

Concept Learning

Supervised Learning

Training Examples for EnjoySport

Sky	Temp	Humid	Wind	Water	Forecast	EnjoySport
Sunny	Warm	Normal	Strong	Warm	Same	<u>Yes</u>
<u>Sunny</u>	<u>Warm</u>	High	Strong	Warm	Same	<u>Yes</u>
Rainy	Cold	High	Strong	Warm	Change	No
<u>Sunny</u>	<u>Warm</u>	High	Strong	Cool	Change	<u>Yes</u>

What is the general concept?

Generalize

1. ถ้าพบ concept ว่างๆ Yes

2. ถ้าเจอแล้วแต่ที่ใดที่ใดตรงกันเป็น No

Hypothesis \neq concept

= concept, model

Hypothesis Representation

Previous week
 $h(\vec{x})$

$$y = mx + c$$
$$ax + b$$

$x = \langle \text{Sunny, Warm, Normal, Strong, Warm, Same} \rangle$

Target / label
yes

$h = \langle _, _, _, _, _, _ \rangle$

- เปรียบเทียบ Sunny, Rainy

- Don't care? ไม่สนใจ

- \emptyset (null) ไม่สนใจ

$h = \langle \text{Sunny, ? , ? , ? , ? , ?} \rangle$ ครอบคลุม Yes และ General มากที่สุด

if Sky == 'Sunny':
 return True

```
def match(e, h):  
    for k in h:  
        if h[k] != "?":  
            if h[k] != e[k]:  
                return False  
    return True
```

$h < \text{Sunny}, \text{Warm}, ?, ?, ?, ? >$
 $h < \text{Sunny}, \text{Warm}, ?, \text{Strong}, ?, ? >$

} ตรวจสอบ Yes ทั้งหมด
 แล้วเลือก specific มากที่สุด

$h_1 < \text{Sunny}, ?, ?, ?, ?, ? >$

$h_2 < \text{Sunny}, \text{Warm}, ?, ?, ?, ? >$

$h_3 < \text{Sunny}, \text{Warm}, ?, \text{Strong}, ?, ? >$

$< \text{Sunny}, \text{Warm}, ?, \text{Strong}, ?, ? >$ Most specific

$< \text{Sunny}, \text{Warm}, ?, ?, ?, ? >$

$< \text{Sunny}, ?, ?, ?, ?, ? >$

$< ?, ?, ?, ?, ?, ? >$ Most general

Most Specific $< \emptyset, \emptyset, \emptyset, \emptyset, \emptyset, \emptyset >$

Most General $< ?, ?, ?, ?, ?, ? >$

Day 1		Yes
Day 2		Yes
...		...
Day n		Yes

Day 1		No
2		No
...		...
n		No

$< \emptyset, \emptyset, \emptyset, \emptyset, \emptyset, \emptyset >$ ✓

~~$< \emptyset, \text{Warm}, \emptyset, \text{Strong}, \emptyset, \emptyset >$~~

Find - S \rightarrow most specific hypothesis which can cover all positive examples

$S \leftarrow \langle \emptyset, \emptyset, \emptyset, \emptyset, \emptyset, \emptyset \rangle$

Training Examples for EnjoySport

Sky	Temp	Humid	Wind	Water	Forecast	EnjoySport
Sunny	Warm	Normal	Strong	Warm	Same	Yes
Sunny	Warm	High	Strong	Warm	Same	Yes
Rainy	Cold	High	Strong	Warm	Change	No
Sunny	Warm	High	Strong	Cool	Change	Yes

What is the general concept?

$S \leftarrow \langle \emptyset, \emptyset, \emptyset, \emptyset, \emptyset, \emptyset \rangle$

"เราจะ maintain the most specific hypothesis"

รับตัวอย่างบวกทีละตัว \rightarrow generalize ให้น้อยที่สุด

ถ้าทำไม่ได้

null เปลี่ยนเป็นอันไหนดีกว่าเปลี่ยนอันนี้?

$e_1 : \langle \text{Sunny, Warm, Normal, Strong, Warm, Same} \rangle$ $s_1 : \langle \text{Sunny, Warm, Normal, Strong, Warm, Same} \rangle$

$e_2 : \langle \text{Sunny, Warm, High, Strong, Warm, Same} \rangle$ $s_2, s_3 : \langle \text{Sunny, Warm, ?, Strong, Warm, Same} \rangle$

$e_4 : \langle \text{Sunny, Warm, High, Strong, Cool, Change} \rangle$ $s_4 : \langle \text{Sunny, Warm, ?, Strong, ?, ?} \rangle$

ได้ most specific นั่นคือ h_3

ถ้าเราไม่ได้อะไรเลย เราจะทำอย่างไร?

$\langle \text{Sunny, } \boxed{\phantom{\text{ }}} \rangle$ Yes

\uparrow เปลี่ยน

$\langle \text{Rainy, } \boxed{\phantom{\text{ }}} \rangle$ Yes

\uparrow เปลี่ยน

$\langle \text{Overcast, } \boxed{\phantom{\text{ }}} \rangle$ No

$s_1 : \langle \text{Sunny, } \boxed{\phantom{\text{ }}} \rangle$

$s_2 : \langle \text{?, } \boxed{\phantom{\text{ }}} \rangle$

เปลี่ยนเป็นอะไรก็ได้

คือ empty list

Find-S ไม่ work นั่น

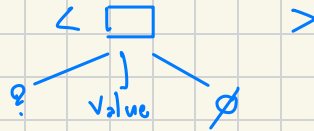


ถ้า Find-S ไม่ work แล้วคำตอบคืออะไร



Ans Sunny OR Rainy = Not Overcast

* เปรียบเทียบ block ของ hypothesis representation กับ block ของ representation ทั่วไป



Find-S จะหาคำตอบได้เฉพาะ Inductive Bias

จำกัดขอบเขต Representation ที่มันเห็น



มันทั่วไป General มันจะหาคำตอบไม่ได้ => มันจะหาคำตอบอย่างอื่น

Hypothesis Representation



Algorithm



Learned parameter

< -, -, -, -, -, - >

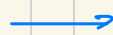


Find-S



< Sunny, Warm, ?, Strong, ?, ? >

Hypothesis Representation



Hypothesis Space

Find-S search

11 ตอนจบ

ตัวอย่าง

4 รอบ

< $\frac{4}{\text{Sunny}}$, $\frac{4}{\text{Rainy}}$, $\frac{4}{\text{overcast}}$, $\frac{4}{?}$, $\frac{4}{?}$, $\frac{4}{?}$ >

Rainy 0 0 0 0 0

overcast 0 0 0 0 0

? 0 0 0 0 0

4 in 6 Attributes

= 4^6 หรือ space

= $2^{12} + \frac{1}{2} = 4097$ หรือ

< ∅, ∅, ∅, ∅, ∅, ∅ >

Find - S for the most specific

Brute Force Algorithm

Candidate Elimination Algorithm

$G = \{ \langle \quad \rangle, \langle \quad \rangle, \dots \}$ set of hypothesis
 $S = \{ \langle \quad \rangle \}$

Training Examples for EnjoySport

Sky	Temp	Humid	Wind	Water	Forecast	EnjoySport
Sunny	Warm	Normal	Strong	Warm	Same	Yes
Sunny	Warm	High	Strong	Warm	Same	Yes
Rainy	Cold	High	Strong	Warm	Change	No
Sunny	Warm	High	Strong	Cool	Change	Yes

What is the general concept?

$$S_0 = \{ \langle \emptyset, \emptyset, \emptyset, \emptyset, \emptyset, \emptyset \rangle \}$$

$$S_1 = \{ \langle \text{Sunny, Warm, Normal, Strong, Warm, Same} \rangle \}$$

$$S_3, S_2 = \{ \langle \text{Sunny, Warm, ?, Strong, Warm, Same} \rangle \}$$

$$S_4 = \{ \langle \text{Sunny, Warm, ?, Strong, ?, ?} \rangle \}$$

$$G_4 = \{ \langle \text{Sunny, ?, ?, ?, ?, ?} \rangle, \langle \text{?, Warm, ?, ?, ?, ?} \rangle \}$$

ข้อสอบ - $G_3 = \{ \langle \text{Sunny, ?, ?, ?, ?, ?} \rangle, \langle \text{?, Warm, ?, ?, ?, ?} \rangle, \langle \text{?, ?, ?, ?, ?, Same} \rangle \}$

เปลี่ยน ? ให้ ? ที่ตรงกัน
change

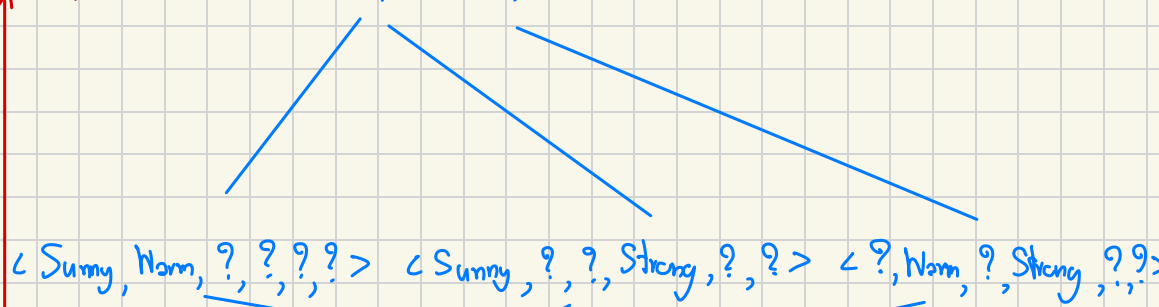
$$G_2, G_1, G_0 = \{ \langle \text{?, ?, ?, ?, ?, ?} \rangle \}$$

↓
 ตรวจสอบ G1
 S2 ตรวจสอบ G1 เสร็จ

↓
หา S + in Find-S

เป็น - ข้อ G ที่ตรงกัน

Most Specific $s_4 = \{ \langle \text{Sunny}, \text{Warm}, ?, \text{Strong}, ?, ? \rangle \}$



$G_4 = \{ \langle \text{Sunny}, ?, ?, ?, ? \rangle, \langle ?, \text{Warm}, ?, ?, ? \rangle \}$

Most General

นำมเอาค่าที่ไม่อยู่ใน S ไปเปลี่ยน G ให้กว้าง

1. ตัวอย่างแรกเป็นตัวอย่างลบได้หรือไม่? \rightarrow ลำดับผลลัพธ์ ดังนั้น \oplus อาจอยู่ลำดับแรก

$s_0 = \{ \langle \emptyset, \emptyset, \emptyset, \emptyset, \emptyset, \emptyset \rangle \}$ สไปรวมทุกสก็ป

$\langle \text{Raining}, \text{Cold}, \text{High}, \text{Strong}, \text{Warm}, \text{Change} \rangle$

$\{ \langle \text{Sunny}, ?, ?, ?, ?, ? \rangle, \langle ?, \text{Warm}, ?, ?, ?, ? \rangle, \dots \}$

$G_0 = \{ \langle ?, ?, ?, ?, ?, ? \rangle \}$

2. $e_1 : \langle \text{Sunny}, \text{Warm}, \text{Normal}, \text{Strong}, \text{Warm}, \text{Same} \rangle$ Yes

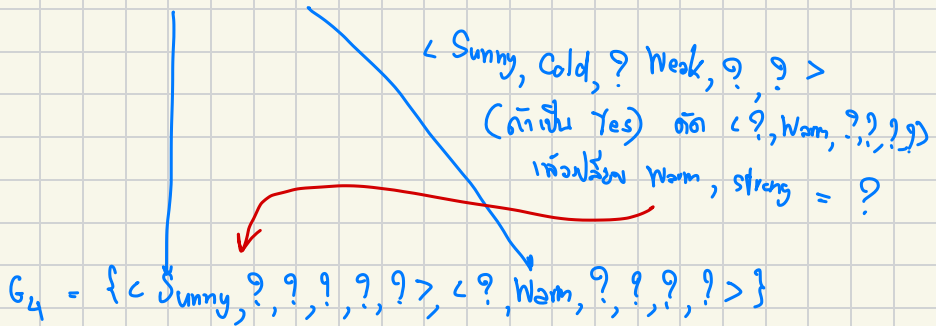
$e_2 : \langle \underline{\text{Raining}}, \underline{\text{Cold}}, \underline{\text{High}}, \text{Strong}, \text{Warm}, \underline{\text{Change}} \rangle$ No

$s_0 = \{ \langle \emptyset, \emptyset, \emptyset, \emptyset, \emptyset, \emptyset \rangle \}$

$s_2, 1 = \{ \langle \underline{\text{Sunny}}, \underline{\text{Warm}}, \underline{\text{Normal}}, \text{Strong}, \text{Warm}, \underline{\text{Same}} \rangle \}$



4. $S_4 = \{ \langle \text{Sunny}, \text{Warm}, ?, \text{Strong}, ?, ? \rangle \}$



มาถึง 1 ตัวอย่าง จะใช้ตัวอย่างตัวไหนดี ?

ต.ย. + ถ้าให้ S general ตัด G

- ตัด S ถ้าให้ G specific

นั่น นอ

specific น่าตัดเลือก สามารถ generate ได้

$G_5 = \{ \langle \text{Sunny}, \text{Warm}, ?, ?, ?, ? \rangle, \langle ?, \text{Warm}, ?, ?, ?, ? \rangle, \langle \text{Sunny}, ?, ?, \text{Strong}, ?, ? \rangle \}$

Ans $\langle \text{Sunny}, \text{Cold}, ?, \text{Weak}, ?, ? \rangle$ นั่น Yes

$\langle \text{Sunny}, \text{Warm}, ?, \text{Strong}, ?, ? \rangle$ นั่น No

$G_5 = \{ \langle ?, \text{Warm}, ?, ?, ?, ? \rangle, \langle \text{Sunny}, ?, ?, \text{Strong}, ?, ? \rangle \}$

Version Space → Candidate Elimination Algorithm

$$S_0 = \{ \langle \emptyset, \emptyset, \emptyset, \emptyset \rangle \} \quad \text{initial general version}$$

$$S_1 = \{ \langle A, B, C, X \rangle \}$$

$$S_5, S_4, S_3, S_2 = \{ \langle A, ?, C, ? \rangle \}$$

\downarrow

S_6

$$G_6 = \{ \langle A, ?, C, ? \rangle \}$$

$$G_5, G_4 = \{ \langle A, ?, C, ? \rangle, \langle ?, ?, C, ? \rangle \}$$

more specific

$$G_3 = \{ \langle A, ?, ?, ? \rangle, \langle ?, ?, C, ? \rangle \}$$

$$G_2, G_1, G_0 = \{ \langle ?, ?, ?, ? \rangle \}$$

	A_1	A_2	A_3	A_4	
e_1	A	B	C	X	+
e_2	A	C	C	Y	+
e_3	B	C	D	Y	-
e_4	A	B	B	X	-
e_5	A	A	C	Z	+
e_6	B	B	C	Z	-

⊖ → not G specific