

第四章

實驗

在前一個章節我們可以知道在手臂進行快、中、慢三種速度運動時，經過快速獨立成分分析法處理後的 EMG 訊號與未處理過的訊號相較下，有很明顯的特性變化，本章節即藉由先前的特性分析來完成一分辨手臂運動速度快、中、慢三種速度的分類器，並藉由以下幾個實驗來驗證分類器的可靠性。

4.1 分類器的完成



由先前經過快速獨立成分分析法處理後的 EMG 訊號分析，我們可以發現對於在手臂不同速度運動的情況下都有其明顯的不同變化特性，而在之前四種分析（在時域上取 IEMG 比較其變異數、在頻域比較其變異數分佈、訊號經微分後在頻域比較其變異數以及取 IEMG 後在頻域比較其變異數分佈）中，對於速度變化反應較明顯的特徵在於經過 FastICA 處理後訊號在頻率分佈的變異數，以及經過 FastICA 處理後對訊號微分頻域上的頻率分佈的變異數。

當在慢速度彎曲的情況下，訊號經過 FastICA 處理以及微分後，其變異數和一般速度及快速運動的分析數值(微分頻譜變異數，簡稱 PDV 值)相較下都非常趨近於零；而在快速運動的狀況下，經過 FastICA 處理的訊號，在頻域的頻率分佈的變異數(頻譜變異數，簡稱 PV 值)和其餘兩種情況相比較都有比較大的分析

數值；藉由上述兩種最明顯的特性即可完成一辨別手臂彎曲時不同速度的分類器。分類器的架構圖如圖 4.1 所示。

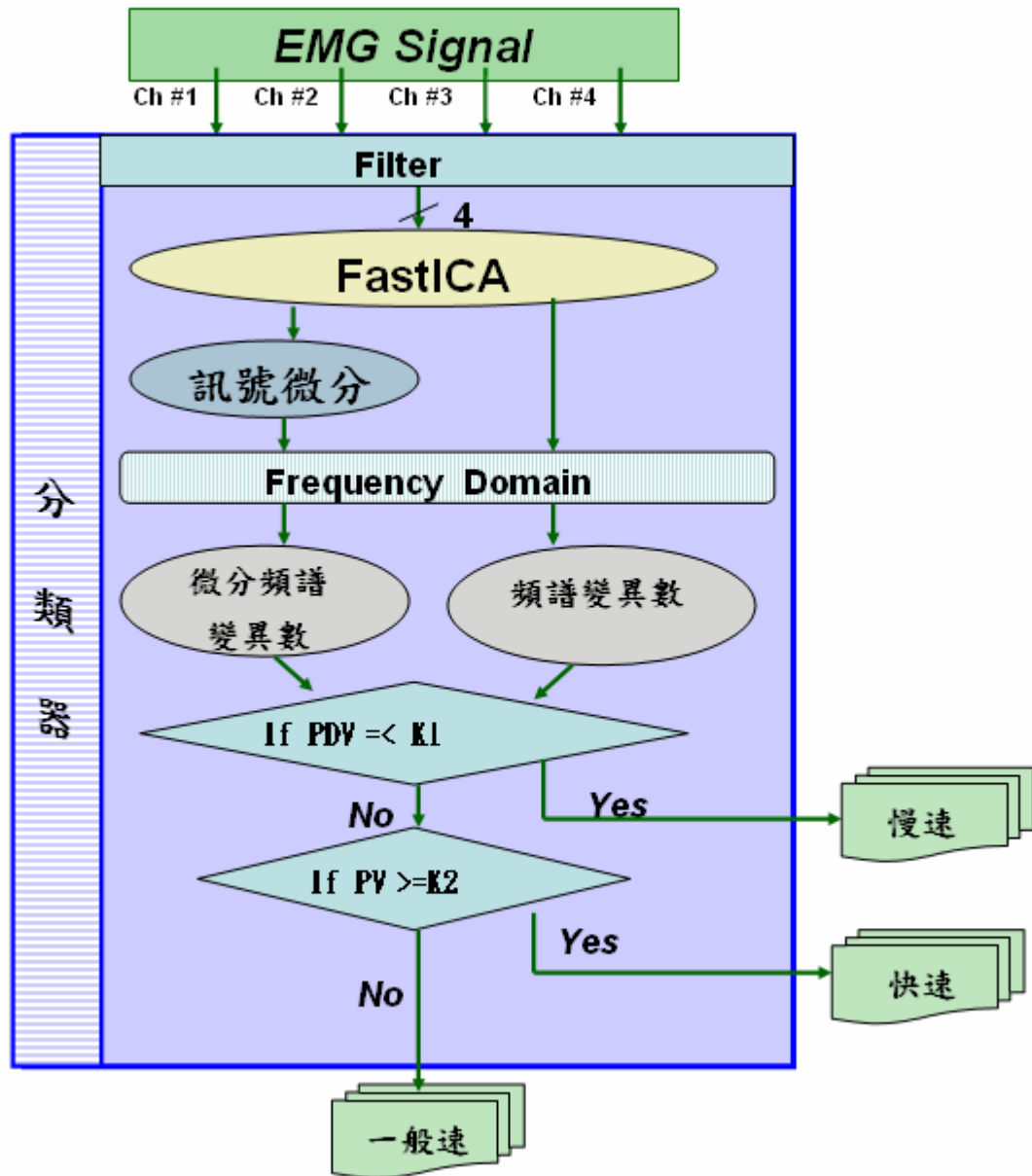


圖 4.1 分類器架構圖

圖 4.1 為分類器的架構圖，其中微分頻譜變異數(Psd_Diff_Var, PDV)為將經過 FastICA 處理的訊號微分後，其頻譜分析的四個獨立成分的變異數平均值；而頻譜變異數(Psd_Var, PV)為經過 FastICA 處理的訊號，其頻譜分析的四個獨立成

分的變異數平均值；PDV 與 PV 值主要差別在微分的計算，而 K1 及 K2 為變數 PDV 及 PV 的參考值，此參考值可因每個使用者的狀況來做調整以適用於多數人。

分類器在前部分主要是將實驗儀器所量取到四個通道的 EMG 訊號，經由帶通濾波器過濾雜訊等前處理，再經由 FastICA 演算法處理後所得到的訊號我們分為兩部分運算：

1. 計算將經過 FastICA 演算法處理後的訊號在頻域上的頻譜分佈，並計算每筆訊號其頻譜分佈的變異數平均值，即變數 PV。
2. 類似於第一部份的過程。但經過 FastICA 演算法處理後的訊號還需再做微分的計算，之後再計算其在頻域上的頻譜分佈，並計算每筆訊號頻譜分佈的變異數平均值，即變數 PDV。



在先前分析 EMG 訊號的過程中，我們發現當手臂在慢速度彎曲運動的情況下，PDV 的分析數值幾乎大部分都在一個臨界值 K2 以下，且分佈都趨近於零。而在快速度彎曲運動的情形下，PV 值的分佈和慢速與一般速度彎曲運動相比較下雖然不像在慢速彎曲運動時 PDV 數值那樣穩定分佈，但都普遍高於一個臨界值 K1。所以由上述兩項特性，我們可以先判斷 PDV 的數值是否小於 K2 值，假使 PDV 的數值小於 K2，那麼此動作可判別為慢速度的彎曲運動，假使 PDV 的數值大於 K2，那麼此動作則可能為快速或是一般速度的彎曲運動。

在確定非慢速度彎曲運動後，判別是快速彎曲或是一般速度運動的部分，就需要再依靠 PV 值來做更進一步的判斷；此部分的分類方法是以 PV 值的大小來辨別，若 PV 值大於 K1 值，則為快速度的彎曲運動；假使小於 K1 值，那麼則認定為一般速度的彎曲情況。此外，由於在分析快速彎曲運動部分，每個人的分析情

況都有所不同，使得個體之間臨界值都有所差異，所以 K1 的設定值比較需要因個人的運動表現來做調整，不像 K2 值都明顯地接近於零。

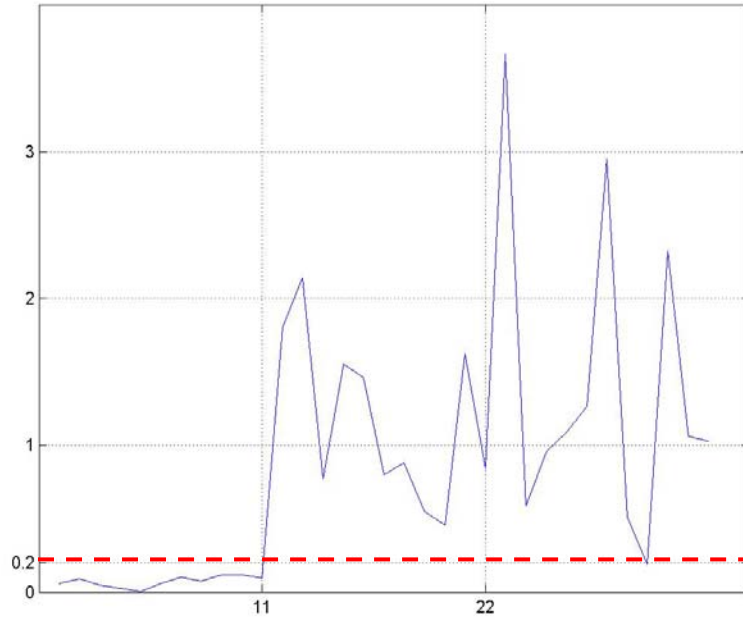
4.2 實驗

完成分類器後，我們藉由以下六個實驗來驗證分類器的辨識率；實驗內容為六個年齡約為 24 歲左右的不同男性來完成在不同速度下手臂彎曲的動作，其動作內容包含慢速度(約 4 秒鐘)、一般速度(約 2 秒鐘)以及快速彎曲運動(約 1 秒鐘)，在受測前每個受測者須先休息 10 分鐘以降低肌肉的疲勞程度，並利用磨砂膏去除皮膚上的角質，每個受測者每種速度分別運動 11 次，動作順序可隨意改變，故每個人總共有 33 筆資料做為受測數據，目的在於利用此實驗驗證先前對於手臂在不同速度下肌電訊號特性分析的準確性；表 4-1 為六個受測者的基本資料。而為了方便檢視測試結果，我們將每個受測者的 33 筆量測資料依照速度的快慢程度重新排列來做測試，重新排列的資料一共分為三個區塊，1 至 11 筆資料為慢速度的資料，12 至 22 的資料為一般速度的資料，第三個區塊即為快速運動時的數據。

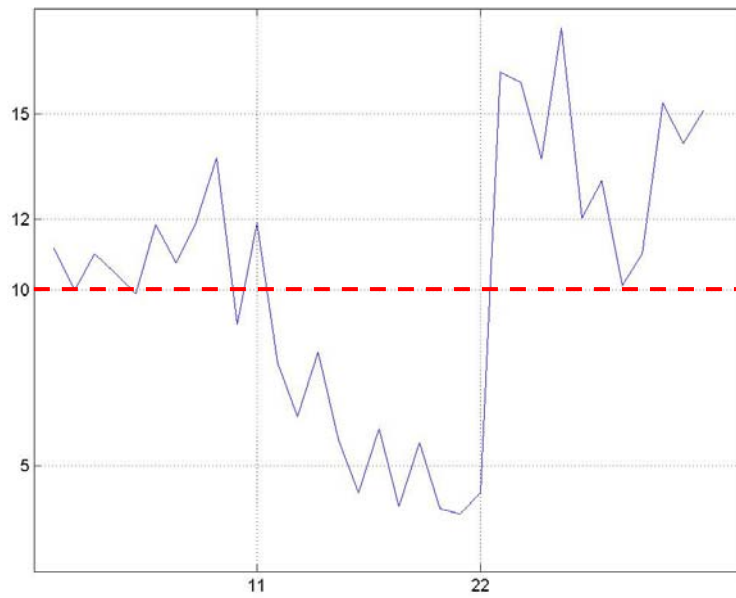
	性別	年齡	身高(cm)	體重(Kg)
受測者一	男	24	173	64
受測者二	男	24	169	60
受測者三	男	24	175	60
受測者四	男	23	170	65
受測者五	男	25	173	69
受測者六	男	24	177	65

表 4-1 受測者的基本資料

圖 4.2(a)和圖 4.2(b)分別為受測者 1 的 PDV 值與 PV 值分佈圖，其中 K2 值為 0.2，K1 值為 10。



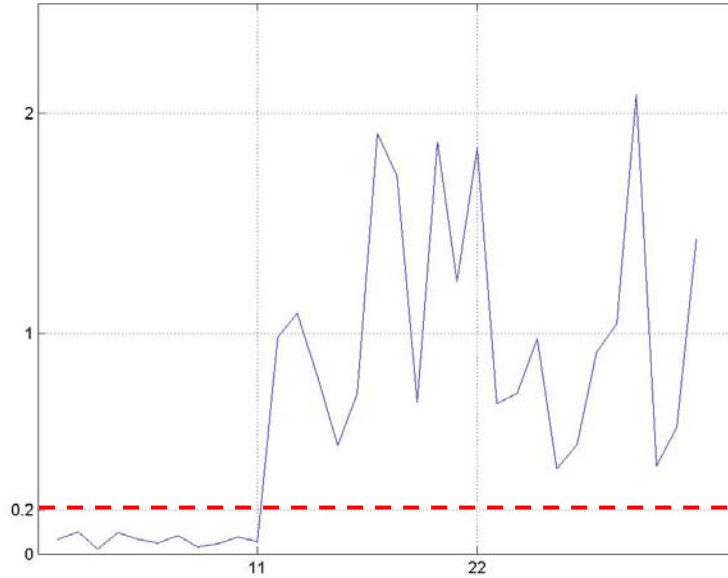
(a) PDV 值分佈圖



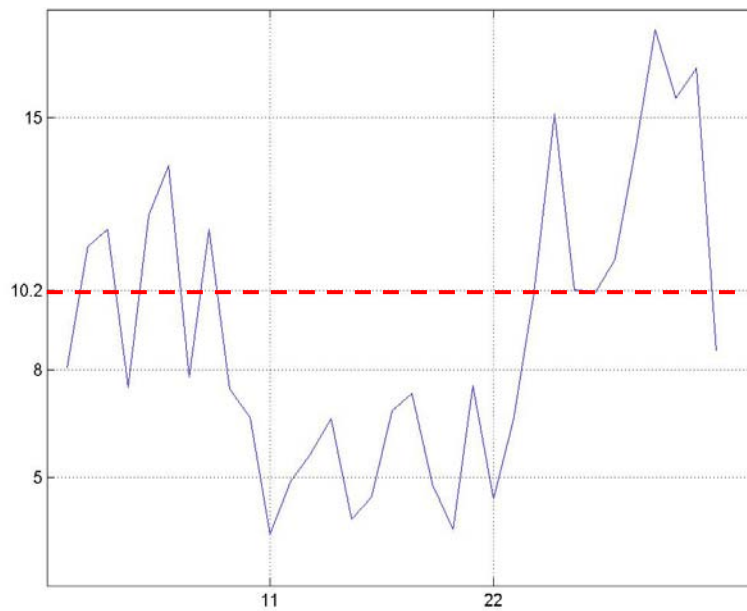
(b) PV 值分佈圖

圖 4.2 受測者 1：(a) PDV 值分佈圖(b) PV 值分佈圖

圖 4.3(a)和圖 4.3(b)分別為受測者 2 的 PDV 值與 PV 值分佈圖，其中 K2 值為 0.2，K1 值為 10.2。



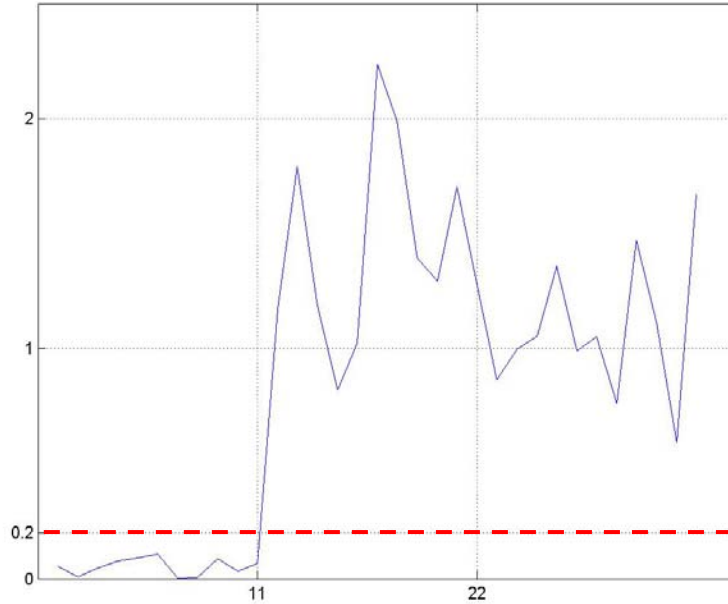
(a) PDV 值分佈圖



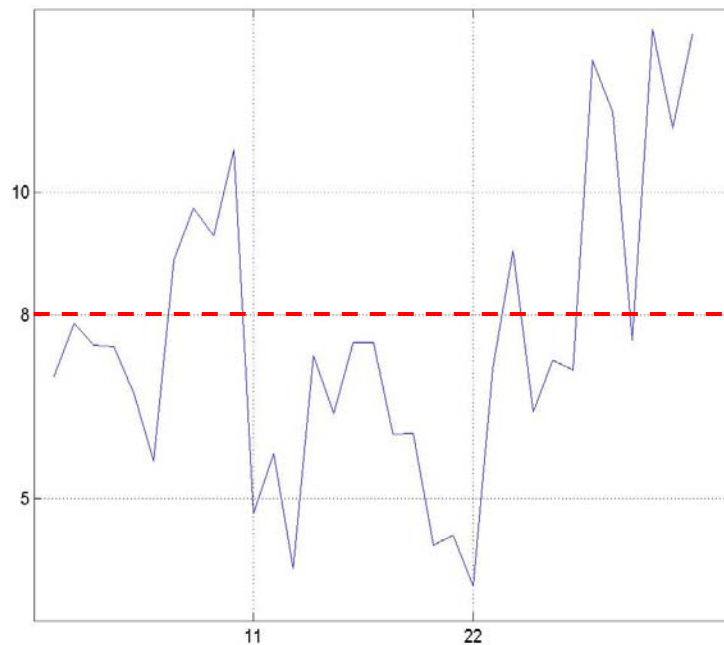
(b) PV 值分佈圖

圖 4.3 受測者 2：(a) PDV 值分佈圖(b) PV 值分佈圖

圖 4.4(a)和圖 4.4(b)分別為受測者 3 的 PDV 值與 PV 值分佈圖，其中 K2 值為 0.2，K1 值為 8。



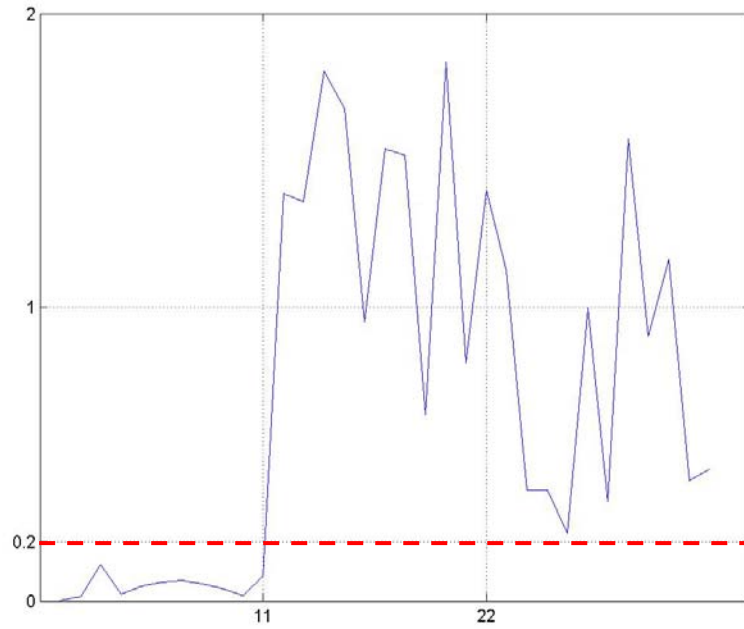
(a) PDV 分佈圖



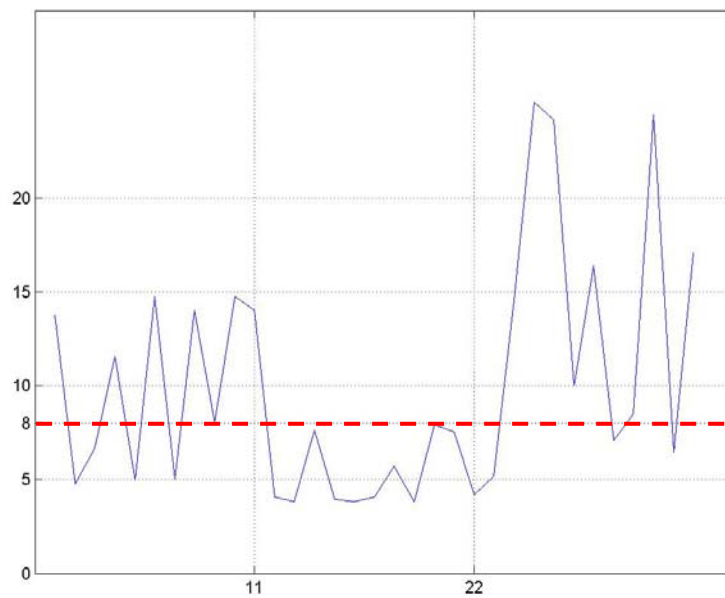
(b) PV 值分佈圖

圖 4.4 受測者 3：(a) PDV 值分佈圖(b) PV 值分佈圖

圖 4.5(a)和圖 4.4(b)分別為受測者 4 的 PDV 值與 PV 值分佈圖，其中 K2 值為 0.2，K1 值為 8。



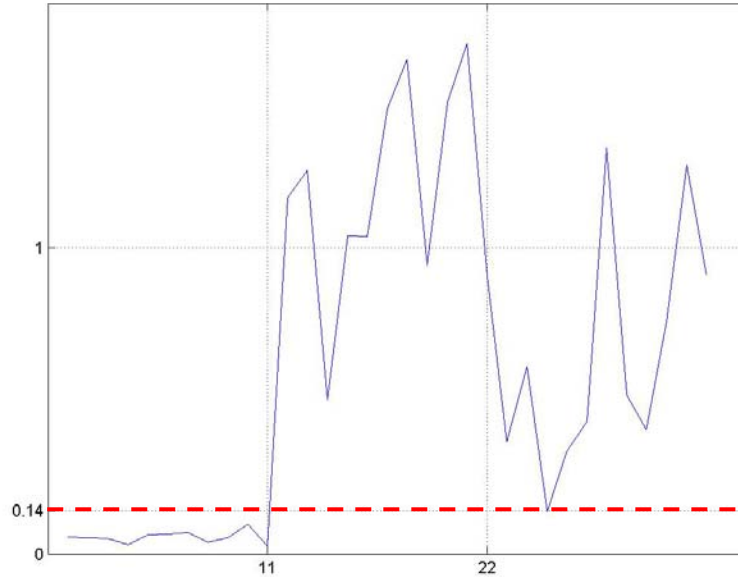
(a) PDV 分佈圖



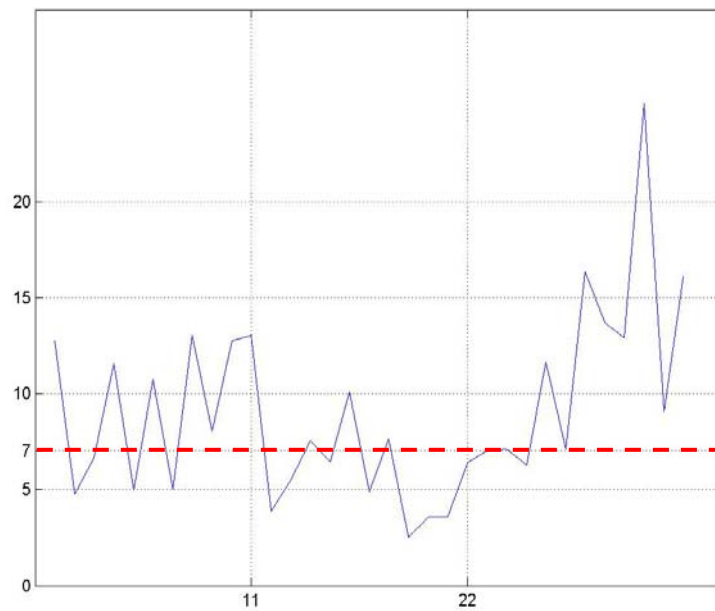
(b) PV 值分佈圖

圖 4.5 受測者 4：(a) PDV 值分佈圖(b) PV 值分佈圖

圖 4.6(a)和圖 4.6(b)分別為受測者 5 的 PDV 值與 PV 值分佈圖，其中 K2 值為 0.2，K1 值為 7。



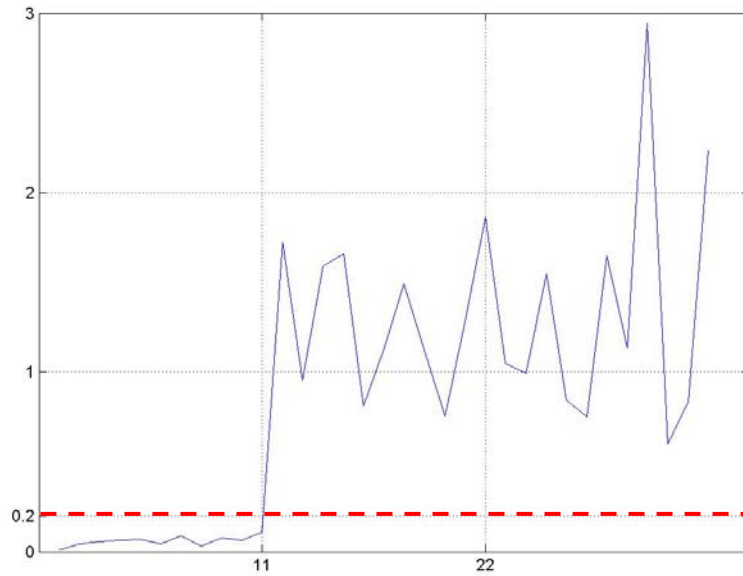
(a) PDV 值分佈圖



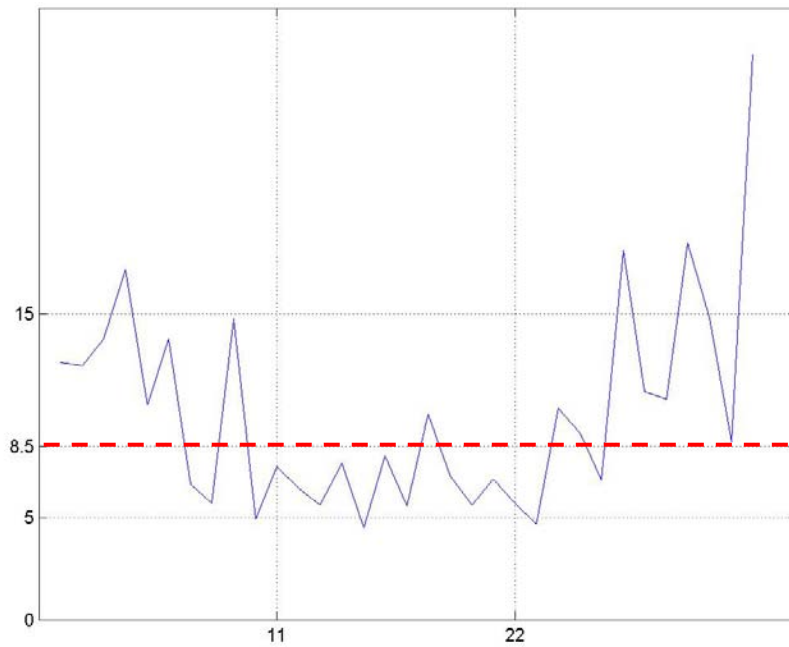
(b) PV 值分佈圖

圖 4.6 受測者 5：(a) PDV 值分佈圖(b) PV 值分佈圖

圖 4.7(a)和圖 4.7(b)分別為受測者 6 的 PDV 值與 PV 值分佈圖，其中 K2 值為 0.2，K1 值為 8.5。



(a) PDV 值分佈圖



(b) PV 值分佈圖

圖 4.7 受測者 6：(a) PDV 值分佈圖(b) PV 值分佈圖

4.3 實驗結果

在實驗的過程中，我們將每筆測試資料利用兩個特徵值將所得到的測試結果以兩個位元的方式記錄下來：若 PDV 值小於 K2，則高位元標記為” 1” ，反之則為” 0” ；假使 PV 值大於 K1，則低位元標記為” 1” ，反之則為” 0” ；故手臂慢速彎曲的正確標記為” 10” ，快速運動的正確標記為” 10” ，而一般速度彎曲運動的正確標記為” 00” ；藉由此方法我們可以方便確定分類的正確性。以下為六個受測者的受測結果。



		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
慢速	<i>PDV</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	<i>PV</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
中速	<i>PDV</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>PV</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
快速	<i>PDV</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	<i>PV</i>	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1

(a)受測者 1 受測結果

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
慢速	<i>PDV</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	<i>PV</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
中速	<i>PDV</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>PV</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
快速	<i>PDV</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>PV</i>	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1

(b)受測者 2 受測結果



		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
慢速	<i>PDV</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	<i>PV</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
中速	<i>PDV</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>PV</i>	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0
快速	<i>PDV</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>PV</i>	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1

(c)受測者 3 受測結果

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
慢 速	<i>PDV</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	<i>PV</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
中 速	<i>PDV</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>PV</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
快 速	<i>PDV</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>PV</i>	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1

(d)受測者4 受測結果



		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
慢 速	<i>PDV</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	<i>PV</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
中 速	<i>PDV</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>PV</i>	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
快 速	<i>PDV</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>PV</i>	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1

(e)受測者5 受測結果

		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
慢 速	<i>PDV</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	<i>PV</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
中 速	<i>PDV</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>PV</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
快 速	<i>PDV</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>PV</i>	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1

(f)受測者 6 受測結果

表 4-2 測試數據：(a)受測者 1 受測結果(b)受測者 2 受測結果(c)受測者 3 受測結果(d)受測者 4 受測結果(e)受測者 5 受測結果(f)受測者 6 受測結果



由受測結果。我們可以分別計算出分類器對六個受測者的辨識率：

	實驗 1	實驗 2	實驗 3	實驗 4	實驗 5	實驗 6
辨識率	96.97 %	87.879 %	87.879 %	90.909 %	87.879 %	90.909 %

表 4-3 分類器對六個受測者的辨識率

由實驗的測試結果，我們可以發現我們依據先前的肌電訊號分析結果所設計出來的分類器對於在不同速度下的手臂運動有不錯的辨識結果，另外我們可以發現經過 FastICA 處理後的微分頻譜變異數與頻譜變異數兩個特徵值又以微分頻譜變異數最為明顯，原因應該是由於肌肉在慢速彎曲的情況下與其它速度相比

較，肌肉變化的程度較為緩慢，又經由微分的運算後，其分析值更為接近於零，因而得到變化差異較小的實驗數據；而在快速彎曲運動的情況下，肌肉在短時間內收縮與伸張，使得訊號變化較大且不穩定；另外我們也發現受測者一與其它受測者相較下比較熟悉實驗中手臂彎曲的運動，所以也可以推論藉由實驗動作的練習，可以讓受測者習慣手臂彎曲運動的節奏而提高辨識率。

