

# 專家系統與軍事氣象

潘 大 綱

空軍氣象中心

摘 要

不同於以數字計算的傳統電腦程式系統，專家系統是以知識推理為主，其不但具備人類專家使用符號邏輯與經驗法則來尋找答案的特值，更可避免人類專家偶爾會因為情緒、壓力等因素而影響正確判斷的缺點，因此專家系統可稱具有人工智慧的程式系統。

除了一般的科與領域外，專家系統在軍事氣象上之應用亦有其要性與必要性。本文例舉雷兩預測專家系統（WILLARD, KASSPr），低雲預測專家系統以及目標追蹤，射控鎖定的雷達專家系統（AWG-9）等來說明軍事（氣象）專家系統的大致情況，並討論國軍專家系統的可行性；雖然專家系統在應用上仍有其困難與障礙，但在科技技術，應用方法的不斷突破改進，以及國軍勵行精兵政策之下，未來國軍的裝備設計維修、氣象預報、教育訓練等等都有足夠採用專家系統的必要條件。

## 一、前言：

英國電腦系統公司於1985年發表了「公元二千年的步兵」之構想，計劃將顯示影像及計算距離的指示器與通信系統，一起裝置於士兵的頭盔內，此一裝置尚可指揮飛彈及其他武器系統。當1982年日本人宣布「第五代超級電腦」計劃後，1983年美國國防部「國防高級研究計劃署（DARPA）」即與日本訂定契約，以「戰略計算機計劃」，開始從事人工智慧研究及合作發展「第五代超級電腦」。

事實上早在1940至1950年代左右，當科學家開始思考電腦如何服務人類時，二派主張迥異的「計算論者（COMPUTATIONALIST）」及「結合論者（CONNECTIONIST）」已有許多的爭議，計算論者認定計算是電腦的唯一主要取向，結合論者卻依入腦為雛型，認定電腦在某種輸入刺激下，配合適當的知識擷取過程，也可以像人類神經網路上一樣的有所反應（輸出），這種概念，事實上也就是今日人工智慧的核心，亦為「第五代超級電腦」的一個目標。

人工智慧的研究大致上可以分為（一）專家資料庫化，亦即所謂的專家系統；（二）發展無限高速而能接近人類思維的超級電腦；（三）自然語音的識別及（四）影像識別系統等。而專家系統則是人工智慧中極為重要的一支；專家系統實質上是一套複雜的電腦程式，運用知識有效率且有效地解決特定問題領域中的問題，與凡事物需要專家的知識或經驗，方妥善圓滿處理的情況下，均可採用專家系統的架構。事實上，專家系統和人類專家相同，使用符號邏輯和經驗法則來尋找答案，專家系統也會犯錯，但是它卻會從錯誤中學習。生活經驗証實了一個領域專家的養成是既費時又耗資的，當其養成後，因昇遷、退休或離職，使得所累積的知識及經驗有流失之虞，而保存一個專家知識的方法只有留下文獻，或者再培養一個專家出來，然而此二者仍有許多時空訓練及人本身的問題，因而在此情況下，專家系統就應運而生了，事實上，它是一個十分可行且有效率的解決問題方案。專家系統可定義為：「一個以知識法則為依據，以推理為方法之智慧型程式」。這和以演算法為依據，以計算為方法之



傳統程式有很大的不同。

軍事氣象之精義，首重正確情報研判（天氣分析及預報）以支援各種戰、演、訓任務之遂行，世界史實戰役中，因為天候因素而決定勝敗的實例不勝枚舉，如1941年德軍於嚴冬下企圖一舉拿下莫斯科，卻受挫於天寒地凍之暴風雪；1812年拿破崙也在蘇俄的國土挫敗於嚴冬，三國時代孔明借東風等。因此，正確的天氣預報，實為指揮者決心下達的首要參考依據之一，即使應用最新科技於戰爭中的「沙漠風暴」，多國部隊的空軍武力，也曾因天候影響而無法遂行空中奇襲或密支任務，然而，天氣分析到預報的複雜過程，諸如多種型式資料之取捨，定量及定性分析之整合，再加上某些物理過程的重要性常常又是地理或地型之函數，因此，除了繁複物理過程之論據分析外，有時經驗或專家的直覺式推演，卻造就迅速又正確的預報結果。「沙漠風暴」中的種種事實，已明確地指示出由於科技的發達，使武器裝備更精進，戰爭已比以往具毀滅性，更由於反應速度之提昇，致使戰爭決勝的時間大為縮短，因此「快、準」的要求也就加諸於今日軍事氣象課題之中了。既然天氣預報如此複雜，良好成熟的預報員又培養不易，專家又偶爾會因情緒、壓力等人為因素，影響其正確的判斷，所幸「專家系統」正可彌補人類專家的種種缺點。

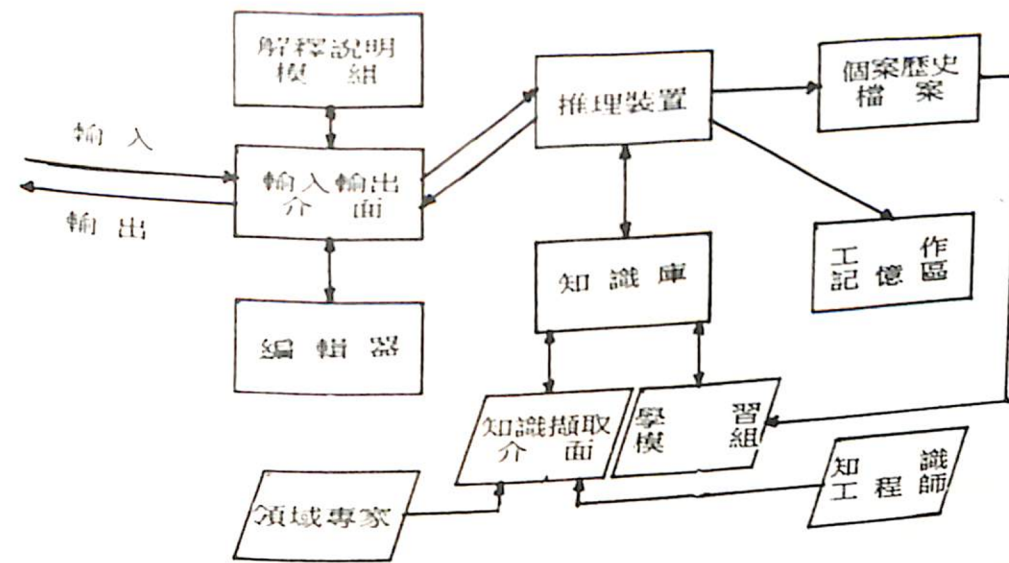
本文之目的在於強調專家系統之概念，無論是在軍事作業上，乃至軍事任務統合執行上都存在有無可限量之空間，由於它兼有教育、學習、成長、並不受人性情緒、記憶等影響，因此，在「精兵主義」的要求下，建構專家系統是值得反省、思考及努力的方向。

## 二、專家系統：

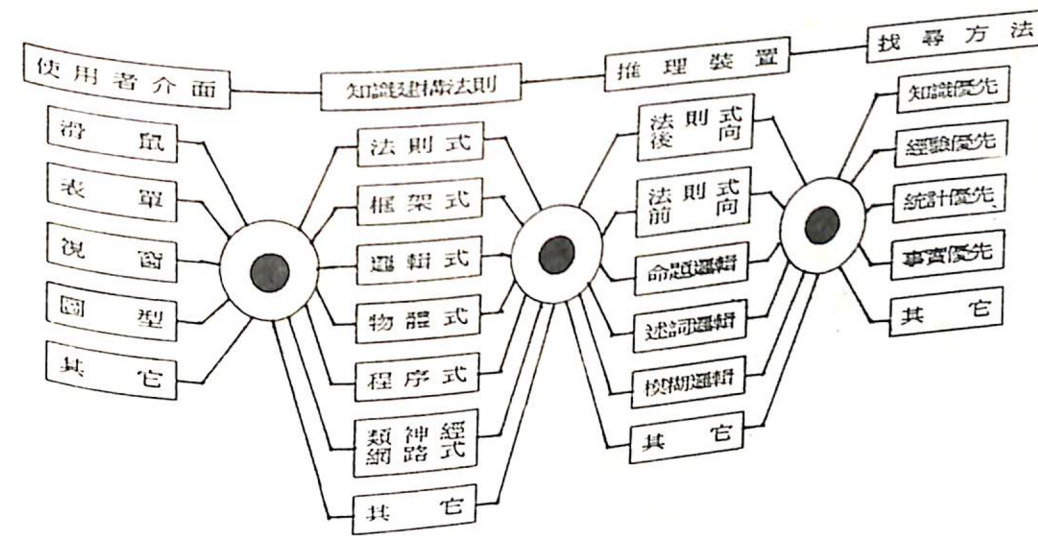
前文曾定義專家系統是一個以知識法則為依據，以推理為方法之智慧型程式，就其架構上來說，皆可分為11個部分（如圖一），其中知識庫是用以儲專家用以解決問題之知識，知識庫之成長

可由領域專家之直接貢獻或經由知識工程師模化而透過知識抽取界面加於其中，某些情況亦可採用機器學習模組為介面，由此將歷史個案經過演譯學習、歸納學習、類比學習或類神經網路式學習以充實知識庫，知識庫之建構必須視其解決問題之性質而採用特定之法則，既有了知識庫，就必須有一個有效且經濟的推理裝置，它交互地在知識庫中依據已知的事實及預先賦予的推理方法，找尋解決問題的方案，此推理裝置幾乎不斷地重覆著比對、選擇及執行的三大任務。所有推理過程中當時之事實部分都儲存在工作記憶區，使用者最後可以將專家系統推理的步驟列印，並逐一檢查有無違背事實真理之處，因此在專家系統詢問使用者資料或解釋問題時，就使用到解釋說明模組；輸入輸出介面是為了方便或改善人機界面的距離，因而有了編輯的存在。由此看來，對於解決問題而言，專家系統有如人類專家在側協助，對於新進人員而言，專家系統的推理過程及解釋說明模組，也提供了教育訓練的功能。圖二說明了專家系統架構的工具，由於問題的複雜性，因此知識庫建構的法則及推理裝置之選用，必須依問題之特性而取捨，如此才可使專家系統運作的既流暢又有效率，由於傳統計算機語言需要完整的步驟推演，著重於數值之計算已不符專家系統符號邏輯推理的要求，因此有了所謂人工智慧語言之發展，對系統架構及運作而言，它提供了許多便利的工具，這些語言如「LISP、PROLOG、SMALLTALK、OPS5、VP-EXPERT」等。

就專家系統的特徵上來看，專家系統是由知識推理找出解答，而不是用數字計算得到答案；知識庫與控制程式互為獨立的兩組模組，因此控制程式有高度共通性及遷移性，知識庫之成長不受控制程式的修改而受影響，專家系統具「解答獲得」之推理解釋，可應用成為教學或訓練工具，專家系統的能力完全決定於知識庫中的內容，換言之，人類在特定領域問題中所具有的能力，經驗及限制，只要妥為表現於知識庫中，在機器自我學習的累積下，它具有相同於甚至高出於人類



圖一 典型專家系統架構圖



圖二 專家系統架構工具

專家處理問題的能力。一個架構完整的專家系統，除了可以保有人類專家經驗及知識外，更可以突破人類專家在解決問題時，因時空限制，人性因素所造成之遺憾。

## 三、氣象專家系統與軍事專家系統：

軍事氣象中最為重要的情報因子，首為影響任務遂行的低雲幕、低能見度，危險天氣如：雷

雨、亂流、積冰等，這些因子在預報作業上都具有發展專家系統的條件，下面讓我們來看看針對這些因子所發展出之專家系統。加拿大氣象局對這些因子所發展出之專家系統。加拿大氣象局業單位於1989年起即嘗試將成熟氣象預報員的經驗，綜觀氣象學者考慮低雲發生因素，以及物理過程中足以造成低雲發生的一些條件加入知識庫，專家系統可以直接由數值模式中挑選出六小中，專家系統可以輸出之溫度、濕度、垂直運動和地面風場，並時時輸出之溫度、濕度、垂直運動和地面風場，並以逐時地面觀測資料來更新專家系統所需最新的



大氣情況，在合理有效的推理裝置運作下，它具有診斷，除錯（不合理的模式輸出值），並推出一個特定終端機場是否會於未來24小時內，出現影響飛航安全之低雲幕的機率值，這對許多預報員在實際作業上來說，提供了相當可信的重要參考。

WILLARD 是一個針對美國中部地區劇烈雷雨預測的專家系統，它是由STEVE ZUBRICK 所發展出來，這一專家系統包含了有30個不同的模組，每一個模組又有其互相支援的決策規則，它採用了RULEMASTER來建構，它可將歸納學習能力建立決策樹型的知識庫，它的推理裝置配有很好的解釋說明模組，因此即使一個完全不瞭解美國中部劇烈雷雨發生時大氣條件的預報員，也可以很快的從WILLARD中學習，WILLARD在推論出結果前詢問最多40個問題，其中包括了有綜觀尺度中尺度大氣狀況的一些資訊，美國國家氣象局在美國中部地區測試WILLARD 的成效發現，它對掌握劇烈與非劇烈雷雨發生上已表現的不錯。

加拿大環境大氣部門與迪吉多公司共同研發出來的KASSPr也是一個劇烈雷雨預報的專家系統，它使用最傳統的測試知識庫前向式關聯系統，KASSPr將美國NGM 數值模式輸出資料當作其輸入資訊，氣象人必須在螢幕上將鋒面、氣壓、熱力、渦度槽脊位置加以標示出來，KASSPr就會將造成劇烈雷雨之充分及必要條件逐步審視及推理，最後可以將特定區域中，不同雷雨強度等級及發生或然率標示出來。

其它用於預報劇烈對流及雷雨發生的專家系統如美國陸軍所使用的TIPS；亞利桑那州立大學KENNETH YOUNG所發展的GOPAD；美國國家海洋大氣總署所發展的CONVEX；美國亞伯尼區之紐約州立大學TOM STEWART 所發展出來的疊加式線性預報專家系統ALPS；美國國家劇烈風暴預報中心成員DONALD McCANN 應用類神經網路方式建構的NNET專家系統等等，由此我們不難發現到，即使氣象預報應用之專家系統蓬勃於80年代末期，但是已有許多非常令人鼓舞的初步成果，重要的是，這些專家系統若有良好的設計與規劃，在實際

作業中它成長必然會愈來愈令人滿意。

HIPRIDE是美國陸軍的一個鷹式地對空飛彈系統雷達診斷專家系統。此一飛彈系統包括了有雷達、管制、發射等單元，架構十分地複雜，一個合格的維護工程師至少需要50週的訓練時間，不幸的是他們服務的時間大都只有二至三年，過高的流動率使得合格的維修人員不足，HIPRIDE的主要功能在於協助現場低層次技工診斷鷹式飛彈系統，提高維修能力，減少裝備後送的停工時間，縮短技術訓練所須之時間。

AWG-9 是一個目標追蹤及射控鎖定雷達專家系統，它裝於美軍F-14的戰機上，可以同時追蹤26個敵人目標，且自行決定摧毀最具威脅性的6個目標，由於AWG-9 參考了戰機上所配備的武器特性，地型因素，空戰時敵我空間情勢而推理出一最佳的狀況處置作為，此一裝置不僅節省了武器操作時間，並可於攻擊後迅速脫離戰場，降低被追擊之機會，更在敵機各種攻勢下，推理出最佳處理步驟及反應方式等。另外尚有應用氣象因子結合武器射控系統的專家系統也首次展現於波灣戰爭中，美國陸軍的一套戰術決策輔助軟體裝置於METSAPACK 之中它對於在不同天候影響情況下，指揮官或參謀在作為建議或決心下達上提供了有用的參考，以及各種氣象資料分析及簡單預報的一些功能。這套軟體是由許多程式模組所組成；它包括了處理各類型氣象觀測資料，各種武器系統受到天氣因素所造成影響的程式，一個雷達專家系統，低空域戰鬥直昇機的亂流預報應用程式，逐時計算當地密度高度資訊等；至於戰鬥武器系統受到天氣因素影響度，在這個軟體中也提供了一個相當可靠的參考，舉例來說，系統軟體首先將天氣預報解碼成數據碼，再依美國陸軍規定特定武器系統操作合適程度分類，如有利（綠色），有利邊緣（琥珀色）或不利（紅色）某一特定任務，這些武器包括了AH-64 及超級眼鏡蛇AH-1戰鬥直昇機，M603A 和M1坦克及布萊德雷（Bradley）武裝車等。

從上面的描述來看，這組軟體程式具有計算各式武器系統中的光電測距，目標辨視及鎖定，

射控感應裝置（如紅外線、雷射、可見光、影像辨認能力）等在不同天候狀況下，其所表現的可信賴程度，其中甚至包括了在夜間作戰，戴上護目鏡下的情況也在程式考慮之中。綜合而言，這套軟體提供了以下多種功能：

（一）氣象資料傳送、收集與分析。

（二）天氣因素影響，作戰預報資料之製作。

（三）核子、化學、生物戰等，在不同天氣因素的操作影響程度。

（四）各式武器系統在不同天氣因素下所展現的最大效能。

（五）砲兵使用折射指數之分析。

由此可知專家系統之應用並非侷限於某一特定的範圍，只要妥善加以規劃及整合，許多依賴不同領域，統合而達成之特殊任務，可以有效且迅速地完成。若是我們將專家系統的應用與人工智慧中其它部分相結合，換言之輸入部分已不再需人為的介入，而使將影像、聲音，平行快速處理的電腦加以引入，那麼就天氣預報而言，所謂天氣預報機器人的理想並非絕對的不可能，科幻影片中的「機器戰警」也就成為你我生活中的活例了。由於專家系統突破到理想的人工智慧應用體，並非毫無困難及障礙，然而可預見的是在科技技術，應用方法的不斷突破情形下，這些困難終將得到解決。

#### 四、國軍專家系統的可行性：

就國軍現行的「精兵主義」而言，若我們審慎地將一些問題處理所須的知識、技能、經驗及具有公信力之領域專就此範疇加以評估後，不難發現諸如，維修診斷、故障排除、工程設計、分析規劃、裝備維修；氣象預報，教育訓練都具備有實踐專家系統的必要條件，透過問題內容及性質上先予適切性評估，再予以技術可行性評估，配合有利的環境條件支持下，專家系統在成品效益及投資報酬上必然可以得到很好的成果，基本上而言，品質的提升，成本的降低及需耗時程的銳減可以說是應用專家系統尤其明顯成效。

國軍人員在經年的培訓養成，裝備的汰舊更新及觀念上突破之進步下，已具有了實踐專家系統的客觀條件，只要經由妥善地加以整合及規劃，成功的專家系統必然可以實行於國軍現行多任務執行上；未來若能加上交叉橫向整合各相關範疇，如目標鎖定射控與氣象因素結合以提供戰術戰略決策輔助專家系統乃至人工智慧體，則又可積極地為未來決勝戰爭中，開創出更優勢的客觀條件。

#### 五、結論：

專家系統在軍事上，氣象預報上無論是理論，工具，客觀條件及實際個案均已展現了其無可限量的發展與應用空間，硬體及軟體的普及，人員素質之提以及專家系統研究與技術上的進步，已使專家系統實踐於國軍任務體系中有了很好的條件，就成本效益、投資報酬上而言，品質的提升、成本的降低、耗時之減縮等都指示出了現行開發專家系統的必然及緊迫性。

自1960年代專家系萌芽起，1980年代專家系統的受到各國重視到1990年代專家系統風起雲湧地視為人工智慧中最具實用值的技術，我們實應立即反省，仔細評估，迎頭趕上。

#### 參考文獻：

1. 葉怡成、郭耀煌 1991專家系統—方法應用與實作 全欣資訊圖書。PP516
2. DAN, W. PATTERSON 1990 Introduction to Artificial Intelligence And Expert System Prentice-Hall International Inc. PP448
3. Hayes-Roth, Frederick, D.A. Waterman, D.B. Lenat 1982 Building Expert System Addison-Wesley Publishing Company P444
4. Hu, David 1987 Programmer's Reference Guide to Expert System HOWARD W. WAMS & COMPANY PP338



5. McCann, W.D. 1991 A Neural Network Short-Term Forecast of Significant Thunderstorms. Conference paper PP7
6. Passner, J.E., R.E. Dumais, Jr 1991 Artificial Intelligence Techniques to forecast Significant Convective Events Conference paper PP5
7. PC/based Weather Satellite Station 7. Defense Electronic & Computing No.4 September 1991
8. Roberts, W.F. etc 1991 A Field Test of Artificial Intelligence Systems Applied to The Problem of Severe Weather Forecasting: SHOOTOUT-89 conference paper PP6
9. Weaver, J.F. & R.S. Phillips 1990 Mesoscale Thunderstorm Forecasting Using An Expert System Conference paper PP3
10. Zwack P., etc 1990 10. A Prototype Low Cloud Expert Advisory Terminal Forecaster: Progress Report conference paper PP2