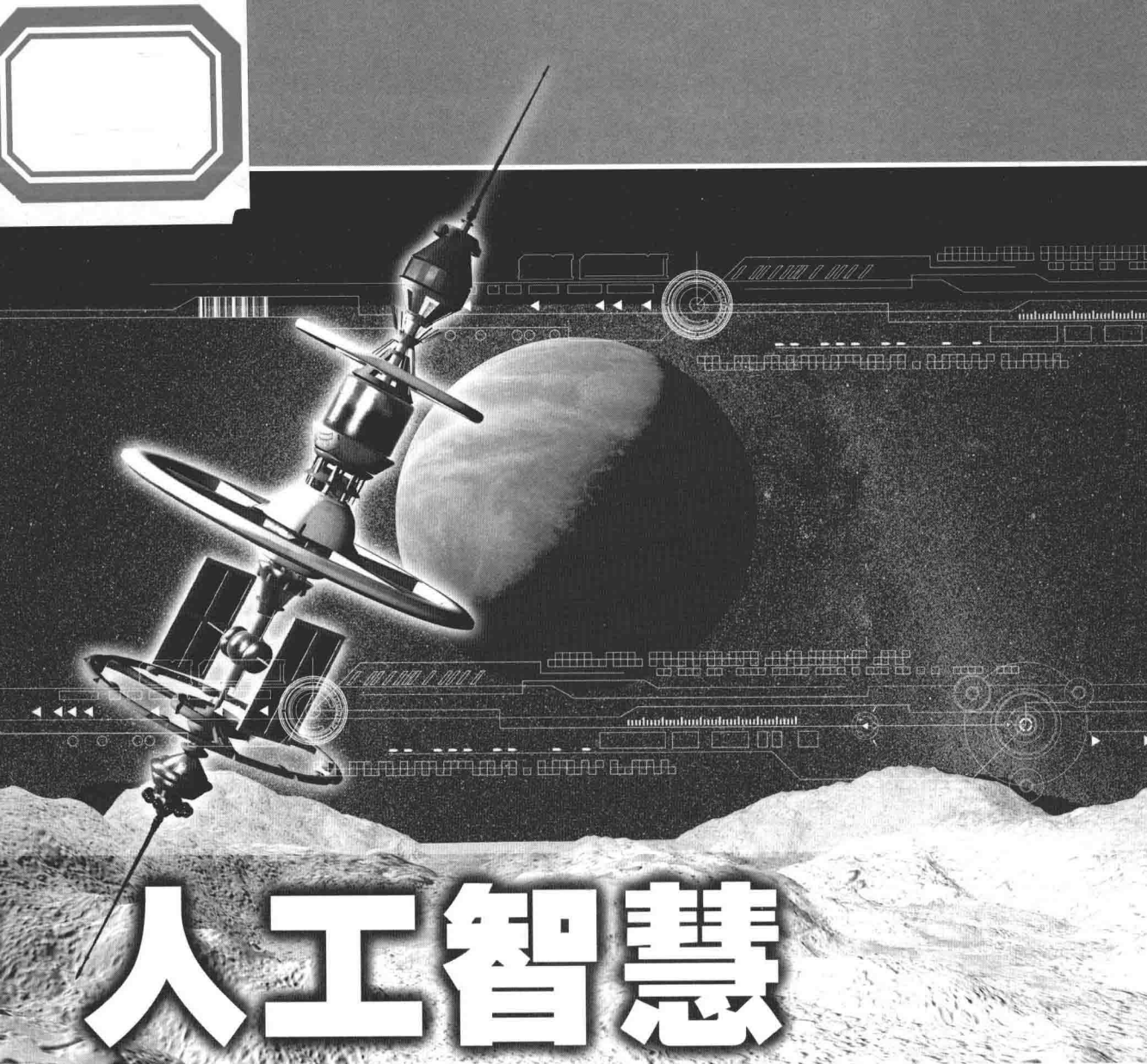




人工智慧

◎ 陳杏圓 · 王焜潔 編著

 高立圖書有限公司



人工智慧

◎ 陳杏圓 · 王焜潔 編著



高立圖書有限公司

國家圖書館出版品預行編目資料

人工智慧 / 陳杏圓、王焜潔編著，-- 初版，-- 臺北縣五股鄉：高立，民 96

面：公分

含索引

ISBN 978-986-412-463-3 (平裝)

1. 人工智慧

312.983

96003243

人工智慧 (書號：106232)

中華民國 96 年 4 月 10 日初版發行

編著：陳杏圓 王焜潔

發行人：楊明德

出版者：高立圖書有限公司

電話：(02)22900318 郵撥：01056147

網址：www.gau-lih.com.tw

住址：台北縣五股工業區五工三路116巷3號

登記證：行政院新聞局局版臺業字第1423號

有著作權·翻印必究

定價：490 元整

ISBN：978-986-412-463-3

序言

Preface

從本世紀 40 年代所提出的控制論至今，隨著科學技術突飛猛進的發展，控制理論從經典理論發展至現代控制理論，但是對於現代被控系統的高度複雜性，測量不確定性，系統動力學特性的不確定性，以及人們對控制性能指標要求越來越高，基於精確模型的傳統控制理論受到嚴峻的挑戰。故近十多年來，人工智慧技術、計算機技術、神經網路理論、信息科學及非線性科學等的迅速發展，促使廣大科學工作者於傳統控制的思維下，發展出高等控制理論、計算機科學、神經網路學、信息科學等多種科學的密切合作，以期能模擬與綜合人類的智能，也為控制理論開展了一新的篇章。

近幾年來，模糊控制、神經網路控制、智能控制理論與應用迅速的發展，為了反映這一領域的理論與應用的新成果，為了滿足廣大教學和研究人員對於教材的需求而編著本書。全書重視模擬人的自然思維功能在控制中的特性，有助於深刻理解簡單控制規則的組合可以產生複雜的智能控制行為的本質。


全書分成八章，主要包括三部分內容：第 1~4 章是智慧型控制的工程基礎部分，第 5~7 章是模糊控制、神經控制和系統設計與實現技術的部分，第 8 章是模糊控制、神經控制和智慧控制的應用部分。

本書視野廣闊，立意新穎，內容廣泛，層次分明，體系完整。將智慧型控制的基礎、理論與應用整合在一起，在內容上既注重深入淺出，又重視理論驗證，可以滿足多種學科不同層次廣大教學與研究人員的需要。可作為模糊控制、神經控制、人工智慧等單獨課程教材或教學參考書。

由於本書內容涉及多種學科，且知識面廣，但因作者學識有限，因此，難免存在不妥之處，殷切期望讀者給予批評指正。

作者

2007 年 1 月於逢甲大學



目錄

Contents

Chapter 1

智慧型控制的工程基礎

I

1.1	專家系統基礎	2
1.2	專家系統的結構	4
1.3	知識的表示	10
1.4	專家系統中的推論方法	33
1.5	智慧型控制系統中的推論	44
1.6	知識的獲取	56
1.7	產生式系統	59
1.8	智能學習系統	63
1.9	人機智慧型結合系統	68

Chapter 2

智慧控制理論與系統設計

75

2.1	智慧控制基本概念	76
2.2	智慧控制系統的結構	79
2.3	智慧型控制系統的類型	83
2.4	智慧型控制系統的理論基礎及基本質	84

Chapter 3

多層遞階智慧型控制

87

- 3.1 複雜系統控制的基本形式 88
- 3.2 遞階控制的一般原理 91
- 3.3 多級遞階智慧控制 92
- 3.4 人 - 機交互的多級遞階智慧控制 95

Chapter 4

基於知識的專家控制

101

- 4.1 專家控制系統 102
- 4.2 即時過程控制專家系統 105
- 4.3 專家控制器 106
- 4.4 基於知識的智能過程控制 109

Chapter 5

模糊控制

115

- 5.1 模糊控制原理 116
- 5.2 模糊控制器設計的基本方法 129
- 5.3 模糊控制器的設計舉例 156
- 5.4 解析描述控制規則可調整的模糊控制器 165
- 5.5 模糊系統辨識與模糊預測 182
- 5.6 自適應、自組織與自學習模糊控制 205
- 5.7 提高模糊控制性能的多種方法 247

Chapter 6

神經網路與計算智能

263

- 6.1 神經網路研究的概述 264
- 6.2 腦與神經系統 267
- 6.3 神經網路的結構與學習原則 281
- 6.4 典型前向網路 — BP 網路 289
- 6.5 典型反饋網路 — Hopfield 網路 305
- 6.6 小腦模型關聯控制器 — CMAC 網路 309

6.7	大腦自組織特性映射模型 — Kohonen 網路	314
6.8	基於概率是學習的 Boltzmann 模型	317
6.9	其它類型的神經網路	319

Chapter 7

神經控制

321

7.1	神經控制的基本原理	322
7.2	神經網路控制的分類	324
7.3	神經網路學習控制的結構	330
7.4	神經網路直接反饋控制	335
7.5	神經網路模型參考自適應控制	338
7.6	神經網路自校正控制	340
7.7	神經網路內模控制	342
7.8	神經元自適應 PSD 控制	344
7.9	基於模糊神經網路的自組織控制	348
7.10	多變量系統的模糊神經網路控制	356
7.11	基於神經網路的模糊邏輯控制系統設計	360
7.12	基於模糊推理和神經網路建造專家系統的一種方法	375
7.13	神經網路專家系統與故障診斷	383

Chapter 8

基於規則的仿人智能控制

389

8.1	以 PID 控制看仿人智能控制	390
8.2	仿人智能控制的原理與結構	394
8.3	仿人智能開關控制器	402
8.4	仿人比例控制器	403
8.5	仿人智能積分控制	406
8.6	仿人智能採樣控制	409
8.7	仿人智能控制週期的自選擇	412
8.8	基於極值採樣的仿人智能控制	414

Index

英中文索引

417

CHAPTER

1

智慧型控制的 工程基礎



智慧型控制理論本質上是以前人類知識為基礎的控制理論，因此，智慧型控制系統是屬於人工智慧系統。以研究人工智慧系統中人類知識表示、人類知識使用與人類知識獲取為中心內容的人類知識工程，因而，人工智慧系統就成為研究智慧型控制的另一重要基礎。本章中，主要介紹智慧型控制中的人類知識表示、人類知識推理、人類知識獲取，並介紹作為人工智慧系統的一種主要形式——專家系統，以及智慧型學習系統和人機系統。

1.1 專家系統基礎

1.1.1 什麼是專家系統

什麼是專家系統？目前尚沒有統一的定義。為了說明什麼是專家系統，可先分析一下具備什麼條件的人才能稱得上專家。一般來說，具有某一領域的高深理論知識及具有豐富實踐經驗的人可譽為該領域的專家。因此，一個專家在從事某一特定領域內難度較高的專業工作中，能表現出超眾的才華和高水平。一個專家在某一領域所專精的問題具有下述特點：

1. 該專業領域的問題難以用精確數學模型描述，即問題難於模式化，因此不易轉換成精確數學問題。例如，水泥鍛燒過程、造紙過程……等，許多工業問題都很難用精確數學模型加以描述；同樣，一個人患有什麼疾病，也很難用某種數學模型描述。
2. 該專業領域的知識（專業知識）往往具有模糊性，與不確定性。正因為問題的模糊性，造成處理問題的難度。若問題可以用數學模型描述，該領域的知識又是非常確定的，那麼就用不著專家來處理了。

任何專業知識通常包含兩個部分：一部分是發表在專業書籍和期刊文獻中的定義、事實及理論知識；另一部分是藏於人類專家大腦中的知識，這種知識大部分是由所謂啟發式的實際經驗得出的規則所構成。人類專家正是憑借這些知識，在處理具模糊性的艱難問題時，進行合理的預測和決策；能對各種問題的認識約定一種方法，也可以有效地論述或處理一些有錯誤或不完整的數據。

人類處理問題的行為之所以能具有效率，是因為他們具有寶貴的知識和經驗。能否具有獲取某種知識的手段，把人類專家的某個專門領域的知識和經驗轉移到計算機中，並依據它的推理程序，讓計算機近乎專家水平的工作，此即為所謂人工智慧系統，如美國史丹福大學費根鮑姆 (E. Feigenbaum) 教授將人工智慧的基本原理和方法用於解決化學質譜分析問題，且於 1965 年，由他領導的研究小組開始設計第一個專家系統 MYCIN 並獲得極大成功，使他幾乎成了專家系統的標準模式，另於 1977 年，費根鮑姆在第五屆國際人工智慧會議上提出了專家系統的概念，並預言未來將是專家系統發展與應用的黃金時代。

專家系統是一個具有大量專門知識與經驗的程序系統，它應用人工智慧技術，根據一個或多個人類專家提供的特殊領域知識、經驗進行推理和判斷，模擬人類專家做決策的過程來解決那些需要專家決定的複雜問題。簡言之，專家系統是一種程式設計的程序，它能以專家的水平（有時超過專家）完成專門的而一般又是困難的專業任務。

1.1.2

建立專家系統的目的和意義

美國著名科學家費根鮑姆說：“知識就是力量，電子計算機是這種力量的放大器，而能把人類知識予以擴大的機器，也會把這一切方面所產生的力量予以擴大。”專家系統的功能主要依賴於大量的知識，因此它又被稱為以知識為基礎系統 (knowledge-based system)。雖然專家系統以人類知識為基礎，以計算機程式為強有力的支柱，但是專家系統解決問題的能力和知識的廣博，往往超過人類專家，這是因為專家系統本身具有許多特性：

1. 專家系統具有啟發性、推理性和靈活性

專家系統能夠運用許多專家的知識與經驗進行推理和判斷，因此它具有啟發性；專家系統還能解釋本身的推理過程，能回答用戶提出的問題，因此它具有推理性；專家系統能不斷地增長知識，修改原有知識，具有靈活性。

2. 專家系統的工作不受時間、空間和環境的影響

因為專家系統是一個計算機智慧型程式設計程序，所以它可以長時間保存且能複製許多的副本，使得專家系統在解決實際問題時不受時間、空間和環境的影響。

3. 專家系統能夠高效率、準確無誤、縝密推理且迅速不斷的工作

人類專家工作起來難免因疏忽、遺忘、緊張、疲倦等各種干擾因素而造成偏差或錯誤，而專家系統計算機的工作在程度上克服了上述的不足。

由於專家系統具有上述優良特性，所以研製專家系統具有重要意義：首先，專家系統的研究大大加快了人工智慧與智慧型計算機研究的步伐；其次，專家系統的研製和推廣使用具有巨大的經濟效益和社會效益；最後應該強調指出，軍事專家系統的研製，對於實現國防現代化具有重要意義。

1.2 專家系統的結構

1.2.1 一般專家系統的結構

一般專家系統由知識庫、數據庫、推論引擎、解釋部分及知識獲取五個部分組成，它的結構如圖 1-1 所示。下面分別介紹這五個部分。

一、知識庫

知識庫是專家系統第一個重要組成部分，它儲存以適當形式表示從專家那裡得到的關於某個領域的專門知識、經驗以及書本知識和常識，它是領域知識的存儲器。

一個專家系統工作性能優劣的重要因素取決於專家的知識及經驗。存儲在知識庫中的專家的知識有兩類：一類是確定性知識，是領域的事實，已被專業人員掌握了廣泛共享的知識；另一類是不確定性知識，是憑經驗、直覺和啟發而得到的知識。這一類知識是被某一領域少數專家深刻領悟和正確運用，實際上是少數專家經過多年工作實踐而掌握的一種“善於猜想的藝術”。

知識庫中的知識應該具有可用性、確實性和完善性。知識的可用性與領域專家有關又與專家系統的設計者水平有關，因為即使一可用的知識，由於設計者存入計算機時處理不當，使用起來非常困難，這就表示可用性差。知識的確實性與完善性取決於領域專家。

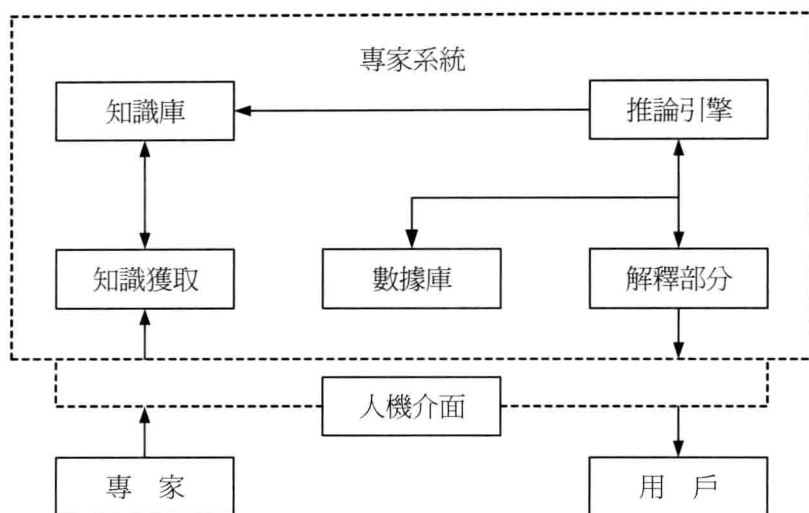


圖 1-1 專家系統的結構

要建立一個好的知識庫，首先是從領域專家那裡獲取知識，稱其為知識獲取，然後將獲取的專家知識編排成數據結構存入計算機中而形成知識庫，知識編排的過程稱為知識描述。一個理想的知識描述，應該能精確表達專家的思維與知識，應該能有效地通過計算機進行實現，應該簡明，易於理解和便於改進。

二、數據庫

數據庫是存放專家系統當前工作已知的一些情況、用戶提供的事實和由推論得到的中間結果。對專家系統而言，就是在計算機中規劃出一部分存儲單元，用於存放以一定形式組織的該系統的當前數據，相當於一個工作區。隨著推論的進行及與用戶的溝通對話，這部分的內容是隨時變化的，因此它和一般意義上的“數據庫”概念不同。總之，專家系統中的數據庫存放的是該系統當前要處理對象的一些事實。

三、推論引擎

推論引擎實質上是計算機的一組程序，目的是用於控制、協調整個專家系統的工作。它根據當前的輸入數據或訊息，在利用知識庫中的知識，按一定的推論策略去處理、解決當前的問題。常用的推論策略有正向推論、逆向推論和正逆向混合推論三種方式。

1. 正向推論

正向推論指從原始數據和已知條件推斷出結論的方法。這種推論方式也稱數據驅動策略。要設計一個正向推論引擎就是設計一組程序，使其具有下述功能：

- (1) 能利用數據庫中的事實或數據去匹配規則的前提，若匹配不成功，能自動地進行下一條規則的匹配。
- (2) 若某規則匹配成功了，將此規則的結論部分自動地加入數據庫。
- (3) 能判斷何時推論結束。
- (4) 能將匹配成功的規則記錄下來。

正向推論引擎的程序設計框圖如圖 1-2 所示。

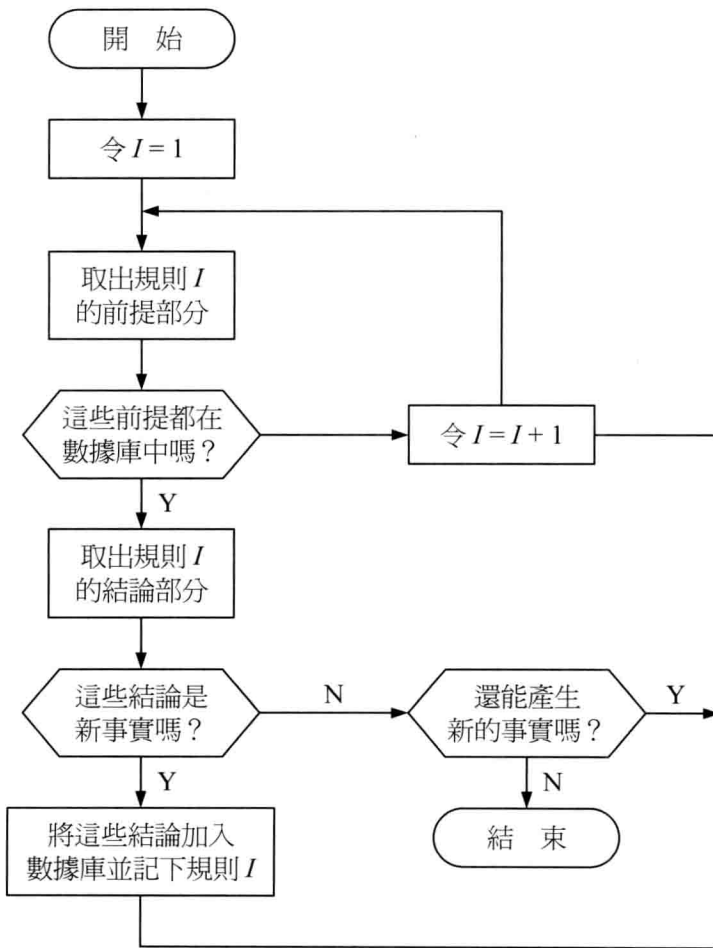


圖 1-2 正向推論框圖

2. 逆向推論

逆向推論則是先提出結論或假設，然後去找支持這個結論或假設的條件或證據是否存在。如條件滿足，結論就成立；如果不滿足，就設法提出新的假設，在重複上述過程，直到得出答案為止。這種由結論到數據的逆向推論策略。逆向推論引擎的程序設計框圖如圖 1-3 所示。由圖不難看出，要設計一個逆向推論引擎，至少該使其具有下述功能：

- (1) 能根據用戶要求或情況提出假設。
- (2) 能驗證此假設是否在數據庫中。
- (3) 能從知識庫中將結論部分包含此假設的規則都找出來。

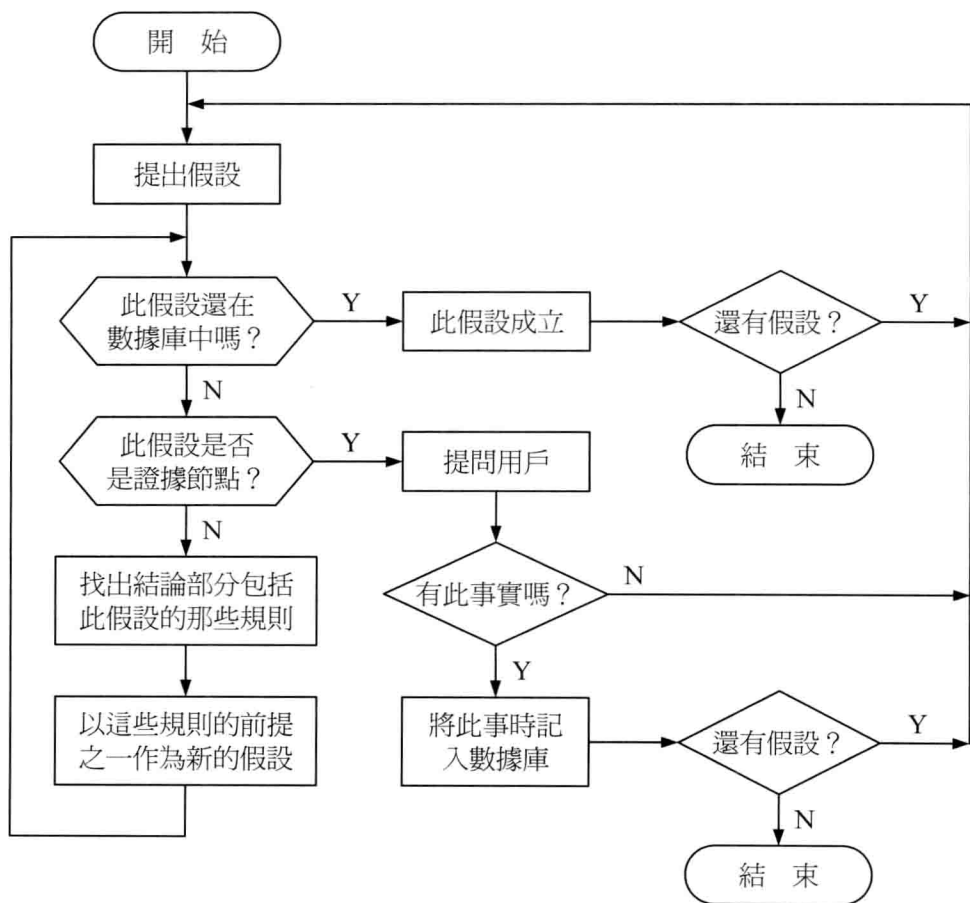


圖 1-3 逆向推論框圖

- (4) 能將找出來的規則的前提部分取出，並做為新的假設逐條驗證。
- (5) 能判斷假設是否是證據節點，若是，則能向用戶提出相應的問題，並紀錄結果。
- (6) 能將匹配成功的規則記錄下來。
- (7) 能判斷何時應結束推理。

3. 正逆向混合推論

單純的正向推論是在人 - 機對話的過程中可能向用戶提一些無關的問題，即繞了很多彎子還接近不了目標。而單純的逆向推論在一個假設被否定時，如何提出新的假設也需要進一步的啟發訊息，有時會遇到困難。因此，有的系統採用兩種策略混合的方法。即正逆向推論。

所謂正逆向推論是根據數據庫中的原始數據，通過正向推論幫助系統提出假設，在運用逆向推論，進一步尋找支持假設的證據，如此反覆，直到得出結論（答案）或不再有新的事實加到數據庫為止。採用正逆向推論的搜尋方法，是縮小搜索空間，提高搜索效率的有效途徑之一。

四、解釋部分

解釋部分也是一組計算機程序，該程序對推論給予必要的解釋，為用戶了解推論過程，向系統學習和維護系統提供方便，使用戶容易接受。解釋部分的主要功能是解釋系統本身的推論結果，回答用戶的問題。否則，即使專家系統本身作出的決策或建議是正確的，也很難為用戶所接受。

五、知識獲取部分

知識獲取部分為修改知識庫中原有的知識和擴充知識提供手段，這是專家系統的瓶頸部分。知識獲取部分的建立，實際上就是設計一組程序，使它必須能刪除知識庫中原有的知識，並能將向專家獲取的新知識加入到知識庫中。此外，它還能根據實踐結果發現原知識庫中不適用或有錯的規則並加以修改，不斷地增加知識庫中的知識，使系統能更好地做更多、更複雜的事情。

綜上所述，專家系統的工作可簡單歸結為運用知識進行推論的過程，所以，知識庫與推論引擎是專家系統的核心部分。

1.2.2 理想化的專家系統的結構

一個理想化的專家系統如圖 1-4 所示。下面簡要介紹該理想化專家系統的每個組成部分的功能：

1. **語言處理器**：語言處理器是專家系統和用戶之間進行訊息交換的媒介，用來進行用戶和專家系統間的介面問題的通訊。作為一種典型的情況，語言處理器分析和解釋用戶提出的問題、命令和自行提供的訊息；它又能將系統產生的訊息格式化，包括回答問題、解釋和證明其行為以及對數據進行提問。
2. **“黑箱”**：最理想專家系統中有一塊“黑箱”，用來記錄系統產生的中間假設和決策結果。圖 1-4 中區分了紀錄在黑箱上的三類決策單元：即規劃單元、事物表單元和解釋單元。

規劃單元描述了所有系統將著手解決的問題，包括當前計畫、目標、問題狀態以及相互關係。

事物表單元紀錄等待執行的有效動作，這些動作通常相當於知識庫中明顯和黑箱紀錄的某個決策相關的。解釋單元提供候選假設和系統至此產生的決策，並決定決策之間相關的依賴性，這些依賴性通常稱之為連接。

3. **翻譯器**：通過使用與之相符的知識庫規則執行選中待議事件項，一般翻譯器確認規則的相關條件，歸納這些條件的規則。
4. **調度表**：它對事物表進行控制，決定下一步執行的特定動作。調度表必須根據規劃和其他現存的解釋單元的關係給出每一待定事件的優先等級，使大量的知識具體化、規則化，以便有效地使用這些知識。
5. **相容執行器**：它試圖將新產生的解，以一致的形式加以表達。當新的數據（或知識）替換其資料庫內容時，它能修正先前的結論，即當解釋單元產生假設診斷或引入某個新的數據時，相容執行器會產生一個備份的版本。此外，當解釋單元給予邏輯演繹和其真正物理值關係時，執行器可以執行此值之操作程序。
6. **鑑別器**：它用來說明和解釋系統的行為。一般它能回答為什麼可以得到某個結論或拒絕某個結論，它還能集合某些中間推論之結果，並將其翻譯成用戶能接受的表達方式。

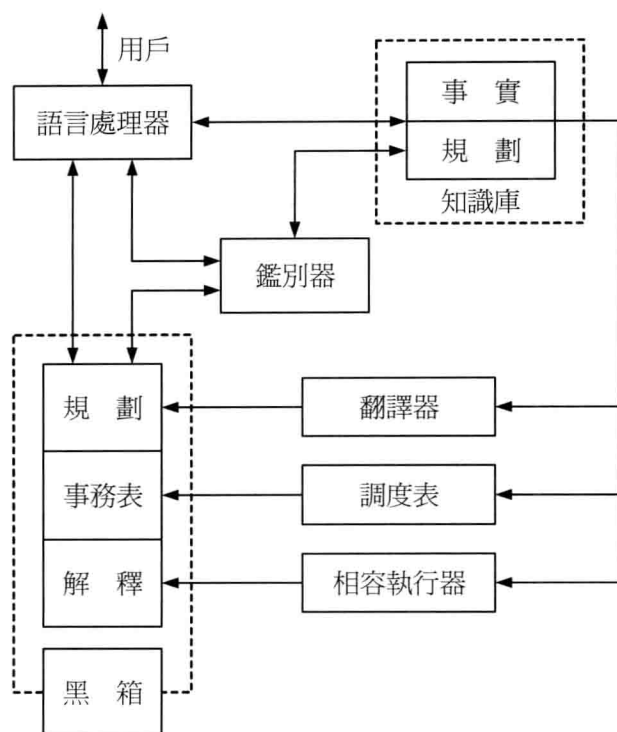


圖 1-4 一個理想專家系統的結構

7. **知識庫**：用來儲存事實、啟發式規劃和問題求解規則，並紀錄當前對表達某個解有用的問題的規劃、事實和訊息。

雖然圖 1-4 給予一個理想專家系統，但沒有一個專家系統能包括上述系統所有組成部分，只能包括其中的一部分。

1.3 知識的表示

1.3.1 知識表示的重要性

為了使專家系統能像人類專家那樣解決和處理實際問題，必須於專家那裡吸收足夠的專門知識，並應用這些知識進行推理。因此，要使具有智慧的機器——專家系統具有某位專家的智慧，必須以人的知識作為其工作的基礎，而知識必須用適當的形式