

## 應用影像偵測與輪椅追蹤技術確保輪椅患者安全性之研究

潘博榮<sup>1</sup> 黃羽賢<sup>2</sup> 鍾翼能<sup>3</sup>

國立彰化師範大學電機工程學系

<sup>1</sup> joe520somuch@hotmail.com

<sup>2</sup> a23478@hotmail.com

<sup>3</sup> ynchung@cc.ncue.edu.tw

### 摘要

本篇論文中，為能有效提高輪椅患者乘坐時的安全性，首先透過影像偵測技術辨別輪椅輪框的輪廓與外型，當輪椅被偵測到時，透過輪椅追蹤技術開始進行輪椅患者及輔助者的移動追蹤。倘若病患離開病床欲以輪椅代步時，能夠及早偵測並加以追蹤以防止意外的發生。原始影像經過分析處理後，可以顯示出影像像素的分佈位置，迅速將移動中的輪椅與輔助者加以定位。根據影像空間的相對性質，可以辨別輪椅患者後方是否出現輔助者給予協助。本研究成果適用於醫院內的病房及走道上。在輪椅偵測及輔助者的追蹤辨識上，經實驗結果顯示，本文提出的演算法整體辨識率可達89%以上。

**關鍵字：**影像偵測技術，輪椅追蹤技術。

## 1. 前言

長期臥病在床的年長者及病患，不論是洗澡、吃飯和翻身等都需要他人的照顧，倘若家裡人手不夠，就得仰賴長期照顧者的照料，但這筆看護費用往往會造成家屬經濟上極大的壓力。另一個方法就是安排年長者進入養護中心，為了節省經費，造成人手不足或設備不齊全等問題，一些能自主行動或是無法自主行動的人，較沒辦法得到完整的照顧，造成無可避免的意外發生，安全上是個非常值得注意的問題。因此本文提出使用影像偵測與輪椅追蹤的方法，希望降低意外發生的可能性，也能為居家以及養護中心達到節省人力與物力上的資源，還有減少行動不便者的安全問題。

本文以醫院為例，在病房有限的範圍內以及走道上，進行影像偵測與輪椅追蹤的實驗。實驗的過程中，發現衣服的颜色會影響影像數據，所以採用色彩梯度[1]的方法，減少衣服和背景顏色所造成的影響。追蹤輔助者及使用者方面，在形態學影像處理[2]的條件下，以 Hough Transform 進行 Ellipse Matching[3-6]，進而達到輪椅的偵測，當輪椅被偵測到時，開始進行輪椅使用者及輔助者的追蹤。實驗數據方面，以區域遮罩來分析是否有護士及其它的輔助者協助推動，此方式可以取得輪椅使用者及輔助者區域所包含的像素，將這些數據統計之後，以演算法進行計算，得到的結果當成辨識輔助者的標準，確保患者乘坐輪椅的安全性。

## 2. 影像偵測與輪椅追蹤

### 2.1 追蹤系統架構

本論文系統動作流程圖，如圖 1 所示，以下為動作說明。首先在輪椅患者可能進出的區域設置區域遮罩，在遮罩內進行輪椅偵測，沒有偵測到輪椅時，回到區域遮罩繼續一樣動作；當偵測到輪椅時，進行輔助者辨識；辨識到有輔助者時，進行目標追蹤；辨識到無輔助者時，將提出輔助要求。

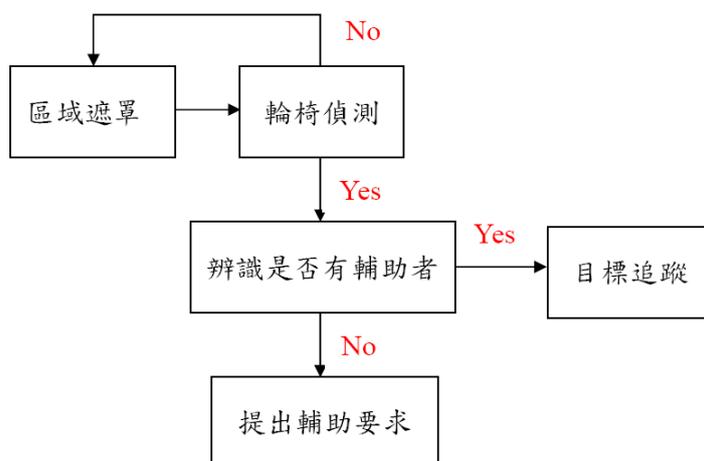


圖1 影像追蹤動作流程圖

## 2.2 影像處理步驟

經由攝影機連續拍攝的原始影像，必須經過必要的影像處理步驟，才能提供有用的影像資料。首先進行影像前處理，將影像讀入，做色彩梯度的運算，運算完後做影像相減的動作，最後運用形態學處理多餘的雜訊。在形態學影像處理的條件下，以 Hough Transform 進行 Ellipse Matching，進而達到輪椅的偵測，當輪椅被偵測到時，開始進行輔助者的辨識。本論文以區域遮罩的方式，來分析是否有護士及其它的輔助者協助推動，辨識到有輔助者和使用者，將對目標進行框選，以及輪椅使用者和輔助者的追蹤，本文採用影像處理步驟方塊圖，如圖 2 所示。

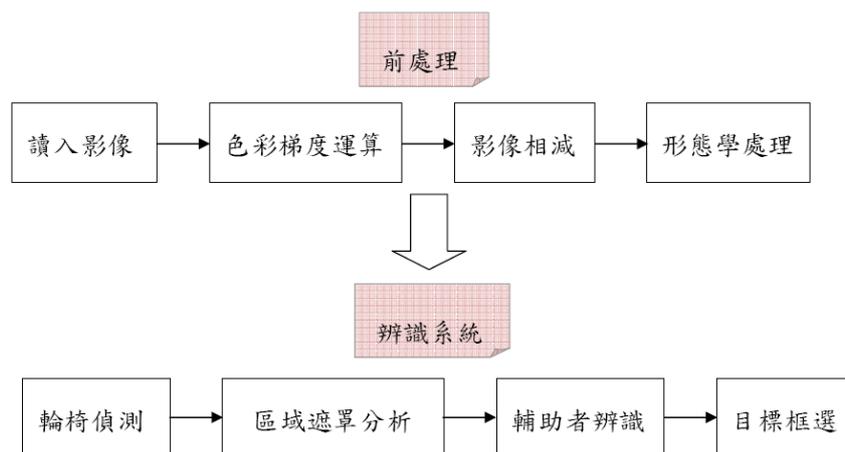


圖2 影像處理步驟方塊圖

## 2.3 影像辨認流程

### 2.3.1 色彩轉換系統

一般用於區別彩色的特徵有三個要素：亮度(Brightness)、色調(Hue)和飽和度(Saturation)。亮度使色彩強度的觀念具體化，色調則與混合光波之主要波長有關，代表觀察者所察覺到的主要色彩。因此，當我們叫一個物體為紅、橙或黃時，我們是指其色調。飽和度指的是相對純度或與色調混合之白光的量[2]。在轉換座標的座標系統中有以下幾種：1.RGB 彩色空間，2.HSI 彩色空間，3.CMY 彩色空間，4.YIQ 彩色空間，5.YUV 彩色空間，這些色彩空間中，雖然各有各的成效，但是因我們所使用的只是系統中的亮度部分，並不會影響到整體影像處理的結果，所以我們選擇較適合的 YUV 系統，當作我們的座標轉換系統。

### 2.3.2 梯度結構做色彩邊緣檢測

影像中的灰階值代表著影像的亮度，假設影像中有一邊緣或輪廓時，在邊緣上與邊緣旁的灰階值必然不同，仔細觀察，會發現邊緣上與旁邊的灰階值有很明顯的落差，如果對其作一次微分，微分的值會非常的大，即梯度(Gradient)非常的大，因此我們可以利用梯度來尋找影像中的邊緣。

### 2.3.3 背景相減

當移動物體進入畫面之中，比較前後兩張影像亮度值的差異性，可以發現在移動物

體位置的影像亮度值會有所不同，以及當移動物體移動後出現的背景部分亮度值會有所不同。背景相減即利用此特性，將前後兩張影像做相減運算並取絕對值。

### 2.3.4 灰階化

彩色影像是由紅、綠、藍(RGB)三原色的灰階度組成的。一張彩色的影像，紅色、綠色、藍色各有 8 位元的像素深度，所以彩色影像共有 24 位元的像素深度，通常以全彩(Full-Color)來表示 24 位元的影像空間，在資料形態表示上是三維矩陣，即 R、G、B 三原色的二維矩陣共同建構的彩色影像，資料量非常的龐大，為求快速運算，通常會將顏色座標轉換為 YUV 座標，Y 表示亮度(Luminance)，U 與 V 表示的是色度(Chrominance 或 Chroma)[2]。為了減少運算時間，我們將彩色影像轉換為灰階影像，灰階(Gray Level)是指唯有強度(Intensity)的大小空間；一張灰階影像其 RGB 值皆相同，總共有 8 位元的像素深度。灰階化的轉換公式定義如下[7]：

$$y=0.299\times R+0.587\times G+0.144\times B \quad (1)$$

### 2.3.5 空間濾波

此運算的兩個主要術語是空間濾波(Spatial Filtering)又稱為鄰域處理(Neighborhood Processing)，其原理是將影像中某個像素  $f(x,y)$  與鄰近像素乘上相對應之係數，計算其總和而得到每一點  $(x,y)$  之響應；若臨域大小為  $m \times n$ ，則需要  $m \times n$  個相對應的係數，其對應係數排列成一矩陣，稱為濾波器遮罩(Filter Mask)。經由空間濾波，可以將原始影像做去除雜訊、增強邊緣或線條或特定圖案擷取等，常使用在影像辨認的前處理中，本研究應用低通濾波及中值濾波兩種方法做空間濾波，敘述如以下：

#### (1) 低通濾波

低通濾波為一個線性空間濾波，設定一個濾波遮罩大小為  $(2n+1) \times (2n+1)$  之正方形， $n$  為正整數，取鄰近區域之灰階像素值之平均，使影像中像素值的變化更為平滑。若遮罩區域越大，可以將影像中的雜訊更加淡化或模糊，但相對的會造成影像的邊緣或是線條特性變得模糊。圖 3 為  $3 \times 3$  及  $5 \times 5$  的低通濾波遮罩範例。

1/9	1/9	1/9					
1/9	1/9	1/9					
1/9	1/9	1/9					
$3 \times 3$			1/25	1/25	1/25	1/25	1/25
			1/25	1/25	1/25	1/25	1/25
			1/25	1/25	1/25	1/25	1/25
			1/25	1/25	1/25	1/25	1/25
			1/25	1/25	1/25	1/25	1/25
$5 \times 5$							

圖 3 低通濾波遮罩

## (2) 中值濾波

影像處理中常使用排序濾波器(Rank Filter)，將鄰近區域像素值做排序，然後選擇指定的排序像素值取代鄰域中心的像素值，中值濾波器(Median Filter)為指定第 50 百分比，來做為鄰域中心之像素值。在空間濾波中，若影像中的雜訊的像素值與鄰域元素像素值差異甚大，使用低通濾波去除雜訊的效果就有限，只能將黑點去除，若使用中值濾波則可以有效的去除雜訊。

### 2.3.6 形態學影像處理

#### (1) 膨脹(Dilation)

在二值影像中使物體「增大」或是「變厚」的運算方式，此厚化的特定方式和程度是由一種稱為結構元素(Structuring Element)的形狀所控制[2]。考慮空間中的兩個集合 A 和 B，當 A 被 B 膨脹，可表示為  $A \oplus B$  其定義可為式(2)所示：

$$A \oplus B = \left\{ z \mid (\hat{B})_z \cap A \neq \emptyset \right\} \quad (2)$$

其中  $\emptyset$  為空集合而  $\hat{B}$  也稱為結構元素(Structuring Element)，整個式子是表示我們將 B 這集合不斷的位移 Z 單位，只要 B 集合和 A 集合有重疊至少一個元素，這樣所新形成的新集合即為 A 集合被 B 集合所膨脹。

膨脹是有交換性的(Commutative)，亦即： $A \oplus B = B \oplus A$ 。影像處理中的慣例是讓  $A \oplus B$  的第一個運算元為影像，第二個運算元為結構元素，而結構元素通常比影像小很多，我們由此開始遵循此慣例[2]。

#### (2) 侵蝕(Erosion)

在二值影像中的物件「收縮」或是「變薄」的運算方式[2]。就像膨脹一樣，收縮的方式和程度由結構元素所控制，在方法上而相對於膨脹運算，它的定義如下：考慮空間中的兩個集合 A 和 B，當 A 被 B 侵蝕，可表示為  $A \ominus B$  其定義可為式(3)所示：

$$A \ominus B = \left\{ z \mid (B)_z \subseteq A \right\} \quad (3)$$

整個式子是表示我們將 B 這集合不斷的位移 Z 單位，但是 B 位移 Z 後仍然包含在 A 集合中，符合這情形得所有 Z 點的集合[8]。將圖膨脹後的影像再進行侵蝕，可運用在偵測輪椅的輪子時，去除多餘的影像，提高輪子偵測的準確性。

## 2.4 輪椅追蹤與目標框選

Hough Transform是將影像中的點轉換至參數空間(Parameter Space)中來處理，利用

轉換的技術將直線的偵測簡化為在參數空間中部分特徵點的偵測。如此一來問題不僅得以簡化，處理速度也大為提高。

在執行Hough Transform 轉換之前，先用Canny Edge Detector 得到邊緣，再利用背景相減以及影像前處理將不相關的邊緣除掉，最後進行轉換，找出是否有輪椅的出現，如圖4所示。

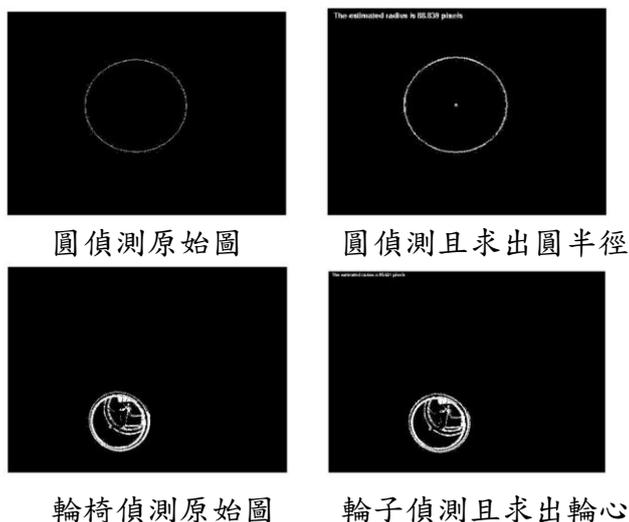


圖4 運用Hough Transform搜尋輪椅輪心圖

當輪椅的輪子被偵測出來，開始進行移動的輔助者及輪椅做追蹤，經前處理後，根據像素的分佈位置，很快的就能將移動的人定位出來。

本研究提出一個區域遮罩的方法，根據其醫院病房可能進出的區域來劃分。依照應用性質將影像大小為480×640，其分為7×9個區塊，任意區塊的大小及數量，可以依照需求來定義，如圖5所示。設計在一般情況下，所會行經的路線上設一個5×5的區域遮罩，能自動計算出此區域所包含的像素，如圖6所示。將區域遮罩細分為輔助者、輪椅與使用者和輪子部分，如圖7至圖9所示。



圖5 影像區塊劃分圖



圖6 5×5遮罩



圖7 輔助者部分遮罩



圖8 輪椅與輪椅上的使用者部分遮罩



圖9 輪子部分遮罩

### 3. 實驗分析

實驗數據統計之後，以下列演算法加以運算。在一般的情況之下，會有不同的情形發生，為了在抽樣程序中除去任何產生偏頗的可能性，較理想的方式是選擇一個隨機樣本(Random Sample)，使其觀測值以獨立且隨機的方法取得。

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^n \frac{X_i}{n} \quad (4)$$

$$S^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(X_i - \bar{X})^2}{n-1} \quad (5)$$

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (6)$$

$$\bar{X} - t_{\alpha/2} S \sqrt{1 + \frac{1}{n}} < x_0 < \bar{X} + t_{\alpha/2} S \sqrt{1 + \frac{1}{n}} \quad (7)$$

其中

$\bar{X}$ ：樣本平均值(Sample Mean)

$X_i$ ：區域遮罩範圍的像素

$n$ ：區域遮罩範圍的樣本數

$S^2$ ：樣本變異數(Sample Variance)

$S$ ：樣本標準差(Sample Standard Deviation)

變異數未知的情況之內處理某一未來觀測值的預測區間，其中  $t_{\alpha/2}$  是使右邊面積為  $\alpha/2$  的自由度  $v=n+1$  的  $t$  值，以(7)所示。

將預測區間設為 90%，能準確的辨識出輪椅後方是否有輔助者協助推動。經過演算法計算，得到觀測值(687,2167)，表示輔助者的區域，像素值會介於 687 至 2167 之間。因此區域遮罩辨識方法為，首先計算使用者區域範圍是否介於 1287~8293 像素，若在此範圍內，表示有人經過，開始進行追蹤以及輪子偵測；若輔助者區域介於 687~2167 像素，表示有輔助者；若輔助者區域介於 0~687 像素，表示無輔助者。實驗數據如表一所示。

模擬結果顯示，只有編號 20、21、22 和 25，因為光線對比較強及離攝影機較遠，所以輔助者的像素降低，造成判斷錯誤，整體的辨識率達到 89% 以上。

表一：區域遮罩數據

編號	類型	有輔助者推動	無輔助者推動	備註
1	側面(人向右)	1909	0	較近
2	側45度	1799	359	
3	側面(人向左)	1951	305	
4	側45度	1294	395	
5	側面(人向右)	1542	18	較遠處
6	側45度	1857	290	
7	側面(人向左)	1275	0	
8	側45度(背對)	1825	184	
9	側面(人向右)	1819	8	離最近
10	側45度	2100	122	
11	側45度(背對)	2118	518	
12	側面(人向左)	1805	346	
13	側45度(背對)	780	352	
14	側面(人向左)	1957	443	背光
15	側45度(背對)	1892	614	
16	側45度(正對)	1959	310	
17	側面(人向右)	1821	29	
18	側45度(背對)	834	107	
19	側45度(正對)	1713	69	
20	側面(人向右)	451	39	背光較遠
21	側45度(背對)	305	12	
22	側45度(正對)	573	250	
23	側面(人向左)	954	0	
24	側45度(背對)	877	142	
25	側45度(正對)	555	0	
26	側面(人向右)	1589	0	(走道上)
27	側45度(背對)	1776	0	推的人背景較暗
28	側45度(正對)	1298	0	
29	側面(人向右)	1186	0	(走道上)
30	側45度(背對)	2123	258	推的人背景較亮
31	側45度(正對)	1112	0	
32	側面(人向左)	1482	3	(走道上)
33	側45度	1102	14	推的人背景較亮
34	側面(人向左)	1394	0	(走道上)
35	側45度(正對)	1599	0	推的人背景較暗
	總和	50626	5187	
	平均	1446	148	
	S <sup>2</sup>	271084	32114	
	S	521	179	

#### 4. 結論

本論文利用色彩梯度的方法進行影像前處理，故對於陰影以及衣服顏色所造成的影響，比起直接使用灰階影像要來得小。在輪椅偵測的部分，本系統可將輪子區域擷取出來，並利用Hough Transform的方式偵測出是否有輪椅經過。本文提出以區域遮罩的方法，對輪椅後方的輔助者進行辨識，實驗證明能有效的辨識出輪椅後方是否有輔助者協助推動，辨識率達到89%以上。

## 5. 誌謝

本研究由行政院國家科學研究委員會，計畫編號NSC 99-2221-E-018-009 的研究計畫資助。感謝員生醫院賴健文處長以及參與本論文拍攝同仁的協助。

## 6. 參考文獻

- [1]Chen-wei Lee, “Vision Based Station-Keeping for the Unmanned Underwater Vehicle,” pp.9-11, 2007.
- [2]Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, Digital Image Processing, 2/e, Prentice Hall, 2003.
- [3]Chia, A.Y.-S., Rahardja, S., Rajan, D., and Leung, M.K., “A Split and Merge Based Ellipse Detector With Self-Correcting Capability,” IEEE Trans. Image Processing., VOL. 20, NO. 7, pp.1991-2006, July 2011.
- [4]Paradowski, M., luzek, A., “Detection of Image Fragments Related by Affine Transforms: Matching Triangles and Ellipses,” 2010 International Conference on Information Science and Applications (ICISA), April 2010.
- [5]Satadal Saha, Subhadip Basu, Mita Nasipuri and Dipak Kr. Basu, “A Hough Transform based Technique for Text Segmentation,” journal of computing, volume 2, issue 2, pp.134-141, February 2010.
- [6]Dagao Duan, Meng Xie, Qian Mo, Zhongming Han, Yueliang Wan, “An improved Hough transform for line detection,” 2010 International Conference on Computer Application and System Modeling (ICCASM), Oct 2010.
- [7]楊武智，影像處理與辨認，台北，金華圖書公司出版，1994。
- [8]Yen-Chi Wang, “Edge-based Vehicle Detection in Satellite Images,” 國立中央大學資訊工程研究所碩士論文, pp.19-21, 2004.

# The Research of Application of Image Detection and Wheelchair Track Technology to Ensure the Wheelchair Patient Safety

Po-Jung Pan<sup>1</sup>    Yu-Xian Huang<sup>2</sup>    Yi-Nung Chung<sup>3</sup>

Department of Electrical Engineering,  
National Changhua University of Education

<sup>1</sup> joe520somuch@hotmail.com

<sup>2</sup> a23478@hotmail.com

<sup>3</sup> ynchung@cc.ncue.edu.tw

## Abstract

In order to enhance the safety degree for patients using wheelchair, the image detection technique proposed in this paper can recognize the frame and shape of wheelchairs. When a wheelchair is detected, the image detection technique starts to track the motion of the patient and assistants. Once patients tend to get out of the bed using wheelchairs in the hospital, this technique can detect and track patient to prevent any accidental event occurred in advance. After analyzing raw images, the technique can reveal the location of the image and swiftly localize the moving wheelchair and assistants. Based on the image space relative constrained, this technique can recognize whether assistants are just behind wheelchair-patients. This application can be used in the ward and corridor. Based on experimental results, it shows that the detection rate of algorithm on wheelchair detection and assistants tracking is up to eighty-nine percent.

**Keywords:** Image detection technique, Wheelchair tracking technique.