

[976]

# BULANIK MANTIK YAKLAŞIMIYLA BARAJ GÖLÜ DOLULUK TAHMİNİ ÇALIŞMASI

Fatih ONUR<sup>1</sup>, Bahadır ERGUN<sup>2</sup>, Cumhuri ŞAHİN<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Yuk. Müh. Giresun Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Harita ve Kadastro Bölümü, Giresun, [fatih.onur@giresun.edu.tr](mailto:fatih.onur@giresun.edu.tr)

<sup>2</sup>Doç. Dr., Gebze Teknik Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Gebze, Kocaeli, [bergun@gtu.edu.tr](mailto:bergun@gtu.edu.tr)

<sup>3</sup>Dr., Gebze Teknik Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Gebze, Kocaeli, [csahin@gtu.edu.tr](mailto:csahin@gtu.edu.tr)

## ÖZET

Dünya gün geçtikçe kuraklığa doğru gitmektedir. Su ihtiyacımız insan nüfusu arttıkça artmakta fakat su kaynakları azalmaktadır. Su havzaları ve özellikle baraj gölleri bu varlığın korunması ve iyi yönetilmesi 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 önemler alınabilir mi? gibi sorular ortak noktalardır. Bu çalışmada, 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, ANFIS yöntemi ile bir modelleme mekanizması kurularak gelecekte su değerlerinin en doğru şekilde tahmin edilmesi araştırılmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** Bulanık Mantık, Baraj Gölü Doluluk Tahmini, İstatistiksel Analiz

## ABSTRACT

### WATER LEVEL PREDICTION WITH FUZZY LOGIC IN DAM POND

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 pond are extremely important facilities for preserving and managing the water. Effective management of water inventory in the dams is deal 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 resource 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 İstanbul Terkos Dam. With application of ANFIS method has been used for this prediction algorithm with the data set water level in last twelve years for this Terkos Dam.

**Keywords:** Fuzzy Logic, Water Level Prediction, Statistical Analysis

## 1.GİRİŞ

Su dünya üzerindeki en mucizevî maddedir. Kimyasal formülü H<sub>2</sub>O'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 (URL-1). Günümüzde su doğal kaynakların en önemlilerinden biridir. Dünyadaki nüfus arttıkça suyun dağılımı da azalarak etkilenmektedir. Temiz ve içilebilir su kaynakları her geçen gün kirlenerek kullanılamaz hale getirilmektedir. Var olan su kaynaklarının kirlenmesi, gelecekte su kıtlığının yaşanmasına neden olacaktır. İnsanların günlük kullandığı su kaynağının çoğunu nehirler ve göller oluşturduğundan, bu su kaynaklarının kirlenmesi 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 m<sup>3</sup> iken bu miktar 2000 yılında 7.300 m<sup>3</sup>'e düşmüştür. Dünya nüfusunun yaklaşık 8 milyarı bulmasının beklendiği 2025 yılında ise kişi başına su tüketiminin yaklaşık 4.800 m<sup>3</sup>'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 (URL-2).

Dünyanın her yerinde yaşandığı gibi ülkemizde de su sorunu yaşanmaktadır. Su sorunu denince 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 (URL-3). 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 metropolün su kaynaklarını doğru bir şekilde yönetmek çok büyük bir önem arz etmektedir. 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 soruların çözülmesi için çalışmalar devam etmektedir.

Bu çalışmada; 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 çalışma Bulanık Mantık metoduna dayalı bir çalışmadır. 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. 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 hedeflenmiştir.

## 2.SU VE HİDROLOJİ

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.

Hidroloji suyun özelliklerini, suyun hareketini ve dünya üzerindeki döngüsünü inceler. Suyun dolaşımını ve hareketini inceleyen bilime 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 1962 yılında önerilen tanım). Bu tanımla 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 Hidrojeoloji'nin uğraştıkları söylenebilir (URL-4).

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

Suyun kullanılması amacıyla yapılan çalışmalar: su getirme, sulama, hidroelektrik, akarsularda ulaşım gibi.

Su miktarının kontrolü amacıyla yapılan çalışmalar: taşkınların önlenmesi, kurutma tesisleri, kanalizasyon tesisleri gibi.

Su kalitesini kontrolü amacıyla yapılan çalışmalar: Suyun kirlenmesinin önlenmesi. Suyun korunması, arıtılması ve tasfiye işlemleri vb. (Yenigün, K., Gümüş, V., 2009).

## 3.BULANIK MANTIK SİSTEMLERİNİN GELİŞİMİ

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 yönlerle doğru gitmeleri söz konusudur.

Gerçek dünya karmaşıktır. Bu karmaşıklık genel olarak belirsizlik, kesin düşünce ve kararlar verilemeyeşinden kaynaklanır. Gerçek bir olayın tam olarak kavranılması, insan bilgisinin yetersizliği sonucunda tam anlamı ile mümkün olmadığından insan, düşünce sisteminde ve zihninde bu gibi olayları yaklaşık olarak canlandırarak yorumlarda bulunur. İnsan sözel düşünebildiğine ve bildiklerini başkalarına sözel ifadelerle aktarabildiğine göre bu ifadelerin kesin olması beklenmez (Anık, Z, 2007). Dilsel ifadeler genellikle kesin olmayıp anlam belirsizliği içerdiğinden; bunu önlemek için bir kümeye bağlılığı gösteren üyelik fonksiyonları kullanılır. Klasik küme teorisinde, bir varlık kümeye ya üyedir ya da değildir. 1965 yılında Lotfi Asker Zadeh tarafından ortaya atılan bulanık küme, üyelerin varlığı belirsiz olduğundan bulanık kümelerin temel taşı olan üyelik fonksiyonunun kümedeki her bir üyenin varlığı için tanımlanması gerekmektedir (Akay, Ö, 2011). Bulanık mantığın ilk uygulaması, Mamdani tarafından 1974 yılında bir buhar makinesinin bulanık denetiminin gerçekleştirilmesi olmuştur. 1980 yılında bir Hollanda şirketi çimento fırınlarının denetiminde bulanık mantık denetimi uygulamıştır. 3 yıl sonra Fuji elektrik şirketi su arıtma alanları için kimyasal puskürtme aleti üzerine çalışmalar yapmıştır. 1987'de ikinci IFSA kongresinde ilk bulanık mantık denetleyicileri sergilenmiştir. Bu denetimler 1984 yılında araştırmalara başlayan Omron şirketinin 700'den fazla yaptığı uygulamaları içermektedir. 1987 yılında ise Hitachi takımının tasarladığı Japon Sendai metrosu denetleyicisi çalışmaya başlamıştır. Bu bulanık mantık denetim metroda daha rahat bir seyahat, düzgün bir yavaşlama ve hızlanma sağlamıştır. 1989 yılında Omron şirketi Japonya'nın Harumi şehrinde bulunan çalışma merkezinde yapmış olduğu bulanık sonuç-board'la yapılan depolama, tekrar etme ve bulanık sonuçlarını elde etmek için kullanılan (RISC) bilgisayara dayalı olan çalışmaları tanıtmıştır (Türk, A, 2009).

Geliştirilen son teoremler bulanık mantığın ilke olarak, ister mühendislik, ister fizik, isterse biyoloji ya da ekonomi olsun, her türlü konuda sürekli sistemleri modellemek üzere kullanılabilirliğini 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 teoremin 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 metriklerle 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, C., 2013).

#### 4.BARAJ DOLULUK TAHMİNİNDE ANFIS UYGULAMASI

Uyuşumsuz ölçülerin belirlenmesi, taşınmaz değerlendirme ve deformasyon analizi, yer dönme parametrelerinin kestirimi ve yeryuvarı gravite alanının modellenmesi, GPS tam sayı belirsizliği (Ambiguity) çözümü, koordinat dönüşümü, coğrafik bilgi sistemlerinde veri analizi gibi pek çok harita mühendisliği problemi yeterli veri ile oluşturulan bulanık modeller yardımı ile başarı bir şekilde çözülebilmektedir (Yılmaz, M., Arslan, E., 2005). (Yılmaz, M., Arslan, E., 2005) te bu iki bulanık mantık yöntemi, yöntemlerin avantajları ve dezavantajları ve Sugeno yöntemine göre geoit belirlemenin nasıl yapıldığı bir uygulama ile gösterilmiştir. Bulanık modellemede

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, M., Arslan, E., 2005).

Bu çalışmada 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, ANFIS yöntemi ile bir modelleme mekanizması kurarak gelecekte su değerlerinin en doğru şekilde tahmin edilmesi temeli araştırılmıştır.

#### 4.1. Veri Setinin Özellikleri, Seçimi ve Elde Edilmesi

Terkos Barajı doluluk oranının ANFIS 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 1'de gösterilen Terkos barajındaki suyun hesaplanabilmesi için Kütlenin 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.



Şekil 1. Terkos Baraj Gölü

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.

#### 4.2. Yöntem

Bulanık Mantığın kullanılma sebeplerinden bazıları;

Bulanık mantık bir kavramdır. Öncelikle ne olduğunu anlamak gerekir. Bulanık mantığın matematiksel kavramları çok basittir. Bu sayede karmaşık doğal olayları basitleştirmeyi sağladığı için bulanık mantığı cazip hale getirir.

Bulanık mantık esnek bir kavramdır; Ele alınan problemlerin ele alınması farklı mantıklar ile ifade edilebilir. Bu nedenle esnek bir ortam sağlar. Yapabileceklerimiz zihnimizdekilerle sınırlıdır.

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.

Bulanık mantık doğrusal olmayan fonksiyonları modellemeyi sağlar.

Bulanık mantığı oluşturabilmenin en önemli şartı yeterli tecrübe ve bilgi sahibi olmaktır.

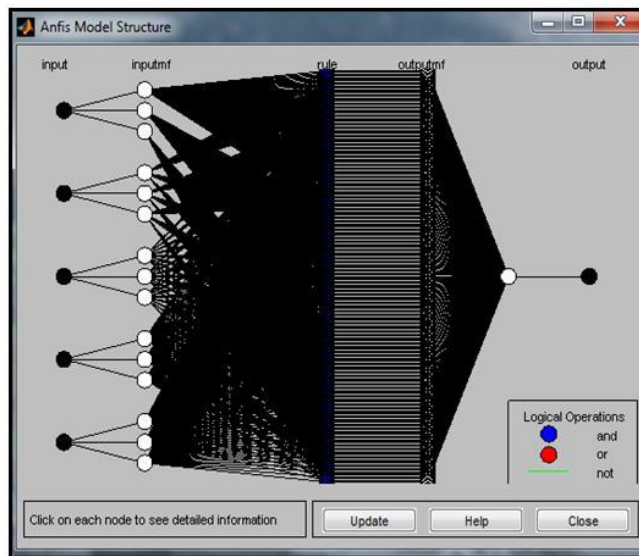
Bulanık mantık ile geleneksel yöntemler ile kontrol şansı sağlar.

Bulanık mantık günlük konuşma dili ile kurulur. Bulanık mantık insan ilişkisine benzer normal kullanılan günlük dille yazılabilmesi en önemli yanındır. (Kubat, C., 2013)

Uygulamada; Bulanık Mantık ANFIS yöntemi seçildi. ANFIS verilen girdi ve çıktı değişkenlerinin eğitimi yapan bir yazılımdan ibarettir. ANFIS yazılımı verilen girdilerin çıktılarıyla 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 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 belirlenmiştir.

Eğitim veri setini 8 ayrı ANFIS fonksiyonunda (trimf, trapmf, gbellmf, gaussmf, gauss2mf, pimf, dsigmf, psigmf) ve seçilen methodla (Hibrit (Hybrid) ve Geri Besleme (backpropa)) işleme tabi tutularak Yapay Sinir Ağı (Şekil 2) ve ANFIS Fonksiyonlarının karesel ortalama hata değerleri Çizelge 1 ve Çizelge 2 elde edilmiştir. Bu değerlerin grafik gösterimi Şekil 3 ve Şekil 4 de gösterilmiştir.

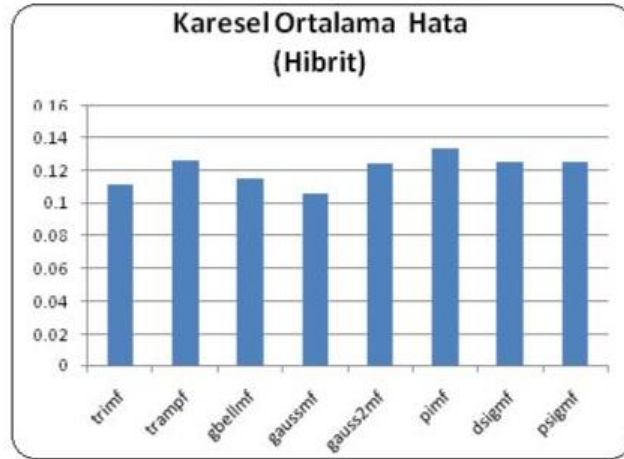


Şekil 2. Oluşturulan Yapay Sinir Ağı Yapısı

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 (Onur, F., 2015).

Çizelge 1. ANFIS Fonksiyonu İle Elde Edilen KOH değerleri (hybrid)

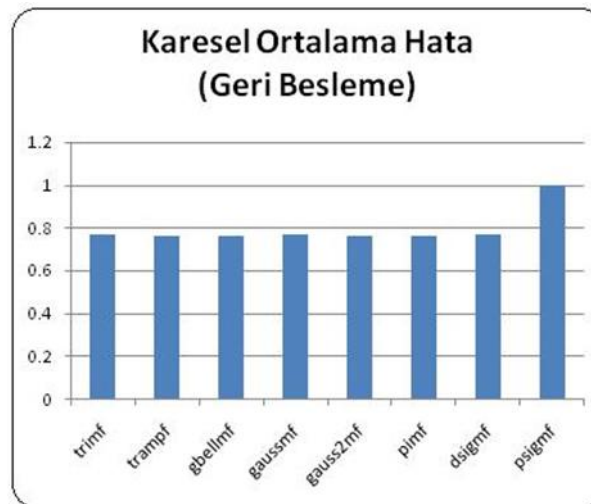
No	Veri	Üyelik Fonk. Tipi (MF Type)	Üyelik fonk. Boyutları (Number Of MF)	Hata Sınırı (Error Tolerance)	Devir Sayısı (Epoch)	Uygun Method (Optim Method)	Karesel Ortalama Hata (Epochs Error)
1	Eğitim	trimf	3333	0	3	hybrid	0.11151
2	Eğitim	trapmf	3333	0	3	hybrid	0.12642
3	Eğitim	gbellmf	3333	0	3	hybrid	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 3. ANFIS Fonksiyonları ile Hibrit (Hybrid) Metodunda Karesel Ortalama Hata Sınırları

Çizelge 2. ANFIS Fonksiyonu İle Elde Edilen KOH değerleri (backpropa)

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 4. ANFIS Fonksiyonları ile Geri Besleme (Backpropa) Metodunda Karesel Ortalama Hata Sınırları

En Düşük KOH değeri kullanarak (Hybrid gaussmf) eğitim.txt (Not defteri)'deki Baraj Doluluk değerlerini kullanarak eğitim verileri ANFIS sistemine yüklenerek tekrar BÇS oluşturuldu. Test.txt (Not Defteri) veri sisteme

entegre edilerek test aşaması oluşturulmuştur. (Test aşamasında yapılan tahminin doğruya yakın olup olmadığını kontrol edebilmek amacıyla; test verisinden 2010 yılı, sonra 2011 yılı verileri ayrılarak iki yıla ait baraj dolulukları tahmin edildi.) Test aşamasında eğitim verisi ile bulanık modelin yapmış olduğu tahmin değerleri karşılaştırılmıştır. Girdi değerlerine karşılık gelen gözlem değerleri ve tahmin değerlerinin dağılımları ANFIS editör penceresinin grafik bölgesinde gösterilmiştir. Burada gözlenen değerler ve tahmin değerlerinin çakışması gözlenerek modelin doğru tahminde bulunup bulunmadığı kontrol edilmiştir (Onur, F., 2015).

Yapılan kontrolde Çizelge 3 ve Çizelge 4'teki yüzdelik farklılıkların normalde olması gereken değerden fazla olduğu tespit edilmiştir. Fakat sadece bizim çalışmamızda değil başka çalışmalarda da bu tür hatalar oluşmuştur. Van Gölünün seviyesinin belirlenmesi örneğinde de (Şen, Z., 2009) bu tür hatalar olduğu görülmektedir.

### 4.3.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 görüşülmüştür. 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.

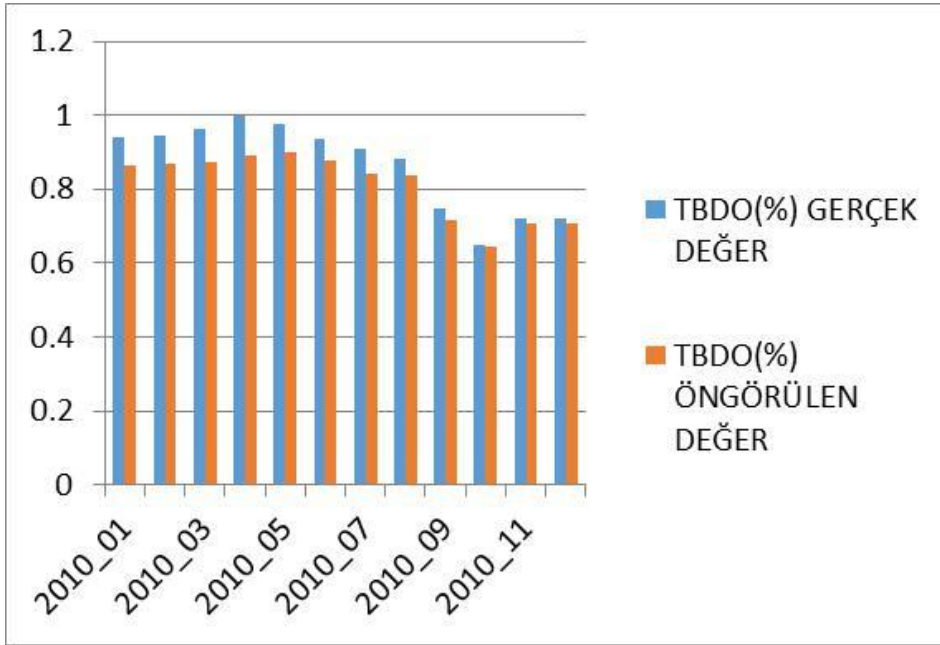
Bu çalışma ile insan hayatı ve vücudu için çok önemli olan suyun; kullanımı ve miktarının takipleri ve tahminleri çok ilkel yöntemlerle yapıldığı anlaşılmaktadır. Fakat hayatın her alanında kullanılan teknoloji nin; su için kullanılmadığı tespit edilmiştir. Temiz veya kirli suların miktarını belirleyen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

**Çizelge 3.** 2010 Yılı TBDO (%) Değerlerin Karşılaştırma Çizelgesi

YIL_AY	GERÇEK DEĞER	TBDO(%)	
		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%

Yağış, deprem, baraj doluluğu, göl seviyesi ve akarsu debisi gibi doğal olayları kesin olarak tahmin etmek

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 periyodik 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 biri de verilerin alınmış olduğu İSKİ Genel Müdürlüğünde toplanan verilerin gelişi güzel ve özensiz toplandığı için doğruluğunun kesin olmamasıdır. İSKİ verileri son 5+ (Beş) seneye kadar amirlere su değerleri hakkında yaklaşık bilgi verilmesi için temin edilmiştir. Bu sebeple çok önemsenen veriler değildir ve işlemlerimizin doğruluğunu etkilememektedir.

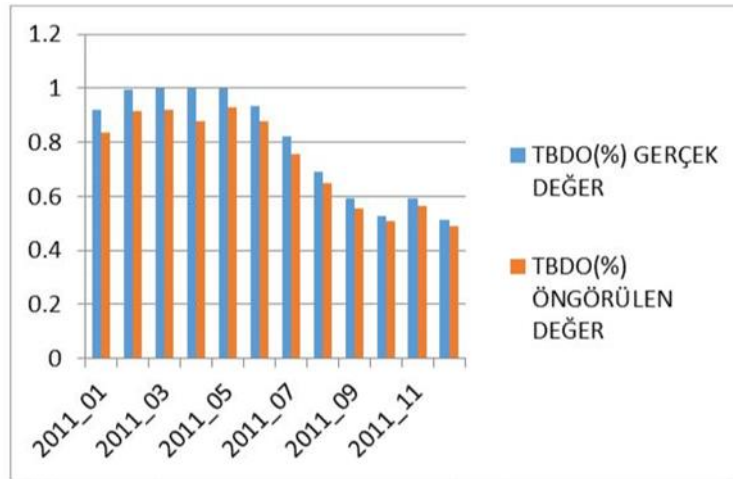


Şekil 5. 2010 Yılı TBDO (%) Gerçek Değerler ile Öngörülen Değerlerin Karşılaştırılması Grafiği

Çizelge 4. 2011 Yılı TBDO (%) Değerlerin Karşılaştırma Çizelgesi

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 6. 2011 Yılı TBDO (%) Gerçek Değerler ile Öngörülen Değerlerin Karşılaştırılması Grafiği

## 5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Terkos Barajı uygulamasında İSKİ Genel Müdürlüğünden elde edilen değerlerden; üyelik değerleri elde edilerek, ANFIS fonksiyonları ile eğitilmesiyle Şekil 3 ve Şekil 4'te gösterilen grafikler elde edilmiştir. 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 uygulamalar incelendiğinde; bulanık mantığın bu tür tahminlerin yapılması için uygun olduğunu görülmektedir. Bu uygulamada da Çizelge 3 ve Çizelge 4'te görüleceği gibi tablolardaki değerler %1 ile % 12 arasındadır. Fakat araştırmacılar için değerlerin %1 ile %5 olması gerekmektedir, bazen değerlerin hassasiyetinin önemine göre %2 ile %10 alınabilir. Çizelgeler incelendiğinde 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 kaba ca, su miktarları tahmin etmek amacıyla geliş 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 ANFIS'e 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 dahilinde işleme sokularak bir sonuç elde edilmiştir. Şekil 5 ve Şekil 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 bu örnek çalışma yapılmıştır. Coğrafi Bilgi Sistemleri altyapıları ile entegre ederek kendini sorgulayan bir sistem oluşturmak, hem geçmişte yapılan yanlışlıkları gösterir. Hem de gelecekte yapılması muhtemel yanlışlıkları/hataları önlememize yardımcı olacaktır.

Sonuç olarak yapılan çalışmanın gelecekte 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 uydurulan görüntülerinden de faydalanılmalıdır. Fotogrametri bilimi lazer yöntemi ile 3 boyutlu baraj gölü ve akarsu haritaları hazırlanarak veriler kontrol edilebilir. Suyun debisi ve yüksekliğini belirlerken hidroloji biliminden de faydalanılmalıdır. Ayrıca çevre ve iklim biliminden de yardım alınmalıdır. Çünkü atmosfere ve çevreye insanoğlunun verdiği zararlardan dolayı iklim değişmektedir. İklimlerin 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 ancak uzun vadede sağlayacağı faydalar düşünülmelidir.

## KAYNAKLAR

**Akay Ö.**, 2011, Cep Telefonu Seçiminin Bulanık Analitik Hiyerarşi ve Bulanık Analitik Ağ Süreci ile Belirlenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

**Anık, Z.** 2007, Nesne Yönelimli Yazılım Dillerinin Analitik Hiyerarşi ve Analitik Network ile Karşılaştırılması ve Değerlendirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

**Kubat, C.**, 2013, Matlab Yapay Zeka ve Mühendislik Uygulamaları, *Pusula Yayıncılık ve İletişim*.

**Onur, F.** 2015, Baraj Gölü Doluluk Tahmininde Bulanık Mantık Yaklaşımı, *Yüksek Lisans Tezi*, Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.

**Şen, Z.**, 2009, “ Bulanık Mantık İlkeleri ve Modelleme” *Genişletilmiş 3. Baskı, Su Vakfı Yayınları*.

**Türk, A.**, 2006, Katı Yakıtlı Buhar Kazanının Bulanık Mantık Denetleyici ile Tam Otomasyonunun Gerçekleştirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.

**Yenigün K., Gümüş V.**, 2009, Hidroloji Ders Notları, Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa.

**Yılmaz M., Arslan E.**, 2005, Bulanık Mantığın Jeodezik Problemlerin Çözümünde Kullanılması, *Harita Kadastro Mühendisleri Odası Mühendislik Ölçmeleri STB Komisyonu*, 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, 23-25 Kasım, İstanbul, syf: 512-522.

**URL-1** <http://www.bunedir.org/soru-cevap/nedir.php?ne=saf-su> (Erişim Tarihi; 22.08.2016).

**URL-2** <http://www.falconwaterfree.com.tr/dunyadaki-suyun-dagilimi-ve-su-tuketimi> (Erişim Tarihi; 22.08.2016).

**URL-3** [http://www.turkcebilgi.com/istanbul\\_ili](http://www.turkcebilgi.com/istanbul_ili) (Erişim Tarihi; 22.08.2016).

**URL-4** <http://www.hidropolitikakademi.org/tr/su-bilimi-ve-istatistik-2.html> (Erişim Tarihi; 22.08.2016).