

國立臺灣師範大學教育學院資訊教育研究所

碩士論文

Graduate Institute of Information and Computer Education

College of Education

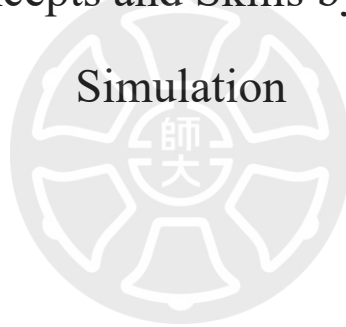
National Taiwan Normal University

Master's Thesis

視覺化模擬輔助物聯網教學之研究

Learning IoT Concepts and Skills by Using Visualized

Simulation



顧清文

Ku, Ching-Wen

指導教授：林育慈 博士

Advisor: Lin, Yu-Tzu, Ph.D.

中華民國 113 年 1 月

January 2024

# 視覺化模擬輔助物聯網教學之研究

顧清文

## 摘要

隨著網際網路日漸普及，物聯網於生活中的應用日益增多，物聯網的教育也成為全球資訊教育所關注的重要議題，然而過往的物聯網課程仍有待改進：使用開放硬體進行物聯網教學除了設備費用昂貴以外，也時常因為過程繁瑣、實驗過程難以觀察等因素而影響學習效果；在物聯網中所涉及的許多概念如「資料表示、處理與分析」、「網路協定」等，大多有著複雜的架構、繁複的處理流程，學生往往無法完整理解其架構與運作方法；此外在物聯網主題中也包含「演算法」等較為抽象的學習內容，然而傳統講授式教學較無法引導學生主動思考，導致學生無法掌握抽象的演算流程。以上的種種皆導致物聯網的教學在中、小學教育體系中不容易被落實。

為了將抽象且複雜的概念視覺化、具體化，以幫助學生理解，以及解決使用開放硬體進行教學所面臨的種種限制，本研究發展視覺化模擬輔助物聯網教學之教學策略，針對「硬體操作模擬」、「架構流程模擬」、「抽象概念模擬」三種模擬形式開發視覺化模擬輔助學習平台，並探討視覺化模擬輔助教學對物聯網學習成就、學習態度之影響。此外，為探究抽象推理能力對於學習物聯網此等抽象複雜的內容是否會造成影響，以及不同的教學策略是否對不同抽象推理能力的學生造成不同的影響，研究亦將抽象推理能力納入討論。經由教學實驗結果發現：

一、本研究發展之視覺化模擬輔助學習平台上，「硬體操作模擬」能幫助學生記憶模組的功能與應用，對於感知層的意義有較完整的理解，並且融入了模擬情境的設計，幫助學生將感知層相關概念與具體情境連結，因而能將課堂所學的概念類推應用至其他生活情境；「架構流程模擬」能幫助學生逐步觀察架構與流程的運作方式並與之互動，藉以掌握複雜的物聯網架構與運作流程；「抽象概念模擬」能透過設定參數與觀察演算法動態的模擬結果，幫助學生以視覺化的形式將抽象概念進行表徵，以更清楚理解演算法的邏輯、執行順序以及變項之間的關聯性，進而能描述較完整的演算法細節，因而，視覺化模擬輔助教學能提升學生物聯網的學習成就。

二、視覺化模擬輔助教學相較於傳統講述式教學，學生能以自己的步調進行學習，並藉由與平台的互動過程學習物聯網概念，且給予學生即時的回饋，使學生能隨時根據

回饋修正思考，因此更能掌握自身理解概念的歷程，進一步擁有較高的自我效能。另一方面，使用視覺化模擬輔助教學，能幫助學生以視覺化的形式將抽象概念進行表徵，並使學生透過逐步觀察架構與流程的運作方式並與之互動，藉以掌握複雜的物聯網架構與運作流程，能降低學生的學習負擔，因而對於抽象主題的學習感受較為正向，且感受到的課程難度較低。此外，視覺化模擬輔助教學能提供更加系統化地統整物聯網的知識架構，學生可以按照物聯網的架構逐漸學習相關的物聯網概念，可以更有效的理解物聯網的完整架構，因此對自身在物聯網主題的理解程度有較正向的感受。在電腦科學學習興趣方面，因實驗組與控制組在課程中皆涵蓋許多生活中的物聯網案例，且有較多學習內容是與學生自身生活有連結，故兩組皆顯著提升電腦科學學習興趣。此外，從性別的因素來看，男生較認同視覺化模擬輔助教學之有效性，而此教學方式較能降低女生對於抽象學習主題的負面感受。

三、無論是在傳統講述式教學抑或是視覺化模擬輔助教學，可能由於本研究之物聯網課程內容超越抽象推理能力的範疇，所涉及的問題更為複雜，因此抽象推理能力未顯著影響物聯網學習成就。在學習態度方面，若施以傳統講述式教學，低抽象推理能力的學生所感受到的物聯網課程難度較高抽象推理能力的學生難，但透過視覺化模擬輔助教學，此差距將被拉近，表示其能有效地減少學生在學習複雜且抽象主題的學習困難，使得低抽象推理能力的學生對課程難度的感受與高抽象推理能力的學生無顯著差異；而在學習態度「電腦科學自我效能」、「電腦科學學習興趣」、「抽象主題學習感受」、「物聯網理解概況」、「視覺化模擬輔助之有效性」等面向，不論是施以傳統教學或視覺化模擬輔助教學，高、低抽象推理能力的學生之態度無顯著差異，可能由於本研究之物聯網課程內容複雜，所需之能力較為多元，並無法單就抽象推理能力探究其影響，在教學策略與抽象推理能力之間也無交互作用。然而，實驗結果發現視覺化模擬輔助教學能提升低抽象推理能力的學生對於電腦科學的學習興趣、自我效能，降低其對於物聯網課程的難度感受，並且在學習抽象主題(如演算法等)學習時擁有較正向的學習感受。

**【關鍵字】** 物聯網、視覺化模擬輔助教學、抽象推理能力

# Learning IoT Concepts and Skills by Using Visualized Simulation

Ching-Wen Ku

## Abstract

As the Internet becomes increasingly ubiquitous, the application of the Internet of Things (IoT) in daily life is on the rise. IoT education has also emerged as a significant concern in global information education. However, there are several issues in IOT education that need to be addressed: teaching IoT with open hardware not only involves high costs for instruments but is also often hindered by intricate processes of assembling the components, affecting learning outcomes. The IoT topic include various types of concepts and skills, such as IoT data representation, processing, and analysis, the relevant algorithms, network architecture and protocols, are often complex and abstract. Students frequently struggle to fully comprehend their architectures and operational methods. All these challenges make it difficult to effectively implement IoT education in primary and secondary education systems.

To visualize and concretize the abstract and complex concepts involved in the IOT topic, as well as to address various limitations encountered in teaching with open hardware, this study developed simulation-based instruction for the IoT. The research focused on three types of simulation: "Hardware Operation Simulation," "Architecture and Process Simulation," and "Abstract Concept Simulation." The experiment results revealed that:

1. The "hardware operation simulation" aids students in establishing connections between concepts related to the perceptual layer of the IoT and its applications. Consequently, students can extrapolate and apply the learned concepts to various real-life scenarios. The "architecture and process simulation" assists students in observing and interacting with the architecture and the dynamic process of the IoT. The "abstract concept simulation" clarifies students' concepts and help them understand the algorithm through setting and modifying the parameters and observing the changes. Consequently, the proposed simulation-based instruction Hence, the incorporation of visual simulation in teaching enhances students' learning achievements in the realm of the Internet of Things.

2. Compared to traditional instruction, simulation-based instruction allows students to proceed at their own pace and learn Internet of Things concepts through interaction with the concepts and processes. Providing immediate feedback enables students to refine their concepts in real-time, enhancing their ability to grasp the concepts and fostering higher self-efficacy. Additionally, the use of visualized simulation helps represent abstract concepts in a visual and

concrete form. Through step-by-step observation of the operation and interaction with the architecture and processes, students can comprehend the complexities of Internet of Things architectures and operational processes. This approach reduces the learning burden and promotes a more positive perception of learning abstract concepts. Regarding gender differences, males tend to acknowledge the effectiveness of simulation-based instruction more. This instructional method reduces females' negative perceptions toward learning abstract concepts.

3. The abstract reasoning ability of students does not have a significant influence on their learning achievements in the IoT. This might be because IoT concepts involve more than abstract reasoning, dealing with more complex cognition. In terms of learning attitudes, when traditional instruction is employed, students with lower abstract reasoning abilities perceive higher difficulty in the IoT course compared to students with higher abstract reasoning abilities. However, this disparity is lessened with the adoption of simulation-based instruction, indicating its effective reduction of learning difficulties for students tackling complex and abstract topics. Thus, students with lower abstract reasoning abilities perceive no significant difference in course difficulty compared to those with higher abstract reasoning abilities. Concerning learning attitudes in aspects such as "computer science self-efficacy," "interest in computer science learning," "perception of learning abstract topics," "understanding of IoT concepts," and "effectiveness of simulation tools," there is no significant difference in attitudes between students with high and low abstract reasoning abilities, whether through traditional or simulation-based instruction. This may be attributed to the complexity of the IoT concepts in this study, requiring diverse abilities, and abstract reasoning ability alone may not sufficiently explore its impact. There is also no interaction between instructional strategies and abstract reasoning ability. However, the experimental results reveal that simulation-based instruction enhances the interest and self-efficacy of students with lower abstract reasoning abilities in learning computer science. It reduces their perceived difficulty in the IoT course and fosters a more positive learning experience when dealing with abstract topics such as algorithms.

Keywords: The Internet of Things, Simulation-based learning, Visualization, Abstract reasoning

## 誌謝

感謝上帝，祢用很特別的方式帶我走上這條我從未想過的道路，如今的我已順利完成了這本論文，經過兩年的磨練，我的深度與廣度也都有別於以往的成長了，謝謝祢帶領我走過這段美好的旅程，也謝謝祢成為了我的牧者總是為我預備最好的，在此向祢獻上感恩。

在研究所的兩年間，最要感謝的就是我的指導老師—林育慈老師，感謝老師兩年來對我的悉心指導，無論是在學術上的指點或是生活上的規勸，老師總是用一顆溫柔、包容的心在引導我們成長，在研究實驗的過程中，即便是在半夜老師也總能在第一時間回覆我們，給予我們最大的幫助與支持，看見老師真的是用自己的生命，來教導我們成為一個有品德、有專業的學術研究者，也成為我人生中一個很重要的榜樣，在此向恩師致上最誠摯的感激。

此外，本論文得以順利完成，歸功於太多人的協助，感謝口試委員正己老師、凌倩老師在口試期間的細心指正，對於論文內容給予我諸多寶貴的意見，使論文更加完備；感謝聖哲學長和李佩柔小姐幫忙建置實驗使用的學習平台，使實驗過程得以順利進行；感謝凌倩老師和玗貞老師給予我實驗的機會，也很樂意給予我在教學實驗上實質的建議與協助，在此致上深深的謝意。

另外，也要感謝 TELiC 的所有夥伴們，很開心能夠成為這裡的一份子，感謝政宏學長、思妤在口試前陪我一起度過與論文奮鬥的過程，多虧有你們的陪伴與建議，才能在順利地完成論文，也感謝乃文學姐、王聿學姊、敏瑄學姊、廖容學姊、芳雨學姊、宥睿、柏淵、正洋、達森、子懿、清彰，在研究上跟行政事務上都給予我許多協助。也特別感謝資教所的嘉玲姊、魏先生、珮淇姊、志洪老師、秋帆學姊、雅惠學姊、琪芳學姊、游昕學姊、佳欣、昀辰、閔琳、邵嫻、語嫣、睿昕、卉穎、嘉琳、婕云，大家都非常地照顧我，陪伴我度過了一段美好的碩士時光。

更是感謝我的家人們，阿嬤、爸爸、媽媽、姊姊，你們總是願意支持我、鼓勵我，讓我無後顧之憂，能順利完成研究所的學業，我愛你們。

顧清文 謹誌  
中華民國一一三年一月

# 目錄

摘要 .....	I
Abstract .....	III
誌謝 .....	V
表目錄 .....	VIII
圖目錄 .....	X
<b>第一章 緒論 .....</b>	<b>1</b>
第一節 研究背景.....	1
第二節 研究目的與待答問題.....	3
第三節 名詞釋義.....	4
<b>第二章 文獻探討 .....</b>	<b>6</b>
第一節 物聯網學習.....	6
第二節 視覺化模擬與物聯網教學.....	10
第三節 抽象推理能力.....	12
<b>第三章 研究方法 .....</b>	<b>14</b>
第一節 變項與研究架構.....	14
第二節 研究對象.....	15
第三節 研究流程規劃.....	16
第四節 研究工具.....	18
第五節 資料蒐集與分析.....	43
<b>第四章 分析結果與討論 .....</b>	<b>45</b>
第一節 實驗結果分析.....	45
第二節 討論.....	74
<b>第五章 結論與建議 .....</b>	<b>86</b>
第一節 結論.....	86
第二節 建議.....	89

參考文獻 .....	91
附錄一 課堂學習單-實驗組 .....	95
附錄二 課堂學習單-控制組 .....	98
附錄三 物聯網成就測驗前測 .....	101
附錄四 物聯網成就測驗後測 .....	103



## 表目錄

表 3-1 研究參與者人數.....	15
表 3-2 實驗組與控制組之研究程序.....	16
表 3-3 教學實驗課程安排.....	17
表 3-4 物聯網成就測驗前測之評分標準.....	29
表 3-5 物聯網成就測驗後測之評分標準.....	29
表 3-6 態度問卷前測題目(斜體字為反向題).....	31
表 3-7 態度問卷後測題目(斜體字為反向題).....	31
表 3-8 學習態度六個面向之信度分析.....	35
表 3-9 半結構式訪談題目.....	36
表 4-1 實驗組、控制組物聯網成就前測與後測成績之描述性統計.....	46
表 4-2 實驗組、控制組物聯網成就組內迴歸係數同質性考驗摘要表.....	46
表 4-3 實驗組、控制組物聯網成就後測單因子共變數分析.....	46
表 4-4 高、低抽象推理能力組物聯網成就前測與後測成績之描述性統計.....	48
表 4-5 控制組高、低抽象推理能力組物聯網成就組內迴歸係數同質性考驗摘要表 .....	48
表 4-6 實驗組高、低抽象推理能力組物聯網成就組內迴歸係數同質性考驗摘要表 .....	49
表 4-7 高、低抽象推理能力物聯網成就後測單因子共變數分析.....	49
表 4-8 實驗組與控制組物聯網成就後測分數成對比較.....	50
表 4-9 高抽象推理能力組與低抽象推理能力組物聯網成就後測分數成對比較.....	51
表 4-10 控制組與實驗組在學習態度後測描述性統計資料與單因子共變數分析....	52
表 4-11 控制組與實驗組在學習態度之電腦科學學習態度面向成對樣本 T 檢定分析 .....	52
表 4-12 控制組與實驗組在學習態度之物聯網理解概況、課程難度感受面向的描述 性統計與獨立樣本 T 檢定分析.....	53
表 4-13 實驗組學習態度之視覺化模擬輔助物聯網教學的有效性面向的描述性統計 .....	53
表 4-14 視覺化模擬輔助學習平台各模擬功能有效性描述性統計.....	54

表 4-15 高、低抽象推理能力組在學習態度後測描述性統計資料與單因子共變數分析結果.....	56
表 4-16 高、低抽象推理能力學習態度之物聯網理解概況、課程難度感受面向的描述性統計與獨立樣本 T 檢定分析 .....	58
表 4-17 高、低抽象推理能力學習態度之視覺化模擬輔助物聯網教學的有效性面向的描述性統計與獨立樣本 T 檢定分析結果 .....	59
表 4-18 學習態度之「電腦科學自我效能」面向雙因子共變數分析結果 .....	60
表 4-19 學習態度之「電腦科學學習興趣」面向雙因子共變數分析結果 .....	61
表 4-20 學習態度之「抽象主題學習感受」面向雙因子共變數分析結果 .....	62
表 4-21 學習態度之「整體學習態度」面向雙因子共變數分析結果 .....	63
表 4-22 學習態度之「物聯網理解概況」面向雙因子變異數分析結果 .....	64
表 4-23 學習態度之「課程難度感受」面向雙因子變異數分析結果 .....	66
表 4-24 不同性別物聯網學習成就前測與後測成績之描述性統計 .....	68
表 4-25 控制組不同性別物聯網學習成就組內迴歸係數同質性考驗摘要表 .....	68
表 4-26 實驗組不同性別物聯網學習成就組內迴歸係數同質性考驗摘要表 .....	69
表 4-27 不同性別物聯網學習成就後測單因子共變數分析 .....	69
表 4-28 不同性別在學習態度後測描述性統計資料與單因子共變數分析 .....	71
表 4-29 不同性別學習態度之物聯網理解概況、課程難度感受面向的描述性統計與獨立樣本 T 檢定分析.....	73
表 4-30 不同性別學習態度之視覺化模擬輔助物聯網教學的有效性面向的描述性統計與獨立樣本 T 檢定分析.....	73
表 4-31 控制組認為課程中最大的困難之訪談內容 .....	80
表 4-32 實驗組認為視覺化模擬輔助學習平台可以幫助學習之訪談內容 .....	82

## 圖目錄

圖 1-1 視覺化模擬輔助學習平台.....	4
圖 3-1 研究架構.....	14
圖 3-2 視覺化模擬輔助學習平台-視覺化呈現示例一 .....	18
圖 3-3 視覺化模擬輔助學習平台-視覺化呈現示例二 .....	19
圖 3-4 視覺化模擬輔助學習平台-視覺化呈現示例三 .....	19
圖 3-5 視覺化模擬輔助學習平台-模組模擬示例 .....	20
圖 3-6 視覺化模擬輔助學習平台-組裝模擬示例 .....	21
圖 3-7 視覺化模擬輔助學習平台-電路模擬示例 .....	21
圖 3-8 視覺化模擬輔助學習平台-MQTT 模擬示例.....	22
圖 3-9 視覺化模擬輔助學習平台-THINGSPEAK 架構模擬示例 .....	23
圖 3-10 視覺化模擬輔助學習平台-資料清理模擬示例 .....	24
圖 3-11 視覺化模擬輔助學習平台-K-MEANS 演算法模擬示例 .....	25
圖 3-12 視覺化模擬輔助學習平台-APRIORI 演算法模擬示例 .....	26
圖 3-13 視覺化模擬輔助學習平台隨堂測驗圖示 .....	27
圖 3-14 智慧環保範例資料集 .....	37
圖 3-15 智慧交通範例資料集 .....	38
圖 3-16 智慧醫療範例資料集 .....	38
圖 3-17 專題報告範例 .....	39
圖 3-18 實驗組與控制組教學投影片圖示 .....	40
圖 3-19 THINGSPEAK 系統架構圖 .....	41
圖 3-20 補充影片圖示與連結 .....	42
圖 4-1 物聯網學習成效之教學策略與抽象推理能力交互作用圖 .....	50
圖 4-2 學習態度「電腦科學自我效能」之教學策略與抽象推理能力交互作用圖 ...	60
圖 4-3 學習態度「電腦科學學習興趣」之教學策略與抽象推理能力交互作用圖 ...	61
圖 4-4 學習態度「抽象主題學習感受」之教學策略與抽象推理能力交互作用圖 ...	62
圖 4-5 學習態度「整體學習態度」之教學策略與抽象推理能力交互作用圖 .....	63
圖 4-6 學習態度「物聯網理解概況」之教學策略與抽象推理能力交互作用圖 .....	65

圖 4-7 學習態度「課程難度感受」之教學策略與抽象推理能力交互作用圖 .....	66
圖 4-8 物聯網架構概念的作答示例 .....	75
圖 4-9 MQTT 架構流程的作答示例 .....	76
圖 4-10 資料前處理與資料表示的作答示例 .....	76
圖 4-11 K-MEANS 演算法概念的作答示例.....	77
圖 4-12 APRIORI 演算法概念的作答示例 .....	78



# 第一章 緒論

本章共分為三節，第一節說明本研究之背景；第二節提出研究目的及要探討的研究內容；第三節對研究中所提及的重要名詞作簡要釋義。

## 第一節 研究背景

隨著網際網路日漸普及、新興科技快速發展，像是大數據、物聯網(Internet of Things)、人工智慧等，與我們的生活越來越貼近，能夠友善使用科技資源，是現代公民應該具備的素養(教育部, 2018)。在各國最新制定的資訊科技課綱中，如美國 CSTA K-12 Computer Science Standards 的「Computing Systems」、「Networks & the Internet」、「Data & Analysis」，以及英國 Computer Science: A curriculum for schools 的「Data and representation」、「Communication and coordination」等重要概念中也包含大量的物聯網內容，而我國教育部 108 課綱的「系統平台」中也納入「物聯網系統概念與應用實例」，均顯示物聯網是現今資訊教育中相當重要的一環。

物聯網在跨領域的應用上可說是相當廣泛，其中包括資訊、物理、生物、醫療、地理等領域，都可以看到物聯網的身影，然而在文獻發表數上卻較少有將「物聯網」融入資訊課程的相關期刊、研究等，因此如何在資訊科技課程中有效的融入「物聯網」概念，是現今資訊教育中的重要課題。

在教育現場中，物聯網的課程也充斥著許多的困難，在過去物聯網的教學課程中大多使用 Arduino、Micro:bit 等來進行教學，在設備上往往有一定的要求，老師需要提供相關的物聯網教材，才有辦法進行教學。同時在教學中也存在著一些限制，例如：學生無法獨自解決的硬體問題常導致老師的課程無法順利進行，造成物聯網在教學過程中容易中斷不流暢，這些問題造成了物聯網在現今的教育體系中不容易被落實，在物聯網主題中，不僅需要操作硬體設備、連接實體電路，亦涵蓋許多複雜的網路架構與運作流程(例如：網路協定 MQTT、Thingspeak 系統架構等)，這些概念對於學生在理解上往往過於抽象，在傳統的網路教學課程中，學生無法只透過書本上的概念理解完整的網路架構(簡慈君, 2009)。

此外物聯網的應用也需透過許多資料探勘、機器學習演算法等來進行資料分析，此等演算法運作步驟對學生來說十分抽象、不易理解，學生常無法實際“看到”或“想像到”老師在課堂上用口頭所教授的演算法、資料結構，而感到複雜且困難(許清楓, 2002)。

因此，本研究為幫助學生學習物聯網的概念，設計與發展視覺化模擬輔助教學平台與教學策略，透過電腦模擬硬體操作，可以讓學生不需要實體的硬體設備，就能觀看模組的外觀、設備資訊、常見的應用，以及透過操作模組元件、撰寫程式碼來進行電路實驗，以了解模組的功能以及基本電路知識，並且能向每位學生提供相同的教材以及明確的教育目標，解決設備購置的問題，同時模擬平台能針對學生不正確的內容給予及時的回饋，不再需要透過老師才能處理，也能讓學生輕易地回覆上一個操作，不會因錯誤的操作而造成硬體設備毀損；此外，將物聯網架構中較為抽象，且牽扯到較大規模的硬體與網路架構亦透過視覺化模擬呈現出來，讓學生觀察內部運作的情形，並透過點擊按鈕、輸入文字等操作模擬去進行互動，來強化學生的理解與記憶，讓學生逐步地去觀察資料是如何傳遞、網路架構是如何運作的；針對物聯網應用所需的資料分析演算法，提供學生依照演算法步驟調整特定參數的機會，以及逐步進行的演算法動畫，幫助學生觀察數值的變化，以理解演算法背後的意義與運作的步驟，來解決物聯網在教育上所面臨的限制。

抽象推理是一種資料分析的能力，能進行辨識樣式及找出數學對象之間的關係，並且是一種在處理複雜層次中問題解決的技能，抽象推理能力能幫助學生更好的解決科學、數學問題(Datta & Roy, 2015; Syawaludin et al., 2019; Yilmaz & Argun, 2018)。也有研究指出抽象推理能力需要概念知識和空間可視化的能力，空間可視化是指能視覺化複雜空間中關於特定對象的組成關係，以及對其進行操作以預測可能結果的能力(Datta & Roy, 2015)。因此，本研究除了探討視覺化模擬輔助教學，對物聯網概念的學習成就之影響，也將探討不同抽象推理能力的學生在透過視覺化模擬輔助教學學習時是否得到不同的效益。

## 第二節 研究目的與待答問題

本研究使用模擬教學平台作為視覺化輔助教材，並評估其成效。以物聯網為例，探討視覺化模擬輔助物聯網教學對於學生學習物聯網概念之影響，並研究不同抽象推理能力的學生在學習上的差異。本研究的待答問題如下：

(一) 視覺化模擬輔助教學對物聯網概念的學習成就之影響為何？

1. 視覺化模擬輔助教學與傳統教學相較，對物聯網概念學習成就的影響為何？
2. 抽象推理能力對物聯網概念學習成就的影響為何？
3. 視覺化模擬輔助教學與抽象推理能力對於物聯網概念學習成就的影響，是否存在交互作用？

(二) 視覺化模擬輔助教學對物聯網概念的學習態度之影響為何？

1. 視覺化模擬輔助教學與傳統教學相較，對物聯網概念學習態度的影響為何？
2. 抽象推理能力對物聯網概念學習態度的影響為何？
3. 視覺化模擬輔助教學與抽象推理能力對於物聯網概念學習態度的影響，是否存在交互作用？



### 第三節 名詞釋義

本節將針對本研究中所提及的視覺化模擬輔助物聯網教學、抽象推理能力、物聯網學習態度加以定義說明，以便後續討論。

#### 一、 視覺化模擬輔助物聯網教學

本研究之視覺化模擬輔助物聯網教學，使用視覺化模擬輔助學習平台為主，搭配投影片講解、撰寫課後學習單、程式實作、專題實作進行教學。研究中所使用的視覺化模擬輔助學習平台為自行開發之學習平台(如圖 1-1)，學生將透過與視覺化模擬輔助學習平台的互動操作，模擬物聯網概念與相關演算法的運作流程來進行學習，詳細之視覺化模擬輔助物聯網教學請見第三章第四節。



圖 1-1 視覺化模擬輔助學習平台

#### 二、 抽象推理能力

本研究所要探討的抽象推理能力是一種資料分析的能力，能進行辨識樣式及找出數學對象之間的關係，並且是一種在處理複雜層次中問題解決的技能，能幫助學生更好的解決科學、數學問題(Datta & Roy, 2015)，本研究測量抽象推理能力的工具為中國行為科學社所出版的多因素性向測驗中的一個分測驗，透過抽象推理能力瞭解學生對非文字圖形、組型及物體、形狀、圖表或圖案等之間關係的理解能力，使用非文字的測驗較不易受社會文化背景等因素影響，更多關於抽象推理能力詳細內容請見第二章第三節。

### 三、 學習態度

本研究之學習態度為評估學生對於電腦科學態度、物聯網課程態度，以及視覺化模擬輔助物聯網教學的有效性，評估方式包含態度問卷以及半結構式訪談。學習態度問卷在課程前、後分別實施一次；半結構式訪談則在課程結束後實施。態度問卷包含了「電腦科學自我效能」、「電腦科學學習興趣」、「抽象主題學習感受」等三個面向，後測則額外新增了「物聯網理解概況」、「課程難度感受」兩個面向，實驗組更新增了「視覺化模擬輔助物聯網教學之有效性」，了解學生對於物聯網課程的態度，題型採用李克特氏五點量表以及部分問答題，態度問卷詳細內容請見第三章第四節之表 3-6、3-7，半結構式訪談題目請見第三章第四節之表 3-9。



## 第二章 文獻探討

本章將針對研究主題之名詞定義、相關概念、研究理論基礎等進行文獻探討，共分為三節，第一節為物聯網學習，將從物聯網的定義出發，了解物聯網發展的歷程脈絡，並參照「十二年國民基本教育課程綱要國民中學暨普通型高級中等學校—科技領域」，探討發展高中生物聯網課程具體核心內容為何，針對本研究之物聯網教學所需學習的範圍來設計課程，進而說明現今授課老師在物聯網教學中的實際情形與困難之處；第二節為視覺化模擬與物聯網教學，將說明視覺化模擬在教學上與各學科間是如何應用的，並進一步理解如何將視覺化模擬應用在物聯網概念的教學上；第三節為抽象推理能力，從抽象能力的定義出發，對抽象能力的概念與重要性有較完整的認識，並進一步深入探討抽象能力與抽象推理能力在實務上對電腦科學學習的影響。

### 第一節 物聯網學習

#### 一、物聯網的定義

物聯網的概念首次出現在 1995 年，微軟創辦人比爾蓋茲在《擁抱未來》一書中提及物聯網的概念，而「物聯網」(Internet of Things) 這個名詞首次出現則是在 1999 年，由麻省理工學院自動識別中心的 Kevin Ashton 提出，他用這個概念來描述，當物品連接上網路會怎麼樣改變我們的生活，2005 年國際電信聯盟(ITU)發布《ITU 互聯網報告 2005：物聯網》，正式提出物聯網概念。

透過資訊連結實體物件與虛擬數據，促成了各式產業的結合，在網際網路的基礎上利用各式感測設備，將任何物品與網路連接進行訊息的交換，構造出覆蓋萬物的 IOT，使人類達到智慧生活的狀態。

歐洲電信標準協會 (European Telecommunications Standards Institute, ETSI) 將物聯網劃分為三個階層，由底層至上層依序為感知層、網路層、應用層，感知層是透過對應的感測器來收集生活周遭的各類數據包含紅外線、溫度、濕度、光度、三軸加速度等等，此外也能透過辨識技術來獲得相對應的資訊例如 RFID、條碼辨識、影像辨識、文字辨識等。網路層是把分散在各地的感測數據透過網路收集起來，並送到雲端或是資料庫，為了達到此目的，通常會將無線通訊的能力嵌入在這些感測器中，使其具有聯網的能力，常見的無線通訊技術包括紅外線、藍芽、Wi-fi、Zigbee 等，使人們可以隨時掌握這些感

測器是否正常運作，也能進一步的處理這些資訊。應用層則是將所蒐集到的資訊應用至各個領域，如家庭、學校、辦公室、工廠、醫院等，透過上述的「感知」與「網路」的技術，可使人們在任意時間地點，對任何周遭感興趣的物件，透過任何一種網路存取的形式，來獲取該物件的資訊或對其進行遠端操控，提供實體世界更便捷的智慧服務。

## 二、 物聯網教學

隨著物聯網時代的來臨，物聯網教學已成為國際趨勢，各國最新的課綱中皆包含大量的物聯網內容，如美國 CSTA K-12 Computer Science Standards 中的「電腦系統」、「網路與網際網路」、「資料分析」，以及英國 Computer Science: A curriculum for schools 中的「資料表示」、「通訊與協調」，在通訊與協調中也提到了「網路」、「網路協定」等概念。

在台灣 2018 年公告的「十二年國民基本教育課程綱要國民中學暨普通型高級中等學校—科技領域」中得知，高級中等學校教育階段則更重視整合運用，藉由資訊科學的初步探索，讓學生進一步理解運算思維之相關原理，以培養整合資訊科技與運算思維以有效解決問題之能力。因此，資訊科技的學習內容包含六個主題：「演算法」、「程式設計」、「系統平台」、「資料表示、處理及分析」、「資訊科技應用」以及「資訊科技與人類社會」，如下：(教育部，2018)

- 演算法：包含演算法的概念、原理、表示方法、設計應用及效能分析。
- 程式設計：包含程式設計的概念、實作及應用。可採用視覺化程式設計工具，並搭配演算法進行教學。
- 系統平台：包含各式資訊系統平台（例如：個人電腦、行動裝置、網際網路、雲端運算平台）之使用方法、基本架構、工作原理及未來發展。
- 資料表示、處理及分析：包含數位資料的屬性、表示、轉換、分析及應用。
- 資訊科技應用：包含各式常見資訊科技應用軟體與網路服務的使用方式。
- 資訊科技與人類社會：包含資訊科技合理使用原則，以及資訊倫理、法律及社會相關議題。

普通型高級中等學校科技領域規劃加深加廣選修課程，資訊科技規劃「進階程式設計」(2 學分)；生活科技規劃「工程設計專題」(2 學分)；領域課程規劃「機器人專題」(2 學分)、「科技應用專題」(2 學分)。

「科技應用專題」課程的學習內容強調運算思維與設計思考之科技統合能力，可整合利用巨量資料分析、資料探勘、影像處理與辨識、圖學、人工智慧、網路、工程設計原理、機電原理及科技產品設計等進行專題製作，讓學生主動學習與應用主題相關的資訊科技應用原理與實作，透過進階工程設計與實作已完成專題成品。

現今物聯網教學大多以 Arduino、Micro-bit、樹梅派等製作專題為教學主軸，在目前的升學制度下，越來越多的大專院校開始重視「專題製作」，在高中職階段指導學生進行專題製作已是勢不可擋的趨勢了(曾葉強, 2014)，因此物聯網課程大多以「科技應用專題」的課程形式來教授，讓學生主動學習與應用主題相關的資訊科技應用原理，並培養軟硬體整合等能力。

綜上所述，本研究將依據台灣 108 課綱內容並與科內資深教師及學者專家討論，整合「程式設計」、「演算法」、「資料表示處理與分析」、「網路」、「系統架構」等多項物聯網的核心知識，訂定合適的高級中等學校教育階段之物聯網學習內容，並以此評估學生的物聯網學習成就。

### 三、 物聯網教學的問題

在現今在物聯網課程中使用 Arduino 等開放硬體已相當普遍，雖然動手實做的確能激發學生的學習動機，但在程式設計的編寫及控制上仍具有相當難度，在連線上也時常無法保持線路連接狀態，導致無法呈現結果，造成教學或學習上的困擾(王勝雄,2019)。許多學生在物聯網課程中會因為害怕弄壞而不敢連接組件，同時老師也需要花費大量時間去預備讓學生操作的組件，雖然學生在過程中獲得了一些知識，但這些知識卻常常不是課程的目標(Perenc,Jaworski & Duch, 2019)。而大多的開放硬體教材屬於靜態文檔或是影片，這些教材可能因缺乏互動與模擬而無法有效指導或是輔助學生學習，導致學生必須多次使用 trial-and-error 來直接控制硬體設備，可能導致學生感到沮喪或是降低學習動機，然而對於老師而言，要自己建立一個互動式的模擬學習教材是非常費時且費力的(Su & Lin, 2018)。沒有模擬的教育軟體，學生將很難做出較為複雜的實驗計畫，雖然學生可利用麵包版連接電路，然而各種過程極為繁瑣、浪費時間，稍有不慎即可能接線錯誤，學生必須花費更多的時間檢查電路，如果修改原來的電路設計，學生浪費在電路接線的時間相當可觀，使用電腦模擬軟體學生在每一單元的學習時間將縮短、提高學習效率，且可減少人為之錯誤(王年亮,2006)。在過去的教學課程中，學生雖可透過麵包板來連接

電路，但實際接線過程常因設備費用昂貴、電子材料取得不易、所花費時間較長、實驗過程難以觀察等因素，影響學生整體的學習效果(趙錦煌, 2001)。

另一方面，物聯網的教學內容十分瑣碎且複雜，在 IoT 線上課程中常缺乏系統化的組織、課程的安排缺少良好的設計，學生不易整合這些知識，同時也缺乏足夠的問答互動以及理論與實踐的結合，以至於當學生出現任何無法解決的問題時，可能打擊學生的信心以至於減少他們的學習興趣(Zhiguo Shi ,Jiming Chen & Shibo He ,2020)。在傳統的網路教學課程中，學生無法只透過書本上的概念理解完整的網路架構，而使用電腦輔助網路模擬軟體來進行網路教學，可以將抽象的概念實體化，培養學生主動學習、研究的能力，並提升學習興趣(簡慈君, 2009)。

在電腦科學教育中，資料結構與演算法一直是學生感到複雜且困難的主題，其最主要的因素在於學生無法實際看到或想像到老師在課堂上用口頭所教授的演算法，而必須透過腦海中執行「靜態」的程式碼來瞭解資料結構的「動態」變化(Colaso et al., 2002)，也有學者表示雖然老師有時也會使用黑板及投影片，透過圖解或舉例的方式來幫助學生，但在問題或觀念越複雜時，便越難以圖解或舉例說明(許清楓, 2002)，學者認為資料結構中鏈結串列的操作、儲存方式等可能過於抽象(Hanciles, Shankararman & Munon, 1997)、以及演算法缺乏生活經驗中可供類比的例子(Pirolli & Anderson, 1985)，是學生在學習這些抽象主題時所面臨的困境。

而學者也進一步使用圖形方式描繪資料結構步驟的視覺動畫，是經常被開發來使用的教學媒體，然而這樣的教學卻與傳統式教學無明顯差異(Colaso, V., Kamal, A., Saraiya, P., North, C., McCrickard, S., & Shaffer, C, 2002)，有學者表示這些演算法的視覺化系統，經常缺乏鼓勵學生學習的功能，學生與平台較少有頻繁的互動，因此，本研究將進一步提高學生與平台的互動，引發學生反思，透過視覺化模擬來改善學生對這些抽象概念所面臨到的困難。

## 第二節 視覺化模擬與物聯網教學

### 一、 視覺化模擬在教學上的應用

許多需要圖像和多媒體互動的學生會對於文字式程式設計感到枯燥，而透過 3D 互動動畫能有效減少學生在學習程式時的困難，研究結果也顯示用 3D 動畫視覺化程式概念不但能鼓勵學生學習，而且能豐富學生的學習經驗(Ussiph & Seidu, 2018)，而人類處理視覺化的資料更快，這些視覺化的工具例如表示圖、因果鏈、策略地圖等，可以呈現更深層的內在關係，在經過老師的提點之後，能強化學生學習目標與結構構件的連結(Semenikhina et al., 2020)。

### 二、 視覺化模擬在各學科間的應用

在過去的研究，視覺化模擬也被應用在許多科學的教學課程中，發現視覺化教學輔助能在數學教學中幫助學生學習，是一種說明資料概念的有效工具，透過圖像化的方式來表達資料，可以幫助人們理解抽象資料以及發展抽象概念(Yilmaz & Argun, 2018)。在物理教學上也有許多研究藉由模擬與建模作為一種工具來模擬所學的理论，將抽象的概念以及互動視覺化，讓學生透過觀察與操作模型了解物理過程，有助於幫助學生釐清物理的抽象概念，並瞭解真實世界的物理現象(Greca & Moreira, 2002; Chang et al., 2008)。許多研究開發出適合物理學習的模擬工具，學生能在軟體中輸入數值、改變數值、觀察現象與進行比較，模擬系統能有效的幫助學生將難以用肉眼觀察到的現象視覺化，建立抽象的物理概念，透過使用模擬，學生也能測試比較大的數值或極端值，在問題獲得解決之前，學生也能反覆模擬進行測試，是一種有效學習理論的方法，除了能讓學生學習物理理論外，模擬還可以讓學生融會貫通所學的知識(Bowen & Deluca, 2015)。透過系統或是模型模擬科學現象並與虛擬實驗做互動，可以使學生參與更多假設的探究，透過模擬快速得到實驗結果，幫助學生探索現實中不易觀察到的現象(Hennessy et al., 2007)。

在電腦科學教育中，資料結構與演算法一直是學生感到複雜和困難的主題(Colaso et al., 2002)，因此以視覺化呈現資料結構處理步驟的教學媒體已經非常普遍，許多研究評估了這些視覺化輔助學習的有效性(Hundhausen, 2002)，然而這樣的教學方式因學生沒有被引導去操作部分功能，而與傳統教學並沒有顯著的差異。有學者認為將視覺化結合文字能更好地刺激學生的學習，文字能確保學生對於概念的了解，而視覺化能將概念轉化為長期記憶，並提升學生的學習效率(Colaso et al., 2002)。視覺化軟體利用圖示或其他

方式來展示演算法所執行的過程，可以幫助學生更容易且更深入地瞭解演算法(Rosling & Nap, 2002)

可以發現在面對許多科學課程的抽象概念時，視覺化能有效的幫助學生理解抽象資料以及之間的互動關係，對於學生學習抽象概念有很大的幫助，更能將概念轉化為長期記憶，在物理學科中更是進一步開發了許多模擬工具，讓學生能在模擬中進行實驗，幫助學生整合這些複雜的理論知識，更透過反覆模擬來融會貫通所學的知識，而在電腦科學的物聯網中包括「程式設計」、「演算法」、「資料表示處理與分析」、「網路」、「系統架構」等，這些知識對於學生而言，不但十分抽象且更難以用肉眼觀察其內部運作的方式，因此，本研究透過視覺化模擬來輔助學生學習物聯網概念。



### 第三節 抽象推理能力

#### 一、 抽象能力的定義

教育界普遍認為抽象能力在電腦科學中扮有重要的角色，在 ACM Digital Library 搜尋「抽象化」有 63% 的文章都可以找到，抽象化在電腦科學領域上非常普遍，但也使得抽象化的定義難以概括描述(Miroló, C., Izu, C., Lonati, V., & Scapin, E., 2021)。

關於抽象的基本定義從 Abstraction 的字首字根來看就有分離或是拉的意思，學者們認為抽象是具有認出相似處、忽略不同處(White & Mitchelmore, 1999)，抽象是對無關事物的消除，對本質的放大(Martin, 2003)，抽象的過程決定哪些細節被強調，忽略那些細節(Wing, 2008)，抽象是簡化、隱藏細節以獲取本質的過程(Curzon et al., 2019)，而 Shute 等人(2017)整理出 CT 的特徵，分別是 decomposition、abstraction、algorithm design、debugging、iteration、generalization 等六個面向，特別將抽象化定義為從複雜系統中找出本質，並列出三個子類別，分別是從多個來源中蒐集最重要資料的「資料收集與分析」，和辨識資料背後規則的「樣式辨識」，以及建構模型或是模擬來表徵系統如何運作的「建模」，以下將進一步探討抽象能力對電腦科學學習的影響。

#### 二、 抽象能力對電腦科學學習的影響

文獻上提到許多學者聲稱在運算思維中最重要且最高級的能力便是「抽象化」，因為它賦予了我們衡量與解決複雜的能力(Miroló, C., Izu, C., Lonati, V., & Scapin, E., 2021)，抽象思維程度與學生的學業成績密切相關，學生如何理解和學習取決於認知處理能力和抽象思維的程度(Darwish, 2014)。目前已有許多研究證實，抽象思維的程度可以預測學生在數學和科學以及其他科學領域的學業成就(Gilead et al., 2014; Lerner et al., 2016)。

在教學上學者們為了在電腦科學教學中觸發學生的抽象化，使用了樣式導向的教學方式(Pattern-oriented instruction)，透過給予學生適當的樣式知識庫，並提供逐漸增加難度的問題，鼓勵學生參與討論和比較不同的解決方案以此來進行學習，實驗結果發現程式新手接觸這種方法可以提高解決問題的能力(Muller and Haberman, 2008)。

#### 三、 抽象推理能力的定義

推理是一種從經驗的觀察中，思考過程後所產生的概念與理解 (Markovits, Thompson, & Brisson, 2015)。

推理是抽象推理過程的一部份，抽象推理是一種資料分析的能力，能進行辨識樣式及找出數學對象之間的關係，並且是一種在處理複雜層次中問題解決的技能，抽象推理能力能幫助學生更好的解決科學、數學問題 (Datta & Roy, 2015; Syawaludin et al., 2019; Yilmaz & Argun, 2018)。也有研究指出抽象推理能力需要概念知識和空間可視化的能力，空間可視化是指能視覺化複雜空間中關於特定對象的組成關係，以及對其進行操作以預測可能結果的能力(Datta & Roy, 2015)。

本研究所要探討的抽象推理能力，是使用中國行為科學社所出版的多因素性向測驗中的一個分測驗，瞭解學生對非文字圖形、組型及物體、形狀、圖表或圖案等之間關係的理解能力，關於詳細的測驗內容請見第三章第四節，本研究認為該測驗所測得的抽象推理能力，屬於 Shute 等人(2017)對抽象化定義三個子類別中的「樣式辨識」，以下將進一步探討抽象推理能力對電腦科學學習的影響。

#### 四、 抽象推理能力對電腦科學學習的影響

有研究指出抽象推理能力與國中程式語言筆試成績存在中度相關，以及抽象推理能力與國中程式語言實作成績存在中度相關(曾靖芬、陳登吉, 2005)，而在過去研究中，也有學者探討抽象推理能力在電腦模擬教學對中學生學習成就的影響，提及具中高推理能力者會較低推理能力者有較好的學習成就(Shaw & Okey, 1985)，後續研究又將推理能力細分為語文、數學、抽象推理能力，而抽象推理能力與多媒體教學方法在二因子變異數分析中交互效果達到顯著，並且高抽象推理能力者的學生都有較佳的學習成效(曾靖芬、陳登吉, 2005)。

高抽象推理能力的學生能從模擬輔助教學中有更多收穫，可能由於使用保真度較低的簡化圖形物件，而對於抽象推理能力較低的學習者來說，使用這種簡化圖形可能過於抽象而無法理解其含義，從而導致他們的學習表現較低。(Chang, K. E., Chen, Y. L., Lin, H. Y., & Sung, Y. T., 2008)。因此，本研究除了探討視覺化模擬輔助教學，對物聯網概念的學習成就之影響，也將探討不同抽象推理能力的學生在透過視覺化模擬輔助教學學習時是否得到不同的效益。

### 第三章 研究方法

本章節共分為五節，第一節說明本研究之變項與研究架構；第二節說明研究對象的背景及能力；第三節說明本研究之實驗流程與規劃；第四節說明本研究使用之工具包含視覺化模擬輔助學習平台、課後學習單、成就測驗、態度問卷、半結構式訪談等；第五節則為資料蒐集與分析。

#### 第一節 變項與研究架構

本實驗採準實驗研究法，為了探討視覺化模擬輔助教學對於高中生物聯網學習成就與學習態度的影響，以及不同抽象推理能力對此的影響，將教學策略設為自變項，抽象推理能力設為調節變項，教學策略分別使用視覺化模擬輔助教學與傳統講述式教學，其中使用視覺化模擬輔助教學之班級為實驗組，使用傳統講述式教學之班級為控制組，抽象推理能力則依照學生在前測所測得之抽象推理成績分為高抽象推理能力與低抽象推理能力，分數位於 5-9 分者為高抽象推理能力組，分數位於 1-4 分者為低抽象推理能力組；依變項則為物聯網概念的學習成就與學習態度，為避免因不同教材內容造成實驗誤差，實驗組與控制組的上課內容、課程時間、學習目標、程式作業、專題製作均相同。研究架構如圖 3-1 所示。

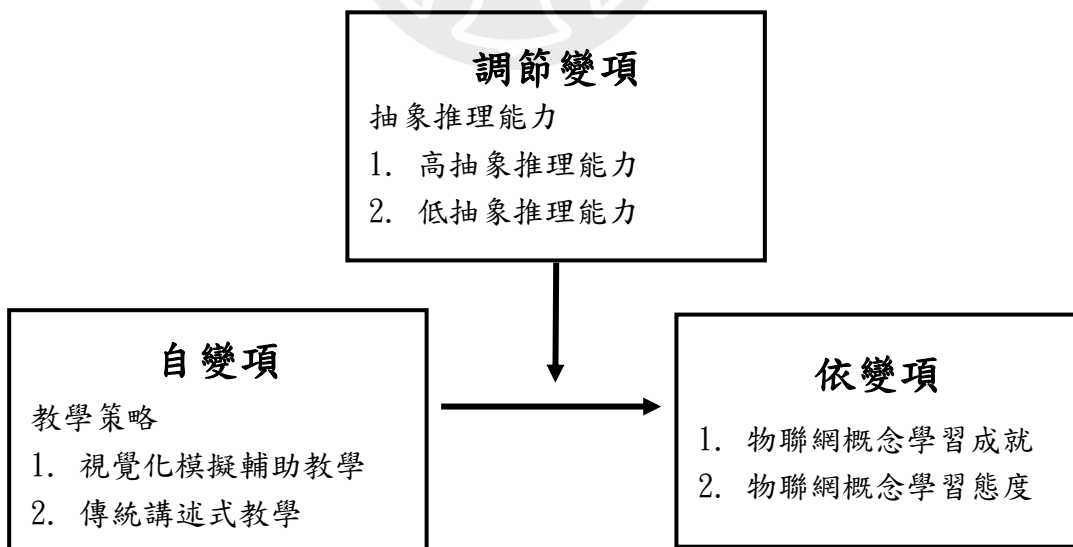


圖 3-1 研究架構

## 第二節 研究對象

本研究的參與者為台灣新北市某公立高中二年級 (11 年級，平均年齡 17 歲) 的學生，參與研究的班級共有四個班，均為資訊科技概論課程，隨機分派為實驗組與控制組，其中兩班為實驗組，共 75 人(50 男、25 女)、控制組兩個班級，共 72 人(31 男、41 女)，所有班級皆為常態分班，且均由同一位資訊科技教師進行授課，每位參與者皆於實驗前完成 Python 基礎程式課程，為 Python 程式語言的初學者。扣除缺乏數據及多次相關課程未參與者，最後列入後續實驗分析的學生為實驗組 69 人(男：45 人、女：24 人)、控制組 70 人(男：31 人、女：39 人)，如表 3-1 所示。

表 3-1 研究參與者人數

	參與人數	男女人數	實驗分析 人數	實驗分析 男女人數	實驗分析抽象 推理能力人數
實驗組	75	50 男 25 女	69	45 男 24 女	30 高抽象推理能力 39 低抽象推理能力
控制組	72	31 男 41 女	70	31 男 39 女	20 高抽象推理能力 50 低抽象推理能力

### 第三節 研究流程規劃

本研究之實驗流程分為實驗前準備、實驗中以及實驗後統整三個階段，在實驗中主要包含了前測、學習活動內容、專題製作、後測、訪談，前測內容為抽象推理能力測驗、物聯網成就測驗、態度問卷，想了解學生的先備知識程度與對電腦科學的學習態度，共實施一節課；學習活動內容包含老師上課使用的教學投影片、學生的課堂學習單、程式撰寫，實驗組則加入了視覺化模擬輔助平台，共實施八節課；專題製作包含物聯網專題製作、物聯網專題發表，共實施兩節課；後測內容為物聯網成就測驗、態度問卷，共實施一節課；訪談於後測結束後於課後時間與學生一對一進行訪談，並使用半結構式訪談；實驗後統整為在實驗後將物聯網成就測驗、態度問卷、平台使用紀錄等資料蒐集完畢並進行後續的統計分析，如表 3-2 所示。

表 3-2 實驗組與控制組之研究程序

		實驗組	控制組
	教學策略	視覺化模擬輔助教學	傳統講述式教學
	實驗前準備	教材設計與平台建置	教材設計
實驗中	前測	抽象推理測驗	抽象推理測驗
		成就測驗	成就測驗
		態度問卷	態度問卷
	教學過程	教學投影片	教學投影片
		視覺化模擬輔助學習平台	
		課堂學習單	課堂學習單
練習	程式撰寫	程式撰寫	
	視覺化模擬輔助學習平台： 模擬操作、隨堂測驗		
專題製作	物聯網專題製作 物聯網專題發表	物聯網專題製作 物聯網專題發表	
後測	成就測驗 態度問卷 訪談	成就測驗 態度問卷 訪談	
實驗後統整	資料分析	成就測驗前測、後測分析 態度問卷分析 訪談紀錄	成就測驗前測、後測分析 態度問卷分析 訪談紀錄

配合實施教學實驗之高中原先的教學時數安排，本教學實驗之課程安排為每週兩節課，每節課為 50 分鐘，教學實驗包含前測與後測時間共計六週(十二節課)，課程安排如表 3-3 所示。

表 3-3 教學實驗課程安排

日期	教學單元	投影片/學習單
10/27	1. 前測	物聯網成就測驗、抽象推理能力測驗 態度問卷
11/3	1. 物聯網概念解說 2. 認識空氣汙染與空氣盒子 3. 認識感知層	<a href="#">教材-PM2.5 要知道的事</a> <a href="#">影片-何謂空汙</a> 、 <a href="#">影片-TED 空氣盒子</a> <a href="#">網頁-空氣盒子型號查詢</a> <a href="#">網頁-Lass 網站</a> 視覺化模擬輔助學習平台、課後學習單-1
11/17	1. Tinkercad 網站功能介紹 2. Tinkercad 專案實作 3. 認識網路層及資料格式 4. 認識網路協定 HTTP	<a href="#">網站-Tinkercad</a> 、 <a href="#">影片-Arduino 是什麼?</a> <a href="#">影片-Arduino 基本指令</a> <a href="#">影片-完成你的第一個專案</a> <a href="#">影片-what is the internet</a> <a href="#">補充影片-認識 Json 格式</a> <a href="#">影片-the internet:http&amp;html</a> <a href="#">範例程式-取得 Json 資料</a> 視覺化模擬輔助學習平台
11/24	1. 認識網路協定 MQTT 2. Thingspeak 網站功能介紹 3. Thingspeak 專案實作	<a href="#">網站-thingspeak</a> <a href="#">範例程式-MQTT 發布主題範例程式 - 將 Json 資料發布至 thingspeak</a> 視覺化模擬輔助學習平台、課後學習單-2
12/8	1. 認識應用層 2. 認識 Apriori 演算法 3. 認識 K-means 演算法 4. 專題製作	專題製作範例資料 視覺化模擬輔助學習平台、課後學習單-3
12/15	1. 專題製作與發表 2. 後測	物聯網概念測驗、態度問卷

## 第四節 研究工具

根據前面小節的變項與研究架構、研究流程規劃，本研究所需使用的工具包含視覺化模擬輔助學習平台、教學影片、課後學習單、抽象能力測驗、物聯網成就測驗、態度問卷、半結構式訪談，其詳細說明如下：

### 一、 視覺化模擬輔助學習平台

本研究開發之視覺化模擬輔助學習平台為實驗組課堂輔助教學之用，透過視覺化的互動頁面呈現物聯網的相關知識，提升學生學習成效，以及讓學生參與其相關演算法之模擬過程，使學生可以透過參數的調整，來探索不同參數對演算法過程的意義與影響，藉此對演算法有更深入的学习，視覺化模擬輔助學習平台之內容如圖 3-2 至 3-13 所示。以下將針對視覺化模擬輔助學習平台各頁面的功能進行說明：

#### 1. 視覺化呈現

在視覺化模擬輔助學習平台上視覺化呈現的頁面中，學生可以初步探索物聯網的基礎概念及整體架構。如圖 3-2 至 3-4 為視覺化呈現之示例。學生可以自由地與網頁中的圖片、文字進行互動，以此觀看更多物聯網知識，並了解物聯網三層架構彼此之間的運作關係。

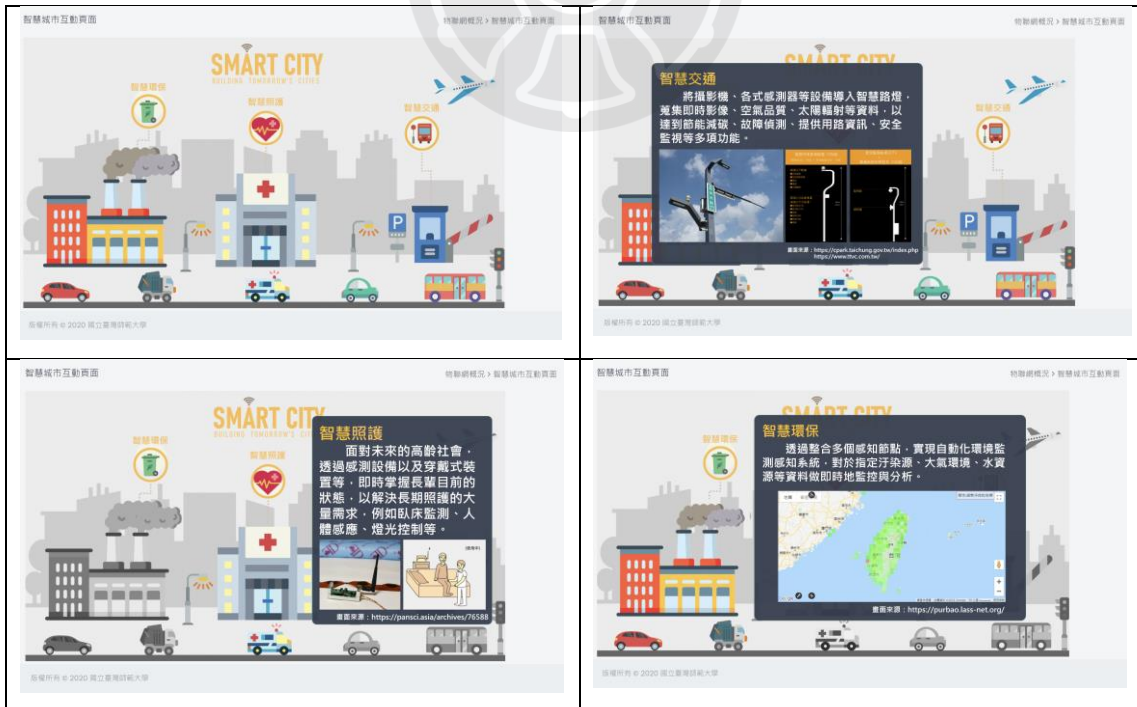


圖 3-2 視覺化模擬輔助學習平台-視覺化呈現示例一



圖 3-3 視覺化模擬輔助學習平台-視覺化呈現示例二

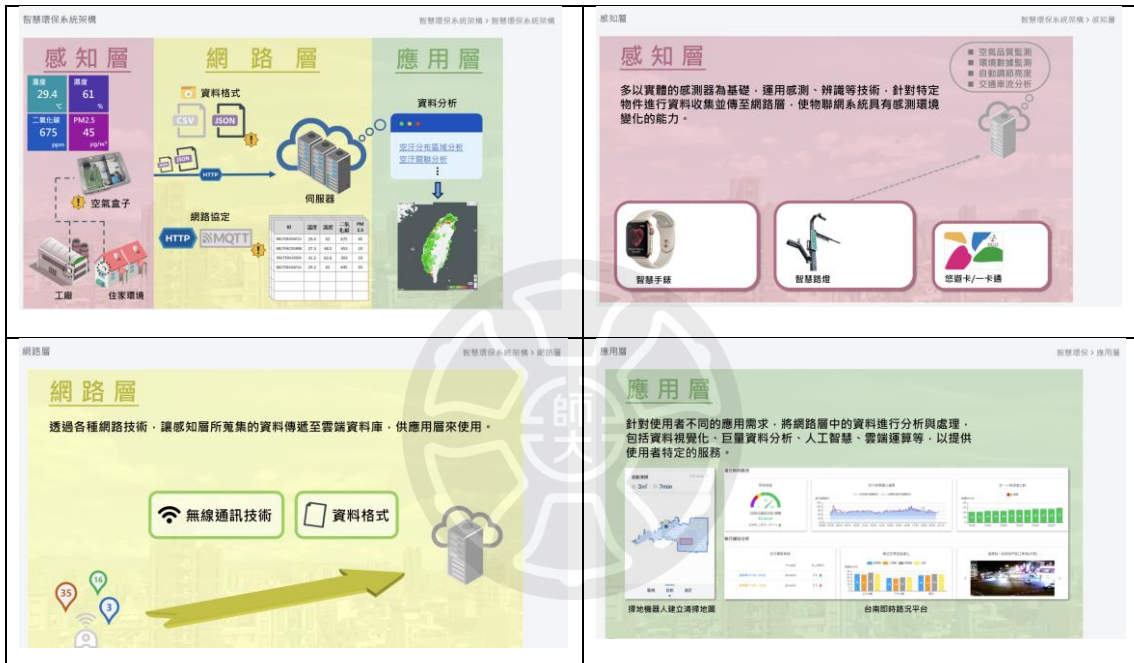


圖 3-4 視覺化模擬輔助學習平台-視覺化呈現示例三

## 2. 硬體操作模擬

針對學生在學習物聯網的過程中，常需熟悉相關的硬體知識，因此為了在物聯網課程教學中進行輔助，在視覺化模擬輔助學習平台上硬體操作模擬的頁面中，提供模組模擬、組裝模擬、電路模擬等功能，供學生了解相關的基礎硬體知識。如圖 3-5 至 3-7 為硬體操作模擬之示例。

### I. 模組模擬

學生可以選擇欲了解的硬體設備，認識這些物聯網常見模組的功能以及相關資訊，並透過滑鼠托拉或點擊建立與該模組的互動過程，藉此加深學生對於這些硬體設備的記憶。

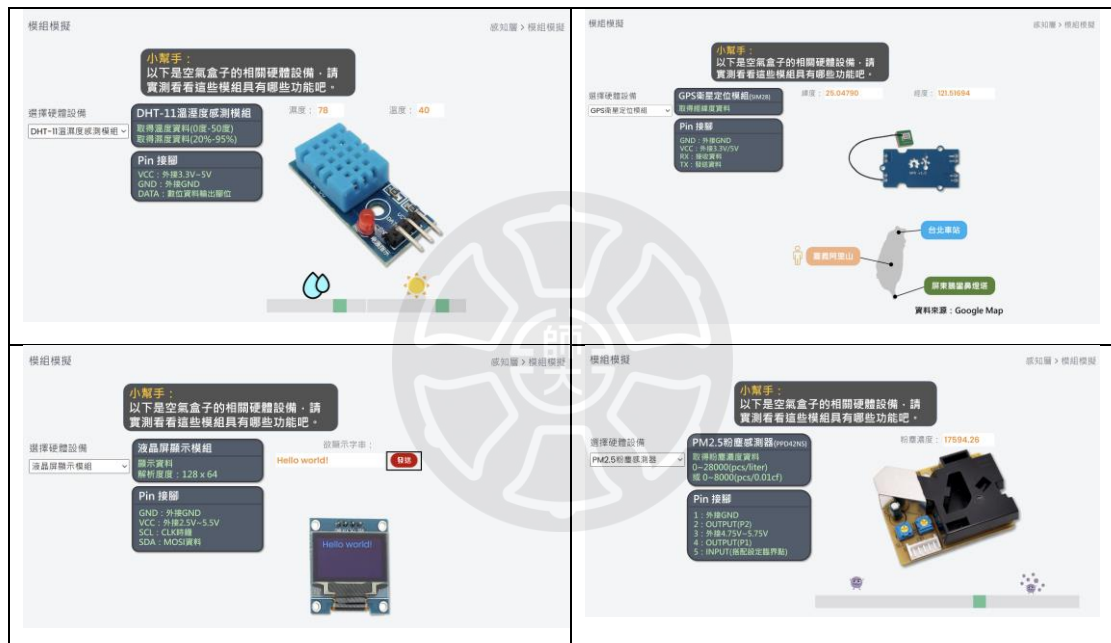


圖 3-5 視覺化模擬輔助學習平台-模組模擬示例

## II. 組裝模擬

學生須依照文字指示點擊對應的模組，一步步組裝空氣盒子，使學生了解不同模組在空氣盒子中所扮演的角色與功能，並引導學生學習整合多個模組以達成特定目的、解決問題。

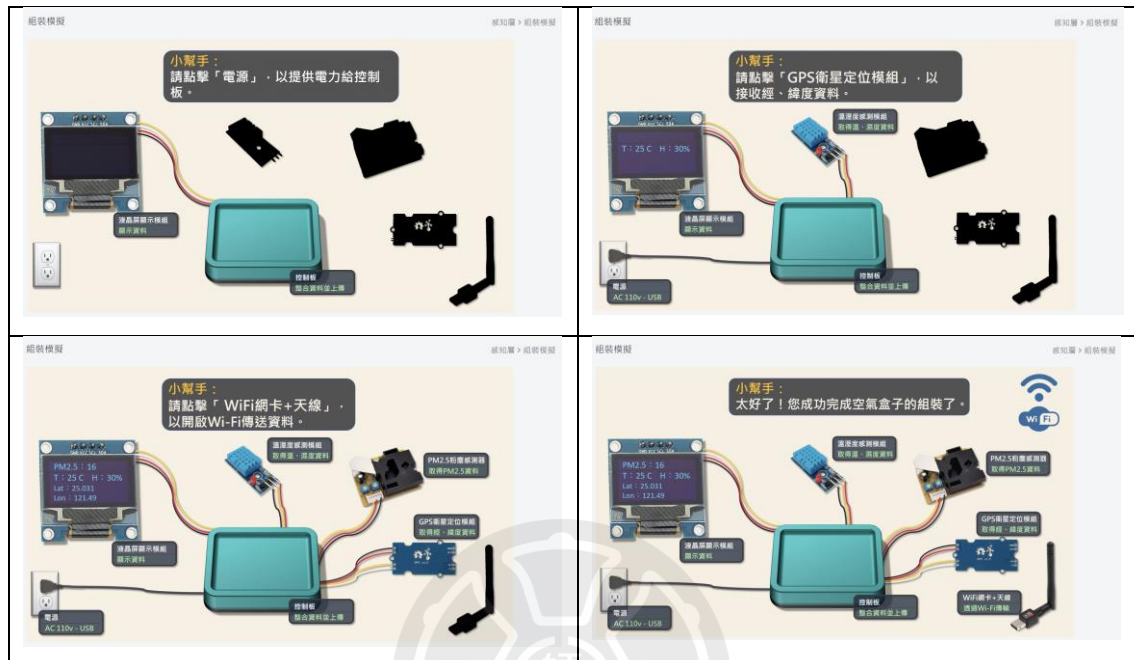


圖 3-6 視覺化模擬輔助學習平台-組裝模擬示例

## III. 電路模擬

在物聯網課程中導入 Tinkercad circuits 網頁，透過讓學生親自放置元件、串接線路、修改範例程式碼進行電路模擬，使學生學習串接硬體設備時所需的電路知識，並了解如何撰寫程式控制元件、模組。

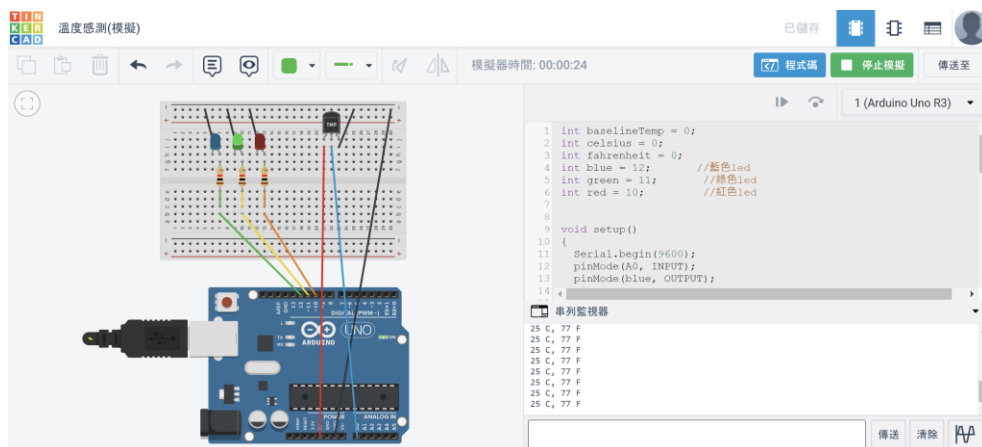


圖 3-7 視覺化模擬輔助學習平台-電路模擬示例

### 3. 架構流程模擬

針對學生在學習物聯網的過程中，對於許多運作流程過於複雜的架構中，常無法理解其運作原理，因此為了在物聯網課程教學中進行輔助，在視覺化模擬輔助學習平台上架構流程模擬的頁面中，提供 MQTT 模擬、Thingspeak 架構模擬等功能，供學生了解背後運作的流程及架構。如圖 3-8 至 3-9 為架構流程模擬之示例。

#### I. MQTT 模擬

圖 3-8 為 MQTT 模擬頁面之示例，學生可點擊下方綠色箭頭逐步理解 MQTT 的流程步驟，並引導學生透過點擊指定按鈕、輸入值，顯示當前可能的運作情形，讓學生在模擬互動過程中了解其背後的運作原理。

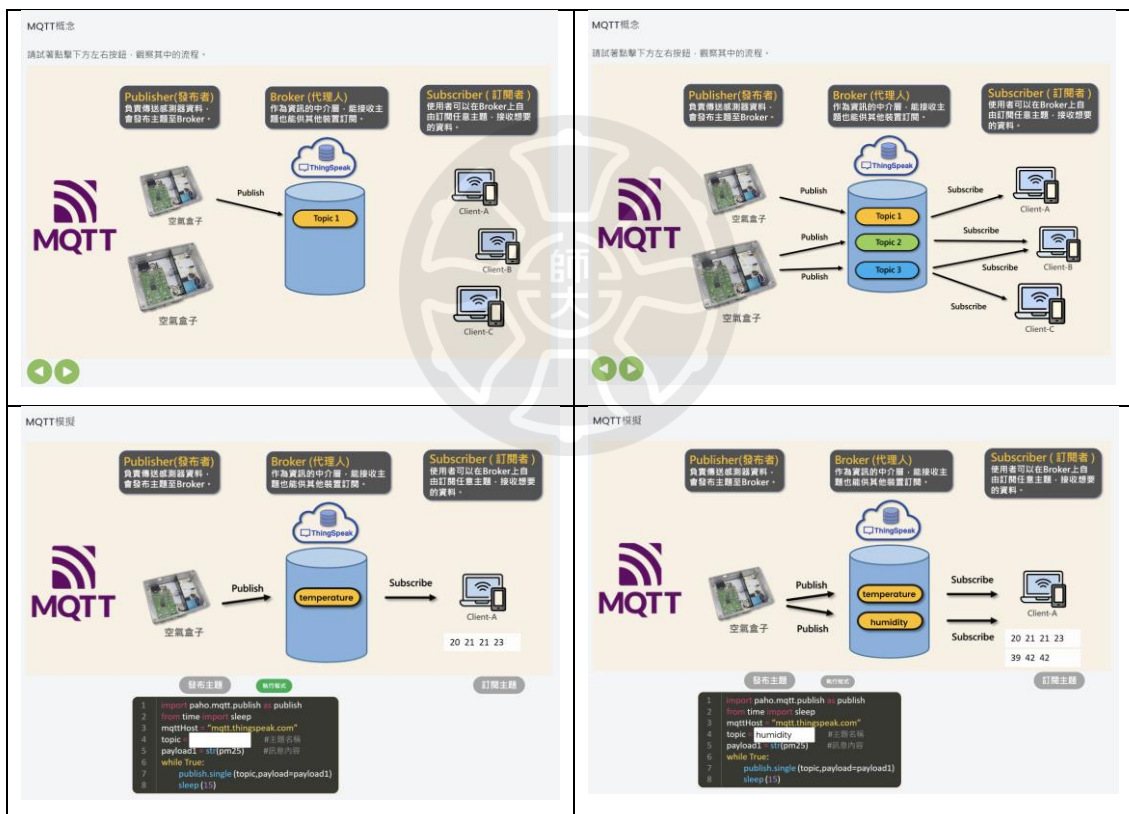


圖 3-8 視覺化模擬輔助學習平台-MQTT 模擬示例

## II. Thingspeak 架構模擬

圖 3-9 為 Thingspeak 架構模擬之示例，學生可點擊下方綠色箭頭逐步理解 Thingspeak 的系統架構，讓學生在操作過程中了解資料的運作過程。

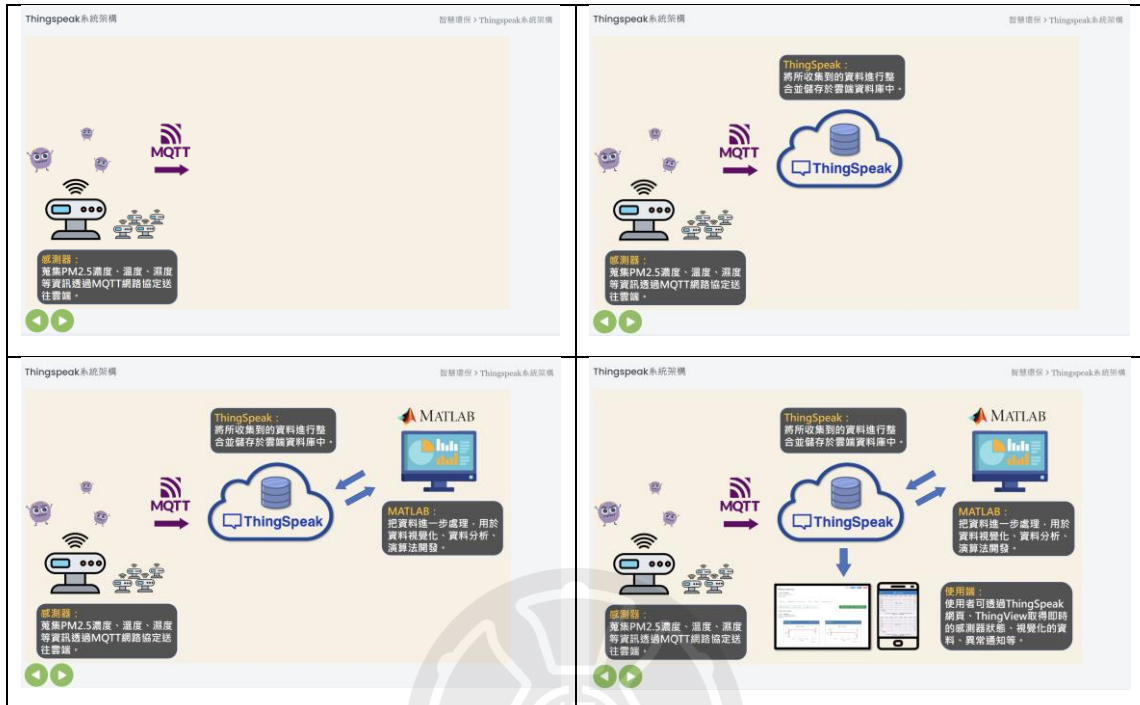


圖 3-9 視覺化模擬輔助學習平台-Thingspeak 架構模擬示例

### 4. 抽象概念模擬

針對學生在學習物聯網的過程中，對於許多抽象概念如演算法、資料結構，常無法理解其運作過程，因此為了在物聯網課程教學中進行輔助，在視覺化模擬輔助學習平台上抽象概念模擬的頁面中，提供資料清理模擬、K-means 演算法模擬、Apriori 演算法模擬等功能，供學生了解抽象主題。如圖 3-10 至 3-12 為抽象概念模擬之示例。

## I. 資料清理模擬

圖 3-10 為資料清理模擬之示例，學生可點擊代表異常值之圖片，了解刪除異常值之重要性，以及對於平均數、中位數、眾數、全距四者分別的影響力為何。

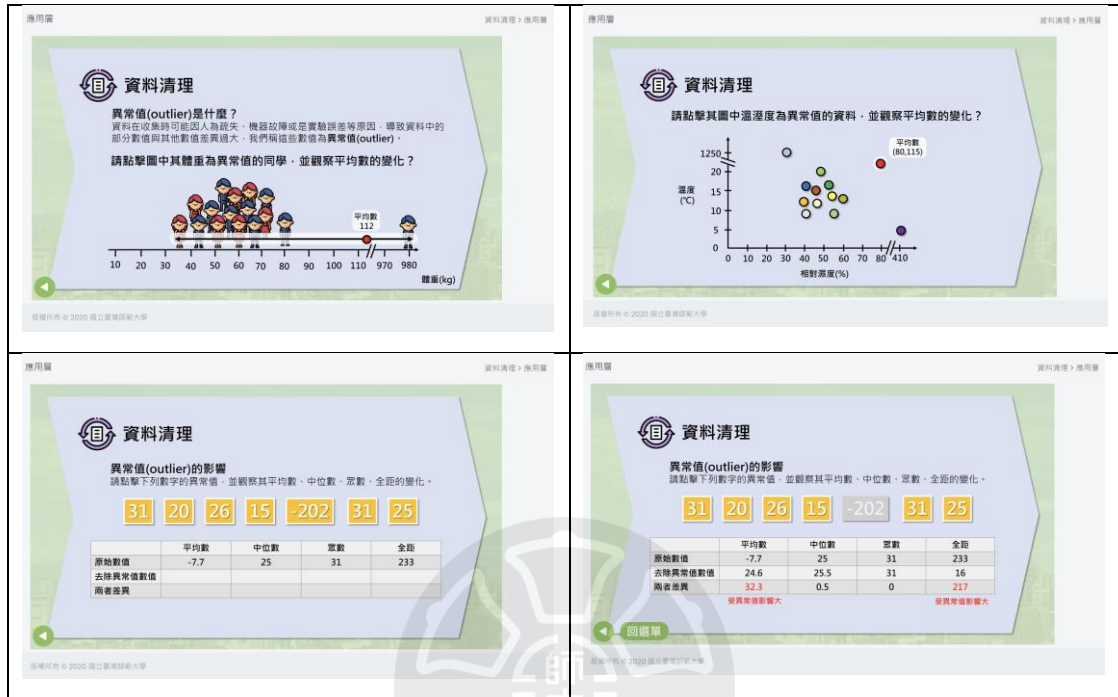


圖 3-10 視覺化模擬輔助學習平台-資料清理模擬示例

## II. K-means 演算法模擬

圖 3-11 為 K-means 演算法模擬之示例，學生可自行設定資料參數，觀察 K-means 演算法分群的過程，並進一步讓學生自行決定 K 值以及選擇起始點位置，讓學生透過點擊逐步觀察演算法運作之情形。



圖 3-11 視覺化模擬輔助學習平台-K-means 演算法模擬示例

### III. Apriori 演算法模擬

圖 3-12 為 Apriori 演算法模擬之示例，學生可自行設定資料組合，觀察 Apriori 演算法計算中支持度與信賴度的變化，並藉由反覆操作模擬不同資料組合，了解支持度與信賴度所代表的意義。

**Apriori 演算法**

Apriori 演算法  
透過以下兩個指標來衡量其關聯性。

- 支持度(Support)
- 信賴度(Confidence)

**支持度(Support)**  
某個集合在資料集出現的次數比例。  
 $Support(x) = \frac{number(x)}{number(N)}$   
 $Support(x \cap y) = \frac{number(x \cap y)}{number(N)}$   
p.s. 支持度越低，表示該集合出現的頻率越低

1

2

3

4

設  $x = \text{beer}$

$$Support(x) = \frac{number(x)}{number(N)}$$

$$= \frac{3}{4}$$

$$= 75\%$$

**Apriori 演算法模擬**

Apriori 演算法模擬  
請點擊下方商品項目，並查看支持度與信賴度的變化。

編號	採購商品項目
1	
2	
3	
4	

集合	次數	支持度
	4	100%
	2	50%
	3	75%
	1	25%
	2	50%
	2	50%

關聯	計算過程	機率計算過程	信賴度
-->	/	50% / 100%	50%
-->	/	75% / 100%	75%
-->	/	50% / 100%	50%
-->	/	50% / 50%	100%
-->	/	50% / 75%	66.67%
-->	/	75% / 75%	100%
-->	/	50% / 50%	100%

圖 3-12 視覺化模擬輔助學習平台-Apriori 演算法模擬示例

## 5. 隨堂測驗

圖 3-13 為視覺化模擬輔助學習平台隨堂測驗圖示，使學生在學習概念與操作模擬過後，立即進行測驗促使學生進行反思以強化所學概念，並在學生作答後即時給予回饋，引導學生釐清概念、修正錯誤。

<p>隨堂測驗</p> <p>關於硬體設備下列敘述何者「錯誤」？</p> <p><input type="radio"/> DHT-11 溫溼度感測模組能夠取得的溫度範圍大約是攝氏 0-50 度</p> <p><input type="radio"/> GPS 衛星定位模組的 TX 是負責傳送資料的</p> <p><input type="radio"/> PM2.5 粉塵感測器可接受電壓為 5V 的電源</p> <p><input checked="" type="radio"/> Wifi 網卡移除天線後 Wifi 訊號會增強</p> <p><input type="button" value="確定"/></p> <p>• 回答正確</p>	<p>隨堂測驗</p> <p>關於 MQTT ( Message Queuing Telemetry Transport )，下列敘述何者錯誤？</p> <p><input checked="" type="radio"/> 發布者 (Publisher) 能依照訂閱者 (Subscriber) 傳送特定的資料</p> <p><input type="radio"/> 訂閱者 (Subscriber) 主要負責傳送感測器資料</p> <p><input type="radio"/> MQTT 是基於一種訂閱/發佈機制的訊息傳輸協定</p> <p><input type="radio"/> 所有的訊息都透過代理人 ( Broker ) 來進行發佈和訂閱</p> <p><input type="button" value="確定"/></p> <p>• 回答錯誤</p>
---	--

圖 3-13 視覺化模擬輔助學習平台隨堂測驗圖示

## 二、 課堂學習單

實驗組與控制組依照每週主題感知層、網路層、應用層等物聯網主題撰寫學習單，作為課堂上的學習活動內容，以了解學生對於該主題的學習狀況，學習單題目均為非選題，內容為課堂上的重點物聯網知識，以此引發學生在課堂進行時進行反思，而實驗組的學習單同時也做為使用視覺化模擬輔助學習平台的指引之一，引導學生在平台上進行操作模擬後進行反思，控制組的學習單則單純做為學生的課堂練習，課後學習單將作為質性資料來輔助量化資料的分析與論證，詳細題目請參考附錄一、附錄二。

## 三、 抽象推理能力測驗

本研究採用的抽象推理能力測驗為路君約、盧欽銘、歐滄和於 1994 年所編製的「多因素性向測驗」之分測驗，其對象為國中二年級至高中三年級學生。其測驗組合項目有：語言推理、數學推理、機械推理、空間關係、抽象推理、錯別字、文法與修辭及知覺速度與確度，共八個分測驗。本研究受試者依據多因素性向測驗標準九高中二年級男生及女生常模表，以抽象推理分數位於 5-9 分者為高抽象推理能力組，分數位於 1-4 分者為低抽象推理能力組。

本測驗共有 32 個題目，每一道題目左側有一組五個問題圖形，是依據某一種順序所排列的，受試者必須從右側一組四個答案圖形中，找出一個圖形，使它能和左邊五個問題圖形的順序連接起來，成為一個完整的系列，其重測信度在男生部分穩定性係數

為.70，在女生部分穩定性係數為.79，其同時校度之相關係數為.37，排除說明試題規則、試題範例外，受測時間為六分鐘。

本研究將於前測進行抽象推理能力測驗，以作為抽象推理能力的評估判斷，探討不同抽象推理能力的學生對使用視覺化模擬輔助學習平台輔助物聯網教學有何差異。

#### 四、 物聯網成就測驗

物聯網成就測驗分別於教學實驗前後進行，作為物聯網學習成就的評估判斷，目的是了解學生在經過物聯網課程後對其物聯網概念學習之影響。

物聯網成就測驗前測為 15 分鐘，物聯網成就測驗滿分為 100 分，內容包含 3 題物聯網概念選擇題、2 題基礎程式能力選擇題、2 題程式能力非選題，題目為基礎物聯網概念以及基礎 python 程式理解、改錯等，詳細題目請參閱附錄三，評分標準會根據學生填寫之完整度進行分段給分，表 3-4 為物聯網成就測驗前測之評分標準。

物聯網成就測驗後測為 25 分鐘，內容是 5 題非選題包含物聯網三層架構、MQTT 架構、資料前處理、K-means 演算法、Apriori 演算法，題目均為課堂上課所學的物聯網相關知識及應用問題，詳細題目請參閱附錄四，評分標準會根據學生填寫之完整度進行分段給分，表 3-5 為物聯網成就測驗後測之評分標準。

表 3-4 物聯網成就測驗前測之評分標準

題號	項目	說明	細項滿分	總分
二-1	寫出運算過程	寫出 $x=2$ $y=4$ 的判斷情形	10	25
		寫出 $x=3$ $y=2$ 的判斷情形	5	
	答案	正確列出 $x=2$ $y=4$ 的輸出結果	5	
		正確列出 $x=3$ $y=2$ 的輸出結果	5	
二-2	答案	計算一次程式執行結果	10	25
		計算錯誤次數的程式執行結果	5	
		計算至正確次數的程式執行結果，但輸出錯誤	5	
		正確列出完整的程式執行結果	5	

表 3-5 物聯網成就測驗後測之評分標準

題號	項目	說明	細項滿分	總分
1	寫出三層架構正確名稱	答對一個 4 分、 兩個 7 分、三個 10 分	10	30
	寫出三層架構的意義	答對一個 4 分、 兩個 7 分、三個 10 分	10	
	寫出三層架構的應用	答對一個 4 分、 兩個 7 分、三個 10 分	10	
2	寫出 MQTT 運作中的三種角色	每個答案 2 分	6	10
	寫出 Thingspeak、空氣盒子、使用者	每個答案 1 分	3	
	畫出完整運作流程	正確畫出運作方向	1	
3	寫出三項資料前處理	每個答案 3 分	9	20

	寫出三項資料前處理之意義	答對一個 4 分、 兩個 8 分、三個 11 分	11	
4	寫出 K-means 演算法的五個步驟	每個步驟 4 分	20	20
	寫出支持度的意義	完整敘述計算結果的意義	6	
5	寫出信賴度的意義	完整敘述計算結果的意義	6	20
	寫出 Apriori 演算法的目的	敘述 Apriori 演算法對資料的意義或生活中的應用	8	

## 五、 態度問卷

為了解學生在整個物聯網課程中，對於不同教學策略與不同抽象推理能力對學習態度的影響，將於教學實驗開始前以及結束後各實施一次，問卷形式為 Google 表單並讓學生於課堂上使用電腦填寫。

態度問卷前、後測題型均採用李克特氏五點量表（非常同意 5 分、同意 4 分、普通 3 分、不同意 2 分、非常不同意 1 分），其中包含反向題，最終總分數越高，表示該面向越有正向的態度。

態度問卷前測題目，實驗組與控制組均相同，題目包含「電腦科學自我效能」面向 4 題、「電腦科學學習興趣」面向 4 題、「抽象主題學習感受」面向 3 題，合計 11 題，其中包含 4 題反向題，詳細題目如表 3-6。

態度問卷後測題目，除了包含態度問卷前測原有的「電腦科學自我效能」、「電腦科學學習興趣」、「抽象主題學習感受」三個面向之題目外，控制組額外加入了「物聯網理解概況」面向 4 題、「課程難度感受」面向 2 題，合計 17 題，其中包含 6 題反向題；實驗組則額外加入「物聯網理解概況」面向 4 題、「課程難度感受」面向 2 題、「對於視覺化模擬輔助學習之感受」面向 10 題，合計 27 題，其中包含 6 題反向題，詳細題目如表 3-7。

為了確保態度問卷各面向之信度，本研究分析各面向之內部一致性(Cronbach's  $\alpha$ )，分析結果如表 3-8 所示，「電腦科學自我效能」面向四題之 Cronbach's  $\alpha$  為.853、「電腦科學學習興趣」面向四題之 Cronbach's  $\alpha$  為.798、「抽象主題學習感受」面向三題之 Cronbach's  $\alpha$  為.695、「物聯網理解概況」面向四題之 Cronbach's  $\alpha$  為.931、「課程難度感受」面向兩


題之 Cronbach's  $\alpha$  為.910、「視覺化模擬輔助物聯網教學的有效性」面向十題之 Cronbach's  $\alpha$  為.960，顯示態度問卷各面向皆具可接受之信度。



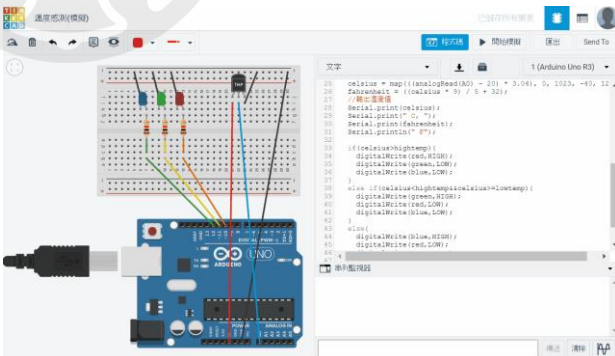
表 3-6 態度問卷前測題目(斜體字為反向題)

面向	控制組	實驗組
電腦科學自我效能	1.上資訊科技課時，我通常能理解老師所講授的概念或流程。	
	2.上資訊科技課時，我通常能獨立完成老師給定的作業或練習題等，不需尋求他人協助。	
	3.資訊科技課的內容對我來說是困難的。	
	4.上資訊科技課程時，我常能感受到成就感。	
電腦科學學習興趣	5.我認為資訊科技課是有趣的。	
	6.我可以為了完成資訊科技課的作業或學習資訊科技相關主題犧牲其他活動(如：睡眠、玩樂)。	
	7.資訊科技課程的學習對我將來就業是有幫助的。	
	8.看到網路上資訊科技相關的新聞或文章，我會想瀏覽以了解相關內容。	
抽象主題學習感受	9.對於複雜而龐大的資訊，我常感到混亂而難以整合(如：看到許多資訊科技的新知，我通常無法跟我所學過的作比較、整合)。	
	10.我常常會難以想像程式的執行流程(如：迴圈中變數值的變化)。	
	11.每次閱讀數學應用題的題目時，我總很難抓到問題重點。	

表 3-7 態度問卷後測題目(斜體字為反向題)

面向	控制組	實驗組
電腦科學自我效能	1.上資訊科技課時，我通常能理解老師所講授的概念或流程。	
	2.上資訊科技課時，我通常能獨立完成老師給定的作業或練習題等，不需尋求他人協助。	
	3.資訊科技課的內容對我來說是困難的。	
	4.上資訊科技課程時，我常能感受到成就感。	
電腦科學學習興趣	5.我認為資訊科技課是有趣的。	
	6.我可以為了完成資訊科技課的作業或學習資訊科技相關主題犧牲其他活動(如：睡眠、玩樂)。	
	7.資訊科技課程的學習對我將來就業是有幫助的。	
	8.看到網路上資訊科技相關的新聞或文章，我會想瀏覽以了解相關內容。	

<p>抽象主題 學習感受</p>	<p>9.對於複雜而龐大的資訊，我常感到混亂而難以整合（如：看到許多資訊科技的新知，我通常無法跟我所學過的作比較、整合）。</p> <p>10.我常常會難以想像程式的執行流程(如：迴圈中變數值的變化)。</p> <p>11.每次閱讀數學應用題的題目時，我總很難抓到問題重點。</p>
<p>物聯網理 解概況</p>	<p>12.我能了解感知層在物聯網中所扮演的角色與功能。</p> <p>13.我能了解物聯網網路層的架構與運作流程。</p> <p>14.我能了解「K-means 演算法」的運作與用途。</p> <p>15.我能了解「Apriori 演算法」的運作與用途。</p>
<p>課程難度 感受</p>	<p>16.我認為本次物聯網課程的許多架構、流程(如：MQTT、Thingspeak)太過於複雜難以理解。</p> <p>17.我認為本次物聯網課程的許多演算法(如：K-means、Apriori)太過於抽象難以理解。</p>
<p>視覺化模 擬輔助人 工智慧 的有效性</p>	<p>18. 使用物聯網學習平台上的模擬操作輔助我學習物聯網的概念或流程，比起傳統用投影片講解概念或流程的方式，對我的學習更有幫助。</p> <p>19.我希望將來也能使用物聯網學習平台中的模擬工具學習物聯網或其他資訊科學主題。</p> <p>20.我認為透過視覺化的呈現(如下圖)，能讓我更好理解物聯網的內容。</p>  <p>21.我認為【模組模擬】能幫助我透過操作模組的功能,更了解模組的使用情境和數值範圍等概念。</p>

		<p>模組模擬</p> <p><b>小幫手：</b> 以下是空氣盒子的相關硬體設備，請實測看看這些模組具有哪些功能吧。</p> <p>選擇硬體設備 DHT-11 溫溼度感測模組 取得溫度資料(0度-50度) 取得溼度資料(20%-95%)</p> <p><b>Pin 接腳</b> VCC：外接3.3V-5V GND：外接GND DATA：數位資料輸出腳位</p> 
	<p>22.我認為透過操作【組裝模擬】，能幫助我了解空氣盒子的組成架構。</p>	<p>組裝模擬</p> <p><b>小幫手：</b> 請點擊「液晶顯示模組」使之連接控制板。</p> 
	<p>23.我認為【電路模擬】能幫助我透過程式撰寫與電路連接，了解開放硬體的基本運作流程以及電路知識。</p>	
	<p>24.我認為【MQTT 模擬】能透過操作模擬互動過程，幫助我了解網路協定的運作方式。</p>	



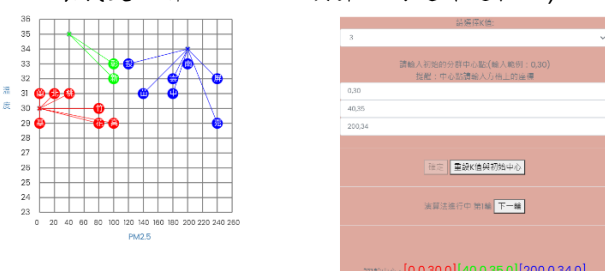
		<p>MQTT模擬</p>  <p>隨堂測驗</p> <p>關於 MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) , 下列敘述何者正確?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 發布者(Publisher)能依照訂閱者(Subscriber)傳送特定的資料</li> <li>○ 訂閱者(Subscriber)主要負責傳送感測器資料</li> <li>○ MQTT 是基於一種訂閱/發佈機制的訊息傳輸協定</li> <li>○ 所有的訊息都透過代理人 ( Broker ) 來進行發佈和訂閱</li> </ul>
		<p>25.我認為透過操作【Thingspeak 系統架構】的步驟，能幫助我了解物聯網平台的架構流程。</p> 
		<p>26.我認為透過操作【K-means 演算法模擬】，能幫助我更容易了解演算法運行的過程。(例如透過自行設定 K 值和初始中心，並觀察左方區塊以及分群中心的變化，讓我更理解 K-means 演算法的運作過程。)</p> 
		<p>27.我認為透過操作【Apriori 演算法模擬】調整參數設定與觀察數值的變化，能幫助我了解演算法的流程與各項變數的意義。</p>



表 3-8 學習態度六個面向之信度分析

面向	內部一致性係數	項目數
電腦科學自我效能	.853	4
電腦科學學習興趣	.798	4
抽象主題學習感受	.695	3
物聯網理解概況	.931	4
課程難度感受	.910	2
視覺化模擬輔助物聯網教學 的有效性	.960	10

## 六、 半結構式訪談

在所有教學活動完成後實施半結構式訪談，訪談內容屬於質性資料，將從實驗組中挑選物聯網成就測驗高分者且高抽象推理能力者 2 位、物聯網成就測驗高分者且低抽象推理能力者 2 位、物聯網成就測驗低分者且高抽象推理能力者 2 位、物聯網成就測驗低分者且低抽象推理能力者 2 位，進行一對一訪談，控制組也同此方法挑選訪談對象，共訪談 16 位同學。

訪談內容包含對物聯網課程的想法、課程中所面臨的學習困難、教材輔助的有效性等，目的為的是了解學生於物聯網課程中所遭遇的困難及學習歷程，並了解學生使用視覺化模擬輔助物聯網教學的想法與使用心得。

實驗組與控制組的訪談題目略有不同，實驗組會針對視覺化模擬輔助教學之功能進行深入訪談，供後續探討分析。詳細訪談題目如表 3-9。

表 3-9 半結構式訪談題目

題號	控制組	實驗組
1	在經歷過課程後，你現在對於物聯網的想法是什麼？	
2	在課程中的哪些教材或程序(老師講解、學習單、教學投影片、專題實作等)對你的學習最有幫助？	在課程中的哪些教材或程序(模擬平台、老師講解、學習單、教學投影片、專題實作等)對你的學習最有幫助？
3	在課程中，你覺得最大的困難是什麼？透過教學或教材(老師的講解、投影片、專題實作等等)是否有幫助解決困難？	在課程中，你覺得最大的困難是什麼？透過教學或教材(老師的講解、投影片、模擬平台、專題實作等等)是否有幫助解決困難？
4	你覺得學習單是否能幫助你物聯網？如何幫助的？	你覺得本教學平台的哪些頁面最能幫助你學習物聯網？如何幫助的？
5	你覺得本課程是否能幫助你更容易了解或澄清物聯網的概念(如：了解三層架構、k-means 演算法等)？	你覺得使用平台是否能幫助你更容易了解或澄清物聯網的概念(如：了解三層架構、k-means 演算法等)？
6	給這個課程的一個建議。	

## 七、 程式實作

程式實作能幫助學生實際應用所學的知識，熟悉物聯網的相關工具如 Thingspeak、MQTT 協定等，使學生實際操作資料蒐集、資料傳遞、資料應用的過程，以更加了解物聯網的架構與流程。

為避免學生投入大量時間於撰寫程式碼本身，本研究使用 Google Colab 提供學生範例程式碼、說明文字等相關輔助，讓學生能更專注於資料表示、處理及分析、以及理解物聯網資料傳遞的原理過程。程式實作內容為「從指定網頁取得 json 資料」、「定義發布主題的內容並使用 MQTT 協定發布至 Thingspeak」、「自動從指定網頁取得 json 資料並定時於 Thingspeak 發布主題」。因本研究程式實作屬於教學活動的一部份，目的為引發學生運用學以致用、解決問題，因此本研究不採計程式實作分數。

## 八、 專題實作

本研究以兩人為一組進行專題實作，專題題目讓學生從「智慧醫療」、「智慧交通」、「智慧環保」三個物聯網主題中，挑選一個進行專題實作，圖 3-14 至 3-16 為各主題的資料集，學生需要將指定的資料集輸入至給予的範例程式中，進而進行資料前處理、修改部分程式碼、調整參數等動作，並運用課堂上所學到的 Apriori 演算法以及 K-means 演算法進行資料分析，為避免學生投入大量時間於撰寫程式碼本身，本研究使用 Google Colab 提供學生範例程式碼、說明文字、專題報告範例如圖 3-17 等相關輔助，讓學生能更專注於觀察數值變化、理解演算法背後的意義，最後以簡報形式發表專題實作的成果。因本研究專題實作屬於教學活動的一部份，目的為引發學生自主思考並運用所學知識解決問題，因此本研究不採計專題實作分數。

日期	時間	地區	裝置ID	溫度	濕度	PM2.5濃度	PM10濃度	緯度	經度
date	time	area	device_id	s_t0	s_h0	s_d0	s_d1	gps_lat	gps_lon
2021/12/7	01:00:01	keelung	74DA38F20ACE	19.25	45	2	2	25.121	121.723
2021/12/7	02:00:02	keelung	74DA38F20ACE	20.25	45	2	2	25.121	121.723
2021/12/7	03:00:02	keelung	74DA38F20ACE	21.25	45	2	2	25.121	121.723
2021/12/7	04:00:04	keelung	74DA38F20ACE	22.25	45	2	2	25.121	121.723
2021/12/7	05:00:02	keelung	74DA38F20ACE	22.25	45	2	2	25.121	121.723
2021/12/7	06:00:01	keelung	74DA38F20ACE	0	0	0	0	0	0
2021/12/7	07:00:00	keelung	74DA38F20ACE	25.25	45	3	2	25.121	121.723
2021/12/7	08:00:05	keelung	74DA38F20ACE	26.25	60	3	4	25.121	121.723
2021/12/7	09:00:05	keelung	74DA38F20ACE	26.5	80	15	18	25.121	121.723
2021/12/7	10:00:05	keelung	74DA38F21ACE	27	79	50	39	25.121	121.723
2021/12/7	11:00:05	keelung	74DA38F22ACE	27	77	63	40	25.121	121.723
2021/12/7	12:00:05	keelung	74DA38F23ACE	27.25	45	60	50	25.121	121.723
2021/12/7	13:00:05	keelung	74DA38F24ACE	28	46	60	50	25.121	121.723
2021/12/7	14:00:05	keelung	74DA38F25ACE	28	46	55	49	25.121	121.723
2021/12/7	15:00:05	keelung	74DA38F26ACE	28	46	55	49	25.121	121.723
2021/12/7	16:00:05	keelung	74DA38F27ACE	28	45	55	49	25.121	121.723
2021/12/7	17:00:05	keelung	74DA38F28ACE	27.25	45	50	38	25.121	121.723
2021/12/7	18:00:05	keelung	74DA38F29ACE	25	45	50	38	25.121	121.723
2021/12/7	19:00:05	keelung	74DA38F30ACE	20.25	58	42	38	25.121	121.723
2021/12/7	20:00:05	keelung	74DA38F31ACE	20.25	59	24	10	25.121	121.723
2021/12/7	21:00:05	keelung	74DA38F32ACE	20.25	74	24	15	25.121	121.723
2021/12/7	22:00:05	keelung	74DA38F33ACE	19.5	90	13	3	25.121	121.723
2021/12/7	23:00:05	keelung	74DA38F34ACE	19	90	15	4	25.121	121.723

圖 3-14 智慧環保範例資料集

日期	時間	車種	駕駛年齡	車道數	車流量 (輛/小時)	當天天氣	能見度 (公里)	溫度	濕度
date	time	Vehicle type	age	Number of lanes	pcu/h	weather	visibility (km)	temperature	Humidity
2021/12/7	01:00:01	compact	25	3	1,185	sunny	3	19.25	45
2021/12/7	02:23:02	scooter	30	3	748	sunny	3	20.25	45
2021/12/7	03:44:02	compact	31	3	834	sunny	5	21.25	45
2021/12/7	04:39:04	compact	48	4	920	sunny	3	22.25	45
2021/12/7	05:00:02	compact	32	3	526	cloudy	8	22.25	45
2021/12/7	06:07:01	compact	56	3	531	cloudy	23	22.25	45
2021/12/7	07:13:00	compact	66	3	536	cloudy	26	25.25	45
2021/12/7	08:27:07	scooter	65	3	541	cloudy	17	26.25	60
2021/12/7	09:00:05	scooter	63	3	388	rairy	13	26.5	80
2021/12/7	10:40:22	scooter	28	4	949	rairy	12	27	79
2021/12/7	11:00:09	compact	44	4	1380	rairy	12	27	77
2021/12/7	12:46:05	compact	28	4	1075	cloudy	13	27.25	45
2021/12/7	13:00:05	compact	38	4	1392	cloudy	13	28	46
2021/12/7	14:11:05	compact	29	2	107	cloudy	6	28	46
2021/12/7	15:00:50	compact	-977	-1	-1	cloudy	-1	0	0
2021/12/7	16:24:05	compact	60	2	288	cloudy	7	28	45
2021/12/7	17:00:05	compact	51	3	579	cloudy	13	27.25	45
2021/12/7	18:01:06	scooter	72	1	41	rairy	4	25	45
2021/12/7	19:24:05	compact	49	4	447	rairy	1	20.25	58
2021/12/7	20:26:09	compact	44	3	890	rairy	1	20.25	58
2021/12/7	21:36:05	compact	46	2	173	rairy	1	20.25	74
2021/12/7	22:27:14	scooter	25	3	156	rairy	1	19.5	90
2021/12/7	23:28:05	compact	33	3	421	rairy	2	19	90

圖 3-15 智慧交通範例資料集

日期	血氧濃度	睡眠時間 (以分鐘計算)	上廁所 次數	活動時間 (以分鐘計算)	步數	心情指數	當天天氣	溫度	相對濕度
date	blood oxygen	sleeping time(min)	Toilet record	active time (min)	Step count	moods index	Weather	temperature	Humidity
2021/12/5	96	490	3	361	4788	5	Sunny	19.25	45
2021/12/6	96	475	3	358	4151	5	Sunny	20.25	45
2021/12/7	96	366	3	187	2623	5	Sunny	21.25	45
2021/12/8	98	402	4	299	4326	7	Sunny	22.25	45
2021/12/9	99	279	3	375	5362	8	Sunny	22.25	45
2021/12/10	99	281	3	281	3325	3	Sunny	24	43
2021/12/11	97	411	3	333	4116	6	Sunny	25.25	45
2021/12/12	97	360	3	243	2754	2	Sunny	26.25	60
2021/12/13	98	497	3	241	2982	8	Cloudy	26.5	80
2021/12/14	99	277	4	285	2735	4	Cloudy	27	79
2021/12/15	96	232	4	299	2371	7	Cloudy	27	77
2021/12/16	96	291	4	190	1627	8	Cloudy	27.25	45
2021/12/17	95	304	4	191	897	4	Cloudy	28	46
2021/12/18	96	347	2	277	1422	4	Cloudy	28	46
2021/12/19	97	472	2	294	3754	8	Cloudy	28	46
2021/12/20	99	440	2	376	3274	6	Cloudy	28	45
2021/12/21	97	415	3	186	1162	7	rainy	27.25	45
2021/12/22	97	390	1	159	1849	5	rainy	25	45
2021/12/23	99	365	4	201	2163	8	rainy	20.25	58
2021/12/24	99	277	3	148	1788	5	rainy	20.25	59
2021/12/25	98	297	2	132	1231	1	rainy	20.25	74
2021/12/26	98	316	3	207	2618	2	rainy	19.5	90
2021/12/27	98	355	3	196	1347	2	rainy	19	90
2021/12/28	98	421	3	203	913	1	rainy	19.5	100

圖 3-16 智慧醫療範例資料集



圖 3-17 專題報告範例

## 九、 補充教材

本節將針對視覺化模擬輔助物聯網教學所使用的所有教材進行完整說明，包含老師課堂使用的教學投影片、物聯網整合之相關網頁、補充影片等。

### 1. 教學投影片

在教學課程中，老師會先對該周的教學單元以教學投影片進行講解，接著才讓實驗組的學生於視覺化模擬輔助學習平台進行學習，為了確保實驗組與控制組僅有教學策略上的差異，投影片內容包含所有課程知識，實驗組與控制組的投影片內容均相同，圖 3-18 為實驗組與控制組教學投影片圖示，投影片大多以靜態圖檔方式呈現。

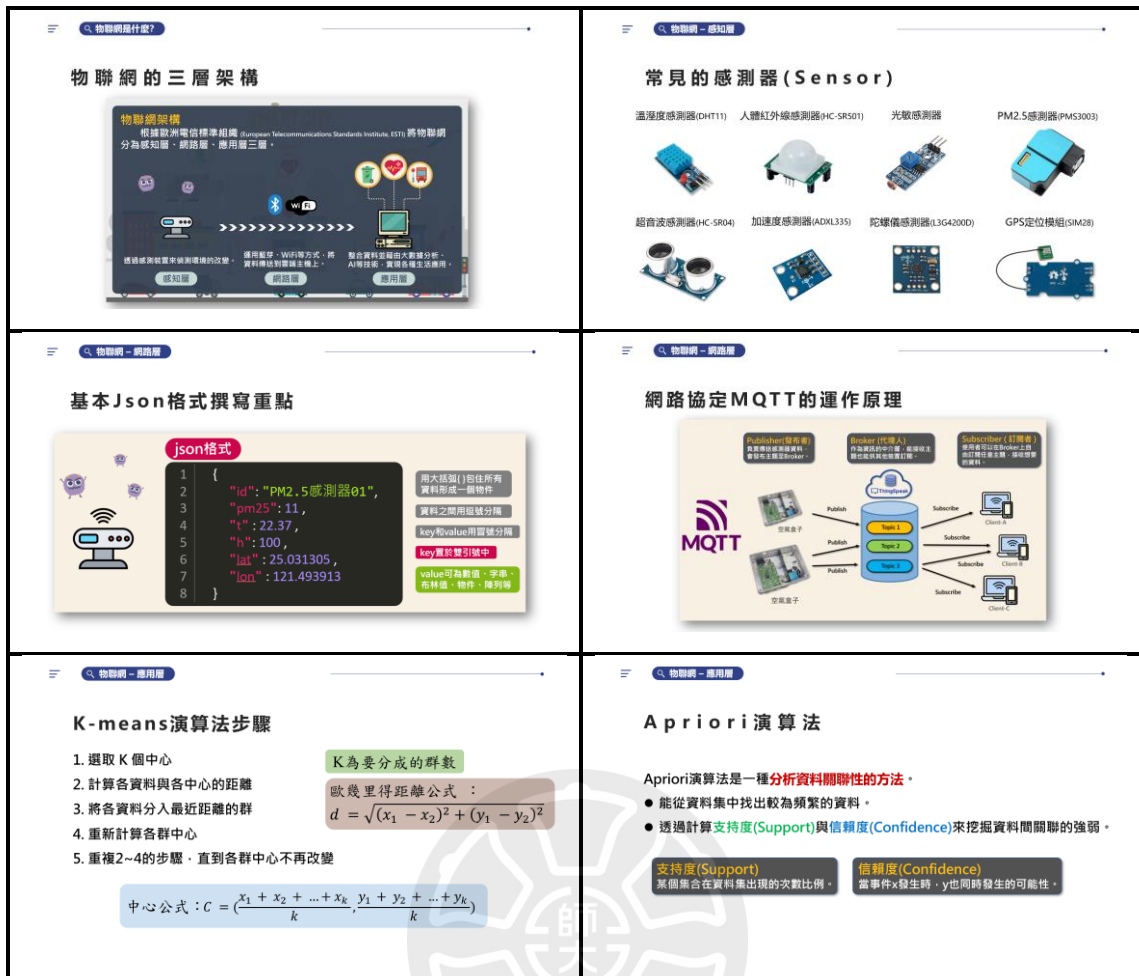


圖 3-18 實驗組與控制組教學投影片圖示

## 2. 物聯網整合之相關網頁

### I. LASS PM2.5 開放資料入口網站

這個網站提供 PM2.5 即時感測資料的 API、資料分析的結果以及相關的資料視覺化工具等服務，能使學生對於物聯網的整體系統架構更加具體，並透過 API 取得任意空氣盒子的資料，更可以幫助學生認識第一線蒐集資料的原貌，藉以理解感知層感測、辨識環境的能力。

### II. Tinkercad Circuits

Tinkercad 是一個適合新手入門的線上 3D 建模繪圖網站，並於 2017 年 5 月新增了電路模擬功能 Tinkercad Circuits，裡頭收入了許多生活常見的電子元件，使用者可以透過放置元件、串接線路、修改範例程式碼進行電路模擬，使學生學習串接硬體設備時所需的電路知識，並了解如何撰寫程式控制元件、模組。

### III. Thingspeak

Thingspeak 是一個物聯網分析服務平台，可以讓使用者在雲端中收集與儲存資料，並在 MATLAB 中將資料轉換為可視化資料與進行專業分析，如圖 3-19 所示，使用者可設定資料的閾值限制採取特定行動，以建立即時的物聯網系統。

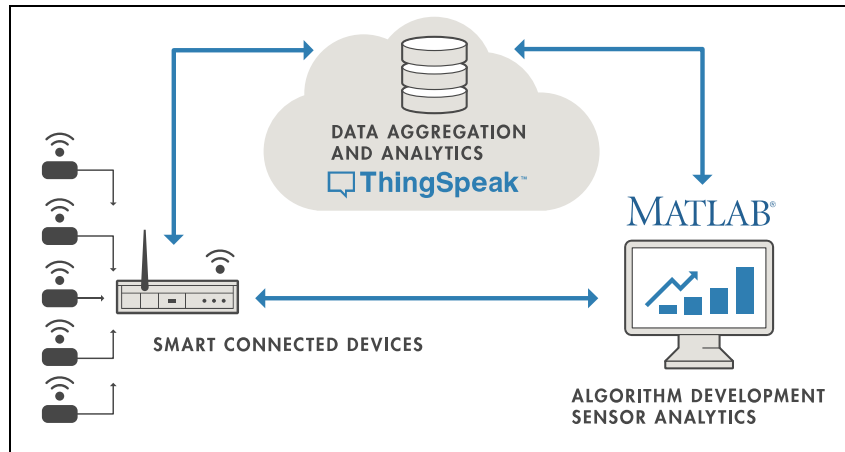


圖 3-19 Thingspeak 系統架構圖



### 3. 補充影片

課堂中除了教學投影片以外，也會讓學生觀看影片，目的在於補充學生對於物聯網、網路、PM2.5 等的先備知識，以減少學生在教學過程中對於相關內容的迷思，

圖 3-20 為補充影片圖示與連結。


 <p>影片名稱：何謂空汙 PM2.5 影片連結： <a href="https://youtu.be/dN8fhS8Y3-0">https://youtu.be/dN8fhS8Y3-0</a></p>	 <p>影片名稱：讓空汙無所遁形的小盒子 影片連結： <a href="https://youtu.be/XW5aTPKWQNs">https://youtu.be/XW5aTPKWQNs</a></p>
 <p>影片名稱：何謂空汙 PM2.5 影片連結： <a href="https://youtu.be/B4T8hzO0IYc">https://youtu.be/B4T8hzO0IYc</a></p>	 <p>影片名稱：何謂空汙 PM2.5 影片連結： <a href="https://youtu.be/TJ8IqbyuTu4">https://youtu.be/TJ8IqbyuTu4</a></p>
 <p>影片名稱：What is the Internet? 影片連結： <a href="https://youtu.be/Dxcc6ycZ73M">https://youtu.be/Dxcc6ycZ73M</a></p>	 <p>影片名稱：The Internet: HTTP &amp; HTML 影片連結： <a href="https://youtu.be/kBXQZMmiA4s">https://youtu.be/kBXQZMmiA4s</a></p>

圖 3-20 補充影片圖示與連結

## 第五節 資料蒐集與分析

### 一、 資料蒐集

本研究探討視覺化模擬輔助教學對高中生物聯網學習成就、學習態度的影響，並進一步探究高抽象推理能力的學生與低抽象推理能力的學生對兩者是否也造成影響，因此本研究將蒐集量化資料與質性資料，以量化資料為主、質性資料為輔，量化資料包含了學習成就、學習態度，採用 SPSS 進行資料統計與分析；質性資料則包含了學生所撰寫的課後學習單、成就測驗、半結構式訪談資料並加以分析，研究的資料蒐集與分析方法說明如下：

#### 1. 量化資料蒐集

本研究設計與實施視覺化輔助教學，研究以物聯網為例，探討視覺化模擬輔助教學以及不同抽象推理能力對高中生物聯網學習成就、學習態度的影響。在實驗第一週未進行任何教學行為前填寫三份測驗：物聯網成就測驗、抽象推理能力測驗、態度問卷，目的是了解學生對物聯網、基礎程式能力的先備知識、學習態度，並以抽象推理能力測驗成績分類不同抽象推理能力的學生，在所有教學活動結束後也將填寫兩份測驗：物聯網成就測驗、態度問卷，目的是了解學生在經歷所有教學活動後的學習狀況以及學習態度，並透過 SPSS 統計結果觀察學生是否發生變化。

#### 2. 質性資料蒐集

本研究所蒐集之質性資料為課後學習單、半結構式訪談，並將這些資料進行整理分類以輔助量化資料的分析與論證其結果。

學生在學習活動內容階段，有三週的時間會於課堂中填寫學習單，學習單內容為各單元之上課重點，並藉此了解學生對於各單元的學習狀況。半結構式訪談的質性資料，本研究於最後一週的課堂中對實驗組、對照組的學生分別進行一對一的訪談，依照學生前測的抽象推理能力以及後測的物聯網成就測驗成績，各抽出數位學生進行訪談。訪談內容包含現在對於物聯網的想法、學習中所遭遇的困難、對於教學中不同教材與教學策略的想法、對於視覺化模擬輔助學習平台的使用感受以及對物聯網學習之影響等相關問題，詳見表 3-9。

## 二、 資料分析方法

### 1. 對物聯網學習成就之影響

為比較實驗組與控制組學生的物聯網學習成就表現是否有所差異，分別蒐集了兩組學生的物聯網成就測驗前、後測之成績，對實驗組與控制組做單因子共變數分析，以物聯網成就測驗前測做共變項進行  $F$  值考驗，藉此探討學生在傳統講述式教學、與視覺化模擬輔助教學，兩者不同的教學策略中對學生的物聯網學習成就是否有顯著差異。

同時為比較高、低抽象推理能力學生的物聯網學習成就表現是否有所差異，透過抽象推理能力測驗前測作為分類，1-4 分為低抽象推理能力、5-9 分為高抽象推理能力，蒐集兩組學生的物聯網成就測驗前、後測之成績，對高抽象推理能力組、低抽象推理能力組做單因子共變數分析，以物聯網成就測驗前測做共變項進行  $F$  值考驗，藉此探討不同抽象推理能力對學生的物聯網學習成就是否有顯著差異。

### 2. 對學習態度之影響

為驗證視覺化模擬輔助教學與傳統講述式教學對學生物聯網學習態度之影響，實施學習態度問卷前、後測，並將題目分為電腦科學自我效能、電腦科學學習興趣、抽象主題學習感受，共三個面向做單因子共變數分析，以態度問卷前測成績做共變項進行  $F$  值考驗，藉此探討學生在傳統講述式教學、與視覺化模擬輔助教學，兩者不同的教學策略中對學生的物聯網學習態度是否有顯著差異。

同時，為驗證高、低抽象推理能力對學生物聯網學習態度之影響，實施學習態度問卷前、後測，並將題目分為電腦科學自我效能、電腦科學學習興趣、抽象主題學習感受，共三個面向做單因子共變數分析，以態度問卷前測成績做共變項進行  $F$  值考驗，藉此探討不同抽象推理能力對學生的物聯網學習態度是否有顯著差異。態度問卷「物聯網理解概況」、「課程難度感受」面向僅於後測實施，以獨立樣本  $t$  檢定，探究不同教學策略與不同抽象推理能力對學生的學習態度「物聯網理解概況」、「課程難度感受」面向之影響，態度問卷「視覺化模擬輔助物聯網教學的有效性」面向僅於後測實驗組實施，以獨立樣本  $t$  檢定，探究不同抽象推理能力對學生的學習態度「視覺化模擬輔助物聯網教學的有效性」面向之影響。

## 第四章 分析結果與討論

本研究設計與實施視覺化模擬輔助教學於高中生物聯網課程中，並評估其成效。本章節共分為兩小節，第一節為分析結果，將描述教學實驗所蒐集的量化資料與質性資料的統計分析之結果，第二節為討論，將探討是何種因素造成結果差異與學生在學習歷程中的改變。

### 第一節 實驗結果分析

本節為實驗結果分析，共分為五個部分進行討論，第一部分為探討視覺化模擬對物聯網學習成就之影響，第二部分為抽象推理能力對物聯網學習成就之影響，第三部分為教學策略與抽象推理能力對物聯網學習成就之影響，第四部分為視覺化模擬對物聯網學習態度之影響，第五部分為抽象推理能力對物聯網學習態度之影響。

#### 一、 視覺化模擬輔助教學對物聯網學習成就之影響

為探討視覺化模擬輔助物聯網教學與傳統講述式教學學生對於物聯網概念的學習是否有差異，本研究蒐集物聯網成就前測成績(控制組平均：26.86、實驗組平均：30.87)以及物聯網後測成績(控制組平均：29.94、實驗組平均：52.46)，表 4-1 為實驗組、控制組物聯網成就前測與後測成績之描述性統計。

為比較實驗組與控制組學生的物聯網學習成就表現是否有所差異，蒐集兩組學生的「物聯網前測」與「物聯網後測」分數進行單因子共變數分析，首先進行組內迴歸係數同質性檢定，以物聯網成就前測分數作為共變數，目的為排除學生物聯網概念以及基礎程式能力先備知識之差異，以物聯網成就後測分數作為依變數，迴歸係數同質性檢定結果  $p$  值為.386 ( $p > .05$ )，代表接受虛無假設，符合共變數分析之同質性假設，故可以進行共變數分析，表 4-2 為實驗組、控制組物聯網成就組內迴歸係數同質性考驗摘要表。

為分析實驗組與控制組於物聯網成就後測成績之間的差異進行單因子共變數分析，結果如表 4-3，控制組 70 人物聯網學習成就後測調整後平均數為 30.86、標準誤為 2.346，實驗組 69 人物聯網學習成就後測調整後平均數為 51.54，標準誤為 2.363，在單因子共變數分析檢定部分  $F$  值為 38.310， $p$  值為.000 ( $p < .05$ )，達顯著水準，結果表示在排除物聯網概念以及基礎程式能力先備知識的影響後，使用視覺化模擬輔助物聯網

教學和傳統講述式教學的學生在物聯網概念學習上有顯著差異，且實驗組物聯網學習成就顯著高於控制組，表示使用視覺化模擬輔助物聯網教學，相較於傳統教學，較能提升學生對於物聯網概念的學習成就。

表 4-1 實驗組、控制組物聯網成就前測與後測成績之描述性統計

組別	N	平均數		標準差	
		前測	後測	前測	後測
控制組	70	26.86	29.94	14.40	20.41
實驗組	69	30.87	52.46	19.44	21.60
總計	139	28.85	41.12	17.15	23.79

表 4-2 實驗組、控制組物聯網成就組內迴歸係數同質性考驗摘要表

來源	平方和	自由度	均方和	F	p
實驗組別	5679.485	1	5679.485	14.822	0.000
物聯網成就 前測分數	8631.615	1	8631.615	22.527	0.000
實驗組別*物聯 網成就前測分數	289.297	1	289.297	0.755	0.386
誤差	51728.334	135	383.173		
校正後的總數	78080.921	138			

表 4-3 實驗組、控制組物聯網成就後測單因子共變數分析

組別	N	平均數	標準差	調整後 平均數	標準誤	F	p
控制組	70	29.94	20.41	30.86	2.346	38.310	0.000***
實驗組	69	52.46	21.60	51.54	2.363		

\*\*\* $p < .001$

共變數為物聯網成就前測成績 = 28.849 估計

## 二、 抽象推理能力對物聯網學習成就之影響

為探討學生抽象推理能力對於物聯網概念的學習是否有差異，本研究蒐集物聯網成就前測成績(高抽象推理能力組平均：27.50、低抽象推理能力組平均：26.60)以及物聯網成就後測成績(高抽象推理能力組平均：27.80、低抽象推理能力組平均：30.80)，表 4-4 為高、低抽象推理能力組物聯網成就前測與後測成績之描述性統計。

為比較高抽象推理能力組與低抽象推理能力組學生的物聯網學習成就表現是否有所差異，蒐集兩組學生的「物聯網前測」與「物聯網後測」分數進行單因子共變數分析，首先進行組內迴歸係數同質性檢定，以物聯網成就前測分數作為共變數，目的為排除學生物聯網概念以及基礎程式能力先備知識之差異，以物聯網成就後測分數作為依變數，迴歸係數同質性檢定結果控制組  $p$  值為.286 ( $p > .05$ )、實驗組  $p$  值為.099 ( $p > .05$ )，代表均接受虛無假設，符合共變數分析之同質性假設，故可以進行共變數分析，表 4-5、4-6 為高、低抽象推理能力組物聯網成就組內迴歸係數同質性考驗摘要表。

為分析高抽象推理能力組與低抽象推理能力組於物聯網成就後測成績之間的差異進行單因子共變數分析，結果如表 4-7，在控制組中，高抽象推理能力組 20 人物聯網學習成就後測調整後平均數為 27.43、標準誤為 4.221，低抽象推理能力組 50 人物聯網學習成就後測調整後平均數為 30.95，標準誤為 2.669，在單因子共變數分析檢定部分  $F$  值為 0.496， $p$  值為.484( $p > .05$ )，在實驗組中，高抽象推理能力組 30 人物聯網學習成就後測調整後平均數為 49.71、標準誤為 3.714，低抽象推理能力組 39 人物聯網學習成就後測調整後平均數為 54.58，標準誤為 3.257，在單因子共變數分析檢定部分  $F$  值為 0.969， $p$  值為.328( $p > .05$ )，均未達顯著水準，結果表示在排除物聯網概念以及基礎程式能力先備知識的影響後，高抽象推理能力組和低抽象推理能力組在物聯網概念學習上無顯著差異，表示不同抽象推理能力的學生之物聯網概念學習成就沒有顯著的差異，亦即，抽象推理能力並不影響物聯網概念的學習。

表 4-4 高、低抽象推理能力組物聯網成就前測與後測成績之描述性統計

實驗組別	抽象組別	N	平均數		標準差	
			前測	後測	前測	後測
控制組	高抽象推理能力組	20	27.50	27.80	15.60	21.04
	低抽象推理能力組	50	26.60	30.80	14.05	20.30
實驗組	高抽象推理能力組	30	31.83	50.10	22.61	25.17
	低抽象推理能力組	39	30.13	54.28	16.88	18.53
總計		139	28.85	41.12	17.15	23.79

表 4-5 控制組高、低抽象推理能力組物聯網成就組內迴歸係數同質性考驗摘要表

來源	平方和	自由度	均方和	F	p
抽象組別	583.852	1	583.852	1.643	0.204
物聯網成就前測分數	5132.555	1	5132.555	14.444	0.000
抽象組別*物聯網成就前測分數	411.061	1	411.061	1.157	0.286
誤差	23451.906	66	355.332		
校正後的總數	28741.771	70			

表 4-6 實驗組高、低抽象推理能力組物聯網成就組內迴歸係數同質性考驗摘要表

來源	平方和	自由度	均方和	<i>F</i>	<i>p</i>
抽象組別	1527.232	1	1527.232	3.795	0.056
物聯網成就 前測分數	3392.974	1	3392.974	8.430	0.005
抽象組別*物聯 網成就前測分數	1127.040	1	1127.040	2.800	0.099
誤差	26160.806	65	402.474		
校正後的總數	31715.159	68			

表 4-7 高、低抽象推理能力物聯網成就後測單因子共變數分析

實驗 組別	抽象 組別	<i>N</i>	平均數	標準差	調整後 平均數	標準誤	<i>F</i>	<i>p</i>
控制組	高抽象 推理能力	20	27.80	21.04	27.43	4.221	0.496	0.484
	低抽象 推理能力	50	30.80	20.30	30.95	2.669		
實驗組	高抽象 推理能力	30	50.10	25.17	49.71	3.714	0.969	0.328
	低抽象 推理能力	39	54.28	18.53	54.58	3.257		

共變數為控制組物聯網成就前測成績 = 26.857 估計

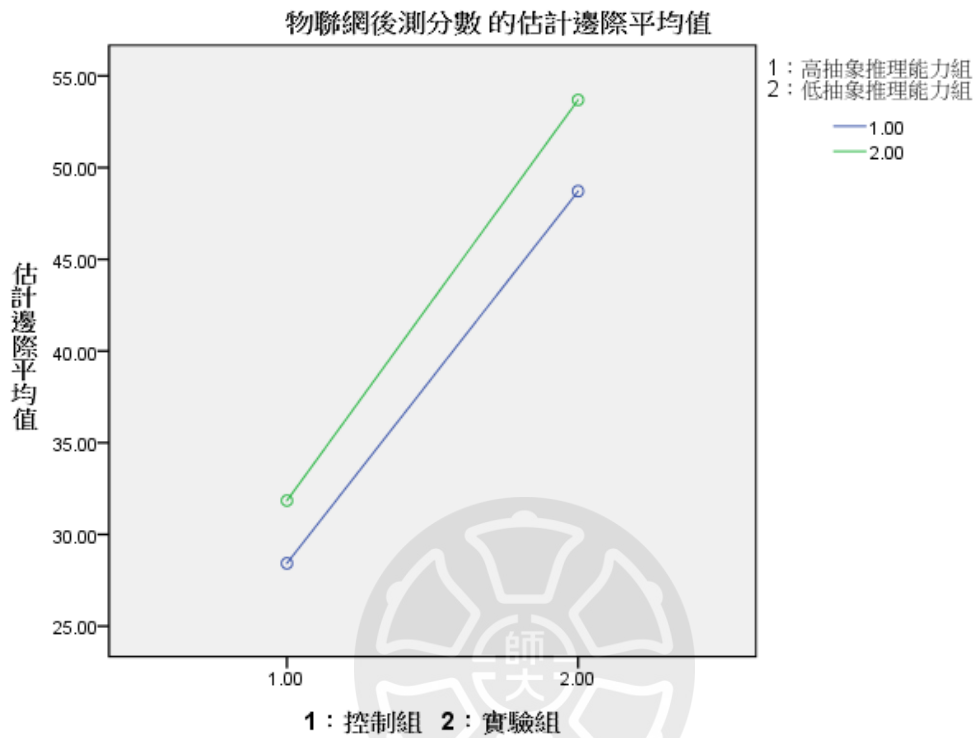
共變數為實驗組物聯網成就前測成績 = 30.870 估計

### 三、教學策略與抽象推理能力對物聯網學習成就之影響

為探討教學策略與學生的抽象推理能力對於物聯網概念的學習成就是否有交互作用，以物聯網成就前測分數作為共變數，排除學生物聯網概念以及基礎程式能力先備知識之差異，以物聯網成就後測分數作為依變數，呈現剖面圖如圖 4-1，可看出兩條線大致呈現平行，結果為教學策略與學生的抽象推理能力之間無顯著交互作用，表示不論使用哪種教學策略，皆不會使不同抽象推理能力的學生在物聯網概念的學習成就上有所差異。

同時個別進行成對比較如表 4-8，實驗組與控制組的平均值差異為 21.067、標準誤為 3.539、*p* 值為.000( $p < .05$ )，達顯著水準，結果表示在排除物聯網概念以及基礎程式能力先備知識的影響後，實驗組和控制組在物聯網概念學習上有顯著差異，且實驗組優

於控制組；表 4-9，高抽象推理能力組與低抽象推理能力組的平均值差異為 4.195、標準誤為 3.520、 $p$  值為 .235( $p > .05$ )，未達顯著水準，結果表示在排除物聯網概念以及基礎程式能力先備知識的影響後，高抽象推理能力組和低抽象推理能力組在物聯網概念學習上無顯著差異。



會在下列值上估計在模型中出現的共變數：物聯網前測分數 = 28.8489

圖 4-1 物聯網學習成效之教學策略與學生抽象推理能力交互作用圖

表 4-8 實驗組與控制組物聯網成就後測分數成對比較

(I)實驗組、 控制組	(J)實驗組、 控制組	平均數差異(I-J)	標準誤	顯著性 <sup>b</sup>	差異的 95% 信賴區間 <sup>b</sup>	
					下限	上限
實驗組	控制組	-21.067	3.539	.000***	28.067	14.068
控制組	實驗組	21.067	3.539	.000***	14.068	28.067

表 4-9 高抽象推理能力組與低抽象推理能力組物聯網成就後測分數成對比較

(I)高抽象推理能力組 、低抽象推理能力組	(J)高抽象推理能力組 、低抽象推理能力組	平均數 差異(I-J)	標準誤	顯著性 <sup>b</sup>	差異的 95% 信賴區間 <sup>b</sup>	
					下限	上限
高抽象推理能力組	低抽象推理能力組	-4.195	3.520	.235	-11.158	2.767
低抽象推理能力組	高抽象推理能力組	4.195	3.520	.235	-2.767	11.158

#### 四、 視覺化模擬輔助對物聯網學習態度之影響

將學生的學習態度後測成績作分析，以學習態度前測成績作共變數，以排除學習態度前測成績的差異性，學習態度共分為「電腦科學自我效能」、「電腦科學學習興趣」、「抽象主題學習感受」等三個面向進行分析，並將三個面向合計之成績作為「整體學習態度」進行分析。

依序將電腦科學自我效能、電腦科學學習興趣、抽象主題學習感受、整體學習態度後測成績為依變數，作迴歸係數同質性檢定， $p$  值為 0.100、0.144、0.867、0.262 ( $p > .05$ )，表示均接受虛無假設，符合共變數分析的基本假設，故可以進行共變數分析。

表 4-10 為控制組與實驗組在學習態度後測描述性統計資料與單因子共變數分析，「電腦科學自我效能」面向之  $F$  值為 11.629， $p$  值為 .001 ( $p < .05$ )，達顯著水準；「電腦科學學習興趣」面向之  $F$  值為 0.700， $p$  值為 .404 ( $p > .05$ )，未達顯著水準；「抽象主題學習感受」面向之  $F$  值為 5.774， $p$  值為 .018 ( $p < .05$ )，達顯著水準；「整體學習態度」之  $F$  值為 7.295， $p$  值為 .008 ( $p < .05$ )，達顯著水準。結果顯示相較於傳統講述式教學，實驗組的學生在學習電腦科學時擁有較高的自我效能，認為自己能做得到並達成目標；在面對抽象主題(如數學、演算法)時擁有較高的學習感受，能更好的理解問題重點與運算過程，在視覺化模擬輔助對物聯網學習成就影響之實驗結果中，也印證了實驗組的學生確實更了解 K-means 演算法的運作過程。

為了進一步探討學生對於學習態度之電腦科學學習興趣面向的轉變，因此將控制組與實驗組之電腦科學學習興趣面向前、後測成績進行成對樣本  $t$  檢定，表 4-11 為控制組與實驗組在學習態度之電腦科學學習態度面向成對樣本  $t$  檢定分析。

在成對樣本  $t$  檢定中，控制組電腦科學學習興趣後測減前測平均數為 0.29，標準差為 0.76， $t$  值為 3.143， $p$  值為 .001 ( $p < .05$ )，達顯著水準，表示控制組對於電腦科學學習興趣經過教學實驗課程後有顯著提高；實驗組電腦科學學習興趣後測減前測平均數為

0.20，標準差為 0.77， $t$  值為 2.140， $p$  值為 .018 ( $p < .05$ )，達顯著水準，表示實驗組對於電腦科學學習興趣經過教學實驗課程後有顯著提高。

表 4-10 控制組與實驗組在學習態度後測描述性統計資料與單因子共變數分析

面向	組別	$N$	平均數	標準差	調整後 平均數	標準誤	$F$	$p$
電腦科學 自我效能	控制組	70	2.71	0.94	2.86	0.09	11.629	0.001***
	實驗組	69	3.45	0.69	3.30	0.09		
電腦科學 學習興趣	控制組	70	3.00	0.99	3.24	0.09	0.700	0.404
	實驗組	69	3.59	0.86	3.35	0.09		
抽象主題 學習感受	控制組	70	2.48	0.83	2.54	0.08	5.774	0.018*
	實驗組	69	2.87	0.87	2.82	0.08		
整體 學習態度	控制組	70	2.76	0.72	2.92	0.06	7.295	0.008**
	實驗組	69	3.34	0.64	3.17	0.06		

\* $p < .05$  \*\* $p < .01$  \*\*\*  $p < .001$

表 4-11 控制組與實驗組在學習態度之電腦科學學習興趣面向成對樣本  $t$  檢定分析

面向	組別	平均數	標準差	$t$	自由度	$p$
電腦科學學習興趣(後測) -電腦科學學習興趣(前測)	控制組	0.29	0.76	3.143	69	0.001***
	實驗組	0.20	0.77	2.140	68	0.018*

\* $p < .05$  \*\*\*  $p < .001$

學習態度問卷「物聯網理解概況」、「課程難度感受」面向僅於後測實施，以獨立樣本  $t$  檢定，探究學生學習態度「物聯網理解概況」、「課程難度感受」面向之影響。

表 4-12 為控制組與實驗組學習態度之物聯網理解概況、課程難度感受面向的描述性統計與獨立樣本  $t$  檢定分析結果，控制組 70 人在學習態度之物聯網理解概況面向平均為 3.04，標準差為 1.00。實驗組 69 人在學習態度之物聯網理解概況面向平均為 3.64，標準差為 0.84。在獨立樣本  $t$  檢定中， $p$  值為 .000 ( $p < .05$ )，達顯著水準，表示實

驗組對於理解整體物聯網的感受顯著高於控制組，認為對於各單元課程內容的理解、掌握度比較高。控制組 70 人在學習態度之課程難度感受面向平均為 2.46，標準差為 1.01。實驗組 69 人在學習態度之課程難度感受面向平均為 2.92，標準差為 0.94。在獨立樣本 t 檢定中， $p$  值為 .003 ( $p < .05$ )，達顯著水準，表示實驗組對於課程難度感受顯著高於控制組，認為課程比較簡單且容易理解。

表 4-12 控制組與實驗組在學習態度之物聯網理解概況、課程難度感受面向的描述性統計與獨立樣本 t 檢定分析

面向	組別	<i>N</i>	平均數	標準差	<i>t</i>	<i>p</i>
物聯網 理解概況	控制組	70	3.04	1.00	-3.815	0.000***
	實驗組	69	3.64	0.84		
課程 難度感受	控制組	70	2.46	1.01	-2.806	0.003**
	實驗組	69	2.92	0.94		

\*\* $p < .01$  \*\*\* $p < .001$

為了解實驗組在經過視覺化模擬輔助物聯網教學後，其對於視覺化模擬輔助物聯網教學的感受，因此在實驗組的態度問卷後測中亦調查「視覺化模擬輔助物聯網教學的有效性」面向，包含十題李克特氏五點量表之題目，表 4-13 為高、低抽象推理能力學習態度之「視覺化模擬輔助物聯網教學的有效性」面向的描述性統計。

表 4-13 實驗組學習態度之視覺化模擬輔助物聯網教學的有效性面向的描述性統計

面向	組別	<i>N</i>	平均數	標準差
視覺化模擬輔助物聯網教學的有效性	實驗組	69	3.99	0.82

為了解實驗組在使用視覺化模擬輔助物聯網教學，學生在不同模擬功能中，對於輔助物聯網教學是否認為有效，因此將態度問卷後測「視覺化模擬輔助教學之有效性」中，關於各模擬功能的題目獨立計算，表 4-14 為視覺化模擬輔助學習平台各模擬功能有效性描述性統計，視覺化呈現平均為 4.23，標準差為 0.84；模組模擬平均為 4.09，標準差為 0.90；組裝模擬平均為 4.01，標準差為 0.95；MQTT 模擬平均為 3.94，標準差為 1.01；Thingspeak 架構模擬平均為 4.01，標準差為 0.99；K-means 演算法模擬平均為 4.07，標

準差為 0.99；Apriori 演算法模擬平均為 4.09，標準差為 0.98。可以看出實驗組的學生認為在視覺化模擬輔助學習平台上視覺化呈現、模組模擬、K-means 演算法、Apriori 演算法等模擬功能，相較於其他模擬功能可以更有效的幫助學生學習物聯網，關於詳細內容請見第四章第二節。

表 4-14 視覺化模擬輔助學習平台各模擬功能有效性描述性統計

模擬型態	模擬功能	組別	N	平均數	標準差
	視覺化呈現	實驗組	69	4.23	0.84
	模組模擬	實驗組	69	4.09	0.90
硬體操作模擬	組裝模擬	實驗組	69	4.01	0.95
	電路模擬	實驗組	69	3.93	1.06
架構流程模擬	MQTT 模擬	實驗組	69	3.94	1.01
	Thingspeak 架構模擬	實驗組	69	4.01	0.99
抽象概念模擬	K-means 演算法模擬	實驗組	69	4.07	0.99
	Apriori 演算法模擬	實驗組	69	4.09	0.98

## 五、 抽象推理能力對物聯網學習態度之影響

為比較控制組中高抽象推理能力與低抽象推理能力學生的物聯網學習態度表現是否有所差異，蒐集兩組學生的「電腦科學自我效能」、「電腦科學學習興趣」、「抽象主題學習感受」與「整體學習態度」分數進行單因子共變數分析，並依序將電腦科學自我效能、電腦科學學習興趣、抽象主題學習感受、整體學習態度後測成績為依變數，作迴歸係數同質性檢定， $p$  值為 0.929、0.670、0.506、0.799 ( $p > .05$ )，表示均接受虛無假設，符合共變數分析的基本假設，故可以進行共變數分析。

為比較實驗組中高抽象推理能力與低抽象推理能力學生的物聯網學習態度表現是否有所差異，蒐集兩組學生的「電腦科學自我效能」、「電腦科學學習興趣」、「抽象主題

學習感受」與「整體學習態度」分數進行單因子共變數分析，並依序將電腦科學自我效能、電腦科學學習興趣、抽象主題學習感受、整體學習態度後測成績為依變數，作迴歸係數同質性檢定， $p$  值為 0.993、0.301、0.333、0.625 ( $p > .05$ )，表示均接受虛無假設，符合共變數分析的基本假設，故可以進行共變數分析。

表 4-15 為高、低抽象推理能力組在學習態度後測描述性統計資料與單因子共變數分析。在控制組中，「電腦科學自我效能」面向之  $F$  值為 0.082， $p$  值為 .775 ( $p > .05$ )，未達顯著水準；「電腦科學學習興趣」面向之  $F$  值為 0.463， $p$  值為 .499 ( $p > .05$ )，未達顯著水準；「抽象主題學習感受」面向之  $F$  值為 0.100， $p$  值為 .753 ( $p > .05$ )，未達顯著水準；「整體學習態度」之  $F$  值為 0.010， $p$  值為 .922 ( $p > .05$ )，未達顯著水準；在實驗組中，「電腦科學自我效能」面向之  $F$  值為 0.376， $p$  值為 .542 ( $p > .05$ )，未達顯著水準；「電腦科學學習興趣」面向之  $F$  值為 0.114， $p$  值為 .737 ( $p > .05$ )，未達顯著水準；「抽象主題學習感受」面向之  $F$  值為 0.097， $p$  值為 .757 ( $p > .05$ )，未達顯著水準；「整體學習態度」之  $F$  值為 0.148， $p$  值為 .702 ( $p > .05$ )，未達顯著水準。結果顯示不同抽象推理能力的學生，在整體學習態度中包含「電腦科學自我效能」、「電腦科學學習興趣」、「抽象主題學習感受」並沒有顯著的差異，抽象推理能力並沒有顯著影響學生在學習電腦科學時擁有較高的自我效能，認為自己能做得到並達成目標；抽象推理能力也並沒有顯著影響學生在學習電腦科學時擁有較高的學習興趣；抽象推理能力也並沒有顯著影響學生在面對抽象主題(如數學、演算法)時擁有較高的學習感受，讓學生能更好的理解問題重點與運算過程，在抽象推理能力對物聯網學習成就影響之實驗結果中，也印證了高、低抽象推理能力組在物聯網學習成就中確實無顯著差異。

表 4-15 高、低抽象推理能力組在學習態度後測描述性統計資料與單因子共變數分析結果

面向	實驗組別	抽象組別	<i>N</i>	平均數	標準差	調整後平均數	標準誤	<i>F</i>	<i>p</i>
電腦科學 自我效能	控制組	高抽象 推理能力	20	2.81	0.90	2.67	0.180	0.082	0.775
		低抽象 推理能力	50	2.68	0.97	2.73	0.113		
	實驗組	高抽象 推理能力	30	3.45	0.70	3.39	0.113	0.376	0.542
		低抽象 推理能力	39	3.44	0.71	3.49	0.099		
電腦科學 學習興趣	控制組	高抽象 推理能力	20	3.14	0.87	3.10	0.169	0.463	0.499
		低抽象 推理能力	50	2.95	1.04	2.97	0.107		
	實驗組	高抽象 推理能力	30	3.63	0.86	3.63	0.129	0.114	0.737
		低抽象 推理能力	39	3.57	0.87	3.57	0.113		
抽象主題 學習感受	控制組	高抽象 推理能力	20	2.67	0.89	2.52	0.141	0.100	0.753
		低抽象 推理能力	50	2.41	0.80	2.47	0.088		
	實驗組	高抽象 推理能力	30	2.80	0.96	2.84	0.140	0.097	0.757
		低抽象 推理能力	39	2.93	0.81	2.90	0.123		
整體 學習態度	控制組	高抽象 推理能力	20	2.89	0.65	2.77	0.118	0.010	0.922
		低抽象 推理能力	50	2.70	0.74	2.75	0.075		
	實驗組	高抽象 推理能力	30	3.34	0.64	3.32	0.092	0.148	0.702
		低抽象 推理能力	39	3.35	0.65	3.36	0.081		

表 4-16 為高、低抽象推理能力學習態度之物聯網理解概況、課程難度感受面向的描述性統計與獨立樣本 t 檢定分析結果。在控制組中，高抽象推理能力 20 人在學習態度之物聯網理解概況面向平均為 3.06，標準差為 0.73。低抽象推理能力 50 人在學習態度之物聯網理解概況面向平均為 3.03，標準差為 1.10。在獨立樣本 t 檢定中， $p$  值為 0.443 ( $p > .05$ )，未達顯著水準，表示在控制組中，不同抽象推理能力的學生，對於理解整體物聯網的感受並無顯著差異；高抽象推理能力 20 人在學習態度之課程難度感受面向平均為 2.98，標準差為 0.73。低抽象推理能力 50 人在學習態度之課程難度感受面向平均為 2.25，標準差為 1.03。在獨立樣本 t 檢定中， $p$  值為 .001 ( $p < .05$ )，達顯著水準，表示在控制組中，高抽象推理能力對於課程難度感受顯著高於低抽象推理能力，認為課程比較簡單、容易理解。實驗結果顯示：在傳統教學中，低抽象推理能力的學生對於物聯網課程較高抽象推理能力的學生容易感到困難、難以理解。

在實驗組中，高抽象推理能力 30 人在學習態度之物聯網理解概況面向平均為 3.68，標準差為 0.95。低抽象推理能力 39 人在學習態度之物聯網理解概況面向平均為 3.60，標準差為 0.76。在獨立樣本 t 檢定中， $p$  值為 .353 ( $p > .05$ )，未達顯著水準，表示在實驗組中，不同抽象推理能力的學生，對於理解整體物聯網的感受並無顯著差異；高抽象推理能力 30 人在學習態度之課程難度感受面向平均為 3.02，標準差為 0.94。低抽象推理能力 39 人在學習態度之課程難度感受面向平均為 2.85，標準差為 0.94。在獨立樣本 t 檢定中， $p$  值為 .229 ( $p > .05$ )，未達顯著水準，表示在實驗組中，不同抽象推理能力的學生，對於課程難度感受並無顯著差異。實驗結果顯示：不同抽象推理能力的學生對於課程難度的感受已無區別，視覺化模擬輔助教學能弭平此差距，讓低抽象推理能力的學生在進行物聯網課程時，在面對較複雜、抽象的學習內容如 MQTT 架構、K-means 演算法等，能透過視覺化模擬輔助教學，使學生降低學習過程中的困難，更容易理解物聯網課程的學習內容。

表 4-16 高、低抽象推理能力學習態度之物聯網理解概況、課程難度感受面向的描述性統計與獨立樣本 t 檢定分析

面向	實驗組別	抽象組別	N	平均數	標準差	t	p
物聯網 理解概況	控制組	高抽象 推理能力	20	3.06	0.73	0.145	0.443
		低抽象 推理能力	50	3.03	1.10		
	實驗組	高抽象 推理能力	30	3.68	0.95	0.381	0.353
		低抽象 推理能力	39	3.60	0.76		
課程 難度感受	控制組	高抽象 推理能力	20	2.98	0.73	3.302	0.001***
		低抽象 推理能力	50	2.25	1.03		
	實驗組	高抽象 推理能力	30	3.02	0.94	0.746	0.229
		低抽象 推理能力	39	2.85	0.94		

\*\*\* $p < .001$

表 4-17 為高、低抽象推理能力學習態度之「視覺化模擬輔助物聯網教學的有效性」面向的描述性統計與獨立樣本 t 檢定分析結果，並以此探討不同抽象推理能力的學生在經過視覺化模擬輔助物聯網教學後，其對於視覺化模擬輔助物聯網教學的感受。

高抽象推理能力組 30 人在學習態度之視覺化模擬輔助物聯網教學的有效性面向平均為 3.96，標準差為 0.80。低抽象推理能力組 39 人在學習態度之視覺化模擬輔助物聯網教學的有效性面向平均為 4.01，標準差為 0.85。在獨立樣本 t 檢定中， $p$  值為 .418 ( $p > .05$ )，未達顯著水準，表示不同抽象推理能力的學生，對於視覺化模擬輔助教學的有效性感受並沒有太大的差異。

表 4-17 高、低抽象推理能力學習態度之視覺化模擬輔助物聯網教學的有效性面向的描述性統計與獨立樣本 t 檢定分析結果

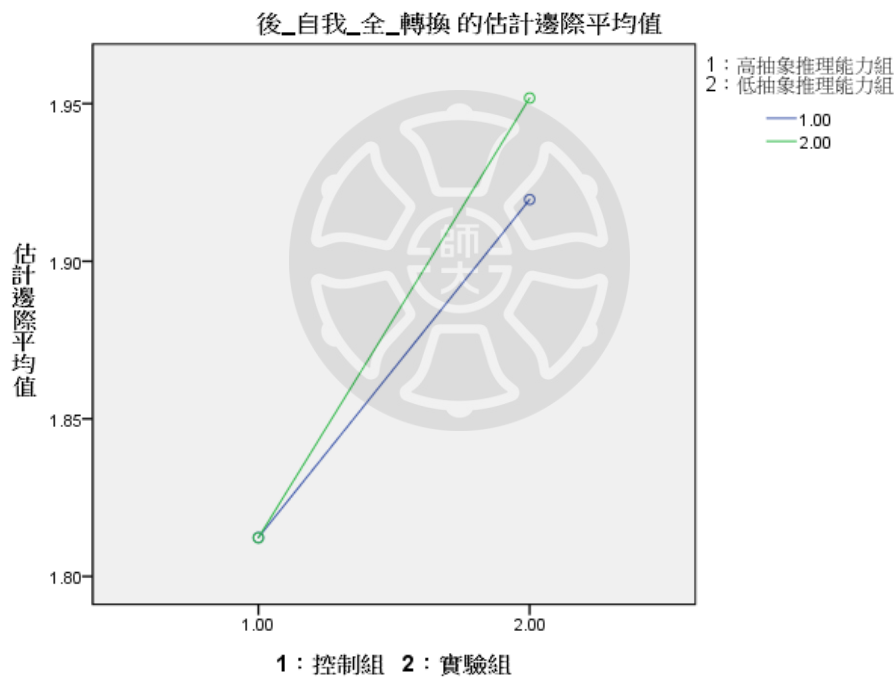
面向	實驗組別	抽象組別	N	平均數	標準差	t	p
視覺化模擬輔助物聯網教學的有效性	實驗組	高抽象推理能力組	30	3.96	0.80	-0.208	0.418
		低抽象推理能力組	39	4.01	0.85		

為探討教學策略與抽象推理能力對於物聯網概念的學習態度是否有交互作用，蒐集學生的「電腦科學自我效能」、「電腦科學學習興趣」、「抽象主題學習感受」與「整體學習態度」分數進行雙因子共變數分析，依序以「電腦科學自我效能」、「電腦科學學習興趣」、「抽象主題學習感受」與「整體學習態度」前測分數作為共變數，排除教學實驗前學習態度之差異，以後測分數作為依變數，作迴歸係數同質性檢定， $p$  值為 0.048、0.697、0.315、0.542 ( $p > .05$ )，表示除「電腦科學自我效能」外均接受虛無假設，符合共變數分析的基本假設，故可以進行共變數分析，「電腦科學自我效能」因迴歸係數同質性檢定  $p < .05$ ，故先使用平方根轉換進行資料轉換，檢定結果如表 4-18 所示，就交互作用而言在「電腦科學自我效能」面向，教學策略與抽象推理能力之間  $p$  值為 .658 ( $p > .05$ ) 未達到顯著水準，表示不論使用哪種教學策略，皆不會使不同抽象推理能力的學生在「電腦科學自我效能」上有所差異；圖 4-2 為學習態度「電腦科學自我效能」之教學策略與抽象推理能力交互作用圖，可看出使用視覺化模擬輔助教學，對於高、低抽象推理能力組皆能提升「電腦科學自我效能」之學習態度，而抽象推理能力雖未達顯著水準，但在經過視覺化模擬輔助教學過後，低抽象推理能力組成長趨勢略高於高抽象推理能力組。

表 4-18 學習態度之「電腦科學自我效能」面向雙因子共變數分析結果

來源	平方和	自由度	均方和	<i>F</i>	<i>p</i>
教學策略	0.432	1	0.432	10.522	0.001***
抽象推理能力	0.008	1	0.008	0.190	0.664
教學策略 *抽象推理能力	0.008	1	0.008	0.196	0.658
誤差	5.500	134	0.041		
校正後的總數	8.796	138			

\*\*\* $p < .001$



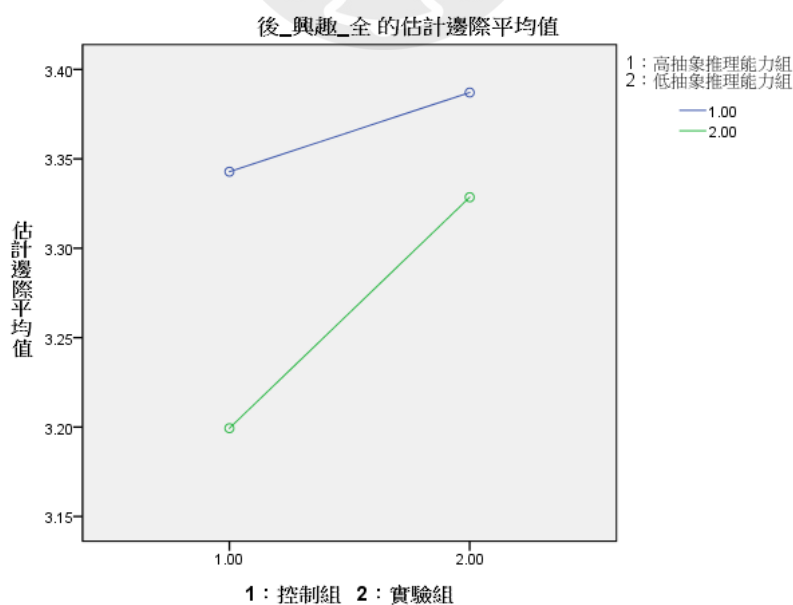
會在下列值上估計在模型中出現的共變數：前測\_自我\_全 = 2.8183

圖 4-2 學習態度「電腦科學自我效能」之教學策略與抽象推理能力交互作用圖

「電腦科學學習興趣」檢定結果如表 4-19 所示，就交互作用而言在「電腦科學學習興趣」面向，教學策略與抽象推理能力之間  $p$  值為 .748 ( $p > .05$ ) 未達到顯著水準，表示不論使用哪種教學策略，皆不會使不同抽象推理能力的學生在「電腦科學學習興趣」上有所差異；圖 4-3 為學習態度「電腦科學學習興趣」之教學策略與抽象推理能力交互作用圖，教學策略與抽象推理能力雖未達顯著水準，但可看出使用視覺化模擬輔助教學，對於高、低抽象推理能力組皆能提升「電腦科學學習興趣」之學習態度，且低抽象推理能力組成長趨勢略高於高抽象推理能力組。

表 4-19 學習態度之「電腦科學學習興趣」面向雙因子共變數分析結果

來源	平方和	自由度	均方和	$F$	$p$
教學策略	0.202	1	0.202	0.374	0.542
抽象推理能力	0.316	1	0.316	0.585	0.446
教學策略 *抽象推理能力	0.056	1	0.056	0.103	0.748
誤差	72.487	134	0.541		
校正後的總數	129.696	138			



會在下列值上估計在模型中出現的共變數：前\_興趣\_全 = 3.0540

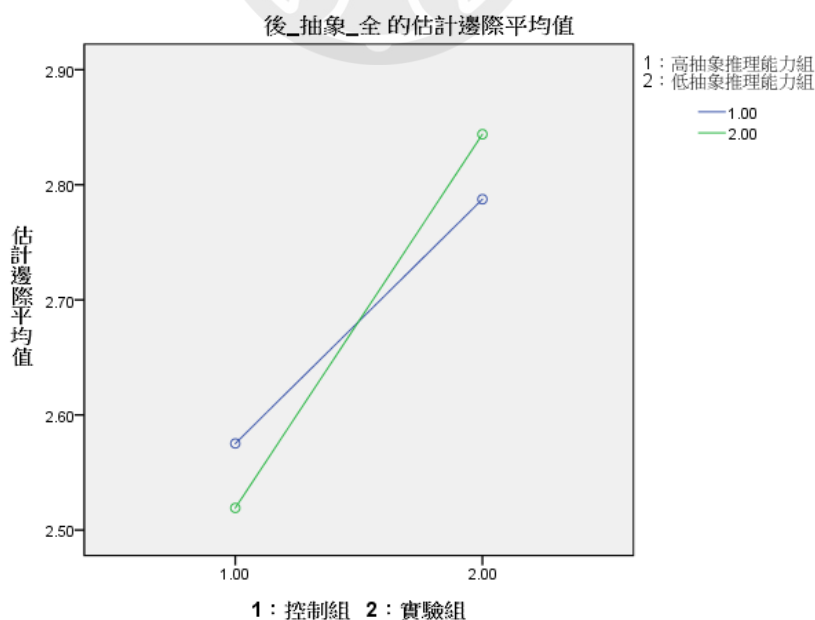
圖 4-3 學習態度「電腦科學學習興趣」之教學策略與抽象推理能力交互作用圖

「抽象主題學習感受」檢定結果如表 4-20 所示，就交互作用而言在「抽象主題學習感受」面向，教學策略與抽象推理能力之間  $p$  值為 .656 ( $p > .05$ ) 未達到顯著水準，表示不論使用哪種教學策略，皆不會使不同抽象推理能力的學生在「抽象處提學習感受」上有所差異；圖 4-4 為學習態度「抽象主題學習感受」之教學策略與抽象推理能力交互作用圖，可看出使用視覺化模擬輔助教學，對於高、低抽象推理能力組皆能提升「抽象主題學習感受」之學習態度，而抽象推理能力雖未達顯著水準，但在經過視覺化模擬輔助教學過後，低抽象推理能力組成長趨勢略高於高抽象推理能力組。

表 4-20 學習態度之「抽象主題學習感受」面向雙因子共變數分析結果

來源	平方和	自由度	均方和	$F$	$p$
教學策略	2.228	1	2.228	4.604	0.034*
抽象推理能力	0.000	1	0.000	0.000	0.999
教學策略 *抽象推理能力	0.096	1	0.096	0.199	0.656
誤差	64.848	134	0.484		
校正後的總數	104.654	138			

\* $p < .05$



會在下列值上估計在模型中出現的共變數：前\_抽象\_全 = 2.8993

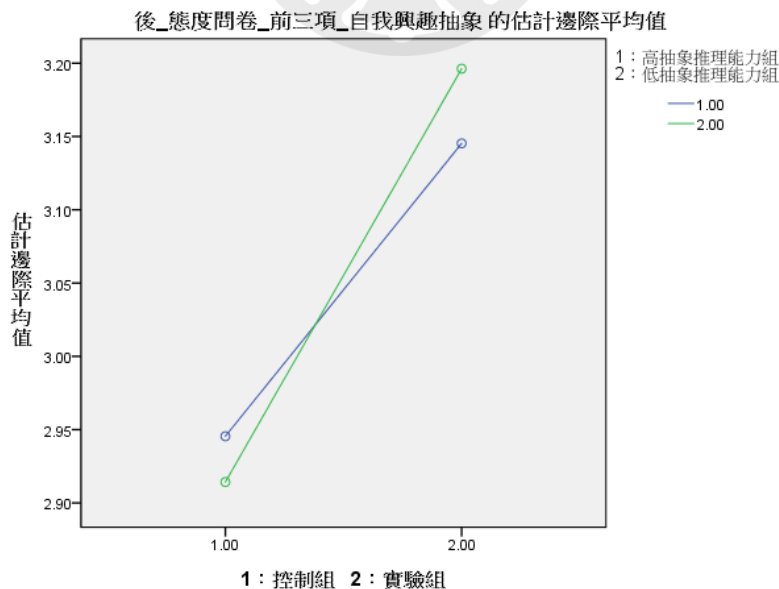
圖 4-4 學習態度「抽象主題學習感受」之教學策略與抽象推理能力交互作用圖

「整體學習態度」檢定結果如表 4-21 所示，就交互作用而言在「整體學習態度」面向，教學策略與抽象推理能力之間  $p$  值為 .658 ( $p > .05$ ) 未達到顯著水準，表示不論使用哪種教學策略，皆不會使不同抽象推理能力的學生在「整體學習態度」上有所差異；圖 4-5 為學習態度「整體學習態度」之教學策略與抽象推理能力交互作用圖，可看出使用視覺化模擬輔助教學，對於高、低抽象推理能力組皆能提升「整體學習態度」之學習態度，而抽象推理能力雖未達顯著水準，但在經過視覺化模擬輔助教學過後，低抽象推理能力組成長趨勢略高於高抽象推理能力組。

表 4-21 學習態度之「整體學習態度」面向雙因子共變數分析結果

來源	平方和	自由度	均方和	$F$	$P$
教學策略	1.628	1	1.628	6.140	0.014*
抽象推理能力	0.003	1	0.003	0.011	0.916
教學策略 *抽象推理能力	0.052	1	0.052	0.197	0.658
誤差	35.538	134	0.265		
校正後的總數	75.592	138			

\* $p < .05$



會在下列值上估計在模型中出現的共變數：前\_態度問卷\_全 = 2.9261

圖 4-5 學習態度「整體學習態度」之教學策略與抽象推理能力交互作用圖

為探討教學策略與抽象推理能力對於物聯網概念的學習態度是否有交互作用，蒐集學生的「物聯網理解概況」與「課程難度感受」分數進行雙因子變異數分析，依序以「物聯網理解概況」與「課程難度感受」以後測分數作為依變數，作變異數同質性檢定， $p$  值為 0.094、0.047 ( $p > .05$ )，表示「物聯網理解概況」接受虛無假設，符合變異數分析的基本假設，故可以進行變異數分析，「課程難度感受」因變異數同質性檢定  $p < .05$ ，故先使用平方根轉換進行資料轉換，「物聯網理解概況」檢定結果如表 4-22 所示，就交互作用而言在「物聯網理解概況」面向，教學策略與抽象推理能力之間  $p$  值為 .885 ( $p > .05$ ) 未達到顯著水準，表示不論使用哪種教學策略，皆不會使不同抽象推理能力的學生在「物聯網理解概況」上有所差異；圖 4-6 為學習態度「物聯網理解概況」之教學策略與抽象推理能力交互作用圖，可看出使用視覺化模擬輔助教學，對於高、低抽象推理能力組皆能提升「物聯網理解概況」之學習態度。

表 4-22 學習態度之「物聯網理解概況」面向雙因子變異數分析結果

來源	平方和	自由度	均方和	$F$	$P$
教學策略	11.042	1	11.042	12.739	0.000***
抽象推理能力	0.099	1	0.099	0.115	0.735
教學策略 *抽象推理能力	0.018	1	0.018	0.021	0.885
誤差	117.021	135	0.867		
校正後的總數	129.589	138			

\*\*\* $p < .001$

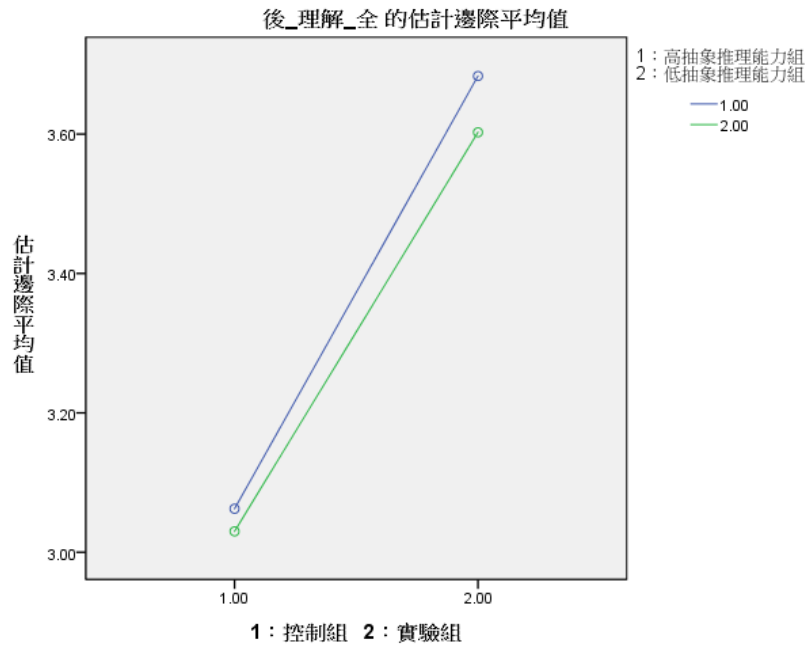


圖 4-6 學習態度「物聯網理解概況」之教學策略與抽象推理能力交互作用圖



「課程難度感受」檢定結果如表 4-23 所示，就交互作用而言在「課程難度感受」面向，教學策略與抽象推理能力之間  $p$  值為 .078 ( $p > .05$ ) 未達到顯著水準，表示不論使用哪種教學策略，皆不會使不同抽象推理能力的學生在「課程難度感受」上有所差異；圖 4-7 為學習態度「課程難度感受」之教學策略與抽象推理能力交互作用圖，可看出對於高、低抽象推理能力組「課程難度感受」之學習態度有顯著差異，低抽象推理能力對於物聯網課程會覺得較為困難，而在經過視覺化模擬輔助教學過後，低抽象推理能力組相對於高抽象推理能力組能較大幅度降低對課程難度的感受。

表 4-23 學習態度之「課程難度感受」面向雙因子變異數分析結果

來源	平方和	自由度	均方和	$F$	$P$
教學策略	0.269	1	0.269	3.499	0.064
抽象推理能力	0.572	1	0.572	7.437	0.007**
教學策略 *抽象推理能力	0.242	1	0.242	3.146	0.078
誤差	10.383	135	0.867		
校正後的總數	11.801	138			

\*\* $p < .01$

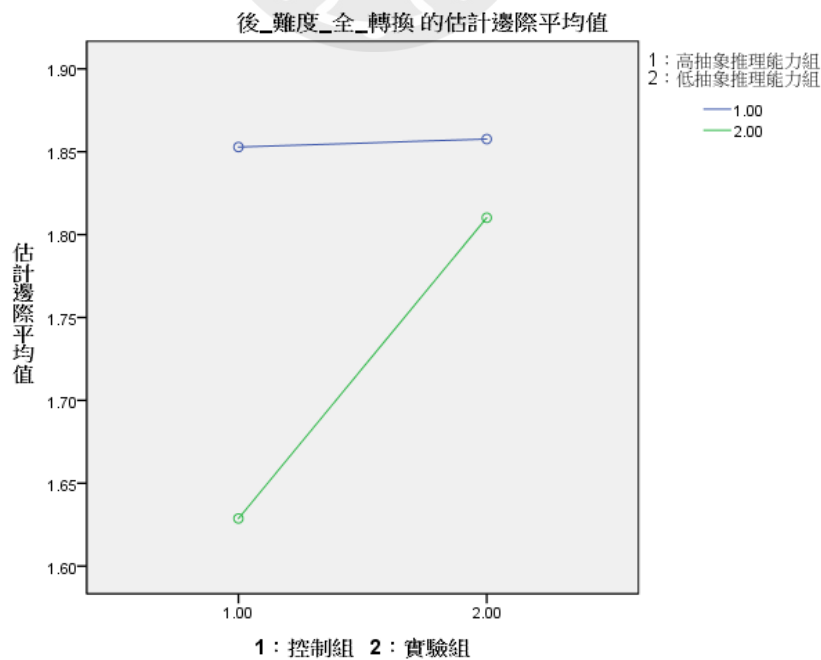


圖 4-7 學習態度「課程難度感受」之教學策略與抽象推理能力交互作用圖

## 六、 性別對物聯網學習成就之影響

為探討學生不同性別對於物聯網概念的學習是否有差異，本研究蒐集物聯網成就前測成績以及物聯網成就後測成績，表 4-24 為不同性別物聯網學習成就前測與後測成績之描述性統計。

為比較不同性別學生的物聯網學習成就表現是否有所差異，蒐集兩組學生的「物聯網前測」與「物聯網後測」分數進行單因子共變數分析，首先進行組內迴歸係數同質性檢定，以物聯網成就前測分數作為共變數，目的為排除學生物聯網概念以及基礎程式能力先備知識之差異，以物聯網成就後測分數作為依變數，迴歸係數同質性檢定結果控制組  $p$  值為.336 ( $p > .05$ )、實驗組  $p$  值為.958 ( $p > .05$ )，代表均接受虛無假設，符合共變數分析之同質性假設，故可以進行共變數分析，表 4-25、4-26 為控制組與實驗組不同性別物聯網學習成就組內迴歸係數同質性考驗摘要表。

為分析不同性別於物聯網學習成就後測成績之間的差異進行單因子共變數分析，結果如表 4-27，在控制組中，女生組 39 人物聯網學習成就後測調整後平均數為 29.71、標準誤為 3.038，男生組 31 人物聯網學習成就後測調整後平均數為 30.24，標準誤為 3.409，在單因子共變數分析檢定部分  $F$  值為 0.014， $p$  值為.907 ( $p > .05$ )，在實驗組中，女生組 24 人物聯網學習成就後測調整後平均數為 52.65、標準誤為 4.193，男生組 45 人物聯網學習成就後測調整後平均數為 52.36，標準誤為 3.058，在單因子共變數分析檢定部分  $F$  值為 0.003， $p$  值為.956 ( $p > .05$ )，均未達顯著水準，結果表示在排除物聯網概念以及基礎程式能力先備知識的影響後，女生組和男生組在物聯網概念學習上無顯著差異，表示性別因素對於物聯網概念的學習成就未有顯著的影響。

表 4-24 不同性別物聯網學習成就前測與後測成績之描述性統計

實驗組別	性別	N	平均數		標準差	
			前測	後測	前測	後測
控制組	女	39	27.95	30.33	14.27	20.56
	男	31	25.48	29.45	14.68	20.54
實驗組	女	24	33.33	53.63	20.73	20.17
	男	45	29.56	51.84	18.82	22.52
總計		139	28.85	41.12	17.16	23.79

表 4-25 控制組不同性別物聯網學習成就組內迴歸係數同質性考驗摘要表

來源	平方和	自由度	均方和	F	p
性別	296.357	1	296.357	0.825	0.367
物聯網學習成就 前測分數	4435.103	1	4435.103	12.352	0.001
性別*物聯網學習 成就前測分數	337.108	1	337.108	0.939	0.336
誤差	23697.688	66	359.056		
校正後的總數	28741.771	69			

表 4-26 實驗組不同性別物聯網學習成就組內迴歸係數同質性考驗摘要表

來源	平方和	自由度	均方和	<i>F</i>	<i>p</i>
性別	0.106	1	0.106	0.000	0.987
物聯網學習成就 前測分數	3808.409	1	3808.409	8.941	0.004
性別*物聯網學習 成就前測分數	1.176	1	1.176	0.003	0.958
誤差	27686.167	65	425.941		
校正後的總數	31715.159	68			

表 4-27 不同性別物聯網學習成就後測單因子共變數分析

實驗 組別	性別	<i>N</i>	平均數	標準差	調整後 平均數	標準誤	<i>F</i>	<i>p</i>
控制組	女	39	30.33	20.56	29.71	3.038	0.014	0.907
	男	31	29.45	20.55	30.24	3.409		
實驗組	女	24	52.63	20.17	52.65	4.193	0.003	0.956
	男	45	51.84	22.51	52.36	3.058		

共變數為控制組物聯網成就前測成績 = 26.857 估計

共變數為實驗組物聯網成就前測成績 = 30.870 估計

為比較控制組中不同性別學生的物聯網學習態度表現是否有所差異，蒐集兩組學生的「電腦科學自我效能」、「電腦科學學習興趣」與「抽象主題學習感受」之問卷調查結果進行單因子共變數分析，並依序將電腦科學自我效能、電腦科學學習興趣、抽象主題學習感受、整體學習態度（前三者的平均）後測成績為依變數，作迴歸係數同質性檢定， $p$  值為 0.862、0.120、0.914、0.938 ( $p > .05$ )，表示均接受虛無假設，符合共變數分析的基本假設，故可以進行共變數分析。

為比較實驗組中不同性別學生的物聯網學習態度表現是否有所差異，蒐集兩組學生的「電腦科學自我效能」、「電腦科學學習興趣」與「抽象主題學習感受」問卷調查結果進行單因子共變數分析，並依序將電腦科學自我效能、電腦科學學習興趣、抽象主題學習感受、整體學習態度（前三者的平均）後測成績為依變數，作迴歸係數同質性檢定， $p$  值為 0.581、0.909、0.067、0.690 ( $p > .05$ )，表示均接受虛無假設，符合共變數分析的基本假設，故可以進行共變數分析。

表 4-28 為不同性別在學習態度後測描述性統計資料與單因子共變數分析。在控制組中，「電腦科學自我效能」面向之  $F$  值為 2.518， $p$  值為 .117 ( $p > .05$ )，未達顯著水準；「電腦科學學習興趣」面向之  $F$  值為 5.432， $p$  值為 .023 ( $p < .05$ )，達顯著水準；「抽象主題學習感受」面向之  $F$  值為 4.946， $p$  值為 .030 ( $p < .05$ )，達顯著水準；「整體學習態度」之  $F$  值為 1.530， $p$  值為 .220 ( $p > .05$ )，未達顯著水準；在實驗組中，「電腦科學自我效能」面向之  $F$  值為 7.021， $p$  值為 .010 ( $p < .05$ )，達顯著水準；「電腦科學學習興趣」面向之  $F$  值為 8.558， $p$  值為 .005 ( $p < .05$ )，達顯著水準；「抽象主題學習感受」面向之  $F$  值為 0.933， $p$  值為 .338 ( $p > .05$ )，未達顯著水準；「整體學習態度」之  $F$  值為 4.168， $p$  值為 .045 ( $p < .05$ )，達顯著水準。

結果顯示不論是在實驗組或控制組中，男生對於「電腦科學學習興趣」均顯著高於女生，表示無論使用哪種教學方法，男生對於該物聯網課程的「電腦科學學習興趣」均大於女生，而在「電腦科學自我效能」、「整體學習態度」面向中，實驗組的男生顯著高於女生，而控制組在不同性別上則無顯著差異，表示不同性別的學生在視覺化模擬輔助教學物聯網中，對於男生提升「電腦科學自我效能」與「整體學習態度」等面向的幅度較大，而在「抽象主題學習感受」面向中，控制組的女生顯著高於男生，而實驗組在不同性別上則無顯著差異，表示在傳統教學中，女生相較於男生，對於抽象主題的學習有

較負面的感受，然而透過視覺化模擬輔助教學物聯網，則可幫助女生減低對抽象主題學習的負面感受，因而減低兩種性別的「抽象主題學習感受」差異。

表 4-28 為不同性別在學習態度後測描述性統計資料與單因子共變數分析

面向	實驗組別	性別	N	平均數	標準差	調整後平均數	標準誤	F	P
電腦科學自我效能	控制組	女	39	2.51	0.87	2.58	0.126	2.518	0.117
		男	31	2.97	0.99	2.88	0.142		
	實驗組	女	24	3.14	0.68	3.19	0.121	7.021	0.010**
		男	45	3.61	0.65	3.58	0.088		
電腦科學學習興趣	控制組	女	39	2.75	0.88	2.82	0.117	5.432	0.023*
		男	31	3.32	1.05	3.23	0.132		
	實驗組	女	24	3.06	0.78	3.25	0.142	8.558	0.005**
		男	45	3.88	0.76	3.78	0.102		
抽象主題學習感受	控制組	女	39	2.55	0.71	2.63	0.097	4.946	0.030*
		男	31	2.40	0.96	2.30	0.109		
	實驗組	女	24	2.96	0.81	3.00	0.156	0.933	0.338
		男	45	2.83	0.91	2.81	0.114		
整體學習態度	控制組	女	39	2.61	0.69	2.69	0.084	1.530	0.220
		男	31	2.94	0.71	2.84	0.094		
	實驗組	女	24	3.06	0.62	3.18	0.102	4.168	0.045*
		男	45	3.49	0.61	3.43	0.074		

\* $p < .05$  \*\* $p < .01$

學習態度問卷「物聯網理解概況」、「課程難度感受」面向僅於後測實施，以獨立樣本 t 檢定，探究不同性別學生對學習態度「物聯網理解概況」、「課程難度感受」面向之影響。

表 4-29 為不同性別學習態度之物聯網理解概況、課程難度感受面向的描述性統計與獨立樣本 t 檢定分析結果，在控制組中，女生組 39 人在學習態度之物聯網理解概況面向平均為 2.85，標準差為 0.95，男生組 31 人在學習態度之物聯網理解概況面向平均為 3.27，標準差為 1.02。在獨立樣本 t 檢定中， $p$  值為 .041 ( $p < .05$ )，達顯著水準，表示男生組對於理解整體物聯網的感受顯著高於女生組，認為對於各單元課程內容的理解、掌握度比較高；在實驗組中，女生組 24 人在學習態度之物聯網理解概況面向平均為 3.32，標準差為 0.87，男生組 45 人在學習態度之物聯網理解概況面向平均為 3.81，標準差為 0.79。在獨立樣本 t 檢定中， $p$  值為 .014 ( $p < .05$ )，達顯著水準，表示男生組對於理解整體物聯網的感受顯著高於女生組，認為對於各單元課程內容的理解、掌握度比較高。

此外在控制組中，女生組 39 人在學習態度之課程難度感受面向平均為 2.29，標準差為 0.98，男生組 31 人在學習態度之課程難度感受面向平均為 2.66，標準差為 1.02。在獨立樣本 t 檢定中， $p$  值為 .066 ( $p > .05$ )，未達顯著水準，表示在控制組中不同性別對於課程難度感受並無顯著差異；在實驗組中，女生組 24 人在學習態度之課程難度感受面向平均為 2.98，標準差為 0.77，男生組 45 人在學習態度之課程難度感受面向平均為 2.89，標準差為 1.02。在獨立樣本 t 檢定中， $p$  值為 .341 ( $p > .05$ )，未達顯著水準，表示在實驗組中不同性別對於課程難度感受也無顯著差異。

表 4-29 不同性別學習態度之物聯網理解概況、課程難度感受面向的描述性統計與獨立樣本 t 檢定分析

面向	實驗組別	性別	N	平均數	標準差	t	p
物聯網 理解概況	控制組	女	39	2.85	0.95	-1.765	0.041*
		男	31	3.27	1.02		
	實驗組	女	24	3.32	0.87	-2.267	0.014*
		男	45	3.81	0.79		
課程 難度感受	控制組	女	39	2.29	0.98	-1.520	0.066
		男	31	2.66	1.02		
	實驗組	女	24	2.98	0.77	0.412	0.341
		男	45	2.89	1.02		

\* $p < .05$

表 4-30 為不同性別學習態度之「視覺化模擬輔助物聯網教學的有效性」面向的描述性統計與獨立樣本 t 檢定分析，並以此探討不同性別的學生在經過視覺化模擬輔助物聯網教學後，其對於視覺化模擬輔助物聯網教學的感受。

女生組 24 人在學習態度之視覺化模擬輔助物聯網教學的有效性面向平均為 3.66，標準差為 0.85。男生組 45 人在學習態度之視覺化模擬輔助物聯網教學的有效性面向平均為 4.16，標準差為 0.77。在獨立樣本 t 檢定分析結果中， $p$  值為 .011 ( $p < .05$ )，達到顯著水準，表示男生對於視覺化模擬輔助教學的有效性感較佳，認為視覺化模擬輔助教學比較有效。

表 4-30 不同性別學習態度之視覺化模擬輔助物聯網教學的有效性面向的描述性統計與獨立樣本 t 檢定分析

面向	實驗組別	性別	N	平均數	標準差	t	p
視覺化模擬輔助 物聯網教學的有 效性	實驗組	女生	24	3.66	0.85	-2.403	0.011*
		男生	45	4.16	0.77		

## 第二節 討論

本節將分為四個部分進行討論，分別針對視覺化模擬輔助教學對物聯網學習成就之影響、視覺化模擬輔助教學對物聯網學習態度之影響、不同抽象推理能力的學生對物聯網學習態度之影響、綜合討論進行探討。

### 一、 視覺化模擬輔助教學對物聯網學習成就之影響

實驗組學生在整體物聯網的學習成就表現較控制組為佳(表 4-3)，驗證了視覺化模擬輔助教學之教學策略對於學生提升物聯網學習成就有正向的影響，進一步根據學生成就測驗的作答內容、訪談內容，討論可能來自視覺化模擬輔助學習平台對學生學習的影響如下。

首先從學生成就測驗的作答內容來分析，圖 4-8 至 4-12 為實驗組與控制組學生在物聯網成就後測的作答示例，依照各單元分為物聯網架構概念、MQTT 架構流程、資料前處理與資料表示、K-means 演算法概念、Apriori 演算法概念共五個單元，每個單元各列出三組示例。

圖 4-8 為物聯網架構概念的作答示例，我們可以發現多數實驗組學生對於物聯網架構的了解較為完整，能較精確的說明三層架構所扮演的角色以及三者之間關聯，如：感知層感測環境所得的資料透過網路層上傳至應用層，進行大數據分析，可能是因為在視覺化模擬輔助學習平台中，「視覺化呈現」、「依照指示點擊觀察變化」等操作能讓學生更理解各物件間背後的關聯，與互動關係。

此外，相較於控制組，實驗組的學生在「可應用的設計」中，能更加具體的撰寫出物聯網的三層架構是如何運用於實際狀況並且解決生活上的問題，能在不同情境下，將課堂所學的範例類推至其他生活情境，可能是因為在視覺化模擬輔助學習平台中，「感知層」、「模組模擬」、「組裝模擬」等融入了模擬情境的設計，讓學生在操作模擬的過程中，透過加入空氣盒子、智慧手錶、智慧路燈等貼近日常生活的應用，引發學生思考模組功能與情境的關聯，使學生可以理解模組是如何被運用於生活中，以及其可能帶來的影響，進而提高了學生類推至其他生活情境的能力。

實驗組				控制組			
三層架構	感知層	網路層	應用層	三層架構	感知層	應用層	創造層
意義	感測接收所需的資料	傳送、運送資料	分析資料、運用使物達到要呈現的功能	意義	測量數據	應用在程式上	創造物聯網
可應用的設計	使用感知層偵測家中的用電情形	將資料傳送	分析、顯示電費提高的原因	可應用的設計			
三層架構	感知層	網路層	應用層	三層架構	感知層	網路層	
意義	用感應裝置感測環境	用藍芽、wifi 將資料上傳主網路平台	將處理好的資料應用在生活中	意義	偵測		
可應用的設計	裝設能監控家中用電量的裝置	將裝置連上網路使其資料上傳主網路平台分析	分析處理好的數據供使用者檢視，發現用電情形以控制家中用電量	可應用的設計	電流感測器		
三層架構	感知層	網路層	應用層	三層架構	感知層	網路層	應用層
意義	用感測器測量環境數據	將測量結果上傳網路	大數據分析統整數據	意義	用來感知的	用來連上網路的	用來使用的
可應用的設計	溫度到了設定的溫度，冷氣就關掉或上調溫度	將溫度的數據上傳網路紀錄	分析數據找出最佳的用電模式	可應用的設計			

圖 4-8 物聯網架構概念的作答示例

圖 4-9 為 MQTT 架構流程的作答示例，我們可以發現實驗組與控制組兩者答題狀況皆不理想，可能是因為在教學課程中佔比較少，且多以英文方式呈現，如：Publish、Subscribe 等，以至於兩組學生均鮮少完成正確答案。而在控制組中部分學生對於 MQTT 架構的流程順序會搞混，而實驗組卻鮮少有這種情形，可能是因為實驗組在視覺化模擬輔助學習平台中，除了讓學生透過上、下鍵逐步觀察流程以外，也透過輸入參數、點擊指定按鈕等模擬操作觀察 MQTT 的運作流程，讓學生能較精確的理解 MQTT 架構流程。

題目：2.請寫出 MQTT 運作中主要的三種角色，並以圖示說明 MQTT 的運作流程。		
實驗組		控制組
收集資料	分析呈現	空氣盒子 → Thingspeak → 使用者
空氣盒子 → Thingspeak	→ 使用者	
傳送	傳送	發表成果 提供資訊
空氣盒子 → Thingspeak	→ 使用者	Thingspeak ← 使用者 ← 空氣盒子
(將空氣中各種 資料進行收集)	(將資料分析) (讀取資料)	
發佈者	代理者	訂閱者
空氣盒子 → Thingspeak	→ 使用者	Thingspeak → 空氣盒子 → 使用者
(發送資料)	(以資料做圖) (訂閱圖表做觀看)	(設定主題並 收集資料) (轉運站) (接收資料 並且能閱讀)

圖 4-9 MQTT 架構流程的作答示例

圖 4-10 為資料前處理與資料表示的作答示例，我們可以發現實驗組的學生能較完整的列舉資料前處理的方法，可能是因為實驗組的學生在視覺化模擬輔助學習平台中，使用「Json 格式目的」的模擬操作，理解了進行資料分析時，資料格式統一的重要性，此外，實驗組與控制組兩者大部分的學生均可寫出刪除異常值，而實驗組的學生能更進一步表明刪除異常值對於分析結果的影響性，可能是因為在視覺化模擬輔助學習平台中，強調了刪除異常值對於整體數值的意義。

題目：3.列舉三項進行關聯分析前可能會進行的資料前處理，並說明其意義。	
實驗組	控制組
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 刪除異常值(才不會影響正確度)</li> <li>2. 選擇分析資料(只取自己要列入參考的項目)</li> <li>3. 修改錯誤格式(讓結果正確)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 刪除極端值 (讓平均值較正確)</li> </ol>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 刪除極值(將極端的數值刪除，避免影響數據的統計)</li> <li>2. 選擇分析的資料(將自己認為相關的資料進行分析)</li> <li>3. 修改格式(有些資料格式 json 無法辨識，因此需要修正)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 刪除異常值</li> <li>2. 檢查程式問題 (有無符合規定)</li> </ol>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 去除異常值(避免不必要的誤差導致結果錯誤)</li> <li>2. 檢查格式錯誤(計算時若格式錯誤，則會無法進行分析)</li> <li>3. 設門檻值(設定發生事件所需的情況進行分析)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 排除有問題的數據</li> <li>2. 訂分類標準</li> </ol>

圖 4-10 資料前處理與資料表示的作答示例

圖 4-11 為 K-means 演算法概念的作答示例，我們可以發現多數實驗組學生能較完整、詳細的說明 K-means 演算法的步驟，而控制組的學生僅能陳述部分 K-means 演算法之流程，且可能因缺少實際操作更改 K 值的機會，而有「K 值僅能等於三」之迷思，然

而，在視覺化模擬輔助學習平台中，因為實驗組的學生需要透過模擬的操作，如自訂參數選擇 K 值、輸入初始分群的中心點、逐步點擊下一輪按鈕觀看變化的過程等，體會每一個步驟的影響與用意，因此能較細節地理解 K-means 演算法的運作步驟，學生可以自己操弄不同的參數，觀看不同的運作結果，了解自己所設定的 K 值、分群的中心點是如何影響演算法的最終結果，甚至嘗試輸入極端值觀察演算法的有效性，面對特定樣本能否發揮原有的功能，進一步認識 K-means 演算法的使用限制。

題目：4.請用文字說明 k-means 演算法的運作步驟。	
實驗組	控制組
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 設 k 值</li> <li>2. 設定 k 個中心點</li> <li>3. 計算出各點和各中心點之距離，並按此分類。</li> <li>4. 算出每群的中心點</li> <li>5. 重複 3,4 步驟</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 先設三個點</li> <li>2. 將他們分類</li> <li>3. 得到三類人</li> </ol>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 設定分群數量：k</li> <li>2. 在範圍空間內隨機設定 k 個群心</li> <li>3. 計算每筆資料點至 k 個群心的距離</li> <li>4. 將資料點分給距離最近的群心</li> <li>5. 每一群在用分配的資料點算平均更新群心</li> <li>6. 重複步驟 3~5，直到群心變動不大為止</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 找出三個中心點，依距離分布分成 3 類</li> </ol>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 先設 k 數要分幾類，並設起始點</li> <li>2. 測量各點與起始點的距離</li> <li>3. 找最近的分到那類</li> <li>4. 在各類中重複以上步驟</li> <li>5. 多做幾次直到 K 心不再改變</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 取一中心值</li> <li>2. 由中心值計算到各點距離</li> <li>3. 重複步驟</li> <li>4. 分群</li> </ol>

圖 4-11 K-means 演算法概念的作答示例

圖 4-12 為 Apriori 演算法概念的作答示例，我們可以發現多數實驗組學生能較精確的說明信賴度的意義，而許多控制組的學生在陳述計算結果的意義時，容易因為對支持度、信賴度的概念模糊，而無法清楚陳述其意義(例如：總機率為 66.6%)、邏輯錯誤(例如：買酒有 50%會買香蕉)，或是僅能陳述數值，而非理解數值背後的意義，可能因缺少實際更改參數的機會，導致無法體會各個變項的意義與理解數值之間的關聯。在視覺化模擬輔助教學中，實驗組的學生需要自訂參數，選擇購買的品項組合，觀察不同組合對支持度與信賴度的影響，並進行反思，因而更了解變項之間的關聯性(例如：購買物品組合的機率與信賴度的關聯性)，而更加理解 Apriori 演算法的概念。






題目：5-2.請用文字說明其計算結果的意義。			
關聯	計算過程	機率計算過程	信賴度
 → 	  / 	50% / 75%	66.6%
實驗組		控制組	
買酒的同時有多少機率會買香蕉		啤酒&香蕉的組合 4 次出現兩次，啤酒在 4 次中出現 3 次。	
買酒的機率為 75%，同時買酒跟香蕉的機率為 50%，買酒就會買香蕉的機率為 66.6%		買酒的機率為 75%，同時也買香蕉的機率是 50%，總機率為 66.6%	
在消費者買酒的時候，同時買了香蕉的機率為 66.6%		買酒有 50%會買香蕉，有 75%會單買酒，所以買酒會買香蕉的可信度為 66.6%	

圖 4-12 Apriori 演算法概念的作答示例

綜上所述，在物聯網後測中，雖然針對硬體操作模擬之成效的題目佔比較少，但仍可發現實驗組的學生在經過本研究視覺化模擬輔助學習後，透過硬體操作模擬能幫助學生記憶模組的功能與應用，對於感知層的意義均有較完整的理解與陳述，並且因為硬體操作模擬融入了模擬情境的設計，使學生相比於控制組，擁有更多能在不同情境下，將課堂所學的概念類推應用至其他生活情境。在透過架構流程模擬輔助後，能幫助學生逐步觀察流程，並藉由輸入參數、點擊指定按鈕等模擬操作觀察 MQTT 的運作流程，讓學生能較細節地理解與掌握較複雜、抽象的架構流程。此外，透過抽象概念模擬能幫助學生了解演算法的邏輯、執行順序以及變項之間的關聯性，學生需要按照演算法的步驟設

定參數，觀察數值或是模擬的變化，使學生相比於控制組，能更細節地記憶演算法的運算步驟，並對於演算法計算結果的意義有較完整的理解與陳述。

從學生的訪談(表 4-31)可發現：控制組的學生認為教學過程缺乏獨立實作的機會，許多學生表示課堂上僅有老師講述知識內容，容易注意力渙散且缺乏學習動力，同時在實作時也需要讓學生有獨立操作的空間，若只是重複老師示範的動作自己再操作一遍，容易在失去老師的輔助後便無法獨立完成；許多學生也表示，傳統講述式的課程形式，容易在還沒完全理解完概念時，老師便切換至下一張投影片，因此無法有效的理解每一個概念，以及在課堂中對於學生自己想要更多深入了解的內容，學生會遭遇無法獨自探究學習知識的問題。而本研究之視覺化模擬輔助學習平台，確實能創造更多讓學生獨立實作的機會，讓學生可以依照平台上的提示，進行實作學習，並且學生可以在平台中自由選擇感興趣的內容進行閱讀與操作，以此理解課堂老師講述時所不會的內容，以及多加接觸自己感興趣的課程內容。

另一方面，控制組的學生也表示課程中演算法的內容過於抽象深奧、無法與生活連結難以想像，且一個概念不懂後面都不會，顯示學生在學習演算法這類的抽象主題時，僅用投影片講解演算法，學生會難以想像演算法的運作流程，而演算法的運作步驟前後又有著一定的關聯性，若無法理解其中一個步驟是如何運作的，便無法理解整個演算法運作的邏輯與機制，以及其背後所代表的意義為何。本研究之視覺化模擬輔助學習平台，能輔助學生逐步觀看演算法每個步驟的變化，並且讓學生可以自行調整參數，透過試驗不同參數以理解演算法是如何運行的，並驗證自己所理解運作機制是否正確；同時，本平台也利用多種生活中的範例，如區分古典與現代美女、商品關聯性、空氣品質的分群與關聯，讓學生可以在多種模擬情境下使用演算法，以理解演算法的目的與應用，以及演算法中每個數值背後所代表的意義。

表 4-31 控制組認為課程中最大的困難之訪談內容

組別	訪談內容	編號
控制組	其實我都蠻不懂，聽不懂在講甚麼也不知道該怎麼做，只能靠同學，內容太深奧了，還沒有辦法老師講完就吸收了。學習單比較沒有幫助到我，專題實作比較有，因為感覺實際操作記憶比較深刻。	21504
	有時候不會寫程式，不知道為甚麼要這樣寫，就會問別人。	21509
	課程中，老師會一步一步帶你做，你可以複製老師的方法，馬上看老師做完你就馬上做變成只會做下一步，沒有老師以後可能就沒辦法了，我覺得可以多讓我們做，專題好像只做一個，都是一步一步帶你做，你會是因為你看著，但其實根本不會。	21513
	覺得可以課程可以學習到，但是都一點點而已，老師教學時按PPT按很快，也不會所有的項目都去講解，就是大概講過去，然後就要叫你寫專題。老師比較不會講解跟生活中的連結，不一定會想到或是寫得出來，它比較抽象比較難想像。學習單沒有幫到很多，需要多一點幫助才更知道物聯網是怎麼運作的。	21514
	對於課程中物聯網的概念覺得還是很模糊、淺淺的。python程式很難懂，要去記住很多小細節，像是一些符號。	21521
	覺得整個架構都難，一個地方不懂，後面都不會，像算數學一樣每個點卡住了後面都錯了。覺得現在上這個課好像有點太早了，因為目前的課程中，沒有做數據分析、統整、算支持度、信賴度之類的，希望可以學粗淺一點。	21529
	前面都是老師在說比較沒有甚麼實作，但專題因為知道自己要做就會比較認真聽。我覺得寫學習單就只是把腦中的想法寫出來，但是不會因為寫學習單而多了解甚麼。	21534
	主要還是資料挺多挺雜的，要去處理大數據，因為每個資料要去看，資料一多我就會頭昏眼花，教材有幫助但應該可以更好。學習單比較抽象，無法實際感受到在幹嘛，物聯網比較複雜資訊量很大，看看未來有沒有甚麼方法可以去蕪存菁讓大眾可以學習這些東西。	21537

然而，實驗組學生在表 4-32 的訪談內容中反映，在使用視覺化模擬平台時，視覺化呈現將知識重點以圖文並茂的方式呈現，可以幫助他們更快的去理解、記憶物聯網的學習內容，這也呼應了雙重編碼理論中所提及的，以視覺資訊、語文資訊兩種不同方式來編碼，能提高記住該知識的機會(Paivio, A. , 1991)，並且學生可以藉由點擊平台上的按鈕和連結，促使學生主動學習感興趣的相關內容。此外，實驗組的學生也表示面對較抽象的知識節點，平台上透過圖像、逐步動畫、操作模擬的方式來呈現，能幫助他們將抽象的內容轉換成容易理解的具體圖像，能降低學生理解抽象內容的學習負擔(Beckem & Watkins, 2012)。同時，使用方向箭頭、線條、顏色區隔、具有意義的圖片等視覺化呈現知識內容，能幫助學生更好的理解物聯網整體架構的脈絡以及各層之間背後的關聯，此結果與過往研究提出之視覺化的工具例如表示圖、因果鏈等，可以呈現更深層的內在關係，能強化學生學習目標與結構構件連結(Semenikhina et al.,2020)的觀點相同。

實驗組的學生也表示實際操作平台，除了可以提高學生的學習動機、理解課程內容的難易程度以外，透過拖曳、點擊等模擬操作，觀察數值的變化與物件間的互動，可以幫助他們更真實的認識實體的屬性與實際的運作過程，當模擬結果與自己預期的不吻合時，會引發學生進行反思，並思考應如何修正，透過最終的模擬結果來驗證自己理解的概念是否正確。

此外，在本研究之視覺化模擬輔助學習平台中，每個學習主題都有能及時給予學生回饋的隨堂測驗，這樣的形成性評量，能給予學生明確的學習目標、輔助學生掌握單元中的學習重點，也成為學生自我檢視學習狀態的工具。

而實驗組的學生也表示在學習演算法等抽象主題時，視覺化模擬輔助學習平台能幫助學生逐步的觀察 K-means 演算法分組變化的情形，並且在視覺化模擬輔助學習平台上，學生能夠自由地嘗試不同的初始值、參數來進行模擬，觀察不同的初始值與參數會如何影響 K-means 及 Apriori 演算法運作後的結果，使學生理解這些參數數值在演算法中所代表的意義，此外，本平台使用的教學範例皆與日常生活相關，讓學生將演算法融入生活情境，以更容易的理解演算法的概念及應用。

表 4-32 實驗組認為視覺化模擬輔助學習平台可以幫助學習之訪談內容

組別	訪談內容	編號
實驗組	<p>模擬會實際操作一次，會比較了解過程，如果只聽老師講的話，我可能就不會那麼認真去做了。視覺化呈現，視覺化呈現我覺得看起來比較清楚，點每個進去它都會有講解，就會讓我比較認真了解。</p>	21401
	<p>視覺化呈現列出來的就是很清楚，很清晰明瞭去了解整個在運作甚麼，電路模擬就讓我們實際去操作，讓我們實際去用那個電路去模擬。</p>	21410
	<p>透過模擬平台的實作我們可以了解自己在某些操作上會有哪些錯誤，觀念不懂邏輯不清，透過平台可以了解到可以怎麼去運用它、去操作它，就可以把錯誤改掉。平常買東西會想說為甚麼搭配只有這些商品沒有其他的，但如果用 Apriori 演算法模擬就可以去知道，買某一項東西的時候，就會順帶買甚麼東西，就可以去搭配促銷商品。</p>	21411
	<p>模擬平台可以很快的讓我知道在幹嘛，就是有圖跟一些解釋、可以去操作，視覺化呈現最幫助我學習，因為如果想知道這個，就可以點驚嘆號進去看，而且全部看完之後還會有些題目，會讓我比較清楚。</p>	21413
	<p>視覺化呈現它可以把資料傳輸的方向，怎麼運作的呈現出來，能更好理解脈絡，能大概了解一些演算法的抽象概念，平台中有說它們是什麼樣的關係，傳送資料是甚麼方向。</p>	21417
	<p>視覺化呈現可以把比較抽象的東西轉換成圖像，會比較好去理解它。</p>	21423
	<p>模擬平台，因為我們不一定會去接觸到這些實物，然後它用一個電腦的東西讓我們去接觸到那些東西是甚麼，所以應該幫助蠻大的。因為如果想知道這個，視覺化呈現就可以點驚嘆號進去看，而且全部看完之後還會有些題目，會讓我比較清楚。我覺得對兩個演算法最有幫助，因為一開始老師在講解時，不太懂，但是透過實際平台的模擬，變化分組的情形對於我理解它有蠻大的幫助。</p>	21429
	<p>通常學校學習根本不會接觸操作平台這方面，實際操作一次才會知道說大概怎麼用，以及了解難易度。</p>	21433

## 二、 視覺化模擬輔助教學對物聯網學習態度之影響

學生於物聯網學習態度的表現，是根據態度問卷以及半結構式訪談進行探討，統計結果發現本研究發展之視覺化模擬輔助學習平台，透過視覺化模擬輔助物聯網教學，學生對於物聯網課程學習態度有正向的影響，以下將從各面向學習態度之影響進行剖析。

分析實驗組與控制組在學習態度各面向的差異，統計結果顯示，學生對於物聯網課程學習態度有正向影響的，在「電腦科學自我效能」、「抽象主題學習感受」、「物聯網理解概況」、「課程難度感受」四個面向有顯著差異，且實驗組分數顯著高於控制組。

深入推測造成此結果之可能原因，在表 4-31 中多次提到，控制組的學生當聽不懂學習內容時，容易傾向直接尋求同學的協助，而實驗組的學生在學習過程中，能透過視覺化模擬平台輔助學習物聯網，學生可以自己閱讀平台上感興趣的內容，並進行模擬操作，同時學生也能在學習後撰寫隨堂測驗，檢視自己的學習狀態，因此實驗組的能較好的讓學生獨立、自主的學習，不須尋求他人協助，使學生於「電腦科學自我效能」學習態度有正向的影響。

在表 4-31 中也提到許多物聯網概念對於學生來說過於複雜且龐大，而實驗組的學生在學習過程中，能透過在模擬平台上的操作，理解物聯網原理與運作流程，因此在學習抽象概念時，透過將抽象概念轉換成容易理解的具體圖像，並進行模擬操作，有利於減少學生在學習抽象主題時的學習負擔，使學生對於學習抽象主題的學習有較正向的學習態度。

實驗組在「物聯網理解概況」面向分數顯著高於控制組，除了本身物聯網成就測驗即高於控制組分數外，在表 4-32 中可以發現，視覺化呈現能更清楚的讓學生了解物聯網整體的運作以及有效的整握各主題的內容，並透過實際操作平台，來了解各主題的重點知識並更願意投入學習，使學生對於自己在物聯網概念的理解上有較正向的感受。

實驗組與控制組在「課程難度感受」上有所差異，本研究認為是控制組的學生在學習過程中，認為演算法的內容過於抽象深奧、無法與生活連結難以想像，無法理解整個演算法運作的邏輯與機制，以及演算法其背後所代表的意義。然而實驗組卻能透過視覺化模擬平台，自由地嘗試不同的初始值、參數來進行模擬，觀察不同的初始值與參數會如何影響演算法運作後的結果，使學生理解這些參數數值在演算法中所代表的意義，並將範例融入生活情境，使學生更容易理解演算法的概念及應用。進而使學生於「課程難度感受」學習態度有正向的影響。

然而實驗組與控制組在「電腦科學學習興趣」上雖無顯著差異，但經過本研究進一步分析兩組在學習態度之電腦科學學習態度面向的成對樣本 t 檢定後，發現控制組與實驗組對於電腦科學學習興趣在經過教學實驗課程後均有顯著提高，深入推測造成此結果之可能原因，是因為在物聯網課程中許多的教學內容、投影片、程式實作、專題實作等，均貼近日常生活經驗，容易吸引學生的注意力、提升學生的學習興趣，並透過程式實作、專題實作讓學生實際使用這些物聯網相關的程式、工具，解決日常生活的問題，可促使學生了解物聯網的重要性與實用性，因此提高了兩組學生對於電腦科學的學習興趣，也印證了過去學者所提出的，文本的性質具有與個體切身相關的主題容易促發興趣，並且會因為教材內容或學習環境提供了個體對學習任務感到有意義的契機，而持續參與活動進而維持興趣(Hidi & Renninger, 2006)。

### 三、 抽象推理能力對物聯網學習態度之影響

分析高抽象推理能力組與低抽象推理能力組在學習態度各面向的差異，統計結果顯示，不同抽象推理能力的學生在「電腦科學自我效能」、「電腦科學學習興趣」、「抽象主題學習感受」、「物聯網理解概況」、「課程難度感受」、「視覺化模擬輔助教學之有效性」六個面向，均無顯著差異，僅有在控制組中，不同抽象推理能力的學生在「課程難度感受」面向有顯著差異，且高抽象推理能力組對課程難度感受比低抽象推理能力組高。

深入推測造成此結果之可能原因，是因為在本次研究中，不同抽象推理能力的學生對於物聯網學習成就是無顯著差異的，並且在「電腦科學自我效能」、「電腦科學學習興趣」、「抽象主題學習感受」、「物聯網理解概況」、「視覺化模擬輔助教學之有效性」多個面向上均呈現無顯著差異，然而僅有在控制組中，不同抽象推理能力的學生在「課程難度感受」面向有顯著差異，顯示在沒有視覺化模擬平台的輔助下，高抽象推理能力的學生相比起低抽象推理能力的學生更具有能應對較複雜、抽象學習主題的學習態度與心理素質，然而這樣的學習態度卻不足以解決所面臨的學習困難，而無法取得更好的學習表現。

另一方面在實驗組中，不同抽象推理能力的學生，在「課程難度感受」面向卻無顯著差異，表示在有視覺化模擬平台的輔助下學習物聯網，能有效的減少學生在學習複雜且抽象主題的學習困難，也使得低抽象推理能力的學生能倚靠視覺化模擬平台的輔助，具有能應對較複雜、抽象學習主題的學習態度與心理素質。

#### 四、 綜合討論

在物聯網的學習態度中，雖然不同抽象推理能力的學生在許多面向均呈現無顯著差異，且教學策略與抽象推理能力之間均無顯著交互作用，但從圖 4-3 與 4-7 的交互作用圖中，可以看出低抽象推理能力組在傳統講述式教學中，「電腦科學學習興趣」與「課程難度感受」遠低於高抽象推理能力組，表示在傳統講述式教學中，低抽象推理能力的學生在物聯網課程會缺乏學習興趣並認為課程難度較高、難以理解，這點在表 4-16 可以印證，在傳統講述式教學中不同抽象推理能力的學生在課程難度的感受上確實有顯著性差異；而在經過視覺化模擬輔助教學後，可以發現低抽象推理能力組在「電腦科學學習興趣」與「課程難度感受」上，大幅減少了與高抽象推理能力組之間的差距，足以顯示在物聯網的教學課程中，視覺化模擬輔助教學對於低抽象推理能力的學生有著一定的影響力，能提升低抽象推理能力的學生對於電腦科學的學習興趣、降低對物聯網課程的難度，並使其更容易理解物聯網概念。

從圖 4-2、4-4、4-5 的交互作用圖中，可以看出低抽象推理能力組在傳統講述式教學中，「抽象主題學習感受」與「整體學習態度」略低於高抽象推理能力組，而在經過視覺化模擬輔助教學後，低抽象推理能力組在「抽象主題學習感受」與「整體學習態度」上，卻呈現略高於高抽象推理能力組，在「電腦科學自我效能」面向中，低抽象推理能力組在經過視覺化模擬輔助教學後，也具有較大的差異，足以顯示在物聯網的教學課程中，視覺化模擬輔助教學對於低抽象推理能力的學生也有著一定的影響力，能在一定程度上幫助低抽象推理能力的學生提升自我效能，並在面對抽象主題（如數學、演算法）學習時擁有較高的學習感受。

## 第五章 結論與建議

本研究根據所發展視覺化模擬輔助之平台與教學，以此進行物聯網之教學，並評估其成效。以探究學生於物聯網學習成就、學習態度之表現差異。本章統整本研究之分析結果與討論，針對視覺化模擬輔助教學給予結論與建議。本章節共分為兩小節，第一節依據研究結果彙整出結論；第二節為對本研究之反思，並提出些許建議，供未來想從事相關研究之學者參考。

### 第一節 結論

本研究根據所發展之視覺化模擬輔助學習平台輔助物聯網進行教學，資訊科技教師於課堂上使用視覺化模擬輔助學習平台輔助課堂教學，引導學生學習物聯網。根據學生的學習單、成就測驗、態度問卷與半結構式訪談等，了解學生之學習成就、學習態度，並探討學生在學習物聯網過程中，視覺化模擬輔助教學對學生之影響。最後在分析所蒐集的量化及質性資料做進一步的探討，分析此教學模式對學生的影響。根據上述研究結果與討論，本研究發現以下結論：

#### 一、 本研究發展之視覺化模擬輔助教學對於物聯網學習成就之影響

為探討視覺化模擬輔助教學對物聯網學習成就之影響，在經過物聯網課程後，整體而言，視覺化模擬輔助物聯網教學對學生之物聯網學習成就有正向的影響。

實驗組學生在經歷視覺化模擬輔助教學後，其學習成就表現優於使用傳統講述式教學之控制組學生。這表示本研究發展之視覺化模擬輔助教學，對於物聯網的學習，有助於提升學生的學習成就表現，這是由於視覺化模擬輔助學生能將抽象概念視覺化、具體化，降低學生的學習負擔，學生更容易理解其運作的過程，且在視覺化模擬輔助學習平台中學生，能依照課程進度，自行點擊閱讀相關的文字敘述及圖片、調整參數、觀看動畫等，並觀察不同參數的模擬結果，提升學生的參與感，學生有更多自主探索知識的機會，且在視覺化模擬輔助學習平台中的隨堂測驗及實作能給予學生即時的回饋，讓學生可以驗證所學的知識，增加對概念的理解，進而提升學生的學習成就。

本研究發展之視覺化模擬輔助學習平台上，「硬體操作模擬」能幫助學生記憶模組的功能與應用，對於感知層的意義有較完整的理解，並且融入了模擬情境的設計，幫助學生將感知層相關概念與具體情境連結，因而能將課堂所學的概念類推應用至其他生活

情境；「架構流程模擬」能幫助學生逐步觀察架構與流程的運作方式並與之互動，藉以掌握複雜的物聯網架構與運作流程；「抽象概念模擬」能透過設定參數與觀察演算法動態的模擬結果，幫助學生以視覺化的形式將抽象概念進行表徵，以更清楚理解演算法的邏輯、執行順序以及變項之間的關聯性，進而能描述較完整的演算法細節。因而，視覺化模擬輔助教學能提升學生物聯網的學習成就。

## 二、 本研究發展之視覺化模擬輔助教學對於物聯網學習態度之影響

實驗組學生在經歷視覺化模擬輔助教學後，在學習態度中「電腦科學自我效能」、「抽象主題學習感受」、「物聯網理解概況」、「課程難度感受」面向的表現優於控制組學生，這表示視覺化模擬輔助教學相較於傳統講述式教學，學生能以自己的步調進行學習，並藉由與平台的互動過程學習物聯網概念，且給予學生即時的回饋，使學生能隨時根據回饋修正思考，因此更能掌握自身理解概念的歷程，進一步擁有較高的自我效能。

另一方面使用視覺化模擬輔助教學，能幫助學生以視覺化的形式將抽象概念進行表徵，並使學生透過逐步觀察架構與流程的運作方式並與之互動，藉以掌握複雜的物聯網架構與運作流程，能降低學生的學習負擔，進一步擁有較好的抽象主題學習感受與降低學生的課程難度。此外，視覺化模擬輔助教學能提供更加系統化的統整物聯網的知識內容，學生可以按照物聯網的架構逐漸學習相關的物聯網概念，可以更有效的理解物聯網的完整架構，進而提升學生對於物聯網理解概況的學習態度。而電腦科學學習興趣因實驗組與控制組在物聯網課程中皆有許多的教學內容、投影片、程式實作、專題實作等，貼近日常生活經驗，容易吸引學生注意力、提升學生的學習興趣，並透過程式實作、專題實作讓學生實際使用這些物聯網相關的程式、工具，解決日常生活的問題，可促使學生了解物聯網的重要性與實用性，故兩組皆顯著提升電腦科學學習興趣，因此本研究之視覺化模擬輔助教學才未顯著提升學生電腦科學學習興趣。

## 三、 不同抽象推理能力對於物聯網學習成就之影響

不同抽象推理能力的學生，在經歷物聯網課程後，於此次實驗的控制組和實驗組中均未能顯示學生在物聯網學習成就之差異，此可能由於本研究之物聯網課程的難度不足以用抽象推理能力解決所面臨的學習困難，而取得更好的學習表現，此外本研究之物聯網課程內容可能超越抽象推理能力的範疇，所涉及的問題可能更加複雜，如資料收集與分析、生活應用等，因此未能顯著提升學生對於物聯網的學習成就。

此外，在過往研究中表示高抽象推理能力的學生能從模擬輔助教學中有更多收穫，可能由於使用保真度較低的簡化圖形物件，而對於抽象推理能力較低的學生來說，使用這種簡化圖形可能過於抽象而無法理解其含義，從而導致他們的學習表現較低 (Chang, K. E., Chen, Y. L., Lin, H. Y., & Sung, Y. T., 2008)，而本研究中所使用的圖形物件，大多採用真實世界的實物進行呈現，減少了抽象推理能力較低的學生因為簡化圖形過於抽象而無法理解其含義的可能，因此本研究在視覺化模擬輔助教學中，不同抽象推理對於物聯網學習成就無顯著差異之成果，也符合過往研究脈絡。

#### 四、 不同抽象推理能力對於物聯網學習態度之影響

不同抽象推理能力的學生，在經歷物聯網課程後，僅有在控制組學習態度「課程難度感受」面向的表現優於控制組，這表示高抽象推理能力學生相較於低抽象推理能力的學生，更能在沒有視覺化模擬輔助的環境下，具有能應對物聯網課程相關較複雜、抽象學習主題的學習態度與心理素質，另一方面在實驗組中，不同抽象推理能力的學生，在「課程難度感受」面向卻無顯著差異，表示在有視覺化模擬輔助學習平台的輔助下學習物聯網，能有效的減少學生在學習複雜且抽象主題的學習困難，也使得低抽象推理能力的學生能倚靠視覺化模擬輔助學習平台的輔助，具有能應對較複雜、抽象學習主題的學習態度與心理素質。

然而不同抽象推理能力的學生，於此次實驗並未能明顯增進學生學習態度之「電腦科學自我效能」、「電腦科學學習興趣」、「抽象主題學習感受」、「物聯網理解概況」、「視覺化模擬輔助之有效性」面向的表現，此可能由於本研究之物聯網課程內容經常不足以僅用抽象推理能力解決所面臨的學習困難，而取得更好的學習表現，因此在許多學習態度面向中高抽象推理能力的學生與低抽象推理能力的學生在學習態度之「電腦科學自我效能」、「電腦科學學習興趣」、「抽象主題學習感受」、「物聯網理解概況」、「視覺化模擬輔助之有效性」面向上無顯著差異。

## 第二節 建議

根據本次研究發展之視覺化模擬輔助教學，設計與實施物聯網教學，本節將針對所面臨的相關問題提供以下之教學建議，期望未來若有相關之視覺化模擬輔助教學研究時，在進行實資料蒐集與實際教學運用時更加完整、順利。

### 一、 應能引導學生進行視覺化模擬輔助學習

本研究於上課時間讓學生撰寫課堂學習單，目的為給予學生明確學習目標、引發學生反思概念，但若時間不夠充足且鄰近下課時間，學生之間往往容易互相抄襲或是整題空白，因而缺乏思考過程，建議可以在進行視覺化模擬輔助教學後，預留較長的時間給學生撰寫，引導學生一題一題撰寫課堂學習單並列入計分，此外，課堂學習單也應避免讓學生抄寫平台內容之問題，以引發學生進行反思的題目為主。

### 二、 以抽象能力取代抽象推理能力並考量學生的個別化差異

由本研究分析結果得知，不同抽象推理能力對於物聯網學習成就、學習態度較無影響，因物聯網課程本身涉及的學習概念，可能超越抽象推理能力的範疇，因此建議未來研究較困難的電腦科學主題時，探究以不同抽象能力對學生學習成就、學習態度的影響較佳。並考量學生在課程中的個別差異與需求，探究視覺化模擬輔助教學，對不同特質（如：抽象能力、學習型態、空間能力等）的學生是否造成不同的影響，進而提供學生不同的學習輔助。

### 三、 整合整體課程教材至視覺化模擬輔助學習平台

在視覺化模擬輔助學習物聯網課程中，程式實作與專題實作階段會使用 Google Colab 進行，然而過多教學媒體的切換，容易造成學生的認知負荷過重，進而導致學生的學習成效、學習態度不佳。期盼未來在視覺化模擬輔助教學之相關研究，能夠將所有課程教材整合到視覺化模擬輔助學習平台之中，以減少教學媒體轉換而導致的認知負荷增加，使學生能更聚焦在課程主題的學習。

### 四、 訪談題目依照教學主題說明學習困難及教學輔助效益

本研究在進行訪談時，因未明確引導學生依照課程的教學主題進行分享，而無法更細緻的理解學生在不同教學主題中(如：物聯網的三層架構、MQTT 網路協定、K-means 演算法等)，所實際面臨的學習困難以及視覺化模擬平台所給予的輔助效益，因此期盼未來在進行相關的教育研究時，半結構式訪談應依照各個單元的學習困難以及教學輔助效益對學生進行訪問，讓學生能針對不同學習單元所經歷的學習歷程、遇到的困難，與

視覺化模擬平台所帶來的輔助效益、有效性進行更深入的闡述，進而改善教學教材，提供一個更友善、更有效的視覺化模擬平台。



## 參考文獻

### 中文部份

- 王年亮 (2006)。應用電腦模擬軟體在綜合高中資訊技術學程單晶片實驗課程教學成效之研究-以關西高中為例。臺灣師範大學工業教育學系在職進修碩士班學位論文，1-159。
- 王勝雄 (2019)。Scratch 結合 Arduino 開放式硬體對國中學生程式設計學習成效之研究。國立臺中教育大學數位內容科技學系學位論文，1-83。
- 教育部 (2018)。十二年國民基本教育課程綱要國民中學暨普通型高級中等學校科技領域。教育部。
- 許清楓 (2002)。應用視覺化軟體輔助高中生資料結構與演算法概念的學習。臺灣師範大學資訊教育學系學位論文，1-119。
- 曾葉強 (2014)。專題研究課程對學習成效之影響-以 Arduino 為例。宜蘭大學多媒體網路通訊數位學習碩士在職專班學位論文，1-77。
- 曾靖芬、陳登吉 (2005)。推理能力強弱對國中生在解讀傳統教材與多媒體教材學習成效分析-以國中 VB 程式語言為例。<http://hdl.handle.net/11536/80223>
- 簡慈君 (2009)。電腦輔助網路模擬軟體於教學之實例應用探討與研究。中原大學電機工程研究所學位論文，1-75。

## 英文部份

- Beckem, J. M., & Watkins, M. (2012). Bringing life to learning: Immersive experiential learning simulations for online and blended courses. *Journal of Asynchronous Learning Networks, 16*(5), 61-70.
- Bowen, B., & DeLuca, V. W. (2015). Comparing traditional versus alternative sequencing of instruction when using simulation modeling. *Journal of STEM Education: Innovations and Research, 16*(1).
- Chang, K. E., Chen, Y. L., Lin, H. Y., & Sung, Y. T. (2008). Effects of learning support in simulation-based physics learning. *Computers & Education, 51*(4), 1486-1498.
- Colaso, V., Kamal, A., Saraiya, P., North, C., McCrickard, S., & Shaffer, C. (2002, June). Learning and retention in data structures: A comparison of visualization, text, and combined methods. *In Proc. ED-MEDIA* (pp. 1-2).
- CSTA (2017). Computer science standards. *Computer Science Teachers Association, 12*. Retrieved from <https://www.csteachers.org/Page/standards>
- Curzon, P., Bell, T., Waite, J., & Dorling, M. (2019). Computational thinking. *The Cambridge handbook of computing education research, 513-546*.
- Datta, S., & Roy, D. D. (2015). Abstract reasoning and Spatial Visualization in Formal. *International Journal of Scientific and Research Publications, 5*(10), 1-6.
- Fagin, B. S., & Merkle, L. (2002). Quantitative analysis of the effects of robots on introductory Computer Science education. *Journal on Educational Resources in Computing (JERIC), 2*(4), 2-es.
- Gates, B., Myhrvold, N., Rinearson, P., & Domonkos, D. (1995). The road ahead.
- Greca, I. M., & Moreira, M. A. (2002). Mental, physical, and mathematical models in the teaching and learning of physics. *Science Education, 86*(1), 106-121.
- Hanciles, B., Shankararaman, V., & Munoz, J. (1997). Multiple representation for understanding data structures. *Computers & Education, 29*(1), 1-11.
- Hidi, S., & Renninger, K. A. (2006). The four-phase model of interest development. *Educational psychologist, 41*(2), 111-127.
- Hundhausen, C. D., Douglas, S. A., & Stasko, J. T. (2002). A meta-study of algorithm visualization effectiveness. *Journal of Visual Languages & Computing, 13*(3), 259-290.
- Markovits, H., Thompson, V. A., & Brisson, J. (2015). Metacognition and abstract reasoning. *Memory & cognition, 43*(4), 681-693.
- Miroló, C., Izu, C., Lonati, V., & Scapin, E. (2021). Abstraction in Computer Science

- Education: An Overview. *Informatics in Education*, 20(4), 615-639.
- Muller, O., & Haberman, B. (2008). Supporting abstraction processes in problem solving through pattern-oriented instruction. *Computer Science Education*, 18(3), 187-212.
- Pena-Lopez, I. (2005). The internet of things. *Itu internet report*, 1-126.
- Perenc, I., Jaworski, T., & Duch, P. (2019). Teaching programming using dedicated Arduino educational board. *Computer Applications in Engineering Education*, 27(4), 943-954.
- Pirolli, P. L., & Anderson, J. R. (1985). The role of learning from examples in the acquisition of recursive programming skills. *Canadian Journal of Psychology/Revue canadienne de psychologie*, 39(2), 240.
- Rößling, G., & Naps, T. L. (2002, June). A testbed for pedagogical requirements in algorithm visualizations. *In Proceedings of the 7th annual conference on Innovation and technology in computer science education* (pp. 96-100).
- Semenikhina, O., Kudrina, O., Koriakin, O., Ponomarenko, L., Korinna, H., & Krasilov, A. (2020). *The Formation of Skills to Visualize by the Tools of Computer Visualization. TEM Journal*, 9(4), 1704.
- Shi, Z., Chen, J., & He, S. (2020, August). DIY Smart House: Exploration and Practice of IoT MOOC Education. *In 2020 15th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE)* (pp. 557-560). IEEE.
- Shute, V. J., Sun, C., & Asbell-Clarke, J. (2017). Demystifying computational thinking. *Educational Research Review*, 22, 142-158.
- Su, J. M., & Lin, T. W. (2018, July). Building a Simulated Blockly-Arduino-Based Programming Learning Tool: A Preliminary Study. *In 2018 7th International Congress on Advanced Applied Informatics (IIAI-AAI)* (pp. 378-381). IEEE.
- Su, J. M., & Lin, T. W. (2018, July). Building a Simulated Blockly-Arduino-Based Programming Learning Tool: A Preliminary Study. *In 2018 7th International Congress on Advanced Applied Informatics (IIAI-AAI)* (pp. 378-381). IEEE.
- Sun, Y., Chen, J., He, S., & Shi, Z. (2020). High-confidence gateway planning and performance evaluation of a hybrid LoRa network. *IEEE Internet of Things Journal*, 8(2), 1071-1081
- Syawaludin, A., Gunarhadi, G., & Rintayati, P. (2019). Enhancing Elementary School Students' Abstract Reasoning in Science Learning through Augmented Reality-Based Interactive Multimedia. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 8(2), 288-297.

- Ussiph, N., & Seidu, H. K. (2018). The Impact of using 3D Interactive Animation Tool in Teaching Computer Programming at the Senior High School Level.
- White, P., & Mitchelmore, M. (1999). Learning Mathematics: A New Look at Generalisation and Abstraction.
- Wing, J. M. (2008). Computational thinking and thinking about computing. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 366(1881), 3717-3725.
- Yilmaz, R., & Argun, Z. (2018). Role of visualization in mathematical abstraction: The case of congruence concept. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 6(1), 41-57.
- Yilmaz, R., & Argun, Z. (2018). Role of visualization in mathematical abstraction: The case of congruence concept. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 6(1), 41-57.



## 附錄一 課堂學習單-實驗組

### 一、 感知層

#### 感知層 課堂學習單 1

班級：\_\_\_\_\_ 座號：\_\_\_\_\_ 姓名：\_\_\_\_\_

1. 請從智慧環保、智慧照護、智慧交通三者中挑選一個主題，並分享在你生活中物聯網的例子。
2. 請瀏覽平台中的「模組模擬」，並說明生活中可以如何應用這些模組？
3. 請說明為何需要使用到 `delay()` 以及 `Serial.print()`？
4. 請分析程式碼寫在 `void setup()` 與 `void loop()` 有何區別？
5. 請在 Tinkercad circuits 上創作一個自己的專案，並分享你的創作理念(創作動機、功能運作、使用時機等)。

## 二、 網路層

### 網路層 課堂學習單 2

班級：\_\_\_\_\_ 座號：\_\_\_\_\_ 姓名：\_\_\_\_\_

1. 請操作平台中的「資料格式」並找出下列 json 格式的錯誤(圈選錯誤之處並說明如何改正)。

```
1  [
2    id : "PM2.5感測器01"
3    pm25 : 11
4    t : 22.37
5    h : 100
6    lat : 25.031305
7    lon ; 121.493913
8  ]
```

2. 請說明為何需要使用到 json 格式，若沒有使用會造成什麼後果嗎？



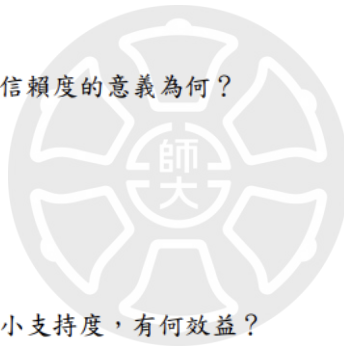
3. 請操作平台中的「Thingspeak 系統架構」，並詳細說明空氣盒子中所蒐集的資料需要經過哪些處理才能於手機或網頁上顯示。

### 三、 應用層

#### 應用層 課堂學習單 3

班級：\_\_\_\_\_ 座號：\_\_\_\_\_ 姓名：\_\_\_\_\_

1. 設定 K 值的意義為何？
2. 將資料經過 K-means 演算法分群後，你認為為什麼會造成這樣的結果呢？請說明原因。
3. 請簡述支持度與信賴度的意義為何？
4. 為什麼要設定最小支持度，有何效益？
5. 啤酒對於香蕉的信賴度，與香蕉對於啤酒的信賴度相同嗎？請說明原因。



## 附錄二 課堂學習單-控制組

### 一、 感知層

#### 感知層 課堂學習單 1

班級：\_\_\_\_\_ 座號：\_\_\_\_\_ 姓名：\_\_\_\_\_

1. 請從智慧環保、智慧照護、智慧交通三者中挑選一個主題，並分享在你生活中物聯網的例子。
2. 請從老師上課介紹的模組中挑選 1~2 種，說明生活中可以如何應用這些模組？
3. 請說明為何需要使用到 `delay()` 以及 `Serial.print()`？
4. 請分析程式碼寫在 `void setup()` 與 `void loop()` 有何區別？
5. 請在 Tinkercad circuits 上創作一個自己的專案，並分享你的創作理念(創作動機、功能運作、使用時機等)。

## 二、 網路層

### 網路層 課堂學習單 2

班級：\_\_\_\_\_ 座號：\_\_\_\_\_ 姓名：\_\_\_\_\_

1. 請找出下列 json 格式的錯誤(圈選錯誤之處並說明如何改正)。

```
1  [
2  id : "PM2.5感測器01"
3  pm25 : 11
4  t : 22.37
5  h : 100
6  lat : 25.031305
7  lon ; 121.493913
8  ]
```

2. 請詳細說明空氣盒子中所蒐集的資料需要經過哪些處理才能於手機或網頁上顯示。



### 三、 應用層

#### 應用層 課堂學習單 3

班級：\_\_\_\_\_ 座號：\_\_\_\_\_ 姓名：\_\_\_\_\_

1. 設定K值的意義為何？
2. 將資料經過K-means 演算法分群後，你認為為什麼會造成這樣的結果呢？請說明原因。
3. 請簡述支持度與信賴度的意義為何？
4. 為什麼要設定最小支持度，有何效益？
5. 啤酒對於香蕉的信賴度，與香蕉對於啤酒的信賴度相同嗎？請說明原因。



## 附錄三 物聯網成就測驗前測

### 物聯網概念測驗【前測】

班級：\_\_\_\_\_ 姓名：\_\_\_\_\_ 座號：\_\_\_\_\_

#### 一、選擇題

- ( ) 1. 請問在 Internet of things (IoT) 中的"things"的源頭指的是？  
(A) 需被感測物件的資料 (B) 網際網路的資料 (C) 電腦主機預處理的資料 (D) 雲端資料
- ( ) 2. 下列何者**不是**物聯網的應用？(A) 車牌辨識收費系統 (B) 線上購物系統 (C) 掃地機器人 (D) 公車動態查詢系統
- ( ) 3. 近年自走車日益普及，其中有一些能夠偵測外在環境以避免碰撞。請問下列何者可能是該類型自走車用於防止碰撞的感測器？ (A) GPS 定位模組 (B) 蜂鳴器 (C) 超音波感測器 (D) 光敏感測器
- ( ) 4. 假設  $x=3$ ， $y=3$ ， $z=0$ ，分別執行下列四個程式，下列**輸出結果**何者  $z$  值為 6？

(A)

```
if x<y:
    z=z+1
else:
    if x>y:
        z=z+2
    else:
        z=z+3
z=z+4
print ('z =', z)
```

(B)

```
if x<y:
    z=1
else:
    if x>y:
        z=2
    else:
        z=3
z=4
print ('z =', z)
```

(C)

```
while(x>z):
    z=z+x
    x=x+1
print ('z =', z)
```

(D)

```
while(x>z):
    z=z+y
    x=x+1
print ('z =', z)
```

- ( ) 5. 小華想要計算  $1+2+\dots+10$ ，所以他寫了以下的 Python 程式：
- ```
sum = 0
for i in range(11):
    sum = sum + i
print(sum)
```
- 請問這段程式的**主要錯誤**為何？ (A) 變數 sum 應該要初始化為 1 (B) range(11)應該要改為 range(10) (C) 第三行需要縮排 (D) print(sum)應為 print(i)。

二、程式題(請依題意寫出「計算過程」或「文字說明」否則不予計分)

1. 假設  $x=2, y=4$ , 請寫出以下程式碼的**輸出結果**並解釋**原因**。如果  $x=3, y=2$  呢?

```
if x > 2:
    if y > 2:
        z = x + y
        print('z is', z)
    else:
        print('x is', x)
```

答：(請寫出輸出結果和原因)

2. 請寫出以下程式碼的**輸出結果**? (%符號為對...取餘數, ex:  $23 \% 3 = 2$ )

```
x=0
y=0
n=5
for i in range(5):
    if (n%2==0):
        x=x+n
    else:
        y=y+n
    n=n-1
    print('x=', x, 'y=', y, 'n=', n)
```

答：

## 附錄四 物聯網成就測驗後測

### 物聯網概念測驗【後測】

班級：\_\_\_\_\_ 姓名：\_\_\_\_\_ 座號：\_\_\_\_\_

1. 物聯網的**三層架構為何**，並盡可能寫出你所知道各層的**意義**。  
承上，阿文家裡近幾個月的電費突然暴漲，為了想了解電費提高的原因，請依照你所學的物聯網概念，在不考慮成本的狀況下幫阿文**設計一套物聯網系統**，用來**監控家中的用電情形與分析電費提高的原因**。(建議以物聯網的三層架構進行撰寫，並說明各層的功能與你的作法)

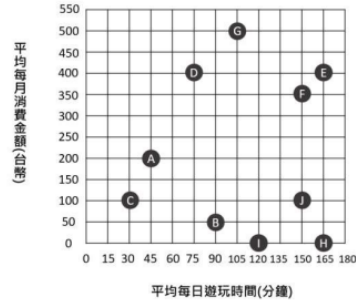
|         |  |  |  |
|---------|--|--|--|
| 三層架構    |  |  |  |
| 意義      |  |  |  |
| 你幫阿文的設計 |  |  |  |

2. MQTT 是一種資料傳輸的協定，請寫出 MQTT 運作中主要的**三種角色**，並以圖示說明 MQTT 的**運作流程**。(以 Thingspeak、空氣盒子、使用者三者作為範例說明即可)

3. 阿文從網路上蒐集資料(如下圖)並將使用 Apriori 演算法來進行**關聯分析**，請列舉**三項**阿文在進行資料分析前可能會進行的**資料前處理**，並說明這些**資料前處理的意義**。

```
data=[{"date":"12/7","age":"25","pcu/h":"985","visibility(km)":3,"temperature":"19.25","humidity":"87"}, {"date":"12/7","age":"30","pcu/h":"748","visibility(km)":3,"temperature":"20.25","humidity":"85"}, {"date":"12/7","age":"31","pcu/h":"834","visibility(km)":5,"temperature":"21.25","humidity":"48"}, {"date":"12/7","age":"48","pcu/h":"920","visibility(km)":15,"temperature":"24.25","humidity":"50"}, {"date":"12/7","age":"32","pcu/h":"526","visibility(km)":18,"temperature":"25.25","humidity":"45"}, {"date":"","age":"-1","pcu/h":"-1","visibility(km)":-1,"temperature":"-1","humidity":"-1"}]
```

4. 下圖為某線上遊戲「XX 對決」的 10 位玩家遊玩行為，阿文欲依照玩家的「平均每月消費金額」與「平均每日遊玩時間」，使用 K-means 演算法將玩家分成 3 類，請用文字說明 K-means 演算法的運作步驟(請列點說明)。



5. 右圖為某超商顧客採購商品的資料集，阿文使用 Apriori 演算法計算此資料集的支持度與信賴度(計算結果如下)，請以文字說明其計算結果的意義，以及透過計算這些支持度與信賴度，Apriori 演算法的目的為何？

| 編號  | 集合 | 次數 | 支持度 |
|-----|----|----|-----|
| 5-1 |    | 2  | 50% |
| 意義： |    |    |     |

| 編號 | 採購商品項目 |
|----|--------|
| 1  |        |
| 2  |        |
| 3  |        |
| 4  |        |

| 編號  | 關聯 | 計算過程 | 機率計算過程    | 信賴度   |
|-----|----|------|-----------|-------|
| 5-2 | →  | /    | 50% / 75% | 66.6% |
| 意義： |    |      |           |       |

5-3 Apriori 演算法的目的：