

Makineler Nasıl Öğrenir, İktisatçı Neden Umursamalı?

Yapay zekâ, makine öğrenmesi ve ekonometri: aynı veri, farklı sorular

Prof. Dr. Mehmet Songur

Dicle Üniversitesi · İİBF · İktisat Bölümü

Bugün ne konuşacağız?

1

Kavramlar

Yapay zekâ, makine öğrenmesi, derin öğrenme

2

Kısa tarih

Yükselişler, kışlar ve “neden şimdi?”

3

Ekonometri ve ML

Aynı veri, farklı sorular: $\hat{y}$ ve β

4

Vakalar ve sınırlar

İktisat ve finanstan başarılar, başarısızlıklar

Bu haftanın tek sorusu: Makine öğrenmesi, iktisatçının zaten bildiği ekonometriden ne bakımdan farklıdır?

Etkinlik: Kredi Komitesi

Beş dakikanız var. Gruplar hâlinde çalışın.



Senaryo

Bir bankanın kredi komitesisiniz. Önünüzde 10.000 bireysel kredi başvurusu var.

Görev: Bir başvurunun onaylanıp onaylanmayacağına karar veren kuralları yazın.

Her başvuruda şu bilgiler var:



Yaş



Aylık gelir



Çalışma süresi



Mevcut borçlar



Geçmişte gecikme var mı?



İstenen kredi tutarı

Kural yazmak neden zor?

Yazdığınız kurallara şu sorularla bakın



Eşik değerini nereden buldunuz?

“Geliri 30.000 TL üzerindeyse onayla.” Neden 30.000, neden 25.000 değil?



Kurallar çelişirse ne olur?

Geliri yüksek ama geçmişte gecikmesi olan biri onaylanacak mı?



6 değil 300 bilgi olsaydı?

Harcama geçmişi, fatura ödemeleri... Elle kural yazmak imkânsızlaşır.



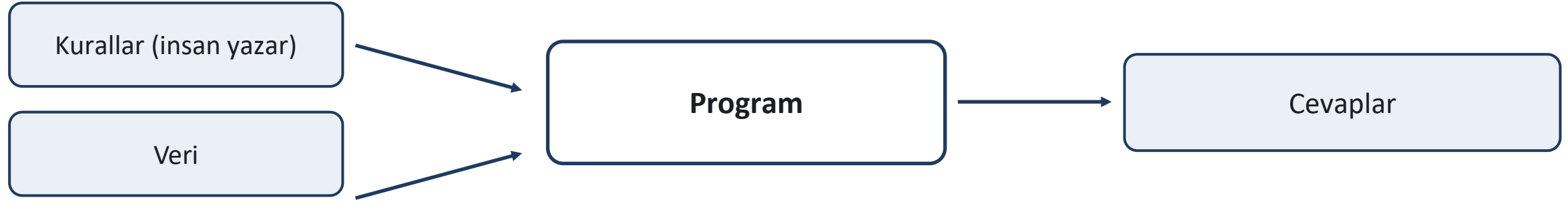
Geçmiş sonuçlar elimizde olsaydı?

Kimin krediyi ödediğini, kimin ödemediğini biliyorsak kuralı veriden çıkarabiliriz.

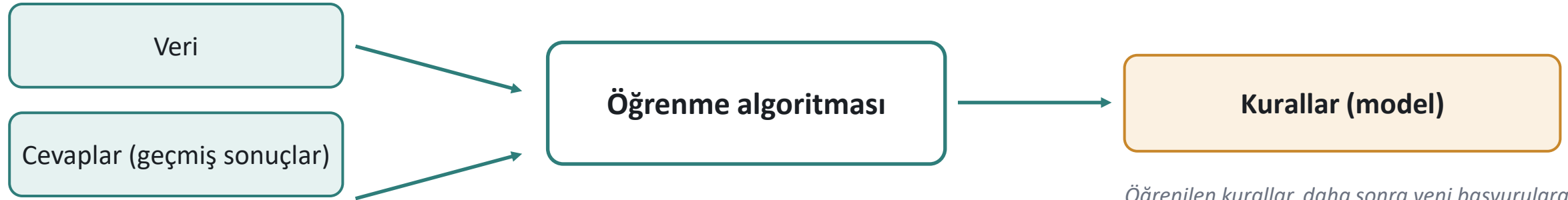
Kuralları kim yazıyor?

Makine öğrenmesinin özü tek bir yer değiştirmedir

Geleneksel programlama



Makine öğrenmesi



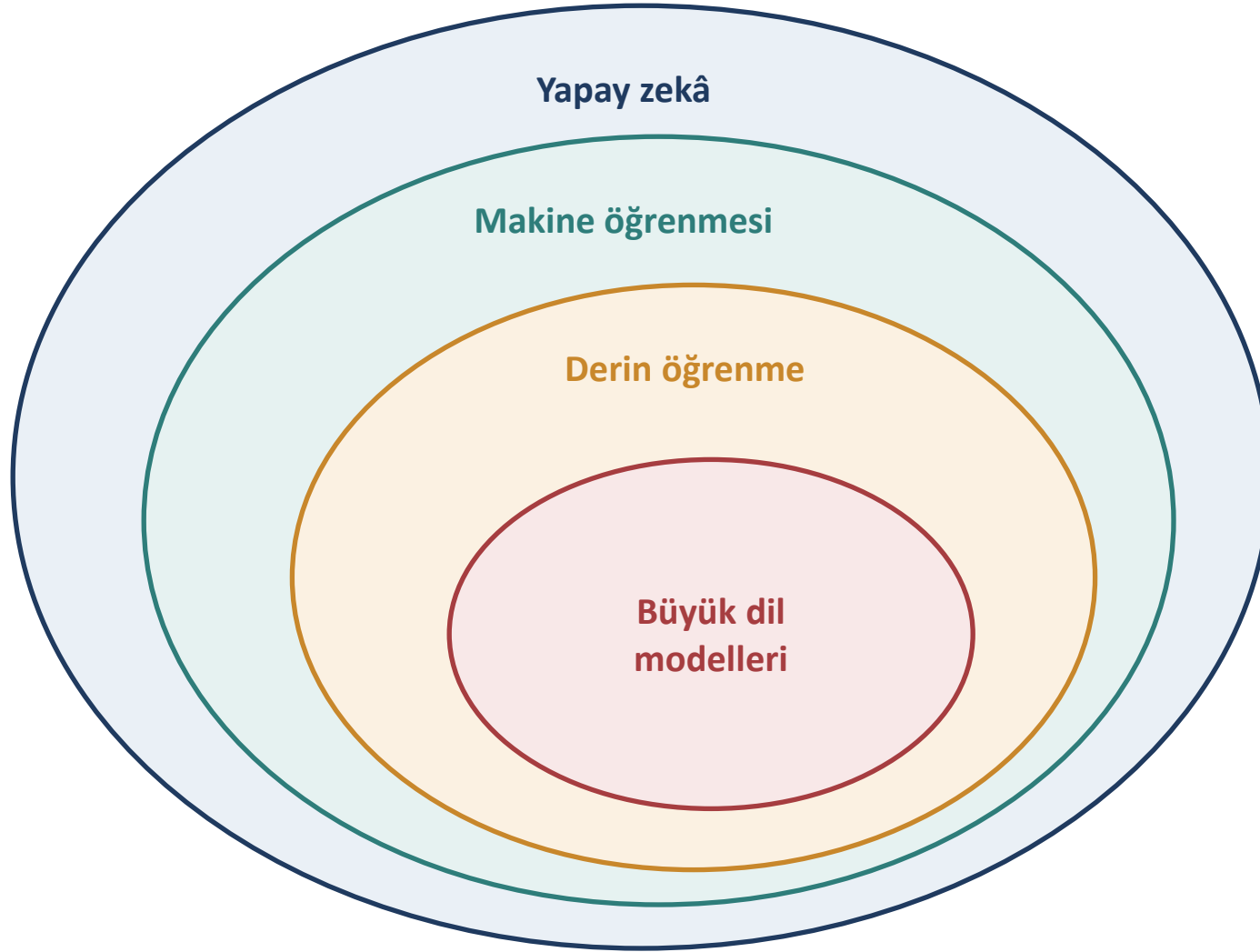
Öğrenilen kurallar, daha sonra yeni başvurulara uygulanır.

1

Kavramlar

Yapay zekâ, makine öğrenmesi ve derin öğrenme aynı şey mi?

Dört kavram, iç içe dört küme



- Yapay zekâ**
İnsan zekâsı gerektiren görevleri yapan sistemler. Kural tabanlı da olabilir.
- Makine öğrenmesi**
Kuralları veriden öğrenen yöntemler: Lasso, karar ağaçları, rassal orman...
- Derin öğrenme**
Çok katmanlı sinir ağları. Görüntü, ses ve metinde güçlü.
- Büyük dil modelleri**
Metin üreten derin öğrenme modelleri: ChatGPT, Claude, Gemini.

Makine öğrenmesi nedir?

“Bir program, T görevindeki P ölçütüyle ölçülen performansı E deneyimiyle artıyorsa, E’den öğreniyor denir.”

Tom Mitchell (1997)

T

Görev

Ne yapmasını istiyoruz?

Kredi örneği:

Başvuranın krediyi geri ödeyip
ödemeyeceğini tahmin etmek

E

Deneyim

Neyden öğrenecek?

Kredi örneği:

Geçmiş 10.000 başvuru ve sonuçları

P

Performans

Başarıyı nasıl ölçeceğiz?

Kredi örneği:

Doğru sınıflandırma oranı veya
bankanın beklenen zararı

Sıra sizde: enflasyon tahmini

Önümüzdeki ayın enflasyonunu tahmin eden bir model için T , E ve P ne olur?



T • Görev

Gelecek ayın yıllık TÜFE değişimini tahmin etmek

E • Deneyim

Geçmiş aylık enflasyon, kur, faiz, akaryakıt fiyatları, beklenti anketleri...

P • Performans

Tahmin hatalarının karelerinin ortalaması

P 'nin seçimi masum değildir: büyük hataları ağır cezalandırmak ile tüm hatalara eşit davranmak farklı modeller doğurur.

Derin öğrenme her zaman daha mı iyi?



Derin öğrenme güçlü olduğu yerde

- Görüntü (uydu fotoğrafları)
- Ses
- Metin (haberler, raporlar)
- Özelliği veriden kendisi çıkarır: “kulak”, “bıyık” gibi tanımlar vermeye gerek yok.



İktisatçının tipik verisinde

- Tablo verisi: satırlar gözlem, sütunlar değişken.
- Burada ağaç tabanlı yöntemler (rassal orman, gradyan artırma) çoğu zaman derin öğrenmeyle yarışır, hatta onu geçer.
- **Bu yüzden dersin ağırlığı ağaç tabanlı yöntemlerde.**

Kaynak: Grinsztajn, Oyallon ve Varoquaux (2022)

Üç öğrenme türü

Ayrıntılar gelecek hafta



Denetimli

Girdiler ve doğru cevaplar
(etiketler) var.

*Temerrüt tahmini, enflasyon tahmini,
konut fiyatı*



Denetimsiz

Yalnızca girdiler var, etiket yok.
Gizli yapıyı bul.

*Müşteri segmentleri, benzer ülkeleri
gruplama*



Pekiştirmeli

Eylemler ve ödülleri var. Deneyerek
öğren.

*Alım-satım stratejileri, dinamik
fiyatlandırma*

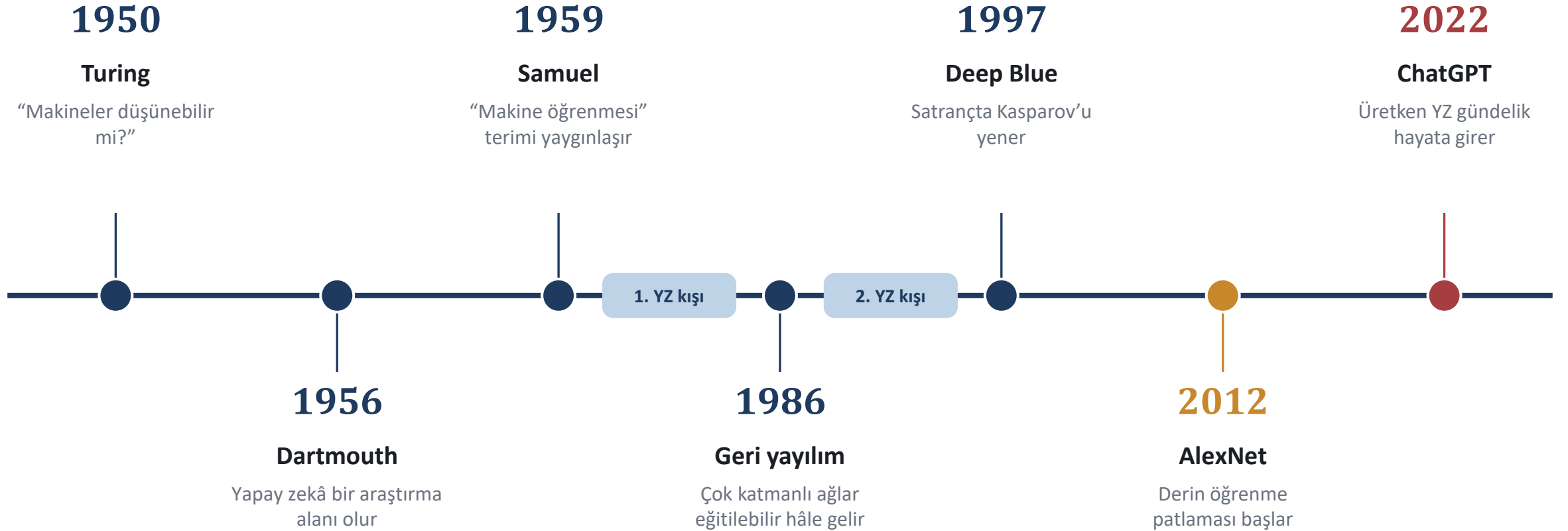
2

Kısa bir tarih

Yüksek beklentiler, hayal kırıklıkları ve bugünkü patlama

75 yıllık bir hikâye

Büyük beklentiler, hayal kırıklıkları ve yeniden yükseliş



Aralıklar ölçekli değildir.

Neden şimdi?

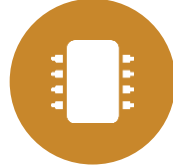
Yapay zekâ 1950'lerden beri var. Patlama neden son on yılda yaşandı?

$$\text{YZ çıktısı} = f (\text{Veri} , \text{Hesaplama} , \text{Algoritma})$$



Veri

İnternet, dijital ödemeler ve sensörlerle devasa veri birikti.



Hesaplama

Grafik işlemcileri (GPU) hesaplamayı ucuzlattı ve hızlandırdı.



Algoritma

Yöntemler herkesin kullanabildiği açık kaynak kütüphanelere dönüştü.

Üç girdinin de fiyatı son yirmi yılda dramatik biçimde düştü.

3

Ekonometri ve makine öğrenmesi

Aynı veri, farklı sorular

Aynı şeyler, farklı kelimeler

İki alanın sözlüğü

Ekonometri	Makine öğrenmesi
Bağımlı değişken	Hedef, etiket
Açıklayıcı değişken	Öznitelik (feature)
Katsayı (β)	Ağırlık (weight)
Modeli tahmin etmek	Modeli eğitmek
Örneklem	Eğitim verisi
Örneklem dışı öngörü	Test performansı, genelleme
Model seçimi	Hiperparametre ayarı
Kukla değişken	One-hot kodlama



Dikkat

ML'de “bias” kelimesi iki anlamda kullanılır: sabit terim ve sapma (yanlılık). Bağlama dikkat edin.

Türkçede “tahmin” kelimesinin iki anlamı

$\hat{\beta}$

Kestirim

estimation

Bir parametrenin değerini veriden bulmak.

“Eğitimin ücrete getirisi yüzde kaç?”

$\hat{y}$

Öngörü

prediction / forecast

Yeni bir gözlem için sonucu tahmin etmek.

“Bu başvuran krediyi öder mi?”

Bu derste tutarlı olacağız: β için “kestirim”, $\hat{y}$ için “öngörü”.

Veriyle çalışmanın iki kültürü

Leo Breiman (2001), "Statistical Modeling: The Two Cultures"

Veri modelleme kültürü

Verinin nasıl üretildiğine dair bir model varsay:

$$y = X\beta + \varepsilon$$

Parametreleri kestir ve yorumla. Model doğruysa katsayılar dünyanın nasıl işlediğini anlatır.

Ekonometri büyük ölçüde burada

Algoritmik modelleme kültürü

Veri üretim süreci bir kara kutudur:

$$x \rightarrow [?] \rightarrow y$$

x' 'ten y' 'yi en iyi öngören fonksiyonu bul. Başarı, modelin görmediği veride ölçülür.

Makine öğrenmesi burada

İki farklı soru

Mullainathan ve Spiess (2017)

MEHMET
Songur

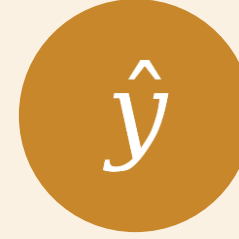
$$y = f(x) + \varepsilon$$



x değişirse y ne olur?

Nedensellik sorusu

- Eğitim bir yıl artarsa ücret yüzde kaç artar?
- Katsayının kendisi ilgi konusudur.
- Düşük R^2 sorun olmayabilir.



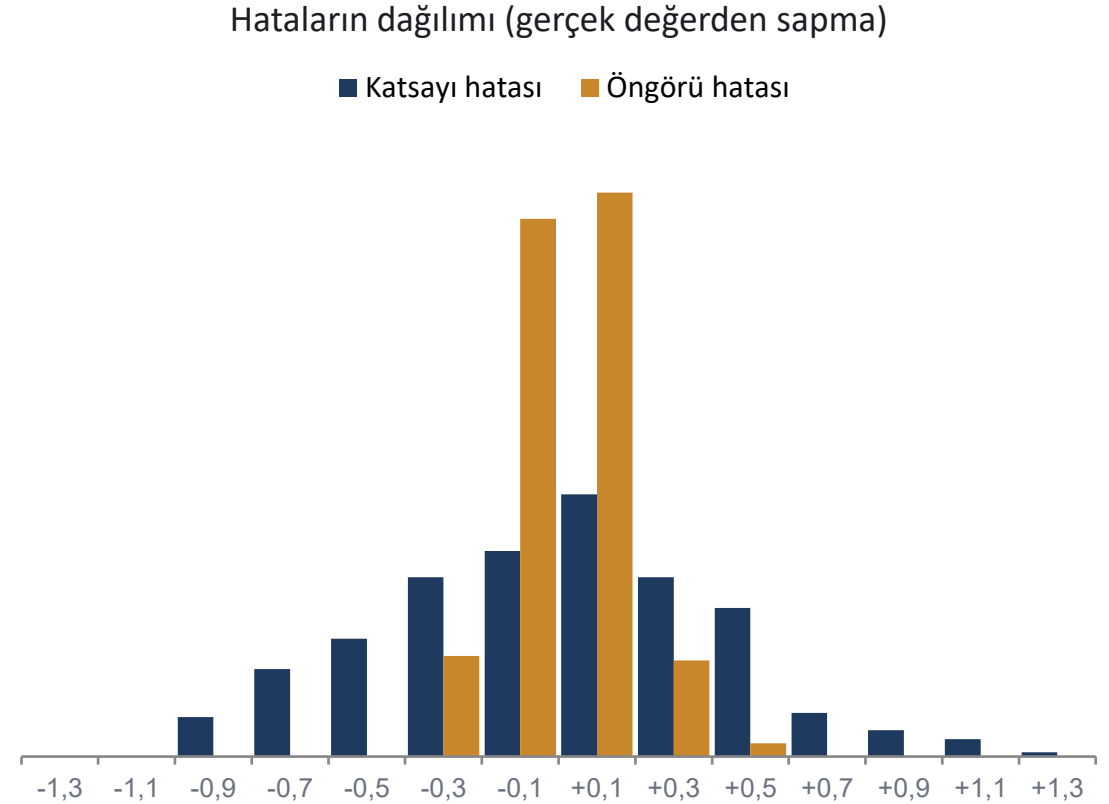
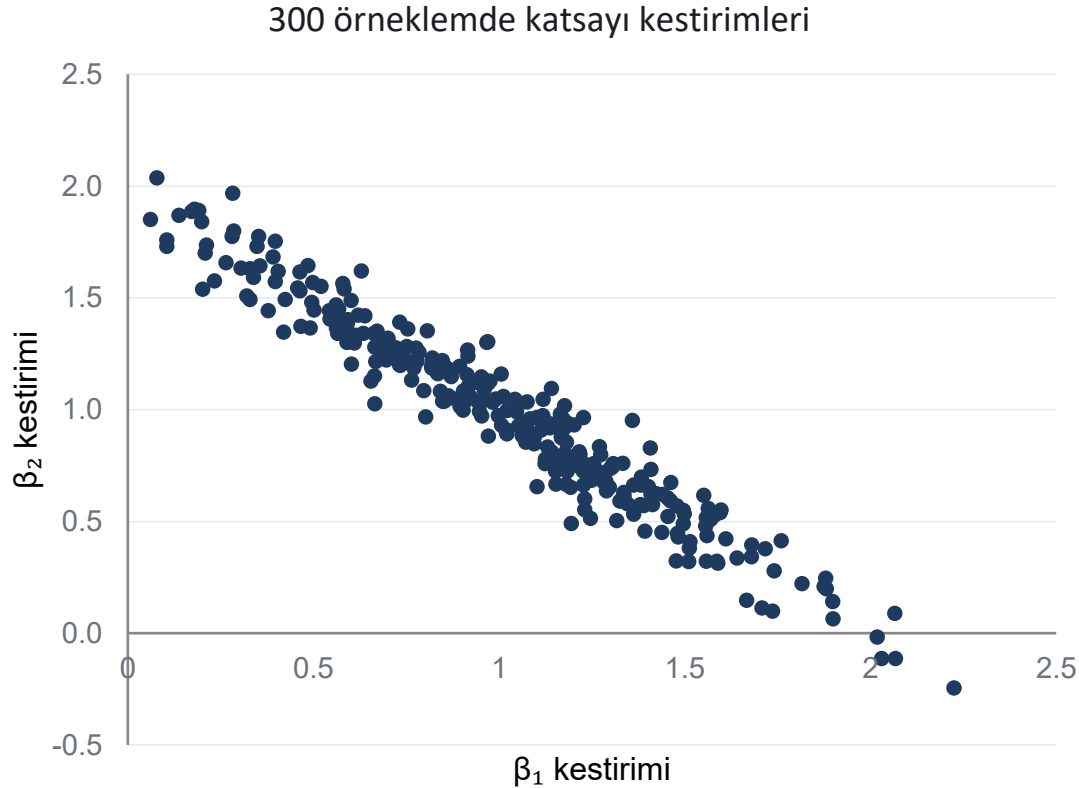
x'i gördüğümde y ne olur?

Öngörü sorusu

- Bu başvuran krediyi öder mi?
- Katsayılar ikincildir.
- Önemli olan: görülmemiş veride hata küçük mü?

Katsayılar anlaşıyor, öngörüler anlaşıyor

Simülasyon: birbiriyle çok yüksek korelasyonlu iki değişken ($\rho = 0,97$), gerçek katsayılar 1 ve 1; 300 farklı örneklem



Katsayı hatası: std. sapma $\approx 0,43$ Öngörü hatası: std. sapma $\approx 0,14$

Bir makine öğrenmesi modelinin katsayısı veya “en önemli değişkeni” nedensel bir etki değildir.

Model öngörmek için optimize edildi, dünyayı açıklamak için değil.

Şemsiye mi, yağmur dansı mı?

Kleinberg, Ludwig, Mullainathan ve Obermeyer (2015)



Yağmur dansı

Kuraklıkta yönetici yağmur dansına kaynak ayırmalı mı?

Dans yağmura yol açar mı?

Nedensellik sorusu (β)



Şemsiye

Sabah evden çıkarken şemsiye almalı mıyım?

Şemsiye yağmuru etkilemez. Tek önemli şey: yağmur yağacak mı?

Öngörü sorusu ($\hat{y}$)

Alıştırma: $\hat{y}$ mı, β mı?

Her durum için karar verin: öngörü mü, nedensellik mi?

1

Banka, başvuranın temerrüde düşme olasılığını bilmek istiyor.

2

Asgari ücret artışı genç istihdamını azaltır mı?

3

TÜİK açıklamadan önce bu çeyreğin büyüme oranını kestirmek.

4

Politika faizini artırmak enflasyonu düşürür mü?

5

Vergi idaresi, müfettişlerini hangi firmalara göndereceğini seçiyor.

6

Bir burs programı mezuniyet oranını artırdı mı?

7

Deprem öncesi denetimde hangi binalara öncelik verilmeli?

8

Okulu bırakma riski yüksek öğrencileri bulup mentor atamak.

Cevaplar

Son durum ikisini birden gerektiriyor: kime müdahale edileceği $\hat{y}$, müdahalenin işe yarayıp yaramadığı $\hat{\beta}$

1

Banka, başvuranın temerrüde düşme olasılığını bilmek istiyor.

$\hat{y}$

2

Asgari ücret artışı genç istihdamını azaltır mı?

$\hat{\beta}$

3

TÜİK açıklamadan önce bu çeyreğin büyüme oranını kestirmek.

$\hat{y}$

4

Politika faizini artırmak enflasyonu düşürür mü?

$\hat{\beta}$

5

Vergi idaresi, müfettişlerini hangi firmalara göndereceğini seçiyor.

$\hat{y}$

6

Bir burs programı mezuniyet oranını artırdı mı?

$\hat{\beta}$

7

Deprem öncesi denetimde hangi binalara öncelik verilmeli?

$\hat{y}$

8

Okulu bırakma riski yüksek öğrencileri bulup mentor atamak.

İkisi

İktisatçının bildiği iki uyarı

Makine öğrenmesi geçmişteki örüntüleri öğrenir. Dünya değişirse ne olur?



Lucas eleştirisi (1976)

Politika değiştiğinde insanlar davranışlarını uyarlar; geçmişteki ilişkiler geçersizleşebilir.

Örnek: 2021 sonrası düşük faiz politikası ve 2023'teki sıkılaşma. Önceki dönemle eğitilmiş bir enflasyon modeli, öğrendiği dünyanın değiştiğini bilemez.



Goodhart yasası

Bir ölçü hedef hâline geldiğinde iyi bir ölçü olmaktan çıkar.

Örnek: Kredi skorunun hangi davranışı ödüllendirdiği bilinirse, başvuranlar o davranışı taklit eder ve skorun öngörü gücü aşınır.

Özet karşılaştırma

	Ekonometri	Makine öğrenmesi
Temel soru	x değişirse y ne olur?	x'i görünce y ne olur?
Hedef	Parametreyi yansız kestirmek	Görülmemiş veride hatayı küçültmek
Başarı ölçütü	Anlamlılık, teoriyle uyum	Test verisinde hata
Model	Teoriden gelir, çoğunlukla doğrusal	Veriden seçilir, esnek
Değişken sayısı	Az	Çok (gözlem sayısını aşabilir)
Yorumlanabilirlik	Yüksek	Yardımcı araçlar gerekir
Tipik tehlike	Dışlanan değişken, içsellik	Aşırı uyum, veri sızıntısı

Rakip değil, tamamlayıcı: çift makine öğrenmesi ve nedensel ormanlar, ML'nin gücünü nedensel çıkarımın hizmetine sokar.

4

İktisat ve finanstan vakalar

Başarılar ve başarısızlıklar

Makine öğrenmesi iktisatta nerede kullanılıyor?



Bugünü tahmin etmek

Google aramalarıyla resmî veriden önce ekonominin durumunu öngörmek.

Choi ve Varian (2012)



Uzaydan büyüme ölçmek

Gece ışıkları ve uydu görüntülerinden GSYH ve yoksulluk tahmini.

Henderson vd. (2012); Jean vd. (2016)



Kredi riski

Geçmiş ödeme davranışından öğrenen kredi skorlama modelleri.

Bankacılık uygulaması



Metin veri olarak

Gazete haberlerinden ekonomik politika belirsizliği endeksi.

Baker, Bloom ve Davis (2016)



Varlık fiyatlaması

Esnek yöntemler hisse getirilerini doğrusal modellerden daha iyi öngörüyor.

Gu, Kelly ve Xiu (2020)



Makine mi, hâkim mi?

Tutukluluk kararlarında model, simülasyonlarda hâkimlerden daha iyi öngörüyor.

Kleinberg vd. (2018)

Üç uyarıcı hikâye



Google Grip Eğilimleri

Arama verisiyle grip salgınlarını öngören model, 2012–13 sezonunda doktor ziyaretlerini resmî verinin iki katından fazla öngördü.

Çok değişken, az gözlem: model gribi değil kışı öğrenmişti.

Lazer vd. (2014)



Yanlış hedef değişken

Ek bakım ihtiyacını belirleyen algoritma “ihtiyaç” yerine “sağlık harcamasını” öngörüyordu. Erişimi düşük gruplar olduğundan sağlıklı görünüyordu.

Neyi öngördüğünüz, nasıl öngördüğünüzden önemlidir.

Obermeyer vd. (2019)



Seçici etiketler

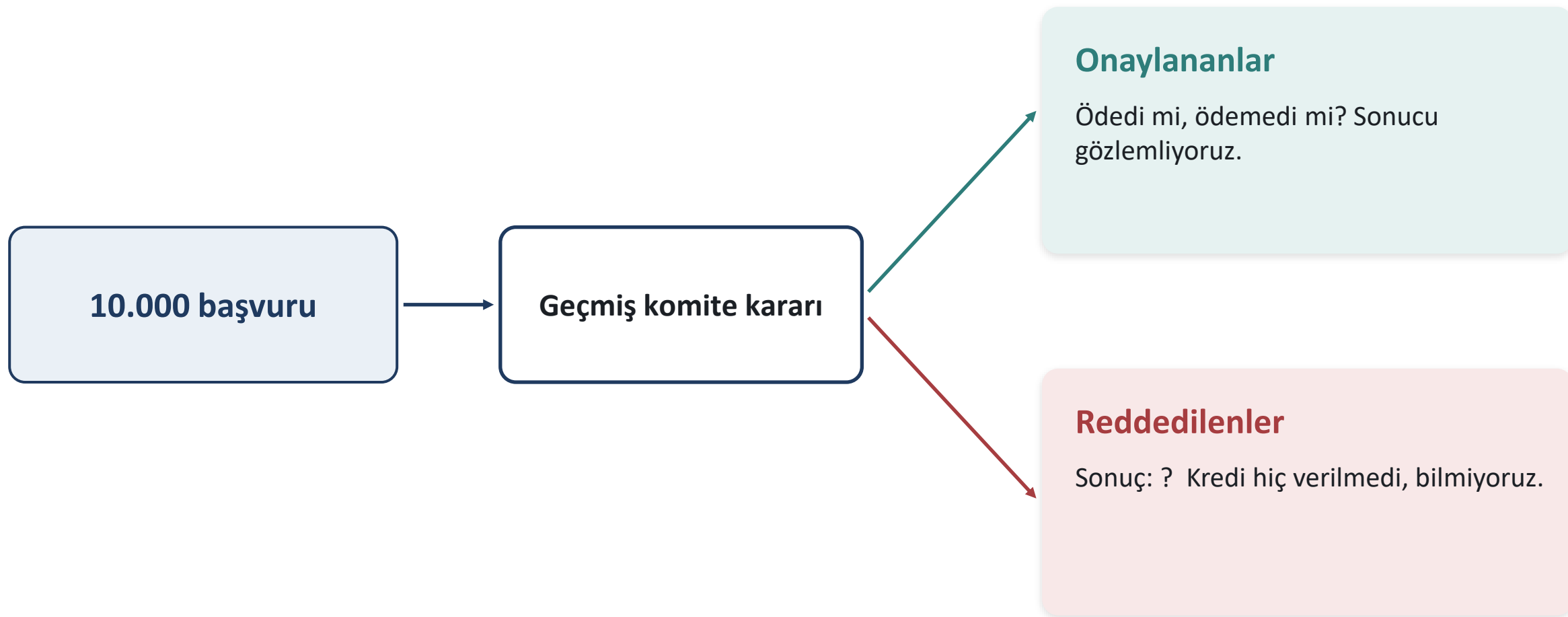
Kredi modelini geçmiş başvurularla eğitiyoruz. Ama reddedilenlerin krediyi ödeyip ödemeyeceğini hiç gözlemlemedik.

Bu, bildiğimiz örneklem seçim yanlılığıdır (Heckman).

Kleinberg vd. (2018)

Kredi komitesine geri d6nelim

Modelimiz hangi veriden 6ğreniyor?



Geçmiş komite belirli bir grubu hep reddettiye, model o grup hakkında hiçbir şey 6ğrenemez.

Bugünün beş mesajı

- 1 Makine öğrenmesi kuralları veriden öğrenir; yapay zekânın bir alt kümesidir.
- 2 Ekonometri β (kestirim), makine öğrenmesi $\hat{y}$ (öngörü) sorularıyla ilgilenir.
- 3 ML modelinin katsayısı nedensel bir etki değildir.
- 4 Birçok politika sorusu aslında bir öngörü sorusudur.
- 5 Lucas eleştirisi, seçim yanlılığı ve vekil değişken gibi iktisat kavramları ML'nin tuzaklarını görmeyi sağlar.

Çıkış bileti

Üç dakika · Kısa ve kendi cümlelerinizle

MEHMET
Songur



1

Bugün öğrendiğim en önemli fikir:

2

Derste geçmeyen bir $\hat{y}$ sorusu ve bir β sorusu örneği:

3

Hâlâ kafamı karıştıran şey:

Gelecek hafta



Konu

- Öğrenme türleri: denetimli ve denetimsiz
- Hedef ve öznitelik kavramları
- İktisattaki veri türleri: kesit, zaman serisi, panel
- Veri hazırlamanın temel kavramları



Okuma

Mullainathan ve Spiess (2017)

“Machine Learning: An Applied Econometric Approach”, Journal of Economic Perspectives

İlk dört sayfa

Kaynaklar

Athey, S. ve Imbens, G. W. (2019). Machine learning methods that economists should know about. *Annual Review of Economics*, 11.

Baker, S. R., Bloom, N. ve Davis, S. J. (2016). Measuring economic policy uncertainty. *Quarterly Journal of Economics*, 131(4).

Breiman, L. (2001). Statistical modeling: The two cultures. *Statistical Science*, 16(3).

Choi, H. ve Varian, H. (2012). Predicting the present with Google Trends. *Economic Record*, 88.

Grinsztajn, L., Oyallon, E. ve Varoquaux, G. (2022). Why do tree-based models still outperform deep learning on tabular data? *NeurIPS*.

Gu, S., Kelly, B. ve Xiu, D. (2020). Empirical asset pricing via machine learning. *Review of Financial Studies*, 33(5).

Henderson, J. V., Storeygard, A. ve Weil, D. N. (2012). Measuring economic growth from outer space. *American Economic Review*, 102(2).

Jean, N. vd. (2016). Combining satellite imagery and machine learning to predict poverty. *Science*, 353.

Kleinberg, J., Ludwig, J., Mullainathan, S. ve Obermeyer, Z. (2015). Prediction policy problems. *American Economic Review*, 105(5).

Kleinberg, J. vd. (2018). Human decisions and machine predictions. *Quarterly Journal of Economics*, 133(1).

Lazer, D. vd. (2014). The parable of Google Flu: Traps in big data analysis. *Science*, 343.

Lucas, R. E. (1976). Econometric policy evaluation: A critique. *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, 1.

Mitchell, T. M. (1997). *Machine Learning*. McGraw-Hill.

Mullainathan, S. ve Spiess, J. (2017). Machine learning: An applied econometric approach. *Journal of Economic Perspectives*, 31(2).

Obermeyer, Z. vd. (2019). Dissecting racial bias in an algorithm used to manage the health of populations. *Science*, 366.