Taiwan J For Sci 39(4): 259-70, 2024
https://doi.org/10.7075/TJFS.202412_39(4).0002

研究報告

運用共詞分析探討國際非法伐採研究重點主題與結構

林俊成[1]、詹為巽[2]、吳孟珊[2]、林政融[2]

摘 要

由於非法伐採所導致各國經濟損失與環境破壞等問題，近年來為各國相當重視的議題，因此為了解國際間有關非法伐採之相關研究重點主題，本研究針對國際上有關非法伐採相關之研究論文關鍵詞進行共詞分析，並透過社會網絡分析相關指標探討於非法伐採相關研究中重點之主題結構。本研究共自428篇相關研究論文抽取出44個高頻關鍵詞進行分析，結果顯示「Illegal logging」與「Deforestation」為最常共同出現之關鍵詞，亦即為最常共同探討之主題。而經社會網絡分析指標結果，「Illegal Logging」、「Deforestation」、「Forest Management」、「Corruption」、「Governance」及「Policy」為非法伐採相關研究之核心主題，且k-核結果顯示相關研究論文重要主題間彼此具有密切的關聯性。

關鍵詞：非法伐採、共詞分析、社會網絡分析

林俊成、詹為巽、吳孟珊、林政融。2024。運用共詞分析探討國際非法伐採研究重點主題與結構。台灣林業科學 39(4): 259-70。

[1] 林業試驗所主任秘書。100051 臺北市南海路53號 Chief Secretary, Taiwan Forestry Research Institute, No. 53, Nanhai Rd., Taipei 100051, Taiwan.

[2] 林業試驗所森林經營組。100051 臺北市南海路53號 Forest Management Division, Taiwan Forestry Research Institute, No. 53, Nanhai Rd., Taipei 100051, Taiwan.

通訊作者：詹為巽 Corresponding author, Wei-Hsun Chan, E-mail: frog@tfri.gov.tw

2024年1月送審2024年10月通過。Received January 2024, Accepted October 2024.

Research paper

Exploring Patterns in Research on International Illegal Logging Using Co-word Analysis

Jiunn-Cheng Lin,[1] Wei-Hsun Chan,[2] Meng-Shan Wu,[2] Zheng-Rong Lin[2]

ABSTRACT

In recent years, the issue of illegal logging has gained significant attention worldwide due to the economic impact and the environmental degradation caused by unauthorized timber harvesting. This study conducted co-word analysis of keywords from relevant research papers to identify key themes in international research on illegal logging. Additionally, social network analysis was employed to explore the thematic structure of key topics in illegal logging research. A total of 428 relevant research papers were examined, from which 44 high-frequency keywords were extracted for analysis. The results revealed that “Illegal logging” and “Deforestation” were the most frequently co-occurring keywords, indicating that they were the most explored issues in the literature. Social network analysis indicators identified “Illegal Logging”, “Deforestation”, “Forest Management”, “Corruption”, “Governance” and “Policy” as the core topics of illegal logging research. Furthermore, k-core analysis results revealed close interrelation among the key themes from research papers on illegal logging.

Keywords: illegal logging, co-word analysis, social network analysis

Lin JC, Chan WH, Wu MS, Lin ZR. 2024. Exploring Patterns in Research on International Illegal Logging Using Co-word Analysis. Taiwan J For Sci 39(4):259-70.

緒言

近年來越來越多國家意識到非法伐採(Illegal Logging)及相關貿易所產生的經濟與環境問題的嚴重性，根據2012年亞洲太平洋經濟合作會議(Asia-Pacific Economic Cooperation, APEC)的報告指出，非法伐採及非法貿易木質產品嚴重影響APEC經濟體成員的權益，估計對全球環境和社會成本已造成每年600億美元的損失(APEC 2013)；聯合國環境和刑警組織(UN Environment and Interpol)估計，在全球原木(roundwood)貿易有10-30%是非法的。這意味著非法採伐和貿易估計會導致資源損失每年至少510-1,520億美元(Nellemann et al. 2016)。

非法伐採所牽涉的範圍很廣，而各國及非政府組織對非法伐採皆有不同的定義，但大致可以廣泛定義為未經申請、偽造、非法取得伐採許可、伐採超過許可範圍(包括數量、區域、樹種)、伐採保育或者是瀕危物種(Brack et al. 2002, Watson 2006, Dieter 2009)、違反相關國際或當

地法規、以貪腐的授權行為的林木伐採及交易(Ottitsch et al. 2005)。

非法伐採及貿易除了會帶來重大經濟損失外，也導致了許多嚴重的環境問題，其中所導致的毀林以及森林退化均會造成溫室氣體的排放，加劇氣候變化的速度，除此之外也會削弱或降低合法木質產品的競爭力及價格，世界自然基金會(World Wide Fund for Nature, WWF)指出，諸多供應歐美與中國木材或木製品的開發中國家，在其國內都同樣面臨高額外債、無效率治理、嚴重貧窮、永續森林經營失敗、以及高保護價值林損失等重大挑戰。另外監管能力的不足、官員薪資低、木材價值高且產品標準化不易常是林業部門的特質；而且法規設計不良、執行力不夠、缺乏客觀資訊但持有過寬的自主裁量權(discretionary powers)、各權益關係方的權力分配不均、甚至是懲罰過輕等都容易產生非法伐採的行為(Koyuncu and Yilmaz 2009)。

共詞分析(co-word analysis)也稱為關鍵詞網絡分析(Keyword Network Analysis, KNA)，為法國文獻計量學家Callon et al. (1986)所提出之文獻計量分析方法，係透過將目標對象共同出現的資訊進行定量分析，可以判斷目標對象中之共現(co-occurrence)關係，例如「共詞(co-word)」等特性，屬於內容分析方法的一種(Ding et al. 2001)。而「共詞」指不同關鍵詞出現於同一篇文章之關係，例如當「Illegal Logging」與「Forest」這2個詞同時出現於一篇文獻中時，此2詞即具有「共詞」的關係，兩個關鍵詞之間的共現越多，它們的關係就越緊密。當2個或以上不同的關鍵詞同時出現於相同文獻的次數越多時，代表這些關鍵詞越常被連帶考量 (Lu and Fuhai 2006, Chen et al. 2016, Haunschild et al. 2016)。

共詞分析已廣泛使用於各個領域，例如Besselaar and Heimeriks (2006)建構「資訊科技發展」領域研究主題與趨勢討論；Zhou et al. (2007)探討有關「人類基因組」該領域之研究主題重點；Ritzhaupt (2010)應用共詞分析於遠距教育領域，用以識別領域研究現狀與研究結構，結果呈現三個時期的趨勢和主題；Chen et al. (2016)討論中國國家科學院基金所資助「管理科學與工程」相關之計畫研究趨勢；Hong et al. (2016)探討「全科醫師(general practitioner)」相關研究的主要結構以及趨勢；Nardi et al. (2016)的研究旨在進行地中海森林研究的共詞分析，以闡明其研究結構和演變。地中海森林研究在2009-2014期間以四個集群為代表，其中確定了不同的研究課題，如生物多樣性和保護、土地利用和退化、氣候變化對生態生理反應和土壤的影響(Nardi et al. 2016)。

綜合上述，由於非法伐採林木及其非法貿易木材產品使得合法木材產品的競爭力降低，以及因非法伐採所產生的毀林以及森林退化所造成溫室氣體的排放等，各國政府也開始重視非法伐採林木的問題。然而，目前幾乎沒有使用科學繪圖方法分析非法伐採的研究。為了能了解國際上有關非法伐採議題在學術界發展的情況，本研究利用共詞分析方法，根據期刊論文關鍵詞之頻率及共詞情形，並利用社會網絡分析建立關鍵詞之共詞網絡，探討各關鍵詞之社會網絡特性，分析研究主題之重點項目以及各主題間之關係。針對近年來有關非法伐採之學術研究期刊論文進行探討，並以視覺化的方式期能快速了解有關非法伐採議題整體的研究趨勢或者缺口等。

材料與方法

關鍵詞蒐集與處理

一般進行科學期刊研究論文之共詞分析，是假設可以透過幾個單詞反映各研究論文之整體內容主題，例如由各文獻全文中抽取或是直接蒐集研究論文之關鍵詞列表作為分析用關鍵詞(Hong et al. 2016)。而研究論文之關鍵詞為作者對於研究核心內容之濃縮，具有相當程度可以代表其論文研究主題(Lee et al. 2013)，通常在進行科學期刊研究論文共詞分析時，會直接採用研究論文之關鍵詞進行(Ding et al. 2001, Zhuo et al. 2007, Hong et al. 2016, Lin et al. 2018)，因此本研究亦針對非法伐採相關研究論文之關鍵詞進行蒐集。

為蒐集國際上有關非法伐採之科學期刊研究論文關鍵詞，本研究使用Scopus學術資料庫進行資料收集，Scopus資料庫為全球最大的索引摘要資料庫之一，共收錄了超過2萬種文獻期刊，因此相當適合本研究資料蒐集使用，關鍵詞蒐集與處理步驟如下：

(一) 首先以「Illegal Logging」為關鍵詞進行搜尋後，再依撰寫語言為英文、文獻種類為期刊(journal)，以及文獻類型為研究論文(article)等條件進行過濾。

(二) 於過濾出目標分析之研究論文中，抽取各研究論文之關鍵詞以篩選進行共詞分析之字詞。

(三) 由於關鍵詞可能會有不同字詞，卻具相同或相似意義的情況，因此需將此類關鍵詞進行重新命名整理後，再依出現頻率排序以篩選納入後續分析的高頻關鍵詞。

(四) 將納入分析之高頻關鍵詞建立共詞矩陣，以供社會網絡分析使用。

而在篩選高頻關鍵詞時並無一定之標準，如選擇字數太多會造成結果過於發散，反之選擇字數太少則可能會遺失部分重要資訊，且因研究目標、分析文獻數量以及內容特性等因素，一般多以一定字數或某一出現頻率以上之關鍵詞進行分析，例如Lin et al. (2018)篩選1328篇文獻中出現頻率前53之關鍵詞進行分析；Hong et al. (2016)分別於2453、3521及4729篇文獻篩選出現頻率前27、41及64個關鍵詞進行分析；Fang and Lee (2014)篩選1427篇文獻中出現頻率前35-50之關鍵詞進行分析；Chu and Guo (2011)則於400篇文獻中篩選出現頻率大於5次之33個關鍵詞進行分析。

社會網絡分析

社會網絡分析為進行共詞分析時常用的方法之一(Zhao 2014, Fang and Lee 2014, Bao et al. 2014, Hong et al. 2016, Lin et al. 2018)，當應用於科學期刊研究論文共詞分析時，其概念是每一個節點(node)代表一個關鍵詞，當關鍵詞之間具有共詞關係時，節點間即具有關聯(tie)，所有節點與關聯結合便組成一共詞網絡，再藉由共詞網絡中各關鍵詞彼此間關聯狀態分析其社會網絡指標等，探討各關鍵詞於網絡中之結構關係(Wellman 1996, Uddin et al. 2012)。

為了探討各關鍵詞間的結構關係，使用知名的社會網絡分析工具UCINET (Borgatti et al. 2002)進行分析。本研究將探討整體有關非法伐採相關研究發展的樣貌，以及各研究之關鍵詞在非法伐採相關研究領域中所扮演的角色與特性等，利用UCINET進行關鍵詞共詞網絡圖形繪製及各種社會網絡分析指標計算，以測量各關鍵詞在網絡中的影響力與結構等特性。

社會網絡分析常用的指標有程度中心性(degree centrality)、中介度中心性(betweenness centrality)以及k-核(k-core)等，各項指標之意義如下(Hanneman and Riddle 2005)：

(一) 程度中心性：計算方式是將各節點連結其他節點的數量進行加總，當一節點擁有連結數越多表示該節點越重要，可以探討關鍵詞於網絡中的重要程度。

(二) 中介度中心性：為計算某一節點出現在節點間最短路徑的次數，當值越高時代表該節點可能位於連結不同群體間之關鍵位置。

(三) k-核：指一群節點中任1節點至少與k個其他節點直接相連，因此當k值越大時表示群體間之關係越緊密，可於共詞網路中協助尋找出高關聯性群體。

結果

非法伐採相關研究論文

本研究自Scopus資料庫共篩選出1992-2019年間428篇與非法伐採相關之科學期刊研究論文，自1992年起至2000年間有關Illegal Logging之相關論文數量不多，期間內每年之搜尋結果僅約1-4篇，於2000年以前相關研究論文僅15篇，然而2001年起相關論文數量開始增加，平均每年約有10-30篇之相關研究論文發表，至2018年時一年間有52篇相關研究論文。

關鍵詞篩選

本研究從428篇非法伐採相關研究論文之關鍵詞列表共抽取出2,053個關鍵詞，首先針對同義異詞之關鍵詞整理，例如「illegal-logging」與「Illegal Logging」等屬用字差異，或「VPA」與「Voluntary Partnership Agreement」等屬相同概念之關鍵詞進行重新命名，於重新命名後總計共有1,274種關鍵詞。將關鍵詞依出現頻率排序後，本研究參考科學研究論文共詞分析相關文獻所蒐集文獻篇數與納入分析關鍵詞頻率及字數等資訊，

關鍵詞出現頻率高低可以代表與其相關的研究受關注與重視的程度，目前納入共詞分析之高頻關鍵詞數之上下限並無一定標準，如選擇字數太少可能會遺漏部分重要資訊，反之則會造成結果過於發散。因此一般常以某一出現頻率以上或一定字數之關鍵詞進行分析，例如Fang and Lee (2014)於1427篇文獻中篩選出現頻率前35~50之關鍵詞進行分析；Bao et al. (2014)於2054篇文獻中篩選出現頻率大於15次之44個關鍵詞進行分析；Chu and Guo (2011)則於400篇文獻中篩選出現頻率大於5次之33個關鍵詞進行分析。因此，本研究參考相關研究蒐集之文獻篇數與納入分析關鍵詞頻率與字數後，最終篩選出頻率大於5次的44個關鍵詞進行分析。納入分析之44個高頻關鍵詞總出現次數為609次，占全部2,053關鍵詞之29.7%，另外，包含納入分析之關鍵詞之論文篇數共有264篇，約為總篇數之61.7%，亦即超過半數之文獻已被納入後續分析，應可作為探討非法伐採相關研究論文之重點主題與結構使用。在本研究篩選的44個關鍵詞中，出現頻率最高的關鍵詞為「Illegal Logging」140次，前2-5名依序為「Deforestation」35次、「Indonesia」31次、「Forest Management」30次以及「Conservation」25次(Table 1)。

關鍵詞共詞結果

將本研究篩選44個關鍵詞建立共詞矩陣後，共詞頻率最高之關鍵詞組前10名均與「Illegal Logging」(非法伐採)有關，其中共詞達10次以上之關鍵詞分別為「Deforestation」(森林破壞)共詞16次，其次依序為「Corruption」(貪腐)及「Indonesia」(印尼)各14次，與「Forest Management」 (森林經營) 13次、「Policy」(政策) 12次以及「FLEGT」(Forest Law Enforcement, Governance and Trade；歐盟森林執法、施政與貿易計畫) 10次(Table 2)。

社會網絡分析結果

本研究運用UCINET將篩選出之44個關鍵詞共詞矩陣進行非法伐採相關研究重點關鍵詞網絡圖繪製，以及分析各關鍵詞之社會網絡指標。於關鍵詞網絡圖中每個節點即代表一個關鍵詞，而節點間具有連線表示該兩兩關鍵詞間具有共詞關係(Fig. 1)。各關鍵詞之程度中心性、中介度中心性及k-核之結果如Table 1所示，各指標結果詳細說明如下：

(一) 程度中心性

於44個關鍵詞中程度中心性最高之關鍵詞為「Illegal Logging」，其次前五名分別為「Deforestation」、「Forest Management」、「Corruption」、「Governance」及「Policy」，表示這些關鍵詞為非法伐採研究重要的核心主題。而觀察每個關鍵詞之程度中心性排序與出現頻率排序之差異可以發現，大部分之關鍵詞並無太大之排序變動，而排序差異較大(±10)的關鍵詞可分為兩部分，一為出現頻率排序大於程度中心性排序，如「International Trade」及「Landsat」之頻率排序23位，但程度中心性排序為35位；另外則是程度中心性排序大於出現頻率排序，如「Timber」、「Decentralization」、「Land Use Change」、「Lacey Act」、「Timber Tenure」及「Ghana」等關鍵詞之程度中心性排序較頻率排序高10-15位。

(二) 中介度中心性

「Illegal Logging」亦為中介度中心性排序最高之關鍵詞，各關鍵詞之中介度中心性排序與頻率排序變化較大的關鍵詞部分，首先為中介度中心性排序低於出現頻率之關鍵詞，如「Legality Verification」之頻率排序為14位，但其中介度中

Table 1. Results of social network analysis of high frequency keywords.

Keyword	Frequency	Degree		Betweenness		k-core
		value	Rank diff.[2]	value	Rank diff.	
Illegal Logging	140 (1)[1]	43 (1)	0	292.9 (1)	0	9
Deforestation	35 (2)	26 (2)	0	44.5 (3)	-1	9
Indonesia	31 (3)	20 (7)	-4	16.7 (9)	-6	9
Forest Management	30 (4)	26 (2)	2	51.4 (2)	2	9
Conservation	25 (5)	20 (7)	-2	19.7 (7)	-2	9
Policy	24 (6)	22 (5)	1	34.0 (4)	2	9
Forest	21 (7)	19 (9)	-2	17.3 (8)	-1	9
Corruption	20 (8)	23 (4)	4	29.1 (5)	3	9
Governance	19 (9)	22 (5)	4	26.2 (6)	3	9
Certification	15 (10)	15 (12)	-2	13.1 (12)	-2	8
FLEGT	14 (11)	17 (10)	1	14.8 (10)	1	8
Logging	11 (12)	14 (15)	-3	11.2 (14)	-2	8
Remote Sensing	11 (12)	12 (18)	-6	6.1 (18)	-6	8
Protected Areas	10 (14)	12 (18)	-4	6.8 (17)	-3	8
Community Forestry	10 (14)	11 (20)	-6	3.4 (20)	-6	8
Tropical Forest	10 (14)	11 (20)	-6	9.1 (16)	-2	8
Legality Verification	10 (14)	10 (23)	-9	1.4 (32)	-18	8
REDD+	9 (18)	10 (23)	-5	1.9 (28)	-10	8
Vietnam	9 (18)	9 (26)	-8	1.9 (28)	-10	8
Timber	8 (20)	17 (10)	10	12.4 (13)	7	9
Biodiversity	8 (20)	13 (17)	3	2.7 (21)	-1	9
Voluntary Partnership Agreement	8 (20)	9 (26)	-6	1.7 (31)	-11	8
Decentralization	7 (23)	15 (12)	11	5.4 (19)	4	9
Land Use Change	7 (23)	15 (12)	11	11.1 (15)	8	8
China	7 (23)	10 (23)	0	2.0 (26)	-3	8
Southeast Asia	7 (23)	9 (26)	-3	2.6 (22)	1	8
Forest Degradation	7 (23)	8 (32)	-9	0.5 (38)	-15	8
International Trade	7 (23)	6 (35)	-12	0.6 (35)	-12	6
Landsat	7 (23)	6 (35)	-12	0.3 (40)	-17	6
Lacey Act	6 (30)	14 (15)	15	13.4 (11)	19	8
Land Tenure	6 (30)	11 (20)	10	2.2 (25)	5	8
Cameroon	6 (30)	9 (26)	4	2.3 (24)	6	8
Monitoring	6 (30)	9 (26)	4	1.1 (33)	-3	8
Law Enforcement	6 (30)	8 (32)	-2	0.6 (35)	-5	8
EUTR	6 (30)	7 (34)	-4	1.8 (30)	0	6
Wood Products	6 (30)	6 (35)	-5	0.6 (35)	-5	6
Ghana	5 (37)	9 (26)	11	2.5 (23)	14	8
Cambodia	5 (37)	6 (35)	2	0.5 (38)	-1	6
Environment	5 (37)	6 (35)	2	0.0 (42)	-5	6
Brazil	5 (37)	5 (40)	-3	0.9 (34)	3	4
CITES	5 (37)	5 (40)	-3	2.0 (26)	11	4
Ecuador	5 (37)	4 (42)	-5	0.1 (41)	-4	4
Timber Tracking	5 (37)	3 (43)	-6	0.0 (42)	-5	3
Wood Identification	5 (37)	2 (44)	-7	0.0 (42)	-5	2

Notes: [1] Rank of each item, [2] Difference in rank of frequency.

Table 2. Keyword co-word pairings with a frequency greater than 5

Keyword		Frequency
Illegal Logging	Deforestation	16
Illegal Logging	Corruption	14
Illegal Logging	Indonesia	14
Illegal Logging	Forest Management	13
Illegal Logging	Policy	12
Illegal Logging	FLEGT	10
Illegal Logging	Forest	9
Illegal Logging	Governance	9
Illegal Logging	Certification	8
Illegal Logging	Tropical Forest	8
Illegal Logging	International Trade	7
Illegal Logging	Legality Verification	7
Policy	Deforestation	7
Policy	Corruption	6
Illegal Logging	Wood Products	6
International Trade	Wood Products	6
Illegal Logging	CITES	5
Corruption	Deforestation	5
Corruption	Timber	5
Policy	Forest Management	5
Illegal Logging	Lacey Act	5

心姓排序則為32位，「Forest Degradation」以及「Landsat」之頻率排序23位，但中介度中心性排序分別為38及40位；而中介度中心性排序較出現頻率排序高的關鍵詞有如「Lacey Act」，其頻率排序為30位，但中介度中心性排序提升至11位，或如「Ghana」之頻率排序37位，但中介度中心性排序提升至23位。

(三) k-核

最後透過k-核分析之結果，可以快速判斷關鍵詞網絡中關係較密切的關鍵詞群(Fig. 2)，結果顯示本研究分析44個關鍵詞所組成之網絡k值最高為9，包含有「Illegal Logging」、「Deforestation」、「Indonesia」及「Timber」等12個關鍵詞，同時有33個關鍵詞之k值達到8以上，表示此33個關鍵詞中每個關鍵詞至少與8個其它關鍵詞有直接連結。

討論

高頻關鍵詞共詞網絡特性

根據本研究篩選關鍵詞之出現頻率，以及透過社會網絡分析之程度中心性、中介度中心性和k-核等3項指標分析結果(Table 1)，各關鍵詞之出現頻率與3項指標大致呈現正相關，例如出現頻率最高的前兩名為「Illegal Logging」與「Deforestation」，同時此2關鍵字之程度中心性與中介度中心性亦為最高之前兩名，表示其不僅為常被研究之主題，並且與其他高頻率關鍵詞間的重要性與關連性有強度的連結(Hanneman and Riddle 2005)。但亦有部分關鍵詞之出現頻率排名，與其程度中心性及中介度中心性排名不同，例如「Indonesia」、「Conservation」等關鍵詞之

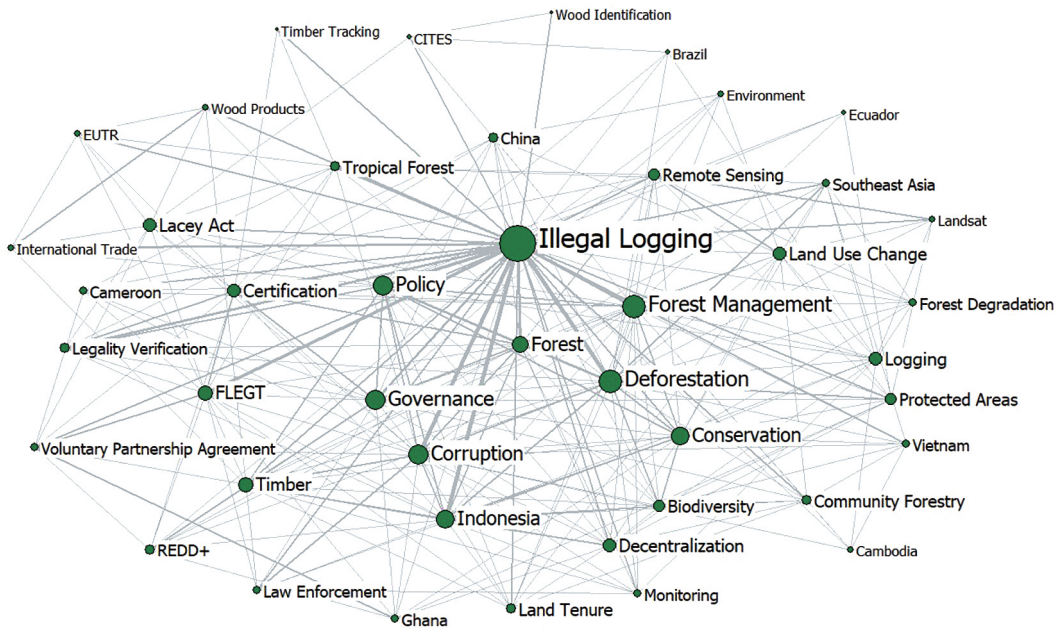

Fig. 1. Co-word network of keywords from research about "Illegal Logging". The size of circles indicates the degree of centrality of a keyword, and the thickness of the lines indicates the frequency of the co-word.

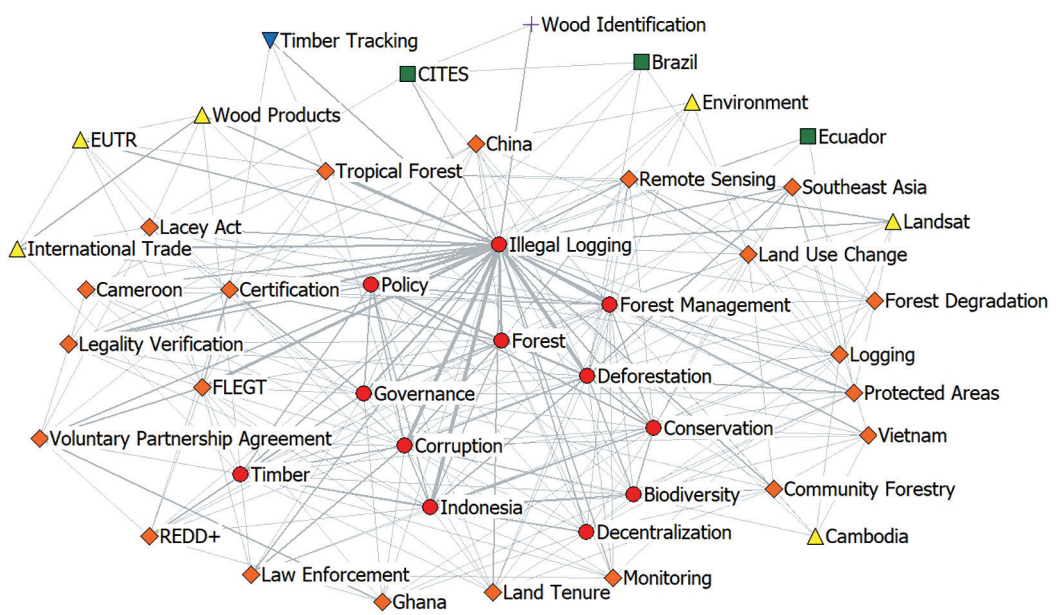

Fig. 2. K-core analysis of the keywords network, different symbol shapes represent the k value of each keyword. Circle: 9, Diamond: 8, Up Triangle: 6, Square: 5, Down Triangle: 3, Cross: 2.

出現頻率分別排名第3與第5，然而其程度中心性皆為第7名，中介度中心性為第9與第7名，表示此類關鍵詞出現頻率雖高，但相對與其他研究關鍵詞關連性反而較低。

而根據各篩選關鍵詞之k-核值分析結果，本研究44個關鍵詞中k-核值9之關鍵詞有12個，表示此群之12個關鍵詞，每個詞至少與9個同群之其他關鍵詞關聯，其中「Illegal Logging」、「Deforestation」、「Indonesia」、「Forest Management」、「Conservation」、「Policy」、「Forest」、「Corruption」以及「Governance」等，亦是出現頻率最高的前9名關鍵詞，各關鍵詞的關係越緊密，為非法伐採相關研究中具有高關聯性的核心關鍵字群(Chen et al. 2016)。此外，本研究44個關鍵詞中有21個關鍵詞k-核值為8，即整體有四分之三之關鍵詞k值為8以上，僅2個關鍵詞之k-核值為3以下，顯示非法伐採相關研究之高頻關鍵詞之間具有高度之關聯性，亦表示有關非法伐採之研究論文重要主題間彼此具有密切的關係。

非法伐採相關研究重要主題特性

根據各關鍵詞之社會網絡分析指標結果，可以探討有關非法伐採相關研究重要主題之特性。首先根據程度中心性之結果，當一關鍵詞之程度中心性越高時，代表其關鍵詞為非法伐採研究中常共同探討或比較的對象(Borgatti and Everett, 2006)，再結合各關鍵詞之出現頻率資訊，當一關鍵詞之出現頻率排序高於其程度中心性時，例如本研究之「Indonesia」、「Conservation」、「International Trade」及「Landsat」等關鍵詞，表示該關鍵詞雖然常被研究探討，但與其他關鍵詞的關聯程度卻不如它出現頻率的程度，顯示相關之關鍵詞為較獨立之研究主題或工具等；反之，當一關鍵詞之程度中心性排序大於出現頻率時，例如本研究篩選關鍵詞中「Timber」、「Decentralization」、「Land Use Change」、「Lacey Act」、「Timber Tenure」及「Ghana」等詞，代表這些關鍵詞雖然出現之次數相對較低，但他們的相關字詞的連接程度高，也就是在相關研究主題裡的關鍵程度反而較高，可視為為非法伐採相關研究主題所共同關注之重點。

而藉由中介度中心性分析結果，可以找出於關鍵詞網絡中，連結兩群關鍵詞的中介腳色，以研究論文之關鍵詞網絡而言，高中介度中心性之關鍵詞本身可能屬於一般性的研究對象，或者被廣泛使用的研究方法、地點或分析工具等，且位於其兩端之關鍵詞之間可能沒有直接的關係(Hong et al. 2016)。

由於某些關鍵詞可能與其直接相連之關鍵詞數量較少，即其程度中心性較低，但卻是不同性質的兩群體間產生連結的重要腳色，例如本研究篩選關鍵字中「Lacey Act」與「Ghana」之中介度中心性排序即高於其頻率及程度中心性排序，亦即有許多不同領域之研究共同探討此二關鍵詞；而當一關鍵詞之出現頻率高，但中介度中心相對較低時，則可能為較特定領域的研究標的或方法等，可能是未來具跨領域研究與應用潛力的對象，例如本研究篩選關鍵字中「Legality Verification」、「Landsat」以及「Forest Degradation」為中介度排序低於出現頻率。

非法伐採相關研究重要共同探討主題

根據本研究篩選高頻關鍵詞之共詞結果(Table 2)，各詞組為非法伐採相關研究之關鍵詞中，最常被共同探討之項目。首先因本研究係以非法伐採為搜尋標的，因此共詞次數較高的關鍵詞均與「Illegal Logging」有關，包含次數最多之「Deforestation」達16次，其他與「Illegal Logging」共詞次數達10次以上的關鍵詞有「Corruption」14次、「Indonesia」14次，「Forest Management」13次、「Policy」12次以及「FLEGT」10次，為相關研究同時探討之主題。經進一步檢視共詞次數最高之「Illegal Logging」及「Deforestation」同時出現之關鍵詞，主要為「Corruption」、「Policy」與「Governance」等，即非法伐採相關研究主要探討與毀林、貪腐、政策與治理等主題。而其他與非法伐採共同探討之主題還包括如認證、國際貿易及合法性等，都是常被共同探討的研究主題。而觀察其他非與「Illegal Logging」共詞之詞組中，相關之研究

主題上包含如「International Trade」、「Wood Products」與「Forest Management」等，即非法伐採相關之研究中針對木材產品之國際貿易，以及與森林經營之關係同樣是常被探討的重點方向。

綜合結果

本研究藉由蒐集有關非法伐採研究之高出現頻率關鍵詞，並運用社會網絡分析了解關鍵詞間之關係，完成有關非法伐採研究之重點主題，以及常被共同研究之主題探討。藉由高出現頻率關鍵詞之共詞頻率，以及社會網絡分析指標之程度中心性、中介中心性與k-核等4種衡量指標結果，了解各關鍵詞受關注程度與相互之關係。結果於有關非法伐採之研究篩選出44個高出現頻率關鍵詞，其中最核心關鍵詞為「Illegal Logging」、「Deforestation」、「Indonesia」、「Forest Management」、「Conservation」、「Policy」、「Forest」、「Corruption」、「Governance」、「Timber」、「Biodiversity」、「Certification」與「FLEGT」等，這些關鍵詞不僅在相關文獻中出現頻率較高，且在關鍵詞網絡中有較強的中心性，彼此間的連結和影響力強，為非法伐採研究中的重要探討主題。

結論

(一) 本研究篩選非法伐採相關研究之高頻關鍵詞，運用共詞分析建立非法伐採研究高頻關鍵詞網絡，並透過社會網絡分析指標（包括程度中心性、中介度中心性以及k-核等），完成國際有關非法伐採研究的重要主題和結構探討。

(三) 研究發現非法伐採相關研究之高頻關鍵詞亦為核心研究主題，如「Illegal Logging」、「Deforestation」、「Forest Management」、「Corruption」、「Governance」及「Policy」等。而最常與非法伐採共同探討之主題為「Deforestation」、「Corruption」、「Indonesia」、「Forest Management」、「Policy」以及「FLEGT」等。

(三) 此外，本研究亦發現非法伐採相關研究之高頻關鍵詞之間具有高度之關聯性，於44個高頻關鍵詞中，有33個關鍵詞k-核值為8以上，表示有關非法伐採之研究主題間彼此具有密切的關係。

(四) 本研究完成分析之非法伐採相關研究各核心主題，不僅反映了過去有關非法伐採研究的重點，也提供不同關鍵詞之間的交互關係，可作為未來相關研究方向具體的參考。

引用文獻

APEC. 2012. Fact sheet: APEC leaders commit to protect the environment. The American Presidency Project. Retrieved September 23, 2024 from https://www.presidency.ucsb.edu/documents/fact-sheet-apec-leaders-commit-protect-the-environment

Bao S, Yang XY, Tang J, Wu JL, Mu DZ. 2014. A co-word analysis of current research on neonatal jaundice. Chin J Contemp Pediatr 16(8):820-823. [in Chinese with English summary].

Besselaar PVD, Heimeriks G. 2006. Mapping research topics using word-reference co-occurrences: A method and an exploratory case study, Scientometrics 68(3):377-393.

Borgatti SP, Everett MG, Freeman LC. 2002. Ucinet for Windows: Software for Social Network Analysis. Havard. MA: Analytic Techonologies.

Borgatti SP, Everett MG. 2006. A graph-theoretic perspective on centrality. Social Networks, 28(4):466-484.

Brack D, Marijnissen C, Ozinga S. 2002. Controlling Imports of Illegal Timber: Options for Europe. FERN, Brussels. http://www.fern.org.

Callon M, Law J, Rip A. 1986. Mapping the dynamics of science and technology.

Basingstoke: Macmillan. 242p.

Chen X, Chen J, Wu D, Xie Y, Li J. 2016. Mapping the research trends by co-word analysis based on keywords from funded project. Procedia Computer Science 91:547-555.

Chu JW, Guo CX. 2011. General principles of co-words analysis method and achieved by EXCEL. Info Science 29(6):931-934.

Dieter M. 2009. Analysis of trade in illegally harvested timber: accounting for trade via third party countries. Forest Pol Econ 11(8):600-607.

Ding Y, Chowdhury G, Foo S. 2001. Bibliometric cartography of information retrieval research by using co-word analysis. Information Processing and Mgmt 37(6):817-842.

Fang YS, Lee LS. 2014. A comparison of research orientations between domestic and international technology education theses and dissertations in 1994-2013. J Tech Mgmt 19(3):33-62. [in Chinese with English summary].

Hanneman RA, Riddle M. 2005. Introduction to social network methods. Riverside, CA: University of California.

Haunschild R, Bornmann L, Marx W. 2016. Climate Change Research in View of Bibliometrics. DOI:10.1371/journal.pone.0160393,1-19

Hong Y, Yao Q, Yang Y, Feng JJ, Wu SD, Ji WX, Yao L, Liu ZY. 2016. Knowledge structure and theme trends analysis on general practitioner research: A Co-word perspective. BMC Family Practice 17(10):1-15.

Koyuncu C, Yilmaz R. 2009. The impact of corruption on deforestation: a cross-country evidence. J. Dev. Areas 42 (2), 213–222.

Lee CF, Chen CM, Tseng YH. 2013. Subject Analysis on the Field of E-Learning Research. J Edu Media and Lib Science 50(3):319-354. [in Chinese with English summary].

Lin JC, Wang PJ, Chan WH. 2018. Exploring main theme and structures in Taiwan forestry research journal from 2008 to 2017 using co-word and social network analysis. Q J For Res 51(3):217-229. [in Chinese with English summary].

Lu F, Fuhai L. 2006. Development of theoretical studies of co-word analysis. J Libr Sci China 2:88-92.

Nardi P, Di MG, Palahi M, Scarascia MG. 2016. Structure and Evolution of Mediterranean Forest Research: A Science Mapping Approach. PLoS One 11(5): e0155016. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155016

Nellemann C, Henriksen R, Kreilhuber A, Stewart D, Kotsovou M, Raxter P, et al. 2016. The Rise of Environmental Crime–A Growing Threat to Natural Resources, Peace, Development and Security. A UNEP-INTERPOL Rapid Response Assessment, United Nations Environment Programme and RHIPTO Rapid Response–Norwegian Center for Global Analyses.

Ottitsch A, Moiseyev A, Burdin A, Kazusa L. 2005. Impacts of reduction of illegal logging in European Russia on the EU and European Russia Forest sector and trade. European Forest Institute, Technical Report 19. 131p.

Ritzhaupt AZ. 2010. Learning Object Systems and Strategy: A Description and Discussion. Interdiscip J E-Learn Learn Objects 6(1):217-238.

Uddin S, Hossain L, Abbasi A, Rasmussen K. 2012. Trend and efficiency analysis of co-authorship network. Scientometrics 90:687-699.

Watson A. 2006. The proposed New Zealand

approach towards addressing illegal logging and associated trade activities. Wellington: Ministry of Foreign Affairs.

Wellman B. 1996. For a social network analysis of computer networks: a sociological perspective on collaborative work and virtual community. Proceedings of the conference on ACM SIGCPR/SIGMIS conference 1-11.

Zhao L. 2014. Mapping knowledge domains of international knowledge integration outputs, 2007-2012. International conference on construction and real estate management.

Zhou JI, Sun T, Chen T. 2007. Co-Word Visualization: A Case in Human Genome Domain. Info Science 26(4):532-537. [in Chinese with English summary].