

時空關係頻繁樣式探勘之研究-以視訊資料庫為例

郭惠珊
文化大學資訊管理學系
pinkofsakura@gmail.com

趙偉傑
文化大學資訊管理學系
jeff4125678@yahoo.com.tw

余平
文化大學資訊管理學系
yp@faculty.pccu.edu.tw

摘要

近年來在視訊資料庫中探勘頻繁樣式已有許多研究成果，但由視訊資料庫中探勘出有意義頻繁樣式仍具有兩方面的問題。一是如何表示視訊的頻繁樣式，其中一種方法是以視訊中物件間所具有的時空關係來表示，我們曾提出9DST視訊表示法來表示視訊中已標示為最小矩形物件間的時空關係，研究成果顯示可適用於視訊頻繁樣式的探勘；另一個問題則是使用何種探勘方法，現有大部份的研究成果均使用Apriori-like的探勘方法，其中9D-SPA影像探勘演算法針對影像中物件間空間關係進行探勘。所以在本研究中利用9DST視訊表示法、9D-SPA影像探勘演算法及之前所提出的視訊物件間時間關係探勘方法，更進一步提出視訊中物件間時間空間關係頻繁樣式探勘演算法，以由視訊資料庫中找出更精確的頻繁樣式。

關鍵字：資料探勘;視訊探勘;視訊資料庫;9DST 視訊模型;9D-SPA 影像探勘

The research of mining spatial-temporal relations between video objects in a video database

Abstract

Recently, there have many researches interest to mine the frequent pattern in the video databases. There are two main problems to find the meaningfully frequent pattern from the video databases. The first problem is the presentation of frequent patterns of videos. One of the methods is the spatial-temporal relations that exist between the objects in a video. We proposed the 9DST presentation method of video that can use the minimum bounding rectangle to represent spatial-temporal relations between the objects in a video and also can use to mine the frequency pattern in video databases. The mining approach is another problem. Most of the proposed video pattern mining algorithms used the Apriori-like algorithms. The 9D-SPA image mining approach based on the Apriori-like algorithm and can use spatial relation to mine the image database. Accordingly, in this research, we develop a new video mining method based on 9DST presentation and the 9D-SPA image mining approach to find the frequent patterns of spatial-temporal relations between objects in the video database.

Keywords: Data mining, Video mining, video database, 9DST video model, 9D-SPA image mining

1. 前言

由於時代進步使資訊科技蓬勃發展，同時也為人們對影像紀錄與保存方式帶來更多選擇，近年來更利用雲端技術儲存資料，使影像及視訊保存更為方便。其中視訊，因同時具有文字、影像和聲音資訊，在生活、娛樂及工作上被大眾廣泛地運用，也因同時具有多樣化的資訊，以往資料庫發展的技術無法直接運用於視訊中，進而使視訊模型化和視訊查詢等研究具有許多成果，但要如何從大量的視訊中獲得有用的資訊，仍是近年來熱門的研究課題。

視訊的儲存具有龐大的資料量，要如何從這些資料中找出有用的資訊，則須具有管理視訊物件間時空關係的表示法與探勘方法。目前已有許多影像及視訊表示法的相關研究，如 9D-SPA[1] 影像表示法係強調兩物件間的空間關係，紀錄兩物件間的方位與拓樸關係，以提供更多影像物件間的資訊；9DST 視訊表示法[2]，提出用來紀錄視訊物件間變化情形的物件索引表及紀錄物件間時空關係的 9DST 索引表。但現有影像或視訊表示法是否能適用於視訊資訊的探勘上，仍需進一步的探討。另近年來探勘方法上已有許多學者提出探勘頻繁樣式的研究，如 Apriori[3]、FreeSpan[4]、及 PrefixSpan[5]等，但針對影像或視訊探勘的相關研究，仍多為針對影像或視訊中顏色特徵所衍生的特性上進行探討[6]，如 T. Hung-Khooon 等學者[7]以視訊框層級的相鄰重覆區段，提出可配合關鍵字查詢的視訊探勘演算法，但主要以視訊時間上的探勘為主；B. Foo et al.[8] 針對視訊串流系統進行探勘，提出即時的最佳化視訊串流分類方法，但其仍以利用現有視訊內容進行標示，並無針對視訊內容作進一步的探勘，D. Yi et al.[9] 針對足球的視訊特性，利用所提出具唯一機率圖形模型的多通道切割馬可夫模型(MCSHMM)進行視訊探勘，但使用機器學習可能造成無法探勘所有頻繁樣式的情形，A. Anjulan et al. [11] 提出一個可利用視訊技術的視訊物件檢索及探勘的研究框架，利用計算連續視訊中未變化區域的方式探勘出在不同視訊鏡中的相似物件；亦有將 Apriori 演算法擴展至影像探勘上，如 Lee et al.[12] 利用在影像資料庫中 9D-SPA 所具有良好效率的檢索結構，提出 Apriori-like 的影像演算法。由相關研究可知，由視訊資料庫中探勘出有意義頻繁樣式仍存在兩方面的問題。一是如何建立適合探勘的視訊模型及表示出視訊的頻繁樣式，我們曾提出 9DST 視訊表示法來表示視訊中已標示為最小矩形物件間的時空關係，研究成果顯示可適用於視訊頻繁樣式的探勘；另一個問題則是使用何種探勘方法，現有大部份的研究成果均使用 Apriori-like 的探勘方法，其中 9D-SPA 影像探勘演算法針對影像中物件間空間關係進行探勘。所以在本研究中利用 9DST 視訊資料庫、9D-SPA 影像探勘演算法及曾提出的視訊物件間時間關係探勘方法，更進一步提出視訊中物件間時間空間關係頻繁樣式探勘演算法，以由視訊資料庫中找出更精確的頻繁樣式。

2. 相關研究

在相關研究中，我們主要針對影像及視訊表示法 9D-SPA 及 9DST、Apriori 探勘演算法、及 9D-SPA 影像探勘演算法進行探討，並說明如何運用於本研究。

2.1 9D-SPA 影像表示法

Huang和Lee等學者提出的9D-SPA影像表示法[1]，強調影像兩兩物件空間關係的表示。假設一個影像 I 中包含了 n 個物件 (O_1, O_2, \dots, O_n)，9D-SPA 以 $R = \{(O_{ij}, D_{ij}, D_{ji}, T_{ij}), \dots, (O_{ij}, D_{ij}, D_{ji}, T_{ij})\}$ 表示影像 I，其中 O_{ij} 為 O_i 與 O_j 兩物件間的編號， $O_{ij} = (j-1)(j-2)/2 + i$ ， $1 \leq i < j \leq n$ ，n 為影像種具有意義的物件個數； $D_{ij}(D_{ji})$ 為 $O_i(O_j)$ 與 $O_j(O_i)$ 兩物件間如表 1 中的 9 種方位空間關係，以 8 位元來表示，其中 D_{ij} 的方位關係為以物件為 O_j 中心而 O_i 為參考物件，反之則為 D_{ji} ； T_{ij} 為 O_i 與 O_j 兩物件間具有五種關係值的拓樸關係，分別為 0=分離(disjoin)、1=相鄰(join/meet)、2=部分重疊(partly overlap)、3=覆蓋(cover)、4=包含與被包含(contain/inside)。

表 1: 9D-SPA 方位關係圖

Area 4 (00001000) ₂ =8	Area 3 (00000100) ₂ =4	Area 2 (00000010) ₂ =2
Area 5 (00010000) ₂ =16	Area 0(MBR) (00000000) ₂ =0	Area 2 (00000001) ₂ =1
Area 6 (00100000) ₂ =32	Area 7 (01000000) ₂ =64	Area 8 (10000000) ₂ =128

2.2 9DST 視訊表示法

視訊時空關係的知識表示法 9DST[2]，用來記錄物件變化情形的物件索引表 VO-string (Video Object string) 和記錄視訊兩物件間時空關係的 9DST 索引表 (9DST-string, 9Directional Spatial-Temporal string)，提供有效率的視訊儲存及檢索的基本結構。

物件索引表主要用來記錄影像物件的初始資料，如位置、大小、初始或消失位置等訊框編號，也用來記錄物件與時間軸的變化性質，目的在於能快速的還原視訊。物件索引表 (VO-string) 以 $[ObjectID][t, c, x, y, w, l][\uparrow(F, X_d, Y_d, X_z, Y_z)_1 | \dots | (F, X_d, Y_d, X_z, Y_z)_n]$ 來表示，其中 ObjectID 表示物件的編號；t 為物件的起始訊框；c 為物件在訊框中出現的連續時間；x 為物件在 X 軸上的起始位置；y 為物件在 Y 軸上的起始位置；w 為物件在 X 軸的長度；l 為物件在 Y 軸的長度，而後續 F 為物件在訊框中出現相同的位移、大小、變化視訊格數； X_d 與 Y_d 表示物件在 X 軸 Y 軸位移變化的情形； X_z 與 Y_z 表示物件在 X 軸 Y 軸的大小變化。以圖 1 中 Video A 為例，物件 A 的 VO-string 為 (A, 1, 6, 1, 2, 2, 3)，表示其出現的訊框編號為 1 到 6，在 x 軸上初始的為值為 1、y 軸為 2，X 軸長度為 2、y 軸長度為 3；物件 C 的 VO-string 為 (C, 3, 5, 0, 7, 2, 2, |₃↑_{1, 1.5}↑_{0, 1})，即表示其出現的訊框為 3 到 5，在 x 軸的起始位置為 0、y 軸為 7，x 軸長度為 2、y 長度為 2，且在 X 軸以每個視訊框 1 單位距離移動速度向右運動，且持續以原先大小的 1.5 倍在變化，但在 Y 軸沒有移動及大小變化的情形；物件 B 的 VO-string 為 (B, 1, 6, 7, 2, 2, 2, |₄↑₁₁↑_{0, 1}, |₂↑_{0, 1}↓_{1, 1})，及表示物件 B 出現的訊框為 1 到 6，在 x 軸的起始位置為 7、y 軸為 2，x 軸長度為 2、y 軸長度為 2，前面 4 個訊框具有相同的移動速度及大小變化，即在 x 軸每個視訊框向左移動一個位置且大小沒有變化，而後 2 個視訊框則在 y 軸以每個視訊框向下移動一個位置且無大小變化。

在 9DST-string 中，我們以 TR_{ij} 紀錄物件在視訊的整體時間關係，並利用 9D-SPA 影像

表示法的方式紀錄物件間的空間關係，因視訊中物件間的空間關係可能會隨著時間有所不同，所以我們利用視訊中同時存在物件切割出的鏡Shot來記錄可能的9種方位 D_{ij} 及 D_{ji} 及6種拓樸空間關係。其中 TR_{ij} 為視訊物件間出現及消失的先後順序的13種關係，如表2所示。其中 $B_Q(B_P)$ 及 $E_P(E_Q)$ 表示物件出現 $P(Q)$ 在出現及消失的視訊框編號，或是在空間關係中X軸(Y軸)的起始及結束座標。

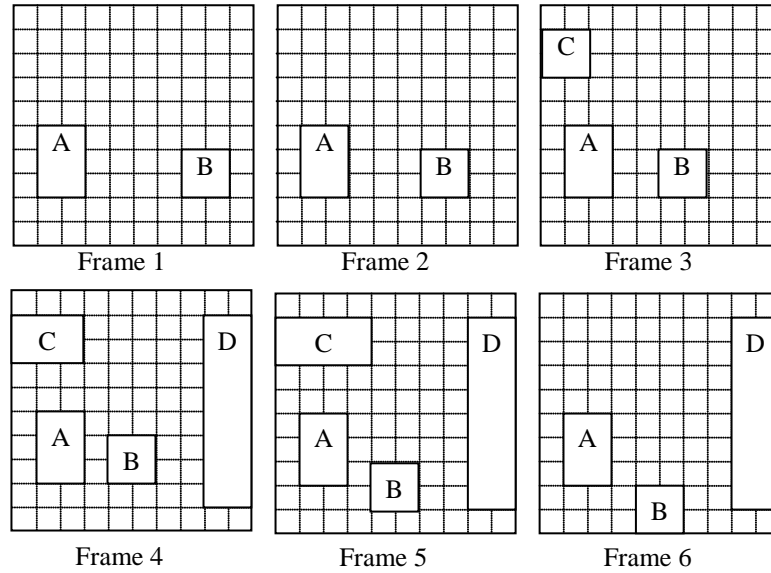


圖 1: 範例視訊Video A

表 2 9DST-string 物件間拓樸關係及時間關係編碼表

Temporal Topology	Operators	Conditions	Binary code/Value
Disjoin	$P < Q$	$E_P < B_Q$	$(00000000)_2 = 0$
	$P < *Q$	$E_Q < B_P$	$(00000001)_2 = 1$
Join	$P Q$	$E_P = B_Q$	$(00010010)_2 = 18$
	$P *Q$	$E_Q = B_P$	$(00010011)_2 = 19$
Part-Overlap	P/Q	$B_P < B_Q < E_P < E_Q$	$(00100100)_2 = 36$
	$P/*Q$	$B_Q < B_P < E_Q < E_P$	$(00100101)_2 = 37$
Belong	$P[Q$	$B_P = B_Q, E_P > E_Q$	$(01000110)_2 = 70$
	$P\%Q$	$B_P < B_Q, E_P > B_P$	$(01000111)_2 = 71$
	$P]Q$	$B_P < B_Q, E_P = E_Q$	$(01001000)_2 = 72$
Inside	$P[*Q$	$B_Q = B_P, E_Q > E_P$	$(10001001)_2 = 137$
	$P\%*Q$	$B_Q < B_P, E_Q > E_P$	$(10001010)_2 = 138$
	$P]*Q$	$B_Q < B_P, E_Q = E_P$	$(10001011)_2 = 139$
Equal	$P = Q$	$B_P = B_Q, E_P > E_Q$	$(11001100)_2 = 204$

9DST索引表的結構具有四個欄位，以VideoID: $\{(O_i, O_j)(TR_{ij})(Shot)(Relation)\}$ 表示，其中 (O_i, O_j) 為兩物件的編號， TR_{ij} 為上述的時序關係；Shot為一由連續視訊格片斷 (F_{s1} -

$F_{e1} | F_{s2} - F_{e2} | \dots | F_{sk} - F_{ek}$ 所組成的串列，每一個區段以時間間隔符號「|」作為區隔， F_s 為區段起點， F_e 為區段的終點，區段時間長度 $F_e - F_s + 1$ ，且 $F_{s_{i+1}} - F_{e_i} = 1$ ，如區段為單一視訊格，則以 F_s 表示；在同一個Shot區段中，物件對具有相同空間及拓樸關係，紀錄於相對應的Relation中，Relation為 D_{ij} 、 D_{ji} 與 T_{ij} 所組成的串列，同樣以符號「|」作為區隔，以圖1的Video A為例，9DST索引表如：Video A = $\{(1,2)(6)(1-4|5|6)(1,16,0|129,24,0|128,8,0), (1,3)(3)(3-4|5)(12,192,0|14,64,0), (1,4)(3)(4-6)(131,16,0), (2,3)(3)(3-5)(8,128,0), (2,4)(3)(4|5|6)(131,16,0|3,16,0|3,48,0), (3,4)(2)(4-5)(129,16,0)\}$

2.3 Apriori演算法

在探勘演算法上，Agrawal [3]等人提出 Apriori 演算法，在每回合的探勘中，利用長度 $k-1$ 的頻繁項目集(frequent itemset)建立長度為 k 的候選項目集(candidate itemset)，再掃描資料庫計算候選項目集出現的次數，並依照使用者所設定的最小支持度刪除不符合頻繁定義的項目集，產生長度為 k 的頻繁項目集，再重複先前的過程，產生長度為 $k+1$ 的頻繁項目集，直到不能再產生出更長的頻繁項目集為止。Apriori 演算法主要缺點是在每一個回合均會產生大量的候選項目集，且需掃描資料庫來比對，所以當資料庫資料量相當龐大時，就需要花費相當的時間在讀取及比對上，造成執行效率上的瓶頸。

2.4 9D-SPA影像探勘演算法

Lee et al.[12]以 9D-SPA 在影像資料庫中所具有良好效率的檢索結構，及 Apriori 演算法的概念，提出一個新的影像物件空間關係探勘演算法，9D-SPA-Mine，此演算法可由 9D-SPA 影像資料庫中探勘出頻繁樣式。該方法包含三個步驟，首先掃描資料庫 1 次，建立索引結構；第二由索引結構找出所有的長度為 2 的頻繁樣式，第 3 個步驟首先利用步驟 2 的結果，產生長度 3 的候選樣式，再利用索引結構確認不小於最小支持度的候選樣式成為頻繁樣式，持續此步驟直到無法再產生更長的頻繁樣式。演算法並利用 9D-SPA 影像資料可依照預先推導各種可能關係組合的特性，因而減少大量的候選樣式的產生，另也因使用索引結構而非真正掃描影像資料庫，可有效減少 Apriori-like 探勘方法中掃描資料庫的成本。因此演算法具有影像物件空間關係探勘演算法的效率，本研究即利用此特性，再結合之前所提出的時間關係探勘演算法建立探勘視訊資料庫的方法，以能更具效率及彈性由視訊中探勘出有用的資訊。

3. 視訊物件時空關係頻繁樣式探勘演算法

本節中，我們針對所提出的視訊物件時空關係頻繁樣式探勘演算法進行說明。因在現有的研究中，可發現在沒有人工介入下，仍無法有效的自動從視訊資料萃取出視訊物件空間及時間特徵，基於上述困難，本研究預設已由視訊中建構圖示化的 MBR 物件，並由此產生簡化的 9DST 視訊表示法來建立資料庫，以便於實施視訊頻繁樣式探勘。

首先我們假設物件對必須同時存在時才予以探勘出有意義的資訊，所以需先執行時間上的探勘。再將時間探勘的結果產生長度為 1 的頻繁項目集(Large Itemset 1)，以下簡稱 L_1 ，再以 L_1 產生較小的投影 9DST 索引結構，以進行較簡潔空間探勘，因 9DST 索引結構為物件對的時空關係索引，可在掃描所產生的 9DST 索引結構後產生出 L_2 。在空

間探勘方法上採用 9D-SPA miner 的作法[12]，以 D_{ij} 及 D_{ji} 分解為 x 及 y 後進行推導出可能的空間關係，進而產生候選樣式。在處理 L_2 完成後，進行 C_3 的產生，此時需對所有於 L_2 中的 P 及 Q 的集合進行處理，因有單一關係及多種關係的存在，故在單一關係不為頻繁，根據 anti-monotone 的理論，其多種關係亦不頻繁，可予以由候選項目集中刪除，但需考量其是否可和其它關係產生更長的關係，因同一對物件可能具有多種連續空間關係為頻繁樣式，故除對不同物件的探勘外，亦需進行同對物件連續的空間關係探勘，我們定義出空間關係長度來表示連續關係的長度，以和物件長度區隔，並限定連續的空間關係在計算出現次數時，在同一視訊中其需為連續的時間為減少產生過多不必要的候選項目集，本過程在完成單一關係樣式探勘後再予以產生。除此之外，我們亦可分別對時間拓樸、空間拓樸、時間關係、及空間關係進行不同組合的時空關係探勘。本研究中所使用的各項時間空間頻繁樣式表示法如下說明。

視訊的時間拓樸(Temporal Topology)頻繁樣式表示如： $P^{TP}=\{O_1, O_2, \dots, O_k, TP_{12}, TP_{13}, \dots, TP_{1k}, TP_{k(k-1)/2}\}$ ，其中 TP_{ij} 為物件在視訊中的時間拓樸關係。而視訊中的空間拓樸(Spatial Topology)頻繁樣式表示如： $P^{ST}=\{O_1, O_2, O_3, \dots, O_k, ST_{1,2}, ST_{1,3}, ST_{1,K}, ST_{2,3}, \dots, ST_{k-1,K}\}$ ，其中 ST_{ij} 為 O_i 對於物件 O_j 的物件在視訊中同時出現時間的5種可能的空間拓樸關係，其為 3-tuple 的結構， (O_i, O_j, ST_{ij}) ，如物件對同時具有多種連續空間拓樸關係時，以時序符號「|」區隔，如 $(O_i, O_j, ST_{ij})^1 | (O_i, O_j, ST_{ij})^2 | \dots | (O_i, O_j, ST_{ij})^n$ ，表示物件對 O_i, O_j 具有連續 n 種空間拓樸關係樣式。視訊中的空間關係(Spatial Topology)頻繁樣式表示如下： $P^{SR}=\{O_1, O_2, \dots, O_k, SR_{12}, SR_{13}, SR_{1K}, \dots, SR_{k(k-1)/2}\}$ ，其中 SR_{ij} 為視訊物件在視訊中的同時出現時間的空間關係，其為 4-tuple 的架構， $(O_i, O_j, D_{ij}, D_{ji})$ ，其中 $D_{ij}(D_{ji})$ 表示物件 $O_i(O_j)$ 相對於物件 $O_j(O_i)$ 的9個方位的空間關係，如 9D-SPA 表示法，如物件對同時具有多種連續空間關係樣式時，以時序符號「|」區隔，如 $(O_i, O_j, D_{ij}, D_{ji})^1 | (O_i, O_j, D_{ij}, D_{ji})^2 | (O_i, O_j, D_{ij}, D_{ji})^n$ ，表示物件對 O_i 與 O_j 具有連續 n 種空間關係樣式。本研究所提出的 9DST Spatial Relation Algorithm 如下所示。

Algorithm: 9DST Spatial Relation Miner

Input: the object index table OT, the 9DST index structure DI, and the spatial relation matrix M^{SR} , the minimum support min_sup.

Output: all frequency patterns of spatial relation FP_{SR} .

Begin

$FP_{SR} = \emptyset;$

Scan the object index table to find all frequency 1-patterns, and collect into $FP_{SR}^1;$

$FP_{SR} = FP_{SR}^1;$

$k=1;$

While ($FP_{SR}^k > 1$) **Do**

$FP_{SR}^{k+1} = \text{Generate-Spatial-Relation-Patterns}(FP_{SR}^k, k, M^{SR}, DI, \text{min_sup});$

$FP_{SR} = FP_{SR} \cup FP_{SR}^{k+1};$

$k++;$

End While

Return $FP_{SR};$

End

Procedure: Generate-Spatial-Relation-Patterns

Input: all frequency k spatial relation patterns FP_{SR}^k , the length of patterns k , the spatial relation matrix M^{ST} , 9DST index structure DI , and the minimum support min_sup .

Output: all frequency patterns of spatial relation FP_{SR}^{k+1} .

Begin

For each patterns p_k of $P=\{O_1, O_2, \dots, O_k, ST_{1,2}, ST_{1,3}, \dots, ST_{1,k}, \dots, ST_{k-1,k}\}$ in FP_{SR}^k ;

For each patterns q_k of $Q=\{O_1, O_2, \dots, O_k, ST_{1,2}, ST_{1,3}, \dots, ST_{1,k}, \dots, ST_{k-1,k}\}$ in FP_{SR}^k that is joinable to P ;

$\theta = \emptyset$ and $i=1$;

While ($i=1$ or ($\theta \neq \emptyset$ and $i < k$))

Let Φ be all the possible SR-relations between p_k and q_k by using the SR-relations of $p_2=\{O_i, O_k, ST_{i,k}\}$ and $q_2=\{O_i, O_k, ST_{i,k}'\}$ to look up M^{SR} ;

$\theta = \theta \cap \Phi$;

$i=i+1$;

End While

IF($\theta \neq \emptyset$) **then**

Let V be the videos that are the intersection video list of p_k and q_k ;

For each SS-relations s_i in θ **Do**

Generate a frequent $(k+1)$ -pattern fp_{k+1} according to p_k , q_k , and s_i ;

IF(all sub-patterns of fp_{k+1} are frequent) **Then**

Scanning 9DST index structure to find all the videos that contain s_i and let V' be these videos;

$V'' = V \cap V'$;

IF(the number of videos in $V'' < min_sup$) **Then**

Go to step 2

Else

Continue;

End IF

End For

End IF

IF(the number of videos in $V'' \geq min_sup$) **Then**

Add the fp_{k+1} to FP_{SR}^{k+1} ;

End IF

End For

End For

End

為說明演算法的可行性，我們舉一實例來進行說明，其中視訊資料庫具有6個視訊，且分別具有如範例視訊Video A的6個視訊框，其9DST索引表如表3所示。我們假設物件對必須同時存在時才予以探勘出有意義的資訊，所以先執行時間上的探勘，產生具相同時間關係的物件對，再將時間探勘的結果產生長度為1的頻繁項目集，以下簡稱 L_1 ，如表4所示，並建立以 L_1 投影的9DST索引結構及產生出 L_2 ，所產生的 L_2 如表5；接下利用演算法進行以 L_2 產生 C_3 的空間關係探勘，即以 D_{ij} 及 D_{ji} 分解為 x 及 y 後進行推導出可能的空間關係，產生候選樣式 C_3 ，並在檢查各個 C_3 是否出現次數大於等於最小支持度後產生 L_3 ，如表6所示，其中 discard 表示所產生長度為3的候選項目集出現次數小於最小支持度，而?表示具超過一種以上關係，在由 L_2 進行 C_3 的產生前，因在空間探勘時，同一對物件可能具有多種連續空間關係頻繁樣式，故除不同物件對外的探勘亦需進行同對物件連續的空間關係探勘，為減少產生過多不必要的候選項目集，本過程在完成單一關係樣式探勘後，運用相同的演算法再予以產生，因如同時有單一關係及多種關係存在時，在單一關係不

為頻繁，根據 anti-monotone 的理論，其多種關係亦不頻繁，可予以由候選項目集中刪除，但需考量其是否可和其它關係產生更長的關係。接者可再利用演算法以 L_3 產生 C_4 ，其結果如表7所示，因無法再產生更長的頻繁樣式集，故單一空間關係探勘至此結束，接著利用所產生單一關係的頻繁樣式集，進行同對物件連續空間關係的探勘，我們限定連續的空間關係在計算出現次數時，在同一視訊中其需為連續的時間。

表3：The example of video database of six videos and their 9DST-strings

VID	9DLT-string
V_1	{(1,2)(6)(1-6)(48,3,0),(1,3)(6)(1-6)(3,48,0),(1,4)(6)(1-6)(192,12,0),(1,5)(6)(1-6)(32,2,0),(2,3)(6)(1-6)(3,48,0),(2,4)(6)(1-6)(128,8,0),(2,5)(6)(1-6)(112,7,2),(3,4)(6)(1-6)(96,6,0), (3,5)(6)(1-6)(32,2,0), (4,5)(6)(1-6)(8,128,0)}
V_2	{(1,2)(6)(1-6)(48,3,0),(1,3)(6)(1-6)(3,48,0),(1,4)(6)(1-6)(192,12,0),(1,5)(6)(1-6)(32,2,0),(2,3)(6)(1-6)(3,48,0),(2,4)(6)(1-6)(129,24,0),(2,5)(6)(1-6)(112,7,2),(3,4)(6)(1-6)(96,6,0), (3,5)(6)(1-6)(32,2,0),(4,5)(6)(1-6)(48,3,0)}
V_3	{(1,2)(6)(1-6)(48,1,0),(1,3)(6)(1-6)(2,32,0),(1,5)(6)(1-6)(32,2,0),(2,3)(6)(1-6)(2,32,0), (2,5)(6)(1-6)(224,4,0),(3,5)(6)(1-6)(32,2,0)}
V_4	{(1,2)(6)(1-6)(48,1,0),(1,3)(6)(1-6)(6,96,0),(1,5)(6)(1-6)(8,128,0),(2,3)(6)(1-6)(2,32,0), (2,5)(6)(1-6)(6,64,0),(3,5)(6)(1-6)(24,129,0)}
V_5	{(2,3)(6)(1-6)(192,12,0),(2,5)(6)(1-6)(129,24,0),(3,5)(6)(1-6)(6,96,0)}
V_6	{(1,2)(6)(1-6)(2,32,0),(1,3)(6)(1-6)(131,16,0),(1,4)(6)(1-6)(14,64,0),(2,3)(6)(1-6)(192,12,0), (2,4)(6)(1-6)(48,3,0),(3,4)(6)(1-6)(24,129,0)}

表4：以時間探勘結果產生空間關係 L_1 結果

Object list	Length	Frequency pattern	Video list
1	1	1	1,2,3,4,5,6
2	1	2	1,2,3,4,5,6
3	1	3	1,2,3,4,5,6
4	1	4	1,2, 6
5	1	5	1,2,3,4,5

表5：由 L_1 產生 L_2 結果

Object list	Length	Frequency pattern	Video list
1,2	2	{1,2,(1,2,48,3)}	1,2
1,2	2	{1,2,(1,2,48,1)}	3,4
1,3	2	{1,3,(1,3,48,3)}	1,2
1,4	2	{1,4,(1, 4,192,12)}	1,2
1,5	2	{1,5,(1, 5,32,2)}	1,2

2,3	2	{2,3,(2,3,3,48)}	1,2
2,3	2	{2,3,(2,3,2,32)}	3,4
2,3	2	{2,3,(2,3,192,12)}	5,6
2,5	2	{2,5,(2,5,112,7)}	1,2
3,4	2	{3,4, (3,4,96,6)}	1,2
3,5	2	{3,5,(3,5,32,2)}	1,2

表 6 :以演算法 9DST Spatial Relation Miner 由 L₂ 產生 C₃ 及 L₃ 結果

Object list	Length	Frequency pattern	Video list
1,2 - 1,3	3	{1,2,3,(1,2,48,3), (1,3,48,3), (2,3,3,48)}	1,2
1,2 - 1,3	3	{1,2,3, (1,2,48,1), (1,3,48,3), (2,3,?,?)}	discard
1,2 - 1,4	3	{1,2,4,(1,2,48,3),(1,4,192,12),(2,4,?,?)}	discard
1,2 - 1,4	3	{1,2,4,(1,2,48,1),(1,4,192,12),(2,4,?,?)}	discard
1,2 - 1,5	3	{1,2,5,(1,2,48,3), (1,5,32,2), (2,5,112,7)}	1,2
1,2 - 1,5	3	{1,2,5,(1,2,48,3), (1,5,32,2), (2,5,?,?)}	discard
1,3 - 1,4	3	{1,3,4,(1,3,48,3),(1,4,192,12),(3,4,96,6)}	1,2
1,3 - 1,5	3	{1,3,5,(1,3,48,3), (1,5,32,2), (3,5,32,2)}	1,2
2,3 - 2,5	3	{2,3,5,(2,3,3,48), (2,5,112,7), (3,5,32,2)}	1,2
2,3 - 2,5	3	{2,3,5,(2,3,3,48), (2,5,112,7), (3,5,?,?)}	discard
3,4 - 3,5	3	{3,4,5, (3,4,96,6), (3,5,32,2), (4,5,?,?)}	discard

表 7 :以演算法 9DST Spatial Relation Miner 以 L₃ 產生 L₄ 結果

Object list	Length	Frequency pattern	Video list
1,2,3-1,3,4	4	{1,2,3,4,(1,2,48,3),(1,3,48,3),(1,4,192,12), (2,3,3,48),(2,4,?,?),(3,4,96,6)}	discard
1,2,3 -1,2,5	4	{1,2,3,5, (1,2,48,3), (1,3,48,3), (1, 5,32,2), (2,3,3,48), (2,5,112,7) , (3,5,32,2)}	1,2

4. 結論

為能有效地找出大量視訊資料中的有用資料，本研究提出視訊中物件間時間空間關係頻繁樣式探勘演算法，以由視訊資料庫中找出更精確的頻繁樣式。基於無法完全利用自動模式來擷取視訊物件空間及時間特徵的困難，本研究預設已由視訊中構圖示化的 MBR 物件，並由此產生簡化的 9DST 視訊表示法來建立視訊資料庫，以便於實施視訊頻繁樣式探勘。

在研究中亦提出如何顯示視訊頻繁樣式探勘的成果，但因 9DST 視訊表示法在表示視訊原始資料的時空模型時，本質上使用 metadata 的抽象化表示，具有某種程度的不精

確性，為適應這樣的不精確性，在視訊頻繁樣式探勘時，本研究亦可利用時空關係的不同水準的精確度，由時間拓樸、時間關係、空間拓樸到空間關係的多階段及多層次的視訊頻繁樣式探勘演算法來解決表示法中不精確的問題，並提供更具彈性的方法，但因 Apriori-like 探勘演算法的特性，可預期具有 NP-hard 的複雜度，在針對較多視訊或是具有長樣式的資料庫時，將會造成影響，預期未來將使用可利用其它更具效率的探勘演算法，來降低其中可能的影響，以使視訊資料庫的探勘能更具使用價值。

參考文獻

- [1] Huang, P.-W. and Lee, C.-H., "Image Database Design Based on 9D-SPA Representation for Spatial Relations," *IEEE Tran. on Knowledge and Data Engineering*, Vol. 16, No. 12, DEC. 2004, pp. 1468-1496.
- [2] 林宇哲, 民 98, 9DST—一個新的視訊知識表示法, 中國文化大學資訊管理研究所碩士論文。
- [3] Agrawal, R. C., Imielinski, T., and Swami, A., "Mining association rules between sets of items in large databases," *Proc. of ACM-SIGMOD Intl. Conf. on Management of Data, Washington, D.C.*, 1993, pp.207-216.
- [4] J. Han, J. Pei, B. Mortazavi-Asl, Q. Chen, U. Dayal, and M. C. Hsu, FreeSpan: frequent pattern-projected sequential pattern mining, *Proceedings of International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, 2000, pp.355-359.
- [5] J. Pei, J. Han, B. Mortazavi-Asl, Q. Chen, U. Dayal, and M. C. Hsu, PrefixSpan: mining sequential patterns efficiently by prefix-projected pattern growth, *Proceedings of IEEE International Conference on Data Engineering*, 2001, pp215-224.
- [6] W. Hsu, M. L. Lee, J. Zhang, "Image mining: Trends and developments, *Journal of Intelligent Information Systems*," Vol. 19, No. 1, 2002, pp. 7-23.
- [7] P.-W. Huang and C.-H. Lee, "Image Database Design Based on 9D-SPA Representation for Spatial Relations," *IEEE Tran. on Knowledge and Data Engineering*, Vol. 16, No. 12, DEC. 2004, pp. 1468-1496.
- [8] T. Hung-Khooon, et al., "Efficient Mining of Multiple Partial Near-Duplicate Alignments by Temporal Network," *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 20, pp. 1486-1498, 2010.
- [9] B. Foo and M. van der Schaar, "A Distributed Approach for Optimizing Cascaded Classifier Topologies in Real-Time Stream Mining Systems," *IEEE Trans. on Image Processing*, vol. 19, pp. 3035-3048, 2010.
- [10] D. Yi and F. Guoliang, "Sports Video Mining via Multichannel Segmental Hidden Markov Models," *IEEE Trans. on Multimedia*, vol. 11, pp. 1301-1309, 2009.
- [11] A. Anjulan and N. Canagarajah, "A Unified Framework for Object Retrieval and Mining," *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 19, pp. 63-76, 2009.
- [12] A. J. T. Lee, Y.-H. Liu, H.-M. Tsai, H.-H. Lin, H.-W. Wu, "Mining frequent patterns in image databases with 9D-SPA representation," *Journal of Systems and Software*, Vol. 82, 2009, pp. 603-618.