

# Classification Performance Metrics

מטרה: לבדוק ביצועי סיווג של מערכת ML  
 ← מספר (או כל מספרים) שלמצייתים בביצועים

הקדמה:  
 עבור מוצאה  $y_i$  יש ערך איתי  $y_i$   $i=1, \dots, M$  מ ערכים לבדיקה ביצועים  
 רוב הרצאה  $y_i \in \{0, 1\}$  (סיווג בינארי)

- '1' - positive group or result
- '0' - negative group or result
- $Y$  - actual class
- $\hat{Y}$  - predicted class
- 'True' - prediction matches the actual class,  $\hat{Y} = Y$  (correct classification)
- 'False' - prediction does not match the actual class,  $\hat{Y} \neq Y$  (incorrect classification)

True Positive  
 False Negative

חשוב הצליח

חשוב כשל

\* סה"כ 4 קומבינציות

\* נהוג לסכם בטבלה שנקראת

confusion matrix

- גמים ערהבה דרכים עכמה בביצועים

\* כמותים יש  $TP + FN$  ערתי  $Y=1$

$FP + TN$   $Y=0$

\* סה"כ ערכים = סכום כולם

$$M = TP + FN + FP + TN$$

Actual values

Positive,  $Y = 1$   
 Negative,  $Y = 0$

		Predicted values	
		Positive, $\hat{Y} = 1$	Negative, $\hat{Y} = 0$
Actual values	Positive, $Y = 1$	TP True Positive $Y = 1, \hat{Y} = 1$	FN False Negative $Y = 1, \hat{Y} = 0$
	Negative, $Y = 0$	FP False Positive $Y = 0, \hat{Y} = 1$	TN True Negative $Y = 0, \hat{Y} = 0$

## Performance Metrics

Accuracy (דיוק)

\* שיהיה הכי אינולאטיבי

$$Acc = \frac{\text{ס ה"כ הצלחות}}{M}$$

צולמה מספרות: נתן בביצוע

Corid antibody

$$Accuracy = \frac{\text{correct predictions}}{\text{total predictions}} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

		Predicted	
		Yes	No
Actual	Yes	141	67
	No	0	31

$$Accuracy = \frac{141 + 31}{239} = 0.7196652 \approx 72.0\%$$

## Precision

למה: מדוע  $\hat{y}=1$  כמה להם באמת  $y=1$ ?

$$\text{Precision} = \frac{TP}{FP + TP} = \frac{\text{Correctly predicted 1's}}{\text{All predicted 1's}}$$

מדוע כל האובייקטים, כמה באמת חולים?  
 עם Covid עם Covid

		Predicted	
		Yes	No
Actual	Yes	141	67
	No	0	31

$$\text{Precision} = \frac{141}{0 + 141} = 1 = 100\%$$

## Recall (sensitivity)

למה: מדוע  $\hat{y}=1$  כמה למנסו שבו נכון?

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP + FN} = \frac{\text{Correctly predicted 1's}}{\text{Actual 1's}}$$

מדוע כל החולים,  
 כמה יצאו לאובייקטים  
 לפני בבדיקה?

$$\text{Recall} = \frac{141}{141 + 67} = 0.678 = 67.8\%$$

		Predicted	
		Yes	No
Actual	Yes	141	67
	No	0	31

## Specificity

למה: כמה recall, רק עבור  $y=0$

$$\text{Specificity} = \frac{TN}{FP + TN} = \frac{\text{Correctly predicted 0's}}{\text{Actual 0's}}$$

$$\text{Specificity} = \frac{31}{0 + 31} = 1 = 100\%$$

מדוע כל הבריאים, כמה יצאו בריאים בבדיקה?

## F<sub>1</sub>-score

$$F_1 = \frac{141}{141 + \frac{1}{2}(0 + 67)} = 0.808 = 80.8\%$$

$$F_1 = \frac{2}{\frac{1}{\text{recall}} + \frac{1}{\text{precision}}} = \frac{2TP}{TP + (FP + FN)}$$

סיכום: Precision = Specificity = 100% → סיבה עם שלוש הבריאות

Recall משתנה בבדיקה, עמית

מדוע יחס Recall = 67%

# Imbalanced Dataset

Accuracy 99.0% ביצועים עביר הצומח (1)

$\hat{y} = 0$  ללא קבוצה (2)

$$\text{Specificity} = \frac{TN}{FP + TN} = \frac{990}{1000} = 0.99 = 99\%$$

		Predicted	
		Yes	No
Actual	Yes	0	10
	No	0	990

Accuracy עביר עביר (1)

Majority Classifier (2)

בסיס למיני עביר לאיננו דורשים (3)

התייחס למחנה

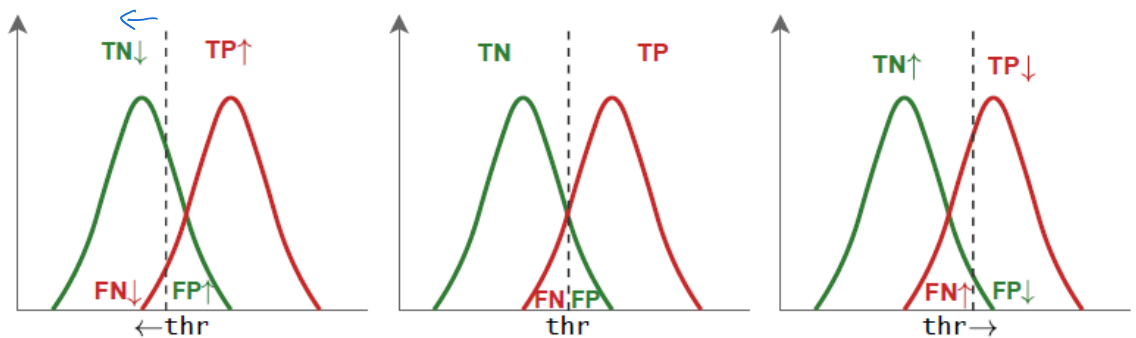
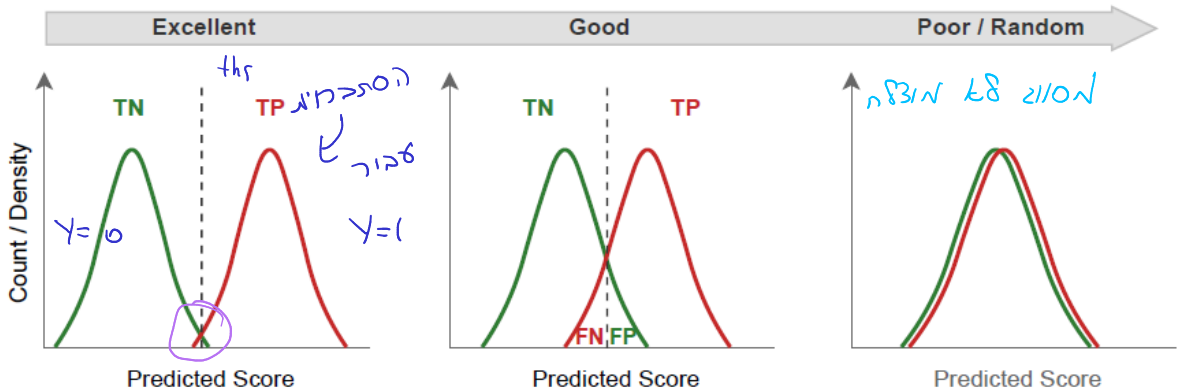
## Metrics for Probabilistic Classifiers

\* ללא מתחיל עביר [0,1] יחסי עביר

\* באופן כללי, הביצועים בחלק השני של הרצף עביר לאיננו

$$\hat{y} = \begin{cases} 1 & f_w(\mathbf{x}) \geq \text{thr} \\ 0 & f_w(\mathbf{x}) < \text{thr} \end{cases}$$

הגדרה  $\text{thr} = \frac{1}{2}$



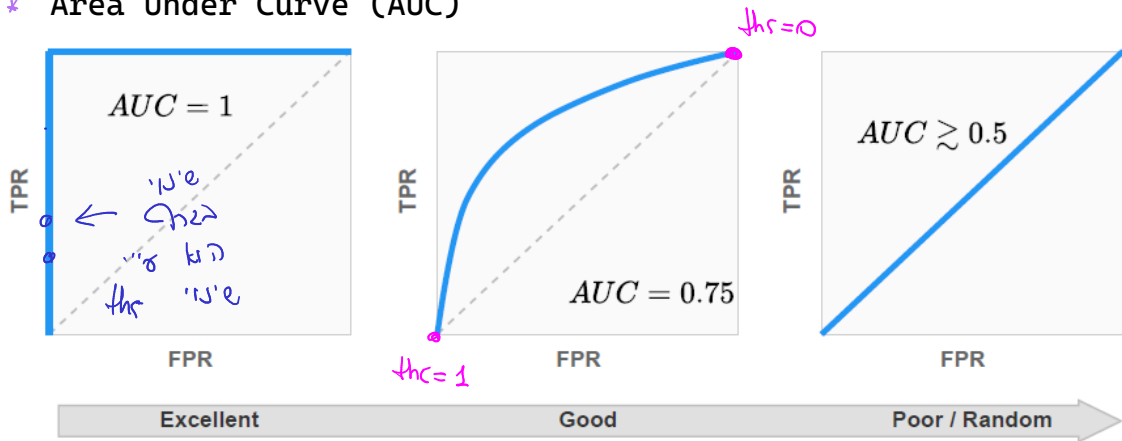
הגדרה עביר של המכונה:  $\text{thr} \rightarrow$  ימני  $\text{thr} \leftarrow$  שמאלי

- אין אקספרט שואל -  
 - לא ציבורים שיצונו כמאוסים -  
 - לא ציבורים שיצונו כמאוסים (אקספרט שואל) -  
 - מאוסים מתבססים

$y=0$  ציבורים  
 $y=1$  מאוסים

\* ROC Receiver Operating Characteristics

\* Area Under Curve (AUC)



True Positive Rate (TPR): synonym for recall,

$$TPR = \frac{TP}{TP + FN} = \text{recall}$$

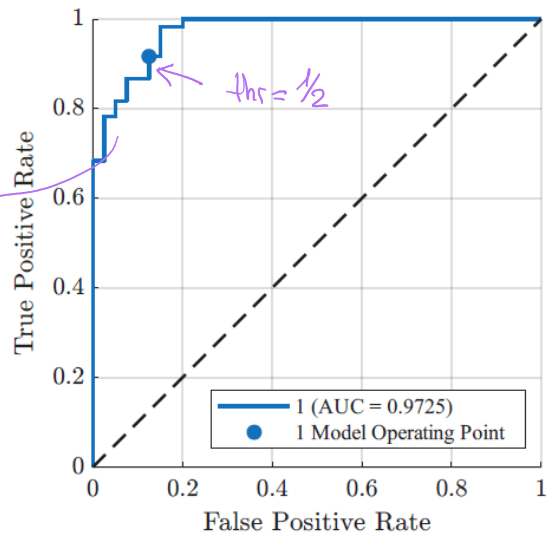
False Positive Rate (FPR): complement of specificity,

$$FPR = \frac{FP}{FP + TN} = 1 - \text{specificity}$$

לדבר (א) עומת ביצועים  
 (ב) היעילות בין המודלים  
 AUC: ביצועים טובים, קטן היחסים  $\delta$  - הרעיון

הערכה

עבור מ קטן יחסית  
 יש צורך להבחין



## Multi-class performance

מטרה: יותר מ-2 אפשרות ע"ג

### Single-label multi-class classification

יש י אחר נכון בלבד

יש וקור של שתי ע לכונים עם x כנסה → Multi-label

confusion matrix: טיפה

סוגה כ-A (אמת)      סוגה כ-A (אמת)

Actual	Predicted			Total
	A	B	C	
A	72	6	2	80
B	8	6	1	15
C	2	1	2	5
Total	82	13	5	100

$TP_A = 72, FP_A = 10, FN_A = 8,$   
 $TP_B = 6, FP_B = 7, FN_B = 9,$   
 $TP_C = 2, FP_C = 3, FN_C = 3.$

בסיס חיוסוק ע-גיבועים עבי class (A, B, C)

$$\text{Precision}_c = \frac{TP_c}{TP_c + FP_c}$$

$$\text{Recall}_c = \frac{TP_c}{TP_c + FN_c}$$

$$F_{1,c} = \frac{2 \cdot \text{Precision}_c \cdot \text{Recall}_c}{\text{Precision}_c + \text{Recall}_c}$$

חיוסוק עביר ה-גיבועה:  $M_A = 80$

Metric	Class A (80)	Class B (15)	Class C (5)
Precision	$72/82 \approx 87.8\%$	$6/13 \approx 46.2\%$	$2/5 = 40.0\%$
Recall	$72/80 = 90.0\%$	$6/15 = 40.0\%$	$2/5 = 40.0\%$
$F_1$	$\approx 88.9\%$	$\approx 42.9\%$	40.0%

חברה ע-גיבועה ע Covid - חיוסוק עבי class

Metric	Class 1 (positive)	Class 0 (negative)
Precision	$\frac{141}{141 + 0} = 100\%$	$\frac{31}{31 + 67} \approx 31.6\%$
Recall	$\frac{141}{141 + 67} \approx 67.8\%$	$\frac{31}{31 + 0} = 100\%$
$F_1$	$\frac{2 \cdot 1.0 \cdot 0.678}{1.0 + 0.678} \approx 80.8\%$	$\frac{2 \cdot 0.316 \cdot 1.0}{0.316 + 1.0} \approx 48.1\%$

↓  
חיוסוק ה-קונס

שטה למקור: איך לכנסים גיבועים ע-גיבועה למכונים

## Macro-averaging

$$\text{Precision}_{\text{macro}} = \frac{1}{C} \sum_{c=1}^C \text{Precision}_c,$$

$$\text{Recall}_{\text{macro}} = \frac{1}{C} \sum_{c=1}^C \text{Recall}_c,$$

$$F_{1,\text{macro}} = \frac{1}{C} \sum_{c=1}^C F_{1,c}.$$

שיטה: ממוצע

$$\text{Precision}_{\text{macro}} = \frac{1}{3}(0.878 + 0.462 + 0.400) \approx 58.0\%$$

$$\text{Recall}_{\text{macro}} = \frac{1}{3}(0.900 + 0.400 + 0.400) \approx 56.7\%$$

$$F_{1,\text{macro}} = \frac{1}{3}(0.889 + 0.429 + 0.400) \approx 57.3\%$$

יש רק 3 סוגים, כל המשקל כזה  
סוג סוגים

גשמה

## Micro-averaging

$$\text{Precision}_{\text{micro}} = \frac{\sum_c TP_c}{\sum_c (TP_c + FP_c)}$$

$$\text{Recall}_{\text{micro}} = \frac{\sum_c TP_c}{\sum_c (TP_c + FN_c)}$$

סוג סוג ← single-class

$$\text{Precision}_{\text{micro}} = \text{Recall}_{\text{micro}} = F_{1,\text{micro}} = \text{Accuracy}$$

מספר נכונים

$$\text{Precision}_{\text{micro}} = \frac{TP_A + TP_B + TP_C}{(TP_A + FP_A) + (TP_B + FP_B) + (TP_C + FP_C)} = \frac{72 + 6 + 2}{82 + 13 + 5} = \frac{80}{100} = 80.0\%$$