

從遊戲中學習：針對國小學童開發網路安全行動式嚴肅遊戲以促進高階思維與永續資訊素養能力

Learning Through Gaming: Developing a Mobile Serious Game on Cybersecurity for Primary School Students to Foster Higher-Order Thinking and Sustainable Information Literacy Skills

ABSTRACT

關鍵字：行動嚴肅遊戲、網路安全教育、高階思維能力、永續資訊素養

Keywords: Mobile Serious Games, Cybersecurity Education, Higher-Order Thinking Skills, Sustainable Information Literacy

introduction

文獻探討 移動學習上的嚴肅遊戲 (Serious Games on Mobile learning)

(介紹什麼是嚴肅遊戲)

Sotamaa, O (2007) 將嚴肅遊戲定義為受一系列既定規則的支配，玩家在遊戲過程中必須遵守這些規則，以克服特定的挑戰，實現特定的目標。在教學法中，嚴肅遊戲被用以一種有吸引力的方式向學習者傳授經驗和知識 (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, et al, 2018)。嚴肅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、廣告等。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, 2016)。Mostafa, M (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。玩起來有趣並或引人入勝，並包含一些計分概念；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 (2014) 指出，60%以上的嚴肅遊戲都具有教育意義。與傳統的教學不同，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)。遊戲會對學生產生強烈的情感影響，並能幫助他們形成多種技能和能力：如交流技能、小組合作能力、決策能力以及為自己負責的能力。將教育遊戲化旨在讓必要的常規教學內容更加生動有趣，作為對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 (Plauska, et al, 2014)。

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，教學過程中運用遊戲和遊戲化技術都需要為達成教學目標而創設必要條件，構建一個具有自身規則的特殊遊戲現實模型，如角色扮演遊戲、模擬商業運營遊戲、組織活動模擬遊戲等。將嚴肅遊戲應用於教育的研究背景，是基於遊戲的學習 (Game-Based Learning, GBL) (Plass, et al, 2015; Qian, et al, 2016)、模擬遊戲 (simulation gaming) (Crookall, 2010) 和移動學習 (mobile learning) (Jahnke, et al, 2020)。相關研究認為它將正規與非正規教育聯繫起來 (Alam, 2022)，在課堂與現實世界之間架起了橋梁 (Alam, 2022)。然而，過去曾有研究上將社交網站 (SNS) 納入課堂，這些研究僅此於教師個人層面，而非機構層面做出 (Alam, 2022; Gumbheer, 2022)，且最終實驗過程產生更多的問題。

在針對失敗的總結：首先，盡管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，而非僅僅依賴媒體或設備本身 (Shirky, 2014)。因此，被稱為「以網絡為中心的非基本學習環境」的困境仍然存在；其次，目前多數課堂上技術的應用模式，仍然被傳統的訊息驅動模式所主導，難以真正實現新媒體和新工具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目前仍顯不足。雖然目前文獻庫中已經有提出了一些理論框架，但如何真正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，教育者自身對這些新方法的認知和接受程度如何，這些都還有待進一步研究和實踐 (Yıldız, 2020)。因此，要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，關鍵在於教育理念和規則的根本性轉變，從教育決策者到教育者，都需要接受相應的再教育，建立起以學生為中心、促進協作的創新教學方式。只有如此，移動學習環境才能真正為學生帶來全新的學習體驗。Bawa (2020) 指出研究指出，與傳統教學方法相比，使用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。與一般的純娛樂遊戲相比，以教學為導向的遊戲有一個基本特征：明確的教學目標和相

應的教學成果，這些目標和成果可以被證實，以明確的形式被挑出來，並以教育和認知為導向（Askarova, et al, 2020）。

（我直接寫社會建構主義這樣，然後寫社會建構主義延伸的理論）

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。這一理論可以應用在設計嚴肅遊戲中，提供社會觀察機會（Jeen, et al, 2011）與角色模範（Fuchslocher, et al, 2011）。建構主義學習理論（Constructivist learning）認為學習是主動建構知識的過程，而非被動獲取知識。教學則應當支持這種建構的過程，而非單向傳遞知識（Duffy, 1996）。在社會建構主義框架內，Cole(1996)、Ligorio(2010)、Vermunt&Verloop(1999)認為，學習是一個覆雜的過程，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。學習不僅僅是獲取知識和概念的行為，也不是被動地接受外界提供的概念。相反，學習是一個覆雜的參與過程(Lave&Wenger, 1991)，既涉及個人方面，也涉及社會和文化方面。在這過程中，人們激活了相關的知識積累過程。因此學習可以被視為一種社會過程，是個體之間的相互主觀的過程(Matusov, 2001)。例如：

1. 活動理論（Activity Theory）(Vygotsky, 1978)，認為學習產生於社會互動過程中的動機活動，人機交互影響了人類活動的相互作用，從而支持了覆雜技能(如解決問題、協作、交流等)的發展。強調人類的所有經驗都是由我們所使用的工具和符號系統塑造的。
2. 分布式認知（Community of Practice）(Wenger, 1999)，認知過程在社會群體成員之間的分布。社會互動構建了認知過程，認知過程還涉及內部和外部(物質或環境)之間的協調以及管理時間以制定明智的行動方案(Suchman, 1987)。
3. 實踐社區（Communities of practice）(Wenger, 1999)，當人們能夠參與對社區至關重要的文化實踐時，學習就會自然發生。因此，學習與個體在實踐中不斷加深的參與感、共同的目標，以及不斷協商溝通形成的規程、慣例和語言密切相關。

這些模型雖然有所不同，但也存在一些共同之處：首先，它們都將學習和知識創造視為一種社會過程，在社會互動的時空中構建，力求在個體主動性與群體歸屬感之間取得平衡，超越了傳統對知識和學習的狹隘理解。這些模型同時強調中介工具的重要性，旨在支持積極主動、自我調節的學習者參與有意義的學習過程。另一個共同點是重視覆雜技能的培養，如學習能力、元認知和批判性思維等覆雜技能，以及合作和問題解決能力的發展。

(接下來，因為案例同時就包含了動機等等，所以我想後還是合成一部分)

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，嚴肅遊戲因為融入了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景理解能力，從而加強學習效果 (Kaczmarczyk, 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, et al, 2007) 。嚴肅遊戲能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(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，數位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，那就是體感遊戲系統，這些系統旨在通過身體動作與遊戲進行互動 (Hung, et al, 2018) 。Kosmas (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, et al, 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&Mandryk (2012) 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(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) 。

(描述了嚴肅遊戲的設計評估以及在教育領域中的應用和研究挑戰)

除了在學習方面帶來的益處，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、藝術家以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, et al, 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, et al, 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。

文獻探討 遊戲化的可持續資訊素養 (Gamified sustainable information 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系，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, 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)。

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)。因此，互聯網和在線資源的實用性在全球範圍內顯得越發重要。然而，除了接受過數字素養培訓的信息專業學生外，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)對國際計算機與訊息素養研究(ICILS)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。若不進行適當的數字素養培訓，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, 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)。Djambong(2018)指出，傳統的講授和考試教學模式仍是當前課堂的主要教學方法，要想提高學習效率、促進學習效果，則必須採用創新的教學方法。

信息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, M, 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)。本研究的目標就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。第二個是玩家控制，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。第三個是解決問題，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分別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征對用戶進行培訓，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)。目前在文獻中已經有許多將遊戲應用於網絡安全培訓的實例：

1. CyberProtect 由美國國防部的訊息安全管理員設計的(Twitchell, D. P, 2007)。遊戲中玩家扮演一名預算有限的網絡管理員。他必須購買設備並提供適當的培訓，以保護自己的網絡免受任何可能的威脅或攻擊。該遊戲以高度可擴展的方式設計，用於教授訊息安全概念。遊戲有不同的場景，玩家需要採取某些行動。通過玩遊戲，玩家可以了解各種威脅，掌握必要的知識來預防和減輕可能出現的威脅。其場景包含身份盜竊(identity theft)、阻止蠕蟲(stopping worms)、密碼(passwords)、身份管理(identity management)、宏(life with macros)、過濾器(filters)、補丁(patchs)、物理安

全 (physical security) 和加密鏈接 (encrypted link) 。玩家通過解決問題的方法和批判性思維獲得必要的經驗。

2. CyberCIEGE 由美國海軍研究生院 (NPS) 制作 (Irvine, C. E, et al, 2005) 。該遊戲提供了一個逼真的虛擬世界和近 20 個場景，用戶必須積極參與其中，以保衛自己的計算機系統。該遊戲包含 7 個基本的安全相關主題。許多研究都對其教學效益進行了評估 (Cone, B. D, et al, 2007; Jones, J, et al, 2010) 。都證明了遊戲作為學習工具的教學價值。
3. 卡內基梅隆大學 (Carnegie Mellon University) 開發 Anti-Phishing Phil，教導關網絡釣魚攻擊的知識。玩家扮演一條魚。它在海洋中發現了許多蠕蟲，這些蠕蟲會顯示良性或釣魚鏈接。然後，玩家必須通過選擇拒絕或吃掉蠕蟲來識別該鏈接是否是網絡釣魚。Sheng, S (2007) 研究該遊戲作為培訓工具的有效性。結果表明，與其他教材相比，遊戲的效果最好。
4. Cyber Awareness Challenge 為了滿足美國國防部 (DoD) 規定所有直接接觸聯邦計算機系統的員工都必須參加訊息安全 (IA) 意識培訓課程而產生 (Mostafa, M, et al, 2019) 。通過玩這個在線遊戲，參與者可以學習安全概念和日常工作中的最佳做法。他們會運用所學知識做出情景決策，並接觸到間諜軟件 (spyware)、惡意代碼 (malicious code) 和網絡釣魚 (phishing) 等現實世界中的威脅。
5. board based Snakes and Ladders (Reid, R, et al, 2014) ，教孩子們一些處理密碼的好方法和壞方法。該研究表明，可以對傳統的遊戲方法進行修改，以納入訊息安全概念。這項研究的對象是來自不同年齡段和不同環境的許多學生。並證實可以有效地提高學生的訊息安全意識。此外，研究還反映出遊戲對學生的行為和意識水平具有長期影響。

盡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。而我們的主要目標是將教育遊戲應用於國小網路安全教育課程。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。

(標題我沒有改，我找不到高階思維能力直接對應到網路安全教育的文獻)

文獻探討 高階思維能力 (Higher-Order Thinking Skills)

高階思維能力(HOTS)作為一個重要的教育理念和目標，其定義、內涵和評價標準一直是研究的熱點和難點。超越記憶和理解等基礎層面的思維能力，包括批判性思維、解決問題和創造力 (Lu, et al, 2021) 。Bloom(1956)最早將思維分為六個層次:記憶、理解、應用、分

析、綜合和評價，認為高階思維以低階思維為基礎，超越了理解和低級應用，分析、綜合和評價能力可以通過後期訓練獲得 Zain et al, 2022)。近年來，研究人員強調培養高階思維能力(HOTS)的重要性(Di, W, et al, 2019; Zhou, Y, et al, 2023)。HOTS 的提出並非偶然，而是為了應對當今多樣化、覆雜化社會環境的必然教育需求 (Huang, et al, 2023)。對於 HOTS 的內涵，學者們提出了不同觀點。Zhou(2023)將批判性思維能力、問題解決能力、團隊合作能力和實踐創新能力作為高階思維的四個主要維度。而 Hwang(2018)和 Lu(2021)則認為，解決問題、批判性思維和創造力是構成 HOTS 的核心能力。Whalen&Paez(2020)將高階思維定義為利用元認知和創造性思維進行批判性、邏輯性和反思性思考的能力。與此相似，Barak 指出高階思維具有不規則性、覆雜性、多解性、多標準性、自我調節性和不確定性等特點 (Barak&Shakhman, 2008)。

在學習活動中，學生需要不斷激活自己的思維，收集和處理信息，尋找證據，並運用邏輯思維來解決構建不完善的問題 (Collins et al., 2022)。Almerich(2020)研究了高階思維能力與學生團隊合作、信息和通信技術能力之間的關係。此外，Lu(2021)的研究表明，在智慧課堂環境中，同伴互動、學習動機和學習策略影響著學生的高階思維能力。同樣，有研究發現，在課堂上實施支架策略、翻轉課堂等教學方法也會影響學生高階思維能力的發展 (Alrawili, et al, 2020)。批判性思維、問題解決和創造力這三種 HOTS 能力分別對應於布魯姆修訂分類學中的分析、評價和創造三個層次。分析指學生解構信息並進行批判性思考的能力;評價指學生面對問題時評估所收集和分析的信息，提出可能解決方案並選擇最合適策略的能力;創造則指學生產生全新想法或事物，或創新性地闡明、分析和評價現有概念和方法的能力 (Hwang, et al, 2018; Lu, et al, 2021)。

在評價 HOTS 方面，Husamah(2018)提出自我調節思維、批判性思維和創造性思維是衡量高階思維的主要內容。Rintayati(2021)則將批判性思維、邏輯思維、反思性思維、元認知和創造性思維能力作為評價 HOTS 的關鍵方面。另一些學者從技能的角度定義了 HOTS。Abdullah(2017)認為，HOTS 指的是運用知識或方法創造性地、創新性地解決問題，在所學知識基礎上開創新局面的能力。而 Ennis 則強調，高階思維的標準在於抽象的思維結構、綜合的信息組織系統以及完善的邏輯和判斷標準(Ivie&Stanley, 1998)。然而，對高階思維能力的共同理解和評價仍面臨巨大挑戰。一些學者將分析、評價和創造性作為評價高階思維能力的指標，並發現學生很難提出和回答這類需要高階思維能力的問題 Syafryadin, et al, 2021; Virranmaki, et al, 2021)。值得注意的是，儘管對 HOTS 的研究已有一段時間(Hidayah et al., 2021; Mahoney & Harris-Reeves, 2019)，但直至今日，高階思維能力仍缺乏統一明確的定義，教學實踐指導性研究也較為缺乏(Hwang, et al, 2019; Whalen & Paez, 2020)。因此，對

HOTS 的概念內涵、培養路徑和評價體系等問題仍需要進一步深入探討。HOTS 的意義在於培養學生深刻理解、批判性思維、解決問題和創造力等技能，使其具備應對 21 世紀挑戰的關鍵能力 (Lee, et al, 2024) 。HOTS 被普遍視為高於記憶、理解和簡單應用的更高層次思維能力，但其具體定義、內涵和衡量標準存在分歧，有待進一步統一和完善，以指導教育實踐更好地培養學生的高階認知素質。

(探討網絡安全教育的重要性及其主要內容)

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) 。訊息網絡已成為我們日常生活的重要組成部分，所有類型的組織都在使用這些網絡，它們直接或間接地依賴這些技術來有效工作 (Cisco, 2020) 。然而，儘管帶來種種好處和優勢，對於新技術的使用者也面臨著一些風險 (Pomasunco, et al, 2020; Chen, et al, 2013) 。訊息與傳播技術發展與便攜式數位技術的便捷使用，間接導致了濫用互聯網 (Pomasunco, et al, 2020; Alotaibi, et al, 2019) 、竊取訊息進行販賣或勒索 (Wangen, et al, 2017) 等備受社會關注的問題的出現 (Alexei, et al, 2021; Sikder, et al, 2019) 。主要威脅涉及數據網絡和通過互聯網共享的個人訊息的安全 (Wangen, 2017) 。網絡安全教育的目的是教育技術用戶在使用社交媒體、聊天、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。儘管過去在不同領域開展了許多關於網絡安全的研究，例如針對醫療保健行業在網絡安全方面所面臨的挑戰 Kruse (2017) 、網路物理系統 (Cyber-Physical System, CPS) (Dong, et al, 2015) 、網路世態感知 (Franke, 2014; Abd, et al, 2015) 、自帶設備 (BYOD, Bring Your Own Device) (Herrera, 2017) 等，但較少文章關注於如何為學校幫助培養網絡安全意識 (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。從三至四歲兒童在 YouTube 上觀看卡通片、微電影、動畫片或歌曲，並隨著年齡的增長轉為觀音樂影片、vloggers、YouTube personalities、funny videos (OfCom, 2016) 。許多人都將社交媒體作為表達情感、引發討論或提高知名度的平台，但有時他們會忽略所提供的訊息是否真實 (Khalid, 2017) 。在技術與多媒體時代，互聯網的使用不再局限於成年人。雖然互聯網對每個人都有巨大的潛力和好處，但過度使用互聯網可能會導致網絡風險，例如網絡成癮 (Annansingh, 2016) 、遊戲和賭博成癮 (Hamid, et al, 2018) 、網絡性愛 (Ratten, 2015) 、色情 (Griffiths, et al, 2015) 和個人訊息暴露 (Ratten, 2015; Mosalanejad, 2014; Ktoridou, 2012) 。針對兒童和青少年的網絡犯罪無疑是家長關注的問題 (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, 2019）。

Khalid (2018) 指出教育工作者需要傳播網絡安全訊息，以促進負責任的上網行為。學校在向學生傳授重要的數位素養以及指導和告知家長兒童在家使用互聯網方面發揮著重要作用。網絡安全是保護計算機、服務器、移動設備、網絡和數據免受惡意攻擊的實踐

(Parekh, et al, 2017)。在日益數位化的世界中，網絡安全至關重要。在這一領域不斷學習對於保護組織的訊息、運營和聲譽以及確保個人的在線安全至關重要 (Parekh, 2017)。網絡安全學習的重要性已變得極為重要：網絡威脅包括惡意軟件、網絡釣魚、勒索軟件和其他類型的攻擊不斷增加 (Hijji, et al, 2021)。在網絡安全教育中，遊戲化先前案例有很多。例如，The Network Defense Training Game 是包含一系列網絡安全活動的培訓平台 (Ashley, et al, 2022)，玩家通過挫敗潛在的企業安全攻擊來評估和防禦網絡。Graham (2020) 開發的 Cyberspace Odyssey 新穎嚴肅遊戲可作為計算機網絡教育的輔助工具，讓玩家參與競賽，成功完成各種網絡安全任務。以下列出相關研究所開發的遊戲作為佐證：

1. Pomega 由 Visoottiviseth 設計，旨在促進網路安全意識 (Visoottiviseth et al., 2018)，該遊戲使用 Unity 3D 遊戲引擎制作而成，實現了多用戶登錄系統，並翻譯成英語和泰語，遊戲涵蓋網絡釣魚、密碼、社交網絡、移動安全和物理安全五個網絡安全意識主題。在遊戲結束後，用戶將獲得一份證書。此外，其他用戶也會顯示在名人堂頁面上作為排行榜。該研究經過評估顯示多數用戶對遊戲的故事和界面感到滿意。
2. Cyber Air-Strike (Bhardwaj, 2019) 是一款 2D 遊戲，旨在通過互動式的網絡安全意識教育網絡安全意識。該遊戲是一款基於網絡的應用程序，使用 Buildbox 遊戲引擎制作而成。遊戲涉及的網絡安全意識主題包括惡意軟件攻擊、網絡釣魚攻擊、密碼入侵、病毒和未經授權的數據。玩家必須在保護自己的飛機不受網絡安全攻擊的同時，飛越最遠的距離。但該遊戲尚未經過實際玩家測試。
3. Security Requirement Education Game (SREG) (Yasin et al., 2018) 旨在提高網絡安全意識。該遊戲採用了網絡安全知識和基於遊戲的技術，並結合了安全需求工程學概念（如攻擊者），如攻擊者類型以及不同的漏洞。該遊戲聲稱是學習安全相關概念的一種有效而有趣的方式，並以有序、透明的方式模擬現實生活中的問題環境，激發玩家學習更多安全相關概念。認為有助於玩家了解安全攻擊和漏洞。
4. Cyber Detective (Lopes et al., 2018) 是使用 Unity 3D 遊戲引擎制作的。教授網絡安全意識，可以部署到不同的環境中。玩家必須完成有關在社交網絡中共享數據的各種迷你遊戲、網絡釣魚以及創建強密碼的意義。遊戲結束後玩家的每個決定都會得到解釋，並

說明答案正確與否。這可以讓玩家了解根據自己的行為可能發生的不同情況。研究表明，青少年在玩遊戲後對於網絡安全能力明顯提高。

5. Google's Interland (Seale & Schoenberger, 2018) 是一款 3D 遊戲，旨在幫助學生成為網絡世界中安全、成功的公民。該遊戲受眾為二至六年級的兒童。教導的概念是反欺凌、強密碼、小心網上發布的內容以及網絡釣魚檢測。在遊戲玩成後即可獲得證書。
6. Attacker-Centric Gamified Approach (Adams & Makramalla, 2015) 旨在教會所有員工和組織領導者創建網絡安全技能，更好地保護和應對數據泄露。通過評鑑遊戲化、網絡攻擊者及其屬性，企業家觀點等主題創建。該遊戲涵蓋八種攻擊者的動機、知識/技能和資源作為攻擊者的特征。此外，還使用了六種創業觀點來強調他們的動機、知識/技能和資源。但該方法尚未經過測試。
7. Internet Hero (Kayali et al., 2014) 旨在向 9 至 12 歲的兒童傳授如何使用互聯網的技術和社會基礎。遊戲中玩家必須完成與互聯網使用電子郵件、惡意程序、社交網絡和連接類型的四個特征相匹配的各種小遊戲。要解決主題的基本技術或民事相關方面問題。為了提高用戶的個人興趣，研究人員依靠與遊戲中的角色進行識別，並通過在課堂上進行遊戲和共享排行榜。

實驗架構

設計教育遊戲主要有兩種方式。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) 。因此我們研究偏向從頭開始設計開發教育遊戲 (Zhao, 2024) 。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。

教育遊戲模型

學習風格 (Rapeepisarn, et al, 2008) 與教育內容 (M. 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, M (2019) 提出的教育遊戲模型進行修改，如下圖所示。將高階思維能力設定為潛在學習目標，並與資訊安全知識點融合形成教育遊戲。

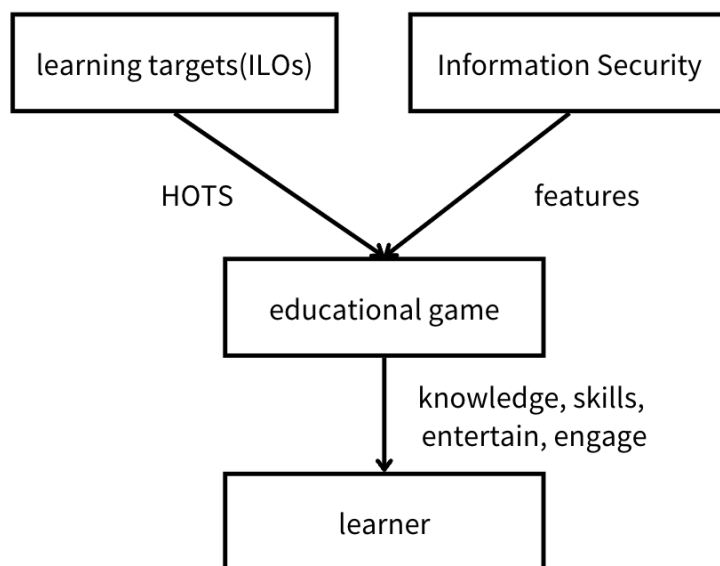


圖 1：本研究規劃之教育遊戲模型

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, 2016)。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 (D. A. Kolb, et al, 2000)。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。以及網絡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, 但他們被網絡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絡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 (Shah, et al, 2018) 。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絡安全領域保持一致 (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 (K. 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。 (Knapp et al., 2017) 。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) 。

設計選擇

電子遊戲有許多豐富的特點, Huang (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。在玩電子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.(Noroozi 等人, 2020 年))。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, 挑戰和內在獎勵能激勵學習者參與並堅持完成學習任務 (Gee, 2005) 。其原因點如下:

1. 電子遊戲具有趣味性和挑戰性, 有規則結構和明確的目標 (Wang et al, 2017) 。
2. 電子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。
3. 電子遊戲提供了即時和持續的反饋, 激發了玩家的參與。
4. 電子遊戲將有序的問題嵌入故事中。
5. 玩家可以控制自己的行動, 個性化自己的遊戲體驗 (Gee, 2005) 。

此外，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, et al, 2012; Ak, et al, 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。

我們開發的遊戲選擇使用了 Unity 遊戲引擎，因為它功能豐富，使用廣泛（Schrader, 2015）。並遵循 Prensky（2005）提供的理論與 Rapeepisarn（2008）研究成果。在遊戲類型、學習技巧和學習風格之間建立了聯系。並列出以下遊戲模塊：

1. DDoS 攻擊原理模塊：通過視覺化的方式，向玩家展示 DDoS 攻擊的基本原理，卡通形象代替真實木馬病毒，以遊戲的方式感染更多電腦，形成「僵尸軍團」。
2. DDoS 攻擊手段模塊：向玩家介紹常見的 DDoS 攻擊手段，用射擊遊戲形式發射不同「攻擊彈藥」，反射放大攻擊可視為使用「增廣彈」的概念
3. 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、使用 DDoS 緩解服務等策略。

在設計每一個關卡，除了完成本篇前段所擬定的準則，包括符合擬訂之機制，選擇使用 3D 作為遊戲維度，以及最終的每一個環節，都需涵蓋高階思維能力之意義。

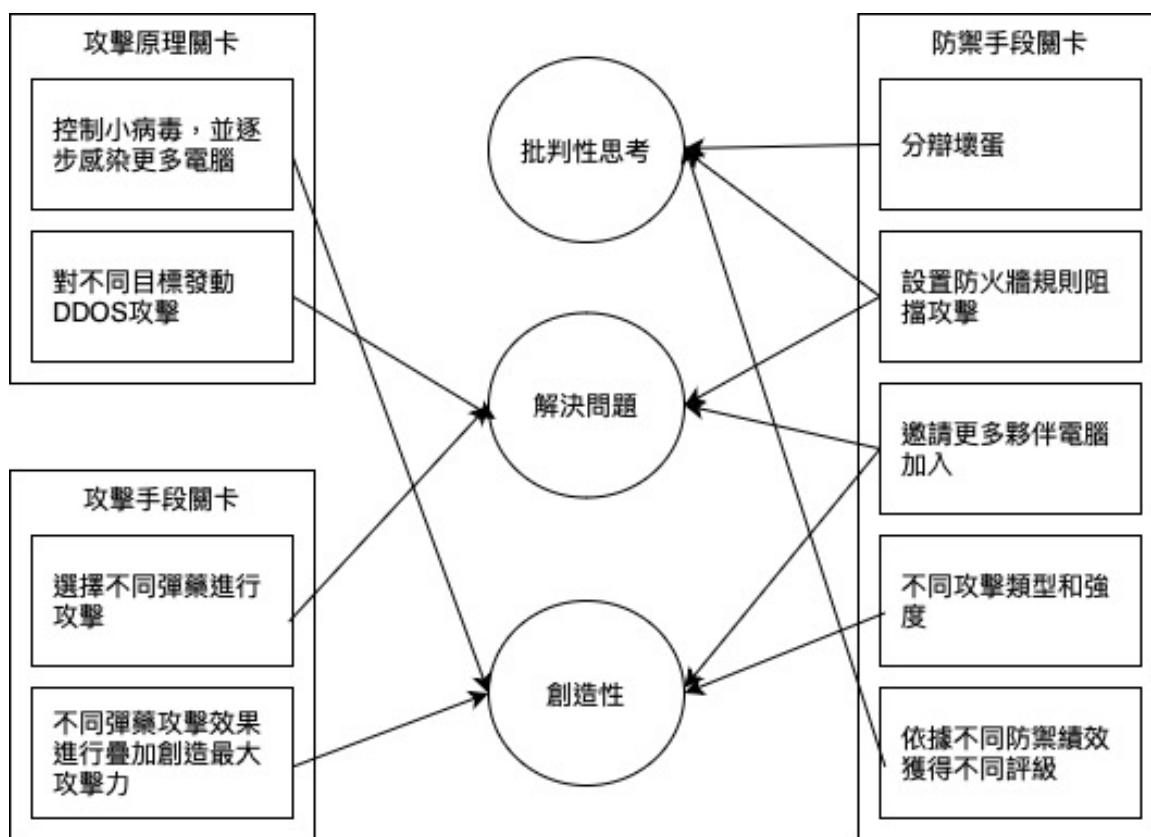


圖 2：遊戲特徵對應高階思維能力之構面

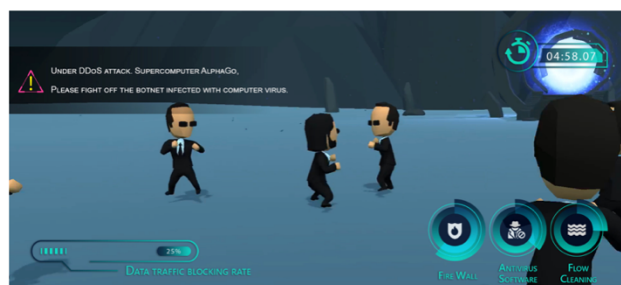
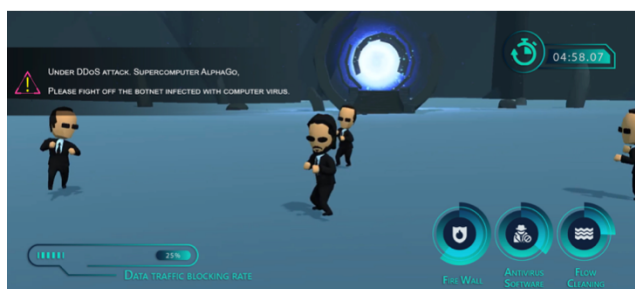
(這邊是講三個遊戲的故事了，那會有關係到圖片，請老師留意一下)

(一) DDoS 攻擊原理關卡

玩家開始時控制一個小小的病毒程式，需要通過支線（副本）方式逐步感染更多電腦。每當完成一個小關卡，就可以獲得新的電腦加入僵尸軍團。而伴隨著隨著僵尸軍團規模的不斷擴大，玩家將獲得對更多類型目標發動攻擊的能力。最終，當僵尸軍團達到一定規模後，玩家就可以選擇不同的網絡目標對其發動 DDoS 攻擊。通過大量請求疊加的視覺效果，體現出 DDoS 攻擊給服務器帶來的巨大壓力和影響。

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。玩家將學習分布式阻斷服務攻擊的基本原理和過程。透過卡通形象和互動式遊戲體驗，玩家可以了解如何建立一個"僵尸軍團"網絡，並對目標發起大規模的 DDoS 攻擊。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，形成僵尸軍團規模。並且僵尸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。透過好奇心的驅使，啟發式

地學習這一攻防領域的基礎知識。

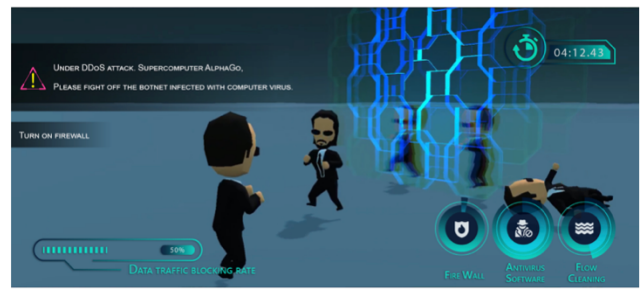
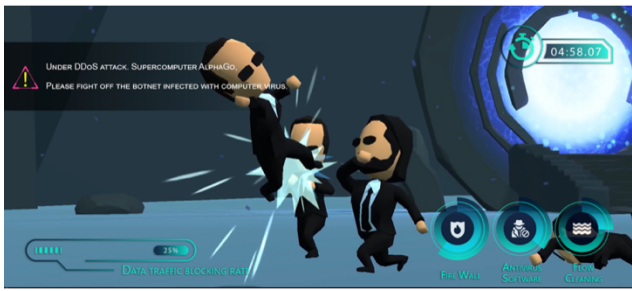


(二) DDoS 攻擊手段關卡：

攻擊手段大關卡旨在以生動有趣的方式,向玩家介紹常見的 DDoS 攻擊手段及其原理,包括 SYN Flood、UDP Flood、HTTP Flood 等。玩家將透過遊戲化的體驗,觀察並了解這些不同攻擊方式對網絡系統造成的影響。在本關卡中,玩家將化身為一名駭客,需要選擇並發射不同種類的攻擊彈藥(攻擊方式),對卡通服務器發動攻擊。每一種攻擊彈藥都代表一種 DDoS 攻擊手段,目前是設定為四種彈藥：

1. SYN Flood 攻擊：以鎖型彈頭(代表 SYN 請求)代表,服務器在被這種彈藥攻擊後,會呈現服務器門被鎖上的動畫。而最終服務器的門被徹底堵死(代表無法為正常請求開門)。
2. UDP Flood 攻擊：以火箭彈形式(代表 UDP 數據包),其砲彈密集襲擊,服務器周圍被砲火籠罩。而最終服務器的防禦值消耗殆盡後顯示服務器粉碎(癱瘓)動畫。
3. HTTP Flood 攻擊：以機器人形狀的彈頭(代表 HTTP 請求包),大量機器人彈藥不斷湧向服務器,並黏在服務器上,而當砲彈前導一定數量時,服務器將以紅色外觀形式呈現(代表資源被佔用直至過載當機)
4. 反射放大攻擊：以增廣彈作為彈藥代表,發射時放大無數倍,形成巨大的衝擊波,當服務器被集中時,服務器徹底被巨大衝擊波擊垮(防禦值直接歸 0)

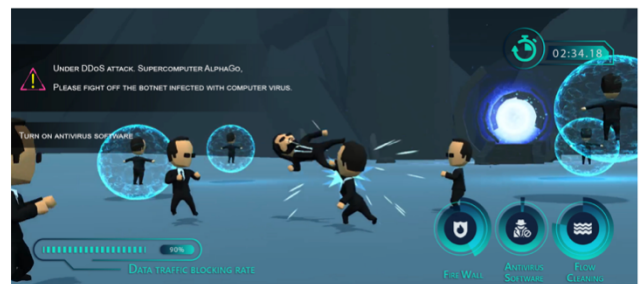
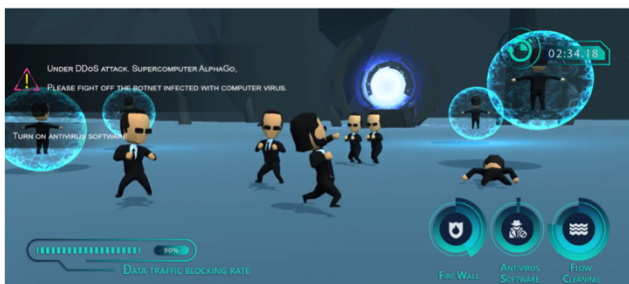
玩家可在攻擊載具上裝備並發射這些攻擊彈藥,觀察它們對應服務器所產生的不同視覺影響,如服務器過載、資源耗盡等,藉此了解各種攻擊原理。透過有趣的射擊玩法,結合適度的視覺幻象效果,本關卡生動有趣地展現了 DDoS 攻擊種種手段及其原理,啟發玩家對網絡安全的探索欲望。此外,關卡中融入了適度的隨機性,服務器的防禦能力會有所變化,增加可重玩價值。憑藉射擊的準確性和攻擊組合策略,玩家將獲得不同的分數和成就。



(三) DDoS 防禦手段關卡

玩家要保衛基地裡的電腦不被壞蛋攻擊。壞蛋會用各種方式發射攻擊彈藥，占據電腦的資源。首先通過拼圖小關卡設置防火牆規則阻擋部分攻擊。然後邀請更多小夥伴的電腦加入，一起分散壞蛋的攻擊。如果攻擊越來越兇猛，就要啟用無敵盾牌獲得最強防禦。也要小心跟壞蛋勾結的內鬼電腦，一定要標記出來。最後就用大吸塵器或水槍，把壞蛋的攻擊彈藥全部吸走沖走並贏得勝利。

通過視覺化、直觀的防禦配置界面，通過拖拽完成防火牆規則設置，並以防禦盾牌的形象展現 DDoS 緩解服務的保護作用。最後採用吸塵器或高壓水槍的形象，模擬清洗攻擊流量的過程。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。透過身臨其境的 3D 視覺呈現，結合簡單有趣的防禦操作方式，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。



研究問題

針對本研究，我們提出下問題：

- 本研究所開發之遊戲使否能提高學生高階思維相關能力？（描述統計、anova）
- 本研究所開發之遊戲使否能提高學生學習動機？（描述統計、anova）
- 本研究所開發的遊戲是否在各項電子學習應用評估構面上表現良好？（描述統計）

- 實驗組學生在創意產品的整體評分（包含新穎性、有效性及風格三個維度的綜合得分）是否顯著高於對照組學生？（anova）

研究流程

在這項研究中，我們邀請了台灣南部一所國小高年級學生共 86 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。對照組由 42 名學生組成，採用傳統講授法，以均一平台「iSafe 全民資安素養」課程做為教學內容。這種方法強調以實踐活動為主要學習載體，並依靠教師的指導來完成任務和排除故障。通過參與直接的體驗式學習，該小組的學生能夠以切實的方式與核心概念進行互動。與此相反，實驗組由 44 名學生組成，並使用上述教育遊戲作為教學載體。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。所有學生在不知道實驗活動的情況下進行。並知情校方與課堂老師同意參與實驗和數據收集。跟據《Helsinki Declaration》，我們堅持最高的道德標準，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動機量表與高階思維能力量表前測。課堂一開始會先統一進行授課，目的適用於培養學生低階思維能力。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。在後期教學的部分，對照組會繼續依據均一平台進行授課。而實驗組會被改為進行本研究所開發的遊戲，並請實驗組的學生依據遊戲進行電子學習應用量表作答。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）。並請已經邀請好的指導教師與相關領域的專家根據創意產品分析矩陣（CPAM）模型（Besemer & O'Quin, 1999 年）對這些項目進行評分。並在最後進行動機量表與高階思維能力量表後側。旨在衡量他們在參與度和 HOTS 方面的變化。

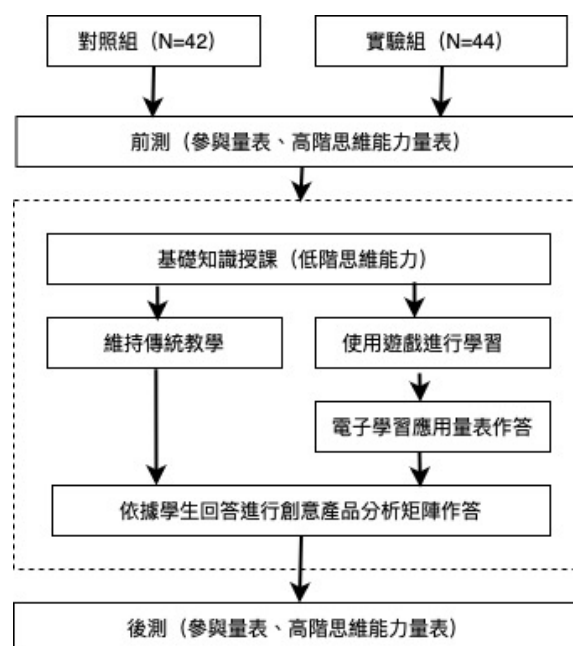


圖 3：研究流程圖

研究工具

高階思維能力量表 (Higher-Order Thinking Skills)

高階思維包括三個基本構面：批判性思維、解決問題和創造力。Hwang (2018) 在其研究中開發了一種測量工具來評估這些構面。並對其訂製以滿足其研究的特定需求，提供了 11 個經過精心修改的題目來測量這三個構面。第一個構面解決能力 (PS) 主要涉及有效識別和解決問題的能力，通過收集和評估相關訊息來衡量。第二個構面為批判性思維，指的是一種認知能力，使個人能夠進行深思熟慮的分析和合理的判斷。第三個構面為創造力，重點是產生和培養創新想法的能力。我們通過採用 Hwang 所開發的問卷加以改良，作為我們評估高階思維能力的問卷依據。以深入了解個人在批判性思維、解決問題和創造力方面的能力，從而促進他們在這些重要領域的成長和發展。本研究對高階思維能力量表進行信度分析 (reliability)。分析結果顯示，其中批判性思維、問題解決和創造力 Cronbach's Alpha 內部一至性分別為 0.75、0.83 與 0.76。各構面的信度均可接受。

表 1：針對高階思維能力量表進行可信度分析

	Critical Thinking	Problem-Solving	Creativity
Original reliability	0.84	0.85	0.8
Revised reliability	0.75	0.83	0.76

參與量表

本研究採用 Reeve&Tseng(2011)對於參與開發的問卷進行改良。從四個構面進評估，該問卷由 21 個題目組成。根據本研究的具體目標進行了調整，並同時進行了前測和後測。第一個構面為主動參與（Agentic Engagement），指的是學生在課堂中主動表達意見、提出問題和建議，以積極影響教學過程的行為和態度。第二個構面為行為參與（Behavioral Engagement），指的是學生在課堂中的注意力、參與度和努力程度。第三個構面為情感參與（Emotional Engagement），指的是學生在課堂中經歷的積極情感狀態，如享受、興趣、好奇和樂趣。第四個構面為認知參與（Cognitive Engagement），指的是學生在學習過程中使用的策略和自我調節行為。我們通過採用 Reeve&Tseng 所開發的問卷加以改良，作為我們評估參與程度的問卷依據。以深入了解個人在實驗進行的參與程度。本研究針對改良後參與量表進行信度分析（reliability）。分析結果顯示，其中主動參與、行為參與、情感參與、認知參與 Cronbach's Alpha 內部一至性分別為 0.80、0.85、0.78 與 0.83。各構面的信度均可接受。

表 2: 針對參與量表進行可信度分析

	agentic engagement	behavioral engagement	emotional engagement	cognitive engagement
Original reliability	0.82	0.94	0.78	0.88
Revised reliability	0.80	0.85	0.78	0.83

創意產品分析矩陣（CPAM，Creative Product Analysis Matrix Model）

本研究采用創意產品分析矩陣（CPAM）作為評估工具，旨在評估學生的動手能力。CPAM 由 Besemer&O'Quin(1999)\設計，提供了一種結構化的方法來檢查創造性產出。該模型符合其在評價學生動手能力方面已被證實的適用性（Horikami, et al, 2022; Hsiao et al. 2023）。它包括三個主要構面：新穎性（Novelty）、解析性（Resolution）與詳細和綜合（Elaboration and Synthesis）。新穎性指的是創意產品的核心組成部分，反映了產品的獨特性和創新程度。它專門用於評估產品偏離現有規範、概念或產品的程度。解析性側重於創意產品的實用性、功能性和有效性。確定產品是否達到了預期目的或成功解決了所發現的問題。詳細和綜合評估創意產品設計的覆雜性、細節、優雅與和諧。它考慮到了工藝、審美情趣和產品的整體質量。這些維度共同幫助評估創意產品的質量，從不同角度衡量產品的創新性、實用性和美感。

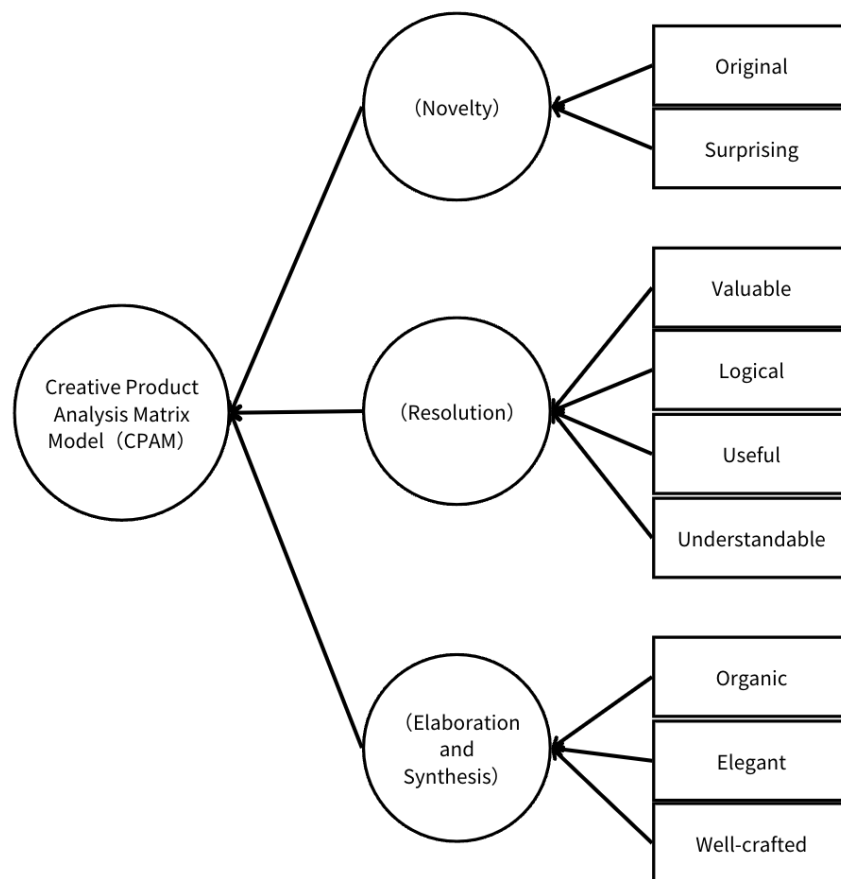


圖 4：創意產品分析矩陣構面圖

這樣的多維度評估模型可以更全面地反映創意產品的價值。在本研究中，我們針對每一個構面採用了李克特五點量表進行測量，由兩位指導老師對於每個學生的學生分數進行評分，並取平均值。我們通過計算分數之間的相關系數來評估評分方法的可靠性，相關系數在 0.71 至 0.86 之間。表明該評分可靠性高，且具有統計意義 ($p < .05$)。

表 3：針對創意矩陣進行可信度分析

subscales	indicators	scorer reliability
Novelty	Original	0.82***
	Surprising	0.81***
Resolution	Valuable	0.83***
	Logical	0.78***
	Useful	0.73***
	Understandable	0.74***
Elaboration & Synthesis	Organic	0.71***
	Elegant	0.86***
	Well-crafted	0.82***

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

電子學習應用評估量表（這個量表他其實沒有名字）

本研究採用 Zaharias(2009)研究的問卷作為本次遊戲的評估依據。旨在綜合性地考慮用戶作為學習者的各方面，特別是關注電子學習環境中情感的重要性，並將學習動機作為電子學習設計的新可用性度量。遵循人機交互（HCI），著重考慮了認知和情感因素，以及學習動機。將 Web 和教學設計參數與學習動機相結合。問卷含交互式內容、教學反饋與評估、導航、視覺設計、學習者指導與支持、學習策略設計、可訪問性和可學習性之構面來衡量電子學習的可用性，同時考慮了學習動機構建。Zaharias(2009)以該問卷評估企業環境中電子學習課程的可用性，為該方法的可靠性和有效性提供了證據。

（這個量表是來從模板論文來的，然後模板論文他是從下面這個人的論文引用出來的，啊我有去看裡面的論文了，這個量表就沒有可信度那個可以寫）

Zaharias, P., & Poylymenakou, A. (2009). Developing a usability evaluation method for e-learning applications: Beyond functional usability. *Intl. Journal of Human – Computer Interaction*, 25(1), 75-98.

研究結果

研究問題：本研究所開發之遊戲使否能提高學生高階思維相關能力

表 4：針對高階思維能力量表做描述性統計

	EG(N=44)				CG(N=42)			
	pretest		posttest		pretest		posttest	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
Critical Thinking	12.8	2.08	16.2	2.17	12.7	2.18	13.9	2.39
Problem-Solving	12.4	1.69	15.1	2.5	12.1	1.91	13	2.13
Creativity	9.7	1.52	10.3	1.37	9.43	1.11	9.9	1.2

表 5：針對高階思維能力量表做 ANOVA 分析

variable	SS	df	MS	F	P	Partial η^2
Critical Thinking	111.8	1	111.84	22.31	<.001***	0.212

Problem-Solving	97.6	1	97.59	18.99	<.001***	0.186
Creativity	1.54	1	1.54	1.01	0.317	0.012

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

研究問題：本研究所開發之遊戲使否能提高學生學習動機

表 6：針對參與量表做描述性統計

	EG(N=44)				CG(N=42)			
	pretest		posttest		pretest		posttest	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
agentic engagement	15.3	1.91	21.8	3.01	15.4	1.6	22.5	3.08
behavioral engagement	16.6	1.91	19.8	2.12	16.7	1.3	17.3	1.33
emotional engagement	12.8	1.92	15	2.39	12.5	2.1	12.5	2.46
cognitive engagement	25.3	4.26	33.2	3.36	25.4	4.2	27.2	4.72

表 7：針對參與量表做 ANOVA 分析

variable	SS	df	MS	F	P	Partial η^2
agentic engagement	150	1	150	45	<.00 ***	0.35
behavioral engagement	133	1	132.88	41.4	<.00 ***	0.333
emotional engagement	136.4	1	136.42	24.48	<.00 ***	0.228
cognitive engagement	778.4	1	778.4	48.6	<.00 ***	0.369

研究問題：本研究所開發的遊戲是否在各項電子學習應用評估構面上表現良好？

表 8：針對電子學習應用評估量表做描述性統計

indicators	M	indicators	M	indicators	M
Navigation	4.51	Visual design	4.34	Learning strategies design	3.6

Learnability	4.36	Interactivity	4.17	Instructional feedback	4.13
Accessibility	4.56	Content and resources	4.42	Learner guidance and support	3.54
Consistency	4.3	Media use	3.76		

研究問題：實驗組學生在創意產品的整體評分（包含新穎性、有效性及風格三個維度的綜合得分）是否顯著高於對照組學生？

表 9：針對創意矩陣進行 ANOVA 分析

subscales	indicators	group	M	SD	F	p
Novelty	Original	EG	2.68	0.96	0.694	0.407
		CG	2.88	1.23		
Resolution	Surprising	EG	3.3	1	0.708	0.402
		CG	3.12	0.94		
	Valuable	EG	4.05	0.82	2.714	0.103
		CG	3.76	0.79		
	Logical	EG	3.7	0.9	5.157	0.026*
		CG	3.29	0.81		
	Useful	EG	3.75	9.97	5.209	0.025*
		CG	3.26	1.01		
Elaboration & Synthesis	Understandable	EG	3.8	1.09	4.429	0.038*
		CG	3.26	1.25		
	Organic	EG	4.07	0.82	2.302	0.158
		CG	3.81	0.86		
	Elegant	EG	3.61	1.1	0.627	0.431
		CG	3.43	1.06		
	Well-crafted	EG	4.3	0.77	15.045	<.00 ***
		CG	3.67	0.79		

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