

精準教育：以運用滯後序列分析與即時回饋系統 提升線上學習者的學習成效為例

陳毅

國立臺北科技大學資訊工程系學生

一、前言：運用精準教育因應快速發展的線上課程與教學所帶來的問題

由於網絡科技的進步和移動設備的普及，近年來線上學習快速發展並顯著變化。從同步教學轉向更多非同步教學方式，並推動了教育內容的多樣化，如互動課程、遊戲化學習及微學習等（鄭海蓮、陳重年，2022；Hanus & Fox, 2015）。然而，這種課程與教學方式也帶來了一系列挑戰，包括如何確保教學品質、學習成果認證的問題，以及如何提高學習者參與度及其學習成效等（Ma, Han, Yang, & Cheng, 2015; Wang, 2017）；尤其是十二年國民基本教育相當強調的適性教育與差異化教學，恐是線上課程與教學較難顧及的。為因應快速發展的線上課程與教學所造成的前述問題，同時顧及線上學習者的個別需求，筆者認為最近頗受重視的「精準教育」（precision education）當能解決此問題。所謂精準教育，是指運用當前盛行的大數據或人工智慧技術精準診斷出有學習風險之學生，並提供即時性與個別化的輔導協助（包括診斷、預測、治療與預防），以達到提升教學成效與學生學習成效之目的（張國恩，2022；楊鎮華，2020；Qushem et al., 2021）。而在當今的大數據與教育科技相關技術中，筆者認為「滯後序列分析」（Lag Sequential Analysis, LSA）與「即時回饋系統」（Interactive Response System, IRS）此二技術應能落實精準教育這樣的理念與做法，以因應當前快速發展的線上課程與教學所帶來的問題。所謂滯後序列分析，是一種先進的數據分析技術，能夠顯示學習者的學習行為軌跡與順序，若將其與學習成效之間建立關聯，則能輔助教師精進其教學策略（Ma, Han, Yang, & Cheng, 2015）。至於即時回饋系統則透過提供即時與個別化的回饋，促進學習者積極改變學習行為並提升其學習成效（張其棟、陳穗碧、魏傳昇，2021；Deeva et al., 2021）。這二者的結合不但有望創造更高效、互動的線上學習環境，提高學習效率並改善學習體驗，也能進一步實現「精準教育」的目標。因此，本文以運用滯後序列分析與即時回饋系統提升線上學習者的學習成效為例，說明精準教育的精神與理念，同時說明其如何因應當今快速發展的線上課程與教學所帶來的相關問題。

二、滯後序列分析的原理與應用

滯後序列分析是一種複雜的數據分析技術，旨在識別和解釋時間序列數據中的模式和關聯性。透過分析一連串的行為，將行為與行為之間的轉換之顯著行為找出來，並分析各組行為，以找出兩者之間的行為差異性。在這種分析中，「滯

後」指的是時間延遲，即一個變數的過去值如何影響另一個變數的現在或未來值。這種方法尤其適用於那些時間成分對結果有顯著影響的場景，例如線上學習環境中學習者的行為模式（Han & Wei, 2021; Qiao, Zhao, & Xu, 2018）。Bakeman 和 Gottman 在 1997 年的研究報告中指出，進行此分析需遵循五個步驟（引自楊鎮華，2020）：

1. 序列轉移次數矩陣的計算：分析行為序列以確定事件之間轉換的頻率。
2. 計算序列轉移的條件機率：透過計算轉移次數矩陣來確定行為間轉換的機率。
3. 計算序列轉移的期望值：此計算有兩種方法：
 - (1) 零階（zero-order）：假設所有轉換機率相同，適用於不清楚實際轉移次數時。
 - (2) 一階（first-order）：根據給予的樣板計算，每種轉換的機率不同，這種方法在已知實際轉移次數時信賴度較高。
4. 計算調整後殘差表（Adjusted Residuals Tables）：利用序列轉移期望值和實際轉移次數來計算殘差。
5. 繪製行為序列轉移關聯圖（behavioral transition graph）：根據計算得出的殘差，將殘差值超過 1.96 的行為轉換關係繪製成圖表。圖 1 是行為序列轉移關聯圖之示例圖。

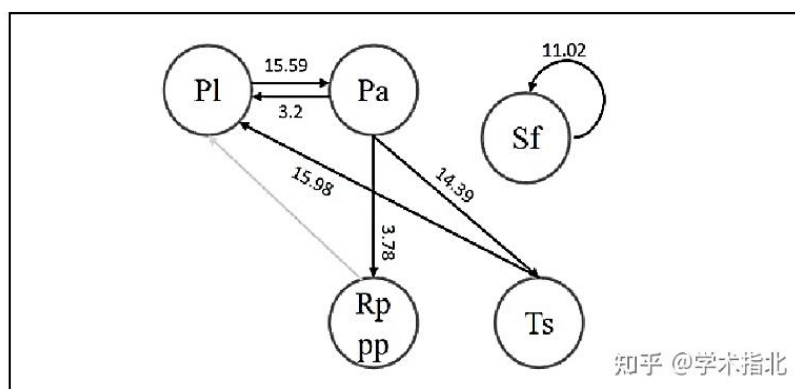


圖1 行為序列轉移關聯圖示例
（知乎，2024）

圖 1 上節點表示編碼的各種行為，連線表示行為之間的連接具有顯著意義，箭頭表示行為轉換的方向，線條上的數字是調整後殘差值 Z-score（知乎，2024）。

在線上學習的情境下，滯後序列分析可以呈現學習者的學習行為（例如：課程觀看、作業提交或討論區參與）的順序或模式，並藉由了解學習行為模式與學

習成效的關係，可以了解哪些學習行為對學習成效影響最大，甚至預測學生學習行為的學習成效。例如，楊鎮華（2020）針對某大學微積分聯合教學作為研究觀察的課程，研究結果顯示學習模式萃取系統可透過序列模式探勘方法找出學生共有的學習子序列，並從探討學習子序列與學習成效的相關性中，進一步找出影響學習成效的關鍵學習子序列。又如，黃博進（2021）分析學生於線上學習環境所產生的學習軌跡，再透過序列分析萃取出學生的六種學習策略，並透過相關係數分析找出影響學生學習成效的關鍵學習策略。再如，楊鎮華（2023）在「應用教育大數據與學習分析於改善程式設計自我調節學習之研究」中，發現學習序列的使用在預測學習效果方面發揮著重要作用，凸顯了預測學習成果時充分利用學習序列的重要性。

另外，滯後序列分析還有助於早期識別那些可能落後或需要額外支援的學習者，進一步提供及時的介入和支援其個別化學習（Han & Wei, 2021; Pohl, Wallner, & Kriglstein, 2016; Qiao, Zhao, & Xu, 2018）。然而，值得注意的是，滯後序列分析在實際應用中也面臨一些挑戰，如數據的複雜性、隱私問題和結果的準確性（Deepa, et al., 2022; Nassar & Kamal, 2021）。儘管如此，滯後序列分析技術在線上學習領域仍是一種重要的工具，它有助於了解學生的學習行為模式，進而及早運用適性的方法予以輔導或改善教學方法，以促進學習成效的提升。

三、即時回饋系統的概念與應用

即時回饋系統是一種利用技術自動生成對學習者學習活動的回應和建議的系統。Deeva 等人（2021）指出它通常基於預設的規則或透過機器學習算法分析學習者的行為、表現和進度。這種系統能即時地提供針對性的回饋，例如對學習者在線上的測驗答案進行評估，並提供解答建議，或是對學習者的不良學習行為模式提出相關建議，甚至對學習成效欠佳的學習者推薦相關的學習影片。在缺乏面對面指導的線上學習環境中，這種即時和個別化的回饋對於支持學習者的自主學習非常重要。在提升學習成效方面，即時回饋系統能夠加強學習者的理解和記憶，透過即時糾正錯誤和提供解釋，幫助學習者更快地掌握概念和技能。此外，這種系統也有助於維持學習者的動機和參與度，因為它們能夠根據個人的進度和表現提供輔導與支持。例如，張其棟、陳穗碧與魏傳昇（2021）採用 Kahoot 作為即時回饋系統，研究對象為某私立大學跨科系四個班級修習微積分課程共 217 位學生，先運用錯誤類型資訊編製 Kahoot 試題，教師依教學進度於課堂適時施測，再以問卷調查和期中與期末考成績蒐集學生回饋資料，最後針對量化與質性資料進行分析處理，獲得研究結果為：應用錯誤類型資訊編製 IRS 題庫，能有效引導學生修正錯誤概念。以 IRS 作為形成性評量，能促進學生於學習態度的正向改變。又如，Cavalcanti 等人系統性回顧 63 篇有關自動回饋系統於線上學習環境之文獻，發現 65% 的研究顯示自動回饋系統可以有效提高學生在線上學習的成

就表現（Cavalcanti et al., 2021）。

然而，即時回饋系統在實際應用中也面臨著挑戰。Deepa 等人（2022）、Nassar & Kamal（2021）提出，這種系統的有效性高度依賴於其設計的品質與所使用的算法的準確性。錯誤的回饋可能導致學習者的誤解或挫敗感。此外，建立一個涵蓋所有學習情境的全面即時回饋系統是非常複雜且耗時的，尤其是對於開放式的問答和創造性任務。最後，確保這種系統的個別化和適應性，同時保護學習者的隱私和數據安全，是另一個重要的考慮因素（Deepa, et al., 2022; Nassar & Kamal, 2021）。因此，須妥善處理這些挑戰，以使即時回饋系統發揮其提升線上學習效果之潛力。

四、 結合滯後序列分析與即時回饋的潛力與限制

結合滯後序列分析與即時回饋系統，運用在個別化學習的領域內可展現巨大的潛力。Deeva 等人（2021）、Han 與 Wei（2021）認為應用滯後序列分析可以呈現學習者行為和學習成效之間的相關性，而即時回饋系統則能即時根據這些數據提供個別化的指導和支持。這種結合不僅能夠更準確地辨識學習者的需要，還能夠根據每個學習者的獨特學習路徑提供客製化的學習體驗。例如，透過分析學習者在特定課程內容的學習行為，系統可以辨識學習者的強項和弱點，並提供相關建議或輔導。例如，金柏仲（2017）應用大數據分析技術開發了適性化學習路徑推薦系統，並使用 Spark on Yarn 的運算框架來建置分析環境，以及透過分析使用紀錄及學習行為的資料，達到適性化學習路徑的推薦。

然而，在實際應用中，結合這兩種技術也面臨著多重限制與挑戰。首先，這種系統的有效性高度依賴於其所處理的數據品質和範圍，以及其能夠適應不斷變化的教學環境的能力。其次，在個人化方面，過度依賴技術生成的回饋可能會忽略學習者的情感和社會化需求，影響學習體驗的全面性。再者，這種系統必須嚴格遵守隱私和數據保護的規範，確保學習者訊息的安全和保密。因此，雖然結合滯後序列分析和即時回饋系統在個性化學習中具有顯著潛力，但仍需克服眾多技術和倫理上的挑戰（Deepa, et al., 2022; Nassar & Kamal, 2021）。

五、 結語

應用滯後序列分析能分析學習者的學習行為模式，若進一步探討其和學習成效之間的關係，即能為教師提供具有意義的數據，以為不同學生精準設計出更適性化的教學策略或推薦有效的學習路徑。至於即時回饋系統則能根據滯後序列分析的結果提供即時、個別化的回饋，以幫助學生了解學習結果及進一步掌握學習內容，同時也提高學習動機和學習成效，而這正是精準教育的理念與目的。這些

技術的結合可改善學生個別化學習與教師的教學方法，並有助於提升線上學習的效率和效果。然而，實現這些技術的全面應用也面臨著一系列挑戰，包括確保數據準確性、系統的技術複雜性，以及學習者隱私和數據安全的保護。因此，為實施本文所提出之方案，建議政府應加強各校的資訊教育設備，並鼓勵教師多參與有關此方面的教育訓練，以強化教學成效。同時，未來的發展應著重在提高這些系統在準確性、可擴展性和個別化能力方面的智慧化程度，以更精準地了解學習者的需求和學習狀態，並提供更加個別化和即時的回饋，以解決目前線上教學的相關困境和倫理挑戰，並實現精準教育的理念。

參考文獻

- 金柏仲（2017）。應用大數據分析提供適性化學習路徑服務（未出版之碩士論文）。國立中央大學資訊工程學系，桃園市。
- 知乎（2024）。教育研究方法：滯後序列分析。取自 https://zhuanlan.zhihu.com/p/576137090?utm_id=0
- 張其棟、陳穗碧、魏傳昇（2021）。運用錯誤類型資訊建置即時反饋系統題庫之效益：以微積分課程為例。科學教育學刊，29，469-490。
- 張國恩（2022）。人工智慧與學習。取自 https://www.ctci.org.tw/media/7529/6-%E4%BA%BA%E5%B7%A5%E6%99%BA%E6%85%A7%E8%88%87%E5%AD%B8%E7%BF%92_%E5%BC%B5%E5%9C%8B%E6%81%A9%E6%95%99%E6%8E%88.pdf
- 楊鎮華（2020）。精準教育：人工智慧再教育的新挑戰。取自 https://scitechvista.nat.gov.tw/Article/c0_00003/detail?ID=aedd71ae-6aacc-47d9-af97-34055854274c
- 楊鎮華（2023）。應用教育大數據與學習分析於改善程式設計自我調節學習之研究。行政院國家科學及技術委員會專題研究成果報告（編號：MOST 109-2511-H-008-007-MY3），未出版。
- 楊鎮華（2020）。應用巨量資料於改善 MOOCs 學習分析之實證研究：以大學微積分為例。行政院科技部專題研究成果報告（編號：MOST 106-2511-S-008-004-MY3），未出版。
- 鄭海蓮、陳重年（2022）。專家與生手的差異在哪裡？以滯後序列分析數位

五連方拼圖遊戲的空間行為模式為例。《教育科學研究期刊》，67(4)，105-142。

- Bakeman, R., & Gottman, J. M. (1997). *Observing interaction: An introduction to sequential analysis*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/cbo9780511527685>
- Cavalcanti, A. P., Barbosa, A., Carvalho, R., Freitas, F., Tsai, Y. S., Gašević D., & Mello, R. F. (2021). Automatic feedback in online learning environments: A systematic literature review. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2.
- Deepa, N., Pham, Q. V., Nguyen, D. C., Bhattacharya, S., Prabadevi, B., & Pathirana, P. N. (2022). A survey on blockchain for big data: Approaches, opportunities, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, 131, 209-226.
- Deeva, G., Bogdanova, D., Serral, E., Snoeck, M., & Weerd, J. D. (2021). A review of automated feedback systems for learners: Classification framework, challenges and opportunities. *Computers & Education*, 162.
- Han, J., & Wei, Z. (2021, September). *Analysis and research on students' learning behavior based on lag sequence analysis*. Paper presented at the 2021 International Conference on Computer Information Science and Artificial Intelligence (CISAI), Abstract retrieved from <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9719322/authors#authors>
- Hanus, M. D., & Fox, J. (2015). Assessing the effects of gamification in the classroom: A longitudinal study on intrinsic motivation, social comparison, satisfaction, effort, and academic performance. *Computers & Education*, 80, 152-161.
- Ma, J., Han, X., Yang, J., & Cheng, J. (2015). Examining the necessary condition for engagement in an online learning environment based on learning analytics approach: The role of the instructor. *The Internet and Higher Education*, 24, 26-34.
- Nassar, A., & Kamal, M. (2021). Ethical dilemmas in AI-Powered decision-making: A deep dive into Big Data-driven ethical considerations. *International Journal of Responsible Artificial Intelligence*, 11(8), 1-11.
- Pohl, M., Wallner, G., & Kriglstein, S. (2016). Using lag-sequential analysis for understanding interaction sequences in visualizations. *International Journal of Human-*

Computer Studies, 96, 54-66.

■ Qiao, L., Zhao, W., & Xu, X. (2018, December). *Mining and analysis of self-regulated learning process model: Based on hidden Markov model*. Paper presented at the 2018 Seventh International Conference of Educational Innovation through Technology (EITT), Abstract retrieved from <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8719541#citations>

■ Qushem, U. B., Christopoulos, A., Oyelere, S. S., Ogata, H., & Laakso, M. J. (2021). Multi-modal technologies in precision education: Providing new opportunities or adding more challenges? *Education Science*, 11(338), 1-19.

■ Wang, F. H. (2017). An exploration of online behavior engagement and achievement in flipped classroom supported by learning management system. *Computers & Education*, 114, 79-91.

