

Begrepps-inläring

- 1 Begrepp och Hypoteser
 - Definitioner
 - Exempel
 - Hypoteser
- 2 Inläring genom sökning
 - Find-S
 - List-then-Eliminate
 - Candidate Elimination
- 3 Objektiv inläring
 - Bias
 - Unbiased Learner

- 1 Begrepp och Hypoteser
 - Definitioner
 - Exempel
 - Hypoteser
- 2 Inläring genom sökning
 - Find-S
 - List-then-Eliminate
 - Candidate Elimination
- 3 Objektiv inläring
 - Bias
 - Unbiased Learner

Begrepps-inläring

Begrepps-inläring (*Concept Learning*)

Inläring av en **boolsk funktion** från exempel

Kategorier

- "Vackert väder"
- "Hundar"
- "Motorfordon"
- "Lagbrott"

Delmängd av någon överordnad mängd X

Beteckningar

c Begreppet som ska läras

$$c(x) \rightarrow 0/1, \quad x \in X$$

h Hypotes, Resultatet av inläringen ("gissad c ")

$$h(x) \rightarrow 0/1, \quad x \in X$$

H Hypotesrummet, Alla tänkbara hypoteser

$$h \in H$$

D Mängden tillgängliga tränings exempel

$$D \subseteq X$$

Beteckningar

Två sorters tränings exempel

Positiva exempel:

$$x : c(x) = 1, \quad x \in D$$

Negativa exempel:

$$x : c(x) = 0, \quad x \in D$$

Exempel på ett *begrepp*

"Vackert Väder"

Låt "väderinstanserna" x_i vara sammansatta av fyra **attribut**:

- $x_1 = \langle \text{Soligt, Varmt, Blåsig, Torrt} \rangle$
- $x_2 = \langle \text{Molnigt, Varmt, Stilla, Torrt} \rangle$
- $x_3 = \dots$

Generellt: $Himmel \times Temp \times Vind \times Fukt$

Antag att attributen bara kan anta speciella diskreta värden:

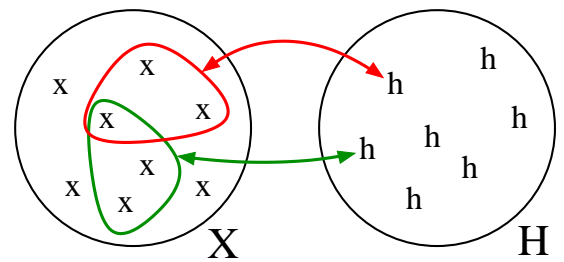
- Himmel $\in \{ \text{Soligt, Molnigt, Regnigt} \}$
- Temp $\in \{ \text{Varmt, Kallt} \}$
- Vind $\in \{ \text{Blåsig, Stilla} \}$
- Fukt $\in \{ \text{Torrt, Fuktigt} \}$

Antal möjliga väder: $|X| = 3 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 = 24$

Typiska tränings exempel

- $x_1 = \langle \text{Soligt, Varmt, Blåsig, Torrt} \rangle \rightarrow \text{Vackert}$
- $x_2 = \langle \text{Soligt, Varmt, Blåsig, Fuktigt} \rangle \rightarrow \text{Vackert}$
- $x_3 = \langle \text{Regnigt, Kallt, Blåsig, Fuktigt} \rangle \rightarrow \text{Usch}$
- $x_4 = \langle \text{Soligt, Varmt, Stilla, Fuktigt} \rangle \rightarrow \text{Vackert}$

Hur ser hypotesmängden H ut?



Varje hypotes h motsvaras av en **delmängd** av X

Hur många hypoteser finns det att välja bland?
Hur många delmängder av X finns det?

$$|H| = 2^{|X|}$$

$$|H| = 2^{24} = 16777216$$

Man måste göra begränsande antaganden!

Begränsande antagande

Begreppen är alltid konjunktioner av attributvärden

Exempel på begrepp c av denna typ

- Soligt & Varmt
- Kallt & Vindstilla & Torrt

Hur många hypoteser finns det nu?

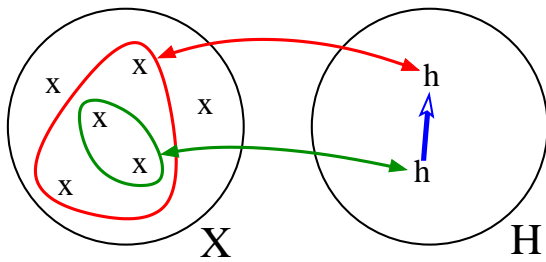
Himmel	Temp	Vind	Fukt
Soligt			
Molnigt	Varmt	Blåsig	Torrt
Regnigt	Kallt	Stilla	Fuktigt
*	*	*	*

$$4 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3 = 108$$

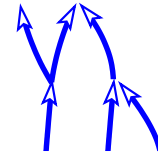
- 1 Begrepp och Hypoteser
 - Definitioner
 - Exempel
 - Hypoteser
- 2 Inläring genom sökning
 - Find-S
 - List-then-Eliminate
 - Candidate Elimination
- 3 Objektiv inläring
 - Bias
 - Unbiased Learner

Inläring \equiv sök efter en hypotes som stämmer med exemplen
Utnyttja strukturen hos H för att söka snabbare

Vissa hypoteser är **generellare** än andra
Partiell ordning mellan hypoteserna

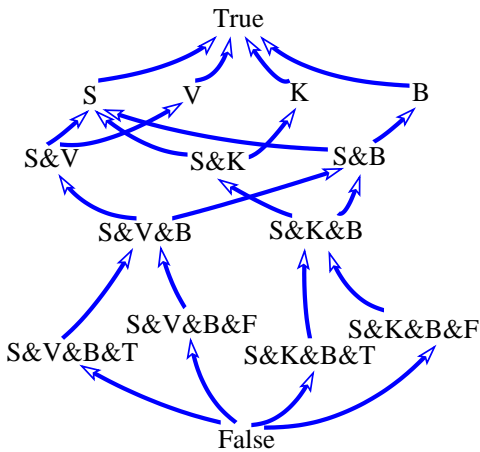


Generella hypoteser



Speciella hypoteser

Generellast i vårt exempel: "Alla väder är vackra"
Speciellast i vårt exempel: "Inga väder är vackra" (!)



Find-S algoritmen

Starta med den/de mest speciella hypoteserna och generalisera succesivt vid behov.

$\hat{h} \leftarrow$ mest speciella hypotesen i H
for $e \leftarrow$ nästa exempel:
 if positivt exempel:
 generalisera \hat{h} så att även e täcks in

Ger den mest speciella hypotesen som är **konsistent** med alla exemplen.

Konkret exempel: "Vackert väder" med antagandet att begreppet är en konjunktion av attributvärden.

Starthypotes: **Aktuell hypotes:** $\langle \emptyset, \emptyset, \emptyset, \emptyset \rangle$ (Maximalt pessimistisk) $\langle \text{Soligt, Varmt, Blåsigt, Torrt} \rangle$ $\langle \text{Soligt, Varmt, Blåsigt, } * \rangle$ $\langle \text{Soligt, Varmt, } *, * \rangle$

Träningsexempel:

- $x_1 = \langle \text{Soligt, Varmt, Blåsigt, Torrt} \rangle \rightarrow$ Vackert
- $x_2 = \langle \text{Soligt, Varmt, Blåsigt, Fuktigt} \rangle \rightarrow$ Vackert
- $x_3 = \langle \text{Regnigt, Kallt, Blåsigt, Fuktigt} \rangle \rightarrow$ Usch
- $x_4 = \langle \text{Soligt, Varmt, Stilla, Fuktigt} \rangle \rightarrow$ Vackert

Slutlig hypotes: "Vackert väder" \equiv Soligt \wedge Varmt

Problem med Find-S

- Omöjligt att veta ifall endast en unik hypotes återstår.
- Varför skulle vi föredra den mest specifika hypotesen?
- Vi kan inte upptäcka inkonsistenta indata eftersom alla negativa exempel ignoreras.
- Vad händer ifall det finns fler lika specifika hypoteser?

Version Space (VS)

Alla hypoteser som är konsistenta med de exempel man hittills har sett.

- $VS \subseteq H$
- $|VS| = 1$ En unik lösning
- $VS = \emptyset$ Inkonsistenta exempel

List-then-Eliminate algoritmen

Direkt representation av Version Space (VS)

$VS \leftarrow H$

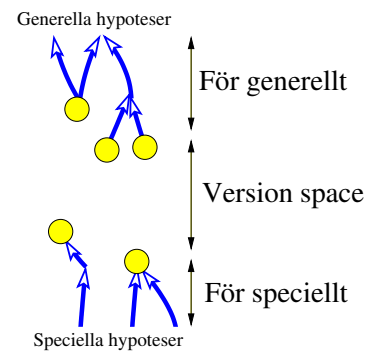
for $e \leftarrow$ nästa exempel:

tag bort alla hypoteser ur VS som inte är konsistenta med e

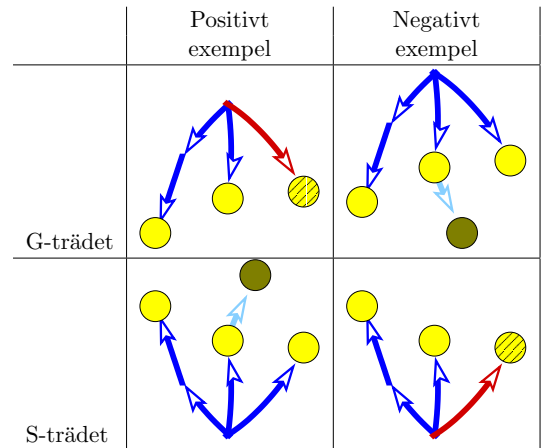
Problem: H är oftast för stor!

Candidate Elimination

- Effektiv representation av Version Space
- Utnyttjar den partiella ordningen mellan hypoteserna



$G \leftarrow$ generellaste hypoteserna i H
 $S \leftarrow$ speciellaste hypoteserna i H
for $e \leftarrow$ nästa exempel:
if positivt exempel:
 $G \leftarrow G - \{\text{hypoteser som inte omfattar } e\}$
 $S \leftarrow$ generalisera S att omfatta e
 Städa S från "generella varianter"
else:
 $S \leftarrow S - \{\text{hypoteser som omfattar } e\}$
 $G \leftarrow$ specialisera G att inte omfatta e
 Städa G från "speciella varianter"
 Städa G från hypoteser som inte är generellare än något i S
 Städa S från hypoteser som inte är speciellare än något i G



Konkret exempel: "Vackert väder" med antagandet att begreppet är en konjunktion av attributvärden.

$G = \{ \langle *, *, *, *, * \rangle \}$
 $G = \{ \langle \text{Soligt}, *, *, * \rangle, \langle \text{Molnigt}, *, *, * \rangle, \langle *, \text{Varmt}, *, * \rangle, \langle *, *, \text{Stilla}, * \rangle, \langle *, *, *, \text{Torrt} \rangle \}$
 $G = \{ \langle \text{Soligt}, *, *, * \rangle, \langle *, \text{Varmt}, *, * \rangle \}$

$x_1 = \langle \text{Soligt}, \text{Varmt}, \text{Blåsig}, \text{Torrt} \rangle \rightarrow$ Vackert
 $x_2 = \langle \text{Soligt}, \text{Varmt}, \text{Blåsig}, \text{Fuktigt} \rangle \rightarrow$ Vackert
 $x_3 = \langle \text{Regnigt}, \text{Kallt}, \text{Blåsig}, \text{Fuktigt} \rangle \rightarrow$ Usch
 $x_4 = \langle \text{Soligt}, \text{Varmt}, \text{Stilla}, \text{Fuktigt} \rangle \rightarrow$ Vackert

$S = \{ \langle \text{Soligt}, \text{Varmt}, *, * \rangle \}$
 $S = \{ \langle \text{Soligt}, \text{Varmt}, \text{Blåsig}, * \rangle \}$
 $S = \{ \langle \text{Soligt}, \text{Varmt}, \text{Blåsig}, \text{Torrt} \rangle \}$

- Begrepp och Hypoteser
 - Definitioner
 - Exempel
 - Hypoteser
- Inläring genom sökning
 - Find-S
 - List-then-Eliminate
 - Candidate Elimination
- Objektiv inläring
 - Bias
 - Unbiased Learner

Bias

Inlärningsalgoritmen är inte "helt objektiv" eftersom den inte tillåts välja bland alla tänkbara hypoteser.

Induction Bias — Inlärningsmetodens påverkan på resultatet

Unbiased Learner En inlärningsalgoritm som är helt neutral

Restriction Bias Begränsning av vilka hypoteser som kan komma ifråga

Preference Bias Styrning av vilka hypoteser som väljs i första hand

Är en *Unbiased Learner* bättre?

Alla delmängder av X är lika rimliga.

Kunskap om x_1, x_2, \dots, x_n säger inget om x_{n+1}

Utän bias är det **omöjligt att generalisera** till $x \notin D$.