

Sistemi ad Agenti - Appunti

Federico Calò

Indice

1	Introduzione	8
1.1	Che cos'è l'AI?	8
1.2	I fondamentali dell'Intelligenza Artificiale	8
1.3	La storia dell'Intelligenza Artificiale	8
1.4	Lo stato dell'arte	8
1.5	Rischi e benefici dell'AI	8
2	Agenti intelligenti	9
2.1	Gli agenti e gli ambienti	9
2.2	Un buon comportamento: il concetto di razionalità	9
2.3	La natura degli ambienti	9
2.4	La struttura degli agenti	9
3	Risoluzione di problemi attraverso la ricerca	10
3.1	La risoluzione dei problemi degli agenti	10
3.2	Esempi di problemi	10
3.3	Algoritmi di ricerca	10
3.4	Strategie di ricerca non informate	10
3.5	Strategie di ricerca informate (euristica)	10
3.6	Funzioni euristiche	10
4	Ricerca in ambienti complessi	11
4.1	Ricerca locale e ottimizzazione dei problemi	11
4.2	Ricerca locale in spazi continui	11
4.3	Ricerca con azioni non deterministiche	11
4.4	Ricerca in ambienti parzialmente osservabili	11
5	CSP: problemi di soddisfazione dei vincoli	12

5.1	Definizione dei CSP	12
5.2	Propagazione dei vincoli: Interfacce all'interno dei CSP	12
5.3	Ricerca backtracking per i CSP	12
5.4	Ricerca locale per CSP	12
5.5	La struttura dei problemi	12
6	Ricerca e giochi contraddittori	13
6.1	Teoria dei giochi	13
6.2	Decisioni ottimali nei giochi	13
6.3	Albero di ricerca Alpha-Beta euristico	13
6.4	Albero di ricerca Monte Carlo	13
6.5	Giochi stocastici	13
6.6	Giochi parzialmente osservabili	13
6.7	Limitazioni di algoritmi di ricerca dei giochi	13
7	Agenti logici	14
7.1	Knowledge Base degli agenti	14
7.2	Il mondo Wumpus	14
7.3	Logica	14
7.4	Proposizioni logiche: Una logica veramente semplice	14
7.5	Dimostrazione di proposizione logiche	14
7.6	Efficace controllo del modello proposizionale	14
7.7	Agenti basati su logica proposizionale	14
8	Logica del primo ordine	15
8.1	Rappresentazione rivisitata	15
8.2	Sintassi e semantica della logica del primo ordine	15
8.3	Usi della logica del primo ordine	15
8.4	Ingegneria della conoscenza nella logica del primo ordine	15

9 Inferenza nella logica del primo ordine	16
9.1 Inferenza proposizionale vs Inferenza del primo ordine	16
9.2 Unificazione e inferenza del primo ordine	16
9.3 Concatenamento in avanti (Forward Chaining)	16
9.4 Concatenamento all'indietro (Backward Chaining)	16
9.5 Risoluzione	16
10 Rappresentazione della conoscenza	17
10.1 Ingegneria ontologica	17
10.2 Categorie e oggetti	17
10.3 Eventi	17
10.4 Oggetti mentali e modelli logici	17
10.5 Sistemi di ragionamento per categorie	17
10.6 Ragionamento con informazioni di default	17
11 Pianificazione automatica	18
11.1 Definizione di pianificazione classica	18
11.2 Algoritmi per la pianificazione classica	18
11.3 Euristiche per la pianificazione	18
11.4 Pianificazione gerarchica	18
11.5 Pianificazione e azione in domini non deterministici	18
11.6 Tempo, schedulazione e risorse	18
11.7 Analisi degli approcci di pianificazione	18
12 Quantificare l'incertezza	19
12.1 Agire in condizioni di incertezza	19
12.2 Notazione base probabilistica	19
12.3 Inferenza utilizzando le distribuzioni Full Joint	19
12.4 Indipendenza	19

12.5 Regola di Bayes e il suo uso	19
12.6 Modelli Naive Bayes	19
12.7 Il Wumpus World rivisitato	19
13 Ragionamento probabilistico	20
13.1 Rappresentazione della conoscenza in un dominio incerto	20
13.2 La semantica dei network Baiesiani	20
13.3 Inferenza approssimata per i network Baiesiani	20
13.4 Networks casuali	20
14 Ragionamento probabilistico nel tempo	21
14.1 Tempo e incertezza	21
14.2 Inferenza nei modelli temporali	21
14.3 Modelli nascosti di Markov	21
14.4 Filtri di Kalman	21
14.5 Network Baiesiani dinamici	21
15 Fare decisioni semplici	22
15.1 Combinare credenze e desideri in condizioni di incertezza	22
15.2 Le basi della teoria dell'utilità	22
15.3 Funzioni utili	22
15.4 Funzioni utili Multiattributi	22
15.5 Network Decisionali	22
15.6 Il valore dell'informazione	22
15.7 Preferenze sconosciute	22
16 Fare decisioni complesse	23
16.1 Problemi decisionali sequenziali	23
16.2 Algoritmi MDPs	23

16.3 Problemi banditi	23
16.4 MDPs parzialmente osservabili	23
16.5 Algoritmi per la risoluzione di POMDPs	23
17 Decisione multiagente	24
17.1 Proprietà degli ambienti multiagenti	24
17.2 Teoria dei giochi non cooperativi	24
17.3 Fare decisioni collettive	24
18 Programmazione probabilistica	25
18.1 Modelli probabilistici relazionali	25
18.2 Modelli probabilistici Open-Universe	25
18.3 Tenere traccia di un mondo complesso	25
18.4 Programmi come modelli di probabilità	25

Premessa

Questa è una personale traduzione riorganizzata del libro "Artificial intelligence. A modern approach. Fourth Edition", di Stuart Russell e Peter Norvig. La traduzione è soggetta alla licenza [Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International \(CC BY-NC-SA 4.0\)](#).

1 Introduzione

Il campo dell'**intelligenza artificiale**, o AI, ha lo scopo di non comprendere ma anche di costruire entità intelligenti, macchine in grado di calcolare come agire in modo efficace e sicuro in un'ampia varietà di situazioni nuove. L' AI attualmente comprende una grande varietà di sotto campi, che vanno dal generale allo specifico. E' un campo universale, rilevante in ogni task intellettuale.

1.1 Che cos'è l'AI?

Storicamente i ricercatori hanno dato numerose versioni della definizione di AI. Alla base di questa materia vi è il **test di Turing**, proposto da Alan Turing nel 1950, il quale si poneva la domanda se effettivamente una macchina sapesse pensare. Un computer passa questo test se un umano può porre una domanda e non saprebbe dire se la risposta arriva da una persona o da un computer.

Per fare ciò un computer necessiterebbe di:

- **un'elaborazione del linguaggio naturale** per comunicare con successo con un umano
- **una rappresentazione della conoscenza** per immagazzinare cosa sa o cosa ascolta
- **un ragionamento automatico** per rispondere alle domande e trarre nuove conclusioni
- **apprendimento meccanico** per adattarsi a nuove circostanze e per rilevare e scoprire nuovi pattern.

Altri ricercatori hanno proposto un **test di Turing totale** nel quale la macchina interagisce con oggetti e persone nel mondo reale, quindi aggiungendo ulteriormente due aspetti:

- **computer vision** e riconoscimento vocale
- **una rappresentazione della conoscenza** per immagazzinare cosa sa o cosa ascolta

1.2 I fondamentali dell' Intelligenza Artificiale

1.3 La storia dell'Intelligenza Artificiale

1.4 Lo stato dell'arte

1.5 Rischi e benefici dell'AI

2 Agenti intelligenti

2.1 Gli agenti e gli ambienti

2.2 Un buon comportamento: il concetto di razionalità

2.3 La natura degli ambienti

2.4 La struttura degli agenti

3 Risoluzione di problemi attraverso la ricerca

3.1 La risoluzione dei problemi degli agenti

3.2 Esempi di problemi

3.3 Algoritmi di ricerca

3.4 Strategie di ricerca non informate

3.5 Strategie di ricerca informate (euristica)

3.6 Funzioni euristiche

4 Ricerca in ambienti complessi

4.1 Ricerca locale e ottimizzazione dei problemi

4.2 Ricerca locale in spazi continui

4.3 Ricerca con azioni non deterministiche

4.4 Ricerca in ambienti parzialmente osservabili

5 CSP: problemi di soddisfazione dei vincoli

5.1 Definizione dei CSP

5.2 Propagazione dei vincoli: Interfacce all'interno dei CSP

5.3 Ricerca backtracking per i CSP

5.4 Ricerca locale per CSP

5.5 La struttura dei problemi

6 Ricerca e giochi contraddittori

6.1 Teoria dei giochi

6.2 Decisioni ottimali nei giochi

6.3 Albero di ricerca Alpha-Beta euristico

6.4 Albero di ricerca Monte Carlo

6.5 Giochi stocastici

6.6 Giochi parzialmente osservabili

6.7 Limitazioni di algoritmi di ricerca dei giochi

7 Agenti logici

7.1 Knowledge Base degli agenti

7.2 Il mondo Wumpus

7.3 Logica

7.4 Proposizioni logiche: Una logica veramente semplice

7.5 Dimostrazione di proposizione logiche

7.6 Efficace controllo del modello proposizionale

7.7 Agenti basati su logica proposizionale

8 Logica del primo ordine

8.1 Rappresentazione rivisitata

8.2 Sintassi e semantica della logica del primo ordine

8.3 Usi della logica del primo ordine

8.4 Ingegneria della conoscenza nella logica del primo ordine

9 Inferenza nella logica del primo ordine

9.1 Inferenza proposizionale vs Inferenza del primo ordine

9.2 Unificazione e inferenza del primo ordine

9.3 Concatenamento in avanti (Forward Chaining)

9.4 Concatenamento all'indietro (Backward Chaining)

9.5 Risoluzione

10 Rappresentazione della conoscenza

10.1 Ingegneria ontologica

10.2 Categorie e oggetti

10.3 Eventi

10.4 Oggetti mentali e modelli logici

10.5 Sistemi di ragionamento per categorie

10.6 Ragionamento con informazioni di default

11 Pianificazione automatica

11.1 Definizione di pianificazione classica

11.2 Algoritmi per la pianificazione classica

11.3 Euristiche per la pianificazione

11.4 Pianificazione gerarchica

11.5 Pianificazione e azione in domini non deterministici

11.6 Tempo, schedulazione e risorse

11.7 Analisi degli approcci di pianificazione

12 Quantificare l'incertezza

12.1 Agire in condizioni di incertezza

12.2 Notazione base probabilistica

12.3 Inferenza utilizzando le distribuzioni Full Joint

12.4 Indipendenza

12.5 Regola di Bayes e il suo uso

12.6 Modelli Naive Bayes

12.7 Il Wumpus World rivisitato

13 Ragionamento probabilistico

13.1 Rappresentazione della conoscenza in un dominio incerto

13.2 La semantica dei network Baiesiani

13.3 Inferenza approssimata per i network Baiesiani

13.4 Networks casuali

14 Ragionamento probabilistico nel tempo

14.1 Tempo e incertezza

14.2 Inferenza nei modelli temporali

14.3 Modelli nascosti di Markov

14.4 Filtri di Kalman

14.5 Network Baiesiani dinamici

15 Fare decisioni semplici

15.1 Combinare credenze e desideri in condizioni di incertezza

15.2 Le basi della teoria dell'utilità

15.3 Funzioni utili

15.4 Funzioni utili Multiattributi

15.5 Network Decisionali

15.6 Il valore dell'informazione

15.7 Preferenze sconosciute

16 Fare decisioni complesse

16.1 Problemi decisionali sequenziali

16.2 Algoritmi MDPs

16.3 Problemi banditi

16.4 MDPs parzialmente osservabili

16.5 Algoritmi per la risoluzione di POMDPs

17 Decisione multiagente

17.1 Proprietà degli ambienti multiagenti

17.2 Teoria dei giochi non cooperativi

17.3 Fare decisioni collettive

18 Programmazione probabilistica

18.1 Modelli probabilistici relazionali

18.2 Modelli probabilistici Open-Universe

18.3 Tenere traccia di un mondo complesso

18.4 Programmi come modelli di probabilità