

應用聊天機器人於適性化學習之研究-以 Java 程式設計課程

為例

A Study of Adaptive Learning on Chatbot-A Case of Java Application Programming Course

王宇廷¹ 吳肇銘²

WANG, YU TING¹ WU, CHAO MING²

¹ 中原大學 資訊管理研究所 研究生

¹ Chung Yuan Christian University Graduate School of Information Management Student

E-mail : andywang6405@gmail.com

² 中原大學 資訊管理研究所 教授

² Chung Yuan Christian University Graduate School of Information Management Professor

E-mail : mislighter@gmail.com

摘要

過去為了達成因材施教的教育目標，往往需要投入大量教學成本與時間，而隨著資訊化時代的推進，運用資訊科技實行適性化學習成為教育領域研究的一大重點。本研究發展一套基於認知診斷模式的聊天機器人輔助學習系統，透過試題推薦的方式，提供學習者適性化的學習，以中原大學資訊管理學系一年級必修課程—Java 程式設計課程進行實作，並以該課程之學生作為實驗樣本，最後以系統使用態度問卷了解學習者使用適性化學習聊天機器人之系統態度。研究結果顯示使用者對本研究發展之適性化學習聊天機器人的系統有用性、易用性以及使用意圖上皆有正面的評價。

關鍵字：聊天機器人、認知診斷、協同過濾、適性化學習

Abstract

In the past, in order to achieve the educational goal of teaching students in accordance with their aptitude, a lot of teaching costs and time were often required. However, with the advancement of information technology, the use of information technology to implement adaptive learning has become a major focus of research in the field of education. This study developed a chatbot learning system based on the cognitive diagnosis model, provide learners with adaptive learning through quiz questions recommendation. This study is conducted for the course “Java Application Programming Course” and an experiment is adopted with the students from this class.

After using the adaptive learning chatbot system, users fill out the questionnaire to evaluate the users' system attitude. According to the experimental results, it's found that learners have positive responses to the perceived usefulness, perceived ease of use, and usage intention of the adaptive learning chatbot system in this study.

Keywords : Chatbot, Cognitive Diagnosis, Collaborative Filtering, Adaptive Learning

壹、前言

「因材施教」是世界各國長久以來所追求的教育理想目標，為實現個別化教育，過去許多學者因應科技快速發展的社會，提出許多結合資訊科技於各學科教學之中，提供教育機構未來改善教學模式的方針。教師透過區分學習者的能力或者學習上的特性，給予對應的教材與適當的教學安排，稱為「適性教育」。在實行配合學習者學習狀態的教學措施前，若預先判別學習者的特性始能發揮最大的效用(Cronbach and Snow, 1969)。

運用資訊科技以改善教學方式早已不是新趨勢，但不同工具所帶來的影響也會不同。美國聊天機器人雜誌(Chatbot Magazine)截至 2018 年的統計數據顯示，全球目前已有超過 12 億的用戶每天都會接觸到聊天機器人(Chatbot)，而這樣的數字還在成長中。聊天機器人被認為是數位學習的一項重大創新，自 2006 年以來就有許多研究以聊天機器人來促進不同角度的教學，透過測試學生的行為並追蹤其學習狀態，創造了一種互動式的學習體驗(Clarizia, Colace, Lombardi, Pascale, and Santaniello, 2018)，並有效實現適性化教學。

因此，本研究欲以目前我國高達 89%人口使用的 LINE 通訊軟體為平台，發展一套基於認知診斷模式的聊天機器人輔助學習系統，透過試題推薦的方式，提供學習者適性化的學習，並實現個別化且即時的反饋來提昇學習動機。並以中原大學資訊管理學系一年級必修課程—Java 程式設計課程進行實作，並以該課程之學生為實驗對象，了解學習者在使用適性化學習聊天機器人後，其系統態度為何。

根據上述研究動機與目的，本研究的研究問題如下：

1. 如何發展出一套基於認知診斷模式的聊天機器人輔助學習系統？
2. 如何了解學習者的程度，並透過試題推薦的方式，提供學習者適性化學習？
3. 了解學習者在使用適性化學習聊天機器人後，其系統態度為何？

貳、文獻探討

一、適性化學習

適性化學習意即根據學習者的不同特性進行個別化教學，而不同學習者在能力、性向、興趣、經驗、風格、文化等特質上均有所不同，也因此產生不同的個

別學習需求（黃政傑、張嘉育，2010）。過去文獻研究中經常針對學習風格這項特質對學習者進行適性化教育，透過觀察學習者的學習過程與評量結果，結合學習者的人格特質於不同教學情境中，採以不同方式進行教育。不過目前文獻研究對於學習風格與學習成效之間的關係結果仍較分歧，也因研究對象、研究工具的不同而有歧異（田芳華，2007）。

在資訊科技的環境下，科技提供教育更多的可能性與便捷性。如今傳統教學與網路教學已達到兼容並蓄的階段，大專院校更是全面導入學習管理平台（Learning Management System, LMS），其中許多平台更包含了電腦輔助教學（Computer-Assisted Instruction, CAI）的功能，使學習者能夠達成適性化學習。Kobs, Koemann and Pohl(2001)認為發展適性化系統須考量「使用者資料(User Data)」、「使用資料(Usage Data)」以及「環境資料(Environment Data)」三個層面；Essa(2016)則提出將教學各個部分視為模型的適性化學習系統模式，例如將使用者資料、使用資料整合進學習者模型(Learner Model)，其內容包含使用者的個人特徵與學習狀態等相關資料，進而提供其他模型進行適性化。Luckin, Holmes and Griffiths(2016)以教學模型(Pedagogy Model)、學習者模型(Learner Model)、學科知識模型(Domain Model)、開放式學習者模型(Open Learner Model)四大模型為主要架構，導入演算法與計算取得學生資料的方式，建構出適性化學習系統，如圖 1。

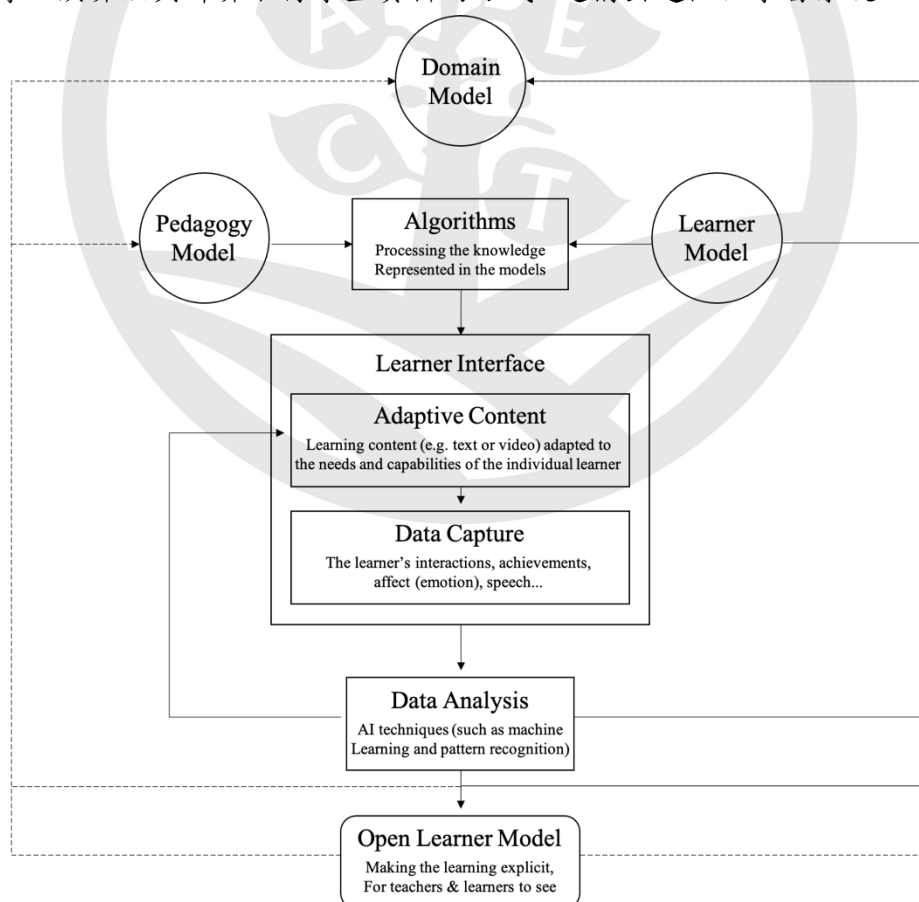


圖 1 適性化學習系統

資料來源：Luckin et al. (2016)

許多適性化學習相關研究皆先利用資訊科技診斷不同學生學習狀況，後採取適性化教學策略以降低其學習困難，而以試題對學習者進行適性化評量並診斷的方式已行之有年，透過電腦適性化測驗(Computerized Adaptive Test, CAT)判斷學生現階段的學習狀態，而後適時調整教學內容(李靜儀、龔心怡、李文生，2014)。過去透過評量測量學生的學習成就，至今已轉變為更積極的教學目標，期望透過認知診斷來了解學生學習狀態，並且以期望學生持續學習為目標來解決學習上的困擾(劉欣宜，2013)。

二、無參數認知診斷模式

為了達成適性化學習，須事先區別學習者不同的特性後實施個別化教學。在教育心理學中時常使用認知診斷模式(Cognitive Diagnosis Models, CDMs)，CDMs能夠透過試題，有效診斷出受試者對於該學科領域之概念與技能的掌握程度或是否具備(Huebner, 2010)。而無參數認知診斷模式(Nonparametric CDM, NCDM)最早由 Chiu and Douglas(2013)提出，無需考慮適配度與樣本大小，以最近鄰居法的概念，利用「受試者作答反應」與「理想作答反應(Ideal Response Pattern)」的距離，找出與受試者最接近的認知反應組型，即可完成一次診斷。由於也不需要參數的估計，以此無參數認知診斷模式進行研究的便利性與速度上，與過去使用參數型認知診斷模式相比能夠獲得很大的提升(李政軒，2016)。

由受試者作答反應與理想作答反應的距離判別出受試者較缺乏的認知屬性，進而達到診斷的目的。所謂理想作答反應即為依照受試者本身掌握的認知屬性下，產生最理想的作答反應：若試題有 K 個認知屬性，受試者可能的組型分別為 $\bar{\alpha}_1 = [\alpha_{1,1}, \dots, \alpha_{1,K}] [0, 0, \dots, 0]$ 、 $\bar{\alpha}_2 = [\alpha_{2,1}, \dots, \alpha_{2,K}] [1, 0, \dots, 0]$ ，依序推論到 $\bar{\alpha}_{2K} = [\alpha_{2K,1}, \dots, \alpha_{2K,K}] [1, 1, \dots, 1]$ ，兩者間的距離常以計算兩個等長字符串之間的漢明距離(Hamming Distance)進行計算。參考李政軒(2016)的研究，公式如下，其中 \bar{y}_j 為第 j 題的作答反應， $\bar{\eta}_j$ 為第 j 題的理想作答反應：

$$d_n(y, \eta) = \sum_{j=1}^J |y_j - \eta_j| \quad (\text{公式 1})$$

無參數認知診斷僅需界定認知屬性後，套入試題中，即可運用，不須如參數型認知診斷模式要事先收集一定數量的學生作答反應，適合小樣本的教學現場或是試題未有歷史作答反應資料的情況使用，即便是單一學生也能運用。

三、協同過濾推薦

協同過濾(Collaborative Filtering)為現今使用最普遍的推薦方法，主要可分為基於記憶協同過濾(Memory-based Collaborative Filtering)與基於模型協同過濾(Model-based Collaborative Filtering)。其中基於記憶協同過濾又可分為項目導向(Item-based)與使用者導向(User-based)兩種方式：項目導向的協同過濾通常利用使用者對於不同商品的評分，建立商品之間的關聯，接著推薦其他使用者的相似商

品；使用者導向之協同過濾法則透過使用者行為進行分析與分類，換句話說就是在計算使用者間的相似度，找出類似喜好的使用者進行推薦(Cho and Kim, 2004)。

過去在教育領域上，大多以推薦「教材」或「課程」的研究為主：如以深度學習，依據學習者的能力與特質，推薦適性化的教材（張瑞益、郭捷、范莎惠，2018）；或如與本研究欲發展之系統相近的，以協同過濾法對學習者的學習能力推薦個人較偏好的知識(Hu, Chang and Chen, 2020)。另外也有研究運用推薦系統演算法預測學習者之學習狀況，規劃適性化的學習路徑（莊家毅，2019）。研究針對上述研究進行整理如表 1 所示。

表 1 應用推薦系統於教育領域相關研究

作者	研究題目	研究結果
張瑞益、郭捷、范莎惠（2018）	使用深度學習長短期記憶模型推薦適性化教材	提出一種基於深度神經網路中長短期記憶模型的文本可讀性預測方法，以此來推薦適性化教材，以多個資料集進行實驗，皆獲得良好的成效。
莊家毅（2019）	基於推薦系統與知識空間之適性化學習路徑規劃系統	運用學科領域知識空間、學習狀態與推薦系統，預測學生在數學科各認知屬性的學習狀況，並規劃適性化之學習路徑，實驗結果之學習成效有顯著提升。
Hu, Chang and Chen, (2020)	基於知識點和學習能力評估模型的協同過濾推薦方法	根據知識點和學習能力評估模型向學習者推薦個人偏好知識。實驗在初中推薦的課程中也得到了很好的結果，驗證此方法有效。

四、 聊天機器人

聊天機器人(Chatbot)是一種以模擬人類自然語言對話的電腦程式，聊天機器人的應用範圍相當廣泛，從商務客服、娛樂到金融都可見蹤跡，2016 年被視為聊天機器人元年，也可稱作對話式商務元年，由於 Facebook 於 F8 大會上宣布開放 Messenger 聊天機器人 API(Application Programming Interface)，此舉引發大量電商品牌在 Messenger 平台開發自己的「客服機器人」（曾允盈，2019）。應用於教育領域的聊天機器人則有許多成功案例，最知名的如由史丹佛大學(Stanford)研發的 QuizBot，研究發現比起傳統的 flashcard（閃示卡）輔助教學 app，使用基於對話之輔助學習系統的學生能夠記住多上 21.4%的學習內容，儘管需要花費較長

時間來學習，但參與度也隨之提升(Ruan, Jiang, Xu, Tham and Qiu, 2019)。Pereira(2016)則於 Telegram 通訊軟體上開發多選題測驗聊天機器人，發現學生會因為無須花時間適應，可直接在已熟悉的通訊軟體進行輔助學習而認為有助於自身學習。

參、研究實施與設計

一、研究方法

本研究旨在發展一套以推薦試題為主題之「適性化」學習系統，結合認知診斷與協同過濾，以提升學生學習成效，並以中原大學資訊管理學系一年級必修課程—Java 程式設計課程為例進行實驗。

二、研究工具

研究流程主要分為三個階段，研究架構如圖 2 所示，說明如下：

- (一) **系統準備階段**：收集該學科過往學期考試與教科書題庫中的試題，並請專家學者設定知識結構以及界定已收集之所有試題的認知屬性。
- (二) **系統設計階段**：本研究所提出之適性化學習系統建立於 LINE 通訊軟體，以聊天機器人形式進行開發，而系統中所應用之各個模型將於下一節系統架構詳細說明。
- (三) **系統使用與評估階段**：系統發展完成後，將實際應用於教學現場，進行為期一週的分組使用；經過系統使用後，並以問卷調查方式了解學生之學習態度與認知之系統易用、有用性與使用意圖。

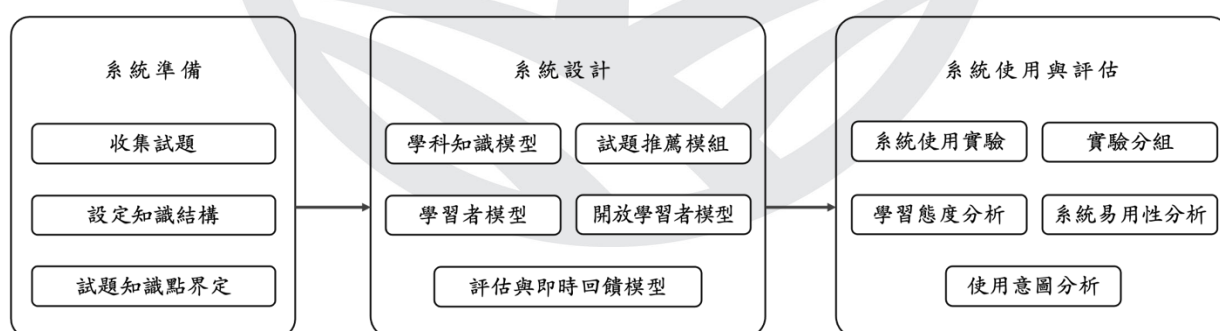


圖 2 研究架構

三、系統簡介

本研究將前述適性化學習系統建置於國人使用率最高的即時通訊平台－LINE，學習者可透過 LINE 通訊軟體與聊天機器人互動，以對話方式完成試題練習。該系統部署在 Heroku 雲平台即服務，作為伺服器與 LINE Messaging API 進行連結，透過 LINE Messaging API 端進行呼叫，完成請求。系統中的各個模型以 Python 進行開發，並以 Django 框架實作。聊天機器人架構如圖 3 所示，系統使用畫面如圖 4 至圖 7 所示。

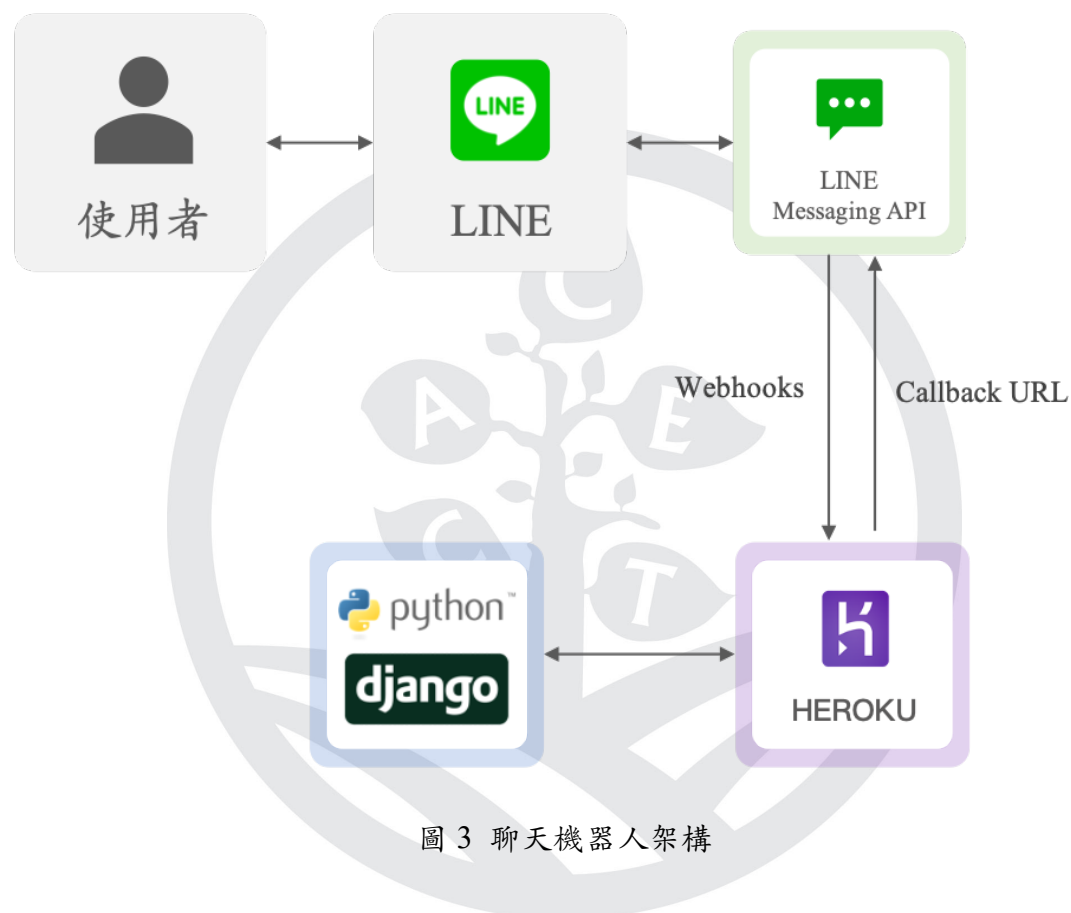


圖 3 聊天機器人架構

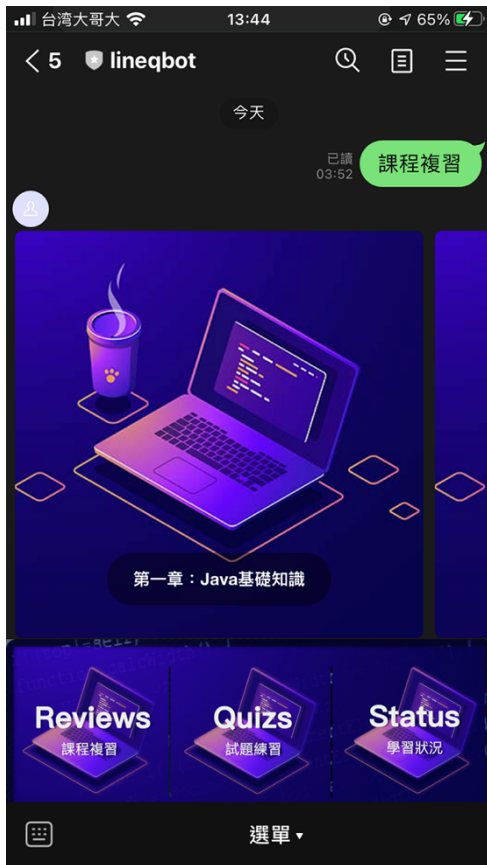


圖 4 功能選單

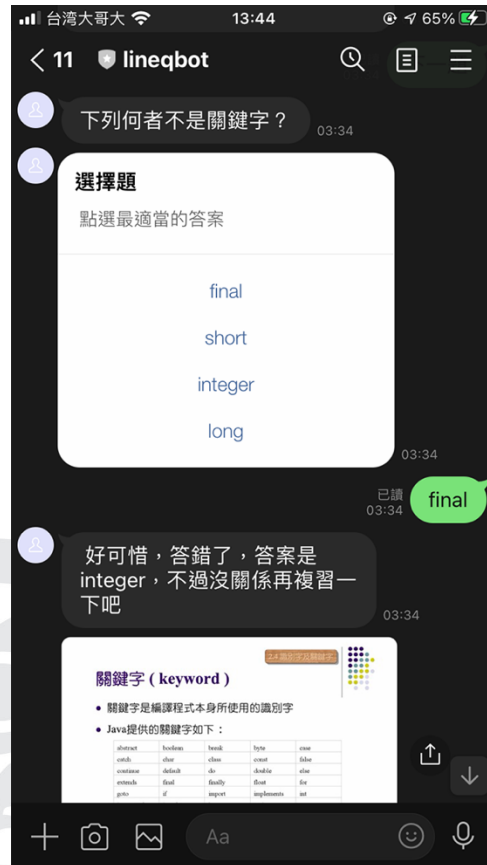


圖 5 試題推薦與回答

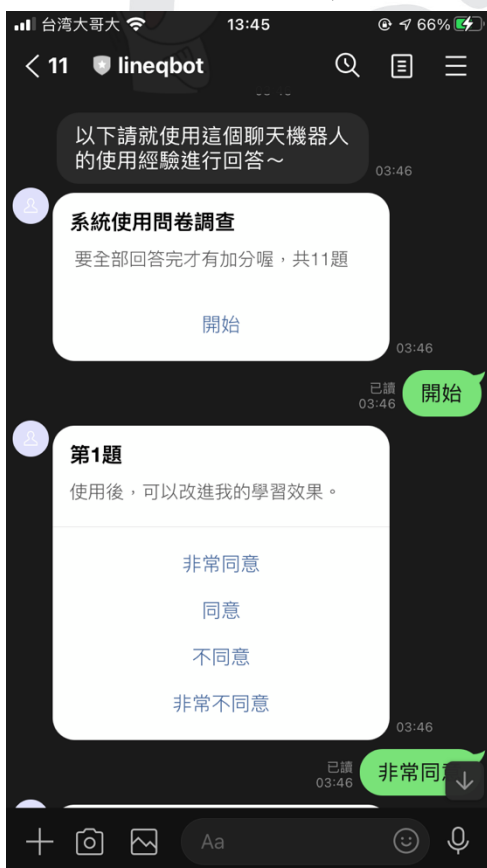


圖 6 問卷填答



圖 7 結束畫面

四、系統架構

本研究參考 Essa(2016)與 Luckin et al.(2016)對於智慧教育系統的概念，提出之「適性化」學習系統架構如圖 8 所示。考量試題所對應的教材皆為固定內容，因此本研究不使用文獻中提供不同教學方法的教學者模型。另外，因應 chatbot 的使用者介面，新增評估與即時回饋模型，用以評估作答是否正確以及提供作答後的即時回饋。學習者使用 Line 通訊軟體與聊天機器人互動，系統根據學習者學習狀況來適性化出題，學習者進行答題；接著系統根據學習者回傳的答案判斷回答是否正確，接著給予對應的即時回饋。以下針對系統中各個模型進行說明：

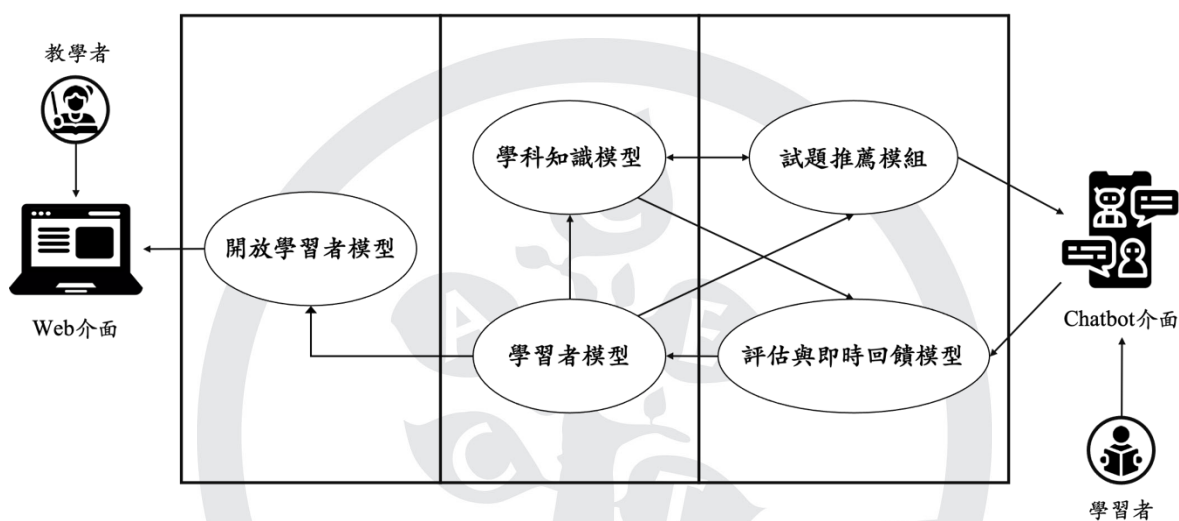


圖 8 系統架構

- (一) **學科知識模型(Domain Model)**：存放學生學習的所有內容，如試題與對應教材等教學資源。其中試題將被區別難易度，使得試題推薦能夠更適性化。系統試題取自過往學期考試試題以及教科書題庫試題，前者本研究會依據過往答題情況，以答對該題的百分比作為該題的難度，並將難度設定為「易」、「中」以及「難」三個階段；後者則請專家學者鑑定後設定。
- (二) **學習者模型(Learner Model)**：紀錄學生學習狀態、使用系統紀錄等。本研究以該學科（Java 程式設計）之知識結構作為「認知屬性」，如表 2 所示。透過存放之過去學習紀錄（歷年學生在各認知屬性試題的答對率），診斷分析出學生較缺乏之認知屬性，提供試題推薦模組作為提供學生進行適性化推薦之依據。

表 2 Java 程式設計課程之知識結構/認知屬性

	認知屬性敘述
K1	Java 基礎知識
K2	變數、資料型態

K3 運算元、運算子、運算式

K4 選擇性敘述、迴圈

(三) **試題推薦系統(Test Question Recommendation Model)**: 利用無參數認知診斷模式，搭配 Hamming 距離 (公式 1) 計算並找出學生作答反應與理想作答反應最接近的組型，對學生認知屬性掌握情形進行建模。接著根據認知診斷結果，搭配基於項目協同過濾演算法，推薦學生適性化的題目以供練習。推薦的題目來源包括「過去之學期考試」與「教科書題庫」的試題，前者透過基於項目協同過濾演算法，依據過去學習者答題情況計算、推薦出合適的練習試題，其公式如下(Sarwar, Karypis, Konstan and Riedl, 2002)，其中 $r_{u,i}$ 為要預測使用者 u 在題目 i 的分數 (答對或答錯)， $sim(i, j)$ 為題目 i 與題目 j 的相似度：

$$r_{u,i} = \frac{\sum_{j \in N(i)} sim(i, j) \times r_{u,j}}{\sum_{j \in N(i)} sim(i, j)} \quad (\text{公式 2})$$

而後者則按照學習者答題狀況，由本模型根據目前試題的難度與認知屬性推薦合適的練習試題。

(四) **評估與即時回饋模型(Assessment and Interactive Response Model)**: 根據學習者答題的正確與否，本模型會依答題狀況即時回饋，若答題正確，首先將答題狀況紀錄至學習者模型，並繼續取得試題推薦給學習者練習；若答題錯誤，除了將答題狀況紀錄至學習者模型外，並會取得、提供對應教材給學習者，然後繼續推薦相同認知屬性之試題給學生練習，直到模型判斷學習者已掌握該認知屬性，才會更換推薦其他認知屬性的試題，或者結束試題推薦。

(五) **開放學習者模型(Open Learner Model)**: 視覺化所有學習者的學習狀態，以及所有試題的答題狀況，提供教學者快速了解學習者學習狀況，調整實際教學現場的教學方針；學習者也可於此觀察自身學習歷程。

五、系統評估實驗

為了瞭解本研究提出之試題推薦適性化系統的有效性，本研究以中原大學資訊管理學系必修課程—Java 程式設計課程的學生作為實驗對象。實驗將課堂中 50 餘名學生隨機分配為實驗組與對照組，以一週時間進行系統使用實驗。實驗組於實驗期間使用具有試題適性化推薦機制之系統，對照組則使用不具有試題適性化推薦機制之系統。

實驗結束後，並以問卷調查方式對實驗組學生調查其系統易用性、有用性、使用意願。對應問項主要乃是參考周君倚與陸洛 (2014) 以及林信志、湯凱雯與賴信志 (2010) 的研究，衡量尺度以李克特四等量表，其中「非常同意」為 2 分，「同意」為 1 分，「不同意」為 -1 分，「非常不同意」為 -2 分。

肆、結果與討論

一、系統評估結果

(一) 系統有用性分析

去除無效問卷後，使用本研究之適性推薦試題聊天機器人者共有 14 人，其系統使用態度-有用性之各題項平均數、標準差與變異數整理於表 3。

表 3 系統有用性題項之敘述統計

題項	平均數	標準差	變異數
使用後，可以改進我的學習效果。	1.57	0.51	0.26
使用後，可以提昇我課業學習的效率。	1.71	0.47	0.22
使用後，有助於我的學習。	1.64	0.50	0.25
整體而言，使用後，對我的學習是有用的。	1.50	0.52	0.27
系統有用性題項總平均	1.61	0.45	0.20

根據分析結果顯示，系統有用性總平均分數為 1.61，各題項之平均分數皆達到 1.5（含）分以上，顯示學習者對本研究之基於認知診斷模式之聊天機器人輔助學習系統的系統有用性抱持肯定的態度。

(二) 系統易用性分析

表 4 整理使用者對系統易用性之評價，其中「使用上，對我而言是困難的。」為反向題，在計算總平均時已經反向計分處理。

表 4 系統易用性題項之敘述統計

題項	平均數	標準差	變異數
使用上，對我而言是困難的。	-1.21	0.43	0.18
介面的使用是容易的。	1.71	0.47	0.22
功能的使用是容易的。	1.71	0.47	0.22
整體而言，是容易使用的。	1.64	0.50	0.25
系統易用性題項總平均	1.57	0.40	0.16

根據分析結果顯示，系統易用性總平均分數為 1.57，除了「使用上，對我而言是困難的。」外，系統易用性各題項平均分數皆達到 1.6 分以上，顯示學習者

對本研究之聊天機器人輔助學習系統的系統易用性具有正面的態度。推論學習者在進行試題練習時，因個人學習程度不一，所練習的題目數量會有不同，經檢視填答「非常不同意」學習者的平均答題數目為 34 題，而填答「不同意」學習者的平均答題數目為 38.8 題，其中又包含最大值的 91 題，顯示易用性可能會受答題數目多寡影響而獲得較低的分數。

(三) 使用意圖分析

表 5 則整理使用者對系統使用意圖的評價，其平均數、標準差與變異數如下所示。

表 5 系統使用意圖題項之敘述統計

題項	平均數	標準差	變異數
之後的學習，我希望能經常使用。	1.21	1.051	1.10
之後的學習，我會願意使用。	1.64	0.50	0.25
整體而言，我願意繼續使用。	1.57	0.51	0.26
系統使用意圖題項總平均	1.48	0.58	0.34

根據結果顯示，系統有用性總平均分數為 1.48，而「之後的學習，我希望能經常使用。」獲得較低的分數。其中經檢視總得分最低的兩個學習者的試題答題狀況，兩位皆回答近 100 題的題目，推論可能因答題數量而影響使用意圖。而「使用意圖」整體平均雖略低於系統有用性、易用性，但仍具有不錯的滿意度，表示本研究所發展之系統，學習者願意繼續使用。

二、 結論

(一) 基於認知診斷模式的聊天機器人輔助學習系統是容易使用且使用者願意繼續使用的

本研究以聊天機器人作為系統介面發展基於認知診斷模式的輔助學習系統，在「系統易用性」方面，因聊天機器人操作簡易、直覺的特性，能夠隨時進行試題練習，對使用者而言是相當易用及方便的；在「使用意圖」方面，以對話方式完成試題練習，並且透過系統自動進行認知診斷後，推薦符合自身學習狀況的試題，使得使用者在之後的學習仍願意繼續使用。

(二) 透過適性化試題推薦的方式，可有效幫助學生學習

本研究透過搜集學習者過去程式設計課程的學習狀態，並且整理該科目相關試題作為系統推薦給學習者之試題，依照學習者自身的學習狀態，由系統推薦適合學習者的試題供學習者練習。實驗證實學習者認為系統對於自身學習是有幫助的，透過反覆的試題練習，確實能夠提昇學習者課業學習的效率，可見以學生的學習狀態進行試題推薦的方式能有效達成適性化學習，且獲得良好成

效。

(三) 學習者在使用適性化學習聊天機器人後，對系統之態度為正面

經由系統態度問卷分析結果可得知，在系統有用性、系統易用性與使用意圖的三個構面皆獲得使用者正面的回饋，其中以系統有用性所獲得的平均分數為最高，由此可知，本研究所提出的系統與其方法能夠對學習者的學習有一定的幫助，並且相當容易使用，若應用於之後的學習也能獲得正面的評價與成效。

伍、未來展望

一、題庫搜集不易

本研究發展的基於認知診斷模式的聊天機器人輔助學習系統因實驗設定之學科的限制，造成試題搜集不易，較少線上資源能夠取用，僅能取用教科書內含之試題以及過往期中考之試題，並且試題本身是不具備難易度的分級，需仰賴人工判定，導致在系統準備期間要耗費較多時間與人力。未來可以線上資源較豐富之學科進行實驗，以較多試題的方式，進一步提供學習者更多練習機會。

二、「適性化」能夠更精進

基於實驗對象、設定的學科以及實驗時間的限制，無法事先對學習者進行前測，因此以學習者過去與本次實驗學科結構相似的程式設計課程作為前測資料，刪除與本次實驗學科無相關的題型，進行演算。雖在系統有效性獲得高度的肯定，未來若在進行實驗前先做前測，能夠減少許多研究干擾，如：學習者過去的資料不一定能反應其在實驗前的狀態。

三、系統發展之限制

本研究發展之聊天機器人選擇在國人使用頻率最高的 LINE 通訊軟體進行開發，另外也將聊天機器人部署至 Heroku 雲平台即服務，使用免費版本皆會受到功能或者用量的限制，如 LINE 規定非付費版本有限制主動推播訊息的次數，因此較無法達成個人化的使用體驗，又如 Heroku 免費版僅提供 550 小時的運行時數、同時 20 個裝置同時連線以及資料庫限制 1000 筆。未來能考慮升級至較高的方案，來提升適性化系統的功能完整性，也能延長實驗時間，進一步準確驗證本研究所提出之系統的成效。

參考文獻

一、中文部分

田芳華 (2007)。學習風格淺介。國立臺灣大學教學發展中心電子報。

李政軒 (2016)。無參數加權認知診斷模式。測驗學刊，63 (2)，133-151。中國

測驗學會。

- 李靜儀、龔心怡、李文生 (2014)。未來教室，學習 E 起 Hi 起來。臺灣教育評論月刊，3 (7)，72-75。臺灣教育評論學會。
- 林信志、湯凱雯、賴信志 (2010)。以科技接受模式探討大學生學習以網路教學系統製作數位教材之意圖和成效。數位學習科技期刊，2(1)，60-78。
- 張瑞益、郭捷、范莎惠 (2018)。使用深度學習長短期記憶模型推薦適性化教材。資訊與管理科學，11 (2)，32-52。資訊與管理科學期刊編輯委員會。
- 莊家毅 (2019)。基於推薦系統與知識空間之適性化學習路徑規劃系統 (電機工程)。國立成功大學。檢自：
<https://www.airitilibrary.com/Publication/alDetailedMesh?docid=U0026-1908201915583700#References>
- 曾允盈 (2019)。執行有溫度的對話「聊天機器人」創造高效互動。看雜誌，封面故事 (205)。
- 黃政傑、張嘉育 (2010)。讓學生成功學習：適性課程與教學之理念與策略。課程與教學，13 (3)，1-22。中華民國課程與教學學會。doi：
10.6384/CIQ.201007.0001
- 劉欣宜 (2013)。學習者中心的學習診斷與補救教學。教育人力與專業發展，30 (1)，37-40。
- 周君倚、陸洛 (2014)。以科技接受模式探討數位學習系統使用態度-以成長需求為調節變項。Information Management，21(1)，83-106。

二、英文部分

- Chiu, C. Y., & Douglas, J. (2013). A Nonparametric Approach to Cognitive Diagnosis by Proximity to Ideal Response Patterns. *Journal of Classification*, 30(2), 225-250. doi:10.1007/s00357-013-9132-9
- Cho, Y. H., & Kim, J. K. (2004). Application of Web usage mining and product taxonomy to collaborative recommendations in e-commerce. *Expert Systems with Applications*, 26(2), 233-246. doi:10.1016/S0957-4174(03)00138-6
- Clarizia, F., Colace, F., Lombardi, M., Pascale, F., & Santaniello, D. (2018). Chatbot: An Education Support System for Student. In A. Castiglione, F. Pop, M. Ficco, & F. Palmieri (Eds.), *Cyberspace Safety and Security* (Vol. 11161, pp. 291-302). Cham: Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-030-01689-0_23
- Cronbach, L. J., & Snow, R. E. (1969). Individual differences in learning ability as a function of instructional variables. *CA: Stanford University Press*.
- Essa, A. (2016). A possible future for next generation adaptive learning systems. *Smart Learning Environments*, 3(1), 16. doi:10.1186/s40561-016-0038-y
- Hu, S., Chang, L., & Chen, Y. (2020). A Collaborative Filtering Recommendation

- Method based on Knowledge Points and Learning Ability Evaluation Model. In *2020 IEEE 2nd International Conference on Computer Science and Educational Informatization (CSEI)* (pp. 264-267). Xinxiang, China: IEEE. doi:10.1109/CSEI50228.2020.9142514
- Huebner, A. (2010). An Overview of Recent Developments in Cognitive Diagnostic Computer Adaptive Assessments. doi:10.7275/7FDD-6897
- Kobsa, A., Koenemann, J., & Pohl, W. (2001). Personalised hypermedia presentation techniques for improving online customer relationships. *The Knowledge Engineering Review*, 16(2), 111-155. doi:10.1017/S0269888901000108
- Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). Intelligence unleashed: An argument for AI in education.
- Pereira, J. (2016). Leveraging chatbots to improve self-guided learning through conversational quizzes. In *Proceedings of the Fourth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality - TEEM '16* (pp. 911-918). Salamanca, Spain: ACM Press. doi:10.1145/3012430.3012625
- Ruan, S., Jiang, L., Xu, J., Tham, B. J. K., Qiu, Z., Zhu, Y., et al. (2019). QuizBot: A Dialogue-based Adaptive Learning System for Factual Knowledge. In *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1-13). New York, NY, USA: Association for Computing Machinery. doi:10.1145/3290605.3300587
- Sarwar, B. M., Karypis, G., Konstan, J., & Riedl, J. (2002). Recommender systems for large-scale e-commerce: Scalable neighborhood formation using clustering. In *Proceedings of the fifth international conference on computer and information technology* (Vol. 1, pp. 291-324). Citeseer.