

TAUTOLOGY
INNOVATION
SCHOOL



MODEL EVALUATION FOR CLASSIFICATION

BY TAUTOLOGY

MADE BY TAUTOLOGY THAILAND
DO NOT PUBLISH WITHOUT PERMISSION

facebook/tautologyai
www.tautology.live

Model Evaluation for Classification



Confusion Matrix

Confusion Matrix

Confusion Matrix คือ ตารางแสดงผลลัพธ์ของการ prediction สำหรับปัญหาแบบ classification

		Actual Value	
		Positive	Negative
Predict Value	Positive	True Positive	False Positive
	Negative	False Negative	True Negative

Confusion Matrix

True Negative



ผลลัพธ์ของการพยากรณ์

- True = พยากรณ์ถูก
- False = พยากรณ์ผิด




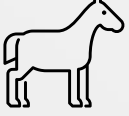

ค่าที่พยากรณ์ออกมา

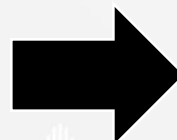
- Positive (ค่าที่เราพิจารณา)
- Negative (ค่าที่เราไม่ได้พิจารณา)





Confusion Matrix

		Actual Value	
		Positive	Negative
Predicted Value	Positive	True Positive (TP)	False Positive (FP)
	Negative	False Negative (FN)	True Negative (TN)






Confusion Matrix

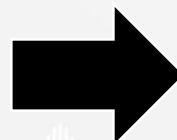
Actual	Predicted
	Horse
	Horse
	Dog
	Dog
	Dog


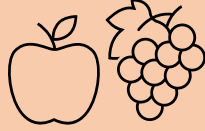




		Actual	
Predict		 2 TP	 1 FP
		1 FN	1 TN




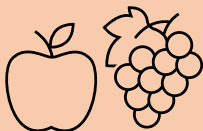
Confusion Matrix




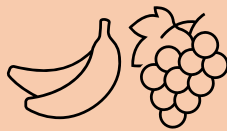
Actual	Predicted
	Banana
	Apple
	Apple
	Grape
	Grape



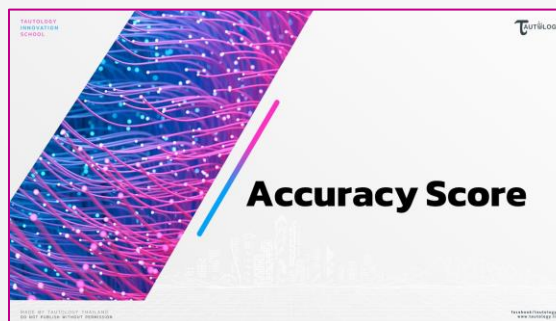
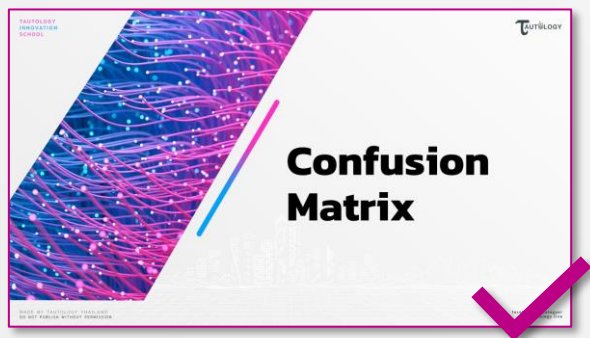
		Actual	
Predict			
			
	1	1	
	0	3	

Confusion Matrix

		Actual	
			
Predict		TP	FP
		FN	TN

		Actual	
			
Predict		TP	FP
		FN	TN

Model Evaluation for Classification








Accuracy Score

Accuracy Score



- What is Accuracy Score?
- Formula
- Step to Calculate Accuracy Score
- Example
- Code
- ข้อควรระวัง



What is Accuracy Score?

Accuracy Score คือ สัดส่วนของข้อมูลที่พยากรณ์ได้ถูกต้อง ต่อข้อมูลทั้งหมด

Actual	Predicted
	Apple
	Banana
	Apple
	Banana
	Apple



Actual	
	
2 ^{TP}	1 ^{FP}
1 ^{FN}	1 ^{TN}

Predict		
---------	--	---

What is Accuracy Score?

		Actual Value	
		Positive	Negative
Predict Value	Positive	TP	FP
	Negative	FN	TN

$$accuracy = \frac{\text{จำนวนที่พยากรณ์ถูก}}{\text{จำนวนข้อมูลทั้งหมด}}$$





Formula

$$accuracy = \frac{TP + TN}{n}$$

- โดยที่
- ◆ TP คือ ค่า True Positive
 - ◆ TN คือ ค่า True Negative
 - ◆ n คือจำนวน sample ทั้งหมด

Formula

ตัวอย่าง

		Actual	
			
Predict		2 TP	1 FP
		1 FN	1 TN

$$accuracy = \frac{\text{จำนวนที่พยากรณ์ถูก}}{\text{จำนวนข้อมูลทั้งหมด}}$$

$$= \frac{TP + TN}{\text{จำนวนข้อมูลทั้งหมด}}$$

$$= \frac{2 + 1}{2 + 0 + 1 + 2}$$

$$= 0.6$$

Step to Calculate Accuracy Score

1. เก็บค่า y_i และ \hat{y}_i
2. หาค่า TP และ TN ของ model
3. วัดประสิทธิภาพของ model ตามสูตรของ *accuracy*

Example

1. เก็บค่า y_i และ \hat{y}_i

	y_i	\hat{y}_i
0	1	0
1	0	0
2	0	1
3	0	0
4	0	0
5	1	0
6	1	1

ตารางแสดงข้อมูลของคนที่เป็นโรคอ้วนจากข้อมูลจริง และการพยากรณ์ที่ได้จากโมเดล
โดยใช้ feature ที่ใช้คือค่า BMI และ Cholesterol

เป็นโรคอ้วน = 1 ไม่เป็นโรค = 0

Example

2. คำนวณค่า TP และ TN

	y_i	\hat{y}_i
0	1	0
1	0	0
2	0	1
3	0	0
4	0	0
5	1	0
6	1	1



		Actual	
		1 (เป็นโรค)	0 (ไม่เป็นโรค)
Predict	1 (เป็นโรค)	1 ^{TP}	1 ^{FP}
	0 (ไม่เป็นโรค)	2 ^{FN}	3 ^{TN}

Example

3. วัดประสิทธิภาพของ model ตามสูตรของ *accuracy*

	y_i	\hat{y}_i
0	1	0
1	0	0
2	0	1
3	0	0
4	0	0
5	1	0
6	1	1

$$\begin{aligned} accuracy &= \frac{TP + TN}{n} \\ &= \frac{1 + 3}{7} \\ &= \frac{4}{7} \\ &= 0.5714 \end{aligned}$$

Code

	Actual_Fat	Predicted_Fat
0	1.0	0.0
1	0.0	0.0
2	0.0	1.0
3	0.0	0.0
4	0.0	0.0
5	1.0	0.0
6	1.0	1.0

ตารางแสดงข้อมูลของคนที่เป็นโรคอ้วนจากข้อมูลจริง และการพยากรณ์ที่ได้จากโมเดล
โดยใช้ feature ที่ใช้คือค่า BMI และ Cholesterol
เป็นโรคอ้วน = 1 ไม่เป็นโรค = 0

Code

```
1 accuracy_score(y_true, y_pred)
```

```
0.5714285714285714
```

ข้อควรระวัง

“เมื่อข้อมูลอยู่ในสถานะ **imbalanced class** จะใช้ **accuracy** อธิบายได้ไม่ดี”

ตัวอย่าง ให้หมอปลอมตรวจโรคคนไข้จำนวน 100 คน หมอปลอมตรวจพบว่าคนไข้ไม่เป็นโรคเกือบทั้งหมด

		Actual	
		เป็นโรค	ไม่เป็นโรค
Predict	เป็นโรค	1 TP	0 FP
	ไม่เป็นโรค	7 FN	92 TN

ข้อควรระวัง

แต่ค่า accuracy ที่คำนวณออกมาได้สูงถึง 0.93

		Actual	
		เป็นโรค	ไม่เป็นโรค
Predict	เป็นโรค	1 TP	0 FP
	ไม่เป็นโรค	7 FN	92 TN

$$\begin{aligned} accuracy &= \frac{TP + TN}{n} \\ &= \frac{92 + 1}{100} \\ &= \frac{93}{100} = 0.93 \end{aligned}$$

นั่นหมายความว่า แม้หมอปาลอมจะไม่สามารถตรวจโรคได้จริง แต่การวัดประสิทธิภาพผ่าน accuracy สูงถึง 0.93

Model Evaluation for Classification








Precision Score

Precision Score







- What is Precision Score?
- Formula
- Step to Calculate Precision Score
- Example
- Code

What is Precision Score?

Precision Score คือ สัดส่วนของข้อมูลที่พยากรณ์ว่าเป็น positive ได้อย่างถูกต้อง ต่อข้อมูลที่พยากรณ์เป็น positive ทั้งหมด

Actual	Predicted
	Apple
	Banana
	Apple
	Banana
	Apple



Actual	
	
 2 ^{TP}	 1 ^{FP}
 1 ^{FN}	 1 ^{TN}

What is Precision Score?

		Actual Value	
		Positive	Negative
Predict Value	Positive	TP	FP
	Negative	FN	TN

precision

$$= \frac{\text{จำนวนที่พยากรณ์ถูกว่าเป็น } positive}{\text{จำนวนที่พยากรณ์ว่าเป็น } positive \text{ ทั้งหมด}}$$





Formula

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

โดยที่ ♦ TP คือ ค่า True Positive
♦ FP คือ ค่า False Positive

Formula

ตัวอย่าง

		Actual	
			
Predict		2 TP	1 FP
		1 FN	1 TN

$$\text{precision} = \frac{\text{จำนวนที่พยากรณ์ถูกว่าเป็น apple}}{\text{จำนวนที่พยากรณ์ว่าเป็น apple ทั้งหมด}}$$

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

$$= \frac{2}{2 + 1}$$

$$= 0.67$$

Step to Calculate Precision Score

1. เก็บค่า y_i และ \hat{y}_i
2. หาค่า TP และ FP ของ model
3. วัดประสิทธิภาพของ model ตามสูตรของ *precision*

Example

1. เก็บค่า y_i และ \hat{y}_i

	y_i	\hat{y}_i
0	1	0
1	0	0
2	0	1
3	0	0
4	0	0
5	1	0
6	1	1

ตารางแสดงข้อมูลของคนที่เป็นโรคอ้วนจากข้อมูลจริง และการพยากรณ์ที่ได้จากโมเดล
โดยใช้ feature ที่ใช้คือค่า BMI และ Cholesterol

เป็นโรคอ้วน = 1 ไม่เป็นโรค = 0

Example

2. คำนวณค่า TP และ FP

	y_i	\hat{y}_i
0	1	0
1	0	0
2	0	1
3	0	0
4	0	0
5	1	0
6	1	1



		Actual	
		1 (เป็นโรค)	0 (ไม่เป็นโรค)
Predict	1 (เป็นโรค)	1 ^{TP}	1 ^{FP}
	0 (ไม่เป็นโรค)	2 ^{FN}	3 ^{TN}

Example

3. วัดประสิทธิภาพของ model ตามสูตรของ *precision*

	y_i	\hat{y}_i
0	1	0
1	0	0
2	0	1
3	0	0
4	0	0
5	1	0
6	1	1

$$\begin{aligned} \text{precision} &= \frac{TP}{TP + FP} \\ &= \frac{1}{1 + 1} \\ &= 0.5 \end{aligned}$$

Code

	Actual_Fat	Predicted_Fat
0	1.0	0.0
1	0.0	0.0
2	0.0	1.0
3	0.0	0.0
4	0.0	0.0
5	1.0	0.0
6	1.0	1.0

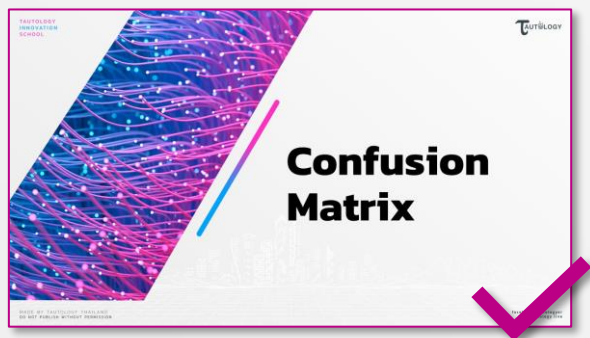
ตารางแสดงข้อมูลของคนที่เป็นโรคอ้วนจากข้อมูลจริง และการพยากรณ์ที่ได้จากโมเดล
โดยใช้ feature ที่ใช้คือค่า BMI และ Cholesterol
**เป็นโรคอ้วน = 0 ไม่เป็นโรค = 1

Code

```
1 precision_score(y_true, y_pred)
```

```
0.5
```

Model Evaluation for Classification








Recall Score

Recall Score





- What is Recall Score?
- Formula
- Step to Calculate Recall Score
- Example
- Code
- Precision vs Recall

What is Recall Score?

Recall Score คือ สัดส่วนของข้อมูลที่พยากรณ์ว่าเป็น positive ได้อย่างถูกต้อง ต่อข้อมูลที่ actual เป็น positive ทั้งหมด

Actual	Predicted
	Apple
	Banana
	Apple
	Banana
	Apple



		Actual	
Predict			
		2 ^{TP}	1 ^{FP}
		1 ^{FN}	1 ^{TN}

What is Recall Score?

		Actual Value	
		Positive	Negative
Predict Value	Positive	TP	FP
	Negative	FN	TN

Recall

$$= \frac{\text{จำนวนที่พยากรณ์ถูกว่าเป็น } positive}{\text{จำนวนที่ค่าจริงเป็น } positive \text{ ทั้งหมด}}$$





Formula

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

- โดยที่ ♦ TP คือ ค่า True Positive
♦ FN คือ ค่า False Negative

Formula

ตัวอย่าง

		Actual	
Predict		 2 TP	 1 FP
		1 FN	1 TN

$$Recall = \frac{\text{จำนวนที่พยากรณ์ถูกว่าเป็น } apple}{\text{จำนวนที่ค่าจริงเป็น } apple \text{ ทั้งหมด}}$$

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

$$= \frac{2}{2 + 1}$$

$$= 0.67$$

Step to Calculate Recall Score

1. เก็บค่า y_i และ \hat{y}_i
2. หาค่า TP และ FN
3. วัดประสิทธิภาพของ model ตามสูตรของ *recall*

Example

1. เก็บค่า y_i และ \hat{y}_i

	y_i	\hat{y}_i
0	1	0
1	0	0
2	0	1
3	0	0
4	0	0
5	1	0
6	1	1

ตารางแสดงข้อมูลของคนที่เป็นโรคอ้วนจากข้อมูลจริง และการพยากรณ์ที่ได้จากโมเดล
โดยใช้ feature ที่ใช้คือค่า BMI และ Cholesterol

เป็นโรคอ้วน = 1 ไม่เป็นโรค = 0

Example

2. คำนวณค่า TP และ FN

	y_i	\hat{y}_i
0	1	0
1	0	0
2	0	1
3	0	0
4	0	0
5	1	0
6	1	1



		Actual	
Predict	1 (เป็นโรค)	1 (เป็นโรค) 1 ^{TP}	0 (ไม่เป็นโรค) 1 ^{FP}
	0 (ไม่เป็นโรค)	2 ^{FN}	3 ^{TN}

Example

3. วัดประสิทธิภาพของ model ตามสูตรของ *recall*

	y_i	\hat{y}_i
0	1	0
1	0	0
2	0	1
3	0	0
4	0	0
5	1	0
6	1	1

$$\begin{aligned} recall &= \frac{TP}{TP + FN} \\ &= \frac{1}{1 + 2} \\ &= 0.33 \end{aligned}$$

Code

	Actual_Fat	Predicted_Fat
0	1.0	0.0
1	0.0	0.0
2	0.0	1.0
3	0.0	0.0
4	0.0	0.0
5	1.0	0.0
6	1.0	1.0

ตารางแสดงข้อมูลของคนที่เป็นโรคอ้วนจากข้อมูลจริง และการพยากรณ์ที่ได้จากโมเดล
โดยใช้ feature ที่ใช้คือค่า BMI และ Cholesterol
**เป็นโรคอ้วน = 0 ไม่เป็นโรค = 1

Code

```
1 recall_score(y_true, y_pred)
```

```
0.3333333333333333
```

Precision vs Recall

Precision VS Recall

>> จากการพยากรณ์ว่าเป็น positive ทั้งหมด มีจำนวนที่พยากรณ์ถูกเท่าไร

$$>> precision = \frac{TP}{TP+FP}$$

>> จากข้อมูลจริงที่เป็น positive ทั้งหมด มีจำนวนที่พยากรณ์ถูกเท่าไร

$$>> recall = \frac{TP}{TP+FN}$$

Precision vs Recall

**Precision และ Recall
ควรใช้เมื่อไหร่ ?**

Precision vs Recall

▪ Precision

ตัวอย่าง ในการพิจารณาคดี จำเป็นที่จะต้องคำนึงว่า ผู้ที่ไม่ได้กระทำความผิด ไม่ควรได้รับโทษ

กำหนดให้

- การกระทำความผิด => positive
- ไม่ได้กระทำความผิด => negative

Precision vs Recall

■ Precision

		Actual	
		ทำผิด	ไม่ได้ทำผิด
Predict	ทำผิด	TP	FP
	ไม่ได้ทำผิด	FN	TN

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

“ในกรณีนี้ เราจำเป็นต้องพิจารณา **precision** ให้มีค่าสูง ๆ เพราะ False Positive (คนที่ไม่ได้ทำผิดแต่ถูกพยากรณ์ว่าทำผิด) จะมีค่าน้อย ๆ”

Precision vs Recall

▪ Recall

ตัวอย่าง ในการตรวจโรคมะเร็งเพื่อเข้ารับการรักษ่า จำเป็นที่จะต้องคำนึงว่า ผู้ป่วยเป็น มะเร็งทุกคนนั้นจะต้องได้รับการรักษา

กำหนดให้

- เป็นโรคมะเร็ง => positive
- ไม่เป็นโรคมะเร็ง => negative

Precision vs Recall

▪ Recall

		Actual	
		เป็นโรค	ไม่เป็นโรค
Predict	เป็นโรค	TP	FP
	ไม่เป็นโรค	FN	TN

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

“ในกรณีนี้ เราจำเป็นต้องพิจารณา **recall** ให้มีค่าสูง ๆ เพราะ False Negative (คนที่ เป็นโรค แต่ถูกพยากรณ์ว่า ไม่เป็นโรค) จะมีค่าน้อย ๆ”

Model Evaluation for Classification



F1 Score

F1 Score

- What is F1 Score?
- Formula
- Step to Calculate F1 Score
- Example
- Code
- F1 Score with Imbalanced Class

What is F1 Score?

F1 Score คือ ค่าเฉลี่ยแบบ harmonic mean ระหว่าง precision และ recall

Precision

Recall



What is F1 Score?

Harmonic mean เป็นการหาค่าเฉลี่ยประเภทหนึ่ง โดยการหาค่าเฉลี่ยวิธีนี้จะ

- ให้น้ำหนักน้อยกับข้อมูลที่มีค่าเยอะ
- ให้น้ำหนักเยอะกับข้อมูลที่มีค่าน้อย

What is F1 Score?

ให้น้ำหนัก**เยอะ**กับข้อมูลที่มีค่าน้อย

mean of: [37, 35, 40, 35, 29, 51, 31, 33, 34, 30, 29, 33, 37, 36, 0.01]

◆ Harmonic Mean = 0.14939025281869237

◆ Arithmetic Mean = 32.66733333333333

What is F1 Score?

Harmonic mean สามารถเขียนให้อยู่ในรูปดังต่อไปนี้

$$H = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{x_i}}$$

โดยที่

- ♦ n คือจำนวนข้อมูลทั้งหมด
- ♦ x_i คือข้อมูลที่ i

What is F1 Score?

ตัวอย่าง กำหนดให้ $x = \{10, 100\}$

Harmonic mean จะสามารถคำนวณได้ดังต่อไปนี้

$$H = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{x_i}} = \frac{2}{\frac{1}{10} + \frac{1}{100}} = \frac{2}{0.11} = 18.18$$

What is F1 Score?

F1 Score จะพิจารณาค่าระหว่าง precision และ recall ผ่าน harmonic mean ซึ่งสามารถจัดรูปได้ดังนี้

$$H = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{x_i}} = \frac{2}{\frac{1}{precision} + \frac{1}{recall}} = 2 \times \frac{precision \times recall}{precision + recall}$$

What is F1 Score?

โดย F1 score จะสามารถตีความได้ดังต่อไปนี้

- ถ้าค่า F1 score **มาก** หมายความว่า ค่า precision และ recall มีค่ามากทั้งคู่
- ถ้าค่า F1 score **น้อย** หมายความว่า ค่า precision และ recall มีค่าน้อยทั้งคู่ หรือมีค่าใดค่าหนึ่งน้อย

Formula

$$F1 = 2 \times \frac{precision * recall}{precision + recall}$$

โดยที่ ♦ $precision = \frac{TP}{TP+FP}$

♦ $recall = \frac{TP}{TP+FN}$

Step to calculate F1 Score

1. เก็บค่า y_i และ \hat{y}_i
2. หาค่า TP, FP และ FN ของ model
3. หาค่า *precision* ของ model
4. หาค่า *recall* ของ model
5. วัดประสิทธิภาพของ model ตามสูตรของ $F1$

Example

1. เก็บค่า y_i และ \hat{y}_i

	y_i	\hat{y}_i
0	1	0
1	0	0
2	0	1
3	0	0
4	0	0
5	1	0
6	1	1

ตารางแสดงข้อมูลของคนที่เป็นโรคอ้วนจากข้อมูลจริง และการพยากรณ์ที่ได้จากโมเดล
โดยใช้ feature ที่ใช้คือค่า BMI และ Cholesterol

เป็นโรคอ้วน = 1 ไม่เป็นโรค = 0

Example

2. คำนวณค่า TP , FP และ FN

	y_i	\hat{y}_i
0	1	0
1	0	0
2	0	1
3	0	0
4	0	0
5	1	0
6	1	1



		Actual	
		1 (เป็นโรค)	0 (ไม่เป็นโรค)
Predict	1 (เป็นโรค)	1 ^{TP}	1 ^{FP}
	0 (ไม่เป็นโรค)	2 ^{FN}	3 ^{TN}

Example

3. หาค่า *precision*

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

$$= \frac{1}{1 + 1}$$

$$= \frac{1}{2}$$

Example

4. ค่า *recall*

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

$$= \frac{1}{1 + 2}$$

$$= \frac{1}{3}$$

Example

5. วัดประสิทธิภาพของ model ตามสูตรของ $F1$

$$F1 = 2 \times \frac{\text{precision} \times \text{recall}}{\text{precision} + \text{recall}}$$

$$= 2 \times \frac{\frac{1}{2} \times \frac{1}{3}}{\frac{1}{2} + \frac{1}{3}}$$

$$= \frac{2}{5}$$

$$= 0.4$$

Code

	Actual_Fat	Predicted_Fat
0	1.0	0.0
1	0.0	0.0
2	0.0	1.0
3	0.0	0.0
4	0.0	0.0
5	1.0	0.0
6	1.0	1.0

ตารางแสดงข้อมูลของคนที่เป็นโรคอ้วนจากข้อมูลจริง และการพยากรณ์ที่ได้จากโมเดล
โดยใช้ feature ที่ใช้คือค่า BMI และ Cholesterol
**เป็นโรคอ้วน = 0 ไม่เป็นโรค = 1

Code

```
1 f1_score(y_true, y_pred)
```

0.4

F1 Score with Imbalanced Class

F1 Score สามารถใช้วัดประสิทธิภาพของ model ที่เป็น imbalanced class ได้ดี

ตัวอย่าง ให้หมอปาลอมตรวจโรคคนไข้จำนวน 100 คน หมอปาลอมตรวจพบว่าคนไข้ไม่เป็นโรคเกือบทั้งหมด

		Actual	
		เป็นโรค	ไม่เป็นโรค
Predict	เป็นโรค	1 TP	0 FP
	ไม่เป็นโรค	7 FN	92 TN

F1 Score with Imbalanced Class

- คำนวณผ่าน **accuracy** จะได้ค่าสูงถึง **0.93**

		Actual	
		เป็นโรค	ไม่เป็นโรค
Predict	เป็นโรค	1 TP	0 FP
	ไม่เป็นโรค	7 FN	92 TN

$$\begin{aligned} accuracy &= \frac{TP + TN}{n} \\ &= \frac{92 + 1}{100} \\ &= \frac{93}{100} = 0.93 \end{aligned}$$

F1 Score with Imbalanced Class

- คำนวณผ่าน **F1 score** จะได้ค่าออกมาเพียง **0.22**

		Actual	
		เป็นโรค	ไม่เป็นโรค
Predict	เป็นโรค	1 TP	0 FP
	ไม่เป็นโรค	7 FN	92 TN

$$F1 = 2 \times \frac{\text{precision} \times \text{recall}}{\text{precision} + \text{recall}}$$

$$= 2 \times \frac{1 \times \frac{1}{8}}{1 + \frac{1}{8}}$$

$$= 0.22$$

Model Evaluation for Classification



Conclusion

Conclusion

Name	Formula	How to use
Accuracy	$accuracy = \frac{TP + TN}{n}$	<ul style="list-style-type: none">ใช้กับการวัด model ที่ไม่เป็น imbalanced class
Precision	$precision = \frac{TP}{TP + FP}$	<ul style="list-style-type: none">ใช้วัด model ที่ต้องการให้เกิด False Positive น้อยๆ
Recall	$recall = \frac{TP}{TP + FN}$	<ul style="list-style-type: none">ใช้วัด model ที่ต้องการให้เกิด False Negative น้อยๆ
F1	$F1 = 2 \times \frac{precision \times recall}{precision + recall}$	<ul style="list-style-type: none">ใช้วัด model ที่เป็น imbalanced class ได้ต้องการพิจารณาทั้ง precision และ recall พร้อมกัน

Model Evaluation for Classification

