

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BULANIK ZAMAN SERİSİ MODELLERİNDE
FARKLI ÜYELİK FONKSİYONLARININ BAŞARIMA ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ali İhsan BAŞYİĞİT

Kontrol ve Otomasyon Mühendisliği Anabilim Dalı

Kontrol ve Otomasyon Mühendisliği Programı

MAYIS 2014

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BULANIK ZAMAN SERİSİ MODELLERİNDE
FARKLI ÜYELİK FONKSİYONLARININ BAŞARIMA ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Ali İhsan BAŞYİĞİT
504121103**

Kontrol ve Otomasyon Mühendisliği Anabilim Dalı

Kontrol ve Otomasyon Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Müjde GÜZELKAYA

MAYIS 2014

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 504121103 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Ali İhsan BAŞYİĞİT**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**BULANIK ZAMAN SERİSİ MODELLERİNDE FARKLI ÜYELİK FONKSİYONLARININ BAŞARIMA ETKİSİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Müjde GÜZELKAYA**

İstanbul Teknik Üniversitesi

Eş Danışman : **Uzm. Dr. Cenk ULU**

Tübitak Marmara Araştırma Merkezi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. İbrahim EKSİN**

İstanbul Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Gülay ÖKE

İstanbul Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Taner ARSAN

Kadir Has Üniversitesi

Teslim Tarihi : **5 Mayıs 2014**

Savunma Tarihi : **30 Mayıs 2014**

Aileme ve dostlarıma,

ÖNSÖZ

Tez çalışmamı hazırlarken hiçbir zaman desteklerini esirgemeyen, her zaman yardımcı olmaya çalışan ve güler yüzlerini eksik etmeyen başta tez danışmanım Sn. Prof. Dr. Müjde GÜZELKAYA olmak üzere, eş danışmanım Sn. Uzm. Dr. Cenk ULU, Sn. Prof. Dr. İbrahim EKSİN ve bu günlere gelmemdeki en büyük destekçim olan değerli aileme teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs 2014

Ali İhsan Başyigit
Kontrol Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
2. BULANIK ZAMAN SERİLERİ.....	3
2.1 Zaman Serisi.....	3
2.2 Bulanık Zaman Serisi	3
2.3 Bulanık Zaman Serilerinde Temel Kavramlar	3
3. BULANIK ZAMAN SERİSİ MODELLERİ.....	5
3.1 Model 1	5
3.2 Model 2	6
4. MAMDANI ÇIKARIM TABANLI BULANIK ZAMAN SERİSİ MODELİ... 9	9
4.1 Modelin Yapısı	9
4.1.1 Verileri yumuşak değişim gösteren zaman serisi tahmini	12
4.1.2 Verileri sert değişim gösteren zaman serisi tahmini	17
4.2 Önerilen Bulanık Zaman Serisi Modeline İlişkin Üyelik Fonksiyonlarının En İyileme ile Belirlenmesi	27
4.2.1 Parçalı keskin fonksiyon modelinin en iyilemesi	27
4.2.2 Önerilen modelin en iyilemesi	28
4.3 Zaman Serisi Tanım Uzayının Bölmelenme Sayısına Etkisi	31
4.3.1 Alabama Üniversitesi kayıt tahmini.....	31
4.3.1.1 Aralık sayısının 5 olarak seçilmesi durumu	32
4.3.1.2 Aralık sayısının 10 olarak seçilmesi durumu	36
4.3.2 TAIFEX verilerinin tahmini.....	41
4.3.2.1 Aralık sayısının 18 olarak seçilmesi durumu	41
4.3.2.2 Aralık sayısının 14 olarak seçilmesi durumu	51
5. YÜKSEK DERECEDEN MAMDANI ÇIKARIM TABANLI BULANIK ZAMAN SERİSİ MODELİ.....	63
5.1 Alabama Üniversite Kaydının İkinci Dereceden Bulanık Zaman Serisi Modeli	63
5.2 TAIFEX Verilerinin İkinci Dereceden Bulanık Zaman Serisi Modeli	68
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	81
KAYNAKLAR	83
ÖZGEÇMİŞ.....	85

KISALTMALAR

BZSM	: Bulanık Zaman Serisi Modeli
MSE	: Mean Squared Error (Hatanın Karesinin Ortalaması)
TAIFEX	: Taiwan Futures Exchange (Tayvan Vadeli İşlem Borsası)

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 4.1 : Gerçek kayıt verileri ve kayıtların A_i 'ler cinsinden bilgisi.....	12
Çizelge 4.2 : Kayıtların bulanık mantıksal ilişkileri.....	13
Çizelge 4.3 : Bulanık mantıksal ilişki grupları	13
Çizelge 4.4 : Çıkış üyelik fonksiyonları.	14
Çizelge 4.5 : Kural tablosu.	14
Çizelge 4.6 : Kayıt tahminlerinin MSE kriterine göre karşılaştırılması.	16
Çizelge 4.7 : Gerçek TAIFEX verileri ve verilerin A_i 'ler cinsinden bilgisi.	17
Çizelge 4.8 : Verilerin bulanık mantıksal ilişkileri.....	19
Çizelge 4.9 : Bulanık mantıksal ilişki grupları.	19
Çizelge 4.10 : Çıkış üyelik fonksiyonları.	20
Çizelge 4.11 : Kural tablosu.	20
Çizelge 4.12 : Birbiri üzerine denk gelen çıkışlar.	21
Çizelge 4.13 : Çıkış üyelik fonksiyonları	21
Çizelge 4.14 : Kural tablosu.	21
Çizelge 4.15 : Verilerin MSE kriterine göre karşılaştırılması.	26
Çizelge 4.16 : Kural tablosu.	28
Çizelge 4.17 : Tahminlerin MSE kriterine göre karşılaştırılması.....	31
Çizelge 4.18 : Gerçek kayıt verileri ve kayıtların A_i 'ler cinsinden bilgisi.....	32
Çizelge 4.19 : Kayıtların bulanık mantıksal ilişkileri.....	32
Çizelge 4.20 : Bulanık mantıksal ilişki grupları.	33
Çizelge 4.21 : Çıkış üyelik fonksiyonları.	33
Çizelge 4.22 : Kural tablosu	33
Çizelge 4.23 : Kayıt tahminlerinin MSE kriterine göre karşılaştırılması	35
Çizelge 4.24 : Gerçek kayıt verileri ve verilerin A_i 'ler cinsinden bilgisi.	36
Çizelge 4.25 : Verilerin bulanık mantıksal ilişkileri.....	37
Çizelge 4.26 : Bulanık mantıksal ilişki grupları.	37
Çizelge 4.27 : Çıkış üyelik fonksiyonları	38
Çizelge 4.28 : Kural tablosu.	38
Çizelge 4.29 : Kayıtların MSE kriterine göre karşılaştırılması	40
Çizelge 4.30 : Gerçek TAIFEX verileri ve verilerin A_i 'ler cinsinden bilgisi.	41
Çizelge 4.31 : Verilerin bulanık mantıksal ilişkileri.....	43
Çizelge 4.32 : Bulanık mantıksal ilişki grupları.	44
Çizelge 4.33 : Çıkış üyelik fonksiyonları	44
Çizelge 4.34 : Kural tablosu.	45
Çizelge 4.35 : Birbiri üzerine denk gelen çıkışlar.	45
Çizelge 4.36 : Çıkış üyelik fonksiyonları.	46
Çizelge 4.37 : Kural tablosu.	46
Çizelge 4.38 : Verilerin MSE kriterine göre karşılaştırılması	51
Çizelge 4.39 : Gerçek TAIFEX verileri ve verilerin A_i 'ler cinsinden bilgisi.	52
Çizelge 4.40 : Verilerin bulanık mantıksal ilişkileri.....	53
Çizelge 4.41 : Bulanık mantıksal ilişki grupları.	54

Çizelge 4.42 : Çıkış üyelik fonksiyonları	54
Çizelge 4.43 : Kural tablosu.	55
Çizelge 4.44 : Birbiri üzerine denk gelen çıkışlar.	55
Çizelge 4.45 : Çıkış üyelik fonksiyonları.	55
Çizelge 4.46 : Kural tablosu.	56
Çizelge 4.47 : Verilerin MSE kriterine göre karşılaştırılması	61
Çizelge 5.1 : Gerçek kayıt verileri ve verilerin A_i 'ler cinsinden bilgisi.....	63
Çizelge 5.2 : Kayıtların bulanık mantıksal ilişkileri.	64
Çizelge 5.3 : Bulanık mantıksal ilişki grupları.	64
Çizelge 5.4 : Çıkış üyelik fonksiyonları	65
Çizelge 5.5 : Kural tablosu.	65
Çizelge 5.6 : Kayıt tahminlerinin MSE kriterine göre karşılaştırılması	67
Çizelge 5.7 : Gerçek TAIFEX verileri ve verilerin A_i 'ler cinsinden bilgisi	68
Çizelge 5.8 : Verilerin bulanık mantıksal ilişkileri.....	70
Çizelge 5.9 : Bulanık mantıksal ilişki grupları.	70
Çizelge 5.10 : Çıkış üyelik fonksiyonları.	71
Çizelge 5.11 : Kural tablosu.	72
Çizelge 5.12 : Birbiri üzerine denk gelen çıkışlar.	73
Çizelge 5.13 : Çıkış üyelik fonksiyonları.	73
Çizelge 5.14 : Kural tablosu.	74
Çizelge 5.15 : Verilerin MSE kriterine göre karşılaştırılması	80

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1 : Parçalı keskin, üçgen ve trapezoidal üyelik fonksiyonları.....	8
Şekil 4.1 : Üçgen O.N. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları..	14
Şekil 4.2 : Yamuk O.N. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.	15
Şekil 4.3 : Üçgen A.M. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.	15
Şekil 4.4 : Yamuk A.M. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.	15
Şekil 4.5 : Kayıt tahminlerinin grafiksel karşılaştırılması.	16
Şekil 4.6 : Üçgen O.N. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları..	22
Şekil 4.7 : Yamuk O.N. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.	23
Şekil 4.8 : Üçgen A.M. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.	24
Şekil 4.9 : Yamuk A.M. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.	25
Şekil 4.10 : Verilerin grafiksel karşılaştırılması.....	26
Şekil 4.11 : Parçalı keskin fonksiyon modelinin giriş üyelik fonksiyonları.....	27
Şekil 4.12 : Aratma adımlarında elde edilen en iyi ve ortalama değerler.	28
Şekil 4.13 : Aratma ile elde edilen parametrelere göre modelin giriş üyelik fonksiyonları	28
Şekil 4.14 : Aratma adımlarında elde edilen en iyi ve ortalama değerler.	29
Şekil 4.15 : Aratma ile elde edilen parametrelere göre modelin (a) giriş ve (b) çıkış üyelik fonksiyonları.	30
Şekil 4.16 : Gerçek veri ve tahminlerin karşılaştırılması.	31
Şekil 4.17 : Üçgen O.N. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.	34
Şekil 4.18 : Yamuk O.N. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.	34
Şekil 4.19 : Üçgen A.M. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları	34
Şekil 4.20 : Yamuk A.M. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.	35
Şekil 4.21 : Kayıt tahminlerinin grafiksel karşılaştırılması.	35
Şekil 4.22 : Üçgen O.N. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.	39
Şekil 4.23 : Yamuk O.N. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.	39
Şekil 4.24 : Üçgen A.M. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları	39
Şekil 4.25 : Yamuk A.M. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.	40
Şekil 4.26 : Kayıt tahminlerinin grafiksel karşılaştırılması.	40
Şekil 4.27 : Üçgen O.N. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.	47
Şekil 4.28 : Yamuk O.N. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.	48
Şekil 4.29 : Üçgen A.M. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları	49
Şekil 4.30 : Yamuk A.M. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.	50
Şekil 4.31 : Veri tahminlerinin grafiksel karşılaştırılması.....	51

Şekil 4.32 : Üçgen O.N. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.	57
Şekil 4.33 : Yamuk O.N. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.	58
Şekil 4.34 : Üçgen A.M. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları	59
Şekil 4.35 : Yamuk A.M. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.	60
Şekil 4.36 : Veri tahminlerinin grafiksel karşılaştırılması.	61
Şekil 5.1 : Üçgen O.N. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları..	66
Şekil 5.2 : Yamuk O.N. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.	66
Şekil 5.3 : Üçgen A.M. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları .	66
Şekil 5.4 : Yamuk A.M. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.	67
Şekil 5.5 : Kayıt tahminlerinin grafiksel karşılaştırılması.	67
Şekil 5.6 : Üçgen O.N. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları..	76
Şekil 5.7 : Yamuk O.N. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.	77
Şekil 5.8 : Üçgen A.M. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları .	78
Şekil 5.9 : Yamuk A.M. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.	79
Şekil 5.10 : Veri tahminlerinin grafiksel karşılaştırılması.	79

BULANIK ZAMAN SERİSİ MODELLERİNDE FARKLI ÜYELİK FONKSİYONLARININ BAŞARIMA ETKİSİ

ÖZET

Üretim planlanması, hava veya sıcaklık tahmini, borsa endeksleri, bir okula kayıt yaptıracak öğrenci sayısının belirlenmesi gibi konularda var olan verilerden gelecek ile ilgili akla uygun tahminler yapılmaya çalışılır. Bu tahminler sonucunda, insanların karşılaşabileceği bazı zararlar önlenebilir veya çeşitli kazanımlar elde edilebilir. Bu nedenle, zaman serisi kavramı ve analizi önem taşımaktadır. Zaman serisi, bir büyüklüğün belirli aralıklar ile ölçülmesiyle oluşmuş bir veri kümesidir. Zaman serisi analizinde modelleme yapmak ve öngöründe bulunmak amaçlanır. Bulanık zaman serisi ise verileri dilsel terimler olarak ifade edilen zaman serileridir.

Literatürde, bulanık zaman serisi kavramı ortaya atıldıktan sonra, verileri iyi modellemek ve öngöründe bulunabilmek için çeşitli bulanık zaman serisi modelleri önerilmiştir. İlk yıllarda önerilen modeller, daha sonradan referans alınarak sezgisel modelleme, yüksek dereceden modelleme gibi farklı çalışmalar yapılmıştır. Tahmin başarımında, seçilecek üyelik fonksiyonunun biçimi önemli bir etkiye sahip olmakla birlikte, yapılan çalışmalarda sadece parçalı keskin tipte üyelik fonksiyonu kullanılmıştır. Bu sebepten, bulanık çıkarım yerine aritmetik işlemler kullanılarak tahmin yapılmıştır.

Bu çalışmada, yeni bir bulanık zaman serisi modeli önerilmiştir. Bu modelde, klasik parçalı fonksiyon yerine, üçgen ve yamuk üyelik fonksiyonları kullanılmıştır. Bulanık çıkarım mekanizması Mamdani tipindedir ve durulayıcı olarak ağırlık merkezi yöntemi kullanılmıştır. Oluşturulan üyelik fonksiyonlarının göbekleri orta nokta ve ağırlık merkezi olarak iki farklı tipte seçilerek sonuca etkisi tüm benzetim çalışmalarında incelenmiştir. Önerilen modelin geçerliliği ve etkinliği, literatürde de yaygın olarak kullanılan Alabama Üniversitesi öğrenci kaydı üzerinde gösterilmiştir. Ardından literatürdeki bir başka örnek olan TAIFEX(Taiwan Futures Exchange) verileri için de önerilen model denenmiştir. Alabama Üniversitesi verileri yumuşak değişim gösteren, TAIFEX verileri ise sert değişim gösteren verilerdir. Bu anlamda, iki farklı veri tipine göre de modelin başarımı incelenmiştir. Bu benzetim çalışmalarına ek olarak en iyileme çalışması yapılarak önerilen modelin parçalı keskin fonksiyon kullanılan model karşısındaki başarımı da incelenmiştir. Ayrıca, her iki örnek için, farklı sayıda bölmelenme ile modelleme yapmanın ve yüksek derece modelleme yapmanın sonuca etkisi incelenmiştir. Sonuçlar, MSE kriterine göre karşılaştırılmış ve önerilen model ile yapılan tahminin parçalı keskin fonksiyon modeller ile karşılaştırıldığında daha az hataya sahip olduğunu göstermiştir. Ayrıca farklı kriterlere göre yapılan modellemelerde önerilen model ile yapılan modellemelerin daha tutarlı sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

THE EFFECT OF THE DIFFERENT MEMBERSHIP FUNCTIONS ON THE FORECASTING PERFORMANCE IN FUZZY TIME SERIES

SUMMARY

Making reasonably accurate estimates is important in many topics such as prediction of weather or temperature, stock index, futures exchange, enrollments, etc. Based on these forecasts, damages can be prevented or benefit can be gained. Therefore, the time series concept and analysis become important. A time series consists of a data points sequence, which measured periodically at uniform time intervals. In time series analysis, model fitting and forecasting is aimed. The fuzzy time series is a time series, whose data are linguistic values instead of real numbers.

In literature, the concept of fuzzy time series and the procedures to develop their models were introduced and then several fuzzy time series models are proposed to obtain better forecasting performance. In the first proposed model, the max-min composition operation is used. After that, a simple fuzzy time series model was presented where the forecasting results were obtained by using simple interval arithmetic operations instead of complex max-min composition operation. In addition to these, many researchers proposed fuzzy time series models for handling forecasting problems, such as temperature forecasting, forecasting the enrollments of the University of Alabama, the Taiwan Stock Exchange Capitalization Weighted Stock Index (TAIEX) and Taiwan Futures Exchange (TAIFEX). Many methods are also presented such as, high-order fuzzy time series, heuristic function to present a method for forecasting, two-factors high-order fuzzy time series, average-based length method and distribution-based length method, etc. Although the shape of membership functions has an important effect on the forecasting performance, piecewise crisp membership functions are used in all of these models without showing any plausible reason. Therefore, the forecasting is performed by using interval arithmetic operations instead of fuzzy inference.

In this study, a new fuzzy time series model is proposed. Firstly, the minimum datum value and the maximum datum value should be found. Then, the universe is defined accordingly. After that, the universe is partitioned into several areas with equal lengths. The linguistic terms, defined by the fuzzy sets on the universe, are defined. Thereafter, the knowledge of each datum value is determined in terms of the linguistic values. Then, the fuzzy logical relationship of the data values are defined between the two sequential data values. First datum value called as current state value and the following called as next state datum value. After that, the fuzzy logical relationships of the data values are grouped based on their current state fuzzy logical relationships. Thereafter, output fuzzy sets related with the each fuzzy logical relationship group are defined. The rules are determined considering all these groups. The type of the membership function of the input and output fuzzy sets is chosen. In this model, triangular and trapezoidal membership functions are used instead of classical piecewise crisp membership functions. While creating the membership functions, the cores of the formed membership functions can be chosen in two

different types, which are midpoint of the related interval and centroid of the data within the related interval. The effect of this selection is also observed through the forecasting results. Lastly, the forecasting is performed by using Mamdani-type fuzzy inference with centroid defuzzification. The results are compared with the well-known piecewise crisp membership function models. The success performance is evaluated considering the mean squared error criterion.

The validation and effectiveness of the proposed model is shown on the forecast of the enrollments of the University of Alabama. In addition to this example, another well-known example called Taiwan Futures Exchange (TAIFEX) is used. The data of the enrollments of the Alabama University represents a time series with smooth changing data and the data of the TAIFEX represents a time series with aggressive changing data. In this manner, the effectiveness of the model is examined with two different types of time series, which have different data dynamism from each other. Furthermore, an optimization example is performed. With this optimization example, the success of the proposed model against the well-known piecewise crisp membership function model is presented. Finally, the effect of different length of intervals and high-order fuzzy time series modeling is analysed for both examples. The length of intervals are chosen considering the original length of intervals, which used in the literature. For each time series example, one wider than the original length and one narrower than the original length are chosen. The narrow length of interval models are expected to show better forecasting than the wide length of interval models. Moreover, high order models are expected to show better forecasting performance than the first order models. In every analysis, both triangular and trapezoidal membership function models are used and results are compared with each other as well as piecewise crisp membership function models.

The results are compared in terms of mean squared error. While using the original length of intervals in the enrollment of the University of Alabama example, the results show that the proposed model has smaller forecasting mean square error value than piecewise crisp membership function models. The results are also show that, when cores of the formed membership functions are chosen based on centroid of the data within the related interval, the model shows better forecasting performance than cores of the formed membership functions are chosen as midpoint of the related interval. While using the original length of intervals in the TAIFEX example, triangular and trapezoidal models performs a better forecast than the classical piecewise crisp function model. Using genetic algorithm optimization technique, the piecewise crisp membership function model improves its forecasting performance. On the other hand, the genetic algorithm optimization of the proposed method gives much better forecasting performance than the optimized piecewise crisp membership function model for the same search criteria and options. For wider length of intervals the formed models with proposed method shows poor performance as expected. On the other hand, for narrower length of intervals the formed models with proposed method shows better performance as expected. Although, the piecewise crisp membership function model shows better performans for some examples, it doesn't show a consistent forecasting performance unlike the proposed model. For second order modeling, the formed models with proposed method shows better performance as expected. Piecewise crisp membership function models shows poor performance in the enrollment of the University of Alabama example. However, in TAIFEX example its performance is better than some of the proposed method models. The reason is that, the TAIFEX data is an aggressive changing data.

Generally, for different length of intervals and high order models, the proposed method shows better and consistent forecasting performance than piecewise crisp membership function models. For smooth changing data, the model shows quite well performance. On the other hand, the model shows sometimes low performance for the aggressive changing data. The reason for the low performance is that, the intervals are determined considering equal lengths rather than intensity of the data. Nevertheless, the proposed model shows a consistent forecasting unlike the piecewise crisp membership function models for both examples.

1. GİRİŞ

Bir zaman serisi belirli aralıklar ile ölçülmüş bir dizi veri noktasından oluşur. Ekonomi, işaret işleme, istatistik gibi birçok konuda yaygın şekilde kullanılmaktadır. Zaman serisi analizleri çoğunlukla model uydurma ve öngörüle bulunmayı amaçlamaktadır.

Bulanık zaman serileri verileri dilsel terimler olarak ifade edilen zaman serileridir. Literatürde, birçok araştırmacı sıcaklık tahmini, Alabama Üniversitesi öğrenci kaydı tahmini ve TAIFEX(Taiwan Futures Exchange) tahmini gibi problemler için bulanık zaman serisi modelleri önermişlerdir. Bulanık zaman serisi kavramı ilk defa 1991 yılında Song ve Chissom tarafından [1] tanımlanmıştır. Amaç bu dinamik süreçleri modellemek ve bu modelleri kullanarak öngörüle bulunabilmektir. Yapılan çalışmada modelleme için Max-min operatörü kullanılmıştır. [2] ve [3] çalışmalarında sırasıyla zamanla değişmeyen ve zamanla değişen bulanık zaman serisi modelleri ele alınmıştır. [4]'te ise Chen, karmaşık max-min operasyonu yerine basit aritmetik işlemler içeren basit bir bulanık zaman serisi modeli sunulmuştur. [5] çalışmasında, dağılım bazlı ve ortalama bazlı aralıklandırma yapılarak farklı uzunluktaki aralıkların tahmine etkisi gözlenmiştir. [6]'da probleme özgü sezgisel bilgi ekleme yoluyla Alabama Üniversitesi öğrenci kayıtları ve TAIFEX örneği ele alınarak sezgisel bir fonksiyon kullanılmıştır. [7]'de Alabama Üniversitesi öğrenci kayıtları tahmini için yüksek dereceli bulanık zaman serisi modeli önerilmiştir. [8] çalışmasında öğrenci kayıtları tahmini için yüksek dereceli bulanık zaman serisi ve genetik algoritma içeren bir yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemde her aralığın uzunluğu genetik algoritma ile ayarlanmıştır. [9]'da öğrenci kayıtları tahmini için otomatik kümeleme ve bulanık mantıksal ilişkilere dayanan bir yöntem sunulmuştur. [10]'da ise otomatik kümeleme tekniği ve iki faktörlü yüksek dereceli bulanık zaman serisi modeli sıcaklık ve TAIEX(taiwan stock exchange) tahmini için kullanılmıştır.[11] çalışmasında, parçacık sürü optimizasyon teknikleri kullanılarak öğrenci kayıtları tahmini için bulanık zaman serisi modeli oluşturulmuştur. [12,13]'de TAIEX tahmini için yüksek dereceli bulanık mantıksal ilişkiler

kullanılarak bulanık zaman serisi model oluşturulmuştur.[14] çalışmasında TAIEX tahmini için bulanık zaman serisi, parçalı sürü optimizasyonu ve destek vektör makinelerine dayalı bir yöntem sunulmuştur.

Literatürdeki bu çalışmalarda, parçalı keskin üyelik fonksiyonu kullanılmıştır. Fakat, üyelik fonksiyonunun şekli bulanık bir modelde önemli bir etkiye sahiptir. Bu yüzden bu çalışmada, klasik parçalı fonksiyon yerine, üçgen ve yamuk üyelik fonksiyonları içeren yeni bir bulanık zaman serisi modeli önerilmiştir. Bulanık çıkarım mekanizması Mamdani tipindedir ve durulayıcı olarak ağırlık merkezi yöntemi kullanılmıştır. Oluşturulan üyelik fonksiyonlarının göbekleri orta nokta ve ağırlık merkezi olarak iki farklı tipte seçilerek sonuca etkisi tüm benzetim çalışmalarında incelenmiştir. Önerilen modelin geçerliliği ve etkinliği, literatürde de yaygın olarak kullanılan Alabama Üniversitesi öğrenci kaydı üzerinde gösterilmiştir. Ardından literatürdeki bir başka örnek olan TAIFEX(Taiwan Futures Exchange) verileri için de önerilen model denenmiştir. Alabama Üniversitesi verileri yumuşak değişim gösteren, TAIFEX verileri ise sert değişim gösteren verilerdir. Bu anlamda, iki farklı veri tipine göre de modelin başarımı incelenmiştir. Ardından, en iyileme çalışması yapılarak önerilen modelin parçalı keskin fonksiyon kullanılan model karşısındaki başarımı da incelenmiştir. Bu benzetim çalışmalarına ek olarak her iki örnek için, farklı sayıda bölmelenme ile modelleme yapmanın ve yüksek derece modellemenin sonuca etkisi incelenmiştir. Sonuçlar, MSE kriterine göre incelenmiş ve önerilen model ile yapılan tahminin bilinen iki ana model olan [2] ve [4] çalışmalarına önerilen modeller ile karşılaştırıldığında daha az hataya sahip olduğunu göstermiştir. Ayrıca farklı kriterlere göre yapılan modellemelerde bu çalışmada önerilen model ile yapılan modellemelerin daha tutarlı sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Yazının geri kalanı şu şekilde düzenlenmiştir: İkinci bölümde bulanık zaman serileri üzerine bazı temel tanım ve kavramlar üzerinde durulmuştur. Üçüncü bölümde literatürde yer alan iki önemli bulanık zaman serisi modellerinin oluşturma adımları verilmiştir. Dördüncü bölümde bu çalışmada önerilen modelleme anlatılmıştır, ardından iki farklı zaman serisi örneği ele alınarak farklı bölmelenme sayısına göre modelleme ve en iyileme ile modelleme yapılmıştır. Beşinci bölümde yüksek dereceden modelleme ve sonuçları verilmiştir. Altıncı bölüm sonuçlar ve önerileri içermektedir.

2. BULANIK ZAMAN SERİLERİ

2.1 Zaman Serisi

Zaman serisi, bir büyüklüğün belirli bir zaman içerisindeki ölçümlerinin sıralandığı bir veri kümesidir. Bu ölçümler zaman serilerini konu alan çalışmaların çoğunda eşit zaman aralıklarında yapılmıştır. Bu zaman aralıkları gün, ay veya yıl olabilir. Oluşturulan zaman serisinin analiz amacı ise model uydurma ve öngörüdür.

2.2 Bulanık Zaman Serisi

Bulanık zaman serisi kavramı ilk defa 1991 yılında Song ve Chissom tarafından [1] 'de tanımlanmıştır. Amaç bu dinamik süreçleri modellemek ve bu modelleri kullanarak öngörüdür. [1]'de çeşitli tanımlama ve teoremlerle ortaya konulan bulanık zaman serisi kavramını zaman serisi kavramından ayıran en büyük fark, zaman serisinin verileri sayılardan oluşurken bulanık zaman serisi verileri dilsel terim yada bulanık kümelerden oluşmaktadır. Bulanık zaman serileri iki farklı kategori içermektedir. Eğer bir bulanık zaman serisindeki bulanık ilişkiler zamanla değişiyorsa o zaman serisi, zamanla değişen bulanık zaman serisidir. Bulanık zaman serisindeki bulanık ilişkiler zamanla değişmiyorsa o zaman serisi, zamanla değişmeyen bulanık zaman serisi olarak isimlendirilir. Bu çalışmadaki bulanık zaman serileri de zamanla değişmeyen bulanık zaman serileridir.

2.3 Bulanık Zaman Serilerinde Temel Kavramlar

Bu kısımda, [1] çalışmasında önerilen bulanık zaman serisi ile ilgili bazı temel kavramlar verilmiştir.

$Y(t)$, $(t = \dots, 0, 1, 2, \dots)$ olmak üzere R^1 'in bir altkümesi olsun. $Y(t)$ uzayında $f_i(t)$ ($i = 1, 2, \dots$) bulanık kümeleri tanımlı ve $f_1(t), f_2(t), \dots$ 'lerin toplamı $F(t)$ olsun. Bu durumda $F(t)$, $Y(t)$ uzayında tanımlı bulanık zaman serisi olur.

Bu tanıma göre $F(t)$ 'nin dilsel değişken olduğu ve $f_i(t)$ 'lerin $F(t)$ 'nin dilsel terimleri olduğu anlaşılmaktadır. Farklı zamanlarda $F(t)$ değeri değişebileceğinden, $F(t)$ zamanın bir fonksiyonudur. Aynı şekilde tanım uzayı da farklı zamanlarda farklı sınırları içerebileceğinden t zamanındaki uzay için $Y(t)$ ifadesi kullanılmaktadır.

Modelleme bir veya birden fazla dereceye sahip olabilir, fakat temel tanım olarak birinci derece modelleme verilebilir. $A_1 \rightarrow A_k$

Tanım 2. $F(t, F(t-1))$ sonucunda oluşsun. Başka bir ifadeyle $F(t-1) \rightarrow F(t)$. Bu ilişki, $F(t-1)$ ve $F(t)$ arasındaki bulanık ilişki $R(t, t-1)$ olmak koşuluyla, $F(t) = F(t-1) \circ R(t, t-1)$ şeklinde ifade edilir. $F(t) = F(t-1) \circ R(t, t-1)$ ifadesi $F(t)$ 'nin birinci derece modeli olarak isimlendirilir.

Tanım 3. $R(t, t-1), F(t)$ 'nin birinci derece modeli olsun. Eğer $R(t, t-1)$ her t için $R(t, t-1) = R(t-1, t-2)$ eşitliğini sağlıyorsa yada başka bir ifadeyle t 'den bağımsız ise, $F(t)$ bir zamanla değişmeyen bulanık zaman serisidir denir. Aksi halde $F(t)$ zamanla değişen bulanık zaman serisi olarak isimlendirilir.

Teorem 1. $F(t)$ bir bulanık zaman serisi olsun. Eğer her t için $F(t) = F(t-1)$ ve $F(t)$ sonlu sayıda elemana sahipse $F(t)$ zamanla değişmeyen bulanık zaman serisidir denir.

Teorem 2. Eğer $F(t)$ bir bulanık zaman serisi ise ve eğer her t için $F(t) = F(t-1)$ ve $F(t)$ sonlu sayıda $f_i(t)$ ($i=1,2,\dots$) elemanlarına sahipse, $m > 0$ ve tüm bulanık küme çiftleri farklı olmak üzere;

$$R(t, t-1) = \dots f_{i_1}(t-1) \times f_{j_0}(t) \cup f_{i_2}(t-2) \times f_{j_1}(t-1) \cup \dots \cup f_{i_m}(t-m) \times f_{j_{m-1}}(t-m-1) \dots \quad (2.1)$$

(2.1) ifadesi yazılır.

Bu teorem, zamanla değişmeyen bulanık zaman serileri için birinci derece model hesaplamasının kolay ve elverişli olduğunu ifade etmektedir.

Bu tanım ve teoremler ışığında sonraki bölümde yer alan modeller oluşturulmuştur.

3. BULANIK ZAMAN SERİSİ MODELLERİ

Literatürde ilk önerilen model Song ve Chissom tarafından [1] anlatılmıştır. Bu model bu çalışmada Model 1 olarak isimlendirilmiştir. Bunun ardından Chen tarafından [4] önerilen model ise Model 2 olarak isimlendirilmiştir.

3.1 Model 1

Bu kısımda, [1] çalışmasında Song ve Chissom tarafından önerilen modelin oluşturulma adımları verilmiştir.

Adım 1: U uzayı tanımlanır ve uzay tanımlarken minimum veri D_{\min} ve maksimum veri D_{\max} belirlenmelidir. Sonra uzay $[D_{\min} - D_1, D_{\max} - D_2]$ şeklinde tanımlanabilir. Burada, D_1 ve D_2 iki pozitif sayıdır.

Adım 2: Uzay u_1, u_2, \dots, u_n şeklinde n eşit aralığa ayrılır.

Adım 3: U uzayında bulanık kümeler tanımlanır. A_1, A_2, \dots, A_n dilsel terimlere karşılık gelen bulanık kümeler olsun. Dilsel terimler u_1, u_2, \dots, u_n aralıkları ile ilişkili olarak aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$A_1 = \{1/u_1, 0.5/u_2, 0/u_3, 0/u_4, \dots, 0/u_n\},$$

$$A_2 = \{0.5/u_1, 1/u_2, 0.5/u_3, 0/u_4, \dots, 0/u_n\},$$

$$A_3 = \{0/u_1, 0.5/u_2, 1/u_3, 0.5/u_4, \dots, 0/u_n\},$$

$$A_4 = \{0/u_1, 0/u_2, 0.5/u_3, 1/u_4, \dots, 0/u_n\},$$

.

$$A_{n-1} = \{0/u_1, \dots, 0/u_{n-3}, 0.5/u_{n-2}, 1/u_{n-1}, 0.5/u_n\},$$

$$A_n = \{0/u_1, \dots, 0/u_{n-3}, 0/u_{n-2}, 0.5/u_{n-1}, 1/u_n\}.$$

Adım 4: Veriler A_i 'ler cinsinden bulanıklaştırılır. Bir veri u_k aralığında ise o yılın verisi A_k ile gösterilir.

Adım 5: Veriler arasındaki bulanık mantıksal ilişki $A_i \rightarrow A_k$ olarak ifade edilir. Bu ifade " x yılı verisi A_i ise, $x+1$ yılının verisi A_k 'dir." anlamına gelir. A_i ve A_k mevcut ve sonraki veri olarak adlandırılır. Bütün bulanık mantıksal ilişkiler bir tabloya yazıldıktan sonra " x " min operatörü olmak koşuluyla her bir ilişki için bir R_i matrisi oluşturulur. Örneğin; $A_i \rightarrow A_k$ ilişkisi için $R_i = A_i^T \times A_k$ matrisi oluşturulur. Toplam ilişki sayısı a kadar R matrisi oluşturulduktan sonra $R_{(t,t-1)} = R = \bigcup_{i=1}^a R_i$ elde edilir.

Buradaki \bigcup birleştirici operatördür ve her R matrisinin boyutu $n \times n$ kadardır. R kullanılarak tahmin modeli $A_k = A_i \circ R$ olarak tanımlanır. Buradaki " \circ " max-min operatörüdür.

Adım 6: Tanımlanan model kullanılarak tahmin çıkışları hesaplanır.

Adım 7: Elde edilen bulanık çıkışların durulması 3 kurala göre yapılır.

- i. i verisinin bulanık bilgisi A_j ise, ve ilgili bulanık mantıksal ilişki grubunda $A_j \rightarrow A_k$ şeklinde sadece bir bulanık mantıksal ilişki varsa, $i+1$ verisinin tahmini A_k ile ilişkili olan u_k aralığının orta noktası olan m_k 'dir.
- ii. i verisinin bulanık bilgisi A_j ise, ve ilgili bulanık mantıksal ilişki grubunda $A_j \rightarrow A_{k_1}, A_{k_2}, \dots, A_{k_p}$ şeklinde birden fazla ardışık bulanık mantıksal ilişki varsa, $i+1$ verisinin tahmini $A_{k_1}, A_{k_2}, \dots, A_{k_p}$ ile ilişkili olan u_{k_1}, \dots, u_{k_p} aralıklarının m_{k_1}, \dots, m_{k_p} orta noktalarının aritmetik ortalaması $(m_1 + m_2 + \dots + m_p) / p$ 'dir.
- iii. Aksi halde, çıkışlar standartlaştırılır ve her aralığın orta noktası kullanılarak bulanık kümenin ağırlık merkezi tahmin sonucu olarak hesaplanır.

Bu model işlem fazlalığı bakımından dezavantajlı olduğundan, bir sonraki kısımda anlatılacak olan [4] çalışmasında bu modeldeki max-min operatörü yerine aritmetik işlemler kullanılarak daha pratik bir model önerilmiştir.

3.2 Model 2

Bu kısımda, [4] çalışmasında Chen tarafından önerilen modelin yapısı verilmiştir. Modelin oluşumu aşağıdaki adımlarla ifade edilmiştir.

Adım 1: $U = [D_{\min} - D_1, D_{\max} - D_2]$ uzayı tanımlanır ve uzay u_1, u_2, \dots, u_n şeklinde n eşit uzunluğa bölünür. Uzay tanımlarken minimum veri D_{\min} ve maksimum veri D_{\max} belirlenmelidir. Sonra uzay $[D_{\min} - D_1, D_{\max} - D_2]$ şeklinde tanımlanabilir. Burada, D_1 ve D_2 iki pozitif sayıdır.

Adım 2: A_1, A_2, \dots, A_n dilsel terimlere karşılık gelen bulanık kümeler olsun. Dilsel terimler u_1, u_2, \dots, u_n aralıkları ile ilişkili olarak aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$A_1 = \{1/u_1, 0.5/u_2, 0/u_3, 0/u_4, \dots, 0/u_n\},$$

$$A_2 = \{0.5/u_1, 1/u_2, 0.5/u_3, 0/u_4, \dots, 0/u_n\},$$

$$A_3 = \{0/u_1, 0.5/u_2, 1/u_3, 0.5/u_4, \dots, 0/u_n\},$$

$$A_4 = \{0/u_1, 0/u_2, 0.5/u_3, 1/u_4, \dots, 0/u_n\},$$

.

$$A_{n-1} = \{0/u_1, \dots, 0/u_{n-3}, 0.5/u_{n-2}, 1/u_{n-1}, 0.5/u_n\},$$

$$A_n = \{0/u_1, \dots, 0/u_{n-3}, 0/u_{n-2}, 0.5/u_{n-1}, 1/u_n\}.$$

Veriler A_i 'ler cinsinden belirlenir. Bir veri u_k aralığında ise o yılın verisi A_k ile gösterilir. Veriler arasındaki bulanık mantıksal ilişki $A_i \rightarrow A_k$ olarak ifade edilir. Bu ifade " x yılı verisi A_i ise, $x+1$ yılının verisi A_k 'dir." anlamına gelir. A_i ve A_k mevcut ve sonraki veri olarak adlandırılır.

Adım 3: Verilerin bulanık mantıksal ilişkileri mevcut durumlarına göre gruplanır. Örneğin; zaman serisi $A_1 \rightarrow A_1$ and $A_1 \rightarrow A_2$ ilişkilerini içeriyorsa o zaman gruplama $A_1 \rightarrow A_1, A_2$ olarak yapılır.

Adım 4: Aşağıda yer alan üç kurala göre aritmetik işlemler kullanarak tahmin çıkışları hesaplanır.

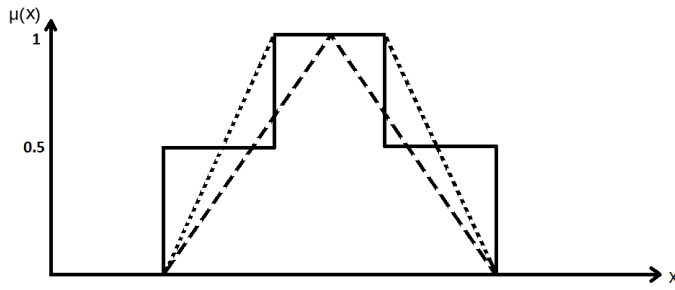
i. i verisinin bulanık bilgisi A_j ise, ve ilgili bulanık mantıksal ilişki grubunda $A_j \rightarrow A_k$ şeklinde sadece bir bulanık mantıksal ilişki varsa, $i+1$ verisinin tahmini A_k ile ilişkili olan u_k aralığının orta noktası olan m_k 'dir.

ii. i verisinin bulanık bilgisi A_j ise, ve ilgili bulanık mantıksal ilişki grubunda $A_j \rightarrow A_{k_1}, A_{k_2}, \dots, A_{k_p}$ şeklinde birden fazla bulanık mantıksal ilişki varsa, $i+1$ verisinin

tahmini $A_{k_1}, A_{k_2}, \dots, A_{k_p}$ ile ilişkili olan u_{k_1}, \dots, u_{k_p} aralıklarının m_{k_1}, \dots, m_{k_p} orta noktalarının aritmetik ortalaması $(m_1 + m_2 + \dots + m_p) / p$ 'dır.

- iii. i verisinin bulanık bilgisi A_j ise ve A_j mevcut durumunun bulanık mantıksal ilişki grubu yoksa, $i+1$ verisinin tahmini A_j ile ilişkili olan u_j aralığının orta noktası olan m_j 'dir.

Bu bölümde anlatılan iki bulanık zaman serisi modelinde de Şekil 3.1'de gösterildiği gibi parçalı keskin fonksiyonlar kullanılmıştır. Bir sonraki bölümde ise yine Şekil 3.1'de gösterilen üçgen ve yamuk üyelik fonksiyonları kullanarak yeni bir model sunulacaktır.



Şekil 3.1 : Parçalı keskin, üçgen ve yamuk üyelik fonksiyonları.

4. MAMDANI ÇIKARIM TABANLI BULANIK ZAMAN SERİSİ MODELİ

4.1 Modelin Yapısı

Bu bölümde, parçalı keskin üyelik fonksiyonu yerine üçgen ve yamuk üyelik fonksiyonları kullanılarak, yeni bir bulanık zaman serisi modeli sunulmuştur. Seçilen üyelik fonksiyonlarından dolayı önerilen yöntemde, Mamdani tipinde bulanık çıkarım ve ağırlık merkezi durulama yöntemi kullanılarak tahmin yapılmıştır. Önerilen bulanık zaman serisi modelinin oluşturulması aşağıda adım adım gösterilmiştir:

Adım 1: U uzayı tanımlanır ve uzayı u_1, u_2, \dots, u_n şeklinde n eşit uzunluğa ayrılır. Uzay tanımlarken minimum veri D_{\min} ve maksimum veri D_{\max} belirlenmelidir. Sonra uzay $[D_{\min} - D_1, D_{\max} - D_2]$ şeklinde tanımlanabilir. Burada, D_1 ve D_2 iki pozitif sayıdır.

Adım 2: u_1, u_2, \dots, u_n aralıkları ile ilişkili olarak A_1, A_2, \dots, A_n dilsel terimleri tanımlanır.

Adım 3: Veriler A_i 'ler cinsinden belirlenir. Bir veri u_k aralığında ise o veri A_i 'ye aittir. Veriler arasındaki bulanık mantıksal ilişki $A_i \rightarrow A_k$ olarak ifade edilir. Bunun anlamı, " x yılı verisi A_i ise, $x+1$ yılı verisi A_k 'dir". A_i ve A_k sırasıyla mevcut veri ve sonraki veri olarak adlandırılır. Eğer A_i için bulanık mantıksal ilişki bulunmuyorsa, bulanık mantıksal ilişki $A_i \rightarrow A_i$ olarak tanımlanır.

Adım 4: Verilerin bulanık mantıksal ilişkileri mevcut durumlarına göre gruplanır. Örneğin; zaman serisindeki bir mevcut durum $A_i \rightarrow A_{k_1}$ and $A_i \rightarrow A_{k_2}$ gibi iki farklı ilişki içeriyorsa, o zaman gruplama $A_i \rightarrow A_{k_1}, A_{k_2}$ olarak yapılır.

Adım 5: m kadar grup varsa, her bulanık mantıksal ilişki grubunun çıkış kümesi YA_1, YA_2, \dots, YA_m olarak tanımlanır. Kural tablosu tüm grupları göz önünde bulundurarak "Eğer x verisi A_i ise, $x+1$ verisi YA_k 'dir" biçiminde tanımlanır.

Adım 6: Giriş A_i ve çıkış YA_i üyelik fonksiyonlarının tipi seçilir. Üyelik fonksiyonlarını oluştururken göbek; orta nokta ve ağırlık merkezi olmak üzere iki farklı şekilde seçilebilir.

I. Göbeğin, aralıkların orta noktasına göre seçilmesi durumu: Giriş üyelik fonksiyonlarını oluştururken u_i aralığının orta noktası m_{u_i} ve aralığın uzunluğu l olmak üzere $Support(A_i)=[m_{u_i}-l, m_{u_i}+l]$ seçilir. Üçgen üyelik fonksiyonu için $Core(A_i)=(m_{u_i})$ yamuk üyelik fonksiyonu için $Core(A_i)=u_i$ seçilir.

Çıkış üyelik fonksiyonu oluşturulurken; i . grubun çıkışı olan YA_i 'nin orta noktası m_{YA_i} şu iki prensibe göre belirlenir:

- i. i . bulanık mantıksal grupta $A_j \rightarrow A_k$ şeklinde tek bir ilişki mevcutsa, o zaman m_{YA_i} , A_k 'ya karşılık gelen u_k aralığının orta noktası m_k 'dir.
- ii. i . bulanık mantıksal grupta $A_j \rightarrow A_{k_1}, A_{k_2}, \dots, A_{k_p}$ şeklinde birden fazla ilişki mevcutsa, o zaman $m_{YA_i} = (m_{k_1} + m_{k_2} + \dots + m_{k_p}) / p$ olarak hesaplanır, yani $A_{k_1}, A_{k_2}, \dots, A_{k_p}$ 'lara karşılık gelen u_{k_1}, \dots, u_{k_p} aralıklarının orta noktaları m_{k_1}, \dots, m_{k_p} 'ların aritmetik ortalamasıdır.

Çıkış üyelik fonksiyonu için m_{YA_i} belirlendikten sonra $Support(YA_i)=[m_{YA_i}-\frac{l}{2}, m_{YA_i}+\frac{l}{2}]$ seçilir. Üçgen üyelik fonksiyonu için $Core(YA_i)=(m_{YA_i})$ yamuk üyelik fonksiyonu için $Core(YA_i)=[m_{YA_i}-\frac{l}{4}, m_{YA_i}+\frac{l}{4}]$ seçilir. Birbiri üzerine denk gelen çıkış kümeleri olması durumunda bu çıkış kümeleri tek bir çıkış kümesi olarak ifade edilir.

II. Göbeğin, verilerin ağırlık merkezine göre seçilmesi durumu: Giriş üyelik fonksiyonlarını oluştururken mevcut durumu A_i olan verilerin aritmetik ortalaması m_{A_i} ve A_i 'ye karşılık gelen u_i aralığının orta noktası m_{u_i} ve aralığın uzunluğu l olmak üzere $Support(A_i)=[m_{u_i}-l, m_{u_i}+l]$ seçilir. Üçgen üyelik fonksiyonu için $Core(A_i)=(m_{A_i})$ yamuk üyelik fonksiyonu için $Core(A_i)=[m_{A_i}-\frac{l}{2}, m_{A_i}+\frac{l}{2}]$ seçilir. Yamuk üyelik fonksiyonunda göbeğin dayanağı aşan değer alması durumunda, o değer dayanağı geçmeyecek şekilde sınırlandırılır.

Çıkış üyelik fonksiyonu oluşturulurken; i . grubunun çıkışı olan YA_i 'nin ağırlık merkezi m_{YA_i} şu iki prensibe göre belirlenir:

- i. *i.* bulanık mantıksal grupta $A_j \rightarrow A_k$ şeklinde tek bir ilişki mevcutsa, o zaman $m_{Y_{A_i}}$, A_k 'ya karşılık gelen u_k aralığındaki verilerin aritmetik ortalaması m_{A_k} 'dir.
- ii. *i.* bulanık mantıksal grupta $A_j \rightarrow A_{k_1}, A_{k_2}, \dots, A_{k_p}$ şeklinde birden fazla ilişki mevcutsa, o zaman $m_{Y_{A_i}} \left(m_{A_{k_1}} + m_{A_{k_2}} + \dots + m_{A_{k_p}} \right) / p$ olarak hesaplanır, yani $A_{k_1}, A_{k_2}, \dots, A_{k_p}$ 'lara karşılık gelen u_{k_1}, \dots, u_{k_p} aralıklarındaki verilerin ağırlık merkezleri $m_{A_{k_1}} + m_{A_{k_2}} + \dots + m_{A_{k_p}}$ 'lerin aritmetik ortalamasıdır.

Çıkış üyelik fonksiyonu için $m_{Y_{A_i}}$ belirlendikten sonra $Support(Y_{A_i}) = \left[m_{Y_{A_i}} - \frac{l}{2}, m_{Y_{A_i}} + \frac{l}{2} \right]$ seçilir. Üçgen üyelik fonksiyonu için $Core(Y_{A_i}) = (m_{Y_{A_i}})$ yamuk üyelik fonksiyonu için $Core(Y_{A_i}) = \left[m_{Y_{A_i}} - \frac{l}{4}, m_{Y_{A_i}} + \frac{l}{4} \right]$ seçilir. Yamuk üyelik fonksiyonunda göbeğin dayanağı aşan değer alması durumunda, o değer dayanağı geçmeyecek şekilde sınırlandırılır.

Adım 7: Tahmin sonuçları, Mamdani tipinde bulanık çıkarım ve ağırlık merkezi durulama yöntemi kullanılarak hesaplanır.

Yöntemin etkinliğini göstermek amacıyla, verileri yumuşak değişimler gösteren bir zaman serisi örneği ile verileri sert değişimler gösteren bir zaman serisi örneği bu adımlar izlenerek modellenmiştir. Farklı üyelik fonksiyonları kullanmanın etkisini göstermek amacıyla aynı örnekler için hem üçgen hem de yamuk üyelik fonksiyonu kullanılarak modelleme yapılmıştır. Bulanık zaman serisi için bölme uzunluğu modelleme açısından önemli olduğundan, hem parçalı keskin fonksiyon model için hem de önerilen model için bölme uzunluğu parametresi serbest bırakılarak en iyileme çalışması yapılmıştır. Tanım uzayının bölmelenme uzunluğunun yanında, bölmelenme sayısı seçimi de önemli olduğundan örneklerin tanım uzayları farklı sayıda bölmelenilerek başarıma etkisi incelenmiştir. Ayrıca, zaman serilerinde yüksek dereceden modelleme yapmak da tahmin başarıma etki ettiği için, aynı örnekler için yüksek dereceden modelleme de yapılmıştır.

Literatürde en çok kullanılan tahmin örneklerden ikisi; Alabama Üniversitesi kaydı ve TAIFEX(Taiwan Futures Exchange) verileri bu adımlar izlenerek modellenmiştir. Bu iki örneğin seçilmesinin bir başka nedeni de Alabama Üniversitesi kaydı örneği, verileri yumuşak değişimler gösteren bir zaman serisi örneği, TAIFEX örneği ise verileri sert değişimler gösteren bir zaman serisi örneği olmasıdır. Bu sayede

önerilen modelin, verileri yumuşak değişimler gösteren ve sert değişimler gösteren zaman serilerindeki başarıyı da incelenmiştir.

4.1.1 Verileri yumuşak değişim gösteren zaman serisi tahmini

Literatürde en çok kullanılan tahmin örneklerinden olan ve [2], [4-9], [11] ve [13] çalışmalarında yer alan; Alabama Üniversitesi kaydı örneği, verileri yumuşak değişimler gösteren bir zaman serisi örneğidir. Bu yüzden, bu zaman serisi örneği için önerilen yöntemle modelleme yapılmıştır. Bu veriler 22 yıl için, Alabama üniversitesine kayıt yaptıran öğrencilerin yıllık toplam sayısından oluşmaktadır. Orta nokta dikkate alınarak oluşturulan modeller grafiklerde O.N. BZSM, ağırlık merkezine göre oluşturulan modeller ise A.M. BZSM olarak belirtilmiştir.

Çizelge 4.1 : Gerçek kayıt verileri ve kayıtların A_i 'ler cinsinden bilgisi.

Yıl	Kayıt Verisi	Kayıt Bilgisi
1971	13055	A_1
1972	13563	A_1
1973	13867	A_1
1974	14696	A_2
1975	15460	A_3
1976	15311	A_3
1977	15603	A_3
1978	15861	A_3
1979	16807	A_4
1980	16919	A_4
1981	16388	A_4
1982	15433	A_3
1983	15497	A_3
1984	15145	A_3
1985	15163	A_3
1986	15984	A_3
1987	16859	A_4
1988	18150	A_6
1989	18970	A_6
1990	19328	A_6
1991	19337	A_7
1992	18876	A_6

Bu çizelgeye bakılarak, önerilen bulanık zaman serisi modeli adım adım oluşturulabilir.

Adım 1: Verilere bakılarak, $D_{\max} = 19337$ ve $D_{\min} = 13055$ olduğu görülmektedir. Basitlik için, $D_1 = 55$ ve $D_2 = 663$ olsun. Bu durumda veri uzayı U [13000 20000] aralığı olur. Bu çalışmada, U uzayı yedi eşit aralığa bölünecektir. Bunlar; $u_1 = [13000 \ 14000]$, $u_2 = [14000 \ 15000]$, $u_3 = [15000 \ 16000]$, $u_4 = [16000 \ 17000]$, $u_5 = [17000 \ 18000]$, $u_6 = [18000 \ 19000]$ ve $u_7 = [19000 \ 20000]$.

Adım 2: Seçilen $u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6, u_7$ aralıklarına göre $A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A_7$ şeklinde 7 bulanık küme tanımlanmıştır.

Adım 3: Çizelge 4.1'de her yılda gerçekleşen kayıtların A_i 'ler cinsinden ifadesi gösterilmektedir. Çizelge 4.2'de ise Çizelge 4.1'den elde edilen bulanık ilişkiler gösterilmektedir. (Tekrar edilen ilişkiler bir kere yazılmıştır.)

Çizelge 4.2 : Kayıtların bulanık mantıksal ilişkileri.

$A_1 \rightarrow A_1$	$A_1 \rightarrow A_2$
$A_2 \rightarrow A_3$	$A_3 \rightarrow A_3$
$A_3 \rightarrow A_4$	$A_4 \rightarrow A_4$
$A_4 \rightarrow A_3$	$A_4 \rightarrow A_6$
$A_6 \rightarrow A_6$	$A_6 \rightarrow A_7$
$A_7 \rightarrow A_7$	$A_7 \rightarrow A_6$
$A_5 \rightarrow A_5^*$	

*Ek bulanık mantıksal ilişki

Adım 4: Çizelge 4.2'deki ilişkiler mevcut yıl baz alınarak gruplandırıldığında Çizelge 4.3'teki yedi grup elde edilmektedir.

Çizelge 4.3 : Bulanık mantıksal ilişki grupları.

1. Grup: $A_1 \rightarrow A_1, A_2$
2. Grup: $A_2 \rightarrow A_3$
3. Grup: $A_3 \rightarrow A_3, A_4$
4. Grup: $A_4 \rightarrow A_3, A_4, A_6$
5. Grup: $A_5 \rightarrow A_5$
6. Grup: $A_6 \rightarrow A_6, A_7$
7. Grup: $A_7 \rightarrow A_6, A_7$

Adım 5: Çizelge 4.3'ten görüldüğü gibi bazı girişler birden fazla farklı çıkış verdiğinden çıkış bulanık kümeleri ve kural tablosu sırasıyla Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5'te verildiği gibidir.

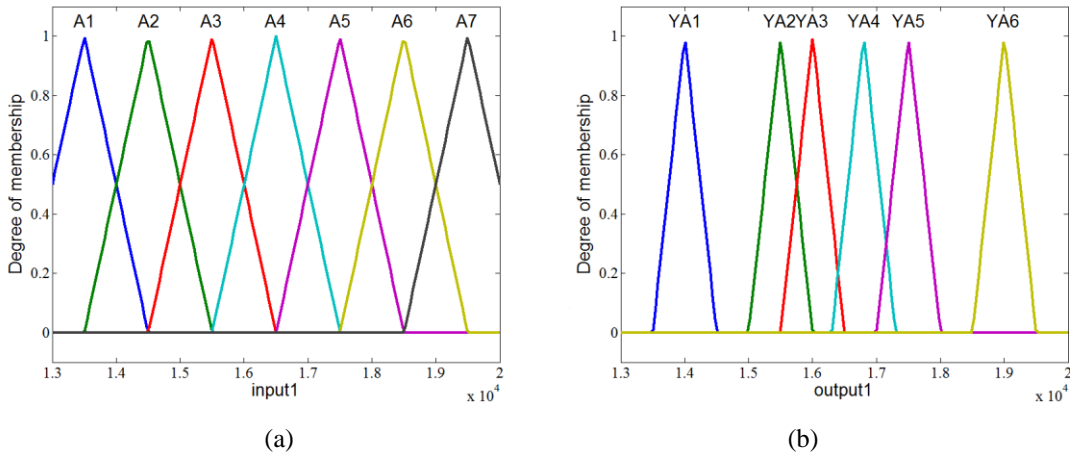
Çizelge 4.4 : Çıkış üyelik fonksiyonları.

1. Grup:	$A_1 \rightarrow A_1, A_2$	$\rightarrow YA_1$
2. Grup:	$A_2 \rightarrow A_3$	$\rightarrow YA_2$
3. Grup:	$A_3 \rightarrow A_3, A_4$	$\rightarrow YA_3$
4. Grup:	$A_4 \rightarrow A_3, A_4, A_6$	$\rightarrow YA_4$
5. Grup:	$A_5 \rightarrow A_5$	$\rightarrow YA_5$
6. Grup:	$A_6 \rightarrow A_6, A_7$	$\rightarrow YA_6$
7. Grup:	$A_7 \rightarrow A_6, A_7$	$\rightarrow YA_6$

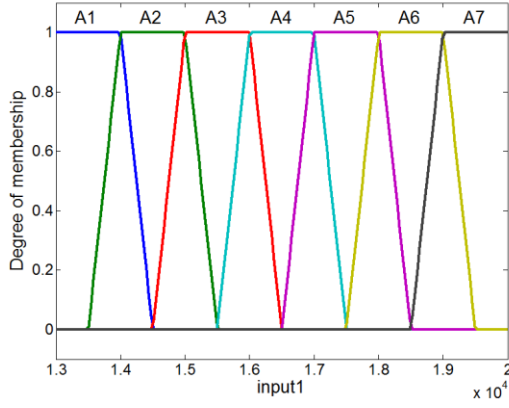
Çizelge 4.5 : Kural tablosu.

1. Eğer giriş A_1 ise, çıkış YA_1
2. Eğer giriş A_2 ise, çıkış YA_2
3. Eğer giriş A_3 ise, çıkış YA_3
4. Eğer giriş A_4 ise, çıkış YA_4
5. Eğer giriş A_5 ise, çıkış YA_5
6. Eğer giriş A_6 ise, çıkış YA_6
7. Eğer giriş A_7 ise, çıkış YA_6

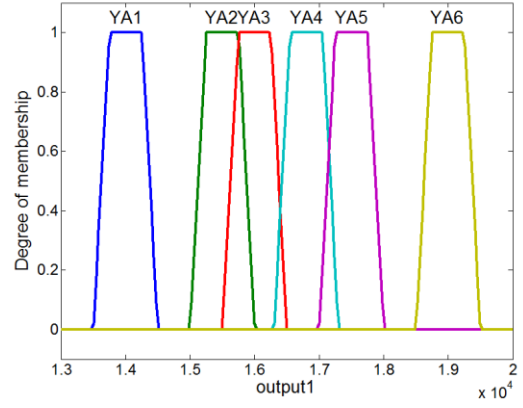
Adım 6: Giriş ve çıkış üyelik fonksiyonları sırasıyla üçgen orta nokta (Üçgen O.N. BZSM), üçgen ağırlık merkezi (Üçgen A.M. BZSM), yamuk orta nokta (Yamuk O.N. BZSM) ve yamuk ağırlık merkezi (Yamuk A.M. BZSM) seçilmiştir.



Şekil 4.1 : Üçgen O.N. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.

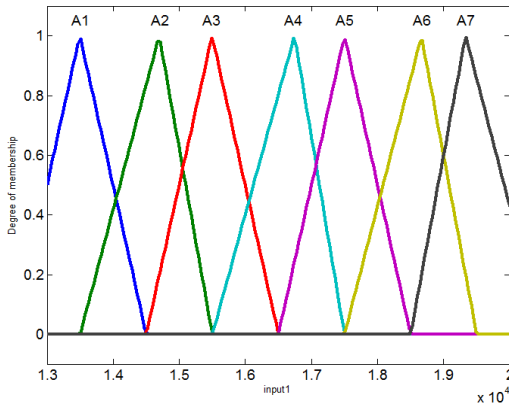


(a)

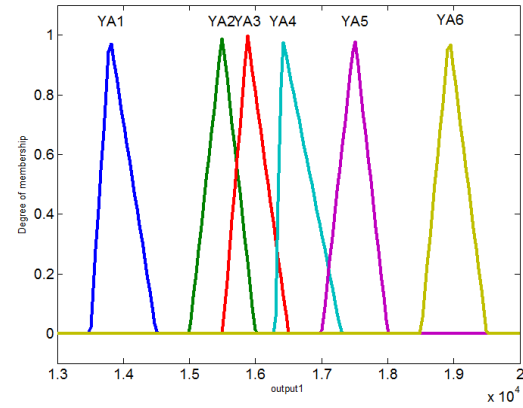


(b)

Şekil 4.2 : Yamuk O.N. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.

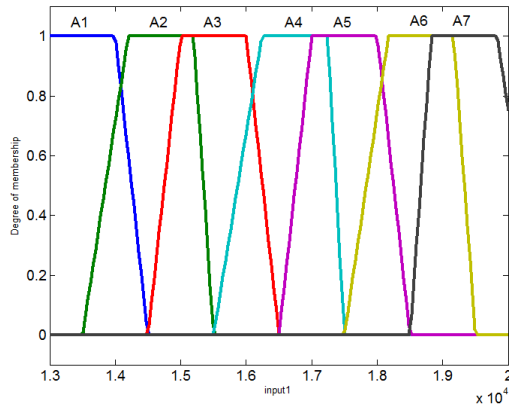


(a)

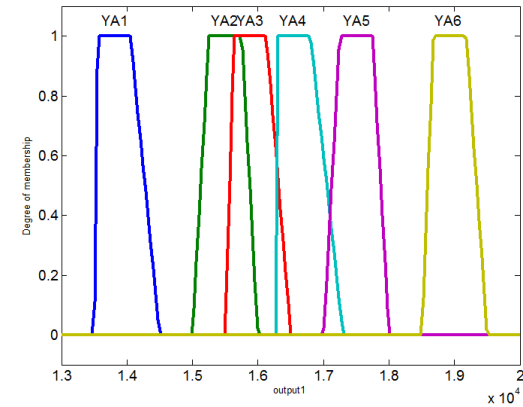


(b)

Şekil 4.3 : Üçgen A.M. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.



(a)

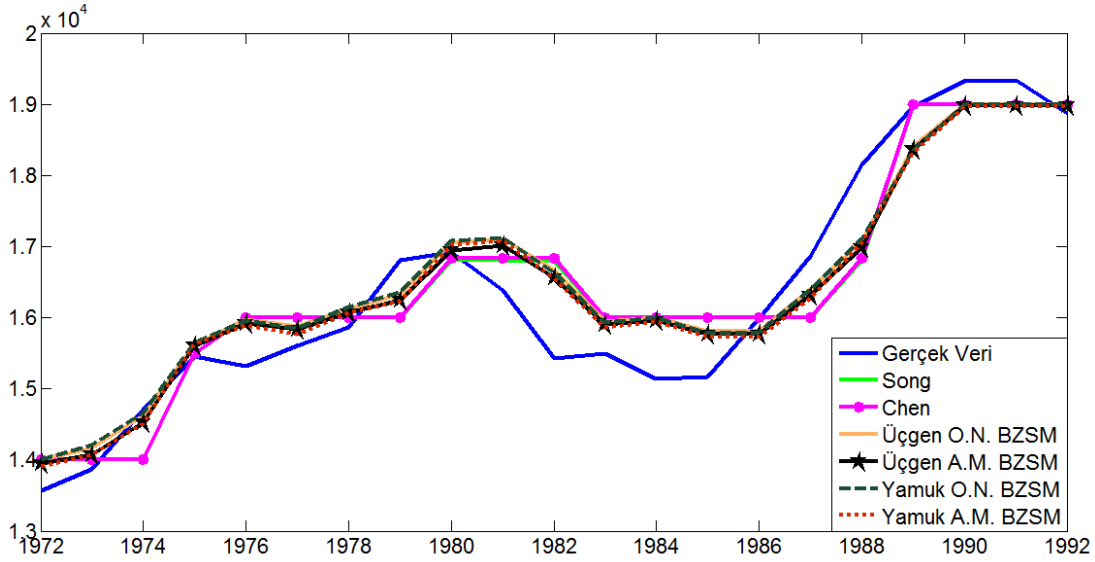


(b)

Şekil 4.4 : Yamuk A.M. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.

Adım 7: Tahmin sonuçları Mamdani tipinde bulanık çıkarım ve ağırlık merkezi durulama yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır.

Önerilen yöntem ile elde edilen modeller ve bilinen 2 bulanık zaman serisi modellerinin tahmin sonuçları grafiği ve MSE karşılaştırması aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.5 : Kayıt tahminlerinin grafiksel karşılaştırılması.

Çizelge 4.6 : Kayıt tahminlerinin MSE kriterine göre karşılaştırılması.

Model	MSE
Model 1 (Song)	423027
Model 2 (Chen)	407507
Üçgen O.N. BZSM	308793
Üçgen A.M. BZSM	296420
Yamuk O.N. BZSM	305101
Yamuk A.M. BZSM	289330

Bu MSE karşılaştırmasından görülmektedir ki hem üçgen hem de yamuk üyelik fonksiyonu kullanmak Song ve Chen'in uyguladığı yöntemle göre daha iyi tahmin sonuçları vermiştir. Ayrıca yamuk üyelik fonksiyonu kullanmak üçgen üyelik fonksiyonuna göre daha iyi sonuç vermiştir. Bu da bulanık zaman serilerinin tahmin başarımının daha uygun üyelik fonksiyonları kullanılarak iyileştirilebileceğini göstermektedir. Göbeğin ağırlık merkezi seçilmesi durumu ise beklenildiği gibi orta nokta seçilmesi durumuna göre daha iyi bir başarımla göstermiştir.

Ayrıca Chen'in önerdiği model Song'un modeline göre daha pratik bir model olduğundan ve daha iyi sonuçlar verdiği için literatürde görülen karşılaştırmalar daha çok Chen üzerinden yapılmıştır. Bu nedenle çalışmanın bundan sonraki kısmında sadece Chen'in önerdiği model karşılaştırma modeli olarak incelenecektir.

4.1.2 Verileri sert değişim gösteren zaman serisi tahmini

Literatürde kullanılan bir başka tahmin örneği olan ve [6], [10] çalışmalarında yer alan; TAIFEX(Taiwan Futures Exchange) verileri örneği, verileri sert değişimler gösteren bir zaman serisi örneğidir. Bu sebeple, bu zaman serisi örneği için önerilen yöntemle modelleme yapılmıştır. Orta nokta dikkate alınarak oluşturulan modeller grafiklerde O.N. BZSM, ağırlık merkezine göre oluşturulan modeller ise A.M. BZSM olarak belirtilmiştir.

TAIFEX verileri ve A_i 'ler cinsinden karşılığı Çizelge 4.7'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.7 : Gerçek TAIFEX verileri ve verilerin A_i 'ler cinsinden bilgisi.

Tarih	Veri	Bulanık Veri
1998/8/3	7552	A_{15}
1998/8/4	7560	A_{15}
1998/8/5	7487	A_{14}
1998/8/6	7462	A_{14}
1998/8/7	7515	A_{15}
1998/8/10	7365	A_{13}
1998/8/11	7360	A_{13}
1998/8/12	7330	A_{13}
1998/8/13	7291	A_{12}
1998/8/14	7320	A_{13}
1998/8/15	7300	A_{13}
1998/8/17	7219	A_{12}
1998/8/18	7220	A_{12}
1998/8/19	7285	A_{12}
1998/8/20	7274	A_{12}
1998/8/21	7225	A_{12}
1998/8/24	6955	A_9
1998/8/25	6949	A_9
1998/8/26	6790	A_7
1998/8/27	6835	A_8
1998/8/28	6695	A_6
1998/8/29	6728	A_7
1998/8/31	6566	A_5
1998/9/1	6409	A_4
1998/9/2	6430	A_4
1998/9/3	6200	A_2
1998/9/4	6403.2	A_4
1998/9/5	6697.5	A_6

Çizelge 4.7 (devam) : Gerçek TAIFEX verileri ve verilerin A_i 'ler cinsinden bilgisi.

Tarih	Veri	Bulanık Veri
1998/9/7	6722.3	A_7
1998/9/8	6859.4	A_8
1998/9/9	6769.6	A_7
1998/9/10	6709.75	A_7
1998/9/11	6726.5	A_7
1998/9/14	6774.55	A_7
1998/9/15	6762	A_7
1998/9/16	6952.75	A_9
1998/9/17	6906	A_9
1998/9/18	6842	A_8
1998/9/19	7039	A_{10}
1998/9/21	6861	A_8
1998/9/22	6926	A_9
1998/9/23	6852	A_8
1998/9/24	6890	A_8
1998/9/25	6871	A_8
1998/9/28	6840	A_8
1998/9/29	6806	A_8
1998/9/30	6787	A_7

Bu tabloya bakılarak, önerilen bulanık zaman serisi modeli adım adım oluşturulabilir.

Adım 1: Verilere bakılarak, $D_{\max} = 7560$ ve $D_{\min} = 6200$ olduğu görülmektedir . Basitlik için, $D_1 = 100$ ve $D_2 = 140$ olsun. Bu durumda veri uzayı $U [6100 \ 7700]$ olur. Bu çalışmada, U uzayı onaltı eşit aralığa bölünecektir. Bunlar; $u_1 = [6100 \ 6200]$, $u_2 = [6200 \ 6300]$, $u_3 = [6300 \ 6400]$, $u_4 = [6400 \ 6500]$, $u_5 = [6500 \ 6600]$, $u_6 = [6600 \ 6700]$, $u_7 = [6700 \ 6800]$, $u_8 = [6800 \ 6900]$, $u_9 = [6900 \ 7000]$, $u_{10} = [7000 \ 7100]$, $u_{11} = [7100 \ 7200]$, $u_{12} = [7200 \ 7300]$, $u_{13} = [7300 \ 7400]$, $u_{14} = [7400 \ 7500]$, $u_{15} = [7500 \ 7600]$ ve $u_{16} = [7600 \ 7700]$.

Adım 2: Seçilen $u_1, u_2, u_3, \dots, u_{16}$ aralıklarına göre $A_1, A_2, A_3, \dots, A_{16}$ şeklinde 16 bulanık küme tanımlanmıştır.

Adım 3: Çizelge 4.7'de her yılda gerçekleşen kayıtların A_i 'ler cinsinden ifadesi gösterilmektedir. Çizelge 4.8'de ise Çizelge 4.7'den elde edilen bulanık ilişkiler gösterilmektedir. (Tekrar edilen ilişkiler bir kere yazılmıştır.)

Çizelge 4.8: Verilerin bulanık mantıksal ilişkileri.

$A_{15} \rightarrow A_{15}$	$A_{15} \rightarrow A_{14}$
$A_{14} \rightarrow A_{14}$	$A_{14} \rightarrow A_{15}$
$A_{15} \rightarrow A_{13}$	$A_{13} \rightarrow A_{13}$
$A_{13} \rightarrow A_{12}$	$A_{12} \rightarrow A_{13}$
$A_{12} \rightarrow A_{12}$	$A_{12} \rightarrow A_9$
$A_9 \rightarrow A_9$	$A_9 \rightarrow A_7$
$A_7 \rightarrow A_8$	$A_8 \rightarrow A_6$
$A_6 \rightarrow A_7$	$A_7 \rightarrow A_5$
$A_5 \rightarrow A_4$	$A_4 \rightarrow A_2$
$A_2 \rightarrow A_4$	$A_4 \rightarrow A_6$
$A_8 \rightarrow A_7$	$A_7 \rightarrow A_7$
$A_7 \rightarrow A_9$	$A_9 \rightarrow A_8$
$A_8 \rightarrow A_{10}$	$A_{10} \rightarrow A_8$
$A_8 \rightarrow A_9$	$A_8 \rightarrow A_8$
$A_1 \rightarrow A_1^*$	$A_{11} \rightarrow A_{11}^*$
$A_3 \rightarrow A_3^*$	$A_{16} \rightarrow A_{16}^*$

*Ek bulanık mantıksal ilişki

Adım 4: Çizelge 4.8'deki ilişkiler mevcut yıl baz alınarak gruplandırıldığında Çizelge 4.9'daki 16 grup elde edilmektedir.

Çizelge 4.9 : Bulanık mantıksal ilişki grupları.

-
1. Grup: $A_1 \rightarrow A_1$
 2. Grup: $A_2 \rightarrow A_4$
 3. Grup: $A_3 \rightarrow A_3$
 4. Grup: $A_4 \rightarrow A_2, A_4, A_6$
 5. Grup: $A_5 \rightarrow A_4$
 6. Grup: $A_6 \rightarrow A_7$
 7. Grup: $A_7 \rightarrow A_5, A_7, A_8, A_9$
 8. Grup: $A_8 \rightarrow A_6, A_7, A_8, A_9, A_{10}$
 9. Grup: $A_9 \rightarrow A_7, A_8, A_9$
 10. Grup: $A_{10} \rightarrow A_8$
 11. Grup: $A_{11} \rightarrow A_{11}$
 12. Grup: $A_{12} \rightarrow A_9, A_{12}, A_{13}$
 13. Grup: $A_{13} \rightarrow A_{12}, A_{13}$
 14. Grup: $A_{14} \rightarrow A_{14}, A_{15}$
 15. Grup: $A_{15} \rightarrow A_{13}, A_{14}, A_{15}$
 16. Grup: $A_{16} \rightarrow A_{16}$
-

Adım 5: Çizelge 4.9'dan görüldüğü gibi bazı girişler birden fazla farklı çıkış verdiği için çıkış bulanık kümeleri ve kural tablosu sırasıyla Çizelge 4.10 ve Çizelge 4.11'de verildiği gibidir.

Tepe noktası ağırlık merkezi seçildiğinde;

Çizelge 4.10 : Çıkış üyelik fonksiyonları.

1. Grup:	$A_1 \rightarrow A_1$	$\rightarrow YA_1$
2. Grup:	$A_2 \rightarrow A_4$	$\rightarrow YA_2$
3. Grup:	$A_3 \rightarrow A_3$	$\rightarrow YA_3$
4. Grup:	$A_4 \rightarrow A_2, A_4, A_6$	$\rightarrow YA_4$
5. Grup:	$A_5 \rightarrow A_4$	$\rightarrow YA_2$
6. Grup:	$A_6 \rightarrow A_7$	$\rightarrow YA_5$
7. Grup:	$A_7 \rightarrow A_5, A_7, A_8, A_9$	$\rightarrow YA_6$
8. Grup:	$A_8 \rightarrow A_6, A_7, A_8, A_9, A_{10}$	$\rightarrow YA_7$
9. Grup:	$A_9 \rightarrow A_7, A_8, A_9$	$\rightarrow YA_8$
10. Grup:	$A_{10} \rightarrow A_8$	$\rightarrow YA_9$
11. Grup:	$A_{11} \rightarrow A_{11}$	$\rightarrow YA_{10}$
12. Grup:	$A_{12} \rightarrow A_9, A_{12}, A_{13}$	$\rightarrow YA_{11}$
13. Grup:	$A_{13} \rightarrow A_{12}, A_{13}$	$\rightarrow YA_{12}$
14. Grup:	$A_{14} \rightarrow A_{14}, A_{15}$	$\rightarrow YA_{13}$
15. Grup:	$A_{15} \rightarrow A_{13}, A_{14}, A_{15}$	$\rightarrow YA_{14}$
16. Grup:	$A_{16} \rightarrow A_{16}$	$\rightarrow YA_{15}$

Çizelge 4.11 : Kural tablosu.

- | |
|--|
| 1. Eğer giriş A_1 ise, çıkış YA_1 |
| 2. Eğer giriş A_2 ise, çıkış YA_2 |
| 3. Eğer giriş A_3 ise, çıkış YA_3 |
| 4. Eğer giriş A_4 ise, çıkış YA_4 |
| 5. Eğer giriş A_5 ise, çıkış YA_2 |
| 6. Eğer giriş A_6 ise, çıkış YA_5 |
| 7. Eğer giriş A_7 ise, çıkış YA_6 |
| 8. Eğer giriş A_8 ise, çıkış YA_7 |
| 9. Eğer giriş A_9 ise, çıkış YA_8 |
| 10. Eğer giriş A_{10} ise, çıkış YA_9 |
| 11. Eğer giriş A_{11} ise, çıkış YA_{10} |
| 12. Eğer giriş A_{12} ise, çıkış YA_{11} |
| 13. Eğer giriş A_{13} ise, çıkış YA_{12} |
| 14. Eğer giriş A_{14} ise, çıkış YA_{13} |
| 15. Eğer giriş A_{15} ise, çıkış YA_{14} |
| 16. Eğer giriş A_{16} ise, çıkış YA_{15} |

Tepe noktası orta nokta seçildiğinde;

Çizelge 4.12 : Birbiri üzerine denk gelen çıkışlar.

A_4 ve A_2, A_4, A_6 sonraki durumları
A_8 ile $A_6, A_7, A_8, A_9, A_{10}$ ve A_7, A_8, A_9 sonraki durumları

Çizelge 4.12'deki sonraki durumlar birbiri üzerine denk geldiği için orta noktaya göre yapılan modellemede tek bir çıkış üyelik fonksiyonu ile ifade edilmişlerdir. Orta nokta için oluşturulan çıkış üyelik fonksiyonları ve kural tablosu Çizelge 4.13 ve Çizelge 4.14'de verilmiştir.

Çizelge 4.13 : Çıkış üyelik fonksiyonları.

1. Grup: $A_1 \rightarrow A_1$	$\rightarrow YA_1$
2. Grup: $A_2 \rightarrow A_4$	$\rightarrow YA_2$
3. Grup: $A_3 \rightarrow A_3$	$\rightarrow YA_3$
4. Grup: $A_4 \rightarrow A_2, A_4, A_6$	$\rightarrow YA_2$
5. Grup: $A_5 \rightarrow A_4$	$\rightarrow YA_2$
6. Grup: $A_6 \rightarrow A_7$	$\rightarrow YA_4$
7. Grup: $A_7 \rightarrow A_5, A_7, A_8, A_9$	$\rightarrow YA_5$
8. Grup: $A_8 \rightarrow A_6, A_7, A_8, A_9, A_{10}$	$\rightarrow YA_6$
9. Grup: $A_9 \rightarrow A_7, A_8, A_9$	$\rightarrow YA_6$
10. Grup: $A_{10} \rightarrow A_8$	$\rightarrow YA_6$
11. Grup: $A_{11} \rightarrow A_{11}$	$\rightarrow YA_7$
12. Grup: $A_{12} \rightarrow A_9, A_{12}, A_{13}$	$\rightarrow YA_8$
13. Grup: $A_{13} \rightarrow A_{12}, A_{13}$	$\rightarrow YA_9$
14. Grup: $A_{14} \rightarrow A_{14}, A_{15}$	$\rightarrow YA_{10}$
15. Grup: $A_{15} \rightarrow A_{13}, A_{14}, A_{15}$	$\rightarrow YA_{11}$
16. Grup: $A_{16} \rightarrow A_{16}$	$\rightarrow YA_{12}$

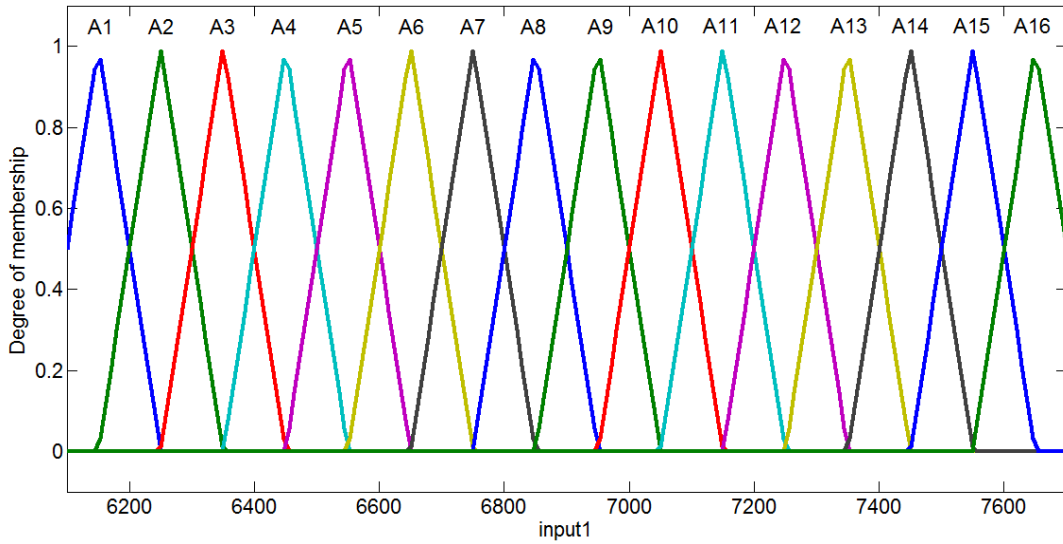
Çizelge 4.14 : Kural tablosu.

-
1. Eğer giriş A_1 ise, çıkış YA_1
 2. Eğer giriş A_2 ise, çıkış YA_2
 3. Eğer giriş A_3 ise, çıkış YA_3
 4. Eğer giriş A_4 ise, çıkış YA_2
 5. Eğer giriş A_5 ise, çıkış YA_2
 6. Eğer giriş A_6 ise, çıkış YA_4
 7. Eğer giriş A_7 ise, çıkış YA_5
 8. Eğer giriş A_8 ise, çıkış YA_6
 9. Eğer giriş A_9 ise, çıkış YA_6
 10. Eğer giriş A_{10} ise, çıkış YA_6
-

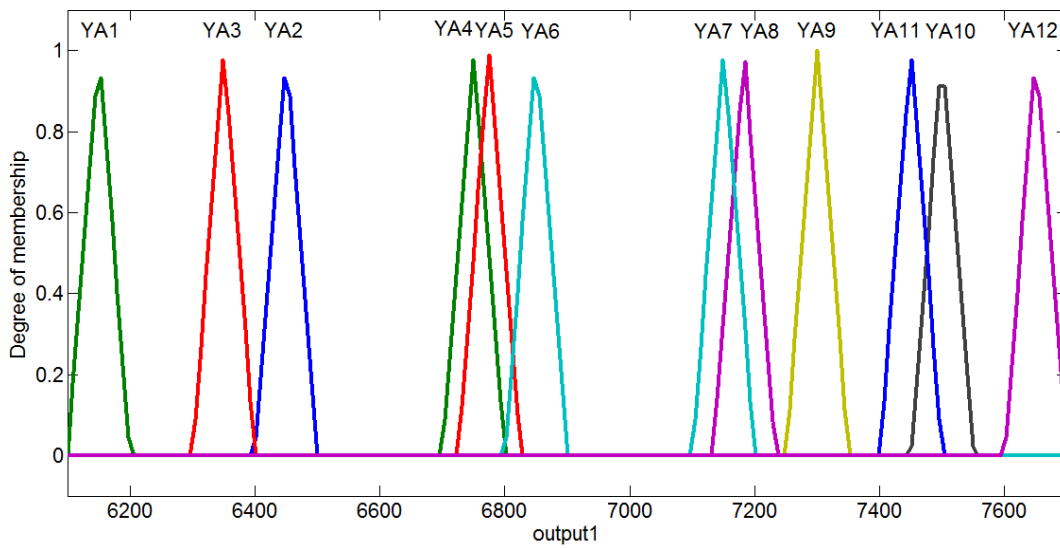
Çizelge 4.14 (devam): Kural tablosu.

11. Eğer giriş A_{11} ise, çıkış YA_7
12. Eğer giriş A_{12} ise, çıkış YA_8
13. Eğer giriş A_{13} ise, çıkış YA_9
14. Eğer giriş A_{14} ise, çıkış YA_{10}
15. Eğer giriş A_{15} ise, çıkış YA_{11}
16. Eğer giriş A_{16} ise, çıkış YA_{12}

Adım 6: Giriş ve çıkış üyelik fonksiyonları sırasıyla üçgen orta nokta (Üçgen O.N. BZSM), üçgen ağırlık merkezi (Üçgen A.M. BZSM), yamuk orta nokta (Yamuk O.N. BZSM) ve yamuk ağırlık merkezi (Yamuk A.M. BZSM) seçilmiştir.

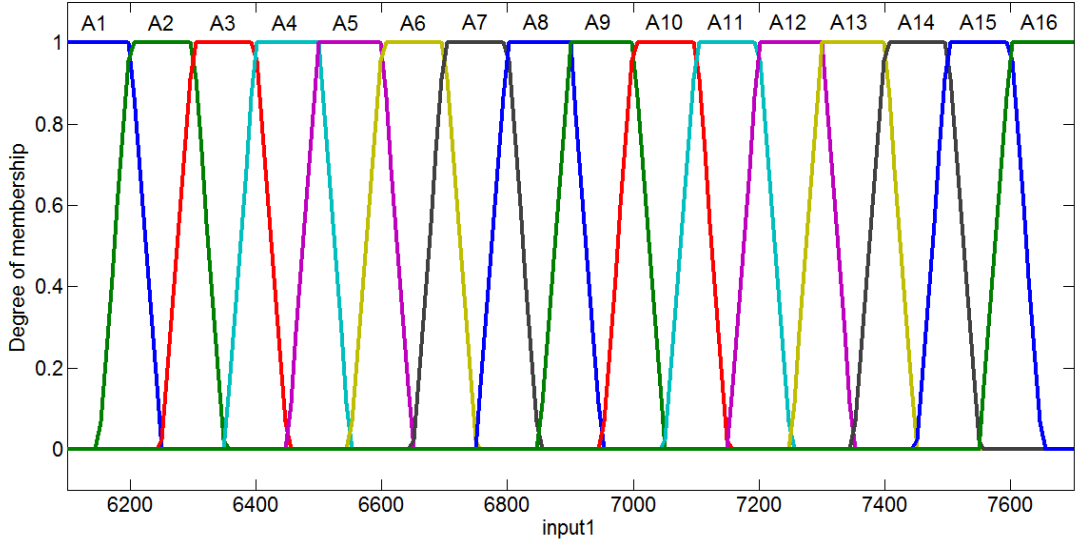


(a)

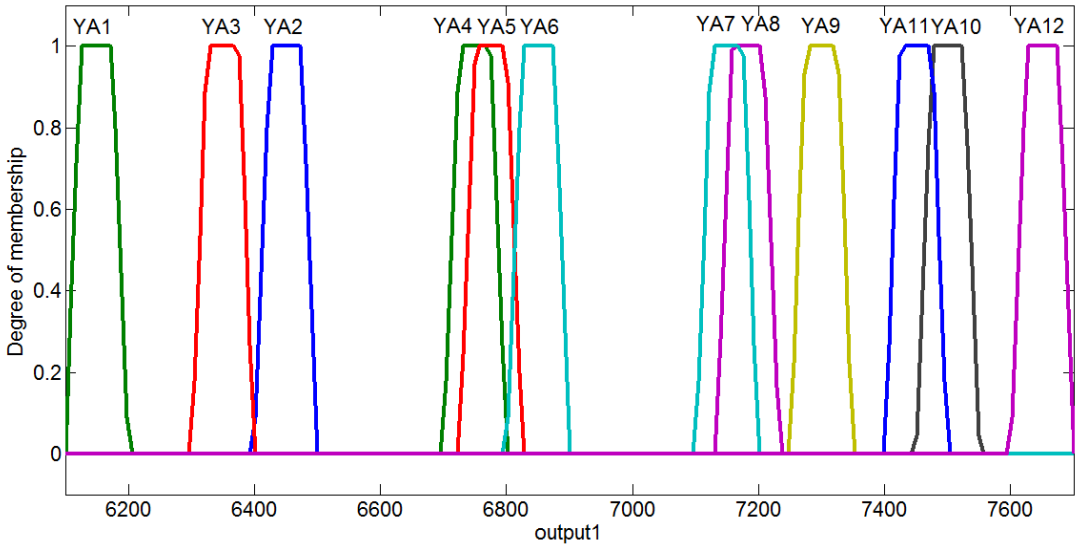


(b)

Şekil 4.6 : Üçgen O.N. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.

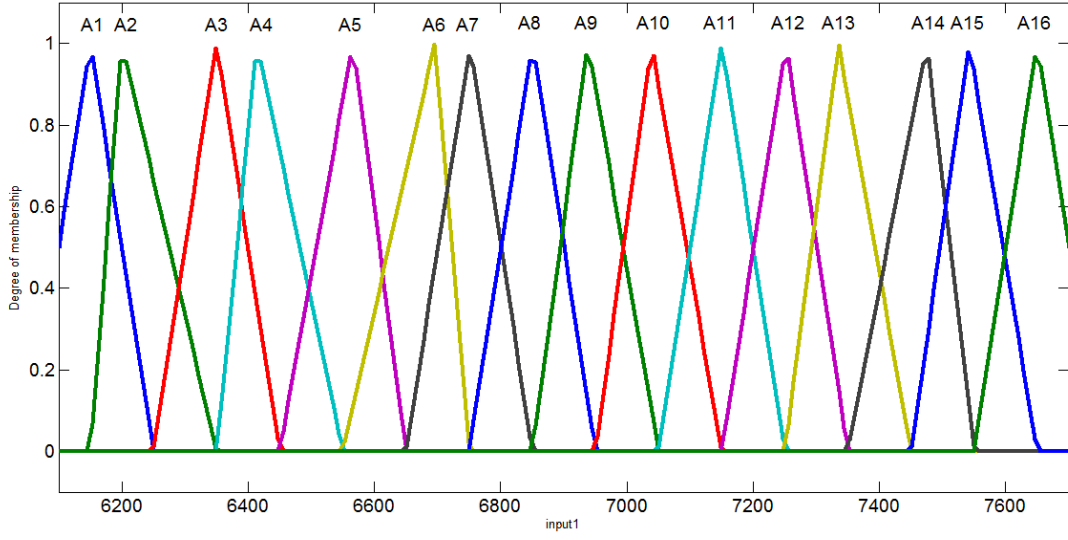


(a)

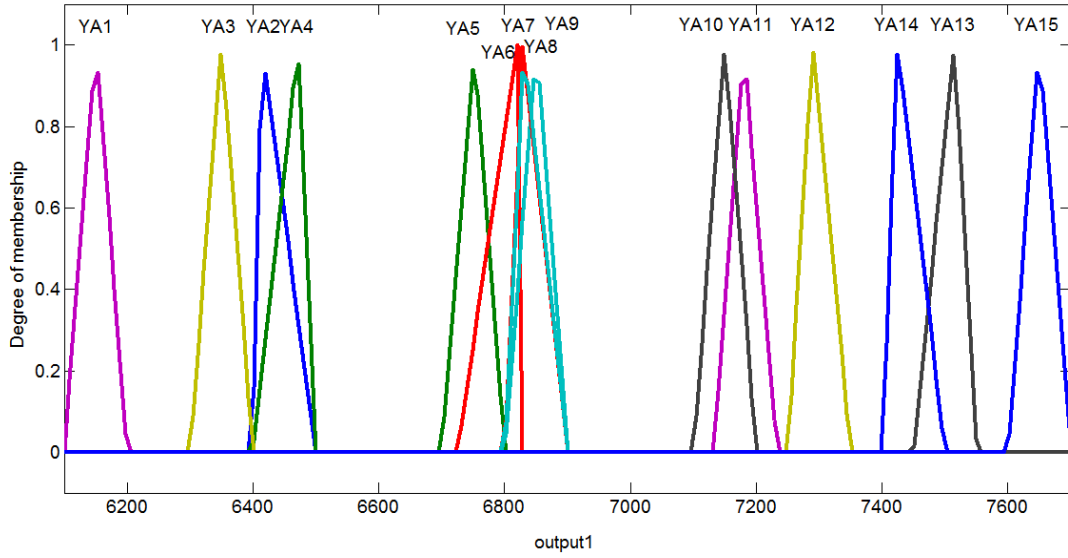


(b)

Şekil 4.7 : Yamuk O.N. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.

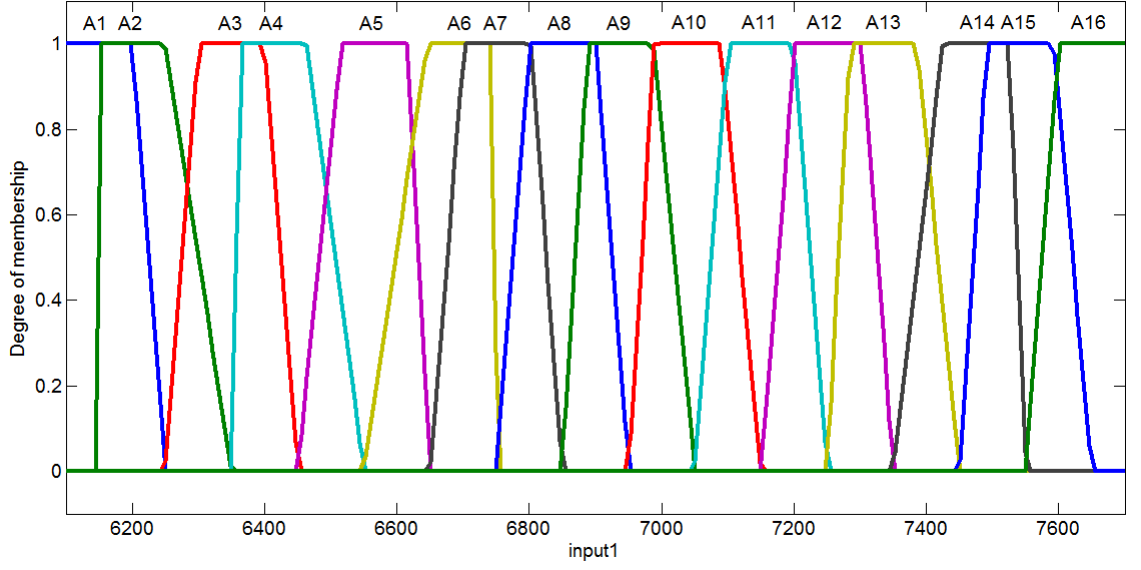


(a)

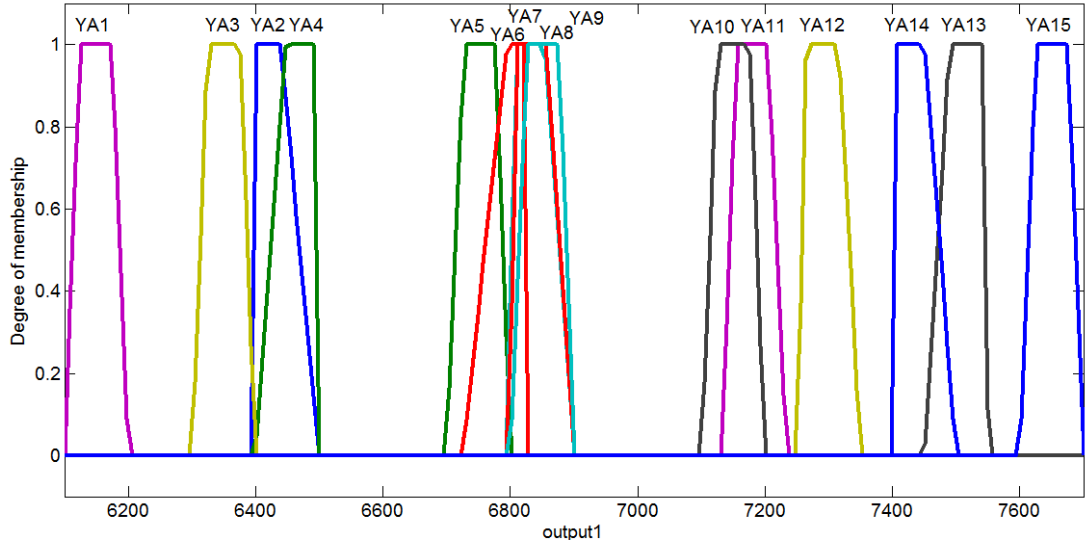


(b)

Şekil 4.8 : Üçgen A.M. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.



(a)

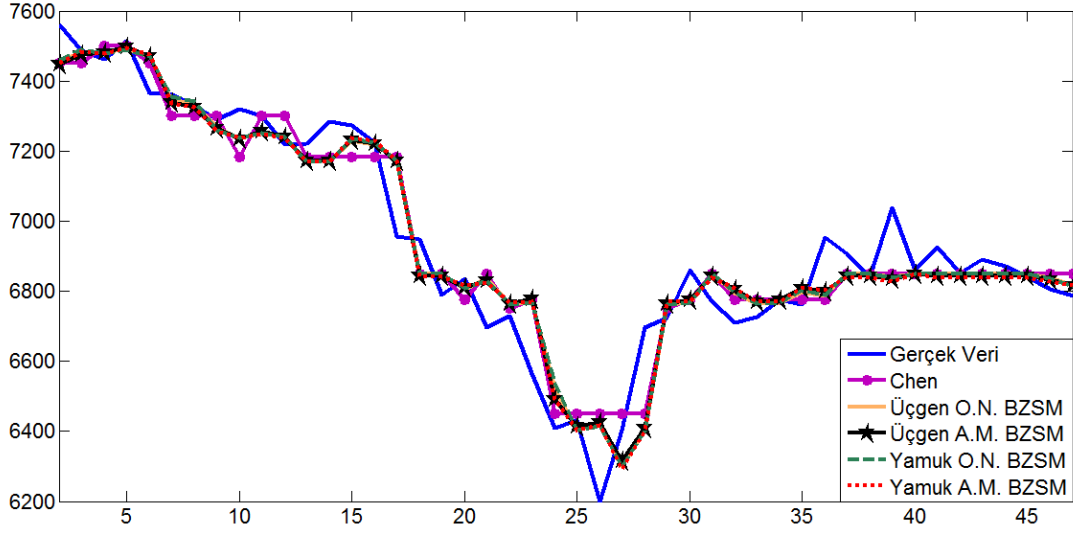


(b)

Şekil 4.9 : Yamuk A.M. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.

Adım 7: Tahmin sonuçları Mamdani tipinde bulanık çıkarım ve ağırlık merkezi durulama yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır.

Önerilen yöntem ile elde edilen modeller ve Model 2 (Chen) bulanık zaman serisi modelinin tahmin sonuçları grafiği ve MSE karşılaştırması aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.10 : Veri tahminlerinin grafiksel karşılaştırılması.

Çizelge 4.15 : Verilerin MSE kriterine göre karşılaştırılması.

Model	MSE
Model 2 (Chen)	9669
Üçgen O.N. BZSM	9574
Üçgen A.M. BZSM	9448
Yamuk O.N. BZSM	9598
Yamuk A.M. BZSM	9630

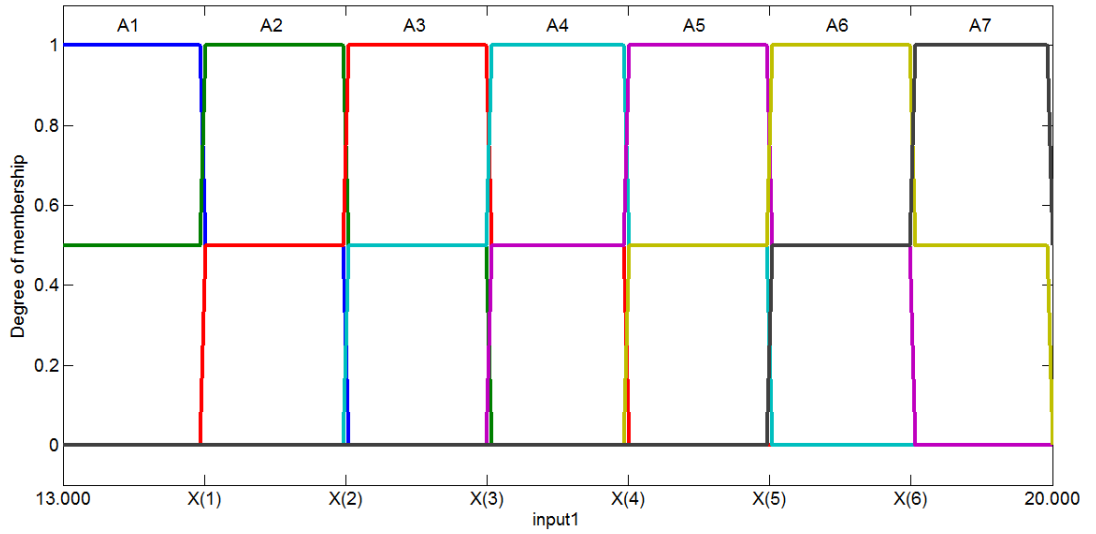
Genel olarak bakıldığında, önerilen yöntem ile oluşturulan modellerin hepsi Model 2(Chen)'ye göre daha iyi sonuç vermektedir. Ağırlık merkezinin etkisi ise yamuk üyelik fonksiyonunda yeterince iyi sonuç vermemiştir. Bunun sebebi, aralığın verilere göre değil uzaya göre eşit aralıkta olacak şekilde bölünmesi ve TAIFEX verilerinin sert değişimler gösteren veriler olmasındandır.

4.2 Önerilen Bulanık Zaman Serisi Modeline İlişkin Üyelik Fonksiyonlarının En İyileme İle Belirlenmesi

Bu benzetim çalışmasında MATLAB'ın en iyileme aracı olan "Global Optimization Toolbox" içindeki "Genetic Algorithm" yöntemi kullanılmıştır. En iyileme, hem [4] modeline hem de bu çalışmada önerilen modele uygulanmıştır. En iyilemesi yapılacak fonksiyon olarak MSE kriteri seçilmiştir.

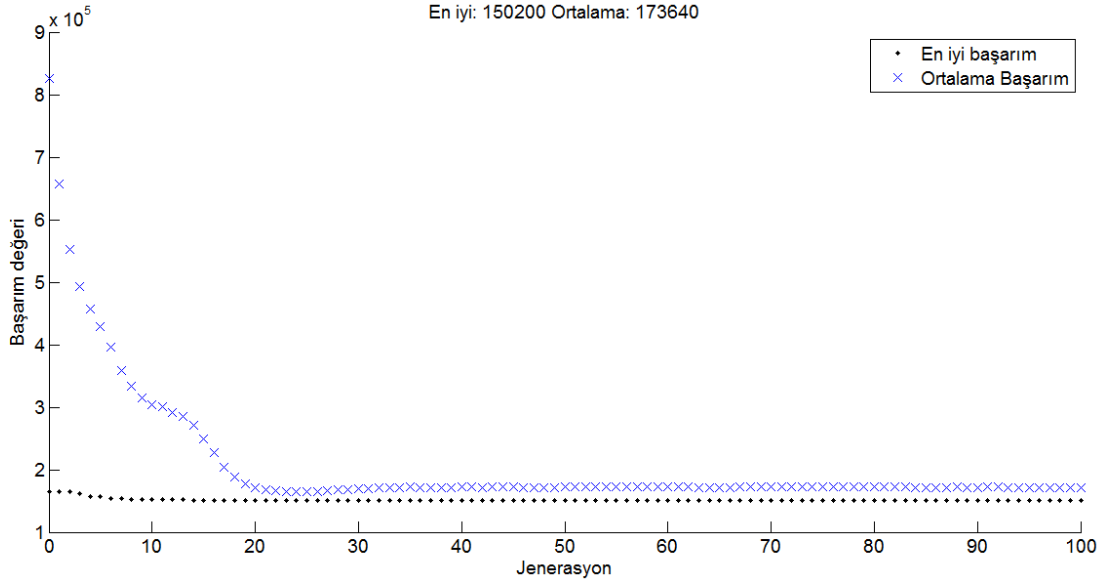
4.2.1 Parçalı keskin fonksiyon modelinin en iyilemesi

[4] çalışmasında önerilen modelde, seçilen fonksiyonun tipi haricinde en önemli faktör uzayı oluşturan aralıklardır. Bu yüzden en iyileme için, Şekil 4.11'de görülen yedi aralığı oluşturacak altı parametre aratılmıştır. Bu parametreler 13000 ile 20000 arasındaki uzay içinde aratılmıştır.

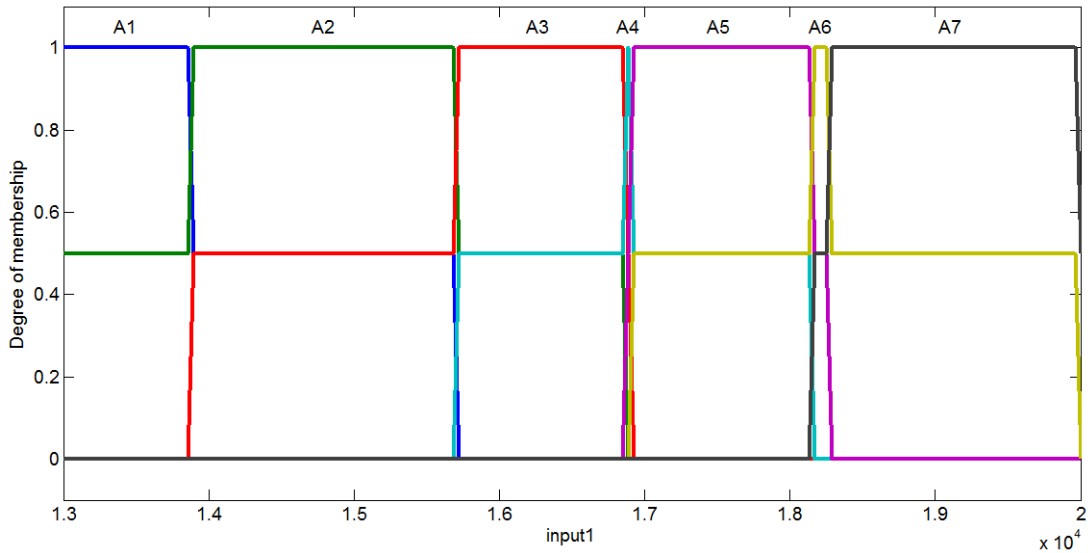


Şekil 4.11 : Parçalı keskin fonksiyon modelinin giriş üyelik fonksiyonları.

Aramanın kapsamlı olması için ayarlar kısmındaki popülasyon büyüklüğü 10000 seçilmiştir. Ayrıca bununla orantılı olarak saklanacak seçkin birey sayısı (elite count) 100 seçilmiştir. Diğer seçenekler varsayılan halinde bırakılarak 100 jenerasyon için arama uygulanmıştır. Her jenerasyonda elde edilen en iyi ve ortalama MSE değerleri Şekil 5.2'de gösterilmiştir. Aramada bulunan en iyi parametre değerlerine göre elde edilen üyelik fonksiyonları Şekil 4.12'deki gibidir.



Şekil 4.12 : Aratma adımlarında elde edilen en iyi ve ortalama değerler.



Şekil 4.13 : Aratma ile elde edilen parametrelere göre modelin giriş üyelik fonksiyonları.

En iyileme ile daha uygun aralık ve buna bağlı olarak üyelik fonksiyonu parametreleri elde edildiğinden MSE kriteri bakımından daha iyi bir modelleme elde edilmiştir.

4.2.2 Önerilen modelin en iyilemesi

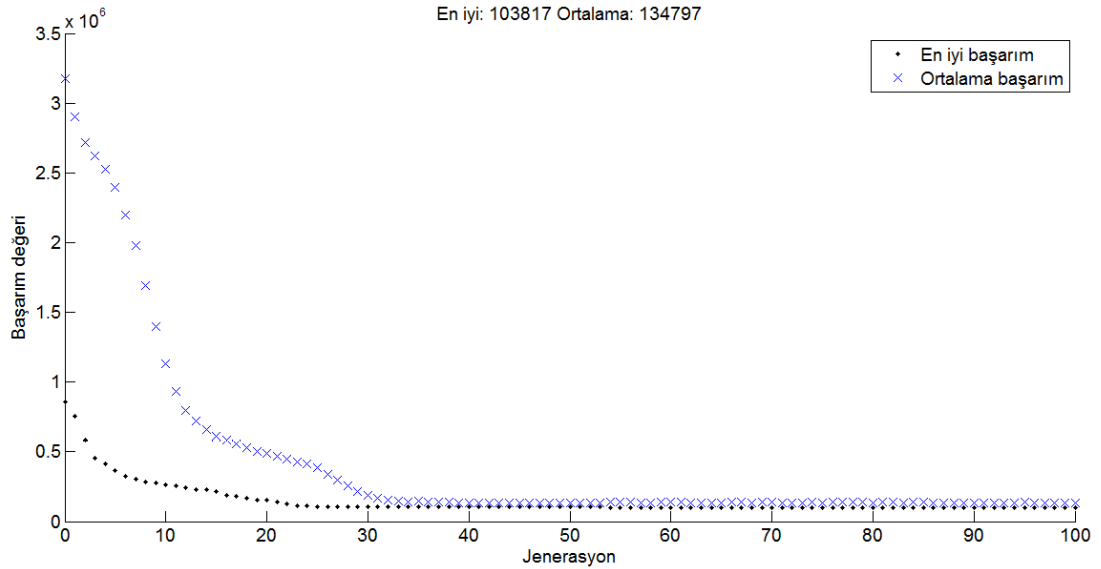
Çizelge 4.16 : Kural tablosu.

- | |
|---------------------------------------|
| 1. Eğer giriş A_1 ise, çıkış YA_1 |
| 2. Eğer giriş A_2 ise, çıkış YA_2 |
| 3. Eğer giriş A_3 ise, çıkış YA_3 |

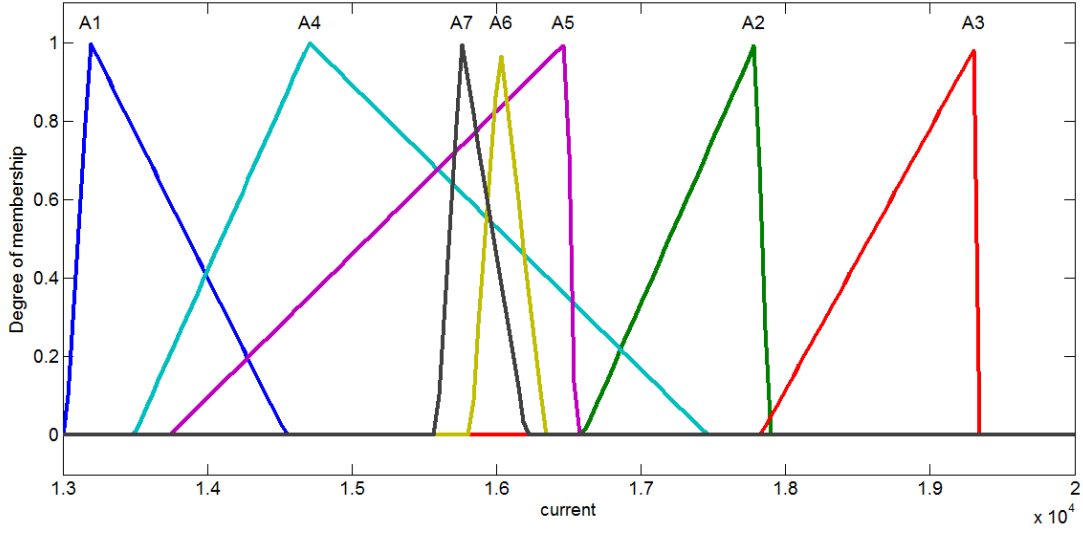
Çizelge 4.16 (devam): Kural tablosu.

-
4. Eğer giriş A_4 ise, çıkış YA_4
 5. Eğer giriş A_5 ise, çıkış YA_5
 6. Eğer giriş A_6 ise, çıkış YA_6
 7. Eğer giriş A_7 ise, çıkış YA_7
-

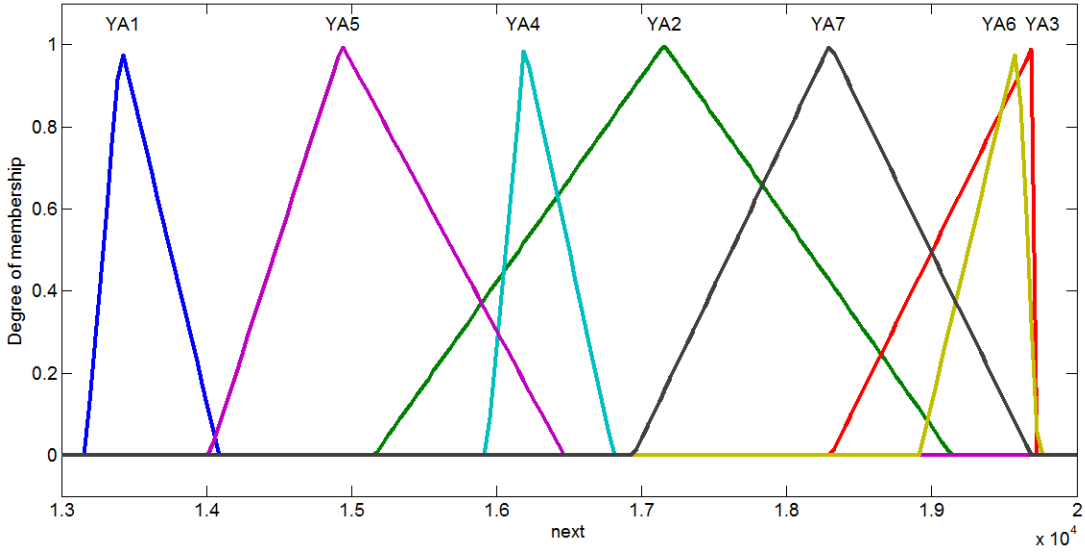
Bu çalışmada önerilen model için aratma yapılırken, giriş ve çıkış için yedişer üçgen üyelik fonksiyonu kullanılmış ve kurallar Çizelge 4.16'daki gibi birebir seçilerek serbestlik sağlanmıştır. Her bir üçgen üyelik fonksiyonunun üç adet karakteristik parametresi olduğundan toplamda 42 parametre aratılmıştır. Bu parametreler 13000 ile 20000 arasındaki uzay içinde aratılmıştır. Önceki en iyilemedekine benzer şekilde; popülasyon büyüklüğü 10000 ve saklanacak seçkin birey sayısı (elite count) 100 seçilmiştir. Diğer seçenekler varsayılan halinde bırakılarak 100 jenerasyon için arama uygulanmıştır. Aramada elde edilen en iyi ve ortalama MSE değerleri Şekil 4.14'te gösterilmiştir. En iyileme sonucunda bulunan en iyi parametre değerlerine göre elde edilen üyelik fonksiyonları Şekil 4.15'teki gibidir.



Şekil 4.14 : Aratma adımlarında elde edilen en iyi ve ortalama değerler.



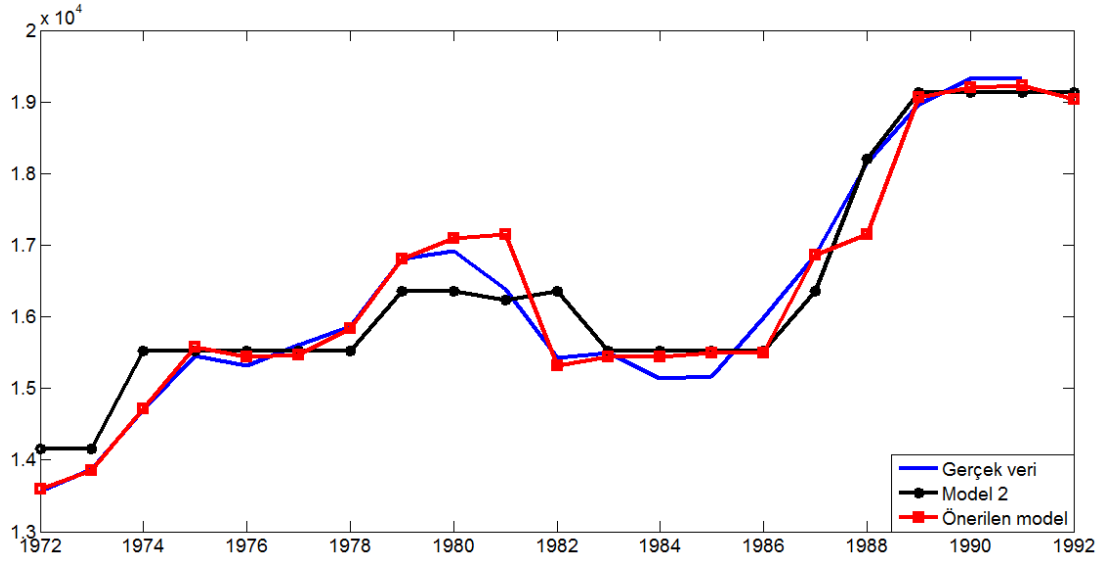
(a)



(b)

Şekil 4.15 : Aratma ile elde edilen parametrelere göre modelin (a) giriş ve (b) çıkış üyelik fonksiyonları.

Her iki en iyileme sonucunda elde edilen tahminler ile gerçek verilerin karşılaştırılması Şekil 4.16'da gösterilmiştir. İki model için elde edilen iyi MSE değerleri Çizelge 4.17'deki gibidir.



Şekil 4.16 : Gerçek veri ve tahminlerin karşılaştırılması.

Çizelge 4.17 : Tahminlerin MSE kriterine göre karşılaştırılması.

Model	MSE
Parçalı keskin fonksiyon modeli	150200
Önerilen model	103817

Seçilen üyelik fonksiyonu tipi, kullanılan Mamdani çıkarım mekanizması ve ağırlık merkezi durulayıcı en iyileme için esneklik sağlamıştır. Bu sonuçlardan da görüldüğü üzere önerilen model çok daha iyi sonuç vermiştir.

4.3 Zaman Serisi Tanım Uzayının Bölmelenme Sayısının Etkisi

Tanım uzayının bölmelenme sayısı modelleme için önemli bir faktör olduğundan, bu kısımda iki örnek için farklı sayıda bölmelendirme yapılarak elde edilen modellerin başarımı incelenmiştir.

4.3.1 Alabama Üniversitesi kayıt tahmini

Bu kısımda, tanım uzayının aralık sayısı değiştirilerek başarımın aralık sayısına göre nasıl değişeceği incelenmiştir.

4.3.1.1 Aralık sayısının 5 olarak seçilmesi durumu

Aralık sayısının 5 olarak seçilmesi durumunda herbir aralığın uzunluğu 1400 şeklinde olmaktadır. Alabama Üniversitesi öğrenci kayıt verileri ve A_i 'ler cinsinden karşılığı Çizelge 4.18'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.18 : Gerçek kayıt verileri ve kayıtların A_i 'ler cinsinden bilgisi.

Yıl	Kayıt Verisi	Kayıt Bilgisi
1971	13055	A_1
1972	13563	A_1
1973	13867	A_1
1974	14696	A_2
1975	15460	A_2
1976	15311	A_2
1977	15603	A_2
1978	15861	A_3
1979	16807	A_3
1980	16919	A_3
1981	16388	A_3
1982	15433	A_2
1983	15497	A_2
1984	15145	A_2
1985	15163	A_2
1986	15984	A_3
1987	16859	A_3
1988	18150	A_4
1989	18970	A_5
1990	19328	A_5
1991	19337	A_5
1992	18876	A_5

Bu çizelgeye bakılarak, önerilen bulanık zaman serisi modeli adım adım oluşturulabilir.

Adım 1: Verilere bakılarak, $D_{\max} = 19328$ ve $D_{\min} = 13055$ olduğu görülmektedir. Basitlik için, $D_1 = 55$ ve $D_2 = 672$ olsun. Bu durumda veri uzayı $U [13000 \ 20000]$ aralığı olur. Bu çalışmada, U uzayı beş eşit aralığa bölünecektir. Bunlar; $u_1 = [13000 \ 14400]$, $u_2 = [14400 \ 15800]$, $u_3 = [15800 \ 17200]$, $u_4 = [17200 \ 18600]$ ve $u_5 = [18600 \ 20000]$.

Adım 2: Seçilen u_1, u_2, u_3, u_4, u_5 aralıklarına göre A_1, A_2, A_3, A_4, A_5 şeklinde beş bulanık küme tanımlanmıştır.

Adım 3: Çizelge 4.18'de her yılda gerçekleşen kayıtların A_i 'ler cinsinden ifadesi gösterilmektedir. Çizelge 4.19'da ise Çizelge 4.18'den elde edilen bulanık ilişkiler gösterilmektedir.

Çizelge 4.19 : Kayıtların bulanık mantıksal ilişkileri.

$A_1 \rightarrow A_1$	$A_1 \rightarrow A_2$
$A_2 \rightarrow A_2$	$A_2 \rightarrow A_3$
$A_3 \rightarrow A_3$	$A_3 \rightarrow A_2$
$A_3 \rightarrow A_4$	$A_4 \rightarrow A_5$
$A_5 \rightarrow A_5$	

Adım 4: Çizelge 4.19'daki ilişkiler mevcut yıl baz alınarak gruplandırıldığında Çizelge 4.20'deki beş grup elde edilmektedir.

Çizelge 4.20 : Bulanık mantıksal ilişki grupları.

- | |
|--|
| 1. Grup: $A_1 \rightarrow A_1, A_2$ |
| 2. Grup: $A_2 \rightarrow A_2, A_3$ |
| 3. Grup: $A_3 \rightarrow A_2, A_3, A_4$ |
| 4. Grup: $A_4 \rightarrow A_5$ |
| 5. Grup: $A_5 \rightarrow A_5$ |

Adım 5: Çizelge 4.20'den görüldüğü gibi bazı girişler birden fazla farklı çıkış verdiği için çıkış bulanık kümeleri ve kural tablosu sırasıyla Çizelge 4.21 ve Çizelge 4.22'de verildiği gibidir.

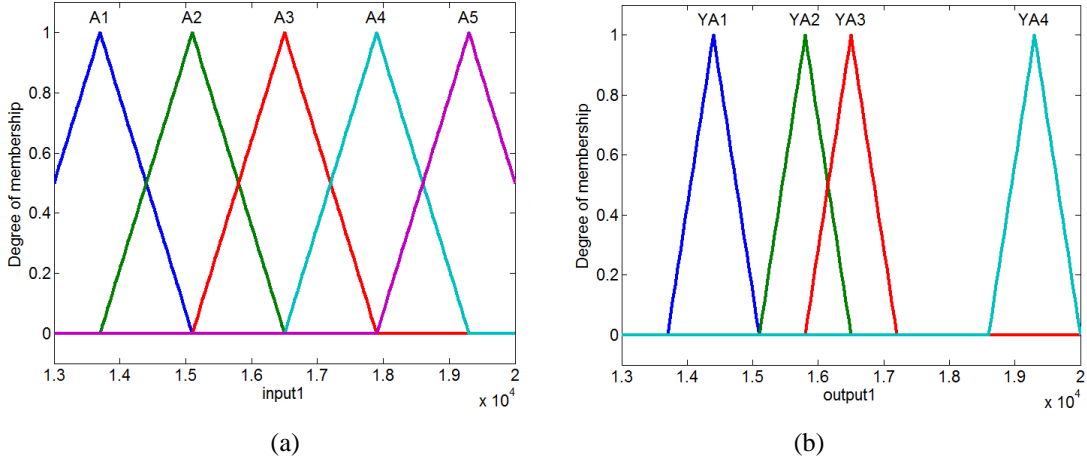
Çizelge 4.21 : Çıkış üyelik fonksiyonları.

- | | |
|--|--------------------|
| 1. Grup: $A_1 \rightarrow A_1, A_2$ | $\rightarrow YA_1$ |
| 2. Grup: $A_2 \rightarrow A_2, A_3$ | $\rightarrow YA_2$ |
| 3. Grup: $A_3 \rightarrow A_2, A_3, A_4$ | $\rightarrow YA_3$ |
| 4. Grup: $A_4 \rightarrow A_5$ | $\rightarrow YA_4$ |
| 5. Grup: $A_5 \rightarrow A_5$ | $\rightarrow YA_4$ |

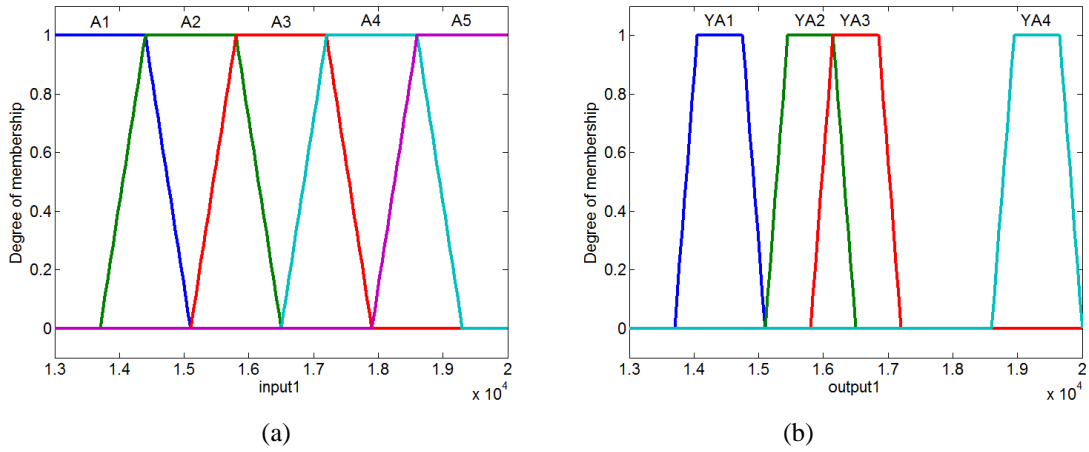
Çizelge 4.22 : Kural tablosu.

- | |
|---------------------------------------|
| 1. Eğer giriş A_1 ise, çıkış YA_1 |
| 2. Eğer giriş A_2 ise, çıkış YA_2 |
| 3. Eğer giriş A_3 ise, çıkış YA_3 |
| 4. Eğer giriş A_4 ise, çıkış YA_4 |
| 5. Eğer giriş A_5 ise, çıkış YA_4 |

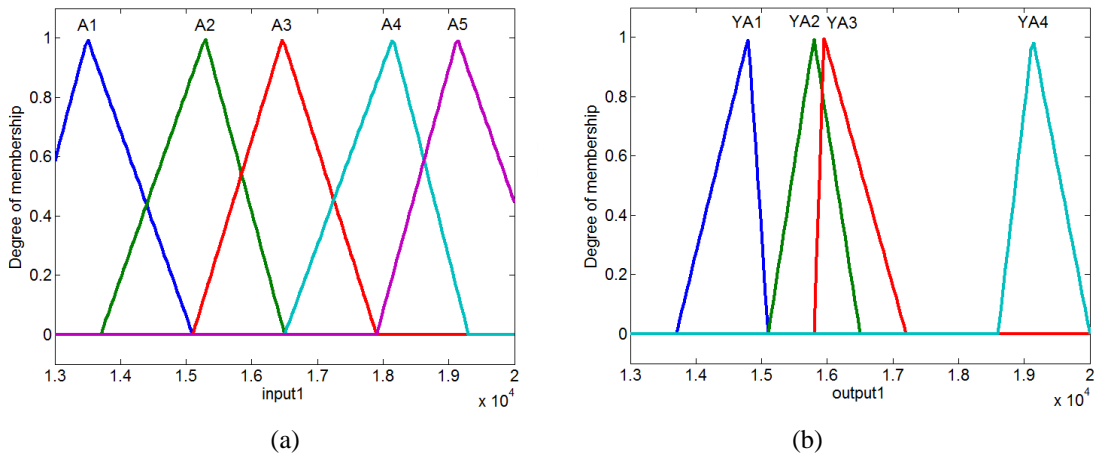
Adım 6: Giriş ve çıkış üyelik fonksiyonları sırasıyla üçgen orta nokta (Üçgen O.N. BZSM), üçgen ağırlık merkezi (Üçgen A.M. BZSM), yamuk orta nokta (Yamuk O.N. BZSM) ve yamuk ağırlık merkezi (Yamuk A.M. BZSM) seçilmiştir.



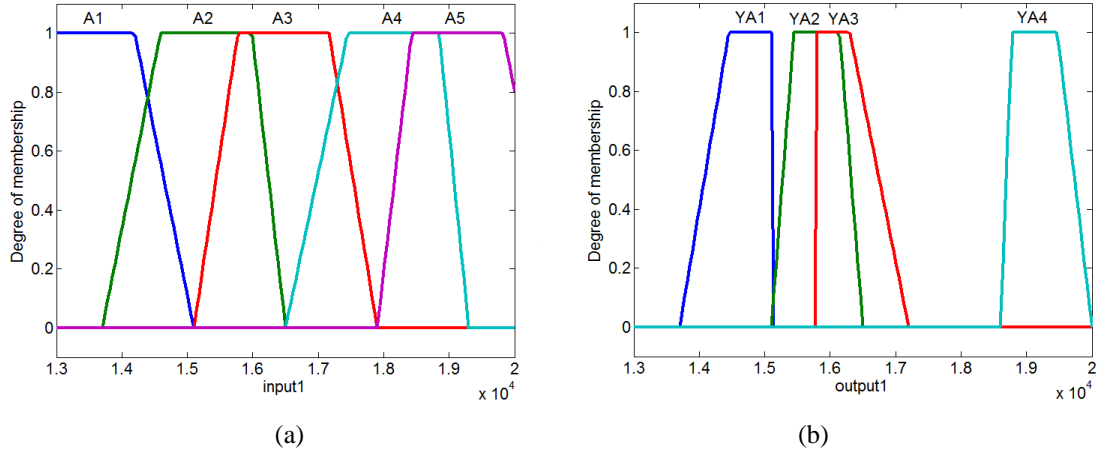
Şekil 4.17 : Üçgen O.N. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.



Şekil 4.18 : Yamuk O.N. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.



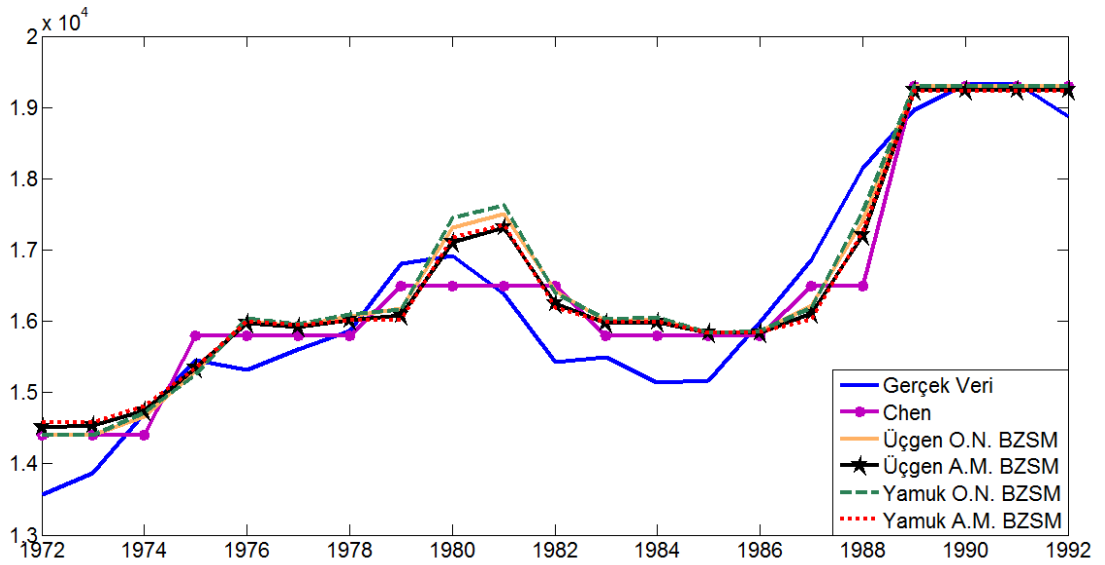
Şekil 4.19 : Üçgen A.M. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.



Şekil 4.20 : Yamuk A.M. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.

Adım 7: Tahmin sonuçları Mamdani tipinde bulanık çıkarım ve ağırlık merkezi durulama yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır.

Önerilen yöntem ile elde edilen modeller ve Model 2 (Chen) bulanık zaman serisi modelinin tahmin sonuçları grafiği ve MSE karşılaştırması aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.21 : Kayıt tahminlerinin grafiksel karşılaştırılması.

Çizelge 4.23 : Kayıt tahminlerinin MSE kriterine göre karşılaştırılması.

Model	MSE
Model 2 (Chen)	333011
Üçgen O.N. BZSM	341155
Üçgen A.M. BZSM	336630

Çizelge 4.23 (devam): Kayıt tahminlerinin MSE kriterine göre karşılaştırılması.

Model	MSE
Yamuk O.N. BZSM	364050
Yamuk A.M. BZSM	357140

Önerilen yöntemle oluşturulan modeller beklendiği gibi 7 aralıklı modele göre daha kötü sonuçlar verdi. Yine beklenildiği gibi tepe noktasını ağırlık merkezi seçmek sonuçları biraz daha iyileştirdi. Ayrıca, bu aralık için Model 2 (Chen) oluşturduğumuz modellerden daha iyi sonuç verdi. Bunun sebebi aralık seçiminin verilerin yoğunluğuna göre değil, uzunluğuna göre belirlenmiş olmasıdır.

4.3.1.2 Aralık sayısının 10 olarak seçilmesi durumu

Aralık sayısının 10 olarak seçilmesi durumunda aralık uzunluğu 700 şeklinde olmaktadır. Alabama Üniversitesi öğrenci kayıt verileri ve A_i 'ler cinsinden karşılığı Çizelge 4.24'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.24: Gerçek kayıt verileri ve kayıtların A_i 'ler cinsinden bilgisi.

Yıl	Kayıt Verisi	Kayıt Bilgisi
1971	13055	A_1
1972	13563	A_1
1973	13867	A_2
1974	14696	A_3
1975	15460	A_4
1976	15311	A_4
1977	15603	A_4
1978	15861	A_5
1979	16807	A_6
1980	16919	A_6
1981	16388	A_5
1982	15433	A_4
1983	15497	A_4
1984	15145	A_4
1985	15163	A_4
1986	15984	A_5
1987	16859	A_6
1988	18150	A_8
1989	18970	A_9
1990	19328	A_{10}
1991	19337	A_{10}
1992	18876	A_9

Bu tabloya bakılarak, önerilen bulanık zaman serisi modeli adım adım oluşturulabilir.

Adım 1: Verilere bakılarak, $D_{\max} = 19328$ ve $D_{\min} = 13055$ olduğu görülmektedir. Basitlik için, $D_1 = 55$ ve $D_2 = 672$ olsun. Bu durumda veri uzayı U [13000 20000] aralığı olur. Bu çalışmada, U uzayı on eşit aralığa bölünecektir. Bunlar; $u_1 = [13000 \ 13700]$, $u_2 = [13700 \ 14400]$, $u_3 = [14400 \ 15100]$, $u_4 = [15100 \ 15800]$, $u_5 = [15800 \ 16500]$, $u_6 = [16500 \ 17200]$, $u_7 = [17200 \ 17900]$, $u_8 = [17900 \ 18600]$, $u_9 = [18600 \ 19300]$ ve $u_{10} = [19300 \ 20000]$.

Adım 2: Seçilen $u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6, u_7, u_8, u_9, u_{10}$ aralıklarına göre $A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A_7, A_8, A_9, A_{10}$ şeklinde on bulanık küme tanımlanmıştır.

Adım 3: Çizelge 4.24'te her yılda gerçekleşen kayıtların A_i 'ler cinsinden ifadesi gösterilmektedir. Çizelge 4.25'te ise Çizelge 4.24'ten elde edilen bulanık ilişkiler gösterilmektedir.

Çizelge 4.25 : Kayıtların bulanık mantıksal ilişkileri.

$A_1 \rightarrow A_1$	$A_1 \rightarrow A_2$
$A_2 \rightarrow A_3$	$A_3 \rightarrow A_4$
$A_4 \rightarrow A_4$	$A_4 \rightarrow A_5$
$A_5 \rightarrow A_6$	$A_6 \rightarrow A_6$
$A_6 \rightarrow A_5$	$A_5 \rightarrow A_4$
$A_6 \rightarrow A_8$	$A_8 \rightarrow A_9$
$A_9 \rightarrow A_{10}$	$A_{10} \rightarrow A_{10}$
$A_{10} \rightarrow A_9$	$A_7 \rightarrow A_7^*$

*Ek bulanık mantıksal ilişki

Adım 4: Çizelge 4.25'teki ilişkiler mevcut yıl baz alınarak gruplandırıldığında Çizelge 4.26'daki on grup elde edilmektedir.

Çizelge 4.26 : Bulanık mantıksal ilişki grupları.

- | |
|--|
| 1. Grup: $A_1 \rightarrow A_1, A_2$ |
| 2. Grup: $A_2 \rightarrow A_3$ |
| 3. Grup: $A_3 \rightarrow A_4$ |
| 4. Grup: $A_4 \rightarrow A_4, A_5$ |
| 5. Grup: $A_5 \rightarrow A_4, A_6$ |
| 6. Grup: $A_6 \rightarrow A_5, A_6, A_8$ |
| 7. Grup: $A_7 \rightarrow A_7$ |

Çizelge 4.26 (devam): Bulanık mantıksal ilişki grupları.

-
8. Grup: $A_8 \rightarrow A_9$
 9. Grup: $A_9 \rightarrow A_{10}$
 10. Grup: $A_{10} \rightarrow A_9, A_{10}$
-

Adım 5: Çizelge 4.26'dan görüldüğü gibi bazı girişler birden fazla farklı çıkış verdiği için çıkış bulanık kümeleri ve kural tablosu sırasıyla Çizelge 4.27 ve Çizelge 4.28'de verildiği gibidir.

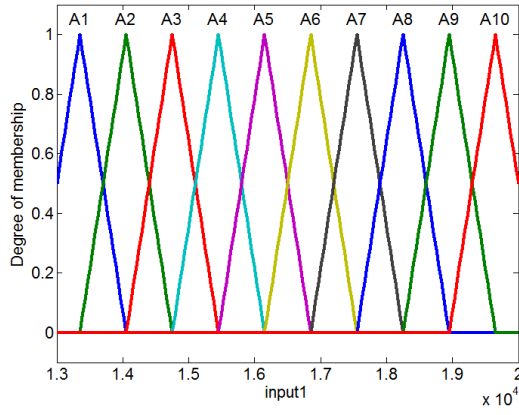
Çizelge 4.27 : Çıkış üyelik fonksiyonları.

-
1. Grup: $A_1 \rightarrow A_1, A_2 \rightarrow YA_1$
 2. Grup: $A_2 \rightarrow A_3 \rightarrow YA_2$
 3. Grup: $A_3 \rightarrow A_4 \rightarrow YA_3$
 4. Grup: $A_4 \rightarrow A_4, A_5 \rightarrow YA_4$
 5. Grup: $A_5 \rightarrow A_4, A_6 \rightarrow YA_5$
 6. Grup: $A_6 \rightarrow A_5, A_6, A_8 \rightarrow YA_6$
 7. Grup: $A_7 \rightarrow A_7 \rightarrow YA_7$
 8. Grup: $A_8 \rightarrow A_9 \rightarrow YA_8$
 9. Grup: $A_9 \rightarrow A_{10} \rightarrow YA_9$
 10. Grup: $A_{10} \rightarrow A_9, A_{10} \rightarrow YA_{10}$
-

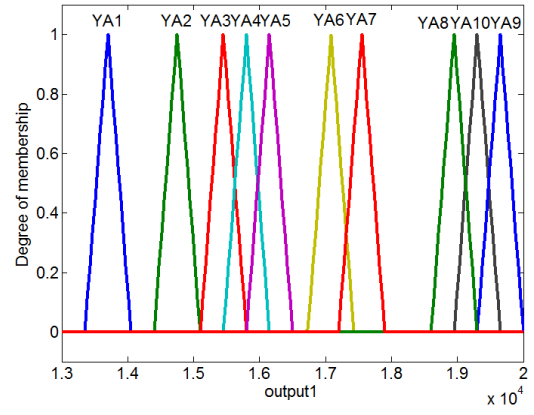
Çizelge 4.28 : Kural tablosu.

-
1. Eğer giriş A_1 ise, çıkış YA_1
 2. Eğer giriş A_2 ise, çıkış YA_2
 3. Eğer giriş A_3 ise, çıkış YA_3
 4. Eğer giriş A_4 ise, çıkış YA_4
 5. Eğer giriş A_5 ise, çıkış YA_5
 6. Eğer giriş A_6 ise, çıkış YA_6
 7. Eğer giriş A_7 ise, çıkış YA_7
 8. Eğer giriş A_8 ise, çıkış YA_8
 9. Eğer giriş A_9 ise, çıkış YA_9
 10. Eğer giriş A_{10} ise, çıkış YA_{10}
-

Adım 6: Giriş ve çıkış üyelik fonksiyonları sırasıyla üçgen orta nokta (Üçgen O.N. BZSM), üçgen ağırlık merkezi (Üçgen A.M. BZSM), yamuk orta nokta (Yamuk O.N. BZSM) ve yamuk ağırlık merkezi (Yamuk A.M. BZSM) seçilmiştir.

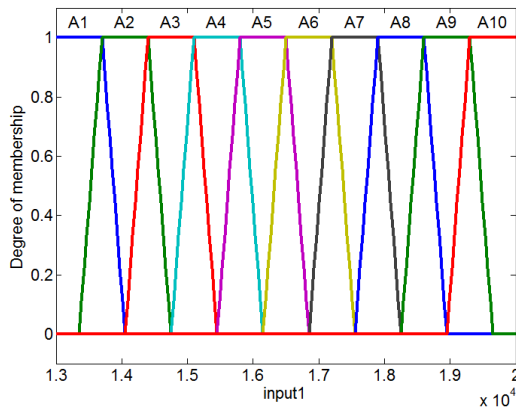


(a)

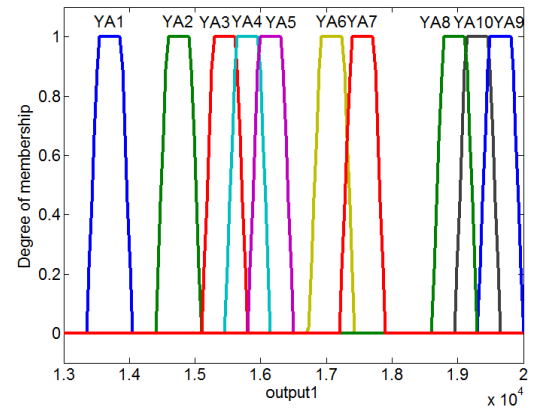


(b)

Şekil 4.22 : Üçgen O.N. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.

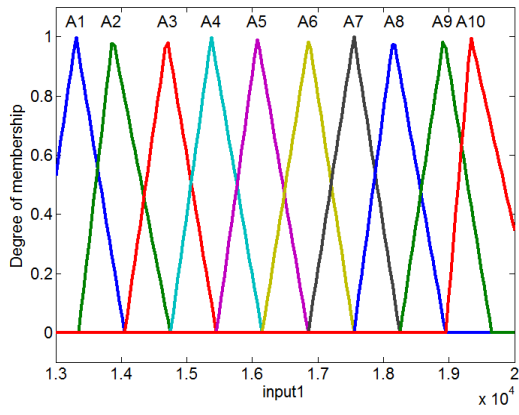


(a)

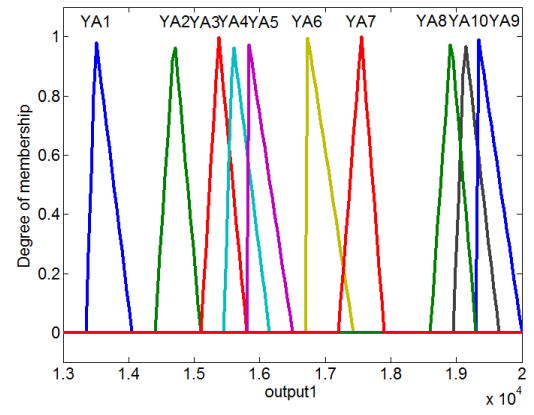


(b)

Şekil 4.23 : Yamuk O.N. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.

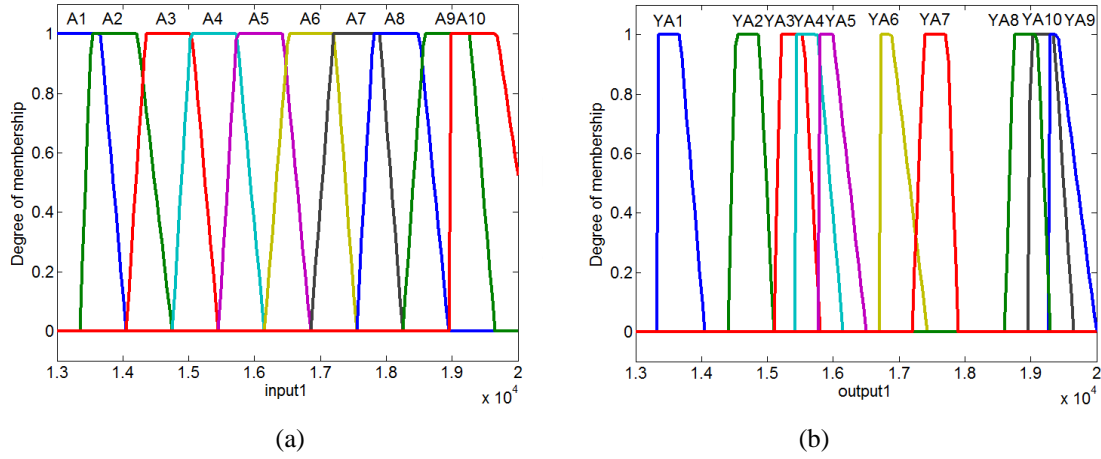


(a)



(b)

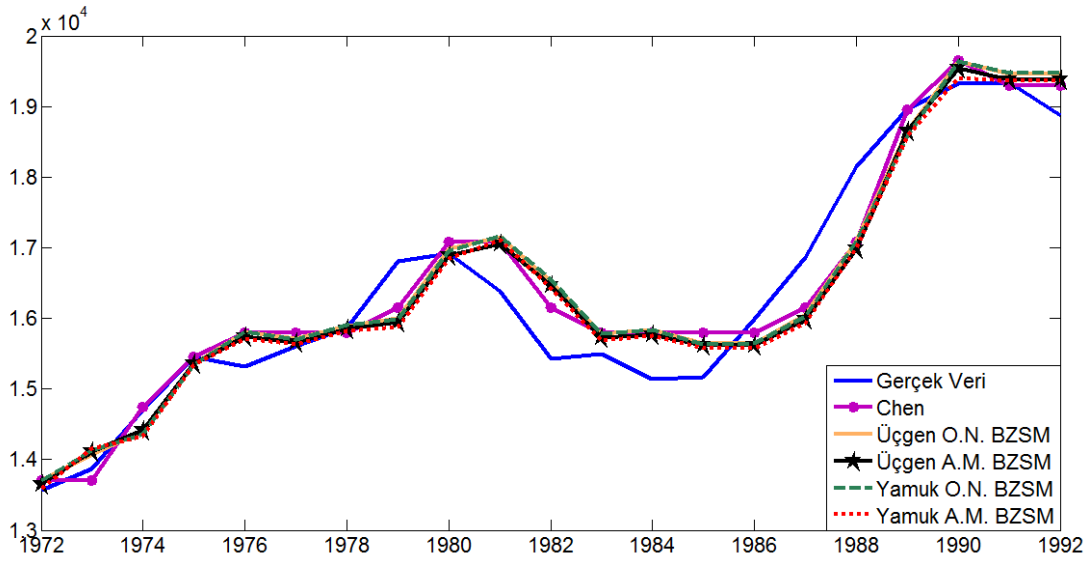
Şekil 4.24 : Üçgen A.M. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.



Şekil 4.25 :Yamuk A.M. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.

Adım 7: Tahmin sonuçları Mamdani tipinde bulanık çıkarım ve ağırlık merkezi durulama yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır.

Önerilen yöntem ile elde edilen modeller ve Model 2 (Chen) bulanık zaman serisi modelinin tahmin sonuçları grafiği ve MSE karşılaştırması aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.26 : Kayıt tahminlerinin grafiksel karşılaştırılması.

Çizelge 4.29 : Kayıt tahminlerinin MSE kriterine göre karşılaştırılması.

Model	MSE
Model 2 (Chen)	222563
Üçgen O.N. BZSM	287441
Üçgen A.M. BZSM	281108

Çizelge 4.29 (devam): Kayıt tahminlerinin MSE kriterine göre karşılaştırılması.

Model	MSE
Yamuk O.N. BZSM	300647
Yamuk A.M. BZSM	289134

Beklenildiği gibi 7 aralıklı modele göre daha iyi sonuçlar verdi ve tepe noktasını ağırlık merkezi seçmek sonuçları daha da iyileştirdi. Bu aralık için de Model 2 (Chen) oluşturduğumuz modellerden daha iyi sonuç verdi. Bunun sebebi aralık seçiminin verilerin yoğunluğuna göre değil, uzunluğuna göre belirlenmiş olmasıdır. Ayrıca, diğer sonuçlara bakıldığında önerilen model tutarlı bir tahmin başarımı sunarken, Model 2 (Chen) tutarsız bir başarıyı sergilemektedir.

4.3.2 TAIFEX verilerinin tahmini

Bu kısımda, tanım uzayının aralık sayısı değiştirilerek başarımın aralık sayısına göre nasıl değişeceği incelenmiştir.

4.3.2.1 Aralık sayısının 18 olarak seçilmesi durumu

Aralık sayısının 18 olarak seçilmesi durumunda aralık uzunluğu 90 şeklinde olmaktadır. Alabama Üniversitesi öğrenci kayıt verileri ve A_i 'ler cinsinden karşılığı Çizelge 4.30'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.30 : Gerçek TAIFEX verileri ve verilerin A_i 'ler cinsinden bilgisi.

Tarih	Veri	Bulanık Veri
1998/8/3	7552	A_{17}
1998/8/4	7560	A_{17}
1998/8/5	7487	A_{16}
1998/8/6	7462	A_{16}
1998/8/7	7515	A_{16}
1998/8/10	7365	A_{15}
1998/8/11	7360	A_{15}
1998/8/12	7330	A_{14}
1998/8/13	7291	A_{14}
1998/8/14	7320	A_{14}
1998/8/15	7300	A_{14}
1998/8/17	7219	A_{13}
1998/8/18	7220	A_{13}
1998/8/19	7285	A_{14}

Çizelge 4.30 (devam): Gerçek TAIFEX verileri ve verilerin A_i 'ler cinsinden bilgisi.

Tarih	Veri	Bulanık Veri
1998/8/20	7274	A_{14}
1998/8/21	7225	A_{13}
1998/8/24	6955	A_{10}
1998/8/25	6949	A_{10}
1998/8/26	6790	A_8
1998/8/27	6835	A_9
1998/8/28	6695	A_7
1998/8/29	6728	A_8
1998/8/31	6566	A_6
1998/9/1	6409	A_4
1998/9/2	6430	A_4
1998/9/3	6200	A_2
1998/9/4	6403.2	A_4
1998/9/5	6697.5	A_7
1998/9/7	6722.3	A_8
1998/9/8	6859.4	A_9
1998/9/9	6769.6	A_8
1998/9/10	6709.75	A_7
1998/9/11	6726.5	A_8
1998/9/14	6774.55	A_8
1998/9/15	6762	A_8
1998/9/16	6952.75	A_{10}
1998/9/17	6906	A_{10}
1998/9/18	6842	A_9
1998/9/19	7039	A_{11}
1998/9/21	6861	A_9
1998/9/22	6926	A_{10}
1998/9/23	6852	A_9
1998/9/24	6890	A_9
1998/9/25	6871	A_9
1998/9/28	6840	A_9
1998/9/29	6806	A_8
1998/9/30	6787	A_8

Bu tabloya bakılarak, önerilen bulanık zaman serisi modeli adım adım oluşturulabilir.

Adım 1: Verilere bakılarak, $D_{\max} = 7560$ ve $D_{\min} = 6200$ olduğu görülmektedir . Basitlik için, $D_1 = 100$ ve $D_2 = 140$ olsun. Bu durumda veri uzayı $U [6100 \ 7700]$ olur. Bu çalışmada, U uzayı onsekiz eşit aralığa bölünecektir. Bunlar; $u_1 = [6100 \ 6180]$, $u_2 = [6180 \ 6270]$, $u_3 = [6270 \ 6360]$, $u_4 = [6360 \ 6450]$,

$$\begin{aligned}
u_5 &= [6450 \ 6540], & u_6 &= [6540 \ 6630], & u_7 &= [6630 \ 6720], & u_8 &= [6720 \ 6810], \\
u_9 &= [6810 \ 6900], & u_{10} &= [6900 \ 6990], & u_{11} &= [6990 \ 7080], & u_{12} &= [7080 \ 7170], \\
u_{13} &= [7170 \ 7260] , & u_{14} &= [7260 \ 7350], & u_{15} &= [7350 \ 7440], & u_{16} &= [7440 \ 7530] \text{ and} \\
u_{17} &= [7530 \ 7620] \text{ ve } & u_{18} &= [7620 \ 7700].
\end{aligned}$$

Adım 2: Seçilen $u_1, u_2, u_3, \dots, u_{18}$ aralıklarına göre $A_1, A_2, A_3, \dots, A_{18}$ şeklinde 18 bulanık küme tanımlanmıştır.

Adım 3: Çizelge 4.30'da her yılda gerçekleşen kayıtların A_i 'ler cinsinden ifadesi gösterilmektedir. Çizelge 4.31'de ise Çizelge 4.30'dan elde edilen bulanık ilişkiler gösterilmektedir.

Çizelge 4.31 : Verilerin bulanık mantıksal ilişkileri.

$A_{17} \rightarrow A_{17}$	$A_{17} \rightarrow A_{16}$
$A_{16} \rightarrow A_{16}$	$A_{16} \rightarrow A_{15}$
$A_{15} \rightarrow A_{15}$	$A_{15} \rightarrow A_{14}$
$A_{15} \rightarrow A_{15}$	$A_{15} \rightarrow A_{14}$
$A_{14} \rightarrow A_{14}$	$A_{14} \rightarrow A_{13}$
$A_{13} \rightarrow A_{14}$	$A_{13} \rightarrow A_{13}$
$A_{13} \rightarrow A_{10}$	$A_{10} \rightarrow A_{10}$
$A_{10} \rightarrow A_8$	$A_8 \rightarrow A_9$
$A_9 \rightarrow A_7$	$A_7 \rightarrow A_8$
$A_8 \rightarrow A_6$	$A_6 \rightarrow A_4$
$A_4 \rightarrow A_4$	$A_4 \rightarrow A_2$
$A_2 \rightarrow A_4$	$A_4 \rightarrow A_7$
$A_9 \rightarrow A_8$	$A_8 \rightarrow A_7$
$A_8 \rightarrow A_8$	$A_8 \rightarrow A_{10}$
$A_{10} \rightarrow A_9$	$A_9 \rightarrow A_{11}$
$A_{11} \rightarrow A_9$	$A_9 \rightarrow A_{10}$
$A_9 \rightarrow A_9$	$A_5 \rightarrow A_5^*$
$A_1 \rightarrow A_1^*$	$A_{12} \rightarrow A_{12}^*$
$A_3 \rightarrow A_3^*$	$A_{18} \rightarrow A_{18}^*$

*Ek bulanık mantıksal ilişkiler

Adım 4: Çizelge 4.31'deki ilişkiler mevcut yıl baz alınarak gruplandırıldığında Çizelge 4.32'deki 18 grup elde edilmektedir.

Çizelge 4.32 : Bulanık mantıksal ilişki grupları.

-
1. Grup: $A_1 \rightarrow A_1$
 2. Grup: $A_2 \rightarrow A_4$
 3. Grup: $A_3 \rightarrow A_3$
 4. Grup: $A_4 \rightarrow A_2, A_4, A_7$
 5. Grup: $A_5 \rightarrow A_5$
 6. Grup: $A_6 \rightarrow A_4$
 7. Grup: $A_7 \rightarrow A_8$
 8. Grup: $A_8 \rightarrow A_6, A_7, A_8, A_9, A_{10}$
 9. Grup: $A_9 \rightarrow A_7, A_8, A_9, A_{10}, A_{11}$
 10. Grup: $A_{10} \rightarrow A_8, A_9, A_{10}$
 11. Grup: $A_{11} \rightarrow A_9$
 12. Grup: $A_{12} \rightarrow A_{12}$
 13. Grup: $A_{13} \rightarrow A_{10}, A_{13}, A_{14}$
 14. Grup: $A_{14} \rightarrow A_{13}, A_{14}$
 15. Grup: $A_{15} \rightarrow A_{14}, A_{15}$
 16. Grup: $A_{16} \rightarrow A_{15}, A_{16}$
 17. Grup: $A_{17} \rightarrow A_{16}, A_{17}$
 18. Grup: $A_{18} \rightarrow A_{18}$
-

Adım 5: Çizelge 4.32'den görüldüğü gibi bazı girişler birden fazla farklı çıkış verdiği için çıkış bulanık kümeleri ve kural tablosu sırasıyla Çizelge 4.33 ve Çizelge 4.34'te verildiği gibidir.

Tepe noktası ağırlık merkezi seçildiğinde;

Çizelge 4.33 : Çıkış üyelik fonksiyonları.

-
- | | |
|--|-----------------------|
| 1. Grup: $A_1 \rightarrow A_1$ | $\rightarrow YA_1$ |
| 2. Grup: $A_2 \rightarrow A_4$ | $\rightarrow YA_2$ |
| 3. Grup: $A_3 \rightarrow A_3$ | $\rightarrow YA_3$ |
| 4. Grup: $A_4 \rightarrow A_2, A_4, A_7$ | $\rightarrow YA_4$ |
| 5. Grup: $A_5 \rightarrow A_5$ | $\rightarrow YA_5$ |
| 6. Grup: $A_6 \rightarrow A_4$ | $\rightarrow YA_2$ |
| 7. Grup: $A_7 \rightarrow A_8$ | $\rightarrow YA_6$ |
| 8. Grup: $A_8 \rightarrow A_6, A_7, A_8, A_9, A_{10}$ | $\rightarrow YA_7$ |
| 9. Grup: $A_9 \rightarrow A_7, A_8, A_9, A_{10}, A_{11}$ | $\rightarrow YA_8$ |
| 10. Grup: $A_{10} \rightarrow A_8, A_9, A_{10}$ | $\rightarrow YA_9$ |
| 11. Grup: $A_{11} \rightarrow A_9$ | $\rightarrow YA_{10}$ |
| 12. Grup: $A_{12} \rightarrow A_{12}$ | $\rightarrow YA_{11}$ |
| 13. Grup: $A_{13} \rightarrow A_{10}, A_{13}, A_{14}$ | $\rightarrow YA_{12}$ |
| 14. Grup: $A_{14} \rightarrow A_{13}, A_{14}$ | $\rightarrow YA_{13}$ |
-

Çizelge 4.33 (devam): Çıkış üyelik fonksiyonları.

15. Grup: $A_{15} \rightarrow A_{14}, A_{15}$	$\rightarrow YA_{14}$
16. Grup: $A_{16} \rightarrow A_{15}, A_{16}$	$\rightarrow YA_{15}$
17. Grup: $A_{17} \rightarrow A_{16}, A_{17}$	$\rightarrow YA_{16}$
18. Grup: $A_{18} \rightarrow A_{18}$	$\rightarrow YA_{17}$

Çizelge 4.34 : Kural tablosu.

-
1. Eğer giriş A_1 ise, çıkış YA_1
 2. Eğer giriş A_2 ise, çıkış YA_2
 3. Eğer giriş A_3 ise, çıkış YA_3
 4. Eğer giriş A_4 ise, çıkış YA_4
 5. Eğer giriş A_5 ise, çıkış YA_5
 6. Eğer giriş A_6 ise, çıkış YA_2
 7. Eğer giriş A_7 ise, çıkış YA_6
 8. Eğer giriş A_8 ise, çıkış YA_7
 9. Eğer giriş A_9 ise, çıkış YA_8
 10. Eğer giriş A_{10} ise, çıkış YA_9
 11. Eğer giriş A_{11} ise, çıkış YA_{10}
 12. Eğer giriş A_{12} ise, çıkış YA_{11}
 13. Eğer giriş A_{13} ise, çıkış YA_{12}
 14. Eğer giriş A_{14} ise, çıkış YA_{13}
 15. Eğer giriş A_{15} ise, çıkış YA_{14}
 16. Eğer giriş A_{16} ise, çıkış YA_{15}
 17. Eğer giriş A_{17} ise, çıkış YA_{16}
 18. Eğer giriş A_{18} ise, çıkış YA_{17}
-

Tepe noktası orta nokta seçildiğinde;

Çizelge 4.35 : Birbiri üzerine denk gelen çıkışlar.

A_8 ve $A_6, A_7, A_8, A_9, A_{10}$ sonraki durumları

A_9 ile A_8, A_9, A_{10} ve $A_7, A_8, A_9, A_{10}, A_{11}$ sonraki durumları

Çizelge 4.35'teki sonraki durumlar birbiri üzerine denk geldiği için orta noktaya göre yapılan modellemede tek bir çıkış üyelik fonksiyonu ile ifade edilmişlerdir. Orta nokta için oluşturulan çıkış üyelik fonksiyonları ve kural tablosu Çizelge 4.36 ve Çizelge 4.37'de verilmiştir.

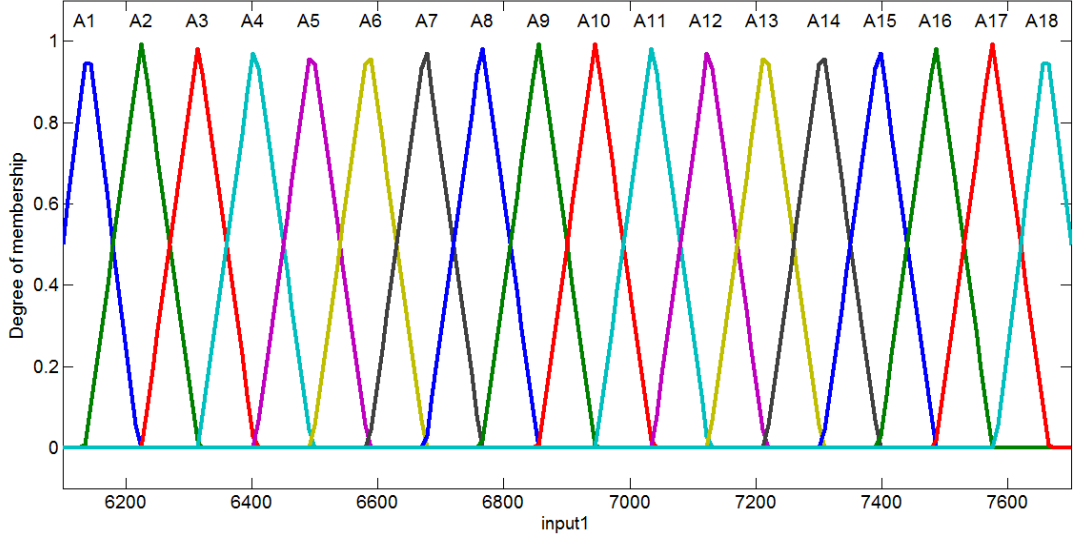
Çizelge 4.36 : Çıkış üyelik fonksiyonları.

1. Grup: $A_1 \rightarrow A_1$	$\rightarrow YA_1$
2. Grup: $A_2 \rightarrow A_4$	$\rightarrow YA_2$
3. Grup: $A_3 \rightarrow A_3$	$\rightarrow YA_3$
4. Grup: $A_4 \rightarrow A_2, A_4, A_7$	$\rightarrow YA_4$
5. Grup: $A_5 \rightarrow A_5$	$\rightarrow YA_5$
6. Grup: $A_6 \rightarrow A_4$	$\rightarrow YA_2$
7. Grup: $A_7 \rightarrow A_8$	$\rightarrow YA_6$
8. Grup: $A_8 \rightarrow A_6, A_7, A_8, A_9, A_{10}$	$\rightarrow YA_6$
9. Grup: $A_9 \rightarrow A_7, A_8, A_9, A_{10}, A_{11}$	$\rightarrow YA_7$
10. Grup: $A_{10} \rightarrow A_8, A_9, A_{10}$	$\rightarrow YA_7$
11. Grup: $A_{11} \rightarrow A_9$	$\rightarrow YA_7$
12. Grup: $A_{12} \rightarrow A_{12}$	$\rightarrow YA_8$
13. Grup: $A_{13} \rightarrow A_{10}, A_{13}, A_{14}$	$\rightarrow YA_9$
14. Grup: $A_{14} \rightarrow A_{13}, A_{14}$	$\rightarrow YA_{10}$
15. Grup: $A_{15} \rightarrow A_{14}, A_{15}$	$\rightarrow YA_{11}$
16. Grup: $A_{16} \rightarrow A_{15}, A_{16}$	$\rightarrow YA_{12}$
17. Grup: $A_{17} \rightarrow A_{16}, A_{17}$	$\rightarrow YA_{13}$
18. Grup: $A_{18} \rightarrow A_{18}$	$\rightarrow YA_{14}$

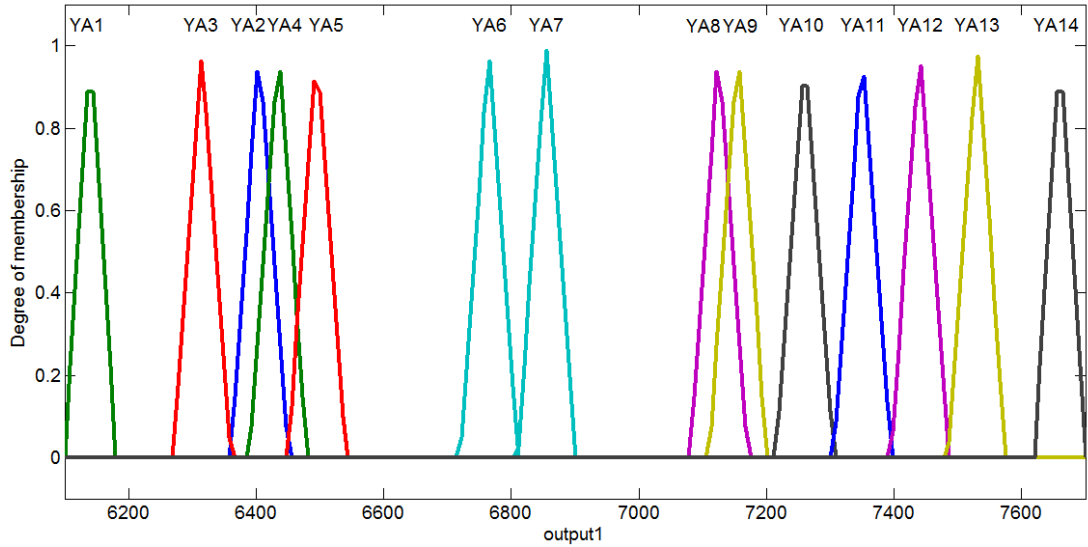
Çizelge 4.37 : Kural tablosu.

-
1. Eğer giriş A_1 ise, çıkış YA_1
 2. Eğer giriş A_2 ise, çıkış YA_2
 3. Eğer giriş A_3 ise, çıkış YA_3
 4. Eğer giriş A_4 ise, çıkış YA_4
 5. Eğer giriş A_5 ise, çıkış YA_5
 6. Eğer giriş A_6 ise, çıkış YA_2
 7. Eğer giriş A_7 ise, çıkış YA_6
 8. Eğer giriş A_8 ise, çıkış YA_6
 9. Eğer giriş A_9 ise, çıkış YA_7
 10. Eğer giriş A_{10} ise, çıkış YA_7
 11. Eğer giriş A_{11} ise, çıkış YA_7
 12. Eğer giriş A_{12} ise, çıkış YA_8
 13. Eğer giriş A_{13} ise, çıkış YA_9
 14. Eğer giriş A_{14} ise, çıkış YA_{10}
 15. Eğer giriş A_{15} ise, çıkış YA_{11}
 16. Eğer giriş A_{16} ise, çıkış YA_{12}
 17. Eğer giriş A_{17} ise, çıkış YA_{13}
 18. Eğer giriş A_{18} ise, çıkış YA_{14}
-

Adım 6: Giriş ve çıkış üyelik fonksiyonları sırasıyla üçgen orta nokta (Üçgen O.N. BZSM), üçgen ağırlık merkezi (Üçgen A.M. BZSM), yamuk orta nokta (Yamuk O.N. BZSM) ve yamuk ağırlık merkezi (Yamuk A.M. BZSM) seçilmiştir.

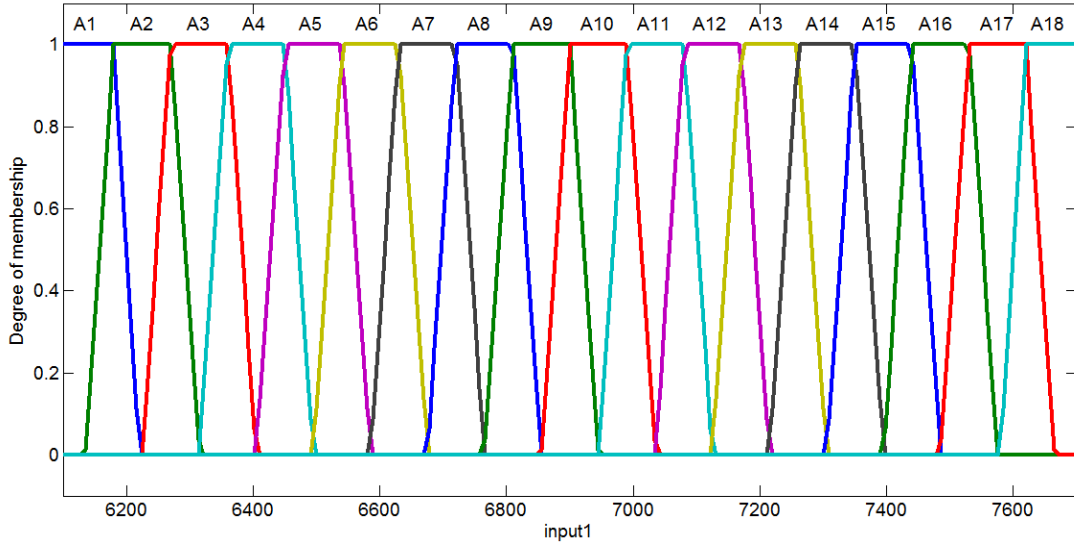


(a)

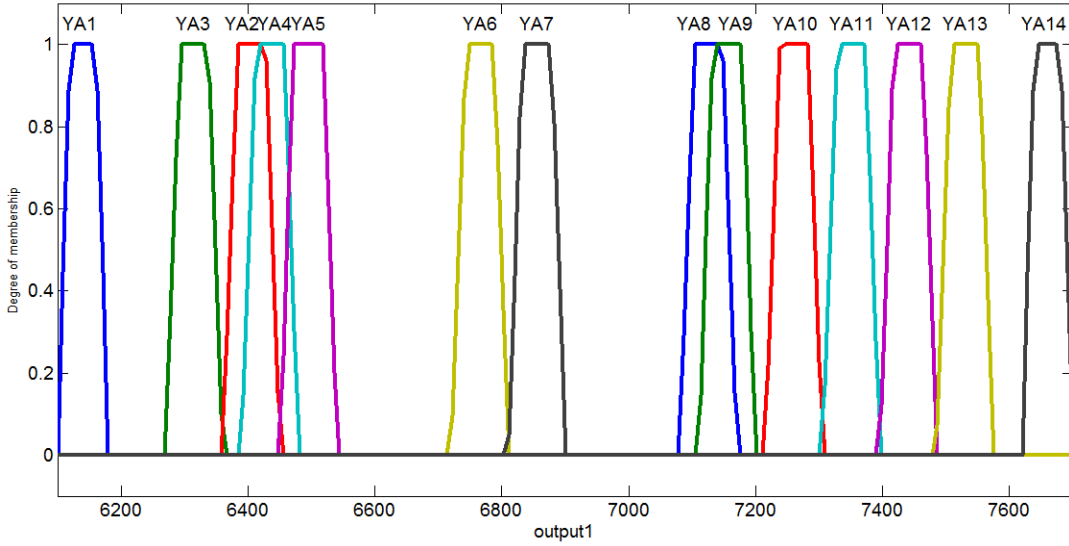


(b)

Şekil 4.27 : Üçgen O.N. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.

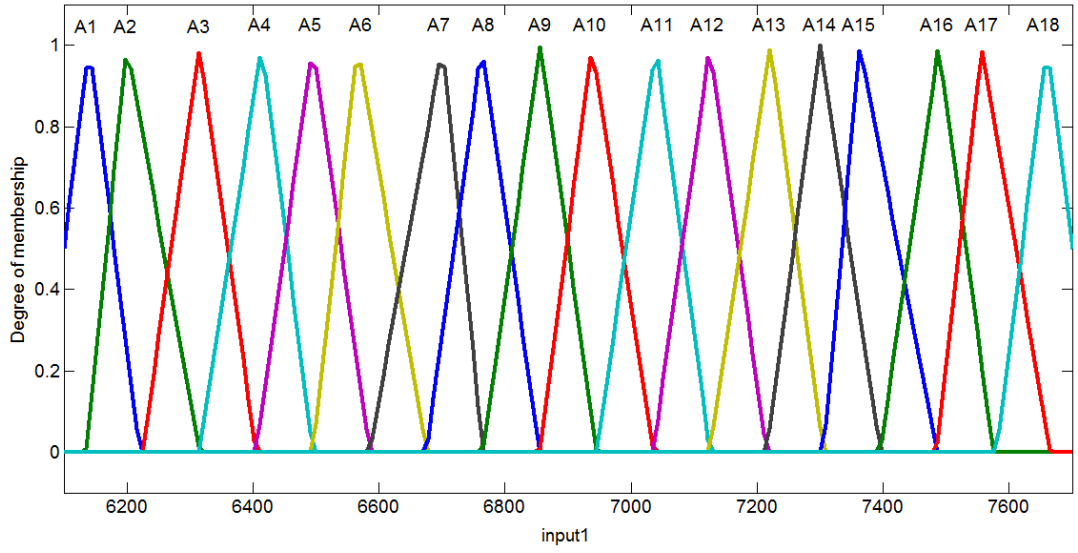


(a)

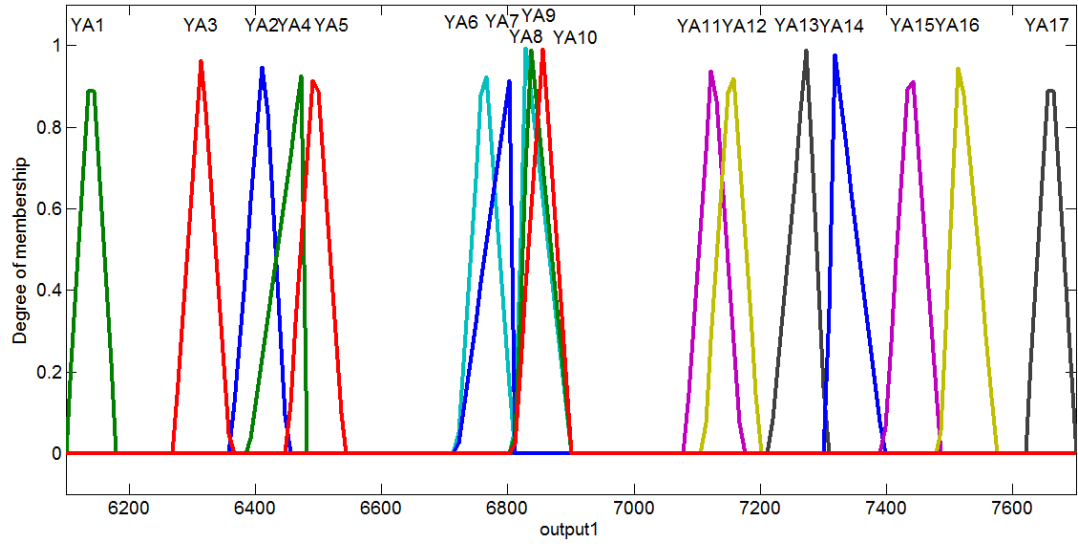


(b)

Şekil 4.28 : Yamuk O.N. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.

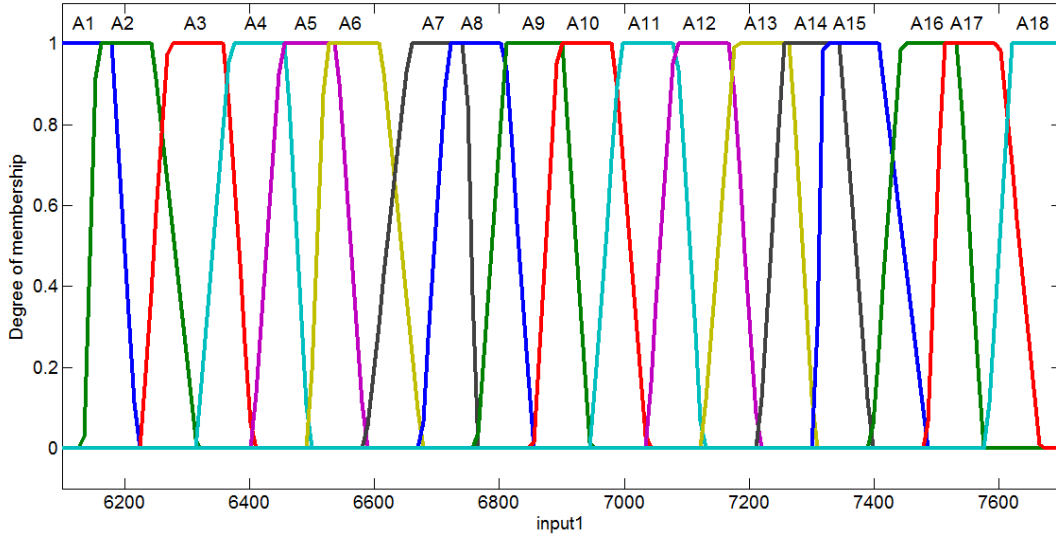


(a)

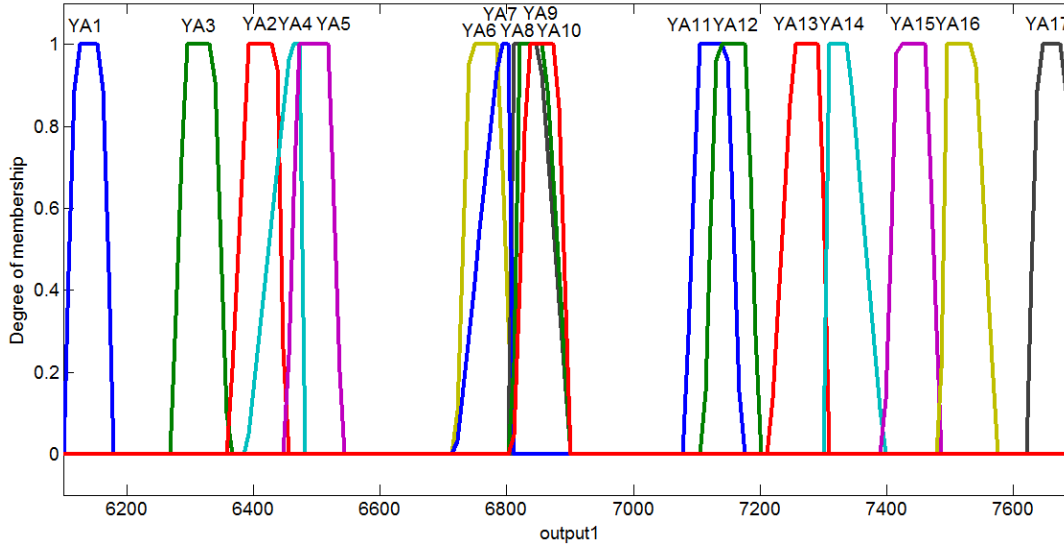


(b)

Şekil 4.29 : Üçgen A.M. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.



(a)

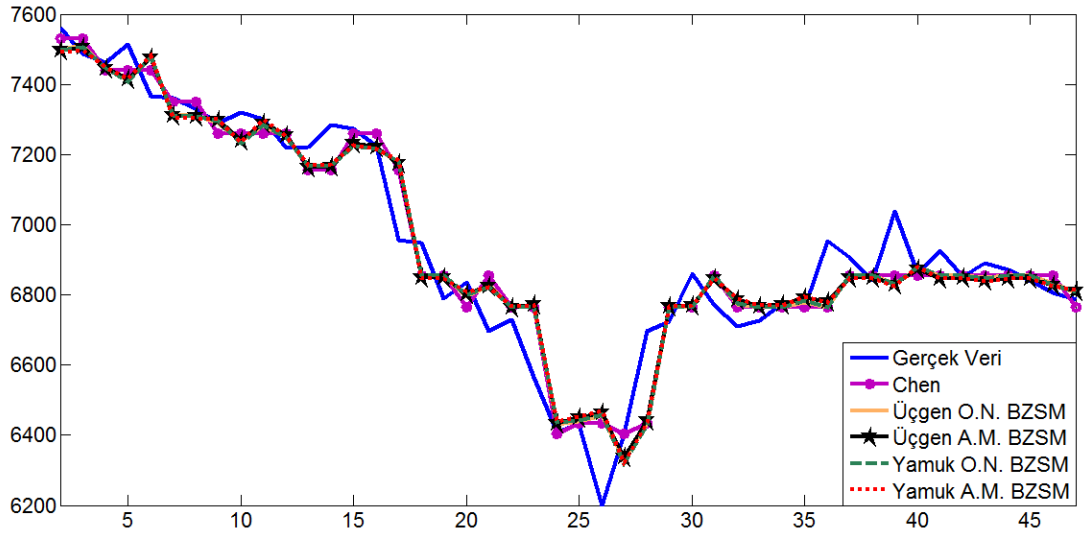


(b)

Şekil 4.30 : Yamuk A.M. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.

Adım 7: Tahmin sonuçları Mamdani tipinde bulanık çıkarım ve ağırlık merkezi durulama yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır.

Önerilen yöntem ile elde edilen modeller ve Model 2 (Chen) bulanık zaman serisi modelinin tahmin sonuçları grafiği ve MSE karşılaştırması aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.31 : Veri tahminlerinin grafiksel karşılaştırılması.

Çizelge 4.38: Verilerin MSE kriterine göre karşılaştırılması.

Model	MSE
Model 2 (Chen)	8655
Üçgen O.N. BZSM	9423
Üçgen A.M. BZSM	9391
Yamuk O.N. BZSM	9652
Yamuk A.M. BZSM	9723

Üçgen üyelik fonksiyonu seçildiği iki modelde de, sonuçlar beklenildiği gibi çıktı. Fakat verilerin sert değişim göstermesinden ve aralık seçiminin veri yoğunluğuna göre yapılmamasından dolayı yamuk üyelik fonksiyonu içeren iki modelin sonucu 16 aralığa göre daha kötü çıktı. Model 2 (Chen) ise daha iyi bir sonuç verdi.

4.3.2.2 Aralık sayısının 14 olarak seçilmesi durumu

Aralık sayısının 14 olarak seçilmesi durumunda aralık uzunluğu 114 şeklinde olmaktadır. Alabama Üniversitesi öğrenci kayıt verileri ve A_i 'ler cinsinden karşılığı Çizelge 4.39'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.39 : Gerçek TAIFEX verileri ve verilerin A_i 'ler cinsinden bilgisi.

Tarih	Veri	Bulanık Veri
1998/8/3	7552	A_{13}
1998/8/4	7560	A_{13}
1998/8/5	7487	A_{13}
1998/8/6	7462	A_{12}
1998/8/7	7515	A_{13}
1998/8/10	7365	A_{12}
1998/8/11	7360	A_{12}
1998/8/12	7330	A_{11}
1998/8/13	7291	A_{11}
1998/8/14	7320	A_{11}
1998/8/15	7300	A_{11}
1998/8/17	7219	A_{10}
1998/8/18	7220	A_{10}
1998/8/19	7285	A_{11}
1998/8/20	7274	A_{11}
1998/8/21	7225	A_{10}
1998/8/24	6955	A_8
1998/8/25	6949	A_8
1998/8/26	6790	A_7
1998/8/27	6835	A_7
1998/8/28	6695	A_6
1998/8/29	6728	A_6
1998/8/31	6566	A_5
1998/9/1	6409	A_3
1998/9/2	6430	A_3
1998/9/3	6200	A_1
1998/9/4	6403.2	A_3
1998/9/5	6697.5	A_6
1998/9/7	6722.3	A_6
1998/9/8	6859.4	A_7
1998/9/9	6769.6	A_6
1998/9/10	6709.75	A_6
1998/9/11	6726.5	A_6
1998/9/14	6774.55	A_6
1998/9/15	6762	A_6
1998/9/16	6952.75	A_8
1998/9/17	6906	A_8
1998/9/18	6842	A_7
1998/9/19	7039	A_9
1998/9/21	6861	A_7
1998/9/22	6926	A_8
1998/9/23	6852	A_7

Çizelge 4.39 (devam): Gerçek TAIFEX verileri ve verilerin A_i 'ler cinsinden bilgisi.

Tarih	Veri	Bulanık Veri
1998/9/24	6890	A_7
1998/9/25	6871	A_7
1998/9/28	6840	A_7
1998/9/29	6806	A_7
1998/9/30	6787	A_7

Bu tabloya bakılarak, önerilen bulanık zaman serisi modeli adım adım oluşturulabilir.

Adım 1: Verilere bakılarak, $D_{\max} = 7560$ ve $D_{\min} = 6200$ olduğu görülmektedir. Basitlik için, $D_1 = 100$ ve $D_2 = 140$ olsun. Bu durumda veri uzayı $U [6100 \ 7700]$ aralığı olur. Bu çalışmada, U uzayı ondört eşit aralığa bölünecektir. Bunlar; $u_1 = [6100 \ 6214]$, $u_2 = [6214 \ 6328]$, $u_3 = [6328 \ 6442]$, $u_4 = [6442 \ 6556]$, $u_5 = [6556 \ 6670]$, $u_6 = [6670 \ 6784]$, $u_7 = [6784 \ 6898]$, $u_8 = [6898 \ 7012]$, $u_9 = [7012 \ 7126]$, $u_{10} = [7126 \ 7240]$, $u_{11} = [7240 \ 7354]$, $u_{12} = [7354 \ 7468]$, $u_{13} = [7468 \ 7582]$ ve $u_{14} = [7582 \ 7700]$.

Adım 2: Seçilen $u_1, u_2, u_3, \dots, u_{14}$ aralıklarına göre $A_1, A_2, A_3, \dots, A_{14}$ şeklinde 14 bulanık küme tanımlanmıştır.

Adım 3: Çizelge 4.39'da her yılda gerçekleşen kayıtların A_i 'ler cinsinden ifadesi gösterilmektedir. Çizelge 4.40'ta ise Çizelge 4.39'dan elde edilen bulanık ilişkiler gösterilmektedir.

Çizelge 4.40 : Verilerin bulanık mantıksal ilişkileri.

$A_{13} \rightarrow A_{13}$	$A_{13} \rightarrow A_{12}$
$A_{12} \rightarrow A_{13}$	$A_{12} \rightarrow A_{12}$
$A_{12} \rightarrow A_{11}$	$A_{11} \rightarrow A_{11}$
$A_{11} \rightarrow A_{10}$	$A_{10} \rightarrow A_{10}$
$A_{10} \rightarrow A_{11}$	$A_{10} \rightarrow A_8$
$A_8 \rightarrow A_8$	$A_8 \rightarrow A_7$
$A_7 \rightarrow A_7$	$A_7 \rightarrow A_6$
$A_6 \rightarrow A_6$	$A_6 \rightarrow A_5$
$A_5 \rightarrow A_3$	$A_3 \rightarrow A_3$
$A_3 \rightarrow A_1$	$A_1 \rightarrow A_3$
$A_3 \rightarrow A_6$	$A_6 \rightarrow A_7$
$A_6 \rightarrow A_8$	$A_7 \rightarrow A_9$

Çizelge 4.40 (devam): Verilerin bulanık mantıksal ilişkileri.

$A_9 \rightarrow A_7$	$A_7 \rightarrow A_8$
$A_8 \rightarrow A_9$	$A_8 \rightarrow A_8$
$A_2 \rightarrow A_2^*$	$A_{14} \rightarrow A_{14}^*$
$A_4 \rightarrow A_4^*$	

*Ek bulanık mantıksal ilişkiler

Adım 4: Çizelge 4.40'taki ilişkiler mevcut yıl baz alınarak gruplandırıldığında Çizelge 4.41'deki 14 grup elde edilmektedir.

Çizelge 4.41 : Bulanık mantıksal ilişki grupları.

-
1. Grup: $A_1 \rightarrow A_3$
 2. Grup: $A_2 \rightarrow A_2$
 3. Grup: $A_3 \rightarrow A_1, A_3, A_6$
 4. Grup: $A_4 \rightarrow A_4$
 5. Grup: $A_5 \rightarrow A_3$
 6. Grup: $A_6 \rightarrow A_5, A_6, A_7, A_8$
 7. Grup: $A_7 \rightarrow A_6, A_7, A_8, A_9$
 8. Grup: $A_8 \rightarrow A_7, A_8$
 9. Grup: $A_9 \rightarrow A_7$
 10. Grup: $A_{10} \rightarrow A_8, A_{10}, A_{11}$
 11. Grup: $A_{11} \rightarrow A_{10}, A_{11}$
 12. Grup: $A_{12} \rightarrow A_{11}, A_{12}, A_{13}$
 13. Grup: $A_{13} \rightarrow A_{12}, A_{13}$
 14. Grup: $A_{14} \rightarrow A_{14}$
-

Adım 5: Çizelge 4.41'den görüldüğü gibi bazı girişler birden fazla farklı çıkış verdiği için çıkış bulanık kümeleri ve kural tablosu sırasıyla Çizelge 4.42 ve Çizelge 4.43'te verildiği gibidir.

Tepe noktası ağırlık merkezi seçildiğinde;

Çizelge 4.42 : Çıkış üyelik fonksiyonları.

-
- | | |
|---|--------------------|
| 1. Grup: $A_1 \rightarrow A_3$ | $\rightarrow YA_1$ |
| 2. Grup: $A_2 \rightarrow A_2$ | $\rightarrow YA_2$ |
| 3. Grup: $A_3 \rightarrow A_1, A_3, A_6$ | $\rightarrow YA_3$ |
| 4. Grup: $A_4 \rightarrow A_4$ | $\rightarrow YA_4$ |
| 5. Grup: $A_5 \rightarrow A_3$ | $\rightarrow YA_1$ |
| 6. Grup: $A_6 \rightarrow A_5, A_6, A_7, A_8$ | $\rightarrow YA_5$ |
| 7. Grup: $A_7 \rightarrow A_6, A_7, A_8, A_9$ | $\rightarrow YA_6$ |
-

Çizelge 4.42 (devam): Çıkış üyelik fonksiyonları.

8. Grup:	$A_8 \rightarrow A_7, A_8$	$\rightarrow YA_7$
9. Grup:	$A_9 \rightarrow A_7$	$\rightarrow YA_8$
10. Grup:	$A_{10} \rightarrow A_8, A_{10}, A_{11}$	$\rightarrow YA_9$
11. Grup:	$A_{11} \rightarrow A_{10}, A_{11}$	$\rightarrow YA_{10}$
12. Grup:	$A_{12} \rightarrow A_{11}, A_{12}, A_{13}$	$\rightarrow YA_{11}$
13. Grup:	$A_{13} \rightarrow A_{12}, A_{13}$	$\rightarrow YA_{12}$
14. Grup:	$A_{14} \rightarrow A_{14}$	$\rightarrow YA_{13}$

Çizelge 4.43 : Kural tablosu.

1. Eğer giriş A_1 ise, çıkış YA_1
2. Eğer giriş A_2 ise, çıkış YA_2
3. Eğer giriş A_3 ise, çıkış YA_3
4. Eğer giriş A_4 ise, çıkış YA_4
5. Eğer giriş A_5 ise, çıkış YA_1
6. Eğer giriş A_6 ise, çıkış YA_5
7. Eğer giriş A_7 ise, çıkış YA_6
8. Eğer giriş A_8 ise, çıkış YA_7
9. Eğer giriş A_9 ise, çıkış YA_8
10. Eğer giriş A_{10} ise, çıkış YA_9
11. Eğer giriş A_{11} ise, çıkış YA_{10}
12. Eğer giriş A_{12} ise, çıkış YA_{11}
13. Eğer giriş A_{13} ise, çıkış YA_{12}
14. Eğer giriş A_{14} ise, çıkış YA_{13}

Tepe noktası orta nokta seçildiğinde;

Çizelge 4.44 : Birbiri üzerine denk gelen çıkışlar.

A_7, A_8 ve A_6, A_7, A_8, A_9 sonraki durumları
--

Çizelge 4.44'teki sonraki durum birbiri üzerine denk geldiği için orta noktaya göre yapılan modellemede tek bir çıkış üyelik fonksiyonu ile ifade edilmişlerdir. Orta nokta için oluşturulan çıkış üyelik fonksiyonları ve kural tablosu Çizelge 4.45 ve Çizelge 4.46'da verilmiştir.

Çizelge 4.45 : Çıkış üyelik fonksiyonları.

1. Grup:	$A_1 \rightarrow A_3$	$\rightarrow YA_1$
2. Grup:	$A_2 \rightarrow A_2$	$\rightarrow YA_2$
3. Grup:	$A_3 \rightarrow A_1, A_3, A_6$	$\rightarrow YA_3$
4. Grup:	$A_4 \rightarrow A_4$	$\rightarrow YA_4$

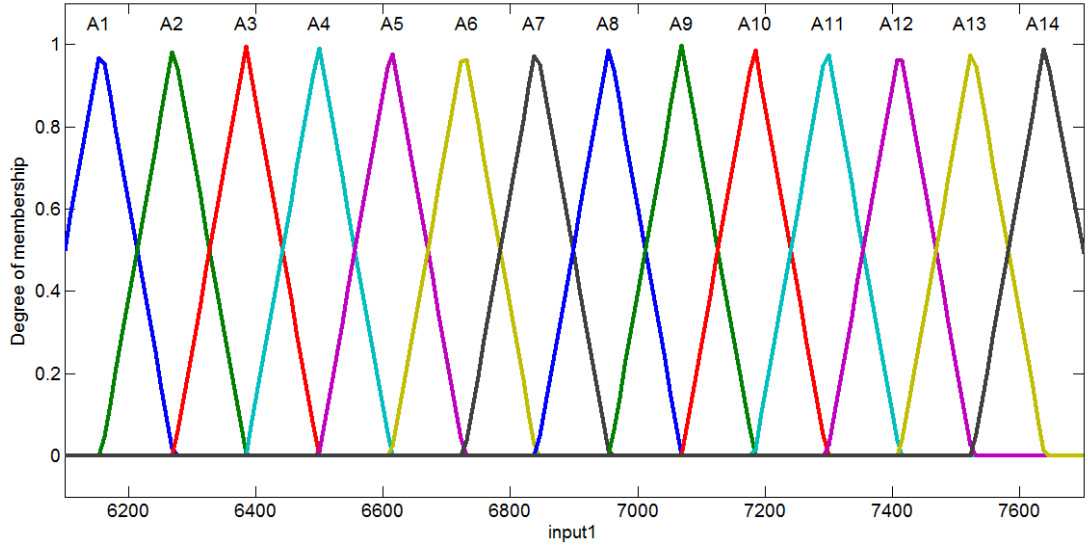
Çizelge 4.45 (devam): Çıkış üyelik fonksiyonları.

5. Grup:	$A_5 \rightarrow A_3$	$\rightarrow YA_1$
6. Grup:	$A_6 \rightarrow A_5, A_6, A_7, A_8$	$\rightarrow YA_5$
7. Grup:	$A_7 \rightarrow A_6, A_7, A_8, A_9$	$\rightarrow YA_6$
8. Grup:	$A_8 \rightarrow A_7, A_8$	$\rightarrow YA_6$
9. Grup:	$A_9 \rightarrow A_7$	$\rightarrow YA_7$
10. Grup:	$A_{10} \rightarrow A_8, A_{10}, A_{11}$	$\rightarrow YA_8$
11. Grup:	$A_{11} \rightarrow A_{10}, A_{11}$	$\rightarrow YA_9$
12. Grup:	$A_{12} \rightarrow A_{11}, A_{12}, A_{13}$	$\rightarrow YA_{10}$
13. Grup:	$A_{13} \rightarrow A_{12}, A_{13}$	$\rightarrow YA_{11}$
14. Grup:	$A_{14} \rightarrow A_{14}$	$\rightarrow YA_{12}$

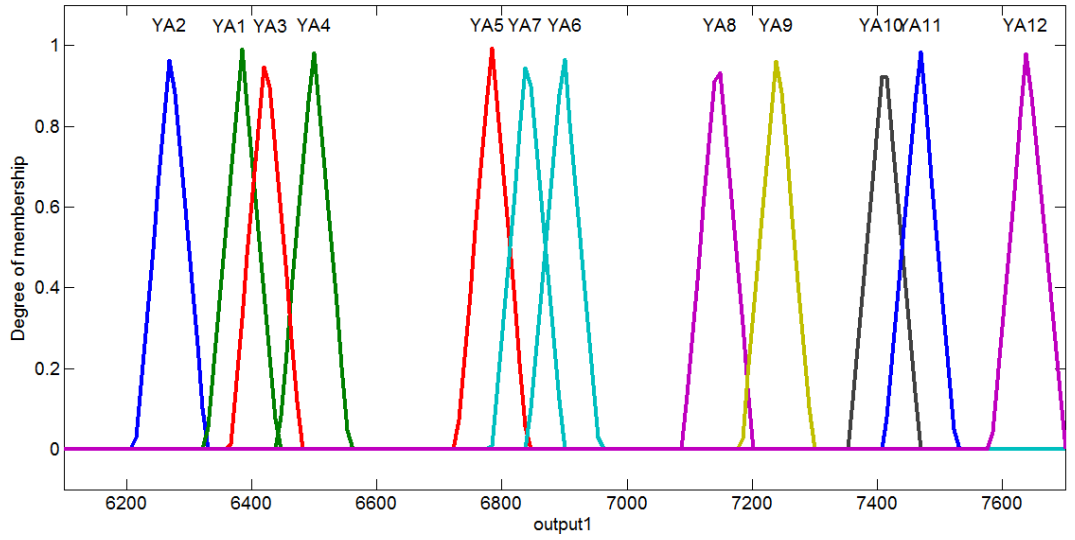
Çizelge 4.46 : Kural tablosu.

1. Eğer giriş A_1 ise, çıkış YA_1
2. Eğer giriş A_2 ise, çıkış YA_2
3. Eğer giriş A_3 ise, çıkış YA_3
4. Eğer giriş A_4 ise, çıkış YA_4
5. Eğer giriş A_5 ise, çıkış YA_1
6. Eğer giriş A_6 ise, çıkış YA_5
7. Eğer giriş A_7 ise, çıkış YA_6
8. Eğer giriş A_8 ise, çıkış YA_6
9. Eğer giriş A_9 ise, çıkış YA_7
10. Eğer giriş A_{10} ise, çıkış YA_8
11. Eğer giriş A_{11} ise, çıkış YA_9
12. Eğer giriş A_{12} ise, çıkış YA_{10}
13. Eğer giriş A_{13} ise, çıkış YA_{11}
14. Eğer giriş A_{14} ise, çıkış YA_{12}

Adım 6: Giriş ve çıkış üyelik fonksiyonları sırasıyla üçgen orta nokta (Üçgen O.N. BZSM), üçgen ağırlık merkezi (Üçgen A.M. BZSM), yamuk orta nokta (Yamuk O.N. BZSM) ve yamuk ağırlık merkezi (Yamuk A.M. BZSM) seçilmiştir.

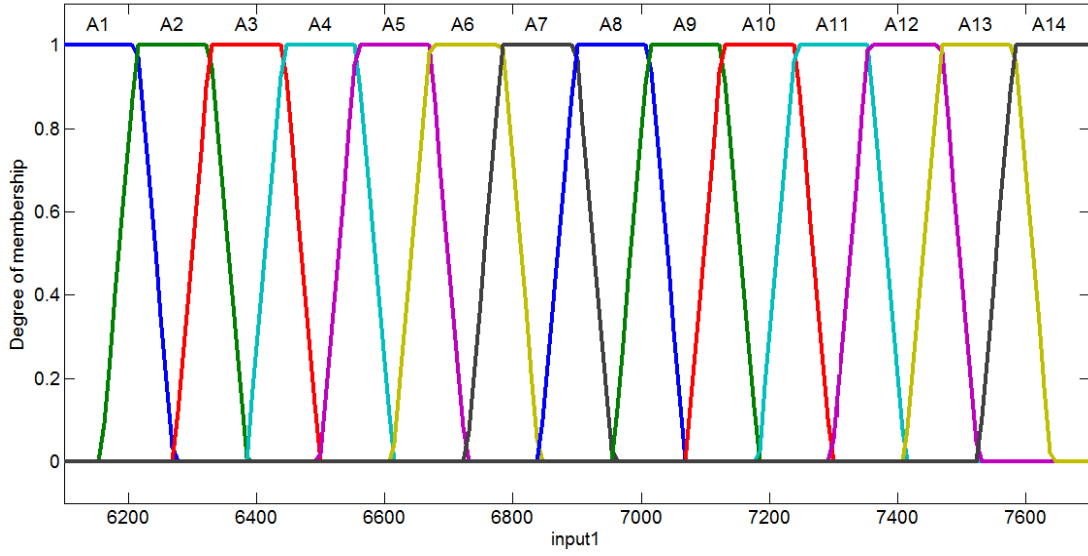


(a)

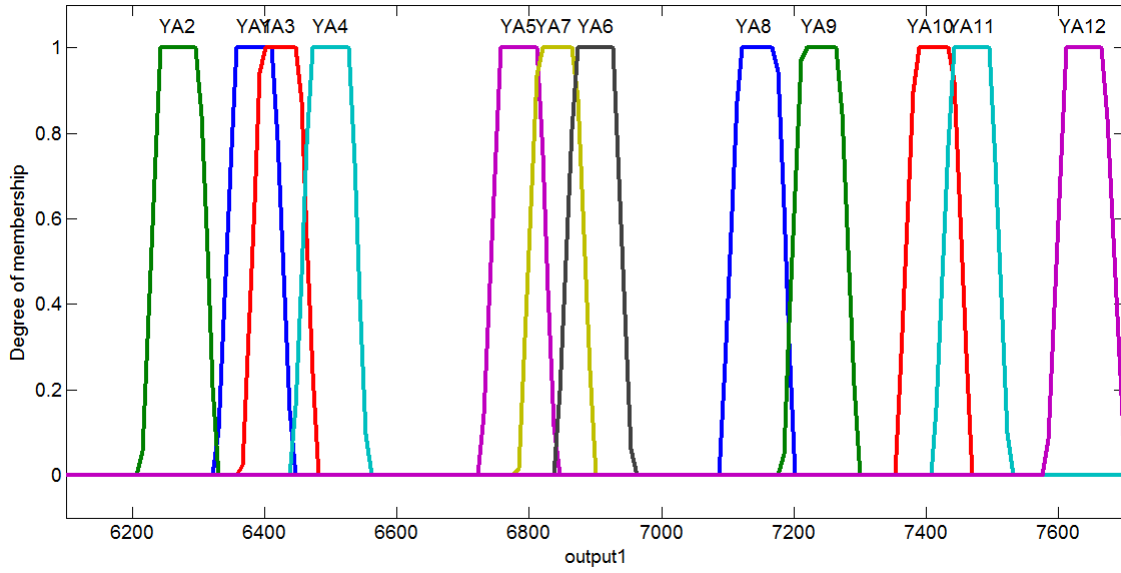


(b)

Şekil 4.32 : Üçgen O.N. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.

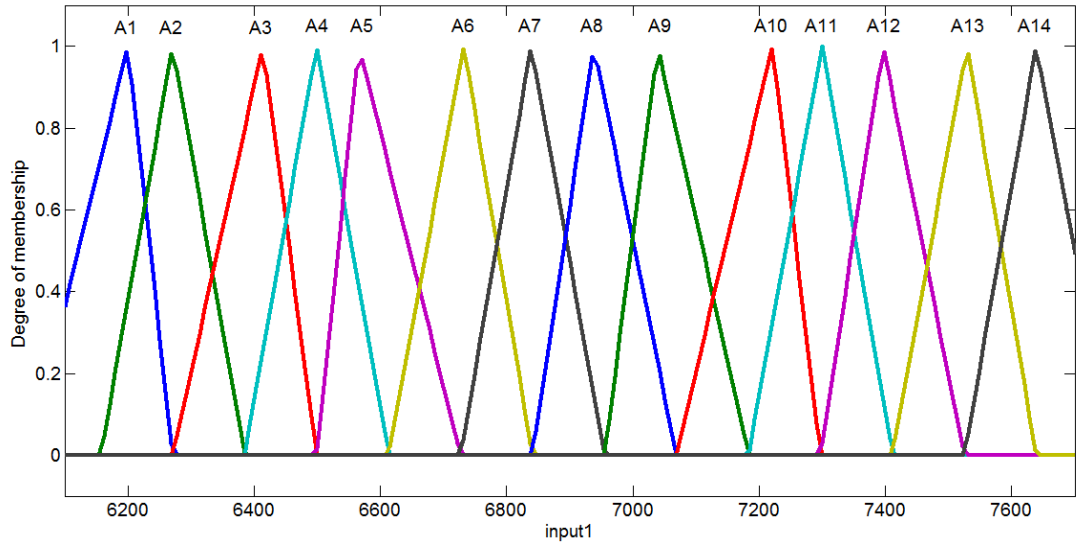


(a)

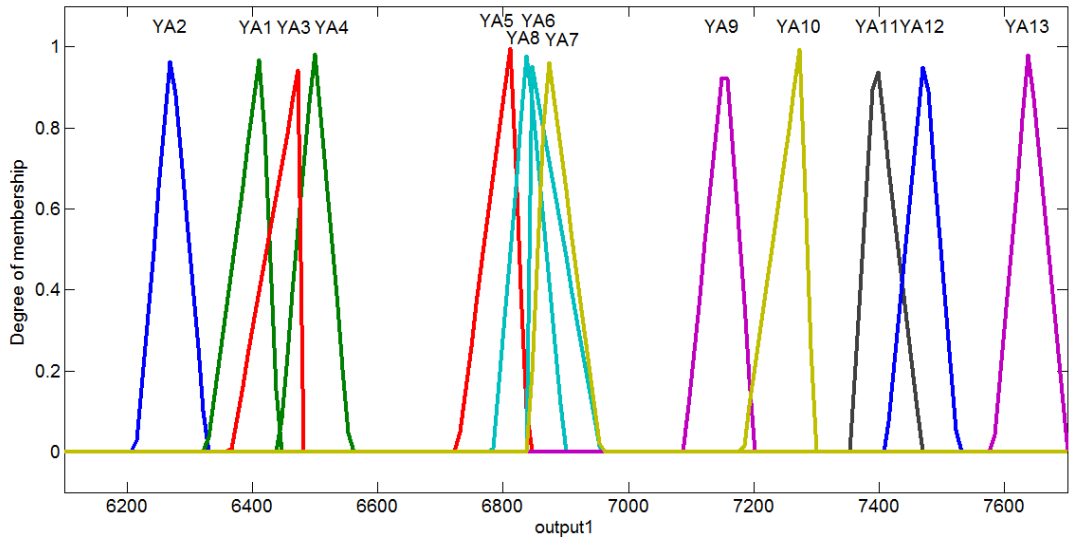


(b)

Şekil 4.33: Yamuk O.N. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.

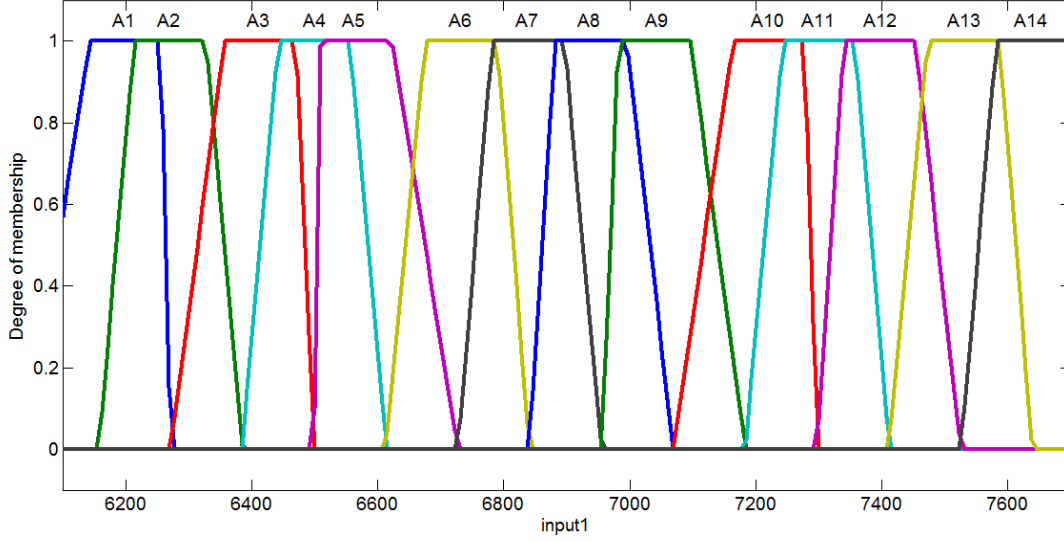


(a)

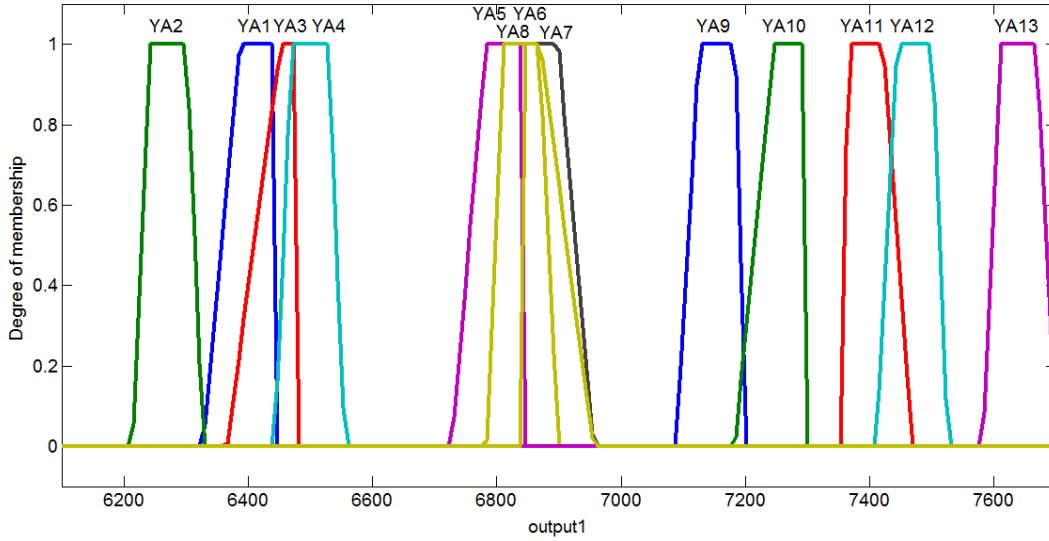


(b)

Şekil 4.34 : Üçgen A.M. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.



(a)

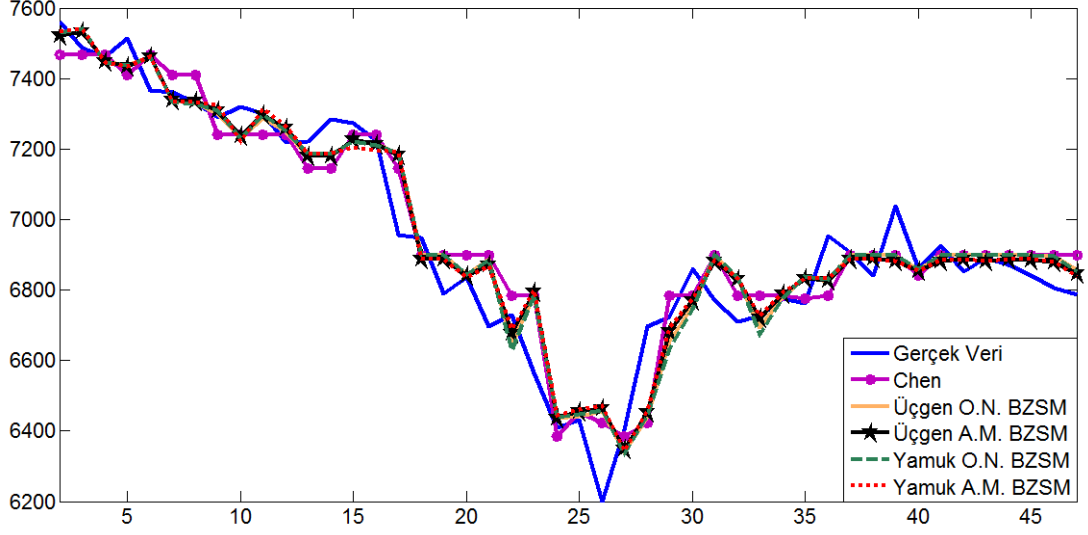


(b)

Şekil 4.35: Yamuk A.M. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.

Adım 7: Tahmin sonuçları Mamdani tipinde bulanık çıkarım ve ağırlık merkezi durulama yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır.

Önerilen yöntem ile elde edilen modeller ve Model 2 (Chen) bulanık zaman serisi modelinin tahmin sonuçları grafiği ve MSE karşılaştırması aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.36 : Veri tahminlerinin grafiksel karşılaştırılması.

Çizelge 4.47 : Verilerin MSE kriterine göre karşılaştırılması.

Model	MSE
Model 2 (Chen)	10073
Üçgen O.N. BZSM	9829
Üçgen A.M. BZSM	9333
Yamuk O.N. BZSM	10042
Yamuk A.M. BZSM	9535

Verilerin sert değişim göstermesine ve aralık seçiminin veri yoğunluğuna göre olmamasına rağmen, Model 2 (Chen)'ye göre sonuçların hepsi daha iyi çıktı. Ayrıca, ağırlık merkezine göre yapılan modelleme orta noktaya göre yapılan modellemeden daha iyi bir başarıyı sergiledi.

5. YÜKSEK DERECEDEDEN MAMDANI ÇIKARIM TABANLI BULANIK ZAMAN SERİSİ MODELİ

Zaman serisi için yüksek dereceden kastedilen, bir yılın tahmini için geçmişe doğru kaç veriyi kullandığımızdır. Örneğin; gelecek senenin veri tahmini için hem bu sene hem de geçtiğimiz senenin verilerine bakıyorsak, ikinci dereceden bir bulanık zaman serisi tahmini yapıyoruz demektir. Bu çalışmada, ikinci dereceden bulanık zaman serisi modellerinin tahmini ne kadar iyileştirdiği incelenecektir.

5.1 Alabama Üniversite Kaydının İkinci Derece Bulanık Zaman Serisi Modeli

Çizelge 5.1 : Gerçek kayıt verileri ve kayıtların A_i 'ler cinsinden bilgisi.

Yıl	Kayıt Verisi	Kayıt Bilgisi
1971	13055	A_1
1972	13563	A_1
1973	13867	A_1
1974	14696	A_2
1975	15460	A_3
1976	15311	A_3
1977	15603	A_3
1978	15861	A_3
1979	16807	A_4
1980	16919	A_4
1981	16388	A_4
1982	15433	A_3
1983	15497	A_3
1984	15145	A_3
1985	15163	A_3
1986	15984	A_3
1987	16859	A_4
1988	18150	A_6
1989	18970	A_6
1990	19328	A_6
1991	19337	A_7
1992	18876	A_6

Adım 1: Verilere bakılarak, $D_{\max} = 19337$ ve $D_{\min} = 13055$ olduğu görülmektedir . Basitlik için, $D_1 = 55$ ve $D_2 = 663$ olsun. Bu durumda veri uzayı U $[13000 \ 20000]$ aralığı olur. Bu çalışmada, U yedi eşit aralığa bölünecektir. Bunlar; $u_1 = [13000 \ 14000]$, $u_2 = [14000 \ 15000]$, $u_3 = [15000 \ 16000]$, $u_4 = [16000 \ 17000]$, $u_5 = [17000 \ 18000]$, $u_6 = [18000 \ 19000]$ ve $u_7 = [19000 \ 20000]$.

Adım 2: Seçilen $u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6, u_7$ aralıklarına göre $A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A_7$ şeklinde 7 bulanık küme tanımlanmıştır.

Adım 3: Çizelge 5.1'de her yılda gerçekleşen kayıtların A_i 'ler cinsinden ifadesi gösterilmektedir. Çizelge 5.2'de ise Çizelge 5.1'den elde edilen bulanık ilişkiler gösterilmektedir.

Çizelge 5.2 : Kayıtların bulanık mantıksal ilişkileri.

$A_1, A_1 \rightarrow A_1$	$A_1, A_1 \rightarrow A_2$
$A_1, A_2 \rightarrow A_3$	$A_2, A_3 \rightarrow A_3$
$A_3, A_3 \rightarrow A_3$	$A_3, A_3 \rightarrow A_4$
$A_3, A_4 \rightarrow A_4$	$A_4, A_4 \rightarrow A_4$
$A_4, A_4 \rightarrow A_3$	$A_4, A_3 \rightarrow A_3$
$A_3, A_3 \rightarrow A_3$	$A_3, A_3 \rightarrow A_4$
$A_3, A_4 \rightarrow A_6$	$A_4, A_6 \rightarrow A_6$
$A_6, A_6 \rightarrow A_7$	$A_6, A_7 \rightarrow A_7$
$A_7, A_7 \rightarrow A_6$	

Adım 4: Çizelge 5.2'deki ilişkiler mevcut yıl baz alınarak gruplandırıldığında Çizelge 5.3'teki 11 grup elde edilmektedir.

Çizelge 5.3 : Bulanık mantıksal ilişki grupları.

1. Grup: $A_1, A_1 \rightarrow A_1, A_2$
2. Grup: $A_1, A_2 \rightarrow A_3$
3. Grup: $A_2, A_3 \rightarrow A_3$
4. Grup: $A_3, A_3 \rightarrow A_3, A_4$
5. Grup: $A_3, A_4 \rightarrow A_4, A_6$
6. Grup: $A_4, A_4 \rightarrow A_3, A_4$
7. Grup: $A_4, A_3 \rightarrow A_3$
8. Grup: $A_4, A_6 \rightarrow A_6$
9. Grup: $A_6, A_6 \rightarrow A_7$
10. Grup: $A_6, A_7 \rightarrow A_7$
11. Grup: $A_7, A_7 \rightarrow A_6$

Adım 5: Çizelge 5.3'ten görüldüğü gibi bazı girişler birden fazla farklı çıkış verdiğiinden çıkış bulanık kümeleri ve kural tablosu sırasıyla Çizelge 5.4 ve Çizelge 5.5'te verildiği gibidir.

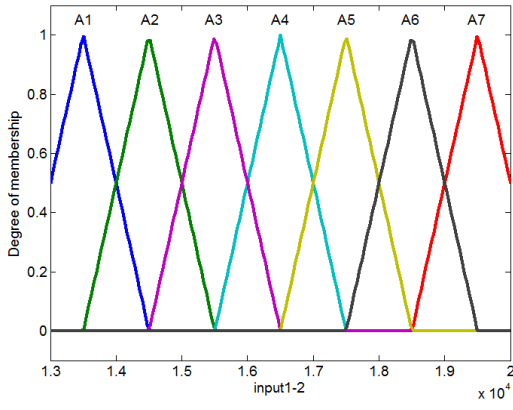
Çizelge 5.4 : Çıkış üyelik fonksiyonları.

1. Grup:	$A_1, A_1 \rightarrow A_1, A_2$	$\rightarrow YA_{12}$
2. Grup:	$A_1, A_2 \rightarrow A_3$	$\rightarrow YA_3$
3. Grup:	$A_2, A_3 \rightarrow A_3$	$\rightarrow YA_3$
4. Grup:	$A_3, A_3 \rightarrow A_3, A_4$	$\rightarrow YA_{34}$
5. Grup:	$A_3, A_4 \rightarrow A_4, A_6$	$\rightarrow YA_{46}$
6. Grup:	$A_4, A_4 \rightarrow A_3, A_4$	$\rightarrow YA_{34}$
7. Grup:	$A_4, A_3 \rightarrow A_3$	$\rightarrow YA_3$
8. Grup:	$A_4, A_6 \rightarrow A_6$	$\rightarrow YA_6$
9. Grup:	$A_6, A_6 \rightarrow A_7$	$\rightarrow YA_7$
10. Grup:	$A_6, A_7 \rightarrow A_7$	$\rightarrow YA_7$
11. Grup:	$A_7, A_7 \rightarrow A_6$	$\rightarrow YA_6$

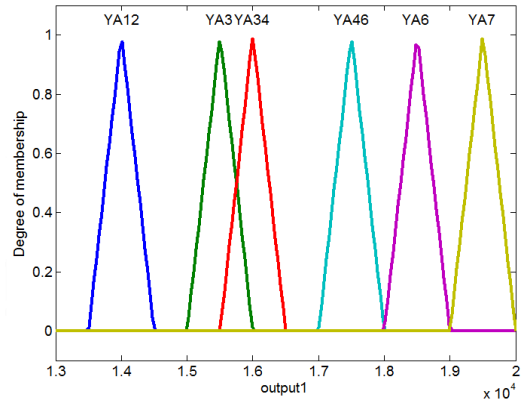
Çizelge 5.5 : Kural tablosu.

1. Eğer giriş	A_1, A_1 ise, çıkış	YA_{12}
2. Eğer giriş	A_1, A_2 ise, çıkış	YA_3
3. Eğer giriş	A_2, A_3 ise, çıkış	YA_3
4. Eğer giriş	A_3, A_4 ise, çıkış	YA_{34}
5. Eğer giriş	A_3, A_4 ise, çıkış	YA_{46}
6. Eğer giriş	A_4, A_4 ise, çıkış	YA_{34}
7. Eğer giriş	A_4, A_3 ise, çıkış	YA_3
8. Eğer giriş	A_4, A_6 ise, çıkış	YA_6
9. Eğer giriş	A_6, A_6 ise, çıkış	YA_7
10. Eğer giriş	A_6, A_7 ise, çıkış	YA_7
11. Eğer giriş	A_7, A_7 ise, çıkış	YA_6

Adım 6: Giriş ve çıkış üyelik fonksiyonları sırasıyla üçgen orta nokta (Üçgen O.N. BZSM), üçgen ağırlık merkezi (Üçgen A.M. BZSM), yamuk orta nokta (Yamuk O.N. BZSM) ve yamuk ağırlık merkezi (Yamuk A.M. BZSM) seçilmiştir.

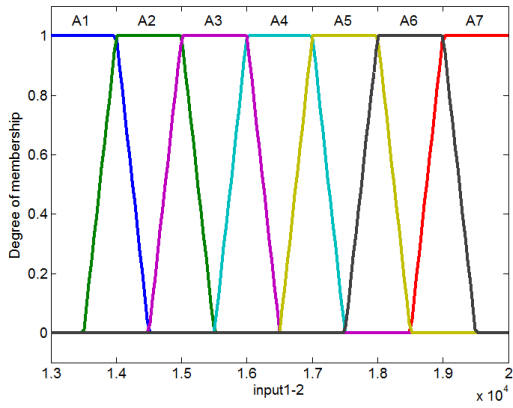


(a)

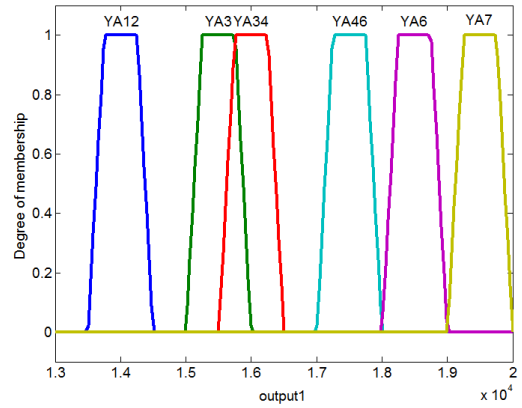


(b)

Şekil 5.1 : Üçgen O.N. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.

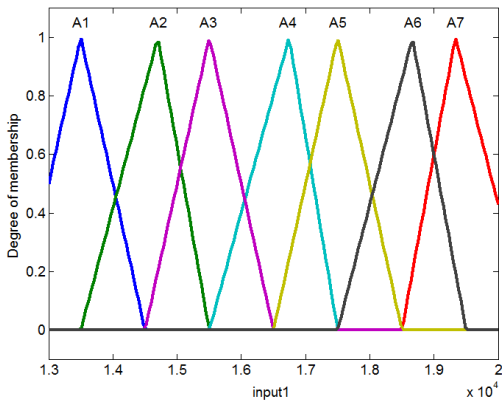


(a)

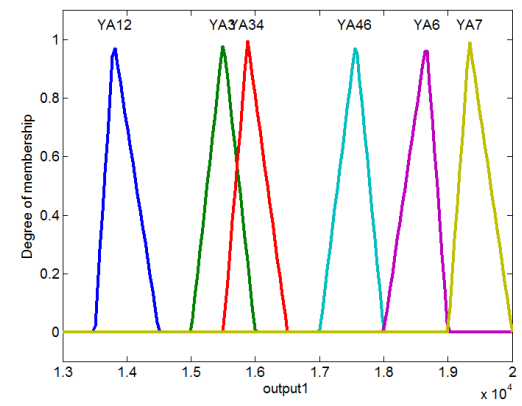


(b)

Şekil 5.2 : Yamuk O.N. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.

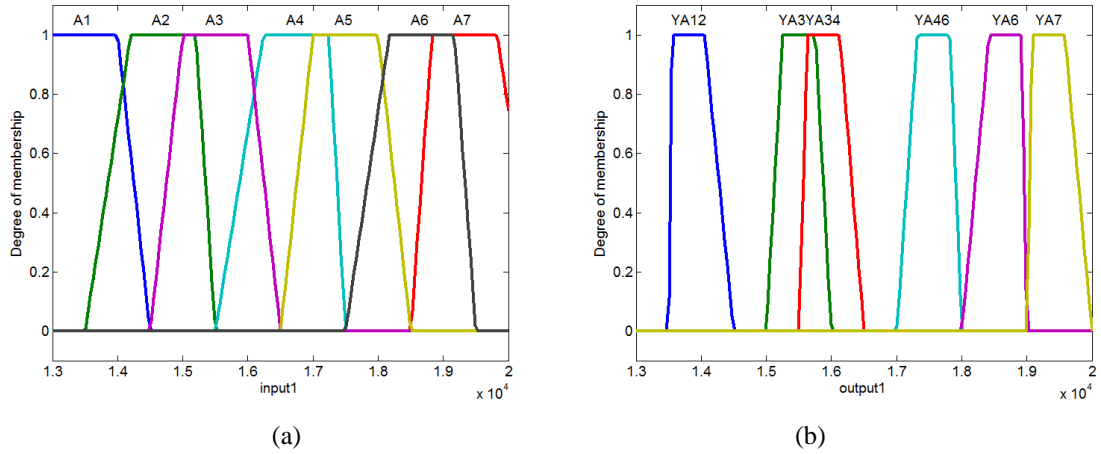


(a)



(b)

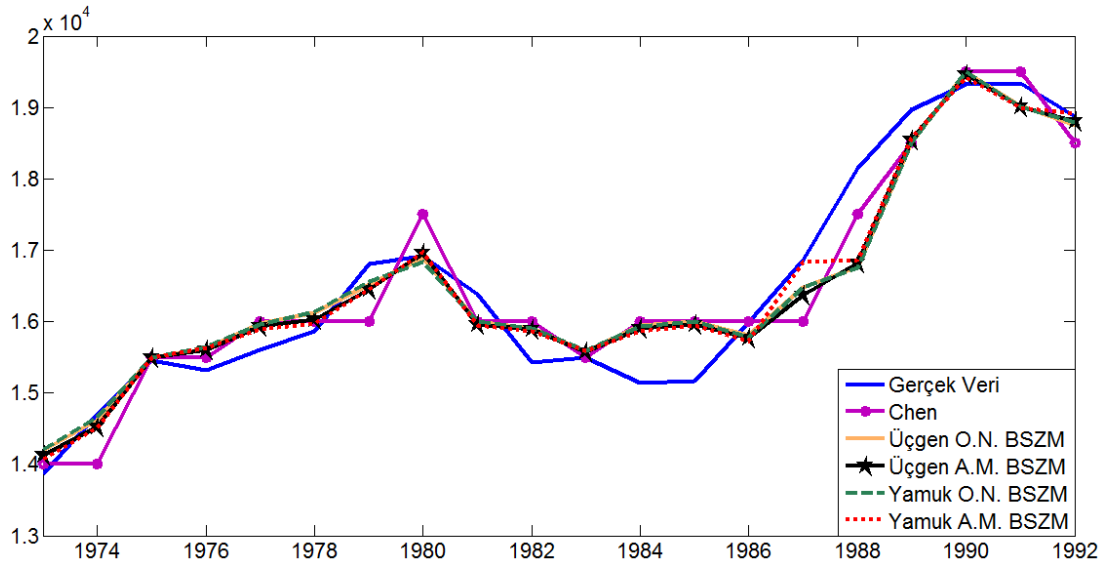
Şekil 5.3 : Üçgen A.M. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.



Şekil 5.4 : Yamuk A.M. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.

Adım 7: Tahmin sonuçları Mamdani tipinde bulanık çıkarım ve ağırlık merkezi durulama yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır.

Önerilen yöntem ile elde edilen modeller ve Model 2 (Chen) bulanık zaman serisi modelinin tahmin sonuçları grafiği ve MSE karşılaştırması aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.5 : Kayıt tahminlerinin grafiksel karşılaştırılması.

Çizelge 5.6 : Kayıt tahminlerinin MSE kriterine göre karşılaştırılması.

Model	MSE
Model 2 (Chen)	259393
Üçgen O.N. BZSM	234187
Üçgen A.M. BZSM	220824

Çizelge 5.6 (devam): Kayıt tahminlerinin MSE kriterine göre karşılaştırılması.

Model	MSE
Yamuk O.N. BZSM	234275
Yamuk A.M. BZSM	195320

Yüksek derece kullanıldığında sonuçlar beklenildiği gibi daha iyi çıktı. Ağırlık merkezine göre modelleme yapıldığında ise sonuçları daha iyi olduğu gözlenmektedir. Model 2 (Chen) ise dört modelden de daha kötü çıkmıştır.

5.2 Taifex Verilerinin İkinci Dereceden Bulanık Zaman Serisi Modeli

TAIFEX verileri ve A_i 'ler cinsinden karşılığı Çizelge 5.7'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.7 : Gerçek TAIFEX verileri ve verilerin A_i 'ler cinsinden bilgisi.

Tarih	Veri	Bulanık Veri
1998/8/3	7552	A_{15}
1998/8/4	7560	A_{15}
1998/8/5	7487	A_{14}
1998/8/6	7462	A_{14}
1998/8/7	7515	A_{15}
1998/8/10	7365	A_{13}
1998/8/11	7360	A_{13}
1998/8/12	7330	A_{13}
1998/8/13	7291	A_{12}
1998/8/14	7320	A_{13}
1998/8/15	7300	A_{13}
1998/8/17	7219	A_{12}
1998/8/18	7220	A_{12}
1998/8/19	7285	A_{12}
1998/8/20	7274	A_{12}
1998/8/21	7225	A_{12}
1998/8/24	6955	A_9
1998/8/25	6949	A_9
1998/8/26	6790	A_7
1998/8/27	6835	A_8
1998/8/28	6695	A_6
1998/8/29	6728	A_7
1998/8/31	6566	A_5
1998/9/1	6409	A_4
1998/9/2	6430	A_4

Çizelge 5.7 (devam): Gerçek TAIFEX verileri ve verilerin A_i 'ler cinsinden bilgisi.

Tarih	Veri	Bulanık Veri
1998/9/3	6200	A_2
1998/9/4	6403.2	A_4
1998/9/5	6697.5	A_6
1998/9/7	6722.3	A_7
1998/9/8	6859.4	A_8
1998/9/9	6769.6	A_7
1998/9/10	6709.75	A_7
1998/9/11	6726.5	A_7
1998/9/14	6774.55	A_7
1998/9/15	6762	A_7
1998/9/16	6952.75	A_9
1998/9/17	6906	A_9
1998/9/18	6842	A_8
1998/9/19	7039	A_{10}
1998/9/21	6861	A_8
1998/9/22	6926	A_9
1998/9/23	6852	A_8
1998/9/24	6890	A_8
1998/9/25	6871	A_8
1998/9/28	6840	A_8
1998/9/29	6806	A_8
1998/9/30	6787	A_7

Bu tabloya bakılarak, önerilen bulanık zaman serisi modeli adım adım oluşturulabilir.

Adım 1: Verilere bakılarak, $D_{\max} = 7560$ ve $D_{\min} = 6200$ olduğu görülmektedir. Basitlik için, $D_1 = 100$ ve $D_2 = 140$ olsun. Bu durumda veri uzayı U $[6100 \ 7700]$ olur. Bu çalışmada, U uzayı onaltı eşit aralığa bölünecektir. Bunlar; $u_1 = [6100 \ 6200]$, $u_2 = [6200 \ 6300]$, $u_3 = [6300 \ 6400]$, $u_4 = [6400 \ 6500]$, $u_5 = [6500 \ 6600]$, $u_6 = [6600 \ 6700]$, $u_7 = [6700 \ 6800]$, $u_8 = [6800 \ 6900]$, $u_9 = [6900 \ 7000]$, $u_{10} = [7000 \ 7100]$, $u_{11} = [7100 \ 7200]$, $u_{12} = [7200 \ 7300]$, $u_{13} = [7300 \ 7400]$, $u_{14} = [7400 \ 7500]$, $u_{15} = [7500 \ 7600]$ ve $u_{16} = [7600 \ 7700]$.

Adım 2: Seçilen $u_1, u_2, u_3, \dots, u_{16}$ aralıklarına göre $A_1, A_2, A_3, \dots, A_{16}$ şeklinde onaltı bulanık küme tanımlanmıştır.

Adım 3: Çizelge 5.7'de her yılda gerçekleşen kayıtların A_i 'ler cinsinden ifadesi gösterilmektedir. Çizelge 5.8'de ise Çizelge 5.7'den elde edilen bulanık ilişkiler gösterilmektedir.

Çizelge 5.8 : Verilerin bulanık mantıksal ilişkileri.

$A_{15}, A_{15} \rightarrow A_{14}$	$A_{15}, A_{14} \rightarrow A_{14}$
$A_{14}, A_{14} \rightarrow A_{15}$	$A_{14}, A_{15} \rightarrow A_{13}$
$A_{15}, A_{13} \rightarrow A_{13}$	$A_{13}, A_{13} \rightarrow A_{13}$
$A_{13}, A_{13} \rightarrow A_{12}$	$A_{13}, A_{12} \rightarrow A_{13}$
$A_{12}, A_{13} \rightarrow A_{13}$	$A_{13}, A_{12} \rightarrow A_{12}$
$A_{12}, A_{12} \rightarrow A_{12}$	$A_{12}, A_{12} \rightarrow A_9$
$A_{12}, A_9 \rightarrow A_9$	$A_9, A_9 \rightarrow A_7$
$A_9, A_7 \rightarrow A_8$	$A_7, A_8 \rightarrow A_6$
$A_8, A_6 \rightarrow A_7$	$A_6, A_7 \rightarrow A_5$
$A_7, A_5 \rightarrow A_4$	$A_5, A_4 \rightarrow A_4$
$A_4, A_4 \rightarrow A_2$	$A_4, A_2 \rightarrow A_4$
$A_2, A_4 \rightarrow A_6$	$A_4, A_6 \rightarrow A_7$
$A_6, A_7 \rightarrow A_8$	$A_7, A_8 \rightarrow A_7$
$A_8, A_7 \rightarrow A_7$	$A_7, A_7 \rightarrow A_7$
$A_7, A_7 \rightarrow A_9$	$A_7, A_9 \rightarrow A_9$
$A_9, A_9 \rightarrow A_8$	$A_9, A_8 \rightarrow A_{10}$
$A_8, A_{10} \rightarrow A_8$	$A_{10}, A_8 \rightarrow A_9$
$A_8, A_9 \rightarrow A_8$	$A_9, A_8 \rightarrow A_8$
$A_8, A_8 \rightarrow A_8$	$A_8, A_8 \rightarrow A_7$

Adım 4: Çizelge 5.8'deki ilişkiler mevcut yıl baz alınarak gruplandırıldığında Çizelge 5.9'daki 29 grup elde edilmektedir.

Çizelge 5.9 : Bulanık mantıksal ilişki grupları.

1. Grup: $A_{15}, A_{15} \rightarrow A_{14}$
2. Grup: $A_{15}, A_{14} \rightarrow A_{14}$
3. Grup: $A_{14}, A_{14} \rightarrow A_{15}$
4. Grup: $A_{14}, A_{15} \rightarrow A_{13}$
5. Grup: $A_{15}, A_{13} \rightarrow A_{13}$
6. Grup: $A_{13}, A_{13} \rightarrow A_{12}, A_{13}$
7. Grup: $A_{13}, A_{12} \rightarrow A_{12}, A_{13}$
8. Grup: $A_{12}, A_{13} \rightarrow A_{13}$
9. Grup: $A_{12}, A_{12} \rightarrow A_9, A_{12}$
10. Grup: $A_{12}, A_9 \rightarrow A_9$

Çizelge 5.9 (devam): Bulanık mantıksal ilişki grupları.

-
11. Grup: $A_9, A_9 \rightarrow A_7, A_8$
 12. Grup: $A_9, A_7 \rightarrow A_8$
 13. Grup: $A_7, A_8 \rightarrow A_6, A_7$
 14. Grup: $A_8, A_6 \rightarrow A_7$
 15. Grup: $A_6, A_7 \rightarrow A_5, A_8$
 16. Grup: $A_7, A_5 \rightarrow A_4$
 17. Grup: $A_5, A_4 \rightarrow A_4$
 18. Grup: $A_4, A_4 \rightarrow A_2$
 19. Grup: $A_4, A_2 \rightarrow A_4$
 20. Grup: $A_2, A_4 \rightarrow A_6$
 21. Grup: $A_4, A_6 \rightarrow A_7$
 22. Grup: $A_8, A_7 \rightarrow A_7$
 23. Grup: $A_7, A_7 \rightarrow A_7, A_9$
 24. Grup: $A_7, A_9 \rightarrow A_9$
 25. Grup: $A_9, A_8 \rightarrow A_8, A_{10}$
 26. Grup: $A_8, A_{10} \rightarrow A_8$
 27. Grup: $A_{10}, A_8 \rightarrow A_9$
 28. Grup: $A_8, A_9 \rightarrow A_8$
 29. Grup: $A_8, A_8 \rightarrow A_7, A_8$
-

Adım 5: Çizelge 5.9'dan görüldüğü gibi bazı girişler birden fazla farklı çıkış verdiğiinden çıkış bulanık kümeleri ve kural tablosu sırasıyla Çizelge 5.10 ve Çizelge 5.11'de verildiği gibidir.

Tepe noktası ağırlık merkezi seçildiğinde;

Çizelge 5.10 : Çıkış üyelik fonksiyonları.

-
1. Grup: $A_{15}, A_{15} \rightarrow A_{14} \rightarrow YA_{11}$
 2. Grup: $A_{15}, A_{14} \rightarrow A_{14} \rightarrow YA_{11}$
 3. Grup: $A_{14}, A_{14} \rightarrow A_{15} \rightarrow YA_{12}$
 4. Grup: $A_{14}, A_{15} \rightarrow A_{13} \rightarrow YA_{10}$
 5. Grup: $A_{15}, A_{13} \rightarrow A_{13} \rightarrow YA_{10}$
 6. Grup: $A_{13}, A_{13} \rightarrow A_{12}, A_{13} \rightarrow YA_{13}$
 7. Grup: $A_{13}, A_{12} \rightarrow A_{12}, A_{13} \rightarrow YA_{13}$
 8. Grup: $A_{12}, A_{13} \rightarrow A_{13} \rightarrow YA_{10}$
 9. Grup: $A_{12}, A_{12} \rightarrow A_9, A_{12} \rightarrow YA_{14}$
 10. Grup: $A_{12}, A_9 \rightarrow A_9 \rightarrow YA_7$
 11. Grup: $A_9, A_9 \rightarrow A_7, A_8 \rightarrow YA_{15}$
 12. Grup: $A_9, A_7 \rightarrow A_8 \rightarrow YA_6$
 13. Grup: $A_7, A_8 \rightarrow A_6, A_7 \rightarrow YA_{16}$
 14. Grup: $A_8, A_6 \rightarrow A_7 \rightarrow YA_5$
-

Çizelge 5.10 (devam): Çıkış üyelik fonksiyonları.

15. Grup:	$A_6, A_7 \rightarrow A_5, A_8$	$\rightarrow YA_{17}$
16. Grup:	$A_7, A_5 \rightarrow A_4$	$\rightarrow YA_2$
17. Grup:	$A_5, A_4 \rightarrow A_4$	$\rightarrow YA_2$
18. Grup:	$A_4, A_4 \rightarrow A_2$	$\rightarrow YA_1$
19. Grup:	$A_4, A_2 \rightarrow A_4$	$\rightarrow YA_2$
20. Grup:	$A_2, A_4 \rightarrow A_6$	$\rightarrow YA_4$
21. Grup:	$A_4, A_6 \rightarrow A_7$	$\rightarrow YA_5$
22. Grup:	$A_8, A_7 \rightarrow A_7$	$\rightarrow YA_5$
23. Grup:	$A_7, A_7 \rightarrow A_7, A_9$	$\rightarrow YA_{18}$
24. Grup:	$A_7, A_9 \rightarrow A_9$	$\rightarrow YA_7$
25. Grup:	$A_9, A_8 \rightarrow A_8, A_{10}$	$\rightarrow YA_{19}$
26. Grup:	$A_8, A_{10} \rightarrow A_8$	$\rightarrow YA_6$
27. Grup:	$A_{10}, A_8 \rightarrow A_9$	$\rightarrow YA_7$
28. Grup:	$A_8, A_9 \rightarrow A_8$	$\rightarrow YA_6$
29. Grup:	$A_8, A_8 \rightarrow A_7, A_8$	$\rightarrow YA_{15}$

Çizelge 5.11 : Kural tablosu.

1. Eğer giriş	A_{15}, A_{15}	ise, çıkış	YA_{11}
2. Eğer giriş	A_{15}, A_{14}	ise, çıkış	YA_{11}
3. Eğer giriş	A_{14}, A_{14}	ise, çıkış	YA_{12}
4. Eğer giriş	A_{14}, A_{15}	ise, çıkış	YA_{10}
5. Eğer giriş	A_{15}, A_{13}	ise, çıkış	YA_{10}
6. Eğer giriş	A_{13}, A_{13}	ise, çıkış	YA_{13}
7. Eğer giriş	A_{13}, A_{12}	ise, çıkış	YA_{13}
8. Eğer giriş	A_{12}, A_{13}	ise, çıkış	YA_{10}
9. Eğer giriş	A_{12}, A_{12}	ise, çıkış	YA_{14}
10. Eğer giriş	A_{12}, A_9	ise, çıkış	YA_7
11. Eğer giriş	A_9, A_9	ise, çıkış	YA_{15}
12. Eğer giriş	A_9, A_7	ise, çıkış	YA_6
13. Eğer giriş	A_7, A_8	ise, çıkış	YA_{16}
14. Eğer giriş	A_8, A_6	ise, çıkış	YA_5
15. Eğer giriş	A_6, A_7	ise, çıkış	YA_{17}
16. Eğer giriş	A_7, A_5	ise, çıkış	YA_2
17. Eğer giriş	A_5, A_4	ise, çıkış	YA_2
18. Eğer giriş	A_4, A_4	ise, çıkış	YA_1
19. Eğer giriş	A_4, A_2	ise, çıkış	YA_2
20. Eğer giriş	A_2, A_4	ise, çıkış	YA_4
21. Eğer giriş	A_4, A_6	ise, çıkış	YA_5
22. Eğer giriş	A_8, A_7	ise, çıkış	YA_5

Çizelge 5.11 (devam): Kural tablosu.

23. Eğer giriş A_7, A_7 ise, çıkış YA_{18}
24. Eğer giriş A_7, A_9 ise, çıkış YA_7
25. Eğer giriş A_9, A_8 ise, çıkış YA_{19}
26. Eğer giriş A_8, A_{10} ise, çıkış YA_6
27. Eğer giriş A_{10}, A_8 ise, çıkış YA_7
28. Eğer giriş A_8, A_9 ise, çıkış YA_6
29. Eğer giriş A_8, A_8 ise, çıkış YA_{15}

Tepe noktası orta nokta seçildiğinde;

Çizelge 5.12 : Birbiri üzerine denk gelen çıkışlar.

A_5, A_8 ve A_6, A_7 sonraki durumları
A_7, A_9 ve A_8 sonraki durumları
A_9 ile A_8, A_{10} sonraki durumları

Çizelge 5.12'deki sonraki durumlar birbiri üzerine denk geldiği için orta noktaya göre yapılan modellemede tek bir çıkış üyelik fonksiyonu ile ifade edilmişlerdir. Orta nokta için oluşturulan çıkış üyelik fonksiyonları ve kural tablosu Çizelge 5.13 ve Çizelge 5.14'te verilmiştir.

Çizelge 5.13 : Çıkış üyelik fonksiyonları.

1. Grup: $A_{15}, A_{15} \rightarrow A_{14} \rightarrow YA_{11}$
2. Grup: $A_{15}, A_{14} \rightarrow A_{14} \rightarrow YA_{11}$
3. Grup: $A_{14}, A_{14} \rightarrow A_{15} \rightarrow YA_{12}$
4. Grup: $A_{14}, A_{15} \rightarrow A_{13} \rightarrow YA_{10}$
5. Grup: $A_{15}, A_{13} \rightarrow A_{13} \rightarrow YA_{10}$
6. Grup: $A_{13}, A_{13} \rightarrow A_{12}, A_{13} \rightarrow YA_{13}$
7. Grup: $A_{13}, A_{12} \rightarrow A_{12}, A_{13} \rightarrow YA_{13}$
8. Grup: $A_{12}, A_{13} \rightarrow A_{13} \rightarrow YA_{10}$
9. Grup: $A_{12}, A_{12} \rightarrow A_9, A_{12} \rightarrow YA_{14}$
10. Grup: $A_{12}, A_9 \rightarrow A_9 \rightarrow YA_7$
11. Grup: $A_9, A_9 \rightarrow A_7, A_8 \rightarrow YA_{15}$
12. Grup: $A_9, A_7 \rightarrow A_8 \rightarrow YA_6$

Çizelge 5.13 (devam): Çıkış üyelik fonksiyonları.

-
13. Grup: $A_7, A_8 \rightarrow A_6, A_7 \rightarrow YA_{16}$
 14. Grup: $A_8, A_6 \rightarrow A_7 \rightarrow YA_5$
 15. Grup: $A_6, A_7 \rightarrow A_5, A_8 \rightarrow YA_{16}$
 16. Grup: $A_7, A_5 \rightarrow A_4 \rightarrow YA_2$
 17. Grup: $A_5, A_4 \rightarrow A_4 \rightarrow YA_2$
 18. Grup: $A_4, A_4 \rightarrow A_2 \rightarrow YA_1$
 19. Grup: $A_4, A_2 \rightarrow A_4 \rightarrow YA_2$
 20. Grup: $A_2, A_4 \rightarrow A_6 \rightarrow YA_4$
 21. Grup: $A_4, A_6 \rightarrow A_7 \rightarrow YA_5$
 22. Grup: $A_8, A_7 \rightarrow A_7 \rightarrow YA_5$
 23. Grup: $A_7, A_7 \rightarrow A_7, A_9 \rightarrow YA_6$
 24. Grup: $A_7, A_9 \rightarrow A_9 \rightarrow YA_7$
 25. Grup: $A_9, A_8 \rightarrow A_8, A_{10} \rightarrow YA_7$
 26. Grup: $A_8, A_{10} \rightarrow A_8 \rightarrow YA_6$
 27. Grup: $A_{10}, A_8 \rightarrow A_9 \rightarrow YA_7$
 28. Grup: $A_8, A_9 \rightarrow A_8 \rightarrow YA_6$
 29. Grup: $A_8, A_8 \rightarrow A_7, A_8 \rightarrow YA_{15}$
-

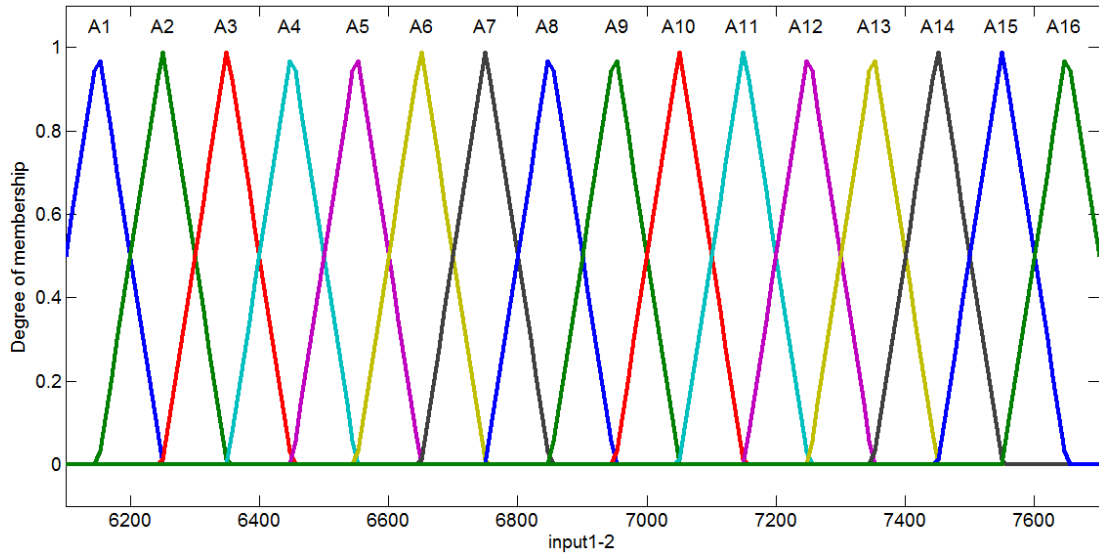
Çizelge 5.14 : Kural tablosu.

-
1. Eğer giriş A_{15}, A_{15} ise, çıkış YA_{11}
 2. Eğer giriş A_{15}, A_{14} ise, çıkış YA_{11}
 3. Eğer giriş A_{14}, A_{14} ise, çıkış YA_{12}
 4. Eğer giriş A_{14}, A_{15} ise, çıkış YA_{10}
 5. Eğer giriş A_{15}, A_{13} ise, çıkış YA_{10}
 6. Eğer giriş A_{13}, A_{13} ise, çıkış YA_{13}
 7. Eğer giriş A_{13}, A_{12} ise, çıkış YA_{13}
 8. Eğer giriş A_{12}, A_{13} ise, çıkış YA_{10}
 9. Eğer giriş A_{12}, A_{12} ise, çıkış YA_{14}
 10. Eğer giriş A_{12}, A_9 ise, çıkış YA_7
 11. Eğer giriş A_9, A_9 ise, çıkış YA_{15}
 12. Eğer giriş A_9, A_7 ise, çıkış YA_6
 13. Eğer giriş A_7, A_8 ise, çıkış YA_{16}
 14. Eğer giriş A_8, A_6 ise, çıkış YA_5
-

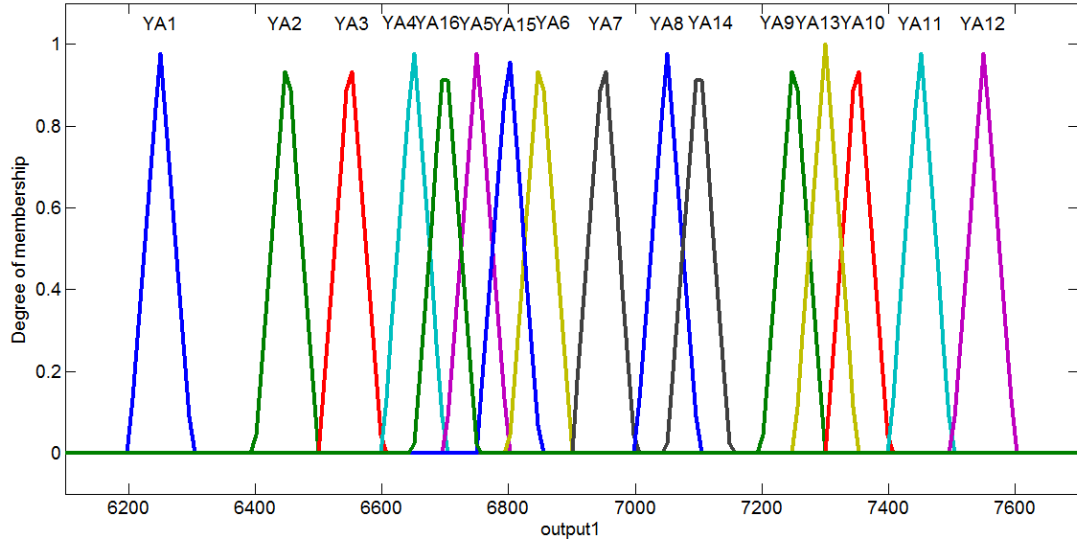
Çizelge 5.14 (devam): Kural tablosu.

15. Eğer giriş A_6, A_7 ise, çıkış YA_{16}
16. Eğer giriş A_7, A_5 ise, çıkış YA_2
17. Eğer giriş A_5, A_4 ise, çıkış YA_2
18. Eğer giriş A_4, A_4 ise, çıkış YA_1
19. Eğer giriş A_4, A_2 ise, çıkış YA_2
20. Eğer giriş A_2, A_4 ise, çıkış YA_4
21. Eğer giriş A_4, A_6 ise, çıkış YA_5
22. Eğer giriş A_8, A_7 ise, çıkış YA_5
23. Eğer giriş A_7, A_7 ise, çıkış YA_6
24. Eğer giriş A_7, A_9 ise, çıkış YA_7
25. Eğer giriş A_9, A_8 ise, çıkış YA_7
26. Eğer giriş A_8, A_{10} ise, çıkış YA_6
27. Eğer giriş A_{10}, A_8 ise, çıkış YA_7
28. Eğer giriş A_8, A_9 ise, çıkış YA_6
29. Eğer giriş A_8, A_8 ise, çıkış YA_{15}

Adım 6: Giriş ve çıkış üyelik fonksiyonları sırasıyla üçgen orta nokta (Üçgen O.N. BZSM), üçgen ağırlık merkezi (Üçgen A.M. BZSM), yamuk orta nokta (Yamuk O.N. BZSM) ve yamuk ağırlık merkezi (Yamuk A.M. BZSM) seçilmiştir.

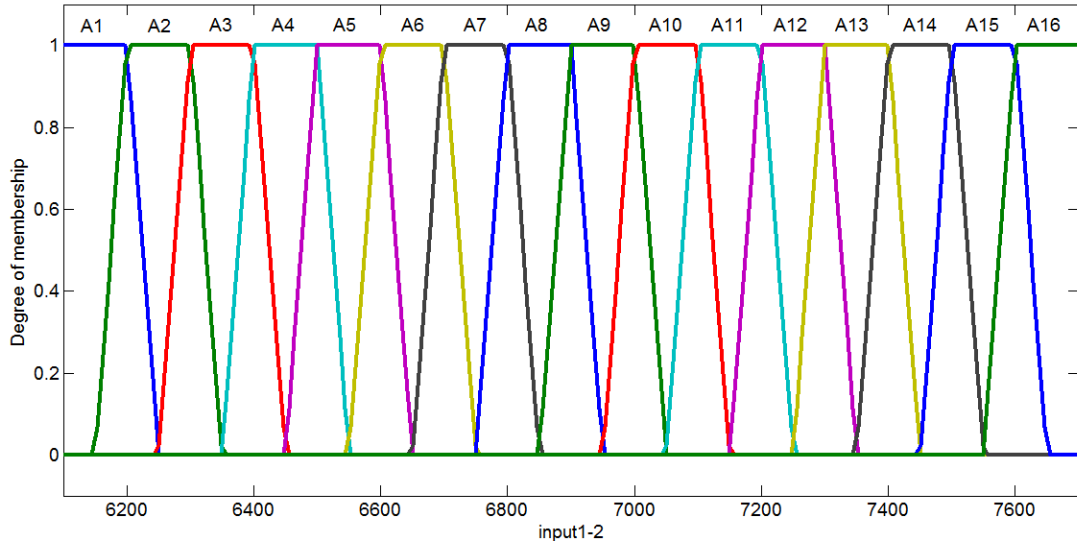


(a)

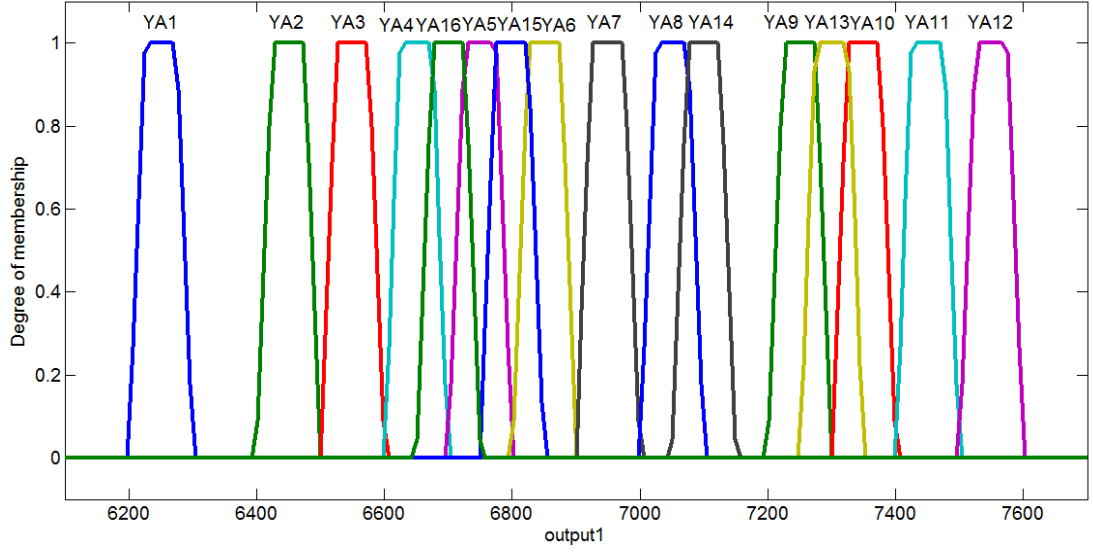


(b)

Şekil 5.6 : Üçgen O.N. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.

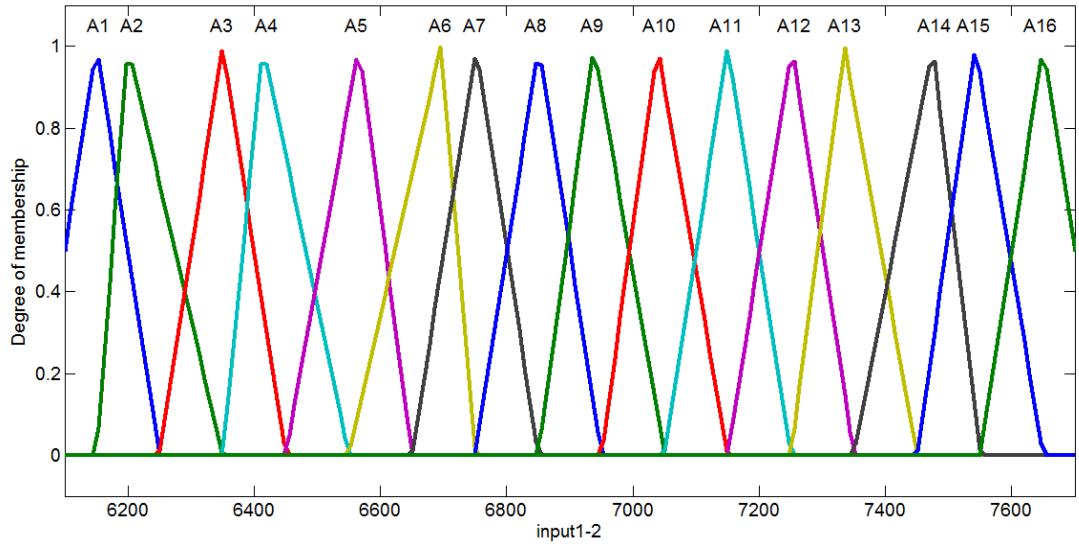


(a)

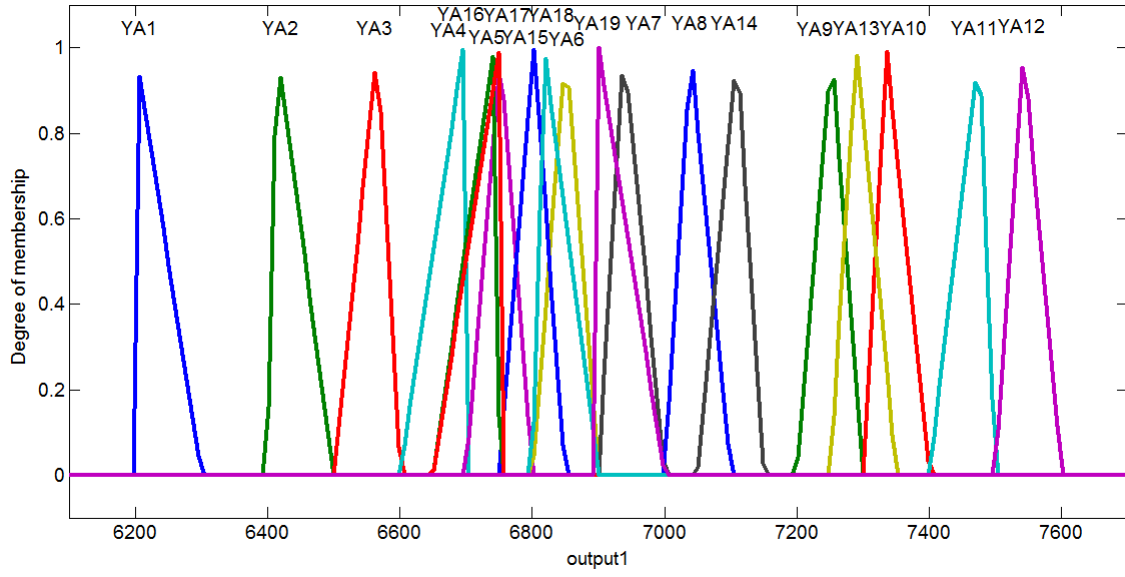


(b)

Şekil 5.7 : Yamuk O.N. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.

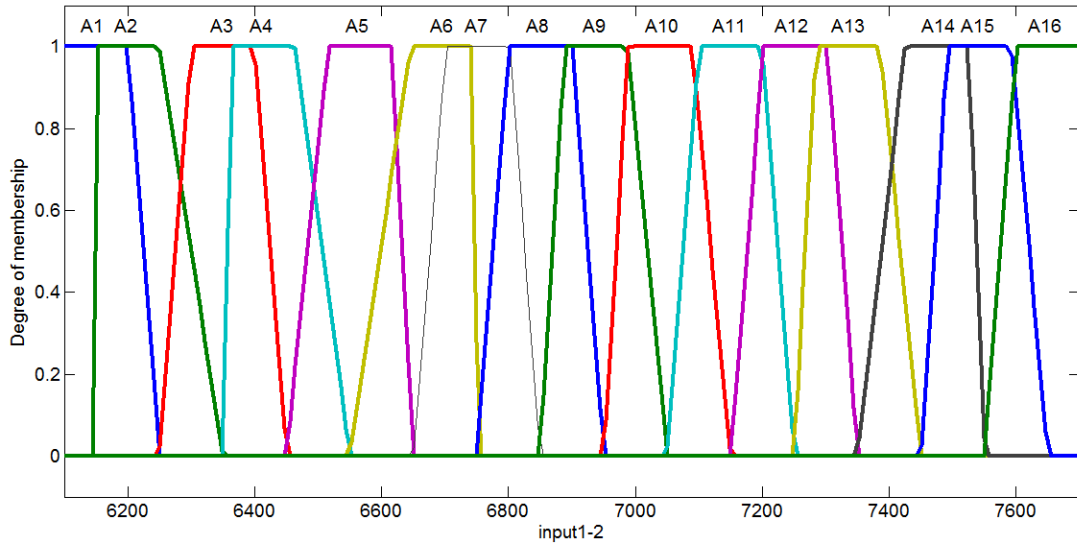


(a)

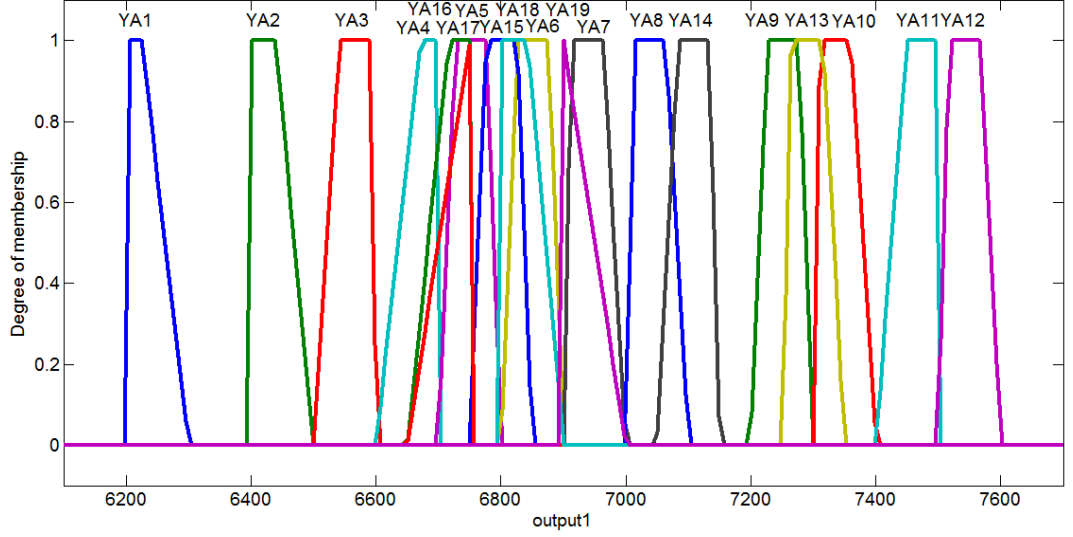


(b)

Şekil 5.8 : Üçgen A.M. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.



(a)

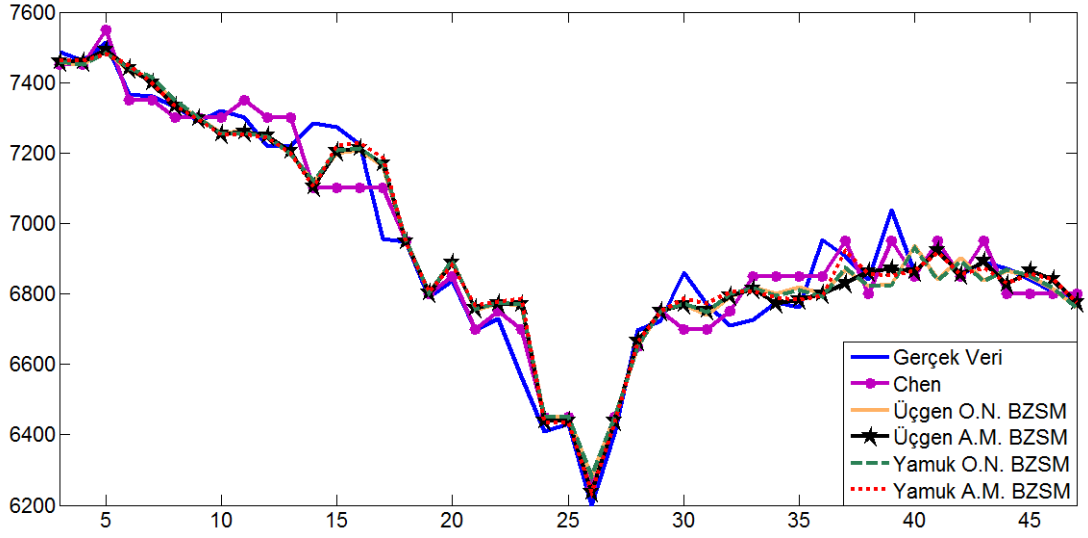


(b)

Şekil 5.9 : Yamuk A.M. BZSM 'nin (a) giriş ve (b) çıkış kısmındaki üyelik fonksiyonları.

Adım 7: Tahmin sonuçları Mamdani tipinde bulanık çıkarım ve ağırlık merkezi durulama yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır.

Önerilen yöntem ile elde edilen modeller ve Model 2 (Chen) bulanık zaman serisi modelinin tahmin sonuçları grafiği ve MSE karşılaştırması aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.10 : Veri tahminlerinin grafiksel karşılaştırılması.

Çizelge 5.15 : Verilerin MSE kriterine göre karşılaştırılması.

Model	MSE
Model 2 (Chen)	5373
Üçgen O.N. BZSM	6052
Üçgen A.M. BZSM	5334
Yamuk O.N. BZSM	6224
Yamuk A.M. BZSM	5707

Yüksek derece kullanıldığında sonuçlar beklenildiği şekilde birinci dereceden modellemeye göre daha iyi çıkmıştır. Ağırlık merkezine göre modelleme yapıldığında ise sonuçları daha iyi olduğu gözlenmektedir. Fakat,TAIFEX verileri sert değişim gösteren veriler olduğundan Model 2 (Chen) iyi bir başarıyı sergilemiştir. Yine de en iyi sonuç önerilen model ile elde edilmiştir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, yeni bir bulanık zaman serisi modeli önerilmiştir. Bu modelde, bulanık zaman serisi çalışmalarında kullanılan klasik parçalı fonksiyon yerine, üçgen ve yamuk üyelik fonksiyonları önerilmiştir. Bu sebeple Mamdani tipinde çıkarım mekanizması kullanılmıştır. Oluşturulan üyelik fonksiyonlarının, nasıl seçileceği göbeklerin orta nokta ve ağırlık merkezi olarak iki farklı tipte olmasına göre ayrı ayrı açıklanarak verilmiştir. Önerilen modelin geçerliliği ve etkinliği, literatürde de yaygın olarak kullanılan iki farklı zaman serisi örneği üzerinde denenmiştir. Bunlar, verileri yumuşak değişim gösteren Alabama Üniversitesi öğrenci kaydı tahmini ve verileri ise sert değişim gösteren TAIFEX verileri tahminidir. Bu anlamda, iki farklı veri tipine göre de modelin başarımı incelenmiştir. Ardından, önerilen model ile bilinen parçalı keskin fonksiyon modeli için en iyileme yapılmıştır. Bu çalışmalara ek olarak her iki örnek için, farklı sayıda aralık ile modelleme yapmanın ve yüksek derece modelleme yapmanın sonuca etkisi incelenmiştir.

MSE kriterine göre incelenen sonuçlar, önerilen model ile yapılan tahminin parçalı keskin üyelik fonksiyonu modelleri ile karşılaştırıldığında daha az hataya sahip olduğunu göstermiştir. Veri tiplerine göre bakıldığında yumuşak değişim gösteren Alabama Üniversitesi öğrenci kaydı tahmininde yöntemin oldukça iyi bir tahmin başarımı sergilediği görülmektedir. Fakat, verileri sert değişim gösteren TAIFEX verilerinin tahmininde sert değişimlere bağlı olarak bazı modellemelerde başarımı daha düşük çıkabilmektedir. Bunun yanında, farklı aralık uzunluğu ve derecelere göre yapılan modellemelerde önerilen model ile yapılan modellemelerin daha tutarlı sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. En iyileme sonucundan da görüldüğü gibi sahip olduğu üyelik fonksiyonu tipi, çıkarım mekanizması ve durulayıcısı sayesinde önerilen model, bilinen parçalı keskin fonksiyon modele göre çok daha iyi bir başarıyı sergilemiştir.

KAYNAKLAR

- [1] **Song, Q., & Chissom, B. S.** (1993a). Fuzzy time series and its model. *Fuzzy Sets and Systems*, 54(3), 269–277.
- [2] **Song, Q., & Chissom, B. S.** (1993b). Forecasting enrollments with fuzzy time series – Part I. *Fuzzy Sets and Systems*, 54(1), 1–9.
- [3] **Song, Q., & Chissom, B. S.** (1994). Forecasting enrollments with fuzzy time series – Part II. *Fuzzy Sets and Systems*, 62(1), 1–8.
- [4] **Chen, S. M.** (1996). Forecasting enrollments based on fuzzy time series. *Fuzzy Sets and Systems*, 81(3), 311–319.
- [5] **Huarng, K.** (2001a). Effective lengths of intervals to improve forecasting in fuzzy time series. *Fuzzy Sets and Systems*, 123(3), 387–394.
- [6] **Huarng, K.** (2001b). Heuristic models of fuzzy time series for forecasting. *Fuzzy Sets and Systems*, 123(3), 369–386.
- [7] **Chen, S. M.** (2002). Forecasting enrollments based on high-order fuzzy time series. *Cybernetics and Systems*, 33(1), 1–16.
- [8] **Chen, S. M., & Chung, N. Y.** (2006). Forecasting enrollments using high-order fuzzy time series and genetic algorithms. *International Journal of Intelligent Systems*, 21(5), 485–501.
- [9] **Chen, S. M., Wang, N. Y., & Pan, J. S.** (2009). Forecasting enrollments using automatic clustering techniques and fuzzy logical relationships. *Expert Systems with Applications*, 36(8), 11070–11076.
- [10] **Wang, N. Y., & Chen, S. M.** (2009). Temperature prediction and TAIEX forecasting based on automatic clustering techniques and two-factors high-order fuzzy time series. *Expert Systems with Applications*, 36(2), 2143–2154.
- [11] **Kuo, I. H., Horng, S. J., Kao, T. W., Lin, T. L., Lee, C. L., & Pan, Y.** (2009). An improved method for forecasting enrollments based on fuzzy time series and particle swarm optimization. *Expert Systems with Applications*, 36(3), 6108–6117.
- [12] **Chen, C. D., & Chen, S. M.** (2009). A new method for forecasting the TAIEX based on high-order fuzzy logical relationships. In *Proceedings of the 2009 IEEE international conference on systems, man, and cybernetics*, San Antonio, Texas, USA (pp. 3556–3560).
- [13] **Chen, S. M., & Chen, C. D.** (2011). Handling forecasting problems based on high-order fuzzy logical relationships. *Expert Systems with Applications*, 38, 3857–3864.
- [14] **Chen, S. M., & Kao, P. Y.** (2013). TAIEX forecasting based on fuzzy time series, particle swarm optimization techniques and support vector. *Information Sciences*, 247, 62–71.

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Ali İhsan Başığit

Doğum Yeri ve Tarihi: İstanbul - 18.06.1990

Adres: Küçük Ayasofya cad. Akburçak sok. No:28/3 Sultanahmet/ FATİH
İSTANBUL

E-Posta: basyigitai@yahoo.com.tr

Lisans: İTÜ - Kontrol Mühendisliği

Yayın ve Patent Listesi:

- Başığit A. İ., Kumbasar T., Güzelkaya M., Eksin İ., "PI ve PD Kontrol Yapıları için Baskınlığı Garantileyen Kutup Atama Yöntemi", TOK'2012 Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı, Niğde, Cilt: 1, s.: 287-292, 2012.

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR/SUNUMLAR

- Başığit A. İ., Ulu C., Güzelkaya M., "A New Fuzzy Time Series Model Using Triangular and Trapezoidal Membership Functions", *International Work-Conference on Time Series Analysis(ITISE 2014)*, 25-27 Haziran 2014, Granada, İspanya.Kabul edildi.