Zaman Serisi Analizi ve Tahmin

Yapay Zekâ ve Veri Dersleri Rehberi · Kısım IV: Veri

Eğilim ve mevsim | Durağanlık | ARIMA ve düzleştirme | Derin tahmin | Değerlendirme | Komşu dersler

Sercan KÜLCÜ · Giresun Üniversitesi · Bilgisayar Mühendisliği

© Sercan Külcü. Tüm hakları saklıdır. · Sunumun etkileşimli HTML sürümü: https://sercankulcu.github.io/files/ai_courses/sunumlar/Bolum_29_Zaman_Serisi_Analizi.html

GİRİŞ

Ders Hangi Soruyu Sorar?

> **Zamana bağlı ölçümlerden yapı nasıl çıkarılır ve gelecek nasıl tahmin edilir?**

Zaman serisi analizi, sırası önemli olan ölçümleri inceler: dünkü değer bugünkünü etkiler. Ders seriyi eğilim, mevsimsellik ve gürültüye ayırmayı, **öz ilintiyi** modellemeyi ve geleceği belirsizliğiyle birlikte tahmin etmeyi öğretir.

Bir bakışta

YAKLAŞIM zamana bağlı istatistiksel model	**GİRDİ** zaman damgalı ölçümler	**ÇIKTI** tahmin, eğilim, mevsimsellik
BAŞARI ÖLÇÜTÜ tahmin hatası (MAE, RMSE)	**MATEMATİK YÜKÜ** orta-yüksek	**VERİ İHTİYACI** uzun geçmiş

Kısa Tarihçe

1927
Yule, güneş lekesi sayılarını otoregresif (AR) bir modelle açıklar.

1960
Kalman filtresi yayımlanır: gürültülü ölçümlerden gizli durumu adım adım kestirir.

1970
Box ve Jenkins'in kitabı ARIMA modellerini ve kurma yöntemini yerleştirir.

1982
Engle, oynaklığın zamanla değiştiği ARCH modelini önerir.

1997
Hochreiter ve Schmidhuber LSTM'yi tanıtır; uzun bağımlılıklar öğrenilebilir olur.

2017
Facebook, mevsimsellik ve tatilleri ayrıştıran Prophet kütüphanesini açık kaynak yapar.

DERS

Temel Kavramlar

Eğilim ve mevsimsellik
Uzun vadeli yön ve düzenli yinelenen döngüler.

Durağanlık
Ortalama ve varyansın zamanla değişmemesi.

Öz ilinti (ACF)
Serinin kendi geçmiş değerleriyle ilintisi.

Fark alma
Eğilimi silip seriyi durağan yapmak.

ARIMA
Öz regresyon, fark alma ve hareketli ortalama birlikte.

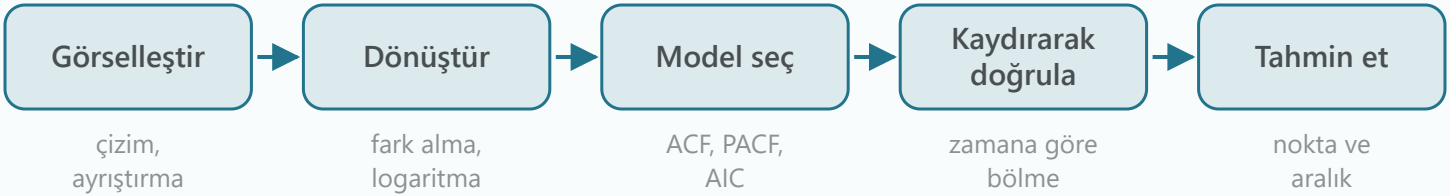
Üstel düzleştirme
Yakın geçmişe daha çok ağırlık veren tahmin.

Tahmin aralığı
Tek sayı değil, belirsizliğiyle birlikte tahmin.

Zamana göre bölme
Test hep eğitimden sonra gelir; karıştırılmaz.

DERS

Tipik İş Akışı



Örnek: Bir elektrik şirketi saatlik tüketimi çizer, günlük ve haftalık döngüleri ayırır, sıcaklığı da girdi alan bir model kurar, geçmiş haftalar üzerinde kaydırarak sınar ve ertesi günün yükünü yüzde 95 tahmin aralığıyla verir.

DERS

Derste Neler İşlenir?

1. Seri bileşenleri: eğilim, mevsimsellik, gürültü
2. Görselleştirme ve STL ayrıştırması
3. Durağanlık, fark alma ve birim kök testleri
4. Öz ilinti ve kısmi öz ilinti (ACF, PACF)
5. Üstel düzleştirme ve Holt-Winters
6. AR, MA ve ARMA modelleri
7. ARIMA ve mevsimsel ARIMA (SARIMA)
8. Dışsal değişkenli regresyon ve dinamik modeller
9. Tahmin değerlendirme ve kaydırmalı doğrulama
10. Oynaklık modelleri: ARCH ve GARCH
11. Durum uzayı modelleri ve Kalman filtresi
12. Makine öğrenmesi ve derin ağlarla tahmin

Kazandırdığı beceriler

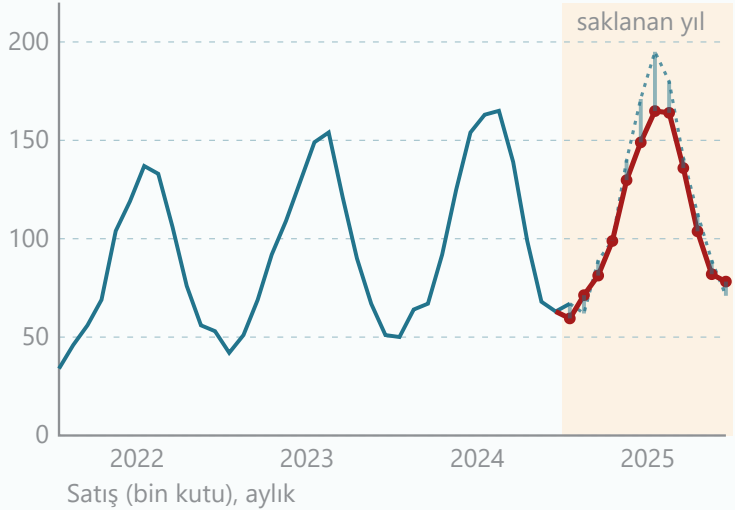
pandas ile tarih indeksli veri | statsmodels ile ARIMA kurmak | Prophet ve sktime | kaydırmalı doğrulama tasarlamak | tahmin aralığı vermek ve yorumlamak

Tipik bir dönemin akışıdır; sıra ve kapsam üniversiteden üniversiteye değişir.

DENE

Gelecek Yazın Dondurma Siparişi

Bir dondurma üreticisi, son üç yılın aylık satışına bakıp gelecek ayların üretimini planlıyor. Bir yöntem ve ufuk seçin; son yılın gerçek satışları saklanmış, tahmin onlarla ölçülür.



Naif | Hareketli ort. | Mevsimsel naif | **Holt-Winters**

Tahmin ufku: **12** ay

Holt-Winters, 12 ay ileri:
MAE = **11,0** bin kutu (ortalama satışın %9,3'i)

Naif	55,3
Hareketli ortalama (3 ay)	46,4
Mevsimsel naif	14,3
Holt-Winters	**11,0**

Naif ve hareketli ortalama mevsimi göremez: yazın düz bir çizgi çizerler. Mevsimsel yöntemler geçen yılın biçimini taşır; Holt-Winters buna büyüme eğilimini de ekler.

KONUM

Ön Koşullar

Bu dersten önce bilinmesi yararlı olan dersler ve neden gerektikleri.

Ders	Neden gerekir
Olasılık ve İstatistik	durağanlık, öz ilinti, ARIMA
Analiz (Kalkülüs)	seriler, türev ve integral: modellerin ve süzgeçlerin dili
Programlama	Python ile dosya okuma, tarih işleme ve çizim

KONUM

Bu Ders Sana Göre mi?

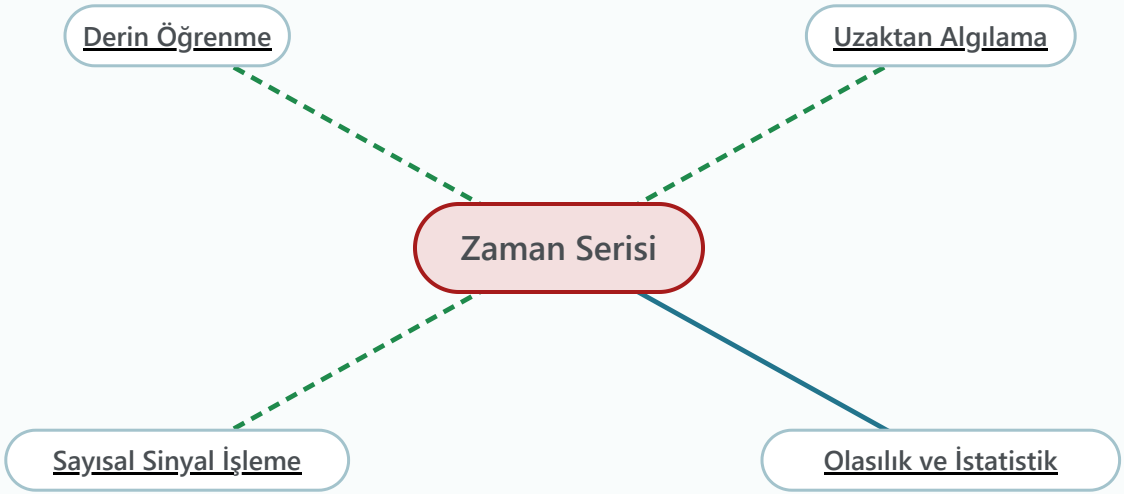
Kendine sor; "hayır" dediklerin için sağdaki sütun nereden başlayacağını gösterir.

Kendine sor	Hayırsa önce
Ortalama, varyans ve ilinti katsayısını açıklayabiliyor musun?	Olasılık ve İstatistik
Doğrusal regresyon kurup katsayılarını yorumlayabiliyor musun?	Makine Öğrenmesi
Geometrik bir serinin toplamını hesaplayabiliyor musun?	Analiz dersindeki diziler ve seriler konusu
Python'da tarih sütunlu bir CSV dosyasını okuyup çizebiliyor musun?	Programlamaya giriş, ardından pandas'a kısa bir giriş

Çoğuna "evet" diyebiliyorsan derse hazırsın; bir ya da iki "hayır" dönem içinde kapanabilir.

KONUM

Dersin Komşuları



ÖRTÜŞME

Örtüştüğü Dersler

İlişki	Ders	Ortak konu
temel alır	Bu ders Olasılık ve İstatistik dersini temel alır	durağanlık, öz ilinti, ARIMA
yöntem paylaşır	Derin Öğrenme ile yöntem paylaşır	yinelemeli ağlar, dikkat temelli tahmin
yöntem paylaşır	Sayısal Sinyal İşleme ile yöntem paylaşır	frekans analizi, süzgeçleme
yöntem paylaşır	Uzaktan Algılama ile yöntem paylaşır	çok zamanlı görüntü serileri

Ayrıştığı Noktalar (1/2)

Ölçüt	Zaman Serisi	Olasılık ve İstatistik	Sayısal Sinyal İşleme
Temel soru	Zamana bağlı ölçümlerden yapı nasıl çıkarılır ve gelecek nasıl tahmin edilir?	Belirsizlik nasıl ölçülür ve sınırlı veriden nasıl güvenilir sonuç çıkarılır?	Örneklenmiş sinyaller nasıl çözümlenir, süzülür ve dönüştürülür?
Yaklaşım	zamana bağlı istatistiksel model	olasılık modeli ve çıkarım	matematiksel dönüşüm ve süzgeç
Girdi	zaman damgalı ölçümler	örneklem verisi	örneklenmiş sinyal
Çıktı	tahmin, eğilim, mevsimsellik	kestirim, güven aralığı, test sonucu	süzülmüş sinyal, spektrum
Başarı ölçütü	tahmin hatası (MAE, RMSE)	yansızlık, güç, anlamlılık	sinyal-gürültü oranı, frekans yanıtı
Matematik yükü	orta-yüksek	kuramın kendisi	yüksek: karmaşık sayı, Fourier
Veri ihtiyacı	uzun geçmiş	örneklem	öğrenme yok; sinyal yeter

- **Olasılık ve İstatistik:** İstatistik çoğunlukla bağımsız gözlem varsayar; bu ders gözlemlerin birbirine bağlı olduğu sıralı veriyle uğraşır.
- **Sayısal Sinyal İşleme:** Sinyal işleme sinyali süzer ve frekansına bakar; bu ders aynı araçları geleceği tahmin etmek için kullanır.

Ayrıştığı Noktalar (2/2)

Ölçüt	Zaman Serisi	Derin Öğrenme	Makine Öğrenmesi
Temel soru	Zamana bağlı ölçümlerden yapı nasıl çıkarılır ve gelecek nasıl tahmin edilir?	Çok katmanlı ağlar ham veriden kullanışlı temsilleri nasıl kendisi öğrenir?	Bir program örneklerden nasıl genelleme yapar?
Yaklaşım	zamana bağlı istatistiksel model	çok katmanlı temsil öğrenme	istatistiksel öğrenme
Girdi	zaman damgalı ölçümler	ham veri: görüntü, metin, ses	etiketli ya da etiketsiz örnekler
Çıktı	tahmin, eğilim, mevsimsellik	öğrenilmiş temsil ve tahmin	tahmin yapan model
Başarı ölçütü	tahmin hatası (MAE, RMSE)	doğruluk, kayıp, ölçeklenme	görülmemiş veride hata
Matematik yükü	orta-yüksek	yüksek: türev, matris, olasılık	yüksek: doğrusal cebir, olasılık, optimizasyon
Veri ihtiyacı	uzun geçmiş	çok; GPU gerekir	orta ve çok

- **Derin Öğrenme:** Derin öğrenme tahmin için güçlü bir model ailesi verir; bu ders ne zaman basit bir modelin yeteceğini de öğretir.
- **Makine Öğrenmesi:** MÖ örnekleri karıştırıp rastgele böler; bu derste zaman sırası bozulmaz, model yalnız geçmişle eğitilir.

UYGULAMA

Uygulama Alanları

Talep tahmini
Satış, stok ve üretim planlaması.

Enerji yükü
Elektrik tüketimi ve yenilenebilir üretim.

Finans
Oynaklık, risk ve getiri modelleri.

Hava ve iklim
Sıcaklık, yağış ve CO_2 serileri.

Anomali tespiti
Sunucu ve sensör ölçümlerinde sapma.

Ekonomi
Enflasyon, işsizlik ve büyüme tahmini.

UYGULAMA

Riskler ve Etik

Geleceğe sızan bilgi

Rastgele bölme ya da bütün seriyle yapılan ölçekleme gelecekteki değerleri eğitime taşır; sınamadaki başarı sahte çıkar.

Yapısal kırılma

2020 salgınında talep ve trafik serileri birden değişti; geçmişe iyi uyan modeller haftalarca yanlış tahmin verdi.

Aralıksız tahmin

Tek sayıyla verilen tahmin kesinlik izlenimi verir; stok ya da enerji kararı belirsizlik bilinmeden alınır.

Davranışı değiştiren tahmin

Herkes aynı fiyat ya da talep tahminine göre davranınca seri değişir; tahmin kendini doğrulayabilir ya da bozabilir.

Ayrıntılı tartışma: Açıklanabilir Yapay Zekâ ve Yapay Zekâ Etiği.

UYGULAMA

Araçlar ve Örnek Veriler

Araçlar ve kütüphaneler

pandas | statsmodels | Prophet | sktime | Darts | R forecast / fable

Tanınmış veri setleri

Hava yolu yolcuları (Box-Jenkins) | Güneş lekesi sayıları | M4 ve M5 yarışmaları

UCI Electricity Load Diagrams | Mauna Loa CO_2 ölçümleri | Jena iklim verisi

UYGULAMA

Sık Karıştırılanlar

Yaygın düşünce	Doğrusu
Zaman serisi verisi rastgele bölünerek sınanabilir.	Gelecekteki değerler eğitime sızar; sınama hep zaman sırasına göre yapılır.
Derin ağlar her seride klasik modelleri geçer.	M yarışmalarında basit ve istatistiksel yöntemler çoğu zaman çok güçlü çıkmıştır.
İyi model tek bir doğru sayı verir.	Tahmin belirsizdir; karar için **tahmin aralığı** en az nokta tahmini kadar önemlidir.
Geçmişte işleyen model hep işler.	Yapısal kırılmalar (salgın, kriz) seriyi değiştirir; model izlenip yenilenmelidir.

SONRASI

Bu Dersten Sonra

Bu dersi temel alan ya da genişleten dersler

Bu ders çoğunlukla uç noktadır; öteki dersleri temel alır.

İlgili meslekler

Tahmin analisti | Veri bilimci | Kantitatif analist | Talep planlama uzmanı | Enerji veri analisti

Bu dersten sonra sinyal işlemeyle frekans çözümlemesine, derin öğrenmeyle dönüştürücü tabanlı tahmine, uzaktan algılamayla çok zamanlı uydu görüntülerine geçilebilir. Ekonometri ve durum uzayı modelleri de doğal devam yollarıdır.

SONRASI

Kaynaklar

- Hyndman ve Athanasopoulos, *Forecasting: Principles and Practice*, 3. baskı, OTexts, 2021.
- Box, Jenkins, Reinsel ve Ljung, *Time Series Analysis: Forecasting and Control*, 5. baskı, Wiley, 2015.
- Shumway ve Stoffer, *Time Series Analysis and Its Applications*, 4. baskı, Springer, 2017.
- Brockwell ve Davis, *Introduction to Time Series and Forecasting*, 3. baskı, Springer, 2016.

Son

Bölüm 29: Zaman Serisi Analizi ve Tahmin

← Önceki bölüm · Alanın haritası · Sonraki bölüm →