

企業架構研究領域科學計量分析

Mapping the Enterprise Architecture Knowledge Landscape

張夏菁
北德州大學資訊學院
Hsia-Ching Chang
College of Information
University of North Texas
carriehc@gmail.com

王貞雅
國立空中大學管理與資訊系
Chen-Ya Wang
Dept. of Management and Information
National Open University
ntuimgrace@gmail.com

摘要

現代資訊技術與網路環境日益多元化與複雜，許多組織皆期望藉由良好的企業架構設計與規劃，能將企業流程有效的與資訊、系統、技術架構相連結。因此，為確保組織能敏捷的掌握外部環境變化與運籌帷幄內部資源，整體性觀點的企業架構管理已成為企業發展的重要策略之一。企業架構雖已逐漸演化成一個研究和實務領域，但其涉及跨領域的知識，應用層面廣泛，在學術領域的發展也仍未臻成熟。本研究收集 Web of Science 學術資料庫中相關研究成果之書目計量資料，運用科學計量軟體工具與方法，整合資料探勘領域的時序分析，探索企業架構研究之演進與現況，期對企業架構知識領域的發展有所助益。

一、前言

隨著資訊科技硬體設備的極速發展與多元化，現代資訊網路環境日趨複雜，衍生巨量資料的新議題，企業組織面臨不斷改變的商業環境，必須迅速的因應挑戰。組織必須具有全盤性考量的企業架構管理已成為企業資訊系統 (IS) 策略中相當重要的一個環節，組織藉以確保敏捷的掌握各方面資源，並進行策略性的整合管理。企業架構並不是新的概念，在 1970 年代，經常須要擬定 IS 策略或管理決策的美國軍方是最早開始企業架構相關研究且付諸執行的組織。早期的研究主要集中於企業架構模型、原則和標準方面的技術議題。後來企業架構之觀念陸續受到全球產業界及其他政府部門的重視和採用，而開始產生更多與管理層面有關的研究，如：目標方案的選擇、使用的方法論、執行等。自 1990 年代起，企業架構 (Enterprise Architecture, EA) 的概念已逐漸演化發展成一個研究和實務領域。然而，EA 過去並未被視為資訊管理領域的核心知識，在學術領域發展也不夠成熟，主要因為 EA 涉及跨領域的知識，應用層面相當廣，也因此更需要研究者的投入，協助領域之間的整合，以建立更完整的 EA 知識體系。

本研究以 Web of Science (WoS) 資料庫為基礎，收集企業架構相關研究之完整書目計量資料，並運用科學計量方法加以分析，且針對作者關鍵字

進行時序分析，從一整體性角度了解目前企業架構知識領域的發展狀況與趨勢，期對企業架構知識領域的知識盤點與未來發展有所助益。

二、相關文獻

以書目計量或是科學計量方法分析企業架構主題的研究寥寥無幾，最新也最具代表性的是 Simon, Fischbach 與 Schoder [4] 之研究，其搜尋之文獻資料庫包括：Google Scholar, EBSCO Business Source Complete database, AIS E-library, IEEE 與 ACM。因其假設業界實務人士也對 EA 研究領域具影響力，除了英文與德文期刊文章、研討會文章、書籍，作者也將 Google 搜尋引擎存取的業界研究報告納入分析範圍。作者共收集並分析從 1987 至 2010 年中所發表的 608 篇 EA 相關文獻，進行作者分析、引文分析、共引分析與內容分析。因該研究分析之對象有半數為德國作者，且收錄的文獻並非全為學術文章，所以分析之結果或許與純英文文獻或是純學術資料庫之結果有出入。有關內容分析，Simon 等研究者基於 EA 架構層級 (layers)、方法論 (methodology)、管理任務與流程 (management tasks/processes) 與生命週期階段 (lifecycle phases)，發展一分類架構進行文獻的內容編碼；但他們也發現 EA 領域迄今對於 EA 研究內容的界定與構成仍缺乏共識。因此，本研究認為，研究 EA 相關文獻作者關鍵字的演進對於 EA 研究內涵的瞭解有所助益。本研究運用 WoS 學術資料庫，收集 1995~2014 年發表之文獻，整合幾種不同的科學計量工具與方法，分析學術界在 EA 領域的演進與發展，並針對較少著墨的關鍵字，進行跨時期的突發詞偵測與共詞分析，並運用資料探勘領域的時序分析，找出潛在的關鍵字使用關聯規則，進而比較科學計量共詞分析的結果，增進研究者與實務人士對 EA 學術界知識體系的瞭解。

三、研究方法

本研究分析資料的來源為 Web of Science 資料庫中，納入 SCI 與 SSCI 索引的文獻書目資料。

本研究以 "enterprise architecture" 為主題關鍵字 (包括：文章名、摘要、作者關鍵字、Keywords Plus) 搜尋條件，搜尋 Web of Science (WoS) 資料

庫。自 1995 年迄今，企業架構相關的文獻書目資料搜尋結果共計 242 筆。其中，共包含來自 42 個國家的 549 位作者之學術貢獻，曾有 125 種期刊發表企業架構相關主題之文獻，累積引用文獻共計 8495 筆（不重複的引用文獻共計 7156 筆），文獻標題所含字數為 650 字。如圖 1 所示，2000 年之前，WoS 資料庫的企業架構相關文獻非常少，自 2000 年後，雖逐漸增加，但每年文獻皆未超過十筆，直至 2004 年起，每年的企業架構相關文獻數才倍增至二十筆左右，且維持穩定數量。整體而言，與其他類型研究主題的文獻相較之下，於 WoS 發表的企業架構相關文獻，為數不多，可能的原因是企業架構主題之實務性高於學術性；因此，雖然企業架構為實務上重要議題之一，但是在學術領域並未獲得相對重視。另一有趣的現象為，1999~2000 年為網路應用發展的全盛期，2004 年 Web 2.0 開始興起，2010~2011 年跨平台社群媒體掀起另一波的網路服務變革；網路環境平台的改變也反映在企業架構研究的文獻數量變化。

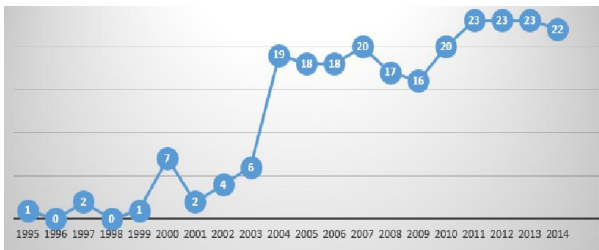


圖 1 Web of Science 資料庫歷年企業架構相關主題文獻數量

有關文獻類型，242 篇企業架構相關文獻中，如圖 2 所示，主要為期刊文章（74%）、研討會文章（19%）與編輯為期刊內容所撰寫的介紹文章（5%）。

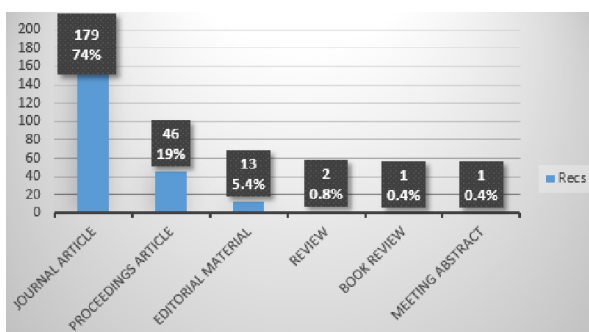


圖 2 Web of Science 資料庫歷年企業架構相關主題文獻類型

至於研究企業架構的學者，主要來自美國（19.8%）、德國（9.5%）、荷蘭（8.3%）、南韓（5.8%）、中國（4.5%）、南非（4.5%）與西班牙（4.5%）。自 1995 迄今，被引用最多次（超過十五次）的五篇文獻如表 1 所示。

表 1 企業架構主題高被引文獻列表

作者/年/期刊	被引次數	比例
ZACHMAN JA, 1987, IBM SYST J, V26, P276	56	23.1
Ross J. W., 2006, ENTERPRISE ARCHITECT	35	14.5
Ross J. W., 2003, MIS Quarterly Executive, V2	16	6.6
Schekkerman J., 2004, SURVIVE JUNGLE ENTER	16	6.6
SOWA JF, 1992, IBM SYST J, V31, P590	15	6.2

於 WoS 資料庫中，企業架構主題最多產之作者為 K. Tarabanis，有八篇（佔 3.3%）；其次，M. Ekstedt, P. Johnson 和 V. Peristeras 三位作者各有 7 篇相關文章（佔 2.9%），而 P. Narman 和 M. de Vries 皆有六篇相關文章（佔 2.5%），H. Jonkers 與 K. Kim 則有五篇文章（佔 2.1%）。

此外，收錄企業架構相關文章較多的期刊如下表所示：

表 2 企業架構主題高頻期刊列表

期刊名稱	次數	比例
WIRTSCHAFTSINFORMATIK	11	4.5%
COMPUTERS IN INDUSTRY	9	3.7%
ENTERPRISE INFORMATION SYSTEMS	9	3.7%
INFORMATION SYSTEMS FRONTIERS	9	3.7%
JOURNAL OF SYSTEMS AND SOFTWARE	7	2.9%
SCIENCE OF COMPUTER PROGRAMMING	6	2.5%

WoS 資料庫中發表最多企業架構主題文章的期刊為德文期刊 WIRTSCHAFTSINFORMATIK（即德文版的 BISE），其餘皆為與資訊系統、電腦軟體主題相關的英文期刊。

四、研究結果

時序圖（historiography）最初是由 Eugene Garfield 提出用來分析引文關係的方法[5]，後來演算法被 Thomson Reuters 整合至目前的 HistCite 軟體中，本研究使用 HistCite 軟體設定繪製時序圖之門檻 LCS 為前三十名的文獻，LCS（local citation score）指標是基於該文章在同領域文獻中被引用之次數計算，GCS（global citation score）分數則是該文章被其他鄰近領域引用的次數，綜合的分數越高，其顯示的圓圈愈大。因此，圖 3 顯示三十個節點（nodes），即三十篇高被引文獻分佈於時間軸上，與其之間的引用連結（links）關係。其中，LCS 得到最高分數 11 的文獻為編號 107 “Architectures for enterprise integration and interoperability: Past, present and future” [3]，然而此篇文章並未受到其他高被引文獻的青睞與引用，因此並未與其他高被引

文獻連結；可能的原因為，這篇較新的文章發表於 2008 年，雖然被許多最近發表的文獻引用，但需要一段時間累積高被引文獻的引用數。另外，LCS 為 10 分的一篇文獻（編號 40）”Concepts for modeling enterprise architectures” [6] 從 2004 至 2012 年期間，則被不少高被引文獻引用，而能看出這些文章群之間的主題高相關性。LCS 分數為 10 的另一文獻也是由相同的第一作者 H. Jonkers 與同事合作發表的文章（編號 70）”Enterprise architecture: Management tool and blueprint for the

organization” [7]。

同樣於 2004 發表的文獻（編號 41）”Enterprise architecture modelling: the issue of integration” [9]（LCS=8）似乎扮演連結兩個應用領域的橋樑，此文章節點左邊連結之文獻主要傾向企業資訊系統管理，右邊的文獻則是以政府、公部門資訊系統為主（如編號 25, 84 等），但是公部門企業架構相關文章間之連結程度並不高。這顯示公部門企業架構的高被引文獻並不多，且似乎未與私部門企業架構實務之應用有明顯之連結。

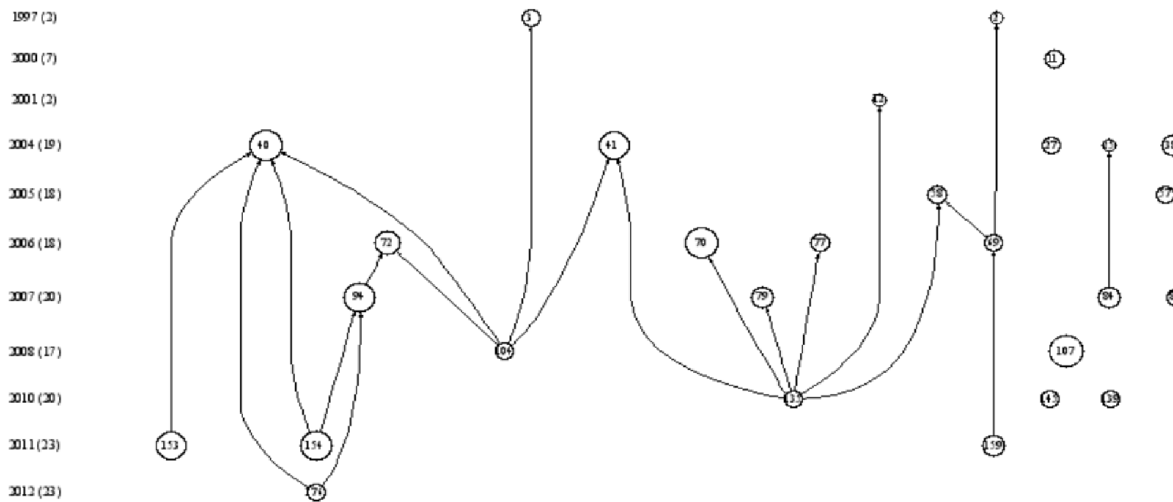


圖 3 文獻引用關係時序圖

突發詞（burst terms）演算法可用來偵測某個關鍵字詞是否在特定年份突然增加出現次數，或是連續幾年時間，該關鍵字詞出現的頻率特別高。突發詞演算法所計算出之權重若越高，表示該關鍵字出現的頻率越高。本研究進一步使用突發詞分析，藉以瞭解企業架構研究領域關鍵字詞的趨勢變化。運用陳超美教授開發的 CiteSpace 3.8 R6 [1]，研究結果發現，在企業架構領域相關文獻中，若不考慮時間順序，權重最高的幾個突發詞為：business IT alignment (8.61) 出現於 2013 年，virtual enterprise (6.89) 在 2000 到 2003 年之間出現，public health (6.44) 在 2010 年時出現，service oriented architecture (5.72) 在 2006 到 2009 年之間出現，geographic information (5.71) 在 2009 年時出現，information technology (5.53) 在 2010 到 2012 年之間出現，computer science (5.4) 在 1995 到 2006 年之間出現，與 business processes (5.27) 在 1995 到 2003 年之間及在 2005 到 2009 年之間都有出現。時間延續最長（九至十二年）的三個突發詞分別為：computer science (1995-2006)，object model (1995-2004) 與 business processes (1995-2003)。而持續五年出現的突發詞為：information management (1995-2003)，Zachman framework (2002-2006) 和 business processes (2005-2009)。其中，商業流程（business processes）除了於 2004 年並未出現為突發詞外，從 1995 至 2009 年，皆為

每年企業架構文獻主題的重點。近兩年的突發詞，2012 年是以 technical architecture (3.99) 權重最高，其次為 enterprise IT (3.49)，enterprise integration (3.21) 與 model (3.14)。2013 年則是 business IT alignment (8.61) 權重最高，其次為 business model (4.29)，rapid response (3.52)，sustainable IS alignment (3.52) 與 collaborative tasks (3.52)。

關於共詞分析，本研究採用 SciMAT 軟體 [8] 進行分析，並將作者關鍵字分成三個時間區段：第一期是 1995~2003 年，第二期為 2004~2009 年，第三期為 2010~2014 年。從圖 4 的演進圖可看出，在初期，企業架構的概念受到企業虛擬化的影響，因此，企業架構發展中期的焦點在於企業架構的框架（framework）選擇與服務導向的架構（service-oriented architecture）。近期企業架構的發展，隨著資訊環境漸趨複雜化，除了朝向複雜適應性系統（complex adaptive system）與商業流程的考量，電子化政府（e-government）成為企業架構框架應用的重要領域，而以知識本體（ontology）為基礎的企業架構框架也是近期的研究趨勢。

共詞網絡主要是以集群分析演算法產生，從三個不同時期觀察共詞網絡的型態，可由表 3 看出與企業架構概念相近的觀念也隨著時間變化，例如，1995~2003 年期間，企業架構研究核心在於框架與商業流程的模擬。2004-2009 年期間，企業架構研究延伸至整體商業流程之議題，並著重互通性框架

(interoperability framework)。而且，產生一些新增的研究主題關鍵字包括：requirement engineering，business, organization，system architecture，EA tool，complex adaptive systems。而在 2010-2014 年期間，持續出現的關鍵字包含：business，system architecture 與 EA tool；新出現的關鍵字則有商業與科技校準 (business-IT alignment)、層級分析法(AHP)、商業模式(business model)、目標 (goals)、供應鏈 (supply chain)。

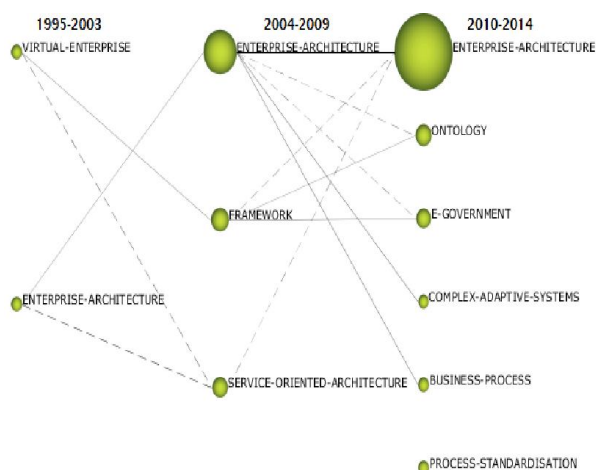


圖 4 企業架構文獻主題演進圖

表 3 企業架構主題的共詞網絡

作者關鍵字	1995-2003	2004-2009	2010-2014
modelling framework	v		
business process modelling	v	v	
requirement engineering		v	
business		v	V
organization		v	
interoperability framework		v	
system architecture		v	v
EA tool		v	v
complex adaptive systems		v	
business-IT alignment			v
AHP			v
business model			v
supply chain			v
goals			v

然而，共詞網絡僅能看出企業架構和其他關鍵字同時出現的情況，是兩兩關鍵字之間的共現關係。若加上時間維度的關聯法則，即時序分析 (sequential analysis)，則有助於探索序列規則。依據前述三個時期，本研究將作者關鍵字分為三群，運用 Statistica Data Miner 軟體進行分析，將支持度 (support) 與信度 (confidence) 高於 60% 與 70% 的規則列出，如表 4 所示。

表 4 企業架構關鍵字時序規則

	Antecedent	Consequence	Support (%)	Confidence (%)
1	(enterprise architecture)	(enterprise architecture)	100.0000	100.0000
2	(enterprise architecture), (enterprise integration)	(collaboration)	66.6667	100.0000
3	(enterprise architecture), (modelling framework)	(collaboration)	66.6667	100.0000
4	(enterprise integration, modelling framework)	(collaboration)	66.6667	100.0000
5	(enterprise architecture, enterprise integration, modelling framework)	(collaboration)	66.6667	100.0000
6	(enterprise integration), (enterprise architecture)	(enterprise architecture)	66.6667	100.0000
7	(modelling framework)	(collaboration)	66.6667	100.0000
8	(extended enterprise)	(enterprise architecture)	66.6667	100.0000
9	(extended enterprise)	(enterprise architecture), (enterprise architecture)	66.6667	100.0000
10	(extended enterprise), (enterprise architecture)	(enterprise architecture)	66.6667	100.0000

其中，關於企業架構相關文獻作者集體的關鍵字選擇，有些時序分析過濾出的規則看似是可預見的結果。例如第一個規則，早期採用「企業架構」關鍵字，後期還是會傾向繼續採用「企業架構」這個關鍵字；這表示企業架構文獻的作者，多數長期持續深究企業架構主題的核心。畢竟，有些企業架構文獻的作者關鍵字並沒有企業架構，而是在題目

或是摘要中使用企業架構這個術語。此外，早期採用「延伸企業」(extended enterprise) 這個關鍵字，近期研究則轉而使用「企業架構」關鍵字，此規則具有高達百分之百的信度與百分六十七的支持度。同樣地，百分之百的信度與百分六十七的支持度推論，前期採用「企業架構」或「企業整合」(enterprise integration)，或是採用「企業架構」或

「框架模擬」(modelling framework)，或是同時採用「企業架構」、「企業整合」(enterprise integration)與「框架模擬」(modelling framework)關鍵字者，近期研究重心反映在其關鍵字的選擇，則在於「合作」(collaboration)議題。這也突顯了企業架構研究者關注的核心在於從企業架構、企業整合或框架建模移轉到合作。

五、結論

本研究採用幾種不同的科學計量軟體，針對企業架構文獻書目資料，特別選用具備探索研究主題時間變化之能力的工具，包括：HistCite的引文時序圖，CiteSpace的突發詞偵測與SciMAT的演進圖與共詞網絡，以對企業架構研究領域進行回顧。然而，這些科學計量工具只能協助觀察整體EA研究領域的輪廓，若要從書目資料中挖掘其他潛在的關係與模式，增進對此領域發展之瞭解，仍須仰賴資料探勘演算法（如：時序分析）來達成。依據相關研究議題分析之結果，整合仍是建立企業架構最核心的任務，若相關組織部門無法合作、共同朝向簡化商業流程的目標提出系統需求，則無法對企業架構的框架選擇達成共識，更不用提設計更有效率的企業架構。新興的資訊環境愈趨複雜，組織也需要更靈活的商業流程與敏捷的企業架構。因此，唯有組織相關部門合作，方能有效管理與整合重複性的流程，並建立以知識本體論為基礎的企業架構框架，整合新舊系統與流程。

誌謝

本研究由科技部專題研究計畫提供經費補助 (NSC 102-2410-H-180-003)，特此致謝。

參考文獻

- [1] C. Chen, *The CiteSpace Manual*, 2014
<http://cluster.ischool.drexel.edu/~cchen/citespace/CiteSpaceManual.pdf>
- [2] C. Chen, F. Ibekwe-SanJuan, and J. Hou, "The structure and dynamics of co-citation clusters: A multiple-perspective co-citation analysis," *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 61(7), pp. 1386-1409, Feb 2010.
- [3] D. Chen, G. Doumeingts, and F. Vernadat, "Architectures for enterprise integration and interoperability: Past, present and future," *Computers in Industry*; 59 (7), pp. 647-659, Sep. 2008.
- [4] D. Simon, K. Fischbach, and D. Schoder, "An Exploration of Enterprise Architecture Research," *Communications of the Association for Information Systems*, Vol. 32, Article 1, 2013.
- [5] E. Garfield, "Scientography: mapping the tracks of science," *Current Contents: Social & Behavioural Sciences*, 7(45), pp. 5-10, 1994.
- [6] H. Jonkers, M. Lankhorst, R. Van Buuren, S. Hoppenbrouwers, M. Bonsangue, and L. Van Der Torre, "Concepts for modeling enterprise architectures," *International Journal of Cooperative Information Systems*, 13(3), pp. 257-287, Sep. 2004.
- [7] H. Jonkers, M. M. Lankhorst, H.W.L. ter Doest, F. Arbab, H. Bosma, and R. J. Wieringa, "Enterprise architecture: Management tool and blueprint for the organization," *Information Systems Frontiers*, 8 (2), pp. 63-66, Feb. 2006.
- [8] M. J. Cobo, A.G. López-Herrera, E. Herrera-Viedma, and F. Herrera, "SciMAT: a new science mapping analysis software tool," *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 63(8), pp. 1609-1630, 2012.
- [9] M. M. Lankhorst, "Enterprise architecture modelling: the issue of integration," *Advanced Engineering Informatics*, 18 (4), pp. 205-216, Oct. 2004.