

融合心智圖與機器人學習：提升學生批判性與創造性思維的策略

Integrating Mind Mapping and Robot-Based Learning: Strategies to Enhance Students'

Critical and Creative Thinking

邱敏棋^{1*}

¹ 台中科技大學多媒體設計系

*minky413@gmail.com

【摘要】 在教育中培養學生的批判性思維與創造性思維是一個重要目標，例如，藝術課程不僅關注作品創作，還包括辨識藝術品的理論知識。傳統的講座式教學模式，由於缺乏師生互動，可能影響學生的學習成效。因此，研究者開始採用互動式學習技術（如機器人）來解決這一問題。然而，若未提供適當指導與支持，互動學習模式的學習效果可能有限，為提升學生的學習效果，本研究提出一種結合心智圖輔助的機器人（MM-R）教學方法，用於藝術課程中。研究採用準實驗設計，探討此方法對學生藝術鑑賞、數位繪畫創作、創造性思維傾向與批判性思維意識的影響。研究對象為台灣中部某大學兩班學生，共 48 人，其中一班為實驗組（25 人），採用 MM-R 方法；另一班為控制組（23 人），採用傳統機器人（C-R）方法。結果顯示，MM-R 方法的整合能有效提升學生的學習成就、數位繪畫表現、創造性思維傾向及批判性思維意識。

【关键词】 心智圖、智慧機器人、5E 教學模型、藝術品鑑賞、創造性思考傾向

Abstract: *Fostering students' critical and creative thinking is a key educational goal. Art courses emphasize both artwork creation and theoretical knowledge for identifying artworks. Traditional lecture-based teaching often lacks student-teacher interaction, affecting learning outcomes. To address this, researchers introduced interactive technologies like robots. However, without proper guidance, their effectiveness may be limited. This study proposed a mind mapping-assisted robot (MM-R) approach for art courses, using a quasi-experimental design to evaluate its impact on art appreciation, digital painting creation, and critical and creative thinking. Involving 48 university students in central Taiwan, 25 formed the experimental group with MM-R, while 23 in the control group used traditional robots (C-R). Results showed that the MM-R approach significantly enhanced learning achievements, digital painting performance, and critical and creative thinking.*

Keywords: Mind mapping · Intelligent robot · 5E instructional model · Artwork appreciation · Creative thinking tendency

1. 前言

在藝術課程強調作品創作與藝術品鑑賞理論知識的結合，故批判性與創造性思維是重要的教育目標，課程目的在提升學生的藝術素養、批判性思維與創造性思維，這些能力對未來職場至關重要(Ulger, 2018)。透過藝術教育的訓練，學生可深化對文化與情感的理解，增強同理心並培養解決問題的能力，研究顯示，參與藝術創作能提升學習成就與創作能力，包括藝術品鑑賞能力與數位繪畫技能。傳統教師主導的單向教學模式因缺乏互動，可能影響學生學習興趣與效果，且難以提供個性化指導與即時回饋(Le, 2023; Lukaka, 2023)。教育機構因資源有限，逐漸探索運用具語音與影像辨識的機器人技術，作為教學助理，減少人力成本並提供即時反饋與個別化學習支持。研究顯示，機器人輔助教學能增強學生創造性思維、批判性思維及問題解決能力，然而，在此互動學習模式下，學生若缺乏有效指導，可能難以記憶與組織新知，影響學習成效(Chiu & Hwang, 2024; Ospennikova et al., 2015)。為改善此問題，本研究提出心智圖輔助機器人（MM-R）教學法，幫助學生透過視覺化方式組織學習內容，心智圖

已被證實能提升學習表現與解決問題能力。本研究旨在評估 MM-R 方法對藝術鑑賞、數位創作、批判性與創造性思維的影響，並提出相關研究問題以驗證其成效。

(5) 與傳統的機器人支持教學 (C-R) 方法相比，心智圖輔助機器人 (MM-R) 方法在學習成就方面是否優於 C-R 方法？

(6) 與 C-R 方法相比，MM-R 方式在數位繪畫創作方面是否優於 C-R 方法？

(7) 與 C-R 方法相比，MM-R 方法在創意思考傾向方面是否優於 C-R 方法？

(8) 與 C-R 方法相比，MM-R 方法如何在批判性思考方面是否優於 C-R 方法？

2. 文獻回顧

2.1. 基於機器人的學習模式

近年來，機器人在教育中的應用越來越普遍，尤其作為教育工具的機器人具有巨大的發展潛力。在學習活動中，機器人可以作為導師、教育工具或夥伴，用於語言、科學與技術教育等領域，研究證明，機器人能增強學習的趣味性與互動性，提升學生的課程參與度與學習成效(Altin & Pedaste, 2013; Benitti, 2012; Chang et al., 2010)。在高等教育中，機器人是輔助學生課程活動的理想工具，可用於授課、實作練習與實驗課程，培養學生的技能、創造性思考與問題解決的能力。研究指出，機器人在提升學生學習參與度與表現方面具有巨大潛力，相關研究顯示，教師利用機器人的內建學習系統或編程，能激發學生的學習興趣，增強對學習內容的理解，與傳統教學相比，機器人輔助學習更能滿足個別需求，避免學生邊緣化(Cui et al., 2022; Hu, 2024)。此外，教師可結合程式設計、動畫製作與數位敘事等學習任務，透過機器人提升互動性與參與度，促使學生由被動聆聽者轉變為主動學習者，並在互動過程中累積更多知識與技能(Engwall et al., 2021)。

2.2. 心智圖

心智圖由東尼·博贊 (Tony Buzan) 於 1970 年首次提出，被認為是一種有效的教學工具。學者指出，心智圖是一種有助於學習的工具，能以簡單且可視化的方式幫助學習者組織所學內容。研究顯示，心智圖可將複雜的概念轉化為視覺化圖表，幫助學習者整合新舊知識、記憶與理解學習內容，並促進創造性思維(Edwards & Cooper, 2010; Kinchin, 2014)。此外，心智圖能幫助學習者分析和識別知識之間的關聯性，從而提升批判性思考。在藝術設計領域，心智圖的應用有助於學習者發展創造性思維與解決問題的能力，重組專業知識，並解決設計問題，心智圖還能培養學生的想像力和觀察力，幫助學生發掘日常生活中的設計元素，完成設計初稿(Tseng, 2020; Zubaidah et al., 2017)。研究表明，心智圖能將思維視覺化，有效加強批判性思維與創意問題解決過程，成為學習過程中的重要工具。心智圖為學生提供思考框架，指導學生逐步拓展思維深度與廣度，產生創新概念，並在整合知識與解決問題方面發揮關鍵作用。此外，學者指出，心智圖在 5E 教學循環中亦具潛力，可顯著提升學生的綜合思維能力與學習深度(Balci et al., 2006)。

3. 心智圖輔助機器人方法

圖 1 展示了基於機器人的學習系統結構，該系統使用 Kebbi Air 編輯工具開發，根據教師提供的學習內容進行實施，該系統包含機器學習模組、對話訓練模組、內容編輯模組、視頻資料庫、測試資料庫以及教學資料庫，旨在通過模組與資料庫的設計提升學習的互動性與自主性。在傳統藝術課程中，教師通常採用 PPT 與視頻進行教學，並以教師為中心的一對多教學模式為主。由於學生水平差異較大，教師難以滿足每個學生的個別需求。研究證實，Kebbi Air 作為教育機器人具有顯著優勢，如語音和面部識別、觸控感應器與動作表達等互動功能，可提供多感官學習環境並豐富教學內容展示，此外，它支持跨多設備的編程與創意學習內容，適應不同教育水平。

本研究採用 Kebbi Air 作為教學機器人，透過機器學習模組和資料集訓練其識別未來主義、光效應藝術、極簡主義等藝術類別。教師利用對話訓練模組輸入藝術相關的問答資料，例如

代表性藝術家、發展時代及藝術特徵，並使用內容編輯模組製作教學視頻，放入機器人的資料庫中。學生可與機器人交流，觀看教學影片，並進行藝術創作，從而掌握藝術鑑賞知識與創作能力。

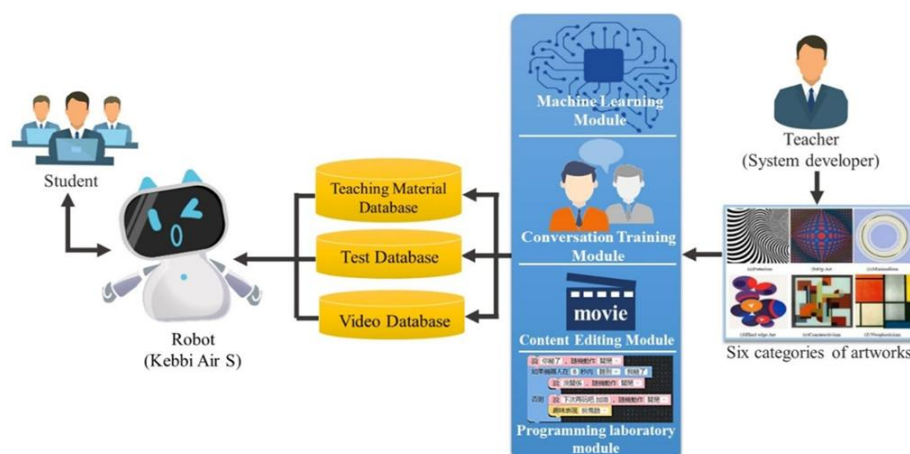


图 1 系統結構

1.2.5E 教學設計

本研究參考 Bybee 和 Trowbridge (1990) 提出的 5E 教學模型進行學習設計。該模型包括五個階段：啟發 (Engagement)、探索 (Exploration)、解釋 (Explanation)、拓展 (Elaboration) 和評估 (Evaluation)，學生可在整個學習過程中通過實踐與體驗進行學習 (Trowbridge & Bybee, 1990)。研究表明，將學習任務融入 5E 教學模型能有效提升學習成果及創造性思維傾向，透過 5E 的循環模式，學生可進行獨立探究學習，解決學習過程中的問題，促進深度理解與知識建構 (Koyunlu Ünlü & Dökme, 2022)。圖 2 展示了結合心智圖輔助機器人的 5E 教學設計。本研究將機器人與 5E 模型整合於學習活動中，指導學生主動探索藝術鑑賞知識，通過心智圖強化知識聯繫，將概念轉化為技能，並展示其數位繪畫創作能力。最後，教師透過機器人進行視頻指導，幫助學生評估學習成效並監控學習進展。5E 教學設計是一種以學生為中心的循環教學模式，通過學習任務或活動，引導學生體驗、發現並深入探索問題，讓學生有更多機會主動參與並投入學習活動。本研究採用 5E 設計與機器人互動，培養學生藝術鑑賞知識與數位繪畫創作能力，其學習任務的執行如下描述：

(1) 啟發 (與機器人對話)

學生與機器人對話，詢問各類藝術代表人物、作品與風格。與機器人對話次數越多，積分卡越多。

(2) 探索 (與機器人互動藝術卡)

學生通過機器人探索藝術家相關知識，並回答藝術卡片設計的問題，每答對一題獲得一張積分卡。

(3) 解釋 (與機器人互動，並使用心智圖分析)

實驗組與機器人互動及使用心智圖軟體 (GitMind) 分析藝術鑑賞知識，並繪製心智圖將新舊知識聯繫起來，完成心智圖可獲得積分卡。控制組則透過學習系統與機器人互動，完成教師設計的測驗任務，教師可追蹤學生進度與學習狀況。

(4) 拓展 (透過機器人的數位說故事指導學生數位繪畫創作)

學生利用機器人內容編輯功能進行數位繪畫創作。透過機器人的數位說故事引導學生創作，並將設計應用於日常用品，如杯子、袋子與衣物，提升創造性思維能力。

(5) 評估 (遠端程控制機器人與學生對話，請學生自我評估)

教師通過機器人遠程控制進行指導，並指導學生掃描機器人提供的 QR 碼完成自我評估，幫助學生檢視學習成果，評估問卷改編自 Chang 等 (2022)，包含 12 個問題。

4. 研究設計

本研究開發結合心智圖的機器人，探討其對大學生藝術欣賞能力、數位繪畫創作、創造性思維傾向及批判性思維意識的影響。研究以大學通識藝術課為背景，課程內容涵蓋藝術風格（如未來主義、歐普藝術、極簡主義、硬邊繪畫、構成主義及新造型主義）、代表藝術家及作品特色。詳細說明研究設計、參與者、課程規劃、實驗流程及測量工具，並通過信度分析、Kendall's ω 檢驗及共變數分析（ANCOVA）進行數據分析。

4.1. 參加者

本研究招募台灣中部某大學 48 名非藝術設計相關科系的三年級學生，平均年齡 20 至 21 歲。參與者分為實驗組（25 人，採用 MM-R 教學法）和控制組（23 人，採用 C-R 教學法），兩組均由具十多年專業教學經驗的同一教師授課。

4.2. 實驗流程

圖 2 顯示了實驗流程。第一週，學生依教學計劃完成學習成就前測、創意思維傾向與批判性思維意識的問卷及數位繪畫創作測驗。第二至第十一週，進行兩個教學循環，每循環包含 5E 教學設計的五個階段。最後一週，學生進行學習成就後測，填寫創意思維與批判性思維問卷，並參與訪談。

圖 2 實驗流程



圖 2 實驗流程

4.3. 測量工具

本研究的學習成效前後測由兩位具有 10 年以上設計教學經驗的教師設計，用於評估學生藝術鑑賞與辨識不同風格藝術作品的的能力。測驗包含藝術鑑賞知識選擇題及含圖片的藝術風格選擇題（如未來主義、歐普藝術、極簡主義等），前後測各有 25 題，滿分 100 分，KR20 值分別為 0.74 與 0.82。前測評估學生的先備知識，包含 80% 藝術圖像選題及 20% 藝術風格與代表藝術家的基本概念題；後測則確認學生是否準確掌握藝術風格的基本概念、特徵及相關術語。創意思維傾向問卷改編自 Lai 與 Hwang（2014），包含 6 項條目，例如「我喜歡問沒人想過的問題」，採 5 點 Likert 量表，Cronbach's α 值為 0.80，顯示高度內部一致性。批判性思維意識問卷改編自 Lin 等（2019）及 Chai 等（2015），同樣採 5 點 Likert 量表，包含 6 項條目，如「在學習過程中，我會考慮所學內容是否準確」，Cronbach's α 值為 0.83。數位繪畫創作評分標準改編自 Lai 與 Hwang（2015）的互動式海報設計同儕評估標準，經兩位設計教師調整為本研究需求，評分分為圖案、空間、顏色及主題四個維度，每項 5 級評分（1 分最低，5 分最高），以教師平均分為最後成績。評分結果的 Kendall's ω 值為 0.925（ $p < .001$ ），表明評分者間高度一致性。

5. 結論

5.1. 學習成就

本研究使用單因子共變數分析(ANCOVA)進行了基本假設的檢驗。根據 (Learning achievement)的前測和後測分數, Levene 檢定結果顯示方差同質性假設未被違反 ($F = 0.162$, $p = 0.689 > 0.05$), 表明兩組學習者在前測部分無顯著差異, 達到同質性要求。如表 1 所示, 在控制前測分數影響後, 實驗組 ($M = 79.68$, $SD = 13.61$) 的學習成效顯著優於控制組 ($M = 63.65$, $SD = 16.66$)。兩組間學習成效差異顯著 ($F = 12.827$, $p = .001 < 0.01$); 效應值 (η^2) 為 0.222。結果顯示, 採用 MM-R 教學法的學生在藝術欣賞知識的掌握上顯著優於採用 C-R 教學法的學生。

表 1 兩組學習成就的共變數分析 (ANCOVA) 結果

Variance	Group	N	Mean	SD	Adjusted mean	F	η^2
學習成就	實驗組	25	79.68	13.6	79.66	12.827**	0.222
	控制組	23	63.65	16.6	63.68		

** $p < 0.01$

5.2. 創造性思考傾向

以單因子共變數分析(ANCOVA)進行了基本假設的檢驗。根據創造性思考傾向的前測和後測分數, Levene 檢定結果顯示方差同質性假設未被違反 ($F = 0.331$, $p = .568 > .05$), 表明兩組前測部分無顯著差異, 達到同質性要求。根據描述性統計, 實驗組在創意思維傾向前測問卷中的平均分為 4.19, 標準差為 0.65; 控制組的平均分為 4.25, 標準差為 0.74。因此進行單因子共變數分析 (ANCOVA)。如表 3 所示, 實驗組 ($M = 4.83$, $SD = 0.37$) 的創意思維傾向顯著優於控制組 ($M = 4.13$, $SD = 0.89$)。兩組在創意思維傾向上的差異具有統計顯著性 ($F = 12.734$, $p = .001 < .01$), 效應值 (η^2) 為 0.221, 表明 22.1%的創意思維傾向變異可以由教學法解釋。結果顯示, 採用 MM-R 教學法的學生在創意思維上表現優於採用 C-R 教學法的學生。換言之, MM-R 教學法能有效激發實驗組的創造力並提升其在數位繪畫創作中的問題解決能力。

表 2 兩組創造性思考傾向的共變數分析 (ANCOVA) 結果

Variance	Group	N	Mean	SD	Adjusted mean	F	η^2
創造性思考傾向	實驗組	25	4.83	0.37	4.82	12.734**	0.221
	控制組	23	4.13	0.89	4.14		

** $p < 0.01$

5.3. 批判性思考

以單因子共變數分析(ANCOVA)進行了基本假設的檢驗。根據批判性思考前測和後測分數, Levene 檢定顯示方差同質性假設未被違反 ($F = 0.358$, $p = .553 > 0.05$), 表明兩組前測部分無顯著差異, 達到同質性要求。根據描述性統計, 實驗組批判性思考前測問卷平均分為 4.21, 標準差為 0.65; 控制組為 4.59, 標準差為 0.58。因此進行單因子共變數分析 (ANCOVA)。如表 4 所示, 實驗組的批判性思考顯著高於控制組 ($F = 11.377$, $p = 0.002 < 0.01$), 效應值 (η^2) 為 0.202。調整後的實驗組平均值為 4.81, 控制組為 4.15。結果顯示, MM-R 教學法能幫助學生發展準確的藝術鑑賞知識, 從作品中辨識藝術風格, 進一步提升其批判性思考意識。

表 3 兩組批判性思考的共變數分析 (ANCOVA) 結果

Variance	Group	N	Mean	SD	Adjusted mean	F	η^2
批判性思考	實驗組	25	4.81	0.36	4.78	11.377**	0.202
	控制組	23	4.15	0.77	4.17		

** $p < 0.01$

5.4. 位繪畫創作表現分析

Levene 檢定顯示方差同質性假設未被違反 (圖案: $F = 0.701$, $p = 0.407 > 0.05$; 空間: $F = 0.120$, $p = 0.731 > 0.05$; 色彩: $F = 0.006$, $p = 0.937 > 0.05$; 主題: $F = 0.737$, $p = 0.395 > 0.05$), 表明各組間方差相等。描述性統計顯示, 實驗組在「圖案」維度的前測平均分為 4.48, 標準差為 0.78; 「空間」為 3.18, 標準差為 1.54; 「色彩」為 3.42, 標準差為 1.55; 「主題」為 3.30, 標準差為 1.49。控制組在這四個維度的平均分及標準差分別為: 4.35 和 1.07, 2.83 和 1.70, 2.96 和 1.46, 2.89 和 1.53。進行單因子共變數分析 (ANCOVA) 後, 結果顯示實驗組在數位繪畫創作的表現顯著優於控制組 (圖案: $F = 4.663$, $p = .036 < 0.05$, $\eta^2 = 0.094$; 空間: $F = 7.332$, $p = .010 < 0.05$, $\eta^2 = 0.140$; 顏色: $F = 7.672$, $p = 0.008 < 0.01$, $\eta^2 = 0.146$; 主題: $F = 8.853$, $p = 0.005 < 0.01$, $\eta^2 = 0.164$)。結果表明, MM-R 教學法能幫助學生掌握各藝術類別的特徵, 因此實驗組在數位繪畫創作的表現顯著優於採用 C-R 教學法的控制組。

表 4 兩組數位繪畫創作表現的共變數分析 (ANCOVA) 結果

Variance	Group	N	Mean	SD	Adjusted mean	F	η^2
圖案	實驗組	25	4.26	0.71	4.25	4.663*	0.094
	控制組	23	3.78	0.77	3.79		
空間	實驗組	25	3.98	0.91	3.97	7.332*	0.140
	控制組	23	3.17	1.07	3.19		
色彩	實驗組	25	4.50	0.68	4.49	7.672**	0.146
	控制組	23	3.91	0.72	3.92		
主題	實驗組	25	4.42	0.66	4.43	8.853**	0.164
	控制組	23	3.80	0.79	3.80		

* $p < 0.05$

6. 結論

本研究提出 MM-R 教學法, 並透過準實驗探討其對學生藝術欣賞、數位繪畫創作、創意思維傾向及批判性思考的影響。實驗結果顯示, 實驗組在上述方面均顯著優於對照組。MM-R 教學法結合心智圖與 5E 教學模型, 有效提升學生邏輯思維、探索學習元素及創意思維能力, 改善學習成效。同時, 心智圖與 5E 模型整合可減少學生誤解, 提高批判性思維意識及學習成果。然而, 本研究對象為非設計科系大學生及六種藝術風格, 未涵蓋 K-12 教育與其他科目。

建議未來研究擴展至不同教育階段、藝術類別與學生群體，並引入遊戲化概念以提升學習趣味性與成效。

誌謝

本研究感謝國科會經費支持，計畫編號：NSTC 113-2410-H-025-042-。

參考文獻

- Altin, H., & Pedaste, M. (2013). Learning approaches to applying robotics in science education. *Journal of baltic science education*, 12(3), 365.
- Balci, S., Cakiroglu, J., & Tekkaya, C. (2006). Engagement, exploration, explanation, extension, and evaluation (5E) learning cycle and conceptual change text as learning tools. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 34(3), 199-203.
<https://doi.org/10.1002/bmb.2006.49403403199>
- Benitti, F. B. V. (2012). Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. *Computers & Education*, 58(3), 978-988.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.10.006>
- Chang, C. W., Lee, J. H., Wang, C. Y., & Chen, G. D. (2010). Improving the authentic learning experience by integrating robots into the mixed-reality environment. *Computers & Education*, 55(4), 1572-1578. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.06.023>
- Chiu, M. C., & Hwang, G. J. (2024). Enhancing students' critical thinking and creative thinking: An integrated mind mapping and robot-based learning approach. *Education and Information Technologies*, 1-34. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12752-6>
- Cui, Y., Song, X., Hu, Q., Li, Y., Sharma, P., & Khapre, S. (2022). Human-robot interaction in higher education for predicting student engagement. *Computers and Electrical Engineering*, 99, 107827. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2022.107827>
- Edwards, S., & Cooper, N. (2010). Mind mapping as a teaching resource. *The clinical teacher*, 7(4), 236-239. <https://doi.org/10.1111/j.1743-498X.2010.00395.x>
- Engwall, O., Lopes, J., & Åhlund, A. (2021). Robot interaction styles for conversation practice in second language learning. *International Journal of Social Robotics*, 13(2), 251-276.
<https://doi.org/10.1007/s12369-020-00635-y>
- Hu, C. C. (2024). Exploring the Impact of CPS-Based Robot-Assisted Teaching in STEM Education: Enhancing Knowledge, Skills, and Attitudes. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 40(22), 7193-7213.
<https://doi.org/10.1080/10447318.2023.2262278>
- Kinchin, I. M. (2014). Concept mapping as a learning tool in higher education: A critical analysis of recent reviews. *The Journal of Continuing Higher Education*, 62(1), 39-49.
<https://doi.org/10.1080/07377363.2014.872011>
- Koyunlu Ünlü, Z., & Dökme, İ. (2022). A systematic review of 5E model in science education: proposing a skill-based STEM instructional model within the 21-st century skills. *International Journal of Science Education*, 44(13), 2110-2130.
<https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2114031>
- Le, S. (2023). Team-based learning in online education: the development of students' creative thinking skills in digital art. *Education and Information Technologies*, 28(11), 14967-14986.
<https://doi.org/10.1007/s10639-023-11808-3>

- Lukaka, D. (2023). Art Education and its Impact on Creativity and Critical Thinking Skills: A Review literature. *International Journal of Arts and Humanities*, 1(1), 31-39.
<https://doi.org/10.61424/ijah.v1i1.15>
- Ospennikova, E., Ershov, M., & Iljin, I. (2015). Educational robotics as an inovative educational technology. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 214, 18-26.
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.11.588>
- Trowbridge, L. W., & Bybee, R. W. (1990). *Becoming a secondary school science teacher*. Merrill Publishing Company.
- Tseng, S. S. (2020). Using concept mapping activities to enhance students' critical thinking skills at a high school in Taiwan. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 29(3), 249-256.
<https://doi.org/10.1007/s40299-019-00474-0>
- Ulger, K. (2018). The effect of problem-based learning on the creative thinking and critical thinking disposition of students in visual arts education. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 12(1). <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1649>
- Zubaidah, S., Fuad, N. M., Mahanal, S., & Suarsini, E. (2017). Improving creative thinking skills of students through differentiated science inquiry integrated with mind map. *Journal of Turkish Science Education*, 14(4), 77-91. <https://doi.org/10.36681/>