

計畫編號：CCMP89-RD-016

行政院衛生署八十九年度科技研究發展計畫

舌診自動分析系統併入中風證型診斷
專家系統之研究（2-2）

委 託 研 究 報 告

計畫委託機關：台北市立中醫醫院

計畫主持人：鄭振鴻

研究人員：林士傑

執行期間：88年07月01日至89年06月30日

本研究報告僅供參考，不代表本署意見

計畫編號：CCMP89-RD-016

各機關研究計畫基本資料庫之計畫編號：

行政院衛生署八十九年度科技研究發展計畫

舌診自動分析系統併入中風證型診斷
專家系統之研究（2-2）

委託研究報告

計畫委託機關：台北市立中醫醫院

計畫主持人：鄭振鴻

研究人員：林士傑

執行期間：88年07月01日至89年06月30日

行政院衛生署中醫藥委員會八十九年度委託研究計畫成果報告

舌診自動分析系統併入中風證型診斷專家系統之研究（2-2）

執行機構：台北市立中醫醫院

計畫主持人：鄭振鴻

研究人員：林士傑

執行期限：民國 88 年 7 月 1 日至民國 89 年 6 月 30 日

本研究報告僅供參考，不代表本會意見

編號：CCMP89-RD-016

舌診自動分析系統併入中風證型 診斷專家系統之研究（2-2）

鄭振鴻

台北市立中醫醫院

摘要

腦中風是由於供應腦部的局部血管障礙在臨床上造成其支配的神經缺陷，腦中風之死亡率均高居各國的首位或次位，在台灣地區十大死亡原因中也一直高居首位，直到 1982 年後才退居癌症之後，因此，無論現代醫學或中醫，中風研究之重要性自不待言。模糊理論（fuzzy theory）已經被廣泛的應用在醫學與工業的研究上。然而模糊理論承認真偽之間的模糊地帶，把歸屬函數從 0、1 二值推廣到 0、1 之間的任何值。所以模糊理論更適用於人類之思維模式。類神經網路（artificial neural network）模仿自人類，神經網路，它具有平行處理、高錯誤容忍度等優點，因此不僅能處理大量資訊，且資訊中混雜少許雜訊也不會影響正確性，故具有解決最佳化問題的能力。

中醫學的精髓在於『辨証論治』，辨証以望、聞、問、切四診為

依據。我們根據中醫獨特的辨證法，可將中風分為幾個證型——形成“證論域 (universal set)”。譬如：“風證、火證、痰證、血瘀證、氣虛證、陰虛陽亢證”等證。在辨證論治中舌診是望診的主要內容，舌診在疾病之變證分型上的角色是無庸置疑的中風病人舌的變化與病情的分類與預後有相當密切關聯，然而舌診過去幾乎皆由醫師的目視判斷因易出現判斷上的個別差異缺乏更客觀的判斷標準，目前舌診研究正進入一個嶄新的階段，從原始的目測發展到光電轉換、微循環技術、血液流變、舌胎細胞等研究，將中醫舌診帶入客觀化、檢測化的時代。

本計畫的目的主要是借助於紅外線及高解析彩色攝影舌診分析系統對中風病人進行舌診分析了解其舌色苔色舌型之特性，並依據模糊理論建立證型與症狀的量級資料庫、症狀程度與量級的模糊關係，經由問卷及舌診分析系統獲得患者的各證型之症狀量，然後藉由模糊數學來演算病人的診斷向量，如此可建立辨證的模型。一方面使中風中醫證型診斷配藥專家系統在舌診方面有更客觀的指標，同時亦可對證型在問診與舌診的相關性作一客觀分析。

關鍵詞：模糊理論、中風、紅外線、舌診、專家系統

**Tongue diagnostic system in an Expert System
of Diagnosis and Prescription
of Stroke in Chinese Medicine**

Jenn Horng Jeng

Taipei City Hospital of Traditional Chinese Medicine

ABSTRACT

Fuzzy theory has been widely applied in fields of medicine and industry. This theory is extended from the classical set theory. A fuzzy set is defined as a class of objects with a continuum of grades of membership. Such a set is characterized by a membership (characteristic) function , which assigns to each object a grade of membership ranging between zero and one.

This research is to apply fuzzy set theory develop a method using infrared (IR) image to examine the temperature distribution of the tongue which could be correlated to the state of the organs. An intelligent model will be made for the differentiation of symptoms and signs and for the prescription of the disease of stroke. This model which can be combined with other Chinese-medicine diagnostic system or instrumentation will be a vary handy computer-assisted system to a doctor of Chinese medicine at the treatment of stroke patient.

With the Chinese medicine theory of differentiation of pathological conditions in accordance with the “four principal syndromes ”of c” , a “universal set of syndromes will be defined.

By the symptoms and signs of a patient , the “symptom-to-syndrome”

membership function of fuzzy set can be determined and matched to the universal set. Therefore the syndrome of the patient's disease could be identified with this scientific, objective, and standardized method.

A "drug-to-syndrome" fuzzy set can also be determined for each single drug often used in the formula of prescription. By the similarity between drug-to-syndrome and symptom-to-syndrome fuzzy sets, the formula with the drugs selected by this system could be recommended for the treatment of the patient.

Finally, a database management system was developed to manage the image feature data. The image features can be correlated to the disease status. The outcome of this database can be used in clinical evaluation as well as research in Chinese medicine.

Keywords : artificial neural network 、 stroke 、 infrared image 、 image Processing

目錄

中文摘要-----	I
英文摘要-----	III
目錄-----	V
圖索引-----	IX
表索引-----	X I
壹、前言-----	1
一、研究背景-----	1
(一)中醫在治療中風的效果-----	2
(二)中醫科學化-----	3
二、相關理論與文獻回顧-----	4
(一)類神經網路在醫學上的應用-----	4
(二)中醫舌診電腦化-----	5
貳、材料與方法-----	9
一、理論模式-----	9
(一)專家系統與類神經網路-----	9

(二) 中醫舌診原理-----	12
1、舌的基本構造-----	12
2、舌診的意義與方法-----	13
3、舌與臟腑間的關係-----	14
4、舌診之注意事項-----	17
(三) 資料庫的建立-----	19
二、實驗設備與實驗方法-----	21
(一) 實驗設備-----	21
1、硬體設備-----	21
2、軟體工具-----	23
3、系統架構-----	24
(二) 證型診斷配藥與資料庫程式模組之建立----	26
1、證型診斷程式模組之建立-----	26
2、配藥程式模組之建立-----	31
參、結果-----	34
一、彩色舌特徵分析結果-----	34
(一) 舌色與苔色的分析-----	34
二、紅外線舌特徵分析結果-----	43

三、問診系統分析結果-----	44
(一)辨證配藥系統測試結果-----	44
(二)規則萃取分析結果-----	46
肆、討論-----	50
一、系統辨識率之評估-----	50
二、類神經網路診斷之評估-----	53
三、使用 B—P 神經網路中的幾個技術問題-----	60
四、系統效能之評估-----	63
五、系統操作流程-----	65
伍、結論與建議-----	80
一、中醫證型分析-----	80
二、問卷診斷、舌診診斷與中風證型之關係-----	82
三、系統限制-----	87
四、結論-----	89
五、建議-----	90
陸、謝詞-----	91

圖索引

圖 2.1	專家系統的程式大綱圖-----	9
圖 2.2	類神經網路的學習流程與解釋流程-----	11
圖 2.3	舌面與乳頭-----	13
圖 2.4	舌之各部位與人體臟腑的關係-----	17
圖 2.5	存取資料庫資料之流程-----	21
圖 2.6	系統設備圖-----	23
圖 2.7	系統架構圖-----	26
圖 2.8	證型診斷類神經網路架構圖-----	28
圖 2.9	配藥類神經網路結構圖-----	32
圖 3.1	健康人及中風患者之整體舌苔分佈情形-----	43
圖 4.1	症狀、證型以及病人路徑成立之分析結果—陰虛陽亢證-----	56
圖 4.2	症狀、證型以及病人路徑成立之分析結果—氣虛證-----	56
圖 4.3	症狀、證型以及病人路徑成立之分析結果—血瘀證-----	57
圖 4.4	症狀、證型以及病人路徑成立之分析結果—痰證-----	57
圖 4.5	程式執行之主畫面-----	66
圖 4.6	系統程式介面之功能選單示意圖-----	67

圖 4.7	資料庫系統之起始畫面-----	68
圖 4.8	新增個人基本資料頁-----	69
圖 4.9	受測者先前的資料記錄-----	69
圖 4.10	擷取 640x 480 的灰色板影像-----	70
圖 4.11	影像校正程式之灰色板分頁-----	71
圖 4.12	影像校正程式之 RGB 色板分頁-----	71
圖 4.13	影像校正程式之 400x 400 Image 分頁-----	72
圖 4.14	校正後之影像-----	72
圖 4.15	影像分割結果-----	73
圖 4.16	將影像分割結果分成四個區域，並顯示於程式主畫 面上-----	74
圖 4.17	舌色與苔色之分析結果-----	75
圖 4.18	腐苔及膩苔分析結果-----	76
圖 4.19	舌苔厚薄之分析結果-----	77
圖 4.20	舌影像之分析結果-----	78
圖 4.21	將分析結果存入病歷資料庫-----	79
圖 4.22	舌影像處理之結果畫-----	80

表索引

表 2.1 舌診的分類-----	14
表 3.1 健康人及中風患者舌左（肝膽區）之舌質與舌苔的顏色百分比對照表(%)-----	36
表 3.2 健康人及中風患者舌右（肝膽區）之舌質與舌苔的顏色百分比對照表(%)-----	37
表 3.3 健康人及中風患者舌中（脾胃區）之舌質與舌苔的顏色百分比對照表(%)-----	38
表 3.4 健康人及中風患者舌尖（心肺區）之舌質與舌苔的顏色百分比對照表(%)-----	39
表 3.5 健康人及中風患者整體之舌質與舌苔的顏色百分比對照表(%)-----	40
表 3.6 健康人及中風患者四個區域及整體之舌質與舌苔的顏色百分比歸納表-----	42
表 3.7 健康人及中風患者舌溫對照表-----	44
表 3.8 中風辨證系統之測試-----	46
表 3.9 陰虛陽亢證之類神經網路訓練結果-----	48
表 3.10 構成規則樹之要素-----	49

表 4.1 以統計判斷健康人與中風病患之分類結果-----	52
表 4.2 以統計判斷健康人與中風病患之辨識率-----	53
表 4.3 以類神經網路判斷健康人與中風病患之分類結果-	54
表 4.4 以類神經網路判斷健康人與中風病患之辨識率----	54
表 4.5 彩色 CCD 影像處理程序所花費的時間-----	64
表 4.6 紅外線影像處理程序所花費的時間-----	64
表 5.1 問卷診斷和證型病例之統計-----	81
表 5.2 問卷診斷-----	83
表 5.3 舌診診斷-----	84
表 5.4 中醫中風舌診分類表-----	85
表 5.5 舌診及問卷歸納表-----	87

壹、前言

人工智慧 (Artificial Intelligence, AI) AI 是計算機科學的一支，它研究的範圍是要使電腦系統能展現某種智能：系統要能學習新的智識和工作，並能歸納出有用的結論，能夠了解自然語言 (Natural Language)，能擷取影像並加以判斷。專家系統是人工智慧下的一門領域，專家系統可以說是人工智慧，發展最完全且最有成就的一門學科，也因此專家系統就成了人工智慧的代名詞。

「辨證論治」是中醫學的精髓，辨證是以望、聞、問、切為根據。依據視覺的望診，聽覺、嗅覺的聞診，語言的問診，觸覺的切診，將所得的情報分析與整合，以「四診合算」為原則，辨明病態與病理機序。

以傳統的中醫舌診理論為基礎，結合了現代化的數位影像處理與紅外線攝影技術，對一般舌診時所觀察的舌特徵如舌質之色澤、形狀，舌苔之苔色、苔質作定性定量的分析以及病人之舌頭在溫度的特徵值。將中風疾病患者的舌影像輸入紅外線影像系統進行分析。

一、研究背景

（一）中醫在治療中風的效果

中風是成年人最常見的腦部疾病，也是造成中老年人殘廢的主因。近年來，台灣地區因腦血管疾病而死亡的，每年約有一萬三千多人，因中風而造成殘障者是死亡者的倍數，加上歷年的累積下來的倖存者，中風受害者的人數非常可觀。故中風之防治，實為當前醫學之重要課題。

而我國傳統醫學有數千年之歷史，且廣為流傳於中外，許多靈驗之處方可治療西醫所不能治之疾病。以中風為例，在傳統醫學的典籍中的記載更是相當完備。中風又名卒中，多由憂思惱怒、飲食不節、恣酒縱欲等因，以致陰陽失調、臟腑氣偏、氣血錯亂而造成發病。臨床表現以猝然昏仆、口眼喎斜半身不遂為主要特徵，亦有未見昏仆、僅見喎僻不遂。因本病起病急劇，變化迅速，與自然界善行數變之風邪特性相似，故古人以此類比，名為中風。現代中醫結合西醫的診斷分型，重視中醫病機，強調辨證論治，在臨床上確實取得了許多功效，例如發現有些中藥用以治療中風後，對於臨床症狀之改進均相當不錯。

（二）中醫科學化

中醫理論博大精深自成一套系統，要懂得其中奧妙，只能熟讀經書再加上經驗的累積。也由於一直沒有科學的理論和實驗數據來證明，使得許多人對中醫抱持著懷疑的態度。故中醫的研究應朝科學化和數據化發展，藉由客觀的數據來證明中醫的理論。

在中醫的四診診斷中，尤其是內科問診方面幾乎所獲得的症狀都是模糊的，譬如：納差、困倦、失眠、口苦、小便黃等。因此沒有像西醫能有確實檢驗得到量化的數據來做診斷。中醫學近年來也運用了現代醫學檢查的方法，開拓了許多新領域。在許多有關的新技術、新方法的開發方面，電腦以及教學方法以較多用於中醫學的研究，特別是在內科方面，如大陸對知名老中醫治療某些疾病，已開始進行電腦軟體專家系統的研究，以提供對中醫某些疾病的辨證診斷與治療。但要配合中醫獨特的思維模式則必須要有一套相符合的邏輯模式，來模擬中醫師的診療體系，才能夠不致悖離中醫的辨證施治。

傳統舌診主要是由中醫師以目視的方式對患者之舌部進行診察以斷病情，故診斷結果之正確性往往取決於中醫師主觀的經驗以及當時所在環境的種種因素（如：光線）。近幾年來，隨著科技的日新月

異，中醫舌診客觀化、科學化的研究廣泛地受到重視。

二、相關理論與文獻回顧

（一）類神經網路在醫學上的應用

自從 1975 年第一個被 MYCEN 所介紹的醫學專家系統，專家系統變成一個很受重視的研討話題以解決醫藥的話題。大多數的專家系統，其中包含 EMERGE，利用模糊邏輯去表示較佳的未定係數，最初由 Zadeh 在他的 1965 論文模糊邏輯和模糊集合理論有普遍性的快速發展，並且找到許多在醫學方面的應用——專家系統和模糊專家系統。

類神經網路的架構以前授型（Feed-forward）的倒傳遞網路（Back-propagation network）最為普遍，它很適合於醫學輔助診斷，譬如：大陸的田禾用 BPN 以聯接機制與規則相結合的中醫診療系統。中國科學院自動化所進行了用 BPN 構成模糊控制器和紋理醫學影像分類器的研究，該所還開發了一個基於 BPN 的人工神經網路 Neural Net 套裝軟體，來開發一個中醫診療專家系統。

成大醫工所利用 Multiplayer Perceptron 來鑑定影像處理的成果。因為此類神經網路具有高度的容錯性，其訓練步驟為：1. 隨機選擇輸入值，2. 以基因演算法產生子代；期盼利用此法能以簡單的方法得到正確的答案；但其基因演算法中之 Fn 尚未決定何者是絕對優劣？並且預估在 NN 訓練下的資料太多或太少都不恰當，因此尚屬測試階段。

中原大學醫學工程研究所何俊弦、陳祥志與張恩豪在 84-88 年也曾做過相關的研究。其中在中醫高血壓與中風證型診斷配藥專家系統之建立研究裡：在其診斷方面，採用誤差倒傳遞（Error Back-Propagation）類神經網路的學習法則來建立診斷系統模型。網路完成後，進行診斷規則萃取的工作。在配藥方面，採用多層感知機類神經網路配合規則庫來建立綜合方劑與單味藥的配藥系統模型。最後，發現此專家系統在證型診斷部份，準確率為 0.75；在配藥部份，準確率為 0.86。

（二）中醫舌診電腦化

逢甲大學自控所將舌象特性量化，基於舌體影像的顏色及空間紋理特性，將舌診中的重要舌象性質加以量化，這些性質是舌苔的厚薄

以及是否有膩苔、腐苔存在。在顏色的判斷方面採用 HSL 顏色模型（亦即色度、飽和度及亮度），而舌苔的厚薄是以舌質及舌苔的色差程度加以判斷，又舌苔的性狀如腐苔及膩苔則以灰階相依矩陣所導出的特徵參數及對舌影像取傅利葉轉換後之頻域特徵值加以量化。其優點是對舌診特徵定量分析提出一套較為客觀的方法，對中醫基礎理論研究有正面價值，然而其缺點是未就如何將舌質與舌苔分離提出探討，並且對於腐苔膩苔只判斷其有無，卻沒有對腐膩程度提出說明。

中原大學醫工所利用電腦處理彩色影像之技術，運用在中醫舌診診斷上，建立彩色影像舌特徵自動辨識方法。以兩部 CCD 彩色攝影機，規畫與製作立體影像的取像架構，將收集的病症舌診特徵資料與擷取的彩色立體舌影像，用影像處理技術加以辨識，完成中醫舌診影像辨識方法。其優點是已初步具備舌診功能，對於苔質分佈比例有客觀分析數據，然而其缺點是取像環境不一致，導致影像失真，並且未對不正常舌影像進行探討。

中原大學醫工所利用紅外線攝影的技術，取得舌頭紅外線影像，為了找出病人之舌頭在溫度的特徵值，我們使用溫度分佈統計以觀察其溫度最大值，平均值、頻譜分析以觀察各溫度分佈頻率、溫度梯度分佈、等溫線分析則可觀察舌頭某點的溫度分佈。其優點是對於正常

人舌頭溫度分佈提出客觀分析方法。

本研究以彩色攝影機擷取影像與電腦處理技術的配合，用 CCD 彩色攝影機，擷取患有中風疾病患者的舌頭影像，利用中醫舌診之診斷方法，對所要觀察的舌特徵如舌色、舌形、苔色、苔質做紋理與特徵的分類。研究重點主要是運用影像處理技術如影像的轉換、增強、分割、表示和描述及辨識等的原理，透過電腦影像程式設計，將擷取的彩色舌影像之中醫舌診所要觀察的舌彩色影像部份（如舌形、舌邊緣、舌中央、舌苔）分離出來，使用電腦對其特徵取樣，進行舌色、苔色、腐苔、膩苔、舌苔厚薄的判別與分類，來建立彩色數位舌影像特徵辨識方法，運用所建立的彩色影像特徵辨識方法，將舌診上臨床病症，依每一種病症之舌影像特徵加以分析處理，使用電腦以建立病症舌影像特徵資料庫。

本研究的目的是在於如何將彩色影像擷取與彩色影像處理技術，運用在中醫舌診診斷上，以建立彩色影像舌特徵的自動辨識方法，並且利用已完成的舌診影像系統離型擷取臨床之中風病患舌影像，進行舌色及苔色的性狀分析，根據分析結果與中醫師討論後，再對整個系統做適當的修正。最後，整合辨識系統與資料庫系統，將病人的基本資料、本系統的分析結果、醫師的診斷與建議分別存入資料庫，使得本

系統不但具備舌特徵自動辨識的功能，更可保存臨床的舌影像資料及中醫師的臨床診斷經驗。

另外值得一提的是本研究與相關研究有很多不同之處，首先結合彩色與紅外線系統，讓診斷診斷性更高。其次首先量化中風病人的特徵，讓電腦可以處理這些中風病患影像，以便後續的分析動作。再來採用類神經網路來學習這些病例的特徵，進而可以將醫師的經驗保留下來，以供後人參考。

再依據模糊理論建立證型與症狀的量級資料庫、症狀程度與量級的模糊關係，經由問卷及舌診分析系統獲得患者的各證型之症狀量，然後藉由模糊數學來演算病人的診斷向量，如此可建立辨證的模型。一方面使中風中醫證型診斷配藥專家系統在舌診方面有更客觀的指標，同時亦可對證型在問診與舌診的相關性作一客觀分析。

貳、材料與方法

一、理論模式

(一) 專家系統與類神經網路

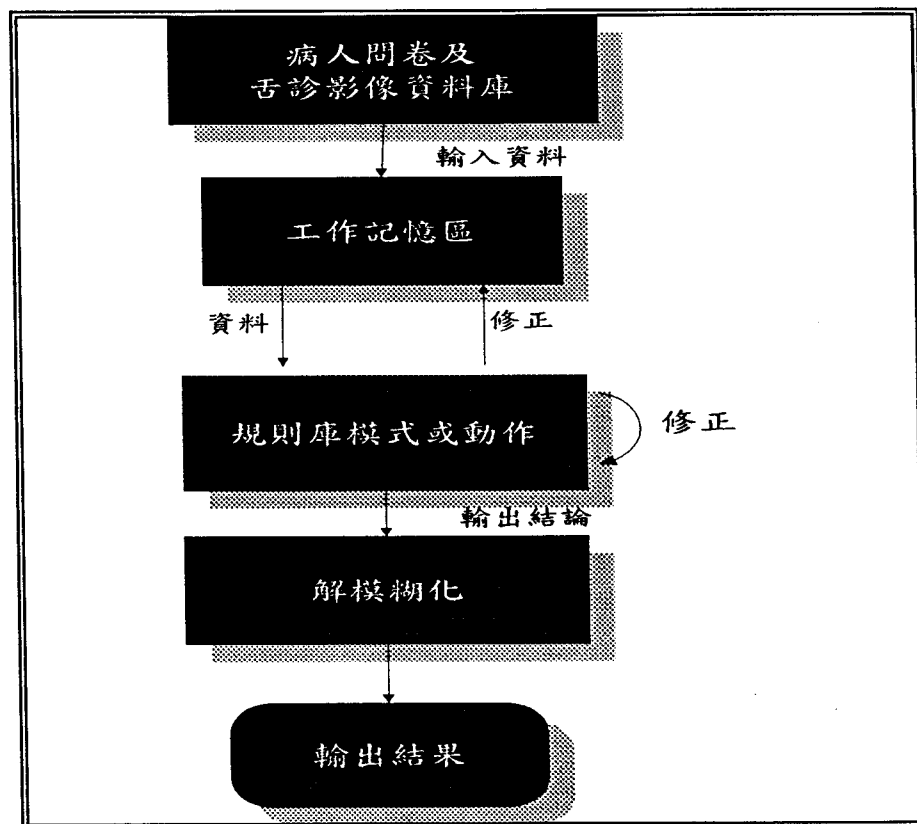


圖 2.1 專家系統的程式大綱圖

在傳統上，專家系統的知識擷取常利用交談法，即由工程人員及專家一起對所要解決的問題加以討論與分析，逐步將知識萃取出來。然而通常專家不易把他們的知識法則說明清楚，讓工程人員完全了解，造成知識擷取耗時費力，又常參雜許多誤解，使取得之知識法則

品質未能滿足需求。為了解決此一知識擷取瓶頸問題，類神經網路是一可行方法。將類神經網路用在專家系統的先驅使用者 Gallent 在其論文中，提出以類神經網路為基礎，建立加權值矩陣知識庫，以及推理此種知識庫的矩陣控制推理引擎(matrix controlled inference engine, MACIE)。將類神經網路用在專家系統的主要優點有：

1. 使專家系統具有學習能力：目前專家系統的建立大都是透過工程人員和專家之合作來進行知識獲取，此種方式有許多缺點，會造成發展上的瓶頸。類神經網路具有學習能力，使專家系統可自動建立、修正、擴充知識庫，解決瓶頸問題。

2. 使專家系統具有模糊推理能力：使用者所用的資料常殘缺不全，模糊不清，類神經網路輸入輸出單元可用 $[-1,1]$ 或 $[0,1]$ 等的任意實數表示輸入信號的大小的值做輸入，因此具有模糊邏輯推理機制功用。

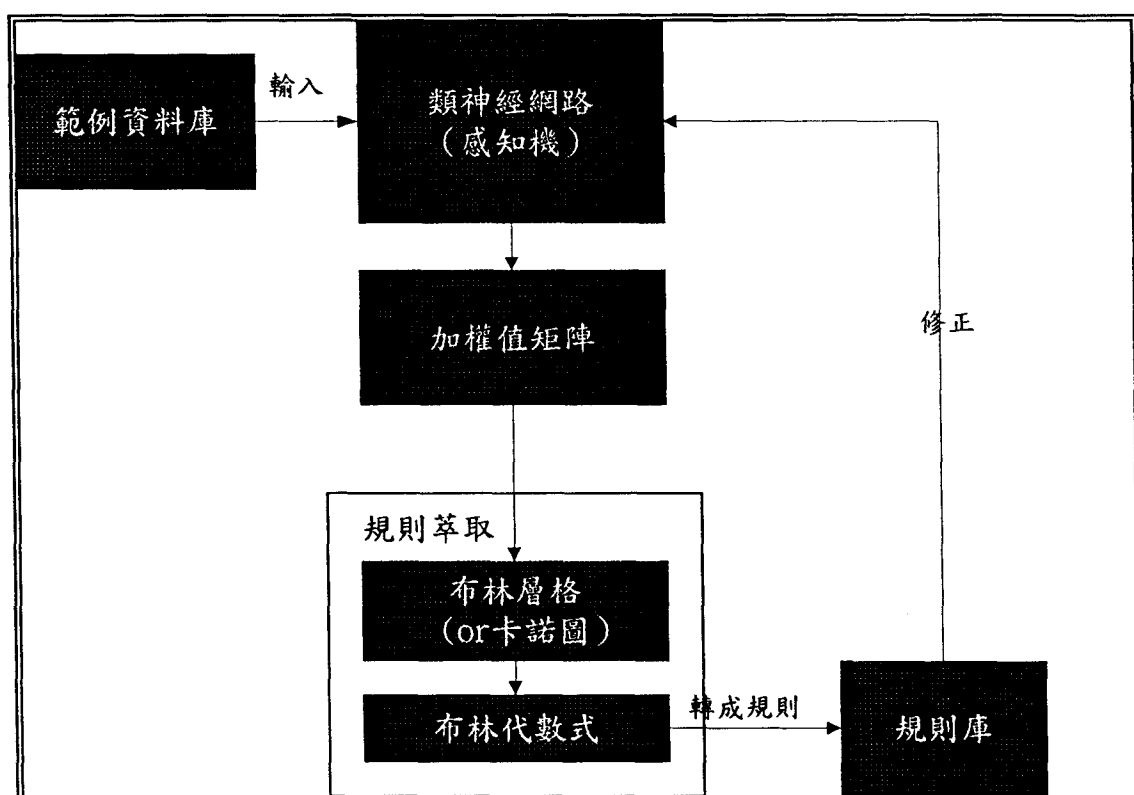


圖 2.2 類神經網路的學習流程與解釋流程

類神經網路之感知機是本研究的研究主軸之一。在研究當中，透過範例資料庫的供予學習範例，而使得一個具有學習功能的系統得以完成。這樣的一個過程，稱之為類神經網路的學習流程。以往，人們使用類神經網路多半是知其然而不知其所以然。但是，透過規則萃取的手法，將可以使網路透明化，這也就是本研究的另一個重點。在一個完成了的網路當中，神經鍵的強度—加權值，蘊含了無數經由學習而來的知識。在運用布林層格處理後，便可得到布林代數式，最後，可將之轉換成為許多規則，並將之建成規則庫。這樣的一個過程，稱之為類神經網路的解釋流程。

（二）中醫舌診原理

1、舌的基本構造

舌診是望舌象而進行辯證的一種診斷方法，舌象是由舌質（包括舌色、舌形、舌態）和舌苔（包括苔色、苔質）兩部份的色澤形態所構成的形象。而舌的構造如圖 2.3 所示：舌為附著於口腔底、顎骨、舌骨，為柔軟的肌肉性器官，含有豐富的血管覆蓋有黏膜。舌的上面稱舌面，下面稱舌底。舌面有薄而透明的黏膜層，黏膜上有無數小突起的「乳頭」。乳頭分為絲狀乳頭、菌狀乳頭、輪狀乳頭及葉狀乳頭等四種，各有不同的形狀，且分佈於不同的部位。

絲狀乳頭叢生於整個舌面，其上皮呈絲狀，整個看起來像天鵝絨，細而長呈微白色，正常舌面的薄白苔即因此而形成。菌狀乳頭分散於舌尖、舌邊，遠較絲狀乳頭大且少數，具有圓形平滑之「菌狀」突起。微血管侵入其內部，可從表面透視，所以看起來紅紅的。若因熱症，充血和血管擴張增強，則觀察起來為「紅點」。輪狀乳頭，直徑最大，有 1~3 毫米，總共約 7~9 個，排列在舌根部位。葉狀乳頭，位於舌後部兩側邊緣上，每側 6~8 條。後述的三種乳頭均有味蕾，與味覺功能有關，但葉狀與輪狀乳頭在一般情況下的病理變化不是很明

顯。

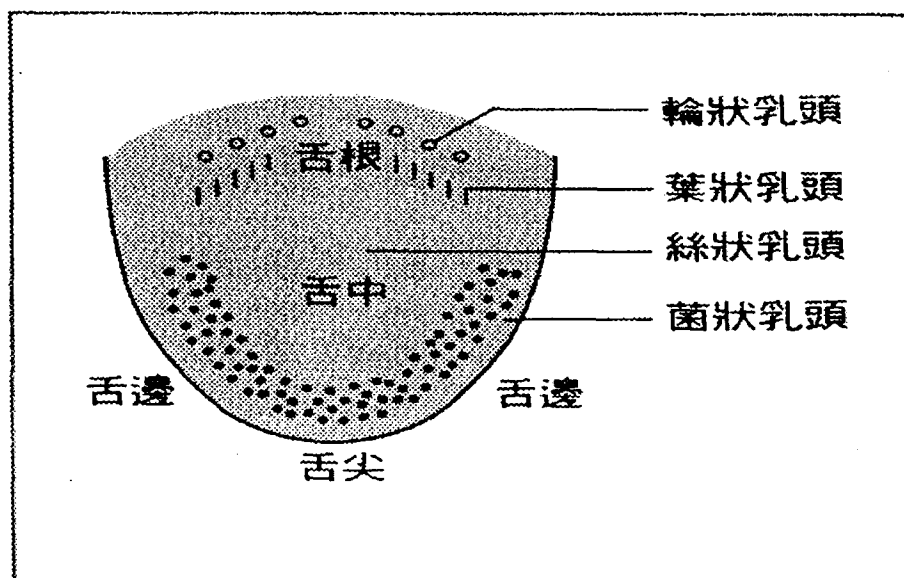


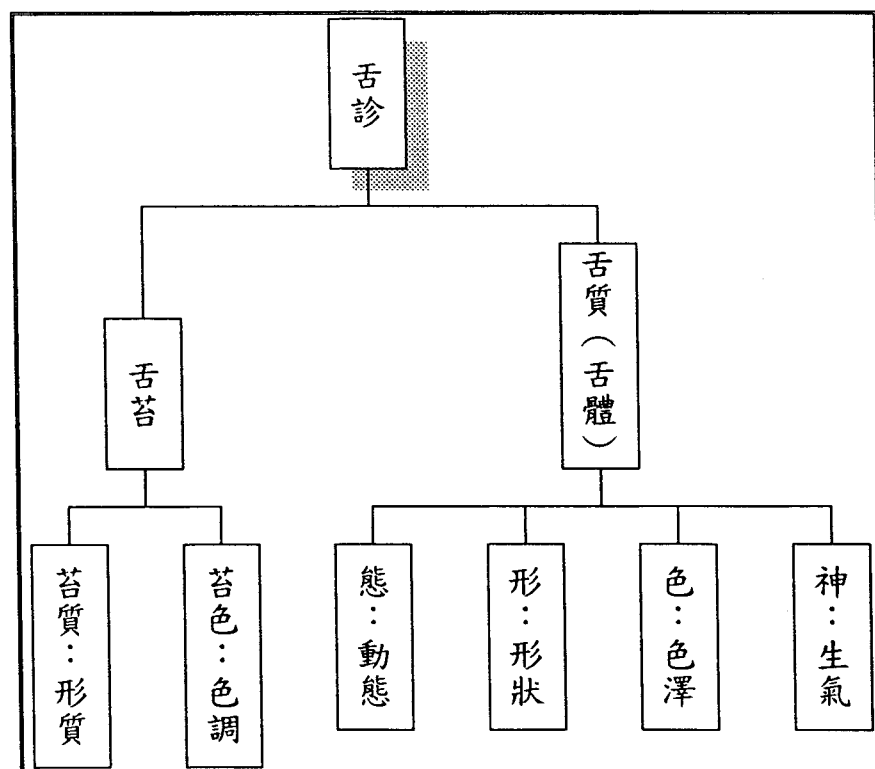
圖 2.3 舌面與乳頭

2、舌診的意義與方法

一般的舌診主要是針對『舌質』及『舌苔』進行性狀的觀察。其中舌質的望診為觀察「神、色、形、態」。所謂舌神是指對於舌有無生氣之粗略印象而言，可由舌之榮枯及運動性來作判斷。而舌色乃是指舌質的顏色表現，表現病態的舌色區分為淡白、紅、絳、紫、青等五種。所謂舌形是指舌體的形狀，大略可分為老嫩、胖大、腫脹、齒痕、瘦薄、裂紋、光滑、點刺、淤點等。所謂舌態，指舌之動態，有以下幾種：強硬、顫動、吐弄、短縮等；舌苔的望診則為觀察「苔色、

苔質」。苔色主要區分有白、黃、灰、黑等四種，但此外偶爾也有綠苔和霉醬苔，正常的舌苔呈淡白薄潤狀，是由於絲狀乳頭表淺層的扁平上皮細胞不斷的角化完全或角化不完全所形成的，在其空隙中間，填有脫落的角化上皮、唾液、食物碎屑、細菌及滲出的白細胞等混合在一起附著在舌黏膜的表面而形成。另外，苔質部份必須做厚度、溼潤度、黏稠度、分佈、剝落之有無、消長、真假...等等的區別。依舌質和舌苔作舌診的總合判斷如表 2.1 所示。

表 2.1 舌診的分類



3、舌與臟腑間的關係

長期的臨床運用舌診過程中，古代醫家發現舌面的一定部位，與某些內臟有著特別密切的聯繫，細察這些區域的舌象變化，常能瞭解相關臟腑的病變情況。這就是根據不同舌體部份以診候特定臟腑病變的理論。

另外，中醫臟象經絡學說認為：舌藉由經絡和經筋直接或間接地與五臟六腑聯繫。因五臟六腑的精氣上升到舌，所以臟腑之病變反映於舌象。

五臟六腑之中，尤以心、脾、胃與舌的聯繫更為密切，因為”舌為心之苗，又為脾之外候”，”苔乃胃氣之所熏蒸”。心主血脈，而舌體血運豐富，心主神志，而舌的靈活運動與形成語言有關，最能傳神，因此舌象首先能反映”心”的機能狀態。”心為五臟六腑之大主”，所以五臟六腑的機能狀態，必然通過心的主宰而反映於舌象。舌有味覺，能影響食慾，與脾胃的運化受納功能密切相關，而”脾胃為後天之本，氣血之化源”，所以脾胃的機能狀態以及全身氣血的盛衰，也直接地反映於舌象。

此外，舌之各部位與人體部位之關聯已在經驗上證明了，而其主要有胃經劃分法、三焦劃分法、臟腑劃分法三種如圖 2.4 所示。

1. 胃經劃分法：舌尖相當於上脘、舌中為中脘、舌根則為下脘。

用於胃病之診斷。

2. 三焦劃分法：舌尖相當於上焦、舌中為中焦、舌根則為下焦。

3. 臟腑劃分法：舌尖相當於心肺、舌邊為肝膽、舌中為脾胃，
舌根則為腎。

而清代醫家江涵暉也曾指出：「舌者心之竅，凡病俱現於色，能辨其色，證自顯然。舌尖主心，舌中主脾胃，舌邊主肝膽，舌根主腎。」這一劃分方法，比較符合臨床實際，現已廣為醫家所遵循。一般說來，大家現在傾向於採納下述劃分方法：把舌尖部看作主要反映心肺病變的區域，臨床上，失眠、心煩等心火旺的患者每可表現出舌尖紅而起刺。舌中部反映脾胃功能，如胃陰虧虛，可見中部舌苔剝落；胃有食積，多見舌中部苔膩而垢。舌根部反映腎的虛實，腎陽虛者多見舌根部濕滑而白；腎陰虛者多見舌根部苔剝而光滑。舌的兩邊主肝膽，肝硬化、肝癌患者，舌之兩邊多見瘀斑、瘀點。

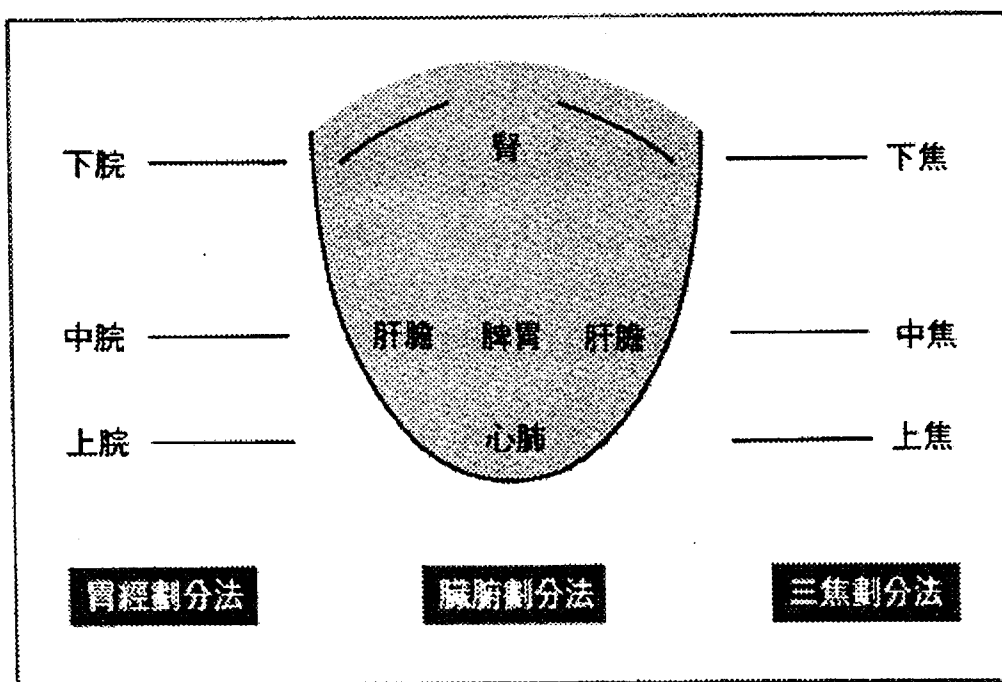


圖 2.4 舌之各部位與人體臟腑的關係

4、舌診之注意事項

通常在進行舌診的過程中，為了使舌診的結果具客觀性及準確性，必須注意以下幾點：(一) 光線：同一色調也會因光線不同而感覺不同，所用燈光需使用明亮自然光，而非直射的柔和光。(二) 姿勢：讓患者坐正，口張大，使其舌頭自然伸出口外，舌體用力會讓舌緊張、捲縮，舌伸出太久則舌的循環狀態會改變，而發生色調的改變。因此要使舌體鬆弛，舌尖朝下平坦的伸出。(三) 順序：盡可能培養出一定觀察的習慣，一般觀察的習慣是從舌尖到舌根。(四) 飲食：舌苔和舌質會因飲食而產生變化，應盡量避免於飲食後立刻觀察舌

象。(五) 季節、天候：即使是正常的舌象，也會因季節及天候而有些許的變化，因此，也必須考慮到當時的氣候環境。(六) 年齡與體質：正常的舌象也會因年齡和體質而有顯著的不同，故必須詳細記錄受測者年齡及健康情形。以上所述的各注意事項，亦是本研究在進行舌影像擷取與分析時的參考依據。

綜合言之，中醫學上辨舌分舌質與舌苔兩部份。舌質的變化，多與心有關，舌苔變化，多與脾胃有相關。由於舌通過經絡和心、脾肝、腎相連，因此人體臟腑、氣血的盛衰，病情的發展，疾病的寒熱，都能客觀地反應於舌象。特別是在消化系統的疾病更為明顯，因為舌苔是胃氣上蒸而形成的。胃氣正常的人，舌布薄苔，濁氣在胃，則舌苔反常，或黃或白，或厚或薄，或粗或細。而中醫臨床上常把舌象作為消化性潰瘍辨證論治的依據之一。如見到舌質淡，或舌體胖大而舌苔薄白的，大多屬於虛寒類型；見到舌質較紅或舌體瘦薄，舌面乾燥無苔的，大多屬陰虛類型。由於消化系統之病變容易明顯地表現於舌象上，故本研究以中醫舌診理論之臟腑劃分法為基礎自行開發一舌診影像系統，除了分析健康人的舌影像之外，也針對中風疾病患者，找出其間舌特徵（舌色、苔色、舌形、苔質）的差異性及分佈情形。

(三) 資料庫的建立

資料庫系統是一種電腦化的資料記錄儲存系統，其中儲存了一些電腦資料檔案 (computerized data files)，而資料庫可視為一種電子檔案櫃。該資料庫系統的使用者可對資料庫執行下列各種運算：增加新的檔案到資料庫內、插入新的 data 到舊有的檔案內、從現存的檔案中擷取資料、更改現有的檔案、從資料庫中移去某些檔案。

一般的商用資料庫可分為網路型以及單機型兩種。單機型的資料庫主要是將資料庫應用軟體與存放的檔案資料放在同一部電腦內，常用的資料庫發展軟體如：Dbase、Paradox、Clipper 都是建構在單機型的資料庫上，使用者的資料可藉由檔案內容的存放，就可以修改、新增、讀取資料庫中的資料。此類型的資料庫適用於一般小型的辦公室、小規模的商店以及診所。

網路型的資料庫是將資料放在網路的伺服器上，其資料的存放方式可以是集中式的，即把資料存放於資料庫伺服器的主機上，也可以是分散式的，即把資料放在不同的主機上，而由主要的伺服器來管理資料的存取流程。現在一般大型的資料庫系統皆是屬於網路型的資料庫，各個不同的部門可以藉由網路的傳輸將資料彙整到中央的資料庫

中，也可以從中央的資料庫中讀取所需的資料，當然這些資料存取的動作都必須有權限的限制，所以就要有資料庫管理系統（Database Management System, DBMS）來處理資料安全性的問題。目前常見的網路型資料庫有 Oracle、Sybase、MS SQL Server、InterBase...等。

本研究為了有效地管理及保存由舌診影像系統所擷取的舌影像以及系統分析後的舌特徵參數，故建立一套舌影像特徵資料庫。基於資料量的大小、開發之便利性、存取之速度...等因素的考量，我們決定採用 Paradox 7.0 的表格(Table)形式，並且以 Borland 公司的 Delphi 3.0 軟體為資料庫開發軟體，來建構一個單機型的資料庫，其名義上雖為單機型之資料庫，但亦可透過網路上資源分享的設定，將所建立的表格分享出來，並且透過網路線的傳輸來達成資料庫中資料存取的功能。

在資料表格的建立部份，首先，設定資料庫內必須的欄位(Field)如：病歷號碼、姓名、看診日期、舌影像、舌影像特徵.....等，之後，使用 Delphi 撰寫使用者介面程式，藉由此程式，使用者可對資料庫內的檔案資料進行適當的存取動作。整個資料庫的資料存取流程如圖 2.5 所示，先將各欄位的資料輸入並儲存於磁碟中，由 Table 元件讀取或寫入磁碟中資料庫檔案，再由資料感知元件經由 Data source 元

件來讀取表格中的記錄或傳入改變值，而使用者可透過使用介面存取所要的資料。

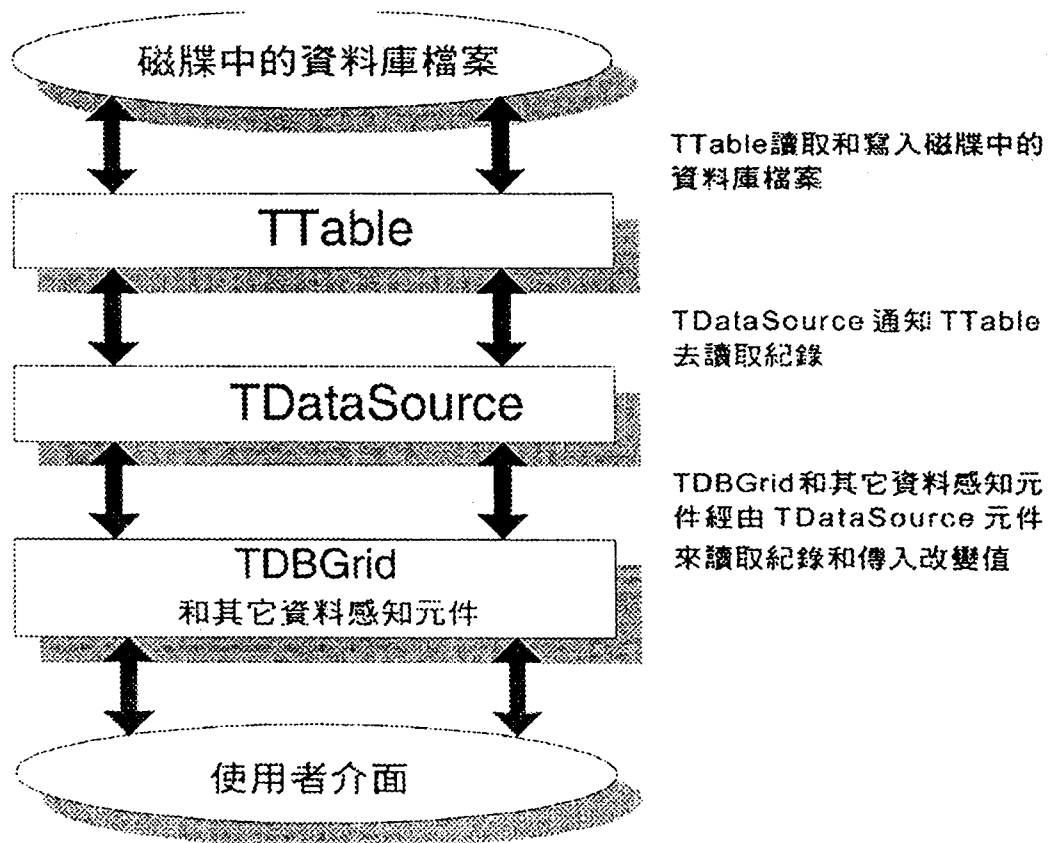


圖 2.5 存取資料庫資料之流程

二、實驗設備與實驗方法

(一) 實驗設備

1、硬體設備

硬體設備如下圖所示，其中包括可移動式的診察台、燈光設備、攝影設備、及個人電腦：

移動式診查台的主體乃是一般視力檢驗所用之檢查台，而為了讓所有的設備均能固定於台子上且便於拆卸搬運，我們使用了數根鋼管以及 S 型鎖頭來支撐部份的硬體設備，其次，我們也在鋼管及鎖頭上套上黑色的塑膠套或噴上不反光的黑漆，以避免反光而影響影像的品質。診查台具有一個頭部固定架，其主要的功用在於固定受測者的頭部，另外，再配合診查台可控制高度升降的功能，使得受測者能夠更自然地伸出舌頭。

燈光部份，採用 MORITEX 的 MHF-G150LR 光源，色溫 3400⁰K，最大亮度可達 20000LX。

攝影部份，採用 MATROX 生產的 METEOR II 影像擷取卡，鏡頭為兩部 CCD 攝影機，分別擷取病人的舌面部份。在影像校正方面，採用了 Kodak 公司生產，反色係數為 18%之灰階板，編號為 R-27；以及編號為 Q-14 的色板。另外，為了獲得更高的辨識率，故本研究更加上紅外線攝影機來作舌溫的分析。

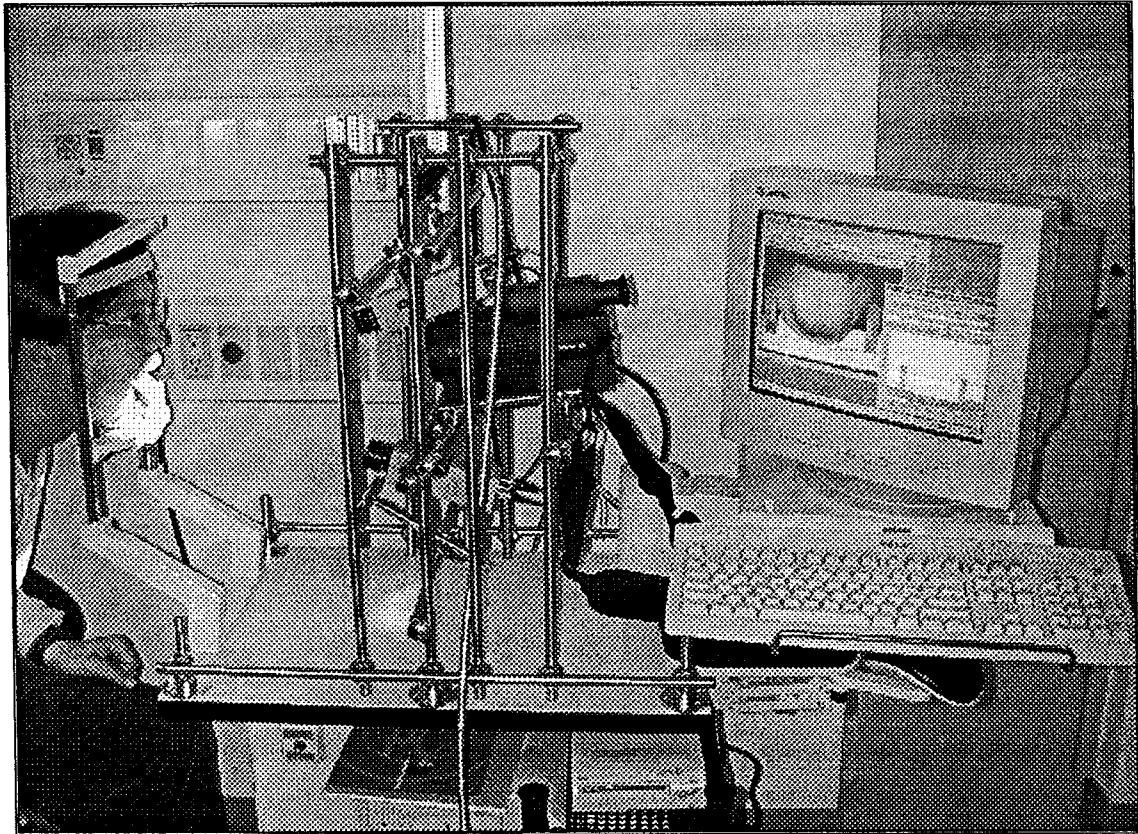


圖 2.6 系統設備圖

個人電腦部份，配備有 Pentium II 350 CPU、6.4G 硬碟、128MRAM、17 吋彩色螢幕，由於舌診影像需要擷取大量的容量，故本電腦配備有 640M mo，可將病人的影像用 mo 片儲存帶回研究室分析。

2、軟體工具

本研究以 Windows 98 作業系統為作業平台，所有的軟體架構主要分為三個部份：影像擷取程式、影像分析處理程式、舌特徵資料庫

程式。影像擷取程式部份，我們使用 Borland C++ 5.0 For Windows 95 程式語言來修改影像擷取卡的原始程式碼，使其最多能夠同步擷取四個 channel 的影像，其中可切換兩部 CCD 彩色攝影機的取像動作以便取得兩張舌影像。

在影像分析處理程式部份，採用 Borland Delphi 5.0 For Windows 98 視窗化的程式語言來撰寫，其中包括：影像校正程式、影像分割程式、顏色分析程式、舌形分析程式、苔質分析程式、分析結果程式及其他的影像處理程式。而在資料庫部份，使用 Delphi 5.0 中的 Database Desktop 來建立資料表格 (Table)，並且設定病歷號碼、姓名、住址、電話、舌影像、舌特徵參數...等欄位以及各欄位中的資料屬性，接下來亦使用 Delphi 5.0 程式語言來撰寫資料庫的使用者介面程式。

3、系統架構

本研究之系統架構如圖 2.7 所示。主要有：影像擷取、影像分析處理及影像資料儲存三個部份。一開始每到一個新環境擷取舌影像之前，我們使用影像擷取程式擷取灰色階板及 RGB 色板的影像，此意在獲取環境參數以作為影像校正之用。之後，令受測者將其頭部緊

靠於頭部固定架上，自然地張大嘴巴並且往下伸出舌頭，擷取一張彩色及紅外線舌上影像。然後在請受試者舌尖向上自然翹起 30 度，輕抵上顎與門齒交界處，使舌腹面暴露充分，並控制下面的 CCD 和紅外線攝影機以擷取舌下影像。另一方面可輸入受測者的個人基本資料（病歷號碼或姓名）以啟動資料庫系統，若此人是第一次使用本系統則資料庫系統進入資料新增模式，等待輸入受測者的基本資料；相反地，如果此人曾經使用過本系統且已註冊並留下病歷資料，則在輸入病歷號碼或姓名之後，資料庫系統會在資料庫中搜尋此人的個人基本資料及病歷資料並且顯示於螢幕上。

接下來，系統進入舌影像處理流程。先對舌體影像進行 RGB 色彩校正，接下來再對校正後的影像進行分割的動作，將主要的舌體影像與周圍的臉部及嘴唇區域分離。此時，經過影像單位換算可計算出舌長、舌寬及舌面積大小，同時根據舌長、舌寬大小自動將舌體影像劃分為四個區域：左肝膽區、脾胃區、右肝膽區及心肺區。

之後，對上述四個舌體分區進行舌色與苔色的分析，並且計算出各種舌色及苔色在各個區域中所佔的百分比。另外，在苔質的分析方面，可選取部份舌苔區域進行腐苔、膩苔的判別，亦可從整體的舌苔分佈情形判斷舌苔的厚薄。最後，將上述各個步驟的分析結果展現在

分析結果顯示頁上，同時可選擇性地將分析結果存入舌特徵資料庫。

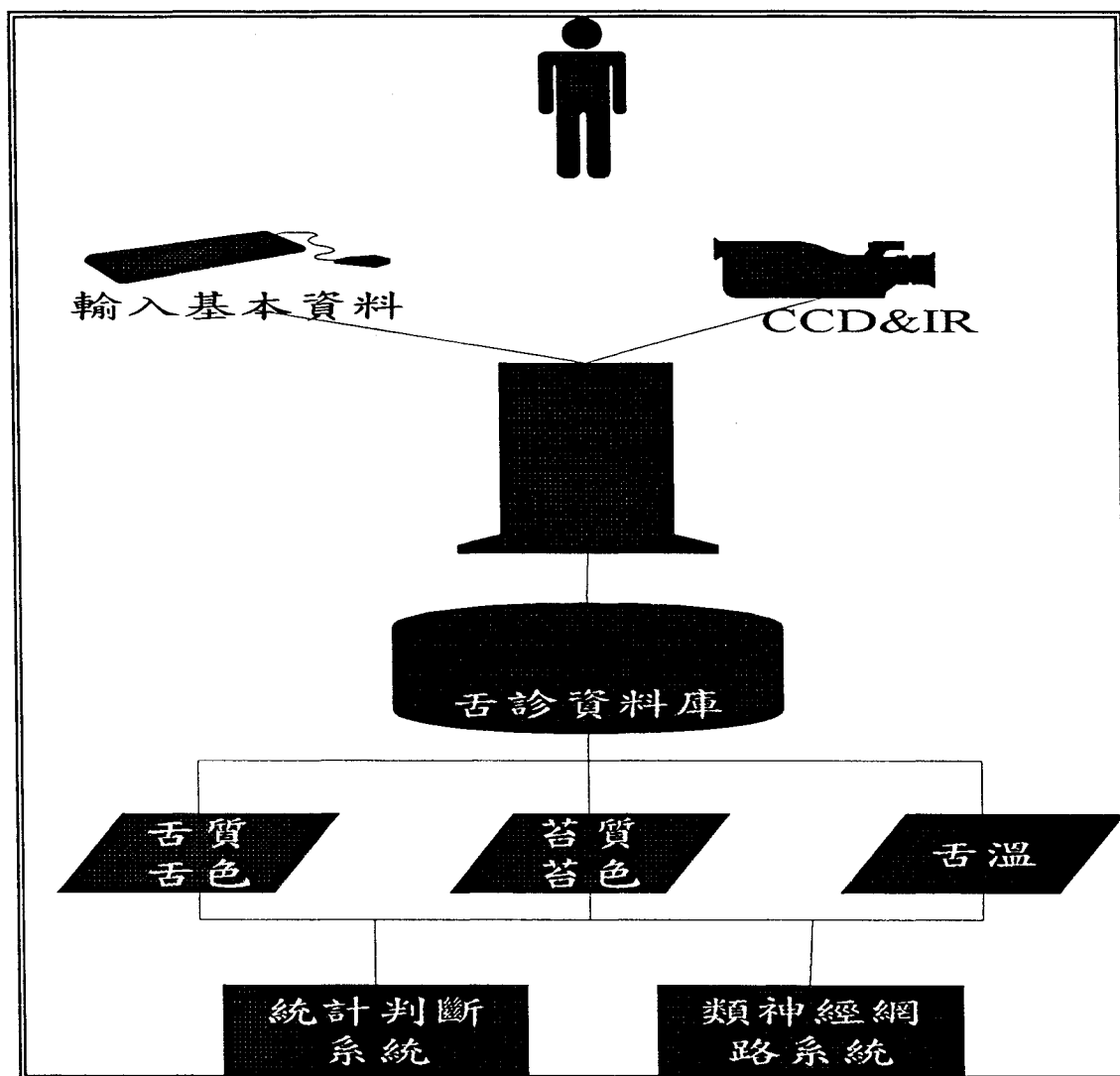


圖 2.7 系統架構圖

(二) 證型診斷配藥與資料庫程式模組之建立

1、證型診斷程式模組之建立

在建立證型診斷程式模組部份，採用數理運算功能強大的套裝軟體 Mat lab 來進行設計。整個建立過程分為三個階段，分別是學習、回想及規則萃取。分述如下：

(1) 學習 (Learning)：這個階段的功用是幫助網路做學習。主要理論依據為類神經網路中之感知機，網路共分二層。輸入為症狀、輸出為證型。在這個階段中，網路由範例中學習，在反覆學習中調整加權值矩陣。

1. 決定輸入（症狀）、輸出（證型）神經元個數，依據前一節所確立下來的症狀與證型，作成了如下之決定：輸入神經元 93 個，輸出神經元 6 個。

2. 設定網路初始加權值：將連結相關性高的神經鍵設為 1，將連結相關性低的神經鍵設為-0.25。

3. 輸入訓練樣本：在此步驟中，將訓練用的病人資料輸入類神經網路。輸入的形式為診斷向量 X ， $X = \{x_1, x_2 \in \{0,1\}^n\}$ 。

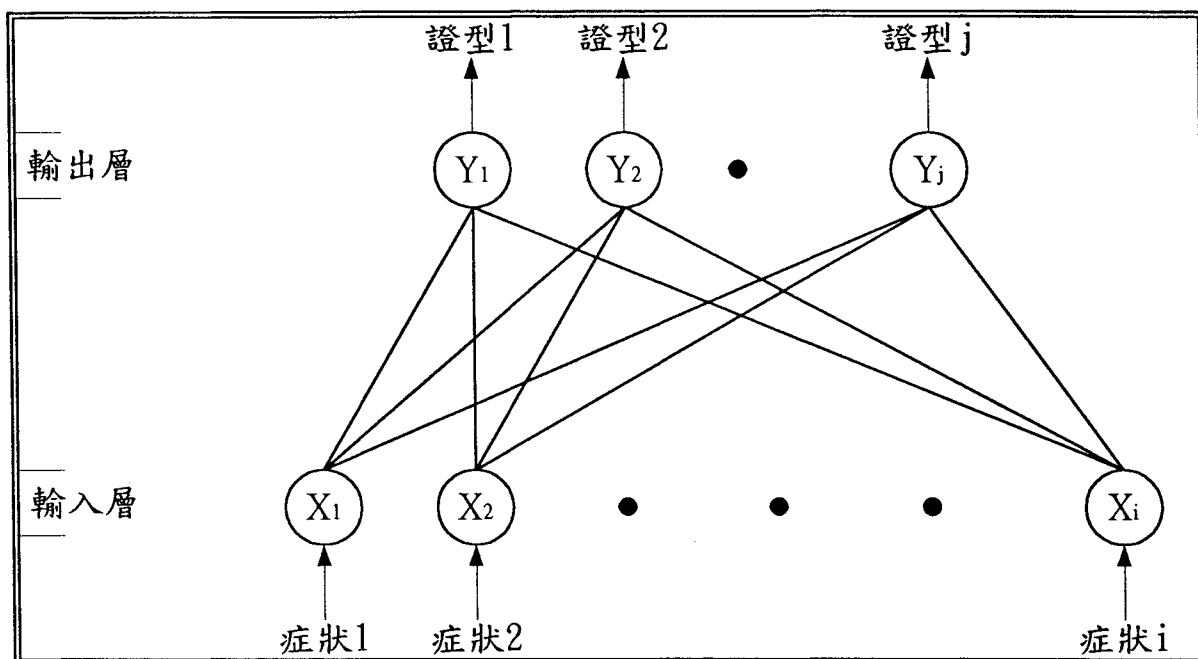


圖 2.8 證型診斷類神經網路架構圖

4. 計算網路的推論輸出值 Y

$$Y_j = f(\sum_i W_{ij} X_i - \theta_j) \quad (2-1)$$

W_{ij} ：神經元 i 與神經元 j 間的連結強度，即連結加權值。

X_i ：神經元 i 傳來的輸入訊號。

θ_j ：神經元 j 的閾值。

5. 計算誤差 δ_i

$$\delta_i = T_j - Y_j \quad (2-2)$$

T_j ：為由訓練範例而來的目標輸出向量

Y_j ：為透過網路推得的推論輸出向量

6. 計算加權值差 ΔW_{ij} 及閾值差 $\Delta \theta_j$

$$\Delta W_{ij} = \eta \cdot \delta_j \cdot X \quad (2-3)$$

$$\Delta \theta_j = -\eta \cdot \delta_j \quad (2-4)$$

η ：學習速率，控制每次加權值改變量的幅度

7. 更新加權值及閾值

$$W_{ij} = W_{ij} + \Delta W_{ij} \quad (2-5)$$

$$\theta_j = \theta_j + \Delta \theta_j \quad (2-6)$$

8. 重複 iii-vii 直至網路收斂

(2) 回想 (Recalling)：這個階段的功用是進行網路測試。在回想階段中，網路接受外界輸入，在進行演算後輸出結果。並將網路推論值與測試目標值做比對，計算準確率。其流程如下：

1. 決定輸入（症狀）、輸出（證型）神經元個數：沿用學習過程中所設的值。

2. 讀入加權值 W_{ij} 及閾值 θ_j 。

3. 輸入樣本：輸入的形式為診斷向量 X ， $X = \{X_i, X_i \in \{0,1\}^N\}$ 。

4. 計算網路的推論輸出值 Y 使用 (2-1) $f(\sum_i W_{ij} X_i - \theta_j)$ 。

5. 將網路推論值與測試目標值做比對，計算準確率。

(3) 規則萃取 (Rule extraction)：這個階段的功用是進行規則萃取。學習階段是訓練，回想階段是測試，而規則萃取階段是要讓我們知道網路中所存在的規則。在此，我們將使用訓練完成的網路加權值矩陣來進行萃取。其流程如下：

1. 讀入加權值矩陣 W_{ij} 及閾值 θ_j 。

2. 將 W_{ij} 分為正權值 W^P 及負權值 W^N 兩部份。

$$W^P = [W_{ij}^P] \in R^{N^+}$$

$$W^N = [W_{ij}^N] \in R^{N^-}$$

3. 挑選正權值布林層格中的某一個狀態為起始點。

4. 選擇正權值布林層格與負權值布林層格中符合起始點的狀態，在此，我們考慮符合

$$f(\sum_i W_{ij}^P X_i - \theta_j) > f(\sum_i W_{ij}^N X_i)$$

之狀態。

5. 將獲得自步驟 4 之狀態轉換成布林代數式，在組合後即可獲取規則。

2、配藥程式模組之建立

在建立配藥程式模組部份，也是採用套裝軟體 Matlab 來進行設計。觀察醫師之用藥原則，主要是採辨證論治並輔以隨症狀加減單味藥的方式。有鑑於此，採用類神經網路並輔以規則庫的方式來建立配藥程式模組。在此處，選用與醫師交談的方式來獲取規則庫中之規則。然後，直接將規則以網路的形式來呈現，網路共分三層，前兩層其實就是沿用之前的證型診斷系統，而三層中的所有神經元均兩兩相連接。網路的第一層為輸入層，其功用是輸入症狀。第二層為處理層，其功用是將症狀轉為證型並輸出到第三層，第三層為輸出層用來輸出藥物（方劑或單味藥）。這整個建立過程分為兩個階段，分別是學習及回想。分述如下：

（1）學習：這個階段所樣做的工作是觀察醫師用藥規則，並以網路的形式呈現。

1. 與醫師交談並觀察案例，藉此獲得規則。在此步驟中，將試

圖記錄醫師用藥規則。

2. 決定輸入（症狀）、輸出（藥物）神經元個數。

3. 給定網路加權值 W_{ik} （連結輸入層與處理層）、 W_{jk} （連結處理層與輸出層）：對於連結相關性高的神經鍵給予較大的正值，而連結相關性低的神經鍵設為 0 或負值。

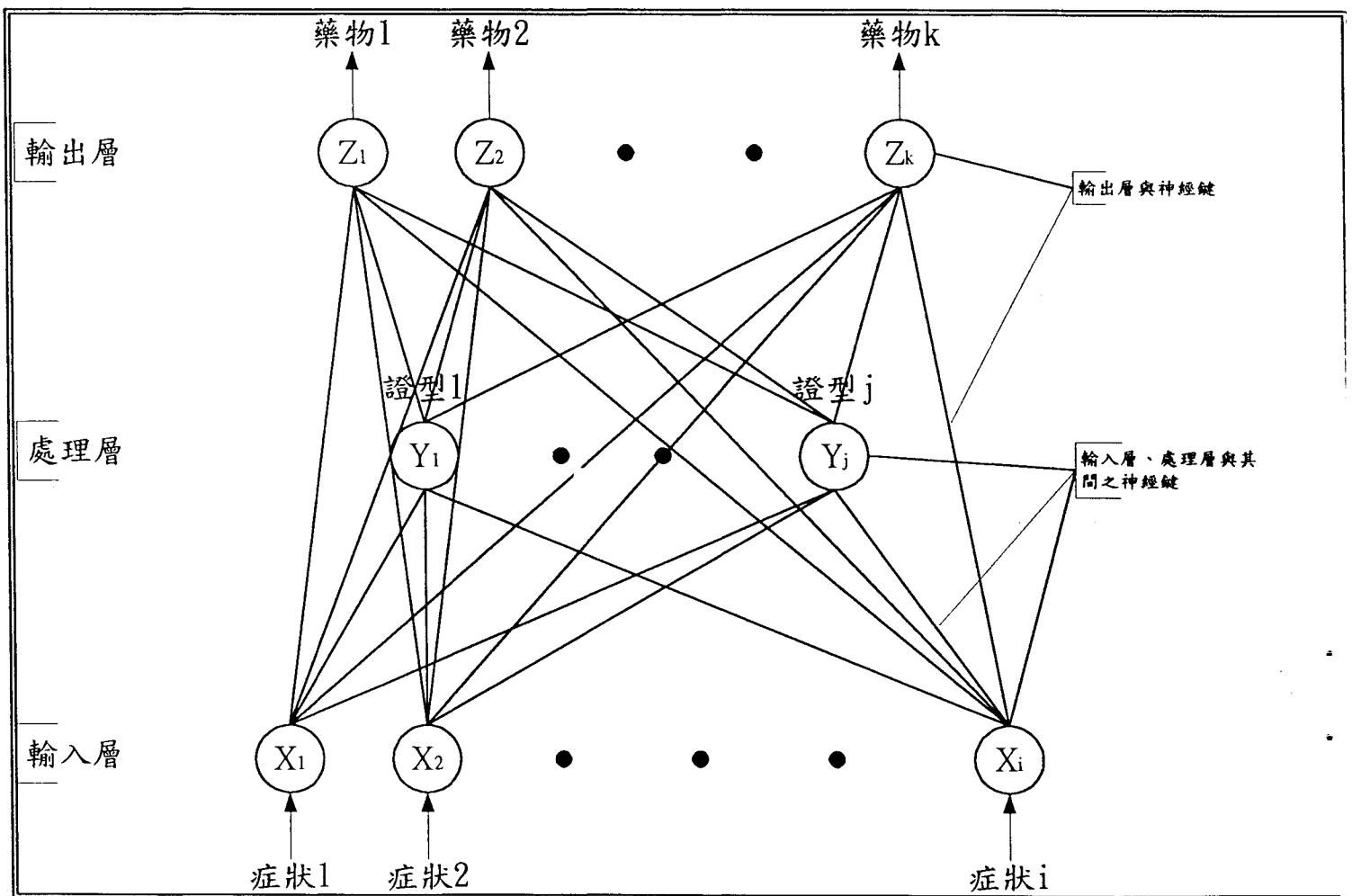


圖 2.9 配藥類神經網路結構圖

4. 給定網路閾值 θ_k ：對於有重複施予及互相衝突可能性之藥物

給予較高的閾值，而較無上述可能之藥物給予較低的閾值。

(2) 回想：這個階段的功用是進行網路測試。在回想階段中，網路接受外界輸入，在進行演算後輸出結果。並將網路推論值與測試目標值做比對，計算準確率。其流程如下：

1. 決定輸入（症狀）、輸出（藥物）神經元個數：沿用學習過程中所設的值。

2. 讀入加權值 W_{ij} 、 W_{ik} 、 W_{jk} 與閾值 θ_j 、 θ_k 。

3. 輸入樣本：輸入的形式為診斷向量 X ， $X = \{X_i, X_i \in \{0,1\}^N\}$ 。

4. 計算網路的推論輸出值 Z 由 (2-1)

$$f(\sum_j W_{jk} Y_j + \sum_i W_{ik} X_i - \theta_k) \quad (2-7)$$

5. 將網路推論值與測試目標值做比對，計算準確率。

參、結果

一、彩色舌特徵分析結果

本研究的案例為台北市立和平醫院的健康人與中風患者。其中健康人由醫師認定，確定無疾病且無不良嗜好，病患的由醫師所提供，並將其亂數分成兩組，以 t-test 分析這些健康人之中互相之間有無差異，結果皆無差異 ($p > 0.05$)。總共有 33 位健康人（男性 13 名，女性 20 名）及 31 位中風病患。將這些人的舌像經由本系統處理過後，進行分析與統計。

本章節包含了舌色與苔色的分析、舌形與苔質的分析等彩色舌影像的量化參數，做一統計上的分析，希望藉由這些統計結果找到重要的特徵參數給醫生作為的診斷參考。

（一）舌色與苔色的分析

望舌，即觀察舌質與舌苔變化。“舌為心之苗”，為臟腑病變之外候，可分為以下幾個部分：舌尖屬心肺，舌中屬脾胃，舌邊屬肝膽，舌根屬腎。

望舌質可辨臟腑虛實，望舌苔可觀察病邪的深淺及胃氣的強弱。

在此部分之分析，採取先前之研究，將舌色分為：暗紅色、紅色、淡紅色、青紫色等四種顏色，而苔色則分為：白色及黃色兩種顏色。攝影擷取影像部分，採用中醫舌診的臟腑劃分法分成四個部分。舌根部分因為攝影上的限制，故無法拍到腎區。

根據系統之分析結果，探討健康人及中風病患之間的相關性。表 3.1 到表 3.5 分別顯示健康人及中風患者這兩組的舌左、舌右、舌中、舌尖、整個舌體之舌色及苔色相關性的分析結果。

表 3.1 健康人及中風患者舌左（肝膽區）之舌質與舌苔的顏色百分比

對照表（%）

	健康人 (n=33)	中風患者 (n=31)
淡紅	22.16±11.95	14.7±17.08
紅	31.47±11.9	23.15±17.37 *
暗紅	25.4±9.67	38.15±26.38 *
青紫	2±4.42	3.69±5.2
舌質	81.03±6.73	79.68±16.51
白苔	10.12±5.05	12.74±12.79
黃苔	8.68±4.21	7.29±8.09
舌苔	18.79±6.58	20.03±16.41
* : $p < 0.05$; ** : $P < 0.01$		

在舌左（肝膽區）部分（表 3.1），健康人（n=33）和中風（n=31）患者之舌影像顏色百分比對照：舌質部分，在“紅”、“暗紅”有顯著差異（*： $p < 0.05$ ），整體部分無顯著差異（ $p > 0.05$ ）；舌苔部分，在“白苔”、“黃苔”，皆無顯著差異（ $p > 0.05$ ），整體部分無顯著差異（ $p > 0.05$ ）。

表 3.2 健康人及中風患者舌右（肝膽區）之舌質與舌苔的顏色百分比

對照表（%）

	健康人 (n=33)	中風患者 (n=31)
淡紅	39.83±25.41	18.55±21.06 **
紅	30±12.36	29.49±20.11
暗紅	17.75±13.96	33.67±26.88 **
青紫	1.36±3.61	4.32±5.26 *
舌質	88.94±5.71	86.03±12.94
白苔	5.33±4.6	8.88±10.35
黃苔	5.59±3.41	4.77±6.37
舌苔	10.92±5.6	13.65±12.72
* : $p < 0.05$; ** : $P < 0.01$		

在舌右（肝膽區）部分（表 3.2），健康人（n=33）和中風（n=31）患者之舌影像顏色百分比對照：舌質部分，在“淡紅”、“暗紅”有特別顯著的差異（**： $P < 0.01$ ），在“青紫”有顯著差異（*： $p < 0.05$ ），整體部分無顯著差異（ $p > 0.05$ ）；舌苔部分，在“白苔”、“黃苔”，皆無顯著差異（ $p > 0.05$ ），整體部分無顯著差異（ $p > 0.05$ ）。

表 3.3 健康人及中風患者舌中（脾胃區）之舌質與舌苔的顏色百分比

對照表（%）

	健康人 (n=33)	中風患者 (n=31)
淡紅	60.29±17.25	29.51±19.32 **
紅	15.54±11.61	20.14±18.44
暗紅	4.45±5.62	8.79±11.1
青紫	2.54±3	2.63±4.65
舌質	82.82±9.58	61.06±22.41 **
白苔	9.88±6.22	18.25±11.07 **
黃苔	7.21±5.81	20.37±19.01 **
舌苔	17.09±9.52	38.62±22.64 **
* : $p < 0.05$; ** : $P < 0.01$		

在舌中（脾胃區）部分（表 3.3），健康人（n=33）和中風（n=31）患者之舌影像顏色百分比對照：舌質部分，在“淡紅”有特別顯著的差異（**：P<0.01），整體部分有特別顯著的差異（**：P<0.01）；舌苔部分，在“白苔”、“黃苔”，皆有特別顯著的差異（**：P<0.01），整體部分有特別顯著的差異（**：P<0.01）。

表 3.4 健康人及中風患者舌尖（心肺區）之舌質與舌苔的顏色百分比

對照表（%）

	健康人 (n=33)	中風患者 (n=31)
淡紅	83.85±10.54	62.21±24.18 **
紅	4.98±7.75	21.1±24.7 **
暗紅	0.26±1.24	3.32±5.46 **
青紫	6.67±7.03	3.72±9
舌質	95.76±4.97	90.34±9.38 **
白苔	0.59±1.52	2.46±3.48 **
黃苔	3.53±4.83	7.03±7.63 *
舌苔	4.12±4.98	9.49±9.48 **
* : $p < 0.05$; ** : $P < 0.01$		

在舌尖（心肺區）部分（表 3.4），健康人（n=33）和中風（n=31）患者之舌影像顏色百分比對照：舌質部分，在“淡紅”、“紅”、“暗紅”，皆有特別顯著的差異（**： $P < 0.01$ ），整體部分有特別顯著的差異（**： $P < 0.01$ ）；舌苔部分，在“白苔”有特別顯著的差異（**： $P < 0.01$ ），在“黃苔”有顯著的差異（*： $p < 0.05$ ），整體部分有特別顯著的差異（**： $P < 0.01$ ）。

表 3.5 健康人及中風患者整體之舌質與舌苔的顏色百分比對照

表 (%)

	健康人 (n=33)	中風患者 (n=31)
淡紅	57.19±14.15	31.85±17.96 **
紅	17.31±9.03	22.02±14.02
暗紅	8.17±5.82	14.91±12.7 *
青紫	2.99±3.31	3.16±4.66
舌質	85.65±6.08	71.94±15.94 **
白苔	7.75±4.03	13.68±8.11 **
黃苔	6.49±4.13	14.1±12.95 **
舌苔	14.24±5.99	27.78±16.08 **
* : $p < 0.05$; ** : $P < 0.01$		

在整體之舌質與舌苔部分(表 3.5),健康人(n=33)和中風(n=31)患者之舌影像顏色百分比對照:舌質部分,在“淡紅”有特別顯著的差異(**: $P < 0.01$),在“暗紅”有顯著的差異(*: $p < 0.05$),整體部分有特別顯著的差異(**: $P < 0.01$);舌苔部分,在“白苔”、“黃苔”皆有特別顯著的差異(**: $P < 0.01$),整體部分有特別顯著的差異(**: $P < 0.01$)。

歸納表 3.1 到表 3.5 可得到表 3.6，在舌質部分，“淡紅”在舌右（肝膽區）、舌中（脾胃區）、舌尖（心肺區）、舌之整體有特別顯著的差異（**： $P < 0.01$ ），“紅”在舌左（肝膽區）、舌尖（心肺區）有顯著差異（*： $p < 0.05$ ）、及特別顯著的差異（**： $P < 0.01$ ），“暗紅”在舌左、舌右（肝膽區）、舌尖（心肺區）、舌之整體有顯著差異（*： $p < 0.05$ ）、及特別顯著的差異（**： $P < 0.01$ ），“青紫”在舌右（肝膽區）有特別顯著的差異（**： $P < 0.01$ ）。

舌苔部分，“白苔”在舌右（肝膽區）、舌中（脾胃區）、舌尖（心肺區）、舌之整體有特別顯著的差異（**： $P < 0.01$ ），在舌左（肝膽區）、舌右（肝膽區）皆無顯著的差異（ $p > 0.05$ ），“黃苔”在舌右（肝膽區）、舌中（脾胃區）、舌尖（心肺區）、舌之整體有顯著差異（*： $p < 0.05$ ）、及特別顯著的差異（**： $P < 0.01$ ），在舌左（肝膽區）、舌右（肝膽區）皆無顯著的差異（ $p > 0.05$ ）。

表 3.6 健康人及中風患者四個區域及整體之舌質與舌苔的顏色

百分比歸納表

	舌質	舌苔
舌左（肝膽區）	紅*、暗紅*	×
舌右（肝膽區）	淡紅**、暗紅**、青紫*	×
舌中（脾胃區）	淡紅**	白苔**、黃苔**
舌尖（心肺區）	淡紅**、紅**、暗紅**	白苔**、黃苔*
舌之整體	淡紅**、暗紅*	白苔**、黃苔**
×：無顯著的差異 *：$p < 0.05$，有顯著的差異 **：$P < 0.01$，有特別顯著的差異		

從表 3.1 到表 3.5，發現健康人的整體舌苔百分比小於中風患者，選擇整體舌苔的百分比來區分健康人及中風病患之差異，得到圖 3.1。由圖 3.1 的比較曲線圖可得知：67%的健康人其整體舌苔百分比為 15%以下，而 81%的中風患者其整體舌苔百分比為 15%以上。利用這個參數可以作為健康人與中風患者這兩個群組之間判斷分類的依據。

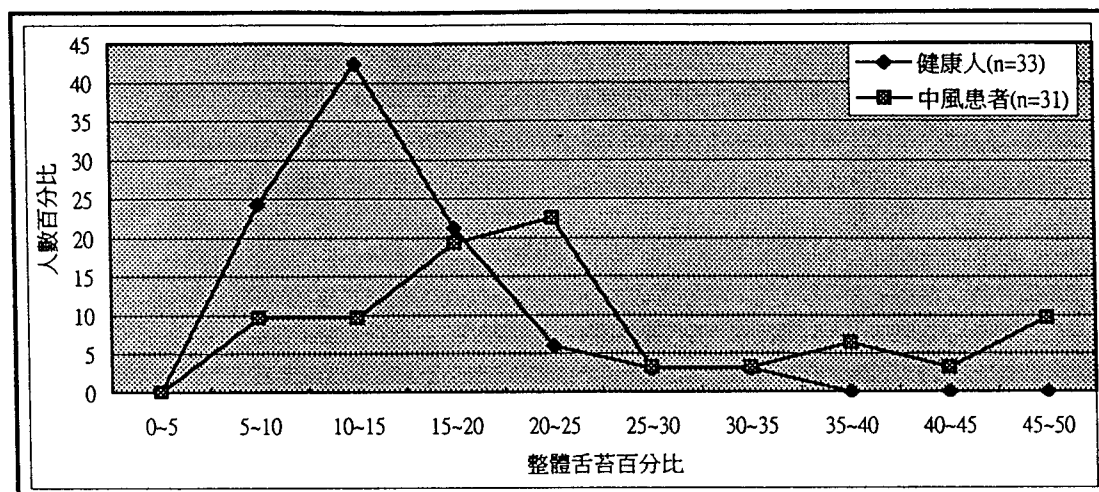


圖 3.1 健康人及中風患者之整體舌苔分佈情形

二、紅外線舌特徵分析結果

對於同一樣本，也採用紅外線來作舌象的分析，其結果在表 3.7 中，健康人及中風患者，在舌左（肝膽區）有顯著的差異（*： $p < 0.05$ ），在舌右（肝膽區）、舌中（脾胃區）皆無顯著的差異（ $p > 0.05$ ），在舌尖（心肺區）有特別顯著的差異（**： $P < 0.01$ ），在整體舌溫有顯著差異（*： $p < 0.05$ ），在舌左舌右溫差有特別顯著的差異（**： $P < 0.01$ ）。

表 3.7 健康人及中風患者舌溫對照表

	健康人 (n=33)	中風患者 (n=31)
舌左 (肝膽區)	35.82±0.62	35.13±1.59 *
舌右 (肝膽區)	35.97±0.48	35.33±35.33
舌中 (脾胃區)	36.16±0.27	36.31±1.23
舌尖 (心肺區)	35.06±0.65	32.45±2.16 **
整體舌溫	35.89±0.28	35.33±1.3 *
舌左舌右溫差	0.23±0.15	1.67±1.01 **
*: p<0.05, 有顯著的差異		
**: P<0.01, 有特別顯著的差異		

三、問診系統分析結果

(一) 辨證配藥系統測試結果

中醫中風專家系統的程序設計是由中原大學醫工所傳統醫學系統研究室及資工所多媒體研究室中醫小組共同完成。選擇現代電腦人工智能技術中最適合中醫專家系統的先進技術，採用方便的知識獲取方法，建立符合醫理設計要求的數學模型、程序流程、知識庫、推理

模式等，將中醫專家的學術思想和臨床經驗以知識庫的形式編入電腦中，形成不同診療特色的中醫專家系統。

中醫中風專家系統的辨病及辨證論治的能力是否真實準確地反應中醫專家本人的水平和特色，應經過專家本人的認同和同行專家的審查鑑定。

中醫中風專家系統的應用效果評估，應從兩方面考慮：1. 中醫專家系統應用效果的可重複性，應達到研製單位提供的治療水平。2. 中醫專家系統操作的方便程度，適合對於電腦瞭解不多的醫藥人員使用。因此，必須經過嚴格的人機雙向試驗，而中醫中風專家系統在辨證系統方面，將中風病患分為三個部份，每個部份都會有 10~11 筆案例資料。總共進行三次測試，每次均以兩個部份的案例資料為訓練組來對系統進行訓練，然後再以剩餘的一個部份的案例資料為測試組來對系統進行測試。三次測試準確率分別為 90%、80% 及 82%，其平均值為 84%（見表 3.8）。

在配藥系統方面，把來自中醫醫院的 31 筆案例資料，放入系統測試。31 筆資料中，測試結果與醫師吻合的共有 26 筆，不吻合的共有 5 筆，準確率為 83%。至於讓醫藥人員測試方面，則希望未來研究能進行測試。

表 3.8 中風辨證系統之測試

測試組別	測試總數	成功分類總數	準確率
第一組	10	9	90%
第二組	10	8	80%
第三組	11	9	82%
合計	31	27	84%

(二) 規則萃取分析結果

用於辨證推理的中醫知識和中醫經驗表達的規範化之具體作法，是將目前能夠統一的知識內容、屬於規律性東西以及專家經驗加以整理，用規範化的形式表示出來，以便在建造中醫專家系統時進行描述和表達。

利用 Rule Extraction 的方法，將中風陰虛陽亢型的相關症狀，取其在類神經網路下訓練較大權值的症狀，如：發病即達高峰、便乾便難、頭暈、稍動即汗出、口苦咽乾、神疲乏力或少氣懶言、耳鳴、口多粘涎和便乾三日未解等，使用 Matlab 程式產生這些症狀的可能組合（表 3.9）。

中風的證型共有風證、火熱證、痰證、血瘀證、氣虛證以及陰虛陽亢證，每一種證型都有其相對應的重要症狀（即權值較高之症狀）；依據其權值較高及在問卷中之出現次數，總結中風的重要症狀有下列症狀：發病即達高峰、頭暈、神情呆滯或反應遲鈍或嗜睡、口唇紫暗、口苦咽乾、舌紅、舌背脈絡淤張青紫、舌紫暗、舌青紫、苔薄黃、苔厚膩、腰膝酸軟無力、患肢麻感較重、神疲乏力或少氣懶言、倦怠嗜臥、痰多而粘、便乾便難、脈滑或濡、脈澀或結代、脈弦細或細數（表 3.10）。

表 3.9 陰虛陽亢證之類神經網路訓練結果

規則樹分析-陰虛陽亢證									
症狀	發病即達高峰	便乾便難	頭暈	稍動即汗出	口苦咽乾	神疲乏力或少氣懶言	耳鳴	口多粘涎	便乾三日未解
訓練權值	32	17	14	11	1	09	08	07	07
可能的組合	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	1	0	0	0	0	1
	1	0	0	0	1	0	0	0	1
	1	0	0	1	1	0	0	0	0
	1	0	1	0	0	0	0	0	1
	1	0	1	1	0	0	0	0	0
	0	1	1	1	0	0	0	0	1
	1	0	1	0	1	0	0	0	0
	0	1	1	1	1	0	0	0	0
	1	0	0	1	0	1	0	0	0
	1	0	1	0	0	1	0	0	0
	0	1	1	1	0	1	0	0	0
	1	0	0	0	1	1	0	0	0
	0	1	1	0	1	1	0	0	0
	0	1	0	1	1	1	0	0	1
	0	0	1	1	1	1	0	0	1
	0	1	0	1	1	0	1	0	1
	0	1	0	0	1	1	1	0	1
	0	0	1	1	1	0	1	0	1
	1	0	0	1	0	0	1	0	0
	1	0	1	0	0	0	1	0	0
	0	1	1	1	0	0	1	0	0
	1	0	0	0	1	0	1	0	0
	0	1	1	0	1	0	1	0	0
	1	0	0	0	0	1	1	0	0
	0	1	1	0	0	1	1	0	1
	0	0	1	1	0	1	1	0	1
	0	1	0	1	1	1	1	0	0
	0	0	1	1	1	1	1	0	0
	0	1	0	1	1	1	1	0	0
	0	1	0	1	1	0	0	1	1

表 3.10 構成規則樹之要素

規則樹—權值								
症狀/辨證	痰證	血瘀證	氣虛證	陰虛陽亢證	總計	權值順序	出現次數順序	決定順序
發病即達高峰	1.8842	2.9296	2.3	2.3647	9.479	1	1	1
頭暈				2.3235	2.324	13	10	11
神情呆滯或反應遲鈍或嗜睡		1.3444			1.344	18	11	14
口唇紫暗	2.5737	2.9593		2.8118	8.345	2	3	2
口苦咽乾			1.8333		1.833	15	10	12
舌紅	2.4789	2.4815		1.3294	6.29	3	2	2
舌背脈絡淤張青紫		1.2926			1.293	19	9	13
舌紫暗		1.5667		1.2059	2.773	11	8	8
舌青紫	1.3211			2.1706	3.492	9	12	9
苔薄黃			1.6667		1.667	16	5	9
苔厚膩	1.0263		1.4667		2.493	12	10	10
腰膝酸軟無力			2.2667		2.267	14	5	8
患肢麻感較重	1.6421		1.333	1.4588	4.434	6	4	3
神疲乏力或少氣懶言		1.4889	1.6333		3.122	10	4	6
倦怠嗜臥	1.1263	1.5785	1.9333		4.638	5	10	7
痰多而粘	2.5526		1.6		4.153	8	7	7
便乾便難				1.4588	1.459	17	5	10
脈滑或濡	1.0368	1.9148		1.3235	4.275	7	6	5
脈澀或結代	2.3474	1.4667	1.6333		5.447	4	8	4
脈弦細或細數				1.0529	1.053	20	13	11
佔總測試人數比例	0.7097	0.9677	0.3871	0.64516129				

肆、討論

一、系統辨識率之評估

健康人及中風患者之間的舌特徵差異性，已從上述舌特徵的統計分析結果可以大略知曉。因此，以其間的差異性為基礎，來對舌診系統分辨健康人和中風患者之間的辨識能力進行評估。

從舌色及苔色的分析結果，可以得知：中風患者的整體舌苔百分比大於健康人。從紅外線舌診分析結果可以得知：中風病患的舌尖區溫度明顯比健康人低。所以，可以使用上述的舌特徵差異性來進行中風患者對於健康人的分類，看看用統計上的方法是否能夠找出判斷準則，進而求得系統的辨識率。

研究共收集了 31 個案例，由於舌診影像必須是健康人和中風病患間之相互比較，所以也請醫師幫忙鑑別，得到健康人的案例有 33 位。

為了使實驗更加準確以防止健康人本身就具有差異性，先將健康人舌影像資料以亂數分成兩組，再以 t-test 分析，結果顯示這些健康人舌影像之間皆無差異性 ($p > 0.05$)。如此我們就可安心地將健康人

和中風患者之舌影像作比較：針對 31 名中風患者，從這些病患的影像中，隨機選取 10 名中風病患的影像來作為訓練用；另外 21 名中風病患作為測試之用。針對健康人對應中風病患作統計分析，健康人的測試與訓練個數為 11 人與 22 人。

以整體舌苔百分比與舌尖區的溫度來求得中風的分類法則如下：

If (Tot_coat > 19.29%) or (temp_tip < 33.4°C), then 為中風患者, else 為健康人 (4-1)

Tot_coat = 整體舌苔比例

temp_tip = 舌尖區之溫度

接下來，依照上述的分類法則對其餘的健康人影像以及中風患者的影像進行分類，並且將分類的結果與實際的群組關係作一對照，最後求得系統對這些群組的 accuracy, sensitivity, specificity。另外，也採用 kappa (k) 值來評估本系統的可靠性 (reliability)。

分類結果與辨識率見表 4.1、4.2，而各個分類條件所計算出的 K 值，若 $0 \leq K < 0.4$ 表示系統具有較低的信賴度，若 $0.4 \leq K \leq 0.75$ 表示系統有良好的信賴度，若 $K > 0.75$ 則表示系統有極佳的信賴度。

在表 4.1 中，以統計判斷健康人與中風病患之分類結果，系統分類法則（公式 4-1）將病患診斷為有病的個數有 21 位，系統分類法則（公式 4-1）將病患診斷為健康無病的個數有 20 位，系統分類法則（公式 4-1）將健康人誤診為有病的個數有 2 位，系統分類法則（公式 4-1）將有病者誤判為健康人的個數有 2 位。經過表 4.1 實際以及系統四種不同判斷的數目，可得到表 4.2 準確性（Accuracy）為 0.95、敏感度（Sensitivity）為 1 以及明確性（Specificity）為 0.91、Kappa 為 0.91，所以舌診系統有極佳的信賴度。

表 4.1 以統計判斷健康人與中風病患之分類結果

分類條件：(Tot_coat) OR (temp_tip)			
實際 系統	中風	健康	合計
中風	21	2	23
健康	0	20	20
合計	21	22	43

表 4.2 以統計判斷健康人與中風病患之辨識率

Accuracy	0.95
Sensitivity	1
Specificity	0.91
Kappa	0.91

二、類神經網路診斷之評估

經由先前建立了舌特徵資料庫，我們除了將這些資料作統計分析外，亦可輸入類神經網路作訓練。首先要先確定輸入輸出層的個數，輸入為兩種參數 (Tot_Cost 與 temp_Tip)，所以輸入層個數為 2，輸出層因為要判斷是否有病或沒病，所以個數 1 個就可以了。

將資料的三分之一作為訓練權值之用，當我們訓練完成之後，就將另外三分之二作為測試用，結果得到 accuracy、sensitivity、specificity、kappa 這些系統評估值。

將特徵參數以類神經網路重新訓練過，，結果如表 4.3、表 4.4，發現不論 accuracy、sensitivity、specificity、kappa 幾乎都有提升這是因為類神經網路具有容錯能力，所以在判斷上會比傳統的統計判斷準確。

表 4.3 以類神經網路判斷健康人與中風病患之分類結果

分類條件：(Tot_cost) OR (temp_tip)		
	中風	健康
中風	18	3
健康	3	19

表 4.4 以類神經網路判斷健康人與中風病患之辨識率

Accuracy	0.86
Sensitivity	0.86
Specificity	0.86
Kappa	0.72

根據之前的訓練可以得知，類神經網路因為有容錯的能力，故 accuracy, sensitivity, specificity, kappa 都會比單純的統計方法提升，所以我們用統計作出來的參數，也可以用類神經網路作為訓練之用。預計將結合彩色舌影像的參數有 Tot_LR, Tong_Area, Tot_coat, Mid_W, Mid_Y，而舌溫影像的參數有 left_right, temp_total, temp_tip, temp_middle。這些參數都是經過統計上有差異的參數，希望能夠以這些參數輸入到類神經網路作訓練得到疾病分類的結果。

中醫臨床中，如果病人主訴了一個範圍較大或不確切的症狀，醫師就要進一步詢問該症狀的詳細特點，如具體部位、性質及發作特點

等，以便得到含意較明確的症狀，為辨病、辨證提供確切的依據。

例如不同性質的症狀，具有不同的臨床意義，口唇紫暗、發病即達高峰、頭暈、舌青紫現是陰虛陽亢證的特點（圖 4.1）；發病即達高峰、口苦咽乾、倦怠嗜臥、腰膝酸軟無力、痰多而粘、神疲乏力或少氣懶言說明有氣虛證（圖 4.2）；發病即達高峰、口唇紫暗、患肢麻感較重、神疲乏力或少氣懶言說明是血瘀證（圖 4.3）；痰多而粘、脈澀或結代、舌紅、口唇紫暗說明是痰證（圖 4.4）等。

如果將上述每一大類症狀的名稱比做“樹根”的話，下面還有屬於樹幹、樹枝、樹梢的其它症狀。每一大類症狀，都可看作是有一定關聯的樹形結構。

在樹形結構中，非“樹梢”症狀，相對其下邊的症狀來說，可稱為“主症狀”，對其上邊的症狀來說，可稱之為“次症狀”。每個“主症狀”可分為若干個“次症狀”。“次症狀”體現了對症狀、體徵的詳細分類，而“主症狀”則概括了諸“次症狀”的共同特點。因此，症狀之間的這種上下級關係，也稱之為“主次”關係。

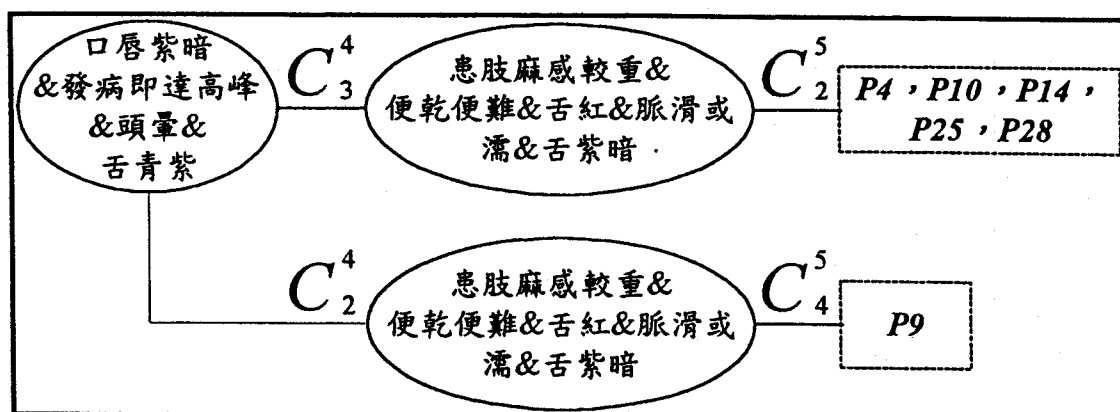


圖 4.1 症狀、證型以及病人路徑成立之分析結果—陰虛陽亢證

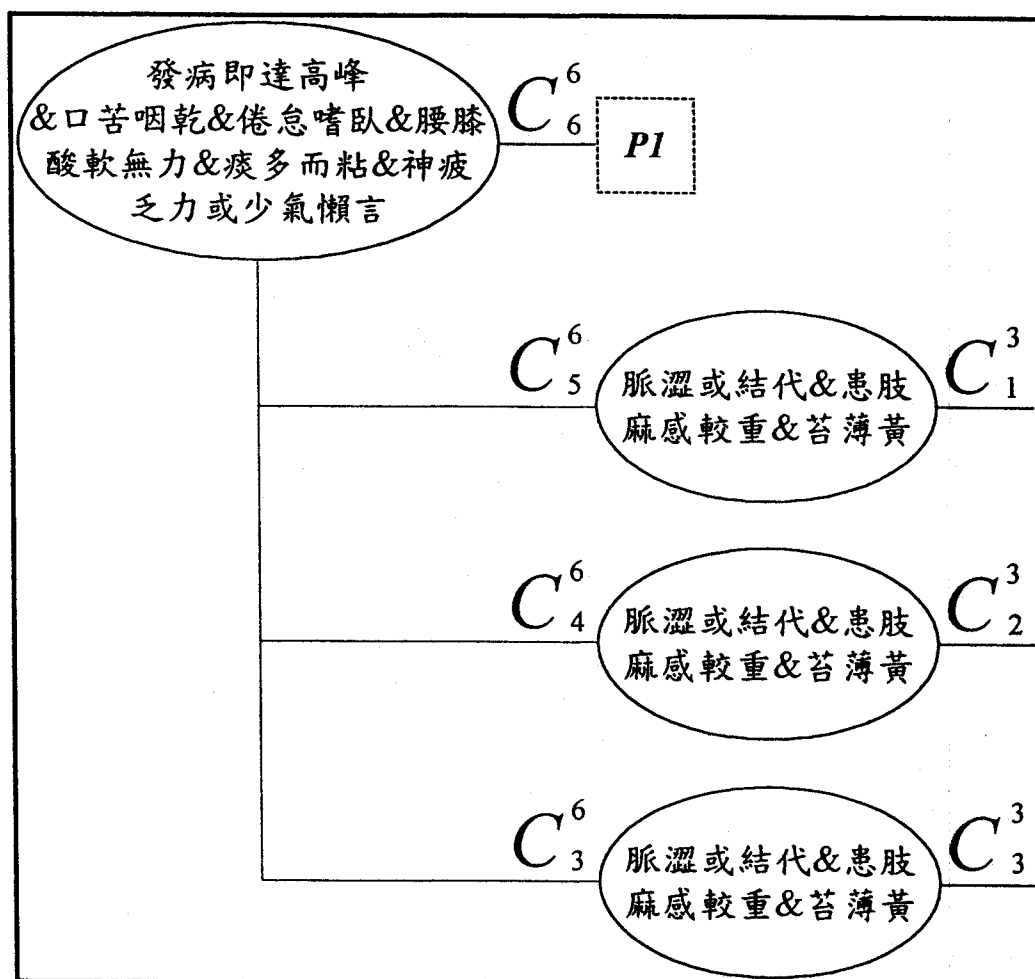


圖 4.2 症狀、證型以及病人路徑成立之分析結果—氣虛證

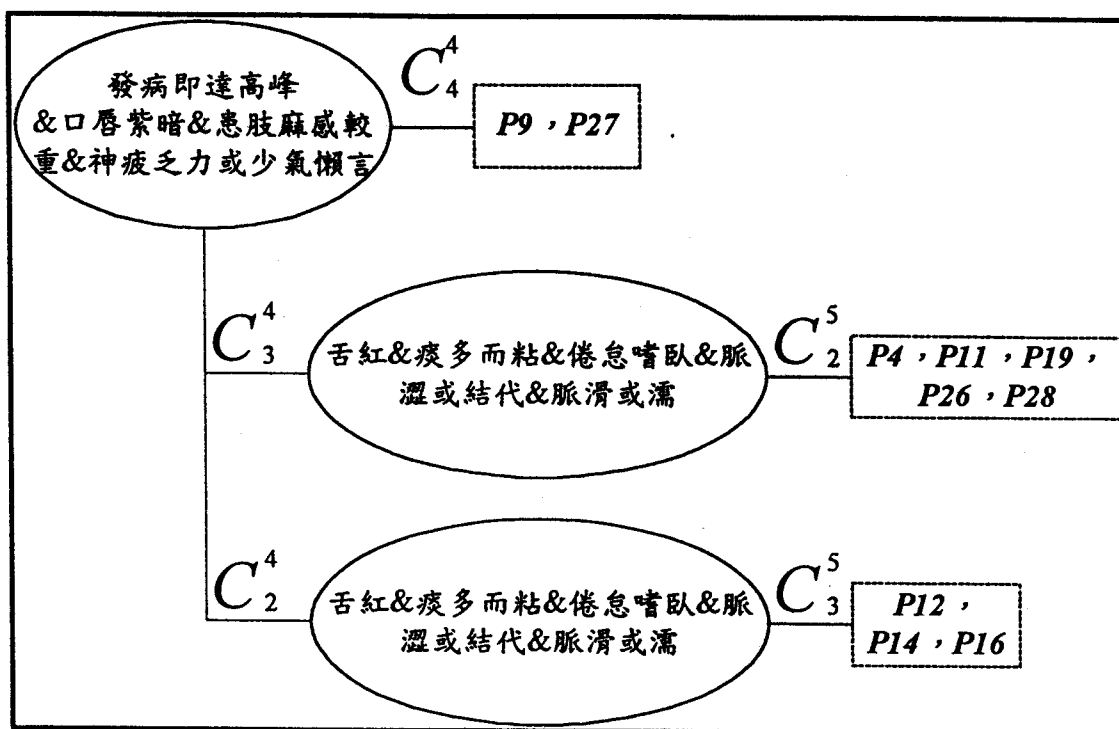


圖 4.3 症狀、證型以及病人路徑成立之分析結果—血瘀證

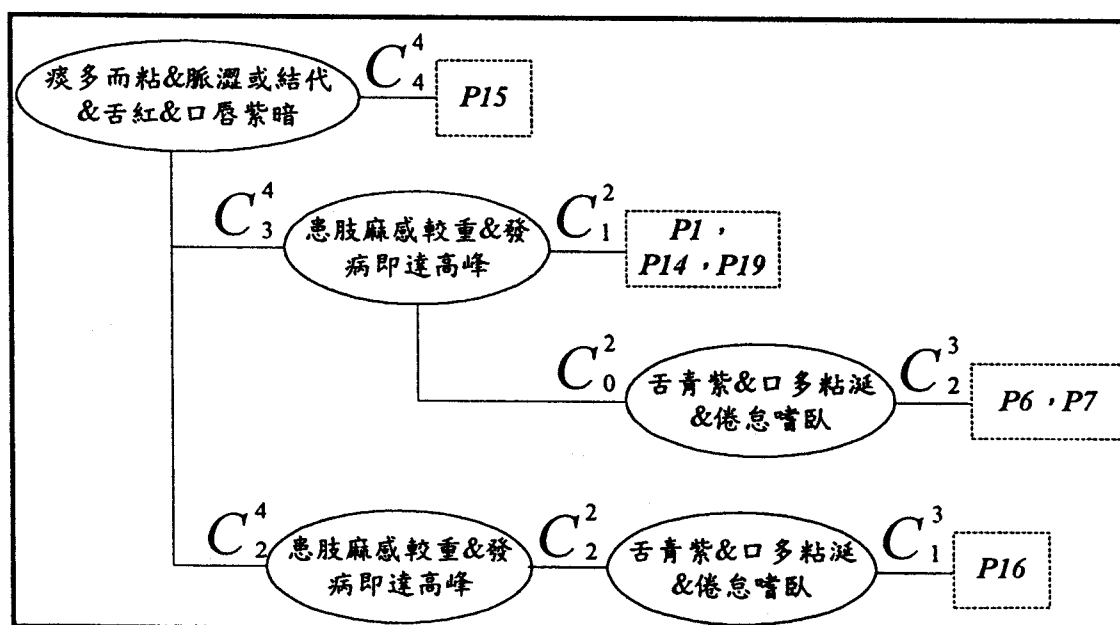


圖 4.4 症狀、證型以及病人路徑成立之分析結果—痰證

由於這種結構表示了症狀間的邏輯關係，從上往下來看，使計算機在模擬中醫問診時能夠依據這棵“樹”進行一步步的縱向聯想問

診，直到病人回答出一個比較確切的症狀。在臨床應用時，可根據病人的實際描述以任一層次進入這棵“樹”。

每個病、證型下都有一組症狀表現，但這些症狀在每個具體的病、證中的重要性及位置不同，分清這種關係，是較準確地確立一個病或證型的關鍵因素。

(1) 主症狀：它是對某病或某證型的診斷具有特殊意義的常見症狀及特異症狀（常見症狀是在某病或證型出現頻率較高的症狀）。以證型診斷角度分析，主症狀包括下列兩種情況：

1、必要症狀：它是對診斷具有特殊意義的常見症狀。換句話說，是診斷某病或某證型必不可缺少的症狀（但不是說每個證型下的若干必要症狀同時必備），這種症狀還可見於其它病的證型，見到這種症狀並不能確定就是這種病的證型。

2、特異症狀：它是一種病或證型所獨有的表現，不太可能出現於其它病的證型當中，但這種病的證型也並不一定都能見到這種症狀，因此，在診斷上具有特殊的意義，只要出現這種症狀，即可確定為相應的病證。特異症狀又分為兩種情形：a、是單個的特異症狀，這種症狀對病證雖有高度的特異性，但實際臨床當中靠這類症狀來確

立診斷的情況是很少見的。b、是非特異性症狀的特異性組合，也就每個單獨的症狀而言，對某種病、證型的診斷均無特異性，當這幾個症狀組合在一起時，則對該病、證型的診斷具有高度的特異性。在臨床當中，主要是靠這種特異性組合來確立診斷。

(2) 次症狀：它也稱為或見症狀，可能是無特殊診斷意義的常見症狀，也可能是偶然見到的一些症狀。臨床如果單就次要症狀進行診斷，容易造成誤診。因此，常常需要與一些主症狀一起來診斷。

在問卷的規則萃取部分，則由 31 份中風病人資料中，藉由類神經網路的訓練，找出每個證型影響權值較大的前 10 個症狀作分析，在比較權值、在問卷中的出現次數及佔總測試人數比例後決定其順序，最後推理出醫師診斷中風病人的邏輯思維路線圖—規則樹（圖 4.1 ~圖 4.4），而決定其路線的參數則可歸納為：Rule（出現症狀，出現證型，訓練權值，症狀出現次數，可能的組合，佔總測試人數比例）。

所以在症狀的層次劃分中，依據類神經網路得到的症狀（權值較大者優先選擇），一步步分析、歸納、綜合的辨證推理過程，可將所有症狀劃分為以下四個層次（其中包含了中風的六種證型）：

(1) 辨證結果：它是用於指導處方用藥的辨證結果，其組成可

以是一個獨立的主症狀、次症狀，也可以是它們之間的主、次組合。

(2) 主症狀：在類神經網路中權值較高以及此研究病人資料中出現次數較多的症狀。

(3) 次症狀：在類神經網路中權值除主症狀外較高症狀。

(4) 符合之病人：經由主症狀、次症狀這樣的分類之後，符合此規則樹的病人數目及號碼。

三、使用 B-P 神經網路中的幾個技術問題

B-P 神經網路事實上有監督性質的分類器，它需要用大量的已知樣本來訓練網路各層之間的連接權重。所以，作為已知的訓練樣本其正確性非常重要，要求訓練樣本能滿足下列要求：

(1) 含有豐富的、全面的、規範的信息和正確的結論。如果輸出層有 M 個端點，則訓練樣本至少是 $5M$ 個，並且要包含所有輸出端點的樣本，也就是要使神經網路得到全面的訓練。

(2) 盡量減少模糊或不確切的信息。

(3) 盡可能杜絕自相矛盾的信息。如果在訓練樣本中有較多的“症狀相同但是結論絕然相反”的樣本，很可能造成訓練過程不收敛。

在對 B-P 神經網路進行訓練過程中，最好把不同類別的樣本交叉輸入，將有助於訓練過程的快速收敛，即用“比較分類學習方法”會有較高的學習效率。

初始權值的選擇也會對 B-P 神經網路的學習過程甚至網路的性能產生很大的影響。一般說來，開始的權值不宜選的太大，否則，有可能使神經網路一開始就落在 Sigmoid 的飽和區，進而使專家系統進入局部極小點，使網路分類器性能較差。

輸出層端點的閾值 θ_k 及隱藏層端點的閾值 ϕ_j ，也可以在研製過程中作適當的調整，以期達到神經網路分類器有較高的符合率。也有人主張，把這些閾值也作為一個參數，在神經網路學習的全部過程中自動進行修正，這樣計算的工作量將會很大。

在研製中醫專家系統的過程中，對輸入層數據，最好事先根據老中醫的臨床經驗和中醫理論知識做合理的加工，即對輸入層的數據數值的分布方式的正當性做適當的評價，改變其不合理部分，否則，它

對輸出結果的準確性有一定的不利影響。

對於隱藏層的神經元的節點數，是可以進行反覆調整的。隱藏層的端點數太少，將無法達到要求的性能，隱藏層的端點數太多，又會增加網路的容量，運算時間延長，對計算機設備的計算速度及儲存容量都會提出更高的要求。隱藏層端點數的確定，將取決於如下兩點：

(1) 所研製的 B-P 神經網路分類器在作回顧性驗證及前瞻性診斷中有較高的符合率。

(2) 所研製的 B-P 神經網路分類器在作臨床診斷時有較快的進行速度，能達到實際工作的需要。

對於 B-P 神經網路的隱藏層數目，也是一個值的探討的問題。神經網路的隱藏層每增加一層，其工作量將大大增加。究竟多少層合適呢？對於醫學專家系統來說，要根據醫學領域知識以輸入到輸出要經過多少個調節功能（或器官或系統）來決定。

一般來說，宜粗不宜細，層數太多，計算機運算時間太長，神經網路分類器的實用價值將下降，隨著並行計算機及巨型計算機的微型化，再適當增加專家系統的隱藏層個數，具有可行性。

90 年代初已有的 Kohonen 神經網路系統，與 B-P 神經網路不同，它是無監督性分類器。也就是說，它對輸入刺激的模式將自動形成一種內部輸出模式，也可稱為神經信號特徵圖。它與 B-P 神經網路不同，具有很強的自組織能力，而沒有規定的輸出模式。它只要給神經網路輸入患者的症狀、體征及臨床化驗資料的信息，而不必告訴神經網路這些信息如何分類。

四、系統效能之評估

本系統中的舌影像分析處理部份，主要是結合了影像校正、影像分割、顏色分析、舌形分析、苔質分析、分析結果等步驟而成，而為了對整個分析處理流程作一執行效能的評估，因此設計了以下的實驗：

從篩選之後可分析的 100 張原始舌影像之中，任意選取 5 張影像進行試驗。首先，載入等待校正的 640× 480 舌影像以及同樣環境下所擷取的 640× 480 灰色卡影像，並且圈選 RGB 色板區域和 400× 400 的舌體區塊影像，然後進行影像校正動作，並記錄程式執行所需時間。之後在校正後的影像上利用滑鼠圈選一封閉的舌邊緣區域，隨即執行分割程式並記錄時間，同樣地，接下來依序執行舌色與苔色的分

析、裂紋偵測、腐苔與膩苔之分析、舌苔厚薄之分析、分析結果等處理程式，並且記錄下各個處理步驟所花費的時間。本實驗總共對 5 個測試影像進行上述的處理分析，其結果見表 4.5。同樣的分析紅外線影像所需影像分割，溫度分析所需的時間如表 4.6。

表 4.5 彩色 CCD 影像處理程序所花費的時間

處理彩色 CCD 影	執行所花費時間 (sec)
影像校正	1.11± 0.01
影像分割	4.06± 0.46
顏色分析	0.51± 0.01
裂紋偵測	0.01± 0.00
腐苔與膩苔分析	0.55± 0.01
舌苔厚薄之分析	1.09± 0.02
分析結果	0.02± 0.00

表 4.6 紅外線影像處理程序所花費的時間

處理紅外線影像	執行所花費時間 (sec)
影像分割	1.48± 0.39
溫度分析	0.70± 0.12

五、系統操作流程

本研究所發展的舌診影像系統，其程式操作介面均建構於 Windows 98 的作業系統平台之上，具有使用方便操作容易的功能。但是為了讓使用者能夠更迅速地瞭解整個系統與程式介面的操作流程，我們特別對此部份作進一步的說明。

首先，先將系統的硬體設備安裝完成，隨即開啟電腦及光源，在此期間我們把兩個 CCD 彩色攝影機的光圈調在刻度 4、焦距調在影像顯示最清晰的位置上（大約在 0.3 左右）。另外，整個程式之執行主畫面如圖 4.5 所示，其所有之功能選項見圖 4.6，主要包括影像取、舌影像分析處理、舌特徵病歷資料庫三個部份。

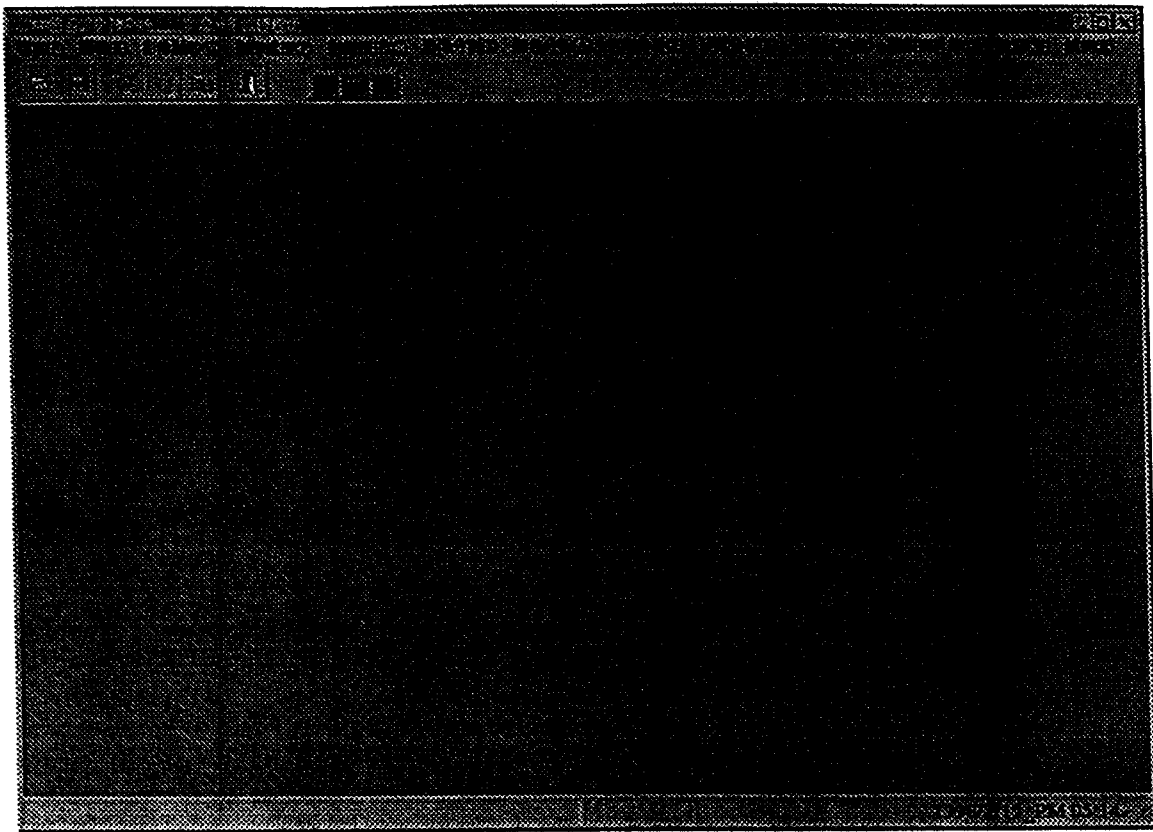


圖 4.5 程式執行之主畫面

舌診影像系統

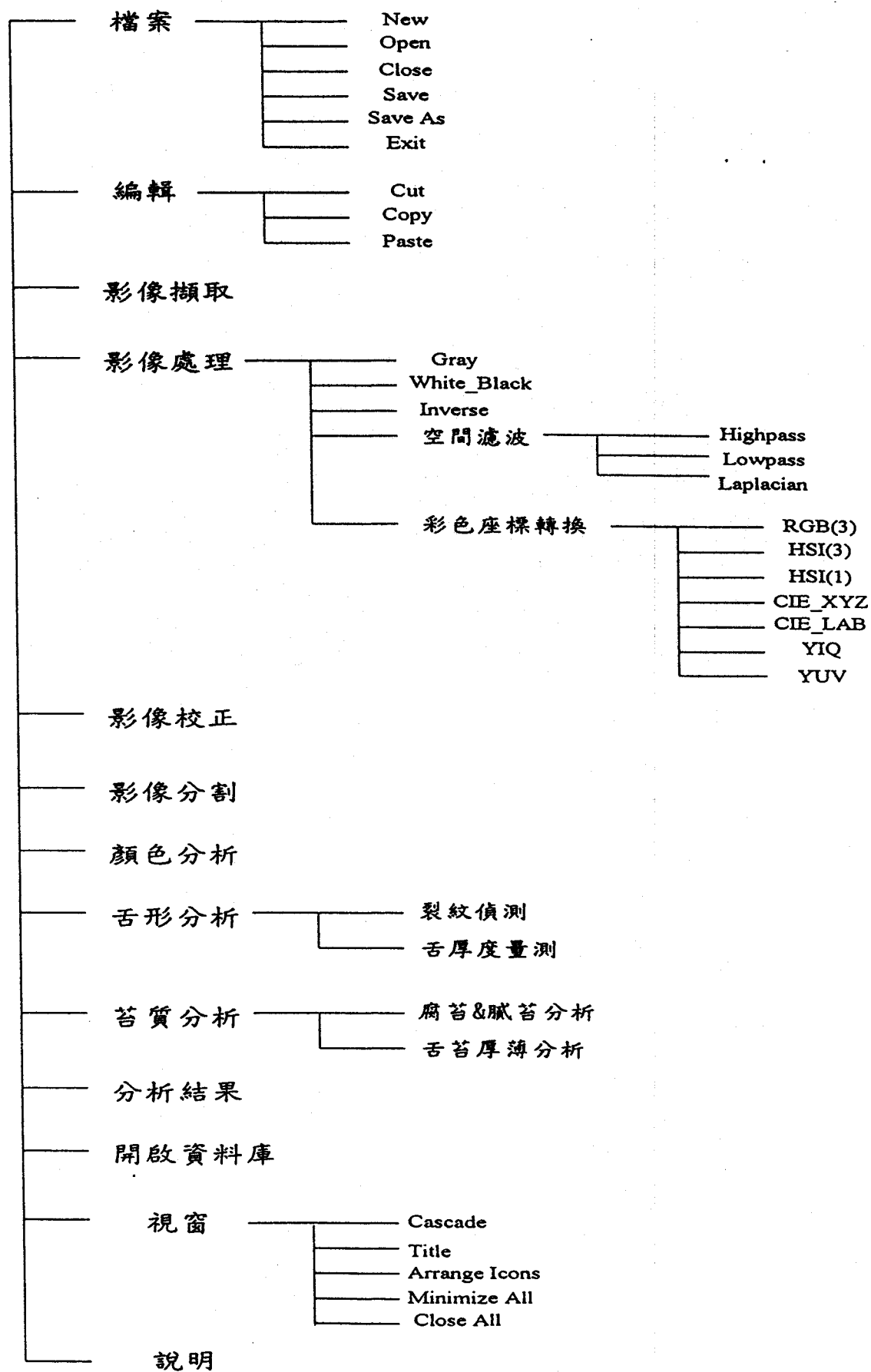


圖 4.6 系統程式介面之功能選單示意圖

一開始點選主畫面上的“開啟資料庫”選項以開啟舌特徵病歷資料庫系統（如圖 4.7 所示），其中有新增資料及查詢資料兩個選項，若選擇執行新增資料，則將出現一個完全空白的資料表格供系統操作者輸入受測者的個人基本資料（如圖 4.8 所示）；若選擇執行查詢資料，則可依病歷號碼或姓名取得該受測者先前的舌診檢查記錄（如圖 4.9 所示）。

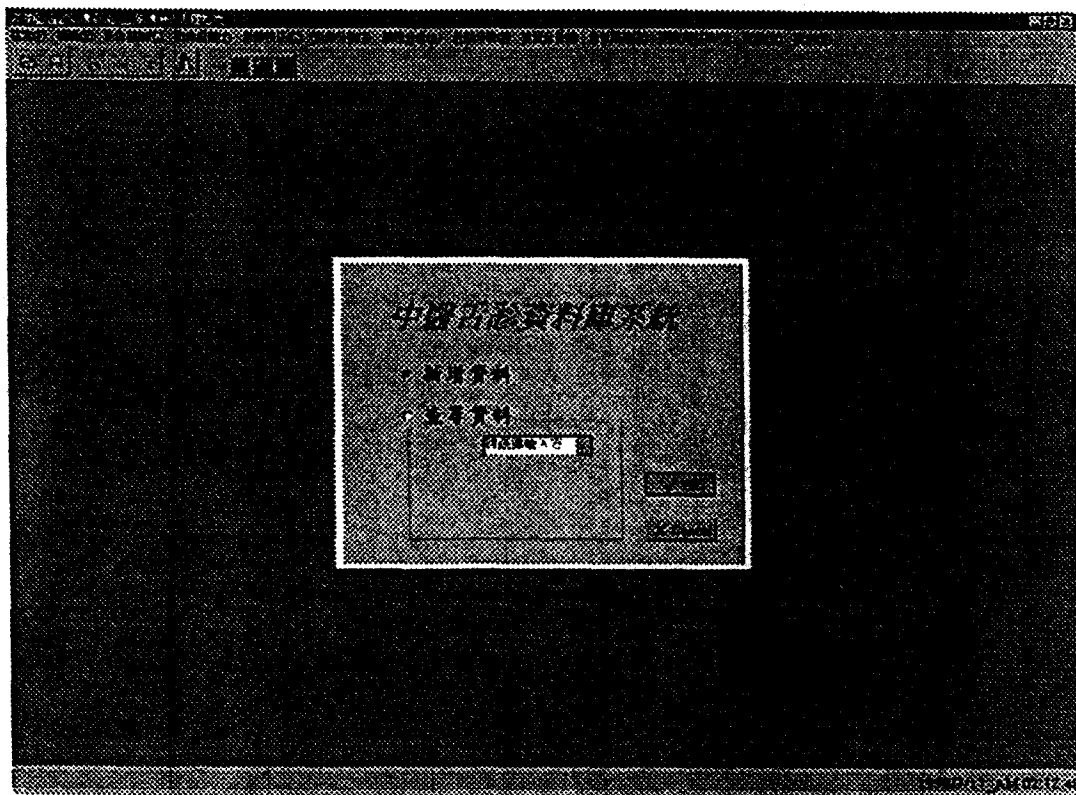


圖 4.7 資料庫系統之起始畫面

新增個人基本資料

姓名: 性別: 身分證號碼: 身高:

年齡: 血型: 體重:

電話: 地址:

新增個人基本資料

新增 取消

圖 4.8 新增個人基本資料頁

新增個人基本資料

姓名: 陳志強 性別: 男 身分證號碼: I000000067 身高: 170

年齡: 35 血型: O+ 體重: 65

電話: (035)876355 地址: 新竹縣

新增個人基本資料

新增 取消

圖 4.9 受測者先前的資料記錄

待受測者完成基本資料登入後，即可在程式主畫面上點選「影像

擷取”選項開始擷取影像。首先，將灰色板置於頭部固定架中央擷取一張 640x 480 的灰色板影像（如圖 4.10 所示）並存檔，之後，令受測者將下巴靠在固定架上，下巴前緣抵住靠架，並將口水吸乾，然後嘴巴張大盡量將舌頭伸出，待舌頭穩定（不晃動）且完全伸出後，立即擷取影像並存檔。

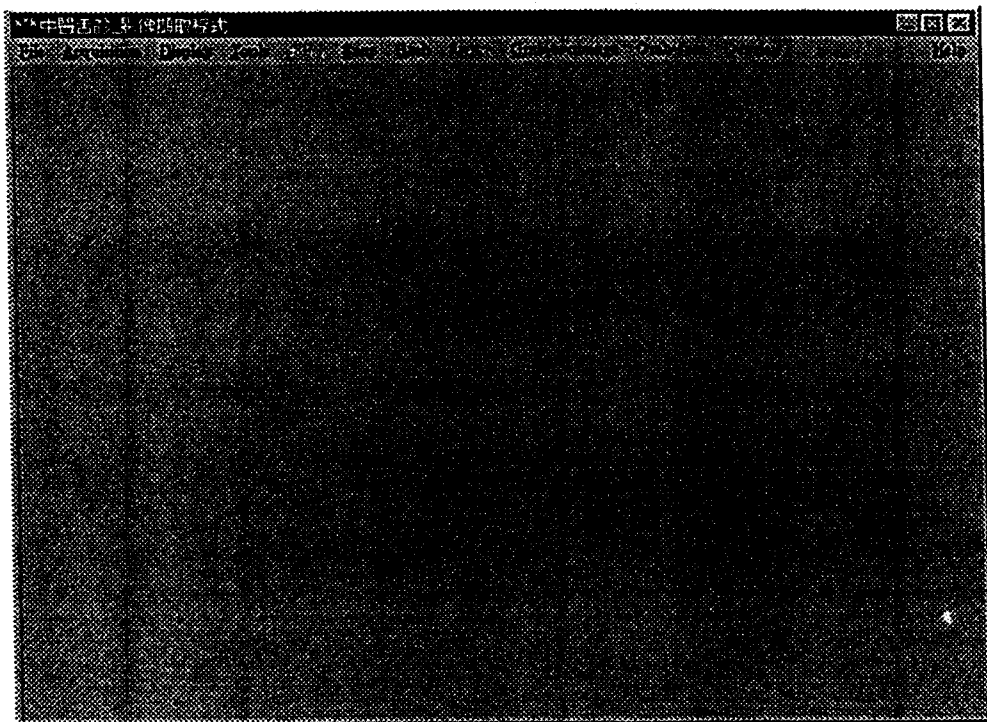


圖 4.10 擷取 640x 480 的灰色板影

接下來進行影像校正的步驟，首先在程式主畫面上點選“影像校正”選項即出現影像校正程式的執行畫面，共有灰色板、RGB 色板、400x 400 Image 三個分頁，其中在灰色板分頁上載入前一步驟所擷取的灰色板影像（如圖 4.11 所示），在 RGB 色板分頁上載入所擷取的舌影像（左影像），並且分別使用滑鼠圈選舌頭兩旁的三個色板以取

得顏色校正參數(如圖 4.12 所示),最後在 400x 400 Image 分頁上使用滑鼠選取 400x 400 的舌體區域影像(如圖 4.13 所示),按下 OK 鍵立即進行校正,並將校正後影像傳回主程式畫面中(如圖 4.14 所示)。

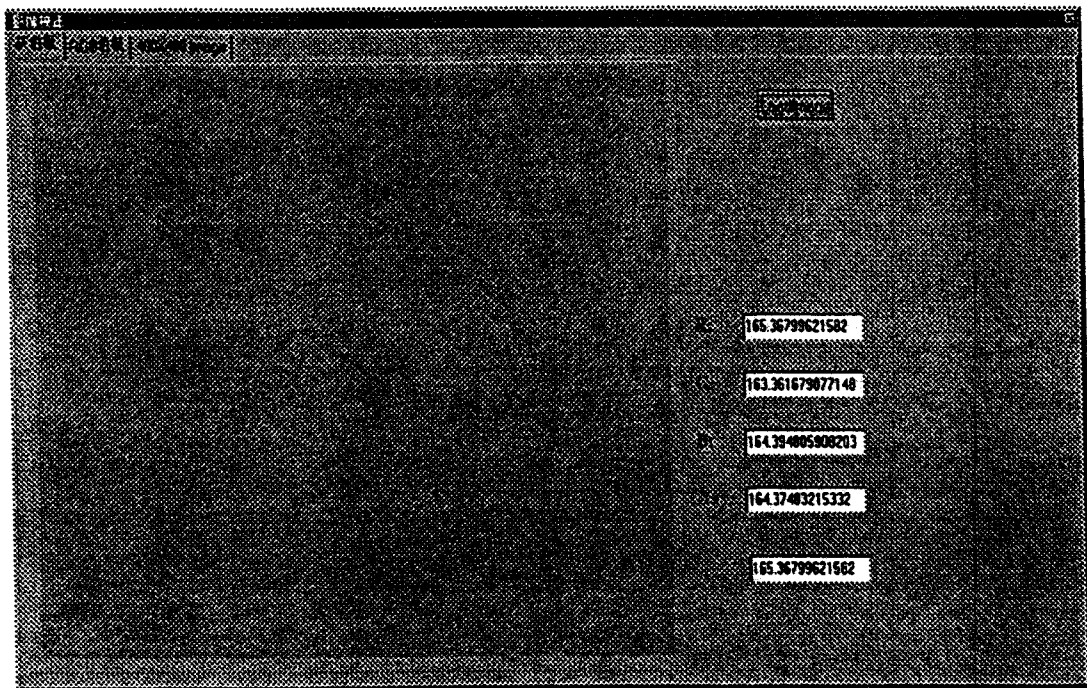


圖 4.11 影像校正程式之灰色板分頁

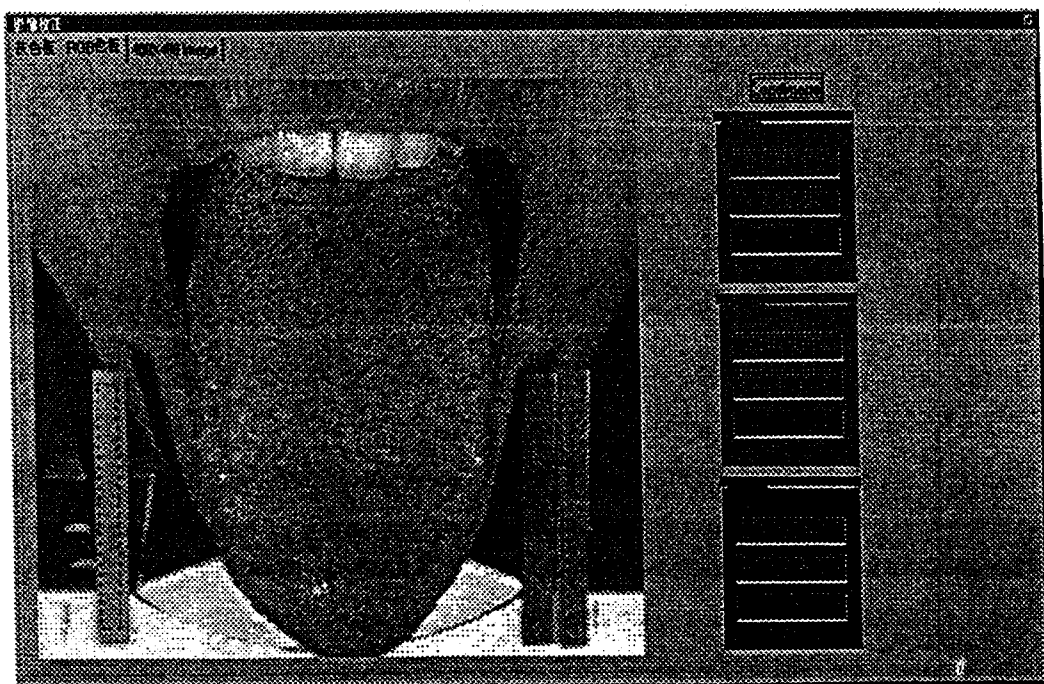


圖 4.12 影像校正程式之 RGB 色板分頁

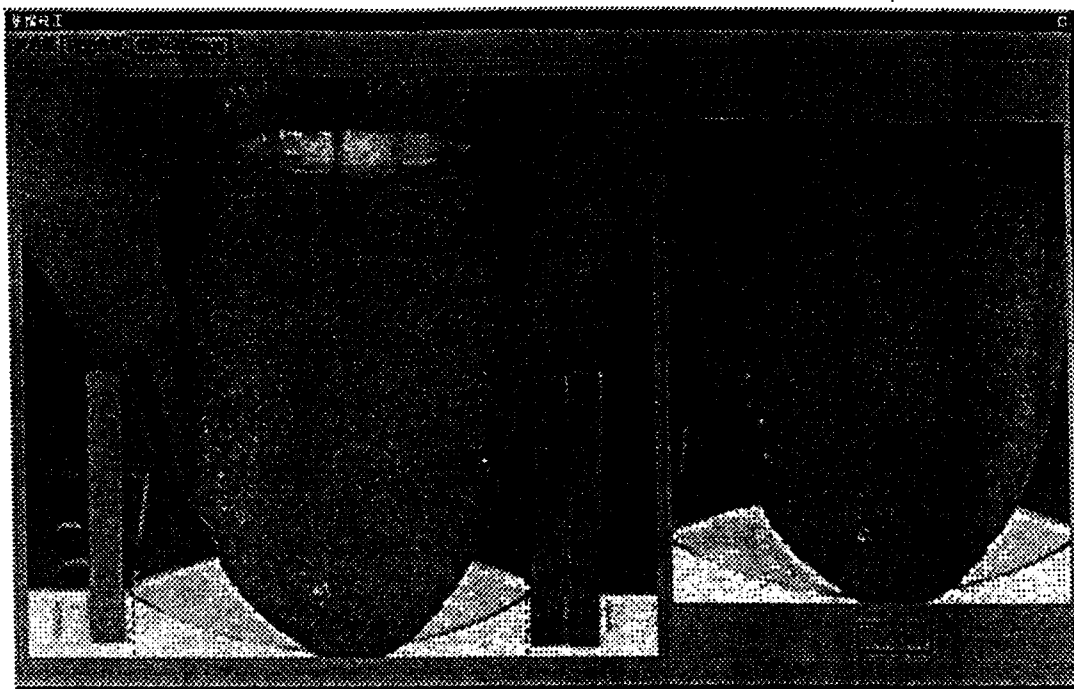


圖 4.13 影像校正程式之 400x 400 Image 分

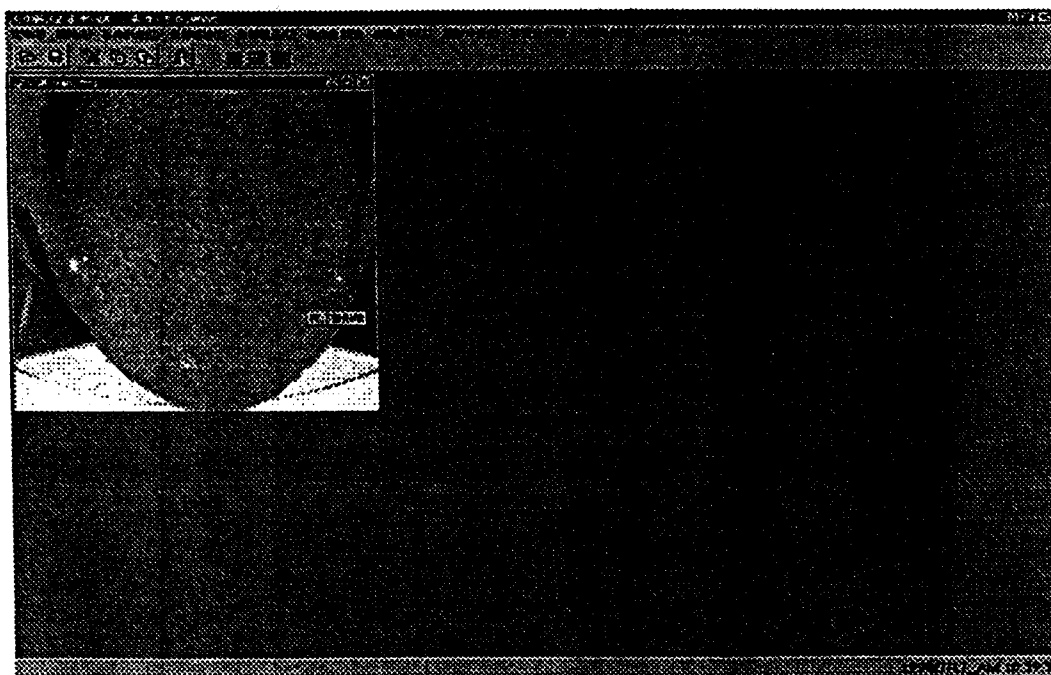


圖 4.14 校正後之影像

在程式主畫面上點選“影像分割”選項即出現影像分割程式的執

行畫面同時自動載入校正後之舌影像，然後，利用滑鼠圈選一個封閉的舌邊緣區域並按下左上角之 Segment 選項，隨即進行影像分割並顯示分割結果及舌長、舌寬、舌面積大小（如圖 4.15 所示），再按下 OK 鍵則將分割後之影像依照一定比例化分成四個區域，並且顯示於程式主畫面上（如圖 4.16 所示）。

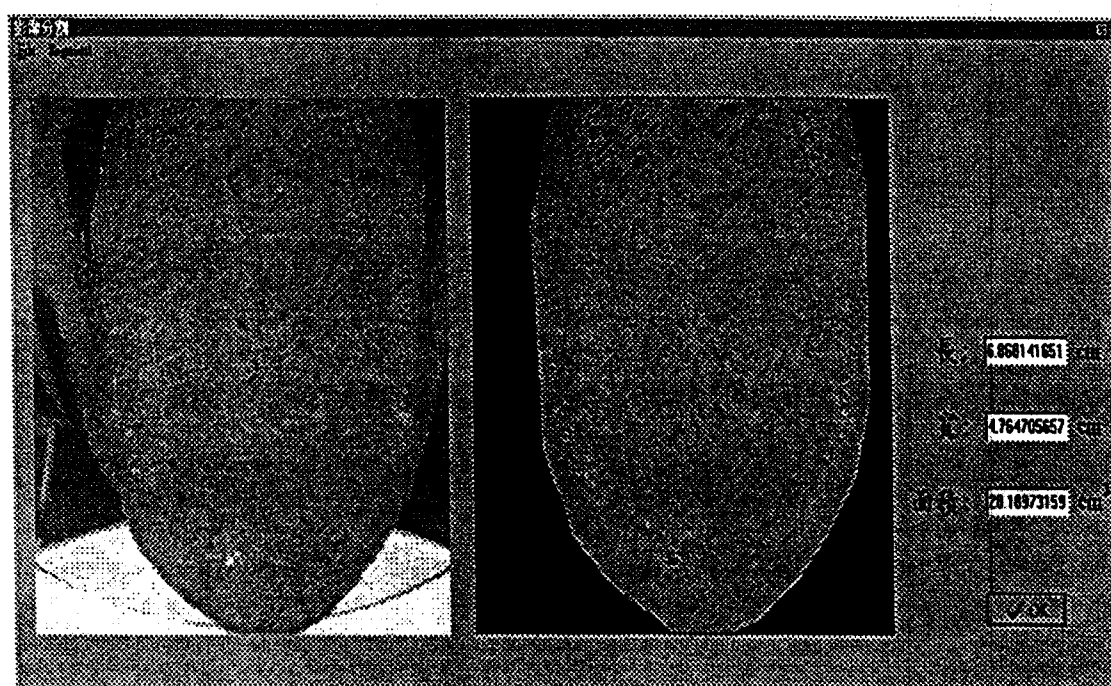


圖 4.15 影像分割結果

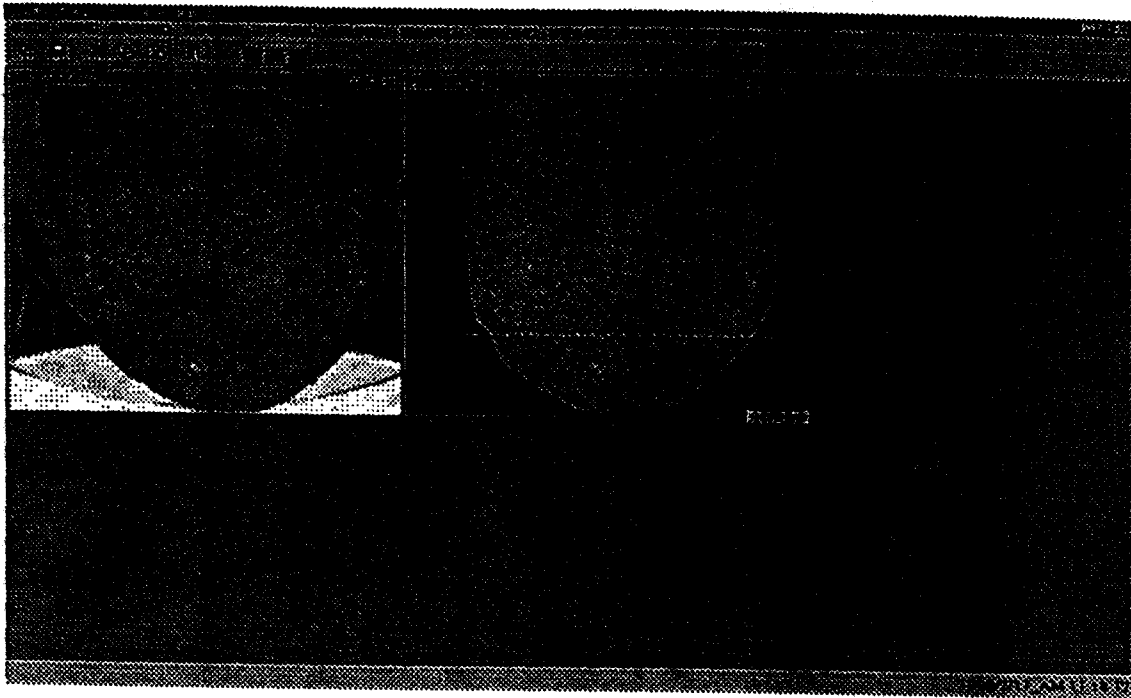


圖 4.16 將影像分割結果分成四個區域，並顯示於程式主畫面上

之後，在程式主畫面上點“顏色分析”選項即出現顏色分析程式的執行畫面同時自動載入分割後之舌影像，按下 Analysis Now 選項進行舌色與苔色的顏色分析並顯示分析結果，另外，使用者可在各個顏色分類影像上按下滑鼠左鍵將影像放大瀏覽，按下右鍵即恢復原來之影像大小（如圖 4.17 所示）。

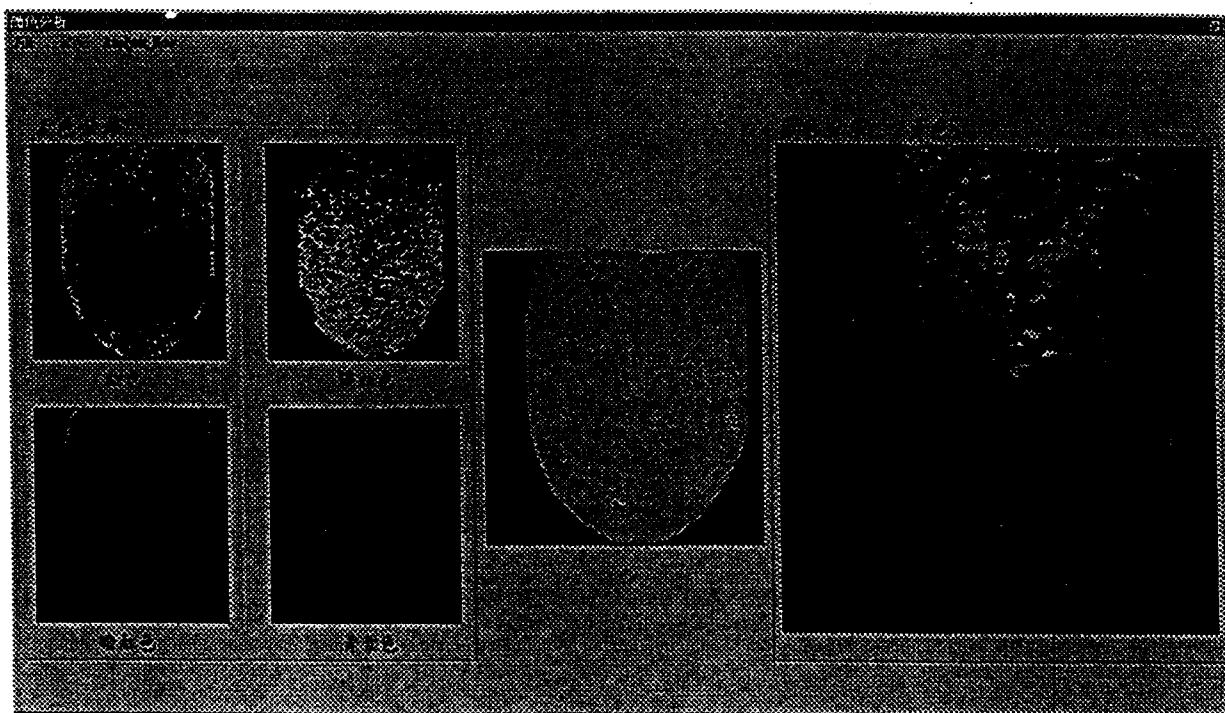


圖 4.17 舌色與苔色之分析結果

接下來，在舌形的分析方面主要分成裂紋偵測和舌厚度量測兩個部份。選擇裂紋偵測程式執行，並按下 Analysis_Now 選項，即可得到裂紋偵測結果（見圖 4.18）。由結果影像可看出此範例舌影像並無裂紋。

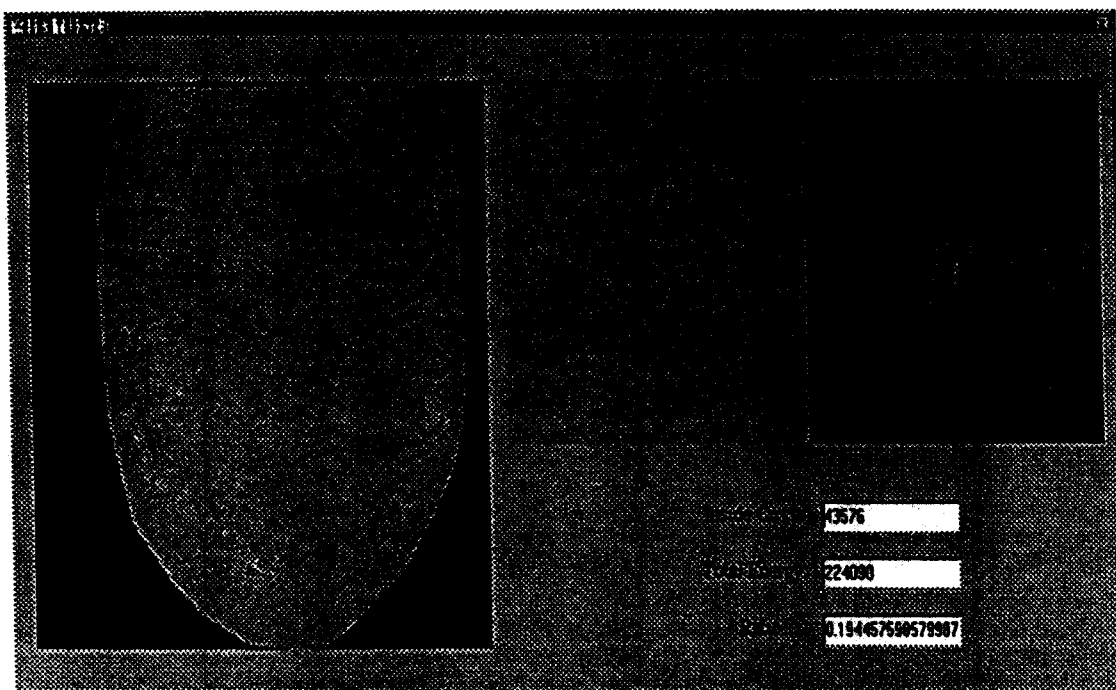


圖 4.18 腐苔及膩苔分析結果

之後，在苔質分析部份也是分為腐苔&膩苔分析及舌苔厚薄分析兩個部份。選擇腐苔&膩苔分析程式執行並使用滑鼠選取分析區塊(100x 100)，隨即進行頻譜分析，分析結果如圖 4.18 所示。

選擇舌苔厚度分析程式執行，程式將自動載入白苔及黃苔的分佈影像，按下左上角之 Analysis_Now 選項，即進行頻譜分析，分析結果見圖 4.19。

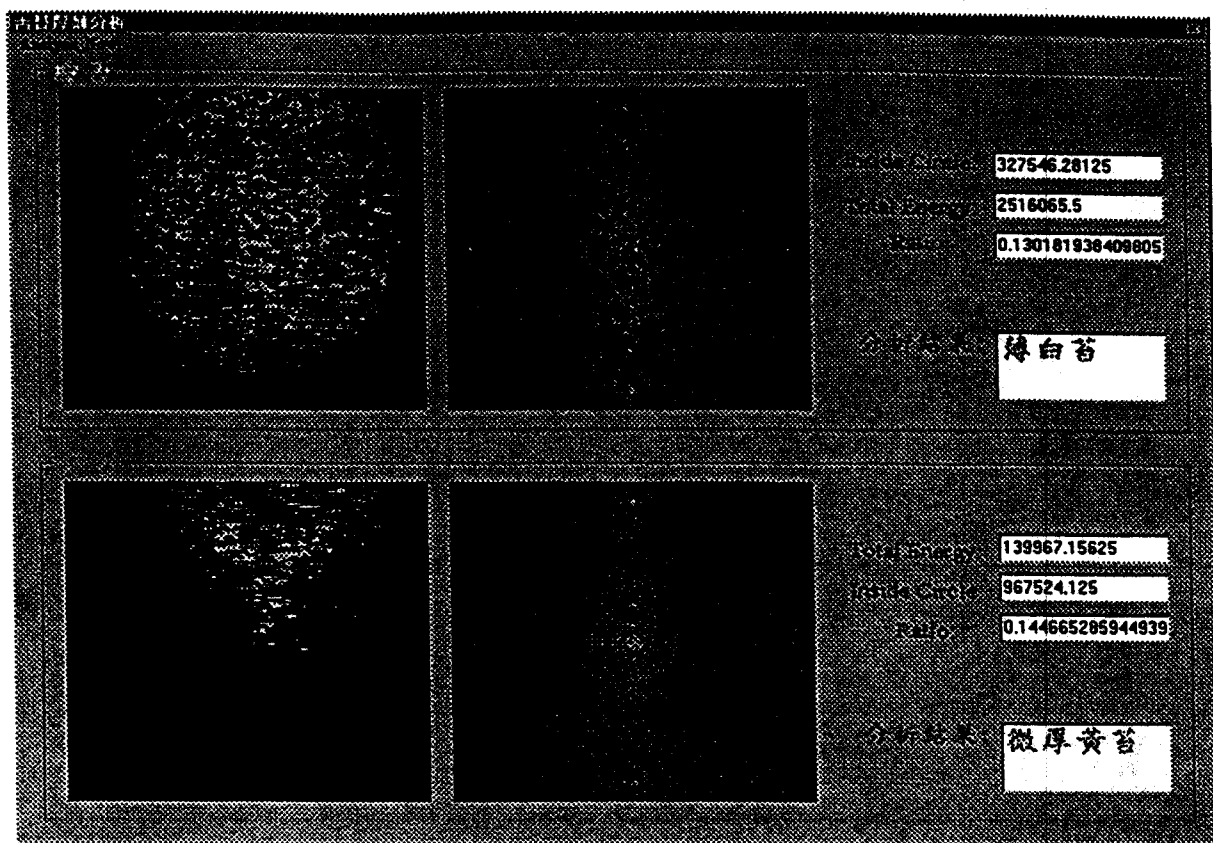


圖 4.19 舌苔厚薄之分析結果

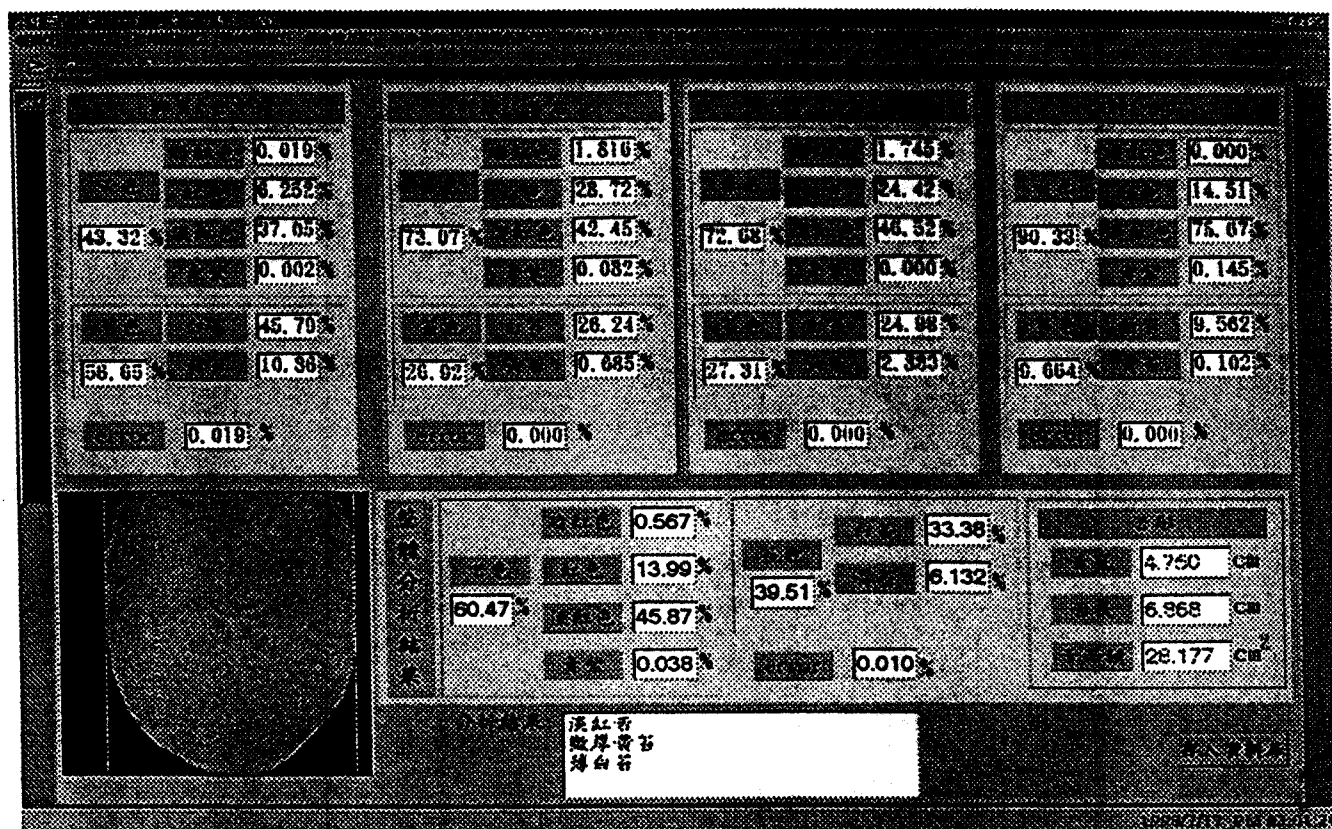


圖 4.20 舌影像之分析結果

最後，於程式主畫面上點選分析結果選項，將前述的分析結果作一總結（如圖 4.20 所示），並可按下右下角之“存入資料庫”按鍵，把所有的分析結果存入該受測者的舌診病歷資料中（如圖 4.21 所示）。完成整個系統之處理操作流程。

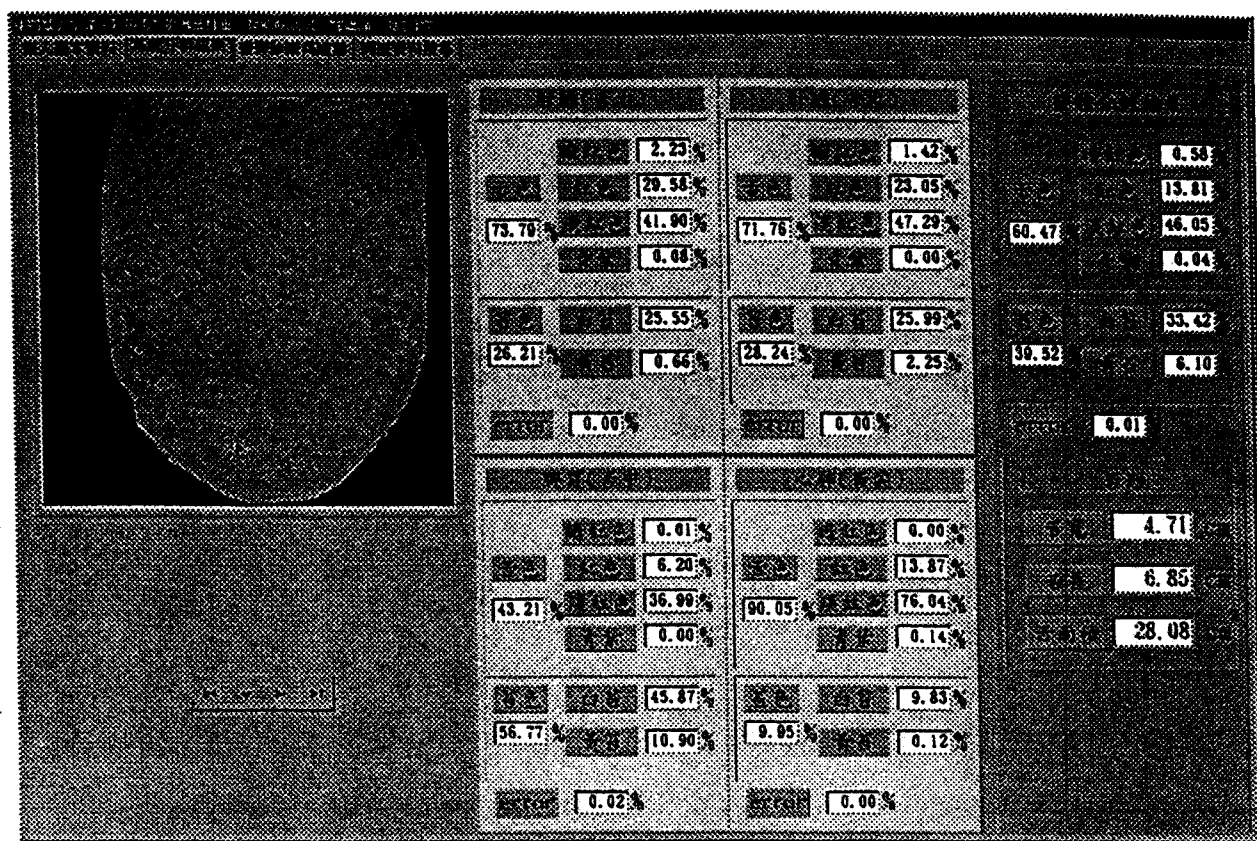


圖 4.21 將分析結果存入病歷資料庫

另外，若使用者想進一步地瞭解舌影像的部份影像處理結果，可在主畫面之選單上先讀取一張原始的舌影像，然後，使用滑鼠點選“影像處理”選項挑選想要進行的處理方式（諸如：灰階化、二值化、影像反轉、彩色座標轉換、空間濾波）執行，並且可顯示任一張影像其 RGB 三個顏色分量的 Histogram。程式執行結果畫面如圖 4.22 所示。

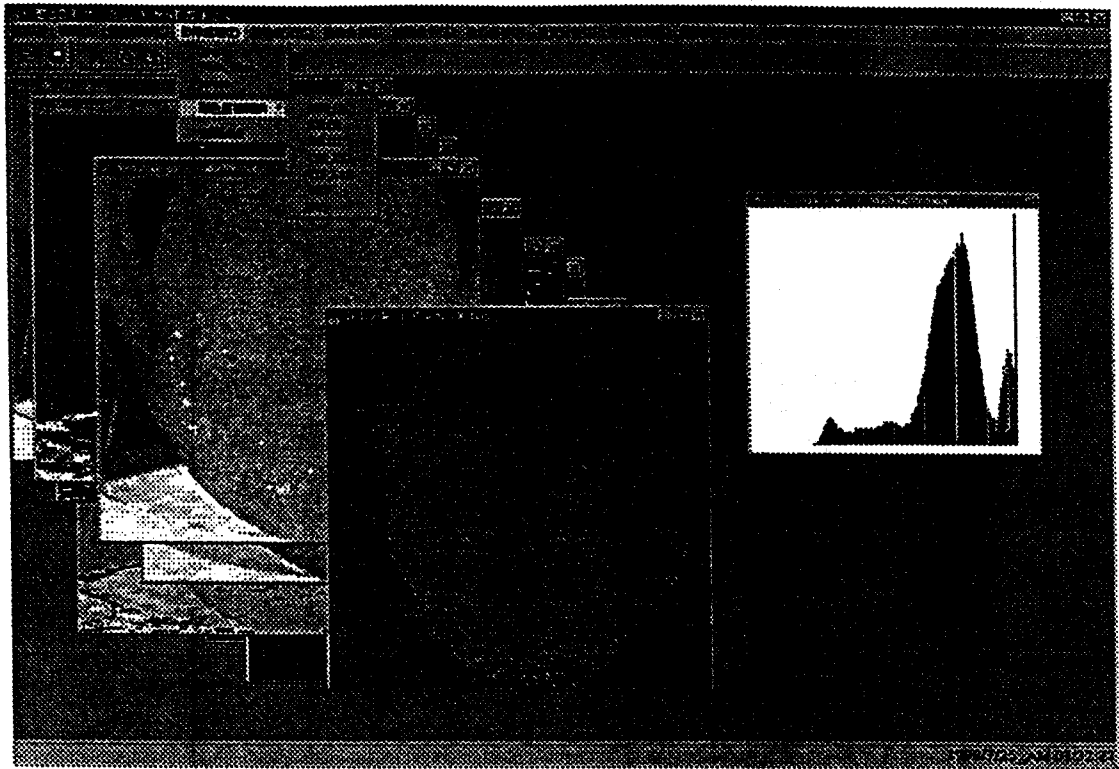


圖 4.22 舌影像處理之結果畫

伍、結論與建議

一、中醫證型分析

中醫文獻浩瀚無涯，要有系統地和全面性地掌握這門學問的精華，並且在治病上達到妙手回春的程度是相當困難的一件事。從古至今各流派間對於疾病成因、治療方式也有不同的意見，缺乏統一的辨證標準，這對於想進一步深入研究中醫辨證論治之學者，構成相當大的遺憾。

引入分型的概念，可以減少問題的複雜性，對於中醫知識的分類較容易瞭解。中醫中風專家系統將中醫的診斷分成問卷的問卷診斷和舌診的診斷，中醫學的精髓在於『辨證論治』，辨證以望、聞、問、切四診為依據，我們根據中醫獨特的辨證法，可將中風分為幾個證型——形成“證論域 (universal set)”。譬如：“風證、火證、痰證、血瘀證、氣虛證、陰虛陽亢證”等證。

在問卷診斷方面：31 位中風患者中，22 位的證型為痰證，30 位的證型為血瘀證，12 位的證型為氣虛證，20 位的證型為陰虛陽亢證，31 位中風患者中每位病患都有 1~3 種證型，而風證及火熱證在台北市立中醫醫院均無收集到病患，所以不列入討論中，如表 5.1 所示。

表 5.1 問卷診斷和證型病例之統計

證型	問卷診斷
痰證	22 (71.0%)
血瘀證	30 (96.8%)
氣虛證	12 (38.7%)
陰虛陽亢證	20 (64.5%)

本研究所收集的中風病患，由於都是經中醫師治療一陣子之後才到舌診資料室留下資料，所以在出血型及栓塞性並無明顯分別。但在舌色、舌苔方面，還是有一些特徵可供參考：

舌色比健康人的淡淺，甚至全無血色，稱為蛋白舌，可見於中風後遺症階段，由氣血兩虛，血液不能充分營運於舌質使然；舌色鮮紅，甚至深絳色者，稱為紅絳舌，可見於肝火衝激，氣血上逆之中風患者，因血得火熱則行，氣血沸湧於上，使舌體脈絡充盈所致；舌色紫黯，即為紫舌，或見舌邊散在瘀點淤斑，此乃氣血瘀滯，脈絡瘀澀，血運不暢的中風血瘀體證。

舌苔：《形色外診簡摩》云：“苔乃胃氣之所熏蒸，五臟接稟氣於胃，故可借以診五臟之寒熱虛實”。正常舌苔乃乃胃氣生成，其狀

薄白而清淨，不乾不濕不滿布舌苔。若中風而見薄白苔者，或為外兼表證，或為中經絡之輕症。黃苔乃熱邪熏灼所致，若黃膩質乾，多見於火熱內盛，大便秘結之患者。若苔黑而燥烈，甚至滿布芒刺，多為火熱之級，津枯液竭之重症。

二、問卷診斷、舌診診斷與中風證型之關係

在中醫中風專家系統使用之問卷中，包含舌診部分的項目已在第三章有討論，而經過類神經網路透過 Matlab 程式萃取出症狀（表 5.2），在舌質部分有“紅”、“青紫”，在舌苔部分有“黃苔”等三個症狀出現。

在舌質部分的“紅”，分別出現在痰證、血瘀證、陰虛陽亢證等三種證型中。在舌質部分的“青紫”，分別出現在痰證、陰虛陽亢證等兩種證型中。在舌苔部分的“黃苔”，則只有出現在氣虛證中。

輔助中醫中風專家系統使用之舌診診斷中，在 4-3 節已有初步的結果分析，如表 5.3，如果再以此結果和表 5.2 問卷診斷作比較，則可得到以下結論：在舌質部分，“紅”在舌左（肝膽區）、舌尖（心肺區）有顯著差異（*： $p < 0.05$ ）、及特別顯著的差異（**： $P < 0.01$ ），

而分別出現在問卷診斷之痰證、血瘀證、陰虛陽亢證等三種證型中；

“青紫”在舌右（肝膽區）有特別顯著的差異（**： $P < 0.01$ ），分別出現在問卷診斷之痰證、陰虛陽亢證等兩種證型中。

舌苔部分，“黃苔”在舌右（肝膽區）、舌中（脾胃區）、舌尖（心肺區）、舌之整體有顯著差異（*： $p < 0.05$ ）、及特別顯著的差異（**： $P < 0.01$ ），在舌左（肝膽區）、舌右（肝膽區）皆無顯著的差異（ $p > 0.05$ ），則只有出現在問卷診斷之氣虛證中。

表 5.2 問卷診斷

辨證 舌診症狀		痰證	血瘀證	氣虛證	陰虛陽亢證
舌質	紅	※	※		※
	青紫	※			※
舌苔	黃苔			※	
佔總測試人數比例		0.71	0.97	0.39	0.65
※：表示在類神經網路中之重要權值內					

表 5.3 舌診診斷

	舌質	舌苔
舌左（肝膽區）	紅*、暗紅*	×
舌右（肝膽區）	淡紅**、暗紅**、青紫*	×
舌中（脾胃區）	淡紅**	白苔**、黃苔**
舌尖（心肺區）	淡紅**、紅**、暗紅**	白苔**、黃苔*
舌之整體	淡紅**、暗紅*	白苔**、黃苔**
×：無顯著的差異 *：p<0.05，有顯著的差異 **：P<0.01，有特別顯著的差異		

表 5.4，是整理中醫相關書籍所得到的結果。以表 5.2 和表 5.4 作比較，在舌質的部分，“紅”只有在表 5.2 和表 5.4 之陰虛陽亢證出現，其餘在火熱證中只有在表 5.4 出現，而表 5.2 則是出現在痰證和血瘀證；探討出來的原因為：1. 由於先前問卷診斷是使用類神經網路理論在 98 種症狀當中選擇較大權值的症狀作為討論，因為中風患者資料數只有 31 筆，無法達到有效的症狀選取，所以產生和中醫古籍結果不同的分析。2. 在問卷診斷中，選擇 10 個症狀作為討論，是否數目太多，因為參考中醫古籍上，大部分證型之相關症狀，有些也

沒有達到 10 種，所以以後如果選擇權值較大的症狀，可以考慮少於 10 種。

在舌苔的部分，“黃苔”在表 5.2 是出現在氣虛證，而在表 5.4，則是出現在火熱證及痰證，探討原因也和舌質部分相同，是由病患數量及選取 10 種症狀所產生的影響。

表 5.4 中醫中風舌診分類表

	舌質	舌苔
風證	×	×
火熱證	紅	黃苔
痰證	×	白苔、黃苔
血瘀證	青紫	白苔
氣虛證	淡紅	白苔
陰虛陽亢證	紅、暗紅	×
×：表示在此證型中無特別之舌特徵		

以表 5.3 和表 5.4 作比較，在舌質的部分，“紅”在表 5.3 是出現在舌左（肝膽區）及舌尖（心肺區），而表 5.4 則是出現在火熱證及陰虛陽亢證，所以可以得到一個結論（表 5.5）：如果以舌診診斷作

影像分析，而所選取的區域為影像分析系統中之舌左（肝膽區）及舌尖（心肺區），並且有“紅”（舌質）這個特徵，即可作為中醫中風專家系統中之問卷診斷火熱證及陰虛陽亢證的參考依據。而同樣“青紫”、“青紫”、“淡紅”、“暗紅”也可做相關的推論。

在舌苔的部分，“白苔”在表 5.3 是出現在舌中（脾胃區）、舌尖（心肺區）及舌之整體，而表 5.4 則是出現在痰證、血瘀證及氣虛證，所以也可以得到一個結論（表 5.5）：如果以舌診診斷作影像分析，而所選取的區域為影像分析系統中之舌中（脾胃區）、舌尖（心肺區）及舌之整體，並且有“白苔”（舌苔）這個特徵，即可作為中醫中風專家系統中之問卷診斷痰證、血瘀證及氣虛證的參考依據。同樣“黃苔”也可如此推論。

表 5.5 舌診及問卷歸納表

舌特徵		舌診診斷	問卷診斷
舌質	紅	舌左（肝膽區）、舌尖（心肺區）	火熱證、陰虛陽亢證
	青紫	舌右（肝膽區）	血瘀證
	淡紅	舌右（肝膽區）、舌中（脾胃區） 舌尖（心肺區）、舌之整體	氣虛證
	暗紅	舌左（肝膽區）、舌右（肝膽區） 舌尖（心肺區）、舌之整體	陰虛陽亢證
舌苔	白苔	舌中（脾胃區）、舌尖（心肺區） 舌之整體	痰證、血瘀證 氣虛證
	黃苔	舌中（脾胃區）、舌尖（心肺區） 舌之整體	火熱證 痰證

三、系統限制

由於本系統是以 win98 的作業系統為發展平台，由於擷取卡必須在 True Color（24 bits）的顯示模式下所擷取，且影像處理程式也是
在這種模式下撰寫，故建議使用者要使用時先將顯示卡設定成 True

Color (24 bits), 另外因為擷取的影像的解析度都已經高達 640X480, 所以若要看到其他的操作介面, 解析度必須在 800X600 以上才能讓系統操作順利。

由醫院取得的影像必須先將溫度的 scale 定下來, 溫度最高值與最低值分別為 45.5 及 20.0, 要不然每張影像的 scale 都不同, 而且擷取下來的紅外線影像為 8bits 的 .img 影像, 必須要將之轉成 24bits 的 .bmp 影像才能進行之後的處理。

彩色影像經由印表機輸出後, 常常出現一些問題, 如: 色調、亮度跟螢幕上看到的不同, 為了要達到所見及所得的目的, 我們經常需要調整螢幕以適應印表機的色彩。然而, 對於醫學影像來說卻不容許我們去調整, 因為會造成再次的失真。

因此, 一個所見及所得的系統對於舌診影像系統是非常重要的, 以教學方面來說, 目前舌診系統的開發已經日趨成熟, 漸漸走向臨床的實驗, 往往在收集 case 時需要大量的時間跟精力, 所以這些寶貴的 data 必須妥善的保存下來給後人參考, 然而, 若是在輸出時有任何的失真, 如色調、亮度有差異, 對於學習來講便有很大的影響。如一張舌色為紅色的舌象, 經螢幕或是列印後變成了淡紅色, 對於學習者來講會造成很大的困擾。

我們以套裝軟體 colorific 來校正螢幕到印表機的一致性，而最終目的是要達到從實際影像到螢幕到印表機都不失真，希望在未來能夠達到這個目的。

四、結論

中醫中風專家系統建立之目的，乃是為了提出一個可適用於中醫中風證型診斷配藥的整體架構。中醫專家系統要有發展的前景，首先取決於中醫知識的規範化。這一點對於中醫學本身的發展而言，是迫切需要的。以本研究而言，在當初設計中風病例問卷時，並無任何國際認定的標準可參考，而且一旦自行整理歸納，如果讓其他未參與的中醫師使用，即產生不同的意見。所以龐大而繁雜的中醫理論如果經過規範後就有一定的標準可循，中醫知識規範化也就是辨證論治的規範化，要達到這個標準，必須先將中醫所有疾病證候名稱建立一致的標準，在此基礎上，才能制訂出相應的統一診斷和鑑別標準，而辨證論治規範化的理想才能逐步完成。

中醫中風專家系統所採用的理論架構為類神經網路，一般相似的數學理論只能提供資料輸入之後所產生的結果，中間處理過程無法清楚的交代，為了彌補這個缺憾，輔助以規則萃取的方法，希望能產生

類似中醫思維的規則做為佐證。使用類神經網路之準確性是本研究著重的焦點（診斷和配藥準確程度分別為 0.84 及 0.83），為了使診斷更正確，也可修改病症量化理論，結合類神經網路與原先的 Fuzzy Theorem，使量化的值也可以自動學習並適應醫師實際看診的症狀。也可以將此系統所搜集的資料做資料探索（Data Mining），找出疾病的相互關係（潛在疾病）、藥物的相互關係與病情改善狀態等資訊，提供中醫師更詳盡的分析資料。

在中醫醫工領域裏，診斷專家系統和舌診影像系統幾乎都是個別的發展。本研究結合問診及望診，希望能打破此僵局。兩種系統各有其優缺點，初步成果為舌診影像系統可判別健康人及中風患者之差異，而表現之舌特徵（舌質、舌苔）如果在系統歸納的範圍內，也可作為診斷專家系統的參考資料。

五、建議

本研究雖然已經完成一套中醫中風專家系統之設計，然而由於個人時間、經費、精力有限，尚有許多研究待後續者繼續努力。

利用電腦及程式設計發展中醫工程，一直是一個熱門的領域。然

而所利用的演算理論及選取的疾病類型也是要考慮的因素。中醫利用科學儀器來達到四診合參的目的，是多年來醫工界夢寐以求的最高境界，本研究可說是中醫醫工領域當中一個先例，當然國內研究也有人在做（寥寥無幾），希望從此打開望、聞、問、切四診中輔助研究的風氣，但知此想法並不容易實現，尚有很多瓶頸要突破：1. 在台灣，病患之資料數量不多，如果兩岸開放小三通，希望能與中國大陸合作，以彌補此一缺憾。2. 中醫界對於中醫理論之定性、定量紛亂無章，希望有心人士能打破僵局，制訂一些中醫界共同遵守及使用的規範，以利後人作相關中醫醫工方面的研究。

醫療資訊網路也是最近熱門的話題，在中醫的望、聞、問、切四診中，問診是比較容易達到此一目標，而其他三診則有待進一步的整合。如果將來有機會達到四診都能在網路上使用，可能優先考慮的是使用儀器的價格：如望診的 CCD 相機、聞診的麥克風、切診的良導絡或探針等，中醫醫工界在此可以一展長才，而與西醫媲美。

陸、謝詞

本研究感謝行政院衛生署中醫藥委員會經費補助，計畫編號

CCMP89-RD-016。

柒、參考文獻

- 【1】江楊清：中西醫結合內科研究，1997 年 9 月。
- 【2】余海若：實用中醫內科表典，pp.266-267，1993 年 7 月。
- 【3】陳可冀、廖家楨、蕭鎮祥：心腦血管疾病研究，pp.319-334，1995。
- 【4】王益民、王津生：中醫電腦專家系統的設計，天津中醫醫院學報，pp.42-43，1995。
- 【5】張鏡人：張鏡人診治慢性胃炎電腦專家系統的醫理設計，上海中醫藥雜誌第 3 期，pp.8-10，1993。
- 【6】Short life, E.H.: Computer-Based Medical Consultation, MYCIN, Elsevier / North-Holland, New York, 1976.
- 【7】Hudson, D.L. and Cohen M. E.: The role of approximate reasoning in a medical expert system, Fuzzy Expert System, 11, CRC, Florida, 1991.
- 【8】Zadeh, L.A.: Fuzzy Sets, Inf.Control, pp.8, pp.338, 1965.
- 【9】崔冬華、趙耀原：中醫兒科專家系統建造，山西醫學院學報，pp.331-333，1995。
- 【10】馬斌榮：中醫專家系統與中醫知識庫，北京出版社，1997。
- 【11】田禾：以連接機制網路與規則相結合的中醫診療系統，神經元網路及其應用學術討論會論文集，北京 56 期，1989。
- 【12】張永賢、邱創乾：以彩色學探討中醫舌象之研究，第六十六屆

國醫節中醫學術研討會，1996。

【13】林劍傑：中醫望診系統：彩色舌診影像系統之研發，中原大學

醫學工程研究所碩士論文，1998。

【14】劉志強：中醫望診（舌診）系統：舌紅外線影像攝影系統，中

原大學醫學工程研究所碩士論文，1997。

【15】葉怡成：類神經網路模式應用與實作，儒林出版社，1995。

【16】Abu-Mosstafa, Y. S., and Psaltis, D.: Optical neural computers, scientific American, March, pp.88-95, and 1987.

【17】James A. Freeman/David M. Skapura: Neural Networks: algorithm, applications, and programming techniques, Addison-Wesley, 1991.

【18】Huan Liu and Sun Teck Tan, X2R: A Fast Rule Generator, Department of Information System and Computer Science National University of Singapore, 1995 IEEE.

【19】Ismail Taha and Joydeep Ghosh: Symbolic Interpretation of Artificial Neural Networks, 1999 IEEE.

【20】Rudy Setiono and Huan Liu: Symbolic Representation of Neural Networks, National University of Singapore, 1996 IEEE.

【21】C. L. Liu: Elements of Discrete Mathematics, McGRAW-HILL, 1985.

【22】C. L. Liu: Introduction to Combinatorial Mathematics, McGRAW-HILL, 1968.

【23】Frederic Maire: A Partial Order for the M-of-N Rule-Extraction Algorithm, 1997 IEEE.

【24】Ismail Taha and Joydeep Ghosh: Three Techniques For Extraction

Rules Form Feedforward Networks, Department of Electrical and Computer Engineering, 1996.

【25】徐建業、謝逸中、李彥良、王毓麒、李友專、趙嘉誠：以 World

Wide Web 為基礎之診間醫令系統，醫療資訊雜誌第十期，

pp.13-26，2000。

【26】L Lin and YC Li: Medical applications of Internet, Formosan

Journal of Medicine (1), pp.727-732, 1997.

【27】L. Lin: Medical Databases on World Wide Web, Computerization

for health information, Apr. 1997.

【28】L. Lin: The ATM Network System at the Taipei Medical Collage,

Taipei Medical Collage Hospital News, Nov. 1996.

【29】孟家眉，腦血管病臨床辨證規範化定量化初探，中西醫結合雜

誌，pp.173-175, 1988。

【30】余海若：實用中醫內科表典，中國科學技術出版社，1992。

【31】邢鐵濤：中醫證候規範，廣東技術出版社，1990。

【32】洪國峰：舌診影像系統在疾病辨識之應用，中原大學醫學工程

學系碩士論文，2000。

【33】D.S. Beth and R.G. Trapp: Basic and Clinical Biostatistics, Prentice

Hall, 1990.

【34】Eberhart, R. C., and Dobbins, R. W. : Neural Network PC Tools-A

Practicaln Guide, Academic Press, Inc., 1990.

【35】中國醫藥學院中醫內科學科：中醫內科學，宏祥出版社，

pp.213，1994.