	u <sub>1</sub>	u <sub>2</sub>	u <sub>3</sub>	u <sub>4</sub>	u <sub>5</sub>	u <sub>6</sub>	u <sub>7</sub>	u <sub>8</sub>	u <sub>9</sub>
1999 Aralık	0	0	0	0	0	0,25	0	0	0
2000 Haziran	0,25	1	0,25	0	0	0	0	0	0
2000 Aralık	0,25	1	0,25	0	0	0	0	0	0
2001 Haziran	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001 Aralık	0,25	1	0,25	0	0	0	0	0	0
2002 Haziran	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2002 Aralık	0	0	0	0,25	1	0,25	0	0	0
2003 Haziran	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2003 Aralık	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004 Haziran	0	0	0	0	0	0,25	0,5	0	0
2004 Aralık	0	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0,25
2005 Haziran	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0
2005 Aralık	0	0	0,25	0	0	0	0	0	0
2006 Haziran	0	0	0,25	1	0,25	0	0	0	0
2006 Aralık	0	0,5	0,5	0,5	0	0	0	0	0
2007 Haziran	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2007 Aralık	0	0	0	0	0,25	0	0,25	0	0
2008 Haziran	0	0	0,5	0,5	0,25	0	0	0	0
2008 Aralık	0	0	0	0,5	0,5	0,5	0	0	0
2009 Haziran	0	0	0,5	0,5	0	0	0	0	0
2009 Aralık	0	0	0	0	0,5	0,5	0	0	0
2010 Haziran	0	0	0	0	0,5	1	0,25	0	0
2010 Aralık	0	0	0,5	0,5	0,25	0	0	0	0
2011 Haziran	0	0	0	0	0,25	1	0,25	0	0
2011 Aralık	0	0	0,25	0	0	0	0	0	0

c. İzleyen adımda tahmini bulanık değişim değerleri durulaştırılmıştır. Durulaştırma işlemi aşağıdaki ilkelere göre gerçekleştirilmiştir:



- Her bir dönem için tahminlenmiş bulanık değişim değerleri içinde tek bir maksimum değer varsa bu değerün üye olduğu bulanık küme belirlenir. Bu bulanık kümenin orta noktası tahmin edilen değişim değeridir.
- Her bir dönem için tahminlenmiş bulanık değişim değerleri içinde birden çok maksimum değer varsa bu değerlerin üye olduğu bulanık kümeler belirlenir. Bu bulanık kümelerin orta noktalarının aritmetik ortalaması tahmin edilen değişim değeridir.
- Her bir dönem için tahminlenmiş bulanık değişim değerlerinin hepsi 0 ise, tahmin edilen varyasyon değeri de 0 olur.

Durulaştırılmış tahmini değişim değerleri Tablo 10’da görülebilir.

Tablo 10: Durulaştırılmış Tahmini Değişim Değerleri

Dönemler	Tahmini varyasyonlar
1999 Aralık	75.000
2000 Haziran	-125.000
2000 Aralık	-125.000
2001 Haziran	0
2001 Aralık	-125.000
2002 Haziran	0
2002 Aralık	25.000
2003 Haziran	0
2003 Aralık	0
2004 Haziran	125.000
2004 Aralık	150.000
2005 Haziran	-150.000
2005 Aralık	-75.000
2006 Haziran	-25.000
2006 Aralık	-75.000
2007 Haziran	0
2007 Aralık	75.000
2008 Haziran	-50.000
2008 Aralık	25.000
2009 Haziran	-50.000
2009 Aralık	50.000
2010 Haziran	75.000
2010 Aralık	-75.000
2011 Haziran	100.000
2011 Aralık	-75.000

d. Son adımda tahmini satış miktarları hesaplanmıştır. İlgili yılın tahmini satış miktarı değeri, geçmiş yılın gerçekleşen satış miktarı ile ilgili yılın tahmini değişim değerinin toplanması ile bulunur. Örneğin Haziran 2000 dönemi için tahmini varyasyon değeri -125 000 ‘dir. 1999 aralık ayının gerçekleşen satış miktarı ise 672.808,100’dir. Buna göre Haziran 2000 dönemi için tahmini satış miktarı  $672\ 808,100 - 125\ 000 = 672\ 623$  olarak

bulunur. Bütün dönemler için  $w=4$  olduğu durum için tahmini satış miktarları Tablo 11’de görülebilir.

### 3.4. Chen (2002) Yüksek Dereceli Bulanık Zaman Serisi Modeli

Bu bölümde Chen (2002) modelinin uygulama adımları dağılıma dayalı olarak tanımlanmış sınıf aralığı genişliğine dayanarak gösterilmiş, ortalamaya dayalı tanımlanmış sınıf aralığına göre yapılan uygulamanın sadece tahmin sonuçlarına yer verilmiştir.

Tablo 11: Tahmini varyasyonlar ve satış miktarları

Dönemler	Gerçek satış miktarları	Ortalamaya davalı yaklaşım		Dağılıma davalı yaklaşım	
		Tahmini varyasyonlar	Tahmini satış miktarları	Tahmini varyasyonlar	Tahmini satış miktarları
1999 Haziran	782.414				
1999 Aralık	672.808	75.000	857.414	90.000	872.414
2000 Haziran	550.586	-125.000	547.808	-135.000	537.808
2000 Aralık	789.788	-125.000	425.586	-135.000	415.586
2001 Haziran	646.193	0	789.788	135.000	924.788
2001 Aralık	659.370	-125.000	521.193	-135.000	511.193
2002 Haziran	662.912	0	659.370	45.000	704.370
2002 Aralık	830.350	25.000	687.912	45.000	707.912
2003 Haziran	665.946	0	830.350	90.000	920.350
2003 Aralık	778.200	0	665.946	-45.000	620.946
2004 Haziran	937.033	125.000	903.200	135.000	913.200
2004 Aralık	826.268	150.000	1.087.033	135.000	1.072.033
2005 Haziran	823.225	-150.000	676.268	-135.000	691.268
2005 Aralık	820.070	-75.000	748.225	-90.000	733.225
2006 Haziran	756.528	-25.000	795.070	-45.000	775.070
2006 Aralık	900.960	-75.000	681.528	-45.000	711.528
2007 Haziran	913.066	0	900.960	45.000	945.960
2007 Aralık	885.985	75.000	988.066	45.000	958.066
2008 Haziran	887.945	-50.000	835.985	0	885.985
2008 Aralık	791.056	25.000	912.945	45.000	932.945
2009 Haziran	845.726	-50.000	741.056	-90.000	701.056
2009 Aralık	944.277	50.000	895.726	45.000	890.726
2010 Haziran	883.825	75.000	1.019.277	90.000	1.034.277
2010 Aralık	999.175	-75.000	808.825	-45.000	838.825
2011 Haziran	899.877	100.000	1.099.175	135.000	1.134.175
2011 Aralık	979.124	-75.000	824.877	-90.000	809.877

Dağılıma dayalı yaklaşım kullanılarak önceden belirlenmiş bulanık kümeler doğrultusunda satış rakamlarının bulanık değerleri Tablo 4’de görülmektedir. Tablo 4’e dayanarak,  $n \geq 2$  olduğu durumlar için n. Dereceden bulanık mantıksal ilişkiler belirlenebilir. Örneğin 2. Dereceden bulanık mantıksal ilişkiler Tablo 4 kullanılarak belirlenmiş ve Tablo 12 ‘de gösterilmiştir.  $A_{j1}, A_{j2} \rightarrow A_k$  ifadesi şu anlama gelmektedir: (i-1). Dönem

satış rakamları ve  $i$ . Dönem satış rakamlarının bulanık değerleri sırası ile  $A_{j1}$ ,  $A_{j2}$  ise,  $(i+1)$ . Dönem satış rakamının bulanık değeri de  $A_k$ 'dir.

Bulanık mantıksal ilişkiler belirlendikten sonra, bu ilişkiler gruplar altında toplanır. # sembolü "boş" anlamına gelmektedir. 2. Dereceden bulanık ilişki grupları tablo 12'te görülmektedir. Aynı şekilde 3. Ve 4. Dereceden bulanık ilişki grupları oluşturulur. (Tablo 14 ve Tablo 15'de görülebilir).

Tablo 12: Satışların 2. Dereceden bulanık mantıksal ilişkileri

A2,A3 → A2	A4,A2 → A3	A4,A4 → A3
A3,A2 → A3	A2,A3 → A5	A4,A3 → A4
A2,A3 → A3	A3,A5 → A4	A3,A4 → A5
A3,A3 → A2	A5,A4 → A4	A4,A5 → A4
A3,A2 → A1	A4,A4 → A4	A5,A4 → A6
A2,A1 → A3	A4,A4 → A3	A4,A6 → A4
A1,A3 → A2	A4,A3 → A5	A6,A4 → A5
A3,A2 → A2	A3,A5 → A5	A4,A5 → #
A2,A2 → A2 A2,A2 → A4	A5,A5 → A4	
A2,A4 → A2	A5,A4 → A4	

Tablo 13: İkinci Dereceden Bulanık İlişki Grupları

Grup1: A2,A3 → A2 A2,A3 → A3 A2,A3 → A5	Grup5: A1,A3 → A2	Grup9: A3,A5 → A4 A3,A5 → A5	Grup13: A5,A5 → A4
Grup2: A3,A2 → A3 A3,A2 → A1 A3,A2 → A2	Grup6: A2,A2 → A2 A2,A2 → A4	Grup 10: A5,A4 → A4 A5,A4 → A6	Grup14: A3,A4 → A5
Grup3: A3,A3 → A2	Grup7: A2,A4 → A2	Grup11: A4,A4 → A4 A4,A4 → A3	Grup 15: A4,A5 → A4 A4,A5 → #
Grup4: A2,A1 → A3	Grup 8: A4,A2 → A3	Grup12: A4,A3 → A5 A4,A3 → A4	Grup 16: A4,A6 → A4
Grup17: A6,A4 → A5			

Tablo 14: Üçüncü Dereceden bulanık ilişki grupları

Grup 1: A2,A3,A2 → A3	Grup8: A3,A2,A2 → A2	Grup15: A5,A4,A4 → A4 A5,A4,A4 → A3	Grup22 A3,A4,A5 → A4
Grup2: A3,A2,A3 → A3	Grup9: A2,A2,A2 → A4	Grup16: A4,A4,A4 → A3	Grup23 A4,A5,A4 → A6
Grup3: A2,A3,A3 → A2	Grup10: A2,A2,A4 → A2	Grup17: A4,A4,A3 → A5 A4,A4,A3 → A4	Grup24 A5,A4,A6 → A4
Grup4: A3,A3,A2 → A1	Grup11: A2,A4,A2 → A3	Grup 18 A4,A3,A5 → A5	Grup25 A4,A6,A4 → A5
Grup5: A3,A2,A1 → A3	Grup12: A4,A2,A3 → A5	Grup19 A3,A5,A5 → A4	Grup26 A6,A4,A5 → #
Grup6: A2,A1,A3 → A2	Grup13: A2,A3,A5 → A4	Grup20 A5,A5,A4 → A4	
Grup7: A1,A3,A2 → A2	Grup14: A3,A5,A4 → A4	Grup21 A4,A3,A4 → A5	

Tablo 15: Dördüncü dereceden bulanık ilişki grupları

Grup1 A2,A3,A2,A3 → A3	Grup7 A1,A3,A2,A2 → A2	Grup13 A2,A3,A5,A4 → A4	Grup19 A3,A5,A5,A4 → A4	Grup25 A4,A5,A4,A6 → A4
Grup2 A3,A2,A3,A3 → A2	Grup8 A3,A2,A2,A2 → A4	Grup14 A3,A5,A4,A4 → A4	Grup20 A5,A5,A4,A4 → A3	Grup26 A5,A4,A6,A4 → A5
Grup3 A2,A3,A3,A2 → A1	Grup9 A2,A2,A2,A4 → A2	Grup15 A5,A4,A4,A4 → A3	Grup21 A5,A4,A4,A3 → A4	Grup27 A4,A6,A4,A5 → #
Grup4 A3,A3,A2,A1 → A3	Grup10 A2,A2,A4,A2 → A3	Grup16 A4,A4,A4,A3 → A5	Grup22 A4,A4,A3,A4 → A5	
Grup5 A3,A2,A1,A3 → A2	Grup11 A2,A4,A2,A3→ A5	Grup17 A4,A4,A3,A5→ A5	Grup23 A4,A3,A4,A5→ A4	
Grup6 A2,A1,A3,A2 → A2	Grup12 A4,A2,A3,A5→ A4	Grup18 A4,A3,A5,A5→ A4	Grup24 A3,A4,A5,A4 → A6	

n. dereceden bulanık zaman serisi tahmin modeli için bulanık tahminler elde edilirken dikkate alınması gereken üç duruma 2. alt bölümde değinilmiş idi. İkinci dereceden bir tahminleme sürecini göstermek üzere 2005 döneminin tahmin değerini hesaplayalım.

*2005 Aralık:*

2004 Aralık ve 2005 Haziran değerleri 2005 Aralık dönemini tahminlemek için kullanılır. 2004 Aralık ve 2005 Haziran için bulanık değerler Tablo 4’de gösterildiği gibi  $A_4$  ve  $A_4$  şeklindedir. Tablo 13’e baktığımızda ise  $A_4$  ve  $A_4$  değerlerinin Grup 11’de yer aldığını görmekteyiz. Bu grup şu şekildedir:

$$\begin{aligned} \text{Grup11:} \\ A_4, A_4 \rightarrow A_4 \\ A_4, A_4 \rightarrow A_3 \end{aligned}$$

Bu durumda 2005 Aralık satış miktarını tahmin etmek için bir belirsizlik söz konusudur. Önerilen yönteme göre böyle bir durumda daha yüksek seviyeli bir bulanık ilişki grubu bulmamız gerekmektedir. Üçüncü dereceye çıktığımızda 2004 Haziran, 2004 Aralık ve 2005 Haziran değerleri 2005 Aralık dönemini tahminlemek için kullanılır. 2004 Haziran, 2004 Aralık ve 2005 Haziran için bulanık değerler Tablo 4’de gösterildiği gibi  $A_5$ ,  $A_4$  ve  $A_4$  şeklindedir. Tablo 14’e baktığımızda ise  $A_5$ ,  $A_4$  ve  $A_4$  değerlerinin Grup 15’te yer aldığını görmekteyiz. Bu grup şu şekildedir:

$$\begin{aligned} \text{Grup15:} \\ A_5, A_4, A_4 \rightarrow A_4 \\ A_5, A_4, A_4 \rightarrow A_3 \end{aligned}$$

Bu durumda yine bir belirsizlik söz konusudur. Önerilen yonteme göre böyle bir durumda yine daha yüksek seviyeli bir bulanık ilişki grubu bulmamız gerekmektedir. Dördüncü dereceye çıktığımızda 2003 Aralık, 2004 Haziran, 2004 Aralık ve 2005 Haziran değerleri 2005 Aralık dönemini tahminlemek için kullanılır. 2003 Aralık, 2004 Haziran, 2004 Aralık ve 2005 Haziran değerleri için bulanık değerler Tablo 4'de gösterildiği gibi  $A_3$ ,  $A_5$ ,  $A_4$  ve  $A_4$  şeklindedir. Tablo 15'e baktığımızda ise bu değerlerin Grup 14'te yer aldığını görmekteyiz. Bu grup şu şekildedir:

$$\text{Grup14} \\ A_3, A_5, A_4, A_4 \rightarrow A_4$$

Bu durumda artık belirsizlik söz konusu değildir. Durulaştırılmış öngörü,  $A_4$  bulanık kümesinde en yüksek üyelik değerine sahip olan  $u_4$  aralığının orta noktası olacaktır.  $u_4 = [810\ 000, 900\ 000]$  olduğuna göre 2000 haziran dönemi için tahmin edilen satış miktarı 855 000 olacaktır.

Yukarıda bahsedilen adımlar ortalama yaklaşımı ile belirlenen aralık uzunluğu uygulanarak da hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucunda satış tahmin değerleri belirlenmiştir. Her iki yaklaşım kullanılarak hesaplanan satış tahmini değerleri ve gerçekleşen satış miktarları şekil 1'de ve Tablo 16'da gösterilmiştir.

### 3.5 Tahmin Sonuçlarının Karşılaştırılması

Çeşitli tahmin modelleri arasından birini seçme sürecinde yaygın kabul gören kriterlerden birisi de, modelin verilere iyi uyum göstermesi yani modelin tahmin başarısının yüksek olmasıdır. Bu bağlamda modellerin tahmin doğruluklarının karşılaştırılması amacı ile çeşitli istatistikler kullanılmaktadır.

Modellerin tahmin doğruluğunun ölçümünde kullanılan başlıca ölçütler;

- Ortalama Kare Hata (Mean Squared Error - MSE),
- Kök Ortalama Kare Hata (Root Mean Squared Error - RMSE),
- Ortalama Mutlak Hata (Mean Absolute Error - MAE),
- Ortalama Mutlak Yüzde Hata (Mean Absolute Percentage Error - MAPE) olarak sıralanabilir.

$$e_t = y_t - \hat{y}_t \quad [8]$$

$y_t$ =t. dönemde gerçekleşen satış miktarı

$\hat{y}_t$ = t. dönem için hesaplanan tahmini satış miktarı

$e_t$ = t. dönemdeki tahmin hatası

$n$  =tahmin edilen dönem sayısını göstermek üzere;

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n e_t^2}{n} [9]$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n e_t^2}{n}} [10]$$

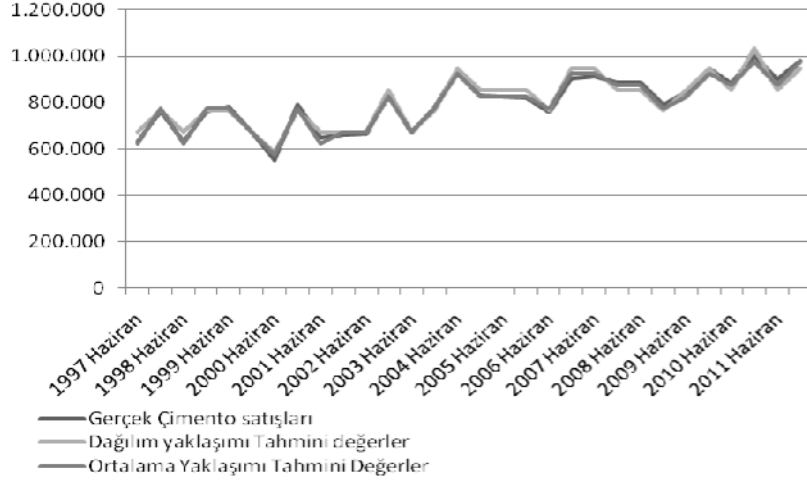
$$MAE = \frac{\sum_{t=1}^n |e_t|}{n} [11]$$

$$MAPE(\%) = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{|e_t|}{y_t}}{n} \times 100 \quad [12]$$

Tablo 16: Hesaplanan satış tahmini değerleri ve gerçekleşen satış miktarları

Dönem	Çimento satışları	<u>Dağılım yaklaşımı</u> Tahmini değerler	<u>Ortalama Yaklaşımı</u> Tahmini Değerler
1997 Haziran	630,391	675,000	625,000
1997 Aralık	759,110	765,000	775,000
1998 Haziran	632,259	675,000	625,000
1998 Aralık	761,595	765,000	775,000
1999 Haziran	782,414	765,000	775,000
1999 Aralık	672,808	675,000	675,000
2000 Haziran	550,586	585,000	575,000
2000 Aralık	789,788	765,000	775,000
2001 Haziran	646,193	675,000	625,000
2001 Aralık	659,370	675,000	675,000
2002 Haziran	662,912	675,000	675,000
2002 Aralık	830,350	855,000	825,000
2003 Haziran	665,946	675,000	675,000
2003 Aralık	778,200	765,000	775,000
2004 Haziran	937,033	945,000	925,000
2004 Aralık	826,268	855,000	825,000
2005 Haziran	823,225	855,000	825,000
2005 Aralık	820,070	855,000	825,000
2006 Haziran	756,528	765,000	775,000
2006 Aralık	900,960	945,000	925,000
2007 Haziran	913,066	945,000	925,000
2007 Aralık	885,985	855,000	875,000
2008 Haziran	887,945	855,000	875,000
2008 Aralık	791,056	765,000	775,000
2009 Haziran	845,726	855,000	825,000
2009 Aralık	944,277	945,000	925,000
2010 Haziran	883,825	855,000	875,000
2010 Aralık	999,175	1,035,000	975,000
2011 Haziran	899,877	855,000	875,000
2011 Aralık	979,124	945,000	975,000

Şekil 1: Hesaplanan satış tahmini değerleri ve gerçekleşen satış miktarları grafiği



Ele alınan bütün tahmin etkinliği ölçütlerinde arzu edilen sonuç, en küçük değere sahip MSE, RMSE, MAE ve MAPE istatistiklerine sahip tahmin modelini oluşturmaktır (Çuhadar, 2006: 112).

Sayılan kriterler arasında (MAPE) ölçütünün tahmin hatalarını yüzde olarak ifade etmesi nedeni ile tek başına da bir anlamının olması, diğer kriterlere göre üstünlüğü olarak kabul edilmektedir. Witt ve Witt (1992), MAPE değerleri % 10'un altında olan tahmin modellerini "yüksek doğruluk" derecesine sahip, % 10 ile % 20 arasında olan modelleri ise doğru tahmin modelleri olarak sınıflandırmıştır. Benzer şekilde Lewis (1982), MAPE değeri %10'un altında olan modelleri "çok iyi", % 10 ile % 20 arasında olan modelleri "iyi", % 20 ile % 50 arasında olan modelleri "kabul edilebilir" ve % 50'nin üzerinde olan modelleri ise "yanlış ve hatalı" olarak sınıflandırmıştır (Witt ve Witt, 1992 ve Lewis, 1982'den aktaran Çuhadar, 2006: 112).

Çalışmamızda ele alınan tüm bulanık tahmin modellerinin etkinliği yukarıda bahsedilen ölçütlere göre hesaplanmıştır (Tablo 17). Tablo 17 incelendiğinde en küçük değerli MSE, RMSE, MAE ve MAPE tahmin etkinliği ölçütlerine sahip modelin ortalamaya dayalı yaklaşıma göre tanımlanmış yüksek dereceli bulanık tahmin modeli olduğu görülmektedir.

Ayrıca Lewis (1982) de yapılan MAPHE değerleri sınıflandırmasına göre ortalamaya dayalı Chen (2002) modeline ait MAPE değerinin (%1,6), %10'un altında dolayısıyla çok iyi etkinliğe sahip bir tahmin etkinliğine sahip olduğu söylenebilir. Dağılıma dayalı Chen (2002) modelinin de tahmin etkinliği (%3), %10'dan küçük olmakla birlikte ortalamaya dayalı yaklaşımın biraz üstünde olduğu görülmektedir.

Tablo 17: Farklı Bulanık Tahmin Modelleri için Hesaplanan Tahmin Etkinliği Ölçütleri

		<i>MSE</i>	<i>RMSE</i>	<i>MAE</i>	<i>MAPE (%)</i>
<i>Chen (1996)</i>	<i>Dağılıma Dayalı Yaklaşım</i>	5.290.956.087	72.739	56.525	7,8
	<i>Ortalamaya Dayalı Yaklaşım</i>	4.256.596.397	65.242	46.855	6,4
<i>Hwang (1998)</i>	<i>Dağılıma Dayalı Yaklaşım</i>	27.600.591.315	166.134	125.919	17,4
	<i>Ortalamaya Dayalı Yaklaşım</i>	21.494.394.686	146.610	137.867	15,6
<i>Chen (2002)</i>	<i>Dağılıma Dayalı Yaklaşım</i>	743.576.081	27.269	23.679	3
	<i>Ortalamaya Dayalı Yaklaşım</i>	<b>207.655.388</b>	<b>14.410</b>	<b>12.457</b>	<b>1,6</b>

## SONUÇ

Bu çalışmada literatürde en temel üç bulanık zaman serisi modeli İMKB’de işlem gören bir çimento fabrikasının 1997-2011 yılları arasındaki altı aylık satış verileri üzerinde uygulanarak tahminlerin güvenilirliği karşılaştırılmıştır. Ancak her üç modelin uygulanması sırasında sınıf aralıkları keyfi olarak belirlenmemiş, bu adımda Hwang (2001) tarafından önerilen dağılıma ve ortalamaya dayalı yaklaşımlara göre tanımlanmıştır. Bu üç farklı modelin tahmin güvenilirlikleri çeşitli ölçütlere göre karşılaştırıldığında, en güvenilir sonuçların ortalamaya dayalı yaklaşımla Chen (2002) yüksek dereceli bulanık tahmin modeline göre elde edildiği görülmektedir. Çalışmamızda ikinci dereceden bulanık tahmin modeli kullanılmıştır. Bu modelde ortalamaya dayalı yaklaşımla elde edilen sonuçların tahmin etkinlik değerlerinin diğerlerine göre oldukça düşük çıkmasının nedeni sınıf aralığının diğer yaklaşıma göre oldukça küçük olması ve evrenin daha uygun sayıda alt sınıflara bölünmüş olmasıdır. Literatürde Hwang vd. (1998) tarafından önerilen modelin Song ve Chissom (1993) ve Chen ve (1996)’ya göre daha güvenilir sonuçlar ortaya koyduğu öne sürülse de çalışmamızda bu model en düşük güvenilirliğe sahip sonuçları vermiştir. İleride yapılacak çalışmalarda Chen (2002) modelinin farklı derecelerde uygulanarak sonuçlarının karşılaştırılması düşünülmektedir.



### KAYNAKÇA

1. ALADAĞ, C.H., Basaran, M.A., Egrioglu, E., Yolcu, U. ve Uslu, V.R. (2009); “Forecasting in High Order Fuzzy TimesSeries by Using Neural Networks to Define Fuzzy Relations”, Expert Systems with Applications, Vol.36 (3), pp. 4228–4231.
2. ALADAĞ, Ç. H., Eğrioğlu, E., Günay, S ve Yolcu, U. (2010); “Yüksek Dereceli Bulanık Z aman Serisi Modeli ve İMKB Uygulaması”, Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, Vol. 11(2), pp. 95-101
3. CHEN, S.M. (1996), “Forecasting Enrollments based on Fuzzy Time Series”, Fuzzy Sets and Systems, Vol. 81, pp.311-319
4. CHEN, S.M. (2002); “ Forecasting Enrollments Based on High-Order Fuzzy Time Series”, Cybernetics and Systems An International Journal, Vol. 33, pp. 1-16.
5. ÇUHADAR, M. (2006), “Turizm Sektöründe Talep Tahmini İçin Yapay Sinir Ağları Kullanımı Ve Diğer Yöntemlerle Karşılaştırmalı Analizi (Antalya İlinin Dış Turizm Talebinde Uygulama)” Süleyman Demirel Üniversitesi, SBE, Yayınlanmamış Doktora Tezi
6. GANGWAR, S.S. and Kumar, S. (2012); “Partitions Based Computational Method for High-Order Fuzzy Time Series Forecasting”, Expert Systems with Applications, Vol. 39, pp. 12158–12164
7. HUARNG, K. (2001a); “Heuristic models of fuzzy time series for forecasting”, Fuzzy Sets and Systems, Vol.123 (3), pp.369-386.
8. HUARNG, K. (2001b); “Effective lengths of interval to improve forecasting in fuzzy time Series”, Fuzzy sets and systems, Vol.123, pp. 387-394.
9. HWANG, J. R., Chen, S. M., and Lee, C. H. (1998); “Handling Forecasting Problems Using Fuzzy Time Series” Fuzzy Sets and Systems, Vol. 100, pp. 217-228.
10. İNCEOĞLU, F.E. (2010); “ Bulanık Zaman Serisi Yöntemleri ile İMKB Öngörüsü”, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, FBE, Yayınlanmamış YL Tezi
11. LI, S.T and Cheng, Y.C. (2007); “Deterministic Fuzzy Time Series Model for Forecasting Enrollments”, Computers and Mathematics with Applications , Vol. 53, pp. 1904-1920
12. SONG, Q. and Chissom, S. (1993a); “Fuzzy Time Series and Its Models”, Fuzzy Sets and Systems, Vol.54, pp.269-277
13. SONG, Q. and Chissom, S. (1993b); “Forecasting Enrollments with Fuzzy Time Series –Part I”, Fuzzy Sets and Systems, Vol. 54, pp.1-9
14. SONG, Q. and Chissom, S. (1993c); “Forecasting Enrollments with Fuzzy Time Series –Part II”, Fuzzy Sets and Systems, Vol.62, pp.1-8
15. SULLIVAN, J. And Woodall, A. (1994); “A Comparison of Fuzzy Forecasting and Markov Modeling”, Fuzzy Sets and Systems, Vol.64, pp. 279-293
16. TSAUR, R.C., Yang, J.C. and Wang, H.F. (2005); “ Fuzzy Relation Analysis in Fuzzy Time Series Model”, Computers & Mathematics with Applications , Vol. 49, 539–548.

17. WANG, C.H. and Hsu, L.C. (2008); “*Constructing and Applying an Improved Fuzzy Time Series Model: Taking the Tourism Industry for Example*”, Expert Systems with Applications, Vol.34, pp. 2732–2738
18. WONG, H.L., Tu, Y.H. and Wang, C.C. (2010); “*Application of Fuzzy Time Series Models for Forecasting the Amount of Taiwan Export*”, Vol. 37, pp. 1465-1470
19. YU, H.K. (2005); “*A Refined Fuzzy Time-Series Model for Forecasting*”, Physica A 346., pp. 657–681