

**T.C.
KAYSERİ ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
HESAPLAMALI BİLİMLER VE MÜHENDİSLİK
ANABİLİM DALI**

ZAMAN SERİSİ ANALİZİ İLE SU TALEP TAHMİNİ

**Hazırlayan
Mehmet Hakan KİP**

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Nuh AZGINOĞLU**

Yüksek Lisans tezi

Eylül 2024, KAYSERİ

T.C.
KAYSERİ ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
HESAPLAMALI BİLİMLER VE MÜHENDİSLİK
ANABİLİM DALI

ZAMAN SERİSİ ANALİZİ İLE SU TALEP TAHMİNİ
(Yüksek Lisans tezi)

Hazırlayan
Mehmet Hakan KİP

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Nuh AZGINOĞLU

Eylül 2024, KAYSERİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu tezin kendi çalışmam olduğunu, planlanmasından yazımına kadar hiçbir aşamasında etik dışı davranışımın olmadığını, tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları kaynaklar listesine aldığımı, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.



Mehmet Hakan KİP

TEZ İNTİHAL RAPORU TESLİM FORMU



T.C.
KAYSERİ ÜNİVERSİTESİ
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürlüğü

Anabilim Dalı : Hesaplamalı Bilimler ve Mühendislik ABD

Program Adı : Tezli Yüksek Lisans

Tez Başlığı : Zaman Serisi Analizi İle Su Talep Tahmini

Yukarıda bilgileri verilen tez çalışmasının a) Giriş, b) Ana bölümler ve c) Sonuç kısımlarından oluşan (Kapak, Önsöz, Özet, İçindekiler ve Kaynakça hariç) toplam 57 sayfalık kısmına ilişkin 01/10/2024 tarihinde **Turnitin** intihal programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan özgünlük raporuna göre tezin benzerlik oranı: %2'dir.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Giriş dahil
- 2- Ana Bölümler dahil
- 3- Sonuç dahil
- 4- Alıntılar dahil
- 5- Kapak hariç
- 6- Önsöz ve Teşekkür hariç
- 7- İçindekiler hariç
- 8- Kaynakça hariç
- 9- Özet hariç
- 10- Yedi (7) kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Kayseri Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Önerisi Hazırlama, Tez Yazma ve Teslim Yönergesini inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini, aksinin tespit edileceği muhtemel durumlarda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim. 03/09/2024

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Nuh AZGINOĞLU

Öğrenci: Mehmet Hakan KİP

YÖNERGEYE UYGUNLUK

"Zaman Serisi Analizi İle Su Talep Tahmini" adlı tez, Kayseri Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi'ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Hazırlayan

Mehmet Hakan KİP

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Nuh AZGINOĞLU

Hesaplamalı Bilimler ve Mühendislik Anabilim Dalı

Prof. Dr. Ercan KARAKÖSE

KABUL ONAY TUTANAĞI

Nuh AZGINOĞLU danışmanlığında Mehmet Hakan KİP tarafından hazırlanan “Zaman Serisi Analizi ile Su Talep Tahmini” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Kayseri Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **Hesaplamalı Bilimler ve Mühendislik** Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

03/09/2024

JÜRİ:

Danışman : Dr.Öğr.Üyesi Nuh AZGINOĞLU

Üye : Doç.Dr. Murat TAŞYÜREK

Üye : Dr.Öğr.Üyesi Bilge Kağan DEDETÜRK

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun/...../..... tarih ve sayılı kararı ile onaylanmıştır.

...../...../.....

Doç. Dr. Ahmet TERZİ
Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmamda bana yardımlarını ve desteğini eksik etmeyerek tez çalışmamı başarı ile tamamlamamı sağlayan danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Nuh AZGINOĞLU'na; teze kaynak sağlayan KASKİ (Kayseri Su ve Kanalizasyon İdaresi) Genel Müdürlüğüne; hayatımın her döneminde bana desteklerini esirgemeyen ve her zaman yanımda olan annem, babam ve ablalarım; Tüm içtenliğimle teşekkür ederim.

Mehmet Hakan KİP, Kayseri, 2024

ZAMAN SERİSİ ANALİZİ İLE SU TALEP TAHMİNİ

Mehmet Hakan KİP

Kayseri Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi, Eylül 2024

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Nuh AZGINOĞLU

ÖZET

Küresel iklim değişikliği, artan nüfus ve su kaynaklarının verimsiz kullanımı gibi faktörler, su kıtlığını dünya genelinde giderek büyüyen bir sorun haline getirmektedir. Su talebinin doğru bir şekilde tahmin edilmesi, su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi açısından büyük bir öneme sahiptir. Bu çalışmada, Kayseri iline ait içme suyu tüketim verileri kullanılarak, ARIMA, SARIMA ve Facebook Prophet isimli zaman serisi analiz yöntemleri ile su talep tahmini gerçekleştirilmiştir. ARIMA yöntemi, zaman serisi analizinde kullanılan geleneksel yöntemlerden olup serideki eğilim ve otokorelasyonları dikkate alırken, SARIMA modeli mevsimsel örüntüleri de içeren daha karmaşık bir yapı sunmaktadır. Facebook Prophet ise zaman serisi analizi için kullanılan güncel yöntemlerdendir. Tez çalışması kapsamında ARIMA ve SARIMA birlikte, Facebook Prophet ise ayrı değerlendirilmiştir. Yapılan deneylerde ARIMA modelinin ani değişiklikleri yeterince yakalayamadığı, SARIMA'nın mevsimsellik ve eğilimleri iyi yakaladığı görülmüştür. Bununla birlikte Ortalama Kare Hatası (MSE) kıyaslamasında ARIMA'nın daha başarılı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Facebook Prophet ile yapılan analizde ise hem yıllık hem de aylık bazda değerlendirme fırsatı elde edilmiştir. Yıllar içerisinde su tüketiminin giderek arttığı tespiti üzerine artan nüfus oranı dikkate alınarak su tüketimi ile nüfus arasındaki korelasyon ortaya konulmuştur. Elde edilen korelasyon değeri bize artan su talebine ilişkin tek parametrenin artan nüfus olmadığı, tarım, meteoroloji vb. faktörlerin de su talebine etkisinin olabileceğini göstermektedir. Bu konulardaki etkilerin araştırılması bu tez çalışmasının kapsamında olmayıp, bu çalışmanın farklı çalışmalar için esin kaynağı olabileceği değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Facebook Prophet, Kentsel Su Talep Tahmin, ARIMA, SARIMA.

WATER DEMAND FORECASTING WITH TIME SERIES ANALYSIS**Mehmet Hakan KİP****Kayseri University, Institute of Graduate Education****Master Thesis, September 2024****Supervisor: Assistant Professor Nuh AZGINOGLU****ABSTRACT**

Global climate change, increasing population, and inefficient water use are making water scarcity a growing problem worldwide. Accurate estimation of water demand is crucial for sustainable water management. This study was conducted using drinking water consumption data from Kayseri, and water demand was estimated using ARIMA, SARIMA, and Facebook Prophet, which are offline time series analysis methods. The ARIMA method is one of the traditional techniques used in time series analysis. While the ARIMA model accounts for autocorrelations in the data, it cannot model seasonal patterns, whereas the SARIMA model offers a more complex structure that includes seasonality. Facebook Prophet is one of the modern methods employed for time series analysis. In this study, ARIMA and SARIMA were evaluated together, while Facebook Prophet was evaluated separately. The experiments showed that the ARIMA model struggled to capture sudden changes effectively, while SARIMA performed well in capturing seasonality and patterns. However, ARIMA was found to be more successful when comparing Mean Square Error (MSE). The analysis with Facebook Prophet allowed for the evaluation of water demand on both annual and monthly scales. The relationship between water consumption and population was analyzed. The results revealed that the increasing population rate alone did not explain the gradual rise in water consumption. Other factors, such as agricultural production and meteorological conditions, also significantly influenced water demand. The results of this study provide valuable insights and serve as a source of inspiration for future research.

Keywords: Facebook Prophet, Urban Water Demand Forecasting, ARIMA, SARIMA.

İÇİNDEKİLER

ZAMAN SERİSİ ANALİZİ İLE SU TALEP TAHMİNİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK	i
TEZ İNTİHAL RAPORU TESLİM FORMU	ii
YÖNERGEYE UYGUNLUK.....	iii
KABUL VE ONAY TUTANAĞI.....	iv
TEŞEKKÜR	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER	viii
KISALTMALAR	x
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM TEMEL KAVRAMLAR

1.1. Suyun Önemi.....	5
1.2. Su Talebi	8

İKİNCİ BÖLÜM LİTERATÜR TARAMASI

2.1. Literatür Taraması	12
-------------------------------	----

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM METODOLOJİ

3.1. Su Talep Tahmininde Zaman Serileri	37
3.2. ARIMA Yöntemi	38
3.3. SARIMA Yöntemi	41
3.4. Facebook Prophet.....	41
3.5. Korelasyon Analizi.....	43

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

DENEYSEL SONUÇLAR

4.1 Veri Kümesi	44
4.2. ARIMA Yöntemi	45
4.2.1. ADF testi sonuçları.....	46
4.2.2. KPSS testi sonuçları	46
4.2.3. ACF ve PACF grafiklerinin yorumlanması	47
4.2.4. ADF testi sonuçları (farklılaştırılmış seri)	47
4.2.5. KPSS testi sonuçları (farklılaştırılmış seri).....	48
4.2.6. ACF ve PACF grafiklerinin yorumlanması (farklılaştırılmış seri)	49
4.2.7. Farklılaştırılmış seri ACF grafiği	50
4.2.8 Farklılaştırılmış seri PACF grafiği.....	50
4.3. SARIMA Yöntemi	51
4.4. Facebook Prophet Sonuçları	54
4.5. Korelasyon Analizi Sonuçları	54
SONUÇ.....	55
KAYNAKLAR	58
ÖZ GEÇMİŞ.....	66
EK-1 TURNİTİN RAPORU.....	67

KISALTMALAR

ACF	: Otokorelasyon Fonksiyonu
AR	: Otomatik Regresyon Modeller
ARIMA	: Otomatik Regresif Entegre Hareketli Ortalama
CNN	: Konvolüsyonel Sinir Ağları
GRU	: Kapılı Tekrarlama Ünitesi
KPSS	: Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin testi
LSTM	: Uzun – Kısa Vadeli Bellek
MA	: Hareketli Ortalama
MAE	: Ortalama Mutlak Hata
MAPE	: Ortalama Mutlak Yüzde Hatası
MLR	: Çoklu Doğrusal Regresyon
MSE	: Ortalama Kare Hatası
PACF	: Kısmi Otokorelasyon Fonksiyonu
RMSE	: Kapılı Tekrarlama Ünitesi
SVM	: Destek Vektör Makineleri
YSA	: Yapay Sinir Ağları

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 4.1. Çalışma Alanı Grafiği.....	45
Şekil 4.2. Zaman Serisi Grafiği	45
Şekil 4.3. ACF Grafiği.....	47
Şekil 4.4. PACF Grafiği.....	48
Şekil 4.5. Farklılaştırılmış Seri ACF Grafiği	50
Şekil 4.6. Farklılaştırılmış Seri PACF Grafiği.....	51
Şekil 4.7. ARIMA Değer Grafiği.....	51
Şekil 4.8. SARIMA Değer Grafiği	52
Şekil 4.9. Facebook Prophet Tahmin Grafiği	52
Şekil 4.10. Facebook Prophet Eğilim Grafiği(Gelecek)	53
Şekil 4.11. Aylık Bazda Su Tüketim Eğilim Grafiği.....	53

GİRİŞ

Su, insan yaşamının sürdürülebilmesi için vazgeçilmez bir doğal kaynaktır. Tarım, sanayi ve enerji üretimi gibi birçok alanda hayati bir rol oynamaktadır. Ancak, günümüz dünyasında su kaynaklarının yönetimi, iklim değişikliği, hızlı nüfus artışı ve sanayileşme gibi faktörlerin etkisiyle giderek daha karmaşık bir hal almaktadır. Türkiye, coğrafi konumu ve iklim yapısıyla zengin su kaynaklarına sahip olsa da, bu kaynakların verimli kullanımı ve korunması konusunda ciddi zorluklar yaşamaktadır.

Türkiye'de su kaynaklarının verimli kullanımı, sanayi ve tarım sektörlerinin aşırı su tüketimi nedeniyle tehdit altındadır. Tarımsal sulama sistemlerinin büyük bir kısmı, modern yöntemler yerine geleneksel yöntemlerle gerçekleştirildiği için su israfı söz konusudur. Sulama yöntemleri, suyun etkin kullanılmaması sonucunda ciddi kayıplara yol açmaktadır. Bu durum, hem tarım ürünlerinin verimliliğini azaltmakta hem de su kaynaklarının tükenmesine neden olmaktadır.

Su kaynaklarının kirlenmesi, Türkiye'deki su krizinin bir diğer önemli boyutudur. Sanayi atıkları, tarım ilaçları ve evsel atıklar, su kaynaklarını kirletmekte ve su kalitesini düşürmektedir. Büyük şehirlerin atık su yönetimi yetersiz kalmakta, temiz su kaynakları kirlenmektedir. Kirli su, hem insan sağlığı hem de ekosistemler için büyük tehditler oluşturmakta ve su kaynaklarının kullanılamaz hale gelmesine neden olmaktadır.

Türkiye'nin nüfusunun sürekli artışı, su talebini de önemli ölçüde artırmaktadır. Kentsel alanlardaki büyüme, su ihtiyacının artmasına ve mevcut kaynakların baskı altında kalmasına neden olmaktadır. Su talebindeki bu artış, suyun yalnızca içme suyu olarak değil, aynı zamanda sanayi ve tarımda da kullanılmak üzere daha etkin

yönetilmesini zorunlu hale getirmektedir. Eğer bu eğilimler devam ederse, Türkiye'nin gelecekte su kıtlığı yaşaması kaçınılmaz olacaktır [1].

Tüm bu sorunların üstesinden gelebilmek için suyun verimli ve ekonomik bir şekilde tüketilmesi, sürdürülebilir su yönetimi açısından büyük önem arz etmektedir. Sürdürülebilir su yönetimi, su kaynaklarının korunmasını, etkin kullanılmasını ve gelecek nesillere sağlıklı bir şekilde aktarılmasını amaçlamaktadır. Bu kapsamda, modern sulama yöntemlerinin benimsenmesi, atık su arıtma sistemlerinin geliştirilmesi ve kamu bilincinin artırılması gibi önlemler hayata geçirilmelidir.

Ayrıca, su yönetiminde veriye dayalı karar alma süreçlerinin entegrasyonu da kritik bir rol oynamaktadır. Su talep tahminleri ve zaman serisi analizleri gibi yöntemler, su kaynaklarının daha etkili bir şekilde yönetilmesine yardımcı olabilir. Bu bağlamda, hükümetin ve ilgili kurumların sürdürülebilir su yönetimi politikalarını geliştirmesi, ülkenin su kaynaklarını korumak ve gelecekte su sıkıntısı yaşamamak için önemlidir.

Su kaynakları, günümüz dünyasında önemli doğal kaynaklardan biri durumundadır. Türkiye, su kaynaklarının verimsiz kullanımı, kirlenmesi ve artan nüfus nedeniyle ciddi su kıtlığı sorunlarıyla karşı karşıyadır [1]. Bu eğilimlerin devam etmesi durumunda, ülkenin gelecekte su sıkıntısı yaşaması kuvvetle muhtemeldir. Bu kapsamda, suyun verimli ve ekonomik bir şekilde tüketilmesi, ülke genelinde sürdürülebilir su yönetimi için büyük önem arz etmektedir.

Su talebinin gelecekteki eğilimlerini anlamak ve yönetilebilir hale getirmek, su kaynaklarının etkin kullanımını sağlamak adına önemli bir adımdır [2]. Su talebinin tahmini, şehirlerin su yönetimi politikalarının belirlenmesinden yatırım planlamalarına, su sistemlerinin (arıtma tesisleri, depolama, iletim ve dağıtım hatları) işletme ve yatırım maliyetlerinin hesaplanmasından fiyatlandırma ve su tasarrufu stratejilerinin oluşturulmasına kadar geniş bir uygulama yelpazesi sunmaktadır [3]. Bu nedenle, su sistemlerinin planlanması, tasarlanması ve yönetimi, doğru ve güvenilir su talebi tahminleriyle yakından ilgilidir.

Su talep tahmini için kullanılabilecek temel yöntemlerden bir tanesi zaman serileri analizidir. Zaman serileri analizi, tarihsel verilerden gelecekteki eğilimleri ve örüntüleri tahmin etmek için kullanılan en önemli yöntemlerden biri olarak öne

çıkmaktadır [4, 5]. Zaman serileri, belirli aralıklarla zaman içinde kaydedilen verileri tanımlamak için kullanılır ve bu veriler üzerinden gelecekteki eğilimleri, örüntüleri veya davranışları tahmin etmek mümkündür. Bu analiz yöntemi, ekonomi (hisse senedi fiyatları, enflasyon oranları), meteoroloji (sıcaklık, yağış), epidemiyoloji (hastalık yayılması) ve mühendislik (üretim verimliliği) gibi birçok farklı alanda yaygın olarak kullanılmaktadır [6, 7, 8].

Zaman serileri analizi, döngüler, eğilimler, mevsimsellikler ve rastgele etkiler gibi kavramları inceler ve bu analizler, gelecekteki değerleri tahmin etmek ve karar verme süreçlerinde kullanılan bilgiyi artırmak açısından büyük önem taşımaktadır [9]. Su talebinin tahmini, mevsimsel, aylık ve haftalık örüntülerin anlaşılması, hava koşullarının etkisinin değerlendirilmesi ve kaynak yönetimi stratejilerinin geliştirilmesi gibi amaçlarla kullanılabilir.

Zaman serileri analizi için kullanılan farklı yöntemler bulunmaktadır. AR, MA, Entegre Modeller ve ARIMA Modelleri gibi klasik yöntemler; ayrıca Yapay Sinir Ağları (YSA), Uzun – Kısa Vadeli Bellek (LSTM) ve Kapılı Tekrarlama Ünitesi (GRU) gibi modern yapay zekâ yaklaşımları da literatürde yer almaktadır.

Basit Hareketli Ortalama [9] ve Ağırlıklı Hareketli Ortalama [10] gibi yöntemler, zaman serilerindeki hataları azaltmak ve eğilimleri belirlemek için kullanılırken, ARIMA modelleri eğilimleri, mevsimsel değişiklikleri ve rastgele değişkenlikleri belirlemek için uygulanmaktadır [11]. YSA ise doğrusal olmayan ve karmaşık ilişkileri modelleyebilir [12].

Son yıllarda, Facebook tarafından geliştirilen Prophet aracı, zaman serileri analizi için popüler bir seçenek haline gelmiştir. Facebook Prophet, zaman serilerindeki eğilimleri ve mevsimsellik örüntülerini otomatik olarak algılayarak kullanıcıların örüntüleri elle tanımlamak için harcadıkları zamanı azaltır ve analizleri daha hızlı yapmaktadır. Ayrıca, tatiller ve hava durumu gibi ek değişkenlerin de analize entegre edilebilmesi gibi esnek özelliklere sahiptir.

Facebook Prophet, çeşitli tarihsel verilerle çalışabilmekte ve bu verilerle ilgili tahminler yapabilmektedir. Bu durum Facebook Prophet'ın farklı zaman kümeleri için oldukça esnek ve etkili bir araç yapmaktadır [5].

Bu çalışmanın amacı, Kayseri şehir merkezinde içme suyu talebinin zaman serileri analizi kullanılarak tahmin edilmesidir. Metodoloji olarak ARIMA, Mevsimsel Arıma (SARIMA) ve Facebook Prophet yöntemleri kullanılan çalışmamızda su tüketim verileri Kayseri Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi (KASKİ) Genel Müdürlüğü'nden elde edilmiştir. Bu çalışma, su tüketim eğilimlerinin yıllar boyunca nasıl değiştiğini analiz ederek, gelecekteki su talebini daha iyi anlamayı ve yönetmeyi hedeflemektedir.



BİRİNCİ BÖLÜM

TEMEL KAVRAMLAR

Bu bölümde doğal kaynak olarak suyun önemi, su kıtlığı, suyun dikkatli yönetiminin ve bu kapsamda su talep tahmininin önemli konularına yer verilmiştir.

1.1. Suyun Önemi

Su, yaşamın temel taşlarından biridir ve hem doğal çevre hem de insan faaliyetleri için hayati bir kaynak olarak kabul edilmektedir. Su, insan ve diğer canlıların temel hayati ihtiyaçlarından biridir. İnsan vücudu büyük oranda su içerir ve su, hücrelerin sağlıklı işlevlerini sürdürebilmesi için gereklidir. Yeterli su alımı, vücut sıcaklığının düzenlenmesi, besin maddelerinin taşınması ve atıkların atılması gibi temel işlevleri desteklemektedir. Su, bitkilerin büyümesi ve gelişmesi için de kritik öneme sahiptir.

Su, ekosistemlerin sürdürülebilirliğini sağlamak için kritik bir bileşendir. Nehirler, göller ve okyanuslar, birçok canlı türüne ev sahipliği yapmaktadır. Su kaynakları, habitat sağlayarak biyoçeşitliliği desteklemektedir. Ayrıca, su döngüsü, iklimin düzenlenmesine yardımcı olur ve doğal felaketlerin etkilerini azaltır.

Tarım, dünya genelinde gıda üretimi için suya bağımlıdır. Sulama, tarım alanlarının verimliliğini artırmak için gereklidir. Su, bitkilerin büyümesi için gerekli olan temel bileşenlerden biridir. Su kaynaklarının verimli yönetimi, gıda güvenliğini sağlamak ve tarımsal üretkenliği artırmak için kritik bir rol oynamaktadır.

Su, sanayi süreçlerinin çoğunda, üretimden soğutma sistemlerine kadar geniş bir yelpazede kullanılmaktadır. Enerji üretimi, madencilik, gıda işleme ve tekstil sanayi gibi birçok sektörde su, temel bir girdi olarak karşımıza çıkmaktadır.

Su, sadece fiziksel yaşam için değil, aynı zamanda sosyal ve kültürel yaşam için de önemlidir. Su kaynakları, insanların toplandığı, kültürel etkinliklerin yapıldığı ve sosyal yaşamın sürdüğü alanlardır. Ayrıca, birçok kültürde su, yaşamın sembolü ve manevi bir anlam taşımaktadır. Suya erişim, sosyal adaletin ve toplumsal eşitliğin sağlanmasında önemli bir faktördür [1].

İklim değişikliği, su kaynakları üzerinde önemli etkiler yaratmaktadır. Artan sıcaklıklar, su döngüsündeki değişiklikler ve aşırı hava olayları, suyun bulunabilirliğini ve kalitesini tehdit etmektedir. Bu nedenle, su yönetimi, iklim değişikliği ile mücadelede kritik bir öneme sahiptir.

Su, hayatın sürdürülebilirliği için vazgeçilmez bir kaynak olup, ekosistem dengesi, tarımsal üretim, ekonomik gelişme ve sosyal yaşam açısından büyük bir öneme sahiptir. Su kaynaklarının verimli ve sürdürülebilir yönetimi, gelecekte su güvenliğini sağlamak ve insanlığın temel ihtiyaçlarını karşılamak için hayati bir gereklilik haline gelmektedir. Bu nedenle, su kaynaklarının korunması ve yönetimi, hem bireyler hem de toplumlar için büyük bir sorumluluktur [2].

Su azlığı veya başka bir ifadeyle su kıtlığı, giderek daha fazla ülke için ciddi bir sorun haline gelmektedir. Bu durum, suyun dikkatli ve özenli bir şekilde yönetilmesini gerektirmektedir. Su kullanım alışkanlıkları ve verimli su yönetimi sağlamak için, mevcut kullanım durumlarının gözden geçirilmesi önemlidir. Bu sebeple, su sistemlerinin planlanması, tasarım ve yönetimi için doğru su talep tahmini önemlidir [2].

Gelecekteki su talebini tahmin etmek mümkündür. Bu tahminler, su otoritelerinin gelecekteki su temini ve depolama ihtiyaçlarını, arıtma tesisi kapasitelerini, acil durum su ihtiyaçlarını, su koruma politikalarının etkilerini, su temin maliyetlerini ve talep yönetimi stratejilerini planlamalarına yardımcı olabilmektedir.

Çok sayıda su kuruluşu, tahmin edilen nüfus sayısına kişi başına düşen su tüketimini çarparak basit yöntemler kullanır [11]. Bu yöntemler, analizi yapan kişinin nüfus tahminlerinin ne kadar doğru olduğuna ve her bireyin günlük su tüketiminin ne kadar doğru olduğuna bağlıdır. Kentsel su temin kuruluşları, su talebindeki değişimlere yanıt verirken maliyetleri minimize etmek için çeşitli düzenlemeler yapmaktadırlar. Mevsim faktörü yani kuraklık veya yağış oranı, haftalık, aylık ve günlük olarak su talebini etkilemektedir. Evsel, ticari ve endüstriyel faaliyetler, hava koşulları ve tatil alışkanlıkları bu değişimlere katkıda bulunmaktadır. İşletmeler, tüketim verileri, tatil günleri, haftanın günleri, önemli günler ve hava durumu gibi faktörleri dikkate alarak talep tahminlerini yapmaktadırlar [13]. Kurumsal yapılar, planlama sürecinde daha fazla bilgi ve daha iyi tahminler sağlamak için müşteri kategorilerine göre su tüketim değerlerini inceler. Bu yaklaşımlar, evsel, ticari, resmi kurumlar ve endüstriyel kullanıcıların dinamiklerine odaklanmaktadır.

Su talep tahmini yöntemlerinin seçiminde planlama amacı, mevcut veriler ve eldeki veriler gibi üç temel kriter vardır. Tahmin yöntemleri, tahmin işlemine ayrılan kaynaklara, analizi yapan kişinin teknik bilgi ve deneyimine ve mevcut verilere bağlıdır [13]. Su kullanımı, temel ve mevsimsel tüketim olarak iki grup olarak incelenebilir. Temel tüketim, hava koşullarından bağımsız olmak üzere toplam su tüketimini ifade eder ve genellikle tüketici davranışındaki değişime daha az duyarlıdır [14]. Mevsimsel tüketim ise hava koşullarına karşı hassastır ve günlük, haftalık ve aylık olarak değişir.

Doğru su talep tahminleri, su hizmeti sunan kuruluşların operasyonlarını optimize etmelerine ve maliyetleri düşürmelerine yardımcı olur [1]. Enerji fiyatlarındaki artışlar, su temin kuruluşlarının işlemlerini optimize etmelerini gerekli kılar. Gelecekteki su talebinin tahmini, ekonomik ve iklim koşulları gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak değişebilir ve su talebini belirlemede önemli rol oynamaktadır. Su talep tahmini, suyun değerli bir kaynak olduğunu ve paylaşımının bazen çatışmalara yol açabileceğini göstermektedir. Doğru tahminleme, su hizmeti sunan kurumlar için oldukça önemlidir [13]. Su kıtlığının yoğun olduğu yerlerde tahmini olarak su talebi

gereklidir. Birçok ülkede su kıtlığı büyük bir sorundur ve yetkililer uzun dönemli gerçekçi tahminlere ihtiyaç duymaktadır [1].

Su talep tahminleri, su kaynaklarının verimli kullanımı ve kaybolmasını önlemek için gereken strateji ve planlamaların oluşturulmasına dayanak sağlamaktadır. Kentsel gelişim programlarında da su talep tahmini önemli bir rol oynamaktadır. Su kaynaklarının optimum kullanımı ve sürdürülebilirliği ile ilgili birçok karar, su talebi analizine ve tahminine dayanmaktadır [13].

1.2. Su Talebi

Su talebi, belirli bir bölgede veya toplumda belirli bir zaman diliminde kullanılan su miktarını ifade etmektedir. Su talebinin anlaşılması, su kaynaklarının yönetimi, planlaması ve sürdürülebilirliği açısından kritik bir öneme sahiptir [1].

Su talebi, bireyler, tarım, sanayi ve diğer sektörler tarafından ihtiyaç duyulan su miktarını kapsamaktadır. Su talebi, günlük, mevsimsel ve yıllık bazda değişkenlik göstermektedir. Ayrıca, su talebi, içme suyu, sulama, sanayi kullanımı ve diğer çeşitli alanlarda farklılık arz etmektedir [1].

Artan nüfus, su talebinin yükselmesine neden olmaktadır. Daha fazla insan, daha fazla suya ihtiyaç duyar. Tarım sektörü, su tüketiminin büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Sulama yöntemleri ve tarımsal ürünlerin türü, su talebini önemli ölçüde etkilemektedir. İklim, su talebini etkileyen en önemli unsurlardan biridir. Sıcak ve kuru iklimler, su ihtiyacını artırırken, soğuk ve yağışlı iklimler talebi azaltabilmektedir [13].

Sanayi ve ticaret, su talebinin önemli bir kaynağıdır. Farklı sanayi kolları, suyun miktarını ve kullanım şeklini belirlemektedir. Toplumların suya karşı olan tutumları, kullanım alışkanlıkları ve suyun değeri konusundaki inançları, su talebini etkileyen sosyal ve kültürel unsurlardır.

Su talebinin doğru bir şekilde analiz edilmesi ve tahmin edilmesi, su yönetimi için hayati öneme sahiptir [1]. Su talep tahmini geçmiş verileri kullanarak gelecekteki su talebini tahmin etmek için sıklıkla kullanılmaktadır. Tahmin yöntemi, mevsimsel eğilimlerin ve uzun dönemli değişimlerin dikkate alınmasına olanak tanımaktadır.

Su talep tahmini ekonomik, demografik ve çevresel faktörleri dikkate alarak su talebini modellemek için kullanılmaktadır. Günümüzde, büyük veri analizi ve makine öğrenimi yöntemleri, su talebini tahmin etmede daha fazla kullanılmaktadır. Bu yöntemler, karmaşık verilerden anlamlı kalıplar çıkarmaya yardımcı olabilir.

Su talebinin doğru bir şekilde belirlenmesi ve yönetilmesi, su kaynaklarının sürdürülebilirliği açısından kritik öneme sahiptir. Su talebinin analizi, kaynakların verimli kullanımını sağlamak, su tasarrufu stratejileri geliştirmek ve su krizini önlemek için gereklidir. Sürdürülebilir su yönetimi, hem mevcut su kaynaklarını koruma hem de gelecekteki su ihtiyacını karşılama açısından büyük bir rol oynamaktadır [13].

Su talebi, bireyler ve toplumlar için hayati bir konudur ve su kaynaklarının yönetimi açısından temel bir unsurdur. Su talebini etkileyen faktörlerin anlaşılması, su tüketiminin tahmin edilmesi ve sürdürülebilir su yönetimi uygulamalarının geliştirilmesi, su krizinin önlenmesi ve su kaynaklarının etkin bir şekilde kullanılabilmesi için gereklidir. Bu nedenle, su talebi, su politikalarının belirlenmesi ve su yönetimi stratejilerinin geliştirilmesi açısından önemli bir araştırma alanıdır [13].

Su talebi, bir kentin belirli bir zaman diliminde ne kadar suya ihtiyacı olduğunu ifade etmektedir [13]. Ayrıca, su kayıplarını da içerir. Su talebi, tüketicinin su ihtiyacı ile mevsimsel ve iklimsel değişkenler gibi açıklayıcı değişkenler arasındaki fonksiyonel bir ilişki olarak tanımlanabilir [1]. Bu durumda, su talebi ile bahsi geçen değişkenler arasında düzenli nicel ilişkiler bulunmaktadır.

Su talebini etkileyen değişkenler genellikle iklimsel ve sosyo-ekonomik faktörler olarak ikiye ayrılır. İklİmsel faktörler, su talebi üzerinde dönemsel mevsimsel değişimlere neden olurken, sosyal ve ekonomik faktörler uzun vadeli etkiler oluşturmaktadır [1].

Su ihtiyacı, dağıtım şebekesindeki kaçak seviyesi ve hizmet verilen alandaki tüketicilerin türü ve sayısına bağlıdır [15]. Bu nedenle, su talebi genellikle ardışık gün ve haftalar arasında benzerlikler gösterir ve döngüsel bir model sergilemektedir.

Su temini, fiziksel hidroloji kuralları ve mühendislik prensipleri kullanılarak yönetilebilir. Ancak suya olan ihtiyaç, insanların ihtiyaçları ve davranışlarına bağlı bir faktördür [16]. Su yönetimi ile ilgilenen kuruluşlar ve yöneticiler genellikle toplam sistem değerlerine ve bunların nasıl hareket ettiğine odaklanmaktadır [1].

Su talebi tahminleme üzerine yapılan incelemeler, genel olarak kısa, orta ve uzun vadeli olmak üzere üç grupta yapılmaktadır. Bu tahminler genellikle güvenilirlik seviyelerine, kullanım amaçlarına ve tahmin modelinin tipine göre değişmektedir. Mevcut su temin sistemlerinin iyi çalışması ve yönetimi için kısa dönem tahminleri gereklidir [1].

Uzun dönem tahminleri ise su sistemlerinin planlanması, tasarımı ve kaynak yönetimi için kritik bir rol oynar. Kısa dönem tahminleri, genellikle mevcut su altyapılarının günlük operasyonlarının optimize edilmesine odaklanmaktadır. Bu tahminler, günlük değişkenliklere ve hava koşullarına bağlı olarak su talebinin nasıl değişeceğini öngörmeye yardımcı olur [15].

Öte yandan, uzun dönem tahminleri, gelecekteki su ihtiyaçlarını planlamak ve su sistemlerinin gelecekteki gereksinimlerine uygun olarak geliştirilmesine rehberlik etmek için kullanılmaktadır. Ancak, su talep tahminlerinin başarılı olması için, ekonomi, nüfus, iklim ve tüketici davranışlarının eğilimleri gibi birçok faktörü aynı anda dikkate alması gerekmektedir [13]. Bu faktörlerin etkileşimi, tahminlerin doğruluğunu etkileyebilir ve istenen sonuçları elde etmek bazen zor olabilmektedir.

Su hizmeti sunan kuruluşlar genellikle uzun dönemli tahmin modellerini kullanarak gelecekteki su ihtiyaçlarını planlanmaktadır.

Ancak, su temin sistemlerinin baskı altında olması nedeniyle, kuruluşlar mevcut sistemleri optimize etmek zorundadırlar. Su talebi tahminlerinin geliştirilmesi, pahalı tesislerin tasarımından kaçınmak için çok önemlidir [15]. Bu tahminler, su talebinin en yüksek olduğu zamanlarda su temininin nasıl karşılanacağını belirlemeye yardımcı olmaktadır.



İKİNCİ BÖLÜM

LİTERATÜR TARAMASI

Kentsel su talep tahmini, şehirlerin su kaynaklarını etkin bir şekilde yönetebilmek için kritik bir bileşendir. Su talep tahmini, çeşitli faktörlere bağlı olarak değişiklik gösteren dinamik bir süreçtir. Bu süreçte kullanılan modeller ve yöntemler, kentsel altyapı planlamasında önemli rol oynar. Literatürde, kentsel su talep tahminine yönelik çeşitli yaklaşımlar ve metodolojiler geliştirildiği görülmektedir [15].

Su talebini tahmin etmek için kullanılan yöntemlerden birisi de zaman serisi analizidir [3, 17]. Zaman serisi analizi vasıtasıyla, geçmiş verileri kullanarak gelecekteki eğilimler tahmin edilebilmektedir. Su talebinin zaman içinde nasıl değiştiğini anlamak ve bu değişimleri modellemek için geçmiş verilerin analizi bu analizin bir parçasıdır.

Zaman serisi analiz yöntemleri, eğilimler, mevsimsellik ve rastgele dalgalanmalar gibi faktörleri dikkate alarak su talebinin gelecekteki değişikliklerini tahmin etmeye yardımcı olur. Su talebi tahmininde bu tür bir analizin kullanılması, su kaynaklarının planlanmasında ve yönetiminde daha doğru kararlar alınmasına olanak tanımaktadır.

Zaman serisi analizi, uzun vadeli planlamalarda su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı için stratejik bir araç olarak öne çıkmaktadır. Bu nedenle, bu çalışma su talebini tahmin etmek için zaman serilerini incelemeye odaklanmıştır.

Verilerin belirli bir zaman diliminde, genellikle eşit aralıklarla toplandığı sıralı bir dizi, zaman serisi olarak bilinmektedir. Zaman serisi analizi finans, mühendislik, meteoroloji vs gibi çeşitli alanlarda, geçmişteki verilere istinaden gelecekteki eğilimleri öngörmeyi amaçlamaktadır [6, 7, 8].

Zaman serisi verilerini anlamak, yorumlamak ve modellemek için kullanılan yöntemler, zaman serisi analizi olarak bilinmektedir. Analiz yöntemleriyle, verilerdeki eğilimler, mevsimsellikler, döngüler ve rastgele değişimler tanımlanarak gelecekteki olaylar tahmin edilebilmektedir. Bu analiz, geçmiş verilerin gelecekte nasıl ilerleyeceğini tahmin etmek için çeşitli istatistiksel modelleri ve teknikleri kullanmaktadır. Zaman serisi analizi ile tahminleme ve uzun vadeli planlar konusunda verimli sonuçlar elde edilebilmektedir [17]. Zaman serisi analizi için birçok farklı yöntem bulunmaktadır. ARIMA modeli, en yaygın kullanılan modellerden biridir.

Demografik değişkenler, su talep tahmininde önemli bir rol oynar. Nüfus artışı, yerleşim yoğunluğu ve yaş gruplarının su tüketim alışkanlıkları gibi faktörler, su talebini etkileyen başlıca değişkenlerdir [13, 19, 20]. Şehirlerin büyüme hızına bağlı olarak, bu faktörlerin dikkate alınması, tahminlerin doğruluğunu artırabilir.

İklim değişikliği ve çevresel faktörler, su talebinde önemli değişikliklere neden olabilmektedir. Sıcaklık artışı ve yağış miktarındaki değişimler, su talebini doğrudan etkileyen faktörlerdir [13, 19]. İklim değişikliği senaryolarını dikkate almak, su talep tahmin modellerinin daha doğru sonuçlar vermesini sağlayabilmektedir.

Ekonomik büyüme, gelir düzeyi ve sosyal alışkanlıklar da su talebini etkileyen önemli faktörlerdir. Su fiyatları, ekonomik gelişmeler ve sosyal davranış değişiklikleri, su kullanım alışkanlıklarını doğrudan etkileyebilmektedir [13, 19]. Bu faktörlerin tahmin modellerine dahil edilmesi, daha kapsamlı ve güvenilir tahminler yapılmasını sağlamaktadır.

Makine öğrenimi teknikleri, LSTM gibi tekrarlayan sinir ağları (Recurrent Neural Network) için zaman serisi analizinde giderek daha yaygın hale gelmiştir. Zaman serilerinde doğrusal olmayan ve karmaşık ilişkiler, YSA tarafından modellenilebilir [12]. Zaman serileri olmak üzere ardışık verileri işleyen LSTM, uzun vadeli bağımlılıkları korumak ve kısa vadeli girdilerin kaybını önlemek için kullanılmaktadır [21].

Sorunun analiz amacına ve zaman serisinin özelliklerine bağlı olarak seçilecek modeller farklı olduğu görülmektedir. Bu teknikler, zaman serisi verilerinin çeşitli

özelliklerini modelleyerek gelecekte meydana gelecek olayların tahmininde daha isabetleri tahminlerin yapılmasını sağlamaktadır.

Son yıllarda makine öğrenimi teknikleri, su talep tahmininde dikkate değer bir yer edinmiştir. YSA ve destek vektör makineleri gibi yöntemler, karmaşık ilişkileri modelleyebilme kapasiteleri sayesinde yüksek doğruluk ve başarı oranları sağlamaktadır [14]. Makine öğrenimi yöntemleri, büyük veri kümeleri ve dinamik değişkenler ile başa çıkabilme yeteneği sayesinde geleneksel yöntemlerle kıyaslandığında üstün performans sergileyebilmektedir.

Zaman serisi için en çok kullanılan yöntemlerden olan ARIMA, önceki verilere dayalı bir model kullanarak zaman serisinde eğilim, mevsimsellik ve rastgele değişimleri yakalamaktadır. Mevsimsel örüntüleri dikkate alan SARIMA modeli, mevsimsel özellikleri gösteren veriler için kullanılmaktadır. ARIMA, zaman serisi verilerinde eğilim ve otokorelasyonu modellerken, SARIMA mevsimsel örüntüleri de modellemektedir [14].

Zaman serisi analizinde ARIMA ve SARIMA yöntemlerinin sıklıkla tercih edilmesinin en önemli nedeni, bu yöntemlerin veri kümelerindeki otokorelasyon, eğilim ve mevsimsellik gibi özellikleri yakalamada son derece etkili olmasıdır [22].

ARIMA modeli, bir zaman serisinde belirgin bir eğilim veya otokorelasyon olduğunda gelecekteki değerleri tahmin etmek için güçlü bir araçtır. Bu model, fark alma işlemi aracılığıyla verilerin durağan hale getirilmesi için otoregresif ve hareketli ortalama bileşenlerini birleştirerek doğru tahminler yapabilmektedir [22].

SARIMA modeli ise ARIMA'nın bir uzantısı olarak mevsimsel bileşenleri de dikkate almaktadır. Bu yöntem, veri kümelerinde mevsimsel örüntülerin belirgin olduğu durumlarda, yıl içinde tekrarlanan değişiklikler söz konusu olduğunda tahminlerin daha doğru olmasını sağlamaktadır [22].

Her iki model de parametre ayarlamaları konusunda esnektir, böylelikle verilerin en iyi şekilde modellenmesi sağlanmaktadır. Bu nedenle ARIMA ve SARIMA yöntemleri, zaman serisi tahminlerinde güvenilir ve yaygın olarak kullanılan tekniklerdir. ARIMA ve SARIMA yöntemlerinin su talep tahminindeki başarısının

yanısıra meteoroloji hava tahminleri, trafik yoğunluk tahmini, pazarlama analizi, finansal analiz gibi birçok alanda sonuçlarına güvenilerek yoğun bir biçimde başvurulmuş yöntemlerdir. Bu alanlardaki tahmin başarısından dolayı, ARIMA ve SARIMA çalışma kapsamında tercih edilen yöntemlerden olmuştur.

Ristow ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada, Güney Brezilya'daki bir bölgedeki su talebini tahmin etmek için zaman serisi analizi kullanmayı amaçlamaktadır. Araştırma, su talep tahmininin önemini incelemektedir ve bu tahminlerin su yönetimi ve sürdürülebilirlik açısından önemli olduğunu belirtmektedir. ARIMA modelinin su talep tahminindeki performansı, genellikle belirli istatistiksel ölçütler ile değerlendirilmiştir. Bu ölçütler arasında MSE, MAE ve MAPE gibi kriterler bulunmaktadır. Çalışmada ARIMA modelinin bu ölçütler açısından başarı sağladığı görülmüştür. ARIMA modelinin uygulanabilmesi için verilerin uygun olması gerektiği belirtilmiştir. ARIMA modelinin, su talebinin gelecekteki değerlerini tahmin etmede yüksek doğruluk oranları sağladığı bildirilmiştir. Geçmiş verilerden elde edilen tahminlerin, gerçek su tüketim değerleri ile yakınlık gösterdiği gözlemlenmiştir [23].

Son yıllarda, Facebook'un geliştirdiği Prophet adlı zaman serisi tahmin aracı, bu alanda dikkat çeken bir yöntem olarak öne çıkmıştır. Facebook Prophet, 2017 yılında Facebook tarafından geliştirilen ve zaman serisi verilerini analiz etmek için kullanılan açık kaynaklı bir kütüphanedir. Facebook Prophet, mevsimsel değişiklikleri, tatil etkilerini ve eğilimleri dikkate alarak uzun dönemli tahminler yapabilme yeteneğine sahiptir. Bu yöntem, karmaşık ve düzensiz zaman serisi verilerinin analizinde başarılı sonuçlar almak üzere tasarlanmıştır. Facebook Prophet, hem yıllık hem de haftalık mevsimsel etkileri modelleyebilmektedir. Ayrıca, Facebook Prophet uzun dönemli eğilimleri de dikkate almaktadır. Özel günlerin ve tatillerin etkilerini tahminlere dahil edebilmektedir. Çeşitli eğilim değişimleri ve anormal verilerle çalışma imkânı sağlayabilmektedir [5, 24].

Taylor ve Letham tarafından gerçekleştirilen çalışmada Facebook Prophet'in zaman serisi tahminlerinde genel performansı incelenmiştir. Bu çalışma, Facebook Prophet'in zaman serisi tahminlerindeki genel performansını ayrıntılı bir şekilde incelemektedir. Çalışmada, Facebook Prophet'in zaman serisi verilerindeki

mevsimsel etkilerini başarılı bir şekilde yakaladığı belirtilmektedir. Facebook Prophet, kullanıcıların veri kümelerini kolayca özelleştirmelerine olanak tanımaktadır. Bu durum ticaret verileri gibi tatil etkilerinin önemli olduğu durumlarda kullanışlıdır. Ayrıca, Facebook Prophet'in hiperparametre ayarlarının kolayca yapılabilmesi ve modelin anlaşılır sonuçlar vermesi, modelin pratik kullanımını desteklemektedir [5].

Bir diğer çalışmada Facebook Prophet'in su arz sistemleri için talep tahminlerinde nasıl bir performans sergilediği ele alınmıştır. Bu çalışmada Facebook Prophet'in zaman serisi verilerindeki mevsimselliği, eğilimleri ve tatil etkilerini etkili bir şekilde modelleme kapasitesi öne çıkmıştır. Facebook Prophet'in bu özellikleri, su talep tahminlerinde kullanılan diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında performansı yüksek bir seçenek olarak değerlendirilmiştir. Facebook Prophet'in su talep tahminleri için uygulanabilirliği, büyük veri kümeleri ve uzun zaman dilimleri içeren veri kümelerinde test edilmiştir. Facebook Prophet'in kullanımı, çeşitli su yönetim sistemlerinde başarılı sonuçlar vermiştir. Çalışma, Facebook Prophet'in su talebi verilerinde öngörülen eğilimler ve mevsimsel değişiklikler açısından sağladığı netlik ve doğruluğu incelenmiştir. Bununla birlikte, modelin bazı durumlarda karmaşık mevsimsel değişiklikleri ya da ani talep değişimlerini yakalamada zorluk çekebileceği belirtilmiştir [24].

Başka bir çalışmada Facebook Prophet, su talebi tahminlerinde genellikle etkili bir performans sergilemiştir. Model, zaman serisi verilerindeki mevsimselliği, eğilimleri ve tatil etkilerini dikkate alarak öngörülerde bulunmaktadır. Bu özellikleri sayesinde, su talebindeki dönemsel değişiklikleri ve uzun vadeli eğilimleri başarılı bir şekilde yakalayabilmektedir. Facebook Prophet, şehir su talebi verileri üzerinde uygulanmış ve veri kümelerindeki mevsimsel varyasyonları, eğilimleri ve özel olayları (tatil günleri) başarılı bir şekilde modelleyebilmiştir. Model, genellikle su talep eğilimlerini doğru bir şekilde tahmin ederken, bazı durumlarda tahmin doğruluğunu artırmak için hiperparametre ayarlarının yapılması gerekmektedir. Facebook Prophet, şehir su talebi tahminleri için uygun bir araç olarak değerlendirilmiştir. Veri kümesinin büyüklüğü, karmaşıklığı ve tahmin süresi, Facebook Prophet'in etkinliğini etkileyen faktörler arasında yer almaktadır. Facebook Prophet, kentsel su talep

tahmini için etkili bir araç olarak öne çıkmaktadır. Facebook Prophet mevsimsel etkiler, tatil günleri ve değişimlerini başarılı bir şekilde modelleyebilmesi, yönüyle kentsel su talep tahmini alanında sağlıklı sonuçlar vermektedir [14].

Farklı bir çalışmada Melburn şehrinde günlük kentsel su talebinin tahmin edilmesi incelenmektedir. Araştırmanın amacı, Melburn'daki günlük su talebini doğru bir şekilde tahmin eden bir model geliştirmektir. Çalışmada, Melburn'daki su talebine ilişkin veriler kullanılmıştır. Bu veriler, su tüketim verileri ve meteorolojik faktörler gibi çeşitli değişkenleri içermektedir. Çalışmada, ARIMA Facebook Prophet, LSTM gibi makine öğrenimi yöntemleri de değerlendirilmiştir. Sonuçlar, Facebook Prophet'in ve diğer modern yöntemlerin, özellikle mevsimsel ve trendli verilerle başa çıkmada geleneksel yöntemlere göre daha iyi performans gösterdiğini ortaya koymuştur [21].

Bir diğer çalışma, kentsel su talebinin tahmininde geleneksel ve yumuşak hesaplama tekniklerinin karşılaştırılmasını içermektedir. Araştırmanın amacı, kentsel su talebini tahmin etmek için kullanılan farklı yöntemlerin etkinliğini değerlendirmektir. Çalışmada, su talebini tahmin etmek için kullanılan geleneksel yöntemler (ARIMA, regresyon analizleri) ile yumuşak hesaplama teknikleri (YSA, genetik algoritmalar, bulanık mantık) arasında bir karşılaştırma yapılmıştır. Çalışma, belirli bir kentsel alanın su talebi verilerini kullanarak çeşitli yöntemlerin performansını değerlendirmiştir. Veriler, su tüketimi ve ilgili çevresel faktörleri içermektedir. Sonuçlar, yumuşak hesaplama tekniklerinin, özellikle karmaşık ve değişken su talep kalıplarını modelleme konusunda daha iyi performans gösterdiğini ortaya koymuştur. Geleneksel yöntemler bazı durumlarda yeterli olsa da, yumuşak hesaplama teknikleri daha yüksek doğruluk oranları sağlamaktadır [19].

Bir diğer çalışma İstanbul'daki su talebini tahmin etmek amacıyla YSA kullanarak bir model geliştirmeyi ve bu modelin optimizasyonunu Rao algoritmaları ile gerçekleştirmeyi amaçlamaktadır. İstanbul gibi büyük ve hızlı büyüyen bir şehirde su talebinin doğru bir şekilde tahmin edilmesi, su yönetimi ve altyapı planlaması için kritik öneme sahiptir. Bu veriler genellikle geçmiş su tüketim miktarları, iklim verileri, nüfus artışı ve diğer sosyoekonomik faktörlerden oluşmaktadır. YSA modeli, belirli bir mimari ile (örneğin, katman sayısı ve nöron sayısı)

oluşturulmuştur. Rao algoritmaları, YSA parametrelerini optimize etmek için kullanılmıştır. Bu süreç, modelin öğrenme sürecini hızlandırmak ve tahmin doğruluğunu artırmak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Modelin tahmin performansı, ARIMA ile karşılaştırıldığında genellikle daha üstün sonuçlar vermiştir. Rao algoritmaları ile yapılan optimizasyonun, modelin doğruluğunu önemli ölçüde artırdığı görülmüştür [20].

Başka bir çalışmada, İstanbul'un su talebini tahmin etmek için ARIMA modeli geliştirilmiştir. Modelin oluşturulmasında geçmiş su tüketim verileri, mevsimsel değişiklikler ve diğer etkileyen faktörler dikkate alınmıştır. SARIMA modelinin uygulanabilmesi için geniş bir veri kümesi kullanılmıştır. Bu veri kümesi, geçmiş yıllara ait su tüketim miktarlarını, iklim verilerini (yağış, sıcaklık vb.) ve nüfus artışını içermektedir. ARIMA modelinin etkinliği için verilerin uygun hale getirilmesi gerekmiştir. Bu aşamada, verilerdeki trend ve mevsimsellik ele alınarak gerekli dönüşümler yapılmıştır. ARIMA modelinin tahmin sonuçları, belirli istatistiksel kriterler (MAPE, MAE gibi) kullanılarak değerlendirilmiştir. ARIMA modelinin, daha iyi sonuçlar verdiği ancak mevsimsel etkilerin belirgin olduğu durumlarda SARIMA gibi modellerin daha üstün olabileceği görülmüştür [25].

Bir diğer çalışma kentsel alanlarda su talebinin kısa vadeli tahmini için derin öğrenme tekniklerini kullanan yenilikçi bir model geliştirmeyi amaçlamaktadır. Çalışmada önerilen hibrit model, derin öğrenme mimarileri (LSTM, konvolüsyonel sinir ağları - CNN) ve geleneksel istatistiksel yöntemlerin bir kombinasyonunu içermektedir. Çalışmada, su talebini etkileyen çeşitli faktörler (geçmiş su tüketimi, hava durumu verileri, sosyal faktörler vb.) içeren geniş bir veri kümesi kullanılmaktadır. Modelin tahmin performansı, MSE ve MAE gibi kriterlerle ölçülmüştür. Çalışmanın sonuçları, hibrit çok kanallı modelin kısa vadeli su talep tahmininde yüksek doğruluk sağladığını göstermektedir. Model, geleneksel yöntemlerle karşılaştırıldığında daha iyi sonuçlar elde etmiştir [26].

Bir diğer çalışmada zaman serisi verilerinin tahmininde SARIMA ve LSTM modellerinin karşılaştırmalı analizi yapılmıştır. Çalışma, zaman serisi verilerinin (hava durumu, ekonomik göstergeler, su talebi vb.) doğru bir şekilde tahmin edilmesi üzerine odaklanmaktadır. Verilerin uygun hale getirilmesi için fark alma ve

normalizasyon gibi ön işlemler yapılmıştır. SARIMA modeli, zaman serisi verilerindeki mevsimsel ve uzun dönemli eğilimleri yakalamak için geliştirilmiştir. Modelin performansı, çeşitli tahmin kriterleri (MAPE ve MAE) ile değerlendirilmiştir. LSTM, birden fazla katman ve nöron kullanarak tasarlanmıştır. Eğitim sürecinde, geçmiş verilerin LSTM katmanlarına beslenmesi sağlanmıştır. SARIMA'nın, daha basit ve düzenlenmiş zaman serisi verileri için daha uygun olduğu bulunmuştur. SARIMA modeli, mevsimsel bileşenlerin belirgin olduğu zaman serisi verileri için etkili bir tahmin aracı olarak değerlendirilmektedir [27].

Farklı bir çalışma incelendiğinde kentsel alanlarda su tüketim verilerinin tahmin edilmesi amacıyla derin sinir ağları yöntemlerinin kullanıldığı bir araştırma karşımıza çıkmaktadır. Bu veriler, belirli bir zaman diliminde (günlük, haftalık, vb.) toplanmış ve analiz edilmiştir. Veriler, mevsimsel eğilimler, hava durumu, tatil günleri gibi faktörlerle zenginleştirilmiştir. Model, geçmiş su tüketim verilerini girdi olarak alarak gelecekteki su tüketimini tahmin edecek şekilde eğitilmiştir. Modelin sonuçları, geleneksel istatistiksel yöntemlerle karşılaştırılmış ve derin sinir ağlarının daha iyi performans gösterdiği şeklinde görülmüştür. Su tüketimini etkileyen mevsimsel değişimler, hava durumu gibi faktörlerin analizi, modelin tahmin başarısını artırmada önemli bir rol oynamıştır [28].

Başka bir çalışmada, 24 saatlik su talep tahmininin SARIMA ve SVM yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilmesine odaklanan bir araştırmadır. Çalışmanın temel amacı, bir gün içinde su talebinin doğru bir şekilde tahmin edilmesidir. Kısa vadeli su talep tahmini, su kaynaklarının yönetiminde ve planlamasında kritik bir rol oynamaktadır. SARIMA ve SVM modellerinin etkinliğini karşılaştırarak, hangi modelin belirli veri kümeleri için daha uygun olduğunu belirlemek hedeflenmiştir. SARIMA modeli, zaman serisi verilerini mevsimsel ve eğilim bileşenlerine ayırarak analiz etmektedir. SVM, regresyon analizi için kullanılan bir makine öğrenimi tekniğidir. Model performansı, MSE ve MAE ile değerlendirilmiştir. Çalışma, her iki modelin tahmin performansını karşılaştırmış ve SVM modelinin SARIMA modeline göre daha yüksek doğruluk sağladığını göstermiştir. SVM, karmaşık verilerde daha iyi sonuçlar elde etmiştir [29].

Facebook Prophet'in kullanıldığı bir başka çalışmada enerji tüketimini tahmin etmek için Facebook Prophet ve LSTM algoritmalarını kullanan çok değişkenli zaman serisi çalışmasının incelendiğinde enerji tüketimini tahmin etmek amacıyla, mevsimsel ve diğer faktörlerin etkisini dikkate almaktadır. Facebook Prophet ile Kapılı Tekrarlama Ünitesi (RMSE) değeri 15.2, Ortalama Mutlak Hata (MAE) değeri ise 12.3 olarak tespit edilmiştir. LSTM ile RMSE değeri 10.5, MAE değeri 8.4 olarak tespit edilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde LSTM genellikle daha iyi tahmin sonuçları sağladığı görülmüştür. Facebook Prophet, mevsimsel etkileri hızlı bir şekilde yakalamıştır [30].

Bir diğer çalışma, şehirlerde su talebinin zaman içinde nasıl değiştiğini anlamak ve bu talebi tahmin etmek için kullanılan yöntemleri ve araçları ele alır. Su talebini doğru bir şekilde öngörebilmek, belediyeler için su kaynaklarını verimli bir şekilde yönetmek açısından oldukça önemlidir. Çalışma, uzun vadeli tahminlerde belirsizliğin arttığını ve dış faktörlerin (nüfus artışı, ekonomik gelişmeler, iklim değişiklikleri) tahminleri zorlaştırabileceğini belirtmiştir. Bu nedenle, su talebi tahminlerinin düzenli olarak gözden geçirilmesi ve yeni verilere göre güncellenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır [31].

Farklı bir çalışmada ARIMA modeli, Las Vegas lokasyonundaki su talebini meteorolojik faktörlerle ilişkilendirerek tahmin etmek amacıyla kullanılmıştır. ARIMA modeli, su talebini geçmiş veriler ve meteorolojik faktörlerle (sıcaklık, yağış) başarılı bir şekilde öngörmüştür. ARIMA modeli, su talebinin tarihsel kalıplarını ve eğilimlerini kullanarak kısa vadeli tahminler yapmada etkili olmuştur. Yaz aylarında sıcaklıkta meydana gelen talep artışları, ARIMA modelinde doğru bir şekilde tahmin edilebilmiştir. Ayrıca, düşük yağış dönemlerinde su talebinin arttığı, yağışlı dönemlerde ise talebin azaldığı belirlenmiştir. SARIMA modeli, su talebindeki yıllık mevsimsel dalgalanmaları daha iyi yakalayarak, yaz ve kış aylarındaki talep farklarını daha net bir şekilde göstermiştir. ARIMA modeli, kısa vadeli tahminlerde oldukça başarılı olmasına rağmen, uzun vadeli tahminlerde performans beklenenin altında kalmıştır. Mevsimsel bileşenlerin dahil edilmesiyle SARIMA yöntemi dalgalanmalarını daha doğru tahmin edilmiştir. Bu sonuçlar, su

talebi tahmininin meteorolojik faktörlerle desteklenmesi gerektiğini ve kısa vadeli planlamalar için ARIMA gibi modellerin uygun olduğunu göstermektedir [32].

Farklı bir çalışmada ARIMA ve SARIMA modelleri, su talebi tahmini amacıyla kullanılmıştır. Bu modellerin parametreleri Harmony Search algoritması ile optimize edilmiştir. Bu modeller, zaman serisi verilerindeki eğilimleri ve mevsimsel dalgalanmaları yakalamak için kullanılmıştır. ARIMA modeli, su talebi zaman serisinin kısa vadeli tahminlerinde genel olarak etkili sonuçlar vermiştir. Ancak, mevsimsel özelliklerin belirgin olduğu su talebi verileri için mevsimsel bileşenlerin modele eklenmesi gerektiği görülmüştür. SARIMA modeli, su talebinin mevsimsel değişikliklerini daha iyi yakalayarak, ARIMA modeline göre daha doğru sonuçlar üretmiştir. Bu çalışmada, SARIMA modelinin parametrelerini daha etkin bir şekilde belirlemek için Harmony Search algoritması kullanılmıştır. Harmony Search algoritması, bu parametreleri otomatik ve optimize edilmiş bir şekilde belirleyerek modelin tahmin doğruluğunu artırmıştır. Çalışmada, Harmony Search algoritmasıyla optimize edilen parametrelerin, klasik yöntemlerle belirlenen parametrelere göre daha iyi sonuçlar verdiği gösterilmiştir. Harmony Search algoritması kullanılarak optimize edilen SARIMA modeli, su talebi tahminlerinde daha düşük hata oranlarıyla sonuçlanmıştır [33].

Bir diğer çalışmada, YSA kullanılarak günlük zirve su talebinin tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada, YSA'nın su talebi verileri ile eğitilmesi sonucu günlük zirve su talebini tahmin etmede başarılı olduğu görülmüştür. YSA, su talebindeki mevsimsel, haftalık ve günlük değişiklikleri iyi bir şekilde modellemiştir. Geniş veri kümeleri kullanılarak eğitilen YSA modelleri, su talebindeki ani değişiklikleri ve zirve talep dönemlerini doğru tahmin etmiştir. YSA modeli, hata metrikleri (RMSE ve MAE) açısından düşük değerler elde etmiştir. Bu durum, YSA'nın su talebi tahmininde diğer yöntemlere kıyasla daha iyi bir doğruluğa sahip olduğunu göstermiştir. Çalışmada YSA'nın performansı, geleneksel tahmin yöntemleri (ARIMA, SARIMA gibi zaman serisi modelleri) ile karşılaştırılmıştır. YSA modelinin, su talebi tahmininde sadece geçmiş su talebi verileri değil, aynı zamanda hava durumu (sıcaklık, yağış, nem), nüfus artışı, ekonomik faktörler gibi ek

değişkenlerle de beslenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. YSA, geleneksel yöntemlere kıyasla su talebi tahmininde daha iyi sonuçlar vermiştir [34].

Farklı bir çalışmada, ARIMA modeli, İstanbul'un su talebini ve arzını tahmin etmek için kullanılmıştır. Çalışmada, ARIMA modeli zaman serisi analizi için kullanılarak İstanbul'un su talebi ve arzındaki eğilimlerin tahmini amaçlanmıştır. Su talebi, nüfus artışı, mevsimsel değişiklikler ve ekonomik faktörler gibi birçok etkene bağlı olduğundan, bu etkiler modelde dikkate alınmıştır. Çalışmada, geçmiş verilerden yola çıkılarak talep eğiliminin 2030 yılına kadar düzenli bir şekilde artacağı öngörülmüştür. Yaz aylarında talepte ani artışlar gözlemlenmiştir. İstanbul'daki su arzının mevsimsel değişikliklere ve yağış miktarlarına bağlı olarak önemli dalgalanmalar gösterdiği tespit edilmiştir. Kış aylarında yağışların artmasıyla birlikte su arzında artış, yaz aylarında ise kuraklık dönemleri nedeniyle azalma gözlemlenmiştir. ARIMA modeli, bu döngüsel yapıyı başarılı bir şekilde modelleyebilmiştir. SARIMA modeli ve YSA gibi daha karmaşık modellerin sonuçları ile kıyaslanmıştır. ARIMA modeli, kısa vadeli su talebi ve arzı tahminlerinde başarılı sonuçlar vermiştir. Ancak, uzun vadeli tahminlerde daha karmaşık modellerin (SARIMA ve YSA) daha doğru sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Modelin performansı RMSE ve MAE gibi hata metrikleriyle ölçülmüş ve bu metriklerde düşük hata oranları elde edilmiştir [35].

Bir diğer çalışma, kısa vadeli su talebi tahmini için insan hareketliliği (mobilité) ve su tüketimi verilerinin kullanımını inceler. Mevsimsel etkileri daha iyi modelleyen SARIMA, su talebinin düzenli olarak artış veya azalış gösterdiği dönemlerde daha iyi tahminler yapmıştır. Random Forest, su talebi tahmininde en iyi performans gösteren modellerden biri olmuştur. SVM modeli, karmaşık ilişkileri modellemekte başarılı olmuş, ancak performansı Random Forest kadar yüksek olmamıştır. Gradient Boosting Machines modeli, hata oranlarını azaltarak kısa vadeli su talebi tahmininde oldukça iyi sonuçlar vermiştir. Diğer makine öğrenimi modelleri gibi, insan hareketliliği verilerini de dikkate alarak, su tüketimindeki anlık değişiklikleri başarılı bir şekilde tahmin edebilmiştir. Random Forest ve Gradient Boosting Machines modeli, su talebi tahminlerinde en yüksek performansı göstermiştir [36].

Farklı bir çalışma kapsamında gerçekleştirilen zaman serisi analizleri ve tahminler, farklı modellerin performansını karşılaştırarak değerlendirilmiştir. Su talep yönetimi, bir şehirdeki veya bölgede su kullanımının belirlenmesi, optimize edilmesi ve gelecekteki talebin karşılanması için kaynakların planlanmasını içermektedir. Sonuçlara göre, su talebinin öngörülmesinde ARIMA ve SARIMA modelleri oldukça başarılı olmuştur. Ayrıca, kısa vadeli tahminlerde üstel düzeltme ve makine öğrenimi modelleri de dikkat çekici sonuçlar vermiştir [37].

Farklı bir çalışmada, Tunus'taki konut su tüketiminin tahmininde YSA ve SARIMA modellerinin karşılaştırılmasını içermektedir. Tunus gibi su kaynakları kısıtlı olan ülkelerde, su yönetimi ve planlaması için doğru tahminler yapmak kritik öneme sahiptir. Çalışmanın amacı, YSA ve SARIMA modellerinin konut su tüketimi tahminindeki etkinliğini karşılaştırmak ve en iyi modeli belirlemektir. Çalışmada, Tunus'taki konut su tüketimi verileri kullanılmıştır. Bu veriler günlük veya aylık olarak toplanmış ve hava durumu, mevsimsel faktörler gibi değişkenlerle desteklenmiştir. YSA ve SARIMA modellerinin performansı RMSE, MAE gibi ölçütlerle karşılaştırılmıştır. YSA daha düşük hata değerleri ile daha iyi performans göstermiştir. YSA, karmaşık desenleri daha iyi yakalayabilmişken, SARIMA mevsimsel etkileri etkili bir şekilde modelleyebilmiştir. YSA, kısa vadeli tahminlerde daha yüksek doğruluk sağlarken, SARIMA daha uzun dönemli tahminlerde daha iyi sonuçlar vermiştir [38].

Bir diğer çalışma incelendiğinde, farklı tahmin modellerinin doğruluğunu ve performansını karşılaştırarak Cidde'deki su talebini tahmin etme becerilerini değerlendirmektedir. SARIMA, mevsimsel desenleri modellemede ARIMA'dan daha iyi performans göstermiştir. Üstel Düzeltme modeli, kısa vadeli tahminlerde etkili olmuş, ancak mevsimsel ve trend bileşenlerini tam olarak yakalayamadığı için uzun vadeli tahminlerde düşük performans göstermiştir. SVM, daha küçük veri kümelerinde ve doğrusal olmayan ilişkilerin olduğu durumlarda etkili sonuçlar vermiştir. Ancak, daha büyük veri kümelerinde YSA ve Random Forest gibi modellere kıyasla performansı daha düşük kalmıştır. Çoklu Doğrusal Regresyon, su tüketimini etkileyen temel değişkenleri kullanarak tahmin yapmıştır. Makine öğrenimi modelleri (YSA ve Random Forest), uzun vadeli tahminlerde daha doğru

sonuçlar vermiştir. Büyük veri kümelerindeki değişkenler arasındaki karmaşık ilişkileri modelleme yetenekleri sayesinde bu modeller, uzun vadede daha güvenilir tahminler sunmuştur [39].

Bir diğer çalışmanın sonuçları, su talebi tahmininde hibrit YSA tabanlı modellerin kullanımıyla elde edilen performansı incelemektedir. Çalışmada, hibrit yapay sinir ağı modeli, su talebi tahmininde geleneksel zaman serisi yöntemlerine göre daha yüksek doğruluk sağlamıştır. Model, hem kısa vadeli hem de uzun vadeli tahminlerde başarılı sonuçlar elde etmiştir. ARIMA ve benzeri klasik zaman serisi modelleri, su talebindeki ani değişiklikleri ve doğrusal olmayan ilişkileri modelleme konusunda sınırlı kalmıştır. Bu geleneksel yöntemler, mevsimsel etkiler ve ani artışları yakalamakta zorlanmıştır. Hibrit model, ARIMA gibi klasik modellerin bu eksikliklerini gidermek için geliştirilmiş ve su tüketimi üzerinde daha etkili tahminler yapılmasını sağlamıştır. Hibrit model, su talebini etkileyen faktörler arasında hava durumu verilerini ve mevsimsel değişiklikleri dikkate alarak, daha doğru tahminler üretmiştir. Hibrit modelin doğruluğu, MAE, RMSE ve MAPE performans ölçütleriyle değerlendirilmiştir. Hibrit yaklaşım, diğer modellerle karşılaştırıldığında daha düşük hata oranları ve daha yüksek doğruluk sunmuştur. RMSE ve MAE sonuçları, hibrit modelin geleneksel yöntemlere kıyasla su talebindeki sapmaları daha iyi modellediği görülmüştür [40].

Başka bir çalışma, günlük şehir su talebinin tahmini için geliştirilmiş bir hibrit çerçeve sunmaktadır. Bu hibrit model, su talebini etkileyen karmaşık ve çoklu faktörleri dikkate alarak daha doğru ve kapsamlı tahminler yapmayı amaçlamaktadır. Model, CNN ve LSTM tabanlı yöntemleri bir araya getirerek, su tüketiminde kısa ve uzun vadeli desenleri ve ilişkileri öğrenme yeteneğini güçlendirir. Hibrit model, geleneksel zaman serisi modelleri ve makine öğrenimi yaklaşımlarına kıyasla daha yüksek doğruluk sağlamıştır. Düşük hata oranları (MAE, RMSE, MAPE) ile değerlendirilmiş ve hem kısa hem uzun vadede daha güvenilir tahminler yapmıştır. Bu çalışma, dikkat mekanizmasıyla zenginleştirilmiş CNN ve LSTM'nin birleşimini kullanarak, şehirlerdeki günlük su talebini daha doğru bir şekilde tahmin etmek için yenilikçi bir çözüm sunmaktadır [41].

Diğer bir çalışma, kısa vadeli su talebi tahmininde meteorolojik verileri kullanarak çok değişkenli LSTM ağlarını temel alan bir modelin geliştirilmesini amaçlamaktadır. Çalışmanın odak noktası, su talebini etkileyen hava durumu gibi faktörlerin etkisini göz önüne alarak daha doğru tahminler elde etmektir. Çalışmada, kısa vadeli su talebi tahmini için kullanılan ana girdiler, geçmiş su talebi verileri ve hava durumu verileridir. Bu meteorolojik faktörler, su talebi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Model, su talebinin kısa vadede doğru bir şekilde tahmin edilmesine olanak tanımıştır. Meteorolojik verilerin kullanılması, tahminlerin doğruluğunu artırmıştır. Performans değerlendirme metrikleri (MAE, RMSE) kullanılarak, modelin doğruluk oranının yüksek olduğu gösterilmiştir [42].

Başka bir çalışma, kısa vadeli su talebini tahmin etmek amacıyla çeşitli makine öğrenimi tekniklerinin kullanıldığı bir modeli tanıtmaktadır. Bu çalışmanın amacı, geleneksel tahmin yöntemlerine kıyasla daha hassas ve güvenilir tahminler sağlamak için makine öğrenimi algoritmalarını uygulamak ve su talebindeki ani değişiklikleri ve desenleri daha iyi anlamaktır. Kısa vadeli su talebini tahmin etmek için çeşitli makine öğrenimi teknikleri (SVM), karar ağaçları, rastgele ormanlar ve YSA) kullanılmıştır. Amaç, su talebinin hızlı ve doğru bir şekilde tahmin edilmesi, böylece su yönetimi ve kaynak planlamasının daha etkin yapılmasını sağlamaktır. Su talebi üzerine yapılan tahminlerde, geçmiş su kullanım verileri, meteorolojik veriler (sıcaklık, yağış, nem) ve nüfus gibi çeşitli değişkenler kullanılmıştır. Çalışmada, su tüketimini etkileyen çok sayıda faktör dikkate alınarak tahmin modelinin doğruluğu artırılmaya çalışılmıştır. Çalışmanın sonuçları, makine öğrenimi tekniklerinin geleneksel tahmin yöntemlerine kıyasla daha yüksek doğruluk sağladığını ortaya koymuştur. YSA ve Random Forest modelleri, diğer yöntemlere göre su talebini tahmin etmede daha iyi performans göstermiştir. Modeller, MAE, RMSE ve MAPE gibi ölçütler kullanılarak değerlendirilmiş ve makine öğrenimi tabanlı modellerin düşük hata oranlarına sahip olduğu görülmüştür. Bu çalışma, kısa vadeli su talebi tahmininde makine öğrenimi tekniklerinin etkinliğini ortaya koymuştur [43].

Başka bir çalışma, su talebini tahmin etmek için makine öğrenimi ve zaman serisi algoritmalarının bir arada kullanıldığı bir modelin geliştirilmesini ele almaktadır. Çalışma, su talebi tahmininde yüksek doğruluk elde etmek ve su kaynaklarının

verimli yönetimini sağlamak için farklı tekniklerin nasıl performans gösterdiğini araştırır. Su talebinin, artan şehir nüfusu ve değişen hava koşulları gibi faktörler tarafından etkilenmesi nedeniyle, bu dinamikleri dikkate alan makine öğrenimi ve zaman serisi algoritmalarının bir arada kullanılması hedeflenmiştir. Çeşitli makine öğrenimi ve zaman serisi algoritmaları arasında karşılaştırma yapılmış ve her birinin su talebi tahmininde ne kadar başarılı olduğu analiz edilmiştir. Tahminlerin doğruluğu MAE, RMSE ve MAPE gibi hata metrikleri ile ölçülmüştür. Çalışmanın sonuçlarına göre, makine öğrenimi teknikleri ile zaman serisi algoritmalarının birleşik kullanımı, su talebini tahmin etmede geleneksel yöntemlere göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Yapılan analizler, yapay sinir ağları ve SARIMA modellerinin üstün performans sergilediğini ve su talebi gibi çok faktörlü bir sürecin daha doğru tahmin edilebileceğini göstermektedir [44].

Başka bir çalışma, kısa vadeli su talebi tahmininde yapay zeka tekniklerinin kullanıldığı bir model geliştirilmesini hedeflemektedir. Bu modelin temel amacı, akıllı su yönetimi sistemleri için daha doğru ve etkili tahminler sunarak su kaynaklarının daha verimli bir şekilde kullanılmasını sağlamaktır. Su tüketimi trendlerinin anlaşılabilmesi için geçmiş veriler kullanılmıştır. Hava durumu gibi faktörlerin su talebi üzerindeki etkisini incelemek amacıyla meteorolojik veriler modele entegre edilmiştir. Yapay zeka teknikleri ile oluşturulan modeller, hata metrikleri (MAE, RMSE, MAPE) ile değerlendirilmiştir. YSA, diğer algoritmalarla kıyasla daha yüksek doğruluk sunmuş ve su talebini etkileyen faktörlerin daha iyi öğrenilmesini sağlamıştır. Geleneksel zaman serisi modelleriyle kıyaslandığında, yapay zeka tekniklerinin kısa vadeli tahminlerde daha başarılı olduğu bulunmuştur. Su talebindeki ani değişiklikleri yakalama yeteneği YSA gibi algoritmalarda daha güçlüdür. YSA ve SVM, kısa vadeli su talebi tahminlerinde başarılı sonuçlar vermiştir [45].

Bir diğer çalışmada, kısa dönem su talebinin tahmin edilmesi için hem denetimli hem de denetimsiz makine öğrenimi yöntemlerinin birleşik bir modelle kullanılmasını incelenmektedir. Çalışmada kısa dönem su talebinin tahmini ve hibrit modellerin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Hibrit model geliştirilmesiyle denetimli ve denetimsiz makine öğrenimi tekniklerinin birleştirilerek daha etkili bir tahmin modeli

oluşturulmak istenilmiştir. Çalışmada, su talebi ile ilgili geçmiş verilere dayanan geniş bir veri kümesi kullanılmıştır. Bu veriler, hava durumu, geçmiş su tüketimi, mevsimsel etkiler gibi çeşitli faktörleri içermektedir. Denetimli öğrenme, geçmiş verilere dayalı olarak modelin eğitildiği, regresyon ve sınıflandırma tekniklerinin kullanıldığı bir yöntemdir. Bu aşamada, su talebinin geçmiş verileri üzerinden tahmin edilmiştir. Denetimsiz öğrenme, verilerin keşfi ve gruplandırılması amacıyla kullanılan yöntemlerdir. Bu aşamada, su talebini etkileyen gizli kalıplar ve yapılar belirlenmiştir. Hibrit yaklaşım ise hem denetimli hem de denetimsiz öğrenme tekniklerinin bir arada kullanılmasıyla hibrit bir model geliştirilmiştir. Bu, modelin hem geçmiş verilerden öğrenmesini hem de yeni veri yapılarındaki kalıpları keşfetmesini sağlamıştır. Hibrit model, geleneksel yöntemlere kıyasla daha yüksek bir tahmin doğruluğu sağlamıştır. Denetimsiz öğrenme ile elde edilen kalıplar, denetimli öğrenme süreçlerine önemli katkılar sunmuştur [46].

Bir diğer çalışma, Bağdat şehri için kentsel alanda su talebinin öngörülmesi amacıyla stokastik modelleme yöntemlerini kullanarak, aylık su talebinin tahmin edilmesi incelenmektedir. Çalışmanın amacı, su talebindeki belirsizlikleri ve dalgalanmaları modelleyerek, su kaynaklarının yönetimini iyileştirmektir. Çalışmanın temel hedefi, Bağdat'ın kentsel su talebinin aylık bazda daha doğru bir şekilde tahmin edilmesi için stokastik yöntemlerin uygulanmasıdır. Bu, şehirdeki su yönetimi ve planlamasına katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Modelin tahmin performansı, çeşitli hata metrikleri (MAE, RMSE, MAPE) ile değerlendirilmiş ve genel olarak yüksek doğruluk oranları elde edilmiştir [47].

Başka bir çalışma, kısa vadeli su talebini tahmin etmek amacıyla derin öğrenme yöntemlerinin kullanıldığı bir model geliştirmeyi hedeflemektedir. Bu çalışma, su talebindeki karmaşıklığı ve zaman içindeki dinamik değişiklikleri ele alarak, daha doğru ve güvenilir tahminler sağlamayı amaçlamaktadır. Çalışmanın ana hedefi, derin öğrenme tekniklerini kullanarak kısa vadeli su talebini daha etkili bir şekilde tahmin etmektir. Modelin tahmin sonuçları, çeşitli hata metrikleri (MAE, RMSE, MAPE) ile değerlendirilmiş ve derin öğrenme yöntemlerinin yüksek doğruluk oranları sağladığı bulunmuştur. LSTM modelinin, zaman içindeki su talebindeki değişiklikleri etkili bir şekilde yakalayabildiği görülmüştür. Derin öğrenme

yöntemleri, geleneksel tahmin yöntemlerine göre daha iyi sonuçlar vermiştir, bu da su talebindeki dalgalanmaların ve karmaşık modellerin daha doğru bir şekilde tahmin edilebileceğini göstermektedir [48].

Farklı bir çalışma, kısa vadeli su talebini tahmin etmek için mevsimsel zaman serisi modellerini uyarlamının etkili yollarını araştırmaktadır. Bu çalışmada, su talebi tahmininde en iyi sonuçları almak için mevsimsel özelliklere sahip zaman serisi modellerinin nasıl uyarlanabileceği ve optimize edilebileceği incelenmiştir. Sarima modeli kısa vadeli su talebi tahmininde en başarılı model olarak öne çıkmıştır. Mevsimsel etkileri iyi bir şekilde yakalayarak yaz ve kış aylarındaki su tüketim farklılıklarını etkili bir şekilde öngörmüştür. Tahmin doğruluğu açısından, mevsimsel özellikleri barındıran zaman serisi modelleri, Arima modellerine göre daha iyi performans göstermiştir [49].

Farklı bir çalışma, Yunanistan'ın Skiathos Adası'ndaki su talebini tahmin etmek için kullanılan modelleri ve yaklaşımları incelemektedir. Bu çalışma, Skiathos Adası'nın gelecekteki su talebini tahmin etmek ve su yönetimi stratejilerini geliştirmek için yapılan zaman serisi analizlerine odaklanmıştır. Zaman serisi modelleri, regresyon modelleri ve mevsimsel etkileri dikkate alan modeller kullanılarak su talebi tahmin edilmiştir. Arima modeli su talebindeki mevsimsel desenleri yakalamak için kullanılmıştır. Su talebi, sıcaklık, yağış, nüfus artışı (turizm dönemlerindeki artış) gibi değişkenlere bağlı olarak modellenmiştir. Bu değişkenler su talebi tahmininde büyük bir etkiye sahip olduğundan regresyon modelleriyle analiz edilmiştir. Skiathos Adası'ndaki mevsimsel su tüketim desenlerini daha iyi tahmin etmek için Sarima modeli kullanılmıştır. Yaz aylarında su talebinde büyük artışlar gözlemlenmiştir. Mevsimsel modelleri yakalamada ve su talebini doğru bir şekilde öngörmeye Sarima modeli en başarılı model olarak belirlenmiştir. Hava durumu ve turizm verileri su talebi tahmininde güçlü birer belirleyici faktör olmuştur. Turist sayısı arttıkça su talebi de doğru orantılı olarak artmış ve bu faktörler modellerin doğruluğunu artırmıştır [50].

Bir diğer çalışma, su talebi tahmininde kullanılan melez bir modelin geliştirilmesini ele almaktadır. Bu model, farklı analiz yöntemlerini bir araya getirerek tahmin doğruluğunu artırmayı hedeflemektedir. Çalışma, Su Talep Tahmininde önemli olan

karmaşık ve mevsimsel desenleri daha iyi yakalamak için Singular Spectrum Analysis, Time Series Regression ve Arima yöntemlerini birleştiren bir yaklaşım önerir. Bu üç yöntemin birleşimiyle, su talebi üzerindeki belirgin mevsimsel modellerin ve rastgele dalgalanmaların daha etkili bir şekilde tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Mevcut modellerin eksikliklerini gidermek amacıyla Singular Spectrum Analysis, Time Series Regression ve ARIMA yöntemleri bir arada kullanılarak melez bir model oluşturulmuştur. Singular Spectrum Analysis, zaman serisi verilerindeki eğilim, mevsimsellik ve hataları ayırmak için kullanılan güçlü bir analiz yöntemidir. Bu yöntem, verilerin bileşenlere ayrılmasını sağlar ve bu sayede su talebindeki karmaşık desenlerin daha net bir şekilde ortaya çıkmasına yardımcı olmaktadır. Time Series Regression, su talebini etkileyen dışsal faktörleri modellemek için kullanılır. Bu faktörler arasında hava durumu (sıcaklık, yağış miktarı), nüfus değişimleri ve ekonomik aktiviteler yer almaktadır. Su talebi üzerinde etkisi olan bu değişkenler regresyon modeliyle tahminlere entegre edilmiştir. ARIMA, kısa vadeli dalgalanmaları yakalamada etkilidir ve diğer bileşenlerle birlikte tahminlerin hassasiyetini artırmaktadır. Model, mevsimsel modellerin belirgin olduğu su talep modellerinde çok daha başarılı sonuçlar vermektedir [51].

Bir diğer çalışmada, mesken kullanımının su talebini tahmin etmek amacıyla zaman serisi analizi yöntemlerini kullanmaktadır. Çalışmada, su talebindeki değişiklikleri etkileyen çeşitli faktörler incelenmiş ve uygun modelleme teknikleri ile tahminler yapılmıştır. ARIMA modelinin su talebini başarılı bir şekilde tahmin ettiği ve geçmiş verilere dayalı olarak gelecekteki su talebini isabetli bir şekilde öngördüğü bulunmuştur. Çalışma, su talebinin mevsimsel desenlerini belirlemiş ve yaz aylarında su tüketiminin belirgin şekilde arttığını göstermiştir [52].

Bir diğer çalışmada, kısa vadeli su talebi tahmininde kullanılan çeşitli model ve teknikleri kapsamlı bir şekilde incelemektedir. Çalışmada, zaman serisi temelli modeller (ARIMA, SARIMA), regresyon tabanlı modeller, makine öğrenimi algoritmaları (YSA ve karar ağaçları) gibi farklı tahmin yöntemleri ele alınmıştır. Modellerin performansı, tarihsel verilerle yapılan tahminlerin doğruluğu açısından karşılaştırılmıştır. RMSE, MAE gibi istatistiksel ölçümler kullanılarak modellerin

tahmin başarısı değerlendirilmiştir. Çalışma, zaman serisi temelli modellerin ve makine öğrenimi algoritmalarının kısa vadeli su talebi tahminlerinde yüksek doğruluk sağladığını göstermiştir. SARIMA ve YSA gibi modeller, karmaşık mevsimsel desenleri yakalamada başarılı olmuştur [53].

Bir diğer çalışmada, su tüketim harcamalarının tahmininde iki popüler zaman serisi analizi yöntemi olan Holt-Winters ve ARIMA modellerinin etkinliği incelemektedir. Çalışma, bu iki modelin karşılaştırmalı analizini yaparak, hangi modelin daha iyi sonuçlar verdiğini belirlemeye çalışmaktadır. Çalışmanın amacı su harcamalarının gelecekteki eğilimlerini belirleyerek, yönetim ve planlama süreçlerine katkıda bulunmaktır. Çalışmanın bir diğer amacı Holt-Winters ve ARIMA modellerinin performansını değerlendirerek, en uygun tahmin yöntemini belirlemektir. Holt-Winters yöntemi, mevsimsel etkilerin ve eğilimlerin dikkate alındığı bir düzeltme yöntemidir. Çalışma, her iki modelin su tüketim harcamalarını tahmin etme konusunda etkili olduğunu ancak Holt-Winters modelinin mevsimsel dalgalanmaları yakalamada daha başarılı olduğunu göstermiştir. ARIMA modeli, kısa vadeli tahminlerde iyi performans göstermiş, ancak mevsimsel dalgalanmaları yakalamada yetersiz kalmıştır [54].

Farklı bir çalışmada, su talebi tahmininde Ampirik mod ayrışımı yöntemini kullanarak yeni bir yaklaşım önermektedir. Bu çalışma, geleneksel su talebi tahmin yöntemlerinin sınırlamalarını aşmayı ve daha hassas tahminler yapmayı hedeflemektedir. Ampirik mod ayrışımı, karmaşık zaman serisi verilerini, belirgin alt bileşenler şeklinde ayrıştırarak analiz eden bir yöntemdir. Bu bileşenler, zaman serisinin farklı frekans bileşenlerini temsil eder. Ampirik mod ayrışımı, verilerin karmaşıklığını azaltarak, belirgin eğilimleri ve mevsimsel desenleri belirlemeye yardımcı olmaktadır. Ampirik mod ayrışımı tabanlı yaklaşım, geleneksel yöntemlere göre daha yüksek doğruluk sağlamıştır. Ampirik mod ayrışımı, su talebindeki mevsimsel ve trend bileşenlerini daha iyi analiz ederek tahminlerin doğruluğunu artırmıştır [55].

Farklı bir çalışma, talep tahmininde ARIMA modelinin uygulanmasını incelemektedir. Çalışma, belirli bir sektörde veya bölgedeki geçmiş talep verilerini içermektedir. Bu veriler, günlük, aylık veya yıllık bazda toplanarak zaman serisi

analizi için hazırlanmıştır. Tahminlerin doğruluğunu değerlendirmek için RMSE, MAE gibi istatistiksel ölçütler kullanılmıştır. Çalışma, ARIMA modelinin talep tahminlerinde yüksek doğruluk sağladığını göstermiştir. Geçmiş verilere dayalı olarak gelecekteki talepleri etkili bir şekilde öngörebildiği belirlenmiştir. ARIMA, zaman serisi verilerindeki otokorelasyonları ve trendleri yakalama konusunda başarılı olmuştur [56].

Bir diğer çalışma, bir tersiyer bina (tertiary building) için saatlik su tüketiminin tahmin edilmesi üzerine odaklanmaktadır. Çalışma, belirli bir tersiyer binaya ait geçmiş saatlik su tüketimi verilerini toplamıştır. Bu veriler, çeşitli faktörlerin (iklim, etkinlikler vb.) etkilerini incelemek için kullanılmaktadır. Çalışmada hem deterministik hem de öğrenme tabanlı modellerin bir arada kullanılarak tahmin doğruluğunun artırılması amaçlanmıştır. Deterministik tahmin modelleri, su tüketimindeki belirli kalıpları ve mevsimsel etkileri analiz etmek için kullanılmıştır. Bu modeller, geçmiş verilerden belirli düzenlilikleri çıkarmaya çalışmaktadır. Hem deterministik hem de makine öğrenimi modellerinin sonuçları birleştirilerek, daha doğru tahminler elde edilmiştir. Çalışma, bu hibrit yaklaşımın su tüketimi tahminlerini nasıl geliştirdiğini analiz etmektedir. Kombine model, yalnızca deterministik veya yalnızca makine öğrenimi modeline göre daha iyi tahmin performansı sergilemiştir. Bu durum, iki farklı yaklaşımın birleşiminin tahmin doğruluğunu artırdığını göstermektedir [57].

Bir diğer çalışmada, su kalitesi zaman serisi verilerinin tahmininde YSA ve ARIMA modelinin birleştirildiği hibrid bir yaklaşım önermektedir. Bu çalışma, su kalitesinin izlenmesi ve yönetilmesi açısından doğru tahminlerin önemini incelemektedir. Çalışmada, belirli bir bölgedeki su kalitesi parametrelerine ait zaman serisi verileri kullanılmıştır. Hibrid model, yalnızca YSA veya yalnızca ARIMA kullanılarak yapılan tahminlere göre daha yüksek doğruluk oranları sağlamıştır. YSA, su kalitesi verilerindeki karmaşık kalıpları ve ilişkileri başarılı bir şekilde öğrenirken, ARIMA modeli mevsimsel ve trend bileşenlerini etkili bir şekilde analiz etmiştir. Hibrid yaklaşımın, her iki yöntemin en iyi yönlerini bir araya getirerek daha sağlam ve güvenilir tahminler sağladığı görülmüştür [58].

Bir diğerk çalışma, akıllı su yönetimi uygulamaları için kısa dönem su talebi tahmini yapmada yapay zeka (YZ) yöntemlerinin kullanılmasını incelemektedir. Çalışma, farklı yapay zeka teknikleri (YSA, destek vektör makineleri, regresyon analizleri) kullanarak su talebi tahminleri yapmıştır. Modeller, geçmiş su tüketim verileri ve etkileyen faktörler (hava durumu, mevsimsel değişiklikler) kullanılarak eğitilmiştir. Çeşitli meteorolojik veriler, etkinin değerlendirilmesi için modele dahil edilmiştir. Farklı yapay zeka modellerinin tahmin performansı, RMSE, MAE gibi istatistiksel ölçütler kullanılarak karşılaştırılmıştır. Yapay zeka tabanlı modeller, geleneksel yöntemlere göre daha yüksek tahmin doğruluğu sağlamıştır. YZ modelleri, değişen koşullara hızlı bir şekilde uyum sağlama yeteneği göstermiştir [59].

Bir diğerk çalışma, yıllık akış verilerinin zaman serisi verilerini daha doğru bir şekilde tahmin etmek için topluluk ampirik mod ayrışımı yöntemine dayanan ARIMA modelinin kullanılmasını incelemektedir. Çalışmada topluluk ampirik mod ayrışımı tarafından ayrıştırılan bileşenler, ARIMA modeli kullanılarak tahmin edilmiştir. Bu veriler, hidrolojik analizler için kritik öneme sahiptir. Topluluk ampirik mod ayrışımı ile ayrıştırılan bileşenler kullanıldığında, ARIMA modelinin tahmin doğruluğu belirgin şekilde artmıştır. Topluluk ampirik mod ayrışımı, akış verilerindeki karmaşık yapıların daha iyi anlaşılmasını sağlamıştır. Topluluk ampirik mod ayrışımı, yıllık akış verilerindeki mevsimsel ve trend bileşenlerini daha iyi analiz etme yeteneği sunarak, ARIMA modelinin performansını artırmıştır [60].

Farklı bir çalışma, Güneybatı Etiyopya'daki su tüketimindeki eğilimlerin analizini ve tahminini incelemektedir. Bu çalışmanın amacı, su tüketimindeki değişimleri anlamak ve gelecekteki talebi tahmin etmektir. Su tüketim verileri, yerel su yönetim otoriteleri ve ilgili kurumlar aracılığıyla toplanmıştır. Bu veriler, belirli bir dönemi kapsayan su tüketim istatistiklerini içermektedir. Çalışma, bölgedeki su tüketiminin zamanla artış gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu artışın, nüfus artışı, iklim değişikliği ve tarımsal faaliyetler gibi faktörlerden kaynaklandığı belirlenmiştir. Yapılan tahminler, gelecekte su tüketiminin daha da artacağına işaret etmektedir. Bu durum, su kaynaklarının yönetiminde daha fazla dikkat ve planlama gerektirdiğini göstermektedir. Su yönetimi stratejilerinin geliştirilmesi ve uygulanmasının, su kaynaklarının sürdürülebilirliği açısından kritik olduğu incelenmiştir [61].

Bir diğerk çalışma, Pekin'deki su talebini tahmin etmek için belirsiz zaman serisi tahmin yöntemlerini incelemektedir. Su talebindeki belirsizlikleri modellemek için çeşitli istatistiksel ve matematiksel yöntemler kullanılmıştır. Bu yöntemler, tahminlerin doğruluğunu artırmayı ve belirsizlikleri daha iyi yönetmeyi amaçlamaktadır. Fuzzy logic (bulanık mantık) ve Bayesian yöntemleri gibi belirsizlik yönetim teknikleri, su talebi tahmininde kullanılmıştır. Pekin'deki su talebi ile ilgili veriler, yerel su yönetim otoritelerinden ve diğerk kaynaklardan toplanmıştır. Bu veriler, geçmiş su tüketimi ve ilgili meteorolojik faktörleri içermektedir. Belirsizliklerin dikkate alındığı modeller, su talebi tahminlerinin doğruluğunu artırmıştır. Geleneksel yöntemlere göre daha güvenilir tahminler elde edilmiştir [62].

Farklı bir çalışmada, Gazze'nin Deir El-Balah şehrindeki yeraltı suyu üretimi ve yağış miktarlarının tahmini için ARIMA ve hibrit ARIMA yöntemlerini kullanmayı amaçlamaktadır. Çalışma, yeraltı su kaynaklarının yönetimi ve sürdürülebilir su kullanımının önemini araştırmaktadır. Çalışma, Deir El-Balah bölgesinde yeraltı suyu üretimi ve yağış verilerini içeren verileri kullanmıştır. Bu veriler, yerel su yönetim otoriteleri ve meteorolojik birimlerden toplanmıştır. ARIMA ve hibrit ARIMA modelleri, geçmiş verilere dayanarak yeraltı suyu üretimi ve yağış miktarlarının tahmin edilmesi amacıyla uygulanmıştır. Modellerin parametreleri, geçmiş verilere dayanarak belirlenmiş ve uygun model seçimi için çeşitli kriterler kullanılmıştır. Hibrit ARIMA modeli, standart ARIMA modelinin yanı sıra başka tekniklerle (yapay zeka yöntemleri) birleştirilerek daha iyi tahmin performansı elde edilmiştir. Hibrit ARIMA modelinin, standart ARIMA modeline göre daha yüksek doğruluk sağladığı belirlenmiştir [63].

Farklı bir çalışma, şehir su talebi ve buna bağlı gelirlerin orta vadeli tahmin edilmesine odaklanmaktadır. Çalışma orta vadeli su talebinin tahmini, su geliri tahmini ve su tüketim miktarına bağlı olarak elde edilen gelirlerin tahmin edilmesini hedeflemektedir. Çalışma, su talebi ve gelir verilerini geçmiş dönemlere ait istatistiklerle analiz etmiştir. Su talebi verileri, demografik değişiklikler, mevsimsel etkiler ve ekonomik göstergeler gibi faktörlerle ilişkilendirilmiştir. Orta vadeli tahminler, hem su talebi hem de gelirdeki değişiklikleri başarılı bir şekilde

öngörmüştür. Zaman serisi analizleri, gelecekteki tüketim trendlerini ve gelir düzeylerini anlamak için güvenilir bir yöntem olarak belirlenmiştir [64].

Bir diğer çalışma, Ürdün'deki Wadi Shueib havzasında yağış düzenlerini tahmin etmek için eğilim analizi ve ARIMA kullanmaktadır. Çalışmanın amacı, bölgedeki su kaynakları yönetimini iyileştirmek için yağış miktarını öngörerek gelecekteki su ihtiyacını ve kaynakları tahmin etmektir. Çalışma, Wadi Shueib havzasındaki yağış verilerini geçmiş yıllara ait istatistiklerden toplamıştır. Bu veriler, mevsimsel ve yıllık yağış eğilimlerinin incelenmesi için kullanılmıştır. Bölgedeki uzun vadeli yağış eğilimleri analiz edilerek, yağış miktarlarının artıp azalmadığı veya mevsimsel değişikliklerin olup olmadığı incelenmiştir. Bu durum, yağışın zaman içindeki genel eğilimlerini anlamak için yapılmıştır. ARIMA modellemesi, geçmiş yağış verilerini kullanarak gelecekteki yağış miktarlarını tahmin etmek için uygulanmıştır. Modelin parametreleri, geçmiş verilere dayalı olarak optimize edilmiştir. Zaman serisi analizleri, mevsimsel ve kısa dönem değişiklikleri dikkate alarak gelecekteki yağış miktarlarının tahmin edilmesine olanak tanımıştır. Eğilim analizi, Wadi Shueib bölgesinde yağış miktarlarının belirli bir dönemde azalma veya artma eğilimi gösterip göstermediğini ortaya koymuştur. Bölgede yağışlarda genel bir azalma eğilimi gözlemlenmiştir, bu da su yönetimi açısından endişe vericidir. ARIMA modelleme sonuçları, gelecek yıllarda yağış miktarlarının tahmin edilmesine olanak sağlamıştır. Modelin tahminleri, kısa vadede güvenilir sonuçlar sunmuştur, ancak uzun vadede belirsizlikler artmıştır [65].

Bir diğer çalışma, Barcelona gibi büyük ölçekli bir şehirde içme suyu ağlarının optimal işletilmesi için su talebinin doğru bir şekilde tahmin edilmesini incelemektedir. Çalışma Barcelona'daki su talebini etkileyen faktörlerin analiz edilmesi ve bu doğrultuda su talebinin kısa ve orta vadeli tahminlerinin yapılması, optimum su ağı işletimi ve kaynakların sürdürülebilir kullanımı amacıyla yapılmıştır. Çalışma, Barcelona'daki su talebini etkileyen geniş bir veri kümesi kullanmıştır. Bu veriler, nüfus, hava durumu, mevsimsel değişiklikler ve sosyo-ekonomik faktörler gibi unsurları içermektedir. Zaman serisi modelleri ile yapılan su talebi tahminleri, su talebindeki günlük, haftalık ve mevsimsel değişiklikleri doğru bir şekilde öngörebilmiştir [66].

Farklı bir çalışmada, Suudi Arabistan'daki su tüketimini modellemek ve tahmin etmek amacıyla hem klasik hem de modern zaman serisi yöntemlerinin karşılaştırmalı bir analizini sunmaktadır. Suudi Arabistan'ın farklı bölgelerinden elde edilen su tüketimi verileri, çalışmanın temel veri kümesini oluşturmuştur. Bu verilerde mevsimsel değişiklikler, nüfus artışı ve ekonomik gelişim gibi faktörler incelenmiştir. Çalışmada ARIMA, SARIMA, makine öğrenimi yöntemleri (destek vektörü makineleri, YSA) kullanılmıştır. ARIMA ve SARIMA gibi klasik yöntemler, kısa vadeli tahminlerde başarılı olmuştur. Mevsimsel etkilerin belirgin olduğu zaman dilimlerinde SARIMA modeli daha doğru sonuçlar üretmiştir. Makine öğrenimi tabanlı yöntemler, veri kümesindeki karmaşık yapıları yakalamada ve uzun vadeli tahminlerde klasik yöntemlere kıyasla daha iyi sonuçlar vermiştir. Derin öğrenme modelleri, verilerin dinamik yapısını daha etkili bir şekilde modelleyebilmiştir. Kısa vadede klasik zaman serisi yöntemleri güvenilir sonuçlar sunarken, uzun vadeli ve karmaşık yapı tahminlerinde modern makine öğrenimi yöntemleri daha iyi performans göstermiştir [67].

Bir diğer çalışma, Kızıl Nehir'de su seviyesi tahminini artırmak için istatistiksel makine öğrenimi modelleri ile ARIMA modelinin birleşimini incelemektedir. Çalışma su seviyesi tahminini, model kombinasyonunu ve tahmin doğruluğunu artırmayı amaçlamaktadır. Çalışmada, Kızıl Nehir'in geçmiş su seviyesi verileri, iklim verileri ve diğer çevresel faktörler toplanmıştır. Bu veriler, tahmin modelinin temelini oluşturmuştur. Çalışmada ARIMA ve makine öğrenimi modelleri kullanılmıştır. Kullanılan bu iki model birleştirilip, avantajlarından yararlanarak, tahminlerin doğruluğunu artırmayı amaçlamıştır. ARIMA ve makine öğrenimi modellerinin birleşimi, su seviyesi tahminlerinde önemli bir iyileşme sağlamıştır. Kombinasyon, karmaşık su seviyesi dinamiklerinin bulunduğu dönemlerde daha doğru tahminler yapabilmıştır. Her iki modelin kullanılması, su seviyesindeki dalgalanmaları daha iyi anlamaya ve tahmin etmeye yardımcı olmuştur. ARIMA'nın sağladığı lineer yapı, makine öğrenimi modellerinin sağladığı non-lineer ilişkiler ile güçlendirilmiştir [68].

Farklı bir çalışmada, Red Hills Rezervuarı'ndaki su seviyesinin tahmini için SARIMA ve YSA modellerinin hibrit bir yaklaşımını incelemektedir. Çalışmada

SARIMA, YSA ve hibrit model yaklaşımı kullanılmıştır. Çalışma, Red Hills Rezervuarı'na ait geçmiş su seviyesi verilerini toplamakla başlamıştır. Bu veriler, tarihsel su seviyeleri, iklim verileri ve diğer çevresel faktörleri içermektedir. Hibrit model, SARIMA ve YSA kombinasyonu kullanıldığında, su seviyesi tahminlerinde önemli bir iyileşme sağlanmıştır. Çalışma, hibrit modelin, her iki modelin tahmin doğruluğunu artırdığını göstermektedir. YSA'nın sağladığı non-lineer yapı ile SARIMA'nın mevsimsel ve trend bileşenlerini birlikte ele alması, su seviyesindeki dalgalanmaları daha iyi anlamaya olanak tanımıştır. Bu tür hibrit modeller, su yönetimi uygulamalarında, rezervuar seviyeleri ve sulama sistemlerinin optimizasyonunda önemli bir rol oynayabilir sonucuna varılmıştır [69].

Bir diğer çalışma, belediyelerin su talebini tahmin etmek için dalga dönüşümü (wavelet) ve YSA modellerinin bir kombinasyonunu incelemektedir. Çalışma, belirli bir belediyenin su talebi ile ilgili geçmiş verilerini toplamakla başlamıştır. Bu veriler, geçmiş su tüketimi, iklim verileri (sıcaklık, yağış) ve demografik bilgiler içermektedir. Dalga dönüşümü, zaman serisi verilerinin analizi için kullanılmıştır. Bu yöntem, su talebindeki değişkenlikleri ve mevsimsel bileşenleri ortaya çıkarmak için verilerin farklı frekans bileşenlerine ayrılmasını sağlamaktadır. Dalga dönüşümü, hatayı azaltarak verilerin ön işlenmesine yardımcı olmuştur. Dalga dönüşümü ile elde edilen özellikler, YSA modeline beslenmiştir. Dalga dönüşümü ve YSA modelinin birleştirilmesi, her iki yöntemden elde edilen sonuçların entegrasyonunu sağlamaktadır. Bu hibrit yaklaşım, tahmin doğruluğunu artırmayı hedeflemektedir. Çalışma, hibrit modelin, YSA modeline göre daha yüksek bir doğruluk oranı sunduğunu göstermektedir [70].

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

METODOLOJİ

Bu tez çalışması, kentsel su talep tahmininde kullanılan yöntemler ve veri analiz süreçlerini detaylı bir şekilde ele almayı amaçlamaktadır. İlk etapta zaman serileri hakkında bilgi verimiştir. Sonraki aşamada kullandığımız yöntemler ARIMA, SARIMA ve Facebook Prophet anlatılmıştır. Bir sonraki aşamada su tüketimi eğilimi ile nüfus arasındaki ilişkinin tespiti amacıyla kullandığımız korelasyon yöntemi anlatılmıştır.

3.1. Su Talep Tahmininde Zaman Serileri

Zaman serisi, zamana bağlı olarak gözlenen verilerin düzenli aralıklarla kaydedilmesini ifade etmektedir [6]. Bu veriler gelecekteki eğilimleri, örüntüleri veya davranışları tahmin etmek için incelenmektedir. Zaman serileri, ekonomi (örneğin, hisse senedi fiyatları, enflasyon oranları), meteoroloji (örneğin, sıcaklık, yağış miktarı), epidemiyoloji (örneğin, hastalık yayılımı), mühendislik (örneğin, üretim verimliliği) ve daha fazlasında gibi birçok alanda kullanılmaktadır [6, 7, 8]. Zaman serileri analizi genellikle eğilimleri, mevsimsellikleri, döngüleri ve rastgele etkileri tanımlamak için kullanılan çeşitli istatistiksel yöntemleri içermektedir [7].

Zaman serilerini analiz etmek için kullanılan yöntemler arasında hareketli ortalama yöntemleri, ARIMA modelleri, mevsimsel bileşen analizi gibi modeller bulunmaktadır [8]. Bu modeller, zaman serilerinin özelliklerine ve analiz amaçlarına bağlı olarak farklılık göstermektedir.

Zaman serisi analizi, geçmiş su tüketimi verilerini kullanarak gelecekteki talebi tahmin etmeye yardımcı olmaktadır. Bu durum, su temini ve dağıtımı için gerekli kaynakların planlanması ve yönetilmesi açısından önemlidir [18]. Zaman serisi

analizi, su talebinde mevsimsel ve haftalık örüntüleri tanımlamaktadır. Bu örüntüler, belirli zaman dilimlerinde talepde artış veya azalış olabileceğini göstermektedir. Örneğin, yaz aylarında artan bir su tüketimi olabilir veya hafta sonları tüketimde bir düşüş gözlemlenmektedir.

Hava koşulları, su talebini etkileyen önemli faktörlerden biridir [14]. Zaman serisi analizi, hava durumu değişikliklerinin su talebi üzerindeki etkisini değerlendirmektedir. Örneğin, sıcak ve kuru hava dönemlerinde su tüketimi genellikle artmaktadır. Su kaynaklarının etkin bir şekilde yönetilmesi, sürdürülebilir su tedariki için önemlidir [14].

Zaman serisi analizi, gelecekteki su talebini tahmin ederek su kaynaklarının verimli bir şekilde planlanmasına ve yönetilmesine yardımcı olmaktadır. Beklenmeyen durumlar veya olağandışı talep artışlarıyla başa çıkmak için hazırlıklı olmak gereklidir [18]. Bu nedenlerden dolayı, su talebi tahmininde zaman serisi analizi önemli bir araçtır ve su kaynaklarının etkin bir şekilde yönetilmesi ve sürdürülebilir su temini için önemli bir rol oynamaktadır.

Basit Hareketli Ortalama ve Ağırlıklı Hareketli Ortalama gibi yöntemler, zaman serilerindeki tahmin hatasını azaltmak ve eğilimi belirlemek için kullanılmaktadır [18]. Oto-Regressif modeller, bir değişkenin geçmiş değerlerinin bugünkü değerini tahmin etmek için kullanılmaktadır [10]. AR modelleri, geçmiş değerler arasındaki otokorelasyonu kullanarak gelecekteki değerleri tahmin etmektedir. Entegre modeller, zaman serilerindeki durağanlık sorununu çözmek için kullanılan bir terimdir. Entegre modeller, bir zaman serisinin durağan olmayan bileşenlerini durağan hale getirerek analiz edilebilir hale getirmektedir [9, 10]. Hareketli Ortalama Yaklaşımı, bir zaman serisinin gelecekteki değerlerini tahmin etmek için son dönemlerdeki gözlemler arasındaki ortalamayı kullanmaktadır.

3.2. ARIMA Yöntemi

ARIMA modelleri, bir zaman serisinin eğilimini, mevsimsel değişimlerini ve rastgele varyansını yakalamak için kullanılmaktadır [22]. Bu yöntemler, zaman serilerindeki

örüntüleri ve yapıları anlamak, gelecekteki değerleri tahmin etmek ve karar verme süreçlerinde kullanılan bilgiyi artırmak için yaygın olarak kullanılan araçlardır [22].

ARIMA, p , d ve q gibi üç temel bileşenden oluşmaktadır.

p değeri Otoregresif (AR) terimlerinin sayısını ifade etmektedir. Geçmiş gözlemlerden gelecekteki değerleri tahmin etmek için kullanılan gecikme sayısını belirtmektedir [17].

d değeri Entegrasyon (I) derecesini ifade etmektedir. Bu, zaman serisinin durağan hale getirilmesi için kaç kez fark alındığını belirtmektedir [22].

q değeri Hareketli Ortalama (MA) terimlerinin sayısını ifade etmektedir. Bu değer, modelin hata terimlerinin gecikme değerlerini içermektedir [22].

ARIMA modelinde Otokorelasyon Fonksiyonu (ACF), Artırılmış Dickey Fuller (ADF) ve Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS) gibi zaman serisinin durağanlığını tespit etmek için kullanılan testler bulunmaktadır. ACF testi, bir zaman serisinin otokorelasyonlarını ölçmek için kullanılmaktadır [14]. ACF, serinin kendisiyle olan korelasyonunu belirli gecikmelerle hesaplar. ACF, model seçiminde, yani hangi AR ve MA terimlerinin uygun olduğuna karar verirken faydalı olabilmektedir [71].

ACF grafiği, MA terimlerinin sayısını belirlemede kullanılmaktadır. Örneğin, MA(1) modelinde ACF'nin birinci gecikmeden sonra ani bir şekilde sifıra düşmesi beklenir. MA(2) modelinde ise ACF'nin ikinci gecikmeden sonra sifıra düşmesi beklenir. Durağan bir seri, sabit ortalama ve varyansa sahip olmalıdır. ACF'nin zamanla sifıra yaklaşması beklenir. Pozitif ve Negatif Otokorelasyonlar ACF, verilerin gecikmeli versiyonları arasındaki korelasyonu gösterir. Pozitif veya negatif otokorelasyonlar, zaman serisinin düzenlilik ve bağımlılığını anlamada yardımcı olmaktadır. ACF grafiğinde belirli gecikme değerlerindeki yüksek korelasyonlar, gecikmelerde veriler arasında önemli bir ilişki olduğunu göstermektedir. ACF, zaman serisinin otokorelasyonunu ölçmektedir. Model Seçimi MA terimlerinin sayısını belirlemek için kullanılmaktadır [72].

Durağan bir zaman serisi, ortalaması ve varyansı zamanla değişmeyen bir seridir. Durağanlık, ARIMA modellerinin etkin bir şekilde uygulanabilmesi için önemlidir çünkü ARIMA modelleri durağan veri üzerinde daha iyi performans göstermektedir. Durağan bir zaman serisi üzerinde çalışmak, modelleme sürecini daha sağlam ve güvenilir hale getirmektedir [72].

ARIMA modelinde ADF testi, zaman serilerinin durağanlığını test etmek için kullanılan bir istatistiksel testtir. Bu test, zaman serisinin bir birim kök içerip içermediğini belirlemektedir [23]. Bir birim kök varsa, zaman serisi durağan değildir. ADF testi, birim kök hipotezini (yani, serinin durağan olmadığını) test etmektedir [13]. ADF testi null hipotezi (H_0) ve alternatif hipotezi (H_1) test etmektedir.

Test aşamasında H_0 ve H_1 ele alınmaktadır. Null hipotezi kabul edilirse, zaman serisi birim kök içerir ve durağan değildir ifadesini kabul etmektedir. Alternatif hipotez kabul edilirse, zaman serisi birim kök içermez durağandır yorumu yapılmaktadır. Test aşamaları ilk etapta eğilim ve mevsimsellik durumu kontrol edilmektedir. Sonrasında ADF testi uygulanmaktadır [73].

Test sonucunda elde edilen p-değeri, null hipotezi reddetmek için kullanılan bir kriterdir. Eğer p-değeri belirli bir anlamlılık seviyesinden küçükse, null hipotezi kabul edilmemektedir. Serinin durağan olduğunu yorumu yapılmaktadır [72].

ARIMA modellemesinde KPSS (Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin) testi, zaman serisinin durağanlığını test etmek için kullanılan bir yöntemdir. Test aşamasında null hipotezi (H_0) ve alternatif hipotez (H_1) ele alınmaktadır [17]. Null hipotezi kabul edilirse, zaman serisi durağandır ve birim kök yoktur ifadesini yorumu yapılmaktadır. Alternatif hipotez kabul edilirse, zaman serisi durağan değildir ve birim kök içermez yorumu yapılmaktadır. KPSS testi zaman serisinin ortalamasının ve varyansının zaman içinde sabit olup olmadığını kontrol etmektedir [17]. KPSS testi sonucunda p-değeri belirli bir kritik değerden büyükse, seri durağan kabul edilmektedir. KPSS testi sonucunda p-değeri belirli bir kritik değerden küçükse, seri durağan olmayan yani birim kök içeren bir seri olarak kabul edilmektedir [72].

KPSS testi, sadece durağan olmayan seriler için bilgi sağlamaktadır. Yani, serinin çok güçlü birim kök varlığını tespit etmekte sınırlı olmaktadır. Testler sonucunda zaman serisi verileri durağan değildir sonucu çıkarsa seriye farklılaştırma işlemi yapılması gerekmektedir [72].

Farklılaştırma, bir zaman serisini durağan hale getirmek için uygulanan bir tekniktir. Genellikle zaman serisinin ardışık farklarını alarak gerçekleştirilir [73]. Farklılaştırma, serideki eğilimleri ve mevsimsel etkileri ortadan kaldırarak seriyi durağan hale getirmeyi amaçlamaktadır [22]. Farklılaştırılmış seri, bir zaman serisini durağan hale getirmek için uygulanan bir tekniktir.

3.3. SARIMA Yöntemi

SARIMA, zaman serisi analizi için kullanılan bir modeldir ve mevsimsel etkileri de dikkate alarak zaman serilerini modellemeye yönelik geliştirilmiştir. SARIMA modeli, ARIMA modelinin mevsimsel bileşenlerle genişletilmiş bir versiyonudur. SARIMA modeli, ARIMA modeline ek olarak mevsimsel etkileri yakalamaya olanak sağlamaktadır [22]. Bu durum, serinin mevsimsel döngülerini dikkate alarak daha doğru tahminler yapmayı amaçlamaktadır. SARIMA modeli, zaman serisi analizi ve tahmininde mevsimsel etkileri dikkate almak için kullanılan güçlü bir araçtır [72]. Mevsimsel döngüleri modelleyebilme yeteneği sayesinde, mevsimsel veri kümelerinde yüksek doğrulukta tahminler yapmaktadır [73].

3.4. Facebook Prophet

Facebook tarafından geliştirilen Prophet, zaman serisi analizi için kullanılan açık kaynaklı bir araçtır. Facebook Prophet, kullanımı kolay bir arayüze sahiptir [24]. Zaman serisi analizi yapmak isteyen kullanıcılar için hızlı bir başlangıç sağlamaktadır. Python ve R dillerinde kullanılabilir ve belirli bir kodlama bilgisine ihtiyaç duymamaktadır. Facebook Prophet, zaman serisindeki eğilim ve mevsimsellik örüntülerini otomatik olarak tespit edebilmektedir. Bu durum, kullanıcıların manuel olarak bu örüntüleri belirlemek için zaman harcamasını azaltır ve daha hızlı analiz yapılmasını sağlamaktadır [5].

Facebook Prophet, eğilim ve mevsimsellik bileşenlerini modellemek için esnek bir yapı sunmaktadır. Bu bileşenlerin gelecekteki değerlerini tahmin etmek için doğru ve hassas sonuçlar üretebilmektedir. Facebook Prophet, ekstra değişkenlerin (örneğin, tatil günleri, hava durumu vb.) zaman serisi analizine entegre edilmesine olanak tanımaktadır. Bu durum, tahminlerin daha nitelikli ve sağlıklı sonuçlar içermesini sağlamaktadır [5].

Facebook Prophet, farklı zaman aralıklarındaki verilerle çalışabilir ve bu veriler üzerinde tahminler yapabilmektedir. Bu durum, farklı zaman serisi veri kümeleri için geniş bir kullanım esnekliği sağlamaktadır [5].

Facebook Prophet, tahminlerin yanı sıra belirsizlik aralıklarını da hesaplayabilmektedir. Bu durum, tahminlerin güvenilirliğini değerlendirmeye yardımcı olurken, karar alma süreçlerinde daha bilinçli seçimler yapılmasını sağlamaktadır [24]. Facebook Prophet, endüstride, pazarlama analizlerinde, talep tahminlerinde ve finansal analizlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Kullanımı kolay olması ve doğru tahminler üretme yeteneği, zaman serisi analizinde etkili bir araç haline getirmektedir [5].

Facebook'un Prophet zaman serileri tahmini için tercih edilmesinin sebeplerinden biri sağladığı kullanım kolaylığıdır. Zaman serisi tahmini için geliştirilmiş birçok özellik sunmaktadır [5]. Bu nedenle, zaman serileri tahmini yapmak isteyen kullanıcılar için kolayca erişilebilir bir seçenektir.

Facebook Prophet, farklı zaman serisi veri kümelerine kolayca uyarlanabilir. Günlük, aylık veya yıllık verilerle çalışabilmekte ve ayrıca tatil, mevsimsellik gibi özellikleri de otomatik olarak ele alabilmektedir. Facebook Prophet, birçok durumda iyi tahminler yapabilen bir modeldir. Veri kümelerinde belirgin mevsimsellik veya tatil etkileri olduğunda, model yüksek performans göstermektedir [5].

Facebook Prophet, verilerdeki eğilimleri ve mevsimsel örüntüleri otomatik olarak tanıyabilmektedir. Ayrıca bu örüntülere uygun tahminler yapabilmektedir. Bu durum, kullanıcıların manuel olarak bu örüntüleri belirlemek ve modellemek zorunda kalmadan zaman serileri tahminleri yapmasını sağlamaktadır. Facebook Prophet,

birçok modelleme parametresini otomatik olarak ayarlama imkanına sahiptir. Bu durum kullanıcıların modeli doğru şekilde yapılandırmak için daha az zaman harcamasını sağlamaktadır. Facebook Prophet modeli, su talebi gibi zaman serileri üzerinde tahmin yapmak için etkili bir araç olmaktadır.

3.5. Korelasyon Analizi

Korelasyon analizi, iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkiyi ve bu ilişkinin gücünü ölçen istatistiksel bir tekniktir. Korelasyon analizi, değişkenler arasındaki doğrusal ilişkinin varlığını, yönünü ve gücünü değerlendirmede kullanılmaktadır [71].

Korelasyon analizi, iki değişken arasındaki ilişkiyi anlamak ve bu ilişkinin gücünü ölçmek için önemli bir araçtır [74]. Pearson, Spearman ve Kendall's Tau gibi farklı korelasyon katsayıları, çeşitli veri türleri ve ilişki biçimleri için kullanılmaktadır [17]. Korelasyon analizi, veri analizi ve modelleme süreçlerinde ilişkileri anlamak ve tahminler yapmak için önemli bir temel sağlamaktadır [24].

Su tüketiminin yıllar içinde artan eğilimi, nüfus artışıyla ilişkisini anlamak konusunda yardımcı olmuştur. Bu nedenle bu çalışmada su tüketimi ile nüfus arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarmak için Pearson Korelasyon Yöntemi kullanılmıştır.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

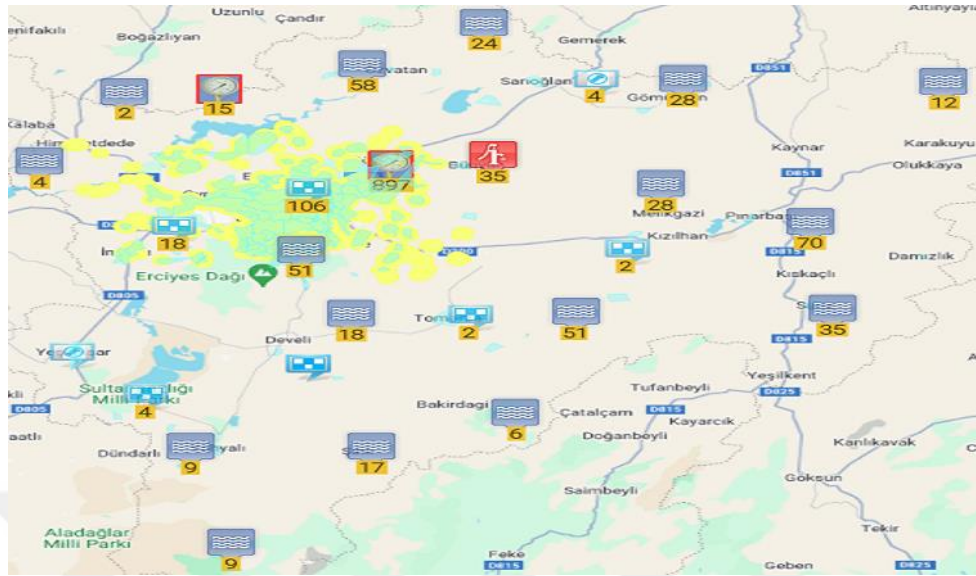
DENEYSEL SONUÇLAR

Bu bölümde, öncelikle çalışma kapsamında kullanılmış olan veri kümesi anlatılmıştır. Ardından, çalışmada kullanılan tahminleme yöntemlerinin sonuçları değerlendirilerek analiz edilmiştir.

4.1 Veri Kümesi

Bu çalışmada su tüketimini tahmin etmek için kullanılan veri kümesi, KASKİ'den alınmıştır. Veri kümesi, 1 Ocak 2000 ile 31 Aralık 2021 tarihleri arasındaki aylık su tüketimini metre küp cinsinden içermektedir. KASKİ, hesaplamalarını iki aylık dönemlerde yapmaktadır, bu nedenle veri iki aylık dönemler halinde değerlendirilmiştir. Dolayısıyla, her yıl için toplam altı veri bulunmaktadır. Çalışma alanı Şekil 4.1'te sunulmuştur. Kullanılan veri kümesi içerisinde az da olsa anormal düşük ve yüksek değerlerin olduğu görülmüştür. Bu durumun nedeninin kısmi veri kaybı ve pandemi döneminde düzensiz veri toplama olduğu anlaşılmıştır. Anomal veri oranının düşük olması nedeniyle deneysel çalışmanın sonuçları üzerinde çok büyük bir etkisi olmadığı değerlendirilmiştir. Çalışma sırasında kullanılmaya karar verilen başka bir veri ise su tüketim verilerine karşılık gelen yıllar için nüfus verisidir. Bu veriyi kullanmaya karar verme nedeni, analizlerde yıllar boyunca su tüketimi eğilimindeki sürekli artışın gözlemlenmesidir. Bu sebeple yıllar içerisindeki su talebinin artması ile nüfus arasındaki ilişkinin irdelenmesi gerektiği düşünülmüştür. Kayseri ilinin nüfus rakamları resmi devlet web sitelerinden elde edilmiştir.

Şekil 4.1. Çalışma Alanı Grafiği

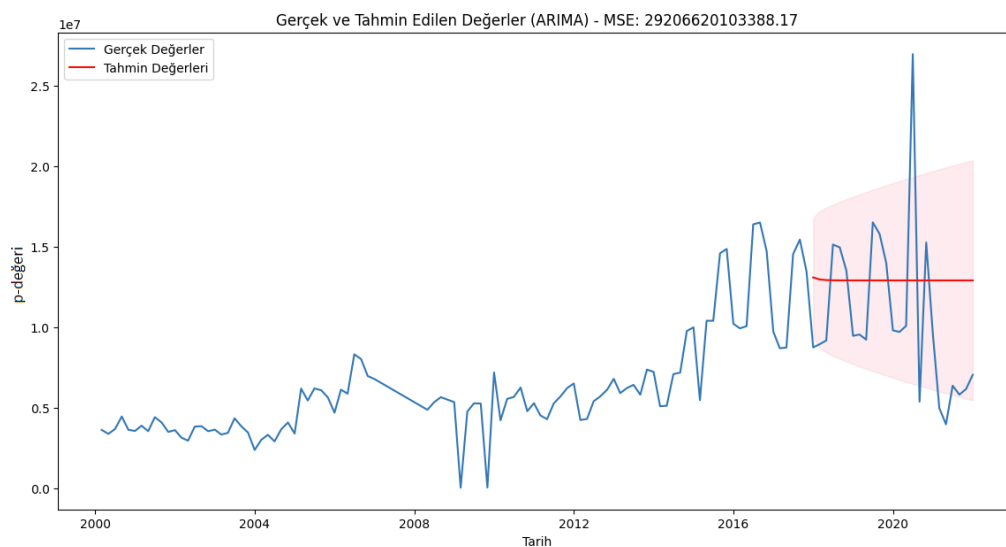


Kaynak: KASKİ CBS,(Aralık, 2023)

4.2. ARIMA Yöntemi

Kullanılan veri kümesinin zaman serisi grafiği incelendiğinde (Şekil 4.2), serinin belirli bir eğilim ve mevsimsellik içerdiğini görülmektedir. 2016'dan sonra ani artışlar ve düşüşler görülmektedir. Bu durum, verinin belirli dönemlerde mevsimsel değişiklikler olduğunu göstermektedir [73].

Şekil 4.2. Zaman Serisi Grafiği



4.2.1. ADF Testi Sonuçları

ADF testinin sonucunda elde edilen test istatistiği -1786×10^{-4} olarak hesaplanmıştır. Bu değer, p-değeri ile birlikte değerlendirilmelidir. p-değeri 388×10^{-4} olarak hesaplanmıştır. p-değeri 5×10^{-2} 'den büyük olduğundan, H_0 reddedilmektedir. H_0 , zaman serisinin birim kök içerdiğini ve dolayısıyla durağan olmadığını öne sürmektedir [73].

Kritik değerler ise test istatistiğinin hangi anlamlılık seviyelerinde değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

%1 anlamlılık seviyesinde kritik değer -3489×10^{-3} ,

%5 anlamlılık seviyesinde kritik değer -2887×10^{-3} ,

%10 anlamlılık seviyesinde kritik değer ise 258×10^{-2} olarak hesaplanmıştır. Test istatistiğimiz, tüm bu kritik değerlerin üzerindedir.

Yani, test istatistiğimiz %1, %5 ve %10 anlamlılık seviyelerinde de kritik değerlerden daha büyük bir değere sahiptir. Bu durum, zaman serisinin durağan olmadığını göstermektedir. Sonuç olarak, bu verilerle zaman serisinin durağan olmadığı sonucuna varılabilir.

4.2.2. KPSS Testi Sonuçları

KPSS testinin sonucunda elde edilen test istatistiği 1533×10^{-3} olarak hesaplanmıştır. Bu değer, p-değeri ile birlikte değerlendirilmelidir. p-değeri 10^{-2} olarak hesaplanmıştır. KPSS testinde H_0 'n zaman serisinin durağan olduğunu öne sürmektedir. Test sonucunda elde edilen p-değeri 10^{-2} , bu anlamlılık seviyesine karşılık gelmektedir. p-değeri, %1'lik anlamlılık seviyesindedir [73].

Kritik değerler ise şu şekildedir:

%10 anlamlılık seviyesinde kritik değer: 347×10^{-3}

%5 anlamlılık seviyesinde kritik değer: 463×10^{-3}

%2,5 anlamlılık seviyesinde kritik değer: 574×10^{-3}

%1 anlamlılık seviyesinde kritik değer: 739×10^{-3}

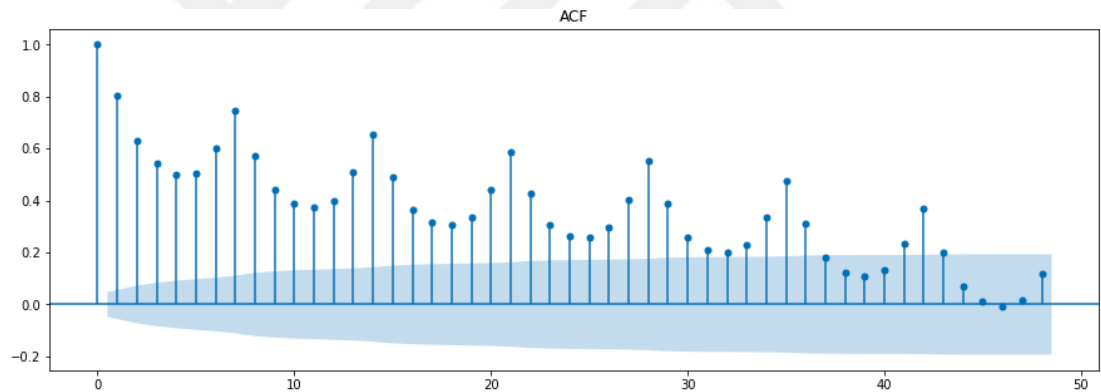
Test istatistiği sonucu olan 1533×10^{-3} , tüm bu kritik değerlerin üzerindedir. Bu durum, KPSS testinde H_0 'n reddedilmesine neden olur.

Yani, zaman serisinin durağan olmadığı sonucuna ulaşılmaktadır [73].

4.2.3. ACF ve PACF Grafiklerinin Yorumlanması

Şekil 4.3'te sunulmuş olan, ACF grafiği incelendiğinde ilk birkaç gecikmenin güven sınırlarının dışında olduğunu görülmektedir. Bu durum, serinin otokorelasyon içerdiğini ve eğilim barındırdığını göstermektedir.

Şekil 4.3. ACF Grafiği



Kısmi Otokorelasyon Fonksiyonu (PACF) grafiği incelendiğinde ise (Şekil 4.4), ilk birkaç gecikmenin güven sınırlarının dışında olduğunu gözlemlenmektedir. Bu, serinin otoregresif bir yapı içerdiğini işaret etmektedir.

4.2.4. ADF Testi Sonuçları (Farklılaştırılmış Seri)

ADF farklılaştırılmış seri test sonucunda elde edilen test istatistiği -3565×10^{-3} olarak hesaplanmıştır. Bu değer, p-değeri ile birlikte değerlendirilmelidir. p-değeri ise 65×10^{-4} olarak hesaplanmıştır. ADF testinde H_0 'n zaman serisinin birim kök içerdiğini ve dolayısıyla durağan olmadığını öne sürmektedir [71].

Test sonucunda elde edilen p-değeri 10^{-2} 'den küçük olduğundan, %1 anlamlılık seviyesinde H_0 red durumundadır. Bu durum, zaman serisinin durağan olduğunu göstermektedir.

Kritik değerler ise şu şekildedir:

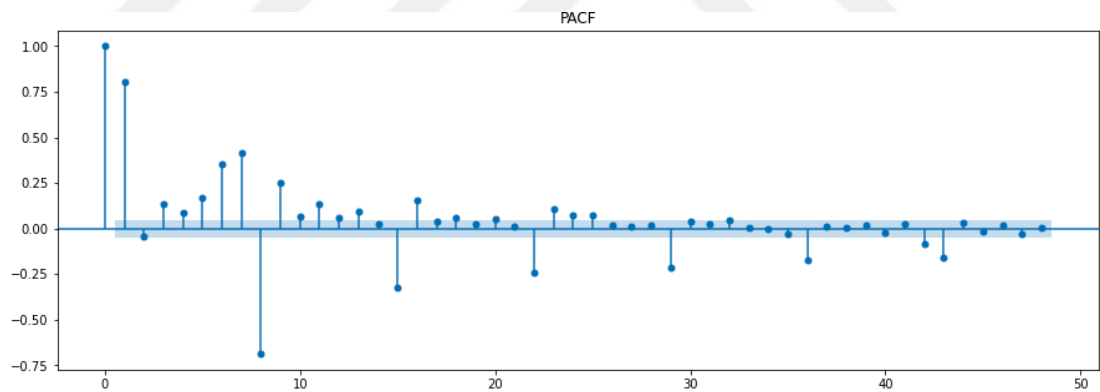
%1 anlamlılık seviyesinde kritik değer: -349×10^{-2}

%5 anlamlılık seviyesinde kritik değer: -2888×10^{-3}

%10 anlamlılık seviyesinde kritik değer: -2581×10^{-3}

Test istatistiği olan -3565×10^{-3} değeri, %1, %5 ve %10 anlamlılık seviyelerindeki tüm kritik değerlerden daha düşüktür. Bu durum, test istatistiğinin kritik bölgenin içinde olduğunu ve H_0 'n reddedilmesi gerektiğini göstermektedir. Yani, zaman serisi %1 anlamlılık seviyesinde durağandır [73].

Şekil 4.4. PACF Grafiği



4.2.5. KPSS Testi Sonuçları (Farklılaştırılmış Seri):

KPSS farklılaştırılmış test sonucunda elde edilen test istatistiği 57×10^{-3} olarak bulunmuştur. Bu değerle birlikte p-değeri de hesaplanmıştır ve p-değeri 10^{-1} 'dir.

KPSS testinde H_0 'n zaman serisinin durağan olduğunu öne sürer. Test sonucunda elde edilen p-değeri 10^{-1} , %10 anlamlılık seviyesine eşdeğerdir. Bu p-değeri, H_0 'n reddedilmesi için kullanılan bir kriterdir.

Kritik değerler ise şu şekildedir:

%10 anlamlılık seviyesinde kritik değer: 347×10^{-3}

%5 anlamlılık seviyesinde kritik değer: 463×10^{-3}

%2,5 anlamlılık seviyesinde kritik değer: 574×10^{-3}

%1 anlamlılık seviyesinde kritik değer: 739×10^{-3}

Test istatistiği olan 57×10^{-3} değeri, %10, %5, %2,5 ve %1 anlamlılık seviyelerindeki tüm kritik değerlerden çok düşüktür. Bu, test istatistiği kritik bölgenin oldukça uzağında olduğunu ve H_0 'n reddedilmesinin gerekmediğini göstermektedir. Yani, zaman serisinin durağan olduğu sonucuna ulaşılmaktadır [73].

4.2.6. ACF ve PACF Grafiklerinin Yorumlanması (Farklılaştırılmış Seri)

Şekil 4.3 ACF Grafiği, farklılaştırılmış serinin ACF grafiğinde, otokorelasyonun büyük ölçüde azaldığı ve güven sınırları içinde kaldığı görülmektedir. Otokorelasyonun azalması, genellikle serinin zamanla kendisiyle olan ilişkisinin zayıfladığını ve bu durumun serinin durağan olduğuna işaret edebileceğini göstermektedir. Bu durum, serinin durağan hale geldiğini göstermektedir [73].

Şekil 4.4 ACF grafiğinde farklılaştırılmış serinin PACF grafiğinde, AR yapıdan kalan birkaç gecikme dışında çoğu gecikmenin güven sınırları içinde kaldığı gözlemlenmektedir. Bu durum, serinin AR bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. PACF grafiğinin AR yapıda olması, serinin bir AR modeline uygun olabileceğine işaret etmektedir [73].

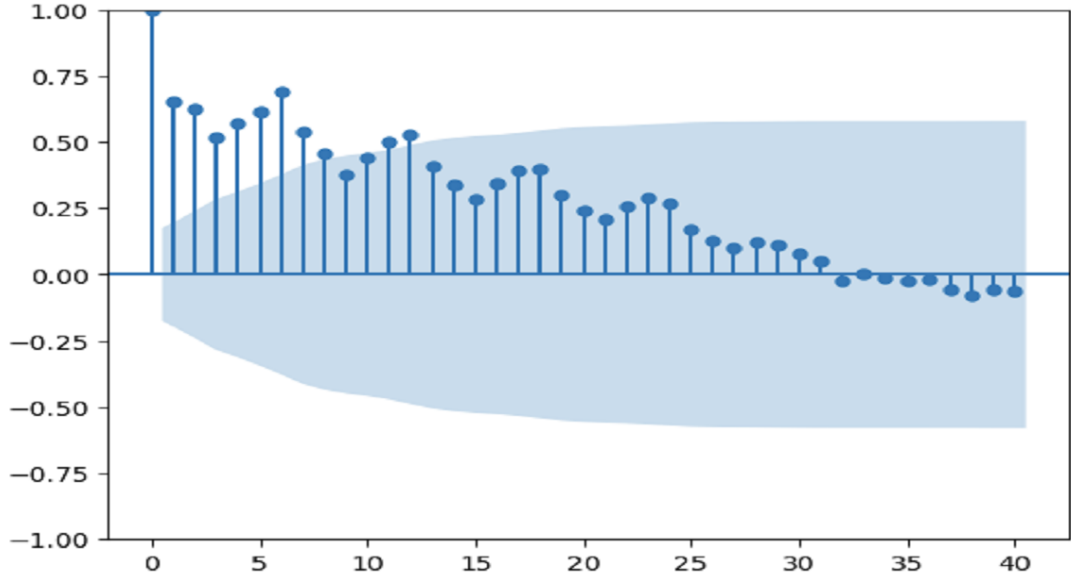
ARIMA modelinin tahmin sonuçları ve gerçek değerlerle karşılaştırması neticesinde, modelin bazı dönemlerdeki ani değişiklikleri yeterince yakalayamadığı gözlemlenmektedir.

Modelin Ortalama Kare Hatası (MSE) değeri 292×10^{11} olarak hesaplanmıştır.

4.2.7. Farklılaştırılmış Seri ACF Grafiği:

Farklılaştırılmış seri ACF grafiğinde (Şekil 4.5), ilk birkaç gecikmenin güven sınırlarının dışında olduğu görülmektedir. Bu durum, serinin otokorelasyon içerdiğini ve trend barındırdığını göstermektedir.

Şekil 4.5. Farklılaştırılmış Seri ACF Grafiği

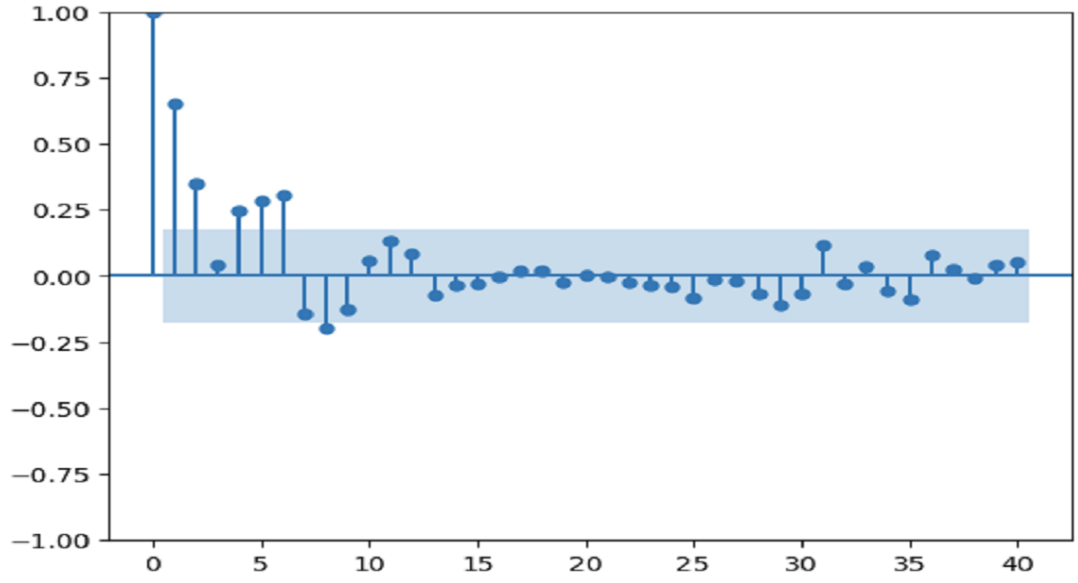


4.2.8. Farklılaştırılmış Seri PACF Grafiği:

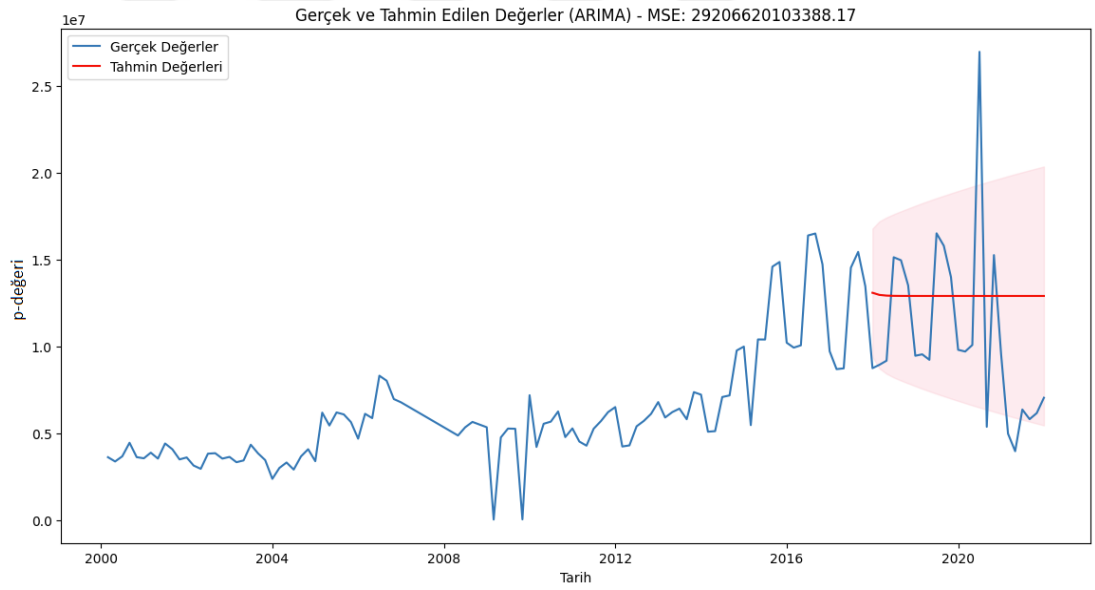
Farklılaştırılmış seri PACF grafiği (Şekil 4.6) incelendiğinde, ilk birkaç gecikmenin güven sınırlarının dışında olduğu görülmektedir. Bu durum, serinin otoregresif bir yapı içerdiğini göstermektedir.

ARIMA değer grafiği incelendiğinde (Şekil 4.7) ise, ilk birkaç gecikmenin güven sınırlarının dışında olduğu görülmektedir. Bu durum, serinin otokorelasyon içerdiğini ve eğilim barındırdığını göstermektedir.

Şekil 4.6. Farklılaştırılmış Seri PACF Grafiği



Şekil 4.7. ARIMA Değer Grafiği

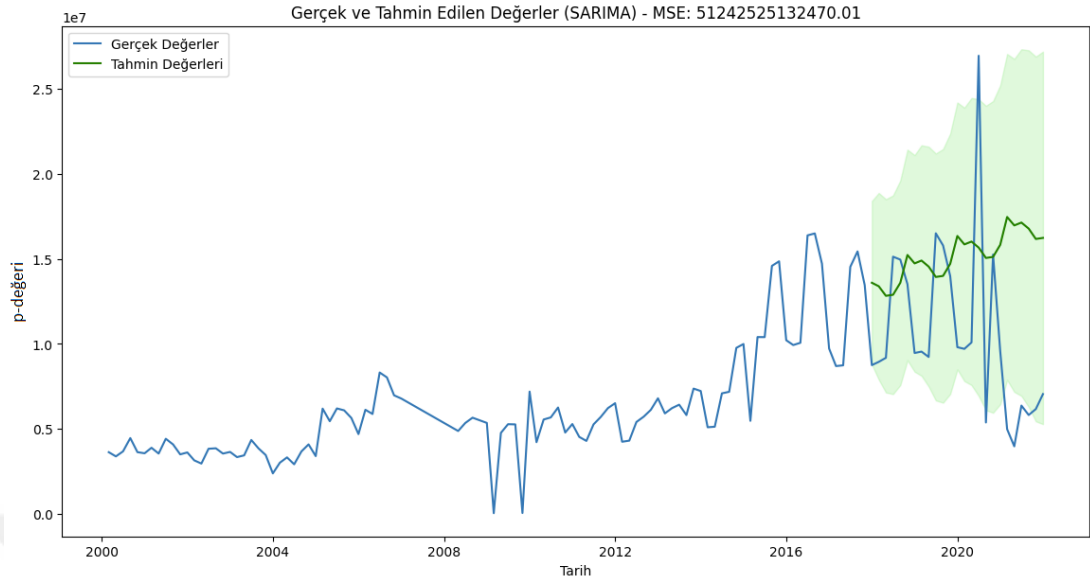


4.3. SARIMA Yöntemi:

SARIMA Değer Grafiği incelendiğinde (Şekil 4.8), modelin mevsimsellik ve eğilimleri daha iyi yakaladığı fark edilmektedir.

Ancak, modelin MSE değeri 512×10^{11} olarak hesaplanmıştır.

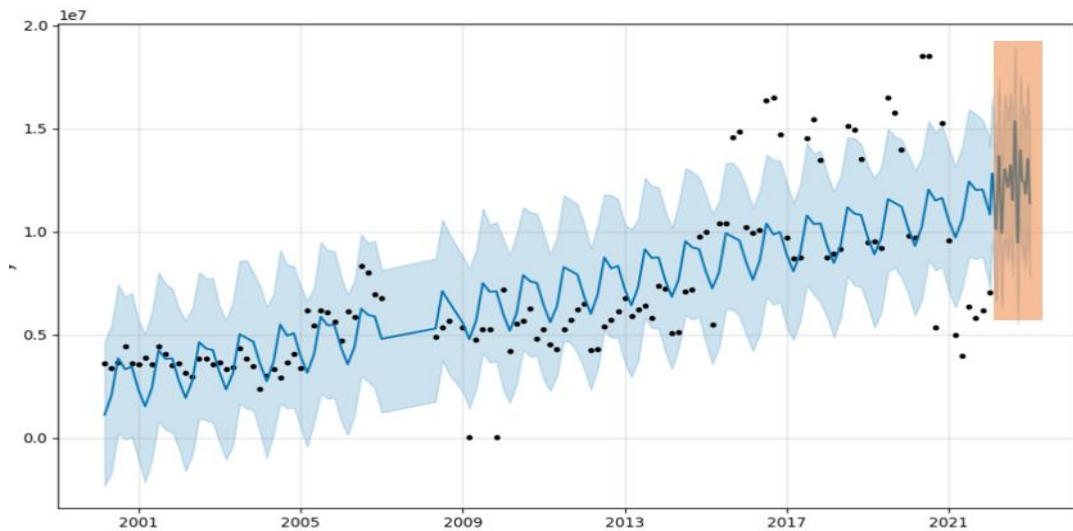
Şekil 4.8. SARIMA Değer Grafiği



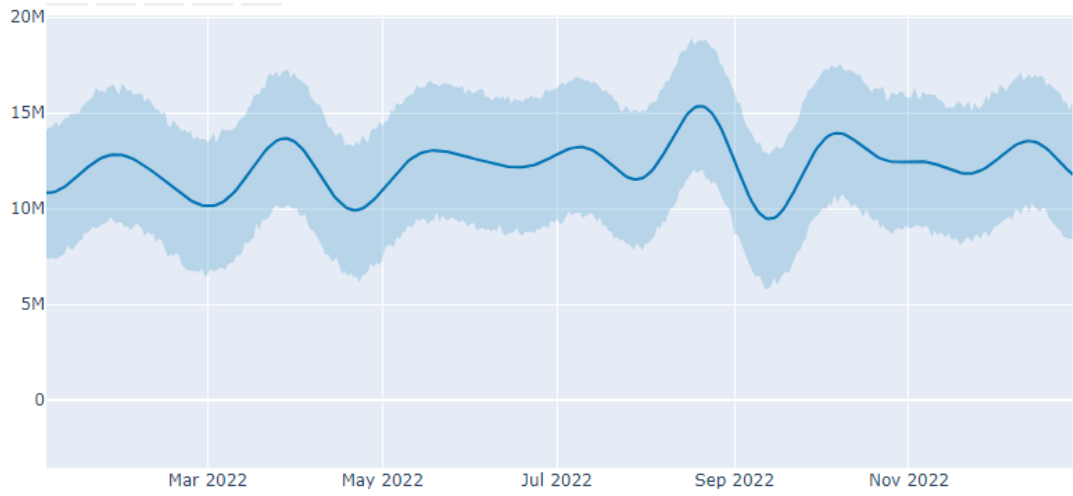
4.4. Facebook Prophet Sonuçları

Facebook Prophet tahmin grafiği (Şekil 4.9) incelendiğinde, turuncu kutucuk içerisinde gösterilen alan tahminleri, önceki kısımlar ise gerçek değerleri göstermektedir.

Şekil 4.9. Facebook Prophet Tahmin Grafiği

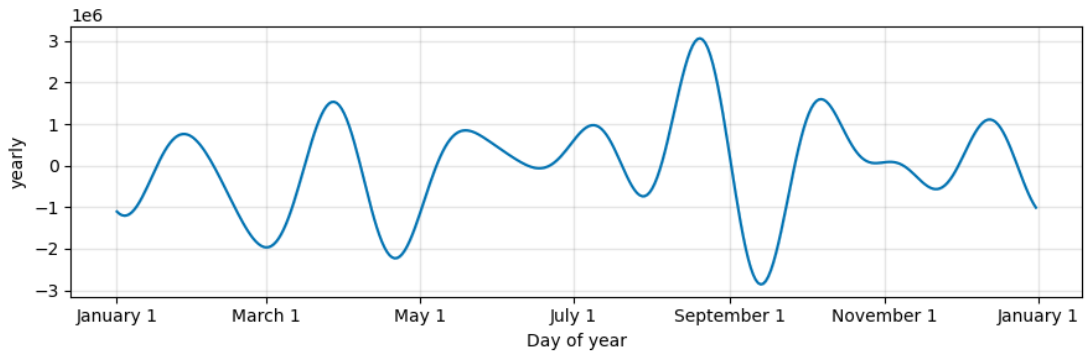


Şekil 4.10. Facebook Prophet Eğilim Grafiği(Gelecek)



Şekil 4.10'da ortalama su tüketiminin yıl içerisindeki dağılımı sunulmuştur. Buna göre en yüksek tüketimin yılın en sıcak dönemi olarak kabul edilen Temmuz-Ağustos döneminde gerçekleştiği görülmektedir. Su talebindeki bu artış, bu dönemdeki insan ihtiyaçları, tarımsal faaliyetler ve diğer kullanım alanları gibi çeşitli faktörlerle ilişkilendirilebilir. En düşük tüketimin olduğu dönemin Kasım-Aralık olduğu görülmektedir. Bu dönemde su tüketimindeki önemli azalmanın, esas olarak Kayseri'de tarımsal üretimin neredeyse durmasından kaynaklandığı değerlendirilmektedir.

Şekil 4.11. Aylık Bazda Su Tüketim Eğilimi Grafiği

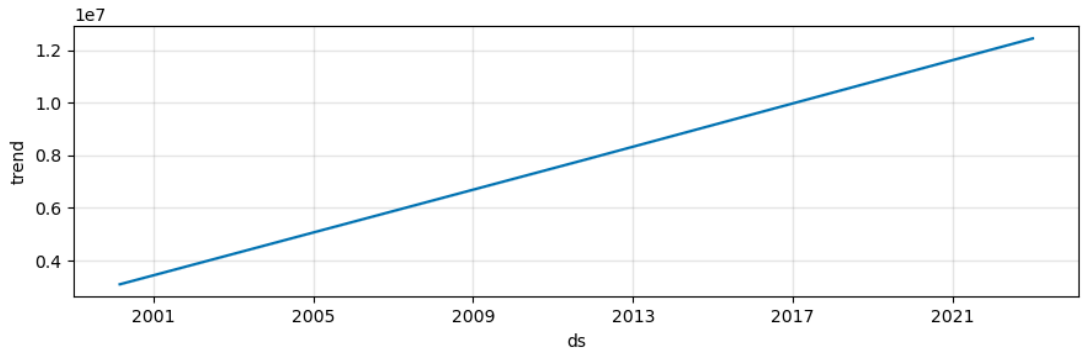


Analiz sonuçları yaklaşık 2×10^7 'lik bir MAE değeri ve yaklaşık 2×10^3 'lük bir Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE) değeri göstermektedir.

4.5. Korelasyon Analizi Sonuçları

Grafikte dikkat çeken diğer nokta ise su talebinin yıllar itibarıyla sürekli artmasıdır. Bu eğilimi Şekil 4.12'deki sunulan yıllık bazda su tüketim eğilim grafiğinde görmek mümkündür. Bu durum bizi ilgili döneme ait nüfus rakamlarını araştırmaya yöneltmiştir. Bu nedenle nüfus ile su tüketimi arasındaki ilişkiyi hesaplamak için ilgili yılları kapsayan Kayseri nüfus verileri ele alınmıştır.

Şekil 4.12. *Yıllık Bazda Su Tüketim Eğilimi Grafiği*



Su tüketim eğilimi grafiği (Şekil 4.11) incelendiğinde, su talebinin yıllar içinde istikrarlı bir şekilde arttığı gözlemlenmiştir. Bu artışın ana nedeninin nüfus olabileceği değerlendirilmiştir. Su tüketim talebi ile nüfus büyüklüğü arasındaki ilişki incelenmiştir. Korelasyon analizinde, korelasyon katsayısı pozitif yönde yaklaşık olarak 68×10^{-2} olarak bulunmuştur. 68×10^{-2} 'lik bir korelasyon değeri, iki değişken arasında güçlü bir doğrusal ilişki olduğunu göstermektedir. Bu oran, nüfus büyüklüğü ile su tüketim talebi arasında güçlü bir ilişki olduğunu göstermektedir, ancak tek faktörün bu durum olmadığını da göstermektedir. Dolayısıyla, tüketim talebindeki artış ile tarım gibi şehir genelinde yapılan faaliyetler arasındaki ilişkilerin de incelenmesi gerektiği sonucuna ulaşılmaktadır.

SONUÇ

Su talep tahmini, su kaynaklarının azaldığı ve su sıkıntısının büyük kentlerde arttığı günümüzde kritik bir öneme sahiptir. Su kaynaklarının etkili ve sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi için, merkezi ve yerel su kuruluşlarının geleceğe yönelik doğru tahminler yapabilmesi çok önemlidir. Su talebini oluşturan sosyo-ekonomik ve iklimsel faktörlerin kapsamlı bir şekilde incelenmesiyle bu tahminler doğrulanabilmektedir.

Su talep tahminlerinde genellikle temel ve mevsimsel tüketimler üzerinde durulmaktadır. Temel tüketim, hava koşullarından bağımsız olarak sabit olan su tüketimidir. Mevsimsel tüketim ise hava koşullarına göre değişkenlik gösterir ve yağış miktarı gibi faktörlere bağlı olarak dalgalanmalar göstermektedir. Bu nedenle, yerel su kuruluşlarının bu ilişkileri anlamak için çalışmalar yapmaları, hem tüketici davranışlarını hem de doğru tahminlerin yapılmasını sağlayacaktır.

Ülkemizde su talep tahminiyle ilgili yapılan çalışmaların az olduğu göz önünde bulundurulduğunda, akademisyenler ve araştırmacıların bu alanda daha fazla çalışma yapması gerekmektedir. Su talebinin anlaşılması, farklı tahmin yöntemlerinin uygulanması ve bu yöntemlerin karşılaştırılması, su talebi yönetimi için kritik öneme sahiptir. Bu çalışmalar, su kaynaklarının daha etkin ve ekonomik bir şekilde yönetilmesine katkı sağlayacaktır.

Su sıkıntılarına karşı stratejiler geliştirilmesine yardımcı olacaktır. Su talep tahminleri planlanırken, kullanım amaçlarına, tahmin modeli tiplerine ve güvenilirlik seviyelerine göre uygun dönemlerin seçilmesi çok önemlidir. Bu şekilde, tahminlerin doğruluğu artacak ve alınacak kararlar daha güvenilir temellere dayanacaktır.

Sonuç olarak, su talep tahminleri su kaynaklarının etkin yönetimi, su israfının önlenmesi, su fiyatlandırmasının düzenlenmesi gibi birçok alanda strateji oluşturulmasında önemli bir rol oynamaktadır ve bu alandaki çalışmaların artması gereklidir.

Bu tez çalışması kapsamında, 2000-2021 yılları arasında KASKİ'den elde edilen Kayseri şehri su tüketimi verilerini analiz etmeyi ve geleceğe yönelik tahminler yapmayı amaçlamıştır. Veri kümesi incelendiğinde, su talebinin yıllar içinde istikrarlı bir şekilde arttığı gözlemlenmiştir. Bu artış çeşitli faktörlere bağlanabilir.

Facebook Prophet, zaman serisi analizi için güncel ve etkili bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Tez çalışması kapsamında ARIMA ve SARIMA modelleri birlikte incelenirken, Facebook Prophet ayrı bir değerlendirme konusu olmuştur. Yapılan deneyler sonucunda, ARIMA modelinin ani değişiklikleri yeterince iyi yakalayamadığı, SARIMA'nın ise mevsimsellik ve eğilimleri başarıyla tespit ettiği gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, Ortalama Kare Hatası kıyaslamalarında ARIMA modelinin daha başarılı sonuçlar verdiği ortaya çıkmıştır [73].

Facebook Prophet ile yapılan analizler, hem yıllık hem de aylık bazda değerlendirme imkânı sunmuştur. Analizler sonucunda, su tüketiminin yıllar içinde sürekli bir artış gösterdiği belirlenmiştir. Bu artışın altında yatan nedenler arasında artan nüfus oranı dikkate alınarak, su tüketimi ile nüfus arasındaki korelasyon ortaya konmuştur. Elde edilen korelasyon değeri, artan su talebinin yalnızca artan nüfustan kaynaklanmadığını, aynı zamanda tarım, meteorolojik koşullar gibi diğer faktörlerin de su talebi üzerinde etkili olabileceğini göstermektedir. Bu durum, su talebinin dinamik yapısının daha kapsamlı bir analiz gerektirdiğini göstermektedir [73].

Korelasyon analizinde, su tüketim talebi ile nüfus büyüklüğü arasındaki ilişki incelenmiştir. Korelasyon katsayısı pozitif yönde yaklaşık olarak 0.68 olarak bulunmuştur. Bu oran, nüfus büyüklüğü ile su tüketim talebi arasında güçlü bir ilişki olduğunu göstermektedir, ancak bu tek faktör olmadığını da göstermektedir. Dolayısıyla, tüketim talebindeki artış ile tarım gibi şehir genelinde yapılan faaliyetler arasındaki ilişki incelenebilmektedir.

Yıl içindeki eğilimlere bakıldığında, su tüketiminin en yüksek olduğu dönemin Temmuz-Ağustos ayı olduğu görülmektedir. Bu durum, şehirdeki en yüksek ortalama sıcaklıkların bu dönemde olmasıyla kolayca açıklanabilir. Ayrıca, Kayseri'nin iklim yapısına göre, en fazla tarımsal sulama dönemi de bu zaman dilimine denk gelmektedir.

Yıllık kullanımın en az olduğu dönem Kasım-Aralık aylarıdır. Tarımsal sulamanın neredeyse olmadığı bu döneme denk gelen en düşük talep, tarımsal sulamanın diğer faktörlere kıyasla su tüketim talebi üzerinde daha büyük bir etkiye sahip olabileceğini gösterebilir.



KAYNAKLAR

- [1] Akdağa, Recep. "Yapay Sinir Ağları, Destek Vektör Makineleri ve Box-Jenkins Yöntemleriyle Kentsel İçmesuyu Talebi Tahmini ve Karşılaştırmalı Analizi" , Business & Economics Research Journal, 2016, Vol 7, Issue 1, p123
- [2] Gezer, A., & Erdem, A. (2018). Su stresi, su kıtlığı ve su tasarrufu hakkında halkın farkındalığının belirlenmesi: Akdeniz Üniversitesi örnek çalışması.
- [3] Amponsah, S. K., Otoo, D., & Todoko, C. A. K. (2015). Time series analysis of water consumption in the Hohoe municipality of the Volta region, Ghana. *Int. J. Appl. Math. Res*, 4, 393-403.
- [4] Yamak, P. T., Yujian, L., & Gadosey, P. K. (2019, December). A comparison between arima, lstm, and gru for time series forecasting. In *Proceedings of the 2019 2nd international conference on algorithms, computing and artificial intelligence* (pp. 49-55).
- [5] Taylor, S. J., & Letham, B. (2017). Prophet: forecasting at scale. Facebook Research. Available online: <https://research.fb.com/blog/2017/02/prophet-forecasting-at-scale/>. [Erişim: 22.04.2024]
- [6] Zhang, X., Zhang, T., Young, A. A., & Li, X. (2014). Applications and comparisons of four time series models in epidemiological surveillance data. *Plos one*, 9(2), e88075.
- [7] Bretó, C., He, D., Ionides, E. L., & King, A. A. (2009). Time series analysis via mechanistic models. *The Annals of Applied Statistics*, 319-348.
- [8] Barratt, A. S., Rich, K. M., Eze, J. I., Porphyre, T., Gunn, G. J., & Stott, A. W. (2019). Framework for estimating indirect costs in animal health using time series analysis. *Frontiers in veterinary science*, 6, 190.
- [9] Hansun, S. (2013, November). A new approach of moving average method in time series analysis. In *2013 conference on new media studies* (pp. 1-4).
- [10] Perry, M. B. The weighted moving average technique. *Wiley Encyclopedia of Operations Research and Management Science*, 2010
- [11] Owen, J. S., Eccles, B. J., Choo, B. S., & Woodings, M. A. (2001). The application of auto– regressive time series modelling for the time– frequency

- analysis of civil engineering structures. *Engineering Structures*, 23(5), 521-536.
- [12] Mishra, N., Soni, H. K., Sharma, S., & Upadhyay, A. K. (2018). Development and analysis of artificial neural network models for rainfall prediction by using time-series data. *International Journal of Intelligent Systems and Applications*, 10(1), 16.
- [13] Akdağ, R. (2015). Kentsel Su Sunumunda Bir Yönetim Aracı Olarak Su Talep Tahmini. *Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 8(3), 69-81.
- [14] Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2018). *Forecasting: principles and practice*. OTexts.
- [15] Akdağ, R. (2014). Yapay sinir ağları yöntemiyle Diyarbakır ili kent merkezi içme suyu talep tahmini uygulaması.
- [16] Akdağ, R. (2016). Yapay Sinir Ağları, Destek Vektör Makineleri ve Box-Jenkins Yöntemleriyle Kentsel İçmesuyu Talebi Tahmini ve Karşılaştırmalı Analizi. *Business & Economics Research Journal*, 7(1).
- [17] M. Johnson, "Prediction of groundwater level variations in coastal aquifers with tide and rainfall effects using heuristic data driven models," Doktora Tezi, Stanford University, 2023.
- [18] Firat, M., Turan, M. E., & Yurdusev, M. A. (2010). Comparative analysis of neural network techniques for predicting water consumption time series. *Journal of hydrology*, 384(1-2), 46-51.
- [19] Oluwaseun Oyeboade, Desmond Eseoghene Ighravwe " Urban Water Demand Forecasting: A Comparative Evaluation of Conventional and Soft Computing Techniques" Centre for Research in Environmental
- [20] Uzlu, E. (2024). Modeling and Forecasting of Water Demand in the City of Istanbul Using Artificial Neural Networks Optimized with Rao Algorithms. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 1-14.
- [21] Karim, F., Majumdar, S., Darabi, H., & Chen, S. LSTM fully convolutional networks for time series classification. *IEEE access*, 6, 1662- 1669, 2017
- [22] Box, G. E., Jenkins, G. M., Reinsel, G. C., & Ljung, G. M. (2015). *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. John Wiley & Sons.

- [23] Ristow, D. C., Henning, E., Kalbusch, A., & Petersen, C. E. (2021). Models for forecasting water demand using time series analysis: a case study in Southern Brazil. *Journal of water, sanitation and Hygiene for Development*, 11(2), 231-240.
- [24] Km Priyanka Saini, Amit Sharma “A Comparison Between Long Short-Term Memory And Prophet For Time Series Analysis And Forecasting Technique,” *African Journal of Biomedical Research*, 2024
- [25] Savun-Hekimoğlu, B., Erbay, B., Hekimoğlu, M., & Burak, S. (2021). Evaluation of water supply alternatives for Istanbul using forecasting and multi-criteria decision making methods. *Journal of Cleaner Production*, 287, 125080.
- [26] Namdari, H., Ashrafi, S. M., & Haghighi, A. (2024). Deep learning–based short-term water demand forecasting in urban areas: A hybrid multichannel model. *AQUA—Water Infrastructure, Ecosystems and Society*, 73(3), 380-395.
- [27] Dubey, A. K., Kumar, A., García-Díaz, V., Sharma, A. K., & Kanhaiya, K. (2021). Study and analysis of SARIMA and LSTM in forecasting time series data. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 47, 101474.
- [28] García-Soto, C. G., Torres, J. F., Zamora-Izquierdo, M. A., Palma, J., & Troncoso, A. (2024). Water consumption time series forecasting in urban centers using deep neural networks. *Applied Water Science*, 14(2), 21.
- [29] Braun, M., Bernard, T., Piller, O., & Sedehizade, F. (2014). 24-hours demand forecasting based on SARIMA and support vector machines. *Procedia Engineering*, 89, 926-933.
- [30] Riady, S. R., & Apriani, R. (2023, February). Multivariate time series with Prophet Facebook and LSTM algorithm to predict the energy consumption. In *2023 International Conference on Computer Science, Information Technology and Engineering (ICCoSITE)* (pp. 805-810). IEEE.
- [31] Herrera, M., García-Díaz, J. C., Izquierdo, J., & Pérez-García, R. (2011). Municipal water demand forecasting: tools for intervention time series. *Stochastic Analysis and Applications*, 29(6), 998-1007.

- [32] Huntra, P., & Keener, T. C. (2017). Evaluating the impact of meteorological factors on water demand in the Las Vegas Valley using time-series analysis: 1990–2014. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(8), 249.
- [33] Oliveira, P. J., Steffen, J. L., & Cheung, P. (2017). Parameter estimation of seasonal ARIMA models for water demand forecasting using the Harmony Search Algorithm. *Procedia Engineering*, 186, 177-185.
- [34] Adamowski, J. F. (2008). Peak daily water demand forecast modeling using artificial neural networks. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 134(2), 119-128.
- [35] Yalçıntaş, M., Bulu, M., Küçükvar, M., & Samadi, H. (2015). A framework for sustainable urban water management through demand and supply forecasting: The case of Istanbul. *Sustainability*, 7(8), 11050-11067.
- [36] Smolak, K., Kasieczka, B., Fialkiewicz, W., Rohm, W., Siła-Nowicka, K., & Kopańczyk, K. (2020). Applying human mobility and water consumption data for short-term water demand forecasting using classical and machine learning models. *Urban Water Journal*, 17(1), 32-42.
- [37] dos Santos, F. S., de Oliveira Peres, M. V., Coelho, L. D. S., & Mariani, V. C. Time Series Analysis and Forecasting in Water Demand Management. Available at SSRN 4921634.
- [38] Sebri, M. (2013). ANN versus SARIMA models in forecasting residential water consumption in Tunisia. *Journal of water, sanitation and hygiene for development*, 3(3), 330-340.
- [39] Alshahrani, M., & Mekni, S. (2022, December). Comparison between Different Techniques to Predict Municipal Water Consumption in Jeddah. In *Proceedings of the 6th International Conference on Future Networks & Distributed Systems* (pp. 429-434).
- [40] Al-Ghamdi, A. B., Kamel, S., & Khayyat, M. (2022). A Hybrid Neural Network-based Approach for Forecasting Water Demand. *Computers, Materials & Continua*, 73(1).
- [41] Zhou, S., Guo, S., Du, B., Huang, S., & Guo, J. (2022). A hybrid framework for multivariate time series forecasting of daily urban water demand using

attention-based convolutional neural network and long short-term memory network. *Sustainability*, 14(17), 11086.

- [42] Zanfei, A., Brentan, B. M., Menapace, A., & Righetti, M. (2022). A short-term water demand forecasting model using multivariate long short-term memory with meteorological data. *Journal of Hydroinformatics*, 24(5), 1053-1065.
- [43] Antunes, A., Andrade-Campos, A., Sardinha-Lourenço, A., & Oliveira, M. S. (2018). Short-term water demand forecasting using machine learning techniques. *Journal of Hydroinformatics*, 20(6), 1343-1366.
- [44] Ibrahim, T., Omar, Y., & Maghraby, F. A. (2020, March). Water demand forecasting using machine learning and time series algorithms. In 2020 International Conference on Emerging Smart Computing and Informatics (ESCI) (pp. 325-329). IEEE.
- [45] Kavya, M., Mathew, A., Shekar, P. R., & Sarwesh, P. (2023). Short term water demand forecast modelling using artificial intelligence for smart water management. *Sustainable Cities and Society*, 95, 104610.
- [46] Bata, M. T., Carriveau, R., & Ting, D. S. K. (2020). Short-term water demand forecasting using hybrid supervised and unsupervised machine learning model. *Smart Water*, 5(1), 2.
- [47] Zubaidi, S. L., Al-Bugharbee, H., Muhsin, Y. R., Hashim, K., & Alkhaddar, R. (2020, July). Forecasting of monthly stochastic signal of urban water demand: Baghdad as a case study. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 888, No. 1, p. 012018). IOP Publishing.
- [48] Guo, G., Liu, S., Wu, Y., Li, J., Zhou, R., & Zhu, X. (2018). Short-term water demand forecast based on deep learning method. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 144(12), 04018076.
- [49] Arandia, E., Ba, A., Eck, B., & McKenna, S. (2016). Tailoring seasonal time series models to forecast short-term water demand. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 142(3), 04015067.
- [50] Kofinas, D., Mellios, N., Papageorgiou, E., & Laspidou, C. (2014). Urban water demand forecasting for the island of Skiathos. *Procedia Engineering*, 89, 1023-1030.

- [51] Isnawati, S., Salehah, N. A., Prastyo, D. D., Kuswanto, H., & Lee, M. H. (2018). Hybrid SSA-TSR-ARIMA for water demand forecasting. *International Journal of Advances in Intelligent Informatics*, 4(3).
- [52] Tripathi, A., Kaur, S., Sankaranarayanan, S., Narayanan, L. K., & Tom, R. J. (2019). Water demand prediction for housing apartments using time series analysis. *International Journal of Intelligent Information Technologies (IJIIT)*, 15(4), 57-75.
- [53] Anele, A. O., Hamam, Y., Abu-Mahfouz, A. M., & Todini, E. (2017). Overview, comparative assessment and recommendations of forecasting models for short-term water demand prediction. *Water*, 9(11), 887.
- [54] Razali, S. N. A. M., Rusiman, M. S., Zawawi, N. I., & Arbin, N. (2018, April). Forecasting of water consumptions expenditure using Holt-Winter's and ARIMA. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 995, No. 1, p. 012041). IOP Publishing.
- [55] Shabri, A., & Samsudin, R. (2014, September). A new approach for water demand forecasting based on empirical mode decomposition. In *2014 8th. Malaysian Software Engineering Conference (MySEC)* (pp. 284-288). IEEE.
- [56] Fattah, J., Ezzine, L., Aman, Z., El Moussami, H., & Lachhab, A. (2018). Forecasting of demand using ARIMA model. *International Journal of Engineering Business Management*, 10, 1847979018808673.
- [57] Ticherahine, A., Boudhaouia, A., Wira, P., & Makhoulf, A. (2020, November). Time series forecasting of hourly water consumption with combinations of deterministic and learning models in the context of a tertiary building. In *2020 International Conference on Decision Aid Sciences and Application (DASA)* (pp. 116-121). IEEE.
- [58] Faruk, D. Ö. (2010). A hybrid neural network and ARIMA model for water quality time series prediction. *Engineering applications of artificial intelligence*, 23(4), 586-594.
- [59] Kavya, M., Mathew, A., Shekar, P. R., & Sarwesh, P. (2023). Short term water demand forecast modelling using artificial intelligence for smart water management. *Sustainable Cities and Society*, 95, 104610.

- [60] Wang, W. C., Chau, K. W., Xu, D. M., & Chen, X. Y. (2015). Improving forecasting accuracy of annual runoff time series using ARIMA based on EEMD decomposition. *Water Resources Management*, 29, 2655-2675.
- [61] Enbeyle, W., Hamad, A. A., Al-Obeidi, A. S., Abebaw, S., Belay, A., Markos, A., ... & Derebew, B. (2022). Trend analysis and prediction on water consumption in southwestern Ethiopia. *Journal of Nanomaterials*, 2022(1), 3294954.
- [62] Li, H., Wang, X., & Guo, H. (2022). Uncertain time series forecasting method for the water demand prediction in Beijing. *Water Supply*, 22(3), 3254-3270.
- [63] Amra, I. A. A., & Maghari, A. Y. (2018, October). Forecasting groundwater production and rain amounts using ARIMA-Hybrid ARIMA: Case study of Deir El-Balah City in GAZA. In 2018 International Conference on Promising Electronic Technologies (ICPET) (pp. 135-140). IEEE.
- [64] Mukhairez, H., & El-Halees, A. (2018). Medium-term forecasting for city water demand and revenue. *International Journal of Intelligent Computing Research*, 9(1), 921-927.
- [65] Al Balasmeh, O., Babbar, R., & Karmaker, T. (2019). Trend analysis and ARIMA modeling for forecasting precipitation pattern in Wadi Shueib catchment area in Jordan. *Arabian Journal of Geosciences*, 12, 1-19.
- [66] Sampathirao, A. K., Grosso, J. M., Sopasakis, P., Ocampo-Martinez, C., Bemporad, A., & Puig, V. (2014). Water demand forecasting for the optimal operation of large-scale drinking water networks: The Barcelona Case Study. *IFAC Proceedings volumes*, 47(3), 10457-10462.
- [67] Ibrahim M. Almanjahie, Zouaoui Chikr Elmezouar, Mirza Barjees Baig & Ishfaq Ahmad, "Modeling of water consumption in Saudi Arabia using classical and modern time series methods", *Arabian Journal Geosciences* Published: 15 March 2021 Volume 14, article number 522, (2021)
- [68] Nguyen, X. H. (2020). Combining statistical machine learning models with ARIMA for water level forecasting: The case of the Red river. *Advances in Water Resources*, 142, 103656.

- [69] Azad, A. S., Sokkalingam, R., Daud, H., Adhikary, S. K., Khurshid, H., Mazlan, S. N. A., & Rabbani, M. B. A. (2022). Water level prediction through hybrid SARIMA and ANN models based on time series analysis: Red hills reservoir case study. *Sustainability*, 14(3), 1843.
- [70] Mohammed, J. R., & Ibrahim, H. M. (2012). Hybrid wavelet artificial neural network model for municipal water demand forecasting. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 7(8), 1047-1065.
- [71] Karakoç, A. G. D. F. Y., & Dönmez, L. (2014). Ölçek geliştirme çalışmalarında temel ilkeler. *Tıp Eğitimi Dünyası*, 13(40), 39-49.
- [72] Lütkepohl, H. (2005). *New Introduction to Multiple Time Series Analysis*. Springer Science & Business Media.
- [73] Kip, M.H., & Azginoglu, N., “Zaman Serisi ile İçme Suyu Talep Tahmini: Kayseri Örneği”, (2024, Ağustos), *Proceeding Book of 5th International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2024* (pp. 646-653).
- [74] Sedgwick, P. (2012). Pearson’s correlation coefficient. *Bmj*, 345.

ÖZ GEÇMİŞ

1. İLETİŞİM BİLGİLERİ

Adı Soyadı : Mehmet Hakan KİP

Uyruğu : Türkiye Cumhuriyeti

2. ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Üniversite	Yıl
Lisans	Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği	Başkent Üniversitesi	2011-2017
Yüksek Lisans	Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Hesaplamalı Bilimler ve Mühendislik Ana Bilim Dalı	Kayseri Üniversitesi	2021-2024

3. YABANCI DİL : İngilizce

4. İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2019-Devam	KASKİ (Kayseri Su ve Kanalizasyon İdaresi) Genel Müdürlüğü	Bilgisayar Mühendisi

5. YAYINLAR

- ❖ Kip, M.H., & Azginoglu, N., “Zaman Serisi ile İçme Suyu Talep Tahmini: Kayseri Örneği”, (2024, Ağustos), Proceeding Book of 5th International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2024 (pp. 646-653).

Yüksek Lisans Tez

Yazar Mehmet Hakan Kip

Gönderim Tarihi: 10-Eki-2024 10:58AM (UTC+0300)
Gönderim Numarası: 2480976271
Dosya adı: Mehmet_Hakan_KI_P_7.DOCX (984.62K)
Kelime sayısı: 12805
Karakter sayısı: 91981

Yüksek Lisans Tez

ORJİNALLİK RAPORU

% 2	% 1	% 1	%
BENZERLİK ENDEKSİ	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1	www.researchgate.net İnternet Kaynağı	<% 1
2	cdn.istanbul.edu.tr İnternet Kaynağı	<% 1
3	www.anadolugazete.com.tr İnternet Kaynağı	<% 1
4	Songün, Mehmet Harun. "Yapay Zeka Yöntemleriyle Hisse Senedi Fiyatının Ongörülmesi", Marmara Üniversitesi (Turkey), 2024 Yayın	<% 1
5	www.scilit.net İnternet Kaynağı	<% 1
6	dergipark.org.tr İnternet Kaynağı	<% 1
7	Acar, Aziz. "Kobi'lerde Kalite Yönetim Uygulamaları, Yenilik ve Kobi'lerin Performansı Arasındaki İlişkinin İncelenmesi: Alan Araştırması", Dokuz Eylul Üniversitesi (Turkey), 2024	<% 1

Yayın

8

Boğacı, Gizem. "Reel Efektif Döviz Kuru İle Petrol Fiyatları Arasındaki İlişkinin Analizi ve bir Uygulama Denemesi", Bursa Uludag University (Turkey), 2023

Yayın

<% 1

9

acikerisim.nigde.edu.tr

İnternet Kaynağı

<% 1

10

Horasan, Esat Burc. "Box-Jenkins Modeli İle Bağımsız Denetim Uygulaması", Marmara Üniversitesi (Turkey), 2021

Yayın

<% 1

11

UYŞAL, Doğan, MUCUK, Mehmet and ALPTEKİN, Volkan. "Finansal Serbestleşme Sürecinde Türkiye Ekonomisinde Faiz ve Kur İlişkisi", Selçuk Üniversitesi, 2008.

Yayın

<% 1

12

docplayer.biz.tr

İnternet Kaynağı

<% 1

Alıntıları çıkart

Kapat

Eşleşmeleri çıkar

Kapat

Bibliyografayı Çıkart

Kapat