

人工智能

〔美〕 E. 里奇 著

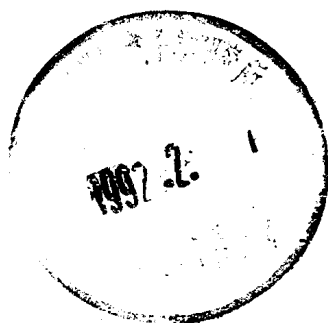
曉園出版社
世界圖書出版公司

73.82
285

人 工 智 能 (慧)

(美) E. 里奇 著

颜仁鸿 译



曉 園 出 版 社
世 界 圖 書 出 版 公 司

北京 · 广州 · 上海 · 西安

1992

9310153

人 工 智 能 (慧)

(美) E. 里奇 著

颜仁鸿 译

*

晓园出版社出版

世界图书出版公司北京分公司重印

北京朝阳门内大街 137 号

北京中西印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1993 年 1 月第 一 版 开本: 711×1245 1/24

1993 年 1 月第一次印刷 印张: 19

印数: 0001-1100 字数: 34.2 万字

ISBN: 7-5062-1464-4/Z · 57

定价: 14.40 元 (W_{9206/7})

世界图书出版公司通过中华版权代理公司向晓园出版社购得重印权

限国内发行

譯 序

人工智慧在沈寂了好一段時間之後，最近又突然熱門起來，日本1982年間展開第五代電腦開發計畫，預定在十年內開發出聽日常言語，能看圖片、能思考的智慧型電腦，這項偉大的計畫主要的重心就是在人工智慧。

反觀國內在前幾年，知道什麼是LISP語言的寥寥無幾，用說會應用它了。最近國內對人工智慧有了新的態度，將它列為資訊工業的重點項目，興起了一阵研究風潮，學校方面也有許多。就目前國內資訊科學的環境而言，“人才”大概是最主要的，畢竟經驗是工程的精髓。而人才的培養却非三、兩天便能完。為了能夠將國內的人工智慧發展基礎打穩，推廣人工智慧教刻不容緩的。當然最直接的方法之一便是將國外有關人工智慧經典作品引介給國人，這也是這本書誕生的原因。

本書的翻譯工作經歷一波三折，最後終於排除萬難能和國人見面，尤其是我的夥伴陳文賢與翁秉文的大力協助，特此感謝。本書涵蓋的範圍相當廣泛，很適合推薦給想要了解人工智慧的人研讀。乃以一己淺薄之學能，將其譯成中文，希望能讓更多關心人工智慧的同好們能藉此機會一睹其堂奧。謝謝曉園出版社熱心的鼓勵與策劃，使得本書能以清晰的面目與讀者見面，相信有這許多人的心力投注，能使此書對國內的資訊發展有所貢獻。

顏 仁 鴻
謹識

1986年4月

原 序

這本書的目的是對於程式師及電腦科學家們，有關人工智慧各種問題和技術的一個簡單介紹。本書可做為人工智慧課程的教科書，也可提供想了解人工智慧是什麼的電腦專家們做為自修指南。

本書是對研究所為時一學期的人工智慧概論所縮寫的教科書。在這樣的一個課程中，應該是能夠涵蓋書上所有的材料。同時我也要求學生選讀文中所列的論文十至十五篇，以便能讓他們熟悉人工智慧的研究方式。

當然這本書也能給大學部的學生當成一學期的教科書，但是將無法講授所有的內容。第1, 3, 5, 7和8章描述了解題法和知識表示法的一些基本技術，所以應該儘可能的把它全部教完。然後，如果有剩餘的時間，再由其他幾章中挑一些主題來講。

若要有效的使用這本書，學生本身要具有一些電腦科學和教學的基礎。在電腦科學方面，要有豐富的程式經驗，同時要熟知大學部的資料結構課程。另外，對於將遞迴當成一個程式的控制結構也要相當熟悉，並且對於演算法在時間上的複雜度也要能做簡單的分析。在數學方面，學生要具備大學邏輯課程的素養與有決策程序的基本概念，其中應包括具有有限詞的敘述邏輯。

本書從頭至尾包含了許多參考人工智慧研究文獻的地方。這些參考資料非常重要，理由有二：第一，它們使得學生對於自己感興趣的題目能不受書本空間的限制，能做更深入的研究。這也是通盤討論的教科書中包含了參考目錄的共同理由；第二，書中所列的參考資料都是相對於書中內容較明確的資料。人工智慧是一門比較新的學問，在許多領域中仍留下許多待商榷的問題。如果能參考原始文獻，則可讓學生知道對於尚待研究方能有成果的問題，有一種以上學理上或經驗上的不同作法。

因為人工智慧的終極目的是建立出解決難題的程式，所以不寫一些程式就不能算是完全研究過人工智慧。目前大多數人工智慧的程式都是用

LISP或是基於LISP的高階語言所寫成的。但是因為目前並沒有一個LISP的標準，因此任何包含真正LISP程式碼的教科書，最後一定不可避免的造成學生的挫折感，因為書上有的例子不能在他們所使用的機器上執行。因此，本書所列舉的演算法都只描述到能讓學生自己寫出程式的程度，並非以程式碼來表示。所以，爲了要補足這一點，一本有關於在人工智慧上如何用LISP的好書（如[Winston, 1981; Charniak, 1980]）和一本配合機器使用的LISP手冊就很有必要了。

這本書靠了很多人的幫忙才誕生的。原始的手稿根據Woody Bledsos, Jaime Carbonell, Elaine Kant, Janet Kolodner, Doug Lenat, Allen Newell, Robert Rich, David Scott, Vincent Sigillito, Robert Simmons, Aaron Temin, 的建議而修改了很多，以及許多飽受我初期手稿之苦的學生。在這些人當中，我要特別感謝Janet和我父親，他們每人至少幫我看了三次草稿。在書本的實際型式方面，我要感謝Brain Reid寫了Scribe程式，讓Ed Frank和他能用此程式來整理這本書的格式。Jon Bentley在書寫的程序上提供了一些專家性的建議，因為他最近才做了同樣的工作。出版的書局對所有的一切都非常的了解。Lee Frman和Doug Lenat分別提供了語音及EURISKO例子的圖片。Don Speray用NASA在Langley研究中心製圖設備爲本書製作了封面相片。Alan Cline則提供了封面設計。我非常感謝他爲本書所做的一切。

Elaine Rich

目 錄

第一章 何謂人工智慧 1

1.1	定 義	1
1.2	基本假設	3
1.3	甚麼是 A.I. 技術	5
1.4	模型的層次	16
1.5	成功與否的標準	18
1.6	一般的參考書目	20
1.7	結 語	21

第一部份 問題解決

第二章 問題及問題空間 25

2.1	以搜尋狀態空間的方式來定義問題	25
2.2	問題的特質	37
2.3	生產系統的特性	48
2.4	其他問題	50
2.5	摘 要	51
2.6	習 題	52

第三章 基本的解題方法 53

3.1	正向對逆向的推理	54
3.2	問題樹及問題圖表	58

3.3	知識表示及框架問題	60
3.4	匹 配	62
3.5	啓發函數	68
3.6	弱勢方法	70
3.7	搜尋演算法的分析	100
3.8	摘 要	104
3.9	習 題	105

第四章 遊戲競局 111

4.1	概 論	111
4.2	MINIMAX 搜尋程序	114
4.3	加上 ALPHA - BETA 截斷法	119
4.4	其他的改良方法	125
4.5	方法的限制	127
4.6	摘 要	129
4.7	一些特殊遊戲的參考資料	129
4.8	習 題	130

第二部份 知識表示法

第五章 知識的表示法——利用敘述邏輯來表示 135

5.1	簡介表示法	135
5.2	以邏輯來表示簡單的事實	137
5.3	在表示式中附加可計算的函數敘述	143
5.4	析解法	149
5.5	自然演繹法	169
5.6	摘 要	170
5.7	習 題	170

第六章 以其他邏輯方法表示知識 175

6.1	簡 介	175
6.2	非單調推理方式	178
6.3	統計和機率式的推理	186
6.4	摘 要	200
6.5	習 題	200

第七章 知識的結構化 203

7.1	簡 介	203
7.2	宣告表示法	215
7.3	程序表示法	241
7.4	摘 要	244
7.5	習 題	244

第三部份 進階篇

第八章 高等解題 249

8.1	計 劃	249
8.2	系統的組織	282
8.3	專家系統	290
8.4	摘 要	297
8.5	習 題	297

第九章 自然語言了解 301

9.1	簡 介	301
9.2	了解個別的句子	308
9.3	瞭解複合句子	336

9.4	走另一條路：語言產生	347
9.5	兩方面都做：機器翻譯	349
9.6	摘 要	350
9.7	習 題	350

第十章 認 知 353

10.1	認知為何困難	353
10.2	用來解決認知難題的技巧	357
10.3	限定滿足法 - 華爾滋演算法	358
10.4	摘 要	366
10.5	習 題	366

第十一章 學 習 369

11.1	甚麼是學習？	369
11.2	隨機學習和神經網	370
11.3	強記式的學習	371
11.4	修正參數的學習法	373
11.5	GPS 中的學習	375
11.6	概念的學習	376
11.7	發明式的學習：AM	382
11.8	類比式的學習	391
11.9	摘 要	394
11.10	習 題	396

第十二章 實際建構 A.I. 系統程式語言和機器 397

12.1	A.I. 程式語言：重要的特性	397
12.2	IPL	400
12.3	LISP	401

12.4	SAIL	404
12.5	PLANNER	404
12.6	KRL	405
12.7	PROLOG	410
12.8	摘 要	411
12.9	為 A.I. 應用而設計的計算機結構	415
12.10	習 題	418
 第十三章 結 論		
13.1	A.I. 程式的組成成份	419
13.2	A.I. 在電腦科學中的地位	419
13.3	習 題	420
 參考書目 421		
致 謝 437		
作者索引 439		
索 引 443		

第一章

何謂人工智慧

1.1 定義

到底什麼是人工智慧(artificial intelligence)呢？許多人嘗試着想以廣泛而複雜的言辭對它下一個正確的定義，但是都沒有成功。然而爲了能對以下的討論有一個全面的審視，至少要對這個觀念有個約略的界定。我提出以下的定義，當然這個定義並不是每個人都同意的：人工智慧(Artificial Intelligence, 簡稱A.I.)是研究讓電腦能做當代人類做得比電腦好的工作。因爲這個定義與現代電腦科學有關，所以變動就相當大，雖然如此，從本書中你也可以看出，事實上這個定義變動的速率沒有你想像的大。A.I.的第一個實驗結果就說明了：能夠在從事“困難任務”上勝過人類的電腦研究，事實上進步緩慢。A.I.最早的研究約在1960年代，電腦專家們預測的A.I.進展遠超過實際情形，所以這個定義至少在幾年內可以提供一個A.I.整體輪廓的描述，而且它避免使用一般哲學用語中的人工或智慧來下定義。

A.I.到底包含了那些問題呢？首先列入研究的是遊戲競局和定理證明。薩慕爾[Samuel, 1963]寫了一個下棋的程式，此程式不但可以和對手對奕，並且可以利用從前比賽的經驗來增進實力。尼爾威這位邏輯方面的理論家曾用它來證明一些數學定理。而在羅素(Russell)與懷海德(Whitehead)合著的“原理”(principia)一書中第一章的某些理論(theorems)也是用它來證明。

做遊戲和證明理論都有一個相同的特性：即使我們認爲一個“人”的棋下得不錯，理論證明也很有一套，就表示他很有“智慧”，但是因爲電腦的運算速度很快，它可以短時間內在大量的可能解之中，找出最佳的一個，而這個過程似乎並不需要多少“智慧”，所以程式很容易完成。但是在以下的討論中我們可以知道這種假設並不真確，因爲沒有一種電腦可以

2 第一章 何謂人工智慧

在短時間內以這種方式解決問題。

另一個 A.I. 早期研究的重點在於解決一般事務（像是決定早上如何去上班）之類的問題。爲了研究這一類推理，紐威爾、蕭（Shaw）及辛姆森（Simson）建了 GPS（一般問題解決器（General Problem Solver，簡稱 GPS）[Newell, 1936b]，應用於邏輯敘述的符號處理。可是沒有人嘗試寫一個針對有大量知識的特定問題的程式，他們只選擇了較簡單的部分來做。

隨著 A.I. 研究的進展以及處理大量知識的技術發展，我們在剛剛所描述的任務其他的任務都可以獲得一些進展。這些研究和技術包括知覺能力（視覺及語音）、自然語言處理和特殊領域，像是醫學診斷及化學分析之類問題的解決。

對周圍世界的知覺（perception）是我們生存不可或缺的，即使智慧比人低的動物，牠們所具備的知覺能力也比現有的機器要好的多。早期對簡單、不變的視覺研究，主要分成兩個方向：即固定圖形的辨視及較具彈性的視圖系統。因爲這兩種方向有彈性上的差異（請參閱 1-3 節），只有後者才算是人工智慧的研究範疇內。研究此種知覺牽涉到類比而非數位訊號的處理，而因爲這類訊號的雜訊很多，且同時會接收到一大堆訊號，不同的訊號間又常會相互干擾，因此這種研究相當困難。在第十章中我們會詳細討論。

人類與動物最大的區別在於人類具有使用語言溝通的能力，要了解人類“說”的話，是一個頗難的問題，因此我們將問題簡化，限制在“寫”的語言上，即稱爲自然語言了解（natural language understanding），但仍相當困難。爲了了解某個主題中的句子，我們不但要懂得這個語言（包括字彙和文法），而且必須對這個主題的內容有足夠的了解，才能知道一些沒有寫清楚的假設。在第九章中我們再詳細的討論。

對大部分人而言，知覺及語言的了解只不過是稀鬆平常的事，除了這些以外，有些人還能做一般人做不到的、具有智慧的事，這些人稱爲專家。因爲只有少數人能做這些事（像是疾病的診斷），這些事顯然比一般要難。但是這些問題部分已經證明可以由稱爲“專家系統”（expert system）的程式 [費根堡（Feigenbaum），1977] 來解決。有關這一類的系

統將在 8-3 節中討論。

有關人工智慧研究範圍內的一些問題可列舉如下：

- 做遊戲
- 證明某些理論
- 解決一般的問題
- 知覺
 - 視覺
 - 語音
- 了解自然語言
- 專家系統
 - 符號數學 (Symbolic mathematics)
 - 醫學診斷
 - 化學分析
 - 工程設計 (Engineering design)

在研究某個特定的 A.I. 的問題及技術之前，首先要討論下面的幾個疑點：

1. 我們對“智慧”一辭的假設是什麼？
2. 有助於解決 A.I. 問題的技術有那些？
3. 我們想仿效人類的智慧到何種程度？
4. 如何才能知道我們已經寫了一個“有智慧”的程式？

在這一章接下來的四節中將討論以上四個疑點，然後是有關 A.I. 方面文章的綱要，最後再做一個總結。

1.2 基本假設

人工智慧研究的精華在於紐威爾及辛姆森 [紐威爾, 1976] 所提出的“實體符號系統假設”(physical symbol system hypothesis)，他們將實體符號系統定義如下：

所謂實體符號系統包含一組稱為符號(symbols)的實體原型，這些實體原型是另一種稱為敘述(expression)(或符號結構(Symbol structure))的實體的組成要素。這種符號結構乃是某些符號以某種實體方式(如一個符號引發另一個符號)所組成，在任一瞬間，系統均包括了這些符號結構。除了這些結構外，實體符號系統還包含了一些敘述，用以產生其他敘述；這些程序含有產生、修改、創造等程式，總括而言，實體符號系統是一種可以由時間產生敘述的機器。此系統存在於比它自己的符號敘述還寬廣的事物裡面。

他們因此將整個假說描述如下：

實體符號系統假說：實體符號系統具有必要而且足夠的方法來做一般有智慧的活動。[p.116]

這個假說至今尚無法以邏輯的方法證明其真偽，只能算是一種假說而已，所以必須靠實驗驗證。

電腦可以經由程式控制，模擬任何實體符號系統，所以它正是這個實驗的最佳工具。電腦這種特性在早期就已為人注目。拉薇蕾絲(Lovelace)女士在觀察了巴貝吉(Babbage)在1842年所提出的“分析機器”(Analytical Engine)一文之後，有以下的觀察：

運轉的機構可以不為任何目的而獨立運轉(當然也不會有任何結果產生)，它也可以根據我們所需的目的，經由操作來表達其間的相互關係，它對機械的訊號非常敏感，例如可以經由敘述來表達和聲和音調等關係，這機械甚至可以作出非常精巧複雜的音樂。

由於計算用的機器愈來愈容易製作，所以要以實證的方式驗證自然符號系統也愈加可能。從相關的研究中，先找出需要智慧的工作，接着以一個能做這件工作的程式去測試，雖然我們不是每次都成功，但是大多數的科學家相信我們從前遭遇的問題都可能用比現在更複雜的程式加以克服。

遊戲、視覺等研究領域的證據支持這項假說的說法。這裡有一個有趣

的做法是將某個特定的人類活動（這裡是對笑話的了解）簡化至單純的符號處理，這在“數學與幽默感”(Mathematics and Humor [Paulos, 1980])一書中有討論。當然，是否這個假設僅部分為真，只有時間和努力才能加以證明。

實體符號系統的假設愈來愈重要，它是人類智慧本質不可或缺的原理，且是心理學家關注的對象。我們相信終究可以寫出執行現今由人來做的這些智慧工作的程式。雖然這兩個領域並非不相干，但是我們的重點放在後者。

1.3 甚麼是 A.I. 技術

有關人工智慧的問題，範圍很廣，這些問題除了不容易解決以外，很少有相似的地方。對這麼多的問題我們可能一一找到解答嗎？答案是肯定的。但是這些技術除了他們都能處理符號外，還有什麼特色呢？我們怎樣才能知道這些技術也可以解決傳統上非人工智慧的問題呢？本書接下來的部分就是嘗試要詳細解答以上所提的兩個問題，在詳論這些技術之前，我們先來看一看這些技術共有的特性。

在開始研究 A.I. 的前二十年中，少數的研究成果中，其中有一個觀念提到“智慧需要知識”(intelligence requires knowledge)，然而知識通常也有一些較不合乎要求的特性。例如：

- 知識量太龐大。
- 很難精確地將知識本身描述出來。
- 知識不停的在變化。

所以在定義 A.I. 技術之前，必須承認 A.I. 技術是一項在在需要運用到知識的方法，而這些方法有以下的特性：

- 可以一般化：也就是說不需個別地將每個情況表示出來，而是將某些重要特性均相同的情況聚集在一起。如果知識沒有這個特性，那麼我們必須以更多的空間來表示它，而且也必須花更多的時間使這些知識跟得上時代。

6 第一章 · 何謂人工智慧

- 可以被提供知識的人所了解：雖然現在有許多程式可以自動地取得資料（例如：經由某些設備讀取），但是在許多 A.I. 的領域中，程式中的知識是由了解這些知識的人所提供的。
- 必須能夠易於修改，以便除錯及反應世界的改變。
- 雖然完整性與精確性仍不夠，但是很多地方都還能發揮它的功用。
- 經由縮小事件可能發生的範圍，可以減少與該事件相關的知識量，以克服知識量太龐大的缺點。

雖然 A.I. 技術必須滿足以上的限制，但是在問題和解題的技術之間均各有其獨立性（正如我們以前所討論的，這些技術並不是非常好），我們可以用 A.I. 的技術來解決非 A.I. 的問題。爲了儘可能表現 A.I. 技術獨立於問題的特性，我們一起看看兩個全然不同的例子以及一系列解決的方法。

1.3.1 井字遊戲 (Tic-Tac-Toe)

在這一節中，我們依序介紹玩井字遊戲的三個程式，這些程式的下列特性將逐步增強，最後走向我們稱之爲人工智慧技術的範疇。

- 程式的複雜性
- 一般化的程度
- 智慧的清晰程度
- 程式的延展性

程 式 1

資料結構

棋 盤 以一個九維向量來表示棋盤，該向量的九個元素各代表棋盤的某個位置，如下圖所示：

1	2	3
4	5	6
7	8	9