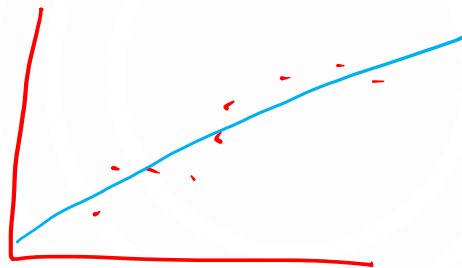
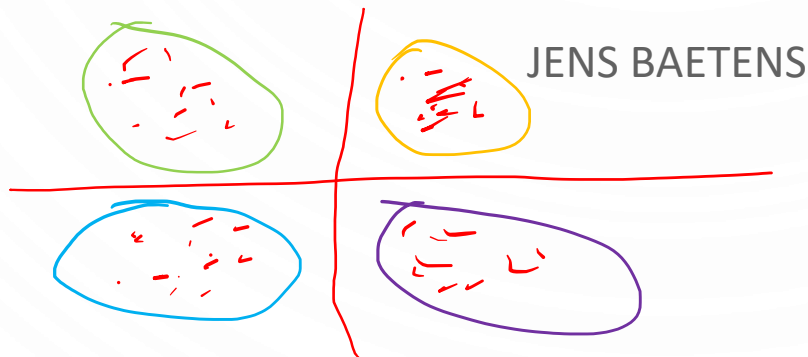


*regressie*



# SUPERVISED LEARNING - CLASSIFICATION

*4 classes → categoriser*



# GLOSSARY

- Supervised
- Unsupervised
- Reinforcement Learning
- Regression
- Overfitting
- Underfitting
- Learning Rate
- Loss Function
- Feature Engineering
- Normalisation
- Regularisation
- Trainen van een model

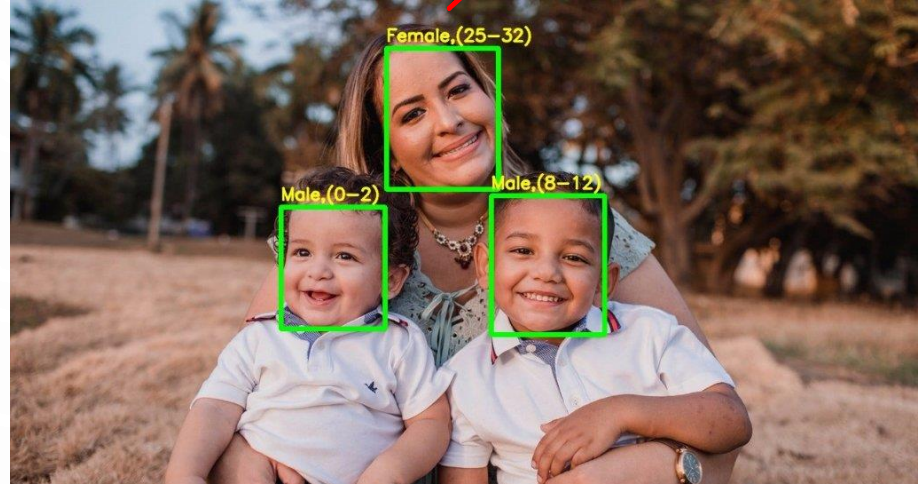
# WAT IS CLASSIFICATIE?

*features/inputs* → *labels/targets/outputs*

Supervised learning

Input omzetten naar klasse

Classifier genoemd



+

Regressor

= model dat  
regressie doet

# WAT IS CLASSIFICATIE?

Gezichtsherkenning

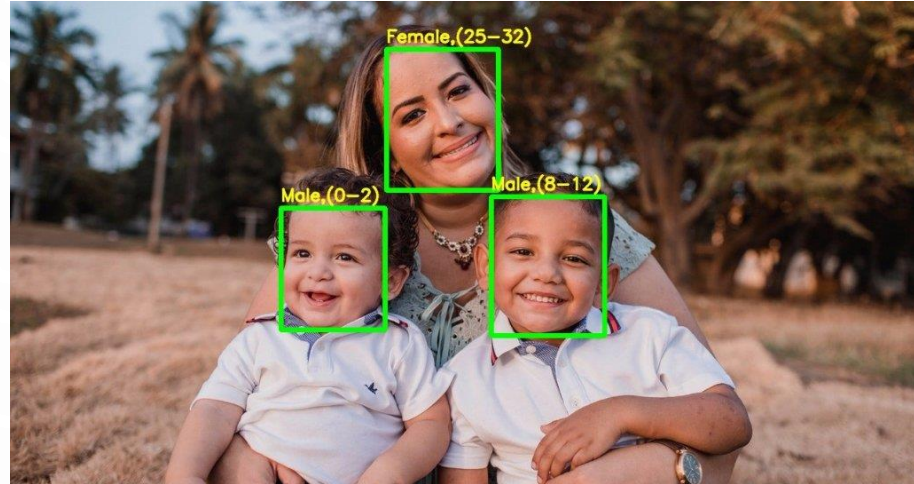
Geschriftherkenning

6 → 6 7 = 7

Spam detectie

Kwaliteitscontroles

Medische diagnoses



# TYPES CLASSIFIERS - BINARY

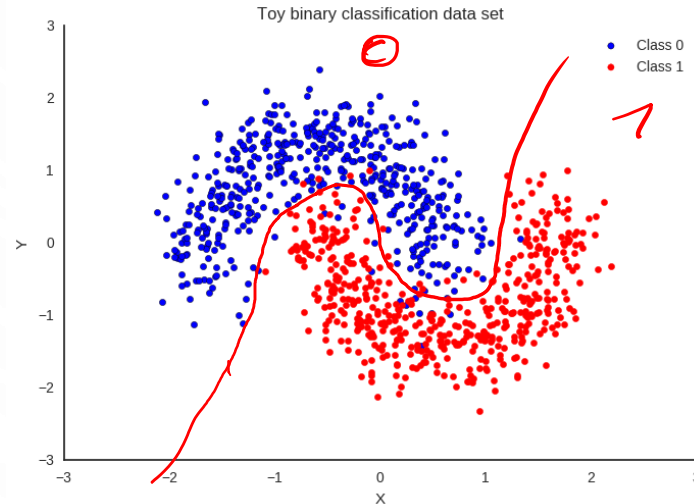
Twee verschillende klassen

*klase A of niet*

*klase A of klase B*

*Ja*

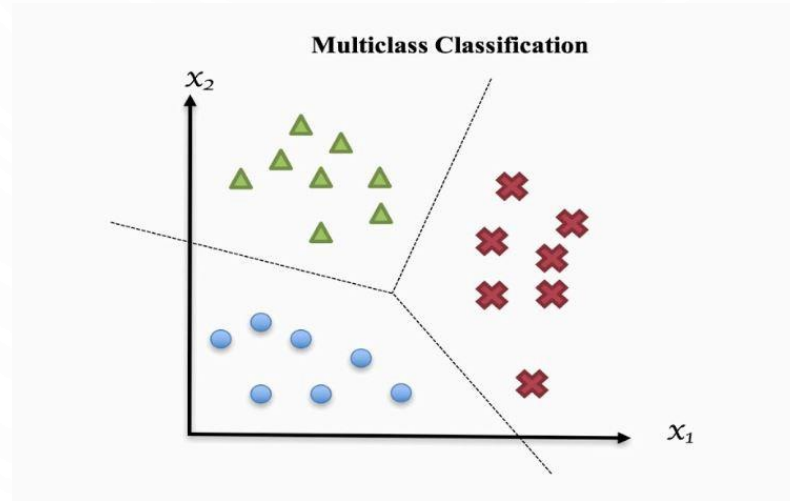
Voorbeeld: Goede of slechte kwaliteit, man of vrouw, Goed- of kwaadaardig



# TYPES CLASSIFIERS - MULTICLASS

$N > 2$  verschillende klassen (maar 1 mogelijk voor elke input)

Voorbeeld: Gezichtsherkenning ( 1 klasse per persoon), Hondenrasherkenning, ...



# TYPES CLASSIFIERS - MULTILABEL

$N > 2$  verschillende klassen maar meerdere mogelijk per input

Voorbeeld: Beeldherkenning, Meerdere genres mogelijk voor een film, ...

*Voorbeeld van n.v.t.*

Binary  
Classification



- Spam
- Not spam

Multiclass  
Classification



- Dog
- Cat
- Horse
- Fish
- Bird
- ...

Multi-label  
Classification



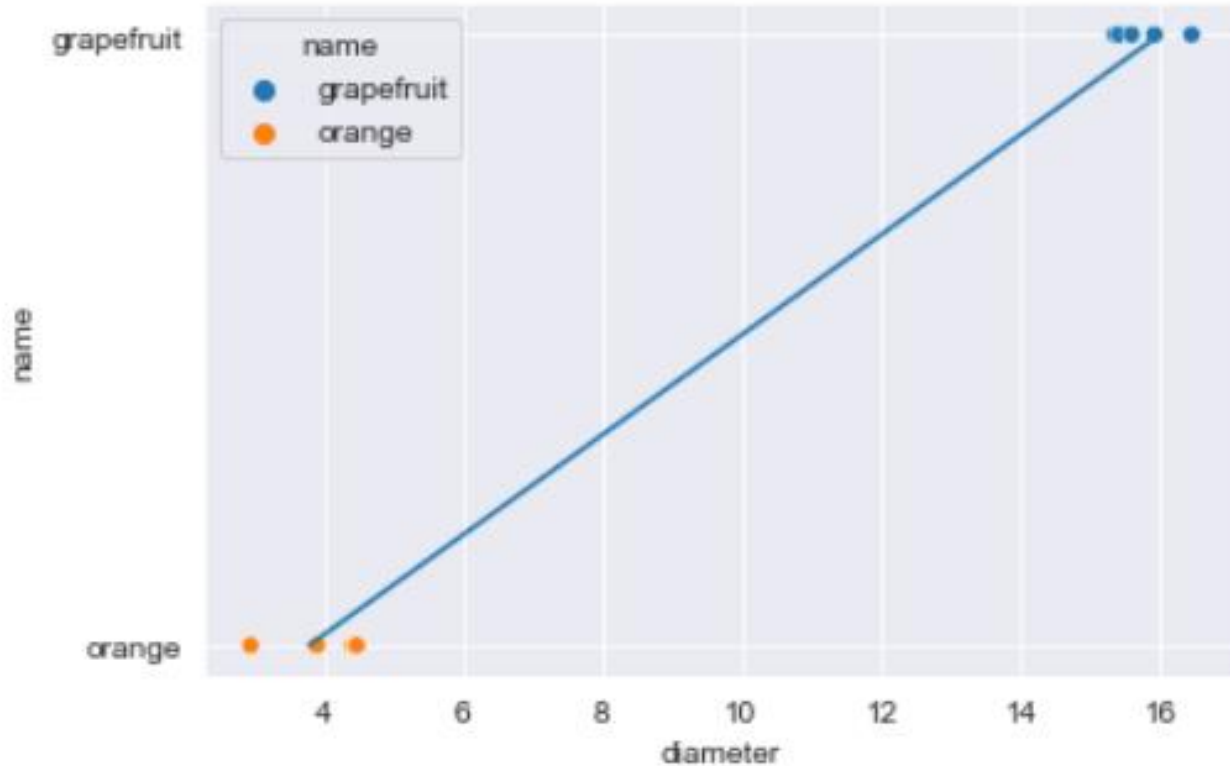
- Dog
- Cat
- Horse
- Fish
- Bird
- ...

# KAN HET MET LINEAIRE REGRESSIE?

		name	diameter	weight	red	green	blue
grapefruit	9995	grapefruit	15.35	253.89	149	77	20
	9996	grapefruit	15.41	254.67	148	68	7
	9997	grapefruit	15.59	256.50	168	82	20
	9998	grapefruit	15.92	260.14	142	72	11
	9999	grapefruit	16.45	261.51	152	74	2
orange	0	orange	2.96	86.76	172	85	2
	1	orange	3.91	88.05	166	78	3
	2	orange	4.42	95.17	156	81	2
	3	orange	4.47	95.60	163	81	4
	4	orange	4.48	95.76	161	72	9



# KAN HET MET LINEAIRE REGRESSIE?



# KAN HET MET LINEAIRE REGRESSIE?

Gevoelig voor outliers

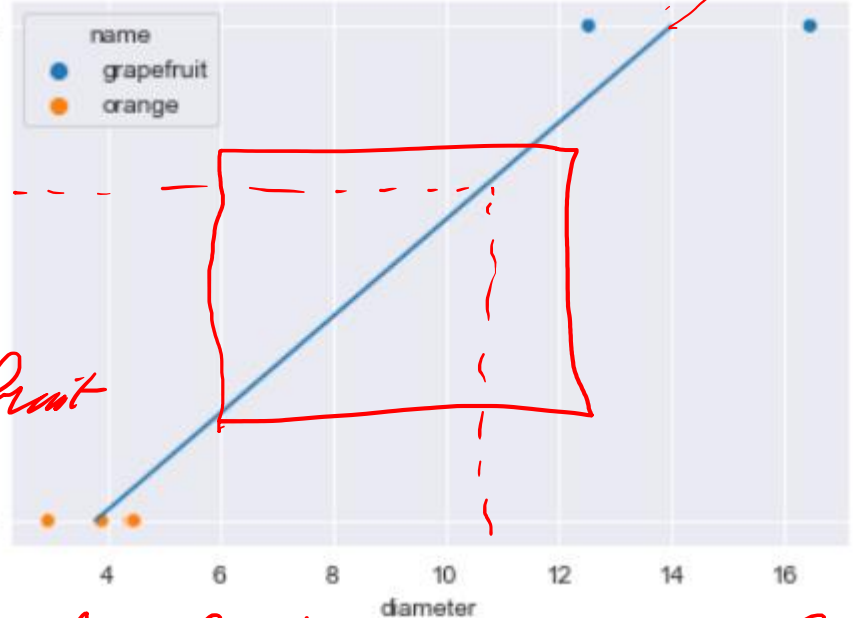
Zeer breed “fuzzy” middenstuk

Komt niet overeen met een kans

1 grapefruit

0,6

0 orange



0,6 → kans dat grapefruit is

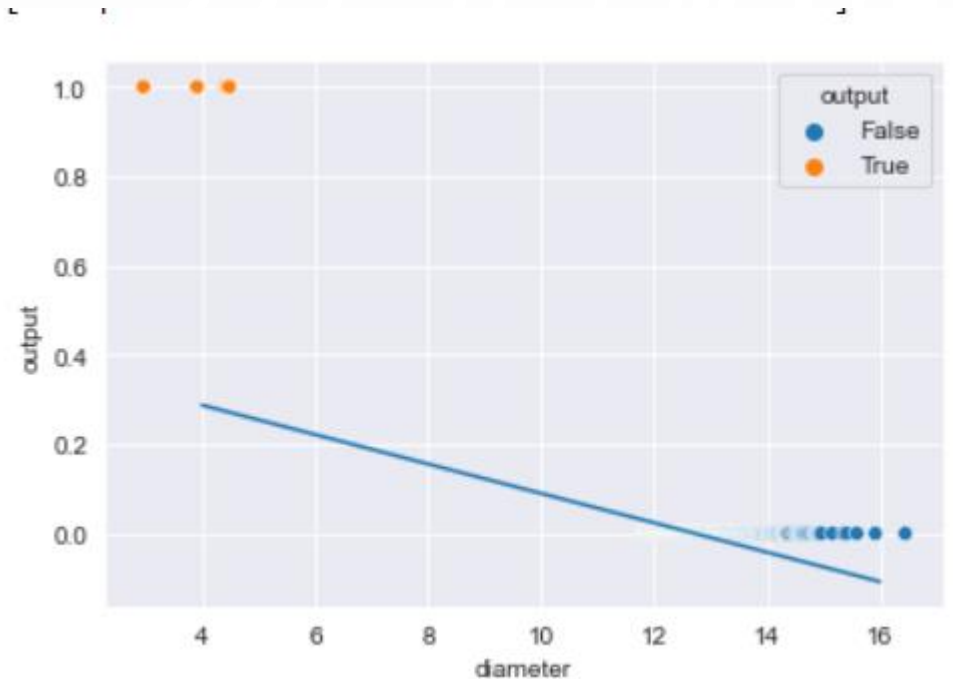
↳ tussen 0 en 1

→ belangrijk om zekerheid van het model te weten

# KAN HET MET LINEAIRE REGRESSIE?

Ongebalanceerde klassen

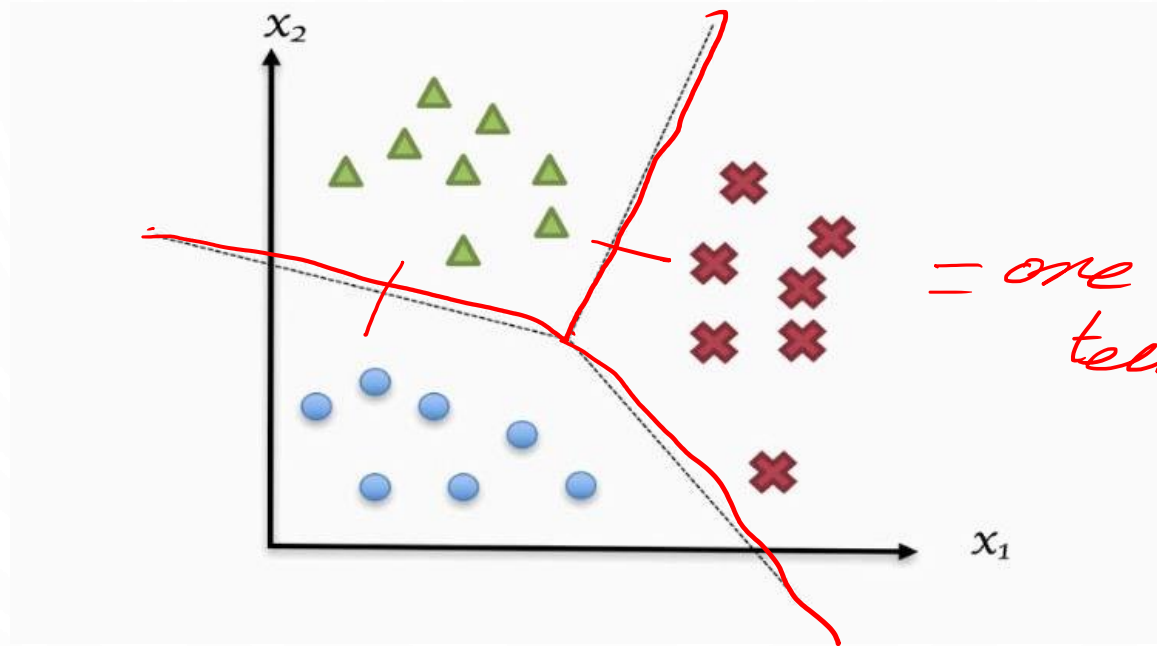
=> Geen lineaire regressie mogelijk



# CLASSIFICATION – MULTICLASS

one vs one

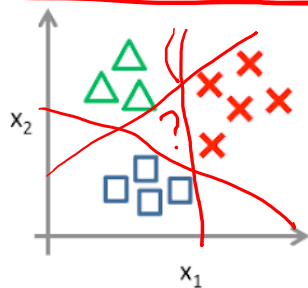
one vs all



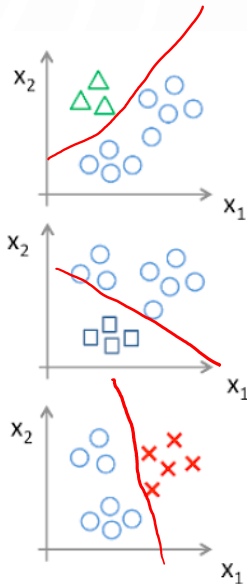
= one vs one  
technique

# CLASSIFICATION – ONE VS ALL

One-vs-all (one-vs-rest):



Class 1: Green  
Class 2: Blue  
Class 3: Red



*N* classes  
↓  
*N* classifiers

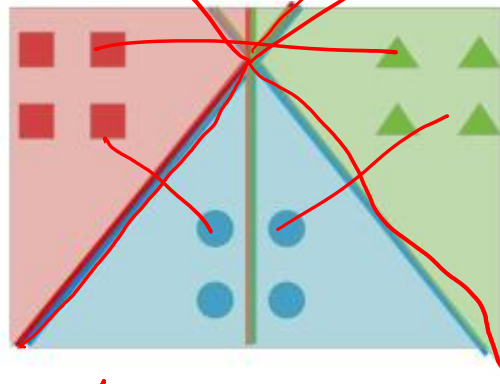
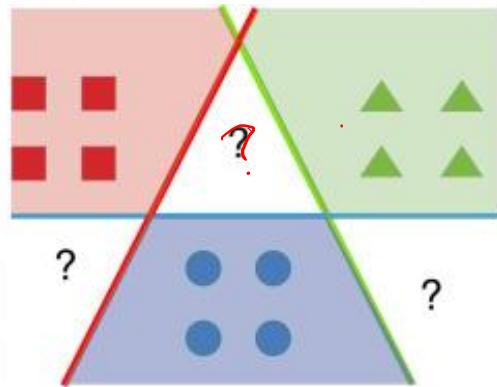
*→ meer*  
*→ gemakkelijker te trainen*  
*→ niet altijd een antwoord*

("multilabel")

multiclass classifier

## CLASSIFICATION – ONE VS ONE

$N$  classes  $\rightarrow \frac{N \cdot (N-1)}{2}$  classifiers nodig



$\rightarrow$  altijd een antwoord  
 $\rightarrow$  maar men classifier nodig

# Evaluatie

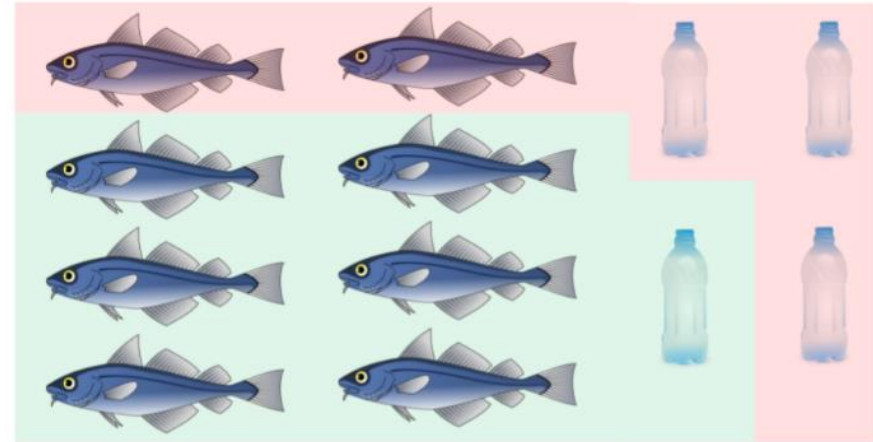
## VOORBEELD CONFUSION MATRIX

Je wilt vissen uit een vijver waar ook flessen in drijven

- In totaal 8 vissen en 4 flessen

Na het vissen heb je ~~8~~<sub>6</sub> vissen en 1 fles opgevist

Hoe goed is je resultaat?



# CLASSIFICATIE – EVALUATIE

Accuraatheid

$$\frac{9}{12}$$

Precisie

$$\frac{TP}{TP+FP}$$

Specificiteit

$$\frac{TN}{TN+FP}$$

Recall

$$\frac{TP}{TP+FN}$$

F1-Score

$$2 \frac{\text{Precision} * \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}} = \frac{2TP}{2TP+FP+FN}$$

*confusion matrix*

11

8 vinnen

4 flessen

True Class

Positive

Negative

Predicted Class  
Positive  
Negative

6 TP	1 FP
2 FN	3 TN



# VOORBEELD CONFUSION MATRIX

Accuraatheid =  $9/12$  *6 vissen + 3 flessen*

Sensitiviteit/Recall =  $6/8$  *→ Portiere*

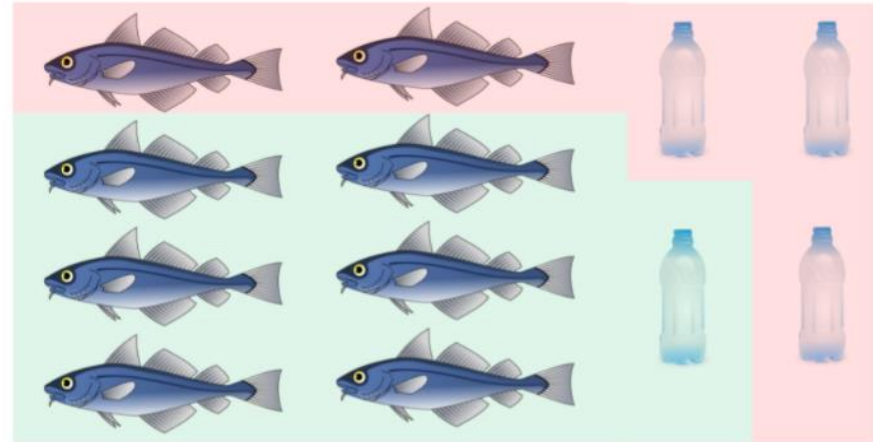
- Weinig positieve samples gemist

Specificiteit =  $3/4$  *→ negatieve*

- Weinig negatieve samples gemist

Precision =  $6/7$  *→ in de positief voorspelde raten er zoveel goede*

- Weinig negatieve samples als positieve geclassificeerd



# WANNEER WELKE METRIEK GEBRUIKEN?

- Precision
  - Als de kost van een false positive hoog is
  - Spam detectie: verlies van een mail is erger dan een mogelijke spam mail doorlaten
- Recall
  - Als de kost van een false negative hoog is
  - Fraude detecteren of corona testen: Het is beter er een aantal te veel te detecteren dan besmettingen te negeren

# WANNEER WELKE METRIEK GEBRUIKEN?

- Accuracy

- Kijkt naar alle voorbeelden
- Combinatie van precision en recall maar houdt geen rekening met gebalanceerdheid van de dataset

*Kanker test → 9,1% heeft kanker*

- F1-score

- Combinatie van precision en recall rekening houdend met de gebalanceerdheid van de dataset
- Gebruik deze als je dataset niet gebalanceerd is en zowel precision als recall belangrijk is

*→ test zegt altijd geen kanker → acc 99,9%*

# CLASSIFICATION – MULTICLASS EVALUATION

*Dataset*

*→ 11 apples*

*→ 12 oranges*

*→ 13 mangoes*

		True Class		
		Apple	Orange	Mango
Predicted Class	Apple	7	8	9
	Orange	1	2	3
	Mango	3	2	1

$$acc = \frac{10}{36}$$

# CLASSIFICATION – MULTICLASS EVALUATION

*Precision* →

*Recall* ↓

True Class

	Apple	Orange	Mango
Apple	7 <i>TP</i>	8 <i>FP</i>	9 <i>FN</i>
Orange	1	2	3
Mango	3 <i>FN</i>	2	1

Predicted Class

Class	Precision	Recall	F1-score
Apple	$\frac{7}{12} 0.29$	$\frac{7}{17} 0.64$	0.40
Orange	$\frac{2}{6} 0.33$	$\frac{2}{12} 0.17$	0.22
Mango	$\frac{1}{6} 0.17$	$\frac{1}{13} 0.08$	0.11

*Per class*

↳ global: *micro*  
*macro*  
*weighted*

# CLASSIFICATION – MULTICLASS EVALUATIE

Micro-F1 (Precision/Recall)

10	26
26	20

Bereken totaal aantal TP/TN/...

Bereken hieruit de nodige metrieken

- $Total\ TP = (7+2+1) = 10$
- $Total\ FP = (8+9)+(1+3)+(3+2) = 26$
- $Total\ FN = (1+3)+(8+2)+(9+3) = 26$

		True Class		
		Apple	Orange	Mango
Predicted Class	Apple	7	8	9
	Orange	1	2	3
	Mango	3	2	1

Doordat er geen verschil is tussen P en N bij Micro scores

Precision = Recall = Micro F1 = Accuracy

# CLASSIFICATION – MULTICLASS EVALUATIE

0,257  
11

Macro-F1 (Precision/Recall)

Class	Precision	Recall	F1-score
Apple	0.29	0.64	0.40
Orange	0.33	0.17	0.22
Mango	0.17	0.08	0.11

Bereken per klasse TP/TN/...

Neem gemiddelde van de scores van elke klasse

Gemiddelde is unweighted

Voor Apple:

- $TP = 7$
- $TN = (2+3+2+1) = 8$
- $FP = (8+9) = 17$
- $FN = (1+3) = 4$

		True Class		
		Apple	Orange	Mango
Predicted Class	Apple	7	8	9
	Orange	1	2	3
	Mango	3	2	1

# CLASSIFICATION – MULTICLASS EVALUATION

Weighted-F1 (Precision/Recall)

Class	Precision	Recall	F1-score
Apple	0.29	0.64	0.40
Orange	0.33	0.17	0.22
Mango	0.17	0.08	0.11

Weighted average in macro F1

$$\frac{11 \cdot 0,4 + 12 \cdot 0,22 + 13 \cdot 0,11}{36}$$

		True Class		
		Apple	Orange	Mango
Predicted Class	Apple	7	8	9
	Orange	1	2	3
	Mango	3	2	1



# CLASSIFICATION – MULTICLASS EVALUATIE

Micro – F1: Globale waarden

Macro – F1: Gemiddelde F1 – scores

Weighted F1: Gew. Gemiddelde  
- Gewichten = # samples

		True Class		
		Apple	Orange	Mango
Predicted Class	Apple	7	8	9
	Orange	1	2	3
	Mango	3	2	1

Class	Precision	Recall	F1-score
Apple	0.29	0.64	0.40
Orange	0.33	0.17	0.22
Mango	0.17	0.08	0.11

# GLOSSARY

- Classificatie
- Binary classifier
- Multi-class classifier
- Multi-label classifier
- True/False Positive/Negative
- Accuraatheid / Specificiteit / ...
- One-vs-All
- One-vs-One
- Confusion matrix