

人工智慧在教育上之應用

羅綸斯

美國奧勒岡州立大學

人工智慧簡介

一、人工智慧的定義

人工智慧是一門研究符號 (symbol) 系統以便瞭解與應用智慧搜尋 (intelligent search)，問題解決，計劃，以及溝通等原理與技術的學問。其基本目標是要以機器來模擬人類的智慧。由於人的智慧有各種層面與層次上的不同以致人工智慧的研究也是朝多方面的推展。當前最主要的為發展能瞭解人類自然語言，自動計劃，以及可以根據累積經驗而學習做判斷的系統。

在人工智慧的領域裡最重要的兩個研究中心為一、知識的表現 (knowledge representative); 二、搜尋 (Luger & Stubblefield, 1989)。知識表現是定義世上事物物的符號結構 (structures) 與操作 (operations) 以便電腦可以很智慧的用之來解決各項問題。而搜尋是發展可以正確與有效率的從符號結構與操作當中尋找到可能為正確答案的策略。

二、人工智慧的核心議題

雖然人工智慧已發展出許多支系，但是它們仍然圍繞在幾個重要的研究議題上。從這些議題當中可以讓我們對人工智慧的研究有粗略的瞭解與認識，以下將就這些議題分別列舉出來：

議題一：以電腦來執行符號推論 (symbolic reasoning)。例如， $E(x)$ 意思為存在一個東西“ x ”， $A > B$ 意思為 A 大於 B 等；除了數學符號外，電腦領域所使用的符號均包括在內。

議題二：研究一些不能以運算原理 (algorithms) 來解決的問題，這些問題得依賴 heuristic 來解決，所謂 heuristic 是源於希臘文其意為“發現”，它是一種策略被運用在問題空間裡指導系統沿著一條最可能成功的搜尋路線，以達到解決問題，完成任務的目的。在這種搜尋中它必須使系統避開費時或愚笨

的嘗試，以使用最快速最經濟的途徑找到解決問題的方法；

議題三：使用各種不確定 (inexact)，遺漏 (missing)，或不良定義 (poorly defined) 的資訊與補償辦法來解決問題；

議題四：除了數量的 (quantitative) 問題與情境外，更研究如何表示與處理質的 (qualitative) 問題與情境；

議題五：從處理語法 (syntactic forms) 進而處理語意 (semantic meanings) 以解決語言當中較為深意的部份；

議題六：應用特殊範疇知識 (domain-specific knowledge) 來解決各種實際問題，此即專家系統 (expert system) 的研究基礎；

議題七：使用高層次共通知識 (meta-level knowledge) 來解決複雜難纏的問題情境。

三、人工智慧的一般性應用

人工智慧的起源與發展雖然是近半世紀內的事，但其應用的潛力與價值卻頗被看好。以下介紹其中較為重要的六項：

(一) 遊戲 (Game-Playing)

在人工智慧的領域中板上遊戲佔了一定的份量，例如，西洋棋、圍棋、拼圖等。這些遊戲均有清楚的規則可循，這點使得研究者能夠很容易的產生搜尋空間，不致被混淆不清的結構所困。大部分的遊戲程式均以 heuristic 為其解決問題的策略。遊戲程式看起來好像簡單些，但它卻提供了 heuristic 一個豐富的研究空間，尤其是與對手交手之間可能發生的可預測或不可預測到的狀況卻是很具挑戰性的。

(二) 理論證明 (Theorem Proving)

最早在人工智慧的領域中被人研究的是邏輯的理論證明。人工智慧的兩位先進 Newell 與 Simon 在1963年提出 Logic Theorist 和 General Problem Solver 便是希望以基本的自明之理來導出數學上許多正式的公式。在這方面的研究發現有很多的問題能夠以問題的表示法以及其相關的背景資料作為邏輯自明之理來推理證明該問題本身的理論根據為是或為非。這種看法便成為自動化理論證明 (automatic theorem proving) 與數學推理系統 (mathematic reasoning systems) 的理論基礎。

(三) 專家系統 (Expert Systems)

專家系統是經由某種知識或技術領域的專家那兒所得的知識轉譯成一種電腦程式可

以用來解決類似問題的系統。例如醫生專家系統，地質專家系統等。這些專家系統結合了對某一問題領域的瞭解與一系列 heuristic 解決問題的規則，有如專家一般很有效率的來解決處理某一特殊領域的問題。

(四) 辨認人的自然語言 (Natural Language Understanding)

人工智慧的研究學者一直希望能夠創造出一個能真正能聽懂人類語言的系統來。這一成就若是成真則不但是一項研究成果上的成功，更將使電腦的使用推向另一個高峰。這一方面所涉及的不只是拆字句，查找字義而已，它還須擴大話題的背景知識，抓住成、片語的內涵，更須有連接語意上下文，貫通言詞含意的能力，才能解決一般言談之間漏字句或含混不清的部分。

(五) 機器人與自動計劃 (Robots and Planning)

自動計劃是設計機器人重要的一部分。機器人設計的目的是要用來製作一個可以行為或對外在世界有所反應的系統。自動計劃便是以機器人已會的幾個基本的動作（如前進、後退、左轉、右轉、抓著、鬆放等）來安排連接一系列的行動以便機器人可以執行較高層次的行為。看一個機器人在地上走來走去，或在電影裡打擊魔鬼，和人對答如流是件很過癮的事，然而自動計劃的研究與發展並非那麼容易的事。它必須從整個環境當中發現最佳的路徑，而不被巨大無止境的可能狀況所困擾，這就有賴於複雜的空間知識與控制搜尋的技術。

(六) 機器學習 (Machine Learning)

學習一直是人工智慧研究學者感到困難的一部分。然而學習是所謂智慧行為最重要的一部分。專家系統可以解決問題，但對每一次相同的問題，專家系統均重頭運算一遍。不但費時重覆相同的動作而且這種解決問題的方式還不能稱之為智慧的行止。因此，有些學者便希望能設計一種會從解決問題的過程當中學習的系統。這系統可經由問題解決的經驗或相似的範例當中學習，或者直接由人類教導來學習。

人工智慧在教育上的應用

從1970年代起，有關電腦在學習和教育方面的書籍與各種研討會便如雨後春筍一般紛紛出現。而今，這股洪流已推進到電腦科技當中所謂的最高層次的電腦科學藝術 - 人工智慧 (Tennyson & Ferrara, 1987) 來了。其實人工智慧的各種應用均或多或少與教育發生關連，如果要指出其中與教育最有相關的兩項則該兩項可以是專家系統與智慧型電腦輔助教學了。專家系統的意義前面已有陳述；而智慧型電腦輔助教學則為

應用人工智慧的技術來發展個別化且高能力的電腦輔助教學系統 (Park & Siedel, 1987)。以下就這兩項人工智慧在教育上應用的情況分別介紹。

一、專家系統

專家系統是由兩個主要成分組成的：一為知識領域(knowledge domain)；一為推理引擎(inference engine)。知識領域又可稱為知識庫(knowledge base)是一套對某種特別範疇知識所建立的資料庫。其來源是透過該知識領域的專家或學者來架構而成的。包括宣告性知識(declarative knowledge)與程序性知識(procedural knowledge)。而推理引擎則是利用知識庫裡的事實、關係與目標來為使用者解決問題尋找答案的系統 (Pollock & Grabinger 1989)。

Wilson 與 Burford(1990)認為這種專家系統就如知識工程師(knowledge engineers)一樣擁有各種須要的元素、關係與知識來解答他人的詢問，就好像專家一般能解決人類某一範圍的問題。通常專家做決定或解決問題所涉的相關元素有：(1)問題的定義，(2)假設，(3)相關事實，(4)各種可能的資源，(5)邏輯，(6)機率及(7)行為等。專家系統便是根據人類的專家將這些元素明白的提出說明，而由程式師來撰寫完成的。

在教學上專家系統的應用可以分成教師與學生兩方面。在教師方面，可以稱之為教師徵詢系統(teacher advisory systems)。這種徵詢系統可以用來協助教師計劃教學，處理學生資料，診斷學生學習困難，及日常作息表的訂定等。它們可以使教師分享教學專家的經驗。增加教師知識的深度與廣度，如 (The Teacher Advisory System) 便是一個透過學校網路系統來管理學校，提供教師徵詢服務的專家系統。另一種的應用為教師的訓練與專業發展。教師可以透過與專家系統的互動來觀察專家如何解決問題，尤其是在實際教學上的問題，可以使教師從專家系統當中獲得教學經驗與啓示。

在學生方面，專家系統框架(expert system shell)可以提供學生自行組織知識的機會 (Trollip & Lippert, 1987)。學生在這套系統裡可以受到對該領域知識的分類組模(classification schemes)，多重因素的推理(multivariate reasoning)，與目標-方法分析(means-ends analysis)等能力的訓練。如 Expert-Ease，便是一個 "do-it-yourself" 的專家系統框架。這系統的組織與定義很清晰故使用容易，學生可以從簡單的模式漸漸進入複雜的問題情境裡，循序漸進。

二、智慧型電腦輔助教學

智慧型電腦輔助教學包含四個基模(module)：專家基模(the expertise module)，學生模式基模(the student model module)，教學者基模(the tutorial module)，與介面基模(the interface module)(Hajovy & Christensen, 1987; Park, 1988)。

專家基模包括兩個元素：一為範疇內的知識庫，二為行為基準模式。範疇內的知識庫是學生學習該領域所需的元素與用之來解決該領域問題的程序等。行為基準是系統可以憑其專家之角度來評量學生所表現之行爲是否已達標準的根據。

學生模式基模是一種評析學生狀況的機制(mechanism)。瞭解學生之先備知識，與學生之間所存在的個別差異等。學生的先備知識可能為專家知識庫的一小部分，或是一些錯誤觀念(misconceptions)，其實，大部分學生的課前先備知識均為不確定或含混的觀念。

教學者基模是處理教學的基模。它會決定何種問題何時呈現，評量學生的回應，提供協助，以及必要時給予補助教學等。這種模式內含教學策略，診斷方法，施教規則等。它的目的是使該系統適應不同學生之所需。

介面基模是使學生可透過它與系統溝通。同時它能產生呈現教學的畫面與解釋學生輸入的資料。

基本上，智慧型電腦輔助教學系統是希望利用人工智慧的方法和技術來發展有效的適性教學系統(Park, 1988)。如 Geometry Proof Tutor(GPT, Anderson, Boyle, & Yost, 1985) 就是設計來幫助學生學習幾何證明的適性教學系統。另外，BUGGY, ALGEBRA, LMS 和 WHY 等是設計來分析學生錯誤，模式化學生之學習行為以達適性教學之目的。MAIS (Minnesota Adaptive Instructional Strategy, Tennyson & Rothen, 1977; Tennyson, Park, & Christensen, 1985) 便是利用先備知識，感知反應策略(response-sensitives instructional strategy)，或諮詢(advisement)等來設計發展適性教學的系統。

結 語

人工智慧的發展固然有很多的成就，但是在發展過程當中也遇到不少阻力，其中最為顯著的有下列諸端：

1.需要龐大的記憶空間：這點會使發展人工智慧的系統較發展一般系統更為困難，花費也相對提高。

2.系統語言的能力不足：目前在人工智慧領域當中所使用的語言如 Prolog 和 LISP 等的能力尚不足以發展出非常強而有力的程式來。

3.知識的表現不易：人類的知識千變萬化，不易捉摸，如何將各種知識在電腦系統中如人類一般應用自如，困難重重。

4.人們的恐懼心理：這種恐懼來自兩方面，一方面是害怕失去工作，另一方面是害怕無法有效控制這種聰明但不好掌握的產物。

儘管人工智慧的研究發展有以上的困難但其應用的潛力卻是人們所期待的。人工智慧結合認知科學使得學生與機器之間所發生的學習行為更為可能，也使以往電腦教學缺乏學習或認知理論根據 (Kearley & Seidel, 1985) 的弊端有所改善。人工智慧的技術供給電腦教學設計發展一項強而有力的途徑。一種比以往的教學系統更有效率，更為靈活，更能適應個別差異的教學系統將在人工智慧專家與教學專家、心理學者甚至語言學家等的共同努力之下成為教學系統的主流，我們拭目以待。

參考書目

- Anderson, J.R., Boyle, C.F. & Yost, G. (1985). The Geometry Proof Tutor. Proceeding of the International Joint Conference on Artificial Intelligence, Los Angeles.
- Hajovy, H. & Christensen, D.L. (1987). Intelligent computer-assisted instruction: the next generation. Educational Technology, 27(5), 9-14.
- Kearley, G.P. & Seidel, R.J. (1985). Automation in training and education. Human Factors, 27, 61-74.
- Luger, G.F., & Stubblefield, W.A. (1989). Artificial Intelligence and the Design of Expert Systems, Redwood City, California: The Benjamin/Cummings Publishing Co. Inc.
- Newell, A. & Simon, H. (1963). Empirical explorations with the logic theory machine: a case study in heuristic. In Feigenbaum and Feldman.
- Newell, A. & Simon, H. (1963). GPS: a program that simulates human thought. In Feigenbaum.

- Park, O.C. (1988). Functional Characteristics of intelligent computer-assisted instruction: intelligent features. Educational Technology, 28(6), 7-14.
- Park, O.C. & Seidel, R.J. (1987). Conventional CBI versus intelligent CAI: suggestions for the development of future systems. Educational Technology, 27(5), 15-21.
- Pollock, J. & Grabinger, R.S. (1989). Expert systems: instructional design potential. Educational Technology, 29(4), 35-39.
- Tennyson, R.D. & Ferrara, J. (1987). Introduction to special issue: artificial intelligence in education. Educational Technology, 27(5), 7-8.
- Tennyson R.D., Park, O.C., Christensen, D.L. (1985). Adaptive control of learning time and content sequence in concept learning using computer-based instruction. Journal of Educational Psychology, 77(4), 481-491.
- Tennyson R.D., & Rothen, W. (1977). Pretask and on-task adaptive design strategies for selecting number of instances in concept acquisition. Journal of Educational Psychology, 69(5). 586-592.
- Trollip, S.R. & Lippert, R.C. (1988). Constructing knowledge bases: a promising instructional tool. Journal of Computer Based Instruction, 15(3), 88-94.
- Wilson, H.O. & Burford, A.M. (1990). Artificial intelligence and expert systems. Journal of Education For Business, 275-279.