

一個用於影像資料庫的改良式相似性影像檢索- 基於 SRG

簡永仁
靜宜大學資訊管理研究所
暨資訊管理系副教授
yr.jean@pu.edu.tw

王品翰
靜宜大學
資訊管理所
g9871012@pu.edu.tw

摘要

近年來由於多媒體技術與圖片應用的蓬勃發展，人們對於圖片儲存以及如何搜尋自己想要的圖片的需求大幅上升，所以影像資料庫系統(Image Database System)成為一個非常重要的議題。其中有種架構使用了標籤有向圖(Spatial Relation Graph, SRG)來表示影像中所有的物件，以及它們之間的空間關係。在此架構中，並不使用會造成字串表示法過於冗長的切割機制(Cutting Mechanism)以及非常繁雜的空間運算子(Spatial Operator)，因此相較於其他現行的空間知識表示法，此架構具有更快的影像檢索速度。然而我們發現使用此架構可能會得到不準確的相似度(Similarity Degree)。為了改進其缺點，我們提出了一個新的空間知識表示法 SRG^+ 。我們將影像中每一對物件之間的距離資訊加入相似度計算公式中，來讓我們的表示法 SRG^+ 擁有更理想的影像檢索結果。

關鍵詞：空間知識表示法、標籤有向圖、相似性檢索、空間關係

Abstract

In recent years, the image information systems become an important research topic. Because of multimedia technologies and application of pictures growing rapidly, the demands of image store and search greatly increase. Hence, there are many new researches proposed in the field of spatial knowledge representation. SRG (spatial relation graph) is different from the past representations, and it is a graph-based model which represents a symbolic picture without cutting mechanism and very complex operations. However, we discover

that SRG has inaccurate similarity retrieval results in some situations. This is due to the fact that SRG ignores the distance information between two objects in an image. The major objective of this research focuses on the improvement of the spatial relation graph of the previous approach. In order to increase the accuracy of similarity retrieval, we are going to propose a more complete spatial relation graph by adding the distance information. We also want to let users have more choices in similarity retrieval, so we will design multi-level similarity criteria. Using our new strategy, we can make more accurate similarity evaluations to help similarity retrieval to get more precise results for QPE method in image databases.

Keywords : spatial knowledge representation, Spatial Relation Graph, similarity retrieval, spatial relationship

1. 前言

近年來多媒體與無線網路的技術有了急遽的進步，所以人們不管何時何地想要拍照或者上傳相片都變得十分便利。因此影像資料庫的儲藏量也大量增加。而如何在有這麼龐大數量圖片的影像資料庫中，又快又精確的找出自己想要的圖片，就變成了一個非常重要議題。之前人們都是使用人工的方式，幫那些在影像資料庫中的圖片加上註解，然而這種方法卻會耗費大量的時間以及人力。由於人們對於圖片意義都具有其主觀意識，所以會造成同一張圖片會出現好幾種不同的註解。為了解決上述問題，以影像內容為基礎的搜尋

檢索技術 (Content-Based Image Retrieval, CBIR)因應而生。

為了確認圖片中的物件位置[1]，CBIR系統需要半自動化的預先處理那些圖片。符號圖片(Symbolic Picture)是指一張圖片中的所有物件都已經被識別出來，並用如字母的符號標示。符號圖片比起原始的pixel-level圖片具有更好的儲存效率[2]。在圖1中， f_1 是 p 的符號圖片，而且 f_1 有五個被識別出的物件。CBIR檢索機制是由影像中擷取特徵，如顏色(color)[3]、紋理(textural)[4]跟空間關係(spatial relationships)[5]，而我們的相似性影像檢索方法主要是基於以物件空間關係為基礎的影像表示法。關於空間關係的研究，張系國教授等人首先提出了2D string [6]，此表示法使用字串比對的方法來進行相似性影像檢索，並且為未來的影像資料庫開啟了一道大門。爾後許多學者前仆後繼的投入此領域，並以2D string為基礎延伸，發展出2D B-string [7]、2D G-string [8, 9]、2D C-string [10, 11]、2D C+-string [12]、2D Be-string [13, 14]以及2D Z-string [15]...等表示法。上述之空間知識表示法皆使用字串來表示影像中物件之間的空間關係，並且使用切割機制來處理物件重疊(overlap)的空間關係，但切割機制會造成字串表示法過於冗長的情況。因此徐俊傑教授以及謝樹明博士提出了一個以標籤有向圖(Spatial Relation Graph, SRG)為空間關係表示法的架構 [16]，此架構使用SRG來表示影像中所有的物件，以及它們之間的空間關係。SRG比起其他現行的空間知識表示法，可更直覺的表示出物件間的關係，並且不需要繁雜的空間運算子，因此SRG具有更佳的影像檢索效率。然而我們發現此架構中的SRG卻忽略了影像中物件之間的距離資訊，因此當使用者進行相似性影像檢索時，可能會得到不準確的相似度。

此篇研究中，我們提出一個基於SRG而改進的空間知識表示法，並將其命名為SRG⁺。我們將距離資訊加入影像中每一對物件之間的空間關係中，並且提供多階層相似性準則(Multi-level Similarity Criterion)。因此我們的改進方法不但具有更理想的相似性影像檢索結果，而且更加貼近使用者的需求。

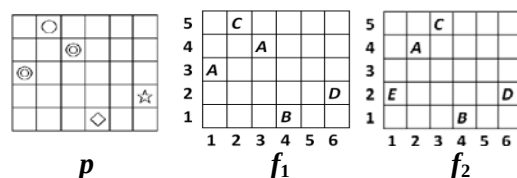


圖 1 p 為原始圖片， f_1 為原始圖片 p 的符號圖片， f_2 為另一張符號圖片。

2. 文獻探討

徐俊傑教授以及謝樹明博士 2007 年時提出了一種可以進行圖形比對(Graph Matching)以及相似性影像檢索(Similarity Image Retrieval)的架構，此架構使用了標籤有向圖(Spatial Relation Graph, SRG)來表示影像中所有的物件，以及它們之間的空間關係。此架構的做法是把兩張欲比較之影像轉換成各自的 SRG，並且建構其最大共同子圖(Maximal Common Subgraph, MCS)，接著使用相似度計算公式，進而得到兩張比較影像的相似度。接下來會介紹整個架構的相似性影像檢索程序。

在此架構中，一張符號圖片被表示成一個 SRG。並且在 SRG 中，使用標籤化的頂點(vertex)來表示影像中的物件，而物件之間的空間關係則是用標籤化的有向線(arc)來表示。下列有五個 SRG 的有向線符號，分別為 S (south)、SW (south-west)、W (west)、NW (north-south) 以及 I (identical)。其中 I 表示兩個物件之間的空間關係為在同一位置。在圖 2 中的 G_1 是圖 1 中 f_1 的 SRG，而圖 2 中的 G_2 是圖 1 中 f_2 的 SRG。由於圖 1 中的符號圖片 f_2 有五個物件，所以其位於圖 2 中的 SRG，即 G_2 也有五個頂點。當一張符號圖片中出現兩個物件具有一樣的符號時，就會在其 SRG 中出現頂點使用有向線符號指向自己的情況，此情況稱為 self-loop，且此頂點代表著一個頂點(vertex)以及一個嵌入頂點(embedded vertex)。舉例來說，在圖 2 中的 G_1 ，其頂點 A 使用有向線符號 SW 指向它自己的情況即為 self-loop，且此頂點代表著一個頂點 A 以及一個嵌入頂點 A。這表示其符號圖片中有兩個物件具有相同的符號 A，而其中一個物件 A 是位於另一個物件 A 的西南方。

在 SRG 中若要計算兩張比較圖片的相似度(Similarity Degree)時，必須先求出

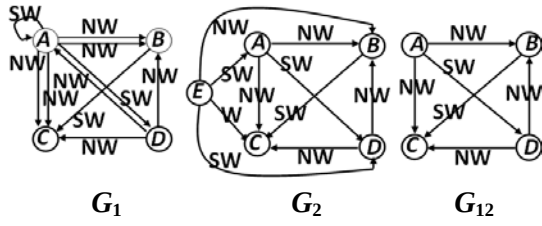


圖 2 G_1 為圖 1 中 f_1 的 SRG, G_2 為圖 1 中 f_2 的 SRG, G_{12} 為 G_1 和 G_2 的最大共同子圖。

各自 SRG 的尺寸以及其最大共同子圖的尺寸。尺寸(size)是頂點(vertex)數量、有向線(arc)數量以及嵌入頂點(embedded vertex)數量加總起來得到的數值。以圖 2 中的 G_1 為例, 其尺寸為 4 個頂點加上 10 條有向線以及 1 個嵌入頂點, 所以其尺寸為 15。最大共同子圖 (Maximal Common Subgraph, MCS) 是將兩張比較圖片的 SRG 做交集 (取其共同擁有的頂點以及有向線), 並產生出一個新的 SRG, 此 SRG 即為兩張比較圖片的最大共同子圖。而在獲得最大共同子圖之後, 便可計算其尺寸以及藉由相似度公式(1)來得到其相似度。

$$\text{sim}(G_1, G_2) = \frac{|G_{12}|}{|G_1| + |G_2| - |G_{12}|} \quad (1)$$

在 SRG 中, $|G_1|$ 代表 G_1 的尺寸, 而 $|G_2|$ 代表 G_2 的尺寸。 $|G_{12}|$ 是 G_1 和 G_2 之最大共同子圖 G_{12} 的尺寸。在圖 2 中 G_1 和 G_2 的尺寸皆為 15, 而他們的最大共同子圖的尺寸為 10, 所以 G_1 和 G_2 的相似度為 $\text{sim}(G_1, G_2) = 10 / (15 + 15 - 10) = 0.5$ 。

SRG 不同於以往的字串表示法, 它更能更直覺的描述圖形中的空間關係, 而且具有更佳的檢索品質。然而我們發現 SRG 在某些情況下, 會出現不精確的相似度。在圖 3 中的 f_1 比起 f_2 而言更相似於 f_Q , 但使用原始的相似度計算方式, 卻會出現相同的相似度。我們計算在圖 4 中 G_Q 、 G_1 和 G_2 的尺寸, 以及計算圖 5 中 G_{Q1} 和 G_{Q2} 的尺寸, 並且使用相似度計算公式(1)得到 $\text{sim}(f_Q, f_1) = 10 / (10 + 15 - 10) = 0.66$ 和 $\text{sim}(f_Q, f_2) = 10 / (10 + 15 - 10) = 0.66$ 。

由於 SRG 忽略了圖形中每一對物件之間的距離資訊, 所以才會造成上述明明是不一樣的圖形, 卻會出現一樣相似度的情況。使用者可能因此在進行相似性影像檢索時, 會得不到理想的影像檢索結果, 所以此缺點必須加以改進。

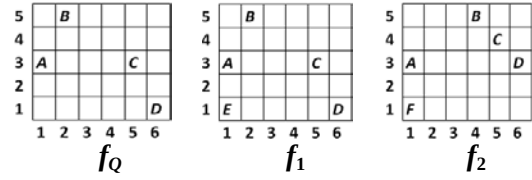


圖 3 三張符號圖片(symbolic picture)

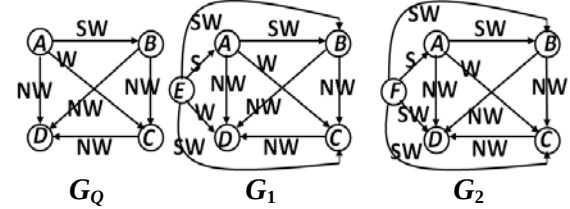


圖 4 G_Q 為圖 3 中 f_Q 的 SRG

$$|G_Q| = 4 + 6 = 10$$

G_1 為圖 3 中 f_1 的 SRG

$$|G_1| = 5 + 10 = 15$$

G_2 為圖 3 中 f_2 的 SRG

$$|G_2| = 5 + 10 = 15$$

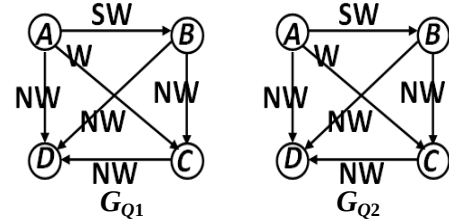


圖 5 G_{Q1} 為 G_Q 和 G_1 的最大共同子圖

$$|G_{Q1}| = 4 + 6 = 10$$

G_{Q2} 為 G_Q 和 G_2 的最大共同子圖

$$|G_{Q2}| = 4 + 6 = 10$$

3. 研究內容

為了改進 SRG 的缺點, 因此我們提出了一個新的表示法 SRG^+ 。 SRG^+ 在影像中每一對物件之間的空間關係中加入距離資訊, 並且給予其適當的定義。因此 SRG^+ 擁有更加精確的相似度(Similarity Degree)。首先在 3.1 中, 我們介紹 SRG^+ 的基礎概念及運算方式。接下來在 3.2 中, 我們把之前使用 SRG, 而會得到不理想的相似度例子(圖 3), 改用 SRG^+ 來進行運算, 以呈現出我們的方法確實能改進 SRG 的缺點。

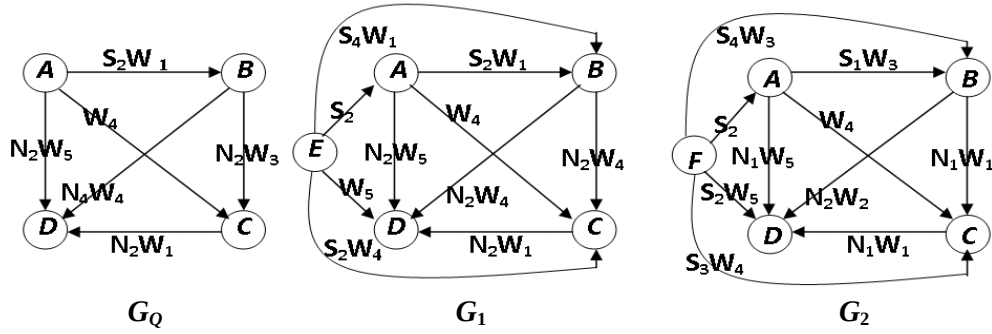


圖 6 G_Q 為圖 3 中 f_Q 的 SRG， $|G_Q| = 4 + 18 = 22$ 。 G_1 為圖 3 中 f_1 的 SRG， $|G_1| = 5 + 30 = 35$ 。 G_2 為圖 3 中 f_1 的 SRG， $|G_2| = 5 + 30 = 35$ 。

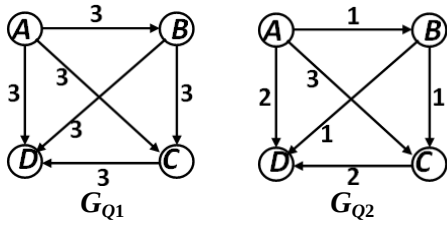


圖 7 G_{Q1} 為圖 6 中 G_Q 和 G_1 的最大共同子圖
 $|G_{Q1}| = 4 + 18 = 22$
 G_{Q2} 為圖 6 中 G_Q 和 G_2 的最大共同子圖
 $|G_{Q2}| = 4 + 10 = 14$

3.1 SRG⁺的基本架構

SRG⁺不只是考慮了影像中物件的空間關係，也將影像中每一對物件之間的距離資訊加入其中。由於 SRG⁺是以 SRG 為基礎而改進的，所以 SRG⁺不但擁有 SRG 的優點，並且有著更佳的影像檢索結果。我們先介紹在影像中的物件空間關係，接著再以實際的例子來介紹我們的相似度計算公式。我們在影像中的每一對物件之間的空間關係中加入了距離資訊，並且使用 d 來定義距離資訊。因此我們可以得到更完整的圖片關係資訊。下列定義了五種空間關係有向線符號：

1. S_d (south)
2. $S_{d1}W_{d2}$ (south-west)
3. W_d (west)
4. $N_{d1}W_{d2}$ (north-west)
5. I (identical)

接下來關於有向線符號以及距離資訊 d 會有更加詳細的介紹。我們使 $[A, (x_1, y_1)]$ 和 $[B, (x_2, y_2)]$ 成為影像中的兩個物件，而其關係為 $\Delta x = x_2 - x_1$ 以及 $\Delta y = y_2 - y_1$ 。

如果 $\Delta x = 0$ 且 $\Delta y = 0$ ，物件 A 和物件 B 的有向線符號為 I 。這表示物件 A 和物件 B 位於相同位置。

如果 $\Delta x = 0$ 且 $\Delta y > 0$ ，物件 A 和物件 B 的有向線符號為 S_d 。這表示物件 A 位於物件 B 的南方，其關係表示為 (A, B, S_d) ，而 d 的值是 Δy 。

如果 $\Delta x > 0$ 且 $\Delta y = 0$ ，物件 A 和物件 B 的有向線符號為 W_d 。這表示物件 A 位於物件 B 的西方，其關係表示為 (A, B, W_d) ，而 d 的值是 Δx 。

如果 $\Delta x > 0$ 且 $\Delta y > 0$ ，物件 A 和物件 B 的有向線符號為 $S_{d1}W_{d2}$ 。這表示物件 A 位於物件 B 的西南方，其關係表示為 $(A, B, S_{d1}W_{d2})$ ，而 $d1$ 的值是 Δy 、 $d2$ 的值是 Δx 。

如果 $\Delta x > 0$ 且 $\Delta y < 0$ ，物件 A 和物件 B 的有向線符號為 $N_{d1}W_{d2}$ 。這表示物件 A 位於物件 B 的西北方，其關係表示為 $(A, B, N_{d1}W_{d2})$ ，而 $d1$ 的值是 $|\Delta y|$ 、 $d2$ 的值是 Δx 。

由於 SRG⁺在有向線符號中加入了距離資訊，所以有向線符號的值相對的也必須重新定義。在 SRG 中有向線符號的值皆定義為 1，但在 SRG⁺中的有向線符號中，除了最大共同子圖之外的有向線符號值皆定義為 3，例如在圖 6 中的 G_Q 、 G_1 和 G_2 ，我們將其有向線符號皆定義為 3。而 SRG⁺的最大共同子圖中的有向線符號值為 1 或為 2 或為 3，例如圖 7 中的 G_{Q1} 和 G_{Q2} ，其最大共同子圖的有向線符號值之定義如下。

如果兩個相對的有向線符號是完全相同，則其最大共同子圖中的有向線符號值為 3。完全相同意指相對的有向線符號，其距離資訊 d 完全相同，例如圖 6 中 G_Q

和 G_1 的有向線符號 $A \rightarrow B$ 皆是 S_2W_1 ，所以在圖 7 中 G_Q 和 G_1 最大共同子圖的有向線符號 $A \rightarrow B$ ，其值為 3。

如果兩個相對的有向線符號是部份相同，則其最大共同子圖中的有向線符號值為 2。部份相同意指相對的有向線符號，其距離資訊 d 只有一個相同，例如圖 6 中 G_Q 的有向線符號 $A \rightarrow D$ 是 N_2W_5 、 G_2 的有向線符號 $A \rightarrow D$ 是 N_1W_5 ，所以在圖 7 中 G_Q 和 G_2 最大共同子圖的有向線符號 $A \rightarrow D$ ，其值為 2。

如果兩個相對的有向線符號是皆不相同，則其最大共同子圖中的有向線符號值為 1。皆不相同意指相對的有向線符號，其距離資訊 d 皆不相同，例如圖 6 中 G_Q 的有向線符號 $A \rightarrow B$ 是 S_2W_1 、 G_2 的有向線符號 $A \rightarrow B$ 是 S_1W_3 ，所以在圖 7 中其最大共同子圖的有向線符號 $A \rightarrow B$ ，其值為 1。

3.2 相似度檢索衡量

在介紹改進的方法後，我們把之前使用 SRG，而會得到不理想的相似度例子(圖 3)，改用 SRG^+ 來進行運算，以呈現出我們的方法確實能改進 SRG 的缺點。在圖 6 中的 G_Q 是圖 3 中 f_Q 的 SRG，而 G_1 是圖 3 中 f_1 的 SRG， G_2 則是圖 3 中 f_1 的 SRG。

在圖 7 中 G_{Q1} 是圖 6 中 G_Q 和 G_1 的最大共同子圖，而 G_{Q2} 是圖 6 中 G_Q 和 G_2 的最大共同子圖。計算其尺寸進行相似度運算後得到 f_Q 和 f_1 的相似度為 $sim(f_Q, f_1) = 22 / (22 + 35 - 22) = 0.63$ ，而 f_Q 和 f_2 的相似度為 $sim(f_Q, f_2) = 14 / (22 + 35 - 14) = 0.33$ 。我們可以從上述的兩個相似度得知，使用 SRG^+ 計算 $sim(f_Q, f_1)$ 和 $sim(f_Q, f_2)$ ，並不會出現使用 SRG 會有一樣相似度的情況，而且 $sim(f_Q, f_1)$ 大於 $sim(f_Q, f_2)$ ，這代表 f_1 比起 f_2 而言， f_1 是比較像 f_Q 的。此相似度計算結果說明了 SRG^+ 成功的解決了 SRG 的缺點，並且擁有更精確的相似度。

4. 多階層相似性準則

為了讓使用者對於相似度檢索能有更適合自己的比對方式，所以我們提供了多階層相似性準則(multi-level similarity

criterion)。在某些情況下 SRG^+ 的檢索規則可能過於嚴謹，導致於使用者無法得到自己想要的檢索結果。因此我們提供了較寬鬆的檢索方式 level-0。在某些情況下，使用者會想要使用比 SRG^+ 更加嚴謹的檢索方式，所以我們也提供了 level-2。使用者可以根據其需求，來使用最適合的檢索方法。接下來是 level-0 和 level-2 的定義。

假設我們想要比較圖一與圖二的相似度，先使 $[A, (x_1, y_1)]$ 和 $[B, (x_2, y_2)]$ 成為圖一中的兩個物件，再使 $[A, (a_1, b_1)]$ 和 $[B, (a_2, b_2)]$ 成為圖二中的兩個物件，而其關係為 $\Delta x = x_2 - x_1$ 、 $\Delta y = y_2 - y_1$ 、 $\Delta a = a_2 - a_1$ 和 $\Delta b = b_2 - b_1$ 。

如果 $\Delta x = 0$ 且 $\Delta y > 0$ ，圖一中之物件 A 和物件 B 的有向線符號為 S_d 。其關係表示為 (A, B, S_d) ，而 d 的值是 Δy 。

如果 $\Delta a = 0$ 且 $\Delta b > 0$ ，圖二中之物件 A 和物件 B 的有向線符號為 $S_{d'}$ 。其關係表示為 $(A, B, S_{d'})$ ，而 d' 的值是 Δb 。

- Level-0: G_{f1} 的有向線符號 $S_{d1}W_{d2}$ 且 G_{f2} 的有向線符號為 $S_{d1'}W_{d2'}$ ，或 G_{f1} 的有向線符號為 $N_{d1}W_{d2}$ 且 G_{f2} 的有向線符號為 $N_{d1'}W_{d2'}$ 。如果 $d1 = d1'$ 或 $d2 = d2'$ ，則其有向線符號的值為 3。

- Level-1: SRG^+

- Level-2: G_{f1} 的有向線符號 $S_{d1}W_{d2}$ 且 G_{f2} 的有向線符號為 $S_{d1'}W_{d2'}$ ，或 G_{f1} 的有向線符號為 $N_{d1}W_{d2}$ 且 G_{f2} 的有向線符號為 $N_{d1'}W_{d2'}$ 。如果 $d1 = d1'$ 且 $d2 = d2'$ ，則其有向線符號的值為 3，而其他的有向線符號的值為 0。

由於相似度公式的規則化，可能會導致使用者無法得到理想的檢索結果。因此我們定義了 level- U 相似度準則。如果影像中兩個物件之間的距離 U 少於一個程度，便可給予較寬鬆的計算方式。 SRG^+ 讓使用者自由決定 U 值，來得到最理想的檢索結果。我們針對不同的 level 給予其適當的定義，接下來是定義的介紹。

• Level-U: G_{f_1} 的有向線符號為 S_d 且 G_{f_2} 的有向線符號為 $S_{d'}$ 。如果 $|d - d'| \leq U$ ，我們便讓 $G_{f_1 f_2}$ 的有向線符號成立。而 U 值是交由使用者來決定。

• Level-U0: G_{f_1} 的有向線符號為 $S_{d1}W_{d1}$ 且 G_{f_2} 的有向線符號為 $S_{d1'}W_{d2'}$ ，或 G_{f_1} 的有向線符號為 $N_{d1}W_{d2}$ 且 G_{f_2} 的有向線符號為 $N_{d1'}W_{d2'}$ 。如果 $|d1 - d1'| \leq U$ 或 $|d2 - d2'| \leq U$ ，則其有向線符號的值為 3。

• Level-U2: G_{f_1} 的有向線符號 $S_{d1}W_{d2}$ 且 G_{f_2} 的有向線符號為 $S_{d1'}W_{d2'}$ ，或 G_{f_1} 的有向線符號為 $N_{d1}W_{d2}$ 且 G_{f_2} 的有向線符號為 $N_{d1'}W_{d2'}$ 。如果 $|d1 - d1'| \leq U$ 且 $|d2 - d2'| \leq U$ ，則其有向線符號的值為 3，而其他有向線符號的值為 0。

為了說明多階層相似性準則是有意義的，我們使用一張查詢影像以及六張資料庫影像(見圖 8)，來測試多階層相似性準則，確認使用者是否能得到更多理想的選擇。經過一連串的計算之後，在表 1 中是我們的實際運算結果。此實驗使用了相似度 0.3 來做門檻，其意義為只要兩張比較影像的相似度大於 0.3，便會出現在使用者的檢索結果中。

在使用 level-0 的狀況下，使用者可以在檢索結果中得到五張影像。在使用 level-1 的狀況下，使用者可以得到四張影像。但若是使用最嚴格的 level-2，檢索結果中只會出現一張相似度最高的影像。這就是我們多階層相似性準則的意義所在。假如一個影像資料庫中有非常龐大數量的影像，但其相似度皆差異不大，使用者便可依據自己的需求來使用最適合的 level，來找到自己要的影像。

表 1 相似性影像檢索結果

相似度	多階層相似性準則		
	level-0	level-1	level-2
$\text{sim}(f_Q, f_1)$	1	0.71	0.33
$\text{sim}(f_Q, f_2)$	1	0.5	0.14
$\text{sim}(f_Q, f_3)$	0.54	0.42	0.21
$\text{sim}(f_Q, f_4)$	0.8	0.41	0.14
$\text{sim}(f_Q, f_5)$	0.36	0.26	0.1

表 2 相似性影像檢索結果

相似度	多階層相似性準則			
	level-0	level-U0	level-2	level-U2
$\text{sim}(f_Q, f_6)$	0.5	1	0.33	1

接下來在圖 8 中，我們看到的 f_Q 和 f_6 非常相似。但若使用我們的方法 level-0，卻會得到不精確的相似度。為了解決這問題，我們使用 level-U0，且設定距離 U 的值為 1。表 2 是使用 level-U0 的實驗結果，我們可以發現 level-U0 在這種情況下確實能得到更好的相似度。而 Level-U2 也是用來解決類似的問題。我們可以讓使用者自行決定 U 值，以期能得到最理想的影像檢索結果。

5. 結論

此篇研究使用 SRG 為基礎來進行改良，進而得到一個新的空間知識表示法 SRG^+ 。我們在影像中每一對物件之間的空間關係中加入距離資訊，並且給予其適當的定義。如此一來我們的表示法比起 SRG 而言，擁有更精確的檢索結果。在一套完善的影像資訊系統(Pictorial Information System)中，讓使用者對於檢索條件擁有更多的彈性選擇是必要的，而我們的這套空間知識表示法就提供了多階層相似性準則，其中不同的 level 代表著不同的條件限制，而且還可以讓使用者輸入 U 值，來讓搜尋結果更加貼近於使用者的想法，更能避免使用者想要的影像沒有出現在影像檢索結果中。在未來的研究方向上，我們將在相似度運算中加入更多的資訊，並且利用取其他空間知識法的優點來讓我們的方法更加完善。以期能得到更快速且準確的相似性影像檢索結果。

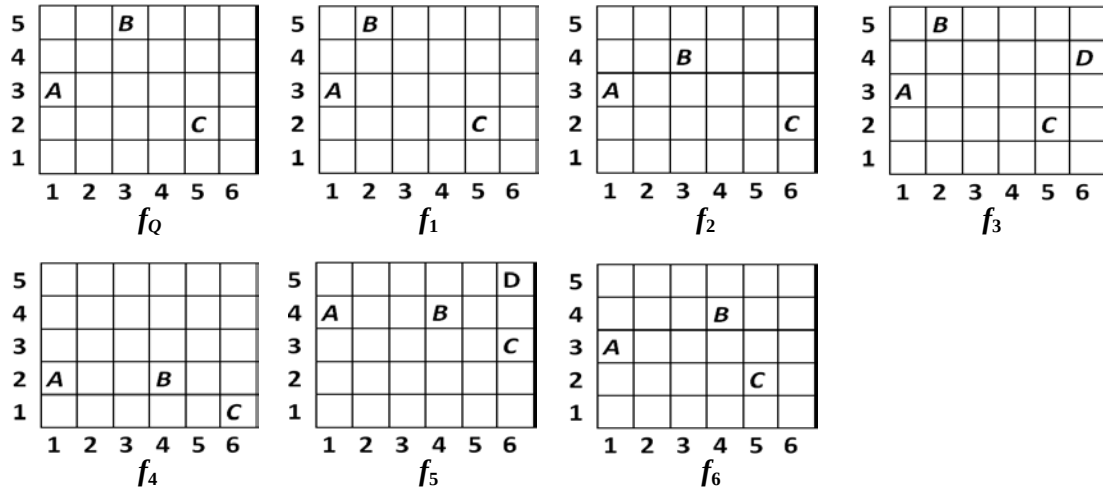


圖 8 查詢影像(query image) f_Q 與資料庫影像(database image) $f_1 \sim f_6$

參考文獻

- [1] P. Punitha and D. S. Guru, "An effective and efficient exact match retrieval scheme for symbolic image database systems based on spatial reasoning: a logarithmic search time approach," *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, vol. 18, no. 10, pp. 1368–1381, 2006.
- [2] E. A. El-kwae and M. R. Kabuka, "A robust framework for content-based retrieval by spatial similarity in image databases," *ACM Transactions on Information Systems*, vol. 17, no. 2, pp. 174–198, 1999.
- [3] M. A. Nascimento, E. Tousidou, V. Chitkara and Y. Manolopoulos, "Image indexing and retrieval using signature trees," *Data and Knowledge Engineering*, vol. 43, no. 1, pp. 57–77, 2002.
- [4] D. Neumann and K. R. Genenfurtner, "Image retrieval and perceptual similarity," *ACM Transactions on Applied Perception*, vol. 3, no. 1, pp. 31–47, 2006.
- [5] E. G. M. Petrakis, "Design and evaluation of spatial similarity approaches for image retrieval," *Image and Vision Computing*, vol. 20, pp. 59–76, 2002.
- [6] S. K. Chang, Q.Y. Shi and C. W. Yan, "Iconic Indexing by 2D-strings," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 9, no. 3, pp. 413–428, 1987.
- [7] S. Y. Lee, M. C. Yang, and J. W. Chaen, "2D B-string: a spatial Knowledge Representation for Image Database Systems," in *Proceedings of ICSC'92 Second International Computer Science Conference*, pp. 609–615, 1992.
- [8] E. Jungert, "Extended Symbolic Projection used in a knowledge structure for Spatial reasoning," in *Proceedings of the 4th International Conference on Pattern Recognition, Cambridge*, pp. 343–351, 1988.
- [9] S. K. Chang, E. Jungert and Y. Li, "Representation and Retrieval of Symbolic Pictures using Generalized 2D String," *Technical Report*, University of ittsburgh, 1988.
- [10] S. Y. Lee and F. J. Hsu, "2D C-string: A New Spatial Knowledge Representation for Image Database Systems," *Pattern Recognition*, vol. 23, no. 10, pp. 1077–1087, 1990.
- [11] S.Y. Lee and F.J. Hsu, "Spatial Reasoning and Similarity Retrieval of Images Using 2D C-string Knowledge," *Pattern Recognition*, vol. 25, no. 3, pp. 305–318, 1992.
- [12] P. W. Huang and Y. R. Jean, "Using 2D C⁺-String as spatial knowledge representation for image database systems," *Pattern Recognition*, vol. 27, pp. 1249–1257, 1994.
- [13] Y.H. Wang, "Image indexing and similarity retrieval based on A new Spatial Relation Model," *Distributed*

- Computing Systems Workshop**, 2001
International Conference on, pp.
396-401, 2001.
- [14] Y.H. Wang, "Image indexing and
similarity retrieval based on spatial
relationship Model," **Information
Sciences**, vol. 154, pp. 39-58, 2003.
- [15] Anthony J. T. Lee, H. P. Chiu, "2D
Z-String: A new spatial knowledge
representation for image databases,"
Pattern Recognition Letters, vol. 24,
pp. 3015-3026, 2003.
- [16] S. M. Hsieh and C. C. Hsu,
"Graph-based representation for
similarity retrieval of symbolic
images," **IEEE Transactions on
Knowledge and Data Engineering**,
vol. 65, pp. 401-418, 2008.