

# 無邊線道路路面偵測與辨識之技術研究

\*黃勇仁, 潘逸倫, 吳冠哲

Dept. of Information Engineering, Shu-Te University

Yen-Chau, Kaohsiung, 82445, Taiwan R.O.C.

\*E-Mail: yrhuang@mail.stu.edu.tw

## 摘要

本篇論文提出了一個新的道路偵測方法，主要是針對一般的晴天氣候之無人工邊線道路進行道路路面的偵測；首先，我們將 RGB 的值正規化後，找出在影像中可能屬於道路的候選區域，再針對這個候選區域計算出目前道路所屬的 HSV 色彩空間的顏色特徵；最後，我們以間隔取點的方式取得路面邊界點，再利用最小平方差法，描繪出道路路線。在實驗中，我們所提出的方法能夠有效地偵測出在影像中陰天、晴天以及具有陰影的道路表面。

**關鍵詞:** 道路偵測、道路辨識、電腦視覺、車載系統。

## 1. 前言

道路影像的偵測對於道路追蹤或是車載自動駕駛系統上都是重要的技術之一。在道路偵測技術中主要可以分為兩大類別，第一類是具有人工記號的道路偵測，就是具有人工畫上的白線與黃線的道路表面；以及第二類是不具有人工記號的道路偵測技術，在本論文中，我們針對不具有人工記號之道路做偵測。

之前有許多針對不具有人工記號道路偵測的研究，像是 Qingji Gao 等人、Jingang Huang 等人、Calin Rotaru 等人與 Ceryen Tan 等人所發表的論文中[1][2][3][4]，就是利用顏色來作為主要的判斷與分辨。Qingji Gao 等人的方法是利用在 HSV 色彩空間來分析可能屬於道路的色彩區域，接者不斷的以新接收的資訊來更新判斷的依據。而 Jingang 等人的方法也是利用 HSV 色彩空間來分辨在影像中屬於道路的部份。在 Mike Foedisch 等人[5]的方法中是利用幾個方框將影像區分為道路面積與非道路面積，再利用這些方框分析與統計道路表面與背景的不同，Ceryen Tan 等人的方法也是利用方框來偵測目前道路表面的顏色分佈。此種利用顏色在影像中作為主要判斷的方法其優點

在於不需要太過於注重道路在形狀上的變化，也就是不會因為道路形狀的多變以致於產生辨識錯誤的結果。而此類方法有幾個主要的缺點：以顏色特徵為主的方法對於光線太過於敏感，可能因為光線強度的不同或是道路上的陰影而有誤判的情況產生，此外為了達到相當準確的分析與判斷，也需要更加複雜的數學運算量來辨別跟去除可能會誤判的資訊，像是 SHA Yun 等人[6]與 Jill D. Crisman 等人[7]以及之前提到的 Qingji Gao 等人的論文中，就是利用分類器去分辨出可能屬於道路的顏色。

而在 Yinghua He 等人的論文中[8]，是以曲線的模組來找出道路可能的範圍。先是利用投影的方式將完整的道路呈現出來，接著在曲線模組中找出最為接近道路邊界的曲線，藉以劃分出道路可能的範圍，而在 Paolo Lombardi 等人的論文[9]也是利用道路形狀的模組，判斷出在影像中可能的道路表面。此種方法因為是利用資料庫中的模型，再配合影像中的道路來找出最為相合的曲線或是形狀，所以在道路的辨識度上有較高的準確性。不過因為主要是利用模型來作為判斷影像中道路可能範圍的主要依據，因此可能因為道路種類的繁多，而有誤判的發生。

在無人工邊線道路偵測與辨識系統如果要實際運用在即時的駕駛系統中，必須要考慮以下幾項限制與條件：

1. 在一定的時間限制內，系統必須能快速且有效地辨識出道路相關的資訊。
2. 必須要避免陽光或路面顏色等因素所造成錯誤偵測結果，如陰天、路面陰影、路面填補區塊、路面皸裂痕跡等。
3. 路面偵測與辨識後的邊界必須有效且準確的顯示，以利於道路行駛的運用。

在本研究中，我們主要是針對於無人工邊線的道路進行偵測與辨識。研究中，為了能讓演算法可以有效率且精確地得到執行的結果，我們利用了簡單的 RGB 的正規化分佈偵測出在影像中可能為道路表面的候選區域，再依後選區域的部分來分析目前道路主要的

HSV 顏色特徵，就能有效地修正在影像中屬於道路表面的部份，如此也能夠在道路表面具有陰影的情況下準確的偵測出在影像中屬於道路的部份。此外，為了要能夠判斷影像中道路的邊界範圍，我們依據已找出的路面區域，利用簡單的最小平方差的方法來計算出影像中道路的邊界，這樣就能讓系統能夠適應更多複雜的道路形狀。在下列的章節中，我們將詳述研究的步驟與方法。

## 2. 路面偵測與辨識

在本研究中，主要是以道路表面的顏色作為判斷在每張影像中道路表面的主要依據，而為了要讓系統能夠有效的抵抗光害，我們則利用正規化後的 RGB 值進行運算，來選取道路路面的後選區域。在研究中我們發現正規化後的 RGB 比起 RGB 色彩空間更能夠有效的抵抗光線的影響，因為亮度的些微改變對於在 RGB 色彩空間中則可能會有大的變化，而詳細的方法會在 2.1 節中討論。2.2 節中則討論如何在候選區域中，再利用 HSV 的色彩空間去修正道路的偵測的結果。雜訊上的處理以及道路邊界的劃分我們則各自是在 2.3 節與 2.4 節中詳細的介紹。

### 2.1 以正規化的 RGB 選取候選區域

在一般道路的狀況下，道路表面可能同時具有多種的情況：陽光照射下的道路表面，或是因為遮蔽物(例如：建築物、路樹等等…)使道路表面產生具有陰影的情況，因此道路的表面顏色就會更加的多樣也複雜。實驗中，我們發現道路在不同的亮度之下，所具有的顏色分佈也會有所不同。利用正規化的 R、B、G 可以算出該像素的 R、G、B 顏色分佈，以下是正規化 R、B、G 的計算公式：

$$RGB_{avg} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (R_i + G_i + B_i) \quad (1)$$

$$\begin{cases} NR_i = R_i / RGB_{avg} \\ NG_i = G_i / RGB_{avg} \\ NB_i = 1 - (NR_i + NG_i) \end{cases} \quad (2)$$



(a) (b)  
圖一、利用正規化的 R、G、B 所選取出的候選區域。(a)為原始圖，(b)為選出候選區域的結果圖。

其中，該像素其正規化的 R、B、G 以  $NR_i$ 、 $NG_i$  跟  $NB_i$  代表，公式(1)中的  $N$  代表像素的總數， $i$  則代表該像素在圖中的指標，而圖一為以正規化的 R、B、G 偵測後的結果圖。

而在道路的表面很可能因為天氣氣候的不同或環境的變化會有多種情況的亮度分佈，也因為不同亮度的道路表面會有不同的顏色分佈，因此我們可以簡單的將道路表面的亮度分為三種：亮度很高的道路(例如：陽光下的道路)、一般亮度下的道路(例如：陰天、較不陰暗的陰影)以及較暗的道路(例如：陰影)。表一是由實驗得到的在不同亮度下道路顏色的分佈。

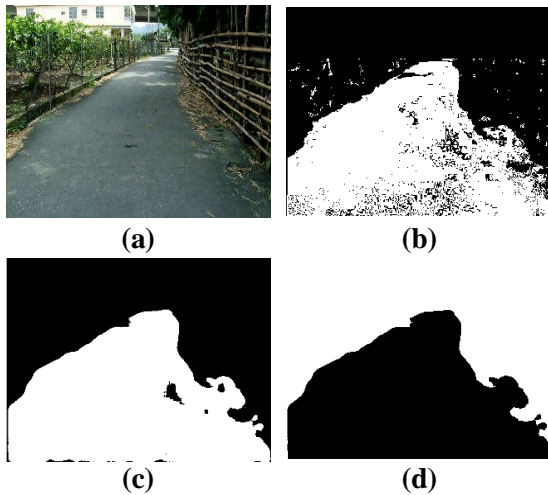
表一、各亮度的顏色分佈

	$NR_i$	$NG_i$	$NB_i$
陽光的路面(Road <sub>sum</sub> )	0.292 ~ 0.35	0.315 ~ 0.38	0.305 ~ 0.375
陰天的路面(Road <sub>clo</sub> )	0.21 ~ 0.29	0.315 ~ 0.38	0.355 ~ 0.46
陰影的路面(Road <sub>sha</sub> )	0.12 ~ 0.21	0.315 ~ 0.38	0.39 ~ 0.52

### 2.2 雜訊處理

利用顏色特徵作為偵測道路表面的主要方法，可能會因為在道路表面上出現一些不屬於道路表面顏色的物件(例如：樹葉、垃圾等等…)，而導致在偵測上出現缺口的現象，如圖二(c)所示的結果，這些小物件會令偵測的結果在經由中值濾波後出現許多小缺口，而這些缺口很可能會導致在最終的偵測結果上出現誤判的情況。

為了讓這些小缺口不至於影響正確的判斷，只要是這些小缺口的面積不大，在實驗



圖二、道路表面偵測後的雜訊處理。(a) 為原始圖，(b)為利用 HSV 顏色特徵所偵測出的初步結果圖，(c)為中值濾波後的結果圖，(d)為缺口填補過後的結果圖。

中都將其視為屬於道路的其中一部份，而面積的大小判斷則是利用一個門檻值來決定。在圖二中，圖(b)與圖(c)白色的部份是偵測為屬於道路的部份，而黑色的部份是屬於背景的部分。在圖(d)中，黑色的部分是屬於道路表面的部份，則白色屬於背景的部份。

### 2.3 利用 HSV 顏色特修正

因為在實際的道路情況下，會有很多的背景顏色會與道路顏色相似，而這些相似的背景可能擁有和道路非常相近的顏色分佈，雖然說有些背景顏色分佈會與道路的顏色分佈有所相似，但是在顏色的彩度上還是有所區別。在一個理論下，利用上述正規化 RGB 的顏色判斷，以經大致能夠找出在影像中屬於道路的部份，但因為相似顏色的背景而會產生些許的誤差，但是所找出的部份大部分還是屬於道路，另外，道路表面在不同的亮度下，在彩度與強度上也會跟著有所不同，在這樣的理論下，我們可以平均在不同亮度下道路表面的 HSV 顏色特徵，就可以很有效的找出目前道路上在不同亮度下的顏色特徵。計算道路表面在不同亮度之下的 HSV 顏色分佈是用以下的公式：

If 道路顏色成分屬於  $Road_{sum}$

$$H_{avg} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N H_n, H_n \in Road_{sum} \quad (3)$$

If 道路顏色成分屬於  $Road_{clo}$

$$H_{avg} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N H_n, H_n \in Road_{clo} \quad (4)$$

If 道路顏色成分屬於  $Road_{sha}$

$$H_{avg} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N H_n, H_n \in Road_{sha} \quad (5)$$

$H_{avg}$  代表該亮度下的 HSV 色彩空間 H(彩度)的平均值，而強度值 S 與亮度值 V 也是依照上述的公式各別計算出來。在不同的亮度下，會個別的計算出屬於該亮度的 HSV 顏色特徵平均值，再依照這些所計算出各亮度的 HSV 色彩平均值，來判斷在正規化的 RGB 所選取的候選區域中可能是道路的部份。在這樣的判斷中，依照各亮度的 H、S 與 V 的平均值減去在候選區域中屬於該亮度像素個別的 H、S 與 V 值，並給定一個門檻值來判斷該像素是否在影像中屬於道路表面的部份。判斷的標準如表二所示，而判斷的公式為：

$$\begin{cases} Hf_i = |H_i - H_{avg}| \\ Sf_i = |S_i - S_{avg}| \\ Vf_i = |V_i - V_{avg}| \end{cases} \quad (6)$$

表二、各亮度的道路色彩判斷門檻值

	$Hf_j$	$Sf_j$	$Vf_j$
( $Road_{sum}$ )	0~0.225	0~0.11	0~0.3
( $Road_{clo}$ )	0~0.2	0~0.1	0~0.3
( $Road_{sha}$ )	0~0.2	0~0.075	0~0.3

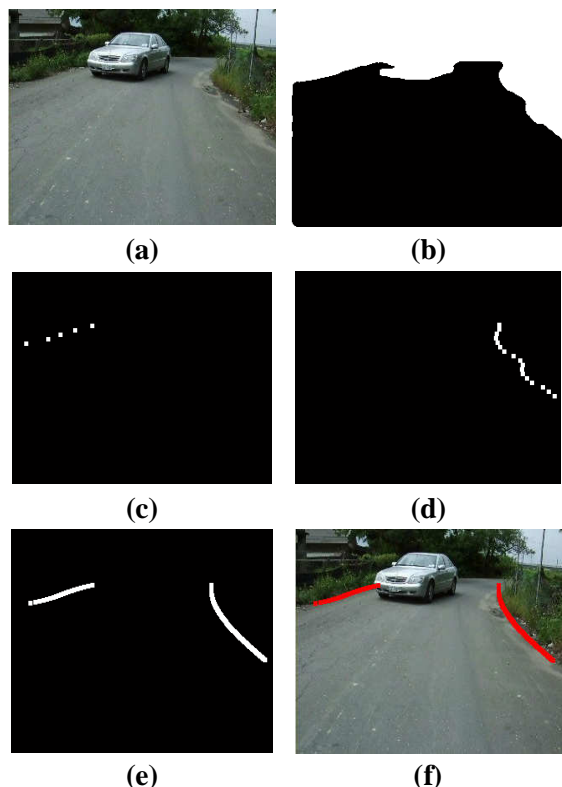
圖三為依照上述公式抽取出的 HSV 顏色特徵並以表二的門檻值所偵測出來在影像中可能屬於道路表面的部份。在圖中可以明顯的看到，在圖一裡利用正規化的 RGB 顏色分佈所找出的候選區域中，還是有包含一些不屬於道路表面的部份(圖一(b))，而在各別平均各亮度下 H、S 與 V 的值後，就能更加的確定目前道路分別在不同亮度下的顏色特徵，並能有效的在該影像中分辨出在不同亮度下的道路表面。



圖三、依照 HSV 顏色特徵所偵測出來在影像中屬於道路表面的部份。(a)為原始圖，(b)為 HSV 顏色特徵偵測結果圖。

### 2.4 道路邊界偵測

在偵測道路邊界的方法上，我們使用最小平方差法來計算出道路左邊與右邊的邊界線。為了要能夠讓系統可以適應多種形狀的道路，所以在估測道路的邊界上我們使用三次方的多項式來做道路邊界線的擬合。圖四為道路邊界偵測的結果圖，在去除初步偵測雜訊後我們可以依照這樣的結果圖，以每隔 5 個像素分別由上至下在左邊與右邊各取一個邊界點，如此以建立在左右邊邊界的參考點，如圖四(c)(d)所示。



圖四、道路邊界偵測圖。(a)為原始圖，(b)為偵測出屬於道路部份的結果圖，(c)與(d)分別為取左邊邊界的點與取

右邊邊界的點，(e)是用三次方的最小平方差所畫出的道路邊界結果圖，(f)是最後的結果圖。

### 3. 實驗結果

實驗中我們使用一連串的影像，而每張影像的大小為 320×240，系統執行的速度是每張影像平均處理時間為 0.461 秒，我們使用的硬體設備為 2.3G 的 CPU 以及 1G 的記憶體，在軟體模擬方面是在 Windows 作業系統下以 MATLAB 來做模擬的實驗。圖五與圖六分別是在兩種不同道路連續影像的偵測結果圖，圖五是穩定的道路表面偵測結果圖，而圖六則是具有陰影的道路表面的偵測結果。圖七與圖八分別為穩定與不穩定各種道路表面的偵測結果圖，在圖七與圖八中，每支影片的偵測準確率則分別如表三與表四所示，表五則表示穩定與不穩定道路表面的平均偵測正確率。可以看到在穩定的道路表面以及不穩定的道路表面的影像中，我們的方法都能夠正確的偵測出每張影像中的道路表面。

### 4. 結論

在本篇論文中，我們以簡單的正規化的 RGB 在影像中找出可能屬於道路表面部份的道路區域，並且在實驗中我們也利用正規化的 RGB 將道路表面亮度簡單的分成三種。因為在不同的亮度下，道路表面會有不同的顏色成分，接著我們利用 HSV 色彩空間去各別分析這些不同亮度下的道路表面所具有的顏色彩度，並進行道路路面的修正，最後我們以三次方的最小平方差法來估測道路的可能的邊界。在實驗的結果中，我們的方法可以有效的偵測出在影像中晴天與陰天的道路表面，並且也能夠克服具有陰影的道路表面與多樣的道路形狀，而實驗的結果也很穩定。





(c)

(d)



(e)



(f)



(g)



(h)



(i)



(j)

圖五、穩定的道路表面偵測結果圖。  
(a)(c)(e)(g)(i) 為原始圖，  
(b)(d)(f)(h)(j) 為結果圖。



(e)



(f)



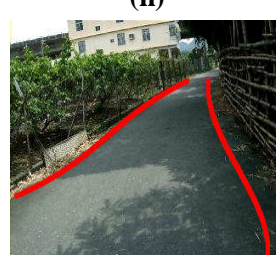
(g)



(h)



(i)



(j)

圖六、不穩定道路表面的偵測結果圖。  
(a)(c)(e)(g)(i) 為原始圖，  
(b)(d)(f)(h)(j) 為結果圖。



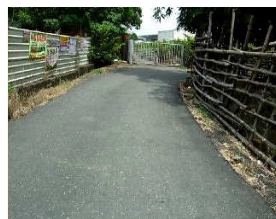
影片(a)



(a)



(b)



(c)



(d)



影片(b)



影片(c)





影片(d)



影片(e)

圖七、多種穩定的道路表面偵測結果圖。  
左圖為原始圖，右圖為偵測結果圖。

表三、各種穩定道路表面的影片偵測準確率  
(與圖七對應)

影片	影片長度	準確率
影片(a)	575	96.5%
影片(b)	475	99%
影片(c)	700	97.3%
影片(d)	550	96.4%
影片(e)	350	97.5%



影片(c)



影片(d)



影片(e)

圖八、多種不穩定的道路表面偵測結果圖。  
左圖為原始圖，右圖為偵測結果圖。

表四、各種不穩定道路表面的影片偵測準確率  
(與圖八對應)

影片	影片長度	準確率
影片(a)	700	96%
影片(b)	550	94.6%
影片(c)	827	97.4%
影片(d)	600	97.2%
影片(e)	350	94.5%



影片(a)



影片(b)

表五、穩定道路與不穩定道路表面的影片長度  
總合與平均偵測準確率

表面類型	長度總合	平均準確率
穩定道路表面	2650	97.34%
不穩定道路表面	3027	95.94%

### 參考文獻

[1] Qingji Gao, Qijun Lun and Sun Moli, "Rough

- Set based Unstructured Road Detection through Feature Learning,” *IEEE International Conference on Automation and Logistics*, pp.101-106, August 18 - 21, 2007.
- [2] Jingang Huang, Bin Kong, Bichun Li and Fei Zheng, “A New Method of Unstructured Road Detection Based on HSV Color Space and Road Features,” *IEEE International Conference on Information Acquisition*, pp.596-601, July 9-11, 2007.
- [3] Calin Rotaru, Thorsten Graf and Jianwei Zhang, “Extracting Road Features from Color Images using a Cognitive Approach,” *IEEE Intelligent Vehicles Symposium University of Parma*, pp.298-303, June 14-17, 2004.
- [4] Ceryen Tan, Tsai Hong, Tommy Chang, and Michael Shenier, “Color Model-Based Real-Time Learning for Road Following,” *IEEE Intelligent Transportation Systems Conference*, pp.939-944, September 17-20, 2006.
- [5] Mike Foedisch, Craig Schlenoff and Michael Shenier, “Towards an Approach for Knowledge-based Road Detection,” *KRAS’ 05*, pp.1-8, November 5, 2005.
- [6] SHA Tun, ZHANG Guo-ying, YANG Yong, “A Road Detection Algorithm by Boosting Using Feature Combination,” *IEEE Intelligent Vehicles Symposium Istanbul*, pp.364-368, June 13-15, 2007.
- [7] Jill D. Crisman and Charles E. Thorpe, “UNSCARF, A Color Vision System for the Detection of Unstructured Roads,” *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, pp.2496-2501, April, 1991.
- [8] Yinghua He, Hong Wang, and Bo Zhang, “Color-Based Road Detection in Urban Traffic Scenes,” *IEEE transaction on intelligent transportation systems*, VOL. 5, NO. 4, pp.309-318, December, 2004.
- [9] Paolo Lombardi, Michele Zanin and Stefano Messelodi, “Switching Models for Vision-based On-Board Road Detection,” *IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems Vienna*, pp.67-72, September 13-16, 2005.