

探索個人特質如何影響機器人程式教學中的運算思維能力

The exploration of how personal traits affect computational thinking ability in robot programming

宋佳苓¹、劉遠楨²

Chia-Ling Sung¹, Yuan-Chen Liu²

¹ 國立臺北教育大學 課程與教學傳播科技研究所 研究生

Graduate School of Curriculum and Instructional Communications Technology College of Education

National Taipei University of Education Master student

E-mail : waterleave65@nhps.tp.edu.tw

² 國立臺北教育大學 課程與教學傳播科技研究所 教授

Graduate School of Curriculum and Instructional Communications Technology College of Education

National Taipei University of Education Professor

摘要

十二年國教結合數位教學，發展運算思維，程式設計、STEM、創客等新思維在教育中益發受到關注。本研究通過將程式設計的合作態度、學習風格、自我調節、享受和性別作為模型的關鍵部分（包括運算思維）來調查在機器人融入程式教學的背景下個人特質作為問題解決能力的預測因素。研究對象為 252 名六年級學生，在 10 週機器人程式課程後以問卷進行數據蒐集。相關和迴歸分析的結果表明，程式設計的合作態度和自我調節是預測問題解決能力的重要變量。還發現問題解決能力與運算思維正相關。其他重要發現包括學生在課程中的享受程度會影響其合作態度及自我調節，學習風格對於運算思維有預測能力也是極大且有趣的發現。本研究為機器人和程式設計的研究人員及教育工作者提出了許多潛在的影響，希冀能在課程設計以外，提供一些關於學習者的特質、感受及其影響以供參考。

關鍵字：問題解決能力、運算思維、機器人、程式設計

Abstract

12-year Compulsory Education highlighted digital teaching, development of computational thinking, programming, STEM, Maker and other new things in the education. This study investigates the personal traits as a predictor of problem-solving ability in the context of robotic integration programming by using the cooperative attitude, learning style, self-regulation, enjoyment and gender as a key part of the model (including computational thinking). The study consisted of 252 sixth-grade students who collected data using a questionnaire after a 10-week robotic program. The results of correlation and regression analysis show that the cooperative attitude and self-regulation of programming are important variables for predicting problem-solving ability. It has also been found that problem solving ability is positively related to computing thinking. Other important findings include how well a student's enjoyment in the course affects their cooperative attitude and self-regulation. The ability of the learning style to predict computational thinking is also a great and interesting discovery. This study has many potential implications for robotics and programmers and educators, and hopes to provide some of the learner's traits, feelings, and impacts beyond the curriculum design.

Keywords: problem solving, computational thinking, robotics, programming

第一章 緒論

電腦技能是未來經濟和技術勞動力的必備能力，有許多國家已經將運算思維(Computational Thinking,CT)納入其 K-12 教育中(Chen et al., 2017; Grover & Pea, 2013)。CT 以往被認為是電腦科學背景下的一項重要技能，Wing 卻認為 CT 是每個人的必備技能(Wing, 2006)。雖然各家學者對 CT 的定義分歧但仍脫離不了數據收集、分析、抽象、迭代、算法和程序等幾個重要概念(Barr & Stephenson, 2011; Shute, Sun, & Asbell-Clarke, 2017)。同時，CT 被認為能增進創造力和解決問題的技能來培養未來一代的人才(Brennan & Resnick, 2012; Kong, 2016)。

程式設計是實現運算思維的關鍵方法，也是最常被使用的(Hsu, Chang, & Hung, 2018; Lye & Koh, 2014; Topalli & Cagiltay, 2018)。而機器人和視覺化的程式設計積木是近代具功能性且特別有趣的數位玩具之一，提供了有效的學習環境，學習過程中，學生學會通過經驗來創造和解決問題(Lindh & Holgersson, 2007)。綜上所述，程式設計和機器人的活動及教學能有效促進學生的問題解決及運算思維能力。

問題解決歷程中除了涉及推理能力外(Araz & Sungur, 2007)，在過程中遇到障礙時自我反思、學習能提升學生自我調節能力，進而增進學生解決問題的能力(Panaoura, 2012)。研究也指出合作通常對解決問題很有用(Chang et al., 2017; Chung, Lee, & Liu, 2013)。除此之外，不同的學習風格可能會導致不同的問題解決能力 (Felder & Silverman, 1988)。許多探討問題解決能力的學者也研究著性別與問題解決能力間的相關(Yurdugül & Aşkar, 2013)。亦有研究指出在問題事件或挑戰中能充分享受、感覺心流體驗狀態的學習者能夠有效的學習計算問題解決技能(Liu, Cheng, & Huang, 2011)。

以上因素都被認為有可能直接或間接影響到學生的問題解決能力，所以曾有研究試圖探討問題解決與個人特質、個體差異之間的相關(Ali, 2018; Treffinger, Selby, & Isaksen, 2008)。迄今為止，很少有實證研究來描述個人特質、問題解決能力與運算思維能力之間的關聯，尤其是在機器人程式教學的背景下。因此本研究旨在建構一個綜合模型，該模型檢驗：(1)問題解決能力與某些個人特質之間的關係。(2)問題解決能力與運算思維之間的關聯。

第二章 文獻探討

問題解決能力是當有人想要實現目標並獲得所期望的結果而進行的思考和行為，是一種推理步驟，結果可能是達到某個目標或找到我們問題的滿意答案(Barbey & Barsalou, 2009; Mayer & Wittrock, 2006)。其被視為有效學習的基本能力，也是教育和職業環境以及日常生活中所需的高度橫向能力(Eichmann et al., 2019; Hung, Chang, & Lin, 2016)。個人對解決問題的自然傾向部分地受到心態、參與和回應以及個人的態度所影響，人們自然地處理不同的情況並以不同的方式與他們的環境互動，因此個人個性、與他們溝通的最佳方法以及他們最適合的工作和任務類型有關，問題解決能力方面存在著個體差異(Ali, 2018; Ellis & Brewer, 2018)。

合作通常對解決問題很有用，通過共享信息、合作模擬、討論能促進他們形成解決問題的途徑(Boxtel, Linden, & Kanselaar, 2001; Chung et al., 2013; Chang et al., 2017)。合作有助於克服學習中的特定困難(Fusaro & Smith, 2018; Rau et al., 2017)。程式設計經驗在解決問題的行為、能力具有某種程度的影響力。(García-Peñalvo & Mendes, 2018; Maloney, Resnick, Rusk, Silverman, & Eastmond, 2010; Yurdugül & Aşkar, 2013)，因為程式設計人員常將問題目標分解為一組中間子目標，這些目標可以再進一步分解為更精細的子目標，用來解決問題。(Deek, 1999; Palumbo, 1990; Pears et al., 2007)。所以本研究中，程式設計態度的定義為一個人與同伴合作進程式設計活動的感受(Kong et al., 2018)。本研究中假設在機器人程式教學課程持更積極的合作態度將預測更高水平的問題解決能力。

學習風格與問題解決能力在公司環境中、遊戲式的問題解決任務、網路上的問題解決以及問題的呈現方式等文獻中不斷被討論，研究顯示不同學習風格在問題解決任務中有不同的表現(Hung, Chang, & Lin, 2016; Kuo, Chen, & Hwang, 2014; Lin, Hung, Chang, & Hung, 2014; Treffinger et al., 2008)。因此，本研究中假設學生的學習風格將預測機器人程式教學中的問題解決能力。

自我調節與問題解決能力在初等教育，學生處理複雜的數學問題、透過電腦的同步教學方法處理問題都與自我調節間存在某種程度的相關(Baars et al., 2018; Lazakidou & Retalis, 2010; Muis, Psaradellis, Lajoie, Leo, & Chevrier, 2015)。研究證實，為學生提供在解決問題過程中遇到障礙時自我反思、學習行為的機會，是提升學生自我調節能力及其數學表現的一種可能途徑，還能增進學生解決問題的能力(Panaoura, 2012)。動機調節是自我調節學習的一個重要方面，學生可以使用各種策略來調節他們的動機，例如提供獎勵或改變周圍環境。本研究意欲針對自我調節中的動機調節進行研究，假設更積極的動機調節能力將對於更高的問題解決能力水平具有預測力。

享受可以被定義為通過突破自我限制和超越自我來完成新事物或是意外事件的良好感受，特別是在面對一些困難的任務時，是可以帶來個人成長及較長時間的滿足(Seligman & Csikszentmihalyi, 2000)。文獻指出感覺心流體驗狀態的學生經常應用反複試驗、學習實例和分析推理策略來學習計算問題解決技能。且在解決問題遊戲上的享受程度是青少年科學理解的最強預測因素(Fraser, Shane-Simpson, & Asbell-Clarke, 2014; Goetz, Hall, Frenzel, & Pekrun, 2006; Liu et al., 2011)。因此，本研究假設機器人的加入能活化程式設計課程，使學生覺得享受，進而增進其問題解決能力。

性別與問題解決能力間的相關在不同年齡層，兒童、青少年或成人，在不同領域被直接或間接的探討研究著。在性別對青少年解決問題能力的影響、性別和程式設計知識中的一般問題解決技能、性別和兒童對數學等值理解、成年人解決問題能力強弱的表現、性別和性別分組對電腦支持的合作學習(CSCL)中學生的學習表現和知識闡述過程的影響等文獻皆顯示問題解決能力存在著性別差異(Hämäläinen, Wever, Nissinen, & Cincinato, 2019; Hornburg, Rieber, & Mcneil, 2017; Mefoh, Nwoke, Chukwuorji, & Chijioke, 2017; Yurdugül & Aşkar, 2013)。對於本研究而言，假設機器人程式教學下的學習者性別將對於問題解決能力產生某種程度的影響。

CT 涉及使用抽象和分解等電腦科學概念解決問題，在文獻中 CT 量表的五個構面，其中之一就是問題解決，且 CT 和問題解決能力之間有中等強度的顯著相關，其中使用程式設計方法或 CT 來培養學生的邏輯思維技能和解決問題的能力是更有趣的(García-Peñalvo & Mendes, 2018; Korkmaz, Çakir, & Özden, 2017; Lye & Koh, 2014; Román-González, Pérez-González, & Jiménez-Fernández, 2017)。根據文獻結果，本研究假設學習者的問題解決能力對於運算思維能力具有預測力。

第三章 研究設計

本研究旨在機器人程式教學的背景下，探索個人特質(程式設計的合作態度、學習風格、自我調節、享受、性別)是否能做為問題解決能力的預測指標。最後，研究人員將問題解決能力做為運算思維的預測因素，試圖探究這兩個變項之間是否存在直接關聯。研究假設如下：

- H1：更積極的合作態度將預測更高水平的問題解決能力。
- H2：學生的學習風格將預測機器人程式教學中的問題解決能力。
- H3：更積極的自我調節能力將對於更高的問題解決能力水平具有預測力。
- H4：學生的享受情緒將預測機器人程式學習環境中的問題解決能力。
- H5：學習者性別將對於問題解決能力產生某種程度的影響。
- H6：學習者的問題解決能力對於運算思維能力具有預測力。

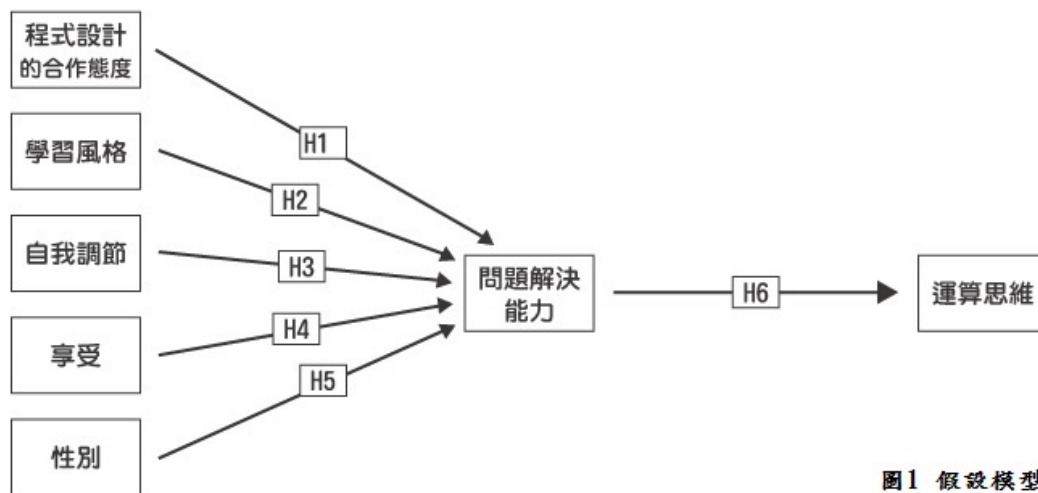


圖1 假設模型

研究對象為台北市某所國小的全體六年級學生（11-12歲），共9個班，男生128人，女生124人，共252名學生。五年級已經上過Scratch的課程，對於程式設計已經有基礎的認識。研究對象在學校每週一次的電腦課中使用mBot 2.4G機器人進程式設計學習，一堂課40分鐘，研究期程10週，共480分鐘。9個班級的資訊課授課教師為同一人，已經有17年資訊課的教學經歷，教學經驗豐富。每個班的研究對象遵循完全相同的授課大綱與研究程序。課程進行中學習者每人各自使用一台電腦和一台mBot 2.4G機器人，教師在每次授課時會簡要介紹課程中活動主題及會使用到的硬體構造，然後就讓學生針對該主題進行實作練習與體驗。當學生在操作上遇到困難，教師鼓勵學生在組內互相討論（兩人一組），以提高他們的程式設計技能並解決任何問題。在第十週，進行迷宮闖關以檢視學生十個星期來的學習成果。十週課程大綱如表1所示。

第一週	1.發下 mBot2.4G 機器人—硬體解說；2.原廠功能測試，紅外線搖控、循跡、避障
第二週	1.發下 mBot 藍芽版機器人—連線解說；2.Makeblock App 應用
第三週	1.mBot 藍芽版機器人；2.挑戰—倒車入庫；進階挑戰—有斜坡的倒車入庫
第四週	1.前進、後退、左轉、右轉；2.倒車入庫
第五週	1.LED 燈（各色混色）；2.警車（紅藍燈加前進）；呼吸燈（漸強再漸弱）—變數
第六週	1.蜂鳴器介紹；2.消防車（F5、A5，1/4 拍，前進+紅白燈）；挑戰—小星星
第七週	1.畫筆多邊形；2.挑戰—多邊形車
第八週	1.超音波感測器介紹；緊急煞車
第九週	1.挑戰—防撞車
第十週	1.~迷宮闖關（超音波感測器）~

表1 十週課程大綱

研究流程：在機器人程式設計課程開始前，使用了程式設計的合作態度量表進行測試並完成了研究對象的性別、基本資料的蒐集。經過十週的課程，學生們進行了程式設計的合作態度、學習風格、自我調節能力、享受程度、問題解決能力等量表及問卷，並完成運算思維測驗。再以問卷、量表、測驗中所獲得的數據進行分析以確定彼此間的相關及影響力。研究工具介紹如下：

1. 程式設計的合作態度量表，引用 Kong 等人(2018)為程式設計所開發的量表，採用其中程式設計的合作態度分量表，包含 4 個題目，採用李克特 5 分量表。Cronbach's α 為 0.742。
2. 學習風格採 Fleming 與 Mills(1992) 開發之 VARK 量表，包含 16 題複選題，四個子量表的可靠性估計值分別為 0.85、0.82、0.84 和 0.77。
3. 動機調節簡表使用 Kim 等人(2018)所開發的動機調節簡表，共 12 題，採用李克特 5 分量表。Cronbach's α 為 0.85。
4. 使用內在動機量表(IMI)的興趣／享受分量表(Ryan, Mims, & Koestner, 1983)來測量學生的經驗享受程度，包含有 7 個題目，使用李克特 5 分量表，Cronbach's α 達到令人滿意的 0.91。
5. 問題解決能力量表參考 Heppner、Cooper、Mulholland 與 Wei(2001)解決問題的策略及問題解決的自我效能兩個分量表，共 16 題，採用李克特 5 分量表。Cronbach's α 為 0.839。
6. 運算思維測驗本研究使用 Román-González(2015)所設計之運算思維測驗(CTt) ，測驗包含 28 題選擇題，Cronbach's $\alpha=0.793 \approx 0.80$ 。

第四章 研究結果

進行 Pearson 相關分析以研究假設模型中變量之間的關係（見表 2）。結果表明，程式設計的合作態度與問題解決能力間（相關係數=0.431，P 值<0.001）有中等程度的顯著相關，從而 H1 受到支持。此外，如模型所假設，自我調節與問題解決能力（相關係數=0.685，P 值<0.001）、享受與問題解決能力（相關係數=0.443，P 值<0.001）都呈現顯著的中度相關，H3、H4 受到支持。問題解決能力與運算思維之間呈現低度但顯著的相關（相關係數=0.243，P 值<0.001），H6 受到支持。然而，與假設模型不同的是，學習風格與問題解決能力（相關係數=-0.059，P 值=0.358）、性別與問題解決能力（相關係數=-0.115，P 值=0.073）不存在顯著相關，所以 H2、H5 不受支持。

表 1 相關分析

	程式設計的合作態度	學習風格	自我調節	享受	性別	問題解決能力	運算思維
程式設計的合作態度	-	.025	.442***	.426***	-.199**	.431***	.114
學習風格		-	.055	.128*	-.109	-.059	-.145*
自我調節	.442***	.055	-	.609***	-.129*	.685***	.160*
享受	.426***	.128*	.609***	-	-.218***	.443***	.090
性別	-.199**	-.109	-.129*	-.218***	-	-.115	-.118
問題解決能力	.431***	-.059	.685***	.443***	-.115	-	.243***
運算思維	.114	-.145*	.160*	.090	-.118	.243***	-

***, 顯著水準為 0.001。

** , 顯著水準為 0.01。

* , 顯著水準為 0.05。

後續進行線性迴歸分析，以檢驗每個假設是否成立。首先針對 H1、H3、H4 進行驗證，以測試程式設計的合作態度、自我調節、享受是否能夠顯著預測問題解決能力（見表 3）。迴歸結果表明，三個預測因子解釋了 48.4% 的變異量 ($R^2=0.49$, $F(3,240)=76.859$, $P<0.001$)。結果發現，享受 ($\beta=0.001$, $P=0.984$) 不是假設的問題解決能力的重要預測因素，模型中的 H4 不成立。相反的，程式設計的合作態度 ($\beta=0.159$, $P<0.01$)、自我調節 ($\beta=0.614$, $P<0.001$) 被證明是問題解決能力的重要預測因子，因此，H1、H3 獲得支持，說明更積極的合作態度將預測更高水平的問題解決能力、更積極的自我調節能力將對於更高的問題解決能力水平具有預測力。

表 3 問題解決能力迴歸分析係數表

模式	未標準化係數		標準化係數	t	顯著性
	B 之估計值	標準誤差	Beta 分配		
(常數)	1.586	0.160		9.930	0.000
程式設計的合作態度	0.113	0.037	.159**	3.017	0.003
自我調節	0.457	0.045	.614***	10.222	0.000
享受	0.001	0.041	0.001	0.020	0.984
R ²	0.490				
F	76.859***				

a. 依變數：問題解決能力。N=244。

b. ***P<0.001；**P<0.01。

學習風格、享受、性別在前述分析結果後被排除為問題解決能力的預測因子，我們進一步進行多元迴歸分析以研究這三個變因與顯示顯著相關的變量之間的關係（見表 4）。首先，我們使用享受、性別作為程式設計的合作態度的預測因子。該模型解釋了 18.6% 的變異量 ($R^2=0.193$, $F(2,241)=28.844$, $P<0.001$)。結果顯示，享受 ($\beta=0.401$, $P<0.001$) 顯著預測程式設計的合作態度；但性別 ($\beta=-0.112$, $P=0.061$) 沒有顯著預測。

表 4 程式設計的合作態度迴歸分析係數表

模式	未標準化係數		標準化係數	t	顯著性
	B 之估計值	標準誤差	Beta 分配		
(常數)	2.546	0.317		8.045	0.000
享受	0.388	0.057	.401***	6.769	0.000
性別	-0.211	0.112	-0.112	-1.882	0.061
R ²	0.193				
F	28.844***				

a. 依變數：程式設計的合作態度。N=244。

b. ***P<0.001。

接著，我們進行了一個多元迴歸分析，用享受、性別做為自我調節的預測因子（見表 5）。該模型解釋 36.6% 的變異量 ($R^2=0.371$, $F(2,241)=71.080$, $P<0.001$)。結果顯示享受 ($\beta=0.610$, $P<0.001$) 顯著預測自我調節，性別 ($\beta=0.004$, $P=0.940$) 對自我調節則沒有顯著的預測力。

表 5 自我調節迴歸分析係數表

模式	未標準化係數		標準化係數	t	顯著性
	B 之估計值	標準誤差	Beta 分配		
(常數)	1.617	0.267		6.062	0.000
享受	0.563	0.048	.610***	11.651	0.000
性別	0.007	0.095	0.004	0.075	0.940
R ²	0.371				
F	71.080***				

a. 依變數：自我調節。N=244。

b. ***P<0.001。

最後，我們進行一個多元迴歸分析來探討如何利用與運算思維具相關性的變量來預測運算思維。因此，學習風格、自我調節和問題解決能力被做為運算思維的預測因素（見表 6）。該模型解釋 6.5% 的變異量 ($R^2=0.076$, $F(3,240)=6.592$, $P<0.001$)。結果顯示問題解決能力 ($\beta=0.226$, $P<0.01$) 顯著預測運算思維，H6 成立，且學習風格 ($\beta=-0.132$, $P<0.05$) 對於運算思維亦有顯著預測力；自我調節 ($\beta=0.012$, $P=0.886$) 對運算思維則沒有顯著的預測力。

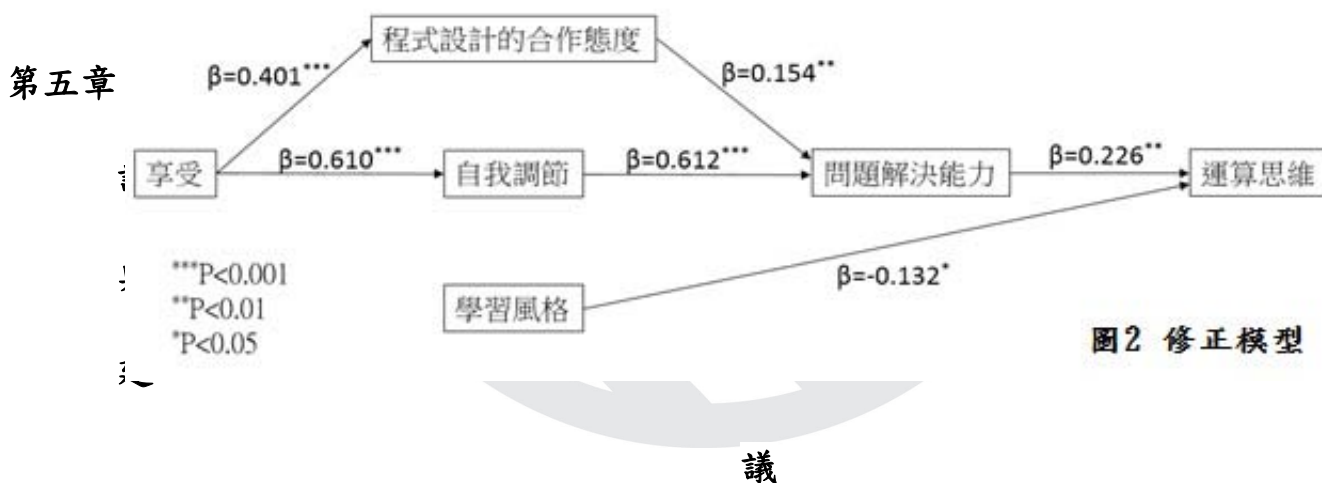
表 6 運算思維迴歸分析模式係數表

模式	未標準化係數		標準化係數	t	顯著性
	B 之估計值	標準誤差	Beta 分配		
(常數)	11.749	1.572		7.476	0
學習風格	-0.182	0.086	-.132*	-2.111	0.036
自我調節	0.059	0.407	0.012	0.144	0.886
問題解決能力	1.444	0.548	.226**	2.634	0.009
R^2	0.076				
F	6.592***				

a. 依變數：運算思維。N=244。

b. ** $P<0.01$ ；* $P<0.05$ 。

基於對預測關係的數據分析，我們建構了一個修正模型，該模型還包括相關和迴歸分析結果支持的非假設關係。由於分析結果顯示性別與模型中的其他變量沒有顯著關係，因此修正後的模型排除了性別，得出修正模型為圖 2。



這項研究可以讓我們深入了解影響問題解決能力的多種因素。作者基於支持的關係提出一個模型，這些發現表明了未來有關於機器人、程式設計教學研究的重要方法。總結來說，某些個人特質與問題解決能力之間的假設不被支持，包含享受和性別。然而，在本研究中，合作態度和自我調節對於問題解決能力的預測是顯而易見的，其中自我調節對於問題解決能力的預測程度最高，迴歸的標準化係數為 0.612。此外，發現學生的問題解決能力確實也對運算思維具有顯著預測力，迴歸的標準化係數為 0.226。額外的收穫是學生的享受程度會影響其合作態度與自我調節，且學習風格對於運算思維也有預測力。

如本研究所示，學生對於挑戰的投入及期待，之中的愉悅體驗有可能增強學生與同儕有效合作的能力，並採用更靈活的認知方法來處理問題、完成手頭的任務，從而帶來更成功的表現和學習成果。再者，學生在學習活動中的積極享受情緒與更大的投入動機相關，促進學生的學習自我調節，提高學業成果和個人解決問題的能力。如此的問題解決能力也是反覆培養學生，數據收集、數據分析、數據

表示、抽象、問題分解、算法和程序等運算思維。因此課程設計者可以利用這項研究的結果來支持在課堂內促進有利的情緒氣候（例如，享受），以促進學生的積極的人際功能（例如，合作、溝通）、認知靈活性（例如，自我調節、解決問題的能力），和有益的成就相關的情緒（例如，興趣）。並提高學生在挑戰期間持續關注的能力（例如，運算思維能力）。

本研究結果顯示學習風格對運算思維具有預測力，這是個有趣的發現。運算思維已被許多國家納入其 K-12 教育中，其重要性不言而喻，如何提升運算思維的學術研究也日趨完整，但尚缺少學習風格和運算思維能力直接相關的實證研究，建議未來研究也能將其納入研究範疇，探討兩者之間的關聯。

參考文獻

- Ali, I.(2018). Personality traits, individual innovativeness and satisfaction with life.*Journal of Innovation & Knowledge*.
- Araz, G., & Sungur, S. (2007). The interplay between cognitive and motivational variables in a problem-based learning environment. *Learning and Individual Differences, 17*(4), 291-297. doi:10.1016/j.lindif.2007.04.003
- Baars, M., Tamara van Gog, Anique de Bruin,& Paas, F.(2018). Accuracy of primary school children's immediate and delayed judgments of learning about problem-solving tasks. *Studies in Educational Evaluation, 58*, 51-59.
- Barbey, A.K., & Barsalou, L.W. (2009). Reasoning and Problem Solving: Models.*Encyclopedia of Neuroscience, 8*, 35-43.
- Barr, V., & Stephenson, C. (2011). Bringing computational thinking to K-12. *ACM Inroads, 2*(1), 48. doi:10.1145/1929887.1929905
- Boxtel, C. V., Linden, J. V., & Kanselaar, G. (2001). Collaborative learning tasks and the elaboration of conceptual knowledge [Learning and Instruction 10 (2000) 311–330]. *Learning and Instruction, 11*(1), 85. doi:10.1016/s0959-4752(00)00031-1
- Brennan, K., & Resnick, M.(2012).New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking.Proceedings of the 2012 annual meeting of the American educational research association (2012), pp. 1-25
- Chang, C-J., Chang, M-H., Chiu, B-C., Liu, C-C.,Fan Chiang, S-H., Wen, C-T., Hwang, F-K., Wu, Y-T., Chao, P-Y., Lai, C-H., Wu, S-W., Chang, C-K., & Chen, W.(2017). An analysis of student collaborative problem solving activities mediated by collaborative simulations.*Computers & Education, 114*, 222-235.
- 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. doi:10.1016/j.compedu.2017.03.001
- Chung, C.W., Lee, C.C., & Liu, C.C. (2013). Investigating face-to-face peer interaction patterns in a collaborative web discovery task: The benefits of a shared display.*Journal of Computer Assisted Learning, 29* (2), 188-206
- Deek, F. P. (1999). The Software Process: A Parallel Approach through Problem Solving and Program Development. *Computer Science Education, 9*(1), 43-70. doi:10.1076/csed.9.1.43.3812
- Eichmann, B., Goldhammer, F., Greiff, S., Pucite, L.,& Naumann, J.(2019) The role of planning in complex problem solving. *Computers & Education,128*, 1-12.
- Ellis, D.M.,& Brewer, G.A.(2018) Aiding the search: Examining individual differences in multiply-constrained problem solving.*Consciousness and Cognition, 62*, 21-33.

- Felder, R.M., & Silverman, L.K. (1988). Learning and teaching styles in engineering education. *International Journal of Engineering Education*, 78(7), 674-681.
- Fleming, N. D., & Mills, C. (1992). Not Another Inventory, Rather a Catalyst for Reflection. *To Improve the Academy*, 11(1), 137-155. doi:10.1002/j.2334-4822.1992.tb00213.x
- Fraser, J., Shane-Simpson, C., & Asbell-Clarke, J. (2014). Youth science identity, science learning, and gaming experiences. *Computers in Human Behavior*, 41, 523-532. doi:10.1016/j.chb.2014.09.048
- Fusaro, M., & Smith, M.C. (2018). Preschoolers' inquisitiveness and science-relevant problem solving. *Early Childhood Research Quarterly*, 42, 119-127
- García-Peñalvo, F. J., & Mendes, A. J. (2018). Exploring the computational thinking effects in pre-university education. *Computers in Human Behavior*, 80, 407-411. doi:10.1016/j.chb.2017.12.005
- Goetz, T., Hall, N. C., Frenzel, A. C., & Pekrun, R. (2006). A hierarchical conceptualization of enjoyment in students. *Learning and Instruction*, 16(4), 323-338. doi:10.1016/j.learninstruc.2006.07.004
- Grover, S., & Pea, R. (2013). Computational Thinking in K–12. *Educational Researcher*, 42(1), 38-43. doi:10.3102/0013189x12463051
- Hämäläinen, R., Wever, B. D., Nissinen, K., & Cincinato, S. (2019). What makes the difference – PIAAC as a resource for understanding the problem-solving skills of Europe's higher-education adults. *Computers & Education*, 129, 27-36. doi:10.1016/j.compedu.2018.10.013
- Heppner, P. P., Cooper, C., Mulholland, A., & Wei, M. (2001). A brief, multidimensional, problem-solving psychotherapy outcome measure. *Journal of Counseling Psychology*, 48(3), 330-343. doi:10.1037/0022-0167.48.3.330
- Hornburg, C. B., Rieber, M. L., & Mcneil, N. M. (2017). An integrative data analysis of gender differences in children's understanding of mathematical equivalence. *Journal of Experimental Child Psychology*, 163, 140-150. doi:10.1016/j.jecp.2017.06.002
- Hsu, T., Chang, S., & Hung, Y. (2018). How to learn and how to teach computational thinking: Suggestions based on a review of the literature. *Computers & Education*, 126, 296-310. doi:10.1016/j.compedu.2018.07.004
- Hung, Y-H., Chang, R-I., & Lin, C-F. (2016). Hybrid learning style identification and developing adaptive problem-solving learning activities. *Computers in Human Behavior*, 55(A), 552-561.
- Kim, Y., Brady, A. C., & Wolters, C. A. (2018). Development and validation of the brief regulation of motivation scale. *Learning and Individual Differences*, 67, 259-265. doi:10.1016/j.lindif.2017.12.010
- Kong, S. (2016). A framework of curriculum design for computational thinking development in K-12 education. *Journal of Computers in Education*, 3(4), 377-394. doi:10.1007/s40692-016-0076-z
- Kong, S., Chiu, M. M., & Lai, M. (2018). A study of primary school students' interest, collaboration attitude, and programming empowerment in computational thinking education. *Computers & Education*, 127, 178-189. doi:10.1016/j.compedu.2018.08.026
- Korkmaz, Ö, Çakir, R., & Özden, M. Y. (2017). A validity and reliability study of the computational thinking scales (CTS). *Computers in Human Behavior*, 72, 558-569. doi:10.1016/j.chb.2017.01.005
- Kuo, F., Chen, N., & Hwang, G. (2014). A creative thinking approach to enhancing the web-based problem solving performance of university students. *Computers & Education*, 72, 220-230. doi:10.1016/j.compedu.2013.11.005

- Lazakidou, G., & Retalis, S. (2010). Using computer supported collaborative learning strategies for helping students acquire self-regulated problem-solving skills in mathematics. *Computers & Education*, 54(1), 3-13. doi:10.1016/j.compedu.2009.02.020
- Lin, C. F., Hung, Y. H., Chang, R. I., & Hung, S. H. (2014). Developing a problem-solving learning system to assess the effects of different materials on learning performance and attitudes. *Computers & Education*, 77, 50-66. doi:10.1016/j.compedu.2014.04.007
- Lindh, J., & Holgersson, T.(2007). Does lego training stimulate pupils' ability to solve logical problems? *Computers & Education*, 49(4), 1097-1111.
- Liu, C-C., Cheng, Y-B., & Huang, C-W. (2011). The effect of simulation games on the learning of computational problem solving. *Computers & Education*, 57(3), 1907-1918. doi:10.1016/j.compedu.2011.04.002
- Lye, S. Y., & Koh, J. H. (2014). Review on teaching and learning of computational thinking through programming: What is next for K-12? *Computers in Human Behavior*, 41, 51-61. doi:10.1016/j.chb.2014.09.012
- Maloney, J., Resnick, M., Rusk, N., Silverman, B., & Eastmond, E. (2010). The Scratch Programming Language and Environment. *ACM Transactions on Computing Education*, 10(4), 1-15. doi:10.1145/1868358.1868363
- Mayer, R. E., & Wittrock, M. C. (2006). Problem solving. In P. A. Alexander & P. H. Winne (Eds.), *Handbook of educational psychology* (pp. 287-303). Mahwah, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Mefoh, P. C., Nwoke, M. B., Chukwuorji, J. C., & Chijioke, A. O. (2017). Effect of cognitive style and gender on adolescents' problem solving ability. *Thinking Skills and Creativity*, 25, 47-52. doi:10.1016/j.tsc.2017.03.002
- Muis, K. R., Psaradellis, C., Lajoie, S. P., Leo, I. D., & Chevrier, M. (2015). The role of epistemic emotions in mathematics problem solving. *Contemporary Educational Psychology*, 42, 172-185. doi:10.1016/j.cedpsych.2015.06.003
- Palumbo, D. B. (1990). Programming Language/Problem-Solving Research: A Review of Relevant Issues. *Review of Educational Research*, 60(1), 65. doi:10.2307/1170225
- Panaoura, A. (2012). Improving problem solving ability in mathematics by using a mathematical model: A computerized approach. *Computers in Human Behavior*, 28(6), 2291-2297. doi:10.1016/j.chb.2012.06.036
- Pears, A., Seidman, S., Malmi, L., Mannila, L., Adams, E., Bennedsen, J., . . . Paterson, J. (2007). A survey of literature on the teaching of introductory programming. *ACM SIGCSE Bulletin*, 39(4), 204. doi:10.1145/1345375.1345441
- Rau, M. A., Bowman, H. E., & Moore, J. W. (2017). An adaptive collaboration script for learning with multiple visual representations in chemistry. *Computers & Education*, 109, 38-55. doi:10.1016/j.compedu.2017.02.006
- Román-González, M.(2015). Computational thinking Test: Design guidelines and content validation. 7th annual international conference on education and new learning technologies (Barcelona: Spain)
- Román-González, M., Pérez-González, J., & Jiménez-Fernández, C. (2017). Which cognitive abilities underlie computational thinking? Criterion validity of the Computational Thinking Test. *Computers in Human Behavior*, 72, 678-691. doi:10.1016/j.chb.2016.08.047

- Ryan, R. M., Mims, V., & Koestner, R. (1983). Relation of reward contingency and interpersonal context to intrinsic motivation: A review and test using cognitive evaluation theory. *Journal of Personality and Social Psychology*, 45(4), 736-750. doi:10.1037//0022-3514.45.4.736
- Seligman, M. E. P., & Csikszentmihalyi, M. (2000). Positive psychology: An introduction. *American Psychologist*, 55(1), 5-14.
- Shute, V. J., Sun, C., & Asbell-Clarke, J. (2017). Demystifying computational thinking. *Educational Research Review*, 22, 142-158. doi:10.1016/j.edurev.2017.09.003
- Topalli, D., & Cagiltay, N.E. (2018). Improving programming skills in engineering education through problem-based game projects with Scratch. *Computers & Education*, 120, 64-74.
- Treffinger, D. J., Selby, E. C., & Isaksen, S. G. (2008). Understanding individual problem-solving style: A key to learning and applying creative problem solving. *Learning and Individual Differences*, 18(4), 390-401. doi:10.1016/j.lindif.2007.11.007
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33. doi:10.1145/1118178.1118215
- Yurdugül, H. & Aşkar, P. (2013). Learning Programming, Problem Solving and Gender: A Longitudinal Study. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 83, 605-610

