

國字筆順之智慧型電腦輔助教學系統 An Intelligent Computer-assisted Instruction System for the Stroke Order of Chinese Characters

孫光天
Sun Koun-Tem

台南師院資訊教育所
Institute of Information Education
National Tainan Teachers College
ktsun@ipx.ntntc.edu.tw

黃志裕
Huang Chih-Yue

台南師院資訊教育所
Institute of Information Education
National Tainan Teachers College
m85512@ipx.ntntc.edu.tw

王俊義
Wang Chun-I

台南師院資訊教育所
Institute of Information Education
National Tainan Teachers College
m85513@ipx.ntntc.edu.tw

摘要

本研究為人工智慧與類神經網路之智慧型電腦輔助教學系統，包含學生、教學、解釋模組。學習學生的書寫行為；產生與該錯誤筆順相關的國字，讓學生再練習，讓學生瞭解學習過程的錯誤，過程會被分析，下診斷給學生以更正錯誤。

關鍵字：電腦輔助教學、人工智慧、類神經網路。

Abstract

The research is a Intelligent CAI system with AI and ANN including(1)student model,(2)tutoring model and(3)explanation model. Model 1 learns the student's behavior. Model 2 generates a relevant Chinese font regarding with wrong stroke order to practice. Model 3 enables the student to realize the error during learning. The process will be analyzed. Diagnosis enables the student to correct his wrong stroke order.

Keywords : Computer-assisted Instruction, Artificial Intelligence, Neural Networks.

一、簡介

本研究「國字筆順之智慧型電腦輔助教學系統」是運用資訊科技建立一套智慧型電腦筆順教學與行為心智模擬系統，嘗試利用電腦科技與人工智慧來強化國小學生對書寫國字正確筆順之認識，對錯誤的筆順，系統內的推論法則可檢出與錯誤筆順相似的國字予學生練習，並分析錯誤原因，提醒學生錯誤之筆順行為，以幫助學生養成國字正確筆順之書寫習慣。近年來，人工智慧應用於電腦輔助教學(CAI)已有些不錯成果，早期有 SCHOLAR【1】與 SOPHIE【2】等，都有不錯的成效。由於電腦多媒體技術之進步，除可以增加人機介面的親和力與使用的方便性外，人工智慧亦加強了傳統 CAI 的不足，使得 CAI 範圍不再侷限於死板的教材，進而成為一套智慧型電腦輔助教學系統 ICAI(Intelligent CAI)。

類神經網路為人工智慧之新發展技術，並已成功廣泛的運用於各領域【3-8】，故本研究除在

建構一智慧型筆順教學系統外，同時建構一套以類神經網路技術【9】為基礎之學生筆順行為模擬系統，以學生在教學系統中所書寫之筆順習慣(不論正確與否)來訓練建構此模擬系統，使此系統可學習並模擬該學生之筆順習慣，進一步幫助學生早期校正錯誤筆順，養成正確筆順書寫習慣。

目前國內相關性的研究大部份多是關於中文輸入法與中文字形辨認的研究【10】【11】【12】，及筆順原理與分類之研究【13】【14】但缺乏運用到資訊教育方面，尤其是運用人工智慧【15】【16】相關技術在建立一套國字筆順智慧型教學系統與學生筆順行為心智之模擬系統。個人以在人工智慧與類神經網路多年之研究心得與經驗【17-22】提出兩組類神經網路架構：(1)子字型次序模擬系統與(2)子字型內之筆順模擬系統，來完成學生筆順行為心智模擬系統。此種兩組式筆順行為模擬方式，將可大幅降低問題之困難度，並增加執行效率及正確性。

第二章介紹教學系統之架構及運作流程，第三章介紹類神經網路所建構的筆順行為心智模擬系統，第四章則做一簡短結論。

二、系統架構及運作流程

本系統之結構如圖 1 所示。

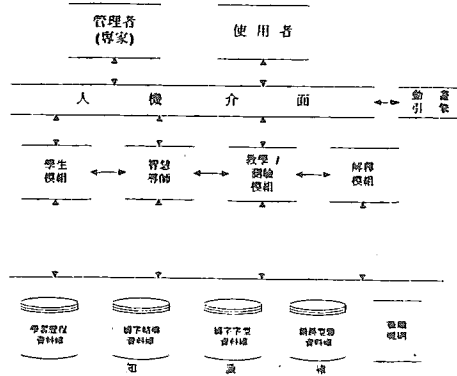


圖 1. 智慧型國字筆順教學系統之系統架構示意圖

如圖 1 所示，本智慧型筆順教學系統須有一人機介面(如圖 2 所示)與學生溝通，而且還須使用字型資料庫、筆順資料庫與人工智慧策略一起運作，資料流程如圖 3 所示，系統之人機界面、筆畫編碼方式與人工智慧推論規則。

(一)、人機介面：

註：本研究由國科會贊助；

計畫編號：NSC 87-2411-H-024 -001 -

為與學習者溝通與輸入方便，本系統使用觸控式螢幕作為人機介面，其是利用觸控式螢幕特性，將國字字型以顏色字的方式顯示在螢幕上，學習者可用手指直接在螢幕上書寫國字，所劃過之筆畫會立刻變成黑色提醒使用者。過程如圖 2 所示。

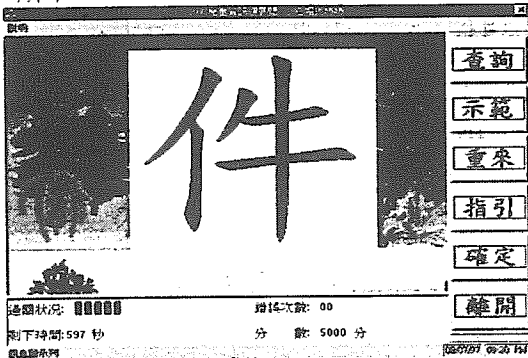


圖 2.人機介面—國字輸入畫面

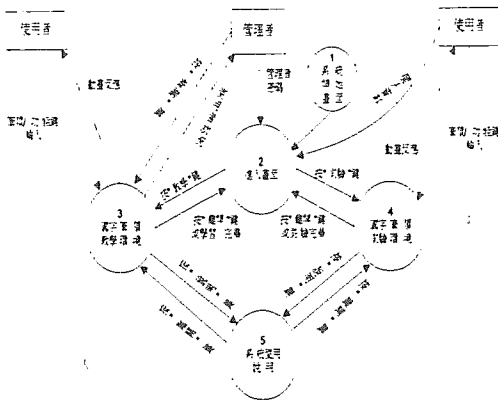


圖 3.資料流程圖

(二)、筆畫編碼方式：

1.將工作區細分成 81 格區域(如圖 4 所示)，每一格予以一編號，由左至右、由上至下依序編為 1 至 81，如此可將國字分成 81 區格供字型編碼。

1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31	32	33	34	35	36
37	38	39	40	41	42	43	44	45
46	47	48	49	50	51	52	53	54
55	56	57	58	59	60	61	62	63
64	65	66	67	68	69	70	71	72
73	74	75	76	77	78	79	80	81

圖 4.人機介面工作區編碼方式示意圖

2.如圖 4 所示，依國字筆劃在方格中的位置，訂定出編碼原則如下：

(1)每一國字給予一字型碼，每一字型碼皆不相同。

(2)每一筆劃取頭、尾二碼。

(3)取碼次序依照筆順的方向取碼，如筆順為由左至右，則先取左邊的碼，再取右邊的碼。

(4)一筆劃之頭、尾二碼可能相同(如一點)。

3.由於許多國字由二至數個子字型所組成，因此亦將子字型分別編碼，則可減少筆順資料庫(將於項目 6 中詳述)之儲存空間。如"件"字，由"亻"及"牛"二字字型組成，可將"亻"子字型編一碼，"牛"子字型編一碼。

4.每一子字型中的筆畫順序再予一順序碼。

5.以"件"字為例，完整的字型筆劃位置資料結構如下(表 1 與表 2 所示)。

表 1.字型筆劃位置資料結構

件字 字型碼	筆劃 位置碼	子字型 順序碼	子字型 筆劃順序碼
子字型 碼			
子字型 碼			

表 2."件"字字型筆劃位置資料結構

1234			
2068	3 37	I	1
	20 74	I	2
2069	14 39	II	1
	22 26	II	2
	48 53	II	3
	6 78	II	4

6.由於國字筆劃有其一定的書寫方向，為辨別一筆順在方向上發生錯誤與否(如：先橫後豎，或先豎後橫之錯誤)，可將每一筆劃依其筆順加以編碼，其原則如下：

(1).由於國字是二維圖形結構，因此可將二維平面分成八個方向來含括筆順書寫的方向，如圖 5 所示。

(2).每一方向給予一代碼，依順時針方向，分別為 0 至 7。

(3).將每一筆劃依其筆順方向給予一代碼。其原則如下：

i.單一筆劃給予一碼。如"一"字之筆順代碼為 2。

ii.子字型中可拆成單一筆劃者，依其筆順方向分別給予代碼。如"亻"子字型可拆成"丨"及"丿"，則代碼分別為 5 與 4。

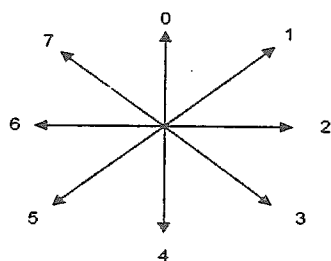


圖 5. 國字筆順書寫方向示意圖

iii. 國字中複雜之筆劃，如“乙”字，雖僅為一筆，可以頭尾連接之方向“\”編碼為 3。

(4) 由上述之原則，可依據子字型建立一筆順資料庫，其資料結構如表 3 所示。

表 3. 筆順資料結構

子字型代碼	筆順代碼
第一筆	
第二筆	

以“件”字為例，其筆順資料庫分為“丿”及“牛”，如表 4 與表 5 所示。

表 4. “牛”子字型筆劃資料結構

2069	
1	5
2	2
3	2
4	4

表 5. “丿”子字型筆順資料結構

2068	
1	5
2	4

(二). 人工智慧策略：

1. 欲利用人工智慧推論規則，將學習者錯誤筆順相關字型檢索出來，系統必須記錄學習者輸入筆順的過程，因此要有一資料結構記錄之，如表 6 所示。

以“件”字為例，學習者輸入筆順之過程可以如下表 7 所示。

表 6. 記錄學習者輸入歷程之資料結構

字型	子字型 順序	子字型筆 劃順序	筆順代碼
筆順 1			
筆順 2			
...			

表 7. 學習者輸入“件”字筆順之過程

123			
1	II	1	5
2	I	2	4
3	I	1	5
4	II	2	6
5	II	4	4
6	II	3	6

2. 有了學習者輸入筆順的記錄過程後，本系統可以用下列人工智慧規則判別學習者輸入筆順正確與否。

以上述表 7 之國字結構與筆順方向可得下列結果：

(1) 方向上之筆順錯誤：諸如由左至右，由上而下，挑筆向上，捺筆向下等皆是方向上之筆順錯誤，可由筆順資料庫之筆順代碼，比對學習者所輸入之筆順代碼，知其錯誤與否。如表 7 之筆順 4，筆順代碼為 6，正確之筆順代碼為 2，故可知其發生書寫方向由左至右之錯誤。

(2) 筆劃順序上之筆順錯誤：諸如先橫後豎，先豎後挑，由外而內等。是屬於兩筆劃次序上之錯誤，可由字型資料庫中子字型筆劃順序碼知其錯誤與否，另外可由筆順代碼知其錯誤原因，如表 7 中筆順 2 及筆順 3 知其發生錯誤(應先橫後豎)。

(3) 各子字型間之筆順錯誤：各子字型順序錯誤，可由字型資料庫中子字型的順序知其發生錯誤，如表 7 中筆順 1 應為子字型 I 而非 II。

筆順發生錯誤種類繁多，我們可將學習者輸入筆順所發生錯誤的情況建成一錯誤記錄，再由錯誤記錄產生錯誤碼，進行錯誤原因解釋。

3. 系統由錯誤記錄中得知錯誤碼後，至錯誤原因資料庫找出錯誤原因，再由原因檢索出相關連之國字供學習者練習，以“件”字為例，其相關字檢出流程如圖 9 所示。

由系統運作流程可知，當學習者輸入筆順後，系統即可判別輸入筆順之情形，產生錯誤記錄，再由錯誤記錄中之錯誤碼，至子字型相關字資料庫與錯誤原因相關字資料庫推論出相關字供學習者矯正練習用。

原因相關字資料庫推論出相關字供學習者矯正練習用。

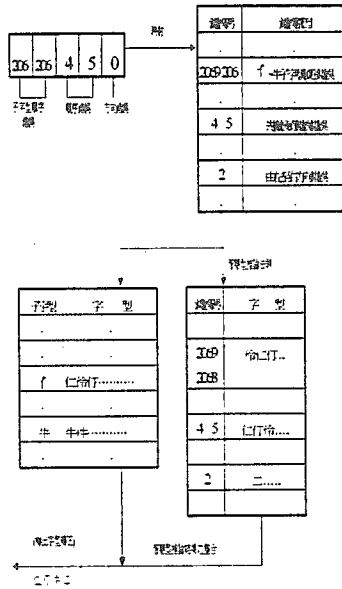


圖 9. 錯誤記錄檢索運作流程圖

人工智慧推論規則規則可歸納為下列數條(部份):

- (1) IF "錯誤碼=2" THEN "由左而右之筆順錯誤"
- (2) IF "錯誤碼=4" THEN "由上而下之筆順錯誤"
- (3) IF "錯誤碼=1" THEN "挑筆之筆順錯誤"
- (4) IF "錯誤碼=5" THEN "撇筆之筆順錯誤"
- (5) IF "錯誤碼=3" THEN "捺筆之筆順錯誤"
- (6) IF "錯誤碼=24" THEN "先橫後豎錯誤"
- (7) IF "錯誤碼=42" THEN "先豎後橫錯誤"
- (8) IF "子字形碼順序錯誤" THEN "子字形先後順序錯誤"

系統可由錯誤原因資料庫判斷學習者發生錯誤之原因。

三、類神經網路筆順行為模擬系統

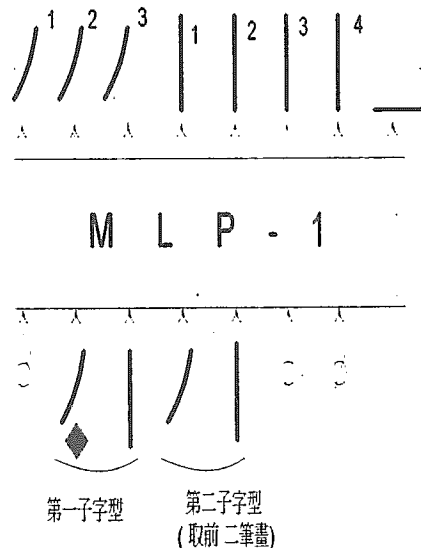
針對筆順的書寫方式，我們發現並無由下往上之筆畫，所以，筆順編碼 0 (參閱圖 8) 並沒使用，可將其用來作為筆順開始與結束之輸入碼(符號: ϕ)，對各文字筆順輸入之行為，我們以兩組多層認知式(MLP)類神經網路來學習，第一組類神經網路(MLP-1)目的在分辨是否有各子字型次序之

錯誤發生，例如"件"字，可能先寫右邊的"牛"後寫左邊的"亻"，但是對於第二子字型，我們並未將所有筆順輸入，只取前二筆畫作為筆順特徵即可(節省輸入長度與降低系統複雜度)，因此，輸入方式如圖 10 所示。

在圖 10 中，MLP-1 之輸入部份，在標記"◆"之輸入，為我們要辨識之筆順，輸出部份，"/¹" 表該文字第一筆"/，同理"/²" 表文字中第二筆"/，因此，"/¹" 表文字中第一筆"1"，其餘亦同。

所以"件"字第一筆的正確輸出應為第一筆"/ (¹)，但學生若先寫右邊，則輸出改為第二筆"/ (²)，因此，就以輸出"01000...0"來訓練此類神經網路，當有另一文字，如"作"字，因其輸入樣本(pattern) 與"件"字相同，將可知此學生，也會先寫"乍"再寫"亻"，經我們初步觀察，學生之筆順行為與我們推論結果相同。第二組類神經網路(MLP-2)則分辨各子字型內之筆順錯誤，如圖 11 所示。

圖 10. 子字型書寫次序筆順



模擬系統("件"字輸入)

在圖 10 中，MLP-1 之輸入部份，在標記"

◆"之"輸入，為我們要辨識之筆順，輸出部份，"/¹"表該文字第一筆"/"，同理"/²"表文字中第二筆"/"，因此，"/¹"表文字中第一筆"/"，其餘亦同。所以"件"字第一筆的正確輸出應為第一筆"/"(/¹)，但學生若先寫右邊，則輸出改為第二筆"/"(/²)，因此，就以輸出"01000...0"來訓練此類神經網路，當有另一文字，如"作"字，因其輸入樣本(pattern)與"件"字相同，將可知此學生，也會先寫"乍"再寫"亻"，經我們初步觀察，學生之筆順行為與我們推論結果相同。第二組類神經網路(MLP-2)則分辨各子字型內之筆順錯誤，如圖 11 所示。

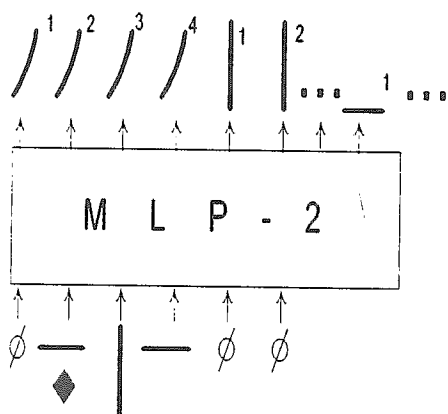


圖 11. 子字型內筆順模擬系統("士"子字型輸入)

許多學生對"士"子字型，會先寫"丨"後寫"一"，則以輸出"0000100...0"進入學習，因此，對"士"子字型而言，將可發現學生亦發生相同錯誤，證明了本系統之正確性與可用性。

四、結論與建議

國字筆順之教學乃奠定日後學習國字書寫之基礎，故其重要性不可言喻，因此，一套國字筆順智慧型電腦輔助教學(ICAI)系統之開發乃成爲一重要工作。而本系統之研究，除了結合資訊技術於觸控畫面與輸入文字之處理外，另亦包含多媒體之圖形、語音與動畫之呈現，系統內部更應用人工智慧技術建立推論法則及學生筆順心智

行為模擬系統，與建立筆順與學習歷程等相關資料庫，技術上爲一創新的研究。未來，本系統將修改爲網路版，以供遠距學生使用，提供更爲廣泛的學習環境，使用後之經驗與心得將可協助建立其它遠距 ICAI 系統之參考。

參考文獻：

- 【1】J. R. Carbonell, "AI in CAI: An artificial intelligence approach to computer-aided-instruction," *IEEE Transactions on Man-Machine System*, 11(4), pp.190-202, 1970.
- 【2】J. S. Brown and R. R. Burton, "Multiple representations of knowledge for tutoring reasoning," *Representation and Understanding Studies in Cognitive Science*, D.G. Bobrow and Allan Collins (Eds), New York: Academic Press, pp. 311-349, 1978.
- 【3】H. Bourlard and C. J. Wellekens, "Multilayer perceptrons and automatic speech recognition," *1st Int'l Conf. On Neural Network, San Diego*, pp. IV 407-IV416, June 1987.
- 【4】S. Grossberg, *Neural Networks and Neural Intelligence*. MIT Press, Cambridge, MA, 1988.
- 【5】C. Koch, J. Marroquin, and A. Yuille "Analog neural networks in early vision," *Proc. Of National Academy Science*, 83:4263-4267, 1986.
- 【6】D. C. Plaut and G. E. Hinton, "Learning sets of filters using back-propagation," *Computer Speech and Languages*, 1987.
- 【7】T. Poggio and F. Girosi, "Networks for approximation and learning," *Proceedings of the IEEE*, 78(9): pp. 1481-1497, 1990.
- 【8】B. Widrow and R. Winter, "Neural nets for adaptive filtering and adaptive pattern recognition," *IEEE Computer Magazine*, 21: pp. 25-39, March 1988.
- 【9】R. P. Lippmann, "An introduction to computing with neural nets," *IEEE ASSP magazine*, 4: pp. 4-22, 1987.
- 【10】王駿發、郭世崇(民 81)，一種新的中文字筆劃擷取方法，影像與識別 1：6；頁 12--18。
- 【11】李新慶(民 82)中文字筆序及子字型的自動產生及其分析，交通大學資訊及電子工程研究所。
- 【12】盧團徽(民 78)，手寫漢字的特徵研究--筆劃提取，吉林大學(大陸)計算機工程研究所。
- 【13】丁德先(民 71)，中國文字的標準母筆，東方雜誌 15：7；頁 36-38。
- 【14】李郁周(民 78)，筆順原理略論--小學國語教科書筆順評析，國教月刊 35：5/6；頁 47-54。
- 【15】C. L. Chang, and R. C. Lee, *Symbolic Logic and Mechanical Theorem Proving*, Academic Press, New York, 1973.

【16】 R. Davis, "Applications of Meta Level Knowledge to the Construction, Maintenance and Use of Large Knowledge Bases," *Knowledge-based System in Artificial Intelligence*, R. Davis & D.B. Len, 1986.

【17】 K. T. Sun and H. C. Fu. "A Neural Network Algorithm for Solving the Traffic Problem in Multistage Interconnection Neural Network for Solving Hamiltonian Cycle Problem." *Artificial Neural Networks*, T. Kohonen et al. eds. pp. 1797-1800 North-Holland, Elsevier Science Publishers B. V., 1991.

【18】 K. T. Sun and H. C. Fu. *Conference on Neural Networks (JCNN'91)*, pp. 1136-1141 Singapore, Nov. 24-28, 1991.

【19】 K. T. Sun and H. C. Fu, "A Neural Network Implementation for Traffic Control Problem on Crossbar Switch Networks." *International Journal of Neural Systems*, Vol. 3, No. 2, pp. 209-218, 1992.

【20】 K. T. Sun and H. C. Fu, "A Neural Network Approach to the Restrictive Channel Routing Problem," *International Conference on Artificial Neural Networks (ICANN'92)*, Oct. 1992.

【21】 K. T. Sun and H. C. Fu, "A Neural Network Approach to the Traffic Control Problem on Reverse Baseline Networks," *Circuit, System and Signal Process*, Vol. 12, No. 2, pp. 247-261, 1993.

【22】 K. T. Sun and H. C. Fu, "A Hybrid Neural Network Model for Solving Optimization Problem," *IEEE Transactions on Computers*, Vol. 42, No. 2, pp. 218-227, Feb. 1993