ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İLETİŞİM AĞ PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜMÜNDE NEURO - FUZZY YAKLAŞIMI

Fidan Aybike GEDİK

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ANKARA
2011

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

İLETİŞİM AĞ PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜMÜNDE NEURO- FUZZY YAKLAŞIMI

Fidan Aybike GEDİK

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. İman ASKERBEYLİ

Son yıllarda bulanık mantık kavramı artık birçok teknoloji alanında daha iyi, basit ve hızlı çözümler sunmasıyla tercih edilmeye başlanmıştır. Bulanık mantığın kullanıldığı alanlardan birisi de iletişim ağ teknolojileridir. Ancak araştırmalar bulanık mantık içeren yöntemlerin ağın değişken durumlarına adapte olmada zaman zaman yetersiz kaldığını göstermiştir. Bu tez ATM (Eşzamansız Aktarım Modu) ağları üzerindeki trafik kontrolü için elverişsiz hale gelen bulanık yöntemlere alternatif bir yol aramak amacını gütmektedir. Yapay sinir ağlarının eğitilebilme özelliğini, bulanık mantığın bilgi tabanlı sözel ifade edebilme özelliği ile birleştirerek daha yüksek performansta bir kontrol mekanizması tasarlanmıştır. Uyarlanabilir sinirsel bulanık modellerini kullanarak öncelikle tek anahtarlı (switch) ağlar üzerinde kanallara iletilebilecek en uygun bit oranına erişilmiştir. Daha sonra ise uyguladığımız tekniği çok anahtarlı üzerinde de uygulayarak gerçeğe yakın bir ATM ağı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Geleneksel bulanık modellere göre daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Eylül 2011, 64 sayfa

Anahtar Kelimeler: Bulanık Mantık, Uyarlanabilir Sinirsel Bulanık Sistemler, ATM

ABSTRACT

Master Thesis

NEURO-FUZZY APPROACH FOR SOLVING COMMUNICATION NETWORK PROBLEMS

Fidan Aybike GEDİK

University of Ankara
Graduate School of Natural and Applied Science
Department of Computer Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. İman ASKERBEYLİ

In recent years, the concept of fuzzy logic began to be preferred due to provide better, simpler and faster solutions at a lot of technology areas. Communication network technology is one of areas fuzzy logic used in. However, researches show that fuzzy logic methods are inadequate in adapting to variable situation of networks from time to time. This thesis aims to find an alternative way to inadequate fuzzy logic methods for traffic control of the ATM (Asynchronous Transfer Mode) networks. A higher performance control mechanism was designed with joining training property of artificial neural network and property of knowledge-based expressions linguistic of fuzzy logic. Efficiency of data traffic on communication networks can be increase with adaptive neuro fuzzy logic methods. Firstly, we accessed to optimum bit rate to be able to transmitted over single switch. After that, we applied this technique to multiple switches networks so we examined the effects over nearly real ATM network. Results were better than results of traditional fuzzy methods.

September 2011, 64 pages
Key Words: Fuzzy Logic, Adaptive Neuro Fuzzy Systems, ATM

TEŞEKKÜRLER

Çalışmalarımın her aşamasında beni yönlendirerek yardımlarını esirgemeyen, bilgi ve önerileriyle her zaman destek olan ve akademik olarak gelişmemde ve ilerlememde çok büyük bir paya sahip olan çok değerli danışman hocam sayın Doç. Dr. İman ASKERBEYLİ'ye (Ankara Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı) en içten teşekkürlerimi sunarım. Bu tezin oluşmasında verdikleri öneriler ile eksiklerimin tamamlanmasında payı olan değerli hocalarım Prof. Dr. Ertan İBİKLİ (Ankara Üniversitesi Matematik Anabilim Dalı) ve Yrd. Doç. Dr. Refik SAMET'e (Ankara Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı) teşekkür ederim.

Bu tez çalışması içinde kullandığım test verilerini aldığım Türk Telekom A.Ş Network Direktörlüğüne ve sahip olduğu bilgileri benimle paylaşmaktan çekinmeyen çalışanlarına da teşekkürü bir borç bilirim.

Fidan Aybike Gedik
Ankara, Eylül 2011

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **i**
ABSTRACT ..... **ii**
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ..... **vi**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **vii**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **ix**
1. GİRİŞ **1**
2. BULANIK MANTIK **4**
2.1 Üyelik Fonksiyonu **5**
2.2 Bulanık Mantık Kuralları **6**
3. ATM **7**
3.1 ABR **8**
3.2 ABR Akış Kontrol Mekanizması **10**
4. PROBLEM TANIMLAMA **11**
5. TASARIM VE UYGULAMA **12**
5.1 Bulanık Kontrol Mekanizması **12**
5.1.1 Giriş ve çıkış değerleri **13**
5.1.2 Üyelik fonksiyonları **14**
5.1.2.1 Kuyruk uzunluğu **14**
5.1.2.2 Kuyruk hızı **15**
5.1.3 Kural tablosu **17**
5.1.4 Arındırma **19**
5.1.4.1 Takagi – Sugeno bulanık yöntemi **19**
5.1.5 Sonuç yüzeyi **20**
5.1.6 Test **20**
5.2 Uyarlamalı Sinirsel Bulanık Kontrol Mekanizması **22**
5.2.1 Giriş ve çıkış değerleri **22**
5.2.2 Üyelik fonksiyonları **22**
5.2.3 Kural tablosu **23**
5.2.4 ANFIS tasarımı **24**
5.2.5 Eğitim **26**
5.2.6 Eğitimden önce/sonra parametreler **28**

5.2.7 Güncellenen üyelik fonksiyonları 30
5.2.8 Sonuç yüzeyi 31
5.2.9 Test 32
6. TEK ANAHTARLI AĞLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ 34
7. ÇOK ANAHTARLI ATM AĞLARINDA PROBLEM TANIMLAMA 35
7.1 Çok Anahtarlı Modelleme Tasarımı 36
7.1.1 Giriş ve çıkış değerleri 36
7.1.2 Üyelik fonksiyonları 37
7.1.2.1 Kuyruk uzunluğu 37
7.1.2.2 Kuyruk hızı 38
7.1.2.3 Önceki anahtarların ortalama akış oranı 39
7.1.3 Kural tablosu 40
7.1.4 Arındırma 43
7.1.4.1 Takagi – Sugeno bulanık yöntemi 43
7.1.5 Sonuç yüzeyi 44
7.1.6 Test 45
7.2 Sinirsel-Bulanık Kontrol Mekanizması 46
7.2.1 Giriş ve çıkış değerleri 47
7.2.2 Üyelik fonksiyonları 47
7.2.3 Kural tablosu 48
7.2.4 Uyarlamalı sinirsel bulanık kontrol sistemi tasarımı 48
7.2.5 Eğitim 50
7.2.6 Eğitimden önce/sonra parametreler 51
7.2.7 Güncellenen üyelik fonksiyonları 53
7.2.8 Sonuç yüzeyi 55
7.2.9 Test 56
8. SONUÇ 58
8.1 Karşılaştırma 58
8.2 Anahtar Sayına Göre Sonuçlar 59
8.3 Çok Anahtarlı Ağlar Üzerindeki Etkileri Ve Sonuçları 60
KAYNAKLAR 61
ÖZGEÇMİŞ 64

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ATM	Asynchronous Transfer Mode
ABR	Available Bit Rate
ANFIS	Adaptive Neuro Fuzzy Inference System
μ(x)	x Elemanın Üyelik Derecesi
AAK	ATM adaptasyon Katmanı
RM CELL	Resource Management Cell
FERM	Fuzzy Explicit Rate Marking
LSE	Least Squares Estimation
QLength	Queue Length
DeltaQ	Delta Queue Length

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Bağlantı sayı aralıklarının sözel ifadelerle gösterilmesi 4
Şekil 2.2 Sıcaklık değer aralıklarının yamuk üyelik fonksiyonu ile gösterimi 5
Şekil 3.1 ATM hücre yapısı 7
Şekil 5.1 Bulanık kontrol sistemi 12
Şekil 5.2 Bulanık kontrol sisteminin bir ATM anahtarına entegrasyonu 13
Şekil 5.3 Kuyruk uzunluğu giriş üyelik fonksiyonu grafiği 14
Şekil 5.4 Kuyruk hızı giriş üyelik fonksiyonu grafiği 16
Şekil 5.5 Bulanık mantık kural tablosu 17
Şekil 5.6 İki girdili bir sistemindeki Takagi-Sugeno bulanık çıkarımı 19
Şekil 5.7 Bulanık kontrol sistemi sonucu 20
Şekil 5.8 Bulanık kontrol sistemi sonuçlarının istenilen değerlere göre karşılaştırılması 21
Şekil 5.9 Bulanık kontrol sistemi hata değerlerinin kuyruk uzunluğuna göre grafiği 21
Şekil 5.10 Kuyruk uzunluğu giriş üyelik fonksiyonu grafiği 22
Şekil 5.11 Kuyruk hızı giriş üyelik fonksiyonu grafiği 23
Şekil 5.12 ANFIS katman yapısı 24
Şekil 5.13 Hibrit algoritması akış diyagramı 28
Şekil 5.14 Eğitimden sonraki kuyruk hızı giriş üyelik fonksiyonu grafiği 30
Şekil 5.15 Eğitimden sonraki kuyruk uzunluğu giriş üyelik fonksiyonu grafiği 30
Şekil 5.16 ANFIS kontrol sistemi sonucu 31
Şekil 5.17 ANFIS hata değerlerinin kuyruk uzunluğuna göre grafiği 32
Şekil 5.18 ANFIS sonuç değerlerinin istenilen değerlere göre karşılaştırılması 32
Şekil 6.1 BM ve ANFIS hata değerlerinin kuyruk uzunluğuna göre grafiği 34
Şekil 7.1 Çok anahtarlı bir ATM ağının örnek modeli 35
Şekil 7.2 Kuyruk uzunluğu giriş üyelik fonksiyonu grafiği 37
Şekil 7.3 Kuyruk hızı giriş üyelik fonksiyonu grafiği 38
Şekil 7.4 Önceki anahtarların ortalama akış oranı giriş üyelik fonksiyonu grafiği 39
Şekil 7.5 Üç girdili bir sistemindeki Takagi-Sugeno bulanık çıkarımı 43

Şekil 7.6 Ortalama akış oranı 0.1 referans değerine göre bulanık kontrol sistemi sonucu 44
Şekil 7.7 Kuyruk hızı -300 referans değerinde göre bulanık kontrol sistemi sonucu 44
Şekil 7.8 Bulanık kontrol sistemi sonuçlarının istenilen değerlere göre karşılaştırılması 45
Şekil 7.9 Bulanık kontrol sistemi hata değerlerinin kuyruk uzunluğuna göre grafiği 46
Şekil 7.10 Kuyruk uzunluğu giriş üyelik fonksiyonu grafiği 47
Şekil 7.11 Kuyruk hızı giriş üyelik fonksiyonu grafiği 47
Şekil 7.12 Önceki anahtarların ortalama akış oranı üyelik fonksiyonu grafiği 48
Şekil 7.13 Uyarlamalı sinirsel bulanık kontrol sistemi katman yapısı 49
Şekil 7.14 Eğitimden sonraki kuyruk hızı giriş üyelik fonksiyonu grafiği 53
Şekil 7.15 Eğitimden sonraki kuyruk uzunluğu giriş üyelik fonksiyonu grafiği 54
Şekil 7.16 Eğitimden sonraki ortalama akış oranı giriş üyelik fonksiyonu grafiği 54
Şekil 7.17 Ortalama akış oranı 0.1 referans değerinde göre uyarlamalı sinirsel bulanık kontrol sistemi sonucu 55
Şekil 7.18 Kuyruk hızı -300 referans değerine göre uyarlamalı sinirsel bulanık kontrol sistemi sonucu 55
Şekil 7.19 Uyarlamalı sinirsel bulanık kontrol sistemi hata değerlerinin kuyruk uzunluğuna göre grafiği 56
Şekil 7.20 Uyarlamalı sinirsel bulanık kontrol sistemi sonuç değerlerinin istenilen değerlere göre karşılaştırılması 57
Şekil 8.1 Bulanık kontrol ve uyarlamalı sinirsel bulanık kontrol sistemi hata değerlerinin kuyruk uzunluğuna göre grafiği 58

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Kaynak yönetim hücrelerinin alanları ve tanımlamaları 9
Çizelge 5.1 Öncül parametreler 28
Çizelge 5.2 Sonuç parametreleri 29
Çizelge 5.3 Sonuç parametreleri 29
Çizelge 6.1 ANFIS hata değerleri 34
Çizelge 6.2 Bulanık kontrol sistemi hata değerleri 34
Çizelge 7.1 Bulanık mantık kural tablosu 40
Çizelge 7.2 Öncül parametreler 51
Çizelge 7.3 Sonuç parametreleri 51
Çizelge 7.4 Sonuç parametreleri 52
Çizelge 8.1 Uyarlamalı sinirsel bulanık kontrol sistemi hata değerleri 58
Çizelge 8.2 Bulanık kontrol sistemi hata değerleri 58
Çizelge 8.3 Uyarlamalı sinirsel bulanık kontrol sistemi anahtar sayısına göre sonuç değerleri 59

1. GİRİŞ

Matematiğin doğası gereği modelleme kendiliğinden ortaya çıkar. Matematik bilimi kendi özgü kurallara sahip olduğundan dolayı genellikle bu kuralları probleme uydurmak zor olabilir. Bu yüzden var olan problemi matematiğe uydurmaya çalışmak daha kolaydır. Örneğin; doğrusal olmayan süreçler için kestirim yapabilecek bilinen hiçbir matematiksel kural yoktur. Problemi doğrusal bir modellemeye benzeterek, bilinen matematik kurallarının uygulanmasıyla sonuca ulaşılabilir. Ancak doğrusal olmayan sistemler girdi değerlerine o kadar bağlıdırlar ki, bu değerlerdeki en ufak bir değişiklik çıktıyı tamamıyla değiştirebilir. Bu sebeple tüm girdi olasılıklarının düşünülerek ilerlenmesi gerekmektedir (Anonim 2004).

1950'lerden sonra sistemlerin analiz edilerek problemlere çözüm arayışlarında olasılık kuramları sıkça kullanılmaya başlanmıştır. İlk kez 1965 yılında California Berkeley Üniversitesinden Prof. Lütfi Asker Zade'nin bu konu hakkında makalelerini (Zadeh 1965) yayınlamıştır. Daha sonra bu belirsizlik kavramının anlatımı olan ve belirsizlikle çalışılabilmesine olanak sağlayan Bulanık mantığın önemini hızla artmıştır.

Günlük hayatta kullandığımız sıradan ev araçlarından, iş hayatında kullanılan yüksek teknolojili sistemlere kadar her alanda bulanık mantık ile oluşturulan modeller yer almaktadır. Gün geçtikçe ve teknoloji ilerledikçe sistemler karmaşıklaşmaktadır. Bununla beraber belirli bir karmaşıklık sınırından sonra geleneksel yöntemlerle oluşturulan teknolojiler de daha fazla ilerleyemez hale gelebilmekte, elverişsiz olmaktadır. Bu gibi sürekli güncellenen, olasılık ve ihtiyaçların arttığı bir teknoloji dünyasında, basit ve hızlı çözümler üretmek bir zorunluluk haline gelmiştir. Bu zorunluluğun sonucunda üretici ve geliştirici birimlerin yöneldiği alanlardan bir tanesi bulanık mantık içeren teknolojilerdir. Birçok araştırmacı bulanık metotları trafik planlamasında kullanmıştır (Palancıoğlu ve Beşdok 2005). Trafik kontrol problemlerinde kullanılan bulanık mantık içeren uygulamalarının birçoğu henüz tasarım aşamasındadır. Fakat bu uygulamalardan elde edilen sonuçlar bulanık metotların başarı ile kullanılabileceğini göstermektedir.

Bulanık mantığın kullanıldığı bir diğer uygulama alanı ise İletişim Ağ Teknolojileridir. İletişim ağlarına ait birçok parametre kesin ve hassas bir şekilde matematiksel olarak tanımlanamamasına rağmen sözel verileri kullanarak bulanık metotlar ile tanımlanabilirler (Lightner 2006).

İletişim ağ teknolojilerinden biri olan ATM son yıllarda sıklıkla veri, video ve ses iletimlerini sağlamak amacıyla kullanılmaya başlanmıştır. Paket anahtarlama tekniğinde en güncel teknoloji gözüyle bakılabilir. Veri için çoğullama ve anahtarlama işlevlerini bütünleştirir. ATM değişik hızlarda çalışan cihazların haberleşmesine izin verir. Ayrıca yüksek performans çoklu ortam ağları için paket anahtarlamadan daha yüksek performans gösterir.

ATM şebekelerde ses, veri, video gibi değişik hizmetleri karşılamak için değişebilen trafik isteklerine uyarlanabilirlik önemli bir ihtiyaçtır. ATM, yüksek hızda bilgi transferini sağlamak için hangi hizmet türü olursa olsun tüm veriyi hücrelere dönüştürür. ATM şebekeler yönetimi ve kontrol edilmesi zor sayılabilecek şebekeler arasındadır. Ayrıca bir anahtar üzerindeki yığılmadan sakınmak gerekir. Aynı zamanda farklı trafik tiplerine hizmet kalitesini garanti etme gibi ihtiyaçlar da sistemler açısında önem arz etmektedir. ATM şebeke kullanımını maksimum yapmak, şebeke kararlılığını sağlamak ve yığılmalardan arındırmak için bir kontrol mekanizmasının kullanılması zorunlu hale gelmektedir (Hekim ve Durusoy 2002).

ATM ağlarının trafik kontrolünü üzerinde bulanık mantık ile yapılan uzun deneme çalışmalarıyla ile gelinen noktada oldukça iyi bir uzmanlık isteyen tasarımlar ortaya çıkmıştır. Ancak sürekli değişen teknoloji ve ağın yoğunluğu ile çevrimiçi ağların trafik kontrolü bir süre sonra elverişsiz hale gelmektedir. Bu durumda sürekli güncellenecek esnek yapıda sistemler tasarlanmalıdır. Bulanık mantığın istikrarlı yapısından uzaklaşılarak sinirsel algoritmaların eğitim özelliği ile sürekli kendini yenileyebilen daha uyarlanabilir kontrol sistemleri ortaya çıkabilir. Ayrıca Bulanık mantığın iletişim teknolojilerinde kullanılan karmaşık yapılarına sözel ifade edebilme yeteneğini öne çıkararak sistem tasarımı daha basit hale getirilebilir.

Bu belirtilen özellikleri bir araya getiren sinirsel bulanık yapılar, ATM teknolojisinin ağ iletişimi sırasında karşılaşılan trafik sorunlarına çözüm bulabilmek için kullanılabilir. Bu projede, genellikle trafik akışlarının kontrol etmek için kullanılan ATM'in ABR (Kullanılabilir Bit Oranı) servisi üzerinde uyarlamalı sinirsel bulanık çıkarım sistemi (ANFIS) ile bulanık çıkarım sistemlerine alternatif bir yol aramaya çalışacağız. Uygulamalı olarak hata değerinin daha az ve daha yüksek performansa sahip kontrol mekanizmaları oluşturmaya çalışılmıştır.

2. BULANIK MANTIK

Bulanık mantığın temelinde bulanık küme ve alt kümelere vardır. Klasik mantıkta bir nesne 1 değerini alırsa kümenin elemanıdır, 0 değerini alırsa kümenin elemanı değildir. 0 ve 1 değerlerini alan kesin kümelerin aksine olarak bulanık mantık kümelerinde 0 ve 1 arasında değişebilen değerler alabilir. Bulanık mantıkta gerçek hayattaki gibi oluşan belirsizlik durumları, bu durumu temsil eden küme elemanlarına üyelik fonksiyonlarının tanımlanması ile belirlenir. Bulanık kümelerde her bir varlığın üyelik derecesi vardır ve [0, 1] aralığında herhangi bir değer olabilir. Ayrıca bu değerlere sözel tanımlar verilerek ifade edilebilir (Altaş 1999).

Bulanık mantık ile klasik mantık arasındaki fark klasik mantığın sadece sınır değerlere izin vermesidir. Klasik mantık yöntemlerle karmaşık sistemleri kontrol etmek istersek sadece sınır değerler ile çalışmamız gerekir ki bu gerçek hayatta uygulanamaz bir durumdur. Bulanık mantık içeren yöntemler ile çalışmak bu sınır değerler arasındaki verileri de kullanmamıza izin vererek ve daha niteliksel bir tanımlama olanağı sağlar. Ayrıca sınır değerler arasındaki verilere sözle tanımlar vermek uygulamada kolaylık sağlar. Böylece oldukça basit bir yapı veri azalışı söz konusu olmaktadır. Bu gibi pozitif özellikler sözel değişken kavramını önemli kılmaktadır. Sözel değişken "yoğun" veya "seyrek" gibi kelimeler ve ifadelerle tanımlanabilen değişkenlerdir. Bir sözel değişkenin değerleri bulanık kümeleri ile ifade edilir. Örneğin, bir telefon şebekesinin kullanım oranı sözel değişken olarak "yoğun", "normal" ve "seyrek" olarak ifadelerini alabilir. Bu üç ifadenin her biri ile bulanık kümeleri modellenir.

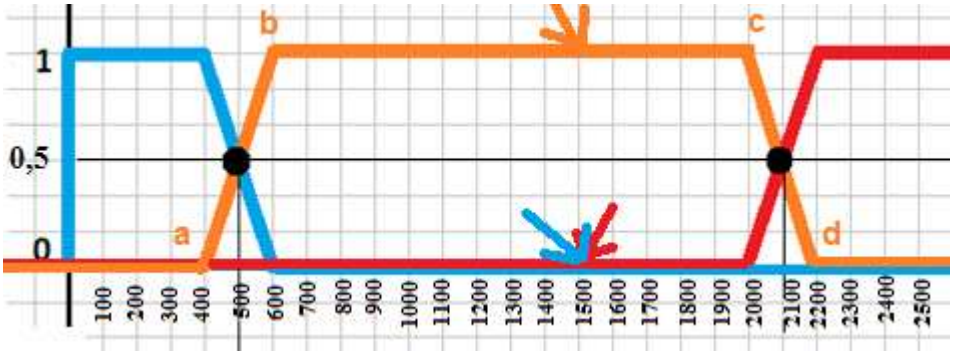
Şekil 2.1'de bir telefon şebekesinin kullanım oranı üzerinde ile ölçülen belli değer aralıklarının, günlük hayatta kullanılan sözel tanımlamalarla gösterildiğini görebiliriz.



Şekil 2.1 Bağlantı sayı aralıklarının sözel ifadelerle gösterilmesi

2.1 Üyelik Fonksiyonu

Bulanık mantıkta üyelik fonksiyonu μ(x) ile gösterilir. Bu fonksiyonlar veri aralığının ve yoğunluğunun durumuna göre değişik şekillerde olabilir (Singpurwalla ve Booker 2004). Şekil 2.2'de bir önceki örnekte kullanılan telefon şebekesine yapılan bağlantı sayılarının değer aralıklarının yamuk üyelik fonksiyonu ile gösterildiği grafik yer almaktadır.



Şekil 2.2 Sıcaklık değer aralıklarının yamuk üyelik fonksiyonu ile gösterimi

Görüldüğü gibi 1500 Bağlantı sayısı, seyrek kümesinde 0 üyelik derecesine sahipken, normal kümesinde ise 1 üyelik derecesine sahiptir.

Herhangi bir bulanık küme, elemanlarının ait olma derecelerini gösteren bir karakteristik veya üyelik fonksiyon ile temsil edilebilir. Bir Bulanık küme genel anlamda aşağıdaki gibidir.

$$\mu(x;a,b,c,d) = \begin{cases} 0, & x < a \\ \dfrac{x-a}{b-a}, & a \le x \le b \\ 1, & b \le x \le c \\ \dfrac{d-x}{d-c}, & c \le x \le d \\ 0, & d \le x \end{cases} \quad (2.1)$$

Formül 2.1'de gösterilen yamuk üyelik fonksiyonunun grafiği şekil 2.2'de turuncu ile gösterilmiştir. Buna göre 1500 değerinin üyelik değerini aşağıdaki gibi hesaplayalım.

$\mu(1500;400,600,2000,2200) \Rightarrow\ 600 \le 1500 \le 2200 \rightarrow 1$

2.2 Bulanık Mantık Kuralları

Modellenmesi karmaşık, zor veya imkânsız olan sistemlerde sözel kurallar kullanılarak tanımlanan kontrol kuralları bulanık kontrol sistemlerin önemli bir kısmını oluştururlar (Anonymous 2010).

IF - THEN şeklinde *sözel* tanımlarla ifade edilirler.

IF bağlantı sayısı "***yoğun***" THEN yedek şebekeyi "***aç***"
IF bağlantı sayısı "***normal***" THEN yedek şebekeyi "***beklet***"
IF bağlantı sayısı "***seyrek***" THEN yedek şebekeyi "***kapat"***

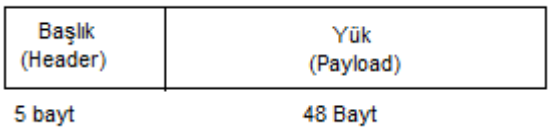
3. ATM

Teknoloji geliştikçe önemi giderek artan bilgi depolama ve iletimi için bilgi bağlantılarının kullanımını zorunlu kılmaktadır. Günümüzde bilginin iletilmesinde çok değişik ve yeni teknolojiler kullanılmaktadır. Bunlardan bir de ATM teknolojisidir. Bu teknoloji uluslararası telekomünikasyon kurumu ITU-T tarafından BISDN standardı seçilmiştir. ATM ses, veri ve video gibi çeşitli veri trafiklerine hizmet verebilen bir yüksek hızlı anahtarlama ve çoklama teknolojisidir (Çeken vd 2002).

Üç ana katmandan oluşan ATM protokolünün bu katmanları ve işlevleri aşağıda kısaca açıklanmıştır.

1. ATM Adaptasyon Katmanı (AAK) veriyi 48 baytlık parçalara bölen katmandır. Bu 48 baytlık parçalara aynı zamanda yük (payload) adı da verilir. Bu yükler bir sonraki katman olan ATM katmanına geçirilir. Bu katman üst katmanlarda bulunan uygulamaların ATM hücrelerine uyarlanmasından sorumludur olan katmandır.
2. ATM Katmanı bir alt katmandan gelen 48 baytlık yüklere 5 baytlık başlık bilgisini ekler. Böylece ATM hücreleri oluşmuş olur. 5 baytlık başlık bölümü hücreyi yönlendiren parçadır. Yani hücrenin doğru bağlantı üzerinden gönderilmesini sağlamaktadır.
3. Fiziksel Katman şebekenin ara yüzünü oluşturan katmandır. Böylece transfer edilecek hücre bitlerinin elektriksel veya optik karakteristiklerini belirlenir.

Daha önce de belirtildiği gibi bir ATM hücresi 48 baytlık bir veri alanına (yük) ve 5 baytlık bir başlığa sahiptir



Şekil 3.1 ATM hücre yapısı

ATM ağları üzerinde çeşitli servis sınıfları sunulmaktadır. Bunlardan bazıları aşağıdaki gibidir.

- CBR (Constant Bit Rate) : Sabit Bit Oranı
- rt-VBR (Real Time Variable Bit Rate) : Gerçek zamanlı değişken bir oranı
- VBR (Variable Bit Rate) : Gerçek zamansız değişken bir Oranı
- ABR (Available Bit Rate) : Mevcut Bit Oranı
- UBR (Unspecified Bit Rate) : Belirtilmemiş bit oranı

ATM'nin Servis kalitesi (Quality of Service) için yukarıda saydığımız servis sınıflarını veri türüne göre kullanmaktadır. Bu servis sınıfları için örnekler vermek gerekir ise CBR hizmeti içerisinde sıkıştırılmamış ses ya da görüntü olan veriler için sağlanır çünkü bu tür veriler sabit hızda trafik üretir. Eğer veri sıkıştırılmış ses ya da görüntüde ise veri hızı her parça için girişteki değişim miktarına bağlı olarak değiştiğinden VBR hizmeti tanımlanır. Bazı durumlarda ise uygulamalar iletim hızlarını iletim başlarken belirleyemezler. İletim sırasında anlık yüklenmeler ve düşmeler olabilir. Bu tür uygulamalar için ise ABR hizmeti tanımlanır. Bu hizmetteki trafikler mevcutta ne kadar kapasite varsa onu kullanırlar. Buradan da anlayacağımız üzere ABR genellikle trafik veri kontrolü uygulamalarında kullanılan bir servistir (Saito 1994).

3.1 ABR

Bir ATM sanal devre ABR servisi olarak belirlendiği zaman, ABR yönlendiriciyi (router) ağdaki mevcut bant genişliği miktarına bağlı olarak değişen bir oranda iletmesi için ayarlar. Eğer birçok kaynak veri paketi iletmek isterse, kullanılabilecek çok az bant genişliği kalabilir. Bununla beraber, böyle durumlarda ağ tıkanmaz ve diğer aktif cihazlar tarafından kalan bant genişliği kullanılabilir. ABR son-uç cihazlarının bu ekstra bant genişliğinin avantajlarını kullanmasına izin verir ve iletim oranlarını arttırır (Held 1999).

Kaynak yönlendirici ATM ağına özel veri hücreleri gönderir. Ağda bulunan anahtarlar ise uçtan uça iletim için bu veri hücrelerinin bazı bitlerini işaretlerler. Bu işaretlenen bitler ile ATM ağı, ağdaki bant genişliği değişikliklerini göre kaynak oranını kontrol etmek için bir geribildirim sağlamış olur. Bu hücrelere kaynak yönetim hücreleri (Resource Management Cells) adı verilir. Kaynak yönetim hücreleri standart olarak 53-byte olan ATM hücreleridir (Dubois ve Prade 1980).

Kaynak yönetim hücreleri birçok çeşitli alana sahiptirler. Bu alanlar ve içerikleri aşağıdaki tabloda gözükmektedir (Anonymous 2006).

Çizelge 3.1 Kaynak yönetim hücrelerinin alanları ve tanımlamaları

Alan	**Açıklama**	**Bytes**	**Tanımlama**
Header	ATM header	1-5	ATM Başlık
ID	Protokol ID	6	Protokol ID
Message Type	Various control bits	7	Çeşitli Kontrol Bitleri
ER	Explicit Rate	8-9	Açık Hücre Oranı
CCR	Current cell rate	10-11	Güncel Hücre Oranı
MCR	Minimum cell rate	12-13	Minimum Hücre Oranı
QL	Queue length	14-17	Kuyruk uzunluğu
SN	Sequence Number	18-21	Sıra Numarası
Rsvd	Reserved	22-52	Reserve
CRC-10	CRC-10	52-53	CRC-10

3.2 ABR Akış Kontrol Mekanizması

ABR, ATM anahtarları arasındaki iletişimi sağlamak için üç tane farklı metot sağlar (Taylor 1997).

1. İkili Sistem Metodu (Binary)
2. Göreceli Oran Metodu (Relative Rate Method)
3. Açık Oran Metodu (Explicit Rate Method)

Bu metotların arasından Açık Oran Metodunu kullanarak projemizde ilerleyeceğiz.

Açık Oran Metodu, kaynak yönlendiricinin hangi oranda veri aktarımı yapabileceğini belirlemek için kaynak yönetim hücreleri üzerinde açık hücre oran alanını kullanır (Pitsillides vd 1997).

4. PROBLEM TANIMLAMA

ATM ABR servisi için etkili bir trafik kontrolü tasarlamak ağ trafiklerinin doğasından dolayı zordur. Trafik kontrolü için kullanılan metotlardan bir tanesi bulanık mantık kavramı ile oluşturulan Bulanık Açık Oran İşaretleme (Fuzzy Explicit Rate Marking) algoritmasıdır (Savoric ve Krieger 1999).

Fakat üyelik fonksiyonlarının ağların durumuna göre manüel olarak ayarlanması gerektiğinden elverişsiz bir yöntem olarak gösterilmektedir (Aseri ve Bagai 2008).

Bulanık mantığın sözel gösterim gücünü kullanan, network ağlarının durumlarına uyarlanabilen, bilgi tabanlı ve hatayı minimuma indirgeyebilecek bir yöntem kullanılarak alternatif bir trafik kontrol mekanizması tasarlanabilir.

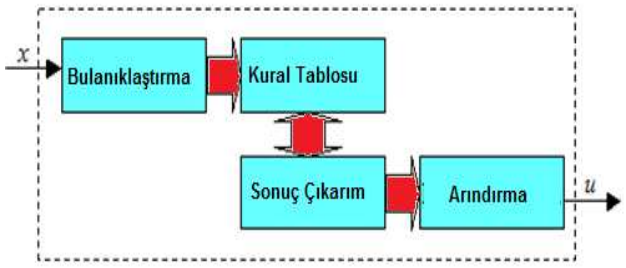
ANFIS modelde bulunan üyelik fonksiyonlarını eğitim verileri ile hibrit öğrenim algoritmasını uygulayarak günceller. Bizi manüel yapılan ve gerçek bir uzmanlık gerektiren işten kurtarabilir.

5. TASARIM VE UYGULAMA

Bu bölümde ATM anahtarlarının çıkış belleklerine uygulanacak olan kontrol mekanizmalarının tasarımı üzerinde durulacaktır. Geleneksel bulanık kontrol mekanizması, bu mekanizmaya alternatif olarak sunulan sinirsel bulanık kontrol mekanizması ile karşılaştırılacaktır. İki mekanizma arasındaki karşılaştırmayı daha net yapmak amacıyla giriş değerleri ve bulanık kuralları aynı seçilmiştir.Öncelikle bir anahtar üzerinde bulanık kontrol ve sinirsel bulanık kontrol mekanizmaları uygulanmıştır. Çalışmanın ilerleyen aşamalarında bu mekanizmalar tüm network üzerinde uygulanarak gerçeğe yakın sonuçlar alınmaya çalışmıştır.

5.1 Bulanık Kontrol Mekanizması

Bulanık kontrolde hem giriş hem de çıkış parametreleri bulanık üyelik fonksiyonları ile tanımlanır. Tanımlama işleminde parametrelerin hepsi ya da bir kısmı kullanılabilir. Kural tabanlı bir kontrol sistemidir. Bu kurallar sözel değişkenlerle ifade edilebilir. Uzman kişi bilgisini bu kuralları oluştururken kullanır. Ayrıca kesin olmayan bilgileri de bu çalışmasında kullanarak çıkarım yapabilir. Son olarak ortaya çıkan bulanık değerler bulanık olmayan bir değere dönüştürülürler (Ulukut vd 2005). Bu süreç ile oluşturulan kontrol mekanizmalarına Bulanık kontrol mekanizmaları denir. Şekil 5.1'de bir bulanık kontrol mekanizmasının şeması yer almaktadır. Bu şemaya göre x ile gösterilen giriş değişkenleri, u ile gösterilen ise arındırmadan sonra ortaya çıkan bulanık olmayan çıkış değişkenleridir (Liu 2003).

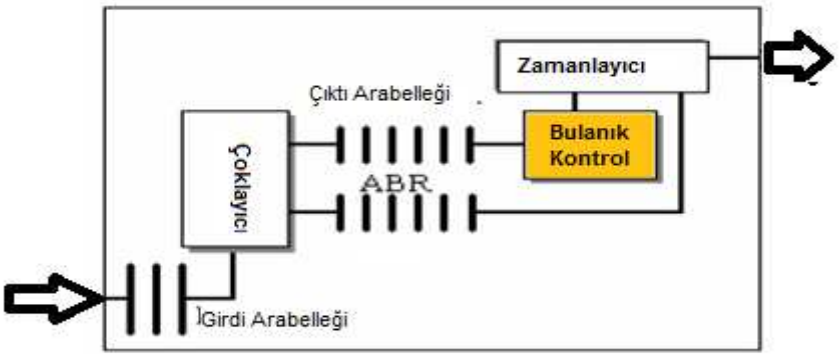


Şekil 5.1 Bulanık kontrol sistemi

5.1.1 Giriş ve çıkış değerleri

Bu projede giriş değişkenleri olarak

1. Kuyruk uzunluğu (QLenght): Anahtar üzerinde ortalama zaman aralığında (AI) biriken paket sayısı
2. Kuyruk hızı (DeltaQ): Ortalama zaman aralığında iki kuyruk arasındaki uzunluk farkını ölçerek bulunan değerler alınmıştır.



Şekil 5.2 Bulanık kontrol sisteminin bir ATM anahtarına entegrasyonu

Kontrol mekanizmasının çıkış değişkeni ise 0 ile 1 arasında bir değer olan kısmı akış oranı (Fractional Flow Rate)'dır. Bu değer açık oran metodunu kullanabilmek için aşağıdaki formüle göre hesaplama yapılır.

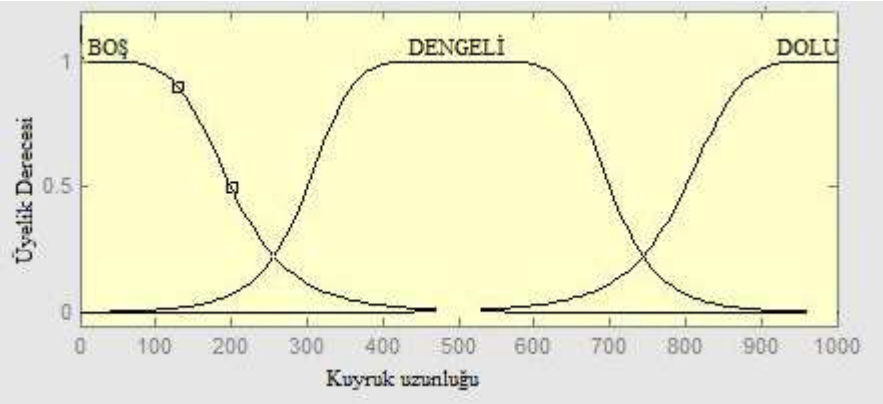
Açık Oran (ER) = kısmı akış oranı (FFR) × bağlantı hücre oranı (link cell rate)

Formülde bağlantı hücre oranı olarak belirtilen değer, fiziksel bağlantı çıkışının maksimum hızıdır. Hesaplanan açık oran kaynak hücrelere geri verilerek kaynaklara yeni oran olarak aktarılması sağlanır.

5.1.2 Üyelik fonksiyonları

5.1.2.1 Kuyruk uzunluğu

Kuyruk uzunluğu değerinin anahtar üzerinde ortalama zaman aralığında biriken paket sayısı ile hesaplandığını belirtmiştik. Bu giriş değişkenin üyelik fonksiyonu olarak daha yumuşak hatlara sahip olduğundan dolayı çan eğrisi üyelik fonksiyon türü seçilmiştir.



Şekil 5.3 Kuyruk uzunluğu giriş üyelik fonksiyonu grafiği

Şekil 5.3'deki grafikte kuyruk uzunluğu giriş değişkenin üyelik fonksiyonları görülmektedir. Veri aralığı 0 ile 1000 paket sayısı olarak belirlenmiştir. Sözel tanımlamalar ise

- Boş
- Dengeli
- Dolu

Olmak üzere üç tanedir.

Genel olarak, μ(*x)* maksimum 1 ve minimum 0'a eşit olmak üzere çan eğrisi şeklinde seçilir (Yücel ve Güneri 2010). Genelleştirilmiş çan eğrisi fonksiyonunun üyelik formülleri aşağıda görülmektedir. Üyelik fonksiyonları için formül (5.1)'i kullanacağız (Anonymous 2011).

$$\mu_A(x; a, b, c) = \frac{1}{1 + \left[\left(\frac{x-c}{a}\right)^2\right]^b} \tag{5.1}$$

Veya

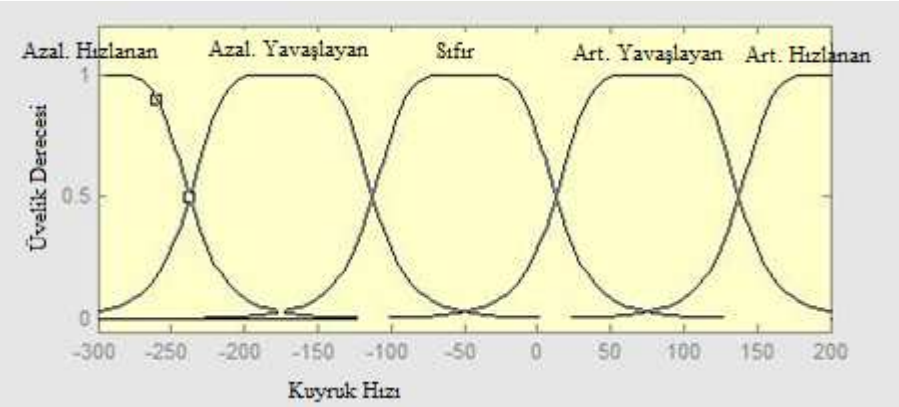
$$\mu_A(x; a, c) = e\left\{-\left(\frac{x-c}{a}\right)^2\right\} \tag{5.2}$$

Buna göre kuyruk uzunluğu 500 olan bir giriş değerinin sonucunu bulalım.

$$\mu_{A_i}(500; 200, 3.125, 500) = \frac{1}{1 + \left[\left(\frac{500-500}{200}\right)^2\right]^{3.125}} = 1$$

5.1.2.2 Kuyruk hızı

Giriş değişkenlerinden bir diğeri olan kuyruk hızı, ortalama zaman aralığında iki kuyruk arasındaki uzunluk farkını ölçerek bulunan değerler olduğunu söylemiştik. Yine bu değişken için de çan eğrisi üyelik fonksiyonu seçilmiştir.



Şekil 5.4 Kuyruk hızı giriş üyelik fonksiyonu grafiği

Şekil 5.4'deki grafikte kuyruk hızı değişkeni için oluşturulan üyelik fonksiyonları görülmektedir. Değişken aralığı olarak -300 ile 200 değerleri seçilmiştir. Sözel tanımlamalar için ise;

- *Azalarak hızlı*
- *Azalarak yavaş*
- *Sıfır*
- *Artarak yavaş*
- *Artarak hızlı*

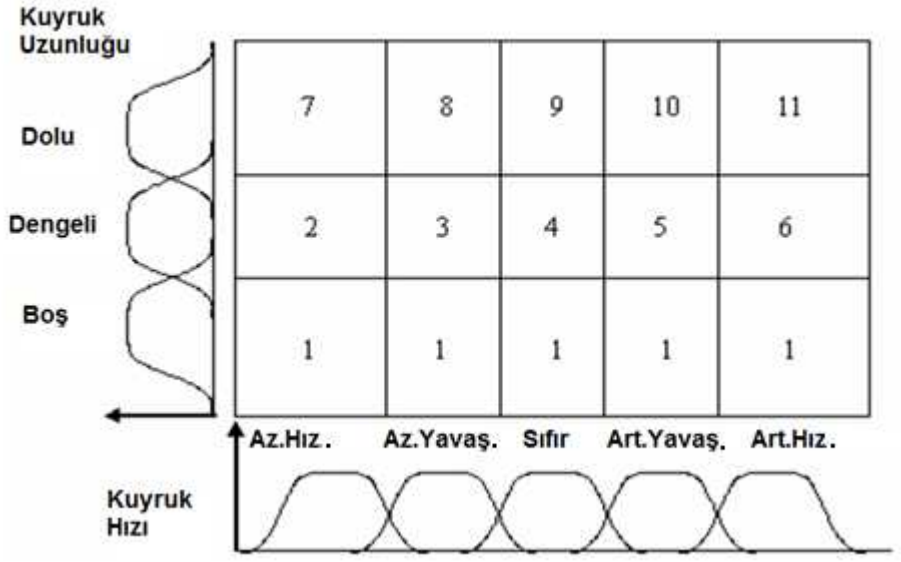
olmak üzere 5 tane tanım belirlenmiştir.

Genelleştirilmiş çan eğrisi üyelik fonksiyonu seçildiğinden dolayı bulanıklaştırma adımını oluşturan formülümüz aşağıda verilmiştir. Kuyruk hızı 100 olan bir giriş değerin üyelik değeri aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\mu(100; 62.5, 2.25, 75) = \frac{1}{1 + \left[\left(\frac{100 - 75}{62.5}\right)^2\right]^{2.25}} = 0.989$$

5.1.3 Kural tablosu

Bir bulanık kontrol mekanizmasının temelini kural tablosu oluşturur. Bu adımda uzman sistemlerde olduğu gibi kural tabanında IF-THEN (EĞER–İSE) yapısında oluşturulan kurallar yer almaktadır. Kural tabanı burada maksimum akışa izin verme amacına dayanarak oluşturulmuştur. Şekil 5.5'te kural matrisi görülmektedir.



Şekil 5.5 Bulanık mantık kural tablosu

Yukarıdaki kural matrisine göre IF-THEN kurallarını yazmak istersek aşağıdaki cümleleri elde ederiz.

1. **IF** Kuyruk Uzunluğu *Boş* ve kuyruk hızı *Azalarak Hızlı* **THEN** Akış Oranı 1
2. **IF** Kuyruk Uzunluğu *Boş* ve kuyruk hızı *Azalarak Yavaş* **THEN** Akış Oranı 1
3. **IF** Kuyruk Uzunluğu *Boş* ve kuyruk hızı *Sıfır* **THEN** Akış Oranı 1
4. **IF** Kuyruk Uzunluğu *Boş* ve kuyruk hızı *Artarak Yavaş* **THEN** Akış Oranı 1
5. **IF** Kuyruk Uzunluğu *Boş* ve kuyruk hızı *Artarak Hızlı* **THEN** Akış Oranı 1
6. **IF** Kuyruk Uzunluğu *Dengeli* ve kuyruk hızı Azalarak Hızlı **THEN** Akış Oranı 2

7. **IF** Kuyruk Uzunluğu *Dengeli* ve kuyruk hızı *Azalarak Yavaş* **THEN** Akış Oranı 3
8. **IF** Kuyruk Uzunluğu *Dengeli* ve kuyruk hızı S*ıfır* **THEN** Akış Oranı 4
9. **IF** Kuyruk Uzunluğu *Dengeli* ve kuyruk hızı *Artarak Yavaş* **THEN** Akış Oranı 5
10. **IF** Kuyruk Uzunluğu *Dengeli* ve kuyruk hızı *Artarak Hızlı* **THEN** Akış Oranı 6
11. **IF** Kuyruk Uzunluğu *Dolu* ve kuyruk hızı Azalarak Hızlı **THEN** Akış Oranı 7
12. **IF** Kuyruk Uzunluğu *Dolu* ve kuyruk hızı *Azalarak Yavaş* **THEN** Akış Oranı 8
13. **IF** Kuyruk Uzunluğu *Dolu* ve kuyruk hızı *Sıfır* **THEN** Akış Oranı 9
14. **IF** Kuyruk Uzunluğu *Dolu* ve kuyruk hızı *Artarak Yavaş* **THEN** Akış Oranı 10
15. **IF** Kuyruk Uzunluğu *Dolu* ve kuyruk hızı *Artarak Hızlı* **THEN** Akış Oranı 11

Biri 3 farklı sözel tanıma sahip, diğeri 5 farklı sözel tanıma sahip iki tane giriş değişkeninin kural matrisinden 15 tane kural ürettik. Kuyruk uzunluğunun Boş olarak tanımlandığı yerlerde anahtarda bekleyen hiç paket olmadığı düşünüldüğü için akış oranı en düşük seviyededir. Kuyruk uzunluğunun dengeli olarak tanımlandığı yerlerde ise, akış oranının düşük olduğu sözlenebilir. Son olarak kuyruk uzunluğunun dolu olarak nitelendirildiği aralıklarda ise akış oranı kuyruk hızına göre artarak maksimum seviyeye ulaştığı düşünülmüştür.

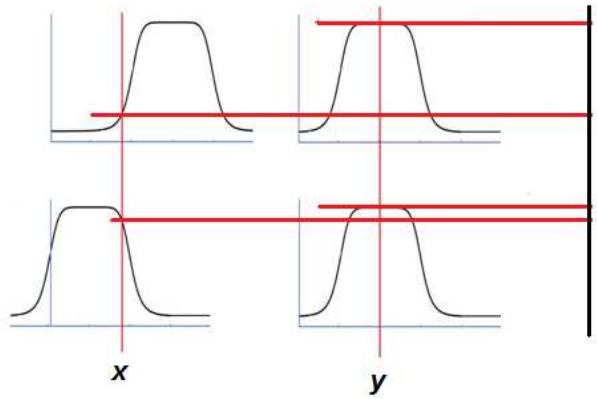
5.1.4 Arındırma

5.1.4.1 Takagi – Sugeno bulanık yöntemi

Mamdani bulanık yönteminin bir uyarlaması olan Takagi-Sugeno bulanık yöntemi, girdi değişkenlerinin bulanıklaştırma ve bulanık mantık işlemleri ile tıpta tıp aynıdır. Mamdani bulanık modellemesinden farklı olarak Takagi-Sugeno tipi bulanık modellemesinde çıktı üyelik fonksiyonları sadece sabit ya da lineer olabilir. 0. Derece Takagi-Sugeno bulanık modellerde çıktı üyelik fonksiyonları sabittir. 1. Derece Takagi-Sugeno bulanık modellerde ise çıktı üyelik fonksiyonu lineerdir. Takagi-Sugeno bulanık model daha karmaşıktır olmasına rağmen gösterim açısından daha iyi olduğundan uyarlanabilir tekniklerde tercih edilir. Birinci derece Takagi-Sugeno bulanık model formül 5.3'teki gibi tanımlanabilir.

Eğer x = A ve y = B, İse z = f(x,y) = px+qy+r (c) (5.3)

Formül 5.3'te A ve B değişkenleri öncül parametrelerken; p, q ve r (c) ise sonuç parametreleridir. (Yılmaz ve Arslan 2005).



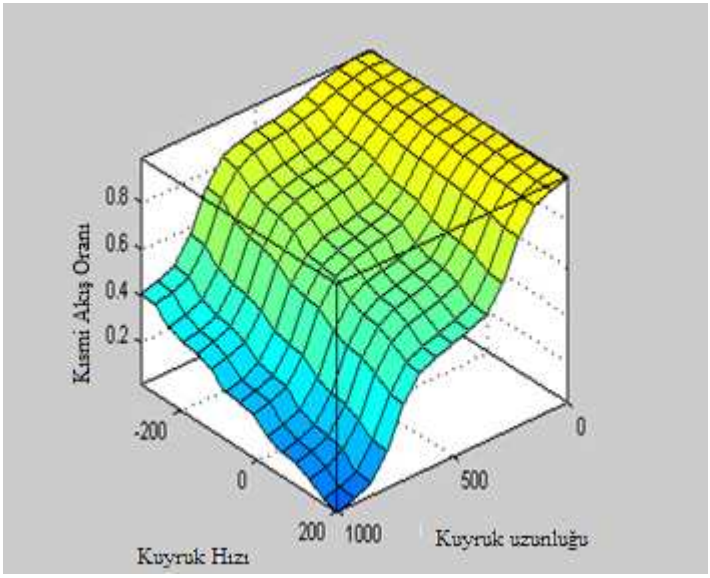
$w_2 \qquad z_2 = p_2x + q_2y + r_2$

$w_1 \qquad z_1 = p_1x + q_1y + r_1$

$$z = \frac{w_1z_1 + w_2z_2}{w_1 + w_2}$$

Şekil 5.6 İki girdili bir sistemindeki Takagi-Sugeno bulanık çıkarımı

5.1.5 Sonuç yüzeyi

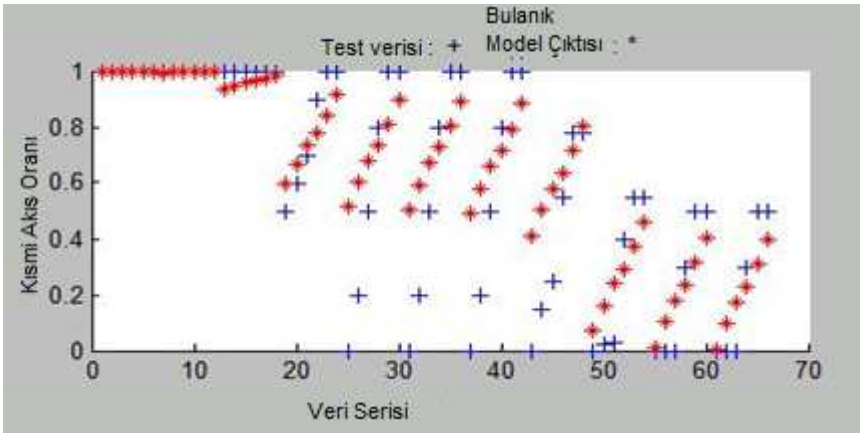


Şekil 5.7 Bulanık kontrol sistemi sonucu

Bulanık kontrol mekanizmasında uygulanan Takagi-Sugeno tipi modellemede kullanılan giriş değerlerinin, ağırlıklı ortalama yöntemiyle oluşturulan çıkış değerine göre 3 boyutlu grafiği şekil 5.7'da görülmektedir.

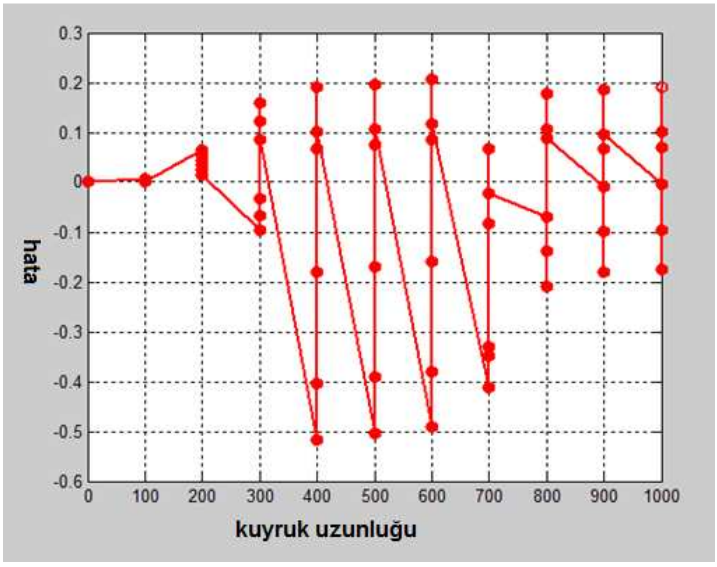
5.1.6 Test

Belirli bir anahtar üzerindeki istenilen değerler ile bulanık kontrol mekanizması sonucunda oluşan değerler birbiri ile karşılaştırılmıştır. Test verisi olarak 66 adet değer kullanılmıştır. Sonuç grafiği şekil 5.8'de gösterilmektedir.



Şekil 5.8 Bulanık kontrol sistemi sonuçlarının istenilen değerlere göre karşılaştırılması

Şekilde "+" işaretli değerler bulanık kontrol sistemi sonuçlarını, "*" işaretli değerler ise istenilen verileri göstermektedir. Görüldüğü üzere bazı eşleşmeler olsa da bir çok sonuçta istenilen değer sağlanamamıştır.



Şekil 5.9 Bulanık kontrol sistemi hata değerlerinin kuyruk uzunluğuna göre grafiği

Şekil 5.9'de gösterilen grafik bulanık kontrol sistemi sonuçları ile istenilen değerler arasındaki farkı kuyruk uzunluğuna göre göstermektedir. Kuyruk uzunluğu üyelik değerlerinde Dengeli olarak tanımlanan aralıkta hata oranının daha yüksek olduğu, boş olarak tanımlanan aralıkta ise neredeyse sıfıra yakın bir hata olduğu açıktır.

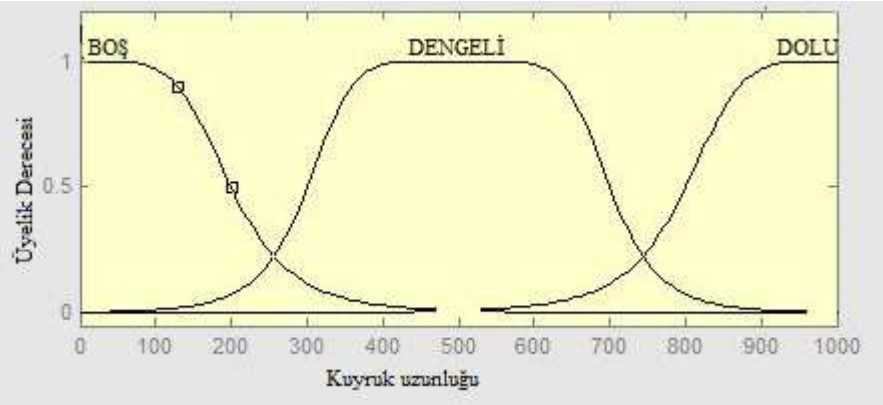
5.2 Uyarlamalı Sinirsel Bulanık Kontrol Mekanizması

Uyarlamalı sinir ağlarının fonksiyonel olarak bulanık çıkarım sistemlerine eşdeğer olduğu hibrit yapıya ANFIS adı verilmektedir. ANFIS mimarisi aynı zamanda hibrit öğrenim algoritmasının uygulandığı bir yapay zekâ modelleme tekniğidir (Jang ve Sun1995).

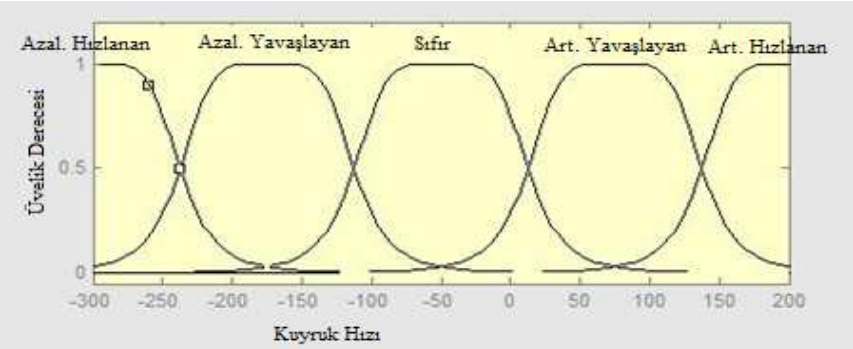
5.2.1 Giriş ve çıkış değerleri

ANFIS kontrol mekanizması için giriş değişkenleri, Kuyruk Uzunluğu ve Kuyruk hızı ve çıkış değişkeni olarak ise kısmı akış oranı olmak üzere bulanık kontrol sisteminde kullanılan giriş ve çıkış değişkenleri ile aynıdır.

5.2.2 Üyelik fonksiyonları



Şekil 5.10 Kuyruk uzunluğu giriş üyelik fonksiyonu grafiği



Şekil 5.11 Kuyruk hızı giriş üyelik fonksiyonu grafiği

Sinirsel bulanık kontrolü için üyelik fonksiyonları, bulanık kontrol sisteminde giriş değişkenleri için kullanılan üyelik fonksiyonları ile aynı olarak seçilmiş ve formül (5.1) ile aynıdır.

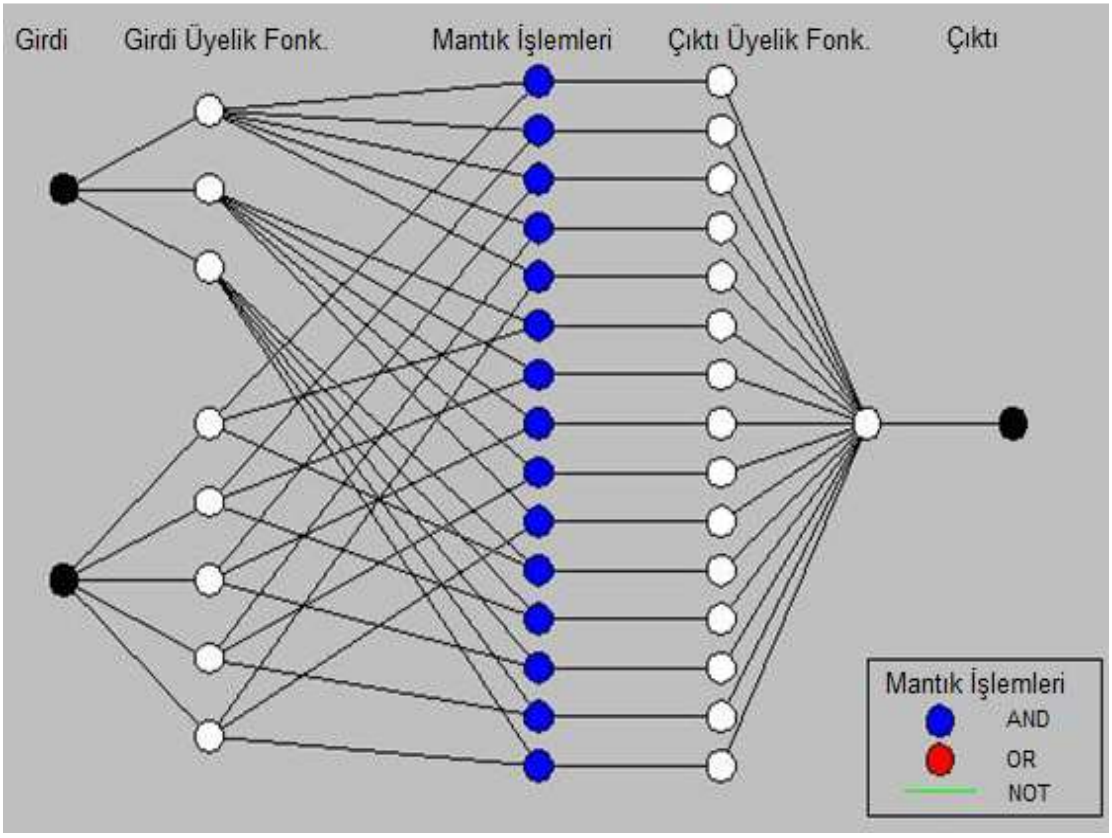
Çan eğrisi üyelik fonksiyonu formülünde kullanılan ve üyelik fonksiyonlarının yapısını ve aralıkları belirleyen a_i,b_i,c_i değerleri öncül parametrelerdir ve ANFIS hibrit eğitim algoritmasının geri yön geçişi kısmında bu parametreler güncellenerek yeni üyelik fonksiyonlarının yapısını mevcut sisteme daha uyum sağlayabilmesi için güncellenecektir.

5.2.3 Kural tablosu

ANFIS yapısında kullanılacak kural tablosu da bulanık kontrol sisteminde kullanılan kural tablosu ve kural cümleleriyle aynı olarak tasarlanmıştır. Bu durum, belirli bir durumdaki bir anahtar üzerindeki trafik kontrolünün aynı şartlar altında ANFIS ve bulanık kontrolü ile yapılan testlerin sonucunu daha doğru karşılaştırılabilmesi için oluşturulmuştur.

5.2.4 ANFIS tasarımı

Sinirsel bulanık sistemler yapay sinir ağları ve bulanık mantığın avantajlarını bir araya getirmiştir. Öğrenme bulanık mantık için bir avantaj olurken, bilgi tabanlı yapı da yapay sinir ağları için artı bir yöndür. Sinirsel bulanık sistemlerden birisi de ANFIS'dir ve Sinirsel-Bulanık kontrol mekanizmaları tasarlamak için kullanılır.



Şekil 5.12 ANFIS katman yapısı

Şekil 5.12'te 2 giriş değişkenine sahip 5 katmanlı 3. Tip bir ANFIS yapısı görülmektedir. Bu kısımda her bir katmanda uygulanan işlemleri ve amaçlarını sırayla açıklayacağım (Jang 1993).

Katman 1: Bulanıklaştırma

Bulanıklaştırma katmanında giriş değerlerini bulanık kümelere ayırmada üyelik fonksiyonu olarak genelleştirilmiş çan eğrisi aktivasyon fonksiyonunu kullanmaktadır.

$$\mu_{A_i}(x; a_i, b_i, c_i) = \frac{1}{1 + \left[\left(\frac{x - c_i}{a_i}\right)^2\right]^{b_i}}$$

$\{a_i, b_i, c_i\}$ parametreleri öncül parametrelerdir. Hibrit metot ile sistem eğitilirken bu parametreler güncellenerek, üyelik fonksiyonlarını şekillendirecektir.

Katman 2: Kural

Kural katmanıdır. Bu katmandaki her bir düğüm, Takagi-Sugeno bulanık çıkarım sistemine göre oluşturulan kuralları ve sayısını ifade etmektedir. Her bir kural düğümünün çıkısı, 1. katmandan gelen üyelik derecelerinin çarpımı olmaktadır.

$O_i^2 = w_i = \mu_{A_j}(x_1) \times \mu_{B_k}(x_2)$ i=(1…66), j=(1,2,3) ve k=(1..5) olmak üzere

Katman 3: Normalleştirme

Buradaki her bir düğüm, 2 katmandan gelen tüm düğümleri giriş değeri olarak kabul etmekte ve her bir kuralın normalleştirilmiş tetikleme seviyesini hesaplamaktadır.

$$O_i^3 = \overline{w}_i = \frac{w_i}{\sum_i w_i}$$

Katman 4: Arındırma

Arındırma katmanı olarak adlandırılan bu katmanda Takagi-Sugeno bulanık çıkarım yöntemine göre oluşturulan kuralların ağırlıklı sonuç değerleri hesaplanmaktadır. 4. katmandaki i. düğümün çıkış değeri ise,

$$O_i^4 = \overline{w}_i \underline{f_i} = \overline{w}_i(p_i x_1 + q_i x_2 + r_i)$$

formülüne göre hesaplanır. Buradaki (p_i, q_i, r_i) değişkenleri, i. kuralın sonuç parametreleri kümesidir.

Katman 5: Toplam

Toplama katmanıdır ve sadece bir düğüm vardır. Bir önceki katmandan gelen düğümlerin çıkış değerleri toplanarak ANFIS sisteminin gerçek çıkış değeri elde edilir. Bu hesaplama aşağıdaki formül ile gerçekleştirilir.

$$O_i^5 = y = \sum_i \overline{w}_i f_i = \frac{\sum_i w_i f_i}{\sum_i w_i}$$

5.2.5 Eğitim

Çalışmamızın girdi değerleri olan kuyruk uzunluğu ve kuyruk hızı için tanımlanan üyelik fonksiyonlarının parametrelerinin güncellenmesinde hibrit algoritması kullanılmıştır. İler yön geçişi ve geri yön geçişi adlı iki aşamadan oluşmaktadır. Bu öğrenme algoritmasında parametreler ikiye ayrılarak ele alınır ve giriş parametreleri ve çıkış parametreleri olarak adlandırılırlar.

Hibrit algoritmasında giriş parametreleri ileri yön geçişi aşamasında, çıkış parametreleri geri yön geçişinde güncellenir. İlk aşama olan ileri yön geçişinde giriş parametreleri sabit tutulur ve çıkış parametrelerinin lineer bir birleşimi haline gelir. Bu aşamada en

küçük kareler tahmini (LSE) yöntemini kullanılır. Tasarım yapılan sisteme ait n tane giriş çıkış verisi ya da eğitim verisi ile giriş parametrelerinin verilen değerleri kullanılarak, ağın çıkışı, matrissel formda aşağıdaki gibi gösterilebilir.

$$X\theta = Y$$

Yukarıdaki matrissel eşitlikte yer alan θ vektörü, çıkış parametrelerinin elemanlarından oluşan bilinmeyen vektördür. Bu denklemden de anlaşılacağı üzere en iyi çözüm, $\|X\theta - Y\|^2$'nın minimum değerini bulmaktadır. Bu çözüm standart lineer en küçük kareler (least-squares) probleminin çözümü ile aynıdır. θ için, en küçük kareler tahmini θ* ile göstererek ilerlemek istersek aşağıdaki gibi bir denklem ortaya çıkar (Edgar 2006).

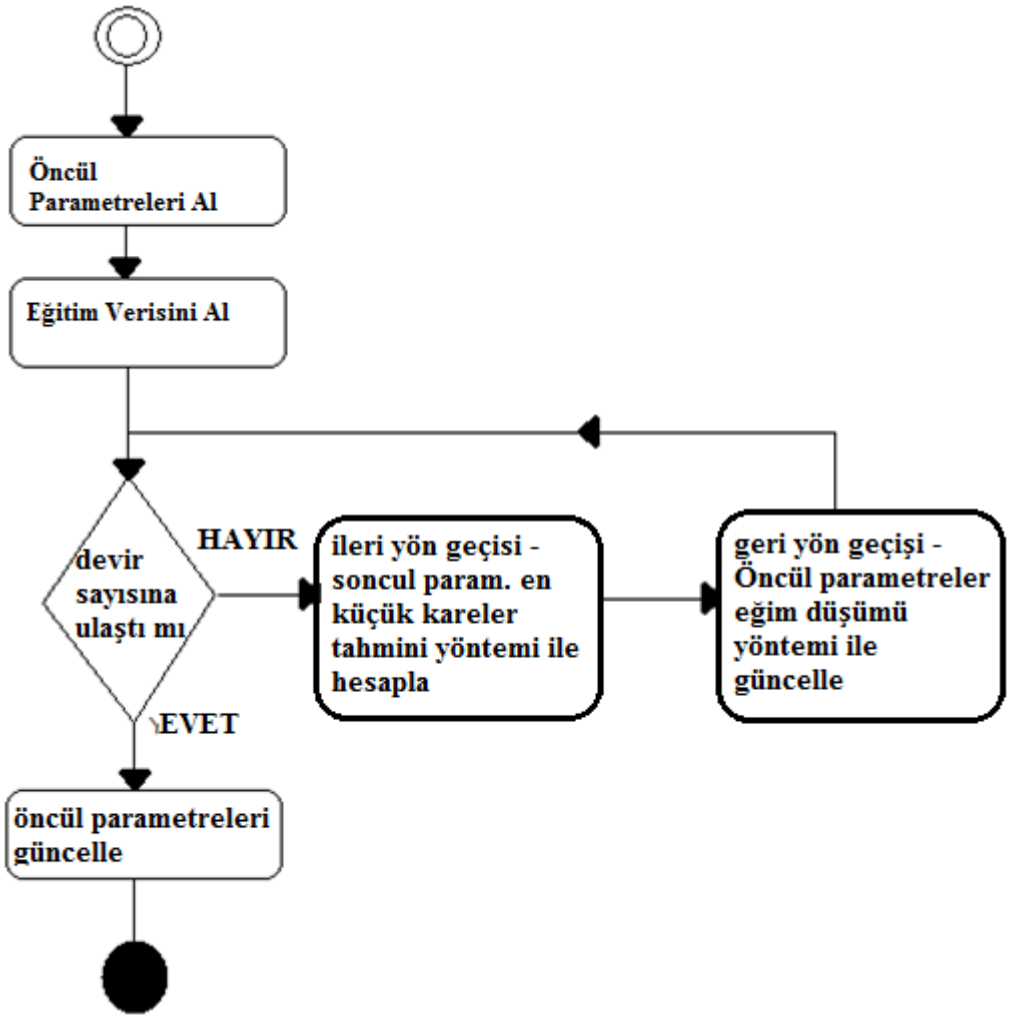
$$\theta^* = (X^T X)^{-1} X^T Y$$

İkinci aşama olan geri yön geçişinde, çıkış parametreleri sabit tutulur ve ağın çıkışındaki hata sinyali geriye doğru yayılarak, eğim düşümü (gradient descent) yöntemiyle giriş parametreleri güncellenir. Geri yön geçişinde giriş parametreleri için güncelleme formülü aşağıdaki gibidir (Ying ve Pontil 2008).

$$\Delta x = -\eta \frac{\partial \mathrm{E}}{\partial \mathrm{x}}$$

Burada *x* herhangi bir giriş parametresini, η öğrenme oranını, *E* ise ağın çıkışındaki hata değerini göstermektedir (Özçalık ve Uygur 2003).

Şekil 5.13'de Hibrit eğitim algoritmasının akış diyagramını gösterilmektedir.



Şekil 5.13 Hibrit algoritması akış diyagramı

5.2.6 Eğitimden önce/sonra parametreler

Çizelge 5.1 Öncül parametreler

a_i	b_i	c_i
254.7	2	0.1
254.7	2	509.6
254.7	2	1019
65	2	-314
65	2	-184
65	2	-54
65	2	76
65	2	206

Çizelge 5.2 Sonuç parametreleri

a_i	b_i	c_i
255.2	3.079	0.5863
254.7	0.2349	509.6
254.9	2.525	1019
65.03	1.736	-314
65.03	-0.3098	-184.1
65.13	2.492	53.99
64.92	0.7404	76.09
64.9	2.008	206.1

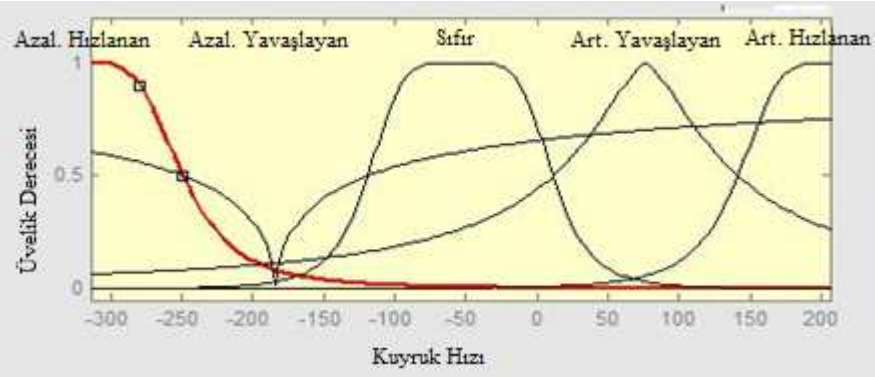
Çizelge 5.3 Sonuç parametreleri

p_i	q_i	r_i
0.0004608	-0.002943	-0.466
-0.0007331	-0.01089	-1.223
0.0004844	0.007402	2.493
0.001518	0.005912	3.006
0.0008328	-0.03688	12.07
0.001611	3,77E-03	1.135
-0.002153	0.0119	4.071
0.001938	-0.009348	-1.454
0.002522	-0.01191	-2.751
0.001496	0.008243	-5.564
0.003213	-0.003646	-4.287
-0.005714	-0.005279	4.474
0.002476	-0.005486	-2.94
0.00493	-0.001146	-3.829
0.002453	-0.001802	-0.656

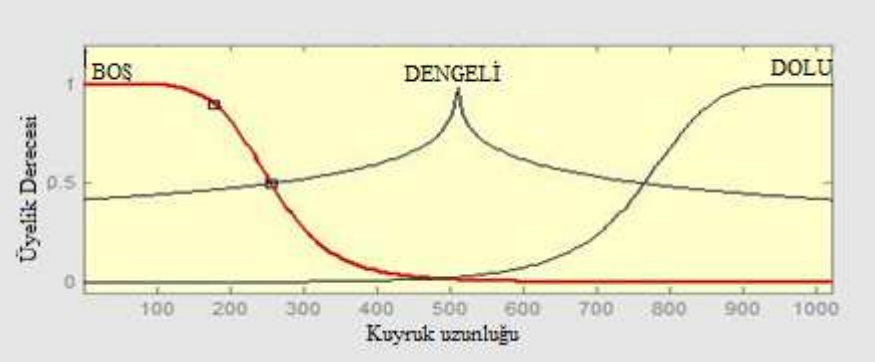
Çizelge 5.1'de ANFIS kontrol sisteminin giriş değerlerinin eğitimden önceki öncül parametrelerinin gösterildiği değerler yer almaktadır. Bu değerler aynı zamanda bulanık kontrol sisteminde kullanılan ve giriş üyelik fonksiyonlarını oluşturan değerlerdir. ANFIS sisteminin üyelik fonksiyonları başlangıçta bulanık kontrol sistemi ile aynı olduğunda bu değerler ikisinde de ortaktır.

Ardından tasarlanan ANFIS katman yapısında hibrit eğitim algoritması ile bu değerler bahsedilen adımlar uygulanarak eğitilmiştir. Bu eğitim sonrasında oluşan giriş değerlerinin çıkış parametreleri çizelge 5.2'de gösterilmektedir. Çizelge 5.3'te ise eğitim sonrası elde edilen ANFIS sisteminin 4. Katmanında açıklanan çıkış parametreleri bulunmaktadır.

5.2.7 Güncellenen üyelik fonksiyonları



Şekil 5.14 Eğitimden sonraki kuyruk hızı giriş üyelik fonksiyonu grafiği

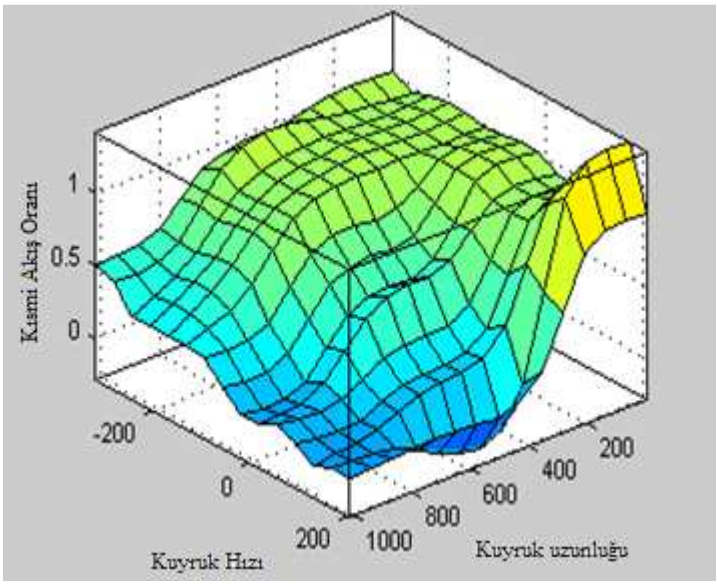


Şekil 5.15 Eğitimden sonraki kuyruk uzunluğu giriş üyelik fonksiyonu grafiği

Hibrit eğitim metodu ile öncül parametreler güncellendiğinden, kuyruk uzunluğu girişinin yeni üyelik fonksiyonları şekil 5.15'te, kuyruk hızı giriş değerinin üyelik fonksiyonları ise şekil 5.14'de görülmektedir.

Şekil 5.9'de gösterilen bulanık kontrol sisteminden çıkan hata değerlerinin kuyruk uzunluğuna göre grafiğine döndüğümüzde, "Dengeli" olarak belirtilen aralıkta hata oranının yüksek olduğunu görmüştük. Buna göre hata oranının yüksek olduğu yerlerde üyelik fonksiyonları şekil 5.15'te görüldüğü gibi sisteme uyum sağlaması açısından diğerlerine göre daha fazla değişiklik göstermiştir. Hibrit eğitim algoritmasının sonucunda güncellenen giriş parametreleri üyelik fonksiyonlarını, hatayı minimuma indirgeyecek şekilde güncellemiştir.

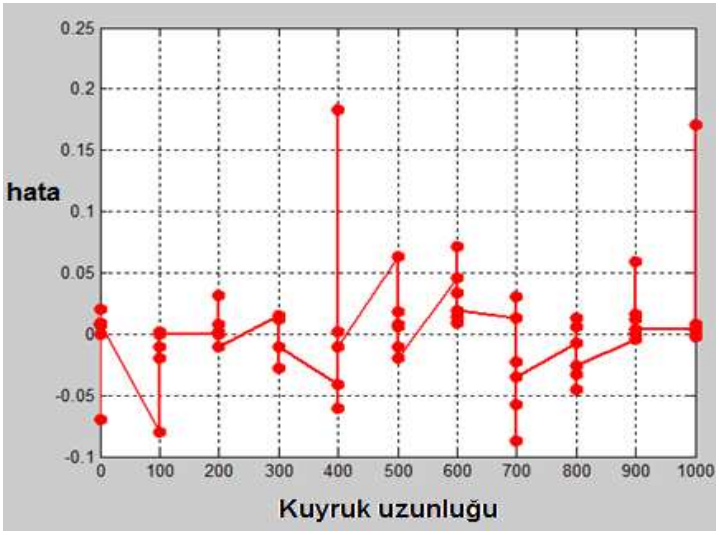
5.2.8 Sonuç yüzeyi



Şekil 5.16 ANFIS kontrol sistemi sonucu

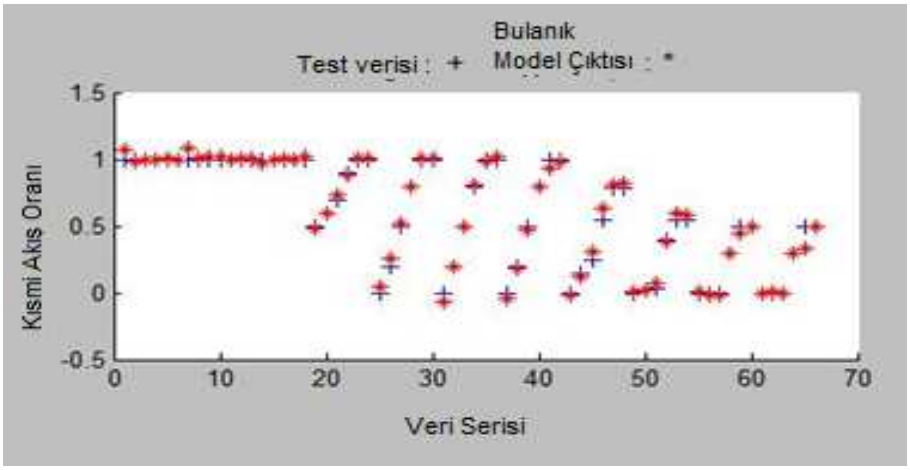
Sinirsel bulanık kontrol mekanizmasında uygulanan hibrit eğitim metot sonucunda mevcut üyelik fonksiyonlarını oluşturan öncül parametreler, anahtar üzerindeki duruma göre güncellenerek yeniden şekillenmiştir. Şekillenen yeni üyelik fonksiyonları ile oluşturulan kural tabanının ürettiği ve ağırlıklı ortalama yöntemiyle hesaplanan çıkış değerlerinin giriş değerlerine göre 3 boyutlu grafiği şekil 5.16'de görülmektedir.

5.2.9 Test



Şekil 5.17 ANFIS hata değerlerinin kuyruk uzunluğuna göre grafiği

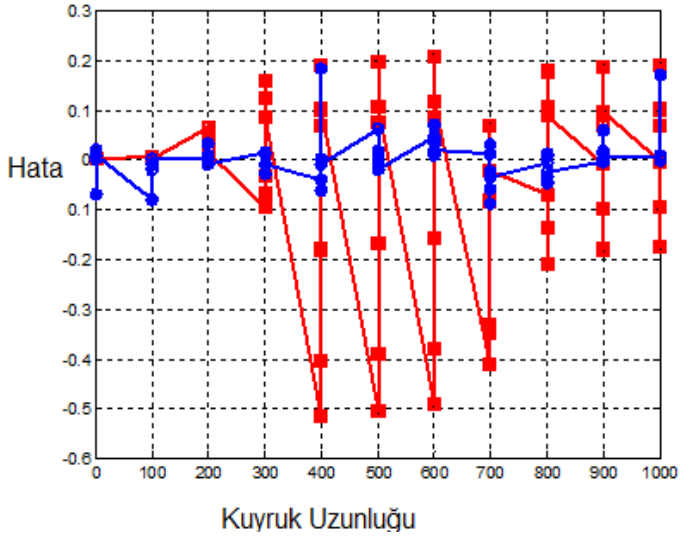
Şekilde gösterilen grafik ANFIS sonuçları ile istenilen değerler arasındaki farkı kuyruk uzunluğuna göre göstermektedir. Kuyruk uzunluğu giriş değerlerinin bütün aralıklarında hata oranı yaklaşık olarak aynıdır. Bulanık kontrol sistemi hata sonuçları ile karşılaştırıldığında gözle görülebilir oranda hataların küçüldüğünü söyleyebiliriz.



Şekil 5.18 ANFIS sonuç değerlerinin istenilen değerlere göre karşılaştırılması

Eğitilmiş ANFIS kontrol mekanizmasında test edilen verinin, istenilen sonuçlara göre eşleşme durumu şekil 5.18'de görülmektedir. Pek az noktada istenilen değerlere tam olarak ulaşılamamış olduğu açıktır (Aseri ve Bagai 2008).

6. TEK ANAHTARLI AĞLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ



Şekil 6.1 BM ve ANFIS hata değerlerinin kuyruk uzunluğuna göre grafiği

Çizelge 6.1 ANFIS hata değerleri

ANFIS	
Eğitim Hatası	% 0.011854
Test Hatası	% 0.036282

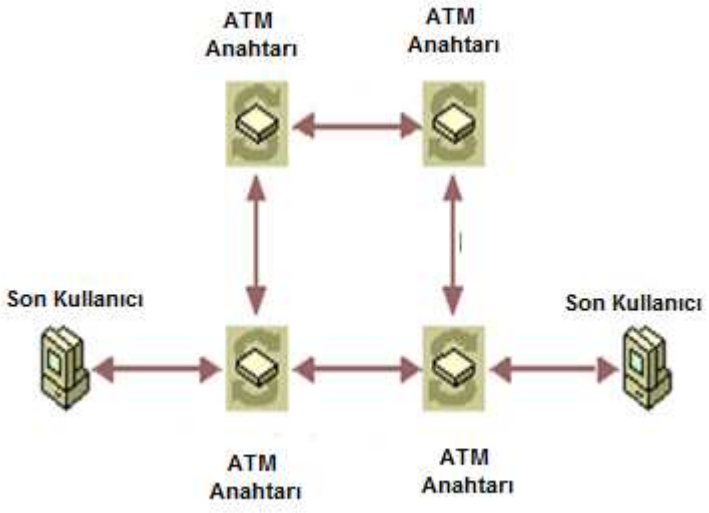
Çizelge 6.2 Bulanık kontrol sistemi hata değerleri

Geleneksel Bulanık Sistem	
Test Hatası	% 0.18526

Aynı yapıda üyelik fonksiyonları ve bulanık mantık kuralları seçilerek karşılaştırılmanın daha net yapılması amaçlanmıştır. Uyarlamalı ağ yapısının güncellenmesinde kullanılan, iki aşamalı hibrit eğitim algoritması sayesinde, eğitim hızı arttırılmıştır. Sonuçlardan anlaşılacağı üzere ANFIS sistemlerinin yaklaşık olarak 5 kat daha az hata oranı ile ATM ABR servisinin anahtarlama teknolojisinde kullanılan metotların daha verimli çalışmasını sağladığını söyleyebiliriz.

7. ÇOK ANAHTARLI ATM AĞLARINDA PROBLEM TANIMLAMA

Çalışmamızın 2. Aşamasında kullandığımız bulanık yöntemini biraz değiştirerek çok anahtarlı bir ATM ağına uyarlayacağız. Çok anahtarlı bir ATM ağına uyarlamak için 2 giriş değerine ek olarak, diğer anahtarlarının akış değerlerini de göz önünde bulundurmak gerekir ki gerçek çevrimiçi ATM ağları üzerindeki etkilerini daha net görebilelim. Geleneksel bulanık yöntemleri ile ANFIS algoritmasının birden fazla anahtar üzerinde de istenilen sonuçlara daha yakın değerler alıp almadığını kontrol edeceğiz. Şekil 7.1'de çok anahtarlı bir ATM ağının örnek modeli görülmektedir.



Şekil 7.1 Çok anahtarlı bir ATM ağının örnek modeli

7.1 Çok Anahtarlı Modelleme Tasarımı

Çok anahtarlı ağlar üzerindeki bulanık mantığın etkisini gözlemlemek için diğer anahtarların gönderdikleri paket sayısının bilinmesi gerekmektedir. Bu paket sayısına göre diğer anahtarlara iletilecek paket miktarı farklı sayıda veya hızda olabilir. Buna göre diğer anahtarın çıktı verileri de ağımızdaki akış oranlarını etkilemektedir. Demek oluyor ki bir başka girdi verisi olarak diğer anahtarların gönderdiği akış oranları seçilecektir. Tek anahtarlı modelleme tasarımında bulunan paketlerin kuyruk uzunluğu ve kuyruk hızı değişkenlerine (Askerbeyli ve Gedik 2011) ek olarak paketlerin geldiği ağların çıkış değeri olan akış oranlarının ortalaması alınmıştır. Böylece çok anahtarlı modelimiz de 3 adet girdi yani 3 adet üyelik fonksiyonu olacaktır. İlerisi bölümlerde adım adım bu üyelik fonksiyonlarını ve ağ yapısı anlatılacaktır.

7.1.1 Giriş ve çıkış değerleri

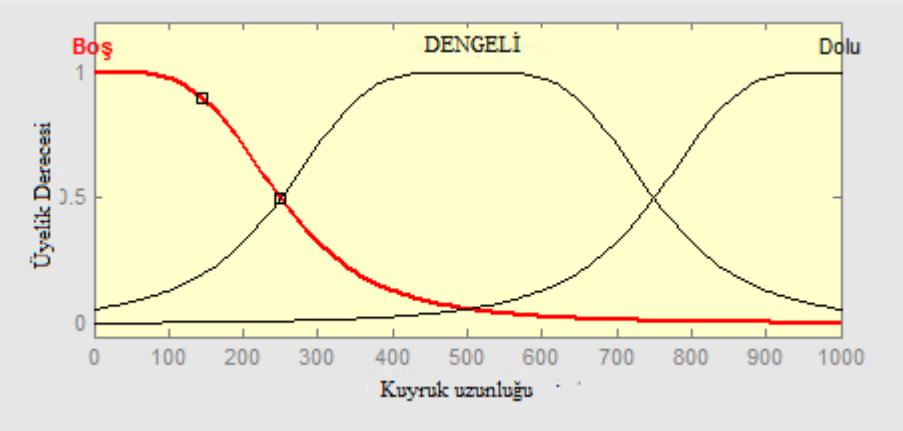
Bu çalışmamızda giriş değişkenleri olarak

1. Kuyruk Uzunluğu: Anahtar üzerinde ortalama zaman aralığında biriken paket sayısı
2. Kuyruk Hızı: Ortalama zaman aralığında iki kuyruk arasındaki uzunluk farkını ölçerek bulunan değerler alınmıştır.
3. Çok anahtarlı ağlar üzerindeki bulanık mantığın etkisini gözlemlemek için her bir anahtar üzerindeki paketlerin kuyruk uzunluğu ve kuyruk hızı değişkenlerine ek olarak paketlerin geldiği ağların çıkış değeri olan akış oranlarının ortalaması alınmıştır.

7.1.2 Üyelik fonksiyonları

7.1.2.1 Kuyruk uzunluğu

Kuyruk Uzunluğu değerinin anahtar üzerinde ortalama zaman aralığında biriken paket sayısı ile hesaplandığını 5.1.2.1 bölümünde belirtmiştik. Kuyruk uzunluğu girdisi için üyelik fonksiyonu ve veri aralığı değiştirilmemiş, tek anahtarlı modellemede oluşturulan şekilde devam edilmiştir.



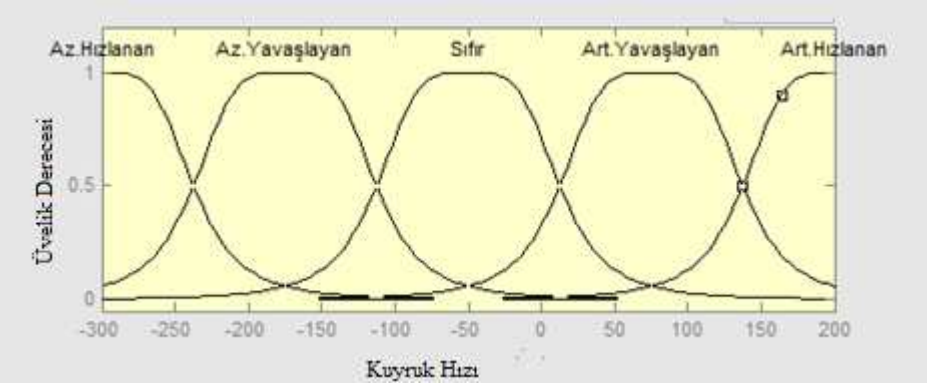
Şekil 7.2 Kuyruk uzunluğu giriş üyelik fonksiyonu grafiği

Sözel parametreler de aynı şekilde tek anahtarlı tasarımda tanımlanan sözel değerler ile aynı seçilerek ilerlenmiştir.

- Boş
- Dengeli
- Dolu

7.1.2.2 Kuyruk hızı

Giriş değişkenlerinden bir diğeri olan kuyruk hızı, ortalama zaman aralığında iki kuyruk arasındaki uzunluk farkını ölçerek bulunan değerler olduğunu 5.1.2.2 bölümünde belirtmiştik. Kuyruk hızı girdisi için üyelik fonksiyonu ve veri aralığı değiştirilmemiş, tek anahtarlı modellemede oluşturulan şekilde devam edilmiştir.



Şekil 7.3 Kuyruk hızı giriş üyelik fonksiyonu grafiği

Sözel parametreler de aynı şekilde tek anahtarlı tasarımda tanımlanan sözel değerler ile aynı seçilerek ilerlenmiştir.

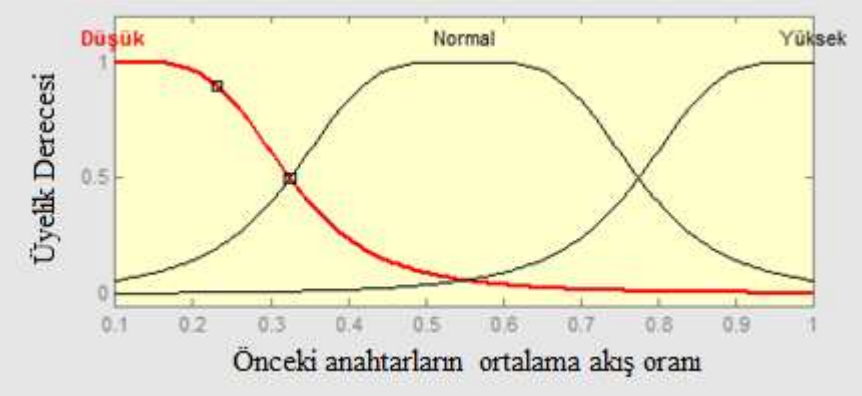
- *Azalarak hızlanan*
- *Azalarak yavaşlayan*
- *Sıfır*
- *Artarak yavaşlayan*
- *Artarak hızlanan*

7.1.2.3 Önceki anahtarların ortalama akış oranı

Paket gönderen anahtarların akış oranlarının ortalamasıdır.

$$Ortalama\ Akış\ Oranı = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} FFR_i$$

Yine bu değişken için de çan eğrisi üyelik fonksiyonu seçilmiştir.



Şekil 7.4 Önceki anahtarların ortalama akış oranı giriş üyelik fonksiyonu grafiği

Yukarıdaki grafikte önceki anahtarların ortalama akış oranı değişkeni için oluşturulan üyelik fonksiyonları görülmektedir. Değişken aralığı olarak 0 ile 1 değerleri seçilmiştir. Sözel tanımlamalar için ise;

- *Düşük*
- *Normal*
- *Yüksek*

olmak üzere 3 tane tanım belirlenmiştir. Burada da genelleştirilmiş çan eğrisi üyelik son fonksiyonu seçilmiş ve formül (5.1) ile ilerlenmiştir.

7.1.3 Kural tablosu

Çok anahtarlı ATM ağları için oluşturulan bulanık kontrol mekanizması tasarımında, bulanık kontrol sisteminin 2. Adımı olan kural adımı sürecinde oluşturulan kural tablosuna, 3. Değişkenimiz önceki anahtarların ortalama akış oranı da eklenerek aşağıdaki çizelge 7.1'deki tablosu oluşturulmuştur (Fuyin ve Weifeng 2009). 3 adet kuyruk uzunluğu parametresi, 5 adet kuyruk hızı parametresi ve 3 adet de ortalama akış oranı parametresi olan bir bulanık kontrol sisteminde 45 adet kural tanımlanmalıdır. Ancak bu kural sayısını azaltmak hem tasarımı daha da basitleştirecek ve hem de hesaplama zamanını düşürecektir.

Kuyruk uzunluğu girdi değişkenin boş olduğu durumlarda herhangi bir paket veri iletimi olmayacağından, çıktı değerimiz olan kısmi akış oranı minimum seviyede olacaktır. Bu mantıktan yararlanarak kural indirgemesi yaparak 45 kuraldan, 31 kurala indirebiliriz (Castellano ve Fanelli 1996).

Çizelge 7.1 Bulanık mantık kural tablosu

ΔQ / FFR / QL	Kuyruk Hızı	Az. Hızlanan	Az. Yavaşlayan	Sıfır	Art. Yavaşlayan	Art. Hızlanan
Kuyruk Uzunluğu	Ortalama Akış Oranı					
Boş	Düşük	1				
	Normal					
	Yüksek					
Orta	Düşük	2	2	3	4	5
	Normal	2	3	4	5	6
	Yüksek	3	4	5	6	7
Dolu	Düşük	6	7	8	9	10
	Normal	7	8	9	10	10
	Yüksek	8	9	10	10	10

Şimdi ise yukarıda oluşturulan kural tablosunu sözel olarak açıklamak istersek aşağıdaki cümlelerden oluşan maddeler oluştururuz.

1. **IF** kuyruk uzunluğu BOŞ **THEN** Akış oranı 1
2. **IF** Kuyruk Uzunluğu ORTA ve Kuyruk hızı AZALARAK HIZLI ve Önceki Anahtarların akış oranı ortalaması DÜŞÜK **THEN** Akış Oranı 2
3. **IF** Kuyruk Uzunluğu ORTA ve Kuyruk hızı AZALARAK YAVAŞ ve Önceki Anahtarların akış oranı ortalaması DÜŞÜK **THEN** Akış Oranı 2
4. **IF** Kuyruk Uzunluğu ORTA ve Kuyruk hızı SIFIR ve Önceki Anahtarların akış oranı ortalaması DÜŞÜK **THEN** Akış Oranı 3
5. **IF** Kuyruk Uzunluğu ORTA ve Kuyruk hızı ARTARAK YAVAŞ ve Önceki Anahtarların akış oranı ortalaması DÜŞÜK **THEN** Akış Oranı 4
6. **IF** Kuyruk Uzunluğu ORTA ve Kuyruk hızı ARTARAK HIZLI ve Önceki Anahtarların akış oranı ortalaması DÜŞÜK **THEN** Akış Oranı 5
7. **IF** Kuyruk Uzunluğu ORTA ve Kuyruk hızı AZALARAK HIZLI ve Önceki Anahtarların akış oranı ortalaması NORMAL **THEN** Akış Oranı 2
8. **IF** Kuyruk Uzunluğu ORTA ve Kuyruk hızı AZALARAK YAVAŞ ve Önceki Anahtarların akış oranı ortalaması NORMAL **THEN** Akış Oranı 3
9. **IF** Kuyruk Uzunluğu ORTA ve Kuyruk hızı SIFIR ve Önceki Anahtarların akış oranı ortalaması NORMAL **THEN** Akış Oranı 4
10. **IF** Kuyruk Uzunluğu ORTA ve Kuyruk hızı ARTARAK YAVAŞ ve Önceki Anahtarların akış oranı ortalaması NORMAL **THEN** Akış Oranı 5
11. **IF** Kuyruk Uzunluğu ORTA ve Kuyruk hızı ARTARAK HIZLI ve Önceki Anahtarların akış oranı ortalaması NORMAL **THEN** Akış Oranı 6
12. **IF** Kuyruk Uzunluğu ORTA ve Kuyruk hızı AZALARAK HIZLI ve Önceki Anahtarların akış oranı ortalaması YÜKSEK **THEN** Akış Oranı 3
13. **IF** Kuyruk Uzunluğu ORTA ve Kuyruk hızı AZALARAK YAVAŞ ve Önceki Anahtarların akış oranı ortalaması YÜKSEK **THEN** Akış Oranı 4
14. **IF** Kuyruk Uzunluğu ORTA ve Kuyruk hızı SIFIR ve Önceki Anahtarların akış oranı ortalaması YÜKSEK **THEN** Akış Oranı 5
15. **IF** Kuyruk Uzunluğu ORTA ve Kuyruk hızı ARTARAK YAVAŞ ve Önceki Anahtarların akış oranı ortalaması YÜKSEK **THEN** Akış Oranı 6

16. **IF** Kuyruk Uzunluğu ORTA ve Kuyruk hızı ARTARAK HIZLI ve Önceki Anahtarların akış oranı ortalaması YÜKSEK **THEN** Akış Oranı 7
17. **IF** Kuyruk Uzunluğu DOLU ve Kuyruk hızı AZALARAK HIZLI ve Önceki Anahtarların akış oranı ortalaması DÜŞÜK **THEN** Akış Oranı 6
18. **IF** Kuyruk Uzunluğu DOLU ve Kuyruk hızı AZALARAK YAVAŞ ve Önceki Anahtarların akış oranı ortalaması DÜŞÜK **THEN** Akış Oranı 7
19. **IF** Kuyruk Uzunluğu DOLU ve Kuyruk hızı SIFIR ve Önceki Anahtarların akış oranı ortalaması DÜŞÜK **THEN** Akış Oranı 8
20. **IF** Kuyruk Uzunluğu DOLU ve Kuyruk hızı ARTARAK YAVAŞ ve Önceki Anahtarların akış oranı ortalaması DÜŞÜK **THEN** Akış Oranı 9
21. **IF** Kuyruk Uzunluğu DOLU ve Kuyruk hızı ARTARAK HIZLI ve Önceki Anahtarların akış oranı ortalaması DÜŞÜK **THEN** Akış Oranı 10
22. **IF** Kuyruk Uzunluğu DOLU ve Kuyruk hızı AZALARAK HIZLI ve Önceki Anahtarların akış oranı ortalaması NORMAL **THEN** Akış Oranı 7
23. **IF** Kuyruk Uzunluğu DOLU ve Kuyruk hızı AZALARAK YAVAŞ ve Önceki Anahtarların akış oranı ortalaması NORMAL **THEN** Akış Oranı 8
24. **IF** Kuyruk Uzunluğu DOLU ve Kuyruk hızı SIFIR ve Önceki Anahtarların akış oranı ortalaması NORMAL **THEN** Akış Oranı9
25. **IF** Kuyruk Uzunluğu DOLU ve Kuyruk hızı ARTARAK YAVAŞ ve Önceki Anahtarların akış oranı ortalaması NORMAL **THEN** Akış Oranı 10
26. **IF** Kuyruk Uzunluğu DOLU ve Kuyruk hızı ARTARAK HIZLI ve Önceki Anahtarların akış oranı ortalaması NORMAL **THEN** Akış Oranı 10
27. **IF** Kuyruk Uzunluğu DOLU ve Kuyruk hızı AZALARAK HIZLI ve Önceki Anahtarların akış oranı ortalaması YÜKSEK **THEN** Akış Oranı 8
28. **IF** Kuyruk Uzunluğu DOLU ve Kuyruk hızı AZALARAK YAVAŞ ve Önceki Anahtarların akış oranı ortalaması YÜKSEK **THEN** Akış Oranı 9
29. **IF** Kuyruk Uzunluğu DOLU ve Kuyruk hızı SIFIR ve Önceki Anahtarların akış oranı ortalaması YÜKSEK **THEN** Akış Oranı 10
30. **IF** Kuyruk Uzunluğu DOLU ve Kuyruk hızı ARTARAK YAVAŞ ve Önceki Anahtarların akış oranı ortalaması YÜKSEK **THEN** Akış Oranı10
31. **IF** Kuyruk Uzunluğu DOLU ve Kuyruk hızı ARTARAK HIZLI ve Önceki Anahtarların akış oranı ortalaması YÜKSEK **THEN** Akış Oranı 10

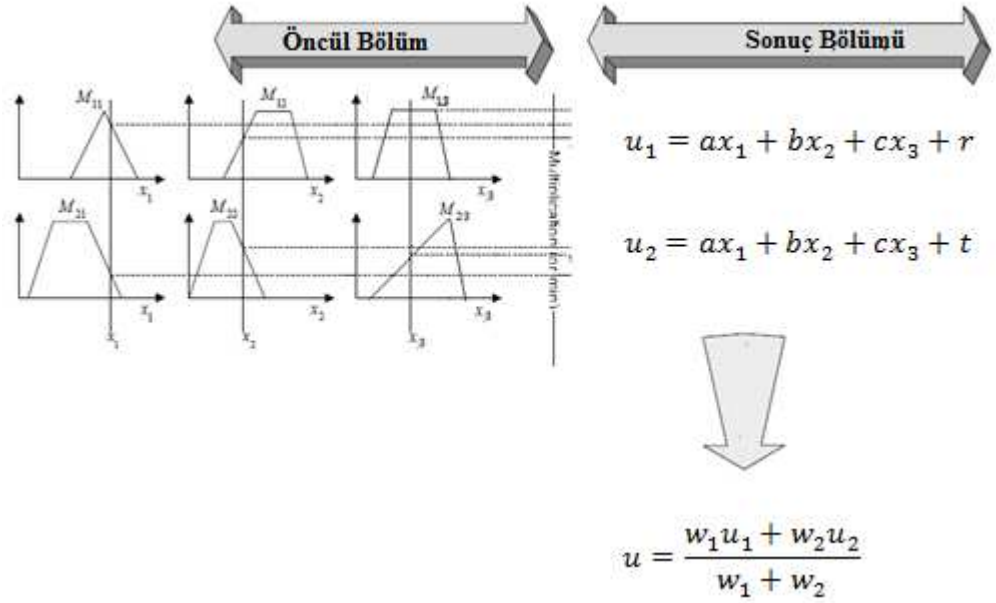
7.1.4 Arındırma

7.1.4.1 Takagi – Sugeno bulanık yöntemi

Burada girdi değişkenlerimiz çok anahtarlı ağlarda, tek anahtarlı ağlara göre farklılaşarak 3 tane olduğu için formülün bu 3 tane girdiye göre değiştirilmesi gerekmektedir (Mehran 2008).

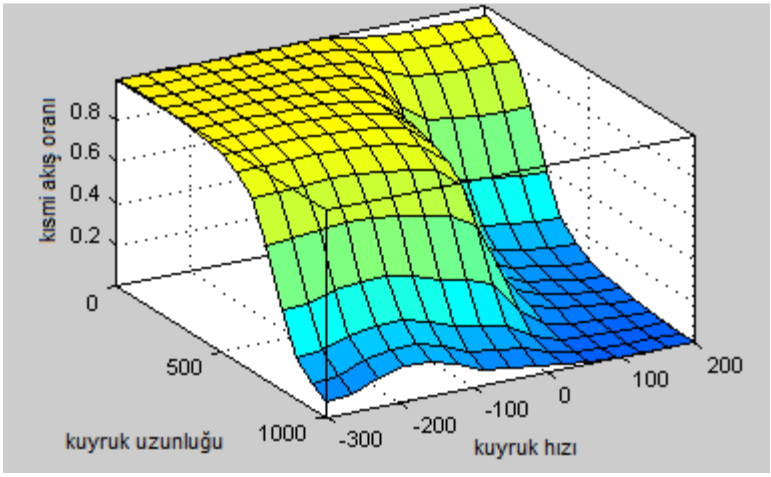
Eğer x = A, y = B ve v=C ise z= f(x,y,t) = px+qy+tv+r (e) .

Burada x,y ve v (A, B ve C) üyelik fonksiyonları için tanımlanmış öncül kısımdaki bulanık kümeler, p, q,t ve r (e) ise sonuç parametreleridir. Böylece her bir kural için bir çıktı değeri elde edilir. Bulanık küme mantıksal işlemleri basit toplama ve çarpmadır.

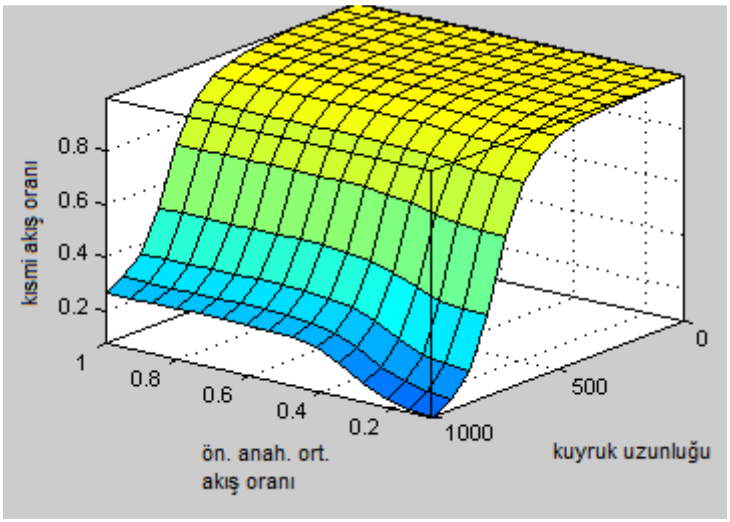


Şekil 7.5 Üç girdili bir sistemindeki Takagi-Sugeno bulanık çıkarımı

7.1.5 Sonuç yüzeyi



Şekil 7.6 Ortalama akış oranı 0.1 referans değerine göre bulanık kontrol sistemi sonucu

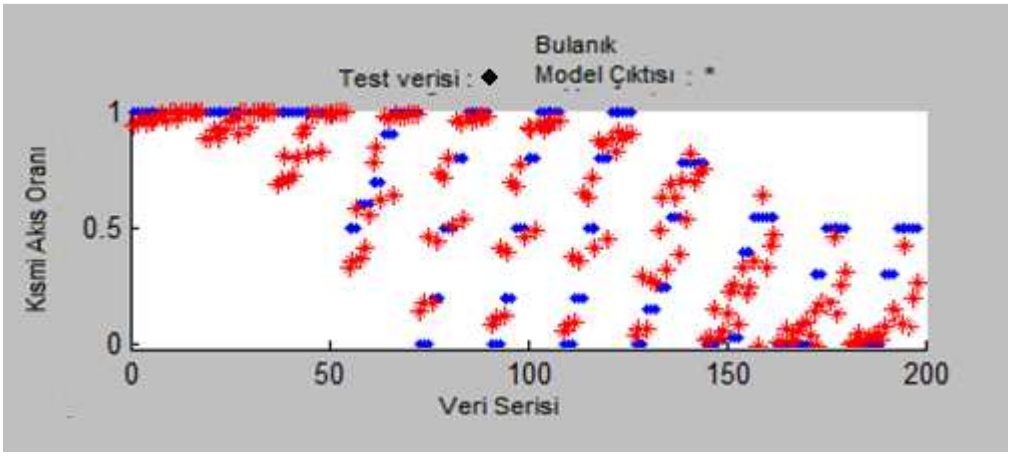


Şekil 7.7 Kuyruk hızı -300 referans değerinde göre bulanık kontrol sistemi sonucu

Bulanık kontrol mekanizmasında uygulanan Takagi-Sugeno tipi modellemede kullanılan giriş değerlerinin, ağırlı ortalama yöntemiyle oluşturulan çıkış değerine göre 3 boyutlu grafikleri şekil 7.6 ve 7.7'de görülmektedir.

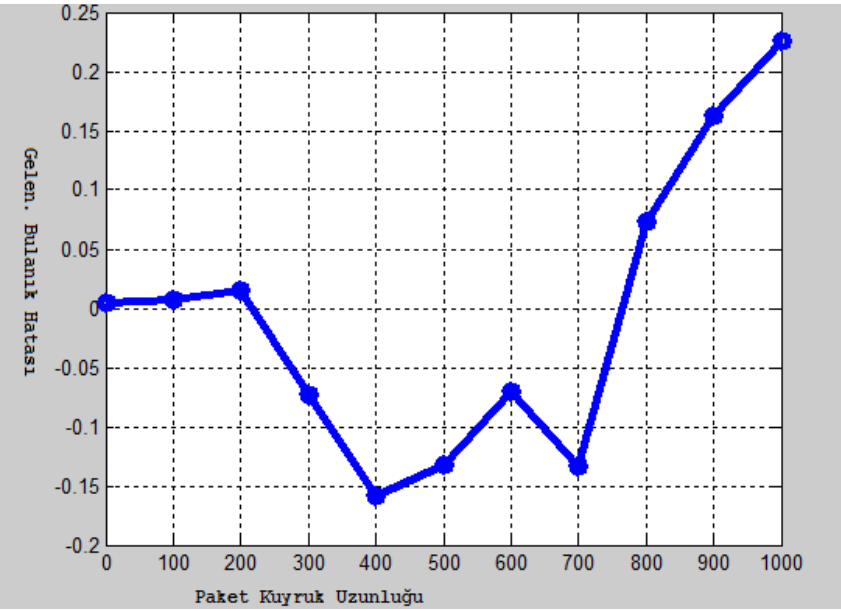
7.1.6 Test

Tasarım işlemi tamamlandıktan sonra istenilen en uygun değerleri ile bulanık kontrol mekanizması sonucunda çıktı oluşan değerleri birbiri ile karşılaştırılmıştır. Test verisi olarak 198 adet değer kullanılmıştır. Sonuç grafiği şekil 7.8'de gösterilmektedir.



Şekil 7.8 Bulanık kontrol sistemi sonuçlarının istenilen değerlere göre karşılaştırılması

Yukarıdaki şekil 7.8'de görüldüğü üzere, maksimumum ve mimumum akış oranlarının olması istenilen bölümlerde eşleşme daha yoğundur. Ancak asıl yönetilmesi gereken dengeli akış oranının olduğu bölümlerde ise eşleşme daha azdır.



Şekil 7.9 Bulanık kontrol sistemi hata değerlerinin kuyruk uzunluğuna göre grafiği

Yukarıdaki şekil 7.9'de gösterilen bulanık kontrol sistemi sonuçları ile istenilen e uygun değerler arasındaki farkı girdi parametresi olan kuyruk uzunluğuna göre göstermektedir. Şekil 7.8 için de açıkladığımız üzere kuyruk uzunluğu üyelik değerlerinde "Dengeli" olarak tanımlanan aralığında hata oranının daha yüksek olduğu, "Boş" olarak tanımlanan aralıkta ise neredeyse sıfıra yakın bir hata olduğu açıktır.

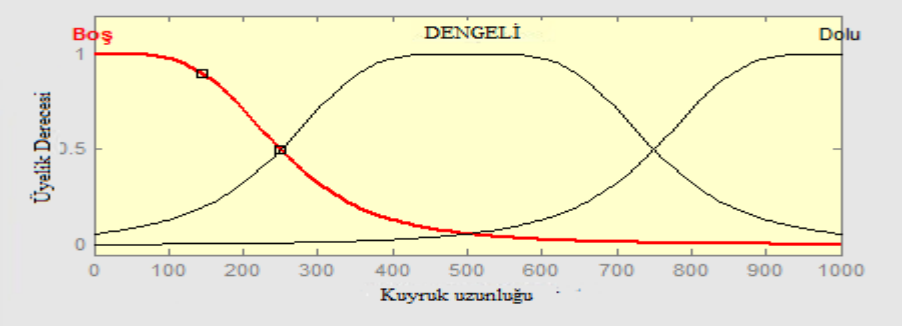
7.2 Sinirsel-Bulanık Kontrol Mekanizması

Çok anahtarlı ATM ağlarında uygulanan bulanık kontrol sistemi tasarımını, sinirsel ağların öğrenme özelliği ile birleştirerek, mevcut ATM ağlarına uyum sağlayabilen bir tasarım oluşturacağız. Çalışmamızın 1. Aşamasında olduğu gibi, ANFIS yapısını kullanarak ilerleyeceğiz.

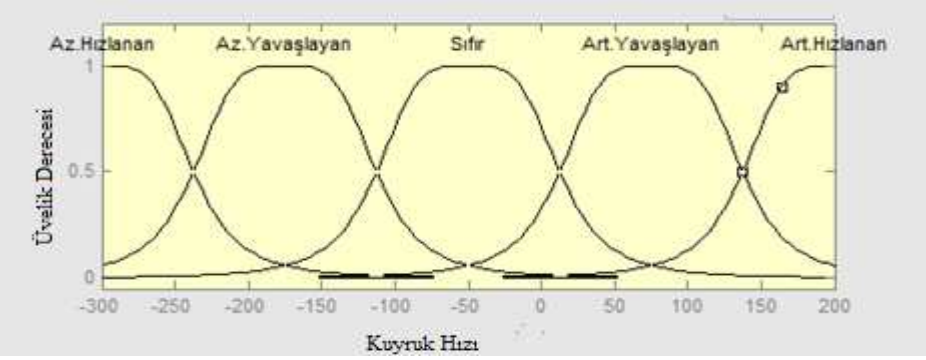
7.2.1 Giriş ve çıkış değerleri

Bulanık kontrol ve uyarlamalı sinirsel bulanık kontrol mekanizmalarının daha net bir şekilde karşılaştırabilmek için giriş ve çıkış değerlerini ve üyelik fonksiyonların aynı olarak kullanacağız.

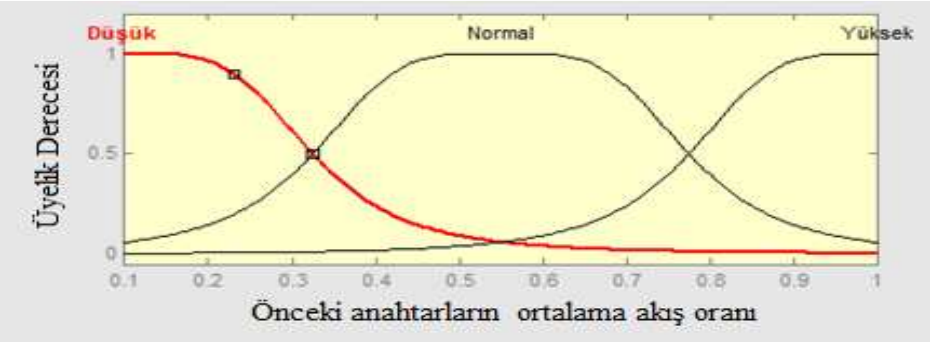
7.2.2 Üyelik fonksiyonları



Şekil 7.10 Kuyruk uzunluğu giriş üyelik fonksiyonu grafiği



Şekil 7.11 Kuyruk hızı giriş üyelik fonksiyonu grafiği



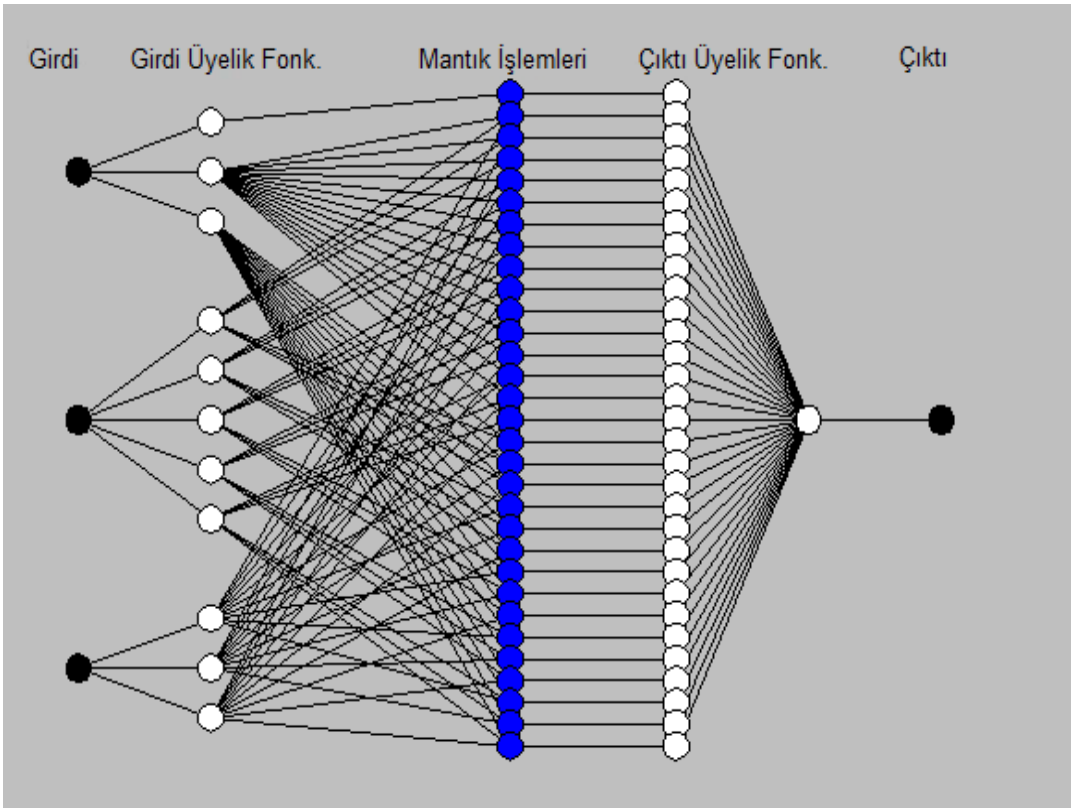
Şekil 7.12 Önceki anahtarların ortalama akış oranı üyelik fonksiyonu grafiği

7.2.3 Kural tablosu

Çok anahtarlı ATM ağları için tasarlanan uyarlamalı sinirsel bulanık kontrol sistemi yapısında kullanılacak Kural tablosu da bir önceki bölümde açıklandığı üzere daha net bir karşılaştırma yapabilmek için değiştirilmeyerek kullanılacaktır.

7.2.4 Uyarlamalı sinirsel bulanık kontrol sistemi tasarımı

Şekil 7.13'te 3 giriş değişkenine sahip 5 katmanlı bir uyarlamalı sinirsel bulanık kontrol sisteminin yapısı görülmektedir. Aşağıdaki yapıdan da anlaşılacağı üzere 5 aşamadan oluşan ANFIS yapısının her bir katmanda uygulanan işlemlerini 5.2.4 bölümünde açıklamıştır. Ancak burada 3 girdili bir sistem üzerinde çalışılacağı için hesaplamalar ve formüllerde bazı değişiklikler olacaktır.



Şekil 7.13 Uyarlamalı sinirsel bulanık kontrol sistemi katman yapısı

Katman 1 –Bulanıklaştırma:

Bulanıklaştırma katmanı için herhangi bir formül değişikliğine gidilmese de, bu katmanda ele alınan girdi sayısı 1 arttırılmıştır.

Katman 2- Kural:

Kural katmanıdır. Bu katmanda girdi sayısında artış olduğundan dolayı formüle 3. girdi değişkeni de eklenmiştir. Kural çıkarım adımında anlatıldığı üzere daha sonra kural indirgeme işlemi yapılmıştır.

$$O_i^2 = w_i = \mu_{A_j}(x_1) \times \mu_{B_k}(x_2) \times \mu_{C_l}(x_3)$$

i=(1…198), j=(1,2,3), k=(1..5) ve l=(1,2,3) olmak üzere

Katman 3 - Normalizasyon

Normalizasyon katmanının formülünde herhangi bir değişikliğe gidilmemiştir. Ancak Normalizasyon işlem 3. girdiyi de içerecek şekilde gerçekleştirilmiştir.

Katman 4 - Arındırma

Arındırma katmanı için oluşturulan formül de 3. Girdi parametresi de eklenerek güncellenmiştir. Bu girdi ile bir önceki aşama 3 olan sonuç parametrelerinin sayısı 1 arttırılarak 4 olmuştur.

$$O_i^4 = \overline{w}_i \underline{f_i} = \overline{w}_i(p_i x_1 + q_i x_2 + r_i x_3 + t_i)$$

Buradaki (p_i, q_i, r_i, t_i) değişkenleri, i. kuralın sonuç parametreleri kümesidir.

Katman 5 - Toplam

Toplam katmanında da, 4.katmandaki 3. girdiden dolayı artan düğümlerin çıkış değeri toplanarak sonuçta, uyarlamalı sinirsel bulanık kontrol sistemi sisteminin gerçek değeri elde edilmiştir. Herhangi bir formül değişikliğine gidilmemiştir.

7.2.5 Eğitim

Tek anahtarlı uyarlamalı sinirsel bulanık kontrol sistemi ağına ait parametrelerinin güncellenmesinde kullanılan Hibrit algoritmasının aynısı çok anahtarlı ATM ağının eğitiminde de kullanılmıştır.

7.2.6 Eğitimden önce/sonra parametreler

Çizelge 7.2 Öncül parametreler

A_i	B_i	C_i
250	2	0
250	2	500
250	2	1000
62.5	2	-300
62.5	2	-175
62.5	2	-50
62.5	2	75
62.5	2	200
0.225	2	0.1
0.225	2	0.5
0.225	2	1

Çizelge 7.3 Sonuç parametreleri

A_i	B_i	C_i
250.2	3.107	0.1025
250.1	0.4396	500
250	02.Haz	1000
62.5	1.998	-300
62.5	1.993	-175
62.5	1.996	50
62.5	2.004	75
62.5	1.999	200
11.179	2.012	0.09592
0.09198	2.023	0.5692
0.166	2.001	1.034

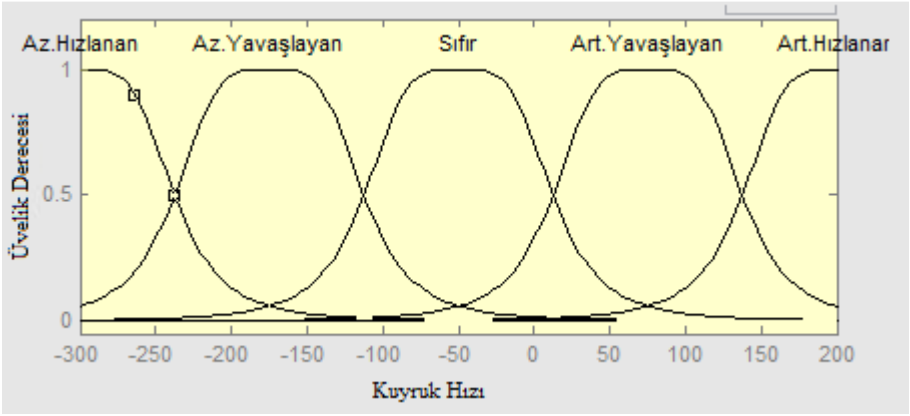
Çizelge 7.4 Sonuç parametreleri

p_i	q_i	r_i	t_i
1.132e-005	-0.003359	-0.001379	0.003997
1.563e-005	-0.00332	0.0164	0.0003693
7.388e-006	-0.0002485	1.212	0.001167
-2.757e-005	-0.005243	0.003402	0.03422
-2.743e-005	-0.005378	0.0965	0.00312
-1.209e-005	0.03913	8.906	0.009847
0.0004035	0.001456	0.9358	1.494
0.0002499	-0.01184	0.05283	0.134
0.0003321	0.01604	0.9499	0.4402
0.001031	0.008165	-0.5	0.6849
-0.004914	0.01137	6.994	0.0615
0.0001766	-0.01276	1.429	0.2017
0.00131	0.006656	0.0265	0.01997
-0.00106	-0.01154	0.9535	0.001738
0.01054	0.05292	0.1634	0.006129
0.0003448	-0.002795	0.0222	0.0007463
0.0003226	-0.002417	0.2004	-0.001601
0.0003368	-0.002603	0.04895	0.009906
0.0002278	-0.004225	1.079	0.006347
0.0004766	-0.003187	0.3049	-0.01377
0.0003016	-0.003815	0.05435	0.08499
0.000553	-0.004062	-0.433	0.2761
-0.0002307	-0.01337	0.154	-0.6033
0.0002042	-0.01434	-4.83	3.711
0.000595	-0.003209	1	0.1265
0.002014	-0.04307	4.263	-0.277
0.002849	0.01072	-1.44	1.701
0.0003833	-0.001123	0.01756	0.003676
0.006457	0.02809	0.4267	-0.007941
-0.0205	-0.1	0.004479	0.04903
0.0003257	0.0002543	-0.01843	-0.00212
0.0003074	-0.0003894	-0.2883	0.001632
0.0003191	-0.0001352	-0.1094	-0.01138
0.0001838	-0.0009579	-0.9931	-0.01818
0.0003313	-0.002133	-1.024	0.01399
0.000129	-0.003541	-0.5165	-0.09768
0.0004789	-0.003069	0.3032	-0.7947
0.0002541	0.0023	-0.747	0.6111
8.137e-005	0.00129	5.006	-4.269
0.0006851	0.0167	-6.551	0.2803
-0.0005496	0.001023	1.216	-1.957

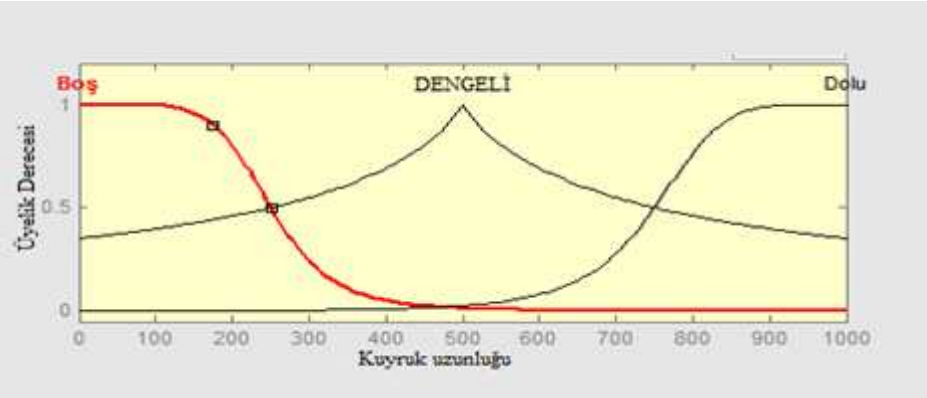
Çizelge 7.2'de uyarlamalı sinirsel bulanık kontrol sisteminin giriş değerlerinin eğitimden önceki öncül parametrelerinin gösterildiği değerler yer almaktadır. Bu değerler aynı zamanda bulanık kontrol sisteminde kullanılan ve giriş üyelik fonksiyonlarını oluşturan değerlerdir. Uyarlamalı sinirsel bulanık kontrol sisteminin üyelik fonksiyonları başlangıçta bulanık kontrol sistemi ile aynı olduğunda bu değerler ikisinde de ortaktır.

Ardından tasarlanan uyarlamalı sinirsel bulanık kontrol sistemi katman yapısında Hibrit eğitim algoritması ile bu değerler bahsedilen adımlar uygulanarak eğitilmiştir. Bu eğitim sonrasında oluşan giriş değerlerinin çıkış parametreleri çizelge 7.3'de gösterilmektedir. Çizelge 7.4'te ise eğitim sonrası elde edilen uyarlamalı sinirsel bulanık kontrol sisteminin 4. Katmanında açıklanan çıkış parametreleri bulunmaktadır.

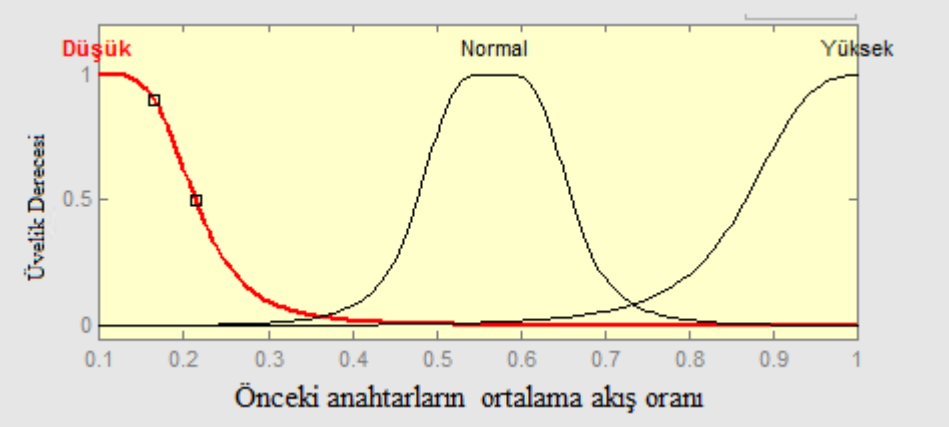
7.2.7 Güncellenen üyelik fonksiyonları



Şekil 7.14 Eğitimden sonraki kuyruk hızı giriş üyelik fonksiyonu grafiği



Şekil 7.15 Eğitimden sonraki kuyruk uzunluğu giriş üyelik fonksiyonu grafiği

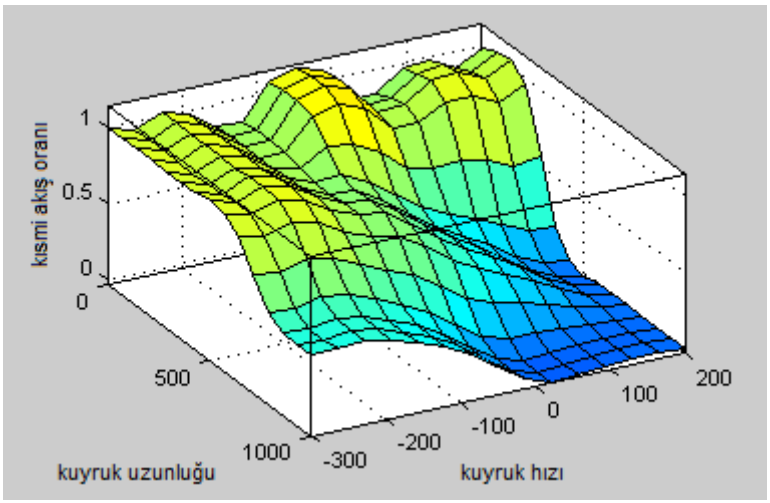


Şekil 7.16 Eğitimden sonraki ortalama akış oranı giriş üyelik fonksiyonu grafiği

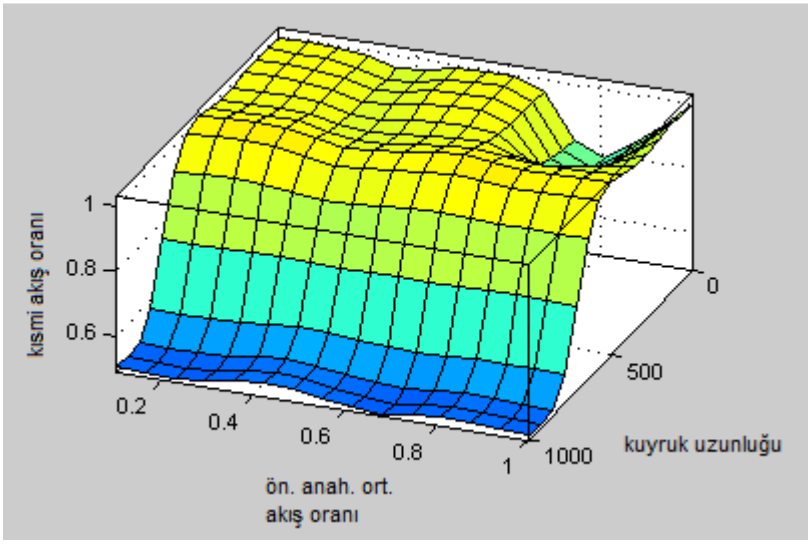
Hibrit eğitim metodu ile öncül parametreler güncellendiğinden, kuyruk uzunluğu girişinin yeni üyelik fonksiyonları şekil 7.15'te, kuyruk hızı giriş değerinin üyelik fonksiyonları ise şekil 7.14'de görülmektedir.

Şekil 7.15'de gösterilen bulanık kontrol sisteminden çıkan hata değerlerinin kuyruk uzunluğuna göre grafiğine döndüğümüzde, "Dengeli" olarak belirtilen aralıkta hata oranının yüksek olduğunu görmüştük. Buna göre hata oranının yüksek olduğu yerlerde üyelik fonksiyonları şekil 7.15 görüldüğü gibi sisteme uyum sağlaması açısından diğerlerine göre daha fazla değişiklik göstermiştir. Hibrit eğitim algoritmasının sonucunda güncellenen giriş parametreleri üyelik fonksiyonlarını, hatayı minimuma indirgeyecek şekilde güncellemiştir.

7.2.8 Sonuç yüzeyi



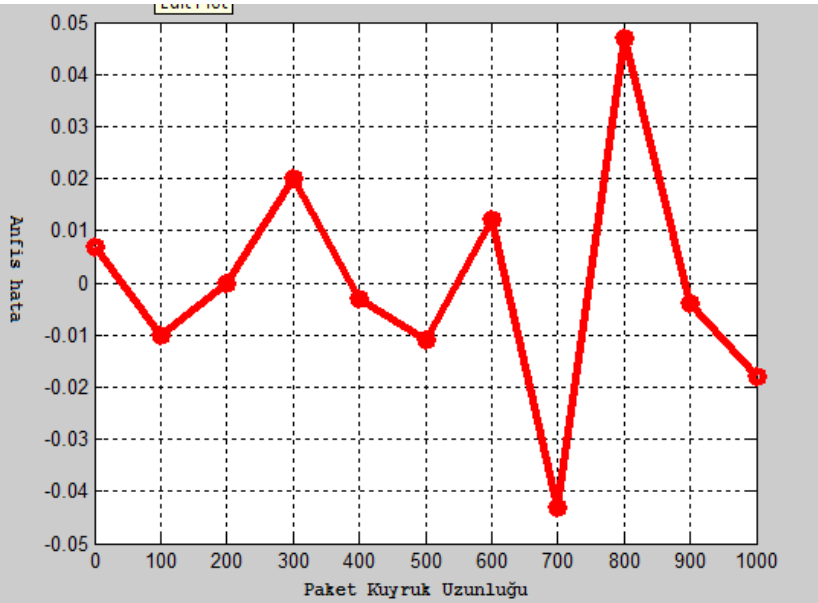
Şekil 7.17 Ortalama akış oranı 0.1 referans değerinde göre uyarlamalı sinirsel bulanık kontrol sistemi sonucu



Şekil 7.18 Kuyruk hızı -300 referans değerine göre uyarlamalı sinirsel bulanık kontrol sistemi sonucu

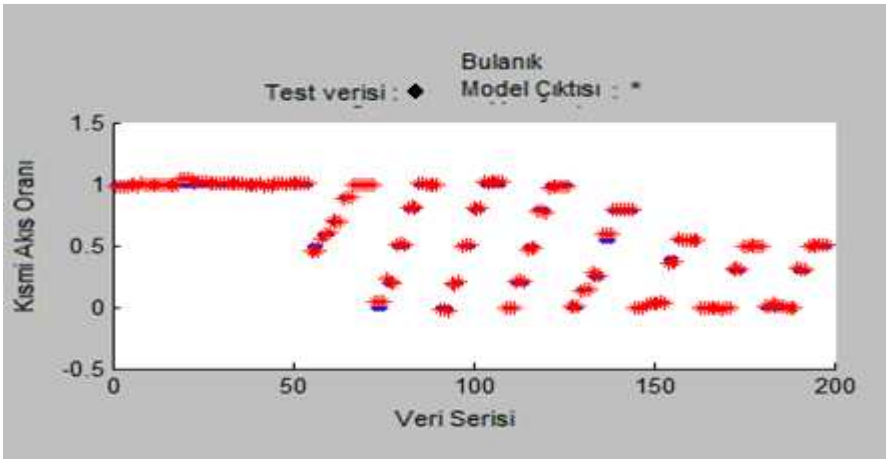
Sinirsel bulanık kontrol mekanizmasında uygulanan hibrit eğitim metot sonucunda mevcut üyelik fonksiyonlarını oluşturan öncül parametreler, anahtar üzerindeki duruma göre güncellenerek yeniden şekillenmiştir. Yukarıdaki şekil 7.18 ve 7.17'nin şekil 7.7 ve 7.6'ten farklılaştığını görebilirsiniz.

7.2.9 Test



Şekil 7.19 Uyarlamalı sinirsel bulanık kontrol sistemi hata değerlerinin kuyruk uzunluğuna göre grafiği

Şekil 7.19'de gösterilen grafik uyarlamalı sinirsel bulanık kontrol sistemi sonuçları ile en uygun değerler arasındaki farkı kuyruk uzunluğuna göre göstermektedir. Buradaki kuyruk uzunluğu girdi değerleri bulanık kontrol sisteminde de eş alındığı için iki sonucu karşılaştırmak zor olmayacaktır. Kuyruk uzunluğu giriş değerlerinin bütün aralıklarında hata oranı maksimuma yakın veri aralığı dışında aynıdır. Bulanık kontrol sisteminin hata sonuçları ile karşılaştırıldığında gözle görülebilir oranda hata oranlarının küçüldüğünü söyleyebiliriz.

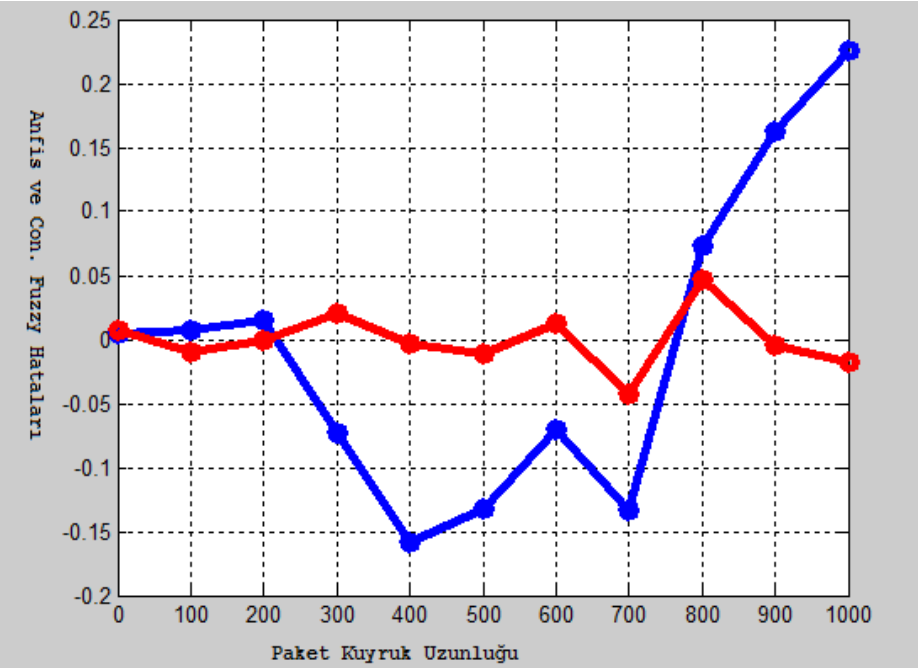


Şekil 7.20 Uyarlamalı sinirsel bulanık kontrol sistemi sonuç değerlerinin istenilen değerlere göre karşılaştırılması

Eğitilmiş olan uyarlamalı sinirsel bulanık kontrol sisteminde test edilen verinin, istenilen sonuçlara göre eşleşme durumu şekil 7.20'de görülmektedir. Çok az noktada istenilen değerlere tam olarak ulaşılamamış olduğu açıktır.

8. SONUÇ

8.1 Karşılaştırma



Şekil 8.1 Bulanık kontrol ve uyarlamalı sinirsel bulanık kontrol sistemi hata değerlerinin kuyruk uzunluğuna göre grafiği

Çizelge 8.1 Uyarlamalı sinirsel bulanık kontrol sistemi hata değerleri

Uyarlamalı sinirsel bulanık kontrol sistemi	
Eğitim Hatası	% 0.016018
Test Hatası	% 0.016185

Çizelge 8.2 Bulanık kontrol sistemi hata değerleri

Geleneksel bulanık kontrol sistemi	
Test Hatası	%0.18673

Aynı yapıda üyelik fonksiyonları ve bulanık mantık kuralları seçilerek karşılaştırılmanın daha net yapılması amaçlandığından dolayı şekil 8.1'de açıkça görülen bir fark ortaya çıkmıştır. Uyarlamalı sinirsel bulanık kontrol sisteminin güncellenmesinde kullanılan, iki aşamalı eğitim algoritması sayesinde, eğitim hızı arttırılmıştır. Aynı zamanda 45 tane olan kural sayısı azaltılarak daha basit ve hızlı bir kontrol mekanizması tasarlanmıştır. Sonuçlardan anlaşılacağı üzere uyarlamalı sinirsel bulanık kontrol sistemi sistemlerinin yaklaşık olarak 10 kat daha az hata oranı ile ATM ABR servisinin anahtarlama teknolojisinde kullanılan metotların daha verimli çalışmasını sağladığını söyleyebiliriz.

8.2 Anahtar Sayına Göre Sonuçlar

Ağ içerisindeki anahtar sayısını arttırıldığında hata oranını verilerini gösteren tablo çizelge 8.3'de verilmiştir.

Çizelge 8.3 Uyarlamalı sinirsel bulanık kontrol sistemi anahtar sayısına göre sonuç değerleri

Anahtar	**Hata oranı %**
1. anahtar	0.025144
2. Anahtar	0.020489
3. Anahtar	0.01749
4. Anahtar	0.016259
5. Anahtar	0.016018
Test sonucu	0.08641

Anahtar sayısı arttıkça daha çok veriye göre eğitilerek daha küçük hata oranlarına ulaşılabiliyor. Ancak belli bir anahtar sonrasında ağ hata oranında azalması çok yavaşlıyor. Bu şekilde ağ hızlı ve esnek bir şekilde paket yoğunluğuna uyum sağlayabiliyor.

8.3 Çok Anahtarlı Ağlar Üzerindeki Etkileri Ve Sonuçları

İletişim ağ teknolojilerinin doğası gereği servis kalitesini yükseltmek çok emek isteyen ve pahalı bir iştir. Bunun için çok çeşitli yöntemler kullanılmıştır. Bu yöntemler arasında bulanık mantık içeren kontrol sistemleri zaman, maliyet ve emek bakımından daha verimlidirler. Ancak çevrimiçi ağlar her zaman aynı yoğunlukta trafiğe sahip olmadıklarından dolayı geleneksel bulanık üyelik fonksiyonlarını bir defa oluşturularak ağın bütün durumlarına adapte olması beklenemez. Hata sonuçlarından da anlaşılacağı gibi uyarlamalı sinirsel bulanık kontrol sistemi kontrolü ATM ağının değişik yoğunluktaki durumlarına göre anahtarları eğiterek daha iyi sonuçlar elde etmiştir.

Bu tezde geleneksel bulanık sisteminin sadece 31 kural ile sınırlandırılarak ilerlemesi anahtar üzerindeki kontrolü daha az esnek hale getirmektedir. Elbette ki ağ trafik uzmanları tarafından seçilen üyelik fonksiyonları ve daha çok kural tanımlaması ile bulanık kontrol mekanizması iyileştirilebilir. Ancak bu daha çok zaman ve maliyet gerektirir. Bunun yerine kendini eğiten bir sisteme sahip olmak çevrimiçi ağ yapılarının kontrolü açısında daha verimli olabilir.

Bulanık ve sinirsel yöntemlerin ağ sistemlerinin trafik kontrolünde, bir arada kullanılmaları ile bu iki konunun kendi aralarında sahip oldukları birbirini tamamlayıcı özellikler sayesinde, uyarlamalı sinirsel bulanık kontrol sistemi sonuçlardan da anlaşılacağı üzere daha iyi bir performans sergilemiştir. Tasarlanan metotlar daha fazla parametre ile geliştirilerek ATM ağları üzerinde uygulanabilir hale getirilebilir.

KAYNAKLAR

Altaş, İ.H. 1999. Bunlanıklık Kavramı. Enerji, Elektrik, Elektromekanik-3e Bileşim yayıncılık, s.80-85.

Anonim. 2004. Bulanık Mantık, http://www.plcprogramlama.com/prosesfuzzy.htm Erişim Tarihi: 12.05.2011.

Anonymous. 2006. Understanding the Available Bit Rate (ABR) Service Category for ATM VCs, Cisco Systems. 10 p.

Anonymous. 2010. Foundations of Fuzzy Logic/Summary of If-Then Rules**,** http://www.mathworks.com/help/toolbox/fuzzy/bp78l6_-1.html. Erişim Tarihi: 04.09.2011.

Anonymous. 2011. R2011b Documentation-Fuzzy Logic Toolbox/ gbellmf. http://www.mathworks.com/help/toolbox/fuzzy/gbellmf.html Erişim Tarihi: 10.04.2010.

Aseri, T.C. and Bagai, D. 2008. Traffic Control in Unicast ATM ABR Service using Adaptive Approach. International Journal of The Computer, the Internet and Management Vol. 16.No.3, pp. 48-63.

Askerbeyli, I.N. and Gedik, F.A. 2011. Neuro-Fuzzy Approach For Solving Communication Network Problems, International Journal of Electric & Computer Sciences IJECS-IJENS Vol: 11 No: 01, pp. 41-51.

Castellano, G. and Fanelli, A.M. 1996. Simplifying A Neuro Fuzzy Model. Neural Processing Letters, vol 4, 75-8, Netherlands.

Çeken, C. Ertürk, İ. and Bayılmış**,** C. 2002. Kablosuz ATM Kullanarak Veri ve Ses Transferi Uygulaması, ELECO 2002 Sempozyumu, s. 273-277, Bursa.

Dubois, D. and Prade, H. 1980. Fuzzy Sets and Systems. Theory and Applications. Academic Press, New York.

Edgar, T.F. 2006. Recursive Least Squares Paramater Estimation for Linear Steady State and Dynamic Models. http://www.cse.sc.edu/-gaztzke/ Erişim Tarihi: 03.08.2010.

Fuyin, D. and Weifeng, D. 2009. Design of A Three-Input Fuzzy Logic Controller And the Method Of Its Rules Reduction. Proceedings of the 2009 International Symposium on Information Processing (ISIP'09), pp.051-053, Huangshan, P. R. China,

Hekim, M. and Durusoy, G. 2002. ATM şebekelerde bulanık bağlantı kabul kontrolü, ELECO 2002 elektrik - elektronik - bilgisayar mühendisliği sempozyumu ve fuarı, 4 p.

Held, G. 1999. Asynchronous Transfer Mode. http://technet.microsoft.com/en-us/library/bb726929.aspx. Erişim Tarihi:10.05.2010.

Jang, J.S.R. ve Sun, C.T. 1995. Neuro-Fuzzy Modeling and Control. Proc. of the IEEE Special Issue on Fuzzy Logic in Engineering Applications, pp.378-406.

Jang, J.R. 1993. ANFIS: Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System. IEEE Transactions Systems Man and Cybernetics. v23, pp.665-685.

Lightner, C. 2006. A Fuzzy Logic Approach to Buffer Management in ATM Networks. Fuzzy Optimization and Decision Making, Vol.5, pp.49-69.

Liu, T.L. 2003. A Fuzzy Pd Controller For Structural Optimization of Axis Symmetric Shells. Master Thesis, YUAN ZE University.

Mehran, K. 2008. Takagi-Sugeno Fuzzy Modeling for Process Control. Industrial Automation, Robotics and Artificial Intelligence (EEE8005), Newcastle University, 19 p.

Özçalık, H.R. and Uygur, A.F. 2005. Dinamik sistemlerin uyumlu sinirsel-bulanık ağ yapısına dayalı etkin modellenmesi. 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, İTÜ, İstanbul.

Palancıoğlu, H.M. and Beşdok, E. 2005. Hareketli Objelerin Modellenmesi. 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, s.84-94, İstanbul.

Pitsillides, A. Sekercioglu, Y.A. and Ramamurthy, G. 1997. Effective Control Of Traffic Flow in Atm Networks Using Fuzzy Explicit Rate Marking (FERM). IEEE Journal on Selected Areas in Communications; 15(2), pp.209-225.

Saito, H. 1994. Teletrafic Technologies in ATM Networks, Artech House, London.

Savoric, M. and Krieger, 1999. Adaptation Of The Fuzzy Explicit Rate Marking To ABR Flow-Control In A Wireless ATM Network. In MMB,pp.25-29.

Singpurwalla, N.D. and Booker, J.M. 2004. Membership Functions and Probability Measures of Fuzzy Sets, Journal of the American Statistical Association, Vol. 99, pp.867-877.

Taylor, E.L. 1997. Modeling And Simulation of A Video-On-Demand Network Implementing Adaptive Source-Level Control And Relative Rate Marking Flow Control For The Available Bit Rate Service. Master thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University, 88 p. Virginia.

Ulukut, Ö. Özkaya, U. Çömlekçi, S. and Vardar, G. 2005. İçme Suyu Şebekesi Kontrol Otomasyonu. III Otomasyon Sempozyumu ve Sergisi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli.

Yılmaz, M. and Arslan, E. 2005. Bulanık mantığın jeodezik problemlerin çözümünde kullanılması, 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, İTÜ, İstanbul.

Ying, Y.and Pontil, M. 2008. Online Gradient Descent Learning Algorithms. Journal Foundations of Computational Mathematics. Vol 8.

Yücel, A. and Güneri, A.F. 2010. Application Of Adaptive Neuro Fuzzy Inference System To Supplier Selection Problem, Journal of Engineering and Natural Sciences, pp. 224-234.

Zadeh, L. A. 1965. Fuzzy sets, Information and Control 8, pp.338-353.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı :Fidan Aybike GEDİK

Doğum Yeri :Burdur

Doğum Tarihi : 07.06.1986

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Adem Tolunay Fen Lisesi (2003)

Lisans : Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği (2008)

Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı (Eylül 2008- Ekim 2011)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Türk Telekom A.Ş / 2008-

Yayınları (SCI ve diğer)

Askerbeyli, I. N. ve **Gedik, F.A**. 2010. Uygulanabilir Bulanık Mantık Kullanılarak ATM Ağlarının Araştırılması.5. Ankara Matematik günleri, 3-4 Haziran, 2010,Özet kitabı, s. 94.

Askerbeyli, İ and **Gedik, F.A.** 2011, Neuro-Fuzzy Approach For Solving Communication Network Problems, International Journal of Electric & Computer Sciences IJECS-IJENS Vol: 11 No: 01, pp.41-51.

Askerbeyli, I. N. ve **Gedik, F.A.** 2011. Bulanık Mantık Yöntemlerinin Çok Anahtarlı Ağlar Üzerindeki Etkileri,6. Ankara Matematik günleri, 2-3 Haziran, Özet kitabı, ss. 113.

Askerbeyli, İ and **Gedik, F.A.** 2011, Effects of Fuzzy Logic Methods Over ATM Networks, International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences Vol:9.