

整合 SVVR 與動態多重路徑機制的火場逃生辨識促發決策能力訓練遊戲的設計

Design of a Fire Evacuation Training Game for Recognition-Primed Decision-Making Using SVVR and a Dynamic Multi-Path Mechanism

陳玟霖¹ 簡志忠¹ 吳培菁¹ 侯惠澤^{1,2*}

¹臺灣科技大學應用科技研究所

²臺灣科技大學技職賦能研究中心

* hthou@mail.ntust.edu.tw

【摘要】火災事故發生時，民眾往往因缺乏實際應變經驗而難以及時做出正確判斷，導致逃生延誤甚至造成傷亡。本研究結合情境式虛擬實境(Scenario-Based Virtual Reality, SVVR)與動態多重路徑遊戲機制，設計一款火場逃生辨識促發決策(Recognition-Primed Decision, RPD)能力訓練遊戲。遊戲以360度實境影像建構辦公室火災情境，並設計茶水間、辦公室、會議室、儲藏室與機房等五個關卡。研究對象為30名成年人，透過情境式遊戲體驗與問卷評量探討學習體驗與決策能力。結果顯示參與者在心流、遊戲體驗與情境提示等構面均有不錯的回饋，初步顯示SVVR結合動態多重路徑決策與引導鷹架設計具有良好的學習效果。

【關鍵詞】火災逃生、情境式虛擬實境、辨識促發決策、動態多重路徑決策

Abstract: When fire incidents occur, individuals often struggle to make timely and accurate decisions due to a lack of practical emergency response experience, leading to delayed evacuation and even casualties. This study integrates Scenario-Based Virtual Reality (SVVR) with a dynamic multi-path game mechanism to develop a fire evacuation training game aimed at enhancing Recognition-Primed Decision (RPD) abilities. The game employs 360-degree real-world imagery to construct an office fire scenario, consisting of five levels: a pantry, office, meeting room, storage room, and server room. A total of 30 adult participants were recruited. Through a scenario-based gameplay experience and questionnaire evaluation, this study examined learners' experiences and decision-making abilities. The results indicate that participants reported positive feedback in terms of flow, game experience, and situational cues. The findings preliminarily suggest that integrating SVVR with dynamic multi-path decision-making and guided scaffolding design yields promising learning effectiveness.

Keywords: Fire Evacuation, Scenario-Based Virtual Reality, Recognition-Primed Decision, Dynamic Multi-Path Decision-Making

1. 前言

火災災害為日常生活中常見且具高度危險性的突發事件。根據世界衛生組織 (World Health Organization, 2023) 統計，全球每年約有 18 萬人死於火災與燒燙傷事故，顯示其對公共安全與人類生命造成重大威脅。在火災情境中，個體需在煙霧瀰漫、能見度降低及時間壓力等高度不確定環境下迅速做出避難決策，而此類決策多仰賴情境線索辨識與經驗判斷，而非完整理性分析 (Lovreglio et al., 2016)。此外，研究發現多數人在避難過程中傾向選擇熟悉

路徑而非最安全出口，進而提高風險 (Kinateder et al., 2021)。因此，如何透過有效訓練提升個體在高壓情境下的危險辨識與快速決策能力，已成為防災教育的重要課題。

傳統防災教育多以講授、影片或靜態教材為主，雖可傳遞基礎知識，卻難以培養學習者在動態且複雜情境中的即時判斷能力。近年來，隨著情境模擬技術的發展，虛擬實境 (Virtual Reality, VR) 能提供高度擬真的學習環境，有效提升學習者對危險情境的理解與應變能力，並促進學習動機與知識保留 (Makransky & Petersen, 2021; Radianti et al., 2020)。VR 在災害訓練中亦被證實能顯著提升學習者的決策能力與情境理解 (Liu et al., 2022)。

自然決策 (Naturalistic Decision Making, NDM) 研究指出，人類在真實世界的複雜與時間壓力情境中，並非透過完整理性分析進行決策，而是依據過去經驗快速辨識關鍵情境線索並產生行動方案 (Klein, 2008)。緊急事件中的決策具有高度情境依賴性，並涉及動態資訊判斷與多重行動者之間的協調 (Curnin et al., 2015)。在 NDM 架構下，辨識促發決策 (Recognition-Primed Decision, RPD) 模型說明，決策者透過情境辨識、經驗比對與心理模擬，迅速生成可行行動方案，而非透過多方案比較後再做選擇。個體在避難過程中常傾向依循熟悉路徑進行行動，而非選擇最安全的出口 (Kinateder et al., 2021)，此現象支持 NDM 所強調之經驗導向決策特性。此決策模式特別適用於如火災避難等高壓與時間受限情境。因此，若能在學習環境中結合情境模擬與多重決策路徑機制，使學習者透過反覆練習與經驗累積進行情境辨識與決策模擬，將有助於培養其在動態風險情境中的快速判斷能力與應變表現。

透過互動式情境與決策任務設計，可提升學習者的參與程度與深層學習歷程 (Wouters et al., 2013; Plass et al., 2015)。在虛擬學習環境中，結合鷹架設計與情境提示亦被證實能有效協助學習者辨識關鍵線索並進行決策 (Li et al., 2023)。因此，本研究結合情境式虛擬實境 (Scenario-Based Virtual Reality, SVVR)、動態場景設計、多重路徑決策機制以及辨識引導鷹架，發展一套火場逃生訓練遊戲，以培養學習者之危險辨識與決策能力。

2. 研究方法

研究對象為 30 名 18 歲以上成年人。研究流程包括研究說明 (5 分鐘)、前情境影片觀看 (10 分鐘)、遊戲體驗 (20 分鐘) 及研究問卷填寫 (10 分鐘)。

2.1. 教學遊戲設計

本研究設計一款火場逃生擬真情境數位遊戲《生存倒數 10 分鐘》。遊戲包含五個情境場景：茶水間、辦公室、會議室、儲藏室與電腦機房。同時設計每一個情境場景都以兩分鐘為一個火場變化階段 (T1~T5)，每一個階段皆有不同火勢發展及危險因子。因此，玩家在每個階段需根據環境線索判斷危險處理順序及緊急決策，並選擇適當逃生行動。本研究遊戲設計導入動態多重路徑決策機制，讓學習者在不同火災情境中做出多種可能決策，例如立即逃生、嘗試滅火或尋找安全出口等。不同選擇將導致不同情境發展與結果，使學習者能透過模擬經驗理解決策後果。研究指出，情境式教育遊戲透過多路徑決策設計能有效提升學習者的問題解決能力與情境理解 (Plass et al., 2015; Wouters et al., 2013)。此外，本研究在遊戲情境中加入辨識引導鷹架 (Recognition-Guided Scaffolding) 設計，透過情境提示與決策回饋協助學習者辨識火災環境中的重要線索，例如煙霧濃度、火勢方向與逃生出口位置。研究指出，

適當的鷹架設計能提升學習者在複雜情境中的理解與決策能力(Belland et al., 2013)。本研究採用 ThingLink 平台(<https://www.thinglink.com>) 建構情境擬真場景，於各空間場景中各線索如圖 1、圖 2 所示，加入多路徑遊戲機制設計，當參與者選擇正確決策就會獲得該決策品質等級 (圖 3)，依正確決策後會獲得獎牌(有一、二、三顆)，並進入下一階段。當參與者選擇錯誤時，遊戲將會再回到原點 (T1)，並提供參與者關於火場逃生的相關認知鷹架知識 (圖 4)。最後完成任務成功逃出後，會針對參與者再進行火場逃生加強重點說明 (圖 5)，提升後設認知成效。

圖 1. 遊戲畫面



圖 2. 結合情境描述與決策提示表達的多路徑遊戲互動劇本鷹架

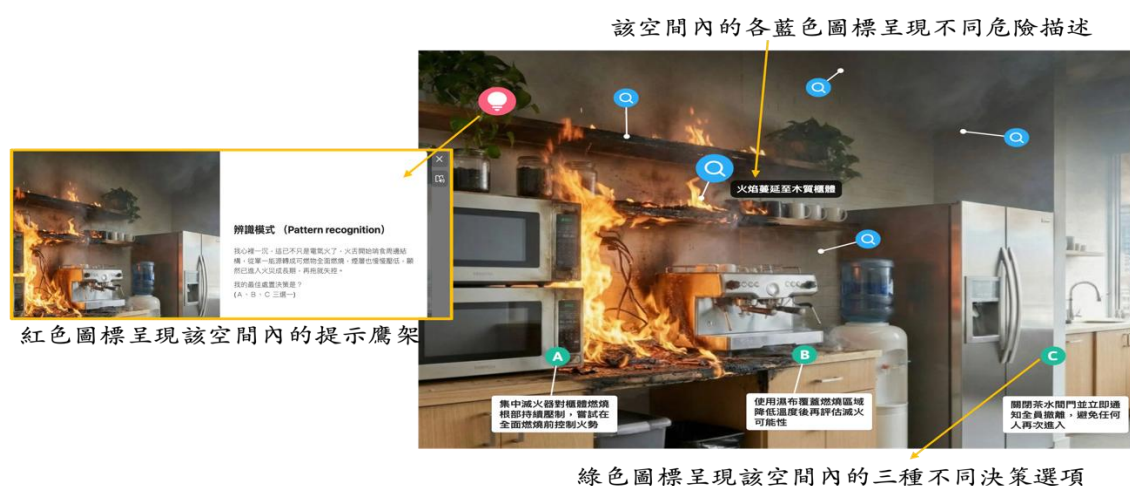
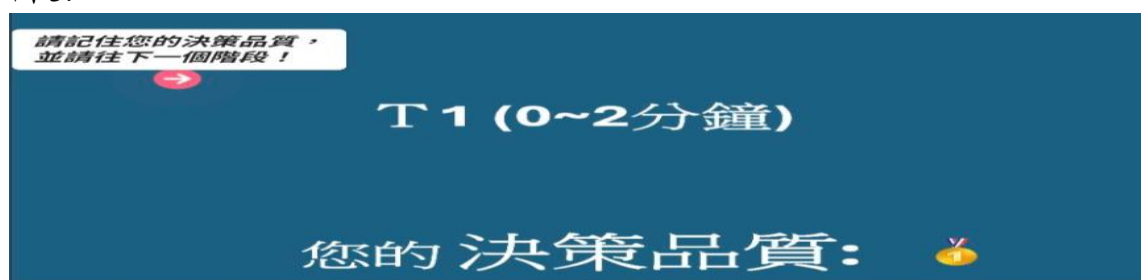


圖 3.



選擇決策確認後將進入下一階段 (T1->T2) 並獲得獎牌

圖 4.

選擇錯誤回到原點即提供火場逃生決策重點

寶典建議

緊急決策不是：「看到火就滅火」。
而是：先改變火災的動力條件，再保護人命，最後才考慮控制火勢。

重新回到 T1 階段 

階段	燃燒階段	火場特徵	煙層高度	溫度	開門風險	決策模式	行動策略
T1 (0~2分鐘)	初期 (Incipient)	小火源、電氣起火	尚未形成	低	低	可控評估	斷電→滅火
T2 (2~4分鐘)	成長期 (Growth)	火勢蔓延、煙層形成	天花板下 50cm	快速上升	中	風險辨識	隔離→撤離
T3 (4~6分鐘)	高溫累積期	黑煙增多、未燃氣體累積	下降至頭部	高	高	危險判讀	嚴禁開門
T4 (6~8分鐘)	閃燃 (Flashover)	全室瞬間點燃	煙層至腰部	>600°C	極高	生存優先	擴大撤離
T5 (8~10分鐘)	全面燃燒	火舌外竄、溫度極高	胸口以下	極高	極高	放棄控制	完全撤離

圖 5. 成功後再次提示火場逃生重點知識

您經過明確的緊急決策判斷，平安逃離火場！
請統計您整場的決策品質，共獲得幾個金牌
(若是重新開始，請以最後一次為主)。

恭喜您決策正確，才能平安帶領大家逃脫險境！！

以下為此案例緊急決策動態優先順序參考，回想看看與您剛剛的緊急決策是否相同！

此案例緊急決策動態優先順序參考

階段	燃燒階段	第一優先	第二優先	第三優先
T1 (0~2分鐘)	初期 (Incipient)	斷電	封閉儲藏室	控制能源
T2 (2~4分鐘)	成長期 (Growth)	封閉高風險區	關空調	準備撤離
T3 (4~6分鐘)	高溫累積期	嚴禁開門	統一撤離	回報資訊
T4 (6~8分鐘)	閃燃 (Flashover)	低姿集體撤離	防止分散	放棄滅火
T5 (8~10分鐘)	全面燃燒	完全撤離	清點人數	禁止返回

3. 研究工具

3.1. 心流量表

本研究在探討學習者學習活動中的心流狀態，使用 Kiili (2006)的心流問卷作為心流評量，由學者 Hou & Li (2014)翻譯為中文版本。共有兩大維度，分別為心流前提 (Flow Antecedents)以及心流經驗(Flow Experience)，共計 22 題。問卷採用李克特氏五點量表。計分 (1 = 非常不同意，5 = 非常同意)。本研究信度分析結果顯示 Cronbach's $\alpha = .944$ ，表示該量表具有良好的內部一致性。

3.2. 認知負荷量表

為了探討學習者在整個學習歷程的認知負荷差異，量表以 Leppink 等 (2013)的認知負荷量表為基礎，並參考 Klepsch 等 (2017)所提出的以差異化的認知負荷量表改編而成，其方式可靠且有效地測量。量表分為三大維度共 8 題，包含內在認知負荷、外在認知負荷、增生認知負荷。此問卷採用李克特氏五點量表，內部一致性 Cronbach's $\alpha = .794$ ，顯示該量表具有高的信度。

3.3. 遊戲接受度量表

在探討學習者對學習方式接受度之差異，本研究修正 Davis (1989) 提出的科技接受度量表，共有兩大維度，分別為認知有用性、認知易用性，此問卷採用李克特氏五點量表，內部一致性 Cronbach's $\alpha = .935$ ，顯示該量表具有極高的信度。

3.4. 遊戲心得問卷

本研究設計遊戲心得問卷，以瞭解學習者在《生存倒數 10 分鐘》火場逃生情境遊戲中的學習體驗與整體滿意度。問卷共四題，各題皆採用李克特五點量表進行評量，內容主要評估學習者對於遊戲情境設計、決策提示、操作方式以及整體學習體驗之感受與回饋。透過量化分析結果，可瞭解參與者對本研究所設計之情境式火場逃生訓練遊戲的整體評價。本問卷之內部一致性經 Cronbach's α 係數檢驗為 $\alpha = .891$ ，顯示量表具有良好的信度。

4. 研究結果與討論

表 1 呈現學習者完成火場逃生情境遊戲後，各量表構面之描述統計與單一樣本 t 檢定結果。整體而言，多數構面之平均數皆顯著高於量表的中位數 (3)，顯示受試者對本研究所設計之情境式逃生遊戲具有正向評價，並能促進其在模擬火災情境中的決策思考與學習投入。在心流體驗方面，整體心流平均數顯著高於中位數 ($M=4.00, p<.001$)，顯示學習者在遊戲過程中能維持高度專注並產生沉浸式學習體驗。在遊戲接受度方面，整體遊戲回饋平均數亦顯著高於中位數 ($M=4.12, p<.001$)，顯示參與者普遍認為本研究所設計之火場逃生遊戲具有良好的學習價值與操作便利性。在認知負荷方面，內在認知負荷 ($M=3.58, SD=0.97$)、外在認知負荷 ($M=2.40, SD=1.07$) 及增生認知負荷 ($M=4.00, SD=0.63$) 皆與檢定值 3 達顯著差異 ($p<.05$)。結果顯示，學習者在進行情境判斷與逃生決策時需投入一定程度的認知處理 (內在與增生認知負荷)，且本研究之遊戲設計能有效降低不必要的認知干擾 (外在認知負荷較低)。在遊戲體驗方面，整體遊戲體驗平均數顯著高於中位數 ($M=4.20, p<.001$)。其中，擬真臨場感 ($M=4.03$)、情境提示引導決策思考 ($M=4.23$)、相較講述或影片學習較無壓力 ($M=4.23$) 以及相較講述或影片更能集中思維 ($M=4.30$) 等題項皆顯著高於 4，顯示本研究透過情境模擬與提示引導機制，能有效提升學習者之臨場感與情境理解能力。此結果與過去研究一致，顯示情境式虛擬實境 (Scenario-Based Virtual Reality, SVVR) 能有效提升學習者在高風險情境中的理解與決策能力，並促進沉浸式學習體驗 (Makransky & Petersen, 2019; Radianti et al., 2020)。

另一方面，參與者於遊戲心得問卷回饋中指出，遊戲情境貼近真實火場狀況，有助於理解火災可能發生的情境與變化。在決策歷程中，學習者需透過思考與判斷選擇適當行動，顯示遊戲設計能促進其決策能力。此外，參與者亦表示，情境提示有助於判斷可行選項，並在過程中進行風險評估。透過決策後即時呈現結果，學習者能立即了解其選擇的後果，進而強化對情境的理解與判斷能力。整體而言，本研究之遊戲設計有助於提升學習者在火災情境中的判斷與應變能力。

表 1 單一樣本 t 檢定摘要表

量表 / 構面	M	SD	t	p
整體心流	4.00	0.62	8.86***	< .001
心流前因	3.98	0.64	8.72***	< .001
心流經驗	4.02	0.64	8.72***	< .001
內在認知負荷	3.58	0.97	3.28**	.003
外在認知負荷	2.40	1.07	-3.07**	.005
增生認知負荷	4.00	0.63	8.68***	< .001
整體遊戲回饋	4.12	0.70	8.77***	< .001

遊戲有用性	4.42	0.70	11.05***	< .001
遊戲易用性	3.98	0.91	5.90***	< .001
整體遊戲體驗	4.20	0.68	9.62***	< .001
擬真臨場感	4.03	0.81	7.00***	< .001
情境提示引導決策思考	4.23	0.90	7.53***	< .001
相較講述 / 影片學習較無壓力	4.23	0.77	8.73***	< .001
相較講述 / 影片更能集中思維	4.30	0.79	8.96***	< .001

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

5. 結論

本研究設計並實作一款結合情境式虛擬實境 (Scenario-Based Virtual Reality, SVVR) 與動態多路徑決策機制的火場逃生訓練遊戲《生存倒數 10 分鐘》。研究結果顯示沉浸式情境與互動式遊戲設計能有效提升學習者參與度與理解能力，使學習者在模擬火災環境中更容易投入學習並理解逃生決策過程。此外，本研究透過動態多路徑決策機制，使學習者在不同情境中進行多種決策選擇，並透過不同決策結果理解其可能後果，進而在模擬情境中累積決策經驗。此結果亦與災害避難行為研究指出，情境模擬與決策訓練能提升個體在緊急情境中的判斷與決策能力之研究結果相符 (Kinatader et al., 2021)。

此外，本研究亦發現，將辨識引導鷹架融入情境式虛擬實境環境中，能協助學習者注意到煙霧、火勢與逃生出口等關鍵環境線索，並逐步建立情境理解與判斷能力。因此，本研究透過 SVVR 沉浸式情境、多路徑決策設計與辨識引導鷹架的整合，提出一種適用於防災教育的情境式教育遊戲設計模式。研究結果顯示此設計不僅能促進學習者的情境參與與決策思考，也與近年沉浸式嚴肅遊戲在安全教育與災害訓練中的研究結果相符 (Radianti et al., 2020)。整體而言，本研究顯示情境式虛擬實境結合動態多路徑決策設計，在培養危險辨識與逃生決策能力方面具有良好的應用潛力。

未來研究可進一步擴大研究樣本並納入不同背景族群，以提升研究結果的外部效度。此外，後續研究亦可比較不同教學方式(如傳統講授、影片教學與虛擬實境遊戲學習)之學習成效，以更全面評估情境式遊戲學習在防災教育中的教學效果，並可結合更高沉浸度的虛擬實境設備或多人互動機制，以發展更貼近真實情境的防災訓練環境。

參考文獻

- Belland, B. R., Kim, C., & Hannafin, M. J. (2013). A framework for designing scaffolds that improve motivation and cognition. *Educational Psychologist*, 48(4), 243–270. <https://doi.org/10.1080/00461520.2013.838920>
- Curnin, S., Owen, C., Paton, D., & Brooks, B. (2015). A theoretical framework for negotiating the path of emergency management multi-agency coordination. *Applied Ergonomics*, 47, 300–307. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2014.10.014>
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319–340. <https://doi.org/10.2307/249008>

- Hou, H. T., & Li, M. C. (2014). Evaluating multiple aspects of a digital educational problem-solving-based adventure game. *Computers in Human Behavior*, 30, 29–38. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.07.052>
- Kiili, K. (2006). *Evaluations of an experiential gaming model*. *Human Technology*, 2(2), 187–201. <https://doi.org/10.17011/ht/urn.2006518>
- Klein, G. (2008). Naturalistic decision making. *Human Factors*, 50(3), 456–460. <https://doi.org/10.1518/001872008X288385>
- Kinateder, M., Warren, W. H., & Hölscher, C. (2021). The role of familiarity in evacuation behaviour. *Safety Science*, 134, 105050. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.105050>
- Klepsch, M., Schmitz, F., & Seufert, T. (2017). Development and validation of two instruments measuring intrinsic, extraneous, and germane cognitive load. *Frontiers in Psychology*, 8, 1997. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01997>
- Leppink, J., Paas, F., Van der Vleuten, C. P. M., Van Gog, T., & Van Merriënboer, J. J. G. (2013). Development of an instrument for measuring different types of cognitive load. *Behavior Research Methods*, 45(4), 1058–1072. <https://doi.org/10.3758/s13428-013-0334-1>
- Li, W., He, Y., Xue, H., & Li, Y. (2023). Effect of summarizing scaffolding and textual cues on learning performance and cognitive load in virtual reality. *Computers & Education*, 191, 104635. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104635>
- Liu, Y., Li, Y., & Zhao, X. (2022). Virtual reality-based disaster preparedness training: A systematic review. *Computers & Education*, 180, 104427. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104427>
- Lovreglio, R., Ronchi, E., & Nilsson, D. (2016). An evacuation decision model based on perceived risk, social influence and behavioural uncertainty. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 66, 226–242. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2016.03.006>
- Makransky, G., & Petersen, G. B. (2021). *The cognitive affective model of immersive learning (CAMIL): A theoretical research-based model of learning in immersive virtual reality*. *Educational Psychology Review*, 33, 937–958. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09586-2>
- Plass, J. L., Homer, B. D., & Kinzer, C. K. (2015). Foundations of game-based learning. *Educational Psychologist*, 50(4), 258–283. <https://doi.org/10.1080/00461520.2015.1122533>
- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education. *Computers & Education*, 147, 103778. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>
- Wouters, P., van Nimwegen, C., van Oostendorp, H., & van der Spek, E. (2013). A meta-analysis of the cognitive and motivational effects of serious games. *Journal of Educational Psychology*, 105(2), 249–265. <https://doi.org/10.1037/a0031311>
- World Health Organization. (2023). Burns. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/burns>