

第四章

實驗結果與討論

4.1 實驗設計

在實驗中，我們使用的影像分為兩組，一組是西方印象派畫家的畫作，另一組則是受西方印象派影響的本土畫家畫作。兩組檔案的來源皆從相關網站蒐集。

西方印象派畫作的部分，我們從 <http://www.abcgallery.com> 及 <http://www.vangoghgallery.com> 蒐集高更(Paul Gauguin)、莫內(Claude Monet)、雷諾瓦(Pierre Auguste Renoir)、梵谷(Vincent Van Gogh)四人的畫作，經篩選之後，高更 126 幅、莫內 182 幅、雷諾瓦 154 幅、梵谷 201 幅，總共 663 幅畫作，畫面大小從 366x400 到 984x840 不等。

本土畫家畫作的部分，我們從行政院文建會的台灣網路美術館、台北美術館及台灣省立美術館等網站蒐集了六位台灣前輩畫家的畫。這六位畫家的畫作都有受到印象畫派的影響。其中陳澄波 43 幅、劉啟祥 54 幅、李梅樹 40 幅、楊三郎 38 幅、顏水龍 40 幅、李澤藩 41 幅。全部的畫作約 250 幅。畫作的大小約從 400x400 到 650x840 不等。

我們先將這些畫作的檔案格式從 JPG 轉換成 BMP，將 color space 從 RGB 轉成 HSV，而且進行降色，降色範圍為 128(H:S:V 為 8:4:4)、256(16:4:4)及 512(32:4:4)。最後再進行特徵萃取，所萃取的特徵有主要顏色、相鄰顏色與 MPEG-7 的 color structure descriptor、dominant color descriptor、scalable color descriptor 與 color layout descriptor。

接著我們分別對兩組畫作影像，利用 SFVS 及 MFVS classification 演算法，建出風格分類器。我們以準確率評估風格分類器的效果，所謂的準確率是畫被分類到正確的畫家那一類的比例，若 test set 中有 T 幅，而有 C 幅分類正確，則準確率就是 C/T。為了得到較合理的準確率，我們採取 five folder cross validation，將準確度加以平均。做法是實驗前將資料分成五組，每一次分類取四組當 training set，剩下的一組當 test set，一共進行五次分類的動作，再將五次的分類準確度加以平均。

4.2 實驗一：臺灣本土畫家畫風分類準確度

在本實驗中，我們對臺灣本土畫家進行兩人配對，分別對主要顏色、相鄰顏色與 MPEG-7 的 color structure descriptor、color layout descriptor、dominant color descriptor 與 scalable color descriptor 測試分類準確度。最後再利用 MFVS classifier 與 bagging classifier 測試分類準確度。

主要顏色

首先是以主要顏色為 feature 所建出來的 associative classifier，畫風分類準確度如表 4.1 所示。分類準確度大概在 60%到 78%之間。而且 minimum support 配對的規則並不明顯。分類效果最好的是李梅樹-楊三郎，minimum support 配對是 0.2 對 0.2。由畫風分析，兩人常用的色系較為不同。而楊三郎-顏水龍則是因為常用的色系較接近，因此分類效果較為不好。

表 4.1 臺灣本土畫家 associative classifier 的準確度(主要顏色)

畫家配對	主要顏色的 Support 配對		
	0.1-0.1	0.2-0.2	0.3-0.3
陳澄波-劉啟祥	69.01%	71.71%	70.71%
陳澄波-李梅樹	70.89%	69.00%	65.77%
陳澄波-楊三郎	67.02%	68.91%	66.91%
陳澄波-顏水龍	69.54%	71.51%	70.32%
陳澄波-李澤藩	62.00%	64.44%	67.41%
劉啟祥-李梅樹	63.58%	66.77%	67.46%
劉啟祥-楊三郎	70.39%	71.16%	69.04%
劉啟祥-顏水龍	70.25%	67.75%	65.38%
劉啟祥-李澤藩	67.46%	69.27%	68.51%
李梅樹-楊三郎	73.50%	78.62%	69.08%
李梅樹-顏水龍	71.97%	70.72%	69.16%
李梅樹-李澤藩	72.36%	72.22%	65.83%
楊三郎-顏水龍	61.67%	62.91%	60.69%
楊三郎-李澤藩	66.39%	63.89%	64.02%
顏水龍-李澤藩	61.67%	65.56%	63.19%

接著是以主要顏色為 feature 所建出來的 SFVS classifier，畫風分類準確度如表 4.2

所示。分類準確度大概在 63%到 78%之間，而且 minimum support 配對的規則多集中在 0.1 或 0.3 上。分類效果較 associative classifier 準確。

表 4.2 臺灣本土畫家 SFVS classifier 的準確度(主要顏色)

畫家配對	準確度	min_sup
陳澄波-劉啟祥	72.71%	0.3/0.2
陳澄波-李梅樹	72.77%	0.3/0.3
陳澄波-楊三郎	71.01%	0.3/0.2
陳澄波-顏水龍	74.25%	0.1/0.3
陳澄波-李澤藩	70.41%	0.1/0.2
劉啟祥-李梅樹	68.09%	0.2/0.3
劉啟祥-楊三郎	71.83%	0.2/0.3
劉啟祥-顏水龍	75.38%	0.3/0.3
劉啟祥-李澤藩	65.01%	0.1/0.3
李梅樹-楊三郎	78.62%	0.2/0.2
李梅樹-顏水龍	73.33%	0.1/0.2
李梅樹-李澤藩	75.83%	0.3/0.3
楊三郎-顏水龍	63.19%	0.3/0.2
楊三郎-李澤藩	66.39%	0.1/0.1
顏水龍-李澤藩	68.05%	0.2/0.1

表 4.3 臺灣本土畫家 associative classifier 的準確度(相鄰顏色)

畫家配對	相鄰顏色的 Support 配對		
	0.1-0.1	0.2-0.2	0.3-0.3
陳澄波-劉啟祥	71.82%	68.38%	62.79%
陳澄波-李梅樹	70.91%	71.52%	73.63%
陳澄波-楊三郎	69.05%	70.83%	58.72%
陳澄波-顏水龍	74.01%	73.00%	71.6%
陳澄波-李澤藩	71.56%	70.30%	55.69%
劉啟祥-李梅樹	60.49%	63.01%	61.07%
劉啟祥-楊三郎	65.28%	61.26%	59.89%
劉啟祥-顏水龍	69.01%	64.07%	61.15%
劉啟祥-李澤藩	69.28%	67.25%	66.39%
李梅樹-楊三郎	72.36%	72.00%	74.72%
李梅樹-顏水龍	68.33%	71.25%	68.75%
李梅樹-李澤藩	73.05%	67.78%	68.33%
楊三郎-顏水龍	61.37%	60.11%	62.69%
楊三郎-李澤藩	65.47%	68.19%	60.41%
顏水龍-李澤藩	55.83%	59.58%	56.44%

相鄰顏色

以相鄰顏色為 feature 所建出來的 associative classifier，畫風分類準確度如表 4.3 所示。分類準確度大概在 55%到 74%之間。而且相鄰顏色的 minimum support 配對的規則有愈低準確度愈高的趨勢。

接著是以相鄰顏色為 feature 所建出來的 SFVS classifier，畫風分類準確度如表 4.4 所示。分類準確度大概在 62%到 73%之間，而且 minimum support 配對的規則多集中在 0.1-0.1 上，與 associative classifier 相符。但因為自動選擇 minimum support 配對，分類效果較 associative classifier 準確。

表 4.4 臺灣本土畫家 SFVS classifier 的準確度(相鄰顏色)

畫家配對	準確度	min_sup
陳澄波-劉啟祥	71.82%	0.1/0.1
陳澄波-李梅樹	73.63%	0.3/0.3
陳澄波-楊三郎	70.83%	0.2/0.2
陳澄波-顏水龍	75.5%	0.3/0.1
陳澄波-李澤藩	71.56%	0.1/0.1
劉啟祥-李梅樹	63.83%	0.1/0.2
劉啟祥-楊三郎	67.46%	0.1/0.2
劉啟祥-顏水龍	71.15%	0.1/0.3
劉啟祥-李澤藩	69.28%	0.1/0.1
李梅樹-楊三郎	74.72%	0.3/0.3
李梅樹-顏水龍	71.25%	0.2/0.2
李梅樹-李澤藩	73.05%	0.1/0.1
楊三郎-顏水龍	62.69%	0.3/0.3
楊三郎-李澤藩	68.19%	0.2/0.2
顏水龍-李澤藩	64.44%	0.1/0.3

MPEG-7 Color Structure Descriptor

我們利用 C4.5 對 MPEG-7 的 color structure descriptor 建出 decision tree，其分類準確度如表 4.5 所示，準確度從 63%到 86%。分類效果最好的是李梅樹-顏水龍，代表他們用色的選擇，與顏色間的空間分佈有很大的不同。由作品來看，顏水龍喜歡以大色塊作畫，而李梅樹則喜歡以小區塊顏色的變換來凸顯光影。

表 4.5 臺灣本土畫家 Color Structure Descriptor 的準確度

畫家配對	Color Structure Descriptor
陳澄波-劉啟祥	73.12%
陳澄波-李梅樹	71.36%
陳澄波-楊三郎	74.78%
陳澄波-顏水龍	83.32%
陳澄波-李澤藩	78.30%
劉啟祥-李梅樹	78.42%
劉啟祥-楊三郎	78.60%
劉啟祥-顏水龍	80.38%
劉啟祥-李澤藩	83.72%
李梅樹-楊三郎	69.38%
李梅樹-顏水龍	86.90%
李梅樹-李澤藩	67.46%
楊三郎-顏水龍	63.00%
楊三郎-李澤藩	68.62%
顏水龍-李澤藩	72.94%

表 4.6 臺灣本土畫家 Dominant Color Descriptor 的準確度

畫家配對	Dominant Color Descriptor
陳澄波-劉啟祥	61.58%
陳澄波-李梅樹	53.26%
陳澄波-楊三郎	58.20%
陳澄波-顏水龍	65.56%
陳澄波-李澤藩	53.28%
劉啟祥-李梅樹	70.76%
劉啟祥-楊三郎	77.38%
劉啟祥-顏水龍	74.48%
劉啟祥-李澤藩	63.44%
李梅樹-楊三郎	81.16%
李梅樹-顏水龍	60.58%
李梅樹-李澤藩	52.42%
楊三郎-顏水龍	46.90%
楊三郎-李澤藩	56.82%
顏水龍-李澤藩	58.66%

MPEG-7 Dominant Color Descriptor

我們利用 C4.5 對 MPEG-7 的 dominant color descriptor 建出 decision tree，其

分類準確度如表 4.6 所示,準確度從 52%到 81%。效果最不好的一組是李梅樹-李澤藩,因為他們使用的 dominant color 的 spatial coherency 同樣分散,而且使用的面積比例也較為接近。

MPEG-7 Scalable Color Descriptor

Scalable color descriptor 的 decision tree,其分類準確度如表 4.7 所示,其準確度從 60%到 89%。其中李梅樹-顏水龍分的最好,他們用的顏色最不相近,而最顏色相近的則是楊三郎-李澤藩。

MPEG-7 Color Layout Descriptor

接下來是對各個畫家的畫作,先萃取 MPEG-7 color layout descriptor,再找出其 frequent 2D subsequence,並做為 feature 所分別建出來的 two-way SFVS classifier,準確度如表 4.8 所示。由實驗結果顯示,分類效果在 50%與 70%之間,表現不如以主要顏色或相鄰顏色為 feature 的分類器。其中分類效果最突出的是陳澄波-顏水龍。

表 4.7 臺灣本土畫家 Scalable Color Descriptor 的準確度

畫家配對	Scalable Color Descriptor
陳澄波-劉啟祥	66.08%
陳澄波-李梅樹	62.82%
陳澄波-楊三郎	71.48%
陳澄波-顏水龍	83.30%
陳澄波-李澤藩	77.32%
劉啟祥-李梅樹	67.12%
劉啟祥-楊三郎	76.84%
劉啟祥-顏水龍	74.48%
劉啟祥-李澤藩	76.00%
李梅樹-楊三郎	74.30%
李梅樹-顏水龍	89.42%
李梅樹-李澤藩	81.54%
楊三郎-顏水龍	68.96%
楊三郎-李澤藩	60.30%
顏水龍-李澤藩	76.68%

表 4.8 臺灣本土畫家的 SFVS classifier 準確度(MPEG-7 Color Layout Descriptor)

畫家配對	準確度	min_sup
陳澄波-劉啟祥	60.01%	0.3/0.2
陳澄波-李梅樹	50.45%	0.3/0.3
陳澄波-楊三郎	61.30%	0.3/0.2
陳澄波-顏水龍	70.00%	0.2/0.3
陳澄波-李澤藩	55.41%	0.2/0.3
劉啟祥-李梅樹	55.56%	0.2/0.3
劉啟祥-楊三郎	61.11%	0.2/0.3
劉啟祥-顏水龍	53.85%	0.3/0.3
劉啟祥-李澤藩	55.61%	0.1/0.3
李梅樹-楊三郎	58.72%	0.2/0.2
李梅樹-顏水龍	53.23%	0.1/0.2
李梅樹-李澤藩	55.83%	0.3/0.3
楊三郎-顏水龍	56.95%	0.3/0.2
楊三郎-李澤藩	55.56%	0.1/0.1
顏水龍-李澤藩	58.05%	0.2/0.1

表 4.9 臺灣本土畫家的 MFVS classifier 準確度 (主要顏色、相鄰顏色)

畫家配對	準確率	min_sup
陳澄波-劉啟祥	77.09%	0.1/0.2
陳澄波-李梅樹	79.11%	0.1/0.3
陳澄波-楊三郎	74.92%	0.3/0.2
陳澄波-顏水龍	79.40%	0.3/0.1
陳澄波-李澤藩	78.92%	0.3/0.1
劉啟祥-李梅樹	72.26%	0.3/0.3
劉啟祥-楊三郎	77.67%	0.3/0.1
劉啟祥-顏水龍	82.15%	0.2/0.3
劉啟祥-李澤藩	71.72%	0.1/0.1
李梅樹-楊三郎	83.47%	0.1/0.3
李梅樹-顏水龍	79.44%	0.2/0.3
李梅樹-李澤藩	78.47%	0.3/0.3
楊三郎-顏水龍	69.56%	0.2/0.2
楊三郎-李澤藩	75.14%	0.2/0.1
顏水龍-李澤藩	75.13%	0.3/0.3

MFVS

接下來我們利用 MFVS classification，以主要顏色、相鄰顏色為特徵建立分類器，其準確度如表 4.9 所示，其準確率從 69%到 83%之間。效果較 SFVS classifier 都有提昇。效果最好的一組是李梅樹-楊三郎，準確率有 83%。最不好的是楊三郎-顏水龍，準確率

才 69%。

MFVS (主要顏色、相鄰顏色、MPEG-7 Color Layout Descriptor)

本實驗是對各個畫家的畫作，以主要顏色、相鄰顏色以及從 MPEG-7 color layout descriptor 所找出的 frequent 2D subsequence 做為 feature 所分別建出來的 two-way MFVS classifier，準確度如表 4.10 所示，其中分類效果最佳的是李梅樹-顏水龍，其次是陳澄波-顏水龍與陳澄波-劉啟祥。由實驗結果顯示，分類效果在 72% 與 88% 之間。與單用主要顏色、相鄰顏色的 MFVS 分類器比較而言，分類效果小有成長 1~2 個百分點，其中成長最多的為陳澄波-劉啟祥，成長 10 個百分點。這是因為 frequent 2D subsequence 的分類強度不如主要顏色與相鄰顏色的關係。因此在所有建成的分類器中，絕大部分的分類規則都是屬於主要顏色與相鄰顏色，而只有一到二條分類規則是屬於 frequent 2D subsequence。

表 4.10 臺灣本土畫家的 MFVS classifier 準確度
(主要顏色、相鄰顏色、MPEG-7 Color Layout Descriptor)

畫家配對	準確度	min_sup
陳澄波-劉啟祥	87.31%	0.3/0.2
陳澄波-李梅樹	79.45%	0.2/0.2
陳澄波-楊三郎	74.89%	0.2/0.3
陳澄波-顏水龍	88.75%	0.2/0.2
陳澄波-李澤藩	78.94%	0.3/0.3
劉啟祥-李梅樹	72.68%	0.3/0.2
劉啟祥-楊三郎	77.87%	0.2/0.2
劉啟祥-顏水龍	83.66%	0.3/0.3
劉啟祥-李澤藩	77.35%	0.3/0.3
李梅樹-楊三郎	83.65%	0.3/0.3
李梅樹-顏水龍	88.89%	0.3/0.3
李梅樹-李澤藩	79.11%	0.2/0.2
楊三郎-顏水龍	69.62%	0.2/0.2
楊三郎-李澤藩	75.21%	0.3/0.3
顏水龍-李澤藩	82.64%	0.2/0.2

MFVS (主要顏色、相鄰顏色、MPEG-7 Color Layout Descriptor、Color Structure Descriptor、Dominant Color Descriptor、Scalable Color Descriptor)

本實驗是對各個畫家的畫作，以主要顏色、相鄰顏色以及從 MPEG-7 color layout descriptor 所找出的 frequent 2D subsequence，再加上從 MPEG-7 color structure descriptor、dominant color descriptor、scalable color descriptor 之中以 C4.5 所建立的 decision tree 做為 feature 所分別建出來的 two-way MFVS classifier，準確度如表 4.11 所示，其中分類效果最佳的是李梅樹-顏水龍，其次是陳澄波-顏水龍。由實驗結果顯示，分類效果在 74%與 94%之間。與用主要顏色、相鄰顏色及 MPEG-7 color layout descriptor 的 MFVS 分類器比較而言，分類效果小有成長 1 個百分點，並無顯著的成長。這是因為以 C4.5 所建成的 decision tree 的分類強度又更不如主要顏色與相鄰顏色及 MPEG-7 color layout descriptor 的關係。

表 4.11 臺灣本土畫家的 MFVS classifier 準確度
(主要顏色、相鄰顏色、MPEG-7 Color Layout Descriptor、Color Structure Descriptor、Dominant Color Descriptor、Scalable Color Descriptor)

畫家配對	準確度	min_sup
陳澄波-劉啟祥	87.31%	0.3/0.2
陳澄波-李梅樹	79.89%	0.2/0.3
陳澄波-楊三郎	75.08%	0.2/0.3
陳澄波-顏水龍	93.75%	0.2/0.2
陳澄波-李澤藩	89.45%	0.2/0.2
劉啟祥-李梅樹	74.53%	0.3/0.3
劉啟祥-楊三郎	78.09%	0.2/0.2
劉啟祥-顏水龍	89.91%	0.2/0.3
劉啟祥-李澤藩	81.20%	0.2/0.2
李梅樹-楊三郎	84.23%	0.2/0.2
李梅樹-顏水龍	94.45%	0.2/0.3
李梅樹-李澤藩	79.23%	0.3/0.3
楊三郎-顏水龍	74.59%	0.2/0.2
楊三郎-李澤藩	76.12%	0.3/0.3
顏水龍-李澤藩	88.89%	0.2/0.2

表 4.12 臺灣本土畫家的 bagging classifier 準確率

畫家配對	1	2	3	4	5	平均
陳澄波-劉啟祥	95.00%	86.15%	87.50%	81.66%	91.66%	88.39%
陳澄波-李梅樹	94.44%	83.33%	78.33%	88.88%	99.00%	88.79%
陳澄波-楊三郎	95.00%	99.00%	95.00%	90.00%	95.00%	94.80%
陳澄波-顏水龍	99.00%	99.00%	99.00%	85.00%	99.00%	96.20%
陳澄波-李澤藩	99.00%	94.44%	99.00%	90.00%	99.00%	96.28%
劉啟祥-李梅樹	83.33%	99.00%	94.44%	94.44%	87.50%	91.94%
劉啟祥-楊三郎	94.44%	99.00%	99.00%	87.50%	87.50%	93.48%
劉啟祥-顏水龍	99.00%	92.30%	99.00%	99.00%	99.00%	97.66%
劉啟祥-李澤藩	99.00%	94.44%	99.00%	93.75%	99.00%	97.03%
李梅樹-楊三郎	99.00%	99.00%	88.88%	94.44%	99.00%	96.06%
李梅樹-顏水龍	99.00%	99.00%	99.00%	94.44%	99.00%	98.08%
李梅樹-李澤藩	99.00%	88.88%	99.00%	99.00%	99.00%	96.97%
楊三郎-顏水龍	93.75%	93.75%	99.00%	99.00%	93.75%	95.85%
楊三郎-李澤藩	88.88%	99.00%	99.00%	99.00%	99.00%	96.97%
顏水龍-李澤藩	99.00%	94.44%	99.00%	93.75%	99.00%	97.03%

Bagging Classifier

接下來我們利用 five-fold cross validation 過程中所產生的 5 個 MFVS classifier，建立 bagging classifier，再對 5 組 test set 做分類，其各別分類正確率與平均正確率如表 4.12 所示，正確率從 88%到 98%，效果比 MFVS 更好。由實驗中我們發現陳澄波與劉啟祥、李梅樹二人間的準確率較其他人的低，原因可能是因為這三人都常用 H45、H135、H315 的色系的顏色或者是相鄰顏色中常用 S:[25~75]，V:[25~75]間組合成的關係，例如 < S25V25 . S25V25 > 到 < S50V50 . S50V50 >。

Multi-way classifier

最後，我們還建立 multi-way 的分類器，包括三人及六人的分類器，以下是各種組合的平均正確率，如表 4.13 所示。由數據可以看到最後所建立的 six-way 分類器的正確率還有 65%。

表 4.13 臺灣本土畫家的 multi-way classifier 準確率

	Two-way	Three-way	Six-way
平均準確率	95.03%	89.02%	65.09%

4.3 實驗二：印象派畫家畫風分類準確度

同樣的，在本實驗中，我們對印象派畫家進行兩人配對，分別對主要顏色、相鄰顏色與 MPEG-7 的 color layout descriptor, color structure descriptor, dominant color descriptor 與 scalable color descriptor 測試分類準確度。最後再利用 MFVS classifier 與 bagging classifier 測試分類準確度。

主要顏色

首先是各組利用主要顏色為 feature 所建出來的 two-way associative classifier，準確度如表 4.14 所示，分類準確度大概在 68%到 88%之間。印象派畫家的主要顏色 support 配對有愈低，準確度愈高的趨勢。分類效果最好的是高更與梵谷。

表 4.14 印象派畫家 associative classifier 的準確度(主要顏色)

畫家配對	主要顏色的 Support 配對		
	0.1-0.1	0.2-0.2	0.3-0.3
高更-莫內	78.56%	68.93%	78.73%
高更-雷諾瓦	83.46%	80.07%	78.70%
高更-梵谷	87.02%	82.92%	86.29%
莫內-雷諾瓦	82.91%	77.70%	76.94%
莫內-梵谷	81.42%	87.12%	72.39%
雷諾瓦-梵谷	83.88%	83.74%	82.41%

接著是以主要顏色為 feature 所建出來的 SFVS classifier,畫風分類準確度如表 4.15 所示。分類準確度大概在 74%到 88%之間。分類效果較 associative classifier 準確。

表 4.15 印象派畫家 SFVS classifier 的準確度(主要顏色)

畫家配對	準確度	min_sup
高更-莫內	79.17%	0.3/0.1
高更-雷諾瓦	83.46%	0.1/0.1
高更-梵谷	87.02%	0.1/0.1
莫內-雷諾瓦	82.91%	0.1/0.1
莫內-梵谷	87.12%	0.2/0.2
雷諾瓦-梵谷	87.23%	0.2/0.3

相鄰顏色

以相鄰顏色為 feature 所建出來的 associative classifier，畫風分類準確度如表 4.16

所示。分類準確度大概在 56%到 88%之間。而且相鄰顏色的 minimum support 配對的規則有愈高準確度愈高的趨勢。

接著是以相鄰顏色為 feature 所建出來的 SFVS classifier, 畫風分類準確度如表 4.17 所示。分類準確度大概在 68%到 78%之間但因為自動選擇 minimum support 配對, 分類效果較 associative classifier 準確。

表 4.16 印象派畫家 associative classifier 的準確度(相鄰顏色)

畫家配對	相鄰顏色的 Support 配對		
	0.1-0.1	0.2-0.2	0.3-0.3
高更-莫內	76.01%	71.59%	72.34%
高更-雷諾瓦	68.38%	70.14%	72.59%
高更-梵谷	87.09%	88.63%	83.27%
莫內-雷諾瓦	66.89%	67.12%	68.50%
莫內-梵谷	76.96%	79.26%	76.98%
雷諾瓦-梵谷	81.00%	82.13%	85.40%

表 4.17 印象派畫家 SFVS classifier 的準確度(相鄰顏色)

畫家配對	準確度	min_sup
高更-莫內	79.17%	0.3/0.1
高更-雷諾瓦	74.60%	0.3/0.2
高更-梵谷	88.63%	0.2/0.2
莫內-雷諾瓦	68.50%	0.3/0.3
莫內-梵谷	84.66%	0.1/0.2
雷諾瓦-梵谷	87.23%	0.2/0.3

表 4.18 印象派畫家 Color Structure Descriptor 的準確度

畫家配對	Color Structure Descriptor
高更-莫內	77.24%
高更-雷諾瓦	66.86%
高更-梵谷	86.54%
莫內-雷諾瓦	70.34%
莫內-梵谷	88.20%
雷諾瓦-梵谷	87.78%

MPEG-7 Color Structure Descriptor

我們利用 C4.5 對 MPEG-7 的 color structure descriptor 建出 decision tree, 其分類準

確度如表 4.18 所示，準確度從 66%到 88%。分類效果最好的是莫內-梵谷，代表他們用色的選擇，與顏色間的空間分佈有很大的不同。

MPEG-7 Dominant Color Descriptor

我們利用 C4.5 對 MPEG-7 的 dominant color structure 建出 decision tree，其分類準確度如表 4.19 所示，準確度從 53%到 71%。分類效果最好的是雷諾瓦-梵谷，其次是高更-梵谷，與表 4.14 中主要顏色的效果差不多。

表 4.19 印象派畫家 Dominant Color Descriptor 準確度

畫家配對	Dominant Color Descriptor
高更-莫內	62.32%
高更-雷諾瓦	59.34%
高更-梵谷	66.28%
莫內-雷諾瓦	53.02%
莫內-梵谷	64.66%
雷諾瓦-梵谷	71.02%

MPEG-7 Scalable Color Descriptor

我們利用 C4.5 對 MPEG-7 的 scalable color structure 建出 decision tree，其分類準確度如表 4.20 所示，準確度從 66%到 92%。分類效果最好的是高更-梵谷，其次是雷諾瓦-梵谷。

表 4.20 印象派畫家 Scalable Color Descriptor 準確度

畫家配對	Scalable Color Descriptor
高更-莫內	73.06%
高更-雷諾瓦	72.70%
高更-梵谷	92.92%
莫內-雷諾瓦	66.72%
莫內-梵谷	84.54%
雷諾瓦-梵谷	89.78%

MPEG-7 Color Layout Descriptor

接下來是對各個畫家的畫作，先萃取 MPEG-7 color layout descriptor，再找出其

frequent 2D subsequence，並做為 feature 所分別建出來的 two-way SFVS classifier，準確度如表 4.21 所示。由實驗結果顯示，分類效果在 59%與 70%之間，表現不如以主要顏色或相鄰顏色為 feature 的分類器。其中分類效果最佳的是莫內-梵谷，其次是莫內-雷諾瓦。

表 4.21 印象派畫家的 SFVS classifier 準確度(MPEG-7 Color Layout Descriptor)

畫家配對	SFVS	
	準確率	Min_sup
高更-莫內	59.31%	0.2/0.3
高更-雷諾瓦	61.85%	0.2/0.3
高更-梵谷	67.98%	0.2/0.3
莫內-雷諾瓦	68.14%	0.3/0.2
莫內-梵谷	70.95%	0.3/0.3
雷諾瓦-梵谷	66.78%	0.2/0.3

MFVS

接下來是各組利用主要顏色、相鄰顏色為 feature 所分別建出來的 two-way MFVS classifier，準確度如表 4.22 所示。由實驗結果顯示，利用 MFVS classification 建出的 classifier 在準確度上提昇了。分類效果從 83.64%到 90%，效果最佳的是雷諾瓦-梵谷，其次是高更-梵谷。

表 4.22 印象派畫家的 MFVS classifier 準確度(主要顏色、相鄰顏色)

畫家配對	MFVS	
	準確率	Min_sup
高更-莫內	89.30%	0.3/0.1
高更-雷諾瓦	87.69%	0.2/0.3
高更-梵谷	89.73%	0.1/0.1
莫內-雷諾瓦	83.64%	0.2/0.3
莫內-梵谷	89.79%	0.1/0.3
雷諾瓦-梵谷	90.83%	0.2/0.2

MFVS (主要顏色、相鄰顏色、MPEG-7 Color Layout Descriptor)

本實驗是對各個畫家的畫作，以主要顏色、相鄰顏色以及從 MPEG-7 color layout descriptor 所找出的 frequent 2D subsequence 做為 feature 所分別建出來的 two-way MFVS classifier，準確度如表 4.23 所示，其中分類效果最佳的是高更-梵谷，其次是雷諾瓦-梵

谷。由實驗結果顯示，分類效果在 83%與 91%之間。與單用主要顏色、相鄰顏色的 MFVS 分類器比較而言，分類效果小有成長 1~2 個百分點，其中成長最多的為高更-梵谷，成長 2 個百分點。這是因為 frequent 2D subsequence 的分類強度不如主要顏色與相鄰顏色的關係。因此在所有建成的分類器中，絕大部分的分類規則都是屬於主要顏色與相鄰顏色，而只有一到二條分類規則是屬於 frequent 2D subsequence。

MFVS (主要顏色、相鄰顏色、MPEG-7 Color Layout Descriptor、Color Structure Descriptor、Dominant Color Descriptor、Scalable Color Descriptor)

本實驗是對各個畫家的畫作，以主要顏色、相鄰顏色以及從 MPEG-7 color layout descriptor 所找出的 frequent 2D Substring，再加上從 MPEG-7 color structure descriptor、dominant color descriptor、scalable color descriptor 之中以 C4.5 所建立的 decision tree 做為 feature 所分別建出來的 two-way MFVS classifier，準確度如表 4.24 所示，其中分類效果最佳的是雷諾瓦-梵谷，其次是高更-梵谷。由實驗結果顯示，分類效果在 84%與 93%之間。與用主要顏色、相鄰顏色及 MPEG-7 color layout descriptor 的 MFVS 分類器比較而言，分類效果小有成長 1 個百分點，並無顯著的成長。這是因為以 C4.5 所建成的 decision tree 的分類強度又更不如主要顏色與相鄰顏色及 MPEG-7 color layout descriptor 的關係。

Bagging Classifier

在做完 five-fold cross validation 的 MFVS 後，我們利用所建出來的 5 個 MFVS classifier，建成 bagging classifier，並且分別對 5 個 test set 做分類。得出來的 5 次正確率，以及平均準確率，如所表 4.25 所示。莫內、高更、雷諾瓦間的準確率較其他人的低，因為高更、雷諾瓦常用 H45 且 S:[50~00]，V:[50~00]間組合成的關係，例如 <H45S50V50，H45S50V50> 到 <H45S75V75，H45S75V75> 的橘黃色相鄰組合。而莫內常用的顏色組合則是不限定色系的 <S50V50，S50V50> 到 <S75V75，S75V75>。

Multi-way classifier

最後，我們還建立印象派畫家的 multi-way 分類器，包括三人及四人的分類器，以下是各種組合的平均正確率，如所表 4.26 所示。由數據可以看到最後所建立的 four-way 分類器的正確率還有 75%。

表 4.23 印象派畫家的 MFVS classifier 準確度
(主要顏色、相鄰顏色、MPEG-7 Color Layout Descriptor、Color Structure Descriptor、Dominant Color Descriptor、Scalable Color Descriptor)

畫家配對	MFVS	
	準確率	Min_sup
高更-莫內	89.34%	0.2/0.2
高更-雷諾瓦	88.02%	0.2/0.2
高更-梵谷	92.41%	0.3/0.3
莫內-雷諾瓦	83.71%	0.2/0.3
莫內-梵谷	89.84%	0.3/0.3
雷諾瓦-梵谷	91.78%	0.3/0.3

表 4.24 印象派畫家的 MFVS classifier 準確度
(主要顏色、相鄰顏色、MPEG-7 Color Layout Descriptor)

畫家配對	MFVS	
	準確率	Min_sup
高更-莫內	89.80%	0.2/0.2
高更-雷諾瓦	88.94%	0.2/0.2
高更-梵谷	93.08%	0.3/0.3
莫內-雷諾瓦	83.99%	0.2/0.3
莫內-梵谷	90.74%	0.3/0.3
雷諾瓦-梵谷	93.39%	0.3/0.3

表 4. 25 印象派畫家的 bagging classifier 準確率

畫家配對	高更- 莫內	高更- 雷諾瓦	高更- 梵谷	莫內- 雷諾瓦	莫內- 梵谷	雷諾瓦- 梵谷
1	90.38%	78.84%	98.07%	89.49%	98.64%	96.77%
2	88.00%	92.38%	99.00%	84.08%	94.69%	98.38%
3	88.00%	90.00%	94.00%	83.33%	97%	98.75%
4	94.00%	84.33%	96.00%	80.27%	96.25%	93.75%
5	92.60%	88.33%	98.00%	91.10%	94.72%	99.00%
平均	90.60%	86.78%	97.215%	85.6%	96.36%	97.53%

表 4.26 印象派畫家的 multi-way classifier 準確率

	Two-way	Three-way	Four-way
平均準確率	92.35%	83.21%	75.14%

4.4 討論

我們探勘出來的畫家的風格如下。臺灣畫家的部分，楊三郎好用高亮度，高彩度的顏色，使用的色系較富變化，包括 H225 的藍色，H45 的橘黃，H315 的桃紅色。而一般畫評家對楊三郎的評論則是：『色彩鮮麗多變，帶有濃厚之法國印象派情調』。

劉啟祥顏色色系較統一，偏好一起使用低亮度或低彩度的 H45 橘黃與 H135 綠色。而畫評家一般認為劉啟祥的畫風有：「色澤淡雅、清新」；「畫風靜謐優雅，用色單純而色感雋永」；「偏愛樸素色彩」。

陳澄波則偏好使用中間彩度（S25~S75）與中間亮度（V25~V75）一起出現的顏色組合。此外在空間關係上喜歡使用紅色（H0）與紅磚色（H22）相鄰，或者使用紅色（H0）與橘黃色相鄰（H45）的相鄰搭配。而一般畫評家認為陳澄波：「表現色彩強烈的台灣特色」；「用色大膽」；「自由奔放」。

顏水龍常用單一色系間的低亮度且低彩度之色彩組合，這些色系包括 H90 的藍色，H225 的綠色或 H270 的紫色的。而一般畫評家認為顏水龍：「常大膽採用橙藍強烈對比」；「色調陰沈晦澀，摻雜大量的灰色」。

李澤藩常用單一色系間的中間部分的彩度（S25~S75）且低亮度（V0~V49）的色彩搭配。在色系方面常用 H180 的青色，與 H225 的藍色以及 H22 的橘色。而一般畫評家認為李澤藩：「用色豔麗、濃厚」。

李梅樹在空間關係上喜歡用紅色系明（V50~V100）與紅色系暗（V50~V100）相鄰。除此之外，李梅樹也常一起使用 H45 的橘黃，H315 的紫色。而一般畫評家認為李梅樹：「畫風細膩」；「明亮華麗」。

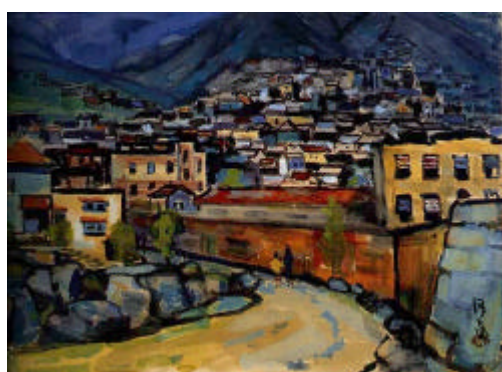
由以上可知，畫風探勘的結果與我們搜集有關這六位前輩畫家風格的評論大致符合。圖 4.1 的(a)是李澤藩的原畫，畫於 1960 年的「九份」。(b)是原畫降色成 256 色之後，(c)則是分別取出符合其畫風的部分，顏色面積佔了畫面大部分。(d)則是我們所探勘出來屬於李澤藩主要顏色的畫風的顏色，分別是(247, *, 25)、(*, 25, 25)與(22, *, *)。

關於西方印象畫派的部分。從實驗結果得知，高更喜歡使用高反差的相鄰顏色，例如(*, 75, 50)與(*, 25, 25)相鄰、(*, 75, 50)與(*, 25, 50)相鄰以及(*, 75, 75)與(*, 25, 0)相鄰。另外，高更也喜歡(0, *, 0)這種低亮度的紅色，或是(45, *, 50)這種中亮度的橘黃色，搭配(225, *, 25)的低亮度的藍色。而我們搜集到的評論有：高更「喜歡並用紅色與橘紅色、藍色與綠色」，「畫作色調陰沈」。

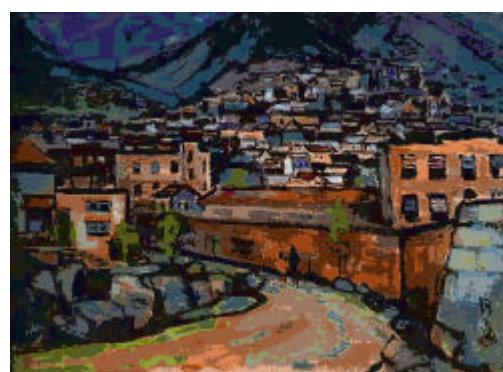
畫家莫內，則喜歡使用以下四個種類的顏色搭配： $(*, 0, 75)$ ， $(*, 25, 25)$ ， $(*, 25, 50)$ 與 $(*, 0, 50)$ 來表現光影。此外，莫內還特別喜歡使用 H270 的紫色。相鄰顏色方面，莫內喜歡使用特定的顏色，例如 $(135, 0, 75)$ 與 $(90, 0, 75)$ 相鄰， $(225, 0, 50)$ 與 $(45, 0, 75)$ 相鄰。而一般畫評家認為莫內：「畫出不同的光景與氣氛，顯出光與色的高明度及鮮明感」；「交織成光與色彩的華麗交響詩」。

雷諾瓦則是常用 H00 的紅色系，與 H45 的橘色系，這兩個顏色的搭配經常反應在主要顏色與相鄰顏色上，包括： $(0, 50, 25)$ 與 $(0, 25, 75)$ 相鄰且 $(0, 50, 50)$ 與 $(0, 25, 25)$ 相鄰。或是 $(45, 25, 75)$ 與 $(45, *, 75)$ 相鄰且 $(45, 75, *)$ 與 $(45, *, 50)$ 相鄰。而我們搜集到雷諾瓦的評論有：「顏色的反差很強」，「以橘黃、紅為主色的畫面，氣氛悠閒而華麗」。

梵谷的用色相較之下就顯得多變，包括 H00 的紅色，H45 的橘色，H90 的藍色，H135 的靛色，H180 的青色都在畫作中強烈的出現，而且時常使用變化的彩度，固定亮度的顏色，如 $(0, *, 75)$ 搭配 $(45, *, 25)$ 。而實驗顯示梵谷的另一個風格則是不常用相鄰顏色。畫評家認為梵谷：「明快筆觸，拋棄傳統昏暗色彩」；「利用明亮印象派調色法」。



(a)



(b)



(c)

$(247, *, 25)$



$(*, 25, 25)$



$(22, *, *)$



(d)

圖 4.1 (a)李澤藩原畫，九份 1960。(b)降色後的影像 (c)影像中符合畫風的部分 (d)其畫風的顏色表。