

學習信念、機器人程式設計態度對於運算思維、創造力與合作學習的影響研究

A Study on the Impact of Learning Beliefs and Attitudes Toward Robotics Programming on Computational Thinking, Creativity, and Collaborative Learning Ability

歐陽芳泉¹, 周紫綺^{2*}

¹ 臺北商業大學數位多媒體設計系

² 臺北商業大學創意設計與經營研究所

* cyc8730@ntub.edu.tw

【摘要】 隨著程式設計與運算思維 (Computational Thinking, CT) 在教育領域的重要性提升, 機器人程式設計已成為培養學生邏輯思維與問題解決能力的關鍵。然而, 學生學習動機與信念可能影響其學習態度與成效。本研究基於期望價值理論 (EVT), 探討學習信念 (效用價值、興趣價值、成就價值與自我效能) 對教育機器人程式設計態度的影響, 並分析二者如何影響學生的運算思維、創造力與合作學習。本研究採用問卷調查法及實作評估, 透過 spss21.0 以進行迴歸分析。結果顯示, 學習信念正向影響機器人程式設計態度, 進而提升學生的運算思維及合作學習。機器人程式設計態度正向影響運算思維、創造力及合作學習。

【關鍵字】 教育機器人; 運算思維; 期望與價值理論

Abstract: With the increasing importance of programming and computational thinking (CT) in education, robotics programming has become a key tool in cultivating students' logical thinking and problem-solving abilities. However, students' learning motivation and beliefs may influence their learning attitudes and outcomes. This study, based on the Expectancy-Value Theory (EVT), explores how learning beliefs (utility value, interest value, achievement value, and self-efficacy) affect attitudes toward robotics programming, and further analyzes how these attitudes influence students' computational thinking, creativity, and collaborative learning abilities. The study employs a questionnaire survey and practical assessment, with regression analysis conducted using SPSS 21.0. The results indicate that learning beliefs positively influence attitudes toward robotics programming, which in turn enhances students' computational thinking and collaborative learning abilities. Attitudes toward robotics programming positively influence computational thinking, creativity, and collaborative learning abilities.

Keywords: Educational robotics, Computational Thinking, Expectancy-Value Theory

1. 研究背景與動機

隨著數位科技與人工智慧快速發展, 運算思維 (Computational Thinking, CT) 已被視為 21 世紀核心素養之一, 廣泛應用於程式設計、資料分析與跨領域問題解決 (Wing, 2017)。CT 涵蓋問題分解、模式辨識與演算法三大核心能力, 是數位素養與邏輯推理的基礎 (Brennan & Resnick, 2012; Grover & Pea, 2018)。因此, 許多國家已將 CT 納入中小學與高等教育課程, 並透過教育機器人課程協助學生以實作方式應用程式語言於具體情境中, 深化對運算思維概念的理解 (Tengler et al., 2022; Alonso-García et al., 2024)。

然而，對於學生而言，抽象的程式語言常造成學習上的困難與挫折，進而影響其學習動機與學習成效。為此，教育現場導入教育機器人程式設計課程，透過具體、可操作的學習媒介，降低學生學習門檻，並提升其學習興趣與實作能力（Angel-Fernandez & Vincze, 2018）。此外，教育機器人課程也常結合專題式學習（Project-Based Learning, PBL）與合作學習的策略，讓學生在解決實務問題的過程中，發展運算思維、創造力與團隊合作能力（Grobela & Plawiak-Mowna, 2024）。

在探討學生學習表現的相關研究中，學習信念是關鍵的影響因素。根據期望價值理論（Expectancy-Value Theory, EVT），學生的學習行為會受到自身對學習成就的期望與學習價值認知所影響（Wigfield & Eccles, 2000）。其中，效用價值、興趣價值、成就價值與自我效能構成學生的學習信念，這些因素直接影響其學習表現（Bayanova et al., 2023；Eccles & Wigfield, 2024）。過去研究指出，若學生對學習任務抱持正面信念，將有助於其投入學習表現（Eccles & Wigfield, 2024）。但目前在教育機器人課程中，針對學生學習信念、態度與學習成效間關係的研究仍屬有限，尤其缺乏以 CT、創造力與合作學習能力為指標進行系統性探討的實證研究。因此，本研究欲針對此研究之缺口，深入探討學習信念與機器人程式設計態度及學習表現之間的關聯性。具體研究目的如下：

- 1、探討學生對學習的信念（效用價值、興趣價值、成就價值與自我效能）是否影響其對機器人程式設計的態度。
- 2、分析學習信念與機器人程式設計態度對學生運算思維能力之影響。
- 3、探討學習信念與機器人程式設計態度是否能提升創意思考能力與合作學習。

2. 文獻探討

2.1 教育機器人

教育機器人 (Educational Robotics, ER) 已廣泛應用於教育現場，能提升學生的學習態度、運算思維、創造力與合作學習能力 (Angel-Fernandez & Vincze, 2018)。學生操作機器人與程式，可培養實作能力與學習動機。研究指出，學生進行機器人程式設計時，學習信念 (如課程實用性或趣味性) 會影響其學習態度 (Román-Graván et al., 2020)。當學生理解課程與生活的關聯時，他們的學習動機與運算思維能力更有可能得到提升。

此外，機器人課程多透過 PBL 與協作，學生需整合創意與邏輯解決問題，並合作完成任務，能培養創造力與合作能力 (Rapti & Sapounidis, 2024)。Noh 與 Lee (2020) 指出，機器人有助提升學生的創意問題解決能力與創新應變力。同時，合作學習是機器人程式設計中的關鍵要素。Demetroulis 等 (2023) 發現，小組設計任務能提升社交互動與合作技巧。綜上所述，ER 透過整合程式設計與跨域合作學習，能顯著提升學生的學習態度、運算思維、創造力、合作學習、實作能力與學習動機。

2.2 運算思維

運算思維 (Computational Thinking, CT) 是一種系統性解決問題的方式，包含分解 (Decomposition)、模式辨識 (Pattern Recognition) 與演算法 (Algorithm) 等核心能力 (Brennan & Resnick, 2012)，是現代學生必備的基礎素養。教育中，培養學生運算思維是課程設計重點。研究發現，學生的學習信念 (如效用價值與自我效能) 會影響其 CT 任務表現 (Lee et al., 2024)。當學生相信程式設計與未來相關，且有信心完成任務時，學習動機與表現提升。Lee 等 (2024) 的研究指出，學生的正向學習信念能夠預測他們的 CT 能力，自我效能感則是其中的中介因素。Alonso-García 等 (2024) 透過機器人教學發現，學生可將抽象概念

應用於操作，強化分析、組織與解決問題的能力。CT 為程式設計之核心要素，學習態度與信念亦為影響其發展之關鍵。

2.3 期望價值理論

期望價值理論 (Expectancy-Value Theory, EVT) 由 Eccles 等 (1983) 提出，是解釋學習動機的重要理論。該理論認為，個體對成功的期望 (Expectancy) 與學習價值 (Value) 會共同影響學習行為，學習價值進一步分為效用價值 (Utility Value)、興趣價值 (Interest Value)、成就價值 (Attainment Value) 與成本 (Cost) (Wigfield & Eccles, 2000)。本研究探討學生的學習信念如何影響其使用機器人程式設計態度，進而影響運算思維、創造力與合作學習，這與 EVT 的核心概念高度相關。

近年來，EVT 在教育應用受關注，學生的學習信念與其學習表現之間存在顯著關聯。Bayanova 等 (2023) 指出，效用價值與興趣價值是提升 STEM 學習動機的關鍵。Torres 與 Inga (2025) 發現，結合程式設計與機器人有助提升學生興趣，增進學習參與。此外，EVT 可解釋合作學習動機。Avci (2024) 指出，合作策略與機器人課程能提升學生投入與表現，顯示期望與價值影響團隊互動。EVT 提供學習動機與行為的理論架構，也是本研究分析學生信念、態度與學習成效關係的基礎。

3. 研究方法

3.1 研究架構

本研究探討學習信念、機器人程式設計態度、運算思維能力、創造力及合作學習之間的關聯，透過迴歸分析驗證各變數的影響關係，並據此提出教育應用上的建議。本研究模型如圖 1 所示。

本研究提出以下假設：

- H1：學習信念對機器人程式設計態度具有正向影響。
- H2：學習信念對運算思維能力（分解、模式辨別、演算法）具有正向影響。
- H3：學習信念對創造力具有正向影響。
- H4：學習信念對合作學習具有正向影響。
- H5：機器人程式設計態度對運算思維能力（分解、模式辨別、演算法）具有正向影響。
- H6：機器人程式設計態度對創造力具有正向影響。
- H7：機器人程式設計態度對合作學習具有正向影響。

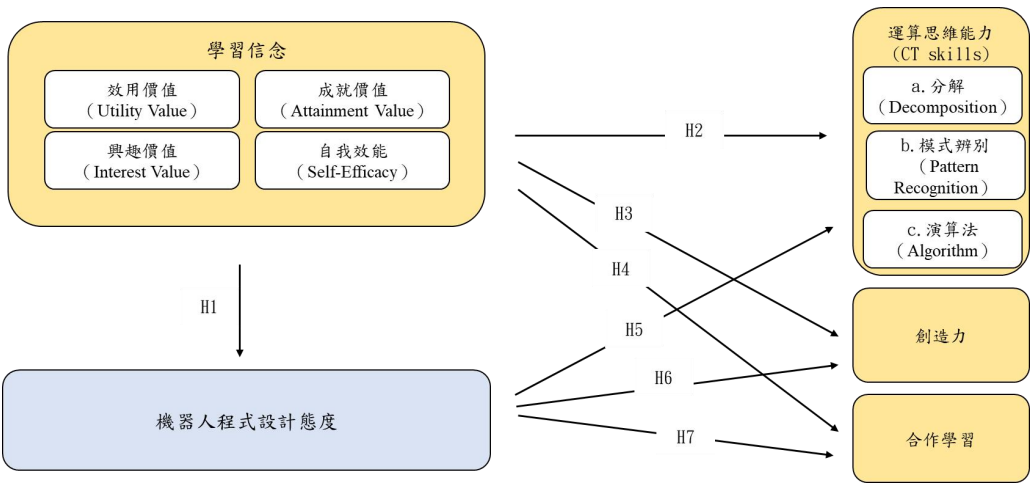


圖 1 本研究模型

3.2 教育機器人

本研究所使用之教育機器人教具為本研究團隊自行開發之 Mango X2 Starter 教育機器人，其使用樹莓派 Raspberry Pi Pico 為核心，可以支持 Python 程式的學習和 STEAM 教學使用，透過實作活動培養學生的電子電路與機電整合基本能力。Mango X2 Starter 的硬體設計以 Mango X2 開發板為核心，整合多種感測器與執行元件，如超音波感測器、紅外線感測器、光感測器、伺服馬達、直流馬達與 LED 燈等，能夠實現避障、循跡、環境感知與互動控制等功能。圖 2 為「Mango X2」開發板與「Mango X2 Starter」教育機器人。

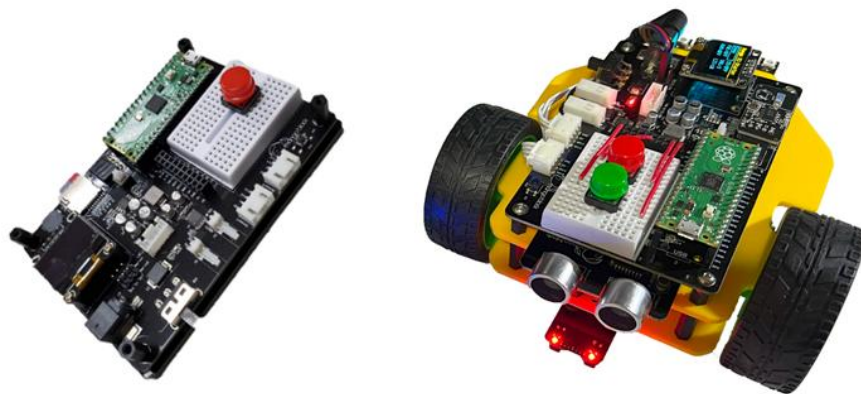


圖 2 本研究團隊研發之「Mango X2」開發板與「Mango X2 Starter」教育機器人

3.3 課程任務設計

為了促進學生們以合作學習模式，本課程採取小組合作的方式進行教學，每兩位學生分為一組，共同討論與解決課程中的任務。課程應用 Mango X2 Starter 作為學習工具，並使用 Thonny IDE 進程式設計與編寫，使學生能夠透過實作來加深對程式設計的理解。

本研究設計了一系列專題任務，以促進學生運算思維的發展，並提升其邏輯推理與程式設計能力。課程任務涵蓋三個主要學習活動：(1) 問題分解：學生透過心智圖將複雜問題拆解為可管理的小問題，以增強分析與組織能力；(2) 模式辨識：學生使用流程圖建構程式邏輯，學習如何識別問題中的規律與模式；(3) 演算法設計與實作：學生透過 Python 程式設計，應用迴圈與條件判斷來解決問題。課程採用小組合作方式，鼓勵學生透過討論與交流，共同完成專題，並在學習過程中培養團隊合作與溝通能力。

4. 實驗設計

4.1 實驗流程

本研究的實驗對象為臺灣北部某大學一年級的學生，共 96 位，平均年齡為 19 歲。本實驗設計安排為 9 週進行，在第 1 週會對所有參與者進行課程說明，並同意參加課程實驗並填寫參與教學研究知情同意書，並進行 2 人為一組來分組學習；於第 2 週開始進行 MangoX2 Starter 教育機器人導入程式設計課程活動。在課程中，在第 5、9 週分派第 1 次和第 2 次課程任務，每位學生皆需要完成任務（心智圖、流程圖繪製、程式設計編寫）。在完成為期 9 週的學習活動後，則對學生進行問卷（學習信念、機器人程式設計態度、創造力、合作學習）填寫，以瞭解各學生在經過學習後，對各應變項的影響。

4.2 測量工具

本研究調查問卷內容為「學習信念」、「機器人程式設計態度」、「合作學習」及「創造力」四大構面。本研究採用 Likert 五點量表（1 表示非常不同意，5 表示非常同意），測量各構面之變項。在學習信念構面，基於期望價值理論（Expectancy-Value Model）（Eccles & Wigfield, 1995），認為期望（自我效能感）和價值（喜好、實用性、重要性和成本）是學習策略使用的關鍵因素。故本研究使用 Berger & Karabenick（2011）研究問卷中的效用價值（Utility Value）、興趣價值（Interest Value）、成就價值（Attainment Value）構面之問項，每個構面各自有 3 題問項，以及 Bhattacharjee & Premkumar（2004）自我效能（Self-Efficacy）4 題問項，共計 13 題作為學習信念構面之問項。在機器人程式設計態度（Robot programming attitude）構面，使用 Bhattacharjee & Premkumar（2004）研究問卷中的 3 題問項。在合作學習與創造力構面，使用 Korkmaz, et al. (2017) 研究問卷中的團隊合作與創造力構面之問項，各自有 4 題問項與 6 題問項。以上問卷均已經過研究之驗證，故具有良好的信度與效度。

在課程任務的學習成效部分，本研究基於運算思維核心要素的階段性評量尺規（Rubrics）。評量內容將專題實作細分為心智圖設計、流程圖繪製，以及程式設計等項目，確保評估過程具備系統性與一致性。如表 1 所示，透過評量尺規，學生的學習成效能以量化方式呈現，研究人員依據完成度和作品品質進行統計分析，以比較學生之間的學習差異。任務 Rubrics 有二位專家進行評分，並且在評分前先制定評分標準，於評分後進行差分檢核，透過這些措施，確保評量過程的公正性與準確性，使研究結果能有效反映學生的學習成效與任務表現。

表 1 任務評量設計

CT Skills	任務設計	觀察評估重點
分解	規劃機器人專題，畫出心智圖	1、心智圖包含的系統程式功能是否完整 2、問題的拆解是否適合
模式辨別	規劃機器人專題，畫出流程圖，完成程式的實作	1、流程圖的內容、順序正確性 2、流程圖與程式內容相符
演算法	規劃機器人專題，對於重複執行 的功能進行 function 設計規劃。	1、程式功能錯誤 2、對於 function 的設計是否有達到可重 複使用的功能

5.結果分析與討論

本研究依照回收的有效問卷(78 份)分析出學習信念與機器人程式設計態度、合作學習與創造力的影響。本問卷使用 Cronbach's α 值來衡量問卷項目之間的一致性，並檢驗各個構面量表的內部一致性。根據 Guidford（1965）的說法，愈高的可信度的問項，其 α 係數大於 0.7，即表示可信度及穩定度愈高，介於 0.4~0.6 為中信度，反之 α 係數 < 0.35 則表示可信度愈低。本研究各題項的 Cronbach's α 值皆大於 0.7，介於 0.796 與 0.924 之間，顯示大部分變數皆具有高信度值，也進而顯示大部分的變數具有高度的內部一致性，本研究問卷具有信度。

迴歸分析主要運用在一個或一個以上變數間的關聯性，找出依變項與自變項間的依賴狀況。再利用迴歸分析所有的標準迴歸係數，來判斷是否具有存在因果關係的推論。本研究透

過迴歸分析來檢驗學習信念與機器人程式設計的態度對運算思維技能、創造力與合作學習之影響，分析結果如圖 3 所示。

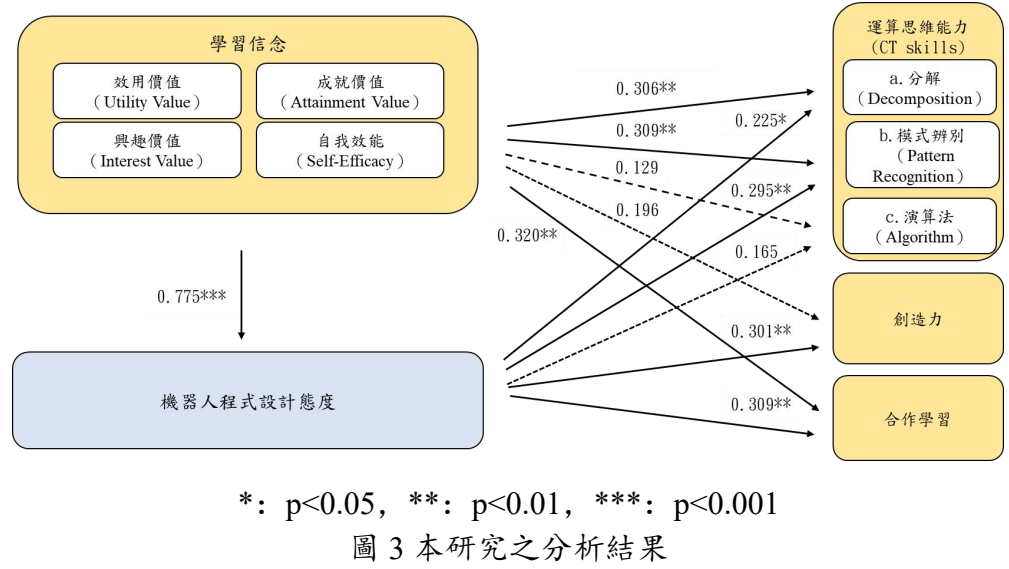


圖 3 本研究之分析結果

研究結果顯示，學習信念對機器人程式設計態度具有顯著正向影響，說明當學生認為學習有價值（如效用價值、興趣價值、成就價值）且具備較高的自我效能時，他們更積極投入機器人程式設計學習。此外，學習信念對問題分解能力與模式辨別能力具有顯著影響，表示學生如果對學習抱持正向態度，他們在拆解問題與發現規則更為投入並具有較好的成效（Lee et al. 2024）。然而，學習信念對演算法能力未達顯著影響（Grover & Pea 2018），可能是因為演算法與撰寫程式實作能力相關，學生仍需要透過更多學習任務練習、實際操作才能有顯著的提升成效。

在機器人程式設計態度對於運算思維能力的影響部份，結果顯示學生對機器人程式設計的態度對於問題分解能力、模式辨別能力呈現顯著正向關聯，表示當學生對機器人程式設計抱持正向態度時，他們更能有效拆解問題並辨識程式規則模式（Noh & Lee, 2020）。然而，機器人程式設計態度對演算法能力的影響未達顯著水準，可能的原因亦同上所述，學生對於程式設計的技能提升可能需要更長期、更多的邏輯推理與程式技能的訓練。

另一方面，本研究亦發現學習信念對合作學習具有顯著影響，表示當學生相信學習有價值，且對自己的學習能力有信心時，他們更願意與同儕合作來解決問題（Avcı, 2024）。這顯示提升學生的學習信念有助於促進合作學習。此外，機器人程式設計態度對創造力與合作學習均有顯著影響，表示當學生對機器人程式設計抱持正向態度時，他們更能發揮創意並願意與同儕合作學習（Rapti & Sapounidis, 2024）。這可能在機器人程式設計中，促使學生可以自由地探索和嘗試不同的方法來解決問題，並與同儕交流想法。

6. 結論與建議

本研究探討學習信念、機器人程式設計態度，以及運算思維能力、創造力與合作學習之間的關聯。研究結果顯示，學生的學習信念對其機器人程式設計態度，以及運算思維能力中的分解與模式辨識能力，具有顯著的正向影響，此結果與期望價值理論相符，強調了學習信念在學習動機上的重要性。然而，學習信念對於演算法能力的影響相對不明顯，顯示演算法

學習需要透過更多的教學輔助與訓練。此外，學習信念對合作學習有顯著影響，指出學習態度能促進合作，此亦呼應先前研究指出合作學習能提升學習動機的研究。

基於上述結果，本研究提出以下建議：為提升運算思維學習成效，教師應致力於提升學生的學習信念，以增強其學習態度。教師可透過專題為導向的實務案例，使學生認知其效用價值，並設計挑戰性活動，建立自我效能感與成就價值，提升學習投入。同時，在演算法教學方面，除圖形化學習外，亦應融入文字程式範例，幫助學生理解演算法邏輯；提供適當的教學資源以強化學習者的程式/演算法技能。此外，教師可設計小組專題與競賽，鼓勵學生合作激發創意，以提升學生學習之成效。

參考文獻

- Alonso-García, S., Fuentes, A. V. R., Navas-Parejo, M. R., & Victoria-Maldonado, J. J. (2024). Enhancing computational thinking in early childhood education with educational robotics: A meta-analysis. *Heliyon*, 10(13). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e33249>
- Angel-Fernandez, J. M., & Vincze, M. (2018). Towards a formal definition of educational robotics. In P. Zech & J. Piater (Eds.), *Proceedings of the Austrian Robotics Workshop 2018 (Conference series)*. Innsbruck University Press. <https://doi.org/10.15203/3187-22-1>
- Avci, F. (2024). Effects of robotic module-supported experimental activities with the cooperative learning method on student achievement, 21st-century skills, and students' opinions. *Journal of Computer Assisted Learning*, 40(5), 2325–2338. <https://doi.org/10.1111/jcal.13030>
- Bayanova, A. R., Orekhovskaya, N. A., Sokolova, N. L., Shaleeva, E. F., Knyazeva, S. A., & Budkevich, R. L. (2023). Exploring the role of motivation in STEM education: A systematic review. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 19(4), em2250. <https://doi.org/10.29333/ejmste/13086>
- Berger, J.-L., & Karabenick, S. A. (2011). Motivation and students' use of learning strategies: Evidence of unidirectional effects in mathematics classrooms. *Learning and Instruction*, 21(3), 416–428. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2010.06.002>
- Bhattacharjee, A., & Premkumar, G. (2004). Understanding changes in belief and attitude toward technology usage: A theoretical model and longitudinal test. *MIS Quarterly*, 28(2), 229–254. <https://doi.org/10.2307/25148634>
- Brennan, K., & Resnick, M. (2012, April). New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. In *Proceedings of the 2012 Annual Meeting of the American Educational Research Association* (p. 25). Vancouver, Canada. <https://scratched.gse.harvard.edu/ct/files/AERA2012.pdf>
- Demetroulis, E. A., Theodoropoulos, A., Wallace, M., Pouloupoulos, V., & Antoniou, A. (2023). Collaboration skills in educational robotics: A methodological approach—Results from two case studies in primary schools. *Education Sciences*, 13(5), 468. <https://doi.org/10.3390/educsci13050468>
- Eccles, J. S., Adler, T. F., Futterman, R., Goff, S. B., Kaczala, C. M., Meece, J. L., & Midgley, C. (1983). Expectancies, values, and academic behaviors. In J. T. Spence (Ed.), *Achievement and achievement motives* (pp. 75–146). Freeman.

<https://osit.nv.gov/uploadedFiles/ositnv.gov/Content/Meetings/STEM/2016/Expectancies%20Values%20and%20Academic%20Behaviors.pdf>

- Eccles, J. S., & Wigfield, A. (2020). From expectancy–value theory to situated expectancy–value theory: A developmental, social cognitive, and sociocultural perspective. *Contemporary Educational Psychology*, 61, 101859. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2020.101859>
- Eccles, J. S., & Wigfield, A. (2024). The development, testing, and refinement of Eccles, Wigfield, and colleagues’ situated expectancy-value model of achievement performance and choice. *Educational Psychology Review*, 36(2), Article 51. <https://doi.org/10.1007/s10648-024-09888-9>
- Grobelna, I., & Pławiak-Mowna, A. (2024). Motivation and engagement of students: A case study of automatics and robotics projects. *Electronics*, 13(20), 3997. <https://doi.org/10.3390/electronics13203997>
- Grover, S., & Pea, R. (2018). Computational thinking: A competency whose time has come. In S. Sentance, E. Barendsen, & C. Schulte (Eds.), *Computer science education: Perspectives on teaching and learning in school* (Vol. 19, Issue 1, pp. 19–38). Springer. <https://doi.org/10.5040/9781350057142.ch-003>
- Korkmaz, Ö., Çakır, R., & Özden, M. Y. (2017). A validity and reliability study of the computational thinking scales (CTS). *Computers in Human Behavior*, 72, 558–569. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.01.005>
- Lee, S. W. Y., Liang, J. C., Hsu, C. Y., & Tsai, M. J. (2024). Students’ beliefs about computer programming predict their computational thinking and computer programming self-efficacy. *Interactive Learning Environments*, 32(8), 4088–4108. <https://doi.org/10.1080/10494820.2023.2194929>
- Noh, J., & Lee, J. (2020). Effects of robotics programming on the computational thinking and creativity of elementary school students. *Educational Technology Research and Development*, 68(1), 463–484. <https://doi.org/10.1007/s11423-019-09708-w>
- Qu, J. R., & Fok, P. K. (2022). Cultivating students’ computational thinking through student–robot interactions in robotics education. *International Journal of Technology and Design Education*, 32(4), 1983–2002. <https://doi.org/10.1007/s10798-021-09677-3>
- Rapti, S., & Sapounidis, T. (2024). “Critical thinking, Communication, Collaboration, Creativity in kindergarten with Educational Robotics”: A scoping review (2012–2023). *Computers & Education*, 210, 104968. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104968>
- Román-Graván, P., Hervás-Gómez, C., & Ballesteros-Regaña, C. (2020). Educational robotics and computational thinking: A didactic experience of innovation at the university level. In M. León-Urrutia, E. Vázquez Cano, N. Fair, & E. López Meneses (Eds.), *Trends and good practices in research and teaching: A Spanish-English collaboration* (pp. 157–172). Octaedro. <https://doi.org/10.36006/16184-09>
- Torres, I., & Inga, E. (2025). Fostering STEM skills through programming and robotics for motivation and cognitive development in secondary education. *Information*, 16(2), 96. <https://doi.org/10.3390/info16020096>

- Tengler, K., Kastner-Hauler, O., Sabitzer, B., & Lavicza, Z. (2022). The effect of robotics-based storytelling activities on primary school students' computational thinking. *Education Sciences*, 12(1), Article 10. <https://doi.org/10.3390/educsci12010010>
- Wigfield, A., & Eccles, J. S. (2000). Expectancy–value theory of achievement motivation. *Contemporary Educational Psychology*, 25(1), 68–81. <https://doi.org/10.1006/ceps.1999.1015>
- Wing, J. M. (2017). Computational thinking's influence on research and education for all. *Italian Journal of Educational Technology*, 25(2), 7–14. <https://doi.org/10.17471/2499-4324/922>