

運用 VEX 機器人學習編程：提升 K-12 教育中的計算思維與解決問題能力

Learning to Program with VEX Robotics: Enhancing Computational Thinking and Problem-Solving Skills in K-12 Education

Iek Chong Choi 1, Biyun Huang 1*, Qiqi Chen 1, Biaoxin Mai 2

1 School of Education, City University of Macau, Macao SAR, China

2 Honors Class of Faculty of Data Science, City University of Macau, Macao SAR, China

* byhuang@cityu.edu.mo

【摘要】 隨著科技的迅速發展所帶來的技術創新與數位化轉型的需求不斷提升，K-12 階段的資訊科技教育變得愈加重要。然而，對初學者而言，學習程式設計具有挑戰性，因為它需要邏輯應用與問題解決等複雜的認知能力。許多學生即使在入門課程中也感到困難。本研究參訪了兩位中學階段的電腦和機器人教師，以瞭解了他們對於將 VEX 機器人運用于編程教學中的實踐經驗與看法。訪談結果表明，VEX 機器人，為提升學生的計算思維及解決問題能力提供了有效途徑。而且，通過強調創新與互動的教學方式，有助於提升學生的學習動機與參與度。

【關鍵字】 K-12 教育；學習動機；計算思維；認知負荷；VEX 機器人

Abstract: The importance of computer science education in K-12 has increased dramatically in response to the demand for technological innovation and digital transformation brought about by rapidly advancing computational technology. However, mastering programming can be challenging for beginners, requiring complex cognitive abilities such as logical application and problem-solving. Many students struggle, even in introductory courses. This study interviewed two K-12 STEM teachers to explore their practical experiences and perspectives on integrating VEX robots into programming instruction. The interview results indicate that VEX robots effectively enhance students' computational thinking and problem-solving abilities. Furthermore, the strategy promotes innovation and interaction, which increases students' learning motivation and engagement.

Keywords: K-12 Education, Learning Motivation, Computational Thinking, Cognitive Load, VEX Robotics

1. 前言

隨著未來科技發展驅動社會對技術創新與數位轉型需求的增加，K-12 年級階段的資訊科技教育重要性亦日益提升 (Chen et al., 2017)。21 世紀的來臨預示著計算思維 (Computational Thinking, CT) 已成為一項關鍵能力，不僅在計算機科學領域中舉足輕重，在其他領域亦具深遠影響。CT 強調系統設計、問題解決能力與邏輯推理等核心技能的培養 (Wing, 2006)，構成了演算法與程式邏輯的基礎，對於開發高效能電腦應用程式至關重要 (Aho, 2012)。

然而，培養學生的計算思維能力是一項充滿挑戰的任務。研究指出，儘管學生能依照教師的示範撰寫程式，卻常無法理解程式結構背後的原理 (Lye & Koh, 2014)。當被要求獨立開

發程式時，學生往往難以正確完成，亦無法有效運用計算思維來解決問題。Guzdial (2015) 指出，學生在程式設計中所面臨的困難涵蓋錯誤觀念、練習不足及學科本身的複雜性。

初學者常覺得程式設計困難且複雜 (Sáez-López et al., 2016)。許多學生即使在入門課程中也面臨困難，因為掌握程式語言對他們而言具有挑戰性 (Mow, 2008)。同時，對於文字程式語言的文法理解及指令輸入，學生普遍感到困難，這些問題難以完全消除 (Wae-Shik, 2006)。傳統教學方法已無法有效應對多元學生的學習需求 (Papadakis & Kalogiannakis, 2018)。研究指出，互動式教育工具與圖形化程式語言能有效調節學習時的認知負荷，進而提升學習成效與學習動機 (W. C. Choi & Choi, 2024b)。

在程式設計教育中應用機器人，能將抽象概念以視覺化與實體化的方式呈現，有助於學生理解電腦科學原理。此外，學生在排除硬體故障與除錯程式碼過程中，能進一步培養問題解決能力。若結合團隊合作進行機器人編程專案，學生能透過交流、協作與互助，發揮各自的優勢 (Blanchard et al., 2010)。與機器人一起進行的活動會使課程更加愉快和有趣，因此，機器人成為培養積極態度的適當手段。此外，機器人常被視為發展多種能力的工具，如問題解決、創意思維、工程設計、科學探究與團隊合作等 (Altin & Pedaste, 2013; Darmawansah et al., 2023)。

然而，機器人教學在實際應用上仍面臨挑戰，特別是在教師與學生比例偏高的教室中，對實體設備與支援系統的需求較高，限制了其推廣與實施。這些挑戰突顯出，在真實教學環境中需尋找創新策略以維持教育品質。

為深入了解機器人教學對學生計算思維與問題解決能力的影響，本研究從教師的視角出發，進行訪談調查。透過蒐集教師與學生互動的第一手經驗，我們旨在獲得學生於課堂中與機器人互動的寶貴見解。藉由這些訪談，我們試圖揭示教師在培養學生計算思維與問題解決能力上的觀察、經驗與教學策略。此研究方法使我們能從教學第一線的獨特視角，探討影響學生學習動機的各種關鍵因素。本研究探討了以下研究問題：

1. 在中學程式設計課程中使用 VEX 機器人，如何影響學生的計算思考與問題解決能力？

從教師的角度來看，VEX 機器人的教學優點是什麼？

2. 文獻探討

2.1. 計算思維

計算思維 (CT) 已逐漸被認定為 21 世紀的重要技能，強調系統設計、解決問題，以及藉由汲取電腦科學的基本概念來理解人類行為。此外，CT 與程式設計的表現有顯著的相關性 (W.-C. Choi et al., 2024)。此外，CT 涉及軟體工程師在撰寫電腦應用程式時所使用的問題解決技巧與技術 (Wing, 2006)。

Tang 等人 (2020) 將計算思維的定義分為兩大類別。第一類著重於技術層面，例如演算法設計、抽象化、分解等形式化的程式設計技能。第二類則強調更廣泛的能力，包括從事運算任務所需的技能、可應用於各種領域的一般性問題解決能力、批判性思維與學科專屬技能。

Selby 和 Woollard (2013) 進行了一項文獻回顧，並依據 Wing (2006) 的定義，提出計算思維歷程中的五個基本要素（見表 1），這些要素可應用於各種問題解決情境中，具高度普適性。

表 1 計算思維的五個基本構面與定義

構面	定義
抽象化	簡化複雜性以解決問題
分解	將問題拆解為較小且可管理的部分，以便逐步解決
演算法思維	以逐步程序的方式規劃解決方案
評價	辨識出最合適的問題解決方法
泛化	辨認出特定問題的解決模式，並將其套用至其他相似的情境中

此外，Brennan 與 Resnick's (2012) 所提出的計算思維框架，為在教育場域中教授這項關鍵素養提供了基礎途徑，使學生能在日益數位化的世界中有效學習與發展。該架構強調教學上的彈性與適應性，並圍繞三個核心方面進行設計：概念（Concepts）、實踐（Practices）與觀點（Perspectives）。這三大方面彼此協同運作，不僅能強化學生的計算思維能力，亦促進其批判性思考、問題解決與創造力，而這些能力皆具備高度的可轉移性，能應用於各種學科與實際生活情境之中 (Zhang & Nouri, 2019)。

2.2. 問題解決能力

計算思維（CT）是一種以電腦科學、系統設計與人類行為理解為基礎的問題解決模式 (Wing, 2006)。其核心不僅在於撰寫程式，更在於一種可被轉化為演算法與步驟的思考方式，進而解決複雜問題 (Aho, 2012)。因此，計算思維與問題解決能力密不可分，常被視為彼此高度相關的認知技能。

根據 Wing (2006)，在兒童教育早期，除了基本的讀寫與算術能力外，也應培養兒童理解資訊在解決問題過程中的角色，並學習如何運用邏輯推理與電腦邏輯技能。這些能力的養成，需要學生能將現實生活中的問題，轉化為結構化、可分析與可解決的問題模型，並藉由電腦科學的觀念與工具予以處理 (Yildiz Durak, 2020)。

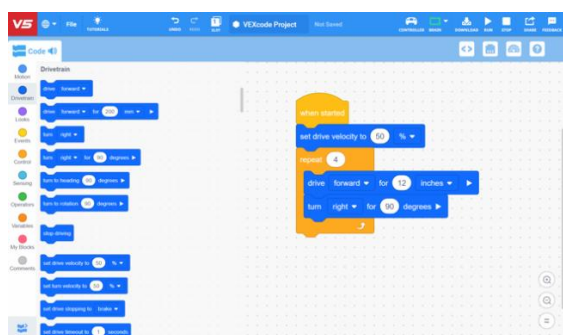
在程式設計學習中，僅具備撰寫程式碼的能力，並不足以有效解決實際問題。當程式設計訓練被視為一個涵蓋問題解決歷程的學習過程時，發展學生的問題解決能力便成為不可或缺的要素 (Gomes & Mendes, 2007)。

在此過程中，教育機器人提供了一個理想的平台，讓學生能以實體化的方式觀察其程式碼輸出對實際環境的影響，進一步強化反思性思考的誘發。例如，當學生觀察到機器人行為與預期不符時，會自發性地進行問題診斷與邏輯推演，這種即時回饋與可視化結果能大幅提高學生的動機與解題能力 (Sapounidis & Alimisis, 2020)。透過如機器人編程等實作活動，學生能夠在處理錯誤與修正的過程中，培養反思性的問題解決能力，將抽象概念轉化為實體操作與認知反饋，進一步強化其邏輯思維與策略應用能力 (Yildiz Durak, 2020)。

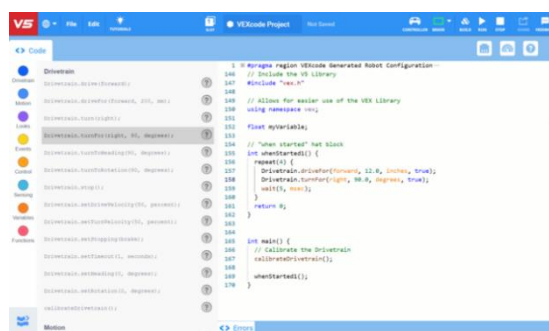
2.3. 教育機器人

將機器人融合進 STEM 教育的理念，源自建構主義學習理論，強調「動手做」的學習方式，主張學習應透過與環境的積極互動與參與來進行 (Papert, 2020)。近年的研究進一步驗證了這類教學方法的有效性，指出機器人學習活動能夠提升學生的計算思維能力 (Budiyanto et al., 2022)，也能增進對 STEM 科目的學習興趣 (Drakatos & Stompou, 2023)。機器人學習是一個極佳的 STEM 應用環境，有助於學生在實作中掌握跨領域知識 (Darmawansah et al., 2023)。此外，機器人也愈來愈被視為銜接非正式與正式 STEM 教育的橋樑。透過動手做的學習模式，不僅能提升學生的問題解決能力，也能有效提升參與感與學習動機 (Jäggle et al., 2020)。

在編程機器人套件中，VEX 機器人具備極高的機構設計彈性，使學生能自由探索並創造創新解決方案 (Liu, 2009)。VEX 機器人套件包含控制器、感測器、馬達、齒輪組與程式模組，提供一個完整的平台，讓學生投入於實作導向的 STEM 教育中。這種沉浸式的學習經驗能激發學習熱情，並在過程中帶來成就感與學習滿足。VEXcode 是一款設計給各年齡層學生使用的程式編寫環境，適用對象涵蓋從小學到高中的學生。VEXcode 支援三種程式語言：圖形化 (Block-based)、Python 以及 C++ (見圖. 1)。圖形化語言強調視覺化編程，學生可透過拖拉與排列程式區塊的方式進行設計，無需撰寫複雜的文字程式碼，特別適合年齡較小的學生或初學者。此外，VEX 機器人競賽 (見圖. 2) 為學生提供了展現其機器人設計與編程能力的機會。這不僅能促進解決問題能力的發展，亦有助於培養領導力、溝通能力與批判性思考等軟實力，這些能力對未來從事 STEM 領域職涯至關重要 (Sullivan & Bers, 2019)。



(a) 圖形化語言



(b) Python, C++

圖 1 VEXCode 編碼語言

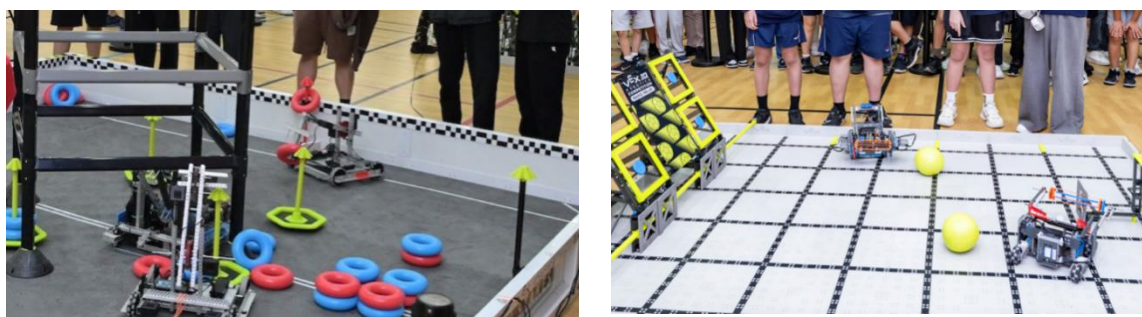


圖 2 VEX 機器人競賽

3. 研究方法

本研究為一項質性研究，研究採訪了兩位教授電腦和機器人的教師，以瞭解他們對將機器人運用于編程教學的看法。本文採用一對一的半結構式訪談 (Rubin & Rubin, 2011)。半結構式訪談通常以特定且預先設計的問題作為開端 (Strauss & Corbin, 1998)，但訪談過程中可隨著受訪者的回答自然延伸，涵蓋事先未預見的主題，具有彈性與深度并重的特性。通過對兩位教師的訪談，我們瞭解到當 VEX 機器人運用到編程教學中時，實際產生的效果。

3.1. 參與受訪者

我們選取了兩位在澳門一所國際中學有使用 VEX 教學經驗的機器人老師參與，並進行了一對一的訪談。其中一位是外籍教師，有 8 年教授電腦科學和機器人的經驗，另一位是本地教

師，有 4 年相同領域的教學經驗。他們在學校教授電腦科學和機器人，並參與機器人活動和比賽。為保障受訪者的隱私與研究倫理，本研究對兩位受訪教師皆採用化名處理。

3.2. 資料收集與分析

Selby 和 Woollard (2013) 解決問題的思考過程中的五個基本要素為基礎，開發了計算思考量表被採納為分析資料的指導框架。為了確保資料的準確性，訪談內容都經過錄音和逐字記錄 (Gibbs, 2018)。這種全面的方法讓我們能夠徹底檢視機器人教師所分享的細微差異和洞察力。此外，研究亦透過比對不同受訪教師之間的觀點，並與相關文獻進行交叉分析，以提升研究結果的客觀性與一致性 (Creswell & Poth, 2016)。

4. 研究結果與討論

4.1. 透過機器人教育簡化程式設計概念

機器人教育的一項關鍵在於教導學生如何應用有序的步驟來組建可運作的機器人，如讓機器人移動並拆解為一連串可管理的順序步驟。透過這樣的歷程，學生也能理解如何有效地重複執行特定動作，還能學會如何優化這些步驟以提高效率。這對於設計能執行重複性任務的機器人來說至關重要，例如編寫程式讓機器人持續向前移動，直到偵測到障礙物為止。教師 B 有進一步描述，學生如何通過訓練機器人的過程來學習程式設計。

“在這裡，您可以馬上訓練機器人循環，讓它向前、向後開動，還有……我們也是以類似的方式教他們變量和函數。” [教師_B]

教師表示這種任務分解和優化的過程鍛煉了學生的邏輯思維能力，也為他們未來在 STEM 領域的學習和職業發展奠定了堅實的基礎。

4.2. 將問題拆解為可管理的部分

學生在面對複雜的機器人專案時，若能將整體任務拆解為較小且可管理的部分，不僅能減少壓力，也能讓整個學習過程更有系統性，進而幫助學生保持專注與學習動機。Selby 與 Woollard (2013) 把這種將複雜任務拆解為較小部分的行為被稱為“任務分解” (Task Decomposition)。是一種在電腦科學和工程領域中廣泛使用的策略。通過任務分解，學生可以逐步攻克難題，逐步構建起複雜的機器人系統。這種策略也使教師能設定清楚且可達成的目標，讓學生在學習過程中能清楚追蹤進度並獲得階段性的成就感。

“以這種方式給孩子們設定小目標，讓他們實現，他們會不斷地收到。當你要求他們完成一項任務時，他們可以看到自己在進步。他們認為這是一個可以實現的目標。” [教師_B]

透過逐步處理每一階段任務，學生學會以有條理的方式應對挑戰，此過程同時培養他們在問題解決中的堅韌力與持續性 (Barak & Zadok, 2009)。

4.3. 實際操作中的編程技能應用

教育機器人結合了機械組件、感測器與編程平台，為學生提供一個能夠進行實驗、測試與修正程式的實作空間。教師 A 提到，學生在程式設計能力上的明顯進步，顯示出機器人強大的學習增能效益。類似的研究指出，這類互動式平台有助於循序漸進的培養關鍵的計算思維能力 (Durak et al., 2019)。

“這表明他們的編程技能有了提高。從最初搭建機器人開始，他們正逐漸賦予機器人生。” [教師_A]

4.4. 問題解決能力的培養

兩位教師皆強調，學生在實務問題解決能力方面有明顯的進步，特別是在處理連接問題、感測器與致動器故障等技術挑戰時表現出色。透過反覆測試與調整機器人系統的過程，學生

被迫面對錯誤與障礙，進而培養出批判性思維與有效的問題解決策略。在不斷嘗試解決技術問題的過程中，學生逐漸建立起對自己解決問題能力的信心，也表現出更高的堅持度與抗挫力，當面對未來挑戰時能更積極應對 (Zhong & Si, 2021)。

“他們在調試、理解錯誤信息、運用感覺-思考-行動循環以及通過閱讀被壓抑的信息來識別誤解方面做得更好。” [教師_B]

“最顯著的特點是解決問題的能力.....隨著機器人不斷適應和執行大量的程序來完成委托給它們的各種任務，它們自然會提高解決問題的能力。” [教師_A]

4.5. 協作中的團體意識

透過將項目式學習 (Project-Based Learning, PBL) 融入機器人教學，學生能在有意義的專案中進行協作，共享想法、發揮個人長處，並互相支持。教師 B 認為，這種學習模式鼓勵有效的溝通與衝突解決能力，這對於培養團隊合作精神至關重要。Lee 等人 (2015) 的研究也發現，在完成一個集體任務時，學生會在衝突中學會合作，提升衝突管理的能力。

“他們正在分配任務、承擔職責，並確保每個人都達成一致，因為他們已經學到了很多關於衝突管理的知識。” [教師_B]

4.6. 多元程式語言提升操作靈活性

VEXcode 提供學生選擇多種程式語言實作的機會，有助於加深其程式理解力與靈活運用能力。VEXcode 支援圖形化 (block-based)、Python 和 C++ 等多種編程方式，能滿足不同程度學生的學習需求，從初學者到進階使用者皆可受益。

“最小的孩子使用 VEX 代碼平臺進行基於模塊的編碼。年齡較大的學生也使用 VEX 代碼，但他們的級別選擇是使用 Python 還是 c++。” [教師_B]

多元語言的設計使學生能夠依據自身節奏進行學習，同時體驗不同的編程環境。特別是積木式語言，透過視覺化介面來簡化程式學習流程，對初學者尤其友善。其拖曳式設計降低了因語法錯誤所產生的挫折感，讓新手沒有文字語法的負擔。隨著學生對程式設計的理解逐漸加深，他們便可以自然地從圖像過渡到文本語言，如 Python 或 C++ 方式，進一步拓展其程式設計技能。(W. C. Choi & Choi, 2024a; Hsu et al., 2017)。

4.7. 遊戲化與競賽元素

遊戲化的學習結構透過設計明確的挑戰與目標，讓學生能專注於具體成果導向的學習過程。這種方式模擬真實世界的任務情境，使學習更加有趣且具情境相關性，進一步提高學生的參與度與學習動機。此外，在教育情境中導入機器人競賽等競爭性元素，也能激發學生的成就動機，促使他們更積極投入於程式設計與任務實作中。

“任何時候，孩子們都像機器人一樣急於完成某件事，好像這能改變什麼，而他們確實做到了。” [教師_B]

“組織一項活動，如小型錦標賽。每個人都想打敗另一個團隊。” [教師_A]

競賽元素的挑戰性和時間限制促使學生在實踐中不斷優化解決方案，從而提升了他們的應變能力和創新思維。這不僅增加了投入感，也有助於學生培養自我挑戰與持續精進的態度。

5. 結論

將機器人融合進教育中，為學生提供了一個強大的學習平台。透過在學習歷程中融入計算思維、問題解決與合作能力，能有效培育學生面對數位時代複雜挑戰的能力。透過項目式導向學習 (Project-Based Learning)，學生獲得實作經驗，能夠將理論知識應用於實際任務，

縮短了抽象概念與真實應用之間的距離。而遊戲化與競賽元素的引入，更提升了學習的趣味性與參與度，使學習過程兼具教育性與娛樂性，進一步激勵學生勇於迎接挑戰並持續學習。VEXcode 這類結合視覺化程式環境的教學工具，有助於降低學習門檻，使抽象的計算概念更易於理解。同時，由於支持多種編程語言，VEX 機器人滿足了不同層次學生的學習需求，為 K-12 階段的計算思維教育提供了一種創新且有效的路徑。

參考文獻

- Aho, A. V. (2012). Computation and computational thinking. *The Computer Journal*, 55(7), 832–835.
- Altin, H., & Pedaste, M. (2013). Learning approaches to applying robotics in science education. *Journal of Baltic Science Education*, 12(3), 365.
- Barak, M., & Zadok, Y. (2009). Robotics projects and learning concepts in science, technology and problem solving. *International Journal of Technology and Design Education*, 19(3), 289–307.
- Blanchard, S., Freiman, V., & Lirrete-Pitre, N. (2010). Strategies used by elementary schoolchildren solving robotics-based complex tasks: Innovative potential of technology. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 2851–2857.
- Brennan, K., & Resnick, M. (2012). Using artifact-based interviews to study the development of computational thinking in interactive media design. *Annual American Educational Research Association Meeting*, Vancouver, BC, Canada, 1–25.
- Budiyanto, C. W., Fenyvesi, K., Lathifah, A., & Yuana, R. A. (2022). Computational Thinking Development: Benefiting from Educational Robotics in STEM Teaching. *European Journal of Educational Research*, 11(4), 1997–2012.
- Chen, G., Shen, J., Barth-Cohen, L., Jiang, S., Huang, X., & Eltoukhy, M. (2017). Assessing elementary students' computational thinking in everyday reasoning and robotics programming. *Computers & Education*, 109, 162–175.
- Choi, W. C., & Choi, I. C. (2024a). Exploring the Impact of Code. Org's Block-Based Coding Curriculum on Student Motivation in K-12 Education. 2024 12th International Conference on Information and Education Technology (ICIET), 93–97.
- Choi, W. C., & Choi, I. C. (2024b). Investigating the Effect of the Serious Game CodeCombat on Cognitive Load in Python Programming Education. 2024 IEEE World Engineering Education Conference (EDUNINE), 1–6.
- Choi, W.-C., Lam, C.-T., & Mendes, A. J. (2024). How Various Educational Features Influence Programming Performance in Primary School Education. 2024 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), 1–8.
- Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2016). Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches. Sage publications. <https://www.google.com/books?hl=zh-TW&lr=&id=DLbBDQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Qualitative+inquiry+and+research+design:+Choosing+among+five+approaches&ots=-ir4a7GPWs&sig=jBzPDCRzN7p8sDeOFg85cdSbnkc>
- Darmawansah, D., Hwang, G.-J., Chen, M.-R. A., & Liang, J.-C. (2023). Trends and research foci of robotics-based STEM education: A systematic review from diverse angles based on the technology-based learning model. *International Journal of STEM Education*, 10(1), 12.

- Drakatos, N., & Stompou, E. (2023). The perspective of STEM education through the usage of Robotics. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 18(3), 901–913.
- Durak, H. Y., Yilmaz, F. G. K., & Yilmaz, R. (2019). Computational thinking, programming self-efficacy, problem solving and experiences in the programming process conducted with robotic activities. *Contemporary Educational Technology*, 10(2), 173–197.
- Gibbs, G. R. (2018). Analyzing qualitative data. *Analyzing Qualitative Data*, 1–232. <https://doi.org/10.4135/9781526441867.n1>
- Gomes, A., & Mendes, A. J. (2007). Learning to program-difficulties and solutions. *International Conference on Engineering Education–ICEE*, 7, 1–5. <https://www.ineer.org/Events/ICEE2007/papers/411.pdf>
- Guzdial, M. (2015). *Learner-centered design of computing education: Research on computing for everyone*. Morgan & Claypool Publishers.
- Hsu, S.-Y., Lou, Y.-F., Jung, S.-Y., & Sun, C.-T. (2017). Shelves: A User-Defined Block Management Tool for Visual Programming Languages. In R. Bernhaupt, G. Dalvi, A. Joshi, D. K. Balkrishan, J. O'Neill, & M. Winckler (Eds.), *Human-Computer Interaction – INTERACT 2017* (Vol. 10515, pp. 335–344). Springer International Publishing.
- Jäggle, G., Lammer, L., Hieber, H., & Vincze, M. (2020). Technological Literacy Through Outreach with Educational Robotics. In M. Merdan, W. Lepuschitz, G. Koppensteiner, R. Balogh, & D. Obdržálek (Eds.), *Robotics in Education* (Vol. 1023, pp. 114–125). Springer International Publishing.
- Lee, D., Huh, Y., & Reigeluth, C. M. (2015). Collaboration, intragroup conflict, and social skills in project-based learning. *Instructional Science*, 43(5), 561–590. <https://doi.org/10.1007/s11251-015-9348-7>
- Liu, Y. (2009). From Handy Board To Vex: The Evolution Of A Junior Level Robotics Laboratory Course. 2009 Annual Conference & Exposition, 14.641. 1-14.641. 11.
- Lye, S. Y., & Koh, J. H. L. (2014). Review on teaching and learning of computational thinking through programming: What is next for K-12? *Computers in Human Behavior*, 41, 51–61. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.09.012>
- Mow, I. T. C. (2008). Issues and Difficulties in Teaching Novice Computer Programming. In M. Iskander (Ed.), *Innovative Techniques in Instruction Technology, E-learning, E-assessment, and Education* (pp. 199–204). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8739-4_36
- Papadakis, S., & Kalogiannakis, M. (2018). Using gamification for supporting an introductory programming course. The case of classcraft in a secondary education classroom. *Interactivity, Game Creation, Design, Learning, and Innovation: 6th International Conference, ArtsIT 2017, and Second International Conference, DLI 2017, Heraklion, Crete, Greece, October 30–31, 2017, Proceedings 6*, 366–375.
- Papert, S. A. (2020). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic books.
- Rubin, H. J., & Rubin, I. S. (2011). *Qualitative interviewing: The art of hearing data*. sage.
- Sáez-López, J.-M., Román-González, M., & Vázquez-Cano, E. (2016). Visual programming languages integrated across the curriculum in elementary school: A two year case study using “Scratch” in five schools. *Computers & Education*, 97, 129–141.

- Sapounidis, T., & Alimisis, D. (2020). Educational robotics for STEM: A review of technologies and some educational considerations. In *Science and mathematics education for 21st century citizens: Challenges and ways forward* (Vol. 2020, pp. 167–190). Nova Science Publishers.
- Selby, C., & Woollard, J. (2013). Computational thinking: The developing definition.
- Strauss, A., & Corbin, J. (1998). *Basics of qualitative research techniques*.
- Sullivan, A., & Bers, M. U. (2019). VEX Robotics Competitions: Gender differences in student attitudes and experiences. *Journal of Information Technology Education: Research*, 18.
- Tang, X., Yin, Y., Lin, Q., Hadad, R., & Zhai, X. (2020). Assessing computational thinking: A systematic review of empirical studies. *Computers & Education*, 148, 103798. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103798>
- Wae-Shik, M. (2006). Analysis of Error Types occurring on Elementary School Student's Programming Learning. *Journal of the Korea Society of Computer and Information*, 11(2), 319–327.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35.
- Yildiz Durak, H. (2020). The Effects of Using Different Tools in Programming Teaching of Secondary School Students on Engagement, Computational Thinking and Reflective Thinking Skills for Problem Solving. *Technology, Knowledge and Learning*, 25(1), 179–195. <https://doi.org/10.1007/s10758-018-9391-y>
- Zhang, L., & Nouri, J. (2019). A systematic review of learning computational thinking through Scratch in K-9. *Computers & Education*, 141, 103607.
- Zhong, B., & Si, Q. (2021). Troubleshooting to Learn via Scaffolds: Effect on Students' Ability and Cognitive Load in a Robotics Course. *Journal of Educational Computing Research*, 59(1), 95–118.