

臺灣 STE (A) M 教育期刊論文與國科會計畫之發展回顧與評析

楊淑晴 國立中山大學教育研究所教授

劉淑君 國立中山大學教育研究所博士

黃名清 國立中山大學教育研究所碩士

摘 要

本研究透過系統性文獻回顧與比較分析，探討 2006 至 2023 年間臺灣 STE (A) M 教育相關期刊論文及國科會計畫的發展現況與趨勢。結果顯示，隨著 108 課綱推動及美國教育趨勢的影響，STEM 與 STEAM 相關研究數量持續增長，並涵蓋科學、科技、藝術及創造力等跨學科主題。儘管 STEAM 概念逐漸興起，STEM 研究依然保持較高影響力，且兩者在國科會計畫與大多數期刊中的比例接近 1:1。然 SSCI 期刊仍偏重 STEM，顯示不同學術刊物對兩者的重視程度有所差異。不同期刊的研究對象分布亦呈現明顯差異。整體而言，儘管各期刊多以 K-12 學生為主要對象，SSCI 期刊較偏重大學與高中生，而國科會計畫及非 TSSCI 期刊則主要集中於國中小學生。研究主題方面，教師教學與學科認知最為關注，反映學者對教學策略與學習成效的重視；然而，對思考智能與概念的探討較少。各期刊對教育重點的關注也有所不同：TSSCI 與 SSCI 期刊聚焦學生的學科態度，非 TSSCI 期刊側重過程技能，國科會計畫則更強調教師教學。在研究方法上，大多數研究採用實驗研究法，並利用測驗、量表與問卷等量化工具。然而，評估標準多樣化，顯示該領域缺乏統一的評量框架，影響研究結果的可比性。未來研究應加強評估工具的標準化與驗證，並考慮更多質性研究方法，以全面理解 STE (A) M 教育的實施效果，促進理論與實踐的雙向發展。

關鍵詞：STEAM、STEAM 教育、期刊論文、文獻分析、國科會計畫



A Review and Analysis of Journal Articles and NSTC-Funded Projects on STE(A)M Education in Taiwan

Shu Ching Yang

Professor, Institute of Education, National Sun Yat-sen University

Shu-Jyun Liou

PhD, Institute of Education, National Sun Yat-sen University

Ming-Ching Huang

Master's Degree, Institute of Education, National Sun Yat-sen University

Abstract

This study employs a systematic literature review and comparative analysis to examine the development and trends of STE(A)M education in Taiwan from 2006 to 2023, focusing on academic journal publications and research projects funded by the National Science and Technology Council (NSTC). The findings indicate a steady increase in STEM and STEAM-related studies, influenced by the implementation of the Curriculum Guidelines of 12-Year Basic Education and educational trends from the United States. These studies encompass interdisciplinary themes such as science, technology, the arts, and creativity.

Although the STEAM approach is gaining momentum, STEM research continues to exert greater influence, with both STEM and STEAM appearing at a nearly 1:1 ratio in NSTC projects and most academic journals. However, STEM remains more prominently featured in SSCI-indexed journals, reflecting differing levels of emphasis among publication platforms. Variations were also observed in the distribution of research participants across journals. While most journals focus on K–12 students, SSCI journals tend to emphasize research on university and senior high school students, whereas NSTC projects and non-TSSCI journals concentrate more on elementary and junior high school students.

In terms of research topics, instructional strategies and subject-matter cognition are the most frequently explored, reflecting scholars' interest in teaching effectiveness and learning outcomes. However, fewer studies address higher-order thinking and conceptual development. Journal-specific emphases also vary: TSSCI and SSCI journals often highlight students' attitudes toward learning, non-TSSCI journals emphasize process skills, and NSTC-funded projects place greater focus on teacher instruction.

In terms of methodology, most studies adopt experimental designs, utilizing quantitative tools such as tests, scales, and questionnaires. Nevertheless, the diversity of evaluation criteria indicates a lack of standardized assessment frameworks, which may hinder the comparability of findings. Future research should aim to standardize and validate evaluation instruments and incorporate more qualitative methods to provide a more comprehensive understanding of STE(A)M education and to promote the reciprocal development of theory and practice.

Keywords: STEAM, STEAM education, academic journal articles, literature analysis, NSTC-funded projects



壹、緒論

隨著全球各國將 STE (A) M 教育視為提升學生創新能力與競爭力的重要途徑，臺灣近年來亦積極推動相關研究與實踐，並逐漸累積豐富成果。許多學者致力於探討不同的 STE (A) M 教學模式及其應用成效。例如，鄭秉漢等人（2020）將 STE (A) M 與桌遊結合融入水資源議題；盧佩綺（2019）結合 STEM 與美感教育，引導學生認識古蹟文化；Chung 等人（2014）透過機器人競賽，幫助學生理解 STE (A) M 概念在生活中的應用；Lin 等人（2023）則運用 STEM 與 3D 列印技術，提升學生對科技工程的理解。

除了學生學習成效的探討，教師在推動 STE (A) M 教學時面臨的挑戰亦成為研究焦點。黃子榕與林坤誼（2014）分析職前教師在 STEM 課程中的知識整合困難；吳紹群（2020）則以博物館 STEAM 工作坊為例，探討教師在課程設計與實施上的挑戰，並強調博物館在推動 STEAM 教育中的潛力。然而，相較於國際間的長期發展，臺灣在 STE (A) M 教育的系統性研究仍顯不足。儘管已有學者進行綜合分析（Chang et al., 2022; Hsu et al., 2024），如吳聲毅（2019）、賴秋琳（2020）及 Wahono 等人（2020）的回顧，這些研究多集中於特定主題，缺乏針對臺灣現況的整體性探討。此外，Zhan 等人（2022）對全球 STEM 教育文獻的分析指出，東西方國家在研究主題與發展趨勢上存在顯著差異，顯示臺灣有必要進行更完整的系統性研究。

為補足此研究缺口，楊淑晴等人（2024）對 2008 至 2022 年間的 219 篇學位論文進行分析，勾勒出臺灣 STE (A) M 教育的發展現況，提供了初步的研究輪廓。然而，由於資料僅來自學位論文，研究視角受限，未能全面呈現臺灣在不同發表管道（期刊論文與國科會計畫）上的研究成果。基於此，本研究擴大範疇，納入期刊論文與國科會計畫，進行系統性回顧與比較分析，期望填補臺灣在 STE (A) M 教育研究中的系統性不足，並推動該領域的進一步發展。

期刊論文與國科會計畫各具研究特色。期刊論文經過嚴格的同行審查，特別是 TSSCI 與 SSCI 期刊，代表著更高的學術水準與國際能見度；非 (T) SSCI 期刊則更關注教學實踐與創新應用。另一方面，國科會計畫作為政府資源支持的研究項目，反映政策優先順序，並推動國內 STE (A) M 教育的發展。因此，期刊論文強調學術影響，國科會計畫則關注政策落實與教學實驗，兩者相輔相成，構成臺灣 STE (A) M 教育研究的重要基礎。

基於上述背景，本研究旨在通過系統性文獻回顧與比較分析，深入探討臺灣 STE (A) M 教育的發展現況與趨勢。具體而言，研究聚焦於以下兩個方向：（一）綜整期刊論文與國科會計畫，分析出版年份、研究主題、對象及研究方法的變化，以勾勒出臺灣在 STE (A) M 教育領域的發展脈絡；（二）比較不同發表管道的研究特徵，檢視研究策略的差異與趨勢，藉此提供更全面的分析視角，作為未來教學設計與政策制定的參考。

貳、文獻探討

一、STE (A) M 教育的緣起與內涵

STE (A) M 教育的核心概念源自美國國家科學基金會（National Science Foundation, NSF）於 1996 年提出的 STEM 教育，即科學、科技、工程與數學的跨學科教育模式。STEM 旨在打破學科界限，培養 21 世紀所需的綜合性人才，特別強調以學生為中心，鼓勵跨學科學習，並將現實問題引入課程，以幫助學生應用知識解決實際問題（Christenson, 2011）。雖然 STEM 的教學方法和理解多樣，有些學者強調單科教學，而另一些主張跨學科整合，但其核心精神在於透過工程設計過程促進學科間的聯繫與應用（Gül & Taşar, 2020）。例如，Şahin 等人（2014）指出，STEM 教育旨在從跨學科的視角看待問題，強調知識的整合與應用。總的來說，STEM 教育強調跨學科整合，以「解決生活問題、動手實作與創新設計」為核心理念，將科學、科技、工程和數學與現實生活緊密聯繫，促進教育與生活的融合。在 STEM 教育推動十年後，美國學者 Yakman 於 2008 年提出將藝術（Arts）融入 STEM，形成 STEAM 教育（Yakman, 2008）。他認為藝術能夠激發創造性思維，並增強學生解決問題的能力，補足了 STEM 教育中的不足（Paik et al., 2018）。STEAM 進一步強調設計思維與創造力，旨在培養學生以更具創意的方式應對現實挑戰（Kim & Lee, 2018）。

二、STE (A) M 相關文獻與統合分析

在國際上，關於 STE (A) M 教育的整合性分析已產出多篇重要的回顧文獻，從多角度、多方法深入探討其發展脈絡與未來趨勢。這些研究不僅進行了統合分析與主題彙整（Le Thi Thu et al., 2021; Leavy et al., 2023; Li et al., 2020; Mizell &

Brown, 2016; Thomas & Larwin, 2023; Zhan et al., 2022)，還涵蓋多元面向的探討，包括教育機器人 (Sapounidis et al., 2024)、儀器設備與工具的使用 (Juca-Aulestia et al., 2021)、共詞分析 (Hsu et al., 2024; Marín-Marín et al., 2021)，以及作者身分與主題趨勢的研究 (Li & Xiao, 2022)。此外，研究中還關注到非正式專題導向學習模式 (Santhosh et al., 2023)、數位素養 (Deák & Kumar, 2024)，以及學習成效如創造力與科學素養 (Çakici et al., 2021; Chang & Chen, 2022; Kang et al., 2018; Kazu & Kurtoglu Yalcin, 2021)。

在具體案例中，Pérez Torres 等人 (2024) 從 STEM 實踐的角度評估西班牙的 STEAM 專題學習 (STEAM PBL) 教學設計；Sanz-Camarero 等人 (2023) 則對小學與中學階段的 STEAM 計畫進行系統回顧，探索其對藝術能力發展的影響。Wu 等人 (2024) 則針對 2010 至 2023 年的 21 項實證研究進行統合分析，探討 STEM 教育對中小學教師跨學科教學能力的影響。Chang 等人 (2022) 則透過調節效應統合分析，檢視 STEM 教育對學業成就的影響，並採用實驗性或準實驗性設計進行學習成果評估。

同時，先進科技的應用也是近年來的研究重點之一。Lee 與 Kwon (2023) 分析了 2014 至 2021 年間韓國 26 篇有關 3D 列印應用於教育的研究，揭示了該技術在學習情境中的潛力；Leavy 等人 (2023) 則進行了綜述，強調新興科技在 STEAM 教育中的普及與應用。

STE (A) M 教育的研究不僅集中於美國，韓國、土耳其和中國也積極推動相關研究，顯示全球對該領域的重視。例如，美國的 Li 等人 (2020) 對 2000 至 2018 年間的 STEM 教育文獻進行系統分析，揭示該領域的發展趨勢，顯示研究的擴展性與跨國合作的普遍性。Li 等人 (2022)、Li 與 Xiao (2022) 更進一步綜述了 Web of Science (WoS) 資料庫中高引用的 STEM 教育實證研究，勾勒出全球研究的主題焦點與方法創新。

此外，Zhan 等人 (2022) 針對 2004 至 2021 年間 WoS 資料庫中 1,718 篇全球 STEM 教育論文進行全面的計量分析，系統整理 STEAM 教育的發展方向、學科整合與未來趨勢。這些系統性分析不僅揭示國際研究的演進，亦提供後續研究策略與跨學科整合的參考。

綜合而言，國際間對 STE (A) M 教育的統合分析與文獻回顧，從多角度探討了跨學科整合、創意思維、數位素養等關鍵主題的發展 (Leavy et al., 2023; Li et al., 2020; Zhan et al., 2022)。其中，跨學科整合與設計思維的強調，以及數位工具 (如

教育機器人、虛擬實境、3D 列印等）的應用，正逐步影響臺灣學者的研究聚焦與主題選擇。國際研究中廣泛採用的質量混合方法、實驗設計、共詞分析等研究技術，也對臺灣期刊論文與國科會計畫的研究設計產生深遠影響。受此啟發，臺灣學者逐漸引入更嚴謹的研究設計，以檢驗 STE（A）M 教育的學習成效，並運用社群網絡分析、統合分析與共詞分析來探討研究主題間的關聯性（黃怡真，2024；Hsu et al., 2024）。這不僅反映國際趨勢的影響，也顯示臺灣學者在研究方法上的創新與精進。然而，儘管統合分析能針對單一主題進行量化彙整，卻在全面解釋 STE（A）M 教育的多元樣貌上存在侷限。因此，本研究通過系統性文獻回顧與比較分析，探討臺灣期刊論文與國科會計畫等不同發表管道的現況、主題與差異，並深入分析國際研究對臺灣學術取向與發表策略的影響。透過這樣的分析，本研究將勾勒出臺灣 STE（A）M 教育研究的發展脈絡，並提供未來統合分析的多元視角，促進臺灣學術研究與國際趨勢的接軌，以推動本地研究的創新與發展。

參、研究方法

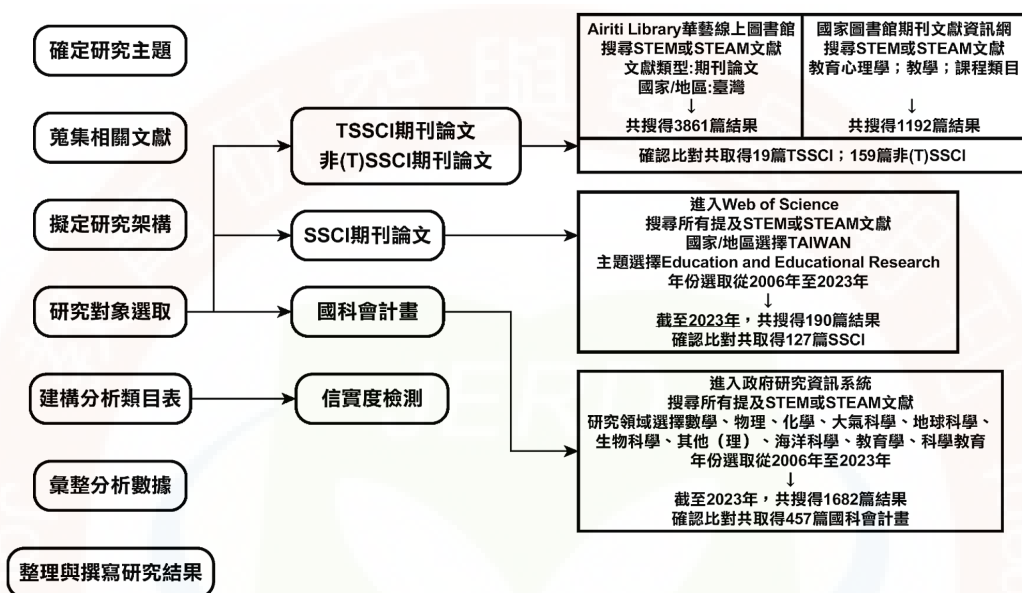
一、研究對象與取樣

本研究聚焦於臺灣學者在（T）SSCI 期刊、非（T）SSCI 期刊及國科會計畫中發表的 STE（A）M 教育相關論文，並透過華藝線上圖書館、國家圖書館期刊文獻資訊網、WoS 及國科會政府研究資訊系統進行檢索（具體步驟詳見圖 1）。本研究選擇 2006 年作為分析起點，係基於李博宏（2006）發表於《生活科技教育》的論文，該研究是國內最早探討 STEM 教育中科技與工程課程發展的文獻。因此，以 2006 年為基準，不僅能反映 STEM 教育在科技與工程領域的早期脈絡，也能確保文獻回顧的完整性。

儘管「STEM 教育」一詞自 2000 年代初期逐漸受到關注，但相關研究可能早已在不同學科或術語下發表。為避免遺漏，本研究在摘要與標題中使用“STEM OR STEAM”作為檢索關鍵詞，並逐一審查文獻，以確保研究範疇的完整性。為提升檢索結果的精確度，本研究設立以下排除標準：（一）排除醫學與生物科學領域，如幹細胞研究、生物技術等；（二）無關 STE（A）M 教育的跨領域研究；（三）僅聚焦單一學科（如數學、物理、化學）的研究；（四）強調永續發展或環境教育，未明確納入 STE（A）M 框架者；（五）僅在背景或內文輕微提及 STE（A）M，未作為核心議題探討者。

圖 1

研究流程與步驟



經篩選與去除重複後，最終獲得 305 篇期刊論文及 457 件國科會計畫，其中包括一年期計畫 179 件、二年期計畫 41 件、三年期計畫 79 件及四年期計畫 1 件。這些篩選後的資料，將作為後續分析的基礎，以深入探討臺灣 STE (A) M 教育研究的發展趨勢。

二、建構分析類目表

確認論文後，建構表 1 內容分析類目表，設定出版年代、STEM 與 STEAM 教育比例變化、來源期刊、關鍵字、研究對象、主題、方法、工具等類目，並根據類目表逐篇檢視、分類與彙整文獻。

三、研究信實度

信度，又稱為可信度，指的是研究中測量方法的穩定性和一致性，即在對同一對象進行多次測量後，是否能夠獲得相同的結果。內容分析法的信度主要透過評分者的一致性來檢驗，這涉及兩位或以上評分者在相同時間內對同一研究對象進行比較，並計算其一致性程度來檢驗信度（王文科，1999）。評分者的一致性越高，

測量方法的信度越高，反之則信度較低。通常，信度值大於 0.8 即被視為具有高信度（楊孝滌，2006）。本研究邀請 STEM 領域專家與研究者本人進行信度檢測。研究者先向專家說明研究方法、研究問題、研究主題及編碼依據，並隨機抽取 10% 的研究樣本，依照表 1 的類目進行分析。雙方獨立進行編碼後，採用王石番（1989）提出的編碼員相互同意度公式計算信度。結果顯示，各項信度介於 0.85 至 1 之間，達到高信度標準，證實本研究方法具穩定性與一致性。

表 1
臺灣學者發表 STE（A）M 教育期刊論文與國科會計畫報告之內容分析類目表

分析類目	說明	次類目
出版年代	論文出版年代	2006-2023
STE（A）M 比例變化	將文獻依 STEM 或是 STEAM 分類	STEM/STEAM
來源期刊	論文所刊載的期刊	如科技與人力教育季刊、臺灣教育評論月刊等
關鍵字詞	論文所包含的關鍵字詞	分為包含 STEM 字詞，如跨領域 STEM，與不包含 STEM 字詞，如機器人
研究對象	研究關注的研究對象	從幼兒至成年人
研究主題	基於國家十二年國教課綱，聚焦於三大領域 學生學習：分為四類 學科認知：記憶、理解、應用等學科學習內容 思考智能：創造、推理、批判思維等能力 過程技能：觀察、問題解決、合作等技能 學科態度：探究興趣、科技態度、藝術價值 教師教學：專注 STE（A）M 教學策略與教師角色分析 概念論述：分析與解釋 STEM 主題	學生學習： 1. 學科認知、2. 思考智能 3. 過程技能、4. 學科態度 教師教學： 1. 發展評鑑工具、2. 設計課程 3. 教學策略等相關主題 概念論述： 1. 主題分析、2. 概念解釋
研究方法	研究中採用的研究方法	如行動研究法、實驗研究法等
研究工具	研究中所採用的工具	測驗、量表、問卷等

肆、結果與討論

一、STE（A）M 教育研究的萌芽與蓬勃發展

為探究臺灣 STE（A）M 教育研究的發展歷程，本研究統計了臺灣期刊論文與

國科會計畫中相關文獻的出版年代，以了解其發展軌跡。圖 2 顯示統計結果如下：

- TSSCI 期刊論文：共 19 篇，範圍涵蓋 2016 至 2023 年。
- SSCI 期刊論文：共 127 篇，時間跨度為 2008 至 2023 年。
- 非 (T) SSCI 期刊論文：共 159 篇，涵蓋 2006 至 2023 年。
- 國科會計畫：共 457 件，時間跨度為 2007 至 2023 年。

進一步觀察臺灣的研究發展歷程，可以看出自 2006 年開始，STE (A) M 教育領域的研究逐漸蓬勃發展。各期刊對於 STE (A) M 教育研究的萌芽與發展分述如下：

(一) TSSCI 期刊

最早在 TSSCI 期刊發表的論文由范斯淳與游光昭 (2016) 撰寫，該研究探討了如何將科技教育融入 STEM 教育之中。從 2018 年 ($n=1$) 到 2019 年，STE (A) M 教育相關論文數量顯著增長，並於 2019 年達到高峰 ($n=6$)。這些論文涵蓋了多個領域，如美國 STE (A) M 教育發展 (湯維玲, 2019)、生物與程式設計的結合 (盧秀琴、馬士茵, 2019)，以及新興科技的應用，如機器人和三維列印 (胡淑華、蔡孟蓉, 2019；游志弘等人, 2019)。

(二) SSCI 期刊

在 SSCI 期刊方面，早期的 STEM 研究中，除了 2008 年由李懿芳研究團隊探討少數族裔學生在 STEM 領域中輟學原因的研究 (White et al., 2008) 之外，其餘三篇相關論文均由羅希哲研究團隊所撰寫，分別探討了以下議題：第一篇探討女高中生在線上學習 STEM 課程的有效性 (Lou, Liu, Shih, Chuang & Tseng, 2011)；第二篇研究了 PBL (專題式學習) 模式下高中生的 STEM 學習情況 (Lou, Liu, Shih & Tseng, 2011)；第三篇則是一項針對臺灣女高中生的探索性研究，探討問題導向學習策略對 STEM 知識整合與態度的影響 (Lou, Shih, et al., 2011)。

STE (A) M 教育相關論文的發表數量可分為兩個主要階段。第一階段 (2008 至 2016 年, $n=18$) 中，論文發表數量相對穩定，但總體數量較少。這一現象可能與當時對 STE (A) M 概念的認識和重視程度仍然有限有關。然而，自 2017 年起，發表數量顯著增加，進入第二階段 (2017 至 2023 年, $n=109$)。2017 年和 2018 年分別發表了 5 篇和 4 篇 STE (A) M 相關論文，2019 年迅速增長至 11 篇，隨後呈現逐年上升趨勢。然而，2022 年的論文數量 ($n=19$) 較 2021 年 ($n=20$) 有所下降，這可能與新冠疫情影響下的審核延遲有關，但在 2023 年，論文數量顯著回升至 36 篇，顯示出學術界對 STE (A) M 教育持續的興趣和關注。

（三）非（T）SSCI 期刊

非（T）SSCI 期刊的首篇論文則由李博宏（2006）撰寫，該文分析了 STEM 教育中科技與工程學科的發展現況。非（T）SSCI 期刊中的 STE（A）M 相關論文發表數量可分為兩個主要階段。第一階段為 2006 至 2016 年（ $n=17$ ），此期間 STE（A）M 相關論文的發表較為零星，每年僅有一至五篇。這可能與 STEM 和 STEAM 概念分別於 1996 年（NSF, 1996）和 Yakman（2008）才逐漸提出和普及有關，當時學界對這些概念尚不熟悉，研究關注度較低。第二階段（2017 至 2023 年， $n=141$ ）中，非（T）SSCI 期刊論文的發表數量顯著增長。特別是自 2018 年起，每年的發表量穩步上升，從 2018 年的 10 篇增加到 2020 至 2022 年間每年穩定在 21 至 28 篇之間。例如，2018 年開始，多篇論文嘗試將 STE（A）M 概念融入教學中，如劉淑雯與魏誠佑（2018）探討桌遊與 STEM 的結合，黃俊夫等人（2018）則研究了博物館與 STEAM 的結合，顯示出對新教學模式的探索和實踐。

（四）國科會計畫

臺灣在 STE（A）M 教育研究的推動始於 2007 年，由曾國鴻、楊宏仁及羅希哲等學者主持的五個整合型三年期計畫，專注於中美跨國情境下，透過知識管理實踐進行 STEM 學習（曾國鴻、于瑞珍等人，2007；曾國鴻、楊宏仁、羅希哲，2007）。自此，國科會計畫的發展可劃分為三個主要階段：

1. 初步發展階段（2007 至 2014 年， $n=33$ ）：此階段為 STE（A）M 教育的初期探索，每年約有 4 件計畫立案，研究多聚焦於基礎課程設計與科技工程應用，為後續擴展奠定基礎。
2. 快速成長階段（2015 至 2017 年， $n=64$ ）：此階段計畫數量顯著增加，2015 年 14 件，2016 年 22 件，2017 年更達到 28 件，顯示該領域在教育政策與學界關注下快速成長，教學模式創新與跨領域實踐成為研究焦點。
3. 穩定發展階段（2018 至 2023 年， $n=364$ ）：此階段研究進入穩定且高產的成熟期，每年平均有 60 件計畫，尤其在 2022 年達到高峰，共 66 件，反映出臺灣對 STE（A）M 教育研究的持續深化與政策支持。

整體而言，自 2006 至 2023 年，臺灣在期刊論文與國科會計畫的數量顯示出穩定成長的趨勢。楊淑晴等人（2024）也指出，臺灣學位論文的出版數量隨著年代增長，顯示出穩定的發展脈絡，這與國際研究的觀察結果一致（Bozkurt et al., 2019; Çavaş et al., 2020; Çevik, 2017; Elmalı & Kıyıcı, 2017; Gao et al., 2020; Jayarajah

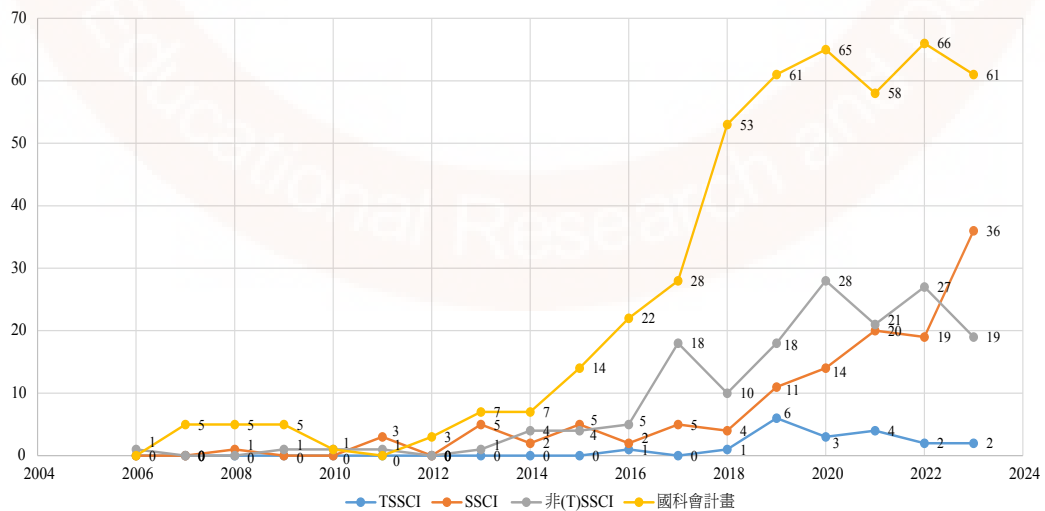
et al., 2014; Le Thi Thu et al., 2021; Li et al., 2020; Li & Xiao, 2022; Sarica, 2020; Yıldız & Özdemir, 2015），反映出全球學術界對 STE (A) M 教育的重視。

2017 至 2019 年間，臺灣的 STE (A) M 教育研究進一步快速成長，主要受到兩大驅動因素影響：

1. 政策推動：2019 年臺灣實施 108 課綱，強調素養導向與跨領域學習，促使教師積極採用 STE (A) M 教學模式。例如，陳彥綸（2022）將四軸飛行器融入 STEAM 課程，臺南某學校則利用廢棄糖廠設計校本課程，強調社區融合與實務應用（中央社訊息服務，2021）。
2. 國際趨勢：受美國 2016 年“STEM 2026”願景及 2018 年白宮 STEM 教育高峰會的影響，臺灣學者逐漸探索 PBL（王雋杰，2022）、6E（翁子涵，2022）等創新教學法，以及 STEM 與跨領域學習的結合（鄭瑞鴻、劉玄堂，2023；駱奕帆，2023）。這些國際趨勢的影響推動了本土研究的多樣化與國際接軌。

綜合四種發表管道的出版時序分析（圖 2），臺灣的研究發展趨勢與 Marín-Marín 等人（2021）對 WoS 資料庫的分析結果一致：2006 至 2010 年為低產期，2011 至 2015 年呈現穩步增長，2016 至 2019 年則進入穩定上升階段。此發展脈絡亦與 Zhan 等人（2022）對全球 STEM 教育論文出版時間分佈的結果相似，顯示臺灣的 STE (A) M 教育研究逐漸與國際趨勢接軌，反映出全球化成長與學術影響力的提升。

圖 2
三種期刊類型與國科會計畫出版年代分布圖



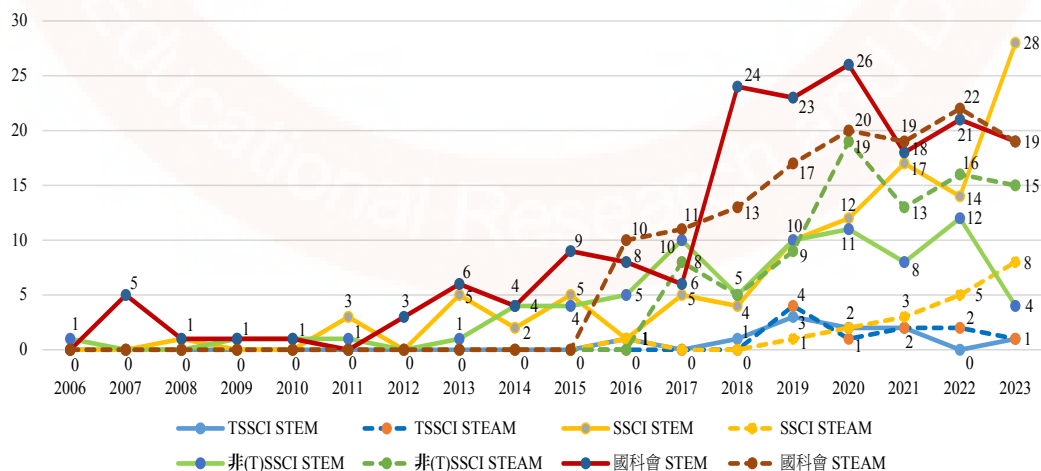
二、STEM 與 STEAM 教育研究比例推移

隨著 STEM 教育理念的推動，十年後部分美國學者開始批評該模式過度強調邏輯與問題解決，卻忽視了人文與藝術元素，進而限制了學生應對快速變遷的能力（Maeda, 2011, 2013; Yakman, 2008）。為回應這一批評，學者們提出將藝術（Arts）融入 STEM，形成 STEAM 概念，並強調跨領域思維與創意思考，這一轉向逐漸受到重視並被廣泛採用。本研究透過分析臺灣期刊論文與國科會計畫中 STEM 與 STEAM 的研究比例變化，以探討兩者在臺灣發展的差異與趨勢。

在 TSSCI 期刊中，共計 19 篇相關論文，其中 10 篇聚焦於 STEM，1 篇同時探討 STEM 與 STEAM，顯示 STEM 仍為主流；而 SSCI 期刊則顯示出更明顯的偏向，127 篇相關研究中有 107 篇聚焦於 STEM，20 篇專注於 STEAM。相較之下，在非（T）SSCI 期刊的 159 篇論文中，78 篇探討 STEM，85 篇關注 STEAM，其中有 4 篇同時探討兩者。這顯示非（T）SSCI 期刊更願意接受跨領域的 STEAM 教育模式，並強調創新應用的多樣性。在國科會計畫的分析中，共有 302 件相關研究計畫，其中 175 件專注於 STEM，131 件探討 STEAM，亦顯示出近年來對藝術與跨學科整合的關注度逐步提升。這些數據變化反映出臺灣在不同發表管道中，STEM 與 STEAM 的發展重心有所差異，且逐漸呈現多元整合的趨勢（詳見圖 3）。

圖 3

近年 STEM 與 STEAM 教育研究的變化與數量



（一）TSSCI 期刊中的 STEM 與 STEAM 研究

在 TSSCI 期刊的早期發展中，研究重點多集中於科技融入 STEM 教育，強調工程實作與技術應用（范斯淳、游光昭，2016；張基成、陳怡靜，2018）。自 2019 年起，湯維玲（2019）首次在期刊中系統性探討 STEAM 的發展，標誌著跨領域教育模式的興起。此後，STEAM 研究數量逐漸增加，並與 STEM 研究比例趨於平衡。部分研究同時涵蓋 STEM 與 STEAM，例如胡淑華與蔡孟蓉（2019）、游志弘等人（2019）探討機器人與 3D 列印技術結合 STEAM 的成效，顯示出跨領域整合的趨勢。2020 年後，STEAM 研究逐漸關注創意設計與藝術素養，陳又菱等人（2020）和吳中勤（2021）分析 STEAM 對學生創意思維與藝術表現的影響，發現跨域學習有助於學生多元智能發展。此外，周坤億等人（2022）提出 STREAM 概念，將閱讀與寫作融入 STEAM 教學，進一步強化學生的跨領域學習能力。儘管 STEAM 在近年興起，STEM 研究仍穩定發展，持續探索創新教學模式與工程設計應用（李隆盛、楊秀全，2019；范靜媛、葉建宏，2020；游師柔等人，2020）。這顯示 STEAM 並非取代 STEM，而是透過人文與藝術的補充，深化跨領域學習，提升學生的創新與綜合能力。

（二）SSCI 期刊中的 STEM 與 STEAM 研究

在 SSCI 期刊中，STEM 長期占據主導地位。自 2016 年起，STEAM 研究開始出現（Lee et al., 2016），顯示學術界對藝術融入 STEM 的興趣。然而，即使 STEAM 漸受關注，STEM 的優勢仍然顯著。2021 至 2023 年，SSCI 期刊共發表 59 篇 STEM 相關論文，而 STEAM 僅有 16 篇，顯示 STEM 研究依舊占據主流。

這一現象主要有兩個原因：首先，政策與市場驅動。STEM 被視為國家經濟與科技發展的核心領域，政府大力支持並透過政策推動，例如美國的“STEM 2026”願景和臺灣的 108 課綱，都強調素養導向與跨領域學習，進一步推動 STEM 教學模式。穩定的市場需求與豐富的就業機會，也吸引研究者投入相關研究。

其次，學術資源與理論基礎。STEM 擁有完善的理論架構和豐富的實證資料，研究模式成熟且數據累積完整，促進更多研究發表與應用發展。相較之下，STEAM 作為新興概念，雖強調跨領域學習與創意設計，但理論基礎仍在發展，實務應用的資源相對不足，跨學科整合亦具挑戰性。

儘管 STEAM 研究尚未達到 STEM 的影響力，但近年來隨著全球教育政策強調創新與多元學習，其成長趨勢逐漸顯現。未來若能加強理論建構、跨學科教學設計，以及政策支持，STEAM 的發展潛力將更為顯著。

（三）非（T）SSCI 期刊中的 STEM 與 STEAM 研究

在非（T）SSCI 期刊中，臺灣早期的研究多集中於 STEM 教育。2006 年，李博宏（2006）率先發表 STEM 相關論文，開啟了科技與工程教育的探討。然而，STEAM 研究直到 2017 年才首次出現，同年共有八篇論文發表，主題聚焦於自造者（Maker）運動及科技實作課程的結合（洪榮昭、游玉英，2017；張玉山，2017a，2017b，2017c；葉栢維，2017a，2017b；賓靜蓀，2017；簡佑宏等人，2017），揭示跨領域學習的潛力。

自 2020 年起，STEAM 研究在非（T）SSCI 期刊中顯著增長，並逐漸與 STEM 的研究比例趨於平衡。研究範疇從科技與工程擴展至工藝教育、博物館課程、永續發展及創新科學活動（孔令文，2020；吳紹群，2020；洪珮瑀、林建毅，2020），並強調與科技教育及多元教學法的結合（吳沛龍，2022；李柏勳、黃士瑋，2022；林美雯，2022；胡家紋，2022；翁子涵，2022；許庭嘉、張玉山，2022；湯維玲，2022；鄭瑞鴻、劉玄堂，2023；駱奕帆，2023；薛雅云，2022）。這些研究不僅探討課程設計，亦強調實務應用的多元化，顯示 STEAM 在教育現場的接受度逐步提高。

整體而言，自 2020 年以來，STEAM 研究在非（T）SSCI 期刊中快速成長，並在部分領域逐漸取代 STEM 的主導地位，反映出 STEAM 教育在實務應用上的潛力與價值。這一趨勢顯示臺灣教育界對創新教學模式的重視，並預示未來在多元學習場域中，STEAM 的影響力將持續擴大。

（四）國科會計畫中的 STEM 與 STEAM 研究

國科會計畫的早期研究集中於 STEM 領域。2016 年，STEAM 相關計畫首次出現，共有 10 項，主題涵蓋 3D 列印、生態、機器人等領域，由張基成（2016）、邱美虹（2016）、張玉山（2016）、湯偉君（2016）、劉淑雯（2016）、陳學志與蕭顯勝（2016）等學者主持。自此之後，STEAM 計畫逐漸增加，並在 2016 年首次超越 STEM 計畫的數量，顯示跨領域學習的關注度提升。然而，儘管數量上出現變化，資源分配與學術支持仍明顯偏向 STEM，顯示 STEAM 的發展雖有潛力，但仍需更多政策支持與理論深化。這一趨勢反映出臺灣在國科會資助下，逐步關注 STEAM 教育的創新與跨域應用。然而，現有資源的配置仍顯不平衡，導致 STEAM 的發展受限。未來若能強化政策支持、改善資源分配，STEAM 在學術研究與實務應用上的影響力將更顯著。

（五）小結

綜合上述發現，自 2016 至 2017 年起，TSSCI、非（T）SSCI 期刊及國科會計畫逐步涵蓋 STEAM 教育，顯示學界對跨學科學習與創意思維的重視。然而，相較於 STEM，SSCI 期刊在 STEAM 研究方面的發展較慢，可能與以下因素相關：

1. 學術評價與學科偏好：SSCI 期刊仍以 STEM 為核心，且科技與工程類期刊影響因子較高，學者更傾向發表 STEM 研究。此外，工程與數理科學等領域對 STEAM 接受度較低，或影響期刊審稿標準與論文定位，使發表難度提升。
2. 國際政策與資源分配：美、英等國家優先推動 STEM 教育，例如美國“STEM for All”政策強調科技與工程人才培育。相較之下，STEAM 尚處於發展階段，影響其學術能見度與成長速度。
3. 研究成熟度與學術累積：雖然臺灣自 2016 年起關注 STEAM 教育，但相關實證研究仍在發展，國際學界對其理論基礎與學習成效仍存討論，導致 SSCI 期刊收錄相對較慢。

近年來，臺灣 STEM 與 STEAM 研究同步成長，但不同學術平臺的研究比例與深度仍存差異。楊淑晴等人（2024）指出，自 2018 年起，部分領域的 STEAM 相關學位論文數量已超越 STEM，顯示其影響力逐漸提升。然而，STEAM 直至 2018 年才逐步成為國際主流教育概念（Li et al., 2020; Martín-Páez et al., 2019; Ormanci, 2020）。本研究發現，STEM 仍主導科技與經濟發展，而 STEAM 則在 TSSCI 期刊與國科會計畫中短暫超越 STEM，自 2018 年起於非（T）SSCI 期刊中穩定增長，展現跨領域教育模式的影響力。這種差異反映了學科傳統、政策導向與學術評價機制的影響。未來應深入探討 STEAM 教育在不同學術場域中的發展與挑戰，並強調其學術價值與應用潛力。透過跨領域合作、創新課程設計與實證研究，更全面評估其對學生學習成效的影響，提供多元視角與具體參考。

三、來源期刊

STEM 與 STEAM 教育研究來自不同的期刊，是 STEM 與 STEAM 教育在不同領域的發展的體現。STEM 與 STEAM 教育研究在不同類型刊物出現的篇數與比例分析如下：

（一）TSSCI 期刊

TSSCI 期刊共有 19 篇 STE (A) M 相關文獻，其來源期刊主要集中在以下幾個領域：

1. 數位學習科技期刊：7 篇（37%），是最多的來源期刊。這些研究涵蓋了行動學習、合作學習以及資訊融入教學等數位學習相關領域。早期 TSSCI 文獻中，機器人和程式設計等新興科技的研究使得數位學習科技期刊成為主要的收錄來源。
2. 科學教育學刊：4 篇（21%），專注於科學教育領域的 STE（A）M 應用。
3. 教育科學研究期刊：3 篇（16%），涉及教育科學中的 STE（A）M 研究。
4. 課程與教學期刊：2 篇（11%），探索 STE（A）M 教育在課程和教學中的實踐。
5. 其他期刊：包括體育學報、當代教育研究季刊和教育學報，各有 1 篇（5%），這些期刊中的研究涉及 STE（A）M 教育的特殊應用或案例分析。

（二）SSCI 期刊

在 SSCI 期刊中，共有 127 篇相關文獻，分布於 52 種期刊中。雖然這些研究主要集中於科技、設計教育以及科學與科技教育領域，但其涵蓋的範疇相當廣泛，展現了 STE（A）M 教育在不同學科中的應用與發展潛力。文獻分布概況如下：

1. *International Journal of Technology and Design Education* 收錄最多，共 12 篇，反映出設計教育與技術整合的高度關注。
2. *Journal of Baltic Science Education* 和 *International Journal of Science and Mathematics Education* 緊隨其後，各有 11 篇，主要聚焦於科學與科技教育的創新教學法，與數理教育與科技應用的結合趨勢。
3. *International Journal of STEM Education* 有 9 篇，強調 STEM 教育的實踐與研究。
4. *Frontiers in Psychology* 和 *International Journal of Science Education* 各 6 篇，顯示工程教育與跨學科 STEM 教育的持續發展與深化。
5. *Interactive Learning Environments*、*Research in Science & Technological Education*、*The Asia-Pacific Education Researcher* 和 *Sustainability* 各 5 篇，凸顯 STEM 教育與科學、科技的整合與環境上的應用。
6. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*、*International Journal of Engineering Education* 和 *Journal of Science Education and Technology* 各有 3 篇，可見 STEM 教育在工程、科學與科技上的重視與應用。

此外，還有多種期刊各收錄 1 至 2 篇相關研究，包括 *Computers & Education*、*Thinking Skills and Creativity*、*IEEE Transactions on Education*、*Studies in Higher Education* 等，顯示出 STE（A）M 教育研究在不同學科和教育情境中的多樣性與跨領域應用。整體而言，這些文獻充分體現了臺灣 STE（A）M 教育在全球學術界的廣泛影響與研究深度，並揭示了其在不同教育領域中的創新實踐與發展趨勢。

（三）非（T）SSCI 期刊

非（T）SSCI 期刊共計 159 篇相關文獻，集中於幾本核心期刊。其中，《科技與人力教育季刊》收錄最多，達 25 篇（15.7%），聚焦於生活科技教育、機器人教育與數位學習等主題。《臺灣教育評論月刊》刊登 15 篇（9.4%），《教育研究月刊》則有 9 篇（5.66%），而《台灣教育研究期刊》與《中等教育》各有 7 篇（4.4%）。此外，約 40 種期刊各自收錄 1 至 2 篇相關論文，展現研究議題的多元分布。

四、研究對象

圖 4 顯示不同發表管道中研究對象的分布情況。卡方檢定結果顯示，不同發表來源在八種研究對象的分布上存在顯著差異（ $\chi^2(21) = 108.853, p = .01 < .05$ ），反映各發表管道對研究對象的選擇呈現顯著差異。

TSSCI 期刊主要聚焦於國小生（33.3%），其次為大學生與高中（職）生（各 20%），顯示國小階段在 STEM 與 STEAM 教育中的關鍵性，特別是高年級學生具備較高的學科知識與學習能力，適合進行更深入的探索與應用。SSCI 期刊則偏重高等教育與高中階段，大學生（26.5%）與高中（職）生（25.0%）占比較高，而國中生（14.4%）與國小生（8.3%）則相對較少，顯示其更關注於高認知能力的學習者。這與 SSCI 期刊強調的批判性思考、問題解決與跨學科整合等高階學習活動相符，也反映其對研究方法嚴謹性及長期追蹤的偏好。

非（T）SSCI 期刊的研究對象則更為多元，國小生（18.3%）與國中生（18.3%）占比最高，並涵蓋碩博士生、企業公司、親子與家長等，顯示其研究議題的廣泛性與應用導向。國科會計畫則以國小生（32.2%）為主要對象，次為高中（職）生（23.0%）與國中生（14.8%），並涵蓋身心障礙學生，顯示政府對多元學習需求的重視。

整體而言，臺灣 STEM 與 STEAM 教育研究聚焦於國小至大學生的學習歷程，特別是國小生、國中生與高中（職）生占比最高，這可能與該階段學生的認知發展、學習興趣及課程設計的成熟度有關。這一趨勢與楊淑晴等人（2024）的研究結果相符，也反映國際 K-12 教育階段對 STEM / STEAM 的重視（Bozkurt et al., 2019; Brown, 2012; Kaleci & Korkmaz, 2018; Mizell & Brown, 2016; Wahono et al., 2020）。

在期刊類型的對比下，不同發表管道的研究對象選擇反映了學術社群的需求與研究取向。SSCI 期刊偏重大學生與高中生，這可能源自其對高階認知與長期追

蹤研究的偏好，也更能對應其學術評價標準；非（T）SSCI 期刊則展現多元研究對象，包括企業、家長與幼兒等，顯示其更強調應用實務與本地化情境的探索。同時，國際政策如美國“STEM 2026”計畫強調多元場域的學習，也促使非（T）SSCI 期刊的研究逐漸向社區、企業與非正式學習場域擴展。然而，臺灣在 STEM 教育領域中的性別與族群平等議題相對缺乏，顯示未來應更關注多元族群參與與社會公平議題，對於社區合作、產學連結及非正式學習場域的探索亦有進一步發展的空間。

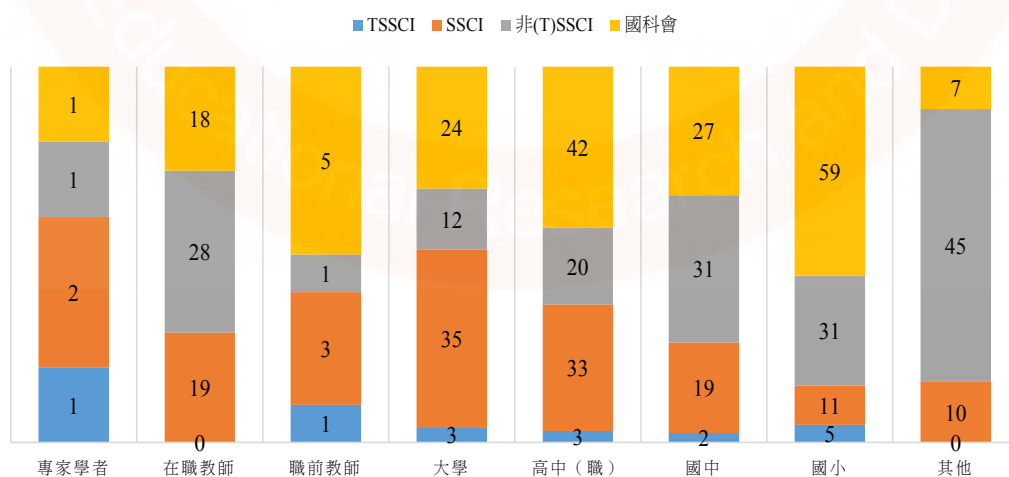
整體來看，各類期刊的研究對象選擇不僅反映其學術定位，也揭示了未來 STEM 與 STEAM 教育研究在跨領域應用、多元場域探索與社會公平議題上的發展潛力。

五、研究主題

本研究透過系統性分析，將臺灣學者在 STE（A）M 教育領域的研究主題歸納為六個面向：學科認知、思考智能、過程技能、學科態度、教師教學與概念論述，並探討其研究趨勢。卡方檢定顯示，這六種主題在四類刊物中的出現次數差異顯著（ $\chi^2(15)=95.924, p < .001$ ），反映各主題的關注程度不同。整體而言，教師教學（23.6%）與學科認知（21.7%）最受重視，顯示臺灣學者關注教學策略與學習成果的有效性；相較之下，思考智能（14.3%）與概念論述（9.3%）的關注度較低，未來有待進一步探索。

圖 4

STE（A）M 教育論文於不同論文發表來源之研究對象長條圖



(一) 各主題於不同發表管道中的分布

1. TSSCI 關注學科態度 (25.0%)、教師教學、學科認知與思考智能 (各 17.9%)，反映本土期刊重視學習動機、興趣與思維培養。
2. SSCI 最重視學科態度 (28.6%) 和學科認知 (24.3%)，聚焦於態度養成 (如學習興趣) 及知識應用，顯示國際期刊重視複雜問題解決能力與創造力的培養。
3. 非 (T) SSCI 偏重過程技能 (23.2%)，重視學生於課堂上的實際操作與技能習得。
4. 國科會側重教師教學 (34.0%) 和學科認知 (21.8%)，顯示政策與學術資助關注教學實踐與學科知識應用，強調教師專業成長與課程設計。

(二) 各主題的詳細分析

1. 學科認知 (21.7%)：在各類期刊中分布較平均，特別是在 SSCI (24.3%) 與國科會 (21.8%) 中占比較高，顯示學科知識建構是本土與國際期刊皆關注的議題。
2. 思考智能 (14.3%)：在國科會 (18.4%) 中占比最高，反映本土研究高度重視高階思維與複雜問題解決能力的培養；在非 (T) SSCI (7.7%) 中占比較低，顯示重視程度較弱。
3. 過程技能 (15.1%)：占比偏低，在各期刊中分布平均，顯示研究關注度低，但其在 STE (A) M 教育中的重要性意味著未來仍具發展潛力。
4. 學科態度 (16.0%)：在 SSCI (28.6%) 中占比最高，顯示國際期刊重視學習態度與動機，反映臺灣教育文化對學習動機與自我效能感的重視。
5. 教師教學 (23.6%)：占比最高，特別是在非 (T) SSCI (17.0%) 與國科會 (34.0%) 中，顯示這二本土研究關注教學策略、課程設計及評鑑工具的應用，重視教學實踐與課堂操作性。
6. 概念論述 (9.3%)：占比最低，尤其在 SSCI (0.7%) 中。雖然數量較少，但此類研究提供 STE (A) M 教育的理論基礎與前瞻視角，未來發展潛力可期。

整體而言，本研究揭示了不同類型期刊在 STE (A) M 教育領域的關注重點各有側重，驗證了 Zhan 等人 (2022) 的觀點：西方國家強調學科整合，而東方國家更關注教學實驗。研究結果顯示，臺灣學者在高階思維、創造力、教學策略與知識應用方面展現高度關注，特別是在 SSCI 期刊中，「思考智能」(16.4%) 與「學科認知」(24.3%) 的比例顯著，反映出臺灣學者積極回應全球教育對高階思維與創造力的需求。

這一趨勢契合 Marín-Marín 等人 (2021) 指出的 STEAM 教育核心在於創造力，尤其是與藝術的跨領域融合更被視為未來發展方向。本研究顯示，臺灣學者對創造

性教學策略的研究比例偏高，呼應 Kaleci 與 Korkmaz（2018）強調創造性學習環境的重要性，展現出透過創新設計來促進學生高階思維與創造力的實踐探索，進一步強化思考智能與學科認知的發展。

此外，本研究不僅驗證既有理論觀點，還填補了統合分析中的研究缺口，提供更高層次的觀察。例如，儘管黃怡真（2024）強調問題解決能力在 STE（A）M 教育中的關鍵性，但本研究發現相關研究比例偏低，顯示此領域有待更深入探討。同樣地，Wu 等人（2024）指出，STEM 教師的跨學科教學能力研究不足，本研究亦印證此現象，顯示未來應強化對跨領域教學的研究，以回應 STE（A）M 教育的實務需求與政策發展。

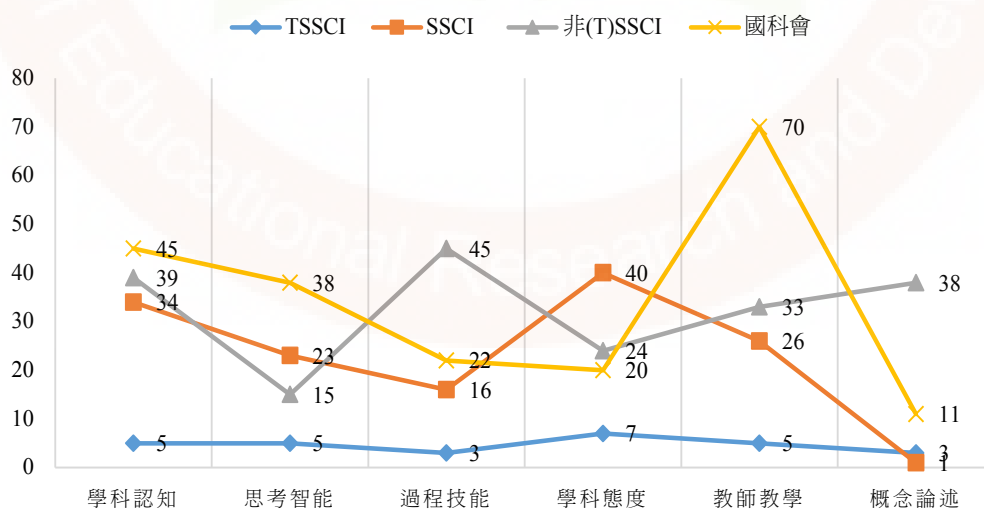
整體來看，本研究透過系統性分析與結構化整理，突顯出臺灣學者在 STE（A）M 教育研究中的核心關注，並提出未來發展方向。不僅深化對全球教育趨勢的理解，也為教育實務創新與政策發展提供重要參考。

六、研究方法

圖6彙整了期刊論文與國科會計畫中使用的主要研究方法。卡方檢定結果顯示，8 種研究方法在不同期刊中的出現次數有顯著差異（ $\chi^2(21)=188.851$ ， $p < .001$ ）。

圖 5

STE（A）M 教育論文研究主題分佈折線圖



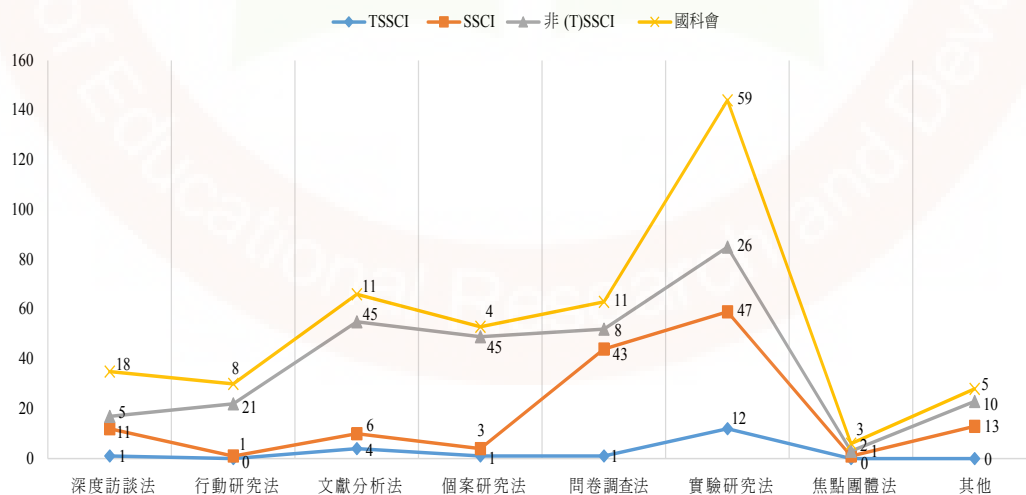
- (一) 實驗研究法：是最常被採用的方法，共 144 篇，占有所有研究方法的最大比例。尤其在 TSSCI (63.2%)、SSCI (37.6%) 和國科會計畫 (49.6%) 中，顯示出研究者對以實驗評估 STE (A) M 教育效果的高度重視。這些研究涉及多樣領域，如機器人、時尚設計和 VR 裝置，並提供了有力的實證依據（張基成、陳怡靜，2018；李隆盛、楊秀全，2019；范靜媛、葉建宏，2020；游師柔等人，2020；邱甯維等人，2021；鄭立婷等人，2021；Chien & Chu, 2018; Lin & Tsai, 2021; Chung, Cheng, Cheng, & Lou, 2022）。
- (二) 問卷調查法：共 63 篇，尤其在 SSCI 期刊中占比 34.4%，顯示出問卷調查法在評估參與者觀點和行為方面的重要性，適合進行大量數據收集和量化分析（胡淑華、蔡孟蓉，2019；牟彩雲，2021；Lee et al., 2016; Hsu et al., 2023）。
- (三) 文獻分析法：共 66 篇，特別是在 TSSCI (21.1%) 和非 (T) SSCI (27.8%) 中占比較高，顯示出對已有研究的整合和系統化梳理的需求（李雅婷、林曉雯，2018；張宜君，2020；周坤億等人，2022；Chung, Huang, Cheng, & Lou, 2022; Fang et al., 2023; Hsu et al., 2023）。
- (四) 深度訪談法：共 35 篇，在國科會計畫中占比 15.1%，表明研究者通過訪談深入了解參與者經驗和觀點的重要性（李雅婷、林曉雯，2018；段曉林、靳知勤，2018；Fang & Fan, 2023; Lou, Chou, et al., 2017; Xu et al., 2023）。
- (五) 行動研究法：共 30 篇（王尊玄、王仁俊，2020；Hong et al., 2023），特別在非 (T) SSCI 期刊中占比 13.0%，顯示此類研究注重實際問題解決和教學實踐的反饋。
- (六) 個案研究法：共 53 篇，在非 (T) SSCI 期刊中占比 27.8%，顯示研究者對具體教學情境的深度探索和分析（盧秀琴、馬士茵，2019；劉子彰，2022；Lou, Liang & Chuang, 2017）。
- (七) 焦點團體法：使用頻率最低，共 6 篇，顯示此方法在 STE (A) M 教育研究中應用較少，可能因其較為專注於小規模群體的討論（Lou, Shih, et al., 2011; Kuo et al., 2019）。
- (八) 其他方法：共 28 篇，主要集中在 SSCI (10.4%) 和非 (T) SSCI (6.2%)，顯示了一些較為特殊和新穎的研究方法在部分研究中仍具備一定的重要性。例如，模糊德懷術 (Yang et al., 2024)、描述—詮釋研究法 (Hong et al.,

2020）、社群網路分析（Liou & Daly, 2021）和觀察法（Hsiao et al., 2023）等，雖然使用頻率較低，但它們提供了獨特且多元的研究視角。描述—詮釋研究法注重從學理角度描述和理解知識與現實世界的聯繫，並促使研究者反思參與者的行為及其教育背景。觀察法則通過直接觀察教學現場的動態，記錄學生在真實情境中的反應與學習歷程，為教育實踐的改進提供了實際依據。

總結來看，本研究主要採用實驗研究法與問卷調查法，反映出臺灣學術界對量化數據與教學效果評估的偏好。這一趨勢與國際研究結果一致（Çavaş et al., 2020; Khotimah et al., 2021; Li et al., 2020; Mizell & Brown, 2016; Kim et al., 2024）。根據 Li 等人（2020）對 2000 至 2018 年間 798 篇文獻的分析，量化研究最為普遍，其次為質性研究與混合方法；Li 等人（2022）的統合分析亦顯示，約七成的研究屬於量化研究，突顯其在該領域的主導地位。這一結果不僅揭示了臺灣學術界在研究方法上的偏好，也強調量化研究在教學成效評估中的重要性，能有效量化教學成果並提供實證基礎。然而，隨著教育研究的深化，未來應更多引入質性研究與混合方法，以獲得更全面的視角，深入探討教學過程與學習經驗，平衡實證資料與深度理解之間的鴻溝。

圖 6

STE(A) 教育論文研究方法分佈折線圖



七、研究工具

表 2 彙整了不同發表管道所使用的研究工具。由於多數研究採用多種工具，工具總數超過研究數量。卡方檢定結果顯示，各發表管道在工具選擇上存在顯著差異（ $\chi^2(12)=227.872, p<.001$ ），反映出其特定偏好與研究取向。

研究結果顯示，測驗、量表和問卷是最常用的量化工具。測驗主要用於評估學生的知識與技能，如 TSSCI 期刊中有 34.3% 使用測驗工具，SSCI 期刊中為 13.2%，非（T）SSCI 期刊則為 5.3%，國科會計畫中占 19.0%。具體例子包括張基成與陳怡靜（2018）使用的帆船機器人 STEM 知識測驗、游志弘等人（2019）採用的威廉斯創造力測驗、Shu 與 Huang（2021）所用的材料知識測驗以及 Lin 等人（2023）使用的空間能力測驗。量表則被廣泛用於測量學生的態度、動機及學習成效，例如 TSSCI 期刊中有 51.4% 使用量表，SSCI 期刊中為 34.7%，非（T）SSCI 期刊和國科會計畫各為 4.7% 與 28.9%。常見的例子包括李隆盛與楊秀全（2019）應用的關鍵學習能力量表、張基成與陳怡靜（2018）設計的課程滿意度量表、Hsu 等人（2023）經因素分析驗證的 K-12STEAM 教育產品評估量表，以及胡淑華與蔡孟蓉（2019）設計的科學學習動機量表。問卷則主要用於收集學習者的反饋和態度數據，TSSCI 期刊中有 11.4% 使用問卷，SSCI 期刊中則是 18.8%，非（T）SSCI 期刊和國科會計畫中分別為 12.4% 和 46.3%。具體例子包括國小學童科學學習問卷、實驗課程回饋問卷及學習態度問卷。

表 2
STE (A) M 教育論文評量成效研究工具分佈彙整

	TSSC (n=15)		SSCI (n=127)		非 (T)SSCI (n=159)		國科會 (n=71)		總和	
測驗	12	34.3%	19	13.2%	9	5.3%	23	19.0%	63	13.4%
量表	18	51.4%	50	34.7%	8	4.7%	35	28.9%	111	23.6%
問卷	4	11.4%	27	18.8%	21	12.4%	56	46.3%	108	23.0%
學習單	0	0.0%	7	4.9%	49	28.8%	2	1.7%	58	12.3%
其他	1	2.9%	41	28.5%	83	48.8%	5	4.1%	130	27.7%

註：粗體表示該欄位排序最高，陰影表示 25% 以上

這些結果顯示，STEM 與 STEAM 教育研究中普遍偏好使用量化工具，以提供結構化數據，支持統計分析並有效量化學生的知識、技能與態度，進而評估教學干預效果。與此同時，質性工具（如訪談、觀察）較少被採用，顯示出研究者更傾向於進行大規模數據收集及比較。然而，雖然量化工具能提供廣泛且可比較的數據，但各期刊類別對工具的選擇差異顯著，反映評估標準缺乏統一，影響研究結果的一致性與可比性。例如，量表和問卷雖被廣泛使用，但工具設計與應用上缺乏共識，導致結果異質性增加。此外，現有工具多聚焦於單一學科，難以全面評估跨學科學習成效，顯示在跨學科能力評估上仍有進一步發展空間。

為解決上述挑戰，Fang 等人（2023）提出了一個跨學科 STEM 實踐評估框架，強調「需要做什麼」與「需要知道什麼」的設計循環，涵蓋識別問題（Identify the problem）、制定計畫（Develop plans）、實施計畫及模型與原型（Implement plans, models, & prototypes），以及評估與測試（Evaluate and test）等四個設計階段，並強調知識推理作為跨學科 STEM 評估的核心實踐。基於此框架，研究者制定了評估模板與評分標準，並透過學科知識類型與推理水平兩個維度來描述學生的跨學科 STEM 實踐。因此，該框架不僅提供更綜合的評估工具，也有助於深入理解學生在跨學科環境中如何應用學科知識並進行推理。未來應更重視評估工具的標準化與驗證工作，以統一評估標準、降低異質性，提升不同研究結果的可比較性與一致性，進而推動 STEM 教育研究方法的進一步成熟與學術影響力。

綜上所述，量化工具在 STEM 與 STEAM 教育研究中的應用呈增長趨勢，顯示出其在提供可比較數據和提升研究可信度方面的明顯優勢。然而，各類工具的應用差異顯示出該領域在方法論上的挑戰，包括評估標準的不一致性及跨學科能力評估的局限性。因此，未來研究應進一步推動評估工具的標準化與科學驗證，促進不同研究結果的比較，提升結論的一致性與可比性，進而推動 STEM 教育研究方法的進一步成熟與學術影響力。

八、研究發現彙整與分析

表 3 系統性彙整研究主要發現，清楚展示各類型發表管道在期刊來源、研究對象、研究主題、研究方法、研究工具、首篇論文及發展近況上的差異，突顯出不同平臺在學術關注與實務應用上的多元發展脈絡。

表 3

各類型研究資料的代表性來源與發現彙整

	TSSCI	SSCI	非 (T) SSCI	國科會計畫
來源期刊	數位學習科技期刊 (7, 37%)	International Journal of Technology and Design Education (15, 15.2%)	科技與人力教育季刊 (25, 18.9%)	
最多產出年份	2019 (n=6)	2023 (n=36)	2020 (n=24)	2022 (n=66)
研究對象	國小 (5, 33.3%)	高中 (職) (26, 24.3%) 大學生 (24, 22.4%)	國小 (21, 31.8%)	國小 (59, 32.2%)
研究主題	學科態度 (7, 25%)	學科態度 (40, 28.6%)	過程技能 (45, 23.2%)	教師教學 (70, 34%)
研究方法	實驗 (12, 63.2%)	實驗 (47, 37.6%)	文獻分析與個案研究 (皆 45, 27.8%)	實驗 (59, 49.6%)
量化工具	量表 (18, 51.4%)	量表 (50, 34.7%)	其他 (83, 36.2%)	問卷 (56, 46.3%)
STEM 首篇論文	范斯淳與游光昭 (2016) 科技教育 如何融入 STEM	White 等人 (2008) 探討少數族裔學生在 STEM 領域的輟學原因	李博宏 (2006) STEM 教育中科技工程課程發展近況	曾國鴻、于瑞珍等人 (2007) ; 曾國鴻、楊宏仁、羅希哲 (2007) 主持知識管理實踐於 STEM 學習中美跨國研究
STEAM 首篇論文	湯維玲 (2019) 探究美國 STEM 與 STEAM 教育的發展	Lee 等人 (2016) 探討 STEAM 課程對創造力的中介影響	張玉山 (2017c) 探討 STEAM 創客教育對 21 世紀能力的培養	張基成、邱美虹、張玉山、湯偉君、劉淑雯、陳學志與蕭顯勝等人於 2016 年分別主持相關計畫

伍、結論與建議

一、研究結論

本研究透過系統化分析，檢視臺灣學者在 TSSCI、SSCI 期刊及國科會計畫中針對 STE (A) M 教育的研究現況，呈現該領域的發展脈絡、研究主題、教學重點及方法運用的特徵。基於研究結果，本研究歸納出以下三大方向，概述臺灣 STE (A) M 教育研究的現況及未來挑戰：

(一) 政策推動下臺灣 STE (A) M 教育的發展脈絡與學術關注分析

自 2006 年起，在政策推動與國際教育趨勢影響下，臺灣的 STE (A) M 教育

迅速發展，特別是 108 課綱實施後，學術界與政府對該領域的關注顯著提升。2017 至 2019 年間，相關研究數量快速增長，突顯政策推動對 STE (A) M 教育的積極成效。隨著 STEAM 概念的興起，臺灣逐步實現 STEM 與 STEAM 的均衡發展。儘管 STEAM 關注度逐漸攀升，STEM 研究仍具相當影響力，在國科會計畫及多數期刊中，兩者呈現接近 1：1 的比例。然而，SSCI 期刊則顯示出對 STEM 的偏好，反映出國際學術界在跨領域教育實踐上的差異與重點分布。整體而言，政策驅動下的臺灣 STE (A) M 教育展現穩健成長動能，逐步實現學科整合與創新教學的平衡發展，並呼應國際教育趨勢，展現出跨領域教學的探索潛力。

（二）發表管道差異下的研究主題、對象與教學重點分析

本研究顯示，不同期刊在研究對象的選擇上存在顯著差異：SSCI 期刊偏重於大學與高中生的研究，非 (T) SSCI 期刊則集中於國小與國中生，而國科會計畫主要聚焦於國小高年級學生，反映出不同發表管道對教育階段的關注差異。這種分布差異不僅揭示研究重心的不同，也反映出各期刊對特定學習階段的偏好。

在研究主題方面，教師教學與學科認知是主要焦點，顯示學者對教學策略與學習成效的高度重視。然而，對思考智能與過程技能的探討則相對薄弱，突顯該領域仍有發展空間。此外，各類期刊的教育重點亦不盡相同：

- TSSCI 與 SSCI 期刊：更關注學生的學科態度；
- 非 (T) SSCI 期刊：偏向過程技能的培養；
- 國科會計畫：強調教師教學策略，顯示政策支持對教學實務的推動。

在教育實踐層面，STE (A) M 教育已廣泛應用於國小高年級至大學生。SSCI 期刊多集中於高中生與大學生，強調高階學習技能與學科整合；國科會計畫及非 (T) SSCI 期刊則偏向國小高年級，展現政策對基礎教育的支持力度。

整體而言，臺灣的 STE (A) M 教育研究雖聚焦於教師教學與學科認知，但對思考智能與過程技能的探討相對不足，顯示未來研究有待更全面的補強與深化，以回應跨學科教學實踐與創新教育的需求。

（三）實證研究的主流地位、方法多樣性及評估工具的挑戰與標準化需求

本研究顯示，在臺灣的 STE (A) M 教育研究中，實驗研究法與問卷量表是最常使用的研究方法，反映出量化研究的主流趨勢。這一取向不僅有助於量化教學成效和學生學習成果，也為教育理論與實踐提供實證基礎。數據顯示，TSSCI 與 SSCI 期刊中的準實驗研究比例分別達到 63.2% 和 37.6%，主要集中於不同融合模式對教學效果的影響，特別是專題式與探究式學習模式。研究對象多集中於國小高

年級學生，突顯學者對具備基礎知識的學習者與教師角色的重視。

在評估工具方面，問卷與量表被廣泛應用，特別是在 TSSCI 期刊中，量表和測驗的使用率超過一半；而在非 (T) SSCI 期刊和國科會研究中，問卷與量表同樣是主要工具。然而，儘管評估工具多樣化，不同研究者使用的工具缺乏統一標準，導致跨研究結果難以整合，進而影響結果的一致性與可比性。此外，現有評估工具多集中於單一學科，無法充分體現 STE (A) M 教育的跨學科特性，這一點亦為 Herro 與 Quigley (2017) 及 Paik 等人 (2018) 所強調。值得注意的是，Aik 與 Wee (2022) 也指出，如何在不增加學生負擔的情況下準確評估教學成效，是當前的主要議題。這顯示出臺灣 STE (A) M 教育研究在實務應用中，仍需找到更有效且低負擔的評量方式，特別是在跨學科整合的學習情境下。未來研究若能透過標準化評估工具的開發與信效度驗證，不僅能改善資料的整合性，也能促進結果的可比性與學術影響力，並提升國際間的實證對話。

二、研究建議與未來方向

根據研究結果與研究限制，本研究提出以下幾點建議，以促進未來 STE (A) M 教育領域的深入探索與發展：

(一) 引入質性研究方法，深化教學歷程分析

目前臺灣的 STE (A) M 教育研究多以教學實驗為主，未來研究應輔以課堂觀察、深度訪談與個案研究，更深入了解教學過程中的動態互動與學生的學習歷程，補足量化數據無法揭示的細節。質性研究能夠展現學生在探究學習中的知識建構、問題解決歷程以及協作互動，特別是在跨學科情境下的實作探究與多元協作學習中，有助於揭示教學設計對學生學習行為的深層影響。

(二) 推動評估工具的標準化，提升資料整合與解釋力

現有的 STE (A) M 教育評估工具雖多樣化，但缺乏統一標準，導致跨研究結果難以比較與整合。未來研究應強調評估工具的標準化與信效度驗證，特別是在跨學科能力、創新思維與問題解決能力的測量上，提升資料的整合性與結果的可比性。標準化的評估工具能更精確地追蹤學生在實作學習與探究過程中的成效，並促進國際間的研究對話與結果比對，拓展全球視野。

(三) 強化教師專業發展，促進課程創新與設計

現有研究對教師在 STE (A) M 教育中的角色探討相對不足，未來應聚焦於不同學科教師的專業成長需求，並分析其對教學設計與課程創新的影響。研究應進一

步探討教師如何掌握 STREAM 核心精神，設計具理論引導的 STEAM 整合課程，並透過鷹架支持促進學生自主探究。特別是，在實作導向教學中，教師應引導學生進行跨域批判性思考與創新應用，強化其在真實情境中的問題解決能力。未來可進一步探索教師如何在多學科情境下設計有意義的學習任務，激發學生的創新與協作能力。

（四）推動跨領域整合與創意課程設計，強調實作探究

STE(A)M 教育強調多學科的深度融合，未來應推動更廣泛的跨域合作，設計創新且具挑戰性的課程，強調知識整合與實踐探究，促進學生靈活運用跨學科知識，並培養創新思維、批判分析與問題解決能力。課程設計應結合人文藝術、工程思維、設計思維與科技素養，透過實作探究與專題設計，引導學生將不同領域的知識轉化為解決真實問題的方案，提升面對未來挑戰的適應力。未來研究可進一步探討如何設計能夠整合永續發展議題的創意課程，讓學生在探究過程中理解科技與社會的互動關係，並培養對全球議題的關懷與實踐力。

（五）強化多元變項整合分析，提升跨領域實作成效

未來的 STE(A)M 教育研究應重視多元變項的整合分析，包括：

- 理論引導的跨學科課程設計：強調實證理論的支持，設計能提升知識遷移與問題解決能力的課程。
- 教師鷹架支持下的學生主導探究：教師透過適時的引導與支持，促進學生自發性學習與探索。
- 不插電活動與科技輔助學習：結合動手做與數位科技，引導學生進行深度學習。
- AI 技術的應用：探索 AI 在課程設計、學習分析與個別化教學中的潛力。
- 認知、技能與情意發展的全面涵蓋：不僅注重知識習得，更重視情意發展與技能實踐。

此外，未來課程設計應更深度結合人文藝術與科技創新，透過視覺藝術、音樂、設計思維等元素，豐富學生的創意思考與文化素養，並透過實作探究與專題設計，引導學生運用跨領域知識解決真實情境問題。這種多元整合的教學模式，不僅培養學生解決複雜問題的創新力與跨域整合能力，更能提升其面對未來挑戰的適應力、永續發展意識及社會責任感。未來研究可進一步探討如何設計有效結合 AI 技術、藝術人文與學生探究過程的課程架構，強化數位素養、文化理解與科技應用的能力，促進學生在全球化社會中的競爭力與創新潛能。

(六) 擴大國際比較與多元資料分析

本研究主要聚焦於 TSSCI、SSCI 期刊及國科會計畫的發表成果，未涵蓋專書章節、非 SSCI 期刊及其他教育計畫，可能低估相關研究的多樣性。此外，篩選標準僅以“STEM”或“STEAM”作為依據，未深入探討國科會報告中的完整文本，未來研究應：

1. 擴大檢索範圍，涵蓋不同的研究發表類型，以反映更全面的研究發展。
2. 關鍵詞共現分析 (Co-word Analysis)：探討研究主題之間的關聯性與演變趨勢。
3. 文獻計量分析 (Bibliometric Analysis)：量化不同時期研究領域的成長態勢與學術影響。
4. 文字探勘技術 (Text Mining Techniques)：挖掘文本中的隱含主題結構，揭示未來潛在研究方向。
5. 國際比較分析：檢視不同國家在 STE (A) M 教育發展上的異同，強化國際對話，提升臺灣在全球教育領域的影響力。

參考文獻

- 中央社訊息服務 (2021)。實踐跨領域學習 興國高中進行「糖文化」實地踏查。
<https://www.cna.com.tw/postwrite/chi/293373>
- 孔令文 (2020)。STEAM 體現於工藝教育。中等教育，71 (1)，74-88。[https://doi.org/10.6249/SE.202003_71\(1\).0005](https://doi.org/10.6249/SE.202003_71(1).0005)
- 王文科 (1999)。教育研究法。五南。
- 王石番 (1989)。傳播內容分析法：理論與實證。幼獅。
- 王尊玄、王仁俊 (2020)。以 POEC 模式發展 STEM 課程應用於國中能源教育之行動研究——以風力發電為例。工業科技教育學刊，13，89-104。[https://doi.org/10.6306/JITE.202011_\(13\).0007](https://doi.org/10.6306/JITE.202011_(13).0007)
- 王雋杰 (2022)。6E 教學模式之 STEAM 實作彈力砲科技課程教學活動。科技與人力教育季刊，9 (2)，46-60。[https://doi.org/10.6587/JTHRE.202212/SP_9\(2\).0006](https://doi.org/10.6587/JTHRE.202212/SP_9(2).0006)
- 牟彩雲 (2021)。以設計思考和探究式學習策略探討設計學習者參與 STEAM 創作之動機與自我效能 (計畫編號：MOST 110-2511-H-153-004)。行政院國家科學委員會。

- 吳中勤（2021）。STEAM 教學融入程式設計課程對幼兒職前教師問題解決創造力之影響。**數位學習科技期刊**，**13**（1），49-75。https://doi.org/10.3966/2071260X2021011301003
- 吳沛龍（2022）。透過同儕教導學習策略實行科技 STEAM 教學活動——以機械夾為例。**科技與人力教育季刊**，**9**（2），61-75。https://doi.org/10.6587/JTHRE.202212/SP_9(2).0007
- 吳紹群（2020）。中小學教師參與博物館 STEAM 教育推廣活動之研究——以故宮 STEAM 教師工作坊為例。**博物館學季刊**，**34**（3），83-105。https://doi.org/10.6686/MuseQ.202007_34(3).0005
- 吳聲毅（2019）。STE（A）M 教育中的創客運動：從文獻中學習。**科學教育**，**5**，3-17。
- 李柏勳、黃士瑋（2022）。凱欣斯泰納之教學理念應用於國小科技 STEAM 教學活動設計——以旋轉機構為例。**科技與人力教育季刊**，**9**（2），76-88。https://doi.org/10.6587/JTHRE.202212/SP_9（2）.0008
- 李博宏（2006）。STEM 教育中，T&E（科技－工程）課程發展近況。**生活科技教育**，**39**（7），108-109。https://doi.org/10.6232/LTE.2006.39(7).10
- 李隆盛、楊秀全（2019）。範例引導學習與問題導向學習之教學策略對國小學生機器人程式學習的影響。**數位學習科技期刊**，**11**（4），77-104。https://doi.org/10.3966/2071260X2019101104004
- 李雅婷、林曉雯（2020）。藝術融入之後：STEAM 課程發展案例探討。**教育研究月刊**，**316**，73-91。https://doi.org/10.3966/168063602020080316005
- 周坤億、楊淑晴、羅藝方、林佳弘（2022）。永續發展教育架構下 STREAM 跨領域教育之探究。**課程與教學**，**25**（2），87-127。https://doi.org/10.6384/CIQ.202204_25(2).0004
- 林美雯（2022）。STEAM 教育結合跨領域課程於國小科技教育實作——以數理萬花筒為例。**科技與人力教育季刊**，**9**（2），89-101。https://doi.org/10.6587/JTHRE.202212/SP_9(2).0009
- 邱美虹（2016）。天使計畫：高中 STEM 實作與 STEAM 生態探索特色課程的開發與運用（萬芳高中）——子計畫三：新興科技融入 STEM 探究與實作課程發展與運用之評鑑（I）（計畫編號：MOST105-2514-S003-008）。行政院國家科學委員會。

- 邱甯維、魯盈謙、洪瑞兒、許文怡（2021）。情境式 STEM 探究教學提升國小學童 STEM 參與度、自我效能及探究能力效益。**科學教育學刊**，**29**（4），325-350。https://doi.org/10.6173/CJSE.202112_29(4).0002
- 段曉林、靳知勤（2018）。**大學生科學、技學、數學與工程（STEM）知能與職涯興趣之研究**（計畫編號：MOST107-2511-H018-003）。行政院國家科學委員會。
- 洪珮瑀、林建毅（2020）。STEAM 教育的永續與創新——以新北三校的科學活動為例。**中等教育**，**71**（1），114-124。https://doi.org/10.6249/SE.202003_71(1).0008
- 洪榮昭、游玉英（2017）。STEAM 碰到動手做：淺談 PowerTech 的好處與推廣經驗。**新北教育季刊**，**23**，16-19。
- 胡家紋（2022）。學習風格與學習任務適性化探討以 STEAM 教育導入科技大學機器人微電影教學為例。**師資培育與教師專業發展期刊**，**15**（3），81-117。https://doi.org/10.53106/207136492022121503004
- 胡淑華、蔡孟蓉（2019）。國中機器人 STEAM 跨領域課程發展研究：以彰化縣二水國中培龍計畫為例。**數位學習科技期刊**，**11**（4），51-75。https://doi.org/10.3966/2071260X2019101104003
- 范斯淳、游光昭（2016）。科技教育融入 STEM 課程的核心價值與實踐。**教育科學研究期刊**，**61**（2），153-183。https://doi.org/10.6209/JORIES.2016.61(2).06
- 范靜媛、葉建宏（2020）。設計自我效能、設計興趣和 STEM 學習表現之相關分析：以時尚設計為例。**教育科學研究期刊**，**65**（1），221-246。https://doi.org/10.6209/JORIES.202003_65(1).0009
- 翁子涵（2022）。應用 6E⁺ 教學模式於國小 STEAM 科技教育。**科技與人力教育季刊**，**9**（2），8-18。https://doi.org/10.6587/JTHRE.202212/SP_9(2).0003
- 張玉山（2016）。專題式問題導向學習策略在 STEAM 機器人特色之創客教學模式建立及其提升 STEAM 學習成效、學習態度和創造力之研究（計畫編號：MOST105-2622-S003-001-CC3）。行政院國家科學委員會。
- 張玉山（2017a）。STEAM Maker——主動探究與創新熱情的激發。**臺中市教育電子報**，**78**。https://epaper.tc.edu.tw/application/show-article?id=2819
- 張玉山（2017b）。STEAM Maker 創客／自造教育的課程思維。**中等教育**，**68**（2），8-11。https://doi.org/10.6249/SE.2017.68.2.01

- 張玉山（2017c）。以 STEAM 創客教育培養 21 世紀能力。**新北市教育季刊**，22，13-15。
- 張宜君（2020）。不一樣的人生道路？生命歷程觀點的 STEM 教育之職涯發展軌跡（計畫編號：MOST109-2410-H003-061）。行政院國家科學委員會。
- 張基成（2016）。結合雲端科技與 3D 列印之桁架塔 STEAM 統整課程發展、教學設計與學習成效評估（計畫編號：MOST105-2511-S003-005-MY3）。行政院國家科學委員會。
- 張基成、陳怡靜（2018）。機器人跨領域 STEM 主題式統整課程與任務導向式教學的設計及評鑑。**科學教育學刊**，26（4），305-331。[https://doi.org/10.6173/CJSE.201812_26\(4\).0002](https://doi.org/10.6173/CJSE.201812_26(4).0002)
- 許庭嘉、張玉山（2022）。國中小科技領域 STEAM 教學的實施經驗：序。**科技與人力教育季刊**，9（2），7-7。[https://doi.org/10.6587/JTHRE.202212/SP_9\(2\).0002](https://doi.org/10.6587/JTHRE.202212/SP_9(2).0002)
- 陳又菱、孫之元、陳薇暄（2020）。行動社群應用軟體融入美感教育活動對大學生的美感經驗與情境興趣之影響：以 Instagram 為例。**數位學習科技期刊**，12（2），1-24。<https://doi.org/10.3966/2071260X2020041202001>
- 陳彥綸（2022）。【111-1 學習社群 2】Tello 四軸飛行器運用於科技領域之素養導向模式教學。桃園國教輔導團。https://ceag.tyc.edu.tw/ceag/acts_show.php?id=63fb98e96ba47&subject_id=31&page=1
- 陳學志、蕭顯勝（2016）。跨領域工程教育人才培育與研究——總計畫：應用 STEAM 體驗式學習在跨領域工程教育課程提升想像力及創造力之研究：以未來想像升級高齡健康促進科技為例。暨子計畫一：STEAM 體驗式工程教育課程開發、實施與產品實作——高齡健康促進科技產品為例（計畫編號：MOST105-2511-S003-049-MY3）。行政院國家科學委員會。
- 曾國鴻、于瑞珍、羅希哲、楊宏仁（2007）。學生以知識管理實踐 STEM（Science, Technology, Engineering and Mathematics）學習之中美跨國研究：總計劃 Knowledge manag——技術校院學生以知識管理實踐 STEM（Science, Technology, Engineering and Mathematics）專題導向學習之中美跨國研究：子計劃一（計畫編號：NSC96-2516-S276-002-MY3）。行政院國家科學委員會。
- 曾國鴻、楊宏仁、羅希哲（2007）。學生以知識管理實踐 STEM（Science, Technology, Engineering and Mathematics）學習之中美跨國研究：總計畫——

- 學生以知識管理實踐 STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) 學習之中美跨國研究：總計畫**（計畫編號：NSC96-2516-S276-001-MY3）。行政院國家科學委員會。
- 游志弘、林育慈、陳湘庭、吳正己（2019）。應用三維列印於 STEAM 課程對創造力的影響。**數位學習科技期刊**，11（4），1-24。https://doi.org/10.3966/2071260X2019101104001
- 游師柔、葉宜靈、孫之元（2020）。STEM 模式整合穿戴式擴增實境和穿戴式虛擬實境應用於科學教育：探討科學學習自我效能來源對高中生科學學習自我效能和學習成效之影響。**數位學習科技期刊**，12（3），25-57。https://doi.org/10.3966/2071260X2020071203002
- 湯偉君（2016）。**天使計畫：高中 STEM 實作與 STEAM 生態探索特色課程的開發與運用（萬芳高中）——子計畫二：生態觀察與人文探索系統 STEAM 特色課程開發計畫（I）**（計畫編號：MOST105-2514-S787-002）。行政院國家科學委員會。
- 湯維玲（2019）。探究美國 STEM 與 STEAM 教育的發展。**課程與教學**，22（2），49-77。https://doi.org/10.6384/CIQ.201904_22(2).0003
- 湯維玲（2022）。我國小學跨學科 / 領域 STEAM 課程的「資訊科技」與「藝術」案例分析。**台灣教育研究期刊**，3（3），47-69。
- 黃子榕、林坤誼（2014）。職前教師於 STEM 實作課程的知識整合行為研究。**科技與人力教育季刊**，1（1），18-39。https://doi.org/10.6587/JTHRE.2014.1(1).2
- 黃怡真（2024）。STEM 教育中問題解決能力研究之發展與趨勢分析。**人文社會科學研究：教育類**，18（3），59-100。https://doi.org/10.6618/HSSRP.202409_18(3).3
- 黃俊夫、陳淑菁、黃惠婷（2018）。STEM 理論應用在博物館藏品體驗活動設計——以國立科學工藝博物館「520 世界計量日」活動設計為例。**科技與人力教育季刊**，5（2），16-27。https://doi.org/10.6587/JTHRE.201812_5(2).0002
- 楊孝滌（2006）。內容分析。載於楊國樞、吳聰賢、文崇一、李亦園（主編），**社會及行為科學研究法**（下冊，頁 903-927）。東華。
- 楊淑晴、劉建人、薛昱翔（2024）。台灣 STEAM 教育學位論文研究：文獻分析、發展趨勢及未來展望。**教育資料與圖書館學**，61（2），161-209。https://doi.org/10.6120/JoEMLS.202407_61(2).0044.RS.CM

- 葉栢維（2017a）。STEAM 理論融入高中科技實作活動設計——以手機號角音箱設計為例。**科技與人力教育季刊**，4（2），1-20。https://doi.org/10.6587/JTHRE.2017.4(2).1
- 葉栢維（2017b）。STEAM 理論融入國小科技實作的活動設計：橡皮筋動力車向前衝。**科技與人力教育季刊**，4（1），63-75。https://doi.org/10.6587/JTHRE.2017.4(1).5
- 賓靜蓀（2017 年 5 月 1 日）。5 大精神，培養 STEAM 新素養。**親子天下**，89，98-107。https://www.parenting.com.tw/article/5073993
- 劉子彰（2022）。〈後〉疫情時代回應式評鑑在科技輔助自主學習 STEM-PBL 影響之個案研究（計畫編號：MOST111-2410-H005-037）。行政院國家科學委員會。
- 劉淑雯（2016）。成為 STEAM 女孩——火箭女孩的科學夢（計畫編號：MOST105-2630-S845-001）。行政院科技部。
- 劉淑雯、魏誠佑（2018）。「臺灣 STEM 築夢女傑知多少」桌上遊戲研發與推廣。**臺灣教育評論月刊**，7（10），130-143。
- 鄭立婷、魯盈謙、洪瑞兒、許文怡（2021）。情境式探究論證導向教學提升國中生 STEM 素養之成效。**科學教育學刊**，29（4）。https://doi.org/10.6173/CJSE.202112_29(4).0001
- 鄭秉漢、蔡仁哲、陳仕燁、張俊彥（2020）。從桌上行為流向生活習慣：水資源議題桌遊之設計與成效。**環境教育研究**，16（1），1-36。https://doi.org/10.6555/JEER.16.1.001
- 鄭瑞鴻、劉玄堂（2023）。整合 PBL 及 STEAM 方法進行機器人教具開發及教學實務研究。**大學教學實務與研究學刊**，7（1），1-48。https://doi.org/10.6870/JTPRHE.202306_7(1).0001
- 盧秀琴、馬士茵（2019）。設計 STEAM 課程培養國小學生的 STEAM 素養：以「動物模仿獸」為例。**教育科學研究期刊**，64（3），85-118。https://doi.org/10.6209/JORIES.201909_64(3).0004
- 盧佩綺（2019）。STEAM 跨領域美感教育專題教學設計之探究。**藝術教育研究**，37，49-82。https://doi.org/10.6622/RAE.201905_37.0002
- 賴秋琳（2020）。STEM/STEAM 與跨學科教育的研究趨勢與實踐模式。**教育研究月刊**，320，143-157。https://doi.org/10.3966/168063602020120320008

- 駱奕帆 (2023)。STEAM-6E 教學模式實踐地方本位永續發展教育——以暨大附中數理實驗課程為例。 **台灣教育**，743，40-48。
- 薛雅云 (2022)。STEAM 教學融入小學科技教育。 **科技與人力教育季刊**，9 (2)，19-37。 [https://doi.org/10.6587/JTHRE.202212/SP_9\(2\).0004](https://doi.org/10.6587/JTHRE.202212/SP_9(2).0004)
- 簡佑宏、朱柏穎、簡爾君 (2017)。STEAM 取向之 Maker 教學。 **中等教育**，68 (2)，12-28。 <https://doi.org/10.6249/SE.2017.68.2.02>
- Aik, L. T., & Wee, T. T. (2022). Status and trends of STEM education in Singapore. In Y. F. Lee & L. S. Lee (Eds.), *Status and trends of STEM education in highly competitive countries: Country reports and international comparison* (pp. 259-304). Technological and Vocational Education Research Center, National Taiwan Normal University and K-12 Education Administration, Ministry of Education.
- Bozkurt, A., Ucar, H., Durak, G., & Idin, S. (2019). The current state of the art in STEM research: A systematic review study. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 14(3), 374-383. <https://doi.org/10.18844/cjes.v14i3.3447>
- Brown, J. (2012). The current status of STEM education research. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 13(5), 7-11.
- Çakici, Ş. K., Özge, K. O. L., & Yaman, S. (2021). The effects of STEM education on students' academic achievement in science courses: A meta-analysis. *Journal of Theoretical Educational Science*, 14(2), 264-290. <https://doi.org/10.30831/akukeg.810989>
- Çavaş, P., Ayar, A., Bula Turuplu, S., & Gürcan, G. (2020). A study on the status of STEM education research in Turkey. *YYU Journal of Education Faculty*, 17(1), 823-854. <https://doi.org/10.33711/yyuefd.751853>
- Çevik, M. (2017). Content analysis of STEM-focused education research in Turkey. *Journal of Turkish Science Education*, 14(2), 12-26. <https://doi.org/10.12973/tused.10195a>
- Chang, C. C., & Chen, Y. (2022). Using mastery learning theory to develop task-centered hands-on STEM learning of Arduino-based educational robotics: Psychomotor performance and perception by a convergent parallel mixed method. *Interactive Learning Environments*, 30(9), 1677-1692. <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1741400>

- Chang, S. H., Yang, L. J., Chen, C. H., Shih, C. C., Shu, Y., & Chen, Y. T. (2022). STEM education in academic achievement: A meta-analysis of its moderating effects. *Interactive Learning Environments*, 32(6), 2401-2423. <https://doi.org/10.1080/10494820.2022.2147956>
- Chien, Y. H., & Chu, P. Y. (2018). The different learning outcomes of high school and college students on a 3D-printing STEAM engineering design curriculum. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16, 1047-1064. <https://doi.org/10.1007/s10763-017-9832-4>
- Christenson, J. (2011). *Ramaley coined STEM term now used nationwide*. Winona Daily News Retrieved on 13 June 2025. http://www.winonadailynews.com/news/local/article_457afe3e-0db3-11e1-abe0-001cc4c03286.
- Chung, C. C., Cartwright, C., & Cole, M. (2014). Assessing the impact of an autonomous robotics competition for STEM education. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 15(2), 24-34.
- Chung, C.-C., Huang, S.-L., Cheng, Y.-M., & Lou, S.-J. (2022). Using an iSTEAM project-based learning model for technology senior high school students: Design, development, and evaluation. *International Journal of Technology and Design Education*, 32(3), 905–941. <https://doi.org/10.1007/s10798-020-09643-5>
- Deák, C., & Kumar, B. (2024). A systematic review of STEAM education's role in nurturing digital competencies for sustainable innovations. *Education Sciences*, 14(3), Article 226. <https://doi.org/10.3390/educsci14030226>
- Elmalı, Ş., & Kırıyıcı, F. B. (2017). Review of STEM studies published in Turkey. *Sakarya University Journal of Education*, 7(3), 684-696. <https://doi.org/10.19126/suje.322791>
- Fang, S. C., & Fan, S. C. (2023). Exploring teachers' conceptions and implementations of STEM integration at the junior secondary level in Taiwan: An interview study. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 21(7), 2095-2121. <https://doi.org/10.1007/s10763-022-10335-w>
- Fang, S. C., Yang, K. L., & Fan, S. C. (2023). A conceptual framework for assessing transdisciplinary STEM practices. *Research in Science & Technological Education*, 43(1), 272-293. <https://doi.org/10.1080/02635143.2023.2264781>

- Gao, X., Li, P., Shen, J., & Sun, H. (2020). Reviewing assessment of student learning in interdisciplinary STEM education. *International Journal of STEM Education*, 7, Article 24. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00225-4>
- Gül, K.S., & Taşar, M.F. (2020). A review of researches on STEM in preservice teacher education. *Elementary Education Online*, 19(2), 515-539. <https://doi.org/10.17051/ilkonline.2020.689682>
- Herro, D., & Quigley, C. (2017). Exploring teachers' perceptions of STEAM teaching through professional development: Implications for teacher educators. *Professional Development in Education*, 43(3), 416-438. <https://doi.org/10.1080/19415257.2016.1205507>
- Hong, J. C., Tsai, C. R., & Tai, K. H. (2023). Factors affecting the application of scientific knowledge in a STEAM contest: The correlates between collective efficacy, cohesiveness, and prosociality. *Research in Science & Technological Education*, 41(3), 1176-1196. <https://doi.org/10.1080/02635143.2021.1994383>
- Hong, J. C., Ye, J. H., Ho, Y. J., & Ho, H. Y. (2020). Developing an inquiry and hands-on teaching model to guide STEAM lesson planning for kindergarten children. *Journal of Baltic Science Education*, 19(6), 908-922. <https://doi.org/10.33225/jbse/20.19.908>
- Hsiao, H. S., Chang, Y. C., Lin, K. Y., Chen, J. C., Lin, C. Y., Chung, G. H., & Chen, J. H. (2023). Applying the design thinking model to hands-on mechatronics STEM activities for senior high school students to improve the learning performance and learning behavior. *International Journal of Technology and Design Education*, 33(4), 1389-1408. <https://doi.org/10.1007/s10798-022-09778-7>
- Hsu, T. C., Chang, Y. S., Chen, M. S., Tsai, I. F., & Yu, C. Y. (2023). A validity and reliability study of the formative model for the indicators of STEAM education creations. *Education and Information Technologies*, 28(7), 8855-8878. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11412-x>
- Hsu, Y. S., Tang, K. Y., & Lin, T. C. (2024). Trends and hot topics of STEM and STEM education: A co-word analysis of literature published in 2011–2020. *Science & Education*, 33(4), 1069-1092. <https://doi.org/10.1007/s11191-023-00419-6>
- Jayarajah, K., Saat, R. M., & Rauf, R. A. A. (2014). A review of science, technology, engineering & mathematics (STEM) education research from 1999-2013: A Malaysian

- perspective. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 10(3), 155-163. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2014.1072a>
- Juca-Aulestia, M., Zúñiga-Tinizaray, F., Pozo-Vinueza, M., Malla-Alvarado, F., Cáceres-Mena, M., Almendariz-Pozo, P., Cáceres-Mena, A., & Román-Robalino, D. (2021). Instrumentation, implementation and tools in STEM- STEAM education: A systematic literature review. In Á. Rocha, H. Adeli, G. Dzemyda, F. Moreira, & A. M. Ramalho Correia (Eds.), *Trends and applications in information systems and technologies. World conference on information systems and technologies* (pp. 183-194). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-72660-7_18
- Kaleci, D., & Korkmaz, Ö. (2018). STEM education research: Content analysis. *Universal Journal of Educational Research*, 6(11), 2404-2412. <https://doi.org/10.13189/ujer.2018.061102>
- Kang, N. H., Lee, N. R., Rho, M., & Yoo, J. E. (2018). Meta-analysis of STEAM(science, technology, engineering, arts, mathematics) program effect on student learning. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 38(6), 875-883.
- Kazu, I. Y., & Kurtoglu Yalcin, C. (2021). The effect of stem education on academic performance: A meta-analysis study. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 20(4), 101-116.
- Khotimah, R. P., Adnan, M., Ahmad, C. N. C., & Murtiyasa, B. (2021). Science, mathematics, engineering, and mathematics (STEM) education in Indonesia: A literature review. *Journal of Physics: Conference Series*, 1776(1), 012028. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1776/1/012028>
- Kim, K., Lee, K., Kwon, O.N. (2024). A systematic literature review of the empirical studies on STEAM Education in Korea: 2011–2019. In Y. Li, Z. Zeng, & N. Song (Eds.), *Disciplinary and interdisciplinary education in STEM. Advances in STEM education* (pp. 103-117). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-52924-5_6
- Kim, S., & Lee, Y. (2018). An investigation of teachers' perception on STEAM education teachers' training program according to school level. *Indian Journal of Public Health Research and Development*, 9(9), 664-672. <https://doi.org/10.5958/0976-5506.2018.01076.8>

- Kuo, H. C., Tseng, Y. C., & Yang, Y. T. C. (2019). Promoting college student's learning motivation and creativity through a STEM interdisciplinary PBL human-computer interaction system design and development course. *Thinking Skills and Creativity*, 31, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.09.001>
- Le Thi Thu, H., Tran, T., Trinh Thi Phuong, T., Le Thi Tuyet, T., Le Huy, H., & Vu Thi, T. (2021). Two decades of stem education research in middle school: A bibliometrics analysis in Scopus database (2000–2020). *Education Sciences*, 11(7), Article 353. <https://doi.org/10.3390/educsci11070353>
- Leavy, A., Dick, L., Meletiou-Mavrotheris, M., Paparistodemou, E., & Stylianou, E. (2023). The prevalence and use of emerging technologies in STEAM education: A systematic review of the literature. *Journal of Computer Assisted Learning*, 39(4), 1061-1082. <https://doi.org/10.1111/jcal.12806>
- Lee, D., & Kwon, H. (2023). Meta analysis on effects of using 3D printing in South Korea K-12 classrooms. *Education and Information Technologies*, 28(9), 11733-11758. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11644-5>
- Lee, J. C., Wang, C. L., Yu, L. C., & Chang, S. H. (2016). The effects of perceived support for creativity on individual creativity of design-majored students: A multiple-mediation model of savoring. *Journal of Baltic Science Education*, 15(2), 232-245. <https://doi.org/10.33225/jbse/16.15.232>
- Li, Y., & Xiao, Y. (2022). Authorship and topic trends in STEM education research. *International Journal of STEM Education*, 9, Article 62. <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00378-4>
- Li, Y., Wang, K., Xiao, Y., & Froyd, J. E. (2020). Research and trends in STEM education: A systematic review of journal publications. *International Journal of STEM Education*, 7(1), Article 11. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00207-6>
- Li, Y., Wang, K., Xiao, Y., & Wilson, S. M. (2022). Trends in highly cited empirical research in STEM education: A literature review. *Journal for STEM Education Research*, 5, 303-321. <https://doi.org/10.1007/s41979-022-00081-7>
- Lin, C. L., & Tsai, C. Y. (2021). The effect of a pedagogical STEAM model on students' project competence and learning motivation. *Journal of Science Education and*

- Technology*, 30(1), 112-124. <https://doi.org/10.5958/0976-5506.2018.01076.8>
- Lin, K. Y., Lu, S. C., Hsiao, H. H., Kao, C. P., & Williams, P. J. (2023). Developing student imagination and career interest through a STEM project using 3D printing with repetitive modeling. *Interactive Learning Environments*, 31(5), 2884-2898. <https://doi.org/10.1080/10494820.2021.1913607>
- Liou, Y.-H., & Daly, A. J. (2021). Obstacles and opportunities for networked practice: A social network analysis of an inter-organizational STEM ecosystem. *Journal of Educational Administration*, 59(1), 94-115. <https://doi.org/10.1108/JEA-02-2020-0041>
- Lou, S. J., Chou, Y. C., Shih, R. C., & Chung, C. C. (2017). A study of creativity in CaC2 steamship-derived STEM project-based learning. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(6), 2387-2404. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.01231a>
- Lou, S. J., Liang, C. P., & Chung, C. C. (2017). Effectiveness of combining STEM activities and PBL: A case study of the design of fuel-efficient vehicles. *The International Journal of Engineering Education*, 33(6), 1763-1775.
- Lou, S. J., Liu, Y. H., Shih, R. C., & Tseng, K. H. (2011). The senior high school students' learning behavioral model of STEM in PBL. *International Journal of Technology and Design Education*, 21, 161-183. <https://doi.org/10.1007/s10798-010-9112-x>
- Lou, S. J., Shih, R. C., Ray Diez, C., & Tseng, K. H. (2011). The impact of problem-based learning strategies on STEM knowledge integration and attitudes: An exploratory study among female Taiwanese senior high school students. *International Journal of Technology and Design Education*, 21, 195-215. <https://doi.org/10.1007/s10798-010-9114-8>
- Lou, S., Liu, Y., Shih, R., Chuang, S.Y., & Tseng, K. (2011). Effectiveness of on-line STEM project-based learning for female senior high school students. *International Journal of Engineering Education*, 27, 399-410.
- Maeda, J. (2011, September 30). *STEM to STEAM*. Core77.com. <http://www.core77.com/posts/20692/getting-steamy-in-rhode-island-20692>
- Maeda, J. (2013). STEM+ Art =STEAM. *The STEAM Journal*, 1(1), Article 34. <https://doi.org/10.5642/steam.201301.34>

- Marín-Marín, J. A., Moreno-Guerrero, A. J., Dúo-Terrón, P., & López-Belmonte, J. (2021). STEAM in education: A bibliometric analysis of performance and co-words in Web of Science. *International Journal of STEM Education*, 8(1), Article 41. <https://doi.org/10.1186/s40594-021-00296-x>
- Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F. J., & Vilchez-González, J. M. (2019). What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. *Science Education*, 103, 799-822. <https://doi.org/10.1002/scs.21522>
- Mizell, S., & Brown, S. (2016). The current status of STEM education research 2013-2015. *Journal of STEM Education: Innovations & Research*, 17(4), 52-56. <https://doi.org/10.15695/jstem>
- National Science Foundation. (1996). *Shaping the future: New expectations for undergraduate education in science, mathematics, engineering and technology*.
- Ormanci, Ü. (2020). Thematic content analysis of doctoral theses in STEM education: Turkey context. *Journal of Turkish Science Education*, 17(1), 126-146. <https://doi.org/10.36681/tused.2020.17>
- Paik, S.-H., Kim, S.-W., & Lee, Y. (2018). A study on teachers practices of STEAM education in Korea. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 118(19B), 2339-2365.
- Pérez Torres, M., Couso Lagarón, D., & Marquez Bargalló, C. (2024). Evaluation of STEAM project-based learning (STEAM PBL) instructional designs from the STEM practices perspective. *Education Sciences*, 14(1), Article 53. <https://doi.org/10.3390/educsci14010053>
- Sahin, A., Ayar, M. C., & Adiguzel, T. (2014). STEM related after-school program activities and associated outcomes on student learning. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 14(1), 309-322. <https://doi.org/10.12738/estp.2014.1.1876>
- Santhosh, M., Farooqi, H., Ammar, M., Siby, N., Bhadra, J., Al-Thani, N. J., Sellami, A., Fatima, N., & Ahmad, Z. (2023). A meta-analysis to gauge the effectiveness of STEM informal project-based learning: Investigating the potential moderator variables. *Journal of Science Education and Technology*, 32(5), 671-685. <https://doi.org/10.1007/s10956-023-10063-y>
- Sanz-Camarero, R., Ortiz-Revilla, J., & Greca, I. M. (2023). The impact of integrated

- STEAM education on arts education: A systematic review. *Education Sciences*, 13(11), Article 1139. <https://doi.org/10.3390/educsci13111139>
- Sapounidis, T., Tselegkaridis, S., & Stamovlasis, D. (2024). Educational robotics and STEM in primary education: A review and a meta-analysis. *Journal of Research on Technology in Education*, 56(4), 462-476. <https://doi.org/10.1080/15391523.2022.2160394>
- Sarica, R. (2020). Analysis of postgraduate theses related to STEM education in Turkey: A meta-synthesis study. *Acta Didactica Napocensia*, 13(2), 1-29. <https://doi.org/10.24193/adn.13.2.1>
- Shu, Y., & Huang, T. C. (2021). Identifying the potential roles of virtual reality and STEM in maker education. *The Journal of Educational Research*, 114(2), 108-118. <https://doi.org/10.1080/00220671.2021.1887067>
- Thomas, D. R., & Larwin, K. H. (2023). A meta-analytic investigation of the impact of middle school STEM education: Where are all the students of color? *International Journal of STEM Education*, 10(1), Article 43. <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00425-8>
- Wahono, B., Lin, P. L., & Chang, C. Y. (2020). Evidence of STEM enactment effectiveness in Asian students' learning outcomes. *International Journal of STEM Education*, 7, 36. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00236-1>
- White, J. L., Altschuld, J. W., & Lee, Y. F. (2008). Evaluating minority retention programs: Problems encountered and lessons learned from the Ohio science and engineering alliance. *Evaluation and Program Planning*, 31(3), 277-283. <https://doi.org/10.1016/j.evalprogplan.2008.03.006>
- Wu, X., Yang, Y., Zhou, X., Xia, Y., & Liao, H. (2024). A meta-analysis of interdisciplinary teaching abilities among elementary and secondary school STEM teachers. *International Journal of STEM Education*, 11(1), 38. <https://doi.org/10.1186/s40594-024-00500-8>
- Xu, L., Fang, S. C., & Hobbs, L. (2023). The relevance of STEM: A case study of an Australian secondary school as an arena of STEM curriculum innovation and enactment. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 21(2), 667-689. <https://doi.org/10.1007/s10763-022-10267-5>
- Yakman, G. (2008). STEAM education: An overview of creating a model of integrative education. In M. J. de Vries (Ed.), *Pupils' attitudes towards technology conference*

(PATT-19) proceedings: Research on technology, innovation, design & engineering teaching (pp. 335-358). ITEEA & PATT Foundation.

Yang, Q., Hong, J. C., & Gu, J. (2024). A delphi consensus checklist for assessing arts design: A case for miniature robots in a STEAM contest. *International Journal of Technology and Design Education*, 34(1), 249-265. <https://doi.org/10.1007/s10798-023-09823-z>

Yıldız, S. G., & Özdemir, A. Ş. (2015). A content analysis study about STEM education. *Turkish Online Journal of Educational Technology*, 2015(S), 14-21.

Zhan, Z., Shen, W., Xu, Z., Niu, S., & You, G. (2022). A bibliometric analysis of the global landscape on STEM education (2004-2021): Towards global distribution, subject integration, and research trends. *Asia Pacific Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 16(2), 171-203. <https://doi.org/10.1108/APJIE-08-2022-0090>

2024 年 11 月 16 日收件

2025 年 2 月 16 日第一次修正回覆

2025 年 3 月 9 日初審通過

2025 年 5 月 13 日第二次修正回覆

2025 年 5 月 15 日複審通過

