

數據驅動的 STEAM 轉型：AI 垂直耕種中的學習設計與分析實踐

Data-Driven STEAM Transformation: Learning Design and Analytics in AI Vertical Farming

朱芳 1*, 陳立禮 2

明愛粉嶺陳震夏中學, 香港

¹*candicechu126@gmail.com, ²chanll@cfs.edu.hk

【摘要】 在人工智能與數碼科技迅速發展的背景下, 如何結合學習設計與學習分析以促進學生 21 世紀能力與自主學習, 成為教育創新的重要議題。承接中三級的人工智能校本 STEAM 課程發展經驗, 我們運用 IDEALS 學習設計室及 iLAP 電子學習平台, 為中二級學生設計並開發了「利用人工智能裝置作垂直耕種」之校本課程。本研究探討如何運用「學習設計三角」原則規劃教學, 並藉由學習分析數據即時調整教學策略。結果顯示, 此模式顯著提升了學生的 21 世紀學習技能、自主學習能力及學習動機。

【關鍵詞】 學習設計; 學習分析; STEAM 教育; IDEALS 框架; 自主學習

Abstract: Against the backdrop of the rapid development of artificial intelligence and digital technology, integrating Learning Design and Learning Analytics to promote students' 21st-century skills and self-directed learning has become a crucial issue in educational innovation. Building upon the developmental experience of the school-based Artificial Intelligence STEAM curriculum for Secondary 3, we utilized the IDEALS Learning Design Studio and the iLAP e-learning platform to design and develop a school-based curriculum titled "Vertical Farming with AI Devices" for Secondary 2 students. This study explores how to apply the "Learning Design Triangle" principles to plan instruction and adjust teaching strategies in real time based on learning analytics data. The results indicate that this model significantly enhanced students' 21st-century learning skills, self-directed learning capabilities, and learning motivation.

Keywords: Learning Design, Learning Analytics, STEAM Education, IDEALS Framework, Self-Directed Learning

1. 前言

在當前的教育環境下, STEAM 課程已成為培養學生跨學科解決問題能力的重要載體 (Yakman, 2008)。然而, 作為第一線教育工作者, 我們在教學現場常面臨以下挑戰: 首先, 學生在進行 STEAM 專題時, 往往偏重於「動手做」的勞作過程, 而缺乏「動腦思」的自主探究與反思能力; 其次, 教師難以在課堂中即時掌握每一位學生的學習歷程與參與度, 傳統的總結性評量無法提供及時的形成性回饋。

為突破上述瓶頸, IDEALS 框架的核心理念在於將「學習設計」與「學習分析」深度結合。本研究旨在整理身為前線教師的實踐經驗, 探討如何透過預先規劃的電子學習設計, 並輔以學習分析數據來指導教學決策, 進而提升學生的自主學習能力與 21 世紀技能。

本研究之具體探討問題包含:

- (1) 導入 IDEALS 實踐框架後, 學生的 21 世紀學習技能與自主學習能力是否顯著提升?
- (2) 在 STEAM 課程中, 學生的科學探究行為 (如提問、設計實驗) 發生了何種改變?
- (3) 學習分析儀表板如何輔助教師進行教學決策與學生輔導?

2.理論基礎

2.1. 學習設計 (Learning Design) 與建構性對齊 (Constructive Alignment)

學習設計強調教師作為「學習體驗的設計師」，需要系統化地規劃學習活動、資源與支持機制(Dalziel et al., 2016)。在本研究中，我們採用了明確的校本課程學習設計框架，特別是運用了「學習設計三角」(Law & Liang, 2020)與「建構性對齊(Constructive Alignment)」(Biggs, 1996)原則來規劃教學，設計學習及對其進行反覆修訂，以作改良及完善。學習設計三角原理（見圖 1）引導教師思考在課程設計上三個重要部份：預期學習成果、真實情景實踐及教學法（例：自主學習）。將 STEAM 探究過程拆解為不同的認知與行為階段（如：設定目標、規劃、監控實踐、評估及修定），並將這些階段對應至具體的學習及評估任務。



圖 1:學習設計三角

2.2. 具設計意識的學習分析 (Design-aware Learning Analytics)

傳統的學習分析未與學習設計關連(Lockyer et al., 2013)，往往只提供學生的登入次數或停留時間，對教師的教學啟發有限。本研究採用的 IDEALS 系統強調「具設計意識的學習分析 (Design-aware Learning Analytics)」(Law & Liang, 2020)。亦即，儀表板上呈現的數據是緊密扣連著教師最初的「學習設計」意圖。例如：當教師設計了一個「協作共創」的環節，系統便會針對學生的同儕互動頻率、共編文檔貢獻度進行分析，從而提供具體且「可跟進的建議 (Actionable feedback)」。

2.3. 自主學習與 21 世紀技能 (Self-Directed Learning & 21st Century Skills)

自主學習指學生能主動診斷學習需求、設定目標並評估成果的過程(Knowles, 1975)。在數位化學習環境中，自主學習不僅要求學生具備自我調節能力，更需與 21 世紀技能中的溝通 (Communication)、合作 (Collaboration) 及批判性思維 (Critical Thinking) 相結合 (Trilling & Fadel, 2009)。研究指出，結構化的電子學習環境能透過提供即時反饋，有效支持學生的認知監控。本研究透過 IDEALS 系統的鷹架設計，逐步將學習主導權交還給學生，使學習過程從「教師引導」過渡至「學生自主」。

3.IDEALS 系統實踐框架

IDEALS 系統借助學習設計技術，實現具有設計意識的學習分析，以提供可跟進的建議。學習設計是指在特定情境下設計有效的學生學習經歷，以達至預期的教學目標 (Mor, Ferguson & Wasson, 2015)。設計意識是一種專業意識，具設計意識的學習設計者會在學習設計時考慮需評估的學生預期學習成果，及在學習任務中搜集學習證據/足跡以分析學生學習情況等等。學習分析(LA)即確定可觀察的學習證據，以進行數據分析(data analysis)，來揭示有關學習成果、參與度和/或學習軌跡的狀況，從而提供可跟進的建議(actionable insights)(Law &

Liang,2020)。理想的學習設計內的預期學習成果、學習活動及評估方法需達至「建設性一致」(Biggs, 1996)。圖 2 呈現透過 IDEALS 系統進行的電子學習設計、實施與回饋的穩健學與教循環過程。

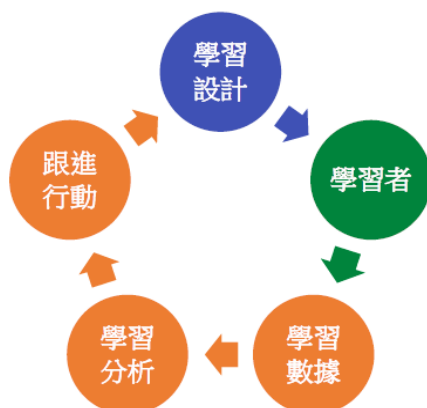


圖 2:IDEALS 系統實踐框架圖

4.基研究設計

本研究採取行動研究(Action Research)取向(Mertler, 2014)，透過「計畫、行動、觀察與反思」的循環，探討電子學習環境中的教學改進策略。

4.1. 校本課程與學習設計發展

本研究的課程設計基於香港大學教育應用資訊科技發展研究中心進行的 IDEALS 計劃實踐框架，過程中採用了其 IDEALS 系統所提供的學習分析及問卷調查結果，來評估及反思驅動跨學科學習的成效。在中二級的 STEAM 校本課程中，我們開發了為期 6 週的單元，主題為「利用人工智能裝置作垂直耕種」。

課程實踐分為三個階段：

- (1).課前：學生透過 IDEALS 系統內的 iLAP 電子學習平台觀看預習材料，並了解垂直耕種與人工智能結合的初步概念。
- (2).課中：小組利用平台進行協作，設計與測試垂直耕種的人工智能裝置。教師透過平板實時查看「學習分析儀表板」，找出缺乏互動的小組，即時調整教學策略與介入。
- (3).課後：學生根據系統反饋與同儕評價，進行自主反思與裝置迭代。

4.2. 研究對象

本研究對象為本校中學二年級及三年級學生。其中，中學三年級學生參與本研究的主要原因在於其作為「先導小組」，先行試行由教師利用 IDEALS 系統設計的校本 STEAM 課程，以驗證教學設計的有效性並為後續推廣提供參考。中學二年級學生則為課程全面實施的主要對象。

4.3. 評量工具與資料收集

本研究採用定量為主、定性為輔的混合研究設計。定性數據主要來自學生上載的學習成品及平台上的行為證據。定量數據主要來自 IDEALS 計劃提供的問卷調查結果。調查於學期初（前測）與學期尾（後測）進行。以下表格中，* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$ *** $p < 0.001$ 分別代表 95%，99%，99.9%水平上的顯著性差異。若未標記，則表明前後差異未達到統計顯著水平。

4.4. 評量工具與資料收集

本研究採用定量為主、定性為輔的混合研究設計。定性數據主要來自學生上載的學習成品及平台上的行為證據。定量數據主要來自 IDEALS 計劃提供的問卷調查結果。調查於學期

初（前測）與學期尾（後測）進行。由表格 1 顯示，一共發出 103 份學生問卷，學期初學生問卷有效回覆人數為 93 人，問卷回收率為 90.29%。學期尾學生問卷有效回覆人數 85 人，問卷回收率為 82.52%。學期初及學期尾，皆有完成問卷的學生數目為 77，其中 51 人為中學二年級，26 人為中學三年級，女性參與者為 35 人，男性參與者為 42 人。

表格 1 學生計劃問卷回收率

	發出問卷的數目	回收問卷的數目	問卷回收率
學期初 學生問卷	103	93	90.29%
學期尾 學生問卷	103	85	82.52%
學期初及學期尾皆有完成問卷	NA	77	NA

5. 實踐結果與數據分析 (Results & Data Analysis)

5.1. IDEALS 實踐框架後，學生的 21 世紀學習技能與自主學習能力是否顯著提升？

針對 77 名有效匹配樣本的問卷數據進行成對樣本 t 檢定 (Paired-samples t-test)。結果顯示在歷經一學期的 IDEALS 課程實踐後，學生在多個向度均有顯著成長。

在該問題中，學生利用李克特四點量表「1=從不」、「2=有時」、「3=常常」、「4=總是」來表示學生使用科技輔助學習的頻率。

表格 2 科技輔助學習活動的頻率(N=77)

	學期初 Mean(SD)	學期尾 Mean(SD)	t	p
a. 運用軟件來創造想法和呈現信息	2.78 (0.75)	2.94 (0.69)	1.66	0.10
b. 運用科技工具輔助學習	2.81 (0.71)	2.92 (0.66)	1.30	0.20
c. 運用科技工具解決問題	2.84 (0.74)	2.96 (0.7)	1.35	0.18
d. 使用人工智能工具	2.75 (0.75)	2.96 (0.72)	2.09	0.04*

如表格 2 顯示，學生在科學/STEAM 課堂中使用科技輔助學習的機會方面，對比學期初，在學期尾時，學生特別是在項目「使用人工智能工具」(d 項) 的頻率已達統計學意義上的顯著提升，達到統計顯著差異。此結果顯示學生在 AI 垂直耕種課程和 AI 裝置改善視障人士生活質素課程中，對人工智能工具（如感測器數據分析、植物生長監測）的應用熟練度與信心顯著提高，反映產出式學習階段的技術實作有效促進了科技整合能力的發展。

在學生 21 世紀學習技能和自主學習經驗方面中，學生利用李克特四點量表「1=非常不同意」、「2=不同意」、「3=同意」、「4=同意」來表示學生自主學習的經驗與學生感知教師對其自主學習的支持。

表格 3 學生自主學習經驗及 21 世紀學習技能 (N=77)

	學期初 Mean (SD)	學期尾 Mean (SD)	t	p
學生自主學習能力	3.12 (0.59)	3.21 (0.49)	1.29	0.20
學生感知教師對其自主學習支持	3.06 (0.62)	3.23 (0.52)	2.39	0.02*
21 世紀學習技能	3.06 (0.44)	3.17 (0.48)	2.02	0.046*

如表格 3 所示，自主學習與教師支持構面中，學生對「教師支持自主學習」的感知從前測 $M = 3.06$ 提升至後測 $M = 3.23$ ($p = .02^*$)，顯示統計上顯著進步。

5.2. 在 STEM 課程中，學生的科學探究行為（如提問、設計實驗）發生了何種改變？

在 STEAM 學習機會的具體行為表現上，學生的探究行為頻率呈現正向成長（見表格 4）。在該問題中，學生利用李克特四點量表「1=從不」、「2=有時」、「3=常常」、「4=總是」來表示學生在 STEM 課程中的學習機會。

表格 4 學生在科學/STEAM 課程中的學習機會($N=77$, $df=76$)

評量項目	學期初 Mean (SD)	學期尾 Mean (SD)	t	p
提出可以研究的問題	2.66 (0.77)	2.82 (0.74)	1.70	0.09
設計或準備實驗來研究問題	2.68 (0.77)	2.83 (0.73)	1.59	0.11
進行實驗或研究	3.06 (0.44)	3.17 (0.48)	2.02	0.046*

在科學/STEAM 課堂學習的動機和效能感中，學生利用李克特四點量表「1=非常不同意」、「2=不同意」、「3=同意」、「4= 同意」來表示學生的學習動機與學習效能感。

表格 5 學生在科學/STEAM 課堂學習動機和效能感($N=77$, $df=76$)

評量項目	學期初 Mean (SD)	學期尾 Mean (SD)	t	p
學習動機	2.96 (0.44)	3.11 (0.48)	2.11	0.04*
學習效能感	3.06 (0.47)	3.14 (0.43)	1.77	0.08

如表格 5 所示，對比學期初，在學期尾時，學生在科學/STEAM 課堂學習的動機和效能感平均值均增加，尤其是學生學習動機已達統計學意義上的顯著提升。

本實踐運用了 IDEALS 系統中的討論區工具，以支援學生進行協作探究與知識建構。在學習活動中，教師引導學生運用科學探究方法，透過魚骨圖（Fishbone Diagram）（見圖 3）分析影響植物生長的多項因素，包括光照、水分、養分及環境條件等，從而培養學生系統性思考及問題分析能力。

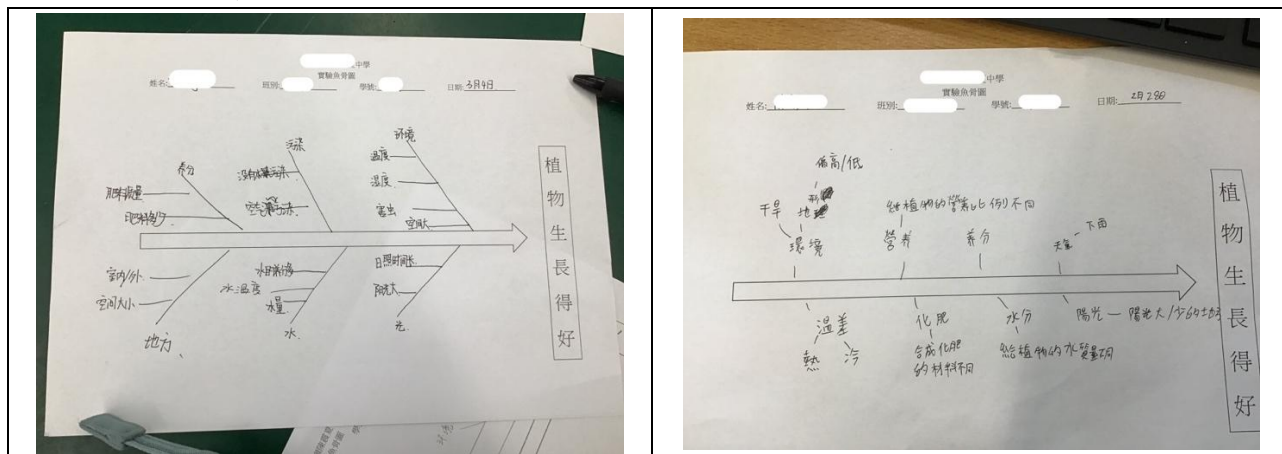


圖 3:魚骨圖

從討論區的學習歷程記錄可見，學生逐步建立以證據為基礎的討論文化。根據兩個討論主題的學習分析結果（見圖 4），學生之間的互動連結逐漸增加，顯示學生不僅能表達個人觀點，亦會回應及參考同儕的想法。部分學生透過回覆訊息對他人提出的觀點作出補充或肯定，反映其開始意識到協作學習的重要性。

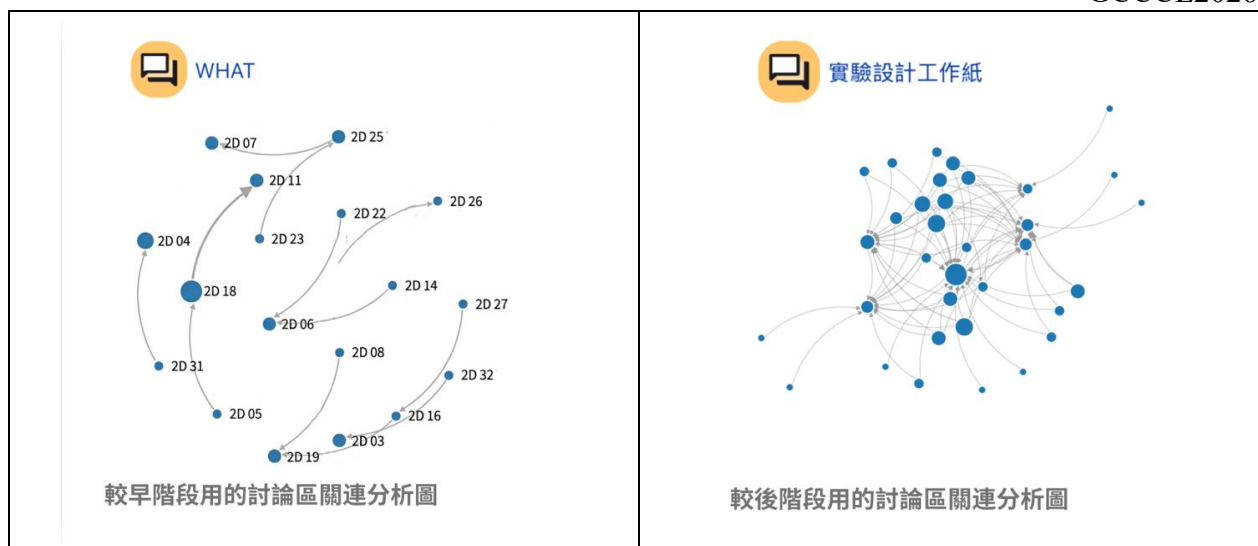


圖 4:關聯分析圖

5.3. 學習分析儀表板 (Dashboard) 如何輔助教師進行教學決策與學生輔導?

本研究進一步分析 IDEALS 教師端儀表板在真實教學中的作用。透過學習分析儀表板，教師能即時掌握各小組的互動網絡與任務停留時間，從而進行循證介入。以圖 4 為例，早期的討論區顯示部分小組的互動僅限於單向回應（僅 12% 的發言獲得同儕跟進）；教師發現後，立即在課堂中引導該組「請針對同儕的變量建議提出具體問題」，結果該組後續討論的互動密度提升至 47%，並成功完成裝置迭代。學生端儀表板則讓學生看到個人「能力雷達圖」的變化，一位中二學生在反思日誌中寫道：「我看到自己『合作』分數從 2.8 升到 3.6，才發現我之前只顧自己做，現在會先看別人的想法再回覆。」這些定性證據顯示，儀表板不僅提供數據，更成為教師與學生共同反思的鷹架，印證了「具設計意識的學習分析」能將隱形學習過程具象化。

除了量化顯示學生「提出可以研究的問題」頻率從 2.66 提升至 2.82 ($p=0.09$)，本研究進一步透過 iLAP 平台討論區的質性內容分析，發現學生提問的層次發生了明顯轉變。初期（第 1–2 週）學生提問多屬程序性問題，例如：「我們要怎麼連接感測器？」「LED 燈要接哪一支腳？」（共 68 則，佔 72%）。至後期（第 5–6 週），學生開始提出原理探究與變量控制的深層問題，例如：「為什麼水培比土培更容易控制 pH 值？」「如果把光照時間從 12 小時改成 16 小時，植物生長速率會不會因為光合作用飽和而不再上升？」（共 41 則，佔 65%）。字雲分析圖（見圖 5）也印證此轉變：後期討論的核心關鍵字從「怎麼做」「連接」轉移至「變量」「為什麼」「影響」。一位學生在實驗設計工作紙中寫道：「我們發現溫度升高會讓植物長得快，但濕度太高會爛根，所以我們想測試『溫度與濕度的交互作用』。」這些質性改變顯示，IDEALS 系統提供的即時反饋與反思鷹架，成功幫助學生從「動手做」進階到「動腦思」的科學探究本質。

此外，iLap 內的文字雲分析功能向學生展示其個人的自主學習軌跡，促進學生的自我監控與反思。例如，以下學習分析（見圖 5）從核心關鍵字及 AI 總結，來看其他學生主要關注什麼？教師根據學生的想法制定了課程的下一步。例如，在此課題中，較多學生想針對哪一些變量作探究。



圖 5:文字雲分析圖

6. 討論與教學反思 (Discussion & Pedagogical Reflections)

6.1. 學習設計三角及建構性對齊 (Constructive Alignment) 的實踐驗證

本研究透過 IDEALS 系統，將「預期學習成果—學科實踐—教學方法」學習設計三角 (Law & Liang, 2020) 轉化為平臺上的具體任務，並達成學習目標、活動與評量三者的對齊 (Biggs, 1996)。過程中利用學習分析作為形成性評量的依據。結果顯示（見表格 3），學生的 21 世紀技能顯著提升 ($p=.046$)，間接驗證了建構性對齊在 STEAM 情境中的有效性。

6.2. 具設計意識的學習分析 (Design-aware LA) 的實踐意涵

Lockyer 等人 (2013) 主張學習分析應緊扣教學設計意圖。本研究中的教師儀錶板並非僅呈現登入次數，而是反映「協作共創」任務中的互動頻率與貢獻度。這證實了設計意識的學習分析能提供「可跟進的建議」，而非單純的資料陳列。

6.3. 自主學習 (SDL) 與鷹架設計的張力

Knowles (1975) 強調學習者應主動診斷需求，但本研究發現，學生在初期仍高度依賴教師引導（如「怎麼操作感測器」占提問的 68%）。隨著課程進展，結構化的反思任務（如學生端雷達圖）逐漸將主導權還給學生，後期提問中「為什麼」類型的比例提升至 30%。這說明自主學習的培養需要「階段性撤退的鷹架」，而非一開始就完全放手——此發現補充了 Zimmerman (2002) 自我調節學習理論在科技豐富環境中的應用條件。

7. 結論與未來展望 (Conclusion & Future Work)

本實踐研究證實，透過導入 IDEALS「基於學習設計及學習分析」的系統框架，並針對中學二年級實施「利用人工智能裝置作垂直耕種」課程，能有效提升學生的自主學習能力、21 世紀技能及學習動機。研究亦顯示，學習分析數據可作為課程優化的重要依據。

然而，本研究亦存在若干限制。首先，研究樣本數量相對有限，且包含部分跨年級學生數據，未來可擴大樣本規模，以提升研究結果的代表性。其次，本研究主要採用問卷數據作為

量化分析依據，未來可結合學生作品分析、訪談或課堂觀察資料，以更全面理解學生的學習歷程。

未來研究方向可包括：

- (一) 進行縱向研究，以了解學生在不同學習階段中 21 世紀技能的發展軌跡
- (二) 比較不同 STEAM 主題（如智慧城市、環境監測）對學生學習動機的影響
- (三) 分析不同能力學生在探究學習中的學習差異，以優化分層教學設計

總括而言，本研究顯示，透過系統化的學習設計與學習分析支援，STEAM 教育可在校本課程中建立具持續發展潛力的學習模式。IDEALS 平台不僅是一種技術工具，更是一種連結課程設計、學習歷程與學習證據的橋樑，使教與學的循環得以持續優化，推動學校發展更具前瞻性的人工智能教育。

參考文獻

- Biggs, J. (1996). Enhancing teaching through constructive alignment. *Higher Education*, 32(3), 347–364. <http://www.jstor.org/stable/3448076>
- Dalziel, J., Conole, G., Wills, S., Walker, S., Bennett, S., Dobozy, E., Cameron, L., Badilescu-Buga, E., & Bower, M. (2016). The Larnaca declaration on learning design. *Journal of Interactive Media in Education*, 2016(1), Article 7. <https://doi.org/10.5334/jime.407>
- Knowles, M. S. (1975). *Self-directed learning: A guide for learners and teachers*. Association Press.
- Law, N., & Liang, L. (2020). A multilevel framework and method for learning analytics integrated learning design. *Journal of Learning Analytics*, 7(3), 98–117. <https://doi.org/10.18608/jla.2020.73.8>
- Lockyer, L., Heathcote, E., & Dawson, S. (2013). Informing pedagogical action: Aligning learning analytics with learning design. *American Behavioral Scientist*, 57(10), 1439–1459. <https://doi.org/10.1177/0002764213479367>
- Mertler, C. A. (2014). *Action research: Improving schools and empowering educators* (4th ed.). SAGE Publications.
- Mor, Y., Ferguson, R., & Wasson, B. (2015). Learning design, teacher inquiry into student learning and learning analytics: A call for action. *British Journal of Educational Technology*, 46(2), 221–229. <https://doi.org/10.1111/bjet.12273>
- Siemens, G. (2013). Learning analytics: The emergence of a discipline. *American Behavioral Scientist*, 57(10), 1380–1400. <https://doi.org/10.1177/0002764213498851>
- Trilling, B., & Fadel, C. (2009). *21st century skills: Learning for life in our times*. Jossey-Bass.
- Yakman, G. (2008). STΣ@M education: An overview of creating a model of integrative education. *In Proceedings of the Pupils' Attitudes Toward Technology (PATT-19) Conference*. https://www.academia.edu/8113795/STEAM_Education_an_overview_of_creating_a_model_of_integrative_education
- Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a Self-Regulated Learner: An Overview. *Theory into Practice*, 41(2), 64–70. https://doi.org/10.1207/s15430421tip4102_2

鳴謝：香港大學教育應用資訊科技發展研究中心在 IDEAL 計劃內所提供的支援及學校報告。