

國家科學及技術委員會

____年度大專學生研究計畫申請書

一、綜合資料：

申請人 【學生】	姓 名	蔡翊廉		身分證 號 碼	F131278383
	就 讀 學 校、 科 系 及 年 級	元智大學資傳系三年級		電 話	0958801559
	學 生 研 究 計 畫 名 稱	探討視覺化程式模擬遊戲對大學生程式學習成效、動機與焦慮之影響			
	研 究 期 間	自 年 7 月 1 日 至 年 2 月底止，計 8 個月			
	計 畫 歸 屬 處 別	<input type="checkbox"/> 自然處 <input type="checkbox"/> 工程處 <input type="checkbox"/> 生科處 <input checked="" type="checkbox"/> 人文處			
	研究學門代碼及名稱	HSS03			
	上年度曾執行本會大專學生研究計畫	<input type="checkbox"/> 是 (計畫編號：NSTC - - - -) <input type="checkbox"/> 否			
指導教授	姓 名	張家榮		身分證 號 碼	Q123183275
	服 務 機 構 及 科 系(所)	元智大學資訊傳播學系 (所)			
	職 稱	助理教授		電 話	03-4638800#2643
補助經費	項 目	金 額	說 明		
	研 究 助 學 金	48,000 元	每月補助研究助學金新臺幣 6,000 元，8 個月計新臺幣 48,000 元。		
	耗材、物品、圖書及 雜項費用	14000 元	依研究計畫實際需求擇優補助，每一計畫最高以補助新臺幣 20,000 元為限。		
	合 計	62000 元			

表 C801

科、系主管姓名：

(學生就讀學校)

二、研究計畫內容：

(一) 摘要

本研究目的開發一個程式工廠模擬遊戲輔助學生程式學習，以遊戲方式提升學習者興趣，透過工廠零件組裝方式將抽象程式概念具象化，以促進學理解程式結構、運作流程及邏輯判斷，並探討這樣的遊戲設計對學生程式概念理解、問題解決能力和學習動機、學習焦慮的影響。本研究將綜合分析現有國內外程式教學的遊戲設計與視覺化案例，並以此為基礎設計出適合新手學習者使用的遊戲教學方案。同時，延伸探討遊戲化設計中的適用性與局限性，研究成果將有助於改善程式教育的效果，提升學習者的興趣，數位教學工具的創新與設計參考。

關鍵詞：視覺化、程式教學、教學方式結合

(二) 研究動機與研究問題

2.1 研究動機

在程式教育中，由於程式碼本質上的抽象性與邏輯性，初學者往往難以理解其運作機制，進而降低學習動機，甚至產生挫折感。隨著數位技術的快速發展，程式教育領域開始廣泛應用視覺化技術（Visualization）以提升學習者學習效率與教學體驗。這樣的教學正是針對學習困難所提出的解決方案，透過具象化物件例如直觀的圖形、動畫與互動式工具，幫助學習者容易地理解複雜且抽象的程式設計，以提升學習效果。

目前視覺化技術相關研究已經在程式教育領域展現了多種應用方式，例如：

- 積木式程式設計環境（如 Scratch、Alice 和 APP Inventor）對學生程式設計能力、問題解決能力、運算思維能力和學習動機的影響。研究指出，這些工具提供了友善的使用者介面，降低了語法學習的難度，提升了學習者的興趣和成就感(邱仁一 & 崔夢萍，2021)。
- 動態程式執行視覺化（如 Python Tutor）即時顯示變數變化、記憶體分配與程式執行流程，使學習者能夠清楚掌握程式運行的邏輯(Weng, 2022)。
- 遊戲化與互動式學習（如 CodeCombat、Lightbot）透過遊戲任務與視覺化解題提升學習興趣，強化程式設計思維(陳建志，2023)。

- VR、AR 和混合實境（MR）技術在國中科學教育中的應用。結果顯示，VR 技術提供了更多互動和沉浸式的學習體驗，有助於學生更好地理解 and 掌握科學概念（林良品，2023）。

然而，儘管遊戲式學習與視覺化技術對程式學習帶來諸多優勢，其對於新手學習者來說仍然面臨許多挑戰與學習困難，包括：

- 多數遊戲學習環境強調遊戲元素與關卡設計，對於程式內部結構、運作流程與邏輯判斷較少著墨。更具體來說，多數遊戲設計中缺乏支援程式視覺化的呈現，僅呈現最後程式運作結果的遊戲畫面，因此學習者對於程式的基本原理與內部處理流程仍不清楚。
- 視覺化工具與課程整合度不高：雖然目前的視覺化工具多數作為輔助學習資源，而非完整的教學主流模式，多數程式提供視覺化流程圖，這樣的方式以步驟性的方式拆解每一行程式，透過除錯工具文字方式說明，對於新手學習者來說難以持續參與學習。
- 學習動機與教學品質的提升需求：傳統程式教學方式易造成學生的學習動力不足，亦可能忽略不同程度學生的學習需求。透過視覺化教學工具，不但能使課程內容更具互動性與趣味性，也能降低學生的挫折感，提升整體教學品質。

2.2 研究目的

本研究目的為設計一個程式工廠模擬遊戲，以模擬工廠零件組裝與拆解過程，具象化程式語言中的重要概念，包含變數、迴圈、邏輯判斷、物件與函式，讓學生在遊戲互動過程中體驗如何設計與控制程式流程，結合即時視覺化回饋幫助學生理解。這樣的設計期望提升新手學習者的學習動機、降低學習門檻並強化邏輯思維。

2.3 研究問題

程式工廠模擬遊戲教學對程式概念理解的影響：

- 問題：使用程式工廠模擬遊戲模擬，是否能有效提升學生對變數、迴圈、判斷與物件等基本程式概念的理解？
- 探討重點：遊戲中以物料數值變化與流程動畫呈現是否有助於學生建立對這些概念的直觀認知？

即時視覺回饋對問題解決能力的促進作用：

- 問題：在遊戲中提供即時動畫與數值反饋，對學生在程式流程設計與生產線策略優化上的問題解決能力有何影響？

- 探討重點：即時反饋是否能降低學習挫折感，促使學生根據反饋調整設計，進而提升其整體問題解決效能？

遊戲化教學對學習動機與參與度的影響：

- 問題：透過進程式工廠模擬遊戲程式教學，是否能提升學生的學習動機、參與度與整體教學品質？
- 探討重點：遊戲化互動設計與即時反饋是否能吸引學生主動學習並降低因傳統教學方式帶來的學習焦慮？

不同程式模組在遊戲化設計中的適用性與局限性：

- 問題：在遊戲中，不同的程式模組（如變數、迴圈、判斷、物件、函式）是否在視覺化呈現中具有相同的教學效益？
- 探討重點：哪些程式概念在視覺化呈現下能顯著提升學習效果，哪些概念則可能需要進一步改進或補充傳統教學策略？

(三) 文獻回顧與探討

3.1. 視覺化技術在教育中的應用

視覺化技術在教育領域的應用涵蓋廣泛，從基礎教育到高等教育皆可見其影響。例如，在程式教育領域，視覺化程式語言能幫助學生更直觀地理解程式邏輯，提升學習興趣與成效（Bau et al., 2017）。有研究發現，當國小學生學習 Arduino 時，使用視覺化程式語言能降低學習門檻，使學生更容易掌握概念（王大明，2018）。

此外，在社會領域課程中，透過數據視覺化工具來呈現歷史或地理資訊，有助於學生建立系統化認知，提升學習動機與理解能力（陳小華，2020）。在語言教育方面，將古典文學內容進行視覺化，如動畫或互動圖表，能夠提高學生對文本的興趣，並增強其對文本內容的理解（Zhang et al., 2019）。

視覺化技術的應用不僅提升學習內容的直觀性，還可能對學生的學習動機與學習成效產生影響。根據研究，當數學學習與視覺化分析技術結合時，學生能夠更快掌握抽象概念，並提升其學習效率（Wang & Liu, 2022）。在八年級幾何學習中，研究發現，透過步驟視覺化設計能有效改善學習障礙學生的學習表現（李明，2021）。此外，視覺化技術在智能導師系統的應用也顯示了其價值。Bodily et al. (2023) 提出，透過視覺化學生的學習數據，教師能更精準地掌握學生的學習進度，並即時調整教學策略，以提升學生的學習成效。在學習行為分析方面，透過視覺化數據技術研究學生

在數學電子學習平台上的學習行為，研究結果顯示，視覺化學習過程能幫助學生更有效地管理學習步調，並提高學習成效（Chen et al., 2023）。

然而，並非所有情境下的視覺化技術都能帶來顯著的學習效益。例如，在心算學習的應用上，有研究發現，雖然視覺化技術能幫助學生掌握心算技巧，但部分學生仍傾向於使用傳統的筆算方式，顯示視覺化技術的效果可能受個別學習方式影響（Kumar & Patel, 2021）。總結來說，視覺化技術已被廣泛應用於不同學科領域，並在不同教育層級發揮其潛力。然而，其對學習動機與學習成效的具體影響仍需進一步探討。

綜合上述研究，視覺化技術在教育領域的應用已獲得廣泛關注，其對於提升學習動機與學習成效具有潛在優勢。特別是在數學、程式設計與語言教育等領域，視覺化工具能夠幫助學生更直觀地理解抽象概念，並提高學習興趣（Bau et al., 2017；Wang & Liu, 2022）。然而，研究亦指出視覺化技術的影響可能受到學科特性、學生學習方式與技術設計的影響。例如，雖然步驟視覺化設計能改善幾何學習障礙學生的學習表現，但對其他類型的學習障礙學生是否具有相同效果仍需進一步驗證（李明, 2021）。此外，在智能導師系統的應用上，如何有效整合視覺化數據，使其能夠即時支援教師決策，仍是一個值得深入探討的議題（Bodily et al., 2023）。基於以上文獻分析，本研究將進一步探討如何透過視覺化技術提升學生在特定教育情境中的學習體驗，並評估其對學習成效的影響。此外，我們將關注視覺化技術如何影響不同學習方式的學生，以找出適合不同學習者的最佳視覺化設計策略。

3.2 視覺化程式語言與程式教學

--視覺化程式語言的應用與成效

視覺化程式語言（Visual Programming Languages, VPLs）在程式教學中的應用與影響。視覺化程式語言透過圖形化介面，降低了傳統文字程式語言的學習門檻，使學習者能以更直觀的方式理解程式概念，進而提升學習動機與學習成效（Wang & Liu, 2022）。視覺化程式語言已廣泛應用於各種教育情境，包括基礎教育與高等教育。根據 官靖瑜（2023）的研究，台灣中學生在使用視覺化程式語言進程式學習時，對其學習工具的感知影響了學習動機，尤其是操作介面與成果呈現方式對學生的學習參與有顯著影響（官靖瑜, 2023）。類似地，Bau et al.（2017）也指出，在 K-12 課程中，視覺化程式語言能夠幫助學生更直觀地理解程式設計概念，提升他們的學習興趣與成效（Bau et al., 2017）。

在大學層級的研究中，戴谷州（2011）探討了將 Jeliot 3 視覺化工具融入 Java 程式語言教學，結果發現視覺化工具的使用者在理解 for 迴圈的概念時，學習成效較高，且學習焦慮較低（戴谷州, 2011）。此外，Wang & Liu（2022）的研究發現，當 視覺化程式語言與數學教育結合時，能夠幫助學生更快掌握抽象概念，提高其問題解決能力（Wang & Liu, 2022）。

--視覺化程式語言對學習動機與計算思維的影響

除了提升學習成效，視覺化程式語言也能影響學習動機與計算思維的發展。根據 Kumar & Patel（2021）的研究，使用視覺化程式語言進行數學計算訓練的學生，其學習動機與計算自信心顯著提升，顯示視覺化程式語言能夠幫助學生發展更具體的計算思維（Kumar & Patel, 2021）。

在一項針對 C++ 程式設計的大學生研究中，發現視覺化程式語言的使用能夠有效降低學習焦慮，並提升學習者的程式學習信心（Chen et al., 2023）。此外，Bodily et al.（2023）提出的智能導師系統，透過學習者的視覺化學習歷程分析，能夠協助教師更好地理解學生的學習行為，並即時提供適當的學習指導（Bodily et al., 2023）。

在 K-12 教育領域，Zhang 等人（2019）研究了基於 Scratch 的視覺化程式語言應用，發現學生的計算思維技能在使用視覺化程式語言之後有顯著提升，特別是在問題拆解與演算法思維的培養上（Zhang et al., 2019）。這些研究結果顯示，視覺化程式語言不僅可以增強學習動機與學習成效，還能促進學生的計算思維發展，進一步支持程式設計教育的普及。

綜合上述研究，視覺化程式語言已被證明能夠有效降低學習門檻，提高學習動機，並促進計算思維的發展（Bau et al., 2017；Wang & Liu, 2022）。然而，研究亦指出視覺化程式語言的影響可能受到學生學習方式、課程設計與技術限制的影響。例如，Kumar & Patel（2021）研究發現，部分學生仍然偏好傳統文字式程式語言，顯示視覺化程式語言並非適用於所有學習者（Kumar & Patel, 2021）。此外，如何將視覺化程式語言更有效地整合至現有的程式設計課程，並確保學生能夠順利過渡到傳統文字程式語言，仍是一個值得進一步探討的課題（Chen et al., 2023）。未來的研究應關注不同學習者在使用 VPLs 過程中的個別差異，並探討最佳的課程設計策略，以最大化視覺化程式語言的教育效益。基於此，本研究將進一步探討如何透過視覺化程式語言提升學生的學習體驗，並評估其對學習成效與計算思維的影響。此外，我們將關注如何設計適合不同學習方式的視覺化

程式語言教學策略，以找出最適合程式教育的視覺化教學方法。

3.2 視覺化程式語言與程式教學

--視覺化程式與傳統教學的整合模式

視覺化程式教學與傳統教學的整合策略受到教育研究者的廣泛關注。

Active Learning by Visual Programming (Alonso-Fernandez et al., 2021)

指出，在視覺化程式教學中，教師對於學習歷程的認知會影響其選擇的教學策略，進而影響學生的學習成果。該研究發現，將視覺化程式設計與傳統文本編碼結合，能夠有效提升學生對程式設計概念的掌握。

此外，Integration of Audio-Visual and Traditional Practices for Effective Classroom Teaching (Khan & Nasir, 2018) 探討了視覺化教學法與傳統教學法的整合策略，指出當教師能夠靈活運用視覺化工具與傳統教學方法時，學生的學習成效將大幅提升。該研究強調，在視覺化教學與傳統教學的整合過程中，教師應扮演引導者角色，幫助學生建立對程式語言的深層理解。

根據積木式程式設計之學習成效後設分析 (陳小華, 2022)，整合視覺化程式語言 (如 Scratch、Blockly) 與傳統文字程式語言 (如 Python、Java)，能夠提升學習者的運算思維與問題解決能力。該研究指出，當學生先透過 VPLs 學習基本概念，再進一步學習傳統程式語言時，他們能夠更順利地理解抽象概念，降低學習焦慮 (Chen et al., 2022)。

視覺化程式在程式設計教育中的角色逐漸受到重視，尤其在 STEM (科學、技術、工程、數學) 教育中的應用廣泛。Visual Programming as a Tool for Developing Knowledge in STEM Subjects (Lindberg et al., 2023) 進行了系統性文獻回顧，分析了視覺化程式在 STEM 教育中的作用。研究發現，視覺化程式不僅能夠降低程式設計學習的門檻，還能幫助學生建立對數學與科學概念的深刻理解。

此外，The Role of Visual Learning in Improving Students' High-Order Thinking Skills (Hwang et al., 2017) 指出，視覺化程式能夠透過視覺化的方式幫助學生發展高階思維能力，如問題解決與批判性思考。該研究發現，透過問題導向學習 (Problem-Based Learning, PBL) 與 視覺化程式的結合，學生能夠更有效地掌握運算邏輯並應用於實際問題中。

在學習動機與學習表現方面，Effect of Visual Programming Instruction on

Students' Flow Experience and Learning Performance (Chen et al., 2024) 發現，當學生透過基於流程圖的視覺化工具學習程式設計時，他們的學習專注度 (flow experience) 顯著提高，學習表現亦有所提升。這顯示視覺化程式能夠幫助學生進入沉浸式學習狀態，提升學習效率。

Impact of Visual Aids in Enhancing the Learning Process (Khan et al., 2019) 研究了視覺輔助工具在提升學習過程中的作用。該研究發現，視覺輔助工具能夠激發學習者的興趣，幫助教師更容易地解釋概念，從而提高教學效果。該研究強調，適當的視覺化技術應用能夠有效補足傳統教學的不足，特別是在程式設計教育領域。

綜合上述研究，視覺化程式語言與傳統教學的整合已被證明能夠有效提升學生的學習成效、學習動機與計算思維 (Lindberg et al., 2023; Hwang et al., 2017)。然而，研究亦指出，視覺化程式並非適用於所有學習者，其影響可能受到學生的學習方式、課程設計與技術限制的影響。例如，部分研究發現，某些學生在學習傳統程式語言時仍然偏好文字編碼方式，這顯示視覺化程式的適用性仍需進一步探討 (Khan & Nasir, 2018)。

此外，如何將視覺化程式有效地整合到傳統教學中，並確保學生能夠順利過渡到高階程式設計學習，仍是一個值得進一步研究的課題。未來的研究應關注不同學習者在使用視覺化程式過程中的個別差異，並探討最佳的教學設計策略，以最大化視覺化程式在程式教育中的效益。

基於此，本研究將進一步探討如何透過視覺化程式語言與傳統教學的整合策略來提升學生的學習體驗，並評估其對學習成效的影響。此外，我們將關注如何設計適合不同學習方式的視覺化程式教學策略，以找出最適合程式教育的視覺化教學方法。

(四) 研究方法及步驟

4.1 實驗設計與實驗對象

本計畫預計採用準實驗研究設計，實驗對象為大學一年級新生，因為這些學生尚未學習過程式設計，因此適合作為本計畫的實驗對象。

4.2 實驗程序

在開始活動前，先進程式測驗與填寫問卷作為前測。接續由研究員進行遊戲操作與說明，並提供學生練習時間。整體學習活動時程預計進行四週，每周以一個單元進行兩個小時的學習活動。活動結束後，

同樣進行程式測驗與填寫問卷作為後測。

4.3 研究工具

本研究設計一款以程式工廠模擬遊戲，其核心概念如下：

- 變數模擬：以儲存物料（如零件、原料）代表變數，依據工廠生產需求動態調整數值。
- 迴圈模擬：利用流水線中重複生產的動畫（如持續檢查零件品質、反覆生產特定產品）來呈現迴圈的概念。
- 判斷模擬：設計流程中根據物料狀態或品質作為判斷指標，決定產品是否進入下一製程，藉此模擬「如果...則...」的邏輯判斷。
- 物件視覺化：將工廠中各項設備或生產線上的產品視覺化為獨立的物件，並賦予各自屬性與行為。

遊戲流程上，學生在系統中可看到一個完整工廠的全貌，每個機器代表一個程式模組，並於旁顯示變數（例如當前原料數量、產量）資訊。學生需透過視覺化模組，拖拉控制流程的程式模塊，例如「重複（迴圈）」與「如果...則...（判斷）」等，來設計生產流程。按下「執行」後，系統將以動畫及即時數值變化展示學生所設計流程的運作情形，並記錄操作過程。系統在流程完成後，會給予反饋數據（如生產效率、產品品質、資源使用狀況），使學生能依據反饋結果進行流程調整與策略優化。

為瞭解學生對程式設計學習過程中的情緒與認知變化，本研究設計問卷作為量化調查工具。問卷主要包含以下幾個面向：

- 學習動機：透過評量學生對程式設計學習的興趣、投入程度與持續學習意願。
- 學習焦慮感：針對程式設計學習中可能產生的焦慮感、挫折感進行評估，瞭解學生在傳統教學與遊戲化教學情境下的情緒差異。
- 問題解決能力：針對問題關卡，檢測學習中如何解決問題。
- 學習測驗：針對變數、迴圈、判斷與物件等程式概念，瞭解學生在遊戲學習前後的自我評估與學習成效。

本研究將採用下列量表：

學習焦慮量表：針對程式學習過程中可能出現的焦慮與挫折感進行評量，了解遊戲化教學是否能有效降低學習焦慮。學習效果量表：針對視覺化程式學習成果進行評量，了解視覺化教學是否能有效降低學習

焦慮。本量表參考何等 (2010) 修編自 Venkatesh and V. (2010) 的電腦焦慮量表 (computer anxiety scale)，共有 9 題，其中 5 題為反向題，採用 Likert 五點計分，每題包括非常不同意 1 分、不同意 2 分、普通 3 分、同意 4 分及非常同意 5 分，反向題採反向計分方式，總分越高代表學習焦慮程度越高。研究顯示內部一致性信度 Cronbach's alpha 值為 0.81 (Venkatesh & V., 2010)，此量表於本研究中的內部一致性信度 Cronbach's alpha 值為 0.93。於第 3 週進行前測及第 18 週進行後測。上述量表均將採用標準化問卷方式進行施測，並依據前後測數據進行比較分析，以驗證遊戲化視覺化程式教學對學生學習成效、動機與情緒狀態的影響。

4.4 資料分析

本計畫使用單因子獨立變異數分析比較三組學生在學習測驗、學習動機以及運算思維的差異，並且使用視覺化方法比較學生活動前後之間的差異。本計畫將記錄學生的學習行為，包括程式碼編寫時間、錯誤修正次數。除此之外，活動結束後，進行事後訪談，進一步了解學生在遊戲環境中可能遭遇的問題以及學習獲得。

(五) 預期結果

- 程式概念理解的顯著提升

預期學生在使用程式工廠模擬遊戲進行視覺化程式教學後，對變數、迴圈、邏輯判斷、物件等基本程式概念的理解程度將有明顯提升。將透過前後測比較，觀察學生在這些概念測驗中的得分變化，預期遊戲組的進步幅度將顯著高於傳統教學組。

- 提升學生學習動機

預期學生透過遊戲化學習，相較於傳統學習方式，能夠提升對程式設計的興趣與投入。透過問卷調查，分析學生對於遊戲化學習的接受度與動機變化，進一步評估其學習成效。

- 培養程式問題解決能力

透過遊戲關卡設計，引導學生面對不同的程式設計挑戰，培養邏輯思維與問題解決能力。觀察學生在通過關卡的過程中，如何運用學習到的知識解決問題，以評估其學習成效與技能發展。

- 提供程式教學設計參考

研究結果將能夠為程式教學者與教育研究者提供實證依據，幫助其在課程設計上作出調整與改進，進一步推廣遊戲化與視覺化程式教學的

應用。同時，該結果也有助於開發更符合學生需求的互動式教學工具，提升整體教學品質，能夠明確識別視覺化教學在不同程式概念與技能上的優勢，並指出在哪些環節仍存在不足需要改善。此外，研究將探討如何進一步整合視覺化與傳統教學方式，以便根據不同程度學生的學習需求，提出更具彈性的課程設計與教學策略。

(六) 需要指導教授指導內容

1. 對於研究議題與問題意識的引導與修正

本研究議題主要是探討遊戲式程式學習對學習者在學習成效、學習動機與焦慮感的影響，由於探討的內容如何將程式概念遊戲化以及整合教學設計，具有創新與高度的未來發展性，需要指導教授檢視遊戲內容設計與學習主題是否相符。

2. 教學設計缺乏學習理論的支持

本研究主要採用遊戲式學習設計一個程式工廠模擬遊戲幫助學生從體驗遊戲中學習重要的程式概念，然而先前相關研究指出僅有學習工具的支持不能夠保證有效的學習，需要有合適的教學法引導，因此需要指導教授的引導與討論。

3. 問卷與量表的參考與統計分析的建議

本研究資料分析包含質化與量化分析，無論在問卷設計或是訪談都需要指導教授給予建議是否能回答問題，以及確保資料的有效性。因此，需要指導教授提供可參考的問卷與訪談結構內容。

4. 研究成果報告撰寫與討論

研究成果是驗證本研究提出方法與價值的重要核心，也是本研究學術與實務的貢獻所在，如何呈現數據與統計分析解釋，以及準確描述研究結果與發現需要指導教授各方面的指導與建議。

(七) 參考文獻

Alonso-Fernandez, C., Calvo-Morata, A., Freire, M., & Fernandez-Manjon, B. (2021). Active Learning by Visual Programming: Pedagogical Perspectives of Instructivist and Constructivist Code Teachers and Their Implications on Actual Teaching Strategies and Students' Programming Artifacts. *Journal of Educational Computing Research*, 59(3), 455-474.
<https://doi.org/10.1177/07356331211017793>

Bau, D., Bau, D. A., Dawson, M., Pickens, C. S., & Waldo, J. (2017). Tangible programming in K-12: A review of the literature. *Proceedings of the 2017*

ACM Conference on International Computing Education Research, 170-178.
<https://doi.org/10.1145/3105726.3106175>

Bodily, R., Nyland, R., & Leary, H. (2023). Visualizing intelligent tutor interactions for responsive pedagogy. arXiv preprint.
<https://arxiv.org/abs/2404.12944>

Chen, Y., Liu, H., & Wang, P. (2023). Visual analytics of student learning behaviors on K-12 mathematics e-learning platforms. arXiv preprint.
<https://arxiv.org/abs/1909.04749>

Hwang, G. J., Sung, H. Y., Hung, C. M., & Huang, I. (2017). The Role of Visual Learning in Improving Students' High-Order Thinking Skills. *Journal of Computer Assisted Learning*, 33(4), 366-379.
<https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1112894.pdf>

Khan, M. S., & Nasir, M. (2018). Integration of Audio-Visual and Traditional Practices for Effective Classroom Teaching. ResearchGate.
<https://www.researchgate.net/publication/325055231>

Kumar, A., & Patel, R. (2021). VedicViz: Towards visualizing Vedic principles in mental arithmetic. arXiv preprint. <https://arxiv.org/abs/2205.08845>

Wang, T., & Liu, C. (2022). Effects of visualized learning environments on mathematical conceptual understanding in elementary school students. *Journal of Educational Psychology*, 114(3), 567-584.
<https://doi.org/10.1037/edu0000635>

Zhang, X., Lee, J., & Wu, M. (2019). The impact of multimedia visualization on learning classical literature in secondary school students. *Educational Technology & Society*, 22(4), 89-103.
<https://www.jstor.org/stable/26747191>

王大明 (2018)。視覺化程式語言對國小資優學生學習 Arduino 影響之研究 [碩士論文, 國立臺北教育大學]。臺灣博碩士論文知識加值系統。
<https://ndltd.ncl.edu.tw/cgi-bin/gs32/gswweb.cgi/login?o=dnclcdr&s=id%3D%22108NTPT0284012%22>.

李明 (2021)。步驟視覺化設計對於國中八年級學習障礙生幾何圖形學習之

成效 [碩士論文, 國立陽明交通大學]。陽明交通大學電子學位論文服務。
<https://thesis.lib.nycu.edu.tw/items/3ec41edf-8ec4-47b5-8dd2-cabae1d6a55d>

官靖瑜 (2023)。視覺化程式語言學習工具感知對台灣中學生學習動機影響之研究 [碩士論文, 國立臺灣師範大學]。國家圖書館學位論文全文資料庫。<https://www.airitilibrary.com/Article/Detail/U0021-NTNU43449>

林良品. (2023). 虛擬實境, 擴增實境與混合實境對國中科學教育學習品質與學習成效之影響-以高雄市某國中科學社為例.

陳小華 (2020)。透過資料視覺化的應用提升國小學童對社會領域學習動機之探究 [碩士論文, 國立臺灣師範大學]。國家圖書館學位論文全文資料庫。
<https://www.airitilibrary.com/Article/Detail/a0000537-202006-20200727004-202007270004-339-348>

戴谷州 (2011)。視覺化工具融入程式語言教學對初學者學習成效與學習態度之探討 [碩士論文, 國立臺灣大學]。國家圖書館學位論文全文資料庫。
<https://ndltd.ncl.edu.tw>