

心智圖輔助學生出題的遊戲系統之建置與設計

The construction and design of a game system assisted by mind maps for student question-generation

劉盈廷¹ 楊凱翔²

LIU, YING TING¹ YANG, KAIHSIANG²

¹ 國立臺北教育大學 數學暨資訊教育學系 研究生

¹ National Taipei University of Education Graduate School of Department of Mathematics and Information Education Student

E-mail : tim850920@gmail.com

² 國立臺北教育大學 數學暨資訊教育學系 教授

² National Taipei University of Education Graduate School of Department of Mathematics and Information Education Professor

E-mail : khyang.sinica@gmail.com

摘要

我國十二年國教資訊領綱已將運算思維列為重要核心，近年來基礎的運算思維教學，以視覺化程式語言為主流，圖形積木的表示方式易於初學者操作。研究指出將學生出題策略整合到遊戲式學習中可以提高學生運算思維能力，但如何協助學生架構並導引出題是重要的教學流程。因此本研究設計一套含有學生出題策略的遊戲系統，期望透過心智圖幫助學生釐清問題、組織概念，在自行設計關卡時能更有效率的運用運算思維能力。本研究主要探究心智圖輔助學生出題的遊戲系統之建置與設計，並以學習成效進行資料分析。

關鍵字：運算思維、遊戲式學習、學生出題策略、心智圖

Abstract

Curriculum Guidelines of 12Year Basic Education have identified computational thinking as a crucial core component. In recent years, foundational computational thinking instruction has predominantly utilized visual programming languages, with graphical blocks serving as a user-friendly representation for beginners. Research indicates that integrating student question-generation strategies into game-based learning can enhance students' computational thinking abilities. However, facilitating students in structuring and guiding question generation is a crucial instructional process. Therefore, this study designs a game system incorporating student question-generation strategies. It aims to use mind maps to help students clarify problems, organize concepts, and more efficiently utilize computational thinking skills when designing their own levels. The main focus of this research is on the development and design of a game system assisted by mind maps for student question generation, with data analysis conducted on learning outcomes, motivation, and attitudes.

Keywords : Computational Thinking, Game-Based Learning, Student Question-Generation, Mind Map

壹、前言

一、研究背景

我國十二年國教資訊領綱已將運算思維列為重要核心，希望藉由培養運算思維，提升學生善用資訊科技工具解決問題、合作共創、溝通表達等人高階能力（林育慈、吳正己，2016）。近年來基礎的運算思維教學，以視覺化程式語言為主流，圖形積木的表示方式易於初學者操作。此外，視覺化程式語言常與遊戲式學習（Game-Based Learning）結合，已有許多研究顯示程式設計遊戲用來發展運算思維是有利的（Barradas et al., 2020; Díaz-Lauzurica & Moreno-Salinas, 2019）。

但學生的運算思維能力沒有達到一定程度，遊戲式學習可能會對產生負面影響，因為關卡內容是根據程式的知識建構而成，對於尚未建立程式設計能力的初學者來說不容易（Zhao & Shute, 2019）。因此邊玩邊學的過程中，結合其他學習策略是必要的，因此有些研究將學生出題策略（Student Question-Generation）加入至遊戲式學習中。陳鳴谷（2021）的迷宮遊戲中融入學生出題策略，在自製關卡時，學生可以檢視自己是否掌握程式的重要概念。Cheng等人（2023）研究發現迷宮遊戲中加入學生出題策略，使學生能夠有效地運用運算思維來解決或設計關卡。

不過，若沒有教學者合適的設計和漸進的教學流程，學生難以自行出題，由於將所習得的知識回饋於問題，是需要分析、設計、創造、應用等繁瑣歷程（Cheng et al., 2023）。為改善學生出題策略引導不足而造成學生提取知識的困難，如何協助學生導出並架構是重要的教學流程。Zhao等人（2022）心智圖可以幫助初學程式的學生快速地定義問題、識別程式和尋求解決方案。

因此，本研究期望設計出藉由心智圖輔助學生在遊戲中自行設計關卡時，能更有系統性的思考，幫助學生在設計遊戲關卡時能釐清問題、組織概念，進而更有效得運用運算思維能力。

二、研究問題

根據研究背景，本研究的問題如下：

- （一）使用「心智圖輔助學生出題的遊戲系統」的學生，其運算思維的學習成效是否優於「一般學生出題的遊戲系統」的學生？

貳、文獻探討

一、運算思維

運算思維（Computational thinking）是指透過電腦科學的基本概念來解決問題、設計系統和理解人類行為（Wing, 2006）。不同領域的問題所應用到的運算思維核心能力也有所差別（Barr & Stephenson, 2011）。Anderson（2016）統整出常見於各個領域解決問題時通用的五大核心能力：分解、模式識別、抽象化、演算法設計、評估。

隨著培養學生獲得運算思維能力的重要性逐漸受到許多研究的重視，運算思維的培養和評估也變得更加重要（Tang et al., 2020）。以積木為基礎的程式教學成為培養學生運算思維能力的流行方式（Sun et al., 2021; Zhang & Nouri, 2019）。

二、遊戲式學習

遊戲式學習（Game-Based Learning）是一種可以將教材或學習原理融入遊戲中以吸引學生有效學習的教學方法（Sung & Hwang, 2013）。將運算思維整合到遊戲式學習中，讓學生應用運算思維概念來解決遊戲中的程式設計問題，可以提高學生解決問題的能力（Kazimoglu et al., 2012）。

其中，迷宮解謎類型的視覺化程式設計遊戲較為熱門常見。Zhao 和 Shute

(2019) 開發一款遊戲透過組合積木程式控制角色走迷宮。Barradas 等人 (2020) 在 code.org 中發現最受歡迎的課程 Maze:Sequence，也是讓學生透過拖放積木來對迷宮進行程式設計。

三、學生出題策略

學生出題策略 (Student Question-Generation) 是一種可以發展理解並促進自我調節的認知策略 (Palinscar & Brown, 1984)。當學生提出問題時，他們會專注於正在學習的內容，並評估自己是否理解 (Rosenshine et al., 1996; Yu & Wu, 2016)。學生可以根據自己設計的問題，回憶學習內容並找出要點來產生相應的答案 (Palinscar & Brown, 1984)。教師可以透過學生提出的問題進一步了解學生的思維觀念和對問題的理解 (King, 1994; Watts et al., 1997)。

四、心智圖

心智圖由Buzan在20世紀70年代提出，以連接關鍵字、圖像和圖形的線條組成。藉由心智圖，心智圖已發展成為概念組織、筆記、和腦力激盪等教育中使用的工具之一 (Dhindsa et al., 2011; Fu et al., 2019; Pennebaker, 2017)。學生思考、理解、組織和應用知識的過程可以被視覺化 (Somers et al., 2014)，並且可以在短時間內有效地組織和建立聯繫 (Christensen & Hooker, 2000)。

參、研究實施與設計

一、系統設計

(一)系統架構

本研究之遊戲系統運用Google開發的視覺程式設計編輯工具「Blockly」進行設計，以國小五年級的運算思維課程作為教材參考。架構如圖 1所示，因Blockly為JavaScript函式庫，本研究之遊戲系統為網站介面，教師於後端設定關卡及心智圖內容，以利學生在進行關卡時學習程式概念，並透過心智圖提示了解破關所運用的運算思維歷程，學生於學習關卡過關時所運用的積木數量會回傳至後端，以便教師了解學生是否懂得善加運用程式積木。完成學習關卡後學生便可自行設計關卡，在自創關卡中學生編輯迷宮路徑以及心智圖提示，儲存後能立即試玩，以確認迷宮、程式積木及心智圖三者之間是否相互對應。儲存後的自創關卡也會回傳至後端，並提供其他學生挑戰。

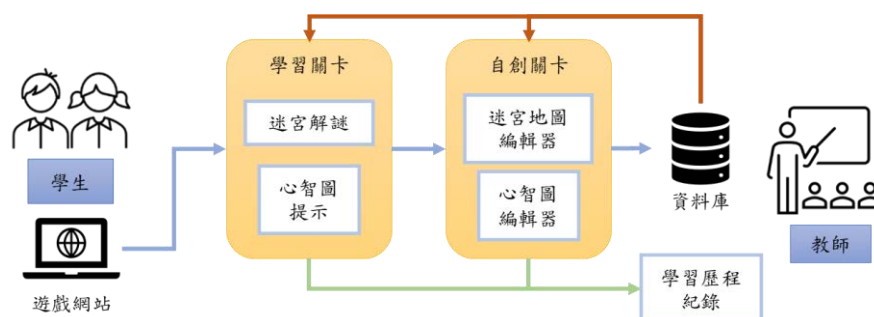


圖 1 系統架構圖

(二)系統設計

本研究設計之遊戲是以Blockly Games中的「迷宮」為範本，一共設有學習關卡九關，自創關卡三關，關卡流程與每關含有的程式概念如圖 2所示。

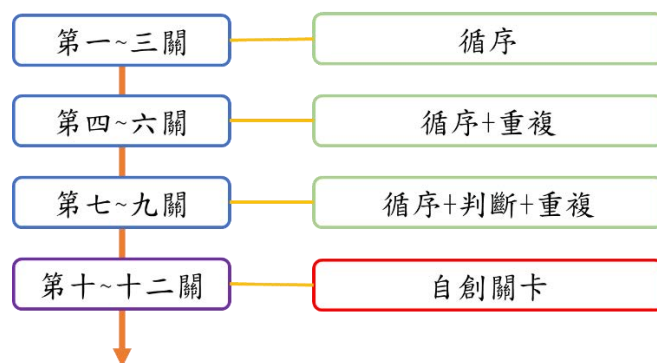


圖 2 程式概念與關卡流程

學習關卡中，學生要依據地圖的路徑，在右側編輯區放入適當的積木，讓角色到達終點，如圖 3 所示。當第一次執行程式未破關，或是主動點擊燈泡時，會跳出該關最佳解的心智圖提示，如圖 4 所示，協助學生思考何時該運用哪些積木，簡化積木使用數量，並重新設計程式架構。



圖 3 學習關卡

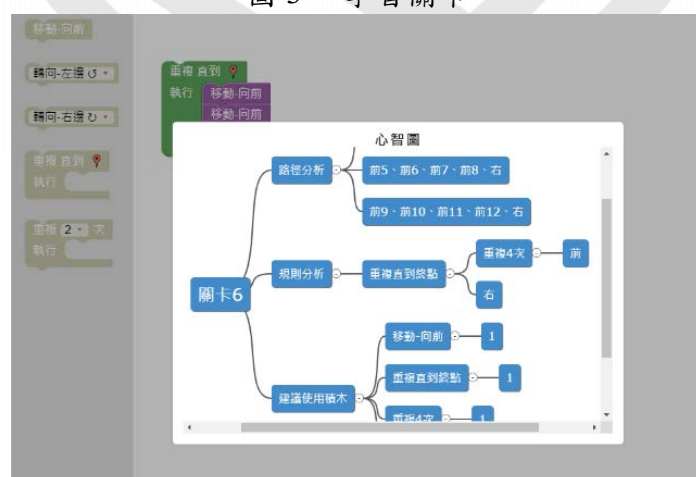


圖 4 提示畫面

自創關卡學生除了編輯迷宮路徑，還要利用心智圖分析其設計的迷宮路徑，以驗證是否與預想中的解法相符。學生儲存編輯後自創關卡便可立即遊玩，以便學生察覺實際解法與路徑設計不符或提示描述上的錯誤並立即修正，畫面如圖 5 所示。其他學生的自創關卡於獨立的選單視窗點選，如圖 6 所示。

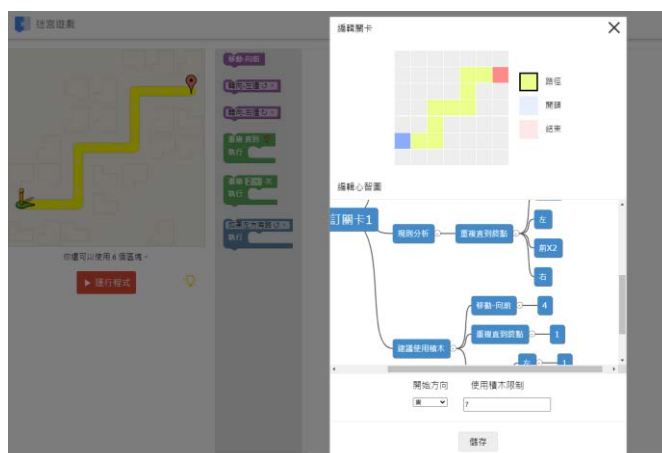


圖 5 自創關卡

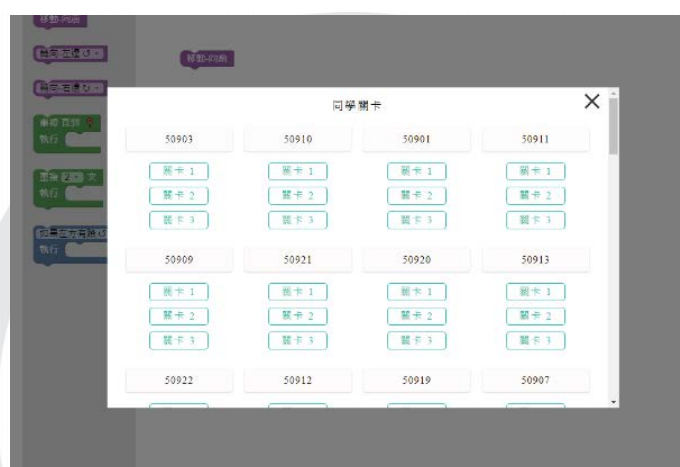


圖 6 同學自創關卡選單

二、研究方法

(一) 研究架構

本研究探討心智圖輔助學生出題的遊戲系統對國小生提升運算思維的能力，分析學習者的學習成效之影響，研究架構如圖 7 所示。

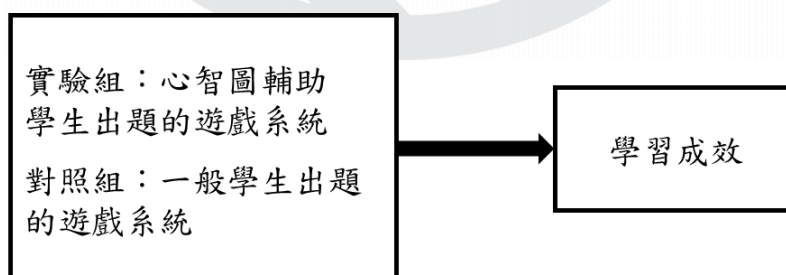


圖 7 研究架構圖

(二) 研究對象

本研究採準實驗研究法，研究對象為新北市永和區某公立國民小學五年級兩個班級總數53名學生，如表 1 所示。學習者已根據學期總成績進S型常態編班，顯示各班級學業程度表現平均，且該校五年級資訊課程以Scratch作為教學工具，已具備視覺化程式語言相關的基礎知識。

表 1 教學實驗之分組與人數分配表

組別	男生	女生	總人數
實驗組	15	12	27
控制組	14	12	26

(三)實驗設計

本研究主要探究心智圖輔助學生出題的遊戲系統，對國小生提升運算思維能力之影響。實驗設計圖如圖 8 所示。實驗預計進行六週，第一週進行前測，檢驗學生平常資訊課的運算思維學習成效。第二週由同一位資訊課程資歷10年的教師進行教學，複習程式設計主要的三大概念：循序、判斷、重複。第三到五週實驗組使用「心智圖輔助學生出題的遊戲系統」，對照組使用「一般學生出題的遊戲系統」作為學習工具進行教學。第六週進行後測，並將兩組運算思維的學習成效與前測結果進行統計分析。

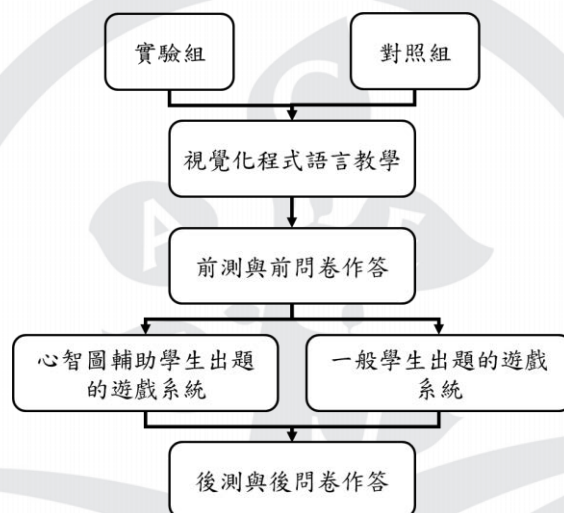


圖 8 實驗設計圖

(四)研究工具

1.學習成效

取自國際運算思維挑戰賽（International Challenge on Informatics and Computational Thinking，簡稱Bebras Challenge） Benjamin組的測驗題目。題目難易分為簡單、中等、困難。每個難度各4題，共12題。測驗的評分方式分別為「答對給分」、「答錯扣分」，「未作答則不給分也不扣分」三種型式，根據題目難度有不同配分方式。

(五)資料整理與分析

本研究所蒐集的實驗數據，利用SPSS統計套裝軟體進行資料統計與分析，以單因子共變數分析（ANCOVA）進行實驗組與控制組實驗後對於學習成效之比較。

肆、結果與討論

本研究開發了一個心智圖輔助學生出題的遊戲系統，在出題時同步編寫心智圖的過程中，協助學習者組織所學的程式概念，釐清自創路徑的意圖。在遊戲的過程中，學生能從解謎的過程中強化程式的應用技巧，並提升運算思維能力。後續實驗規劃邀請53位國小五年級學生參與，預期實驗組在使用心智圖輔助學生出題的遊戲系統後，其運算思維的學習成效顯著優於對照組。

參考文獻

一、中文部分

- 林育慈、吳正己 (2016)。運算思維與中小學資訊科技課程。教育脈動 (6)，5-20。
- 陳鳴谷 (2021)。基於Blockly之程式設計學習輔助教材編輯工具發展。〔未出版碩士論文〕國立臺北科技大學技術及職業教育研究所。 <https://hdl.handle.net/11296/7tx52r>

二、英文部分

- Anderson, N. D. (2016). A Call for Computational Thinking in Undergraduate Psychology. *Psychology Learning & Teaching*, 15(3), 226-234. <https://doi.org/10.1177/1475725716659252>
- Barr, V., & Stephenson, C. (2011). Bringing computational thinking to K-12. *ACM Inroads*, 2(1), 48-54. <https://doi.org/10.1145/1929887.1929905>
- Barradas, R., Lencastre, J. A., Soares, S., & Valente, A. (2020). Developing computational thinking in early ages: A review of the Code. org platform.
- Cheng, Y.-P., Lai, C.-F., Chen, Y.-T., Wang, W.-S., Huang, Y.-M., & Wu, T.-T. (2023). Enhancing student's computational thinking skills with student-generated questions strategy in a game-based learning platform. *Computers & Education*, 200, 104794. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104794>
- Christensen, W. D., & Hooker, C. A. (2000). An interactivist-constructivist approach to intelligence: Self-directed anticipative learning. *Philosophical Psychology*, 13(1), 5-45. <https://doi.org/10.1080/09515080050002717>
- Dhindsa, H. S., Makarimi, K., & Roger Anderson, O. (2011). Constructivist-Visual Mind Map Teaching Approach and the Quality of Students' Cognitive Structures. *Journal of Science Education and Technology*, 20(2), 186-200. <https://doi.org/10.1007/s10956-010-9245-4>
- Díaz-Lauzurica, B., & Moreno-Salinas, D. (2019). Computational Thinking and Robotics: A Teaching Experience in Compulsory Secondary Education with Students with High Degree of Apathy and Demotivation. *Sustainability*, 11(18), 5109. <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/18/5109>
- Fu, Q.-K., Lin, C.-J., Hwang, G.-J., & Zhang, L. (2019). Impacts of a mind mapping-based contextual gaming approach on EFL students' writing performance, learning perceptions and generative uses in an English course. *Computers & Education*, 137, 59-77. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.04.005>
- Hwang, G.-J., Yang, L.-H., & Wang, S.-Y. (2013). A concept map-embedded educational computer game for improving students' learning performance in natural science courses. *Computers & Education*, 69, 121-130. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.008>
- Kazimoglu, C., Kiernan, M., Bacon, L., & Mackinnon, L. (2012). A Serious Game for Developing Computational Thinking and Learning Introductory Computer Programming. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 47, 1991-1999. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.938>
- King, A. (1994). Guiding knowledge construction in the classroom: Effects of teaching children how to question and how to explain. *American educational research journal*, 31(2), 338-368.
- Palinscar, A. S., & Brown, A. L. (1984). Reciprocal Teaching of Comprehension-Fostering and Comprehension-Monitoring Activities. *Cognition and Instruction*, 1(2), 117-175. https://doi.org/10.1207/s1532690xci0102_1
- Pennebaker, J. W. (2017). Mind mapping: Using everyday language to explore social & psychological processes. *Procedia Computer Science*, 118, 100-107. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.11.150>
- Rosenshine, B., Meister, C., & Chapman, S. (1996). Teaching students to generate questions: A review of the intervention studies. *Review of educational research*,

- 66(2), 181-221.
- Somers, M. J., Passerini, K., Parhankangas, A., & Casal, J. (2014). Using mind maps to study how business school students and faculty organize and apply general business knowledge. *The International Journal of Management Education*, 12(1), 1-13.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijme.2013.11.001>
- Sun, L., Hu, L., & Zhou, D. (2021). Which way of design programming activities is more effective to promote K-12 students' computational thinking skills? A meta-analysis. *Journal of Computer Assisted Learning*, 37(4), 1048-1062.
<https://doi.org/10.1111/jcal.12545>
- Sung, H.-Y., & Hwang, G.-J. (2013). A collaborative game-based learning approach to improving students' learning performance in science courses. *Computers & Education*, 63, 43-51.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.11.019>
- Tang, X., Yin, Y., Lin, Q., Hadad, R., & Zhai, X. (2020). Assessing computational thinking: A systematic review of empirical studies. *Computers & Education*, 148, 103798. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103798>
- Wang, L. C., & Chen, M. P. (2010). The effects of game strategy and preference-matching on flow experience and programming performance in game-based learning. *Innovations in Education and Teaching International*, 47(1), 39-52.
<https://doi.org/10.1080/14703290903525838>
- Watts, M., Gould, G., & Alsop, S. (1997). Questions of Understanding: Categorising Pupils' Questions in Science. *School Science Review*, 79(286), 57-63.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35.
<https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>
- Yu, F.-Y., & Wu, C.-P. (2016). The effects of an online student-constructed test strategy on knowledge construction. *Computers & Education*, 94, 89-101.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.11.005>
- Zhang, L., & Nouri, J. (2019). A systematic review of learning computational thinking through Scratch in K-9. *Computers & Education*, 141, 103607.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103607>
- Zhao, L., Liu, X., Wang, C., & Su, Y.-S. (2022). Effect of different mind mapping approaches on primary school students' computational thinking skills during visual programming learning. *Computers & Education*, 181, 104445.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104445>
- Zhao, W., & Shute, V. J. (2019). Can playing a video game foster computational thinking skills? *Computers & Education*, 141, 103633.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103633>