

**【附件三】教育部教學實踐研究計畫成果報告格式(系統端上傳 PDF 檔)**

**教育部教學實踐研究計畫成果報告(封面)**

Project Report for MOE Teaching Practice Research Program (Cover Page)

計畫編號/Project Number：PEE1080210

學門專案分類/Division：工程學門

執行期間/Funding Period：**108/8/1~109/7/31**

**利用鷹架理論改善演算法教學與提升學習成效**

計畫主持人(Principal Investigator)：鄭淑真

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：

南臺科技大學資訊工程學系

成果報告公開日期：

立即公開 延後公開(統一於 2022 年 9 月 30 日公開)

繳交報告日期(Report Submission Date)：109/09/20

## 計畫名稱：利用鷹架理論改善演算法教學與提升學習成效

### 一. 報告內文(Content)(至少 3 頁)

#### 1. 研究動機與目的(Research Motive and Purpose)

由於現在老師礙於課堂內的時間有限，很難讓學生能充分的了解所有公式背後所代表的意義及推導，加上填鴨式教學為過去到現在國內教育較常見的授課方式，導致為了面對眾多課業、考試的學生只能硬背所有公式，雖然透過這樣的方式勉強還能應付國內大大小小的考試，但是當要實際應用或遇到有變化的題目時，學生往往會因為不知道該如何處理，反而造成學生的學習意願下降。

演算法是將數學公式或者邏輯步驟拆解成許多簡短的運算式，並把整個完整架構轉換成電腦程式語言的過程；所以在教學上無法只是讓學生死記硬背就能掌握課程全部，除了需要先針對數學公式中各部分的計算有完整的了解，還需要讓學生可以完全理解每個步驟，才能讓學生擁有獨自架構演算法的能力，因此授課者最重要的課題就會是如何在有限時間內，將必要的知識完整的教授給學生，為了解決上述的問題，以及提升學生學習效率，設計了鷹架式教學。

#### 2. 文獻探討(Literature Review)

##### (1) 雙層次測驗

在過去傳統測驗，由於受限於學生對於試題涵蓋範圍太廣和不易得知學習者是出於理解或是猜測的狀態下作答，導致不易找出學習者的問題；雖然可以透過一對一對談的方式解決學生遇到的問題，但需耗費大量時間同時也沒辦法給予所有學習者回饋(Maier, Wolf,& Randler, 2016)，尤其當學生遇到難以理解的概念時，往往他們在相關科目中也會比較容易產生錯誤的觀念(Bayrak, 2013)，為了改善上述的缺點相較於其他方法(概念圖、評估測試...等)，「雙層次測驗」是較容易實現的方法(Siswaningsih, Firman, & Khoirunnisa, 2017)，而雙層次測驗係由 Haslam 與 Treagust (1987)所提出，其題目必須包含說明與知識的部分。通常第一層會以選擇題的方式，釐清學生的基礎觀念，第二層測驗採用開放式問題或訪談，描述之前選擇前一個測驗答案的理由或是想法，以探究學生的學習狀況，能分析出學生的觀念及問題點並

加以改正，因此，有效的教學策略，是有助於提升學生的學習成效(Chu, Hwang & Tsai, 2010)。現今許多教學較重視課程的安排與教學的內容，但卻忽略了每一位學生的先備知識是否足夠，因此，若能以系統的方式進行分析，都有助於學生後續的學習或是教師的教學(Adodo, 2013)。

將雙層次測驗導入於線上測驗系統或行動學習結合，因為大多數學生不喜歡基於測試的學習策略所以要特別注意是否影響學生學習動機與興趣(Chu & Chang, S. C. 2014)，，才能有效提高正確的編程解決問題能力與更深一層的邏輯思考，此外也可以鼓勵學生在學習過程中學習和接受挑戰 (Chang, Hsu, Kuo & Jong, 2020)，另外，若系統能提供即時評分和統計與分析，則能將學生的學習情況回饋於教師(Tsai & Chou, 2002; Chu et al., 2010)。將此教學方式結合電腦程式設計的課程中，除了能提高編寫程式與除錯的能力，更能改變學生的學習與提高自信心，並學習如何自我診斷及改進錯誤的部分(Yang, Hwang, Yang & Hwang, 2015)。一般的試卷中，所包含的範圍太大，老師只能了解到學生對於各項主題的表面理解程度，但無法實際的發現學生對於各項主題是否有不明白或是錯誤的部分；而結合了雙層次測驗，除了能避免上述問題，更可以看出學生是否只是背誦或是猜對答案，從而提高老師的指導與授課成效(楊子奇, 2014)。雙層次測驗還可以統計與分析大多數學生容易產生誤解的觀念及課程，降低學生出現學習障礙的發生(Lin, 2016)，同時反覆驗證學生的觀念，找出錯誤的部分，提供有效的指正(Kanli, 2015; Eryilmaz, 2010)，另外，交叉比對測驗的分析結果，也能夠從中找出學習的問題(Bayrak, 2013)。

## **(2) 基於問題學習 (PBL)**

基於問題學習(PBL)有助於程式語言的學習，由於PBL係透過問題或情境的方式，以誘發學生進行思考與建立學習目標，學生能透過自我導向式的研讀獲取知識，讓學生有更高的學習意願(Kordaki, 2010)。然而，教師除了需要進行專業的訓練之外，也需要有完備的診斷系統，以診斷學生的學習情況，有效的判斷出學習問題，並給予提示或指導，使學生的學習成效能進一步獲得提升(Hwang, Panjaburee, Triampo & Shih, 2013)。近年來，PBL的教學模式與應用方法也越來越多，但依舊要對教師做這方面的專業訓練(Oliveira, dos Santos & Garcia, 2013)。Hassan et al. (2014)的研究中，學生的各項數值都有顯著的提升，如：學習成效、學習意願與平均水平，此外還強化了學生的創造力與解決問題能力，而且學生對於此學習法的回饋上也令人滿意。

### (3) 鷹架建構式數學

每位學生的程度都不一樣，導致同樣的課程結束後，會出現兩極化的結果，鷹架式教學是老師與學生之間的交互作用(Salem, 2017)，它可以提供學習者思考、感覺並在體驗中建立觀念(Wu & Looi, 2012)，藉由老師或同伴有系統地指導他們或給出關鍵指導，能讓學生更容易超越原始的認知水平(Chang, Wang & Chao, 2009)，而老師也必須能從測驗中得知學生現有的能力(Malik, 2012)；由 Wood、Bruner 與 Ross (1976) 提出鷹架理論，現今被廣泛的應用在各個領域。鷹架式理論也被研發出許多的架構方式，而每一種鷹架也適用於不同的方向，並不是一成不變的，鷹架式理論，至今被學者歸類為三類(Tabak, 2005)，分散性鷹架模式、重複鷹架模式與協同的鷹架模式。

#### (3.1) 分散性鷹架

分散性鷹架如圖 1 所示，針對每一個目的，對應一個鷹架，班級是複雜的情境，從多方管道提供鷹架對學生會是較好的模式，也就是分佈式鷹架在此應為最好發揮之處。在 Sandoval (2003) 的論文中以物競天擇、優勝淘汰…等達爾文進化論為舉例，讓學生探討遇上何種外在因素，將會產生何種改變，將它一一列舉出來，最後產生結果，在建構這個鷹架的過程中學習，鍛鍊學生的思考與邏輯。在這樣的建構過程中，鷹架只會產生一種答案。在研究的結論中提到，教導學生對於事物的發生原因與結果進行探究的過程中，培養學生探究事物的本質，把數據視為解釋並推演出答案，不僅培養學生對現有觀念的理解，還可以由最基礎的知識理論去架構出來，達到對這個知識完整的理解。

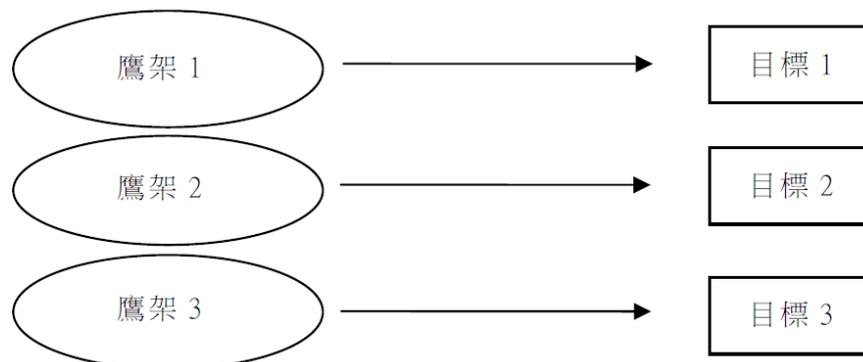


圖 1：分散性鷹架模式(謝州恩，2013)

#### (3.2) 重複鷹架模式

重複鷹架是指針對一個目的，設計多個鷹架來學習以達到目的(如圖 2 所示)。Puntambekar 與 Kolodner (2005) 的論文強調了學生之間的討論，以及老師能適時的給予學生解釋，並糾正學生的錯誤、觀察學生學習時的問題點、和對問題進行研究與探討。雖然每位學生皆是從基礎開始進行架構，但每位學生能架構出的鷹架皆有所不同，可以透過討論互補不足，在最後的研究結果中，透過該模式學習的學生，其

研究的問題有更深入的認識、學生與老師的對談與提問中有更多的科學根據，對教師而言，也有了幫助學生釐清問題的機會。

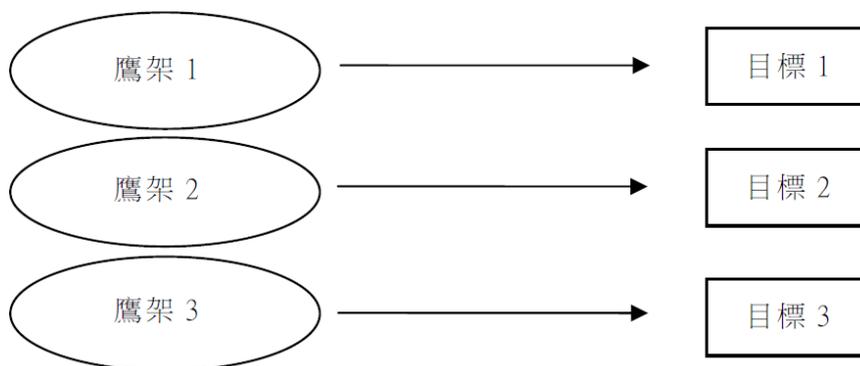


圖 2：重複性鷹架模式(謝州恩，2013)

### (3.3) 協同鷹架模式

協同鷹架是再加入一個或多個輔助式鷹架，進而協助學生達成目的(如下圖 3 所示)。Tabak & Reiser (1997)提出，事先在電腦設計教學模型，輔佐教師以鷹架式的教學引導學生，課程中加入了電腦的查詢，使學生不只是被動接受資訊外，透過學生自己手動操作電腦，查詢相關的資料，以了解所學的知識，透過這樣的教學過程，學生能夠自主性的獲得資源，並提問與反思老師的授課內容，最後推導出結果。

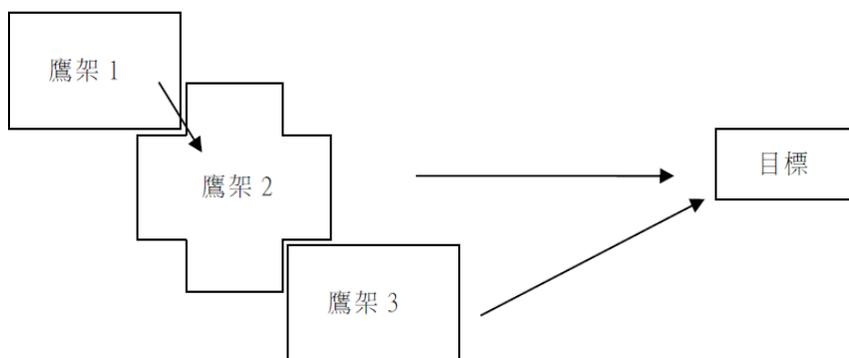


圖 3：協同鷹架模式(謝州恩，2013)

## 3. 研究問題(Research Question)

演算法課程有多項主題，例如：佛洛伊德最短路徑演算法、銷售員旅行問題、動態規劃演算法…等，從每個演算法的學習過程中可以了解到，電腦運算的邏輯與規則，而鷹架式教學的主要目的為，引導學生在回答問題時，能夠瞭解自身是如何去思考問題，同時授課老師也可以快速了解學生在哪個步驟的邏輯觀念產生疑惑，進而個別指導，並在期中、期末考前就能掌握學生目前的狀況，儘早針對落後學生給予補救教學。研究目的如

下：

- 一、 了解學生對各個課程主題之各個步驟的理解程度。
- 二、 進行第一次鷹架架構式之題目測驗，以此了解學生的問題所在與邏輯性。
- 三、 採用雙層次教學，進行第二次測驗，以驗收其學習成效。
- 四、 探討採用傳統授課與本研究之授課學生在學習成效上的差異。

#### 4. 研究設計與方法(Research Methodology)

課堂授課方式採講解教科書內容，隔週課堂上會快速複習前一週所講解的內容，並且於每個單元結束都會進行小考並預留時間給予學生進行討論，而在「演算法」課程的教材準備上，除了挑選與本校學生程度相符的教科書外，為了使學生更快地了解所教之內容，本計畫主持人自行研發設計了演算法的學習平台，此平台特色在於以 Flash 製作之視覺化動態教材，讓程式碼與課本上的例題能以較活潑、生動的方式呈現，提高學生的學習意願。資訊檢索平台則是利用人工智慧進行文件分類技術，其功能是將網路上的文章蒐集進資料庫，並自動篩選與資訊課程相關之領域的精華文章，讓學生可以在課餘的時間利用平台進行額外的查詢與學習。

另外，學生們的程度隨著課程會有不一樣的成長，加上學生數量又多的情況下，使得授課老師難以掌握每位學生並針對個別的程度與學習狀況，給予每個人相應的教材和輔導，無法使指導成效最大化。由於歷年的演算法課程中，佛洛伊德最短路徑、銷售員旅行計算上也較為複雜，步驟也較為繁雜，是學生最有問題的兩道題目，因此，本研究針對上述兩種演算法採用雙層次鷹架測驗，以了解學生目前的學習情況，其餘演算法課程皆用授課加上基於問題學習評估。在題目設計上，結合了雙層次測驗與鷹架式教學的特性，將演算法的計算過程拆成數個部分，讓學習者可以按部就班的學習；在第一階段測驗時，學生須了解題目要求，並按步驟計算出題目的答案，完成第一階段的檢視後，授課老師可以通過測驗結果，掌握學生們的學習狀況，之後利用課堂上的時間讓師生進行討論幫助落後同學，接著再進行第二階段測驗，第二階段則是按照傳統的小考形式，把鷹架抽離，要求同學自行將計算過程按照步驟寫下來。這樣的雙層次測驗流程能夠確保學生對演算法的細節都有所了解，也能快速且清楚的發現學生對於演算法的哪部分有錯誤的認知，並立即解答學生學習上的疑問。

## 5. 教學暨研究成果(Teaching and Research Outcomes)

### (1) 教學過程與成果

本研究發現雙層次鷹架式測驗搭配基於問題學習評估，透過第一階段鷹架式測驗循序漸進的引導，學生可以建立更明確的演算法流程，當第一階段鷹架式測試完成後滿分的同學可以去協助同儕，在這同儕間互相討論的過程中可能會產生新的觀看問題角度，進而發現新的問題，同時也能讓高分的同學可以藉這機會複習、整合目前所學，因此對於有問題的學生來說，相較於傳統上老師統一講解，藉由同儕一對一的指導是更有效率的方法，對往後的複習也更加容易，加上基於問題學習評估可以讓老師快速精準的掌握學生目前的學習狀況，在統整測驗結果後老師也可以針對大部分學生比較有問題的題目再多做講解。在這樣的學習方式下，有助於學生思考，以加深印象，對實務上的運用會有更好的表現，能提供更好成長與複習的空間。

### (2) 教師教學反思

在此次實驗中，有些學生因為請假的關係，沒有參與雙層次測驗的課程，對於這點未來勢必需要增添線上測驗或是補考機制，同時透過這次鷹架式教學，發現對於教材適度的做簡化，不僅不會讓學生成績下滑，反而讓他們能更輕鬆、專心的學習，但是對於較簡單的課程是否還需要雙層次測驗，則有待商討。

### (3) 學生學習回饋

本次實驗將實驗對象分為實驗組與對照組，實驗組選擇佛洛伊德、銷售員旅行這兩問題使用雙層次鷹架式測驗方式，其餘平時考皆為單純教學加上基於問題學習評估；而對照組則完全採用傳統的教學模式。為了進行二組之間的分析比較，未完整參加 Floyd、TSP 測驗的學生則不納入分析，人數總數分別為實驗組 132 人和對照組 99 人。

結果顯示前測可以看出兩組的程度是相當的，而實驗組在期中期末的進步幅度中較優於對照組，但由於實驗組學生在考期中前才開始接觸第一次雙層次鷹架式學習，所以效果並沒有那麼快顯現導致期中考兩組並未有明顯

差異。本次實驗僅透過施行兩次雙層次鷹架式教學，就使得實驗組的進步較對照組來得顯著，同時也發現相較於使用傳統教學的對照組，以雙層次鷹架式學習的實驗組，對於演算法學習上更能提升學生的思維能力、學習效率與成效，同時由於鷹架式學習簡化了一些步驟來輔助學生，因此能讓學生更輕鬆且有系統地學習。

## 6. 建議與省思(Recommendations and Reflections)

若未來要進行相關研究的時候，希望可以再多提供幾項額外的資源以利於提升學生的學習效率、意願。第一個是互動式線上複習、測驗系統，透過網路平台的方便、易用的特性，可以讓學生在任何課餘時間去進行複習，而多媒體的教材相較於一般的紙本教材也更容易讓學生更專心、投入在演算法的學習上。第二個是可以搭配實作，除了課堂上的紙本測驗外，也可以讓學生可以去思考，課堂上學習到的演算法可以應用在現實生活中的哪部分，並把自身的想法轉化成程式碼；或是設計相關的題目讓學生可以練習，例如：請學生將需要排序的資料用各種排序演算法去實作，並比較每種方法的所耗的時間，去探討每種演算法適用的情況。透過上述的兩種方法都可以讓學生在進行測驗、複習、編寫程式碼中加深對演算法與計算邏輯的印象，會對於學生在沒有鷹架輔助後，可以進行更深一層的應用思考、擴展思路，使學生可以對演算法有更靈活的應用。

## 二. 參考文獻(References)

- Adodo, S. O. (2013). Effects of two-tier multiple choice diagnostic assessment items on students' learning outcome in basic science technology (BST). *Academic Journal of Interdisciplinary Studies*, 2(2), 201.
- Bayrak, B. K. (2013). Using Two-Tier Test to Identify Primary Students' Conceptual Understanding and Alternative Conceptions in Acid Base. *Online Submission*, 3(2), 19-26.
- Chu, H. C., & Chang, S. C. (2014). Developing an educational computer game for migratory bird identification based on a two-tier test approach, *Educational Technology Research and Development*, 62(2), 147-161.
- Chang, J., Wang, E. & Chao, R. (2009). Using constructivism and scaffolding theories to explore learning style and effect in blog system environment. *MIS Review*, 15(1), 29-61.
- Chu, H. C., Hwang, G. J., & Tsai, C. C. (2010). A knowledge engineering approach to developing mindtools for context-aware ubiquitous learning. *Computers & Education*, 54(1), 289-297.
- Chang, S. C., Hsu, T. C., Kuo, W. C., & Jong, M. S. Y. (2020). Effects of applying a VR-based two-tier test strategy to promote elementary students' learning performance in a Geology class. *British Journal of Educational Technology*, 51(1), 148-165.
- Eryılmaz, A. (2010). Development and Application of Three-Tier Heat and Temperature Test: Sample of Bachelor and Graduate Students. *Eurasian Journal of Educational Research (EJER)*, (40).

- Haslam, F., & Treagust, D. F. (1987). Diagnosing secondary students' misconceptions of photosynthesis and respiration in plants using a two-tier multiple choice instrument. *Journal of biological education*, 21(3), 203-211.
- Hassan, H., Domínguez, C., Martínez, J. M., Perles, A., Capella, J. V., & Albaladejo, J. (2015). A multidisciplinary PBL robot control project in automation and electronic engineering. *IEEE Transactions on Education*, 58(3), 167-172.
- Hwang, G. J., Panjaburee, P., Triampo, W., & Shih, B. Y. (2013). A group decision approach to developing concept-effect models for diagnosing student learning problems in mathematics. *British Journal of Educational Technology*, 44(3), 453-468.
- Kanli, U. (2015). Using a two-tier test to analyse students' and teachers' alternative concepts in astronomy. *Science Education International*, 26(2), 148-165.
- Kordaki, M. (2010). A drawing and multi-representational computer environment for beginners' learning of programming using C: Design and pilot formative evaluation. *Computers & Education*, 54(1), 69-87.
- Lin, Y. C. (2016). Diagnosing Students' Misconceptions in Number Sense via a Web-Based Two-Tier Test. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 12(1).
- Oliveira, A. M. C. A., dos Santos, S. C., & Garcia, V. C. (2013, October). PBL in teaching computing: An overview of the last 15 years. In *Frontiers in Education Conference, 2013 IEEE* (pp. 267-272). IEEE.
- Malik, S. A. (2017). Revisiting and Re-Representing Scaffolding: The Two Gradient Model. *Cogent Education*, 4(1), 1331533.
- Maier, U., Wolf, N., & Randler, C. (2016). Effects of a computer-assisted formative assessment intervention based on multiple-tier diagnostic items and different feedback types. *Computers & Education*, 95, 85-98.
- Puntambekar, S., & Kolodner, J. L. (2005). Toward implementing distributed scaffolding: Helping students learn science from design. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 42(2), 185-217.
- Sandoval, W. A. (2003). Conceptual and epistemic aspects of students' scientific explanations. *The journal of the learning sciences*, 12(1), 5-51.
- Simonova, I., (2012), Two-tier test: Means of fair and reliable evaluation, *Proceedings of the ICL/IGIP Conference*.
- Siswaningsih, W., Firman, H., Zackiyah & Khoirunnis, A., (2017), Development of Two-Tier Diagnostic Test Pictorial-Based for Identifying High School Students Misconceptions on the Mole Concept, *Journal of Physics Conference Series*, 812(1)
- Tabak, I. (2004). Synergy: A complement to emerging patterns of distributed scaffolding. *The journal of the Learning Sciences*, 13(3), 305-335.
- Tabak, I., & Reiser, B. J. (1997, December). Complementary roles of software-based scaffolding and teacher-student interactions in inquiry learning. In *Proceedings of the 2nd international conference on Computer support for collaborative learning* (pp. 292-301). International Society of the Learning Sciences.
- Tsai, C. C., & Chou, C. (2002). Diagnosing students' alternative conceptions in science. *Journal of computer assisted learning*, 18(2), 157-165.
- Wu, L., & Looi, C. K. (2012). Agent prompts: Scaffolding for productive reflection in an intelligent learning environment. *Journal of Educational Technology & Society*, 15(1), 339-353.
- Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of child psychology and psychiatry*, 17(2), 89-100.
- Yang, T. C. (2014). 基於雙層式測驗之網路學習環境開發與效益分析. 中央大學資訊工程學系學位論文, 1-91.
- Yang, T. C., Hwang, G. J., Yang, S. J., & Hwang, G. H. (2015). A two-tier test-based approach to improving students' computer-programming skills in a web-based learning environment. *Journal of Educational Technology & Society*, 18(1), 198.

### 三. 附件(Appendix)

與本研究計畫相關之研究成果資料, 可補充於附件, 如學生評量工具、訪談問題等等。

#### (1) 鷹架式測驗卷範例：

班級	學號				姓名
	V1	V2	V3	V4	
V1	0	6	∞	3	
V2	5	0	1	∞	
V3	3	∞	0	2	
V4	8	2	∞	0	

$D_0$ 計算當 V2、V3、V4 透過 V1 進行第一次疊代

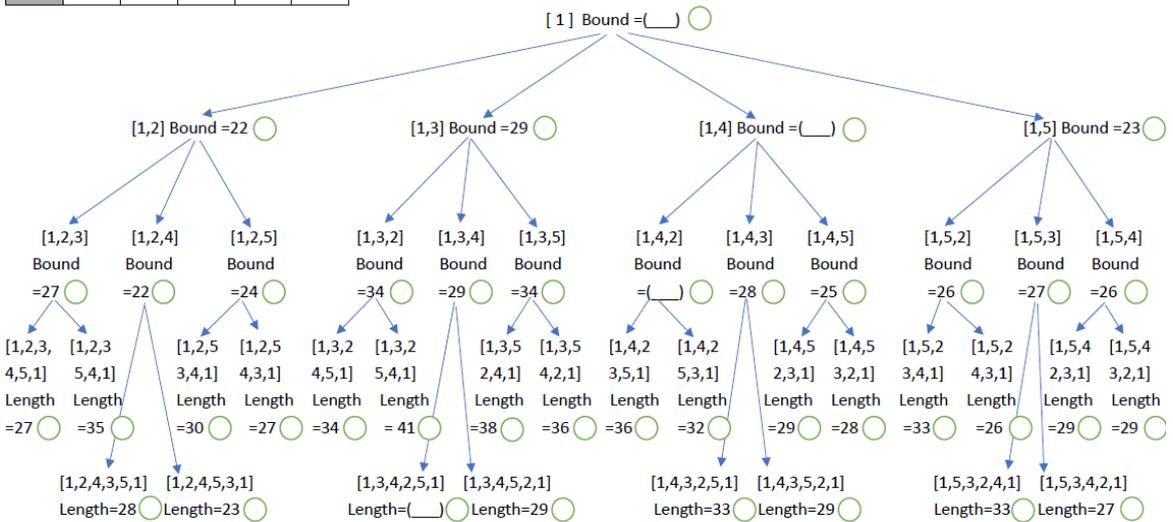
	V1	V2	V3	V4
V1	0			
V2		0		
V3			0	
V4				0

$$D^{(1)}[2][4]=\text{minimum}(D^{(0)}[ ][ ], D^{(0)}[ ][ ]+D^{(0)}[ ][ ])$$

$$D^{(1)}[3][2]=\text{minimum}(D^{(0)}[ ][ ], D^{(0)}[ ][ ]+D^{(0)}[ ][ ])$$

班級	學號					姓名
	1	2	3	4	5	
1	0	3	9	7	6	
2	3	0	6	5	7	
3	5	8	0	6	9	
4	9	7	4	0	5	
5	7	6	5	8	0	

[1]Bound v1 min[ ]=____ v2 min[ ]=____ v3 min[ ]=____ v4 min[ ]=____ v5 min[ ]=____	[1,4]Bound v1 :____ v2 min[ ]=____ v3 min[ ]=____ v4 min[ ]=____ v5 min[ ]=____	[1,4,2]Bound v1 :____ v2 min[ ]=____ v3 min[ ]=____ v4 :____ v5 min[ ]=____
--	--	--



$$[1,3,4,2,5,1] \text{ Length}=( )+( )+( )+( )+( )=____$$

(2) 傳統測驗方式：

$$\begin{aligned}D^{(0)}[4][1] &= 2 \\D^{(1)}[4][2] &= \min(D^{(0)}[4][1], D^{(0)}[4][0] + D^{(0)}[1][2]) = \min(2, 8+6) = 2 \\D^{(2)}[4][3] &= \min(D^{(1)}[4][2], D^{(1)}[4][1] + D^{(1)}[2][3]) = \min(2, 2+0) = 2 \\D^{(3)}[4][4] &= \min(D^{(2)}[4][3], D^{(2)}[4][2] + D^{(2)}[3][4]) = \min(2, 3+9) = 2 \\D^{(4)}[4][5] &= \min(D^{(3)}[4][4], D^{(3)}[4][3] + D^{(3)}[4][5]) = \min(2, 0+2) = 2 \\ \\D^{(0)}[2][2] &= \min(D^{(0)}[2][1], D^{(0)}[2][0] + D^{(0)}[1][2]) = \min(0, 5+6) = 0 \\D^{(1)}[4][3] &= \min(D^{(0)}[4][3], D^{(0)}[4][2] + D^{(0)}[2][5]) = \min(\infty, 2+1) = 3 \\D^{(1)}[4][3] &= \min(D^{(0)}[4][3], D^{(0)}[4][1] + D^{(0)}[1][3]) = \min(\infty, 8+\infty) = \infty \\D^{(0)}[2][3] &= \min(D^{(0)}[2][2], D^{(0)}[2][1] + D^{(0)}[1][3]) = \min(1, 5+\infty) = 1 \\D^{(1)}[3][2] &= \min(D^{(0)}[3][2], D^{(0)}[3][1] + D^{(0)}[2][2]) = \min(9, 9+0) = 9 \\D^{(0)}[3][2] &= \min(D^{(0)}[3][2], D^{(0)}[3][0] + D^{(0)}[1][2]) = \min(\infty, 3+6) = 9\end{aligned}$$