

Talep Tahmini ve Stok Optimizasyonu ile Fazla Stok ve Stoksuz Kalma Problemlerini Çözme

Nuh HATİPOĞLU

11 Nisan 2025

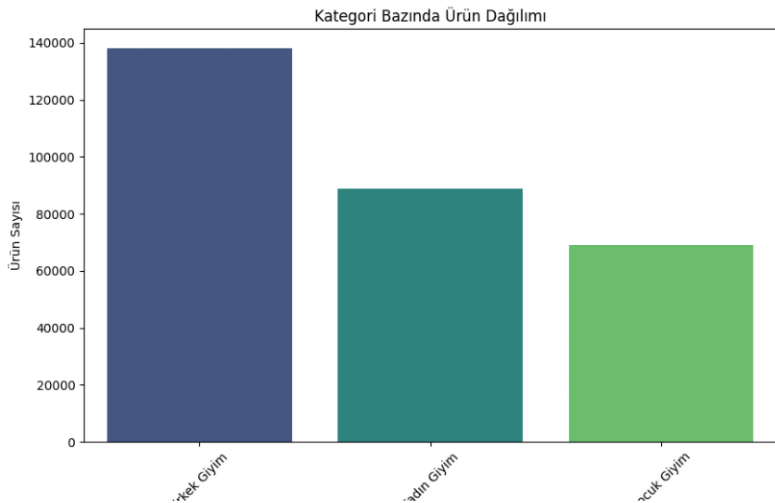
- 1 Giriş
- 2 Sentetik Veri Üretimi ve Yapısı
- 3 Tahmin (Forecasting) Modelleri
- 4 Train / Test Veri Seti Hazırlanması
- 5 Model Eğitim ve Test Sonuçları
- 6 Başarım Metrikleri
- 7 İşletme Parametreleri ile Hesaplamalar
- 8 Tahmin ve Optimizasyon
- 9 Agent Analizleri

- Hızlı moda sektöründe talep tahmini ve stok optimizasyonu önemlidir.
- Veri bilimi ve yapay zeka kullanarak karar destek sistemleri geliştirilmiştir.
- Proje, geçmiş satış verileri, ürün varyantları, kampanyalar ve kanal bilgilerini kullanmaktadır.
- Amaç, talep tahminleri ve stok optimizasyon kararları vermektir.
- Proje üç temel fazdan oluşmaktadır:
 - Sentetik veri üretimi
 - Çoklu makine öğrenimi modeliyle talep tahmini
 - Stok kararlarını veren bir akıllı ajan sistemi

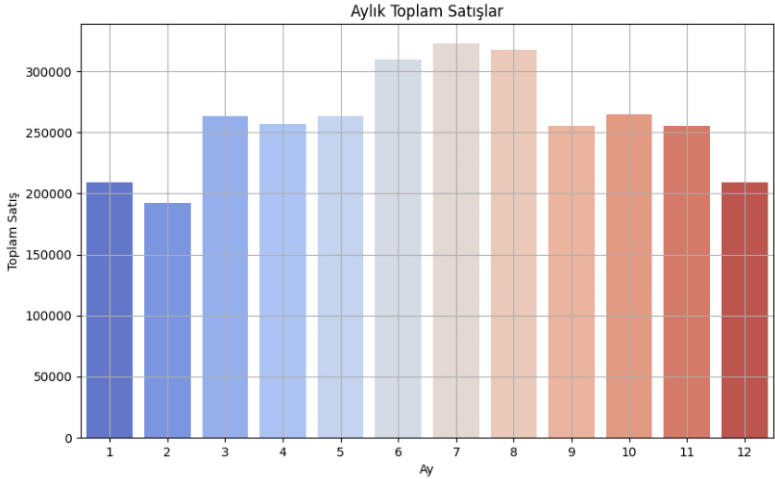
- Gerçek verilere oldukça yakın şekilde 2019–2025 yılları arasını kapsayan sentetik veriler oluşturulmuştur. Bu veri seti aşağıdaki alt kümeleri içerir:
 - products.csv: Ürün, kategori, beden ve renk varyant bilgileri
 - sales_data.csv: Günlük satış adetleri (ürün, varyant, mağaza, kanal bazlı)
 - campaigns.csv: Kampanya tarihleri ve açıklamaları

- Tüm varyant kombinasyonları (örneğin Ürün A - Renk Mavi - Beden L) günlük olarak satış verisine sahiptir.
- Fiziksel ve Online olmak üzere iki ana kanal, 50 mağaza üzerinden modellenmiştir.

Kategori Dağılımı

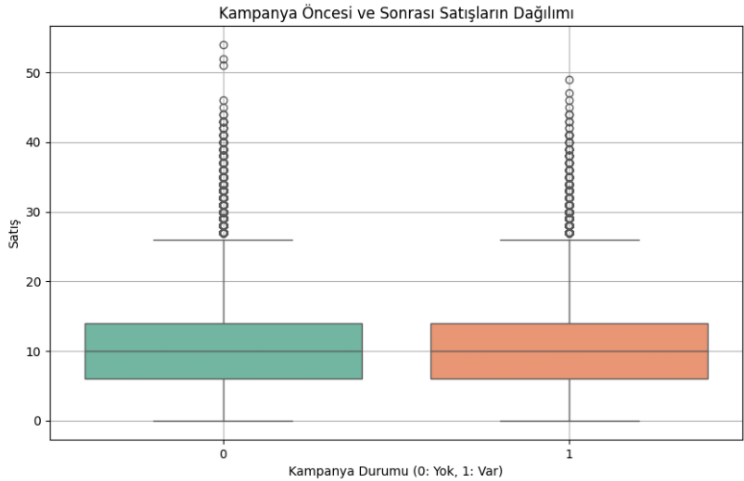


- Ürün portföyünün büyük kısmı Erkek Giyim kategorisinde yoğunlaşmıştır. Kadın ve Çocuk Giyim kategorileri daha az ürün içerir.
- Bu dağılım, tahmin modellerinin veri dengesizliği nedeniyle erkek ürünlerine daha duyarlı hale gelmesini sağlayabilir.



Aylık bazım toplam satış miktarları

- Haziran–Ağustos aylarında satışlar zirve yaparken, Şubat ayında en düşük seviyeye gerilemektedir.
- Bu dönemsel etki, tahmin modellerine mevsimsellik bileşenlerinin dahil edilmesini zorunlu kılar.



İndirim oranı ve satış arasındaki ilişki grafiği

- Kampanya dönemlerinde uç değerlerin artması dikkat çekicidir.
- Ancak ortanca değerlerde belirgin fark yoktur.
- Bu durum, kampanyaların satışları bazı ürünlerde artırdığını ama genel dağılımı çok değiştirmedeğini gösterir.

Tahmin (Forecasting) Modelleri: Tahmin (Forecasting) Modelleri

Ürünlerin varyant bazlı talep tahminleri için üç farklı model kullanılmıştır:

- Prophet
- LSTM
- XGBoost

Her model farklı avantajlara sahiptir ve farklı veri yapılarıyla en uygun sonucu verecek şekilde tasarlanmıştır.

Neden Kullanıldı

- Facebook tarafından geliştirilen, zaman serisi verilerde trend ve mevsimsellik yakalamada güçlüdür.
- Kampanya etkileri gibi dışsal değişkenleri `add_regressor` ile modele entegre edebilir.

Tahmin (Forecasting) Modelleri: Prophet Modeli

Avantajları

- Model açıklanabilirliği yüksek
- Mevsimsel dalgalanmaları başarılı şekilde yakalar
- Az veriyle de çalışabilir
- Veri miktarı azsa
- Açıklanabilirlik önemliyse
- Trend ve mevsimsellik barizse
- Operasyonel kararlarda şeffaflık gerekiyorsa
- Düşük varyanslı tahminler isteniyorsa

Dezavantajları

- Ani değişimleri (örneğin kampanya kaynaklı) yavaş öğrenir
- Her kombinasyon için ayrı model eğitmek gerekebilir (bu projede tek modelde çözüldü)

Neden Kullanıldı

- Zaman serisi verilerde geçmiş verilerle uzun dönemli bağımlılıkları modelleyebilmesi için tercih edildi.
- *sin/cos* zaman kodlama, kampanya gibi ek girdilerle zenginleştirildi.

Tahmin (Forecasting) Modelleri: LSTM

Avantajları

- Mevsimsel yapı, trend, kampanya gibi faktörleri birlikte öğrenebilir
- Farklı varyantları tek modelde işleyebilir
- Zengin zaman serisi varsa (örneğin son 3–5 yılın verisi)
- Karmaşık desenler ve bağımlılıklar varsa
- Gecikmeli/bağımlı etkiler önemliyse
- Öngörülen değişkenin geçmişe sıkı bağlı olduğu durumlar

Dezavantajları

- Daha uzun eğitim süresi
- Hiperparametre ayarlamaları karmaşık
- Yorumlanabilirliği düşüktür

Neden Kullanıldı

- Facebook tarafından geliştirilen, zaman serisi verilerde trend ve mevsimsellik yakalamada güçlüdür.
- Kampanya etkileri gibi dışsal değişkenleri `add_regressor` ile modele entegre edebilir.

Tahmin (Forecasting) Modelleri: XGBoost

Avantajları

- Yüksek doğruluk
- Hızlı eğitim ve tahmin
- Öznitelik mühendisliğiyle esnek yapı
- Özellik mühendisliği yapılmışsa (kanal, kampanya, tarih gibi)
- Tahmin doğruluğu ön plandaysa
- Daha hızlı ve agresif tahmin isteniyorsa
- Heterojen veri (çok değişkenli) varsa

Dezavantajları

- Zaman bileşenleri doğrudan öğrenilmez, \sin/\cos dönüşüm gerekebilir
- Doğrusal olmayan yapıdan dolayı yorumlaması zordur

Tahmin (Forecasting) Modelleri: Model Özelliklerinin Karşılaştırması

Özellik	Prophet	XGBoost	LSTM
Zaman Serisi Yapısı	Trend + mevsimsellik modeller	Zaman bağımlılığı zayıf	Güçlü zaman bağımlılığı modeli
Açıklanabilirlik	Çok yüksek	Orta	Düşük
Veri Miktarı İhtiyacı	Az	Orta	Yüksek
Kampanya / dışsal etkiler	add_regressor ile desteklenir	Özellik olarak eklenir	Doğrudan öğrenebilir
Eğitim Süresi	Çok kısa	Kısa	Uzun
Genel Güvenilirlik	Yüksek (düşük varyans)	Yüksek doğruluk	Karmaşık ama güçlü
Uç Değerlere Tepki	Yavaş	Agresif	Veri miktarına bağlı

Tablo: Zaman serisi modelleme yaklaşımlarının temel özelliklere göre karşılaştırılması

Train / Test Veri Seti Hazırlanması

content...

Model Eğitim ve Test Sonuçları: Model Eğitim Parametreleri

content...

Model Eğitim ve Test Sonuçları: Test Sonuçları

content...

Başarım Metrikleri: MAE –Mean Absolute Error (Ortalama Mutlak Hata)

- MAE, tahmin edilen değerler ile gerçek değerler arasındaki farkların mutlak değerlerinin ortalamasıdır.
- Hataların büyüklüğünü doğrudan ölçer.

Formül:

$$\text{MAE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i|$$

Not: Aykırı değerlere karşı daha az hassastır.

Başarım Metrikleri: RMSE – Root Mean Squared Error (Karekök Ortalama Kare Hata)

- RMSE, tahmin hatalarının karelerinin ortalamasının kareköküdür.
- Büyük hataları daha fazla cezalandırır.

Formül:

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}$$

Not: Aykırı değerlere karşı daha duyarlıdır.

Başarım Metrikleri: MAE ve RMSE Karşılaştırması

Özellik	MAE	RMSE
Hata Türü	Mutlak Hata	Kare Hata
Aykırı Değerlere Duyarlılık	Az	Yüksek
Yorumu	Daha sezgisel	Daha teknik
Birim	Orijinal birim	Orijinal birim

Tablo: MAE ve RMSE metriklerinin temel farklarının karşılaştırılması

Ekonomik Sipariş Miktarı (EOQ)

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \quad (1)$$

- D : Yıllık talep miktarı (adet)
- S : Sipariş başına sabit maliyet
- H : Birim başına yıllık stok tutma maliyeti

EOQ, toplam sipariş ve stok tutma maliyetlerini minimize edecek optimal sipariş miktarını belirler.

Stok yönetiminde maliyet etkinliğini artırır; aşırı veya yetersiz sipariş kaynaklı kayıpların önüne geçilmesini sağlar.

Yeniden Sipariş Noktası (ROP)

$$ROP = d \cdot L + SS \quad (2)$$

- d : Ortalama günlük talep
- L : Tedarik süresi (gün)
- SS : Güvenlik stoğu

ROP, stok seviyesinin bu değere ulaşması durumunda yeni sipariş verilmesi gerektiğini gösterir.

Tedarik süresi boyunca stok tükenmesini önleyerek süreçlerin kesintisiz devam etmesini sağlar.

Güvenlik Stoğu (Safety Stock)

$$SS = Z \cdot \sigma_L \quad (3)$$

- Z : Servis seviyesi katsayısı (örneğin %95 için $Z \approx 1.65$)
- σ_L : Tedarik süresindeki talep sapmasının standart sapması

Güvenlik stoğu, talepteki belirsizlikler veya tedarik gecikmeleri karşısında oluşabilecek stok yetersizliğine karşı ek stok miktarıdır.

Müşteri hizmet seviyesini artırır, stok outs (stok tükenmesi) riskini azaltır ve operasyonel sürekliliği destekler.

Toplam Maliyet Bileşenleri

$$\begin{aligned}\text{Toplam Maliyet} &= \text{Sipariş Maliyeti} \\ &+ \text{Stok Tutma Maliyeti} \\ &+ \text{Eksik Maliyet}\end{aligned}\quad (4)$$

Toplam maliyet, stok yönetiminde dikkate alınan üç temel kalemten oluşur. Her bir bileşen farklı operasyonel riski temsil eder.

Model Bazlı Maliyet Hesaplama Formülleri

$$\text{Sipariş Maliyeti} = \frac{D}{EOQ} \cdot S \quad (5)$$

$$\text{Stok Tutma Maliyeti} = \frac{EOQ}{2} \cdot H \quad (6)$$

$$\text{Eksik Maliyet} = \frac{D}{EOQ} \cdot (ROP - EOQ) \cdot C \quad (7)$$

Eksik maliyet, talep karşılanamadığında oluşan fırsat maliyetini temsil eder. C : birim başına eksiklik maliyetidir.

Prompt Parametreleri

- product_id: 7
- mevcut_stok: 22
- teslim_suresi: 7
- siparis_maliyeti: 50
- stok_tutma_maliyeti: 5
- servis_seviyesi: 0.95
- stockout_cost: 20
- start_date: 2025-05-01
- end_date: 2025-05-07

Tahmin ve Optimizasyon: Prompt

Ürün ID: {parameters["product_id"]}

Tahmin edilen tarih aralığı: {parameters["start_date"]} - {parameters["end_date"]}

İşletme Parametreleri:

- Mevcut stok: {parameters["mevcut_stok"]}
- Teslim süresi: {parameters["teslim_suresi"]} gün
- Servis seviyesi: %{parameters["servis_seviyesi"] * 100}
- Sipariş maliyeti: {parameters["siparis_maliyeti"]} TL
- Stok tutma maliyeti: {parameters["stok_tutma_maliyeti"]} TL
- Stoksuz kalma maliyeti (stockout cost): {parameters["stockout_cost"]} TL

Prophet modeli çıktısı:

Model Tahminleri: {df_prophet_forecast_dict}

Stok Hesaplamaları: {stock_calculation_prophet}

Varyant Risk Skorları: {variant_risk_prophet_df.to_dict(orient='records')}

Toplam Maliyet Analizi: {costs_prophet}

XGBoost modeli çıktısı:

Model Tahminleri: {df_xgboost_forecast_dict}

Stok Hesaplamaları: {stock_calculation_xgboost}

Varyant Risk Skorları: {variant_risk_xgb_df.to_dict(orient='records')}

Toplam Maliyet Analizi: {costs_xgboost}

Tahmin ve Optimizasyon: Prompt

Lütfen aşağıdaki konuları analiz et:

1. Prophet ve XGBoost modellerinin genel tahmin ortalaması ve varyansı nedir? Hangi model daha istikrarlı ve güvenilir?
2. Her modelin EOQ, ROP ve SS değerlerini karşılaştır. Hangisi daha uygun sipariş stratejisi sunuyor?
3. Toplam maliyet analizine göre hangi model işletmeye daha az maliyet çıkarıyor? (Stok tutma, sipariş ve stoksuz kalma maliyetleri dahil)
4. Varyant bazlı risk skorlarını incele. Yüksek riskli varyantlar hangileri ve nasıl önceliklendirilmelidir?
5. Sipariş önerisi:
 - Toplam kaç adet sipariş verilmelidir?
 - Hangi varyantlara öncelik verilmeli? (Risk skorlarına göre grupla)
6. Tüm analizleri göz önünde bulundurarak nihai model seçimini yap.
7. Kararını açık ve gerekçeli şekilde sun:
 - Servis seviyesi, stok-out riski, maliyetler, varyant dengesi ve operasyonel uygulanabilirlik açısından değerlendir.
 - Nihai sipariş miktarını belirt ve işletmeye önerini ilet.

Tahmin ve Optimizasyon: Model Bazlı Tahmin Sonuçları

Model	Ortalama Tahmin	Varyans
Prophet	9.59	1.56
XGBoost	11.65	2.63

Tablo: Prophet ve XGBoost modellerinin 7 günlük tahmin ortalaması ve varyans değerleri

Agent Analizleri: EOQ / ROP / SS Karşılaştırması

Model	EOQ	ROP	SS
Prophet	380.75	73.90	6.78
XGBoost	419.76	93.01	11.44

Tablo: EOQ, ROP ve SS değerlerinin Prophet ve XGBoost modellerine göre karşılaştırılması

Agent Analizleri: Sipariş Stratejisi Analizi

- XGBoost modeli daha yüksek EOQ, ROP ve SS değerlerine sahiptir.
- Bu, XGBoost'un daha büyük sipariş miktarları ve daha yüksek güvenlik stokları önerdiği anlamına gelir.
- Ancak, bu durum daha fazla maliyet anlamına gelebilir.
- Prophet modeli daha düşük değerler sunarak daha az riskli bir sipariş stratejisi sunmaktadır.

Agent Analizleri: Toplam Maliyet Karşılaştırması

Model	Toplam Maliyet (TL)
Prophet	2 039.87
XGBoost	2 519.71

Tablo: Prophet ve XGBoost modellerine göre toplam stok maliyeti değerleri

Analiz: Prophet modeli, toplam maliyet açısından daha avantajlıdır. Daha düşük maliyetler, işletmenin karlılığını artırır.

Yüksek Riskli Varyantlar:

Tüm varyantlar (Kırmızı, Mavi, Siyah) için risk skorları 0.855 ile 0.884 arasında değişmektedir. Bu, tüm varyantların yüksek risk taşıdığını göstermektedir.

Önceliklendirme: Tüm varyantlar yüksek risk taşıdığı için, sipariş önceliği verilmesi gereken varyantlar arasında ayırım yapmak zordur. Ancak, XGBoost modelinin tahminleri daha yüksek olduğu için, bu modelin tahminlerine göre sipariş verilmesi önerilebilir.

Agent Analizleri: Toplam Sipariş Miktarı ve Varyant Dağılımı

- **Toplam Sipariş Miktarı:**

- Prophet: 51.90 adet
- XGBoost: 71.01 adet

- **Varyantlara Öncelik:**

- Tüm varyantlar yüksek risk taşımaktadır.
- Sipariş miktarları eşit dağıtılabilir.
- XGBoost modelinin öngördüğü talep artışı dikkate alınarak, varyant başına sipariş miktarı artırılabilir.

Seçilen Model: Prophet

Prophet modeli aşağıdaki nedenlerle tercih edilmiştir:

- Daha düşük toplam maliyetler sunar.
- Tahmin varyansı daha düşüktür (daha istikrarlı).
- Daha düşük EOQ ve ROP değerleriyle **daha az sermaye bağlar.**
- Risk yönetimi açısından daha temkinli ve kontrollüdür.

Agent Analizleri: Nihai Karar ve İşletmeye Öneri

Servis Seviyesi: %95 – yüksek müşteri memnuniyeti sağlar.

Stok-out Riski: Prophet modeli ile minimize edilmiştir.

Toplam Maliyet: Prophet modelinde daha düşüktür.

Varyant Dengesi: Hepsi yüksek riskli, eşit dağıtım mantıklıdır.

Operasyonel Uygulanabilirlik: Prophet daha basit ve uygulanabilir bir çözüm sunmaktadır.

Nihai Sipariş Miktarı: **51 adet** (Her varyanta eşit dağıtım önerilir.)

Prophet modeline dayanarak, toplam 51 adet sipariş verilmesi ve bu miktarın tüm varyantlar arasında eşit şekilde dağıtılması önerilmektedir. Bu yaklaşım, maliyetleri minimize ederken müşteri memnuniyetini de artıracaktır.

Agent Analizleri: Nihai Karar ve İşletmeye Öneri

Nihai Sipariş Miktarı: 51 adet (Her varyanta eşit dağıtım önerilir.)

Prophet modeline dayanarak, toplam 51 adet sipariş verilmesi ve bu miktarın tüm varyantlar arasında eşit şekilde dağıtılması önerilmektedir.

Bu yaklaşım, maliyetleri minimize ederken müşteri memnuniyetini de artıracaktır.

İşletme açısından daha karlı ve risksiz görünmektedir.

Teşekkürler!