



**TÜBİTAK 2209-A ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ ARAŞTIRMA PROJELERİ DESTEKLEME PROGRAMI**

**Başvuru formunun Arial 9 yazı tipinde, her bir konu başlığı altında verilen açıklamalar göz önünde bulundurularak hazırlanması ve ekler hariç toplam 20 sayfayı geçmemesi beklenir (Alt sınır bulunmamaktadır). Değerlendirme araştırma önerisinin bilimsel niteliği, yöntemi, proje yönetimi ve yaygın etkisi başlıkları üzerinden yapılacaktır.**

**ARAŞTIRMA ÖNERİSİ FORMU**

... Yılı

... Dönem Başvurusu

**2209-A ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ ARAŞTIRMA PROJELERİ DESTEKLEME PROGRAMI**  
**ARAŞTIRMA ÖNERİSİ FORMU**

**A. GENEL BİLGİLER**

<b>Başvuru Sahibinin Adı Soyadı:</b>
<b>Araştırma Önerisinin Başlığı:</b>
<b>Danışmanın Adı Soyadı:</b>
<b>Araştırmanın Yürütüleceği Kurum/Kuruluş:</b>

**ÖZET**

Araştırma önerisi özetinin (1) bilimsel nitelik; (2) yöntem; (3) proje yönetimi ve (4) yaygın etki hakkında bilgileri kapsamı beklenir. Bu bölümün en son yazılması önerilir.

Günümüzde artan nüfus ve iklim değişikliği, Türkiye'nin de içinde bulunduğu Akdeniz havzasında su stresi ve kuraklık tehdidini artırmaktadır. İçme suyu, tarımsal sulama ve enerji üretimi için stratejik rezervuarlar olan barajların etkin yönetimi, bu tehditlere karşı hayati önem taşımaktadır. Ancak, geleneksel tahmin yaklaşımlarının, ani yağış rejimi düzensizliklerini ve bölgesel su kullanım dinamiklerini yakalamada yetersiz kaldığı görülmektedir.

Bu projede, Cumhuriyet döneminin ilk büyük sulama projelerinden biri olan, Çukurova Ovası'nın hayati kaynağı Seyhan Barajı özelinde hem toplumsal farkındalığa hizmet edecek hem de su yönetimini destekleyecek bir ay sonrasına yönelik yüksek doğruluklu bir baraj doluluk oranı tahmin modelinin geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

Proje kapsamında Seyhan Barajı özelinde 6.Bölge Devlet Su İşleri Müdürlüğü'nden (DSİ) su kaynakları verileri (gerçek kayıp kaçak su, enerji üretiminde ve sulamada kullanılan su, buharlaşma oranı, ölçüm verileri ve bunlara bağlı doluluk oranı) ile 6. Bölge Meteoroloji genel Müdürlüğü'nden ve NASA POWER API'den meteoroloji verileri (ortalama sıcaklık, yağış miktarı, rüzgar hızı) kullanılacaktır. Böylelikle çok kaynaklı veri yaklaşımı sağlanacaktır.

Proje metodolojisi, Facebook Prophet modeli ve Google TimesFM(Time Series Foundation Model) üzerine kurulmuştur. Çalışmanın özgün değeri, literatürdeki tek kaynaklı veri yaklaşımlarından ayrılması ve modelin çok değişkenli bir yapıda kullanılmasıdır. Bu yaklaşımla, temin edilen gerçek veriler modele entegre edilecektir. Böylece, geleneksel istatistiksel modellerin zorlandığı "ani dalgalanmaların" (günlük yağışlar, ani su çekimi vb.) genel trendi bozmadan öğrenilmesi sağlanacaktır. Yapılan ön çalışmada, bu bütüncül veri yaklaşımını kullanan Facebook Prophet modelinin (RMSE- Kök Ortalama Kare Hata: 0.91), geleneksel bir temel modele (RMSE 4.52) kıyasla çok daha yüksek bir doğruluk sağladığı gözlemlenmiştir.

Projenin nihai hedefi, bu bilimsel çıktının toplumsal faydaya dönüştürülmesidir. Elde edilen yüksek doğruluklu tahminler, geliştirilecek bir iOS mobil uygulaması aracılığıyla kamuoyuna sunularak, su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi konusunda şeffaflık ve toplumsal farkındalığın artırılması hedeflenmektedir.

Bu çalışma ile TÜBİTAK 2209-A programının "Yapay Zeka" ve "Sürdürülebilirlik" öncelikli alanlarına somut bir katkı sunulmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Seyhan Barajı, Gerçek Veri, Facebook Prophet, TimesFM, Baraj Doluluk Tahmini

**1. ARAŞTIRMA ÖNERİSİNİN BİLİMSEL NİTELİĞİ**

**1.1. Konunun Önemi ve Araştırma Önerisinin Bilimsel Niteliği**

Araştırma önerisinde ele alınan konunun kapsamı, sınırları ve önemi ortaya konulur. Araştırma önerisi kapsamında yapılacak çalışmalarla literatürdeki hangi eksikliğin nasıl giderileceği veya hangi soruna nasıl bir çözüm getirileceği ilgili literatüre atıfla açıklanarak araştırma önerisinin bilimsel niteliği ortaya konulur. Araştırma sorusu ve varsa hipotez (ler)i tanımlanır.

Projenin konusu, 12. Kalkınma Planı ve 2030 Sanayi ve Teknoloji Stratejisi'nde yer alan kritik teknoloji alanları ile öncelikli Ar-Ge ve yenilik konuları ile ilişkili ise, ilişkilendirilme sebebi ve ilgili alana sağlayacağı yararlar açıklanmalıdır.

**2209-A ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ ARAŞTIRMA PROJELERİ DESTEKLEME PROGRAMI**  
**ARAŞTIRMA ÖNERİSİ FORMU**

Barajın doluluk oranının etkin yönetimi, tarımsal üretimin sürdürülebilirliği ve enerji arz güvenliği için doğrudan belirleyicidir. Literatürde bulunan daha önceki çalışmalar ve geleneksel su yönetimi yaklaşımları incelendiğinde, mevcut doluluk oranlarını izlemeye odaklandığı görülmüştür.[1]

**2209-A ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ ARAŞTIRMA PROJELERİ DESTEKLEME PROGRAMI**  
**ARAŞTIRMA ÖNERİSİ FORMU**

Bu izlemelerin genellikle tek taraflı olarak uzaktan algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) üzerinde uydu verilerinin analizi ile barajın doluluğu hakkında tespitler yapılarak gerçekleştirildiği tespit edilmiştir. [2]

Literatürde baraj doluluk oranı tahminine yönelik yapılan çalışmaların büyük bölümü yalnızca geçmiş doluluk verilerine veya uzun vadeli meteorolojik ortalamalara dayanmaktadır. [3] Bu modeller genellikle uzun ölçekli dalgalanmaları, ani yağış değişimlerini ve bölgesel su tüketim örüntülerini yeterince dikkate alınmadığı tespit edilmiştir.

Erken önlem alma, kaynak kullanımını optimizasyonu, karar verme süreçlerinin güçlendirilmesi, ani değişimlere hızlı uyum, sürdürülebilirlik ve rekabet avantajı gibi nedenlerden ötürü modern yaklaşımlar gelecekteki seviyelerin proaktif olarak tahmin edilmesini gerektirmektedir. [4]

Görülen bir başka eksikliğin ise geleneksel istatistiksel yöntemlerin karmaşık ve değişken çevresel koşulları yeterince temsil edemediği, bu nedenle tahmin doğruluğunun sınırlı kaldığı olmuştur. [5] Bu projede bu eksikliğin tespiti sonucu tahminlemenin en etkin biçimde gerçekleştirilebilmesi için yapay zekâ tabanlı yaklaşımlar benimsenmiştir.

Yapılan araştırmalar ile Facebook Prophet ve Google Yapay Zeka (AI) TimesFM tabanlı tahmin modellerinin dinamik veri yapılarından öğrenme, genel trend ve örüntü bulma yeteneği kullanılarak mevsimsel eğilimleri ve anlık değişimleri öğrenen bir model oluşturabileceği keşfedilmiştir. Seçilen modeller ile bir ay sonrasına kadar baraj doluluk oranı ile ilgili daha doğru tahminler elde edilmesi hedeflenmektedir.

Ayrıca TimesFM kütüphanesiyle ilgili literatürde baraj doluluk tahmini yapan herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Böylelikle TimesFM çalışmalarına yeni bir yenilik getirilecektir.

Bu noktada, makine öğrenmesi ve yapay zekâ tabanlı zaman serisi tahmin modelleri, karar vericilere geleceğe yönelik daha doğru ve veri temelli öngörüler sunacağı beklenmektedir.

Çalışmada, DSI'den temin edilecek olan kayıp kaçak, enerji üretiminde kullanılan su, sulamada kullanılan su, buharlaşma ve geçmiş baraj doluluk oranı verileri, ek olarak sadece barajın durumu ile ilgili değil dışardan doğal etkilere dikkate alınacaktır. Genel trend çıkarılıp ani değişimlerde büyük sapmaların önlenmesi istenmektedir. Bu çerçevede NASA POWER API'den elde edilen ve Adana Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden talep edilecek olan gerçek Günlük Ortalama Sıcaklık (°C), Günlük Toplam Yağış (mm = kg/m<sup>2</sup>), Günlük Ortalama Rüzgar Hızı (m/sn) meteorolojik verileri ile bütüncül bir yaklaşım sergilenecektir. Literatürdeki "tek kaynaklı veriyle sınırlı tahmin" yaklaşımının ötesine geçilecektir.

Bu bütüncül veri yaklaşımı ve kullanılan modeller elde edilen öngörüler iOS uygulaması olarak sunularak herkesin kolaylıkla ulaşabileceği bir yapıya dönüştürülecektir. Uygulamanın mobil ortamda olup herkesçe erişilebilir olması, su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi konusunda bireylerin bilinçlenmesine katkı sağlayacak ve çevre dostu bir yaklaşımın yaygınlaşmasına olanak tanımış olacaktır.

Bu bağlamda araştırmamızın ana sorusu şudur: Geçmiş baraj doluluk oranları ile meteorolojik veriler (yağış, sıcaklık, buharlaşma, kar erimesi vb.) bir arada değerlendirildiğinde, bir ay sonraki baraj doluluk oranı ne kadar doğru tahmin edilebilir?

Buna bağlı hipotezler ise şunlardır:

1. Meteorolojik verilerin (yağış, sıcaklık, kar erimesi vb.) tahmin modellerine entegre edilmesi, yalnızca geçmiş doluluk oranlarına dayalı modellere kıyasla baraj doluluk oranı tahmin doğruluğunu anlamlı biçimde artırır.
2. Facebook Prophet ve Google tabanlı TimesFM modelinin hibrit olarak kullanılması hem mevsimsel trendleri hem de dalgalanmaları yakalayarak geleneksel tekil modellere göre daha düşük hata oranı sağlar.

## 2209-A ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ ARAŞTIRMA PROJELERİ DESTEKLEME PROGRAMI ARAŞTIRMA ÖNERİSİ FORMU

3. Geliştirilen modelden elde edilen kısa vadeli (1 ay) tahminler, su yönetimi, tarımsal sulama planlaması ve enerji üretimi gibi alanlarda karar destek aracı olarak kullanılabilir düzeydedir.

Bu proje, 12. Kalkınma Planı ve 2030 Sanayi ve Teknoloji Stratejisinde yer alan “Yapay Zekâ”, “Büyük Veri ve Analitik Teknolojiler” ile “Sürdürülebilirlik ve Yeşil Dönüşüm” alanlarındaki ulusal önceliklerle doğrudan örtüşmektedir. Çalışma, yapay zekâ tabanlı tahmin modellerini kullanarak su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi ve iklim değişikliğine uyum hedeflerine somut katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Bu yönüyle proje, hem çevresel sürdürülebilirliği destekleyen hem de Türkiye’nin teknoloji tabanlı AR-GE kapasitesini güçlendiren yenilikçi bir yaklaşımdır.

Ayrıca TÜBİTAK’ın 2209-A - Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı kapsamında öncelikli alanlar listesinde “Yapay Zeka” başlığı ile birebir uyumludur. Bu uyum, yapay zekâ teknolojilerinin su yönetimi gibi ulusal düzeyde kritik ve acil bir sorunun çözümünde kullanılmasını teşvik eden ulusal stratejilerle de tam bir paralellik göstermektedir.

### 1.2. Amaç ve Hedefler

Araştırma önerisinin amacı ve hedefleri açık, ölçülebilir, gerçekçi ve ulaşılabilir nitelikte olacak şekilde yazılır.

Projenin temel amacı, Seyhan Barajı’nın doluluk oranını (hedef değişken) etkileyen çoklu faktörleri (baraj ölçüm ve meteorolojik veriler) kullanarak yüksek doğruluklu bir zaman serisi tahmin modeli geliştirmek ve bu modelin çıktılarını bir iOS uygulaması üzerinden sunmaktır.

DSİ’den elde edeceğimiz gerçek ölçüm verileri, Nasa Power Web API’den ve 6.Bölge Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden temin edeceğimiz meteorolojik verilerle sadece mevsimsel genel trendleri yakalamak değil, aynı zamanda ani dalgalanmaları da hesaba katan bir ay sonrasına yönelik yüksek doğruluklu doluluk oranı tahminleri üretebilen yapay zekâ tabanlı bir karar destek modelinin geliştirilmesidir.

Tahmin süresinin bir ay olarak belirlenmesinin stratejik bir nedeni bulunmaktadır. Bir aydan sonra istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azaldığını ve bu süreden sonraki tahminlerin daha çok genel mevsimsel örüntülere odaklandığı literatürde tespit edilmiştir. [6],[7] Dolayısıyla, sadece mevsimsel trendleri değil, ani meteorolojik değişimleri de yakalamayı hedefleyen modelimizin güvenilirliği ve yüksek doğruluğu için bir aylık tahmin süresi, optimum üst sınırı temsil etmektedir.

Mobil uygulamanın geliştirilmesindeki temel amaç, proje kapsamında temin edilecek olan gerçek dünya verilerini ve yapay zekâ öngörülerini akademik çevrelerin dışına taşıyarak doğrudan toplumsal faydaya dönüştürmektir. Böylece su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi konusunda toplumsal bir sahiplenmenin teşvik edilmesi hedeflenmektedir.

#### 2) Projenin Ölçülebilir Hedefleri

Projenin bilimsel amacına, kapsamına ve hipotezlerine uygun olarak, araştırma sürecini yönlendirecek ve projenin başarısını değerlendirmemizi sağlayacak temel ölçülebilir hedefler şu şekilde tanımlanmıştır:

Hedef No	Hedefin Odağı	Açıklama ve Ölçüt
H-1	Bütüncül Veri Seti Oluşturma	DSİ, MGM ve NASA POWER API’den 20 yıllık operasyonel ve meteorolojik verileri temin etmek. Bu ham verileri temizlemek, özellik mühendisliği (feature engineering) yapmak ve modellerin eğitimi için eğitim/test kümelerine ayırmak.
H-2	Yapay Zekâ Modelinin Geliştirilmesi	Facebook Prophet ve Google TimesFM modellerini, dışsal değişkenleri kabul edecek şekilde yapılandırmak. Hibrit modelin, en yüksek doğruluğu elde etmek için hiper-parametre optimizasyonu (tuning) ile eğitmek.

**2209-A ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ ARAŞTIRMA PROJELERİ DESTEKLEME PROGRAMI**  
**ARAŞTIRMA ÖNERİSİ FORMU**

<b>H-3</b>	Model Doğrulaması	Eğitilen hibrit Facebook Prophet ve TimesFM modelinin başarımını (RMSE, MAE (Ortalama Mutlak Hata), $R^2$ (Belirlilik Katsayısı)) ölçmek. Elde edilen hata metriklerine göre model parametrelerini optimize ederek performansı artırmak. Tahmin sonuçlarını görselleştirerek hata dağılımlarını ve tahmin-gerçek değer farklarını analiz etmek.
<b>H-4</b>	API Entegrasyonu ve Mobil Uygulama	Doğrulan model bir REST API (Firebase/Flask) olarak sunmak. Swift/Xcode ile geliştirilen iOS mobil uygulamasını API'ye entegre etmek ve tahminleri etkileşimli grafiklerle görselleştirmek.
<b>H-5</b>	Raporlama ve Bilimsel Yayınlaştırma	Proje sonuçlarını ve kıyaslamalı analizleri (Hedef 3) içeren bir TÜBİTAK Sonuç Raporu ve ulusal/uluslararası bir bilimsel makale hazırlamak.

Yukarıdaki tabloda özetlendiği gibi, bu projenin temel bilimsel özgünlüğü, literatürdeki 'tek kaynaklı' (sadece geçmiş doluluk verilerine dayalı) veya ani meteorolojik şokları yakalamakta zorlanan geleneksel tahmin yaklaşımlarının ötesine geçmektir. Bu ölçülebilirlikle, proje sadece bir yapay zekâ modeli geliştirmeyi (H-2) değil, bu modelin performansını farklı zaman serisi modellerini kıyaslayarak bilimsel olarak doğrulamayı (H-3) ve elde edilen bu bilimsel çıktıyı bir API (H-4) aracılığıyla toplumsal faydaya (H-5) dönüştürmeyi hedeflemektedir. Bu bütüncül yaklaşım, Facebook Prophet modelinin dışsal değişken (yağış, sulama, rüzgar hızı) yeteneklerini kullanarak doluluk tahmini ile, su yönetimi gibi karmaşık ve çok faktörlü bir sorunu çözme potansiyelini ortaya koymaktadır.

## 2. YÖNTEM

Araştırmada uygulanacak yöntem ve araştırma tekniklerinin, amaç ve hedeflere ulaşmaya ne düzeyde elverişli olduğu ilgili literatüre atıf yapılarak ortaya konulur.

Yöntem bölümünün; araştırma tasarımı, bağımlı ve bağımsız değişkenler, istatistiksel yöntemler vb. unsurları içermesi gerekir. Araştırma önerisinde herhangi bir ön çalışma veya fizibilite yapıldıysa bunların sunulması beklenir. Araştırma önerisinde sunulan yöntemlerin çalışma takvimi ile ilişkilendirilmesi gerekir.

**2209-A ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ ARAŞTIRMA PROJELERİ DESTEKLEME PROGRAMI**  
**ARAŞTIRMA ÖNERİSİ FORMU**

---

Bu bölümde, projenin araştırma sorusuna yanıt vermek ve hipotezleri test etmek için kullanılacak bilimsel metodoloji, veri toplama süreci, modelleme yaklaşımı ve doğrulama kriterleri detaylandırılmaktadır.

**Araştırma Yaklaşımı ve Literatürdeki Yeri**

Baraj doluluk oranı tahmini, literatürde temel olarak iki farklı yaklaşımla ele alınmaktadır:

Fiziksel Modeller, havza alanı, toprak özellikleri ve buharlaşma katsayıları gibi hidrolojik parametrelerle su dengesini hesaplar. Ancak, bu modellerin kurulumu karmaşık ve yüksek kalibrasyon gerektirmektedir. [8]

Veri Güdümlü Modeller (Makine Öğrenmesi) ise, geçmiş verilere dayanarak istatistiksel örüntüleri öğrenir ve bu sayede yüksek doğruluklu tahminler yapabilir.[9]Bu proje, veri güdümlü bir yaklaşımı benimsemektedir.

Kısa vadeli 1–2 günlük dalgalanmaların (ör. ani yağış olayları, sıcaklık sıçramaları) baraj doluluğu üzerindeki etkisini modellemek için Facebook Prophet ile Google TimesFM'yi hibrit bir yapı içinde birleştiriyoruz. Çerçevemiz, trend, mevsimsellik, özel gün/etkinlik (alanımıza özgü olarak yağış/iklimsel regresörler) bileşenlerini ayrışık biçimde ele alan esnek toplamsal/çarpımsal bir modeldir. Ani seviye değişimlerine changepoint öncülleriyle duyarlıdır. Kısa vadeli geçici şoklar, Facebook Prophet'in yapısal bileşenleri ve TimesFM'nin öğrenilmiş temsil gücü aracılığıyla kontrollü biçimde tahminlere yansıtılır. Uygulamada, iki modelin çıktıları stacking/ağırlıklı

## 2209-A ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ ARAŞTIRMA PROJELERİ DESTEKLEME PROGRAMI ARAŞTIRMA ÖNERİSİ FORMU

ansambl ile birleştirilmiş ve dışsal hidrometeorolojik değişkenler regresör olarak dâhil edilmiştir [11], [12] .

### 2.2. Araştırma Deseni

Nicel bir zaman serisi çalışması yürütülecektir. Günlük doluluk oranı (%) için 1–30 gün ileri tahmin üretilirken meteorolojik ve doluluk oranı hesaplamasında kullanılan değişkenler dış açıklayıcı olarak kullanılacaktır. Facebook Prophet ve TimesFM ile hibrit bir yaklaşım uygulanacaktır. Doğrulama rolling-origin zaman tabanlı (Cross Validation)- CV ile, başarı MAE/RMSE/MAPE(Ortalama Mutlak Yüzde Hata)/MASE(Ortalama Mutlak Ölçeklendirilmiş Hata) üzerinden değerlendirilecektir.

### 2.3. Veri Toplama ve Ön İşleme Süreci

Yöntemin bu kritik adımı, projenin Hedef 1'i ile doğrudan ilişkili olup, projenin İP-1 (İş Paketi 1) takvimi kapsamında yürütülecektir. Bu projede gerçek (idari kayıt ve ölçüm istasyonu) verileri kullanılacaktır.

#### 1. Veri Temini:

Kayıp-kaçak, enerji üretiminde kullanılan su, sulamada kullanılan su ve buharlaşma oranına ilişkin doluluk oranı hesaplama verileri ile doluluk oranı bilgileri DSİ 6. Bölge Müdürlüğü'nden dilekçe yoluyla temin edilecektir. Günlük Ortalama Sıcaklık (°C), Günlük Toplam Yağış (mm=kg/m<sup>2</sup>) ve Günlük Ortalama Rüzgâr Hızı (m/sn) meteorolojik verileri ise 6. Bölge Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden resmî yazışma yoluyla ve ayrıca NASA POWER API web servisleri üzerinden sağlanacaktır.

#### 2. Veri Bütünleştirme:

Farklı kaynaklardan gelen veriler (hesaplama, meteorolojik, doluluk) datetime (tarih-saat) alanı üzerinden eşleştirilerek birleştirilecek ve tek bir ana veri seti altında toplanacaktır

#### 3. Veri Temizleme ve Hazırlama:

**Kullanılacak Kütüphaneler ve Teknolojiler:** Bu çalışmanın veri hazırlama süreci Colab ve Pycharm üzerinde Python kullanılarak yürütülecektir. Keşif amaçlı analiz ve görselleştirmelerde Numpy, Pandas, Matplotlib ve Seaborn kütüphanelerinden yararlanılacaktır. Tüm zaman damgaları Europe/Istanbul (UTC+3) standardına dönüştürülerek tek bir zaman ekseninde hizalanacaktır.

**Eksik Veri (Missing Data):** Veri setindeki olası eksiklikler, verinin zamansal doğası göz önünde bulundurularak "zamansal enterpolasyon" (time-series interpolation) veya "hareketli ortalama" gibi yöntemlerle doldurulacaktır. Gelen Verinin durumuna göre ekstra yöntemler literatürden incelenerek veriye en uygun olanı belirlenecektir.

**Aykırı Değer (Outlier):** Ani yağış gibi meteorolojik olaylar "aykırı değer" değil, "ani dalgalanma" olarak kabul edildiğinden bu veriler korunacaktır. Sadece bariz ölçüm hataları (örn. negatif doluluk) düzeltilenecektir.

**Veri Seti Bölünmesi:** Zaman serisinin kronolojik bütünlüğü korunarak, veri seti %70 Eğitim (Train), %15 Doğrulama (Validation - optimizasyon için) ve %15 Test (Test - nihai performans ölçümü için) olarak bölünecektir. Facebook Prophet modelinin karmaşık veri normalizasyonu gibi bazı ön işleme adımlarına daha az ihtiyaç duyması, 2.3'te belirtilen 'verimlilik' gerekçesini de desteklemektedir.

### 2.4. Ana Modelleme Yöntemi: Facebook Prophet ve Google Zaman Serisi Modelleri ve Seçim Gerekçesi

Projemizin ana tahmin araçları olarak Facebook Prophet ve Google'ın zaman serisi modellerinden TimesFM seçilmiştir. Bu iki model hem akademik hem de endüstriyel alanda LSTM(Long Short-Term Memory), GRU(Gated Recurrent Unit) gibi diğer zaman serisi modellerine göre başarıları kanıtlanmış, resmi olarak desteklenen ve sürekli geliştirilen en güncel zaman serisi tahmin araçlarıdır. [10]



Bu modellerin seçilme gerekçeleri aşağıda sıralanmıştır:

### 1. Facebook Prophet Modeli

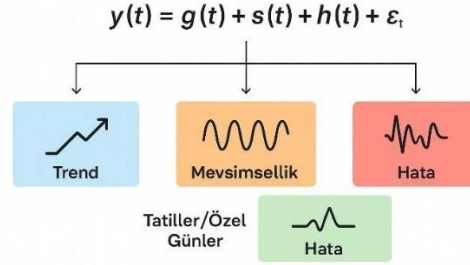
**Mevsimsellik ve Trend Ayrışımı:** Facebook Prophet, veriyi trend, mevsimsellik ve dışsal etkiler olarak üç ana bileşene ayırarak modelleme yapmaktadır. Bu yapı, “kar erimesi, sulama takvimi ve yıllık yağış döngüsü” gibi düzenli mevsimsel etkilere sahip serilerde oldukça uygun olduğu tespit edilmiştir. Model, bu bileşenleri otomatik olarak öğrenip ayrı ayrı analiz etmeye olanak sağlamaktadır.

**Ani Dalgalanmalara Duyarlılık:** Kısa dönemli etkileri (örneğin yağışlı birkaç gün, tatil dönemleri, ani hava değişimleri) yakalayabilme kapasitesine sahip olan model bu yönüyle, günlük yağmur miktarları gibi ani değişimlerin doluluk oranı üzerindeki etkilerini gerçekçi biçimde modelleyebilmektedir.

**Verimlilik ve Yorumlanabilirlik:**

LSTM veya GRU gibi derin öğrenme tabanlı modellere kıyasla çok daha az veri ön işleme gerektirir, hızlı eğitim süresi sunar ve parametrelerinin anlamı kullanıcı tarafından kolayca yorumlanabilmektedir.

**Dışsal Değişken Entegrasyonu:** Facebook Prophet, tahmin edilen değişkenin (örneğin baraj doluluk oranı) yanı sıra, onu etkileyen yağış, sıcaklık, buharlaşma, sulama planı gibi dışsal değişkenleri (external regressors) modele dahil edebilme esnekliğine sahiptir. Model gerçek dünyadaki nedensel ilişkileri daha iyi yansıtmaya olanağı sağlamaktadır.



Görsel 1. Facebook Prophet Zaman Serisi Bileşenleri (Yazar tarafından oluşturulmuştur.)

Facebook Prophet, zaman serisini aşağıdaki ana bileşenlerin toplamı olarak modeller:

**Model Denklemi:**

$$y(t) = g(t) + s(t) + h(t) + \epsilon_t$$

- $g(t)$ : Trend (Verideki uzun vadeli artış/azalış eğilimi).
- $s(t)$ : Mevsimsellik (Yıllık, haftalık veya günlük tekrarlayan döngüler).
- $h(t)$ : Tatiller/Özel Günler (Sistemik olmayan ani değişimler).
- $\epsilon_t$ : Hata (Modelin açıklayamadığı gürültü).

### 2. Google Modeli: TimesFM

**Mevsimsellik ve Trend Ayrışımı:** TimesFM, büyük ölçekli ön-eğitim (foundation model) sayesinde yıllık/çoklu mevsimsellikleri ve uzun dönem trendleri öğrenerek açık ayrıştırma gerektirmeyen bir modeldir. Seyhan'da kar erimesi, yağış miktarının uzun dönem trendi birlikte yakalanarak bir ay sonrası için kararlı öngörülerin elde edilmesi planlanmaktadır.

**Ani Dalgalanmalara Duyarlılık:** Model, rejim değişimlerine dayanıklı temsiller ve olasılıksal tahmin aralıkları üretebilmektedir. MGM/NASA kısa vadeli yağış beklentileri eklendiğinde gün gün yağış sıçramalarının doluluk üzerindeki etkisi belirsizlik bantlarıyla birlikte öngörülerek eksik su riski için senaryo tabanlı karar desteği sağlanabilmektedir.

**Verimlilik ve Yorumlanabilirlik:** Geniş ölçekli ön eğitim sayesinde kapsamlı özellik mühendisliğine duyulan ihtiyaç azalırken yüksek tahmin performansı elde edilmektedir. Sistem, DSİ doluluk zaman serileri ile meteorolojik girdiler kullanılarak hızla entegre edilebilmektedir.

**Dışsal Değişken Entegrasyonu:** Çoklu yardımcı girdileri (yağış, sıcaklık, buharlaşma, rüzgâr, sulama takvimi vb.) bağlamsal olarak kullanılarak DSİ (kayıp/kaçak su, sulamada kullanılan su, enerji üretiminde kullanılan su, buharlaşma, doluluk oranı), MGM ve NASA (yağış/sıcaklık, rüzgar hızı) kaynaklarından gelen veriler birlikte beslenerek, mevsimsel tüketim buharlaşma kar erimesi etkileriyle günlük dalgalanma ve uzun trend aynı modelde kapsamlı olarak kullanılacaktır.

#### 2.4. Prophet ve TimesFM Model Entegrasyonu

Facebook Prophet'in bileşen-bazlı şeffaflığını ve mevsimsellik/trend yakalama gücü, TimesFM'in ön-eğitimden gelen genelleme kapasitesi ve olasılıksal çıktı üretimiyle birleştirilerek ağırlık ortalamasıyla zaman ve rejim koşullarına duyarlı nihai bir çıktı elde edilecektir.

$$\hat{y}_t = w_t \hat{y}_t^{\text{TimesFM}} + (1 - w_t) \hat{y}_t^{\text{Prophet}}$$

- $\hat{y}_t$ : t anındaki nihai (birleşik) tahmin
- $\hat{y}_t^{\text{TimesFM}}, \hat{y}_t^{\text{Prophet}}$ : iki modelin ayrı ayrı tahminleri
- $w_t \in [0,1]$ : t anında TimesFM'in ağırlığı (kalan  $1 - w_t$  Facebook Prophet'inki)
- Eğer  $w_t = 0.7$  ise nihai tahminin %70'i TimesFM'den, %30'u Facebook Prophet'ten gelir.
- $w_t$  sabit ya da dinamik olabilir (ör. ufuk, son hata, yağış rejimi gibi sinyallere göre ayarlanır).
- Bu konveks kombinasyon, iki modelin güçlü yönlerini bir araya getirip hatayı/genel riski düşürmeyi hedefler; iki tahmin makul aralıktaysa birleşik tahmin de o aralıkta kalır.

#### Ağırlıklandırma Kuralı

- **Ufuk bağımlı:** Kısa-orta vadede (1–14 gün) yüksek oynaklık bekleniyorsa  $w_t$  (TimesFM ağırlığı) artar, daha sakin dönemlerde Prophet ağırlığı artar. 15–30 gün ufukta TimesFM baskınlaştırılacaktır.
- **Rejim farkındalığı:** Son günlerde yağış/sıcaklıkta olağandışı sapma varsa TimesFM lehine güncellenecektir, normal rejimde Facebook Prophet ağırlığı yükseltileceği planlanmaktadır.
- **Ters-hata kalibrasyonu:** Kaydırmalı zaman doğrulamasında (rolling/block) her ufuk için sMAPE/MAE skorlarına göre  $\propto 1/\text{hata}$  olacak şekilde optimize edilerek aylık olarak yeniden kalibre edilecektir.

#### Belirsizliklerin Birleştirilmesi

TimesFM'in kuantil aralıkları ile Facebook Prophet'ten türetilen aralıklar kuantil bazında birleştirilerek kapsama %90 gibi hedefe uymuyorsa kalibrasyon ile ayarlanacaktır.

#### Fiziksel tutarlılık/kısıtlar:

Nihai tahminler 0–100% bandına kırılarak günlük değişim yağış–giriş–çıkış kütle dengesi ve işletme limitleriyle kontrol edilir, aşırı sıçramalar kural tabanlı filtreyle bastırılır.

**Veri entegrasyonu:**

DSİ (doluluk/hesaplama) Facebook Prophet'e dışsal regresör, MGM/NASA (yağış, sıcaklık, buharlaşma, rüzgâr) her iki modele yardımcı değişken olarak verilir. Tüm veriler zaman eşleme, eksik/aykırı değer temizliği ve ölçekleme sonrası beslenecektir.

**Eğitim ve güncelleme:**

Facebook Prophet günlük, TimesFM periyodik (aylık) güncellenerek ansambl ağırlığıyla günlük izlenecek sMAPE/MAE bozulursa erken kalibrasyon uygulanacaktır.

**2.5. Model Doğrulama ve Başarım Kriterleri (Metodolojinin Ölçümü)**

Geliştirilen modelin başarısı, sadece bir tahmin üretmekle kalmayıp, bu tahminin ne kadar güvenilir olduğunu kanıtlamakla ölçülecektir. Bu, projenin Hedef H-3 (Kıyaslamalı Model Doğrulaması) ile doğrudan ilişkilidir.

- Başarım Metrikleri:** Modelin performansı, test veri seti üzerinde standart hata metrikleri kullanılarak nicel olarak ölçülecektir. Temel metrikler RMSE, MAE ve  $R^2$ , MASE olacaktır.
- Kıyaslamalı Analiz (Temel Model):** Facebook Prophet modelinin başarısı, "daha iyi" olduğunu iddia ettiği geleneksel yöntemlere karşı kıyaslanacaktır. Bu amaçla, aynı veri seti üzerinde geleneksel bir istatistiksel Temel Model çalıştırılacaktır. Facebook Prophet'in RMSE değerinin, bu temel modelden anlamlı ölçüde düşük çıkması (H-2 Hipotezi'nin testi) beklenmektedir.

**2.6. Projenin Genel Mimarisi**

Projenin genel mimarisi aşağıda özetlenmiştir:

**1. Veri Katmanı (Data Layer):**

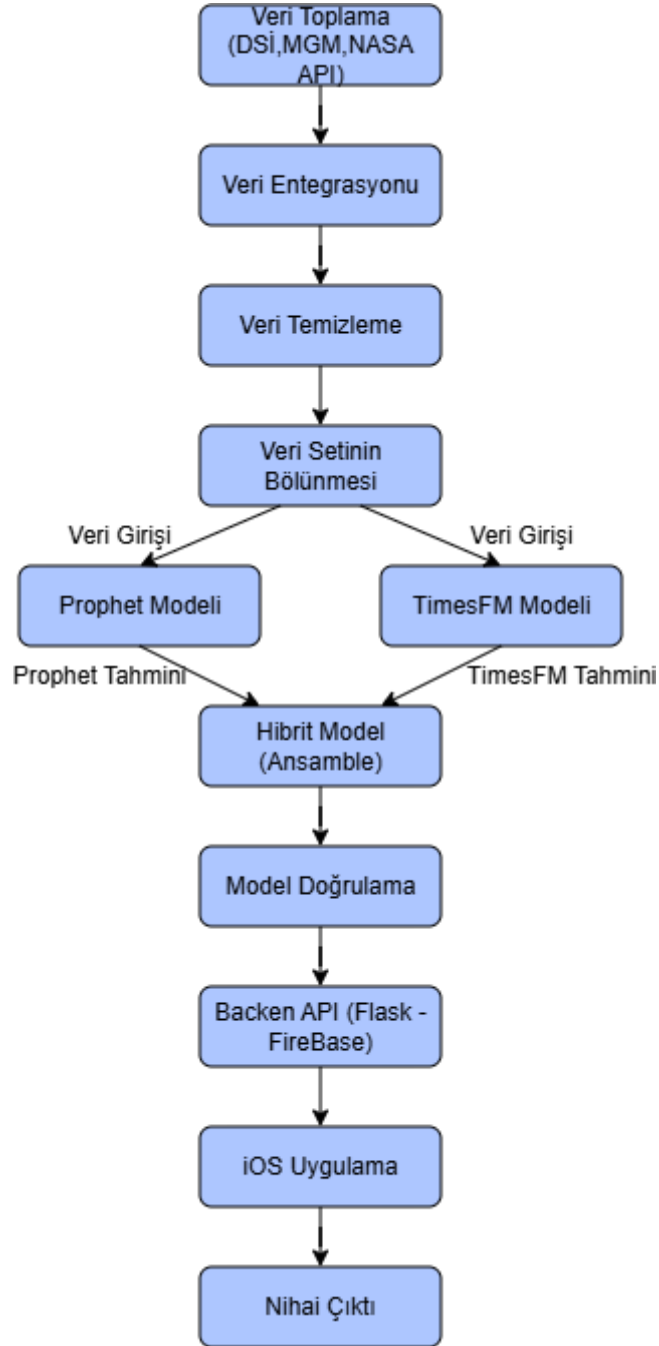
- DSİ Veritabanı (Resmi Talep ile)
- MGM Veritabanı (Resmi Yazışma ile)
- NASA Web API (Periyodik çekme)

**2. İşleme Katmanı (Processing Layer- Python):**

- Veri Ön İşleme (Numpy, Pandas)
- Model Eğitimi (Facebook Prophet ve TimesFM Modelleri)
- Modelin Kaydedilmesi

**3. Sunum Katmanı (Presentation Layer):**

- Arka Uç (Backend- Firebase/Python Flask): Modelin API olarak sunulması.
- Ön Uç (Frontend- Mobil Uygulama): API'den gelen JSON verisinin grafiğe dönüştürülmesi.



Şema 1. Projenin Genel Mimarisi Şeması (Yazar tarafından oluşturulmuştur.)

## 2.7. Sunum Katmanı Geliştirme Metodolojisi

Projenin H-4 hedefi olan iOS mobil uygulamasının geliştirilmesi, bilimsel modelin (İP-3) çıktılarını toplumsal faydaya dönüştüren kritik mühendislik adımıdır. Bu süreç, 3.4. Araştırma Olanakları bölümünde belirtilen altyapı (Swift/Xcode, Firebase/Flask) kullanılarak yürütülecektir.

Uygulama geliştirme metodolojisi üç ana aşamadan oluşacaktır:

### 1. Arka Uç (Backend) ve API Geliştirme Metodolojisi

Yapay zekâ modeli (Facebook Prophet), Python ortamında eğitildikten sonra, tahmin üretebilmesi için bir REST

**2209-A ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ ARAŞTIRMA PROJELERİ DESTEKLEME PROGRAMI**  
**ARAŞTIRMA ÖNERİSİ FORMU**

API olarak paketleneyecektir.

Model, bir Flask (Python) sunucusu üzerine "inference" (çıkartım) yapacak şekilde kurulacaktır.

Bu sunucu, Firebase Cloud Functions (veya alternatif bir sunucusuz platform) üzerinde barındırılarak, düşük maliyetli ve ölçeklenebilir bir yapı sağlanacaktır.

API, iOS uygulamasından gelen isteklere (örn. "son 30 günlük tahmini getir") yanıt olarak tahmin verilerini JSON formatında döndürecektir.

**Ön Uç (Frontend) Geliştirme Metodolojisi (iOS)**

Mobil uygulama, Apple'ın modern ve performanslı geliştirme araçları kullanarak "native" (yerel) olarak geliştirilecektir.

Geliştirme Ortamı: Uygulama, Apple Xcode IDE kullanılarak geliştirilecektir.

Programlama Dili: Kodlama dili olarak Swift kullanılacaktır.

Veri Yönetimi: API'den gelen JSON verileri, Swift'in Codable protokolü kullanılarak yerel veri modellerine dönüştürülecek ve uygulamanın arayüzüne (UI) aktarılacaktır.

Görselleştirme: Tahminlerin (H-4 hedefi) etkileşimli grafiklerle sunulması için Swift Charts (veya benzeri bir grafik kütüphanesi) kullanılacaktır.

**Arayüz (UI/UX) Tasarım Metodolojisi**

Bilimsel verilerin son kullanıcı tarafından kolayca anlaşılabilmesi için "kullanıcı odaklı tasarım" prensipler benimsenecektir.

Tasarım: Karmaşık istatistiksel verileri (RMSE, MAE vb.) son kullanıcıya göstermek yerine, sadece net sonuçlar (tahmin eğrisi, doluluk yüzdesi) gösterilecektir.

Test: Uygulama, TestFlight (Apple'ın beta test platformu) üzerinden küçük bir kullanıcı grubuyla test edilerek, App Store'a gönderilmeden önce olası hatalar ayıklanacaktır.

**2209/A ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ ARAŞTIRMA PROJELERİ DESTEĞİ PROGRAMI**  
**ARAŞTIRMA ÖNERİSİ FORMU**

**3. PROJE YÖNETİMİ**

**3.1 Çalışma Takvimi**

Araştırmada yer alacak başlıca faaliyetler, her bir faaliyetin hangi sürede gerçekleştirileceği, başarı ölçütü ve araştırmanın başarısına katkısı "Çalışma Takvimi" doldurularak sunulur.

**ÇALIŞMA TAKVİMİ (\*)**

Tarih Aralığı	Faaliyetler**	Kim(ler) Tarafından Gerçekleştirileceği	Başarı Ölçütü ve Araştırmanın Başarısına Katkısı***
01/01/2026 – 01/02/2026	Literatür taraması ve DSİ, MGM ve NASA verilerinin temini edilmesi	Gizem Ağcabay, Halil Keremoğlu, Rabia Avcı	Güncel çalışmaların analiz edilmesi, literatürdeki boşluğun doğru tanımlanması ve proje veri kümesinin oluşturulması (Katkı:15%)
01/02/2026 – 01/03/2026	Verilerin temizlenmesi, birleştirilmesi ve ön işlenmesi.	Gizem Ağcabay, Rabia Avcı	Veri tutarlılığının $\geq 90$ sağlanması ve model eğitimi için optimize edilmiş veri setinin oluşturulması. (Katkı: %15)
01/03/2026 – 01/06/2026	Yapay Zeka modellerinin geliştirilmesi ve eğitilmesi	Gizem Ağcabay, Rabia Avcı	Model doğruluk oranının $\geq 85$ 'e ulaşması ve tahmin çıktıların test verisiyle doğrulanması. (Katkı: %25)
01/04/2026 – 01/08/2026	iOS Mobil Uygulaması geliştirilmesi	Halil Keremoğlu	Model entegrasyonunun tamamlanması, arayüzün çalışır prototip halinde sunulması. (Katkı: %20)
01/08/2026 – 01/10/2026	Değerlendirme, test, iyileştirme çalışmaları	Gizem Ağcabay, Halil Keremoğlu, Rabia Avcı	Test senaryolarında hata oranının %10'un altına indirilmesi, kullanıcı geri bildirimlerinin alınması. (Katkı: %15)
01/10/2026 – 01/12/2026	Makale ve Sonuç Raporu Yazımı	Gizem Ağcabay, Halil Keremoğlu, Rabia Avcı	Nihai raporun tamamlanması ve en az 1 bilimsel yayın hazırlanması. (Katkı: %10)

(\*) Çizelgedeki satırlar ve sütunlar gerektiği kadar genişletilebilir ve çoğaltılabilir.

(\*\*) Literatür taraması, sonuç raporu hazırlama aşamaları, araştırma sonuçlarının paylaşımı, ve malzeme alımı ayrı birer iş adımı olarak gösterilmemelidir.

(\*\*\*) Başarı ölçütü, ölçülebilir ve izlenebilir nitelikte olacak şekilde nicel veya nitel ölçütlerle (ifade, sayı, yüzde, vb.) belirtilir. Bu sütundaki değerlerin toplamı 100 olmalıdır.

**3.2 Risk Yönetimi**

Araştırmanın başarısını olumsuz yönde etkileyebilecek riskler ve bu risklerle karşılaşıldığında araştırmanın başarıyla yürütülmesini sağlamak için alınacak tedbirler (B Planı) aşağıdaki Risk Yönetimi Tablosu'nda ifade edilir. B Plan(lar)ının uygulanması araştırmanın temel hedeflerinden sapmaya yol açmamalıdır. B Plan(lar)ına geçilmesi durumunda yöntem değişikliğine gidiliyor ise bu durum detaylandırılmalıdır.

**RİSK YÖNETİMİ TABLOSU\***

En Önemli Riskler	Alınacak Tedbirler (B Planı)
Ana veri kaynakları (NASA POWER, MGM) tarafından sağlanan meteorolojik verilerin, 10–20 yıllık dönemde tutarsız, eksik veya hatalı olması.	H-1 Hedefi (Veri Bütünleştirme) kapsamında, alternatif açık kaynak veri tabanları (örn. NOAA Global Surface , WMO) ana veri setindeki boşlukları doldurmak (imputation) veya veri doğrulaması (cross-check) için kullanılacaktır.

**2209/A ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ ARAŞTIRMA PROJELERİ DESTEĞİ PROGRAMI**  
**ARAŞTIRMA ÖNERİSİ FORMU**

Facebook Prophet modelinin, ani dalgalanmalarda (aşırı yağış) yetersiz kalması veya iyi bir RMSE skoru üretememesi.	H-2 Hedefi (Optimizasyon) kapsamında dışsal değişkenlerin katsayıları ve hiper-parametreler (tuning) optimize edilecektir. Alternatif olarak, literatürde belirtilen ve ST Time gibi derin öğrenme modelleri (LSTM vb.) test edilecektir
Mobil uygulamanın (iOS/Swift) App Store'da yayınlanma sürecinde teknik veya idari sorunlar yaşanması.	Projenin tamamlandığını ve İP-4 hedeflerinin gerçekleştirildiğini kanıtlamak için, uygulamanın tam fonksiyonel halini gösteren detaylı bir video gösterimi hazırlanacaktır. Ayrıca, projenin bilimsel değerlendirmesi için uygulama, TÜBİTAK paneli Apple'ın resmi beta test platformu olan "TestFlight" üzerinden dağıtılacaktır. (Bu yöntem App Store onayı gerektirmez.)
Facebook Prophet modelinin, H-3 Hedefi kapsamında Temel Model ile kıyaslandığında, ondan daha iyi bir sonuç vermemesi (H-2 Hipotezi'nin çürütülmesi).	Bu durum bir proje başarısızlığı değil, bilimsel bir sonuçtur. Projenin makale ve rapor çıktıları, bu bulguyu analiz etmeye odaklanacak; neden daha karmaşık olan Facebook Prophet modelinin, bu spesifik veri setinde daha basit bir modele karşı avantaj sağlayamadığı tartışılacaktır.

(\*) Tablodaki satırlar gerektiği kadar genişletilebilir ve çoğaltılabilir.

### 3.3.Araştırma Olanakları

Bu bölümde projenin yürütüleceği kurum ve kuruluşlarda var olan ve projede kullanılacak olan altyapı/ekipman (laboratuvar, araç, makine-teçhizat, vb.) olanakları belirtilir.

**ARAŞTIRMA OLANAKLARI TABLOSU (\*)**

Kuruluştaki Bulunan Altyapı/Ekipman Türü, Modeli (Laboratuvar, Araç, Makine-Teçhizat, vb.)	Projede Kullanım Amacı
Bilgisayar (Yüksek performanslı dizüstü veya masaüstü)	Veri ön işleme, model eğitimi (Facebook Prophet), kodlama ve test işlemleri
Python Geliştirme Ortamı	Zaman serisi modeli geliştirme ve analiz
Swift / Xcode IDE	Mobil uygulamanın arayüz tasarımı ve iOS üzerinde test edilmesi
İnternet bağlantısı	Bulut tabanlı veri erişimi (MGM, NASA), model sonuçlarının paylaşımı ve API entegrasyonu
GitHub veya GitLab sürüm kontrol sistemi	Kod versiyonlama, ekip içi iş birliği ve model sürümlerinin yönetimi
Bulut Depolama Alanı (Google Drive)	Ham verilerin, model çıktıların ve raporların güvenli biçimde saklanması
Bilgisayar Mühendisliği Yazılım Laboratuvarı	Veri depolama, ekip toplantıları ve yazılım test süreçleri için ortak kullanım.

(\*) Tablodaki satırlar gerektiği kadar genişletilebilir ve çoğaltılabilir.

### 4. ARAŞTIRMA ÖNERİSİNİN YAYGIN ETKİSİ

Araştırma önerisi kapsamındaki çalışmadan elde edilmesi öngörülen çıktılar amaçlarına göre belirlenen kategorilere ayrılarak belirtilir; ölçülebilir ve gerçekçi hedeflere dayandırılır.

Çıktı, Etki ve Kazanımlar	Öngörülen Çıktı(lar), Etki(ler) ve Kazanım(lar)
<b>Bilimsel/Akademik Çıktılar</b> (Ulusal/Uluslararası Makale, Kitap Bölümü, Kitap, Bildiri vb.)	<ul style="list-style-type: none"><li>Çalışma, Türkiye'deki diğer barajlar için ölçeklenebilir bir model ortaya koyacaktır.</li><li>Facebook Prophet ve TimesFM hibrit modelinin hidrolojik ve meteorolojik veriler üzerindeki kullanımına ilişkin bu araştırma, ulusal ve</li></ul>

**2209/A ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ ARAŞTIRMA PROJELERİ DESTEĞİ PROGRAMI**  
**ARAŞTIRMA ÖNERİSİ FORMU**

	<p>uluslararası düzeyde literatüre vaka analizi olarak katkı sağlayacaktır.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Elde edilen sonuçlar, ilgili ulusal ve uluslararası konferanslarda bildiri olarak sunulacak ve bilimsel tartışmalara katkı sağlayacaktır.</li><li>• Ayrıca, çalışmadan ulusal ve uluslararası konferanslar ile dergilerde yayımlanabilecek akademik çıktılar elde edilmesi hedeflenmektedir.</li></ul>
<b>Ekonomik/Ticari/Sosyal Çıktılar</b> (Ürün, Prototip, Patent, Faydalı Model, Tescil, Görsel/İşitsel Arşiv, Envanter/Veri Tabanı, Çalıştay, Eğitim, Bilimsel Etkinlik vb.)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Geliştirilen model ve uygulama, DSİ'nin sulama/enerji planlamasını reaktif olmaktan proaktif hale getirecektir.</li><li>• Hidrolojik ve meteorolojik verileri işleyerek baraj yönetiminde karar destek sunacak iOS tabanlı bir mobil uygulama geliştirilecektir.</li><li>• Proje sürecinde üretilen veri setleri ve modeller, ileride akademik ve Ar-Ge çalışmalarında yeniden kullanılabilir hale getirilecektir.</li><li>• Mobil uygulama ile su yönetimi alanında dijital dönüşümün yaygınlaşmasına katkı sağlanacaktır.</li><li>• Su planlaması doğru yapıldığında, bitkiler su stresine girmez bu da daha yüksek ürün kalitesi ve verimi anlamına gelir. Dolayısıyla çiftçinin birim alandan elde ettiği kazanç artacaktır.</li><li>• Yerli bilgi birikimi ve teknoloji üretimi sayesinde dışa bağımlılığın azalması ve ulusal veri analitiği kapasitesine katkı</li><li>• Mobil uygulama ile birlikte sadece konunun uzmanlarına değil herkese açık olması nedeniyle su tasarrufu bilincinin artması, iklim değişikliğiyle mücadelede dijital teknolojilerin kullanımının yaygınlaşması</li></ul>
<b>Yeni Proje(ler) Oluşturmasına Yönelik Çıktılar</b> (Ulusal/Uluslararası Yeni Proje vb.)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Bu uygulama, farklı barajlar ve sulama bölgelerini kapsayacak şekilde genişletilerek entegre akıllı su yönetimi platformuna dönüştürülebilir.</li><li>• Doluluk tahmin verileri; toprak nemi, hava durumu ve ürün gelişim verileriyle birleştirilerek AI tabanlı tarımsal karar destek sistemi oluşturulabilir. Bu sistem, FAO, Avrupa Birliği (Horizon Europe) veya Dünya Bankası destekli akıllı tarım projeleri kapsamında uluslararası ortaklık potansiyeli taşımaktadır.</li><li>• Baraj doluluk verileri ile hidroelektrik enerji üretim modelleri entegre edilerek ulusal enerji planlamasında kullanılabilecek optimizasyon modelleri geliştirilebilir. Bu proje, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı veya TÜBİTAK 1505/1511 çağrıları için uygun bir temel oluşturabilir.</li><li>• Toplanan veriler, ekonomik modellerle ilişkilendirilerek su kullanımının ekonomik değeri, tarımsal üretim üzerindeki etkisi ve fiyatlandırma politikalarının simülasyonu üzerine bir araştırma projesine dönüştürülebilir. Bu tür bir çalışma, üniversite-sanayi iş birliği ve akademik yayın çıktıları açısından güçlü bir temel sunmaktadır.</li><li>• Tahmin algoritması, yalnızca barajlara değil;</li></ul>



**2209/A ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ ARAŞTIRMA PROJELERİ DESTEĞİ PROGRAMI**  
**ARAŞTIRMA ÖNERİSİ FORMU**

	<p>endüstriyel su yönetimi, madencilik, içme suyu sistemleri ve enerji depolama altyapıları gibi farklı sektörlerle de uyulanabilir. Böylece farklı pazar alanlarına açılan çok disiplinli Ar-Ge projeleri geliştirilebilir.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• DSİ, enerji şirketleri ve tarım kooperatiflerine lisanslanabilir mobil çözüm olarak gelir elde etme imkânı</li><li>• Uygulama, çiftçilere veya sulama birliklerine abonelik bazlı veri servisi şeklinde sunulabilir. Böylece hem çiftçiler güncel tahminlerden yararlanır hem de sistemin sürdürülebilir bir gelir modeli oluşur.</li></ul>
--	--

##### 5. BELİRTMEK İSTEDİĞİNİZ DİĞER KONULAR

Sadece araştırma önerisinin değerlendirilmesine katkı sağlayabilecek bilgi/veri (grafik, tablo, vb.) eklenebilir.

Projede Facebook Prophet ve Google TimesFM modelleri, ana tahmin sistemini oluşturmak üzere seçilmiştir. Ancak nihai model kararına ulaşmadan önce, metodolojik çeşitliliği sağlamak ve farklı yaklaşımların performansını karşılaştırmak amacıyla çoklu model analizi gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, klasik istatistiksel ve makine öğrenmesi tabanlı alternatif modeller olan Linear Regression, Random Forest, XGBoost ve LSTM (Long Short-Term Memory) de tahmin sürecine dâhil edilmiştir.

Bu çalışma, Seyhan Barajı'na yönelik geliştirilecek baraj doluluk tahmin sisteminin metodolojik altyapısını oluşturmayı amaçlamaktadır. DSİ'den günlük su kaynakları verileri henüz temin edilmediği için, benzer yapıya sahip İstanbul baraj doluluk oranı verileri [13], NASA POWER API üzerinden elde edilen meteorolojik verilerle [14] birleştirilmiştir. Model analizleri için demo bir veri oluşturulmuştur. Bu veri model analizleri için kullanılmıştır. Böylece modelleme süreci, veri akışı ve performans değerlendirmesi gerçek veri gelmeden önce test edilmiştir. Gerçek uygulama aşamasında, Seyhan Barajı'na ait DSİ verileri kullanılarak aynı model yapısı yeniden eğitilecek ve sistem nihai hale getirilecektir.

	A	B	C	D	E	F
1	Tarih,oran,miktar,Yağış (mm),Sıcaklık (°C),Rüzgar Hızı (m/s)					
2	2005-01-01	44.62	388	0.0	10.17	1.5
3	2005-01-02	44.62	388	0.94	9.26	1.2
4	2005-01-03	44.47	386	0.0	8.5	1.74
5	2005-01-04	44.42	386	1.78	7.85	1.76
6	2005-01-05	44.35	385	1.43	7.66	4.31
7	2005-01-06	44.26	385	0.03	7.01	3.26
8	2005-01-07	44.16	384	0.09	6.94	1.76
9	2005-01-08	44.01	382	0.0	7.32	2.22
10	2005-01-09	43.85	381	0.0	7.93	1.98
11	2005-01-10	43.67	379	0.0	8.97	3.14
12	2005-01-11	43.52	378	0.0	8.98	3.08
13	2005-01-12	43.35	377	0.0	10.27	1.31

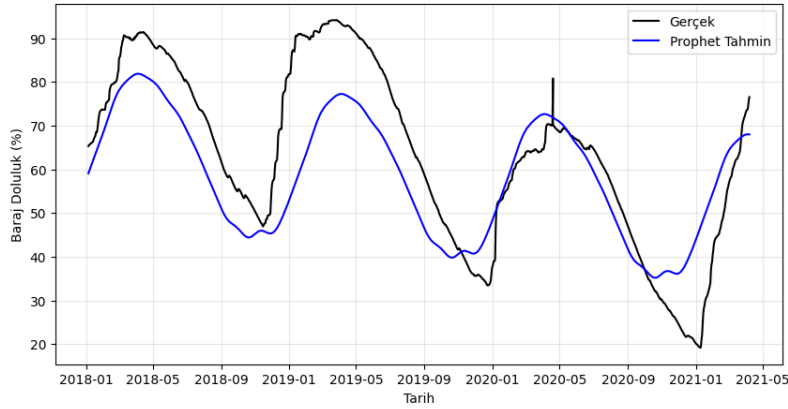
**Görsel 2.** İstanbul Baraj Doluluk Oranı ve Seyhan Barajı Meteoroloji Dataları Birleştirilmiş (Yazar tarafından oluşturulmuştur.)

Tüm modeller aynı veri seti üzerinde doluluk oranını tahmin etmektedir. Tahminler, veri setindeki son %20'lik tarih aralığı için yapılmıştır; yani model, önceki %80'lik veriden öğrenip son dönemdeki baraj doluluk oranlarını öngörmüştür.

Her bir model için MAE, RMSE,  $R^2$  ve MASE performans metrikleri hesaplanmıştır.

Model	MAE	RMSE	R <sup>2</sup>	MASE
Prophet	9.873055	12.047284	0.645713	35.251107
LSTM	16.718591	20.378795	-0.013757	59.692650
Linear Regression	16.731882	20.417403	-0.017602	59.740106
XGBoost	17.479167	21.554423	-0.134095	62.408237
Random Forest	17.927631	22.212976	-0.204454	64.009449

**Tablo 1.** Yapay Zeka Modellerinin Tahmin Sonucu Metrikleri

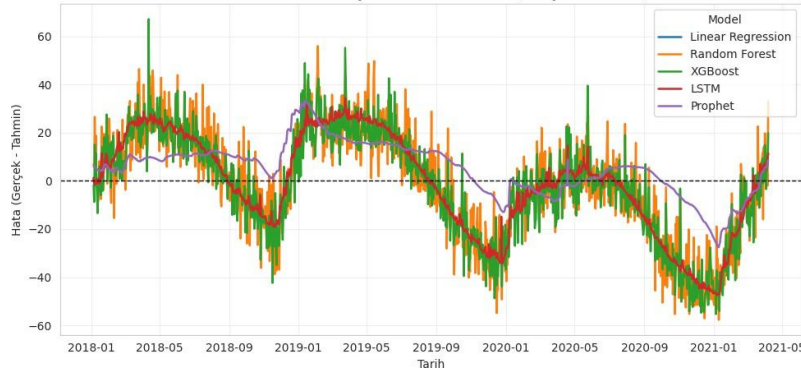


**Grafik 1.** Prophet Gerçek ve Tahmin Sonuçları Karşılaştırması

Sonuçlar, Facebook Prophet modelinin açık ara en düşük hata oranlarına ve en yüksek açıklayıcılık değerine ( $R^2 = 0.645$ ) sahip olduğunu göstermektedir. Facebook Prophet'in trend ve mevsimsellik bileşenlerini ayrı ayrı modelleyebilmesi, kısa dönemli dalgalanmaları yakalayabilme gücü ve dışsal regresörlerle (ör. yağış, sıcaklık) kolay entegrasyonu bu üstün performansın temel nedenleri arasında yer almaktadır.

Makine öğrenmesi tabanlı modeller (LSTM, Random Forest, XGBoost) veri setinin görece küçük boyutu ve karmaşık olmayan örüntü yapısı nedeniyle aşırı öğrenme (overfitting) eğilimi göstermiştir. Linear Regression modeli ise doğrusal varsayımın sınırlılığı nedeniyle mevsimsel etkileri yeterince yakalayamamıştır. Bu bulgular ışığında, Facebook Prophet modelinin zaman serisinin yapısal özelliklerini (trend, mevsimsellik, kısa dönemli dalgalanma) en iyi biçimde temsil ettiği ve projede kullanılacak temel tahmin modellerinden biri olarak kullanılmasının uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Gelecekte, Google TimesFM modeliyle hibrit birleştirme (ensembling) planlanmakta olup, Facebook Prophet'in yorumlanabilir yapısı TimesFM'in derin öğrenme tabanlı genelleme gücüyle desteklenerek daha kararlı ve yüksek doğruluklu tahminler elde edilmesi hedeflenmektedir.



## 6. EKLER

### EK-1: KAYNAKLAR

1. Serifoglu Yilmaz, C. (2025). Investigation of climate-related influences of dams on the Artvin province of Türkiye using remote sensing data. *Environmental Earth Sciences*, 84(6), 162.
2. Girma, W., Awoke, A. G., Hailu, H., & Melesse, A. M. (2025). Evaluation of water extraction indices for spatial mapping of surface water bodies using Sentinel-2: GIS and remote sensing approaches: the case of Ethiopia. *H2Open Journal*, 8(5), 402-421.
3. Rickards, N., Baron, H., & Chengot, R. (2024). Reservoir status & outlooks: methods & application.
4. Han, C., Guo, Z., Sun, X., & Zhang, Y. (2023). Dynamic Forecasting and Operation Mechanism of Reservoir Considering Multi-Time Scales. *Water*, 15(13), 2472.
5. Bonas, M., Datta, A., Wikle, C. K., Boone, E. L., Alamri, F. S., Hari, B. V., ... & Castruccio, S. (2025). Assessing predictability of environmental time series with statistical and machine learning models. *Environmetrics*, 36(1), e2864.
6. Gupta, A., Mitra, A. K., & Pandey, A. C. (2024). Prospects and status of forecasting monthly mean subregional rainfall during the Indian summer monsoon using the coupled Unified Model. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 150(762), 2906-2919.
7. Endris, H. S., Hiron, L., Segele, Z. T., Gudoshava, M., Woolnough, S., & Artan, G. A. (2021). Evaluation of the skill of monthly precipitation forecasts from global prediction systems over the Greater Horn of Africa. *Weather and Forecasting*, 36(4), 1275-1298.
8. Mangukiya, N. K., & Sharma, A. (2025). Integrating reservoir dynamics into differentiable process-based hydrological model for enhanced streamflow estimation. *Water Resources Research*, 61(7), e2025WR040268.
9. Rehamnia, I., & Mahdavi-Meymand, A. (2025). Advancing reservoir water level predictions: Evaluating conventional, ensemble and integrated swarm machine learning approaches. *Water Resources Management*, 39(2), 779-794.
10. Saini, K. P., & Sharma, A. (2024). A comparison between long short-term memory and prophet for time series analysis and forecasting technique. *Educational Administration: Theory and Practice*, 30(4), 8760-8765.
11. Fronzi, D., Narang, G., Galdelli, A., Pepi, A., Mancini, A., & Tazioli, A. (2024). Towards groundwater-level prediction using prophet forecasting method by exploiting a high-resolution hydrogeological monitoring system. *Water*, 16(1), 152.
12. Das, A., Kong, W., Sen, R., & Zhou, Y. (2024, July). A decoder-only foundation model for time-series forecasting. In *Forty-first International Conference on Machine Learning*.
13. [https://www.kaggle.com/datasets/thepinokyo/baraj-dolulukcsv?select=baraj\\_doluluk.csv](https://www.kaggle.com/datasets/thepinokyo/baraj-dolulukcsv?select=baraj_doluluk.csv)
14. <https://power.larc.nasa.gov/>