大學圖書館
15卷1期（民國100年3月） 頁87-108

以CIDOC CRM為基礎的影像資料庫知識探索之研究

The Study of Knowledge Discovery from Image Archives Based on CIDOC CRM

林佳宏 Chia-Hung Lin
陸軍軍官學校管理科學系助理教授
Assistant Professor, Department of Management Science
R.O.C. Military Academy
E-mail: chlin@cma.edu.tw

洪聖豪 Sheng-Hao Hung
國立暨南國際大學計算機中心助理研究員
Assistant Researcher Fellow,
Computer and Network Center, National Chi Nan University
E-mail: hung@ncnu.edu.tw

【摘 要】

本研究主要是探討在語意網架構下建構一個推論平台的流程。藉著一個在文化遺產領域已成為國際標準的CIDOC CRM知識本體（ISO21127），我們將影像作品詮釋資料的詮釋性知識與影像作品文字描述的概念性知識，作語意上的知識整合。目的是為了探索在異質性影像資料庫之間的隱性知識。本研究在影像資料庫知識探索的經驗與結果顯示，應用語意網常用的工具軟體所建構的推論平台，是可實際應用在現實生活異質性影像資料庫的整合。

【Abstract】

This study presents core processes for developing an inference platform under the Semantic Web architecture to discover implicit knowledge dispersed among heterogeneous image archives. By using a well-designed core ontology in the cultural domain (CIDOC CRM, ISO21127), we semantically integrated real-life image archives with both administrative-level metadata and conceptual-level event knowledge described in free-texts. We discuss the need for a robust inference platform for real-life knowledge discovery and integration among heterogeneous image archives. Experimental results indicate the approach can be implemented in real-life applications.

收稿日期：民國99年9月10日；接受日期：民國100年1月28日

關 鍵 字：語意網；知識探索；知識本體；推論平台
Keywords：Semantic Web; Knowledge discovery; CIDOC CRM; Inference platform

壹、前言

由於全球網際網路的普及與進步，實體博物館的人文藝術作品，經由數位化之後，可提供社會大眾在網路上瀏覽與觀賞。但面對日益龐大的影像資料與數位典藏內容的多樣化，如何提供使用者直覺的影像檢索服務，以及讓使用者更深入地瞭解數位典藏作品之間的相關知識，是相當值得探討的課題。目前影像資料庫的資料檢索，大多採詮釋資料為基礎的查詢方式，例如：Dublin Core（2010），AMICO（Trant, Richmond & Bearman, 2002），EAD（Lindholm & Patel, 2002）與FRBR（Boeuf, 2001; 2003）等等。這些詮釋資料主要是由專業人員定義並管理，因此我們稱之為詮釋性知識。詮釋資料的查詢方式，主要是根據特定欄位或跨欄位的方式進行關鍵字的比對，來檢索結果。舉例來說，使用者可以輸入作者名稱“Johannes Vermeer”與畫作名稱“The Oath of the Horatii”做查詢。假如使用者在此領域沒有一定的專業知識，將很難檢索出使用者所想要的影像。

Jörgensen（1998）, Tam and Leung（2001）以及Hollink, Schreiber, Wielemaker and Wielinga（2003）指出，一般使用者比較喜愛以概念性的描述方式來進行檢索。例如，使用者在實體博物館看到一張藝術作品，通常只會記住畫面中的概念事件與場景。例如：畫面描述的是一位男士抱著一本書在公園裡散步。當使用者回到家後，想至數位博物館/影像資料庫網站查詢該典藏作品，卻不知該輸入哪些關鍵字，以進行影像的檢索。但對人文藝術領域的專家學者而言，在作者名稱或畫作名稱的欄位，輸入關鍵字來進行影像檢索，並不是一件很困難的事。換句話說，利用詮釋資料來描述影像作品，對一般使用者而言較為專業且不易檢索。倘若能透過概念性的描述方式來檢索，使用者就不需要具備有相關的領域知識才能進行檢索。

雖然以概念性描述為基礎的影像檢索，可以讓一般使用者直覺地以自然語言的概念性描述去檢索影像資訊，但數位典藏影像作品概念性的描述資訊與建檔卻不容易實作。主要原因在於概念性知識的描述資訊，通常都出現在描述欄位內（例如：Dublin Core的「描述」欄位），並以Free-Text的方式撰寫。這裡所謂的Free-Text指的是典藏人員在進行影像作品資訊的描述時，以自然語言來描述典藏作品的相關文字內容資訊，而這些文字描述如有提供影像作品的概念性描述資訊，我們稱之為概念性知識。

目前運用在Free-Text檢索且較為普遍的技術為關鍵字比對的方法，使用者可以直接利用概念性描述的方式來檢索影像，但這樣的方法將會面臨到準確率的挑戰。例如，使用者欲檢索“a dog is chasing a man”，在關鍵字比對的方法上，或許含有“a man is chasing a dog”句子的影像描述還是會被檢索出來。換句話說，關鍵字比對的方法無法從“a dog is chasing a man”這個句子中識別出「主詞」以及「受詞」有何不同，且這些關鍵字也可能分散在句子的不同部位，但仍被檢索出來。因此當使用者在較大型的影像資料庫進行影像檢索時，準確率將會是個很嚴重的問題。

從以上可知，在原本影像資料庫詮釋資料的架構下，要提供使用者做概念式描述的查詢，其實是有一定的困難度。因此Grubinger, Clough, Müller and Deselaers（2006）利用手動標註的方式，將影像資料庫的作品賦予概念性的描述，例如“a boy is singing”, “a girl is kissing a boy at night”等等，以便提供使用者做概念式描述的查詢；同樣的方法在Tam and Leung（2001）以及Hollink et al.（2003）也都有提到，大致的作法主要是將影像作品的概念性描述的句型結構劃分為主詞（Subject）、動詞（Verb）、直接受詞（Object）、間接受詞（Recipient）、時間（Temporal）與地點（Location）。利用這樣的簡易句型結構提供給使用者做概念式描述的查詢，例如“a woman”（Subject）“gives”（Verb）“a flower”（Object）to “her husband”（Recipient）“in the living room”（Location）。將數位典藏影像作品的概念性描述，以手動標註的方式轉化成為具有結構性的欄位儲存至資料庫，以提供使用者做概念式描述的查詢，準確率會比關鍵字比對的方法還要好（Hollink et al., 2003; Schreiber et al., 2001），但缺點是影像資料庫需耗費相當多的時間與人力在數位典藏影像作品的人工標註作業上。

本研究以自然語言處理技術—語意角色標註（Semantic Role Labeling），自動化地將影像作品描述欄位內不受格式限制的自然語言文字描述，轉換成具有結構性的概念性知識，同時提供一個以知識本體為基礎的方法，去整合影像資料庫的詮釋性知識與概念性知識。這個目的是為了能夠自動化地產生使用者有興趣的隱性知識，例如在影像資料庫中，找出與某張影像作品具有相同概念的事件且作者風格也相同的所有畫作。事實上，使用者要自行找出這樣的答案，他必須非常繁瑣地在各個不同的影像資料庫做相關性的查詢才有可能找得到。我們利用一個在文化遺產領域已成為國際標準的CIDOC CRM來作為知識本體，以及結合語意網常用的工具軟體（例如Protégé知識本體管理工具、SWRL規則語言與Jess推論引擎）來建構一個知識推論平台，以

下將說明利用知識推論平台來做影像資料庫知識探索的過程與步驟。

貳、文獻探討

影像資料庫的主題內容包羅萬象，包含了歷史學、人文學、考古學、生物學、資訊科學等各種領域的專業知識。整體來看，數位典藏文物作品彼此之間，存在知識的語意連結關係，在錯綜複雜的時空背景互相交錯，甚至在不同領域間，也存在了語意相依的關連性。知識探索具備兩種層面的涵意：第一種是從資料庫之中推論找出有用的資訊，第二種則是辨識物件之間的關聯性關係。如果能夠建構一個不同領域、不同文化、不同時空的知識物件相互通連的知識網路，則將能加速知識的分享與應用，這也是目前語意網與CIDOC CRM正在努力的方向之一。以下將分別說明語意網與CIDOC CRM知識本體，以及為了自動化地擷取概念性知識所需的語意角色標註技術與語意網常用的工具軟體等等。

一、語意網與知識本體

Semantic Web（Berners-Lee, James & Ora, 2001）是現有網路架構的延伸，它並非用來取代現有的網路架構。要發揮Semantic Web的功用，在於提供新的資料描述基礎，在領域知識本體的共通架構下，所有資訊必須具備完整結構的語意描述，並結合自動推論規則，使得網路的資源、資料庫、線上服務、系統程式、個人裝置、乃至於家電用器等裝置，都能夠自動地透過網路來得到新的資訊並且自動處理，同時能夠利用這些語意資訊來進行資料搜尋與過濾，以提供多方面的資訊來輔助使用者。

在現實世界上，同一個術語在不同領域、不同國家或不同時代的意義可能都不盡相同。因此要將異質性資料庫做整合，甚至要達到人機之間要相互理解，是相當困難且值得探討的研究課題。一個較為可能的解決方案便是利用領域知識本體（Domain Ontology）的知識表現架構（Doan & Halevy, 2005）。領域知識本體利用類別、實體與關係的串連做知識的呈現，並且詳細地定義出該領域的所屬類別、類別與類別之間的連結關係、類別與類別之間的物件導向繼承關係等等，並賦予資訊物件完整結構的語意，讓人機之間都能夠相互理解。透過語意整合的方式將不同影像資料庫的知識對應至同一個領域知識本體的語意架構，由於每個影像資料庫知識呈現的類別、實體與關係不一定相同，在疊合部份就可以做資訊的連結與共享。資訊物件如能賦予完整結構的語意，語意網才能藉著推論規則，自動推論資訊物件之間的關聯性，而這也是語意網架構當中為何要擁有知識本體的重要原因之一。

二、CIDOC CRM知識本體

CIDOC（2010）是ICOM（International Council for Museums）組織的委員會之一，全名是Comité International pour la DOCumentation，簡稱為CIDOC。CIDOC的成員，基本上都是由文化遺產領域的專家以及技術人員所組成。CIDOC的Documentation Standards工作群組在1996年開始制定文化遺產資訊（cultural heritage information）領域的概念參考模型（Conceptual Reference Model，簡稱為CRM）。經由十年的規劃與發展，CIDOC CRM知識本體已經在2006年在文化遺產領域成為國際標準（CIDOC CRM, ISO21127）。現在是由CRM Special Interest Group（CRM-SIG）做測試與維護。

CIDOC CRM主要是針對文化遺產資料的型態與分類，定義人類能夠理解而達到知識分享的概念架構。其主要的目的在於使領域專家（例如：歷史學家、考古學家、生物學家等）和資訊系統開發者的溝通可以明確，且不會產生模稜兩可的情況。因此我們把CIDOC CRM定位為博物館領域的知識本體，便可以將博物館領域的相關資訊物件賦予語意資訊的描述，透過語意整合的方式將異質性影像資料庫的知識對應至CIDOC CRM知識本體的語意架構，進而建構數位博物館/影像資料庫的知識推論平台。

CIDOC CRM目前的版本為5.0.2版（CIDOC CRM, 2010），定義了90項概念類別（class）以及148個關係屬性（property），而且還在陸續增加中。在第三部份的研究方法與架構，將會說明如何將影像資料庫的詮釋性知識與概念性知識轉換對應至CIDOC CRM的語意架構。

三、語意角色標註技術的應用

在一個句子中所描述的事件，通常指的是句子中所出現的動詞，而與動詞相關的主詞、直接受詞、間接受詞等詞性，都被視為事件的參與者；語意角色標註技術（Gildea & Jurafsky, 2002; Pradhan, Hacioglu, Ward, Martin, & Jurafsky, 2003）將與動詞相關的詞性賦予各自的標籤名稱。例如，ARG0代表著動詞中的「主詞」；ARG1則代表著及物動詞的「受詞」。除此之外，仍有其他與動詞相關的詞性也被定義了特定的標籤，像是ARGM-LOC，代表了句子中其事件所發生的地點，而ARGM-TMP則代表了句子中其事件所發生的時間。例如："I saw a girl in the park in the morning."，語意角色標註的呈現方式如下：

[ARG0 I] [Verb saw] [ARG1 a girl] [ARGM-Loc in the park] [ARGM-Tmp in the morning]

如此可清楚知道句子中其事件的主詞、受詞、發生的時間以及地點。

語意角色標註技術針對句子中的語句能夠自動的給予特定的標籤。但在自然語言的使用上，每個單字可能會有多個含意，因此要自動地在一個句子中定義出每個單字的語意角色，且又要有一定的準確率是非常困難的。在這方面的文獻上有不少相關的研究，為此提出了不同的方法論（Gildea & Jurafsky, 2002; Koomen, Punyakanok, Roth & Yih, 2005; Pradhan, Ward, Hacioglu, Martin & Jurafsky, 2004）。這些方法論在取得主詞及受詞都有80%的準確率、動詞則有98%的準確率、ARGM-LOC以及ARGM-TMP的取得上也有70%的準確率（Pradhan et al., 2004）。就目前語意角色標註技術的準確度來說，已可做實務上的應用。本研究使用ASSERT自動化語意角色標註工具軟體（ASSERT, 2010）來分析影像資料庫影像作品的文字描述內容，並擷取出文字描述的概念性知識，並轉換對應至以CIDOC CRM為基礎的知識推論平台。

四、語意網常用之工具軟體介紹

Protégé（2010）是現今語意網發展技術中常用的知識本體管理工具，它提供使用者在視覺編輯環境中輕易地建構知識本體，並可以透過外掛程式（例如SWRL規則語言編寫工具）及Java編寫成的API完整地整合外部系統，使得知識本體能與語意網的其它工具做結合與應用。Protégé可以讓使用者自行建立CIDOC CRM的知識本體，可選擇以RDF（Resource Description Framework, 2010）或OWL（Web Ontology Language, 2010）的格式儲存，所有的CIDOC CRM classes、properties、instances以及SWRL rules都被儲存在OWL檔案中。圖1為Protégé管理CIDOC CRM知識本體的系統畫面。Protégé中的SWRLJessTab也支援將知識本體的classes以及properties轉換成Jess facts以提供Jess推論引擎進行推論（Golbreich, 2004）。除此之外，在實際的應用中，也有外部的轉換工具可以不透過Protégé而將OWL-encoded CRM中資訊轉到Jess推論引擎進行推論（Sandia National Laboratories, 2010）。

本研究的推論規則（Rules）是採用OWL結合RuleML的SWRL語法所組成（Ian et al., 2004），在Protégé中有提供SWRL規則語言的編寫工具。SWRL的規則是由條件式（antecedent）與結果（consequent）所組成。條件式包含了需要證實的必要條件，當條件式成真，結果才能成立。

$$\text{antecedent} \Rightarrow \text{consequent}$$

條件式或結果由atoms所組成，可寫成A1 ∧ ... ∧ An，意謂著條件式的每個atom都必須為真，結果才能成立（“∧”表示為and的意思）。Atoms可以表達成C（x）, P（x,y）, sameAs

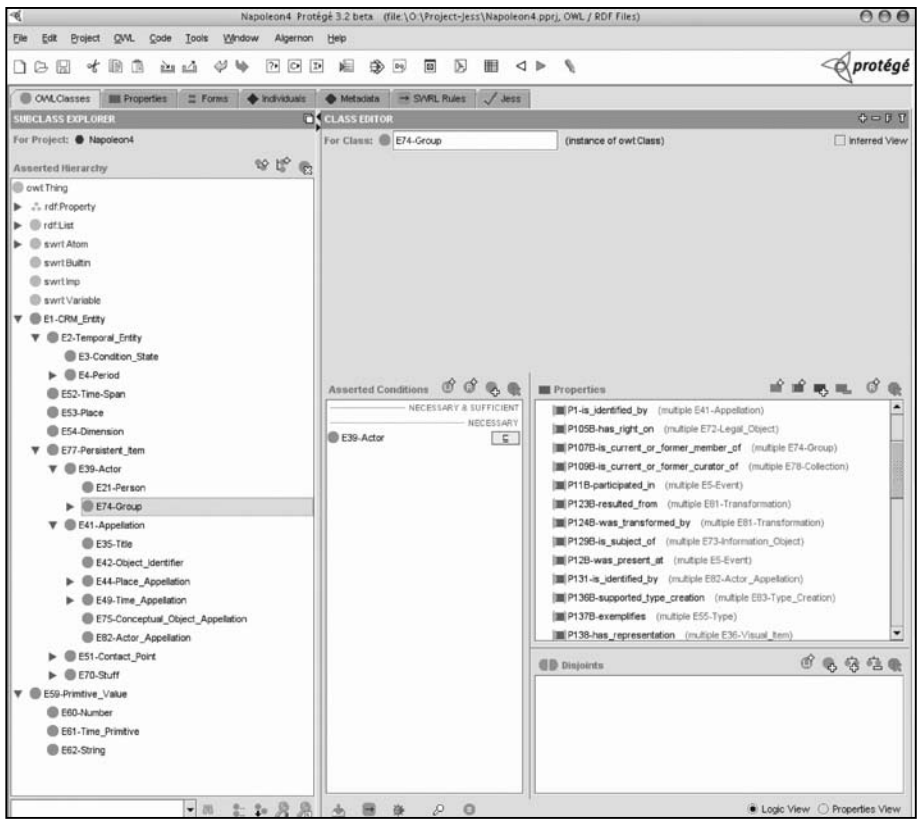


圖 1　Protégé管理CIDOC CRM知識本體的系統畫面

（x,y）或differentFrom（x,y），C所表示的是OWL的類別，P表示OWL 的屬性關係，x,y則可表示成OWL類別下的實體或數值（Ian et al., 2004）。

下面的例子說明，SWRL規則如何推論兩個人為伯（叔）侄的關係，X1的父親為X2，且X2的兄弟是X3，如果以上條件都成立，則可以推論得知X3就是X1的伯伯（叔叔）。

father（?X1, ?X2）∧brother（?X2, ?X3）⇒ uncle（?X1, ?X3）

基於以上的邏輯概念，CIDOC CRM的概念類別表示為C（x），CIDOC CRM的屬性則可表示為P（x,y）的形式。舉例來說，E21-Person（?X）代表CIDOC CRM人物的概念類別，而P107B-is_current_or_former_of（?X, ?Y）則代表CIDOC CRM概念類別之間的屬性關係，如果Jess推論引擎依循這些推論規則，確認推論規則條件式的每個atom都成立，即可得到新的隱性知識。

在Protégé中的SWRLJessTab工

具，提供了SWRL規則的編輯介面。被編輯好的SWRL規則可以被轉換成Jess Rule格式，將CIDOC CRM知識本體以及數位典藏資源的instances轉換成Jess Facts格式，而Jess推論引擎便會應用已轉換過的Jess Rule與Jess Facts來進行推論。而最後推論得到的結果則會呈現給使用者或作為更進一步的推論之用。

參、研究方法與架構

我們將在下面詳細說明，整合異質性影像資料庫的詮釋性知識與概念性知識至CIDOC CRM知識本體的流程與步驟，以及如何應用語意網相關工具軟體來建構知識推論平台。

一、將詮釋資料對應至CIDOC CRM的語意架構

要建立以CIDOC CRM為基礎的知識推論平台，首先必須將影像資料庫數位典藏文物的詮釋資料，轉換對應至CIDOC CRM。目前已有文獻說明如何將這些制定的詮釋資料轉換對應至CIDOC CRM。例如：Dublin Core、AMICO、EAD以及FRBR（Boeuf, 2003; Doerr, 2000, 2001; Doerr & Boeuf, 2006; Kondylakis, Doerr & Plexousakis, 2006; Theodoridou & Doerr, 2001）。

CIDOC CRM知識本體，可視為類別與關係連結而成的知識語意基底架構。舉例來說，描述一名藝術家的詮釋資料「母親」，就語意來說，表示的是兩個人之間，具有母子的關係，轉換成CRM的路徑，則被視為兩個E21-Person類別，與E67-Birth Event類別的組成（見圖2所示）。CIDOC CRM採用以事件為主的知識語意基底架構，因此，母親與孩子之間關係的建立，必須經由一個出生事件（Birth Event），以及屬性關係的連結才能達成。以另一個例子來看，藝術家與他的畫作之間，也有一個創作生產事件（E12 Production Event）；這個事件一定發生在歷史的某個時間（E52-Time-Span）與地點（E53-Place），畫作才得以產生。這種以事件為主的知識語意基底架構，將有助於整合不同領域的資料來源（Smith, 2003）。以下將說明三種不同類型的數位博物館/異質性影像資料庫的詮釋資料轉換對應至CIDOC CRM的過程。

第一種類型是以繪畫為主的數位博物館（Louvre Museum, 2010; Web



圖 2　CRM描述範例

Gallery of Art, 2010; Rijksmuseum, 2010; Manchester Art Gallery, 2010; The Metropolitan Museum of ART, 2010），這五個數位博物館典藏了藝術繪畫的影像與其相關的詮釋資料。表1說明了這五個數位博物館的詮釋資料架構。而這些詮釋資料是以人工的方式（參考圖3）轉換對應至CIDOC CRM的語意架構。表2則說明了這些詮釋資料被轉換到CIDOC CRM的對應路徑。

第二種類型是銷售繪畫複製品的

表 1　五個以繪畫為主的數位博物館的詮釋資料架構

	Louvre Museum	Web Gallery of ART	Rijksmuseum	Manchester Art Gallery	The Metropolitan Museum of ART
Painting Title	■	■	■	■	■
Artist Name	■	■	■	■	■
Birth Year	■	■	□	□	■
Birth Place	■	■	□	□	□
Dead Year	■	■	□	□	■
Dead Place	■	■	□	□	□
Finished Year	■	■	■	■	■
Description Text	■	■	■	■	■
Painting Style	□	□	□	□	□

■：表示有提供該Metadata的描述資訊；□表示沒有提供

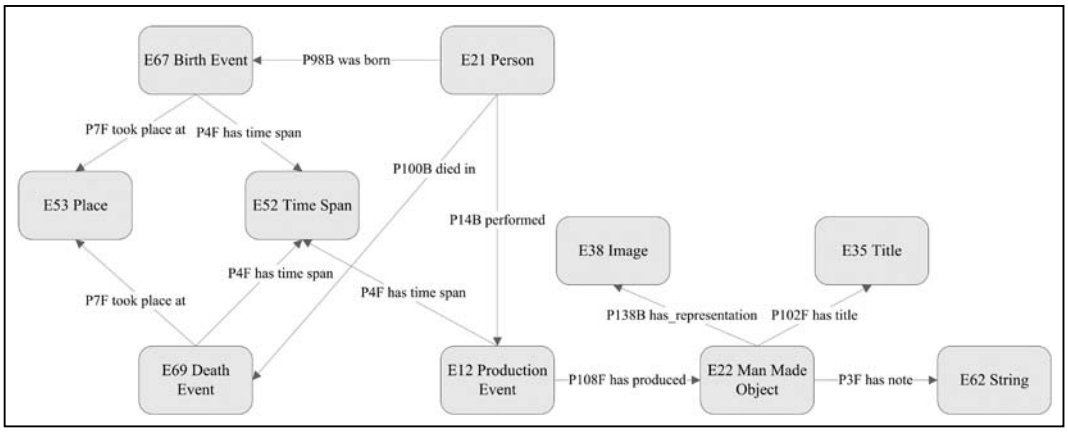


圖 3　以繪畫為主的數位博物館詮釋資料轉換對應至CIDOC CRM的語意架構

表 2　詮釋資料轉換至CIDOC CRM的對應路徑

Artist Name	E21-Person
Birth Year	E21-Person → P98B-was born → E67-Birth Event → P4F-has time span → E52-Time Span
Birth Place	E21-Person → P98B-was born → E67-Birth Event → P7F-took place at → E53-Place
Dead Year	E21-Person → P100B-died in → E69-Death Event → P4F-has time span → E52-Time Span
Dead Place	E21-Person → P100B-died in → E69-Death Event → P7F-took place at → E53-Place
Finished Year	E22-Man Made Object → P108B-was_produced_by → E12-Production Event → P4F-has time span → E52-Time Span
Painting Title	E22-Man Made Object → P102F-has title → E35-Title
Description Text	E22-Man Made Object → P3F-has note → E62-String
Painting Style	E21-Person → P107B-is current of former member of → E74-Group → P2F-has type → E55-Type

影像資料庫（Allposter, 2010），其典藏的是有關於繪畫複製品的詮釋資料（例如價格、複製品畫作的材質等等）以及原畫作的詮釋資料。表3說明了其詮釋資料的架構。圖4則說明了這些詮釋資料被轉換對應到CIDOC CRM的語意架構。

第三個是介紹藝術家生平的影像資料庫（Artcyclopedia, 2010），此影像資料庫所典藏的是藝術家的相關資訊（例如師徒、父子與國籍等等）以及作畫風格的影像資料庫。表4說明了其詮釋資料的架構。圖5則說明了這些詮釋資料被轉換對應到CIDOC CRM的語意架構。

上述說明三種不同類型的數位博物館/異質性影像資料庫如何轉換對應至CIDOC CRM的語意架構。圖6則顯示了轉換對應至CIDOC CRM的整合架構，其中各個數位博物館/異質性影像資料庫的每一個詮釋資料的項目都被表示成CIDOC CRM有次序語意關係的聯結，透過CIDOC CRM整合架構的語意聯結，各個數位博物館/異質性影像資料庫的數位典藏資源，將不僅只有原本的詮釋資料可供查詢，還可透過知識推論平台而得知與其它數位典藏資源的隱性知識。

表 3　銷售繪畫複製品影像資料庫的詮釋資料架構

	Artist Name	Title	Size	Price	Type	Finished Year	Item Number
Allposter	■	■	■	■	■	■	■

■：表示有提供該Metadata的描述資訊

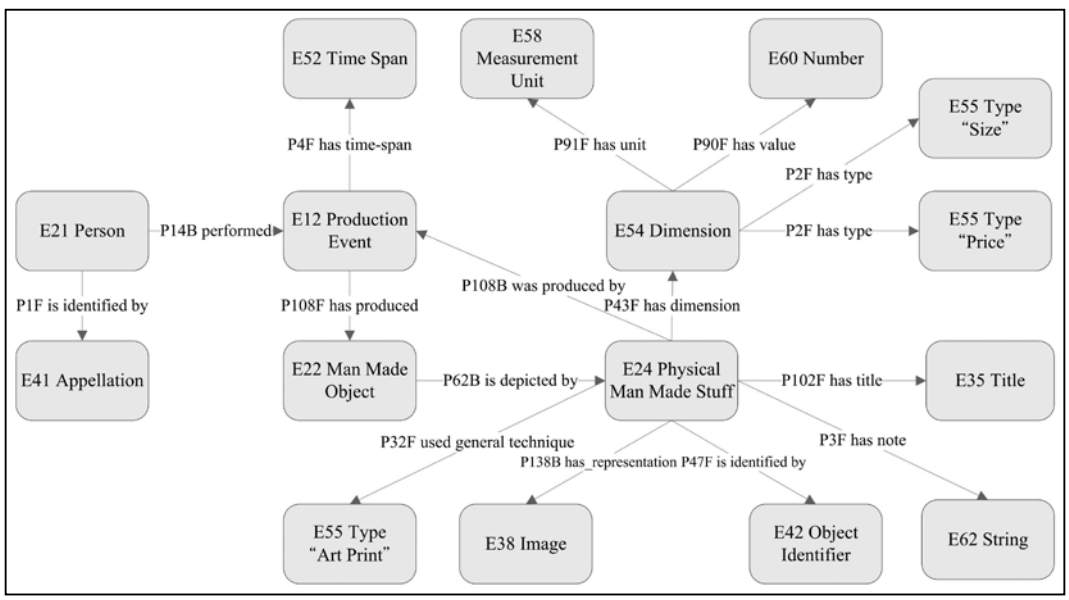


圖 4　銷售繪畫複製品影像資料庫的詮釋資料
轉換對應到CIDOC CRM的語意架構

表 4　介紹藝術家生平影像資料庫的詮釋資料架構

	Artist Name	Artist Appellation	Birth Year	Dead Year	Painting Style
Artcyclopedia	■	■	■	■	■
	Nationally	Teacher/ Student	Father/ Child	Picture from Image Archive	Painting in Museum
	■	■	■	■	■

■：表示有提供該Metadata的描述資訊

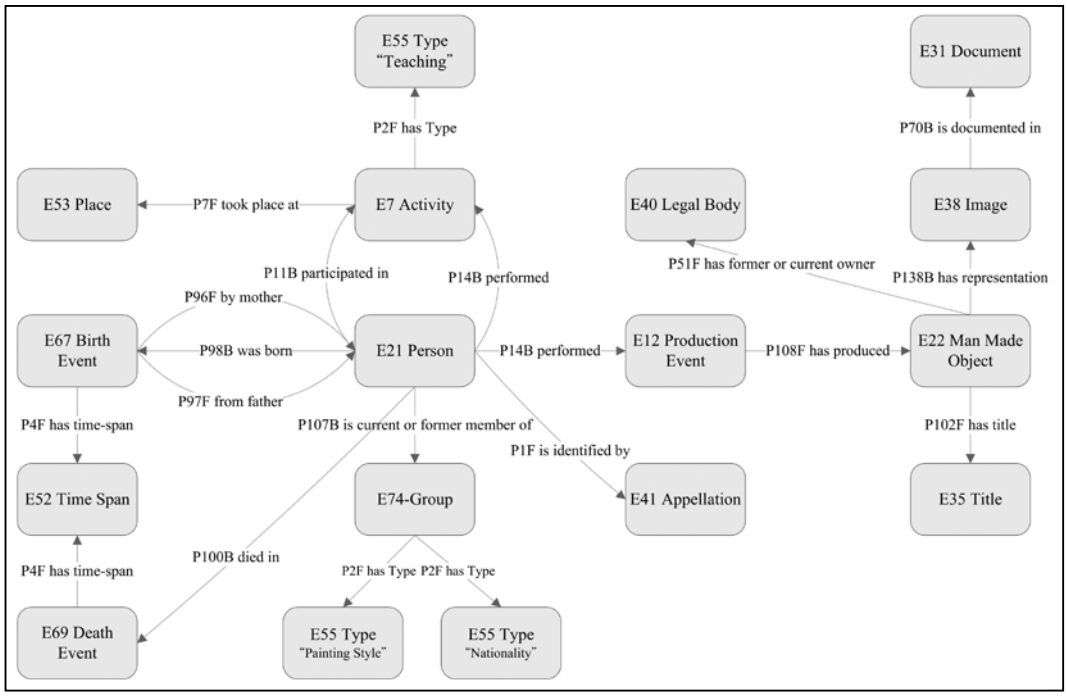


圖 5　介紹藝術家生平的影像資料庫轉換對應至CIDOC CRM的語意架構

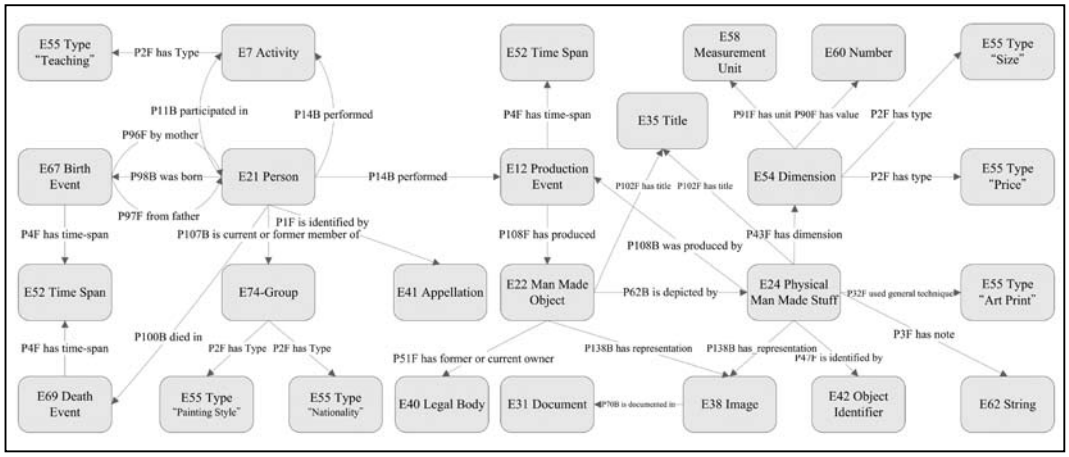


圖 6　數位博物館/異質性影像資料庫的CIDOC CRM整合的語意架構

二、將概念性知識對應至CIDOC CRM的語意架構

由於數位典藏影像作品的文字描述一般都出現於詮釋資料的「描述」欄位中，因此必須先擷取數位典藏影像作品「描述」欄位內的Free-Text，並進行文字描述的斷句。語意角色標註技術的分析是以句子為單位，透過ASSERT自動化的語意角色標註工具軟體（ASSERT, 2010）逐一地將每個句子進行分析，並將句子的語意角色做標註，包括：主詞（ARG0, Subject）、動詞（Verb）、受詞（ARG1, Object）、時間（ARGM-TMP）與地點（ARGM-LOC）等等。例如：“A girl is wearing a hat.”，經由ASSERT分析過後，得到的語意角色標註內容為A girl[ARG0] is wearing[Verb] a hat[Object]。

從數位典藏影像作品的文字描述，取得語意角色標註的關係之後，接著遇到的問題是如何將該句的概念性知識轉換對應至CIDOC CRM，動詞在CIDOC CRM被視為是一種Event/Activity，因此動詞將被直接對應至E7-Activity中。此方式在轉換對應上比較不會有問題，但主詞/受詞部分有可能為人或物品，而人與物品在CIDOC CRM中將各自被對應至E21-Person（人）以及E22-Man Made Object（人造物品）。因此本研究利用WordNet（Miller, 1995）知識庫的協助，來判斷主詞/受詞是人或是物品。同上述例子，當分析出來的主詞為Girl，則在WordNet的Hypernyms（is kind of），往上追溯則可找到Female，也就是說Girl是屬於「Person」的一類。因此可判斷出Girl必須被對應至E21-Person；而Hat在WordNet的Hypernyms是屬於「Clothing」，因此在CIDOC CRM中將被對應至E22-Man Made Object（見圖7的A與B部份）。

三、概念性知識與詮釋性知識整合至知識推論平台

圖7為詮釋性知識與概念性知識對應至CIDOC CRM的整合架構圖。A部分知識架構主要是利用WordNet的Hypernyms（is kind of）關係進行對應至CIDOC CRM，目的是為了在進行概念性知識影像作品的推論時，能同時推論出與此概念有延伸關係的概念性影像作品。例如：可推論出girl wearing hat的影像作品與woman wearing cap的影像作品是具有相關性。B部分的知識架構，主要是將數位典藏影像作品文字描述，從中取得概念性知識並對應至CIDOC CRM的語意架構。最後C部分則是整合三種不同性質（影像作品介紹、銷售繪畫複製品以及藝術家生平介紹）數位博物館/異質性影像資料庫的詮釋資料對應至CIDOC CRM的語意架構。

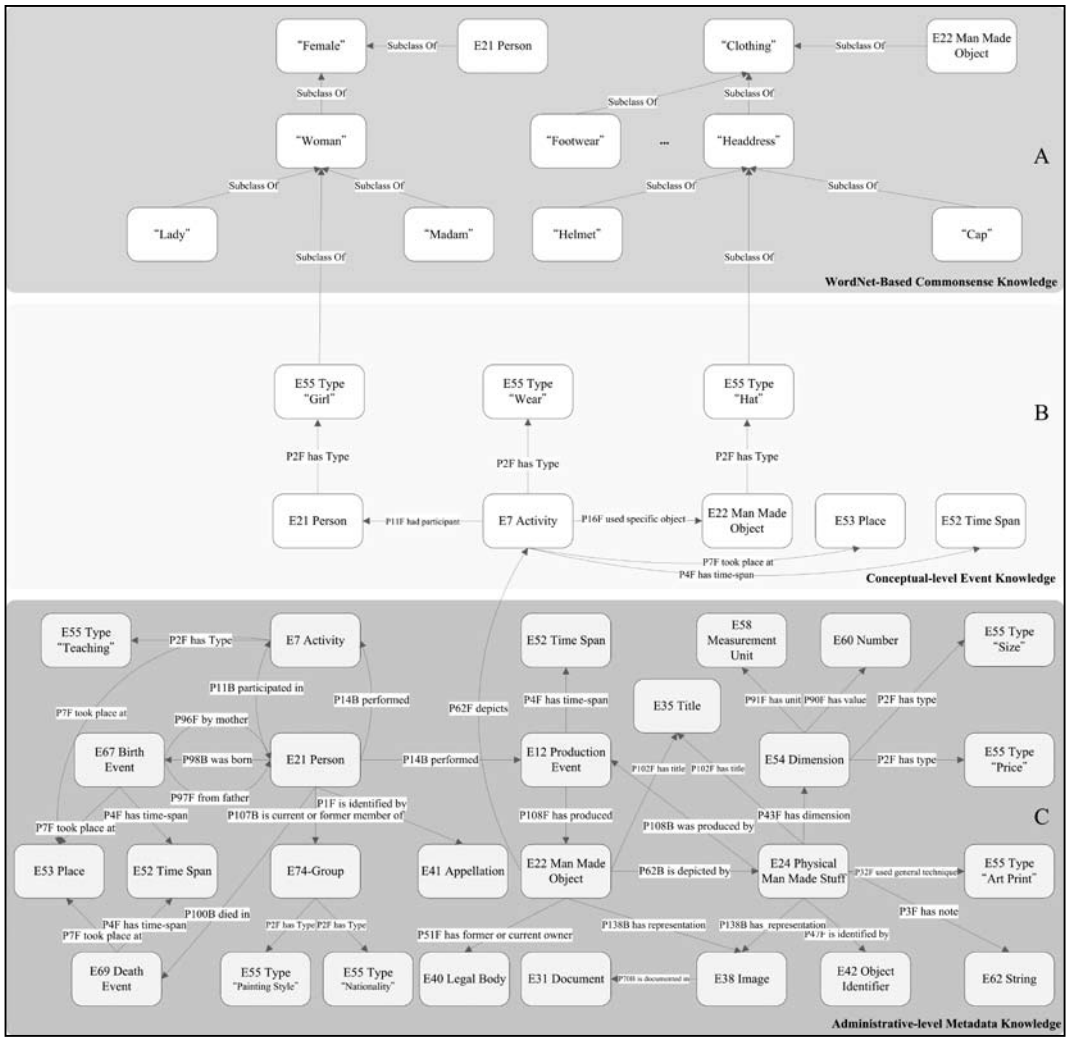


圖 7　整合詮釋性知識以及概念性知識的CIDOC CRM語意架構

四、在語意網的架構下建構以CIDOC CRM為基礎的推論平台

數位博物館/異質性影像資料庫詮釋性知識與概念性知識的輸入、處理、轉換對應至CIDOC CRM之後，接下來則是應用語意網的工具與技術來建置知識推論平台。圖8為轉換SWRL與OWL至Jess推論引擎示意圖。透過Protégé知識本體的管理工具，以及SWRLJessTab外掛程式，將以CIDOC CRM為基礎建構的知識庫

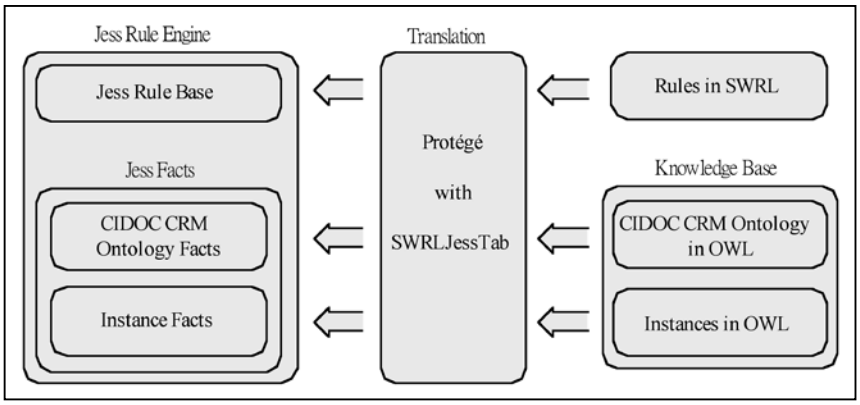


圖 8　轉換SWRL與OWL至Jess推論引擎示意圖

轉換成Jess Facts；將使用者有興趣的隱性關係，以SWRL推論規則語言的格式來編寫，並轉換成Jess Rule格式，儲存至Jess Rule Base中，最後透過Jess來做為推論引擎，以產生使用者有興趣的隱性知識，在系統實作部份我們將舉例來做說明。

本文利用表5的推論規則範例來說明，如何應用知識推論平台來做知識探索。表5推論規則的主要功能是推論與影像作品具有相同風格的所有作品。Jess推論引擎依循這些規則，確認條件式的每個atom都為真（第1至第19項），結果才能成立（第20項），而得到新的隱性知識。在概念性知識推論規則方面，為了能夠獲取更多概念相關的影像作品，本研究整合了WordNet（Miller, 1995）知識庫部份資訊（見圖7的A部份），提供查詢擴展模組（Query Expansion Module）的功能，因此只要影像作品的文字描述有包括“Girl wears a hat”，或是“Lady wears a cap”，都會被系統推論認為是屬於“Woman wears a hat”的相關概念事件之影像作品。

肆、實作成果

以下將說明利用CIDOC CRM為基礎的知識推論平台，將概念性知識與詮釋性知識整合之後的實作成果。圖9為系統查詢介面，使用者可以直覺地以概念性的描述來做影像檢索，例如：要查詢“Wear hat”的影像作品，則在動詞部份（Verb）輸入“wear”，在受詞部份（Object）輸入“hat”，按下查詢，系統回傳的結果會顯示在下方，使用者可往下點選有興趣的影像作品瀏覽。

假設使用者對第一筆Ansaldo, G. Andrea的影像作品有興趣，經由點選之後，圖10則是系統回傳的結果。使

表 5　相同影像作品風格（hasSameStylePainting）的推論規則

hasSameStylePainting	
1. E38-Image（?X） ∧	11. E55-Type（Painting_Style）
2. P138-represents（?X, ?X1） ∧	12. P107-has_current_or_former_member（?X4, ?X5） ∧
3. E22-Man_Made_Object（?X1） ∧	13. E21-Person（?X5） ∧
4. P108B-was_produced_by（?X1, ?X2） ∧	14. P14B-performed（?X5, ?X6） ∧
5. E12-Production_Event（?X2） ∧	15. E12-Production_Event（?X6） ∧
6. P14-carried_out_by（?X2, ?X3） ∧	16. P108-has_produced（?X6, ?X7） ∧
7. E21-Person（?X3） ∧	17. E22-Man_Made_Object（?X7） ∧
8. P107B-is_current_or_former_member_of（?X3, ?X4） ∧	18. P138B-has_representation（?X7, ?X8）∧
9. E74-Group（?X4） ∧	19. E38-Image（?X8）
10. P2-has_type（?X4, Painting_Style） ∧	20. → hasSameStylePainting（?X1, ?X8）

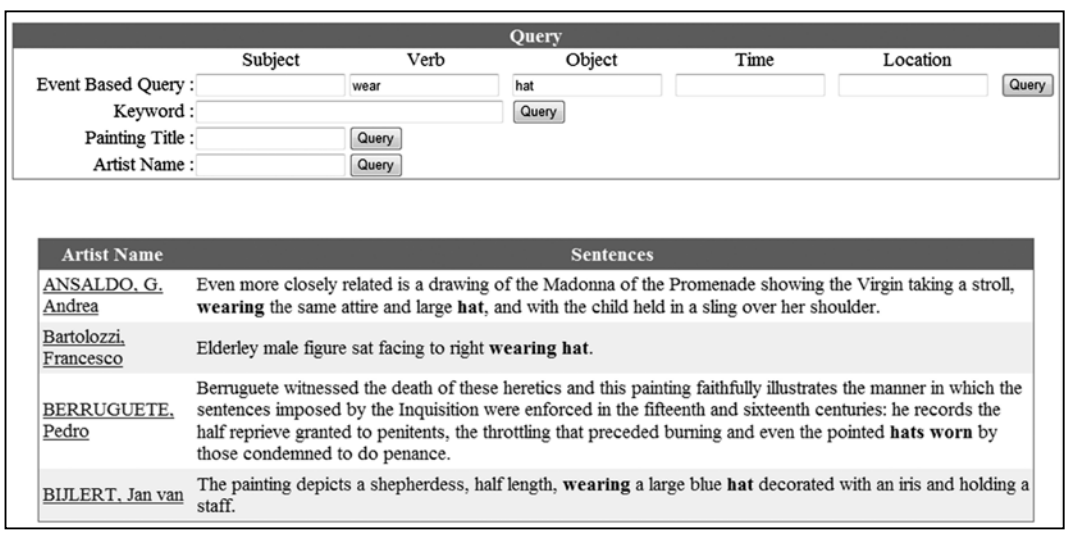


圖 9　概念式查詢影像檢索系統介面圖

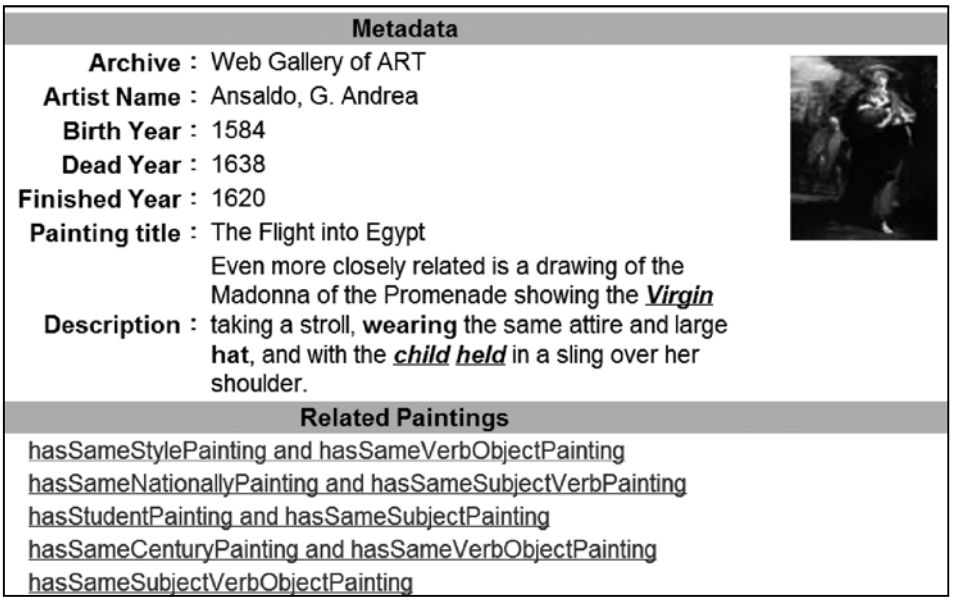


圖 10　系統回傳之影像作品的詮釋資料與知識探索推論規則

用者可瀏覽Web Gallery of ART的The Flight into Egypt之影像作品的詮釋資料，包括作者姓名、畫作名稱等等。還能根據系統提供的知識探索推論規則，連結至其它相關連之影像作品。

以hasSameStylePainting and hasSameVerbObjectPainting為例，在沒有任何知識推論的情況下，使用者僅能在Web Gallery of ART影像資料庫，瞭解此影像作品的簡單詮釋資料（如圖10）。透過知識推論平台的知識探索，可推論出「Ansaldo, G. Andrea所畫的The Flight into Egypt」與「Johannes Vermeer所畫的The Kitchen Maid」是相同概念的影像作品（wearing hat = wears cap），其它兩幅作品則是因為held child的概念而被檢索到（held child = holds child = holds infant）。同時Ansaldo, G. Andrea巴洛克作畫風格（Baroque Era）的資訊，是從推論平台整合藝術家生平的影像資料庫（Artcyclopedia, 2010）得知，與這三幅畫的作者都是屬於同一風格（Baroque Era）的畫家（如表6所示），這樣的隱性關係是無法從Web Gallery of ART，以及Rijksmuseum個別數位博物館的詮釋資料所能找到的，而必須經由整合不同資料來源的知識推論平台才能做得到。其中CIDOC CRM知識本體，對於數位典藏資源描述能力足夠的特性，無異地扮演一個非常關鍵的角色。而使用者要自行找出這樣的答案，他必須非常繁瑣地在各個不同的

表 6　hasSameStylePainting與 hasSameVerbObjectPainting推論結果的部份列表

影像檢索部份列表	文字描述	影像作品
作品名稱：The Kitchen Maid 作者：Johannes Vermeer 作畫風格：Baroque Era 影像資料庫：Rijksmuseum	On her head the maid **wears** a starched **cap**.	
作品名稱：Descent from the Cross (right wing) 作者：RUBENS, Pieter Pauwel 作畫風格：Baroque Era 影像資料庫：Web Gallery of ART	The elderly Simeon **holds** the **child** in his arms while the prophetess Anna …	
作品名稱：Magdalena Ventura with Her Husband and Son 作者：RIBERA, Jusepe de 作畫風格：Baroque Era 影像資料庫：Web Gallery of ART	Fifteen years later, the woman and her husband, a timid sort wearing an understandably befuddled expression, produced the **infant** she **holds** in her arms ...	

影像資料庫做相關性的查詢才有可能找得到。

為了探討本研究的實際成效，我們從影像資料庫隨機挑選了500張圖片。影像資料庫內容來源，來自於本研究整合的七個數位博物館/影像資料庫網站（Louvre Museum, 2010; Web Gallery of Art, 2010; Rijksmuseum, 2010; Manchester Art Gallery, 2010; The Metropolitan Museum of ART, 2010; Allposter, 2010; Artcyclopedia, 2010），影像作品總計有30,300張左右。推論平台建構在Windows Server 2003，並應用Java SDK 6.0與Protégé知識本體管理工具做整合開發。整個測試過程，由兩個資訊工程系背景的學生，花費五天的時間，從這500張圖片列出的知識探索推論規則，做影像資料庫知識探索關係的驗證（見表7）。例如從某一張影像作品，經由相同風格的影像作品推論規則（hasSameStylePainting），所連結的影像作品，比對兩者之間的作畫風格是否相同，來當作系統驗證的評估標準。在資訊檢索領域要驗證系統的評估方法，一般都是依據Baeza-Yates學者所提的準確率與召回率（Baeza-Yates, 1999; Van Rijsbergen, 1979）

表 7　知識探索的評估結果

推論規則		準確率
1	hasSameStylePainting	100%
2	hasSameNationallyPainting	100%
3	hasSameSubjectVerbPainting	90%
4	hasSameVerbObjectPainting	80%
5	hasSameSubjectVerbObjectPainting	81%

來做評估，在本研究所收集的大量影像作品，要計算召回率會有一定的難度，因此本研究在此是以準確率為主要的評量標準。

由表7的評估結果可得知，詮釋性知識的推論規則（第1至2項）準確率為100%，但是概念性知識的推論規則（3至5項）準確率則大約在80-90%。進一步地探討錯誤發生的可能原因之一是由於ASSERT語意角色標註錯誤。例如語句結構過於複雜，導致ASSERT未正確判斷句子的主詞或受詞。另一個更主要原因，是由於有些影像作品的文字描述，並非是在描述影像作品的畫面內容，而是在描述數位典藏物品的用途或功能。舉例來說，影像作品畫面呈現的是一把歐洲中世紀寶劍，文字描述的內容說明這把寶劍的用途—The sword is held by a man，因此當使用者在系統查詢介面的主詞部份輸入“man”，動詞部份輸入“hold”，受詞部份輸入“sword”的概念性描述時，系統也會回傳這張數位典藏作品給使用者，但卻與使用者的期望不符。其他相關的例子還包括有些是在描述該藝術作品曾經遭遇到破壞與擁有者移轉保存等事件，而不是在描述影像作品的畫面，這些都是造成影像檢索準確率下降的原因。

雖然有以上這兩個問題—自然語言複雜性（語意角色標註判讀不易）與影像作品文字描述，並非是在描述影像作品畫面內容的問題，導致影像資料庫概念性知識推論規則的準確率在80%-90%而已。但就整體的結果而言，本系統不僅提供給使用者較為直覺的查詢方式，同時使用者對典藏文物也能有更深一層的認識與了解。

伍、結論與未來研究方向

本研究首先探討了在語意網的架構下，以CIDOC CRM為基礎的影像資料庫知識探索的整體工作流程與步驟。除了可以提供一般使用者直覺地利用概念性的描述做影像檢索之外，對一般使用者/研究人文藝

術的學者專家而言，亦能提供典藏文物之間的隱性關係，使其能更深入地瞭解典藏文物的相關知識。為了建置架構更為完善的知識推論平台，並得以在未來被廣泛地實務應用，提昇多樣化的數位博物館/影像資料庫的知識內容，並找出使用者有興趣的推論規則都是必要的，而這也將成為本研究未來的努力方向。

誌謝

本文為國科會計畫（NSC 98-2410-H-145-001）的部份研究成果，感謝國科會對本研究之經費補助，使本研究得以順利進行。

參考文獻

AllPoster. Retrieved August 28, 2010, from http://www.poster.com/

Artcyclopedia. Retrieved August 28, 2010, from http://www.artcyclopedia.com

ASSERT. *Automatic Statistical Semantic Role Tagger*. Retrieved August 28, 2010, from http://cemantix.org/assert.html

Baeza-Yates, R., & Ribeiro-Neto, B. (1999). *Modern Information Retrieval* (pp.24-60). Harlow, England: Addison-Wesley.

Boeuf, L. P. (2001). FRBR and further. *Cataloging and Classification Quarterly, 32*(4), 15-22.

Boeuf, L. P. (2003). MAPPING CRM → FRBR. *Technical Report FORTH-ICS*. Retrieved August 28, 2010, from http://www.cidoc-crm.org/docs/mapping_crm_frbr.pdf

CIDOC CRM, Retrieved August 28, 2010, from http://cidoc.ics.forth.gr/

Doan, A. & Halevy, A. Y. (2005). Semantic integration research in the database community: A brief survey. *AI Magazine*, *26*(1), 83-94.

Doerr, M. (2000). Mapping of the Dublin Core Metadata Element Set to the CIDOC CRM. *ICS/FORTH, Techincal Report, 274*.

Doerr, M. (2001). Mapping of the AMICO Data Dictionary to the CIDOC CRM. *ICS/FORTH, Techincal Report, 288*.

Doerr, M., & LeBoeuf, P. (2007). Modelling intellectual processes: The FRBR - CRM harmonization. Paper presented at the *CRM tutorial on the Annual CIDOC Conference* on September 10, 2006, Gothenburg, Sweden.

Dublin Core Metadata Initiative. Retrieved August 28, 2010, from http://dublincore.org/

Gildea, D., & Jurafsky, D. (2002). Automatic labeling of semantic roles. *Computational Linguistics*, *28*(3), 245-288.

Golbreich, C. (2004) Combining rule and ontology reasoners for the semantic web, *RuleML 2004*, 155-169.

Grubinger, M., Clough, P., Müller, H.& Deselaers, T. (2006). The IAPR TC-12 benchmark: A new evaluation resource for visual information systems. In Proceedings of International Workshop OntoImage 2006 Language Resources for Content-Based Image Retrieval (pp.13-23). Genoa, Italy.

Hollink, L., Schreiber, G., Wielemaker, J., & Wielinga, B. (2003). Semantic annotation of image collections. *Workshop on Knowledge Markup and Semantic Annotation*, KCAP'03.

Ian, H., Peter, F., Patel-Schneider, H. B., Said, T., Benjamin, G., & Mike, D. (2004). SWRL: A semantic web rule language combining OWL and RuleML. *Acknowledged W3C Member Submission*.

Jörgensen, C. (1998) Attributes of images in describing tasks. *Information Processing and Management, 34*(2/3), 161-174.

Kondylakis, H., Doerr, M., & Plexousakis, D. (2006). Mapping language for information integration. *FORTH-ICS*, *Technical Report*.

Koomen, P., Punyakanok, V., Roth, D., & Yih, W.-t. (2005). Generalized inference with multiple semantic role labeling systems.In I. Dagan & D. Gildea(Eds), *Proceedings of the Ninth Conference on Computational Natural Language Learning (CoNLL)* (pp.181-184), Stroudsburg, PA: Association for Computational Linguistics.

Lee , T. B., Hengler, J. & Lassila, O. (2001). The semantic web. *Scientific American, 284*(5), 34-43.

Lindholm, J., & Patel, M. (2002). ARCO internal report: A review of metadata use. *SFP-Metadata-Review*.

Louvre Museum. Retrieved August 28, 2010, from http://www.louvre.fr

Manchester Art Gallery. Retrieved August 28, 2010, from http://www.manchestergalleries.org/

Miller, A. G. (1995). WordNet: a lexical database for English. *Communication of the ACM, 38*(11), 39-41.

Pradhan, S., Hacioglu, K., Ward, W., Martin, J. H., & Jurafsky, D. (2003). Semantic role parsing: Adding semantic structure to unstructured text. In X. Wu, A. Tuzhilin & J. Shavlik (Eds.), *Proceedings of the third IEEE International*

Conference on Data Mining, ICDM '03 (pp.629-632). Los Alamitos: IEEE Computer Society.

Pradhan, S., Ward, W., Hacioglu, K., Martin, J. H. & Jurafsky, D. (2004). Shallow semantic parsing using support vector machines. In J. B. Hirschberg (Ed.), Proceedings of the Human Language Technology Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: HLT-NAACL 2004 (pp. 233-240). Boston:Association for Computational Linguistics.

Protégé. Retrieved August 28, 2010, from http://protege.stanford.edu/

Resource Description Framework (RDF). Retrieved August 28, 2010, from http://www.w3.org/RDF/

Rijksmuseum. Retrieved August 28, 2010, from http://www.rijksmuseum.nl/index.jsp

Sandia National Laboratories. *Jess: the rule engine for the Java platform*. Retrieved August 28, 2010, from http://herzberg.ca.sandia.gov/jess

Schreiber, A. T., Dubbeldam, B., Wielemaker, J., & Wielinga, B. J. (2001). Ontology-based photo annotation. *IEEE Intelligent Systems, 16*(3), 66–74.

Smith, B. (2003). Ontology. In L. Floridi (Ed.), The Blackwell Guide to the Philosophy of Computing and Information (pp.155-166). Malden, MA: Blackwell Publishing.

Tam, A. M., & Leung C. H. C. (2001). Structured natural-language descriptions for semantic content retrieval of visual materials. *Journal of the American Society for Information Science and Technology, 52*(11), 930-937.

The Metropolitan Museum of Art. Retrieved August 28, 2010, from http://www.metmuseum.org/

Theodoridou, M., & Doerr, M. (2001) Mapping of the encoded archival Description DTD Element Set to the CIDOC CRM. *FORTH-ICS Technical Report, 289*.

Trant, J., Richmond, K., & Bearman, D. (2002). Open concepts: museum digital documentation for education through the AMICO Library. *Art Libraries Journal, 27*(2), 30-42.

Van Rijsbergen, C. T. (1979). *Information Retrieval*. Newton, MA: *Butterworths-Heinemann*.

Web Gallery of Art. Retrieved August 28, 2010, from http://www.wga.hu/

Web Ontology Language (OWL). Retrieved August 28, 2010, from http://www.w3.org/2004/OWL/