

第3級電腦叢書

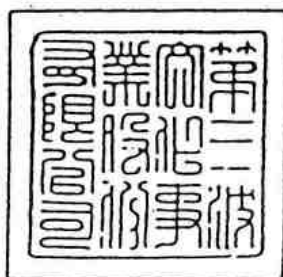
人 工 智 慧

小 專 家 系 統

編 者：張愼周·林秀貞／核閱者：孫家麟



版權所有



翻印必究

人工智慧——小專家系統

編者：張慎周·林秀貞

發行人：施振榮

住址：中華民國台北市建國北路二段 135 號 3 樓

發行所：第三波文化事業股份有限公司

住址：中華民國台北市民生東路 977 號

電話：(02)7630052 · 7691684

總經銷：船塢書坊

住址：中華民國台南市北門路一段 74 號

電話：(06)2257220 · 2241795

印刷所：昇皓彩藝印刷有限公司

住址：中華民國台北市長泰街 282 巷 13 弄 2 號

郵政劃撥帳號：0706767-7 帳號

第三波文化事業股份有限公司

定價：240 元

中華民國七十五年八月初版

中華民國七十七年一月三版

出版登記證：局版台業字第 3010 號

序

由於專家系統 (Expert System) 驚人的成就，使得沉寂多年的人工智慧 (Artificial Intelligence) 再度成為人們注視的焦點。專家系統的成就確是驚人的：它在醫療上的使用，已表現出世界一流醫生的水準；在礦業上的應用，可根據地質資料而準確的預估某些礦產的儲藏量；在機器裝配維修方面，它已成功的設計出有名的 VAX 電腦系統；在下棋方面，它已在許多棋類上擊敗世界第一流的高手（圍棋除外）……等等。它應用範圍之廣，真可說上自天文，下至地理，三教九流，無所不包；讀者在本書中應可看出一點梗概。基本上，專家系統乃是模擬人類專家的思維方式，處理專門知識，以推導出解決專門領域問題的答案。

1982 年日本宣佈發展第五代電腦以來，人工智慧的研究成為世界性的潮流。歐美日各國更是全力以赴，參與研究或學習的人不僅在質的方面有更優秀的資訊人才及專門領域的專家，在量的方面更吸引了許多的一般學生及社會人士投入學習的行列。我們相信，若不是有很好的成就及令人嚮往的遠景，絕不可能吸引這麼多年青人的參與。相反的，衆多生力軍的投入將可保證未來的成功。

美國是人工智慧的發源地，他們有最優秀及最多的人工智慧專家，但是仍然深感人力無論是在質或量方面均有所不足，幾所著名學府的師資紛紛被工商界高薪挖走。因此，他們希望訓練更多的人力，先求量的擴張，再求質的突破。就增加學習人工智慧人口方面而言，近二年來，IBM-PC 實扮演一個重要的角色。由於它優異的性能，低廉的價格，及使用的普遍性，使得許多人工智慧軟體公司願意在它上面開發人工智慧，特別是專家系統軟體。就我手頭所有的資料，已有不下十餘種專家系統軟體在 IBM-PC 上開發出來。這些努力使得美國年青一代可以早

早的接觸人工智慧領域，大大增加了人工智慧領域的工作人員。

小專家系統（MicroExpert）是一個在IBM-PC上執行的專家系統，是筆者去年在美國所購買回來的。這一年來，在逢甲大學及國立台灣教育學院教授“人工智慧概論”課程，提供給學生認識專家系統的結構。他們也使用這個工具建立了許多不同領域的小專家系統。其內容雖然淺顯，卻可包羅萬象。對有志於往此方面發展者，是很有助益的。

筆者在所撰“人工智慧概論”一書中，曾在附錄中對此系統作簡單介紹。出版後，讀者反應頗為熱烈，咸盼能有更深入的介紹。再加上第三波瑞雲兄的鼓舞，因而有本書的誕生。但願本書能吸引更多的年青人參與我們的行列。

本書作者均是國立台灣教育學院同學，在筆者指導下，他們均有使用小專家系統的經驗。他們除將使用手冊全部翻譯出來外，再加上自己所作的專家系統，特別是中文的系統。另外也寫出自己的使用經驗及對程式的追蹤與說明。參與的人頗多，在封面上僅列出工作最多的二人；他們是林秀貞與張慎周，此外尚有陳淑芬、劉麗琪、林琳、林麗芳、蘇瑛玟、尤景良、林光宇、林松伯及謝凌波等人，在繁重的課業壓力下，抽空完成本書。尚祈海內外先進不吝指正。

序於彰化白沙山莊 孫家麟

目 錄

第 1 部分 小專家系統使用手冊.....	1
第 0 章 緒論.....	3
0-1 超級電腦.....	4
0-2 開始萌芽的人工智慧 (AI)	5
0-3 專家系統.....	6
0-4 知識庫專家系統的結構.....	7
0-5 知識庫專家系統的類型.....	9
0-6 第五代電腦的應用範圍.....	10
0-7 結論.....	11
第 1 篇 小專家系統的介紹.....	13
第 1 章 什麼是專家系統.....	15
1-1 規則.....	16
1-2 知識庫.....	16
1-3 專家系統所能解決的問題類型.....	17
第 2 章 搜集專家知識.....	19
2-1 組織問題.....	20
2-2 架構出一決策樹.....	21
2-3 從決策樹形成規則.....	25
2-4 加上提示使知識庫完備.....	28
第 2 篇 使用者指引.....	31
第 3 章 開始諮商.....	33
3-1 小專家系統指令摘要.....	44
第 4 章 建立一個知識庫.....	45

4-1	知識庫檔案	46
4-2	規則的各部分內容	46
4-3	鍵入規則之摘要	48
4-4	在知識庫中加入提示	49
4-5	以改譯使規則更易讀	50
第 5 章	小專家系統的高等特質	53
5-1	數字	61
5-2	運用比較函數	62
5-3	使用數學程序程式	63
第 6 章	知識庫偵錯	65
6-1	分段建立知識庫以利測驗	66
6-2	列印知識庫	66
6-3	使用 CROSSREF 公用程式	67
6-4	找出知識庫的邏輯錯誤	69
第 3 篇	實施細則	75
第 7 章	推論機如何運作	77
7-1	卡片論機	78
7-2	目標堆疊	78
7-3	辭句堆疊	80
7-4	選擇一規則來評估	80
7-5	評估一規則	81
7-6	請使用者提供資訊	82
7-7	為什麼與如何	84
第 8 章	用 PASCAL 來設計專家系統程式	87
8-1	定義一個知識庫	88
8-2	分析子	89
8-3	資料結構	93
8-4	推論機	98

8-5	使用者響應用	100
8-6	擴大程式的功能	103
第 9 章	寫出自己設定的函數	105
9-1	實例	106
9-2	小專家系統與常式鏈結	109
9-3	使用者自行設定的函數	110
9-4	中間規則	113
9-5	一般考慮事項	115

第 2 部分	小專家系統應用部分	117
--------	-----------	-----

第 1 章	中文應用部分	119
1-1	知識庫 I : check.kb	120
1-2	知識庫 II : power.dat	124
1-3	知識庫 III : tree.kb	132
1-4	知識庫 IV : pine.kb	143
1-5	知識庫 V : blood.kb	148
1-6	知識庫 VI : money.kb	161
第 2 章	英文應用部分	167
2-1	知識庫 I : plane.kb	168
2-2	知識庫 II : cloud.kb	173
2-3	知識庫 III : key.kb	179
2-4	DIGITAL 知識庫	184
2-5	知識庫 V : newlife.kb	190
2-6	知識庫 VI : gate.kb	194

第 3 部分	小專家系統的初淺 TRACE	201
--------	----------------	-----

第 1 章	Micro Expert 的追蹤	203
-------	------------------	-----

1-1	MICROEXP.PAS 程式的執行	205
1-2	分析子	210
1-3	總結	217
第 2 章	Micro 2 的追蹤	219
2-1	Micro.PAS 程式的執行	220
2-2	總結	223
附錄 A	磁片安置與備份程序	225
A-1	單磁碟機系統	227
A-2	硬式磁碟機系統	227
附錄 B	參考書目	229
B-1	參考資料	230
附錄 C	小專家系統之 PASCAL 程式展	233
C-1	Micro Expert.pas 程式的列出	234
C-2	Micro 2.pas 程式的列出	251
C-3	Crossref.pas 程式的列出	270
中英名詞對照		291

第 1 部分

小專家系統 使用手冊

小專家系統使用手冊分成三篇：

第1篇 小專家系統的介紹，內容包含了什麼是專家系統和專家系統問題的種類等等。在建立你自己的系統之前必定要閱讀此部分。

第2篇 使用者指引，這是一個建立、測試和使用你自己的知識庫（Knowledge Base）的指引。第3章的諮商和第4章的例子使用，是由第1篇所發展出來的知識庫；而小專家系統的進一步面貌和知識庫測試的方法也是包含在這一篇內。

第3篇 實施細則，描述小專家系統的理論和操作。第7章將幫助你了解小專家系統如何使用知識庫裡的資訊以做為諮商，一旦基本原理很清楚，那麼就很容易建構一個更有效率的知識庫，而存於其中的錯誤也易於偵出。

第8章和第9章主要是寫給那些有興趣增加小專家系統能力，或是有興趣設計一個特殊應用的使用者參考。第8章顯示通常執行系統的Pascal結構運作，第9章則表示如何增加使用者定義的函數和程序程式，這些函數和程序程式能在知識庫裡的規則中被使用。

附錄A顯示如何拷貝一份小專家系統磁片做為備份的方法。附錄B則包含在專家系統上的一些參考書目和雜誌。

第0章

緒論

由於電子工業的突飛猛進，有人預言西元二千年左右，人類的文明將由工業社會步入資訊社會，現存的制度和生活方式即將成為歷史。這聽起來像是一個神話；而事實上，只要仔細觀察，就可發現這個世界的確正悄悄地向資訊時代邁進中。從市場中林立的電腦廠商，以及電腦走入工廠、辦公室、學校及家庭的速度，可窺其一般。而辦公室的全面自動化、工廠的全面自動化都已經是指日可待的事。

0-1 超級電腦

依照位元數的多寡，電腦可分為三大類：大型電腦、迷你電腦和微電腦三種，而其運算功能和速度也各不相同。為了應付現代科學的發展，超級電腦（super computer）已成為不可或缺的科技產物，因為現代科學中的宇宙物理學、基本粒子學、航空太空實驗、氣象分析、原子或核子研究等，都具有龐大的數據計算，需要驚人的速度來運算。而超級電腦所以具有驚人的速度（美國洛杉磯亞拉莫期國立研究所目前就擁有十部每秒鐘可計算一百萬次以上的超級電腦），除了借助超大型積體電路（VLSI）的開發、機件配置高密度化、配線短縮及新的冷却方法外，主要是將許多演算器並列，成為向量處理單元（vector process unit）。

一九八四年年初，美國加州利佛摩爾實驗中心更將兩部超級電腦結合在一起，使運算速度快到每秒鐘二億個運算，成為目前世界上最快速的電腦。

然而，超級電腦除了速度驚人外，並不比傳統電腦更“善解人意”。因此，運算快速兼具人工智慧的第五代電腦，便成為科學家未來努力的目標。許多人甚至預測，未來電腦工業的發展將以第五代電腦和微電腦為主流。

0-2 開始萌芽的人工智慧 (AI)

人腦根據五官所得的各種訊息來思考、聯想並可依照以往的經驗來下判斷。而「機械」在一般人的觀念裏，是一種只會做單純固定的工作，不會思考、邏輯推理，毫無“頭腦”的東西，即使是人類所創造的能力最高的電腦也沒超越這種觀念太多。

目前科學家正積極研究的人工智慧，是指如何利用電腦來設計複雜的系統（稱專家系統 expert system），或如何製造機器人等自動機械，或……。

到底如何方能使電腦進行類似人類知性的行為呢？大體上有二種方法，一種是經由探討人類腦部思考構造機制，製造出相同機制的電腦即可，但是目前我們對於腦部的思考機制幾乎一無所知，所以製造出此類型電腦尚需很久的時間。另一種方法則在目前已經很熱烈的展開，即是將我們的思考問題加以系統化、邏輯化、模式化，並建立成一知識庫（Knowledge Base）型態，而使用於電腦上。

在此方法裡，電腦如何學習？如何聯結及推想？所得知識又當如何被記憶且自由地存取？……等等都是當前要致力克服的困難所在。

目前在軟體技術上，已構想出來的有邏輯型、功能型、及目的導向（object steering）的程式設計語言。這些是在數學上的功能型態，以及在述語邏輯（predicate logic）上的邏輯型態，再進而以訊息交換（Message Switching）為基礎，描述階層則較范紐曼型電腦（即傳統式電腦）的程式高級。再者，設計每一個子程式設計模組之規則，也是按照數學理論，所以可預知其複雜性而能完善地設計，甚至程式的檢驗也較容易。

這種程式設計語言看起來好像很完美，實際上沒有那麼容易。爲了

發展這種高效率程式語言，必須有足夠的硬體設備，所以迄今仍無法造出。但是對於人工智慧的研究，可用高階的程式設計語言來描述，這是製作複雜軟體的必備條件。因此，製造出稱為 LISP（串列處理語言）及 PROLOG（邏輯語言）的語言來處理。

在日本新型電腦技術開發機構（ICOT）所計劃的「第五代電腦」中，即全力進行以 PROLOG 語言來當作其電腦推論研究的工具。PROLOG 的程式，全部均以「A 為真」或「若 B₁ 且 B₂ 且……則 A 為真」的邏輯形式來表示，或應用邏輯學中「若 A 則 B、若 B 則 C，所以若 A 則 C」的三段論法來使電腦推理等。此種語言在法國誕生，在英國發展而成，其名字由 PROgramming in LOGic 而來，是相當於人工智慧的高階語言，易學但其效率較低。

在美國方面則在研究人工智慧時，大部分使用 LISP 語言，LISP 乃在美國誕生，相當於人工智慧的低階語言，其名字是由 LIST Processing 而來，是一種處理串列的語言，較難學而效率較 PROLOG 高。

事實上，用任何語言（如 FORTRAN, PASCAL）均可用來作人工智慧的程式，其差別就在於處理的效率，而上述二種語言則是用來專門處理人工智慧程式發展出來的語言，效率較高，在處理人工智慧時，最好使用此類語言。

在第五代電腦中，聲音、語言等之自然語言處理，圖形、畫像的認識與處理，程式的自動合成、分析，具有知識庫等等，也是研究的重要主題。爲了讓電腦了解人與人之間交談所使用的不完全語句的含意，人工智慧自然是不可或缺的。尤有甚之，若想將來真能很簡便的操作電腦，則人工智慧更是個迫切需要研究與發展的項目。

0-3 專家系統

所謂的專家系統 (expert system) 就是一個強化知識的知識庫系統，它將某一特定範圍的專門知識儲存在知識庫裡，模仿人類專家解決問題的技巧及方法，以知識庫裡所儲存的專門知識來解答問題，使外行人也能據此正確的下判斷，而且它能告訴你推論的過程。功能好的系統，甚至可以在判斷有問題時，再由人類專家吸收新知識到知識庫，成為有學習能力的專家系統，這在人類來說，不啻是一項很令人鼓舞的消息。

現今已完成的專家系統已有不下數千種，只是其功能的大小差別，及“智慧高低”的不同而已。目前最常用的領域則在醫學領域中，Stanford 大學的 MYCIN 即是一個很成功的例子，它是一種醫療諮詢系統，只要將患者的症狀資料輸入，電腦就會根據事先記憶的專門知識，找出病名及治療的方法。另外美國的電腦醫生 INTERNIST 亦能針對約五百種內科疾病做不亞於真正醫師的診斷。

事實上，現有的專家系統亦只是忠實的執行由人類所設的數千數萬列程式，離真正理想的人工智慧甚遠。屆時如真能實現真正的人工智慧專家系統，它能根據已有的知識來進行推論，解答問題，則它將成為人類得力的助手。這就有賴於第五代電腦的成功與否了。

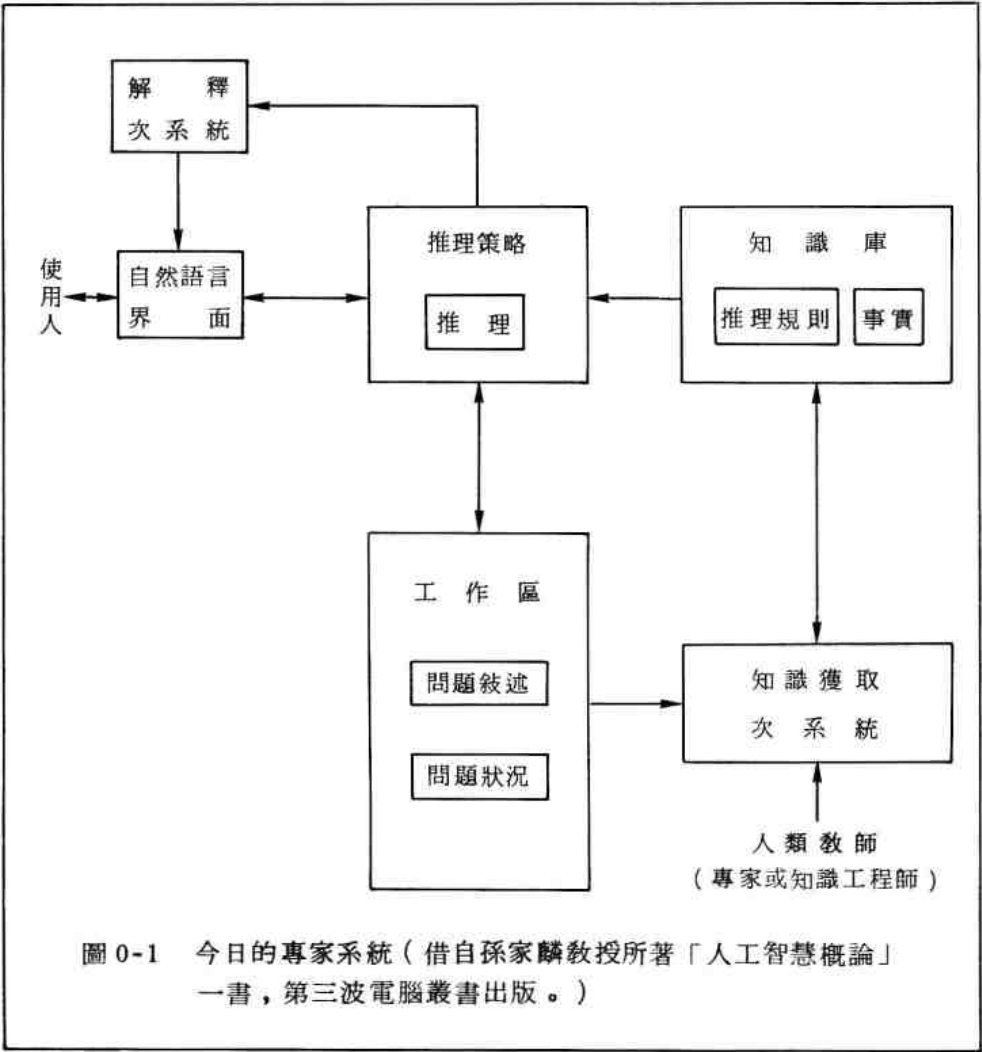
0-4 知識庫專家系統的結構

知識庫專家系統的結構大致包含了一個推論機 (Inference Engine)、一個知識庫 (Knowledge Base)、一個工作區，另外有自然語言界面，便利系統與人溝通。及一個獲取知識的次系統，以擴充知識庫內涵。

其操作型態大致如下：問題經自然語言界面進入推論機，再由推論機進入工作區，找出問題狀況，據此問題狀況向知識庫尋找推理規則及事實，再回到推論機工作，求出問題的解答，然後由自然語言界面告訴

詢問者答案。

其圖解如下：



至於結構中各部分的功能則不贅述，有興趣者請參閱孫家麟教授所著之人工智慧概論第 14 章或其他相關書籍。

0-5 知識庫專家系統的類型

依照知識存放在知識庫裡的類型，大概可分為兩種：一種為架構導向 (frame oriented)，以樹狀結構連結知識系統，存放於知識庫中。一種為規則導向 (rule oriented)，多數專家系統屬於此類型，本書所用的小專家系統即是用此種方式存放知識，所以對此類型將作討論。

在規則導向的方法裡，我們必須把知識寫成規則的形式，此種形式由二部分組成，一部分為提示，一部分為結論，其格式如下：

(IF 提示 THEN 結論或行動)

在提示部分是一個布林 (Boolean) 式，可舉例如下：

(假如三角形 ABC 是等腰三角形

則結論是 $\angle B$ 等於 $\angle C$

將其樹狀結構繪出如下：

