

肇事現場車痕型態及成因暨識別模式之建立

王瑩瑋

國立澎湖海事管理專科學校航運管理科副教授兼主任

摘要

肇事現場中遺留之車痕跡證資料，乃是推定肇事過程中之駕駛行為、行車速度、行車方向、碰撞地點等之重要依據。然因利用現場拍照方式，蒐集肇事現場遺留之車痕跡證資料，雖是一簡便的方式，但車痕之呈像，受到諸多因素之影響，例如道路鋪面狀況、天候、拍攝之角度及位置等等，故以人為經驗進行車痕型態識別，不僅需要專業人員、耗時、成本高，且可能發生錯誤，是故發展一定量的自動識別器，可有效輔助肇事鑑定及調查人員判定工作之進行，並能節省時間、成本，提高其正確性。

本研究針對車痕的型態特徵，提出一結構性方法，擷取其紋理特徵，並以三個特徵值加以表示，分別是亮紋峰個數、亮紋峰持續長度、亮紋峰位置之變異，然後將此三個特徵值做為類神經網路識別器之輸入資料，經訓練後決定其網路聯結權重，建立車痕型態識別之分類器。經實際案例測試，其單一影像區塊之識別率約 75%。

壹、前言

肇事現場中輪痕跡證資料，是重要之現場調查資料，因其為判定駕駛人於事故發生當時之駕駛行為、是否注意前方狀況、行車方向、速度及碰撞地點與車輛碰撞後運行軌跡的主要依據，是故車痕型態之識別是肇事鑑定上的重要課題。而利用一般相機蒐集得到的道路路面遺留之痕跡資料，自動判定其是否為車輛胎痕及其型式為何，不僅可解決目前國內專業鑑定人員不足的問題，更能節省鑑定的時間及成本，並降低誤判的機率，進而提高車痕型態鑑識的正確率，此乃本研究之目的所在。

肇事現場遺留之胎痕跡證，其型式約略可分為輪胎摩擦痕及印痕二類，不同型式可代表車輛在事故發生前、進行中及碰撞後之操作及運行狀況，故可做為肇事重建之依據或參考。但胎痕型式判定，目前現場調查上仍依賴人為經驗之方式進行，依據若干胎紋型式之定性描述進行區分〔1,2〕，但以此法判別胎痕型式，除非具專業知識之鑑識人員不能克盡其功。因此，發展一定量方法輔助識別工作之進行是迫切需要的，故在〔3,4〕研究中，本人提出一較簡易之類神經網路胎紋型態識別模式，但此模式無法有效掌握胎紋型式之特性，且輸入端之單元太多，故其網路型式較為複雜需進一步加以改進。

一般而言，肇事現場若留有胎痕，則車痕的外觀在道路之路面上，可由肉眼明顯判定是一道濃黑之痕跡，但若趨前近觀可發現車痕表面上仍有規律性之紋理存在，例如黑

白相間的直線條紋，是故在車痕影像型態之識別分析上，車痕紋理是一重要之特性，更是區別不同車痕型態之關鍵。但因為車痕之形成受到諸多因素之影響，例如鋪面狀況、輪胎使用狀況等，其數位影像特徵的擷取上，在受到諸多外在因素的作用下，困難度較高，為了克服隨機性雜訊帶來之不完全特徵問題，本研究乃採用一結構性方法，擷取其紋理特徵做為輪痕型態識別之依據，再利用這些取得之特徵值，做為類神經網路識別模式的輸入資料，經訓練測試之後，建立一可用的車痕型態識別模式。

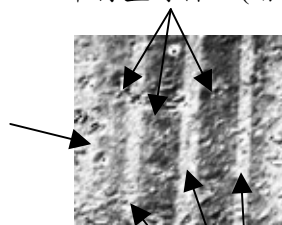
本文首先分析車痕形成的原因及其特徵之影響因素，其次針對車痕型態特徵擷取的方法及作業程序進行說明，最後再介紹車痕型態識別模式建立之過程，並提出結論及建議。

貳、車痕成因及其特徵之影響因素

車輛胎痕普遍存在於交通事故發生前、後之現場路面上，其成因乃由於車輛行進中因制動或不當之操作，致使輪胎本身轉動停止或滑動，而與路面摩擦生熱，致使瀝青路面材質及少部份輪胎橡膠因高熱溶化所形成之痕跡，或輪胎沾著液體物質滾壓於路面所形成之跡證稱之。一般而言，可將其概括性地分為二類：一為輪胎摩擦痕（Friction Mark），二為印痕（Imprint），而輪胎摩擦痕可進一步地劃分為滑痕（Skidmark）與拖痕（Scuffmark）二類。其中滑痕又可細分為煞車滑痕、撞擊滑痕及拖吊滑痕，而拖痕可細分為偏向拖痕、加速拖痕及扁胎拖痕〔1,2〕。由於印痕乃車輛輪胎沾著現場掉落之油漬、血漬、水或其他液體物質，滾壓於路面或車輛於路面外滾壓於鬆軟地面所形成，其外型與胎紋相類似，在判定上較無爭議，而其所代表之駕駛行為在肇事鑑定上僅是做為車輛進行路徑之參考。相反地輪胎摩擦痕中之煞車滑痕及偏向拖痕，則代表車輛碰撞前特定之駕駛行為在鑑定上直接關係當事人責任歸屬之問題，故為本文探討之重點所在。

煞車滑痕，是一般交通事故中最普遍存在之車痕，此乃由於車輛在行進中遇到前方突發之狀況，駕駛人採取一緊急剎車之行為，迫使車輪停止運轉，而輪胎以某一速度與路面摩擦，使得鋪面瀝青及部份輪胎橡膠因高熱溶化，所形成之條紋。顯見此痕跡代表事故發生前，駕駛人因注意到前方之狀況所採取之閃避行為，其駕駛行為明顯與無剎車痕跡者有別。而其外顯之特徵，就整體而言是黑白相間之直線條紋，但因負載、制動、輪胎、路面、地形等因素，可形成內外濃度不一之條紋形式，如下圖(一)所示：

平行直線條紋(暗紋)

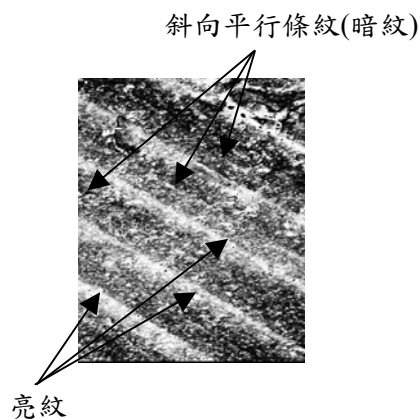


路面紋理

亮紋

圖(一) 煞車滑痕影像

偏向拖痕是另一與撞前駕駛行為有關之車痕，此乃由於駕駛人於車輛行進過程中遇到前方突發之狀況，駕駛人採取一緊急轉向之動作以閃避危險，致使車輛產生離心力大於轉向之向心力，而使得滾動中之輪胎向外側滑動所形成之車痕，故於肇事現場中若留有此痕跡，即代表駕駛人有注意到前方突發狀況，並採取閃避之動作。其外顯之特徵就整體而言，是斜向黑白相間之條紋，如圖所示：



圖(二) 偏向拖痕影像

是故由此二種剎痕可明顯得知，駕駛人面對突發狀況，所採取之駕駛行為有明顯之差異存在且車痕型態有所不同，但因車痕形成之影響因素甚多故其變異較大，容易相互混淆或被忽略其存在之差異。

因肇事現場資料之蒐集，主要乃以一般相機進行現場拍照方式加以記錄，是故車痕影像之形成，其特徵受到諸多因素之影響。根據本研究之歸納主要有下列幾點：

- (1) 道路鋪面狀況，因鋪面材質、施工方式及道路之使用狀況造成不同的鋪面狀況，含鋪面之粗糙度、紋理等。若以微觀方式觀察路面，可發現相同路段不同地點，其路面紋理不同、粗糙度不一（均勻度不一）；而不同路段之路面紋理特性，其差異性更高。本研究發現，此因素乃影響車痕特徵形成之主要因素，因路面在不同地點的紋理不同，造成胎痕形成上有著不均一之路面紋理背景問題，例如，一張車痕相片上，路面紋理是車痕紋理之背景，進而影響車痕型態特徵的形成，造成日後特徵擷取上

的困難。

- (2) 天候因素，主要是亮度，在不同時間、地點拍攝同一車痕，因亮度不同，其影像經數位化後其灰階值不同，故其車痕特徵會有所變動。
- (3) 輪胎使用狀況，車輛輪胎在國內種類繁多，不同輪胎之紋路形成不同特徵之車痕紋理，而輪胎的胎紋深度及充氣程度（胎壓），將會造成不同紋理之車痕。
- (4) 拍攝之位置及角度：拍攝距離太遠輪痕特徵將不明顯；距離太近，則路面紋理有成為輪痕背景的問題，是故採取一個適當的拍攝距離，將可避免這些問題之產生，至於以何種距離才是最恰當的，乃是後續必需加以研究之問題。本研究為顧及車痕影像之清晰度，乃採用一較近之距離拍攝車痕，約離地面 150 公分垂直拍攝。而不同拍攝角度將使原有之影像扭曲，直接影響車痕型態的特徵。

至於其他影響因素，尚包括相片沖製品質、影像之清晰度、路面之污染物、小坑洞、標線、道路周邊環境等，對於車痕影像之形成亦有些許之影響，而在這些主、次要因素之影響下，使車痕影像特徵的形成上，產生諸多之隨機性雜訊，其複雜度增高。

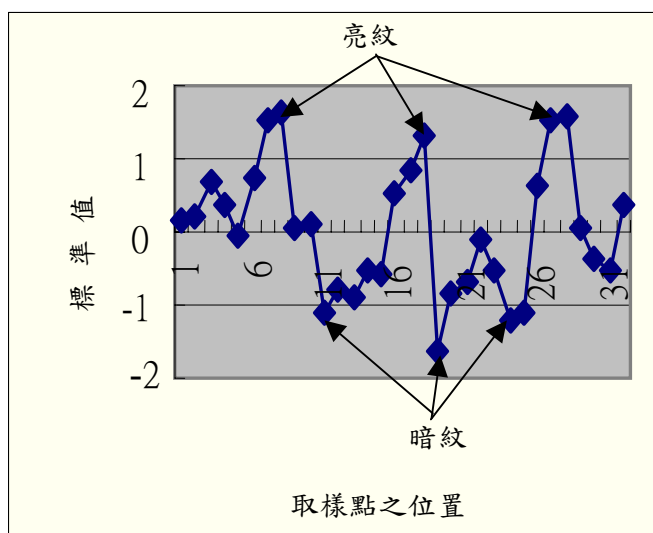
參、車痕特徵之擷取

關於紋理特徵擷取上之方法，可大略分為二類，一為結構性方法，二為統計方法。前者利用空間上重複出現之特徵單元以區分影像[5]。而後者乃採較微觀之方式，觀察每一像點灰階值上之變動，利用統計方法表現其特徵值，以區分不同影像[6,7,8]。由於前述之諸多因素直接影響道路上車痕影像之形成，使得車痕型態特徵有所改變，尤其道路鋪面紋理，更形成車痕影像之背景問題，是故若採用微觀之方法擷取特徵，會有很大之困難；即可能擷取到之特徵非為車痕特徵，而是路面紋理之特徵，是故本研究利用車痕紋理在空間結構上之規律性變動特性，如剎車痕有空間上黑白相間的帶狀直線條紋，而拖痕有斜向黑白相間之帶狀條紋，如圖(一)、(二)所示，以一種結構性方法擷取車痕紋理之特徵。本法定義下列三個特徵值：

- (1) 亮紋峰個數：表示出現相同紋理單元之間隙（灰階值偏高，標準值為正）的個數，即連續二個以上樣本點其標準值大於零，表示出現亮紋如圖(三)所示。而剎車痕峰數約為 3~4 個，拖痕峰數則較少。
- (2) 亮紋峰持續長度：亮紋出現之長度，即連續樣本點之標準值大於零之個數，越大則越接近拖痕，反之接近於剎車痕。
- (3) 亮紋峰出現位置變異：為衡量有規則產生之亮紋出現位置的集中及差異特性，乃以各亮紋峰之出現位置之變異數衡量之。典型之剎車痕，其亮紋出現位置有固定間隔距離，而其變異則接近於一定值，反之拖痕其出現位置則較為隨機，其變異較不固定。

其作業程序敘述如下：

- (1) 將影像數位化並切割車痕紋理部份。
- (2) 將切割後之車痕影像，分成若干區塊，求取任一區塊內各像元之平均灰階值，並將其標準化。
- (3) 於每一區塊內取一固定量之樣本點，如水平方向取等間隔距離 20、30、40、50 點等，此樣本點可為 3*3、5*5、7*7、9*9、11*11 鄰近各像元灰階值之平均值之標準值。
- (4) 利用取樣之樣本點的標準值空間上之規律性變動特性，如圖(三)所示（圖中標準值小於零，表胎紋接地部份，為暗紋之部份，而標準值大於零者，表亮紋之部份），定義三個特徵值，並計算其特徵值之數量。
- (5) 將取得之特徵值，做為倒傳遞網路模式之輸入單元，經訓練測試後決定聯結權重，建立車痕型態識別器。

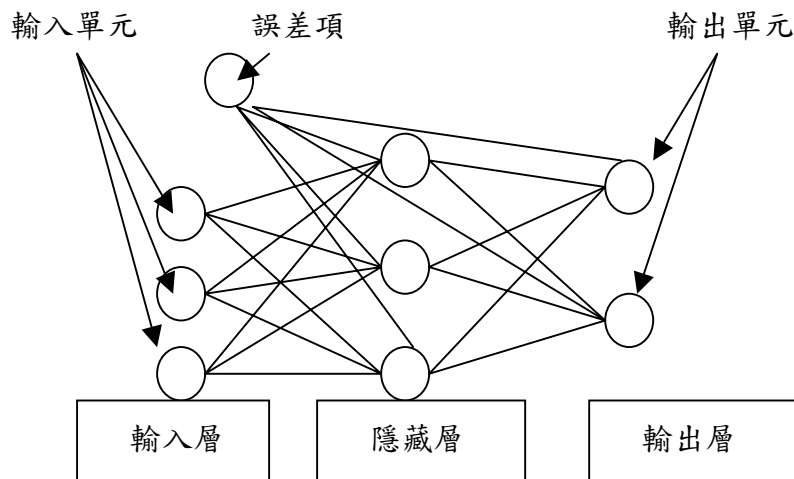


圖(三) 樣本點標準值之空間分佈

肆、類神經網路識別模式

由於車痕影像之形成受諸多外在因素之影響，雖其紋理具有幾何上特徵，但特徵因雜訊而呈現不完全之型態，是故在特徵之擷取上可能出現不完全特徵型態資料，為了解決這種不完全資訊問題，乃選擇類神經網路做為識別器，因其具有容錯學習之能力 [9,10]。

本網路模式如圖(四)所示，為一監督式學習網路，各單元之間採完全連結方式，有四個輸入單元（含一誤差項），一個隱藏層三個單元，二個輸出單元，其中輸出單元包括剎車痕、偏向拖痕二類，而輸入單元即三個特徵值分別是亮紋峰個數、亮紋峰持續長度及亮紋峰出現位置之變異，而訓練資料的取得乃由實際道路路面遺留之剎車痕、拖痕拍攝蒐集得到，共計取得之訓練樣本 2500 筆，而測試樣本 1000 筆。



圖(四) 類神經網路模式

此一倒傳遞網路採用均方差的誤差函數，並以梯度最深下沉方法使誤差函數得到最小值。而本模式訓練過程所設定之參數及訓練測試完成之後之網路聯結權重如下表 1 所示。經樣本訓練後，決定網路權重，再經實例測試後得知，其單一區塊識別正確率約為 75%。

表 1 聯結權重值

項目	單元 1	單元 2	單元 3
隱藏層	-1.365693	4.445507	-1.418522
輸出層	-0.845876	0.855289	-

*每一單元之聯結權重，由輸入層至隱藏層或由隱藏層至輸出層

伍、結論及建議

本研究使用肇事現場車痕跡證影像資料，利用車痕紋理特徵進行剎車痕及側滑痕的自動識別工作，可得到以下之結論及建議：

5-1 結論

- (1) 影響車痕紋理特徵形成之主要因素為道路鋪面的粗糙度及紋理、亮度、輪胎的胎紋、胎紋深度及充氣程度（胎壓）及拍攝之角度與距離，其中乃以道路鋪面之紋理及粗糙度最為重要。
- (2) 由於鋪面紋理是車痕紋理之背景，故特徵擷取上不適合採用微觀之統計方法進行處理，而較適合以結構性方法進行之。
- (3) 本研究提出一結構性方法，進行車痕紋理特徵之擷取，共取得三種特徵值以代表車痕之特性，分別是亮紋峰出現之個數、亮紋峰持續之長度及亮紋峰出現位置之變異。
- (4) 因車痕型態特徵受諸多隨機性因素之影響，造成不完全車痕型態特徵問題，以類神

經網路模式做為分類器可以解決部份問題。

- (5) 本研究建構之車痕型態識別器，經實際測驗之結果得知，針對車痕影像中之單一區塊，其識別之正確率約有 75%，此結果可有效輔助人為鑑定工作之進行。

5-2 建議：

- (1) 車痕紋理特徵之擷取上，可再增加其他之特徵值以改善模式之判別正確率。
- (2) 由於採近距離拍攝車痕之方式，使得道路鋪面紋理成為車痕紋理特徵之背景問題，而較遠距離拍攝方式，則影響車痕影像之清晰度，是故採用一合理距離拍攝車痕可解決此類問題，此乃後續可再加以研究之課題。
- (3) 由於目前之特徵擷取方法，尚未具有旋轉不變之特性，需再加以改進達到真正自動化分類的效益。
- (4) 未來本模式可再增加不同型式胎痕及道路路面跡證之識別分類工作（如印痕、電桿投影痕、刮痕、標線），以擴充其識別之項目。

參考文獻

1. Baker, J. S. and Fricke, L. B. (1986), **The Traffic Accident Investigation Manual**, Northwestern University Traffic Institute, Evanston, Illinois 60204.
2. 蘇志強，交通事故調查理論與實務，民國 86 年 10 月。
3. Wang, Y. W. AND Ting, K. L. (1997) Tiremark Identification Using Artificial Neural Network Method, **Proceeding of 30th International Symposium on Automotive Technology & Automation**, Florence, Italy, 295-300.
4. 王瑩瑋、丁國樑，肇事現場路面車痕型式之識別，中華民國第一屆運輸安全研討會，民國 85 年 11 月。
5. Matsuyama, T., K. Saburi and M. Nagao (1982) A Structural Analyzer for Regularly Arranged Textures, **Computer Vision, Graphics, and Image Processing** 18, 259-278.
6. Connors, R. W. and C.A. Harlow (1980) A Theoretical Comparison of Texture Algorithms, **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence** 2, 204-222.
7. Haralick, R.M., K. Shanmugan and I. Dinstein (1973) Textural Features for Image Classification, **IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics** 3.
8. MARK DOUGHERTY (1995) A review of neural networks applied to transport, **Transportation Research.-C** 3, 4.
9. Pandya, A.B. and Macy, R. B. (1995), **Pattern Recognition with Neural Networks in C++**, A CRC Book Published in Cooperation with IEEE Press.
10. Wang, ying-wei, **Automatically Tire Marks Identification at Accident Scene**, accepted for printing in the Journal of EASTS.