

教育部教學實踐研究計畫成果報告
Project Report for MOE Teaching Practice Research Program

計畫編號/Project Number：PMN1100208

學門專案分類/Division：數理

執行期間/Funding Period：2021.08.01 – 2022.07.31

**透過體驗學習與問題導向設計改善非數學統計背景學生抽象概念之學習成效--
利用電腦模擬與資料視覺化學習統計推論/Improve the Achievement of Abstract
Concept for Students without Mathematics or Statistics Background through
Experiential Learning and Problem-Based Learning Strategies -- Utilize
Computer Simulation and Data Visualization to Learn Statistical Inference**
資料科學中的統計推論/

計畫主持人(Principal Investigator)：王彥雯

協同主持人(Co-Principal Investigator)：蕭朱杏

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：國立臺灣大學

流行病學與預防醫學研究所

成果報告公開日期：

立即公開 延後公開(統一於 2024 年 9 月 30 日公開)

繳交報告日期(Report Submission Date)：2022/9/13

透過體驗學習與問題導向設計改善非數學統計背景學生抽象概念之學習成效--利用
電腦模擬與資料視覺化學習統計推論

Improve the Achievement of Abstract Concept for Students without Mathematics or
Statistics Background through Experiential Learning and Problem-Based Learning
Strategies -- Utilize Computer Simulation and Data Visualization to Learn Statistical
Inference

一. 本文 Content

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

在資料科學的時代，若想要利用科學研究的方法，對資料進行探索、分析、解讀、推論、預測等，統計在這之中扮演著相當重要的角色，而統計理論又是奠定統計分析、建模與推論的核心基礎(Makar & Rubin, 2018)，Song & Zhu (2016)的文章中也指出機率、統計、統計推論是資料科學家必備的基礎知識，Diggle (2015) 也說過在資料科學的時代，培養統計學家的過程中，數理能力與知識是必須具備的基礎，由此可知，對於從事資料科學相關工作的統計學家來說，數理統計推論是必備的基本知識。

● 數學先備知識不完整導致學習困難

公共衛生是一門跨領域整合性的科學專業，根據美國「公共衛生學院學程聯盟」(Association of Schools and Programs of Public Health, ASPPH) 指引，核心科學包含五大專業領域，分別是生物統計、流行病學、環境與職業衛生、社會行為科學、健康行政與管理，對於公衛系的學生來說，通常會在大三大四時擇一專業領域作為主修領域，未來學生多半也會朝自己的主選領域發展。在過去，公衛系並未針對選擇生物統計為主領域的學生開設統計推論這門課，而是建議學生至其他系（如：數學系、商管學院等）修數理統計或統計推論相關內容的課程，然而，因為公共衛生是跨領域的學科，在課程架構的安排上每個核心領域的奠基只能挑選一兩門最基本、最核心的科目安排學習，以生物統計領域來說，初階入門的基礎課程只有一年共 6 學分的微積分和一年共 6 學分的生物統計；換句話說，不同於數學系或統計系的學生，在修習數理統計或統計推論的課程前，已經完成微積分、線性代數、高等微積分、統計學和機率論等課程，具有完整的數學先備知識，公衛系的學生在大三進入生物統計模組專業課程後，需要選修統計推論的課程前，學生所具備的數學先備知識與技術是不足的，也因為這個落差，導致學生在修習外系統計推論的課程時會發理解上的困難。

● 課程中抽象概念難以理解

雖然統計推論這門課程對學生成為統計學家或資料科學家相當之重要，但是，這門課程所教授的內容偏重於統計方法的緣起與理論基礎，不論教科書的編排內容或是傳統上教師的授課方式，皆是透過數學推論的手法，闡述與論證相關的理論架構，而這些理

論往往相當之抽象，與實際資料分析或實例應用有一定之距離，通常在實務上不會有直接的關聯性，對學生來講，這些抽象的理論既看不到又摸不著，不但難以想像，又不知道要如何用，課堂中已經很難引起共鳴了，若僅單純透過老師的講述或數學證明推理，學生其實很難理解這些理論的抽象概念與運作方式，更難體會其存在的價值。

- 數位原民學習風格轉變

現在的學生屬於數位原民的世代，從一出生就開始接觸網路與數位科技，在這樣環境中長大的小孩，善於使網路與操作各種 3C 產品從事日常中的活動，他們接受知識的模式也逐漸偏向影像模式而非文字模式，學習活動喜好動態參與而非靜態閱讀，吸收知識方式樂於動手體驗而非被動聽講(Prensky, 2001; Gardner & Davis, 2013; 高熏芳, 2012)；因此，對於這個世代的學生來說，早已不習慣透過傳統板書的方式進行理論課程的學習，傳統上統計推論的課程，教師採用講述的手法，數學論證的方式闡述統計方法的原理與背後的理論架構，已經過時，不但無法引起學生的學習動機與興趣，也無法在課堂中維持學生的專注力，但是，若能採用資訊科技的輔助教學，反而能提升這個世代學生的學習動力與成效（高熏芳, 2012）。

因此，為了解決上述公衛系學生在學習統計推論的問題與困難，同時提升教學成效與提供資料科學時代新的統計理論教學策略，本計畫採用「體驗式學習」的教學理念，從資料本身的問題出發，透過「問題導向設計教學」，引導學生體會資料分析過程中所面臨的困境與問題需要統計理論的輔助以找出解決策略，進而引申出統計理論形成的必要性，並透過「資訊技術融入教學」，結合實際資料或電腦模擬資料，以資料視覺化的動態技術方式呈現統計理論的抽象概念，解決抽象概念建構的困難，來輔助學生的學習。期望搭配設計與運用符合這個世代學生特質與學習風格的教學策略，讓學生能降低學習所面臨的困境，同時提升本課程的學習動機、態度與成效。

具體而言，本計畫研究目的如下：

- 以行動研究法探究在統計推論課程中，教師導入體驗式學習的理念，運用問題導向教學及資訊技術融入教學等策略之實踐成效。
- 探討學生在體驗式學習結合問題導向教學與資訊技術融入教學等策略下，學習行為與學習歷程如何轉變。
- 探討在體驗式學習結合問題導向教學與資訊技術融入教學等策略下，是否能提升學生對於抽象概念的理解力並改善學習成效。
- 綜合研究結果，提供資料科學時代，相關數學與統計理論課程教學設計之參考。

2. 文獻探討 Literature Review

- 資料科學興起對統計學界之影響

在進入二十一世紀，由於資訊技術的發展與演進，再加上網路所創造出的服務與便利性，大數據與資料科學在近幾年成為熱門的名詞。事實上「資料科學」是個跨領域的學問，整合統計、資訊與專業領域知識(domain knowledge)，透過科學研究方法想從資料

中發現訊息的價值，Diggle (2015)提到在資料科學的時代，統計方法仍然是相當重要的，甚至會是統計學家的一個契機，他同時也提到對於統計學家的養成，數理基礎是相當重要的一環。此外，在進行統計教學時，也因為資料科學的興起而有所變革與調整，有些學者已經改變統計理論教科書的編寫手法，透過程式輔助理論的呈現(Efron & Hastie, 2016; Paolella, 2018; Ismay & Kim, 2019; Matloff, 2019)，也有文獻討論到統計教育的現況與改變(Ben-Zvi, Makar, & Garfield, 2017)，但就統計理論、數理基礎的部分，仍是相當重要的核心價值(Diggle, 2015; Song & Zhu, 2016; Makar & Rubin, 2017)。

對於公共衛生學系的學生來說，有部分的學生會選擇生物統計為主修專長，將來也有很大的比例投入統計相關工作，因此如何讓他們理解統計方法背後的理論架構、打好統計推論的基礎，培養他們成為一個優秀的統計學家，也是一個重要的課題。

因此，本計畫考量資料科學時代帶來的改變與契機，將採用近期較新出版之教科書為課堂參考閱讀，不同於以往以傳統數學證明推理論述的方式講授，將以電腦程式的方式輔助教授抽象理論，希望學生透過電腦模擬、有別於傳統的教學模式，能有較佳的學習成就。

- 以體驗式學習為理念而進行的教學活動設計

體驗式學習是通過實際體驗以獲得經驗來進行學習的一個過程，其主要教育哲學與理論架構是整合自 Dewey (1983)的從做中學(learning by doing)、Piaget 的認知發展論(theory of cognitive development)、Lewin 的社會心理學理論(行動研究(action research)與實驗室訓練(laboratory training))及 Kolb (1984)的體驗式學習循環(experiential learning cycle)。學習者經由學習活動中所累積的經驗，再藉由反思以體悟出新的概念，Kolb (1984)的體驗式學習循環將學習活動視為一個連續的過程，在這個過程中包含四個循環階段，分別是：具體經驗(concrete experience)、反思觀察(reflective observation)、抽象概念(abstract conceptualization)與主動驗證(active experience)，透過這樣的循環進行教學設計，將可促進學習者的學習，這四個階段是連續且隨時發生的，也就是說任何一個階段的經驗產生不但是連續的，也會影響到未來的某一個經驗，學習者在學習的過程中不斷反思及觀察而獲得學習結果，透過抽象概念形成即可將學習內容內化為自己的知識。

在本教學實踐研究計畫中，將採用此教學方法，透過課堂中的教師講述內容與活動設計，引導學生自觀察實際資料分析的問題，反思統計理論的建構過程，進一步啟發學生統整學習內涵，以建立統計理論的抽象概念，最後再透過課後的作業練習，讓學生釐清與驗證相關之概念。

- 以問題導向教學設計建立實務應用資料分析與統計推論理論結構之橋樑

問題導向學習(problem-based learning)是以學習者為中心，透過問題引發學習者的討論，教師再根據教學目標進行問題的引導，藉由小組合作的方式培養學習者思考、討論、批判與解決問題的能力，過程包括「評估知識」(assess)、「獲得知識」(acquire)與「分享知識」(share)三部曲 (Knowlton & Sharp, 2003; Hung, Jonassen & Liu, 2008)。面對眼前真實存在的問題與情境，學生可以透過評估該問題、思考解決策略、釐清缺乏之知識，

過程中有助於學生透過已有之知識，找尋初步的答案，進一步再確認還需補足哪些知識才能完整解決問題，問題導向學習不只是一種新式教學法，還包含學習態度與思維的改變（符碧真，2010）。

Edens (2000)綜合文獻中學者們所提出的問題導向學習步驟，將此學習模式分為三個階段：問題發展(problem development)、問題起始與探索(initiation of PBL events, inquiry, and investigation)與問題解決(problem solution)，透過這三個階段，學習者以問題作為核心，配合教師設計之教學活動，引導學習者針對問題進行討論、資料搜集、思考等合作式學習，進而整合相關資訊以達解決問題之目標，並引起學習者自主學習之動機。

在本教學實踐研究計畫中，為解決學生學習統計理論時，認為理論與實務資料分析無關，統計理論世界與真實資料分析世界之距離落差，導致對學習統計理論時興趣缺缺、動機不強之問題，將採用問題導向式教學設計，透過數個實際應用資料分析之問題，帶領學生檢視、討論資料分析過程中需要之理論架構與統計理論所扮演的角色，進而讓學生反思統計理論對於資料分析之重要性及能提供之援助，建立實務應用資料分析與統計推論理論結構之橋樑，進而提升學生的學習動機。

- 以電腦程式與資料視覺化技術輔助抽象概念的學習

Makar & Rubin (2018)中提到，統計推論對學生來說在學習上是相當有挑戰性的，特別是抽象概念的理解與建構，許多研究也都指出學生在學習上相當困擾。

Marasinghe et al. (1996) 在早年就曾經利用模擬與畫圖教授統計概念，近年也有許多文獻在分享與討論資訊科技輔助統計概念教學的情況(Mills, 2004; Christou & Dinov, 2010; Pratt, Davies & Connor, 2011; Krishnasamy, Ling & Kim, 2020)，這些研究中都有提到透過資訊科技的輔助，多少能改善學生的學習表現。

再加上近年多本統計理論的教科書撰寫方式已經不同於傳統以數學證明為主的論述方式，這些書籍都以電腦程式模擬輔助理論的學習與呈現(Efron & Hastie, 2016; Paolella, 2018; Ismay & Kim, 2019; Matloff, 2019)。

因此，在本計畫中，針對抽象的統計理論概念，將嘗試引入電腦程式操作，透過數值資料模擬與資料視覺化的呈現方式，讓學生體會感受統計理論的抽象概念，用以輔助學生抽象概念的理解與學習，進而提升學習成效。

3. 研究問題 Research Question

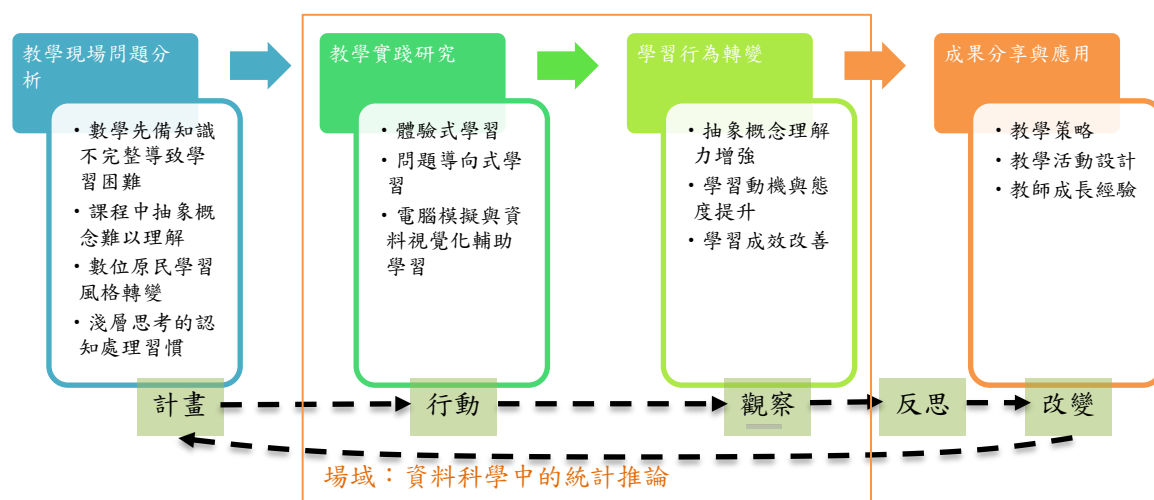
本計畫採行動研究的方式，進行課堂上實際教學問題之反思修正循環，期望在資料科學時代下，提供符合時代轉變之統計理論課程的新教學模式與策略，並解決教學現場學生的學習問題與教師的教學困境，進而誘發學生的學習動機，改變學習態度，提升學習成效。本計畫的研究問題如下：

- 探討統計推論課程中，教師導入體驗式學習的理念，與運用問題導向教學及資訊技術融入教學等策略，是否能改善學生的學習成效？

- 探討在體驗式學習結合問題導向教學與資訊技術融入教學等策略下，學生對於統計理論的抽象概念理解力是否有提升？
- 探討在施行新的教學策略與方法後，學生的學習動機與態度是否有轉變？
- 探討此教學實踐計畫之施行成效，以提供資料科學時代，相關數學與統計理論課程教學設計之參考。

4. 研究設計與方法 Research Methodology

本教學實踐研究的場域為公衛系「M2 生物統計與健康資訊」專業模組之模組必修課「資料科學中的統計推論」，此課程是選擇生物統計為主修領域的學生在大三時的必修課，本課程將針對在資料科學時代，統計方法的理論背景與架構進行介紹，讓學生了解統計推論是如何進行的，內容將涵蓋機率、隨機變數、分配、估計、檢定等內容之基礎理論，有別於以往類似課程以數學推理證明為主，本課程利用電腦軟體進行數據模擬實驗，以實際操作方式讓學生體會統計推論背後的理論架構。



圖一：本教學實踐研究計畫之行動研究架構

圖一為本計畫採用之行動研究，透過課堂上實際教學問題之反思修正循環，期望在資料科學時代下，提供符合時代轉變之統計理論課程的新教學模式與策略，並解決教學現場學生的學習問題與教師的教學困境，進而誘發學生的學習動機，改變學習態度，提升學習成效。

為探究創新的統計理論教學方式之成效。在課程開始前，發放問卷了解修課學生背景資料；學期中與學期末，發放課程滿意度問卷，了解學生對創新的統計理論教學方式之感受，此外，也使用 Instructions Course Interest Survey (Keller, 2010)和 Instructional Materials Motivation Survey (Keller, 2010)兩份問卷，評估學生對課程興趣及學習態度的轉變。

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

(1) 教學過程與成果

● 學習單

每週的課程都會設計學習單，告知學生每個章節的學習重點，並透過實務範例引導學生思考與學習理論，此外，也會有電腦模擬實作，讓學生透過模擬實驗與資料視覺化，體驗理論的意義。以下是兩份學習單的範例：

3. **對風險的反應**。Covid-19 的爆發，全世界都努力在提高疫苗接種率，以降低重症與死亡的發生率，新聞媒體卻著重於報導疫苗的副作用發生情況，如：AZ 與血栓，mRNA 疫苗與心肌炎等。

(a) 媒體為什麼給接種疫苗後的副作用事件較多關注？
 (b) 媒體的報導如何影響五月份疫情大爆發前後臺灣人民對接種疫苗的態度與選擇？

thebmj Visual Abstract Covid-19 and adverse events after vaccination and SARS-CoV-2 infection

Summary Increased risks of some adverse thrombotic events leading to hospital admission or death were observed in the 28 days after first doses of vaccines. The risks of most of these events were substantially higher and more prolonged after SARS-CoV-2 infection

Study design Self-controlled case series Compared exposed with unexposed periods in the same patient

Population 29.1 million people vaccinated with first doses in England
 19.6 million ChAdOx1 nCoV-19
 9.5 million BNT162b2 mRNA
 1.6 million had positive SARS-CoV-2 test

Outcomes 8-28 days after exposure
 with ChAdOx1 nCoV-19 vaccine
 with BNT162b2 mRNA vaccine
 with SARS-CoV-2 infection

Incidence rate ratio 95% CI

Thrombocytopenia
 Venous thromboembolism
 Arterial thrombosis
 Cerebral venous sinus thrombosis
 Ischaemic stroke
 Myocardial infarction
 Other rare arterial thrombotic event

https://bit.ly/BMJc19ae Oxford-AstraZeneca Pfizer-BioNTech © 2021 BMJ Publishing Group Ltd.

https://www.bmj.com/content/374/bmj.n1931

學習單 Ch.5 Limit Theorems

- Markov's Inequality
 - 定義？
- Chebyshev's Inequality
 - 定義？
- Converge almost surely vs. Converge in probability vs. Converge in distribution
- The Law of Large Numbers
 - 什麼是大數法則？
 - The Weak Law of Large Numbers vs. The Strong Law of Large Numbers
 - 試試看：
 - 從任一分布中抽出 $N = 10, 10^2, 10^3, 10^4, 10^5$ 的隨機變數樣本，算算看它們的平均數，並計算其與母體的期望值的誤差，觀察誤差在不同樣本數情況下的變化。
 - [弱大數法則] 選定一個誤差 ϵ ，重複 L 的動作 k 次，計算 k 次模擬實驗中 $|\bar{X}_n - E(X)| > \epsilon$ 的比例，並觀察在不同樣本數情況下的變化。
 - [強大數法則] 同 i ，畫出 \bar{X}_n 隨 N 變化的趨勢圖，觀察在不同樣本數情況下 \bar{X}_n 靠近 $E(X)$ 的變化趨勢。
- Central Limit Theorem
 - 中央極限定理的定義是什麼？
 - 試試看：
 - 請從 $Uniform(0,1)$ 中，隨機抽出 $N = 2, 5, 10, 30, 100, 1000$ 的隨機變數樣本，並計算樣本平均值 $\bar{X}_{U,N}$ ，重複這個過程 k 次 ($k \geq 5000$)，將取得的 k 個樣本平均值 $\bar{X}_{U,N}$ 化成直方圖 (histogram)，並加上 density curve，比較不同樣本數下 $\bar{X}_{U,N}$ 分布的變化情況。
 - 請從 $p \times N(-5,4) + (1-p) \times N(5,9)$ 中，隨機抽出 $N = 2, 5, 10, 30, 100, 1000$ 的隨機變數樣本，並計算樣本平均值 $\bar{X}_{MN,N}$ ，重複這個過程 k 次 ($k \geq 5000$)，將取得的 k 個樣本平均值 $\bar{X}_{MN,N}$ 化成直方圖 (histogram)，並加上 density curve，比較不同樣本數下 $\bar{X}_{MN,N}$ 分布的變化情況。(註： p 為機率，可自行決定)
 - 請從 $Exp(1.5)$ 中，隨機抽出 $N = 2, 5, 10, 30, 100, 1000$ 的隨機變數樣本，並計算樣本平均值 $\bar{X}_{E,N}$ ，重複這個過程 k 次 ($k \geq 5000$)，將取得的 k 個樣本平均值 $\bar{X}_{E,N}$ 化成直方圖 (histogram)，並加上 density curve，比較不同樣本數下 $\bar{X}_{E,N}$ 分布的變化情況。
 - 挑選一個對稱、左偏或右偏的分布，請從此分布中，隨機抽出 $N = 2, 5, 10, 30, 100, 1000$ 的隨機變數樣本，並計算樣本平均值 $\bar{X}_{O,N}$ ，重複這個過程 k 次 ($k \geq 5000$)，將取得的 k 個樣本平均值 $\bar{X}_{O,N}$ 化成直方圖 (histogram)，並加上 density curve，比較不同樣本數下 $\bar{X}_{O,N}$ 分布的變化情況。

● 程式示範、視覺化

對於某些概念或定理，會利用程式模擬的方式說明，在課堂中除了使用 Seeing Theory (<https://seeing-theory.brown.edu/>) 網頁進行輔助教學之外，也會透過 R 進行模擬實驗，輔助理論的證明，如：樣本抽樣分布、中央極限定理的說明

Sampling distribution of \bar{X} :

- Shape?
- Center?
- Variation?

Sample	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	Mean
Sample 1	8	11	2	7	6	7	9	5	6	10	7.1
Sample 2	3	6	9	6	7	5	6	8	4	6	6.0
Sample 3	9	8	13	10	5	6	5	9	7	9	8.1
Sample 4	6	6	9	9	9	7	6	10	6	10	7.8
Sample 5	5	4	4	12	5	11	6	7	3	9	6.6
Sample 6	10	5	4	8	6	7	8	6	16	12	8.2
Sample 7	4	10	7	2	7	6	9	4	3	7	5.9
Sample 8	5	8	13	7	11	7	7	5	12	10	8.5
Sample 9	5	8	14	6	6	8	7	10	5	4	7.3
Sample 10	13	5	9	8	7	9	6	6	6	6	7.5
Sample 11	8	10	4	9	9	4	12	5	6	7	7.4
Sample 12	6	9	9	3	8	7	4	6	3	7	6.2
Sample 13	6	12	7	11	4	5	5	6	6	10	7.2
Sample 14	7	5	3	8	2	5	9	10	6	4	5.9
Sample 15	5	7	7	6	8	6	7	4	6	6	6.2
Sample 16	5	7	7	7	6	3	4	4	5	5	5.3
Sample 17	9	5	4	3	6	5	10	11	10	8	7.1
Sample 18	6	3	6	8	5	8	5	7	4	11	6.3
Sample 19	6	6	5	6	2	10	10	5	11	3	6.4
Sample 20	9	4	5	5	9	8	11	9	5	7	7.2

Histogram of Means (\bar{X})

Frequency

X

26

(2) 教師教學反思

在課程施行結束後，我們發現，大部分同學認為模擬實驗的方式確實能輔助學習某些定理、概念，不過仍有部分學生仍偏好傳統的數學論證推理方式進行學習。此外，因為引入創新的教學方式，導致課堂中活動的安排、課程內容的規劃、作業考試等評估方式也受到影響。部分課堂討論與實作活動，因假設學生在生統一與生統二已有完備的知識下施作，但教學實務上發現，許多先備知識學生已經遺忘或是不熟稔，因而使活動進行過於沒效率，未來應可以重新討論與規劃相關課程（如：生統一（大一）、生統二（大二）、統計推論（大三）、數理統計（研究所））授課範圍與知識的銜接，以利課程活動的進行。此外，由於嘗試創新的教學策略，在教科書的選擇上面臨挑戰，傳統常用的教科書，書中的數學部分對數學先備知識不足的學生是一大挑戰，並不完全適合這門課，而目前市面上新編撰的教科書，卻有涵蓋知識範圍不夠完整或焦點不同的問題，目前尚未找到適合的教科書，也許再過一兩年可能會有更適合的教科書出現。作業與考試的方式，本次還是選擇紙筆測驗，因此題目的設計還是會偏向推論與計算為主，在教學過程中，因把部分時間用來討論、電腦模擬實作之下，學生實際動手算的時間或看老師助教算、推導東西的時間並不多，因而導致紙筆作業、測驗的成效不彰，未來應該調整作業與考試的內容與方式，加入一些課堂討論或電腦模擬實作的元素。

(3) 學生學習回饋

本課程參與的學生共有 16 位，主要為公衛系大三大四的學生，選修 M1 流病與預醫和 M2 生統領域的主修的比例各約為五成，數學先備知識大多數學生只有修微積分，統計相關課程大多數學生只修完必修的生統一與生統二兩門課，基本背景如表一所示：

表一：研究對象基本背景(N=16)

項目	人數 (%)
系所	
公衛系	15 (93.75%)
地理系	1 (6.25%)
年級	
大三	9 (56.25%)
大四	7 (43.75%)
主修領域	
M1. 流行病學與預防醫學	8 (50.00%)
M2. 生物統計與健康資訊	7 (43.75%)
數學相關課程	
微積分乙	16 (100%)
線性代數	6 (37.50%)
統計相關課程	
生統一、生統二 or 統計學	16 (100%)
其他進階統計課	5 (31.25%)

表二為期中期末之課程滿意度調查結果，目的是想了解課程設計的方式是否能輔助學生的學習，問卷是五分制的李克特量表，從表中的平均分數可看出，學生對於此教學方式是認同的，也可以感受到對學習的輔助。

表二：期中期末課程滿意度調查之平均分數

題目	期中	期末
1. 我覺得我有學習到這門課的相關知能	3.4	3.6
2. 我覺得這門課讓我有收獲	3.6	3.9
3. 我覺得我對於統計方法背後的理論架構的認識，有所提升	3.4	3.8
4. 課堂中安排的討論活動，我覺得能幫助釐清某些統計觀念？	3.4	3.4
5. 透過程式模擬實驗的進行，我覺得能幫助認識某些統計理論？	3.6	3.6

表三與表四為採用 Keller (1987)所提出的 ARCS 動機模式，評估學生對課程興趣及學習態度的轉變，從平均數來看不論是課程興趣與學習動機，在期中期末並無明顯的差異變化，在 attention 與 relevance 的部分，不論是課程興趣與學習動機皆略大於該項目總分的一半以上，顯示學生認為課程的內容與教材安排，可以引起他們的興趣與學習動機，但 confidence 與 satisfaction 的部分，不論是課程興趣與學習動機皆約等於該項目總分的一半，顯示學生的信心度與滿足感在課程結束後並不能很好地被提升。

表三：期中與期末 ARCS 模型下課程興趣量表(Instructions Course Interest Survey)之結果

	題數	滿分	平均數	標準差	最小值	中位數	最大值
期中							
Attention	8	40	25.93	3.77	19.00	27.00	32.00
Relevance	9	45	30.80	3.49	23.00	31.00	36.00
Confidence	8	40	22.40	4.61	13.00	23.00	28.00
Satisfaction	9	45	27.00	4.44	20.00	26.00	35.00
期末							
Attention	8	40	26.07	4.11	17.00	27.00	32.00
Relevance	9	45	30.60	3.44	23.00	32.00	34.00
Confidence	8	40	21.67	5.51	11.00	24.00	27.00
Satisfaction	9	45	25.13	5.01	17.00	26.00	33.00

表四：期中與期末 ARCS 模型下學習動機量表(Instructional Materials Motivation Survey)之結果

	題數	滿分	平均數	標準差	最小值	中位數	最大值
期中							
Attention	12	60	38.93	5.24	30.00	38.00	48.00
Relevance	9	45	32.27	3.77	25.00	33.00	39.00
Confidence	9	45	23.07	5.06	16.00	26.00	31.00
Satisfaction	6	30	18.87	3.58	12.00	19.00	25.00
期末							
Attention	12	60	39.33	6.59	28.00	41.00	50.00
Relevance	9	45	32.07	4.17	22.00	33.00	38.00
Confidence	9	45	22.27	4.70	15.00	22.00	29.00
Satisfaction	6	30	17.87	4.67	8.00	19.00	24.00

6. 建議與省思 Recommendations and Reflections

未來在教授類似課程時，可以參考此一教學策略，電腦模擬實作確實可以輔助學生理解抽象之概念，搭配具有程式輔助內容的教科書，而非傳統常用以數學推導證明為主的教科書，相信可以有事半功倍之效。

二. 參考文獻 References

- 高熏芳 (2012)。數位原生的學習與教學。臺北市：高等教育出版社。
- 符碧真 (2010)。「給他魚吃，不如教他釣魚」：問題導向學習 (Problem-Based Learning)，於椰林講堂：大學老師的教學秘笈。臺北市：國立臺灣大學出版中心。
- Ben-Zvi, D., Makar, K., & Garfield, J. (Eds.). (2017). *International handbook of research in statistics education*. Springer.
- Christou, N., & Dinov, I. D. (2010). A study of students' learning styles, discipline attitudes and knowledge acquisition in technology-enhanced probability and statistics education. *Journal of online learning and teaching/MERLOT*, 6(3).
- Dewey, J. (1986). Experience and education. In *The Educational Forum* (Vol. 50, No. 3, pp. 241-252). Taylor & Francis Group.
- Diggle, P. J. (2015). Statistics: a data science for the 21st century. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (Statistics in Society)*, 178(4), 793-813.
- Edens, K. M. (2000). Preparing problem solvers for the 21st century through problem-based learning. *College Teaching*, 48(2), 55-60.
- Efron, B., & Hastie, T. (2016). *Computer age statistical inference: Algorithms, Evidence and Data Science*. Cambridge University Press.
- Gardner, H., & Davis, K. (2013). *The app generation: How today's youth navigate identity, intimacy, and imagination in a digital world*. Yale University Press.
- Hung, W., Jonassen, D. H., & Liu, R. (2008). Problem-based learning. *Handbook of research on educational communications and technology*, 3(1), 485-506.
- Hutton, J. S., Dudley, J., Horowitz-Kraus, T., DeWitt, T., & Holland, S. K. (2020). Associations between screen-based media use and brain white matter integrity in preschool-aged children. *JAMA pediatrics*, 174(1), e193869-e193869.
- Ismay, C., & Kim, A. Y. (2019). *Statistical Inference via Data Science: A Modern Dive into R and the Tidyverse*. CRC Press.
- Keller, J. M. (1987). Development and use of the ARCS model of instructional design. *Journal of Instructional Development*, 10(3), 2.
- Keller, J. M. (2010). *Motivational design for learning and performance -- The ARCS Model Approach*. Springer, Boston, MA.
- Knowlton, D. S., & Sharp, D. C. (2003). *Problem-based learning in the information age*. San Francisco: Jossey-Bass
- Kolb, B. (1984). Functions of the frontal cortex of the rat: a comparative review. *Brain Research Reviews*, 8(1), 65-98.
- Krishnasamy, S., Ling, L., & Kim, T. (2020). Improving Learning Experience of Probability and Statistics using Multimedia System. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 15(1), 77-87.
- Makar, K., & Rubin, A. (2018). Learning about statistical inference. In *International handbook of research in statistics education* (pp. 261-294). Springer, Cham.
- Marasinghe, M. G., Meeker, W. Q., Cook, D., & Shin, T. S. (1996). Using graphics and simulation to teach statistical concepts. *The American Statistician*, 50(4), 342-351.
- Matloff, N. (2019). *Probability and statistics for data science: Math+ R+ data*. CRC Press.
- Mills, J. D. (2004). Learning Abstract Statistics Concepts Using Simulation. *Educational Research Quarterly*, 28(4), 18-33.

- Paolella, M. S. (2018). *Fundamental Statistical Inference: A Computational Approach* (Vol. 216). John Wiley & Sons.
- Pratt, D., Davies, N., & Connor, D. (2011). The role of technology in teaching and learning statistics. In *Teaching statistics in school mathematics-challenges for teaching and teacher education* (pp. 97-107). Springer, Dordrecht.
- Prensky, M. (2001). Digital natives, digital immigrants. *On the Horizon*, 9(5), 1-6.
- Song, I. Y., & Zhu, Y. (2016). Big data and data science: what should we teach?. *Expert Systems*, 33(4), 364-373.
- Spitzer, M. (2012). *Digitale Demenz: Wie wir uns und unsere Kinder um den Verstand bringen*. Droemer eBook.

三. 附件 Appendix