

# 視訊物件時空關係探勘之研究

## The research of mining spatial-temporal relations between video objects

余平

文化大學資訊管理學系

Ping Yu

Department of Information Management, Chinese Culture University

Email: yp@faculty.pccu.edu.tw, pinkofsakura@gmail.com

### 摘要

近年來在視訊頻繁樣式探勘已有許多研究成果，但仍因無法對各種不同視訊情境中快速且準確識別出所有物件，而無法自動由視訊中萃取出視訊物件，並應採用何種方式表示以能進步的探勘。以及現有研究成果大部份均針對單點或區間的時間事件，如交易資料庫，或是利用視訊中的顏色等屬性所衍生出的結果進行探勘，無法有效探勘出較具意義物件關係，並對大量視訊物件的時空關係應使用何種探勘方法仍無定論。故本研究假設已由視訊中標示出物件的最小矩形，且以 9DST 視訊表示法來表示物件的時空關係，利用將 9D-SPA 影像探勘演算法，擴展為可對具時間關係的視訊物件進行探勘，除提出之前視訊物件時空關係頻繁樣式探勘演算法外，並嘗試由視訊資料庫中利用具時間順序的連續空間關係，找出更具意義的視訊物件頻繁樣式。

### 一、前言

在資訊技術和儲存媒體不斷的進步下，資訊表達類型不再僅限於文字，影像和視訊已成為生活中傳達資訊的新趨勢，且在日常生活中我們常使用許許多多媒體影像設備，如攝影機、數位相機、監視器等，此多元及大量的使用，使得多媒體資料庫管理系統成為新興的研究課題。

多媒體資料是一般人較容易接受的資料形式，尤其是視訊資料的豐富內容，勝過於單純文字、影像或音訊資料的描述能力，但也因為龐大的資料量，導致使用者在無法快速找到自己所需要的資訊，雖在近年來已吸引相當多的學者投入此方面相關的研究，仍是一個具有挑戰性的議題，所以如何由大量的視訊中獲取更多有用的資訊是本研究的主要動機。其中資料探勘是用來挖掘資料庫中可能隱藏資訊的主要方法，亦可運用於視訊上。但因視訊中物件同時具有屬性、時間及空間等多元的資料，作者曾針對其中的時間及空間提出相關的演算法，但要如何從這些資料中同時探勘出具有時空關係的有用的資訊，需進一步探討如何表示視訊物件間的時空關係及提出更適用的探勘方法。

目前已有許多影像及視訊表示法的相關研究，如 9D-SPA 影像表示法[1]紀錄影像物件間的方位與拓撲關係，以提供多樣化的影像資訊；9DST 視訊表示法[2]提出紀錄視訊物件間變化情形的物件索引表及物件間時空關係的 9DST 索引表，表示出視訊中物件間可能存在的不同精細程度的時空關

係，在先期研究顯示，其可適用於視訊查詢上，但是否能適用於視訊探勘上，仍需進一步的探討。

在頻繁樣式探勘的研究上，近年來亦有許多學者提出，如 Apriori[3]、FreeSpan[4]、及 PrefixSpan[5]等，但針對影像或視訊探勘的相關研究，仍大多針對影像或視訊中顏色特徵所衍生的屬性上進行探討[6]；但其中 Lee et al[7] 利用 9D-SPA 影像資料庫具有良好效率的檢索結構，將 Apriori 演算法擴展至影像物件空間關係探勘。所以在本研究利用 9DST 視訊表示法、9D-SPA 影像探勘演算法及視訊物件時間關係探勘方法，提出視訊物件時空關係頻繁樣式探勘演算法，以由視訊資料庫中找出更具語意的頻繁樣式。

接下來首先在第二節及第三節就相關研究中，9DST 視訊表示法及 9D-SPA 影像探勘演算法進行說明。於第四節研究方法中說明如何運用於本研究，並提出修正後，具有探勘具時間順序連續空間關係的演算法，並以一個實例來說明，推導演算法的可行性，並於第五節提出結論及後續研究方向。

### 二、9DST 視訊表示法

在影像表示法上，Huang 與 Lee 兩位學者在 2004年提出 9D-SPA 影像表示法[1]，描述影像中兩物件間相對的空間關係。假設一個影像中包含  $n$  個物件( $O_1, O_2, \dots, O_n$ )，9D-SPA 表示法的結構為： $R = \{(O_{ij}, D_{ij}, D_{ji}, T_{ij}) \dots (O_{ij}, D_{ij}, D_{ji}, T_{ij})\}$ ，其中  $1 \leq i, j \leq n$ ， $O_{ij}$  表示物件對的編號， $D_{ij}(D_{ji})$  表示  $O_i$  與  $O_j$  物件間物件  $i(j)$  相對於物件  $j(i)$  的 9 種方位關係，利用 8 個位元分別表示，若具有該方位關係時，該方位所代表的位元以 1 表示，反之則為 0， $T_{ij}$  表示  $O_i$  與  $O_j$  物件間的拓撲關係，其拓撲關係具有 4 種關係值，所代表的意義分別為：0=分離(disjoin)、1=相鄰(join/meet)、2=部分重疊(partly\_overlap)、3=包含或覆蓋(contains/inside)，在建立時，首先將成對物件依序編號為  $O_{ij}$ ， $O_{ij} = (j-1)(j-2)/2 + i$ ，其中  $1 \leq i, j \leq n$ ，再分別以  $D_{ij}$ 、 $D_{ji}$  及  $T_{ij}$  紀錄每個  $O_{ij}$  中的兩物件間的相對方位關係與拓撲關係。

9DST[2]視訊表示法則以 9D-SPA 空間關係為基礎，提出視訊物件時空關係表示法，在 9DST 模型中，物件索引表(OT、Object Table)主要用來記錄視訊中每一個物件的初始資料，如位置、大小、出現及消失的視訊框編號等，及記錄物件隨時間變化的情形，物件索引表的結構為： $[ObjectID][t,c,x,y,w,l][[F,X_d, Y_d, X_z, Y_z]_1 \dots (F,X_d, Y_d$

$(X_z, Y_z)_n$ ]; 其中 ObjectID 為物件編號、 $t$  為物件的初始時間、 $c$  為物件在此視訊中所出現的持續時間、 $x$  為物件之 X 軸方向的位置、 $y$  為物件 Y 軸的位置、 $w$  為物件的寬度、及  $l$  為物件的長度，其中長度與寬度是以物件的最小矩形所測量出來，後續的屬性表示物件在不同時間點的位置及大小變化情形，其中  $F$  為物件在視訊中出現的相同位移、大小變化的視訊格數、 $X_d$  及  $Y_d$  表示物件在 X 軸與 Y 軸的位移變化， $X_z$  與  $Y_z$  則是表示物件在 X 軸與 Y 軸的大小變化。利用 9DST 表示法，將可有效率的減少儲存視訊所需的空間，並可快速的產生出所需的物件關係。另為提供有效率的視訊儲存及檢索，亦提出 9DST 索引結構，以三層的索引建立可快速查詢兩物件間時空關係的資料結構。

### 三. 9D-SPA 影像探勘演算法

Lee et al[7] 以 9D-SPA 在影像資料庫中所具有良好查詢效率的檢索結構，及 Apriori 探勘演算法的概念，提出一個新的影像物件空間關係探勘演算法，9D-SPA miner，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，首先掃描資料庫乙次，建立索引結構；步驟 2 由索引結構找出所有的長度為 2 的頻繁樣式，最後利用利用步驟 2 的結果，產生長度 3 的候選樣式，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。以下簡略說明其流程。

首先將影像資料庫轉化成 9D-SPA string，其結構為  $(O_{ij}, D_{ij}, D_{ji}, T_{ij})$ ，假設最小支持度設定為 2，掃描資料庫後便可找出長度為 2 的頻繁樣式。接著利用任兩個長度為 2 的可組合頻繁樣式，產生長度為 3 的候選樣式，其可組合定義為兩長度為  $k$  的頻繁樣式中  $k-1$  物件及其相互關係必須是相同的。以  $\{O_1, O_2, (1,48,3,0)\}$  和  $\{O_1, O_3, (2,3,48,0)\}$  兩個  $L_2$  產生候選樣式  $\{O_1, O_2, O_3, (1,48,3,0), (2,3,48,0), (3, D_{23}, D_{32}, T_{23})\}$  為例，如產生所有可能的候選樣式  $D_{23}$  及  $D_{32}$  將各有 128 種，而  $T_{23}$ ，則有 5 種，即產生的候選項目將有  $128^2 * 5$  種，故 9D-SPA miner 提出利用將兩維方位分解為一維方位關係，再利用已推導且彙整出的可能關係，排除不可能存在關係的方法，以減少候選樣式的產生。接續上例，以  $D_{21}=3$  和  $D_{31}=48$  來推導  $D_{23}$  說明，首先將  $D_{21}$  及  $D_{31}$  分解為  $X_{21}$ 、 $X_{31}$ 、 $Y_{21}$  及  $Y_{31}$ ，如圖 1 所示，以  $X_{21}$  及  $X_{31}$  兩者之間物件投影在 X 軸上可能的關係為  $x_1$ ，接著用相同的方法找出  $Y_{21}$  和  $Y_{31}$  可能的關係為  $y_1$ ，並用  $x_1$  和  $y_1$  找出  $D_{23}$  可能的值，再以相同的方式找出  $D_{32}$ ，另因為  $D_{21}$  和  $D_{31}$  顯示為沒有重疊的空間關係，所以  $T_{23}$  為 0，接著把  $O_2$  和  $O_3$  可能的關係組合起來，得到可能的候選樣式為  $(3,2,16,0)$ 、 $(3,2,24,0)$ 、 $(3,2,48,0)$ 、 $(3,2,56,0)$ 、 $(3,3,16,0)$ 、 $(3,3,24,0)$ 、 $(3,3,48,0)$  及  $(3,3,56,0)$ 。因由 Apriori 方法 anti-monotone 特性，可知如任一  $n-1$  樣式為不頻繁則  $n$  樣式一定為不頻繁，再利用修正後所建立的 9D-

SPA 索引結構更進一步簡化查詢影像資料庫成本的兩種方式，可更加提高探勘的效率。接續上例，由長度為 2 的頻繁樣式只中可發現  $O_2$  和  $O_3$  的關係中只有  $(3,3,48,0)$  和  $(3,2,32,0)$  為頻繁，即可知候選鍵長度為 3 的可能頻繁樣式只有  $\{O_1, O_2, O_3, (1,48,3,0), (2,3,48,0), (3,3,48,0)\}$  和  $\{O_1, O_2, O_3, (1,48,3,0), (2,3,48,0), (3,2,32,0)\}$ ，再利用索引結構各子樣式影像列表的交集找出符合最小支持度後，發現只有  $\{O_1, O_2, O_3, (1,48,3,0), (2,3,48,0), (3,3,48,0)\}$  為頻繁，接續再以相同方式直到無法再找出更長的頻繁樣式，即可結束探勘。

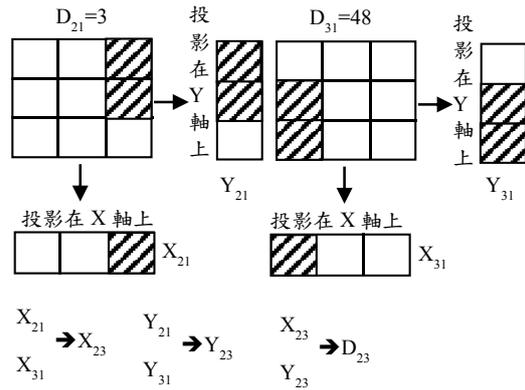


圖 1. 物件推導  $D_{23}$

由說明可知，9D-SPA miner 主要利用 9D-SPA 影像資料可預先推導各種可能關係組合的特性，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，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，並增加時間維度的探勘方法，以能由視訊中探勘出有用的資訊。

### 四、視訊物件時空關係頻繁樣式探勘演算法

本研究中視訊的空間關係(Spatial Relation)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，為表示物件所具有時間上的連續空間關係，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。如上節中所述，因在 9DST 索引結構中每個物件對節點中物件間的空间關係皆為同時存在，並於所屬串列中記錄具有此關係的視訊編號及其視訊片斷(鏡)中，等於連續且同時存在的物件空間關係已在索引結構中。另外，在探勘過程中空間頻繁樣式長度增加時，會建立同視訊不同物件對的時間交集，交集結果亦為連續且同時存在的物件空間關係，在本文中並針對具時間順序的連續空間關係，提出修正後的

演算法，以找出更具意義的視訊物件頻繁樣式。

演算法中，首先設定最小支持度( $\min\_sup$ )，在掃描資料庫中物件索引表後，探勘出在連續時間裡符合最小支持度且長度為 1 的頻繁樣式( $L_1$ )，再將已按順序排列的  $L_1$  兩兩產生長度為 2 候選樣式( $C_2$ )，再對每個  $C_2$  檢查 9DST 索引結構，因 9DST 索引結構為物件對的時空關係索引，可在掃描 9DST 索引結構乙次，即可將其中出現次數不小於  $\min\_sup$  的物件關係產生出所有符合最小支持度且長度為 2 的頻繁樣式( $L_2$ )。在後續探勘長度大於 2 的空間頻繁樣式上，採用 9D-SPA miner 的作法，將  $D_{ij}$  及  $D_{ji}$  二維方位關係，分解為一維  $x$  及  $y$  後，以一維及二維的 Relation matrixes 推導出可能的空間關係，進而產生候選樣式，並在最後針對具有連續性的空間關係頻繁樣式予以結果為具有時間特性的時空頻繁樣式。本研究所提出的視訊空間關係頻繁樣式探勘演算法 9DST Spatial-Relation Algorithm 如下所示。

**Algorithm:** 9DST Spatial-Relation Miner

**Input:** the object table OT, the 9DST index structure DI, the Relation matrixes  $M^R$ , and the minimum support  $\min\_sup$ .

**Output:** all frequency patterns of spatial Relation  $FP_{SR}$ .

**Begin**

$FP_{SR} = \emptyset$ .

Scan the OT to find all frequency 1-patterns, and add to  $FP_{SR}^1$  and  $FP_{SR}$ .

$k=1$ .

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

$FP_{ST}^{k+1} = \text{Generate-Spatial-Relation-Patterns}(FP_{SR}^k, k, M^R, DI, \min\_sup)$ .

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

$k++$ .

**End While**

Scan  $FP_{SR}$  to combine the continue relation frequency patterns that with same items and continue shot.

Return  $FP_{ST}$ .

**End**

**Procedure:** Generate-Spatial-Relation-Patterns

**Input:** all frequency  $k$  spatial relation patterns  $FP_{SR}^k$ , the length of patterns  $k$ , the relation matrixes  $M^R$ , 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  $P = \{O_1, O_2, \dots, O_k,$

$SR_{1,2}, SR_{1,3}, \dots, SR_{1,k}, \dots, SR_{k-1,k}\}$  in  $FP_{SR}^k$ .

**For** each patterns  $q_k$  of  $Q = \{O_1, O_2, \dots, O_k,$

$SR_{1,2}, SR_{1,3}, \dots, SR_{1,k}, \dots, SR_{k-1,k}\}$  in  $FP_{SR}^k$

that is joinable to  $p_k$ .

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

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

Let  $\Phi$  be all the possible SR-relations

between  $p_k$  and  $q_k$  by using the SR-relations of  $p_2 = \{O_i, O_k, SR_{i,k}\}$  and  $q_2 = \{O_i, O_k, SR_{i,k}\}$  to look up  $M^T$ .

$\theta = \theta \cap \Phi$ .

$i=i+1$ .

**End While**

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

Let  $V$  be the video's shots that are the intersection videos' shots list of  $p_k$  and  $q_k$ .

**For** each SR-relation  $s_r$  in  $\theta$  **Do**

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

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

Finding all the videos' shots that contain  $s_r$  from DI and let  $V' = V \cup V'$ .

$V'' = V \cap V'$ .

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

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

**Else** /\*the number of videos in  $V'' < \min\_sup$ \*/

**Continue.**

**End IF**

**End IF**

**End For**

**End IF**

**End For**

**End For**

**Return**  $FP_{SR}^{k+1}$

**End**

為說明演算法的可行性，我們舉一實例說明，假設視訊資料庫具有 4 個視訊，其 9DST-string 如下表 2 所示。

表 2. 範例視訊 Video1 到 Video 4 的 9DST-string

VID	9DST-string
V1	{(1,2)(2)(5-6)(32,2,0),(1,3)(6)(1-6)(16,1,0),(1,4)(5)(1-5)(128,8,0),(1,5)(6)(1-6)(8,128,0),(2,3)(2)(5-6)(2,32,0),(2,4)(1)(5)(3,48,0),(2,5)(2)(5-6)(2,32,0),(3,4)(5)(1-5)(128,8,0),(3,5)(6)(1-3 4-6)(12,192,0 4,64,0),(4,5)(5)(1-5)(8,128,0)}
V2	{(1,2)(2)(5-6)(128,8,0),(1,3)(6)(1-6)(16,1,0),(1,4)(3)(3-5)(128,8,0),(1,5)(5)(1-6)(8,128,0),(2,3)(1)(6)(8,128,0),(3,4)(3)(3-5)(128,8,0),(3,5)(5)(1-4 5)(12,192,0 4,64,0),(4,5)(3)(3-5)(8,128,0)}
V3	{(1,2)(2)(1-2)(48,3,0),(1,3)(2)(1-2)(48,3,0),(1,4)(1)(2)(32,2,0),(2,3)(3)(1-3)(1,16,0),(2,4)(2)(2-3)(128,8,0),(2,5)(1)(3)(2,32,0),(3,4)(3)(2-4)(32,2,0),(3,5)(2)(3-4)(8,128,0),(4,5)(4)(3-4 5-6)(8,128,0 12,192,0)}
V4	{(1,3)(2)(4-5)(16,1,0),(1,5)(2)(4-5)(8,128,0),(2,3)(2)(2-3)(32,2,0),(2,4)(2)(2-3)(32,2,0),(2,5)(1)(3)(32,2,0),(3,4)(2)(2-3)(1,16,0),(3,5)(4)(3-6)(2,32,0),(4,5)(1)(3)(8,128,0)}

首先對 9DST 中物件索引表(OT)進行分析，利用最小支持度判斷單一物件是否為頻繁樣式，並將結果加入頻繁樣式( $L_1$ )，假設最小支持度為 2，也就是說必須在四個視訊中，相同的物件在兩個視訊

以上才能算頻繁樣式。接著運用 Generate-Spatial-Relation-Patterns 常式開始產生出更長的頻繁樣式  $L_2$ ，首先以  $L_1$  結合出物件對  $C_2$ ，並於 9DST 索引結構中檢查物件對中具有相同空間關係，且在兩個視訊以上出現才能組合為頻繁樣式  $L_2$ ，如表 3 所示。接下來再次呼叫 Generate-Spatial-Relation-Patterns 常式產生頻繁樣式  $L_3$ ，以  $L_2$  產生長度為 3 的候選樣式( $C_3$ )的方式較產生  $C_2$  複雜，因其需進一步將  $D_{ij}$  及  $D_{ji}$  分解為一維空間  $x$  及  $y$  後，推導出可能的空間關係產生  $C_3$ ，同樣將  $L_2$  與新產生可能空間關係的視訊片斷進行交集，以檢查各個  $C_3$  是否出現次數大於等於最小支持度後產生  $L_3$ ，持續此步驟直到所有頻繁項目。接續上例，以表 3 中物件對 {1,3} 及 {1,4} 為例，於表 3 中  $L_2$  可以找出 {1,3} 在 Video 1、Video 2 及 Video 4 的三個視訊中在連續的時間下有相同的空間關係(1,3,16,1)，接著找出 {1,4} 物件對中可以發現在 Video 1 及 Video 2 的兩個視訊中在連續時間下有相同的空間關係(1,4,128,8)。即可將 {1,3} 和 {1,4} 的  $L_2$  組合成 {1,3,4} 的  $C_3$ ，為了推導  $D_{43}$ ，首先利用分解出的  $X_{13}$  和  $X_{14}$  找出兩物件投影在  $X$  軸上可能的關係為  $x_1$ ，用相同的方法找出  $Y_{13}$  和  $Y_{14}$  可能的關係為  $y_1$ ，再利用  $x_1$  和  $y_1$  去找出  $D_{43}$  可能的值為 8，接著找出  $D_{34}$  可能為 128。用同樣的方法可找出所有可能的  $C_3$  組合，如表 4 所示，並在檢查各個  $C_3$  的子樣式是否存在於  $L_2$ ，且各具有的視訊片斷交集顯示於視訊出現次數大於等於最小支持度後，產生長度為 3 的頻繁樣式( $L_3$ )組合，如表 5 所示，其中 discard 表示其子樣式不存在或交集後的視訊數量不符合最小支持度的候選樣式。

表 3. 頻繁樣式( $L_2$ )

Object list	FP	Video List
1,3	(1,3,16,1)	1(1-6),2(1-6),4(4-5)
1,4	(1,4,128,8)	1(1-5),2(3-5)
1,5	(1,5,8,128)	1(1-6),2(1-5),4(4-5)
3,4	(3,4,128,8)	1(1-5),2(3-5)
3,5	(3,5,12,192)	1(1-3),2(1-4)
3,5	(3,5,4,64)	1(4-6),2(5)
4,5	(4,5,8,128)	1(1-5),2(3-5),3(3-4),4(3)

表 4. 由  $L_2$  產生  $C_3$

Object list	$C_3$	Video List
1,3,4	1,3,4,(1,3,16,1),(1,4,128,8),(3,4,128,8)	1(1-5),2(3-5)
1,3,5	<del>1,3,5,(1,3,16,1),(1,5,8,128),(3,5,2,32)</del>	discard
	<del>1,3,5,(1,3,16,1),(1,5,8,128),(3,5,2,64)</del>	discard
	<del>1,3,5,(1,3,16,1),(1,5,8,128),(3,5,2,96)</del>	discard
	<del>1,3,5,(1,3,16,1),(1,5,8,128),(3,5,2,128)</del>	discard
	<del>1,3,5,(1,3,16,1),(1,5,8,128),(3,5,2,192)</del>	discard
	<del>1,3,5,(1,3,16,1),(1,5,8,128),(3,5,2,224)</del>	discard
	<del>1,3,5,(1,3,16,1),(1,5,8,128),(3,5,4,32)</del>	discard
	<del>1,3,5,(1,3,16,1),(1,5,8,128),(3,5,4,64)</del>	discard
	<del>1,3,5,(1,3,16,1),(1,5,8,128),(3,5,4,96)</del>	discard
	<del>1,3,5,(1,3,16,1),(1,5,8,128),(3,5,4,128)</del>	discard
	<del>1,3,5,(1,3,16,1),(1,5,8,128),(3,5,4,192)</del>	discard
	<del>1,3,5,(1,3,16,1),(1,5,8,128),(3,5,4,224)</del>	discard
	<del>1,3,5,(1,3,16,1),(1,5,8,128),(3,5,6,32)</del>	discard
	1,3,5,(1,3,16,1),(1,5,8,128),(3,5,6,64)	1(4-6),

		2(5)
	<del>1,3,5,(1,3,16,1),(1,5,8,128),(3,5,6,96)</del>	discard
	<del>1,3,5,(1,3,16,1),(1,5,8,128),(3,5,6,128)</del>	discard
	<del>1,3,5,(1,3,16,1),(1,5,8,128),(3,5,6,192)</del>	discard
	<del>1,3,5,(1,3,16,1),(1,5,8,128),(3,5,6,224)</del>	discard
	<del>1,3,5,(1,3,16,1),(1,5,8,128),(3,5,8,32)</del>	discard
	<del>1,3,5,(1,3,16,1),(1,5,8,128),(3,5,8,64)</del>	discard
	<del>1,3,5,(1,3,16,1),(1,5,8,128),(3,5,8,96)</del>	discard
	<del>1,3,5,(1,3,16,1),(1,5,8,128),(3,5,8,128)</del>	discard
	<del>1,3,5,(1,3,16,1),(1,5,8,128),(3,5,8,192)</del>	discard
	<del>1,3,5,(1,3,16,1),(1,5,8,128),(3,5,8,224)</del>	discard
	<del>1,3,5,(1,3,16,1),(1,5,8,128),(3,5,12,32)</del>	discard
	<del>1,3,5,(1,3,16,1),(1,5,8,128),(3,5,12,64)</del>	discard
	<del>1,3,5,(1,3,16,1),(1,5,8,128),(3,5,12,96)</del>	discard
	<del>1,3,5,(1,3,16,1),(1,5,8,128),(3,5,12,128)</del>	discard
	1,3,5,(1,3,16,1),(1,5,8,128),(3,5,12,192)	1(1-3), 2(1-4)
	<del>1,3,5,(1,3,16,1),(1,5,8,128),(3,5,12,224)</del>	discard
	<del>1,3,5,(1,3,16,1),(1,5,8,128),(3,5,14,32)</del>	discard
	<del>1,3,5,(1,3,16,1),(1,5,8,128),(3,5,14,64)</del>	discard
	<del>1,3,5,(1,3,16,1),(1,5,8,128),(3,5,14,96)</del>	discard
	<del>1,3,5,(1,3,16,1),(1,5,8,128),(3,5,14,128)</del>	discard
	<del>1,3,5,(1,3,16,1),(1,5,8,128),(3,5,14,192)</del>	discard
	<del>1,3,5,(1,3,16,1),(1,5,8,128),(3,5,14,224)</del>	discard
1,4,5	1,4,5,(1,4,128,8),(1,5,8,128),(4,5,8,128)	1(1-5), 2(3-5)
3,4,5	3,4,5,(3,4,128,8),(3,5,12,192),(4,5,8,128)	1(1-3), 2(3-4)

表 5. 由  $C_3$  產生  $L_3$

Object list	FP	Video List
1,3,4	1,3,4,(1,3,16,1),(1,4,128,8),(3,4,128,8)	1(1-5),2(3-5)
1,3,5	1,3,5,(1,3,16,1),(1,5,8,128),(3,5,4,64)	1(4-6),2(5)
1,3,5	1,3,5,(1,3,16,1),(1,5,8,128),(3,5,12,192)	1(1-3),2(1-4)
1,4,5	1,4,5,(1,4,128,8),(1,5,8,128),(4,5,8,128)	1(1-5),2(3-5),
3,4,5	3,4,5,(3,4,128,8),(3,5,12,192),(4,5,8,128)	1(1-3),2(3-4)

用同樣的方法推導出其他組合，並在檢查各個長度為 4 的候選樣式( $C_4$ )，如表 6 所示。檢查  $C_4$  是否出現次數大於等於最小支持度後產生長度為 4 ( $L_4$ ) 的組合，因  $C_4$  與  $L_4$  相同，同於表 6 中表示。

表 6. 由  $L_3$  產生  $C_4$  及由  $C_4$  產生的  $L_4$

Object list	FP	Video List
1,3,4,5	1,3,4,5,(1,3,16,1),(1,4,128,8),(1,5,8,128),(3,4,128,8),(3,5,4,64),(4,5,8,128)	1(4-5),2(5)
1,3,4,5	1,3,4,5,(1,3,16,1),(1,4,128,8),(1,5,8,128),(3,4,128,8),(3,5,12,192),(4,5,8,128)	1(1-3),2(3-4)

當無法再產生出更長的頻繁樣式後，因相同的物件組合可能具有多種連續空間關係，故需進行同對物件組合的連續空間關係探勘。本研究定義以空間關係依序編號來表示連續關係的長度，以和物件長度區隔，以表 7 中物件組合(1,3,4,5)的兩兩空間關係中，可發現物件對(3,5)具有連續的空間關係，即(3,5,12,192)<sub>1</sub>|(3,5,4,64)<sub>2</sub> 其中下標表示第幾種關係頻繁樣式，其中連續的空間關係在檢查視訊片斷即

出現次數是否符合最小支持度時，限定兩種關係在同一視訊中需為連續的時間。但根據 anti-monotone 的理論，在單一關係不為頻繁，其連續的多種關係亦不頻繁，可由連續關係的候選樣式中刪除。故在演算法中，為減少產生過多不必要的候選樣式，將在完成單一關係樣式探勘後再予以產生，最後產出不同長度且具連續空間關係的頻繁樣式如表 7 所示。

表 7. 由 L<sub>2</sub> 至 L<sub>4</sub> 產生的連續空間關係

Object list	Length	FP	Video List
3,5	2	(3,5,12,192) <sub>1</sub>  (3,5,4,64) <sub>2</sub>	1(1-6), 2(1-5)
1,3,5	3	1,3,5,(1,3,16,1),(1,5,8,128),(3,5,12,192) <sub>1</sub>  (3,5,4,64) <sub>2</sub>	1(1-6), 2(1-5)
1,3,4,5	4	1,3,4,5,(1,3,16,1),(1,4,128,8),(1,5,8,128),(3,4,128,8),(3,5,12,192) <sub>1</sub>  (3,5,4,64) <sub>2</sub> , (4,5,8,128)	1(1-5), 2(3-5)

### 五、結論與後續方向

為能找出視訊資料中的有用資料，本研究就曾提出的視訊物件間時空關係頻繁樣式探勘演算法予以修正，以由視訊資料庫中找出具時間關係語意的連續空間關係頻繁樣式。本研究亦預設已由視訊中建構最小矩形物件，並以 9DST 視訊表示法來建立視訊資料庫，以便利用所具有的索引結構執行視訊頻繁樣式探勘。

在研究中亦提出如何顯示具時間語意的連續空間關係視訊頻繁樣式表示法，但因 9DST 視訊表示法在表示視訊原始資料的時空模型時，本質上已使用抽象化表示，具有一定程度的不精確性，在未來應可利用時空關係的不同水準的精確度，由時間拓撲、時間關係、空間拓撲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不精確的問題，並提供更具彈性的方法能找出更多具有意義的視訊物件頻繁樣式。在探勘演算法上，因所採用的 Apriori-like 演算法仍具有相當的複雜度，在針對具有較多候選樣式或長樣式的資料庫時，將會有效能上的影響，在未來如能利用其它更具效率的探勘演算法克服上述問題，將使視訊資料庫的探勘因能找出更多具有不同語意的視訊物件頻繁樣式，而更具實務上運用的價值。

### 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] 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.