

影像資料庫中基於空間推理之相似度檢索

簡永仁
靜宜大學資管系副教授
yrjean@pu.edu.tw

林逸竹
靜宜大學資管系
g9871023@pu.edu.tw

摘要

隨著科技進步，大量的數位影像被個人或商業活動使用，所以利用影像資訊系統(pictorial information system)儲存管理以及搜尋大量影像就變得日趨重要。因此在空間知識表示法(spatial knowledge representation)這個領域有許多研究被提出。

2007 年，黃博惠教授提出一種空間知識表示法[8]，利用圖片中物件與物件之間的拓樸關係(topological relation)和方向關係(direction relation)來定義物件間相對位置的空間關係。在本篇文章中，我們改良黃教授的方法，定義出目標物件(target object)和參考物件(reference object)間的重心(centroid)距離和面積比例，提供搜尋圖片(query picture)和資料庫圖片(database picture)之間的相似度比對。我們同時也提供了 48 種相似度檢索(similarity retrieval)，讓使用者在圖形資料庫查詢圖片時能有彈性化的選擇。在最後我們將會使用例子來說明我們的影像表示法比之前的方式更加精確。

Abstract

There are many researches proposed in the spatial knowledge representation and spatial inference. Spatial knowledge representation is a technique of abstraction to describe spatial relationship between objects in an image. Spatial

inference is a technique of similarity inference based on spatial relationships among image objects. In this paper, we provide a method to define the tuple of the distance and size between target object and reference object upon spatial inference. Making the spatial inference can represent image more precise. We also provide 48 similarity measure types to support flexible matching between the query picture and the database pictures for satisfying user's different requirements. Finally, we use some examples to show that our image representation is more accurate than spatial inference method.

Keywords : image database; similarity retrieval; spatial representation; spatial inference

1. 緒論

在近年來，數位化的影像與多媒體的應用與日俱增以往的影像資料庫需要替資料庫中所有影像預先儲存相關的文字註解，此方式必須由人工方式建立較為耗時費力。輸入文字註解時，描述內容過於主觀或簡略可能導致和使用者認知上的不同，使得使用者無法只使用單獨的文字來搜尋到想要的圖片[10-14]。因此，影像資料庫(image database)如何儲存圖片便成為一個重要的議題。以圖片內容為主的影像搜尋(Content-Based Image Retrieval, CBIR) 利用圖片的顏色、紋理、形狀、大小或物件之間的空間關係創造出一組圖

片的索引值。使用者可以透過這組索引值做相似度的檢索，得到他們想要的圖片(query-by-example)。例如以內容為主的影像搜尋：VisualSEEK, QBIC 和 Wave-Guide [18-20]。這些軟體允許使用者利用低階的視覺特徵在影像資料庫中進行與查詢圖片(query picture)相似的影像檢索。有許多表示法利用符號來建立影像索引的方式。例如：2D-string [1]，2D C-string [2,15]，2D C⁺-string [3]，2D-PIR [4]，2D Z-string [5]，9D-LT [6]，9D-SPA [7]，triangular model[16]，direction-relation matrix [17]。

在本篇文章中，我們在黃教授的方法上，增加了兩個元組(tuple)，其中一個表示目標物件(target object)的重心(centroid)與參考物件(reference object)的重心之間的距離。另一個表示目標物件與參考物件之間的面積比例。我們的方法可以更加精確的表示出物件與物件之間的空間關係。此外，我們在原來的表示法上增加了4種相似度測量可能的類型(type)，讓使用者可以依據不同的需求，選擇不同的相似度檢索(similarity retrieval)，讓使用者可以有更彈性的選擇。在第二節中，我們將介紹黃教授提出的方法。在第三節中，我們將解釋增加物件與物件之間重心距離關係和面積比例關係之後的優點，並介紹每個

類型(type)在相似度檢索所表示的意義。在第四節中，我們將介紹相似度檢索的公式；並且舉例說明如何利用這些公式做相似度檢索。最後，我們將在第五節的部份提出結論。

2. 背景

在 2007 年，黃教授提出一種新的空間知識表示法[8]，利用參考物件的中心切割出 8 和 16 個相鄰的區域，利用這些區域來定義出影像中兩兩物件之間的拓樸關係(topological relation)和方向關係(direction relation)。(如圖 1)

在圖 1 中，假設圖 1 為 P，P 包含 n 個物件($O_1, O_2, \dots, O_n$)。可以依據影像表示法轉化成 $R=\{(O_{ij}, T_{ij}, D_{ij}, D_{ji}) | \forall O_i, O_j \in P, \text{and } 1 \leq i < j \leq n\}$ 。這 4 個元組代表目標物件(target object)與參考物件(reference object)之間的空間關係。

當我們將整數 i 指定給第 i 個在影像中的物件。

O_{ij} 稱為 (O_i, O_j) 這一組物件的編號， O_{ij} 使用的定義公式 [7]：

$$O_{ij} = \frac{(j-1)(j-2)}{2} + i. \quad (1)$$

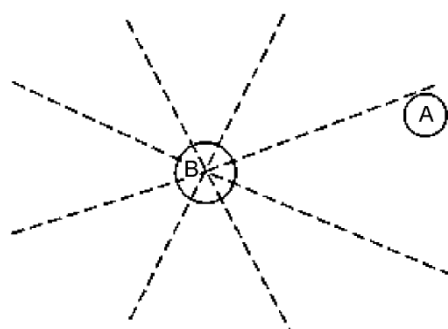


圖 1 當 A 為目標物件，B 為參考物件。B 物件在圖中所切割出的 8 個區域。

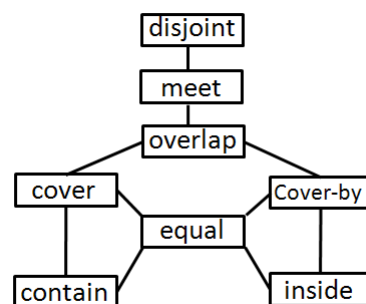


圖 2 物件與物件之間在二維空間中可能的 8 種拓樸關係。

其中， T_{ij} 表示 O_i 和 O_j 之間的拓樸關係 (topological relation) [9]。 T_{ij} 代表物

件與物件間在二維空間中可能的8種拓模關係，用以下8個值表示：0代表“disjoint”，1代表“meet”，2代表“overlap”，3代表“cover”，4代表“cover-by”，5代表“contain”，6代表“inside”，7代表“equal”(如圖2)。

D_{ij} 表示 O_i 和 O_j 之間的方向關係(當 O_j 是參考物件時), D_{ji} 表示 O_j 和 O_i 之間的方向關係(當 O_j 為參考物件時)。 D_{ij} 包括5個變數($C_{ij}, f_{ij}, b_{ij}, s_{ji}, e_{ji}$)，說明如下：

C_{ij} 表示 O_i 中心在 O_j 所切割出的方位區域中的位置， O_j 為參考物件。 $C_{ij} \in \{k | 1 \leq k \leq 8\}$ 。

f_{ij} (or b_{ij}) 表示 O_i 從中心所在的方位區域逆時針橫跨了幾個由 O_j 所切割出的方位區域(或是順時針橫跨的區域)。因此 f_{ij} (or b_{ij}) $\in (0 \leq f_{ij}, b_{ij} \leq 8)$ 。

s_{ij} (or e_{ij}) 表示 O_i 邊界的起始點(start-point)或是結束點(end-point)。假設讓參考物件的中心作為笛卡生座標系的原點，讓正的 x 方向軸逆時針旋轉碰到目標物件的第一個切點當成目標物件的起始點。讓笛卡生座標系繼續逆時針旋轉，碰到目標物件的第二個點當成目標物件的結束點。(如圖3)。

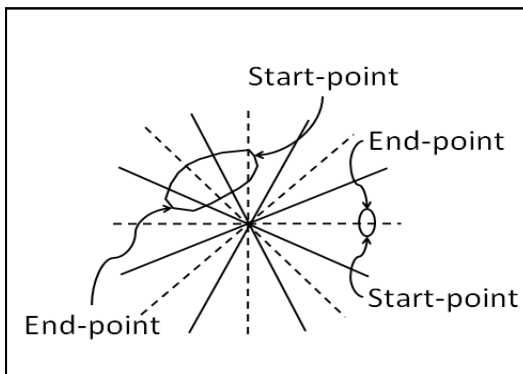


圖3 起始點(start-point)、結束點(end-point)示意圖。

透過 $O_{ij}, T_{ij}, C_{ij}, f_{ij}, b_{ij}, e_{ij}$ 和 s_{ij} ，黃教授提出了12種相似度測量的類型(如表1)。利用這些元組定義出相似度測量的公式，

以下是透過 $R=\{(O_{ij}, T_{ij}, D_{ij}, D_{ji}) | \forall O_i, O_j \in P, \text{and } 1 \leq i < j \leq n\}$ 。在黃教授的方法[8]中，對各個元組(tuple)所定義出的相似度測量公式： S_O 代表一張圖中，物件個數的相似度檢索。 S_T 代表一張圖中，物件拓模關係的相似度檢索。 S_C 代表一張圖中，物件重心位置的相似度檢索。 S_D 代表一張圖中，物件方向關係(direction relation)的相似度檢索。

$$1. S_O(p, q) = \frac{|W_p \cap W_q|}{|W_p \cup W_q|} \quad (2)$$

$$2. S_T(R_p, R_q) = \frac{\sum_{i=1}^{|K|} S'_{T'}(t_{k(i)}^p \cdot T, t_{k(i)}^q \cdot T)}{|K|} \quad (3)$$

$$S'_{T'}(r_1, r_2) = 1 - \frac{\text{dis}(r_1, r_2)}{4} \quad (4)$$

$$3. S_C(R_p, R_q) = \frac{\sum_{i=1}^{|K|} S'_{C'}(t_{k(i)}^p \cdot C_1, t_{k(i)}^q \cdot C_1) + \sum_{i=1}^{|K|} S'_{C'}(t_{k(i)}^p \cdot C_2, t_{k(i)}^q \cdot C_2)}{2 \times |K|} \quad (5)$$

$$S'_{C'}(\alpha, \beta) = 1 - \frac{\text{diff}(\alpha, \beta)}{4} \quad (6)$$

$$4. S_D(R_p, R_q) = \frac{\sum_{i=1}^{|K|} S'_{D'}(t_{k(i)}^p \cdot D_1, t_{k(i)}^q \cdot D_1) + \sum_{i=1}^{|K|} S'_{D'}(t_{k(i)}^p \cdot D_2, t_{k(i)}^q \cdot D_2)}{2 \times |K|} \quad (7)$$

$$S'_{D'}(a, b) = \frac{\sum_{k=0}^{r-1} a(k) \cap b(k)}{\sum_{k=0}^{r-1} a(k) \cup b(k)} \quad (8)$$

表1 黃教授的方法[8]中，所提出的12種相似度檢索類型。

(u)\(v)	No span	f_{ij} & b_{ij}	e_{ij} & s_{ij}
0= none	Type-00	Type-01	Type-02
1= T_{ij}	Type-10	Type-11	Type-12
2= C_{ij}	Type-20	Type-21	Type-22
3= $T_{ij}+C_{ij}$	Type-30	Type-31	Type-32

在圖片中，如果我們只考慮目標物件(target object)和參考物件(reference object)

之間的拓樸關係和方向關係，我們將會忽略掉目標物件與參考物件之間的重心距離關係和面積比例關係。在圖 4 中，因為它們有相同的拓樸關係和方向關係，所以利用黃教授的方法[8]，我們會得到一組相同的索引值(index value)：(1,0, (2,0,0,0,1), (5,0,0,0,1))。在圖 4(a)中，目標物件 A 與參考物件 B 的重心距離為 5.5。而在圖 4(b)中，目標物件 A 與參考物件 B 的重心距離為 7.5。我們可以很明顯的看到圖 4(a)和圖 4(b)，是不相同的兩張圖片。

在黃教授所提出的空間知識表示法中[8]還有另外一個問題。在圖 5 中，因為它們有相同的拓樸關係和方向關係，所以利用黃教授的方法我們會得到一組相同的索引值(index value)：(1,0,(2,0,0,0,1),(5,0,0,0,1))。在圖 5(a)中，目標物件 A 的大小為 4。而在圖 4(b)中，目標物件 A 的大小為 1。我們可以看到透過三角分割出來的區域變化。在同一區域中，當目標物件(target object)的重心越靠近參考物件(reference object)的重心時，分割出的區域越小。相反的，當目標物件的中心離參考物件的中心越遠，分割出的區域越大。因此在影像的檢索上，可能會造成混淆。我們的方法可以有效的改善以上所提到的問題，可以更加精確的辨識出圖片中物件與物件之間空間關係的差異。

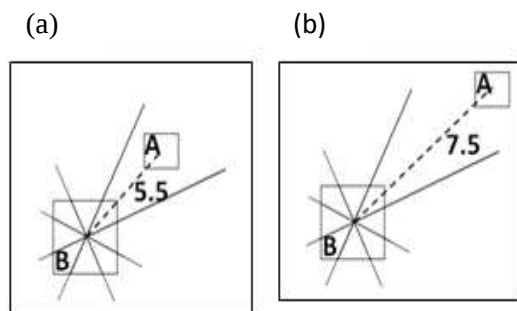


圖4 A為目標物件，B為參考物件。(a)A與B的重心距離為5.5，(b) A與B的重心距離為7.5。

3. 我們的方法

在本篇文章中，我們的方法增加了圖片中目標物件(target object)和參考物件(reference object)之間的重心距離關係以及目標物件和參考物件之間的面積比例關係。讓我們的方法能夠比先前的方式更加精確。如果我們只在圖片中加入目標物件和參考物件之間重心距離關係，依舊無法明確的表示出，目標物件的面積差異。因此，我們必需另外加入目標物件與參考物件之間的面積比例關係，來避免混淆的情況發生。

我們利用 G_{ij} 表示目標物件和參考物件之間重心距離關係， A_{ij} 用來表示目標物件和參考物件之間面積比例關係。讓原來的集合變成 $R=\{(O_{ij}, T_{ij}, D_{ij}, D_{ji}, G_{ij}, A_{ij}) | \forall O_i, O_j \in P\}$ 。為了提供使用者的彈性化選擇，我們在原本的12種相似度測量類型上，增加了4種可能性以滿足使用者不同的需求。 G_{ij} 和 A_{ij} 的定義如下：

G_{ij} 表示 O_i 和 O_j 之間重心距離關係(O_j 為參考物件)。

A_{ij} 表示 O_i 和 O_j 之間面積比例關係(O_j 為參考物件)。

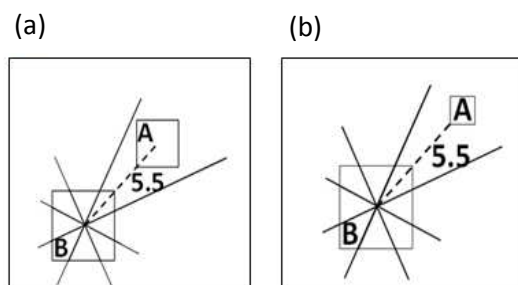


圖5 A為目標物件，B為參考物件。(a)A的面積為4，(b) A的面積為1。

我們將以圖 4 為例說明元組 G_{ij} 的意義：假設參考物件為 B 而目標物件為 A。利用黃教授的方法，我們會得到一組相同的索引值(1,0,(2,0,0,0,1),(5,0,0,0,1))。

但是透過眼睛我們可以知道圖 4(a)與圖 4(b)是兩張不同的圖片。在圖 4(a)中，A 與 B 的重心距離為 5.5。而在圖 4(b) 中，A 與 B 的重心距離為 7.5。當我們加入 G_{ij} 我們將會得到不同的兩組索引值，圖 6(a)：(1,0,(2,0,0,0,1),(5,0,0,0,1),5.5)) 和圖 6(b)：(1,0,(2,0,0,0,1),(5,0,0,0,1),7.5))。如此我們將可以透過 G_{ij} 更精確的比較出圖 4(a)和圖 4(b) 兩張圖之間的差異。

我們將以圖 5 為例說明元組 A_{ij} 的意義：假設參考物件為 B 而目標物件為 A。在圖 5 中，A 與 B 的重心距離皆為 5.5。圖 5(a)中，A 物件的大小為 2。在圖 5(b)中，A 物件的大小為 1。透過眼睛我們可以知道圖 5(a)中的 A 物件比圖 5(b)中 A 物件大，但是利用黃教授的表示法[8]，我們會得到一組相同的索引值：(1,0,(2,0,0,0,1),(5,0,0,0,1))。雖然圖 5(a)與圖 5(b)是兩張不同的圖片，但是在透過資料庫搜尋卻無法辨識出兩張圖之間的差異。然而，如果只加入物件間重心距離關係，我們會發現這張兩張圖的索引值皆為(1,0,(2,0,0,0,1),(5,0,0,0,1),5.5))。因此除了物件間重心距離的關係外，我們另外加入 A_{ij} ，此時我們將會得到不同的兩組索引值。圖 5(a)：(1,0,(2,0,0,0,1),(5,0,0,0,1),5.5,0.5))和圖 5(b)：(1,0,(2,0,0,0,1),(5,0,0,0,1),5.5,0.25))。如此我們可以透過 A_{ij} 更加精確的比較出圖 5(a)和圖 5(b)兩張圖之間的差異性。

透過以上的例子，我們可以發現我們的方法可以辨別，兩張擁有相同拓樸關係(topological relation)和方向關係(direction relation)，但是目標物件和參考物件卻有不同重心距離關係或是面積比例關係的圖片。使用我們所提出的方式能夠更精確的辨別出兩張圖片的不同之處。同時，因為目標物件和參考物件之間重心距離關係以及面積比例關係是各自獨立的元組，因此我們在原本的相似度檢索類別上加上了以下 4 種可能性：

- S=0：不考慮 G_{ij} 和 A_{ij} 。
- S=1：只考慮 G_{ij} 。
- S=2：只考慮 A_{ij} 。
- S=3： G_{ij} and A_{ij} 兩者都考慮。

我們將這4種可能性加在原本的12種相似度測量類型，讓圖片的相似度檢索能更加精確，同時讓使用者能有彈性化的選擇：(如表2)

表2 48種相似度檢索類型

s=0			
(u) \ (v)	No span	f_{ij} & b_{ij}	e_{ij} & s_{ij}
0= none	Type-000	Type-010	Type-020
1= T_{ij}	Type-100	Type-110	Type-120
2= C_{ij}	Type-200	Type-210	Type-220
3= $T_{ij}+C_{ij}$	Type-300	Type-310	Type-320
s=1			
(u) \ (v)	No span	f_{ij} & b_{ij}	e_{ij} & s_{ij}
0= none	Type-001	Type-011	Type-021
1= T_{ij}	Type-101	Type-111	Type-121
2= C_{ij}	Type-201	Type-211	Type-221
3= $T_{ij}+C_{ij}$	Type-301	Type-311	Type-321
s=2			
(u) \ (v)	No span	f_{ij} & b_{ij}	e_{ij} & s_{ij}
0= none	Type-002	Type-012	Type-022
1= T_{ij}	Type-102	Type-112	Type-122
2= C_{ij}	Type-202	Type-212	Type-222
3= $T_{ij}+C_{ij}$	Type-302	Type-312	Type-322
s=3			
(u) \ (v)	No span	f_{ij} & b_{ij}	e_{ij} & s_{ij}
0= none	Type-003	Type-013	Type-023
1= T_{ij}	Type-103	Type-113	Type-123
2= C_{ij}	Type-203	Type-213	Type-223
3= $T_{ij}+C_{ij}$	Type-303	Type-313	Type-323

4. 相似度檢索

這小節將會解釋在我們影像表示的各個公式與符號，並且在最後的部份我們將用例子來說明它們。原來的影像表示法所包含的符號及等式，可以參照 Ref[8]。以下是我們的影像表示法所用到的公式： S_G 代表一張圖中，物件間重心距離關係的相似度檢索。 S_A 代表一張圖中，物件面積比例關係的相似度檢索。公式如下所示：

$$S'_G(d_1, d_2) = 1 - \frac{|dis(t_{k(i)}^q) - dis(t_{k(i)}^p)|}{dis(t_{k(i)}^q) + dis(t_{k(i)}^p)} \quad (9)$$

$$S_G(Rq, Rp1) = \frac{\sum_1^{k(i)} (SG'(t_{k(i)}^q G, t_{k(i)}^p G))}{|k|} \quad (10)$$

$$S'_A(\alpha_1, \alpha_2) = \frac{|div(t_{k(i)}^q \cdot A - t_{k(i)}^p \cdot A)|}{div(t_{k(i)}^q \cdot A + t_{k(i)}^p \cdot A)} \quad (11)$$

$$S_A(Rq, Rp1) = \frac{\sum_1^k (SA'(t_k^q A, t_k^p A))}{|k|} \quad (12)$$

d_1 : 在查詢圖片中，目標物件與參考物件之間的距離。

α_1 : 在查詢圖片中，目標物件與參考物件之間的比例。

α_2 : 在資料庫對比的圖片中，目標物件與參考物件之間的比例。

我們可以使用以下的公式來還原原始圖片與資料庫圖片之間的距離及大小：

$$d_1 = \frac{dis(t_{k(i)}^q - t_{k(i)}^p) + dis(t_{k(i)}^q + t_{k(i)}^p)}{2} \quad (13)$$

$$\alpha_1 = \frac{div(t_{k(i)}^q - t_{k(i)}^p) + div(t_{k(i)}^q + t_{k(i)}^p)}{2} \quad (14)$$

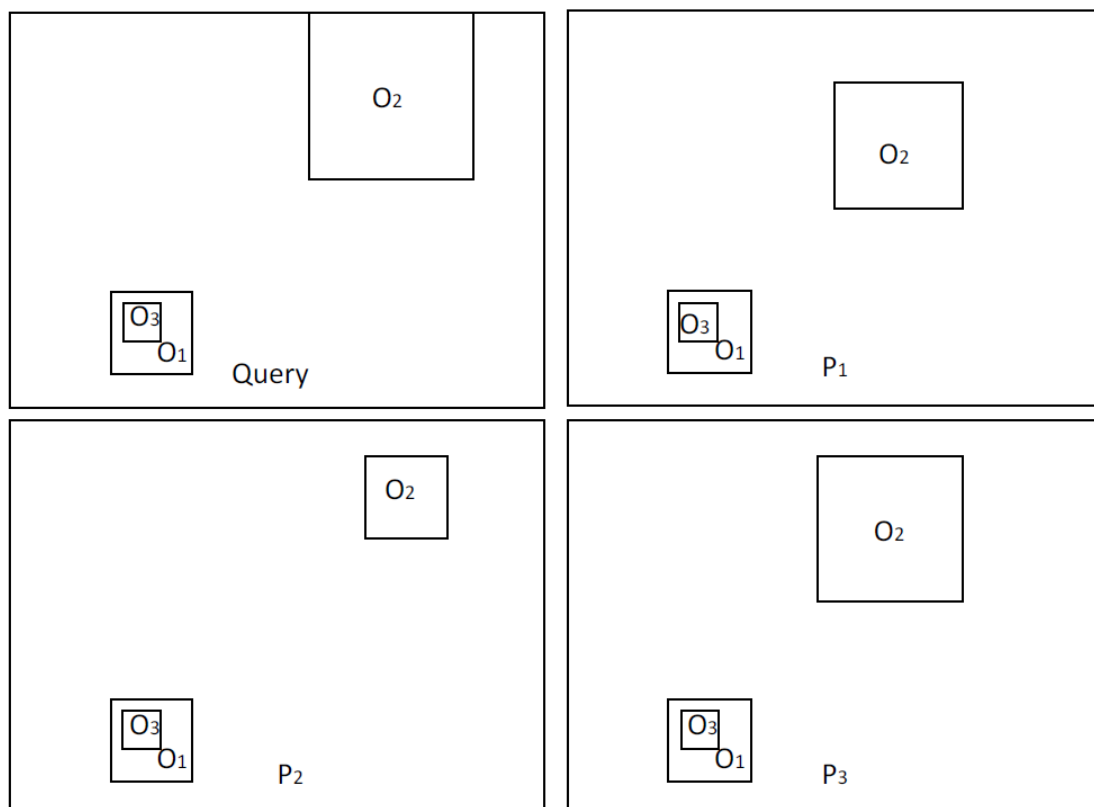


圖 6 相似度檢索範例

我們在原來的相似度檢索中加入了 G_{ij} 和 A_{ij} ，透過 O_{ij} , T_{ij} , D_{ij} , D_{ji} , G_{ij} , A_{ij} 這 6 個元組，我們可以利用 $S_O, S_T, S_C, S_{D16}, S_G, S_A$ 這幾個相似度測量的公式，來進行兩張圖之間的相似度檢索。以下利用表 2 中 $s=3$ 這個類型(type)表示相似度測量型：

- 1.Type-003: $S_{003} = S_O \times S_G \times S_A$
- 2.Type-013: $S_{003} = S_O \times S_{D8} \times S_G \times S_A$
- 3.Type-023: $S_{023} = S_O \times S_{D16} \times S_G \times S_A$
- 4.Type-103: $S_{103} = S_O \times S_T \times S_G \times S_A$
- 5.Type-113: $S_{113} = S_O \times S_T \times S_{D8} \times S_G \times S_A$
- 6.Type-123: $S_{123} = S_O \times S_T \times S_{D16} \times S_G \times S_A$
- 7.Type-203: $S_{203} = S_O \times S_C \times S_G \times S_A$
- 8.Type-213: $S_{213} = S_O \times S_C \times S_{D8} \times S_G \times S_A$
- 9.Type-223: $S_{223} = S_O \times S_C \times S_{D16} \times S_G \times S_A$
- 10.Type-303: $S_{303} = S_O \times S_T \times S_C \times S_G \times S_A$
- 11.Type-313: $S_{313} = S_O \times S_T \times S_C \times S_{D8} \times S_G \times S_A$
- 12.Type-323: $S_{323} = S_O \times S_T \times S_C \times S_{D16} \times S_G \times S_A$

在圖 6 中，我們將用例子來說明在我們的方法中，相似度的測量方式。現在我們假設有一張查詢圖片(query picture)和 3 張儲存在資料庫中圖片(p_1, p_2, p_3) (如圖 6)

影像表示法中，我們用 $R_q, R_{p1}, R_{p2}, R_{p3}$ 來取代圖 6 中的 Query picture, P_1, P_2 和 P_3 。然後我們可以得到各張圖中物件與物件之間的索引值：

$R_q = \{(1, 0, (6, 0, 0, 0, 0), (2, 0, 0, 0, 0), 8.13, 0.23), (2, 6, (8, 8, 8, 1, 1), (5, 8, 8, 1, 1), 0.36, 4), (3, 0, (2, 0, 0, 0, 0), (6, 0, 0, 0, 0), 8.07, 17.2)\}$, $R_{p1} = \{(1, 0, (7, 0, 0, 0, 0), (3, 0, 0, 0, 0), 6.36, 0.44), (2, 6, (8, 8, 8, 1, 1), (5, 8, 8, 1, 1), 0.36, 4), (3, 0, (3, 0, 0, 0, 0), (7, 0, 0, 0, 0), 6.30, 9)\}$, $R_{p2} = \{(1, 0, (7, 0, 0, 0, 0), (3, 0, 0, 0, 0), 7.81, 1), (2, 6, (8, 8, 8, 1, 1), (5, 8, 8, 1, 1), 0.36, 4), (3, 0, (3, 0, 0, 0, 0), (7, 0, 0, 0, 0), 7.72, 4)\}$, $R_{p3} = \{(1, 0, (6, 0, 0, 0, 0), (2, 1, 1, 0, 0), 6.76, 0.32), (2, 6, (8, 8, 8,$

$1, 1), (5, 8, 8, 1, 1), 0.36, 4), (3, 0, (2, 1, 1, 0, 0), (6, 0, 0, 0, 0), 6.66, 12.5)\}$

Type-323 是最精確的相似度測量類型，因此我們利用它為例子來計算 Query picture, P_1, P_2 和 P_3 之間的差異度。雖然在圖 6 中，Query picture, P_1, P_2 和 P_3 這三張圖有顯著的不同，但是因為 Query picture, P_1, P_2 和 P_3 有相同的物件個數、拓撲關係、物件的重心位置以及方向關係。因此，當我們使用黃教授所提出的相似度測量方式時，物件相似度(S_O)、拓撲相似度(S_T)、物件的重心位置相似度(S_C)和方向相似度(S_d)，計算出來皆為 1。此時我們無法正確的比較出圖 6 中 Query picture, P_1, P_2 和 P_3 之間的差異。因此我們的方法中，我們增加了物件與物件之間重心距離關係的相似度測量和物件面積比例關係的相似度測量。

在做相似度檢索前，必須透過相同的物件組編號來比較。而 t_i^q 這個符號中，我們利用 R_p 表示 picture p ， i 則表示物件組的編號[8]。

透過公式(9)的計算我們可以得到 Query picture 和 P_1 兩張圖各個物件組之間重心距離關係的相似度：

$$\begin{aligned} S'_G(t_1^q G, t_1^{p1} G) &= 0.878, \\ S'_G(t_2^q G, t_2^{p1} G) &= 1, \\ S'_G(t_3^q G, t_3^{p1} G) &= 0.877. \end{aligned}$$

透過公式(10)我們可以得到 $S_G(R_q, R_{p1})$ ：

$$\frac{\sum_1^{k(i)} \left(S_G(t_{k(i)}^q G, t_{k(i)}^{p1} G) \right)}{3} = 0.918.$$

根據公式(9)的計算我們可以得到 Query picture 和 $P1$ 兩張圖每個物件組之間面積的相似度：

$$\begin{aligned} S'_A(t_1^q A, t_1^{p1} A) &= 0.688, \\ S'_A(t_2^q A, t_2^{p1} A) &= 1, \\ S'_A(t_3^q A, t_3^{p1} A) &= 0.687. \end{aligned}$$

因此，我們可以根據公式(12)得到 $SA(R_q, R_{p1})$ 的相似度：

$$\frac{\sum_1^k (S_A(t_k^q A, t_k^{p1} A))}{3} = 0.792.$$

依此類推，我們可以透過各個公式得到以下的數據：(如表 3)

表 3 相似度檢索結果

$S_o(R_q, R_{p1})$ = 1	$S_o(R_q, R_{p2})$ = 1	$S_o(R_q, R_{p3})$ = 1
$S_T(R_q, R_{p1})$ = 1	$S_T(R_q, R_{p2})$ = 1	$S_T(R_q, R_{p3})$ = 1
$S_C(R_q, R_{p1})$ = 1	$S_C(R_q, R_{p2})$ = 1	$S_C(R_q, R_{p3})$ = 1
$S_{D16}(R_q, R_{p1})$ = 1	$S_{D16}(R_q, R_{p2})$ = 1	$S_{D16}(R_q, R_{p3})$ = 1
$S_{32}(R_q, R_{p1})$ = 1	$S_{32}(R_q, R_{p2})$ = 1	$S_{32}(R_q, R_{p3})$ = 1
$S_G(R_q, R_{p1})$ = 0.918	$S_G(R_q, R_{p2})$ = 0.987	$S_G(R_q, R_{p3})$ = 0.904
$S_A(R_q, R_{p1})$ = 0.792	$S_A(R_q, R_{p2})$ = 0.74	$S_A(R_q, R_{p3})$ = 0.894
$S_{323}(R_q, R_{p1})$ = 0.727	$S_{323}(R_q, R_{p2})$ = 0.730	$S_{323}(R_q, R_{p3})$ = 0.808

透過上面的例子，我們可以發現如果只使用黃教授的方法中所提供的相似度測量，用最精確的相似度檢索類型 S_{32} 來計算，圖 6 中 Query picture P_1, P_2 和 P_3 的相似度最後結果皆為 1，無法辨識出圖 6 中 Query picture P_1, P_2 和 P_3 的差異性。而我們的方法可以清楚發現各張圖之間的差異性，在 Query picture 和 $P1$ 中， $P1$ 的 O_2 重心距離與 O_1 和 O_3 的重心較近 $S_R(R_q, R_{p1})$ 為 0.92， $P1$ 的 O_2 面積較小 $S_A(R_q, R_{p1})$ 為 0.79，使用我們的相似度檢索類型 Type-323 計算 Query picture 和 $P1$ 的相似度 $S_{323}(R_q, R_{p1})$ 為 0.73。在 Query picture 和 $P2$ 中，重心距離的相似度為 0.92，面積比例的相似度為 0.74，使用 Type-323 計算 Query picture 和 $P2$ 的相似度 $S_{323}(R_q, R_{p2})$ 為 0.73。在 Query picture 和 $P3$ 中，重心距離的相似度為 0.904，面積比例的相似度為 0.89，使用 Type-323 計算 Query picture 和 $P3$ 的相似度 $S_{323}(R_q, R_{p3})$ 為 0.81。因此 $P3$ 是 $P1, P2, P3$ 三張資料庫圖片中和 Query picture 最相似的。

5. 結論

黃教授所提出的表示法[8]是一種更接近人類感官的相似度檢索方式，但是，

它無法判斷圖與圖中各物件之間的重心距離與面積比例關係。如果我們只考慮物件之間的空間關係，那麼在做相似度檢索時可能會發生混淆的情形。為了避免這種問題的發生，在本篇文章中，我們提出了物件間重心距離與面積比例的元組。透過重心距離和面積比例的元組，我們能更精確的比較出圖與圖中物件之間的差異性。同時我們也提供 48 種不同的相似度測量類型讓使用者能在相似度測量上有更精確更彈性的選擇。

參考資料：

- [1] C.W. Yan, Q.Y. Shi, S.K. Chang, "Iconic indexing by 2D strings," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 9, pp. 413-428, 1987.
- [2] S.Y. Lee, F.J. Hsu, "2D C-string: a new spatial knowledge representation for image database systems" *Pattern Recognition* 23, pp. 1077-1087, 1990.
- [3] P.W. Huang, Y.R. Jean, "Using 2D C+-string as spatial knowledge representation for image database systems," *Pattern recognition* 27, pp. 1249-1257, 1994.
- [4] A.H.H. Ngu, J. Shepherd, M. Nabil, Picture similarity retrieval using the 2D projection interval representation, *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering* 8, pp. 533-539, 1996.
- [5] A.J.T. Lee, H.-P. Chiu, "2D Z-string: A new spatial knowledge representation for image databases," *Pattern Recognition Letters* 24, pp.3015-3026, 2003.
- [6] C.C. Chang, "Spatial Match Retrieval of Symbolic Pictures," *J.Information*

- Science and Eng.*, vol. 7, pp. 405-422, Dec. 1991.
- [7] C.-H. Lee, P.-W. Huang, "Image database design based on 9D-SPA representation for spatial relations, " *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering* 16, pp. 1486-1496, 2004.
- [8] Lipin Hsu, Phen-Lan Lin, P.-W. Huang, Yan-Wei Su, "Spatial inference and similarity retrieval of an intelligent image database system based on object's spanning representation, " *Journal of Visual Languages and Computing* 19, pp. 637-651, 2008.
- [9] M. Egenhofer, R. Franzosa, "Point-set topological spatial relations", *International Journal of Geographic Information Systems* 5 (1991) 161-174.
- [10] Y. Chen, J.Z. Wang, "A region-based fuzzy feature matching approach to content-based image retrieval", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 24 (9) (2002) 1252-1267.
- [11] P.W. Huang, S.K. Dai, "Image retrieval by texture similarity", *Pattern Recognition* 36 (2003) 665-679.
- [12] C. Hennig, L.J. Latecki, "The choice of vantage objects for image retrieval", *Pattern Recognition* 36 (2003) 2187-2196.
- [13] D. Zhang, G. Lu, "Review of shape representation and description techniques", *Pattern Recognition* 37 (2004) 1-19.
- [14] D. Zhang, G. Lu, "Study and evaluation of different Fourier methods for image retrieval", *Image and Vision Computing* 23 (2005) 33-49.
- [15] F.-J. Hsu, S.-Y. Lee, "Spatial reasoning and similarity retrieval of images using 2D C-string knowledge representation", *Pattern Recognition* 25 (3) (1992) 305-318.
- [16] D.J. Peuquet, Z. Ci-Xiang, "An algorithm to determine the directional relationship between arbitrarily-shaped polygons in the plane", *Pattern Recognition* 20 (1) (1987) 65-74.
- [17] M.J. Egenhofer, R. Goyal, "Similarity of cardinal directions", *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 2121, Springer, Berlin, 2001, pp. 36-55.
- [18] B. Dom, D. Lee, D. Petkovic, D. Streele, H. Aawhney, J. Ashley, J. Hafner, M. Flickner, M. Gorkani, P. Yanker, Q. Huang, W. Niblack, "Query by image and video content: the QBIC system", *Computer* 28 (9) (1995) 23-32.
- [19] J.R. Smith, S.F. Chang, "VisualSEEK: a full automated content-based image query system", *Proceedings of the Fourth ACM International Multimedia Conference*, 1996, pp. 87-98.
- [20] C.C. Jay Kuo, K.C. Liang, "Wave-Guide: a joint wavelet-based image representation and description system", *IEEE Transactions on Image Processing* 8 (11) (1999) 1619-1629.