



# Model Performansının Değerlendirilmesi

YZL-455 Makine Öğrenmesi



- Karışıklık (confusion) matrisi veri kümesindeki gerçek sınıf etiketi ile öngörülen sınıf etiketi sayılarını içerir. İki sınıflı bir veri kümesi için örnek karışıklık matrisi aşağıdaki gibidir.

		Gerçek	
		YES	NO
Tahmin	YES	<b>True Positive</b> <ul style="list-style-type: none"><li>Kurt vardır.</li><li>Çoban "Kurt geldi!" der.</li><li>Çoban kahraman ilan edilir.</li></ul> <p>TP sayısı: 1</p>	<b>False Positive</b> <ul style="list-style-type: none"><li>Kurt yoktur.</li><li>Çoban "Kurt geldi!" der.</li><li>Köylüler çobana kızar.</li></ul> <p>FP sayısı: 1</p>
	NO	<b>False Negative</b> <ul style="list-style-type: none"><li>Kurt vardır.</li><li>Çoban "Kurt yok" der.</li><li>Kurt kuzuları yer.</li></ul> <p>FN sayısı: 8</p>	<b>True Negative</b> <ul style="list-style-type: none"><li>Kurt yoktur.</li><li>Çoban "Kurt yok" der.</li><li>Herkes iyi.</li></ul> <p>TN sayısı: 90</p>

- **DP**(doğru pozitif) / **TP**(true positive):

Gerçek durumu **pozitifken** öngörü sonucu da **pozitif** çıkan örneklerin sayısı. (Model Doğru öngörü yapmıştır.)

- **YN**(yanlış negatif) / **FN**(false negative):

Gerçek durumu **pozitifken** öngörü sonucu **negatif** çıkan örneklerin sayısı. (Model Yanlış öngörü yapmıştır.)

- **DN**(doğru negatif) / **TN**(true negative):

Gerçek durumu **negatifken** öngörü sonucu da **negatif** çıkan örneklerin sayısı. (Model Doğru öngörü yapmıştır.)

- **YP**(yanlış pozitif) / **FP**(false positive):

Gerçek durumu **negatifken** öngörü sonucu **pozitif** çıkan örneklerin sayısı. (Model Yanlış öngörü yapmıştır.)

Bir makine öğrenme modelinin performansını belirlemek üzere bazı ölçütlerden yararlanılır. Bu ölçütlerden en çok tercih edilenleri şunlardır:

- Doğruluk (Accuracy)
- Duyarlılık (Sensitivity-Recall)
- Özgünlük-Belirleyicilik (Specificity)
- Kesinlik (Precision)
- F score

Bu ölçütler test veri kümesi kullanılarak hesaplanır.

# Doğruluk (Accuracy)

- Doğruluk, modelin doğru öngördüğü toplam örnek sayısının (gerçek durumu pozitifken öngörü sonucu da pozitif çıkan örneklerin sayısı + gerçek durumu negatifken öngörü sonucu da negatif çıkan örneklerin sayısı), veri kümesindeki toplam örnek sayısına oranıdır.
- Pozitif ve negatif örneklerin ne kadarının model tarafından doğru öngörülebildiğini gösterir.

Doğruluk (Accuracy) =  $(DP+DN) / (DP+DN+YP+YN)$

Doğruluk (Accuracy) =  $(DP+DN) / (m)$

# Doğruluk (Accuracy)

- Özellikle dengesiz veri kümelerinde sadece Doğruluk (Accuracy) metriğine göre yorum yapmak yaniltıcı olabilir. Bu durumlarda ASLA bir ölçüm olarak kullanılmamalıdır.
- Örneğin 2 sınıfı bir veri kümesi olduğunu varsayıalım.
- Sınıf 1 test örneklerinin sayısı= 9990
- Sınıf 2 test örneklerinin sayısı= 10
- Eğer model bütün test örneklerini Sınıf 1 olarak öngörürse
- Doğruluk=  $9990/10000 = \%99.9$  olur.
- **Sınıf 2 örneklerinden hiç biri öngörülmediği halde doğruluk bilgisi bu durumda yaniltıcı olabilir !!!.**

## Hata oranı (Error rate)

- Makine öğrenme modelinin hata oranı (error rate) aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

Hata oranı (Error rate) =  $(YP + YN) / (DP+DN+YP+YN)$

Hata oranı (Error rate) =  $1 - \text{Doğruluk (Accuracy)}$

# Duyarlılık (Sensitivity, recall, true positive rate)

- Doğru Pozitif Oranı;
- Modelin, gerçek pozitif örnekler içinden doğru öngörülen pozitif örnekleri öngörmedeki etkinliği duyarlılık (sensitivity, true positive rate) olarak adlandırılmaktadır.
- Kısaca, modelin veri setindeki pozitif sınıfı öngörmedeki etkinliğidir.
- Pozitif örneklerden hangi oranda model tarafından doğru öngörebildiğini gösterir.

# Duyarlılık (Sensitivity, recall, true positive rate)

- Duyarlılık, modelin doğru öngördüğü pozitif örnek sayısının, toplam gerçek pozitif örnek sayısına (gerçek durumu pozitifken öngörü sonucu da pozitif çıkan örneklerin sayısı + gerçek durumu pozitifken öngörü sonucu negatif çıkan örneklerin sayısı) oranıdır.

Duyarlılık (Sensitivity) = DP/Gerçek Pozitif sayısı

Duyarlılık (Sensitivity) = DP / (DP+YN)

- Doğru Negatif Oranı;
- Modelin, gerçek negatif örnekler içinden doğru öngörülen negatif örnekleri öngörmedeki etkinliği özgünlük (specificity, true negative rate) biçiminde adlandırılmaktadır.
- Kısaca, modelin veri setindeki negatif sınıfı öngörmedeki etkinliğidir.
- Negatif örneklerin hangi oranında model tarafından doğru öngörebildiğini gösterir.

# Özgünlük-Belirleyicilik (Specificity, true negative rate)

- Özgünlük, doğru öngörülen negatif örnek sayısının, toplam gerçek negatif örnek sayısına (gerçek durumu negatifken öngörü sonucu da negatif çıkan örneklerin sayısı + gerçek durumu negatifken öngörü sonucu pozitif çıkan örneklerin sayısı) oranıdır.

Özgünlük-Belirleyicilik (Specificity) = DN/Gerçek Negatif sayısı

Özgünlük-Belirleyicilik (Specificity) =  $DN / (DN+YP)$

## Kesinlik (Precision)

- Pozitif Öngörü Değer (Positive Predictive Value);
- Toplam öngörülen pozitif örneklerin dışındaki pozitif örneklerin oranı.
- Modelin, doğru olarak öngördüğü pozitif örnek sayısının, öngörülen toplam pozitif örnek sayısına (gerçek durumu pozitifken öngörü sonucu da pozitif çıkan örneklerin sayısı + gerçek durumu negatifken öngörü sonucu pozitif çıkan örneklerin sayısı) oranıdır.
- Kesinlik (Precision) = DP / Öngörülen pozitif sayısı
- Kesinlik (Precision) = DP / (DP +YP)
- Duyarlılık (Sensitivity) ve Kesinlik (Precision) arasında ters orantı vardır

## F1-Score

- Model performansı için hem kesinlik (precision) hem de duyarlılık (sensitivity-recall) ölçütlerine göre optimizasyon yapmak gereklidir.
- F1-Score, iki ölçüt yerine modelin tek ölçüt ile değerlendirilmesi için kullanılır. F1-Score değeri kesinlik ve duyarlılık arasında bir yerde salınır.
- F1-Score, kesinlik (precision) ve duyarlılık (sensitivity-recall) değerlerinin harmonik ortalaması (harmonic mean) alınarak hesaplanır.

Sensitivity = Recall= true positive rate = DP / (DP+YN)

Precision = DP / (DP +YP)

F1-Score =  $2 * (\text{Precision} * \text{Recall}) / (\text{Precision} + \text{Recall})$

F1-Score ne kadar yüksek olursa modelin performansı o kadar iyidir.

# Örnek

- Doğruluk (Accuracy) =  $(DP+DN)/(DP+YP+YN+DN)$   
 $= (75+420)/(75+300+5+420) = 0,62$   
 (Model %62 oranında doğru öngörü yapabilmekte)
- Duyarlılık (Sensitivity) =  $DP/(DP+YN) = 75/80 = 0,94$   
 (Sadece pozitif sınıf değerlerini içeren örnekler göz önüne alındığında modelin öngörü başarısı %94. Bu değer pozitif sınıfının öngörülmesindeki başarıyı gösterir.)
- Özgünlük-Belirleyicilik (Specificity) =  $DN/(YP+DN) = 420/720 = 0,58$   
 (Sadece negatif sınıf değerlerini içeren örnekler göz önüne alındığında modelin öngörü başarısı %58. Bu değer negatif sınıfının öngörülmesindeki başarıyı gösterir.)
- Kesinlik (Precision) =  $DP / (DP+YP) = 75 / 75+300 = 0,2$   
 (Model pozitif sınıfı için %20 oranında isabetli öngörü yapabilmekte)

		Öngörülen		
		Pozitif	Negatif	Toplam
Gerçek	Pozitif	75 (DP)	5 (YN)	80
	Negatif	300 (YP)	420 (DN)	720
	Toplam	375	425	800

Accuarcy=?

Precision=?

Recall-Sensitivity=?

F1 score=?

TP 130	FP 20
FN 25	TN 125

# 3x3 karmaşıklık matrisi

		Predicted		
		Greyhound	Mastiff	Samoyed
Actual	Greyhound	$P_{GG}$	$P_{MG}$	$P_{SG}$
	Mastiff	$P_{GM}$	$P_{MM}$	$P_{SM}$
	Samoyed	$P_{GS}$	$P_{MS}$	$P_{SS}$

## 3x3 karmaşıklık matrisi

- **PGG** : Gerçek durumu Greyhound, öngörü sonucu da Greyhound çıkan örneklerin sayısı.
- **PMG** : Gerçek durumu Greyhound, öngörü sonucu Mastiff çıkan örneklerin sayısı.
- **PSG** : Gerçek durumu Greyhound, öngörü sonucu Samoyed çıkan örneklerin sayısı.
- **PGM** : Gerçek durumu Mastiff, öngörü sonucu Greyhound çıkan örneklerin sayısı.
- **PMM** : Gerçek durumu Mastiff, öngörü sonucu Mastiff çıkan örneklerin sayısı.
- **PSM** : Gerçek durumu Mastiff, öngörü sonucu Samoyed çıkan örneklerin sayısı.

## 3x3 karmaşıklık matrisi

- PGS : Gerçek durumu Samoyed, öngörü sonucu Greyhound çıkan örneklerin sayısı.
- PMS : Gerçek durumu Samoyed, öngörü sonucu Mastiff çıkan örneklerin sayısı.
- PSS : Gerçek durumu Samoyed, öngörü sonucu Samoyed çıkan örneklerin sayısı.

### Doğru Pozitifler (True Positives)

- Greyhound sınıfı için Doğru Pozitifler (True Positives), karışıklık matrisindeki PGG değişkenidir.
- Mastiff sınıfı için Doğru Pozitifler (True Positives) karışıklık matrisindeki PMM değişkenidir.
- Samoyed sınıfı için Doğru Pozitifler, (True Positives) karışıklık matrisindeki PSS değişkenidir.

## 3x3 karmaşıklık matrisi

- Doğru Negatifler (True Negatives)
- Greyhound sınıfı için Doğru Negatifler :
- DN (TN) = PMM + PSM + PMS + PSS

		Predicted		
		Greyhound	Mastiff	Samoyed
Actual	Greyhound			
	Mastiff		P <sub>MM</sub>	P <sub>SM</sub>
	Samoyed		P <sub>MS</sub>	P <sub>SS</sub>

## 3x3 karmaşıklık matrisi

- Doğru Negatifler (True Negatives)
- Mastiff sınıfı için Doğru Negatifler :
- DN (TN) = PGG + PSG + PGS + PSS

		Predicted		
		Greyhound	Mastiff	Samoyed
Actual	Greyhound	P <sub>GG</sub>		P <sub>SG</sub>
	Mastiff			
	Samoyed	P <sub>GS</sub>		P <sub>SS</sub>

## 3x3 karmaşıklık matrisi

- Doğru Negatifler (True Negatives)
- Samoyed sınıfı için Doğru Negatifler :
- DN (TN) = PGG + PMG + PGM + PMM

		Predicted		
		Greyhound	Mastiff	Samoyed
Actual	Greyhound	P <sub>GG</sub>	P <sub>MG</sub>	
	Mastiff	P <sub>GM</sub>	P <sub>MM</sub>	
	Samoyed			

## 3x3 karmaşıklık matrisi

- Yanlış Pozitifler (False Positives)
- Greyhound sınıfı için Yanlış Pozitifler :
- $YP (FP) = PGM + PGS$

		Predicted		
		Greyhound	Mastiff	Samoyed
Actual	Greyhound	$P_{GG}$	$P_{MG}$	$P_{SG}$
	Mastiff	$P_{GM}$	$P_{MM}$	$P_{SM}$
	Samoyed	$P_{GS}$	$P_{MS}$	$P_{SS}$

## 3x3 karmaşıklık matrisi

- Yanlış Pozitifler (False Positives)
- Mastiff sınıfı için Yanlış Pozitifler:
- $YP (FP) = PMG + PMS$

		Predicted		
		Greyhound	Mastiff	Samoyed
Actual	Greyhound	$P_{GG}$	$P_{MG}$	$P_{SG}$
	Mastiff	$P_{GM}$	$P_{MM}$	$P_{SM}$
	Samoyed	$P_{GS}$	$P_{MS}$	$P_{SS}$

## 3x3 karmaşıklık matrisi

- Yanlış Pozitifler (False Positives)
- Samoyed sınıfı için Yanlış Pozitifler:
- $YP (FP) = PSG + PSM$

		Predicted		
		Greyhound	Mastiff	Samoyed
Actual	Greyhound	$P_{GG}$	$P_{MG}$	$P_{SG}$
	Mastiff	$P_{GM}$	$P_{MM}$	$P_{SM}$
	Samoyed	$P_{GS}$	$P_{MS}$	$P_{SS}$

## 3x3 karmaşıklık matrisi

- Yanlış Negatifler (False Negatives)
- Greyhound sınıfı için Yanlış Negatifler:
- YN (FN) = PMG + PSG

		Predicted		
		Greyhound	Mastiff	Samoyed
Actual	Greyhound	P <sub>GG</sub>	P <sub>MG</sub>	P <sub>SG</sub>
	Mastiff	P <sub>GM</sub>	P <sub>MM</sub>	P <sub>SM</sub>
	Samoyed	P <sub>GS</sub>	P <sub>MS</sub>	P <sub>SS</sub>

## 3x3 karmaşıklık matrisi

- Yanlış Negatifler (False Negatives)
- Mastiff sınıfı için Yanlış Negatifler:
- YN (FN) = PGM + PSM

		Predicted		
		Greyhound	Mastiff	Samoyed
Actual	Greyhound	P <sub>GG</sub>	P <sub>MG</sub>	P <sub>SG</sub>
	Mastiff	P <sub>GM</sub>	P <sub>MM</sub>	P <sub>SM</sub>
	Samoyed	P <sub>GS</sub>	P <sub>MS</sub>	P <sub>SS</sub>

## 3x3 karmaşıklık matrisi

- Yanlış Negatifler (False Negatives)
- Samoyed sınıfı için Yanlış Negatifler:
- YN (FN) = PGS + PMS

		Predicted		
		Greyhound	Mastiff	Samoyed
Actual	Greyhound	P <sub>GG</sub>	P <sub>MG</sub>	P <sub>SG</sub>
	Mastiff	P <sub>GM</sub>	P <sub>MM</sub>	P <sub>SM</sub>
	Samoyed	P <sub>GS</sub>	P <sub>MS</sub>	P <sub>SS</sub>

## 3x3 karmaşıklık matrisi

- Doğruluk (Accuracy) =  $(PGG + PMM + PSS) / (PGG + PMG + PSG + PGM + PMM + PSM + PGS + PMS + PSS)$
- Kesinlik (Precision)
- Greyhound sınıfı için Precision:
- Precision (G) =  $TP / (TP + FP) = PGG / (PGG + (PGM + PGS))$
- Mastiff sınıfı için Precision :
- Precision (M) =  $TP / (TP + FP) = PMM / (PMM + (PMG + PMS))$
- Samoyed sınıfı için Precision :
- Precision (S) =  $TP / (TP + FP) = PSS / (PSS + (PSG + PSM))$

## 3x3 karmaşıklık matrisi

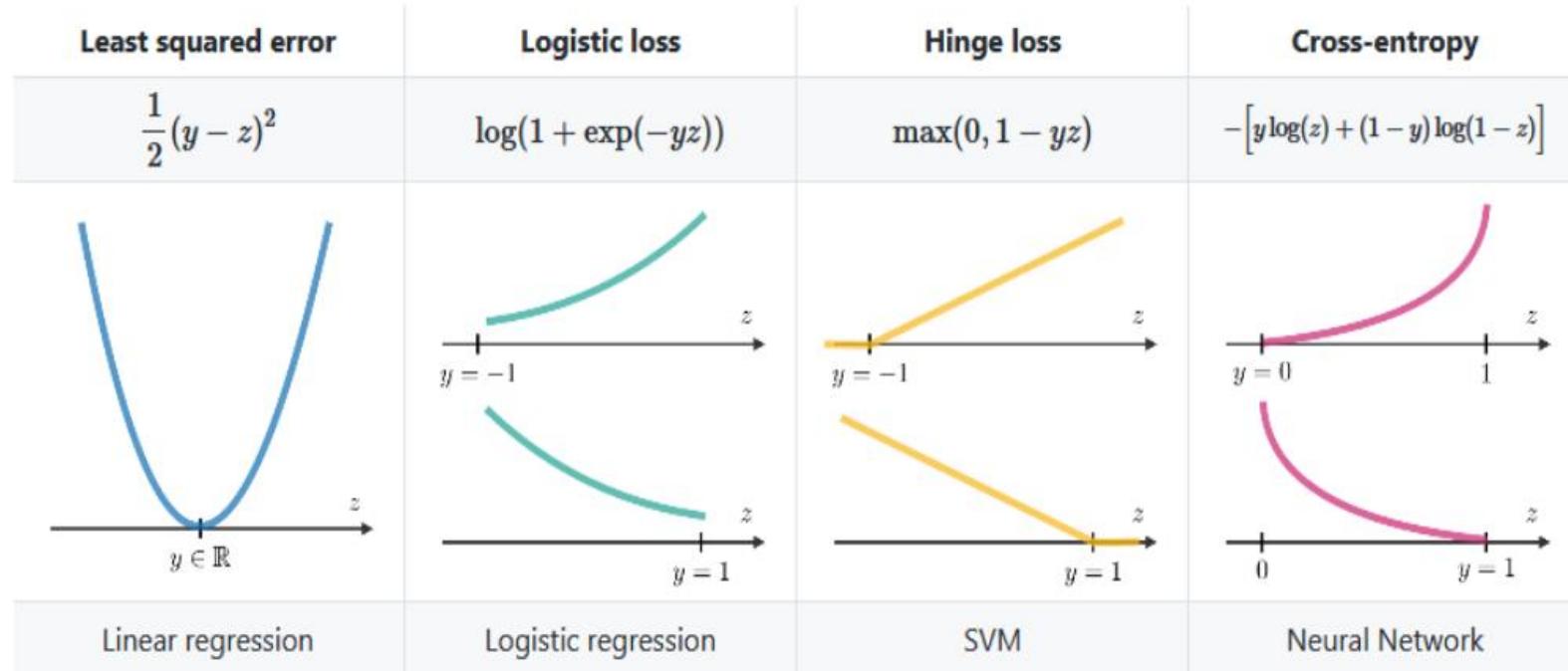
- Duyarlılık (Sensitivity - True Positive Rate)
- Greyhound sınıfı için Sensitivity :
- Sensitivity (G) =  $TP / (TP + FN) = PGG / (PGG + (PMG + PSG))$
- Mastiff sınıfı için Sensitivity:
- Sensitivity (M) =  $TP / (TP + FN) = PMM / (PMM + (PGM + PSM))$
- Samoyed sınıfı için Sensitivity:
- Sensitivity (S) =  $TP / (TP + FN) = PSS / (PSS + (PGS + PMS))$

## 3x3 karmaşıklık matrisi

- Özgünlük (Specificity - True Negative Rate)
- Greyhound sınıfı için Specificity :
  - Specificity (G) =  $TN / (TN + FP) = (PMM + PSM + PMS + PSS) / ((PMM + PSM + PMS + PSS) + (PGM + PGS))$
- Mastiff sınıfı için Specificity :
  - Specificity (M) =  $TN / (TN + FP) = (PGG + PSG + PGS + PSS) / ((PGG + PSG + PGS + PSS) + (PMG + PMS))$
- Samoyed sınıfı için Specificity :
  - Specificity (S) =  $TN / (TN + FP) = (PGG + PMG + PGM + PMM) / ((PGG + PMG + PGM + PMM) + (PSG + PSM))$

# Kayıp fonksiyonu

- İyi bir öngörü yapabilen modelde kayıp değeri az olacaktır.
- Gerçek etiket değer ile model öngörüsü birebir aynı olduğu durumda kayıp 0 olacaktır.
- İyi bir makine öğrenme modelinden beklenen kayıp değerinin 0'a yakın olmasıdır.



Dünya  
Seni Bekliyor!



# Dinledığınız için teşekkürler!

Öğr. Gör. Mustafa Sami CÜCEN

Yazılım Mühendisliği



[ostimteknik.edu.tr](http://ostimteknik.edu.tr)



Ostim, 100. Yıl Blv 55/F, Yenimahalle/Ankara



(0312) 386 10 92



/ostimteknikuniv

