

# 應用增長層級式自我組織映射圖 於歷年研究主題圖之呈現

Multi-Layer Visual Presentation of Annual Research  
Topics Using Growing Hierarchical Self-Organizing Map

姜國輝

**Johannes K. Chiang**

國立政治大學資訊管理學系 副教授

Associate Professor

Department of Management Information Systems

National Chengchi University

楊喻翔

**Yu-Xiang Yang**

國立政治大學資訊管理學系 博士生

Doctoral Student

Department of Management Information Systems

National Chengchi University

## 【摘要 Abstract】

本研究以增長層級式自我組織映射圖（Growing Hierarchical Self-Organizing Map, GHSOM）分析出利他研究文獻中重要的歷年研究主題及概念交涉關係。本研究除了將年度的因素考慮主題分析之外，利用GHSOM除了提供之前自我組織映射圖（Self-Organizing Map, SOM）能重要研究主題上的論文分布情形與主題彼此之間的視覺化，它更改進了SOM的二個缺點，無法自動確定大小的映射圖及表達出資料之間的階層性。本研究利用利他相關文獻作範例，分析結果除了提供這些學科的所關注的主題及學科之間交互關係，有助我們快速掌握研究文獻所呈現的研究概況。

投稿日期：2011.9.16；接受日期：2011.12.23

email: 姜國輝jkchiang@nccu.edu.tw；楊喻翔yuxiang1001@gmail.com

The purpose of this study was to propose a hierarchical, annual research topic maps using Growing Hierarchical Self-Organizing Map (GHSOM), an improved Self-Organizing Map (SOM) algorithm. Unlike SOM, GHSOM can implement a dynamic architecture automatically and represents the hierarchical relations of results. The topic map illustrated the delicate intertwining of topics of annual research and provided a more explicit illustration of the concepts within each subject area. After taking up one example of altruism, this study suggests that topic map may disclose some important annual research topics from a whole bunch of data.

### [ 關鍵字 Keywords ]

增長層級式自我組織映射圖；主題圖；利他；歷年

Growing Hierarchical Self-Organizing Map (GHSOM); Topic map; Altruism; Annual

## 壹、前言

自從Price (1965) 首先建議採用科學方法於資料分析的動態映射圖之呈現，科學計量學或文獻計量學就開始發展更多分析文獻資料的方法 (Leydesdorff, 1987)。Noyons (2001) 認為自1990年代中期由於資訊技術的不斷進步，致使文獻計量學的學科映射圖示的研究也似乎復甦起來，許多研究也應用共詞分析 (co-word analysis) 將學科的主題視覺化，以及呈現學科之間的關係 (Chau, Huang, Qin, Zhou, & Chen, 2006; Ding, Chowdhury, & Foo, 2001; Grupp & Schmoch, 1992; Hassan, 2003; Noyons; Noyons & van Raan, 1998)。Card、Mackinlay與Shneiderman (1999) 便創造「資訊視覺化」(information visualization) 一詞，其意義是將大量資料加以充分適當的組織整理，並以某種方式讓我們能夠洞察其中的究竟，找出問題的答案及發現形形色色的關係，甚至於讓我們理解在其他形式的情況下不易發覺的事情。Zhu與Chen (2005) 及林頌堅 (2010) 以為資訊視覺化即是將大量非結構性文字資料 (unstructured text information) 以圖示方式呈現，讓人們更易於觀察資料之間所蘊含的結構方式，如此可讓龐大複雜文件之間的關連性簡化成便於人們易於觀察的訊息，提供研究者深入探索。自我組織映射圖 (Self-Organizing Map, SOM) 技術，在過去十多年來便被用於資訊視覺化 (林頌堅；

Noyons & van Raan; Zhu & Chen)。然而，SOM有二個先天性的限制，使得其在使用性上產生某些困難。一為尚無法表現文件資料間的父子關係，二是須事前設定映射圖的大小，而並非由網路自動學習而形成（Dittenbach, Rauber, & Merkl, 2002; Rauber, Merkl, & Dittenbach, 2002）。因此，Rauber等人（2002）提出了GHSOM來克服SOM的兩個限制。Shih、Chang與Chen（2008）、Li與Chang（2009）及Yang與Tsaih（2010）則使用增長層級式自我組織映射圖（Growing Hierarchical Self-Organizing Map, GHSOM）模型，對關鍵詞進行非線性的集群分類（clustering）並展現視覺化的主題圖。GHSOM模型是SOM網路的一種改良版本，整體能呈現多層次的分級結構，每層又由若干個自我適應、獨立生長的SOM構成，將高維度的資料映射成多層次的二維網路空間，其視覺化呈現則讓人得以輕易理解資料之間的關係。

然而，這些研究並沒有考慮不同年分或不同時期的主題動態分布，一如林頌堅（2010）所建議未來應以發表年代區分成多個時期，將各個時期的文獻資料映射到研究主題分布圖。本研究目的即是應用GHSOM資料處理中關鍵詞的特性，加入不同年代代碼於關鍵詞中，然後應用GHSOM工具分析，結果希望得到多層次的動態主題分布圖，以瞭解某一特定學科研究（以本論文的利他研究文獻為例）之不同年代文獻中，呈現哪些不同研究主題概念及風貌，並希望從結果中尋求不同學科之間的研究焦點及學科之間共同研究主題關係，以及瞭解這些研究主題背後為何如此呈現。

## 貳、文獻探討

本研究使用GHSOM模型進行概念或主題分析（Dittenbach, et al., 2002; Rauber, et al., 2002）。GHSOM模型是SOM網路的一種變體模型，整體呈現多層次的分級結構，每層又由若干個自適應、獨立生長的SOM構成。圖1是典型的GHSOM網路結構示意圖。Kohonen（1982）提出的SOM已是一種應用廣泛的演算法，其特色是能夠將高維度的資料映射成一個二維的網路空間。這些二維的映射結果，資料相關性彼此呈現多個群聚，讓使用者可以一目了然資料的某些群聚特性（Campanario, 1995; Kohonen; Kohonen, et al., 2000; Noyons & van Raan, 1998）。除此之外，SOM還有以下特點，一、SOM由於忽略某些較不重要的資訊，將特徵相近的文件資料映射到相同或鄰近的節點上，因此便能在有限空間內表

現極大量的資料項目。二、SOM由保留資料項目在高維度上的關係及結構，若資料為本身具有語意訊息的詞語，其所訓練出來的SOM便能夠表現映射於文件之間的主題關係。三、SOM訓練和映射可以使用並整合多個不同的資訊種類來建構其特徵向量。四、SOM與多維尺度法（Multidimensional Scaling, MDS）同樣屬於維度縮減技術，因此可以利用二維圖形進行高維度資料的視覺化呈現，讓人輕易瞭解資料中所蘊含的特定關係結構（林頌堅，2010）。

然而，很不幸地，SOM有一些先天性的限制，使得其在使用性上產生某些困難。一、SOM在面對資料訓練前，必須事先定義其網路拓樸，無法根據輸入的資料集做內部網路的自動調整與適應，但是拓樸結構必須事先給定通常不太可能，因為研究者通常無法判斷給定資料的非統計特性，為了避免繁瑣的錯誤嘗試法過程，以找到某一領域問題的最佳大小的映射圖，一些研究人員也已經發展出演算法（如GSOM），可自動確定大小的映射圖（Fritzke, 1995; Shih, et al., 2008）。二、SOM演算法無法表達出資料的階層性，某些資料可能存在階層關係，但SOM只能將其群聚在相同的區域，導致使用者對階層式資料的訓練結果有著解讀分析上的困難。換句話說，SOM只能表達資料之間是否存在相似性的距離概念，而不是上下階層的父子關係（parent-child relationship）。然而，知識表達往往在很大程度上必須仰賴上下階層關係來表示資料之間的層次關係，因此層次SOM（HSOM）模型便被提出來解決此問題（Shih, et al; Torra, Miyamoto, & Lanau, 2005）。

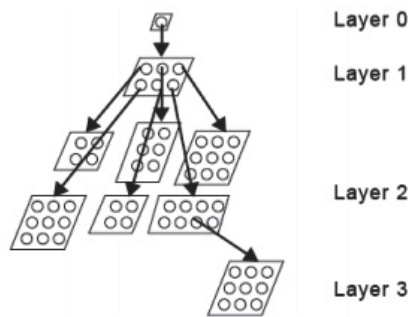


圖1 GHSOM結構圖示

資料來源：“The growing hierarchical selforganizing map: Exploratory analysis of high-dimensional data,” by A. Rauber, D. Merkl, & M. Dittenbach, 2002, *IEEE Transactions on Neural Networks*, 13, pp. 1331-1341.

綜合以上二個限制，Rauber等人（2002）更提出了GHSOM來克服自我組織映射圖的兩個限制。GHSOM是一種動態演算法，其階層結構中具有多個層級，每層級皆由數個獨立的SOM所組成。每層級中的拓樸結構大小可依據資料而有所成長，如此便可以適應各種不同大小的資料，將其彼此內部相關性確實表現出來。GHSOM的階層架構如圖1所示（Dittenbach, et al., 2002; Rauber, et al.）。layer 0是代表整個資料集，是控制階層的成長的原始層。layer 1的映射圖大小為 $3 \times 2$ ，是輸入向量主要的分群，此階層的映射圖大小不宜太大，layer 2中有6個節點可獨立出映射圖，以提供更相似的文件資料表達。在layer 2中又有1個單元可進一步擴展到layer 3，以提供更相似的文件資料表達。在GHSOM中每個映射圖的大小是根據資料的結構而有所不同，因此可以減輕SOM需先定義映射圖大小的限制。

GHSOM演算法可簡介如下：

一、初始化GHSOM所有參數，包括學習率（learning rate），鄰近範圍（neighborhood range），訓練過程的初始映射圖大小（initial map size），增長停止的準則（growing-stopping criterion），分層停止準則（hierarchical stopping criterion），標籤的最大值（maximum number of labels），標籤的門檻值（label threshold）。

二、由一個單位組成的虛擬層0開始（見圖2），其權重向量以所有輸入資料平均做為初始值。然後計算每個節點及整體的權重向量之間的歐氏距離平均量化誤差（Mean Quantization Error, MQE）。

三、以最小映射圖設定第一層初始映射圖大小，例如： $2 \times 2$ 節點，根據SOM，這是最小SOM標準映射圖的訓練過程。

四、評估目前層的映射品質：由於GHSOM每階層由數個獨立的自我組織映射圖所組成，因此訓練過程與SOM的演算法相同，但是第一層的拓樸大小初始值不直設太大。對於所有不滿足整體終止準則的單元而言，需要將更詳細的資料表示，也就是需要在擴張到下一層時，GHSOM是透過量化誤差（quantization error）來控制整個訓練過程，它採用平均量化誤差來衡量輸入向量與映射單元之間的相異性，控制整個成長過程。其中某節點的mqe計算方式公式(1)。每個映射圖的MQE（計算公式如公式(2)）在當前層應小於在前面的層的 $\tau 1$ ，如公式(3)，越低量化誤差值則表示已經被訓練好每個映射圖的MQE，不需再成長額外節點，否則GHSOM會自動以增加額外的行或列節點直至滿足公式(3)為止。

$$mqe_i = \frac{1}{d} \|w_i - x\| \quad (1)$$

其中 $d$ 表示SOM單元輸入向量 $x$ 的樣本數， $w_i$ 表示權值向量。

$$MQE_m = \frac{1}{\mu} \sum_i m q e_i \quad (2)$$

其中 $m$ 表示目前SOM單元， $\mu$ 表示SOM $_m$ 中所包含的SOM單元 $i$ 的數量。

$$MQE_m < \tau_1 \cdot m q e_0 \quad (3)$$

其中 $\tau_1$ 表示控制GHSOM成長的參數， $\tau_1$ 愈大則MQE $_m$ 容忍度愈大，切割出來的組數則愈少；反之， $\tau_1$ 愈小，則MQE $_m$ 容忍度愈小，切割出來的組數則愈多，簡言之，表示 $\tau_1$ 可視為廣度參數。

五、決定目前層中每個主題的深度，此乃根據 $\tau_2$ 做為控制參數。即各節點 $m q e$ 在目前層皆小於在0層某一分數值 $\tau_2$ 時，則不需再往下一階層成長。而全體終止的準則（global termination criterion）如下：

$$m q e_i < \tau_2 \cdot m q e_0 \quad (4)$$

其中 $m q e_i$ 表示第 $i$ 層的平均量化誤差， $\tau_2$ 表示輸入資料品質的控制參數， $\tau_2$ 愈小則愈容易往下層細分，簡言之，表示 $\tau_2$ 可視為深度參數。

六、整個訓練反覆進行步驟四及五，直至滿足公式(3)及(4)為止。

GHSOM為奠基於SOM的一種類神經網路模式，它承襲SOM可將眾多的資料以二維映射圖呈現外，並可依階層結構（即多層映射圖架構）分群呈現，如此更便利於資料分析與探索，更重要的是它是一個處理高維度特徵空間的穩定模式，且具有自動調整的特性。它可克服前述需事先固定地圖大小與非階層式調整映射圖架構的問題，更可根據資料的結構去發展映射圖大小與階層架構。

因此，GHSOM已成功運用於各種文件分類的領域，例如：新聞文件的分群（Dittenbach, et al., 2002）、文件的典藏（Dittenbach, Merkl, & Rauber, 2000）、學科主題圖示（Yang & Tsaih, 2010; Yang, Tsaih, & Bhikshu, 2011）。

## 參、資料與研究方法

本研究使用GHSOM這個文字探勘技術，使用GHSOM演算法來



圖2 主題分析程序

做主題分析的步驟描述如圖2，共有四個階段：資料預處理（data pre-processing）、集群（clustering）及解釋（interpreting）等三階段。

### 一、文獻蒐集階段

本研究使用GHSOM此一文字探勘技術，分析SCIE及SSCI資料庫其他相關的研究文獻，起始時間為1990～2010年，共21年。SCIE收錄科學技術類期刊計6,550餘種，涵蓋主題約150餘種。收錄年限可回溯自1900年起，資料含作者摘要、關鍵詞等資訊。SSCI資料庫收錄社會科學類期刊計1,950餘種，亦從近3,300種科技類期刊中挑選相關資料收錄，涵蓋主題約50餘種（Web of Science, 2009）。

在SCIE及SSCI資料庫中，實證資料的檢索指令為「Topic = (“altruism”) OR Topic = (“altruistic behavio\*”) OR Topic = (“prosocial behavio\*”)」，並限制文件為期刊論文（article）或評論（review）。限制文件為期刊論文或評論表示不考慮書評（book reviews）、會議論文（papers of proceeding）、作者來信（letters）、作者補充（notes）、會議摘要（meeting abstracts）等等。1990至2010年之間，共5,215篇正式研究文獻被檢索出來。

### 二、關鍵詞組的抽取階段

關鍵詞組（key term）抽取的產生乃由每篇文章的DE（DEscription）、ID（IDentifier）欄位及WC（WoS Category）所組成，爲了把年代放進關鍵詞組中，於是每個關鍵詞組的前頭皆以年代的後二碼作爲起始碼，例如：某篇2000年的文章關鍵字“altruism”、“evolution”、“kin selection”等三個，則此篇文章關鍵詞組便以“00altruism”、“00evolution”、“00 kin selection”做表達。

然後根據 $tf \times idf$ （term frequency  $\times$  inverse document frequency），一種用於資訊檢索與文本挖掘的常用加權技術，如公式(5)所示， $tf \times idf$ 是一個成熟的統計方法，用以評估一字詞對於一個文件集或一個語料庫中的其中一份文件的重要程度（Rauber, et al., 2002; Salton, 1989; Shih, et al., 2008; Wolfram, 2003）。

$$w_i(d) = tf_i(d) \times \log(N / df_i) \quad (5)$$

其中， $w_i(d)$ 代表第*i*項術語在文件(*d*)的權重， $tf_i(d)$ 代表在第*i*項（1~443個關鍵詞組）文件（ $d = 1 \sim 4,946$ 篇）出現次數， $N (= 4,946)$ 表示文件的總數，原本文件總數為5,215，由於有些文章資料並沒有提供DE、ID及WC等資料，經整理後共得4,946篇文件可取得關鍵詞組，然後選擇排在最前面的443組關鍵詞組（根據最少出現20次的原則）作為描述利他相關文獻的概念表示。而 $df_i$ 代表多少文件包含術語(*i*)的數目。在 $tf \times idf$ 加權中，字詞的重要性隨著它在文件中出現的次數成正比而增加，但同時會隨著它在語料庫中出現的頻率成反比而下降。 $tf \times idf$ 加權的各種形式常被應用於搜索引擎，作為文件與使用者查詢之間相關程度的度量或評級。

由於本研究希望把年代的特性加入主題分析中，故在關鍵詞組部分以年代做為領先代碼，即是加入年代的後二碼（例如1999年的99，2010年的10）。如此，在進行GHSOM的集群階段，資料便會優先考慮年代部分，由此產生的關鍵詞組集合用於GHSOM集群分析。

### 三、集群分析階段

在集群階段，GHSOM實驗使用Matlab R2007a®套裝軟體的GHSOM工具箱（toolbox）來執行。經過一連串錯誤嘗試，以獲得一個可以接受的GHSOM模型分析。該GHSOM結果如圖1所示。GHSOM演算法進行後會產生若干層和若干節點，也就是說，全部的文章被分類匯集成一個若干層SOM。最上層為第一層結果，而第一層的各節點的文章又可進一步各別重新組合成一個 $m \times n$ 節點的SOM第二層結果。而第二層有些節點又可能進一步各別重新組合成一個 $p \times q$ 節點的第三層SOM。依照如此邏輯，從第三層的節點也有可能進一步各別重新合成一個 $r \times s$ 節點的第四層SOM，直至分類完成。

### 四、解釋階段

在解釋階段，本研究會以GHSOM程式取其數值最大的前五名所代表的關鍵詞組作為該節點的主題類別。如果有超過五個主題，我們則指定為多學科，表示該類別的學科太多太複雜無法用簡單的五類別來表示；其餘的節點由GHSOM的演算法會自動以 $tf \times idf$ 加權數值最大的前五名所代表的關鍵詞組作為該節點的主題。



## 肆、利他研究文獻概況分析

本研究從SCIE及SSCI資料庫中檢索取得從1990至2010年間共5,215篇與利他主題相關文獻，出版研究文獻數量及引用趨勢圖可參考圖3與圖4。

從各年出版量的成長趨勢來看，由圖3來觀察20多年來的研究文獻成長，利他研究文獻量呈現向上成長趨勢，從1992年突破百篇後，每年就皆有百篇以上，並呈現逐步升高的趨勢，而2006年突破300篇後又更穩定成長，至2010年接近600篇呈現高峰。

圖4的研究文獻引用統計也是類似圖3呈現逐年成長的情況，其圖形近似凹面成長，而2010年更是超過14,000篇。圖3及圖4顯示此有關利他研究的文獻為學術界所重視，處於成長期階段，且後勢可期。

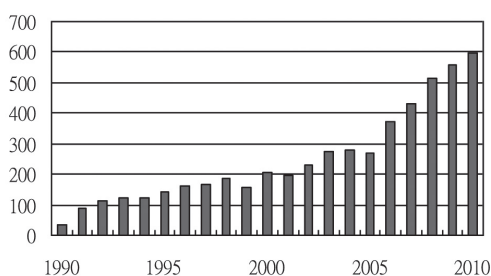


圖3 利他研究文獻成長趨勢圖

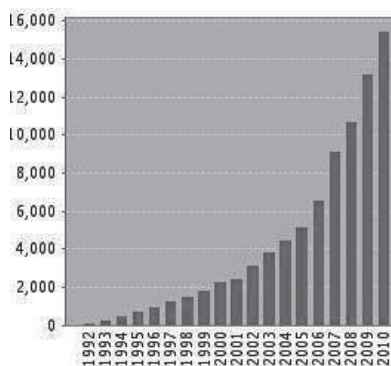


圖4 近二十年利他研究引用統計

資料來源：檢索自Web of Science的科學引用文獻索引（Science Citation Index, SCI）及社會科學引用文獻索引（Social Science Citation Index, SSCI）資料庫。

表1顯示研究文獻出版的前十五名學科領域 (subject area) 之分布，其前三名分別為經濟學、發展心理學及社會心理學，若將發展心理學、社會心理學及跨領域心理學加總為心理學，則無疑會是利他相關文獻最多的領域，另外在生物學及演化生物學無疑地也占有很重要的地位。

表2為被引用次數前十名的研究文獻，提供讀者在利他研究文獻重要的參考依據，首推Goodman (1997) 的“The strengths and difficulties questionnaire: A research note”，第二名Fehr與Gächter (2002) 的“Altruistic punishment in humans”。Goodman這篇只是一篇與利他衡量有關的心理學研究，雖然被引用次數很多，但其實就利他的相關性並沒有比Fehr與Gächter在生物學上的重要性。

表1 利他研究文獻1990到2010年前十五名學科

學科	筆數	%
Economics	814	15.61%
Psychology Developmental	471	9.03%
Psychology Social	432	8.28%
Ecology	412	7.90%
Psychology Multidisciplinary	375	7.19%
Biology	333	6.38%
Evolutionary Biology	319	6.12%
Behavioral Sciences	312	5.98%
Zoology	241	4.62%
Social Sciences Biomedical	190	3.64%
Genetics Heredity	183	3.51%
Sociology	174	3.34%
Multidisciplinary Sciences	166	3.18%
Business	160	3.07%
Psychiatry	153	2.93%

資料來源：整理自SCIE及SSCI資料庫。檢索自Web of Science的科學引用文獻索引 (Science Citation Index, SCI) 及社會科學引用文獻索引 (Social Science Citation Index, SSCI) 資料庫。

表2 利他研究文獻被引用次數前十名

作者	篇名	年代	被引用 次數	被引用 年均次
Goodman, R.	The strengths and difficulties questionnaire: A research note	1997	1,297	86
Fehr, E., & Gächter, S.	Altruistic punishment in humans	2002	720	72
Pratto, F., Sidanius, J., Stallworth, L. M., & Malle, B. F.	Social-dominance orientation: A personality variable predicting social and political attitudes	1994	631	35
Goodman, R.	Psychometric properties of the strengths and difficulties questionnaire	2001	581	52
Andreoni, J.	Impure altruism and donations to public goods: A theory of warm-glow giving	1990	554	25
Nowak, M. A., & Sigmund, K.	Evolution of indirect reciprocity by image scoring	1998	517	36
Fehr, E., & Fischbacher, U.	The nature of human altruism	2003	447	50
Preston, S. D., & de Waal, F. B. M.	Empathy: Its ultimate and proximate bases	2002	440	44
Conner, M., & Armitage, C. J.	Extending the theory of planned behavior: A review and avenues for further research	1998	435	31
Vallerand, R. J.	Toward a hierarchical model of intrinsic and extrinsic motivation	1997	409	27

資料來源：檢索自 Web of Science 的科學引用文獻索引 (Science Citation Index, SCI) 及社會科學引用文獻索引 (Social Science Citation Index, SSCI) 資料庫。

## 伍、利他研究文獻主題分析與GHSOM

以下首先說明GHSOM所呈現的利他相關文獻的重要研究主題，分析這些主題在不同學科領域中的結果，並說明並跨學科領域之間的研究主題。本研究以443個論文特徵向量來訓練GHSOM。經過反覆試誤，選出 $\tau_1 = 0.965$ 及 $\tau_2 = 0.02$ 這組視覺上適合的參數值，GHSOM分析得到結果如圖5，歸納出4層，共96個節點。

在解釋階段，第0層表示為全體文件，然後被集群分類為第一層的8個節點，第二層共有34個節點，除了7.1至7.6為6個節點，其餘皆為4個節點。

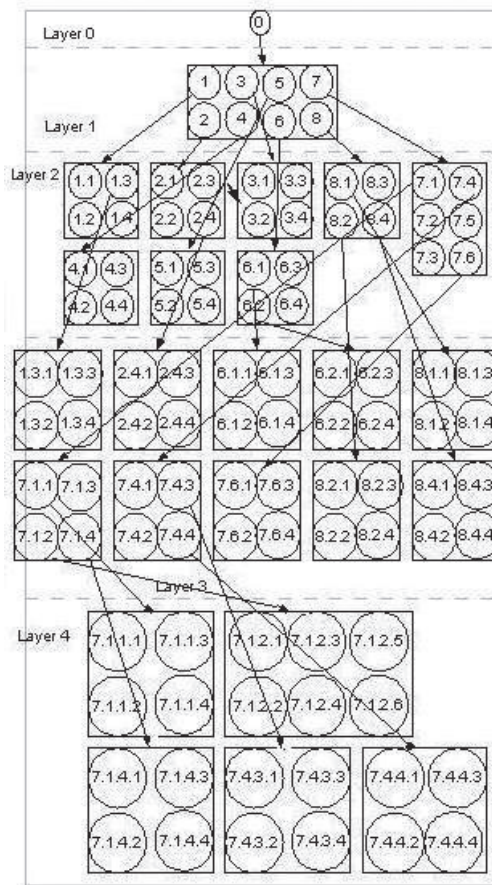


圖5 GHSOM結果

節點。第三層共有40個節點，由第二層的1.3、2.4、6.1、6.2、7.1、7.4、7.6、8.1、8.2及8.4等10個節點再集群展開而成。第四層共有22個節點，由第三層中的7.1.1、7.1.2、7.1.4、7.4.3及7.4.4等五個節點再展開而成。圖6、7及8分別為第二層、第三層及第四層的詳細結果，每個節點內括號中的數字指該節點經由集群分析結果的文章總數。所有的節點會由GHSOM的演算法自動以 $tf \times idf$ 加權數值計算出最大的前5名關鍵詞組代表該節點的5大主題，若是空白則表示這個節點可依GHSOM演算法中的深度門檻值，而往下階層深入細分成獨立的SOM。

圖6表示表達了第一及第二層的結果。第一層共有8個節點，但被展開為每個節點包含4個節點的第二層結果，由於本研究把年代的後二碼放入關鍵詞組中，因此可由圖6觀察到左上方節點1.1至1.4及3.1至3.4為2010年的文件，左下二節點為2008年的文件，節點5.1、5.3及5.4為2007年的文件，節點6.1至6.4為2009年的文件，節點7.1至7.4及節點8.1至8.4則各混合了2006年之前的文件。從第一層結果可粗略看出GHSOM有大致依據年代不同把2007至2010年的主題分類出來，節點7及8總計約3,800文件則因為綜合了2006年之前文件，因此GHSOM的深度階層分類的特性便展現出來，有些節點其包含的重點太多，無法被簡單的5大主題表達出來，這時需要往下一階層進一觀察其更細緻的主題分析結果。

第二層是基於第一層研究專題的集群之基礎，根據 $tf \times idf$ 加權又各別於該集群進一步集群成更具體的子議題，可以產生34個節點，如圖6所示。例如，在第一層的節點進一步重新歸納為子類別主題，節點1.1的生態、選擇、合作、演化與競爭等具有生態學方面的子專題，小計42篇研究；節點1.2的動物學、演化、合作、交換及生態學等動物學及生態學交錯的子專題，小計20篇研究；節點1.3的小計74篇研究，空白表示需進一步再細分，此則需參考圖7第三層結果；節點1.4則歸納出合作、互惠、偏好及競爭等經濟學方面的子專題，小計47篇研究。若依次觀察節點3.1至3.4，則很明顯第一層的節點3可歸納為2010年心理學方面的主題，而節點1則是生態學、動物學、經濟學等討論合作與競爭的主題。另外第二層34個節點中，占篇數最多是節點7.1的2,361篇及節點7.4的592篇，這些則需進一步觀察圖7第三層結果。

第二層篇數比較多的節點，即是節點1.3、2.4、6.1、6.2、7.1、7.4、7.6、8.1、8.2，及8.4進一步重新劃分為更細緻的第三層子集群節點等40個節點，如圖7。其中，占篇數最多的節點7.1.1、7.1.2、7.1.4、7.4.3及7.4.4又更進一步重新劃分為更細緻的第四層子集群，如圖8，但節點7.1.1.2、7.1.4.1、7.1.4.2、7.1.4.3、7.1.4.4、7.1.2.5及7.4.4.2等7個節點中

<p>1.1 10ecology 10selection 10cooperation 10evolution 10competition (42)</p> <p>1.2 10zoology 10evolution 10cooperation 10exchange 10ecology (20)</p>	<p>1.3 (74)</p> <p>1.4 10economics 10cooperation 10reciprocity 10preferences 10competition (47)</p>	<p>3.1 10behavior 10aggression 10adolescence 10empathy 10children (41)</p> <p>3.2 10PSY_social 10empathy (39)</p>	<p>3.3 10PSY_DEV 10psychiatry (57)</p> <p>3.4 10PSY_MDP 10PSY (37)</p>	<p>5.1 07behavior 07gender 07perspective 07children 07PSY_social (62)</p> <p>5.2 10attitudes 10values 10personality 10sociology (12)</p>	<p>5.3 07PSY 07PSY_DEV 07PSY_MDP 07empathy (50)</p> <p>5.4 07PSY 09psychiatry 09business 07PSY_MDP (58)</p>	<p>7.1 (2361)</p> <p>7.2 03evolution 06ethics (82)</p> <p>7.3 04PSY_DEV 04aggression 04PSY_social (47)</p>	<p>7.4 (592)</p> <p>7.5 02evolution 02behavior 02children (43)</p> <p>7.6 (164)</p>
<p>2.1 08ecology 08cooperation 08evolution 08biology 08conflict (37)</p> <p>2.2 08economics 08behavior 08model 08public-goods (30)</p> <p>2.4 08behavior 08fairness 08economics 08game 08cooperation (25)</p>	<p>2.3 (76)</p>	<p>4.1 08behavior 08business 08PSY_social 08empathy 08perspective (36)</p> <p>4.2 08personality 08behavior 08PSY_social (22)</p>	<p>4.3 08children 08psychiatry 08PSY_MDP (41)</p> <p>4.4 08PSY_DEV 08children 08childhood 08adjustment 08psychiatry (39)</p>	<p>6.1 (91)</p> <p>6.2 (85)</p>	<p>6.3 09behavior 09economics 09competition 09preferences 09fairness (55)</p> <p>6.4 09ecology 09evolution 09biology 09cooperation 09genetics&amp;heredity (43)</p>	<p>8.1 (173)</p> <p>8.2 (131)</p>	<p>8.3 03cooperation 03game 03economics 03biology 03evolution (32)</p> <p>8.4 (202)</p>

圖6 第一、二層解釋結果

註：PSY表psychology；MDP表multidisciplinary；DEV表developmental。

<p><u>1.3.1</u> 10evolution 10behavior 10cooperation 10biology 10punishment (30)</p>	<p><u>1.3.3</u> 10evolution 10behavior 10cooperation 10biology 10public-goods (12)</p>	<p><u>6.1.1</u> 09children 09PSY,MDP 09childhood 09school 09aggression (18)</p>	<p><u>6.1.3</u> 09PSY,MDP 09personality (33)</p>	<p><u>8.1.1</u> 02economics 02model (50)</p>	<p><u>8.1.3</u> 03economics 03public-goods (43)</p>
<p><u>1.3.2</u> 10cooperation 10reciprocity 10biology 10competition (18)</p>	<p><u>1.3.4</u> 10reciprocity 10cooperation 10game 10evolution 10dynamics (14)</p>	<p><u>6.1.2</u> 09adjustment 09PSY,DEV 09childhood 09aggression 09empathy (18)</p>	<p><u>6.1.4</u> 09PSY,social 09aggression 09model 09personality (22)</p>	<p><u>8.1.2</u> 04economics 06economics (80)</p>	<p><u>8.1.4</u> (0)</p>
<p><u>2.4.1</u> 08evolution 08behavior 08reciprocity 08cooperation (28)</p>	<p><u>2.4.3</u> 08cooperation 08behavior 08punishment 08human (22)</p>	<p><u>6.2.1</u> 09cooperation 09prisoners-dilemma 09reciprocity 09chimpanzees (29)</p>	<p><u>6.2.3</u> 09evolution 09zoology 09exchange (17)</p>	<p><u>8.2.1</u> 04cooperation 04economics 04evolution 04reciprocity (26)</p>	<p><u>8.2.3</u> 04evolution 04economics 04punishment (14)</p>
<p><u>2.4.2</u> 08prisoners-dilemma 08behavior 08cooperation 08game 08evolution (9)</p>	<p><u>2.4.4</u> 08evolution 08cooperation 08human 08reciprocity 08punishment (17)</p>	<p><u>6.2.2</u> 09cooperation 09behavior 09economics 09evolution 09empathy (18)</p>	<p><u>6.2.4</u> 09cooperation 09biology 09population 09evolution 09punishment (21)</p>	<p><u>8.2.2</u> 04selection 04ecology 04evolution 04biology 04cooperation (29)</p>	<p><u>8.2.4</u> 07economics 07preferences 07fairness (62)</p>
<p><u>8.4.1</u> 07evolution 07ecology 06evolution (54)</p>	<p><u>8.4.3</u> 06ecology 06biology 06evolution 06cooperation 06genetics&amp;heredity (30)</p>	<p><u>7.1.1</u> (297)</p>	<p><u>7.1.3</u> 00behavior 95behavior (76)</p>	<p><u>7.4.1</u> 00evolution 00cooperation 05PSY,DEV (69)</p>	<p><u>7.4.3</u> (93)</p>
<p><u>8.4.2</u> 07cooperation 07biology 07evolution 07ecology (72)</p>	<p><u>8.4.4</u> 06cooperation 06economics 06biology 06fairness 06evolution (46)</p>	<p><u>7.1.2</u> (275)</p>	<p><u>7.1.4</u> (1713)</p>	<p><u>7.4.2</u> 98behavior 98cooperation 98evolution (68)</p>	<p><u>7.4.4</u> (362)</p>
		<p><u>7.6.1</u> 03PSY,DEV 03behavior 03PSY,social (38)</p>	<p><u>7.6.3</u> 02evolution 02cooperation (24)</p>		
		<p><u>7.6.2</u> 06PSY,social 03PSY,DEV 06PSY,MDP (55)</p>	<p><u>7.6.4</u> 06aggression 06PSY,social 06gender (47)</p>		

圖7 第三層解釋結果

註：PSY表psychology；MDP表multidisciplinary；DEV表developmental。

的空白則表示無法經由 $tf \times idf$ 加權大小排列簡單歸納成至多5個主題，因此GHSOM程式將該節點以空白顯示。

總之，GHSOM能自動判斷是否依據資料集群特性之需要，往下一階層展開更細緻的分析結果，這表達了SOM所缺乏的上下階層的關係。

<p><u>N7.1.1.1</u></p> <p>10economics 10public-goods</p> <p>(45)</p>		<p><u>N7.1.1.3</u></p> <p>97evolution 95economics</p> <p>(32)</p>		<p><u>N7.1.4.1</u></p> <p>(1529)</p>		<p><u>N7.1.4.3</u></p> <p>(46)</p>			
<p><u>N7.1.1.2</u></p> <p>(198)</p>		<p><u>N7.1.1.4</u></p> <p>09PSY_DEV 08business</p> <p>(22)</p>		<p><u>N7.1.4.2</u></p> <p>(37)</p>		<p><u>N7.1.4.4</u></p> <p>(101)</p>			
<p><u>N7.1.2.1</u></p> <p>09health 08management 09genetics&amp;heredity 09emotion 92selection (26)</p>		<p><u>N7.1.2.3</u></p> <p>09PSY 09performance</p> <p>(9)</p>		<p><u>N7.1.2.5</u></p> <p>(62)</p>		<p><u>N7.4.3.1</u></p> <p>05evolution 05selection 05biology 05ecology (33)</p>		<p><u>N7.4.3.3</u></p> <p>05cooperation 05behavior 05biology 05evolution (26)</p>	
<p><u>N7.1.2.2</u></p> <p>02cooperation 10model 10communication 03children 10management (32)</p>		<p><u>N7.1.2.4</u></p> <p>02cooperation 10values 02reciprocity</p> <p>(9)</p>		<p><u>N7.1.2.6</u></p> <p>(137)</p>		<p><u>N7.4.3.2</u></p> <p>01evolution 01model 01cooperation 01ecology (18)</p>		<p><u>N7.4.3.4</u></p> <p>01ecology 01behavior 01selection 01model 01cooperation (16)</p>	
<p><u>N7.4.4.1</u></p> <p>00economics</p> <p>(28)</p>		<p><u>N7.4.4.3</u></p> <p>05model 05economics 05PSY_MDP</p> <p>(52)</p>		<p><u>N7.4.4.2</u></p> <p>(240)</p>		<p><u>N7.4.4.4</u></p> <p>01economics</p> <p>(42)</p>			

圖8 第四層解釋結果

## 陸、討論

以下從三個面向分別說明GHSOM演算法所呈現的利他研究相關文獻的重點，分別從GHSOM演算法的結果形式觀察、資訊擷取 (information retrieval) 角度及從利他相關研究本身等面向，探討GHSOM演算法的結果。



## 一、GHSOM訓練的結果

應用GHSOM演算法，為4,946篇之443個關鍵詞組做主題分析，可以產生4層96節點的結果。由圖6、7及8，可發現第二、第三及第四層的GHSOM解釋結果又比表1的學科領域分類更加細緻，同時也顯示出不同學科各有哪些重點主題及學科之間的研究概念交織表達。另外，研究結果也顯示出下一層解釋會比其上一層更加細緻，因此第三層解釋結果提供了比第二層更具體的學科之間交涉的說明及其共同探討的議題。

本文為了達成林頌堅（2010）所建議未來應以發表年代區分成多個時期，將各個時期的文獻資料映射到研究主題分布圖，因此利用GHSOM會根據關鍵詞組是否相同的集群特性，將關鍵詞組以年代加上關鍵字重新組成，經過GHSOM的集群分析後，便會將大量資料以最重要的年代加上關鍵字所形成的關鍵詞組集群，而結果也的確呈現如此效果，例如2010年的主題集中於第一層相鄰的1和3兩個節點，2009年的主題集中於節點6，2008年的主題集中於相鄰的2和4兩個節點。另外，由於關鍵詞組是以年代及關鍵字所構成，像重要的學科如ecology便會由於其重要性分布於節點1.1、1.2、2.1及6.4，此表示2010、2008及2009這三年有許多其他的文獻是屬於ecology學科，節點1.1及1.2分別代表二群文獻，其差別在於節點1.2那群文獻是屬於ecology及zoology跨學科研究，不像1.2就只屬於ecology，而1.2又可以被觀察到其重要觀念是exchange、cooperation及evolution，而1.1則是competition、cooperation、evolution及selection。綜合以上，GHSOM的各節點結果可讓研究人員得以知道哪些學科在哪一年有什麼重要研究焦點概念。

GHSOM因承襲SOM的一些特性，在同一層中兩個相鄰的節點的關係會比距離較遠的節點之相關性來的高。例如，圖7左上角的節點1.1的生態學和跟鄰近的節點1.3，1.2和1.4所研究的議題相關度便較高且同為2010年的研究，但與節點4.1至4.4則不太相關，這也可以很明顯看出，節點1皆是2010年與演化相關學科的主題，而節點4下的4子節點則是2008年心理學相關的主題。同時也可以觀察到節點1.1至1.4及3.1至3.4是相鄰且皆是2010年的研究，節點2.1至2.4及4.1至4.4則是2008年研究，節點1.1至1.4與2.1至2.4雖是不同年分，但因為相鄰其研究主題皆相似為以演化為主的生物學、生態學及經濟學相關學科。節點3及4則是不同年分心理學相關的研究。

## 二、從資訊擷取觀點

由於本研究應用 $tf \times idf$ 統計方法評估某一字詞對於一個文件集或一個語料庫中的其中一份文件的重要程度。本研究將學科及其關鍵字都當成關鍵詞組，因此可從結果可觀察到這些文獻之間跨學科的交涉情況。因為學科是大方向的關鍵詞，其 $tf \times idf$ 統計值會比一般關鍵字的統計值來的高，而GHSOM便是根據個別字詞在特定文件的重要性權重來分類，於是便把具有相似特性的文件集群出來。所以，就構成以擁有較高權重的學科關鍵字在前，例如：節點1.1是2010年的ecology，1.4是隸屬於2010年的zoology，但包含了ecology的學科，如此便可觀察到這二個學科之間存在關連是以evolution、cooperation及exchange，這表示這群文獻是在2010年以此五個關鍵詞為代表的研究。

但是也有些重要的概念關鍵字，其重要性大過於學科，因此就形成很多學科都有這個關鍵字，如evolution一詞，在不同年分的biology、economics及psychology等學科都可以看到，而且有的還是共用，共用就表示有這麼一群文獻是以演化觀念的跨領域研究，例如前述隸屬於zoology的節點1.4，所包含evolution的權重就高於另一關鍵字ecology。

總之，由於 $tf \times idf$ 加權方法也常被應用於搜索引擎，作為文件與使用者查詢之間相關程度的衡量，在本研究的文件集群分析中，也可看出其功用。

## 三、就利他文獻內容所呈現的結果

為何某些年的某些主題被群聚出來，這可以從表2的利他研究文獻引用次數前十名來看出端倪。例如：圖6、7及8皆可看到同理心（empathy）一詞出現在2007年的節點5.3、2008年的節點4.1、2009年的節點6.1.2及6.2.2、2010年的節點3.1及3.2，而這些節點也很明顯可看出是與心理學相關的研究焦點，不過，很特別的是節點6.2.2是有關2009年18篇經濟學相關的研究群，這顯示經濟學的利他文獻在2009年也重視同理心這一心理學中的主題。此反應可由表2：利他研究文獻引用次數前十篇文章的Preston與de Waal（2002）那篇研究來找到支持證據，因為這篇被引用440次，這篇文章因為其重要性故被大量引用，因此也就反應在同理心此一主題上面。如同同理心反應在大部分的心理學研究中，像Fehr與Gächter（2002）的punishment一詞，就反應在大部分生物學相關研究中，而Andreoni（1990）的public-goods則反應於經濟學相關研究中，這也剛好反應了不同學科各有其關注的研究主題。Yang與Tsaih（2010）

是以1971至2009年之間有關利他演化的文獻做分類，他們也有類似的像empathy是近年來主要的心理學研究議題之一等結論，但他們並沒像本研究可以指出哪一年的某學科的研究文獻群是與此主題相關。此外，本文分類的效果與先前Yang與Tsaih及Yang等人（2011）也大致吻合。

合作利他剛好是近幾十年來西方科學或社會科學持續研究的議題之一，最初著眼點在於尋求為何違背達爾文適者生存演化論的解釋。在演化的典範中，基本的三個理論分別是Hamilton（1964）的親屬選擇理論（the theory of kin selection）、Trivers（1971）的互惠利他理論（the theory of reciprocal altruism）及Wilson（1975）的族群選擇理論（group selection theory; Dawkins, 2006; Fehr & Fischbacher, 2003）。自從1970年末期開始，密西根政治學家Robert Axelrod舉行三屆賽局理論電腦競賽以研究合作利他等議題，他開創以電腦模擬的利他的研究（Axelrod, 2006; Axelrod & Hamilton, 1981; Dawkins），近來更有許多模擬系統如代理人基模擬系統（agent-based simulation system）被開發出來支援各式各樣的自然與社會科學的研究（Arnold, 2008; Axelrod, 1997; Hammond & Axelrod, 2006a, 2006b; Hoffmann, 2000），這些系統利用電腦強大的運算能力，用程式創造出大量的個體行為，並透過模擬來看其演化結果，這些皆是基於賽局理論（Game Theory）進行多回合的演化結果，因此從圖6、7及8還是可以找到如經濟學的game主題，生物學的kinship或reciprocity等主題，從本研究可以看出這些概念主題又是與哪些其他主題交涉，例如圖6的節點1.4就可看到互惠一詞在經濟學中是與偏好、合作及競爭等主題概念一起出現，這顯示出是有這麼一群研究是圍繞這些相關的主題來研究。

## 柒、結論

本研究籍由GHSOM的分析，把利他研究文獻的重點做些歸納，GHSOM結果大致反應表1所提供的利他研究文獻學科類型分布表之前幾名學科，但更提供了這些學科的所關注的主題及這些學科之間交互關係，有助我們快速掌握研究文獻所呈現的研究概念。GHSOM承襲SOM的優點，如忽略某些較不重要的資訊以在有限空間內表現極大量的資料項目、保留資料項目在高維度上的關係與結構表達映射於上的文件之間的主題關係、及與多維尺度法一樣皆是屬於維度縮減的技術，可以利用二維圖形進行高維度資料的視覺化，此資訊視覺化的效果讓人們更

易於觀察資料之間所蘊含的結構方式，使龐大複雜文件之間的關連性簡化成便於人們易於觀察的訊息，而能提供研究者深入探索（林頌堅，2010）。GHSOM改進SOM的要事先定義維度大小及無法表示階層的缺點。本研究藉由利他相關研究的文獻的實例說明GHSOM若把年度放入關鍵詞組中也可以依據年度予以分類，此方法解決了（林頌堅）所建議的增加歷時性分析，其效果與先前Yang與Tsaih（2010）及Yang等人（2011）的研究並沒有太大差異，但卻更可以一窺不同年度的研究主題以及其不同學科中的相關性。

本研究也存在一些限制，某些節點會由於群聚分析後的主題超過五個而並沒有列出，例如：節點7.1.4.1還有1,529篇文章，筆者經過多次不同 $\tau_1$ 及與 $\tau_2$ 試誤實驗下，發現總是約有1,500多篇文件無法歸類，經過仔細檢驗這些文件，發現這些文件的關鍵詞組皆不像大部文件的重要關鍵詞組，且其年度多分布在1995年之前，因此在約5,000篇文件中此三成的文件便很難被GHSOM歸納出有意義的結果。除非以更小 $\tau_1$ 及與 $\tau_2$ 試驗，則可以分的更細及形成更多階層，但視覺上複雜度則更高，反而很難一目了然，因此在取捨之下認為至少目前參數可讓我們一窺七成利他文獻所關注的大部分研究主題。另外，像利他研究這種多元的跨學科研究領域，由於涉及多種不同學科，本研究僅能列舉出利他研究相關學科，由於受限於GHSOM僅能將研究主題於圖形上的呈現，而未能討論這些學科彼此間的關係，未來針對像是利他研究這種涉及多種不同學科的文獻，未來應能利用其他方法把GHSOM研究結果再加以其他更精簡的圖形，以說明各學科在研究主題上的差異與整合關係。

未來的研究方向上，本研究建議可以利用國家別分析來進一步觀察不同國家研究主題的情況及跨國家之間的研究主題，將各國的論文資料映射到研究主題圖上，觀察與分析不同國家其研究主題之重心及特色；對於跨國別的研究主題，則可利用引用分析及共引分析來觀察特定主題之間共同現象為何，以瞭解具有影響力的研究主題在各國之間研究相互影響之情形。

## 參考文獻

- 林頌堅（2010）。利用自組織映射圖技術的研究主題視覺呈現及其在資訊傳播學領域的應用。《圖書資訊學研究》，5(1)，23-49。
- Andreoni, J. (1990). Impure altruism and donations to public goods: A theory

- of warm-glow giving. *The Economic Journal*, 100, 464-477.
- Arnold, E. (2008). *Explaining altruism: A simulation-based approach and its limits*. Frankfurt, Germany: Ontos Verlag.
- Axelrod, R. (1997). *The complexity of cooperation: Agent-based models of competition and collaboration*. Princeton, NJ: Princeton Univ Press.
- Axelrod, R. (2006). *The evolution of cooperation* (Rev. ed.). New York: Basic Books.
- Axelrod, R., & Hamilton, W. D. (1981). The evolution of cooperation. *Science*, 211, 1390-1396.
- Campanario, J. (1995). Using neural networks to study networks of scientific journals. *Scientometrics*, 33, 23-40.
- Card, S. K., Mackinlay, J. D., & Shneiderman, B. (1999). *Readings in information visualization: Using vision to think*. San Francisco: Morgan Kaufmann.
- Chau, M., Huang, Z., Qin, J., Zhou, Y., & Chen, H. (2006). Building a scientific knowledge web portal: The NanoPort experience. *Decision Support Systems*, 42, 1216-1238.
- Conner, M., & Armitage, C. J. (1998). Extending the theory of planned behavior: A review and avenues for further research. *Journal of Applied Social Psychology*, 28, 1429-1464.
- Dawkins, R. (2006). *The selfish gene* (30th anniversary ed.). New York: Oxford University Press.
- Ding, Y., Chowdhury, G. G., & Foo, S. (2001). Bibliometric cartography of information retrieval research by using co-word analysis. *Information Processing & Management*, 37, 817-842.
- Dittenbach, M., Merkl, D., & Rauber, A. (2000). The growing hierarchical self-organizing map. In S.-I. Amari, C. L. Giles, M. Gori, & V. Piuri (Eds.), *Proceedings of the Int'l Joint Conference on Neural Networks* (pp. VI15-VI19). Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press.
- Dittenbach, M., Rauber, A., & Merkl, D. (2002). Uncovering hierarchical structure in data using the growing hierarchical self-organizing map. *Neurocomputing*, 48(1-4), 199-216.
- Fehr, E., & Fischbacher, U. (2003). The nature of human altruism. *Nature*, 425, 785-791.

- Fehr, E., & Gächter, S. (2002). Altruistic punishment in humans. *Nature*, *415*, 137-140.
- Fritzke, B. (1995). Growing grid -- A self-organizing network with constant neighborhood range and adaptation strength. *Neural Processing Letters*, *2*(5), 9-13.
- Goodman, R. (1997). The strengths and difficulties questionnaire: A research note. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *38*, 581-586.
- Goodman, R. (2001). Psychometric properties of the strengths and difficulties questionnaire. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, *40*, 1337-1345.
- Grupp, H., & Schmoch, U. (1992). Perception of scientification of innovation as measured by referencing between patents and papers. In H. Gurpp (Ed.), *Dynamics of science-based innovations* (pp. 73-128). Berlin, Germany: Springer.
- Hamilton, W. D. (1964). The genetical evolution of social behaviour. II. *Journal of Theoretical Biology*, *7*, 17-52.
- Hammond, R. A., & Axelrod, R. (2006a). Evolution of contingent altruism when cooperation is expensive. *Theoretical Population Biology*, *69*, 333-338.
- Hammond, R. A., & Axelrod, R. (2006b). The evolution of ethnocentrism. *Journal of Conflict Resolution*, *50*, 926-936.
- Hassan, E. (2003). Simultaneous mapping of interactions between scientific and technological knowledge bases: The case of space communications. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, *54*, 462-468.
- Hoffmann, R. (2000). Twenty years on: The evolution of cooperation revisited. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, *3*, 1390-1396.
- Kohonen, T. (1982). Self-organized formation of topologically correct feature maps. *Biological Cybernetics*, *43*, 59-69.
- Kohonen, T., Kaski, S., Lagus, K., Salojärvi, J., Honkela, J., Paatero, V., et al. (2000). Self organization of a massive document collection. *IEEE Transactions on Neural Networks*, *11*, 574-585.
- Leydesdorff, L. (1987). Various methods for the mapping of science. *Scientometrics*, *11*, 295-324.

- Li, S.-T., & Chang, W.-C. (2009). Design and evaluation of a layered thematic knowledge map system. *Journal of Computer Information Systems, 49*(2), 92-103.
- Nowak, M. A., & Sigmund, K. (1998). Evolution of indirect reciprocity by image scoring. *Nature, 393*, 573-577.
- Noyons, E. C. M. (2001). Bibliometric mapping of science in a policy context. *Scientometrics, 50*, 83-98.
- Noyons, E. C. M., & van Raan, A. F. J. (1998). Monitoring scientific developments from a dynamic perspective: Self-organized structuring to map neural network research. *Journal of the American Society for Information Science, 49*, 68-81.
- Pratto, F., Sidanius, J., Stallworth, L. M., & Malle, B. F. (1994). Social-dominance orientation: A personality variable predicting social and political attitudes. *Journal of Personality and Social Psychology, 67*, 741-763.
- Preston, S. D., & de Waal, F. B. M. (2002). Empathy: Its ultimate and proximate bases. *Behavioral and Brain Sciences, 25*, 1-20.
- Price, D. J. S. (1965). Networks of scientific papers. *Science, 149*, 510-515.
- Rauber, A., Merkl, D., & Dittenbach, M. (2002). The growing hierarchical self-organizing map: Exploratory analysis of high-dimensional data. *IEEE Transactions on Neural Networks, 13*, 1331-1341.
- Salton, G. (1989). *Automatic text processing: The transformation, analysis, and retrieval of information by computer*. Boston: Addison-Wesley.
- Shih, J.-Y., Chang, Y.-J., & Chen, W.-H. (2008). Using GHSOM to construct legal maps for Taiwan's securities and futures markets. *Expert Systems with Applications, 34*, 850-858.
- Torra, V., Miyamoto, S., & Lanau, S. (2005). Exploration of textual document archives using a fuzzy hierarchical clustering algorithm in the GAMBAL system. *Information Processing & Management, 41*, 587-598.
- Trivers, R. L. (1971). The evolution of reciprocal altruism. *The Quarterly Review of Biology, 46*, 35-57.
- Vallerand, R. J. (1997). Toward a hierarchical model of intrinsic and extrinsic motivation. *Advances in Experiment Social Psychology, 29*, 271-360.
- Web of Science. (2009). *Web of Science databases*. Retrieved September 16, 2011, from [http://images.isiknowledge.com/WOKRS49B3/help/WOS/h\\_database.html](http://images.isiknowledge.com/WOKRS49B3/help/WOS/h_database.html)

- Wilson, E. O. (1975). *Sociobiology: The new synthesis*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Wolfram, D. (2003). *Applied informetrics for information retrieval research*. Westport, CT: Greenwood.
- Yang, Y. H., & Tsaih, R. H. (2010). An investigation of research on evolution of altruism using informetric methods and the growing hierarchical self-organizing map. *Malaysian Journal of Library & Information Science*, 15(3), 1-17.
- Yang, Y. H., Tsaih, R. H., & Bhikshu, H. (2011). The research of multi-layer topic map analysis using co-word analysis with growing hierarchical self-organizing map. *International Journal of Digital Content Technology and Its Applications*, 5, 355-363.
- Zhu, B., & Chen, H. (2005). Information visualization. *Annual Review of Information Science and Technology*, 39(1), 139-177.



# Multi-Layer Visual Presentation of Annual Research Topics Using Growing Hierarchical Self-Organizing Map

**Johannes K. Chiang**

Associate Professor  
Department of Management Information Systems  
National Chengchi University

**Yu-Xiang Yang**

Doctoral Student  
Department of Management Information Systems  
National Chengchi University

## I. Introduction

This study investigates the characteristics of articles relating to studies of altruism, from 1990 to 2010, found in the Social Sciences Citation Index (SSCI) database. Derek J. deSolla Price suggested the dynamic mapping of science using the scientific methods of science in the mid 1960's (Leydesdorff, 1987; Price, 1965). Since then, research in bibliometrics and scientometrics has developed techniques to analyze publication data sets. It is quite desirable and valuable to cluster the major topics of a large collection of documents based on their content and to provide topic landscape of the field. Such studies have applied bibliometric maps using the co-word analysis to visualize the cognitive structure of scientific knowledge bases and their interrelations (Chau, Huang, Qin, Zhou, & Chen, 2006; Ding, Chowdhury, & Foo, 2001; Grupp & Schmoch, 1992; Hassan, 2003; Noyons, 2001; Noyons & van Raan, 1998). Noyons and van Raan adopted the Self-Organizing Map (SOM; Kohonen, 1982; Kohonen, et al., 2000) technique to apply the co-word approach to the science mapping -- that is, the organization of science. Some studies propose a layered thematic knowledge-map with keyterms clustering by using Growing Hierarchical Self-Organizing Map (GHSOM; Dittenbach, Rauber, & Merkl,

2002; Rauber, Merkl, & Dittenbach, 2002) as an updated version of SOM (Li & Chang, 2009; Shih, Chang, & Chen, 2008). Thus, the hierarchies and dynamic 2-dimension architecture of maps is one of its biggest improvements of SOM in the utilization of the GHSOM. It enabled us to visualize the hierarchical topic maps, so that it can be used as an concept-representation to explore research topics in the literatures of altruism.

The objectives of this study were to reveal the major topics or conceptual interrelations of literature related to altruism. To reveal the annual major topics and conceptual interrelations of articles related to altruism, we adopted GHSOM to cluster the conceptual topics into a hierarchical representation of dynamic 2-dimensional interrelated structures within the data.

## II. Dataset and Method

The dataset used in this study was derived from the SCIE and SSCI databases of the Web of Science, created by the Institute for Scientific Information. It comprehensively indexes over 1,950 journals across 50 social sciences disciplines. It also indexes individually selected, relevant items from over 3,300 of the world's leading scientific and technical journals (Web of Science, 2009).

An empirical search command was used by "Topic = ('altruism') OR Topic = ('altruistic behavior\*') OR Topic = ('helping behavior\*') OR Topic = ('prosocial behavior\*') refined by Document Type = (ARTICLE OR REVIEW)" to retrieve data related to altruism. The documents specifically included articles or reviews in the study. Book reviews, papers of proceeding, letters, notes, meeting abstracts were not taken into consideration. A total of 5,215 papers published between 1990 and 2010 were found.

The process of applying GHSOM to topic analysis is illustrated in Figure 1. The three phases are: the data preprocessing phase; the clustering phase; and the interpreting phase.

In the data preprocessing phase, key-terms such as titles, keywords, and subject categories are used to represent the contents of the documents. However, we want to analyze the annual trend of altruism topic. Meaningful key-terms describing the articles are extracted directly from the documents without any manual intervention. We form the modified key-terms by using

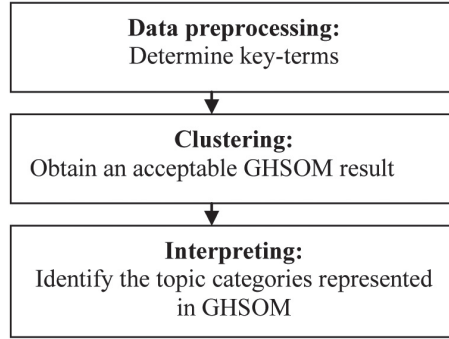


Figure 1. The Three Phases of the Topic Analysis Process

year plus key-terms. These key-terms are weighted according to a  $tf \times idf$  the state-of-the-art weighting scheme shown in Equation (1) (Raubert, et al., 2002; Salton, 1989; Shih, et al., 2008; Wolfram, 2003).

$$w_i(d) = tf_i(d) \times \log(N / df_i) \quad (1)$$

In Equation (1),  $w_i(d)$  represents the weight of the  $i$ th term in document (d),  $tf_i(d)$  represents the number of times the  $i$ th term appears in document (d),  $N$  represents the total number of documents, and  $df_i$  represents how many documents contain the  $i$ th term. The weighted value for a term will always be greater than or equal to zero. This weighting scheme assigns high values to terms considered important for describing the contents of a document and discriminating between various documents. A high weight is earned by frequent appearances of a term in a given document, with infrequent appearance of terms within the entire collection of documents. In this manner, weight assignment tends to filter out common terms. Based upon weighting values, we selected the top order distinct key-terms for document representation (Salton, 1989; Wolfram, 2003). The resulting key-term vectors were used for GHSOM training.

In the clustering phase, the GHSOM experiment was conducted through the trial and error method, using various values for breadth and depth and different normalizations to gain an acceptable GHSOM model for the analysis.

In the interpreting phase, each node of GHSOM of the first-layer and some nodes of the second- or third- layer which will be re-grouped into the

layer 3 or 4. The utmost five important key-terms would be automatically assigned by the GHSOM using the  $tf \times idf$  weighting scheme.

### III. Results

Through the process of applying GHSOM to topic analysis as showed in Figure 1, we obtained the result as showed in Figure 2 in the clustering phase. The model comprised four layers and 56 nodes. All 5,215 articles were clustered into a SOM of  $2 \times 4$  nodes in layer 1, where all articles that had been clustered into the eight nodes were further re-grouped into a SOM of  $2 \times 2$  (i.e. node 1, 2, 3, 4, 5, 6 and 8) or  $2 \times 3$  (i.e., node 7) nodes in layer 2, respectively. The articles clustered into nodes 1.3, 2.4, 6.1, 6.2, 7.1, 7.4, 7.6, 8.1, 8.2, and

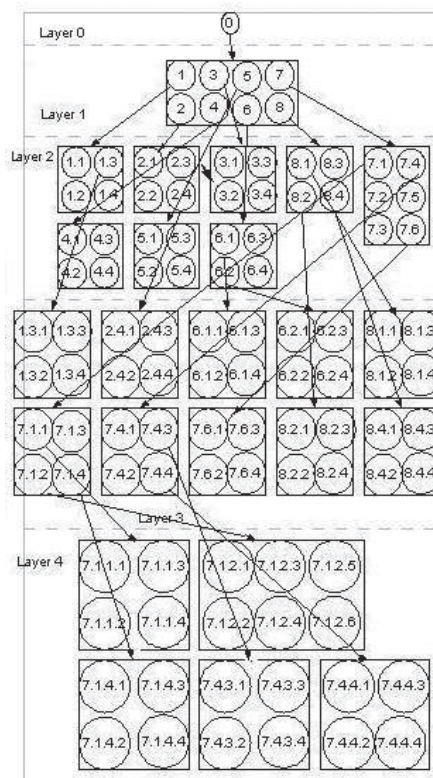


Figure 2. The GHSOM Result

Multi-Layer Visual Presentation of Annual Research Topics Using Growing Hierarchical Self-Organizing Map

8.4 were further re-grouped into a SOM of  $2 \times 2$  nodes in layer 3. The articles clustered into node 7.1.1, 7.1.4, 7.4.3, and 7.4.4 were further re-grouped into a SOM of  $2 \times 2$  nodes, and node 7.1.2 into a SOM of  $2 \times 3$  nodes in layer 4.

In the interpreting phase, for each node of GHSOM, The results are presented in Figures 3, 4, and 5, in which the number in the parenthesis refers to the number of clustered articles. For instance, articles containing concepts such as “selection,” “cooperation,” “evolution” and “competition” belonged to ecology in year 2010 in node 1.1; the sub-category topics including “evolution,” “cooperation” and “exchange” belonged to ecology and zoology in year 2010 in node 1.2; the sub-category topics including “cooperation,” “reciprocity,” “preferences,” and “competition” belonged to economics in year 2010 in node 1.4. Thus, we could conclude the node 1 belong to year 2010.

The results of the GHSOM complied with the different year in the first layer, and provided more explicit topics implying the interrelationship of the different subject areas in the second, third, or fourth layers. For example, the zoology in Figure 3 is in the node 1.2 of Figure 3, indicating that research regarding altruism related to zoology was relevant to ecology. The first-layer

<p>1.1</p> <p>10ecology 10selection 10cooperation 10evolution 10competition (42)</p> <p>1.2</p> <p>10zoology 10evolution 10cooperation 10exchange 10ecology (20)</p>	<p>1.3</p> <p>(74)</p> <p>1.4</p> <p>10economics 10cooperation 10reciprocity 10preferences 10competition (47)</p>	<p>3.1</p> <p>10behavior 10aggression 10adolescence 10empathy 10children (41)</p> <p>3.2</p> <p>10PSY,social 10empathy (39)</p>	<p>3.3</p> <p>10PSY_DEV 10psychiatry (57)</p> <p>3.4</p> <p>10PSY_MDP 10PSY (37)</p>	<p>5.1</p> <p>07behavior 07gender 07perspective 07children 07PSY_social (62)</p> <p>5.2</p> <p>10attitudes 10values 10personality 10sociology (12)</p>	<p>5.3</p> <p>07PSY 07PSY_DEV 07PSY_MDP 07empathy (50)</p> <p>5.4</p> <p>07PSY 09psychiatry 09business 07PSY_MDP (58)</p>	<p>7.1</p> <p>(2361)</p> <p>7.2</p> <p>03evolution 06ethics (82)</p> <p>7.3</p> <p>04PSY_DEV 04aggression 04PSY_social (47)</p>	<p>7.4</p> <p>(592)</p> <p>7.5</p> <p>02evolution 02behavior 02children (43)</p> <p>7.6</p> <p>(164)</p>
<p>2.1</p> <p>08ecology 08cooperation 08evolution 08biology 08conflict (37)</p> <p>2.2</p> <p>08behavior 08fairness 08economics 08game 08cooperation (23)</p>	<p>2.3</p> <p>08economics 08behavior 08model 08public-goods (30)</p> <p>2.4</p> <p>(76)</p>	<p>4.1</p> <p>08behavior 08business 08PSY_social 08empathy 08perspective (38)</p> <p>4.2</p> <p>08personality 08behavior 08PSY_social (22)</p>	<p>4.3</p> <p>08children 08psychiatry 08PSY_MDP (41)</p> <p>4.4</p> <p>08PSY_DEV 08children 08childhood 08adjustment 08psychiatry (39)</p>	<p>6.1</p> <p>(91)</p> <p>6.2</p> <p>(85)</p>	<p>6.3</p> <p>09behavior 09economics 09competition 09preferences 09fairness (55)</p> <p>6.4</p> <p>09ecology 09evolution 09biology 09cooperation 09genetics&amp;heredity (43)</p>	<p>8.1</p> <p>(173)</p> <p>8.2</p> <p>(131)</p>	<p>8.2</p> <p>03cooperation 03game 03economics 03biology 03evolution (32)</p> <p>8.4</p> <p>(202)</p>

Figure 3. The First and Second Layer Interpretation Results of GHSOM

Note. PSY is the abbreviation for psychology; MDP is multidisciplinary; DEV is developmental.

<p><u>1.3.1</u> 10evolution 10behavior 10cooperation 10biology 10punishment (30)</p>	<p><u>1.3.3</u> 10evolution 10behavior 10cooperation 10biology 10public-goods (12)</p>	<p><u>6.1.1</u> 09children 09PSY,MDP 09childhood 09school 09aggression (18)</p>	<p><u>6.1.3</u> 09PSY,MDP 09personality (33)</p>	<p><u>8.1.1</u> 02economics 02model (50)</p>	<p><u>8.1.3</u> 03economics 03public-goods (43)</p>
<p><u>1.3.2</u> 10cooperation 10reciprocity 10biology 10competition (18)</p>	<p><u>1.3.4</u> 10reciprocity 10cooperation 10game 10evolution 10dynamics (14)</p>	<p><u>6.1.2</u> 09adjustment 09PSY,DEV 09childhood 09aggression 09empathy (18)</p>	<p><u>6.1.4</u> 09PSY,social 09aggression 09model 09personality (22)</p>	<p><u>8.1.2</u> 04economics 06economics (80)</p>	<p><u>8.1.4</u> (0)</p>
<p><u>2.4.1</u> 08evolution 08behavior 08reciprocity 08cooperation (28)</p>	<p><u>2.4.3</u> 08cooperation 08behavior 08punishment 08human (22)</p>	<p><u>6.2.1</u> 09cooperation 09prisoners-dilemma 09reciprocity 09chimpanzees (29)</p>	<p><u>6.2.3</u> 09evolution 09zoology 09exchange (17)</p>	<p><u>8.2.1</u> 04cooperation 04economics 04evolution 04reciprocity (26)</p>	<p><u>8.2.3</u> 04evolution 04economics 04punishment (14)</p>
<p><u>2.4.2</u> 08prisoners-dilemma 08behavior 08cooperation 08game 08evolution (9)</p>	<p><u>2.4.4</u> 08evolution 08cooperation 08human 08reciprocity 08punishment (17)</p>	<p><u>6.2.2</u> 09cooperation 09behavior 09economics 09evolution 09empathy (18)</p>	<p><u>6.2.4</u> 09cooperation 09biology 09population 09evolution 09punishment (21)</p>	<p><u>8.2.2</u> 04selection 04ecology 04evolution 04biology 04cooperation (29)</p>	<p><u>8.2.4</u> 07economics 07preferences 07fairness (62)</p>
<p><u>8.4.1</u> 07evolution 07ecology 06evolution (54)</p>	<p><u>8.4.3</u> 06ecology 06biology 06evolution 06cooperation 06genetics&amp;heredity (30)</p>	<p><u>7.1.1</u> (297)</p>	<p><u>7.1.3</u> 00behavior 95behavior (76)</p>	<p><u>7.4.1</u> 00evolution 00cooperation 05PSY,DEV (69)</p>	<p><u>7.4.3</u> (93)</p>
<p><u>8.4.2</u> 07cooperation 07biology 07evolution 07ecology (72)</p>	<p><u>8.4.4</u> 06cooperation 06economics 06biology 06fairness 06evolution (46)</p>	<p><u>7.1.2</u> (275)</p>	<p><u>7.1.4</u> (1713)</p>	<p><u>7.4.2</u> 98behavior 98cooperation 98evolution (68)</p>	<p><u>7.4.4</u> (362)</p>
		<p><u>7.6.1</u> 03PSY,DEV 03behavior 03PSY,social (38)</p>	<p><u>7.6.3</u> 02evolution 02cooperation (24)</p>		
		<p><u>7.6.2</u> 06PSY,social 03PSY,DEV 06PSY,MDP (55)</p>	<p><u>7.6.4</u> 06aggression 06PSY,social 06gender (47)</p>		

Figure 4. The Third-Layer Interpretation Result of GHSOM

Note. PSY is the abbreviation for psychology; MDP is multidisciplinary; DEV is developmental.

Multi-Layer Visual Presentation of Annual Research Topics Using Growing Hierarchical Self-Organizing Map

<p><u>N7.1.1.1</u></p> <p>10economics 10public-goods</p> <p>(45)</p>	<p><u>N7.1.1.3</u></p> <p>97evolution 95economics</p> <p>(32)</p>	<p><u>N7.1.4.1</u></p> <p>(1529)</p>	<p><u>N7.1.4.3</u></p> <p>(46)</p>
<p><u>N7.1.1.2</u></p> <p>(198)</p>	<p><u>N7.1.1.4</u></p> <p>09PSY_DEV 08business</p> <p>(22)</p>	<p><u>N7.1.4.2</u></p> <p>(37)</p>	<p><u>N7.1.4.4</u></p> <p>(101)</p>

<p><u>N7.1.2.1</u></p> <p>09health 08management 09genetics&amp;heredity 09emotion 92selection (26)</p>	<p><u>N7.1.2.3</u></p> <p>09PSY 09performance</p> <p>(9)</p>	<p><u>N7.1.2.5</u></p> <p>(62)</p>	<p><u>N7.4.3.1</u></p> <p>05evolution 05selection 05biology 05ecology (33)</p>	<p><u>N7.4.3.3</u></p> <p>05cooperation 05behavior 05biology 05evolution (26)</p>
<p><u>N7.1.2.2</u></p> <p>02cooperation 10model 10communication 03children 10management (32)</p>	<p><u>N7.1.2.4</u></p> <p>02cooperation 10values 02reciprocity</p> <p>(9)</p>	<p><u>N7.1.2.6</u></p> <p>(137)</p>	<p><u>N7.4.3.2</u></p> <p>01evolution 01model 01cooperation 01ecology (18)</p>	<p><u>N7.4.3.4</u></p> <p>01ecology 01behavior 01selection 01model 01cooperation (16)</p>

<p><u>N7.4.4.1</u></p> <p>00economics</p> <p>(28)</p>	<p><u>N7.4.4.3</u></p> <p>05model 05economics 05PSY,MDP</p> <p>(52)</p>
<p><u>N7.4.4.2</u></p> <p>(240)</p>	<p><u>N7.4.4.4</u></p> <p>01economics</p> <p>(42)</p>

Figure 5. The Fourth-Layer Interpretation Result of GHSOM

interpretation results give the annual results while the second-, third- and fourth layer interpretation results present topic maps indicating the relationship among different disciplines.

## IV. Conclusions

The study shows that research trend appeared to be scattered across a wide range of subject areas, and that the three main subject areas were primarily within the fields of biology, economics, and psychology. However, the GHSOM tool had all of the benefit of SOM, in providing a map from a higher dimensional input space to a lower dimensional map space, as well as

providing a global orientation of independently growing maps in the individual layers of the hierarchy, which facilitated navigation across branches. The topic map using GHSOM in co-word analysis illustrated the delicate intertwining of subject areas and provided a more explicit illustration of the concepts within each subject area. The result of the topic map may show that the research trend within the research related to altruism.

## References

- Andreoni, J. (1990). Impure altruism and donations to public goods: A theory of warm-glow giving. *The Economic Journal*, 100, 464-477.
- Arnold, E. (2008). *Explaining altruism: A simulation-based approach and its limits*. Frankfurt, Germany: Ontos Verlag.
- Axelrod, R. (1997). *The complexity of cooperation: Agent-based models of competition and collaboration*. Princeton, NJ: Princeton Univ Press.
- Axelrod, R. (2006). *The evolution of cooperation* (Rev. ed.). New York: Basic Books.
- Axelrod, R., & Hamilton, W. D. (1981). The evolution of cooperation. *Science*, 211, 1390-1396.
- Campanario, J. (1995). Using neural networks to study networks of scientific journals. *Scientometrics*, 33, 23-40.
- Card, S. K., Mackinlay, J. D., & Shneiderman, B. (1999). *Readings in information visualization: Using vision to think*. San Francisco: Morgan Kaufmann.
- Chau, M., Huang, Z., Qin, J., Zhou, Y., & Chen, H. (2006). Building a scientific knowledge web portal: The NanoPort experience. *Decision Support Systems*, 42, 1216-1238.
- Conner, M., & Armitage, C. J. (1998). Extending the theory of planned behavior: A review and avenues for further research. *Journal of Applied Social Psychology*, 28, 1429-1464.
- Dawkins, R. (2006). *The selfish gene* (30th anniversary ed.). New York: Oxford University Press.
- Ding, Y., Chowdhury, G. G., & Foo, S. (2001). Bibliometric cartography of information retrieval research by using co-word analysis. *Information Processing & Management*, 37, 817-842.



- Dittenbach, M., Merkl, D., & Rauber, A. (2000). The growing hierarchical self-organizing map. In S.-I. Amari, C. L. Giles, M. Gori, & V. Piuri (Eds.), *Proceedings of the Int'l Joint Conference on Neural Networks* (pp. VI15-VI19). Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press.
- Dittenbach, M., Rauber, A., & Merkl, D. (2002). Uncovering hierarchical structure in data using the growing hierarchical self-organizing map. *Neurocomputing*, 48(1-4), 199-216.
- Fehr, E., & Fischbacher, U. (2003). The nature of human altruism. *Nature*, 425, 785-791.
- Fehr, E., & Gächter, S. (2002). Altruistic punishment in humans. *Nature*, 415, 137-140.
- Fritzke, B. (1995). Growing grid -- A self-organizing network with constant neighborhood range and adaptation strength. *Neural Processing Letters*, 2(5), 9-13.
- Goodman, R. (1997). The strengths and difficulties questionnaire: A research note. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 38, 581-586.
- Goodman, R. (2001). Psychometric properties of the strengths and difficulties questionnaire. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 40, 1337-1345.
- Grupp, H., & Schmoch, U. (1992). Perception of scientification of innovation as measured by referencing between patents and papers. In H. Gurpp (Ed.), *Dynamics of science-based innovations* (pp. 73-128). Berlin, Germany: Springer.
- Hamilton, W. D. (1964). The genetical evolution of social behaviour. II. *Journal of Theoretical Biology*, 7, 17-52.
- Hammond, R. A., & Axelrod, R. (2006a). Evolution of contingent altruism when cooperation is expensive. *Theoretical Population Biology*, 69, 333-338.
- Hammond, R. A., & Axelrod, R. (2006b). The evolution of ethnocentrism. *Journal of Conflict Resolution*, 50, 926-936.
- Hassan, E. (2003). Simultaneous mapping of interactions between scientific and technological knowledge bases: The case of space communications. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 54, 462-468.

- Hoffmann, R. (2000). Twenty years on: The evolution of cooperation revisited. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 3, 1390-1396.
- Kohonen, T. (1982). Self-organized formation of topologically correct feature maps. *Biological Cybernetics*, 43, 59-69.
- Kohonen, T., Kaski, S., Lagus, K., Salojärvi, J., Honkela, J., Paatero, V., et al. (2000). Self organization of a massive document collection. *IEEE Transactions on Neural Networks*, 11, 574-585.
- Leydesdorff, L. (1987). Various methods for the mapping of science. *Scientometrics*, 11, 295-324.
- Li, S.-T., & Chang, W.-C. (2009). Design and evaluation of a layered thematic knowledge map system. *Journal of Computer Information Systems*, 49(2), 92-103.
- Lin, Sung-Chien. (2010). Visual presentation of research topics with a self-organizing map and its application to the field of information and communication. *Journal of Library and Information Science Research*, 5(1), 23-49. [Text in Chinese].
- Nowak, M. A., & Sigmund, K. (1998). Evolution of indirect reciprocity by image scoring. *Nature*, 393, 573-577.
- Noyons, E. C. M. (2001). Bibliometric mapping of science in a policy context. *Scientometrics*, 50, 83-98.
- Noyons, E. C. M., & van Raan, A. F. J. (1998). Monitoring scientific developments from a dynamic perspective: Self-organized structuring to map neural network research. *Journal of the American Society for Information Science*, 49, 68-81.
- Pratto, F., Sidanius, J., Stallworth, L. M., & Malle, B. F. (1994). Social-dominance orientation: A personality variable predicting social and political attitudes. *Journal of Personality and Social Psychology*, 67, 741-763.
- Preston, S. D., & de Waal, F. B. M. (2002). Empathy: Its ultimate and proximate bases. *Behavioral and Brain Sciences*, 25, 1-20.
- Price, D. J. S. (1965). Networks of scientific papers. *Science*, 149, 510-515.
- Rauber, A., Merkl, D., & Dittenbach, M. (2002). The growing hierarchical self-organizing map: Exploratory analysis of high-dimensional data. *IEEE Transactions on Neural Networks*, 13, 1331-1341.

- Salton, G. (1989). *Automatic text processing: The transformation, analysis, and retrieval of information by computer*. Boston: Addison-Wesley.
- Shih, J.-Y., Chang, Y.-J., & Chen, W.-H. (2008). Using GHSOM to construct legal maps for Taiwan's securities and futures markets. *Expert Systems with Applications*, 34, 850-858.
- Torra, V., Miyamoto, S., & Lanau, S. (2005). Exploration of textual document archives using a fuzzy hierarchical clustering algorithm in the GAMBAL system. *Information Processing & Management*, 41, 587-598.
- Trivers, R. L. (1971). The evolution of reciprocal altruism. *The Quarterly Review of Biology*, 46, 35-57.
- Vallerand, R. J. (1997). Toward a hierarchical model of intrinsic and extrinsic motivation. *Advances in Experiment Social Psychology*, 29, 271-360.
- Web of Science. (2009). *Web of Science databases*. Retrieved September 16, 2011, from [http://images.isiknowledge.com/WOKRS49B3/help/WOS/h\\_database.html](http://images.isiknowledge.com/WOKRS49B3/help/WOS/h_database.html)
- Wilson, E. O. (1975). *Sociobiology: The new synthesis*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Wolfram, D. (2003). *Applied informetrics for information retrieval research*. Westport, CT: Greenwood.
- Yang, Y. H., & Tsaih, R. H. (2010). An investigation of research on evolution of altruism using informetric methods and the growing hierarchical self-organizing map. *Malaysian Journal of Library & Information Science*, 15(3), 1-17.
- Yang, Y. H., Tsaih, R. H., & Bhikshu, H. (2011). The research of multi-layer topic map analysis using co-word analysis with growing hierarchical self-organizing map. *International Journal of Digital Content Technology and Its Applications*, 5, 355-363.
- Zhu, B., & Chen, H. (2005). Information visualization. *Annual Review of Information Science and Technology*, 39(1), 139-177.

