

無線感測網路 (ZIGBEE) 文獻發展的趨勢、類別與熱點之探討－使用文獻內容書目對與共現字以發掘研究問題的機會
EXPLORING AMONG TRENDS, CLUSTERS AND HOT TOPICS OF WIRELESS SENSOR NETWORKS (ZIGBEE) - USING BIBLIOGRAPHIC COUPLING AND CO-WORD FOR RESEARCH QUESTIONS

魏淑娟

朝陽科技大學產業策略發展博士候選人

李尚嬪*

朝陽科技大學幼兒保育系助理教授級專案教師

陳悅琴

朝陽科技大學企管管理系副教授

賴奎魁

朝陽科技大學企業管理系特聘教授

Shu-Chuan Wei

*Doctoral Candidate, Strategic Development of Taiwan's Industry
Chaoyang University of Technology*

Shang-Pin Li

*Project Assistant Professor, Department of Early Childhood
Development and Education
Chaoyang University of Technology*

Yuen-Chin Chen

*Associate Professor, Department of Business Administration
Chaoyang University of Technology*

*通訊作者，地址：臺中市霧峰區吉峰東路 168 號
E-mail：spli@cyut.edu.tw

Kuei-Kuei Lai

*Distinguished Professor, Department and Graduate Institute of Business Administration
Chaoyang University of Technology*

摘要

無論是企業或學術界，不斷的創新是營運與學術生涯保鮮的根本。智慧街燈的發展是智慧城市中多議題中之一個有趣新興議題，在企業界與學術界永續發展的目標中，皆已投入甚多基礎與應用研究，研究成果首先皆已撰述論文或專利文件，投稿期刊或各國智慧財產專利局，歷經多位同儕盲目審查，經公開發表或取得核准且具排他權之著作權或專利。這些成果揭示與時俱進的新知識，為促進學術界與業界技術研發的快速擴散，皆已收錄在電子資料庫中，在學界，如WOS，Scopus，Elsevier；在業界如各國專利資料庫，如USPTO，EDO等。這些電子資料庫在顯示各種領域系統化知識，且已儼然成為全人類社會的資產。然在智慧街燈的研究與開發中，含有多項次技術領域，本研究旨在探討無線感測網路（ZIGBEE）論文科學性論文文獻計量分析。過去文獻停留在傳統調查性之質性內容分析或計算前後數年前問比率的簡易計量分析，顯然對投入學術與產業研究者所需精確專業領域資訊，付之闕如。若能採用使用文獻內容書目對及共現字之科學性計量分析以發掘研究問題的機會，如文獻發展的趨勢、類別與熱點等變項分析，應可提供創造一個新的有效性的研究問題來增強研發前沿的機會。

本研究目的在建立一個探討文獻內容發展的趨勢分析模型，並使用CATAR內容分析模型做為發掘無線感測網路（ZIGBEE）文獻發展的趨勢、類別與熱點分析。本研究的第一階段採用檢全原則，建立相關鍵字，進行檢索WOS資料庫，接者使用檢準原則，經過篩與資料清洗以取得具高效信度茲分析資料集。再以統計分析，來建構文獻內容的概觀模型。再使用文獻書目對與共現字之相似以形成相似矩陣，再以數與構面觀念，使用奇異值分解（Singular Value Decomposition, SVD）進行相似矩陣分析，再使用階層式凝聚之完全連鎖法（Hierarchical-Agglomerative-Complete Clustering）集群分析方法以進行文獻的主題集群分析，再以HHI來鑑別出研究主題的熱點。

分析結果揭出期刊、國家、年代之發展趨勢之競爭態勢。另也區分出七個主題群與七個共現字群，且兩者間有很強的共通性，少數個獨特性。是故；此研究架構與流程能發掘研究的前沿（Frontier）之內在與外在效度。

關鍵字：無線感測網路（ZIGBEE）、趨勢、類別、熱點、概觀分析、書目對、共現字

ABSTRACT

Continuous innovation is the foundation of both business and academic career preservation. The development of smart street lights is becoming one of the most interesting modernization tools in smart cities. A lot of basic and applied research has been invested in achieving sustainable development in business and academic circles. The results of these studies have been published in academic papers or patent documents, submitted to journals or intellectual property patent offices of various countries, and after blind review by many peers, they were published copyrights or the patents were approved with exclusive rights. These achievements revealed new knowledge that helped businesses to keep pace with the times. To promote the rapid diffusion of technology research and development, they have been included in the electronic databases of the academia, e.g., WOS, Scopus, and Elsevier, and in the industry, e.g., the national patent databases including USDTO and EDO. These electronic databases contain systematic knowledge in various fields and have become the assets of the entire human society. However, in the research and development of smart street lights, many technical fields can be found. The present study explores the bibliometric analysis of scientific papers on wireless sensor networks (ZIGBEE). In the past, the literature mainly focused on the traditional qualitative content analysis of investigative nature or simple quantitative analysis of calculating the ratio between the years and the years before and after, which lacked the accurate professional field information required by academic and industrial researchers. If the scientific quantitative analysis using bibliographic pairs and co-occurrence words of literature content can be used to explore opportunities for research problems, such as the analysis of variables including trends, categories, and hot topics of literature development, it could provide a new and effective research problem to enhance opportunities at the forefront of R&D.

The CATAR content analysis model was used to explore the trends, categories, and hot topics in the development of the wireless sensor network (ZIGBEE) literature. The first stage of this research adopted the principle of verification, established relevant keywords, searched the WOS database, and used the principle of verification to obtain a data set with high reliability after screening and data cleaning. Statistical analysis was then used to construct an overview model of the literature content. After, the similarities between bibliographic pairs and co-occurring words were identified to form a similarity matrix, and then reduce the variation.

Additionally, the number and aspect concept and the SVD (Singular Value Decomposition) were employed to conduct a similarity matrix analysis. Next, the Agglomerative Hierarchical Clustering method was used to perform a subject cluster analysis of the literature. Finally, the HHI was utilized to identify the hot topics of research themes.

The analysis results showed the competitive situation of the development trends of journals, countries, and years. In addition, seven theme groups and seven co-occurring word groups were distinguished, and it was found that there is a strong commonality between the two; however, a few are unique. Therefore, this research structure and the process could explore the internal and external validity of the research frontier.

Keywords: ZIGBEE, Trends, Clusters, Hot Topics, Overview Analysis, Bibliographic Coupling, Co-Word

壹、前言

一、問題陳述 (Problem Statement)

智慧路燈是智慧城市諸多智慧化建設發展之一項重要政策與課題。近十年，伴隨著 5G、物聯網、相關 ICT 技術發展與 LED 燈照產品漸趨成熟，全世界智慧城市計畫已逐步落實並逐漸取代傳統路燈。是故；未來全世界城市智慧化建設發展中，智慧路燈將擴散遍及大街小巷，無疑是網路科技與智慧化的最佳載體。經由產、官、學、商多年努力研究與開發設計，智慧路燈已技術融合 (Technology Convergence) 更多技術，如圖像／影像識別、感測環境資訊、亮度控制、結構設計、協同管理／資訊發布、控制箱／控制系統、無線通訊、邊緣運算與 AI 人工智慧。故智慧路燈產生諸多先進技術功效 (Performance)，如降低成本、自動化、可靠性、準確性、便於維修、通用性、便利性／互動性與減少光害。是故；其有廣泛用途，如無線通信、智慧照明、影像處理、公共 WIFI、交通號誌、環境監測、公告廣播、資料交換與電動車充電。搭載多重加值功能於一身的智慧路燈，絕非單調的燈桿而已。智慧路燈將會越來越受到產、官、學、商多方重視，投入更多的研究、開發與設計，顯然前提要件必須有好點子，好點子源自於相關研究與開發人員要大量最新知識，這些知識線皆收錄於大型效度之期刊電子資料庫與各國專利庫。因此智慧路燈的發展，顯然對政府政策、學術論文研究主題、企業界產品與技術開發設計與行銷通路等研究必發生衝擊影響問題。因智慧路燈基本上如智慧型手機皆屬於技術融合 (Technology Convergence)，為達探索有效性且

基於嚴謹性原則，因無線感測網路（ZIGBEE）是智慧路燈通信的主流設計（Dominant Design），因此本研究僅專注於無線感測網路（ZIGBEE）學術文獻發展的趨勢探討。

學術文獻是學術研究體系中學者們依據過去或是現在學者研究成果的紀錄，亦即是各領域的一套有系統的知識體系。不管產業或學術研究者善用科學研究方法融入自己的構思所產生的研究成果，經嚴謹數位同領域專家學者盲目審查並通過或接受，經各期刊、出版社與大型跨國資料庫收錄之所呈現的研究紀錄，可謂之為文獻。學術文獻可以讓所有參與研究的專家學者們可以遵照或引用前人研究方法，這些資訊可提供研究者產生新的研究提問等價值，也可以驗證前人研究成果等等功能。世界上存在無數且龐大的數據與資料，若無加以連結、分析、解釋將無意義的存在。因此，透過社會科學解析資料的方法能探究許多未解的秘密。

學術文獻創製表現於文獻刊載的數量，近年來以 8-9%的比率增加，每九年近乎倍增（Bornmann & Mutz, 2015）。顯然資料庫中含有大量知識訊息，傳統上諸多學者採用內容分析法，效率與效果上已不合時宜。對於學術研究的主題趨向，常常依賴領域專家的知識與經驗，或以人工方式分析整理大量文獻，以提供資訊作為參考判斷之依據。此種方法雖然可以得到精確有效的結果，但也往往容易流於主觀的篩選或判斷，或受人力、物力與時間上的限制，而難以持續。若有自動化的分析模式與方法，可以全面性、持續性地長期觀察教育評鑑研究領域的發展趨勢、主題演變、研究活動，以及相關重要研究人員的社會網絡分佈狀況，當可彌補或輔助人工分析的不足（曾元顯，2011）。隨著文獻數量遽增，電腦輔助內容分析的工具隨之發展，學者們依據內容分析法之特質輔以電腦運算技術。因此；透過解析引用文獻之相關聯的資訊能了解知識從哪些重要文獻開始？能記錄創造新知識的同時也能知道知識的流動，目前發展現況與重心是什麼？以及能判讀未來發展趨勢去向哪裡？

二、文獻探討（Literature Review）

科學研究必須根據先前專家學者的研究，而研究的方法便是透過學術論文的引用與參考，學者們在引用前人的研究成果下持續不斷加入自己研究的成果，這種不斷的累積與再創造新知識或新技術的過程，不但傳承知識或技術的方法也留下了知識傳遞的擴散軌跡。是故；文獻的分析基本上可分成質性的內容分析與量化分析。

針對具備學術價值的文件，所進行的內容分析或探索在數個學術領域中都有各自的研究與發展。例如，在圖書資訊領域有科學計量學（Scientometrics）（蔡明月，2003），在人文社會學領域有內容分析法（Content Analysis）（Krippendorff, 2004）。計量科學分析中則有文字探勘技術（Text Mining）（Feldman & Sanger, 2006）兩者其具體內

容與技術細節，在各領域中或有不同，但目標或方向卻大致一樣。

科學與技術知識發展過程一直以來廣為學界重視，相關理論較知名者有典範轉移（Kuhn, 1962）與技術循環（Anderson & Tushman, 1990）。這些理論大幅增進吾人對科學與技術知識發展過程的瞭解，也引發實務上觀察各種不同科學與技術領域實際發展過程的渴望。但是領域各自有不同之背景、專家、技術難易度、甚至政府介入等因素，領域知識發展過程實際上是否與理論完全符合，值得細究。由於資訊科技的進步以及引證資料漸趨完整，學者已可以實際運用論文或者專利之引證關係觀察科學與技術的知識傳遞過程，主路徑分析（Main Path Analysis）經過多年發展已經成為觀察文獻與知識發展軌跡的主要實務工具。近年來學界以主路徑分析為工具探討科學或技術知識發展過程之研究日益增加。主路徑分析（MPA）以引用為基礎，為引文分析的方法之一。引文分析一直以來科技管理學者所接受，廣泛運用於探討學術影響力、預測新興議題、尋找科學與技術之發展主路徑等；然而，學者對引文分析有效性的質疑也從未停歇，關鍵之一為引文分析並未考慮引用相關性（Citation Relevancy），忽略引證相關性在某些情況下會對主路徑分析的結果產生偏誤（莊奕琪，2004）。

CATAR 為 Content Analysis Toolkit for Academic Research 的縮寫，即是依據內容分析法之需求下所發展專門針對分析學術文獻引用文獻與內容的探勘工具，結合文字探勘與多種文獻計量分析法，可解析半結構與非結構文字資料的內容，探索學術文獻研究主題的發展軌跡，揭示其中隱而未現之資訊，意在輔助慣行內容分析方法處理大量文件資料時的不足（曾元顯，2011；曾元顯、林瑜一，2011）。配合這些分析步驟，電腦輔助內容分析軟體的功能涵蓋編碼及檢索、規則產生、理論建立、邏輯關係建立、主題萃取（曾元顯、林瑜一，2011）。亦即對文獻文件做深入的探索與解讀（曾元顯，2011）。

三、研究目的和研究問題（Research Purpose and Research Question）

基於問題陳述和文獻探討之綜述中發現的研究缺口（Gap）。因此，我們能夠制定本研究的主要目標，即檢全、檢準檢索原則，使用書目對及共現字的方法，再經CATAR分析結果，發掘無線感測網路（ZIGBEE）文獻發展的趨勢、類別與熱點之探討。

通過以上對問題描述與文獻探討之缺口和研究目標的描述，我們可以得出研究問題（Question）。為了回答研究問題，提出了幾個子問題。研究問題和子問題都被組織性以解決主要研究目標。主要研究問題表述為：

如何對無線感測網路（ZIGBEE）文獻進行文件或共現字之資料縮減（Data Reduction）或縮減構面（Reduced Construct），以探討出無線感測網路（ZIGBEE）文

獻的結構為何？

研究子問題被制定為能夠以更加邏輯和結構化的方式回答主要研究。它們被表述為：

- (一) 從概觀分析角度來看，各文獻主題、國家、期刊之主要熱點是什麼？發展趨勢為何？
- (二) 從應用程序角度來看，各主題的核心期刊為何？
- (三) 整合書目對及共現字角度來看，兩者對應一致是什麼？

四、研究方法論（Methodology）

為回應上述研究提問，在資料蒐集階段，為使所資料蒐集具有高信度與高效度，因此採用檢全與檢準原則。竭盡檢索一切電子資料庫，以彙整可能相關無線感測網路（ZIGBEE）之關鍵字詞。接著依布林（Boolean）運算法則，訂定出檢索策略，進行檢索 WOS（Web of Science），以找出完整的無線感測網路（ZIGBEE）的期刊論文之文件。再經資料過濾與篩選以形成初始資料集。接者可進行「概觀分析」（Overview Analysis）。所謂「概觀分析」是對全部的「待分析文件」，進行各項欄位（如作者、機構、國家、類別、出處、年代、被引用情況等等）的擷取、統計、運算與排序，以便對待分析文件有整體的瞭解。是故；可進一步對這些欄位進行進階統計圖表分析並計算趨勢斜率與 HHI 指標，以鳥瞰無線感測網路（ZIGBEE）的期刊論文發展輪廓。

下一階段，使用書目對方法，計算文件兩兩間是有共同引文同一篇文件之關係數，刪去其它無書目對關係之文件，重新整理縮減成較小資料集。再進階計算有書目對關係間之相似性已形成待分析之相似矩陣（Similarity Matrix）。再使用縮減構面與以少數文件資訊結構代表全體文件結構之觀念，進一步將相似矩陣使用奇異值分解（SVD）成可縮減構面之資料集，此資料集是濃縮所有文件間多待解析之資訊。是故；為達成上述目標，本研究將採用具聚合式階層分群法之完全連鎖法（Complete Linkage），亦稱最大距離連鎖法。經使用 CATAR 分析，從分析結果可瞭解待分析文件中包含的各種主題概念，從而對各個主題與各個欄位（作者、機構、國家、類別、出處、年代、被引用情況等）進行多樣的交叉分析，以便提供豐富的素材，便利對待分析文件剖析。

五、研究流程與論文提綱（Research Approach & Thesis Outline）

本文將被歸類為描述性研究，因為本文將研究與關鍵字模型，檢索策略模型以及書目對模型和共現字模型間之現有文獻有一致性相關。本文還研究了文獻的原有標題基本統計量概念，主題、研究熱點模型和論文演化趨勢模型。

理論背景中，首先，我們討論無線傳感器網絡概念，包括技術特性與發展趨勢。接下來，我們討論書目對與共現字的概念與定義。之後，我們討論了多階段主題歸類概念，細分為論文、議題與主題的概念及其發展。隨後，我們呈現書目對與共現字一致性對應分析。該研究是基於書目對與共現字一致性過程中使用 CATAR 進行的。在本章中，我們還將說明用於主題分析的工具和統計軟件。

研究方法中，首先，我們將討論資料蒐集—即樣本選擇程序，然後遵守檢全與檢準準則進行訂定檢索策略與檢索 WOS 電子資料庫。然後說明了如何形成數據集準備工作，包括原始數據集、相似矩陣輸入，缺失值分析和離群值分析。

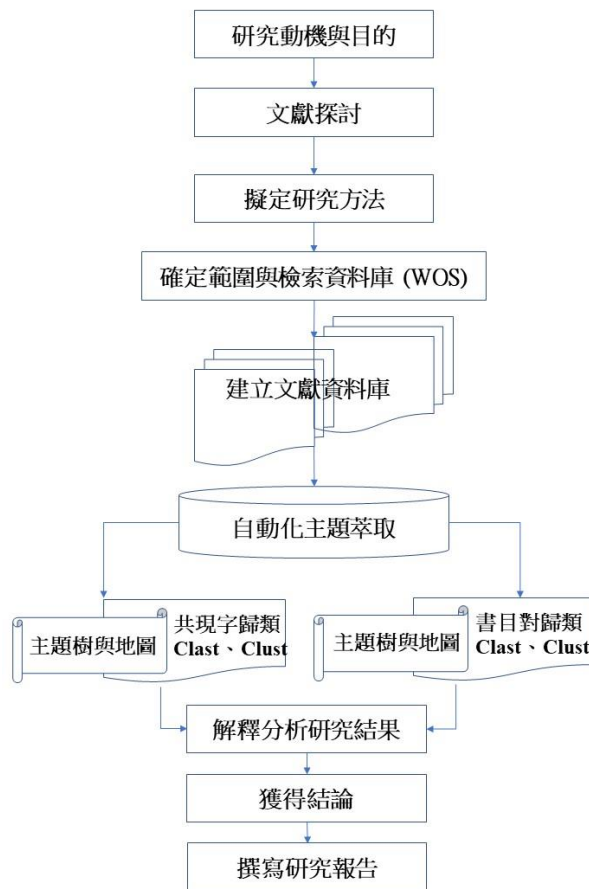
資料處理與分析結果中，我們分析了數據並產生了主題、議題與熱點。本章旨在回答第一個，第二個和第三個研究子問題。首先，我們文獻文件的基本資料欄位的概觀性分析。我們的目的是提供有關無線感測網路（ZIGBEE）文獻發展的趨勢，在觀察期間如何實際發展動態變動的見解。然後，通過使用第三節中討論的度量和變量來估計文件細分程度與多階段分類，最後形成各主題。上述通過使用 CATAR 分析，我們為每個無線感測網路（ZIGBEE）文獻角度估計了不同的細分有意義研究主題。

結論與建議中，我們提出結論，並回答主要的研究問題。我們首先介紹我們的主要發現。然後，我們討論了論文對實際工作的意義，特別是對無線感測網路（ZIGBEE）文獻分類主題與研究熱點的意義，然後討論了論文對該理論的意義，即書目對與共現字的採用和研究主題的細分。最後，我們討論有關無線感測網路（ZIGBEE）文獻細分的局限性和未來研究，如圖 1。

貳、理論背景

一、無線感測網路（WSNs）

無線感測網路起源於美國加州柏克萊大學（UC Berkeley）與美國國防部研究計畫單位（DARPA）之合作計畫，研發出一種體積與阿斯匹靈藥片大小相似的感測器其採用微機電系統（Microelectromechanical Systems, MEMS）技術，稱之為智慧型微塵（Smart Dust）（Kahn, Katz, & Pister, 1999）。此計畫構想是應用在軍事上，利用無人駕駛飛機在敵軍的區域內大量的播點無線感測器，進行蒐集資訊的任務，一段時間再次無人駕駛的飛機將無線感測器所收集到的資訊數據透過無線感測器網路將資訊傳回給偵查飛機並傳送回戰略中心分析。



（資料來源：本研究整理）

圖 1 研究流程圖

無線傳感器網路（WSN）屬於無線網路的一種，是由一組具有感應監測及傳輸能力的傳感器所組成的微型設備，因此，傳感器節點本身除了監測器之外還具備電能存儲和無線通信功能，傳感器配備無線接口可以相互通信形成一個網路，（Maraiya, Kant, & Gupta, 2011）。具有多種用途傳感器節點，例如：監控環境的光亮度、氣溫、濕度、氣壓、風速、聲音、磁場等，在特定的空間內形成覆蓋網路，而室外環境可能需要更多的節點來覆蓋更大的區域（Yick, Mukherjee, & Ghosal, 2008）。

無線感測網路在 2003 年美國麻省理工學院技術評論（Technology Review）認為是改變未來世界十大新技術之一，認為這十種新興技術很快地就可以改變運算、運輸、製造、醫療和能源基礎設施，其中排第一名的是無線感測網路 WSNs。

簡單的說一組 WSN 就是數千種功能或組合可能的感應器 (Sensor) 透過中央處理器 (Central Processing Unit, CPU), 包括電源的組管理, 將感應器收集的信號透過無線電 (Wireless) 載波的特性, 接收或將信號傳輸出去的功能形成無線網路 (Network) 功能。

每一個感測器本身具備了簡單的感測運算無線傳輸等裝置, 如此將成千上萬個廉價感測器佈建於廣大地區, 建構一個無線感測網路其在無人力介入與耗費最少電力之情況下進行監控, 目前已廣泛應用於商業、醫藥、安全和環境監控等領域。

城市通過網絡大數據雲計算等技術使城市變得更智慧, 換言之人類的生活在網際網路概念的基礎上物聯網時代, 將其用戶端延伸和擴展到任何物品與物品之間信息交換和通信的一種網絡概念。邁向萬物聯網的時代無線通訊技術眾多, 無線通訊技術日趨重要, 歸納當今無線通訊的三大巨頭, Wi-Fi、藍牙、ZIGBEE 各有其優勢。

最早有 Wi-Fi 於 1997 年發布最初版本、1999 年成立聯盟, 再來是藍牙 (Bluetooth), 取自古代維京國王 Harald Bluetooth 之名, 1999 年公布初代技術和成立聯盟, 然後才有 ZIGBEE 技術和聯盟發布於 2001 年。以發展順序來看, 這個順序也影響聯盟組織的規模、各自的發展局面及資源有所差異。舉例以國家法規來說, Wi-Fi 產品傳輸距離長規範上比較嚴苛, 傳送速率高是其特長但是相對也高耗電是考量。無線通訊短時間仍維持以 Wi-Fi 作為一般無線網路的基礎。發展略晚於 Wi-Fi 的藍牙, 由於它能承載的傳輸量每秒可達 1MB, 可設定加密保護安全性高, 但有效的傳輸距離較短一般的傳統使用大約在 10 公尺左右, 比較多投入在個人化的感官體驗的資料傳輸應用, 因而聲音應用領域的配套發展最多也最成熟, 短期間藍牙則應用於私人穿戴及影音領域 (莊奕琪, 2004)。

ZIGBEE, 因為其一開始被發展出來就是以自動控制為目的, 因此是最適合於智慧工廠、智慧家庭、智慧建築等智慧化控制應用領域的無線通訊技術, 只要設置得宜也有極高的安全性。可以說, 低傳輸速率、低成本、省電、安全、專用於設備間的溝通 (Machine to Machine, M2M) 是 ZIGBEE 的基本特點。

就 Wi-Fi、藍牙、ZIGBEE 這三大無線通訊技術而言, 以國家法規來說, 是對 Wi-Fi 產品來說規範上比較嚴苛, 因為藍牙和 ZIGBEE 是定位在 2.4GHz 低功率射頻產品, 這一頻帶沒有禁制問題。

這三大無線技術只有藍牙技術有明確智慧財產權的約束, 如果未經認證就擅自使用藍牙相關技術會吃上侵權官司, 其餘兩者在聯盟認證上則沒有強制而屬於自願型, 因此符合 Wi-Fi、ZIGBEE 技術資格的產品, 不一定需要申請聯盟認證, 換句話說, 沒

有 Wi-Fi、ZIGBEE 技術聯盟認證過的相關設備，也可相容於 Wi-Fi、ZIGBEE 裝置。ZIGBEE 聯盟是以應用測試為主，產品被測驗證能正確地回應或者發送命令並執行命令，以確認每一個無線電接收器、微控制器可以在 ZIGBEE 網路中正常運作，與其他不同廠牌的 ZIGBEE 產品在網路上的互操作功能正常。

二、紫蜂（ZIGBEE）技術特色與趨勢

全球節能的風氣致使各個國家各種學術領域都積極的研究減碳節能開發新能源，更讓具低功耗優勢的無線感測網路備受矚目（Akyildiz, Su, Sankarasubramaniam, & Cayirci, 2002）而 ZIGBEE 即是一種屬於在 WSN 應用層面的技術，是家庭及個人網路（Callaway et al., 2002）、工業網路，以及各種環境裡都可適用。ZIGBEE 是經由 IEEE.15.4 認可的全球標準（Ergen, 2004），採基本主從設定可以架構成星狀網路拓樸其節點（Node）也可以擴充到 65534 個主從點，ZIGBEE 之傳輸距離約 10 至 75 公尺且在沒有傳輸資料時即進入休眠模式，電池壽命可以維持 6 個月至 2 年之久，以上可看出 ZIGBEE 在電池壽命、傳輸範圍與節點擴充等方面非常適用於無線感測網路之發展。

ZIGBEE 的名字來源於信號的傳輸如同蜂蜜穿梭在網路中各個節點（代表著花朵）之間。

在歐洲工作頻段核准在 868MHz，而北美核准在 915MHz，包括澳洲都是核可在全球免費可用 ISM 頻段。這些波段不同於目前常見的無線網路，如 Wi-Fi、藍牙（Bluetooth）、無線 USB 等波段，因此，它們之間不會發生相互干擾，而且 ZIGBEE 設備之間的距離在室外提供高達 150 米的範圍，室內可以是最長 50 米，每個節點可以將數據中繼到其他節點（Ergen, 2004）。這就保證 ZIGBEE 的系統彼此之間不會干擾，對其他無線網路系統也不會彼此影響。其中 ZIGBEE 具有多種特色使其能被各方廠商積極採用，資料來源維基百科無線感測網路，如表 1。

WSNs 是由一個到為數眾多無線收集器以及感測器（Sensors）所構成的網路系統而組件之間是採用無線通訊方式，所以為了符合大量佈置節點（Node）無線感測器必須具備低成本、低耗電量、容易延伸並具有感應裝置可程式化可動態化（Sohrabi, Gao, Ailawadhi, & Pottie, 2000）等特性，用於感應器（例如：燈光、保全、雨量計…等）以及控制器（例如：遠端遙控、溫控器、計時器…等）的無線連結，非常的適合在各種環境的無線網路控制上（羅仕炫、林獻堂，2003），已應用到數位家庭、綠色建築、工業控制、環境監控等領域已部分實現智慧生活。ZIGBEE 被廣泛應用 M2M（Machine to Machine, M2M）各域，未來趨勢幾年內 WSNs 節點將會有非常大量應用 ZIGBEE 技術的建設發展。

表 1 ZIGBEE 特色表

設備成本低
設備維護低
設備安全度高
設備可靠度高
設備具有自我修復功能
易於部署
支持大量節點可供擴充
低功耗（使用電池操作能力以年計）
電池壽命超長
全球範圍內使用
三十或更多的行業產品和服務支持的供應商
沒有或可以忽略不計協議的許可費
高階加密標準（Advanced Encryption Standard, AES）的安全性[AES128]
本研究整理編制（參考 ZIGBEE 優勢 https://kknews.cc/zh-tw/tech/pb9rz4e.html ）

基於 ZIGBEE 特性適用於智慧路燈數位化及互聯，可以融入信息交互系統和城市網絡管理的監控體系，是智慧城市最佳訊息入口和服務端口，城市神經末梢最佳信息入口加速城市運行數據採集與傳遞，智慧路燈是智慧城市概念下的產物，隨著智慧城市建設日益推進利用路燈逐步智慧升級(張桂鳳, 2010; 李賢毅, 2012; 林欽榮, 2013)，通過物聯網、大數據、雲計算等技術打造物聯網信息網路平台發揮更大作用(呂康娟、帥萍、孫覃玥, 2015)，包括智慧交通、智慧維安、緊急應變、智慧電力與水資源管理、智慧治理(吳勝武、閔國慶, 2010)，拓展城市智慧化管理服務已列入各國政府積極基礎建設重點項目(吳余龍、艾浩軍, 2011; 王輝、吳越、章建強、裘加林、溫曉嶽, 2012; 李賢毅, 2012; 許巍瀚, 2014)。

三、WOS (Web of Science) 資料庫

文獻計量研究有很多陷阱，正確進行和解釋文獻計量調查需要技術技能、批判意識和對所審查科學領域的精確知識(Wallin, 2005)。屬於該領域最常被引用的前10%的出版物的比例(Waltman & Schreiber, 2013)，然而許多迅速獲得大量引用的論文從長遠來看不一定是高影響力論文(Bornmann & Mutz, 2015)。

在文獻資料數量爆炸的時代，透過網路文獻庫資料中蒐集，數量非常龐大與複雜以人工過濾精選顯然不敷需求，近年來，隨著各種數位文獻資料庫的研究需求，各種文獻的內容探勘與分析，特別是書目計量、科學計量、專利計量的應用，越來越受重視（曾元顯，2011）而且需求量也越來越大。

透過軟體的技術能將文獻間的「連結」（Links）經分類、聚合、連結加以統計、分析，能將非結構化文字的資料探勘並梳理與分析出蘊含不同層面的資訊，並且能將資料視覺化。而研究分析文獻與文獻之間的關係不外分為兩類（Borgman & Furner, 2002）：

- (一)評估性連結（Evaluative Link）評估性的連結分析目的是衡量個人、學術單位、期刊的品質、重要性、影響，或是表現的高下程度。
- (二)關聯性連結（Relational Link）關聯性連結分析檢視文章之間因共通引用的文獻或是共同被其他文章引用而建立的關聯，可顯示文章間的關聯性強度，或是人與人之間、期刊與期刊之間，亦或是領域與領域之間的關聯度。

文件關聯性的計算方式常用的有兩種：共被引（Co-Citation）與書目對（Bibliographic Coupling, BC）（原友蘭、曾元顯、何昶鴛，2019）。共被引指的是M、N二篇文獻如共同被後來出版之A文獻引用，則M與N之間有共被引關係，隱含其具有主題相似性關係。

共被引假設共被引關係之建立是基於文件（M、N二篇文獻）的主題相近，才會讓引用者（A文獻）同時引用這兩篇文獻。這種計算方式採用的後設性假設對於追溯知識建構的來源較為困難。

書目耦合（又稱為書目對）是 Kessler（1963）提出之概念，指當兩篇文獻有共同一篇參考文獻，則兩篇文獻之間存有書目耦合關係，其書目耦合強度為 1，如兩篇文獻有二篇相同參考文獻，則兩篇文獻之間的書目耦合強度為 2，以此類推。當兩篇文獻的相同參考文獻數量愈多時，表示該兩篇文獻的書目耦合強度愈高，主題愈相近。

四、文獻內容分析工具CATAR

本文使用自動內容分析工具為 CATAR（Content Analysis Toolkit for Academic Research），CATAR 為曾元顯教授及其團隊於 2007 年開發設計的軟體，內容探勘可進行文獻引文近似分析，概觀領域的知識概要分析，再分析領域與領域之間的知識流趨勢狀況，目的協助研究者進行科學計量等分析。關於 CATAR 資料剖析與運算模式詳盡參考（Tseng, 2013）以及（曾元顯、林瑜一，2011）的說明。這種方式跳脫受限於

分類者主觀判別的侷限及仰賴傳統人工。

CATAR 適用於 Windows 作業系統，自動化內容探勘工具於台灣網站上可下載獲得（曾元顯、林瑜一，2011）。注意事項可見 <http://web.ntnu.edu.tw/~samtseng/CATAR/> 免費取得，其下載與使用無須進行任何轉檔工作。

這是一種以文獻為分析主體，利用探究學術知識產製脈絡的實證分析方式。運用文章與文章之間引用文獻的相似度來歸納文章之間的關聯性，引用相同文獻多的關聯性高，關聯度高的文章歸納為同一類。文件相似度計算有三種文件關聯計算，分別是：共被引（Co-Citation）、書目對（Bibliographic Coupling），以及共現字（Co-Word）。

CATAR 首先對下載文獻進行概觀分析，針對「待分析文件」進行文件特質分析，包含作者發表篇數、機構篇數、發表篇數的年代分佈、引用文獻來源、被引用的次數、國家、學門等進行運算、統計與排序，以便對「待分析文件」有概觀的了解。

CATAR 支援的文獻分析有主題歸類分析，也可以稱之為集群分析（Cluster Analysis）。依據書目對進行的主題歸類以及各項書目資料的交叉統計及依據共現字（Co-Occurrence Words）進行的主題歸類以及各項關鍵詞彙資料的交叉統計。主題歸類採多階層主題凝聚（Clustering）技術，是一種類別合併或類別排序的方式以方便辨識與管理類別，某一階段無法解讀出類別主題時可以回溯至前一階段去解讀，可參照文件集之次主題（Sub-Topics），而不必受限與拘泥同一階段主題上的判讀，可進行多階段的分析判別也可能會在不同階段的類別之間來回比對，以便進行具影響力的結果歸納與解讀。階段歸類的結果是一堆電腦化的數據，電腦化數據龐大無法觀察顯露的訊息，需要以視覺化的工具快速瞭解各類別間的關係，CATAR 能以「主題樹」（Topic Tree）和「主題地圖」（Topic Map）兩種視覺優化方式呈現歸納分析結果。

文獻分析協助研究人員研究主題延伸探究，由於採用開放的工具與公開的詞彙，研究主題歸類分析的過程與結果，具有可重複性、可檢證性與確認其有效性，符合 Grimmer 與 Stewart 對自動化結果之原則。

CATAR 自動內容文獻分析法適用於具備自由文字的中英文文獻，如：新聞、訪談文件、學術期刊論文、專利等具主體論述的文件（曾元顯，2011；曾元顯、林瑜一，2011）。已被運用在學術領域分析（Yuan, Tseng, & Chang, 2014）、研究趨勢分析（Chang, Chang, & Tseng, 2010），熱門議題、研究議題分析（Yuan, Gretzel, & Tseng, 2005）。

參、研究方法

本節提出研究方法架構，進行資料蒐集與分析兩大階段。首先訂定檢索關鍵字，檢索策略，依檢全原則與檢準原則，經篩選與洗資料後，接著形成文獻內容資料集，使用CATAR內容探勘分析方法，認知ZIGBEE論文發展之概觀趨勢，以及文獻主題群與共字群之間對應一致的關係。

一、研究架構

本研究之理念與程序建構，首先針對無線感測網路（ZIGBEE）文獻之領域進行資料蒐集，經由整理後形成文獻資料集 Ω 。將資料集 Ω 中的無線感測網路（ZIGBEE）文獻內容使用 CATAR 進行概觀分析、書目對與共現字分析，藉由概觀分析進行期刊、作者、國家、被引用等資料時間序列與計算斜率，透過製表與折線圖以清楚了解發展趨勢。接著進一步計算 HHI 指標，進行無線感測網路（ZIGBEE）文獻之期刊與國家之研究集中度能力之分析，衡量核心熱門領先之期刊與國家。接著再從專利資料集 Ω 中使用書目對與共現字關係，形成無線感測網路（ZIGBEE）文獻資料集 Ω ，建置相似矩陣 $[dij]_{m*m}$ 做成網絡關係，在使用奇異值分解（SVD）進行聚合式階層分群法方法以進行文獻的主題集群分析，以辨別群組之特性及共現字之間的影響，瞭解無線感測網路（ZIGBEE）文獻發展的結構軌跡如圖 2。

二、資料蒐集

本研究訂定研究主題與研究提問後，進行專利關鍵字檢索，其中專利檢索策略以文件分析和專家訪談等兩個方式進行，彙總後訂定檢索關鍵字。

（一）階段一訂定檢索關鍵字與進行檢索

1. 檢全－搜尋關鍵字之資料庫

首先經本研究文獻探討及專家訪談後將資料整合出檢索策略關鍵字及詞組也就是將資料廣泛的盡可能的納入檢索結果內。將所有關鍵字／詞組分別查詢，一一查看哪個關鍵字／詞組所得到的資料結果覆蓋面最大、資料最多，作為最能代表相關研究關鍵字。

（1）全國碩士博士論－央圖－Keywords：中英文

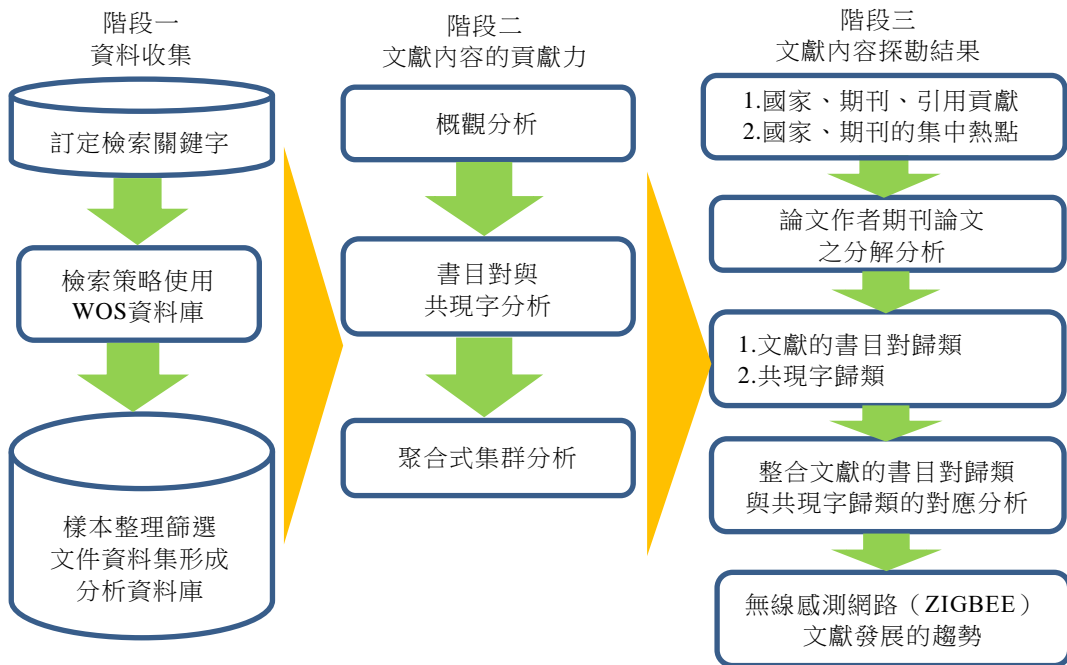


圖2 研究架構

(2)Google Synonyms

(3)WIKI- 中英文版

(4)智財局同義詞

(5)Google Patent

(6)Google Scholar

2. 訂定關鍵字

(1)文獻閱讀：期刊、碩博士論文等

(2)同義字網站查詢

(3)維基百科

3. 彙整可能關鍵字

4. 訂定檢索關鍵字

本研究對象的專利資料來源主要取自 WOS 資料庫，針對關鍵字中的題目（Title）、摘要（Abstract）與申請範圍（Claims），透過布林（Boolean）的規則在資料庫中檢索。題目與摘要是書目欄位，由於題目是論文文件書的標題，是所有人會看到專利的第一項，因此納入檢索策略，摘要內容則主要提起此份論文的內容及意義，是文獻相對的重要項目，也納入檢索策略中，最後將檢索策略的結果互相交叉驗證和修正，如表 2。

TS = ("Wireless Sensor Network*" OR "WSN*") AND TS = (ZIGBEE) AND TS = (Street OR Road OR Route)

5. 進行檢索資料庫

本研究採用全球引文資料庫 Web of Science（WOS）作為執行資料檢索資料庫。

6. 檢準

檢準的過濾檢索所有資料結果，也就是檢索結果經過精確的篩選，將不需要的資料剔除，呈現準確檢索結果，明細如錯誤，找不到參照來源。

(1) 善用布林運算（Boolean）－NOT

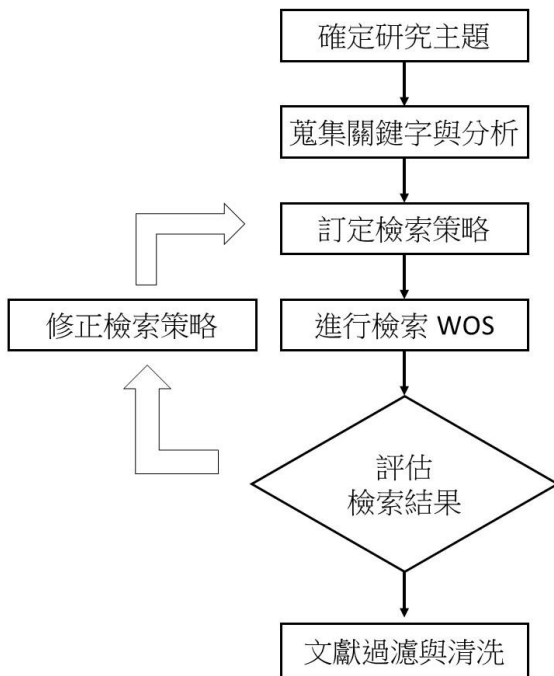
(2) 資料檢索範疇資料檢索搜得：142 篇論文。此是初始待分析資料集 Ω ，可進行概觀分析。

訂定研究主題與研究提問後，進行文獻檢索，以文件分析彙總後訂定檢索關鍵字，進行檢索與資料整理，形成文獻文件資料集，其進行資料蒐集之流程，如圖 3。

(二) 階段二訂定書目對與共現字分析之相似矩陣

書目對是一個源自 Kessler（1963）的概念，指的是在參考文獻列表中引用相同參考文獻的兩篇期刊文章。書目對關係使得計算兩篇論文引用相同參考文獻數量的耦合（Coupling）強度成為兩篇文獻具有相似性。進一步文獻結構相似性進階分析，發現研究前沿和識別學科領域的核心文獻（Glänzel & Czerwon, 1996）。這種方法利用兩篇論文之間共享參考的數量來確定它們的主題相似性。

最初，共現字計量分析技術源於對社會科學調查中，其原資料型式為文本（Text），因圖書計量學與時俱進，社會學家引用數學與統計學之統計量概念，遂發展出共現字分析已呈現文獻內容資訊（Callon, 1986）。共現字則是指兩篇文件的內文（如標題或摘要）裡，使用到相同的關鍵詞彙；亦即是共現字的概念類似於書目對的概念。但是，共現字分析是計算兩篇文章中使用的確切關鍵字的數量。兩篇文章中出現的共現字越多，內容的主題相似度越高（Cambrosio, Limoges, Courtial, & Laville, 1993；Dai, Duan, & Zhang, 2020）。



資料來源：本研究整理

圖3 文獻檢索流程

表2 無線感測網路 (ZIGBEE) 關鍵字

Synonyms for "wireless sensor work"	Synonyms for "street"	Key Technology
Wireless sensor network	Street	ZIGBEE
WSN*	Road	
	Route	

1. 計算相似度

無論是書目對分析還是共現字分析，都討論文章中引用的相似度或共現字數的相似度。本研究中的相似度計算基於 Dice 相似係數，也稱為 Sørensen-Dice 指標 (Carass et al., 2020 ; Dice, 1945)。公式如下：

$$SD(A, B) = \frac{2|R(A) \cap R(B)|}{|R(A)| + |R(B)|} \quad (1)$$

其中R(A)表示期刊A中的文章引用的參考文獻集合，|R(A)|表示文獻集合R(A)中的元素個數（即期刊A中參考文獻的總引用次數）， $R(A) \cap R(B)$ 是文獻集合R(A)和文獻集合R(B)的交集集合，而 $|R(A) \cap R(B)|$ 是交集集合的共同元素的總數。SD指標在(0,1)範圍內（Tseng & Tsay, 2013）。以書目對相似度計算為例，如表14所示，論文A的參考文獻為Ref.1至Ref.5，論文B的參考文獻為Ref.2、Ref.3和Ref.6至Ref.8。書目數據為Ref.2、Ref.3。其書目耦合相似性度量為 $SD(AB) = (2*2) / (5+5) = 0.4$ 。

2. 訂定相似矩陣

集群分析是識別研究主題及其在集合中的關係的一種非常有效的方法（Tseng, Lin, Lee, Hung, & Lee, 2009）。通過上述方法計算兩篇論文與貢獻字的相似度後，可以得到如下書目對相似度矩陣 S_{BC} (2)式與共現字相似度矩陣 S_{CW} (Similarity Matrix) (3)式。

$$S_{BC} = \begin{matrix} & \begin{matrix} B_1 & B_2 & \cdots & B_j & \cdots & B_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} B_1 \\ B_2 \\ \vdots \\ B_i \\ \vdots \\ B_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & B_{12} & \cdots & B_{1j} & \cdots & B_{1n} \\ B_{21} & 1 & \cdots & B_{2j} & \cdots & B_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \cdots & \vdots \\ B_{i1} & B_{i2} & \cdots & B_{ij} & \cdots & B_{in} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ B_{n1} & B_{n2} & \cdots & B_{nj} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (2)$$

$$S_{CW} = \begin{matrix} & \begin{matrix} W_1 & W_2 & \cdots & W_j & \cdots & W_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} W_1 \\ W_2 \\ \vdots \\ W_i \\ \vdots \\ W_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & D_{12} & \cdots & D_{1j} & \cdots & D_{1n} \\ D_{21} & 1 & \cdots & D_{2j} & \cdots & D_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \cdots & \vdots \\ D_{i1} & D_{i2} & \cdots & D_{ij} & \cdots & D_{in} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ D_{n1} & D_{n2} & \cdots & D_{nj} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (3)$$

(三)階段三分析主題之階層式凝聚合式分群

通過將相似矩陣是為進行主題歸類分析之輸入資料集，本文採用階層式凝聚合式分群分析中之完全連鎖法（Complete Linkage）（最大距離連鎖）。開始時，視每一文獻為一群，將距離最近的兩個個體合成一群，一步步地使群組越變越少，最後所有的文獻結合成一大群。亦即將相似度高的文獻自下而上逐漸凝聚在同一個聚類中，從而識別出同一類文獻的研究主題。

1. 階層凝聚

- (1)相似度矩陣 S ，其中 S_{ij} 表示文獻群或共現字群 A_i 和文獻群或共現字群 B_j 之間的相似度。
- (2)依完全連鎖法將最大相似度 $SAB = \max_{i \in A, j \in B} S_{ij}$ 的兩篇論文進行連鎖成一群，其中 A, B 為文獻群或共現字群。
- (3)對 S 進行更新為 $n-1$ 群。
- (4)重複步驟2和3，直到所有論文都滿足所設定的門檻值（Threshold），如0.00,0.01,...等，最終成單一大群。

以 20 篇論文為例，將連鎖之門檻值設置為 0.08，按照上面的演算流程，最終會形成一個樹狀圖。那麼就會有 7 個主題群，其中主題群 1 = (D1, D3, D5)，主題群 2 = (D2, D10, D8)，主題群 3 = (D4, D12, D19)，主題群 4 = (D11, D7, D15, D17)，主題群 5 = (D9, D20)，主題群 6 = (D14, D18) 和主題群 7 = (D6, D13, D16)。

2. 多階段主題歸類

然而，在實際的文獻聚類中，文獻中可能存在一些共同的參考文獻，從而產生了眾多的子群組。是故，本研究將採用多階段主題歸類（MTSA）的概念來解決這個問題（Tseng & Tsay, 2013），其將相似的論文分為一組議題，然後再將相似的議題被進一步分類到相同的主題集群中，如圖 4。

3. 研究發展趨勢及集中度分析

研究領域的熱點趨勢是每個研究人員都感興趣的，常用來衡量研究趨勢的指標包括平均增長百分比（API）、線性回歸的斜率（SLR）、 SLR_z （Z分數）和 SLR_{pi} （API和SLR的組合）。在不同領域、規模、時間段和個別期刊的多重比較中，SLR指數已被證明是最穩定的趨勢指標（Tseng, 2013）。本研究將使用該指標來評估每個主題的趨勢。公式如下：

$$SLR = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_i^2}}, \text{ where } x_i = i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n i \text{ and } y_i = t_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i \quad (4)$$

在n個時間段中，假設一個主題的第i個時間段有 t_i 篇論文，那麼 $[t_1, t_2 \dots t_n]$ 就是這個主題的論文數量的時間序列，根據上（4）式所計算出的線性回歸斜率SLR可以代表這個話題的趨勢指數。其值越大，表示近期的論文越多。

除了觀察研究熱點之外，評估特定領域的國家是否特別感興趣的研究主題是否激增也是值得的探討之另一個重要課題。為了評估是否存在研究出版物的集中度，本研究使用了衡量集中度的赫芬達爾－赫希曼指數（Herfindahl-Hirschman, HHI）（Lijesen, 2004；Tseng & Tsay, 2013），其公式如下：

$$HHI = \sum_{i=1}^n (PS_i)^2 \quad (5)$$

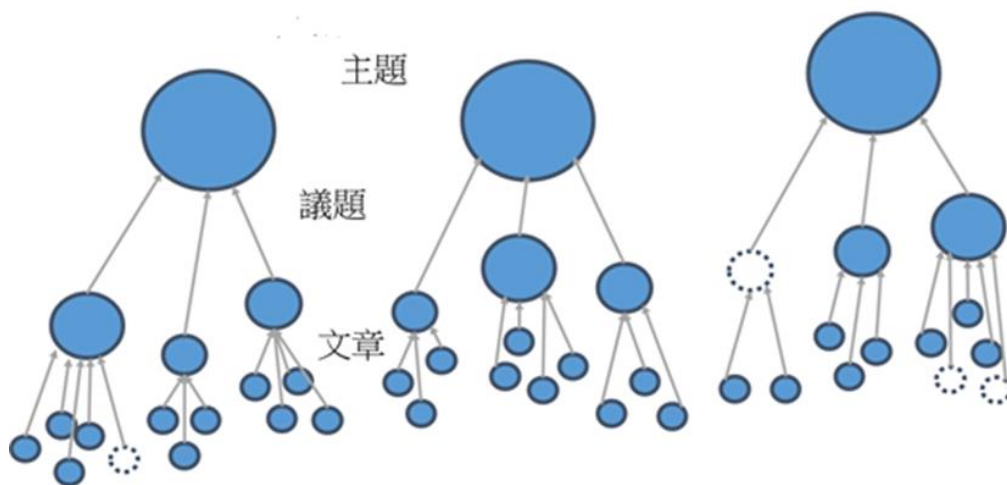
其中 PS_i 表示一個國家在期刊集群中的出版佔有率， n 表示向期刊集群貢獻論文的國家總數。

4. 資料探勘工具CATAR

本研究採用 CATAR（Content Analysis Toolkit for Academic Research）為資料探勘工具，CATAR 為國立臺灣師範大學曾元顯教授設計的內容，提供研究人員進行科學計量等分析。

共有「概觀分析」（Overview Analysis）及「主題歸類分析」（Clustering Analysis）兩大類。其中主題歸類分析（Clustering）又分為書目對分析（Bibliographic Coupling）及共現字分析（Co-Word Analysis）兩種。本研究採用「概觀分析」對全部的待分析文件，進行各項欄位（如作者、機構、國家、類別、出處、年代、被引用情況等等）的擷取、統計、運算與排序，以便對待分析文件有整體的瞭解。再以「分解分析」中的「書目對」（Bibliographic Coupling）做分析，將相似的文件歸類分群（Cluster），將文件中分析出主題概念中各種分類，如作者、機構、國家、類別、出處、年代、被引用等情況，針對研究目的進行多樣的交叉分析做深入的探索與解讀（曾元顯，2011）。

多階段主題歸類示意圖



(參考來源：<https://www.google.com/search?sxsrf=曾元顯> CATAR 說明)

圖 4 階層式凝聚合集群分析中之完全連鎖法

肆、資料處理與分析結果

根據 (Chapman, Moores, Harrison, Campbell, Stewart, & Strijbos, 2000) 研究指出，資料的可用性與資料的豐富性是文件資料分析考量的關鍵。WOS 資料庫是國內外學者們公認最具影響力的學術資料庫，從資料結構的角度來看，從 WOS 資料庫所下載的文獻紀錄，每篇皆包含約 40 個項目，既有作者 (AU)、論文標題 (TI)、期刊全名 (SO)、論文關鍵詞 (DE)、論文摘要 (AB) 等，此資料結構易於轉置為結構性資料。使用 WOS 資料庫中的學術文獻得以滿足資料可用性與豐富性的要求，並可降低研究者資料分析格式化與資料整理所耗費的時間。經整理得到待分析資料集與相似資料集。

本研究將資料集 Ω 與相似資料集與 (2) 式、(3) 式等運用 (4) 式、(5) 式及使用 CATAR 進行概觀分析與主題分析。研究工具適用於任何具備文字的中英主題論述文件，並對於文件中作者、機構、國家、年代、被引用情況等進行擷取及統計外，亦可根據書目對或共現字進行文件主題分析 (曾元顯, 2011)。

一、概觀分析

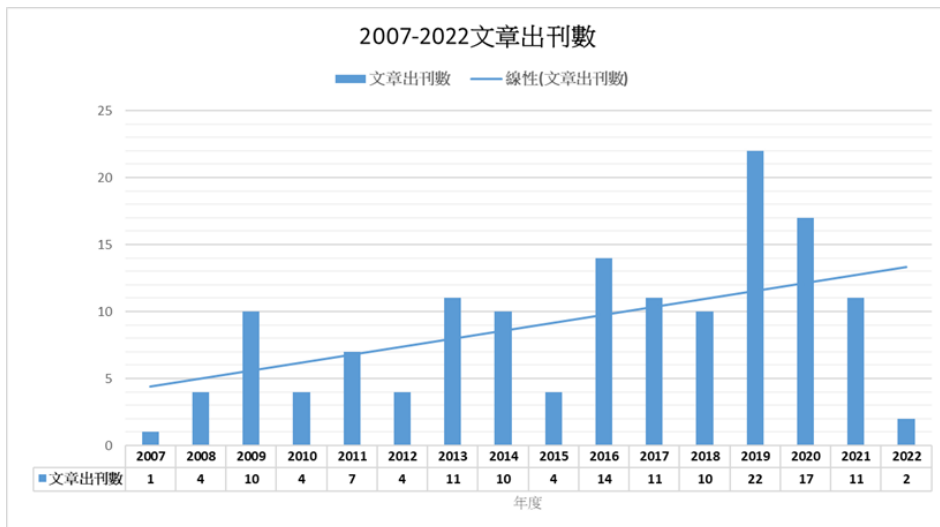
本研究首先採用全球引文資料庫 Web of Science (WOS) 作為執行資料檢索資料庫，並根據文獻探討將關鍵字搜尋設定為 Wireless sensor network、OR WSN、ZIGBEE、street OR road OR route，並以 Wireless sensor network*作為檢索，以在 Wireless sensor network 範圍內進行最廣的搜尋範圍。資料庫搜尋至 2022 年 4 月 28 日止，資料檢索後共搜得 142 篇關鍵文獻，如表 3 所示。

本研究依檢索結果進行分析，在作者國家別及其斜率方面，結果顯示，2007 年至 2022 年，作者國家別排序 1 為 CHINA (42)，斜率為 0.3；排序 2 為 SOUTH KOREA (12)，斜率為-0.09；排序 3 為 TAIWAN (11)，斜率為-0.2；排序 4 為 USA (11)，斜率為 0.05；排序 5 為 INDIA (10)，斜率為 0.08；排序 6 為 SPAIN (10)，斜率為-0.07；排序 7 為 FRANCE (7)，斜率為-0.04；排序 8 為 UK (7)，斜率為 0.04；排序 9 為 PAKISTAN (6)，斜率為 0.07；排序 10 為 ITALY (5)，斜率為 0。表示，中國、南韓、臺灣、美國及印度等國對於此議題論文最為豐碩，仍持續關注此議題研究之國家為 CHINA(0.3)，USA (0.05)，INDIA (0.08)，UK (0.04)，PAKISTAN (0.07) 等國，詳如表 4 所示。

期刊文獻數方面，結果顯示，文獻數排序最高期刊為 Sensors (9)，斜率為 0.09；排序 2 為 Wireless Personal Communications (8)，斜率為-0.07；排序 3 為 International Journal of Sensor Networks (5)，斜率為-0.04；排序 4 為 International Journal of Online Engineering (5)，斜率為-0.6；排序 5 為 IEEE Access (5)，斜率為-1.1；排序 6 為 Eurasip Journal on Wireless Communications and Networking (4)，斜率為-0.03；排序 7 為 Journal of Sensors (4)，斜率為 0.14；排序 8 為 IEEE Sensors Journal (4)，斜率為-0.04；排序 9 為 Ad Hoc & Sensor Wireless Networks (4)，斜率為-0.05；排序 10 為 IEEE Transactions on Consumer Electronics (4)，斜率為-0.05，表示，Sensors, Wireless Personal Communications, International Journal of Sensor Networks, International Journal of Online Engineering, IEEE Access 等期刊對於此議題論文討論收錄豐碩，而仍持續關注此議題研究收錄期刊則為 Sensors (0.09)，Journal of Sensors (0.14)，詳如表 5 所示。

期刊文獻被引用方面，結果顯示，文獻被引用排序最高期刊為 Sensors(227)，斜率為 0.58；排序 2 為 IEEE T IND INFORM (133)，斜率為-1.37；排序 3 為 Ad Hoc Networks (110)，斜率為-1.71；排序 4 為 IEEE Communications Surveys and Tutorials (109)，斜率為-21.8；排序 5 為 IEEE Transactions on Industrial Electronics (92)，斜率為-2.63；排序 6 為 Computers and Electronics in Agriculture (91)，斜率為-2.27；排序 7 為 IEEE Transactions on Consumer Electronics (87)，斜率為

表 3 2007-2022 期刊論文總出刊數列



-0.37；排序 8 為 IEEE Transactions on Wireless Communications (77)，斜率為-8.25；排序 9 為 IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems (73)，斜率為-2.7；排序 10 為 Ieee Transactions on Instrumentation and Measurement (63)，斜率為-2.86，表示，Sensors, IEEE T IND INFORM, Ad Hoc Networks, IEEE Communications Surveys and Tutorials, IEEE Transactions on Industrial Electronics 為高被引用期刊，其中被引用呈正成長期刊為 Sensors (0.58)，詳如表 6 所示。

二、主題群組分析

相似資料集與 (3)、(4) 式等運用 CATAR 進行概觀分析與主題分析透過書目對分析結果。資料集 Ω 與 (2) 式之相似資料集與 (3)、(4) 與 (5) 式等運用 CATAR 進行概觀分析與主題分析 CATAR 分析參考書目的關聯性，將相似度高的作者叢集一起規歸類。經過書目對分析後，被歸類為 7 個叢集。本研究經三階匯集之後，經萃取，2007-2021 年主題樹門檻值分別為 0.1, 0.03, 0.05。揭示了自 2007 年至 2021 年間智慧網路研究主要聚焦在七個研究主題，七個主題涵蓋 25 個子議題。主題一文章總數為 63，依其文章發表數量類別最高為工程類議題 (23)，其次依序為計算機科學類議題 (17)、電信無線電通訊類 (11)、儀器儀表類 (6)、化學類 (4)、自動化與控制系統(2)。主題二文章總數為 40，依其文章發表數量類別最高為電信無線電通訊類(18)，其次依序為計算機科學類議題 (10)、工程類 (10)、儀器儀表類 (2)。主題三文章總數為 16，依其文章發表數量類別最高為計算機科學類議題 (6)，其次依序為電信無線

表 4 作者國家別一覽表

國家／年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Total	Slope
CHINA	0	0	1	1	1	1	4	2	1	4	3	5	7	7	5	0	42	0.3
SOUTH KOREA	1	2	1	2	2	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	12	-0.09
TAIWAN	0	0	0	0	1	2	5	0	0	1	1	0	0	1	0	0	11	-0.2
USA	0	0	1	0	0	1	1	0	0	2	0	0	4	2	0	0	11	0.05
INDIA	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	4	1	1	0	10	0.08
SPAIN	0	0	2	0	0	0	0	3	2	1	1	0	0	0	0	0	9	-0.07
FRANCE	0	0	2	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	7	-0.04
UK	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	7	0.04
PAKISTAN	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	1	0	1	1	6	0.07
ITALY	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	5	0
MEXICO	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	1	0	5	0.03
SAUDI ARABIA	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2	1	0	0	5	0
PORTUGAL	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	4	-0.04
CANADA	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	4	-0.08
RUSSIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	3	-0.14
TURKEY	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	3	-0.18
MALAYSIA	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	3	-0.01
SOUTH AFRICA	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	3	-0.08
BRAZIL	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	3	-0.04
JAPAN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	-0.6
NIGERIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2	-0.4
ALGERIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2	-0.07
ROMANIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2	0
FINLAND	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	-0.05

表 5 2007 年-2022 年期刊文章數

Journal / year	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Total	Slope
Sensors	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	2	1	9	0.3
Wireless Personal Communications	0	0	0	0	0	0	2	1	0	1	0	1	1	1	1	0	8	-0.09
International Journal Of Sensor Networks	0	0	1	0	0	0	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	5	-0.2
International Journal Of Online Engineering	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0	0	0	5	0.05
IEEE Access	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0	5	0.08
Eurasip Journal On Wireless Communications And Networking	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	4	-0.07
Journal Of Sensors	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	1	4	-0.04
IEEE Sensors Journal	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	4	0.04
Ad Hoc & Sensor Wireless Networks	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	4	0.07
IEEE Transactions On Consumer Electronics	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4	0
Ad Hoc Networks	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0.03
Energies	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	3	0
Wireless Networks	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	3	-0.04

續下表

表 6 2007 年-2022 年期刊被引用數

期刊	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	_Total_	_Slope_	趨勢線圖
Sensors	0	0	22	0	0	0	0	19	0	128	7	0	22	7	22	0	227	0.58	
IEEE T IND INFORM	0	0	0	0	0	0	0	58	0	0	0	0	0	75	0	0	133	-1.37	
Ad Hoc Networks	0	0	46	0	0	0	41	0	0	23	0	0	0	0	0	0	110	-1.71	
Ieee Communications Surveys And Tutorials	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	109	0	0	0	0	109	-21.8	
Ieee Transactions On Industrial Electronics	0	0	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92	-2.63	
Computers And Electronics In Agriculture	0	91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	91	-2.27	
Ieee Transactions On Consumer Electronics	13	0	6	6	0	0	0	0	62	0	0	0	0	0	0	0	87	-0.37	
Ieee Transactions On Wireless Communications	0	0	0	0	0	0	0	0	0	77	0	0	0	0	0	0	77	-8.25	
Ieee Transactions On Parallel And Distributed Systems	0	0	0	0	0	39	0	34	0	0	0	0	0	0	0	0	73	-2.7	
Ieee Transactions On Instrumentation And Measurement	0	0	0	0	0	63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63	-2.86	
Ieee Sensors Journal	0	0	0	0	13	23	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0	53	-1.28	
Ieee Access	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	6	0	0	51	-14.1	
Sensors And Actuators A-physical	0	0	26	0	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	-1.22	
Iet Communications	0	0	32	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47	-1.21	
Ieee Transactions On Intelligent Transportation Systems	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41	0	0	0	0	41	-8.2	
Ieee Internet Of Things Journal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	0	0	0	4	0	0	38	-3.5	
Journal Of Industrial Information Integration	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	0	0	0	0	0	36	-5.14	
Ieee Transactions On Vehicular Technology	0	0	0	0	0	0	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31	-1.69	
Wireless Personal Communications	0	0	0	0	0	0	12	3	0	2	0	6	4	2	1	0	30	-0.61	
Eurasip Journal On Wireless Communications And Networking	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	1	0	0	0	30	0.04	

電通訊類議題（4）、工程類（4）、Energy & Fuels（12）。主題四文章總數為 12，依其文章發表數量類別最高工程類議題（6），其次依序儀器儀表類議題（4）、電信無線電通訊類議題（2）。主題五文章總數為 13，依其文章發表數量類別最高為電信無線電通訊類議題（6），其次依序為計算機科學類議題（5）、工程類議題（2）。主題六文章總數為 6，依其文章發表數量類別最高為電信無線電通訊類議題（3），其次依序為計算機科學類議題（3）。主題七文章總數為 8，依其文章發表數量類別最高為電信無線電通訊類議題（3），其次依序為計算機科學類議題（3）、工程類議題（2），如表 7、表 8 所示。

三、趨勢分析

在文獻被引用國家別及其斜率方面，結果顯示，2007 年至 2022 年，文獻被引用國家別排序 1 為 CHINA（441），斜率為 2.11；排序 2 為 UK（254），斜率為 1.67；排序 3 為 USA（196），斜率為-0.3；排序 4 為 SOUTH AFRICA（185），斜率為-8.99；排序 5 為 SOUTH KOREA（160），斜率為-0.65；排序 6 為 TAIWAN（160），斜率為-4.43；排序 7 為 PAKISTAN（153），斜率為 2.8；排序 8 為 CANADA（141），斜率為-2.46；排序 9 為 PORTUGAL（122），斜率為-2.7；排序 10 為 FRANCE（107），斜率為-3.15。表示，CHINA、UK、USA、SOUTH AFRICA、SOUTH KOREA、TAIWAN 等國文獻被引用量最高，且被引用率呈正成長國家有 CHINA（2.11），UK（1.67），PAKISTAN（2.8），SAUDI ARABIA（1.25），MEXICO（0.45）詳如表 9 所示。

四、集中度（熱點）分析

在作者國家別方面，結果顯示，主題一作者國家別總數為 26，集中程度為 0.17，依其國家別分類最高為 CHINA（7），其次依序為 TAIWAN（5）、FRANCE（3）、UK（3）、SOUTH KOREA（3）、INDIA（3）、PAKISTAN（2）。主題二作者國家別總數為 15，集中程度為 0.27，依其國家別分類最高為 SOUTH KOREA（5），其次為 TAIWAN（4）、CHINA（4）、AUSTRALIA（2）。主題三作者國家別總數為 8，集中程度為 0.34，依其國家別分類最高為 MEXICO（3），其次依序為 CHINA（3）、RUSSIA（2）。主題四作者國家別總數為 5，集中程度為 0.68，依其國家別分類最高為 CHINA（4），其次為 USA（1）。主題五作者國家別總數為 5，集中程度為 0.68，依其國家別分類最高為 CHINA（4），其次為 UK（1）。主題六作者國家別總數為 4，集中程度為 0.62，依其國家別分類最高為 CHINA（3），其次為 TURKEY（1）。主題七作者國家別總數為 8，集中程度為 0.12，依其國家別分類分別為 CANADA（1）、BRAZIL（1）、ITALY（1）、MALAYSIA（1）、USA（1）、INDIA（1），詳如表 10。

表 7 文獻各領域

主題	書目對主題歸類群組	子議題	文章 (總數)	HHI	
Cluster 1	rout 擴縫、路徑、protocol 通訊協定、optimization 最佳化、smart 智慧型、mac 媒體存取控制	Engineering	23	63	0.25
		Computer Science	17		
		Telecommunications	11		
		Instruments & Instrumentation	6		
		Chemistry	4		
Cluster 2	wirele sensor 無線感測、scheme 方案、wirele sensor network 無線感測網路、distribut 分發、algorithm 演算法	Telecommunications	18	40	0.33
		Computer Science	10		
		Engineering	10		
		Instruments & Instrumentation	2		
Cluster 3	energy 能量、performance evaluation 績效評估、intelligent 智慧型、rout 擴縫、路徑、rout protocol 路由協議	Computer Science	6	16	0.28
		Telecommunications	4		
		Engineering	4		
		Energy & Fuels	2		
Cluster 4	vehicle 車輛、載具、gps-enabled 啟用全球定位系統、autonomou 自治、slope 斜率、ism 詮釋結構分析	Engineering	6	12	0.39
		Instruments & Instrumentation	4		
		Telecommunications	2		
Cluster 5	iot 物聯網、water quality 水質、ship 船、prefix 前綴、topo-morphological 拓撲型態	Telecommunications	6	13	0.38
		Computer Science	5		
Cluster 6	internode 節間、transportation 運輸、internode communication 節點間通訊、synthesi 綜合、fpga 場式可程式閘陣列	Telecommunications	3	6	0.5
		Computer Science	3		
Cluster 7	sensor network 感測網路、model 模組、mobile 行動式、lifetime 壽命、prolong 延長	Telecommunications	3	8	0.34
		Computer Science	3		
		Engineering	2		

表 8 研究主題與子議題

標號	主題名稱	文章數 (%)	子議題 (文章數)
主題一	基礎設施應用、智慧政府 rout 擴縫、路徑、protocol 通訊協定、 optimization 最佳化、smart 智慧型、 mac 媒體存取控制	32 (34.7)	A.快捷路由、監測系統優化、高流量計量通用設計大規模簇樹替代路徑通信。(7) B.工業應用路由、智能電網優化、智能用藥系統、遠程監控風力、家庭自動化、水氣檢測、移動節點和樹構建。(14) C.智能應用新型傳感節點、自動和動態網路建立、集群樹分佈優化、端對端可靠性、車輛監控規模和路由、節能協議。(6)
	物聯網應用智慧管理 wirele sensor 無線感測、scheme 方案、 wirele sensor network 無線感測網路、 distribut 分發、algorithm 演算法	24 (26.0)	D.智能家居應用、工業網絡安全、物聯網多路徑路由、油管無線監控、管理物聯網設備數據壽命。(5) E.大規模節點高效數據收集。(7)
主題二	環境監控、智慧環境、智慧生活 energy 能量、performance evaluation 績效評估、intelligent 智慧型、rout 擴 縫、路徑、rout protocol 路由協議	10 (10.8)	F.農業監測、核醫學應用、分佈式隨機選址。(12) G.精準農業分佈式自定位、工業車間廢水監測。(5)
	智慧安全、智慧運輸、工業應用 vehicle 車輛、載具、gps-enabled 啟用 全球定位系統、autonomou 自治、 slope 斜率、ism 詮釋結構分析	9 (9.70)	H.智能家居遠程環境監測、睡眠算法能量模型。(5) I.移動性跨層收集監控。(5) J.交通車聯網及工業監控遙測自供電節點。(5) K.監測放射性動態簇樹網路。(4)

續下表

續表 8

主題五	農業應用、商業應用、智慧的經濟 iot 物聯網、water quality 水質、ship 船、prefix 前綴、topo-morphological 拓撲型態	8 (8.6)	L.物聯網數據中心多路徑前綴路由、路由穩定性。(4)
主題六	健康醫療、智慧生活、智慧環境 internode 節間、transportation 運輸、internode communication 節點間通訊、synthesi 綜合、fpga 場式可程式閘陣列	4 (4.3)	M.無人商船技術、監測水產養殖水質、種植智能管理。(4) N.美容醫療健康監測系統、智能交通系統交通數據採集。(4)
主題七	智慧能源 sensor network 感測網路、model 模組、mobile 行動式、lifetime 壽命、prolong 延長	5 (5.4)	O.移動傳感器機器人無線視頻、傳感器延長壽命、智能農場能量模型。(5)

將資料集 Ω 使用 (4) 式進行概觀分析主題被引用方面等，進一步運用 CATAR 進行概觀分析與主題分析主題被引用方面。得到結果顯示 2007-2021 年主題一於被引用數共 559，被引用最高於 2018 年 (137)，其次為 2014 年 (100)。主題二於 2007-2021 年被引用數共 269，被引用最高於 2016 年 (76)，其次為 2009 年 (66)。主題三於 2007-2021 年被引用數共 93，被引用最高於 2013 年 (41)，其次為 2009 年 (20)。主題四於 2007-2021 年被引用數共 248，被引用最高於 2009 年 (118)，其次為 2012 年 (63)。主題五於 2007-2021 年被引用數共 32，被引用最高於 2010 年 (11)，其次為 2018 年 (5)。主題六於 2007-2021 年被引用數共 18，分別為 2016 年 (14)，2018 年 (2)，2021 (2)。主題七於 2007-2021 年被引用數共 25，被引用分別為 2016 年 (21)，2019 年 (4)。表示，於智慧網路運用文獻引用方面，高被引用議題集中於主題一、主題二及主題四，詳如表 11、表 12 所示。

將書目對相似矩陣資料集 (2) 式及 (4) 式進行書目對群組主題論文出版被引用方面，進一步運用 CATAR 進行群組主題分析主題被引用方面結果等文獻被引用期刊別及其斜率方面，結果顯示，2007 年至 2021 年，文獻被引用期刊別排序 1 為 Engineering (74)，斜率為 0.38；排序 2 為 Telecommunications (62)，斜率為 0.39；排序 3 為 Computer Science (62)，斜率為 0.55；排序 4 為 Instruments & Instrumentation (22)，

表 9 2007-2021 年文獻被引用量前 20 國家

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Total	Slope
CHINA	0	0	26	11	15	63	13	10	61	28	13	67	47	85	2	441	2.11
UK	0	0	11	0	0	0	0	56	61	0	0	108	3	0	15	254	1.67
USA	0	0	32	0	0	63	6	0	0	16	0	0	72	7	0	196	-0.3
SOUTH AFRICA	0	0	0	0	0	0	0	56	0	125	0	0	4	0	0	185	-8.99
SOUTH KOREA	13	5	9	9	23	0	0	34	61	0	0	5	0	0	1	160	-0.65
TAIWAN	0	0	0	0	24	62	48	0	0	10	13	0	0	3	0	160	-4.43
PAKISTAN	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	137	0	0	15	153	2.8
CANADA	0	0	0	0	23	39	0	0	0	79	0	0	0	0	0	141	-2.46
PORTUGAL	0	91	11	0	0	0	0	0	0	13	7	0	0	0	0	122	-2.7
FRANCE	0	0	98	0	0	3	0	0	0	2	0	0	1	0	3	107	-3.15
ITALY	0	0	11	0	0	0	40	0	0	33	0	0	2	6	0	92	-0.41
INDIA	0	0	17	0	0	0	0	0	21	23	0	0	13	0	1	75	-0.12
MALAYSIA	0	0	32	0	0	0	0	0	0	28	0	0	2	0	0	62	-0.86
SPAIN	0	0	12	0	0	0	0	3	10	13	22	0	0	0	0	60	-0.1
HongKong	0	0	0	0	0	0	0	56	0	0	0	0	0	0	0	56	-4.67
SAUDI ARABIA	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	29	21	4	0	55	1.25
RUSSIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	34	0	0	2	0	49	-4.6
AUSTRALIA	0	0	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46	-1.52
TURKEY	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	12	0	14	0	0	40	-2.63
MEXICO	0	0	0	1	0	0	0	18	0	0	0	0	0	18	3	40	0.45

表 10 主題群作者國家別

主題名稱	HHI	Total	C1-所屬國	
Cluster 1 36 : 32 Docs.	0.17	26	CHINA	7 : 94 : 13.43
			TAIWAN	5 : 117 : 23.40
			FRANCE	3 : 4 : 1.33
			UK	3 : 225 : 75
			SOUTH KOREA	3 : 110 : 36.67
			INDIA	3 : 25 : 8.33
			PAKISTAN	2 : 137 : 68.50
Cluster 2 24 : 24 Docs.	0.27	15	SOUTH KOREA	5 : 41 : 8.20
			TAIWAN	4 : 37 : 9.25
			CHINA	4 : 39 : 9.75
			AUSTRALIA	2 : 46 : 23
Cluster 3 21 : 10 Docs.	0.34	8	MEXICO	3 : 36 : 12
			CHINA	3 : 2 : 0.67
			RUSSIA	2 : 15 : 7.50
Cluster 4 29 : 9 Docs.	0.68	5	CHINA	4 : 129 : 32.25
			USA	1 : 63 : 63
Cluster 5 34 : 8 Docs.	0.68	5	CHINA	4 : 15 : 3.75
			UK	1 : 3 : 3
Cluster 6 66 : 4 Docs.	0.62	4	CHINA	3 : 17 : 5.67
			TURKEY	1 : 14 : 14
Cluster 7 67 : 5 Docs.	0.12	8	CANADA	1 : 3 : 3
			BRAZIL	1 : 16 : 16
			ITALY	1 : 2 : 2
			MALAYSIA	1 : 2 : 2
			USA	1 : 2 : 2
			INDIA	1 : 2 : 2
			INDIA	1 : 2 : 2

表 11 2007-2021 年各主題群被引用的次數表

	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4	Cluster 5	Cluster 6	Cluster 7
2007	0	13	0	0	0	0	0
2008	0	5	0	3	0	0	0
2009	22	66	0	118	0	0	0
2010	1	6	0	0	11	0	0
2011	39	8	0	5	0	0	0
2012	39	23	0	63	0	0	0
2013	36	20	41	1	0	0	0
2014	100	4	18	0	0	0	0
2015	61	9	0	0	1	0	0
2016	36	76	13	0	2	14	21
2017	72	13	0	0	0	0	0
2018	137	20	0	39	5	2	0
2019	3	0	0	4	3	0	4
2020	10	3	20	0	1	0	0
2021	3	3	1	15	9	2	0
TC_sum	559	269	93	248	32	18	25

斜率為-0.01；排序 5 為 Chemistry（11），斜率為 0.03；排序 6 為 Automation & Control Systems（6），斜率為 0.01；排序 7 為 Physics（6），斜率為-0.06；排序 8 為 Energy & Fuels（4），斜率為 0.1；排序 9 為 Operations Research & Management Science（3），斜率為-0.03；排序 10 為 Transportation（3），斜率為-0.05。表示，Engineering、Telecommunications、Computer Science、Instruments & Instrumentation、Chemistry 等期刊文獻被引用量最高，而被引用率呈正成長期刊有 Engineering（0.38）、Telecommunications（0.39）、Computer Science（0.55）、Chemistry（0.03）、Automation & Control Systems（0.01）、Energy & Fuels（0.1）詳如表 13 所示。

五、書目對與共現字對應分析

將書目對與共現字相似矩陣資料集（3）與（4）式進行書目對與共現字群組，進一步運用 CATAR 進行多階段階層式凝聚合集群分析中之完全連鎖法群組分析結果。分析結果顯示，2007-2021 年書目對可歸類為七個主題論文群出版數，最高為主題一

表 12 2007-2021 年各主題群論文的次數表

	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4	Cluster 5	Cluster 6	Cluster 7
2007	0	1	0	0	0	0	0
2008	0	1	1	1	0	0	0
2009	1	3	0	2	0	0	0
2010	1	1	0	0	1	0	0
2011	2	1	0	1	0	0	0
2012	1	1	0	1	0	0	0
2013	2	5	2	1	0	0	0
2014	5	3	1	0	0	0	0
2015	1	1	0	0	1	0	0
2016	3	1	1	0	1	1	3
2017	5	2	0	0	0	0	0
2018	3	1	0	1	1	1	0
2019	4	1	0	1	1	0	2
2020	3	1	3	0	2	0	0
2021	1	1	2	1	1	2	0
Sum	32	24	10	9	8	4	5

(32)，其次依序為主題二(24)、主題三(10)、主題四(9)、主題五(8)、主題六(4)、主題七(5)。2007-2021 年共現字則可歸類為七個主題論文群出版數，最高為主題一(48)，其次依序為主題二(23)、主題三(20)、主題四(22)、主題五(13)、主題六(12)、主題七(5)。

本研究根據書目對進行的主題歸類以及各項書目資料的交叉統計後，將其結果與共現字 (Co-Occurrence Words) 進行的主題歸類以及各項關鍵詞彙資料的交叉比對。結果顯示，關鍵字 *gps-denied* 被歸類於共現字集群二及書目對主題四，*Intelligent* 被歸類於共現字集群三及書目對主題三，*vehicle* 被歸類於共現字集群五及書目對主題四，*internode*, *transportation*, *internode communication*, *synthesi*, *fpga* 被歸類於共現字集群六及書目對主題六，以及 *model*, *mobile*, *lifetime*, *prolong* 被歸類於共現字集群七及書目對主題七，如表 14。表示，無線感測網路研究，於通信領域、電腦領域以及工程儀表領域中為一新興與研究熱點的議題，此研究議題於 2007 年至今仍具知識影響力。

表 13 2007-2021 年文獻發表領域數量及趨勢表

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Total	Slope
Engineering	1	3	7	3	5	3	3	4	2	7	6	4	10	10	6	74	0.38
Telecommunications	1	2	4	1	2	0	8	4	4	9	0	5	12	7	3	62	0.39
Computer Science	0	2	2	0	1	2	5	6	1	8	6	5	13	8	3	62	0.55
Instruments & Instrumentation	0	0	4	1	2	2	0	2	0	3	1	0	1	1	5	22	-0.01
Chemistry	0	0	2	1	0	0	0	2	0	1	1	0	1	1	2	11	0.03
Automation & Control Systems	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	2	0	6	0.01
Physics	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	6	-0.06
Energy & Fuels	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	1	4	0.1
Operations Research & Management Science	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	3	-0.03
Transportation	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	3	-0.05
Science & Technology - Other Topics	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	3	-0.02
Electrochemistry	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	-0.07
Agriculture	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	-0.02
Geology	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	2	-0.07
Water Resources	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-0.07

續下表

續表 13

Biotechnology & Applied Microbiology	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	-0.2
Food Science & Technology	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	-0.2
Oceanography	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-0.04
Radiology, Nuclear Medicine & Medical Imaging	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	-1
Environmental Sciences & Ecology	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	-0.5
Meteorology & Atmospheric Sciences	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-0.07

表 14 兩種歸類結果的比較（左邊為書目對結果，右邊為共現字結果）

族群	書目對	共現字
Cluster 1 工程類	rout, protocol, optimization, smart, mac,	scada; information; attack; lightweight; implement;
Cluster 2 通信類	wirele sensor, scheme, wirele sensor network, distribut, algorithm,	precision agriculture; agriculture; precision; position; gps-denied;
Cluster 3 電腦類	energy, performance evaluation, intelligent, rout, rout protocol,	multipath; preemption; statistical; data-centric; prefix;
Cluster 4 工程儀表類	vehicle, gps-enabled, autonomou, slope, ism	intelligent; energy; performance evaluation; intelligent home;
Cluster 5 TCE	iot, water quality, ship, prefix, topo-morphological,	technology; vehicle; communication technology;
Cluster 6 TC	internode, transportation, internode communication, synthesi, fpga,	internode; transportation; internode communication; synthesi; fpga;

續下表

續表 14

Cluster 7 TCE2	model,	←	model;
	mobile,	←	mobile;
	lifetime,	←	lifetime;
	prolong,	←	prolong;
	sensor network,		multi-constraint;

從表 14 的異同，也可觀察到每一種主題歸類的方法，都有其優點與缺點之處。例如，依照書目對來歸類，主要是靠論文之間的引用情況來計算相似度。其明顯的好處是，論文 A 與 B 的用語可以差異極大，即使其共現字極罕見，只要 A 與 B 共同引用足夠多的相同文獻，則 A 與 B 即有足夠高的相似度。反之亦然，若論文 A 與 B 探討相同的主題，卻因為某些因素而沒有相同的參考書日時，A 與 B 就不被書目對的關係對應起來。這時，若 A 與 B 共用一些主題詞彙，則他們就可被共現字的關係對應起來。也就是說，書目對與共現字的分析，可以互補，也可以彼此強化對方的結果。因此，單一方式偵測到的主題，也值得探究。

伍、結論與建議

本文利用檢全與檢準原則訂定關鍵字與檢索策略進行檢索 WOS 資料庫之無線感測網路 (ZIGBEE) 文獻，並使用書目對與共現字觀念以計算文獻間相似性，再使用內容分析技術分析軟體，分析收錄於 WOS 無線感測網路 (ZIGBEE) 文獻領域的期刊書目，剖析從 2007 年到 2022 年之間無線感測網路 (ZIGBEE) 研究趨勢。此種的研究方法可協助學者們快速掌握各學術研究的最新情況。進而從研究主題與趨勢的分析結果中知悉相關研究領域中其他學者們對特定議題的貢獻。

一、結論

(一) 基本概觀分析

1. 中國、南韓、臺灣、美國及印度等國對於此議題論文最為豐碩，斜率為正數代表仍持續關注此議題，研究之國家為 CHINA (0.3)，USA (0.05)，INDIA (0.08)，UK (0.04)，PAKISTAN (0.07) 等國。

2. *Sensors* 及 *Journal of Sensors* 兩期刊仍關注 WSN 議題並持續收錄文章，建議後研究者如有相關 WSN 議題可先投此兩期刊。

(二) 群組概觀分析

2007年至2022年間智慧網路研究主要聚焦在工程、通信、電腦、工程儀表、TCE、TC以及TCE2等七個研究主題，各主題中最多探討的子議題則為Engineering、Telecommunications、Computer Science、Instruments & Instrumentation。

(三) 主題趨勢分析

1. 中國、英國、美國及南韓等國對於此議題論文持續探討研究，此研究主題的文獻被高度引用的國家有 CHINA (2.11)，UK (1.67)，PAKISTAN (2.8)，SAUDI ARABIA (1.25)，MEXICO (0.45) 等國。
2. 無線感測網路（ZIGBEE）為一新興議題，自 2007 年以來受到關注，並持續發展迄今，論文出版議題則集中於工程、通信及電腦等類別。

(四) 熱點分析

Engineering、Telecommunications、Computer Science、Instruments & Instrumentation、Chemistry 等期刊文獻被引用量最高，而高度被用且引用率呈正成長的期刊有 Engineering (0.38)、Telecommunications (0.39)、Computer Science (0.55)、Chemistry (0.03)、Automation & Control Systems (0.01)、Energy & Fuels (0.1)，研究者在未來再進一步對於 ZIGBEE 議題進行探勘與投稿時，首要參考的期刊。

二、值得進一步研究問題（Questions）

近年來 ICT 技術突飛猛進，技術創新得以擴散至各產業與各領域，對其產生重影響效果。如：金融科技、網路行銷、區塊鏈與加密貨幣及 NFT。過去在進行文獻資料單純的計數（Ordinal）一成不變的慣性研究方式下，研究人員的思維模式受制於其過去的決策，即使過去的環境可能已經改變，慣性的力量還是會使得這個選擇透過不斷自我強化的過程一再地出現，形成「路徑依賴（Path Dependence）」。加諸資訊設備日新月異，電腦的硬碟容量與處理器及圖形處理器等運算技術皆不只十倍速進步，重大影響產業與學術研究者，使得學術與產業研究人員必須使用破壞式創新方式，以跳躍式進步進行大量的文獻引用與運用文獻中的內容文字資料。鑑此，前瞻未來善用更先進電腦的分析方式與技術將會伴隨產生與分析愈多學術期刊，對研究者是一大重要課題。而現今不斷增長的研究議題越來越多元化，需要發展更先進電腦探勘技術

(Mining), 以協助研究者處理龐大的資料量, 也將成為各產業各領域在面對大數據時代必須學習的重要研究工具。善用使用文獻內容書目對與共現字以發掘研究問題的機會, 仍可進一步探討:

(一) ZIGBEE 專利的文獻發展的趨勢、類別與熱點。

(二) ZIGBEE 文獻發展的趨勢、類別與熱點。

(三) ZIGBEE 文獻發展的主路徑分析。

(四) 交互使用 (Hybrid) CATAR 與主路徑分析 (MPA), 將會獲得增補 (Supplementary) 與互補 (Complementary) 之效果, 更清楚剖析技術知識的結構。

參考文獻

一、中文部分

1. 王輝、吳越、章建強、裘加林、溫曉嶽(2012), 智慧城市 (第二版), 北京: 清華大學出版社。
2. 吳余龍、艾浩軍(2011), 智慧城市: 物聯網背景下的現代城市建設之道, 北京: 電子工業出版社。
3. 吳勝武、閔國慶(2010), 智慧城市: 技術推動和諧, 杭州: 浙江大學出版社。
4. 呂康娟、帥萍、孫覃玥(2015), 世界智慧城市案例: 實踐與經驗, 北京: 社會科學文獻出版社。
5. 李賢毅(2012), 智慧城市開啟未來生活—科學規劃與建設, 北京: 人民郵電出版社。
6. 林欽榮(2013), 智慧城市國際發展與臺灣邁向智慧城市發展策略, 國土資訊系統通訊, 86, 10-22。
7. 原友蘭、曾元顯、何昶駕(2019), 運用自動內容分析技術探析觀光與旅遊領域研究主題與趨勢, 戶外遊憩研究, 32(1), 1-32。
8. 張桂鳳(2010), 打造智慧城市, 高雄邁向新未來, 建築師, 36(12), 138-142。
9. 莊奕琪(2004), 藍芽革命: 顛覆未來生活的無線通訊技術, 台北市: 書泉。

10. 許巍瀚(2014), 台灣智慧城市治理架構與策略研擬之研究, 國立政治大學地政研究所出版碩士論文。
11. 曾元顯(2011), 文獻內容探勘工具－CATAR－之發展和應用, 圖書館學與資訊科學, 37(1), 31-49。
12. 曾元顯、林瑜一, (2011), 內容探勘技術在教育評鑑研究發展趨勢分析之應用, 教育科學研究期刊, 56(1), 129-166。
13. 蔡明月(2003), 資訊計量學與網路計量學, 新世紀圖書館, 2, 8-16。
14. 羅仕炫、林獻堂(2003), 感測器原理與應用 (含實驗), 台北市: 新文京。

二、英文部分

1. Akyildiz, I. F., Su, W., Sankarasubramaniam, Y., & Cayirci, E. (2002). A survey on sensor networks. IEEE Communications Magazine, 40(8), 102-114.
2. Anderson, P., & Tushman, M. L. (1990). Technological discontinuities and dominant designs: A cyclical model of technological change. Administrative Science Quarterly, 35(4), 604-633.
3. Borgman, C. L., & Furner, J. (2002). Scholarly communication and bibliometrics. Annual Review of Information Science and Technology, 36(1), 1-53.
4. Bornmann, L., & Mutz, R. (2015). Growth rates of modern science: A bibliometric analysis based on the number of publications and cited references. Journal of the Association for Information Science and Technology, 66(11), 2215-2222.
5. Callaway, E., Gorday, P., Hester, L., Gutierrez, J. A., Naeve, M., Heile, B., & Bahl, V. (2002). Home networking with IEEE 802.15.4: A developing standard for low-rate wireless personal area networks. IEEE Communication Magazine, 40(8), 70-77.
6. Callon, M. (1986). Pinpointing industrial invention: An exploration of quantitative methods for the analysis of patents. In Callon, M., Rip, A., & Law, J. (Eds.), Mapping the Dynamics of Science and Technology, 163-188. London: Palgrave Macmillan.
7. Cambrosio, A., Limoges, C., Courtial, J., & Laville, F. (1993). Historical scientometrics? Mapping over 70 years of biological safety research with cword analysis. Scientometrics, 27(2), 119-143.

8. Chapman, G. A., Moores, K., Harrison, D., Campbell, C. A., Stewart, B. R., & Strijbos, P. J. (2000). Fractalkine cleavage from neuronal membranes represents an acute event in the inflammatory response to excitotoxic brain damage. Journal of Neuroscience, *20*(15), 87.
9. Carass, A., Roy, S., Gherman, A., Reinhold, J. C., Jesson, A., Arbel, T., Maier, O., Handels, H., Ghafoorian, M., Platel, B., Birenbaum, A., Greenspan, H., Pham, D. L., Crainiceanu, C. M., Calabresi, P. A., Prince, J. L., Gray Roncal, W. R., Shinohara, R. T., & Oguz, I. (2020). Evaluating white matter lesion segmentations with refined Sørensen-dice analysis. Scientific Reports, *10*(1), 1-19.
10. Chang, Y. H., Chang, C. Y., & Tseng, Y. H. (2010). Trends of science education research: An automatic content analysis. Journal of Science Education and Technology, *19*(4), 315-331.
11. Dai, S., Duan, X., & Zhang, W. (2020). Knowledge map of environmental crisis management based on keywords network and co-word analysis, 2005-2018. Journal of Cleaner Production, *262*, 121168.
12. Dice, L. R. (1945). Measures of the amount of ecologic association between species. Ecology, *26*(3), 297-302.
13. Ergen, S. C. (2004). ZIGBEE / IEEE 802.15.4 Summary. UC Berkeley, September, *10*(17), 11.
14. Feldman, R., & Sanger, J. (2006). The Text Mining Handbook: Advanced Approaches in Analyzing Unstructured Data. Cambridge: Cambridge University Press.
15. Glänzel, W., & Czerwon, H. (1996). A new methodological approach to bibliographic coupling and its application to the national, regional and institutional level. Scientometrics, *37*(2), 195-221.
16. Kahn, J. M., Katz, R. H., & Pister, K. S. (1999). Next Century Challenges: Mobile Networking for "Smart Dust". Paper presented at the 5th annual ACM / IEEE international conference on Mobile computing and networking, Seattle.
17. Kessler, M. M. (1963). Bibliographic coupling between scientific papers. American Documentation, *14*(1), 10-25.

18. Krippendorff, K. (2004). Reliability in content analysis: Some common misconceptions and recommendations. Human Communication Research, 30(3), 411-433.
19. Kuhn, T. S. (1962). The Structure of Scientific Revolutions. Chicago: University of Chicago Press.
20. Lijesen, M. G. (2004). Adjusting the Herfindahl index for close substitutes: An application to pricing in civil aviation. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 40(2), 123-134.
21. Maraiya, K., Kant, K., & Gupta, N. (2011). Application based study on wireless sensor network. International Journal of Computer Applications, 21(8), 9-15.
22. Sohrabi, K., Gao, J., Ailawadhi, V., & Pottie, G. J. (2000). Protocols for self-organization of a wireless sensor network. IEEE Personal Communications, 7(5), 16-27.
23. Tseng, Y. H., Lin, Y. I., Lee, Y. Y., Hung, W. C., & Lee, C. H. (2009). A comparison of methods for detecting hot topics. Scientometrics, 81(1), 73-90.
24. Tseng, C. C. (2013). Connecting self-directed learning with entrepreneurial learning to entrepreneurial performance. International Journal of Entrepreneurial Behavior & Research, 19(4), 425-446.
25. Tseng, Y. H., & Tsay, M. Y. (2013). Journal clustering of library and information science for subfield delineation using the bibliometric analysis toolkit: CATAR. Scientometrics, 95(2), 503-528.
26. Wallin, J. A. (2005). Bibliometric methods: Pitfalls and possibilities. Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology, 97(5), 261-275.
27. Waltman, L., & Schreiber, M. (2013). On the calculation of percentile - Based bibliometric indicators. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 64(2), 372-379.
28. Yick, J., Mukherjee, B., & Ghosal, D. (2008). Wireless sensor network survey. Computer Networks, 52(12), 2292-2330.
29. Yuan, Y. Y., Tseng, Y. H., & Chang, C. Y. (2014). Tourism subfield identification via journal clustering. Annals of Tourism Research, 47, 77-80.

30. Yuan, Y., Gretzel, U., & Tseng, Y. H. (2015). Revealing the nature of contemporary tourism research: Extracting common subject areas through bibliographic coupling. International Journal of Tourism Research, 17(5), 417-431.

111年05月19日收稿

111年05月23日初審

111年06月04日複審

111年06月14日接受

作者介紹

Author's Introduction

- | | |
|------------|--|
| 姓名 | 魏淑娟 |
| Name | Shu-Chuan Wei |
| 服務單位 | 朝陽科技大學產業策略發展博士候選人 |
| Department | Doctoral Candidate, Strategic Development of Taiwan's Industry,
Chaoyang University of Technology |
| 聯絡地址 | 413310 台中市霧峰區吉峰東路 168 號 |
| Address | No.168, Jifeng E. Rd., Wufeng District, Taichung, 413310 Taiwan,
R.O.C. |
| E-mail | s10837902@gm.cyut.edu.tw |
| 專長 | 專利分析、科技管理 |
| Speciality | Patent Analysis, Technology Innovation |
| 姓名 | 李尚嬪 |
| Name | Shang-Pin Li |
| 服務單位 | 朝陽科技大學幼兒保育系助理教授級專案教師 |
| Department | Project Assistant Professor, Department of Early Childhood
Development and Education, Chaoyang University of Technology |
| 聯絡地址 | 413310 台中市霧峰區吉峰東路 168 號朝陽科技大學幼兒保育系 |
| Address | No.168, Jifeng E. Rd., Wufeng District, Taichung, 413310 Taiwan,
R.O.C. |
| E-mail | spli@cyut.edu.tw |
| 專長 | 教育心理、創新思考、教育方案、資料分析 |
| Specialty | Educational Psychology, Education Programs, Creative Thinking, Data
Analysis |

姓名 陳悅琴
Name Yueh-Chin Chen
服務單位 朝陽科技大學企業管理系副教授
Department Associate Professor, Department of Business Administration, Chaoyang University of Technology
聯絡地址 413310 台中市霧峰區吉峰東路 168 號朝陽科技大學企管系
Address No.168, Jifeng E. Rd., Wufeng District, Taichung, 413310 Taiwan, R.O.C
E-mail jessica@cyut.edu.tw
專長 創業管理、策略管理
Speciality Entrepreneurship Management, Strategic Management

姓名 賴奎魁
Name Kuei-Kuei Lai
服務單位 朝陽科技大學企業管理系特聘教授
Department Distinguished Professor, Department of Business Administration, Chaoyang University of Technology
聯絡地址 413310 台中市霧峰區吉峰東路 168 號
Address No.168, Jifeng E. Rd., Wufeng District, Taichung, 413310 Taiwan, R.O.C
E-mail laikk@cyut.edu.tw
專長 專利分析、創新管理
Speciality Patent Analysis, Innovation Management