

運算思維教學實證研究文獻回顧與展望

王靖曄^{1,*} 湯凱喻^{2,3} 林祖強^{4,5} 張家榮⁶ 洪暉鈞⁷ 莊永裕⁸ 劉一凡⁹

¹國立高雄餐旅大學 旅館管理系

²國立中興大學 圖書資訊學研究所

³國立中興大學 永續農業創新發展中心

⁴國立高雄科技大學 師資培育中心

⁵國立高雄科技大學 博雅教育中心

⁶元智大學 資訊傳播學系

⁷國立中央大學 網路學習科技研究所

⁸國立中央大學 資訊工程學系

⁹國立臺北護理健康大學 醫護教育暨數位學習系

摘要

本研究旨在透過系統性文獻分析，回顧過去教育領域中利用教學實驗培養或促進學習者運算思維能力的實證研究，以瞭解近年相關研究的發展趨勢，並歸納在不同年分與不同教育程度中所涉及的教育環境、學科主題、運算思維面向與評量工具等面向。研究者於Web of Science (WoS)資料庫搜尋2020年1月到2023年7月的英文期刊論文，經有系統的篩選後，針對56篇文章進行分析。整體而言，研究中以正規教育環境為主要實驗環境，在學科主題則以程式設計及資訊科學為最多，且多數研究聚焦於幼稚園至國小階段學生，在運算思維面向中程序化為最多相關研究探討之主要面向，而評量方式以傳統測驗為最多。在年度分析方面，結果顯示運算思維應用於教學實驗相關研究的篇數逐年攀升，非資訊科學與非STEM之學科主題逐漸被重視。在教育程度方面，運算思維評量方式對於年紀越小之學生是採用傳統測驗，對於年紀越大者則採用問卷方式。本研究亦對於相關教學實踐與未來研究提供參考建議。

關鍵詞：文獻回顧、教學實證研究、運算思維

壹、前言

隨著全球化時代的發展，人們在日常生活與學習過程當中均面臨著越來越複雜的問題，所以必須具備良好的高層次思考模式和問題解決能力才能迎刃而解。具備高層次

思考能力的人能夠從多個角度看待問題，提出關鍵問題，構建理論並作出明智的判斷，並運用創新思維和系統性方法來解決問題，才能在不斷變化的環境中適應和應對挑戰，這些能力也成為在全球化時代成功的關鍵要

*通訊作者：王靖曄，cywang@mail.nkuht.edu.tw；ORCID：0000-0002-1347-9597

投稿：2023/5/30，修訂：2023/10/6，接受：2023/10/11，線上出版：2024/1/29

素。其中，運算思維就是指有系統地解決問題的思維過程，並不是一個特定學科，而是一種解決問題的思維方式，因此擁有運算思維能力可以使人們解決更困難的問題(M.-J. Tsai et al., 2021; Wing, 2006)。各國教育政策對於學習者運算思維能力之培養日益關注，國際教育成就評鑑協會(International Association for the Evaluation of Educational Achievement [IEA])所主辦的「國際電腦與資訊素養研究」(International Computer and Information Literacy Study, ICILS)之中，運算思維即為主要調查面向之一，旨在瞭解學習者問題概念化能力(例如：制訂與分析問題)和操作性解決方案能力(例如：規劃與評估解決方案)，目前此調查研究已有許多國家參與其中，由此可知各國教育政策對於國民運算思維能力培養與發展的重視程度。

M.-J. Tsai等(2021)研究中指出運算思維亦可視為在人類一般生活中，有系統性的解決日常生活和學習領域的問題所需具備的能力，也就是所謂一般領域類別(domain-general)。對於21世紀學生而言，運算思維被認為應具備的基本能力，學生能夠培養創造性思維與問題解決能力，這也讓學生可以透過運算思維有效的處理複雜的問題(Cheng

et al., 2023)。在Selby與Woollard (2014)文獻回顧中運算思維過程包含五個基本要素：一、抽象化(abstraction)：表示關注主要的訊息而不是從細節來解決問題的心理過程；二、模組化(decomposition)：把大問題拆解成小問題的過程；三、程序化(algorithm thinking)：有條理和有步驟的規劃解決方法的過程；四、最佳化(evaluation)：比較各種的解決方法並找出問題的最佳解；五、通則化(generalization)：識別如何解決特定問題的模式並將解決方法應用於其他或類似問題上。換句話說，運算思維能力是以一種系統性的方式解決複雜問題的思考流程，面臨問題時能夠有效率的定義問題、分析問題、評估解決方法的可行性與完善解決問題，甚至再次面臨類似問題時能夠快速處理(M.-J. Tsai et al.)。在M.-J. Tsai等(2022)的研究當中深入的介紹與描繪此五大元素，且發展與驗證此五大相關能力發展順序之「運算思維發展模型」(Computational Thinking Developmental Model, CTDM)，如圖1所示。此模型提出的重要論述有二：一、抽象化和模組化的能力是運算思維的兩大基礎能力，且是程序化、最佳化和通則化三項運算思維進階能力的發展前提和條件。二、運算思維能力的發展順

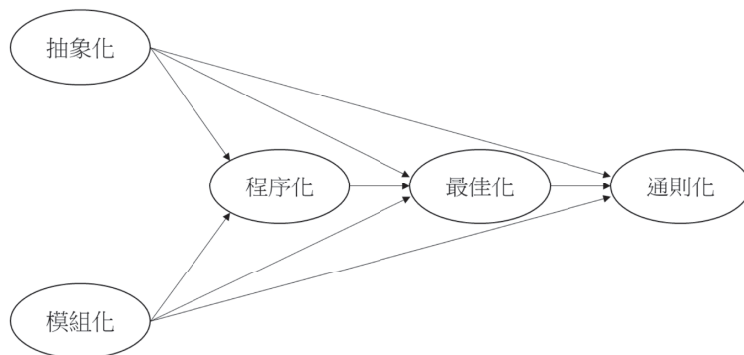


圖1：運算思維發展模型(computational thinking developmental model)

資料來源：“Structural validation for the developmental model of computational thinking,” by M.-J. Tsai, J.-C. Liang, S. W.-Y. Lee, & C.-Y. Hsu, 2022, *Journal of Educational Computing Research*, 60(1), 56-73.

序為兩大基本能力可以同時發展，而三大進階能力的發展依序為程序化 > 最佳化 > 通則化。此模型除了揭示運算思維元素之間的關係和運算思維能力的發展順序之外，更重要的是，也同時對於運算思維課程內涵和教學順序提出了具體實施的建議和理論根據。

以運算思維為主題之研究更是逐年增加，在Web of Science (WoS)資料庫中，以運算思維為關鍵字進行文章搜尋，在2020年以前每年的文章數量都少於100篇，但在2020年後(包括2020年)，每年的文章數量都超過150篇，由此可知運算思維主題研究在2020年後受到更大的重視。多數的教育研究為瞭解課程對於各級學習者運算思維能力的促進與養成，均會設計各式相對應的教學策略與教學方式進行實驗，並透過多元評量方式進行測量，根據實證資料結果剖析課程對學習者之影響與提出相關教學建議。以2020年之前的文獻回顧來看，X. Tang等(2020)回顧了2019年8月之前96篇關於運算思維評估方式的研究，針對不同教育背景的運算思維評估方式進行分析，結果發現高中生、大學生以及教師專業的運算思維評估有較大的需求。大多數運算思維評估都聚焦於學生程式設計或運算的能力，主要透過傳統測驗和表現來評估運算思維的技能，同時使用調查方法來衡量學生的運算思維傾向。該研究也發現大多數運算思維研究集中在小學和國中階段，相比之下，高中和大學階段的研究較少。再者，Lu等(2022)回顧了從2013年至2019年之間33篇關於高等教育中運算思維評估方式運用之研究，大多數評估工具是針對資訊科學和工程學學生或是職前教師和在職教師所設計。選定的研究採用多種評估形式與試圖從運算思維構面來衡量運算思維的技能，亦發現多數運算思維評估方式是關注於科學、技術、工程和數學領域(Science, Technology,

Engineering, and Mathematics, STEM)相關科系的學生，而對職前教師與在職教師關注相對有限。由回顧文獻可知，除了瞭解運算思維評估方式以外，若是能夠更清楚瞭解各教育領域在運算思維主題實證研究中的研究對象、相對應的學科主題、評量方式，以及所著重運算思維面向等趨勢，對於各級學校課程之教學實踐、教育目標規劃制定，以及相關教育研究發展均是不可或缺的重要參考依據。

過去對於上述主題方向的系統性文獻分析論文主要是分析2020年前的文獻(Lu et al., 2022; X. Tang et al., 2020)，對於2020年後的文獻分析還是缺乏。因此，本研究收集運算思維近四年(從2020年1月至2023年7月)與教育領域相關文章，調查其在教育領域的發展與趨勢，提供具有教育與研究價值的洞見，以補足運算思維在教育領域的研究空白與促進未來研究方向的建議。更具體來說，本研究進行系統性文獻回顧提供：一、教育者瞭解目前在不同教育程度下對運算思維學習環境設計與運算思維評量重點，提出運算思維教學法或評量方式的改善與設計，促進運算思維在教育上的實施與應用更加完整。二、學術研究者一個綜觀性的運算思維研究趨勢，釐清目前已進行相關研究議題，並提出尚未探討但重要的研究議題。三、呼籲更多對運算思維有興趣的研究者與教育者共同加入運算思維研究社群，透過持續關注並追蹤以深入充實原有議題，並拓展延伸新的潛在研究議題。因此，本研究參考X. Tang等對運算思維評量工具文獻回顧的編碼架構，分析近年(從2020年1月至2023年7月)教育領域中運算思維教學實證研究(empirical study)中有評量運算思維過程的五個基本要素的論文，並提出以下待答問題：

- 一、整體而言，近四年評量運算思維之教學實證研究發展趨勢與其所著重之教育環境、學科主題、教育程度、運算思維面向與評量工具種類為何？
- 二、在不同年度之間，評量運算思維之教學實證研究所著重的教育環境、學科主題、教育程度、運算思維面向與評量工具種類為何？
- 三、在不同教育程度之間，評量運算思維之教學實證研究所著重的教育環境、學科主題、運算思維面向與評量工具種類為何？

貳、研究方法

一、文獻收錄程序

本研究相關文獻資料收錄(data inclusion)程序採用PRISMA準則。PRISMA全名為Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses，係透過系統化程序，包括：(一)文獻檢索與識別(identification)；(二)文獻篩選(screening)；(三)符合標準(eligibility)；(四)最後收錄文獻(included)等步驟，提供穩健的資料來源進行回顧研究(Moher et al., 2009)。各步驟的相關內容說明如下。

首先，為盡可能地涵蓋相關文獻，本研究依據過去文獻(Israel-Fishelson & HersHKovitz, 2022; X. Tang et al., 2020)，採通用的關鍵字“computational thinking”進行初步文獻搜尋，以期盡可能地納入運算思維相關研究文獻。第二，過去研究指出運算思維研究的會議論文內容常缺少評量的內容(Zhang & Nouri, 2019)。由於本研究目的之一為分析運算思維研究的評量工具，因此，本研究將聚焦在國際期刊論文，並以之作為主要文

獻分析的標的。此外，根據Bradford's law of scattering (Bradford, 1948; Brookes, 1977)，期刊論文是文獻的核心來源，可有效涵蓋研究主題的核心文獻。

具體而言，本研究使用WoS，並聚焦在Education Educational Research or Education Scientific Disciplines類別進行初步文獻檢索(Hsu et al., 2018; K.-Y. Tang et al., 2020)，並選定期刊論文類別需為文章(article)，以利後續進行實證研究的内容分析。根據WoS的主題檢索(topics search) 2020年1月到2023年7月，關鍵字“computational thinking”在文章標題(title)及摘要(abstract)的相關期刊論文共有276篇。為確保論文內容符合本研究目的，本研究參考相關回顧文獻之作法將276篇論文進行兩階段篩選(Lee et al., 2021; Matovu et al., 2023)。第一階段篩選先由兩位作者從文章的標題及摘要進行獨立判定該文章主題是否為實驗研究與評量運算思維，並針對不一致結果進行討論，最後達成共識。此階段共刪除145篇論文，並保留131篇論文，評分者信度為83.4%。

第二階段則由全體八位專家進行131篇論文全文閱讀與篩選，其中，八位專家均為國內各公私立大學助理教授以上師資。其中，六位擔任電腦相關課程的授課教師，兩位擔任資訊與教育相關課程授課教師。超過半數專家發表過運算思維相關期刊論文，提供本研究結果的專家效度。此外，第二階段篩選條件包括：(一)論文須報導實驗設計與(二)論文須報導針對運算思維面向的評量方式。此處運算思維面向採用運算思維量表(Computational Thinking Scale, CTS) (Selby & Woollard, 2014; M.-J. Tsai et al., 2021)的運算思維過程的五個基本要素，包含：抽象化、模組化、程序化、最佳化與通則化。完成後，

召開全體作者會議針對不一致結果進行討論並最後達成共識。每位編碼員依據篩選條件說明其編碼結果，與會編碼員若有不同之意見則進行討論，並以共識為該篇編碼結果。此階段共刪除75篇論文，其中33篇為非實驗設計論文、42篇為沒有評量運算思維過程的五個基本要素，最後一共納入了56篇文獻進行系統化內容分析。

二、內容分析

內容分析是一種用於文獻回顧的系統性方法，用於系統化分析和解釋所欲分析文獻的內容(Krippendorff, 1989)。內容分析可依據過去研究對於相關構面的分類，為選定的文獻內容進行編碼及分類(K.-Y. Tang et al., 2020)。此外，內容分析也可幫助研究人員發現文獻中的趨勢和研究缺口，並為未來研究方向提供指引(Lee et al., 2009; Lin et al., 2014; Lin et al., 2019; C.-C. Tsai & Wen, 2005)。

在本研究中，根據研究目的來設計編碼方案。編碼架構及類別說明如下：(一)論文發表年分(2020 / 2021 / 2022 / 2023)、(二)教育環境(正規教育／非正規教育)、(三)學科主題(程式設計及資訊科學／機器人學及遊戲設計／非資訊科學／非STEM)(X. Tang et al., 2020)、(四)教育程度(幼稚園—國小／國中—高中／大學—老師)(X. Tang et al.)、(五)運算思維面向(抽象化／模組化／程序化／最佳化／通則化)(Selby & Woollard, 2014; M.-J. Tsai et al., 2021)、(六)評量工具(傳統測驗／作品集／訪談／問卷／觀察)(X. Tang et al.)。其中，前三項編碼採單一編碼(singular coding)，後三項編碼則採用多重編碼(multiple coding)，因應論文研究主題的多元性。單一編碼的結果採敘述統計分析(descriptive analysis)，多重編碼的結果則以複選題分析(multiple response

analysis)進行編碼的次數分配及交叉分析(Kay & LeSage, 2009; Ku, 2009)。研究結果將著重在編碼的總反應個數及各編碼占總文章數比例的報導及說明。

參、研究結果

一、整體趨勢

本研究分析2020年1月至2023年7月三年運算思維相關研究依據年分、教育環境、學科主題、教育程度、運算思維面向與評量工具的整體趨勢，其結果如圖2所示，詳細分析內容請參閱表1。首先，從年分維度來看，在2020年相關研究比例為14.29%，到2022年增加到39.29%，此結果顯示運算思維在教育領域之實證研究有明顯的上升趨勢。再者，在教育環境維度方面，相關研究實施環境分為正式教育與非正式教育環境，其中大約三分之二的研究是在正式教育環境下進行，這些結果顯示教學越來越重視運算思維的培養，逐漸地整合至正式教育現場，這樣的研究趨勢也與近年諸如程式設計教學、STEM教育、科學教育等領域之文獻回顧論文(Hsu et al., 2023; Lin et al., 2019; Martín-Páez et al., 2019; Sun et al., 2022)所揭示之研究結果類似，研究者主要係以K-12教育與高等教育的學校組織為本，深入探究不同學習階段的學習或教學成效。

然而，即使正規教育環境的相關論文似已盈冊，非正規教育環境在各教育領域的發展仍有其必要性，非正規教育可引入較為彈性、多樣、可持續的教育取徑，進而與學習時間、學習環境、學齡學制較為制式的正規教育互補。以本研究分析的運算思維教學論文而言，研究者大多傾向於運用營隊(例如：夏令營)、工作坊、課外教學活動等形式進行運算思維的非正規教育教學(Ince & Koc,

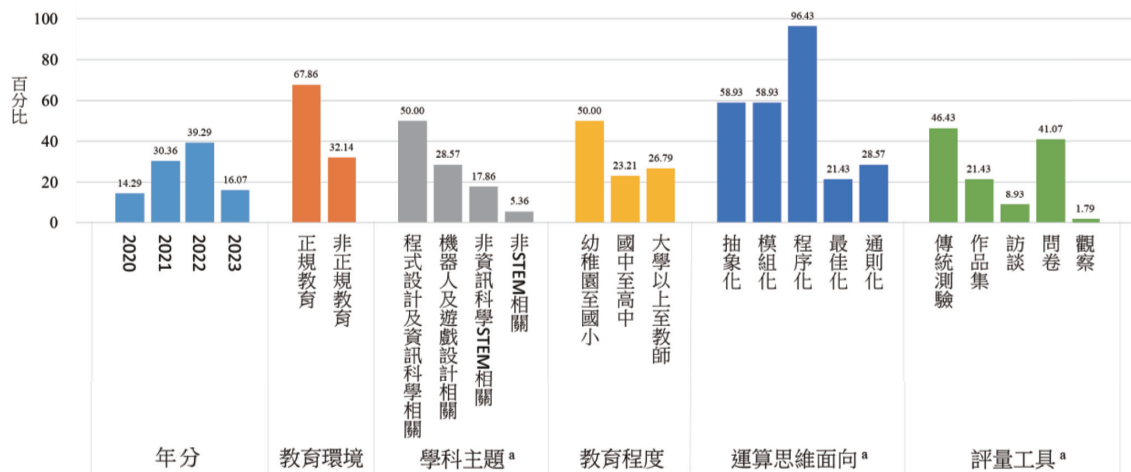


圖2：回顧文獻整體趨勢圖

註：1.^a為複選題。

2.2023年文獻僅收錄至7月。

2021; Kopcha et al., 2021; Ng & Cui, 2021)，此外，Kong等(2020)針對在職教師的研究除了探討在職教師應具備的運算思維之外，亦揭示在職教師在完成正規教育後可行的專業成長與課程發展模式。不過，近年有關非正規教育環境之運算思維教學的研究實偏重於程式設計與資訊科學的知能與實作層面，常見於非正規教育研究的社教機構(例如：博物館、科工館、社區大學等)，至於創客(maker)、自主學習等議題，則仍屬闕如。整體來說，非正規教育環境的運算思維教學仍有待研究者投注更多心力，透過實證研究確立其教育意義，並填補現有研究版圖的可能空缺。

除了實施教育環境之外，本研究也分析這些相關研究實施運算思維的學科主題，其中超過一半的研究主要集中在程式設計及資訊科學相關主題(50.00%)，其次為機器人學及遊戲設計相關主題(28.57%)。一部分研究將運算思維整合至非資訊科學STEM相關主題(17.86%)，而非STEM相關主題則最少受到研究關注(5.36%)。這些結果與先前的研

究結果一致(X. Tang et al., 2020)，顯示運算思維在教育相關實證研究與一般研究著重類似學習主題。從教育程度方面來看，這些相關研究實施橫跨不同的教育程度，結果顯示研究最廣泛的教育程度是幼稚園至國小，其占整體研究的一半，其次為大學和教師教育(26.79%)，而剩餘的研究集中在國中至高中(23.21%)。這些研究與先前研究(X. Tang et al.)發現有所不同，特別是對於幼稚園和國小教育。具體來說，近三年研究在幼稚園和國小進行運算思維學習的比例達到50.00%有明顯的增加趨勢，表示運算思維在學前與國小教育越來越受重視，廣泛地融合至各教育程度中。

進一步從相關研究中所採用的運算思維面向來看，結果顯示最常評估的維度是程序化(96.43%)，其次為抽象化(58.93%)和模組化(58.93%)。相較之下，這些研究對於通則化(28.57%)和最佳化(21.43%)面向的關注相對較少，也就是說，過去三年之中在教育相關實證研究中主要著重在程序化和抽象化兩個思

表1：回顧文獻整體分析資料表

面向	類別	論文篇數	百分比
年分	1.2020年	8	14.29
	2.2021年	17	30.36
	3.2022年	22	39.29
	4.2023年	9	16.07
教育環境	1.正規教育(formal)	38	67.86
	2.非正規教育(informal)	18	32.14
學科主題 ^a	1.程式設計及資訊科學相關(programming and CS)	28	50.00
	2.機器人學及遊戲設計相關(robotics and game)	16	28.57
	3.非資訊科學STEM相關(non-CS STEM)	10	17.86
	4.非STEM相關(non-STEM)	3	5.36
教育程度	1.幼稚園(kindergarten)至國小(elementary)	28	50.00
	2.國中(middle)至高中(high)	13	23.21
	3.大學(college)以上至教師(teacher)	15	26.79
運算思維面向 ^a	1.抽象化(abstraction)	33	58.93
	2.模組化(decomposition)	33	58.93
	3.程序化(algorithm thinking)	54	96.43
	4.最佳化(evaluation)	12	21.43
	5.通則化(generalization)	16	28.57
評量工具 ^a	1.傳統測驗(traditional)	26	46.43
	2.作品集(portfolio)	12	21.43
	3.訪談(interview)	5	8.93
	4.問卷(questionnaire)	23	41.07
	5.觀察(observation)	1	1.79

註：1.^a為複選題。

2.CS：資訊科學(Computer Science)；STEM：科學、技術、工程和數學領域(Science, Technology, Engineering, and Mathematics)。

維上的培養。最後，本研究分析相關文獻中評估學生運算思維所使用的評量方式，結果顯示大約一半的研究使用傳統測驗(46.43%)的方式進行量測，其次使用問卷調查法(41.07%)和作品集(21.43%)，而訪談(8.93%)和觀察(1.79%)是這些研究中最少使用的評量方式。本研究分析結果與先前的研究X. Tang等(2020)的研究發現有所不同，主要差別在於教育相關實證研究中更頻繁地使用傳統測驗與問卷兩種方式測量學生的運算思維。

由於傳統測驗及問卷為最常使用的評量工具，因此本研究進一步分析這些研究所使用的測驗及問卷來源，在問卷方面，共有7篇使用了Korkmaz等(2017)所發展的CTS，顯見此工具為量測學習者運算思維相當成熟且穩定的量化工具，應可為後續有相同評量需求的研究所採用。在傳統評量上，有7個研究的測驗問題是自行開發，而大部分的研究所使用的測驗問題則會參考過去研究或程式測驗網站(例如：Bebras)來設計，其中有4篇論文

採Román-González等(2017)所發展的運算思維測驗(Computational Thinking Test, CTt)作為研究中的學習評量工具，是最多研究使用的測驗評量工具。

二、年分分析

本研究分析2020年1月至2023年7月之間的相關文獻，各年分文獻分析結果顯示運算思維教學實證研究數量有逐年明顯上升，從2020年8篇、2021年17篇、2022年22篇，因2023年文獻僅收錄至7月，故篇數較少。進一步根據各年分文獻所著重之教育環境、學科主題、教育程度、運算思維面向與評量工具等面向進行內容分析，其各年分文獻於各面向之分析結果，如圖3所示。

根據表2的詳細資料得知，不同年分中在探究各教育程度的文獻篇數分布達穩定成長或持平。教育環境部分，在2022年及2023年正規教育變得比前兩年更多，這可能是運算思維漸漸成為K-12的主要課程，因此已有很多學校在實施運算思維教學，要獲得資料及找到老師

配合實驗較為容易。相較之下非正規教育的相關研究從2021年之後就逐漸減少，甚至與正規教育的缺口越來越大。顯示了非正規教育上的運算思維相關教學實驗仍有很大的空間尚待補足。關於運算思維融入教學的學科主題方面，在2020年，程式設計及資訊科學的學科主題研究占絕大多數(87.50%)，其次為機器人學及遊戲設計(12.50%)，非資訊科學STEM與非STEM相關學科尚無融入運算思維的文獻。但隨著時間的增加，各年分中相較於其他學科主題的比例，程式設計及資訊科學學科主題有逐年遞減的趨勢，2020年(87.50%)、2021年(58.82%)、2022年(31.82%)，然而在機器人學及遊戲設計學科主題卻有逐年增加的趨勢，從2020年(12.50%)到2023年(44.44%)。此外，非資訊科學STEM相關學科主題的研究也有逐年增加的趨勢，從2021年(17.65%)至2022年(27.27%)。值得一提的是，非資訊科學STEM相關學科主題仍處於萌芽期，2021年已開始有相關教學研究進行運算思維的融入，且2022年篇數有倍數的增加，同時2022年也開始有非STEM相關學科主題融入運算思維，由此結果可看出運算思

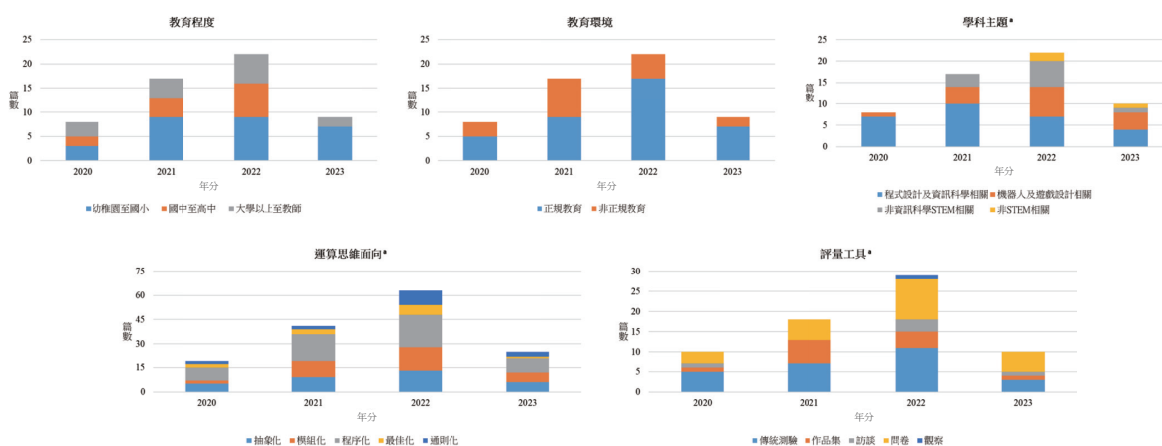


圖3：年分分析結果分布圖

註：1.^a為複選題。

2.2023年文獻僅收錄至7月。

表2：回顧文獻年分分析資料表(2020年1月至2023年7月)

類別	年分			
	2020	2021	2022	2023
論文篇數	8	17	22	9
教育程度				
1. 幼稚園至國小	3 (37.50%)	9 (52.94%)	9 (40.91%)	7 (77.78%)
2. 國中至高中	2 (25.00%)	4 (23.53%)	7 (31.82%)	0 (0.00%)
3. 大學以上至教師	3 (37.50%)	4 (23.53%)	6 (27.27%)	2 (22.22%)
教育環境				
1. 正規教育	5 (62.50%)	9 (52.94%)	17 (77.27%)	7 (77.78%)
2. 非正規教育	3 (37.50%)	8 (47.06%)	5 (22.73%)	2 (22.22%)
學科主題 ^a				
1. 程式設計及資訊科學相關	7 (87.50%)	10 (58.82%)	7 (31.82%)	4 (44.44%)
2. 機器人學及遊戲設計相關	1 (12.50%)	4 (23.53%)	7 (31.82%)	4 (44.44%)
3. 非資訊科學STEM相關	0 (0.00%)	3 (17.65%)	6 (27.27%)	1 (11.11%)
4. 非STEM相關	0 (0.00%)	0 (0.00%)	2 (9.09%)	1 (11.11%)
運算思維面向 ^a				
1. 抽象化	5 (62.50%)	9 (52.94%)	13 (59.09%)	6 (66.67%)
2. 模組化	2 (25.00%)	10 (58.82%)	15 (68.18%)	6 (66.67%)
3. 程序化	8 (100.00%)	17 (100.00%)	20 (90.91%)	9 (100.00%)
4. 最佳化	2 (25.00%)	3 (17.64%)	6 (27.27%)	1 (11.11%)
5. 通則化	2 (25.00%)	2 (11.76%)	9 (40.91%)	3 (33.33%)
評量工具 ^a				
1. 傳統測驗	5 (62.50%)	7 (41.18%)	11 (50.00%)	3 (33.33%)
2. 作品集	1 (12.50%)	6 (35.29%)	4 (18.18%)	1 (11.11%)
3. 訪談	1 (12.50%)	0 (0.00%)	3 (13.64%)	1 (11.11%)
4. 問卷	3 (37.50%)	5 (29.41%)	10 (45.45%)	5 (55.56%)
5. 觀察	0 (0.00%)	0 (0.00%)	1 (4.55%)	0 (0.00%)

註：^a為複選題。

維的教學在非資訊科學相關學科有逐漸增加的趨勢，這可能是一般學科也認識到運算思維是一種普遍的能力，能應用在不同領域，因此被非資訊科學的相關學科認為應該要教授的一個能力。而非STEM相關學科主題的研究首見於2022年，但數量相遠低於其他科目，亦有很大的探究空間。

關於運算思維面向，以2020年的8篇研

究來看，程序化面向8篇(100%)，其次為抽象化面向5篇(62.50%)，而模組化、最佳化與通則化面向各為2篇(25.00%)。在2021年至2023年之間，各年分中相較於運算思維其他面向的比例，程序化面向均占最多，且達90%以上，其次為模組化面向，2021年(58.82%)、2022年(68.18%)、2023年(66.67%)。再者為抽象化，2021年(52.94%)、2022年(59.09%)、

2023年(66.67%)。值得一提的是,就完整年度2020年至2022年來看,運算思維各面向被納入的文獻篇數均有增加的趨勢。最後,關於運算思維教學研究中的評量工具部分,在2021年共有4篇論文採用Román-González等(2017)所發展的CTt作為研究中的學習評量工具,值得注意的是,2022年發表的論文雖然較多,CTt這份測驗工具則未見於該年發表的論文之中。而傳統測驗與問卷是在近四年較常被使用的評量工具,而作品集、訪談以及觀察等評量方式較偏重於質性的研究取徑,在近四年的論文中雖有略為增加的趨勢,但相對於前述量化的評量工具來說,仍屬少數。然就學理而言,學習歷程中運算思維的形塑,應可由學習者所能完成的作品、任務進行評估,也相當適合採用卷宗評量(portfolio assessment)的方式探知學習者需要的學習機會或可能遭遇的學習困難,但此評量工具的運用在近年研究中卻相當有限,亦可說明以較深入、具詮釋性以及個別化的評

量方式瞭解學習者如何學習運算思維,或許是亟待相關領域研究者關注的研究方向。

三、教育程度分析

本研究以分析2020年1月至2023年7月的文獻為主,以教育程度來看,幼稚園至國小階段有28篇、國中至高中階段有13篇與大學至教師階段有15篇,表示近年運算思維在學前與小學教育越來越受到重視。根據各教育程度的文獻中著重之教育環境、學科主題、運算思維面向與評量工具等面向進行內容分析,其各教育程度文獻於各面向之分析結果,如圖4所示。進一步從表3的詳細分析資料可以得知,就教育環境部分來看,相較於其他教育程度,幼稚園至國小採用非正規教育的活動形式比例較高,可以推測對於年紀較小的學生來說,選擇營隊等課外活動可能有較高吸引力,或是容易進行教學與分析。而這樣的非正規教育研究在國高中以上開始大幅降低,可能原因是以國高中以上的課程

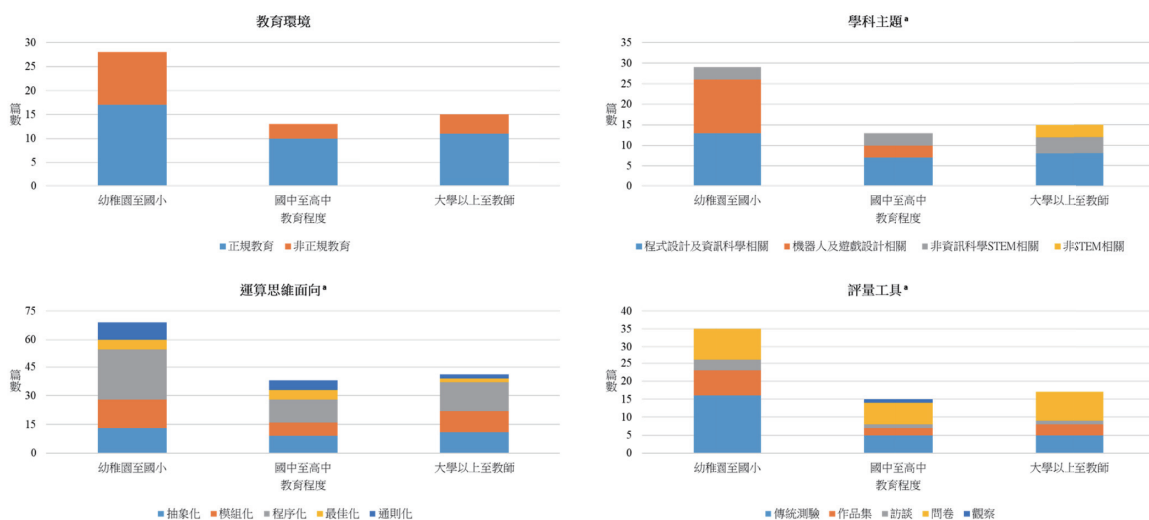


圖4：教育程度分析結果分布圖

註：*為複選題。

表3：回顧文獻之各教育程度分析表

類別	教育程度		
	幼稚園至國小	國中至高中	大學以上至教師
論文篇數	28	13	15
教育環境			
1. 正規教育	17 (60.71%)	10 (76.92%)	11 (73.33%)
2. 非正規教育	11 (39.29%)	3 (23.08%)	4 (26.67%)
學科主題 ^a			
1. 程式設計及資訊科學相關	13 (46.43%)	7 (53.85%)	8 (53.33%)
2. 機器人及遊戲設計相關	13 (46.43%)	3 (23.08%)	0 (0.00%)
3. 非資訊科學STEM相關	3 (10.71%)	3 (23.08%)	4 (26.67%)
4. 非STEM相關	0 (0.00%)	0 (0.00%)	3 (20.00%)
運算思維面向 ^a			
1. 抽象化	13 (46.43%)	9 (69.23%)	11 (73.33%)
2. 模組化	15 (53.57%)	7 (53.85%)	11 (73.33%)
3. 程序化	27 (96.43%)	12 (92.31%)	15 (100.00%)
4. 最佳化	5 (17.86%)	5 (8.46%)	2 (13.33%)
5. 通則化	9 (32.14%)	5 (38.46%)	2 (13.33%)
評量工具 ^a			
1. 傳統測驗	16 (57.14%)	5 (38.46%)	5 (33.33%)
2. 作品集	7 (25.00%)	2 (15.38%)	3 (20.00%)
3. 訪談	3 (10.71%)	1 (7.69%)	1 (6.67%)
4. 問卷	9 (32.14%)	6 (46.15%)	8 (53.33%)
5. 觀察	0 (0.00%)	1 (7.69%)	0 (0.00%)

註：^a為複選題。

內容深度來說，較不易設計為課外活動，而對於該年齡的學生可能也不一定需要藉由課外活動設計來吸引，而是能將運算思維的教學融入各種其他課程裡一起學習。

在學科主題上，以機器人與遊戲來呈現的教學實驗設計，可推測在國高中以下有很好的吸引力，可能較適合幼稚園至國小、國高中的學生，但在大學以上則較無此需求；其原因可歸納於目前的機器人與遊戲教學設計與教具相對簡單，而在大學的專業程式設計課程之中，已經是基於這些基礎概念之上

進行更深入的學習。在回顧的文獻中，可以看出研究中使用的設計與教具圍繞於循序、分歧、反覆等結構化流程的概念(Hooshyar, 2022; Zhan et al., 2022)，配合機器人與遊戲具象化的特性，甚至結合肢體動作與回饋的觀察(Chevalier et al., 2022; Kopcha et al., 2021; Shen et al., 2022)，這些在大學專業課程裡均已假設能快速理解並將時間留給學習更抽象的知識；不過我們也認為，對於大學裡特定難理解的抽象知識，可能也存在需要設計進階機器人與遊戲來輔助學習的必要性。本研究分析結果也顯示，雖然也有非資訊科學

的STEM相關研究，但比起程式設計或機器人的相關研究數量較少，仍然有進一步發展的空間；而運算思維和非STEM相關學科主題之間的連結則更少，可能也顯示了將運算思維融入國高中以下非STEM教育活動的難度，抑或是目前對於此需求較低。

在運算思維的五個面向上，對於所有教育程度而言，程序化面向較受到重視，在三個教育程度中的比例都超過了92%，尤其是大學以上至教師程度中的15篇研究，皆著重於程序化面向，顯示程序化對此教育程度的重要性。其次，在所有教育程度中，抽象化和模組化面向也是重要的方面，都占了第二或第三大的比例，然而通則化與最佳化的比例相對來的低，且比例均低於40%，尤其在大學以上至教師程度中更只有各兩篇研究有探討此二面向。此外，相較於其他面向，抽象化面向比例隨著學生年齡的增長也大幅增加，幼稚園至國小程度(46.43%)，大學以上至教師程度(73.33%)。

關於評量工具方面，在幼稚園至國小程度中傳統測驗是主要的評量工具(57.14%)。雖然作品集、問卷也有被使用，但使用比例相對較低，其他評量工具如觀察和訪談的比例為最低。對於國中至高中程度而言，問卷(46.15%)和傳統測驗(38.46%)是較常被運用的評量工具，但對於幼稚園至國小程度，更傾向運用問卷進行評量。而觀察和訪談則是最少被運用的評量工具。在大學以上至教師程度部分，問卷(53.33%)與傳統測驗(33.33%)是較常被運用的評量工具，而此教育程度中沒有研究運用觀察當作評量工具。整體而言，隨著學習者的成長和發展，評量工具的使用亦有所差異。而問卷和傳統測驗對於各教育程度的研究而言，均是主要運用的評量工具，但作品集和訪談也是有少數研究採用，此結果反映出對於學習者整體

表現的綜合評估可能越來越重要，對於學生運算思維的評量也不局限以單一傳統測驗的方式進行評量。

肆、結論與建議

本研究透過系統性文獻回顧的方式，收集2020年1月至2023年7月之間在WoS中關於運算思維在教育相關領域的期刊文章，並依據年分、教育環境、學科主題、教育程度、運算思維面向、評量工具等向度進行內容分析，並分析相關教學實證研究文獻中在不同年分及在不同教育程度上的差異及趨勢。研究分析結果顯示運算思維於教學實證研究發表在近四年有明顯的上升趨勢，相較於2020年前的研究(Lu et al., 2022; X. Tang et al., 2020)，發現從2020年後運算思維的研究已增加一倍之多，且在幼兒園至小學教育程度有最多的研究投入，這反映了各國教育政策對運算思維的重視，且欲往下扎根，這也可由2022年在正規教育中有更大比例的研究發表看出這個趨勢。而在學科主題中，研究主要集中在「程式設計及資訊科學」主題，雖然已有部分研究著重於「非資訊科學STEM」主題及「非STEM」主題，但在運算思維於教學實證的研究仍屬少數。然而，除了本研究所分析之學科主題之外，近年運算思維能力發展的相關研究也確實與許多特定領域學科知識學習和專業能力養成有所連結且越來越普遍，特別是在科學教育領域中，例如：生物學的演化知識(Christensen & Lombardi, 2023)、數學問題解決能力(Zakaria et al., 2023)、職前物理教師素養能力(Anwar et al., 2023)等，表示運算思維能力的相關研究發展趨勢會是以探究多元跨域、跨學科知識，以及跨素養能力養成之教育議題為主。

在評量工具上，傳統測驗最多，其次

為問卷及作品集，其中在幼稚園至國小教育程度使用傳統測驗比例比問卷多，但在國中至高中及大學以上至教師程度則較多使用問卷方式評量，可能是因為國中程度以上的學生更能夠理解問題的意涵，以及能夠清楚地表達自我內在的想法與感受。本研究亦觀察到有幾個研究使用相同的測驗工具評量運算思維，使用相同工具評量可以對不同研究使用相同指標來比較。在評估的運算思維維度上，其中程序化面向是最多被相關研究所評量的，根據M.-J. Tsai等(2022)所提出之「CTDM」來看，程序化為進階能力發展的首要能力，此能力之發展有助於後續最佳化與通則化能力之發展，因此可以知道回顧文獻均認為首要進階能力之發展與評量是重要的教學目的。而次多被評量的能力是抽象化及模組化面向，此二能力為模型中兩大基礎能力，且是進階能力的發展前提和條件，即表示回顧文獻之教學設計亦關注基礎能力的培養與發展。由此可知，大多數教學實驗的設計以培養與評量CTDM中的基礎能力與首要進階能力為優先，本研究分析結果亦證明模型理論架構所論述之運算思維發展順序的重要性。

因運算思維是一種當代公民每天生活中需應用的重要思考技能，故會將此源自於程式設計與資訊科學領域的思維模式更深植於現今的日常生活中，對教育領域而言，也因此需要有更多的研究或課程的教學內容，使用日常生活的案例來教導促進學習者運算思維的發展，而不僅是囿於程式設計或資訊科學的主題中；本研究的研究結果亦呼應此一觀點。運算思維於教學及研究在引入不同學科主題的發展上仍有不少可能的研究空缺，亦需後續研究持續投入，如此才能讓一般人瞭解運算思維在生活中的應用性及重要性。過去研究主要使用傳統測

驗及問卷來評量運算思維，這些工具主要都是分析學習者學習的成果，如撰寫程式的能力或成效，目前也已有一些研究者開發的運算思維測驗工具(如CTt)及問卷(CTS)在相關教學或學習之研究中被使用。本研究建議新進的研究者可酌參使用這些既有的評量工具，不但可減少測驗工具開發時間，亦能與既有文獻的成果相互對照，深入瞭解提升運算思維的各種可能性。基於前述研究結果，本研究亦建議，在量化的研究工具之外，未來研究仍可思考運用不同的研究取徑，例如透過探知學生在運算思維的學習歷程，或者應有多一點的研究使用觀察或對話分析學生在運算思維的學習歷程，進而深入瞭解學習者在學習歷程中的細節，以供相關課程規劃及評量發展之參考。另一方面，由於本研究主要採用X. Tang等(2020)系統性文獻回顧作為分析架構，探索運算思維在教育領域的現狀與發展，並辨別出現有探討的研究議題，但對於相關文獻使用的研究方法與研究發現未進行分析，建議未來研究可以針對教育實證研究進行更詳細的分析，提出教學實驗的實證性成果，以深入瞭解學生運算思維存在的學習問題與潛在的困難。

最後，本研究針對新近文獻為研究樣本進行編碼、分析，應可完整、精確地呈現出近年教育研究者以「運算思維於教學實驗」為主軸的研究內涵，呈現這些論文的類型、趨勢、年代更迭等資訊。此外，本研究亦深入地分析樣本論文的實質內涵，諸如實驗設計、運算思維能力評量工具、評估面向、相關學科主題等，除了能夠幫助後續研究者瞭解運算思維在教育相關領域在近年的發展情形之外，更重要的是能夠從文獻回顧的角度，有系統地發掘該領域尚存並亟待研究者投注心力的研究空缺，尤其本研究的發現可在研究者撰寫相關學術論文、專書或研究計

畫時，以實證數據作為論述研究背景與理論探討的支持。並針對後續研究者在研究場域的選擇與設計上有下列三點的建議：一、近四年來皆著重於正規教育，國高中及大學以上的非正規教育、國高中以下的非STEM相關科目的相關研究仍有很大的空間尚待補足。二、傳統測驗和問卷是一直是主要存在的評量方式，學習者整體表現的多元綜合評估越趨重要，如何以較深入、具詮釋性以及個別化的評量方式瞭解學習者如何學習運算思維，或許是亟待相關領域研究者關注的研究方向。三、基於「CTDM」(M.-J. Tsai et al., 2022)之理論架構對於教學研究中培養基礎能力與進階能力的課程活動類型與應用方式仍

有待進行相關文獻回顧分析與瞭解。整體而言，教學者或研究者可根據運算思維的架構收集學習者多元量化與質化資料，並進行交叉分析與系統性統整，以描繪出學習者運算思維能力與其發展歷程之全貌。

誌謝

感謝國家科學及技術委員會專題研究計畫的支持(110-2423-H-328-001-MY3)，以及承蒙教育部高教深耕計畫特色領域研究中心計畫永續農業創新發展中心經費補助，使本研究得以順利完成；審查委員用心提出之寶貴意見，對本文裨益良多，特此一併感謝。

參考文獻

- Anwar, E. D., Sarwi, S., Rusilowati, A., Subali, B., Isnaeni, W., & Mindyarto, B. N. (2023). Development of computational thinking skill instruments on prospective physics teachers. *International Conference on Science, Education, and Technology*, 9(1), 202-207.
- Bradford, S. C. (1948). *Documentation*. Crosby Lockwood and Son.
- Brookes, B. C. (1977). Theory of the Bradford's law. *Journal of Documentation*, 33(3), 180-209. <https://doi.org/10.1108/eb026641>
- Cheng, Y.-P., Lai, C.-F., Chen, Y.-T., Wang, W.-S., Huang, Y.-M., & Wu, T.-T. (2023). Enhancing student's computational thinking skills with student-generated questions strategy in a game-based learning platform. *Computers & Education*, 200, Article 104794. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104794>
- Chevalier, M., Giang, C., El-Hamamsy, L., Bonnet, E., Papaspyros, V., Pellet, J.-P., Audrin, C., Romero, M., Baumberger, B., & Mondada, F. (2022). The role of feedback and guidance as intervention methods to foster computational thinking in educational robotics learning activities for primary school. *Computers & Education*, 180, Article 104431. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104431>
- Christensen, D., & Lombardi, D. (2023). *Biological evolution learning and computational thinking: Enhancing understanding through the levels of biological organization and computational complexity*. Research Square. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3364053/v1>
- Hooshyar, D. (2022). Effects of technology-enhanced learning approaches on learners with differ-

- ent prior learning attitudes and knowledge in computational thinking. *Computer Applications in Engineering Education*, 30(1), 64-76. <https://doi.org/10.1002/cae.22442>
- Hsu, T.-C., Chang, S.-C., & Hung, Y.-T. (2018). How to learn and how to teach computational thinking: Suggestions based on a review of the literature. *Computers & Education*, 126, 296-310. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.07.004>
- Hsu, Y.-S., Tang, K.-Y., & Lin, T.-C. (2023). Trends and hot topics of STEM and STEM education: A co-word analysis of literature published in 2011-2020. *Science & Education*. Advance on-line publication. <https://doi.org/10.1007/s11191-023-00419-6>
- Ince, E. Y., & Koc, M. (2021). The consequences of robotics programming education on computational thinking skills: An intervention of the Young Engineer's Workshop (YEW). *Computer Applications in Engineering Education*, 29(1), 191-208. <https://doi.org/10.1002/cae.22321>
- Israel-Fishelson, R., & HersHKovitz, A. (2022). Studying interrelations of computational thinking and creativity: A scoping review (2011-2020). *Computers & Education*, 176, Article 104353. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104353>
- Kay, R. H., & LeSage, A. (2009). Examining the benefits and challenges of using audience response systems: A review of the literature. *Computers & Education*, 53(3), 819-827. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.05.001>
- Kong, S.-C., Lai, M., & Sun, D. (2020). Teacher development in computational thinking: Design and learning outcomes of programming concepts, practices and pedagogy. *Computers & Education*, 151, Article 103872. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103872>
- Kopcha, T. J., Ocak, C., & Qian, Y. (2021). Analyzing children's computational thinking through embodied interaction with technology: A multimodal perspective. *Educational Technology Research and Development*, 69(4), 1987-2012. <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09832-y>
- Korkmaz, Ö., Çakir, R., & Özden, M. Y. (2017). A validity and reliability study of the computational thinking scales (CTS). *Computers in Human Behavior*, 72, 558-569. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.01.005>
- Krippendorff, K. (1989). Content analysis. In E. Barnouw, G. Gerbner, W. Schramm, T. L. Worth, & L. Gross (Eds.), *International encyclopedia of communications* (Vol. 1, pp. 403-407). Oxford University Press. <https://reurl.cc/4ja1Mj>
- Ku, K. Y. L. (2009). Assessing students' critical thinking performance: Urging for measurements using multi-response format. *Thinking Skills and Creativity*, 4(1), 70-76. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2009.02.001>
- Lee, M.-H., Wu, Y.-T., & Tsai, C.-C. (2009). Research trends in science education from 2003 to 2007: A content analysis of publications in selected journals. *International Journal of Science Education*, 31(15), 1999-2020. <https://doi.org/10.1080/09500690802314876>
- Lee, S. W.-Y., Luan, H., Lee, M.-H., Chang, H.-Y., Liang, J.-C., Lee, Y.-H., Lin, T.-J., Wu, A.-H.,

- Chiu, Y.-J., & Tsai, C.-C. (2021). Measuring epistemologies in science learning and teaching: A systematic review of the literature. *Science Education*, 105(5), 880-907. <https://doi.org/10.1002/sce.21663>
- Lin, T.-C., Lin, T.-J., & Tsai, C.-C. (2014). Research trends in science education from 2008 to 2012: A systematic content analysis of publications in selected journals. *International Journal of Science Education*, 36(8), 1346-1372. <https://doi.org/10.1080/09500693.2013.864428>
- Lin, T.-J., Lin, T.-C., Potvin, P., & Tsai, C.-C. (2019). Research trends in science education from 2013 to 2017: A systematic content analysis of publications in selected journals. *International Journal of Science Education*, 41(3), 367-387. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1550274>
- Lu, C., Macdonald, R., Odell, B., Kokhan, V., Demmans Epp, C., & Cutumisu, M. (2022). A scoping review of computational thinking assessments in higher education. *Journal of Computing in Higher Education*, 34(2), 416-461. <https://doi.org/10.1007/s12528-021-09305-y>
- Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F. J., & Vílchez-González, J. M. (2019). What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. *Science Education*, 103(4), 799-822. <https://doi.org/10.1002/sce.21522>
- Matovu, H., Ungu, D. A. K., Won, M., Tsai, C.-C., Treagust, D. F., Mocerino, M., & Tasker, R. (2023). Immersive virtual reality for science learning: Design, implementation, and evaluation. *Studies in Science Education*, 59(2), 205-244. <https://doi.org/10.1080/03057267.2022.2082680>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & PRISMA Group. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *Annals of Internal Medicine*, 151(4), 264-269. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-151-4-200908180-00135>
- Ng, O.-L., & Cui, Z. (2021). Examining primary students' mathematical problem-solving in a programming context: Towards computationally enhanced mathematics education. *ZDM—Mathematics Education*, 53(4), 847-860. <https://doi.org/10.1007/s11858-020-01200-7>
- Román-González, M., Pérez-González, J.-C., & Jiménez-Fernández, C. (2017). Which cognitive abilities underlie computational thinking? Criterion validity of the computational thinking test. *Computers in Human Behavior*, 72, 678-691. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.08.047>
- Selby, C., & Woollard, J. (2014, March). *Computational thinking: The developing definition*. Special Interest Group on Computer Science Education (SIGCSE 2014), Atlanta, GA.
- Shen, J., Chen, G., Barth-Cohen, L., Jiang, S., & Eltoukhy, M. (2022). Connecting computational thinking in everyday reasoning and programming for elementary school students. *Journal of Research on Technology in Education*, 54(2), 205-225. <https://doi.org/10.1080/15391523.2020.1834474>
- Sun, L., Guo, Z., & Zhou, D. (2022). Developing K-12 students' programming ability: A system-

- atic literature review. *Education and Information Technologies*, 27(5), 7059-7097. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-10891-2>
- Tang, K.-Y., Chou, T.-L., & Tsai, C.-C. (2020). A content analysis of computational thinking research: An international publication trends and research typology. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 29(1), 9-19. <https://doi.org/10.1007/s40299-019-00442-8>
- Tang, X., Yin, Y., Lin, Q., Hadad, R., & Zhai, X. (2020). Assessing computational thinking: A systematic review of empirical studies. *Computers & Education*, 148, Article 103798. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103798>
- Tsai, C.-C., & Wen, M. L. (2005). Research and trends in science education from 1998 to 2002: A content analysis of publication in selected journals. *International Journal of Science Education*, 27(1), 3-14. <https://doi.org/10.1080/0950069042000243727>
- Tsai, M.-J., Liang, J.-C., & Hsu, C.-Y. (2021). The computational thinking scale for computer literacy education. *Journal of Educational Computing Research*, 59(4), 579-602. <https://doi.org/10.1177/0735633120972356>
- Tsai, M.-J., Liang, J.-C., Lee, S. W.-Y., & Hsu, C.-Y. (2022). Structural validation for the developmental model of computational thinking. *Journal of Educational Computing Research*, 60(1), 56-73. <https://doi.org/10.1177/07356331211017794>
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>
- Zakaria, P., Djakaria, I., Amin, R. M., Katili, S., Majid, M., & Maharani, S. (2023). The relationship between computational thinking and critical thinking disposition in mathematical problem solving: Bibliometric analysis. *Al-Ishlah: Jurnal Pendidikan*, 15(3), 2857-2865. <https://doi.org/10.35445/alishlah.v15i3.3162>
- Zhan, Z., He, W., Yi, X., & Ma, S. (2022). Effect of unplugged programming teaching aids on children's computational thinking and classroom interaction: With respect to Piaget's four stages theory. *Journal of Educational Computing Research*, 60(5), 1277-1300. <https://doi.org/10.1177/07356331211057143>
- Zhang, L., & Nouri, J. (2019). A systematic review of learning computational thinking through Scratch in K-9. *Computers & Education*, 141, Article 103607. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103607>

A Literature Review and Prospects of Empirical Studies on Computational Thinking Instruction

Ching-Yeh Wang^{1,*}, Kai-Yu Tang^{2,3}, Tzu-Chiang Lin^{4,5}, Chia-Jung Chang⁶, Hui-Chun Hung⁷,
Yung-Yu Zhuang⁸ and I-Fan Liu⁹

¹Department of Hotel Management, National Kaohsiung University of Hospitality and Tourism

²Graduate Institute of Library and Information Science, National Chung Hsing University

³Innovation and Development Center of Sustainable Agriculture, National Chung Hsing University

⁴Center for Teacher Education, National Kaohsiung University of Science and Technology

⁵Center for the Liberal Arts, National Kaohsiung University of Science and Technology

⁶Department of Information Communication, Yuan Ze University

⁷Graduate Institute of Network Learning Technology, National Central University

⁸Department of Computer Science and Information Engineering, National Central University

⁹Department of Allied Health Education and Digital Learning, National Taipei University of Nursing and Health Sciences

Abstract

This study aimed to understand the state of educational empirical studies that employed instructional experiments to cultivate or enhance students' computational thinking skills through a systematic literature analysis. Additionally, it analyzed the educational environment, subject matters, computational thinking dimensions, and types of assessment methods across different years and educational levels. A total of 56 papers, from the years January 2020 to July 2023, were selected from the Web of Science (WoS) database and subjected to systematic analysis to address the research questions. Generally, the educational experiments in these studies were conducted within a formal educational environment as well as programming and computer science as the primary subject matter. The majority of the papers focused on samples from kindergarten to elementary school levels, and the key dimension of computational thinking explored was algorithm thinking. Traditional testing was the main assessment method employed to evaluate students' computational thinking skills. The analysis of yearly trends revealed an increasing number of papers discussing the application of computational thinking to teaching experiments, with a growing emphasis on non-STEM subject matter. In terms of school levels, traditional tests were used for younger students, while questionnaires were adopted for older students. This review paper concludes by providing suggestions for instructional practice and future studies.

Key words: Literature Review, Empirical Study, Computational Thinking

* Corresponding author: Ching-Yeh Wang, cywang@mail.nkuht.edu.tw; ORCID: 0000-0002-1347-9597

Received: 2023/5/30, Revised: 2023/10/6, Accepted: 2023/10/11, Available Online: 2024/1/29