

**T.C.**  
**ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YAPAY BAĞIŞIKLIK ALGORİTMASINA DAYALI YENİ BİR BULANIK**  
**ZAMAN SERİSİ ÇÖZÜM YÖNTEMİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**Çağdan BİRCAN**

**İstatistik Anabilim Dalı**

**AĞUSTOS 2014**  
**SAMSUN**





T.C.  
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



İSTATİSTİK ANABİLİM DALI

YAPAY BAĞIŞIKLIK ALGORİTMASINA DAYALI YENİ BİR BULANIK  
ZAMAN SERİSİ ÇÖZÜM YÖNTEMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çağdan BİRCAN  
(08210240)

Tezin Savuma Tarihi : 07/08/2014

Tez Danışmanı: Doç.Dr.Erol EĞRİOĞLU



**Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**  
**İstatistik Anabilim Dalında**  
**Çağdan BİRCAN Tarafından Hazırlanan**

**YAPAY BAĞIŞIKLIK ALGORİTMASINA DAYALI YENİ BİR BULANIK**  
**ZAMAN SERİSİ ÇÖZÜM YÖNTEMİ**

**Başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından .../.../... tarihinde yapılan sınav ile**  
**YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.**

**Başkan : Prof. Dr. Adı SOYADI .....**

.....

**Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Adı SOYADI .....**

.....

**Prof. Dr. Adı SOYADI .....**

.....

**.../.../...2014**

**Prof. Dr. Hüseyin DEMİR**  
**Enstitü Müdürü**



## **ÖNSÖZ**

Çalışmamın her adımında benden yardımını, güvenini ve sonsuz hoş görüsünü eksik etmeyen çok değerli danışman hocam Erol EĞRİOĞLU' na , bu süreçte tanıma fırsatı bulduğum tüm saygıdeğer bölüm hocalarına, asistan ve öğrenci arkadaşlarıma, ve tabi ki bana her zaman destek olan, beni cesaretlendiren canım aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ağustos 2014

Çağdan BİRCAN



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER .....	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xiii
KISALTMALAR .....	xv
YAPAY BAĞIŞIKLIK ALGORİTMASINA DAYALI YENİ BİR BULANIK ZAMAN SERİSİ ÇÖZÜM YÖNTEMİ.....	xvii
ÖZET.....	xvii
A NEW FUZZY TIME SERIES METHOD BASED ON ARTIFICIAL IMMUNE ALGORITHM.....	xix
ABSTRACT .....	xix
1. GİRİŞ .....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	5
2.1 Doğal Bağışıklık Sistemi.....	5
3. YAPAY BAĞIŞIKLIK .....	9
3.1 Yapay Bağışıklık Algoritmalarının Tarihsel Gelişimi .....	9
3.1.1 Klonal Seçime Dayalı Algoritmaların Tarihsel Gelişim Süreci .....	9
3.1.2 Negatif Seçim Teorisinin Tarihi gelişimi .....	11
3.1.3 Yapay Bağışıklık Ağ Modellemelerinin Tarihsel Gelişimi .....	11
4. KLONAL SEÇİM YÖNTEMİ.....	15
4.1 Klonal Seçim Teorisi.....	15
4.2 Klonal Seçim Algoritması ve Sayısal Yönleri .....	15
5. BULANIK KÜME TEORİSİ.....	19
5.1 Bulanık Kümeler .....	19
5.2 Bulanık Sayılar .....	21
5.2.1. Bulanık Sayılarda İşlemler.....	23
5.2.1.1 Bulanık Sayılarda Cebirsel İşlemler.....	24
5.3 Bulanık Küme İşlemleri Ve Bulanık Bağlıntılar .....	26
5.3.1 Temel Bulanık Küme İşlemleri.....	26
5.3.2 Bulanık Bağlıntı Kümesi.....	26
6. BULANIK ZAMAN SERİLERİ.....	29
6.1 Temel Tanım ve Kavramlar .....	29
7. BULANIK ZAMAN SERİSİ ÇÖZÜMLEME YAKLAŞIMLARI (MATERYAL VE YÖNTEMLER).....	33
7.1 Song-Chissom (1993b) Yöntemi.....	33
7.2 Chen (1996) Yöntemi .....	37
7.3 Kunhang Huang'ın Dağılıma ve Ortalamaya Dayalı Yaklaşımları.....	41
7.4 Cheng (1996) Yöntemi .....	43
8. KLONAL SEÇİM ALGORİTMASINA DAYALI BİRİNCİ DERECEDEKİ BULANIK ZAMAN SERİSİ YAKLAŞIMI.....	47
8.1 Önerilen Yöntemin Algoritması.....	47

<b>9. BULGULAR VE TARTIŞMA .....</b>	<b>53</b>
9.1 Set 1 Zaman Serisi .....	54
9.2 Set 2 Zaman Serisi.....	58
9.3 Set 3 Zaman Serisi.....	62
<b>10. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>67</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>69</b>

## ÇİZELGELER LİSTESİ

### Sayfa

<b>Çizelge 7.1.</b> 1971-1990 yılları arasında, yıllara göre okula kayıt verileri .....	33
<b>Çizelge 7.2.</b> 1971-1990 yılları arasında, yıllara göre okula kayıt verilerinin ait oldukları bulanık kümelerle eşleştirilmesi .....	35
<b>Çizelge 7.3.</b> 1971-1992 yılları arasında, yıllara göre okula kayıt verileri .....	37
<b>Çizelge 7.4.</b> Alt aralıklar; ait oldukları bulanık aralıklar ve bulanık kümelerin birlikte gösterimi .....	38
<b>Çizelge 7.5.</b> 1971-1990 yılları arasında okul kayıt verilerinin ait olduğu bulanık kümelerin veri seti içinde ilişkili olduğu bulanık kümelerle birlikte gösterimi. ....	39
<b>Çizelge 7.6.</b> Chen'in bulanık ilişki kuralına göre veri setlerinin yıllara göre ait oldukları bulanık kümeler ve öngörü kümeleri.....	40
<b>Çizelge 7.7.</b> Tablo7.6.'a göre 1972 senesine ait veri satırının ayrı gösterimi.....	40
<b>Çizelge 7.8.</b> Tablo7.6.'nın ilgili seneye göre kısmi gösterimi .....	41
<b>Çizelge 7.9.</b> Bir grup veri değeri, verilerin kendinden bir önceki veri değeri ile farkı ve bu farkın mutlak değerlerinin birlikte gösterimi.....	42
<b>Çizelge 7.10.</b> Aralık uzunluğu belirlemek için kullanılan baz tablosu .....	42
<b>Çizelge 7.11.</b> 27.01.2009-23.02.2009 zaman dilimine ait IMKB altın fiyatları verileri, verilerin ait oldukları bulanık kümeler ile öngörü kümeleri ve verilerinin birlikte gösterimi.....	44
<b>Çizelge 7.12.</b> 27.01.2009-23.02.2009 zaman dilimine ait IMKB altın fiyatları verilerinin, Cheng (1996) Yöntemi kullanılarak belirlenen bulanık kümeleri ve elde edilen tahmin değerleri .....	45
<b>Çizelge 9.1.</b> Test küme uzunluğu 7 olduğunda veri set 1 için elde edilen sonuçlar...	55
<b>Çizelge 9.2.</b> Test küme uzunluğu 15 olduğunda veri set 1 için elde edilen sonuçlar	57
<b>Çizelge 9.3.</b> Test küme uzunluğu 7 olduğunda veri set 2 için elde edilen sonuçlar ..	59
<b>Çizelge 9.4.</b> Test küme uzunluğu 15 olduğunda veri set 2 için elde edilen sonuçlar	61
<b>Çizelge 9.5:</b> Test küme uzunluğu 7 olduğunda veri set 3 için elde edilen sonuçlar..	63
<b>Çizelge 9.6.</b> Test küme uzunluğu 15 olduğunda data set 3 için elde edilen sonuçlar .....	65



## ŞEKİLLER LİSTESİ

### Sayfa

<b>Şekil 2.1.</b> İnsan Vücudunda, Bağışıklık Sisteminde Görevli Organ ve Yerler.....	6
<b>Şekil 4.1.</b> Optimizasyon Uygulamaları İçin ClonalG Seçim Algoritması Akış Şeması .....	18
<b>Şekil 9.1.</b> 3 Ekim 2008 ile 31 Aralık 2008 tarihleri arasındaki İMKB 100 indeksi zaman serisi.....	54
<b>Şekil 9.2.</b> Test kümesi uzunluğu 7 olarak alındığında, set 1 zaman serisi için önerilen yöntemden elde edilen öngörülerin gerçek değerlerle birlikte grafığı .....	56
<b>Şekil 9.3.</b> Test kümesi uzunluğu 15 olarak alındığında, set 1 zaman serisi için önerilen yöntemden elde edilen öngörülerin gerçek değerlerle birlikte grafığı .....	58
<b>Şekil 9.4.</b> 1 Ekim 2009 ile 31 Aralık 2009 tarihleri arasındaki İMKB 100 indeksi zaman serisi.....	58
<b>Şekil 9.5.</b> Test kümesi uzunluğu 7 olarak alındığında, set 2 zaman serisi için önerilen yöntemden elde edilen öngörülerin gerçek değerlerle birlikte grafığı .....	60
<b>Şekil 9.6.</b> Test kümesi uzunluğu 15 olarak alındığında, set 2 zaman serisi için önerilen yöntemden elde edilen öngörülerin gerçek değerlerle birlikte grafığı .....	62
<b>Şekil 9.7.1</b> Ekim 2010 ile 23 Aralık 2010 tarihleri arasındaki İMKB 100 indeksi zaman serisi.....	62
<b>Şekil 9.8.</b> Test kümesi uzunluğu 7 olarak alındığında, set 3 zaman serisi için önerilen yöntemden elde edilen öngörülerin gerçek değerlerle birlikte grafığı .....	64
<b>Şekil 9.9.</b> Set 3 zaman serisi için test kümesi uzunluğu 15 olduğunda önerilen yöntemden elde edilen öngörülerin gerçek değerlerle birlikte grafığı .....	66



## KISALTMALAR

<b>AIS</b>	:Artificial Immune System
<b>YBS</b>	: Yapay Bağışıklık Sistem
<b>İMKB</b>	: İstanbul Menkul Kıymetler Borsası
<b>HKO</b>	: Hata Kareler Ortalaması
<b>HKOK</b>	: Hata Kareler Ortalaması Karekökü
<b>HMYO</b>	: Hatanın Mutlak Yüzdelik Ortalaması
<b>Ab</b>	: Antikor
<b>Ag</b>	: Antijen
<b>N</b>	: İlk Popülasyondaki Toplam Antikor Sayısı
<b>Ab<sub>j</sub></b>	: N adet antikordan en küçük HKO değerine sahip n tane antikor seti.
<b>C<sub>j</sub></b>	: Klon Seti
<b>C<sub>j</sub>*</b>	: Mutasyon İşleminde Sonraki Yeni Klon Seti
<b>aiNet</b>	: Artificial Immune Network (Yapay Bağışıklık Ağı)



# YAPAY BAĞIŞIKLIK ALGORİTMASINA DAYALI YENİ BİR BULANIK ZAMAN SERİSİ ÇÖZÜM YÖNTEMİ

## ÖZET

Daha iyi öngörüler elde edebilmek için bulanık zaman serilerinde aralık uzunluğu belirleme aşaması önemlidir. Aralık uzunluğu belirleme aşaması için daha önce farklı yapay zeka yöntemleriyle çalışılmıştır. Bu tez çalışmasında önerilen yöntemde ise aralık uzunlukların belirlenmesi ilk kez yapay bağışıklık algoritmasıyla (AIS) gerçekleştirilmiştir. Aralık uzunluğu kullanılarak, evrensel küme alt aralıklara ayrılır, bulanıklaştırma işlemi gerçekleştirilir. Önerilen yöntemde evrensel küme parçalanmasında kullanılan aralıkların sınırları AIS ile belirlenmektedir. Bulanık zaman serisi yönteminin üç temel aşaması vardır. Bu aşamalar; zaman serilerinin bulanıklaştırılması, bulanık mantık ilişkilerinin belirlenmesi ve tahminlerin durulaştırılmasıdır. Önerilen yöntem kullanıldığında aralık uzunluğunun belirlenmesinde subjektif karar verme ihtiyacı ortadan kalkmıştır. Önerilen yöntemin performansı İstanbul menkul kıymetler borsası bileşik indeksinin son 4 yıla ait verilerinden elde edilen zaman serileri kullanılarak deneysel olarak araştırılmıştır. Önerilen yöntemin literatürdeki diğer yöntemlere göre daha iyi öngörü performansı gösterdiği deneysel çalışma sonucunda ortaya koyulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Bulanık Zaman Serileri, Öngörü, Zaman Serileri Analizi, Yapay Bağışıklık Algoritması.



## **A NEW FUZZY TIME SERIES METHOD BASED ON ARTIFICIAL IMMUNE ALGORITHM**

### **ABSTRACT**

To obtain better predicts, the process of setting gap length is important in fuzzy time series. It has been studied with different artificial intelligence methods for the process of setting gap length. Within the method proposed in this study, setting gap length has first been carried out by artificial immune system (AIS). By using the gap length, universal set is split into sub-lengths and the fuzzy process is carried out. Within the proposed method, the limits of lengths used for splitting the universal set are identified by AIS. There are three basic processes of fuzzy time series method. These are fuzzification, identification of fuzzy logic relations and defuzzification the predictions. Subjective decision making is no longer needed in setting the gap length while the proposed method is used. The performance of the proposed method has been studied empirically by using the time series obtained from the last four years data of corporate IMKB. It has been stated by the empirical studies that the proposed method shows a better prediction performance compared to other methods in the literature.

Key words : Fuzzy time series, Prediction, Fuzzy Set Theory, The analysis of time series, Artificial Immune Algorithm.



## 1. GİRİŞ

Klasik zaman serisi analizi yöntemlerindeki katı varsayımlar, gerçek hayattaki birçok zaman serisinin içerdiği belirsizliği ifade etmeye uygun değildir. Gerçek hayatta bir şehirde gün içerisinde sürekli değişen hava basıncı değerini düşünecek olursak bir günü temsil edecek tam bir basınç değerinin olamayacağını anlarız. Bu durumda günlük hava basıncı değerleri bir bulanık küme ile temsil edilerek dilsel değerlerle gösterilmesi mümkündür. Bu şekilde, gözlem değerleri bulanık kümeler olan zaman serilerine bulanık zaman serileri adı verilmektedir. İlk olarak Zadeh (1965) tarafından önerilen bulanık küme teorisi, gerçek hayattaki birçok zaman serisinin içerdiği ancak katı varsayımlar arasında göz ardı edilen belirsizliğin ifadesi için alternatif yöntem arayışında olan pek çok araştırmacıya da kaynak olmuştur.

Bulanık küme teorisine dayanılarak Song ve Chissom (1993a,1993b,1994) tarafından ilk kez bulanık zaman serisi kavramı ortaya atılmıştır. Bulanık zaman serisi yöntemleri genel olarak 3 aşamada gerçekleştirilmektedir. Bu aşamalar zaman serilerinin bulanıklaştırılması, bulanık mantık ilişkilerinin belirlenmesi ve tahminlerin durulaştırılmasıdır. Bu aşamalar üzerinde yapılan iyileştirmelerle elde edilen çalışmalar literatürdeki bulanık zaman serisi yöntemlerini geliştirilebilir. Bulanık zaman serileri ile ilgili literatürdeki bazı çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Chen (1996), Song ve Chissom'un önerdiği yöntemin daha basitleştirilmiş hali olan bulanık mantık grup ilişki tablolarının kullanıldığı bir algoritma önermiştir. Hwang ve ark.(1998) bulanık mantık ilişki belirlemede kullanılan matris işlemlerinin daha farklı uygulandığı bir yöntem önermiştir. Huarng ve Yu (2006a) da artan trende sahip bulanık zaman serileri gözlemlerinin bulanıklaştırılması aşamasını iyileştirmek için bir yöntem önermiştir. Yolcu ve ark.(2009)'da, Huarng ve Yu (2006a) yönteminin optimizasyon kullanılarak iyileştirildiği bir çalışma önermiştir. Gerçek hayat zaman serilerinin pek çoğu karmaşık ilişkiler içerdiğinden birinci dereceden modeller ile çözümlenmeye gitmek yeterli olmamaktadır. Bu amaçla Chen ve Chung (2006), Chen ve ark. (2007), Chen (2002), tek değişkenli yüksek dereceli bulanık zaman serisi yöntemleri önermişlerdir. Chen ve Chung (2006) da genetik algoritma ile yüksek dereceli bulanık zaman serisinin çözümlendiği bir yöntem önermiştir.

Huarng ve Yu (2006b) da bulanık mantık ilişki belirleme ileri beslemeli yapay sinir ağları kullanılmıştır. Aladağ ve ark. (2009) da ise yüksek dereceli bulanık zaman serilerinde bulanık ilişki belirleme için ileri beslemeli yapay sinir ağını kullanmıştır. Cheng ve ark. (2008) de bulanıklaştırma işleminin bulanık kümeleme ile yapıldığı bir zaman serisi yöntemi önermiştir. Zaman serileri pek çok faktörden etkilenebilmektedir. Bu nedenle iki değişkenli bulanık zaman serisi öngörü modeli ile daha doğru sonuçlar elde edilebilir. Bu fikirle yola çıkan Huarng (2001a), Lee ve ark. (2006), Wang ve Chen (2008), Chung ve ark. (2007), Yu ve Huarng (2008) çalışmalarında iki değişkenli bulanık zaman serisi öngörü yöntemleri önermişlerdir. Jilani ve Burney (2008), Eğrioğlu ve ark. (2009) çalışmalarında ise çok değişkenli bulanık zaman serilerinin çözümlenmesi için yöntemler önermişlerdir (İnceoğlu, 2010).

Bulanık zaman serilerinin çeşitli aşamalarında yapay zeka teknikleri kullanılmıştır. Chen ve Chung (2006), Lee ve ark. (2007, 2008) genetik algoritmalara, Kuo ve ark. (2009, 2010), Davari ve ark. (2009), Park ve ark. (2010), Hsu ve ark. (2010) ve Huang ve ark. (2011) parçacık sürü optimizasyonuna dayalı bulanık zaman serisi çözüm yöntemleri ortaya koymuşlardır.

Tez çalışmamızın omurgasını oluşturan yapay bağışıklık algoritması, insan bağışıklık sisteminin basit bir taklididir. Yapay bağışıklık algoritmaları, klonal seçim algoritması, negatif seçim algoritması ve yapay bağışıklık ağı olmak üzere 3 başlık altında sınıflanabilir. Klonal seçim algoritması ve negatif seçim algoritması birer yapay zeka optimizasyon yöntemidir. Klasik optimizasyon yöntemleri, amaç fonksiyonunun türevlerine bağlı olarak arama uzayında arama yönü ve adım uzunluğu seçerek optimum noktaya ulaşmayı hedeflemektedir. Bu yöntemler hızlı yakınsamalarına rağmen, yerel optimum tuzağından kurtulamamaktadırlar. Yapay zeka optimizasyon yöntemleri ise yerel optimum tuzağından kurtulma şansına sahip yöntemlerdir. Yapay zeka yöntemleri rasgele sayılar kullanarak çalıştıklarından stokastik optimizasyon yöntemleri adını alırlar. Genellikle yapay zeka optimizasyon yöntemleri çözümlerin popülasyon adı verilen kümeler ile çalıştığından bu yöntemlere popülasyon temelli optimizasyon yöntemleri de denilmektedir. Yapay zeka yöntemleri olan klonal seçim ve negatif seçim algoritmaları her iterasyonda popülasyonun gelişimini sağlayarak bir sonraki iterasyona geçtiklerinden evrimsel algoritmalar sınıfından sayılmaktadırlar.

Bu tez çalışmasının ikinci ve üçüncü kısımlarında doğal bağışıklık sistemimiz ile yapay bağışıklık sistemlerinin tarihsel gelişimi, dördüncü kısmında tez çalışmamızda uygulamış olduğumuz klonal seçim algoritması, beşinci kısmında bulanık küme teorisi, altıncı kısmında bulanık zaman serileri, yedinci kısmında bulanık zaman serisi çözümlemede kullanılan materyal ve yöntemler ayrıntılarıyla verilmiş olup, sekizinci kısmında bulgular ve tartışma son kısmında ise sonuç ve öneriler yer almaktadır.



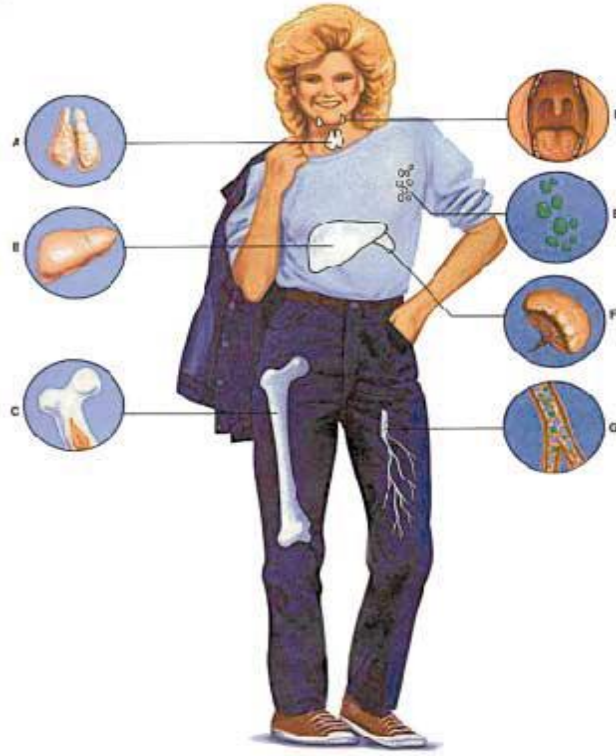
## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1 Doğal Bağışıklık Sistemi

Doğadaki tüm canlılar kendilerinden olmayan doku, hücre ve moleküllere karşı savunma sistemlerine sahiptirler. Örneğin bakteriler fajlara (bakteri virüslerine) karşı kendilerini bu saldırganların genetik maddelerini (DNA ve RNA'larını) parçalayan enzimler üreterek korumaktadırlar. Çok hücreli canlılardaysa çok daha karmaşık bir bağışıklık sistemi var. Omurgalılarda bağışıklık sistemi özel işlevlere sahip çok sayıda farklı hücre ve molekül içermektedir.

Bağışıklık eski çağlardan bu yana insanların ilgisini çekmiş ve bazı bağışıklama yöntemleri geliştirilmiştir. Örneğin M.Ö. 430 yılında tarihçi Tukidides Atina'daki bir veba salgınında hastalara bakan insanların arasında yalnızca daha önce veba geçirmiş insanların vebaya yakalanmadığını yazmıştır.

18. ve 19. Yüzyıllarda Edward Jenner ve Louis Pasteur'un geliştirdikleri yeni çiçek, kolera, farbon ve kuduz aşuları önemli yararlar sağlamlarına karşın o dönemde bağışıklık sistemi hakkındaki bilgilerin henüz edinilmediği görülmektedir. 19. yüzyıl sonlarında Paul Erlich ve Elie Metchnikoff'un kendilerine 1905 Nobel Ödülü'nü getiren çalışmalarının bağışıklık sisteminin anlaşılmasında öncü niteliğe sahipler. Günümüzde bağışıklık sisteminin çok geniş ölçüde aydınlatıldığı söylenebilir. Bu sistemi oluşturan unsurlardan hastalıkların tanısında ve tedavisinde geniş ölçüde yararlanılmaktadır. Bağışıklık sistemini uyarıcı (immünofenik) yabancı unsurlarla sistemin mücadelesi moleküler yöntemlerle izlenmekte ve yönlendirilmektedir. Bu sistemin aksaklıklarından kaynaklanan hastalıkların temelleri günden güne aydınlanmakta ve tedavi yöntemleri geliştirilmektedir. Şekil 2.1'de insan vücudunda, bağışıklık sisteminde görevli organ ve yerler gösterilmiştir.



**Şekil 2.1.** İnsan Vücudunda, Bağışıklık Sisteminde Görevli Organ ve Yerler.

- A: Timus: Göğsün üst bölümünde yer alan bir organdır. Olgunlaşmamış lenfositler kemik iliğinden ayrılıp, “eğitim görüp”, olgun T-hücreleri haline gelecekleri timusa ulaşırlar.
- B: Karaciğer: Komplemant sisteminin proteinlerini sentezlemekten sorumlu önemli bir organ. Ayrıca karaciğer içinden geçen kanda bulunan bakterileri yutan çok sayıda fagosit hücre içerir.
- C: Kemik iliği: Bağışıklık sisteminin tüm hücrelerinin ilkel kök hücrelerden Oluşturmaya başladığı yer.
- D: Bademcikler: Boğazdaki lenfositlerin toplandığı yerler.
- E: Lenf Düğümleri: Bunlar tüm vücuda yayılmış, B ve T hücreleri topluluklarıdır.
- F: Dalak: Kan dolaşım sisteminin ortasında, T ve B-hücreleriyle monositlerin toplanma bölgesi.
- G: Kan: Bağışıklık sisteminin hücre ve proteinlerini vücudun bir yerinden diğerine taşıyan dolaşım sistemi. (Çırakoğlu B,2003, Bağışıklık Sistemi, Bilim ve Teknik Dergisi,s.2-4)

### *Antikorlar*

Vücut son derece farklı hücrelerden ve moleküllerden oluşan bir savunma sistemi tarafından korunur. Bu sistemde yer alan elemanlar öncelikle organizmanın kalıtsal yapısına yabancı ve antijen olarak adlandırılan her türlü hücre dış madde ve mikroorganizmanın (bakteri, virüs vb.) vücuda girmesini engeller. Antijenler, deri, solunum ve sindirim sistemi gibi engelleri aşarak, organizmaya dahil olduklarında, savunma sistemi hemen harekete geçer. Kemik iliği, timus, lenf bezleri ve dalak gibi özelleşmiş merkezlerde yer alan fagositler,

makrofajlar, lenfositler (B ve T hücreleri) gibi savunma hücreleri ve molekülleri devreye girerler.

İlk aşamada, öncü hücreler olan fagositler ve makrofajlar antijenleri yok etmeye çalışırlar; başarılı olamadıkları durumda B hücresi ve T hücresi olarak adlandırılan lenfositler devreye girerler. Antijen varlığını haber alan T hücreleri, savunma sisteminin yönetimini ellerine geçirerek, diğer hücreleri uyarırlar. Sitotoksik (öldürücü) T hücreleri antijenleri yok etmek için uğraş verirken, savunmadan sorumlu B hücreleri de bağışıklığın akıllı molekülleri olarak adlandırılan antikorları (immünglobülin) sentezlemeye başlarlar. Antikorlar, bağışıklık sisteminde enfektif ajan dediğimiz antijenleri bularak onların yok edilmesini sağlayan bir glikoproteindir. Bu moleküllerin üstünlüğü, üç boyutlu bir yapıda, tıpkı anahtarla kilit arasındaki uyumu çağrıştıracak şekilde, antijene özgün olarak bağlanmaktadır. Böylece antikorlar, organizmaya giren antijenlere bağlanarak onları etkisiz hale getirirler ya da komplement enzimleri ve diğer savunma hücrelerini harekete geçirerek antijenleri yok ederler.

Antikorların yapısında bulunan karbonhidrat moleküllerinin, genellikle B hücresinden antikor salgılanmasını kolaylaştırmak, antikorların çözünürlüğünü artırmak ve antikor molekülünü parçalanmadan korumak gibi işlevleri vardır. Antikor molekülünde ağır ve hafif zincirler, farklı DNA bölümlerinden meydana gelmiş genler tarafından kodlanır. Bu gen parçaları, her B hücresinde farklı olan zincirleri meydana getirecek genleri yapmak üzere, yeniden düzenlenir. Gen parçalarının düzenlenmesi değişkendir ve bu nedenle vücudun yapabildiği 100 milyon kadar farklı antikor, az sayıda gen parçası tarafından oluşturulur. Yani bağışıklık sisteminin başarısının temeli, immüoglobulinin ağır ve hafif zincirlerindeki değişken bölgelerin, çok çeşitli sayıda üretilebilmesidir. Bu çeşitliliğin üretimi, çoğul genlerin varlığı, somatik (vücut hücrelerini içeren) mutasyonlar, somatik rekombinasyonlarla (kromozomlar arası gen değiş tokuşuyla) sağlanır ki tüm bu olaylar B hücre gelişimi sırasında ortaya konur. Böylece B hücreleri, vücuda giren antijenleri durduracak antikorları, antijenik özelliklerine göre ayrı ayrı sentezler. (Çırakoğlu B., 2003, s.2-4)

### *Bağışıklık Tipleri*

Kalıtsal (doğal) ve kazanılmış bağışıklık olmak üzere, iki bağışıklık tipi mevcuttur. Bağışıklık mekanizmalarından T ve B lenfositleri ile antikorlar kazanılmış bağışıklıkta, diğer bağışıklık mekanizmaları ise, kalıtsal bağışıklıkla rol oynarlar.

### *Bağışıklık Mekanizmaları*

İnsanda bağışıklığı oluşturan savunma mekanizmaları spesifik ve nonspesifik savunmalar olmak üzere ikiye ayrılır. Spesifik savunmalar, sadece belirli bir mikroorganizma türüne etki edip diğerlerine etki etmemektedir. Doğumdan sonra gelişmeye başlar. Nonspesifik savunmalar; vücuda zarar veren unsurların hepsine karşı direnç gösteren savunma tipidir.

Tüm bağışıklık sisteminin amacı, yabancı madde olan antijeni (Ag) yok etmektir. Özel APC'ler vücutta dolaşrlar ve buldukları antijenleri parçalayarak antijenik peptitlere bölerler. T hücreleri ve T lenfositleri bu peptitleri tanıma kabiliyetine sahip reseptör moleküllerine sahiptir. Bu tanıma aracılığıyla aktivasyonu sağlanan T hücreleri bölünürler ve lenfokin salgırlar. Bunlar bağışıklık sisteminin diğer komponentlerini harekete geçirirler. Yüzelelerinde tek özelliikli reseptör molekülüne sahip B lenfositleri bu sinyale cevap verir. Aktive edilen B hücreleri bölünürler ve plazma hücrelerine dönüşürler. Plazma hücreleri antikör proteinleri salgırlar. Buldukları antijene bağlanmak suretiyle antikörler bunları nötralize ederler.

Bazı T ve B hücreleri gelecekte karşılaşıldığında aynı antijeni daha hızlı elimine etmek için bağışıklık sisteminin hazırlanmasını hızlandıran hafıza hücreleri olurlar. B hücreleleindeki antikörlerin genleri yüksek mutasyondan olumsuz etkilendikleri için antikör cevabı tekrarlanmış bağışıklıktan sonra gelişir.

Tüm B hücreleri bağışıklık ağı denilen yapıyı oluşturur. Bu ağ, kullanışlı B hücreleri üretildikten sonra bunların ihtiyaç duyulmayana kadar bağışıklık sisteminde kalmalarını sağlamak için çalışır. B hücresi bir antijenle karşılaştığında bağışıklık cevabı üretir. Bu, antijenle antikörün uyuşması halinde antijen nötralize olsun diye antijenle antikörün birleşmesine sebep olur. Antijen antikörle yeteri derece de uyuşursa, antikörün B hücresi uyarılmış olur ve bağışıklık ağına dahil olan mutasyona uğramış klonlar üretilebilir. Bağışıklık sistemindeki farklılaşma, en az uyarılmış B hücrelerinin %5'inin günlük olarak ölmesi ve bunların kemik iliği tarafından tamamen yeni üretilen eşit sayıda B hücreleri ile yer değiştirmesi sayesinde sağlanır. Bu yeni üretilen B hücreleri, ancak ağda bulunan mevcut hücrelerle benzerliğe sahipse ağa dahil edilirler yoksa ölürler. ([www.bilimvesaglik.com/vucudumuz/bagisiklik-sistemi/bagisiklik-mekanizmaları.html](http://www.bilimvesaglik.com/vucudumuz/bagisiklik-sistemi/bagisiklik-mekanizmaları.html))

## YAPAY BAĞIŞIKLIK

### 3.1 Yapay Bağışıklık Algoritmalarının Tarihsel Gelişimi

Yapay bağışıklık algoritmalarının üç temel sınıfının tarihsel gelişimi sırasıyla bölümler halinde özetlenmiştir.

#### 3.1.1 Klonal seçime dayalı algoritmaların tarihsel gelişim süreci

Klonal seçim algoritması; antijen tanıma, hücre klonlama, ve hafıza hücrelerinin farklılaştırılması işlemlerinin bütünüdür (Burnet,1959). Bazı yapay bağışıklık algoritmaları Klonal Seçim teorisinden esinlenilerek geliştirilmiştir.

Castro ve Zuben 2002 yılında öğrenme ve optimizasyon işlemleri için CLONALG olarak isimlendirdikleri bir klonal seçim algoritması önerdiler. CLONALG algoritması, optimizasyon işlemleri için rastgele, N elemanlı antikor popülasyonu üretir. Her bir iterasyon boyunca, yeni aday popülasyonu oluşturmak için, eldeki en iyi antikorların bir kısmı seçilir, klonlanır, mutasyona tabii tutulur. En iyi antikorların önceden belirlenmiş belli bir yüzdesi başlangıç (orijinal) popülasyonuna eklenir. Bu işlemler sonunda bir önceki jenerasyonun en kötü antikorlarının belli bir yüzdesi rastgele üretilen yeni antikorlarla yer değiştirir.

In Rouchen 2003'de Monoklonal Bağışıklık Strateji Algoritmaları (IMSA) ve Poliklonal Bağışıklık Strateji Algoritmaları (IPSA)'yı içeren bir Bağışıklık Klonal Strateji Algoritmasını (ICS) tanıtmıştır. ICS çok amaçlı optimizasyon problemlerinin çözümünde kullanılır. Aynı sene Zuo ve Li fonksiyonların optimizasyon problemlerinde kullanılmak üzere Kaotik Yapay Bağışıklık Algoritmasını (CAIF) önerdi. Bu algoritma, bölgesel araştırmalarda (local search) ve çözüm yollarının bulunması gibi çeşitli kaotik durumlarda kullanılmıştır.

2004 yılında Garrett, Castro ve Zuben'in CLONALG algoritmasından uyarlayarak Adaptif Klonal Seçim (ACS) algoritmasını tanımlamıştır.

Liu ve arkadaşları 2004 senesinde başka bir adaptif klonal seçim algoritması geliştirmiştir. Adaptif bir Bağışıklık Klonal Strateji Algoritması (AICSA) ismiyle nümerik optimizasyon problem çözümlerinde kullanılmak üzere bu algoritmayı ortaya koymuştur. 2004 yılında Yu ve Hou CLONALG algoritmasına dayalı olarak bir klonal seçim algoritması geliştirmiştir. Bunun amacı; CLONALG'nin öğrenme mekanizmasını artırıp, elde edilen verim oranını geliştirmek için bir “A Learning Operator “ tanımlamaktır. Camples ve arkadaşları (2005) Elektromanyetik dizayn optimizasyonları için Real-Coded Klonal Seçim Algoritmasını (RCSA)'ı öne sürmüştür. Cutello 2005 yılında; OPT-IA adını verdiği genel ölçekli optimizasyon problemlerinin çözümünün devamı niteliğinde bir mantıksal bağışıklık algoritması tanımlamıştır.

2006 yılında Bia ve Qui en uygun phasor ölçü birimi (PMU) yerleşimi için bir klonal algoritma uyarladılar. CLONALG algoritmasının; yeniden oluşturma, hipermutasyon olasılığı, desteklenmiş popülasyonun devir (tur) sayısı ile uyumludur. Bu uygulamalar minimum hatadan kaçınmaya ve optimizasyon işlemlerini geliştirmeye yardımcı olur. Cutello 2006'da OPT-IMMAlg olarak adlandırdığı OPT-IA' dan geliştirmiş olduğu yeni bir versiyon tanımladı. Bu algoritmadaki temel düzenlemeler, önceden belirlenmiş orantılı hipermutasyon işleminin aksine Real-Coded olarak tanımlanmış yenisiyle, ikilik sistemdeki gösteriminde oluşan yeniliktir.

Gong ve arkadaşları 2007'de yeni bir mutasyon yöntemi olan ve CLONALG temeline dayalı olarak geliştirdiği klonal seçim algoritması Self Adaptif Kaotik Mutasyonu tanımladı. Gong 2007'de genel ölçekli optimizasyon problemlerinin çözümü için daha farklı bir Bağışıklık Klonal Seçim Algoritması (DICSA)'yı önerdi.

Dabrowski ve Kubale 2008'de grafik renklendirme problemlerinin çözümü için klonal seçim algoritmasına paralel bir sunum ortaya koydu. Yine 2008'de Lu ve Zhichun çoklu fonksiyon modelleri için Klonal Kaos Adjustment Algoritma (CCAA) tanımladılar. Bu ve bunun gibi daha birçok Klonal Seçim Temelli algoritma literatürde tanımlanmıştır. Bunlardan bazıları; Jian (2007), Hu ve arkadaşları (2007), Chen (2007), Zhang ve arkadaşları (2007), Li ve arkadaşları (2008), Qiao ve arkadaşları (2008) ve Yang ve arkadaşları (2008)'dir. (Al-Enezi & al.,2010,s.119-120)

### 3.1.2 Negatif seçim teorisinin tarihi gelişimi

Negatif Seçim Algoritması da var olan birçok yapay bağışıklık sisteminin de geliştirildiği gibi doğal bağışıklık sisteminden esinlenilerek oluşturulmuş bir mekanizmadır. Bağışıklık sistemindeki T hücrelerinin olgunlaşma işlemi şöyledir; Timus'da yer alan bir T hücresi kendi hücrelerinden hiç biri tarafından tanınmıyorsa bağışıklık mekanizmasına katılmadan elenir. Yine benzer biçimde, negatif seçim algoritması dedektör takımın; aday dedektörün kendi örneklem takımının içinden, bir grup elementle karşılaşması sonucunda hiç elenmeyen dedektörler tarafından oluşturulur. Negatif seçime dayalı algoritmalar anomali bulucu (tanıyıcı) gibi, çeşitli uygulama alanlarında kullanılır.

Forrest 1994'te bir negatif seçim algoritması ileri sürmüştür. Forrest'in, dedektör takımın üretilmesiyle ilgili ileri sürdüğü esas fikir; ilk olarak rastgele adayların oluşturulması sonra bunların kendi gibi diğer adaylarla karşılaştırılması ve tanıyanların atılması ve son olarak da geriye kalanların anomali yakalamada kullanılabilmesini öngörür.

Ayara ve arkadaşları 2002'de NS Mutasyon algoritmasını sundu.

Gonzalez ve Cannady 2004 senesinde anomali buluculuğu için negatif seçim yaklaşımı öne sürdüler. Bu algoritma temel olarak iki aşamadan oluşur; başlangıç popülasyonunu oluşturmak ve popülasyonun evrimi.

Igawa ve Ohashi 2008 senesinde çoklu sınıf sınıflandırmaları için yapay "Negatif Seçim Sınıflayıcı" ( ANSC ) ismiyle yeni bir negatif seçim algoritması önerdiler. Bunun gibi başka negatif seçim algoritmaları da geliştirilmiştir. Zong ve Xia 2007 yılında, Zhengbing 2008 de bunlardan bazılarını geliştirmişlerdir. (Al-Enezi & al.,2010,s.120)

### 3.1.3 Yapay bağışıklık ağ modellemelerinin tarihsel gelişimi

1974'de Jern tarafından ileri sürülen Bağışıklık Ağ teorisine dayalı olarak; çoğu araştırmacı farklı uygulama alanlarındaki problem çözümleri için bağışıklık ağ teorisinin konsept ve fikirlerini, geliştirmiş oldukları modellerde kullanageldiler.

Bu alandaki öncü çalışma 1994 yılında Ishipuro tarafından yapılmıştır. Hunt ve Cooke 1996'da, çoğu araştırmacı da bu tarihlerden sonra literatürde yer alan çoğu modelin geliştirilmesine yönelik ilham vermişlerdir. Bu çalışmaları takiben Dasgup'da 2003 yılında kendi çalışmasını tamamlamıştır. Buradan sonraki kısımda

2003-2008 yılları arasına odaklanmak üzere literatürde yer alan bağışıklık ağ modeller

modellerinin bir kısmının özeti yapılacaktır.

Timmis 2000 senesinde veri analiz problem çözümlerinin performansına yönelik bir Artificial Immune Network (AINE) tanımlamıştır. Castro ve Zuben 2000 yılında veri analiz problemleri için aiNET model geliştirdi. Buna göre antikör popülasyonu öklit uzaklığına göre oluşturulur ve AINE'le benzer özellikleri olması yanında ondan farklı olarak burada antikör klonlaması ve seçim işlemleri bağışıklık ağ yapısının bir parçası değildir.

Timmis ve Neal 2001'de AINE'ne dayalı olarak bir Resource Limited Artificial Immune System (RLAIS) geliştirdi. Neal 2001'de RLAIS'a dayalı, zamanla değişen verilerin analizinin devamı niteliğinde, Self-Stabilizing Artificial Immune System (SSAIS)'ı sundu. RLAIS'dan farklı olarak, kaynakların sayısı sınırsızdır.

Castro ve Timis (2002a) aiNet'e dayalı aiNet modellerinin hiyerarşisini önerdi. Castro ve Timis (2002b) aiNet modeline dayalı Çok Modelli Fonksiyon optimizasyonları için opt-aiNet'i sundular. Bu çalışmada öne çıkan özellikler; popülasyon boyutu, kısmi ve genel araştırmaların birlikteliği, durdurma kriter tanımının ve en uygun kısmi(lokal) sonuçların konumlandırma ve koruma süreklilik yeteneğinin iyileştirilmesi. Knight ve Timmis 2002'de çok katmanlı yapay bağışıklık sistemi (MLAIS)'ı tanımladı.

Neal 2003'de çok değişkenli veri analizleri için SSAIS'ın değişik bir versiyonu olan Meta-Stable Memory Immune System olarak isimlendirdiği bir algoritma tanımladı. Bu model, SSIAS'a benzer biçimde uyarım fonksiyonu ve kaynak tahsisi mekanizmasında kullanılır. Farklılık ise, sistemin eşik etkililiğine göre arabuluculuğuyla; birincil yanıtın klonlama işleminde kullanılmasındadır. Ancak mutasyon işleminde bu durum göz önünde bulundurulmaz. Nosrou'i 2003 yılında bir gürültülü veri akımındaki sayısı bilinmeyen gelişen kümelerin tespiti için bir TECNO-STREAMS model tanımladı. Bu model bir kümeyi (örneklem) modelleyebilir; rastgele bir biçimde değişik tipteki B hücrelerini de tek tip halinde sunumlayabilir. Secker 2003'de E-mail sınıflandırmaları (AISEC) için bir yapay bağışıklık sistemi tasarladı. Alonso ve arkadaşları 2004'de, aiNet modelini temel alarak, Iterated Prisoner's Dilemma (IDP)'i sürdüren etkeni somutlaştırmak için bir yaklaşım önerdi. Yine Bently ve Timmis, Lui ve Luh da 2004 yılında bu algoritma üzerine çalışmalar yapmışlardır.

Franca ve arkadaşları (2005), dopt-aiNet ismiyle bir algoritma önerisinde bulundular.

2006'da Qiao ve Jianping "A Immune Based Network Intrusion Detection" (AINIAS) adıyla bir sistem önerdiler. Tian ve arkadaşları (2006)'da fonksiyonların optimizasyon problemleri çözümü için bir aiNet algoritması düzenlediler.

2007'de Graff ve Engel Brecht veri kümeleme işlemi için Local Network Neighborhood Artificial Immune System (LNNAIS)'ı tanımladılar. Hao ve Cai-Xin (2007) senesinde güç transformatörlerinin hata teşhisleri için (AINC) bir Artificial Immune Network Classification algoritma(AINC) önerdiler. Zhang ve Yi 2007 senesinde veri kümeleme ve sınıflandırmaları için " a Tree Structured Artificial Immune Network" (TSAIN) önerdiler. Bu model, bir diğerinden kopyalandıktan hemen sonra iki antikor arasında topolojik bir bağlantı kurar ve bu bağlantı kurulumu için "eşik" benzerliğine ihtiyaç yoktur. Dört evreden oluşur; klonal seçim, antikor iş birliği, antikor bastırma (suppression) ve topoloji güncelleme evresi. İlk iki aşama; ağ ile öz-organizasyon yeteneği sağlar. Ağ topolojisiyle, ağ topoloji kümelerinin dağıtımının kararlılığının sağlanmasıyla topoloji ve baskılama güncellenir. Liu, 2007'de, çok modelli fonksiyon optimizasyonları için " a Chaos Immune Network (CIN) " algoritması ileri sürdü. 2007'de Huang ve Jiao; bir Artificial Immune Kernel Clustering Network (IKCN)'yi denetimsiz görüntü (image) bölümleri için sundular.

Liu ve arkadaşları ise (2008) yılında bu konuda çalışmalar yapmışlardır. (Al-Enezi & al.,2010,s.120-122)



## 4. KLONAL SEÇİM YÖNTEMİ

### 4.1 Klonal Seçim Teorisi

Adaptif bağışıklık sistemi tarafından kabul edilebilir herhangi bir molekül antijen (Ag) olarak bilinir. Bir hayvan bir antijene maruz kaldığı zaman kemik iliği kökenli hücreleri antikolar üretmek üzere tepki verir. Öncelikle B hücrelerinin yüzeyine bağlı antikor molekülleri olmak üzere bu antikoların amacı; antijeni tanımak ve antijene bağlanmaktır. Her bir B hücresi nispeten spesifik bir antijen için tek tip (single) bir antikor salgılar. Bu antikora bağlanarak ve T-yardımcı hücreleri gibi, yardımcı hücrelerden ikinci bir sinyalle; antijen B hücrelerini uyarır ve bu hücreler çoğalır ve terminal antikor salgılayan hücrelerin içindeki olgunlaşmış olanlar plazma hücreleri olarak adlandırılır.

Tek tip bir hücrenin döllerinden bir hücre veya hücreler grubu gibi hücre bölünmesi klon üretiminin bir sürecidir. Plazma hücreleri içinde çoğalan farklılaşan B hücreleri bunlara ek olarak uzun ömürlü B hafıza hücrelerini de ayırabilirler. Hafıza hücreleri kan, lenfler ve dokular yoluyla vücudumuzda dolaşırlar. (Castro, N. de. L., Zuben, Von, J.F., 2002, s.239)

*Klonal seçim teorisinin temel işlem basamaklarını kısaca şöyle gösterebiliriz;*

- Antijen (Ag) ile uyarılmış hücrelerin çoğalma ve farklılaşması,
- Hızlandırılmış somatik mutasyonun bir formu tarafından (benzerlik olgunlaşması olarak adlandırılan işlem) antikor örneklerinden (numunelerinden) farklı olarak sonradan rastgele genetik değişikliklerle yeni üretimler,
- Farklılaştırılmış yeni lenfositlerin değerlendirilip, düşük afiniteli antijenik reseptörlerin yerine taşınması. (Castro, N. de. L., Zuben, Von, J.F., 2002, s.239-240)

### 4.2 Klonal Seçim Algoritması ve Sayısal Yönleri

Ana bağışıklık özellikleri dikkate alınarak geliştirilen bu algoritma;

- Özel bir hafıza setinin saklanması,
- En çok uyarılmış Ab'nin belirlenmesi ve klonlanması,
- Uyarılmamış Ab'lerin ölümü,
- Benzerlik olgunlaşması ve
- Antijenik benzerliğiyle orantılı olarak klonların yeniden seçilmesi, üretimi ve çeşitliliğinin korunması.

ClonalG; temel olarak dizelerin iki popülasyonundan oluşur; antijenlerin bir Ag seti ve antikorların bir Ab seti çalışılan alana göre (optimizasyon veya model tanıma) birkaç alt setler içinde dağılmış olabilir. Anlatımda kullanılacak olan temel simgeler ve anlamları;

1- Ab: Bazı farklı alt setler içinde dağılmış olan, eldeki antikor popülasyonu.

$(Ab \in S^{N \times L}, Ab = Ab\{r\} \cup Ab\{m\}, r+m=N)$ ;

S:  $S_{ij}$  Ab-Ab yakınlığı ile oluşan eleman;

N: Klonlama ve mutasyon için seçilen en yüksek benzerlik hücreleri n.

L: Vektör uzunluğu

$Ab\{m\}$ : Hafıza hücreleri popülasyonu.  $(Ab\{m\} \in S^{m \times L}, m \leq N)$ ;

$Ab\{r\}$  : Ab popülasyonundan kalanlar  $(Ab\{r\} \in S^{r \times L}, r = N - m)$ ;

$Ab_j\{n\}$ :  $Ag_j$ 'le en yüksek benzerliğe sahip Antikor.  $(Ab_j\{n\} \in S^{n \times L}, n \leq N)$ ;

$Ab\{d\}$  :  $Ab\{r\}$  popülasyonu içinden Ab'lere en düşük benzerliğe sahip "d" tanesinin Ab'lerin içinden "d" tanesiyle yenilenmesiyle oluşan yeni bir "d" seti.

2-  $Ag\{M\}$ : Antijenlerin "M" popülasyonu olarak tanımlanır.  $(Ag\{M\} \in S^{M \times L})$ ;

3-  $f_j$ : Antijen  $Ag_j$ 'le tüm Ab'lerin benzerlik ilişkisini içeren vektör;

4-  $C_j$ :  $Ab_j\{n\}$  ( $C_j \in S^{N_c \times L}$ )'den  $N_c$  tane klonlamadan oluşturulan popülasyon. Hipermutasyon işleminin ardından bu popülasyon  $C_j^*$  olarak ifade edilecektir.

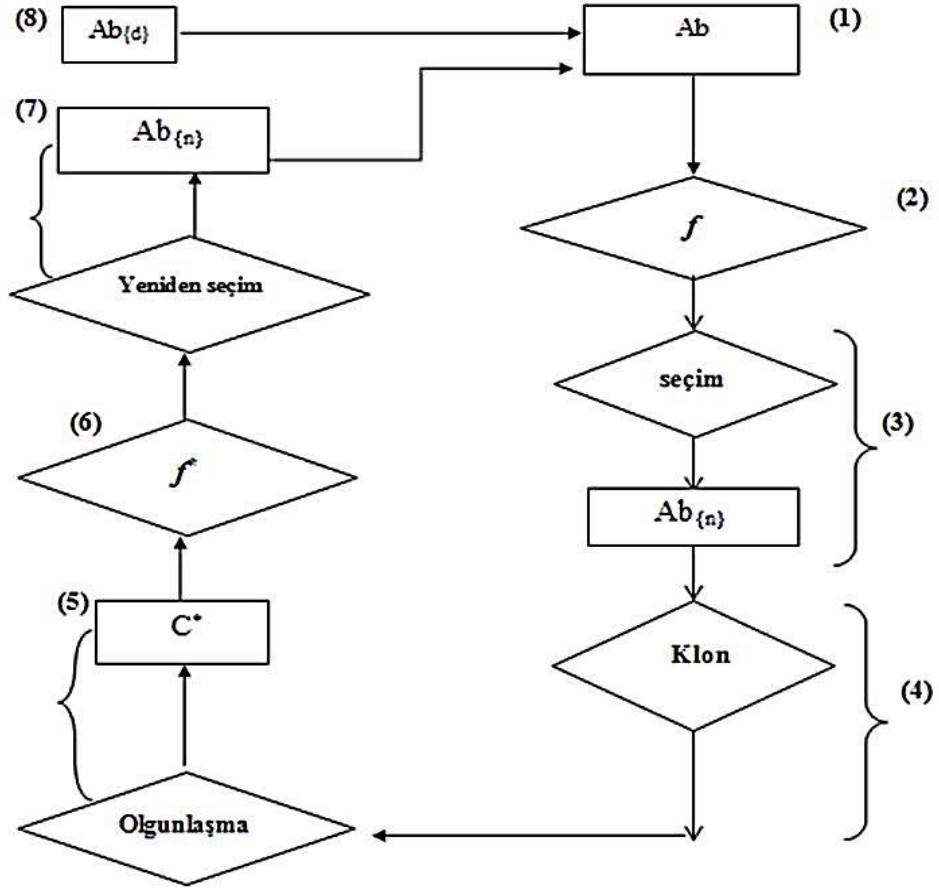
5-  $Ab_j^*$ :  $C_j^*$  içindeki Ab'nin hafıza havuzuna katılmaya adaylar. (Castro, N. de L., Zuben, V., J., F., 2002, s.243)

*Algoritma Temel İşleyiş Basamakları ve Akış Şeması:*

- 1- İlk adımda, tanınacak belli bir antijen popülasyonu olmadığı için, tüm antikor popülasyonu, antikor hafıza setini oluşturacak ve bu yüzden farklı bir hafıza dizisi sürdürmeye gerek kalmayacak.
- 2- Popülasyondaki tüm antikorların, birbiriyle olan antijenik benzerliğini içeren  $f_j$  vektörü tanımlanır.

- 3-  $A_{g_j}$  ile ilişkili olan yüksek benzerlikli  $Ab$ 'lerden bir dizi yeni  $Ab_j^*$  oluşturmak için,  $Ab$ 'lerin arasından en yüksek benzerliği gösteren  $n$  tanesi seçilir.
- 4- Seçilen bu  $n$  tane  $Ab$ 'leri birbirinden bağımsız ve benzerlikleriyle orantılı olarak, klonlayıp bir  $C_j$  dizisini oluşturulur. Yani antijenik benzerlik ne kadar yüksekse o  $Ab$ 'den üretilen klonların sayısı da o kadar fazla olacaktır.
- 5-  $C_j$  popülasyonu mutasyona uğramış klonlardan  $C_j^*$  popülasyonu üreterek, antijenik benzerliğe ters orantılı olarak bir benzerlik mutasyonuna tabii tutulur (hipermutasyon). Benzerlik oranı ne kadar yüksekse mutasyona uğrama oranı o kadar azalır.
- 6-  $A_{g_j}$  antijeniyle ilişkili olarak mutasyona uğramış  $C_j^*$  klonlarının  $f_j^*$  benzerliği tanımlanır.
- 7- Bu adımda, en iyi tek bir  $Ab_j$  seçimi yerine  $n$  tane  $Ab$  seçilerek  $Ab$  seti oluşturulur.
- 8- Son olarak,  $A_{g_j}$  ile benzerlik derecesine bağlı olarak  $Ab_{(r)}$  elemanları bu yeni setle karşılaştırılır ve en düşük  $d$  tanesi atılarak bu setten en yüksek  $d$  tanesi alınıp  $Ab_{(r)}$  yeniden oluşturulur. (Castro N, de, L., & Zuben, Von, J., F., 2002, s.243)

Şekil 4.1' de klonal seçim algoritmasının akış diyagramı görülmektedir.



Şekil 4.1. Optimizasyon Uygulamaları İçin ClonalG Seçim Algoritması Akış Şeması.

(Castro N, de, L., & Zuben, Von, J., F., 2002, s.244)

## 5. BULANIK KÜME TEORİSİ

### 5.1 Bulanık Kümeler

Üyelik derecesi  $[0,1]$  aralığına genişlemiş, geleneksel küme uzantısı olan kümelerdir. Bulanık kümelerin, geleneksel kümelerden ayrılan yönlerinin üzerinde durmak üzere öncelikle küme, küme elemanları (öge, üye), evrensel küme ve özelliklerini kısaca tanımlanacak olursa;

#### *Küme*

İyi tanımlı nesnelere topluluğuna veya sınıfına denir.

#### *Küme Elemanları*

Bir kümeyi oluşturan nesnelere her birine denir.

#### *Evrensel Küme*

Üzerinde çalıştığımız kümelerin her birini alt küme olarak kabul eden en geniş küme olarak tanımlanabilir.

#### *Geleneksel Küme*

Evrensel kümedeki nesnelere ortak özelliklerine göre bir araya getirilmesi işlemi olarak da tanımlanabilir. Evrensel kümede yer alan nesnelere belirlenen özellikleri karşılıyorsa kümeye üye olarak, karşılamıyorsa üye olmayanlar olarak sınıflandırılırlar. Yani geleneksel bir kümede elemanlar mantıkta yer alan 2'ye bölme kuralına (1 veya 0; doğru veya yanlış; evet veya hayır) uygun olarak belirlenir. Geleneksel kümeler; listeleme, ortak özellik belirleme, üyelik fonksiyonu yöntemleriyle gösterilebilir. Peki bulanık kümeler neden ortaya çıkmıştır? Geleneksel kümelerde, kümeye üye olanlar ve olmayanlar arasındaki ayrım esnek olmayan ve sert bir yapıdadır. Yani geleneksel kümelerdeki küme üyeliği arasındaki geçiş 0'dan 1'e ve 1'den 0'a kesikli bir durumdadır. Çünkü evrensel kümede yer alan nesnelere, bu evrensel kümenin herhangi bir alt kümesine üyeliğini belirleyen ifade

veya sınır koşulu; net bir şekilde tanımlanır. Ancak bazı kümeler yapısı gereği geleneksel anlamda oluşturulmaya uygun değildir. Canlı, cansız; erkek, dişi; çift sayı, tek sayı gibi ifadeler geleneksel kümeler ve bu kümelere dayanarak oluşturulan önermeleri ifade etmek için uygunsuzsa da bazı kümelerin çok net sınırlarla ifade edilmesi gerçekçilikten uzaklaşmaya neden olur. Örnek; belli bir topluluktaki insanları; genç olanlar-olmayanlar, fakir olanlar-olmayanlar, zeki olanlar-olmayanlar gibi net şekilde ikiye ayırmaya kalkışmak – geleneksel kümelere bunun için küme üyeliğini belirleyecek olan başlangıç değerinin tanımlanması gerekir - sağlıklı sonuçlar vermemektedir. İşte bu noktada bulanık kümeler devreye girmektedir. Geleneksel ve bulanık kümeler sınır koşulu ve üyelik derecesi anlamında karşılaştırılırlar. Bulanık kümelere geleneksel kümelerin aksine küme üyeliğini belirleyen sınır koşulunun esnetilmesine izin verilir. Bu esnemenin boyutu yeni noktanın konumuna bağlıdır. Sınır koşulu esnetilmeden önce koşulun oluşturduğu sınırın içinde bulunan elemanlar 1 üyelik derecesiyle kümenin elemanıdır. Ancak koşul yumuşatılıp, sınır esnetilmeye başladıkça kümeye dahil olmaya veya kümenin içine girmeye başlayan yeni elemanlara 0 ve 1 gibi net değerler yerine 0 ile 1 arasındaki üyelik dereceleri verilir. Kümeye dahil olan yeni elemanların üyelik derecesi sınır koşulunun esnetme mesafesiyle ters orantılı olarak açıklanabilir. Yani daha az miktarda esnemeyle kümeye dahil olabilen yeni elemanların üyelik derecesi, koşulun daha fazla miktarda esnemesine bağlı olarak kümeye dahil olabilen yeni elemanların üyelik derecelerinden daha yüksek olur. Sınır koşulunda yapılan belli esnetmeye rağmen hala küme dışında kalan nesnelere ise 0 üyelik derecesi verilir. Bulanık küme, sınır koşulları esnek olarak tanımlanan bir kümedir. Bulanık küme teorisi, kısmi üyeliğe izin vererek geleneksel küme yapısını genelleştirir ve küme üyeliği için 0,1 gibi iki net noktanın  $[0,1]$  aralığına genişlemesine olarak tanımlanır. Bulanık bir küme, evrensel kümedeki her elemanın  $[0,1]$  aralığındaki bir sayı ile eşlendiği bir üyelik fonksiyonu olarak şöyle tanımlanır:

$$\mu_{A(x)} \rightarrow [0,1] \quad (5.1)$$

Bulanık kümelerde bir nesnenin üyelik derecesi, 0 ve 1 arasındaki bir sayı ile açıklanır. Burada 0 ilgili nesnenin kümenin üyesi olmadığını, 1 sayıysa nesnenin kümenin tam üyesi olduğunu ve bu iki değer arasındaki herhangi bir sayıysa ilgili nesnenin kümeye üyelik derecesini veya kısmi üyeliğini gösterir. Buna göre, bulanık küme teorisinde kümenin elemanı olmayan nesnelere, kümenin tam elemanı olan nesnelere doğru esnek ve dereceli bir geçişe izin verilir. Bulanık bir küme, bir nesne ve bu nesnenin ilgili kümeye üyelik derecesini gösteren sıralı çiftlerle ifade edilir. (Özkan M. M.,2003,s.6)

$$A = (x, \mu_{A(x)}), \text{ her } x \in U \quad (5.2)$$

Burada, her bir  $(x, \mu_{A(x)})$  çiftine bir bulanık teklik denir.

Bulanık kümeler, tanımlı oldukları evrensel kümeyle ilişkili bir kavram (sözel değişken) ve bu kavramın kullanıldığı ortama göre biçimlenir. (Özkan M. M., Bulanık Hedef Programlama,2003,s.1-6)

Örnek; [-40,50] arasında tanımlı olan “sıcaklık” değişkeni, havanın o anki sıcaklığını gösterebilir. Bu durumda; “sıcaklık” değişkenine ilişkin “ çok soğuk, soğuk, ılık, sıcak, çok sıcak “ gibi beş bulanık kümenin tanımlanması mümkündür. Burada dikkat edilmesi gereken nokta; bu bulanık kümelerin, sıcaklık değerlerinin hava ile ilişkilendirilmesi sonunda oluşturulduğudur. Herhangi başka bir nesne ya da durumun sıcaklığında aynı çıkarımda bulunmak doğru olmaz. Üyelik fonksiyonlarını kesikli-süreklili, parametrik-parametrik olmayan ve simetrik-asimetrik şeklinde sınıflamak mümkündür. Bulanık bir değişkene ilişkin üyelik fonksiyonunun belirlenmesi, rassal bir değişkenin olasılık-yoğunluk fonksiyonunun belirlenmesine benzetilebilir. Bu nedenle, bulanık bir değişkene üyelik fonksiyonu atama süreci, kavramların uygulamadaki anlamına dayanarak sezgisel olarak yapılabilir.

## 5.2 Bulanık Sayılar

Bulanık sayılar, bulanık kümelerin özel bir alt kümesidir. Bulanık kümelerde geçerli olan birleşim, kesişim,  $\alpha$  kesimi, genişleme kuralı gibi küme teorik işlemler bulanık sayılara da kolayca uygulanabilir. 5 civarı, hemen hemen 10, yaklaşık olarak 15, 200'den küçük v.b. kesin olmayan veya yaklaşık sayısal miktarların nitelenmesinde bulanık sayılar oldukça yararlıdır.

Bulanık bir kümenin bulanık bir sayı olabilmesi için, aşağıdaki özellikleri sağlaması gerekmektedir.

- Bulanık küme, dış bükey olmalıdır.
- Bulanık küme, normal bir bulanık küme olmalıdır.
- Bulanık kümenin destek kümesi sınırlı olmalıdır.
- Bulanık kümenin her bir  $\alpha$  kesimi, reel sayı doğrusunun kapalı bir aralığında tanımlı olmalıdır.

Bulanık sayıların üçgensel ve yamuksal olmak üzere 2 özel türü vardır. Bu sayılar, isimlerini üyelik fonksiyonlarının biçimlerinden alır.

- 1) *Üçgensel Bulanık Sayı*: Gerçek sayı doğrusunda tanımlı olan üçgensel bir bulanık sayı, aşağıdaki üyelik fonksiyonuyla parametrik olarak ifade edilirler.

$$\mu_{A(x)} = \mu_A(x; a, b, c) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a} & ; \quad a \leq x \leq b \text{ ise} \\ \frac{c-x}{c-b} & ; \quad b \leq x \leq c \\ 0 & ; \quad x \geq c \text{ veya } x \leq a \text{ ise} \end{cases} \quad (5.3)$$

Burada b parametresi üyelik derecesinin 1'e eşit olduğu noktayı verir ve mod (tepe) değer olarak yorumlanır. a ve c parametreleri ise, üçgensel bulanık bir sayının kanat açıklıklarını veya üyelik derecesinin 0 olduğu noktaları gösterir.

- 2) *Yamuksal Bulanık Sayı*: Reel sayılar üzerinde tanımlı olan, yamuksal tanımlı olan, yamuksal bir bulanık sayı, aşağıda verilen üyelik fonksiyonu ile parametrik olarak ifade edilirler.

$$\mu_{A(x)} = \mu_{A(x)}(x; e, f, g, h) = \begin{cases} \frac{x-e}{f-e} & ; \quad e \leq x \leq f \text{ ise} \\ 1 & ; \quad f \leq x \leq g \\ \frac{h-x}{h-g} & ; \quad g \leq x \leq h \\ 0 & ; \quad x \geq h \text{ veya } x \leq e \end{cases} \quad (5.4)$$

Burada e ve h parametreleri yamuksal bir bulanık sayının kanat açıklıklarını veya üyelik derecesinin 0 olduğu elemanları gösterir. f ve g parametreleri ise, bu sayının kernel kümesini gösterir. Kernel kümesi; üyelik fonksiyonunda 1 üyelik dereceli elemanların bir araya getirildiği bir kümedir. Dolayısıyla; yamuksal bir bulanık sayının kernel kümesinin alt sınırı f parametresiyle, üst sınırıysa g parametresi ile gösterilir. (Özkan M. M.,2003,s.54-56)

### 5.2.1. Bulanık sayılarda işlemler

Bulanık sayılarda  $\alpha$  kesmeleri kapalı aralıklarda olmak üzere;

*Toplama*

$$[a, b] + [c, d] = [a + c, b + d] \quad (5.5)$$

*Çıkarma*

$$[a, b] - [c, d] = [a - d, b - c] \quad (5.6)$$

*Çarpma*

$$[a, b] \times [c, d] = [\min(a \times c, a \times d, b \times c, b \times d), \max(a \times c, a \times d, b \times c, b \times d)] \quad (5.7)$$

*Bölme*

$$\frac{[a,b]}{[c,d]} = [\min(\frac{a}{c}, \frac{a}{d}, \frac{b}{c}, \frac{b}{d}), \max(\frac{a}{c}, \frac{a}{d}, \frac{b}{c}, \frac{b}{d})] \quad c \neq 0, d \neq 0 \quad (5.8)$$

*Ters Alma*

$$[a, b]^{-1} = [\min(\frac{1}{a}, \frac{1}{b}), \max(\frac{1}{a}, \frac{1}{b})]; \quad a \neq 0, b \neq 0 \quad (5.9)$$

*Skaler Sayı k ile Çarpma*

$$k \times [a, b] = [k, k] \times [a, b] = [k \times a, k \times b]; \quad k > 0 \quad (5.10)$$

*Maksimum İşlemi (Birleşim,  $\cup$ )*

$$[a, b] \cup [c, d] = [\max(a \cup c), \max(b \cup d)] \quad (5.11)$$

*Minimum İşlemi (Kesişim,  $\cap$ )*

$$[a, b] \cap [c, d] = [\min(a \cap c), \min(b \cap d)] \quad (5.12)$$

*α Kesim Kavramı:* Sürekli ya da kesikli bir evrensel kümede tanımlı olan bulanık sayıların  $\alpha$  kesim kümeleri, aslında geleneksel ya da başka bir deyişle bulanık olmayan nitelikteki bir aralığı ifade eder. Bu nedenle, bulanık sayıların gerçel sayı doğrusu üzerindeki bulanık olmayan aralıkları,  $\alpha$  kesimlerine göre belirlenebilir. Bulanık bir sayının  $\alpha$  kesimleri şöyle bulunur;

$$A_\alpha = \{ x \in U \mid \mu_{A(x)} \geq \alpha \} \text{ ve } \alpha \in (0,1] \quad (5.13)$$

Bulanık sayılarla yapılan temel cebirsel işlemlerde yeni bir bulanık sayı (küme) oluşur. Yani bulanık sayılarla yapılan cebirsel işlemler, geleneksel durumdaki aritmetik işlemlerinin bulanıklaştırılması olarak da düşünülebilir. Ancak geleneksel durumdaki bazı özellikler, bulanık sayılarda geçerli değildir. Örneğin; geleneksel durumda ;“(7 – 3) + 3” ifadesi 7 ile sonuçlanmasına rağmen bulanık bir durumda “ $y = (7 - 3) + 3$ ” ifadesi 7 ile sonuçlanmayabilir. Diğer bir ifadeyle 7 ve  $y$  sayılarının üyelik fonksiyonları, elemanlar ve/veya üyelik dereceleri anlamında birbirinden farklı olabilmektedir.

Bulanık sayılarda yapılan cebirsel işlemler için literatürde  $\alpha$  kesim ve genişleme kuralı yaygın şekilde kullanılmaktadır. Sürekli evrensel bir kümede tanımlı olan bulanık sayıların  $\alpha$  kesim kümeleri parametrik olarak ifade edilebilir. Bulanık bir sayının  $\alpha$  kesim kümesi hesaplanırken, bulanık sayıya ilişkin üyelik fonksiyonunun verilen  $\alpha$  değerine eşitlenmesi yeterlidir. Buradan oluşturulan denklemin çözülmesiyle bir üst dilimde ( $\alpha$  kesim kümesinde ) yer almayan elemanlar belirlenir. Diğer bir deyişle  $\alpha$  kesim kümesinin alt ve üst sınırı belirlenir. . (Özkan M. M.,2003,s.62-64)

### 5.2.1.1 Bulanık sayılarda cebirsel işlemler

#### *Alfa Kesimleri ve Aralık Aritmetiği*

A ve B gibi iki bulanık sayıya uygulanan cebirsel işlemler yeni bir bulanık sayıyla sonuçlanır. A ve B bulanık sayılarının  $\alpha$  kesimleri;

$$A_\alpha = [ a_1^{(\alpha)}, b_1^{(\alpha)} ] \text{ ve } B_\alpha = [ b_1^{(\alpha)}, b_2^{(\alpha)} ]$$

Olmak üzere; bu sayıların  $\alpha$  kesimleri arasında aşağıdaki verilen ilişkiler oluşturulabilir. (Özkan M. M.,2003,s.66-67)

$$(A + B)_\alpha = A_\alpha + B_\alpha = C_\alpha \quad (5.14)$$

$$(A - B)_\alpha = A_\alpha - B_\alpha = D_\alpha \quad (5.15)$$

$$(A \times B)_\alpha = A_\alpha \times B_\alpha = E_\alpha \quad (5.16)$$

$$(A \div B)_\alpha = A_\alpha \div B_\alpha = F_\alpha \quad (5.17)$$

$$C_\alpha = [ a_1^{(\alpha)} + b_1^{(\alpha)}, a_2^{(\alpha)} + b_2^{(\alpha)} ] = [ c_1^{(\alpha)}, c_2^{(\alpha)} ] \quad (5.18)$$

$$D_a = [a_1^{(a)} - b_2^{(a)}, a_2^{(a)} - b_1^{(a)}] = [d_1^{(a)}, d_2^{(a)}] \quad (5.19)$$

$$E_a = [a_1^{(a)} \times b_1^{(a)}, a_2^{(a)} \times b_2^{(a)}] = [e_1^{(a)}, e_2^{(a)}] \quad (5.20)$$

$$F_a = [a_1^{(a)} \div b_2^{(a)}, a_2^{(a)} \div b_1^{(a)}] = [f_1^{(a)}, f_2^{(a)}] \quad (5.21)$$

### Aralık aritmetiği

Aralık aritmetiği hakkında kısaca bilgi verecek olursak;

$[a_1, b_1]$  ve  $[a_2, b_2]$  iki kapalı, sınırlı, reel sayıların aralığı olsun. \* işareti çarpma, bölme, toplama veya çıkarmayı göstermek üzere;

$$[\alpha, \beta] = \{ a * b / a_1 \leq a \leq b_1, a_2 \leq b \leq b_2 \} \quad (5.22)$$

Bu denklemi sadeleştirecek olursak;

$$[a_1, b_1] + [a_2, b_2] = [a_1 + a_2, b_1 + b_2] \quad (5.23)$$

$$[a_1, b_1] - [a_2, b_2] = [a_1 - b_2, b_1 - a_2] \quad (5.24)$$

$$\frac{[a_1, b_1]}{[a_2, b_2]} = [a_1, b_1] \left[ \frac{1}{b_2}, \frac{1}{a_2} \right] \quad (5.25)$$

$$[a_1, b_1] \times [a_2, b_2] = [\alpha, \beta] \quad (5.26)$$

Burada;  $a = \min \{ a_1a_2, a_1b_2, b_1a_2, b_1b_2 \}$  ve  $\beta = \max \{ a_1a_2, a_1b_2, b_1a_2, b_1b_2 \}$  şeklindedir.

Örnek:  $A = (-3/-2/-1)$  ve  $B = (4/5/6)$  gibi iki üçgensel bulanık sayı olsun. Alfa kesmeleri ve Aralık aritmetiğini kullanarak  $A.B$  'yi tanımlayalım.

Çözüm:  $A[a] = [-3 + a, -1 - a]$ ,  $B[a] = [4 + a, 6 - a]$  buradan aralık aritmetiğine göre;

$$C = A.B \text{ olmak üzere;}$$

$$C[a] = [(a - 3)(6 - a), (-1 - a)(4 + a)], 0 \leq a \leq 1 \text{ şeklinde elde edilir.}$$

### Genişleme Kuralı

İki bulanık sayıya uygulanan toplama, çıkarma, çarpma ve bölme genişleme kuralı ile şöyle hesaplanır;

$$\mu C(z) = \max z = x + y \min(\mu A(x), \mu B(y)) \quad (5.27)$$

$$\mu D(z) = \max z = x - y \min(\mu A(x), \mu B(y)) \quad (5.28)$$

$$\mu E(z) = \max z = x \times y \min(\mu A(x), \mu B(y)) \quad (5.29)$$

$$\mu F(z) = \max z = x \div y \min(\mu A(x), \mu B(y)) \quad (5.30)$$

### 5.3 Bulanık Küme İşlemleri Ve Bulanık Bağlılıklar

#### 5.3.1 Temel bulanık küme işlemleri

Bir örnek uygulama üzerinden bazı temel bulanık küme işlemleri açıklanacak olursa;

$U$  ve  $V$  evrensel kümeler,  $A$  ve  $B$  sırası ile alt kümeler olmak üzere;

$$U = \{1,2,3\} \quad V = \{a,b\}$$

$$A = \{1,2\} \quad B = \{a\}$$

*Kartezyen İşlemi uygulandığında;*

$$U \times V = \{(1, a), (1, b), (2, a), (2, b), (3, a), (3, b)\}$$

$$A \times B = \{(1, a), (2, a)\}$$

*“R” bileşke olmak üzere;*

$R = \{(1, a), (2, a)\}$  olarak hesaplanır.

$$\mu R = ((X, Y)) = \begin{cases} 1, & (x, y) = (1, a) \text{ veya } (2, a) \\ 0, & d. d \end{cases} \quad (5.31)$$

(5.29) ‘da ifade edilen gösterim şekli *fonksiyoneldir*. R’ nin *matriksel* olarak gösterimi ise (5.30)’da verilmiştir.

$$R \begin{vmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{vmatrix} \rightarrow (1, a) (2, a) \quad (5.32)$$

#### 5.3.2 Bulanık bağıntı kümesi

$$\mu R(x, y) = \mu AxB(x, y) = \min(\mu A(x), \mu B(y)) \quad (5.33)$$

Bulanık bağıntı kümeleri (5.31) denklemindeki gibi ifade edilir ve bu  $R(x, y)$  bağıntısı " $x, y$ 'ye benzer" anlamını vermektedir.

Örnek :  $\mu_R(x_3, y_1) = 0,2$  üyelik derecesi bize " $x_3, y_1$ 'e" benzer önermesine ilişkin doğruluk derecesinin 0,2 olduğunu söyler.

#### *Bulanık Bağıntılarda Temel Küme İşlemleri*

$R(x, y)$  ,  $Q(x, y)$  olmak üzere;

$$\text{Kesişim} : \mu_{R \cap Q}(x, y) = \min(\mu_R(x, y), \mu_Q(y, z)) \quad (5.34)$$

$$\text{Birleşim} : \mu_{R \cup Q}(x, y) = \max(\mu_R(x, y), \mu_Q(y, z)) \quad (5.35)$$

$$\text{Tümleme} : \mu_{\bar{R}}(x, y) = 1 - \mu_R(x, y) \text{ 'dir.} \quad (5.36)$$

#### *Bulanık Bağıntılarda Alfa (a) Kesimleri Kavramı*

Bulanık bir bağıntının  $\alpha$  kesimi, üyelik fonksiyon değeri  $\alpha$ 'ya eşit veya daha büyük olan elemanların yer aldığı geleneksel bir bağıntıyı ifade eder.

$$R_\alpha(x, y) = \{(x, y) \in U \times V \mid \mu_R(x, y) \geq \alpha\} \in (0,1] \quad (5.37)$$

#### *Bulanık Bağıntılarda Bileşke İşlemi*

$$R = U \times W$$

$$\rightarrow P = R \circ Q = U \times W \text{ 'dir.} \quad (5.38)$$

$$Q = V \times W$$

#### *Maksimum-Minimum Bileşkesi*

$$\mu_P(x, z) = \max_{y \in V} [\min(\mu_R(x, y), \mu_Q(y, z))] \quad (5.39)$$

#### *Maximum-Çarpım Bileşkesi*

$$P = R \times Q$$

$$\mu_P(x, z) = \max_{y \in V} [\mu_R(x, y) \times \mu_Q(y, z)] \quad (5.40)$$

#### *Maksimum-Ortalama Bileşkesi*

$$\mu_P = R + Q^{(x, z)} = \frac{1}{2} [\max_{y \in V} \{\mu_R(x, y) + \mu_Q(y, z)\}] \quad (5.41)$$

Minimum-Maksimum Bileşkesi

$$\mu_P = R\Delta Q(x, z) = \min \max [(\mu_R(x, y), \mu_Q(y, z))] \quad (5.42)$$

## 6. BULANIK ZAMAN SERİLERİ

### 6.1 Temel Tanım ve Kavramlar

$$U = \{u_1, \dots, u_b\} \quad (6.1)$$

aralıklardan oluşan evrensel küme;

$$A_i = \frac{f_{A_i}(u_1)}{u_1} + \dots + \frac{f_{A_i}(u_b)}{u_b} \quad (6.2)$$

$U$ 'ya bağlı elemanlardan oluşan bulanık küme ve

$f_{A_i}: U \rightarrow [0,1]$  olmak üzere  $f_{A_i}$ ,  $A_i$  bulanık kümesinin üyelik fonksiyonudur.  $f_{A_i}(u_a)$

ise  $u_a$ 'nın  $A_i$ 'ye ait olma derecesidir.

**Tanım 1.**  $Y(t)$ ,  $t = \dots, 0, 1, 2, \dots$  reel değerli zaman serisi olsun. Zaman serisi kurallarına uygun olarak evrensel küme tanımlaması ve parçalaması yapıldıktan sonra  $A_i$ 'lerden oluşan yeni zaman serisi  $F(t)$ 'ye bulanık zaman serisi adı verilir.

**Tanım 2.**  $F(t)$ 'nin yalnız  $F(t - 1)$ 'den etkilendiği kabul edilen bulanık zaman serilerine birinci dereceden bulanık zaman serisi adı verilir. Buna göre birinci dereceden bulanık zaman serisi öngörü modeli

$$F(t - 1) \rightarrow F(t) \quad (6.3)$$

şeklinde ifade edilir.

**Tanım 3.**  $F(t)$  bulanık zaman serisi olmak üzere  $F(t), F(t - 1), F(t - 2), \dots, F(t - n)$ 'den etkileniyorsa bu durum;

$$F(t - n), \dots, F(t - 2), F(t - 1) \rightarrow F(t) \quad (6.4)$$

şeklinde gösterilir ve bu gösterim şekline n.dereceden bulanık zaman serisi öngörü modeli denir.

**Tanım 4.**  $F$  ve  $G$  iki bulanık zaman serisi olsun.  $F(t - 1) = A_i$ ,  $G(t - 1) = B_k$  ve  $F(t) = A_j$  olsun. İki değişkenli bulanık mantık ilişkisi;

$$A_i, B_k \rightarrow A_j \quad (6.5)$$

olarak gösterilir. Bu ilişkiye dayalı olarak birinci dereceden iki değişkenli bulanık zaman serisi öngörü modeli aşağıdaki gibi gösterilir.

$$F(t-1), G(t-1) \rightarrow F(t) \quad (6.6)$$

**Tanım 5.** F ve G iki bulanık zaman serisi olsun.  $F(t)$  bulanık zaman serisi  $(F(t-1), G(t-1)), (F(t-2), G(t-2)), \dots, (F(t-n), G(t-n))$  gecikmeli zaman serilerinden etkileniyorsa bulanık mantıksal ilişki;

$$(F(t-1), G(t-1)), (F(t-2), G(t-2)), \dots, (F(t-n), G(t-n)) \rightarrow F(t) \quad (6.7)$$

Şeklinde gösterilir ve n.dereceden 2 değişkenli bulanık zaman serisi öngörü modeli olarak isimlendirilir. Bu gösterimde  $F(t)$  ve  $G(t)$  sırasıyla ana değişken(faktör) ve ikincil değişken bulanık zaman serileri olarak adlandırılır.

**Tanım 6.**  $F$  ve  $G_1, G_2 \dots G_{(k-1)}$  k adet bulanık zaman serisi olmak üzere  $F(t)$  bulanık zaman serisi

$$(F(t-1), G_1(t-1)G_2(t-1) \dots G_{k-1}(t-1)), \dots, (F(t-n), G_1(t-n)G_2(t-n) \dots G_{k-1}(t-n))$$

gecikmeli bulanık zaman serilerinden etkileniyor ise bulanık mantık ilişki;

$$(F(t-1), G_1(t-1)G_2(t-1) \dots G_{k-1}(t-1)), \dots, (F(t-n), G_1(t-n)G_2(t-n) \dots G_{k-1}(t-n)) \rightarrow F(t) \quad (6.8)$$

şeklinde gösterilir ve k değişken n.dereceden bulanık zaman serisi öngörü modeli olarak adlandırılır. Burada  $F(t)$  ve  $G_i(t)$  sırasıyla ana değişken ve ikincil değişken bulanık zaman serileri olarak adlandırılır. ( $i = 1, 2, \dots, k-1$ ) (İnceoğlu, E., 2010, s.12-14)

**Örnek :** Yıl içindeki hava sıcaklık değerleri  $U = [-30, 40]$  kapalı aralığında değişen A şehrinin; sıcaklık değerleri evrensel kümesini; bulanık kümelere ve bu bulanık kümelere karşılık gelen sözel değişkenlere göre tanımlanacak olursa;

**Çözüm:**

$U = [-30, 40]$  kapalı aralığına sahip evrensel küme; eşit aralık uzunluğuna sahip olacak şekilde, keyfi olarak belirlediğimiz 7 alt aralığa parçalsın.

$$u_1 = [-30, -20], u_2 = [-20, -10], u_3 = [-10, 0], u_4 = [0, 10]$$

$$u_5 = [10, 20], u_6 = [20, 30], u_7 = [30, 40]$$

Bulanık kümeler, aralık sayısı kadar değer için tanımlanır.

$A_1$ : Çok Çok Soğuk,  $A_2$ : Çok Soğuk,  $A_3$ : Soğuk,  $A_4$ : Normal,  $A_5$ : Sıcak,  $A_6$ : Çok Sıcak,  $A_7$ : Çok Çok Sıcak;

Bulanık kümeler, sezgisel olarak belirlenen üyelik değeri (0.5) ile ait oldukları bulanık aralıklarla tanımlanacak olursa;

$$A_1: \frac{1}{u_1} + \frac{0.5}{u_2}, A_2: \frac{0.5}{u_1} + \frac{1}{u_2} + \frac{0.5}{u_3}, A_3: \frac{0.5}{u_2} + \frac{1}{u_3} + \frac{0.5}{u_4}, A_4: \frac{0.5}{u_3} + \frac{1}{u_4} + \frac{0.5}{u_5}$$

$$A_5: \frac{0.5}{u_4} + \frac{1}{u_5} + \frac{0.5}{u_6}, A_6: \frac{0.5}{u_5} + \frac{1}{u_6} + \frac{0.5}{u_7}, A_7: \frac{0.5}{u_6} + \frac{1}{u_7}$$

İşte bu şekildeki  $F(t)$ 'ler bir bulanık zaman serisi oluşturur. Burada alınan kısmi üyelik değeri 0.5; sezgisel olarak belirlenmiş olup,  $0 < x < 1$  aralığında her hangi bir değer olarak da belirlenebilir.

Örnek:  $A_1 = \frac{1}{u_1} + \frac{0.5}{u_2} + \frac{0}{u_3}$ ,  $A_2 = \frac{0.5}{u_1} + \frac{1}{u_2} + \frac{0.5}{u_3}$  olmak üzere,  $\widehat{F2}$ 'yi hesaplayınız.

Çözüm:

R, Kartezyen çarpım sonunda en önce maksimum ve en sonunda da kalan değerlerin minimumu alınarak oluşturulur. Buna göre R;

$$R = \begin{vmatrix} 1 & 0.5 & 0 \\ 0.5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

$$F(t-1) \circ R \rightarrow F(t) \text{ ise}$$

$$\widehat{F2} = A_1 \circ R$$

$$\widehat{F2} = |1 \ 0.5 \ 0| \circ \begin{vmatrix} 1 & 0.5 & 0 \\ 0.5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

$$\widehat{F2} = |1 \ 0.5 \ 0| \text{ olarak bulunur.}$$

Burada bileşke işlemi matrislerdeki çarpma işlemi gibidir. Sadece çarpım yerine minimum, toplam yerine maksimum alınır.

$$\widehat{F2} = \frac{1}{u_1} + \frac{0.5}{u_2}$$

Burada  $u_1$ 'in üyelik değeri  $u_2$ 'den daha büyük olduğu için;  $u_1$ 'nin orta noktasını olarak tahmin gerçekleştirilmektedir.

$$Def(\widehat{\mathbf{F2}}) = -25$$

Bu işlem literatürde *durulaştırma* olarak da bilinmektedir.

## 7. BULANIK ZAMAN SERİSİ ÇÖZÜMLEME YAKLAŞIMLARI

### 7.1 Song-Chissom (1993b) Yöntemi

Bu yöntem, bir problemin çözümü üzerinde açıklanacaktır.

ÖRNEK: Aşağıda verilen çizelge 7.1'de, yıllara göre okula kayıt verileri listelenmiştir. Bu veriler, Song-Chissom yönteminin işleyiş basamaklarını anlatırken kullanılacaktır.

**Çizelge 7.1.**1971-1990 yılları arasında, yıllara göre okula kayıt verileri. (Q.Song ve B.S Chissom, 1994, S.606)

YILLAR	MEVCUT
1971	13.055
1972	13.563
1973	13.867
1974	14.696
1975	15.460
1976	15.311
1977	15.603
1978	15.861
1979	16.807
1980	16.919
1981	16.388
1982	15.433
1983	15.497
1984	15.145
1985	15.163
1986	15.984
1987	16.859
1988	18.150
1989	18.970
1990	19.328

ÇÖZÜM:

ADIM I: İlk adımda evrensel küme; verisel bazda, kapalı aralık olarak tanımlanır.

$$D_{\max} = 19328 + 672 = 20.000 \quad D_{\min} = 13.055 - 55 = 13.000$$

\* burada dikkat edilmesi gereken nokta; evrensel kümemizin alt sınırı, en küçük veriyi de içine alacak şekilde daha küçük bir değer; üst sınırı ise en büyük veriyi içine alacak şekilde daha büyük bir değer olarak belirlenmelidir. Biz bu örnekte evrensel kümemizin sınırlarını, kuralımızı göz önüne alarak ilgili verileri en yakın yüzlüğe yuvarlayıp sezgisel olarak belirdik.

Aralık uzunluğu da;  $l = 1000$  olarak belirlendikten sonra evrensel küme;

$$U = [13.000 - 20.000] \text{ olmaktadır.}$$

ADIM II: Bu aşamada,  $U$  (evrensel küme), bir önceki adımda belirlenen aralık uzunluğu esas alınarak bulanık alt aralıklara ayrılmaktadır.

$$u_1: [13.000,14.000], u_2: [14.000,15.000], u_3: [15.000,16.000]$$

$$u_4: [16.000,17.000], u_5: [17.000,18.000], u_6: [18.000,19.000]$$

$$u_7: [19.000,20.000]$$

ADIM III: Bulanık kümeler, aralık sayısı kadar değer için tanımlanır.

$A_1$  : Çok Çok Az,  $A_2$  : Çok Az,  $A_3$  : Az,  $A_4$  : Normal,  $A_5$  : Fazla,  $A_6$  : Çok Fazla

$A_7$  : Çok Çok Fazla

$$A_1: \frac{1}{u_1} + \frac{0.5}{u_2}, A_2: \frac{0.5}{u_1} + \frac{1}{u_2} + \frac{0.5}{u_3}, A_3: \frac{0.5}{u_2} + \frac{1}{u_3} + \frac{0.5}{u_4}, A_4: \frac{0.5}{u_3} + \frac{1}{u_4} + \frac{0.5}{u_5}$$

$$A_5: \frac{0.5}{u_4} + \frac{1}{u_5} + \frac{0.5}{u_6}, A_6: \frac{0.5}{u_5} + \frac{1}{u_6} + \frac{0.5}{u_7}, A_7: \frac{0.5}{u_6} + \frac{1}{u_7}$$

ADIM IV: Çizelge 7.2'de ki gibi  $F(t)$ 'ler ait oldukları bulanık kümelerle eşleştirilir.

**Çizelge 7.2.** 1971-1990 yılları arasında, yıllara göre okula kayıt verilerinin ait oldukları bulanık kümelerle eşleştirilmesi

<b>YILLAR</b>	<b>F(t)</b>
1971	A1
1972	A1
1973	A1
1974	A2
1975	A3
1976	A3
1977	A3
1978	A3
1979	A4
1980	A4
1981	A4
1982	A3
1983	A3
1984	A3
1985	A3
1986	A3
1987	A4
1988	A6
1989	A6
1990	A7

Eşleştirme işleminde  $F(t)$ 'ler belirlenirken; o yıla ait olan verinin hangi bulanık aralığa düştüğüne bakılır. Hangi aralığa düşüyorsa o aralığa ait bulanık kümelerle eşleştirilir.

Örneğin ;  $t = 1971$ 'a ait 13.055 verisinin, A1 bulanık kümesine ait olduğu görülür.

ADIM V: Bu adımda bulanık ilişki diğer bir ifadeyle "R" belirlenecektir. Sorumuzun çözümünde kullandığımız Song-Chissom yöntemi I.derece bulanık ilişki esasına göre yapılmaktadır. Bu yüzden her bir  $R_i$  'yi , "R" i oluşturmadan önce bu kurala göre tanımlanacaktır.

$$F(t - 1) \rightarrow F(t) \text{ olmak üzere ;}$$

$$A_1 \rightarrow A_1 : R_1$$

$$A_1 \rightarrow A_2 : R_2$$

$$A_2 \rightarrow A_3 : R_3$$

$$A_3 \rightarrow A_3 : R_4$$

$$A_3 \rightarrow A_4 : R_5$$

$$A_4 \rightarrow A_4 : R_6$$

$$A_4 \rightarrow A_3 : R_7$$

$$A_4 \rightarrow A_6 : R_8$$

$$A_6 \rightarrow A_6 : R_9$$

$$A_6 \rightarrow A_7 : R_{10}$$

Yukarıdaki " $F(t-1) \rightarrow F(t)$ " bağıntısına göre ardışık yıllar arasında 10 farklı  $R_i$  belirlenmiştir.

$R_i$  ler ise şöyle hesaplanmaktadır.

$$R_1 = A_1^T \times A_1$$

$$R_2 = A_1^T \times A_2$$

$$R_3 = A_2^T \times A_1$$

....

....

....

$$R_{10} = A_6^T \times A_7$$

Sorumuza göre;  $i = 1, \dots, 10$  olmak üzere

Tüm  $R_i$ 'ler sırasıyla bu şekilde bulunur.

$R_1, \dots, R_{10}$ 'a kadar tüm  $R_i$ 'ler hesaplandıktan sonra bulunan bu  $R_i$  değerlerinin kendi aralarında birleştirme işlemleri yapılır. Bu noktada ilk  $R_i$ 'lerimizi bulurken minimum alma, bulunan bu  $R_i$ 'leri kendi aralarında birleştirip " $R$ " yi belirleme işleminde ise maksimum alma işlemi uygulanır.  $R_i$ 'lerin birleştirilmesi esası eleman-alamana yapılmaktadır.

## 7.2 Chen (1996) Yöntemi

Bu yöntemde Chen, “R” yerine bulanık ilişki tablosu kullanmaktadır.

$$A_i = A_{(i-1)} \circ R \quad (7.1)$$

Burada “R” bulanık ilişki tablosunu temsil etmektedir.

Bu yöntemde Song-Chissom yöntemini açıklanırken kullanılan veriler kullanılacak

ÖRNEK: Çizelge 7.3 de, 1971-1990 yılları arasında, yıllara göre okula kayıt verileri listelenmiştir. Bu veriler bu sefer Chen (1996) yönteminin işleyiş basamaklarını anlatılırken kullanılacaktır.

**Çizelge 7.3.** 1971-1992 yılları arasında, yıllara göre okula kayıt verileri.

YILLAR	MEVCUT
1971	13.055
1972	13.563
1973	13.867
1974	14.696
1975	15.460
1976	15.311
1977	15.603
1978	15.861
1979	16.807
1980	16.919
1981	16.388
1982	15.433
1983	15.497
1984	15.145
1985	15.163
1986	15.984
1987	16.859
1988	18.150
1989	18.970
1990	19.328
<b>1991</b>	<b>19.337</b>
<b>1992</b>	<b>18.876</b>

ADIM I : Evrensel küme tanımlanır.

$$D_{min} = 13.055 - 55 = 13.000$$

$$D_{max} = 19.337 + 663 = 20.000$$

$l = 1000$  ve

$U = [13.000 - 20.000]$  olarak belirlendi.

ADIM II , III, IV :  $l = 1000$  olarak belirlendi, buna göre bulanık aralıkları ve bulanık kümeler çizelge 7.4 de gösterilmiştir.

**Çizelge 7.4.** Alt aralıklar; ait oldukları bulanık aralıklar ve bulanık kümelerin birlikte gösterimi

Alt aralıklar	Bulanık aralıklar	Bulanık kümeler
[13.000,14.000]	$u_1$	$A_1$
[14.000,15.000]	$u_2$	$A_2$
[15.000,16.000]	$u_3$	$A_3$
[16.000,17.000]	$u_4$	$A_4$
[17.000,18000]	$u_5$	$A_5$
[18.000,19.000]	$u_6$	$A_6$
[19.000,20.000]	$u_7$	$A_7$

ADIM V: Bu adımda Chen "R" yerine bulanık ilişkisi tablosu oluşturuyor ve bulanık gruplandırma yapıyor. Bulanık kümeleri ; " $F(t - 1) \rightarrow F(t)$ " esasına göre özetlenecek olursak;

$$A_1 \rightarrow A_1 : R_1$$

$$A_1 \rightarrow A_2 : R_2$$

$$A_2 \rightarrow A_3 : R_3$$

$$A_3 \rightarrow A_3 : R_4$$

$$A_3 \rightarrow A_4 : R_5$$

$$A_4 \rightarrow A_4 : R_6$$

$$A_4 \rightarrow A_3 : R_7$$

$$A_4 \rightarrow A_6 : R_8$$

$$A_6 \rightarrow A_6 : R_9$$

$$A_6 \rightarrow A_7 : R_{10}$$

$$A_7 \rightarrow A_7 : R_{11}$$

$$A_7 \rightarrow A_6 : R_{12}$$

Toplamda 12 farklı  $R_i$  Tanımlandı.

Bu aşamadan sonra Chen, belirlenen  $R_i$ ' leri gruplandırıyor. Bu kurala göre grupların bir nevi özetlenmiş hali çizelge 7.5'de gösterilmiştir.

**Çizelge 7.5.**1971-1990 yılları arasında okul kayıt verilerinin ait olduğu bulanık kümelerin veri seti içinde ilişkili olduğu bulanık kümelerle birlikte gösterimi.

<b>Verilerin Ait Olduğu Bulanık Kümeler</b>	<b>A<sub>1</sub></b>	<b>A<sub>2</sub></b>	<b>A<sub>3</sub></b>	<b>A<sub>4</sub></b>	<b>A<sub>6</sub></b>	<b>A<sub>7</sub></b>
<b>Bulanık kümelerin, veri seti içinde -sırasıyla- ilişkilendiği bulanık küme veya kümeler.</b>	A <sub>1</sub> ,A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>3</sub> ,A <sub>4</sub>	A <sub>4</sub> ,A <sub>3</sub> ,A <sub>6</sub>	A <sub>6</sub> ,A <sub>7</sub>	A <sub>7</sub> ,A <sub>6</sub>

ADIM VI: Bu adımda örnek üzerinden yapılan öngörüler çizelge 7.6'da verilmiştir.

**Çizelge 7.6.** Chen'in bulanık ilişki kuralına göre veri setlerinin yıllara göre ait oldukları bulanık kümeler ve öngörü kümeleri

YILLAR	MEVCUT	F(t)	$\widehat{Ft}$
1971	13,055	A <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> ,A <sub>2</sub>
1972	13,563	A <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> ,A <sub>2</sub>
1973	13,867	A <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> ,A <sub>2</sub>
1974	14,696	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>
1975	15,460	A <sub>3</sub>	A <sub>3</sub> ,A <sub>4</sub>
1976	15,311	A <sub>3</sub>	A <sub>3</sub> ,A <sub>4</sub>
1977	15,603	A <sub>3</sub>	A <sub>3</sub> ,A <sub>4</sub>
1978	15,861	A <sub>3</sub>	A <sub>3</sub> ,A <sub>4</sub>
1979	16,807	A <sub>4</sub>	A <sub>3</sub> ,A <sub>4</sub> ,A <sub>6</sub>
1980	16,919	A <sub>4</sub>	A <sub>3</sub> ,A <sub>4</sub> ,A <sub>6</sub>
1981	16,388	A <sub>4</sub>	A <sub>3</sub> ,A <sub>4</sub> ,A <sub>5</sub>
1982	15,433	A <sub>3</sub>	A <sub>3</sub> ,A <sub>4</sub>
1983	15,497	A <sub>3</sub>	A <sub>3</sub> ,A <sub>4</sub>
1984	15,145	A <sub>3</sub>	A <sub>3</sub> ,A <sub>4</sub>
1985	15,163	A <sub>3</sub>	A <sub>3</sub> ,A <sub>4</sub>
1986	15,984	A <sub>3</sub>	A <sub>3</sub> ,A <sub>4</sub>
1987	16,859	A <sub>4</sub>	A <sub>3</sub> ,A <sub>4</sub> ,A <sub>6</sub>
1988	18,150	A <sub>6</sub>	A <sub>6</sub> ,A <sub>7</sub>
1989	18,970	A <sub>6</sub>	A <sub>6</sub> ,A <sub>7</sub>
1990	19,328	A <sub>7</sub>	A <sub>6</sub> ,A <sub>7</sub>
1991	19,337	A <sub>7</sub>	A <sub>6</sub> ,A <sub>7</sub>
1992	18,876	A <sub>6</sub>	A <sub>6</sub> ,A <sub>7</sub>

1972 yılı için tahmin;  $\widehat{F1972}$  ;

$t = 1972$  için; Chen'in bulanık ilişki tablolama kuralına göre oluşturulan tablodan alınan, ilgili senenin kısmı çizelge 7.7'de gösterilmiştir.

**Çizelge 7.7.**Tablo7.6.'a göre 1972 senesine ait veri satırının ayrı gösterimi.

YILLAR	MEVCUT	F(t)	$\widehat{Ft}$
<b>1971</b>	<b>13,055</b>	<b>A<sub>1</sub></b>	<b>A<sub>1</sub>,A<sub>2</sub></b>
1972	13,563	A <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> ,A <sub>2</sub>

$F(t-1) \rightarrow F(t)$  olmak üzere;

1971  $\rightarrow$  A<sub>1</sub>

$$A_1 \rightarrow A_1, A_2$$

Buna göre  $A_1$ 'in orta noktası ( $u_1$ )  $\rightarrow 13.500$

$A_2$ 'nin orta noktası ( $u_2$ )  $\rightarrow 14.5004$

$$\widehat{F1972} = (13.500+14.500)/2= 14.000 \text{ olarak bulunur.}$$

1975 yılı için tahmin ;  $\widehat{F1975}$  ;

$$F(t-1) \rightarrow F(t) \text{ olmak üzere;}$$

$$1974 \rightarrow A_2$$

$$A_2 \rightarrow A_3$$

$A_2$  ise bulanık ilişki tablosunda çizelge 7.8'den de anlaşılacağı gibi sadece  $A_3$ 'e gitmektedir.

**Çizelge 7.8.** Çizelge 7.6.'nın ilgili seneye göre kısmi gösterimi

YILLAR	MEVCUT	F(t)	$\widehat{Ft}$
1974	14,696	$A_2$	$A_3$
1975	15,460	$A_3$	$A_3, A_4$

$A_3$ 'nin orta noktası ( $u_3$ )  $\rightarrow \widehat{F1975} = 15.500$  olarak hesaplanır.

\* Bu noktada verinin gittiği bulanık kümenin ilişkisi olmazsa, tablodaki ilişkilerden kendi ait olduğu gruba ( bulanık aralığa ) gider.

### 7.3 Kunhang Huarng'ın Dağılıma ve Ortalamaya Dayalı Yaklaşımları

*Kunhang Huarng'ın Dağılıma Dayalı Yaklaşımı*

Örnek: Çizelge 7.9' da ki  $X_t$  başlığı altında listelenen veri değerlerinden yola çıkarak Kunhang Huarng'ın Dağılıma yöntemi açıklanacak olursa;

**Çizelge 7.9.** Bir grup veri değeri, verilerin kendinden bir önceki veri değeri ile farkı ve bu farkın mutlak değerlerinin birlikte gösterimi

$ X_t - X_{(t-1)} $	$X_t$	$X_t - X_{(t-1)}$
-----	30	-----
20	50	20
30	80	30
40	120	40
20	100	-20
30	70	-30

Çizelge 7. 9.' a göre ilk farklarımızın ortalamasını buluyoruz;

$$|X_t - X_{(t-1)}| / 5 = 140/5 = 28$$

Bu yöntemde referans alınan ve Çizelge 7.10.' da gösterilen bir baz tablomuz var;

**Çizelge 7.10.** Aralık uzunluğu belirlemek için kullanılan baz tablosu

Aralık	Temel (Baz)	
0,1 – 1	0,1	} 10 kat
1,1 – 10	1	
11 – 100	10	} 10 kat
101 – 1000	100	

- 28 değeri baz tablomuzun 11 – 100 aralığına düşüyor.
- 5 tane ilk farkımız var.
- Yarısı 2,5 ediyor. En az yarısını kapsayacak şekilde 10'un katlarını alarak, ilk kapsayan değeri aralık uzunluğu olarak belirliyoruz. Sorumuzda 5 tane ilk farkın yarısı 2,5 du.

28 ortalama değeri; 11 – 100 → 10 aralık sayısına denk geldi. Şimdi deneyerek ilerleyecek olursak;

$$\begin{array}{l}
+10 \left\{ \begin{array}{l} 10 \text{ için } 10\text{'dan} \text{ büyük ilk farkların sayısı } 5, \\ 20 \text{ için } 20\text{'den} \text{ büyük ilk farkların sayısı } \underline{3}, \\ 30 \text{ için } 30\text{'dan} \text{ büyük ilk farkların sayısı } 1, \end{array} \right.
\end{array}$$

Yukarıdaki artırmadan da anlaşılacağı üzere 2,5 ‘u kapsayan ilk değer 3 olmakta ve 3’ün ait olduğu aralık uzunluğu da 20 olmaktadır. O yüzden aralık uzunluğu bu yöntemin uygulanması sonucunda 20 olarak belirlenmiş oluyor.

#### *Kunhang Huang’ın Ortalamaya Dayalı Yaklaşımı*

Bu yöntemde kullanılan baz tablosu, Tablo 7.10. ile aynı olmak üzere; veri grubu da aynı örnek grubu olmak üzere; 6 verimiz ve 5 tane ilk fark var. Buradan gerisinde bu yöntemin farklı işlem basamaklarını göstererek yöntemin açıklamasına devam edilecektir. Bu yöntemde ilk farkların ortalamasının yarısı alınmaktadır.

$$|X_t - X_{(t-1)}| = 28, \quad 28 / 2 = 14$$

Bulunan 14 değerinin karşılığı çizelge 7.10’da verilen baz tablosunda 10’ a denk gelmektedir. Son olarak da ortalamanın yarısı yani 14 değeri bu 10 değerine göre yuvarlanır. Şöyle ki;

$$\begin{array}{ccc}
10 & \longrightarrow & 14 & \longrightarrow & 20 \\
& & 4 \text{ birim} & & 6 \text{ birim}
\end{array}$$

Bulunan bu 14 değeri, ait olduğu ilk 10 – 20 aralığının 10 alt değerine daha yakın olduğundan aralık uzunluğu bu yöntemde göre 10 olarak belirlenir. İşte işlem basamakları bu şekilde olan bu yöntemde; ortalamaya dayalı aralık uzunluğu tahmini yöntemi denmektedir.

#### **7.4 Cheng (1996) Yöntemi**

Bu yöntemin de işlem basamakları örnek veri seti gurubu üzerinden açıklanacaktır.

ÖRNEK: Belirli bir zaman dilimine ait, çizelge 7.11.’ de listelenen IMKB altın fiyatları veri seti üzerinden Cheng(1996) yönteminin işlem basamaklarının açıklanması.

**Çizelge 7.11.** 27.01.2009-23.02.2009 zaman dilimine ait IMKB altın fiyatları verileri, verilerin ait oldukları bulanık kümeler ile öngörü kümeleri ve verilerinin birlikte gösterimi.

Altın Fiyatları	F(t)	$\widehat{Ft}$	$\widehat{X}_t$
46.760	A <sub>1</sub>	-----	-----
46.360	A <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> ,A <sub>2</sub>	47.000
45.840	A <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> ,A <sub>2</sub>	47.000
48.400	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> ,A <sub>2</sub> ,A <sub>3</sub>	48.000
48.480	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> ,A <sub>2</sub> ,A <sub>3</sub>	48.000
47.780	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> ,A <sub>2</sub> ,A <sub>3</sub>	48.000
47.275	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> ,A <sub>2</sub> ,A <sub>3</sub>	48.000
48.277	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> ,A <sub>2</sub> ,A <sub>3</sub>	48.000
48.030	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> ,A <sub>2</sub> ,A <sub>3</sub>	48.000
46.840	A <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> ,A <sub>2</sub>	47.000
46.980	A <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> ,A <sub>2</sub>	47.000
48.440	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> ,A <sub>2</sub> ,A <sub>3</sub>	48.000
49.715	A <sub>3</sub>	A <sub>3</sub> ,A <sub>4</sub>	51.000
49.585	A <sub>3</sub>	A <sub>3</sub> ,A <sub>4</sub>	51.000
50.200	A <sub>3</sub>	A <sub>3</sub> ,A <sub>4</sub>	51.000
52.200	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	52.000
53.000	A <sub>5</sub>	A <sub>4</sub> ,A <sub>5</sub>	53.000
52.475	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	52.000
54.460	A <sub>5</sub>	A <sub>4</sub> ,A <sub>5</sub>	53.000
53.900	A <sub>5</sub>	A <sub>4</sub> ,A <sub>5</sub>	53.000

ADIM I: Evrensel küme tanımlanır. Örnek veri grubunda en küçük verinin 45.840, en büyük verinin ise 54.460 olduğu anlaşılmaktadır.

Yuvarlama işlemi sonunda;

$$D_{min} = 45.840 - 840 = \mathbf{45.000} , \quad D_{max} = 54.460 + 540 = \mathbf{55.000}$$

Evrensel kümenin alt sınırı yukarıdaki işlem sonucuna göre 45.000, üst sınırı ise 55.000 olarak belirlenir. Aralık uzunluğu olarak ifade edilen  $l$  ise 2000 olarak belirlenir.

$$U = [ 45.000 , 55.000 ]$$

ADIM II: Bulanık aralık ve kümeler oluşturulur.

$$u_1 = [45.000, 47.000], A_1$$

$$u_2 = [47.000, 49.000], A_2$$

$$u_3 = [49.000, 51.000], A_3$$

$$u_4 = [51.000, 53.000], A_4$$

$$u_5 = [53.000, 55.000], A_5$$

ADIM III: Bulanık ilişki grupları oluşturulur.

$$A_1 \rightarrow A_1, A_2$$

$$A_2 \rightarrow A_2, A_1, A_3$$

$$A_3 \rightarrow A_3, A_4$$

$$A_4 \rightarrow A_4$$

$$A_5 \rightarrow A_4, A_5$$

ADIM IV: Bu aşamada, bu yöntem mantığı kullanılarak, çizelge 7.12' de gösterildiği üzere test verilerine dayalı olarak veri tahmininde bulunulacaktır.

**Çizelge 7.12.** Belirli bir zaman dilimine ait IMKB altın fiyatları verilerinin, Cheng (1996) Yöntemi kullanılarak belirlenen bulanık kümeleri ve elde edilen tahmin değerleri

	<b>Test Verileri</b>		
	$X_t$	<b>Bulanık Küme</b>	$\widehat{X}_t$ (Tahmin Verileri)
<b>21</b>	53.700	A <sub>5</sub>	53.000
<b>22</b>	52.060	A <sub>4</sub>	54.000
<b>23</b>	51.780	A <sub>4</sub>	54.000
<b>24</b>	52.210	A <sub>4</sub>	54.000
<b>25</b>	52.950	A <sub>4</sub>	54.000

Adım IV'de gösterildiği üzere ;

$$A_5 \rightarrow A_4 \text{ ve } A_5'e$$

$A_4 \rightarrow A_5$ 'e gitmişti. Tahmin verilerinden;  $A_5$  bulanık kümesine ait olanlar  $A_4$  ve  $A_5$ 'in orta noktalarının ortalamasına,  $A_4$  bulanık kümesine ait olan test verisi ise  $A_5$ 'in orta noktası olan değere eşit olacak şekilde öngörülmüştür.

## 8. KLONAL SEÇİM ALGORİTMASINA DAYALI BİRİNCİ DERECE DEN BULANIK ZAMAN SERİSİ YAKLAŞIMI

Bulanık zaman serisi tahminlerinde, seçilen aralık uzunluğu önemli bir role sahiptir. Bu amaçla Huarng (2001)' de yaptığı çalışmasında; aralık uzunluğunun bulanık zaman serileri yaklaşımında öngörü performansını etkilediğini ortaya koymuştur. Literatürde aralık uzunluğunun optimizasyonla belirlendiği pek çok çalışma vardır. Huarng (2001) çalışmasında aralık uzunluğunun; verinin ortalamasına ve dağılımına dayalı olarak belirlendiği 2 ayrı yöntem önermiştir. Eğrioğlu ve diğ. (2010,2011a) çalışmalarında optimizasyona dayalı yaklaşımlar kullanılmıştır. Chen ve Chung (2006a), Lee ve diğ. (2007,2008) çalışmalarında aralık uzunluğunun belirlenmesinde genetik algoritmalar, Kuo ve diğ. (2009,2010), Davari ve diğ. (2009), Park ve diğ. (2010), Hsu ve diğ. (2010) ve Huang ve diğ. (2011) çalışmalarında parçacık sürü optimizasyonu kullanılmıştır. Literatürde daha önce bulanık zaman serilerinin aralık uzunluklarının belirlenmesi için Yapay Bağışıklık Algoritmasına (AIS) dayalı Klonal Seçim Algoritması kullanılmamıştır. Bu çalışmada aralık uzunluğunun Klonal Seçim Algoritmasına dayalı olarak belirlendiği yeni bir yöntem ortaya koyulmuştur. Önerilen yöntemin algoritması aşağıdaki gibi verilebilir.

### 8.1 Önerilen Yöntemin Algoritması

**Adım 1.** Antikor popülasyonu oluşturulur. Popülasyon oluşturmada evrensel kümenin alt sınırı ve üst sınırı arasından rastgele “küme sayısı – 1” adet değer seçilir. Bu değerler rastgele üretilen bir antikoru temsil eder. Popülasyondaki toplam antikor ( $A_b$ ) sayısı  $N$  olsun. Tüm antikorlar ilk olarak benzerlik oranına göre küçükten büyüğe doğru sıralanır böylece antikorların pozisyonları aralıkların sınırlarını belirlemiştir. Evrensel küme;

$U = [\text{altsınır}, \text{üstsınır}]$  olmak üzere, bir antikor;

$X_1$	$X_2$	.....	$X_{ss-1}$
-------	-------	-------	------------

Elemanlarından oluşur ve bu elemanlara bağlı olarak evrensel küme parçalaması;

$U_1 = [\text{altsınır}, x_1]$ ,  $U_2 = [x_1, x_2], \dots, U_{ss} = [x_{ss-1}, \text{üst sınır}]$  şeklinde elde edilir. Her bir antikor bir evrensel küme parçalamasını verir.

**Adım 2.** Her bir antikor için benzerlik ölçüleri hesaplanır ve en iyi benzerlik ölçüsüne sahip antikor  $A_g$  olarak alınır. Benzerlik ölçüsü öngörüler üzerinden hesaplanan hata kareler ortalaması değeridir. Her bir  $A_b$  için hata kareler ortalaması (HKO) Adım 2.1.-2.7'den hesaplanır.

**Adım 2.1** Zaman serileri her bir kaynağa göre bulanıklaştırılır.

$$U = [x_{\min}, x_{\max}], u_1 = [x_{\min}, x_{11}], u_2 = [x_{11}, x_{12}], \dots, u_N = [x_{1d}, x_{\max}] \quad (8.1)$$

**Adım 2.2**  $U$  evrensel kümesinde tanımlı dilsel değişkenleri gösteren bulanık kümeler oluşturulur. Bulanık kümelerin sayısı evrensel kümelerden elde edilen alt aralıkların sayısı kadardır. Evrensel kümelerden elde edilen alt aralıklar küçükten büyüğe sıralı olduğundan bu aralıkların her birine derecelendirme yapmak mümkündür. Bulanık kümeler evrensel küme ( $U$ ) ve parçalanmalara  $u_i$  'e bağlı olarak aşağıdaki formül ile elde edilir.

$$A_i = \frac{f_{A_1}(u_1)}{u_1} + \frac{f_{A_2}(u_2)}{u_2} + \dots + \frac{f_{A_k}(u_k)}{u_k} \quad i = 1, 2, \dots, k \quad (8.2)$$

$f_{A_i}(u_i)$  üyelik değerleri belirlenmesinin temel amacı şu şekildedir. Örneğin; zaman serisinin bir gözlem değerinin “çok çok düşük” sözel değerine karşılık gelebilmesi için, gözlem değerinin; bu sözel ifadenin karşılık geldiği  $u_1$  veya  $u_2$  alt aralıklarından birinde olmasını gerektirir. Bir gözlemin reel değeri  $u_1$  aralığına denk gelmekteyse,  $-u_1$  ve  $u_2$  bulanık aralıklarını kapsayan- “çok çok düşük” bulanık kümesine aitliğinin üyelik değeri,  $u_1$  kümesinin elemanlarının değeri  $u_2$  kümesinin elemanlarından daha küçük olduğundan 1 olarak,  $u_2$  aralığına denk geliyor ise 0.5 olarak alınır. Diğer bulanık kümelerin üyelik değerleri de benzer mantık ile seçilir.

**Adım 2.3** Zaman serisinin reel gözlemleri bulanık kümelere (sözel değişkenlere) çevrilir. Her bir gözlem için üyelik değeri tanımlanır. Gözlemlerin  $\alpha = 1$  kesmeleri bulunarak, her bir gözlem için gözlemin ait olduğu aralığın, en yüksek üyelik derecesine sahip olduğu bulanık küme ile eşleştirmesi yapılır. Bu şekilde zaman serisinde reel gözlemler bulanık kümelere dönüştürülür.

**Adım 2.4** Bulanık zaman serisi öngörü modeli oluşturularak, bulanık ilişki belirleme gerçekleştirilir. Birinci dereceden bulanık zaman serisi öngörü modeli aşağıdaki gibi gösterilir.

$$F(t - 1) \rightarrow F(t) \quad (8.3)$$

Bulanık zaman serisi gözlem değerlerinin sadece bir sonraki gözlem değeri üzerinde etkili olduğu kabul edilir ve “If,...,Then...” kuralları oluşturulur. Bulanık bağıntılar  $U \times U$  Kartezyen çarpım kümesinde tanımlı bulanık kümeler olup, bulanık bağıntıların sıralı ikililerine ait üyelik değerlerini matrisler ile gösterebiliriz. Her hangi bir  $A_i$  bulanık kümesi  $1 \times k$  boyutunda üyelik değerlerinden oluşan bir satır vektörü olarak ifade edilir. Elde edilen kural sayısı  $m$  olmak üzere ; bulanık bağıntıların Kartezyen çarpımı aşağıdaki şekilde gösterilir.

$$R_m = (r_{ij})_m = A_i^T \times A_j, \quad i, j = 1, 2, \dots, k \text{ ve } m = 1, 2, \dots, l \quad (8.4)$$

Bulanık zaman serisi zamanla değişmez kabul edildiğinde tüm bağıntılar birleştirilir. Bu birleşme işlemi için maksimum işlemcisi kullanılır. Birleşik bulanık bağıntı matrisi aşağıdaki gibi elde edilir.

$$R = \bigcup_{i=1}^l R_i \quad (8.5)$$

**Adım 2.5** Bulanık öngörüler elde edilir. Birinci dereceden bulanık zaman serisi öngörü modelinde “o” max-min bileşkesi kullanılarak öngörüler aşağıdaki denklemlerle elde edilir.

$$F(t) = F(t - 1) o R \quad (8.6)$$

Burada  $F(t - 1)$  vektörü; hesaplanmak istenen gözlem için kendinden bir önce gelen bulanık gözlemin üyelik değerini ifade eder. Bu işlemler bütün gözlem değerleri için yapılarak bulanık öngörüler bulunabilir.

**Adım 2.6** Elde edilen bulanık öngörüler berraklaştırılır. Berraklaştırma aşamasında karşımıza 3 farklı durum çıkabilmektedir. Her bir durum için berraklaştırma işlemi farklı olmaktadır. Bu durumlar için berraklaştırma işleminin nasıl yapılacağı aşağıda verilmiştir.

Durum 1: Elde edilen bulanık öngöründe eğer üyelik değerleri sadece tek maksimum içeriyor ise  $\alpha = 1$  kesmesine karşılık gelen aralığın orta noktası berrak öngörü olarak alınır.

Durum 2: Bir gözlem için elde edilen bulanık öngöründe ardışık maksimum üyelik değerleri var ise, bu üyelik değerlerine karşılık gelen bulanık kümeleri  $\alpha = 1$  kesmesine karşılık gelen aralıkların orta noktalarının ortalaması berrak öngörü olarak alınır.

Durum 3: Eğer bir gözlem için elde edilen bulanık öngöründe birden fazla ve ardışık olmayan maksimum üyelik değerleri var ise, bu üyelik değerleri normalleştirilir ve elde edilen normalleştirilmiş üyelik değerleri ağırlıkları olur. Bulanık kümelerin  $\alpha = 1$  kesmesine karşılık gelen aralıkların orta noktalarının ağırlıklı ortalaması berrak öngörü olarak alınır.

**Adım 2.7** Uygunluk değeri hesaplanır. Hata kareler ortalaması (HKO) değerleri, tahminler ve gerçek değerler arasındaki farka dayalı bir uygunluk kriteri olup aşağıdaki formülle belirlenir.

$$H.K.O. = \frac{\sum_{i=1}^{N_{tahmin}} (Tahmin\ de\ g\ eri - Ger\ çek\ de\ g\ er)^2}{N_{tahmin}} \quad (8.7)$$

Popülasyondaki antikolar sırasıyla tüm bu işlem adımlarına tabii tutulur.

**Adım 3.** N adet antikordan, n adet en küçük HKO değerine sahip antikolar seçilir. Bunlar  $Ab_j$  oluşturur.

**Adım 4.**  $Ab_j$  'daki antikolar için H.K.O' değerine orantılı olarak ağırlık değerleri ve bu ağırlıklara bağlı olarak klonlama sayıları belirlenir. Ve klon seti oluşturulur. ( $C_j$ )

**Adım 5.** Oluşturulan klonlar için H.K.O değerine ve mutasyon oranına göre mutasyon işlemi uygulanır. Klonlar için H.K.O değerleri, mutasyon işleminin uygulanmasından sonra yeniden hesaplanır. Mutasyon işleminden sonra klon seti ( $C_j^*$ ) olarak adlandırılır.

**Adım 6.**  $C_j^*$  'ın en iyi n tane elemanı H.K.O. değerine göre seçilir. Bu n eleman, ilk baştaki N elemanlı antikolar popülasyonunun en kötü n tanesiyle değiştirilir.

**Adım 7.** Antikolar artıklarından en kötü d tanesi atılarak yerine rastgele d adet antikolar yeniden üretilir.

**Adım 8.** Bu algoritma Ag(Antijen) için hedeflenen H.K.O. değerine ulaşıldığında ya da önceden belirlenen bir iterasyon sayısına ulaşıldığında durdurulur. Aksi halde Adım 2.'e geri dönülür.



## 9. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada önerilen yöntem belirli zaman aralıklarına ait İMKB 100 endeksi zaman serisi verilerine uygulanmıştır. Uygulamada kullanılan zaman serileri aşağıda listelenmiştir.

Set 1- 3 Ekim 2008 ile 31 Aralık 2008 tarihleri arasındaki İMKB 100 endeksi zaman serisi

Set 2- 1 Ekim 2009 ile 31 Aralık 2009 tarihleri arasındaki İMKB 100 endeksi zaman serisi

Set 3- 1 Ekim 2010 ile 23 Aralık 2010 tarihleri arasındaki İMKB 100 endeksi zaman serisi

Yöntemlerin karşılaştırılmasında (9.1) , (9.2) eşitlikleriyle verilen Hata Kareler Ortalaması Karekökü (HKOK) ve Hata Mutlak Yüzdeler Ortalaması (HMYO) ölçüt değerleri baz alınmıştır.

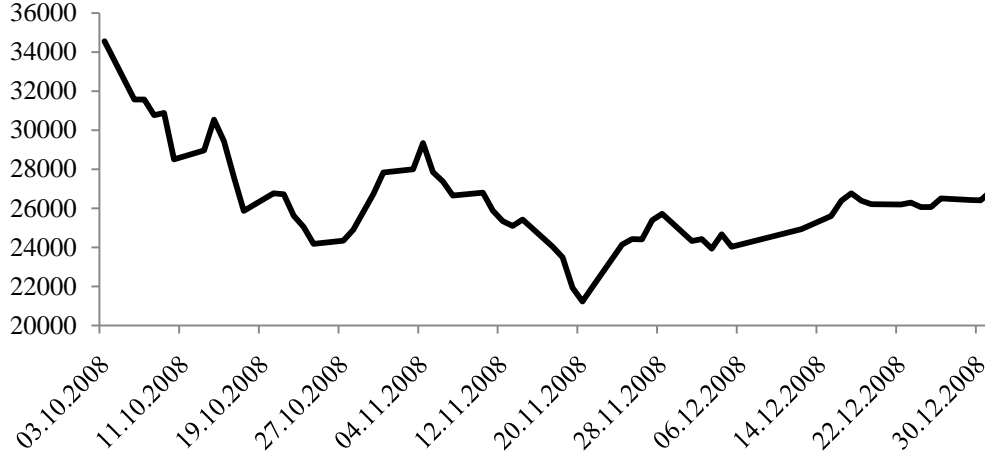
$$HKOK = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (Y_t - \widehat{Y}_t)^2}{n}} \quad (9.1)$$

$$HMYO = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Y_t - \widehat{Y}_t}{Y_t} \right| \quad (9.2)$$

Burada  $Y_t$  gerçek değerleri,  $\widehat{Y}_t$  tahmin değerleri ve n gözlem sayısını göstermektedir. Yöntem bu veriye uygulanırken; bulanık küme sayısı, karşılaştırma yapılacak yöntemlerde olduğu gibi 5-15 arasında değişecek şekilde alınmıştır. Bu yöntemin iyiliğini ortaya koymak için karşılaştırma amaçlı veri setine uygulanan diğer yöntemler; Song ve Chissom (1993b), Chen (1996), Huarng (2001), Huarng ve Yu (2006a) ve Cheng ve arkadaşları (2008) dır. Verinin çözümlenmesinde test kümemizin uzunluğu 7 ve 15 olarak belirlenmiştir. Eğitim-test kümesi ayırımında blok yapı olacak şekilde test kümeleri verinin sonundan alınmıştır.

## 9.1 Set 1 Zaman Serisi

İlk olarak önerilen yöntem, literatürdeki diğer yöntemlerle birlikte set 1 zaman serisine uygulanmıştır. Şekil 9.1 de grafiği verilen zaman serisine test kümesinin uzunluğu 7 ve 15 olacak şekilde iki farklı test kümesi kullanılmıştır.



**Şekil 9.1.** 3 Ekim 2008 ile 31 Aralık 2008 tarihleri arasındaki İMKB 100 indeksi zaman serisi

Test kümesinin uzunluğunu 7 olarak belirlediğimizde set1 verisi için elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir. Tüm yöntemlerin uygulanma aşamasında evrensel kümenin alt sınırı 21228, üst sınırı ise 34553 olarak alınmıştır. Çizelge 9.1'de çözümlemede kullandığımız yöntemlerin tümünün en iyi olduğu durumda test kümesinin tahmin edilmesi için elde edilen sonuçlar verilmiştir. Bu sonuçlar Song ve Chissom (1993)'de bulanık küme sayısının 12, Chen (1996) yönteminde aralık uzunluğunun 1200, Huarng ve Yu (2006) orana dayalı yöntemi için örneklem oran yüzdelik diliminin 0.5, Cheng et al. (2008) yönteminde ise bulanık küme sayısının 5 olduğu durumda elde edilmiştir. Ayrıca Huarng (2001)'in dağılıma dayalı yaklaşımından aralık uzunluğu 800, ortalamaya dayalı yaklaşımından ise aralık uzunluğu 200 olarak elde edilmiştir. Önerilen yöntemin uygulanmasından ise en iyi sonuç, küme sayısının 10, olduğu durumda elde edilmiştir.

Bulanık bağıntı matrisi, küme sayısının 11 olduğu evrensel küme parçalanmasına göre aşağıdaki gibi bulunmuştur.

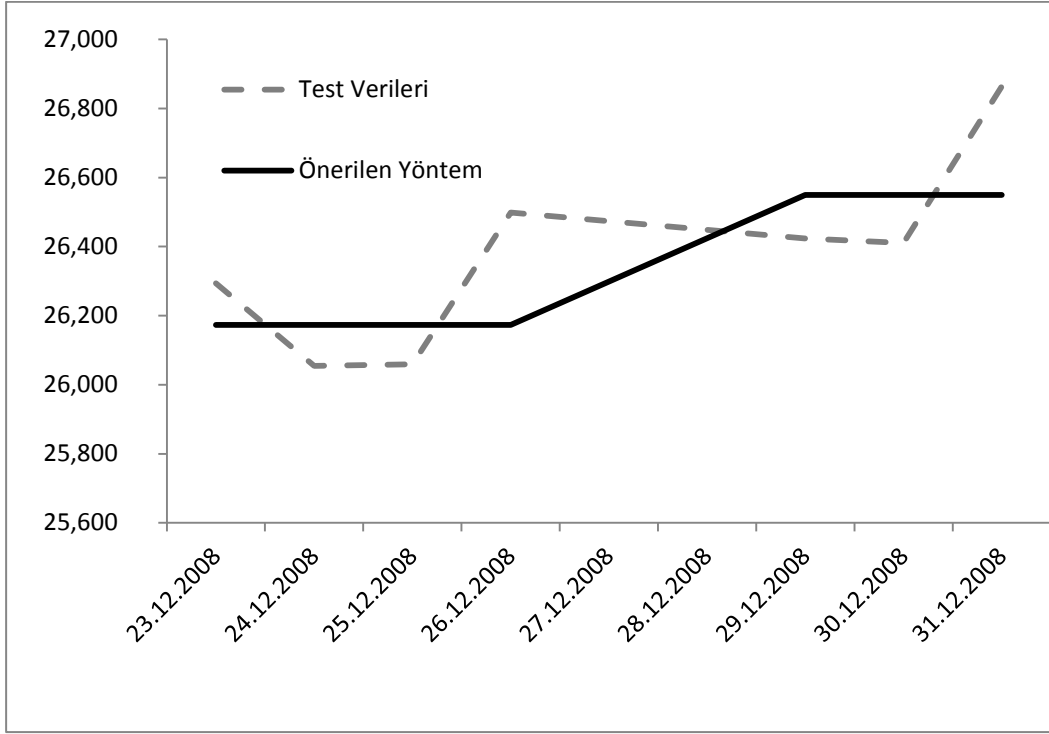
1	1	0,5	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0,5	0,5	0,5	0	0	0	0
0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,5	0	0	0	0
0,5	1	0,5	1	1	1	0,5	0	0	0	0
0,5	1	0,5	1	1	1	0,5	0,5	0	0	0
0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	0,5	0,5	0	0
0	0	0,5	0,5	0,5	1	0,5	1	0,5	0,5	0
0	0	0	0	0,5	1	1	1	1	0,5	0
0	0	0	0	0,5	0,5	0,5	1	1	0,5	0
0	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0
0	0	0	0	0	0	0	0,5	1	0,5	0

**Çizelge 9.1.** Test küme uzunluğu 7 olduğunda veri set 1 için elde edilen sonuçlar

Tarih	Test Verisi	Song-Chissom (1993b)	Chen (1996)	Huarng (2001) <sup>1</sup>	Huarng (2001) <sup>2</sup>	Huarng ve Yu (2006a)	Cheng vd. (2008)	Önerilen Yöntem
23.12.2008	26294	26410	26400	26200	26100	26091	26390	26173
24.12.2008	26055	26410	26400	26200	26367	26091	26390	26173
25.12.2008	26059	26410	26400	26200	26100	26091	26390	26173
26.12.2008	26499	26410	26400	26200	26100	26091	26390	26173
29.12.2008	26424	26410	26400	26200	26500	26608	26390	26550
30.12.2008	26411	26410	26400	26200	26500	26608	26390	26550
31.12.2008	26864	26410	26400	26200	26500	26091	26390	26550
<b>HKOK</b>		261.01	259.76	310.47	251.24	354.72	258.87	200.60
<b>HMYO</b>		0.75%	0.75%	0.96%	0.80%	0.98%	0.76%	0.68%

<sup>1</sup> Dağılıma dayalı yaklaşım, <sup>2</sup> Ortalamaya dayalı yaklaşım

Buradan yola çıkarak önerilen yöntemin hem HKOK değeri hem de HMYO ölçütlerine göre Çizelge 9.1.'de ki bütün yöntemlerden daha iyi öngörü sonuçları üretebildiği görülmektedir. Önerilen yöntemin HKOK değerinin 200.60 ve HMYO 0.68 % olması gösteriyor ki yöntem oldukça düşük hata ile öngörüler üretebilmektedir. Önerilen yöntemden elde edilen öngörülerin test verileri ile birlikte grafiği Şekil 9.2'de verilmiştir.



**Şekil 9.2.** Test kümesi uzunluğu 7 olarak alındığında, set 1 zaman serisi için önerilen yöntemden elde edilen öngörülerin gerçek değerlerle birlikte grafiği

Test kümesi uzunluğunu 15 olarak alıp, programlar çalıştırıldığında en iyi sonuçlar Song and Chissom (1993)'un yönteminde bulanık küme sayısının 15, Chen (1996) yönteminde aralık uzunluğunun 1200, Huarng and Yu (2006a)'nın orana dayalı yöntemi için örneklem oran yüzdeler diliminin 0.5, Cheng et al. (2008) yönteminde bulanık küme sayısının 15, Huarng (2001)'in dağılıma dayalı yaklaşımından aralık uzunluğu 800, ortalamaya dayalı yaklaşımından ise aralık uzunluğu 200 olarak elde edilmiştir. Önerilen yöntem, en iyi sonucu, küme sayısının 9 olduğu durumda elde etmiştir. Bulanık bağıntı matrisi, evrensel küme parçalanmasına göre aşağıdaki gibi bulunmuştur.

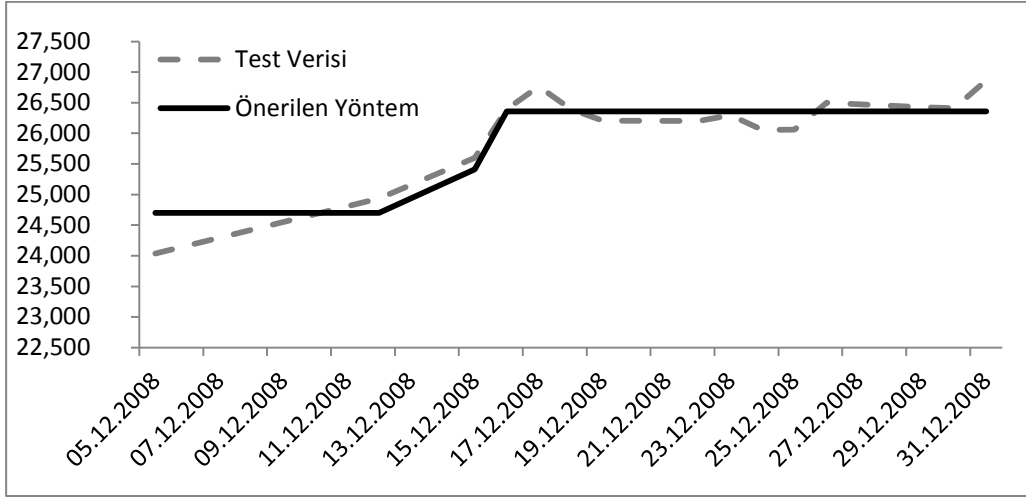
0,5	1	0,5	0,5	0	0	0	0	0
1	1	1	0,5	0,5	0,5	0	0	0
0,5	1	1	1	1	0,5	0	0	0
0,5	0,5	1	1	1	0,5	0,5	0	0
0	0,5	1	1	1	1	0,5	0,5	0
0	0,5	0,5	0,5	1	1	1	0,5	0
0	0	0	0,5	0,5	1	1	0,5	0
0	0	0	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0
0	0	0	0	0	0,5	1	0,5	0

Çizelge 9.2 'de Test küme uzunluğu 15 olduğunda veri set 1 için elde edilen sonuçlar gösterilmektedir.

**Çizelge 9.2.** Test küme uzunluğu 15 olduğunda veri set 1 için elde edilen sonuçlar

Tarih	Test Verisi	Song-Chissom (1993b)	Chen (1996)	Huarng (2001) <sup>1</sup>	Huarng (2001) <sup>2</sup>	Huarng and Yu (2006a)	Cheng et al. (2008)	Önerilen Yöntem
05.12.2008	24035	24337	24750	25200	24700	25598	25541	24698
12.12.2008	24937	24337	24750	23533	24100	24597	25406	24698
15.12.2008	25598	25670	24750	25200	26700	25598	25406	25411
16.12.2008	26396	25670	26250	24600	24100	25426	25406	26358
17.12.2008	26765	26319	26250	26200	26300	26255	25406	26358
18.12.2008	26396	26558	26250	26600	26550	26733	25406	26358
19.12.2008	26205	26319	26250	26200	26300	26255	25406	26358
22.12.2008	26199	26319	26250	26200	26300	26255	25406	26358
23.12.2008	26294	26319	26250	26200	26100	26255	25406	26358
24.12.2008	26055	26319	26250	26200	26300	26255	25406	26358
25.12.2008	26059	26319	26250	26200	26100	26255	25406	26358
26.12.2008	26499	26319	26250	26200	26100	26255	25406	26358
29.12.2008	26424	26319	26250	26200	26500	26255	25406	26358
30.12.2008	26411	26319	26250	26200	26500	26255	25406	26358
31.12.2008	26864	26319	26250	26200	26500	26255	25406	26358
<b>HKOK</b>		338,9056	378,5426	718,7055	743,5374	544,1829	986,6478	284,9005
<b>HMYO</b>		1,03%	1,11%	1,9%	1,83%	1,41%	3,54%	0,86%

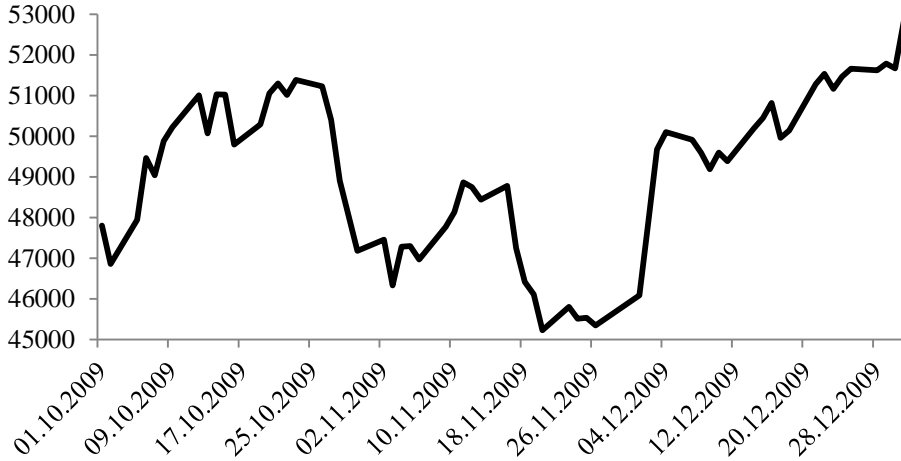
Çizelge 9.2. incelenirse, önerilen yöntemin, hem HKOK değeri açısından hem de HMYO ölçütleri yönünden bu uygulamada karşılaştırma amacıyla kullandığımız literatürde yer alan diğer yöntemlerden daha iyi öngörü sonuçları üretebildiği görülmektedir. Önerilen yöntemin HKOK değeri 284,9005 ve HMYO 0.86 % gösteriyor ki program düşük hata ile öngörü elde edebilmektedir. Önerilen yöntemden elde edilen öngörülerin test verileri ile birlikte grafiği Şekil 9.3'de verilmiştir.



**Şekil 9.3.** Test kümesi uzunluğu 15 olarak alındığında, set 1 zaman serisi için önerilen yöntemden elde edilen öngörülerin gerçek değerlerle birlikte grafiği

## 9.2 Set 2 Zaman Serisi

Bu kısımda Şekil 9.4.'de grafiği verilmiş olan set 2 zaman serisinin çözümlenmesinde yine sırasıyla 7 ve 15 olmak üzere iki farklı test kümesi uzunluğu kullanılmış ve elde edilen en iyi durumlara ait sonuçlar sırasıyla Çizelge 9.3 ve Çizelge 9.4' de verilmiştir.



**Şekil 9.4.1** Ekim 2009 ile 31 Aralık 2009 tarihleri arasındaki İMKB 100 indeksi zaman serisi

Test kümesi uzunluğu 7 olarak alındığında, Song ve Chissom (1993)'de bulanık küme sayısının 9, Chen (1996) yönteminde aralık uzunluğunun 1300, Huarng and Yu (2006a)'nın orana dayalı yöntemi için örneklem oran yüzdelik diliminin 0.5, Cheng

et al. (2008) yönteminde ise bulanık küme sayısının 15 olduğu durum en iyi sonuçları verirken, Huarng (2001)'in dağılıma dayalı yaklaşımında aralık uzunluğu 800, ortalamaya dayalı yaklaşımında ise aralık uzunluğu 200 olduğunda en ideal sonuçları verdiği görülmüştür. Önerilen yöntemin uygulanmasından ise en iyi sonuç, küme sayısının 8 olduğu durumda elde edilmiştir.

Bulanık bağıntı matrisi, evrensel küme parçalanmasına göre aşağıdaki gibi bulunmuştur.

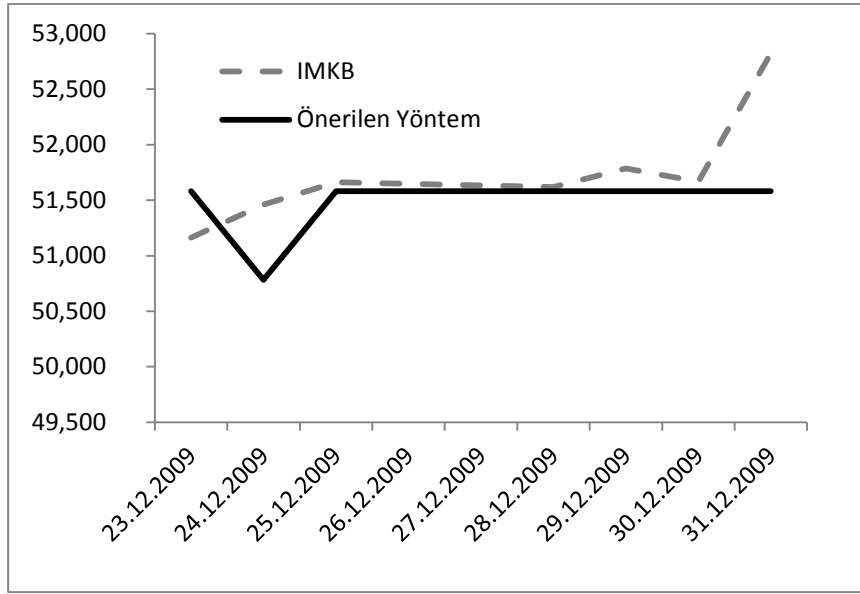
0,5	1	0,5	0,5	0,5	0	0	0
1	1	1	1	0,5	0	0	0
0,5	1	1	0,5	0,5	0,5	0	0
0,5	1	1	1	1	0,5	0,5	0
0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	0,5	0,5
0	0	0,5	1	1	1	1	1
0	0	0,5	0,5	1	1	1	1
0	0	0	0,5	0,5	0,5	1	1

**Çizelge 9.3.** Test küme uzunluğu 7 olduğunda veri set 2 için elde edilen sonuçlar

Tarih	Test Verisi	Song-Chissom (1993b)	Chen (1996)	Huarng (2001) <sup>1</sup>	Huarng (2001) <sup>2</sup>	Huarng and Yu (2006a)	Cheng et al. (2008)	Önerilen Yöntem
23.12.2009	51162	51137	52150	51900	51573	51033	50872	51582
24.12.2009	51461	51137	50850	50700	50373	51033	50763	50783
25.12.2009	51661	51137	50850	50700	51240	51033	50763	51582
28.12.2009	51619	51137	52150	51900	51573	51033	50763	51582
29.12.2009	51786	51137	52150	51900	51573	51033	50763	51582
30.12.2009	51668	51137	52150	51900	51773	52004	50763	51582
31.12.2009	52825	51137	52150	51900	51573	51033	50763	51582
<b>HKOK</b>		771.02	666.50	659.95	671.48	830.44	1084.21	565,35
<b>HMYO</b>		1,16%	1,23%	1,11%	0,97%	1,28%	1,85%	0,75%

Çizelge 9.3. incelenirse, önerilen yöntemin, hem HKOK değeri açısından hem de HMYO ölçütleri yönünden bu uygulamada karşılaştırma amacıyla kullandığımız literatürde yer alan diğer yöntemlerden daha iyi öngörü sonuçları üretebildiği görülmektedir. Önerilen yöntemin HKOK değeri 565,35 ve HMYO 0,75% gösteriyor ki program oldukça düşük hata ile öngörü elde edebilmektedir. Önerilen

yöntemden elde edilen öngörülerin test verileri ile birlikte grafiği Şekil 9.3'de verilmiştir.



**Şekil 9.5.** Test kümesi uzunluğu 7 olarak alındığında, set 2 zaman serisi için önerilen yöntemden elde edilen öngörülerin gerçek değerlerle birlikte grafiği

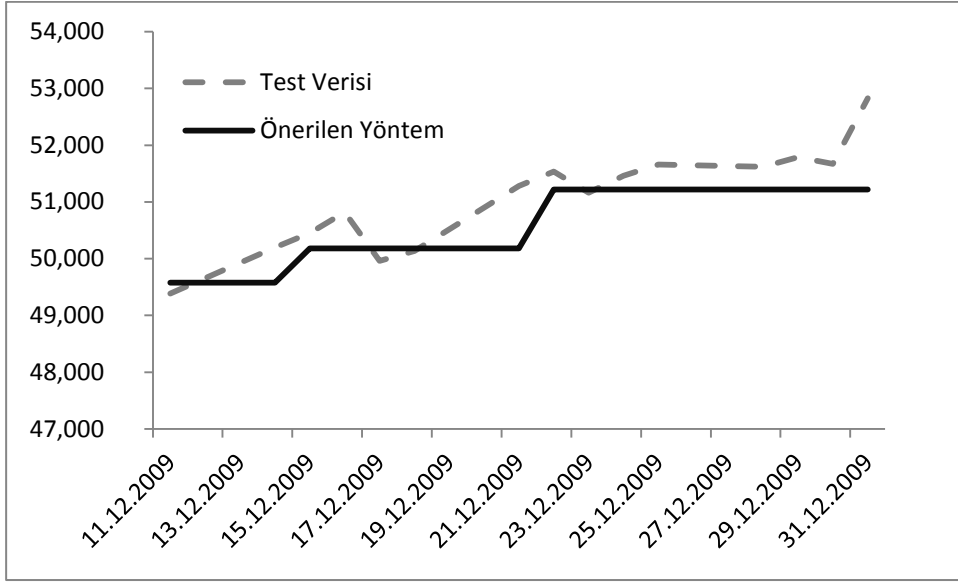
Test kümesi uzunluğunu 15 olarak alıp, programlar çalıştırıldığında en iyi sonuçlar Song ve Chissom (1993)'un yönteminde bulanık küme sayısının 9, Chen (1996) yönteminde aralık uzunluğunun 1500, Huarng and Yu (2006a)'nın orana dayalı yöntemi için örneklem oran yüzdeleri diliminin 0.5, Cheng et al. (2008) yönteminde bulanık küme sayısının 6, Huarng (2001)'in dağılıma dayalı yaklaşımından aralık uzunluğu 800, ortalamaya dayalı yaklaşımından ise aralık uzunluğu 200 olarak elde edilmiştir. Önerilen yöntem, en iyi sonucu, küme sayısının 13 olduğu durumda elde etmiştir. Bulanık bağıntı matrisi, evrensel küme parçalanmasına göre aşağıdaki gibi bulunmuştur.

1	1	1	0,5	0	0	0	0	r.	0	0	0	0	0
1	0,5	0,5	0,5	0	0	0,5	0,5	0,5	0	0	0	0	0
0,5	0,5	0	0	0	0	0,5	1	0,5	0	0	0	0	0
1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	0	0	0
0,5	0,5	0,5	1	1	1	0,5	1	0,5	0	0	0	0	0
0	0	0,5	0,5	1	1	0,5	1	0,5	0	0	0	0	0
0	0	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	1	1	0,5	0	0
0	0	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
0	0	0	0,5	1	0,5	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,5	0,5
0	0	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	0,5	0,5
0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0,5	1	1	1

**Çizelge 9.4.** Test küme uzunluğu 15 olduğunda veri set 2 için elde edilen sonuçlar

Veri Seti	Test Set	Song-Chissom (1993b)	Chen (1996)	Huarng (2001) <sup>1</sup>	Huarng (2001) <sup>2</sup>	Huarng and Yu (2006a)	Cheng et al. (2008)	Önerilen yöntem
11.12.2009	49386	49872	50250	49500	49100	49748	49984	49580
14.12.2009	50198	48606	48750	49500	49300	49316	49984	49580
15.12.2009	50450	49872	50250	49900	50500	50405	49984	50182
16.12.2009	50817	50294	50250	49900	48900	48886	49984	50182
17.12.2009	49963	50294	50250	50300	50900	48886	49984	50182
18.12.2009	50138	49872	50250	49900	49900	49748	49984	50182
21.12.2009	51281	49872	50250	49900	50500	50405	49984	50182
22.12.2009	51533	51137	51000	50300	50967	50625	49984	51217
23.12.2009	51162	51137	51000	51900	51500	51065	49984	51217
24.12.2009	51461	51137	51000	50300	50550	50625	49984	51217
25.12.2009	51661	51137	51000	50300	51500	51065	49984	51217
28.12.2009	51619	51137	51000	51900	51700	51065	49984	51217
29.12.2009	51786	51137	51000	51900	51700	51065	49984	51217
30.12.2009	51668	51137	51000	51900	51700	51963	49984	51217
31.12.2009	52825	51137	51000	51900	51700	51065	49984	51217
<b>HKOK</b>		810,995	820,5748	815,9879	760,7545	917,1887	1381,5286	621,347
<b>HMYO</b>		1,28%	1,33%	1,34%	1,1%	1,47%	2,25%	0,93%

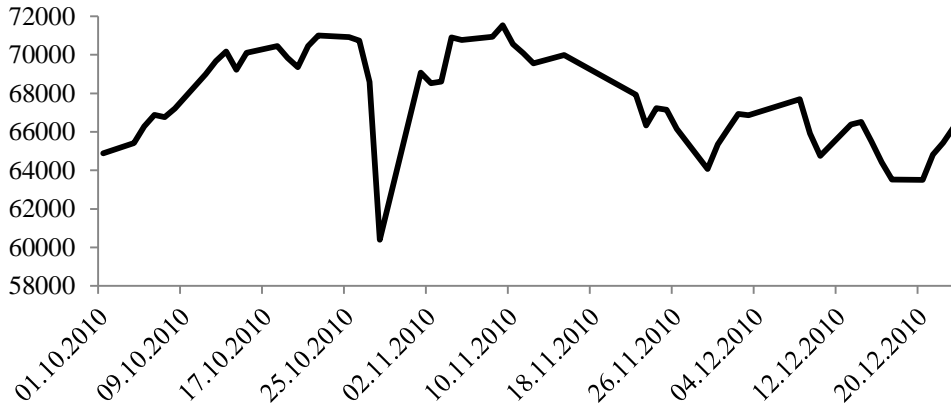
Çizelge 9.4. incelenirse, önerilen yöntemin, hem HKOK değeri açısından hem de HMYO ölçütleri yönünden bu uygulamada karşılaştırma amacıyla kullandığımız literatürde yer alan diğer yöntemlerden daha iyi öngörü sonuçları üretebildiği görülmektedir. Yine önerilen yöntemin HKOK değeri 621,347 ve HMYO 0,93% gösteriyor ki program düşük hata ile öngörü elde edebilmektedir. Önerilen yöntemden elde edilen öngörülerin test verileri ile birlikte grafiği Şekil 9.6'de verilmiştir.



**Şekil 9.6.** Test kümesi uzunluğu 15 olarak alındığında, set 2 zaman serisi için önerilen yöntemden elde edilen öngörülerin gerçek değerlerle birlikte grafiği

### 9.3 Set 3 Zaman Serisi

Son olarak literatürdeki diğer yöntemler ve önerilen yöntem set 3 zaman serisine uygulanmıştır. Şekil 9.7’ da grafiği verilen zaman serisine test kümesinin uzunluğu 7 ve 15 olmak üzere iki farklı test kümesi kullanılmıştır.



**Şekil 9.7.** 1 Ekim 2010 ile 23 Aralık 2010 tarihleri arasındaki İMKB 100 indeksi zaman serisi

Test kümesi uzunluğunu 7 olarak alıp, programlar çalıştırıldığında en iyi sonuçlar Song and Chissom (1993)’un yönteminde bulanık küme sayısının 9, Chen (1996) yönteminde aralık uzunluğunun 1100, Huarng and Yu (2006a)’nun orana dayalı yöntemi için örneklem oran yüzdelik diliminin 0.5, Cheng et al. (2008)

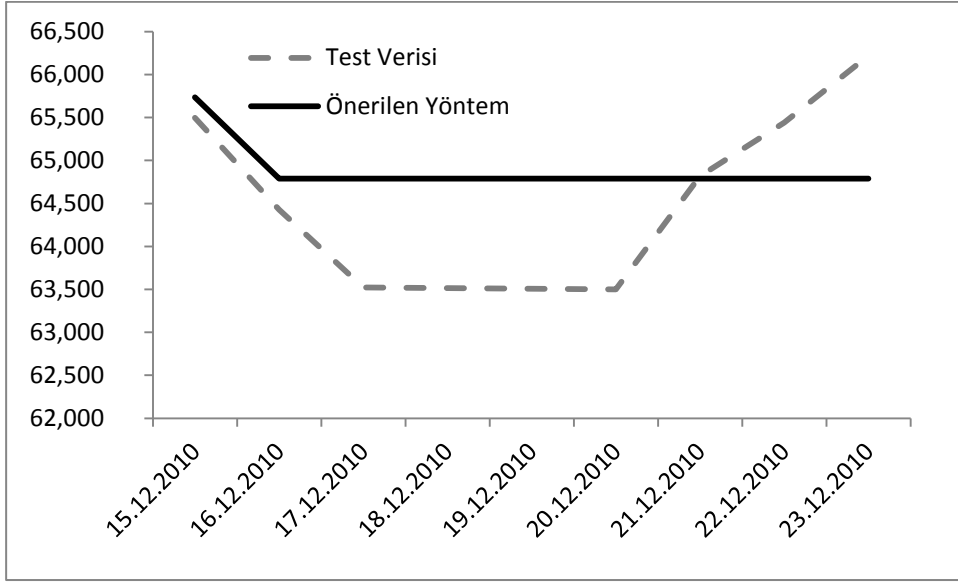
yönteminde bulanık küme sayısının 9, Huarng (2001)'in dağılıma dayalı yaklaşımından aralık uzunluğu 1000, ortalamaya dayalı yaklaşımından ise aralık uzunluğu 200 olarak elde edilmiştir. Önerilen yöntem ise, en iyi sonucu, küme sayısının 12 olduğu durumda elde etmiştir. Bulanık bağıntı matrisi, evrensel küme parçalanmasına göre aşağıdaki gibi bulunmuştur.

0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,5	1	0,5	0	0	0	0	0
0,5	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	0	0	0
0,5	1	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	0	0	0
0,5	1	1	1	0,5	1	1	0,5	0	0	0	0	0
1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	0,5	0,5	0,5
0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	0	0,5	0,5	0,5	1	1
0	0	0,5	1	0,5	0	0	0	0,5	1	0,5	0,5	0,5
0	0	0,5	0,5	0,5	0	0	0	0,5	0,5	0,5	1	1
0	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,5
0	0	0,5	1	0,5	0,5	1	1	1	1	0,5	1	1
0	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
0	0	0	0,5	1	0,5	0	0	0,5	1	0,5	1	1

**Çizelge 9.3.** Test küme uzunluğu 7 olduğunda veri set 3 için elde edilen sonuçlar

Tarih	Veri Set	Song-Chissom (1993b)	Chen (1996)	Huarng (2001) <sup>1</sup>	Huarng (2001) <sup>2</sup>	Huarng and Yu (2006a)	Cheng et al. (2008)	Önerilen Yöntem
15.12.2010	65499	65355	65500	66167	66500	67254	65992	65,734
16.12.2010	64429	65355	65500	65500	66300	66035	65992	64,788
17.12.2010	63524	65974	65500	66000	64500	65435	65992	64,788
20.12.2010	63502	64736	64950	63500	63500	63668	65992	64,788
21.12.2010	64820	64736	64950	63500	63500	63668	65992	64,788
22.12.2010	65440	65974	65500	66000	65500	66038	65992	64,788
23.12.2010	66219	65355	65500	65500	66300	66035	65992	64,788
	<b>HKOK</b>	1161,414	1047,84	1212,837	1014,733	1256,827	1544,898	918,8787
	<b>HMYO</b>	1,39%	1,20%	1,51%	1,17%	1,63%	2,00%	1,16%

Çizelge 9.5 incelenirse, önerilen yöntemin, hem HKOK değeri hem de HMYO ölçütleri açısından bu uygulamada kullandığımız literatürde yer alan diğer programlardan daha doğru öngörü sonuçları ürettiği görülebilmektedir. Önerilen yöntemin HKOK değeri 918,8787 ve HMYO 1,16% olması oldukça düşük hata ile öngörülerini elde edilebildiğini göstermektedir. Önerilen yöntemden elde edilen öngörülerin test verileri ile birlikte grafiği Şekil 9.8'de verilmiştir.



**Şekil 9.8.** Test kümesi uzunluğu 7 olarak alındığında, set 3 zaman serisi için önerilen yöntemden elde edilen öngörülerin gerçek değerlerle birlikte grafiği

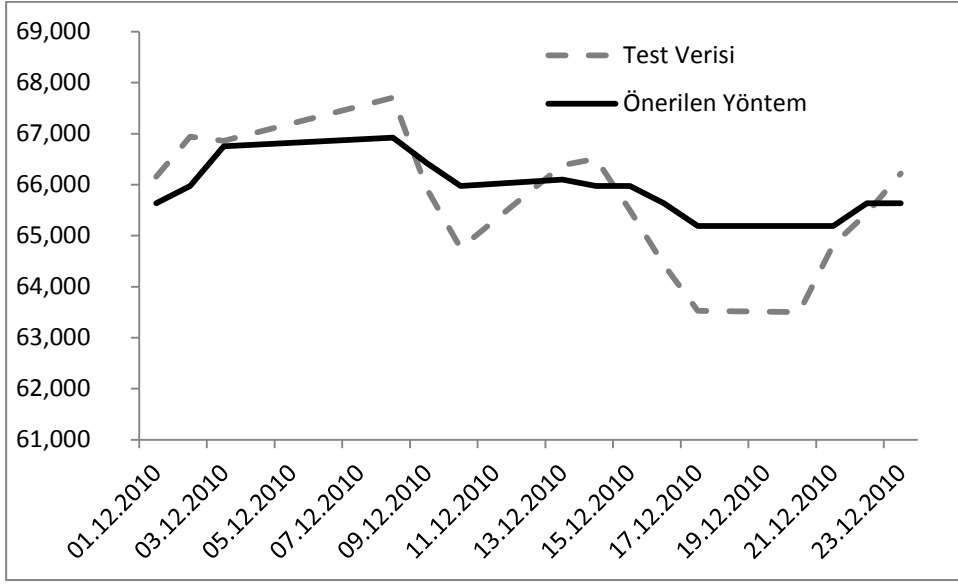
Test kümesi uzunluğunu 15 olarak alıp, programlar çalıştırıldığında en iyi sonuçlar Song and Chissom (1993)'un yönteminde bulanık küme sayısının 8, Chen (1996) yönteminde aralık uzunluğunun 1100, Huarng and Yu (2006a)'nın orana dayalı yöntemi için örneklem oran yüzdelik diliminin 0.5, Cheng et al. (2008) yönteminde bulanık küme sayısının 10, Huarng (2001)'in dağılıma dayalı yaklaşımından aralık uzunluğu 1000, ortalamaya dayalı yaklaşımından ise aralık uzunluğu 200 olarak elde edilmiştir. Önerilen yöntem, en iyi sonucu, küme sayısının 11 olduğu durumda elde etmiştir. Bulanık bağıntı matrisi, evrensel küme parçalanmasına göre aşağıdaki gibi bulunmuştur.

0	0	0,5	0,5	0,5	0	0	0,5	1	0,5	0
0	0	0,5	1	0,5	0	0	0,5	0,5	0,5	0
0	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	0	0	0
0,5	0,5	0,5	1	1	0,5	0,5	0,5	0	0	0
0,5	1	0,5	0,5	0,5	1	1	0,5	0	0	0
0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	0,5	0,5	0,5	0
0,5	0,5	0	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,5	0
1	0,5	0	0,5	1	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5
0,5	0,5	0	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0,5	0,5	1	0,5	0,5
0	0	0	0	0	0	0,5	1	1	0,5	1

Çizelge 9.4. Test küme uzunluğu 15 olduğunda data set 3 için elde edilen sonuçlar

Tarih	Test Verisi	Song-Chissom (1993b)	Chen (1996)	Huarng <sup>1</sup> (2001)	Huarng <sup>2</sup> (2001)	Huarng and Yu (2006a)	Cheng et al. (2008)	Önerilen Yöntem
01.12.2010	66156	65974	65500	66500	65300	66035	65776	65634
02.12.2010	66939	66163	65500	66167	64100	66048	65600	65976
03.12.2010	66860	66163	67517	66167	66700	66946	65776	66752
08.12.2010	67705	66163	67517	66167	66700	66946	65600	66924
09.12.2010	65914	66206	66325	67833	67700	66035	65776	66421
10.12.2010	64759	65974	65500	66500	65900	66048	65600	65976
13.12.2010	66380	65974	65500	65500	64700	65435	65776	66100
14.12.2010	66510	66163	65500	66167	67100	66946	65600	65976
15.12.2010	65499	66163	65500	66167	66500	66946	65776	65976
16.12.2010	64429	65974	65500	66500	66300	66035	65600	65634
17.12.2010	63524	65277	65500	65500	64500	65435	65776	65188
20.12.2010	63502	65277	64950	63500	63500	63668	65600	65188
21.12.2010	64820	65277	64950	63500	63500	63668	65776	65188
22.12.2010	65440	65974	65500	65500	65500	65435	65600	65634
23.12.2010	66219	65974	65500	66500	66300	66035	65776	65634
<b>HKOK</b>		998,3717	936,8862	1200,847	1283,179	961,4152	1197,762	884,173
<b>HMYO</b>		1,27%	1,16%	1,49%	1,56%	1,14%	1,5%	1,14%

Çizelge 9.6 incelenirse, bu veri setinde de önerilen yöntemin, hem HKOK değeri hem de HMYO ölçütleri açısından uygulamada kullandığımız literatürde yer alan diğer programlardan daha iyi öngörü sonuçları ürettiği görülebilmektedir. Önerilen yöntemin HKOK değeri 884,173 ve HMYO 1,14% olması oldukça düşük hata payı ile öngörü elde edilebildiğini göstermektedir. Önerilen yöntemden elde edilen öngörülerin test verileri ile birlikte grafiği Şekil 9.9'da verilmiştir.



**Şekil 9.9.** Set 3 zaman serisi için test kümesi uzunluğu 15 olduğunda önerilen yöntemden elde edilen öngörülerin gerçek değerlerle birlikte grafiği

## 10. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bulanık zaman serileri ilk olarak Song ve Chissom (1993b) çalışmasında ortaya konulmuştur. Zamanla literatürde bulanık zaman serilerinin çözümlenmesine yönelik pek çok yöntem geliştirilmiştir. Geliştirilen yöntemlerin tamamı bulanık zaman serisi öngörü modeline dayanarak zaman serilerinin çözümlenmesini hedeflemektedir.

Gerçek hayat problemlerinde öngörü elde edebilmek için literatürde var olan pek çok yöntem kullanılmakla beraber daha iyi öngörüler sağlamak için çalışmalar sürekli devam etmektedir. Bulanık zaman serisi öngörü modeline dayalı olarak geliştirilen yöntemlerin çoğunun birbirinden ayrıldığı nokta; evrensel kümenin parçalanması, aralık uzunluğunun belirlenmesi aşamasıdır. Bizim, evrensel kümenin parçalanması, aralık uzunluğunun belirlenmesi aşaması için ortaya attığımız bu çalışmanın omurgasını, insan vücudunun en mükemmel ve karmaşık sistemlerinden biri olan bağışıklık sisteminin işleyiş mekanizmasından yola çıkarak geliştirdiğimiz klonal seçim algoritması oluşturmaktadır.

Bu amaçla bağışıklık sistemimizin klonal seçim mekanizmasını taklit ederek oluşturduğumuz bu algoritma, belirli zaman aralıklarına ait IMKB 100 endeksi zaman serisi verilerine, literatürde yer alan diğer bazı çalışmalarla aynı şartlar altında uygulanarak öngörü kıyasına tabii tutulmuştur. Önerdiğimiz programımız, bu kıyasların tamamına yakınından en iyi öngörü sonucunu almış ve başarılı olmuştur.

Bu sonuçlar altında elde edilen verilere dayalı olarak söyleyebiliriz ki programımız aralık uzunluğu belirleme ve evrensel küme parçalanması sorunsalının çözümüne yönelik oldukça başarılı bir program olmuştur. Önerilen yöntem, gelecekte yeni çalışmalara temel oluşturabilir ve geliştirilerek kendine daha farklı uygulama alanlarında yer bulabilir.



## KAYNAKLAR

- Alonso O., Nino F., and Velez M., 2004. A Robust Immune Based Approach to the Iterated Prisoner's Dilemma. *Lecture Notes in Computer Science*, ISSU 3239, pages 290-301.
- Ayara M., Timmis J., Castro L. de, and Duncan R., 2002. Negative Selection: How to Generate Detectors. In *1st International Conference on Artificial Immune Systems*, pp. 89-98, September.
- Bentley P. and Timmis J., 2004. A Fractal Immune Network. In G. Nicosia, V. Cutello, P. J. Bentley, and J. Timmis, editors, *Proceeding of the Third Conference ICARIS*, pages 133-145, Edinburg, UK, September. Springer.
- Bian X. and Qiu J., 2006. Adaptive Clonal Algorithm and Its Application for Optimal PMU Placement. *Proceedings of 2006 International Conference on Communications, Circuits and Systems*, 25-28 June, Volume: 3, on page(s): 2102-2106.
- Burnet F.M., 1959. *The Clonal Selection Theory of Acquired Immunity*. Cambridge University Press.
- Castro L. de and Timmis J., 2002. An Artificial Immune Network for Multimodal Function Optimization. *Proceedings of IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC'02)*, vol. 1, pp. 699-674, May, Hawaii.
- Castro L. de and Timmis J., 2002. Hierarchy and Convergence of Immune Networks: Basic Ideas and Preliminary Results. In *Proc. of the 1st Inter. Conf. on Artificial Immune Systems (ICARIS)*, Published in the proceedings of 1st International Conference on Artificial Immune Systems (ICARIS), University of Kent at Canterbury, UK, September 9th-11th.
- Castro L. de and Zuben F., 2000. An Evolutionary Immune Network for data Clustering. In *Proc. of the IEEE SBRN (Brazilian Symposium on Artificial Neural Networks)*, pp. 84-89, Rio de Janeiro, 22-25 November.
- Castro L. de and Zuben F., 2002. Learning and Optimization Using the Clonal Selection Principle. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 6(3):239-251.
- Chen Z., 2007. Data Mining Based on Clonal Selection Wavelet Network. *Eighth ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking, and Parallel/Distributed Computing*, Jul. 30 - Aug. 1, page(s): 665-669.
- Cutello V., Nicosia G. and Pavone M., 2006. Real Coded Clonal Selection Algorithm for Unconstrained Global Optimization using a Hybrid Inversely Proportional Hyper mutation Operator. *The 21st Annual ACM Symposium on Applied Computing, SAC 2006*, April 23 -27, Dijon, France. ACM Press, vol. 2, pp. 950-954.

- Cutello V., Narzisi G., Nicosia G., and Pavone M., 2005. An Immunological Algorithm for Global Numerical Optimization. *Artificial Evolution: 7th Int. Conference, Evolution Artificielle, EA 2005*, October 26-28, Lille, France, Springer, LNCS 3871:284-295.
- Çırakoğlu B., 2003, Bağışıklık Sistemi, *Bilim ve Teknik Dergisi*, Mart 2003,2-4.
- Dabrowski J. and Kubale M., 2008. Computer Experiments with a Parallel Clonal Selection Algorithm for the Graph Coloring Problem. *IEEE International Symposium on Parallel and Distributed Processing (IPDPS 2008)*, 14-18 April, Miami, FL, USA, pp.1-6.
- Dasgupta D., Ji Z. and Gonzalez F., 2003. Artificial Immune System (AIS) Research in the Last Five Years. *The 2003 Congress on Evolutionary Computation (CEC '03)*, 8-12 Dec., vol. 1, pp. 123-130.
- Forrest S., Perelson A. S., Allen L., and Cherukuri R., 1994. Self-Nonself Discrimination in a Computer. In *Proceedings of IEEE Symposium on Research in Security and Privacy*, pages 202-212, Okland, May 16-18.
- Franca F., Zuben F., and Castro L. de, 2005. An Artificial Immune Network for Multimodal Function Optimization on Dynamic Environments. *Proceedings of the 2005 conference on Genetic and evolutionary computation (GECCO'05)*, June 25-29, Pages: 289 – 296, USA.
- Garrett S., 2004. Parameter-Free Adaptive Clonal Selection. *Congress on Evolutionary Computation (CEC2004)*, 19-23
- Garrett S., 2004. Parameter-Free Adaptive Clonal Selection. *Congress on Evolutionary Computation (CEC2004)*, 19-23 June, Volume: 1, pp.: 1052- 1058.
- Gong M., Jiao L., Zhang L., and Ma W., 2007. Improved Real-Valued Clonal Selection Algorithm Based On A Novel Mutation Method. *Proceedings of 2007 International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems Nov.28-Dec.1, Xiamen, China.*
- Gong M., Zhang L., Jiao L. and Ma W., 2007. Differential Immune Clonal Selection Algorithm. *Proceedings of 2007 International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems Nov.28-Dec.1, Xiamen, China.*
- Gonzalez L. and Cannady J., 2004. A Self-Adaptive Negative Selection Approach for Anomaly Detection. *Congress on Evolutionary Computation (CEC2004)*, Volume 2, Issue , 19-23 June, Page(s): 1561 - 1568.
- Hao X. and Cai-xin S., 2007. Artificial Immune Network Classification Algorithm for Fault Diagnosis of Power Transformer. *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 22, Issue 2, April, On page(s): 930-935.
- He Y. and Jian C., 2007. Clonal Selection Algorithm with Adaptive Mutation and Roulette Wheel Selection. *International Conference on Computational Intelligence and Security Workshops*, 15-19 Dec., page(s): 93-96.
- Hu J., Guo C., Li T. and Bu R., 2007. A Mutation-Classified, Parameter-Dynamic Immunological Algorithm for Global Optimization. *Proceedings of the 2007 American Control Conference, NY, USA, July 11-13*, page(s): 546-551.

- Huang W. and Jiao L., 2008. Artificial Immune Kernel Clustering Network for Unsupervised Image Segmentation. *Progress in Natural Science*, Vol. 18, No. 4, pp.: 455–461.
- Hunt J. and Cooke D., 1996. Learning Using an Artificial Immune System. *Journal of Network and Computer Applications* (1996) 19, 189-212.
- Igawa K. and Ohashi H., 2008. A Negative Selection Algorithm for Classification and Reduction of the Noise Effect. *Appl. Soft Comput. J.* (2008), doi:10.1016/j.asoc.2008.05.003.
- Inceoğlu E., 2010, *IMKB Forecasting with Fuzzy Time Series*, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun,
- Ishiguro A., Watanabe Y., and Uchikawa Y., 1994. Fault Diagnosis of Plant System Using Immune Networks. *Proceedings of the 1994 IEEE International Conference on Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems (MF1'94)* Las Vegas NV, 2-5 Oct., Page(s):34 – 42.
- J.R. Al-Enezi, M.F. Abbod & S. Alsharhan, 2010. *Artificial Immune Systems-Models, Algorithms and Applications: Electronic and Computer Engineering Department, School of Engineering and Design, Brunel University, UK. Computer Science Department, Gulf University for Science and Technology, P.O. Box: 7207, Hawalli, 32093, Kuwait, 119-122 s.*
- Jerne N. K., 1974. Towards a Network Theory of the Immune System. *Ann. Immunology*, vol. 125C, pp. 373–389.
- Knight T. and Timmis J., 2002. A Multi-Layered Immune Inspired Approach to Data Mining. *Proceedings of the 4th International Conference on Recent Advances in Soft Computing (RASC'02)*, pages 266-271, Nottingham, UK., December.
- Leonard N. De Castro, Member, IEEE, and J. Von Zuben, *Learning and Optimization Using the Clonal Selection Principle*, 2002
- Li H., Hao X. and Zhang L., 2008. A Clonal Selection Algorithm Based Optimal Iterative Learning Control Algorithm. *Proceedings of the 7th World Congress on Intelligent Control and Automation*, June 25 – 27, Chongqing, China.
- Liu R., Jiao L. and Du H., 2004. Adaptive Immune Clonal Strategy Algorithm. *7th International Conference on Signal Processing (ICSP'04)*, 31 Aug.-4 Sept., Volume: 2, pp: 1554- 1557.
- Lu H. and Zhichun M., 2008. A Clonal Chaos Adjustment Algorithm for Multimodal Function Optimization. *Proceedings of the 27th Chinese Control Conference*, July 16-18, Kunming, Yunnan, China.
- Luh G. and Liu W., 2004. Reactive Immune Network Based Mobile Robot Navigation. In G. Nicosia, V. Cutello, P. J. Bentley, and J. Timmis, editors, *Proceeding of the Third Conference ICARIS*, pages 119-132, Springer.
- LV J., 2007. Study on Chaos Immune Network Algorithm for Multimodal Function Optimization. *Fourth International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD 2007)*, Haikou, 24-27 Aug., Volume: 3, On page(s): 684-689.
- Neal M., 2003. Met-Stable Memory in an Artificial Immune Network. *Proceedings of the 2nd International Conference on Artificial Immune Systems (ICARIS)*, Springer, 168-180, LNCS 2787/2003.

- Ozkan M. M., 2003, Bulanık Bağlantılar, Editörler: Ozkan M. M., Bulanık Hedef Programlama, 1, Ekin Kitabevi, İstanbul, 92-114.
- Ozkan M. M., 2003, Bulanık Kümeler, Editörler: Ozkan M. M., Bulanık Hedef Programlama, 1, Ekin Kitabevi, İstanbul, 2-50.
- Ozkan M. M., 2003, Bulanık Sayılar, Editörler: Ozkan M. M., Bulanık Hedef Programlama, 1, Ekin Kitabevi, İstanbul, 59-81.
- Parmaksızoğlu, S., 2005. Yapay Bağışıklık Algoritması Kullanılarak Lineer Sistemlerin Kimliklendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, 23,24 s.
- Q.Song ve B.S Chissom., 1994. Forecasting Enrollments with Fuzzy Time Series-part II, Fuzzy Set and Systems, vol. 62, no. 1,pp.1-8.
- Qiao P., Wang T. and Su J., 2008. An Improved Clone Selection Immune Algorithm. Data Mining, Intrusion Detection, Information Assurance, and Data Networks Security, edited by Belur V. Dasarathy, Proc. of SPIE Vol. 6973, 69730O, (2008) , DOI: 10.1117/12.772464.
- Qiao Y. and Jianping Y., 2006. AINIDS: An Immune-Based Network Intrusion Detection System. Proc. of SPIE vol. 6241, 62410U, April 18.

#### REFERANSNOKAYNAK OKULA KAYIT VERİLERİ MAKALE

- Secker A., Freitas A., and Timmis J., 2003. AISEC: an Artificial Immune System for E-mail Classification. Proceedings of the Congress on Evolutionary Computation, pages 131-139, Canberra. Australia, December, IEEE.
- Tian X., Yang H., and Deng F., 2006. A Novel Artificial Immune Network Algorithm. Proceeding of the Fifth International Conference on Machine Learning and Cybernetics, Dalian, 13-16 August, On page(s): 2159-2165.
- Timmis J. and Neal M., 2001. A Resource Limited Artificial immune System for Data Analysis. Knowledge Based Systems, vol. 14(3-4), pp. 121-130, June.
- URL-1:<http://www.bilimvesaglik.com/vucudumuz/bagisiklik-sistemi/bagisiklik-mekanizmalari.html>, (Ziyaret tarihi: 10 Ekim 2013).
- Xia F., Zhu Y., and Gao Y., 2007. Shape-Space Based Negative Selection Algorithm And Its Application On Power Transformer Fault Diagnosis. Proceedings of the 2007 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, Dec. 15-18, Sanya, China, Page(s):2149 - 2154.
- Yang J., Sun L., Lee H., Qian Y. and Liang Y., 2008. Clonal Selection Based Memetic Algorithm for Job Shop Scheduling Problems. Journal of Bionic Engineering, vol. 5, pp. 111-119.
- Yolcu U., Aladag C.H., Egrioglu E., Uslu R. V., 2011, Time series forecasting with a novel fuzzy time-series approach: an example for Istanbul stock market, *Journal of Statistical Computation and Simulation*, ?, 9-11.
- Yu Y. and Hou C., 2004. A Clonal Selection Algorithm By Using Learning Operator. Proceedings of the Third International Conference on Machine Learning and Cybernetics, Shanghai, 26-29 Aug.

- Zhang C. and Yi Z., 2007. An Artificial Immune Network Model Applied to Data Clustering and Classification. Proceedings of 4th International Symposium on Neural Networks, ISNN 2007, Nanjing, China, June 3-7, Part II, LNCS 4492, 526-533.
- Zhang L., Zhong Y., Huang B., Gong J. and Li P., 2007. Dimensionality Reduction Based on Clonal Selection for Hyper spectral Imagery. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 45, Issue No. 12, Dec., Page(s):4172 - 4186.
- Zhengbing H., Ji Z., and Ping M., 2008. A Novel Anomaly Detection Algorithm Based on Real-Valued Negative Selection System. 2008 Workshop on Knowledge
- Zuo X. and Li S., 2003. The Chaos Artificial Immune Algorithm and Its Application to RBF Neuro-Fuzzy Controller Design. IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, Volume 3, Issue , 5-8 Oct., Page(s): 2809 - 2814.



## ÖZGEÇMİŞ



**Ad Soyad** : Çağdan BİRCAN  
**Doğum Yeri ve Tarihi** : Berlin/1988  
**Adres** : Atakent/Atakum/Samsun  
**E-Posta** : cagdanb@gmail.com  
**Lisans** : Ondokuz Mayıs Üniversitesi,  
Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri  
Öğretmenliği

