

corso di:
Apprendimento Automatico
modulo A

Nicola Fanizzi

Dipartimento di Informatica
Università degli studi di Bari

aggiornamento: 18/11/08

Definizione

The field of machine learning is concerned with the question of how to construct computer programs that automatically improve with experience. (Tom Mitchell)

Capire come far apprendere le macchine apre nuove possibilità d'uso del calcolatore, nuovi livelli di competenza e adattabilità ... analogamente ...

Capire a fondo gli algoritmi di apprendimento automatico può portare ad una migliore comprensione delle (in)capacità umane

Apprendimento Induttivo

- Le percezioni servono all'agente a prendere decisioni ma anche a migliorare la capacità futura
- L'agente
 - osserva le proprie interazioni con il mondo
 - le sue decisioni
 - può memorizzarle
- **L'apprendimento induttivo scaturisce dalle osservazioni**

Progetto di Elementi di Apprendimento

- 1) componenti dell'elemento di apprendimento che vanno apprese
- 2) tipo di feedback disponibile per l'apprendimento
- 3) tipo di rappresentazione utilizzata

Componenti da Apprendere

- 1) meccanismo di associazione tra stato corrente e azioni
- 2) deduzione di proprietà dalle percezioni sullo stato corrente
- 3) informazioni sull'evoluzione degli stati del mondo e i risultati delle possibili azioni
- 4) informazioni sull'utilità dei vari stati del mondo
- 5) informazioni sul valore delle azioni (desiderabilità)
- 6) obiettivi: classi di stati che massimizzano l'utilità

supervisionato

- casi 1), 2), 3)
- si apprende una funzione
- partendo da esempi di input e output

non supervisionato

- riconoscere pattern o schemi nell'input
- senza indicazione specifica dei valori in uscita

per rinforzo

- rinforzo = ricompensa (condizionamento)
- imparare come “funziona” l'ambiente in cui l'agente è immerso

Logica

- proposizionale - ordine 0
- predicati - primo ordine

Funzioni matematiche

- a valori reali
 - es. polinomi
- a valori discreti

background knowledge

- tabula rasa ?
- presente anche nei neonati

mostra (anche) come compilare la conoscenza
in modo da accelerare il processo decisionale

Apprendimento Induttivo

Funzione sconosciuta f da apprendere

- **input:**
coppie $(x, f(x))$ dette **esempi**
- **output:**
funzione h (ipotesi) che approssima bene f
- **bontà dell'ipotesi h : generalità**
 - predice correttamente il comportamento della f sconosciuta anche per altri esempi futuri
(**problema dell'induzione**)

Spazio delle Ipotesi

- Ipotesi tratte da uno spazio H che dipende dalla rappresentazione scelta
- **Problema:** spesso ci sono molte ipotesi che si comportano bene sugli esempi in input (ipotesi **consistenti** rispetto ai dati)
- Criteri di scelta
 - Rasoio di Occam (XIV sec.):
preferire l'ipotesi più semplice
 - “*entia non sunt multiplicanda præter necessitatem*”
 - ipotesi troppo complesse non estraggono pattern generali dai dati

Scelta della Funzione

- Rette (iperpiani)
- Polinomi
- $ax + b + c \sin(x)$
- ...

Spazi delle Ipotesi

- Spazi molto estesi:
 - $H = \{mdT\}$?
- Compromesso tra
espressività dello spazio
es. polinomi di grado n ?
complessità della ricerca di ipotesi in tale spazio
più facile cercare tra rette che tra polinomi

Descrizioni Strutturali

- Esempio: regole if-then

If tear production rate = reduced
then recommendation = none

Otherwise, if age = young and astigmatic = no
then recommendation = soft



Age	Spectacle prescription	Astigmatism	Tear production rate	Recommended lenses
Young	Myope	No	Reduced	None
Young	Hypermetrope	No	Normal	Soft
Pre-presbyopic	Hypermetrope	No	Reduced	None
Presbyopic	Myope	Yes	Normal	Hard
...

Le Macchine Possono Imparare Davvero ?

- Definizioni di “imparare” tratte da un dizionario:
 - Acquisire conoscenza dallo studio, dall'esperienza, o dall'insegnamento
 - Prendere conoscenza mediante informazione od osservazione
 - Mandare a memoria
- Difficili da misurare
- Essere informato di qualcosa, accertare
Ricevere istruzioni su qualcosa
- Banale per i computer

Le Macchine Possono Imparare Davvero ?

- **Definizione Operazionale:**

Si impara quando si cambia il proprio comportamento in modo da avere migliori prestazioni in futuro

Può imparare una pantofola ?

- **Imparare implica inventiva ?**

Problema: Giocare a Tennis?

- Condizioni per giocare ad un certo gioco

Outlook	Temperature	Humidity	Windy	Play
Sunny	Hot	High	False	No
Sunny	Hot	High	True	No
Overcast	Hot	High	False	Yes
Rainy	Mild	Normal	False	Yes
...

If outlook = sunny and humidity = high then play = no

If outlook = rainy and windy = true then play = no

If outlook = overcast then play = yes

If humidity = normal then play = yes

If none of the above then play = yes

Regole: Classificazione / Associazione

- Regola di classificazione:
 - predice il valore di un dato attributo (la classificazione di un esempio)

```
If outlook = sunny and humidity = high  
then play = no
```

- Regola di Associazione:
 - predice il valore di attributi arbitrari (o di una loro combinazione)

```
If temperature = cool then humidity = normal  
If humidity = normal and windy = false  
then play = yes  
If outlook = sunny and play = no  
then humidity = high  
If windy = false and play = no  
then outlook = sunny and humidity = high
```

Es. Dati Meteo: Attributi di Tipo Diverso

- Alcuni attributi hanno valori numerici

Outlook	Temperature	Humidity	Windy	Play
Sunny	85	85	False	No
Sunny	80	90	True	No
Overcast	83	86	False	Yes
Rainy	75	80	False	Yes
...

```
If outlook = sunny and humidity > 83 then play = no
If outlook = rainy and windy = true then play = no
If outlook = overcast then play = yes
If humidity < 85 then play = yes
If none of the above then play = yes
```

Problema: Scelta Lenti a Contatto

Age	Spectacle prescription	Astigmatism	Tear production rate	Recommended lenses
Young	Myope	No	Reduced	None
Young	Myope	No	Normal	Soft
Young	Myope	Yes	Reduced	None
Young	Myope	Yes	Normal	Hard
Young	Hypermetrope	No	Reduced	None
Young	Hypermetrope	No	Normal	Soft
Young	Hypermetrope	Yes	Reduced	None
Young	Hypermetrope	Yes	Normal	hard
Pre-presbyopic	Myope	No	Reduced	None
Pre-presbyopic	Myope	No	Normal	Soft
Pre-presbyopic	Myope	Yes	Reduced	None
Pre-presbyopic	Myope	Yes	Normal	Hard
Pre-presbyopic	Hypermetrope	No	Reduced	None
Pre-presbyopic	Hypermetrope	No	Normal	Soft
Pre-presbivopic	Hypermetrope	Yes	Reduced	None
Pre-presbivopic	Hypermetrope	Yes	Normal	None
Presbivopic	Myope	No	Reduced	None
Presbivopic	Myope	No	Normal	None
Presbivopic	Myope	Yes	Reduced	None
Presbivopic	Myope	Yes	Normal	Hard
Presbivopic	Hypermetrope	No	Reduced	None
Presbivopic	Hypermetrope	No	Normal	Soft
Presbivopic	Hypermetrope	Yes	Reduced	None
Presbyopic	Hypermetrope	Yes	Normal	None

Insieme di Regole Corretto e Completo

If tear production rate = reduced then recommendation = none

If age = young and astigmatic = no
and tear production rate = normal then recommendation = soft

If age = pre-presbyopic and astigmatic = no
and tear production rate = normal then recommendation = soft

If age = presbyopic and spectacle prescription = myope
and astigmatic = no then recommendation = none

If spectacle prescription = hypermetrope and astigmatic = no
and tear production rate = normal then recommendation = soft

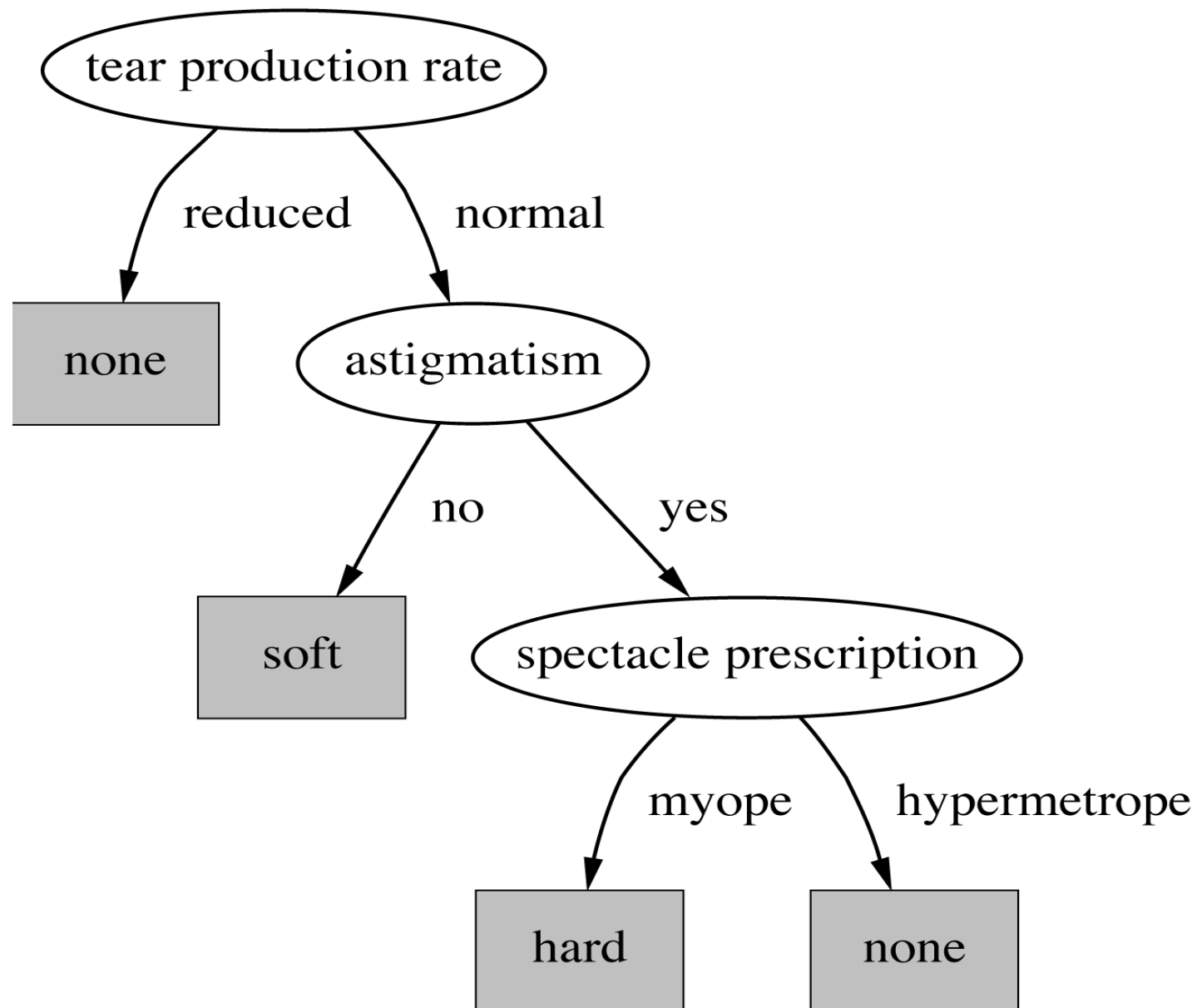
If spectacle prescription = myope and astigmatic = yes
and tear production rate = normal then recommendation = hard

If age young and astigmatic = yes
and tear production rate = normal then recommendation = hard

If age = pre-presbyopic
and spectacle prescription = hypermetrope
and astigmatic = yes then recommendation = none

If age = presbyopic and spectacle prescription = hypermetrope
and astigmatic = yes then recommendation = none

Albero di Decisione



Predizione delle Prestazioni di una CPU

- Esempi: 209 diverse configurazioni di PC

	Cycle time (ns)	Main memory (Kb)		Cache (Kb)	Channels		Performance
	MYCT	MMIN	MMAX	CACH	CHMIN	CHMAX	PRP
1	125	256	6000	256	16	128	198
2	29	8000	32000	32	8	32	269
...							
208	480	512	8000	32	0	0	67
209	480	1000	4000	0	0	0	45

- Funzione di Regressione Lineare

$$\text{PRP} = -55.9 + 0.0489 \text{ MYCT} + 0.0153 \text{ MMIN} + 0.0056 \text{ MMAX} \\ + 0.6410 \text{ CACH} - 0.2700 \text{ CHMIN} + 1.480 \text{ CHMAX}$$

If leaf condition is normal
and stem condition is abnormal
and stem cankers is below soil line
and canker lesion color is brown
then
diagnosis is rhizoctonia root rot

If leaf malformation is absent
and stem condition is abnormal
and stem cankers is below soil line
and canker lesion color is brown
then
diagnosis is rhizoctonia root rot

Ma in questo dominio, leaf condition normale implica leaf malformation assente !

- S. Russell & P. Norvig:
Intelligenza Artificiale - Un approccio moderno,
vol.2 Pearson, 3[^] ed.
- I. Witten & E. Frank:
Data Mining: Practical Machine Learning Tools
and Techniques,
Morgan Kaufmann