

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BARAJ GÖLÜ DOLULUK TAHMİNİNDE BULANIK MANTIK
YAKLAŞIMI

FATİH ONUR
YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEODEZİ VE FOTOGRAMETRİ ANABİLİM DALI

GEBZE
2015

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BARAJ GÖLÜ DOLULUK TAHMİNİNDE
BULANIK MANTIK YAKLAŞIMI

FATİH ONUR
YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEODEZİ VE FOTOGRAMETRİ ANABİLİM DALI

DANIŞMANI
DOÇ. DR. BAHADIR ERGÜN

GEBZE
2015

T.R.
GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

**DAM LAKE FORECASTING THE FUZZY
LOGIC APPROACH**

FATİH ONUR
MASTER OF SCIENCE
DEPARTMENT OF GEODESY AND PHOTOGRAMMETRY

THESIS SUPERVISOR
DOÇ. DR. BAHADIR ERGÜN

GEBZE
2015



GTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 29/06/2015 tarih ve 2015/41 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 15/07/2015 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Fatih ONUR'un tez çalışması Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Doç. Dr. Bahadır ERGÜN

ÜYE

: Doç. Dr. Cemal Özer YİĞİT

ÜYE

: Doç. Dr. Coşkun AYDINER

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun

...../...../..... tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

Dünya gün geçtikçe kuraklığa doğru gitmektedir. Su ihtiyacımız insan nüfusu artıkça artmakta fakat su kaynakları azalmaktadır. Su havzaları ve özellikle baraj gölleri bu varlığın korunması ve iyi yöneılması için hayati tesislerdir. Baraj göllerindeki su varlığının doğru yönetilebilmesi su miktarının bilinmesinden öte yakın gelecekte bu miktarın tahmin edilebilmesine de bağlıdır. Özellikle İstanbul nüfus yoğunluğu çok fazla olan bir metropoldür. Bu metropolün su kaynaklarını doğru bir şekilde yönetmek çok büyük bir önem arz etmektedir. Bu nedenle değişik projeler düşünülmekte ve uygulamaya geçirilmektedir. Bu projelerde su ne zaman azalır, barajlardaki suyun azalması önceden tahmin edilebilir mi? Bu sayede önlemler alınabilir mi? gibi temel sorular ortak noktalardır.

Bu tez çalışmasında; İstanbul Terkos Baraj Gölü uygulama alanı seçilerek gelecekteki su seviyesini tahmin edilmesi için günümüz ve yakın geçmişteki veriler kullanılarak bir tahmin mekanizması oluşturulmaya çalışılmıştır. Yapılan uygulamada; Terkos Barajında son 12 yılın su değerleri yardımıyla, ANFİS yöntemi ile bir modelleme mekanizması kurarak gelecekte su değerlerinin en doğru şekilde tahmin edilmesi temeli araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bulanık Mantık ANFİS yaklaşımı (BMAY), Terkos Barajında Doluluk Oranının ANFİS yaklaşımı ile tahmini (TBDOAYT).

SUMMARY

Drought is growing day by day in the world. Water necessity have been growing with the increasing population but water resource have been decreasing. Water basins and especially, dam ponds are extremely important facilities for preserving and managing the water. Effective management of water inventory in the dams is deals with the right determination of water level and even correct prediction of water level for the close future also. Especially, Istanbul metropol city has dense population. Managing the water resources of this metropol city is very important. Therefore, various kinds of projects and applications have been developed for this subject. Fundamental and common questions of these projects are: when the water level decreasing and how the time of critical water level can be predicted.

In this study; Development of prediction mechanism of water level model has been studied with the data of near past and current for of Istanbul Terkos Dam. With application of ANFIS method has been used for this prediction alghorithm with the data set of water level in last ten years for this Terkos Dam.

Key Words: Fuzzy Logic ANFIS Approach (FLAA), Occupancy Rate in Terkos of the Dam Estimated by ANFIS Approach (ORTDEAA).

TEŞEKKÜR

BaŐta, y¼ksek lisans eğitimimde ve akademik hayatımda desteğini ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyip bilgisi ile bu ęalıŐmanın oluŐmasının yolunu ağan, danıŐmanım Doç. Dr.Bahadır ERG¼N'e,

B¼t¼n ęalıŐmam boyunca yanımda olan, bilgi ve tecr¼belerini benimle paylaŐan değerli arkadaŐım Dr. Cumhuri ŞAHİN'e,

Ve g¼stermiŐ olduğu desteklerinden dolayı sevgili eŐım Nuray ATANUROğLU ONUR'a, KardeŐim Y¼k. Ziraat M¼h. Oğuz ONUR ve t¼m aileme en iğten teŐekk¼rlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

| | <u>Sayfa</u> |
|--|---------------------|
| ÖZET | v |
| SUMMARY | vi |
| TEŞEKKÜR | vii |
| İÇİNDEKİLER | viii |
| SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ | x |
| ŞEKİLLER DİZİNİ | xi |
| TABLolar DİZİNİ | xiii |
| | |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 2. HİDROLOJİ ve SU | 8 |
| 2.1. Hidrolojinin ve Suyun Dolaşımı | 8 |
| 2.2. Dolaşım Akış ve Depo Değişkenleri | 9 |
| 2.3. Hidrolojinin Methodları | 11 |
| 2.3.1. Ölçmeler | 11 |
| 2.3.2. Verilerin İşlenmesi | 11 |
| 2.3.3. Matematiksel Model Kurulması | 11 |
| 2.3.4. Olasılık Hesabı ve İstatistik Metotların Kullanılması | 11 |
| 2.4. Hidrolojik Çevrim | 11 |
| 2.5. Kütleinin Korunumu | 14 |
| 2.6. Yerkürenin Su Dengesi | 15 |
| 3. BULANIK MANTIK TEMELLERİ | 18 |
| 3.1. Bulanık Kümeler ve Üyelik Dereceleri | 21 |
| 3.1.1. Bulanık Kümelerin Birleşimi | 22 |
| 3.1.2. Bulanık Kümelerin Kesişimi | 23 |
| 3.1.3. Diğer Bulanık Kümelerin Özellikleri | 24 |
| 3.2. Bulanık Matematik | 24 |
| 3.2.1. Bulanık Sistemler | 26 |
| 3.2.2. Durulaştırma | 30 |
| 3.3. ANFIS Fonksiyonları | 31 |
| 4. MATLAB ve ANFİS FONKSİYONU | 36 |

| | |
|--|----|
| 5. BARAJ DOLULUK TAHMİNİNDE ANFİS UYGULAMASI | 44 |
| 5.1. Veri Setinin Özellikleri, Seçimi ve Elde Edilmesi | 45 |
| 5.2. Yöntem | 50 |
| 5.3. Yapılan Uygulamaların Analizi | 56 |
| 6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER | 60 |
| | |
| KAYNAKLAR | 63 |
| ÖZGEÇMİŞ | 66 |

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

| <u>Simgeler ve</u> | <u>Açıklamalar</u> |
|--------------------|--|
| <u>Kısaltmalar</u> | |
| TSK | : Takagi-Sugeno-Kank |
| ANFİS | : Adaptive Networkbased Fuzzy Inference System |
| MATLAB | : Matrix Laboratory |
| YSA | : Yapay Sinir Ağı |
| BÇS | : Bulanık Çıkarım Sistemi |
| GYTE | : Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü |
| KOH | : Karenel Ortalama Hata |
| ÜF | : Üyelik Fonksiyonu |
| TBDO | : Terkos Barajı Doluluk Oranı |
| TBFGS | : Terkos Barajı Fiili Gelen Su Miktarı |
| TBAHS | : Terkos Barajı Fiili alınan Hamsu Miktarı |
| TBYM | : Terkos Barajı Yıllık Yağış Miktarı |
| IRKP | : Pabuç Dere Barajından Terkos Barajına Gelen Su Miktarı |
| İSKİ | : İstanbul Su Kanalizasyon İdaresi |
| SCADA | : Supervisory Control and Data Acquisition |

ŞEKİLLER DİZİNİ

| <u>Sekil No:</u> | <u>Sayfa</u> |
|---|---------------------|
| 1.1: Öngörü ve ölçüm değerlerinin zamanla değişimi. | 5 |
| 2.1: Hidrolojik çevrim. | 12 |
| 2.2: Sistem Kavramı. | 13 |
| 2.3: Mühendislik gözüyle hidrolojik çevrim. | 14 |
| 3.1: <u>A</u> ve <u>B</u> bulanık kümelerinin birleşimi. | 22 |
| 3.2: <u>A</u> ve <u>B</u> bulanık kümelerinin birleşimi. | 23 |
| 3.3: Bulanık sayılar : a) Üçgen b) Yamuk. | 25 |
| 3.4: Klasik sistem. | 26 |
| 3.5: Genel bulanık sistem. | 27 |
| 3.6: TSK bulanık sistem. | 29 |
| 3.7: Bulanıklaştırma durulaştırma birimli bulanık sistem. | 30 |
| 4.1: Matlab ana ekran modülü. | 36 |
| 4.2: Matlab araç kutusu. | 37 |
| 4.3: ANFIS editör penceresi. | 38 |
| 4.4: Sisteme eğitilecek veriler. | 39 |
| 4.5: Veriyi yükledikten sonraki fonksiyonların düzenleme ekranı. | 40 |
| 4.6: Örnek bir bulanık sistemin eğitildikten sonraki ANFIS editör penceresi. | 42 |
| 4.7: Test aşamasından sonra ANFIS editör penceresi. | 42 |
| 4.8: ANFIS model yapısının genel görünümü. | 43 |
| 4.9: Uygulama sonucunda üyelik fonksiyonu penceresinde değerlerin okunması. | 43 |
| 5.1: Terkos Baraj Gölü. | 45 |
| 5.2: Oluşturulan yapay sinir ağı. | 53 |
| 5.3: ANFIS fonksiyonları ile hibrit metodunda karesel ortalama hata sınırları. | 54 |
| 5.4: ANFIS fonksiyonları ile geri besleme metodunda karesel ortalama hata sınırları. | 55 |
| 5.5: 2010 yılı TBDO % gerçek değerler ile öngörülen değerlerin karşılaştırılması grafiği. | 58 |

5.6: 2011 yılı TBDO % gerçek değerler ile öngörülen değerlerin 59
karşılaştırılması grafiği.

TABLolar DİZİNİ

| <u>Tablo No:</u> | <u>Sayfa</u> |
|---|---------------------|
| 1.1: İSKİ'den temin edilen verilerden örnek. | 4 |
| 1.2: Tetikleme ayrıntıları. | 5 |
| 1.3: Van Gölü seviye öngörülerı. | 6 |
| 2.1: Yağış istatistikleri. | 15 |
| 2.2: Yerkürede suyun dağılımı. | 16 |
| 2.3: Yerkürede tatlı suyun dağılımı. | 16 |
| 5.1: Baraj doluluğunu etkileyen değerler ve üyelık dereceleri. | 46 |
| 5.2: Üyelık değerleri not defteri. | 52 |
| 5.3: ANFIS fonksiyonu ile elde edilen hibrit KOH değerler. | 53 |
| 5.4: ANFIS fonksiyonu ile elde edilen geri besleme KOH değerleri. | 54 |
| 5.5: 2010 yılı TBDO % değerlerin karşılaştırma tablosu. | 57 |
| 5.6: 2011 yılı TBDO % değerlerin karşılaştırma tablosu. | 58 |

1.GİRİŞ

Su dünya üzerindeki en mucizevî maddedir. Kimyasal formülü H₂O'dur; yani iki hidrojen ve bir oksijen atomundan meydana gelmiştir. Saf su renksiz, kokusuz ve tatsızdır. Dünya yüzeyinin %71'i sularla kaplı olup geri kalanını da karalar oluşturur. Ancak %1-2'si tatlı su kaynağı olarak kullanılabilir [Web 1, 2012].

İnsan vücudunun her hücresi, dokusu, organı ve yaşamak için gereken her türlü reaksiyonu ancak su ile mümkündür. Beslenmek, sindirim, solunum, dolaşım gibi yaşamın devamını sağlayan bütün fonksiyonlar, ancak sulu bir ortamda gerçekleşir.

Altı hafta yemek yemeden yaşarız ama bir haftadan fazla susuz kalamayız. Vücut ağırlığımızın sadece yüzde 10'u kadar su kaybı bile, şiddetli halsizlik ve sıcak çarpmasına neden olur. Bu oran yüzde 20'e çıktığında ise yaşamımız tehlikeye girer. Yani su, bir yaşam içeceğidir. Yetişkin bir insanın vücut ağırlığının yaklaşık yüzde 55-75'i sudan oluşur. Kişinin vücut bileşimine, yaşı, cinsiyeti, ağırlığı gibi pek çok faktöre bağlı olarak bu oranlar değişir. Örneğin zayıf bir insanın vücudundaki su miktarı çok daha yüksektir. Daha çok kasa sahip olan erkek vücudu, kadınlara göre daha fazla su içerir. Gençlerde yaşlılara göre daha çok su bulunur. Yeni doğan bebeklerin ağırlıklarının yüzde 75'si su olup, bu oran yaşlandıkça yüzde 50'ye kadar azalır. Vücudun tüm dokularında su vardır. Kanın yüzde 83'ü, yağsız kas dokularının yüzde 73'ü, vücut yağının yüzde 25'i, kemiklerin yüzde 22'si sudan oluşur [Web 2, 2014].

Dünyadaki toplam suyun yaklaşık 1 386 milyon kilometre küp (332,5 milyon mil küp)'nün yani % 96'dan fazlasını tuzlu sular oluşturmaktadır. Bütün tatlı su kaynaklarının % 68'inden fazlası buz ve buzulların içinde hapsedilmiştir. Tatlı suyun diğer % 30'u ise yer altındadır. Nehirler, göller gibi yüzeysel tatlı su kaynakları, dünyadaki toplam suyun yaklaşık % 1'inin 1/700'ü olan 93 100 kilometre küp (22 300 mil küp)'nü oluşturur [Web 3, 2012].

Günümüzde su doğal kaynakların en önemlilerinden biridir. Dünyadaki nüfus artıkça suyun dağılımı da azalarak etkilenmektedir. Temiz ve içilebilir su kaynakları her geçen gün kirletilerek kullanılamaz hale getirilmektedir.

Var olan su kaynaklarının kirletilmesi, gelecekte su kıtlığının yaşanmasına neden olacaktır. İnsanların günlük kullandığı su kaynağının çoğunu nehirler ve göller oluşturduğundan, bu su kaynaklarının kirletilmesi su azlığının ortaya çıkmasını

kolaylaştıracaktır. Zaten kıt olan bu kaynakların korunarak su ihtiyaçlarının bu kaynaklardan sağlanması amaçlanmalıdır.

1900 yılına kıyasla su tüketimi dünyada 10 kat artmıştır. 2025 yılında su tüketimi ise; tarımda %17, sanayide %20 ve evsel tüketimde %70 artacaktır. Su tüketimi çok hızlı bir şekilde artarken dünyada çevre kirliliği ve sanayileşmeden dolayı temiz su kaynakları hızla azalmaktadır. Bugün, 6 milyarlık dünya nüfusunun yaklaşık % 20 sinin güvenli su kaynaklarından yoksun olduğunu söylemektedir. 1950 yılında kişi başına düşen su miktarı 16.800 m³ iken bu miktar 2000 yılında 7.300 m³'e düşmüştür. Dünya nüfusunun yaklaşık 8 milyarı bulmasının beklendiği 2025 yılında ise kişi başına su tüketiminin yaklaşık 4.800 m³'e düşeceği tahmin edilmektedir. Tüketimdeki bu azalış su kaynaklarının kıtlığına bağlanacaktır. Kaldı ki 2025 yılına kadar şu an kullanılabilir durumda olan birçok su kaynaklığı kirlenecektir. Bu kaynaklardan su sağlanamaz duruma gelecektir [Web 3, 2012].

Dünyanın her yerinde yaşandığı gibi ülkemizde de su sorunu yaşanmaktadır. Su sorunu deyince ilk aklımıza gelen şehir İstanbul'dur. İstanbul, Türkiye'nin en kalabalık, iktisadi ve kültürel açıdan en önemli şehridir. İstanbul iktisadi büyüklük açısından dünyada 34, nüfus açısından belediye sınırları göz önüne alınarak yapılan sıralamaya göre Avrupa'da birinci, dünyada ise Shanghai'dan sonra ikinci sırada yer almaktadır. İstanbul Türkiye'nin kuzeybatısında, Marmara kıyısı ve Boğaziçi boyunca, Haliç'i de çevreleyecek şekilde kurulmuştur. İstanbul kıtalararası bir şehir olup, Avrupa'daki bölümüne Avrupa Yakası veya Rumeli Yakası, Asya'daki bölümüne ise Anadolu Yakası veya Asya Yakası denir. Tarihte ilk olarak üç tarafı Marmara Denizi, Boğaziçi ve Haliç'in sardığı bir yarım ada üzerinde kurulan İstanbul'un batıdaki sınırını İstanbul Surları oluşturmaktaydı. Gelişme ve büyüme sürecinde surların her seferinde daha batıya ilerletilerek inşa edilmesiyle 4 defa genişletilen şehrin 39 ilçesi vardır. Sınırları içerisinde ise büyükşehir belediyesi ile birlikte toplam 40 belediye bulunmaktadır.

İstanbul İl toprakları toplam 5.512 km²'lik bir alanı kaplamaktadır. Yüzölçümü ile 72.114 km²'lik Marmara Bölgesi içinde %7,6'lık paya sahipken, 769.604 km²'lik alana sahip Türkiye yüzölçümü içerisinde %0,7'lik bir pay almaktadır. Türkiye nüfusunun 18,5 yaşmaktadır [Web 3, 2012].

Ülkemizin 0,7 gibi küçük bir yüz ölçümüne sahip olmasına karşın nerdeyse Türkiye'nin 1/5 (beşte bir) nüfusuna sahip olması şehirde ulaşım, su kirliliği, içme

suyu gibi büyük şehir olmaktan kaynaklanan tüm sorunlar İstanbul'da yaşanmaktadır. Bu nedenle değişik projeler düşünülmekte ve uygulamaya geçirilmektedir. (Yapılmış olan Melen Boru Hattı ve Planlanan Melen barajı gibi.) Peki su ne zaman azalır, barajlardaki suyun azalması önceden tahmin edilebilir mi? Bu sayede önlemler alınabilir mi? Diğer barajlardan suyu azalan barajlara su aktarılabilir mi gibi soruları çözülmesi için çalışmalar devam etmektedir.

Bu tez çalışmasının amacı; İstanbul'un barajlarında gelecekteki su seviyesini tahmin ederek; barajlardaki su azaldığında su temini sağlamak ve tasarruflu su kullanımı için Terkos barajında örnek bir çalışma yapmaktır. Esasen çalışma ile baraj gölünde su toplanması ve su rezervlerinin tahmin edilmesine yönelik bir tahmin modeli oluşturulması düşünülmüştür. Bu tahmin modeli için yapay sinir ağlarını içeren bir ön çalışmanın ANFIS modeli kullanılarak oluşturulması hedeflenen amaçtır. Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde Van Gölü için [ŞEN, 2009] ve Terkos Gölüne gelen aylık debinin çeşitli yollarla tahmini [Türkoğlu, 2013], Sazlıdere Hidrolik Modellemesi [Gülbaz, 2010], Eğridir Gölü Su Seviyesinin değişiminin Bulanık Mantıkla Modellenmesi [Esental, 2007], Solaklı Havzasının Modellenmesi [Karamustafaoğlu, 2010], Ortadere Havzasının Hidroloji yazılımı ile Modellenmesi [Uygun,2009] akademik çalışmaları örnek alınmıştır. Yapılan çalışmada; Terkos Barajında son 10 (on) yılın su değerleri ve ANFIS yöntemi yardımıyla gelecekte su değerlerinin en doğru şekilde tahmin edilmesi, bunu sağlayan sinir ağı modeli üretilmesi esas hedeftir.

Bu çalışma ile İstanbul ilinde özellikle kış aylarında doluluk oranları %90 ile % 100 arasındadır. Hatta bazen baraj doluluk oranı % 100 aştığından baraj kapakları açılır. Böylece sınırlı olan su kaynaklarımız israf olur. İstanbul ilinde de su azalmaya başladığında veya dolmaya başladığında daha önceden tahmin edilebilse kullanım için halk bilinçlendirilir ve boru hatları ile çözümler sağlanabilir. Bu sayede su sorunu bitmese azaltılabilir. İnsanlar başına gelecekleri önceden tahmin edebilecekleri için kullanımlar ve çözümler daha bilinçli bir şekilde olur. Bu nedenle yapacağımız çalışma tek bir baraj gölü olmasına rağmen daha geniş sahalarda uygulanabilir hale getirilirse; tüm İstanbul hatta tüm Türkiye için uygulanabilirse su sorunundan her zaman bir adım önde olunabilir.

Yapılan çalışma Bulanık Mantık metoduna dayalı bir çalışmadır. Bulanık Mantık; genel olarak değişik biçimlerde ortaya çıkan karmaşıklık ve belirsizlik gibi

tam ve kesin olmayan bilgi kaynaklarını, ihtimaller teorisi ve istatistik gibi belirsizlik ile uğrasan bilim dalları yardımıyla verileri yalınlaştırarak insanların kolay anlayabileceği ve kullanabileceği formata dönüştürmede yardımcı olur. Bu nedenle jeodezi ve hidrolojinin birleştirildiği bu çalışmada bulanık mantık seçilmiştir.

Pek çok jeodezik problem yeterli veri ile oluşturulan bulanık modeller yardımı ile başarı ile çözülebilmektedir. Bunlar arasında; arazi düzenleme çalışmalarında [İşcan, 2009], uyuşumsuz ölçülerin belirlenmesi [Gökalp ve Boz, 2004]'de, taşınmaz değerlendirilmesi ve deformasyon analizi [Akyılmaz ve Ayan, 2003], [Heine, 2001], [Akyılmaz 2005]'de, yer dönme parametrelerinin kestirimi ve yeryuvarı gravite alanının modellenmesi [Akyılmaz, 2005]'de, GPS tam sayı belirsizliği (Ambiguity) çözümü [Akyılmaz, 2005]'de detaylı olarak verilmiştir.

Yapılan araştırmalar sonucunda en uygun bulanık mantık yönteminin ANFİS olduğu tespit edilmiştir. Çalışmalarımız ANFİS yöntemi dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

Tablo 1. 1: İSKİ'den temin edilen verilerden örnek.

| YIL_AY | TBDO (%) | TBFGS (m ³) | TBAHS (m ³) | TBYM (mm) | IRKP (m ³) |
|---------|----------|-------------------------|-------------------------|-----------|------------------------|
| 2000_01 | 0.74 | 25,992,291 | 15,115,798 | 72.59 | 6,159,927 |
| 2000_02 | 0.85 | 21,952,456 | 12,414,701 | 68.09 | 4,148,430 |
| 2000_03 | 0.93 | 19,632,263 | 16,392,987 | 57.45 | 12,924 |
| 2000_04 | 0.95 | 12,859,954 | 13,447,692 | 60.08 | 6,652,531 |
| 2000_05 | 0.98 | 8,281,579 | 13,574,655 | 61.23 | 5,628,847 |
| 2000_06 | 0.98 | 641,510 | 10,659,577 | 17.13 | 14,776,164 |
| 2000_07 | 0.97 | 1,559,566 | 23,109,518 | 36.95 | 14,115,344 |
| 2000_08 | 0.89 | 2,595,325 | 22,563,716 | 9.15 | 7,531,620 |
| 2000_09 | 0.80 | 4,291,756 | 21,114,491 | 91.21 | 9,335,391 |
| 2000_10 | 0.73 | 9,759,420 | 21,804,510 | 107.28 | 6,084,098 |
| 2000_11 | 0.69 | 6,174,563 | 21,815,034 | 5.46 | 2,034,253 |
| 2000_12 | 0.60 | 10,928,814 | 23,768,176 | 47.30 | 2,856,083 |

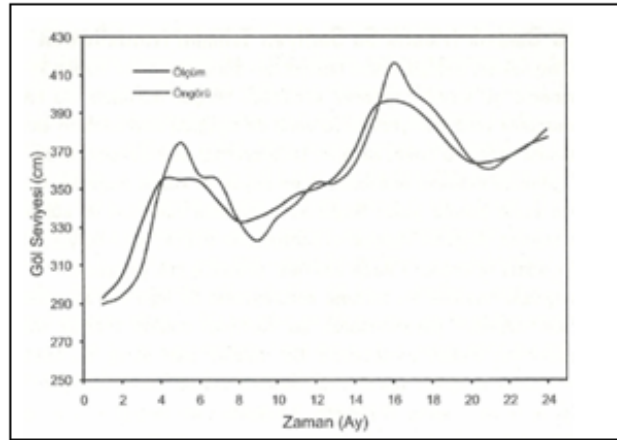
Bu çalışma için İSKİ Genel Müdürlüğü SKADA sisteminde Tablo 1.1' deki veriler alınmış olup veriler ayıklanarak en uygun verilerin 2000 yılı ile 2011 yılı sonuna kadar olan veriler yeterli görülerek çalışmamızda kullanılması düşünülmüştür. Daha önceki verilerin yeterliliği ve güvenilirliği uygun

görülmemiştir. Alınan veriler Terkos Barajı Doluluk Oranı (TBDO), Terkos Barajı Fiili Gelen su Miktarı (TBFGS), Terkos Barajından Alınan Ham Su Miktarı (TBAHS), Yıllık Yağış Miktarı (TBYM), Istranca Regülatör ve Kazandere Pabuç Dere Barajından Terkos Barajına Gelen Su Miktarı (IRKP) verileri Matlab programında, Bulanık Mantık (Fuzzy Logic) araçları içerisinde anfisedit menüsü altında, bulanık kümelerin arasında ilişki oluşturmada kullanılan FIS (Fuzzy Interface System) arayüzündeki trimf, trapmf, gbellmf, gaussmf, gauss2mf, pimf, dsigmf ve psigmf fonksiyonları kullanılarak su miktarları tahminleri yapılmıştır.

Van Gölü su seviyesinin salınımlarının bulanık mantıkla kendi içinde modellenmesi yoluna gidilmiştir. Bu modelde temel düşünce bağımsız değişkenlerin tanımlandığı alana düşen saçılma noktalarını göz önünde tutulmasıyla doğrusal bir saçıntının, mesela en küçük kareler yöntemiyle tespit edilmesi sonucunda, sonuca parçalı doğrular şeklinde yaklaşmış olunmasıdır.

Tablo1.2: Tetikleme ayrıntıları.

| Kural | $S_{i-2}=335$ | $S_{i-1}=340$ | S_i | Üyelik Derecesi | | Çarpım r_r | Ağırlıklar $Y_r r_r$ |
|--------|---------------|---------------|------------|-----------------|-----------|-----------------|-------------------------|
| | | | | S_{i-2} | S_{i-1} | | |
| K-5 | Orta | Orta | 4386,60 | 0.5555 | 0.5276 | 0.2931 | 1285.6419 |
| K-6 | Orta | Yüksek | -164599.38 | 0.5555 | 0.4724 | 0.2624 | -43193.1999 |
| K-8 | Yüksek | Orta | 274380.17 | 0.4384 | 0.5276 | 0.2313 | 40703.0349 |
| K-9 | Yüksek | Yüksek | 175972.74 | 0.4384 | 0.4724 | 0.2232 | 1550.2836 |
| Toplam | | | | | | 1.0100 | 345.7706 |



Şekil 1.1: Öngörü ve ölçüm değerlerinin zamanla değişimi.

Göl seviyesini kendi modellemesi için herhangi bir gündeki seviyenin (S_i), önceki (S_{i-1}), daha önceki (S_{i-2}) cinsinden ifade edilecektir. Burada tetikleme misal olarak Tablo 1.2’de ilk iki kolon bulanık alt kümeleri giriş alanı olarak verir dört tane kural tetiklendiğinden, çıktı dört kuralın her birinin çıktısının ağırlıklı ortalaması olarak alınır. Böylece tetiklenen her kural sonuca ayrı oranda tesir eder. Tablo 1.2’de toplam varyansın kullanılmasıyla sonuç elde edilmiştir. Öngörü sonuçları Tablo 1.3’de hata yüzdeleri ile birlikte gösterilmiştir.

Tablo 1.3: Van Gölü seviye öngörülleri.

| S_{i-2} | S_{i-1} | S_i | Bulanık Öngörü | Bağlı Hata (%) |
|-----------|-----------|-------|----------------|----------------|
| 274 | 285 | 293 | 289.51 | 1.19 |
| 285 | 293 | 305 | 293.95 | 3.62 |
| 293 | 305 | 332 | 308.54 | 7.07 |
| 305 | 332 | 354 | 351.57 | 0.69 |
| 332 | 354 | 355 | 374.37 | 5.17 |
| 354 | 355 | 354 | 357.38 | 0.95 |
| 355 | 354 | 343 | 354.57 | 3.26 |
| 354 | 343 | 333 | 333.71 | 0.21 |
| 343 | 333 | 335 | 322.69 | 3.67 |
| 333 | 335 | 340 | 334.49 | 1.62 |
| 335 | 340 | 347 | 342.36 | 1.34 |
| 340 | 347 | 350 | 352.91 | 0.82 |
| 356 | 350 | 356 | 353.16 | 0.80 |
| 370 | 356 | 370 | 362.73 | 1.97 |
| 392 | 370 | 392 | 385.76 | 1.59 |
| 396 | 392 | 396 | 415.88 | 4.78 |
| 393 | 396 | 393 | 401.76 | 2.18 |
| 384 | 393 | 384 | 393.10 | 2.32 |
| 372 | 384 | 372 | 380.15 | 2.14 |
| 364 | 372 | 364 | 365.81 | 0.50 |
| 372 | 364 | 364 | 360.32 | 1.01 |
| 364 | 364 | 367 | 366.85 | 0.04 |
| 364 | 367 | 373 | 372.72 | 0.07 |
| 367 | 373 | 377 | 381.84 | 1.27 |
| Ortalama | | | | 2.01 |

Bazı tekil hatalar % 10’dan büyüktür, ama ortalama hata olarak %2 civarındadır. Bu ise pratikte uygulanabilir bir hata seviyesidir. Şekil 1.2’de ölçülmüş ve öngörölmüş göl seviye değerleri bir arada çizilmiştir. Bunların birbirine ne kadar

yakın olduğu aşikârdır. Buradan bulanık mantık modelinin göl seviye değişiminde bulunan gidiş bileşenlerini de ne kadar açık temsil ettiğini gösterir [ŞEN, 2009].

2. HİDROLOJİ ve SU

Hidroloji suyun özelliklerini, suyun hareketini ve dünya üzerindeki döngüsünü inceler. Yeryüzünde su olmadan yaşam olamayacağı için yaşamın temelidir. Bu nedenle; Su hayattır. Dünyada toplumun yaşaması, kalkınması hayatını devam ettirmesi suya bağlıdır. Fakat insanlar suları hiç bitmeyecekmiş gibi kullanmakta ve israf etmektedir. İnsanlar suyu kendiliğinden yenilenebilen sonsuz kaynak olarak görürler. Fakat su kaynakları sınırsız olmadığı gibi kirlenme ve yanlış kullanma ile kolayca azalmaktadır. Bugün için yeterli tatlı su kaynaklarına sahip olan ülkelerde bile, artan ihtiyaç, kirlenme ve aşırı kullanma su teminini riske sokmaktadır. Kalkınmakta olan ülkelerde tatlı su ihtiyacı, tarım, endüstri ve kentsel gelişmedeki hızlı büyümeye bağlı olarak kararlı bir şekilde artmaktadır. Küresel ısınma ve dünya su döngüsündeki iklimsel değişimlerin potansiyel etkileri ile sorunlar katlanmakta, kullanmaya hazır tatlı suyun gelecekteki varlığının daha önce hiç olmadığı kadar riskli olacağı görülmektedir.

Yaşamın başlangıcından bugüne kadar insanlar daima ihtiyaçları doğrultusunda dünyanın birçok farklı alanlarına yerleşmiştir. Ve yaşam yıllar boyunca insanlığın gelişmesi ve ilerlemesiyle birlikte akışını sürdürmüştür. Bu akış genellikle insanların ihtiyaçları doğrultusunda yönlendirilmiştir. Bunlardan en önemlisi ise yaşamını sürdürebilmesi için gerekli olanları sağlamaktır. Yaşam kaynağı olarak gösterilen su her zaman canlılar için birinci sırayı almıştır. Bu nedenle insanlar temel ihtiyaçlarından dolayı genel olarak suya yakın bölgeleri tercih etmişler ve bu bölgelerde yaşamlarını sürdürmüşlerdir. Dünya genelinde bu konuyu ele alacak olursak görülüyor ki en büyük kentler ve yerleşim alanları akarsu, göl, deniz vb. su potansiyelinin fazla olduğu yerlerde kurulmuş ve gelişmiştir. Bunun en güzel örneği İstanbul, New York, Paris, Venedik vb. büyük şehirler sayılabilir [Yeniğün ve Gümüş, 2009].

2.1. Hidroloji ve Suyun Dolaşımı

Suyun dolaşımını ve hareketini inceleyen bilim hidromekanik, bu bilimin teknikteki uygulaması hidrolik olarak bilinmektedir. Hidroloji ise yerküredeki suyu dolaşımını, izlediği yol, hareketlerini ve bu suyun bileşim ve özelliklerini inceler.

Hidrolojinin en geniş bir şekilde tanımını şu şekilde yapabiliriz. "Hidroloji, yer küresinde (yani yeryüzünde, yer altında ve atmosferde) suyun çevrimini, dağılımını, fiziksel ve kimyasal özelliklerini, çevreyle ve canlılarla karşılıklı ilişkilerini inceleyen temel ve uygulamalı bir bilimdir". (A.H.D. Bilim ve Teknoloji Federal Konseyi tarafından 1562 yılında önerilen tanım). Bu tanımıyla hidroloji diğer birçok bilim alanlarına da girmektedir. Gerçekten bugün hidrolojiyle diğer bilimler arasındaki sınırları kesin olarak çizmek çok güçtür. Atmosferdeki su ile meteorolojinin, denizlerdeki su ile Oşinografinin, yerin derinliklerindeki su ile de jeoloji ve zemin fiziğinin uğraştıkları söylenebilir.

Bugün suyun kontrolü ve kullanılması ile ilgili olarak yapılan mühendislik çalışmaları su kaynaklarının geliştirilmesi adı altında toplanmaktadır. Bu çalışmaların amaçları şu şekilde sınıflandırılabilir:

- i) Suyun kullanılması amacıyla yapılan çalışmalar: su getirme, sulama, hidroelektrik, akarsularda ulaşım gibi.
- ii) Su miktarının kontrolü amacıyla yapılan çalışmalar: taşkınların önlenmesi, kurutma tesisleri, kanalizasyon tesisleri gibi.
- iii) Su kalitesini kontrolü amacıyla yapılan çalışmalar: Suyun kirlenmesinin önlenmesi. Suyun korunması, arıtılması ve tasfiye işlemleri vb. [Web 5, 2014].

İnsanlar önceden doğaya verdikleri zararları düzeltebilmek amacıyla; arıtma tesisleri, köprü menfez, drenaj kanalları, temiz su tesisleri yapmaktadır. Bu tesislerin yapımında, ekonomik biçimde boyutlandırılmasında en büyük payı hidroloji bilimi aldığından günümüzde önem kazanan bir bilim olmuştur. Söz konusu olan bu su yapılarının planlaması, proje, inşaat ve işletme çalışmalarında gerekli olan suyun özellikleri ve miktarını inceleyen hidroloji bilimidir.

2.2. Dolaşımda Akış ve Depo Değişkenleri

Hidrolojik çevrimin yağış, yüzeysel akış, sızma, perkolasyon, yer altı su kütleleri, yer altı suyu akışı, yüzeysel su yollarındaki akımlar, buharlaşma, biriktirme alanları vb. elemanlardan oluşmaktadır. Bu döngünün en hızlı, en hareketli, en etkili ve en önemli parçası akış ve depo değişkenleridir [Yenigün,

Gümüş, 2009].

Akış ve depo değişkenleri diğer çevrim elemanlarına bağlı olarak sürekli farklılık göstermektedir. Bu nedenle bu iki etkeni incelerken, döngü içerisindeki hareketleri birbirine bağlı değişimler zinciri kurarak düşünmek gerekmektedir. Çevrimin başlangıç noktası olarak buharlaşmayı ele alalım. Bölgedeki mevcut yüzeysel suların fazla olması, zemin neminin fazla olması, hava neminin az olması, atmosfer basıncının düşük olması, bölge ikliminin ılık ve sıcak olması, buharlaşma miktarını arttıran özellikler olarak bahsedilebilir. Bunun aksi durumlarda da buharlaşma miktarının azalması söz konusudur. Buharlaşmaya paralel olarak süre gelen çevrim elemanı yağış buharlaşma miktarına, rüzgar hareketlerine ve bununla beraber yoğunlaşma için gerekli şartların sağlanmasına bağlı olarak değişmektedir.

Yağıştan sonra su, döngü içerisinde topraktan sızma olarak hareket etmektedir. toprağın suya doygun hale gelmesiyle, yağıştan sonra yüzeyden akışa geçerek yüzeysel su karışır. İşte bu noktadan itibaren yeryüzü sularında akış miktarlarında önemli artışlar gözlenmektedir. Akış ve yağışın birlikte incelenmesi durumunda bu iki değişken arasında etkileşimden söz edilebilir. Döngü içerisinde ise birikimin gerçekleştiği yerler olarak; göller, göletler, denizler, okyanuslar, barajlar, bağlamalar vb. depolama alanları sayılabilir. Genel çerçevede dünyanın tamamı düşünülerek bir sistem kurulacak olunursa, denizler ve okyanusları bir biriktirme alanı kabul edelim ve bu alan içerisinde mevcut bir su potansiyelinin olduğunu düşünelim. Bu biriktirme alanına akarsulardan, derelerden, çaylardan yani kısaca karalardan sisteme (denizlere) akan suların tamamı girdi olarak alınır. Ayrıca diğer bir su girdisi denizlerde meydana yağışlardır. Sistemde biriktirme alanından uzaklaşan su kayıplar (suların buharlaşması nedeniyle meydana gelen) ve sızmalar çıktı olarak alınacaktır. Mevcut su potansiyelinde girdiler ve çıktılar nedeniyle bir değişim meydana gelir. Bu değişimi artma veya azalma olarak görmek mümkündür.

2.3. Hidrolojinin Metotları

2.3.1. Ölçmeler

Bütün hidrolojik çalışmalarda ilk yapılması gereken; gerekli bilgilerin toplanıp ölçümlerin yapılmasıdır.(Yağış, Buharlaşma, Akım ölçüleri gibi) Hidrolojik olayları mümkün olduğu kadarıyla doğal ortamında yapılır, çünkü laboratuarda veriler benzeşmemektedir. Bunun için yeterli aletler sağlanmalı ve yeterli sayıda ölçümlerin yapılması gerekmektedir.

2.3.2. Verilerin İşlenmesi

Baraj gölüne gelen veya giden su değerlerine ait veriler çok karışıktır. Anlaşılamadığından verilerin düzenlenerek kullanılabilir hale getirilmelidir.

2.3.3. Matematik Modeller Kurulması

Fizik kanunları esas alınarak kurulan bu modeller doğadaki hidrolojik sistemlerin soyutlanmış benzerleri olarak düşünülebilir. Bu modelleri kurarken analiz yöntemleri ön plana çıkmaktadır. Hidrolojik modeller insanların doğada yapmış olduğu ve hidrolojinin yaptığı değişiklikleri ön plana çıkarmaktadır.

2.3.4. Olasılık hesabı ve İstatistik Metotların Kullanılması

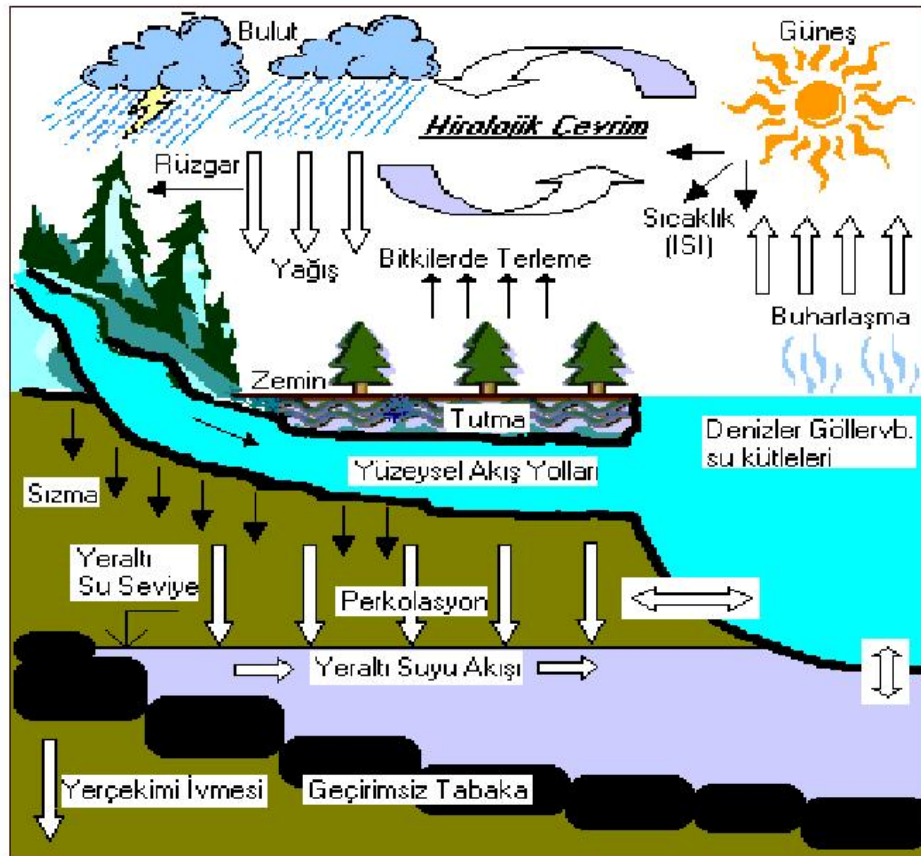
Oluşturduğumuz veya topladığımız verileri kullanılarak uygun istatistikî verileri ile yorumlamaktır.

2.4. Hidrolojik Çevrim

Su doğada çeşitli yerlerde ve çeşitli hallerde (sıvı, katı, gaz) bulunmakta ve yer küresinin çeşitli kısımları arasında durmadan dönüp durmaktadır. Suyun doğada dönüp durduğu yolların tümüne birden hidrolojik çevrim denir. Hidrolojik

çevrimi gözden geçirmeye herhangi bir noktadan başlayabiliriz. Atmosferden başlayacak olursak, atmosferde buhar halinde bulunan su yoğunlaşarak yağış şeklinde yeryüzüne düşer. Karalar üzerine düşen suyun büyük bir kısmı (%60-75 kadarı) zeminden ve su yüzeylerinden buharlaşma ve bitkilerden terleme yoluyla denizlere erişmeden atmosfere geri döner, bir kısmı bitkiler tarafından alı konur (tutma), bir kısmı zeminden süzülerek yeraltına geçer (sızma). Geriye kalan su ise yerçekimi etkisiyle hareket ederek akarsulara ve onlar yoluyla denizlere ulaşır (yüzeysel akış). Yeraltına sızan su ise yer altı akışı yoluyla sonunda yeryüzüne çıkarak yüzeysel akışa katılır [Web 4, 2014].

Denizlere yağmurlar ile ulaşan su da buharlaşarak atmosfere geri döner. Görüldüğü gibi su katı, sıvı ve gaz hallerinde doğanın çeşitli kısımlarında dolaşarak döngü sağlamaktadır. Bu döngü için gerekli yerçekiminden ve güneşten sağlanır. Yerküresinin iklim sistemi ile yakından ilişkili olan hidrolojik çevrim günlük, aylık ve yıllık periyotları olan bir süreçtir [Yenigün ve Gümüş, 2009].

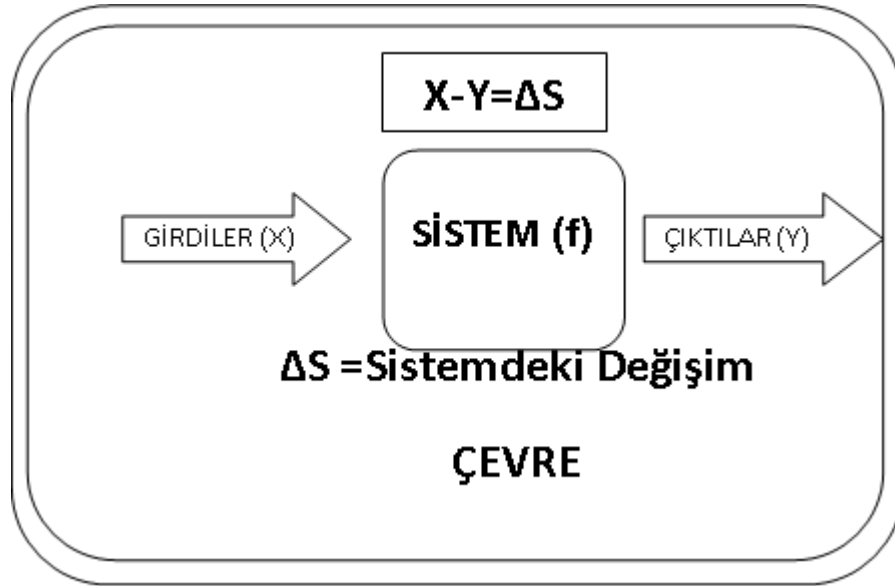


Şekil 2.1: Hidrolojik çevrim.

Hidrolojik çevrimin hidroloji bakımından daha anlamlı ve daha ayrıntılı bir

diyagramı Şekil 2.1’de görülmektedir. Bu diyagramda hidrolojik çevrim doğadaki çeşitli toplama ve biriktirme sistemleri arasındaki ilişkiler şeklinde gösterilmiştir. Atmosfer biriktirme sisteminden, yüzeysel biriktirme sistemine düşen yağışın bir kısmı sızma yoluyla zemin nemi biriktirme sistemine, oradan da Perkolasyon yoluyla yeraltı biriktirme sistemine geçmektedir.

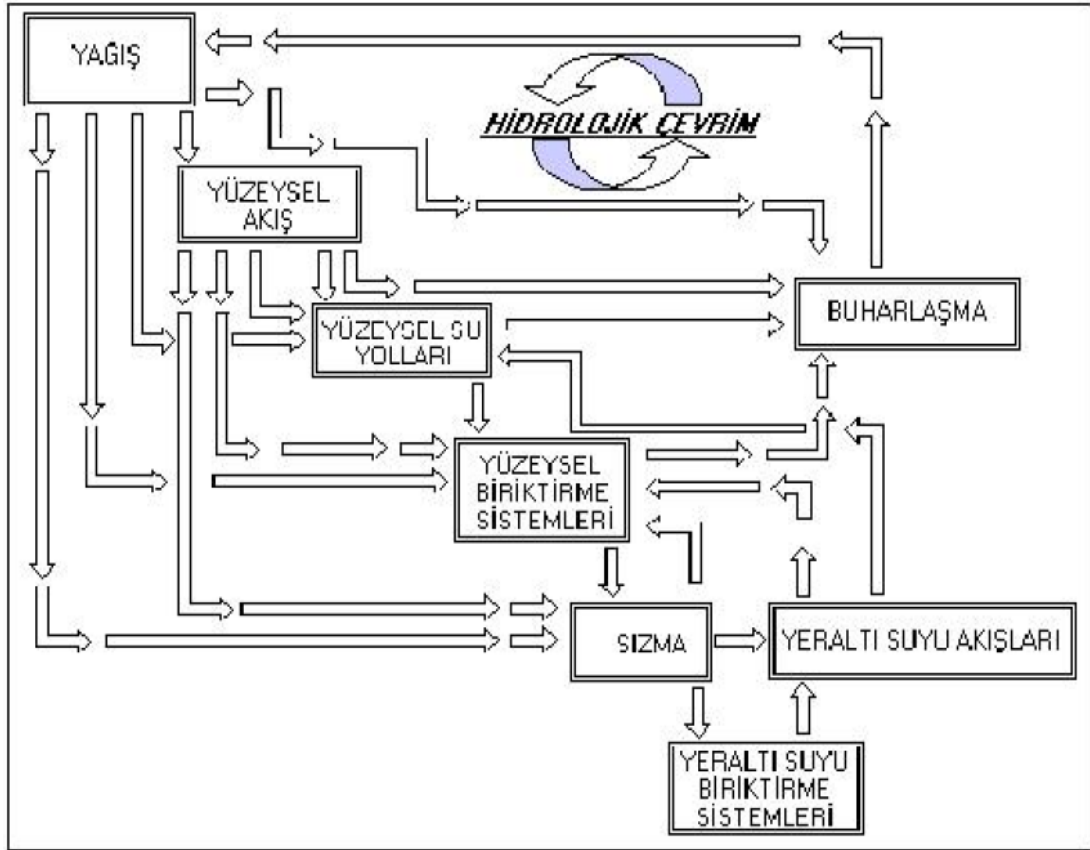
Her üç sistemin de buharlaşma ve terleme yoluyla atmosfer ile ilişkileri bulunduğu gibi yüzeysel biriktirme sistemi yüzeysel akış, zemin nemi biriktirme sistemi yüzey altı akışı ve yeraltı biriktirme sistemi de yeraltı akışı şeklinde sularının bir kısmını akarsu biriktirme sistemine göndermektedir. Bunlara akarsu biriktirme sistemine yağışla düşen su yağış eklenip buharlaşma kayıpları çıktıktan sonra geriye kalan su akarsulardan akış şeklinde denizlere veya göllere ulaşmakta, ulaşan suyun bir kısmı buharlaşma ile atmosfere geri dönmektedir.



Şekil 2.2: Sistem kavramı.

Hidrolojik çevrim sırasında su aynı zamanda yer yüzeyinden söktüğü katı taneleri akarsular yoluyla göl ve denizlere taşıyarak yer kabuğunun biçim değiştirmesine neden olur. Şekil 2.2’deki diyagramda kullanılan sistem kavramı hidrolojik çalışmalarda önem taşır. Sistem, düzenli bir şekilde birbirleriyle ilişkili olan ve çevresinden belli bir sınırla ayrılan bileşenler takımı olarak tanımlanır [Yenigün ve Gümüş, 2009].

Hidroloji uygulamalarında, yaygın kullanıma sahip olan zaman serilerinin analizinde bazı problemlerle karşılaşılabilir. Bu problemler, belirlenmesi gereken parametrelerin fazla olması, eğilim ve dönemsellik (mevsimsellik) bileşenleri içermesi, değişken ve rastlantısal olması ve dolayısıyla zaman kaybına neden olması şeklinde tanımlanabilirler. Oto regresif modeller ve yapay zeka modellerin tek başına kullanıldığı gibi bir arada kullanılması konusunda farklı hibrit modeller ile çalışılmıştır. Debi tahmininin belirlenmesinde genel olarak stokastik modellerden yararlanıldığı ancak son zamanlarda hidrolojik problemlerin çözümünde hibrit modeller daha hassas sonuçlar verdiği için tercih edildiği görülmektedir [Türkoğlu, 2013].



Şekil 2.3: Mühendislik gözüyle hidrolojik çevrim.

2.5. Kütlenin Korunumu

Kütlenin korunumu ilkesi hidrolojik çevrimin herhangi bir parçasında

suyun ne yok olduğunu, ne de yoktan var olduğunu gösteren süreklilik denklemine götürür (su dengesi, su bütçesi). Bu denklemde X göz önüne alınan hidrolojik sisteme birim zamanda giren su miktarı, Y birim zamanda sistemden çıkan su miktarı, S ise sistemde birikmiş su miktarıdır.

Bu denklem herhangi bir t zaman aralığındaki değerler (X,Y) dikkate alınarak da yazılabilir:

$$X - Y = dS / dt \Rightarrow X-Y=\Delta S \quad (2.1)$$

2.6.Yerküresinin Su Dengesi

Doğa su miktarı bakımından denge halindedir. Su bitmeyen bir doğal kaynak olup yer küresindeki toplam su miktarı zamanla değişmez, sadece yer değiştirir. Uzun bir süre göz önüne alındığında hidrolojik çevrimin herhangi bir parçasına giren ve çıkan su miktarları birbirine eşittir. Örneğin yeryüzünde bir yılda düşen yağış, o yıl içinde buharlaşarak havaya geri dönen su miktarına eşittir. Bu miktar ortalama olarak yılda 100 cm kadardır. (Türkiye’de ise yıllık yağış ortalaması 65 cm’dir.) Karalar üzerinde yıllık yağış 75 cm, buharlaşma 48 cm, denizler üzerinde ise yağış 107 cm, buharlaşma 118 cm’dir. Ancak kısa bir zaman

| Konum | Yağış Yüksekliği |
|-------------------------|------------------|
| Türkiye’de yağış | 65 cm |
| Karalar üzerinde yağış | 75 cm |
| Denizler üzerinde yağış | 107 cm |
| Karalarda buharlaşma | 48 cm |
| Denizlerde buharlaşma | 118 cm |

Tablo 2.1: Yağış istatistikleri.

aralığında bakılırsa çevrimdeki su miktarında büyük değişimler olduğu görülür, örneğin bir yağış ölçüğünde kaydedilen yağış miktarları günden güne büyük farklar

gösterir. Nitelikleri ve nicelikleri iyi belirlenemeyen çok sayıda etkin meydana getirdiği bu düzensizlikler hidrolojik olayların incelenmesini güçleştirir.

Tablo 2.2: Yer kürede suyun dağılımı.

| Yerküredeki Suyun Konum | Hacim (10⁶ km³) | % (Hacimsel Yüzdellik Oranı) |
|--------------------------------|--|-------------------------------------|
| Denizler | 1348 | 97,39 |
| Buzullar | 27,82 | 2,010 |
| Yer altı Suyu | 8,062 | 0,580 |
| Göller, Akarsular | 0,225 | 0,020 |
| Atmosfer | 0,013 | 0,001 |
| Toplam | 1348,12 | 100,0 |

Tablo 2.3: Yer kürede tatlı suyun dağılımı.

| Yer Küredeki Tatlı Suların Konumu | %(Hacimsel Yüzdellik Oranı) |
|--|------------------------------------|
| Buzullar | 77.23 |
| Yüzeğe yakın yer altı suyu | 9,860 |
| Derin yer altı suyu | 12,35 |
| Zemin nemi | 0.170 |
| Göller | 0.350 |
| Akarsular | 0.003 |
| Canlılar | 0.003 |
| Atmosfer | 0.040 |

Herhangi bir anda suyun yerküresinin çeşitli kısımları arasında dağılımına bakarsak çok büyük kısmının (%97.4) denizlerde (hidrosfer) bulunduğunu görürüz. Karalarda (litosfer) ve havada (atmosfer) bulunan 36 milyon km³ tatlı suyun kendi içinde dağılımı ise şöyledir: %77.2 kutup buzlarında, %12.3 derin yer altı suyu halinde, %10'a yakın bir kısmı yüzeğe yakın yer altı suyu halinde, %0.35 göllerde, %0.17 zemin nemi halinde, %0.04 atmosferde, %0.003 akarsularda görüldüğü gibi herhangi bir anda akarsularda ve atmosferde bulunan su yüzdeleri gayet azdır. Ancak, gerek atmosferden gerekse akarsulardan çok miktarda su gelip geçer (akarsuların her yıl denize taşıdıkları

suyun hacmi 40000 km³ kadardır.) Bunun sonunda yeryüzünde yılda ortalama 100 cm yağış düşer ve karalara düşen yağışın üçte bir kadarı akarsular yoluyla yüzeysel akış halinde denizlere iletilir [Yenigün ve Gümüş, 2009].

3. BULANIK MANTIK TEMELLERİ

Her insan günlük hayatında kesin olarak bilinmeyen, bazen de önceden sanki kesinmiş gibi düşünülen ama sonuçta kesinlik belirtmeyen durumlarla karşılaşır. Bu durumların örgün (sistemik) bir şekilde önceden planlanarak sayısal öngörülerinin yapılması ancak birtakım kabul ve varsayımlardan sonra mümkün olabilmektedir. Şimdiye kadar yapılan mühendislik araştırmalarında ve modellemelerinde bu varsayım ile kabul ve kavramlara kesinlik kazandırmak için değişik çalışmalarda bulunulmuştur. Ancak, büyük ölçeklerden küçük ölçeklere doğru gidildikçe incelenen olayların kesinlikten uzaklaşarak belirsizlik içeren yönler doğru gitmeleri söz konusudur.

İnsanlar makineleri daha fonksiyonel kullanılmasını sağlamak amacıyla yapay zekâ üzerinde çalışmalara başlamıştır. Bu sayede veriyi inceleyen, sınıflandırarak, işleyerek analiz edebilmek ve insanların daha az yorularak daha büyük işler yapabilmek, beyninin hızlı çözümleyemeyeceği problemleri kolay bir şekilde çözmektir. Bu yapay zeka yöntemlerinden biride bulanık mantıktır. Çamaşır ağırlığına göre deterjan ayarlayan makineler, kişiye özel otomatik vitesli arabaları örnek verebiliriz. Bu sistemler bulanık mantığı esas alınarak yapılmıştır.

Gerçek dünya karmaşıktır. Bu karmaşıklık genel olarak belirsizlik, kesin düşünceden yoksunluk ve karar veremeyişten kaynaklanır. İnsan tarafından geliştirilmiş olan bilgisayarlar, bu tür belirsizlikleri işleyemezler ve çalışmalarını için sayısal bilgiler gereklidir. Bilgisayarlar 0 ve 1 dizilerine indirgenmiş kesin gerçekler ve doğru ya da yanlış olan önermeler kullanarak akıl yürütür. Bilgisayarlar insan beyni gibi akıl yürütemez. Gerçek bir olayın kavranılması insan bilgisinin yetersizliği sebebiyle tam anlamıyla mümkün olmadığından, insan, düşünce sisteminde ve zihninde bu gibi olayları yaklaşık olarak canlandırarak yorumlarda bulunur. Bilgisayarlardan farklı olarak insanın yaklaşık düşünme, oldukça yetersiz, eksik ve belirsizlik içeren veri ve bilgi ile işlem yapabilme yeteneği vardır. Ayrıca insan, bilgisayardan farklı olarak hemen her şeyin ancak kısmen doğru olduğu bir dünyada akıl yürütebilmek için sağduyusunu kullanır. Genel olarak, değişik biçimlerde ortaya çıkan karmaşıklık ve belirsizlik gibi tam ve kesin olmayan bilgi kaynaklarına bulanık kaynaklar adı verilir. Zadeh tarafından gerçek dünya sorunları ne kadar yakından incelemeye alınır, çözümün daha da bulanık hale geleceği ifade

edilmiştir (1968). Çünkü çok fazla olan bilgi kaynaklarının tümünü insan aynı anda ve etkileşimli olarak kavrayamaz ve bunlardan kesin sonuçlar çıkaramaz.

Bulanık mantık ve kısmi çelişkiler üzerine yapılan modern incelemeler, bu yüzyılın başlarında Bertrand Russell'ın çalışmaları ile başlamıştır. Polonyalı mantıkçı Jan Lukasiewicz 1920'li yıllarda Russell'dan bağımsız olarak, önermelerin, ikili mantığın bir ve sıfırları arasında kesirli gerçeklik değerleri alabildiği çok değerli mantık ilkelerini çıkardı. Kuantum felsefecisi Max Black, *Philosophy of Science*'ta 1937 yılında yayımlanan bir yazısında liste ya da nesnelere oluşan kümelerle çok değerli mantık uygulayarak ilk bulanık küme eğrilerini çizmiş oldu. Black de Russell gibi bu kümeleri "belirsiz (vague)" olarak adlandırdı [Scientific A., 1993].

Bulanık ilkeler hakkında ilk bilgiler, Azerbaycan asıllı Lotfi Zadeh tarafından verilmesine karşılık, bu fikirler Batı dünyasında şüphe ile karşılanmış ve oldukça yoğun tenkit almıştır. Ancak, 1970'li yıllardan sonra Doğu dünyasında ve özellikle de Japonya'da bulanık mantık ve sistem kavramlarına önem verilmiştir. Bunların, teknolojik cihaz yapım ve işleyişinde kullanılması bugün bütün dünyada yaygın hale gelmiştir. Batıdaki gecikmenin ana sebebi, Batı kültürünün temelinde ikili mantık, yani Aristo mantığının yatması ve olaylara evet-hayır, beyaz-siyah, kurak-sulak, artı-eksi, 0-1 gibi ikili esasta yaklaşılmasıdır. Bu iki değer arasında başka seçeneklere Batı'da, kesin değil düşüncesiyle hiç yer verilmezdi. Batıda bulanık (fuzzy) kelimesi güvenilmezliği ifade eder. Doğuda ise güvenilmezlikte bile güzelliklerin bulunabileceği düşüncesi vardır. [Şen, 2009].

1965 yılında Zadeh tarafından ortaya atılan bulanık küme, mantık ve sistem kavramları bu bilim adamının uzun yıllar boyunca kontrol alanında çalışması, istediği kontrolü elde edebilmesi için fazlaca doğrusal olmayan denklemlerin işin içine girmesi, yöntemin karmaşıklaşması ve çözümün zorlaşması sonucunda ortaya çıkmıştır.

Bulanık kavram ve sistemlerin dünyanın değişik araştırma merkezlerinde önem kazanması 1975 yılında Mamdani ve Assilian tarafından yapılan gerçek bir kontrol uygulaması ile olmuştur. Bu araştırmacılar ilk defa bir buhar makinesi kontrolünün bulanık sistemle modellenmesini başarmışlardır. Bu ön çalışmadan, bulanık sistemlerle çalışmanın çok kolay ve sonuçlarının da bir o kadar etkili olduğu anlaşılmıştır.

İlk olarak 1980’de Kopenhag’da F. L. Smidth & Company adlı firma, bir çimento ocağının işleyişini kontrol amacıyla bir bulanık mantık sistemi kullanınca; artık bulanık kavramlar dünyanın birçok yerinde yavaş yavaş kullanılmaya başlanmıştır. Bu durum Batı’da çok yavaş olurken, Doğu’da ve özellikle de Japonya, Singapur, Kore ve Malezya’da kendisini daha fazla göstermiştir. Japon mühendisleri bulanık kontrol birimlerini kurmanın ne kadar kolay olduğunu göyerek, bunları birçok cihazın yapımında kullanmaya başlamışlardır. 1988’de ise Hitachi firması, Japonya Sendai’deki metronun kontrolünü bir bulanık mantık sistemine bırakmıştır. Özellikle 1980 yılından sonra bulanık sistemin elektrikli süpürgeler, çamaşır makineleri, asansörler, metro ve şirket işletimi gibi konularda kullanılmasında patlama olmuştur. Son yıllarda, birçok mühendislik alanında, veri tabanlarının sözelleştirilmesinde, telesekreterlerin cevaplanmasında, görüntü işlemede ve birçok konuda kullanılır hale gelmiştir.

Geliştirilen son teoremler bulanık mantığın ilke olarak, ister mühendislik, ister fizik, isterse biyoloji ya da ekonomi olsun, her türlü konuda sürekli sistemleri modellemek üzere kullanılabileceğini göstermektedir. Çoğu alanda bulanık mantıklı modellerin standart matematik modellerinden daha yararlı ya da kesin sonuçlar verdiği görülmektedir.

Bulanık mantığın insan düşünüş tarzına yakın olması, matematik modele ihtiyaç duymaması, uygulamalarının hızlı ve ucuza mal olması bu teorinin uygulama alanlarını genişletmekte ve bu özellikleri nedeniyle de genellikle klasik kontrol tekniklerinden daha iyi sonuçlar vermektedir. Bütün bu avantajları yanında bulanık mantığın belirli bir formal tasarım metodunun olmayışı ve halen iyi metriklere sahip bulunmayışı nedeniyle, bulanık mantığın ne zaman kullanılması gerektiğinin ve geleneksel yöntemlere göre ne kadar daha iyi sonuç vereceğinin kestirilmesi zordur. Bulanık mantığın temel özelliklerinden bazıları şunlardır;

- Bulanık mantık olayın bir kısmını gözlemleyerek oluşturulur.
- Bulanık mantıkta her bir şeyin önem derecesine göre üyelik dereceleri vardır.
- Bulanık mantıkta verilerin tamamı veya bir kısmı esnek olarak yorumlanarak hesaplanır.
- Çıkan değerler esnek kısımların yorumlanması olarak dönüştürülür.
- Bulanık sistem matematiksel sistem kurulmayan durumlar için uygundur.

- Bulanık mantığın en özel durumlar için farklı ve gerçeğe yakın sonuçlar verebilmesi [Kubat, 2013].

3.1. Bulanık Kümeler ve Üyelik Dereceleri

Aristo mantığına göre çalışan ve şimdiye kadar alışlagelen klasik küme kavramında, bir kümeye giren öğelerin oraya ait oluşları durumunda üyelik dereceleri 1'e, ait olmamaları durumunda ise 0'a eşit varsayılmıştır. İkisi arasında hiçbir üyelik derecesi düşünülemez. Hâlbuki bulanık kümeler kavramında 0 ile 1 arasında değişen, değişik üyelik derecelerinden söz etmek mümkündür. Böylece daha şimdiden bulanık kümelerdeki öğelerin üyelik derecelerinin kesintisiz olarak 0 ile 1 arasında değerler aldığından söz edebiliriz. Aslında Zadeh küme öğelerinin üyelik derecelerinin 0 ile 1 arasında değişebileceğini ileriye sürerek kümeler teorisinde geniş uygulamaya sahip ve doğal hayatla uyumlu olan bulanık küme teorisini geliştirmiştir. Bu kadar basit temeli olan bulanık kümeler kavramının, özellikle 1980 yılı sonrasındaki teknolojik ve bilimsel çalışmaların etkisi büyük olmuştur. Bu şekilde tanımlanan üyelik derecelerinin her bir bulanık söz için üç temel özelliği sağlaması tanım olarak gerekmektedir. Bunlar şöyle sıralanabilir:

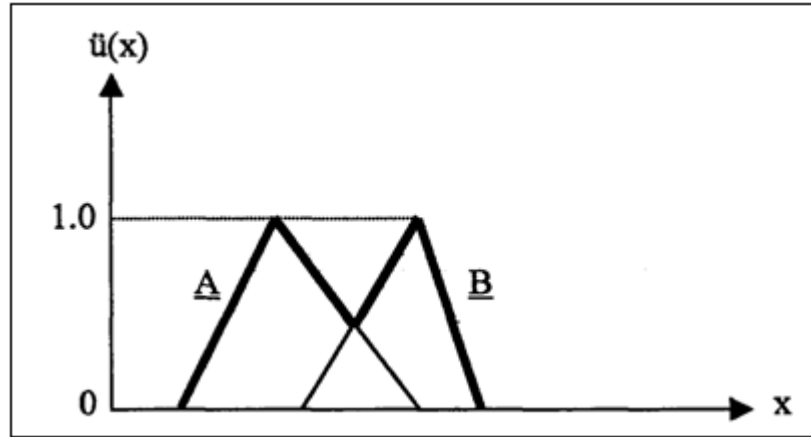
- Bulanık kümenin normal olması için, o kümede bulunan öğelerden en azından bir tanesinin üyelik derecesinin en büyük üyelik derecesi olan 1'e eşit olması gerekir.
- Bulanık kümenin monoton olması istenir ki; bunun anlamı üyelik derecesi 1'e eşit olan öğeye yakın sağda ve soldaki öğelerin üyelik derecelerinin de 1'e yakın olmasıdır.
- Üyelik derecesi 1'e eşit olan öğeden sağa ve sola eşit mesafede hareket edildiği zaman bulunan öğelerin üyelik derecelerinin birbirine eşit olmasıdır ki, buna da bulanık kümenin simetrik özelliği adı verilir.

Klasik kümelerde bir öğenin kümeye ait olması için üyelik derecesinin mutlaka 1 olması gerekirken, bulanık kümelerde neredeyse bütün öğelerin değişik derecelerle kümeye ait olmaları mümkündür. Ayrıca, bir bulanık küme öğesi aynı değişken özelliğine sahip olmak üzere başka bir kümenin de öğesi olabilir.

Bulanıklık dereceleri olasılık yüzdeleriyle aynı şey değildir. Olasılıklar, bir şeyin olup olmayacağını ölçer. Bulanıklık ise bir olayın ne dereceye kadar var olduğunu ölçer. “Yüzde 20 olasılıkla hava serin olacak” önermesi serin havanın olasılığını dile getirir. Fakat “Sabah hava yüzde 20 serin gibi geliyor” önermesi, ha bir dereceye kadar serin aynı zamanda da değişen derecelerde ılık ve sıcak demektir.

3.1.1. Bulanık Kümelerin Birleşimi

\underline{A} ve \underline{B} gibi iki bulanık kümenin birleşimi $\underline{A} \vee \underline{B}$ şeklinde gösterilir. Birleşme durumunda her iki kümeye ait öğelerin üyelik derecelerinin en büyüğü alınarak Şekil 3.1’deki gibi bir sonuç alınır.



Şekil 3.1: \underline{A} ve \underline{B} bulanık kümelerinin birleşimi.

Örneğin, \underline{A} ve \underline{B} bulanık kümeleri aşağıdaki gibi olsun;

$$\underline{A} = \{0.1/a + 0.3/b + 0.9/c + 1.0/s + 0.6/y + 0.2/z\} \quad (3.1)$$

$$\underline{B} = \{1.0/1 + 0.9/a + 0.6/3 + 0.4/z + 0.2/b + 0.4/x\} \quad (3.2)$$

Bu kümelerin birleşiminde klasik kümelerdeki gibi öğeler aynen alınır, ama her birinin üyelik derecesi yeniden belirlenir. Böylece;

$$\underline{A} \vee \underline{B} = \{0.9/a + 1.0/1 + 0.6/3 + 0.3/b + 0.9/c + 1.0/s + 0.6/y + 0.4/z + 0.4/x\} \quad (3.3)$$

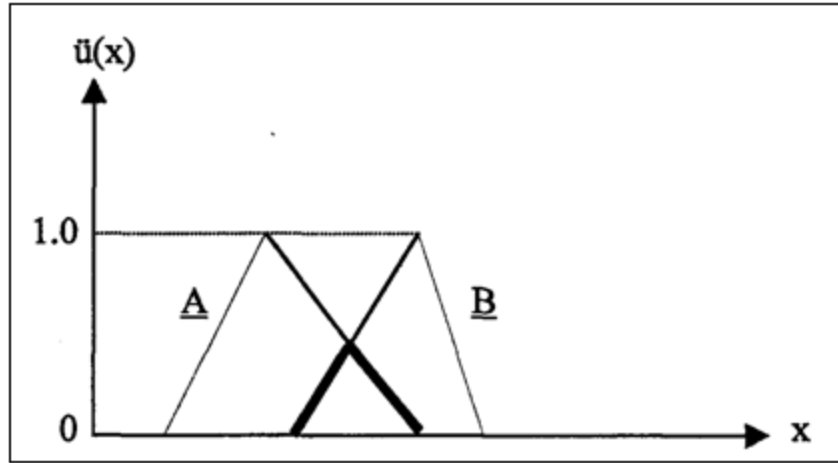
olur. Burada bir öge sadece A ve B bulanık kümelerinden birinde bulunuyorsa üyelik derecesi bulunduğu kümedeki gibi alınır. Ancak, a ve b öğeleri her iki kümede de bunların üyelik derecesi buldukları kümelerdeki üyelik derecelerinin en büyüğü alınarak belirlenir. Birleşim kümesinin üyelik derecesi ise;

$$\tilde{u}_{A \vee B}(x) = \max [\tilde{u}_A(x), \tilde{u}_B(x)] \quad (3.4)$$

olarak belirlenir.

3.1.2. Bulanık Kümenin Kesişimi

A ve B gibi iki bulanık kümenin kesişimi $A \wedge B$ şeklinde gösterilir. Her iki kümeye de ait olan öğelerin üyelik derecelerinin en küçüğünün alınması ile o öğenin kesişim kümesindeki üyelik derecesi bulunur. Kesişim kümesinin grafiksel gösterimi Şekil 3.2' deki gibidir [Ergin, 2003].



Şekil 3.2: A ve B bulanık kümelerinin kesişimi.

Kesişim kümesinin üyelik derecesi ise;

$$\tilde{u}_{A \wedge B}(x) = \min [\tilde{u}_A(x), \tilde{u}_B(x)] \quad (3.5)$$

olarak belirlenir.

3.1.3. Diğer Bulanık Küme Özellikleri

Ayrık küme kavramı aynen klasik kümelerde olduğu gibidir. Eğer kümelerin ortak elemanları yoksa (yani kesişim kümeleri boşsa) o zaman grafiksel gösterimde kümelere ait şekiller birbirinden ayrık olarak çizilir ve üyelik derecelerinde bir değişme olmaz. Bir kümenin başka bir kümeyi kapsamı veya diğer kümenin o kümenin alt kümesi olması durumu da aynı klasik kümelerde olduğu gibidir, bu durumda öğelerin üyelik derecelerinin en büyüğü alınır. Bir \underline{A} kümesinin değili \overline{A} olarak gösterilir. Bu durumda \underline{A} kümesinin üyelik derecesi $\mu_{\underline{A}}(x)$ ise değilinin üyelik derecesi $1 - \mu_{\underline{A}}(x)$ olur. Klasik kümelerdeki değişme, birleşme ve dağılma özellikleri bulanık kümelerde de aynen yer alır.

3.2. Bulanık Matematik

Bulanık kuralların giriş ve çıkış kısımlarında bulunan, mesela “hız yüksek” gibi bulanık küme kısımları birer yaklaşıklık ifade ederler. Bu bakımdan, “yaklaşık 3”, “aşağı yukarı 9”, “5 den büyük ve yaklaşık” gibi ifadelerin hepsi bulanık bir sayıyı ifade eder. Bu yaklaşıklıkların her biri bir bulanık kümeyle karşılık gelir. Bu bulanık sayılarla bilinen matematik işlemlerin yapılması mümkün olamaz. Bulanık sayılarla bazı kısıtlamaların tanımlanması ile işlemler yapılır. Bir bulanık sayının var olabilmesi için, bunun bulanık kümesinin normal, dış bükey, sınırlı destek ve her üyelik derecesi kesiminde, kapalı ve sonlu bir aralığın bulunması gerekir. Bulanık sayıların normal olabilmeleri için, bulanık ifadedeki gerçel sayılardan en az birinin üyelik derecesinin 1 olması gerekir.

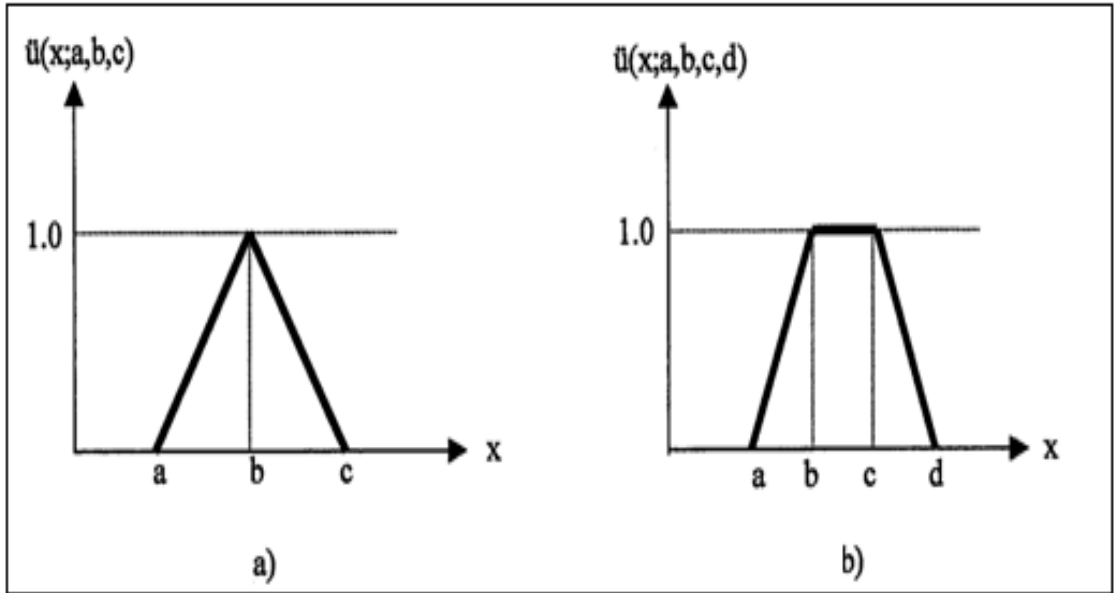
Genel olarak, pratik uygulamalarda üçgen ve yamuk olmak üzere iki bulanık sayı söz konusudur. A bulanık kümesiyle gösterilen bir üçgen bulanık sayının matematiksel ifadesi aşağıdaki gibi verilir;

$$\mu_A(x) = \mu_A(x; a, b, c) = \begin{cases} (x - a)/(b - a) & a \leq x \leq b \\ (c - x)/(c - b) & b \leq x \leq c \\ 0 & x > c \text{ veya } x < a \end{cases} \quad (3.6)$$

$\ddot{U}_A(x;a,b,c)$ ifadesinde a ve c, bulanık kümenin sırayla alt ve üst sınır değerini, b ise tam üyelikli tek sayıyı gösterir. Benzer olarak yamuk bulanık sayılar; a, b, c, d olmak üzere dört tamsayıyla ifade edilir. Burada a ve d, yamuk bulanık sayının alt ve üst sınırlarını, b ve c ise bu iki sayı arasında üyelik derecesi tam olan yamuk sayıların kümesinin sınırlarını gösterir. Yamuk bulanık sayının matematiksel gösterilimi ise şöyledir;

$$\ddot{u}_A(x) = \ddot{u}_A(x;a,b,c) = \begin{cases} (x-a)/(b-a) & a \leq x \leq b \\ 1 & b \leq x < c \\ (d-x)/(d-c) & c < x \leq d \\ 0 & x > d \text{ veya } x < a \end{cases} \quad (3.7)$$

Dikkat edilirse $b = c$ olduğu zaman yamuk bulanık sayı üçgen bulanık sayı haline dönüşür. Bu bulanık sayıların grafiksel gösterimi şekil Şekil 3.3' deki gibidir [Ergin, 2003].



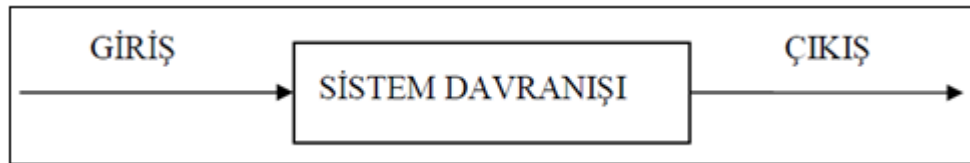
Şekil 3.3: Bulanık sayılar. a) Üçgen, b) Yamuk.

3.2.1. Bulanık Sistemler

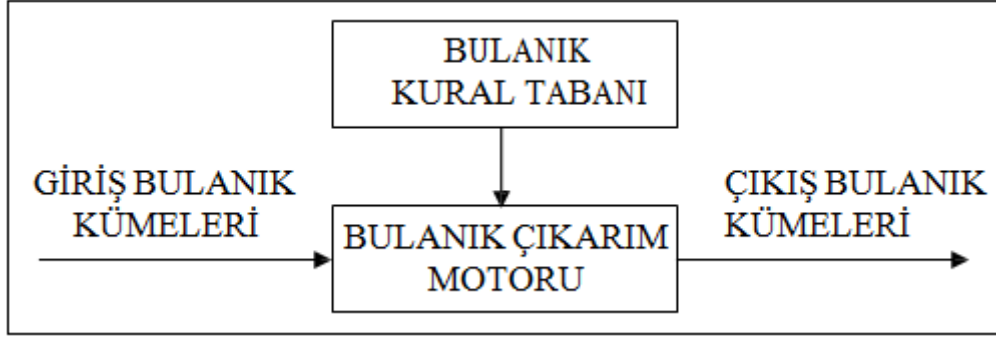
Araştırmacıların bulanık sistemleri kullanması için genel olarak iki sebep vardır;

i) Gerçek dünya olaylarının çok karmaşık olması nedeniyle bu olayların belirli denklemlerle tanımlanarak, kesin bir şekilde kontrol altına alınması mümkün olmaz. Bunun doğal sonucu olarak araştırmacı, okesin lmasa bile yaklaşık çözülebilirliği olan yöntemlere başvurmayı her zaman tercih eder. Zaten Einstein'ın dediği gibi; gerçek olaylar matematik denklemlerle kesinlikle ifade edilebiliyor denilirse, ya denklemlerin kesinliğinden söz edilemez ya da matematik denklemler gerçeği kesin olarak tasvir edebiliyor sonucuna varılırsa, bu sefer de gerçek dünya olaylarından söz edilemez. O halde, yapılan bütün çalışmalarda çözümler bir dereceye kadar yaklaşıktır. Aksi takdirde, çok sayıda doğrusal olmayan denklemin eşzamanlı olarak çözülmesi gerekir ki, bunun günümüz bilgilerine göre belirgin olmayan kaotik çözümlere yol açacağı bilinmektedir

ii) Mühendislikte bütün teori ve denklemler gerçek dünyayı yaklaşık bir şekilde ifade eder. Birçok gerçek sistem doğrusal olmamasına rağmen bunların klasik yöntemlerle incelenmesinde doğrusallığı kabul etmek için her türlü çaba harcanır. İnsanların sunduğu sözel bilgilerin sayısal hale getirilerek bilgisayarlar veya algoritmalar tarafından algılanarak hesaplamaların yapılabilmesi için bulanık sistemlere gerek vardır. Bugüne kadarki matematik, stokastik veya kavramsal sistemlerin hemen hepsi şekil 3.4'de verilen üç ayrı birimden ibarettir.



Şekil 3.4: Klasik sistem.



Şekil 3.5: Genel bulanık sistem.

Bunlar giriş birimi, bu girişi çıkışa dönüştüren ve sistem davranışı denilen bir geçiş işlevi ve çıkış birimidir. Buradaki birimlerin hepsinde sayısal veri işlenmektedir. Bulanık sistemlerin klasik sistemlerden farkı, sistem davranışı kısmının ikiye ayrılarak Şekil 3.5’de gösterildiği gibi kendi aralarında bağlantılı dört birimin olmasıdır.

Buradaki birimlerin her birinin farklı, fakat birbiriyle ilişkili olabilen aşağıdaki görevleri vardır:

Genel Bilgi Tabanı Birimi, İncelenecek olayın maruz kaldığı girdi değişkenlerini ve bunlar hakkındaki tüm bilgileri içerir. Buna veri tabanı veya kısaca giriş adı da verilir. Genel veri tabanı denmesinin sebebi, buradaki bilgilerin sayısal ve/veya sözel olabilmesidir.

Bulanık Kural Tabanı Birimi, Veri tabanındaki girişleri çıkış değişkenlerine bağlayan mantıksal EĞER-O ZAMAN (IF-THEN) türünde yazılabilen kuralların tümünü içerir. Bu kuralların yazılmasında sadece girdi verileri ile çıktılar arasında olabilecek tüm aralık (bulanık küme) bağlantıları düşünülür. Böylece, her bir kural girdi uzayının bir parçasını çıktı uzayına mantıksal olarak bağlar. İşte bu bağlamların tümü kural tabanını oluşturur.

Bulanık Çıkarım Motoru Birimi, Bulanık kural tabanı biriminde giriş ve çıkış bulanık kümeleri arasında kurulmuş olan ilişkilerin hepsini bir araya toplayarak sistemin bir çıkışlı davranmasını sağlayan işlemler topluluğunu içeren bir mekanizmadır. Bu motor, her bir kuralın çıkarımlarını bir araya toplayarak tüm sistemin girdiler arasında nasıl bir çıktı vereceğinin belirlenmesine yarar.

Çıkış Birimi, Bilgi ve bulanık kural tabanlarının, bulanık çıkarım motoruyla etkileşimi sonucunda elde edilen çıktı değerlerini belirtir.

Şekil 3.5 genel bir bulanık sistemi temsil eder. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, girdi yani veri tabanındaki bilgilerin ve çıktılarının bulanık değerler olmasıdır. Yani şekil 3.6'deki sistemde, her birim tamamen bulanık kümelerden oluşmaktadır. Temel bulanık sistemin en önemli eksikliği; sayısal olan veri tabanının böyle genel bir bulanık sisteme girmemesi ve çıktılarının sayısal olmaması, dolayısı ile mühendislik tasarımlarında doğrudan kullanılamamasıdır.

Genel bulanık sistemin eksikliklerini bir dereceye kadar ortadan kaldırabilmek için Takagi ve Sugeno (1985) ile Sugeno ve Kank (1988) tarafından teklif edilen ve Takagi-Sugeno-Kank (TSK) bulanık sistemi denilen sistem kullanılır. Burada veri tabanındaki girdiler birer sayı, bulanık kural ve çıkarım motorunun çalışması sonucunda elde edilen çıktılar ise girdilerin bir fonksiyonu şeklindedir. Yani kural tabanındaki giriş değişkenleri olduğu gibi, O ZAMAN kelimesinden sonraki kural sonuç kısmına bu değişkenlerin birer doğrusal fonksiyonu olarak yansıtıldığı düşünülmüştür [Şen, 2009].

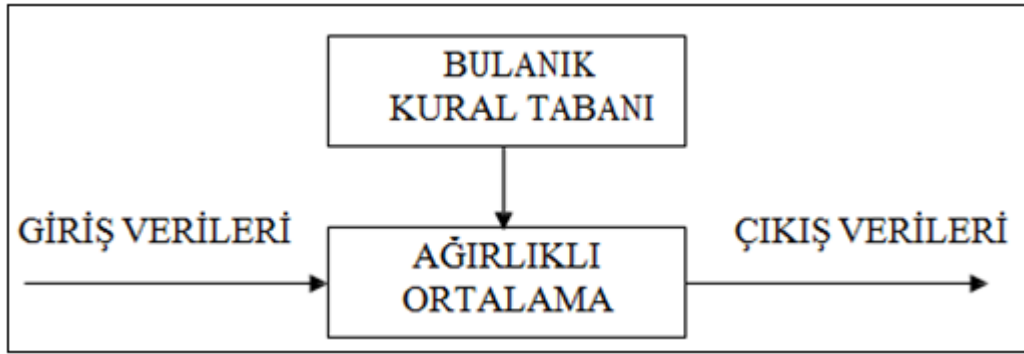
Buna göre kural, EĞER arabanın hızı yüksek ise O ZAMAN gaza basma kuvveti $y = ax$ şeklinde ifade edilebilir. Örneğin, 3 tane giriş değişkenin (x_1 , x_2 ve x_3) bulunması halinde çıkış değişkeni olan y genel olarak bulanık sistemin kurallarından birinde, EĞER x_1 az ve x_2 yüksek ve x_3 geniş ise O ZAMAN

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 \quad (3.8)$$

şeklinde ifade edilebilir. Bütün kuralların sonuç kısımları çok terimli doğrusal bir denklemden ibarettir. Böyle bir yapıya sahip olan bulanık sistemde çıkış değişkenleri bulanık küme şeklinde olmadıklarından Şekil 3.5'deki bulanık çıkarım motoru birimi yerine, her bir kuralın giriş kısmından hesaplanan üyelik dereceleri ağırlık olmak üzere Şekil 3.7'deki gibi ağırlıklı çıkarım hesaplaması birimi gelir.

Aslında böyle bir bulanık sistemde çıktı uzayı girdilerin bir fonksiyonu olarak, her bir alt uzayda geçerli bir kural olmak üzere temsil edilmiştir. TSK yaklaşımı ile çıktı yüzeyinin doğrusal olmaması halinde bile, alt uzaylar üzerinde girdi değişkenleri cinsinden düzlem parçaları şeklinde modellendiği anlaşılır. Ancak, TSK bulanık sisteminin eksiklikleri arasında İSE kısmından sonra

matematik bir ilişki bulunduğundan, kuralların çıkış kısımlarının insan tarafından verilecek sözel bilgileri modelleyememesi ve giriş-çıkış değişkenleri arasında yazılması mümkün olan tüm kuralların çıkış kısımlarının bulanık olmaması dolayısıyla yazılamamasıdır. İşte bu eksiklikleri ortadan kaldırabilmek için, Şekil 3.6'de verilen girdi ve çıktı birimlerinde sırasıyla bulanıklaştırma ve durulaştırma birimleri olan bulanık sistem kullanılır [Şen, 2009].



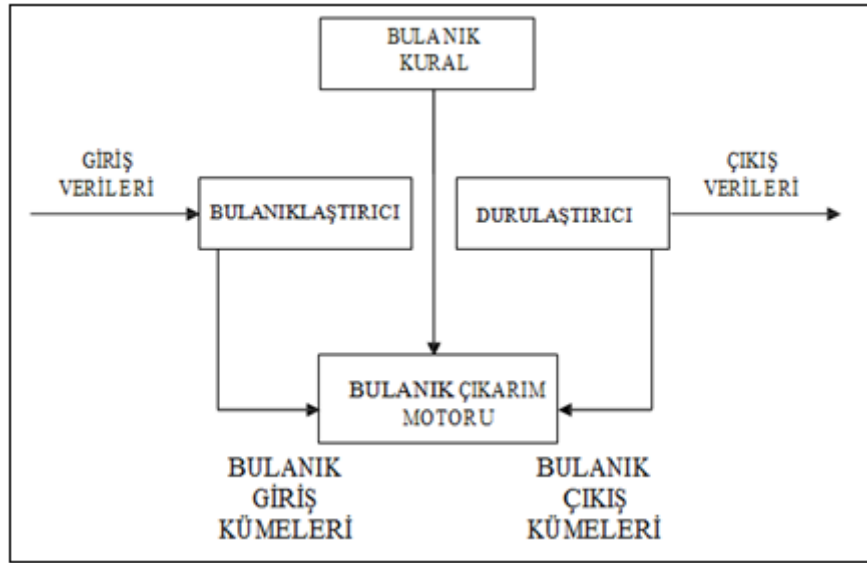
Şekil 3.6: TSK bulanık sistem.

Aslında böyle bir bulanık sistemde çıktı uzayı girdilerin bir fonksiyonu olarak, her bir alt uzayda geçerli bir kural olmak üzere temsil edilmiştir. TSK yaklaşımı ile çıktı yüzeyinin doğrusal olmaması halinde bile, alt uzaylar üzerinde girdi değişkenleri cinsinden düzlem parçaları şeklinde modellendiği anlaşılır. Ancak, TSK bulanık sisteminin eksiklikleri arasında İSE kısmından sonra matematik bir ilişki bulunduğundan, kuralların çıkış kısımlarının insan tarafından verilecek sözel bilgileri modelleyememesi ve giriş-çıkış değişkenleri arasında yazılması mümkün olan tüm kuralların çıkış kısımlarının bulanık olmaması dolayısıyla yazılamamasıdır. İşte bu eksiklikleri ortadan kaldırabilmek için, Şekil 3.6'de verilen girdi ve çıktı birimlerinde sırasıyla bulanıklaştırma ve durulaştırma birimleri olan bulanık sistem kullanılır [Şen, 2009].

Burada genel bir bulanık sistemdeki bulanık kural tabanı ve çıkarım motoru aynen kalmaktadır. Girişlerin sayısal olması durumunda bir işleme tabi tutularak bulanıklaştırılmasına yarayan bulanıklaştırıcı birim ile yine bulanık olan çıktıların sayısallaştırılmasına yarayan durulaştırıcı birim bulunur. Bulanıklaştırma ve

durulaştırma sırasıyla giriş sayılarının bulanıklaştırılması ve bulanık sayıların sayısallaştırılması anlamına gelir.

Bulanık sistemlerin başlıca özellikleri arasında en önemli konu olarak, çoklu girdileri, kural tabanı ve çıkarım motoru ile işleyerek tek çıktı haline dönüştürmesi gelir. Bazı özel durumlarda çıktılar birden fazla olabilir. Bulanık sistem doğrusal olmayan bir şekilde girdileri oluşturan değişkenleri, çıkış değişkenine dönüştürerek sistemin davranışını belirler. Böylece bilgi tabanının doğrusal olmayan dönüşümlere uğratılması ile istenen sonuçlara ulaşmak için incelenen sistemin kontrol altına alınması mümkün olmaktadır. Bulanık sistemler sayesinde mühendislikte görüntü işleme, zaman serileri esaslı tahmin yapmak kontrol sorunlarını çözmek ve iletişim konularında uygulamalar yapmak mümkün olmaktadır. Bunun dışında bulanık sistemler; mühendislik, tıp, sosyoloji, psikoloji, işletme, uzman sistemler, yapay zeka, sinyal işleme, ulaştırma, sinyalizasyon gibi birçok alanda kullanılabilir.



Şekil 3.7: Bulanıklaştırma durulaştırma birimli bulanık sistem.

3.2.2. Durulaştırma

Pratik uygulamalarda, özellikle de mühendislik tasarımlarında boyutlandırmalar için kesin sayısal değerlere gereksinim duyulmaktadır. Böyle durumlara bulanık olarak elde edilmiş veya verilmiş bilgilerden yararlanarak gerekli yanıtların verilmesi için bulanık olan bilgilerin durulaştırılması gerekir. Bulanık

olan bilgilerin kesin sonuçlar haline dönüştürülmesi için yapılan işlemlerin tümüne birden durulaştırma adı verilir.

3.3. ANFIS Fonksiyonları

Açık olarak uyarlamalı ağlara dayanan bulanık çıkarım sistemi veya uyarlamalı sinirsel bulanık çıkarım sistemi anlamına gelen ANFIS ismi, Adaptive Networkbased Fuzzy Inference System (Adaptif Ağ Yapılı Bulanık Çıkarım Sistemi) veya Adaptive Neuro Fuzzy Inference System olan özgün adının baş harflerinden oluşmuştur. Esasen ANFIS yapısı, Sugeno tipi bulanık sistemlerin, sinirsel öğrenme kabiliyetine sahip bir ağ yapısı olarak temsilinden ibarettir. Bu ağ, her biri belli bir fonksiyonu gerçekleştirmek üzere, katmanlar halinde yerleştirilmiş düğümlerin birleşiminden oluşmuştur (Tsoukalas and Uhrig, 1996).

Trimf (Triangular-shaped built-in membership function- üçgensel modelin üyelik derecesi fonksiyonu)

$$y=\text{trimf}(x,\text{params}) \quad y = \text{trimf}(x,[a \ b \ c]) \quad (3.9)$$

Aşağıda verildiği üzere x ; bir vektörün üçgensel sapma fonksiyonu üç tane sayısal parametreye (a,b,c) bağlıdır.

$$f(x; a, b, c) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & c \leq x \end{cases} \quad (3.10)$$

yada özetle;

$$f(x; a, b, c) = \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, \frac{c-x}{c-b}\right), 0\right) \quad (3.11)$$

a ve c parametreleri üçgenin (üçgensel bulanık kümelerin) ayak noktalarını b ise tepe noktasını oluşturur.

Trapmf (Trapezoidal-shaped built-in membership function - ikizkenar yamuğun üyelik derecesi fonksiyonu)

$$y = \text{trapmf}(x, [a \ b \ c \ d]) \quad (3.12)$$

Aşağıda verildiği üzere x ; bir vektörün ikizkenar yamuğun sapma fonksiyonu dört tane sayısal parametreye; a, b, c, d ye dayanır.

$$f(x; a, b, c) = \begin{cases} 0 & , \quad x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} & , \quad a \leq x \leq b \\ 1 & , \quad b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c} & , \quad c \leq x \leq d \\ 0 & , \quad d \leq x \end{cases} \quad (3.13)$$

yada özetle,

$$f(x; a, b, c) = \max \left(\min \left(\frac{x-a}{b-a}, \frac{d-x}{d-c} \right), 0 \right) \quad (3.14)$$

a ve d parametreleri ikizkenar yamuğun (ikizkenar yamuk bulanık kümelerin) ayağını, b ve c parametreleri ise sırt kısmını oluşturur.

Gbellmf (Generalized bell-shaped built-in membership function- genelleştirilmiş çan şekli üyelik derecesi fonksiyonu)

$$y = \text{gbellmf}(x, \text{params}) \quad (3.15)$$

Aşağıda verildiği gibi genelleştirilmiş çan şekli fonksiyonu 3 parametreye dayanır; a, b, c ;

$$f(x; a, b, c) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x-c}{a} \right|^{2b}} \quad (3.16)$$

B parametresi genellikle pozitif, c parametresi eğrinin merkezindedir. Sırasıyla, vektör parametresine giriş -params- ile vektörün a, b, c verileri -gbellmf ile ispat edilir.

Gaussmf (Gaussian curve built-in membership function-Gauss eğrisi üyelik fonksiyonu)

$$y = \text{gaussmf}(x, [\text{sig } c]) \quad (3.17)$$

Gauss fonksiyonunun dayandığı iki parametre ve c verilmiştir.

$$f(x; a, b, c) = e^{\frac{-(x-c)^2}{2\sigma^2}} \quad (3.18)$$

gaussmf parametreleri ve c vektör (sigc) içinde sırasıyla tanımlanmıştır. Gauss2mf (Gaussian combination membership function - Gauss kombinasyon üyelik derecesi fonksiyonu;

$$y = \text{gauss2mf}(x, [\text{sig1 } c1 \text{ sig2 } c2]) \quad (3.19)$$

Aşağıda verildiği gibi gauss fonksiyonu iki parametre “sig” ve c ye dayanır.

$$f(x; a, b, c) = e^{\frac{-(x-c)^2}{2\sigma^2}} \quad (3.20)$$

gauss2mf fonksiyonu bu iki parametrenin kombinasyonudur. Birinci fonksiyondaki sig1 ve c1 eğrinin en soldaki şeklini tanımlar. İkinci fonksiyondaki sig2 ve c2 eğrinin en sağdaki şeklini tanımlar. $c1 < c2$ olduğunda, birincinin gauss2mf değeri maksimuma ulaşır. Diğer bir deyişle, maksimum değer birinciden düşüktür. Parametreler sırasıyla listelenmiştir.

$$[\text{sig1}, c1, \text{sig2}, c2] \quad (3.21)$$

Pimf (Pi-shaped built-in membership function - Pi şekli üyelik derecesi fonksiyonu)

$$y = \text{pimf}(x, [a \ b \ c \ d]) \quad (3.22)$$

Spline eğrisi isimlidir, pi şekli olarak adlandırılır. Üyelik derecesi fonksiyonundaki ölçülmüş/değerlendirmeye alınmış noktalar x vektöründen

tanımlanmıştır. b ve c parametreleri eğrinin sırt kısmını oluştururken, a ve d parametreleri ayak kısmını oluşturur. Aşağıda verildiği gibi smf ve zmf üyelik derecesi fonksiyonunun birer ürünüdür.

$$f(x; a, b, c, d) = \begin{cases} 0 & , & x \leq a \\ 2 \left(\frac{x-b}{b-a} \right) & , & a \leq x \leq \frac{a+b}{2} \\ 1 - 2 \left(\frac{x-b}{b-a} \right)^2 & , & \frac{a+b}{2} \leq x \leq b \\ 1 & , & b \leq x \leq c \\ 1 - 2 \left(\frac{x-c}{d-c} \right)^2 & , & c \leq x \leq \frac{c+d}{2} \\ 2 \left(\frac{x-d}{d-c} \right) & , & \frac{c+d}{2} \leq x \leq d \\ 0 & , & x \geq d \end{cases} \quad (3.23)$$

Dsigmf (Built-in membership function composed of difference between two sigmoidal membership functions - iki sigmoidal/kıvrık üyelik derecesi fonksiyonu arasındaki farkın ortaya konması)

$$y = \text{dsigmf}(x, [a_1 \ c_1 \ a_2 \ c_2]) \quad (3.24)$$

Aşağıda verildiği gibi sigmoidal üyelik derecesi fonksiyonu iki parametreye a ve c ye dayanır.

$$f(x; a, c) = \frac{1}{1+e^{-a(x-c)}} \quad (3.25)$$

Üyelik derecesi fonksiyonu dsigmf'nin dayandığı 4 parametre; a₁,b₁,c₁,d₁ ve iki sigmoidal fonksiyon arasındaki fark:

$$f_1(x; a_1, c_1) - f_2(x; a_2, c_2) \quad (3.26)$$

şeklinde olup, parametreler sırasıyla listelenmiştir

$$[a_1 \ c_1 \ a_2 \ c_2] \quad (3.27)$$

Psigmf (Built-in membership function composed of product of two

sigmoidally shaped membership functions - iki sigmoidal şekil üyelik derecesi fonksiyonu ürününün karşılaştırılmasıyla oluşan üyelik derecesi fonksiyonu)

$$y = \text{psigmf}(x, [a_1 \ c_1 \ a_2 \ c_2]) \ c_2] \quad (3.28)$$

Aşağıda, sigmoid eğrinin çizimi için x vektörünün dayandığı iki parametre olan a ve c parametreleri verilmiştir.

$$f(x; a, c) = \frac{1}{1+e^{-a(x-c)}} \ c_2] \quad (3.29)$$

x vektörünün değerleri için iki eğrinin ürünü olan psigmf,

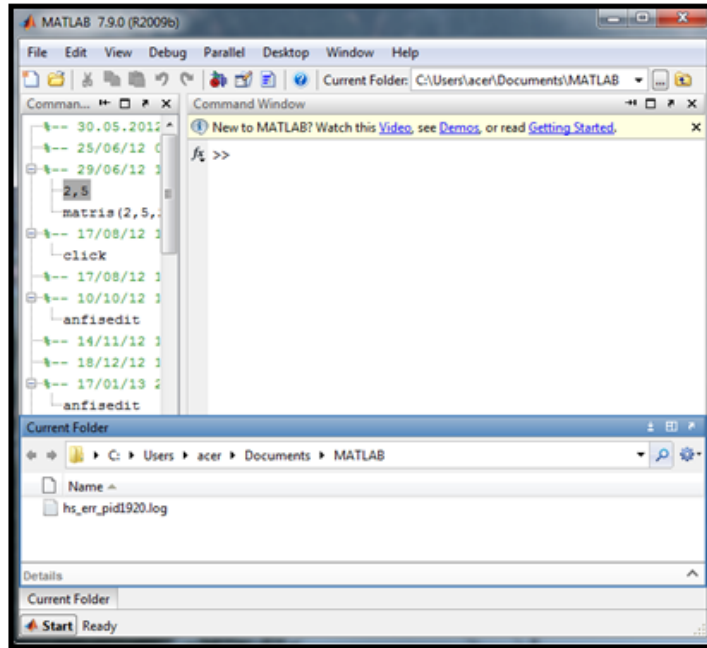
$$f_1(x; a_1, c_1) * f_2(x; a_2, c_2) \ c_2] \quad (3.30)$$

Şeklinde olup, $(a_1 \ c_1 \ a_2 \ c_2)$ parametreleri sırasıyla listelenmiştir.

4. MATLAB ve ANFIS FONKSİYONU

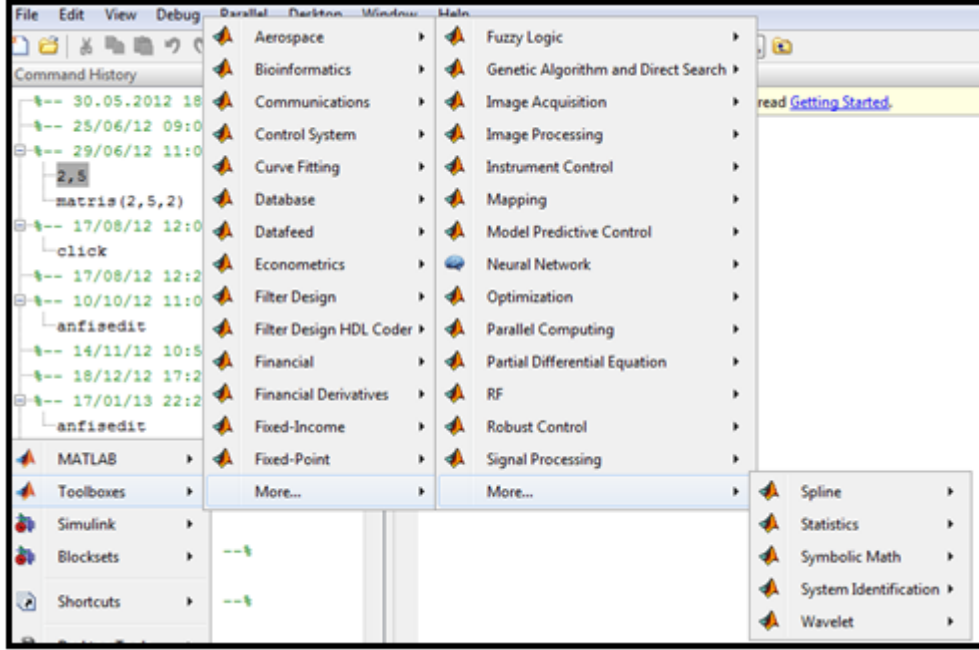
MATLAB, teknik hesaplamalar ve matematiksel problemlerin çözümü ve analizi için tasarlanmış bir yazılım geliştirme aracıdır. “MATrix LABoratory” kelimesinin kısaltması olan MATLAB, adında da anlaşılacağı üzere matrisler (matrix) yani diğer bir deyişle diziler (array) ile çalışır. Özellikle mühendislik alanındaki sistemlerin analizinde kullanılan MATLAB, görüntü işleme (image processing), yapay sinir ağları (artificial neural networks), sayısal işaret işleme (signal processing), optimizasyon (optimization), veri elde etme (data acquisition), veritabanı (database), süzgeç tasarımı (filter design), bulanık mantık (fuzzy logic), sistem kimliklendirme (system identification), dalgacıklar (wavelets) gibi ara yüzleri ile kolaylıklar sağlayan mükemmel bir ortamdır. (Hanselman and LITTELEFIELD; 2001)

MATLAB programı masaüstünde bulunan kısa yoluna çift tıklayarak açıldığında Şekil 4.1 ‘deki MATLAB ana ekranı açılmaktadır. Ana ekranda Command window, Command history, Current directory, Workspace ve Array editör olmak üzere 5 pencere mevcuttur. Bu pencereler kullanıcının ihtiyaçları ve isteklerine göre kullanıcı tarafından düzenlenebilir. [Uzunoğlu ve Onar, 2003] [Arifoğlu, 2005]



Şekil 4.1: MATLAB ana ekran modülü.

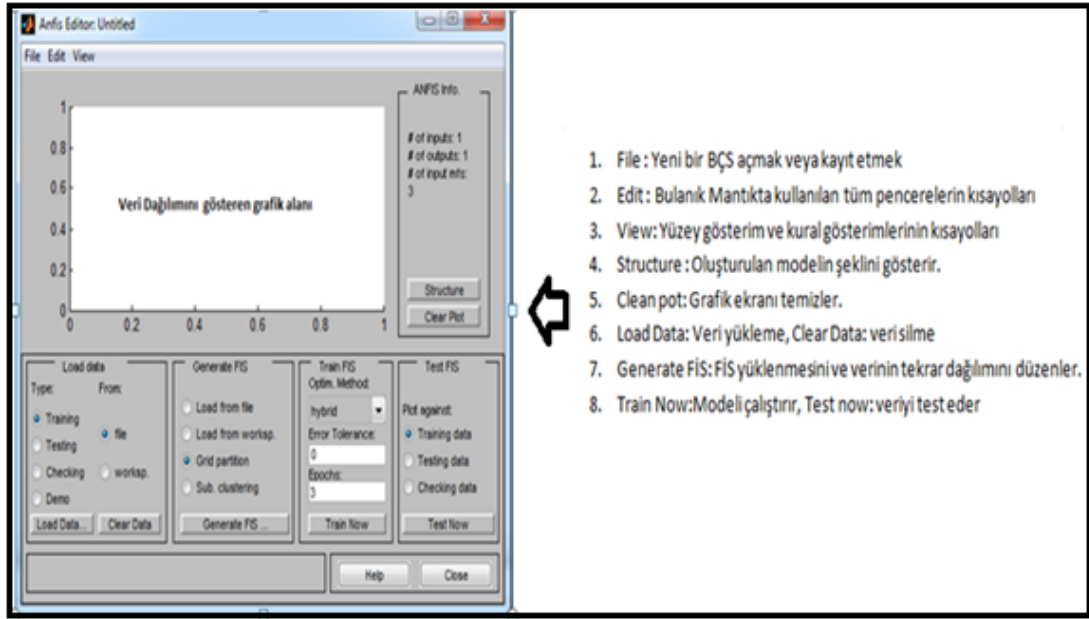
Çalışmalar sırasında MATLAB R2009b versiyonu kullanıldı. Programda farklı amaçlar için kullanılan toplam 33 ana araç kutusu bulunmaktadır. Araç kutuları yeni sürümlerle sürekli güncellenmektedir. Bunlardan bazıları, Fuzzy logic, Mapping, Financial şeklindedir. Araç kutularına programın sol alt köşesinde yer alan start düğmesi kullanılarak ulaşılmakta Şekil 4.2 ve işlemler daha rahat yapılmaktadır.



Şekil 4.2: MATLAB araç kutuları.

MATLAB’da tüm bu pencerelerin yanında, TSK çıkarım yöntemi kullanılarak oluşturulan bir bulanık modelin çıktı değişkenine ait parametrelerin bulunması için kullanılan ANFIS editörü de mevcuttur. ANFIS sadece TSK çıkarım yöntemi kullanılarak oluşturulan bulanık modellerin güvenilirliğinin test edilmesi ve parametrelerinin tahmin edilmesinde kullanılmaktadır. MATLAB programında ANFIS editör penceresini açmak için iki farklı yol kullanılabilir. Bunlardan birincisi MATLAB ilk çalıştırıldığında açılan Command window kısmında *anfisedit* yazıp enter tuşuna basılarak açılabilir. İkincisi ise; MATLAB ana ekranında start/fuzzy logic/ANFIS editör tıklayarak ANFIS penceresi açılır (Şekil4.3). ANFIS editör kullanılarak sıfırdan bir bulanık model veya sistem oluşturulabildiği gibi daha önce TSK çıkarım yöntemi kullanılarak oluşturulan model ya da sistemler çağrılarak da bunlar üzerinde düzeltmeler yapılabilir. ANFIS editör 4 temel bölümden

oluşturmaktadır. Bunlar Şekil 4.3'deki veri yükle (Load data), BÇS oluştur (Generate FIS), BÇS eğit (Train FIS) ve BÇS test et (Test FIS) şeklindedir. Bu bölümlerden birincisi olan veri yükleme bölümünde Eğitim (Training), Test (Testing), Kontrol (Checking) ve Örnek (Demo) olmak üzere 4 farklı veri seti kullanılabilir. Daha önceden de ifade edildiği gibi ANFIS in temelini YSA (Yapay Sınır Ağı) oluşturmaktadır. YSA kullanılarak oluşturulan bir modelin güvenilir tahminlerde bulunabilmesi için değişik açılardan denemesi gereklidir.



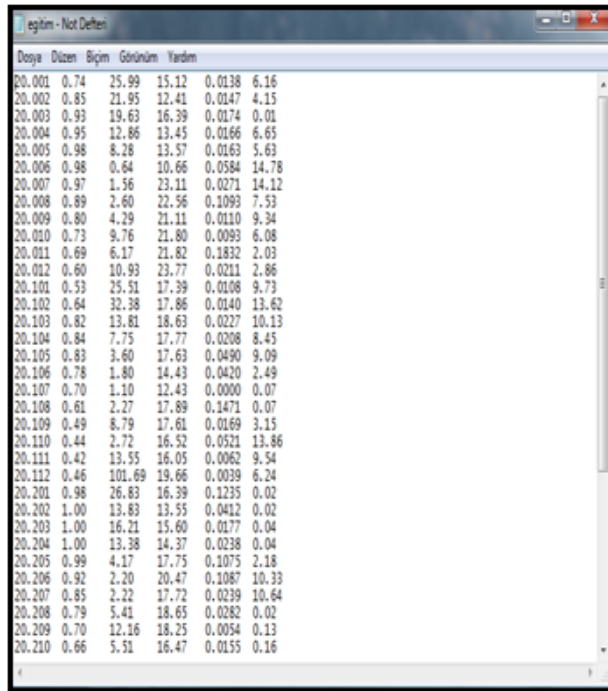
1. File : Yeni bir BÇS açmak veya kayıt etmek
2. Edit : Bulanık Mantıkta kullanılan tüm pencerelerin kısayolları
3. View : Yüzey gösterim ve kural gösterimlerinin kısayolları
4. Structure : Oluşturulan modelin şeklini gösterir.
5. Clean pot: Grafik ekranı temizler.
6. Load Data: Veri yükleme, Clear Data: veri silme
7. Generate FIS: FIS yüklenmesini ve verinin tekrar dağılımını düzenler.
8. Train Now: Modeli çalıştırır, Test now: veriyi test eder

Şekil 4.3: ANFIS editör penceresi.

YSA eğitilmesi esnasında o kadar küçük hata değerine ulaşılabilir ki bu gerçekte tesadüfen karşılaşılmış bir durum olabilir. Bunun için eldeki verilerin Eğitim, Test ve Kontrol olmak üzere 3 bölüme ayrılmasında fayda vardır [Şen, 2009]. [Şen, 2009]'e göre [Smith and Eli, 1995] bu ayrımın oranının sırası ile % 40, % 30 ve % 30 olmasını önermişlerdir. Verilerin bu şekilde ayrılması zorunlu değildir. Araştırmacı verilerini bölmeden ANFIS editör penceresinde şekil 4.3'de veri yükleme bölümünde veri yükle düğmesine basarak okutabilir. Bu durumda modelin doğru tahmin yapıp yapmadığına hesaplanan hata değerine bakarak karar verir. Veriler ANFIS'e Command Windows da *load* komutu ile de girilebilir. Burada girilen verinin tipine göre dosyalara isim verilmesi gerekmektedir. Örneğin eğitim verisi yüklenecekse dosya isminin sonunda *trnData*, kontrol verisi yüklenecekse *chkdata* yazılmalıdır. *load fuzex1trnData.dat*, *load fuzex1chkData.dat* ANFIS'e

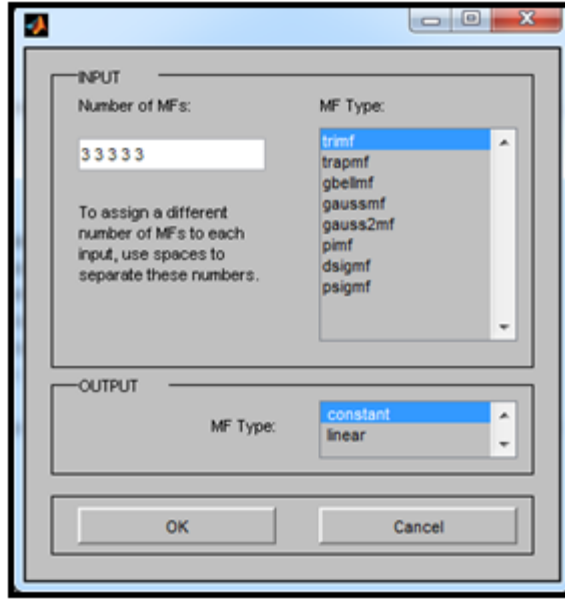
aktarılabak veriler windows notepad programında sütünlar halinde hazırlanmalıdır. Burada önemli olan çıktı değişkenine ait değerler Şekil 4.4’de en son sütünunda yer almalıdır [Marce et al, 2004].

ANFIS editörde verileri yüklerken veri dosyasının konumunun belirtilmesi için “disk” ve “workspace” seçenekleri bulunmaktadır. Sisteme yüklenecek veri dosyası eğer programın çalışma dosyalarını içinde bulunduran “work” klasöründe ise “workspace” seçeneği, burada değilse disk seçeneği işaretlenmelidir. Veriler yüklendikten sonra BÇS oluşturma (Generate FIS) aşamasına geçilir. Bu aşamada daha önceden hazırlanmış bir bulanık model, dosyanın konumuna göre “load from disk” veya “load from workspace” seçenekleri işaretliyen yükle düğmesine basılarak yüklenir. Mevcut model ANFIS’e yüklendikten sonra BÇS oluşturma düğmesine basılarak açılan pencerede Şekil 4.3 gerekli görülürse değişkenlere ait üyelik fonksiyonlarının şekli ve sayısı değiştirilebilir. Ya da “grid partition” seçeneği işaretlenip BÇS oluşturma düğmesine basılarak açılan pencerede Şekil 4.5 sıfırdan bir bulanık model oluşturulabilir.



| Dosya | Dize | Biçim | Görünüm | Yardım |
|--------|------|--------|---------|--------------|
| 20.001 | 0.74 | 25.99 | 15.12 | 0.0138 6.16 |
| 20.002 | 0.85 | 21.95 | 12.41 | 0.0147 4.15 |
| 20.003 | 0.93 | 19.63 | 16.39 | 0.0174 0.01 |
| 20.004 | 0.95 | 12.86 | 13.45 | 0.0166 6.65 |
| 20.005 | 0.98 | 8.28 | 13.57 | 0.0163 5.63 |
| 20.006 | 0.98 | 0.64 | 10.66 | 0.0584 14.78 |
| 20.007 | 0.97 | 1.56 | 23.11 | 0.0271 14.12 |
| 20.008 | 0.89 | 2.60 | 22.56 | 0.1093 7.53 |
| 20.009 | 0.80 | 4.29 | 21.11 | 0.0110 9.34 |
| 20.010 | 0.73 | 9.76 | 21.80 | 0.0093 6.08 |
| 20.011 | 0.69 | 6.17 | 21.82 | 0.1832 2.03 |
| 20.012 | 0.60 | 10.93 | 23.77 | 0.0211 2.86 |
| 20.101 | 0.53 | 25.51 | 17.39 | 0.0108 9.73 |
| 20.102 | 0.64 | 32.38 | 17.86 | 0.0140 13.62 |
| 20.103 | 0.82 | 13.81 | 18.63 | 0.0227 10.13 |
| 20.104 | 0.84 | 7.75 | 17.77 | 0.0208 8.45 |
| 20.105 | 0.83 | 3.60 | 17.63 | 0.0490 9.09 |
| 20.106 | 0.78 | 1.80 | 14.43 | 0.0420 2.49 |
| 20.107 | 0.70 | 1.10 | 12.43 | 0.0000 0.07 |
| 20.108 | 0.61 | 2.27 | 17.89 | 0.1471 0.07 |
| 20.109 | 0.49 | 8.79 | 17.61 | 0.0169 3.15 |
| 20.110 | 0.44 | 2.72 | 16.52 | 0.0521 13.86 |
| 20.111 | 0.42 | 13.55 | 16.05 | 0.0062 9.54 |
| 20.112 | 0.46 | 101.69 | 19.66 | 0.0039 6.24 |
| 20.201 | 0.98 | 26.83 | 16.39 | 0.1235 0.02 |
| 20.202 | 1.00 | 13.83 | 13.55 | 0.0412 0.02 |
| 20.203 | 1.00 | 16.21 | 15.60 | 0.0177 0.04 |
| 20.204 | 1.00 | 13.38 | 14.37 | 0.0238 0.04 |
| 20.205 | 0.99 | 4.17 | 17.75 | 0.1075 2.18 |
| 20.206 | 0.92 | 2.20 | 20.47 | 0.1087 10.33 |
| 20.207 | 0.85 | 2.22 | 17.72 | 0.0239 10.64 |
| 20.208 | 0.79 | 5.41 | 18.65 | 0.0282 0.02 |
| 20.209 | 0.70 | 12.16 | 18.25 | 0.0054 0.13 |
| 20.210 | 0.66 | 5.51 | 16.47 | 0.0155 0.16 |

Şekil 4.4: Sisteme eğitilecek veriler.



Şekil 4.5: Veriyi yükledikten sonraki fonksiyon düzenleme ekranı.

Bu pencerede girdi ve çıktı değişkenlerinin üyelik fonksiyonlarının şekli ve sayıları belirlenebilir. Sistem istenen sonucu verene kadar buradan kolay bir şekilde değişiklikler yapılabilir [Web 6, 2006]

ANFIS editörün üçüncü aşaması olan Eğitim aşamasında oluşturulan model test edilmektedir. Test için iki farklı yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan birincisi “backpropagation” olarak adlandırılan geriye besleme yöntemidir. İkincisi ise “hybrid” şeklinde isimlendirilen ve “backpropagation” ile en küçük kareler yönteminin birlikte kullanıldığı yöntemidir. Bu aşamada araştırmacı hata sınırını belirler. ANFIS editörün eğitim kısmında bulunan müsaade edilebilir hata (Error Tolerance) kutucuğuna bu sınırı direk yazabilir. Bu değerın sıfır olması istenir fakat pratikte bu değeri yakalamak mümkün değildir. Değerin 0.01 ya da 0.05 olması da araştırmacılar için yeterlidir. Bu hata sınırı KOH (Karesel ortalama hata) değeridir. Bu değer Şekil 4.6’ de ANFIS editörün sol alt köşesinde gösterilir. Daha önce ifade edildiği gibi veriler sisteme eğitim, test ve kontrol olarak girilebilir. Eğitim olarak girildi ise model tarafından tahmin edilen sonuç değeri ile gözlem değeri arasındaki fark eğitim hatası (Training error) olarak adlandırılır. Test olarak girildi ise test hatası (Testing error) ve Kontrol olarak girildi ise kontrol hatası (Checking error) olarak adlandırılır. Bu hata değerlerinin her eğitim aşamasındaki (epochs) değeri ANFIS editörün grafik bölgesinde şekil 5.6’da olarak gösterilmektedir

[Anonymous,2005]. KOH bu hata değerlerini kullanarak;

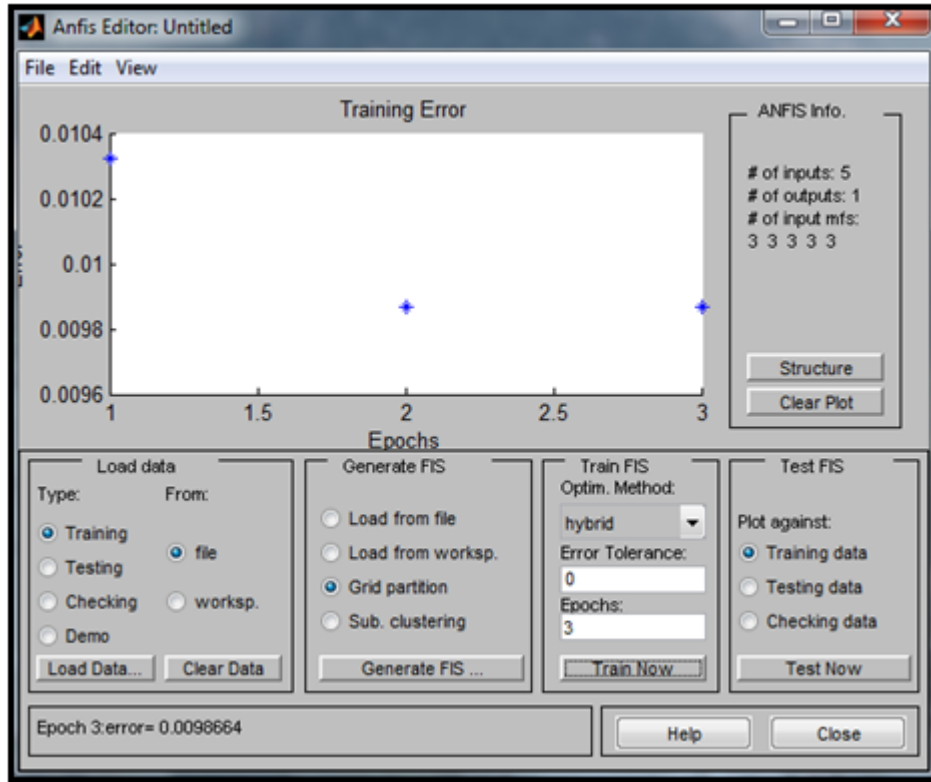
$$KOH = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - y)^2} \quad (5.1)$$

eşitliği yardımıyla hesaplanır. Burada y_i : gözlenen sonuç değerini, y : tahmin edilen sonuç değerini, n : toplam yapılan tahmin sayısını gösterir. Bulanık çıkarım sistemlerinin eğitim aşamasında önemli bir noktada test edilecek sistemde girdi ve çıktı değişkenleri arasında kaç kez gidip gelme (eğitme) işleminin yapılacağını gösteren “epochs” sayısının belirlenmesidir. Genellikle bu değerin 3 olarak alınması önerilir. Değerin büyütülmesi hatayı azaltmadığı gibi fazladan zaman harcanmasına neden olmaktadır. Bu değerin 100’ü geçmemesi istenir [Anonymous, 2005]. Bu tanımlamalar yapıldıktan sonra Eğitim (Train now) düğmesine basılarak oluşturulan model çalıştırılır ve ANFIS editör penceresinin sol alt köşesinde verilen KOH değeri kabul edilebilir sınırlarda ise son aşama olan test aşamasına geçilir. İstenen sınırlara ulaşılamadı ise sistem yeniden gözden geçirilir.

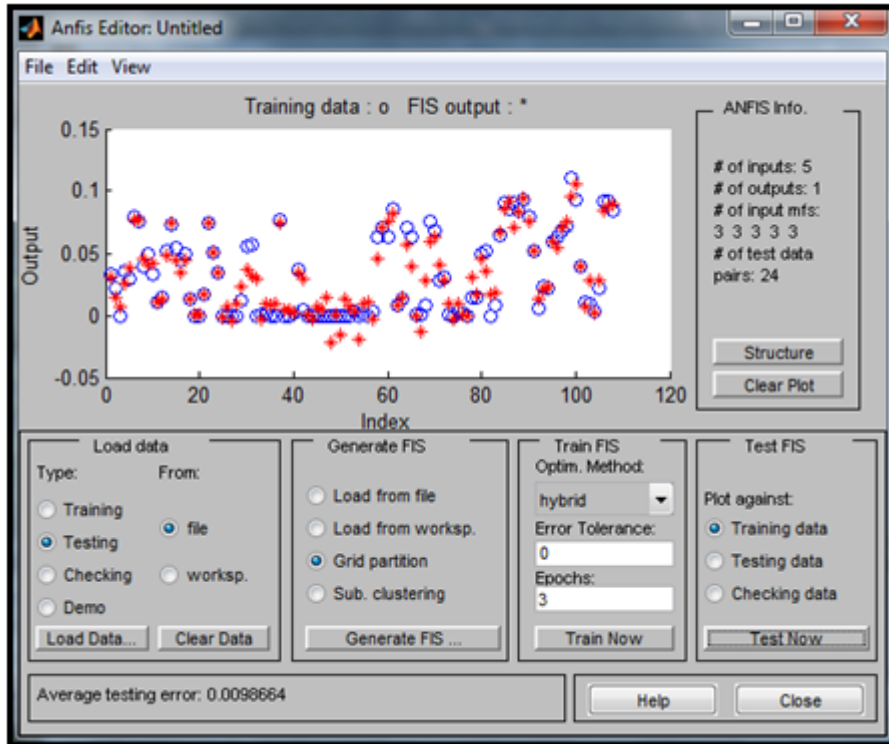
Test aşamasında eğitim verisi ile bulanık modelin yapmış olduğu tahmin değerleri karşılaştırılır. Girdi değerlerine karşılık gelen gözlem değerleri ve tahmin değerlerinin dağılımları ANFIS editör penceresinin grafik bölgesinde gösterilir. Şekil 4.7’deki gibi burada gözlenen değerler ve tahmin değerlerinin çakışması modelin doğru tahminde bulunduğunun bir göstergesidir.

Eğer model oluşturulurken veriler eğitim, test ve kontrol olarak ayrıldı ise bu veriler kullanılarak da tahmin değerleri test edilebilir. Test işlemi sonunda modelin düzgün çalıştığına kanaat getirildi ise ANFIS editörde “structure” düğmesine basılarak oluşturulan Şekil 4.8’deki modelin yapısı şekilsel olarak gözlenebilir.

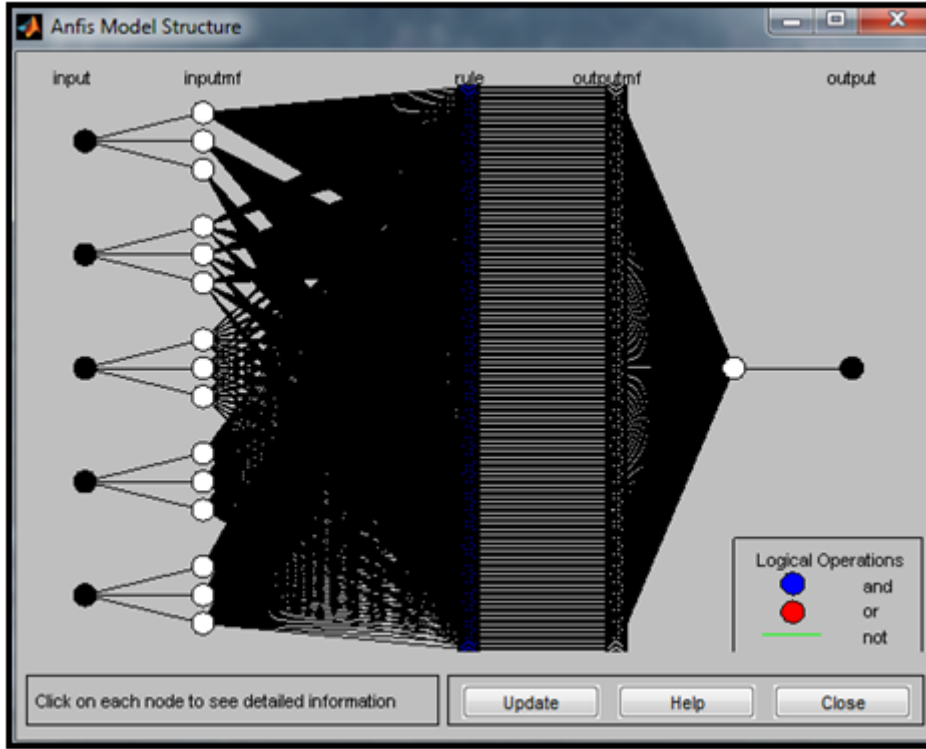
Çıktı değişkeni doğrusal bir fonksiyon olarak tanımlandı ise bu fonksiyona ait parametre değerleri ANFIS editörün Düzen menüsünden üyelik fonksiyonu (membership function) seçeneğine basılarak açılan Şekil 4.9’daki ÜF yazım penceresinden okunabilir.



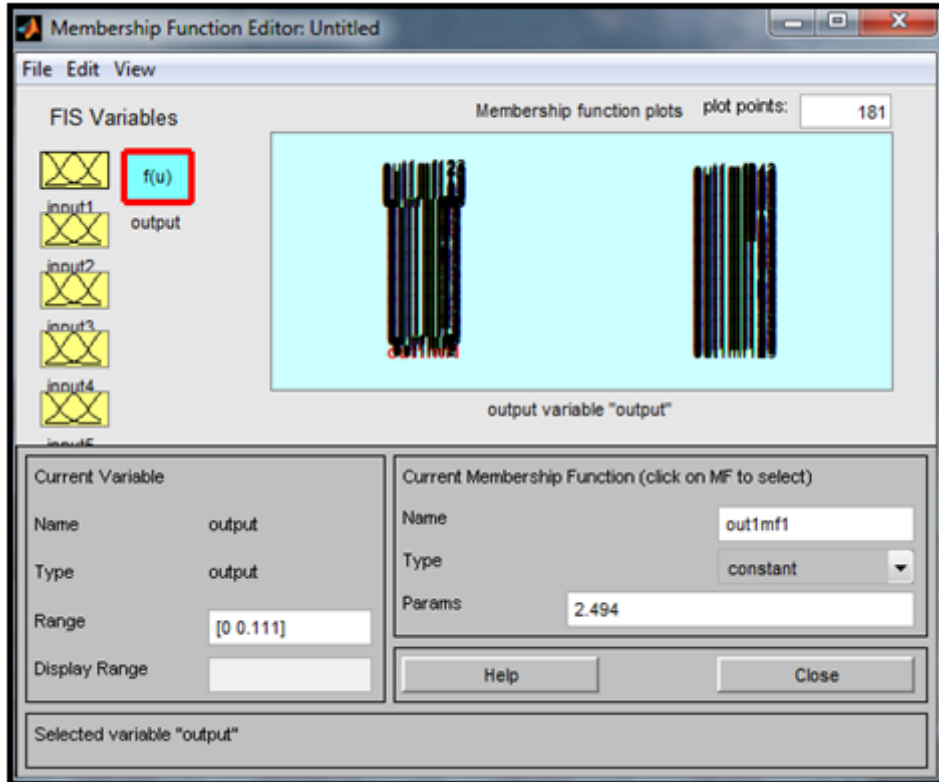
Şekil 4.6: Örnek bir bulanık sistemin eğitildikten sonraki ANFIS editör penceresi.



Şekil 4.7: Test aşamasından sonra ANFIS editör penceresi.



Şekil 4.8: ANFIS model yapısının genel görünümü.



Şekil 4.9: Uygulama sonucunda üyelik fonksiyonu penceresinde değerlerin okunması.

5. BARAJ DOLULUK TAHMİNİNDE ANFİS UYGULAMASI

“Terkos Barajı doluluk oranının ANFİS metodu ile tahmini” uygulaması ile gelecekte kullanılabilir akıllı baraj haritalarına altlık sağlamak, Bu sayede akıllı haritalar yardımıyla geleceğimizi kurtarmaktır. ANFİS verileri kolay eğitildiğinden; ANFİS uygulamaları Haritacılıkta kullanılması için örnek çalışmalar yapılmıştır.

Yapılan çalışmalar ile bulanık model ile geoit belirleme, deformasyon ölçmeleri gibi pek çok jeodezik problem başarı ile çözülmüştür. Burada önemli konu elde yeterli sayıda veri olması ve bu verilere ait uygun üyelik dereceleri ve alt küme aralıklarının belirlenmesidir. Aksi takdirde bulanık model ile dayanak noktalarında iyi sonuçlar elde edilmesine rağmen test noktalarında kötü sonuçlar elde edilebilir, (Yılmaz ve Arslan, 2005) sonucu çıkmıştır.

Ayrıca Geoit Yüksekliğinin hesaplanması çalışmasında çıkan sonuçlara göre; Geoit yüksekliği teknolojilerin rasyonel kullanımını sağlayan bilgisidir. Bu nedenle yüksek doğrulukla ve kolayca belirlenmesi gerekir. ANFİS, verilerin eğitilmesine olanak vermesi ve bulanık modelin kolayca oluşturulması nedeniyle tercih edilmektedir. ANFİS ile geoit yüksekliği hesabında noktaların enlem ve boylam değerleri girdi olarak alınmıştır, öte yandan GPS/nivelman yöntemine göre belirlenmiş geoit yükseklikleri de çıktı olarak alınmış, böylece iki girdi ve bir çıktılı bir bulanık model oluşturulmuştur. Bulanık modelde öncül ve soncul parametrelerin bulunması ve verilerin eğitilmesi açıklanmış bir noktanın geoit yüksekliğinin nasıl hesaplanacağı sayısal örneklerle gösterilmiştir. Sayısal uygulama sonuçları, Matlab yazılımı yardımıyla doğrudan bulunan geoit yükseklik değerleri ile adım adım hesaplananlar arasındaki farkların çok küçük olduğu; bölge için oluşturulan bir bulanık modele ilişkin kurallar ve 1. Derece polinom katsayıları yada bir bulanık model ve Matlab yazılımı kullanılarak enlem ve boylam değerleri bilinen bir noktanın geoit yüksekliğinin hesaplanabileceğini göstermektedir. (Sarı ve Arslan, 2007)

Yukarıda anlaşıldığı gibi uygun araştırmalar seçildiği zaman Harita Mühendisleri içinde kolaylıklar sağlandığı görülmektedir. Bu nedenle bu çalışma yapılmıştır.

5.1. Veri Setinin Özellikleri, Seçimi ve Elde Edilmesi

Terkos Barajı doluluk oranının ANFİS metodu ile tahmini için uygulaması için İSKİ Genel Müdürlüğü SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) sisteminden Terkos Barajına ait içme suyunun doluluğuna etki eden veriler temin edildi. SCADA; su dağıtım tesisleri ile içme suyu şebekesinin etkin verimli bir şekilde kontrol ve kumandasını sağlamakta ve su depolarının su seviyeleri ve hacimleri; su depolarından şebekeye verilen ve üst kademeye basılan su miktarı, terfi basınç değerleri, motor ve vanaların durum ve pozisyonları merkezden izlemeye yarayan sistemdir. SCADA sisteminden; Terkos Barajı Doluluk Oranı, Terkos Barajı Fiili Gelen Su Miktarı, Terkos Barajından alınan Hamsu Miktarı, Terkos Barajı Yıllık Yağı Miktarı, Istranca Regülatör ve Kazancıdere Pabuçdere Barajından Terkos Barajına Gelen Su Miktarı değerleri temin edildi. Uygulama bu veriler temel alınarak yapıldı.



Şekil 5.1: Terkos Baraj Gölü.

Terkos barajındaki suyun hesaplanabilmesi için Kütlelerin Korunumu Yasasına göre giren su miktarı ile çıkan su miktarı arasındaki fark hesaplanmalıdır. Sadece Terkos Barajından Alınan Hamsu miktarı çıkan su diğer veriler giren su miktarını belirlememizi sağlamaktadır.

Tablo 5.1: Baraj doluluğunu etkileyen değerler.

| YIL_AY | TBDO(%) | TBFGS (m3) | TBAHS(hm3) | TBYM (mm) | IRKP (hm3) |
|----------------|----------------|-----------------------|-------------------|----------------------|-----------------------|
| 2000_01 | 0.7424941907 | 25992291 | 15.1157980 | 72.59 | 6.1599270 |
| 2000_02 | 0.8469190895 | 21952456 | 12.4147010 | 68.09 | 4.1484300 |
| 2000_03 | 0.9301816434 | 19632263 | 16.3929870 | 57.45 | 0.0129240 |
| 2000_04 | 0.9494246214 | 12859954 | 13.4476920 | 60.08 | 6.6525310 |
| 2000_05 | 0.9843541398 | 8281579 | 13.5746550 | 61.23 | 5.6288470 |
| 2000_06 | 0.9784998860 | 641510 | 10.6595770 | 17.13 | 14.7761640 |
| 2000_07 | 0.9726715195 | 1559566 | 23.1095180 | 36.95 | 14.1153440 |
| 2000_08 | 0.8920556456 | 2595325 | 22.5637160 | 9.15 | 7.5316200 |
| 2000_09 | 0.7969853490 | 4291756 | 21.1144910 | 91.21 | 9.3353910 |
| 2000_10 | 0.7281759851 | 9759420 | 21.8045100 | 107.28 | 6.0840980 |
| 2000_11 | 0.6873416707 | 6174563 | 21.8150340 | 5.46 | 2.0342530 |
| 2000_12 | 0.5956755691 | 10928814 | 23.7681760 | 47.30 | 2.8560830 |
| 2001_01 | 0.5336690479 | 25513081 | 17.3862770 | 92.60 | 9.7319530 |
| 2001_02 | 0.6419647315 | 32376627 | 17.8623280 | 71.20 | 13.6207010 |
| 2001_03 | 0.8153795896 | 13806922 | 18.6314630 | 44.00 | 10.1275580 |
| 2001_04 | 0.8431962328 | 7750278 | 17.7690170 | 48.05 | 8.4472670 |
| 2001_05 | 0.8320338262 | 3598402 | 17.6300760 | 20.40 | 9.0887750 |
| 2001_06 | 0.7805301989 | 1802704 | 14.4292600 | 23.80 | 2.4912950 |
| 2001_07 | 0.7014626389 | 1104209 | 12.4270830 | 0.00 | 0.0674270 |
| 2001_08 | 0.6093034436 | 2266458 | 17.8881440 | 6.80 | 0.0670460 |
| 2001_09 | 0.4926991328 | 8787642 | 17.6124010 | 59.12 | 3.1459860 |
| 2001_10 | 0.4397532066 | 2718717 | 16.5178320 | 19.20 | 13.8611060 |
| 2001_11 | 0.4176749404 | 13545790 | 16.0538260 | 161.40 | 9.5434070 |
| 2001_12 | 0.4572641934 | 101690155 | 19.6572360 | 254.20 | 6.2355820 |
| 2002_01 | 0.9784949550 | 26825764 | 16.3869500 | 8.10 | 0.0190150 |
| 2002_02 | 1.0000000000 | 13830383 | 13.5461510 | 24.30 | 0.0221160 |
| 2002_03 | 1.0000000000 | 16214212 | 15.5979010 | 56.60 | 0.0398520 |
| 2002_04 | 1.0000000000 | 13377247 | 14.3703440 | 42.10 | 0.0410960 |
| 2002_05 | 0.9941321861 | 4174957 | 17.7452830 | 9.30 | 2.1750050 |
| 2002_06 | 0.9167781264 | 2204084 | 20.4666430 | 9.20 | 10.3302440 |
| 2002_07 | 0.8469190895 | 2217085 | 17.7211260 | 41.90 | 10.6381820 |

Tablo 5.1: Devam.

| YIL_AY | TBDO(%) | TBFGS (m3) | TBAHS(hm3) | TBYM (mm) | IRKP (hm3) |
|----------------|----------------|-----------------------|-------------------|----------------------|-----------------------|
| 2002_08 | 0.7914768770 | 5408426 | 18.6547820 | 35.41 | 0.0181130 |
| 2002_09 | 0.6961680463 | 12161381 | 18.2462590 | 184.28 | 0.1284620 |
| 2002_10 | 0.6593216265 | 5508921 | 16.4705280 | 64.60 | 0.1614110 |
| 2002_11 | 0.5905967049 | 17410789 | 16.5504750 | 93.00 | 0.0395960 |
| 2002_12 | 0.5956755691 | 25744693 | 14.3514590 | 83.78 | 0.0576500 |
| 2003_01 | 0.6645422550 | 31718983 | 10.4333530 | 160.80 | 14.3963700 |
| 2003_02 | 0.8844743314 | 30362657 | 7.8204800 | 108.30 | 0.0117820 |
| 2003_03 | 0.9843504416 | 16742871 | 11.4450600 | 50.60 | 0.0267400 |
| 2003_04 | 1.0000000000 | 13183739 | 13.5378470 | 79.00 | 0.3541080 |
| 2003_05 | 1.0000000000 | 6077407 | 18.0008320 | 0.00 | 6.9246660 |
| 2003_06 | 0.9629563427 | 2112244 | 18.5742610 | 0.00 | 0.9503170 |
| 2003_07 | 0.8562755407 | 1136598 | 15.5706890 | 2.20 | 0.0306640 |
| 2003_08 | 0.7497056848 | 1046598 | 19.4507810 | 0.00 | 0.0684750 |
| 2003_09 | 0.6212856183 | 3308671 | 19.1502140 | 65.30 | 0.0533300 |
| 2003_10 | 0.5188392576 | 23155613 | 19.2561130 | 213.95 | 0.0496500 |
| 2003_11 | 0.5419591842 | 25141763 | 17.2995630 | 137.02 | 0.0367000 |
| 2003_12 | 0.5889016956 | 24788620 | 17.9085640 | 105.10 | 0.0461440 |
| 2004_01 | 0.6315912747 | 65940628 | 16.1420960 | 166.46 | 0.0257840 |
| 2004_02 | 0.9053321910 | 25282303 | 13.4638830 | 50.02 | 0.0515800 |
| 2004_03 | 0.9784949550 | 24004873 | 19.0571140 | 123.96 | 0.0392750 |
| 2004_04 | 1.0000000000 | 9104081 | 16.0282150 | 20.60 | 0.0426340 |
| 2004_05 | 0.9571501655 | 5499153 | 19.9485800 | 58.20 | 0.5301700 |
| 2004_06 | 0.8656381556 | 12160409 | 17.7608620 | 143.80 | 0.0602370 |
| 2004_07 | 0.8283171332 | 2570488 | 20.6738640 | 7.20 | 0.2290280 |
| 2004_08 | 0.7085631869 | 4631958 | 21.7219820 | 49.70 | 0.0697140 |
| 2004_09 | 0.5922855505 | 3744474 | 20.8742830 | 12.00 | 0.5145750 |
| 2004_10 | 0.4813518161 | 6167678 | 19.2727060 | 102.20 | 11.7969050 |
| 2004_11 | 0.4684697456 | 4087412 | 17.9453220 | 39.70 | 13.0515440 |
| 2004_12 | 0.4604569745 | 7747982 | 18.6476000 | 90.70 | 11.6975840 |
| 2005_01 | 0.4604569745 | 17623654 | 16.4531290 | 109.70 | 16.0069290 |
| 2005_02 | 0.5653010028 | 51809845 | 8.7662870 | 82.60 | 1.4384420 |

Tablo 5.1: Devam.

| YIL_AY | TBDO(%) | TBFGS (m3) | TBAHS(hm3) | TBYM (mm) | IRKP (hm3) |
|---------------|----------------|-----------------------|-------------------|----------------------|-----------------------|
| 2005_03 | 0.8394733760 | 29045371 | 10.0932440 | 80.70 | 2.3428730 |
| 2005_04 | 0.9707287307 | 2951623 | 15.7782910 | 13.60 | 13.0183820 |
| 2005_05 | 0.9648978988 | 12897560 | 21.5426810 | 74.25 | 11.6735220 |
| 2005_06 | 0.9687810110 | 4341567 | 22.6335860 | 11.90 | 0.1023940 |
| 2005_07 | 0.8413348044 | 2487938 | 18.9603260 | 55.10 | 0.1000900 |
| 2005_08 | 0.7299511221 | 2414972 | 21.8883450 | 36.90 | 1.5727340 |
| 2005_09 | 0.6041875975 | 8808153 | 23.0181440 | 86.80 | 14.1181430 |
| 2005_10 | 0.5939805598 | 5198805 | 23.9762170 | 86.30 | 12.5798550 |
| 2005_11 | 0.5419591842 | 17889523 | 23.3640080 | 138.00 | 5.2054850 |
| 2005_12 | 0.5403011569 | 45197125 | 20.4652940 | 189.80 | 5.7852190 |
| 2006_01 | 0.7281636578 | 42667387 | 18.4852430 | 105.80 | 0.2608560 |
| 2006_02 | 0.8788222459 | 37700349 | 16.7456760 | 97.50 | 0.0187280 |
| 2006_03 | 0.9960860695 | 17498449 | 17.5005790 | 121.25 | 0.6443300 |
| 2006_04 | 1.0000000000 | 11670248 | 18.5161090 | 19.10 | 0.3122750 |
| 2006_05 | 0.9590793942 | 5260880 | 19.8919450 | 4.00 | 0.0550900 |
| 2006_06 | 0.8637643999 | 12726924 | 21.5304950 | 51.20 | 2.7299490 |
| 2006_07 | 0.8190777917 | 6801552 | 20.6852380 | 6.70 | 2.5123510 |
| 2006_08 | 0.7263761934 | 1989876 | 22.5695430 | 21.60 | 9.0272000 |
| 2006_09 | 0.6333171023 | 14090814 | 20.7183420 | 129.70 | 9.6135370 |
| 2006_10 | 0.6402327402 | 10892889 | 19.3716940 | 145.70 | 0.0340390 |
| 2006_11 | 0.5804389766 | 18976412 | 19.0295950 | 91.00 | 1.5247450 |
| 2006_12 | 0.5889016956 | 10912338 | 17.6377440 | 44.50 | 11.9752440 |
| 2007_01 | 0.6058949341 | 4375726 | 15.4352950 | 25.50 | 16.7308190 |
| 2007_02 | 0.6298716108 | 6389738 | 13.9084080 | 41.40 | 16.0867100 |
| 2007_03 | 0.6768017949 | 5626696 | 17.3814260 | 40.68 | 16.8559650 |
| 2007_04 | 0.7050129129 | 922897 | 19.3494590 | 6.20 | 15.8234130 |
| 2007_05 | 0.6926362633 | 3489804 | 22.8790390 | 59.95 | 17.2065450 |
| 2007_06 | 0.6768017949 | 1453940 | 23.0821010 | 15.20 | 14.8918470 |
| 2007_07 | 0.6195659544 | 462256 | 23.0696210 | 1.50 | 9.6937390 |
| 2007_08 | 0.5254220573 | 4261449 | 23.2323590 | 15.50 | 1.1779340 |
| 2007_09 | 0.4036094452 | 5128823 | 25.0126810 | 34.10 | 4.2895010 |

Tablo 5.1: Devam.

| YIL_AY | TBDO(%) | TBFGS (m3) | TBAHS(hm3) | TBYM (mm) | IRKP (hm3) |
|---------------|----------------|-----------------------|-------------------|----------------------|-----------------------|
| 2007_10 | 0.3034313151 | 5829709 | 24.7445820 | 93.60 | 4.1168640 |
| 2007_11 | 0.2128561831 | 39994369 | 23.0696950 | 233.75 | 11.1511770 |
| 2007_12 | 0.3927490585 | 29135860 | 19.9213070 | 106.20 | 11.6366750 |
| 2008_01 | 0.5155478578 | 7786855 | 19.1006270 | 37.90 | 12.6688180 |
| 2008_02 | 0.5237763574 | 25954119 | 17.4911930 | 59.80 | 13.3362430 |
| 2008_03 | 0.6715441843 | 15613508 | 18.2654980 | 64.20 | 20.6564800 |
| 2008_04 | 0.7914768770 | 2287154 | 16.7702220 | 11.00 | 17.3567720 |
| 2008_05 | 0.8116813876 | 2387776 | 15.1677950 | 2.20 | 7.3003550 |
| 2008_06 | 0.7696081755 | 917959 | 17.1902540 | 4.40 | 1.9884370 |
| 2008_07 | 0.6785522772 | 226086 | 19.3512400 | 20.30 | 1.9217710 |
| 2008_08 | 0.5636244846 | 1202129 | 20.8528380 | 3.90 | 0.6500710 |
| 2008_09 | 0.4349948533 | 37367216 | 20.6341830 | 118.80 | 4.0914710 |
| 2008_10 | 0.5636244846 | 13391973 | 21.3023790 | 64.00 | 17.1564470 |
| 2008_11 | 0.6178524541 | 7464002 | 25.0361640 | 78.09 | 17.1940460 |
| 2008_12 | 0.6178524541 | 8179724 | 25.8943070 | 102.00 | 15.8877800 |
| 2009_01 | 0.6161327901 | 28675713 | 27.1399220 | 125.20 | 19.8973340 |
| 2009_02 | 0.7587354614 | 41670528 | 20.7957210 | 182.00 | 9.9039430 |
| 2009_03 | 0.9532855443 | 29951521 | 22.1166500 | 152.67 | 0.0464250 |
| 2009_04 | 0.9941321861 | 13858713 | 20.0367020 | 66.20 | 3.7325300 |
| 2009_05 | 0.9765595626 | 5267730 | 16.4372220 | 20.73 | 10.5551000 |
| 2009_06 | 0.9513563156 | 2012040 | 16.1785210 | 1.71 | 1.6142380 |
| 2009_07 | 0.8581492964 | 1595912 | 16.9466730 | 5.92 | 4.0078280 |
| 2009_08 | 0.7678022202 | 2474176 | 17.1999940 | 40.11 | 4.0952430 |
| 2009_09 | 0.6803089231 | 55777853 | 16.8807560 | 310.48 | 1.3042790 |
| 2009_10 | 0.9110582405 | 27788654 | 18.4451550 | 187.87 | 0.3808680 |
| 2009_11 | 0.9610147866 | 15390401 | 17.8758330 | 88.80 | 0.1173210 |
| 2009_12 | 0.9263441424 | 24913131 | 18.0606000 | 172.44 | 0.0511720 |
| 2010_01 | 0.9397809432 | 27549001 | 16.6186050 | 138.40 | 0.0530140 |
| 2010_02 | 0.9455624657 | 24367861 | 14.5906650 | 110.35 | 0.0490900 |
| 2010_03 | 0.9610147866 | 24004148 | 16.4949120 | 87.21 | 0.4263440 |
| 2010_04 | 1.0000000000 | 13390891 | 17.0035000 | 34.24 | 0.8865420 |

Tablo 5.1: Devam.

| YIL_AY | TBDO(%) | TBFGS (m3) | TBAHS(hm3) | TBYM (mm) | IRKP (hm3) |
|---------|--------------|------------|------------|-----------|------------|
| 2010_05 | 0.9785011187 | 4647672 | 18.6123550 | 6.80 | 8.2032790 |
| 2010_06 | 0.9340179116 | 4174263 | 13.0402440 | 52.76 | 8.1915570 |
| 2010_07 | 0.9072429287 | 8452262 | 16.5728280 | 66.95 | 7.0374060 |
| 2010_08 | 0.8807083290 | 4547510 | 23.4611310 | 4.49 | 0.1975220 |
| 2010_09 | 0.7461122651 | 4700200 | 19.7315440 | 47.23 | 0.1929940 |
| 2010_10 | 0.6488865330 | 31150785 | 18.9740110 | 242.40 | 0.2589490 |
| 2010_11 | 0.7210138005 | 19283205 | 19.3438330 | 51.87 | 0.1769700 |
| 2010_12 | 0.7210138005 | 51210572 | 19.5144870 | 134.17 | 0.4356450 |
| 2011_01 | 0.9186888641 | 32868018 | 20.7176620 | 105.49 | 0.4066440 |
| 2011_02 | 0.9960860695 | 23249846 | 22.7273460 | 50.17 | 0.2868110 |
| 2011_03 | 1.0000000000 | 23815262 | 23.2249240 | 38.41 | 0.2663150 |
| 2011_04 | 1.0000000000 | 20503436 | 20.7933550 | 99.75 | 0.2899190 |
| 2011_05 | 1.0000000000 | 12124643 | 21.7387770 | 18.48 | 0.1832680 |
| 2011_06 | 0.9359409767 | 5977361 | 23.1077380 | 12.91 | 0.1775710 |
| 2011_07 | 0.8209268927 | 4895471 | 24.0443220 | 20.29 | 0.1766160 |
| 2011_08 | 0.6891106440 | 3358317 | 23.9873300 | 26.58 | 8.1689450 |
| 2011_09 | 0.5905967049 | 3674165 | 23.4016940 | 13.33 | 12.5967620 |
| 2011_10 | 0.5254220573 | 29407884 | 22.4923040 | 253.39 | 5.4106340 |
| 2011_11 | 0.5939867235 | 7511645 | 21.9818270 | 23.98 | 3.3232530 |
| 2011_12 | 0.5139021579 | 30033314 | 24.7263770 | 120.82 | 15.5404580 |

İSKİ Genel Müdürlüğü SCADA sistemindeki verilerin bazılarının kaybolması veya personel tarafından her verinin saklanamamasından dolayı her veri kullanılamamıştır. 2000 yılından 2011 yılının sonuna kadar olan veriler eksiksiz olduğundan sadece bu yıllara ait veriler kullanılmıştır.

5.2. Yöntem

Bulanık Mantığın kullanılma sebeplerinden bazıları;

- i) Bulanık mantık bir kavramdır. Öncelikle ne olduğunu anlamak gerekir. Bulanık mantığın matematiksel kavramları çok basittir. Bu sayede karmaşık doğal olayları basitleşmeyi sağladığı için bulanık mantığı cazip hale getirir.
- ii) Bulanık mantık esnek bir kavramdır; Ele alınan problemlerin ele alınması farklı mantıklar ile ifade edilebilir. Bu nedenle esnek bir ortam sağlar. Yapabileceklerimiz zihnimizdekilerle sınırlıdır.
- iii) Bulanık mantık kesin olmayan verilerle toleranslı bir yaklaşımdır. Hiç bir şey kesin değildir, her şey farklı yaklaşımlar yapılarak göreceli değerle ifade edilebilir. Bulanık mantık bu temel anlayış üzerine oluşturulur.
- iv) Bulanık mantık doğrusal olmayan fonksiyonları modellemeyi sağlar.
- v) Bulanık mantığı oluşturabilmenin en önemli şartı yeterli tecrübe ve bilgi sahibi olmaktır.
- vi) Bulanık mantık ile geleneksel yöntemler ile kontrol şansı sağlar.
- vii) Bulanık mantık günlük konuşma dili ile kurulur. Bulanık mantık insan ilişkisine benzer normal kullanılan günlük dille yazılabilmesi en önemli yanıdır. [Kubat, 2013]

Uygulamada; Bulanık Mantık ANFIS yöntemi seçildi. ANFIS verilen girdi ve çıktı değişkenlerinin eğitimi yapan bir yazılımdan ibarettir. ANFIS yazılımı verilen girdilerin çıktılarla en iyi biçimde uygunluğunu sağlarken, geri beslemeli eğitim inmesi ve en küçük kareler yaklaşımı kullanılır. Girdi-çıkıtı arasındaki bulanık kural tabanının (...EĞER...İSE...) ve üyelik fonksiyonlarını göz önünde tutarak otomatik bir biçimde ayarlayarak verilen girdilere karşı gelen çıktılar elde edilir. ANFIS uygulamalarında girdi uzayın alt parçalarına ayrılması ve oradan üyelik fonksiyonlarının atanması ile çıktılara en uygun ve doğruya en yakın çıktıları sağlamamızı sağlar. Bu nedenle ANFIS yöntemi uygulamada kullanılmıştır.

Uygulama için öncelikle verilere ait üyelik dereceleri belirlenmiştir. Üyelik dereceleri belirlenirken Tablo 5.1'deki İSKİ Genel Müdürlüğü SCADA verileri birbirleri arasında en büyük değerler bölünerek normalleştirme yapılmıştır. Normalleştirme yapılarak üyelik dereceleri elde edilmiştir. Terkos Barajının doluluk değerleri 2000 yılından 2008 yılına kadar olan veri eğitim verisi kalan 2009-2011 yılları arasındaki verileri test verisi olarak belirlendi. Tablo 5.2.'deki sütunlar İSKİ Genel Müdürlüğünden temin edilerek normalleştirmeye elde edilen üyelik dereceleri

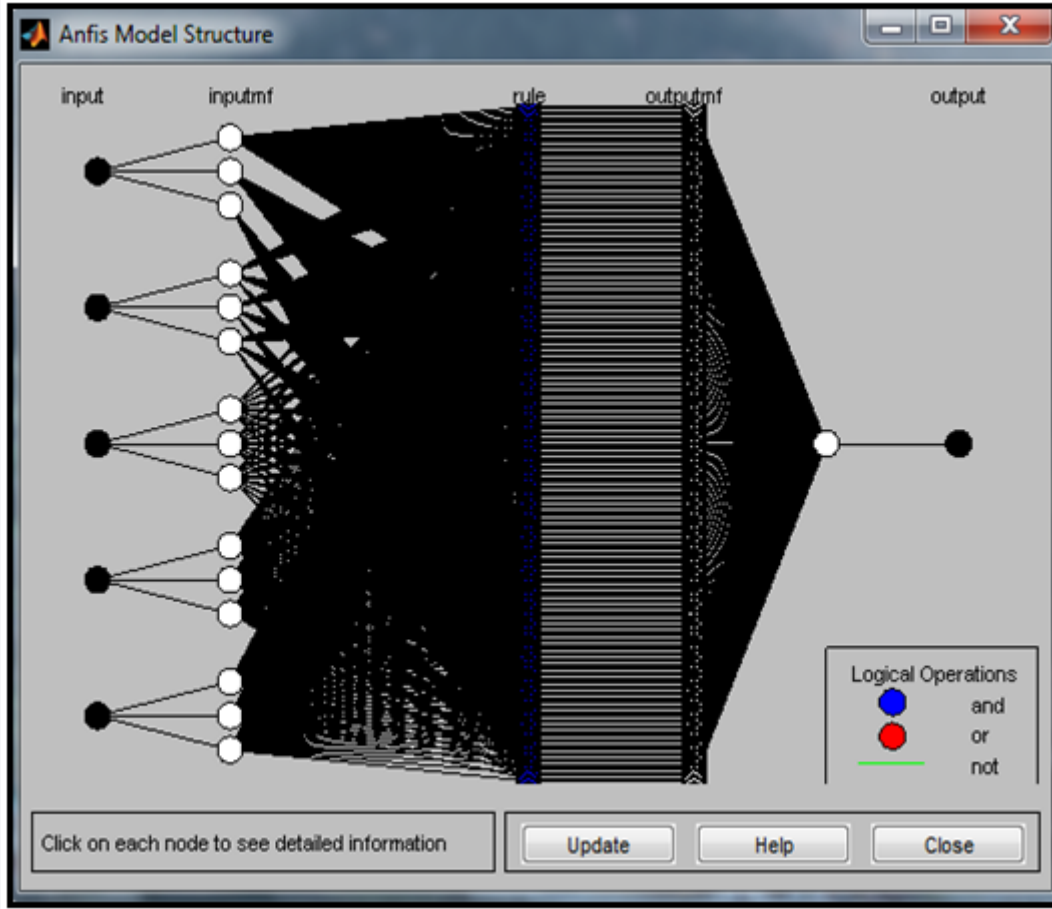
sırasıyla; Terkos Barajı Doluluk Oranı, Terkos Barajı Fiili Gelen Su Miktarı, Terkos Barajından alınan Hamsu Miktarı, Terkos Barajı Yıllık Yağı Miktarını, İstıranca Regülatör ve Kazancıdere Pabuçdere Barajından Terkos Barajına Gelen Su Miktarı' dir.

Eğitim veri setini Bölüm 3.2.'de belirtildiği şekilde 8 ayrı ANFİS fonksiyonunda (trimf, trapmf, gbellmf, gaussmf, gauss2mf, pimfdsigmf, psigmf) ve seçilen methodla (Hibrit (Hybrid) ve Geri Besleme (backpropa)) işleme tabi tutularak Yapay Sinir Ağı (ekil 5.2. ve ANFİS Fonksiyonlarının karesel ortalama hata değerleri Tablo 5.3 ve Tablo 5.4 elde edilmiştir.

Tablo 5.2: Üyelik değerleri not defteri.

| Dosya | Düzen | Biçim | Görünüm | Yardım | | |
|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--|--|
| 2.5992291e+07 | 1.5115798e+01 | 7.2590000e+01 | 6.1599270e+00 | 7.4249419e-01 | | |
| 1.9632263e+07 | 1.6392987e+01 | 5.7450000e+01 | 1.2924000e-02 | 9.3018164e-01 | | |
| 8.2815790e+06 | 1.3574655e+01 | 6.1230000e+01 | 5.6288470e+00 | 9.8435414e-01 | | |
| 1.5595660e+06 | 2.3109518e+01 | 3.6950000e+01 | 1.4115344e+01 | 9.7267152e-01 | | |
| 4.2917560e+06 | 2.1114491e+01 | 9.1210000e+01 | 9.3353910e+00 | 7.9698535e-01 | | |
| 6.1745630e+06 | 2.1815034e+01 | 5.4600000e+00 | 2.0342530e+00 | 6.8734167e-01 | | |
| 2.5513081e+07 | 1.7386277e+01 | 9.2600000e+01 | 9.7319530e+00 | 5.3366905e-01 | | |
| 1.3806922e+07 | 1.8631463e+01 | 4.4000000e+01 | 1.0127558e+01 | 8.1537959e-01 | | |
| 3.5984020e+06 | 1.7630076e+01 | 2.0400000e+01 | 9.0887750e+00 | 8.3203383e-01 | | |
| 1.1042090e+06 | 1.2427083e+01 | 0.0000000e+00 | 6.7427000e-02 | 7.0146264e-01 | | |
| 8.7876420e+06 | 1.7612401e+01 | 5.9120000e+01 | 3.1459860e+00 | 4.9269913e-01 | | |
| 1.3545790e+07 | 1.6053826e+01 | 1.6140000e+02 | 9.5434070e+00 | 4.1767494e-01 | | |
| 2.6825764e+07 | 1.6386950e+01 | 8.1000000e+00 | 1.9015000e-02 | 9.7849496e-01 | | |
| 1.6214212e+07 | 1.5597901e+01 | 5.6600000e+01 | 3.9852000e-02 | 1.0000000e+00 | | |
| 4.1749570e+06 | 1.7745283e+01 | 9.3000000e+00 | 2.1750050e+00 | 9.9413219e-01 | | |
| 2.2170850e+06 | 1.7721126e+01 | 4.1900000e+01 | 1.0638182e+01 | 8.4691909e-01 | | |
| 1.2161381e+07 | 1.8246259e+01 | 1.8428000e+02 | 1.2846200e-01 | 6.9616805e-01 | | |
| 1.7410789e+07 | 1.6550475e+01 | 9.3000000e+01 | 3.9596000e-02 | 5.9059670e-01 | | |
| 3.1718983e+07 | 1.0433353e+01 | 1.6080000e+02 | 1.4396370e+01 | 6.6454225e-01 | | |
| 1.6742871e+07 | 1.1445060e+01 | 5.0600000e+01 | 2.6740000e-02 | 9.8435044e-01 | | |
| 6.0774070e+06 | 1.8000832e+01 | 0.0000000e+00 | 6.9246660e+00 | 1.0000000e+00 | | |
| 1.1365980e+06 | 1.5570689e+01 | 2.2000000e+00 | 3.0664000e-02 | 8.5627554e-01 | | |
| 3.3086710e+06 | 1.9150214e+01 | 6.5300000e+01 | 5.3330000e-02 | 6.2128562e-01 | | |
| 2.5141763e+07 | 1.7299563e+01 | 1.3702000e+02 | 3.6700000e-02 | 5.4195918e-01 | | |
| 6.5940628e+07 | 1.6142096e+01 | 1.6646000e+02 | 2.5784000e-02 | 6.3159127e-01 | | |
| 2.4004873e+07 | 1.9057114e+01 | 1.2396000e+02 | 3.9275000e-02 | 9.7849496e-01 | | |
| 5.4991530e+06 | 1.9948580e+01 | 5.8200000e+01 | 5.3017000e-01 | 9.5715017e-01 | | |
| 2.5704880e+06 | 2.0673864e+01 | 7.2000000e+00 | 2.2902800e-01 | 8.2831713e-01 | | |
| 3.7444740e+06 | 2.0874283e+01 | 1.2000000e+01 | 5.1457500e-01 | 5.9228555e-01 | | |
| 4.0874120e+06 | 1.7945322e+01 | 3.9700000e+01 | 1.3051544e+01 | 4.6846975e-01 | | |
| 1.7623654e+07 | 1.6453129e+01 | 1.0970000e+02 | 1.6006929e+01 | 4.6045697e-01 | | |
| 2.9045371e+07 | 1.0093244e+01 | 8.0700000e+01 | 2.3428730e+00 | 8.3947338e-01 | | |
| 1.2897560e+07 | 2.1542681e+01 | 7.4250000e+01 | 1.1673522e+01 | 9.6489790e-01 | | |
| 2.4879380e+06 | 1.8960326e+01 | 5.5100000e+01 | 1.0009000e-01 | 8.4133480e-01 | | |

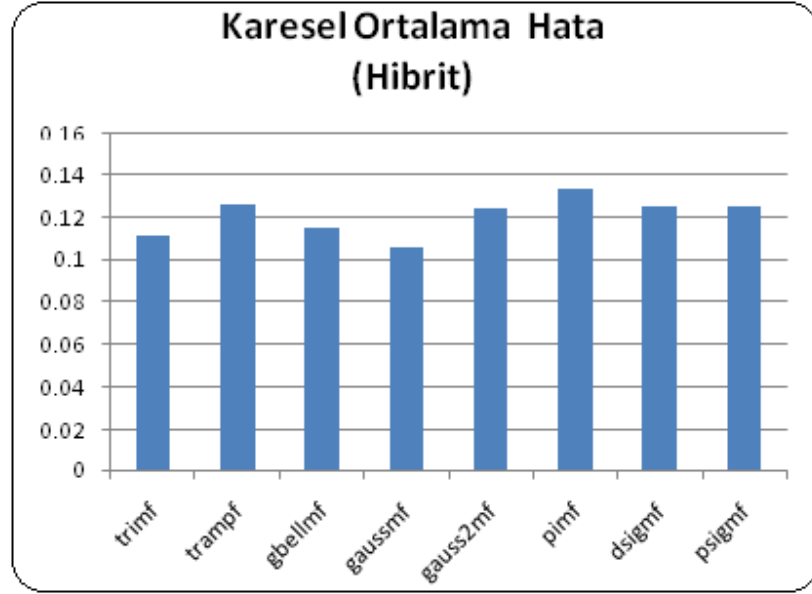
Oluşan Yapay Sinir ağında 193 tane düğüm noktası, 81 tane doğrusal parametre, 48 tane doğrusal olmayan parametre olmak üzere toplam 129 parametre vardır. Bu parametreler için 129 tane eğitim, 72 tane kontrol verisi ve 81 tane bulanık kural kullanılmıştır. Bu veriler sayesinde Tablo 5.5.'de çıktı değerleri bulunur.



Şekil 5.2: Oluşturulan yapay sinir ağı yapısı.

Tablo 5.3: ANFIS fonksiyonu ile elde edilen hibrit koh değerleri.

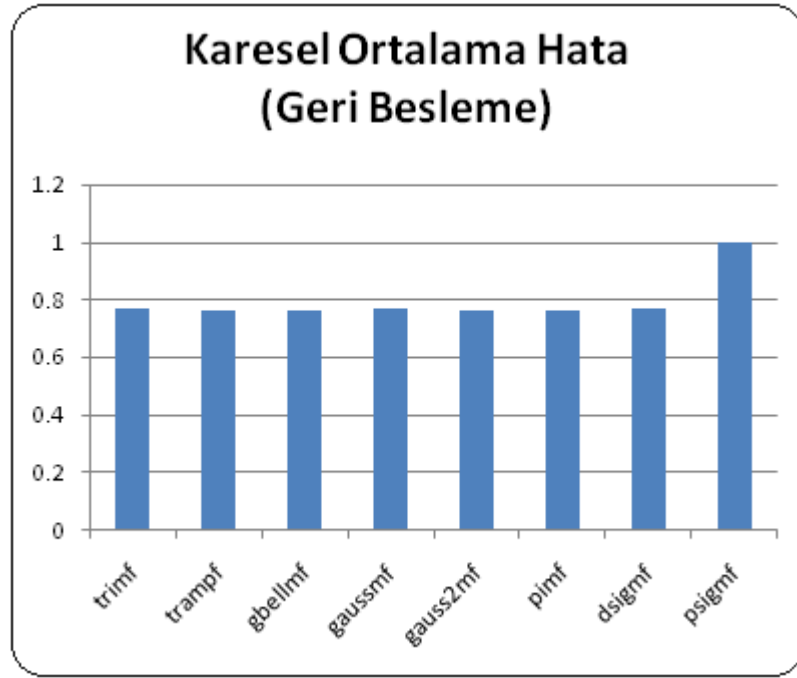
| No | Veri | Üyelik Fonk. Tipi (MF Type) | Üyelik fonk. Boyutları (Number Of MF) | Hata Sınırı (Error Tolerance) | Devir Sayısı (Epoch) | Uygun Method (Optim Method) | Karesel Ortalama Hata (Epochs Error) |
|----|--------|-----------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|----------------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| 1 | Eğitim | trimf | 3333 | 0 | 3 | hybrid | 0.11151 |
| 2 | Eğitim | trampf | 3333 | 0 | 3 | hybrid | 0.12642 |
| 3 | Eğitim | gbellmf | 3333 | 0 | 3 | hybrid | 0.11534 |
| 4 | Eğitim | gaussmf | 3333 | 0 | 3 | hybrid | 0.10590 |
| 5 | Eğitim | gauss2mf | 3333 | 0 | 3 | hybrid | 0.12411 |
| 6 | Eğitim | pimf | 3333 | 0 | 3 | hybrid | 0.13356 |
| 7 | Eğitim | dsigmf | 3333 | 0 | 3 | hybrid | 0.12517 |
| 8 | Eğitim | psigmf | 3333 | 0 | 3 | hybrid | 0.12517 |



Şekil 5.3: ANFIS fonksiyonları ile hibrit metodunda karesel ortalama hata sınırları.

Tablo 5.4: ANFIS fonksiyonu ile elde edilen geri besleme KOH değerleri.

| No | Veri | Üyelik Fonk. Tipi (MF Type) | Üyelik fonk. Boyutları (Number Of MF) | Hata Sınırı (Error Tolerance) | Devir Sayısı (Epoch) | Uygun Method (Optim Method) | Karesel Ortalama Hata (Epochs Error) |
|----|--------|-----------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|----------------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| 1 | Eğitim | trimf | 3333 | 0 | 3 | backpropa | 0.76649 |
| 2 | Eğitim | trampf | 3333 | 0 | 3 | backpropa | 0.76376 |
| 3 | Eğitim | gbellmf | 3333 | 0 | 3 | backpropa | 0.76639 |
| 4 | Eğitim | gaussmf | 3333 | 0 | 3 | backpropa | 0.76665 |
| 5 | Eğitim | gauss2mf | 3333 | 0 | 3 | backpropa | 0.76388 |
| 6 | Eğitim | pimf | 3333 | 0 | 3 | backpropa | 0.76346 |
| 7 | Eğitim | dsigmf | 3333 | 0 | 3 | backpropa | 0.77020 |
| 8 | Eğitim | psigmf | 3333 | 0 | 3 | backpropa | 0.99999 |



Şekil 5.4: ANFIS fonksiyonları ile geri besleme metodunda karesel ortalama hata sınırları.

En Düşük KOH değeri kullanarak Bölüm 4'te anlatıldığı gibi; (Hybrid gaussmf) eğitim.txt (Not defteri)'deki Baraj Doluluk değerlerini kullanarak eğitim verileri ANFİS sistemine yüklenerek tekrar BÇS oluşturuldu. Test.txt (Not Defteri) veri sisteme entegre edilerek test aşaması oluşturuldu. (Test aşamasında yapılan tahminin doğruya yakın olup olmadığını kontrol edebilmek amacıyla; test verisinden 2010 yılı, sonra 2011 yılı verileri ayrılarak ik yıla ait baraj dolulukları tahmin edildi.) Test aşamasında eğitim verisi ile bulanık modelin yapmış olduğu tahmin değerleri karşılaştırıldı. Girdi değerlerine karşılık gelen gözlem değerleri ve tahmin değerlerinin dağılımları ANFİS editör penceresinin grafik bölgesinde gösterildi. Burada gözlenen değerler ve tahmin değerlerinin çakışması gözlenerek modelin doğru tahminde bulunup bulunmadığı kontrol edildi.

Yapılan Kontroldeki Tablo 5.5. ve Tablo 5.6.'da % farklılıkların normalde olmaması gerektiği fakat olduğu tespit edilmiştir. Fakat sadece bizim çalışmamızda değil başka çalışmalarda da bu tür hatalar oluşmuştur. Giriş kısmında verilen Van Gölünün seviyesinin belirlenmesi örneğinde de bu tür hatalar olduğu görülmektedir. Önemli olan hatalar değil sebebini tespit edip çözüm sağlamaktır.

5.3. Yapılan Uygulamaların Analizi

İSKİ Genel Müdürlüğü SCADA sisteminden temin edilen verileri ve çalışma sonucunda elde edilen verileri kontrol etmek amacıyla; Terkos barajının doluluk oranlarını görsel olarak gösteren, doluluk oranlarının okunabileceği uydu görüntüleri veya hava fotoğrafları temin edilmek amacıyla araştırma yapılmıştır. Bu amaçla Devlet Kurumları, özel şirketlerle görüşüldü. EMİ Grup, ENKA şirketleri, DSİ, Karayolları, çalışmayı çözebilecek bir çalışmanın yapılmadığı veya ihtiyaç duyulmadığı tespit edilmiştir. İstanbul Büyükşehir Belediyesi ve İSKİ Genel Müdürlüğünde ise sadece batimetrik haritalar tespit edilmiştir. Fakat batimetrik haritalar ihtiyaçları karşılamamaktadır. Çünkü ne zaman yapıldığı bilinmediğinden hangi aya göre su yüksekliği hesaplandığı bilinmemektedir. İhtiyaç olan haritalar güncel ve ihtiyaç olan aylarda su seviyeleri göstermeli ki kontrol sağlansın. Son olarak İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin şirketi olan İstanbul Metropolitan planlama ve kentsel tasarım merkezi ile yapılan görüşmelerde ihtiyaca hasıl bir çalışmanın olmadığı fakat satın aldıkları helikopter ve ekipman sayesinde talep edilmesi durumunda istenilen bölge ve barajların hava fotoğrafları ve lazer tarama yöntemiyle belirli tarihlerde su seviyelerini belirlenebileceği öngörülmektedir.

Bu çalışma ile insan hayatı ve vücudu için çok önemli olan suyun; kullanımı ve miktarının takipleri ve tahminleri çok ilkel yöntemlerle yapıldığı anlaşılmaktadır. Fakat hayatın her alanında kullanılan teknolojiyi; su için kullanılmadığı tespit edilmiştir. Temiz veya kirli suların miktarını belirleyen kontrol sistemi yoktur.

Bu konuda ihtiyaç olan su seviyelerinin tespit edilmesinin hava fotoğrafları yardımıyla aylık veya belirli sürelerde çekilen görüntülerin işlenerek eş yükselti eğrilerinin geçirilerek güncel ve en az hatalı olarak su seviyesinin ve miktarının tespitini sağlamaktır. Bu sayede özellikle İstanbul için su miktarını tespit etmek ve yapılan çalışmalar için güncel bir altlık sağlamaktır. Terkos Barajını örnek alarak yapılan çalışmadan daha önemli olan doğru bilgi sağlamaktır. Şuan bile yapılan çalışmalardaki alınan su verilerin doğruluğundan kimse emin değildir. Çünkü veri toplamayı yapan insan olduğundan her zaman hata oranı yüksektir. Temin edilen verilerden emin olunamadığı için yapılan çalışmalar ile ilgili sonuçlar doğru olduğu

kabul edilerek MATLAB'ta işlenerek yorumlanmıştır. Ayrıca tahmini yapan sistemi kuran insanların tecrübeli olması gerekmektedir. Yaptığımız araştırma bulanık mantık konusunda ilk çalışma olduğundan bizimde hatalarımız unutulmamalıdır. Bu hataları tespit edebilmek amacıyla üç boyutlu görüntülere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle hava fotoğraflarını su seviyesini belirleyerek kontrol mekanizması oluşturulabilir.

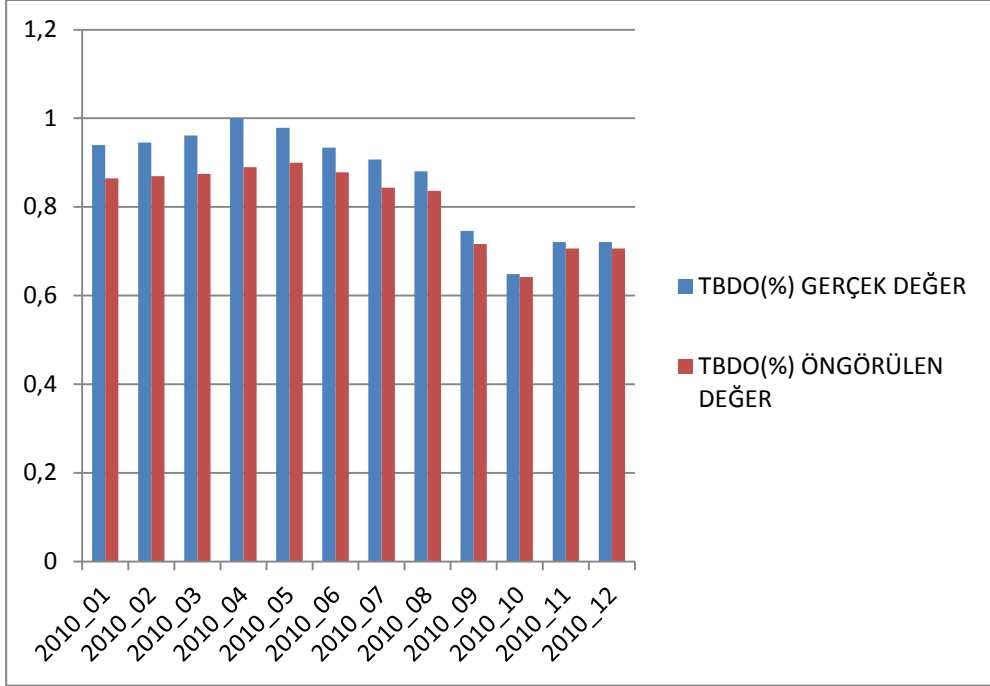
Yağış, deprem, baraj doluluğu, göl seviyesi ve akarsu debisi gibi doğal olayları kesin olarak tahmin etmek çok zordur hatta mümkün değildir. Genel olarak, bu olayların zamanla değişimi mevsimlerin, atmosferin etkisi çok fazladır. Özellikle son yıllarda iklimlerin değişimleri kışın güzel havaların olması ve yazın yağın yağmurlar mevsimlerin yer değiştirdiğini göstermektedir. Bu nedenle tahminler çok zor olmuştur. Oluşan periodik salınımlar ve dış etkenler artmaktadır, yani ani sıçramalar olmuş olur. Fakat tahminin doğru olabilmesi için etkenleri artırmamız gerekir. Bu örnek çalışmada sadece baraja gelen su ve çıkan su değerlerini değerlendirerek hesaplamalar yapılmıştır. Bu nedenle yakın değerler çıkmış olsa da tam doğrulara çok yaklaşmış olmamıştır. Doğru değerlerin tam doğru olmamasına etken sebeplerden biride verilerin alınmış olduğu İSKİ Genel

Tablo 5.5: 2010 yılı TBDO % değerlerin karşılaştırma tablosu.

| YIL_AY | TBDO(%) | | |
|---------|--------------|-----------------|----------------|
| | GERÇEK DEĞER | ÖNGÖRÜLEN DEĞER | DEĞER FARKLARI |
| 2010_01 | 0.9397809432 | 0.864598468 | 8% |
| 2010_02 | 0.9455624657 | 0.869917468 | 8% |
| 2010_03 | 0.9610147866 | 0.874523456 | 9% |
| 2010_04 | 1.0000000000 | 0.89 | 11% |
| 2010_05 | 0.9785011187 | 0.900221029 | 8% |
| 2010_06 | 0.9340179116 | 0.877976837 | 6% |
| 2010_07 | 0.9072429287 | 0.843735924 | 7% |
| 2010_08 | 0.8807083290 | 0.836672913 | 5% |
| 2010_09 | 0.7461122651 | 0.716267774 | 4% |
| 2010_10 | 0.6488865330 | 0.642397668 | 1% |
| 2010_11 | 0.7210138005 | 0.706593524 | 2% |
| 2010_12 | 0.7210138005 | 0.706593524 | 2% |

Müdürlüğünde toplanan verilerin gelişi güzel ve özensiz toplandığı için doğruluğunun kesin olmamasıdır. İSKİ verilerin son 5+ (Beş) seneye kadar

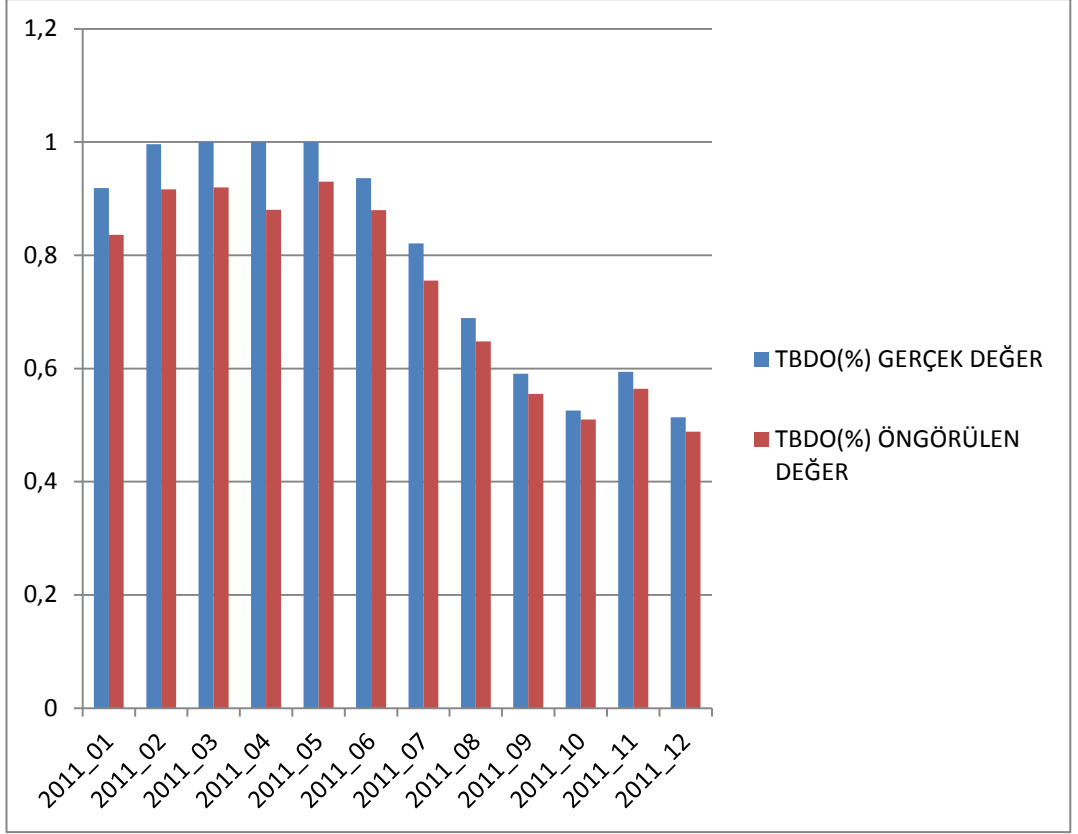
amirlerine su değerlerini yaklaşık olarak bilgi verilmesi için temin edilmiştir. Bu sebeple çok önemsenen veriler değildir ve işlemlerimizin doğrululuğunu etkilemektedir.



Şekil 5.5: 2010 yılı TBDO % gerçek değerler ile öngörülen değerlerin karşılaştırılması grafiği.

Tablo 5.6: 2011 yılı TBDO % değerlerin karşılaştırma tablosu.

| YIL_AY | TBDO(%) | | |
|---------|--------------|-----------------|----------------|
| | GERÇEK DEĞER | ÖNGÖRÜLEN DEĞER | DEĞER FARKLARI |
| 2011_01 | 0.9186888641 | 0.836006866 | 9% |
| 2011_02 | 0.9960860695 | 0.916399184 | 8% |
| 2011_03 | 1.0000000000 | 0.92 | 8% |
| 2011_04 | 1.0000000000 | 0.88 | 12% |
| 2011_05 | 1.0000000000 | 0.93 | 7% |
| 2011_06 | 0.9359409767 | 0.879784518 | 6% |
| 2011_07 | 0.8209268927 | 0.755252741 | 8% |
| 2011_08 | 0.6891106440 | 0.647764005 | 6% |
| 2011_09 | 0.5905967049 | 0.555160903 | 6% |
| 2011_10 | 0.5254220573 | 0.509659396 | 3% |
| 2011_11 | 0.5939867235 | 0.564287387 | 5% |
| 2011_12 | 0.5139021579 | 0.48820705 | 5% |



Şekil 5.6: 2011 yılı TBDO % gerçek değerler ile öngörülen değerlerin karşılaştırılması grafiği.

6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Terkos Barajı uygulamasında İSKİ Genel Müdürlüğünden elde edilen değerlerden; üyelik değerleri elde ederek, Anfis fonksiyonları ile eğitilerek Şekil 5.3.- Şekil.5.4 gösterildi. Değerler incelendiğinde hibrit fonksiyonlarının hatalarının daha düşük olduğu fakat yeterli olmadığı görülmektedir. Bunun nedeni; geri besleme yöntemi ile hibrit arasındaki farktır. Hibrit yönteminde karesel ortalama hatanın daha önemli olması, verilerin KOH dikkate alınarak eğitime daha yatkın olmalarıdır. Sadece Hibrit gaussmf anfis fonksiyonu istenilen değerlere en yakın değer olup %1 en yaklaşan değerdir.

Benzer uygulamalarda incelendiğinde bulanık mantık bu tür tahminleri yapılması için uygun olduğunu göstermektedir. Fakat basit istatistikî işlemler yapıldığında uygun dağılım olmamaktadır. Çünkü bulanık mantık uygulamalarında ise her bir veriye kendisine özgü üyelik dereceleri verilerek her bir veri ayrı değerlendirildiğinden gerçeğe en yakın değerlere ulaşılmaktadır.

Bu uygulamada da Şekil 5.6 ve Tablo 5.7'de görüleceği gibi tablolar arasındaki değerler %12 ile % 1 arasındadır. Fakat araştırmacılar için değerler %5 ile %1 olması gerekmektedir ama bazen değerlerin hassasiyetinin önemine göre %10 ile %2 alınabilir. İncelendiğinde veriler iki aralığı da aşmaktadır. Bunun nedeni; verilerin itinalı şekilde toplanmaması, sistemi kuran kişinin tecrübesi, verilerin yeterli olmaması(başka verilere de ihtiyaç olması) ve iklim değişimleridir. İSKİ Genel Müdürlüğü personeli bu verileri sadece kabada olarak su miktarları tahmin etmek amacıyla gelişi güzel toplamıştır. Fakat son yıllarda verinin önem kazanmasından dolayı dikkat edilmeye başlanmıştır.

Avantajlar;

- Belirsiz, karmaşık, zamanla değişen verileri işleyerek basit çözümler getirilmesini sağlar.
- Sistem basit bir matematiksel modelle tanımlanabilen bir sistemse o zaman geleneksel bir denetim yeterli olacaktır. Ama karmaşık bir sisteme geleneksel bir mantık uygulamak hem çok zor hem de yüksek maliyetlidir. Buna karşılık bulanık mantık denetimi geleneksel mantığa göre sistemi daha iyi analiz edebileceği gibi aynı zamanda da ekonomiktir,

- Formülü veri yapısına uygun şekilde hazırlamasını, bu yapıyı seçerken size seçenek sağlayarak kolaylık sağlar.
- Hassas veriler toplanması durumunda gelecek hakkında yorum yaparak önlem almayı kolaylaştırır.
- C programları ile entegre edilerek çözümleri görsel olarak görülmesini ve yorumlanmasını sağlar.
- Bulanık mantıkta işaretlerin bir ön işleme tabi tutulmaları ve oldukça geniş bir alana yayılan değerlerin az sayıda üyelik fonksiyonlarına indirgenmeleri nedeni ile bulanık denetim genellikle daha küçük bir yazılımla daha hızlı bir şekilde sonuçlanır.
- Kullanılan sistem esnekler. İstenildiği gibi anfis fonksiyonları ile değiştirilebilir.
- Doğrudan kullanıcı girişlerine ve kullanıcının deneyimlerinden yararlanabilmesine olanak sağlamasıdır.

Dezavantajlar;

- Veri setlerin anfise uygun şekilde hazırlanması ikinci bir işlem yapmaya neden olur.
- Bulunan sonuçlar kesin sonuç değil yaklaşık sonuçtur.
- Bulunan sonuçları elde etmek için verileri titizlikle toplamak gerekir.
- İklim değişiklikleri dikkatle alınarak hesaplanmalı ve takip edilmelidir.
- Denetlenen sistemin bir kararlılık analizi yapılamaz ve sistemin nasıl cevap vereceği önceden kestirilemez. Yapılacak tek şey benzer çalışmalarını incelemektir.

Yapılan çalışmada; karmaşık olan veriler bulanık mantık kuralları dâhilinde belli kurallar halinde işleme sokularak bir sonuç elde edilmiştir. Şekil 5.5 ve Şekil 5.6'da görüldüğü gibi veriler yakın ve doğrular yaklaşık paralel olarak görülmektedir. Veriler tam çakışmasa bile verilerde bir kural oluşmuştur. Bu kural girdi verileri işleme sokulup durulaşma ile oluşan verilerin gerçeğe yakın olduğu görülmektedir. Ancak dış etkenler (verilerin dikkatsiz veya hatalı elde edilmesi, ilim değişiklikleri) verilerin işlenmesi ve sonuç tahminlerinde elde edilmesini sağlayan durulaştırma adımının sonuçlarını doğrudan etkilemektedir.

İnsanoğlu artık veriyi sentez edip anında bilgi sahibi olmak istemektedir. Bu nedenle örnek bu çalışma yapılmıştır. Coğrafi Bilgi Sistemleri altyapıları ile entegre ederek kendini sorgulayan bir sistem oluşturmak, hem geçmişte yapılan yanlışlıkları gösterir, hem de gelecekte yapılacak yanlışlıkları nlememize yardımcı olacak bir çalışma yapılmıştır.

Sonuç olarak yapılan çalışma gelecekte insanlara faydalı olabileceği düşünülmektedir. Fakat bu sistemi kurup verileri analiz edecek insanların bulanık mantık konusunda tecrübeli olması gerekmektedir. Ne kadar tecrübeli ise o kadar gerçeğe yaklaşma oranı artar. Ama bu yeterli değildir. Gerekli olan tüm veriler özenle toplanmalı, kontrol amacıyla uydu görüntülerinden de faydalanılmalıdır. Fotogrametri bilimi lazer yöntemi ile 3 boyutlu baraj gölü ve akarsu haritaları hazırlanarak veriler kontrol edilebilir. Suyun debisi ve ykseklіğini belirlerken hidroloji biliminden de faydalanılmalıdır. Ayrıca evre ve iklim biliminden de yardım alınmalıdır. Çünkü atmosfere ve çevreye insanoğlunun verdiği zararlardan dolayı iklim değişmektedir iklimlerin değişmeleri verilerin üyelik oranını değiştirmekte ve durulaştırma sırasında kullanılan yöntemleri etkilemektedir. Bu nedenle yukarıda bahsedilen bilim dalları ortak çalışırsa insan yaşamının en önemli parçası olan suyun geleceği konusunda önlemler alınabilir. Anlatılan işlemler zor ve maliyetli olabilir ama uzun vadede insanlara sağladığı faydalar insanlar büyük karlar sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Akyılmaz, O., Ayan, T., Özlüdemir, T. , (2005), “Geoid surface approximation by using Adaptive Network Based Fuzzy Inference Systems”, AVN,
- [2] Akyılmaz, O., (2005), “Esnek Hesaplama Yöntemlerinin Jeodezide Uygulamaları”, *Doktora tezi*, İ.T.Ü.
- [3] Anonymous M., (2005), “Fuzzy Logic Toolbox User’s Guide”, 1. Edition, MathWorks.
- [4] Arifoğlu, U., (2005),” Matlab 7”, 1. Baskı, Alfa Yayınları,
- [5] Ergin, E.U., (2003), “Görüntü İşlemede Bulanık Mantık Kullanımı”,Yükseklisans, Ondokuz Mayıs Üniversitesi
- [6] Esenal H., (2007), “Eğridir Gölü Su Seviyesi Değişiminin Bulanık Mantıkla Modellemesi”, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi
- [7] Gökalp, E., Boz, Y., (2004), “Uyuşumsuz Ölçülerin Belirlenmesinde Bulanık Mantık ve Geleneksel Yaklaşımların İrdelenmesi”, TUJK 2004 Yılı Bilimsel Toplantısı Mühendislik Ölçmelerinde Jeodezik Ağlar Çalıştayı,145-160, Zonguldak, 14-16 Ekim.
- [8] Gülbaz S., (2010), “Sazlıdere Havzasının Hidrolojik Modellenmesi ve Su Kalitesinin Tahmini”, Yüksek Lisans Tezi, İTU.
- [9] Hanselman, D. and Littlefield, B., (2001), “Mastering MATLAB 6. Prentice Hall”, 1. Edition, New Jersey.
- [10] Heine, K., (2001), “Potential applications of fuzzy methods in geodetic fields, In:Carosio A. and Kutterer H (eds.)”, First International Symposium on Robust Statistics and Fuzzy Techniques in Geodesy and GIS,Zurich,75-82, Switzerland, 12-16 March .
- [11] İşcan F., (2009), “Arazi Düzenleme Çalışmalarında Bulanık Mantık Uygulaması”, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya.
- [12] Karayusufoğlu S., (2010), “Solaklı Havzasının Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemi Kullanarak Hidrolojik Modelinin Oluşturulması”, Yüksek Lisans Tezi, İTU.

- [13] Kubat C., 2013, “Matlab Yapay Zeka ve Mühendislik Uygulamaları”, 1. Baskı, Pusula Yayınları,
- [14] Marce, R., Comerma, M., Garcia, J.C. ve Armengol, J., 2004, “A neurofuzzy modeling tool to estimate fluvial nutrient loads in watersheds under time-varying human impact. Limnology and Oceanography”
- [15] Sarı N. İ., Arslan E., (2007) “Geoit Yüksekliğinin ANFIS ile Adım Adım Belirlenmesi”, Hkmo Jeodezi ve Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi.
- [16] Scientific A., (1993), “Bulanık Mantık” 1. Baskı, S.A. Bilim Dergisi
- [17] Şen, Z., (2009), “Bulanık Mantık İlkeleri ve Modelleme” Genişletilmiş 3. Baskı, Su Vakfı Yayınları
- [18] Türkoğlu H. İ., (2013), “Terkos Gölüne Gelen Aylık Debinin Çeşitli Methodlarla Tahmini”, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ
- [19] Tsoukalas, L.H., Uhrig, R.E., (1996), “Fuzzy and Neural Approaches in Engineering”, 1. Edition, New York, NY: John Wiley & Sons.
- [20] Uygur B., (2009), “Orta Dere Havzalarının MIKE-SHE Hidroloji Yazılımı İle Modellenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ,
- [21] Uzunoğlu, M., Onar, Ö.Ç., (2003). “Her Yönü ile Matlab”, 1. Baskı, Türkmen kitapevi,
- [22] Web1, (2014), <http://www.bunedir.org/soru-cevap/nedir.php?ne=saf-su> (Erişim Tarihi; 06.03.2014).
- [23] Web2, (2014), <http://www.nedir-nedir.com/su-ve-mineraller-ne-ise-yarar.html> (Erişim Tarihi; 06.03.2014).
- [24] Web3,(2012), <http://www.cevreonline.com/su/dunyada%20suyun%20dagilimi.htm>, (Erişim Tarihi; 06.03.2012).
- [25] Web 4,(2014), <http://www.suhavzalari.org/subilimleri/hidroloji.html>, (Erişim Tarihi; 06.03.2014).
- [26] Web 5, (2014), <http://www.tunceli.edu.tr/akademik/fakulteler/muhendislik/bolumler/insaat/download/66126076579.pdf>, (Erişim Tarihi; 12.05.2015).
- [27] Web 6, (2006), “ Adaptive Neuro Fuzzy Inference System”,<http://>

[www.control.hut.fi/Kurssit/AS_74.3115/Material/Adaptive Neuro Fuzzy Inference System.pdf](http://www.control.hut.fi/Kurssit/AS_74.3115/Material/Adaptive_Neuro_Fuzzy_Inference_System.pdf) ., (Erişim Tarihi; 12.05.2015).

- [28] Yılmaz M., Arslan E., (2005), “Harita Kadastro Mühendisleri Odası Mühendislik Ölçmeleri STB Komisyonu”, 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, 512-522, İstanbul, 23-25 Kasım.
- [29] Yenigün K., Gümüş V., (2009), “İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidroloji Ders Notları”, 1. Baskı, Harran Üniversitesi.

ÖZGEÇMİŞ

Fatih ONUR 1980 yılında Ordu'da doğdu. 2003 yılında başladığı Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü'nü başarıyla tamamladı. 2004 ile 2005 yılları arasında BOTAŞ Çarşamba Giresun Boru Hattı inşaatında, 2005 ile 2012 yılları arasında İSKİ Genel Müdürlüğün Emlak İstimlak Dairesi Başkanlığında Kontrol Mühendisi olarak çalıştı. 2012 yılından itibaren Giresun Üniversitesi TBMYO Harita Kadastro Programında Öğretim Görevlisi olarak görev yapmaktadır. Yeni adıyla Gebze Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim dalında yüksek lisans eğitimine devam etmektedir.