

敘述/系統回顧/元分析

## 追蹤醫療保健的區塊鏈挑戰：主題建模與文獻計量分析

Mohammad Mehraeen, PhD , and Laya Mahmoudi, PhD Candidate 

管理系, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran 通信作者: Laya Mahmoudi, 電子郵件

件: laya.mahmoudi@mail.um.ac.ir DOI: <https://doi.org/10.30953/bhty.v7.335>

Keywords: bibliometric analysis, blockchain application, healthcare, Latent Dirichlet Allocation, topic modeling

### 摘要

區塊鏈技術在醫療保健領域的應用有望為一些與資料共享、隱私、安全和存取控制相關的關鍵挑戰提供解決方案。然而，有幾個障礙妨礙了區塊鏈的廣泛應用，並促使研究工作的進行。本研究旨在對 Scopus 資料庫中索引的 196 篇文件進行文獻計量分析，以檢視其結構、影響力、撰稿人和期刊。文獻計量分析提供了出版和引文結構的資訊，以及最有成果的作者、大學、國家、期刊和最常被引用的研究。此外，它還可以識別出關於醫療保健中區塊鏈挑戰的最常見關鍵字及其共現模式。此外，還使用 Latent Dirichlet Allocation (LDA) 的主題建模方法來揭示這些文獻的潛在主題結構。根據這些研究結果，我們定量分析了此領域的研究現況，並找出有關在醫療照護領域使用區塊鏈的六大挑戰：資料隱私/安全性、與智慧型裝置整合、互操作性、可擴充性、治理與成本。

### 簡明語言摘要

儘管區塊鏈技術具有改善醫療保健的潛力，但其廣泛應用仍然有限。本研究檢視針對醫療照護中的區塊鏈挑戰所進行的研究。本研究對 196 項研究進行文獻分析，以釐清此研究領域的現況。此外，還使用主題建模技術來識別主要挑戰：資料隱私/安全性、與智慧型裝置的整合、互通性、可擴充性、治理與成本。這項分析顯示，就其主題大小而言，資料隱私/安全性以及與智慧型裝置的整合是最主要的挑戰。這些發現提供了區塊鏈在醫療照護方面所面臨障礙的完整概觀，並強調了未來研究的領域。

提交: 2024 年 7 月 8 日; 接受: 2024 年 8 月 25 日; 發表: 2024 年 12 月 20 日

上世紀，醫療照護領域的科技進步為該產業帶來了重大的革命。隨著網際網路的進步和使用的增加，線上通訊系統成為不同使用者的優先考量<sup>(1)</sup>因此產生越來越多的個人健康資料。因此，醫療保健產業面臨著重大的挑戰，需要妥善管理和安全檢索大量的資料來解決這個問題。然而，健康資料大多無法存取、各系統之間未標準化，而且難以理解和使用、

更明顯的是，由於病患資料分散在醫療照護產業的價值鏈中，且資訊分享受到多層次的許可控制，因此重要資料在需要時並不總是可以存取。為了因應這項挑戰，區塊鏈技術因其在醫療保健領域的潛在應用而備受關注。

區塊鏈技術提供了一個異常跨親屬和安全的資訊交換系統，洩漏或修改安全系統的風險極低。在區塊鏈中，資訊的多個複本

<sup>3</sup>因此，這種依賴許多節點在網路上執行不同角色的分散式系統，可以確保其完整性、安全性、一致性和可靠性。

<sup>4</sup>鑑於區塊鏈技術為醫療照護產業帶來了挑戰，本研究透過採用文獻指標分析提供該領域的概況，並採用基於主題建模的文字分析方法來識別特定挑戰，從而追溯並分析這些挑戰。

本研究的目標有二：

1. 量化並分析醫療照護區塊鏈挑戰領域的研究成果、影響力與合作模式。
2. 識別該領域的主要貢獻者、有影響力的出版物和主要期刊。

為了利用主題建模技術發掘文獻中討論的主要主題和挑戰，本文的組織如下：第 2 節介紹針對目標主題所進行的相關工作。第 3 節討論本研究使用的方法。第 4 節介紹書目分析與主題偵測的結果。第 5 節提供討論與結論。

區塊鏈技術作為一項嶄新的技術發展，引起了研究人員的濃厚興趣，並發表了多份研究報告，探討其在醫療保健領域的創新潛力和多樣化應用。<sup>4</sup>儘管區塊鏈在醫療領域具有轉型潛力，但也面臨挑戰，促使研究人員從不同觀點廣泛探討這些挑戰。<sup>5</sup>因此，在過去幾年中，已有多篇系統性文獻綜述和總結了針對區塊鏈在醫療保健領域的應用和挑戰的各項研究結果。

提供全面分析的文獻指出，區塊鏈技術不僅有助於增強健康記錄的安全性、隱私性、資料分享和存取控制，同時也面臨擴充性、互操作性、儲存和成本等挑戰（表 1）。在這些更具體的評論中，<sup>5</sup>重點在於針對特定的挑戰類別，例如可擴充性，找出並提出潛在的解決方案。

## 研究方法

本研究採用的方法架構如圖 1 所示。資料的詳細說明

以下各小節將介紹使用文獻計量和主題建模工具進行資料擷取、準備和分析的過程。

### 資料蒐集

本研究專注於醫療照護領域中的區塊鏈挑戰，採用嚴格的資料蒐集程序，資料來自 Elsevier 的 Scopus 資料庫，該資料庫廣泛涵蓋學術文獻。Scopus 的主要優勢之一是能夠將書目資訊分門別類、編輯擷取的資料，並自動分析這些資訊。為了尋找刊物，我們使用了區塊鏈、挑戰和健康照護等關鍵字的不同組合，以確保相關研究的涵蓋範圍越廣越好。搜尋工作於 2024 年 2 月進行，僅基於文章標題和關鍵字，利用邏輯「OR」運算符來處理與挑戰、健康照護和不同形式區塊鏈相關的同義詞彙，所有這些詞彙都由三個「AND」條件連結：

(「blockchain」或「block-chain」) AND (「healthcare」或「medical」或「health」) AND (「challenge」或「obstacle」或「issue」或「barrier」)

搜尋結果共獲得 196 篇文章。這些以英文撰寫的刊物包括文章、評論和會議論文，都是在 2017 年至 2023 年間發表。為了進行分析，我們將所蒐集文件的相關細節匯出至 CSV (Comma Sepa-rated Values) Excel 檔案。

### 文獻計量分析

在本研究中，我們採用文獻計量方法來分析最重要和最常見的指標。根據 Goodell 和 col-leagues 所概述的方法，<sup>13</sup>我們進行了全面的書目計量分析，以檢視出版與引文結構，找出最有成果的作者、大學與國家，強調引文數最高的研究，確定最有成果的期刊，並執行關鍵字出現與共現分析。此外，共現分析是使用 VOSviewer 進行可視化，其介面簡單易用，可提供作者與索引關鍵字及其共現概觀。此外，我們也使用此軟體建立各國間共同作者關係的網路圖，以說明各國在出版學術刊物上的合作程度。

### 主題建模：資料準備與分析

對於主題分析，收集到的資料必須在第一步透過一系列程序進行預處理，以提供

表 1. 有關醫療照護區塊鏈的文獻回顧摘要。

研究	研究目標	研究方法	資料來源	涵蓋年份/文章 (N)	主要發現
AbuHalimeh & Ali <sup>6</sup>	在醫療保健領域使用區塊鏈技術時，進行全面審查以識別與資料品質相關的挑戰。	(6)進行全面的檢視，找出在醫療保健中使用區塊鏈技術時，與資料品質相關的挑戰。	Scopus, ACM, Emerald, Science Direct, Web of Science, IEEE	2016-22 (49)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 區塊鏈在醫療保健領域的應用圍繞數據質量、分類技術、採用和操作因素提出了重大挑戰。</li> </ul>
Singh 等人 <sup>7</sup>	檢視區塊鏈技術及其在醫療照護中的應用，包括挑戰、比較與可能的解決方案。	回顧	Scopus, IEEE Xplore, ScienceDirect, ACM Digital Library, and SpringerLink	不適用 (84)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 安全性、隱私、互操作性和資料分享是目前醫療照護系統所面臨的挑戰；區塊鏈可解決這些問題。</li> <li>• 可擴充性、隱私、管理、標準、所有權和成本是採用區塊鏈醫療保健的挑戰。</li> </ul>
塔赫多斯特 <sup>8</sup>	回顧區塊鏈隱私與安全在醫療保健領域的研究，重點在於實務應用與挑戰。應用與挑戰。	邏輯	Scopus	2017-22 (65)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 區塊鏈在醫療保健領域的應用越來越多，可以用於控制醫療記錄的存取、分享數據和增強隱私。</li> <li>• 區塊鏈的採用面臨多項挑戰，包括可擴展性和互操作性。</li> </ul>
Kumar 等人 <sup>9</sup>	檢視由人工智慧驅動的醫療照護區塊鏈應用及其挑戰。	SLR 與 Meta 分析 (PRISMA)	IEEE Xplore, PubMed, ScienceDirect, Google Scholar, Web of Science, DOAJ, ResearchGate	2012-22 (100)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 醫療記錄，包括健康資料，可以安全地儲存並使用區塊鏈技術共享。</li> <li>• 區塊鏈和人工智能在醫療保健領域有一些公開的挑戰（例如隱私、頻寬、法規和信任）。</li> </ul>
Sharma 等人 <sup>10</sup>	綜合概述不同領域中基於區塊鏈的應用，以確定未來的挑戰和方向。不同領域的區塊鏈應用的綜合概述，以確定未來研究的挑戰和方向。研究方向。	邏輯	谷歌學術	2015-19 (161)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 區塊鏈最常用於物聯網、雲儲存和醫療保健。</li> <li>• 與區塊鏈相關的應用挑戰包括儲存、可擴充性、隱私和安全性。</li> </ul>
Agrawal 等人 <sup>1</sup>	回顧了 10 種區塊鏈應用程式和工具，針對可擴充性、不可變性、穩健性、網路延遲、可聽性及可追蹤性等問題。	SLR	IEEE Access, IEEE Transactions, ACM Computing Surveys, Computers & Security, Future Generation Computer Systems	2017-22 (>150)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 基於區塊鏈的應用已確定：學術、航空、銀行、汽車共享、電子投票、醫療保健、物聯網、知識產權和供應鏈、電子投票、醫療保健、物聯網、智慧財產權和供應鏈。</li> <li>• 可擴充性、延遲、儲存開支、安全性弱點、缺乏隱私、高能耗、互操作性問題、可用性問題，以及法規不確定性，都是區塊鏈技術所面臨的挑戰和尚未解決的問題。</li> </ul>

續

表 1.(續) 有關區塊鏈在醫療保健領域的文獻評論摘要。

研究	目標	研究方法	資料來源	涵蓋年份/文章 (N)	主要結果
Ratta 等人 <sup>11</sup>	分析區塊鏈與物聯網整合在醫療照護領域的應用，找出挑戰與建議的解決方案。障礙和建議的解決方案。	SLR	IEEE, Elsevier, Springer	2016-21 (30)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 區塊鏈可以通過提供去中心化、透明度和安全性來減輕物聯網在醫療保健領域的脆弱性。</li> <li>• 醫療照護區塊鏈物聯網解決方案面臨的挑戰包括互操作性、可擴展性、儲存時間、標準化，以及讓臨床醫師和病患共享資訊。</li> </ul>
Khatri 等人 <sup>12</sup>	針對在醫療照護產業實施區塊鏈解決方案的挑戰與趨勢進行全面分析。	SLR	IEEE Xplore、Science Direct、Springer Link、ACM Digital Library、PubMed	2015-20 (50)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 專注於資料分享、EHR、存取控制和臨床試驗等領域，是區塊鏈醫療保健研究的發展趨勢。</li> <li>• 在醫療保健領域使用區塊鏈的主要挑戰包括安全性、隱私、可擴展性、互操作性、速度、專業知識的缺乏，以及醫療保健基礎設施的高成本。醫療基礎設施的高成本。</li> </ul>
Mazlan 等人 <sup>5</sup>	對基於區塊鏈的醫療保健應用程式所面臨的可擴展性挑戰及潛在解決方案進行系統審查	SLR	IEEE、ACM、PubMed	-(41)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 確定了可擴展性的主要挑戰：區塊大小、大量資料、交易數量和通訊協定限制。</li> <li>• 提出了 16 種解決方案，並將其分為三類 儲存最佳化 (3 個解決方案) 和區塊鏈重新設計 (13 個解決方案)。</li> </ul>

ACM: Association for Computing Machinery; AI: 人工智慧; IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers; DOAJ: Directory of Open Access Journals; IPR: Intellectual Property Rights; IoT: 物聯網; N/A: 無法取得; SLR: 系統性文獻評論。

已清理的語料庫。本研究利用 CSV 檔案中儲存的 196 篇文章的標題、摘要和關鍵字。為此，資料集中的所有文字資料都轉換成小楷，這個過程稱為小楷轉換，對於避免因大楷變化而重複表示相同的字是非常重要的。此舉可達到語料庫的一致性和統一性。之後，會對主題建模過程造成干擾的特殊字符和標點符號會從文字中移除。為了進一步精細資料集，並強調更相關、資訊更豐富的詞彙，資料集中剔除了常見的停止詞「the」、「and」和「in」。透過這個步驟，主題建模的過程可以在計算開銷方面得到合理化。

此外，還應用了字根化和詞彙化技術來規範化文字資料。字根化過程會將單字轉換為其字根形式，而詞彙格式化則將單字轉換為其基本形式。透過彙整同一詞彙的變體，這兩種技術提高了資料集的品質，並改善了語料庫的表現。

#### 主題偵測: Latent Dirichlet Allocation

在主題偵測方面，Latent Dirichlet Allocation (LDA)<sup>13</sup> 最廣泛使用的主題建模演算法之一，<sup>14</sup> 用來辨識主要的主題。LDA 所依據的假設是，語料庫中的每篇文件都以不同比例包含數個不同的主題<sup>15</sup>，每個主題都代表一組固定字詞的概率分布。在此假設的基礎上，LDA 演算法從文獻間字詞的共生模式中，建立出語料庫的潛在主題結構<sup>16</sup>。

在本研究中，為了實現以 LDA 為基礎的主題建模，我們將前處理步驟所得到的文字語料，轉換成文書詞彙矩陣(Document-Term Matrix, DTM)，作為 LDA 演算法的輸入。透過這樣的轉換，可以創造出數字格式的語料庫，讓 LDA 能夠有效率地辨識潛在主題及其字詞分佈。<sup>17</sup> 因此，本研究使用 Coherence score 作為識別最佳主題數量的指標。

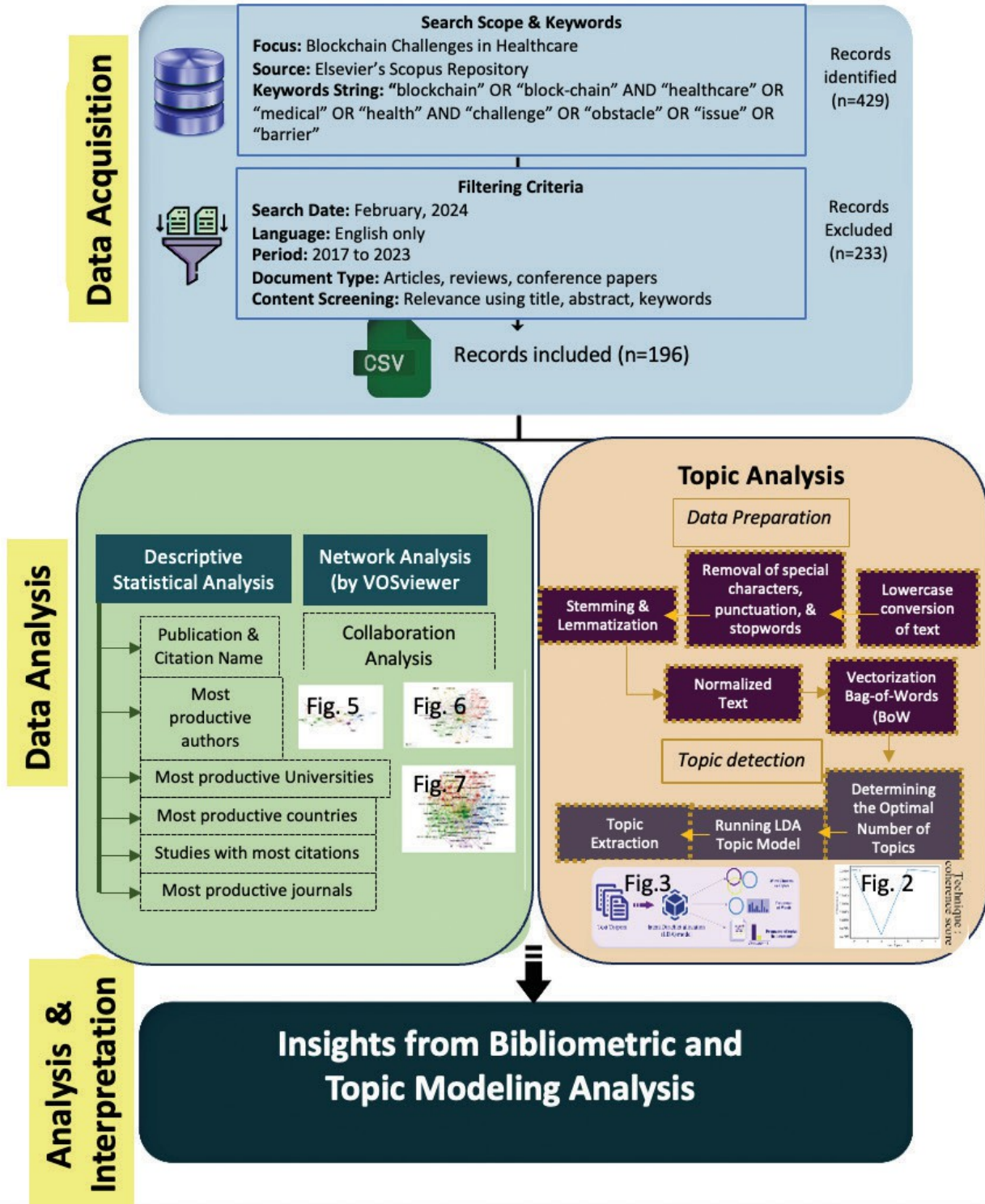


圖 1. 書目計量與主題建模分析的研究架構。請參閱圖 2、圖 3、圖 5、圖 6 及圖 7，以瞭解本圖中顯示的詳細散點圖及說明。

的主題。在一致性計算中，會檢查構成主題的字詞是否一致。一致性分數越高，表示主題的品質越高，<sup>18</sup>主題的可解釋性越好。最佳的

主題的最佳數量為 6 個，由一致性分數決定（圖 2 和表 2），這表示一致性曲線的彎頭，增加 6 個以上的主題並沒有顯著改善一致性。

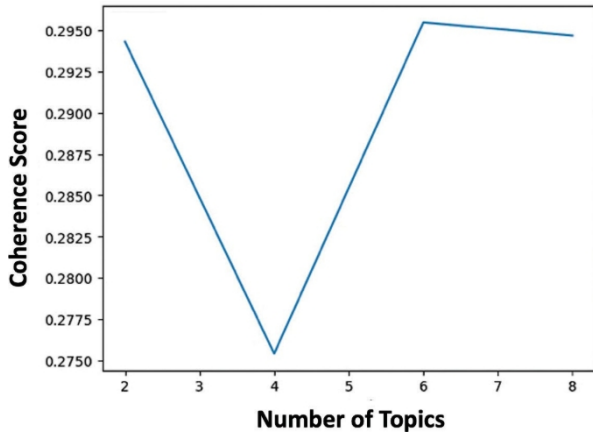


圖 2. Latent Dirichlet Allocation 的一致性分數。請參閱圖 1 以瞭解更多背景。

表 2. 依主題數量計算的一致性分數。

主題 (n)	一致性得分
2	0.2943
4	0.2754
6	0.2955
8	0.2947

圖 3 說明使用 Dirichlet 分佈來表示主題和字詞分佈的 LDA 主題模型結構。<sup>19</sup>在語料庫層面， $\alpha$  和  $\beta$  是全局參數，分別代表主題在各文件間的分佈和每個主題的字詞分佈。 $\theta$ 參數、

是文件層級的變數，表示特定文件中的主題比例。最後，變數  $z$  和  $w$  對應於字詞層級，其中  $z$  指定分配給特定字詞的主題，而  $w$  代表與特定主題相關的字詞。

**結果**

*出版與引文結構*

表 3 列出了在醫療保健領域中發表的論文數量資訊，重點是區塊鏈挑戰以及這些文章中出現的一般引文結構。圖 1 也描繪了這些資訊，顯示自 2017 年以來此主題的發表篇數與引用次數趨勢。從 2017 年的一篇刊物開始，早年間有穩定的成長，比前一年的產量增加了一倍以上。2021 年的出版物達到 48 篇，並顯示出顯著的躍升。產量的上升趨勢持續到 2022 年和 2023 年。

如圖所示，為研究區塊鏈在醫療保健領域面臨的挑戰而進行的論文發表數量正在明顯增長。還有證據表明，絕大多數高引用率的論文都是在 2019 年至 2021 年期間發表的。具體來說，表 3 和圖 4 顯示，前 2 年的引文量穩步增加，隨後在 2019 年顯著增加至 1,695 篇。在此高峰期之後，隨後幾年出現快速下降的趨勢。具體而言，約有 4.5% 的文章獲得超過 150 次的引用，3.5% 的文章超過 100 次，7.14% 的文章超過 20 次，14.79% 的文章超過 10 次，9.69% 的文章超過 5 次，近 24% 的文章獲得超過 1 次的引用。

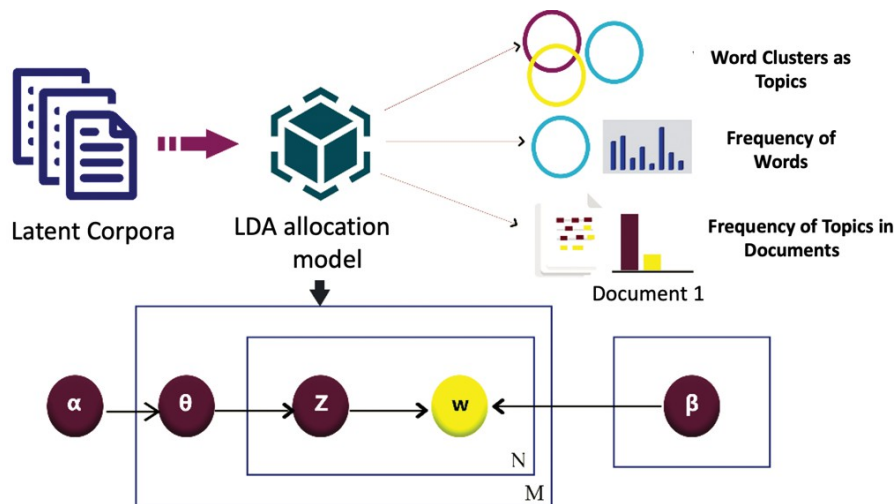


圖 3. Latent Dirichlet Allocation (LDA) 模型的圖形表示。更詳細的內容請參閱圖 1：主題比例的 Dirichlet 超參數； $\theta$ ：每個文件的主題比例； $z$ ：每個字詞的主題分派； $w$ ：觀察到的字詞； $\beta$ ：主題字詞分佈； $M$ ：文件編號； $N$ ：特定文件中的字詞編號。

表 3. 針對醫療照護中區塊鏈挑戰的研究的一般引文結構。

年份	>150	>100	>50	>20	>10	>5	>1	總研究	總引用次數
2017	1	0	0	0	0	0	0	1	247
2018	0	1	3	1	0	0	1	6	364
2019	4	1	1	1	3	1	2	13	1,695
2020	2	1	4	3	5	1	3	21	1,236
2021	2	2	6	7	8	6	12	48	1,352
2022	0	2	0	6	5	7	18	46	571
2023	0	0	0	4	8	4	11	57	336

資料於 2024 年 2 月根據 Scopus 進行檢索；數值 >150、>100、>50、>20、>10、>5 及 >1 表示每項研究獲得的引用次數。

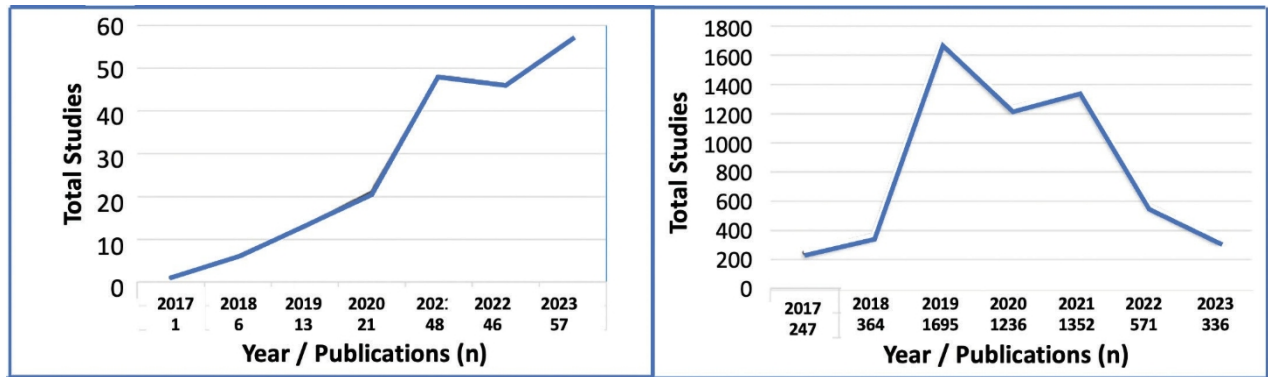


圖 4. 針對區塊鏈在醫療保健領域的挑戰進行研究的出版物和引文趨勢。

最有成果的作者

表 4 列出了研究醫療保健中區塊鏈挑戰的 10 位最有成果的作者。此表顯示了高產出作者在此主題上發表了多少篇研究，他們的研究獲得了多少次引用，以及他們在該領域的學術影響力和生產力。除了這些指標之外，我們也對每位作者在目標主題中的貢獻進行了評估，並考慮到在該領域中發表的文章數量與總發表數的比例，以及在總發表數中被引用的次數。

阿拉伯聯合酋長國哈里發大學的 Jayaraman 和 Salah 的研究成果引人注目，他們的研究成果被引用的次數眾多，顯示他們的貢獻很有影響力，平均引用次數佔總研究次數的 14.63%。如表 4 所示，引用次數最高的是印度塔帕爾工程技術學院的研究人員 Kumar 和美國得克薩斯大學聖安托尼奧分校的 Choo 所撰写的 7 篇研究報告。這反映出這些研究對其他研究的顯著影響，以及對該領域的重大貢獻。此外，美國俄亥俄州立大學的 Bhushan 擁有最大的 h-index，展現了其高品質的研究。

最具生產力的大學

表 5 列出了在医疗保健领域区块链挑战方面发表论文数量最多的前 10 所大学。除了製作和獲得引用的總數量之外，這些大學還在國家、QS World University Rankings 以及達到 50、100 和 150 引用門檻的論文數量方面進行了比較。如圖所示，印度的石油與能源研究大學 (University of Petroleum and Energy Studies) 和阿拉伯聯合酋長國的哈利法科技大學 (Khalifa University of Science and Technology) 發表的論文數量最高。在相同的發表篇數下，哈里發科技大學總共獲得 266 次引用，與石油與能源研究大學的發表篇數相較，可謂旗鼓相當。

出版物獲得的引用次數越多，表示其對知識進步的貢獻越顯著，顯示其在該領域的價值很高。事實上，德州大學聖安東尼奧分校 (University of Texas at San Antonio) 和塔帕爾工程技術學院 (Thapar Institute of Engineering & Technology) 分別以 843 次和 702 次的引用率，佔據最有影響力大學的前兩名，其次是尼爾瑪科技大學 (Nirma University Institute of Technology) 的 440 次引用率。除了各所大學在所針對領域發表的相關資訊外、

表 4. 醫療照護中區塊鏈挑戰研究最有成果的作者。

排名	作者	機構	TP	TC	TP/研究總數 (%)	TC/引文總數 (%)	H	>5	>20	>50	>100
1	Jayaraman, R.	阿聯酋哈利法大學	6	254	14.63	8.7	43	2	0	2	1
2	Salah, K.	阿聯酋哈利法大學	6	254	14.63	8.7	66	2	0	2	1
3	Ellahham, S.	阿聯酋阿布扎比克利夫蘭診所	5	121	12.20	4.2	32	2	0	2	0
4	Kumar, N.	印度塔帕爾工程技術學院	4	702	9.76	24.2	119	1	1	0	2
5	Tanwar, S.	印度尼爾瑪大學	4	436	9.76	15.0	72	2	0	0	1
6	Yaqoob, I.	澳洲查爾斯特大學	4	193	9.76	6.7	49	1	0	1	1
7	Bhushan, B.	美國俄亥俄州立大學	3	40	7.32	1.4	144	3	0	0	0
8	Choo, KKR.	美國德州大學聖安托尼奧分校	3	806	7.32	27.8	94	0	0	1	2
9	Kumar, A.	印度石油與能源研究大學	3	39	7.32	1.3	45	3	0	0	0
10	Mantas, G.	英國格林威治大學	3	55	7.32	1.9	23	2	1	0	0

資料於 2024 年 2 月根據 Scopus 進行檢索：H：h-index；TC：總引用次數；TC/total citations (%)：每位作者所獲得的總引用次數佔總引用次數的百分比；TP：總發表篇數；TP/total studies (%)：每位作者所發表的總發表篇數佔總發表篇數的百分比。數值 >150、>100、>50、>20、>10、>5 及 >1 表示每項研究獲得的引用次數。

表 5. 在醫療保健區塊鏈挑戰方面最有成果的大學。

排名	研究所、國家	TP	TC	TC/研究總數 (%)	TC/引用總次數 (%)	QS	>5	>20	>50	>100
1	印度石油與能源研究大學	7	44	14.89	1.43	901-950	3	0	0	0
2	阿聯酋哈利法科技大學	7	266	14.89	8.67	230	3	0	2	1
3	印度塔帕爾工程技術學院	5	702	10.64	22.88	951-1,000	1	1	0	2
4	印度尼爾瑪大學理工學院	5	440	10.64	14.34	不適用	4	0	0	1
5	阿聯酋阿布扎比克利夫蘭診所	5	121	10.64	3.94	不適用	1	0	2	0
6	美國德州大學聖安東尼奧分校	4	843	8.51	27.48	1,001-1,200	1	0	1	2
7	印度 Vellore 技術學院	4	50	8.51	1.63	851-900	5	0	0	0
8	馬來西亞布特拉大學	4	278	8.51	9.06	158	0	1	0	2
9	澳洲聯邦大學	3	247	6.38	8.05	791-800	0	1	1	1
10	澳洲查爾斯達文大學	3	77	6.38	2.51	601-610	2	0	1	0

資料於 2024 年 2 月根據 Scopus 檢索：QS：Quacquarelli Symonds 世界大學排名；TC：引用總次數；TC/total citations (%)：每位作者獲得的引用總次數相對於引用總次數的百分比；TP：發表總次數；TP/total studies (%)：每位作者發表的研究總次數相對於發表總次數的百分比。數值 >5、>20、>50、>100 表示每項研究獲得的引用次數。

從 QS World Universities Ranking 網站取得這些大學目前的世界排名，並依據 Quacquarelli Symonds (QS) 的排名進行呈現。如圖所示，專注於在醫療保健領域推進區塊鏈技術的頂尖大學和研究機構在 QS 世界大學排名中的排名範圍很廣，這顯示了不同程度的影響力和專業知識。在這方面，Universiti Putra

Malaysia 和 Khalifa

在這方面，馬來西亞布特拉大學 (Universiti Putra Malaysia) 和哈里發科技大學 (Khalifa University of Science and Technology) 的 QS 世界大學排名分別為 158 位和 230 位，比表 5 中的其他機構顯示出更強的全球影響力。

#### 最具生產力的國家

表 6 根據研究產出和影響指標，比較不同國家的學術貢獻。

表 6. 在醫療保健的區塊鏈挑戰方面發表論文最多的國家。

排名	名稱	TP	TC	TP/研究總數 (%)	TC/引文總數 (%)	>5	>20	>50	>100
1	印度	87	1,387	39.19	19.63	24	3	2	3
2	美國	28	1,839	12.61	26.03	7	3	8	5
3	巴基斯坦	18	651	8.11	9.22	7	3	1	2
4	英國	16	454	7.21	6.43	2	4	2	1
5	馬來西亞	15	421	6.76	5.96	3	2	1	2
6	沙特阿拉伯	11	520	4.95	7.36	5	1	0	2
7	南韓	10	178	4.50	2.52	4	2	1	0
8	澳洲	9	382	4.05	5.41	4	1	2	1
9	中國	9	931	4.05	13.18	2	4	1	2
10	阿拉伯聯合酋長國	9	301	4.05	4.26	1	2	2	1

資料於 2024 年 2 月根據 Scopus 進行檢索；TC：總引用次數；TC/總引用次數 (%)：每位作者所獲得的總引用次數相對於總引用次數的百分比；TP：總發表次數；TP/總研究次數 (%)：每位作者所發表的總研究次數相對於總發表次數的百分比；數值 >5、>20、>50、>100 表示每項研究獲得的引用次數。

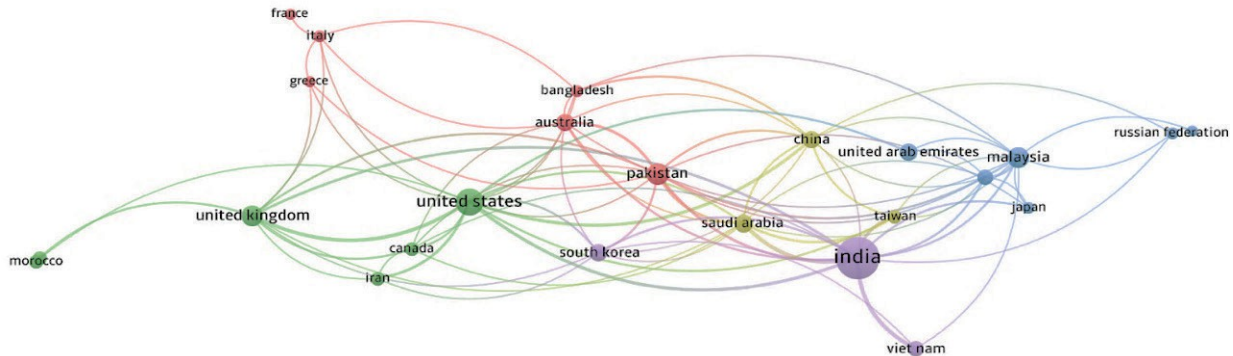


圖 5. 來自不同國家的研究人員之間的合作。更多背景請參閱圖 1。

有幾個指標可以用來比較列出的國家，包括論文總數、引用總數、相對於研究總數的出版貢獻比率，以及相對於引用總數的引用貢獻比率。此外，根據引文數超過指定臨界值 (>5, >20, >50, >100) 的論文數字，它也顯示了每個國家的高被引研究分布情況。

根據資料顯示，印度在發表論文數量與引用次數上都居於領先地位，顯示出顯著的研究影響力與產出。儘管美國的發表總數較少，但與印度相比，美國的發表獲得最多的引用次數，顯示其影響力較高。繼美國和印度之後，中國和巴基斯坦在特定領域的著作被引用次數分別排名第三和第四。

如表 6 所示，最有影響力的研究分別獲得超過 50 次和 100 次的引用，並由來自美國和印度的研究人員進行。其中，美國的貢獻尤其突出，有 13

在 13 篇文章中，有 8 篇文章的引用次數超過 50 次，5 篇文章的引用次數超過 100 次。相較之下，印度研究人員發表的 5 篇研究獲得超過 50 和 100 次引用，其中 2 篇超過 50 次引用，3 篇超過 100 次引用。很明顯，在有影響力的研究方面，美國居首，其次是印度。

另一方面，圖 5 則顯示不同國家的研究人員合作進行相關領域的研究。根據表 6 所提供的資訊，該重點領域的大部分著作都來自印度和美國，其次是巴基斯坦和英國。因此，每個國家發表的研究越多，代表他們的節點就越大。此外，邊緣表示國家之間的合作研究努力，邊緣越粗，合作就越緊密。此外，同一群組中的國家以不同顏色標示，表示這些國家之間有較高頻率的區域或主題合作。

表 7. 被引用次數最多的研究。

排名	標題	作者	出版者	年份	文件類型	TC (N)	TC/ 總引用率 (%)
1	區塊鏈在醫療保健領域的應用：研究挑戰與機遇	McGhin, T, et al.	學術出版社	2019	評論	517	17.99
2	從應用、挑戰和機遇的角度對區塊鏈進行調查	Monrat, AA, et al.	電機電子工程師學會	2019	回顧	516	17.98
3	區塊鏈用於工業自動化的 5G 物聯網：系統回顧、解決方案與挑戰	Mistry I, et al.	學術出版社	2020	文章	416	14.50
4	區塊鏈技術在醫療和保健領域的應用：挑戰與未來展望	Siyal AA, et al.	MDPI AG	2019	文章	279	9.73
5	大數據挑戰的區塊鏈解決方案：文獻回顧	Karafiloski E. & Mishev A.	Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.	2017	會議文件	247	8.61
6	區塊鏈在確保電子健康記錄系統安全和隱私方面的應用：調查	Shi S, et al.	Elsevier Ltd.	2020	評論	233	8.12
7	物聯網採用區塊鏈的調查：挑戰與解決方案	Uddin, MA, et al.	浙江大學	2021	評論	171	5.95
8	區塊鏈技術在未來醫療保健中應用的挑戰與機遇	Mackey TK, et al.	BioMed Central Ltd.	2019	文章	170	5.93
9	地理空間區塊鏈：健康與醫療照護的前景、挑戰與情境	Kamel Boulos MN, et al.	BioMed Central Ltd.	2018	編輯	167	5.82
10	區塊鏈和物聯網在醫療保健和醫療安全領域的應用：應用、挑戰與未來展望	Ratta P. et al.	漢達威有限公司	2021	評論	159	5.54

2024 年 2 月根據 Scopus 檢索資料;TC:總引文;TC/總引文 (%): 每位作者所獲得的總引文佔總引文的百分比。

\*Scopus分類的文件類型。

### 被引用次數最多的研究

表 7 列出了研究醫療照護中區塊鏈技術挑戰的引文數最高的部分學術出版物。觀察這張表格，我們可以識別出最重要、最有影響力、最受歡迎的區塊鏈醫療挑戰研究。

每篇論文被引用的總次數是進行排名的標準，然後按降序排列。如圖所示，McGhin 及其同事<sup>19</sup>於 2019 年在學術出版社發表的文章被引用次數最高，佔總引用次數的近 18%。除了討論區塊鏈在醫療保健領域的應用和好處之外，這篇文章還回顧了其部署過程中仍然存在的主要挑戰。結果發現並報導了五大挑戰：可擴展性、挖礦獎勵、區塊鏈特有的攻擊，以及金鑰管理/金鑰洩漏。另一項最常被引用的研究由 Monrat 及其同事<sup>20</sup>進行，並由電機電子工程師學會 (Insti-tute of Electrical and Electronics Engineers Inc.) 發表。作者進行了一項比較研究，以調查

在醫療保健領域實施區塊鏈時所面臨的挑戰。他們報告了五項挑戰，包括可擴展性、隱私、互操作性、能源消耗和法規問題。值得注意的是，如表 7 所示，被引用最多的兩篇文章都是評論類型。此外，從表中可以看出，被引用最多的前 10 項研究中有一半 (10 篇中有 5 篇) 也是評論文章。

### 最有成效的期刊

表 8 展示了所研究領域中生產率最高的 10 種頂尖期刊的績效指標概況。表 8 提供了已發表論文總數、總被引次數、H-指數、影響因子和 5 年影響因子等指標，以顯示期刊在學術界的影響力和知名度。就表 8 中期刊排名標準所考量的發表論文數量而言，《Journal of Network and Computer Applications》與《Sensors》的影響因子與 H-index 均值得注意，兩者的發表論文數量也最高。同樣地，期刊 Sensors 和 Lecture Notes in Networks and Systems

表 8. 醫療保健區塊鏈智慧最有成果的期刊。

排名	期刊名稱	TP	TC	TP/研究總數 (%)	TC/引文總數 (%)	H	IF	5Y-IF	>5	>20	>50	>100
1	網路與電腦應用期刊	6	754	14.63	62.4	129	8.7	7.3	1	1	3	1
2	感應器	6	83	14.63	6.9	219	3.9	4.1	1	2	0	0
3	網路與系統講義	6	7	14.63	0.6	27	0.54	不適用	0	0	0	0
4	IEEE 存取	4	65	9.76	5.4	204	4.82	4.676	1	1	1	0
5	IEEE 物聯網期刊	4	139	9.76	11.5	149	11.61	12.64	2	1	1	0
6	智慧系統與運算的進展	4	27	9.76	2.2	58	0.21	0.63	2	0	0	0
7	商業資訊處理講義	3	74	7.32	6.1	56	1.05	0.87	1	0	1	0
8	智能系統參考資料庫	3	25	7.32	2.1	35	0.85	0.66	3	0	0	0
9	EAI Springer 通訊與運算的創新	3	3	7.32	0.2	19	0.78	0.89	0	0	0	0
10	IEEE 生物醫學與健康資訊學期刊	2	35	4.88	2.9	146	8.33	7.38	1	1	0	0

資料於 2024 年 2 月根據 Scopus 進行檢索：H：h-index；IF：影響因子；TC：總引用次數；TC/總引用次數 (%)：每位作者所獲得的總引用次數相對於總引用次數的百分比；TP：總發表次數；TP/總研究次數 (%)：每位作者所發表的總研究次數相對於總發表次數的百分比。數值 >5、>20、>50、>100 表示每項研究獲得的引用次數。

與 *Journal of Network and Computer Applications* 發表的文章數量相同。不過，兩者在引用次數和影響因子上有顯著差異，顯示《網路與電腦應用期刊》的文章在特定領域的影響力比其他兩種期刊大。如表 8 所示，在該領域中，繼《網路與電腦應用期刊》之後，《電子工程師物聯網》(EEE Internet of Things, IoTs) 在該領域中的總發文章獲得的引用次數最多。為了評估發表最高研究品質的期刊，我們提供各期刊的 h 指數。其中，*Sensors*、*IEEE Access* 和 *IEEE IoTs Journal* 的 h-indices 分別為 219、204 和 149，展現出卓越的學術影響力。

此外，影響因子和 5 年影響因子是由 Thomson Reuters Journal Citation Reports 所衡量的年度指標。具體來說，影響因子是以最近兩年發表的文章在指定年份內所獲得的引用總數，除以這些文章的總數計算出來的。5 年影響因子的計算方法與此類似。5 年期影響因子的計算方法與此類似，仍然是將過去 5 年內所獲得的引文除以這段期間所發表的文章數量。這些指標可讓研究人員瞭解各期刊在其領域內的影響力和引文衝擊。*Journal of IEEE Internet of Things* 的影響因子和 5 年期期刊影響因子分別為 11.61 和 12.64，在眾多期刊中脫穎而出。

#### 關鍵字出現與共現分析

本節使用 VOSviewer 1.6.19 版軟體，說明關鍵字出現與共現分析的結果。為了達到這個目的，我們決定在分析時分別考慮索引關鍵字和作者關鍵字。這兩種關鍵字的來源不同：作者關鍵字是由作者提供的，而索引關鍵字則是由 Scopus 等索引服務所產生的。<sup>21</sup>共同出現分析結果顯示作者關鍵字的數量較少，只有 473 個，而 Scopus 所判斷的索引關鍵字則有 990 個。

表 9 列出了前 20 個關鍵字的兩個列表，每個關鍵字類型都有單獨提供，展示了在所收集的出版物中最常被選取的詞彙。如作者關鍵字清單頂端所示，「安全性」和「隱私權」是最優先的關鍵字，分別有 43 次和 27 次被提及，僅次於此領域的主要詞彙區塊鏈和醫療保健。此外，這些具有大量連結強度的關鍵字也突顯出其重要性與優先順序。然而，由於 Scopus 對於較廣泛的概念所採用的術語不同，因此索引清單中重複出現頻率最高的關鍵字順序也有所不同。具體來說，「安全」這個概念透過不同的詞彙反映出來，例如「網路安全」和「安全挑戰」，這兩個詞彙一共出現了 52 次。

因此，「安全」也可以排在主要詞彙之後。此外，傳達相同概念的「資料隱私」與「隱私」的出現次數合計達到 29 次、

表 9. 研究出版物中排名前 20 位的作者和索引關鍵字。

排名	作者關鍵字	出現次數	總連結強度	排名	索引關鍵字	出現次數	總連結強度
1	區塊鏈	138	342	1	區塊鏈	136	1,006
2	醫療保健	87	342	2	醫療保健	95	738
3	安全	43	146	3	物聯網	46	382
4	隱私權	27	93	4	分散式總帳	22	218
5	物聯網	20	65	5	數位儲存	22	194
6	物聯網	16	52	6	醫療保健產業	22	163
7	智能合約	11	38	7	安全性	21	206
8	雲端運算	9	35	8	醫療保健系統	21	204
9	機器學習	8	32	9	網路安全	19	196
10	供應鏈	8	32	10	智能合約	12	85
11	比特幣	8	29	11	電子健康記錄	16	158
12	人工智慧	8	28	12	資料隱私	15	159
13	加密貨幣	8	28	13	醫療保健行業	15	125
14	互操作性	8	19	14	隱私權	14	160
15	Ethereum	7	23	15	資訊管理	14	128
16	共識	7	20	16	人類	13	126
17	分散式總帳	7	19	17	互操作性	12	103
18	大數據	6	26	18	醫療保健應用	12	94
19	密碼術	6	22	19	安全挑戰	12	89
20	霧運算	6	21	20	存取控制	11	123

資料於 2024 年 2 月依據 Scopus 進行檢索；排名依據總出現次數。

排在「安全性」之後。為了讓關鍵字在網路中出現的次數可視化，兩種類型的關鍵字都以關鍵字出現四次為臨界值。請參閱圖 6 和圖 7。如圖中所示，一個節點代表每個關鍵字，節點的大小與關鍵字在所研究的出版物中重複出現的次數相關。此外，經常一起出現的關鍵字叢集會以不同顏色顯示。結果，索引關鍵字有五個叢集，作者關鍵字有七個叢集，每個叢集包含一組代表特定研究主題的相關關鍵字。

#### 使用 LDA 的主要主題

在本節中，報告了醫療保健領域中區塊鏈挑戰的主題建模結果。本研究中的主導 Top-ics 分為六個叢集，顯示出最佳的一致性得分和最佳的 Top-ics 數量。然後使用 LDA 演算法從代表性關鍵字中抽取的主題進行標籤，如表 10 所示。

#### 群組 1: 資料隱私與安全

這個群組是所有六個群組中貢獻最顯著的，主要討論隱私權與安全性的疑慮，這是在醫療照護系統中實作區塊鏈技術時所產生的主要挑戰。雖然區塊鏈技術提供資料

(22)由於其分散性質，它可以提高透明度並改善資料管理，但也面臨與某些攻擊或安全問題相關的限制。本主題建議解決這些關鍵問題，以便在醫療保健領域成功採用區塊鏈。

#### 第二組：與物聯網和智慧裝置整合

這個群組的主要主題圍繞著在醫療保健系統中整合區塊鏈技術與物聯網和智慧裝置。透過利用各種智慧裝置的連線性，可實現安全且即時的資料分享，此整合過程中會產生幾項關鍵挑戰。這個群組強調 IoT 裝置與區塊鏈網路之間的安全資料傳輸是一大挑戰。它還解決了許多物聯網設備的資源限制問題，這導致需要標準化協議來確保無縫資料交換（見參考資料<sup>23</sup>）。

#### 群組 3: 互操作性

這些群集研究顯示，互操作性和資料標準被認為是醫療保健採用區塊鏈的障礙（見參考資料<sup>23</sup>）。具有不同優先順序和法規的組織使分散式身份、權限和智慧合約的管理變得複雜。醫療保健的互操作性挑戰需要利益相關者之間的協調努力，以開放標準和統一的數位框架為基礎開發系統。

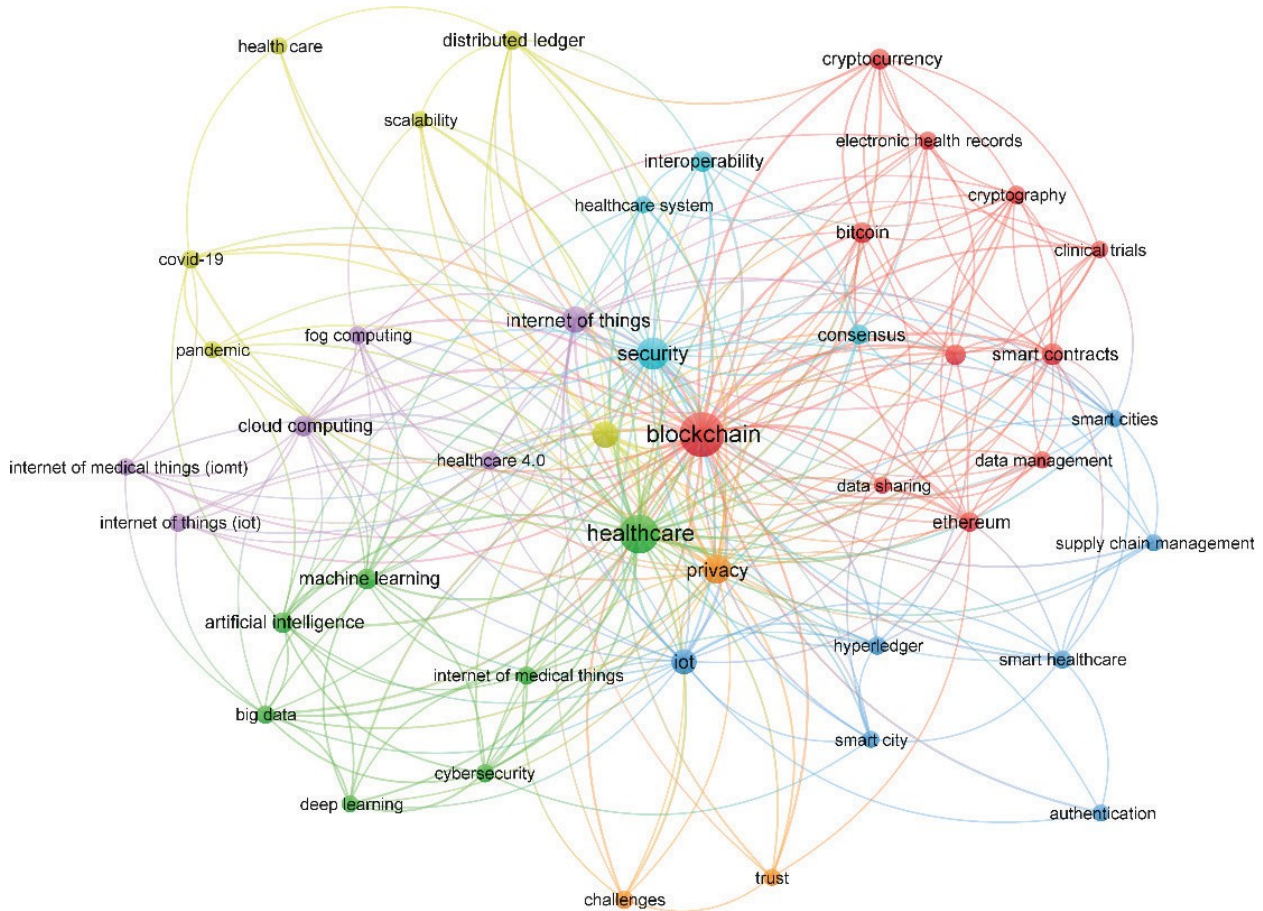


圖 6. 作者關鍵字的共現網路，閾值為 4，顯示 473 個關鍵字中有 44 個符合閾值。請參閱圖 1，以瞭解更詳細的內容。

群組 4：可擴展性

這個群組主要是針對可擴展性的挑戰。由於健康領域產生的資料、交易和參與者數量不斷增加，區塊鏈網路面臨著各種可擴展性挑戰。<sup>5,24</sup>儘管區塊鏈架構已經重新設計並優化儲存，但可擴展性問題仍然存在，妨礙了廣泛採用。醫療保健與新興技術(如物聯網和雲端運算)的整合可加速資料的產生，導致區塊鏈所面臨的擴充性挑戰更加嚴重。

群組 5：治理

醫療保健產業可透過與病患、供應商、付費者、設備製造商和醫療系統建立合作，從區塊鏈解決方案中獲益。採用區塊鏈需要新的治理方式，以及醫療保健行業利益相關者之間的協調。因此，出現了治理挑戰，本組別的研究正在解決這些挑戰(請參閱參考資料<sup>25</sup>)。管理方面的挑戰包括管理大型實體網路、設定有關

管理方面的挑戰包括管理大型實體網路、設定資料共用政策、解決爭端以及調整激勵機制。

第六組：成本

該群組還探討了在醫療保健領域使用區塊鏈技術的另一項挑戰，即實施該技術的初始投資。雖然人們相信區塊鏈技術將通過改善效率、上鏈運作和管理費用，從長遠來看降低成本，但「涉及的高成本」在所有文件中被多次引用，作為項目成功的障礙(見參考資料<sup>26</sup>)。

討論與結論

本研究對學術出版物進行了文獻計量分析和主題建模，針對醫療保健行業中的區塊鏈挑戰進行了研究。首先，提供了研究的出版和引文的一般結構，以說明研究自 2017 年以來的發展情況。研究結果顯示，人們對此研究領域的關注度與日俱增，在 2021-2023 年間發表的論文數目明顯增加。

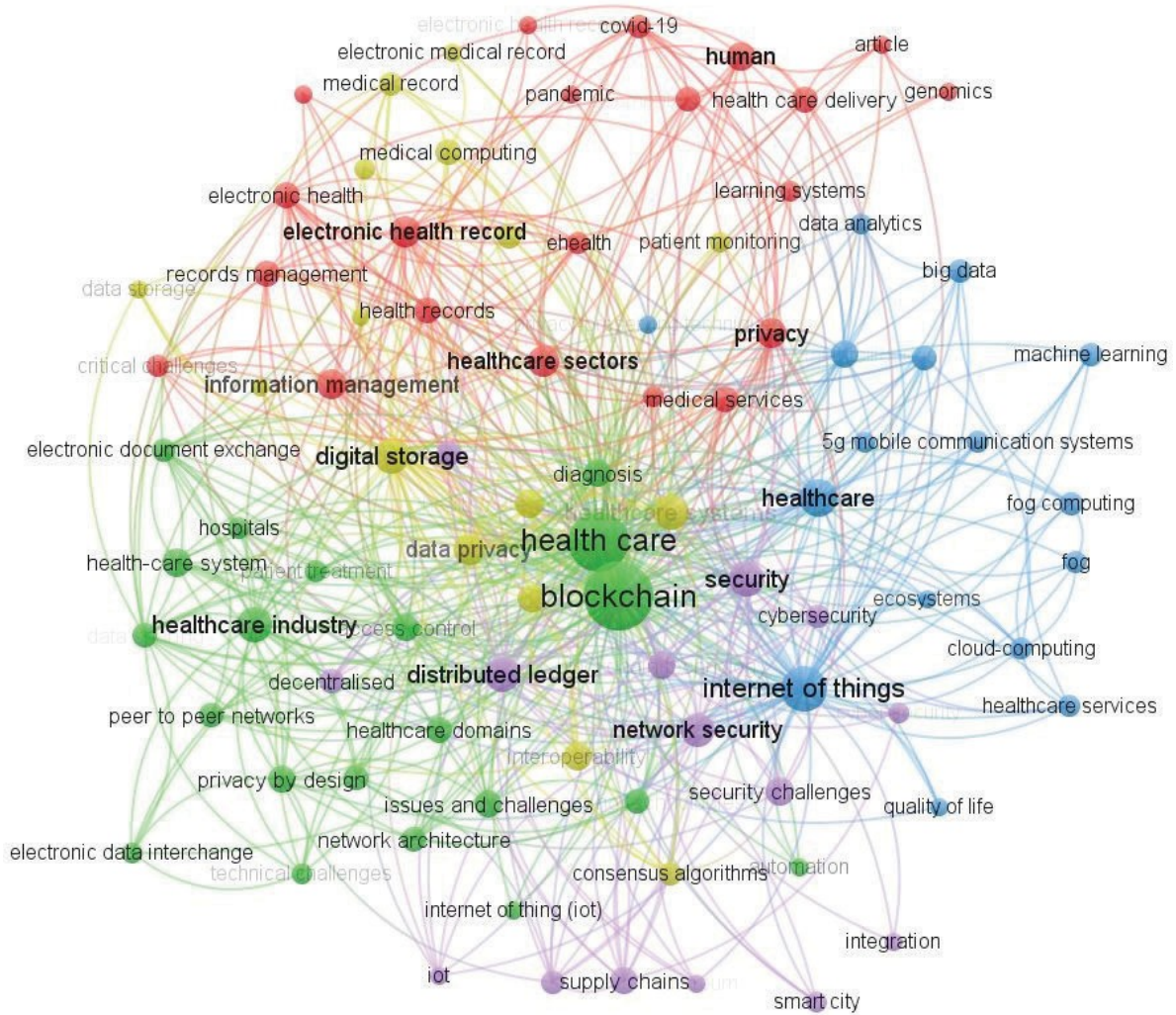


圖 7. 閾值為 4 的索引關鍵字共生網路，顯示 990 個關鍵字中有 89 個符合閾值。請參閱圖 1，以瞭解更詳細的內容。

表 10. 醫療照護中區塊鏈挑戰的主流主題。

主題編號	主題名稱	關鍵字*	主題大小 (%)
1	資料隱私與安全	醫療保健、區塊鏈、安全性、技術、資料、系統、健康、挑戰、解決方案、患者、管理、隱私、服務、使用、應用	38.78
2	與物聯網和智慧型裝置整合	醫療保健、區塊鏈、系統、資料、物聯網、技術、智慧、挑戰、網路、問題、服務、設備、醫療、資訊、整合	28.06
3	互操作性	區塊鏈、技術、健康照護、應用、產業、挑戰、系統、健康、潛力、記錄、資料、領域、流程、發展、數位	14.80
4	可擴展性	區塊鏈、醫療保健、大數據、技術、挑戰、應用、產業、物聯網、平台、服務、開發、評估、數據、模型、患者	7.65
5	治理	區塊鏈、資料、醫療保健、安全性、挑戰、管理、病患、治理、安全、技術、去中心化、融合、流程、採用、設計	5.61
6	成本	區塊鏈、醫療保健、技術、資料、成本、挑戰、安全性、效率、管理、問題、醫療、系統、伺服器、功能、智慧契約	5.10

\* 每份清單中的詞彙依其權重排序。權重越高，表示與主題的重要性或相關性越大。主題是根據這些加權詞彙決定其在每個主題中的重要性而選出的。

IoT: 物聯網。

**表 11.** 關注醫療照護中區塊鏈挑戰的頂尖作者、大學、國家和期刊。

	總發表	總引用次數
作者	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jayaraman, R.</li> <li>• Salah, K.</li> <li>• Ellahham, S.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Choo, KKR.</li> <li>• 庫瑪, N.</li> <li>• Tarwar, S.</li> </ul>
大學	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 石油與能源研究大學</li> <li>• 哈利法科技大學</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 德州大學聖安東尼奧分校</li> <li>• 塔帕爾工程技術學院</li> </ul>
國家	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 印度</li> <li>• 美國</li> <li>• 巴基斯坦</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 美國</li> <li>• 印度</li> <li>• 中國</li> </ul>
期刊	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 網路與電腦應用期刊</li> <li>• 傳感器</li> <li>• 網路與系統講義</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 網路與電腦應用期刊</li> <li>• IEEE 物聯網學報</li> <li>• 感測器</li> </ul>

資料於 2024 年 2 月根據 Scopus 檢索。

出版品呈現正弦波狀，在高峰期時，引文率會加速上升，隨後則會下降。之後，我們根據文獻計量指標找出最有成果的作者、大學、國家和期刊，並進行預先報告。此外，我們也報告了因其影響力貢獻而獲得最多引用的研究。表 11 提供了以總發表數和總引用數為基礎的文獻計量分析摘要。

此外，McGhin 及其同事<sup>19</sup>和 Monrat 及其同事<sup>20</sup>被認為高引用率研究，反映出他們在此領域的重要性。此外，作者關鍵字和索引關鍵字都被用來做關鍵字出現和共現分析，顯示安全性、資料隱私和互操作性是研究中最熱門的主題。

主題模型揭露了文獻中持續存在的六大挑戰主題：資料隱私/安全、與物聯網和智慧型裝置整合、互操作性、可擴充性、治理和成本。研究結果與先前的研究（例如 Singh 及其同事<sup>7</sup>所報告的可擴充性、隱私權、治理、標準、所有權與成本為主要挑戰）緊密結合。雖然之前的回顧研究，例如 Ratta 及其同事<sup>11</sup>，檢視了整合區塊鏈網路與 IOT 裝置時所產生的挑戰，但本研究將其突顯為更顯著的挑戰領域，反映出區塊鏈與 IoT 在醫療照護應用上日益融合。本研究的結果將有助於研究人員在業界努力利用區塊鏈技術的承諾時，找出需要額外調查的開放性問題。

本研究有幾個限制，需要在未來的工作中加以解決。首先，本研究專注於

第一，本研究專注於 Scopus 索引的出版品，遺漏了其他資料庫的相關著作。其次，雖然 LDA 主題建模能從潛在結構中提供有價值的洞察力，但仍可使用更先進主題建模技術來更深入地瞭解文獻。

#### 研究經費

本研究未獲得任何外部資助。

#### 利益衝突

無利益衝突。

#### 貢獻者

Mehraeen 博士透過構思和監督，對本研究的發展貢獻良多。此外，他在審閱和編輯手稿以提高最終作品的品質和清晰度方面也發揮了關鍵作用。

Mahmoudi 女士對研究的設計和執行做出了貢獻。她在數據收集和分析中扮演了重要角色，確保了研究結果的準確性和相關性。她還負責撰寫手稿、解釋結果和組織論文。

#### 數據可用性聲明 (DAS)、數據共享、可重複性和數據庫。

支持本研究結果的資料來自 Scopus 資料庫。

#### 人工智能生成文本或相關技術的應用

ChatGPT 被用來改善稿件的語法。

## 參考文獻

1. Agrawal K, Aggarwal M, Tanwar S, Sharma G, Bokoro PN, Sharma R. An extensive blockchain based applications survey: tools, frameworks, opportunities, challenges and solutions. *IEEE Access*.2022;10:116858–906. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3219160>
2. Attaran M. Blockchain technology in healthcare: challenges and opportunities. *Int J Healthcare Manag*.2022;15(1):70–83. <https://doi.org/10.1080/20479700.2020.1843887>
3. Ahmed Teli T, Masoodi F, 編輯. Blockchain in healthcare: challenges and opportunities. *Proceedings of the international conference on IoT based control networks & intelligent systems-ICICNIS; 2021* [cited 2024 Jul 1]. 資料來源 : [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=3882744](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3882744)
4. Duy PT, Hien DTT, Hien DH, Pham V-H, 編輯. 採用區塊鏈技術進行革命性創新的機遇與挑戰調查. *Proceedings of the 9th International Symposium on Information and Communication Technology; 2018* [cited 2024 Jul 1]. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/329637834\\_A\\_survey\\_on\\_opportunities\\_and\\_challenges\\_of\\_Blockchain\\_technology\\_adoption\\_for\\_revolutionary\\_innovation](https://www.researchgate.net/publication/329637834_A_survey_on_opportunities_and_challenges_of_Blockchain_technology_adoption_for_revolutionary_innovation)
5. Mazlan AA, Daud SM, Sam SM, Abas H, Rasid SZA, Yusof MF. 醫療照護區塊鏈系統的可擴展性挑戰-系統回顧. *IEEE Access*.2020;8:23663-73.
6. AbuHalimeh A, Ali O. 區塊鏈技術中醫療數據質量挑戰的綜合評論. 前沿大數據. 2023;6:1173620. <https://doi.org/10.3389/fdata.2023.1173620>
7. Singh D, Monga S, Tanwar S, Hong W-C, Sharma R, He Y-L. 區塊鏈技術在醫療保健領域的應用：挑戰、解決方案和比較. 2023;13(4):2380. <https://doi.org/10.3390/app13042380>
8. Taherdoost H. 區塊鏈在醫療保健中的隱私與安全：應用、挑戰與未來展望. 2023;5(4):41. <https://doi.org/10.3390/sci5040041>
9. Kumar R, Arjunaditya, Singh D, Srinivasan K, Hu Y-C, 編輯. AI Powered Blockchain Technology for Public Health: a contemporary review, open challenges, and future research directions. *Health-care*.2022;11:81. <https://doi.org/10.3390/healthcare11010081>
10. Sharma P, Jindal R, Borah MD. 區塊鏈應用與挑戰回顧. *Wirel Pers Commun*.2022;1–43. <https://doi.org/10.1007/s11277-021-09176-7>
11. Ratta P, Kaur A, Sharma S, Shabaz M, Dhiman G. Application of blockchain and internet of things in healthcare and medical sector: applications, challenges, and future perspectives. *J Food Qual*.2021;2021(1):7608296. <https://doi.org/10.1155/2021/7608296>
12. Khatri S, Alzahrani FA, Ansari MTJ, Agrawal A, Kumar R, Khan RA. 區塊鏈與醫療保健領域整合的系統分析：範圍與挑戰. *IEEE Access*.2021;9:84666–87. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3087608>
13. Goodell JW, Kumar S, Lim WM, Pattnaik D. Artificial intelligence and machine learning in finance: identifying foundations, themes, and research clusters from bibliometric analysis. *J Behav Exp Financ*.2021;32:100577. <https://doi.org/10.1016/j.jbef.2021.100577>
14. Jelodar H, Wang Y, Yuan C, Feng X, Jiang X, Li Y, et al. Latent Dirichlet allocation (LDA) and topic modeling: models, applications, a survey. *Multim Tools Appl*. 2019;78:15169–211. <https://doi.org/10.1007/s11042-018-6894-4>
15. Törnberg A, Törnberg P. Muslims in social media discourse: combining topic modeling and critical discourse analysis. 論述 Context Media.2016;13:132–42. <https://doi.org/10.1016/j.dcm.2016.04.003>
16. Chan J, Dow SP, Schunn CD. 最好的設計想法（真的）來自概念上遙遠的靈感來源嗎？在： Sub-rahmanian E, Odumoso T, Tsao J, 編輯. 工程一個更美好的未來. Cham: Springer; 2018, p. 111–39.
17. Sohrabi B, Vanani IR, Shineh MB. 使用文字挖掘進行網路空間論文的主題建模與分類. *J Cyberspace Stud*.2018;2(1):103–25.
18. Allahyari M, Kochut K, editors. 使用實體主題模型發現連貫主題. 2016 IEEE/WIC/ACM 網路智慧 (WI) 國際會議. IEEE; 2016 [於 2024 年 7 月 1 日引用]。網址：[https://www.researchgate.net/publication/311486508\\_Discovering\\_Coherent\\_Topics\\_with\\_Entity\\_Topic\\_Models](https://www.researchgate.net/publication/311486508_Discovering_Coherent_Topics_with_Entity_Topic_Models)
19. McGhin T, Choo K-KR, Liu CZ, He D. Blockchain in healthcare applications: research challenges and opportunities. *J Netw Comput Appl*. 2019;135:62–75. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2019.02.027>
20. Monrat AA, Schelén O, Andersson K. A survey of blockchain from the perspectives of applications, challenges, and opportunities. *IEEE Access*.2019;7:117134–51. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2936094>
21. Juana A, Kango U, Singh SK, Abdussamad ZK, Ismail YL. 數位時代網路與談判技巧相關研究關鍵字趨勢：書目評論. *Int J Prof Bus Rev*. 2023;8(6):e01027-e. <https://doi.org/10.26668/business-review/2023.v8i6.1027>
22. Yaqoob I, Salah K, Jayaraman R, Al-Hammadi Y. 醫療照護資料管理的區塊鏈：機會、挑戰與未來建議. *Neural Comput Appl*.
23. Oikonomou FP, Mantas G, Cox P, Bashashi F, Gil-Castiñeira F, Gonzalez J 編輯. 基於區塊鏈的安全物聯網健康監測系統的架構. 2021 IEEE 26th International Workshop on Computer Aided Modeling and Design of Communication Links and Networks (CAMAD). IEEE; 2021 [於 2024 年 7 月 1 日引用]。Available from: [https://www.researchgate.net/publication/356822593\\_A\\_Blockchain-based\\_Architecture\\_for\\_Secure\\_IoT-based\\_Health\\_Monitoring\\_Systems](https://www.researchgate.net/publication/356822593_A_Blockchain-based_Architecture_for_Secure_IoT-based_Health_Monitoring_Systems)
24. Pandey P, Litoriya R. Implementing healthcare services on a large scale: challenges and remedies based on blockchain technology. *Health Policy Technol*. <https://doi.org/10.1016/j.hlpt.2020.01.004>
25. Zhang JZ, He W, Shetty S, Tian X, He Y, Behl A, et al. Understanding governance and control challenges of blockchain technology in healthcare and energy sectors: a historical perspective. *J Manag Hist*. 2023. <https://doi.org/10.1108/JMH-12-2022-0086>
26. Gökalp E, Gökalp MO, Çoban S, Eren PE. 分析醫療保健領域整合區塊鏈技術的機遇與挑戰. 資訊系統：研究、開發、應用、教育：11th SIGSAND/PLAIS Euro Symposium 2018, Gdansk, Poland, September 20, 2018, Proceedings 11.2018 [引用 2024 Jul 1]; p. 174–83. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/327229059\\_Analysing\\_Opportunities\\_and\\_Challenges\\_of\\_Integrated\\_Blockchain\\_Technologies\\_in\\_Healthcare](https://www.researchgate.net/publication/327229059_Analysing_Opportunities_and_Challenges_of_Integrated_Blockchain_Technologies_in_Healthcare)

**版權所有：**這是一篇依據創用 CC BY-NC 4.0 授權條款散佈的開放存取文章，該授權條款允許他人散佈、改編、非商業性地增強本作品，並以不同條款授權其衍生作品，但必須適當引用原作，且使用為非商業性。請參閱 <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>。