



T.C.
İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KLASİK ve BULANIK MANTIK MODELLEME YÖNTEMLERİ ile
YARSELİ BARAJ HAZNE HACMİNİN TAHMİNİ

FAHRETTİN GÖKHAN GÜMÜŞCAN

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HATAY
AĞUSTOS-2017

T.C.
İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KLASİK ve BULANIK MANTIK MODELLEME YÖNTEMLERİ ile
YARSELİ BARAJ HAZNE HACMİNİN TAHMİNİ

FAHRETTİN GÖKHAN GÜMÜŞCAN

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HATAY
AĞUSTOS-2017

T.C.
İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KLASİK VE BULANIK MANTIK MODELLEME YÖNTEMLERİ İLE
YARSELİ BARAJ HAZNE HACMİNİN TAHMİNİ

FAHRETTİN GÖKHAN GÜMÜŞCAN

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Doç.Dr.Fatih ÜNEŞ'in danışmanlığında hazırlanan bu tez 17/08/2017 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından OYBİRLİĞİ ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Fatih ÜNEŞ
Başkan

Doç. Dr. Ahmet İRVEM
Üye

Yrd. Doç. Dr. Cuma KARAKUŞ
Üye

Kod No: 63

Doç. Dr. Mustafa DEMİRCİ
Enstitü Müdürü V.

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

23.08.2017

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını ve tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu beyan ederim.

Fahrettin Gökhan GÜMÜŞCAN

ÖZET

KLASİK ve BULANIK MANTIK MODELLEME YÖNTEMLERİ ile YARSELİ BARAJ HAZNE HACMİNİN TAHMİNİ

Baraj hazne hacim değişimlerinin belirlenmesi; baraj haznesi yönetimi, hidrolik yapıların tasarımı, hidroelektrik enerji üretimi, taşkın zararları azaltılması, baraj rezervuarında navigasyon (iç su yolu taşımacılığı) olarak, rezervuarlardaki su kalitesi yönetimi ve baraj güvenliği için önemlidir. Bu çalışmada, ilk kısımda baraj haznesi hacim değişim tahminleri, çoklu lineer regresyon (ÇLR) ile bulanık mantık (BM) metodu kullanılarak araştırılmıştır. İkinci kısımda baraj haznesi hacim miktarları, zaman serileri kullanılarak otoregresif (AR) ve bulanık mantık (BM) modeli performansları araştırılmıştır. Yarseli Barajına ait yaklaşık oniki yıllık 4019 günlük veriden, 3015 günlük veri eğitim aşamasında, 1004 günlük veri test aşamasında değerlendirilmiştir.

İlk kısımda, günlük göl hacmi (GGH) tahmini için günlük yağış yüksekliği (GY), günlük göle gelen su miktarı (GGSM), günlük buharlaşan su miktarı (GBSM), günlük dereye bırakılan su miktarı (GDBSM) ve günlük sulama suyu sarfiyatı (GSSS) ölçüm verileri kullanılmıştır. Değişkenler arasındaki ilişkiyi belirlemek için geçmişte sıklıkla kullanılan klasik istatistiksel yöntemlerden olan çoklu lineer regresyon yöntemi (ÇLR) kullanılarak, bulanık mantık (BM) yöntemi karşılaştırılmıştır. Değerlendirmeler sonucunda BM yönteminin daha yüksek korelasyon (R) ve düşük hata miktarlarına sahip olduğu tespit edilmiştir.

İkinci kısımda, geçmiş günlük göl hacmi (GGH) ölçümlerine dayalı zaman serileri üretilerek, bu seriler için otoregresif (AR) ve bulanık mantık (BM) modelleri oluşturulmuş ve günlük göl hacmi tahmini yapılmıştır. Otoregresif modeller (AR) ile BM model sonuçları karşılaştırıldığında, birbirleri ile uyumlu sonuçlar vermiştir. AR ve BM model sonuçlarına göre her iki yöntem en yüksek R katsayısını sağlamıştır. BM model sonuçlarının, çok az da olsa, diğer modellere göre daha düşük ortalama karesel hata (MSE) ve yüksek korelasyon (R) ile çok iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

2017, 56 sayfa

Anahtar Kelimeler: Baraj hazne hacmi, bulanık mantık, otoregresif model, çoklu lineer regresyon

ABSTRACT

ESTIMATION OF YARSELİ DAM RESERVOIR VOLUME with CLASSICAL and FUZZY LOGIC MODELING METHODS

Determination of reservoir volume fluctuations is important for the management of dam reservoir, design of hydraulic structures, production of hydro-electric energy, reduction of flood damages, navigation (interior waterway transportation) in the dam reservoirs, water quality management in reservoir and the dam safety. In this study, the estimations of the volume fluctuations of the dam reservoir were investigated using Multiple Regression (MLR) and Fuzzy Logic (FL) method in the first section. In the second part, the autoregressive (AR) and Fuzzy Logic (FL) model performances of the volume amounts of dam reservoir were investigated by using time series. 3015 daily data were assessed in training phase and 1004 daily data were assessed in the test phase from 4019 daily data, approximately 12 years, of the Yarseli dam.

In the first part, to forecast daily dam lake volume (GGH); daily rainfall height (GYY), daily amount of water flowing into the lake (GDBSM), daily amount of evaporated water (GBSM), the daily amount of water released into the river (GDBSM) and daily irrigation water consumption (GSSS) measurement data were used. The Fuzzy Logic (FL) method was compared using the Multiple Linear Regression Method (MLR), which is one of the classical statistical methods that was frequently used in the past to determine the relationship between variables. As a result of the evaluations, the BM method has been found to have higher correlation (R) and lower error rates.

In the second part, time series based on past daily lake volume (GGH) measurements were produced, and Autoregressive (AR) and Fuzzy Logic (FL) Models were created for these series and daily lake volume estimation was conducted. When the autoregressive models (AR) and the FL model results are compared, they gave consistent results with each other. According to the AR and FL model results, both methods provided the highest R-coefficient. It has been found that the FL model results give very good results at the least with very low mean square errors (MSE) and high correlation (R), compared to other models.

2017, 56 pages

Keywords: Dam reservoir volume, fuzzy logic, autoregressive model, multiple linear regression

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimi aldığım ilk günden itibaren bilgilerinden istifade ettiğim, hoş görüşü ve sabrını hiçbir zaman esirgemeyen, tez konusunun belirlenmesi, araştırılması ve yazımı sırasında sahip olduğu düşünceleri, bilgi birikimi, tecrübesi ve değerli önerileri ile çalışmayı yönlendiren, saygıdeğer danışman hocam Doç. Dr. Fatih ÜNEŞ' e sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca tez çalışmam boyunca destek ve yardımları için Arş. Gör. Bestami TAŞAR' a teşekkür ederim.

Yüksek lisans çalışmamın ders aşamasında, bilgilerinden faydalandığım önemli yönlendirmeleri ile gelişmeye katkı sağlayan inşaat mühendisliği bölümü öğretim üyelerine ve asistanlarına, ayrıca tez jürimde bulunarak görüş ve tavsiyeleri ile çalışmama değerli katkılarda bulunan tüm hocalarıma teşekkür ederim.

Tez çalışmamda kullanılan hidrolojik verilerin elde edilmesinde emeği geçen Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'ne ve çalışanlarına teşekkür ederim.

Hayatımın her aşamasında bana sağladıkları imkânlarla bugünlere gelmemde en büyük katkıyı sağlayan ve tüm yaşamım boyunca bana her zaman güvenen, destekleyen, teşvik eden ve yalnız bırakmayan anne, baba ve ablalarıma şükranlarımı sunarım.

İş hayatım ile birlikte devam ettirdiğim yüksek lisans çalışmamda karşılaştığım tüm zorluklara katlanma gücümü arttıran, hiç esirgemediği güler yüzüyle moral ve motivasyonumu en üst seviyede tutmama yardımcı olan, her zaman gösterdiği fedakârlık, anlayış, destek ve sabrı için sevgili eşime ve tez aşamasında bazı zamanlarda kendilerini ihmal ettiğim dünyalar tatlısı kızıma ve canım oğluma sonsuz teşekkürlerimle.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	V
ÇİZELGELER DİZİNİ	VII
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	VIII
1. GİRİŞ	1
1.1. Baraj ve Baraj Hazneleri Hakkında Genel Bilgi.....	2
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	7
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	10
3.1. Klasik Yöntemler	13
3.1.1. Çoklu Lineer Regresyon Yöntemi (ÇLR).....	13
3.1.2. Otoregresif (Auto Regressive, AR) Zaman Serileri.....	14
3.2. Bulanık Mantık Modelleme Yöntemi (BM)	16
3.2.1. Bulanık Mantık (BM).....	16
3.2.2. Bulanık Kümeler ve Üyelik Fonksiyonları	18
3.2.3. Bulanık Sistemler	20
3.2.3.1. Bulanıklaştırma	20
3.2.3.2. Bulanık Kural Tabanı.....	21
3.2.3.3. Bulanık Çıkarım	22
3.2.3.4. Durulaştırma.....	22
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	24
4.1. Model Sonuçları ve Değerlendirilmesi	29
4.1.1. Çoklu Lineer Regresyon (ÇLR) Yöntemi Sonuçları.....	31
4.1.2. Bulanık Mantık (BM) Yöntemi Sonuçları	33
4.1.3. Otoregresif Model 1 (AR(1)) Yöntemi Sonuçları.....	36
4.1.4. Otoregresif Model 3 (AR(3)) Yöntemi Sonuçları.....	39
4.1.5. Otoregresif Model 5 (AR(5)) Yöntemi Sonuçları.....	42
4.1.6. Bulanık Mantık Modeli 1 (BM(1)) Yöntemi Sonuçları.....	44
4.1.7. Bulanık Mantık Modeli 3 (BM(3)) Yöntemi Sonuçları.....	47
4.1.8. Bulanık Mantık Modeli 5 (BM(5)) Yöntemi Sonuçları.....	49
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	52
KAYNAKLAR	54
ÖZGEÇMİŞ	56

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Baraj yapı kısımları (Polat, 2014).....	4
Şekil 1.2. Baraj hazne kısımları (Yurtal, 2006)	5
Şekil 3.1a. Yarseli Barajı (Anonim4, 2017).....	10
Şekil 3.1b. Yarseli Barajı coğrafi konumu.....	10
Şekil 3.2. Yarseli Barajı işletme alanı (Taşdemir, 2008).....	11
Şekil 3.3a. Klasik mantık çalışma prensibi (Şen, 2009)	17
Şekil 3.3b. Bulanık mantık çalışma prensibi (Şen, 2009).....	17
Şekil 3.4. Üyelik fonksiyonu kısımları (Şen, 2009).....	19
Şekil 3.5. Bulanıklaştırma – Durulaştırma birimli bulanık sistem (Şen, 2009).....	20
Şekil 3.6a. Sıcaklık parametrelerinin klasik mantıkta gösterimi.....	21
Şekil 3.6b. Sıcaklık parametrelerinin bulanık mantıkta gösterimi.....	21
Şekil 4.1. Günlük yağış yüksekliği değişimleri	24
Şekil 4.2. Günlük göle gelen su miktarı değişimleri.....	25
Şekil 4.3. Günlük buharlaşan su miktarı	25
Şekil 4.4. Günlük dereye bırakılan su değişimleri	26
Şekil 4.5. Günlük sulama suyu sarfiyatı değişimleri	26
Şekil 4.6. Günlük göl hacmi değişimi.....	27
Şekil 4.7. 12 yıllık baraj hazne hacmi eğitim verileri için ölçüm ve ÇLR dağılım grafiği	31
Şekil 4.8. 12 yıllık baraj hazne hacmi eğitim verileri için ölçüm ve ÇLR saçılma grafiği	32
Şekil 4.9. 12 yıllık baraj hazne hacmi test verileri için ölçüm ve ÇLR dağılım grafiği .	32
Şekil 4.10. 12 yıllık baraj hazne hacmi test verileri için ölçüm ve ÇLR saçılma grafiği	33
Şekil 4.11. 12 yıllık baraj hazne hacmi eğitim verileri için ölçüm ve BM model dağılım grafiği	34
Şekil 4.12. 12 yıllık baraj hazne hacmi eğitim verileri için ölçüm ve BM model saçılma grafiği	34
Şekil 4.13. 12 yıllık baraj hazne hacmi test verileri için ölçüm ve BM model dağılım grafiği	35
Şekil 4.15. 12 yıllık baraj hazne hacmi eğitim verileri için ölçüm ve AR(1) model dağılım grafiği	37
Şekil 4.16. 12 yıllık baraj hazne hacmi eğitim verileri için ölçüm ve AR(1) model saçılma grafiği	38
Şekil 4.17. 12 yıllık baraj hazne hacmi test verileri için ölçüm ve AR(1) model dağılım grafiği	38
Şekil 4.18. 12 yıllık baraj hazne hacmi test verileri için ölçüm ve AR(1) model saçılma grafiği	39
Şekil 4.19. 12 yıllık baraj hazne hacmi eğitim verileri için ve AR(3) model dağılım grafiği	40

Şekil 4.20. 12 yıllık baraj hazne hacmi eğitim verileri için ve AR(3) model saçılma grafiği	40
Şekil 4.21. 12 yıllık baraj hazne hacmi test verileri için ve AR(3) model dağılım grafiği	41
Şekil 4.22. 12 yıllık baraj hazne hacmi test verileri için ve AR(3) model saçılma grafiği	41
Şekil 4.23. 12 yıllık Baraj hazne hacmi eğitim verileri için ve AR(5) model dağılım grafiği	42
Şekil 4.24. 12 yıllık baraj hazne hacmi eğitim verileri için ölçüm ve AR(5) model saçılma grafiği	43
Şekil 4.25. 12 yıllık baraj hazne hacmi test verileri için ölçüm ve AR(5) model dağılım grafiği	43
Şekil 4.26. 12 yıllık baraj hazne hacmi test verileri için ölçüm ve AR(5) model saçılma grafiği	44
Şekil 4.27. 12 yıllık baraj hazne hacmi eğitim verileri için Ölçüm ve BM(1) model dağılım grafiği	45
Şekil 4.28. 12 yıllık baraj hazne hacmi eğitim verileri için ölçüm ve BM(1) model saçılma grafiği	45
Şekil 4.29. 12 yıllık baraj hazne hacmi test verileri için ölçüm ve BM(1) model dağılım grafiği	46
Şekil 4.30. 12 yıllık baraj hazne hacmi test verileri için ölçüm ve BM(1) model saçılma grafiği	46
Şekil 4.31. 12 yıllık baraj hazne hacmi eğitim verileri için ölçüm ve BM(3) model dağılım grafiği	47
Şekil 4.32. 12 yıllık baraj hazne hacmi eğitim verileri için ölçüm ve BM(3) model saçılma grafiği	48
Şekil 4.33. 12 yıllık baraj hazne hacmi test verileri için ölçüm ve BM(3) model dağılım grafiği	48
Şekil 4.34. 12 yıllık baraj hazne hacmi test verileri için ölçüm ve BM(3) model saçılma grafiği	49
Şekil 4.35. 12 yıllık baraj hazne hacmi eğitim verileri için ölçüm ve BM(5) model dağılım grafiği	50
Şekil 4.36. 12 yıllık baraj hazne hacmi eğitim verileri için ölçüm ve BM(5) model saçılma grafiği	50
Şekil 4.37. 12 yıllık baraj hazne hacmi test verileri için ölçüm ve BM(5) model dağılım grafiği	51
Şekil 4.38. 12 yıllık baraj hazne hacmi test verileri için ölçüm ve BM(5) model saçılma grafiği	51

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Barajların çeşitli şekillerde sınıflandırılması (Tarhan, 2002)	2
Çizelge 3.1 Yarseli Barajı karakteristikleri (Anonim5, 2017)	12
Çizelge 3.2. Klasik mantık İle bulanık mantık arasındaki temel farklar.....	18
Çizelge 4.1. Yarseli Barajının tüm veriler için istatistiksel parametre değişimleri	27
Çizelge 4.2.Yarseli Barajının eğitim verileri için istatistiksel parametre değişimleri	28
Çizelge 4.3.Yarseli Barajının test verileri için istatistiksel parametre değişimleri	28
Çizelge 4.4. Yarseli Barajında kullanılan bütün modellerde test verileri için elde edilen MSE, MAE ve R parametreleri	30



SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

a, b	: Regresyon parametreleri
b_1, b_2	: Tahmin değişken katsayıları
p	: Modelin mertebesini
R	: Korelasyon katsayısı
t	: Zaman
Y	: Bağımlı değişkeni
z_t	: Normal dağılmış bir değişken
X	: Bağımsız değişken
ε	: Değişken hata terimi
Δt	: Zaman aralığı
ϕ_j	: Otoregresif katsayı
$\mu_A(x)$: A klasik kümesinin üyelik fonksiyonu
$\mu_{\tilde{A}}(x)$: \tilde{A} bulanık kümesinin üyelik fonksiyonu

KISALTMALAR

ANFIS	: Adaptif sinirsel bulanık sistem
AR	: Otoregresif
ARMA	: Otoregresif hareketli ortalama
B.J.	: Box- Jenkins
BM	: Bulanık mantık
Csx	: Çarpıklık katsayısını
DSİ	: Devlet Su İşleri
GGH	: Günlük göl hacmi
GY Y	: Günlük yağış yüksekliği
GGGSM	: Günlük göle gelen su miktarı
GBSM	: Günlük buharlaşan su miktarı
GDBSM	: Günlük dereye bırakılan su miktarı
GSSS	: Günlük sulama suyu sarfiyatı
MA	: Hareketli ortalama
MAE	: Ortalama mutlak hata
ÇLR	: Çoklu lineer regresyon yöntemi
MSE	: Ortalama karesel hata
Sx	: Standart Sapma
TUİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
YSA	: Yapay sinir ağları

1. GİRİŞ

Canlı hayatın devamı için su, en temel maddelerden birisidir. Su sadece insanlar için değil tüm canlılar için hayati önem taşımaktadır. Dünyanın toplam alanı 510 milyon km^2 olup, 361 milyon km^2 'si su (% 70,8) ile kaplıdır(Anonim1, 2007). Dünya üzerinde toplam su miktarının 1,4 milyar km^3 olduğu kabul edilmektedir. Bu suların % 97,5'i (1,365 milyar km^3) okyanuslarda ve denizlerde tuzlu su olarak, % 2,5'i (0,035 milyar km^3) ise nehir ve göllerde tatlı su olarak bulunmaktadır. Ancak bu az miktarda olan tatlı su oranının %90'a yakını kutuplarda ve yeraltı sularından oluştuğu için büyük oranda kullanılamamaktadır (Anonim2, 2017). Her ne kadar su oranı fazla gibi görünse de kullanıma elverişli tatlı su miktarı çok az ve sabit miktardadır. Her geçen yıl suya talep artarken, nüfus yoğunluğu, iklim değişiklikleri, sanayileşme, kuraklık vb. gibi olumsuz etkilerle dünya üzerindeki kişi başına düşen tatlı su miktarı azalmaktadır.

Türkiye, üç tarafı suyla çevrili bir ülke olup, birçok temiz su kaynağı olmasına rağmen hızla büyüyen nüfus ve sanayileşme dolayısı ile tatlı su varlığı kullanımı açısından günden güne su kıtlığı çeken bir ülke sınıfında yer almaktadır. Kullanılabilir su kaynağı bakımından su zengini olmayan ülkemizde kişi başına düşen yenilenebilir su potansiyeli, 2017 yılında belirlenen nüfusumuz göz önüne alındığında yaklaşık 1519 m^3 'dür. Dünya ortalaması olan 7600 m^3 'ün yaklaşık beşte birine karşılık gelen bu değer nedeniyle ülkemiz, su fakiri olmamakla birlikte, su azlığı bulunan ülkeler arasında sayılmaktadır. TÜİK'in tahminlerine göre 2030 yılına kadar ülkemiz nüfusunun 100 milyona ulaşması durumunda, kişi başına kullanılabilir su miktarı 1000 m^3 'e düşecektir. Ayrıca, bütün bu tahminler mevcut kaynakların 20 yıl sonrasına hiç tahrip edilmeden aktarılması durumunda söz konusu olabilecektir(Anonim3, 2007). Bu sebeple Türkiye'nin gelecek nesillere sağlıklı ve yeterli su bırakabilmesi için kaynaklarının çok iyi korunup, akılcı kullanılması gerekmektedir.

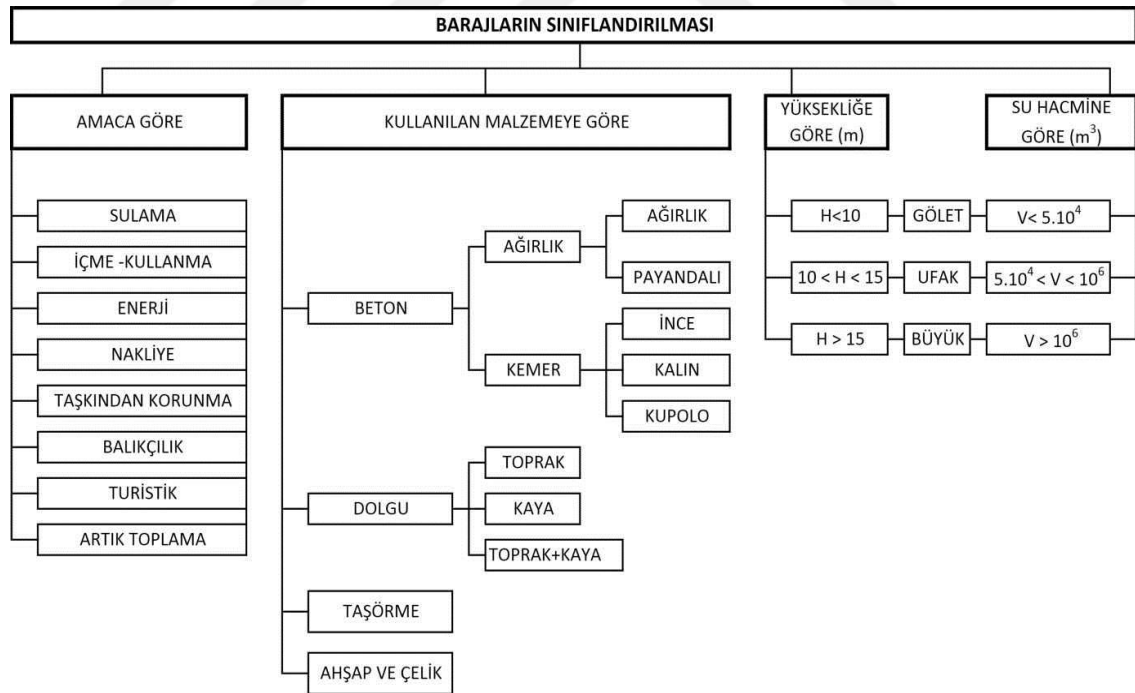
Dünyada ve Türkiye'de sanayileşme ve şehirleşmenin sebep olduğu nüfus sayısındaki hızlı artış göz önüne alındığında, buna bağlı olarak meydana gelen enerji ve su ihtiyacı taleplerinin çoğalmasıyla su kaynaklarının önemi, planlanması ve işletilmesi günden güne artmaktadır. Hızlı nüfus artışının getirdiği sorunların yanı sıra, iklim değişikliklerinden ve yanlış sulama uygulamalarından meydana gelen sorunlardan dolayı su kaynaklarının kalitesi ve miktarı hızlı şekilde azalmaktadır. Bu nedenle son yıllarda,

su kaynaklarının planlanması, geliştirilmesi, kontrol edilmesi ve korunmasına yönelik çalışmalar artmaktadır. Dolayısıyla enerji üretilmesi, taşkınların düzenlenmesi, içme ve kullanma suyu temini, canlı hayatının korunması gibi birçok amaca hizmet eden barajlar ve göletlerin düzenlenmesi, su kaynaklarının geleceğe yönelik planlanması ve işletilmesi açısından baraj haznesindeki su miktarının değişiminin tahmini ve bilinmesi büyük önem arz etmektedir.

1.1. Baraj ve Baraj Hazneleri Hakkında Genel Bilgi

Barajlar, yüzeysel suların düzenli bir şekilde kullanılabilmesi için akarsu ve nehirler üzerinde, akarsu akışının düzenlenmesi, enerji üretimi, sulama suyu sağlanması, içme ve kullanma suyu temini, taşkın denetimi, canlı hayatının korunması ve diğer amaçlara yönelik yapılan su yapılarıdır. Barajların yapılış amaç ve proje özelliklerine göre çeşitli şekillerde sınıflandırılması, Çizelge 1.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 1.1. Barajların çeşitli şekillerde sınıflandırılması (Tarhan, 2002)



Bir vadi üzerinde bir baraj yapılması düşünüldüğü zaman ekonomik ve mali koşullar göz önünde bulundurularak çeşitli imkânlar teker teker ele alınır. Baraj tipi seçimine etki eden faktörler ayrıntılı bir şekilde incelenir, en uygun baraj yeri ve bu yere

en uygun baraj tipi seçilir. Baraj tipi seçimine etki eden faktörleri aşağıdaki şekilde sıralanmaktadır (Erkek ve Ağralıoğlu 2010).

1. Baraj yerinin topoğrafik durumu
2. Temel ve jeoloji şartları
3. İnşaatla kullanılacak malzeme temini
4. Ulaşım kolaylıkları
5. Derivasyon şartları
6. Dolu savak kapasitesi ve yeri
7. Yeraltı ve yer üstü sularının durumu
8. Hazne işletme durumu
9. İklim şartları ve inşaat süresi
10. Deprem durumu
11. Heyelanlar
12. Proje bütçesi ve ülkenin ekonomik durumu
13. Mevcut makine parkı, teçhizatlar ve kapasiteleri
14. Doğa ile uyum durumu ve çevresel etkiler

Yukarıda sayılan birçok faktör incelenerek en uygun baraj tipi belirlenerek, planlama, projelendirme ve inşaat aşamalarına geçilir. Projelendirmesi yapılan bir barajı oluşturan bazı yapı kısımları;

- Baraj Gövdesi
- Baraj Gölü (Haznesi)
- Su Alma Yapısı
- Dolu Savak
- Dip Savak
- Derivasyon Tesisleri
- Baraj Sitesi (İdari Bina, otopark, lojman vb.)
- Balık geçidi, elektrik santrali, gemi geçidi, sal geçidi gibi diğer tesisler dir.

Aşağıdaki Şekil 1.1.'de bir barajın yapı kısımları görülmektedir.



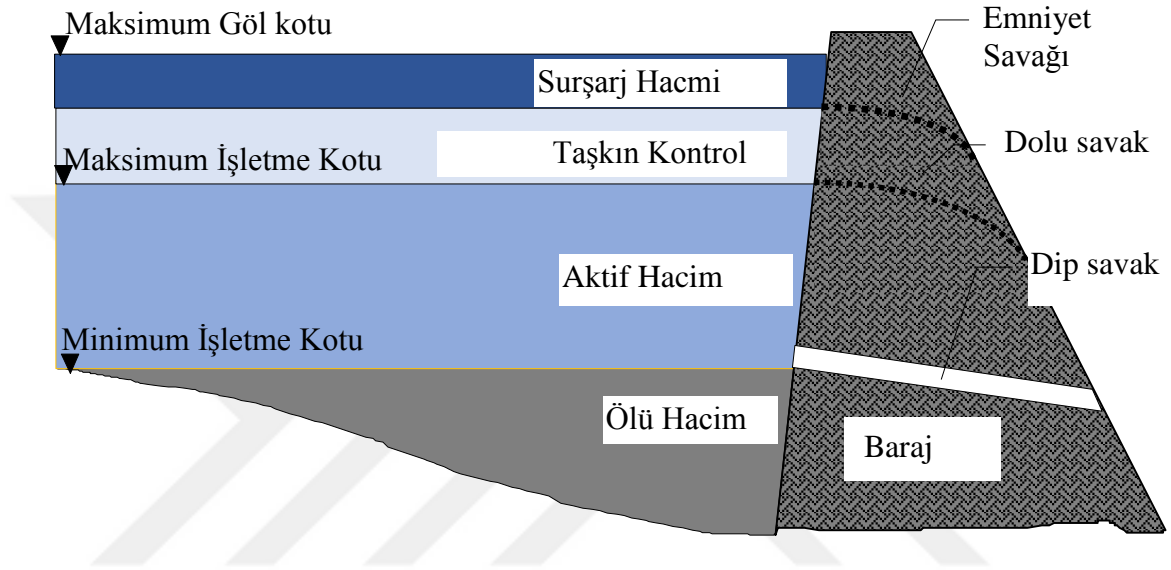
Şekil 1.1. Baraj yapı kısımları (Polat, 2014)

Bir baraj yapılarak oluşturulan göl, baraj haznesi, baraj gölü, rezervuar yada biriktirme haznesi olarak adlandırılabilir (Erkek ve Ağırlioğlu, 2010). Barajların önemli kısımlarında biri baraj hazneleridir. Çünkü baraj hazneleri suyu biriktirme ve yükseltme görevlerini yerine getirmektedir. Akarsularda meydana gelen su miktarı, taşkınlar hariç, belirli bir zaman içerisinde çok fazla değişime uğramaktadır. Su miktarı, iklim değişikliğinin yoğunluğu ve yağışlara bağlı olarak değişim göstermektedir. Üst üste kuraklığın yaşandığı yıllarda akarsularda kuruma ihtimali meydana gelebilir ya da aşırı yağmur ve kar yağışları ile taşkın oluşturarak çevreye zarar verebilmektedir. Başka bir değişle, yıldan yıla artan iklim değişikliğinden dolayı akarsularda yazın debiler çok azalırken, kışın ise yüksek değerlere ulaşabilmektedir. Bu tutarsız değişimler dolayısı ile ihtiyaç duyulmadığı zamanlarda fazla gelen sular depolanarak ihtiyaç duyulan zamanlarda kullanabilmek için baraj haznelerine gereksinim vardır.

Akarsuların su potansiyelleri, çoğu zaman akarsudan karşılanan su ihtiyaçlarını karşılamayabilir. Mevcut su potansiyelleri ile su taleplerinin farklı seviyelerde olması, potansiyellerdeki ve taleplerdeki zamanla meydana gelen değişimler, mevcut su kaynakları ile suyun ne zaman, ne kadar kullanılacağı arasında birtakım sorun ve

belirsizlikler doğuracaktır. Oluşan bu sorun ve belirsizlikleri ortadan kaldırmak ve haznenin yapılış amacına göre, verimli şekilde kullanılması için baraj haznelerinin iyi işletilmesi ve hazne hacim değişimlerinin doğru tahmin edilmesi önem taşımaktadır.

Bir baraj haznesi, ölü hacim, aktif hacim, taşkın kontrol hacmi ve surşarj hacmi olmak üzere genel olarak dört kısımdan oluşmaktadır, Şekil 1.2.' de verilmektedir.



Şekil 1.2. Baraj hazne kısımları (Yurtal, 2006)

Baraj haznelerine giren nehir akımları meteorolojik şartlara göre değişiklik göstermektedir. Su kaynakları ve özellikle de baraj hazne planlaması, nehir havzasındaki meteoroloji 'ye bağlı değişkenlerden (yağmur, buharlaşma, suyun tuzluluk oranı, kar, kar erimesi ve dolu olarak düşen yağışlar gibi), topoğrafik özelliklerden (bölge, şekil, eğim gibi nehir havza özellikleri), ve coğrafi yapıya (geçirgenlik, toprağın süzme kapasitesi, yer altı kaynak sularının seviyesi ve toprak nemi gibi) bağlı özelliklerden doğrudan etkilenmektedir. Bu olaya etki eden çok sayıda değişkenin olması nedeni ile de baraj hazne değişimi lineer olmayan bir yapıya sahip olup tam anlamıyla anlaşılabilir değildir. Meteorolojik parametrelerdeki değişimlerin baraj hazne hacmini ve işletme faaliyetlerini etkilediği de bilinmektedir.

Su kaynaklarının planlanması ve yönetimi için baraj hazne hacminin doğru bir şekilde belirlenmesinde, bölgede hazneye giren akım verilerinin yeterli uzunluğa sahip olması ve bu verilerle ilgili istatistiksel parametrelerin belirlenmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak, gözlem istasyonlarının teknik ve ekonomik sebeplerden ötürü

kayıt uzunluklarının kısa olması nedeni ile hesaplanan istatistikler yeterli derecede sağlıklı sonuçlar vermeyebilir. Ayrıca, gözlem süresi kısa olan kayıtlara göre hesap yapılırsa kritik dönemler gözden kaçırılabilir. Bu sayılan sebepler dolayısı ile baraj hazne hacmini tahmin edebilmek için hızlı, güvenli ve gerçekçi sonuçlar veren yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır.

Baraj hazne hacminin tahmin edilmesi ile ilgili çalışmalar, dünya nüfusunun hızlı artışı, sanayileşme ve kentleşmeyle suya ve enerjiye olan ihtiyacın artması gibi birçok sebeplerden dolayı su kaynaklarının korunması, kontrol altında tutulması, planlanması ve yönetilmesi açısından oldukça önem teşkil etmektedir.

Baraj hazne hacminin belirlenmesi amacıyla çeşitli klasik yöntemler ve yapay zeka yöntemleri geliştirilmiştir. Bunlardan bazıları; Minimum akımlar yöntemi, Çoklu lineer regresyon yöntemi (ÇLR), Goul'un gama yöntemi, otoregresif (AR) model, McMahan ampirik formülü, aylık su bütçesi yöntemi, Mass eğrileri yöntemi (Ripple diyagramı, Toplam gidiş çizgisi), ardışık pik algoritması, debi gidiş çizgisi ve sentetik veri kullanımını temel alan yöntemler ve yeni yöntemler olarak adlandırılan günümüzde sıklık ile kullanılan yapay sinir ağları (YSA) ve bulanık mantık (BM) gibi yapay zeka tekniklerine dayalı yöntemler söylenebilir.

Sunulan bu tez çalışmasında, uygulama yeri olarak Hatay ilinde bulunan Yarseli Barajına ait baraj hazne hacmini etkileyen, DSİ tarafından ölçülmüş, yağış yüksekliği, buharlaşma, gelen su miktarı, savaklanan su miktarı ve günlük su sarfiyatı veri olarak kullanılmıştır. Ayrıca, geçmiş hazne hacimleri dikkate alınarak sentetik zaman serileri türetilerek Çoklu-Lineer Regresyon (ÇLR), Otoregresif Model (AR(p)) ve Bulanık Modelleme (BM) yöntemleriyle hazne hacmi değişimleri tahmin edilmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Baraj haznesindeki su hacminin tespiti, hidrolik yapıların tasarımı ve inşa edilmesi, kullanım suyu temin edilmesi, sulama ve drenaj, enerji üretimi için su gücünden faydalanma, taşkın çalışmaları, baraj haznesinin yönetimi, su kalitesinin modellenmesi için büyük önem arz etmektedir.

Baraj haznesindeki su hacminin kontrolü ise doğru zamanda suyun biriktirilmesi ve dağıtılmasıyla olur. Zamanında alınmayan önlemler ve su kaynaklı problemlerden dolayı can ve mal kaybı olabilmektedir. Bundan dolayı, düzgün bir baraj hazne yönetimi sadece taze su temini açısından değil, aynı zamanda olası zararları önlemek açısından bir gerekliliktir. En etkili şekilde baraj haznesinin yönetilmesinin temel şartlarından biri de baraj hazne su hacminin saptanması ve bu hacimdeki değişikliklerin tahmin edilebilmesidir. Dolayısıyla, su kaynaklarını etkileyen parametreler net bir şekilde tanımlanmalıdır.

Su kaynaklarının planlanması, projelendirilmesi, işletilmesi ve güvenliği için sürekli ve doğru hidrolojik gözlemlere ihtiyaç duyulur. Gözlemlere dayalı Hidrolojik ölçüm ve deneylerin yapılması ve verilerin elde edilmesi zaman alıcı ve maliyetlidir. Bu sebeplerden dolayı günümüzde bu veriler sağlıklı ve uygun bir şekilde ölçülememektedir. Eksik kalan ya da ölçümü yapılamayan bu verilerin belirlenmesi için istatistiksel metotlara ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmamızda baraj hazne hacmi tahmini için yeni ve geliştirilebilir bir metot olan BM modeli kullanılmıştır. BM, su bilimi ile uğraşan mühendislik çalışmalarında son yıllarda sıkça kullanılmaya başlanmıştır. Su kalitesinin belirlenmesi, hazne işletme çalışmaları, alansal yağış tahminleri, sediment tahmini, yağış akış modellenmesi, su kaynaklarının planlanması ve tahmin edilmesi, akış tahmini ve taşkın kontrolü gibi birçok alanda çalışma yapılmıştır ve yapılmaya devam edilmektedir.

Baraj hazne kapasitesini belirlemek için yapılan ilk çalışmalar Ripple (1883) ve Sudler (1927) tarafından yapılmıştır. Günümüze kadar birçok araştırmacı, baraj haznesi ve işletmesi ile ilgili çalışmalarında klasik ve geleneksel yöntemleri kullanmıştır.

Son zamanlarda yapay zekâ teknikleri su kaynakları mühendisliğinin çeşitli dallarında sıklık ile kullanılmıştır. Keskin ve ark. (2004), Bulanık Mantık ve Penman yöntemini kullanarak günlük tava buharlaşma miktarını tahmin etmişlerdir. Çalışma

bölgesi olarak Eğirdir Göl haznesi verilerini kullanmışlardır. Buharlaşıma miktarı tespitinde veri olarak, hava ve su sıcaklığı, bağıl nem, solar radyasyon, rüzgar hızı, hava basıncı ve güneşlenme sürelerini kullanmışlardır. Eğirdir Gölündeki istasyondan alınan 245 günlük ölçüm verilerini kullanarak yaptıkları çalışmada, BM ve Penman yöntemi ile elde edilen sonuçları karşılaştırmışlardır. Yine, Sudheer (2005), yapay zeka tekniklerinden olan yapay sinir ağı modeli ile nehir akımlarını modelleyerek tahminde bulunmuştur.

Üneş (2006), Üneş ve Kunduz (2006), Tahtaköprü Barajı hazne seviye değişimlerini YSA yöntemi ile tahmin etmişlerdir. Elde ettikleri model sonuçlarını gerçek ölçüm verileri ile değerlendirmişlerdir.

Chang ve ark. (2006), yaptıkları çalışmada, BM yönteminin su kaynaklarının planlamasında uygulanabilirliğini araştırmışlardır. Çalışmalarında taşkın zamanlarında rezervuar su seviye değişim miktarı tahmini için bulanık mantık modelleri kurmuşlardır.

Fırat (2007), yapmış olduğu çalışmada, Büyük Menderes Havzasında, Adaptif Sinirsel Bulanık Mantık Yönteminin (ANFIS) günlük akarsu akış ve katı madde miktarının tahmin edilmesinde uygulanabilirliğini araştırmıştır. Araştırmasında ANFIS metodunun, katı madde modellenmesinde ve tahmin edilmesinde olumlu sonuçlar verdiğini gözlemlemiştir.

Üneş (2010), çalışmasında yapay sinir ağları, çoklu regresyon ve otoregresif modeller ile Tahtaköprü Barajındaki hazne su seviyesi tahmininde bulunmuştur. 29 yıllık ortalama aylık ölçüm verileri kullanılarak su seviyesi tahmin etmiştir. Elde edilen yapay sinir ağları model sonuçları ile ölçüm verileri karşılaştırdığında iyi performans ortaya koymuştur.

Demirci ve Baltacı (2012) yine BM yöntemi ve klasik yöntemler ile katı madde konsantrasyonu tahmin etmişlerdir. Bu çalışmaların da, Sacramento nehri üzerindeki istasyonda ortalama sıcaklık, günlük gerçek zaman akım debisinden katı madde konsantrasyonu tahmini için beş yıllık veriler kullanmışlardır. Beş yıllık katı madde tahmini için yapılan karşılaştırmalarda BM modellemesinin iyi sonuçlar verdiğini göstermişlerdir.

Üneş ve ark. (2015a), BM yaklaşımını kullanarak, baraj haznesindeki batmış akım derinliğini tahmin etmişlerdir. BM modelinin sonuçlarını iki boyutlu hidrodinamik

model, YSA ve ÇLR modeli ile karşılaştırmışlardır. Model sonuçlarını deneysel ölçüm verileri karşılaştırmışlar.

Üneş ve ark. (2015b), çalışmalarında ABD’de Alabama Nehrindeki Millers-Ferry Barajı için günlük hazne seviyelerini, YSA yöntemi kullanarak tahmin etmişlerdir. YSA modellerinin geleneksel modellerden daha iyi performans gösterdiği tespit etmişlerdir.

Kişi ve Zounemat (2016), ABD’de Muddy nehri üzerinde istasyonlarda sediment miktarını tahmin etmek için çalışma yapmışlardır. YSA’nın, Adaptif Sinirsel Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFIS), Katı Madde Anahtar Eğrisi (SRC) yöntemlerine alternatif olarak sunulabileceğini göstermişlerdir.

Bizimana ve ark. (2016), tarafından yapılan çalışmada, Yuvacık Barajı için Bulanık Mantık Sistem (BMS) yöntemi kullanılarak rezervuar işletme çalışmalarının düzenlenmesini sağlayacak güvenilir bir model geliştirmeyi amaçlamışlardır. Elde edilen bulgular BMS’nin herhangi bir rezervuar seviyesini düzenlemek için başarıyla kullanılabilir olduğunu göstermiştir.

Sunulan bu tez çalışması ile ilgili olarak Üneş ve ark. (2016-2017), ANFIS ve ÇLR yöntemlerini kullanarak Hatay’da bulunan Yarseli Barajındaki rezervuar hacmi değişimlerini belirlemişlerdir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Bulanık Modelleme yöntemi kullanılarak baraj hazne hacmi tahmini yapılan bu tez kapsamında, uygulama alanı olarak Hatay ili Altınözü ilçesi Beyazçay deresi üzerine inşa edilen Yarseli Barajı seçilmiştir (Şekil 3.1a.). Yarseli Barajı Altınözü İlçesi'nin güneydoğusunda yer almaktadır. Yarseli Barajının coğrafi konumu $36^{\circ} 11' 35''$ Kuzey ile $36^{\circ} 19' 34''$ Doğu gps koordinatlarıdır. Yarseli Barajı konumu Şekil 3.1b.'de gösterilmiştir.

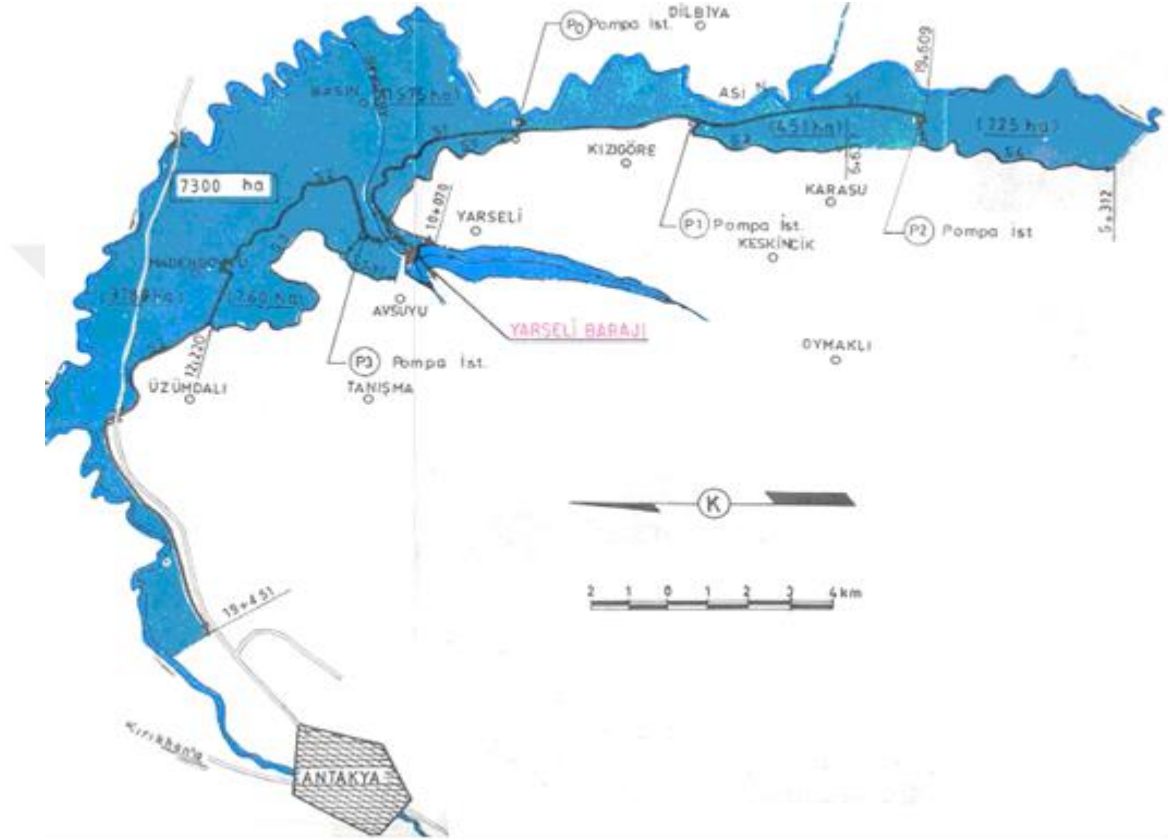


Şekil 3.1a.Yarseli Barajı (Anonim4, 2017)



Şekil 3.1b. Yarseli Barajı coğrafi konumu

Barajın inşaatına 1985 yılında başlanmış olup ve 1991 yılında baraj inşaatı ve 1993 yılında da sulama şebekesi tamamlanmıştır. Toprak gövde dolgu tipindeki Yarseli Barajının yapılış amacı sulama olup, sulama sahası; 3 Belde ve 15 Köyün toplam olarak 7300 ha. araziye kapsamaktadır (Şekil 3.2.). Baraj dip savağından ana kanala alınan su ile 41 km uzunluğundaki sağ ana kanal ile 2751 ha, 32 km uzunluğundaki sol ana kanal ile 4549 ha olmak üzere toplam 7300 ha alan sulanmaktadır (Taşdemir, 2008).



Şekil 3.2. Yarseli Barajı işletme alanı (Taşdemir, 2008)

Proje sahası ve çevresinde Akdeniz iklimi hüküm sürmektedir. Kışları ılık ve yağışlı, yazları ise sıcak ve kuraktır. Yağışlar genellikle Aralık, Ocak, Şubat ve Mart aylarında düşmektedir. Yıllık ortalama yağış 853 mm, ortalama sıcaklık 18°C ve buharlaşma 1525 mm'dir. Baraj yerinde, Beyazçay deresinin drenaj alanı 224 km² ve yıllık ortalama akımı 45.93 hm³'dür. 100 yıllık taşkın debisi 170 m³/s olarak hesaplanmıştır. Yarseli Barajı Beyazçay deresi akımları ile doldurulmadığından eksik hacim Asi nehrinden pompayla takviye edilerek tamamlanmaktadır (Taşdemir, 2008).

Çizelge 3.1'de Yarseli Barajına ait karakteristikler verilmiştir.

Çizelge 3.1 Yarseli Barajı karakteristikleri (Anonim5, 2017)

Yarseli Barajı Karakteristikleri		
Yeri	Hatay	
Akarsu	Beyazçay	
Amaç	Sulama	
Gövde Dolgu Tipi	Toprak	
Sulama Alanı	7300	ha
Gövde Hacmi	2.563.000	m ³
Yükseklik (talvegden)	42	m
Normal Su Kotunda Göl Hacmi	55	hm ³
Normal Su Kotunda Göl Alanı	4	km ²
Maksimum İşletme Seviyesi	136.00	m
Minimum İşletme Seviyesi	114.50	m
Maksimum Göl Hacmi	59.50	hm ³
Gerekli Ölü Hacim	5.60	hm ³
Baraj Tepe Kodu	137.00	m
Kret Yüksekliği	37	m
Kret Uzunluğu	1.000	m
Gövde Dolu Hacmi	2.70	hm ³
Dip Savak Uzunluğu	200	m
Dip Savak Kapasitesi	14	m ³ /s
Cebri Boru Çapı	1.20	m

BM, ÇLR ve AR zaman serileri için, DSİ tarafından ölçülmüş, Yarseli Barajına ait 2002 ve 2012 yılları arasındaki veriler kullanılmıştır. Baraj hazne hacmi tahmini için Yarseli Barajına ait günlük yağış yüksekliği, günlük göle gelen su miktarı, günlük buharlaşan su miktarı, günlük dereye bırakılan su miktarı ve günlük sulama suyu sarfıyatı ölçüm verileri kullanılmıştır. Bu veriler DSİ'nin Yarseli Barajındaki ölçüm istasyonundan alınmıştır. Günlük su sarfıyatı olarak ölçülmüş buharlaşma, sulama suyu ve savaklanan su değerlerinin toplamı kullanılmıştır. Günlük göle gelen su verilerinde dereden gelen ve pompayla takviye edilen günlük su toplamı alınmıştır.

Yarseli barajına ait hazne hacminin belirlenmesinde klasik yöntemlerden Çoklu Lineer Regresyon Yöntemi (ÇLR), Otoresif (AR)) Model ve yeni yöntem olarak adlandırılan bulanık mantık (BM) yöntemi kullanılmaktadır. Aşağıda bu yöntemler ile ilgili olarak temel bilgiler verilmektedir.

3.1. Klasik Yöntemler

3.1.1. Çoklu Lineer Regresyon Yöntemi (ÇLR)

Regresyon analizi, aralarında sebep-sonuç ilişkisi bulunan iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkiyi matematiksel bir fonksiyon yardımıyla analiz etmeye yarayan istatistiksel bir yöntemdir. Ancak, değişkenler arasındaki bu ilişkiler deterministik (kesin) nitelikte değildir. İki değişken arasındaki ilişkinin sayısal fonksiyonunun denklem ifadesi, bağımlı ve bağımsız olarak iki farklı değişkenin kullanılmasıyla oluşturulur.

Regresyon analizi çalışmalarında; ilk önce problem incelenerek, problemi kontrol eden temel değişkenler tespit edilir. İlgili veri kaynaklarından veriler toplanıp bir model tayini yapılır. Belirlenen modele göre doğru tahmin yapmak için bir teknik belirlenerek uygulama aşamasına geçilir. Bu şekilde modelin uygunluğu analiz edildikten sonra problem çözümü uygulaması yapılır.

Bayazit ve Yeğen Oğuz (2013), regresyon analizini, basit doğrusal regresyon analizi, çoklu doğrusal regresyon analizi ve doğrusal olmayan (nonlineer) regresyon analizi şeklinde sınıflandırmışlardır.

Basit regresyon analizinde bir bağımlı değişken (X) ve bir bağımsız değişken (Y) arasındaki fonksiyonel ilişki incelenmektedir.

$$Y = a + bX \pm \varepsilon \quad (3.1)$$

Burada; “X” bağımsız değişken, “Y” bağımlı değişken, “a” sabit olup $X=0$ olduğunda Y’nin aldığı değer, “b” regresyon katsayısı (regresyon doğrusunun eğimi) ve “ε” ise hata miktarını göstermektedir. “ε” parametre tahminleri için değil katsayıların önem kontrolleri için gereklidir. a ve b ayrıca regresyonun parametreleridir.

Çoklu doğrusal regresyon analizi ise bağımlı değişkenle ilişkili olan iki ya da daha fazla bağımsız değişkene dayanarak, bağımlı değişkenin tahmin edilmesi ile oluşan bir analiz türüdür. Doğrusal ilişki ile anlatılmak istenen, iki değişken arasındaki ilişkinin bir doğru ile temsil edilebileceğidir. Kısaca birden fazla bağımsız değişken kullanılarak yapılan regresyon analizine çoklu regresyon analizi adı verilmektedir. Gerçek doğrusal ilişkiyi gösteren matematiksel model, n tane bağımsız değişken için, Denklem(3.2) gibi yazılabilir.

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n + \varepsilon \quad (3.2)$$

Yukarıdaki denklem de, **y** bağımlı değişken, **x** bağımsız değişken, **a** regresyon eğrisinin y eksenini kestiği nokta, **b₁** ilk tahmin değişkeninin x_1 katsayısı, **b₂** ikinci tahmin değişkeninin x_2 katsayısı, **ε** ise değişkenin hata terimidir. Bu denklemde y , x_1 , $x_2 \dots x_n$ gözlenebilen değerler, a , b_1 , $b_2 \dots b_n$ bilinmeyen parametrelerdir.

Y' nin X_1 ve X_2 gibi iki bağımsız değişkene göre regresyon denkleminin en basit hali olarak şu şekli alır (Bayazıt ve Yeğen Oğuz, 2013):

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2 \quad (3.3)$$

Doğrusal olmayan regresyon analizinde ise iki yada daha fazla sayıda değişken arasında doğrusal olmayan ve biçimi önceden belirlenen bir denklem yardımı ile anlatılan bir ilişkinin varlığı kabul edilmektedir (Bayazıt ve Yeğen Oğuz, 2013).

3.1.2. Otoresif (Auto Regressive, AR) Zaman Serileri

Otoresif (AR, markov) modeller, literatüre Yule (1927) tarafından girmiştir. Markov modelleri olarak da adlandırılan bu modeller incelenen zaman serisinin herhangi bir gözlem değerini, serinin geçmişteki gözlem değerleri kullanılarak hata miktarının doğrusal bir bileşimi olarak ifade etmektedir. Ancak zaman serileri Box-Jenkins (1970) ile önem kazanmıştır. Uygulamalarda durağan zaman serilerinin modellenmesinde kullanılan Box-Jenkins yönteminin önemli doğrusal durağan stokastik tahmin modelleri; otoresif (AR), hareketli ortalama (MA) ve otoresif hareketli ortalama (ARMA) modelleridir.

AR modeller 1960'lı yılların başlarından itibaren yıllık ve periyodik zaman serilerinin modellenmesi amacıyla hidrolojide ve su kaynakları uygulamalarında yaygın olarak kullanılmışlardır. Genellikle zaman içerisinde gözlemler arasında ilişki olması durumlarında kullanılırlar. AR modellerinin amacı, zaman serilerinin geçmişteki ve gelecekteki biçimlerini doğru bir şekilde temsil eden modeller ortaya koymaktır.

Bir rastgele değişkenin aldığı değerlerin, zaman içinde belirli aralıklarla (Δt) izlenmesi halinde, bir zaman serisi (x_1, x_2, \dots, x_i) elde edilir. Ardışık anlardaki x_i ve x_{i+1} değerleri arasında istatistiksel olarak bir bağ bulunması halinde x_i bir stokastik süreç oluşturmaktadır. Hidrolojik çalışmalara konu olan seriler genellikle yıllık, mevsimlik,

aylık, ve haftalık olabilmektedir. Örneğin, bir akarsuda ölçülmüş günlük, haftalık, aylık v.b. akım değerleri veya göl seviyeleri birer stokastik süreçtir.

AR modellerinin mertebesi, içerdikleri gecikmeli gözlem sayısına göre belirlenmektedir. Örneğin, bir AR modeli bir tane geçmişteki gözlem değeri içeriyorsa “birinci dereceden” AR(1), iki tane geçmişteki gözlem değeri içeriyorsa “ikinci dereceden” AR(2) ve genel biçimi olarak p tane geçmişteki gözlem değeri içeriyorsa p’inci dereceden AR(p) model olarak ifade edilmektedir.

p -inci mertebe Markov (AR) Modelinde t -inci yılın y_t akımı için aşağıdaki gibi bir ifade kabul edilir (Bayazıt, 1996);

$$y_t = \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \dots + \phi_p y_{t-p} + z_t \quad (3.4)$$

veya

$$y_t = \sum_{j=1}^p \phi_j \cdot y_{t-j} + z_t \quad (3.5)$$

Burada, p -inci dereceden bir otoregresif zaman serisi AR(p) ile gösterilir. t -inci yılın akımının bundan önceki p yılın akımlarıyla doğrudan doğruya ilişkili olduğu görülmektedir. Burada; “t” indisi zamanı, “y” bu zaman aralıklarındaki değişkeni, “ z_t ” bağımsız ortalaması sıfır; varyansı ise $\text{Var}(z_t) = \sigma_z^2$ normal dağılmış bir değişken, “p” modelin mertebesini (serinin geçmiş değerlerinin sayısı), “ ϕ_j ” otoregresif model katsayıları gösterir.

Yukarıdaki (3.5) denkleminde sadece bir adet AR terimi göz önüne alınarak p=1 için oluşturulan yeni denklem;

$$y_t = \phi_1 y_{t-1} + z_t \quad (3.6)$$

olur ve bu model 1. Dereceden otoregresif yada 1. Dereceden Markov modeli olarak adlandırılıp AR(1) ile gösterilir.

Yine aynı şekilde (3.5) denkleminde p=2 için denklemi yeniden düzenleyecek olursak;

$$y_t = \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + z_t \quad (3.7)$$

şeklini alır ve 2. Dereceden Markov modeli olarak adlandırılıp AR(2) ile gösterilir.

3.2. Bulanık Mantık Modelleme Yöntemi (BM)

Bilimsel çalışmalara konu olan olaylar ve sistemler, matematiksel modellerle ifade edilmektedir. Tasarlanan bu modellerle, olayların veya sistemlerin gelecekteki durumu ve göstereceği davranış şekli de oluşturulmalıdır. Günümüzde karşılaştığımız sorunların genelinde, çeşitli sebeplerden ötürü uygun modelleme yapılamamaktadır. İşte bu tip sorunların incelenmesinde ve çözümlenmesinde BM modelleme yöntemi kullanılabilir. Hassas ölçümler kullanmadan, insan tecrübesine dayalı modelleme yapabilen BM yöntemi hemen her mühendislik dalında uygulanmaktadır. Bu bölümde BM kavramı üzerinde durulacaktır.

3.2.1. Bulanık Mantık (BM)

Mantık kelimesi, latince “logos” kelimesinden türeyen logique veya logic ile aynı anlamda kullanılan Arapça “nutuk” kelimesinden türemiştir. Mantık, düşüncenin doğru veya yanlış olduğunu ortaya koymakta yardımcı bir bilim dalıdır. Birçok ilkeler ve yöntemlerle kanun şekline getirerek, insanın doğru düşünmesine olanak sağlar. Böylece, insanın doğru ile yanlış ayırt etmesine yardımcı olur. Aristo bu bilime, “gerçeği bulmaya yarayan araç” anlamına gelen (organon) adını vermiştir (Anonim6, 2017).

Klasik mantık, günlük konuşma diline dayanmaktadır. Klasik mantıkta bir ifadenin iki ihtimali olduğu varsayılır. Bir diğer deyişle, ifade ya yanlıştır ya da doğru olması beklenir. Fakat, bazı ifadelerin doğruluğu ya da yanlışlığı hakkında kesin bir yargıya varmak mümkün olamamaktadır. Ayrıca, gelecekte karşılaşılabilecek durumların doğruluğu veya yanlışlığı belirsizlik olduğundan karar verilmesi zorlaşmaktadır.

Konuşma dilinde ifade edilen, genel olarak kesin sınırlarla tanımlanamayan ve kişiden kişiye farklı yorumlanan “güzel”, “çirkin”, “sıcak” “soğuk” gibi belirli olmayan kavramlara bulanık değişkenler denilmektedir. Günlük hayatta kullanırken değişkenlerin etki derecesi “çok az”, “az”, “orta”, “fazla”, “çok fazla” gibi sıfatlarla değiştirilir. Bu tür terimlere “bulanık değişkenlerin bulanık terimleri” denilmektedir. Örneğin “sıcak” bulanık değişkeni “çok sıcak”, “ılık”, “soğuk” ve “çok soğuk” gibi bulanık terimlerle ifade edilir. Bulanık terimlerle ifade edilen “Hava çok sıcak.”, “Araba çok güzel” gibi ifadelerde kesin hüküm içermediğinden, klasik mantık olarak kabul edilmez ve bu

kavramlarla da klasik kümeler olarak tanımlanamaz. İşte, bu tür kavramlara bulanık kavramlar ve bunlarla ilgilenen mantığa da bulanık mantık denir.

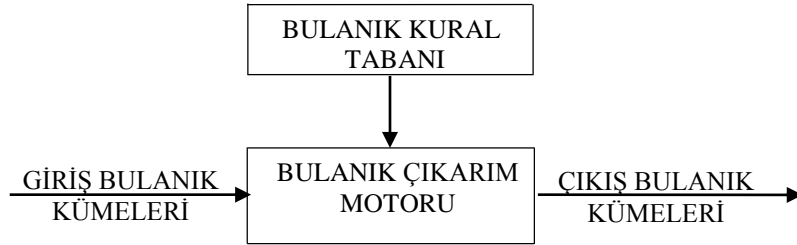
1921 yılında Bakü’de doğmuş olan Lütü Ali Askerzade Zadeh, Berkeley Üniversitesinde 1965 yılında “Information and Control” isimli dergide yayınladığı ve teknik bir problemin çözümüne yönelik olan “The Theory of Fuzzy Logic and Fuzzy Sets (BM ve Bulanık Kümeler Kuramı) ” isimli makale ile bulanık mantığın temellerini atmıştır. Zadeh’in makalesi, ilk zamanlarda klasik mantık’ dan vazgeçemeyen bilimsel çevreler tarafından eleştirilip kabul görmese de, 1970’den günümüze BM’ye olan ilgi artmıştır. Mamdani and Assilian (1975) tarafından yapılan bir buhar makinesinin kontrolünün bulanık sistem ile başarılı bir şekilde modellenmesi bu kavramın dünyada dikkat kazanmasını sağlamıştır.

Zadeh (1965)’e göre bulanık mantığın temel özellikleri; kesin sonuçlara dayanan düşünme yerine yaklaşık düşünme kullanılmasıdır. Bulanık mantıkta her şey 0 ile 1 aralığında değişmektedir, bulanık mantıkta bilgi “bulanık terimler” ve “bulanık kurallar” gibi sözel ifadelerle anlatılır, bulanık mantık modeli karmaşık sistemler için kullanışlıdır.

Klasik mantık çalışma prensibi Şekil 3.3a.’da ve BM çalışma prensibi Şekil 3.3b.’ de gösterilmiştir.



Şekil 3.3a. Klasik mantık çalışma prensibi (Şen, 2009)



Şekil 3.3b. Bulanık mantık çalışma prensibi (Şen, 2009)

Klasik mantık ile bulanık mantık arasındaki temel farklar Çizelge 3.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Klasik mantık İle bulanık mantık arasındaki temel farklar

Klasik Mantık	Bulanık Mantık
A <u>veya</u> A Değil	A <u>ve</u> A Değil
Kesin	Kısmi
Hepsi veya Hiçbiri	Belirli Derecelerde
0 veya 1	0 ve 1 Arasında Süreklilik
İkili Birimler	Bulanık Birimler

3.2.2. Bulanık Kümeler ve Üyelik Fonksiyonları

Bulanık kümelerin temel mantığına bakıldığında, klasik kümelerin genelleştirilmiş hali gibi görülse de, aslında klasik kümelerin temel anlayışının dayandığı ilkelerin dışında bir çalışma prensibine sahip olduğu görülmektedir.

Klasik kümelerde bir eleman bir kümeye ya aittir ya da değildir. Bu nedenle bir kümenin tanımlı elemanları vardır ve alt kümelerinin sınır koşulları kesindir. Bir kümeden diğerine geçiş ani ve keskin değişen üyelik dereceleri ile olmaktadır. Çünkü klasik kümelerde bir elemanın 0 yada 1 üyelik derecesi ile bağlı olduğu bir küme anlayışı vardır. Bu ikisi arasında bir ihtimalden söz edilemez. Elemanın kümeye ait olabilmesi için üyelik derecesinin 1 olması gerekmektedir. Bulanık kümeler de ise durum daha farklıdır. Bir eleman bir kümeye 0 ile 1 arasında değişen üyelik derecelerinde üye olabilmektedir. Aynı anda bir eleman farklı iki bulanık kümeye bağlı olabilir. Neredeyse bütün üyelerin değişik üyelik dereceleri ile kümeye ait olmaları durumu vardır.

Yaşları 65 ile 85 arasında değişen insanlardan bir yaşlılar kümesi oluştuğunu düşünelim. 85 yaşındaki birinin yaşı 65 olan kimseye oranla daha yaşlı olduğunu hemen görebiliriz. İşte bulanık kümelerde bu ayrımları açıklamak mümkündür ve daha yaşlı sözel kavramını kesirli sayılarla ifade ederek üyelik derecesini oluşturabiliriz.

Anlatılanlara ve örneklere bakıldığında, bulanık kümelerin bulanık mantığın temel elemanı olduğu ve bulanık kümelerinde üyelik fonksiyonları ile ifade edildiği ortaya çıkmaktadır. BM adımları için gerekli üyelik fonksiyonları, sözel anlatımlardan oluşmaktadır. Bulanık bir kümeyi tanımlanırken üyelik fonksiyonlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bundan dolayı üyelik fonksiyonlarına ait özellikler bulanık kümeler içerisinde önemlidir. Klasik kümelerde üyelik dereceleri 0 ya da 1 olurken arada bir başka değer alamaz. Bulanık küme kavramında ise üyelik fonksiyonlarının değer aralığı daha

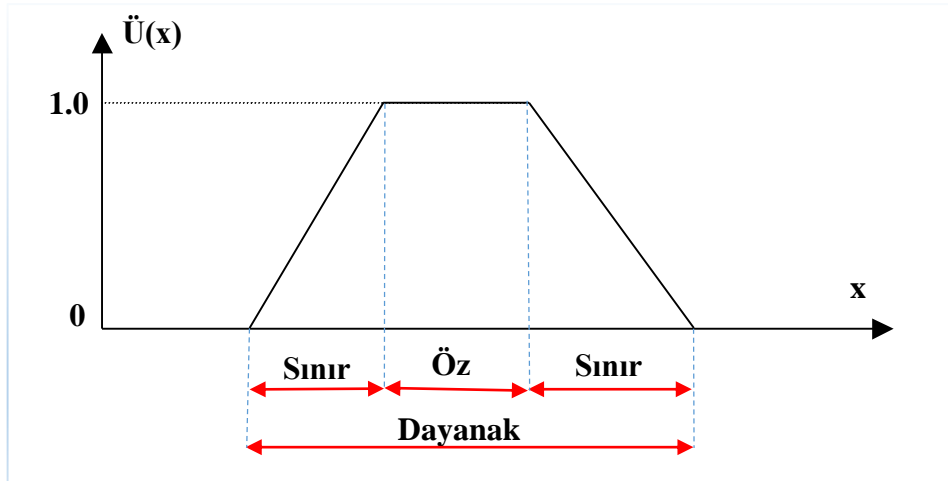
önce de belirtildiği üzere 0 ile 1 aralığında sonsuz değer olabilmektedir. Buna göre bir bulanık kümeye ait elemanlarının bu aralıktaki bir sayıya denk getiren fonksiyona “üyelik fonksiyonu” denilmektedir. Yani, X kümesini evrensel küme olarak düşünersek ve onun elemanı olan x ögesinin, \tilde{A} bulanık kümesiyle ilişkili olma derecesi bize üyelik fonksiyonu verir.

Bir A klasik kümesinin üyelik fonksiyonu Denklem (3.8)'de, \tilde{A} bulanık kümesine ait üyelik fonksiyonu ise Denklem (3.9)'da gösterilmiştir.

$$\mu_A(x) : X \rightarrow \{0,1\} \quad (3.8)$$

$$\mu_{\tilde{A}}(x) : X \rightarrow [0,1] \quad (3.9)$$

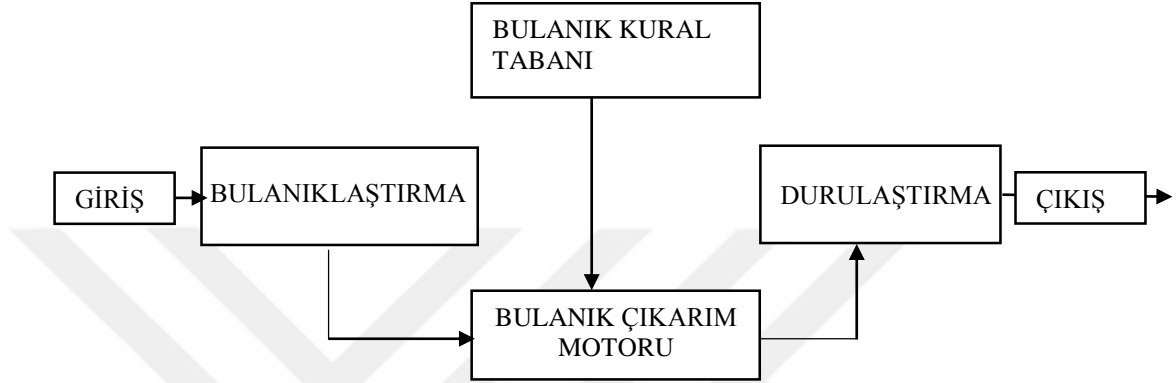
Burada, X evrensel kümesindeki bir x elemanının klasik kümeye (A) ya da bulanık kümeye (\tilde{A}) ait olma derecesi gösterilmiştir. Üyelik fonksiyonunun üyelik dereceleri 1'e eşit olan bulanık küme elemanlarına ait kısmına “üyelik fonksiyonunun özü” denir. Başka bir ifade ile üyelik derecelerinin 1'e eşit olduğu bulanık küme kısmına bulanık alt kümenin özü denir. Burada $\tilde{U}(x) = 1$ 'dir. Üçgen şeklindeki üyelik fonksiyonunda bir tek elemanın üyelik derecesi 1'e eşit olduğundan üçgen üyelik fonksiyonlarının özü bir noktadır. Trapez şeklindeki bir üyelik fonksiyonunda ise birden fazla elemanın üyelik derecesi 1'dir (Şekil 3.4.).



Şekil 3.4. Üyelik fonksiyonu kısımları (Şen, 2009)

3.2.3. Bulanık Sistemler

Bulanık sistemler, bir sistemi bulanık kurallar yardımıyla modelleyen sistemlerdir. Buna göre, bulanık sistemlerde modellemeler bulanıklaştırma, bulanık kural tabanı, bulanık çıkarım, durulaştırma işlemleri olarak dört kısımdan oluşmaktadır(Şekil 3.5.). Bu bölümde, bu sistemlere ait bilgiler açıklanmaya çalışılacaktır.



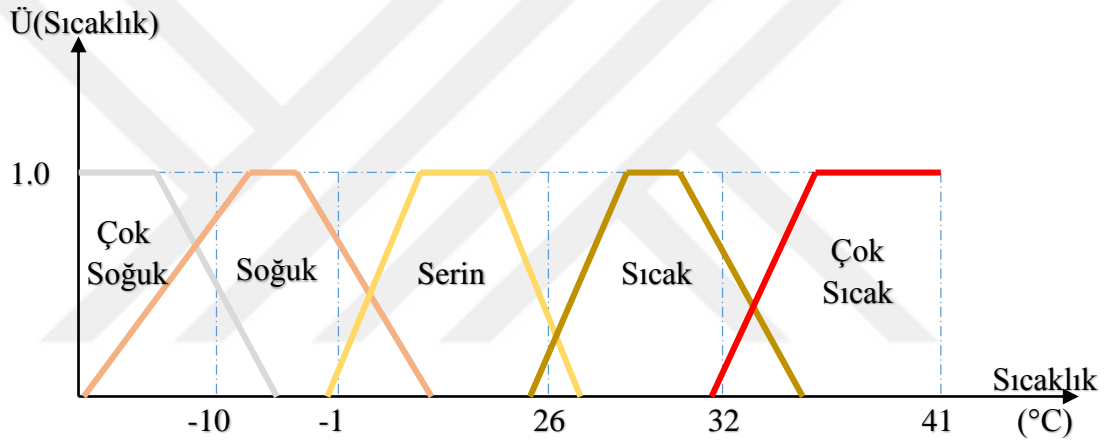
Şekil 3.5. Bulanıklaştırma – Durulaştırma birimli bulanık sistem (Şen, 2009)

3.2.3.1. Bulanıklaştırma

Klasik kümelerdeki değişim aralıklarının bulanıklaştırılması, BM sistem modellemesi için gereklidir. Bundan dolayı, belirlenen bir aralıktaki elemanların tamamının, 0 ile 1 arasında farklı değerlere sahip olması düşünülür. Bu düşüncede, bazı elemanların belirsizlik içerdikleri kabul edilmektedir. Günlük konuşma dilinden kaynaklı belirsizlik durumlarında bulanıklıktan söz edilmektedir. Örneğin, meteoroloji verilerine göre (-10, 42) derece arasındaki sıcaklık parametresi günlük konuşma dilinde sözel ifade ile anlatılmak istendiği zaman “ çok soğuk, soğuk, serin, sıcak, çok sıcak ” gibi beş bulanık kümenin girdi değerlerini tanımlamış oluruz. Gün içinde saat kaç denildiği zaman saat 2’ ye geliyor, yaklaşık 20 dakika sonra oradayım, fiyatı 300 lira civarında gibi kurduğumuz cümlelerde net bir şekilde belirgin olan ifadeleri, doğal dili kullanarak bulanık ifadelere dönüştürürüz. Aslında yaptığımız bu olay tam olarak bulanıklaştırmanın gündelik hayattaki karşılığıdır. Yukarıda verilen sıcaklık örneğinin klasik mantıktaki gösterimi Şekil 3.6a.’da ve BM’deki ifade şekli ise Şekil 3.6b.’de gösterilmiştir.



Şekil 3.6a. Sıcaklık parametrelerinin klasik mantıkta gösterimi



Şekil 3.6b. Sıcaklık parametrelerinin bulanık mantıkta gösterimi

Bulanık sistemlerin etkili çalışmasını sağlamak amacıyla değişik şekillerde (üçgen, yamuk, gauss, sigmoid vs.) giriş verileri kullanılarak üyelik fonksiyonları seçilebilmektedir. Bir modelin bulanıklaştırılması için; modele girdi olarak kullanılan tüm sayısal verilerin her birine bir üyelik değeri atanması yapılmalıdır. Burada bulanık sistemlerde önemli olan, kullanılacak üyelik fonksiyonlarının problemin çözümüne ve amacına uygun olmasıdır.

3.2.3.2. Bulanık Kural Tabanı

Veri tabanındaki girişleri çıkış değişkenlerine bağlayan mantıksal EĞER-İSE türünde yazılabilen bütün kuralları içerir. Bu kuralların yazılmasında sadece girdi verileri ile çıktılar arasında olabilecek tüm aralık (Bulanık Küme) bağlantıları düşünülür.

Böylece, her bir kural girdi kümesinin bir parçasını çıktı kümesine mantıksal olarak bağlar. Böyle bağlanmaların tümü kural tabanını oluşturur.

EĞER (Durum Kümesini), İSE (Sonuçların Kümesini) şeklinde ifade edilir. Başka bir ifade ile EĞER kısmı sistem girdileri, İSE kısmı ise sistem çıktıları oluşturur.

3.2.3.3. Bulanık Çıkarım

Bulanık kural tabanında giriş ve çıkış bulanık kümeleri arasında kurulmuş olan, parça ilişkilerin hepsinin bir arada toplayarak, sistemin bir çıkışlı davranmasını temin eden işlemler topluluğunu içeren bir mekanizmadır. Bu mekanizma, her bir kuralın çıkarımlarını bir araya toplayarak tüm sistemin girdiler altında nasıl bir çıktı vereceğinin belirlenmesine yarar.

Bulanık çıkarım mekanizması insan düşüncesine göre bir takım kurallar oluşturup, bu kurallar eşliğinde bulanık kontrol davranışlarından sonuçlar çıkarmaya çalışır. Bulanık çıkarım sisteminin en çok uygulanan iki çeşidi vardır. Bunlar;

1. Mamdani Tipi Bulanık Çıkarım Sistemi; Kural tabanında bulunan kurallardaki giriş ve çıkışlar gibi sözel ifadeler kullanılır. Ayrıca, BM literatüründe yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. “eğer- ise” kuralları ile tanımlanır.

2. Sugeno Tipi Bulanık Çıkarım Sistemi; Bazı kaynaklarda Takagi-Sugeno- Kang (TSK) bulanık modeli olarak da adlandırılmaktadır. Takagi - Sugeno tipi yapı için çıkarım mekanizması 1985 yılında Takagi ve Sugeno tarafından bulunmuştur. Üyelik fonksiyonları doğrusal ya da sabittir.

3.2.3.4. Durulaştırma

BM ile oluşturulan modellemelerde, elde edilen çıktıların uygulamalarda kullanılabilir duruma getirilmesi için, sayısal değerlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu dönüşüm, durulaştırma olarak isimlendirilir. Durulaştırma da amaç bulanık olan bilgileri kesin sonuçlar haline dönüştürmektir. Eğer bir çıkarım sonucunda bulanık küme elde ediliyorsa durulaştırma işlemi yapılır.

Özkan’a (2011) göre, İdeal bir durulaştırma yöntemleri aşağıdaki ölçütleri sağlamalıdır (Hellendorn and Thomas, 1993).

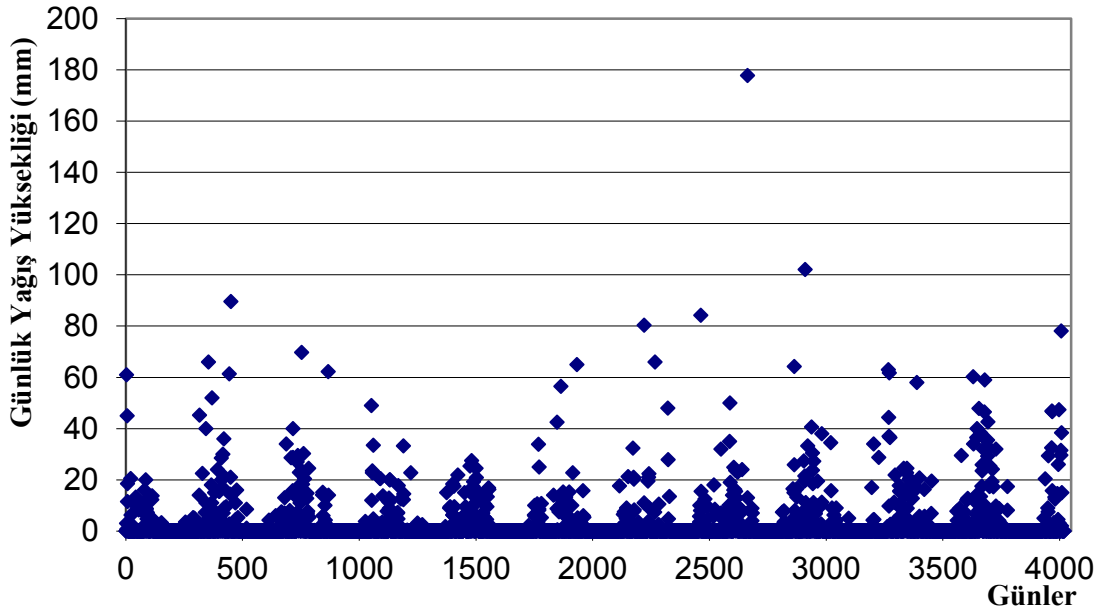
- Durulaştırma yöntemlerinde, bir bulanık modelin girdilerindeki küçük değişimler, çıktılarında büyük değişimlere sebep olmamalıdır.
- Durulaştırma yöntemi her zaman tek çıktı değeri ile sonuçlanmalıdır
- Durulaştırma işleminde seçilen yöntemin çözümü hızlı olmalıdır.
- Çıktı, bulanık kümenin dayanak bölgesinin ortasından yaklaşık olarak geçmelidir.
- Eğer toplam çıktı bulanık kümesinde üst üste binen kısımlarını toplarlarsa, durulaştırma yönteminde ağırlıklar göz önünde bulundurulmalıdır.

Bulanıklaştırma işleminin tersi olan durulaştırma işleminin birçok yapılış yöntemi vardır. Bunlardan en fazla kullanılanları;

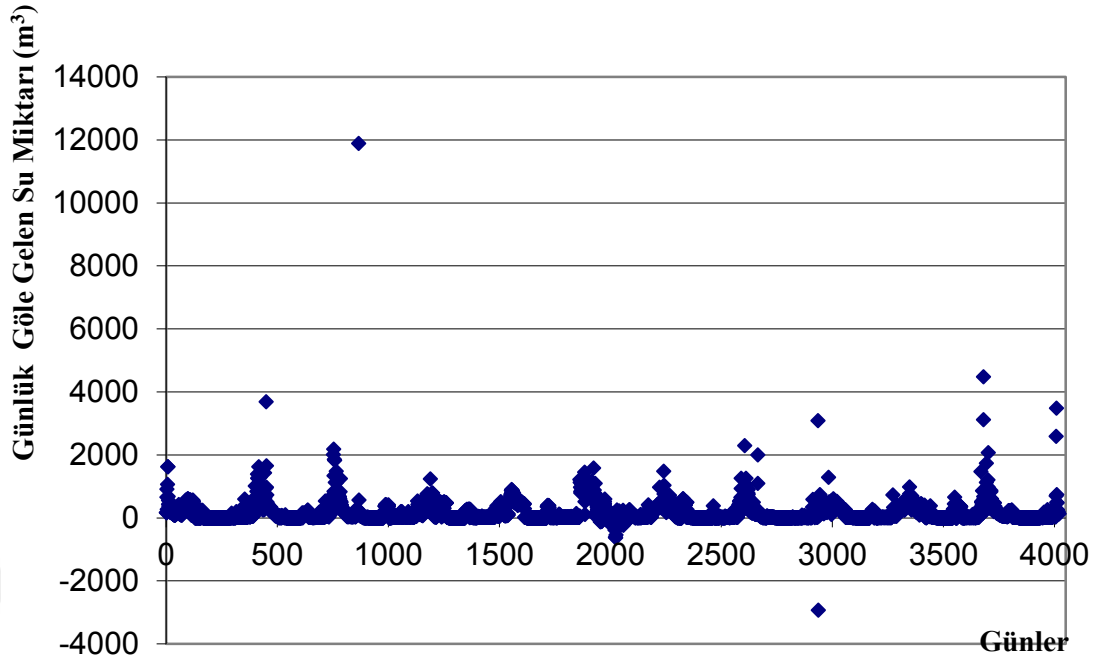
- En Büyük Üyelik İlkesi
- Alan Merkezi Yöntemi
- Ağırlıklı Ortalama Yöntemi
- Ortalama En Büyük Üyelik Yöntemi
- Toplamların Merkezi Yöntemi
- En Büyük Alanın Merkezi Yöntemi
- İlk En Büyük ve Son Üyelik Derecesi Yöntemi

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

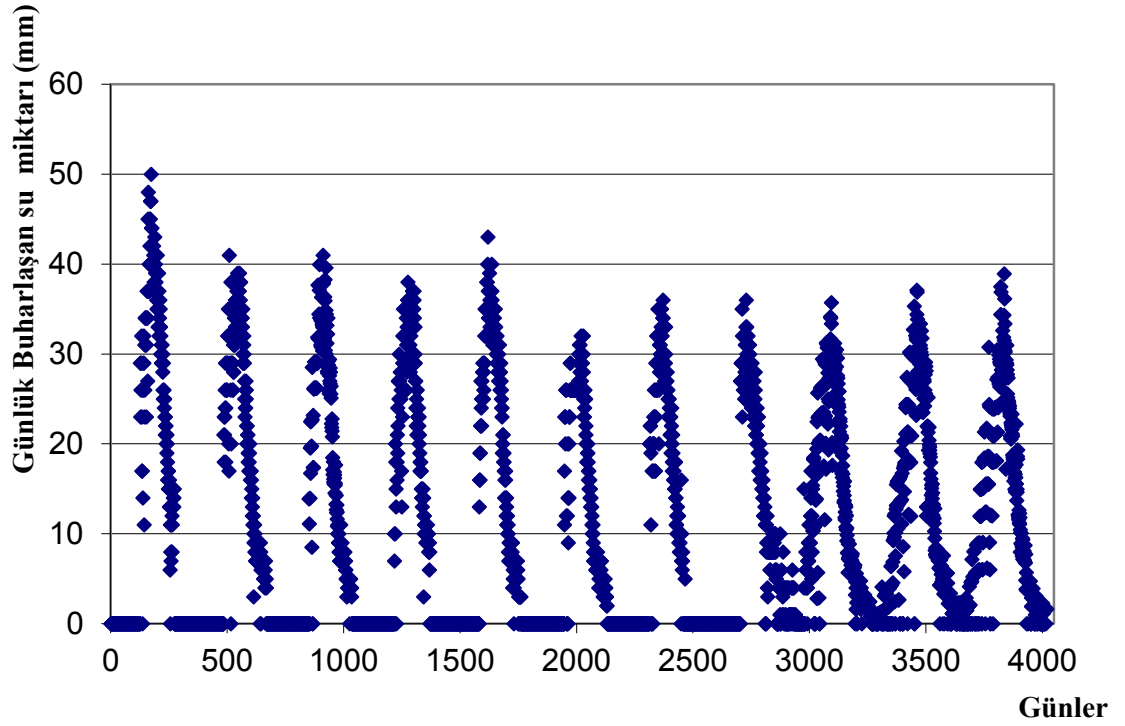
Bu çalışmada 2002-2012 yılları arasında 4019 adet günlük baraj ölçüm verileri kullanılmıştır. Bu veriler eğitim ve test aşaması olmak üzere ikiye ayrılmış olup 3015 adet günlük veri eğitim aşamasında, 1004 adet günlük veri test aşamasında değerlendirilmiştir. Bu veriler ÇLR, AR ve BM modellerinden hangisi ile daha iyi sonuçlar verdiği hesaplanarak karşılaştırılmıştır. Yarseli Barajı'na ait aşağıda verilen Şekil 4.1.'de günlük yağış yüksekliği, Şekil 4.2.'de günlük göle gelen su miktarı, Şekil 4.3.'de günlük buharlaşan su miktarı, Şekil 4.4.'de günlük dereye bırakılan su miktarı, Şekil 4.5.'de günlük sulama suyu sarfiyatı, Şekil 4.6.'da günlük göl hacmi değişimleri grafiksel olarak gösterilmiştir.



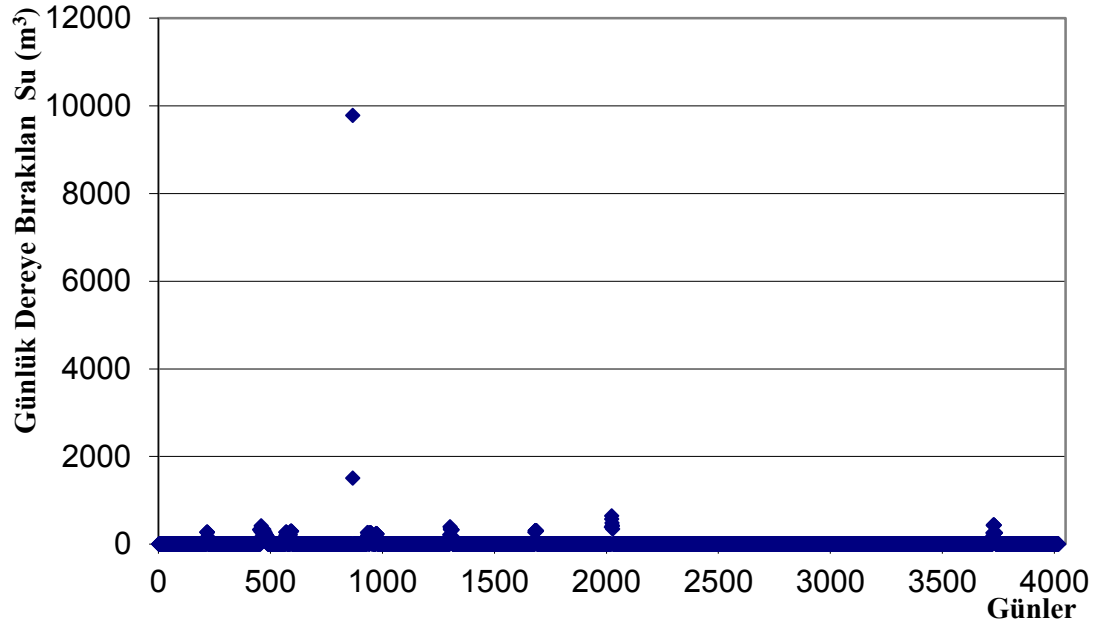
Şekil 4.1. Günlük yağış yüksekliği değişimleri



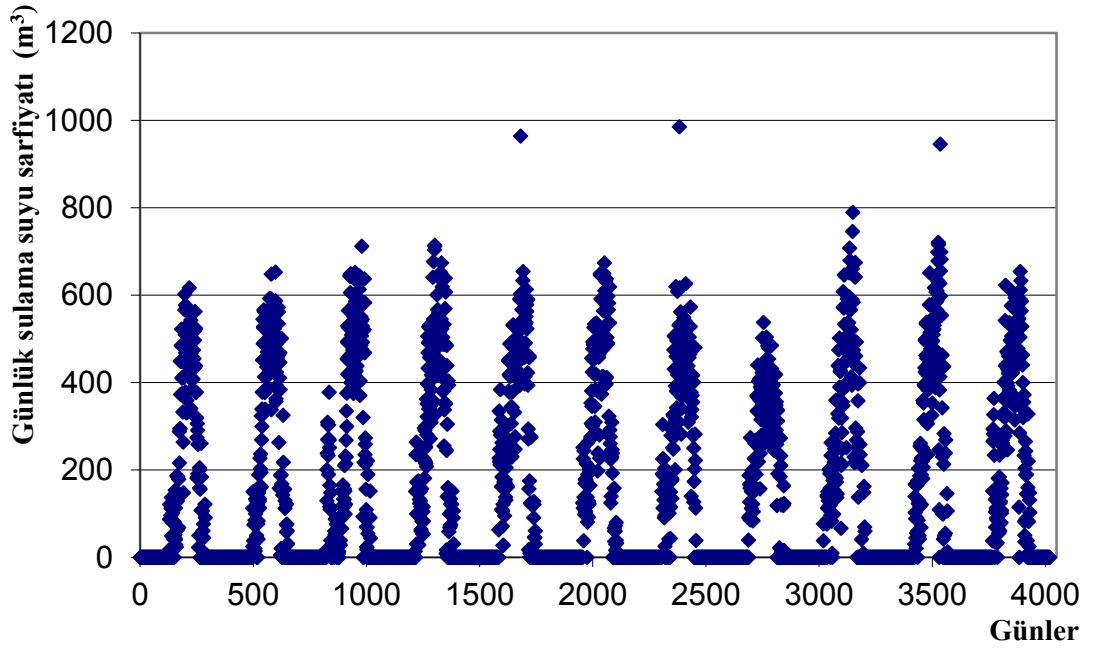
Şekil 4.2. Günlük göle gelen su miktarı değişimleri



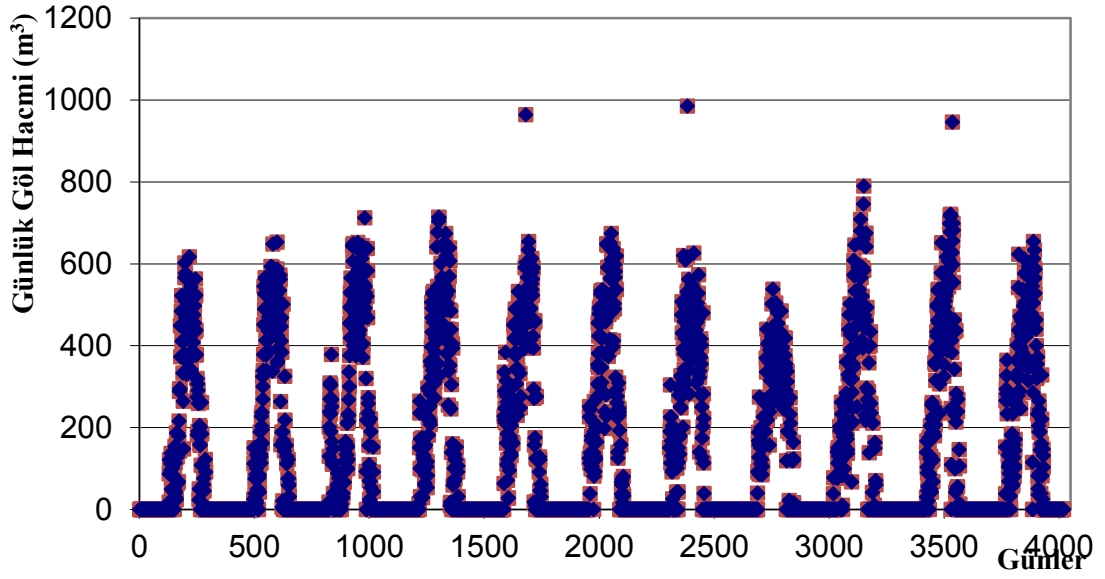
Şekil 4.3. Günlük buharlaşan su miktarı



Şekil 4.4. Günlük dereye bırakılan su değişimleri



Şekil 4.5. Günlük sulama suyu sarfiyatı değişimleri



Şekil 4.6. Günlük göl hacmi değişimi

Yarseli Barajına ait yaklaşık on iki yıllık tüm veriler için istatistiksel parametre değişimleri Çizelge 4.1' de, eğitim verileri için istatistiksel parametre değişimleri Çizelge 4.2'de ve test verileri için istatistiksel parametre değişimleri ise Çizelge 4.3' de gösterilmiştir. Bu çizelgelerde; $X_{maksimum}$, maksimum ortalama değerleri, $X_{minimum}$, minimum ortalama değerleri, $X_{ortalama}$ ise ortalama değerleri ifade etmektedir. Ayrıca, S_x , Standart sapma ve C_{sx} ise çarpıklık katsayısını göstermektedir.

Çizelge 4.1. Yarseli Barajının tüm veriler için istatistiksel parametre değişimleri

	Günlük Yağış Yükseklikleri (mm)	Günlük Göle gelen su ($\times 10^3 m^3$)	Günlük Buharlaşan Su ($\times 10^3 m^3$)	Günlük Dereye bırakılan Su ($\times 10^3 m^3$)	Günlük sulama suyu sarfiyatı ($\times 10^3 m^3$)	Günlük Göl Hacmi ($\times 10^6 m^3$)
$X_{maksimum}$	177.70	11883.00	50.00	9777.00	985.00	57104.00
$X_{minimum}$	0.00	-2935.00	0.00	0.00	0.00	4960.00
$X_{ortalama}$	1.77	167.56	9.87	10.87	132.46	26549.69
S_x	7.63	346.01	12.21	163.39	199,15	17690.96
C_{sx}	8.26	11.85	0.92	53.54	1.23	0.34

Çizelge 4.2.Yarseli Barajının eğitim verileri için istatistiksel parametre değişimleri

	Günlük Yağış Yükseklikleri (mm)	Günlük Göle gelen su (x10 ³ m ³)	Günlük Buharlaşan Su (x10 ³ m ³)	Günlük Dereye Bırakılan Su (x10 ³ m ³)	Günlük Sulama Suyu Sarfiyatı (x10 ³ m ³)	Günlük Göl Hacmi (x10 ⁶ m ³)
X_{maksimum}	177.70	11883.00	50.00	9777.00	985.00	56161.00
X_{minimum}	0.00	-2935.00	0.00	0.00	0.00	4960.00
X_{ortalama}	1.45	173.52	9.31	13.06	126.72	25953.13
S_x	7.20	360.76	12.62	187.27	194.96	17207.54
C_{sx}	10.61	12.64	1.03	47.37	1.27	0.37

Çizelge 4.3.Yarseli Barajının test verileri için istatistiksel parametre değişimleri

	Günlük Yağış Yükseklikleri (mm)	Günlük Göle gelen su (x10 ³ m ³)	Günlük Buharlaşan Su (x10 ³ m ³)	Günlük Dereye bırakılan Su (x10 ³ m ³)	Günlük sulama suyu sarfiyatı (x10 ³ m ³)	Günlük Göl Hacmi (x10 ⁶ m ³)
X_{maksimum}	78.10	4482.00	38.93	432.00	946.00	57104.00
X_{minimum}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5256.00
X_{ortalama}	2.64	149.70	11.56	4.32	149.67	28338.79
S_x	8.67	296.85	10.71	39.18	210.40	18964.14
C_{sx}	4.38	6.96	0.57	9.55	1.12	0.23

Yarseli Barajına ait ölçüm verilerinden girdi ve çıktı değişkenlerinin değerleri arasında sıfır ve bir lerin fazlaca olmasından dolayı, olaya etkiyen parametreleri içeren girdi ve çıktı değerleri Denklem 4.1 kullanılarak eğitim ve test aşamalarında 0.1 ve 0.9 arasında normalize edilerek hesaplanmıştır.

$$x = 0.1 + 0.8 \left(\frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \right) \quad (4.1)$$

4.1. Model Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Bu çalışmada, on iki yıllık veriler için oluşturulan modellemelerin sonuçları sırasıyla; ÇLR, BM, AR(1), AR(3), AR(5) ve BM(1), BM(3), BM(5) aşağıda Çizelge 4.4' de gösterilmiştir. Her bir model için ortalama karesel hata (MSE), ortalama mutlak hata (MAE) ve model tahminleri ve ölçüm değerleri arasındaki korelasyon katsayıları (R) hesaplanmıştır. ÇLR ve BM yöntemleri ile yapılan; MSE, MAE ve R hesaplamaları için Yarseli Barajına ait, günlük göl hacmi (GGH) tahmini için; günlük yağış yüksekliği (GYY), günlük göle gelen su miktarı (GGGSM), günlük buharlaşan su miktarı (GBSM), günlük dereye bırakılan su miktarı (GDBSM) ve günlük sulama suyu sarfiyatı (GSSS) ölçüm verileri kullanılmıştır. Daha sonra AR(1), AR(3), AR(5), BM(1), BM(3), BM(5) yöntemlerinde ise günlük göl hacmi (GGH)'ne ait zaman serileri girdi parametreleri olarak kullanılmıştır. Çıkan sonuçlar model tahmini ve ölçüm verilerinin performanslarını karşılaştırmak için kullanılmıştır. Ortalama karesel hata ve ortalama mutlak hata aşağıdaki denklemler kullanılarak belirlenmiştir.

$$MSE = \frac{1}{N} * \sum_{i=1}^N (Yi_{gözlenen} - Yi_{tahmin})^2 \quad (4.2)$$

ve

$$MAE = \frac{1}{N} * \sum_{i=1}^N |Yi_{gözlenen} - Yi_{tahmin}| \quad (4.3)$$

Burada N data set sayılarını ve Yi baraj hazne hacmi verilerini göstermektedir.

Çizelge 4.4. Yarseli Barajında kullanılan bütün modellerde test verileri için elde edilen MSE, MAE ve R parametreleri

Modeller	Giriş Verileri	MSE	MAE	R
ÇLR	GYG, GGGSM, GBSM, GDBSM, GSSS	0.043158	0,16887	0,735592
BM	GYG, GGGSM, GBSM, GDBSM, GSSS	0.03150	0.12660	0.823312
AR(1)	GGH _{t+1}	0.00005350	0.00509	0.999746
AR(3)	GGH _{t+1} , GGH _{t+2} , GGH _{t+3}	0.00005060	0.00220	0.999702
AR(5)	GGH _{t+1} , GGH _{t+2} , GGH _{t+3} , GGH _{t+4} , GGH _{t+5}	0.00004974	0.00229	0.999709
BM(1)	GGH _{t+1}	0.00005130	0.00512	0.999698
BM(3)	GGH _{t+1} , GGH _{t+2} , GGH _{t+3}	0,00002640	0.00364	0.999845
BM(5)	GGH _{t+1} , GGH _{t+2} , GGH _{t+3} , GGH _{t+4} , GGH _{t+5}	0.00002360	0.00329	0.999862

MSE: Ortalama karesel hata; MAE: Ortalama mutlak hata R; Korelasyon katsayısı

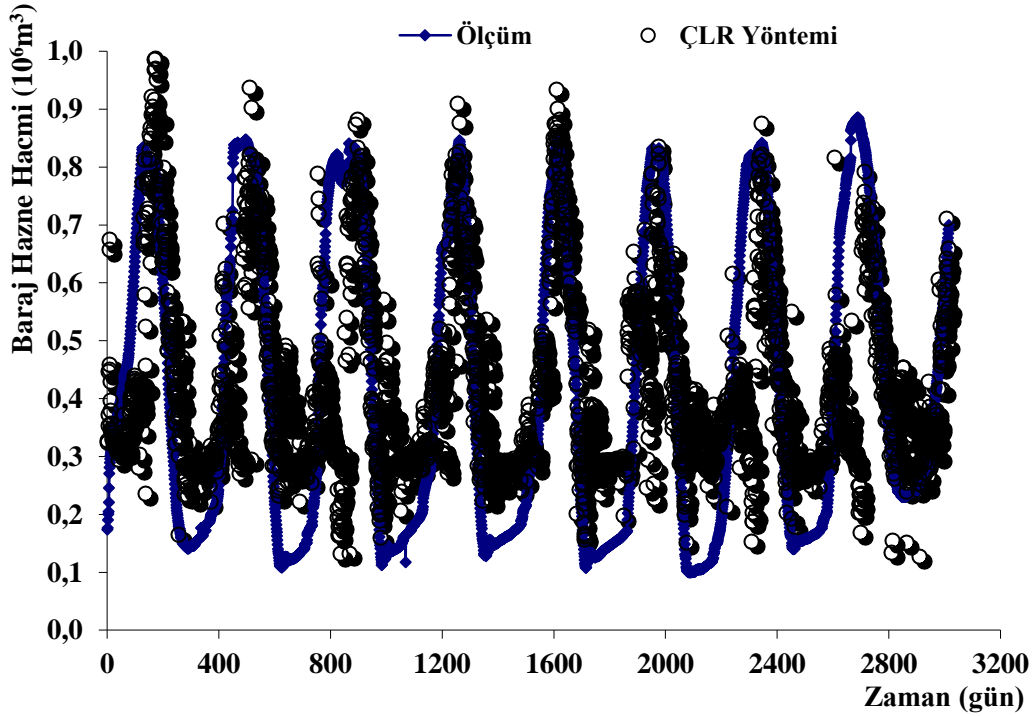
Çizelge 4.4’de test aşamasındaki gerçek günlük göl hacmi (GGH) verileri ile tahmin değerleri arasındaki MSE, MAE ve Korelasyon katsayısı (R) ilişkisi gösterilmiştir. İlk aşamada ÇLR ve BM yöntemleri karşılaştırılmıştır. BM (0.03150-0.12660) modelinin MSE ve MAE değerleri, ÇLR (0.043158- 0.16887) modeline göre daha küçük, R’nin ise BM (0.823312) yönteminde ÇLR (0.735592)’ ye göre daha büyük olduğu için BM modelinin daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

ÇLR ve BM modellerine ilaveten stokastik modeller uygulanarak bu çalışmanın kapsamı genişletilmiştir. Bu çalışmada kullanılan diğer bir model ise AR(1), AR(3) ve AR(5) otoregresif modelleridir. Bu modellerin tahmin performansları, günlük göl hacmi (GGH) değişiminin zaman serileri için uygulanmıştır. AR modelinde kullanılan rezervuar seviye data setleri BM modeline uygulanmıştır. AR(1), AR(3), AR(5), BM(1), BM(3), BM(5) yöntemleri kıyaslandığında MSE bakımından **BM(5)** modeli 0.00002360, MAE bakımından **AR(3)** modeli 0.00220’lık en düşük hata miktarlarına ve Korelasyon katsayısı (R) ilişkisi değerlendirildiğinde **BM(5)** modelinin 0.999862’lık en yüksek korelasyon değerine sahip olduğu Çizelge 4.4’de görülmektedir.

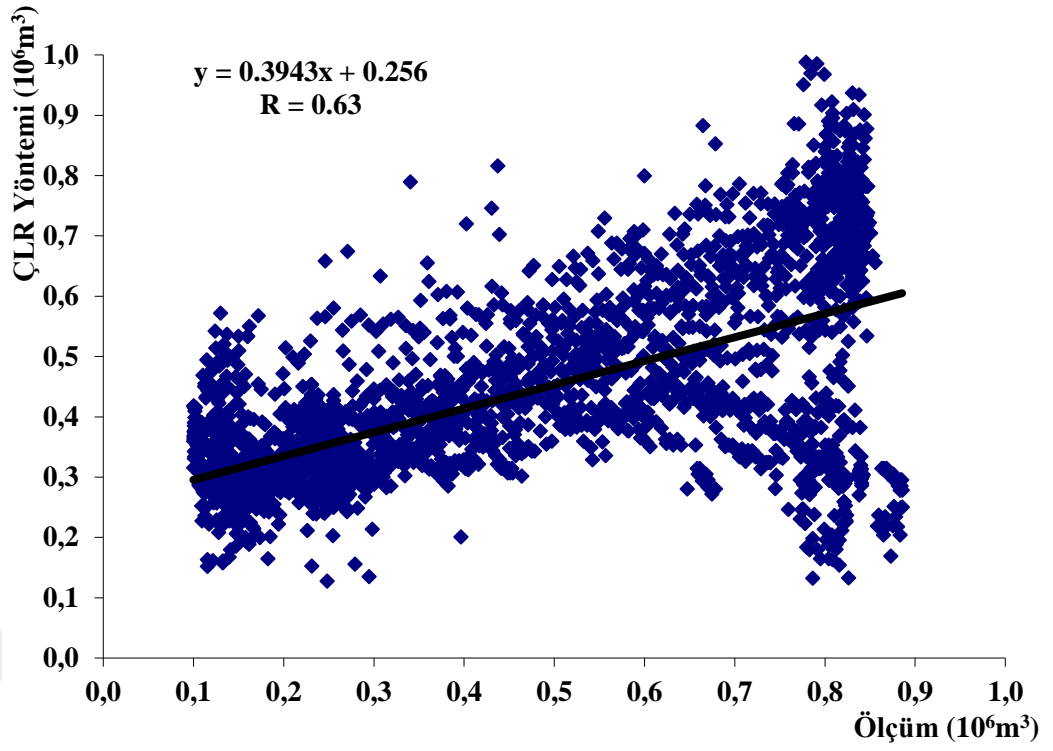
Çizelge 4.4' e göre gerçek günlük göl hacmi (GGH) tahmini için tüm performans değerlendirmesinde AR ve BM modellerinin daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.

4.1.1. Çoklu Lineer Regresyon (ÇLR) Yöntemi Sonuçları

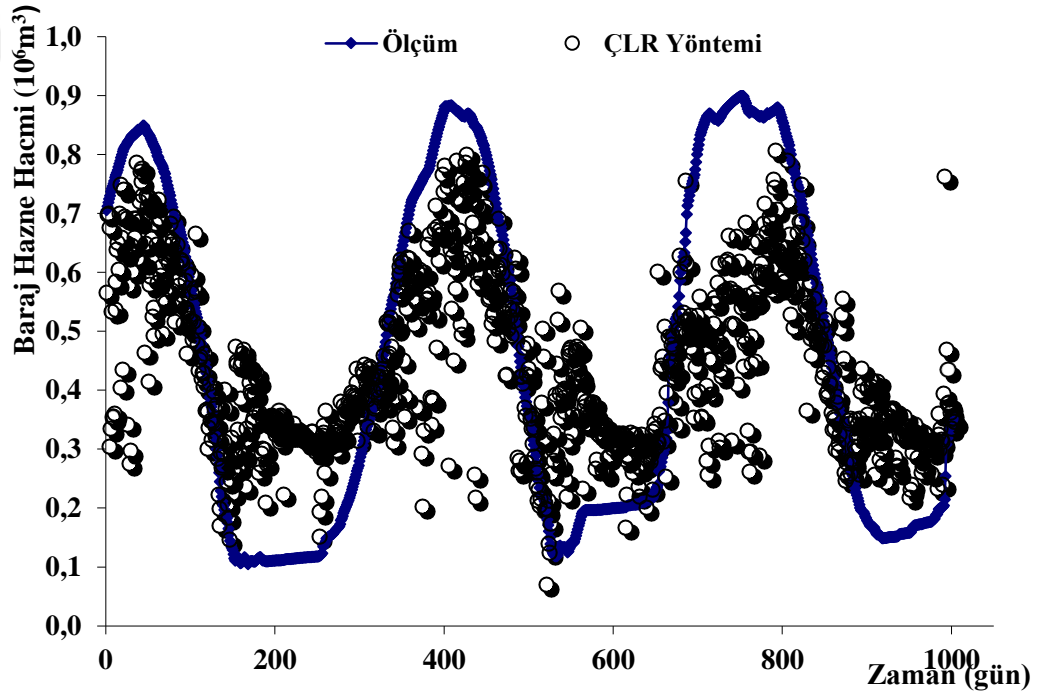
ÇLR yönteminde, Yarseli barajına ait; GGH tahmini için, GYY, GGGSM, GBSM, GDBSM ve GSSS ölçüm verileri kullanılmıştır. On iki yıllık tüm ölçüm verilerinin bir kısmı eğitilmiş ve test verilerine uygulanmıştır. Aşağıda, eğitim verilerine ait dağılım grafiği Şekil 4.7.' de ve saçılma grafiği Şekil 4.8.'de verilmiştir. Ayrıca, test verilerine ait dağılım grafiği Şekil 4.9.' da ve saçılma grafiği Şekil 4.10.'da gösterilmiştir.



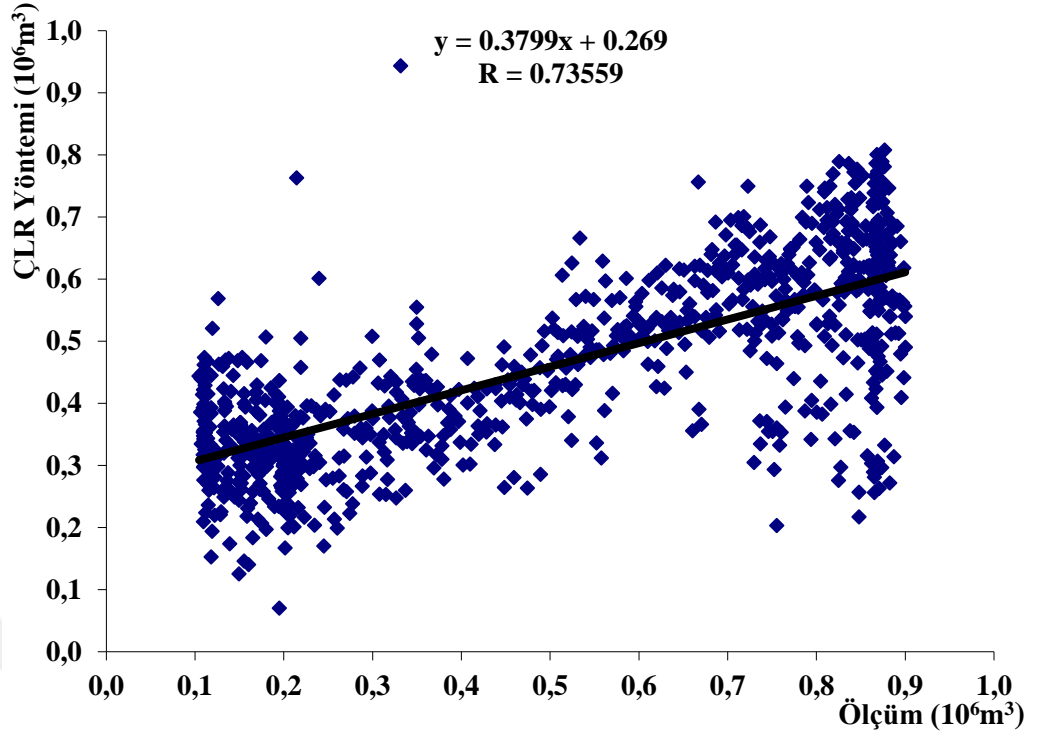
Şekil 4.7. 12 yıllık baraj hazne hacmi eğitim verileri için ölçüm ve ÇLR dağılım grafiği



Şekil 4.8. 12 yıllık baraj hazne hacmi eğitim verileri için ölçüm ve ÇLR saçılma grafiği



Şekil 4.9. 12 yıllık baraj hazne hacmi test verileri için ölçüm ve ÇLR dağılım grafiği

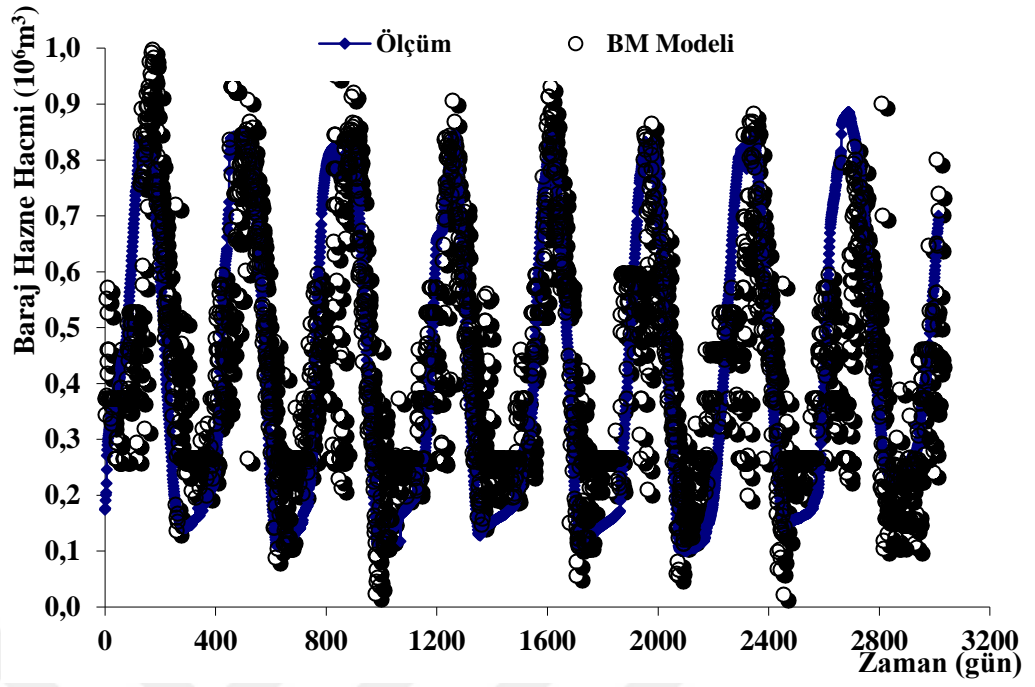


Şekil 4.10. 12 yıllık baraj hazne hacmi test verileri için ölçüm ve ÇLR saçılma grafiği

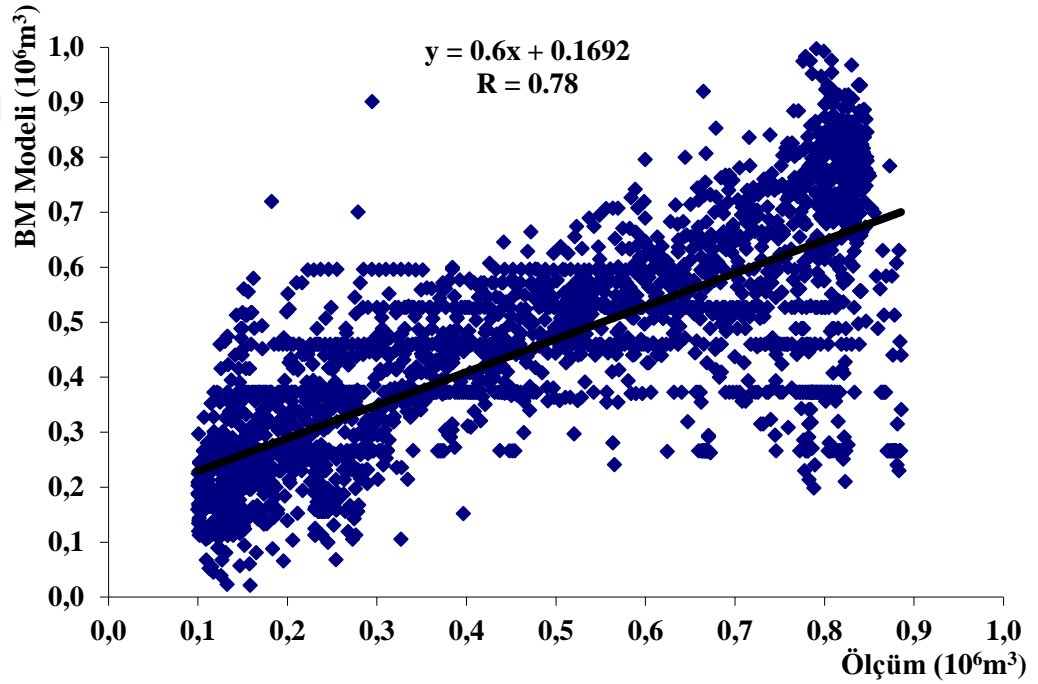
Oluşturulan grafikte korelasyon katsayısı $R=0.73559$ elde edilmiştir. Test aşamasındaki ÇLR tahminleri gerçek değerlere uzak tahmini değerler verdiği göze çarpmaktadır. Dağılım ve saçılma grafiklerinde ÇLR değerlerinin gerçek değerlerden daha küçük değerler çıktığı gözlemlenmiştir.

4.1.2. Bulanık Mantık (BM) Yöntemi Sonuçları

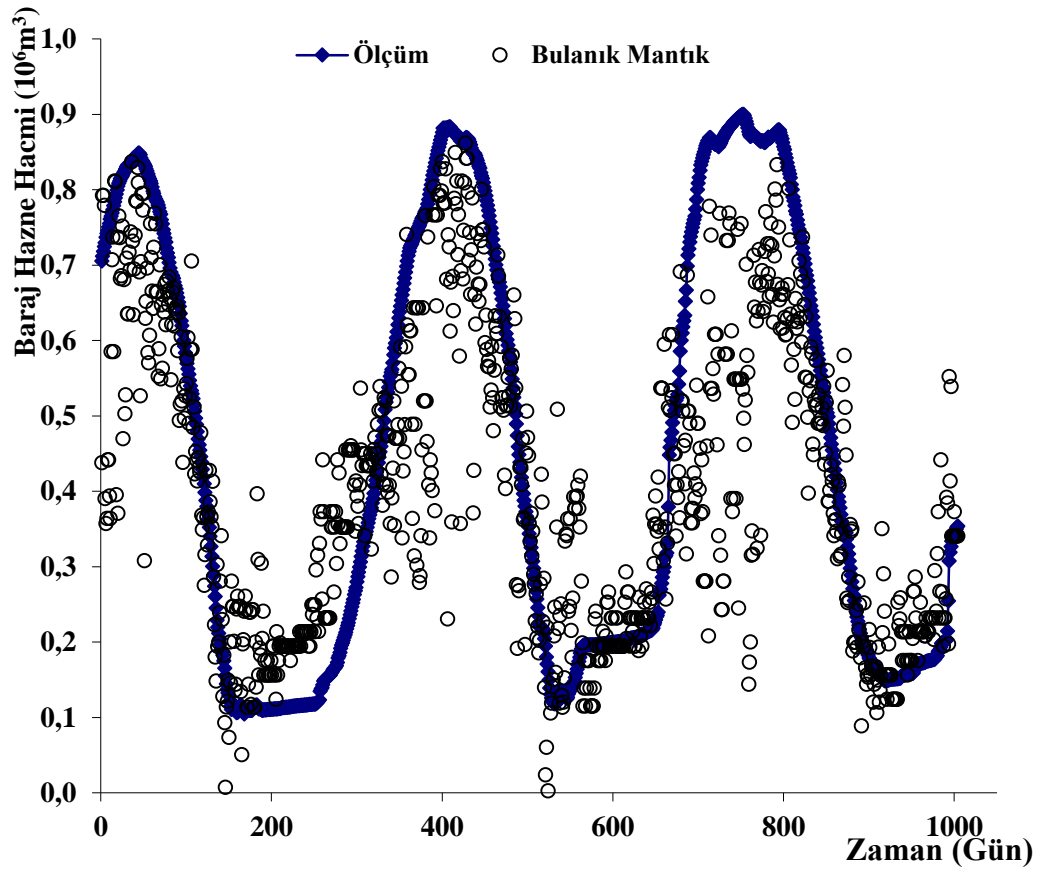
BM yönteminde, ÇLR yönteminde olduğu gibi Yarseli Barajına ait; günlük GGH tahmini için GYY, GGGSM, GBSM, GDBSM ve GSSS ölçüm verileri olarak kullanılmıştır. On iki yıllık tüm ölçüm verilerinin bir kısmı eğitilmiş ve test verilerine uygulanmıştır. Aşağıda, eğitim verilerine ait dağılım grafiği Şekil 4.11.'de ve saçılma grafiği Şekil 4.12.'de gösterilmiştir. Ayrıca test verilerine ait dağılım grafiği Şekil 4.13.'de ve saçılma grafiği Şekil 4.14.'da gösterilmiştir.



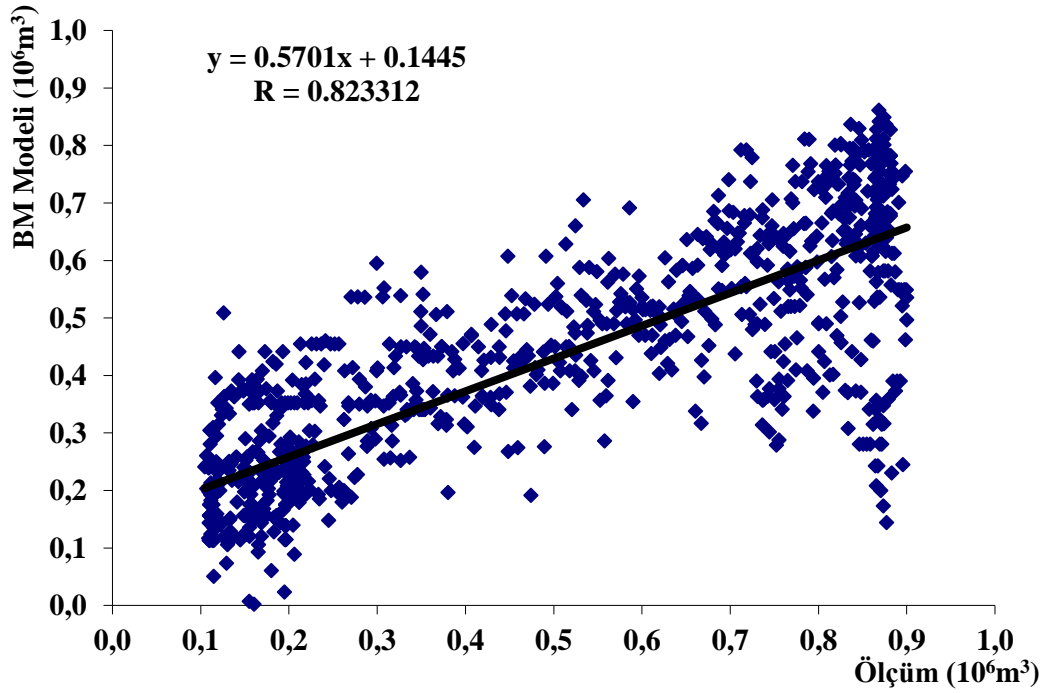
Şekil 4.11. 12 yıllık baraj hazne hacmi eğitim verileri için ölçüm ve BM model dağılım grafiği



Şekil 4.12. 12 yıllık baraj hazne hacmi eğitim verileri için ölçüm ve BM model saçılma grafiği



Şekil 4.13. 12 yıllık baraj hazne hacmi test verileri için ölçüm ve BM model dağılım grafiği



Şekil 4.14. 12 yıllık baraj hazne hacmi test verileri için ölçüm ve BM model saçılma grafiği

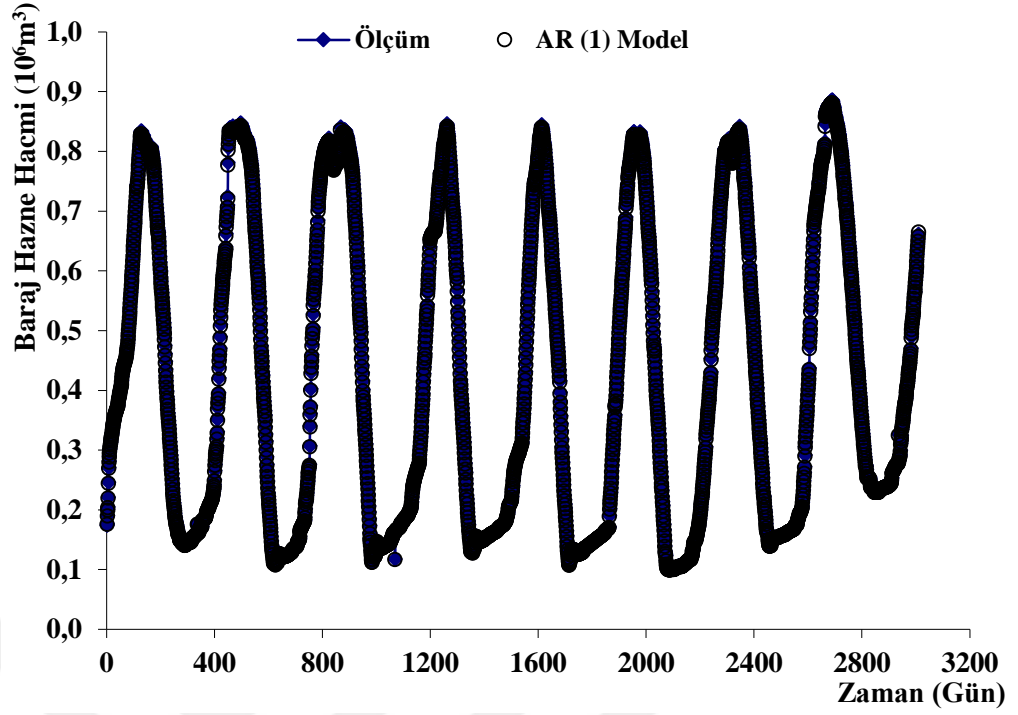
Bilgisayar programında elde edilen sonuçlarla oluşturulan grafikte korelasyon katsayısı $R=0.823312$ elde edilmiştir. Test aşamasındaki BM tahminleri ÇLR tahmin değerlerinden daha iyi sonuç vermektedir. On iki yıllık BM modellemesi gerçek değerlere çok yakın tahmini değerler verdiği göze çarpmaktadır. BM (0.03150-0.12660) modelinin MSE ve MAE değerleri, ÇLR (0.043158- 0.16887) modeline göre daha küçük, R'nin ise BM (0.823312) yönteminde ÇLR (0.735592)' ye göre daha büyük olduğu için BM modelinin daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Burada yapılan ÇLR ve BM tahmin yöntemleri ile günlük göl hacmi (GGH) tahmin edilmeye çalışılmıştır. Sonuçlar değerlendirildiğinde BM modelinin klasik ÇLR yöntemine göre daha yüksek korelasyon sayısına (R) ve daha düşük hata miktarlarına (MSE ve MAE) sahip olduğu görülmektedir. BM modeli günümüzde sık kullanılan ÇLR yöntemlerine alternatif olarak sunulabilir.

ÇLR ve BM modellerine ilaveten stokastik modeller uygulanarak bu çalışmanın kapsamı genişletilmiştir. Bu çalışmada kullanılan diğer bir model ise AR(1), AR(3) ve AR(5) otoregresif modelleridir. Bu modellerin tahmin performansları günlük göl hacmi (GGH) değişiminin zaman serileri için uygulanmıştır. Böylece, AR modelinde kullanılan rezervuar seviye data setleri BM modellerine de uygulanmıştır. Girdi katmanı nodları günlük göl hacmi (GGH) zaman serileri olarak alınmıştır($t+1, t+2, \dots, t+5$).

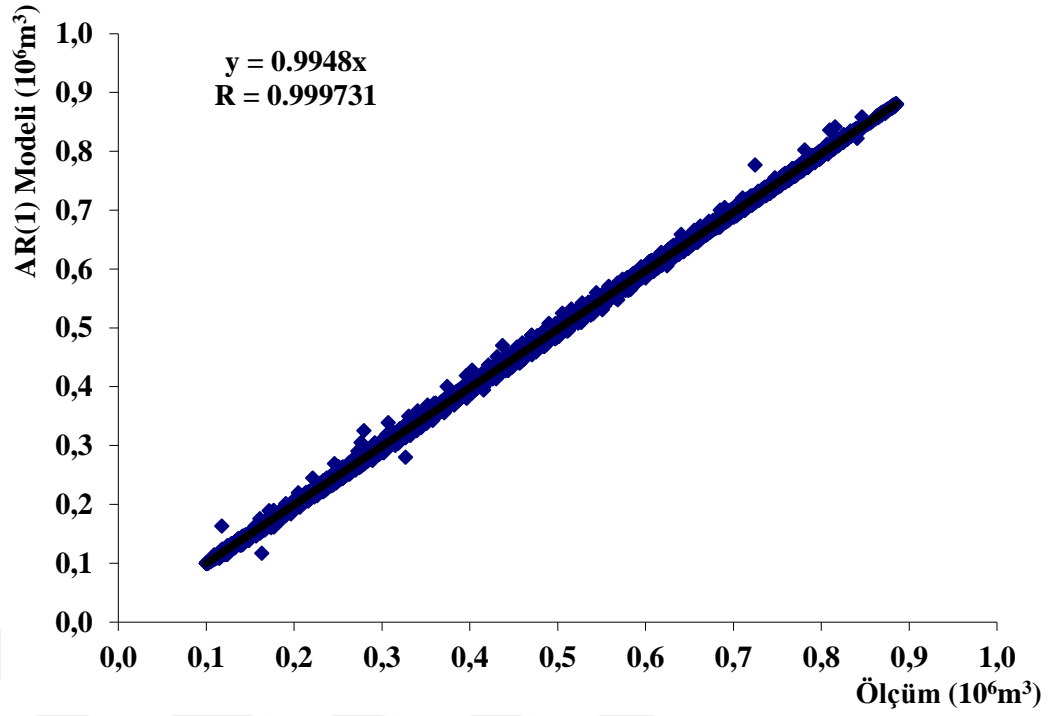
4.1.3. Otoregresif Model 1 (AR(1)) Yöntemi Sonuçları

AR(1) yönteminde, Yarseli Barajına ait; günlük göl hacmi (GGH)'ne ait zaman serileri girdi parametreleri olarak kullanılmıştır. GGH $t+1$ zaman serisi (GGH_{t+1}) girdi katmanı olarak kullanılmıştır. On iki yıllık tüm ölçüm verilerinin bir kısmı eğitilmiş ve test verilerine uygulanmıştır. Aşağıda, AR(1) modeli eğitim verilerine ait dağılım grafiği Şekil 4.15.'de ve saçılma grafiği Şekil 4.16.'de gösterilmiştir. Ayrıca test verilerine ait dağılım grafiği Şekil 4.17.'de ve saçılma grafiği Şekil 4.18.'de gösterilmiştir.

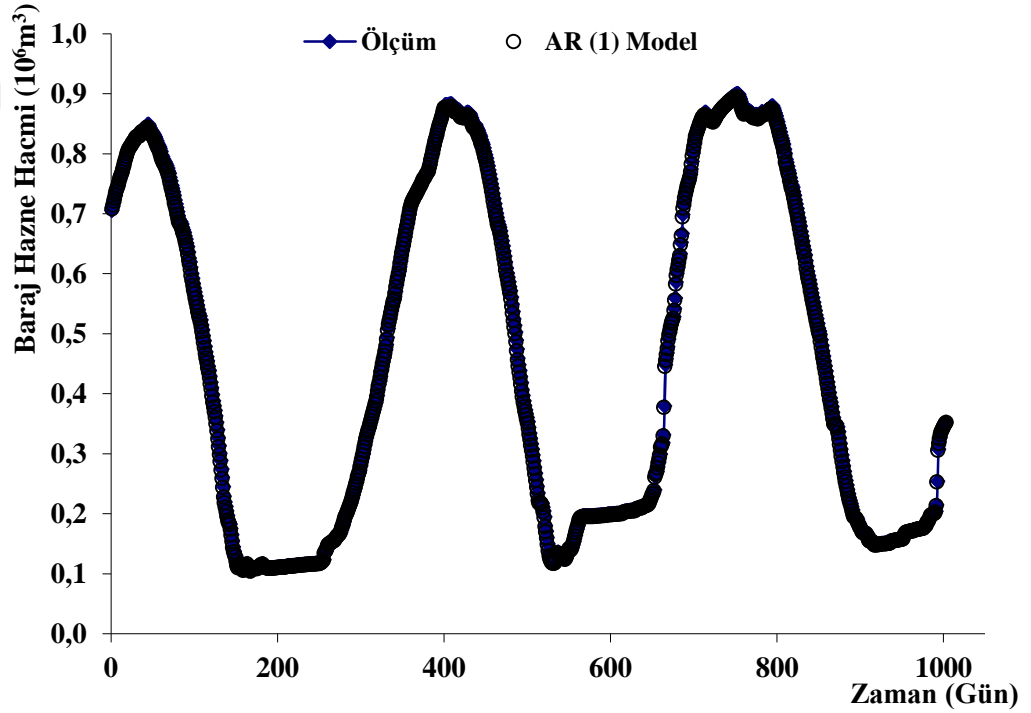


Şekil 4.15. 12 yıllık baraj hazne hacmi eğitim verileri için ölçüm ve AR(1) model dağılım grafiği

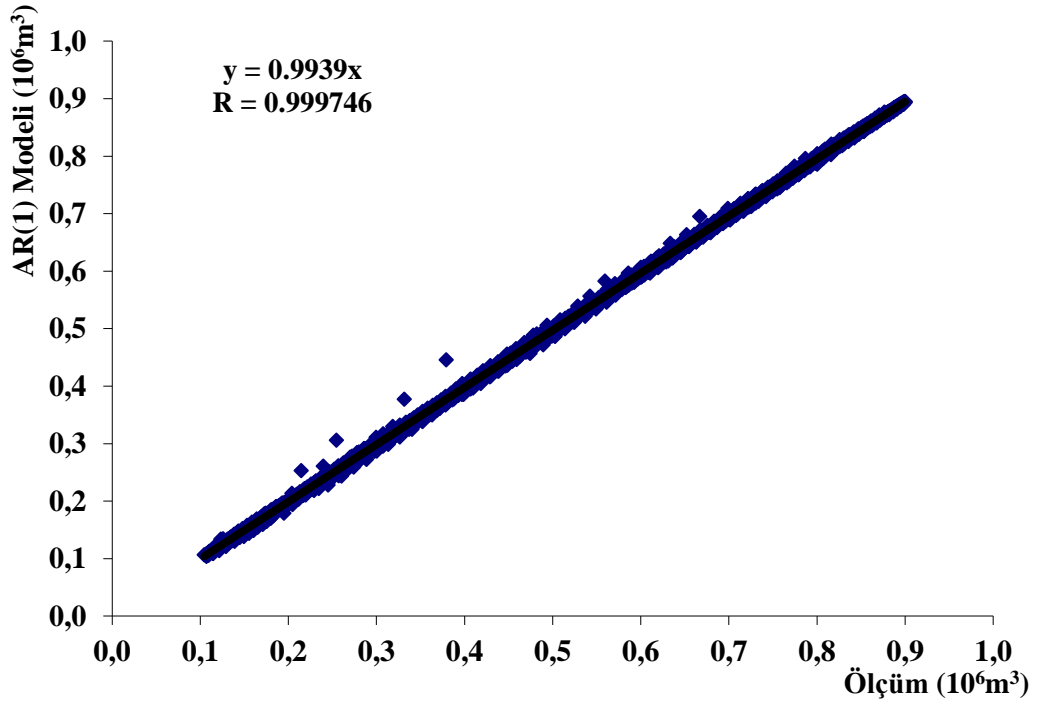
Eğitim verileri için oluşturulan grafikte korelasyon katsayısı $R=0.999731$ elde edilmiştir. Eğitim aşamasındaki AR(1) tahminlerinin uyumlu sonuçlar ve yüksek korelasyon verdiği göze çarpmaktadır. Dağılım ve saçılma grafiklerinde AR(1) hazne hacmi tahmin değerlerinin gerçek değerlere yakın değerler çıktığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.16. 12 yıllık baraj hazne hacmi eğitim verileri için ölçüm ve AR(1) model saçılma grafiği



Şekil 4.17. 12 yıllık baraj hazne hacmi test verileri için ölçüm ve AR(1) model dağılım grafiği

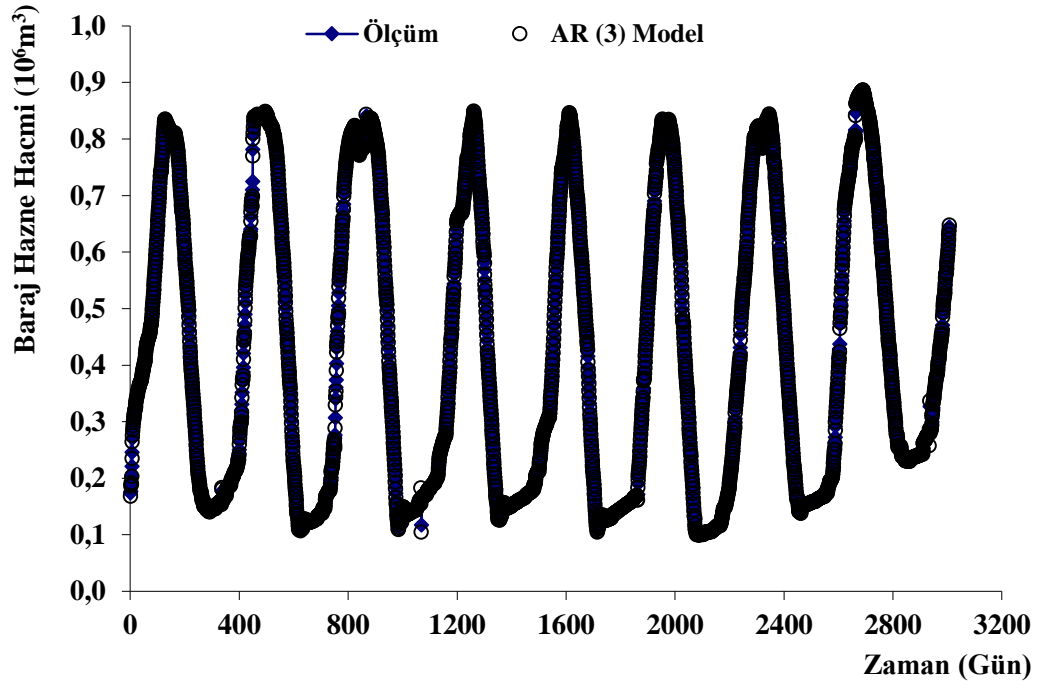


Şekil 4.18. 12 yıllık baraj hazne hacmi test verileri için ölçüm ve AR(1) model saçılma grafiği

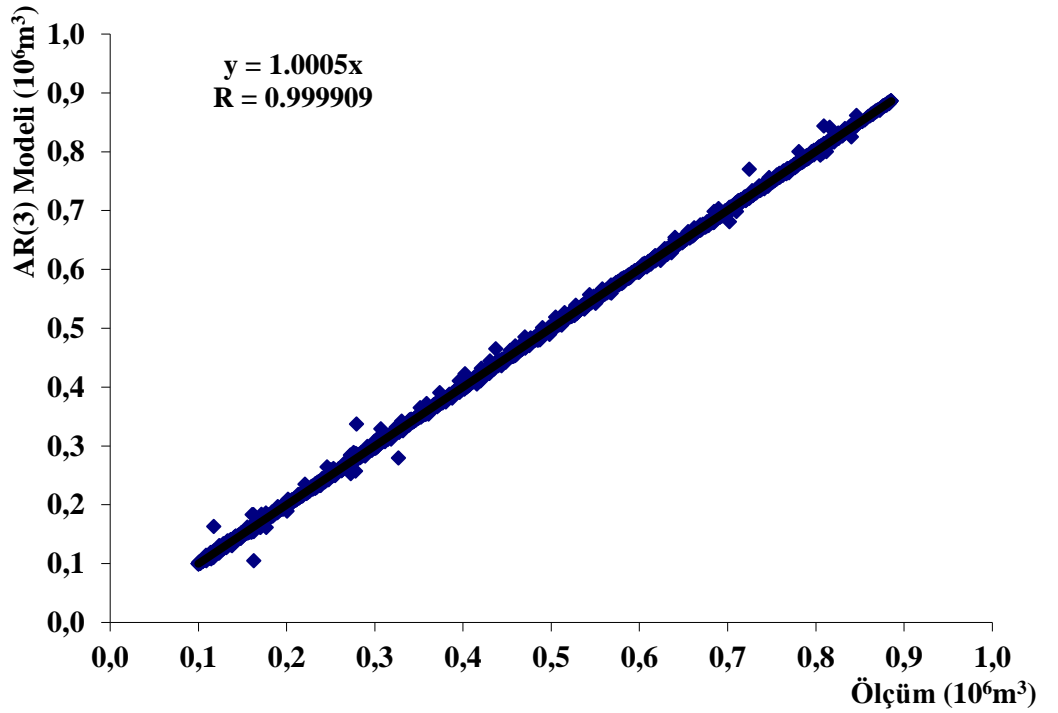
4.1.4. Otoregresif Model 3 (AR(3)) Yöntemi Sonuçları

AR(3) yönteminde, Yarseli Barajına ait; günlük göl hacmi (GGH)'ne ait zaman serileri girdi parametreleri olarak kullanılmıştır. Günlük göl hacmi $t+1, t+2, t+3$ zaman serisi ($GGH_{t+1}, GGH_{t+2}, GGH_{t+3}$) girdi katmanları olarak kullanılmıştır. On iki yıllık tüm ölçüm verilerinin bir kısmı eğitilmiş ve test verilerine uygulanmıştır. Aşağıda, AR(3) modeli eğitim verilerine ait dağılım grafiği Şekil 4.19.'de ve saçılma grafiği Şekil 4.20.'de gösterilmiştir. Ayrıca test verilerine ait dağılım grafiği Şekil 4.21.'de ve saçılma grafiği Şekil 4.22.'de gösterilmiştir.

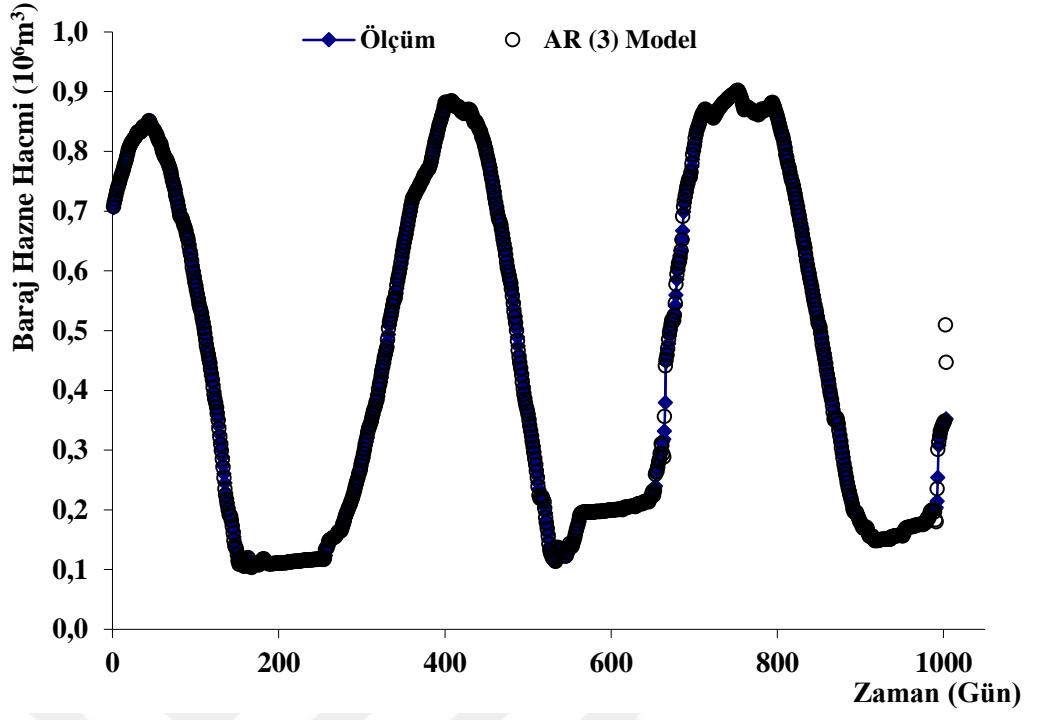
Eğitim verileri için oluşturulan Şekil 4.20.'deki grafikte korelasyon katsayısı $R=0.999909$ elde edilmiştir. Eğitim aşamasındaki AR(3) tahminleri uyumlu sonuçlar ve yüksek korelasyon verdiği göze çarpmaktadır. Dağılım ve saçılma grafiklerinde AR(3) hazne hacmi tahmin değerleri gerçek değerlere yakın değerler çıktığı gözlemlenmiştir. AR(3) az da olsa AR(1) modelinden daha yüksek korelasyon değerine sahip olduğu görülmüştür.



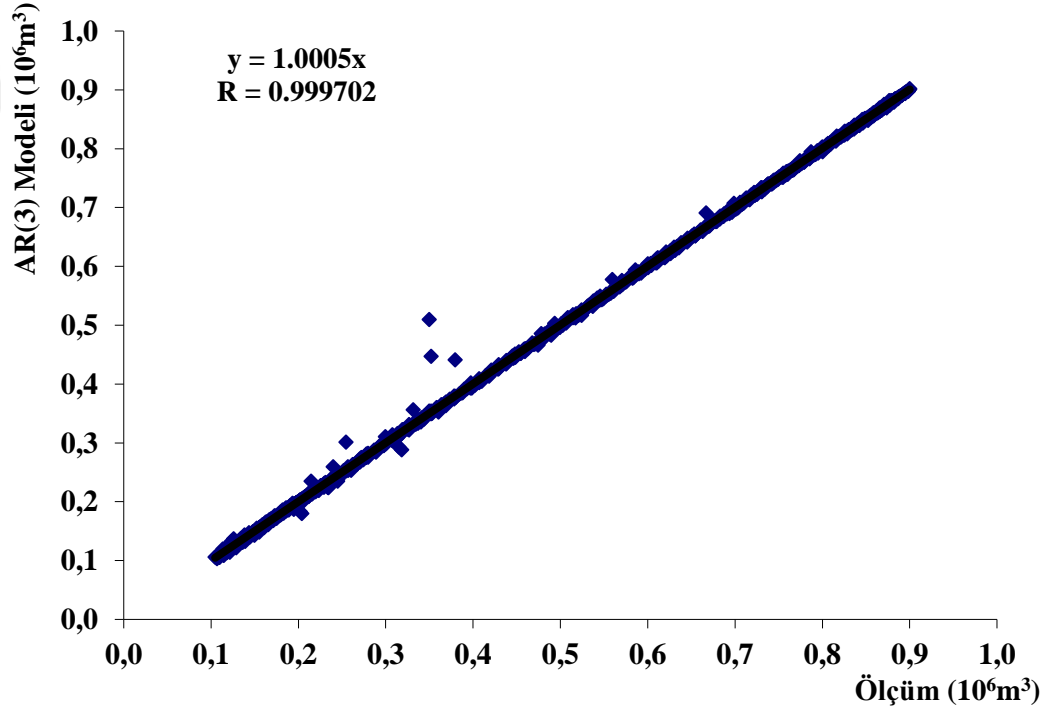
Şekil 4.19. 12 yıllık baraj hazne hacmi eğitim verileri için ve AR(3) model dağılım grafiği



Şekil 4.20. 12 yıllık baraj hazne hacmi eğitim verileri için ve AR(3) model saçılma grafiği



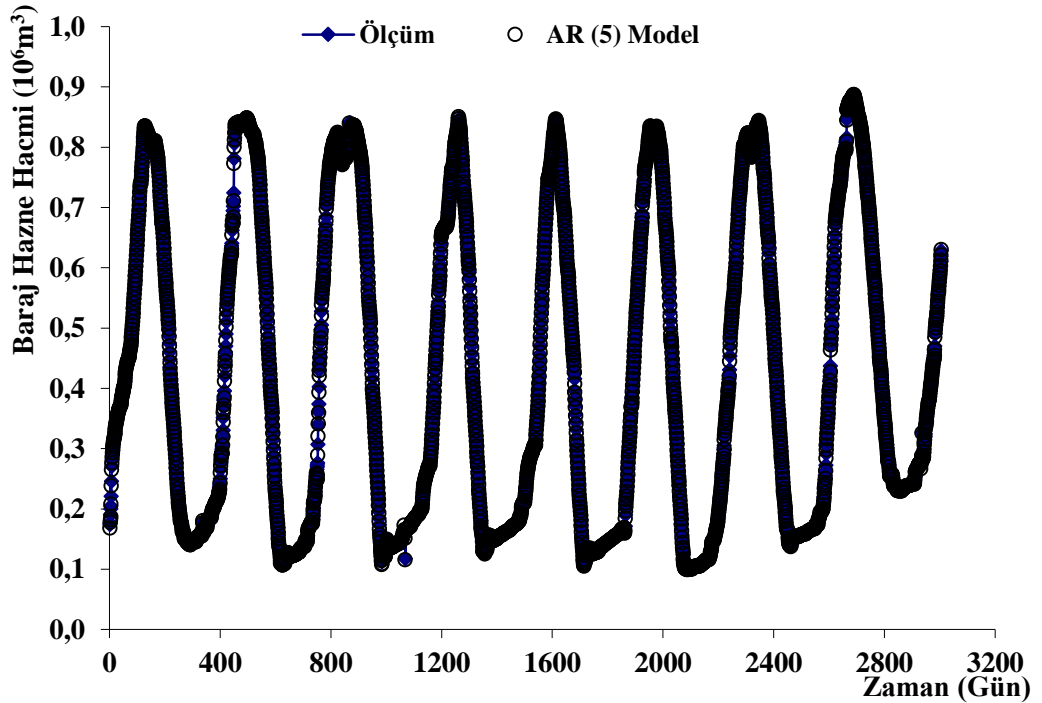
Şekil 4.21. 12 yıllık baraj hazne hacmi test verileri için ve AR(3) model dağılım grafiği



Şekil 4.22. 12 yıllık baraj hazne hacmi test verileri için ve AR(3) model saçılma grafiği

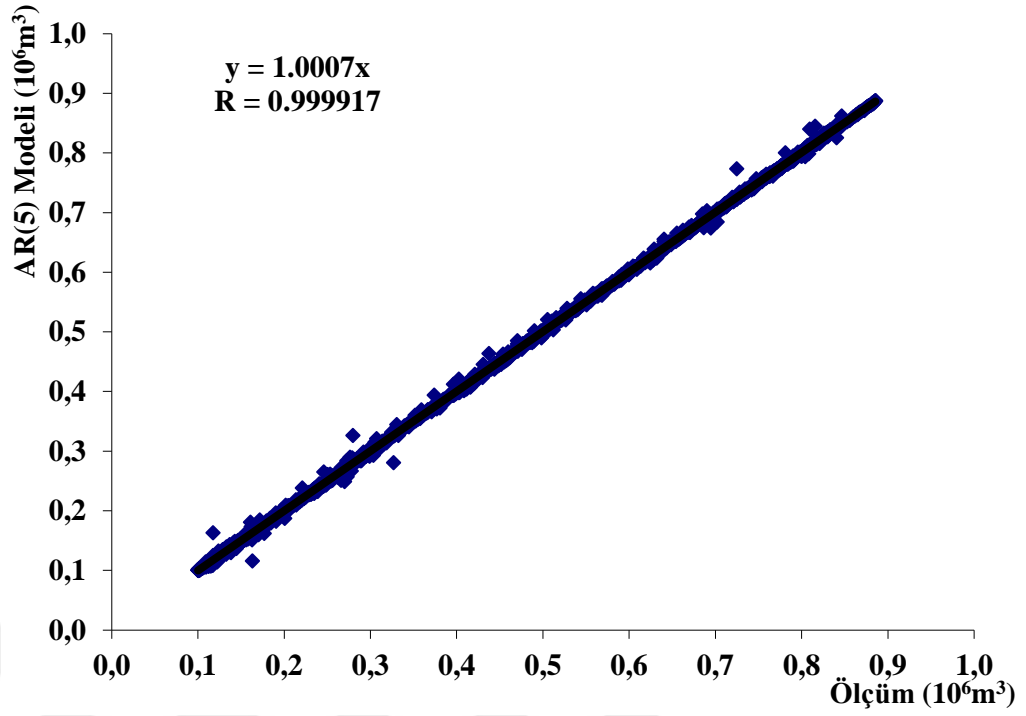
4.1.5. Otoregresif Model 5 (AR(5)) Yöntemi Sonuçları

AR(5) yönteminde, Yarseli Barajına ait; günlük göl hacmi (GGH)'ne ait zaman serileri girdi parametreleri olarak kullanılmıştır. Günlük göl hacmi $t+1, t+2, t+3, t+4, t+5$ zaman serisi ($GGH_{t+1}, GGH_{t+2}, GGH_{t+3}, GGH_{t+4}, GGH_{t+5}$) girdi katmanları olarak kullanılmıştır. On iki yıllık tüm ölçüm verilerinin bir kısmı eğitilmiş ve test verilerine uygulanmıştır. Aşağıda, AR(5) modeli eğitim verilerine ait dağılım grafiği Şekil 4.23.'de ve saçılma grafiği Şekil 4.24.'da gösterilmiştir. Ayrıca test verilerine ait dağılım grafiği Şekil 4.25.'de ve saçılma grafiği Şekil 4.26.'de gösterilmiştir.

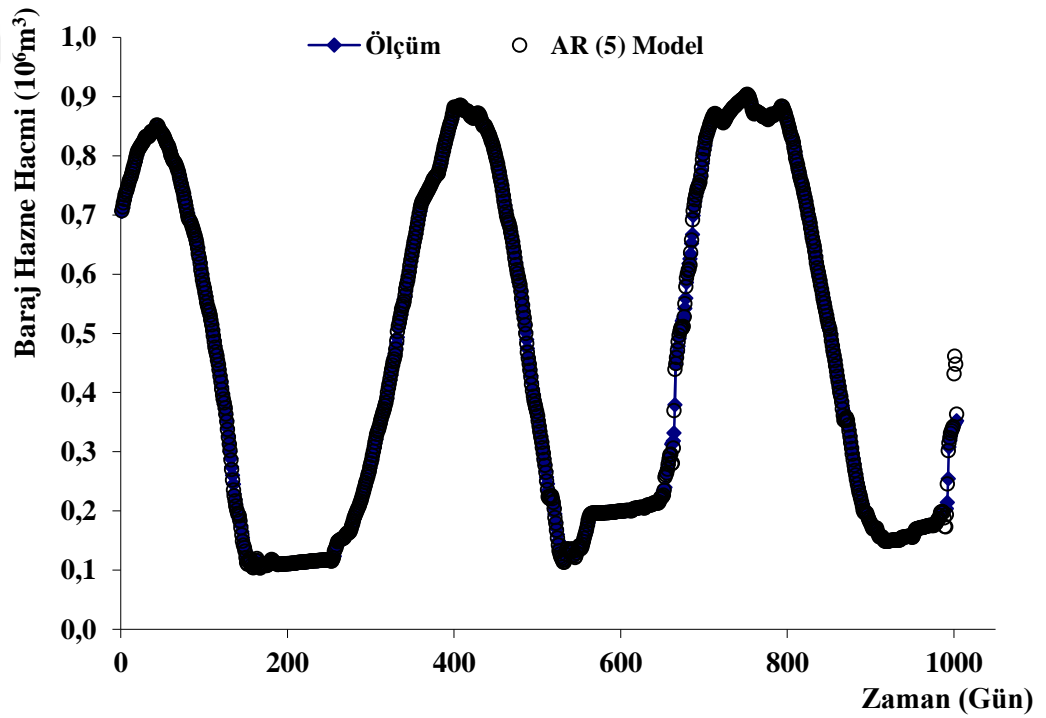


Şekil 4.23. 12 yıllık Baraj hazne hacmi eğitim verileri için ve AR(5) model dağılım grafiği

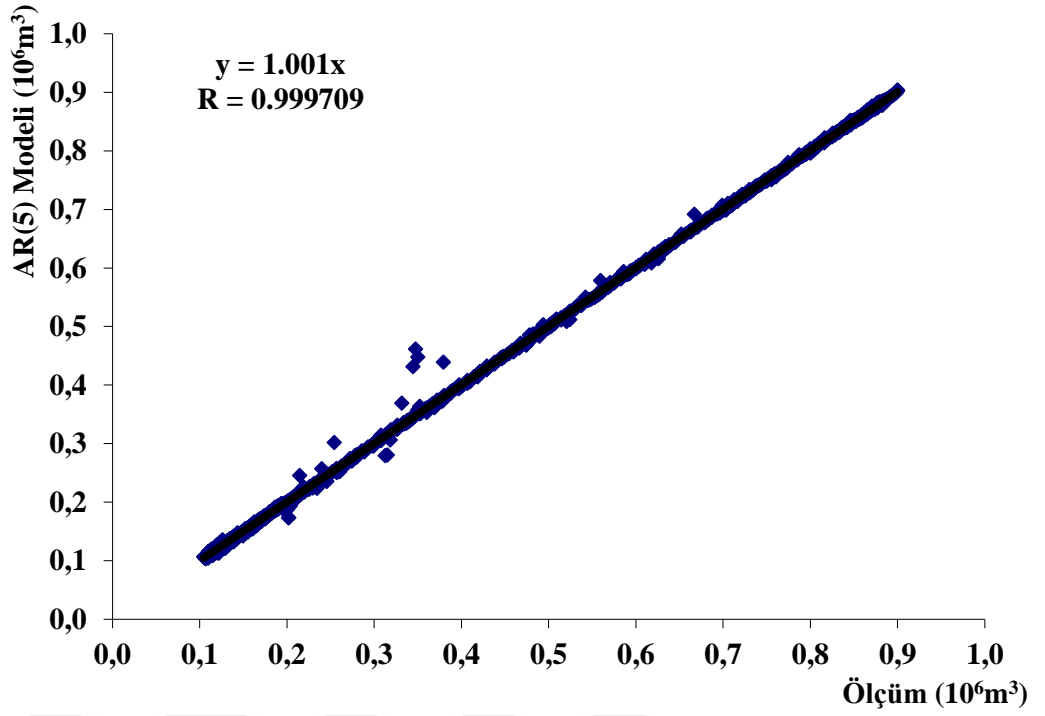
Eğitim verileri için oluşturulan Şekil 4.24.'daki grafikte korelasyon katsayısı $R=0.999917$ elde edilmiştir. Eğitim aşamasındaki AR(5) tahminleri uyumlu sonuçlar ve yüksek korelasyon verdiği göze çarpmaktadır. Dağılım ve saçılma grafiklerinde AR(5) hazne hacmi tahmin değerleri gerçek değerlere yakın değerler çıktığı gözlemlenmiştir. Eğitim aşamasında, AR(5) modeli az da olsa AR(1) ve AR(3) modelinden daha yüksek korelasyon değerine sahip olduğu görülmüştür.



Şekil 4.24. 12 yıllık baraj hazne hacmi eğitim verileri için ölçüm ve AR(5) model saçılma grafiği



Şekil 4.25. 12 yıllık baraj hazne hacmi test verileri için ölçüm ve AR(5) model dağılım grafiği

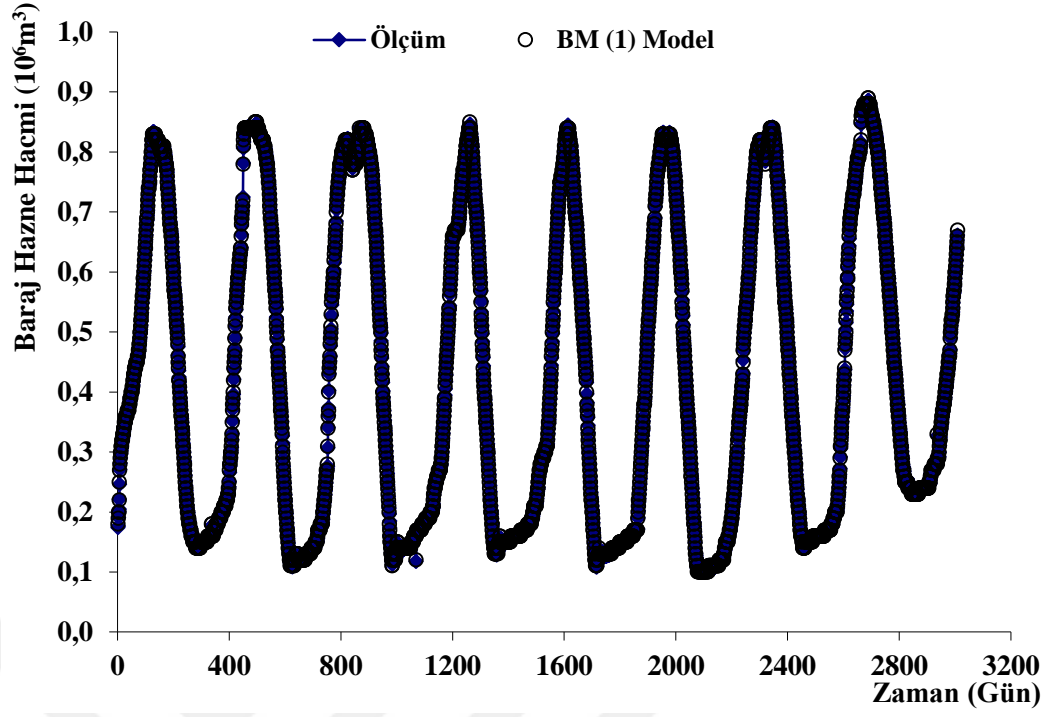


Şekil 4.26. 12 yıllık baraj hazne hacmi test verileri için ölçüm ve AR(5) model saçılma grafiği

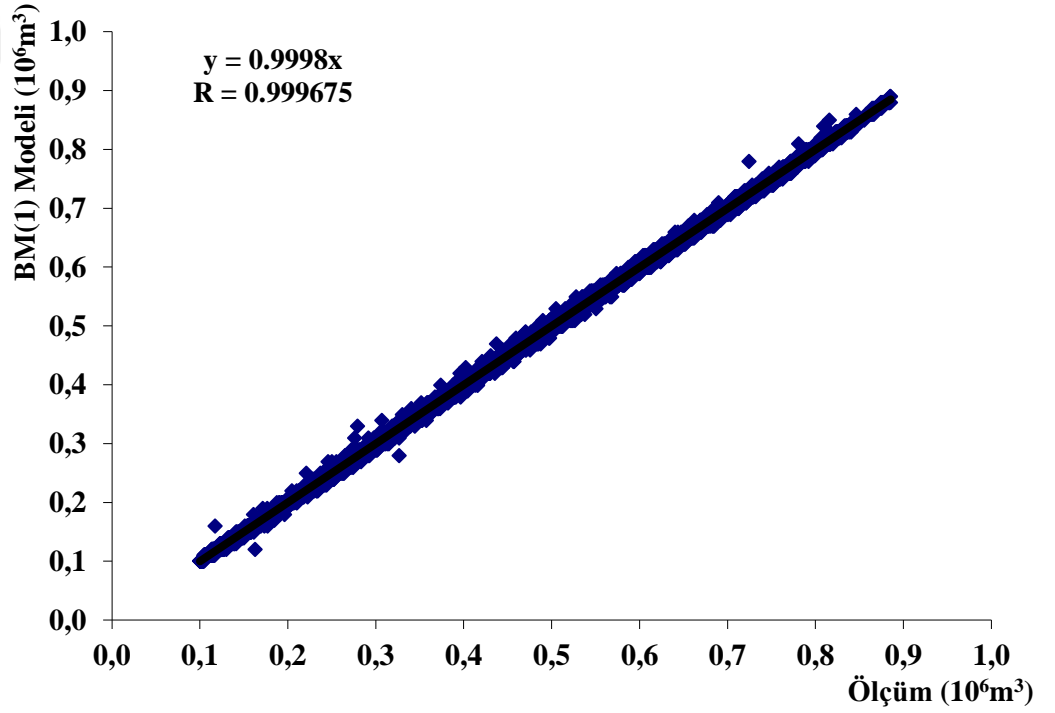
4.1.6. Bulanık Mantık Modeli 1 (BM(1)) Yöntemi Sonuçları

BM(1) yönteminde, Yarseli Barajına ait; günlük göl hacmi (GGH)'ne ait zaman serileri girdi parametreleri olarak kullanılmıştır. Günlük göl hacmi t+1 zaman serisi (GGH_{t+1}) girdi katmanı olarak kullanılmıştır. On iki yıllık tüm ölçüm verilerinin bir kısmı eğitilmiş ve test verilerine uygulanmıştır. Aşağıda, BM(1) modeli eğitim verilerine ait dağılım grafiği Şekil 4.27.'de ve saçılma grafiği Şekil 4.28.'de gösterilmiştir. Ayrıca test verilerine ait dağılım grafiği Şekil 4.29.'da ve saçılma grafiği Şekil 4.30.'da gösterilmiştir.

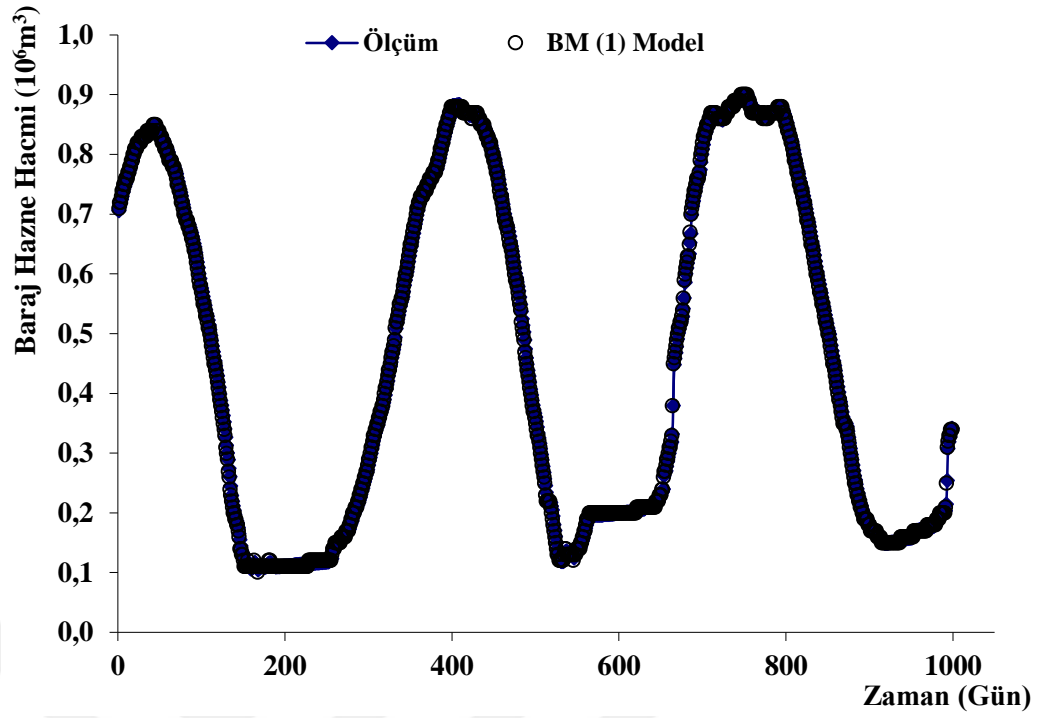
Eğitim verileri için oluşturulan Şekil 4.28.'deki grafikte korelasyon katsayısı R=0.999675 elde edilmiştir. Eğitim aşamasındaki BM(1) tahminleri uyumlu sonuçlar ve yüksek korelasyon verdiği göze çarpmaktadır. Dağılım ve saçılma grafiklerinde BM(1) hazne hacmi tahmin değerleri gerçek değerlere yakın değerler çıktığı gözlemlenmiştir.



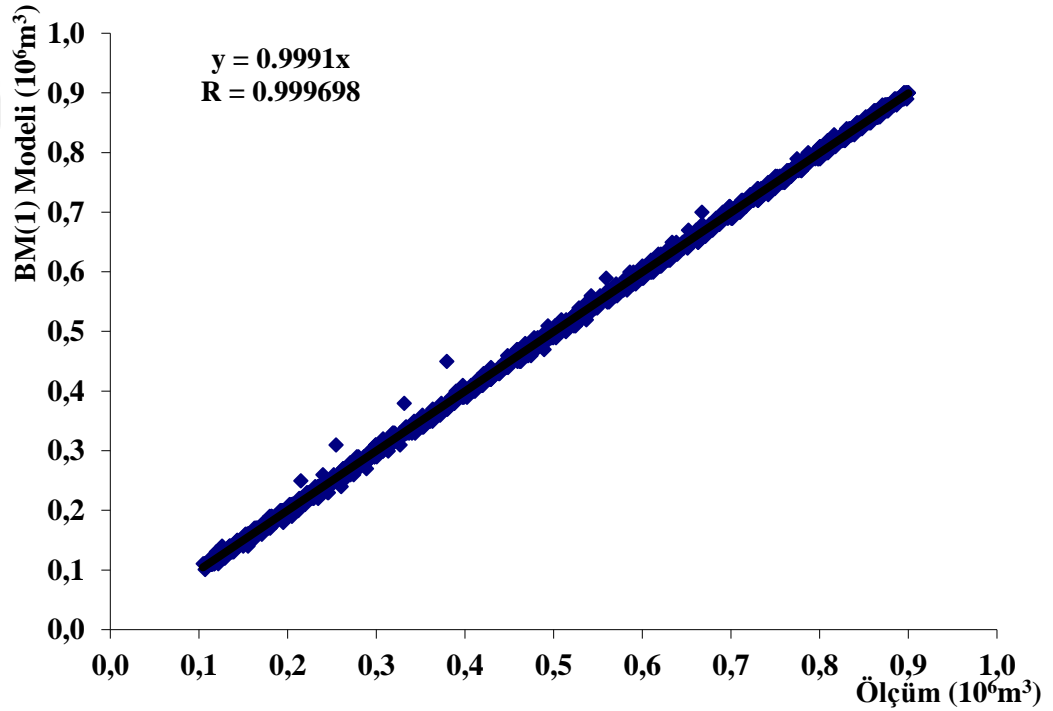
Şekil 4.27. 12 yıllık baraj hazne hacmi eğitim verileri için Ölçüm ve BM(1) model dağılım grafiği



Şekil 4.28. 12 yıllık baraj hazne hacmi eğitim verileri için ölçüm ve BM(1) model saçılma grafiği



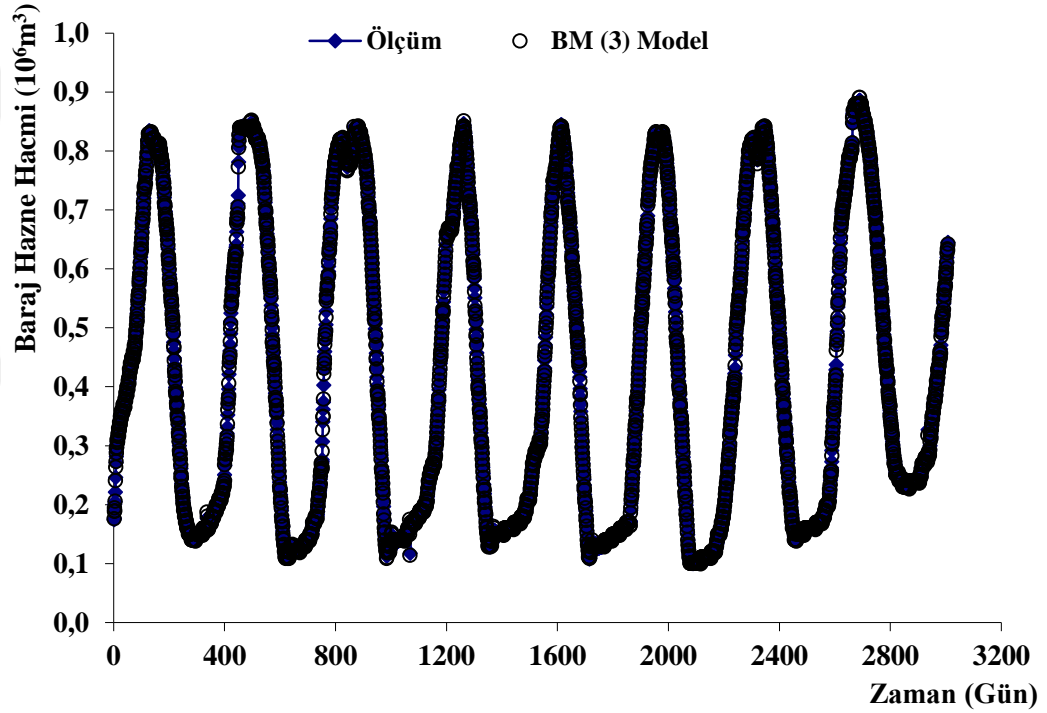
Şekil 4.29. 12 yıllık baraj hazne hacmi test verileri için ölçüm ve BM(1) model dağılım grafiği



Şekil 4.30. 12 yıllık baraj hazne hacmi test verileri için ölçüm ve BM(1) model saçılma grafiği

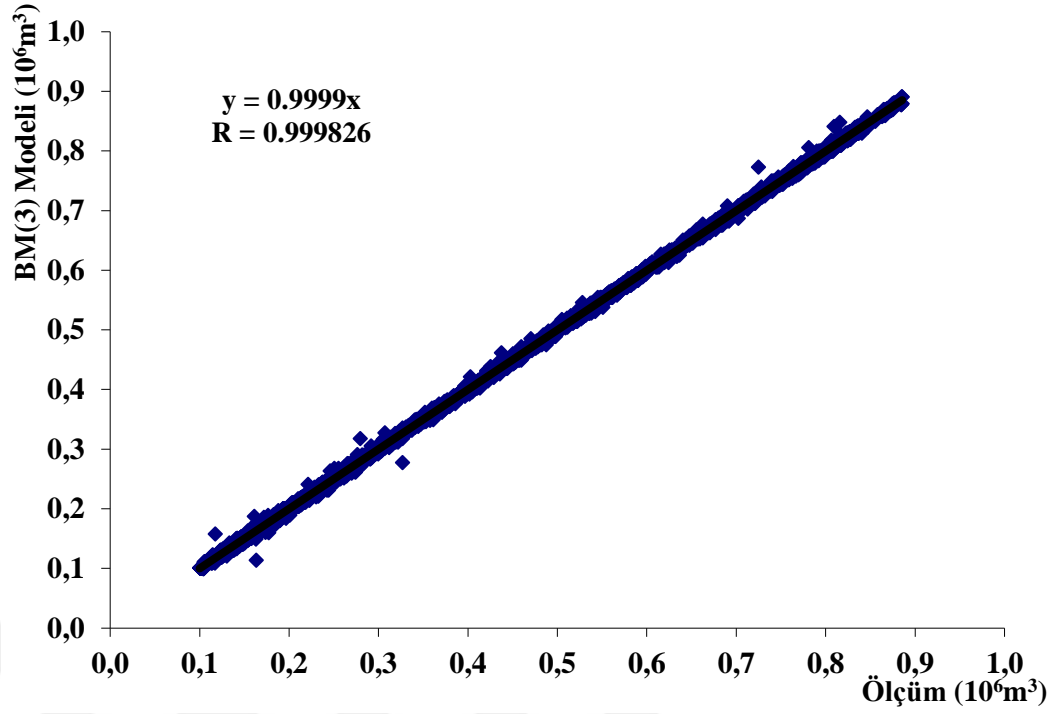
4.1.7. Bulanık Mantık Modeli 3 (BM(3)) Yöntemi Sonuçları

BM(3) yönteminde, Yarseli Barajına ait; günlük göl hacmi (GGH)'ne ait zaman serileri girdi parametreleri olarak kullanılmıştır. Günlük göl hacmi $t+1, t+2, t+3$ zaman serisi ($GGH_{t+1}, GGH_{t+2}, GGH_{t+3}$) girdi katmanları olarak kullanılmıştır. On iki yıllık tüm ölçüm verilerinin bir kısmı eğitilmiş ve test verilerine uygulanmıştır. Aşağıda, BM(3) modeli eğitim verilerine ait dağılım grafiği Şekil 4.31.'de ve saçılma grafiği Şekil 4.32.'de gösterilmiştir. Ayrıca test verilerine ait dağılım grafiği Şekil 4.33'de ve saçılma grafiği Şekil 4.34.'da gösterilmiştir.

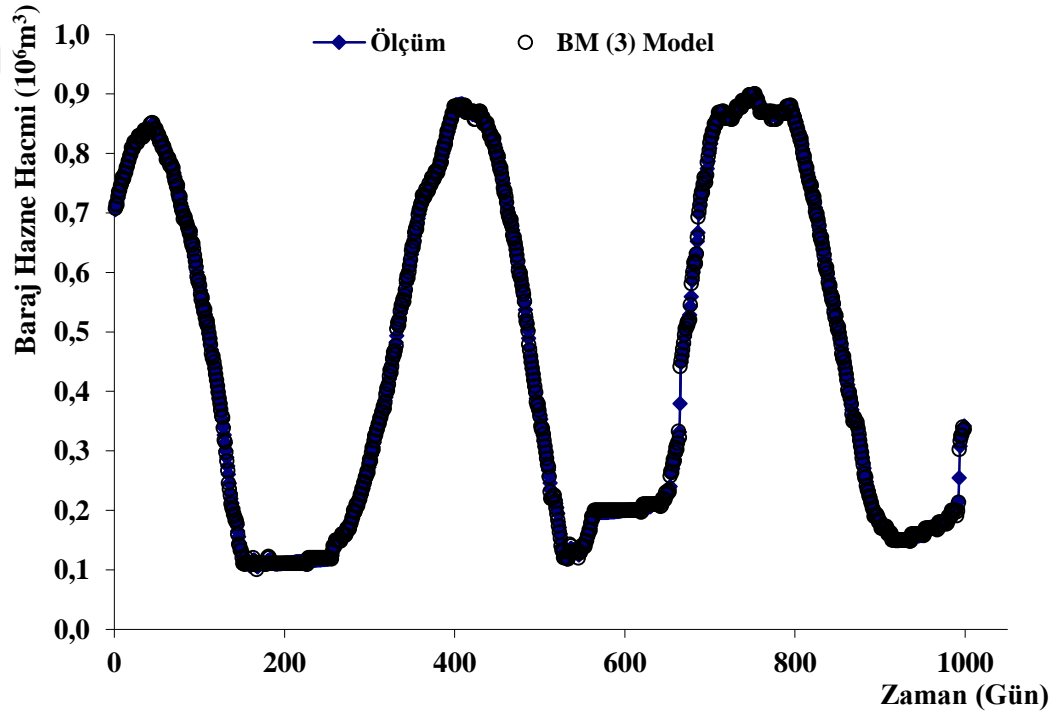


Şekil 4.31. 12 yıllık baraj hazne hacmi eğitim verileri için ölçüm ve BM(3) model dağılım grafiği

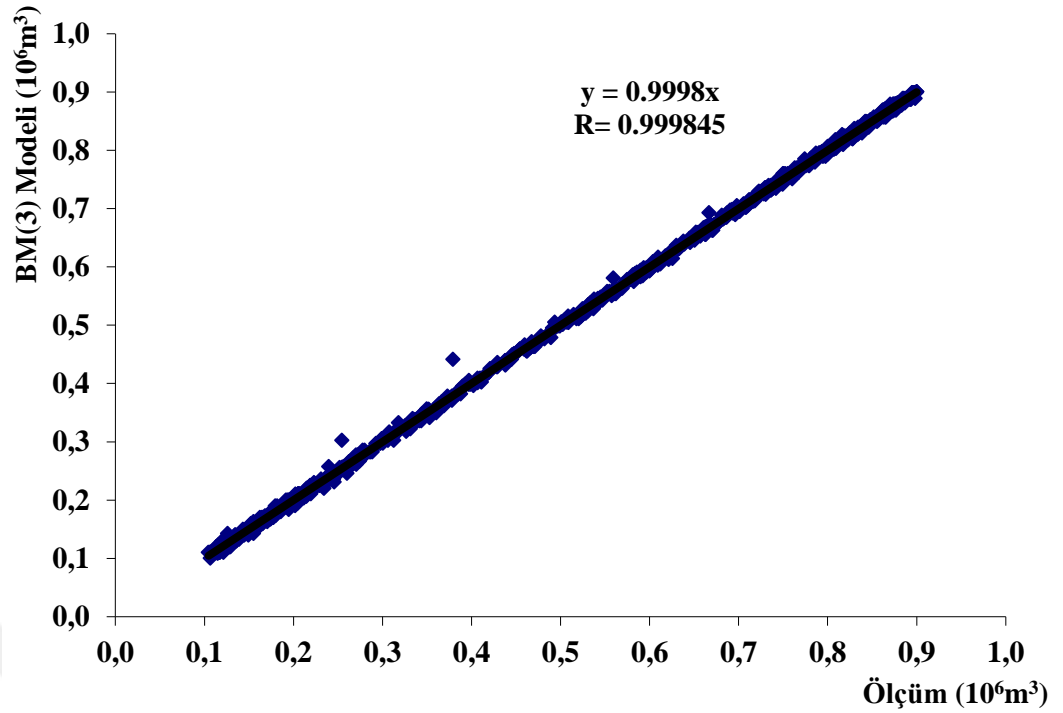
Eğitim verileri için oluşturulan Şekil 4.32'deki grafikte korelasyon katsayısı $R=0.999826$ elde edilmiştir. Eğitim aşamasındaki BM(3) tahminleri uyumlu sonuçlar ve yüksek korelasyon verdiği göze çarpmaktadır. Dağılım ve saçılma grafiklerinde BM(3) hazne hacmi tahmin değerleri gerçek değerlere yakın değerler çıktığı gözlemlenmiştir. BM(3) az da olsa BM(1) modelinden daha yüksek korelasyon değerine sahip olduğu görülmüştür.



Şekil 4.32. 12 yıllık baraj hazne hacmi eğitim verileri için ölçüm ve BM(3) model saçılma grafiği



Şekil 4.33. 12 yıllık baraj hazne hacmi test verileri için ölçüm ve BM(3) model dağılım grafiği

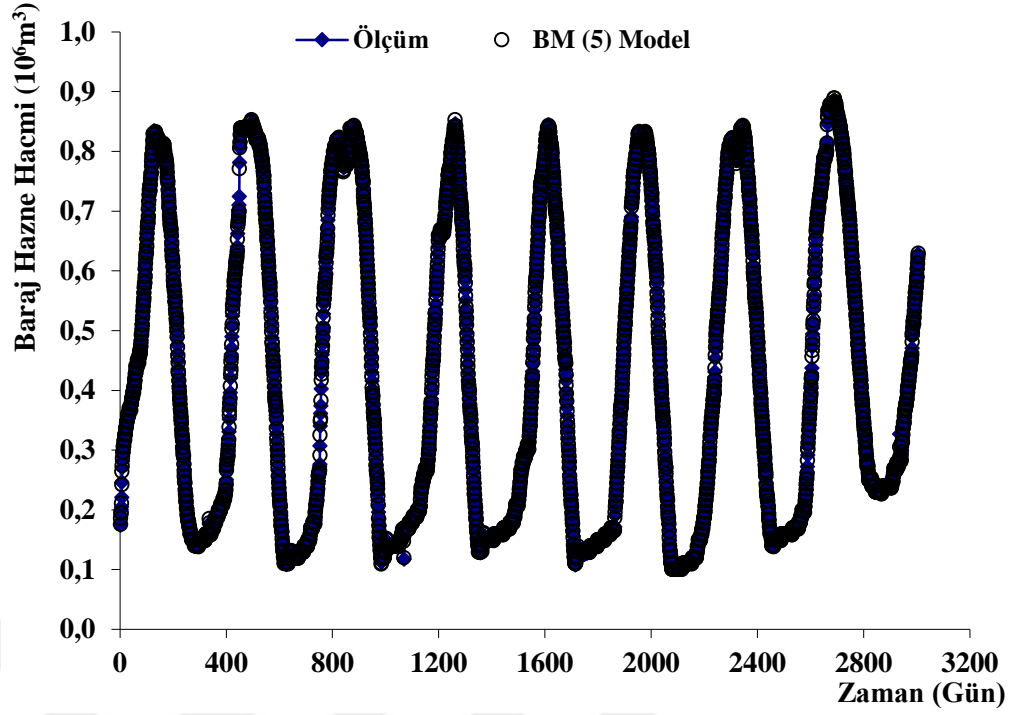


Şekil 4.34. 12 yıllık baraj hazne hacmi test verileri için ölçüm ve BM(3) model saçılma grafiği

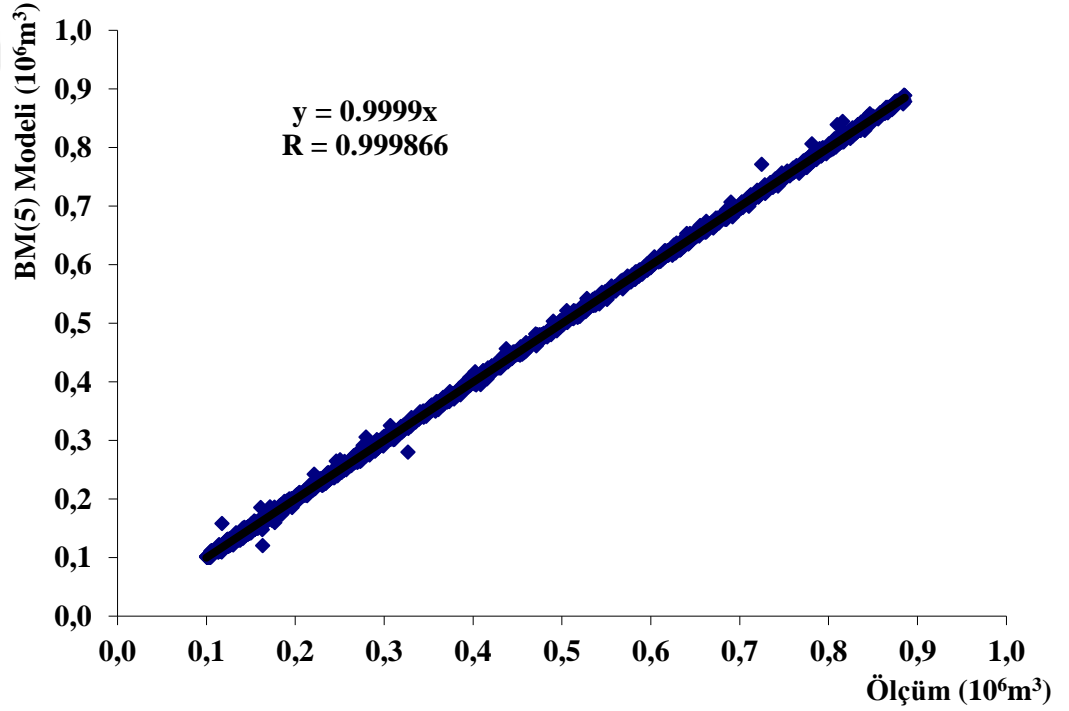
4.1.8. Bulanık Mantık Modeli 5 (BM(5)) Yöntemi Sonuçları

BM(5) yönteminde, Yarseli Barajına ait; günlük göl hacmi (GGH)'ne ait zaman serileri girdi parametreleri olarak kullanılmıştır. Günlük göl hacmi $t+1, t+2, t+3, t+4, t+5$ zaman serisi ($GGH_{t+1}, GGH_{t+2}, GGH_{t+3}, GGH_{t+4}, GGH_{t+5}$) girdi katmanları olarak kullanılmıştır. On iki yıllık tüm ölçüm verilerinin bir kısmı eğitilmiş ve test verilerine uygulanmıştır. Aşağıda, BM(5) modeli eğitim verilerine ait dağılım grafiği Şekil 4.35.'de ve saçılma grafiği Şekil 4.36.'da gösterilmiştir. Ayrıca test verilerine ait dağılım grafiği Şekil 4.37'de ve saçılma grafiği Şekil 4.38.'de gösterilmiştir.

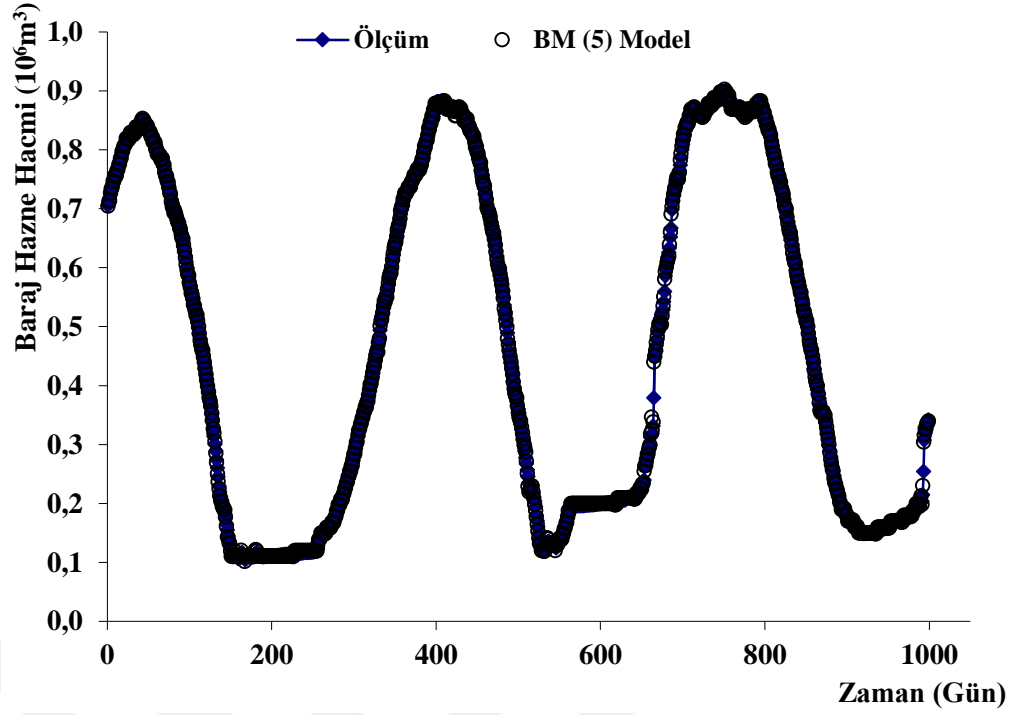
Eğitim verileri için oluşturulan Şekil 4.36'daki grafikte korelasyon katsayısı $R=0.999866$ elde edilmiştir. Eğitim aşamasındaki BM(5) tahminleri uyumlu sonuçlar ve yüksek korelasyon verdiği göze çarpmaktadır. Dağılım ve saçılma grafiklerinde BM(5) hazne hacmi tahmin değerleri gerçek değerlere yakın değerler çıktığı gözlemlenmiştir. Eğitim aşamasında, BM(5) modeli az da olsa BM(1) ve BM(3) modelinden daha yüksek korelasyon değerine sahip olduğu görülmüştür.



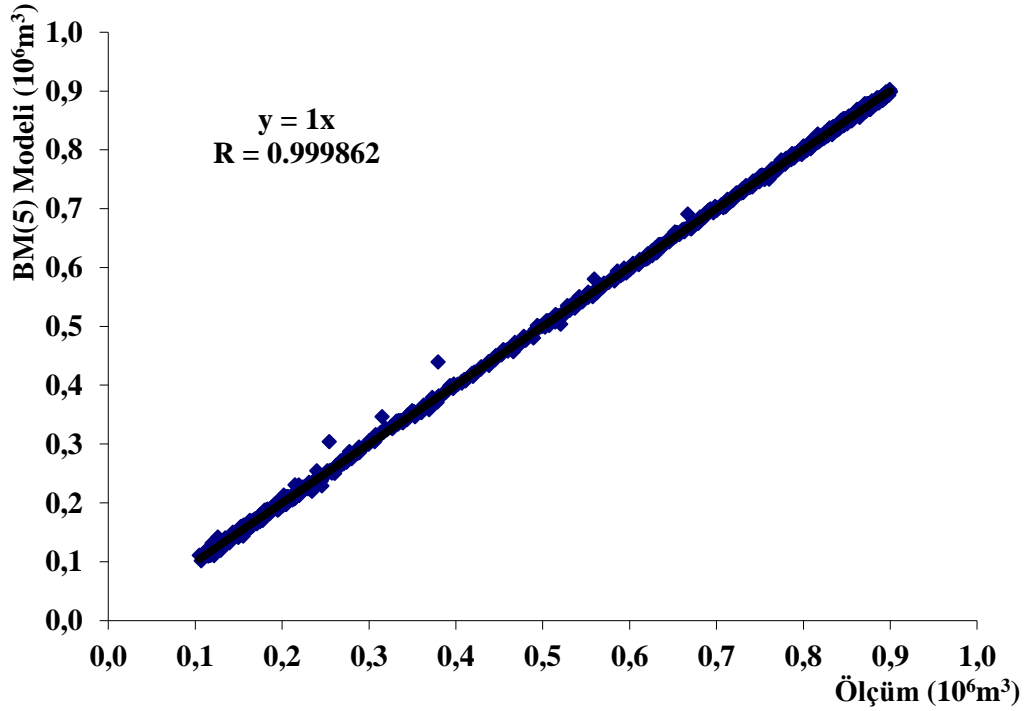
Şekil 4.35. 12 yıllık baraj hazne hacmi eğitim verileri için ölçüm ve BM(5) model dağılım grafiği



Şekil 4.36. 12 yıllık baraj hazne hacmi eğitim verileri için ölçüm ve BM(5) model saçılma grafiği



Şekil 4.37. 12 yıllık baraj hazne hacmi test verileri için ölçüm ve BM(5) model dağılım grafiği



Şekil 4.38. 12 yıllık baraj hazne hacmi test verileri için ölçüm ve BM(5) model saçılma grafiği

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada Yarseli Barajı günlük göl hacmindeki değişimler, ÇLR, BM, AR zaman serileri ve BM zaman serileri ile tahmin edilmiştir. BM model tahminleri, baraj günlük göl hacmi ölçümleri ve geleneksel istatistiksel ve stokastik modeller ile karşılaştırılmıştır. Bu sonuçlara dayanarak, çıkarılacak sonuçlar aşağıdaki gibidir:

Hatay ilinde bulunan Yarseli Barajına ait baraj hazne hacmini etkileyen, DSİ tarafından ölçülmüş, yağış yüksekliği, buharlaşma, gelen su miktarı, savaklanan su miktarı ve günlük su sarfiyatı veri olarak çalışmanın ilk aşamasında kullanılmıştır.

Ampirik bağları anlatmak için sıklıkla kullanılan bir yöntem olan ÇLR ile BM yöntemi karşılaştırılmıştır.

Bunun sonucunda BM yönteminin daha yüksek korelasyon ($R=0.823312$) değerine sahip olduğu hesaplanmıştır. Ayrıca, BM yönteminde ortalama karesel hata ($MSE= 0.03150$) ve ortalama mutlak hata ($MAE= 0.12660$) değerlerinin de ÇLR yönteminde elde edilen hata değerlerinden daha düşük çıktığı gözlenmiştir.

Gelecek çalışmalarda ÇLR yöntemine alternatif olarak BM yöntemi sunulabilir.

ÇLR ve BM modellerine ilaveten stokastik modeller uygulanarak bu çalışmanın kapsamı genişletilmiştir. Geçmiş hazne hacimleri dikkate alınarak sentetik zaman serileri türetilerek AR ve BM yöntemleriyle hazne hacmi değişimleri tahmin edilmiştir.

AR modelinde kullanılan rezervuar seviye data setleri BM modeline uygulanmıştır. Tüm model sonuçları karşılaştırıldığında;

BM(5) modeli, ortalama karesel hata($MSE=0.00002360$) ve korelasyon katsayısı($R= 0.999862$) bakımından diğer modellere göre en iyi sonuçları vermiştir. AR(3) modeli ise ortalama mutlak hata($MAE= 0.00220$) bakımından en düşük hata değerine sahip olarak çok az da olsa daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.

Burada dikkat edilmesi gereken önemli husus, BM modelinin çok değişkenli bir yapıya sahip olmasına rağmen oldukça iyi sonuçlar elde edilmesidir.

Belirli bir bölge için bir BM modeli geliştirildikten sonra, bu model su kaynakları yönetimi çalışmalarında oldukça faydalı olabilir. Günlük göl hacmi tahminleri periyodik su kaynakları stratejilerinin belirlenmesinde, hidroelektrik enerji ölçümlerinde

bilgilendirici olabilir. Sonuç olarak, elde edilen sonuçlar BM baraj gölü hacmi tahminlerinde faydalı bir alternatif model olduğunu göstermektedir.



KAYNAKLAR

- Anonim1, 2007. T.C. Başbakanlık devlet planlama teşkilatı, 9. kalkınma planı (2007-2013), toprak ve su kaynaklarının kullanımı ve yönetimi özel ihtisas komisyonu raporu, 160 s, Ankara.
- Anonim2, 2017. <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari>. Erişim tarihi: 12.06.2017
- Anonim3, 2017. <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari>. Erişim tarihi: 12.06.2017
- Anonim4, 2017. http://yarselisulama.gov.tr/baraj_manzaralari.html. Erişim tarihi: 12.06.2017
- Anonim5, 2017. http://yarselisulama.gov.tr/baraj_hakkinda.html. Erişim tarihi: 12.06.2017
- Anonim6, 2017. <https://www.turkcebilgi.com/mant%C4%B1k#bilgi>. Erişim tarihi: 12.06.2017
- Bayazıt, M., 1996. **İnşaat Mühendisliğinde Olasılık Yöntemleri, 1. Baskı**. İstanbul Teknik Üniversitesi Rektörlüğü, 1573, 236 s, İstanbul.
- Bayazıt, M. ve Yeğen Oğuz, E. B., 2013. **Mühendisler İçin İstatistik, 3. Baskı**. Birsen Yayınevi, Y.0029, 197 s, İstanbul.
- Bizimana, H., Demir, F., Sönmez, O., 2016. Modeling of water level changing of Yuvacık Dam with fuzzy logic. **4th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science 3-5 November 2016 (ISITES2016 Alanya/Antalya - Turkey)**, p. 827-834.
- Demirci, M., Baltacı, A., 2013. Prediction of suspended sediment in river using fuzzy logic and multilinear regression approaches. **Neural Computing Applications**, 23, p. 145-151.
- Erkek, C. ve Ağırlioğlu, N., 2010. **Su Kaynakları Mühendisliği, 6. Baskı**. Beta Basım A.Ş, 2309, 395 s, İstanbul.
- Fırat, M., 2007. Sinirsel bulanık mantık yaklaşımı ile havza modellemesi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Denizli.
- Keskin, M. E., Terzi, O. ve Taylan, D., 2004. Fuzzy logic model approaches to daily pan evaporation estimation in Western Turkey. **Hydrological Sciences Journal**, 49, p. 1001–1010.
- Kisi, O., Zounemat-Kermani, M.,(baskıda). Suspended sediment modeling using neuro-fuzzy embedded fuzzy c-means clustering technique. **Water Resources Management**, 30, p. 3979-3994.
- Özkan, E., 2011. Bulanık mantık yaklaşımıyla kaynak/rezerv sınıflandırması. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi, Eskişehir.
- Polat, H. E., 2014. Su yapıları 6. hafta ders notları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Ankara.

- Ripple, W., 1883. The capacity of storage for water supply. **Proceedings Institution of Civil Engineers**, 71, p. 270-278.
- Sudler, C. E., 1927. Storage required for regulation of streamflow. **Transactions of the American Society of Civil Engineers**, 61, p. 622-660.
- Sudheer, K.P., 2005. Knowledge extraction from trained neural network river flow models. **Journal of Hydrologic Engineering**, 10, p. 264-269.
- Şen, Z., 2009. **Bulanık Mantık İlke ve Modelleme, 3. Baskı**. Su Vakfı Yayınları, 361s. İstanbul.
- Üneş, F., 2006. Precipitation and reservoir volume relationship prediction with artificial neural networks model. **National Clean Energy Symposium**, 25–27 May, p.622, Isparta, Turkey
- Üneş, F., Kunduz, B., 2006. Reservoir level prediction for yarseli dam using artificial neural networks model. **National Clean Energy Symposium**, 25–27 May, p.614, Isparta, Turkey.
- Üneş, F., 2010. Dam reservoir level modeling by neural network approach. A case study. **Neural Network World**, 4, p. 461-474.
- Üneş, F., Joksimovic , D, Kişi, Ö. 2015a. Plunging flow depth estimation in a stratified dam reservoir using neuro-fuzzy technique. **Water Resources Management**, 29, p. 3055-3077. (DOI 10.1007/s11269-015-0978-y) .
- Üneş, F., Demirci, M., Kişi, Ö. 2015b. Prediction of millers ferry dam reservoir level in usa using artificial neural network. **Periodica Polytechnica Civil Engineering**, 59, p. 309-318. (DOI: 10.3311/PPci.7379)
- Üneş, F., Gümüştan, F. G., Demirci, M., 2016. Prediction of dam reservoir volume fluctuations using adaptive neuro fuzzy approach. **European Journal of Engineering and Natural Sciences** 2, p. 144-148.
- Tarhan, F., 2002. **Mühendislik Jeolojisi Prensipleri, III. Baskı**. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Basımevi, 384 s, Trabzon.
- Taşdemir, M. F., 2008. Yarseli sulama birliğinin sulama işletmeciliği yönünden değerlendirilmesi. Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Hatay.
- Yurtal, R., 2006. Su yapıları 2 ders notları. Çukurova Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana.
- Zadeh, L.A., 1965. Fuzzy sets . **Journal of Information Control**, 8 (3): 338-353.

ÖZGEÇMİŞ

Fahrettin Gökhan Gümüşcan, 1982 yılında Dörtıol/ Hatay'da doğdu. İlkokul, Ortaokul ve Liseyi Dörtıol'da tamamladıktan sonra 2001-2007 yılları arasında Erciyes Üniversitesi Yozgat Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde lisans eğitimini tamamladı. 2007 yılında özel bir inşaat firmasında çalışmaya başlayarak meslek hayatına atıldı. Başarı ile birçok projeyi tamamladıktan sonra 2012 yılında devlet memuru olarak çalışmaya başladı. Aynı sene Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisansa başladı. Evli ve iki ocuk babasıdır.

