



Machine Learning-3

Corso di Intelligenza Artificiale – II Modulo



Sommario

- Rappresentazione G-S del Version Space
- Algoritmo di apprendimento Candidate-Elimination
- Esempi



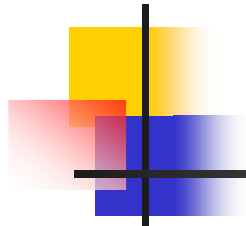
Riferimenti

- Mitchell, T.M. (1997). *Machine Learning*. McGraw Hill Int. Ed.. Capp. I-II.(via Pincherle)
- Russel, S., Norvig, P. (1995). *Artificial Intelligence A Modern Approach*. Prentice Hall Int. Ed.. Sezz.18.5-18.6.
- Lucidi (disponibili sul sito)



Introduzione

- **Learning**: indurre funzioni generali da esempi particolari di training
- **Concept learning**: acquisire la definizione di una categoria generale dato un insieme di esempi positivi e negativi della categoria stessa
- **Best Fit hypothesis**: determinare l'ipotesi h che meglio si adatta agli esempi di training
- **General-to-Specific**: introduzione nello spazio delle ipotesi H di un ordinamento parziale
- **Find-s/Version Space**: studio di algoritmi che convergono in H all'ipotesi h corretta.



Esempio (Mitchell, 1997)

- **Target Concept:** "Giorni in cui il mio amico Aldo pratica il suo sport d'acqua preferito"

Istanze x

Esempio	Sky	AirTemp	Humidity	Wind	Water	Forecast	EnjoySport
1	Sunny	Warm	Normal	Strong	Warm	Same	Yes
2	Sunny	Warm	High	Strong	Warm	Same	Yes
3	Rainy	Cold	High	Strong	Warm	Change	No
4	Sunny	Warm	High	Strong	Cool	Change	Yes

Training set

- Output
- Input

Apprendere a predire il valore di EnjoySport per un giorno arbitrario, sulla base degli attributi del giorno stesso



Definizioni

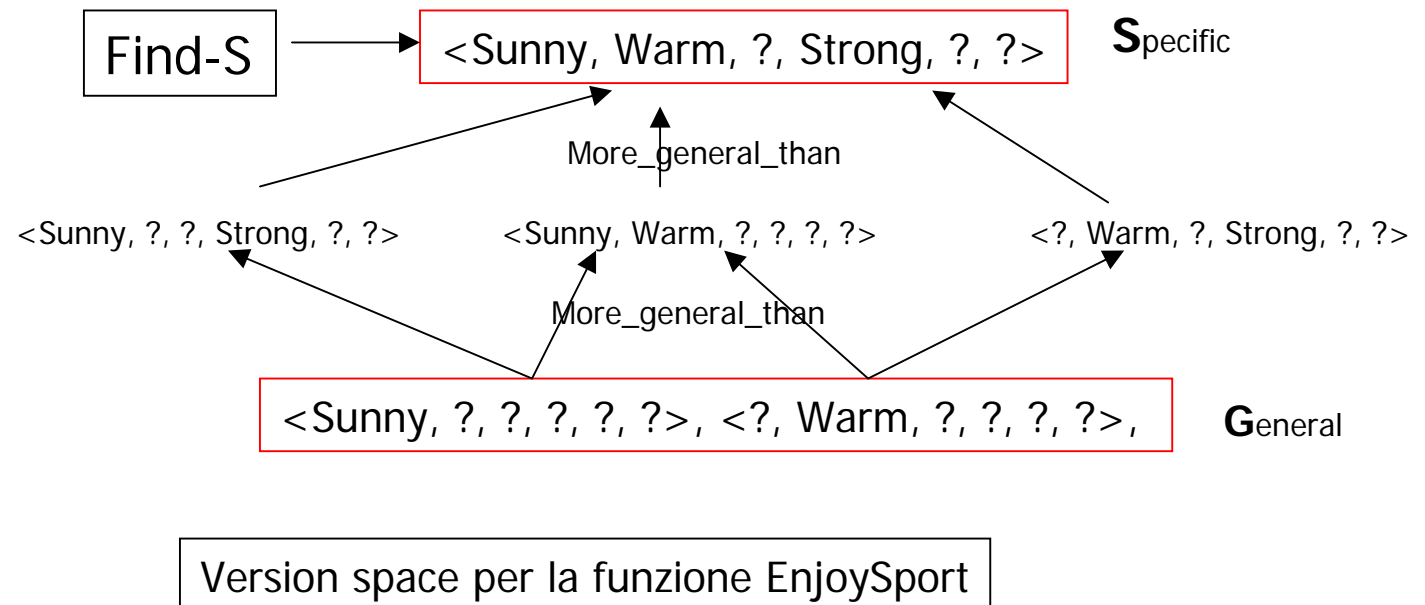
- Una ipotesi h è **consistente** con un insieme di training examples D se e solo se $h(x)=c(x)$ per ogni esempio $\langle x, c(x) \rangle$ in D
 - **Consistent(h, D)** $\Leftrightarrow (\forall \langle x, c(x) \rangle \in D \Rightarrow h(x)=c(x))$
- La consistenza dipende dal target concept
- **Version Space:** $VS_{H,D}$ rispetto allo spazio delle ipotesi H ed all'insieme D degli esempi di training è il sottoinsieme di H formato da tutte le ipotesi h consistenti in D

$$VS_{H,D} \equiv \{ \forall h \in H \mid \text{Consistent}(h, D) \}$$

- **List – Then –Eliminate** Algorithm: fornisce il set di ipotesi consistente con il training set ed appartenente al training set

Rappresentazione compatta del version space: G ed S

- **Version Space**: lo rappresentiamo con i suoi membri più generali e meno generali
- Essi formano due insiemi di confine, **G ed S** che delimitano il version space dentro lo spazio parzialmente ordinato delle ipotesi





Definizioni

- **Insieme G**:rispetto allo spazio delle ipotesi H ed al training set D , è l'insieme dei membri più generali (maximally general) h di H e consistenti con D :

$$G \equiv \{\forall g \in H \mid \text{Consistent}(g, D) \wedge (\neg \exists g' \in H) \mid [(g' >_g g) \wedge \text{Consistent}(g', D)]\}$$

- **Insieme S**:rispetto allo spazio delle ipotesi H ed al training set D , è l'insieme dei membri meno generali (maximally specific) h di H e consistenti con D :

$$S \equiv \{\forall s \in H \mid \text{Consistent}(s, D) \wedge (\neg \exists s' \in H) \mid [(s >_g s') \wedge \text{Consistent}(s', D)]\}$$



Teorema di rappresentazione del Version Space

- Sia X un arbitrario insieme di istanze e sia H un insieme di ipotesi h a valori booleani definite su X . Sia $c : X \rightarrow \{0,1\}$ un arbitrario concetto target definito su X e sia D un insieme arbitrario di esempi di training $\{ \langle x, c(x) \rangle \}$. Per tutti gli X , H , c e D tali che siano definiti gli insiemi G ed S si ha:

$$VS_{H,D} = \{ \forall h \in H \mid (\exists s \in S, \exists g \in G) (g \geq_g h \geq_g s) \}$$

- Il teorema afferma in sostanza che il Version Space si può rappresentare in termini dei suoi membri più generali e più specifici



Algoritmo di apprendimento Candidate – Elimination(1)

- Calcola il Version Space contenente tutte le ipotesi di H che sono consistenti con una sequenza osservata di esempi di training.
- Parte inizializzando il VS all'insieme di tutte le ipotesi in H , ossia inizializzando G ed S .
 - $G_0 \leftarrow \{ \langle ?, ?, ?, ?, ?, ? \rangle \}$
 - $S_0 \leftarrow \{ \langle 0, 0, 0, 0, 0, 0 \rangle \}$
- L'algoritmo ritorna il VS contenente tutte le ipotesi consistenti con gli esempi e solo quelle.



Algoritmo di apprendimento Candidate – Elimination(2)

- Inizializza G all'insieme delle ipotesi più generali in H
- Inizializza S all'insieme delle ipotesi più specifiche in H
- Per ogni esempio di training d , do
 - **Se d è positivo**
 - Rimuovi da G ogni ipotesi inconsistente con d
 - Per ogni ipotesi s in S che non è consistente con d
 - Rimuovi s da S
 - Aggiungi ad S tutte le minime generalizzazioni h di s tali che
 - h è consistente con d , e qualche membro di G è più generale di h
 - Rimuovi da S ogni ipotesi che è più generale di qualunque altra ipotesi in S
 - **Se d è negativo**
 - Rimuovi da S ogni ipotesi inconsistente con d
 - Per ogni ipotesi g in G che non è consistente con d
 - Rimuovi g da G
 - Aggiungi a G tutte le minime specializzazioni h di g tale che
 - h è consistente con d , e qualche membro di S è più specifico di h
 - Rimuovi da G ogni ipotesi che è meno generale di qualunque altra ipotesi in G

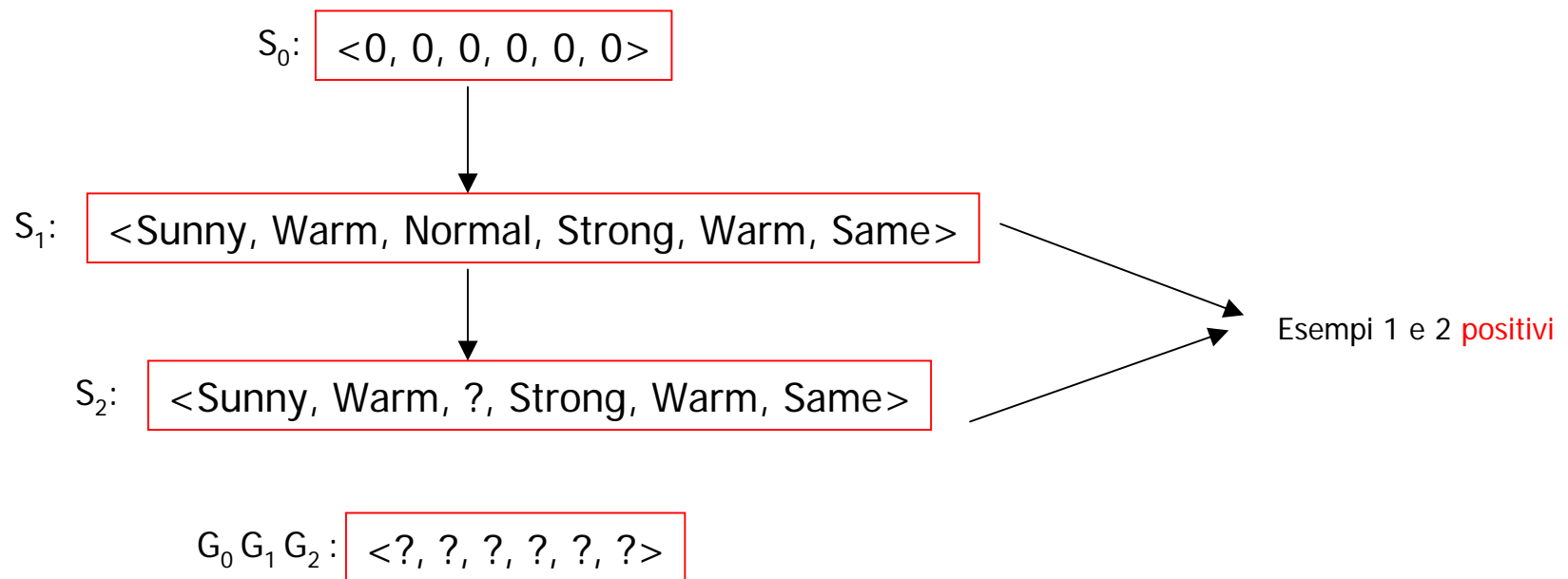


Algoritmo di apprendimento Candidate – Elimination(3)

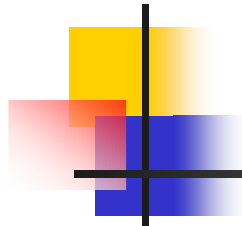
- Converge all'ipotesi h corretta a patto che:
 - Non ci siano errori negli errori di training
 - Esiste in H l'ipotesi h
- Può convergere anche ad un insieme vuoto



Esempio(1)



G rimane invariato in G_0



Esempio(2)

S_2, S_3

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

G_3 :

<Sunny, ?, ?, ?, ?, ?>

<?, Warm, ?, ?, ?, ?>

<?, ?, ?, ?, ?, Same>

G_2 :

<?, ?, ?, ?, ?, ?>

Esempio	Sky	AirTemp	Humidity	Wind	Water	Forecast	EnjoySport
1	Sunny	Warm	Normal	Strong	Warm	Same	Yes
2	Sunny	Warm	High	Strong	Warm	Same	Yes
3	Rainy	Cold	High	Strong	Warm	Change	No
4	Sunny	Warm	High	Strong	Cool	Change	Yes

S rimane invariato in S_3



Esempio(3)

S_3

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



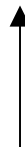
S_4

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

.....

G_4 :

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



G_3 :

<Sunny, ?, ?, ?, ?, ?> <?, Warm, ?, ?, ?, ?> <?, ?, ?, ?, ?, Same>