

手繪工程視圖之專家自動辨識系統研究

王中行

東海大學工業設計系(所) 副教授

E-mail: cswang@mail.thu.edu.tw

張庭瑞

南開技術學院工業工程與管理系 助理教授

E-mail: t237@nkc.edu.tw

摘要

由於電腦輔助設計(Computer Aided Design, CAD)的快速發展,使得設計圖幾乎全部改由 CAD 軟體繪製,而取代傳統徒手(Freehand)工程圖繪製;但對於舊有之手繪工程圖,因無法直接轉為電腦數位檔案,而仍必須將舊圖以電腦繪圖軟體重新繪製,不僅浪費時間也浪費人力,本研究提出以藉由專家系統的影像自動辨識法則,達成將 2D 手繪工程視圖轉為電腦工程圖形之具體方法。

本研究達成目標有二:(一)建立一套工程圖影像檔的自動辨識系統,可針對手繪工程圖,將其轉為影像檔後,藉由影像處理技術,進行視圖之辨識處理,以達成工程掃描圖在尺寸線、數字、符號與各類線型...等辨識。(二)發展一套結合專家系統之知識庫,分析改善工程圖的正確性與辨識,使手繪工程圖辨識之正確性提高,完成將手繪草圖轉換到 CAD 軟體的目的。本研究對於一般手繪工程圖,已能正確的判斷,並可直接在 CAD 軟體下,進行圖形的修改與處理。

關鍵詞: 工程圖、電腦輔助設計、徒手繪圖、專家系統、影像辨識。

一、緒 論

工程圖為一種通用的世界工程『語言』，亦為所有設計與製造所依循的準則，在傳統手繪工程圖與電腦繪製工程圖交替之世代，由於傳統之手繪工程圖有圖紙保存不容易、圖紙破損、修改工程圖內容不容易之缺點；反觀電腦輔助工程圖的繪製，目前已被大量使用，而如何將現有仍存在的徒手繪圖轉成電腦圖檔，實為一值得研究的主題。傳統的手繪工程圖在保存與修改方面，都不方便，若是將工程圖掃描成圖形檔，則在保存上，方式上雖比較容易，但是仍有不易修改與檔案太大的缺點。故如能將掃描的圖檔經過辨識處理，不但在保存方式、檔案大小、修改內容...等方面，都非常理想，並可將圖經過轉換成標準圖檔交換格式，如：DXF(Drawing eXchange Format)或 IGES (Initial Graphic Exchange Specification)檔案格式，即可使用於各種 CAD/CAM 軟體。在將手繪工程圖轉為電腦圖檔上，最快的方式，就是藉由掃描成影像後，再進行工程圖的自動辨識，在辨識處理方法上，以專家系統(Expert System)為基礎的自動辨識處理，應是可行的方式。

專家系統是人工智慧(Artificial Intelligence)從理論研究轉向應用的重要指標，專家系統是針對特定問題，利用啟發(Heuristic)方式，以專家知識為基，建立一套推論法則機制(Inference Rules Mechanism)，完成模擬專家之智慧，以解決實際的問題，其並可提供與專家類同或是相同的解答者。專家系統自 1965 年美國 Stanford 大學對於分析分子結構 Dendral 系統開發以來，至今專家系統已在各領域已有相當的發展及應用。包括：醫療診斷的 MYCIN 血液病變

診斷、化學工程的化學分子判斷、地礦探勘的 Prospector 金屬礦物探勘系統、交通通訊電話電纜維修、金融決策、軍事策略、語言辨識、設備規劃等[28]。

本研究以專家系統來輔助影像辨識，以達成提高工程視圖辨識之自動化為目標。研究上採用將手繪工程圖，經由掃描器或 CCD 攝影機讀取，成為影像檔後，傳送至電腦，其硬體架構可參考圖 1。在系統軟體發展上，以進行 2D 工程圖形之影像辨識為主；影像需經過亮度調整、對比調整、歪斜補正及孔洞的修補，使影像失真、雜訊減到最低後，再依照所要辨識的特徵(Features)，以規則基底法為知識庫的專家系統，來加以分析處理，例如：數字、工程符號的辨識、直線、圓弧曲線...等圖形與線型的辨識，如圖 2 所示。程式之流程從影像輸入開始，經過影像辨識前處理，將圖形所需之特徵強化，並移除雜訊，再將工程圖之尺寸線之特徵以及數字、英文字、符號等分離出圖面，並將所有的數字辨識出來，分析所剩下之輪廓線並找出線型及線位置，再分析圓與弧之位置完成辨識部份；接下來可由專家系統分析，分析後之資料如果正確，直接輸出資料，以 DXF 格式轉換成向量圖形，將資料傳送至 CAD 軟體 - AutoCAD 內，完成手繪工程圖改為電腦繪圖工作，並可提供日後圖檔的編修、應用；若是分析之後的資料不正確，可經由畫面直接修改並儲存學習結果，之後整個程序便完成。

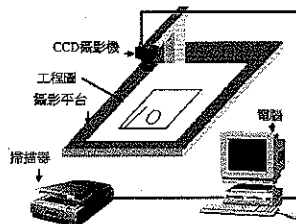


圖 1 手繪工程圖之自動辨識系統硬體架構

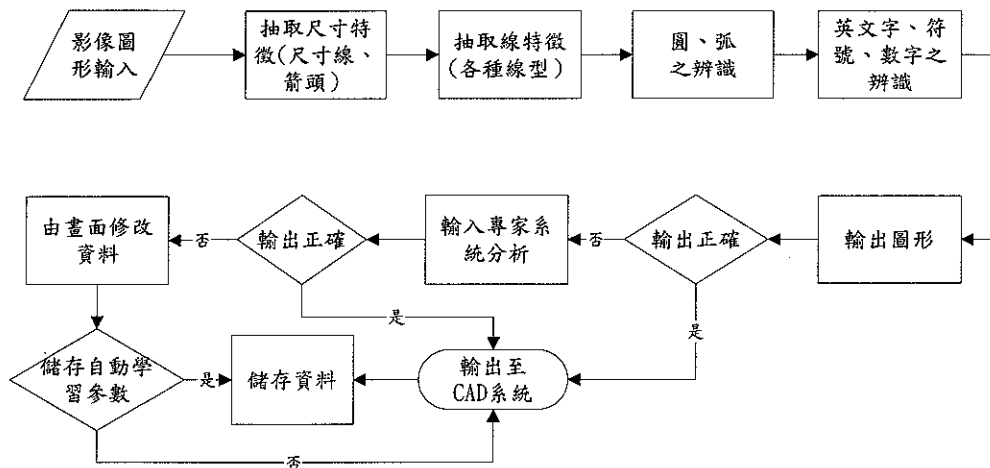


圖 2 本研究工程視圖專家自動辨識流程

二、相關文獻探討

有關工程圖形辨識，在相關研究上，大致可分為三大方向，(1) 由 2D 徒手畫所繪製之三視圖，轉為電腦 2D 圖形檔[13][14][15]，研究的重點，主要在於線型、符號的影像辨識與處理、轉換。(2) 由 2D 電腦三視圖，轉為電腦之 3D 實體圖[1][5][19][21][23][24][26][29]，研究方向，以電腦圖形特徵的擷取與辨識、轉換，進而以 3D 實體圖形加以呈現。(3) 直接藉由 3D 實體之不同視圖之影像擷取，再以擠伸、迴轉...等法則與判定方式，達成不同視圖的相交與判定，以完成 3D 電腦實體圖[6][16][18][22]。

相關研究上，Cao 等[2]，以研究偵測工程圖之圖框資訊與轉換為主，以達成確定為最新之圖檔。Dimri[7]，以處理 2D 視圖之剖面圖為基礎，利用體積轉換，達成 3D 實體模型的建構。Chen[5]，以掃描工程圖，藉由線追尋與曲線擬合，轉換為向量檔，包括線、弧、圓形等。

Perng[17]研究上，能辨識之圖形資料為包

含一般之剖面線及其他一些線型，唯並未引入專家系統以增加正確性。Gigus[11]研究上，其分析是屬於個別的分析，而非整合之分析，也就是說，只以部份之資料去決定個別之形狀，而非依照整個圖面之各種資料分析。Tanaka[24][25]、Watanabe[27]等，對於工程圖之中的各項基本圖素均能正確分析，並運用專家系統 Rule-Based 架構，但對於分析所得之資料，如：斜線、圓、弧等，並未依特性將其分開，會使專家系統之分析結果打折扣。Zhang[30]則將工程圖中之各個圖素以資料結構之表達方式表示，雖有助於分析，但其程式所能處理之圖形太過於簡單，未包含上所述之剖面線及其他一些線型。Dori[8][9][10]則對於整個對於工程圖的辨識做一個總整理，並以樹狀結構分析並表示出各線間之關係。Chen[3][4]等，以擷取 2D 視圖斷面特徵，再利用基因演算法進行搜尋，以達成 3D 模型建構的方式。

本研究之重點有兩部分：第一為工程圖影

像檔的自動辨識系統建立，藉由影像處理技術，以達成工程掃描圖檔之辨識，如：尺寸線、數字、符號與各類線型...等。第二為發展結合專家系統之知識庫，藉以達成工程圖之分析與辨識，使手繪工程圖辨識之正確性提高。

本文在編排上分為：影像辨識前處理與資料分析、工程視圖之辨識與專家自動辨識系統之建立...等。影像前處理是將欲辨識之影像作前置處理分析，以強化特徵與消除雜訊等方式處理；工程視圖之辨識為 2D 圖形的辨識，藉由發展之專家系統視圖辨識程式，進行影像圖檔的辨識與處理，最後並以實例驗證說明本研究之可行性。

三、工程圖影像辨識前處理

將工程圖經由掃描器或 CCD 攝影機輸入之後，必須做辨識前處理。影像的前處理，關係著影像辨認的難易度。影像前處理可將所需的特徵保留或強化，把雜訊或者背景去除，使辨識工作容易進行；若處理方式錯誤，可能會把所需的特徵移除或雜訊增加，影響辨識的準確性。在特殊的情況下，影像前處理需要特定某一種的處理類型，如：影像圖形顏色偏暗，則需將圖形以提高亮度及對比處理；若圖形本身顏色偏亮，繼續再提高亮度及對比，有可能會使得所需的特徵資料消失。

本研究使用之影像處理技術，分為：門檻值(Threshold Value)建立、圖形膨脹(Dilation)與收縮(Erode)、細線化(Thinning)與圖像濾波(Filter)...等方法[12]。

3.1 門檻值

門檻值是將圖形取一灰階值為門檻，大於其值為 1，小於為 0。門檻值處理可應用於 X 光、斷層影像、電路板佈局及線條圖形處理等 [20]。以手繪工程圖為例，未經門檻值處理之工程圖，如圖 3，經門檻值處理後為圖 4(門檻值設定為 112)。

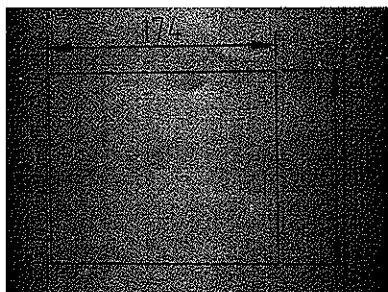


圖 3 未經門檻值處理的手繪工程圖

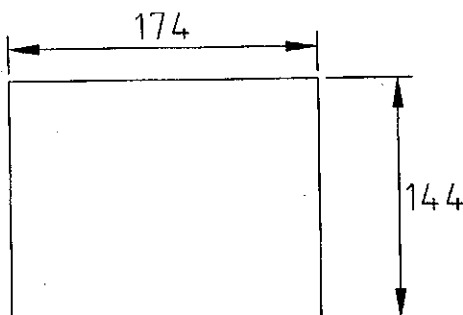


圖 4 經門檻值處理之工程圖

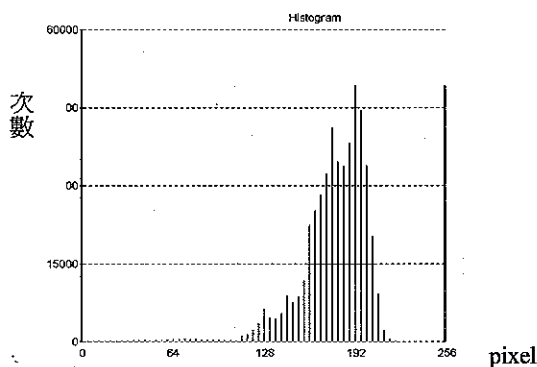


圖 5 手繪工程圖之直方圖

圖 5 為圖 3 之直方圖(Histogram)，圖的左半部較暗的灰階群是圖像的物件部份，右半部較亮的灰階群為背景。假設圖像為 $G(x, y)$ ，經過門檻值處理過後的圖像，可由下式表示：

$$G(x, y) = \begin{cases} G_1 & \text{IF } G(x, y) > T \\ G_2 & \text{IF } G(x, y) \leq T \end{cases} \quad \text{--- (1)}$$

T 為門檻值， G_1 通常設為 1， G_2 設為 0。門檻值 T 可用(2)式表示， F 為其一函數。
 $T = F[G(x, y), x, y, L(x, y)]$ ----- (2)

$L(x, y)$ 為 (x, y) 此點之局部特性，如果 T 只跟 $G(x, y)$ 有關，則 T 稱為局部的門檻值；如果 T 與座標 (x, y) 有關，則稱 T 為動態門檻值。門檻值也可設為多個，如下式所示：

$$G(x, y) = \begin{cases} G_1 & \text{IF } G(x, y) < T_1 \\ G_2 & \text{IF } T_1 \leq G(x, y) < T_2 \\ G_3 & \text{IF } T_2 \leq G(x, y) \end{cases} \quad \text{--- (3)}$$

3.2 膨脹與收縮

經門檻值處理能使所需的物體與背景分離，以利於文字辨識、線型圖樣辨識等方面的進行。膨脹與收縮適用於圖形有非原本在影像擷取時之孔洞或雜點的濾除，亦可應用於工程圖上線之補滿或者凸點濾除。膨脹與收縮的基本原理為八鄰邊膨脹處理(Eight Neighbour Dilation)及八鄰邊收縮處理(Eight Neighbour Erode)[20]。八鄰邊膨脹處理為對於圖素 P_0 的八鄰邊 $P_1 \sim P_8$ 中，至少有一圖素為 1， P_0 之調整值為 1。以邏輯運算表示：

$$f(P_0) = f(P_1) \cup f(P_2) \cup f(P_3) \cup \dots \cup f(P_8) \quad \text{--- (4)}$$

其中 $P_0 \sim P_8$ 的相對位置，如圖 6 所示。

P_1	P_2	P_3
P_4	P_0	P_5
P_6	P_7	P_8

圖 6 八鄰邊圖素位置

同理，八鄰邊收縮處理為對於圖素 P_0 的八鄰邊 $P_1 \sim P_8$ 中，至少有一圖素為 0， P_0 之調整值為 0。以邏輯運算表示：

$$f(P_0) = f(P_1) \cap f(P_2) \cap f(P_3) \cap \dots \cap f(P_8) \quad \text{--- (5)}$$

若工程圖之線段中有非原本有之凹孔，以膨脹與收縮方法處理，先將原圖形膨脹兩次(如圖 7)，再將其收縮兩次可得原來之圖形(如圖 8)。

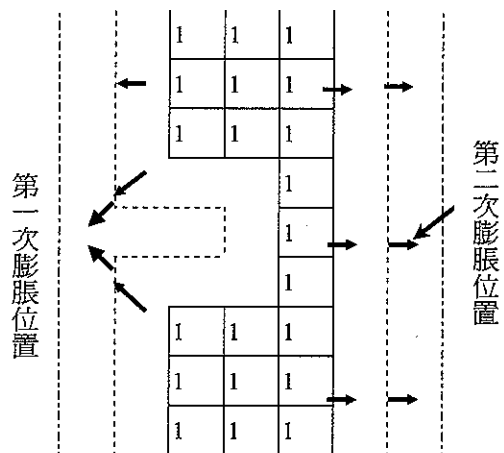


圖 7 工程圖孔洞填滿處理 — 膨脹

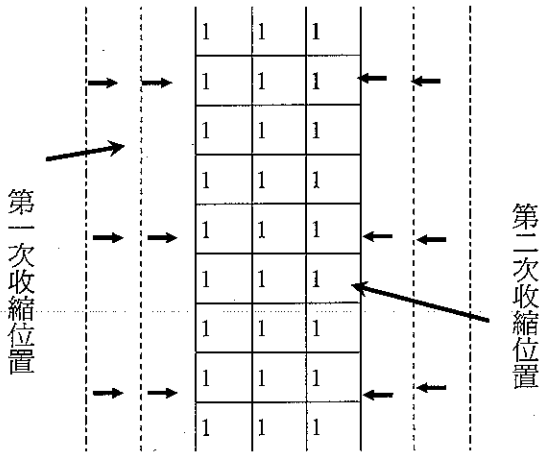


圖 8 圖形空洞填滿處理 — 收縮

3.3 細線化

細線化用於求得一平面區域的架構或是骨架，其應用可用做印刷電路板的線路自動偵測，以及工程圖端點偵測...等[12]。圖 9 中，要決定 P_5 是否可以去除，首先令 $T(P_5)$ 為從 P_5 至周圍各點從零變為非零之數目，令 $N(P_5)$ 為 P_5 周圍非零之數目，要滿足 P_5 可去除之條件如下：

$$6 \geq T(P_5) \geq 2 \quad \text{-----} \quad (6)$$

$$N(P_5) = 1 \quad \text{-----} \quad (7)$$

$$P_2 \cdot P_4 \cdot P_6 = 0 \text{ 或 } T(P_2) \neq 1 \quad \text{----} \quad (8)$$

$$P_2 \cdot P_4 \cdot P_8 = 0 \text{ 或 } T(P_8) \neq 0 \quad \text{----} \quad (9)$$

P_1	P_2	P_3
P_4	P_5	P_6
P_7	P_8	P_9

圖 9 細線化圖素位置

將上述之運算重複處理，直到沒有變化，

便得到所需的形狀。以圖 3 為例，經細線化處理之後，如圖 10。

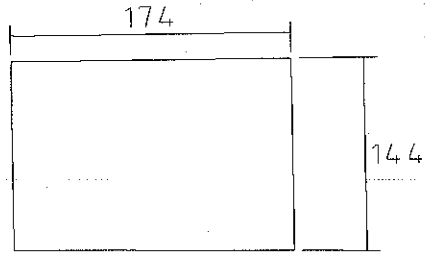


圖 10 細線化後之工程圖

四、工程圖特徵與專家系統分析

在工程圖影像前處理後，接下來為影像內容之特徵辨識與專家系統分析。特徵辨識之流程為：尺寸特徵之辨識、英文字符號及數字之辨識、線型特徵辨識、圓及圓弧辨識...等。

4.1 尺寸特徵辨識

尺寸特徵包括箭頭、尺寸線與數字。辨識尺寸特徵由箭頭所在之位置開始尋找，其流程圖，如圖 11。在影像二值化後尋找箭頭，箭頭之尋找為利用一標準之箭頭形狀旋轉作搜尋比對，再尋找出箭頭資料中的水平與垂直尺寸的對應。最後根據箭頭之形式尋找出對應之標註尺寸值的位置。

尺寸的搜尋位置，如圖 12 所示，當為水平尺寸時，搜尋的位置為尺寸之上方，高度為箭頭高之 3~6 倍。當為水平尺寸時搜尋之位置為尺寸線之右邊，高為尺寸線 1/3 中段處，寬度為箭頭高之 6~8 倍。當為任意方向之箭頭時，則搜尋以箭頭尾端之端點為中心，寬與長為箭頭線段長之 4~6 倍。

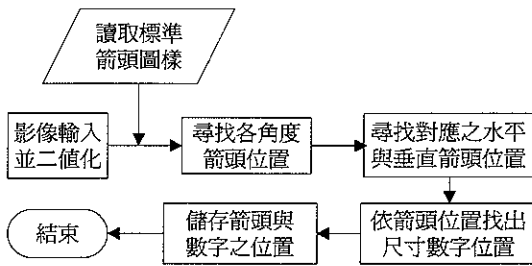


圖 11 尺寸特徵之辨識流程圖

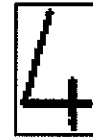


圖 13 數字 4 的辨識

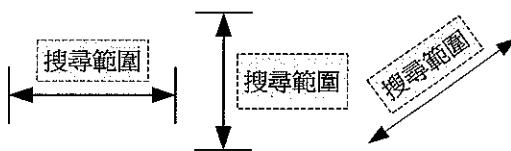


圖 12 尺寸數值的搜尋範圍

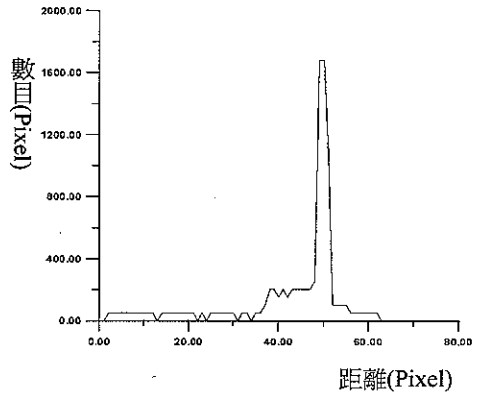


圖 14 數字 4 之 X 軸圖素累加圖

4.2 工程圖符號及數字之辨識

研究上對於數字 0~9 與一些工程圖符號，例如：半徑“R”、直徑“Φ”或“D”、角度“°”...等符號，進行辨識，並且對於不同的字型、扭曲、變形仍有良好的辨識能力。辨識的方式為：在搜尋之範圍內，以數字之左下角為原點對於數字或符號之 X、Y 軸取圖素之個數和。如圖 13、14 與圖 15 所示，代表數字 4 的辨識，圖中之 X 座標為距離，Y 座標為圖素之數目，依照圖形特性可表現出數字特徵，數字 4 之 X 軸特徵為在 X 軸之 0.6~0.8 倍，X 軸長處有一處絕對極大波峰值。依此方式可將所有數字與符號的特性描寫出來，並配合上對於數字與符號孔洞的判別，可快速辨識出數字或符號。辨識數字開始分析其含之孔洞數，依照分類，數字 1、2、3、4、5、7 等，屬於無孔洞；6、9、0、°、R、D 等屬於單一孔洞；8、Φ 則屬於兩個孔洞之分類。

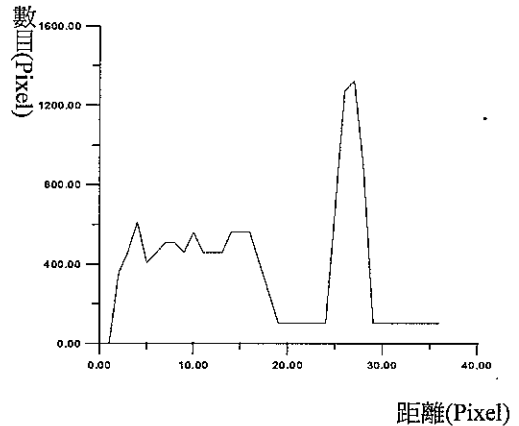


圖 15 數字 4 之 Y 軸圖素累加圖

接下來依照孔洞個數或符號之特徵加以分類，其藉由事先書寫數字與符號的影像辨識特徵，分析比對，而可以判別出數字與符號。若輸出之結果並不正確，可經由修改、自動調整原書寫數字與符號參數表，以確保下次使用時的正確性。

弧開口方向由兩個輪廓端點與箭頭端點比較而得。

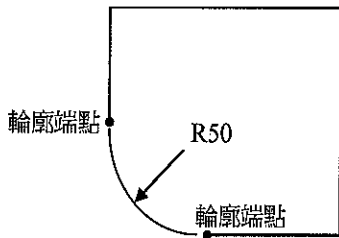


圖 17 圓弧位置的辨識

4.5 專家系統分析

在工程圖判斷後，可引入專家系統的知識庫分析，將可能辨識錯誤的地方指出，並自動更正錯誤。本研究之知識庫是採用基底規則法，其好處為基底規則法之知識庫表示法與程式之寫作非常相似且知識的表示與人之思考方式頗為類似。以下為使用基底規則法之規則片段：

*IF (區域 1 包含區域 2) Then
(檢查區域 1 之尺寸是否大於區域 2)*

*IF (區域 1 尺寸小於區域 2) Then
(參考第三區域做比較)*

*IF (第三區域與區域 1 相似) Then
(修改區域 2 之尺寸標註)*

*IF (第三區域與區域 2 相似) Then
(修改區域 1 之尺寸標註)*

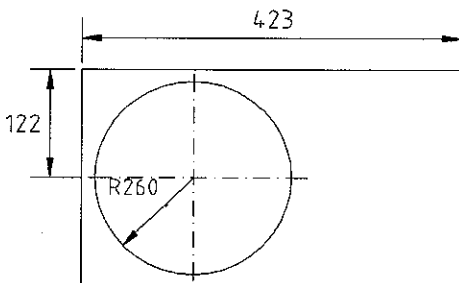


圖 18 未經專家系統判定之工程圖

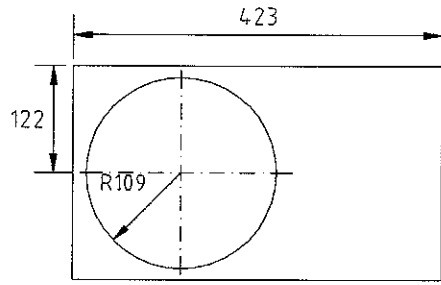


圖 19 經過專家系統判定之工程圖

專家系統的分析過程，先對於圖形細部的分析，如檢查線是否連接、資料是否重複、尺寸大小是否相符...等，再針對於整張圖面交叉分析圖元資料。圖 18 為影像分析過後，未經過專家系統分析而先畫出來之圖形，有矩形與圓形兩個圖元，另外有標示著 3 個尺寸線，分別為矩形之寬度、圓之半徑與圓心至矩形距離。其中圓的尺寸大於矩形之尺寸顯然不正確，經過與第三尺寸比較後發現圓的尺寸錯誤，並且自動更正，如圖 19。

專家系統除了使用於尺寸大小檢查之外，更用於數字符號的辨識，當辨識的資料不正確，可經過手動修改，專家系統會分析修改後與修改前之數字差異，並藉由參數之調整，使下次在辨識類似的資料時可以正確的判斷。

由於現行 2D 工程圖的繪製，仍以 AutoCAD 為主，故本工程圖辨識將利用 AutoCAD，把影像資料轉換成標準的 AutoCAD 檔案，而可以再對圖形增加圖元或修改資料。

五、實例驗證

本研究之工程圖辨識方向，分為 2D 工程影像圖檔之分析與專家系統之自動辨識。研究以 Visual Basic 程式語言，作為系統發展語言。程式之流程從影像輸入開始，經過影像辨識前處理，將圖形所需之特徵強化並移除不需要之雜訊，接下來先將工程圖之尺寸線之特徵以及數字、英文字、符號等分離出圖面，並將所有的數字辨識出來，接下來分析所剩下之輪廓線並找出線型及線位置，之後再分析圓與弧之位置完成辨識部份，接下來可決定是否由專家系統分析，分析後之資料如果正確，直接輸出資料；若是分析之後的資料不正確，可經由畫面直接修改，修改可選擇是否要儲存學習結果，再將資料輸出至 AutoCAD 之後整個程序便完成。

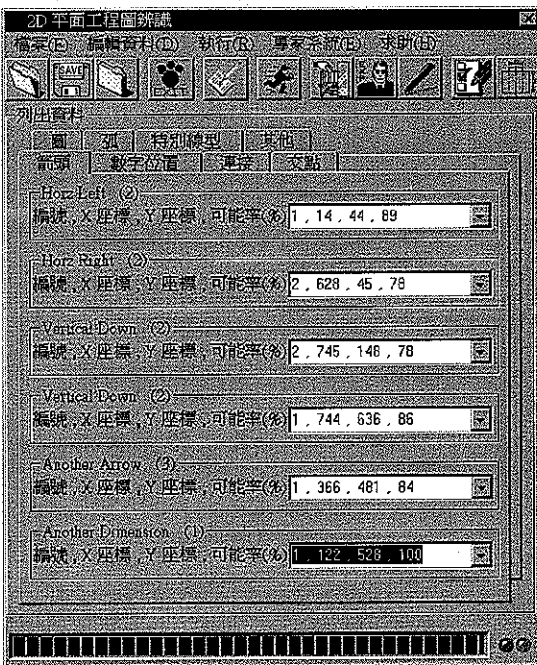


圖 20 自行發展 2D 工程圖辨識主畫面

圖 20 為自行發展之 2D 工程圖辨識系統畫面，下半部為辨識資料顯示區，由此部份可檢視辨識後之資料，上半部為功能選擇區。本研究發展之軟體強調於操作上的親和性介面，不論是對於辨識資料的查詢與修改、輸出至 AutoCAD 等，都非常容易。

圖 21 是經掃描的工程圖形，掃描器掃描的解析度為 150dpi，大小為 A5 紙張大小，圖形的比例以 1:1 為限。圖形經過掃描後先經過影像前處理後開始辨識，圖 22 與圖 23 為部分辨識過程之資料分類，圖 24 為使用的專家系統規則，以便進一步分析與檢查圖形的正確性，也可以增減專家系統之法則，對於已知不需要的

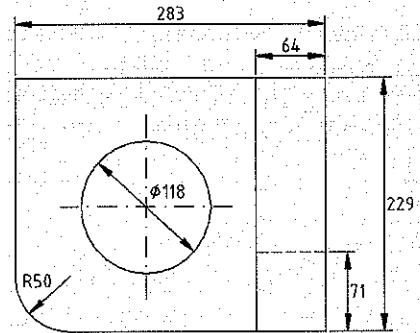


圖 21 工程圖掃描結果

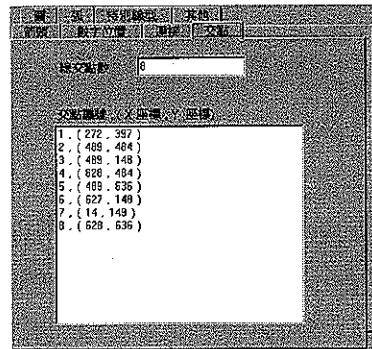


圖 22 辨識線交點之座標位置

法則也可取消，以加速執行速度。辨識結果輸出如圖 25，對於辨識出的資料有錯誤想更改，可在於圖 25 內按下欲修改的圖元或數字，便會出現一修改視窗，內有該物件之資料可立即修改，修改完成後按確定即可。圖 26 為資料傳送至 AutoCAD 之圖形，由掃描至輸出 AutoCAD，整個過程為自動作業。

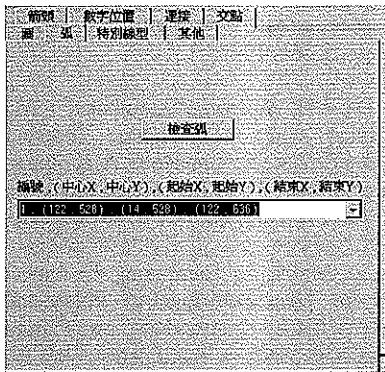


圖 23 辨識圓弧之中心、起點、終點

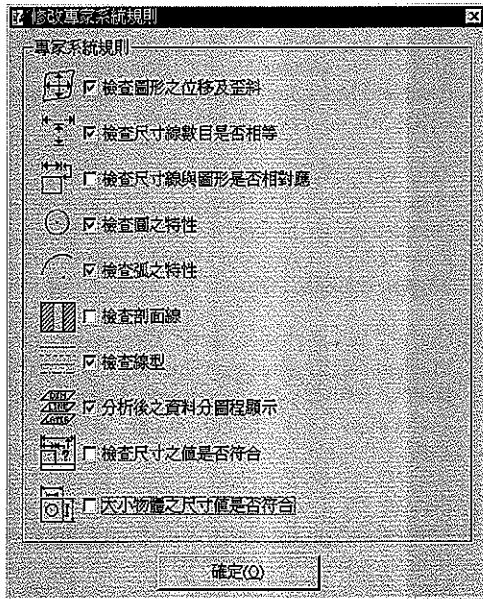


圖 24 專家系統規則之判定與檢查

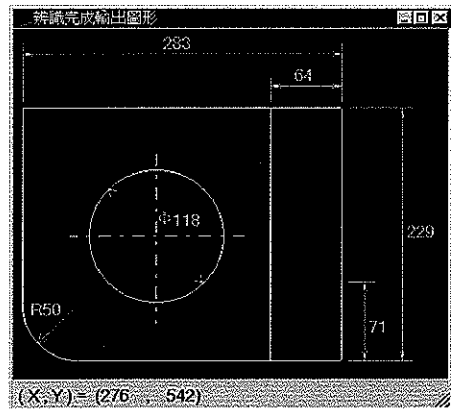


圖 25 2D 手繪工程圖辨識結果

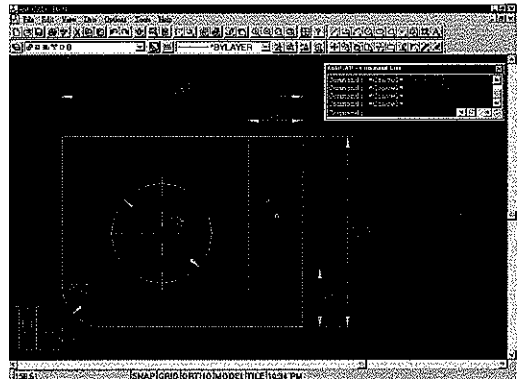


圖 26 辨識結果輸出至 AutoCAD 軟體

六、結 論

本研究所達成之具體貢獻在於對於舊有之手繪工程圖之保存與再利用，現有工程視圖可利用掃描器掃描，後利用自行發展的影像辨識軟體，辨識掃描的圖形檔，最後結合辨識專家系統之知識庫，以達成工程圖辨識分析與辨識之正確性，並將其轉換成 AutoCAD 的向量圖形檔，以方便修改與保存。

自行發展的影像辨識軟體對於可辨識的圖元包括：直線、圓、弧、尺寸線、數字、符號等，對於可辨識之線型，包括實線、中心線、

虛線等。程式上並開發將影像辨識完之資料，可交由工程圖分析之專家系統進行分析，專家系統之知識庫為基底規則法，全部資料分析完後，可將資料送至 AutoCAD 軟體，重繪圖形。

未來發展上，可將辨識之影像資料以資料庫(零件庫)之方式儲存，對於尚未辨識過圖形其辨識後之資料可自動加入資料庫儲存，對於已辨識過之圖形可快速尋找出其資料，並強調其正確性。

參考文獻

1. Bai, Y.B., and Xu, X.W., "Object Boundary Encoding – a New Vectorisation Algorithm for Engineering Drawings", *Computer in Industry*, Vol. 46, pp. 65-74, 2001.
2. Cao, Y., Li, H., and Liang, Y., "Using Engineering Drawing Interpretation for Automatic Detection of Version Information in CADD Engineering Drawing", *Automation in Construction*, Vol. 14, pp. 361-367, 2005.
3. Chen, K.Z., Zhang, X.W., Ou, Z.Y., Feng, X.A., "Holo-extraction of Information from Paper Drawing for 3D Reconstruction", *Computer Aided Design*, Vol. 34, pp. 665-677, 2002.
4. Chen, K.Z., Feng, X.A., "Solid Model Reconstruction from Engineering Paper Drawings Using Genetic Algorithms", *Computer Aided Design*, Vol. 35, pp. 1235-1248, 2003.
5. Chen, Y., Langrana, N.A., and Das, A.K., "Perfecting Vectorized Mechanical Drawings", *Computer Vision and Image Understanding*, Vol. 63, No. 2, pp. 273-286, 1996.
6. Cicek, A., and Gulesin, M., "Reconstruction of 3D Models from 2D Orthographic Views Using Solid Extrusion and Revolution", *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 152, pp. 291-298, 2004.
7. Dimri, J., and Gurumoorthy, B., "Handling Sectional Views in Volume-based Approach to Automatically Construct 3D Solid from 2D Views", *Computer Aided Design*, Vol. 37, pp. 485-495, 2005.
8. Dori, D., "Dimensioning Analysis Toward Automatic Understanding of Engineering Drawings", *Communications of the ACM*, No. 10, Vol. 35, pp. 92-103, 1992.
9. Dori, D., and Weiss, M., "A Scheme for 3D Object Reconstruction from Dimensioned Orthographic Views", *Engineering Application in Artificial Intelligence*, Vol. 9, No. 1, pp. 53-64, 1996.
10. Dori, D., Liu, Wenyin, "Automated CAD Conversion with the Machine Drawing Understand System: Concepts, Algorithms, and Performance", *IEEE Transactions on SMC*, Vol. 29, No. 4, pp. 411-416, 1999.
11. Gigus, Z., Malik, J., "Computing the Aspect Graph for Line Drawings of Polyhedral Objects", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 12, No. 2, pp. 113-122, Feb., 1990.
12. Gonzalez, R.C., and Woods, R.E., *Digital Image Processing*, Prentice Hall, 2nd Eds, 2002.
13. Honda, T., Kaneko, S., and Takeda, Y., "3-D Shape Reconstruction for Recognition of Freehand Machine Drawings", *Annals of the CIRP*, Vol. 42, pp. 185-188, 1993.
14. Qin, S.F., Wright, D.K., Jordanov, I.N., "From on-line Sketching to 2D and 3D Geometry: a System Based on Fuzzy Knowledge", *Computer Aided Design*, Vol. 32, pp. 851-866, 2000.
15. Ota, J., et. al., "Automatic Conversion of Mechanical Engineering Drawings to CAD Data", *Journal of Advanced Automation Technology*, Vol. 6, No. 6, pp. 347-351, 1994.
16. Parodi, P., and Piccioli, G., "3D Shape Reconstruction by Using Vanishing Points", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 18, No. 2, pp. 211-217, 1996.
17. Perng, D.B., Chen, Z., and Lee, R.K., "Automatic 3D Machining Feature Extraction from 3D CSG Solid Input",

- Computer Aided Design, Vol. 22, No. 5, pp. 285-295, 1990.
18. Masuda, H., and Numao, M., "A Cell-based Approach for Generating Solid Objects from Orthographic Projections", *Computer Aided Design*, Vol. 29, No. 3, pp. 177-187, 1997.
 19. Meeran, S., Taib, J.M., and Afzal, M.T., "Recognizing Features from Engineering Drawings without Using Hidden Lines: a Framework to Link Feature Recognition and Inspection Systems", *International Journal of Production Research*, Vol. 41, No. 3, pp. 465-495, 2003.
 20. Schowengerdt, Robert A., "A General Purpose Expert System for Image Processing", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 55, No. 9, pp. 1277-1284, 1989.
 21. Shpitalni, Moshe, Lipson Hod, "Identification of Faces in a 2D Line Drawing Projection of a Wireframe Object", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 18, No. 10, pp. 1000-1011, 1996.
 22. Shum, S.S.P, Lau, W.S., Yuen, M.M.F., "Solid Reconstruction from Orthographic Views Using 2-Stage Extrusion", *Computer Aided Design*, Vol. 33, pp. 91-102, 2001.
 23. Shin B.S., and Shin, Y.G., "Fast 3D Solid Reconstruction from Orthographic Views", *Computer Aided Design*, Vol. 30, No. 1, pp. 63-76, 1998.
 24. Tanaka, M., Anthony, L., Kaneeda, T., and Hirooka, J., "A Single Solution Method for Converting 2D Assembly Drawings to 3D Part Drawings", *Computer Aided Design*, Vol. 36, pp. 723- 734, 2004.
 25. Tanaka, M., Iwama, K., Hosoda, A., and Watanabe, T., "Decomposition of a 2D Assembly Drawing into 3D Part Drawing", *Computer Aided Design*, Vol. 30, No. 1, pp. 37- 46, 1998.
 26. Tyan, L.W., Devarajan, V., "Automatic Identification of Non-Intersecting Machining Features from 2D CAD Input", *Computer Aided Design*, Vol. 30, No. 5, pp. 357-366, 1998.
 27. Watanabe, Takashi et. al., "A Study on Recognition and Understanding of Mechanical Drawings", *JSME International Journal, Series III*, Vol. 35, No. 3, pp. 505-511, 1992.
 28. Waterman, D.A., *A Guide to Expert Systems*, Addison Wesley, Ch. 7, 1986.
 29. You, C.F., Yang, S.S., "Automatic Feature Recognition from Engineering Drawings", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 14, pp. 495-507, 1998.
 30. Zhang, L.Y., Zhu J. Y., and Zhu Q. Y., "A New System for Automatic Understanding Engineering Drawings", *Annals of the CIRP*, Vol. 41, pp. 477-479, 1992.

Automatic Recognition Expert System in Freehand Engineering Orthographic Views

Chung-Shing Wang

Associate Professor, Department of Industrial Design, Tung Hai University

E-mail: cswang@thu.edu.tw

Teng-Ruey Chung

Assistant Professor, Department of Industrial Engineering and Management,

Nan-Kai Institute of Technology

E-mail: t237@nkc.edu.tw

Abstract

Owing to fast development in computer aided design, nowadays, the design diagrams all use CAD software to draw and replace the traditional freehand drawings. However, freehand drawings can not directly transfer to digital drawing. This paper provides an attempt to show how image processing and expert system works more efficiently and easily in changing the freehand engineering orthographic views to the drawing file. Image recognition helps to reduce the consuming of a great deal of time and man-power in putting a draft into a computer.

This study aims at two areas. Firstly, a method of automatic engineering drawing image recognition can be used for 2D freehand orthographic views transition. It will automatically be carried out from the beginning of putting in vision to the end of recognition process. For examples, dimensional lines, digitals, engineering drawing symbols and line types. Secondly, the recognition file will transfer into CAD and analyze the accuracy of the engineering drawing with the application of expert system. The accuracy of recognition in the 2D freehand orthographic views can be reached and the file can transferred to CAD software for further editing and dealing.

Keywords: Engineering Drawing, Computer Aided Design, Freehand Drawing, Expert System, Image Recognition.