T.C.

DİCLE ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DİYARBAKIR KENTİ İÇMESUYU İHTİYACININ GENETİK İFADELİ PROGRAMLAMA İLE MODELLENMESİ

Behzat ASLAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DİYARBAKIR

Ağustos 2017

T.C

DİCLE UNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

DİYARBAKIR

Behzat ASLAN tarafından yapılan "DİYARBAKIR KENTİ İÇMESUYU İHTİYACININ GENETİK İFADELİ PROGRAMLAMA İLE MODELLENMESİ" konulu bu çalışma, jürimiz tarafından İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyesinin

Ünvanı Adı Soyadı

Başkan: Doç. Dr. Fevzi ÖNEN (DANIŞMAN)

Üye: Doç. Dr. Mehmet Cihan AYDIN (ÜYE)

Üye: Doç. Dr. Nizamettin HAMİDİ (ÜYE)

Tez Savunma Sınavı Tarihi: 18/08/2017

Yukarıdaki bilgilerin doğruluğunu onaylarım.

.../.../2017

Doç. Dr. Sevtap SÜMER EKER

ENSTİTÜ MÜDÜR V.

(MÜHÜR)

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın her aşamasında sabırlı desteğini, görüş ve önerilerini esirgemeyen, su mühendisliği alanında engin birikimiyle her zaman yol gösterici davranan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Fevzi ÖNEN'e, teknik açıdan yardımları haricinde yüksek lisans öğretimi boyunca her zaman desteğini arkamda hissettiğim eşime teşekkürü bir borç bilirim. Bu tez, Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (DÜBAP) Mühendislik.16.005 No'lu Proje tarafından desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

		Sayfa
TEŞEKKÜR		I
İÇİNDEKİLER		II
ÖZET		IV
ABSTRACT		V
ÇİZELGE LİSTESİ		VI
ŞEKİL LİSTESİ		VII
KISALTMA VE SİMGELER		VIII
1.	**GİRİŞ**	1
2.	**ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR**	5
2.1.	Dünyadaki Su Tüketimi	9
2.2.	Türkiye' de Su Tüketimi	11
2.3.	İçmesuyu Talebi	14
2.3.1.	İçmesuyu Talep Tahmin Dönemleri	15
2.3.2.	İçmesuyu Talebini Etkileyen Faktörler	16
3.	**MATERYAL VE METOT**	19
3.1.	Diyarbakır İçmesuyunun Tarihi	19
3.1.1	Diyarbakır İçmesuyu Sisteminin Özellikleri	20
3.1.2.	Dicle Barajı	22
3.1.3.	Gözeli (Hamravat) Kuyuları	23
3.2.	Diyarbakır İlinin İçmesuyu Tahmini Çalışmasında Kullanılan Verilerin Elde Edilmesi	23
3.2.1.	Nüfus	23
3.2.2.	Abone Sayısı	24
3.2.3.	Sıcaklık	25
3.2.4.	Yağış	26
3.2.5.	Nem	27

3.2.6. Su Kayıpları …… 28
3.2.7. Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYH) ……..... 29
3.2.8. Şebekeye Verilen Su Miktarı……..... 30
3.3. Kentsel İçmesuyu İhtiyacı Tahmin Yöntemleri…….. 32
3.3.1. İller Bankası Metodu ……..... 32
3.3.2. Aritmetik Artış Yöntemine Göre Nüfus Hesapları……..... 34
3.3.3. Geometrik Artış Yöntemine Göre Nüfus Hesapları …… 35
3.3.4. Regresyon Analizi ……..... 36
3.4. Genetik İfadeli Programlama (GEP) ve Gelişimi…… 36
3.4.1. Genetik Algoritma ……..... 36
3.4.2. Genetik Programlama……..... 39
3.4.3. Genetik İfadeli Programlama (GEP) ……... 41
3.4.4. GEP Model Bileşenleri ……..... 42
3.4.5. GEP Bireylerinin Yapısı……..... 45
4. BULGULAR VE TARTIŞMA……. 47
4.1. GEP Modelinin Gelişimi ……..... 47
4.2. GEP Modelinin Oluşturulması ……..... 49
4.2.1. Model 1 (1 Genli) …….. 50
4.2.2. Model 2 (2 Genli) ……..... 53
4.2.3. Model 3 (3 Genli)……..... 57
5. SONUÇ VE ÖNERİLER……..... 63
6. KAYNAKLAR……..... 65
ÖZGEÇMİŞ……..... 69

ÖZET

DİYARBAKIR KENTİ İÇMESUYU İHTİYACININ GENETİK İFADELİ PROGRAMLAMA İLE MODELLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Behzat ASLAN

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

2017

Toplam içmesuyu ihtiyacı; evsel su ihtiyacı, ticaret, sanayi, hizmet sektörü, turizm, hayvan su ihtiyacı, özel ihtiyaçlar ve su kayıpları miktarından oluşmaktadır. Yerleşim yerlerinin kullandıkları veya gelecekte kullanacakları içmesuyu ihtiyacının belirlenmesinde kullanılmakta olan tahmin yöntemleri, nüfus miktarı ile yapılmasına rağmen, günümüzde içmesuyu tüketimini etkileyen birçok parametrenin var olduğu bir gerçektir. İçmesuyu talebi ve tahmini, yerleşim yerinin iklimi, nüfus yoğunluğu, sosyal ve ekonomik durumu, su kullanım eğrileri, su kayıpları ve çevresel etmenlere göre değişkenlik göstermektedir.

Bu çalışmada içmesuyu kullanımını etkileyebilecek olan parametreler, bir Yapay Zekâ tekniği olan Genetik İfadeli Programlama kullanılarak incelenmiştir. Modellerin oluşturulmasında Diyarbakır Kenti için 2005-2014 yılları arasında içmesuyu tüketimini etkileyen parametrelerin verileri kullanılmıştır. Bu veriler; şebekeye verilen su miktarı, şebekede oluşan su kayıpları, tahakkuk, sıcaklık, nem, nüfus, yağış, Diyarbakır Kentine ait gelişmişlik durumunu gösteren Gayrı Safi Yurtiçi Hâsıla (GSYH) ve içmesuyu abone sayısı gibi su talebini etkileyen parametrelerden oluşturulmuştur. Böylece içmesuyu talep ve tahmininde Genetik İfadeli Programlama ile farklı modeller oluşturularak, tüketime etki eden parametrelerin etkileri incelenmiştir. Ayrıca Determinasyon Katsayısı (R^2) ve Ortalama Karesel Hata (RMSE) değerlerine bakılarak, oluşturulan farklı modellerden elde edilen tahmini değerler, ölçülen değerlerle karşılaştırılmış ve oldukça iyi sonuçlara ulaşılmıştır.

Anahtar kelimeler: İçmesuyu, Genetik İfadeli Programlama (GEP), Diyarbakır, Talep, Tahmin.

ABSTRACT

DIYARBAKIR CITY DRINKING WATER NEEDS MODELING WITH GENE EXPRESSION PROGRAMMING

MASTER'S THESIS

Behzat ASLAN

DEPARTMENT OF CIVIL ENGIRNERING
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
UNIVERSITY OF DICLE

2017

Total drinking water need; domestic water demand, trade, industry, service sector, tourism, animal water needs, special needs and water losses. It is a fact that there are many parameters affecting the consumption of drinking water in the present day, even though the estimation methods used in determining the need for drinking water that settlements use or will use in the future will be based on the population amount. Drinking demand and forecasts vary according to the settlement climate, population density, social and economic situation, water use curves, water losses and environmental factors.

In this study, the parameters that could influence the use of drinking water were examined using Gene Expression Programming, an Artifical Intelligence Technique. In the creation of the models, the data of the parameters affecting the drinking water consumption of Diyarbakır City were used between 2005 and 2004. This is; water supply losses to the network, water losses in the network, accrual, temperature, humidity, population, precipitation, development showing the development status of the city of Diyarbakır and the number of water subscriptions. In this way, different models are developed by using Gene Expression Programming in the demand and forecast of drinking water, and the effects of consumption affecting parameters are examined. In addition, by looking at the Determination Coefficient (R^2) and the Mean Squared Error (RMSE), the predicted values obtained from the different models were compared with the measured values and very good results were obtained.

Key words: Drinking Water, Genetic Expression Programming (GEP), Diyarbakir, Demand, Forecast.

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge No:		Sayfa
Çizelge 2.1.	Dünyada içmesuyu tüketim değerleri	10
Çizelge 2.2.	Yüzde olarak tatlı su kaynaklarının sektörel kullanımı	12
Çizelge 2.3.	Bazı belediyelerin 2014 yılı su kaybı	13
Çizelge 2.4.	Su talep tahminleri ve başlıca uygulama alanları	16
Çizelge 3.1.	Diyarbakır İlinin Yıllık Su İstatistik Raporu	22
Çizelge 3.2.	Dicle Barajı Karakteristiği	22
Çizelge 3.3.	Diyarbakır İlinin 2005-2014 yılları arası nüfus değişimi	24
Çizelge 3.4.	Diyarbakır İlinin 2005-2014 yılları arası içmesuyu abone sayıları	25
Çizelge 3.5.	Diyarbakır İlinin 2005-2014 yılları arası sıcaklık değerleri (^{0}C)	26
Çizelge 3.6.	Diyarbakır İlinin 2005-2014 yılları arasındaki yağış değerleri (mm)	27
Çizelge 3.7.	Diyarbakır İlinin 2005-2014 yılları arası ortalama nisbi nem değerleri (%)	28
Çizelge 3.8.	Diyarbakır İlinin 2005-2014 yılları arası su kayıp değerleri (m^3)	29
Çizelge 3.9.	GSYH'nin zamanla değişimi (Diyarbakır/Kişi Başı/TL)	30
Çizelge 3.10.	Şebekeye verilen su miktarı (m^3)	31
Çizelge 3.11.	Proje başlangıç nüfusuna bağlı evsel birim su tüketimi	33
Çizelge 3.12.	İlbank tahmini proje debisi	34
Çizelge 3.13.	GP Modelinin optimize edilmiş parametreleri	40
Çizelge 4.1.	Uygun GEP Modelinin Parametreleri	49
Çizelge 4.2.	Oluşturulan GEP Modellerin Parametrelerinin Hassaslık Analizi	61

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil No:		Sayfa
Şekil 2.1.	Su talebini doğrudan ve dolaylı yoldan etkileyen faktörler	18
Şekil 3.1.	Hamravat Su Kemeri ve Diyarbakır Surları	19
Şekil 3.2.	Diyarbakır İçmesuyu Verileri (2014)	20
Şekil 3.3.	DİSKİ Genel Müdürlüğü hizmet alanındaki boru şeması	21
Şekil 3.4.	Bir GEP Algoritmasının Akış Şeması	43
Şekil 3.5.	Matematiksel İfade Ağacına (Expression Tree) bir örnek	44
Şekil 4.1.	Oluşturulan GEP Model 1 için İfade Ağacı (ET)	51
Şekil 4.2.	GEP Model 1'in eğitim aşamasındaki model değerleri ile gerçek değerlerin karşılaştırılması	51
Şekil 4.3.	Eğitim seti için tahmin edilen değerlerin ölçülen değerlerle karşılaştırılması	52
Şekil 4.4.	GEP Model 1'in test aşamasındaki model değerleri ile gerçek değerlerin karşılaştırılması	52
Şekil 4.5.	Test seti için tahmin edilen değerlerin ölçülen değerlerle karşılaştırılması	53
Şekil 4.6.	Oluşturulan GEP Model 2 için İfade Ağacı (ET)	54
Şekil 4.7.	GEP Model 2'nin eğitim aşamasındaki model değerleri ile gerçek değerlerin karşılaştırılması	55
Şekil 4.8.	Eğitim seti için tahmin edilen değerlerin ölçülen değerlerle karşılaştırılması	55
Şekil 4.9.	GEP Model 2'nin test aşamasındaki model değerleri ile gerçek değerlerin karşılaştırılması	56
Şekil 4.10.	Test seti için tahmin edilen değerlerin ölçülen değerlerle karşılaştırılması	56
Şekil 4.11.	Oluşturulan GEP Model 3 için İfade Ağacı (ET)	58
Şekil 4.12.	GEP Model 3'ün eğitim aşamasındaki model değerleri ile gerçek değerlerin karşılaştırılması	59
Şekil 4.13.	Eğitim seti için tahmin edilen değerlerin ölçülen değerlerle karşılaştırılması	59
Şekil 4.14.	GEP Model 3'ün test aşamasındaki model değerleri ile gerçek değerlerin karşılaştırılması	60
Şekil 4.15.	Test seti için tahmin edilen değerlerin ölçülen değerlerle karşılaştırılması	60

KISALTMA VE SİMGELER

AARE	: Ortalama Mutlak Bağıl Hata
AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AI	: Yapay Zekâ
AWWA	: Amerikan Su İşleri Birliği
A.Ş.	: Anonim Şirket
BM	: Birleşmiş Milletler
cm	: santimetre
ÇB	: Çelik boru
DİSKİ	: Diyarbakır Su ve Kanalizasyon İşleri
DSİ	: Devlet Su İşleri
DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı
ET	: İfade Ağacı
FAO	: Gıda ve Tarım Örgütü
GSYH	: Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla
GA	: Genetik Algoritma
GEP	: Genetik İfadeli Programlama
GP	: Genetik Programlama
IWA	: Uluslararası Su Birliği
km	: kilometre
m	: metre
mm	: milimetre
Q	: Debi
PE	: Polietilen boru
R^2	: Determinasyon Katsayısı
RMSE	: Ortalama Karesel Hata
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
YSA	: Yapay Sinir Ağları

1. GİRİŞ

Su, yaşam için en temel kavramlardan biridir. Su hava, oksijen gibi canlıların yaşamlarını sürdürmeleri için ihtiyaç duyduğu temel bir değerdir. Bu nedenle tarih boyunca tüm medeniyetler, yerleşim alanlarını bilinçli bir şekilde suya yakın yerlerde kurmuştur. Ayrıca, canlıların yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmeleri için yeterli miktarda sağlıklı ve kaliteli suya ihtiyaçları vardır.

Su, tarih boyunca yeryüzünde yaşamsal faaliyetler için en gerekli unsur olmuştur. Milattan Önce (M.Ö.) 1760'lı yıllarda Hammurabi Yasalarında bile su hakkıyla ilgili bazı kurallar, ihlallerle ilgili bazı yaptırımlar bulunmaktaydı. Roma Hukuku'nda ise su tüm insanlığın ortak malı olarak kabul görmekteydi. Yüzyıllar boyunca medeniyetler, su kaynaklarının yakınlarına kurulmuştur. Nil, Dicle ve Fırat Nehirleri çevresi, sağladıkları su itibariyle dünyanın ilk yerleşim yerleri olmuştur. Bir başka deyişle, dünyadaki büyük nehirler ve su kaynakları, medeniyetlerin oluşumuna ve gelişimine temel oluşturmuştur. Antik çağlardan beri, insanlar su kaynaklarına yakın olmak ve bu kaynaklar üzerinde hüküm sürmek için oldukça çaba harcamıştır.

Dünyadaki toplam su miktarı 1 milyar 400 milyon km^3 olup yerkürenin dörtte üçünü kaplamaktadır. Fakat bu oranın önemli bir kısmına erişim mümkün değildir. Çünkü bu miktarın %97,5'i deniz ve okyanuslarda tuzlu su olarak bulunmakta olup, sadece %2,5'lik kısmı tatlıdır. Tatlı suyun da önemli bir kısmı (%69,5) kutuplarda buzul olarak veya donmuş toprak tabakasında bulunmaktadır. Tatlı suyun yaklaşık olarak %30,1'i yeraltı suyu, geriye kalan %0,4'ü ise atmosfer suyu (yağış ve atmosferdeki su buharı) ve yüzey sularıdır. Yeryüzeyinde bulunan tatlı su oranının düşük olması, ulaşılabilir elverişli miktarın az olduğunu göstermektedir. Tatlı su kaynakları olan akarsu ve göllerdeki su miktarının, dünyadaki toplam mevcut su miktarına oranı yaklaşık % 0,015'tir. Yeryüzündeki dağılım şeklinde eşit olmayan bu rezerv; su kirliliği, iklim değişikliği ve su havzalarındaki yapılaşmalarla daha da azalmaktadır. Bununla birlikte, hızlı nüfus artışına ve tüketim alışkanlıklarının değişimine bağlı olarak talebin sürekli artması, dünyayı giderek büyüyen su sorunlarıyla karşı karşıya bırakmaktadır. Bu da "su yönetimi ve güvenliği" konularının ne kadar önemli olduğunu göstermektedir (DSİ 2014).

Nüfusun hızla artması, sanayi sektöründeki büyüme, artan enerji gereksinimi, tarımsal ihtiyaçların hızla artması ve şehirleşme oranın artması, su tüketimini çok hızlı bir şekilde arttırmaktadır. Su kaynaklarının kıt olması ve hızla tüketilmesi, mevcut kaynakların ise gün geçtikçe kirlenmesi ve su ihtiyacını karşılayamaması gibi sebeplerden dolayı, günümüzde suyun önemi giderek artmaktadır.

Zamanla nüfusun artmasıyla yeni yerleşim alanları arayışı başlamıştır. Bu durum beraberinde suyu kaynağından taşıma gerekliliğini ve suyun kullanımı açısından belirli kontrollerin ve planlamanın yapılmasını gerekli kılmıştır. Böylece kaynaktan suyu taşıma, depolama ve dağıtım gibi temel mühendislik faaliyetlerinin yanında, şehirlerin içmesuyu ihtiyacını etkileyen parametreleri belirleme ihtiyacı da hâsıl olmuştur.

Dünyada ve Türkiye'de olduğu gibi Su İdareleri ile ilgili Kamu Kuruluşları, tüketicilere sağlıklı içmesuyu sağlamakla yükümlüdürler. Artan nüfusla birlikte içmesuyu talebi artmakta ve talebi karşılayabilmek için yüksek maliyetli su tedarik sistemleri inşa edilmektedir. Nüfus artışı, şehirleşmeyle artan enerji ihtiyaçları, gıda ve tarım ihtiyacının artması, suya olan ihtiyacı ve su üzerindeki kontrollü denetimin önemini artırmaktadır.

Geniş bir alana yayılan tüketici topluluğuna içmesuyu sağlanması ne kadar gerekli ise içmesuyu temini de o kadar zordur. Özellikle, büyükşehirlerde içmesuyu altyapı tesislerinin yapılması, işletilmesi, bakım-onarımı ve kontrolü, teknik beceriler gerektiren bir iştir. Bu kurumların temel amacı, tüketicilere uygun basınçta ve yeterli debide sağlıklı içmesuyu sağlamakla birlikte, gelecek için şehrin içmesuyu ihtiyacını belirlemek ve bu doğrultuda planlama yapmaktır. Bu sebeple bu kurumlar tüketicilere hizmet sunarken mühendislik şartlarının uygulanmasını gerektiren birçok önemli bileşeni beraber düşünmek zorundadır. Tüketiciye içmesuyu temin edilirken, yapılan işin maliyeti, enerji masrafları, tesisin işletilmesi, bakımı-onarımı ve kontrolü gibi etmenler içmesuyunun değerini daha da artırmakta ve korunumunun gerekliliği önem kazanmaktadır. Bu etmenler, Su İdareleri için ekonomide önemli derecede maliyet oluşturur. Bu nedenle, Su İdareleri tarafından tüketicilere sağlanan içmesuyunda hizmetin devamlı olması için, tüketicilere arz edilecek olan içmesuyunun miktarı belirlenmelidir.

Son dönemlerde ve özellikle günümüzde, su uluslararası kuruluşlar için stratejik değerlendirmelerde oldukça önemli bir boyut kazanmıştır. Dünyada, özellikle kurak ve yarı kurak iklim kuşaklarında yer alan ülkelerin, içilebilir ve yeterli su kaynaklarına ulaşmada karşılaştıkları güçlükler ve giderek artan su kıtlığının sosyal ekonomik yaşama olan olumsuz etkilerini azaltmaya yönelik bir çeşit uluslararası konferans ve toplantı gerçekleştirilmiştir. Bu uluslararası toplantılarda oluşan yaklaşımlar, yeryüzüne iklimsel farklılıklardan dolayı eşit olmayan şekilde dağılmış su kaynaklarının, hızlı nüfus artışı sonucu artan su talebi ve doğanın korunması gerekliliğiyle beraber, etkin ve adil biçimde kullanılmasına ilişkin bazı kurallar ve teknikler ortaya konulmuştur (Bozğun 2011).

Su tüketimi yerleşim yerinin iklimi, nüfus yoğunluğu, su tüketicilerinin sosyal ve ekonomik durumu ve çevresel faktörlerden etkilenmektedir. Nüfus yoğunluğunun su kaynaklarına doğrudan bir etkisi vardır. Nüfusun yoğun olduğu herhangi bir yerleşim yerinde hayat standardlarındaki farklılıklardan dolayı kişi başına su kullanım miktarı önemli ölçüde değişim göstermektedir. Burada hayat standardı ifadesi, belirli bir gelişmişlik düzeyinin gerektirdiği sistemleri, düzenekleri ve bunu sağlamak için gereken su kullanımı ihtiyacına atıfta bulunmaktadır. Üretim ve gelişim için kurulan birçok sektörde mutlak şekilde suya ihtiyaç vardır. 20. yy boyunca dünya nüfüsu, 19. yy sonuna göre üç kat artarken, su kullanımının altı kat arttığı görülmektedir (DPT 2007). Nüfusun ve su tüketimindeki artışın aynı oranda seyretmemesi, su tüketiminin sadece nüfusa bağlı olmadığını göstermektedir.

Şehirler, İlçeler ve kasabalar için içmesuyu projeleri yapılırken, projelerde içmesuyu ihtiyacı; 35 yıl sonraki nüfus için İller Bankası A. Ş. 'İçmesuyu Tesisleri Etüt, Fizibilite ve Projelerinin Hazırlanmasına Ait Teknik Şartnamesine' göre yapılır. Basit bir üstel nüfus hesaplamalarına göre yapılan bu işlemler, şehirlerin 35 yıl sonraki nüfuslarına göre ihtiyaç duyacakları içmesuyu tahminlerini yapmaktadır. Oysaki içmesuyu kullanımını etkileyen birçok parametre mevcuttur. Şehrin coğrafyasından iklimine, demografik yapısından mekânsal çeşidine, gelişmişlik düzeyinden sanayisine kadar birçok etmen içmesuyu tüketimini etkileyebilmektedir. Tüm bu faktörlerin içme ve kullanma suyuna etkisi düşünüldüğünde, içmesuyu tahminlerinin sadece nüfusa göre değerlendirilmesi eksik olacaktır. Dolayısıyla hazırlanan bu çalışmada; iklimden gelişmişlik düzeyine, geçmiş yıllardaki su kullanımından su kayıplarının miktarına

kadar tüm veriler, Diyarbakır Şehir Merkezi için Genetik İfadeli Programlama (GEP) kullanılarak incelenmiş ve İçmesuyuna etki eden parametreler tespit edilmeye çalışılmıştır. Dolayısıyla bu çalışmanın neticesinde, içmesuyu tüketim miktarının belirlenmesinde, nüfusla beraber diğer parametrelerin de (sıcaklık, su kaybı, su fiyatı…) etkili olduğu görülmüştür.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

İçmesuyu ihtiyacının belirlenmesinde kullanılan en temel faktör, yerleşim yerinin nüfusudur. Dünyada ve ülkemizde su kuruluşları, su ihtiyacının belirlerken, gelecek nüfus tahminleri yapmaktadır. İller Bankası A. Ş. Teknik Şartnamesine göre yapılan bu tahminler yerleşim yerleri için sadece nüfusa bağlı kalınarak yapılmaktadır. Daha önce de belirtildiği gibi, bu tahmin metodu ile yapılan hesaplamalar günümüz için yeterli olmamaktadır. Dolayısıyla içmesuyu tekniğinde, talep ve tahminin belirlenmesinde nüfusla birlikte iklim, gelişmişlik, sıcaklık, yağış, nem ve hatta şehirleşme modeli bile etkili olmaktadır. Son yıllarda bu parametrelerin de temel alındığı önemli çalışmalar yapılmıştır.

Su talep ve tahmini ile ilgili yapılan mevcut çalışmalara bakıldığında, ilk çalışmaların regresyon analizi ile yapıldığı görülmektedir. Bu çalışmaların ilki, Howe ve Linaweaver'in (1967) yaptığı çalışmadır. Bu çalışmada, birçok şehir için kesitsel verilerden regresyon analiziyle derlenen parametrelerle konut su talebi modelleri oluşturulmaya çalışılmıştır. Bu çalışmadan elde edilen neticeler; evsel talepte, fiyat değişkeninin göreli olarak elastik olmadığını göstermiştir. 1979 yılında Cassuto ve Ryan'nın yaptıkları çalışmalarda, California'nın Oakland Bölgesinde uzun dönem su koruma programları kapsamında, gelir ve maliyetin bağımsız değişken olarak kullanıldığı regresyon modelinde konut elastikiyeti tahmin edilmeye çalışılmıştır. Maidment vd. (1985) ise Florida, Pennsylvania ve Texas' daki dokuz şehirden günlük su tüketim verilerini kullanan bir regresyon modeli geliştirmişlerdir. Bu modelle yağış ve hava sıcaklığı değişkenlerindeki kısa dönem kullanım değişimi tahmin edilmiştir. Billing ve Agthe (1998), Arizona'nın Tucson Şehrinde kısa dönem su talebini tahmin etmek için temel ortalama aylık yaklaşımıyla regresyon analizi ve zaman serileri uzay yöntemini karşılaştırmışlardır. Babel vd. (2007) regresyon modeli ile sosyal ve ekonomik karakteristikler, iklimsel faktörler, kamu su politikaları ve stratejilerinin tanımlandığı çok değişkenli ekonometrik faktörlere dayalı olarak evsel su talep tahmini yapmışlardır (Akdağ 2015).

İçmesuyu talep tahmininde farklı sayılabilecek bu parametrelerin kullanılması, Yapay Zekâ olarak adlandırılan bilgisayar programları vasıtasıyla mümkün olabilmektedir. Yapılan çalışmalarda genellikle Yapay Sinir Ağları (YSA) ve Bulanık

Mantık (Fuzzy) metodları kullanılarak farklı yerleşim yerleri için tahminler yapılmaya çalışılmıştır.

Bougadis (2005), regresyon, zaman serili ve yapay sinir ağları (YSA) modelleri üzerine haftalık içmesuyu ihtiyacının belirlenmesine yönelik çalışmalar yapmıştır. Bougadis bu çalışmada YSA modelinin, oluşturulan zaman serili model ve regresyon modeline göre oldukça iyi sonuçlar veridiğini belirlemiştir. Bu çalışmada önceki haftaların yağış ve sıcaklık verilerinin de içmesuyu tüketimine etki ettiği belirlenmiştir.

Altunkaynak ve Çakmakçı (2005), Bulanık Mantık Metoduyla İstanbul'un Su Tüketim Tahminini yapmaya çalışmışlardır. Bu çalışmada, Bulanık Mantık Metoduyla, daha önceki üç aylık su tüketim değerleri kullanılarak gelecek aylardaki tahmini su kullanım değerleri oluşturulmaya çalışılmıştır. Gelecekteki su kullanımı; saatlik, haftalık, aylık ya da yıllık olacak şekilde tahmin peryotları ile belirlenir. Su talebi, sürekli değişen dinamik bir oluşumdur. Bu dinamik parametreleri oluşturan birçok etmen mevcuttur. İklim, nüfus, sosyo-ekonomik durum, geçmiş ve mevcut su kullanımı gibi parametreler su kullanımını etkilemektedir. Mühendislik uygulamalarının boyut ve zamana bağlı olarak güncel haliyle korunabilmesi için, mutlak surette gelecek içmesuyu tahminleri gerçeğe yakın şekilde tahmin edilmelidir. Son yıllarda, artan nüfustan, göçten, endüstriden ve büyüme gibi sebeplerden dolayı İstanbul'daki su talebi önemli miktarda artmıştır. Bu durumu da göz önünde bulundurarak, çalışmalarında Bulanık Mantık Metodu kullanılarak, İstanbul için gelecek su tahmini oluşturulmaya çalışılmıştır (Altunkaynak ve Çakmakçı 2005).

Mermer (2007), Kentsel içmesuyu ihtiyacının Yapay Sinir Ağlarıyla tahmini metodunu kullanarak İzmir ilinin talep tahminini yapmıştır. Mermer'in yaptığı bu tez çalışmasında, içmesuyu ihtiyacı tahminlerinin genellikle İller Bankasının önerdiği ve üstel nüfus tahminine dayanan basit bir formül ile yapıldığını, hâlbuki konunun önemi ve ilgili parametrelerin çokluğu nedeniyle daha kapsamlı veri ve yöntemlerin kullanılmasının sağlıklı tahminler için gerekli olduğunu belirtmiştir. Bu çalışmada, içmesuyu tahmininde yalnız üstel nüfusun etkisinin yetersiz olduğunu, bu parametrenin yanında, Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla (GSYH), sıcaklık, yağış, nem, ortalama evsel su faturası, hane sayısı gibi parametrelerin de etkisinin olduğunu tespit ederek, İzmir İlinin içmesuyu tahmini yapılmıştır. Bu verilerin aylık değerleri Yapay Sinir Ağları (YSA)

yöntemi ile modellenmiş ve gelecekteki 20 yıl için içmesuyu ihtiyacı tahmini yapılmıştır.

Adamowski (2008), Yapay Sinir Ağları Metodunu kullanarak Günlük Zirve Su Talep Tahminini Kanadanın Ottawa şehri için yapmıştır. Dünyadaki su arz sistemleri son yıllarda nüfusun ve kişi başına düşen su tüketiminin artmasına bağlı olarak, su tüketimini önemli bir konu haline getirmiştir. Günlük maksimum su talep tahmini; uygun maliyet, sürdürülebilir yönetim, kentsel altyapı sistemlerindeki büyüme ile ilişkilidir. Bu çalışmada Ottawa, Kanada Şehrinin Batı Merkezi için günlük maksimum su tüketimini; çoklu lineer regresyon, zaman serili analiz ve yapay sinir ağları metotlarını kullanarak tahmin edilmeye çalışılmış ve çıkan sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çalışmada son on yılın maksimum su talep bilgileri, meteorolojik bilgiler, Ottawa'daki Mayıs-Ağustos arası hane dışı kullanılan su verileri (Bahçe kullanımları) analiz edilmiş olup, her bir metot için gereken bilgiler kullanılmıştır. Ayrıca iklimsel veriler, geçmiş su kullanımları ve nüfus değerleri kullanılmıştır (Adamowski 2008). Bu çalışmada maksimum talep su tüketimi, Ottawa şehri için üç metotla yapılmış ve çıkan sonuçlar karşılaştırılmıştır. Ortalama mutlak bağıl hata oranı için aşağıdaki ifade kullanılmış,

$$AARE = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left(\frac{Q_i - D_i}{Q_i}\right)x100 \qquad (2.1)$$

Burada, AARE ortalama mutlak bağıl hata, Q_i gözlemlenen zirve su talebi ve D_i regrasyonda bulunan zirve tahmini su talebi olarak tanımlanmaktadır.

Bu denklemde bulanan ortalama mutlak bağıl hata oranı düşük olan metot, gerçeğe en yakın olan metot olarak kabul edilir. Bu çalışmada; R^2 (Korelasyon Katsayısı) katsayısına bağlı olarak, yapay sinir ağları metodunun çoklu lineer regresyon ve zaman serili analize nazaran daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Zaman serili analizde iklimsel veriler kullanılmadığı için hata oranı daha fazla olmuştur.

Ajbar ve Ali (2012), Mekke Şehrinin su talep miktarı tahminini Yapay Sinir Ağları Metodunu kullanarak incelemişlerdir. Suudi Arabistan, içmesuyu talebinin karşılanması ve yerleşim yerlerine iletilmesi için oldukça maliyet gerektiren kurak bir yerleşim yeridir. İçmesuyu talebi coğrafik, iklimsel ve ani değişen nüfusa bağlı olarak

değişmekte olan bir sistemdir. Mekke Şehri de hem kurak olmasından hem de dini turizme dayalı yılın belli zamanlarında oldukça artan nüfusuyla, su talebinin önemli miktarda değişiklik gösterdiği bir durumu ortaya koymaktadır. Bu çalışmada; Yapay Sinir Ağları Metodu kullanılarak, Mekke şehri için aylık ve yıllık dönemde, su tahminleri yapılmıştır. Bu kapsamda model için kullanılan değerler; Hane halkı geliri, yerleşim yoğunluğu, nüfus yoğunluğu ve en yüksek sıcaklık parametreleridir. Yapay Sinir Ağlarıyla yapılan bu model çalışmasında kullanılan parametreler aşağıdaki ifade de gösterilmiştir (Ajbar ve Ali 2012).

$$q = f(I, H, T, V) \tag{2.2}$$

Burada, q toplam yıllık su kullanımı, I yıllık geliri, H hane halkını, T aylık ortalama sıcaklığı ve V ziyaretçi sayısını ifade etmektedir.

Akdağ (2015), Kentsel Su Sunumunda Bir Yönetim Aracı Olarak Su Talep Tahminiyle ilgili çalışmasında su talebini, evsel, ticari, kamu kurum ve kuruluşları, endüstri ve sanayi gruplarının ihtiyaç duyduğu su miktarı olarak tanımlamıştır. Su talebi üzerinde; nüfus, istihdam, ekonomik döngüler, teknoloji, hava koşulları, küresel ısınma, yeşil alanların azalması, yaşam standardı ve fiyat gibi çeşitli faktörlerin etkisi bulunmaktadır. Günümüzde, birçok ülke için su azlığı (kıtlığı), temel bir sorun oluşturmaktadır. Bundan dolayı, suyun kullanılmasında ve yönetilmesinde verim elde etmek için suyla ilgili politikaların ve kullanım şekillerinin tekrardan irdelenmesi gerekir. Ayrıca, içmesuyu şebeke sistemlerinin projelendirilmesinin ve yapımının teknik normlar çerçevesinde yapılması ve işletiminin iyi planlanması gerekmektedir. Bundan dolayı, su talep tahmininin doğru bir şekilde tahmin edilmesi gerekmektedir. Su talep tahminleri, kısa, orta ve uzun dönemli planlama olmak üzere üç şekilde tasarlanmaktadır. Genel olarak, tahmin dilimleri kullanım amaçlarına, tahmin modeli tiplerine ve farklı güvenilirlik seviyelerine göre değişiklik göstermektedir. Bu nedenle su talep tahmini çalışmalarının planlama ile elde edilecek çıktılara/hedeflere uygun olarak yapılması, tahmin dönemlerinin ve yöntemlerin buna göre seçilmesi, tahmin başarısının ve alınacak kararların doğruluğunun artmasında önemli rol oynamaktadır (Akdağ 2015).

2.1. Dünyadaki Su Tüketimi

Yeryüzünde bulunan su rezervi, 1,4 milyar km^3'tür. Bu rezervin önemli bir kısmı (% 97,5) okyanuslarda ve denizlerde tuzlu su olarak, az bir kısmı da (% 2,5) nehir ve göllerde tatlı su olarak bulunmaktadır. Tatlı olan su kaynaklarının da % 90'ının kutuplarda ve yeraltında bulunması sebebiyle, yeryüzünde içilebilir ve kullanılabilir su rezervlerinin kısıtlı olduğu görülmektedir.

Son yıllarda dünyada ileriye dönük kişi başına su ihtiyacının düşük tutulması eğilimi başlamıştır. Kişi başına konutsal + kamu + ticari + sanayi net toplam su ihtiyacı 200 - 250 lt/gün üst limitini geçmemektedir. Bu da önlenemeyen su kayıpları dikkate alındığında (yaklaşık % 20-25), kişi başına 250 - 330 lt/gün brüt toplam su ihtiyacı değeri vermektedir. 1960 - 1970'li yıllarda yapılan projelendirme çalışmalarında ise, kişi başına günlük brüt toplam su ihtiyacı 450-500 lt değerlerinde kalmaktaydı.

Aşağıda dünyadaki önemli bazı şehirler için kişi başına düşen su kullanım miktarları görülmektedir.

Kişi Başına Günlük Toplam İhtiyaç (lt/kişi/gün) (Twort 1974)

1. Ilıman veya kıyısal iklimlerde tüm ülke ortalamaları: 329 lt/k/gün

(Bangkok 355, Bolonya 350, Liverpol 349, Danimarka ortalama 340, 300- 350, Durban 332, Stockholm 328, Plymouth 326, Londra 314, Frankurt 312, Kopenhag 311, Japonya ortalama 303)

2. Kırsal – kentsel karışık yerleşimlerde, şehirlerin banliyö ve dış mahallelerinde ortalama: 263 lt/k/gün

Endüstrili kasabalarda (Kudüs 291, Tel Aviv 281, Southamton 278, Birmingham 273, Bordo 270, Berlin 268, Barselona 267, Dublin 251, Paris 249, Sheffield 235, Hamburg 229)

3. Endüstrileşme oranı düşük kırsal-kentsel karışık yerleşimlerde ortalama:150-200 lt/k/gün (evsel standartlı kasabalarda sınırlı ya da kontrollü su kullanımının olduğu Kasabalarda)

4. Düşük endüstriyel ihtiyaçlı kasabalarda, düşük evsel standartlı yerleşimlerde, 90-150 lt/k/gün (Sömürge yerleşimlerinde)

5. Düşük evsel standartlı ve çoğunlukla çeşmeli besleme yapılan yerleşimlerde ortalama: 70-90 lt/k/gün

-Konutsal Kullanımlar İçin Önceden Su ihtiyaçları (Önlenemeyen Kayıplar Dâhil)

Çizelge 2.1'de konutsal su ihtiyaçları için, önlenemeyen su kayıpları dâhil, Avrupa ve Amerika dışındaki diğer ülkelerde, farklı gelir grupları için kabul edilen, ortalama brüt su ihtiyacı değerleri görülmektedir. Konutsal su ihtiyacı; Avrupa'da en düşük gelir grupları için 70 lt/k/gün, villa-büyük müstakil ev-lüks dairelerde yaşayan en üst gelir gurupları için 180 lt/k/gün önerilmektedir. Bu değerlerin ekonomi düzeyine ve gelişmişlik parametresine bağlı olarak arttığı görülmektedir. Amerika ve Avrupa dışındaki diğer ülkelerde ise, bu değerler 50-250 lt/k/gün önerilmektedir. (Bu değerler, Amerika'nın doğu eyaletlerinde 30, sıcak iklime sahip batı eyaletlerinde ise 80 lt/k/gün olarak artmaktadır.)

Çizelge 2.1. Dünyada içmesuyu tüketim değerleri (Twort 1974)

İçmesuyu İhtiyacı (lt/kişi/gün)/(ABD hariç)				
Sınıf	**Gelir Grupları**	**Konut Tipi**	**Avrupa**	**Diğer**
A1	En Yüksek Gelir Grupları	Villalar, Büyük Müstakil Evler, Büyük Lüks Evler	180	230-250*
A2	Yüksek Gelir Grupları	Müstakil Evler, Büyük Daireler	160	200*
B1	Orta Gelir Grupları	1 ya da daha fazla WC' li ve 3 ya da daha fazla lavabolu, bir banyo ve duşlu ev ve daireler	140	160*
B2	Alt-Orta Gelir Grupları	1 WC' li, 2 mutfaklı ve bir banyolu ev ve daireler	125	160+130
C1	Alt Gelir Grupları	Ucuz ve eski konutlar, yoğun yerleşimli sosyal konutlar, 1 duşlu, 1 WC' li ya da iki lavabolu		130*/70-90
Küçük Kırsal kulübeler/Yazlıklar (70/90)				
C2	Yoksulluk düzeyinin hemen üzerindeki en düşük gelir grupları	1-2 odalı, yoğun yerleşimli, düşük dereceli eski konutlar, ortak çamaşırhane, 1 lavabo ve 1 WC' li		110/90
C3	En düşük gelir	Ortak WC' li ya da WC' siz, 1 lavabolu konutlar, düşük basınçlı su sağlanabilen		50/55

	grupları	konutlar		
D	Çeşmeli	Kontrolsüz kırsal alanlar, Köy kontrollü kırsal alanlar, iyi yıkama sağlanabilen kırsal alanlar, Minimum içme, pişirme ve temizlik suyu temini, sadece içme ve pişirme suyu temini	70/45/65/25/8-10	

*ABD'de bu değerler doğu bölgelerinde 30 lt/k/gün ve daha sıcak batı bölgelerinde 80 lt/k/gün olarak artmakladır.

Türkiye'deki evsel birim içmesuyu tüketimine bakıldığında ise bu değerin, İlbank Teknik Şartnamesine göre yerleşim yerinin nüfusuna bağlı olarak 80-140 lt/kişi/gün arasında kaldığı görülmektedir.

2.2.Türkiye' de Su Tüketimi

Ülkemizde yıllık yağış miktarı ortalama olarak 643 mm olup, bu da yılda ortalama 501 milyar m^3'lük su rezervine denk gelmektedir. Bu rezervin 274 milyar m^3'ü toprak ve su yüzeyleri ile bitkilerden olan buharlaşmalar yoluyla atmosfere geri dönmekte, 69 milyar m^3'lük kısmı yeraltı suyunu beslemekte, 158 milyar m^3'lük kısmı ise akışa geçerek çeşitli büyüklükteki akarsular vasıtasıyla denizlere ve kapalı havzalardaki göllere boşalmaktadır. Yeraltı suyunu besleyen 69 milyar m^3'lük suyun 28 milyar m^3'ü dereler aracılığıyla tekrar yüzeydeki sulara karışmaktadır. Ayrıca komşu ülkelerden, ülkemize yılda 7 milyar m^3 su gelmektedir. Böylece ülkemizin brüt yerüstü suyu potansiyeli 193 milyar m^3 olmaktadır (DSİ 2014).

Ülkemizdeki mevcut 112 milyar m^3'lük kullanılabilir su kaynaklarından faydalanma oranı ortalama olarak % 39'dur. Mevcut rezervin % 73'üne tekabül eden 32 milyar m^3'ü sulamada, % 16'sına tekabül eden 7 milyar m^3'ü içme ve kullanmada, % 11'ine tekabül eden 5 milyar m^3'lük kısmı ise sanayide kullanılmaktadır. Ülkemizde, 2013 yılından sonra kişi başına düşen 1500 m^3'lük kullanılabilir su miktarı ile su sıkıntısı çeken ülkeler arasına girmiştir. 2030 yılında kişi başına düşen 1100 m^3 kullanılabilir su miktarıyla, Türkiye su sıkıntısı çeken bir ülke konumuna gelme riskiyle karşı karşıyadır (Kalkınma Bakanlığı, 2014). Çizelge 2.2'de Türkiye, Avrupa ve gelişmişlik düzeyine göre belirlenen ülkelerin, su kullanımlarının sektörel dağılımları görülmektedir.

Çizelge 2.2. Yüzde olarak tatlı su kaynaklarının sektörel kullanımı (DSİ 2014)

Su Kullanım Sektörü (%)	Dünya Ortalamaları	Gelişmiş Ülkeler	Gelişmekte Olan Ülkeler	Az Gelişmiş Ülkeler	Avrupa	Türkiye
İçme ve Kullanma	8-10	15	10	7	16	15-16
Tarım	67-70	39	52	86	33	72-75
Sanayi	22-23	46	38	7	51	10-12

Dünyada su varlığına göre ülkeler çeşitli şekillerde sınıflandırılmaktadır.

Su Fakirliği: Yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı 1.000 m^3'ten daha az.

Su Azlığı: Yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı 2.000 m^3'ten daha az.

Su Zenginliği: Yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı 8.000-10.000 m^3'ten daha fazla.

Türkiye su zengini bir ülke değildir. Kişi başına düşen yıllık su miktarına göre ülkemiz su azlığı yaşayan bir ülke konumundadır. Kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı 1.519 m^3 civarındadır (DSİ 2014).

TÜİK'ten elde edilen veriler neticesinde; belediyeler, resmi kuruluşlar, sağlık kurumları, okullar, sanayi işletmeleri, ticarethaneler, meskenler, park, bahçe ve WC, din ve hayır kurumları, inşaatlar vd. olmak üzere toplamda 21 447 147 aboneye su vermiştir. Verilen bu suyun, faturalandırılan kısmı, 2.58 milyar m^3'tür. Verilen bu sudan elde edilen gelir, 6.28 milyar TL'dir. Bu fiyatın % 65.8'i hanelerden temin edilmiştir. 2650 belediye için 2010 yılında derlenen veriler kapsamında, şebekeye verilen toplam su miktarı 4.78 milyar m^3 olup, su kayıpları oranı % 46'dır. Ülkemizde 2010 yılında ki su kayıpları miktarı yaklaşık olarak, 2.2 milyar m^3'tür (Kalkınma Bakanlığı 2014).

Belediyelerin 2014 faaliyet raporlarına göre, Türkiye' nin en büyük 19 şehrinin su kayıp istatistikleri, Çizelge 2.3'de görülmektedir. Listedeki 16 büyükşehirin su kayıpları ortalaması % 40 civarındadır.

Su kaybı oranlarında; Bursa, Konya ve İstanbul % 30'ların altında iken, Diyarbakır, Kırşehir ve Yalova' nın % 50'lerin üzerinde olduğu görülmektedir. Bu şehirlerimizin hiç biri teknik olarak kabul edilebilir su kaybı oranı olan % 10-20

seviyelerinde değildir.

Çizelge 2.3. Bazı belediyelerin 2014 yılı su kaybı (Aslan 2016).

Belediye/ Su İdaresi	**Sisteme Giren Su (m^3/yıl)**	**İzinli Tüketim**		**Su Kaybı**		**Gelir Getirmeyen Su Miktarı**	
		m^3/yıl	**%**	**m^3/yıl**	**%**	**m^3/yıl**	**%**
Adana-ASKİ	137 836 090	81 817 067	59.36	56 019 023	40.64	64 875 263	47.06
Bursa-BUSKİ	110 760 000	84 340 000	76.15	26 420 000	23.85	27 320 000	24.67
Diyarbakır-DİSKİ	73 978 520	-	-	-	-	41 001 370	55.42
Eskişehir-ESKİ	38 468 460	27 758 924	72.00	10 709 536	28.00	14 866 247	39.00
Erzincan	11 000 000	955 102	-	4 950 000	-	4 950 000	-
Gaziantep-GASKİ	111 915 916	71 160 249	64.00	40 755 667	37.00	42 625 599	38.00
Isparta	18 841 877	14 212 680	-	4 629 197	-	7 609 697	-
İstanbul-İSKİ	924 448 577	702 513 223	75.99	221 935 354	24.01	221 935 354	24.01
İzmir-İZSU	187 100 197	126 023 118	67.35	61 077 079	32.64	62 821 010	33.58
Karabük	13 831 077	9 737 078	70.4	4 093 999	29.6	9 330 418	-
Karaman	7 618 574	5 574 784	70.00	2 043 790	30.0	2 043 790	30.00
Kastamonu	8 918 685	5 371 724	60.23	3 546 961	39.77	4 340 759	49.00
Kırıkkale	12 508 396	8 880 961	71	3 627 435	29.0	5 128 442	41.00
Kırşehir	21 865 632	10 568 750	48.34	-	-	11 296 882	51.66
Kocaeli-İSU	148 431 819	91 099 864	61.37	57 331 955	38.63	59 457 138	40.06
Konya-KOSKİ	78 598 071	57 268 941	72.86	21 329 130	27.14	21 998 170	27.99
Mardin-MARSU	1 093 652 496	1093 652 496	100.0	491 006 871	43.0	4 910 066 871	47.00
Samsun-SASKİ	53 022 600	34 314 551	64.72	18 708 049	35.28	19 489 341	36.76
Yalova	13 895 208	6 695 448	48.19	-	51.81	7 199 832	51.81

2.3. İçmesuyu Talebi

Ülkemizde genellikle nüfus tahmin metodu olarak, üstel hesaplamalar kullanılmaktadır. İçmesuyu ihtiyacında, gelecek tahmini nüfus ile kişi başına düşen su miktarı çarpılarak toplam içmesuyu tahminleri yapılmaktadır. Fakat bu tahmin metodu tüm kentsel alanlar için aynı yöntemi kullandığından, gelecek planlamasında içmesuyu tahminlerinin sağlıklı bir şekilde yapılmasına engel teşkil etmektedir.

Günümüzde bazı su kuruluşları, nüfusa dayalı içmesuyu tahminin ötesine geçmiş olup, nüfusla birlikte farklı parametreleri de kullanmaktadırlar. Bunlardan en önemlisi tüketiciye dayalı bir kullanım eğrisi oluşturmaktır. Tüketici odaklı olan bu teknik şema, birçok veriyi de barındırmaktadır. Bu veriler; kentin yerleşim şekillerine, mekânsal yapısına, iklimine, gelişmişliğine, endüstrisine ve kamusal alanlara bağlı olarak birçok değişik faktörüne bağlı bileşenlerden oluşmaktadır.

İçmesuyu şebeke sistemleri; konutlara, kamusal alanlara, endüstriye, sanayiye ve daha birçok sektöre su tedarik eden dağıtım sistemleridir.

Su talebi; belirli bir zaman diliminde, tüketicilerin ihtiyaç duyduğu su miktarını tanımlamaktadır. Su talebi, su arzıyla ya da su üretimiyle benzer olmalıdır. Su talebinin içinde kaçınılmaz su kayıpları da bulunmaktadır. Böylelikle su talebi, tüketicinin su talep miktarı q ile bu miktarı etkileyen $x_1, x_2, \ldots. x_k$ açıklayıcı değişkenleri arasındaki matematiksel ilişkiyi tanımlamaktadır. Bu ilişki, f(…) matematiksel fonksiyonu ile aşağıdaki gibi denklemleştirilebilir (Billings ve Jones 2008).

$$\boldsymbol{q} = f(x_1, x_2, \ldots. x_k) \qquad (2.3)$$

Bu matematiksel fonksiyon eşitliğinde su talebi veya tüketicilere temin edilen su miktarı ile bu miktarı etkileyen değişkenler (x_k) arasında orantılı bir ilişki bulunmaktadır. Su talebini birçok değişken etkilemektedir. Bu değişkenlerin önemli bir çoğunluğu iklimsel ve sosyo-ekonomik değişkenler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Bu alandaki çalışmalarda, iklimsel değişkenler su talebi üzerinde kısa dönemli mevsimsel değişimleri, sosyo-ekonomik değişkenler ise uzun dönemli etkileri meydana getirmektedir (Adomowski 2008).

Su talebi, su temin edilen yerleşim yerindeki tüketicilerin yapısına, sayısına ve şebekede oluşan su kayıplarına bağlıdır. Bu nedenle, su talebi tüketicilerin yaşamsal

şekillerinden etkilendiğinden dolayı, talep süreçleri genellikle ardışık gün ve haftalar arasındaki benzerlikler ile güçlü döngüsel bir model sergilemektedir (Jowitt ve Xu 1992).

Su temini, teknik ve mühendislik prensipleriyle çalışan, bu bağlamda irdelenebilir bir durum olmasına rağmen, yer ve zaman dilimlerine göre sürekli değişen, insan ihtiyaçlarına ve yaşam şekillerine bağlı olarak değişim gösteren bir mühendislik çalışmasıdır.

Su talebinde, mühendisler ve su kuruluşları, genellikle toplam sistem değerlerine ve bunların nasıl hareket ettiğine vurgu yapma eğilimindedirler. Sosyal bilimciler, özellikle ekonomistler ise bir zaman dilimini temel alarak bazı tüketici gruplarının su kullanımını yönlendiren ilişkileri, fonksiyonel olarak araştıran istatistiksel regresyonlar üzerinde odaklanmışlardır (Billings ve Jones 2008).

2.3.1. İçmesuyu Talep Tahmin Dönemleri

İçmesuyu talep tahminleri, genellikle kısa-orta ve uzun vadeli olmak üzere üç dönemle sınıflandırılabilir. Bu tahmin modelleri yerleşim yerinin ihtiyaç potansiyeline göre belirlenir.

Uzun dönemli tahminler, 10-30 yıl arası zaman dilimini kapsamaktadır. Bu periyodun seçilme şartı, içmesuyu şebeke sisteminin yeni olması ve güncel teknik şartnamelere uygun olarak tasarlanmış olmasını gerektirmektedir. İçmesuyu şebeke sisteminin büyüklüğü de 30 yıl sonrasını karşılayabilecek yeterlikte olmalıdır.

Orta dönemli tahminler, on yıla kadar olan zaman dilimini kapsamaktadır. Şebekenin yenilenmesi aşamasının ertelendiği durumlarda orta dönemli tahmin yapılabilmektedir. Bu periyodun odaklandığı temel bileşen şebekenin tamirinin yapılabilmesi ve tüketici sayısının çok değişmediği durumlardır.

Kısa dönemli tahminler, bir iki yıllık bir zaman dilimini kapsamaktadır.

Çok kısa dönemli tahminler, saatlik, günlük, haftalık zaman dilimlerini kapsamaktadır.

Çizelge 2.4. Su talep tahminleri ve başlıca uygulama alanları (Billings ve Jones 2008)

Tahmin Tipi	Tahmin Dönemi	Uygulamalar
Uzun Dönem	On yıl ve üstü, 10-30 yıl	Sistem kapasite büyüklüğünü belirleme, ham su temini
Orta Dönem	On yıla kadar, 10-30 yıl	İşleme ve dağıtım sistemi büyüklüğünü, ilerleme adımlarını hazırlama, yatırımlar, su ücretlerini düzenleme
Kısa Dönem	Yıllık, 1-2 yıl	Bütçeleme, program izleme ve değerlendirme, gelir tahmini
Çok Kısa Dönem	Saatlik, günlük, haftalık, 2 haftaya kadar	Optimize etme, sistem operasyonlarını yönetme

2.3.2. İçmesuyu Talebini Etkileyen Faktörler

İçmesuyu talebini etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Nüfus, iş, ekonomik şartlar, teknoloji, iklim ve coğrafya, su fiyatları ve su kayıpları, kentsel içmesuyu tüketimini etkileyen en önemli faktörlerdir.

Nüfus, Gelişmişlik ve Teknoloji; içmesuyu tüketimini etkileyen en önemli parametredir. Nüfus arttıkça içmesuyu kullanımı da artacaktır. İçmesuyu tüketim hesaplamaları kişi bazında lt/kişi/gün temel alınarak hesaplanır.

Ekonomi ve Gelişmişlik; endüstri, ticaret, üretim şartları içmesuyu tüketimini etkilemektedir. Bireysel ekonomik gelişmişlik de içmesuyu tüketimini etkilemektedir. Ailelerin ekonomik gelişmişliği arttığında içmesuyu tüketimi de artmaktadır. Hane halkında oluşabilecek herhangi bir işsizlik, su tüketimini de etkilemektedir.

Teknolojik değişimler, iş ve çalışma sürelerini arttırdığı için su tüketimini de arttırmaktadır. Örneğin; evdeki otomatik çamaşır ve bulaşık makinaları su tüketimini arttırmaktadır.

İklim ve coğrafyaya bağlı olarak; suyun kullanımı mevsime göre değişkenlik göstermektedir. Su talebinin sıcak mevsimlerde en üst değerlere ulaştığı aşikârdır. Sıcak

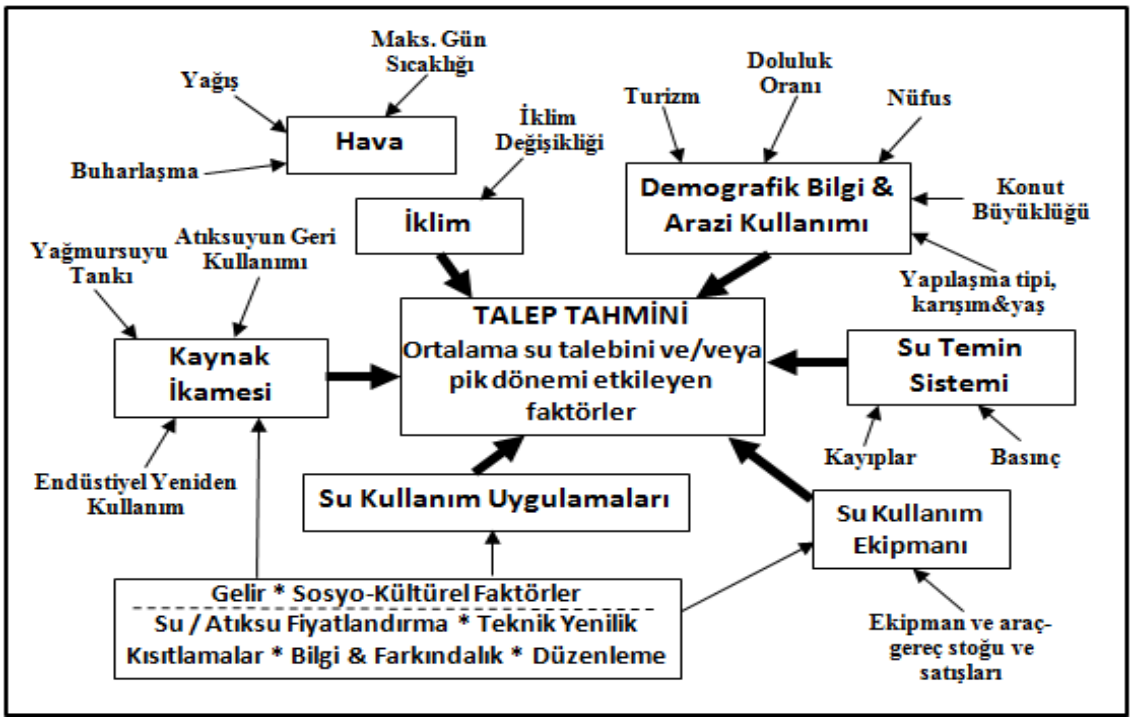
mevsimlerdeki artan su talebinin sebebi; ev dışı aktivitelerin artması, bahçe sulamaları, buharlaşmanın fazlalaşması ve buna benzer sebeplerdir. Daha soğuk mevsimlerde ise içmesuyu şebeke sistemlerini donmaya karşı korumak için sistemin açık olması ve suyun sürekli akması sağlanmaktadır. Bu şekilde, şebeke sistemi donmaya karşı korunurken içmesuyunda da kayıp oluşmaktadır.

Su Fiyatı; fiyatlandırma uzun-orta ve kısa vadeli su tüketim parametrelerini etkilemektedir. Su kullanımı ve faturalandırılan gelir, tüketimi etkileyen unsurlardır. Kısa vadeli su tüketimlerinde fiyatlandırma, tüketicilerin su kullanma alışkanlıklarına doğrudan etkide bulunur. Bu değişimler; araba yıkanması, bahçe sulaması, duş vb. gibi kullanımlarda su tüketimine etki etmektedir. Uzun vadeli su tüketimlerinde ise fiyatlandırma, tüketicilerin su kullanımlarında kullanacakları makinalarını özenle seçmelerini gerektirecek ve doyasıyla bu durum uzun vadeli su kullanımlarını da etkileyecektir.

Su Kayıplarını Azaltma ve Koruma Programları; idari ve fiziki kayıpların azaltılmasına yönelik yapılan plan ve program kapsamındaki her aşama su kayıplarını azaltacak önemli bir parametredir. Ülkemizde su kaybı oranın % 40 olduğu düşünüldüğünde, şebekeye verilen su miktarındaki değişime önemli bir etkisi olduğu düşünülebilir. Özellikle bu konuda yapılan her planlama ve tedbir uzun dönemli su kullanımını etkilemektedir.

Diğer Faktörler; şebekeye verilen suyun kalitesi su kullanımını etkilemektedir. Şebekenin eski olması, teknik yeterliliği olmaması şebekedeki su kayıplarını artıracağı için, şebekeye verilecek su kullanımını da arttıracaktır. Bunların dışında; yapılaşma biçimi, konut büyüklüğü ve şebeke basıncı gibi etmenler de su kullanımını etkilemektedir.

White 2003, yapmış olduğu çalışmada su talebini doğrudan ve dolaylı etkileyen faktörleri gösterdiği parametreleri Şekil 2.1'de belirtmiştir.



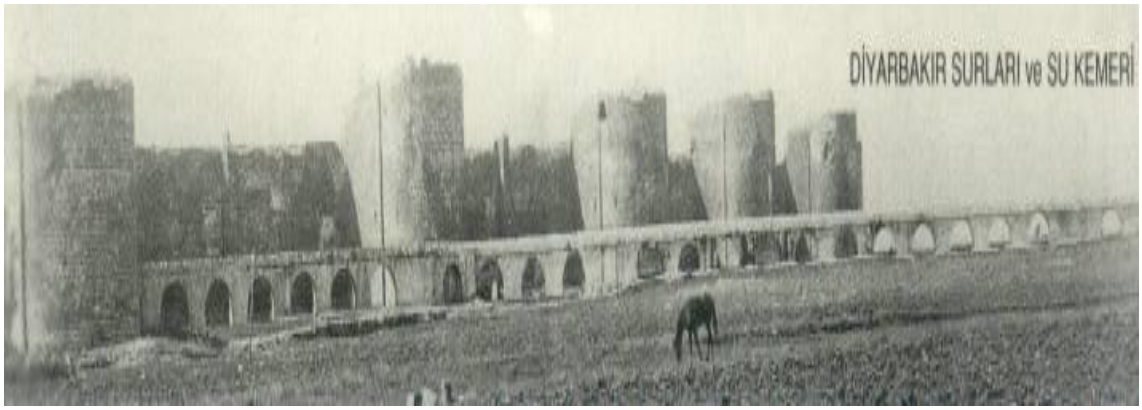
Şekil 2.1. Su talebini doğrudan ve dolaylı yoldan etkileyen faktörler (White 2003)

Su talebi; nüfus, istihdam, ekonomik döngüler, teknoloji, hava ve iklim, fiyat ve buna benzer çeşitli parametrelerden etkilenmektedir. Bu parametrelerin etkilerinin tüketimi artırmasında; yerel nüfus artışı, küresel ısınma, kentsel yeşil alan miktarındaki değişim, endüstriyel büyüme/genişleme ve yaşam standartlarındaki artış gibi çeşitli faktörlerin rolü giderek önem kazanmaktadır (Wu ve Zhou 2010). Ayrıca, su talebi üzerinde tüketicilerin su kullanım davranışları, tüketim üzerinde oldukça etkilidir. Tüketicilerin su kullanımdaki oranları, finansal gerekçelerden, bilgi ediniminden, bazıları ise sosyal faktörlerden etkilenmektedir. Öyle ki, bu faktörler tüketicilerin su kullanım araç-gereçleri seçiminde de belirleyici olabilmektedir (White vd. 2003).

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Diyarbakır İçmesuyunun Tarihi

Diyarbakır şehri için bilinen en eski içmesuyu isale hattı 1535 yılında Mimar Sinan'ın kalfası olan Kasım Çelebi tarafından inşa edilmiştir. Suyun kaynağı şehrin merkezine 14 km uzaklıkta olan Serapgüzeli kasabası sınırları içinde olan Gözeli bölgesidir. Bu kaynak aynı zamanda 'Hamravat Suyu' olarak bilinmektedir. Su kaynağının şehre olan uzaklığı göz önünde bulundurulduğunda temin sisteminin, su kemerleri kullanılarak ve su kayıpları asgari düzeyde tutularak tasarlanmış olması uzmanları halen şaşırtmaktadır. Evliya Çelebi Seyahatnamesinde, bu suyun 1535 yılında şehre getirildiğini belirmektedir.



Şekil 3.1. Hamravat Su Kemeri ve Diyarbakır Surları (Beysanoğlu 1987)

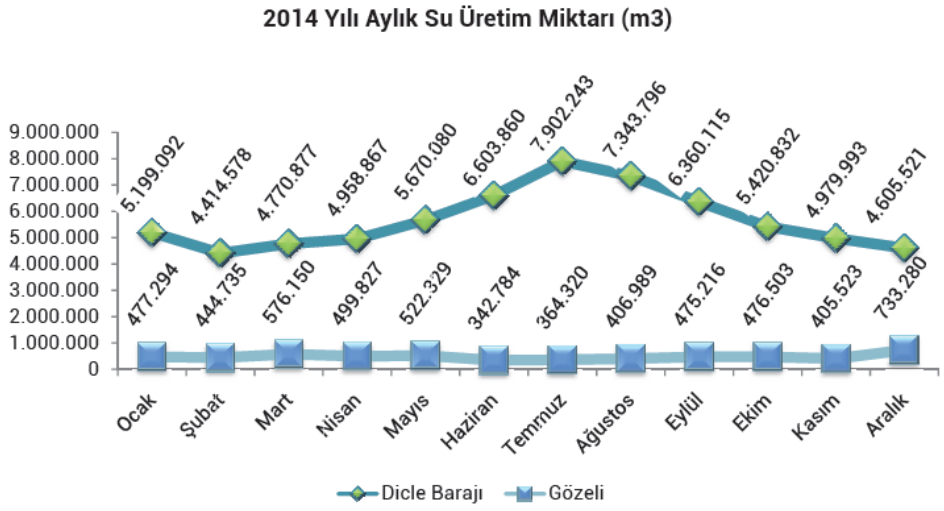
Diyarbakır'da ilk boru hattı 1935 yılında Vakıflar İdaresi tarafından dökme demir boru tipi kullanılarak inşa edilmiş olup, şebekedeki su kayıpları oldukça yüksek çıkmıştır. Nüfusun artışıyla, şehirdeki altyapı açısından planlı ve sağlıklı çalışmalara 1972 yılında başlanılmıştır. İçmesuyu isale boru hattı, 11 km uzunluğunda ve 1.000 mm çaplı beton borular kullanılarak döşenmiş ve içme suyu deposu ise 9.000 m^3 hacimli olarak hattın ucuna inşa edilmiştir. 1990'lı yıllarda Diyarbakır şehri çeşitli sebeplerden dolayı çok hızlı göç almıştır. Mevcut altyapı sistemi bu hızlı değişen nüfusa oranla oldukça yetersiz kalmıştır. Şehre sağlanan su miktarının yetersizliği, yeni bir su temin sisteminin yapılmasını zorunlu kılmıştır. Tasarlanan proje iki aşamalı olup, ham su kaynağı olarak Dicle Barajını kullanmayı amaçlamıştır. Projenin ikinci kısmı 2025 yılından sonra gerçekleştirilecektir. Su temin sistemi 2001 yılının ortalarında

tamamlanmış olup bu projenin tamamlanması ile şehrin su probleminin 2030 yılına kadar çözülmesi amaçlanmıştır

Günümüzde Diyarbakır içmesuyu iki noktadan temin edilmektedir. Bunlardan biri yukarıda da anlatıldığı gibi Hamravat Suyudur (Gözeli). Diğeri ise Dicle Barajından isale hattıyla getirilen sudur. Şekilde Diyarbakır kent merkezi için üretilen toplam içmesuyu miktarı görülmektedir.

Son beş yıla ait su üretim verileri:

	2010	2011	2012	2013	2014
Gözeli (m^3/yıl)	6.908.662	7.643.899	6.651.467	4.915.553	5.724.950
Arıtma (m^3/yıl)	57.110.000	56.992.000	60.999.724	66.695.227	68.229.854
TOPLAM	**64.018.662**	**64.635.899**	**67.651.191**	**71.610.780**	**73.954.804**

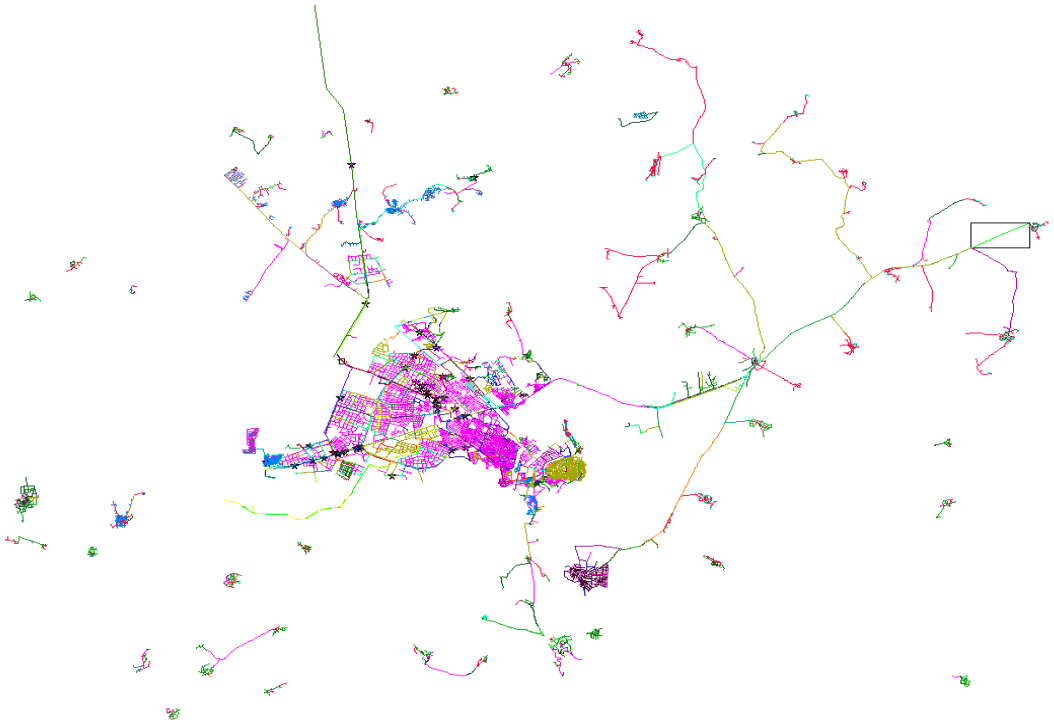


Şekil 3.2. Diyarbakır İçmesuyu Verileri (DİSKİ 2014)

3.1.1. Diyarbakır İçmesuyunun Sisteminin Özellikleri

Diyarbakır Büyükşehir belediyesi Türkiye'nin 29 Büyükşehir Belediyesinden biri olup, merkez nüfusu 1 008 848'dir. Toplam hizmet verdiği alanda içmesuyu şebekesinin uzunluğu 1201 km'dir. İller Bankası tarafından yapılan şebeke, DİSKİ Genel Müdürlüğüne 2001 yılında devredilmiştir. Su şebekesi 8 ayrı şebeke bölgesinden oluşmaktadır. Dicle barajından temin edilen ham su yaklaşık 35 km'lik terfi hattından sonra arıtma tesisine gelmekte ve burada arıtıldıktan sonra depolara aktarılmaktadır.

Depolardan ise şebekeye cazibeli olarak dağıtılmaktadır. Aşağıdaki şekilde DİSKİ Genel Müdürlüğünün Diyarbakır kent merkezi için dağıtım şebekesi verilmiştir.



Şekil 3.3. DİSKİ Genel Müdürlüğü hizmet alanındaki boru şeması (Songur 2015)

Aşağıdaki çizelgede Diyarbakır kent merkezi için 2007 ve 2015 yılları arasında üretilen su miktarı, su tüketimi ve şebekede oluşan su kaybı miktarları görülmektedir. Bu kayıplar, fiziki ve idari olmak üzere iki şekilde oluşmaktadır. Fiziki kayıplarda, şebekedeki kaçaklar, kırıklıklar ve depo taşkınları etkili olmaktadır. Bu kayıp türüne şebekenin eski olması, işletme basıncının yüksek olması ve teknik olarak tespit edilmesi zor olan sızıntılar örnek verilebilir. İdari kayıplar ise yasal olmayan kullanımlar ve tahakkuk ettirilemeyen kayıplar olarak adlandırılır. Bu kayıp türüne ise hassasiyetini yitirmiş sayaçlar, yangın hidrantlarından kaynaklı kayıplar, yasal olmayan bağlantılardan oluşan kayıplar ve veri kayıtlarındaki hatalardan kaynaklanan kayıplar örnek olarak verilebilir.

Çizelge 3.1. Diyarbakır İlinin Yıllık Su İstatistik Raporu (Songur 2015)

Yıllar	Nüfus	Su Üretimi (m^3/yıl)	Su Tüketimi (m^3/yıl)	Su Kaybı (m^3/yıl)	Kayıplar Yüzde
2007	717 986	59 625 000	26 721 105	32 903 895	55%
2008	733 888	56 582 000	26 654 873	29 927 127	53%
2009	768 450	60 175 971	28 781 083	31 394 888	52%
2010	777 593	64 018 662	27 273 512	36 745 150	57%
2011	806 667	64 635 899	28 795 827	35 840 072	55%
2012	822 546	67 403 821	30 094 549	37 309 272	55%
2013	841 762	72 224 265	30 586 858	41 637 407	57%
2014	872 463	73 978 520	32 311 068	41 667 452	56%
2015	887 348	76 381 010	34 269 666	42 111 344	55%

3.1.2. Dicle Barajı

Dicle Barajı, Dicle Nehri üzerine kurulu ve Diyarbakır kent merkezine yaklaşık 50 km mesafede bulunan bir barajdır. Dicle Barajının yapımı 1997 yılında tamamlanmıştır. Elektrik ve sulama amacıyla yapılan bu baraj, aynı zamanda Diyarbakır (Merkez) içmesuyunun önemli bir kısmını karşılamaktadır.

Çizelge 3.2. Dicle Barajı Karakteristiği (Bingöl 2008)

Konum	DİYARBAKIR
Nehir	DİCLE
Yapılış Amacı	Enerji, Sulama
Yapım Tarihi (Başlangıç-Bitim)	1986-1997
Tipi	Kaya Dolgu
Baraj Hacmi	2 180 000 m^3
Nehir Yatağından Yüksekliği	640 m
Kret Seviyesi	718 m

Ölü Hacmi	340 hm^3/yıl
Normal Suyüzeyi Seviyesi Rezervuar Hacmi	595 hm^3/yıl
Aktif Hacim	255 hm^3/yıl
Yıllık Çıkış (Kralkızı Barajıyla birlikte)	1085.75 hm^3/yıl
Sulama Alanı	126 080 ha
Yıllık Üretim	298 gwh

Barajdan alınan ham su, pompayla yaklaşık 35 km'lik Ø1600 Çelik Borulu isale hattı ile şehirdeki Arıtma Tesisine aktarılmaktadır. Buradan gelen suyun debisi 3000 lt/sn'ye kadar çıkabilmektedır.

3.1.3. Gözeli (Hamravat) Kuyuları

Gözeli mevkiinden alınan bu su terfi merkezi yardımıyla rezervuar depolarına aktarılmaktadır. Bu kaynak yaklaşık olarak 22 kuyudan oluşmakta ve bunların 18'i aktif olarak çalışmaktadır. Bu kuyuların toplam debisi 360 lt/sn civarındadır. Bu bölge Diyarbakır içmesuyunun yaklaşık olarak % 10'unu karşılamaktadır.

3.2. Diyarbakır İlinin İçmesuyu Tahmini Çalışmasında Kullanılan Verilerin Elde Edilmesi

Diyarbakır İline ait içmesuyu tüketimini etkileyen parametreler aşağıda belirtilmiştir.

3.2.1. Nüfus

Ülkemizde nüfus planlanması ilk kez düzenli olarak Cumhuriyetin ilk yıllarında yapılmıştır. İlki 1927 yılında, ikincisi 1935 yılında ve daha sonra her beş yılda bir nüfus sayımı yapılmıştır.

Diyarbakır'ın 2007-2014 yılları arasında merkez nüfus değerleri TÜİK'den alınmıştır. Adrese Dayalı Nüfus Sistemi 2007 yılından sonra oluşturulduğu için 2005 ve 2006 nüfus değerleri regresyon metodu ile elde edilmiştir.

Çizelge 3.3. Diyarbakır İlinin 2005-2014 yılları arası nüfus değişimi (TÜİK 2015)

YIL	NÜFUS
2005	782 895
2006	803 438
2007	824 520
2008	851 902
2009	886 371
2010	895 362
2011	931 163
2012	950 094
2013	963 457
2014	987 992

3.2.2. Abone Sayısı

Bu çalışma kapsamında kullanılacak olan Diyarbakır kent merkezi için son on yılın abone sayıları, DİSKİ'den temin edilmiştir.

Çizelge 3.4. Diyarbakır İlinin 2005-2014 yılları arası içmesuyu abone sayıları (Hane Sayısı) (DİSKİ 2015)

YIL	Abone Sayısı											
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
2005	126 296	126 341	126 386	126 424	127 501	129 066	129 940	132 208	133 471	133 546	133 657	134 124
2006	134 313	136 169	137 482	138 405	139 912	141 087	141 454	141 798	142 039	142 230	142 410	142 534
2007	142 539	142 549	142 590	142 635	142 761	142 858	143 116	143 163	143 419	143 445	143 489	143 512
2008	143 665	143 727	143 774	143 865	143 974	145 142	145 292	146 418	151 048	153 603	154 734	155 986
2009	156 560	157 210	158 489	159 094	162 561	163 921	164 756	166 032	166 551	167 002	167 262	168 205
2010	168 685	168 953	169 201	169 509	170 423	171 876	172 546	173 151	173 500	173 941	174 326	174 937
2011	175 148	175 431	175 733	176 005	176 716	177 180	177 752	178 217	179 154	181 127	181 515	182 057
2012	182 192	182 438	183 057	183 316	183 848	184 569	185 512	186 503	187 225	187 885	188 725	189 861
2013	191 176	191 513	192 042	193 625	194 707	195 677	196 713	197 600	198 533	199 095	199 645	200 483
2014	201 246	202 056	203 218	211 558	212 631	213 345	214 074	215 080	216 319	217 696	219 511	220 445

3.2.3. Sıcaklık

Bu çalışma kapsamında kullanılacak olan Diyarbakır kent merkezi için son on yılın aylık dönemdeki ortalama sıcaklıkları, Diyarbakır Meteoroloji Bölge Müdürlüğünden temin edilmiştir.

Çizelge 3.5. Diyarbakır İlinin 2005-2014 yılları arası sıcaklık değerleri (^{0}C) (Meteoroloji 2015)

YIL	Sıcaklık/Aylık Ortalama											
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
2005	2.6	3.6	8.8	14.4	19.4	25.4	32.2	31.2	24.7	16.6	8.3	5.9
2006	0.5	4.5	9.6	14.7	19.0	28.0	30.5	31.8	24.8	17.9	8.3	1.4
2007	-5.1	3.4	9.1	10.4	20.4	26.7	30.8	30.6	25.9	19.1	9.4	2.4
2008	-2.0	3.2	12.1	17.8	19.3	27.2	31.5	31.7	24.6	17.4	10.2	2.0
2009	1.4	5.6	7.9	11.8	18.2	25.9	29.5	28.6	22.8	18.8	9.8	7.1
2010	5.4	6.6	11.1	14.1	20.03	27.0	32.3	31.9	26.9	18.1	11.2	6.6
2011	3.5	4.7	9.0	12.9	17.6	25.4	31.3	30.7	25.0	16.4	6.4	2.3
2012	2.4	2.0	5.2	15.2	19.6	27.6	31.2	31.0	26.1	18.5	12.0	5.1
2013	2.7	6.1	9.5	14.5	19.0	26.7	31.2	30.4	24.5	17.0	11.4	-3.4
2014	3.4	5.8	10.8	14.7	19.7	26.5	31.5	31.1	24.8	17.5	8.5	6.6

3.2.4. Yağış

Bu çalışma kapsamında kullanılacak olan Diyarbakır kent merkezi için son on yılın aylık dönemdeki ortalama yağış miktarları, Diyarbakır Meteoroloji Bölge Müdürlüğünden temin edilmiştir.

Çizelge 3.6. Diyarbakır İline ait 2005-2014 yılları arasındaki yağış değerleri (mm) (Meteoroloji 2015)

YIL	Toplam Aylık Yağış											
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
2005	58.7	46.8	58,4	36.8	26.5	33.1	0.0	0.0	0.7	14.9	38.0	94.3
2006	121.3	121.0	26,6	77.9	38.4	0.0	6.1	0.0	3.5	104.5	67.3	25.9
2007	44.5	79.8	55,5	88.2	45.5	19.5	0.0	0.2	0.0	4.7	15.7	43.5
2008	25.0	40.8	17,3	19.0	34.9	2.2	0.0	2.0	68.2	59.2	50.5	52.2
2009	12.4	70.0	63,9	36.4	9.2	25.8	1.4	0.0	25.2	62.4	55.6	87.2
2010	113.4	40.2	68.7	22.4	31.6	11.2	0.0	0.0	0.4	63.0	0.0	48.0
2011	40.0	49.9	46.6	209.0	80.1	13.6	0.6	0.0	9.2	11.8	73.0	40.2
2012	78.3	74.4	44.0	26.2	41.0	7.0	1.6	0.0	1.8	107.4	83.2	160.8
2013	82.2	85.2	19.8	39.4	98.0	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	53.8	50.4
2014	43.0	17.0	60.6	39.9	48.8	21.4	0.6	0.0	27.4	34.2	97.6	73.4

3.2.5. Nem

Bu çalışma kapsamında kullanılacak olan Diyarbakır kent merkezi için son on yılın aylık dönemdeki ortalama nispi nem, Meteoroloji Diyarbakır Bölge Müdürlüğünden temin edilmiştir.

Çizelge 3.7. Diyarbakır İlinin 2005-2014 yılları arası ortalama nisbi nem değerleri (%) (Meteoroloji 2015)

YIL	Ortalama Nisbi Nem (%)											
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
2005	66.4	61.7	53.3	51.9	43.5	25.1	10.7	19.6	30.9	39.7	60.4	72.5
2006	77.1	70.7	62.1	68.9	53.3	23.3	25.0	16.4	35.9	70.9	72.7	68.9
2007	85.5	78.6	73.4	79.3	75.5	51.9	43.6	23.5	25.3	36.2	48.8	61.3
2008	52.8	53.4	52.4	39.1	34.6	24.6	16.9	17.4	26.3	50.2	50.6	57.3
2009	73.6	82.3	73.7	71.3	51.9	32.2	26.0	19.9	33.0	42.3	70.7	83.5
2010	80.9	79.9	66.6	60.4	54.6	29.6	19.7	17.7	27.7	56.1	40.5	68.5
2011	73.1	69.1	56.1	75.6	67.8	38.3	22.7	21.7	30.4	41.5	58.5	73.9
2012	84.5	68.2	58.6	58.4	58.2	28.0	21.1	20.9	23.3	55.1	77.3	85.4
2013	83.8	82.3	62.7	63.6	61.7	27.6	19.4	19.0	25.0	28.1	68.8	83.6
2014	82.1	53.6	68.3	63.0	53.7	29.6	22.4	21.5	35.5	60.9	70.2	87.9

3.2.6. Su Kayıpları

Bu çalışma kapsamında kullanılacak olan Diyarbakır kent merkezi için son on yılın su kullanımları ve tahakkuk verilerinden elde edilen su kayıpları, Diyarbakır Su ve Kanalizasyon İdaresi işletmesinden (DİSKİ) temin edilmiştir.

Çizelge 3.8. Diyarbakır İlinin 2005-2014 yılları arası su kayıp değerleri (m^3) (DİSKİ 2015)

YIL	Su Kayıpları (m^3)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2005	3 431 000	2 548 000	3 182 772	3 104 965	2 859 240	2 729 951	2 906 065	3 532 656	3 218 757	3 409 201	2 313 870	2 612 182
2006	2 610 481	2 645 223	3 132 475	2 884 202	2 931 586	3 750 446	3 114 925	3 625 578	3 300 703	3 071 116	2 026 774	2 921 092
2007	2 854 411	2 736 018	2 707 636	2 521 924	2 807 452	2 672 016	3 020 141	3 302 786	3 764 262	3 412 870	3 479 306	3 180 356
2008	2 273 650	2 461 477	2 834 176	2 570 440	2 937 605	3 105 940	3 576 667	3 784 668	3 382 477	2 294 569	2 447 527	2 305 898
2009	2 525 802	2 293 824	2 723 100	2 495 425	3 171 918	3 148 455	3 456 122	3 534 144	2 797 356	2 527 295	2 825 667	2 622 511
2010	2 678 115	2 069 184	2 790 111	2 674 173	2 918 638	3 285 196	4 047 609	4 158 295	3 215 586	2 920 724	2 899 818	2 856 121
2011	2 853 281	2 184 329	2 791 590	2 269 730	2 712 181	3 322 874	3 972 164	4 235 998	2 904 442	3 089 468	2 699 371	2 652 319
2012	2 745 585	2 474 057	3 012 503	2 774 057	3 155 304	3 730 943	4 282 612	3 912 706	3 185 212	2 923 964	2 542 925	3 021 681
2013	2 929 898	2 301 538	3 144 631	3 364 605	3 197 719	3 873 678	4 689 405	4 096 121	3 586 131	3 410 298	2 901 187	3 374 698
2014	3 184 699	2 402 600	2 946 498	2 953 656	3 183 318	4 003 990	5 007 347	3 818 393	3 453 909	2 292 775	3 242 500	3 031 621

3.2.7. Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla

Diyarbakır' ın 2005-2014 yılları arasındaki GSYH değerleri, TÜİK'den temin edilmiştir.

Çizelge 3.9. GSYH'nin zamanla değişimi (Diyarbakır/Kişi Başı/TL) (TÜİK 2015)

YIL	GSYH (Kişi Başı/TL)
2005	4 572
2006	5 335
2007	5 798
2008	6 210
2009	6 395
2010	7 566
2011	8 968
2012	10 064
2013	11 492
2014	12 800

3.2.8. Şebekeye Verilen Su Miktarı

Bu çalışma kapsamında kullanılacak olan Diyarbakır kent merkezi için son on yılın aylık dönemdeki, şebekeye verilen su miktarları, DİSKİ'den temin edilmiştir.

Çizelge 3.10. Şebekeye verilen su miktarı (m^3) (DİSKİ 2015)

YIL	Şebekeye Verilen Su (m^3)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2005	4 881 000	4 110 000	4 639 000	4 519 000	5 098 000	4 778 000	4 966 000	5 645 000	5 249 000	5 262 000	4 251 000	4 199 000
2006	4 170 000	4 078 000	4 470 000	4 588 000	5 055 000	6 192 000	5 564 000	6 134 000	5 847 000	5 433 000	4 557 000	4 411 000
2007	4 541 000	4 220 000	4 294 000	4 150 000	4 938 000	5 104 000	5 374 000	5 614 000	5 930 000	5 573 000	5 222 000	4 665 000
2008	4 082 975	4 027 476	4 419 165	4 472 115	5 003 249	5 443 946	6 074 364	6 100 486	5 623 385	4 550 838	4 254 419	3 953 861
2009	4 372 931	3 929 311	4 308 000	4 331 698	5 226 408	5 625 588	6 269 633	6 324 282	5 666 706	5 185 000	4 624 686	4 311 728
2010	4 363 391	3 915 892	4 538 434	4 808 658	5.332 641	5 962 056	6 720 293	6 989 198	6 283 395	5 284 803	5 077 274	4 742 627
2011	4 621 076	4 079 088	4 642 063	4 522 140	5 099 851	6 039 072	6 839 770	7 240 041	6 162 039	5 521 327	5 168 741	4 699 640
2012	4 607 401	4 379 680	4 918 907	5 046 041	5 682 679	6 599 327	7 056 085	7 246 146	6 430 704	5 824 088	4 894 446	4 974 637
2013	5 000 397	4 401 968	5 168 316	5 474 771	5 835 419	6 623 824	7 684 417	7 562 922	6 737 804	6 211 449	5 315 136	5 594 357
2014	5 676 386	4 859 313	5 347 027	5 458 694	6 192 409	6 970 360	8 266 563	7 750 785	6 835 331	5 897 335	5 385 516	5 338 800

3.3. Kentsel İçmesuyu İhtiyacı Tahmin Yöntemleri

Günümüzde hızla azalan doğal kaynakların içerisinde içmesuyu, şüphesiz ilk sıralarda yer almaktadır. Nüfus artışı, küresel ısınma, bilinçsiz kullanım, sanayileşme, endüstrileşme, yeşil alanların azalması, ekonomik büyüme, yaşam standartlarının artması, doğanın tahrip edilmesi, yağış tipinin ve rejimlerinin değişmesi gibi birçok faktör suyun azalmasına sebep olmaktadır. Oluşan bu durum neticesinde suyun üzerindeki kontrol edilebilirlik ve suyun geleceğe yönelik planlama aşamaları önem kazanmaktadır.

Doğal kaynakların korunumu ve gelecek nesillere ulaştırılması için bu planlamaların oldukça detaylı ve tekniğine uygun yapılması gerekmektedir. Ayrıca kentsel içmesuyu temin yatırımlarının maliyeti düşünüldüğünde, özkaynakların verimli kullanılması açısından çok önemli olduğu aşikârdır.

Bir yerleşim yerinin içme ve kullanma suyu ihtiyacının belirlenmesindeki temel kıstası nüfustur. Dolayısı ile içmesuyu ihtiyacının belirlenebilmesi için yerleşim yerinin bugünkü nüfusunun bilinmesi, gelecekteki nüfuslarının da proje hedef yılına göre yeterli doğrulukta tahmini büyük önem taşımaktadır. Herhangi bir yerleşim yerinin gelecekteki nüfus tahminleri için çeşitli teknikler geliştirilmiştir. Bu tekniklerin kullandığı metot, geçmiş yıllardaki nüfuslar ve bu nüfuslar arasındaki artış katsayısını tespit etmektir. Bu metot, aritmetik, geometrik, eksponansiyel ve benzeri şekillerde artacağı kabul edilen matematiksel hesaplamalara dayanmaktadır. Bununla birlikte yerleşim yeri için, nüfus hareketini etkileyebilecek her türlü sosyal ve ekonomik faktörlerin de dikkate alınması gerekmektedir.

Dünyada ve ülkemizde konuyla ilgili birçok kuruluş geleceğe yönelik su temini için programlar oluşturmakta ve buna göre planlama yapmaktadırlar. Dünya standartlarında AWWA, IWA gibi kuruluşlar bu kapsamda tahmini su temini çalışmaları yapmaktadır. Ülkemizde ise geleceğe yönelik tahminler yapan ve bu kapsamda çözümler üretip, projeler yapan kuruluş İller Bankası A.Ş.'dir.

3.3.1. İller Bankası Metodu

Geleceğe yönelik yapılan su temini tahmininde bu metodun temel dayanağı nüfustur. Bu metotta yerleşim yerinin önceki yıllara ait resmi nüfus verileri üzerinden gelecek yıllardaki nüfus artışları hesaplanır. Bu nüfuslar üzerinden içmesuyu tahminleri yapılmaktadır. Artış hızı çoğalma katsayısı ile ifade edilir,

$$Ç=\left[\left(\frac{N_s}{N_E}\right)^{\frac{1}{(a)}}-1\right]\times 100 \text{ alınır.} \qquad (3.1)$$

Burada, Ç çoğalma katsayısı, a iki nüfus arasında geçen süre (yıl), N_y yerleşim yerinin yeni nüfus sayım değeri ve N_e yerleşim yerinin eski nüfus sayım değeri olarak tanımlanmaktadır.

Proje aşaması bittikten sonra proje ömrü, 30 yıl kabul edildiği ve tesisin projelendirilmeden işletmeye alınmasına kadar geçen sürenin 5 yıl kabul edildiği varsayımı ile 35 yıl sonraki nüfus, gelecekteki nüfus olarak dikkate alınarak aşağıdaki ifade ile hesaplanır;

$$N_G = N_S \times \left[1 + \frac{Ç}{100}\right]^n \quad (3.2)$$

Bu denklemde, N_S son nüfus sayım değeri, N_E ilk nüfus sayım değeri, t_y N_S nüfusunun belirlediği yıl, t_E N_E nüfusunun belirlediği yıl, t_G N_G nüfusunun belirleyeceği yıl, n son nüfus sayımından projenin başlatılmasına kadar geçen süre (t_g-t_s) ve N_G hesaplanacak olan nüfus projeksiyon değeri olarak tanımlanmaktadır.

Çizelge 3.11'de İlbank'ın İçmesuyu Tesisleri Etüt, Fizibilite ve Projelerinin Hazırlanmasına ait Teknik Şartnamesindeki İçmesuyu İnsan ihtiyacı gösterilmiştir.

Çizelge 3.11. Proje başlangıç nüfusuna bağlı evsel birim su tüketimi

Proje Başlangıç Nüfusu, N (kişi)	Evsel Birim Su Tüketimi (q_{evsel}) (lt/kişi/gün)
N ≤ 50 000	80 – 100
50 000 < N ≤ 100 000	100 – 120
100 000 < N	120 - 140

Bunun dışında yerleşim yerinde ticaret, sanayi, hizmet sektörü gibi unsurlar da dikkate alınarak hesaplamalara ilave edilir. Ayrıca yerleşim yerindeki hayvan sayısı da 'Hayvan Su İhtiyacı' kapsamında ilave edilir.

Çizelge 3.12'de görüldüğü üzere, su kaybı parametresi de proje başlangıç yılında % 30 kabulüyle başlayarak, 35 yıl sonraki hesapta da % 20'ye inmiş olarak kabul edilir.

Çizelge 3.12. İlbank tahmini proje debisi

Yıl	Nüfus (kişi)	Evsel Su Tüketimi		Tic + İnş. + Hizmet (lt/s) (Net tüketim * 0.10)	Net Tüketim		Su Kayıpları (%)	Brüt Su Tüketim		Hayvan İhtiyacı (lt/s)	Şebeke debisi (lt/s)	Özel Debi (lt/s)	Topl. Su İht. (lt/s)
		lt/k/g	lt/s		lt/k/g	lt/s		lt/k/g	lt/sn				
2016	64 309	120	89.32	9.92	133.0	99.24	60	332.5	247.4	5	252.4	23	275.4
2021	69 233	126	100.9	11.22	140.0	112.1	30	200.0	160.2	5	165.2	23	188.2
2026	74 533	131	113.0	12.56	146.0	125.5	27	200.0	172.5	5	177.5	23	200.5
2031	80 240	136	126.3	14.03	151.1	140.3	25	201.4	187.1	5	192.1	23	215.1
2036	86 383	140	139.9	15.55	155.5	155.5	24	204.6	204.6	5	209.6	23	232.6
2041	92 996	143	153.9	17.1	159.0	171.0	23	206.4	222.2	5	227.2	23	250.2
2046	100 116	145	168.0	18.67	161.1	186.6	22	206.5	239.3	5	244.34	23	267.3
2051	107 782	146	182.1	20.24	162.2	202.3	20	202.7	252.9	5	257.9	23	280.9

3.3.2. Aritmetik Artış Yöntemine Göre Nüfus Hesapları

Bu metotta nüfusun birim zamandaki artışının sabit kaldığını ifade eden bir matematiksel model kullanılır. Yani Δt gibi bir zaman aralığında Δy gibi bir nüfus artışı söz konusu ise nüfus artış hızı olan Δy/Δt sabit olup; k_a "aritmetik artış sabiti" ile ifade edilir. Buna göre gelecekteki nüfus;

$$k_a = \frac{N_S - N_E}{t_S - t_E} \tag{3.3}$$

ve

$$N_G = NS + [k_a \times (t_G - t_S)] \tag{3.4}$$

bağıntısı ile bulunur.

Burada, N_S son nüfus sayım değeri, N_E ilk nüfus sayım değeri, t_s N_s nüfusunun belirlediği yıl, t_E N_E eski nüfus sayımının belirlediği yıl, t_G N_G nüfusunun belirleyeceği yıl ve N_G hesaplanacak olan nüfus projeksiyon değeri olarak tanımlanmaktadır.

Bu yöntemde nüfusun aritmetik olarak arttığı kabul edilir.

Aritmetik Artış Katsayısı:

$$k_a = \frac{N_2 - N_1}{t_2 - t_1} \tag{3.5}$$

ve

$$N = N_2 + k_a \times (t - t_2) \tag{3.6}$$

bağıntısı ile bulunur.

Burada, k_a aritmetik artış katsayısı, t_2 son nüfus sayımının yapıldığı yıl, t_1 önceki nüfus sayımının yapıldığı yıllar, t gelecek için nüfus tahmininin yapıldığı yıllar, N_2 t_2 yılındaki nüfus, N_1 t_1 yılındaki nüfus ve N gelecekteki nüfus olarak tanımlanmaktadır.

3.3.3. Geometrik Artış Yöntemine Göre Nüfus Hesapları

Nüfus artış hızı nüfusun logaritmik bir fonksiyonu olarak ifade edilir. Nüfus artış hızı ve gelecekteki nüfus hesabı;

$$r = \frac{(\ln N_S - \ln N_E)}{(t_S - t_E)} \tag{3.7}$$

ve

$$N_G = N_S \times e^{r.\,(tg-ts)} \tag{3.8}$$

Burada, N_S son nüfus sayım değeri, N_E ilk nüfus sayım değeri, t_s N_s nüfusunun belirlediği yıl, t_E N_E nüfusunun belirlediği yıl, t_G N_G nüfusunun belirleneceği yıl ve N_G hesaplanacak olan nüfus projeksiyon değeri olarak tanımlanmaktadır.

Nüfusun geometrik olarak artacağı kabul edilerek hesap yapılmaktadır.

Geometrik Artış Katsayısı:

$$k_g = \frac{\log N_2 - \log N_1}{t_2 - t_1} \tag{3.9}$$

ve

$$\log N = \log N_2 + k_g \times (t - t_2) \tag{3.10}$$

bağıntısı ile bulunur.

Burada, k_g geometrik artış katsayısı, t_2 son nüfus sayımının yapıldığı yıl, t_1 önceki nüfus sayımının yapıldığı yıllar, t gelecek için nüfus tahmininin yapıldığı yıllar, N_2 t_2 yılındaki nüfus, N_1 t_1 yılındaki nüfus ve N gelecekteki nüfus olarak tanımlanmaktadır.

3.3.4. Regresyon Analizi

Nüfus tahmininde kullanılan diğer bir metod ise regresyon analizi yapılarak en iyi nüfus eğrisinin bulunmasıdır. Bu metod ile öncelikle nüfus ile yıllar arasında belli bir fonksiyonel ilişki olduğu varsayılır. Daha sonra, en küçük kareler metodu kullanılarak; geçmiş yıllara ait nüfus sayım sonuçlarını en az hata ile veren denklemin katsayıları ve sabitleri hesaplanır. Bulunan denkleme ait R^2 sayısı hesaplanarak, anlamlılığı kontrol edilir. R^2 değerinin 1'e yakın olması denklemin anlamlı olduğunu gösterir.

3.4. Genetik İfadeli Programlama (GEP) ve Gelişimi

3.4.1. Genetik Algoritma

Genetik algoritmanın gelişimi, genetiğin tarihsel süreciyle birlikte değerlendirilebilir. Gregor Mendel 19.yy başlarında gen üzerine yaptığı çalışmalarda daha iyi ürünler elde etmek ve gelişim süreçlerini incelemek için farklı bezelye türlerini melezlemeye başlamıştır. Charles Darwin topladığı bitki ve hayvan fosillerini; kalıtımların, türlerin varlığının temelini olduğunu belirtmiştir. Darwin yaptığı çalışmalarda, hayatta kalabilen türlerin güçlü özelliklere sahip olduklarından hayatta kalabildikleri tezini belirtmiştir. Darwin'in temel prensip olarak belirlemiş olduğu bu teorem, evrimsel gelişimin temelini oluşturmaktadır.

Genetik algoritmanın esası, Darwin'in Evrim Teorisi üzerine kuruludur. Evrim Teorisinin ana prensibi, güçlü olanın hayatta kaldığı teorisinin kabulü ile gelişimine başlayan genetik algoritma, normal yöntemlerle çözülmesi zor olan karmaşık problemlerin optimizasyonunda kullanılmaya başlanmıştır. Genetik Algoritma (GA),

son yıllarda kullanımı gittikçe artan stokastik bir sayısal çözüm yöntemidir. Çözüm zamanı, sistemin boyutuyla üstel olarak değişen sistemlerin çözümlerinde genelde GA kullanılmaktadır. En iyi sonuca yaklaşabilen GA yöntemi, çözüm bulma süresi olarak da diğer sayısal yöntemlere göre avantajlıdır. GA, doğal yaşamın mekaniği felsefesiyle ortaya atılmış sayısal çözüm yöntemidir. Doğal yaşamın en önemli kuralı olan "Güçlü ve çevreye en iyi uyumu sergileyen birey yaşar" prensibinden yola çıkarak, GA yöntemi oluşturulmuştur.

Machine Learning üzerinde çalışan Holland, tek bir çözüm oluşturulması ve geliştirlmesi prensibinin yerine daha büyük bir çözüm kümesinin oluşturulmasını ve evrim teorisinin operatörlerini kullanarak, çözümün sonraki nesillere iyileştirilerek aktarıldığı bir yöntem geliştirmiştir. Geliştirdiği bu yöntemi “Genetik Algoritma” kitabıyla 1975 yılında yayımlamıştır (Kurt ve Cumali 2001).

Günümüzde ekonomi, matematik, mühendislik bilimleri, genetik araştırmalar gibi çok farklı bilim dallarında kullanılmakta olan GA, genetik dışındaki alanlarda da kullanılmaya başlanmıştır. John Holland'ın yaptığı araştırmalarda amacı:

- Doğal sistemlerin adaptasyonlarını açıklayabilmek ve matematiksel ifade haline getirebilmek,
- Doğal sistemlerin çalışma prensiplerini farklı problemlere uygulayabilmek amacıyla yapay sistemler tasarlamaktı (Goldberg 1989).

Holland'ın geliştirdiği GA çözüm yöntemi üzerinde yapılmış olan araştırmalardan bazıları şu şekildedir: Yapısal Optimizasyon, Boru Hatları İşletim Optimizasyonu, Uzay Teknolojileri Uygulamaları Kontrol Sistemi Optimizasyonu, Müzik Kompozisyonu (Goldberg 1989). GA çözümü ile ilgili olarak çözüm sistemini geliştirmek ve daha hızlı, en iyi ya da en iyiye yakın sonuca ulaşabilmek amacıyla araştırmalar devam etmektedir. GA çözüm yöntemi içerisinde ilgili probleme göre doğal bireyler oluşturulup, bu bireylerin sistem içerisindeki uygunlukları incelenmektedir. Bu bireyler aynı zamanda sistemin çözüm uzayını da oluşturmaktadır. Çözüm uzayı içerisinden yüksek uygunluğa sahip bireyler bulunmaya çalışılıp, bireyin içerdiği elemanlarda değişiklik yaparak (mutasyon) daha iyi sonuçlara ulaşmak amaçlanmaktadır. GA, sistemin gerçek çözümüne olabilecek en yakın (optimum) çözümü bulmak amacıyla kullanılan ve Yapay Sinir Ağları, Bulanık Mantık gibi diğer

çözüm yöntemlerine göre süre avantajına sahip olan bir yöntemdir. Yapay Sinir Ağları, Bulanık Mantık gibi stokastik çözüm yöntemlerinde olduğu gibi Genetik Algoritmalar da çözüm uzayının büyük olduğu sistemlerde tercih edilmektedir. Günümüzde gelişen bilgisayar sistemleri, Genetik Algoritma'nın çözüm süresi, avantajı ile birleşerek daha hızlı çözümlere olanak sağlamaktadır. GA yöntemi, beş ana basamaktan oluşmaktadır. Bunlar:

1) İlk toplumun oluşturulması ve uygunluk değerlerinin saptanması

2) Seçim

3) Çaprazlama

4) Mutasyon

5) Yeni kuşaklar (jenerasyon)

Bu basamaklar GA'nın çözüm işlemcilerini (operatörlerini) oluşturmaktadır. Bir problemin çözümü için ilk adımda çözüm uzayını oluşturan topluluğun (popülasyonun) içerdiği sayısal elemanlar rastgele seçilmektedir. Topluluğun içerdiği her birey (kromozom), sistem için farklı bir alternatif çözümü sembolize etmekte olup, ikili sayı sistemi ile kodlanmaktadır. Kodlanan bireyler, daha sonra sisteme uygun biçimde sayısal veriye dönüştürülürler. Problemin içeriğine uygun olarak oluşturulan uygunluk fonksiyonuna göre ise bireylerin sistemdeki uygunlukları incelenmektedir. Topluluğu oluşturabilmek, bireyleri seçebilmek, kodlanan bireylerden sayısal verileri oluşturabilmek amacıyla, problemde bazı kısıtlamalar (topluluk büyüklüğü, seçim, çaprazlama ve mutasyon olasılıkları) kullanılmaktadır.

3.4.2. Genetik Programlama

Mühendislik problemlerinde temel prensibi, farklı sorunlar için farklı çözümlerin olduğu gerçeğidir. Bu çözümlerden biri ya da birkaçı, mühendislik açısından uygun olarak görülebilir. Klasik problemlerde çözüm, parametrelerin girilmesi ile sonuca ulaşılmaktadır. Fakat çözümün belli olduğu, sorunun bilinmediği problemlerde bulunmaktadır. Bu problemler; ters problem olarak adlandırılmaktadır. Bu problemlerde sonuçlar bilinmesine rağmen, nedenler veya sonuca götüren parametrelerin etkinlikleri bilinmez. Bu tür problemlerin çözüm uzayı oldukça büyük ve karmaşık olduğundan geleneksel çözüm yöntemleri ile çözülmeleri zordur. Bu tip sorunların çözümünde

kullanılacak olan yöntemlerden biri; Evrimsel Algoritmaların (EA) bir alt kolu olan Genetik Programlamadır (GP). GP, doğadaki biyolojik değişimi örnek alır, bir çözüm adayları birey havuzu (popülasyonu) oluşturur ve bu popülasyon zamanla evrimleşir. Yetenekli çözümler genetik işlemciler yardımıyla işlenerek en iyileme hedeflenir. Elde edilen çözümlerde her zaman yüzde yüz başarı sağlanamasa bile yüzde doksan ve üzeri olarak elde edilecek olan sonuçlar, kabul edilebilir değerler olarak belirtilebilir.

Genetik Program, 1985 yılında Cramer tarafından yayınlanmış ve Koza 1992 yılında bu olguyu daha fazla geliştirmiştir. GP, yapay zekâ mantığıyla en iyinin belirlenmesi amacıyla geliştirilen bir bilgisayar programıdır (Johari et al.2006). GP, kromozom olarak bilinen rastgele üyeleri içeren bir populasyonu başlatır ve her bir kromozomun uyumu hedef değeriyle evrilir. Darvin'in doğal seleksiyon prensibi daha uygun seçim ve yeniden üretim planıdır.

GP eş ve eş olmayan uzunluğa sahip bilgisayar programları ve birçok matematiksel fonksiyon üretir. Bu sistem fonksiyonu, aritmetik işlemlerden (+, -, x ve ÷) ve fonksiyon değerlerinden oluşmaktadır (Ör: e^x, x, sin, cos, tan, log, sqrt, ln, power). Her bir fonksiyon dolaylı olarak atanan GP'de çoklu program çıktısını kolaylaştıran bir değişken içermektedir.

GP'de genel olarak iki sıra dizimi kullanır. Herhangi bir konum ve uzunluk kısmı her bir ebeveyn arasından seçilir ve aralarında değişebilir. Oluşan çocuklardan herhangi biri maksimum uzunluğu aşarsa, genetik değişim terk edilir ve değişen eş kısımlar yeniden çalıştırılır (Bramier and Banzhaf 2001). Bir yapının işlemsel ve kullanıcısı aynı sıra dizimi üzerine herhangi bir mutasyon ile değiştirilir. Bir GP bireyinin uygunluğu aşağıdaki ifade ile hesaplanır,

$$f = \sum_{i,j=1}^{N} (|Xi - Xj|), \tag{3.11}$$

Burada, X (i,j) bireysel her bir kromozomdan oluşacak en uygun değerdir.

GP'de, programın sınırsız gelişimini engellemek için maksimum aralık sınırlandırılır (Bramier and Banzhaf 2001).

Çizelge 3.13. GP Modelinin optimize edilmiş parametreleri

Parametre	**Parametre Tanımı**	**Parametre Oranı**
P_1	Fonksiyon dizisi	+, -, *, /, …..
P_2	Popülasyon boyutu	250
P_3	Mutasyon sıklığı (%)	96
P_4	Genetik değişim (%)	50
P_5	Replikasyon numarası	10
P_6	Blok mutasyon oranı (%)	30
P_7	Bilgi mutasyon oranı (%)	30
P_8	Bilgi veri mutasyon oranı (%)	40
P_9	Benzer mutasyon	95
P_{10}	Program boyutu	Başlangıç 64, Maksimum 256

Bir popülasyondan bir sonraki popülasyona aktarılacak olan bireyler, yeniden üretim, çaprazlama ve mutasyon gibi genetik işlemler neticesinde seçim ile belirlenir. Seçilen bireylerden bazılarının herhangi bir genetik değişime uğramadan, bir sonraki popülasyona geçişi yeniden üretim olarak adlandırılmaktadır. Havuzdaki bazı bireylerin (ebeveynlerin) seçilerek eşleştirilmesi ve ebeveynlerin gen bilgilerini içeren yeni bireylerin (çocukların) üretilmesi *çaprazlama* işlemcisinin görevidir. Böylece herhangi yeni bir bireyin bazı genleri, ebeveynlerinden biri ya da ikisiyle benzer olacaktır. Popülasyon içinden rastgele seçilen bazı genlerin, rastgele değiştirilmesi *mutasyon* işlemcisi tarafından yapılmaktadır.

Rastgele oluşturulan popülasyondaki bireylerin uyumlulukları, uyumluluk fonksiyonu aracılığıyla hesaplanmaktadır. Belirlenen bireylerin bir kısmı, seçim yöntemi ile doğrudan yeni popülasyona aktarılmaktadır. Diğer bir kısmı ise genetik işlemciler aracılığıyla evrilerek yeni popülasyona içine sonradan katılırlar. GP'de problemin tipine ve uygulayıcısına göre çeşitli seçim yöntemleri (uyum oranlı, turnuva, rank vb.) kullanılmaktadır. Rulet tekerleği seçimi olarak da bilinen uyum oranlı

seçimde, uyumluluğu en yüksek olanın seçilme şansı oldukça fazladır. Rulet tekerleği yönteminde, bireyler uyumluklarına göre kısımlara bölünür. İşlem tekrar ettiğinde, bölümde fazla yer kaplayan bireylerin seçilme olasılığı artmaktadır. Uyumluluk değerlerine göre en uygun olan bireyler, yeni popülasyona aktarılır. Çaprazlamada ise herhangi iki birey seçilir ve yine rastgele seçilen çaprazlama noktalarından ayrılan parçalara, karşılıklı olarak yer değiştirilir. Çaprazlamanın popülasyonda ne kadar sayıda bireye uygulanacağı çaprazlama oranı denilen bir oran ile belirlenir.

Mutasyonda, popülasyondan herhangi bir birey seçilir ve seçilen birey bir mutasyon noktasından kırılarak oraya yeni bir ağaçsal yapı eklenmesi ile yeni bir birey oluşturulur. Mutasyonun popülasyonda ne kadar sayıda bireye uygulanacağı, mutasyon oranı denilen oran ile belirlenmektedir. GP uygulayıcısı bir sonlanma ölçütüne ulaşıncaya kadar ya da popülasyondaki herhangi bireyin uyumluluğu "1" olana kadar bu işlemlere devam eder.

3.4.3. Genetik İfadeli Programlama (GEP)

Karmaşık problemlere doğal yollar vasıtasıyla çözüm üretme, bilim insanlarının üzerinde düşündüğü ve yapay zekâ çözümler üretmeye çalıştığı bir alandır. Bu yolda atılan ilk adımlar 1950'li yıllarda Friedberg tarafından atılmıştır (Friedberg ve ark. 1959), fakat tüm bu bilgisayar ve yazılım çağının temelini oluşturan Darwin'in Evrim Teorisidir. Bu çalışmanın özelliği GA, GP'nin ve bunların bir uzantısı olan GEP'in son yıllarda mühendislik problemlerinde çözümleme sağlamasıdır.

GEP su mühendisliğinde kullanılan yeni bir tekniktir. GA, GP ve GEP'in aralarındaki temel fark bireylerin doğallığına bağlıdır. GA da bireyler, kromozomların en uygun lineer dizileridir. GP'de bireyler farklı boyut ve şekilde lineer olmayan varlıklardır ve GEP'de ise bireyler gen ve kromozomların en uygun lineer dizisine göre kodlanır. GEP'in iki ana parametresi Kromozomlar ve İfade Ağacıdır.

3.4.4.GEP Model Bileşenleri

GEP Ferreira tarafından geliştirilen yeni bir Yapay Zekâ (AI) tekniğidir (Ferreira 2001). Bu teknik Koza (1992) tarafından geliştirilen GA'nın bir uzantısıdır. GEP'in İki ana elementi; Kromozomlar ve İfade Ağacıdır (ETs). GEP; GA'da kullanılan benzer uzunluktaki lineer kromozomlar ve GP ağacının farklı şekil ve uzunlukta dallanmış

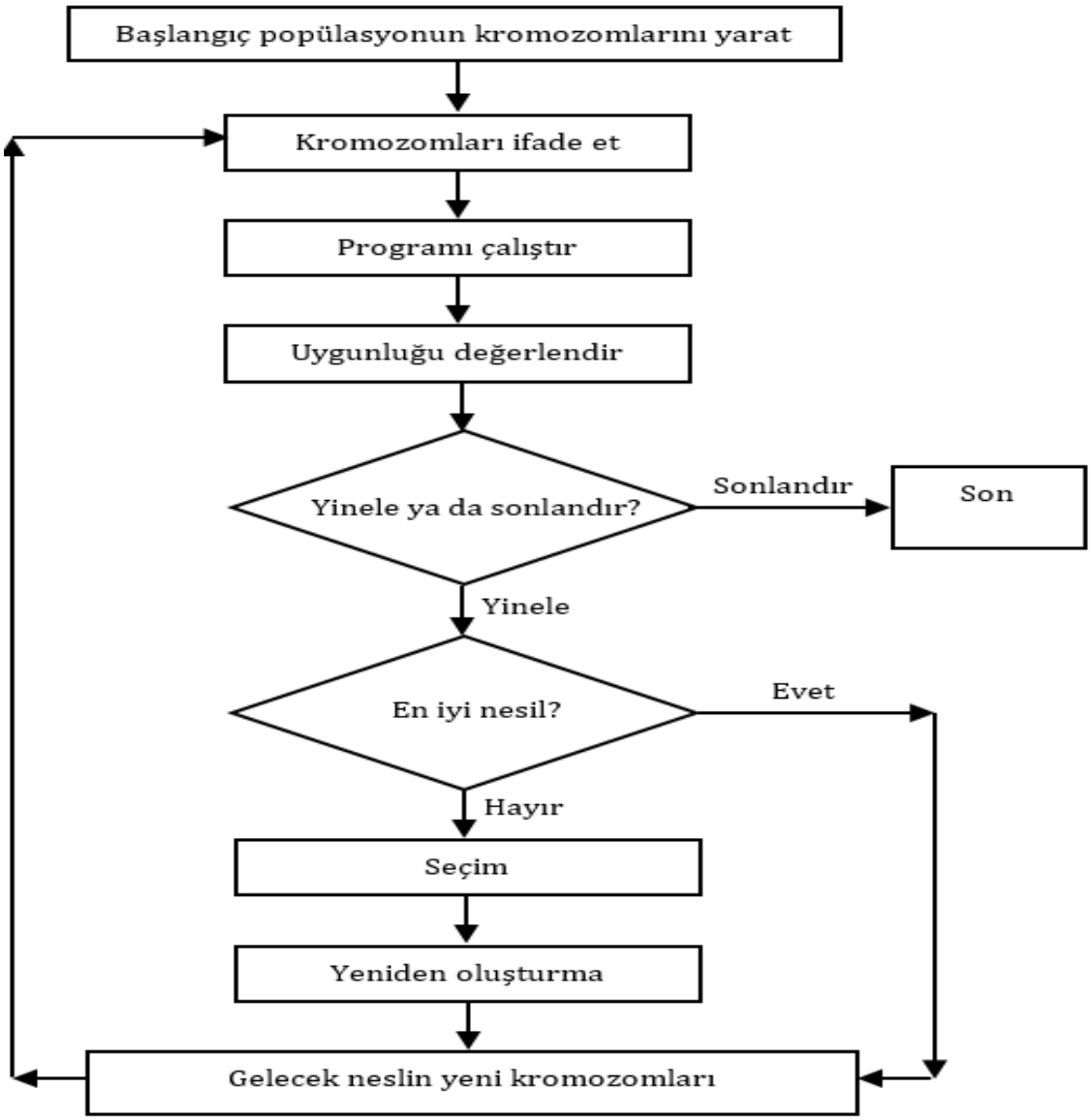
yapısını da içermektedir. Bu yüzden, GEP'in fenotipi, GA'da kullanılan dallanmış yapıyla benzer çeşitlilik göstermektedir. Ancak, GEP'deki dallanmış yapı bağımsız genlerin topluca ifadesidir. GEP'in temel amacı matematiksel bir fonksiyon türetmektir ve bu fonksiyonu GEP'in genel bilgi dizimine adapte edebilmektir. Matematiksel denklemler için GEP, GA'nın genetik kullanıcılarının birçoğu ile sembolik sapma gerçekleştirmektedir. GA, GP ve GEP arasındaki temel fark bireylerin doğallığına aittir. GA bireyleri kromozomların uygun uzunluklarının sembolik dizileridir; diğer taraftan GP bireyleri farklı şekil ve büyüklüklerden oluşmaktadırlar. GEP bireyleri ise Karva Notasyonunda kullanılan, uygun uzunluk dizimi olarak kodlanan, farklı şekil ve büyüklükteki ağaçlardır. Böylece GEP, diğerlerinin bazı sınırlamalarını bertaraf ederken, faydalarını da sürdürmektedir. GA kromozomları genetik olarak işletilebilir; fakat fonksiyonel işlevlerini kaybedebilirler. GP'de ise fonksiyonel işlevlik sürdürülebilir. GEP kullanıcıları daima mevcut şekilden türerler. Böylece, GEP'in farkının temel amacı, GEP genlerinin yapısının dönüşümünü devam ettirmektir.

Bireylerin kesin numarasının kromozom nesliyle aşamalar başlar. Daha sonra, bu kromozomlar belirtilir ve her bir bireyin uygunluğu uygun dizi durumuna göre evrilir. Daha sonra, bireyler modifikasyon uyumlarına göre seçilirler. Bu yeni bireyler genomların sentezi, çevresel etkiler, seçim ve modifikasyon değişimi gibi aynı değişim aşamalarına maruz kalmaktadırlar. Bu aşamalar genlerin kesin numaraları için ya da en iyi sonuç bulunana kadar tekrarlanır.

GEP'in iki ana unsuru kromozomlar ve Ağaç Sentezidir. Genetik Bilgi Sentezi kromozomda kodlanır. Doğal olarak bilgi çözümleme aşamaları, çeviri olarak adlandırılır. Çeviri bir kodu ve kurallar dizimini ifade etmektedir. GEP'in genetik kodu belirgindir: Kromozom ve kodların sembollerinin arasındaki birebir ilişki, ağaçta belirtilir. Kurallara göre ET arasındaki etkileşim kısmı ve ET'nin şekilsel organizasyonu belirlenir. Böylece, GEP'de iki dil vardır: Basit kurallardan ET'nin yapısı sayesinde, genlerin dili ve ET'nin dili arasındaki etkileşim belirlenir.

GEP'in temel basamakları Şekil 3.1'de görülmektedir. Başlangıç popülasyonu için belirlenmiş bireylerin kromozomlarının herhangi bir nesliyle süreç başlar. Daha sonra bu kromozomlar sentezlenir ve her bir bireyin uygunluğu, uygunluk dizinimi aleyhinde dönüşür (Çevresel Etki). Bireyler daha sonra yeni özellikli soylara,

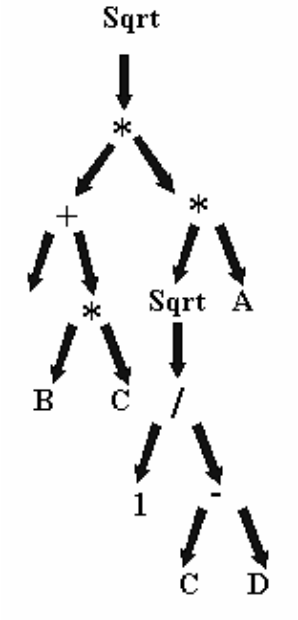
değişikliklere göre yeniden üretim için kendi uygunluklarına göre seçilirler. Yeni bireyler aynı gelişim süreçlerinden geçmektedirler: genomların sentezi, çevresel etkiye maruz kalma, seçim değişiklik üretimi. Süreç, nesil kesinleşene kadar ya da iyi bir çözüm bulunana kadar devam eder.



Şekil 3.4. Bir GEP Algoritmasının Akış Şeması (Ferreira 2006)

GEP'in asıl kavrama noktası, temsili ayrık ağacın yetenekli kromozomlarından oluşmaktadır. Bu nedenle Karva Dili, kromozomlardaki bilgi sentezini ve okunmasını sağlamak için oluşturulmuştur.

Karva Notasyonu ile oluşturulmuş İfade Ağacı (ET) Şekil 3.5'de gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Matematiksel İfade Ağacına (Expression Tree) bir örnek.

Şekil 3.2.'de ifade edilen ET'nin matematiksek olarak ifadesi;

$$\sqrt{(A + B \times C) \times A\sqrt{\frac{1}{C-D}}} \tag{3.12}$$

olarak gösterilir.

Ayrıca; kromozomların yapısı, ifade ağacı veya daha küçük programlar için her bir kod çoklu gen üretimi yapısına müsaade edilecek şekilde üretilir. GEP'de vurgulanan asıl nokta çok genli bir GA yapısıdır. Aslında, çoklu genlerden oluşan karmaşık bireylerin oluşumu, son derece sadeleştirilmiş fonksiyonel genotip/fenotip sistemlerdir. Başlangıçtan sonra bu sistemler, çok hücreli karmaşık yapıların daha üst kısımlarına geçmeye çalışmaktadırlar (Ferreira 2002).

Bu yeniliklerin temeli GEP Genlerinin yenilikçi yapısı üzerine kurulmuştur. Basit fakat esnek bir yapı olan bu genler, makul bir program oluşturulmasını sağlayarak daha etkili bir gelişim oluşturur. Bu çok yönlü organizasyon yapısına rağmen, güçlü bir genetik kullanıcı dizisi kolayca uygulanabilir ve etkili bir çözüm alanı oluşturulabilir. Doğal olarak, GEP sistematik yapılar üretir ve son derece genetik çeşitliliği uygun yapılar meydana getirir.

3.4.5. GEP Bireylerinin Yapısı

Gep programının ana unsurları kromozomlar ve ifade ağacı olmakla birlikte, sonraki en önemli aşama, dizideki genetik bilgi kodunun ifadesidir. Doğal olarak, bilgi çözümleme aşaması çevirim olarak adlandırılır ve bu çevirim bir dizi kural ve kesin kodları işaret etmektedir. Genetik kod oldukça basittir: kromozom sembolleri arasında bire bir ilişki vardır ve düğümler ağaçta temsil edilirler. Kurallar oldukça basittir: ifade ağacının düğümlerinde ve geçişlerindeki mekânsal şema belirlenir. Böylece, GEP'de iki dil oluşur: genlerin dili ve ifade ağacı.

Genetik Kullanıcılar ve Gelişimi:

Genetik kullanıcılar, gelişim algoritmalarının temelini oluşturmaktadır ve gelişim sistemlerinin ikisi seçim ve çoğaltmadır. Aslında, tüm yapay sistemler uygunluk durumlarına göre seçilen bir şema kullanırlar. Bazı şemalar belirleyici iken, diğerleri tahmin edilemez olabilirler. GEP, doğal aşamalarda üretilen ve en iyi bireylere sahip orantılı rulet-tekerlek şeması uygunluklarından birini kullanır.

Böylece, çizim şanslarına ve uygunluklarına göre bireyler çoğaltma için seçilirler. Önemlerine rağmen, çoğaltmalar en ilgisiz kullanıcılardır. Çoğaltma sürecinde, kromozomlar usulünce kopyalanır ve gelecek nesillere aktarılır. Daha uygun bireylerin gelecek nesillere aktarımı daha yüksek olasılığa sahiptir. Bu sebeple, çoğaltma sürecinde, seçilen bireylerin genomları, her daim rulet aşamasında kopyalanır ve rulet çoğu kez popülasyon bireylerini içerir. Bu sebeple, aynı popülasyon geçişlerinin nesilden nesile aktarımı sağlanır.

Kargaşanın merkezine rağmen seçim ve çoğaltma, adaptasyon için bir gelişim göstermezler. Gerçekte, kendileri tüm bireylerdeki en az değişimle benzer olana kadar genetik sapmaya sebep olurlar. Bu yüzden, tüm evrimsel dönüşümlerin yapı taşı genetik modifikasyonlardır ve farklı algoritmalar farklı şekildeki modifikasyonlarla üretilir. Örneğin GA, normal bir şekilde mutasyon ve yeniden üretimi kullanır; GP sadece yeniden üretim ağacını, GEP ise mutasyon, çeşitlilik, geçiş ve yeniden üretimi kullanır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. GEP Modelinin Gelişimi

Bu çalışmanın temel amacı; Diyarbakır içmesuyu tüketimini oluşturan ve etkileyen parametreleri belirlemek, Genetik İfadeli Programlama (GEP) yöntemiyle farklı modeller oluşturarak, bu parametrelerin içmesuyu tüketimine etkisini ortaya çıkarmaktır. Önerilen Genetik İfadeli Programlama yaklaşımı ile tahmin edilen toplam içmesuyu miktarı (Q_T), ölçülen değerlerle karşılaştırılmış ve modellerin performansı için de Determinasyon Katsayısı (R^2) ve Ortalama Karesel hata (RMSE) kullanılmıştır. İstatistiksel olarak, Modeller arasındaki karşılaştırmalar R^2 ve RMSE oranlarının performans değerlerine bakılarak değerlendirilebilmektedir. Eğer bu katsayı, R^2 > 0,8'den büyük ise ölçülen ve tahmin edilen değerler arasında güçlü bir benzerlik vardır (Adamowski 2008).

Diyarbakır (MERKEZ) İlinin, 2005-2014 yılları arası (aylık dönemde) veriler DİSKİ (Diyarbakır Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü), Meteoroloji Diyarbakır Bölge Müdürlüğü ve Türkiye İstatistik Kurumundan (TÜİK) temin edilmiştir. Diyarbakır kent merkezine ait on yılın (2005-2014) aylık dönem içmesuyu tahakkuk verileri, yıllık dönem nüfus verileri, aylık dönem içmesuyu abone sayıları, aylık dönem sıcaklık verileri, aylık dönem yağış verileri, aylık dönem nem verileri, aylık dönem içmesuyu kayıpları verileri ve yine Diyarbakır kent merkezine ait Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla (GSYH) verileri kullanılmıştır. Bu modelde, 2005-2014 yılları arası (aylık dönemde) içmesuyu tahakkuk verileri (d_0) A, 2005-2014 yılları arası nüfus verileri (d_1) P, 2005-2014 yılları arası aylık dönem içmesuyu hane abone sayıları (d_2) S, sıcaklık verileri (d_3) T, yağış verileri (d_4) R, nem verileri (d_5) H, su kayıpları verileri (d_6) Q_L, 2005-2014 yılları arası Diyarbakır için kişi başı GSYH verileri (d_7) D giriş parametreleri olarak tespit edilmiştir. Son on yılda aylık dönemde şebekeye verilen toplam içmesuyu miktarı (D.V.) Q_T ise çıkış parametresi olarak tespit edilmiştir. Modellerdeki girdiler bu harflendirmelerle belirtilmiştir.

Aşağıdaki denklem, GEP Modelinin oluşturulmasında, içmesuyu tüketimini etkileyen birbirinden bağımsız değişkenleri göstermektedir.

$$Q_T = \mathrm{f}(\mathrm{A}, \mathrm{P}, \mathrm{S}, \mathrm{T}, \mathrm{R}, \mathrm{H}, Q_L, D) \quad (4.1)$$

Bu çalışmada, toplam içmesuyu miktarı tahmini için GEP Programı kullanılmıştır (Ferreira 2006). Bu program ile oluşturulan farklı modeller için açık matematiksel ifadeler oluşturulmuştur. Sınırlanan ölçüt maksimum uygunluk fonksiyonu olan Ortalama Karesel Hata (RMSE)'dir. Program birçok jenerasyon için çalıştırılmış ve uygunluk fonksiyonunun gelişim değerinde (RMSE) herhangi bir gelişme olmadığında durdurulmuştur.

Ferreira (2006), GEP Algoritmasının Akış Şeması Modelinde GEP Modelinin kullanımında ve hazırlanmasında beş önemli basamak olduğunu belirtmiştir. İlk basamak; GEP'e girilecek olan uygun fonksiyonların oluşturulması ve dizinimidir. Modelin oluşturulmasında ilk aşamada kullanılan denklem;

$$Q_T = \sum_{j=1}^{c_i} \left(\mathrm{M} - |C_{(i,j)} - T_j|\right) \tag{4.2}$$

Burada, Q_T: Verilen su; M: Seçim aralığı $C_{(i,j)}$: Bireysel kromozomlar tarafından değiştirilen değer (i: uygun durumlar için, j: uygun olmayan durumlar için), T_j: En uygun durum için hedef değer. Eğer $|C_{(i,j)} - T_j|$ (doğruluk) 0.01' den az ya da eşit ise, o zaman doğruluk sıfıra eşit olur ve $f_i=f_{max}=C_iM$. Bu durumda, M=100 alınır ve bu sebeple f_{max}=1,000 olur. Bu fonksiyon türünün en önemli avantajı; sistemin kendisi için en uygun çözümü üretmesidir (Ferreira, 2001).

İkinci önemli basamak, kromozomları üretmek için T dizinimi ve f fonksiyonu seçilir. Bu problemde dizinimler bağımsız değişkenlerden Q_T=f(A, P, S, T, R, H, Q_L, D) oluşmaktadır. Uygun fonksiyon kümesinin seçiminde gerekli tüm fonksiyonları içerecek iyi bir tahmin yapılır. Bu durumda, dört temel matematiksel işlem (+, -, *, /) ve bazı temel matematiksel fonksiyonlar (1/x, $\sqrt{x}$, $x^{1/3}$, $x^{1/4}$, x^2, x^3) kullanılmıştır.

Üçüncü basamakta; kromozomal yapı, yani baş kısmın uzunluğu ve gen sayısı belirlenmektedir. Bu kısımda, eğitim dizinimindeki ortalama karesel hata (RMSE) en uygun fonksiyon olarak alınmıştır. Dördüncü önemli basamak ise; bağlantı fonsksiyonunun seçimidir (toplama, çıkarma, çarpma, bölme). Bu durumda, çoğaltma yöntemiyle Alt-İfade ağaçlarından bağlantı kurulur. Son olarak, beşinci önemli basamakta; genetik katılımcıların, varyasyon ve oranlarından kaynaklı seçilimler yapılır. Tüm genetik kullanıcıların kombinasyonu (mutasyon, aktarma ve yeniden birleştirme) en uygun GEP Modelinin Parametreleri ile kullanılmıştır (Güven ve Günal 2008).

Bu çalışmada en iyi GEP modelini belirlemek için yapılan denemelerden sonra Baş kısmın uzunluğu h=8 ve kromozom başına gen sayısı 1 ile 3 arasında olacak şekilde şeçilmiştir. Bağlantı fonksiyonu olarak da çarpma seçilmiştir. Son olarak tüm genetik operatörlerin birleşimi genetik operatörler kümesi olarak kullanılmıştır. GEP modelinin eğitim parametreleri Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Uygun GEP Modelinin Parametreleri

Parametre	**Parametrenin Tanımı**	**Parametrenin Seti**
$\mathbf{P_1}$	Kromozomlar	30
$\mathbf{P_2}$	Uygun Fonksiyon Hata Oranı	R^2
$\mathbf{P_3}$	Gen Sayısı	1-2-3
$\mathbf{P_4}$	Ana Büyüklük	8
$\mathbf{P_5}$	Bağlantı Fonksiyonu	*
$\mathbf{P_6}$	Fonksiyon Dizisi	+, -, *, /, $x^{1/3}$, $x^{1/4}$, x^2, x^3, 1/x
$\mathbf{P_7}$	Mutasyon Oranı	0.044
$\mathbf{P_8}$	Tek Noktalı Rekombinasyon	0.3
$\mathbf{P_9}$	Çift Noktalı Rekombinasyon	0.3
$\mathbf{P_{10}}$	Evrilme Oranı	0.1
$\mathbf{P_{11}}$	Aktarma Oranı	0.1

4.2. GEP Modelinin Oluşturulması

Bu çalışmada GEP Modelinin oluşturulmasında biribirinden bağımsız sekiz parametrenin on yıllık (120) verileri kullanılmıştır. Toplam 120 verinin, % 80'i (96) eğitim amaçlı % 20'si (24) ise test amaçlı olacak şekilde kullanılmıştır. Test amaçlı olarak belirlenen bu 24 veri, ilk etabta program girdisi olarak kullanılmadı ve bir karşılaştırma parametresi olarak kullanılmıştır. Oluşturulan GEP Modelinin performansı R^2 ve RMSE değerleriyle ölçülmektedir;

$$R^2 = \left(\frac{\sum xy}{\sum x^2 \sum y^2}\right)^2 \tag{4.3}$$

$$RMSE = \left(\frac{\sum(X-Y)}{n}\right)^{1/2} \quad (4.4)$$

Bu denklemlerde; x: gözlemlenen değerler, y: tahmin edilen değerler, n: örneklerin sayısı olarak tanımlanmıştır (Azamathulla 2010).

Model çalışmalarında ilk olarak bütün parametreler göz önünde bulundurularak farklı genler için üç farklı model oluşturulmuştur. Böylece farklı gen durumunda önerilen GEP modellerinin uygunluğu tespit edilmeye çalışılmıştır.

4.2.1. Model 1 (1 Genli)

Önerilen 8 girdili ve bir çıktılı GEP formülasyonu için (Model 1) ifade ağacı (ET) Şekil 4.1'de verilmiştir. Model 1' de eğitim seti için R^2=0.900, RMSE:8.35 ve test seti için R^2=0.881, RMSE:10.31 olarak elde edilmiştir. Model 1 için elde edilen formül:

Q_T = ((((d[3]+d[3])*d[7])+(d[6]+d[1]))+((d[7]*d[3])+(d[2]+d[1]))) (4.5)

Bu sabit formülasyonda; G1C0 = 9.905579 ve G1C1 = -6.306763' dir. GEP formulasyonundaki gerçek değişkenler d[1]=P, d[2])=S, d[3]=T, d[6]=Q_L, d[7]=D olarak ifade edilmiştir. İlgili değerler yerine bırakıldıktan sonra denklemin son hali:

Q_T = (2T*D+Q_L+P)+(D*T+S+P) (4.6)

olarak elde edilmiştir.

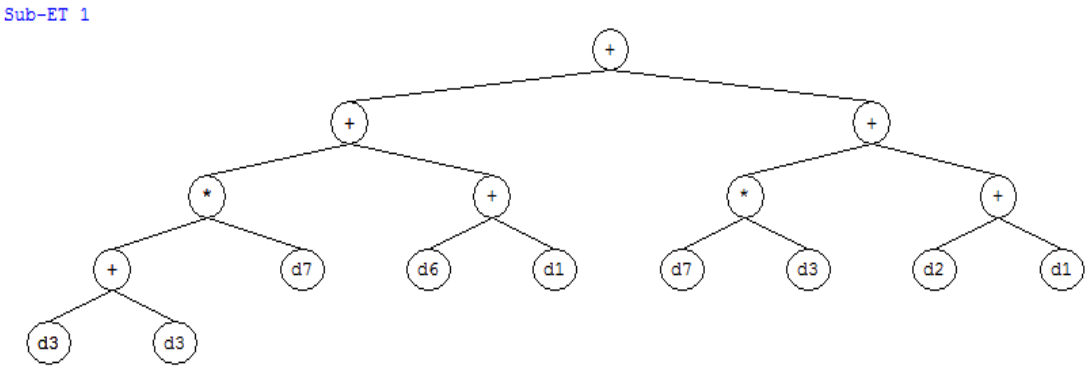
Burada, Q_T; sıcaklık (T), gelişmişlik (D), su kayıpları (Q_L), nüfus (P) ve İçmesuyu abone sayısı (S)'na bağlı olarak ifade edilmiştir.

Yukarıdaki (4.6) denklemin sadeleştirilmesi ile elde edilen denklem;

Q_T = 3T*D+Q_L+2P+S (4.7)

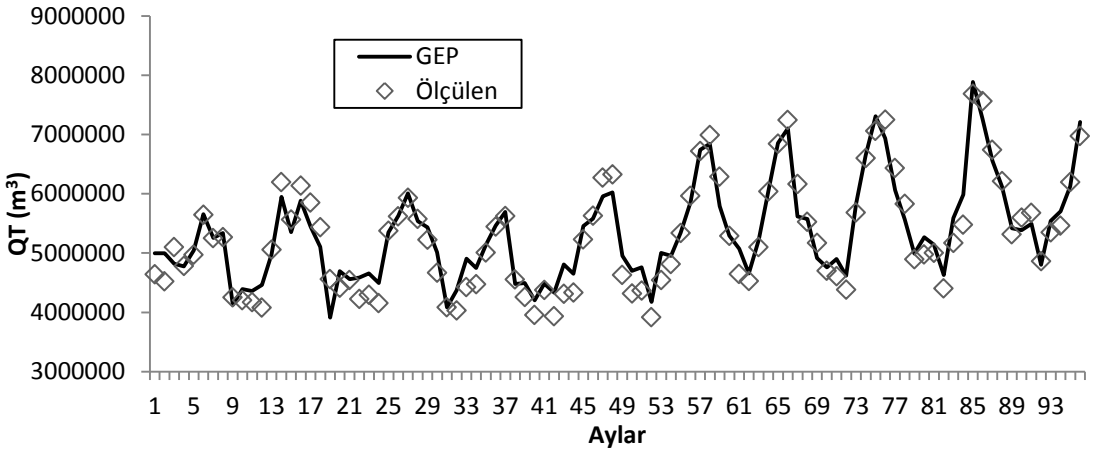
şeklinde olmaktadır. Bu denklem, toplamda 5 bağımsız değişkeni içermektedir. Diğer değişkenlerin etkisi az olduğu için program bu değişkenleri elimine etmiştir (Tahakkuk/A, Yağış/R, Nem/H).

Bu denklemin oluşturulmasında kullanılan parametrelerin değerleri; '782.895 ≤ P ≤ 987.992, 126.296 ≤ S ≤ 220.445, -5,1 ≤ T ≤ 32,3, 2.026.774 ≤ Q_L ≤ 5.007.347, 4.572 ≤ D ≤ 12.800, 3.915.892 ≤ Q_T ≤ 8.226.563' aralığındadır.



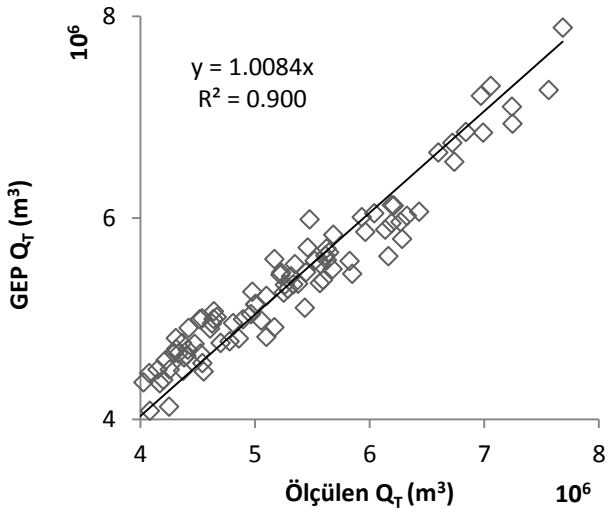
Şekil 4.1. Oluşturulan GEP Model 1 için İfade Ağacı (ET)

Önerilen GEP formülleri, Tablo 4.1'de verilen eğitim seti aralıkları için geçerlidir. Eğitim için önerilen GEP formülasyonunun tahmini değerlerinin ölçülen değerlerle karşılaştırılması Şekil 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.2. GEP Model 1'in eğitim aşamasındaki model değerleri ile gerçek değerlerin karşılaştırılması

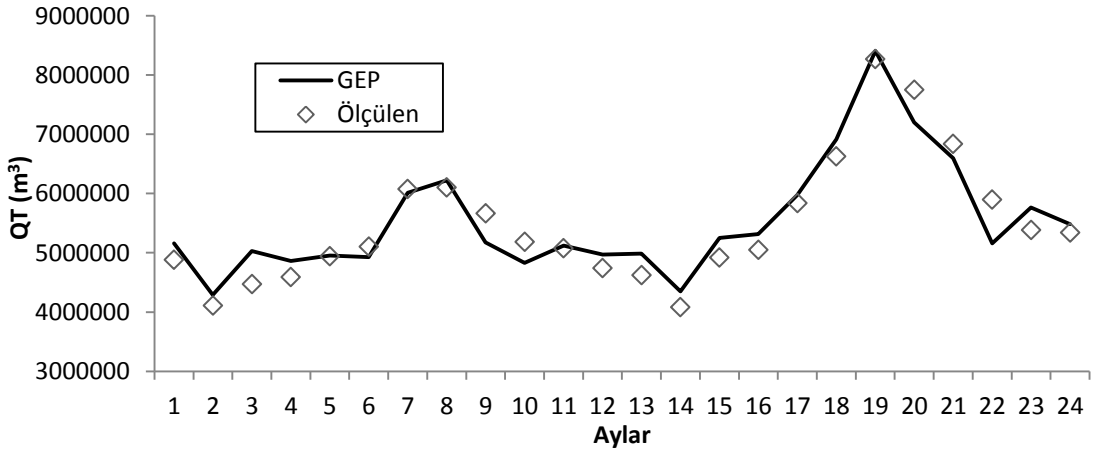
Şekil 4.3'de R^2:0.900 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.3. Eğitim seti için tahmin edilen değerlerin ölçülen değerlerle karşılaştırılması

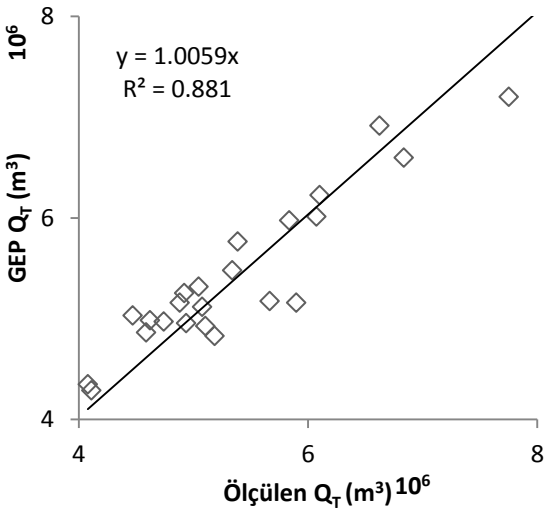
Test

Önerilen GEP formülleri, Tablo 4.1'de verilen test seti aralıkları için geçerlidir. Test için önerilen GEP formülasyonunun tahmini değerlerinin ölçülen değerlerle karşılaştırılması Şekil 4.4'de verilmiştir.



Şekil 4.4. GEP Model 1'in test aşamasındaki model değerleri ile gerçek değerlerin karşılaştırılması

Şekil 4.5'de R^2:0.881 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.5. Test seti için tahmin edilen değerlerin ölçülen değerlerle karşılaştırılması

İstatistiksel olarak, genelde tüm performanslar (eğitim ve test) korelasyon katsayısı (R) değeri üzerinden yorumlanabilir. Eğer modelde bu değer R > 0,8 ise ve RMSE değeri küçükse, ölçülen ve parametreler üzerinden tahmin edilen sonuçlar arasında güçlü bir benzerlik vardır. Şekil 4.2 ve Şekil 4.4'de de görüldüğü gibi ölçülen ve Modelde ortaya çıkan tahmin değerleri grafiklerinin birbirine yakın olması, oluşturulan GEP Modelinin, ölçülen datalara yakın değerler içerdiğini göstermektedir.

4.2.2. Model 2 (2 Genli)

Önerilen 8 girdili ve bir çıktılı GEP Formülasyonu için (Model 2) ifade ağacı Şekil 4.6'da verilmiştir. Model 2' de eğitim seti için R^2:0.951, RMSE:6.74 ve test seti için R^2=0.906, RMSE:10.88 elde edilmiştir. Model 2 için elde edilen formül:

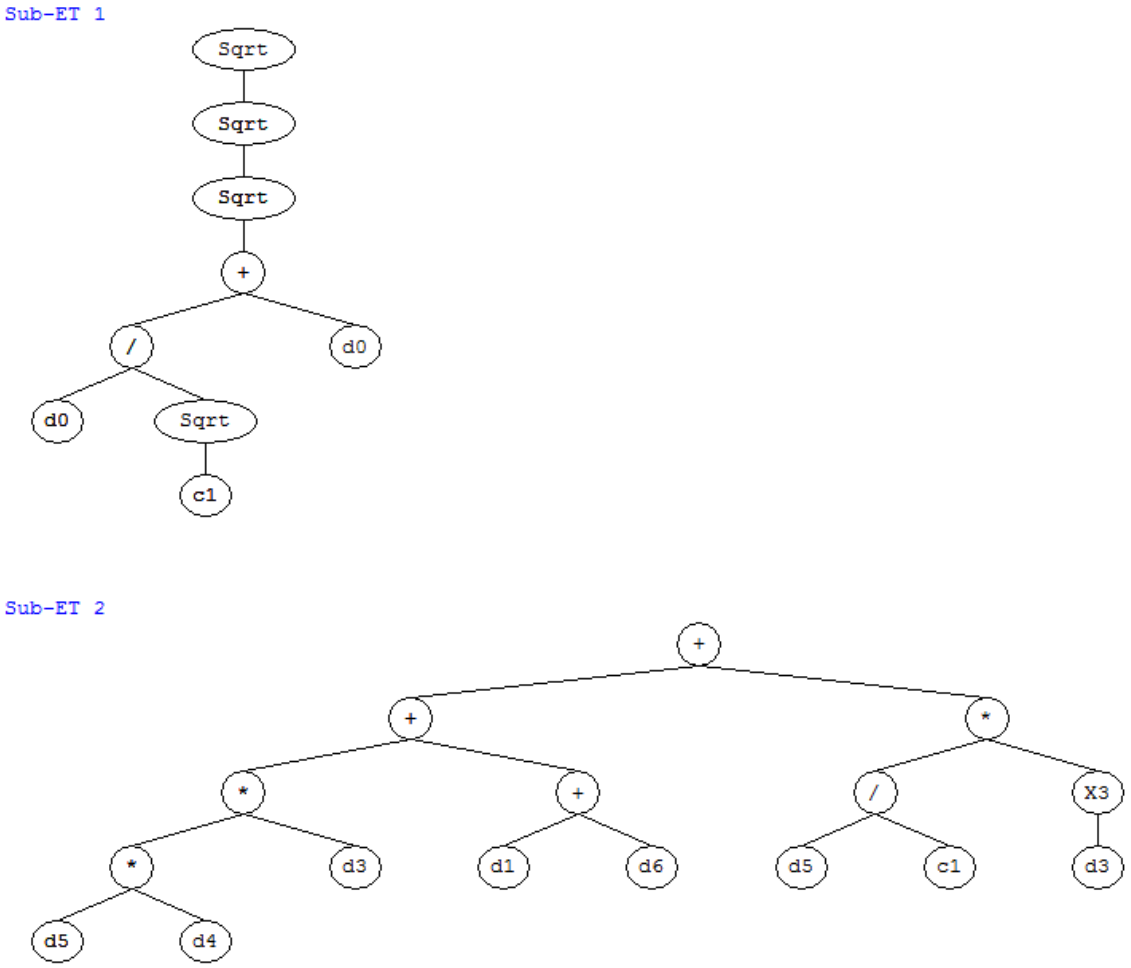
Q_T=sqrt(sqrt(sqrt(((d[0]/sqrt(G1C1))+d[0])))*
((((d[5]*d[4])*d[3])+(d[1]+d[6]))+((d[5]/G2C1)*pow(d[3],3))); (4.8)

Bu sabit formülasyonda; G1C0 = 6.082214, G1C1 = 5.783966, G2C0 = -9.96048, G2C1 = 1.822663' dir. GEP formulasyonundaki gerçek değişkenler d[1]=P, d[3]=T, d[4]=R, d[5]=H, d[6]=Q_L olarak ifade edilmiştir. İlgili değerler yerine bırakıldıktan sonra denklemin son hali:

$$Q_T=\left(\sqrt[8]{\frac{A}{5.783966}+A}\right)*\left(H*R*T+P+Q_L+\frac{H*T^3}{1.822663}\right) \quad (4.9)$$

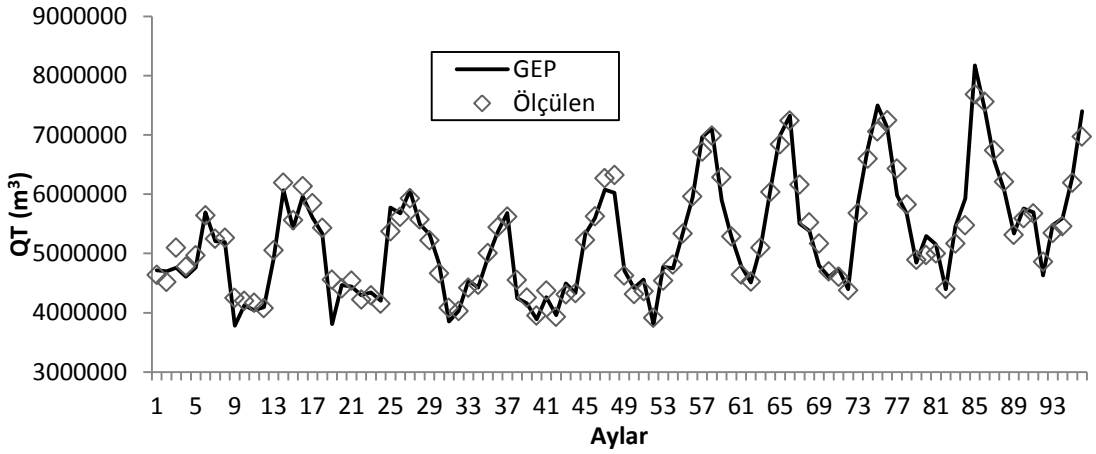
Burada Q_T; Tahakkuk (A), Nem (H), Yağış (R), sıcaklık (T), su kayıpları (Q_L), nüfus (P) ve İçmesuyu abone sayısı (S) olarak ifade edilmiştir. Bu denklem, toplamda 7 bağımsız değişkeni içermektedir. Diğer değişkenlerin etkisi az olduğu için program bu değişkenleri elemine etmiştir (Gelişmişlik/D).

Bu denklemin oluşturulmasında kullanılan parametrelerin değerleri; '$2{,}40 \leq A \leq 12{,}93$, $782.895 \leq P \leq 987.992$, $-5{,}1 \leq T \leq 32{,}3$, $0 \leq R \leq 209$, $10{,}7 \leq H \leq 87{,}9$, $2.026.774 \leq Q_L \leq 5.007.347$, $3.915.892 \leq Q_T \leq 8.226.563$' aralığındadır.



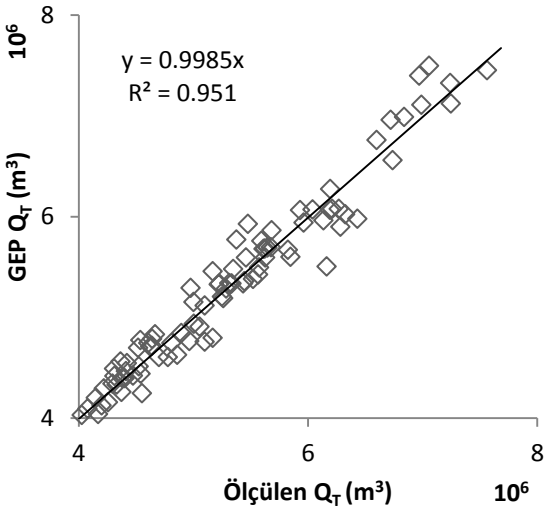
Şekil 4.6. Oluşturulan GEP Model 2 için İfade Ağacı (ET)

Önerilen GEP formülleri, Tablo 4.1'de verilen eğitim seti aralıkları için geçerlidir. Eğitim için önerilen GEP formülasyonunun tahmini değerlerinin ölçülen değerlerle karşılaştırılması Şekil 4.7'de verilmiştir.



Şekil 4.7. GEP Model 2'nin eğitim aşamasındaki model değerleri ile gerçek değerlerin karşılaştırılması

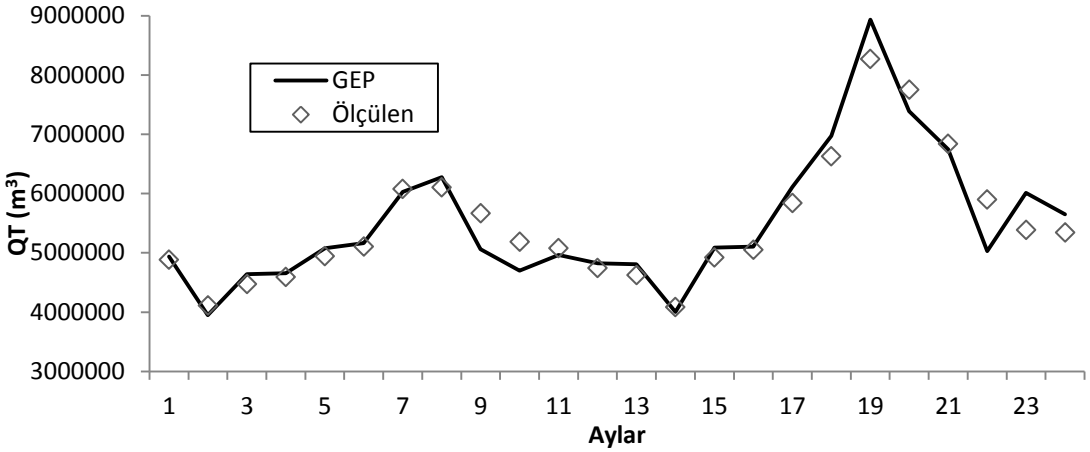
Şekil 4.8'de R^2:0.951 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.8. Eğitim seti için tahmin edilen değerlerin ölçülen değerlerle karşılaştırılması

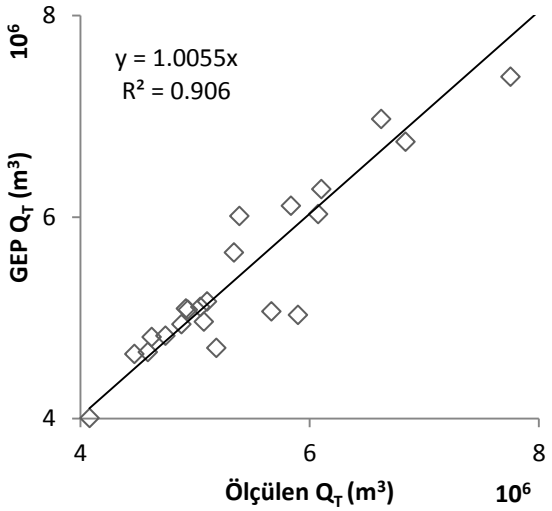
Test

Önerilen GEP formülleri, Tablo 4.1'de verilen test seti aralıkları için geçerlidir. Test için önerilen GEP formülasyonunun tahmini değerlerinin ölçülen değerlerle karşılaştırılması Şekil 4.9'da verilmiştir.



Şekil 4.9. GEP Model 2'nin test aşamasındaki model değerleri ile gerçek değerlerin karşılaştırılması

Şekil 4.10'da R^2:0.906 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.10. Test seti için tahmin edilen değerlerin ölçülen değerlerle karşılaştırılması

Şekil 4.7 ve Şekil 4.9'da da görüldüğü gibi ölçülen ve Modelde ortaya çıkan tahmin değerleri grafiklerinin birbirine yakın olması, Oluşturulan GEP Modelinin, ölçülen datalara yakın değerler içerdiğini göstermektedir.

4.2.3. Model 3 (3 Genli)

Önerilen 8 girdili ve bir çıktılı GEP formülasonu için (Model 3) İfade Ağacı (ET) Şekil 4.11'de verilmiştir. Model 3' de eğitim seti için R^2:0.982, RMSE:3.89 ve test seti için R^2: 0.947, RMSE: 7.97 olarak elde edilmiştir. Model 3 için elde edilen formül:

Q_T = pow(((d[0]/d[7])*sqrt(((d[1]+d[1])+d[1]))),(1.0/3.0))

*sqrt(pow(pow((((G2C0/d[5])-G2C1)+d[0]),(1.0/3.0)),(1.0/3.0)))

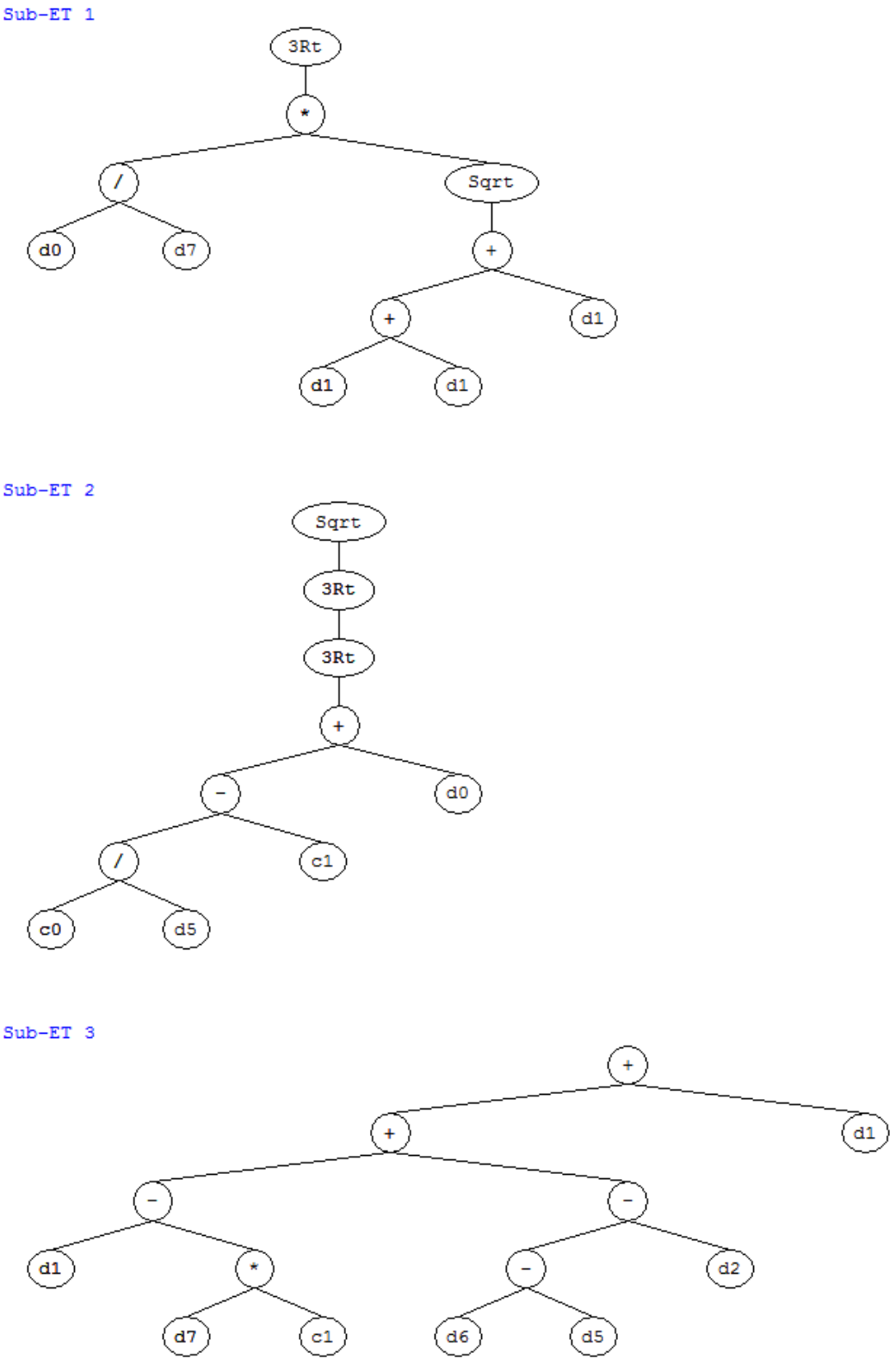
*(((d[1]-(d[7]*G3C1))+((d[6]-d[5])-d[2]))+d[1]); (4.10)

Bu sabit formülasyonda; G1C0 = 2.610443, G1C1 = 2.546906, G2C0 = 9.918946, G2C1 = 0.273224, G3C0 = 8.551422, G3C1 = 4.830811' dir. GEP formulasyonundaki gerçek değişkenler d[0]=A, d[1]=P, d[2]=S, d[3]=T, d[4]=R, d[5]=H, d[6]=Q_L, d[7]=D olarak ifade edilmiştir. İlgili değerler yerine bırakıldıktan sonra denklemin son hali:

$$Q_T=(\sqrt[3]{\frac{A}{D}+\sqrt{3P}})*\left(\sqrt[18]{\frac{9.918946}{H}-0.273224+A}\right)*(2P-4.830811D+Q_L-H-S) \quad (4.11)$$

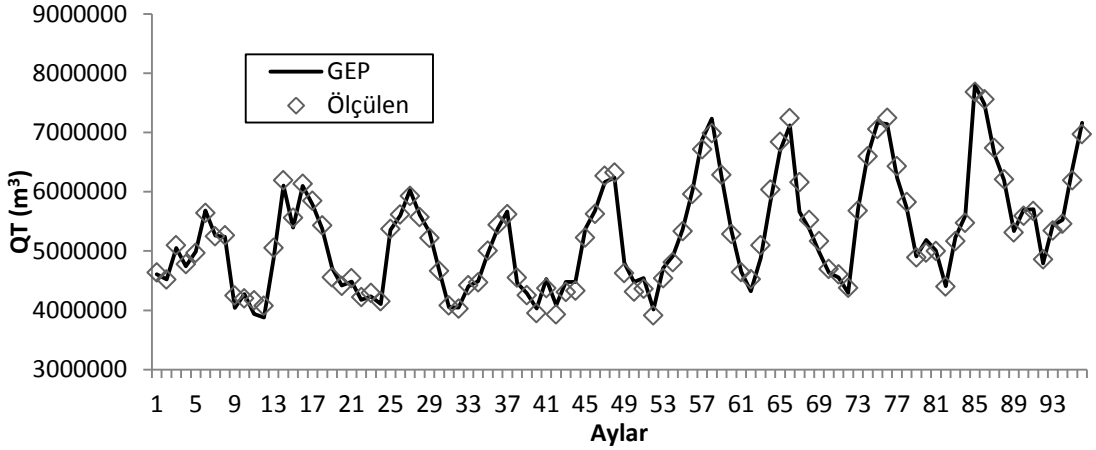
Bu modelde Q_T; Tahakkuk (A), Nem (H), Yağış (R), su kayıpları (Q_L), nüfus (P), gelişmişlik (D) ve İçmesuyu abone sayısı (S) gibi parametrelerden etkilenmiştir. Bu denklem, toplamda 7 bağımsız değişkeni içermektedir. Diğer değişkenlerin etkisi az olduğu için program bu değişkenleri elemine etmiştir (Sıcaklık/T).

Bu denklemin oluşturulmasında kullanılan parametrelerin değerleri; '$2{,}40 \leq A \leq 12{,}93$, $782.895 \leq P \leq 987.992$, $126.296 \leq S \leq 220.445$, $-5{,}1 \leq T \leq 32{,}3$, $0 \leq R \leq 209$, $10{,}7 \leq H \leq 87{,}9$, $2.026.774 \leq Q_L \leq 5.007.347$, $4.572 \leq D \leq 12.800$, $3.915.892 \leq Q_T \leq 8.226.563$ aralığındadır.



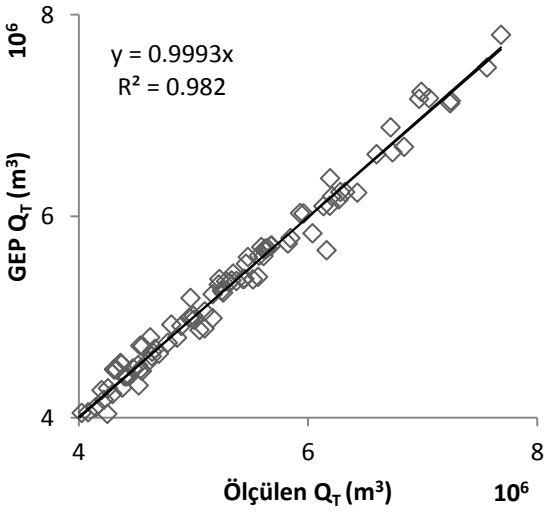
Şekil 4.11. Oluşturulan GEP Model 3 için İfade Ağacı (ET)

Eğitim



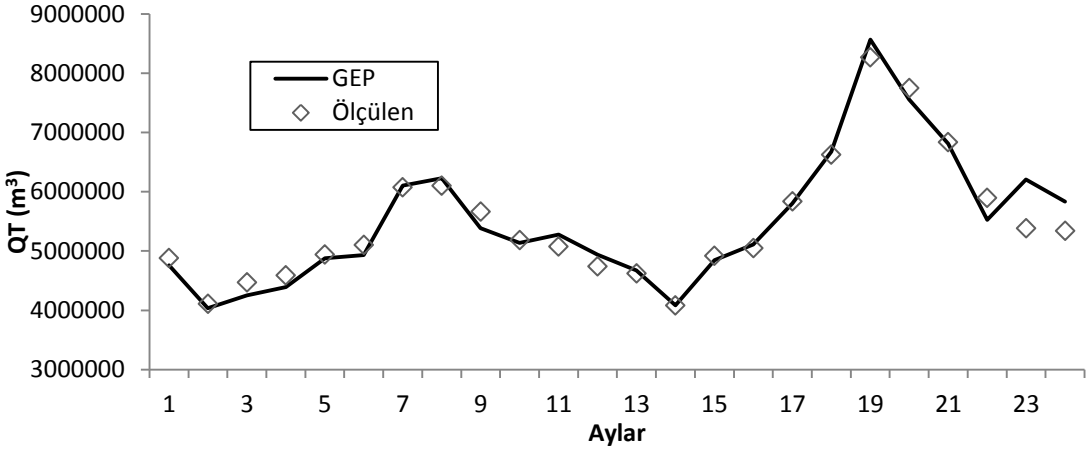
Şekil 4.12. GEP Model 3'ün eğitim aşamasındaki model değerleri ile gerçek değerlerin karşılaştırılması

Şekil 4.13'de R^2:0.982 olarak hesaplanmıştır.



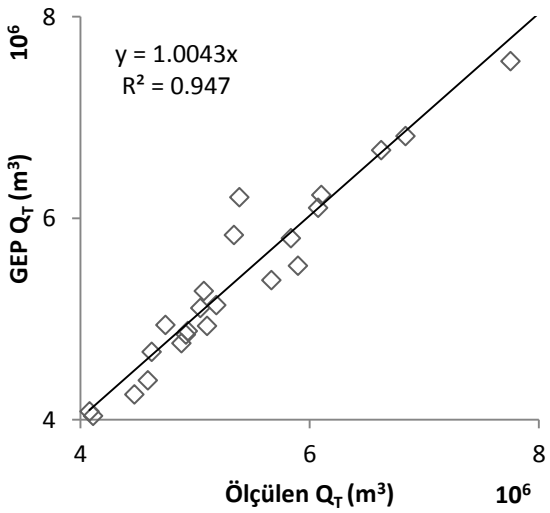
Şekil 4.13. Eğitim seti için tahmin edilen değerlerin ölçülen değerlerle karşılaştırılması

Test



Şekil 4.14. GEP Model 3'ün test aşamasındaki model değerleri ile gerçek değerlerin karşılaştırılması

Şekil 4.15'de R^2:0.947 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.15. Test seti için tahmin edilen değerlerin ölçülen değerlerle karşılaştırılması

Şekil 4.12 ve Şekil 4.14'de de görüldüğü gibi ölçülen ve Modelde ortaya çıkan tahmin değerleri grafiklerinin birbirine yakın olması, Oluşturulan GEP Modelinin, ölçülen datalara yakın değerler içerdiğini göstermektedir.

Önerilen GEP Formulasyonundaki Eğitim ve Test Modelleri, iyi kurgulanmış literatürdeki model sonuçlarına dayanmaktadır. Tasarlanan GEP Formulasyonu tahmini değerler, Çizelge 4.2'de verilen Eğitim Modelinin deneysel sonuçlarıyla

karşılaştırılmıştır. Ayrıca diğer Çizelge 4.2'de GEP formulasyonundaki değerler, Test Modelinin sonuçlarıyla da karşılaştırılmıştır.

Çizelge 4.2. Oluşturulan GEP Modellerin Parametrelerinin Hassaslık Analizi

		EĞİTİM		**TEST**	
Model	**Model Tipi**	**R^2**	**RMSE**	**R^2**	**RMSE**
Model 1	Q_T=f(A,P,S,T,R,H,Q_L,D)	0.900	8.35	0.881	10.31
Model 2	Q_T=f(A,P,S,T,R,H,Q_L,D)	0.951	6.74	0.906	10.88
Model 3	Q_T=f(A,P,S,T,R,H,Q_L,D)	0.982	3.89	0.947	7.97
Model 4	Q_T=f(A,P,S,T,H,Q_L,D)	0.977	4.52	0.941	8.47
Model 5	Q_T=f(A,P,S,R,H,Q_L,D)	0.941	7.08	0.928	9.49
Model 6	Q_T=f(A,P,S,T,R,Q_L,D)	0.973	4.81	0.940	8.38
Model 7	Q_T=f(A,P,S,T,R,H,D)	0.858	11.07	0.834	14.89
Model 8	Q_T=f(A,P,S,T,R,H,Q_L,)	0.935	7.62	0.917	10.47
Model 9	Q_T=f(A,P,T,R,H,Q_L,D)	0.961	5.82	0.933	8.60
Model 10	Q_T=f(A,S,T,R,H,Q_L,D)	0.930	7.97	0.892	12.02
Model 11	Q_T=f(P,S,T,R,H,Q_L,D)	0.896	9.90	0.791	16.00
Model 12	Q_T=f(A,P,S,T,R,Q_L)	0.910	8.79	0.800	14.55
Model 13	Q_T=f(A,P,S,H,Q_L,D)	0.964	5.50	0.950	7.53
Model 14	Q_T=f(A,P,S,Q_L,D)	0.935	7.49	0.853	14.07
Model 15	Q_T=f(A,P,R,H,Q_L)	0.887	10.25	0.855	16.38
Model 16	Q_T=f(A,P,S,Q_L)	0.930	10.94	0.859	13.09
Model 17	Q_T=f(A,P,Q_L,D)	0.980	4.21	0.946	7.87
Model 18	Q_T=f(A,P,Q_L)	0.915	8.60	0.834	14.20
Model 19	Q_T=f(P,Q_L,D)	0.860	10.85	0.736	17.11

Eğitim ve Test Modellerinin performansı, istatistiksel ölçüm değerleri olan R^2 ve RMSE değerlerinin sonuçlarıyla doğrulanır. R^2 ve RMSE istatistikleri Çizelge 4.2'deki denklemler kullanılarak belirlenir. RMSE; modeldeki değerler ve elde edilen gerçek değerler arasındaki ortalama farkı tanımlamaktadır.

Çizelge 4.2'de karşılaştırılan GEP Modellerinde, her bir model için bir ya da birden fazla parametre çıkarılır. Bu sekiz bağımsız parametrenin, Q_T ve denklemi üzerindeki etkileri ihmal edilemez. Bu modeller arasından en yüksek R^2 oranlı ve en düşük RMSE gibi değerlere bakıldığında Model 3'ün yüksek ve güçlü bir değer oluşturduğu görülmektedir. Bu Modelde R^2 değeri 0.982 iken, RMSE değeri ise 3.89 ile sınırlı kalmıştır. Modeli oluşturan parametrelerin içmesuyu tüketimine olan etkisine bakıldığında su fiyatı/A (Model 3, Model 11, Model 17 ve Model 19) ve su kayıplarının/Q_L (Model 3, Model 7 ve Model 17) oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca, bu parametrelerden olan Yağış/R (Model 3, Model 13 ve Model 17) ve Nem/H (Model 1 ve Model 6) içmesuyu tüketimine etkisi oldukça az olduğu görülmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde Su Kuruluşları, tüketicilere sağlıklı içmesuyu sağlamakla yükümlüdürler. Artan nüfusla birlikte içmesuyu talebi artmakta ve arzı karşılayabilmek için; yüksek maliyetli su tedarik sistemleri inşa edilmektedir. Nüfus artışı, şehirleşmeyle beraber artan enerji ihtiyaçları, gıda ve tarım ihtiyacının artması, suya olan ihtiyacı ve suyun kontrollü denetiminin önemini oldukça arttırmaktadır.

Kentsel içmesuyu ihtiyacının belirlenmesi, içmesuyu temin ve dağıtım sistemlerinin en temel aşamasını oluşturmaktadır. Projelerin büyüklüğünün ve yeterliliğinin ilk ölçütü, içmesuyu tahminin sağlıklı bir şekilde oluşturulmasıdır. Mevcutta kullanılan tahmin yöntemleri, nüfus artışı üzerinden yapılmasına rağmen, günümüzde içmesuyu tüketimini etkileyen birçok parametrenin var olduğu bir gerçektir. İçmesuyu tahminlerinin yapılması sürecinde; iklimsel koşullar, yerleşim yerinin sosyal ve ekonomik durumu, su kullanım eğrileri ve su kayıpları gibi birçok faktör etkili olmaktadır.

Bu çalışmada içmesuyu tahminini etkileyebilecek olan parametrelerin matematiksel olarak modellenmesinde, bir Yapay Zekâ (AI) tekniği olan Genetik İfadeli Programlama (GEP) kullanılmıştır. Bu çalışma ile içmesuyu tüketimini etkileyebilecek parametreler irdelenmiştir. Diyarbakır (MERKEZ) İlinin içmesuyu tüketimini etkileyebilecek veriler kapsamında oluşturulan modelde, on yılın (2005-2014) verileri kullanılmıştır. Bu veriler, şebekeye verilen su, şebekede oluşan su kayıpları, tahakkuk, sıcaklık, nem, nüfus, yağış, Diyarbakır İline ait gelişmişlik durumunu gösteren Gayrı Safi Yurtiçi Hâsıla (GSYH) ve içmesuyu abone sayısı gibi su talebini etkileyebilecek girdilerden oluşturulmuştur. Programın oluşturduğu R^2 ve RMSE değerleri kullanılarak, gerçekte ölçülen değerlerle, tahmin edilen değerlerin karşılaştırılması yapılmıştır. Model sonuçları, gözlem değerleri ile kıyaslandığı yakın benzerlikler tespit edilmiştir.

Bu çalışmada, birbirinden farklı parametreler içeren çeşitli modeller geliştirilmiştir (19 model). İçmesuyu tüketimine etki edebilecek olan parametreler, altıncı bölümde sunulan Çizelge 4.2'de, Model Tipi sütununda denklemleştirilmiştir. Model 1, 2 ve 3'de; su kayıpları, tahakkuk, sıcaklık, nem, nüfus, yağış, Diyarbakır İline ait gelişmişlik durumunu gösteren Gayrı Safi Yurtiçi Hâsıla (GSYH) ve içmesuyu

abone sayısı gibi parametreler (Q_T=f(A, P, S, T, R, H, Q_L, D)) kullanılmıştır. Diğer16 modelde, girdilerin ölçülen ve oluşturulan modeller üzerindeki etkisini daha iyi kavramsallaştırmak için, girdi ya da girdiler rastgele çıkarılıp, modellerin perforformansı R^2 ve RMSE değerleriyle karşılaştırılmıştır. Oluşturulan 19 Model içerisinde tüm girdilerin sonuca etki ettiği, Model 3'ün en iyi varsayımla tamamlandığını görülmektedir. Bu modelde R^2 = 0.982 ve RMSE = 3.89 olarak belirlenmiştir. Bu modelde Q_T; Tahakkuk (A), Nem (H), Yağış (R), sıcaklık (T), su kayıpları (Q_L), nüfus (P), gelişmişlik (D) ve İçmesuyu abone sayısı (S) gibi parametrelerden etkilenmiştir. Bu parametrelerin tüketime olan etkisine bakıldığında, su fiyatı ve su kayıplarının etkisinin fazla olduğu, yağış ve nemin etkisinin ise oldukça az olduğu görülmüştür.

Bu denklemin oluşturulmasında kullanılan parametrelerin değerleri; $2{,}40 \leq A \leq 12{,}93$, $782.895 \leq P \leq 987.992$, $126.296 \leq S \leq 220.445$, $-5{,}1 \leq T \leq 32{,}3$, $0 \leq R \leq 209$, $10{,}7 \leq H \leq 87{,}9$, $2.026.774 \leq Q_L \leq 5.007.347$, $4.572 \leq D \leq 12.800$, $3.915.892 \leq Q_T \leq 8.226.563$ aralığındadır.

İçmesuyu talep ve tahmininin yapılmasında, ülkemizde konuyla ilgili çalışmaların kısıtlı olduğu görülmektedir. Dolayısıyla, günümüzde Su Kuruluşlarının yapmış olduğu tahmin yöntemlerinin etüt, plan ve proje aşamaları için yetersiz kaldığı düşünülebilir. Kullanılan kaynakların yetersizliği ve yapılan yatırımların maliyeti düşünüldüğünde, içmesuyu tahmininin hassas bir şekilde yapılması gerektiği görülmektedir. Konunun öneminin farkına varılması ve konuyla ilgili su kuruluşlarının, üniversitelerle birlikte yeni bir perspektif oluşturması fayda sağlayabilir. Yapılacak olan bu çalışmalar suyun daha verimli ve ekonomik olarak kullanılmasında ve yönetilmesinde katkı oluşturacaktır. Gelecekteki araştırmaların, su kaynakları sistemlerinin daha iyi planlanması, tasarımı, işletilmesi ve yönetilmesi için bu yönde çalışmaların yapılması gerekmektedir. Bu çalışmanın temel sonucu olarak; bir Yapay Zekâ (AI) Tekniği olan GEP, içmesuyu talep ve tahmin yönetiminde geliştirilebilir ve kullanılabilir bir metot olarak değerlendirilebilir.

6. KAYNAKLAR

Adamowski, F. (2008). Peak Daily Water Demand Forecast Modeling Using Artificial Neural Networks. ***J. Water Resour. Plann. Manage,*** 134:119-28.

Akdağ, R. (2015). Kentsel Su Sunumunda Bir Yönetim Aracı Olarak Su Talep Tahmini. ***Niğde Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fak. Dergisi***. 8(3).

Altunkaynak, A., Özger, M., Çakmakçı, M. (2005). Water Consumption Prediction of Istanbul City by Using Fuzzy Logic Approach. ***Water Research Management***, 19:641-654.

Ajbar, A., Ali, E. (2012). Water Demand Prediction for Touristic Mecca City in Saudi Arabia using Neural Networks. ***International Scholarly and Scientific Research***, 6(5).

Aslan, B. (2016). İçmesuyu Temin ve Dağıtım Sistemlerinde Su Kayıp Ve Kaçaklarının Tespiti, Uzmanlık Tezi, İller Bankası A.Ş, Diyarbakır.

Azamathulla, H., Güven, A., Demir, Y. (2011). Linear Genetic Programming To Scour Below Submerged Pipeline. ***Ocean Engineering,*** 38 995-1000.

Azamathulla, H., Ghania, A., Leow C., Zakaria, A. (2011). Gene-Expression Programming for the Development of a Stage-Discharge Curve of the Pahang River. ***Water Resour Manage***, 25:2901-2916.

Bağatur, T., Önen F. (2013). A Predictive Model on Air Entrainment by Plunging Water Jets using GEP and ANN. ***KSCE Journal of Civil Engineering,*** 18(1):304-314.

Beysanoğlu, Ş. (1987). Anıtları ve Kitabeleri ile Diyarbakır Tarihi. Nadir Kitap, İstanbul.

Bingöl, B. N. (2008). Appraisal of Water Supply System in Diyarbakır, Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep.

Bingöl, B. N., Kavvas, M. (2011 Eylül). Diyarbakır Su Sisteminin Değerlendirilmesi. 2. Su Yapıları Sempozyumu. Diyarbakır.

Bruce Billings, R., Jones, C. (2007). ***Forecasting Urban Water Demand.*** American Water Works Association.

Chang, H. Peters, L. (2011). Urban Water Demand Modeling: Rewiew of Concepts, Methods and Organizing Principles. Portland State University. ***Water Resources Research***, 47, 15.

Devlet Su İşleri. (2014). Faaliyet Raporu; DSİ. Ankara.

Diyarbakır Su ve Kanalizasyon İdaresi. (2014). Faaliyet Raporu; DİSKİ. Diyarbakır.

Ferreira, C. (2004). Gene Expression Programming And The Evolution Of Computer Programs. ***Idea Group Publishing.***

Ferreira, C. (2001). Gene Expression Programming: A New Adaptive Algorithm for Solving Problems and The Evolution Of Computer Programs. Complex Systems.

Göloğlu, C., Arslan, Y. (2006). Genetik Programlama İle İmalat İçin Yüzey Pürüzlülük Modeli Geliştirilmesi. ***Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi.*** 4, 667-674.

Güven, A., Aytek A. (2009). New Approach for Stage–Discharge Relationship: Gene-Expression Programming. ***Journal of Hydrologic Engineering***, 812-820.

Güven, A., Günal M. (2008). Genetic Programming Approach for Prediction of Local Scour Downstream of Hydraulic Structures. ***Journal Of Irrigation and Drainage Engineering,*** 134:2 (241).

Heberger, M., Donelly, K., Cooley, H. (2016). ***A Community Guide For Evaluating Future Urban Water Demand.*** Pacific Institute.

İller Bankası A. Ş. (2013). İçmesuyu Tesisleri Etüt, Fizibilite ve Projelerinin Hazırlanmasına ait Teknik Şartname.

Kalkınma Bakanlığı. (2014). Su Kaynakları Yönetimi ve Güvenliği. Ankara.

Kahraman, A., Özdağlar D. (2004). Su Dağıtım Sistemlerinin Genetik Algoritma İle Optimizasyonu. DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi.

Kısıklı, C. (2009). İçmesuyu Şebekelerinde Kayıp ve Kaçakların Genetik Algoritma ile Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Kumarci, K., Kamali, M., Dehkordi, A.(2011). Dynamic Analysis of Concrete Minaret Using Gene Expression Programming. 2011 2nd International Conference on Construction and Project Management IACSIT Press, Singapore.

Li X., Zhou C., Xiao W., Nelson P(2007). Prefix Gene Expression Programming. ***Genetic and Evolutionary Computation Conference***, 25-29.

Li, Y. (2013). Analysis Of Urban Water Use and Urban Consumptive Water Use in Nebraska-Case Study in The City of Lincoln, grand Island and Sidney. University of Nebraska-Lincoln.

Mermer, M. (2007). Kentsel İçmesuyu İhtiyacının Yapay Sinir Ağlarıyla Tahmini, Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa.

Nzia, K. (2013). End Use Based Model For Residential Power Consumption Forecasting in Nairobi Region, Kenya. University of Nairobi.

Önen, F.(2013). Prediction Of Penetration Depth İn A Plunging Water Jet Using Soft Computing Approaches. Springer-Verlag London.

Öztürk, İ., Uyak, V., Çakmakcı, M., Akça, L. Dimension of Water Loss Through Distribution System and Reduction Methods in Turkey. International Congress on River Basin Management.

Songur, M. (2015). İçmesuyu Şebekelerindeki Fiziksel Kayıpları Önlemeye Yönelik Matematiksel Bir Modelin Geliştirilmesi ve Diyarbakır Örneği, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

Türk Sanayicileri ve İşadamları Derneği. (2008). Küresel Su Krizine Çözüm Arayışları: Şebeke Suyu Hizmetlerine Özel Sektör Katılımı: Dünya Örnekleri Işığında Türkiye İçin Öneriler; TÜSİAD Yayın no: T/2008-09/470. İstanbul.

Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu. (2011). Ulusal Su Ar-Ge ve Yenilik Stratejisi; TÜBİTAK 2010/101. Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

Behzat ASLAN, 29.12.1985 yılında Diyarbakır'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Diyarbakır'da tamamladı. 2005 yılında Ziya Gökalp Süper Lisesinden mezun oldu. 2006 yılında başladığı Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliğinden 2011 yılında mezun oldu. 2017 yılında Anadolu Üniversitesi İşletme Fakültesi İşletme bölümünü tamamladı. 2013 yılından beri İller Bankası A. Ş. Diyarbakır Bölge Müdürlüğünde Etüt-Proje Biriminde Teknik Uzman/İnşaat Mühendisi olarak çalışmaktadır.

T.C.
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI İNTİHAL RAPORU FORMU

ÖĞRENCİ BİLGİLERİ	
ADI VE SOYADI	Behzat ASLAN
ÖĞRENCİ NO	12806008
EĞİTİM – ÖĞRETİM YILI	2016-2017
YARIYIL	☐ Güz ☒ Bahar
ANABİLİM DALI	İnşaat Mühendisliği
PROGRAM	Yüksek Lisans
TEZ KONUSU	Diyarbakır Kenti İçmesuyu İhtiyacının Genetik İfadeli Programlama ile Modellenmesi
İNTİHAL RAPORU BİLGİLERİ	
RAPOR TÜRÜ	Tez Savunma Sınavı Sonrası
SAYFA SAYISI	65
BENZERLİK ORANI	%11
RAPORLAMA TARİHİ	18/08/2017

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın kapak sayfası, giriş, ana bölümler, sonuç ve tartışma kısımlarından oluşan toplam 65 sayfalık kısmına ilişkin, 18/08/2017 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan intihal raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 11'dir.

Uygulanan filtrelemeler:

- ☐ Kabul/Onay sayfaları hariç,
- ☐ Kaynakça hariç
- ☐ Alıntılar hariç/dâhil
- ☐ Diğer

Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Programlarda Tez Çalışması İntihal Raporu Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edilmesi durumunda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Behzat ASLAN

18/08/2017	18/08/2017
Doç. Dr. Fevzi ÖNEN	Doç. Dr. Halil GÖRGÜN
Tez Danışmanı	**Anabilim Dalı Başkanı**