

# 適性化測驗聊天機器人之設計與成效研究 — 以 Java 程式設計課程為例

## A STUDY ON THE DESIGN AND EFFECTIVENESS OF ADAPTIVE TEST CHATBOT - A CASE OF JAVA APPLICATION PROGRAMMING COURSE

吳肇銘\*

中原大學資訊管理學系教授

王宇廷

中原大學資訊管理學系碩士生

**Chao-Ming Wu**

*Professor, Department of Information Management,  
Chung Yuan Christian University*

**Yu-Ting Wang**

*Master, Department of Information Management,  
Chung Yuan Christian University*

### 摘要

過去為了達成因材施教的目標，往往需要投入大量教學成本與時間，而隨著資訊科技的進步，以資訊科技實行適性化學習成為教育領域研究的一大重點。為此，本研究發展一套基於認知診斷模式的適性化測驗聊天機器人，希望經由適性化的試題推薦、練習來增加學習者的學習成效。為瞭解此輔助學習系統之成效，本研究以 Java 程式設計課程來進行實作，將課程學生隨機分為三組，其中實驗組 A、B 實驗期間皆使用輔助學習系統，實驗組 A 並接受聊天機器人提供之適性化推薦試題進行練習，實驗組 B 則接受聊天機器人隨機推薦之試題進行練習；對照組 C 則未使用任何的輔助學習系統。研究結果顯示：(一)在系統使用態度方面，使用者對本研究之輔助學習系統的系統有用性、易用性、使用意圖皆有相當正面的評價。(二)在學習成效方面，使用適性化推薦試題輔

---

\*通訊作者，地址：桃園市中壢區中北路 200 號，電話：(03)265-5401

E-mail：mislighter@gmail.com

助學習的學生，成績進步之學習成效相當顯著；而使用隨機推薦試題輔助學習的學生及未使用輔助學習系統的學生，其學習成效不具顯著性。(三)有使用輔助學習系統的學生，其成績進步的幅度，相較於未使用者顯著較多。(四)適性化推薦試題輔助學習系統對於低學習成就學生可產生相當顯著之學習成效；而隨機推薦試題輔助學習系統則對中學習成就學生的學習成效有所幫助。

**關鍵字：**適性化測驗、學習系統、聊天機器人、認知診斷、協同過濾

## ABSTRACT

In order to achieve the goal of teaching students in accordance with their aptitude, a lot of costs and time were often required. However, with the advancement of information technology, to implement adaptive learning by information technology has become a major part of research in education. This study developed a learning system by chatbot based on the cognitive diagnosis model, which recommends the adaptive quiz questions for the learners to improve their learning effect. This learning system and an experiment is conducted in the course “Java Application Programming Course”. The students are randomly divided into three groups: experimental group A uses the learning system with the adaptive quiz questions recommendation by the chatbot during the experiment, experimental group B uses the learning system with random quiz questions recommendation by chatbots, the control group C did not use any learning system. The experimental results are as follows: (1) Learners have positive responses to the perceived usefulness, perceived ease of use, and usage intention of the learning system on chatbot. (2) The students which use the learning system with adaptive quiz questions recommendation has got significant performance on the improvement of score; the students which use the learning system with random quiz questions recommendation and the students which do not use learning system have got no performance effects on learning effectiveness. (3) The students who used the learning system had more significantly progress in their scores than those who did not use it. (4) The learning system with adaptive quiz questions recommendation can offer quite significant learning effectiveness for the students with low learning achievement, and the learning system with random quiz questions recommendation is helpful for the students with middle learning achievement.

**Keywords:** Adaptive Test, Learning System, Chatbot, Cognitive Diagnosis, Collaborative Filtering

## 壹、緒論

### 一、研究背景與動機

隨著個人電腦與網際網路的快速發展，資訊科技融入教育愈發重要。而教育革命與網際網路的發展是相輔相成的，早在教育 2.0 (Education 2.0) 時期就開始發展並使用電腦輔助教學 (Computer-Assisted Instruction, CAI)，成為學生在學習上的輔助工具。此階段的教育著重於學習工具的開發，透過電腦介面改變傳統知識傳授的模式，不再像教育 1.0 那樣單向地傳輸知識，師生關係和學生與學生的關係被視為學習過程的一部分。進入教育 3.0 後，教育制度與型態皆往多元與個人化發展，提倡自主學習，以創新與創造力驅動教育。時至今日，因應工業 4.0 所催生出的教育 4.0 則讓教育不受時間空間的限制，運用如人工智慧或虛擬實境等資訊科技打造革命性的教育模式，終其目的並非取代教師，而是使其省去重複性高且單一的工作，強化重視個體的個別化學習和素養導向教育，提供有效率的學習途徑輔助教師 (Suum, 2014；陳東園，2016；Hussin, 2018；吳清山，2020)。

「因材施教」是教育界長久以來所追求的理想目標，Cronbach and Snow (1969) 指出在實行配合學習者學習狀態的教學措施前，若能預先判別學習者的特性，方能發揮最大的效用。而教師透過區分學習者的能力或學習上的特性，給予對應的教材與適當的教學安排，即稱為「適性化教學」(Adaptive Instruction)。教師可以根據學習者的診斷結果，經由「評量－診斷－教學－再評量」的循環，來對學習者進行適性化教學 (張新仁，2001)。過往，教師需要付出大量時間成本方能實現適性化教學，因此運用於教學現場的可能性較低。而在資訊科技的蓬勃發展下，使得適性化教學的門檻降低，繁複的診斷過程可由資訊系統代為完成，教師能藉由系統觀察每位學生的學習狀況，進而調整於教學現場的授課內容與方式。

運用資訊科技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，全球已有超過 12 億的用戶每天都會接觸到聊天機器人，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，不過應用聊天機器人在教育領域也並非新鮮事，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，並有效實現個別化教學 (Clarizia, Colace, Lombardi, Pascale, & Santaniello, 2018)。陳玉婷 (2010) 指出提升學習成效的主因並非是採用何種資訊科技，僅是滿足科技新鮮感的數位學習只能支撐短時間的學習熱忱。重要的是必須透過資訊科技針對教材、教學方式進行多元化、適

性化與個別化的轉化以及調整，才能有效提升學生的學習成效與動機（Rovai, Ponton, Wighting, & Baker, 2007）。

因此，本研究以台灣普及率相對較高的 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，透過適性化試題推薦的方式，提供學習者適性化學習。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、比較學習者在使用適性化測驗聊天機器人之系統態度與學習成效。

## 二、研究問題

根據前述研究動機，本研究之研究問題如下：

- (一)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？
- (二)如何了解學習者的程度，並透過試題適性推薦的方式，提供學習者適性化學習？
- (三)了解學習者在使用適性化測驗聊天機器人後，對於系統之有用性、易用性的認知與使用意圖為何？
- (四)了解學習者在使用適性化測驗聊天機器人後，是否能提升其學習成效？
- (五)了解不同學習成就的學習者在使用適性化測驗聊天機器人後，是否能提升其學習成效？

## 貳、文獻探討

### 一、適性化學習與電腦化適性測驗

不同學習者因能力、性向、興趣、經驗、風格、文化等特質有所不同，因此產生出不同的個別學習需求（黃政傑、張嘉育，2010）。在資訊科技的發展下，許多適性化學習研究先利用資訊科技診斷出學生學習狀況的不同，然後採取適性化教學策略以降低其學習困難，如美國卡內基美隆大學開發了「開放學習倡議」（Open Learning Initiative, OLI）這個線上適性化學習系統（賀鑫，2020），該系統提供學生在解答問題後得到反饋，並持續追蹤學生的學習狀況，同時也提供教師查看學生學習資料的分析結果，而這些資訊可以有效協助教師針對學生困惑的主題，更動部分教學內容與方式。Lovett, Meyer, and Thille（2008）則指出使用適性化學習系統的學生在學習表現上優於

傳統教學下的學生，甚至僅用半個學期就學會整個學期的課程內容。可見適性化學習系統已被證實能夠有效改善學生學習表現。

Essa (2016) 提出將教學模組化的適性化學習系統架構，將使用者資料、使用資料整合為學習者模型 (Learner Model)，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, Griffiths, and Forcier (2016) 則同樣提出以模組化方式，但納入人工智慧概念之系統架構，如圖 1。該架構以教學模型 (Pedagogy Model)、學習者模型 (Learner Model)、學科知識模型 (Domain Model)、開放學習者模型 (Open Learner Model) 四大模型為主要架構，並以演算法計算取得學生資料的方式，建構出適性化學習系統。

電腦化適性測驗 (Computerized Adaptive Tests, CAT) 是以試題反應理論 (Item Response Theory, IRT) 做為理論基礎而建置的電腦化測驗系統，主要是根據受試者的能力來決定試題內容 (陳新豐, 2007)。實施電腦化適性測驗，不但可以節省施測時間與成本，更可以評估出考生具備的能力或特質。依測驗資料類型不同，試題反應模式有二元或多點計分模式的單向度試題反應理論 (Unidimensional IRT, UIRT) 與多向度試題反應理論 (Multidimensional IRT, MIRT) 兩種類型。若題型為選擇題可使用答對 (1 分) 與答錯 (0 分) 的二元計分方式；若題型之得分可為 0 分、1 分、2 分與 2 分以上，則可以採用多點計分方式 (沈宗逸, 2021)。

楊肅健、郭伯臣與林秋斌 (2021) 針對國小數學科補救教學，使用知識結構為基礎的電腦化適性診斷測驗數位平臺，比較對照組與實驗組實施數學科補救教學學習成效的差異，研究結果顯示：以「知識結構為基礎的電腦化適性診斷測驗數位平臺，輔之以教師從旁指導」的補救教學模式優於以「傳統課堂講授進行補救教學」模式，且學生進步成績達顯著性差異。

沈淑菁 (2010) 針對國中數學領域「一元一次不等式」單元，依據貝氏網路與單元知識結構來編製測驗題目及學習之數位教材，並以實驗來驗證其在補救教學之成效。教學實驗組以數位教材實施資訊融入教學並電腦化適性診斷測驗之錯誤類型與迷思概念進行資訊融入補救教學，對照組則實施傳統教學以及考卷檢討方式進行。研究結果表示：實驗組之補救教學成效明顯優於傳統補救教學之對照組，電腦化適性測驗確實能達到省時、省題、高預測精準度及高一致性的目標，對於學生在學習、測驗與補救上有很大的助益。

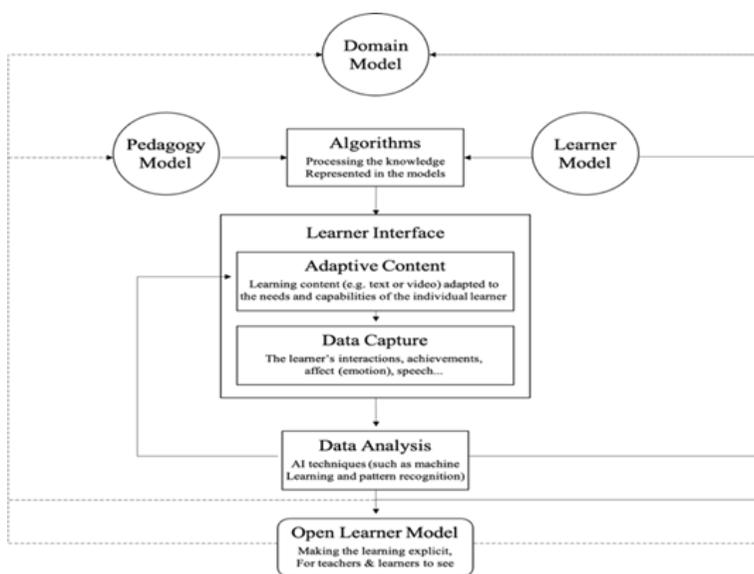


圖 1 適性化學習系統

## 二、無參數認知診斷模式

為了達成適性化測驗，必須先區別學習者不同的特性。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，與參數型認知診斷模式不同，此模式無需考慮適配度與樣本大小，搭配試題 Q 矩陣，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）。

「無參數認知診斷模式」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。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  $\bar{\alpha}_{2K} = [\alpha_{2K,1}, \dots, \alpha_{2K,K}][1,1, \dots, 1]$ ，而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。公式如下，其中  $\bar{y}_j$  為第  $j$  題的作答反應， $\eta_j$  為第  $j$  題的理想作答反應：

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

### 三、協同過濾推薦

「協同過濾」主要可分為基於記憶之協同過濾（Memory-Based Collaborative Filtering）與基於模型之協同過濾（Model-Based Collaborative Filtering）。其中基於記憶之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：項目導向之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以進行推薦（Cho & 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：如張瑞益、郭捷與范莎惠（2018）依據學習者的能力與特質，以深度學習方法來推薦適性化的教材；莊家毅（2019）預測學生在數學科各認知屬性的學習狀況，以推薦系統提供、規劃學生適性化之學習路徑；Hu, Chang, and Chen（2020）則針對學習者的學習能力，以協同過濾法來推薦個人較偏好的知識。相關研究較少是針對試題本身與學習者間進行推薦的研究。

### 四、聊天機器人

聊天機器人是一種以模擬人類自然語言對話的電腦程式，應用範圍相當廣泛，從商務客服、娛樂到金融都可見蹤跡，全因全球用戶於通訊軟體的黏著度居高不下，且還在逐年增加，聊天機器人得以走入民眾生活。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有許多成功案例，最知名的有史丹佛大學研發的 QuizBot，研究發現相較於傳統的 Flashcard（閃示卡）輔助教學 APP，使用此基於對話之輔助學習系統的學生能多記住 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 et al., 2019）。Pereira（2016）則於 Telegram 通訊軟體上開發多選題測驗 Bot，發現學生因為無須花時間適應，可以直接在熟悉的通訊軟體進行輔助學習，而認為有助於自主學習。

## 參、研究方法與設計

### 一、研究架構

本研究旨在發展一套以推薦試題為主之「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。本研究以中原大學資管系大一必修課－Java 程式設計課程為例進行研究，研究歷程主要有三個階段，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，對應之系統架構與模組在下一節詳細說明；(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，進行為期一週的實驗分組使用；經過實驗分組使用後，以問卷調查方式了解學生認知之系統易用性、有用性與使用意圖，並分析、比較分組學生之學習成效。本研究架構圖如圖 2 所示。

### 二、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「適性化」學習系統架構如圖 3 所示。考量本研究僅配合單一課程、單一教學方法(以投影片授課)，因此本研究不使用文獻中用以提供不同教學方法的「教學模型」(Pedagogy Model)。另外，因應聊天機器人的互動特性與即時學習效果，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。下節將針對系統中各個模型進行說明。

### 三、系統模組設計與介紹

本研究系統以 Python 語言撰寫程式，共包含五個模組，模組間相互進行運作，學習者以聊天機器人介面與系統互動，教學者則用網頁介面觀察學習者的答題狀況，而模組資料與系統態度問卷資料則存放於 PostgreSQL 關聯資料庫中。

#### (一)學科知識模型 (Domain Model)

本研究以該學科 (Java 程式設計) 之知識結構作為「認知屬性」，排除原課程實作內容，擷取學期期中考試範圍，將知識結構分為四個認知屬性，如表 1 所示。此模組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。系統試題題型乃是選擇題，取自過往學期考試試題以及

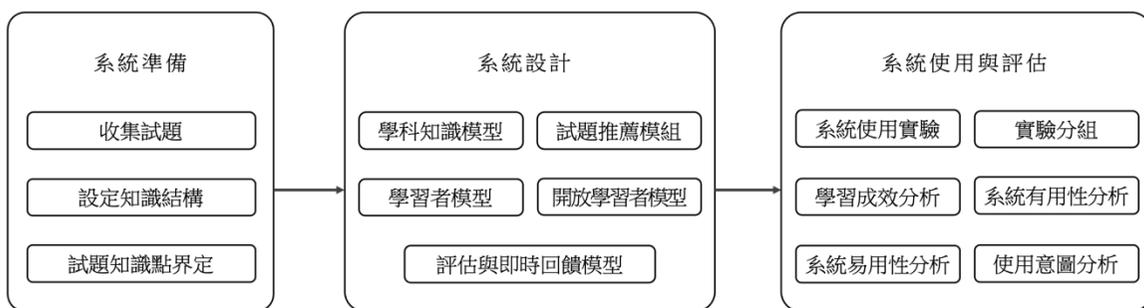


圖 2 研究架構

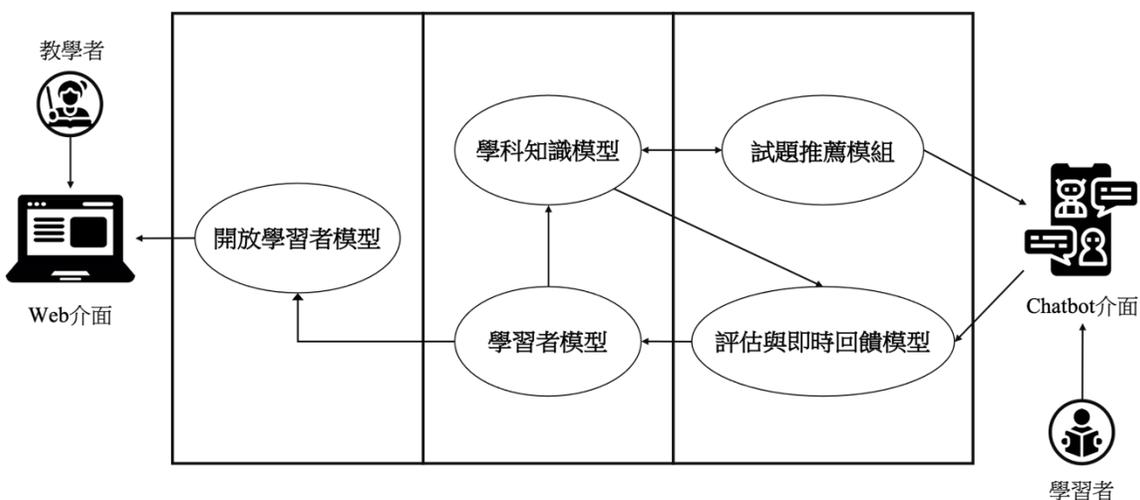


圖 3 系統架構

表 1 Java 程式設計課程之知識結構

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

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，共計 160 題。

## (二)學習者模型 (Learner Model)

本模組紀錄學生學習狀態、使用系統紀錄等。首先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），以無參數認知診斷模式，配合 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，診斷分析出學生所缺乏之認知屬性，提供給試題推薦模組作為提供學生適性化推薦之依據。其後每一次完成試題練習後，則改以該次練習狀況重新計算認知之屬性缺乏程度。

## (三)試題推薦模組 (Test Question Recommendation Model)

本模組利用前述的學習者模型，提取學生缺乏之認知屬性，作為一般推薦系統中的使用者評分，接著以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學期考試之考題與教科書題庫之試題，前者透過基於項目協同過濾演算法（公式 2），依據過去學習者答題情況計算、推薦出合適的練習試題，公式如下（Sarwar, Karypis, Konstan, & 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），從過去學習者答題情況找出  $n$  個使用者在  $i$  題的分數（答對或答錯），接著搜尋使用者  $u$  已有答題紀錄的題目  $j$ ，並找到  $n$  個過去使用者的答題紀錄，然後利用答題紀錄算出題目  $i$  與題目  $j$  的相似度  $sim(i, j)$  作為權重，相似度採以餘弦相似度（Nguyen & Bai, 2010）計算（公式 3），最後找出  $K$  個相似度最高的項目，以使用者  $u$  在題目  $j$  的分數  $r_{u,j}$  作為參考，模組將推薦預測使用者  $u$  會答錯的題目。

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

$$similarity = \cos(\theta) = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \times B_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n A_i^2} \times \sqrt{\sum_{i=1}^n B_i^2}} \quad (3)$$

## (四)評估與即時回饋模型 (Assessment and Interactive Response Model)

本模組主要是根據學習者作答內容來評估學習者答題正確與否，並於學習者完成答題提供即時回饋。若答題正確，首先將答題狀況紀錄至學習者模型，並持續推薦試題練習；若答題錯誤，除了將答題狀況紀錄至學習者模型外，尚會取得對應教材即時回饋給學習者了解，然後再推薦試題，直至模型判斷學習者已掌握某認知屬性，才會推薦其他認知屬性的試題，或者結束適性化學習。

### (五)開放學習者模型 (Open Learner Model)

本模組主要是開放、視覺化所有學習者的學習狀態及所有試題的答題對錯狀況 (如圖 4 所示), 以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。教學者可點選「各認知屬性答對率」來快速了解特定認知屬性試題整體的答題對錯狀態; 或者在「試題列表」中點選要觀察的試題, 並在「試題答題狀況」中看出該試題的出題次數、答對次數與比例, 同時也能在「答題統計」中查看曾經答錯過該試題的所有學習者列表與其答錯的選項, 供教學者迅速且清楚了解每個試題學生的答題狀況。

學習者也可於此模組提供之介面觀察自身學習歷程, 如圖 5 所示。學生可以在「認知屬性掌握程度」中透過雷達圖了解自己在各「認知屬性」的掌握程度 (答題表現), 並在「學生使用狀況」裡查看過去所有答錯的試題及答錯的選項, 使學習者更能夠有效率檢討自己的學習狀況。系統將在每一次學習者完成試題練習後, 重新對學習者進行認知診斷, 並更新學習者認知屬性掌握程度, 以供下一次使用系統推薦試題之用。

## 四、聊天機器人設計

本研究將系統建置於 LINE 即時通訊平台, 學習者可透過 LINE 聊天機器人, 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 程式語言進行開發, 並以 Django 框架實作。

### (一)系統使用流程

本研究設計之系統其使用流程如圖 6, 學習者透過 LINE 聊天機器人, 以對話方式進行適性化學習。

### (二)使用流程與介面

#### 1. 出題流程與介面

系統首先根據學習者模型中存放的該學習者認知診斷之先驗資料, 再透過試題推薦模組, 運用協同過濾演算篩選出合適之試題, 接著進入學科知識模型檢索, 最後輸出試題至聊天機器人, 如圖 7 所示。而學習者得到的第一個試題為經過認知診斷與協同過濾演算後的學期考試試題, 在難度設定上為「難」, 而後隨著學習者答題情況調整出題。

### 試題答題狀況

出題次數: 2    答對次數: 1/2    難易度: 易

---

### 答錯統計

答錯選項	練習次數
10944218    javac	第 1 次

---

### 各認知屬性答對率

[k1] Java基礎知識	66%
[k2] 變數、資料型態	60%
[k3] 運算子、運算元、運算式	61%
[k4] 選擇性敘述、迴圈	57%

### 試題列表

題號	題目	答對率
1011115	你需要安裝下列何者才能撰寫並執行java程式?	0.0%
2000967	個人電腦使用的英文字母符號的內碼是 碼	NaN%
2000940	請判斷true或false，基本型別 (boolean、char、byte、short、int、long、float和double) 只可適用於Windows平台。	100.0%
2001015	在 Java 程式中每一個敘述都要以哪一個符號結尾?	100.0%
2001013	每一個 Java 程式都必須要有的是	100.0%
2000968	個人電腦使用的繁體中文是的內碼是 碼	NaN%
2000969	個人電腦使用的一個中文字相當於 個英文字	50.0%
2000970	在電腦程式語言的演進過程中，屬於第一世代語言	0.0%
2000971	在電腦程式語言的演進過程中，屬於第二世代語言	0.0%
2000972	語言無需經過組譯、編譯和直譯，就可以在電腦上執行。	NaN%
← 2000973	Java程式執行的進入點是?	50.0%

← 2000973 Java程式執行的進入點是?

∈ Java基礎知識    printin()    import    **main()**    javac

2001011	以下何項不是直譯式程式語言的特性?	NaN%
2001018	{ 與 } 字符在 Java 中稱為	100.0%
2001020	撰寫好的 Java 程式存檔時，一定要加上_____作為副檔名。	100.0%

圖 4 開放學習者模型－教學者使用介面

### 認知屬性掌握程度

Java基礎知識: 80 (1st), 70 (2nd)  
 變數、資料型態: 50 (1st), 50 (2nd)  
 運算元、運算子、運算式: 30 (1st), 50 (2nd)  
 選擇性敘述、迴圈: 30 (1st), 30 (2nd)

### 學生列表

學號	練習次數
10744121	練習 1 次
10944202	練習 0 次
10944203	練習 0 次
10944204	練習 1 次
10944205	練習 5 次
10944206	練習 0 次
10944207	練習 1 次
← 10944209	練習 2 次
10944211	練習 0 次
10944213	練習 3 次
10944216	練習 0 次
10944217	練習 0 次
10944218	練習 1 次
10944226	練習 0 次
10944227	練習 4 次
10944228	練習 2 次

### 學生使用狀況

題號	認知屬性	答錯選項	練習次數
2000903	1	javac	第 1 次
2000905	1	.class	第 1 次
2000907	1	類別	第 2 次
2000906	1	中間碼	第 2 次
2000914	2	public	第 1 次
2000920	2	倍精度	第 1 次
2000908	2	FALSE	第 1 次

圖 5 開放學習者模型－學習者使用介面

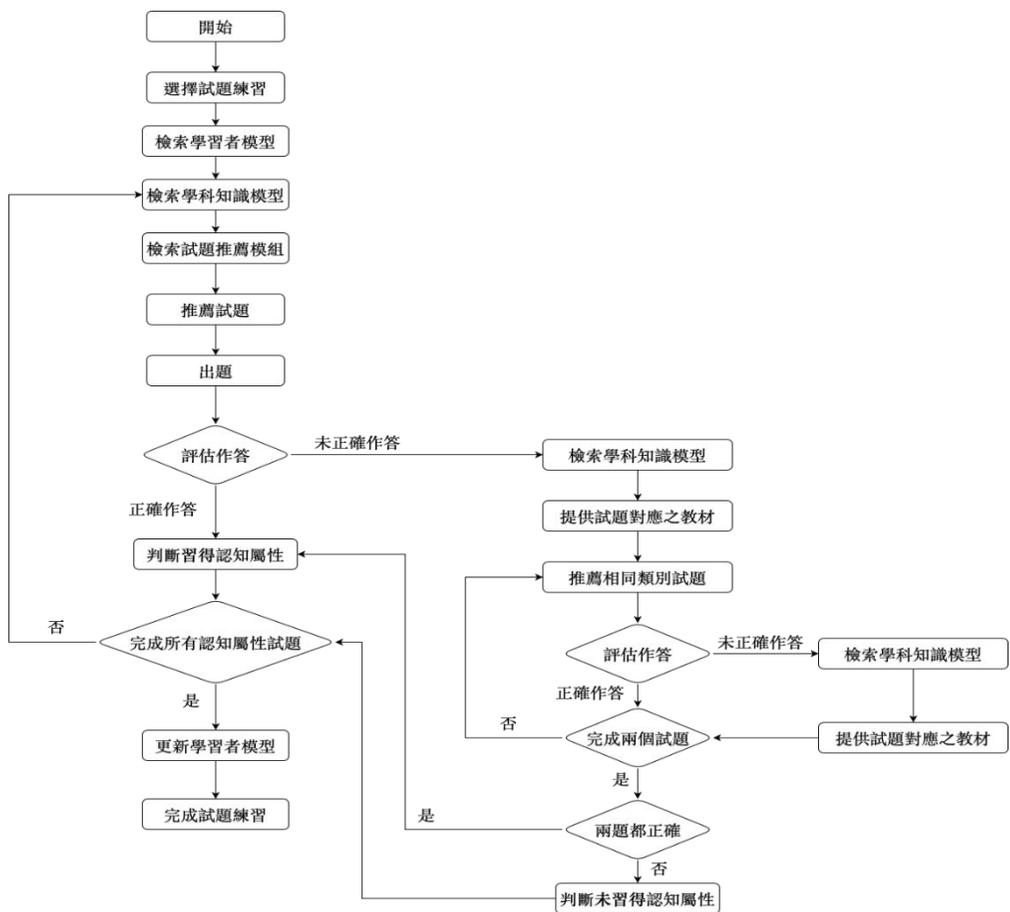


圖 6 系統使用流程

## 2. 答題流程與介面

學習者以傳送訊息方式完成作答，如圖 8 所示。經由評估與即時回饋模型判斷正確作答後，將會繼續推薦其他認知屬性之試題，並且判斷學習者已習得此認知屬性；反之，未正確作答時，則會從學科知識模型中找出該試題所對應的教材提供給學習者，其後推薦兩個相同類別（相同認知屬性和相同難度）之題庫試題，若有任何一題未正確作答，評估與即時回饋模型將判定學習者未習得該認知屬性，遂繼續推薦其他認知屬性之試題。

## 3. 系統態度問卷填答流程與介面

使用者在完成推薦試題練習後，於系統中進行使用態度問卷填答，共 11 題。與回答試題方式相同，根據自身使用經驗點擊對應的答案。如圖 9 與圖 10 所示。



圖 7 系統出題畫面



圖 8 未正確答題畫面



圖 9 填寫問卷畫面



圖 10 問卷結束畫面

## 五、系統使用與評估

為了瞭解本研究提出的適性化測驗聊天機器人的成效，本研究以 Java 程式設計課程進行實作，並以該課程之 55 位學生作為實驗樣本，隨機選定一半的學生（28 位）作為實驗組，再隨機選定其中一半（14 位）做為實驗組 A、另一半（14 位）做為實驗組 B；其他的 27 位學生則做為對照組。實驗組 A 在實驗期間使用聊天機器人的適性化推薦試題，進行練習；實驗組 B 則使用聊天機器人的亂數推薦試題，進行練習；對照組 C 則未使用聊天機器人。

本研究搭配之 Java 程式設計課程，依授課單元主題進行六週授課，第七週配合本研究開始進行系統使用實驗，並於第八週期中考試前結束系統服務，其授課進度與實驗配合如表 2 所示。

實驗結束後，本研究以問卷了解學習者使用適性化測驗聊天機器人系統使用態度（包括系統易用性、有用性、使用意圖），問卷之對應問項主要是參考周君倚、陸洛（2014）以及林信志、湯凱雯與賴信志（2010）的研究，衡量尺度採李克特四等量表，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。

在學習成效評估方面，本研究以學生上學期「NET 程式設計課程」期中考試成績作為前測資料，以本學期「Java 程式設計課程」期中考成績作為後測資料，然後將後測與前測的成績差異值（進步分數）作為衡量學生使用系統後學習成效之評估指標。

## 肆、系統使用評估與分析

### 一、實驗樣本分析

實驗參與者共計 55 人，由於實驗組 A、B 中各有 1 位「Java 程式設計課程」重修生，已無法取得他們上學期「NET 程式設計課程」的期中考試成績作為前測成績，扣除此 2 樣本，共獲得有效樣本 53 人，其中男生 31 人，女生 22 人；實驗組 A 樣本 13 人、實驗組 B 樣本 13 人，以及對照組 C 27 人，對應統計分佈如表 3 所示。

表 2 Java 程式設計課程授課進度與實驗配合

週次	類型	說明
1-2	課程	教授「Java 基礎知識」
3-4	課程	教授「變數、資料型態」
5	課程	教授「運算元、運算子、運算式」
6	課程	教授「選擇性敘述、迴圈」
7	實驗	學生使用系統進行試題練習、準備期中考
8	考試	學期期中考試

表 3 實驗樣本人數、性別統計

組別	男生	女生
實驗組 A	7	6
實驗組 B	6	7
實驗組 C	18	9
總數	31	22

## 二、系統使用態度評估

經過系統使用後，並確認其填寫問卷的完整度，針對有使用本研究的適性化測驗聊天機器人之實驗組 A，共獲得 14 份問卷資料。以下各節將根據實驗結束後所收集的系統態度問卷之資料進行統計分析。

### (一)系統有用性分析

使用者對於「系統使用態度－有用性」之各題項平均數、標準差整理於表 4。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，其中「使用後，可以提昇我課業學習的效率」獲得使用者最高的評價（平均分數 1.71），經檢視答題狀況，發現填答「非常滿意」者，將近半數使用者使用系統完成試題兩次以上，並且皆有進步的成效，顯示學習者對本研究適性化測驗聊天機器人的系統有用性抱持肯定的態度。

### (二)系統易用性分析

表 5 整理使用者對「系統易用性」之評價，根據分析結果顯示，系統易用性總平均分數為 1.57，各題項平均分數皆達到 1.6 分以上，顯示學習者對本研究適性化測驗聊天機器人的系統易用性具有正面的態度。其中「介面的使用是容易的」、「功能的使用是容易的」獲得使用者最高的評價（平均分數 1.71），推論應是 LINE 早已是大家熟悉操作的通訊軟體，學習者在試題練習使用上亦僅需點選答案即可完成。

此外，由於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「整體而言，是容易使用的」填答「非常不同意」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」可能會受試題練習答題數目多寡影響而獲得較低的評價。

### (三)使用意圖分析

表 6 則整理使用者對「系統使用意圖」的評價，根據分析結果顯示，系統有用性總平均分數為 1.48，各題項平均分數皆達到 1.21 分以上，顯示學習者對本研究適性化測驗聊天機器人的系統使用意圖具有正面的態度。其中「之後的學習，我會願意使用」獲得使用者最高的評價（平均分數 1.64），經檢視填答狀況後，發現填答分數最高且完成兩次以上試題練習的使用者，其最後一次的試題練習與前一次相比整體而言皆有進步，推論此系統能夠提升使用者的學習成效，並且使用者會願意在之後的學習繼續使用這套系統。

## 三、學習成效評估

### (一)分組學習成效分析與比較

本研究針對實驗組 A、實驗組 B 與對照組 C 學生的後測成績與前測成績進行成對樣本 t 檢定，以了解各組學生經由不同的輔助學習系統使用，其後測、前測分數的差異（進步分數）是否具有顯著性、是否有提升學習成效的效果。對應之分析結果如表 7 所示。

實驗組 A 學生的後測成績與前測成績經過成對樣本 t 檢定後，可發現實驗組 A 學生的前、後測成績間具有顯著差異（ $t=2.58$ ， $p=0.02<0.05$ ），實驗組 A 學生的後測成績顯著比前測成績高，顯示使用本研究之適性化測驗聊天機器人確實可提升學生的學習成效；實驗組 B 的後測成績與前測成績間，雖有進步但不具顯著差異（ $t=1.46$ ， $p=0.17>0.05$ ），顯示使用隨機出題之聊天機器人在提升學生的學習成效上，並未見到效果；而對照組未使用任何學習系統的學生，其後測成績反而比前測成績低（但不具顯著性）。可見，相較於使用隨機出題之聊天機器人的學生及未使用學習系統的學生，使用適性化測驗聊天機器人確實可以對學生的學習成效有所幫助。

表 4 系統有用性題項之敘述統計

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

表 5 系統易用性題項之敘述統計

題項	平均數	標準差
使用上，對我而言是困難的	-1.21	0.43
介面的使用是容易的	1.71	0.47
功能的使用是容易的	1.71	0.47
整體而言，是容易使用的	1.64	0.50
題項總平均	1.57	0.40

表 6 系統使用意圖題項之敘述統計

題項	平均數	標準差
之後的學習，我希望能經常使用	1.21	1.051
之後的學習，我會願意使用	1.64	0.50
整體而言，我願意繼續使用	1.57	0.51
題項總平均	1.48	0.58

表 7 各組後測成績與前測成績之描述性統計與成對樣本 t 檢定

組別	測驗	平均數	標準差	平均進步分數	t 值
實驗組 A	前測	71.60	12.91	7.61	2.58*
	後測	78.50	9.20		
實驗組 B	前測	69.38	18.75	6.38	1.46
	後測	75.17	12.60		
對照組 C	前測	68.33	18.15	-2.85	1.03
	後測	65.48	21.58		

\* $p < .05$

此外，為了了解學習聊天機器人對於學習成效產生的影響，本研究將未使用學習聊天機器人的對照組來與有使用學習聊天機器人實驗組（包括實驗組 A 及 B）進行組間分析，經由獨立樣本 t 檢定分析，結果如表 8。由分析結果可以發現：有使用學習聊天機器人組與未使用組在進步分數上有顯著差異（ $p=0.008 < 0.05$ ），有使用學習聊天機器人的學生其平均進步分數高於未使用的學生 9.84 分，可見有使用學習聊天機器人的學生，經由推薦試題練習（不論適性推薦或隨機出題）與即時回饋，都能對學習成效產生一定的效果。

## (二)不同學習成就學生之學習成效分析與比較

為探討不同學習能力程度的學生在使用學習聊天機器人後之學習成效差異，本研究將學生前測成績 75 分以上的學生歸為高學習成就組、介於 75 分以及 60 分之間的學生歸為中學習成就組、低於 60 分的學生歸為低學習成就組，並針對有使用輔助學習系統的實驗組 A 與實驗組 B，進行不同學習成就學生之學習成效分析。

在實驗組 A 方面，由表 9 可知，低學習成就組的後測平均成績較前測平均成績高出 21.05 分，經成對 t 檢定判定達到顯著水準（ $t=20.84$ ， $p=0.03 < 0.05$ ）；中學習成就組與高學習成就組後測平均成績較前測平均成績分別高出 3.67 分以及 0.97 分，經成對 t 檢定皆未達顯著水準（ $p > 0.05$ ）。本研究推論本研究提出之具有適性化推薦練習題的聊天機器人對於低學習成就學生的學習成效特別具有顯著幫助，而在中、高學習成就學生方面，雖對學習成效有幫助，但未達顯著。

在實驗組 B 方面，由表 10 可知，中學習成就學生的平均進步分數為 12.51 分，經成對 t 檢定達到顯著水準（ $t=21.2$ ， $p=0.00 < 0.05$ ）。高學習成就組的學生平均進步分數為 -2.36 分，反而是略為退步的狀況；低學習成就則獲得 14.88 分的平均進步分數，但兩組皆未達顯著水準（ $p > 0.05$ ）。此分析結果顯示僅提供隨機試題練習的聊天機器人，對中學習成就學生仍可產生學習成效上的幫助。

表 8 使用學習聊天機器人組和未使用組之平均進步分數差異分析

組別	平均進步分數	標準差	變異數	F 值	t 值	顯著性
使用	6.99	11.23	使用	1.48	2.78	0.008*
未使用	-2.85	14.29	未使用			

\*p &lt; .05

表 9 實驗組 A 不同學習成就學生後測成績與前測成績成對樣本 t 檢定

組別	測驗	平均數	標準差	最大值	最小值	進步分數	t 值
高成就 (n=4)	前測	84.36	6.66	93.24	79.92	0.97	0.67
	後測	85.33	7.75	96	78		
中成就 (n=6)	前測	71.93	3.44	73.26	66.60	3.67	1.46
	後測	75.60	7.55	86	74		
低成就 (n=3)	前測	49.95	11.54	59.94	39.96	21.05	20.84*
	後測	71	11.37	82	60		

\*p &lt; .05

表 10 實驗組 B 不同學習成就學生後測成績與前測成績成對樣本 t 檢定

組別	測驗	平均數	標準差	最大值	最小值	進步分數	t 值
高成就 (n=6)	前測	84.36	5.44	93.24	79.92	-2.36	0.63
	後測	82	9.80	96	70		
中成就 (n=3)	前測	68.82	3.85	73.26	66.60	12.51	21.2*
	後測	81.33	4.16	86	78		
低成就 (n=4)	前測	46.62	14.39	59.94	26.64	14.88	1.77
	後測	61.5	9.15	52	72		

\*p &lt; .05

## 伍、結論與未來發展

### 一、結論

本研究提出基於認知診斷模式的適性化測驗聊天機器人，透過推薦試題練習、即時回饋的方式，提供學習者適性化學習，透過實際實驗，本研究提出以下結論：

- (一) 基於認知診斷模式、適性推薦試題的適性化測驗聊天機器人是容易使用且使用者願意繼續使用：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適性化學習系統，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測驗聊天機器人後，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。
- (四) 適性推薦試題的聊天機器人可以提升學生的學習成效：透過適性化推薦試題的練習，可以讓學生針對自己的「弱項」進行多次練習，答錯時亦能透過系統即時看到正確內容的回饋，在第一時間就可學會自己不懂的概念，因此學生在使用過這樣的聊天機器人後，在考試成績上呈現出對應的顯著進步。而使用隨機出題的聊天機器人的學生，由於出題的內容未必是針對學生的「弱項」，因此可能出現的題目是本來就會的題目，因此提升學生的學習成效上，未能見到顯著成效。

- (五)使用學習聊天機器人能夠獲得良好的進步成效：有進行試題練習的學生在考試成績上皆獲得一定程度的進步，這是因為相較於未使用系統的學生，以知識結構清楚的試題進行課程複習，較能找出未釐清的模糊概念。再者，加入適性化試題推薦以及認知診斷模式後，學生更能清楚抓到學習上的「痛點」，且自動能在下一次的試題練習中，優先推薦試題為學生本身概念較薄弱的範圍，因此能夠很大程度的提升學生考試成績，並達成相當顯著的成效。
- (六)對於不同學習成就的學生，不同試題推薦方式的聊天機器人會產生不同的學習效果：本研究中，原本低成就的學生在使用過本研究的適性化推薦試題聊天機器人後，進步的分數相當顯著，效果尤佳，這應該是原本成績不理想的學生透過適性化試題推薦，優先、多次地練習了過去不懂的概念試題，經過針對「弱點」反覆練習、補強了學生的程度，因此相對於其他學習成就的學生會相當顯著地提升其考試成績。而使用隨機試題練習的學生中，中學習成就的學生亦有成績進步的現象，這應該是儘管隨機出題，對於中學習成就學生，在隨機出題的題項中，仍然有一定比例會練習到他過去所不會的題目（高成就學生就比較不會剛好遇到他少數不會的題目），因此透過試題練習，仍然會因此得到幫助、成績有所進步。

## 二、研究貢獻

- (一)過去相關研究，在認知診斷領域中鮮少實際運用於教學現場進行驗證，皆以參數調整為研究目標，較無法反應實際運用的狀況；而協同過濾運用於教育方面則多以推薦適合學習者的教材以及課程為主，少有以知識結構清楚的試題進行推薦，以提升學習者的學習成效。
- (二)透過本研究的實驗結果可得知，加入認知診斷以及協同過濾後的試題推薦聊天機器人能有效提升學習者的學習成效，並且對低學習成就的學生相當有幫助，可提供後續研究者可分別針對不同學習成就的學生，進行不同的研究及探討。

### 三、研究限制與未來研究方向

本研究發展一套基於認知診斷的適性化測驗聊天機器人，並透過實驗與分析，推論在實際教學現場中的使用情形。受研究限制影響，本研究提出下列尚須改善之處：

- (一) 本研究發展的基於認知診斷模式的聊天機器人因實驗設定之學科限制，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。未來可以針對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) 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，因此乃以學習者前一學期「NET 程式設計課程」期中考成績作為前測資料，當學期「Java 程式設計課程」期中考成績作為後測資料，此一安排之「成熟效應」恐對本研究之內部效度產生影響。未來研究在進行實驗前若能以當學期之小考進行前測，應該能夠減少部分研究干擾。
- (三) 考量實驗必須在相同條件下（相同老師、相同教案等）實施，因此僅選擇一班進行實作實驗，受限於班級人數，許多實驗分組之樣本過小，恐會因樣本分佈之偏移或離群值之影響而產生推論偏誤。未來可考慮挑選具有相同教學條件之雙班課程來實施，以避免實驗樣本過小所造成之偏誤。
- (四) 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，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

1. 吳清山(2020)，迎向師資培育 4.0 世代的教師角色與責任，師友雙月刊，(622)，8-12。  
Wu, Q. S. (2020). The role and responsibilities of teachers in embracing the teacher training 4.0 generation. The Educator Bimonthly, (622), 8-12.
2. 李政軒(2016)，無參數加權認知診斷模式，測驗學刊，63(2)，133-151。  
Li, C. H. (2016). A nonparametric weighted cognitive diagnosis model. Psychological Testing, 63(2), 133-151.
3. 沈宗逸(2021)，電腦化適性測驗新增題庫試題之研究，國立臺中教育大學教育資訊與測驗統計研究所未出版碩士論文。  
Shen, Z. Y. (2021). The Expansion of the IRT-Based Item Bank for Computerized Adaptive Testing. Graduate Institute of Educational Information and Measurement, National Taichung University of Education, unpublished paper.
4. 沈淑菁(2010)，資訊融入教學與電腦化適性診斷測驗之學習成效－以「一元一次不等式」為例，亞洲大學資訊工程所未出版碩士論文。  
Shen, S. J. (2010). Learning Effects of Information Integration in Teaching and Computerized Adaptive Diagnostic Tests: A Case Study of “Linear Inequalities.” Department of Information Engineering, Asia University, unpublished paper.
5. 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，資訊管理學報，21(1)，83-106。  
Chou, C. Y., & Lu, L. (2014). Exploring the attitude differentiation on e-learning systems based on TAM: The strength of growth need as a moderator. Journal of Information Management, 21(1), 83-106.
6. 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。  
Lin, H. C., Tang, K. W., & Lai, H. C. (2010). Analyzing user intention and effect with TAM on producing digital materials by JoinNet. International Journal on Digital Learning Technology, 2(1), 60-78.

7. 張新仁(2001)，實施補救教學之課程與教學設計，教育學刊，(17)，85-106。  
Chang, S. J. (2001). Effective remedial programs and instruction. Educational Review, (17), 85-106.
8. 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。  
Chang, R. I., & Guo, J., Fan, S. H. (2018). Recommending adaptive learning materials using deep learning long short-term memory models. Information and Management Science, 11(2), 32-52.
9. 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，國立成功大學電機工程學系未出版碩士論文。  
Chuang, C. Y. (2019). Adaptive Learning Path Planning System Based on Recommender System and Knowledge Space. Department of Electrical Engineering, National Cheng Kung University, unpublished paper.
10. 陳玉婷(2010)，教學策略影響學習成效之實證研究，臺南科大學報（人文管理），(29)，191-211。  
Chen, Y. T. (2010). An empirical study on the impact of teaching strategies on learning effectiveness. Journal of Tainan University of Technology (Humanities and Management), (29), 191-211.
11. 陳東園(2016)，新媒體環境下教育 4.0 經營策略的研究，空大人文學報，(25)，1-36。  
Chen, D. Y. (2016). A study on the educational 4.0 management strategy in the new media environment. National Open University Journal of Humanities, (25), 1-36.
12. 陳新豐(2007)，台灣學位電腦化測驗研究的回顧與展望，教育研究與發展期刊，3(4)，217-248。  
Chen, S. F. (2007). A review and outlook of research on computerized testing of degrees in Taiwan. Journal of Educational Research and Development, 3(4), 217-248.
13. 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，Retrieved January 14, 2021，取自：<https://www.watchinese.com/article/2019/24661>。  
Zeng, Y. Y. (2019). Conducting conversations with warmth: Creating effective interactions with chatbots. Watch Magazine. Retrieved January 14, 2021, from: <https://www.watchinese.com/article/2019/24661>.

14. 賀鑫(2020)，卡內基梅隆大學的大規模開源計畫－對其領導者的採訪，騰訊雲，Retrieved January 21, 2021，取自：<https://cloud.tencent.com/developer/article/1683379>。  
He, X. (2020). Carnegie Mellon University's large-scale open source project - An interview with its leaders. Tencent Cloud. Retrieved January 21, 2021, from: <https://cloud.tencent.com/developer/article/1683379>.
15. 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。  
Huang, J. J., & Chang, C. Y. (2010). Make learning more successful: Ideas and strategies for adaptive curriculum and instruction. Curriculum & Instruction Quarterly, 13(3), 1-22.
16. 楊肅健、郭伯臣、林秋斌(2021)，知識結構的電腦化適性診斷測驗數位平臺應用於國小數學補救教學成效之研究，數位學習科技期刊，13(1)，23-48。  
Yang, S. J., Kuo, B. C., & Lin, C. P. (2021). A study of knowledge structure-based computerized adaptive test system for elementary school students on the effectiveness of remedial math. International Journal on Digital Learning Technology, 13(1), 23-48.

## 二、英文部分

1. 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.
2. 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.
3. Clarizia, F., Colace, F., Lombardi, M., Pascale, F., & Santaniello, D. (2018). Chatbot: An Education Support System for Student. In 2018 international symposium on cyberspace safety and security, Amalfi.
4. Cronbach, L. J., & Snow, R. E. (1969). Individual Differences in Learning Ability as A Function of Instructional Variables. CA: Stanford University Press.
5. Essa, A. (2016). A possible future for next generation adaptive learning systems. Smart Learning Environments, 3(1), 1-24.

6. 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), Xinxiang.
7. Huebner, A. (2010). An overview of recent developments in cognitive diagnostic computer adaptive assessments. Practical Assessment, Research, and Evaluation, 15(3), 1-7.
8. Hussin, A. A. (2018). Education 4.0 made simple: Ideas for teaching. International Journal of Education and Literacy Studies, 6(3), 92-98.
9. Lovett, M., Meyer, O., & Thille, C. (2008). The open learning initiative: Measuring the effectiveness of the OLI statistics course in accelerating student learning. Journal of Interactive Media in Education, 2008(1), 1-16.
10. Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). Intelligence Unleashed: An argument for AI in Education. London: Pearson.
11. Nguyen, H. V., & Bai, L. (2010). Cosine Similarity Metric Learning for Face Verification. In Asian conference on computer vision, Queenstown.
12. 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 multiculturalism - TEEM '16, Salamanca.
13. Rovai, A., Ponton, M., Wighting, M., & Baker, J. (2007). A comparative analysis of student motivation in traditional classroom and e-learning courses. International Journal on E-Learning, 6(3), 413-432.
14. Ruan, S., Jiang, L., Xu, J., Tham, B. J. K., Qiu, Z., Zhu, Y., ... & Landay, J. A. (2019). QuizBot: A Dialogue-Based Adaptive Learning System for Factual Knowledge. In proceedings of the 2019 CHI conference on human factors in computing systems, New York.
15. 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, Shanghai.

16. Suum, L. (2014). Moving from education 1.0 through education 2.0 towards education 3.0. ACEDEMIA. Retrieved January 1, 2021, from [https://www.academia.edu/40183063/Moving\\_from\\_Education\\_1\\_0\\_Through\\_Education\\_2\\_0\\_Towards\\_Education\\_3\\_0](https://www.academia.edu/40183063/Moving_from_Education_1_0_Through_Education_2_0_Towards_Education_3_0).

111 年 10 月 03 日收稿

111 年 11 月 23 日初審

112 年 01 月 18 日複審

112 年 02 月 02 日接受

## 作者介紹

### Author's Introduction

姓名 吳肇銘  
Name Chao-Ming Wu  
服務單位 中原大學資訊管理學系教授  
Department Professor, Department of Information Management, Chung Yuan Christian University  
聯絡地址 桃園市中壢區中北路 200 號  
Address No.200, Chung Pei Road, Chung Li District, Taoyuan City, R.O.C.  
E-mail mislighter@gmail.com  
專長 網路行銷、數位學習、縮減數位落差、電子化政府、智慧城市  
Speciality Internet Marketing, e-Learning, Bridge the Digital Divide, e-Government, Smart Cities

姓名 王宇廷  
Name Yu-Ting Wang  
服務單位 中原大學資訊管理學系碩士生  
Department Master, Department of Information Management, Chung Yuan Christian University  
聯絡地址 桃園市中壢區中北路 200 號  
Address No.200, Chung Pei Road, Chung Li District, Taoyuan City, R.O.C.  
E-mail yulin00124@gmail.com  
專長 網路行銷、數位學習  
Speciality Internet Marketing, e-Learning