

影像處理在自動駕駛車輛上之研究及應用 (2023)

李晉碩, IEEE

摘要—自動駕駛技術正風靡全球，自動駕駛透過感測器偵測周遭環境，達成無人駕駛的夢幻科技。本研究目的在於對車道邊緣進行偵測，確保自動駕駛時車子能夠依循車道線自行駛，避免與道路兩側碰撞。除了偵測車道線以外，也進行了道路的視角透視轉換，可判斷車道的當前轉彎方向，也能夠監控車子前方的道路情況，避免前方道路出現特殊狀況。實際測試結果成功辨識並繪製出車道線，以及車子前方道路的視角透視轉換。未來可進行車子或其他路障偵測，以及紅綠燈的辨識等等，以便將此成果應用在實際生活中。

關鍵字—影像處理、自動駕駛、車道線檢測。

I. 介紹

影像處理在自動駕駛技術中的應用相當廣泛，自動駕駛車輛通常配備了多種精密感測器，如攝影機和雷達等，這些感測器可以提供豐富的影像數據。影像處理技術的目的是對這些數據進行分析和解讀，影像處理技術可以幫助自動駕駛車輛識別道路邊緣。通過分析攝影機捕獲的影像，系統可以檢測出道路的邊界，確定車輛應該行駛的正確車道，這對於保持行車安全至關重要。此外影像處理技術還能夠幫助車輛檢測和辨識其他車輛以及障礙物。透過分析影像中的特徵和形狀，系統可以識別出周圍車輛的位置、速度和行駛方向。同樣地它還能檢測道路上的障礙物，如行人、自行車和建築物，以幫助車輛預測和避免潛在的碰撞。除了識別和偵測功能，影像處理技術還能夠幫助車輛實現跟蹤和定位。通過對攝影機捕獲的連續影像進行處理，系統可以跟蹤車輛在道路上的位置和運動軌跡。這對於實現準確的自動導航和路徑規劃至關重要。除了定位和偵測道路物件之外，影像處理技術還可以用於生成道路和環境地圖。通過分析攝影機捕獲的影像，系統可以重建道路和環境的三維模型，提供實時的地圖信息，這對於自動駕駛系統的決策和規劃過程提供了寶貴的參考依據。

本研究利用影像處理技術來識別各種車道線，並不斷更新顯示車道線，從而使自動駕駛車輛能夠識別道路邊緣並即時監控前方路況，進一步判斷車道線轉彎方向。這一應用提高了自動駕駛系統的安全性、準確性和可靠性。透過精確辨識道路線，影像處理技術為自動駕駛系統提供了寶貴的輸入資訊，這些資訊可用於調整自動駕駛系統的車輛控制策略，使其能夠在複雜的道路環境中實現精確且安全的行駛。期望本次的研究和測試結果，有望為自動駕駛技術的進步做出更大的貢獻。

II. 影像處理技術理論

A. 高斯模糊

高斯模糊也稱作高斯平滑，是一種圖像處理技術，用於減少圖像中的噪點和細節，使其變得更加平滑和模糊。它是通過對圖像中的每個像素應用一個高斯函數進行加權平均來實現的。高斯模糊在圖像處理中有多種應用，包括去除噪點、降低細節和紋理、模糊敏感信息。它常用於計算機視覺任務中的前處理步驟，例如邊緣檢測、圖像分割和目標識別等。

高斯模糊運用常態分布的高斯函數，將圖像與高斯函數做卷積，就會使圖像產生模糊的效果。高斯函數具有中心點和標準差兩個參數，在使用高斯模糊時，會選擇一個合適的標準差值，該值決定了模糊的程度。較大的標準差會導致更大的模糊效果，而較小的標準差則會產生較小的模糊效果。對於每個像素，高斯模糊會考慮該像素及其周圍像素的值，並使用高斯函數為它們賦予不同的權重。較接近中心像素的像素將具有更大的權重，而距離較遠的像素將具有較小的權重。通過計算這些像素的加權平均值，可以得到一個模糊的輸出像素值。高斯模糊對於圖像來說就是一個低通濾波器，可以減少圖像雜訊以及降低細節層次，因此在處理圖像時效果會更好。

B. 坎尼邊緣檢測

坎尼邊緣檢測演算法是由約翰·坎尼開發出來的多級邊緣檢測演算法，常用於檢測數字或圖像的邊緣。坎尼邊緣檢測演算法具有以下特點：它能夠檢測到細線和弱邊緣，且邊緣連續且準確。同時通過調整閾值可以控制邊緣的檢測結果，從而適應不同的應用需求。因此坎尼邊緣檢測演算法被廣泛應用於計算機視覺和圖像處理領域，如邊緣檢測、目標檢測、圖像分割等。

本段解釋坎尼邊緣檢測的處理步驟，由於未經處理的圖像有許多雜訊無法直接使用，所以要先進行一些前處理，才能使用圖像。首先要先進行降噪，先對圖像進行平滑處理以減少噪聲的影響，通常會使用高斯濾波器對圖像進行高斯平滑。再來計算梯度，在平滑後的圖像上，使用梯度算子，例如使用索伯算子，計算每個像素點的梯度強度和方向，梯度大小表示邊緣的強度，梯度方向表示邊緣的方向。計算完梯度後，利用最大值抑制的演算法，去尋找方向梯度變化最大的點，對圖像進行掃描，並根據梯度方向確定像素是否為局部邊緣的候選點。如果某個像素的梯度值大於其在梯度方向上相鄰兩個像素的梯度值，那麼該像素就被保留為邊緣點，否則被抑制。進行完最大值抑

制後接著進行閾值處理，根據設定的兩個閾值，分別為高閾值和低閾值。如果某個邊緣候選點的梯度值超過了高閾值，該點被視為真正的邊緣；如果梯度值低於低閾值，那麼將其捨棄；如果梯度值介於低閾值和高閾值之間，則需要判斷該點是否與真正的邊緣相連，若相連就保留，不相連則捨棄。找到邊緣後最後進行邊緣連接，通過在強邊緣上進行邊緣跟踪來連接弱邊緣，並確定最終的邊緣。

C. 霍夫轉換

霍夫轉換是一種偵測圖像形狀的影像處理演算法，用於辨識影像的重要特徵。霍夫轉換用在二值化影像的形狀偵測，其原理是利用影像空間中分散的點位置座標，經過轉換到另一個參數空間，並找出特定形狀的參數值。每組參數都代表一條直線或圓形，經過映射後的點對應到參數空間中的曲線，在參數空間中對曲線進行運算，即可找到圖像與特定特徵相似的直線或圓形。此項技術用於辨識影像的幾何形狀，廣泛應用於影像處理、電腦視覺以及圖像分析等領域。

進行不同幾何形狀的霍夫轉換時，需使用不同的參數表示法，可使得在影像上的任何一點，都會通過此條方程式。對於直線的霍夫轉換，若使用具有截距和斜率的方程式表示時，會產生垂直線的斜率為無限大的情況，導致無法成功轉換，所以此法有缺陷，於是採用極座標表示法來進行直線運算[1]。極座標表示法使用到兩個參數，分別為原點到直線距離(ρ)和角度(θ)表示方程式。在轉換過程中，影像空間中的任一點，都可以在參數空間(ρ, θ)中用一條曲線表示，該條曲線表示在影像空間中通過該點的線。當影像空間中兩點分別對應到參數空間的兩條曲線時，會產生一個交點，此交點的參數對應到影像空間就是通過該兩點的直線。透過這個方法，在參數空間中找到多條曲線的焦點，表示多個點位於同一直線上，我們就使用二維的累加器矩陣紀錄每組參數出現的次數，出現一次就在對應的累加器矩陣裡的元素加 1，最後找到大於設定閾值的局部最大值，就可以找到位於影像中最佳的直線。

D. Region Of Interest

ROI 區(Region Of Interest)，這個區域是我們感興趣的區塊，只有發生在這個區塊的影像才會進行處理。通常在進行人臉辨識或是特定物件辨識時，需要特別針對處理某修區域，以便進一步分析特徵。ROI 可以幫助提高計算效率，減少處理時間，並且專注於關注區域的特徵提取和分析。

首先我們使用遮罩來檢測感興趣的區域。根據不同的感興趣區域，我們可以將遮罩設定為四邊形或三角形。在這個例子中，我們將建立一個矩形區域，將道路出現的範圍定義為 ROI，並將 ROI 的像素值設定為 255。然後將經過坎尼邊緣檢測後的圖像進行二值化處理，這樣我們可以將圖像轉換為只包含黑白兩種顏色的二值化圖像。接下來我們將填充 ROI 的像素值，將其設定為 255。這樣一來，在二值化圖像中，ROI 就會被填充為白色。最後，我們可以將二值化圖像和填充後的 ROI 圖像進行重疊。重疊部

分的像素值將保持不變，而其他區域的像素值則根據二值化圖像進行調整。最後我們就可以得到最終的結果，重疊的部分就是我們所要找的區域。

E. 視角轉換

視角轉換在道路偵測中扮演著重要的角色，以下是對視角轉換的實現和應用的概述。視角轉換的目的是將原始影像轉換為俯瞰視圖，以消除車道線透視效果並獲得一個平面化的視角，這樣做可以方便後續的車道線檢測和分析。實現視角轉換的方法是通過定義一個四邊形區域，將原始影像中的車道區域映射到輸出影像的矩形區域中，這可以通過指定原始影像中的四個點和目標影像中的對應四個點來實現。通過這些點，我們可以計算出一個透視變換矩陣，將原始影像映射到俯瞰視圖中。一旦完成視角轉換，我們可以對轉換後的影像進行進一步處理和分析，例如我們可以利用霍夫轉換來檢測道路中的直線車道線。然而，霍夫轉換無法提供關於車道線彎曲方向的信息。為了判斷道路是往左還是往右彎，我們可以通過計算車道線的斜率來進行判斷。正斜率表示右彎，負斜率表示左彎。因此，通過視角轉換，我們能夠獲得俯瞰視圖，從而消除車道線的透視效果，這使得後續的車道線分析更容易進行。同時，我們可以使用斜率來判斷道路的彎曲方向，以提供更多的駕駛輔助信息。

III. 影像處理結果

本研究目的在於道路邊緣的影像偵測，分別對圖片和影片進行影像處理，標示出車道線及視角轉換透視圖，使用 Python 語言進行程式運算，輸出影像並觀察運行結果。

A. 靜態影像處理

在繪製車道線之前，需要對原始影像進行預處理。如圖 1 所示為原始影像。為了獲得更清晰的輪廓，我們首先對圖像進行降噪處理。為此我們將應用高斯模糊來模糊化圖像，以去除大部分噪點，從而更容易檢測到邊緣。如圖 2 所示，這是經過高斯模糊處理後的結果。由於坎尼邊緣檢測僅接受灰度圖像，因此在進行坎尼邊緣檢測之前，我們需要對經過高斯模糊處理的圖像進行遮罩處理。遮罩的目的是將我們想要檢測的車道線二值化。遮罩條件根據車道線的顏色決定，先將影像轉換為 HSV 顏色空間，並在該空間中定義一個特定的白色範圍。這樣我們就可以通過將色相、飽和度和明度值與所定義的範圍進行比較，來識別出道路白色邊緣的區域。將想要偵測的車道線 HSV 值設定上閾值及下閾值，將位於閾值範圍內的像素值設置為 255，其餘部分則設置為 0。如圖 3 所示，這是經過遮罩處理後的圖像。經過遮罩處理的圖像將進行坎尼邊緣檢測，從而成功找到車道線的邊緣輪廓，如圖 4 所示。找到邊緣後，我們使用霍夫轉換來檢測直線段。以像素為單位，設定直線最小長度，可以判斷符合的所有直線。設定最大允許間隔，超過設定值則把兩條線段當成一條線段。通過不斷調整閾值參數，我們尋找到產生最佳輸出線段的

結果。最後我們可以利用這些線段來繪製車道線，如圖 5 所示。影像處理結果直線部分相當精準，用紅線繪製出車道線範圍，許多細微線段也全都被濾掉。



圖 1. 原始道路圖。



圖 2. 高斯模糊處理後的圖像，圖像產生模糊效果。



圖 3. 遮罩處理後的二值化圖像，將白色範圍像素值設為 255，其餘部分為 0，產生車道線顯示範圍的圖像結果。

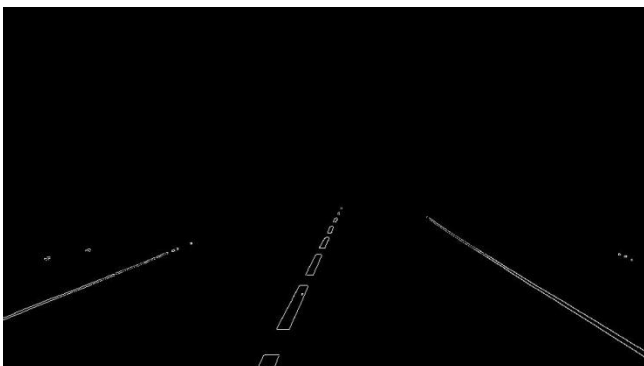


圖 4. 經過坎尼邊緣檢測後的圖像，顯示出車道線邊緣。



圖 5. 圖像經過霍夫轉換後，用紅線繪製出車道線的直線部分，透過設定直線最小長度和最大允許間隔參數，產生直線繪製的最佳結果。

繪製出車道線後，為了判斷車道線為向左彎或向右彎，要進行視角轉換。我們要將透視視角轉換為俯瞰視角，並在進行視角轉換的區域進行重點標註，如圖 6 所示。轉換後的視角從上方俯瞰道路，如圖 7 所示。轉換視角後即可判斷車道線的轉彎方向。



圖 6. 藍色四邊形範圍即是將道路進行視角轉換區域。



圖 7. 經視角轉換後監控區域，從道路上方俯瞰能更精準判斷車道線走向，進一步利用斜率判斷車道是向左彎或向右彎。

B. 動態影像處理

動態影像處理的步驟與靜態影像處理大致相同，但在一個重要的方面有所不同，即多了一個 ROI 的設置。以下是動態影像處理的步驟，與靜態影像處理一樣，首先對影片進行高斯模糊處理，以降低噪點。接著進行遮罩處理以生成二值化影像，在圖片中是偵測白線進行辨識，而在影像中，則對道路黃色邊緣作辨識。為了避免過多的雜訊對處理結果的干擾，我們在影像上設置一個矩形 ROI 區域，並專注於該區域進行車道線偵測，生成新的遮罩。將經過遮罩處理的二值化影像進行坎尼邊緣檢測，以找到車道線的邊緣。最後利用霍夫轉換來檢測直線段，並根據這些直線段繪製出車道線。如此一來，我們就可以生成一個持續更新車道線的動態影片檔案。綜合上述使用過的各種影像處理方法整合起來，實際用影片測試並將結果輸出成圖像，輸出結果如圖 8 所示。除此之外，還加上視角轉換透視圖，以便隨時監控前方道路，以便於更精準判斷車道線走向，如圖 9 所示。

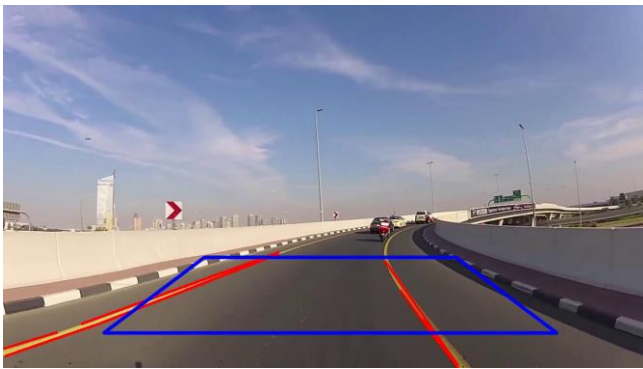


圖 8. 綜合上述所有方法對影片進行影像處理，輸出後的結果圖。



圖 9. 將藍色框範圍經過視角透視轉換，從上方俯瞰道路，可做為未來判斷道路走向的依據

IV. 結論

透過上述影像處理方法，能夠達成顯示車道線的功能，但是仍存在一些缺點需要改進。在取得車道線的過程，由於車道線可能會彎曲，霍夫轉換只能判斷出直線，可能無法順利找出彎曲的車道線。因此需要進一步透過斜率範圍過濾的方法，判斷彎曲的車道線。除此之外，也有可能不是車道線的直線會被計算進去。未來可嘗試將圖檔分割成更小範圍來搜索，能避免太多外在因素干擾，影像判斷會更準確。

目前本研究僅針對道路邊線進行偵測，以及道路前方的視角轉換。未來建議可以進一步偵測車子、障礙物和標誌等物件，也可利用道路視角轉換偵測道路線是向左彎或是向右彎，確保自動駕駛車行駛中的安全問題。目前影像處理在自動駕駛技術中仍然面臨一些挑戰。其中包括處理大量實時影像數據的計算能力需求、環境光照和天氣條件的變化對影像品質的影響，以及對於不同道路場景和交通情況的適應性等。因此不斷的研究和技術改進仍然是影像處理在自動駕駛領域中的重要議題，以實現更高效、精確和可靠的自動駕駛系統。

REFERENCE

- [1] R.O.Duda, R.E.Hart. Use of the Hough Transform to Detect Lines and Curves in Pictures, CACM(15). No. 1, January 1972, pp. 11-15.