

教育部113學年度中小學科學教育專案年度期中報告綱要

計畫編號：31

計畫名稱：實施不插電運算思維課程對學習成效之探討(第三年)

主持人：張琬翔

協同主持人：張裕助、王瑋樺、朱碧梅

執行單位：臺南市東區崇學國民小學

摘要

本研究基於十二年國教素養導向的理念發展不插電運算思維課程，包含六則教材(問題拆解、模式辨識、抽象化、演算法、循序/重複結構、條件判斷/布林值)與六項活動設計(拼圖分合、神機妙算、分門別類、機器指令、乾坤大挪移、條件式流程)。研究樣本為臺南市某國小8個班級高年級學生(共計約220名)，採單組前後測設計(one-group pretest-posttest design)進行實驗教學活動。研究工具為自編的運算思維自我效能和態度量表、教育部國際運算思維挑戰賽成就測驗和因材網學生5C關鍵能力意向量表。所得資料以SPSS軟體進行相依樣本t檢定(Paired Sample t test)驗證學習成效之差異，再以共變數分析(ANCOVA)探究不同年級、性別之學生在學習成效之後測上有無顯著差異；並透過研究討論、教室觀察及文件記錄來蒐集資料，進行相關分析與檢證。最後歸納本計畫結論與建議，供日後教師與有關單位發展不插電運算思維課程時之參考。

關鍵字:不插電、運算思維、學習成效

壹、計畫目的及內容

一、研究背景與動機

十二年國教強調素養導向學習，科技領域課程旨在涵育學生創造性思考、邏輯與運算思維、批判性思考、問題解決等高層次思考的能力；課程發展與實踐是以學生的生活經驗、需求以及學習興趣為基礎，在問題解決與實作的過程中培養學生「設計思考」與「運算思維」的知能，而「運算思維」是透過電腦科學相關知能的學習，培養邏輯思考與系統化思考等(國家教育研究院, 2018)。國家教育研究院(2020)公布國民小學科技教育及資訊教育課程發展參考說明，將「運算思維與問題解決」納入國小資訊教育的學習表現，期盼中年級學生能認識以運算思維解決問題的過程，高年級則可運用運算思維解決問題。Wing(2006)指出，運算思維(computational thinking)是利用電腦科學的基本概念進行問題解決、系統設計與人類行為理解的思維模式；運算思維是一種理念、構想和基本原理，不等於程式設計。運算思維最早是電腦科學的發展基礎，是一門包含程式設計和問題解決所需的思考方式和運用技巧，鼓勵學生運用抽象的邏輯思考來解決日常生活的具體問題，即運算思維是教導孩子「邏輯思考」與「問題解決」，是一種生活態度與思考方式，有助於十二國教核心素養的實踐。

運算思維是一種思考方式，可以在不使用電腦、螢幕或連結網路的情境下，藉由各種有趣的不插電(un-plugged)遊戲和活動來理解複雜的問題，或是理解解決問題的處理方式與過程(黃蕙蘭、黃思華和黃健哲, 2020; Yacob, 2018)。例如:卡片、棋盤遊戲、謎題、邏輯遊戲、身體運動...等(Brackmann, Román-González, Robles, Moreno-León, Casali, & Barone, 2017; Mensan, Osman, & Majid, 2020)。在國小許多教

師透過桌遊或故事結合生活情境的遊戲方式學習進行不插電的運算思維課程。Brackmann et al.(2017)在西班牙兩所小學進行莫妮卡地圖、流行歌曲、俄羅斯方塊、重複繪畫等課程，發現參加不插電活動的學生其運算思維能力顯著高於控制組學生。Mensan, Osman, & Majid (2020)在馬拉西亞兩所小學設計物質狀態、固體性質、液體性質、水循環、水資源等五項結合科學的運算思維活動，雖然實驗組在科學和運算思維後側得分均高於控制組，但沒有達到顯著差異。黃思嘉和盧東華（2019）設計《星球密碼戰》教學活動，將運算思維融入國小低年級生活課程；研究發現：學生認為這種課程是遊戲，能提升課程參與度，學生面對困難時的焦慮程度降低，也願意主動思考有無解決方法，但對於學科成績沒有大幅度改變。王振庭和許庭嘉(2019)研究發現，國小學生透過《Robert City V2新機器人蓋城市》桌遊進行運算思維翻轉學習後，能提高內在學習動機和解決問題能力。黃蕙蘭、黃思華和黃健哲（2020）研究探討「兔兔媽媽冰淇淋」不插電運算思維課程在國小一年級實施的成效，發現學習成效良好且在學習動機（注意力 A、相關性 R、信心 C 和滿意度 S）有正向回饋。

面對新課綱施行在即，當務之急便是設計符合運算思維的有效教學課程（王振庭、許庭嘉，2019）。因不插電的運算思維課程能提升學習興趣與參與（王振庭、許庭嘉，2019；黃思嘉、盧東華，2019；Kuo & Hsu, 2019；Rodriguez, Rader & Camp, 2016）、改善學習信心和態度(陳佩萱、黃思華，2019；黃思嘉、盧東華，2019；黃蕙蘭、黃思華、黃健哲，2020；劉遠楨，2019；賴和隆，2016；Barr, Harrison,& Conery, 2011)和涵養問題解決和創造力（王振庭、許庭嘉，2019；張韶宸、許庭嘉和蘇勃郡，2017；陳佩萱、黃思華，2019；黃思嘉、盧東華，2019；劉遠楨，2019；賴和隆，2016；Barr, Harrison,& Conery, 2011；Kuo & Hsu, 2019）。本研究基於十二年國教素養導向的理念，發展不插電運算思維課程；並探討學生接受不插電運算思維課程後，對學習成效之影響，此為本研就動機之一。

此外，黃元彥、劉旨峰和林俊閔(2018)對168位國小四、五年級學生的研究結果指出，性別在機器人運算思維的表現上具有整體的顯著差異。男生在機器人設計與規劃、問題解決與模組化的得分都顯著高於女生；且男生於機器人學習的挫折感也顯著低於女生。僅在機器人合作學習的得分表現上，男女生之間則沒有顯著差異。其課堂觀察發現，女生似乎較傾向具體明確的指導或教學活動，而男生則比較能夠適應弱結構或開放性的任務挑戰。Korkmaz & Bai (2019)對1015位中國K10和K11學生的研究發現，男生在運算思維能力的子層面和總得分均高於女生，其中在創造力、演算法思考、合作性、批判性思維達顯著差異，僅在解決問題未達顯著差異。以上研究顯示運算思維能力有性別間的差異存在，男性整體表現優於女性。但也有許多研究的發現不支持前述看法，Amatzidou & Demetriadis（2016）探討不同年級(初中89人、高職75人)與性別學生在每週兩小時，連續11週機器人學習下的運算思維（抽象化、一般化、演算法、模組、問題拆解）發展，研究結果發現不同年級與性別之學生在相同課程下，都能達到相同程度的學習發展；運算思維能力皆有良好的成長。但與男孩相比，女孩在許多情況下似乎需要更多的培訓時間才能達到相同的技能水平。鄭國明、林群峰、溫嘉榮（2017）對97位國小五年級進行的研究發現，接受 Kodu 遊戲設計教學之學童，不論男生或女生，其在「抽象化」及「分解」的運算思維提昇之成效皆有顯著效益，但性別間沒有差異。謝承晏（2018）對90位國小五年級學生的實驗研究指出，運算思維學習成效在不同性別上沒有顯著差異。Karalar, H., & Alpaslan, M. M. (2021)對土耳其284位八年級學生進行的研究發現，女生在抽象、分解、演算法、評估和概括等子面向和總分都略高於男生，但T考驗卻沒有達到顯著差異。

陳家慶（2018）指出使用Code.org進行課程教學有助於提升學生程式設計學習動

機、自我效能和運算思維成績表現，Code.org關卡完成數量與Bebras國際運算思維成績表現呈正相關；亦即學生如有插電的程式設計學習經驗有助於運算思維學習成效。Karalar, H., & Alpaslan, M. M. (2021)也指出有無程式設計經驗之學生在運算思維技能有的顯著差異。隨著學生的程式設計經驗增加，其運算思維技能也隨之增加，兩者間有顯著的正相關。Korkmaz & Bai (2019)對1015位中國K10和K11學生的研究發現，k10學生在「解決問題」、「批判性」的運算思維能力高於 k11 學生。以上研究顯示運算思維能力有年級或有無學習經驗間的差異存在。但Amatzidou & Demetriadis (2016)以共變數分析(ANCOVA)探究不同年級之學生在運算思維之後測表現上無顯著差異。由於過去文獻關於不同性別或年級(有無學習程式設計經驗)在運算思維上的表現仍有未定論，顯見在探討相關議題仍應留意性別或年級(有無學習程式設計經驗)的差異。因此，本研究將進一步瞭解不插電運算思維課程對不同年級×性別(有無學習程式設計經驗)學生之學習成效的差異情形，此為本研究動機之二。

二、研究目的與假設

(一)自編不插電運算思維課程，並實踐與評鑑課程。

第一年上學期：「問題拆解」、第一年下學期：「模式辨識」

第二年上學期：「抽象化」、第二年下學期：「演算法」

第三年上學期：「循序/重複結構」、第三年下學期：「條件判斷/資料表示」。

(二)探討國小高年級學童接受不插電運算思維課程後，對學習成效之影響。

(三)探討國小高年級學童接受不插電運算思維課程後，對不同年級×性別學習者之學習成效的交互作用情形。

綜合前述，本研究有以下研究假設。

假設一：學生接受不插電運算思維課後在學習成效上有差異。

1-1學生接受不插電運算思維課後在運算思維自我效能上有差異。

1-2學生接受不插電運算思維課後在運算思維態度上有差異。

1-3學生接受不插電運算思維課後在運算思維學習成就上有差異。

1-4學生接受不插電運算思維課後在5C關鍵能力意向上有差異。

假設二：年級(有無學習程式設計經驗)×性別在學習成效上有交互作用存在。

2-1 年級×性別在運算思維自我效能上有交互作用存在。

2-2 年級×性別在運算思維態度上有交互作用存在。

2-3 年級×性別在運算思維學習成就上有交互作用存在。

2-4 年級×性別在5C關鍵能力意向上有交互作用存在。

三、名詞釋義

(一)運算思維

運算思維是教導孩子邏輯思考與問題解決，是一種生活態度與思考方式，有助於十二國教核心素養的實踐。本研究之「運算思維」是指問題拆解、模式辨識、抽象化、演算法、循序結構、重複結構、條件判斷、資料表示等概念。而本研究之不插電運算思維是指在不使用程式設計的情況下，透過實體活動和教材教具等方式來學習運算思維的教學方法。

(二)學習成效

學習成效是指學生經過學習活動後的學習表現狀況，能分為認知、情意或技能等層面的表現。本研究之「學習成效」是學生在本研究自編的運算思維自我效能和態度量表、教育部國際運算思維挑戰賽成就測驗和因材網學生 5C 關鍵能力意向量表之填答得分情形，得分愈高，代表其運算思維的學習成效愈佳，反之亦然。

貳、文獻探討

一、 運算思維的意涵

運算思維是21世紀關鍵的識讀能力，與閱讀(Reading)、寫作(Writing)、數學(Arithmetic)3R 基礎能力同樣重要(Wing,2006)。邵雲龍(2019)指出，運算思維應是所有人共通具備的能力，善用這項能力可以增加解決問題的能力，培養邏輯思考和系統化思考。

運算思維是以抽象化和自動化為核心元素，所建構的一套邏輯思考模式及解決問題的基本框架，包含：問題解決的數學思維，在真實世界的條件限制下找到設計與評估複雜系統的工程思維，以及能夠了解人類心智運作規律的科學思維(Wing, 2006)。賴和隆(2016)指出，運算思維是將資訊科學概念運用到問題解決、系統設計和對人類行為了解上的一種思維方式，人們藉由運算思維可以選擇合適的方式來陳述問題、省卻不必要的細節來表達或處理問題並建立模型使問題易於處理，形成具有抽象化、具體化、自動化、系統化等計算特徵的問題解決方案。運算思維就是利用既有的運算工具，分析並解決問題的能力(黃思嘉、盧東華，2019)；這是一種問題解決的創造性方法，個人可以通過運算思維這種新媒體表達想法(Kakavas & Ugolini, 2019)。

運算思維是透過觀察、問題拆解、思考辨識、重點歸納與解決方案等步驟來培養學生處理問題的能力，不是只有程式設計或資訊科學才用到，包含國語、數學、社會、人文藝術等領域都可導入(邵雲龍，2019)。即運算思維可以跨學科轉移和應用(Kakavas & Ugolini, 2019)，具有以下特性(Wing, 2006)：(1)概念化，不是電腦編程；(2)基本原理，並非硬記技能；(3)人類思維模式，不是電腦思維模式；(4)補充和結合數學和工程思維；(5)抽象想法，非具體製品；(6)適用每個人，無處不在。換言之，運算思維最早是電腦科學的發展基礎，是一門包含程式設計和問題解決所需的思考方式和運用技巧，鼓勵學生運用抽象的邏輯思考來解決日常生活的具體問題，即運算思維是教導孩子「邏輯思考」與「問題解決」，是一種生活態度與思考方式。

Brennan 和 Resnick(2012)提出運算思維的發展框架，包含：(1)運算概念(computational concepts)，指序列、迴圈、平行化、事件、條件、運算子、資料七種學生在練習程式撰寫時應該學會使用的技巧；(2)運算實踐(computational practices)，指增加與疊代、測試與除錯、再利用與再結合、抽象與模組化四種程式設計實踐時的思考和學習的過程；(3)運算觀點(computational perspectives)，指表達、連接、提問三種程式設計者對自己、他人及周遭世界的互動與理解。Google for Education (2015)運算思維是一種使用運算工具解決問題的歷程，包含心智歷程(問題拆解、抽象化、模式辨識、演算法設計)和成果產出(自動化、資料蒐集、資料分析、資料表達、模式一般化)。運算思維是解決問題的思維過程，由抽象化、問題分解、演算法、評估和概括等技能所組成(Karalar & Alpaslan, 2021)。換言之，運算思維的內涵有多種定義，研究者整理國內外文獻後(如表1)，運算思維最常見的有抽象化、演算法、問題拆解、模式辨識、序列(循序結構)、迴圈敘述(重複結構)、條件判斷(如果/否則、選擇結構)、資料表示、排序/搜尋、函式(副程式)、評估、除錯、模式化與模擬、布林值/集合。其中抽象化、演算法、問題拆解、模式辨識為最常見的四種內涵，將列為第一年和第二年的研究者自編

課程主題，循序/重複結構和條件判斷/資料表示則列為第三年的自編課程主題。

表1 運算思維內涵整理表

研究者 \ 運算思維內涵	抽象化	演算法	問題拆解	模式辨識	循序結構	重複結構	條件判斷	資料表示	排序搜尋	函式	評估	除錯	模式化與模擬	布林值
張韶宸、許庭嘉、蘇勃郡(2017)	*	*	*	*										
鄭國明、林群峰、溫嘉榮 (2017)	*	*	*											
謝承晏 (2018)	*	*	*	*				*						
黃元彥、劉旨峰、林俊閔(2018)	*	*	*	*										
劉吉軒(2018)	*	*	*	*										
邵雲龍(2019)	*	*	*	*							*			
盧玟燕、范斯淳 (2019)	*	*	*					*						
豐佳燕 (2019年)。	*	*	*	*										
陳佩萱、黃思華(2019)。	*	*	*											
葉國良等 (2021)	*	*	*	*										
陳俊宇 (2021)	*	*	*	*										
Wing (2006)	*		*											
Brennan 和 Resnick (2012)	*				*	*	*					*		
Google for Education (2015)	*	*	*	*										
Rodriguez、Rader 和 Camp (2016)	*	*	*	*				*						
Brackmann 等 (2017)	*	*	*	*	*	*	*			*				
Kuo、Wei-Chen 和 Hsu (2019)					*	*	*		*	*				
Lee 和 Malyn-Smith (2019)	*	*							*				*	
Kakavas 和 Ugolini (2019)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Mensan、Osman,和 Majid (2020)	*	*	*	*										
Karalar 和 Alpaslan (2021).	*	*	*								*			
累積次數	20	18	18	13	4	4	4	4	3	3	3	2	2	1

運算思維包含多個核心概念，以下將逐一說明本研究歸納後較常出現的概念：

1. 問題拆解 (Problem Decomposition)：問題拆解是指將一個複雜的大問題分解成更小、更易於解決的小問題。在運算思維中，問題拆解是解決問題的關鍵步驟。通過問題拆解，我們可以將一個大問題化小，從而使問題更容易理解和解決。
2. 模式辨識 (Pattern Recognition)：模式辨識是指從數據或資料中識別出規則或重複的規律，找出相同處或相異點。在運算思維中，模式辨識是發現問題解決方案的重要方法。通過模式辨識，我們可以從已知的問題中找到解決新問題的思路。
3. 抽象化 (Abstraction)：抽象化是指從具體的事物或問題中提取重要的特徵，隱藏不重要的細節。在運算思維中，抽象化是解決複雜問題的重要步驟。通過抽象化，我們可以將問題的非本質特徵忽略，只關注其核心特徵，從而使問題更容易理解和解決。

4. 演算法 (Algorithm)：演算法是指解決特定問題的一系列步驟或指令。在運算思維中，演算法是實現解決方案的具體方法。通過設計演算法，我們可以將抽象化的問題分解成可執行的步驟，找出做事情時的先後順序步驟，可能會包含循序結構、重複結構、選擇結構等。
5. 序列 (循序結構) (Sequence)：指按照一定順序執行一系列指令，每個步驟按順序逐一進行。日常生活的事情通常由固定的步驟組成，有明確的排列規則，不能隨意改變順序。
6. 迴圈敘述 (重複結構) (Loop)：迴圈敘述是指重複執行某個動作，直到達到指定次數或不滿足條件為止。在運算思維中，迴圈敘述用於處理需要反覆操作的任務。
7. 條件判斷 (如果/否則、選擇結構) (Conditional Statement)：條件判斷是指根據特定條件來決定執行的動作。在運算思維中，條件判斷是一種常用的控制流程，用於處理不同情況下的不同操作。
8. 資料表示 (Data Representation)：資料表示是指用適合的圖表、文字或圖片表達與組織資料，以便有效地處理和檢索資料。

二、運算思維的教學實務

黃蕙蘭、黃思華和黃健哲 (2020) 指出，教學中透過分組合作學習，可刺激學生想法交流，教師循序逐步指導，有利穩定學生學習，有立即評量效果；實施方式上，教師可先掌握班級常規，讓學生熟悉課程步驟，再帶入小組活動，與同學溝通想法；在教師示範後，讓學生操作、除錯，培養後設認知能力；學生喜歡過關遊戲，設計關卡當成課程內容，安排不同程度的內容，可作為成就測驗的依據，同時也落實教學即評量的概念。Rodriguez、Rader 和 Camp (2016) 的實驗發現，大班示範雖有助於學生參與，但個別練習才能讓學生精熟概念，且課程內容要與真實世界連結才有助於誘發學習興趣。陳佩萱和黃思華 (2019) 指出，課程題材建議從生活實際問題取材，以真實情境的需求來發展，輔以動手做或實作活動。

劉遠楨 (2019) 在兩年的原住民國小高年級程式設計和運算思維課程的研究發現，學生對非制式化的遊戲教學和動手實作的活動式有較高的興趣，能專注在團體合作學習中分享彼此的想法，來完成教師所提出的問題；建議增加師生、學生之間的互動，採用圖示為主的題型和高互動式的即時互動問答方式，例如：Kahoot。黃思嘉和盧東華 (2019) 表示，學生在合作的過程中，更能理解運算思維的基礎概念，並嘗試利用運算思維解決日常生活中的問題。Mensan、Osman 與 Majid (2020) 的研究也發現，合作學習和動手操作有助於運算思維能力的培養。

換言之，運算思維課程在準備活動階段，教師可以先採用大班示範的教導方式確保每位學生都熟習基本概念且參與課程；在發展活動階段鼓勵學生分組合作學習，組內共學或組間互學的交流想法；最後在綜合活動階段，則可採用學生自學的個別單獨練習和動手實作，確保概念精熟，提升學習品質。

三、運算思維的學習助益

(一)提升學習興趣與參與

Rodriguez、Rader與Camp(2016)實驗發現，不插電活動能提升七年級學生對計算機科學的興趣。黃思嘉和盧東華(2019)將運算思維融入國小低年級生活課程，學生認為這種課程是遊戲，課程參與度相當高，即便是平時課程參與度不高的學生也都願意加入解題。王振庭和許庭嘉(2019)的研究也發現，國小學生透過桌遊進行運算思維翻轉學習後，能提高內在學習動機。Kuo和Hsu(2019)研究結果也表示，不插電的運算思維遊戲可以增加學生的學習慾望，從而提高他們的學習成績。

(二)改善學習信心和態度

具備運算思維能力的人能夠有信心地處理複雜性問題、有毅力處理困難問題、對於歧異的容忍度較高(陳佩萱、黃思華, 2019; 賴和隆, 2016; Barr, Harrison, & Conery, 2011)。劉遠楨(2019)的研究也指出運算思維課程能提升對於問題解決和計算思維能力的自信心。黃思嘉和盧東華(2019)研究發現，學生面對困難時的焦慮程度降低，也願意主動思考有無解決方法。黃蕙蘭、黃思華和黃健哲(2020)的實驗發現，國小一年級學童接受不插電運算思維課程後在學習動機元素(注意力 A、相關性 R、信心 C 和滿意度 S)均能有正向回饋，且學習成效良好。

(三)涵養問題解決和創造力

具備運算思維的人有能力處理開放性問題(陳佩萱、黃思華, 2019; 賴和隆, 2016; Barr, Harrison, & Conery, 2011)。張韶宸、許庭嘉和蘇勃郡(2017)指出，運算思維可以提高孩童問題解決的能力，並且以新的方式和角度思考問題，能影響孩童的學習成效。黃思嘉和盧東華(2019)研究發現，學生的想像力和理解力都高於教師備課時的預期。王振庭和許庭嘉(2019)的研究也發現，國小學生透過桌遊進行運算思維翻轉學習後，能提高解決問題能力。Kuo和Hsu(2019)研究結果也表示，不插電的運算思維遊戲可以增強學生更高層次的思維。劉遠楨(2019)研究發現，參與運算思維課程的學生在創造力思維的表現有顯著提升，學生能以較複雜的思維思考事物。

參、研究方法及步驟

一、研究架構

本研究旨在探討不插電運算思維課程是否對學生的學習成效造成影響。研究者以性別、年級(有無學習程式設計經驗)為自變項，依變項為運算思維自我效能、運算思維學習態度、運算思維學習成就、5C 關鍵能力意向。由於外來變項會對學生的前測成績產生影響，故以「前測成績」為共變項，進行共變數分析，以排除外來變項所造成的影響。本研究之架構如圖1所示。

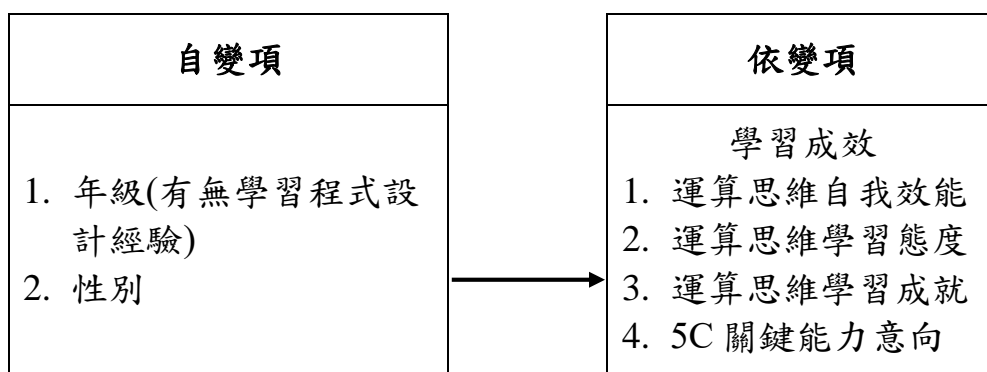


圖 1 研究架構圖

二、 研究對象與研究設計

本研究以方便取樣(convenience sampling)方式選取臺南市崇學國小高年級8班共220位學童為研究對象，採單組前後測設計(one-group pretest-posttest design)進行實驗教學活動。每班學生都接受6-8次的不插電運算思維課程組，在實驗教學處理前後對學生進行「運算思維自我效能和態度量表、教育部國際運算思維挑戰賽成就測驗和因材網學生5C關鍵能力意向量表」之前後測。其中五年級為無學習程式設計經驗之學生，六年級則有是有學習程式設計經驗之學生，曾經有學習過Kodu及Scratch各一學期。研究設計模式如表2所示。

表2研究設計模式表

組別	前測	實驗處理	後測
五年級(男女)	O ₁	X	O ₃
六年級(男女)	O ₂	不插電運算思維課	O ₄

1. 就前測方面，O₁、O₂表示實驗教學處理前的前測，即以「運算思維自我效能和態度量表、教育部國際運算思維挑戰賽成就測驗和因材網學生5C關鍵能力意向量表」為前測工具。
2. 實驗處理方面，X表示學生所接受的實驗教學處理—由該班授課教師（本計畫協同主持人）實施不插電運算思維課。
3. 就後測方面，O₃、O₄表示實驗處理後所實施的後測，即以「運算思維自我效能和態度量表、教育部國際運算思維挑戰賽成就測驗和因材網學生5C關鍵能力意向量表」為後測工具。

三、研究工具

(一) 運算思維學習成就測驗

本研究之運算思維學習成就測驗採用教育部國際運算思維挑戰賽(International Challenge on Informatics and Computational Thinking, 簡稱 Bebras Challenge)之題目, Bebras Challenge 採用淺顯易懂且生活化的情境式任務, 參與學生需運用抽象化、演算法設計、問題拆解、模式辨識、樣式一般化、自動化等運算思維來解決問題挑戰。根據任務難度(易、中、難)有不同計分標準: 答對給分、答錯扣分, 略過未答則不給分亦不扣分; 五六年級學生參加之 Benjamin 組別的題數為 12 題, 每個難度各 4 題, 為了避免總分有負分, 預設總分為 60 分, 各題皆答錯扣分得到最低 0 分, 全部皆答對得到最高分 300 分(Bebras, 2018)。

(二) 運算思維自我效能量表(第一年研究成果)

本研究之運算思維自我效能量表參考陳佩萱和黃思華(2019)、謝承晏(2018)、豐佳燕(2019年)、Google for Education(2015)、Gulbahar、Kert 和 Kalelioglu(2019)等文獻編製而成, 分為問題拆解、模式辨識、抽象化、演算法之四個構面, 共 15 題, 運算思維自我效能量表題目如表 4 所示, 採李克特(Likert type) 5 點量表計分方式, 從完全符合(5 分)到不曾符合(1 分), 受試者得分數愈高, 表示其運算思維自我效能愈佳。預試樣本為國小 174 位高年級學生、正式問卷樣本為 318 位高年級學生。全量表之 α 係數達 .945, 顯示其內部一致性佳。運算思維自我效能量表之二階驗證性因素分析模式具有良好的模式適配, 所得之 SRMR=.029、RMSEA=.055、GFI=.93、CFI=.99、PNFI=.81、PGFI=.67, 潛在變項與其測量題項之因素負荷量介於 .69 至 .85 間, 平均變異抽取量介於 .544 至 .634 間, 組合信度介於 .781 至 .895 間。

表 3 運算思維自我效能量表

層面	項目
問題拆解	1. 我能將大問題分成數個小問題來處理。 2. 我能從複雜問題中找出較容易解決的部分。 3. 我能完成多步驟四則運算。
模式辨識	4. 我能從多筆資料中找出相同處。 5. 我能發現事情的規律性。 6. 我能用同樣的方式來解決不同的問題。
抽象化	7. 我能找出文章中的人事時地物。 8. 我能標示文章的重點。 9. 我能從題目描述中找出要考的課本內容。 10. 我能摘要文章的大意。
演算法	11. 我能清楚表達問題解決的處理步驟。 12. 我能夠按照指定步驟來解決問題。 13. 我能找出完成任務的最佳方法。 14. 我能經由不斷嘗試來完成任務。 15. 我能想出問題解決的可行方法。

(三) 運算思維態度量表(第一年研究成果)

本研究之運算思維學習態度量表參考黃元彥、劉旨峰、林俊閔(2018)、劉遠楨(2019)、謝承晏(2018)、Ertugrul-Akyol(2019)、Gulbahar、Kert 和 Kalelioglu (2019)、Korkma、Cakir 和 Özden (2017)、Korkmaz 和 Bai(2019)等人研究編製而成，分為創造力、演算思考、合作學習、批判性思考、問題解決之五個構面，共28題。運算思維態度量表題目如表5所示，採李克特(Likert type) 5點量表計分方式，從完全符合(5分)到不曾符合(1分)，受試者得分數愈高，表示其運算思維態度愈佳。

預試樣本為國小174位高年級學生、正式問卷樣本為318位高年級學生。全量表之 α 係數達.967，顯示其內部一致性佳。運算思維自我效能量表之二階驗證性因素分析模式具有良好的模式適配，所得之 SRMR=.051、RMSEA=.066、GFI=.84、CFI=.98、PNFI=.89、PGFI=.72，潛在變項與其測量題項之因素負荷量介於.63至.84間，平均變異抽取量介於依序為.564、.588、.634、.570、.598，組合信度依序為.885、.895、.912、.797、.912。

表4運算思維態度量表

層面	項目
創造力	1. 在解題時，我相信自己對正確和錯誤答案的直覺判斷。 2. 如果有足夠的時間，我相信能夠解決大部分的問題。 3. 如果我付出努力，我相信能夠解決大部分的問題。 4. 當在陌生的環境中遇到困難時，我相信自己能解決出現的問題。 5. 我相信我可以採取計畫來解決問題。 6. 當我遭遇問題時，我會先停下來解決這個問題，再處理其他的問題。
演算思考	7. 我相信我可以很輕易地發現數字之間的關係。 8. 我認為透過數學概念和符號的輔助，能讓我學習更好。 9. 我對數學解題過程特別感到興趣。 10. 我能用數學方法表達我在日常生活中遇到問題的解決方法。 11. 我能用日常生活的口語方式來解釋數學問題。 12. 我能立即想到數學算式來解決問題。
合作學習	13. 在合作學習中，因為大家協力完成工作，我認為將獲得更成功的結果。 14. 在合作學習中，我喜歡和朋友一起解決小組分配到的任務。 15. 在合作學習中，我會產生更多的想法。 16. 在合作學習中，我懂得用更友善禮貌的方式和同組夥伴相處。 17. 在合作學習中，我更有意願來表達自己的想法。 18. 在合作學習中，能獲得不同的觀點及知識，進而使我的學習與創造力更加豐富。
批判性思考	19. 我願意學習具有挑戰性的新事物。 20. 當面臨抉擇或進行方案比較時，我能有系統地進行思考。 21. 在解決問題的過程中，我會不斷質疑為什麼要用這種方式來解決。
問題解決	22. 我能在腦海中產生解決問題的方法。 23. 我能逐步應用我所設計的問題解決方案。 24. 當遇到問題時，我能想出很多種解決這項問題方法。 25. 我會用合乎邏輯的方式處理生活中的問題。 26. 在找到答案後，我會再次檢驗問題解決方式是否正確。

層面	項目
	27. 在找到解決問題的方法後，我嘗試尋找另一種解決方法。
	28. 我可以區分解決方案所需的資訊和不必要的資訊。

(四)5C 關鍵能力意向量表

本研究之5C 關鍵能力意向量表採用教育部因材網學生5C 關鍵能力意向量表，5C 關鍵能力分為問題解決、創造思考、批判思考、團隊合作、溝通表達之五構面，共59 題。量表題目如表5所示，採李克特 (Likert type) 5點量表計分方式，從非常同意 (5 分) 到非常不同意 (1分)，受試者得分數愈高，表示其5C 關鍵能力意向愈佳(教育部因材網，2023)。

表5教育部因材網5C 關鍵能力意向量表

層面	項目
問題解決	1. 解決問題之前，我會先想問題是什麼？ 2. 我認為在解決問題之前，要先知道問題出在哪裡？ 3. 我知道老師所問的問題，到底要問什麼？ 4. 除了問題之外，與問題有關的原因也要了解。 5. 在解決問題的過程中，我常會收集相關資料。 6. 遇到問題需要解決時，我會先思考問題解決的方法與步驟。 7. 我會與別人合作，共同來解決問題。 8. 解決問題時，我能將大家的工作分配好。 9. 我希望能想出好玩、有創意的方法來解決問題。 10. 我可以想出許多種方法來解決問題。 11. 我認為解決問題時，要比較每一種解決方法所可能產生的後果。 12. 我覺得要用一個標準來比較，才能確定所採用的方法是否合適。 13. 我會設計一些實驗來試試看，能不能將問題解決。 14. 我能對別人所想的解決方法，提出問題或建議。 15. 對於大家所提出的意見，我可以判斷哪一種解決方法比較好。 16. 解決問題的方法想出來後，會認真去執行。 17. 問題解決的過程中，我很有耐心，直到問題解決。
創造思考	18. 我喜歡仔細觀察我沒有看過的東西，因為這樣我可以更了解這個東西。 19. 我喜歡做許多以前沒有做過的事。 20. 我會想要知道別人正在想什麼。 21. 有許多事情我都很想親自去試試看。 22. 我喜歡試著找出事情發生的各種原因。 23. 我喜歡問一些別人沒有想過的問題。 24. 碰到不知道的事，我喜歡去問人家。 25. 我喜歡幻想一些我想知道或想做的事。 26. 我喜歡想一些不曾在自己身上發生過的事。 27. 我喜歡想像有一天能成為藝術家、畫家、音樂人或詩人。 28. 我喜歡想一些新點子(花樣)，即使用不著也沒關係。 29. 我喜歡想一些別人沒想過的問題。
批判思考	30. 當我有疑問時，我會尋求他人的幫助。 31. 當我不明白時，我會試看看用其他的方法。

層面	項目
	32. 當我在學習中感到不明白時，會停下來並重新閱讀相關資訊。 33. 我會定時反省自己是否有達到我的目標。 34. 在回答問題前，我會考慮多種選擇。 35. 當我學習新的東西，我會問自己了解多少。 36. 當我完成一個任務後，我會再想想是否有更簡單的解決方法。 37. 我能在學習後，統整自己所學的資訊。 38. 當我完成一個任務時，我會反省有沒有達到當初訂好的目標。
團隊合作	39. 在參加小組合作的學習活動時，我覺得同組同學也會一樣盡力。 40. 在參加小組合作的學習活動時，我覺得我們會合作成功。 41. 當同學提出意見時，我不會懷疑對方的動機。 42. 在與同學合作的過程中，我會詢問並了解對方的意見。 43. 在與同學合作的過程中，我會提供有用的資訊。 44. 我和同學的合作過程，可順利溝通沒有問題。 45. 在參加小組合作的學習活動時，我能又快又好的完成工作。 46. 在小組裡，我們都能分工合作。 47. 在小組裡，我知道自己應負責的工作內容。
溝通表達	48. 我在社交場合中總是感到安穩、不慌張。 49. 在跟同學、老師討論或上台報告時，我覺得放鬆且自在。 50. 跟別人聊天時，我可以自在的說出我想說的話。 51. 我會嘗試讓其他人喜歡和我在一起。 52. 我會嘗試用溫和的語氣與他人溝通。 53. 跟別人聊天時，我會考慮對方的感覺。 54. 我喜歡和不同的人交朋友、分享與聊天。 55. 我喜歡認識新的朋友。 56. 我在跟同學、老師討論時，會相處得很好。 57. 當與他人溝通時，我能用準確的言語描述自己的想法。 58. 我能正確地表達出我所想要表達的意思。 59. 我能用對詞語。

資料來源: 教育部因材網(2023)。5C 關鍵能力意向量表。 <https://adl.edu.tw/>

5. 學生回饋單

學生回饋單分為學生對教材內容的評鑑和對教師授課的想法，詳細如下述。

(1) 教材內容的評鑑 (如表 6)

表6 學生對課本內容的想法

評量規準	5完全符合	4經常符合	3有時符合	2部分符合	1不曾符合
1. 教材的故事內容很有趣。					
2. 教材的圖片很能吸引我。					
3. 教材的內容安排很清楚。					
4. 這種教材可以幫助我學習。					
5. 我很喜歡這種教材的遊戲題目。					
6. 這種教材會讓我更想上課					

修改至來源: 張霄亭譯 (2012)。《教學科技與媒體》，P3-27圖3-9。臺北：華騰文化。

(2) 對教學過程的評量(教學反思回饋，如表 7)

表7學生對教師授課的想法

評量規準	5完全符合	4經常符合	3有時符合	2部分符合	1不曾符合
1. 我能夠很清楚老師上課教的內容。					
2. 我能夠很清楚老師講的每一句話。					
3. 我能夠很清楚聽到老師的聲音。					
4. 我覺得老師上課的內容很簡單。					
5. 我覺得老師上課很有趣。					
6. 我覺得老師都有注意到我。					
7. 我覺得我上課的時候很專心。					
8. 這堂課我想給幾顆星？					

修改至來源:張霄亭譯(2012)。《教學科技與媒體》，P3-27圖3-9。臺北：華騰文化。

四、資料蒐集與分析

(一)量的資料

本研究分別將學童的作答結果登入電腦建立資料，並以 SPSS 軟體進行統計分析比較。首先採相依樣本 t 檢定來比較學生在學習成效前後測的差異情形，考驗研究假設一；其次採二因子共變數分析，以學生在學習成效前測的分數為共變數，性別和年級為自變項，學習成效後測的分數為依變項，探究不同性別、組別之學生在學習成效之後測上有無顯著差異，考驗研究假設二；進行統計考驗時，若二因子交互作用達顯著水準，本研究再進行單純主要效果考驗。進行共變數分析前，先進行細格內迴歸係數同質性檢定，以符合共變數分析之假定，若違反同質性檢定之假定，改以單因子變異數分析後測分數。各項統計考驗以.05為顯著水準。針對達統計顯著水準的結果，加入效果量數據，佐證實驗處理顯著性的具體資料。

(二)質的資料

本研究蒐集上課觀察記錄、教師訪談資料與學習檔案，利用文件分析瞭解學童經過不插電運算思維課程所呈現出來的學習成就、態度和表現。

五、實驗教學主題:研究主題分為上下學期為期三年，茲說明如表8。

計畫年度	學期	教學主題	活動名稱
第一年	上學期	問題拆解	拼圖分合
	下學期	模式辨識	神機妙算
第二年	上學期	問題拆解	拼圖分合
		模式辨識	神機妙算
	下學期	抽象化	分門別類
		演算法	機器指令
第三年 (本年度)	上學期	問題拆解	拼圖分合
		模式辨識	神機妙算
		抽象化	分門別類

	下學期	演算法	機器指令
		循序/重複結構	乾坤大挪移
		條件判斷/資料表示	條件式流程

肆、目前研究結果

(一)自編不插電運算思維課程之教材內容摘述

本研究自編教材是由研究團隊成員共同討論，確定內含構念及所包含的文本內容與題項內容是否適切，共同修飾較材題項詞句語義，建構專家效度。


1. 循序結構

<p>定義</p> <p>由上至下依序執行。 執行多個動作時，會使用該種結構。</p>	<p>例子</p> <p>到醫院看病時，依序的程序是 「掛號」→「排隊等醫生」→「看醫生」→「開藥」 →「領藥」→「付錢」</p>
<p>例題1：請排出種植蔬菜的步驟</p>	<p>例題2：樹的生長</p> <p>小明和他的爺爺學習種樹，但是他把爺爺寫給他的生長過程弄亂了，請各位小朋友幫小明排列好順序吧！ 下面有七張照片，請按照樹的生長順序排好</p>
<p>第三題</p> <p>• 排出正確的洗手順序</p>	<p>序列</p> <p>不能隨意改變順序</p> <p>有明確的排列規則</p>
<p>題目一</p> <p>大胃王挑戰必須要遵守吃完牛排 → 炒飯 → 漢堡才能挑戰下一輪，看誰能吃最多輪就可以得到冠軍！今天大胃王要吃的東西被食物忍者擋住了，他需要知道他要吃什麼才不會被淘汰！小朋友可以告訴他要吃什麼嗎！</p>	<p>題目二</p> <p>狗狗在外面運動一天很累了，他想要趕快回家休息了他應該要怎麼回家呢！</p> <p>A: -↑↑-</p> <p>B: ↑-→↑</p> <p>C: -→↑↑</p> <p>D: -↑-↑</p>

2. 重複結構

迴圈

迴圈，可是程式最好用的功能之一，可以幫我們省下許多重複性的工作，雖然只出現一次，但卻可以依指定的次數重複執行一段程式。



舉例

在日常生活中，我們經常會遇到需要反覆執行的事情，例如學校運動會舉行800公尺賽跑，只要請選手們繞著200公尺的跑道跑四圈，即可跑完全程，而不需耗費鉅資鋪設一條長為800公尺的跑道



Q1-1 想想看如何使用

幫助小貓吃到午餐呢？



Q1-2 圈出連續一樣的步驟並用數字代替吧！

例如：↑ ↑ → (↑) x2



什麼是迴圈(Loop)?

迴圈 → 不停重複執行一連串的动作

◆ 條件迴圈：

迴圈 → 重複執行直到完成某項條件 → 停止

一般迴圈	如果迴圈	無限迴圈
同一件事情做幾次，但一定要大於一次。	做一件事情前，先考慮再做出決定。	一件事情一直做不會停。
e.g. 跑操場	e.g. 掃地機器人	e.g. 太陽

什麼是迴圈(Loop)?


迴圈在生活中的例子：

重複執行

星期一	星期二	星期三	星期四	星期五
早餐	早餐	早餐	早餐	早餐
午餐	午餐	午餐	午餐	午餐
晚餐	晚餐	晚餐	晚餐	晚餐

什麼是迴圈(Loop)?

時鐘也是一種迴圈喔！



重複執行

問題二

中中今天想和大家玩終極密碼，首先中中把數字範圍訂定為一到一百，再從中選一個數字當密碼，讓大家輪流猜密碼是多少，每猜一個數，中中就要告訴大家該數字是大於或小於密碼，直至密碼被猜中為止。那麼請問終極密碼是何種迴圈？

(1.) 一般迴圈

(2.) 如果迴圈

(3.) 無窮迴圈

問題一

花花是學校棒球隊的王牌打者，今天教練為他訂定的訓練目標是操作投球機完成30次的揮棒訓練，請問今天花花設置的投球機發球機制應為下列何種迴圈？


(1.) 一般迴圈

(2.) 如果迴圈

(3.) 無窮迴圈

3.自編不插電運算思維課程之活動設計

上學期活動

活動名稱	乾坤大挪移	活動示意圖
學習內容	循序結構(Sorting 排序)	
學習目標	具備探索運算思維的興趣。 能說明運算思維的概念。 能應用運算思維表示問題。 能應用運算思維解決問題。 能操作運算思維的文圖表輔助工具。	
活動簡述	透過生活情境中的字詞排序，認識必須被執行的動作(歷程)和前述上述動作(歷程)必須要遵循的順序 (Sequence)，奠定程式由上而下依序逐一執行的基礎概念。如果發生了一樣的情境、就要遵循一模一樣的動作和順序，例如:洗手、燙傷、生長等。	

(二)學習概況-上學期-問題拆解

	
問題拆解教材授課	問題拆解教材授課
	
問題拆解教材授課	問題拆解活動學習
	
問題拆解活動學習	問題拆解活動學習

(三)學習概況-上學期-模式辨識



模式辨識教材授課



模式辨識教材授課



模式辨識教材授課



模式辨識教材授課



模式辨識活動學習



模式辨識活動學習

(四)學習概況-上學期-抽象化



抽象化教材授課



抽象化教材授課



抽象化教材授課



抽象化教材授課



抽象化活動學習



抽象化活動學習

(五)學習概況-下學期-演算法(已提早於上學期授課)



演算法教材授課



演算法教材授課



演算法教材授課

演算法教材授課

演算法活動學習

演算法活動學習

演算法活動學習

演算法活動學習

(六)前測之基本統計量

向度	前測平均數	前測標準差
運算思維自我效能	3.72	0.71
運算思維學習態度	3.70	0.66
運算思維學習成就	152.50	59.43
5C 關鍵能力意向	3.73	0.69

伍、目前完成進度及預定完成進度

本計畫目前完成進度及預定完成進度如下「進度甘梯圖 (Gantt Chart)」：

執行期程 工作項目	113年						114年						
	1-7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7
1. 文獻資料蒐集、籌組教師社群研究團隊	■												
2. 教師社群研究團隊運作與專業成長活動	■	■	■	■	■	■	■	□	□	□	□	□	□
3. 擬定科學教育計畫主題	■												
4. 撰寫科學教育計畫申請書	■												
5. 自編第5套不插电運算思維課程-循序/重複結構			■	■	■								
6. 自編第6套不插电運算思維課程-條件判斷/布林值							■	□	□				
7. 資料分析與蒐集				■	■	■	■	□	□	□	□	□	□
8. 撰寫成果報告										□	□	□	□
9. 發表與分享：於校內外社群、研討會或期刊分享推動成果。			■				■					□	

● 113年9月27日國立科學工藝博物館主辦之2024全國科普論壇論文發表



「運算思維」科技素養課程對學習成效影響之探討

張琬翔¹* 黃瑋琦²

¹臺南市東區崇學國民小學教師兼課研組長

²臺南市中西區進學國民小學教師

* jerry71317@ches.tn.edu.tw

摘要

本研究基於十二年國民教育科技素養的理念發展運算思維課程，包含問題拆解、模式辨識、抽象化、演算法之四套不插電教材與拼圖分合、神機妙算、分門別類、機器指令之四項活動設計。研究樣本為臺南市某國小4個班級高年級學生，進行實驗教學活動。研究工具為自編的運算思維成就測驗、學習態度和自我效能量表，所得資料進行共變數分析(ANCOVA)驗證研究假設，並蒐集上課觀察記錄與師生訪談資料瞭解學習表現。

研究發現:1.實施運算思維之科技素養課程對學習成就、學習態度和自我效能均無顯著差異。2.學生對自編的科技素養課本內容和教師授課的滿意度都高，學生較能自行舉例說明問題拆解和演算法，模式辨識和抽象化則較少學生能舉例正確。

關鍵詞：科技素養、運算思維、學習成效



陸、建議與討論：(含遭遇之困難與解決方法)

(一)結論

1. 學生對抽象化和問題拆解有較高的興趣，抽象化、問題拆解這兩個課程內容和體驗活動都受到學生的青睞。這顯示學生對於理解抽象概念、分析拆解問題並找到解決方案有較強的需求。
2. 遊戲化學習效果顯著，「機器指令-兔兔吃蘿蔔」這種將程式概念融入遊戲的活動，能夠有效激發學生的學習興趣，提高學習效果。

(二)建議

1. 增加遊戲化元素：將更多的程式設計概念融入遊戲中，提高學生的學習興趣。設計互動性強、趣味性高的學習活動。
2. 循序漸進地引入抽象概念：從簡單的例子開始，逐步增加難度，幫助學生更好地理解抽象概念。使用視覺化的圖表，幫助學生理解複雜的邏輯關係。

柒、參考文獻

- 王振庭、許庭嘉(2019)。結合桌遊的運算思維翻轉學習模式對小學生學習表現之影響。**教育研究月刊**，301，50-65。
- 邵雲龍(2019)。視覺化程式融入運算思維之教材發展與評估。**先進工程學刊**，14(2)，103-110。
- 國家教育研究院(2018)。十二年國民基本教育課程綱要-科技領域。取自 <https://stv.naer.edu.tw/>
- 國家教育研究院(2020)。國民小學科技教育及資訊教育課程發展參考說明。取自 <https://www.naer.edu.tw/>
- 張琬翔(2019)。數學讀報遊戲結合「認知—後設認知」策略對學生數學學習成效之探討。**教育研究學報**，53(2)，81-102。
- 張韶宸、許庭嘉、蘇勃郡(2017)。基於認知師徒制的情境遊戲對學生學習排序運算思維的成效分析。**教育研究月刊**，282，43-58。
- 張霄亭譯(2012)。教學科技與媒體，P3-27圖3-9。臺北：華騰文化。
- 教育部因材網(2023)。5C 關鍵能力意向量表。<https://adl.edu.tw/>
- 陳佩萱、黃思華(2019)。英語科STEAM課程對國小學生運算思維與英語學習之影響。**教育科技與學習期刊**，1(7)，27-54。
- 陳俊宇(2021)。幼兒運算思維課程—珍惜水資源。**幼兒教育**，332，115-120。
- 陳家慶(2018)。應用 Code.org 於國中七年級學生程式運算思維之研究〔碩士論文，淡江大學〕。華藝線上圖書館。
<https://www.airtilibrary.com/Article/Detail?DocID=U0002-2607201808501900>
- 黃元彥、劉旨峰、林俊閔(2018年11月)。國小樂高機器人創客於運算思維表現之探究。載於國立中央大學(主編)，TANET2018臺灣網際網路研討會(2602-2607頁)。桃園：國立中央大學。DOI: 10.6861/TANET.201810.0482
- 黃思嘉、盧東華(2019年11月)。運算思維於國小低年級生活課程之教學設計。載於國立金門大學(主編)，NCS 2019 全國計算機會議(682-687頁)。金門：國立金門大學。doi:10.6927/NCS.201911.0133
- 黃蕙蘭、黃思華、黃健哲(2020)。國小一年級學童實施不插電運算思維課程之成效分析。**台灣教育**，722，59-70。

- 葉國良、蔡逸舟、鍾大定、張明文、江宗濤、戴建耘 (2021)。非資訊領域學生問題導向運算思維學習成效之縱貫性研究。 *耕莘學報*，特刊，10-17。
- 劉吉軒(2018)。計算思維與數位人文研究意涵。 *數位典藏與數位人文*，1，51-77。
- 劉遠楨(2019)。原住民國小資訊課程 CPS 教學研究—以運算思維與程式設計為例。 2019「多元族群教育與文化回應教學」國際學術研討會
- 鄭國明、林群峰、溫嘉榮 (2017年10月)。Kodu 遊戲設計教學對國小學童運算思維提昇成效之研究。載於東海大學 (主編)，TANET2017 臺灣網際網路研討會 (1566-1572頁)。台灣：東海大學。doi:10.6728/TANET.201710.0275
- 盧玟燕、范斯淳 (2019)。國中資訊科技導入 APCS 檢定之可行性與評量策略分析。 *工業科技教育學刊*，12，67-81
- 賴和隆(2016)。應用運算思維於高中資訊教學設計之分享。 *國家教育研究院教育脈動電子期刊*，6，143-155。
- 謝承晏 (2018)。運算思維訓練教材之學習成效研究—以 A 學校為例 (碩士論文)。取自華藝線上圖書館系統。(系統編號 U0008-0906202015125867) doi:10.6341/fcu.M0558026
- 豐佳燕 (2019年11月)。國小學生應用運算與計算思維歷程設計遊戲之研究-以「臺北古城 Fun 風趣」遊戲為例。載於國立金門大學 (主編)，NCS 2019 全國計算機會議 (682-687頁)。金門：國立金門大學。doi:10.6927/NCS.201911.0143
- Amatzidou, S., & Demetriadis, S. (2016). Advancing students' computational thinking skills through educational robotics: A study on age and gender relevant differences. *Robotics and Autonomous Systems*, 75, 661-670.
- Barr, D., Harrison, J., & Conery, L. (2011). Computational thinking: A digital age skill for everyone. *Learning & Leading with Technology*, 38(6), 20-23.
- Bebras(2018)。關於 Bebras。 <https://bebras.csie.ntnu.edu.tw/about>
- Brackmann, C., Román-González, M., Robles, G., Moreno-León, J., Casali, A., & Barone, D. (2017). *Development of Computational Thinking Skills through Unplugged Activities in Primary School*. The 12th Workshop on Primary and Secondary Computing Education (WiPSCE 2017).At: Nijmegen, Netherlands Volume: Proceedings of the 12th Workshop on Primary and Secondary Computing Education, p. 65-72. DOI:10.1145/3137065.3137069
- Brennan, K., & Resnick, M. (2012). New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking, *Annual American Educational Research Association Meeting*, Vancouver, BC, Canada, 1–25.
- Ertugrul-Akyol, B. (2019). Development of computational thinking scale: validity and reliability study. *International Journal of Educational Methodology*, 5(3), 421-432.
- Google for Education (2015). *Exploring Computational Thinking*. Retrieved from <https://edu.google.com/resources/programs/exploring-computational-thinking/>
- Gulbahar, Y., & Kert, S., & Kalelioglu, F. (2019). The Self-Efficacy Perception Scale for Computational Thinking Skill: Validity and Reliability Study. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 10(1), 1-29.
- Kakavas, P. & Ugolini, F. (2019). Computational thinking in primary education: a systematic literature review. *Research on Education and Media*, 11(2), 64-94.
- Karalar, H., & Alpaslan, M. M. (2021). Assessment of Eighth Grade Students' Domain-General Computational Thinking Skills. *International Journal of Computer Science Education in Schools*, 5(1), 35 - 47.
- Korkmaz, Ö., & Bai, X. (2019). Adapting Computational Thinking Scale (CTS) for Chinese High School Students and Their Thinking Scale Skills Level. *Participatory Educational Research*, 6(1), 10-26.

- Korkmaz, Ö., Cakir, R., & Özden, M.Y. (2017). A validity and reliability study of the computational thinking scales (CTS). *Computers in Human Behavior*, 72, 558-569.
- Kuo, Wei-Chen & Hsu, Ting. (2019). Learning Computational Thinking Without a Computer: How Computational Participation Happens in a Computational Thinking Board Game. *The Asia-Pacific Education Researcher*. 29(1),67–83.
- Lee, I.A., & Malyn-Smith, J. (2019). Computational Thinking Integration Patterns Along the Framework Defining Computational Thinking from a Disciplinary Perspective. *Journal of Science Education and Technology*, 29, 9-18.
- Mensan, T., Osman, K., & Majid, N.A. (2020). Development and Validation of Unplugged Activity of Computational Thinking in Science Module to Integrate Computational Thinking in Primary Science Education. *Science Education International*, 31(2), 142-149.
- Rodriguez, B., Rader, C., & Camp, T. (2016). *Using student performance to assess CS unplugged activities in a classroom environment*. Conference: the 2016 ACM Conference. Retrieved from <https://coloradosun.com/wp-content/uploads/sites/15/2019/02/BrandonITicSE-Final.pdf>
DOI:10.1145/2899415.2899465
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35.
- Yacob, F. (2018). *Unplugged activities to teach computational thinking*. Retrieved from <https://www.primotoys.com/>