

發展課程地圖 知識系統：概念模型與知識工程

Developing Curriculum Mapping Knowledge System: Concept Modeling and Knowledge Engineering

葉慶隆、蔡慧貞*

大同大學 資訊工程系學系

Ching-Long Yeh、Hui-Chen Tsai*

Department of Computer Science and Engineering, Tatung University

摘要

課程地圖是動態歷程，清楚描繪出課程架構、修課要求與順序，作為學生修習課程的指引，幫助學生瞭解選讀的課程內容，並可從眾多課程中兼顧興趣及實務選擇出最適合自己的修課路徑，提供大學生完整的學習及應用。然而目前大學系所的課程地圖僅能提供線性式瀏覽與關鍵字搜尋服務，在學習路徑(課程)的查詢並無法容納所有可能性，滿足個人需求。因此本研究目的是以知識工程方法論、語意網技術來發展智慧型課程地圖知識系統，提供學生求學、職涯發展等診斷諮詢，提供學系檢討課程設計的依據，及業界招募人才的參考。此外由於此技術具開放性及資料整合能力，課程地圖的知識庫可以加入語意網的連結資料，其它大學可以利用轉換包裝技術，將其課程地圖資料轉成 RDF 後，便可以加入本系統，未來可以擴散形成全國性課程地圖系統。

關鍵詞：語意網、知識工程、R2RML、UCAN、課程地圖

Abstract

Curriculum maps dynamically sketch the learning paths and requirements in the curriculum architecture. It is helpful guide for students in designing their learning paths and investigating in overall their learning content. A student can choose from various courses the ones to form a suitable learning path by taking into account both her interest and substantive consideration. The current university curriculum maps generally list the courses offered by the departments ordered according to each semester yearly. User can either browse the list or find entries in the list through keyword search, which cannot meet individual requirements. In this paper, we attempt to build a curriculum map knowledge system for the interactions with various kinds of users, including teachers, students, and the industry. We aim at employing the Semantic Web technology to develop the knowledge system. We apply the knowledge-engineering methodology, CommonKADS, to analyze the problem of curriculum mapping and design the knowledge model and design the system architecture. We employ RDF/OWL to build the domain schema and knowledge base. Then we implement the system on the Semantic Web supported Drupal 7. Due to the openness and the ability of data integration we can extend the knowledge system to

include the curriculums from other universities.

Keyword: Semantic Web, Knowledge Engineering, R2RML; UCAN, Curriculum Mapping

壹、前言

課程地圖繪製(Curriculum Mapping)是一個收集和記錄與課程相關資料的動態過程，主要考量學生職涯發展目標，規劃大學修業期間學習路徑，作為學生修課的引導(李坤崇, 2009)。課程地圖的組成是由各個分散的課程組合而來，每一課程中包含課程的課程大綱及課程資訊，目的是要建立完整的課程大綱與描述，幫助學生能充分了解選讀的課程內容，並可從眾多課程中兼顧興趣及專長選擇出最適合自己的修課路徑，讓大學生活能有更完整的學習及應用(English, 1980; Jacobs, 2004)。課程地圖的作用在繪製課程的路徑，並紀錄學生在學習過程中可能必需經過的所有學習課程及學習先後順序的關係，是學生修課的導航系統。根據專業分工的不同，可以設立不同的學習路徑圖，如技術研發人員學習路徑圖、銷售人員學習路徑圖、生產人員學習路徑圖等。根據職涯能力發展的不同，學生可以只應用一個專業的學習路徑圖、也可以同時採用多個的學習路徑圖。由此可知，課程地圖是學生修課的導航系統，課程地圖中課程設計排程是一條一條的學習路徑，紀錄學生在學習過程中可能必需經過的所有學習課程及學習先後順序的關係，可以幫助學生了解在特定的學習目標下應採取哪些特定順序的課程，有效累積自己的知識與技能，達到自己未來發展目標(Yang, Li, & Lau, 2010)。

課程地圖是教師規劃教學的管道之一，在進行的過程中，教師可能因為學生的反應或一些突發狀況而修改原先預定的課程內容，或依據教學主題列出關鍵問題，是提供教師將課程系統化的一個工具。1991年，Heidi Hayes Jacobs以學校行事曆為基礎，讓教師結合課程活動與評量繪製課程地圖，並且從課程地圖中的資料，可以被橫向的檢討學年的缺失及縱向的檢驗學生的學習經驗，作為檢視課程內容的具體依據。另外Jacobs也帶領紐約州New Paltz學區教師用課程地圖整合學區的課程，使課程地圖成為了解實際教學的重要工具(Jacobs, 1997; Jacobs, 2004)。2001年，Harden將所有大學醫學教育相關課程的組成因素接合成一個完整的課程地圖，著重在什麼要被教、如何被教、何時被教，以及學生是否達到預期教學成果的評量(Harden, 2001)。2002年Sumsion和Goodfellow在澳洲大學幼兒教育系的課程中，依發展大學生的一般技能繪製整個幼教專業課程地圖(Sumsion & Goodfellow, 2001)。澳洲Curtin University of Technology依據Oliver等人繪製課程地圖的實作歷程，製定9個畢業生須達到的特質，並藉由課程地圖落實於課程內容與評量中(Oliver, Jones, Fems, & Tucker, 2007)。Uchiyama和Radin藉由教師資格取得課程(Teacher Licensure curricula)計畫，參考Jacobs的理念繪製課程地圖，過程中透過討論彼此分享、分析，發展以資料為基礎的教學，用以建構以訊息為基礎的教育實踐標準，應用於「教師許可課程」中(Uchiyama & Radin, 2009)。

近年來課程地圖的重要性逐漸地被各校所重視，發展方向大多以課程規劃作為學生未來「升

學」與「就業」的指引，期望透過課程地圖的建立，鼓勵學生積極規劃並實現自己的學習目標。其中在就業出路發展上整合就業職涯平台(如 UCAN)的診斷，或連接人力銀行就業地圖，提供學生完整的就業方向及資訊。為協助學生規劃學習路徑與發展生涯藍圖，透過課程地圖建立學生的職業技能發展為核心的學習路徑，制定學生所要習得的知識與能力，讓學生確認課程中要增進的一般技能為何？要如何發展這些技能？並找出它與課程的可能落差，提供學生對未來就業發展進行自我生涯規劃，釐清職涯選擇，改善學習成效與提升學習興趣。另一方面，提供老師依據學生未來就業發展須具備的知識與一般技能修正各學習科目的概要、課程內容、指定作業，讓知識與一般技能的重要性更能落實於課程方案中，進而協助學生適應未來的就業環境。

台灣各大學課程地圖大多以課程為基本單位建置靜態的網路課程地圖，依照年級列出必、選修課程，提供學生四年修課規劃，大多以查詢或是表格條列方式呈現，缺乏課程與課程之間的關連性描述，課程所屬的領域類別也未列出，致使無法從中獲得明確的學習方向及指引。這種依年級課程規劃所產生的學習路徑中，節點(node)間的端線(edge)，僅具有“前後”連結關係，缺乏依照課程目的¹(objective)及學習成效(learning outcome)等所建立的“語意”關聯，無法提供學生了解路徑中預計及已經達到的學習成效，不僅容易造成學習迷失，也降低了學習動機與學習成效連貫性。本研究的目的是將現行課程地圖的順序路徑提升成為豐富的語意路徑，進而以後者為基礎，發展智慧型課程地圖知識系統，有別於現行課程地圖系統，提供學生求學、職涯發展等具語意之診斷諮詢，此外也提供學系檢討課程設計的依據，及業界招募人才的參考。

本研究藉由知識工程方法論、語意網技術來發展智慧型課程地圖知識系統。以大同大學資工系課程地圖為目標，運用知識工程方法分析課程地圖定義、內容、設計、運作等問題，建立這些問題所需的知識模型，設計系統架構。以語意網 RDF/OWL 技術為基礎，採用 RDB-to-RDF 對應技術(R2RML²)，將課程綱要資料庫裡相關欄位轉成 RDF 格式，包括(1)課程側寫資訊；(2)課程概述及目標；(3)各單元主題、內容綱要、學習目標、學習成效評量方式等，並以特定領域本體知識庫(Domain Ontology)裡的辭彙為基礎，對基本地圖語意資料各部分加註語意，建立課程地圖的領域框架及知識庫。

本研究以 RDF 儲存庫³為基礎建立課程地圖級學生學習成效知識庫，參考 ACM Computer Science Curricula 2013⁴裡的知識領域(knowledge area)、知識單元(knowledge unit)等，利用 SKOS⁵辭彙集建立領域本體知識庫，經過語意註解後建立課程地圖語意資料，在雲端開發平台服務 Drupal 7⁶上開發課程地圖知識內容管理系統，發展以本體知識為基礎的推理服務，提供診斷諮詢、學習路徑規劃服務介面給教師、學生、業界等相關人士使用。

¹ Assessment Primer: Goals, Objectives and Outcomes, <http://assessment.uconn.edu/primer/goals1.html>

² R2RML, <http://www.w3.org/2001/sw/wiki/R2RML>

³ 譬如 OpenLink Virtuoso Open-Source Edition, <http://virtuoso.openlinksw.com/dataspace/doc/dav/wiki/Main/>

⁴ CS2013, <http://www.acm.org/education/CS2013-final-report.pdf>

⁵ SKOS, <http://www.w3.org/2004/02/skos/>

⁶ Drupal 7, <http://drupal.org/>

本研究預期成效在完成具語意基礎之智慧型課程地圖知識系統後，由於此技術具開放性及資料整合能力，課程地圖的知識庫可以加入語意網的連結資料，其它大學可以利用轉換包裝技術，將其課程地圖資料轉成 RDF 後，便可以加入本系統，未來可以擴散形成全國性課程地圖系統。以考量學生的職涯發展，透過智慧型課程地圖知識系統可以提供學生根據個別特性，規劃學習路徑，作為修課的指引。

由於知識系統的複雜度高，本文說明初步研究成果。第二節是相關文獻探討，第三節說明系統概念模型之建構及發展服務界面所採用的知識工程方法概述，最後是結論與未來工作。

貳、文獻探討

一、課程地圖

課程地圖源於 1980 年 Fenwich W. English 提出以事實為基礎的記錄實際授課內容、授課時間，以及教學與區域評量方案的配合 (English, 1980)。1990 年 Jacobs 擴展 English 對課程地圖的定義，課程地圖是一個蒐集資料的歷程，以學校行事曆為基礎的課程資料，呈現整個學年中教室中將發生的事，以及它們和州(state)或區(district)的標準如何結合，並提供教師結合課程活動與評量，以及檢視課程內容的具體依據 (Jacobs, 1997)。Jacobs 強調溝通在課程地圖繪製過程的重要性，除了呈現課程藍圖、引導課程行進方向外，課程地圖亦是教師們進行課程溝通、協商的依據 (Jacobs, 1997)。

課程地圖是一個收集和記錄與課程相關資料的過程，包含核心技能的確認、課程教授的內容，以及運用於各個主題領域和各個年級的實施過程與評量方式。常見的課程地圖主要以年級、類別、階段、結合課程與職涯、學習領域或等級等幾個類型來呈現，Hale 將課程地圖分為四個類型，分別為 (Hale, 2008)：

1. 日誌地圖：係指教師個人地圖，在每個月或數月的教學後記錄學生實際學習狀況。
2. 計畫地圖：是教師個人地圖，在每個月或數月的教學前計畫學生的學習內容。
3. 共識地圖：學校的學習計畫地圖，以月或年級為單位，由集體決議而形成。
4. 主要地圖：以行政區為範圍的學習計畫地圖，以月或年級為單位，由該區任務小組設計而成。

課程地圖是伴隨著課程實體而產生。課程地圖的重點不只在於每一個組成要素的個別內容，而是各要素間的聯結與接合，以形成一個有效的整體，進而讓整體課程變得更透明化，以及能更有效的實施，讓教師與學生皆有所參考與依循，促進教師間的交流，並對學校整體目標加以反省。課程地圖是一個繼續不斷的動態歷程，在繪製課程地圖過程中，透過討論彼此分享、分析，以及善用標準重新編製課程，不僅打破教師間的孤立，更能彼此分享知識和教學信念，並促成課程的改變，是一個促進支持、合作的機構文化的一個有用的工具。

二、UCAN 大專校院就業職能平台

UCAN¹，大專校院就業職能平台，是教育部為提升學生對職場就業相關職能的瞭解，以貼近產業需求之職能為依據，結合職業興趣探索及職能診斷讓學生透過職能進行自我評估，探索職涯發展方向，瞭解能力強弱，規劃自我能力養成計畫與學習方向，以具備正確的職場職能，提高個人職場競爭力。UCAN 平台以主計處所公告「中華民國行業標準分類」為主架構，符合聯合國 ISIC(2008, Rev.4)及 NAICS(2007, Rev.4)等國際職業分類標準，並依據實際產業概況及專家意見，歸納出 16 個職涯類型及 66 個就業途徑，讓對學生對職涯類型有概略性認識，瞭解不同就業途徑應該具備的專業職能及所需相關執業資格、技能檢定及證照，以及未來可能從事的相關職業，有助於掌握職業的樣貌。UCAN 平台發展職業興趣探索與職能診斷兩大概念為主軸。

1. 職業興趣探索

UCAN 平台以 States' Career Clusters Initiative 的 The Career Clusters Interest Survey 為基礎，依興趣、特質跟偏好三大單元活動以「我最喜歡哪些活動」、「我認為自己有哪些特質」及「我喜歡哪些科目」三個面向讓學生進行自我診斷，找出個人對不同職業類型的興趣強弱，分析自我適合從事哪一類型的職業，並透過專家會議、題庫分析及量表平行檢測等方式與 John Holland 的人境適配論中的 RIASEC 分類系統進行關聯分析，對應、區辨出 16 個職涯類型適切的 RIASEC 分類，作為未來職涯方向的參考。

2. 職能診斷

職能主要用來描述在執行某項工作時所需具備的關鍵能力。UCAN 平台以貼近產業需求的職能為內容，參考國內外之產業職能模型，分為職場「共通職能」與「專業職能」兩部分，針對各項職能列出相關的知識技能及有關的學習活動項目，以引導學生依個人所需，透過選擇養成項目、規劃及管理能力的自我評估，瞭解個人能力強弱，進行個人能力規劃、養成所需職能。

- (1) 職場共通職能診斷：職場共通職能係指代表從事各種不同的職業類型都需要具備的能力，UCAN 平台參酌相關研究結果及業界、學界專家建議，列舉八項共通職能：溝通表達、持續學習、人際互動、團隊合作、問題解決、創新、工作責任及紀律、資訊科技應用，學生在完成共通職能診斷結束後，UCAN 平台會以圖表搭配適當文字說明呈現診斷結果，讓學生瞭解分數意義並規劃後續相關學習行動，以協助能力養成。
- (2) 專業職能診斷：專業職能是透過工作分析法(task analysis)，展開各項就業途徑工作者所需從事的工作任務、工作活動及具體展現的行為。UCAN 平台收集各方產業資訊及相關研究結果，並邀請學界、業界專家召開專家會議修訂職能內容，並以問卷方式蒐

¹ UCAN 大專校院就業職能平台，<https://ucan.moe.edu.tw/>

集業界在職人士意見，共計產出 66 個就業途徑之專業職能，讓學生瞭解相關職業所須具備的專業能力。

綜合上述，UCAN 平台提供 16 個職涯類型及 66 個就業途徑，讓學生透過職業興趣探索及職能診斷來瞭解不同就業途徑應該具備的專業職能及所需相關執業資格、技能檢定及證照，以及未來可能從事的相關職業。本研究的目的是要發展智慧型課程地圖知識系統，提供學生求學、職涯發展等診斷諮詢，以及提供學系檢討課程設計的依據，業界招募人才的參考。因此將以課程大綱為基礎，參考學生進行職能自我評估結果，作為本研究建立以學生的職業技能發展為核心的學習路徑之參考依據。

三、學習成效評量

學習成效(learning outcomes)是描述學生在課程結束後，被期望具有的資格與能力，包含知識、能力(技能)和態度(價值觀、性格) (Spadv, 1994)。成績¹(grading)是大多數老師採用在評核學生學習成效的準則。成績的評核並不包含學習成果的措施，通常以學生考試、作業、出缺勤(attendance)、參與度(participation)、學習進步情況(improvement)等方式來幫助老師瞭解學生學到什麼？評量的結果通常是以分數作為依據，但缺少回饋機制和改進措施。評量^{2,3}(assessment)則是針對學生是否完成一個課程學習成效的考核檢驗，提供學生瞭解是否已滿足學習目標。學習成效的評核目的是在提高教學與學習的過程。學習目標^{4,5}(learning objectives)是老師對於學生學習成效的期望的描述，包含學生依據學習目標可達到的特定技能、價值觀和態度。老師與學生透過學習目標可以掌握學習方向，例如達到目標最低標準為何？哪些學習任務/技能必須具備何種能力才能接續完成，從學習任務反應了解學習進步的情況等。綜合而言，學習成效評量是以學生學到什麼為主，透過評量的過程來檢視學生學習的歷程，以及在學生結束課程後，如何證明學習到哪些知識與能力(技能)？為未來職業生涯是否做好了準備？是否達到預期的目標？由此可知，如何學習？如何幫助學生學習？如何確認學生達成學習成效？是目前重要的課題。

目前我國各大學檢核學生學習成效檢核採取方式大多以修習課程的成績、校內會考(紙筆測驗)方式、或以畢業專題、畢業展演、實習等檢核學生能力的學習成果。然而這些學習成效的評量方式僅提供學生瞭解所修習之單獨課程的成果，卻無法瞭解其與前後課程之相互關係，進而達到最終預期的目標。因此，本研究將發展具語意之智慧型課程地圖系統，提供學生求學、職涯發展等診斷諮詢，以降低學習迷失，提高學習動機與學習成效連貫性。

¹ Assessment vs. Grades & Evaluation, <http://www4.wccnet.edu/departments/curriculum/assessment.php?levelone=gradeseval>

² Grading vs. Assessment of Learning Outcomes: What's the difference?
<http://www.cmu.edu/teaching/assessment/howto/basics/grading-assessment.html>

³ Assessment of learning outcomes,
<http://www.tlu.ee/en/studies/Student-Gateway/Study-Info/Grading>

⁴ Guidelines For The Assessment Of Learning Outcomes, http://www.niu.edu/assessment/manual/_docs/assessguide.pdf

⁵ How to Write Program Objectives/Outcomes,
<http://assessment.uconn.edu/docs/HowToWriteObjectivesOutcomes.pdf>

四、語意網

在網路資訊爆炸時代，使用者需要費時費力地針對網路上的龐大資訊進行人為的檢視及過濾，只有讓電腦也能懂得這些資訊內容的意義，才有可能幫助人們提升資訊的使用效率。於是，Tim Berners-Lee 於 1998 年提出語意網(Semantic Web)的概念，在每個資訊內容都加註一個詮釋標記(metadata)，讓電腦透過這個詮釋標記來瞭解資訊的含意，電腦就可以互相溝通或進行自動化處理，達到知識共享的目的 (Berners-Lee, Hendler, & Lassila 2001)。

語意網的出現並非取代現今網路架構，而是豐富它。語意網改變現行人工使用網路資訊的方式，在語意網裡，資訊都將被賦予完善的意義，目標是要建立「全球資料網」(Web of Data)，讓電腦能做更有用的工作，使其在各種不同的應用環境下能被更有效的整合與再利用，開發出系統間透過網路做可信賴的交談 (Abrahams & Wei Dai, 2005)。語意網技術包括 RDF、SPARQL、OWL 和 SKOS。語意網採用了本體網頁描述語言¹ (Ontology Web Language, OWL)，以知識本體為基礎製作 RDF 資料儲存庫，用 OWL 語言建立自己的詞彙及本體知識架構(ontology)，發展法則來處理網頁含意交換及分享 (Hendler, 2001)。語意網的運作模式²，首先運用 OWL 中的結構化邏輯及推理機制，定義出特定領域的字彙和概念關係，將其以 XML 方式定義完整的詮釋標記，並透過 RDF 處理資源的描述，RDF³描述不同存取節點(Nodes)與存取節點之間的關係，是一種提供連接概念與概念之間關聯的資料結構，藉由這樣的技術，電腦能夠進行自動化的處理，而資料的整合，搜尋，分享與再利用變得迅速，並促使全球網上資源運用更為徹底，也使人們節省不少時間與精力 (Berners-Lee, Hendler, & Lassila, 2001)。

五、連結資料

連結資料(Linked Data)是在網路上透過間接引用 URL 進行發佈、分享與連結的一種方法。目的是讓資料集能發佈到全球網上，個別資料集裡的項目和其它資料集的項目互連，避免資料筒倉效應(data silo effect)的發生，建立一個高度結構化且具有語意的資料網路，讓機器得以理解資料和資料彼此在意涵上複雜的關係，透過資料間相互連結的特性，使資料更廣泛及創新的運用，而不僅是單純的詞語和詞語的連結 (Berners-Lee, 2006)。在網路上為了精確的找到資料，通常會使用自然語言；在關聯的資料，通常會隨附語意網定義的資料，Tim Berners-Lee 訂出了開放資料五顆星分類架構 (Berners-Lee, 2006)：

- 1 **顆星**：放在全球資訊網上(任何格式皆可)，且採用開放授權條款(如「創用 CC 姓名標示」授權條款)釋出，是一種非常簡單的資料發佈方式。
- 2 **顆星**：以機器可取用的結構資料方式釋出，資料被取得時是一個結構化的資料，例如使用 Excel 格式，而不是放上表單的影像檔。

¹ OWL Overview, <http://www.w3.org/TR/owl-features/>

² W3C Semantic Web Activity, <http://www.w3.org/2001/12/semweb-fin/w3csw>

³ RDF Tutorial, http://www.w3schools.com/webservices/ws_rdf_intro.asp

3 顆星：同上，使用非專屬的資料格式，例如：用 CSV [以逗號分隔的數值]格式而不使用 Excel 格式。或許需要轉換器或外掛來轉換專屬格式以達輸出資料之目的。

4 顆星：同上，資料要遵從 W3C 的開放標準(如「RDF 資源描述架構」)，使用 URIs 來表達，讓眾人可以指向你的資料。

5 顆星：同上，將資料連結到其他人的資料，建立資料間相互關係，提升資料的價值。

藉由五顆星評等系統的等級區分，讓使用者能夠很快的辨識資料集所屬的等級，並且透過等級的區分瞭解不同單位在開放資料(open data)上的程度，來鼓勵政府機關將提供的開放資料(或資料集)採開放格式以利各界查詢與取用，並逐步建立「互連開放資料」(LOD)，達成機器對機器識別讀取及利用。目前製作五星資料不是本研究的重點(Heath & Bizer, 2011)，因此在系統概念模型(參考參、一節)產出的 RDF 資料並非完整的 4 星資料，未來在製作五星資料時，我們要遵循選定資料集的 URI，選用適當辭彙集，三星資料轉成 4 星資料，做好個別資源物件(instance)和語意連結等步驟。

六、R2RML

R2RML¹(RDB to RDF Mapping Language)是一種提供關聯式資料庫和 RDF 資料集之間映射(mapping)的語言，主要是將關聯式資料庫的資料結構和資料轉換成 RDF 的三元組(Triple)模型和 RDF 資料，定義關聯式資料模型和 RDF 資料模型之間的映射關係，本地詞彙表和外部領域本體的映射方法，將映射語言定義標準可被機器讀取和處理的編碼格式，進而達到表達關聯式資料模型和 RDF 資料模型之間映射關係的目的，讓機器可自動將關聯式資料庫資料轉換成 RDF 資料(Das, Sundara, & Cyganlak, 2012; Michel, Montagnat, Faron-Zuker, 2014)。

1998 年，Berners-Lee 對關聯式資料庫和 RDF 兩者資料模型進行深入研究，認為其二者之間存在互為映射關係，亦即關聯式資料庫中資料表(table)等同於 RDF 資料模型中的類(class)，欄位(fields)可視為 RDF 資料模型中的屬性(property)，欄位值相當於屬性值(property value)，每筆紀錄(record)描述的實例相當於 RDF 資料模型中的主體(subject)，紀錄所包含的欄位是這個主體的謂詞(predicate)，欄位值相當於謂詞的客體(objects)，由此可知，不管是關聯式資料模型或是 RDF 資料模型，都能對實體之間的關係進行建模(modeling)，唯一不同的是，RDF 資料模型中的所有實體(entity)與實體間的關係都是用 URI 來表示，可以在 Web 對不同資料來中的實例建立關聯關係，所以在語意網中，RDF 更是適合的資料模型(Berners-Lee, 1998)。

R2RML 是 W3C 推薦將關聯式資料映射為 RDF 資料集的標準規範，使用 RDF/Turtle 規範提供這些映射。R2RML 以一個或多個三元組匹配(triples map)元素的形式來定義從 RDB 到 RDF 的映射，透過 R2RML 處理器(R2RML processor)能夠產生並提供存取 RDF 資料集的服務。一個

¹ R2RML, <http://www.w3.org/2001/sw/wiki/R2RML>

R2RML 處理器有三種產生和存取 RDF 資料集的方式 (Villaz & Hausenblas, 2012)：

1. Dump：將匹配輸出的 RDF 資料集產生實體為一個檔案。
2. SPARQL：為 RDB 提供一個虛擬的 SPARQL 查詢介面。
3. Entity-Level：通過瀏覽器或爬蟲用戶端實現 HTTP GET 存取。

R2RML 目的是提供從關聯式資料庫資料表到 RDF 資料集合的簡單轉換機制。這種方法允許使用 RDF 對關聯式資料庫資料表執行資料注入(injection)，以及從關聯式資料庫資料表到 RDF 的檢索。由於現今課程地圖系統、課程大綱大多數是存放在關聯式資料庫中，因此本研究將運用 R2RML 標準將課程大綱轉換為 RDF 模型。

七、ACM CS2013 電腦本位課程大綱

CS2013 電腦本位課程大綱¹(Computer Science Curriculum 2013)是 ACM(Association for Computing Machinery)和 IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers)共同提出之國際性電腦本位課程大綱(undergraduate programs in computing)指導方針。自 1968 年來，ACM 和 IEEE 相繼公佈了國際性計算機科學教育領域之電腦本位課程大綱文件 Curriculum 68、CS2001(Computer Science Curriculum 2001)和 CS2008(Computer Science Curriculum 2008)，目前最新完整之電腦本位課程大綱 CS2013 發佈於 2013 年 12 月 20 日，涵蓋範圍包含電腦工程(Computer Engineering)、資訊系統(Information Systems)、資訊技術(Information Technology)、軟體工程(Software Engineering)、電腦科學(Computer Science)等。CS2013 電腦本位課程大綱²主要是由知識本體(Knowledge Body，簡稱 KB)、知識領域(Knowledge Area，簡稱 KA)、知識單元(Knowledge Unit，簡稱 KU)所組成。知識本體(KB)是由一組熱門主題(Topics)組成的知識領域(KAs)。每個知識領域(KA)更進一步組成組織單元(KUs)。知識本體並不是一對一對應於特定的課程上，是指課程包含來自多個知識領域的主題。主題分為核心(Core)或選修(Elective)，核心(Core)又更一步細分為一級(Tier-1)和二級(Tier-2)。

1. Core Tier-1：是每門計算機科學課程必要的組成部份，適用在入門課程中。
2. Core Tier-2：屬大學計算機科學等級的基本要素，CS2013 目標是期望計算機科學課程可以涵蓋 Core Tier-2 topics 達 90-100%，最低門檻為 80%。
3. Elective：一門課程可能需要指定選修教材在知識本體中。

CS2013 目的是期望將知識領域(KAs)內的主題以不同的方式安排在不同的課程中。一般情況下，許多課程只會包含一個知識領域的教材，或者，所有的教材都來自於一門課程中的一個知識領域。CS2013 提出知識主題階層設計架構，指出課程應包含所有 Core Tire-1 主題，確保所有學生適用於教材；同樣地，課程也應包含所有或幾近所有的 Core Tire-2 主題，確保所有學生都可以

¹ Computer Science Curricula 2013, <http://ai.stanford.edu/users/sahami/CS2013>

² ACM CS2013, <http://www.acm.org/education/CS2013-final-report.pdf>

接觸到教材的絕大部分；因為只有核心主題並不能完成課程，所以課程也應包含重要的選修教材。CS2013 期望課程能整合多個知識領域，以作為課程指引，因此建議在課程設計上採用原則有：

1. 應提供學生跨學科的彈性選擇。
2. 應以畢業生如何準備適應於各行各業之全方位人才為培育目標。
3. 提供畢業生對於主題預期熟練程度的指導方針。
4. 提供真實可採用的建議，讓課程設計沿著創新與最新發展領域前進，使其更具彈性。
5. 指導方針必須與各種機構相關的。
6. 基本知識的範圍必須是管理的。
7. 必須以培育畢業生可以成功地面對瞬息萬變的領域為目標。
8. 應確定基本技能和知識，以最大彈性度提供所有畢業生選擇應具備的主題。
9. 應提供可安排主題到課程中的最大彈性度。
10. 課程制訂與審查必須是廣泛的。

CS2013 知識本體將計算機科學的知識組織分為 18 個知識領域，各個知識領域下又細分所屬的知識單元。18 個知識領域分別為：演算法與複雜性(Algorithms and Complexity)、架構與系統(Architecture and Organization)、計算機科學(Computational Science)、離算數學(Discrete Structures)、圖形與視覺化(Graphics and Visualization)、人機介面(Human-Computer Interaction)、資訊保障與安全(Information Assurance and Security)、資訊管理(Information Management)、智慧型系統(Intelligent Systems)、網路與通訊(Networking and Communications)、作業系統(Operating Systems)、平臺式系統開發(Platform-based Development)、平行與分散式運算(Parallel and Distributed Computing)、程式設計語言(Programming Languages)、軟體開發基本原理(Software Development Fundamentals)、軟體工程(Software Engineering)、系統基本原理(Systems Fundamentals)、社交工程議題和專業技能(Social Issues and Professional Practice)。

CS2013 提出之知識主題階層設計架構，包含知識領域、知識單元、及其建議之核心(Core) 或選修(Elective)的授課時間。在知識主體中，課程(course)是指一個受認可的研究單位，所謂的全職生(full-time students)是在一個學年修幾個課程。知識主體單位是以傳統教學授課時間「小時(hour)」為單位，不包含相關講座，例如：自習、實驗課、和測驗等。CS2013 在全球有高達 80 門的示範課程，本研究將以 CS2013 為參考，歸納出課程相關領域和主題的關係建置，提供老師以能力培養為參考下進行教學規劃。

參、系統概念與知識工程

本節從技術架構角度說明本研究系統之概念模型，此外我們也說明採用知識工程方法建構系統所提供的智慧型服務，以及實作系統之流程概述。

一、發展系統概念模型

本研究目的是以語意資料為基礎，發展智慧型課程地圖知識系統，架構如圖 1 所示。依使用者所需前端提供各種服務界面，如診斷諮詢服務供學生、教師、業界人士之用，內容管理服務供管理者使用。中間層是一個知識庫系統，內容來自後端課程地圖語意資料及學生評分與學習成效語意資料後端提供各種語意資料來源。

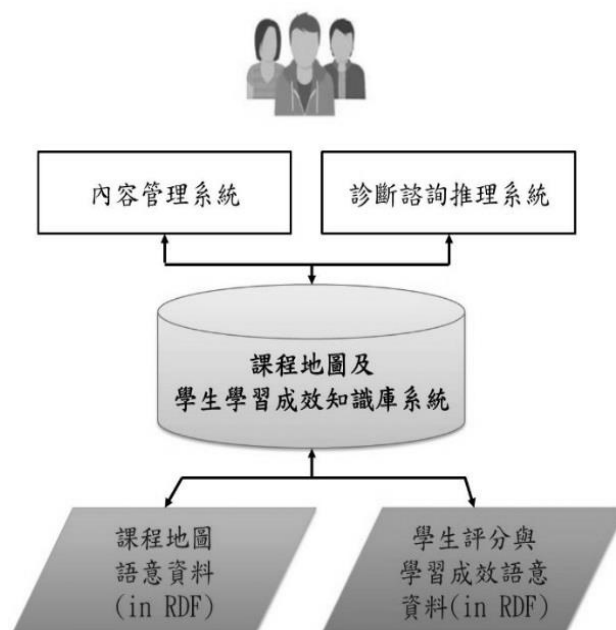


圖 1 本研究智慧型課程地圖知識系統架構圖

圖 1 系統後端兩個語意資料源(課程地圖語意資料及學生評分與學習成效語意資料)，其原始供應來自於學校現有的教務行政資料庫，包含教學大綱資料庫、學生修課成績等。這些原始資料大多存在關聯式資料庫，缺乏外顯的(explicit)語意資訊，本研究以語意加註方法 (Uren, Cimiano, Iria, Handschuh, Vargas-Vera, Motta, & Ciravegna, 2006)，從原始資料庫中抽取適當欄位值，配合本體知識(ontology)附加語意資料，產出 RDF 檔案，以便存入 RDF 知識庫。以下分別說明後端課程地圖語意資料及學生評分與學習成效語意資料來源的建構概念。

1. 建立課程地圖語意資料

現行的課程地圖是以課程為基本單位，有的只有課程名稱，有的以網址連結到該課程的課大綱。這種課程地圖提供的學習路徑，節點(node)間的端線(edge)，僅具有“前後”連結關係，缺乏依照課程目的¹(objective)及學習成效(learning outcome)等所建立的“語意”關聯，無法提供學生了解路徑中預計及已經達到的學習成效。這個步驟的目的是建立各課程

¹ 參考 <http://assessment.uconn.edu/primer/goals1.html>

的語意資料，然後以此語意資料為基礎，根據各服務所建立的任務知識(task knowledge)¹，執行推理工作，建立目的導向(goal oriented)的學習路徑，如圖 2。

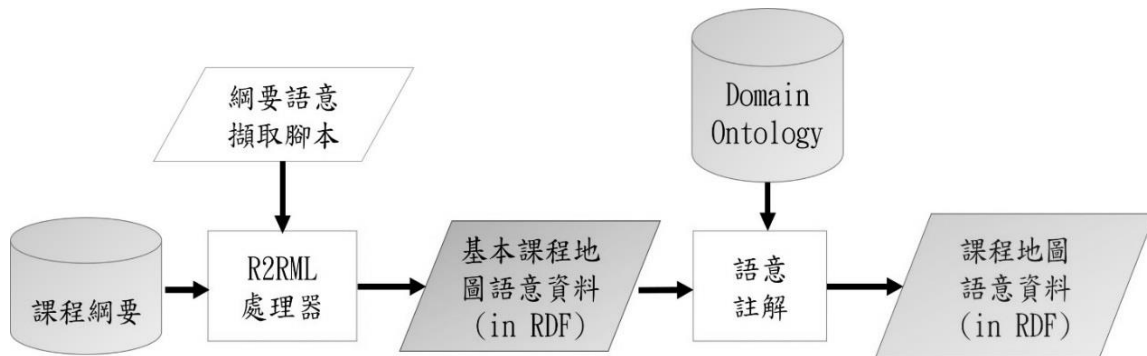


圖 2 本研究建立課程地圖語意資料示意圖

圖 2 是建立課程語意資料的示意圖，其結果(圖中綠色區塊)將進入智慧型課程地圖知識庫，提供診斷諮詢推理所需的知識。首先我們用 RDB-to-RDF 對應技術(R2RML²)，寫腳本程式，透過處理器(R2RML 處理器)，將課程綱要資料庫裡相關欄位轉成 RDF 格式，包括(1)課程側寫資訊，(2)課程概述及目標，(3)各單元主題、內容綱要、學習目標、學習成效評量方式等，產出圖 2 的基本課程地圖語意資料。本研究選用大同大學資訊工程學系的課程大綱為實驗對象，接下來我們以特定領域本體知識庫(Domain Ontology)裡的辭彙為基礎，對基本地圖語意資料各部分加註語意，產生課程地圖語意資料(圖 2 課程地圖語意資料(in RDF)區塊)。本研究實驗對象是資訊領域，因此參考 ACM Computer Science Curricula 2013³裡的知識領域(knowledge area)、知識單元(knowledge are)等，利用 SKOS⁴辭彙集建立圖二的領域本體知識庫，經過語意註解後就產出圖 2 的課程地圖語意資料。

2. 建立學習成效語意資料

圖 2 著重在建立課程地圖裡各別課程的語意資料，圖 3 則是針對個別學生對於修過課程建立其學習成效語意資料。本研究參考 Carnegie Mellon University 的 Eberly Center 所提的課程評分和學習成效間的關聯性⁵，將課程大綱裡的各單元評分方式和學習成效整合，從知識(knowledge)和技能(skill)的角度，給各單元評分方式加註適當學習成效分類從每位學生的課程成績中可以得到學習成效的直接評量數據。圖 3 首先以圖 2 的課程地圖語意資料為輸入，給各單元的學習成效評量方式加註其學習成效分類。另一方面我們製作腳本程式，將學生修課成績資料庫裡的各學習單元成績轉成學生課程單元評分語意資料(圖 3 學

¹ CommonKADS Model Set, <http://www.commonkads.uva.nl/>

² R2RML, <http://www.w3.org/2001/sw/wiki/R2RML>

³ ACM CS2013, <http://www.acm.org/education/CS2013-final-report.pdf>

⁴ SKOS, <http://www.w3.org/2004/02/skos/>

⁵ Grading vs. Assessment of Learning Outcomes: What's the difference? <http://www.cmu.edu/teaching/assessment/howto/basics/grading-assessment.html>

生評分與學習成效語意資料(in RDF)部分)。

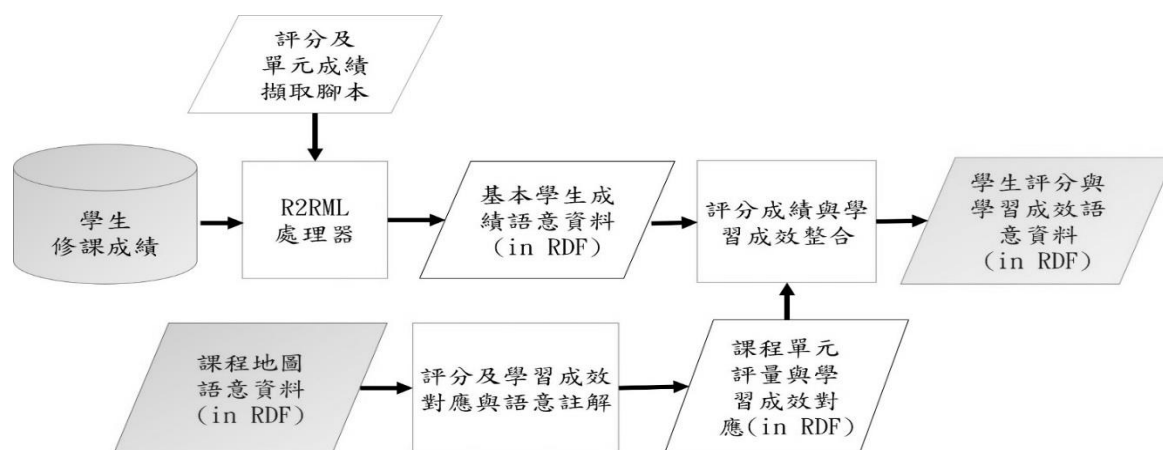


圖 3 本研究建立學生學習成效語意資料示意圖

3. 系統實作流程概述

本研究將以大同大學資工系課程地圖為目標進行系統發展，預計採取之實作流程說明如下：

- (1) 將課程大綱關聯式資料庫中相關資料運用 Virtuoso 雲端系統軟體 RDB-to-RDF 對應技術(R2RML)，撰寫腳本程式，透過 R2RML 處理器，將課程綱要資料庫裡相關欄位轉成 RDF 格式。
- (2) 參考 ACM Computer Science Curricula 2013 裡的知識領域(knowledge area)、知識單元(knowledge are)等，運用 protégé SKOS 辭彙集建立領域本體知識庫後，經過語意註解後產出課程地圖語意資料。
- (3) 結合課程地圖語意資料，參考 Carnegie Mellon University 的 Eberly Center 所提的課程評分和學習成效間的關聯性，將課程大綱裡的各單元評分方式和學習成效整合，將每位學生可程成績加註其學習成效分類。
- (4) 運用 Virtuoso 雲端系統軟體 RDB-to-RDF 對應技術(R2RML)，撰寫腳本程式，將學生修課成績資料庫裡的各學習單元成績轉成學生課程單元評分語意資料學生評分與學習成效語意資料(in RDF)。
- (5) 最後，將資料發佈到 Drupal 7，進行系統開發，提供使用者查詢及應用。

二、知識工程

本研究目的是發展智慧型課程地圖系統，採用 CommonKADS 知識工程方法論 (Schreiber, Akkermans, Anjewierden, de Hoog, Shadbolt, Van de Velde, & Wielinga, 1999) 來開發建造這個知識系統，也就是圖 1 系統架構中的前端服務介面和中間的知識庫。

CommonKADS 將知識密集問題分成分析和合成兩大類，前者對於已經存在的系統，根據觀察到的資料，輸出跟系統的一些特性，如分類、診斷等問題。後者是對於尚未存在的系統，根據需求建立系統，如設計、規劃等問題。整個知識系統是建立在一系列的模型建立上，從抽象到具體共分三層：情境(Context)、概念(Concept)、及成品(Artifact)。情境類包含組織模型、任務模型、代理模型；概念類是由知識模型、通訊模型組成；成品類含設計模型，簡述如下 (Schreiber, Akkermans, Anjewierden, de Hoog, Shadbolt, Van de Velde, & Wielinga, 1999; Carlos, Iglesias, & Mercedes Garijo, 2008)：

1. 組織模型(Organization Model)：描述和分析組織主要活動，便於發現問題和機會，建立其可行性，並評估對組織行動的影響。
2. 任務模型(Task Model)：分析組織的子流程計劃。
3. 代理模型(Agent Model)：代理任務的執行人。
4. 溝通模型(Communication Model)：任務中涉及代理人溝通的概念描述。
5. 知識模型(Knowledge Model)：闡明在執行任務時使用的知識種類和結構。
6. 設計模型(Design Model)：將上述模型構成知識的規範要求念建立模型。

本研究知識工程工作著重在情境及概念層之模型的建立，首先從組織的角度認識知識地圖系統的建立。從訪談、腦力激盪與會議討論的方式，略述大學的組織脈絡及課程地圖營運理念、目標、實施策略與外在因素等，並列出所察覺的問題癥結與改善之機會狀況及對已察覺到的問題與機會，列出可能的解決方式。接下來針對上述之問題與機會，進一步分析出問題癥結點在大學相關部門結構、程序、人員、資源、知識、文化和權力等六大方面的影響。依工作流程展開每一個流程內的工作，並分解工作所運用到的知識資產，再加以評估該知識的重要性。描述出問題癥結點所運用的知識資產，評斷其是否正確，以作為未來改善之依據對商業投資風險、成本和利益、資訊科技的支援性、專案等方面進行可行性評估。

課程地圖是教學對於學生學習狀態的假設，教學的流程也會因為學生的學習表現而不斷被修正。課程地圖強調如何發展更實際可行的課程，以及思考教學與評量的結合。現今大多大學系所呈現的課程地圖大多屬於線性架構，提供學生按著路線一步一步走，到達到某個職業類別的終點，或是以想要從事的職業為起點，再按圖索驥，找出必須行走的路線。這樣屬於定製化的課程地圖，是否考量到個別學生的差異性？能否引發多元而豐富的學習經驗？是否會限定學生的學習內容？這都是現在課程地圖所面臨的問題。UCAN 是教育部提供一個讓學生進行職業興趣探索及職能診斷，作為規劃自我能力養成與發展方向，讓學生可以具備正確的職場職能，提高個人職場競爭力。因此，本研究將在對課程地圖深入探討認識後，對課程地圖做實務演練，以獲得第一手的經驗，了解開發整合系統所需的知識結構及服務流程，並以課程大綱為基礎，UCAN 平台為參考，建立以學生的職業技能發展為核心的學習路徑，發展學生的就業力，期望對後面利用知識工

程方法分析問題及設計系統時，提供實務幫助。

概念層的工作主要是知識模型的建立。CommonKADS 知識模型是藉由分析資訊來轉化行動的能力，呈現知識的型態與處理該流程所需的知識。知識模型採用領域知識(Domain Knowledge)、推理知識(Inference Knowledge)和任務知識(Task Knowledge)三種不同形式的知識來描述如何解決某種特殊的任務 (Schreiber, Akkermans, Anjewierden, de Hoog, Shadbolt, Van de Velde, & Wielinga, 1999)。領域知識是描述特定領域的知識和信息，基本上是一個知識的描述。推理知識是描述領域知識如何實行推理過程。任務知識是描述系統完成或必須使用策略完成的目標。透過 CommonKADS 的模型分析可以發現領域知識發展的機會和瓶頸，並有效分配和運用知識資源，同時還提供了一個詳細分析知識密集的任務和流程的方法 (Schreiber, Akkermans, Anjewierden, de Hoog, Shadbolt, Van de Velde, & Wielinga, 1999)。

肆、結論與未來工作

一、結論

課程地圖目前是各大學課程發展所需建置的重要項目之一，課程地圖能提供學生在學習的路途中找到有興趣的課程，進而提升學習效率，讓所學的每一門課程都能靈活運用，並讓學生能在學習中找到目標及未來的發展方向，期能兼俱專業知識與技能。本研究將課程加上 ACM CS2013 電腦本位課程大綱的詞彙集應用，以及完整的規劃 SKOS，再藉由本體論及語意網的技術來做資料整合，運用在課程大綱的建構上，讓使用者在做查詢時，提供了更專業的解析來做為學習路徑(課程)的參考，讓學生在未來能更有競爭力，創造最大附加價值。

本研究雖採用 ACM CS2013 電腦本位課程大綱的詞彙集為應用架構，當本研究結果未來可推廣至其學科領域時，在資訊領域除了 ACM CS2013 外，建議亦可採用印度 ISO/IEC 23821-1993 資訊技術詞彙¹，其他學科領域建議參考英國廣播公司提供描述英國國家課程 Curriculum Ontology 之數據模型和詞彙為知識本體。

二、未來工作

本研究以知識工程方法論及語意網技術來發展課程地圖知識系統，提供學生能夠了解課程內容及學習目標，依據學生個別特性，提供適性化的學習路徑，作為修課規劃的參考、及職涯發展。本文僅完成初步概念模型及知識工程特性說明，以下是未來工作。

1. 以 CommonKADS 知識工程方法步驟分析課程地圖問題，建立知識模型，並進行研究如何和課程地圖語意資料集及學生評分與學習成效語意資料集整合。

1 ISO/IEC 23821-1:1993 Information Technology – Vocabulary, <https://ia601903.us.archive.org/32/items/gov.in.is.14692.1.1999/is.14692.1.1999.pdf>

知識工程方法論是以結構式方法建立知識系統，如 CommonKADS，有別於 70 年代從以模型建立方式，對組織、任務、代理人三個角度進行模型塑造，對問題做情境分析 (Context analysis)。情境分析供當作概念分析的輸入，用以建立知識模型 (knowledge model)、溝通模型 (communication model)。依照知識模型和溝通模型的結果建立系統架構設計，最後進行系統實作。知識模型包括目標及任務 (task & goal)、推理結構 (inference structure)、和領域框架 (domain schema)。

2. 建立課程地圖 RDF 儲存庫及前端內容管理系統。

前述我們提到如何建立課程地圖語意資料及學生評分與學習成效語意資料。在這個步驟我們要進行將所產出的 RDF 資料檔存入 RDF 三元組儲存庫 (RDF Triple Store)，參考 W3C 所列舉的大型三元組儲存庫，選擇適當的技術及參考過去我們建立 RDF 三元組儲存庫的經驗，選擇 OpenLink Software 的 Virtuoso Open-Source Edition 來建立本研究所需的課程地圖及學生學習成效知識庫，並在知識庫的前端建立內容管理系統，提供使用者概念式搜尋介面，對知識庫裡的資料做增、刪、修、查詢等工作。

3. 建立以學生的職業技能發展為核心的學習路徑。

教育部大專校院就業職能 UCAN 平台提供 16 個職涯類型及 66 個就業途徑，讓學生對不同就業途徑應該具備的專業職能及其所需相關執業資格、技能檢定、證照、與未來可能從事的相關職業等有所了解與認識。本研究將以課程大綱為基礎，UCAN 平台為參考，建立以學生的職業技能發展為核心的學習路徑，為學生認識自己的職業興趣、明確職涯方向，有目標地加強其職場就業相關職能的依據及參考，做好未來就業準備。

4. 完成以語意課程地圖為基礎建構之學習目標與成效診斷系統

本研究將採用 Drupal 7 的語意網工具和內容管理工具製作內容管理服務介面，完成以語意課程地圖為基礎建構學習目標與成效診斷系統，提供師生進行語意查詢、教學及學習路徑諮詢等應用，為學生選課、職涯發展和教師課程設計的依據及參考，達到課程地圖及課程資訊的整合及應用。

5. 建立 5 星級課程地圖開放資料，以利各大學課程地圖整合。

以連結資料技術發展研擬 3 星課程地圖資料集提升至 5 星級，提供未來各大學課程地圖資料集整合的基礎。開發 SPARQL Endpoint 提供 5 星級資料取用，讓使用者可以瀏覽、查詢所需的課程地圖。開發 5 星資料集管理系統，提供開發人員方便介面，除了維護課程地圖 5 星資料集外，也有立於利未來製作 5 星資料集。

6. 建立課程地圖知識系統，有效連結學校人才培育與產業人才需求。

近年來台灣學生面臨高學歷、高失業力的窘境下，最常碰到的問題就是學生對於所學專長與未來發展關係不明確，學校對於業界產業人才需求的能力養成，產生認知上的差

異，造成學生所學與業界期待不符，本研究課程地圖知識系統依據學生學習需求考量，結合業界需求所需具備之專業能力，將學生就業競爭力與產業界需求進行連結，有系統的規劃出整體性的課程，讓學生專業能力和職業能力結合，學習完備的專業實務技能，讓學生習得將來工作所需能力外，也讓業主可以找到符合工作需求的員工，降低產業界與學術界對專業能力養成認知之差異，減少學習所得與業界需求之間的落差；此外也可以作為業界進行人才專業知識與技能辨識與培育的有效工具，幫助業主在培育組織員工時，可依循此學習地圖，採漸進的養成模式，實質培養企業所需人才。

參考文獻

- 李坤崇 (2009)。大學課程地圖理念、繪製與類型。 *教育研究月刊*, 187, 86-105。
- Abrahams, B. and Wei Dai. (2005). Architecture for automated annotation and ontology based querying of semantic Web resources, *The 2005 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence*, 19-25 Sept, France.
- Berners-Lee T. (1998). *Relational Database on the Semantic Web*, Retrieved February 10, 2015, from <http://www.w3.org/DesignIssues/RDB-RDF.html>.
- Berners-Lee, T., Hendler, J., & Lassila, O. (2001). The Semantic Web: A new form of Web content that is meaningful to computers will unleash a revolution of new possibilities. *Scientific American*. 284 (5), 28-43.
- Berners-Lee, T. (2006). *Linked Data - Design Issues*. Retrieved March 08, 2014, from: <http://www.w3.org/DesignIssues/LinkedData.html>.
- Carlos A. Iglesias & Mercedes Garijo. (2008). The Agent-Oriented Methodology MAS-CommonKADS. *Intelligent Information Technologies: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications*, 4, 24.
- Das S, D., Sundara, S., & Cyganlak, R, R. (2012). *R2RML: RDB to RDF Mapping Language*, Retrieved December 28, 2014, from <http://www.w3.org/TR/r2rml/>.
- English, F. W. (1980). Curriculum mapping. *Educational Leadership*. 37(7), 558-559.
- Hale, J. A. (2008). *A guide to curriculum mapping: Planning, implementing, and sustaining the process*. CA: Corwin Press: Thousand Oaks.
- Harden, R. M. (2001). AMEE Guide No. 21: Curriculum mapping: a tool for transparent and authentic teaching and learning. *Medical Teacher*. 23(2). 123-137.
- Heath, T. & Bizer, C. (2011). *Linked Data: Evolving the Web into a Global Data Space* (1st edition). Synthesis Lectures on the Semantic Web: Theory and Technology, 1:1, 1-136. Morgan & Claypool.
- Hendler, J. (2001). Agents and the Semantic Web, *IEEE Intelligent Systems*, 16(2), 30-37.
- Jacobs, H. H. (1997). *Mapping the big picture: Integrating curriculum & assessment K-12*. Alexandria,

VA: Association for Supervision and Curriculum Development.

Jacobs, H. H. (2004). *Getting results with curriculum mapping*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.

Michel, F., Montagnat, J. & Faron-Zuker. (2014). A survey of RDB to RDF translation approaches and tools, Retrieved February 20, 2015, from <http://credible.i3s.unice.fr/lib/exe/fetch.php?media=credible-13-2-v1-rdb2rdf.pdf>.

Oliver, B., Jones S., Ferns, S. & Tucker, B. (2007). Mapping curricula: ensuring workready graduates by mapping course learning outcomes and higher order thinking skills. Paper presented at the Evaluations and Assessment Conference, Brisbane. Retrieved November 24, 2014, from <http://c2010.curtin.edu.au/local/docs/paper3.pdf>.

Schreiber, G., Akkermans, J. M., Anjewierden, A. A., de Hoog, R., Shadbolt, N. R., Van de Velde, W. & Wielinga, B. J. (1999). *Knowledge Engineering and Management: The CommonKADS Methodology*. MIT Press, Cambridge, MA.

Spady, W. G. (1994). *Outcome-based education: Critical issues and answers*. Arlington, VA: American Association of School Administrators.

Sumsion, J. & Goodfellow, J. (2001). Identifying generic skills through curriculum mapping: A critical evaluation. Paper presented at the annual conference of the Australian Association for Research in Education. Retrieved September 12, 2014, from <https://www.aare.edu.au/02pap/sum02460.htm>.

Uchiyama, K. P. & Radin J. L. (2009). Curriculum mapping in higher education: A vehicle for collaboration. *Innovative Higher Education*, 33, 271-280.

Uren, V. S., Cimiano, P., Iria, J., Handschuh, S., Vargas-Vera, M., Motta, E. & Ciravegna, F. (2006). Semantic annotation for knowledge management: Requirements and a survey of the state of the art. *Journal of Web Semantics*, 4(1), 14-28.

Villaz, N B, & Hausenblas. (2012). RDB2RDF Implementation Report, W3C Working Group [OL]. Retrieved April 2, 2014, from <http://www.w3.org/TR/rdb2rdf-implementations/>.

Yang, Y.F., Li, F., & Lau, R. (2010). *An Open Model for Learning Path Construction*. In: Proceedings of International Conference on Web-based Learning.