

從遊戲中學習：基於 ChatGPT 支援開發的行動式嚴肅遊戲促進國小學童永續數位素養與 AI 遊戲自我效能

Abstract

在數位時代，網路安全教育是培養永續數位素養的關鍵。然而，現有教學方式多聚焦於資訊素養與基礎知識，對永續數位素養技能的培養相對不足。為填補此缺口，本研究開發了一款針對國小學童的網路安全教育遊戲，結合 ChatGPT 作為內容生成的輔助工具，透過 prompt 生成初步的遊戲情節與學習素材，並經人工優化以確保教育性與吸引力。模擬遊戲多樣化的網路攻擊情境，引導學生識別威脅、採取應對措施，強化知識應用能力，提升其網路安全認知與永續數位素養技能。本研究採用準實驗設計，依據是否導入 ChatGPT 的行動嚴肅遊戲學習進行分組，並測量學生的永續數位素養技能及 AI 遊戲自我效能。結果顯示，基於生成式 AI 的遊戲化學習，學生能主動建構網路安全知識，並提高學習興趣和參與度，以達永續學習之目的。未來研究可探索不同遊戲類型與 AI 技術在個性化學習體驗中的應用，以全面提升學生的永續數位技能及數位時代競爭力。

關鍵字：行動嚴肅遊戲、網路安全教育、永續數位素養、遊戲自我效能、生成式 AI

Keywords：Mobile Serious Games, Cybersecurity Education, Sustainable Digital Literacy, Gameplay Self-Efficacy, Generative artificial intelligence

1.Introduction

在現代教育中，無論是傳授大量知識訊息，還是培養學生在特定學科領域的實踐技能，遊戲和遊戲化技術的應用越來越受到重視。遊戲化教學需構建一個具有自身規則的特殊現實模型，如角色扮演遊戲、模擬商業運營遊戲、組織活動模擬遊戲等，以達成教學目標。這種教學方法基於遊戲化學習(Game-Based Learning, GBL)(Plass et al., 2015; Qian & Clark, 2016)、模擬遊戲(simulation gaming)(Crookall, 2010)和移動學習(mobile learning)(Jahnke et al., 2020)的研究背景，將正規與非正規教育聯繫起來，並在課堂與現實世界之間架起橋梁(Alam, 2022)。然而，過去的研究發現，將社交網站(SNS)納入課堂的嘗試多僅限於教師個人層面，未能在機構層面推廣(Alam, 2022; Gumbheer et al., 2022)，並且在實驗過程中產生了諸多問題。首先，雖然移動設備具備通信和協作功能，但真正能夠帶來協作性和參與性的是人與人之間的互動，而非僅依賴媒體或設備本身(Shirky, 2014)。其次，目前多數課堂技術應用模式仍被傳統的訊息驅動模式所主導，難以實現新媒體和新工具所帶來的知識生產及建構(Alam, 2021; Alam, 2022)。最後，教育者在這方面的理論建樹和實踐探索仍顯不足，如何幫助在職教師開發移動學習經驗，如何利用移動資源促進教師專業發展，這些都還有待進一步研究和實踐(Yıldız et al., 2020)。

為了實現新媒體和新工具所帶來的協作式學習和知識生產的願景，教育理念和規則的根本性轉變是關鍵，從教育決策者到教育者，都需要接受相應的再教育，建立以學生為中心、

促進協作的創新教學方式。Bawa(2020)指出，與傳統教學方法相比，基於數位遊戲的學習方法可以提高學習效果和學習者的參與度。與純娛樂遊戲不同，以教學為導向的遊戲有明確的教學目標和相應的教學成果(Askarova & Jabborova, 2020)。社會學習理論認為，人們通過觀察和彼此互動從環境中學習。這一理論可應用於設計嚴肅遊戲中，提供社會觀察機會(Jeen et al., 2007)與角色模範(Fuchslocher et al., 2011)。建構主義學習理論認為學習是主動建構知識的過程，而非被動獲取知識，教學應支持這種建構過程(Duffy, 1996)。在社會建構主義框架內，學習是一個複雜的過程，涉及學習者的發展變化、所使用的工具、所開展的活動、知識互動以及個人的學習觀念(Cole, 1998; Ligorio, 2010; Vermunt & Verloop, 1999)。這些理論框架為開發網絡安全行動式嚴肅遊戲提供了堅實的基礎，旨在促進高階思維與永續資訊素養能力。

先前的 COVID-19 疫情極大地改變了我們的工作和生活方式，使其朝著使用信息與傳播技術和互聯網的方向發展(Ratten, 2020)。然而，普遍缺乏相關的數位素養培訓，這影響了使用信息與通信技術等互聯網相關技能、批判性思維相關的學習和工作成果(Ing et al., 2020)。Nyikes(2018)指出，約有 17% 的年輕人達不到基本的數位素養要求，需要在短期內提高。若不進行適當的數位素養培訓，在處理工作與學習任務時所依賴的互聯網或信息與傳播技術，會在使用在線資訊、信息、開放數據、不確定應用程序時帶來更多風險。教育工作者也認為，計算思維的相關方面(如數學、統計、數據分析、批判性思維)都與數位素養相關，並被視為當前台灣的教育目標(Gretter & Yadav, 2016)。計算思維和批判性思維的目標不僅影響生產力，也影響個人和組織發展的可持續性(Easterbrook, 2014)。當今世界的發展主要歸功於近年來的技術進步，訊息和通信技術(ICTs)以前所未有的速度讓用戶的生活變得更加便捷和自由(Kabakci et al., 2010; Rogers et al., 2014; Caldwell, 2018)。然而，這些技術的使用者也面臨著一些風險(Pomasunco & Orosco, 2020; Chen & He, 2013)，如網絡成癮、訊息竊取、個人訊息暴露等(Alexei et al., 2021; Sikder et al., 2019)。網絡安全教育的目的是教育技術用戶在使用社交媒體、在線遊戲、電子郵件和即時訊息等網絡通信工具時所面臨的潛在風險。雖然過去在不同領域開展了許多關於網絡安全的研究，但較少研究關注於如何為學校培養網絡安全意識(Rahman et al., 2020)。

隨著社會、市場和技術的不斷創新，兒童對互聯網的使用也在快速變化。兒童頻繁接觸線上影片、音樂、遊戲、訊息傳遞和搜索，意味著他們對互聯網的使用總體上是積極的(OfCom, 2016)。然而，過度使用互聯網可能會導致網絡風險，例如網絡成癮、遊戲和賭博成癮、網絡性愛、色情和個人訊息暴露(Annansingh & Veli, 2016; Hamid & Rahman, 2018; Griffiths & Kuss, 2015)。針對兒童和青少年的網絡犯罪是家長關注的問題(Rahman et al., 2020)，但他們經常沒有意識到自己的孩子是網絡犯罪的受害者，也並不知道他們的孩子在網絡空間進行的活動(Ahmad et al., 2018)。這使得網絡安全教育成為一項迫切且重要的任務。在這樣的背景下，本研究開發行動式嚴肅遊戲以促進小學生的高階思維能力和資訊素養，成為一種創新且有效的教學手段。嚴肅遊戲是一種將遊戲的娛樂性與教育性結合在一起的工具，旨在通過遊戲化的學習過程達到教育目標。這種方法不僅能夠吸引學童的注意力，還能通過互動和模擬，讓他們在愉快的體驗中學習和掌握網絡安全知識。讓學童在遊戲過程中面臨各種虛擬的網絡威脅，通過解決這些問題，學童不僅能夠學習到相關的安全知識，還

能培養他們分析問題、制定策略和執行解決方案的能力。總結來說，在當今數位化和信息化的社會中，網絡安全教育對於小學生來說至關重要。通過開發行動式嚴肅遊戲，不僅能夠促進學童的思維能力，幫助他們應對未來可能遇到的各種網絡威脅，還能夠提高他們的資訊素養，養成健康、安全的網絡使用習慣。這樣的創新教育手段，有助於形成一個更安全和信息化的社會環境，為下一代的成長和發展提供更堅實的保障。數位遊戲式學習主要有兩種方式。第一種是重新利用現有的教育遊戲，但顯然存在諸多局限性，遊戲的內容可能與自身課程不太匹配，遊戲的娛樂性也可能對教育過程產生不利影響(Keller et al, 2024)。因此本研將根據教學內容主題進行設計開發。既能準確傳遞學習內容、實現預期教學目標，又能在不同遊戲元素間取得必要的平衡(Zhao, 2024)。故針對本研究，我們提出下問題：

1. 本研究所開發之遊戲使否能促進學生永續資訊素養技能？
2. 透過本研究所開發的遊戲，學生的 AI 遊戲自我效能是否能提升感知價值？
3. 生成式 AI 輔助的學習成效是否能提升學生對永續資訊素養技能的掌握與應用能力？

2.Literature review

2.1 移動學習上的嚴肅遊戲

Serious Games on Mobile learning

Sotamaa (2007) 將嚴肅遊戲定義為受一系列既定規則支配的活動，玩家在遊戲過程中必須遵守這些規則，以克服特定挑戰並實現特定目標。在教育方法中，嚴肅遊戲以吸引人的方式向學習者傳授知識和經驗 (Damaševičius, 2014)。實施嚴肅遊戲導致了教育遊戲化，被認為對學習者具有吸引力和參與性 (Subhash & Cudney, 2018)。這些遊戲將原本用於娛樂的視頻遊戲技術重新用於更嚴肅的目的，如教育、培訓、生產力、國防和廣告。將教育內容體現在遊戲中，使學習既有意義又令人愉悅，從而提高了學習者的內在動力和參與度 (Kaczmarczyk et al., 2016)。Mostafa & Faragallah (2019) 認為嚴肅遊戲是一種交互式計算機應用程序，無論是否有重要的電子設備，都具有挑戰性的目標。這些遊戲有趣且引人入勝，通常包含計分概念；它們向用戶傳授可應用於現實世界的技能、知識或態度。教育遊戲是嚴肅遊戲的一個分支，Vargas et al. (2014) 指出，超過 60% 的嚴肅遊戲具有教育意義。與傳統教學方法不同，遊戲為學習者提供了一個虛擬空間，在這個空間里可以練習並積極參與學習主題，而不會受到正規學習相關的壓力 (Zeng et al., 2020)。遊戲對學生產生強烈的情感影響，並幫助他們形成多種技能和能力，如交流技能、小組合作能力、決策能力及自我負責能力。將教育遊戲化旨在使必要的常規教學內容更加生動有趣，作為傳統教育形式的有益補充。它有助於激發學習者的學習熱情，在實踐中更好地實施基於協作的學習方式 (Plaуска & Damaševičius, 2014)。

學習是一個將學習者先前經驗與新知識相聯系的互動過程 (Hauge et al., 2017)。與其他教學方法相比，嚴肅遊戲因其趣味性元素而具有競爭優勢。一款設計良好、成功的嚴肅遊戲會促使學習者更有效地投入學習過程，因為遊戲過程能夠帶來其他教學方式所沒有的娛樂價

值。嚴肅遊戲通過逐步培養學習者的情境理解能力，從而加強學習效果 (Kaczmarczyk et al., 2016)。在許多情況下，嚴肅遊戲可以增強玩家的遊戲和學習動機 (Gros, 2007)。這些遊戲吸引玩家投入更多時間參與學習。在遊戲過程中，參與者會通過感官去體驗，注意力更加集中，對完成規定活動的主動性也更高，從而有效地豐富了學習體驗。Delgado et al. (2019) 的研究指出，數位遊戲對學習者很有吸引力，在學習環境中，數字遊戲可以作為基於塊的遊戲或遊戲模擬器來培養學習者解決問題的能力。在教育領域利用數字遊戲有一個特殊方面，即體感遊戲系統，這些系統旨在通過身體動作與遊戲進行互動 (Hung et al., 2018)。Kosmas et al. (2018) 也展示了如何通過體感技術在針對有特殊教育需求的學習者的教學中，增強體現式學習的能力。體現式學習指的是一種關注學習中非心理因素的教學方法，重點在於身體信號和感受。通過不同的學習形式，學習者可以培養新的技能。

大量研究論文介紹了嚴肅遊戲在促進學習習得和提高學習動機方面帶來的積極學習成果 (Wouters et al., 2013)。許多學者提出，採用基於遊戲的學習教學方法，可以更有效地傳授知識，尤其是在數學和信息等學科領域 (Kalmpourtzis, 2018)。另有研究結果表明，基於肢體動作的遊戲可以發揮作用，並通過加強學習過程來促進學習者的健康 (Hung et al., 2018; Sapounidis et al., 2019)。Gao and Mandryk (2012) 的研究顯示，基於動作的遊戲系統可以改善遊戲學習者的認知和身體健康。Orji et al. (2013) 在嚴肅遊戲中使用動作捕捉傳感器做出了貢獻。一些研究使用 Kinect 體感遊戲，以學習者為中心，以發展認知、運動和學術技能為基本目標，取得了更好的學習效果 (Kosmas et al., 2018; Kourakli et al., 2017)。除了學習方面的益處，人們還在此類遊戲的設計方面做了大量工作。例如，多層次方法有助於遊戲設計過程，通過讓參與遊戲設計和遊戲體驗的個人作為一個團隊協作，來評估嚴肅遊戲 (Slimani et al., 2016)。強調合作框架以提高設計者和玩家的參與度，促進嚴肅遊戲設計中的研究分析 (Slimani et al., 2016)。具體而言，在嚴肅遊戲的設計階段，遊戲設計者、程序員、藝術家及其他在特定領域具有專長的人需要通力合作，共同創造出一款有吸引力的計算機學習遊戲 (Slimani et al., 2016; Mildner & 'Floyd' Mueller, 2016)。然而，在基於遊戲的學習環境中實施評估仍然存在一定挑戰。

過去十年的研究中採用了多種評估方法，如在遊戲過程中進行外部測量和記錄遊戲數據，或在非遊戲環境中使用其他遊戲行為測試等 (Triantafyllou & Georgiadis, 2022; Richey et al., 2021; Zafeiropoulou et al., 2021)。對於嚴肅遊戲，一些需仔細考慮的基本層面包括：遊戲設計、遊戲玩法和獲得的體驗。此外，當完成各種學習任務時，遊戲參與者（設計者、玩家和專家）需為學習者提供視覺支持 (Slimani et al., 2016)。根據自主決定理論，個體行為動機主要源於三種基本需求：自主性需求、能力需求和關聯需求 (Ryan et al., 2000)。自主性需求指學生在學習過程中應當擁有自主選擇的機會；能力需求體現了學生創造有效行為的需求；關聯需求則強調同伴間有意義互動的重要性 (Wang et al., 2019)。未來研究應進一步探索如何在基於遊戲的學習環境中，實現滿足這三種需求的評估方法，以促進學生的真正學習進步。行動式嚴肅遊戲具有高度的互動性和靈活性，能夠隨時隨地進行學習。這種學習方式特別適合現代學童的生活方式。無論是在家中、學校還是公共場所，只要有移動設備和網絡連接，學童就能夠參與到遊戲中來。這不僅提高了學習的便利性，也增加了學童的參與度和學習興

趣。通過持續不斷的互動和練習，學童能夠鞏固所學知識，並在實際生活中應用，從而達到長期效果。

2.2 生成式 AI 在遊戲設計中的創新與挑戰

生成式 AI 正逐漸成為遊戲設計的重要驅動力，為遊戲開發帶來技術創新和文化影響。

「Procedural Authorship」的概念由 Murray (1998) 提出，將遊戲製作視為一種文化創作形式，而非單純的技術操作。隨著生成式 AI 技術的崛起，自動生成成為遊戲設計的重要方法之一，不僅能揭示設計過程中的隱性知識 (Nelson & Mateas, 2007)，還能通過演算法反映人類的設計思維。例如，Togelius & Schmidhuber (2008) 提出的「人工好奇心理論」與「靜態與動態的樂趣理論」闡明了 AI 如何促進遊戲設計中的創新。生成式 AI 能即時調整遊戲場景、NPC 行為和物件互動，降低對預設劇本的依賴，提供更動態的遊戲體驗。Stable Diffusion 等圖像生成技術支持用戶創建個性化 3D 模型，而工具如 Ludo AI 和 Modl.ai 則能優化遊戲測試流程，提升玩家體驗與策略發掘。NVIDIA 的 GameGAN 系統更挑戰了傳統遊戲引擎的必要性，生成式 AI 不僅改善遊戲開發效率還能應用於工業機器人訓練和無人駕駛汽車模擬器等開發，重新定義了遊戲開發的結構(Werning, 2024)。

然而，生成式 AI 的應用也引發了一些情感反饋和文化討論。當 ChatGPT、MarioGPT 等生成式 AI 被引入遊戲設計時，玩家往往產生強烈的情緒反應，這可以歸為「興奮」與「焦慮」兩種主要體驗。一方面，興奮源於生成式 AI 提升遊戲創作潛力的可能性，例如透過文本提示生成無限關卡的 MarioGPT，讓遊戲設計更加靈活。另一方面，過度依賴自動生成引發了對創意流失和職業安全的擔憂，一些人更支持傳統關卡設計師的手工創作，批評 AI 生成可能導致內容公式化。這種「無意識的強度體驗」(Shouse, 2005)不僅反映了玩家對技術的直觀感受，也折射出對社會現實與技術變革的期待和矛盾。目前對生成式 AI 的研究多集中於技術應用與實踐案例。例如，Diaz et al. (2019) 探討了如何利用互動式 AI 優化基於感測器的節奏遊戲控制器，而 Edwards et al. (2021) 強調生成式 AI 在內容生成、平衡調整和敵人行為設計上的潛力。然而生成式 AI 的影響應超越技術新穎性，置於更廣泛的文化脈絡中理解其在遊戲創作中的角色。多模態 AI 技術進一步擴展了生成式 AI 的應用邊界，允許更豐富的內容形式及即時反饋，從而重塑遊戲設計和內容製作流程。

生成式 AI 不僅革新了遊戲設計，還與數位素養教育緊密結合。通過即時內容生成與個性化學習體驗，AI 能幫助學習者在動態互動中掌握數位技能。數位素養強調在數位環境中搜尋、評估與整合資訊的能力，而遊戲化設計則有效激發學習動機，促進知識內化和應用，還可以在多種上下文中生成內容，滿足多樣需求，並促進消除開發障礙，增強人類的理解力和創造力 (Guo et al., 2022; Singh & Kaur, 2023)。這樣的融合不僅推動了數位教育創新，也增強了學習者理解與應用數位技術的能力，為數位時代的遊戲創作與學習帶來深遠影響。

2.3 遊戲化的可持續數位素養

Gamified sustainable digital literacy

Koltay(2011)將訊息素養定義為涉及用戶在互聯網搜索、超文本導航、知識組合和內容評價等方面的行為，同時反映了用戶正確使用數位工具的意識、態度和能力，以及識別、獲取、控制、整合、評估、分析和綜合所有數位資源的能力。在此基礎上，便可構建新知識、創造媒體表達形式，甚至加強決策能力 (Ungerer, 2016)。素養 (literacy) 並不是一個新概念，它反映了個人在社會中的地位高低，用於與他人或組織建立聯繫，被視為一種文化學習 (Buckingham, 2010)。源於 2001 年美國「不讓任何一個孩子落後」法案，教育者的關注點從能力培養轉向了素養發展 (Ungerer, 2016)。素養教育在現代教育中發揮核心作用。面對信息與傳播技術的迅速發展，訊息素養被作為教育的新目標加以推廣 (Hatlevik et al., 2018)。互聯網上充斥著大量真實與虛假的數據和訊息，這些訊息混淆了用戶的視聽，甚至影響了社會發展。因此，數位素養已成為應對訊息傳播技術和互聯網使用發展趨勢所帶來的數位挑戰的一種方式 (Jan, 2018)。

資訊安全遊戲化並不是一個新話題。在過去的幾年中，已經有很多這方面的研究 (Hendrix et al., 2016)。在以教育和培訓為目的的遊戲化設計過程中，需要明確具體培訓目標的定義 (Caulkins et al., 2019)。本研究的目標是推廣網絡安全知識。因此，團隊決策和協作對於培養強大的問題解決能力非常重要，在學習過程結束時，這些能力可以很容易地轉化為實用知識。在某些情況下，需要一個故事情節來確保遊戲化過程的合理流暢。為確保設計出有效的嚴肅遊戲，還需要選擇適當的遊戲化元素，以滿足培訓方法的需求 (Caulkins et al., 2019)。根據文獻資料，有四種遊戲化元素被建議用於促進網絡安全知識的學習。首先是進步機制，這與通過提供徽章、排行榜和積分等進步工具來激勵玩家有關。第二是玩家控制，指使用可參與遊戲化培訓的二維或三維角色。研究發現，可以通過多樣化的角色扮演來影響行為。第三是解決問題，這是一個重要的遊戲化元素，如果培訓的目標是學習和保留新信息，那麼就需要將這一元素融入其中。最後是故事情節，這指的是一種敘事方式，它能在虛擬化身和學習者之間建立起一種紐帶效應 (Faith et al., 2024)。文獻發現，網絡安全遊戲化主要有三個方面：基本原理及意識、防禦策略和進攻策略。基本原理及意識要求參與者具備最基本的知識水平，因為它主要關注實體的漏洞等級評估，同時為參與者提供成功避免滲透嘗試和檢測的一般知識。防禦策略是指參與者最有可能扮演防禦者的角色，他們需要掌握大量知識，以便利用適當的工具和策略有效抵禦網絡攻擊。進攻策略則要求對抗賽的參賽者正確理解基本方法和策略。以攻擊者為中心，在此利用網絡攻擊者的既定特徵對用戶進行培訓，預測攻擊者執行特定任務的行為和動機。這種預測增強了針對網絡攻擊的防禦和進攻策略的應用和創建 (Faith et al., 2024)。

將遊戲應用於網絡安全培訓在文獻中已有許多實例，證明了其有效性。其中一個顯著例子是美國國防部信息安全管理員設計的 CyberProtect (Twitchell, 2007)。在這個遊戲中，玩家扮演一名預算有限的網絡管理員，必須購買設備並提供適當的培訓，以保護自己的網絡免受可能的威脅。該遊戲設計高度可擴展，包含身份盜竊、阻止蠕蟲和加密鏈接等場景，通過問題解決和批判性思維讓玩家獲得管理和減輕網絡威脅的經驗。另一個重要例子是由美國海軍研究生院開發的 CyberCIEGE (Irvine et al., 2005)。該遊戲在虛擬世界中提供了近 20 個場景，

要求用戶積極參與，以保護自己的計算機系統。其中涵蓋七個基本的安全相關主題，其教學效益已在多項研究中得到驗證 (Cone et al., 2007; Jones et al., 2010)，證明了遊戲作為學習工具的價值。同樣值得一提的是卡內基梅隆大學開發的 Anti-Phishing Phil，該遊戲教導玩家識別網絡釣魚攻擊。玩家扮演一條魚，必須辨識海洋中的蠕蟲是否為釣魚鏈接 (Sheng et al., 2007)。研究結果顯示，這款遊戲在培訓效果上優於其他教材，有效提高了用戶識別釣魚威脅的能力。為了滿足美國國防部規定，所有直接接觸聯邦計算機系統的員工必須參加信息安全意識培訓課程，Cyber Awareness Challenge 應運而生 (Mostafa & Faragallah, 2019)。通過這款在線遊戲，參與者可以學習安全概念和日常工作的最佳實踐，並在情景決策中應用所學知識，接觸間諜軟件、惡意代碼和網絡釣魚等現實威脅。最後，傳統的蛇梯棋遊戲(board based Snakes and Ladder)也被改編用來教孩子們良好的和不良的密碼處理方法(Reid & Van Niekerk, 2014)。研究表明，傳統遊戲方法可以修改以納入資訊安全概念，有效提高不同年齡段和背景學生的資訊安全意識，並對學生的行為和意識水平產生長期影響。

綜上所述，這些實例展示了將嚴肅遊戲應用於網絡安全培訓的多樣化方法及其經過驗證的有效性，能夠促進高階思維與永續的資訊素養能力。儘管上述遊戲與我們的遊戲有一些交集，但它們大多用於其他場合，旨在對人們進行某些安全方面的培訓。我們的主要目標是將教育遊戲應用於國小網絡安全教育課程。因此，我們無法在研究中直接使用上述遊戲。此外，上述遊戲中並非全部都是開源的，也並不完全符合預先指定的課程預期學習目標。基於這些原因，我們決定自行開發遊戲，以準確地服務於指定的預期學習目標，與課程內容相匹配，並涵蓋更多的學習理論面向。

3.Methodology

3.1 教育遊戲模型

Educational Game Model

學習風格(Rapeepisarn et al, 2008)與教育內容(Prensky, 2005)，是開發益智遊戲取決於兩個主要因素。學習風格是指學生在學習過程中獲取訊息的方法，一個人可能會採用不同的學習風格。由於我們開發遊戲是為了教授眾多學生，因此我們要確定適合大多數學生的學習方式。我們依據 Mostafa & Faragallah (2019) 提出的教育遊戲模型進行修改，如 Fig 1.所示。遊戲開發過程中採用了 ChatGPT 作為內容生成的輔助工具。我們將關鍵的資訊安全知識點以 prompt 的形式餵給 ChatGPT，讓其自動生成遊戲場景的初步設定。隨後針對生成內容進行人工修改和優化，以確保遊戲內容與學習目標相符，並且能夠引起學生的興趣與參與度。這種結合人工智慧與人為設計的開發流程，不僅提升了遊戲開發的效率，也使得遊戲內容更為豐富、多樣化，從而增強學習效果。

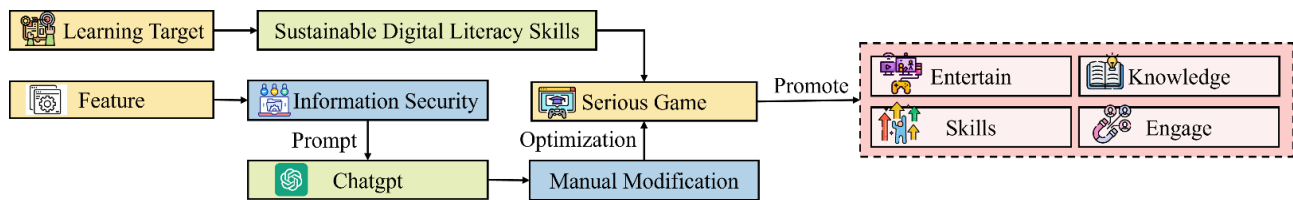


Fig 1.本研究規劃之教育遊戲模型

這種教育遊戲在娛樂和吸引學習者的同時，還能讓他們掌握知識和技能。很顯然，我們設計教育遊戲是為了達到一定的學習目標。即「特定領域的學習在遊戲機制和遊戲世界設計中的內在整合」(Ke, 2017)。這些學習原則有助於改善玩家的遊戲體驗，並與參與原則密切相關(Marcelino et al, 2024)。因此，我們必須首先確定潛在學習目標和資安教育內容。然後確定合適的遊戲類型和功能，以支持這些內容的學習，同時在學習和遊戲之間取得所需的平衡(Kiili et al, 2005)。最後，當學習者玩一個適當開發的教育遊戲時，他會從經驗中發展自己的知識和技能(Kolb et al, 2014)。Hatzivasilis(2020)在文獻中提到練習在教學方面的重要性。為了有效獲取經驗，我們必須了解知識是如何形成的，以及哪些教育方法有助於提高學習者的經驗獲得程度(Hautamäki et al, 2019)。通常知識培養和行為學習始於以講授為導向的教學。隨著學員知識能力的提高，其「認知學習」也會隨之增強。然後通過轉向「建構主義學習」方法，即主要利用探索式學習和基於問題的學習。前者意指以研究者的身份對學習做出反應(Israel et al, 2020)。而後者指從解決實際問題和研究相關背景訊息開始(Mann et al, 2021)，通過以上方式建立更深層次的學科知識。

一些研究還探討了將現代遊戲化技術納入學習過程的問題(Švábenský et al, 2018; Jin et al, 2018)。Scheponik(2016)對大學生在網路安全領域研究，研究表明：達到高水平的思維和理解能力至關重要。雖然學生們成功完成了相關課程並知道(認知學習)主要概念，但他們通常會錯誤地推理核心概念的應用(建構主義學習)，例如保密性、完整性或認證(授權)之間的區別。如嚴肅遊戲議題，其影響被認為是積極的。以及網路安全教育課程經常忽略的心裡層面問題。Taylor-Jackson(2020)對這些問題進行了研究。年齡、性別或文化背景可能使人更容易受到某些惡意心態行為的影響。儘管年輕人熟悉技術，但他們被網路釣魚郵件欺騙的風險可能比年長者更大。此外不同類型的學員對網路安全課程有不同的期望。例如計算機科學專業的學生主要對如何實施攻擊感興趣，而心理學專業的學生則更關注為什麼有人會利用漏洞對系統或個人造成傷害，普通大眾可能會關注攻擊成功後的副作用。其他具有挑戰性的問題包括計算機科學的「動態性」、「勞動力需求」和「行業標準要求」。現代課程設計方法必須能夠輕鬆地與不斷發展的計算機科學和網路安全領域保持一致(Shah et al, 2018)。因此，在設計教學模型方面：確定受眾喜歡的學習方式非常重要(Rapeepisarn et al, 2008)。學習者可以按照自己的節奏獨自玩遊戲，也能根據需求自定規則。而互聯網技術允許我們開發在線教育遊戲，提供可擴展的教學解決方案(Rutherford, 2014)。還可以開發為多用戶遊戲，以促進競爭和社會化(Prensky, 2005)。所有遊戲方面所使用到的詞彙必須遵循背後高階思維能力之涵蓋意義，且教學內容需涵蓋當前的威脅狀況，並在遊戲中獲得專業認證等正面回饋(Knapp et al, 2017)。

3.2 遊戲內容設計

Game learning material design

數位遊戲有許多豐富的特點，Huang et al. (2013) 指出利用挑戰性、互動性、娛樂性、規則管理、目標導向、置身於幻想世界、講述故事、引人入勝、允許角色扮演等表現形式納入

教育遊戲，可以使學習變得愉快和更有效。在玩數位遊戲可以提高認知技能，如視覺處理、注意力和空間能力(Bediou et al., 2018; Cardoso-Leite et al., 2020; Noroozi et al., 2020)。玩家是學習的積極主動者，他們被鼓勵去解決問題，並制作出能證明他們所學知識的東西。此外，挑戰和內在獎勵能有效激勵學習者參與並堅持完成學習任務(Gee, 2005)。數位遊戲之所以具有這種激勵作用，主要有以下幾個原因。首先，數位遊戲具有趣味性和挑戰性，並且包含規則結構和明確的目標(Wang et al., 2017)。其次，數位遊戲提供了一種流動體驗，不會使認知能力，如工作記憶，超負荷。第三，數位遊戲提供了即時和持續的反饋，這激發了玩家的參與。第四，數位遊戲將有序的問題嵌入故事情節中，使學習過程更加引人入勝。最後，玩家可以控制自己的行動，個性化自己的遊戲體驗，這進一步提升了學習的自主性和投入度(Gee, 2005)。

就教育內容而言，遊戲類型可分為兩大類：松散連接型(loosely connected)和高度整合型(highly integrated contents)。在松散連接型遊戲中，教育內容對遊戲設計沒有直接影響。實際上，教育內容是附加在遊戲之上的，如圖像益智遊戲、問答遊戲和傳統遊戲就是這種情況；而對於內容高度整合的遊戲，如模擬遊戲、角色扮演遊戲和動作/冒險遊戲，教育內容則是遊戲規則、故事和挑戰設計的重要組成部分，而我們的開發遊戲屬於後者。其滿足教育內容與遊戲設計緊密結合(從規則、關卡情節至潛在學習目標)。玩家的每一個行動和決策都會直接影響學習結果。這意味著遊戲機制設計需要考慮如何最好地教導資安概念，並確保玩家在遊戲中應用和鞏固這些知識。而在遊戲維度的選擇標準，實際上，關於遊戲維度(2D/3D)對教育遊戲效果的影響，目前還沒有普遍一致的看法。有些研究表明三維遊戲可以提高學生的學習積極性和學習效果(Bai et al., 2012; Kebritchi et al., 2010)，但也有研究針對此提出相反的看法(Schrader & Bastiaens, 2012; Ak & Kutlu, 2017)。而我們認為，遊戲維度的選擇取決於許多其他因素，如遊戲的機制、動態、美學和敘事。因此，本研究採用了Unity作為遊戲開發引擎，因其功能豐富且使用廣泛。研究遵循 Prensky (2005)的理論和 Rapeepisarn et al. (2008)的研究成果，旨在將遊戲類型、學習技巧和學習風格之間建立聯繫。

本研究借鑒 Siddique, et al.(2013)，的課程設計方法，將課程內容分為特定模塊。首先是給予基本資訊：在本節我們會設計 DDoS 攻擊原理模塊，通過視覺化方式，向玩家展示 DDoS 攻擊的基本原理，使用卡通人物形象代替真實的殭屍病毒攻擊玩家，而玩家扮演的是擬人化的電腦，以遊戲的方式來抵抗“殭屍軍團”，避免感染成為他們的一員，此環節中，學生需要去盡可能理解，並區分病毒，符合高階思維中的批判性思維。在滿足基本資訊的授予後，在遊戲場景中我們會給予學生明確的遭遇場景，這部份一共分為兩個模塊

1. DDoS 攻擊手段模塊：向玩家介紹常見的 DDoS 攻擊手段，以射擊遊戲的形式發射不同“攻擊彈藥”，每一種攻擊彈藥都代表一種 DDoS 攻擊手段，其中包括 SYN Flood、UDP Flood、HTTP Flood 等，讓玩家從中觀察並了解這些不同攻擊方式對網絡系統造成的影響。
2. DDoS 防禦模塊：教授玩家如何檢測和防禦 DDoS 攻擊，包括設置防火牆規則、配置負載均衡以及使用 DDoS 緩解服務等策略。

在設計每一個關卡時，除了遵循前文所提的準則，還需符合預定的機制，選擇使用 3D 作為遊戲維度，並在關卡內提供簡單的網絡安全知識科普，讓玩家在遊戲中循序漸進地理解 DDoS 攻擊的原理，增強網絡安全意識。透過卡通形象和互動式遊戲體驗，玩家可以了解“殭屍軍團”網絡形成的過程，並如何對目標發起大規模的 DDoS 攻擊。

遊戲以 3D 方式模擬病毒感染和控制電腦的過程。並逐步增加被控制電腦的數量，形成殭屍軍團規模。並且殭屍軍團可以選擇不同類型的目標，如網站服務器、遊戲服務器等進行大規模攻擊（訪問），直觀展示對服務器造成的衝擊效果。玩家可通過視覺化，進行直觀的防火牆設置，以防禦盾牌的形象展現 DDoS 緩解服務的保護作用，採用隔離屏障及高壓水槍的形象，模擬清洗攻擊流量的過程，如 Fig 2 所示。關卡中攻擊的類型和強度將不斷變化，考驗玩家靈活應對的能力。根據防禦效果的好壞，將獲得不同的分數和評級，通關後可解鎖新的防禦裝備和場景。透過簡單有趣的攻防操作方式，玩家可以在遊戲中親自體驗應對 DDoS 攻擊的過程，了解多種防禦策略的原理，提高網絡安全意識和防護能力。透過好奇心的驅使，啟發式地學習網路安全的攻防基礎知識。



Fig 2.模擬防火牆及流量沖洗之遊戲畫面

3.3 實驗流程

Experimental procedure

在這項研究中，我們邀請了台灣南部一所國小 5 年級學生共 72 名參與，並將所有學生分為對照組（CG）和實驗組（EG），以便進行平衡比較，研究流程圖如 Fig 3 所示。對照組由 36 名學生組成，採用未導入 ChatGPT 的行動嚴肅遊戲學習，並依照教師的指導來完成學習任務。與此相反，實驗組由 36 名學生組成，使用導入 ChatGPT 的行動嚴肅遊戲學習作為教學載體，如圖 4 所示。而分配依據以入學學期為基礎，消除固有特征和潛在偏見的影響。並知情校方與課堂老師同意參與實驗和數據收集，並在整個研究過程中確保參與者的保密性和數據匿名化。我們將研究應用於國小高年級資訊課程，在課程一開始先進行前測驗(永續數位技能量表、與 AI 遊戲自我效能量表)。課堂一開始會先統一進行授課，目的是用於培養學生共同的基礎知識。隨後依照上述將所有學生分成實驗組與對照組。兩組的主要區別為後期教學的實施階段。無論是實驗組還是對照組，在課堂一開始的基礎知識教學是相同的。由同一位教師為所有學生提供相同的知識，教授相同概念。在課程結束後，會請課程老師提出之前研究者與教師研擬好的資安情境，請學生進行小組討論回答（屬於何種技術，如何檢查及會用何種方式解決），並在最後進行後測。

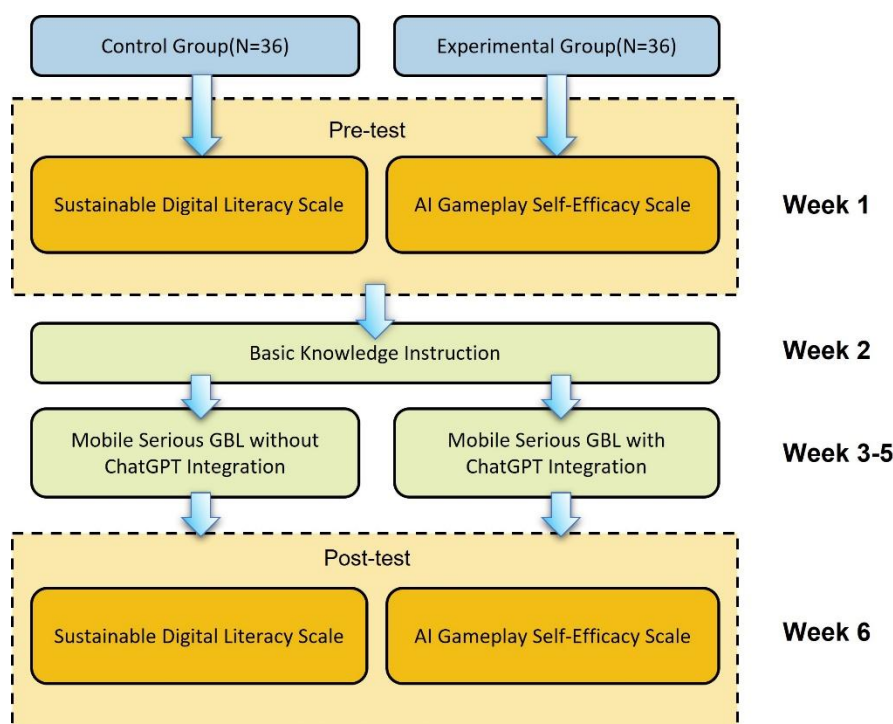


Fig 3.本研究流程圖



Fig 4.實驗進行畫面

4. 實驗問卷與分析

Experimental questionnaire and analysis

本研究共收回 72 份問卷，其中實驗組和對照組各 36 人，首先，針對本研究所開發之遊戲使否能促進學生永續數位素養技能，我們透過 Sajidan, et al. (2023)設計的數位素養量表與 Abdelraheem & Ahmed (2018) 提出的網路社交行為量表進行編修成本研究所使用的永續數位素養技能量表。在數位素養量表(Sajidan et al., 2023)取用構面如下：使用技術 (Use of Technology)指的是讓學童熟悉並掌握數位設備和相關軟體的使用，如防毒軟體或網絡瀏覽器的設定，從而提升技術應用能力；資訊管理 (Information Management on Digital Media)指的是通過模擬真實情境幫助學生辨別和處理真實而有價值的資訊；網絡安全 (Online Safety)專注於教導學生保護個人資料、避免網絡威脅（如網絡霸凌或惡意軟體），以及應對不適當的

網絡內容，增強網絡安全意識；技術的正面影響 (Positive Impacts of Technology)展示了數位技術在教育 and 日常生活中的正面應用。該量表提供了一個結構化的框架，使我們能全面了解學生在數位環境中的學習需求和成長潛力，並針對性地設計教育活動來支持他們的數位素養發展。除了課程中分階段的知識掌握，來自同儕間的激勵與競爭也是提升學習成果，是達到永續學習的關鍵因素之一。網路社交行為量表(Abdelraheem & Ahmed, 2018)原包含三個面向：家庭關係、社交關係與社會問題意識。本研究選取其中的「社交關係」與「社會問題意識」兩個構面，用於評估永續資訊素養能力的發展。除了遊戲設計本身的教育價值外，研究特別關注兩個核心目標：促進同儕間的社交關係建構與提升學生的社會責任意識。雖然遊戲以防範網路攻擊為主要教學內容，其最終目標在於增強學生對網路安全的認識與警覺性。透過遊戲化學習，學生不僅能理解如何在社交媒體及其他數位平台上保護個人隱私，還能有效預防潛在的網路威脅。此外，本研究也鼓勵學生積極參與網路安全相關的討論與行動，進一步支持社會在網路安全領域的集體努力。這不僅有助於個人數位安全意識的建立，也能提升整體社會的數位素養與安全文化，從而實現更全面的永續資訊素養目標。

我們使用 ANOVA 進行檢測，結果如 Table 1、Table 2 所示：使用技術 (Use of Technology) ($F=90.12, p<.01$)、網路安全 (Online Safety) ($F=95.67, p<.01$)、技術的正面影響 (Positive Impacts of Technology) ($F=80.54, p<.05$)、社交關係 (Social Relation) ($F=82.31, p<.05$) 與社交議題 (Social Issues) ($F=75.43, p<.05$) 有顯著性。研究結果支持了遊戲化學習，特別是針對網路安全教育的學習，不僅能增強學生對網路安全的理解與警覺性，還能鼓勵他們積極參與網路安全的討論與行動。這不僅有助於個人數位安全意識的建立，也能促進整體社會的數位素養與安全文化的形成。這些因素相互作用，共同促進了學生在永續數位素養方面的全面發展。

Table 1：針對永續數位素養技能量表做 ANOVA 分析

variable	SS	df	MS	F	<i>p</i>	Partial η^2
Use Of Technology	85.32	1	85.32	90.12	0.004**	0.432
Information Management On Digital Media	0.81	1	0.84	68.71	0.62	0.015
Online Safety	152.45	1	146.83	95.67	0.006**	0.583
Positive Impacts Of Technology	139.87	1	139.87	80.54	0.029*	0.459
Social Relation	159.43	1	147.27	82.31	0.032*	0.712
Social Issues	146.12	1	146.10	75.43	0.037*	0.607

Note. * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

Table 2：研究永續數位素養技能量表之前後測平均值與標準差

variable	EG(N=36)				CG(N=36)			
	Pre-test		Post-test		Pre-test		Post-test	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
Use Of Technology	3.05	0.51	4.03	0.49	3.97	0.48	3.02	0.50
Information Management On Digital Media	3.02	0.5	3.12	0.49	3.01	0.48	3.03	0.46
Online Safety	2.19	0.52	4.04	0.41	3.02	0.52	3.05	0.41
Positive Impacts Of Technology	3.05	0.34	4.04	0.43	3.43	0.49	3.04	0.73

Social Relation	2.75	0.	4.02	0.42	3.00	0.23	3.01	0.48
Social Issues	3.05	0.42	4.03	0.50	3.47	0.50	3.03	0.24

其次，針對本研究所開發之遊戲，對學生的 AI 遊戲自我效能進行探討，我們使用 ANOVA 分析前後測 AI 遊戲自我效能量表的成績是否有顯著差異。本研究選用 Hong, et al.(2023)與 Silva et al. (2024) 所設計的問卷進行修訂，涵蓋兩個主要子主題：個體自我效能與 AI 輔助的學習成效。自我效能是指個體對於成功解決特定問題或完成任務的信念，即個人對自己在特定領域中成功執行任務能力的認知 (Bandura, 1997)。因此，本研究量表除了關注遊戲自我效能 (Gameplay Self-Efficacy)，還包含遊戲焦慮 (Gameplay Anxiety) 和感知價值 (Perceived Value)，整合成 AI 遊戲自我效能量表。遊戲焦慮描述的是一種有強度變化和波動的情感，Spielberger (1972)描述了狀態焦慮與特質焦慮。狀態焦慮是一種緊張感，而特質焦慮指的是個人經歷狀態請向的焦慮。當遊戲參入競爭因素時，個人會因為自身能力判斷與時間限制而增加焦慮。此外，個人在執行任務時的成功期望和對活動的價值感知會影響他們在遊戲中的決策。在 AI 輔助的學習成效部分，量表涵蓋以下兩個維度：(1) 正面與負面感受(Positive and Negative Perceptions)：評估學生在使用 AI 學習網路安全時的興趣、動機，以及可能的負面情緒。(2) 知識與技能信心(Confidence in Knowledge and Skills)：衡量學生在 AI 輔助下對自己理解網路安全概念和完成相關學習任務的信心。

本研究對 AI 遊戲自我效能量表前後測成績進行 ANOVA 分析，在進行分析前，先進行 Levene' s 檢驗來驗證同質性，結果顯示可以進行 ANOVA 分析 ($F=5.13, p=.624$)。描述性統計與 ANOVA 分析結果如 Table4、Table5 所示：學生的遊戲自我效能在實驗組中有顯著提升 ($F=45, p<.001, \text{Partial } \eta^2=0.35$)。表明學生在遊戲過程中對完成任務的信心顯著增加，透過遊戲中的視覺展示和不同情境之間的反覆訓練，學生能夠逐漸提高技能並增強自信心。在遊戲焦慮構面中，實驗組學生的焦慮水準顯著變化 ($F=41.4, p<.001, \text{Partial } \eta^2=0.323$)。顯示透過設置不同情境和時間限制的壓力，學生能即時運用所學知識，提升對遊戲中挑戰的應對能力。不僅如此，學生在面對真實情境時能夠更靈活地應用遊戲中習得的知識，促進了學習成果的鞏固與應用。在感知價值方面，實驗組也有顯著提升 ($F=24.48, p<.001, \text{Partial } \eta^2=0.214$)。這些結果證實，將生成式人工智慧融入以遊戲為基礎的學習不僅可以提高學習成果，還可以使學習過程變得更加有吸引力和愉快。在正向和負向感知向度中，學生表現出興趣和動機增加，同時負向情緒減少 ($F=37.8, p<.01, \text{Partial } \eta^2=0.305$)，說明遊戲設計成功激發了學生的參與熱情，並有效緩解了因挑戰而產生的挫敗感或壓力。知識與技能信心構面也顯示出顯著變化 ($F=42.6, p<.01, \text{Partial } \eta^2=0.34$)，表明學生在 AI 輔助下對於理解資訊安全概念與完成相關學習任務的信心顯著提高。這反映了 AI 技術在增強學生學習效果中的重要性。

Table 3：針對 AI 遊戲自我效能量表做 ANOVA 分析

variable	SS	df	MS	F	<i>p</i>	Partial η^2
Gameplay Self-Efficacy	150	1	150	45	<.001***	0.35
Gameplay Anxiety	133	1	132.88	41.4	<.001***	0.323
Perceived Value	136.4	1	136.42	24.48	<.001***	0.214
Positive and Negative Perceptions	125.5	1	125.5	37.8	<.01**	0.305
Confidence in Knowledge and Skills	142.8	1	142.8	42.6	<.01**	0.34

Note. * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

Table 4：本研究 AI 遊戲自我效能之前後測平均值與標準差

variable	EG(N=36)				CG(N=36)			
	pretest		posttest		pretest		posttest	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
Gameplay Self-Efficacy	15.3	1.91	22.5	3.08	15.4	1.6	21.8	3.01
Gameplay Anxiety	16.6	1.91	19.8	2.12	16.7	1.3	17.3	1.33
Perceived Value	12.8	1.92	15	2.39	12.5	2.1	12.5	2.46
Positive and Negative Perceptions	13.5	1.88	18.9	2.75	14.2	2.01	19.5	2.98
Confidence in Knowledge and Skills	13.2	1.70	15.0	2.11	14.0	1.80	14.0	1.90

5. Discussion

當前數位時代要求個體能夠有效地查找、評估和利用資訊，這構成了資訊素養的基礎(Irving, 2011)。本研究進一步擴展了此概念，提出永續數位素養的理念，強調資訊使用中的倫理、社會和環境考量。永續數位素養超越了傳統技能的範疇，整合了負責任的網絡行為以及對數位互動廣泛影響的批判性反思，這對於社會和文化的發展至關重要(Whalen & Paez, 2021)。本研究在永續數位素養的多數構面上均取得了顯著提升，特別是在 Use of Technology、Online Safety 與 Positive Impacts of Technology。表明生成式 AI 輔助的嚴肅遊戲能有效促進學生的技術應用能力與網絡安全意識。然而在 Information Management on Digital Media 未顯著提升。我們認為與技能複雜性有關。數據管理與評估需要更高層次的批判性思維和決策能力，而本研究的遊戲設計可能對此支持不足。在 AI 遊戲自我效能方面，實驗組學生在 Gameplay Anxiety 與 Perceived Value 中顯著提升。表明遊戲中適度的挑戰設計和即時反饋機制，可以幫助學生克服了學習過程中的挫敗感，並提升了對遊戲學習的興趣與價值感知。此外 Confidence in Knowledge and Skills 上的顯著進步表明，生成式 AI 能通過個性化的學習支持增強學生的自我效能感，這有助於學生在真實場景中更靈活地應用所學知識。整體來說，生成式 AI 輔助的行動式嚴肅遊戲對於促進永續數位素養和自我效能具有明顯的教育價值。特別是在技術使用、網絡安全和學習動機的提升方面成效顯著。然而，對於需要批判性思維支持的構面，本研究仍有改進空間。未來應重點考慮如何優化遊戲挑戰與內容，並探索結合 VR 或 AR 等沉浸式技術，進一步提升學習者的參與感與學習效果。同時，應注重長期追蹤學生的學習成果，以更全面地評估生成式 AI 輔助教育的持久影響。

當前數位時代要求個體能夠有效地查找、評估和利用資訊，這構成了資訊素養的基礎(Irving, 2011)。本研究進一步擴展了此概念，提出永續數位素養的理念，強調資訊使用中的倫理、社會和環境考量。永續數位素養超越了傳統技能的範疇，整合了負責任的網絡行為以及對數位互動廣泛影響的批判性反思，這對於社會和文化的發展至關重要(Whalen & Paez, 2021)。

雖然本研究在永續數位素養的多數面向上顯示了顯著提升，但在「數位媒體上的資訊管理」上未觀察到明顯的變化，這表明需要進一步改進教學方法，以更好地支持學生在評估和管理數位資訊方面的能力。

本研究還探討了生成式AI輔助的嚴肅遊戲對五個學習維度的影響，包括遊戲自我效能、遊戲焦慮、感知價值、正面與負面感受，以及知識與技能信心。結果顯示，生成式AI顯著提升了學生的學習參與度和心理狀態。適度的遊戲焦慮能激發專注力與問題解決能力，而過度焦慮則會阻礙學習，這強調了設計平衡遊戲挑戰的重要性。當學生認為遊戲具有意義時，他們的感知價值更高，進而增強了學習動機並促進了持續參與。積極的遊戲體驗，伴隨著負面情緒的減少，進一步提升了學生的興趣並減輕了學習壓力。

雖然實驗組和對照組均顯示出一定的進步，但實驗組在自我效能、感知價值以及知識信心方面始終優於對照組。這些結果凸顯了生成式AI在促進更深入的學習和更高參與度方面的附加價值，以及其創造個性化和自適應學習體驗的潛力。整體而言，本研究強調了生成式AI在提升教育成果和幫助學生應對數位時代複雜性中的重要角色。

6. Conclusion and Future Work

本研究探討了網路安全教育遊戲如何提升國小學生的永續數位素養技能。該遊戲基於真實的網路安全場景，幫助學生識別和應對如阻斷式攻擊、木馬病毒和勒索病毒等威脅，提升他們對這些威脅的理解及應用有效預防策略的能力。透過生成式AI技術，遊戲提供即時反饋與個性化支持，增強了學生的自信心，降低學習焦慮，並促進了學習動機與參與度。儘管永續數位素養的大多數構面顯示出顯著提升，但「數位媒體上的資訊管理」並未有顯著進步，表明在教學設計上需要進一步改進以解決此項不足。未來研究可以聚焦於改進相關內容，以支持更全面的技能發展。

本研究凸顯了生成式AI在遊戲化網路安全教育中的積極影響，特別是在增強個性化學習和自適應學習路徑方面的作用。未來研究可探索虛擬現實（VR）或擴增實境（AR）等沉浸式技術的應用，以進一步提升學生的參與感，同時聚焦於平衡遊戲挑戰以優化學習成果。隨著網路安全威脅的日益演化，為學生提供應對這些挑戰的知識與技能是當前教育的關鍵優先事項。