

不插電運算思維學習活動開發之模式建構與示例

吳韶康

國立高雄師範大學科學暨環境教育研究所博士生

屏東縣潮州國中數學科教師

王瑞堦

國立嘉義大學教育學系教育行政與政策發展碩士班教授

陳致澄

國立臺南大學應用數學系教授兼任系主任

柳賢

國立高雄師範大學科學暨環境教育研究所榮譽教授

一、緒論

資訊科技不斷推陳出新，21 世紀公民應學習運用資訊設備與技術，解決生活與學習過程中遇到的問題（Lockwood & Mooney, 2018）；「運算思維」（Computational Thinking, CT）結合拆解問題、邏輯性整理資料、定義抽象概念、設計並運用演算法等特性（Wing, 2006），是一種高層次的思考能力（劉明洲，2017），也被各國視為公民應具備的能力之一（Curzon, Black, Meagher & McOwan, 2009）。教育部在《2016-2020 資訊教育總藍圖》提到，「運算思維」能培養學生善用資訊科技工具解決問題、合作共創、溝通表達等高階能力；也將「運算思維」納入《十二年國教科技領域課程綱要》中，期望教師以學生生活經驗、需求與學習興趣為出發點，規劃一系列問題解決的實作課程，藉此培養學生「設計思考」與「運算思維」知能（教育部，2018）。可見，培養學生具備 CT 能力是當前教育的重要任務之一。

劉明洲（2017）指出，許多研究選擇「程式設計」作為培育 CT 能力的徑路，讓學生學習程式語言的編碼（Coding），進而形塑問題解決的程式；學生若沒有擬定問題解決的計畫，便無法產生解題程式。可見，「擬定問題解決的計畫」相較於「程式設計」來說，可能更為重要。此外，李建億（2018）指出，「程式語言」課程中包含許多抽象概念，學生需對這些抽象概念的內涵有足夠的理解，否則，學生在學習過程中若遇到問題，無法獲得即時回饋與支持，又缺乏個別化指導下，就會產生學習意願低落、學習成效不佳的情形（Gomes & Mendes, 2007）。Bennett、Briggs 與 Clark（2006）更指出，「過早」引入計算機課程的後果，可能使得學生對計算機失去興趣，因此斷絕其在數學領域「運用符號表示想法」的技能；也降低其「與人溝通、合作」的能力。為了避免上述情形產生，「不插電」（Un-plugged）CT 活動成為中介的學習活動（Gomes & Mendes, 2007）。

環顧當前師培課程，多僅有生活科技概論、教學媒體與運用、課程發展與設計、國小自然與生活科技教材教法…等有關「資訊科技」與「培育課程設計能力」之相關課程，尚未針對「教師如何設計 CT 導向教學活動」提出課程規劃，以促進職前教師充分理解 CT 的意涵並具備「設計運算思維導向活動」的能力。故，

本文嘗試以 ADDIE 教學設計模式，建構一個引導國小職前教師開發不插電 CT 學習活動的模式，並提出一個不插電 CT 學習活動示例，提供後續師資培育參考。

二、概念化運算思維架構與意涵

Barr 與 Stephenson (2011) 提到，當前的學生未來進入職場時，將處於一個被運算影響甚鉅的環境中。而 CT 結合問題拆解、系統性整理資料並運用演算法等特性 (Wing, 2006)，是一種有效應用資訊科技進行問題解決的高階認知能力，也是世界各國所強調的 21 世紀公民能力 (Curzon, Black, Meagher, & McOwan, 2009)。Tsai、Liang 與 Hsu (2021) 彙整相關文獻，將 CT 分為「一般領域」(domain-general) 與「特定領域」(domain-specific) 兩類別。其中，「一般領域」的 CT 是指日常生活中，系統性解決問題的能力 (Guzdial, 2008)；「特定領域」的 CT 則指計算機科學或計算機編程範疇中，系統性解決問題所需的知識與技能。兩者共通部分，即是「系統性解決問題所需的知識與技能」。因此，Wing (2011) 認為「CT 是將一個複雜的問題，重新表述成數個可掌握的部份」的思考過程：包括提取關鍵性訊息、遞迴思考、以有效的方式處理問題並評估解決方案等步驟。Selby 與 Woollard (2013) 循上述觀點，從問題解決的脈絡，提出構成 CT 的概念性架構包含五項要素 (參見表 1)：

表 1 「運算思維」的五項構成要素與說明

構成要素	要素內涵
簡化問題/抽象化 (Abstraction)	專注於問題解決過程中關鍵訊息的心理歷程，而不是問題解決的細節。也就是運用基本的元素建構複雜的系統。
問題拆解/分解 (Decomposition)	將問題分解成數個小的、可管理的部分，以利達成問題解決的心理歷程。
演算法思考 (Algorithmic Thinking)	以「一步接著一步，步步為營」(step-by-step) 的策略，規劃問題解決方案的心理歷程。
評估 (Evaluation)	比較各種問題解決方案，考量資源對於問題的有限性後，進而找到問題解決的最佳方案之心智歷程。
一般化/樣式識別 (Generalization/ Patterns)	瞭解解決特定問題的樣式，並應用此樣式解決其他類似問題的心理歷程。

資料來源：參考自 Tsai et al., (2021)

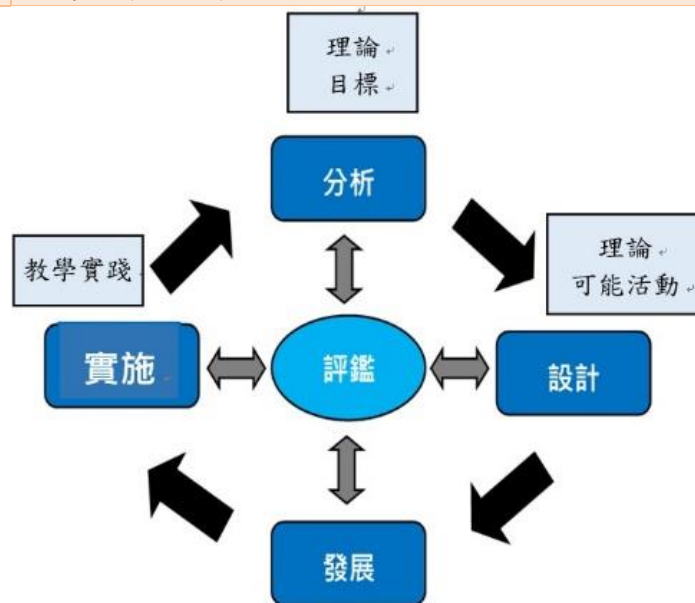
三、不插電運算思維活動開發的模型建構

近年來，世界各國教育改革思潮都期待教師具備教學設計或教材發展與製作的專業知能 (陳奕璇, 2022)。呂瑞蓮 (2018) 指出，教學設計是一個分析教學問題、設計解決方案、試行解決方案、評量試行成效以及修改評量的歷程。而 ADDIE 即是一個嚴謹、有系統且能滿足上述「教學設計」歷程條件的教學設計模式：包含分析 (analysis)、設計 (design)、發展 (development)、實施 (implementation)、評鑑 (evaluation) 等五個階段。並且，許多研究 (例如：陳亭伶, 2013；盧秀琴、施慧淳, 2016) 皆證實：ADDIE 是一套能夠協助研發人員

設計教學活動內容與探究發展歷程的模式。Yeh 與 Tseng (2019) 發現，以 ADDIE 協助設計者系統性地評估、改善與精緻化教學活動或任務之設計，有利於設計者教材開發以及教學創新等專業知能的提升。故，筆者參考相關文獻(陳奕璇, 2022; 顏春煌, 2007; Branch, 2009) 後，提出以 ADDIE 為本的「不插電運算思維學習活動」開發模式，每一個階段的內涵整理如下表 2 所示：

表 2 以 ADDIE 為本的「不插電運算思維學習活動」開發模式架構與內涵

階段	步驟	內涵說明
I	分析	針對「教學系統」進行整體性「分析」。注意項目如下： I-1.學習者需求分析 I-2.學習目標分析 I-3.教材內容/任務分析 I-4.先備知識分析 I-5.現有資源分析
II	設計	嘗試「設計」出「成品」的雛形。注意項目如下： II-1.教材架構設計 II-2.教材開發流程設計 II-3.課程腳本(教材內容/評量)設計 II-4.教學策略運用
III	發展	依據「設計」階段的規劃，將「教學系統」「發展」成實體。注意項目如下： III-1.教材撰寫 III-2.學習單製作 III-3.發展學習資源包 III-4.發展行動學習應用程式
IV	實施	將建構完成的「教學系統」實際施行教學。注意項目如下： IV-1.測試與修正 IV-2.應用推廣
V	評鑑	透過各階段獲得的實徵結果，評估整體「教學系統」的品質與成效，並進行修改。注意項目如下： V-1.教材內容評鑑 V-2.教材呈現方式評鑑 V-3.使用者測試評鑑



資料來源：研究者自行彙整。

四、「不插電」運算思維學習活動之舉隅

過去，紐西蘭 Canterbury（坎特伯雷）大學已發展出許多「不插電」CT 學習活動（<https://www.csunplugged.org/zh-hans/>）。該機構運用非一般性的活動設計讓學生在不使用計算機的情形下接觸運算思維，稱為「不插電活動」。一般來說，「不插電」CT 學習活動通常是學生嘗試自行解決的挑戰任務；期待學生在問題解決的過程中達成活動目標，並在此過程中學習計算機科學的基本概念（Bell, Alexander, Freeman & Grimley, 2009）。此外，「不插電」CT 學習活動容易獲得學生喜愛，其原因在於它「容易實施」。目前，「不插電」CT 學習活動已獲得許多國家（例如：美國、澳洲、韓國等）採用與實施（Tucker et al., 2003；Yoo et al., 2006）。

然而，關於「不插電」CT 學習活動設計的原則，有一個共同的原則，即是活動中必須包含 CT 的構成要素。其他的原則，可考量「與日常生活息息相關」⁽¹⁾（例如：活動 III）、「能引發參與者的好奇心」⁽²⁾，讓參與者對活動感到新鮮、有趣；或是對問題解決的策略感到實用（例如：活動 II）。此外，還可考量「是否適合在戶外空間進行」⁽³⁾（例如：活動 IV），將「不插電」CT 學習活動與體育活動結合，讓學生在設定的時間與空間中解決問題，也是不錯的設計方向（例如：拼圖或軌道可以在空曠的地面上使用、在地面上利用粉筆畫遊戲據點或是在操場周圍張貼標誌等）。

表 3 「不插電」運算思維學習活動的設計原則舉隅

活動名稱 CT 要素	活動(任務)流程	活動圖示	關鍵詞
活動 I L 遊戲 分解	<p>眼鏡猴小偉和小銘在玩【L 遊戲】，他們各自拿到 L 型圖案與方向的木片（如右圖），遊戲規則如下：</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 小偉和小銘輪流將一張木片依照原方向擺放到 4 × 4 的遊戲盤上。 ■ 木片和木片之間不能重疊，並且任何木片都不能超出遊戲盤。 ■ 放到遊戲盤上的木片就不可再移動。 ■ 若輪到某位玩家時，這位玩家已無法再將手上的木片放到遊戲盤上，那麼，這位玩家便是輸家。 <p>Q1：若遊戲從小偉開始；他將第一片木片擺放到遊戲盤上(如右圖所示)。請問小銘能將木片擺放在遊戲盤上的哪些位置呢？</p> <p>Q2：(呈上題)遊戲結束時，遊戲盤上擺放的木片可能有哪些情形呢？</p> <p>Q3：遊戲重新開始，假設這次是由小銘先開始，小銘該怎麼放置木片才能獲勝呢？</p> <p>【改編自 2016 年國際運算思維挑戰賽試題】</p>	 <p>小偉 小銘</p>	<p>決策樹 廣度優先搜尋 深度優先搜尋</p>

<p>活動 II 姓名手環 問題拆解 演算法</p>	<p>右圖是一位女孩配戴的手鐲。手鐲是由 20 顆黑/白色的珠子組成。巧妙的是，這些黑/白色珠子顯示出 5 個二進位制的數字（黑/白分別代表 1/0）；這些數字又分別指向字母表中的字母，恰好排出這位女孩的名字。 Q1：算算看；這位女孩手環的珠子代表那些數字？ Q2：(呈上題)查查看，這 5 個數字分別對應的字母是什麼呢？ Q3：說說看，這女孩的名字是什麼呢？ Q4：排排看，為自己編一條屬於你的獨特手環吧!</p>		<p>密碼學 換位加密</p>
<p>活動 III 表演順序 抽象化</p>	<p>右圖(一)六隻小海狸組成十個開學典禮的表演節目，每個節目都由兩隻小海狸上場表演。配對的組合如圖(二)。老師依據下列兩項原則安排各項節目順序： ■ 每個節目結束時，其中一隻小海狸留在臺上，繼續表演下一個節目。 ■ 每一隻小海狸最多連續表演 2 個節目。 請問，哪一隻小海狸不可能安排在第一個節目？ 【資料來源：2020 年運算思維活動資源包】</p>	 <p>圖(一)六隻小海狸 圖(二)海狸節目配對</p>	<p>圖型結構 路徑 尤拉路徑</p>
<p>活動 IV 七橋一路通 抽象化</p>	<p>有一座城市(哥尼斯堡市)是由一條河貫穿其中，城市的中心有 2 個小島，有 7 座橋把這 2 個小島和河的沿岸連接起來。請問，是否能找出一條路線，可走過所有的橋，但每座橋只能經過一次？</p>		<p>圖型結構 路徑 尤拉路徑</p>

資料來源： Bell, Alexander, Freeman & Grimley (2009)。

目前，「不插電」CT 學習活動已發展出多樣化的類型：動態影音 (video) 展示、展演 (show) 或是戶外活動 (outdoor events)。其目的都在拓展參與者對於「運算思維」活動類型的視野，不只局限於「編寫程式」；而是更深入認識「運算思維」的內涵與實用性；一改「運算思維是無趣的活動」之看法 (Yardi & Bruckman 2007)。

五、ADDIE 為本的「不插電運算思維學習活動」開發成果舉隅

本文循著「不插電運算思維活動開發模型」的分析→設計→發展等三階段引導，初步設計一份不插電 CT 學習活動。相關內容如下：

圖 1 為「佔地為王-初階版」CT 學習活動之「活動設計單」。本活動的發想源於「運算思維推動計畫活動資源包」與「格格不入 Blokus 桌遊」；主要以五年級學生為目標對象。由《十二年國民基本教育數學領域課程綱要》之學習內容得知，五年級學生已具備有關本活動所需的「N-3-4 面積」以及「S-4-3 正方形與長方形的面積與周長」等先備知識。因此，建議教師於四年級教完「正方形面積公式」單元後，即可應用此活動提供學生進行試玩。而本次活動的內容，是讓學生以「面積為 4 平方單位」的紙片，在 6×6 的遊戲盤上進行覆蓋活動。設定的目標，是希望學生透過上述活動的操作，思考問題解決的路徑；判斷活動致勝的策略，進而培養運算思維中「問題拆解」的能力。

不插電運算思維活動設計單

設計者	SB2	試行學校	
運算思維要素	問題拆解/分解 (Decomposition)	教材名稱	佔地為王-初階版
學生年段	五年級	預計時間	3 節課 (120 分鐘)
考量項目	簡 要 說 明		
發想起源	1. 運算思維推動計畫活動資源包 https://comphinking.csie.ntnu.edu.tw/index.php/all-resources/resources-2/class-teach-1/ 2. 格格不入 Blokus 桌遊 https://www.youtube.com/watch?v=WIEK-xAGy3U		
學生起點行為表現	【數學】本活動是讓玩家以「面積為 4 平方單位」的紙片，在 6×6 的遊戲盤上進行覆蓋活動。對於五年級學生而言，此活動方式已於三年級數學領域的教學中學習(學習內容如下所示)。 N-3-14 面積：「平方公分」，實測、量感、估測與計算。學生能應用平方公分板(百格圖)，協助點數簡單圖形如正方形、長方形、三角形之面積，但不發展一般公式。		
學習目標	【運算思維】 1. 本活動的目標在於讓學生透過活動任務的操作，思考問題解決的路徑；進而判斷活動致勝的策略。 2. 學生能藉由此活動任務的實作，培養運算思維中「問題拆解」的能力。 問題拆解(Decomposition)：將一個複雜的問題分解成很多的小問題，進而能夠更容易的了解，處理跟維護。		
教學活動設計	起始活動	1. 介紹多數學生熟知的「俄羅斯方塊」遊戲規則，並示範操作線上免費平臺的「TETRIS CUBE」遊戲 (https://www.t-games.net/play/117.html)。 2. 學生親自體驗「TETRIS CUBE」遊戲。 3. 學生分享操作心得。	
	發展活動	1. 基於學生在起始活動操作「TETRIS CUBE」遊戲的經驗，介紹「佔地為王」不插電運算思維活動並說明遊戲規則。 2. 示範操作「佔地為王」不插電運算思維活動。特別針對「相同顏色的紙片至少有一邊相鄰」之規則，說明其意義；並舉例「錯誤」的情形。 3. 學生 2 人一組，實際操作此活動任務。 4. 獲勝學生分享其操作策略。 5. 教師引導學生思考【問題 2】，並請學生以「塗色」的方式，於學習單中畫下同學分享的答覆。 6. 教師引導學生思考【問題 3】，並分享其想法。 7. 引導學生以「樹狀圖」來表示活動每一步驟的可能情形。	
	綜合活動	1. 介紹「格格不入 Blokus」桌遊。 2. 學生 4 人一組，實際親自體驗「格格不入 Blokus」桌遊。	
專家建議	1. 設計以「面積為 4 平方單位」的紙片，在 6×6 的遊戲盤上進行覆蓋的活動，對於【問題 2】來說，可能的情形太多，學生可能無法窮盡所有情形。建議可將遊戲盤先簡化成 4×4 或是 5×5 的遊戲盤。 2. 這個研究原先的初始想法是希望學生不要太多接觸「電腦」這些資訊科技的產品，所以才發展不插電運算思維活動。那麼，在起始活動引入線上免費平臺的「TETRIS CUBE」遊戲，是否合適？或許可將「起始活動」刪去，應該不影響活動的進行。		

圖 1 不插電運算思維學習活動之「活動設計單」

資料來源：研究者自行編製

依據「活動設計單」的規劃，衍生出「佔地為王-初階版」的「學習資源包」：包括遊戲說明卡（圖 2-1）、解答卡（圖 2-2）、遊戲盤（圖 2-3）、遊戲附件（圖 2-4）、以及學習單（圖 2-5）如下：

<p style="text-align: center;">佔地為王-初階版</p> <p>情境說明</p> <p>眼猴猴小佳和小銘在玩【佔地為王】的遊戲。他們各自拿到面積為4平方單位的三種圖案紙片（如下圖）。遊戲規則如下：</p> <ul style="list-style-type: none"> ●小佳和小銘輪流將一種圖案紙片（可旋轉）擺放到6×6的遊戲盤上。 ●放置紙片時，相同顏色的紙片至少有一邊相鄰。 ●紙片和紙片間不能重疊，並且，任何紙片都不能超出遊戲盤。 ●紙片到遊戲盤上的水片就不可再移動。 ●若輪到某位玩家時，這位玩家已無法再將手上的紙片放到遊戲盤上，那麼，這位玩家便是輸家。  <p>任務與問題思考</p> <p>【問題1】以2人為一組，利用附件玩看看，依照遊戲規則，要如何才能獲勝？</p> <p>【問題2】若遊戲從小佳開始；他將第一片紙片擺放到遊戲盤上（如上圖所示）。請問小銘能將紙片擺放到遊戲盤上的哪些位置呢？</p> <p>【問題3】想一想，此遊戲玩家最少要放置幾次紙片就能獲勝？</p> <p>關鍵詞</p> <p>決策樹、問題拆解/分解 (Decomposition)</p>	<p style="text-align: center;">佔地為王-初階版(解答篇)</p> <p>正確答案</p> <p>【問題1】建議學生將兩位玩家的遊戲軌跡畫在附件1的空白遊戲盤中。</p> <p>【問題2】下圖是小銘可能在遊戲盤上擺放紙片的位置：</p>  <p>【問題3】由於遊戲盤的總面積為6×6=36平方單位，每位玩家每次放置4平方單位的紙片，所以，兩位玩家放置紙片的次數總和最多為9次。所以，開始的玩家有機會佔到最後一步的先機。後面玩家，可思考如何佔據一塊讓對方無法再放置紙片的區域。</p>	
<p style="text-align: center;">圖 2-1 遊戲說明卡</p>	<p style="text-align: center;">圖 2-2 遊戲解答卡</p>	
<p style="text-align: center;">佔地為王-遊戲盤</p> 	<p style="text-align: center;">佔地為王-附件</p> 	<p style="text-align: center;">佔地為王-學習單</p> 
<p style="text-align: center;">圖 2-3 遊戲盤</p>	<p style="text-align: center;">圖 2-4 遊戲附件</p>	<p style="text-align: center;">圖 2-5 學習單</p>

圖 2 不插電運算思維學習活動之「學習資源包」

資料來源：研究者自行編製

六、結語

綜合來說，在現今資訊科技快速發展的年代，「運算思維學習」逐漸被重視的教育思潮下，有五成以上的研究是以「程式語言」(programming language) 或其他資訊科技媒材（例如：電腦遊戲、機器人等）作為培養「運算思維」能力的教學媒介 (Hsu, Chang & Hung, 2018)。但是，若「過早」引入計算機課程，可能導致學生在學習過程中遭遇問題卻無法獲得即時回饋與支持，因而對計算機失去興趣，也降低其「與人溝通、合作」的能力 (Bennett, Briggs & Clark, 2006)。然而，Tang、Chou 與 Tsai (2020) 回顧 2019 年 8 月以前發表的 96 篇有關「運算思維」的實徵研究發現：大多數的運算思維能力培育，卻都聚焦於學生程式設計，這可能造成上述學生對於計算機學習失去興趣的危機。因此，設計「不插電」運算思維學習活動提供小學階段學生使用，具有意義性與價值性。本文透過文獻分析，首先概念化運算思維的架構；其次，植基於 ADDIE 教學設計模式，參考相

關文獻提出一個以 ADDIE 為本的「不插電運算思維學習活動」開發模式；接續，再參酌相關文獻所提「不插電運算思維學習活動」的設計原則與範例，最後提出本文設計的「不插電運算思維學習活動」之「活動設計單」與「學習資源包」，期望能作為後續開發「不插電運算思維學習活動」之參考。然而，鑑於本文設計完成的「不插電運算思維學習活動」尚未實踐於教學現場中，故，未能提供「實際的案例分析」讓讀者參考，此為本活動之限制；建議讀者能依此活動實踐於自己的課室教學之中，透過活動實地實施過程中有關學生學習的相關數據蒐集，一則可為本活動提供有效的修改建議；二則可驗證本活動設計的有效性。

參考文獻

- 呂瑞蓮（2018）。應用 ADDIE 模式於數位教材製作之研究~以國立公共資訊圖書館日文舊籍為例。公共圖書館研究，8，108-140。
- 李建億（2018年10月5日）。運用鷹架導引於程式設計解題歷程以提升學生運算思維能力之研究。（MOST 106-2511-S-024-003-）。國立臺南大學數位學習科技學系（所）。
- 陳奕璇（2022）。師資培育生數位學習媒材設計實作歷程之策略應用。台灣教育研究期刊，3(6)，141-170。取自<https://reurl.cc/yYj8WD>
- 陳亭伶（2013）。發展「昆蟲大富翁」科學遊戲教具及教學以培養學童的昆蟲認知、科學態度和科學過程技能（未出版之碩士論文）。國立臺北教育大學自然科學教育學系碩士班。
- 教育部（2018）。十二年國民基本教育科技領域課程綱要。臺北市：作者。
- 劉明洲（2017）。創客教育、運算思維、程式設計~幾個從「想」到「做」的課程與教學設計觀念。臺灣教育評論月刊，6(1)，138-140。
- 顏春煌（2017）。漫談數位學習的理論。空大學訊，385，91-96。
- 盧秀琴、施慧淳（2016）。玩「昆蟲大富翁」遊戲培養國小學童的科學過程技能。科學教育學刊，24(1)，1-30。DOI:10.6173/CJSE.2016.2401.01
- Barr, V., & Stephenson, C. (2011). Bringing computational thinking to K-12: what is involved and what is the role of the computer science education community? *ACM Inroads*, 2(1), 48-54.

- Bell, T, Alexander, J, Freeman, I & Grimley, M. (2009). Computer science unplugged: school students doing real computing without computers. *New Zealand Journal of Applied Computing and Information Technology*, 13(1), 20-29.
- Bennett, A., Briggs, J., & Clark, M. (2006). High school computing clubs: a pilot study. In Davoli, R., Goldweber, M. & Salomoni, P. (Eds.), *Proceedings of the 11th Annual SIGCSE Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education (ITiCSE 06)* (pp. 38-42), Bologna, Italy: ACM, New York, NY.
- Branch, R. M. (2009). *Instructional Design: The ADDIE Approach*. New York, NY, USA: Springer.
- Curzon, P., Black, J., Meagher, L. R., & McOwan, P. (2009). cs4fn. org: Enthusing students about Computer Science. *Proceedings of Informatics Education Europe IV*, 73-80.
- Gomes, A., & Mendes, A. J. (2007). *Learning to program-difficulties and solutions*. Paper presented at the International Conference on Engineering Education - ICEE
- Guzdial, M. (2008). Education: Paving the way for computational thinking. *Communications of ACM*, 51, 25-27. DOI:10.1145/1378704.1378713
- 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.
- Lockwood, J., & Mooney, A. (2018). *Developing a Computational Thinking Test using Bebras problems*. Paper presented in Systems of Assessments for Computational Thinking Learning workshop at EC-TEL.
- 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. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s40299-019-00442-8>
- 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.

- Tucker, A., Deek, F., Jones, J., McCowan, D., Stephenson, C., & Verno, A. (2003). *A Model Curriculum for K-12 Computer Science: Final Report of the ACM K-12 Task Force Curriculum Committee*. New York: ACM.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35.
- Wing, J. (2011). *Research notebook: Computational thinking - what and why?* The link. Carnegie Mellon.
- Yardi, S. & Bruckman, A. (2007). What is computing? bridging the gap between teenagers' perceptions and graduate students' experiences. In Anderson, R., Fincher, S., & Guzdial, M. (Eds.), *Proceedings of the Third international Workshop on Computing Education Research (ICER '07)* (pp. 39-50), Atlanta, Georgia, USA: ACM, NY.
- Yeh, H.-C., & Tseng, S.-S. (2019). Using the ADDIE Model to Nurture the Development of Teachers' CALL Professional Knowledge. *Educational Technology & Society*, 22(3), 88-100.
- Yoo, S-W., Yeum, Y-C., Kim, Y., Cha, S-E., Kim, J-H., Jang, H-S., Choi, S-K., Lee, H-C., Kwon, D-Y., Han, H-S., Shin, E-M., Song, J-S., Park, J-E., & Lee, W-G. (2006). Development of an Integrated Informatics Curriculum for K-12 in Korea, in Mittermeir, R.T. (Ed.), *Proceedings of the International Conference on Informatics in Secondary Schools (ISSEP) 2006* (pp. 199-208), Vilnius, Lithuania. Lecture Notes in Computer Science 4226: Springer, Berlin/Heidelberg

