

封面 Cover Page

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：PHA1121074

學門專案分類/Division：人文藝術及設計

計畫年度：112 年度一年期 111 年度多年期

執行期間/Funding Period：2023.08.01 – 2024.07.31

物理環境模擬在教學、研究、服務領域的教學設計及學習成效

A Study on Teaching Design and Learning Achievement of Physical
Environment Simulation in Teaching, Research, and Service Areas

建築設計（七）/ Architectural Design 7

物理環境模擬 / Physical Environment Simulation

計畫主持人(Principal Investigator)：吳聿淇

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：中國文化大學／建築及
都市設計學系

成果報告公開日期：立即公開 延後公開

繳交報告日期(Report Submission Date)：2024 年 9 月 14 日

本文與附件 Content & Appendix

物理環境模擬在教學、研究、服務領域的教學設計及學習成效

A Study on Teaching Design and Learning Achievement of Physical Environment Simulation in Teaching, Research, and Service Areas

一、本文 (Content)

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

為了面對環境與能源的挑戰，運用模擬工具來拉近建築設計與真實環境之間的距離。本系開設「物理環境模擬」課程主要是跟上環境資料模擬輔助建築設計的趨勢，培養學生學習物理環境模擬軟體的技術與應用，提出以環境分析和節能成效來思考的設計策略和方法，強調建築物理與建築設計之間的邏輯思維，培養未來數位化建築設計人才。「物理環境模擬」課程也應銜接建築設計課程，減少以往建築物理與建築設計之間的落差，落實以設計解決環境問題和強化環境特色，使學生在設計過程中即逐步整合設計形式與功能性，使數位造型設計的成果更加具備說服力。

教學現場發現資料視覺化 (Data Visualization) 有助建築系學生思考基地的環境分析與設計策略，同時有助於理解建築物理的理論基礎，減少以往建築物理給人枯燥困難的學習印象。透過專題導向學習 (Project Based Learning, PBL) 來檢視物理環境模擬學習成效，能提高學生學習興趣與動力，同時也整合電腦輔助設計的觀念與技術。本研究計畫透過「物理環境模擬」課程來學習物理環境模擬工具，配合「建築設計 (七)」課程的設計題目來落實建築物理與建築設計之間的邏輯思維，以及安排「課後大專生研究室」計畫來協助學生申請校內外大專生研究計畫，拓展建築環境和技術的研究。期望透過本教學實踐研究計畫，有效建立物理環境模擬在教學、應用 (原為服務)、研究各領域的教學設計，提高學生學習視野與學習成效。

2. 研究問題 (Research Question)

本教學實踐研究計畫透過「物理環境模擬」、「建築設計 (七)」課程，以及「課後大專生研究室」討論時間，在教學設計上使用具備引導與即時反饋系統 (IRS) 功能的物理環境模擬軟體，整合 3D 建模和環境資料視覺化 (Data Visualization) 模擬與分析，減少以往建築物理給人枯燥且困難的印象，加強學生對建築物理的理論基礎。在課程設計上設計物理環境模擬在教學、應用、研究領域的專題導向學習 (BPL) 任務 (表 1)：(1)學習模擬軟體；(2)輔助建築設計；(3)申請大專生研究，提供多元性及差異化教學 (Differentiated Instruction) 方式，分析學生在各領域應用物理環境模擬軟體的學習動力與學習成效。

表 1、依據教學、應用、研究專題任務所需之物理環境模擬的應用範圍與程度

| 課程/計畫 | 專題任務 | 物理環境模擬 範圍 | 物理環境模擬 深度 |
|----------|--------|--------------|--------------|
| 物理環境模擬 | 學習模擬軟體 | 最廣 | 最淺 |
| 建築設計（七） | 輔助建築設計 | 適中 | 適中 |
| 課後大專生研究室 | 配合研究主題 | 最窄 | 最深 |

3. 文獻探討 (Literature Review)

建築設計結合物理環境模擬已是全球趨勢。 Samir et al. (2019) 指出使用環境模擬工具 (EST) 的關鍵是同時能掌握環境資料、效能分析、設計策略，協助學生的設計策略確實考慮環境的需求與價值。Naboni (2014) 提到環境模擬工具普及化，越來越多功能性外掛軟體的開發，使得設計過程中能同時模擬與分析多個環境資料，有效整合設計形式與功能性，使得數位造型設計的成果更具有說服力。Naboni(2013)也提到使用環境模擬工具的設計方法，超越了 LEED、BREEAM 和 DGNB 等所設定的評級目標，而是以設計同時滿足設計概念與環境效能。

建築設計結合物理環境模擬改變了以往的設計操作模式。 Naboni (2014) 提出設計方法與流程包括：氣候設定與分析、設定物理環境目標、物理環境模擬與分析、以及建立設計與物理環境目標的關係。Bassolino & Ambrosini (2016) 針對都市設計也提出類似的設計流程：基地範圍 2D/3D 建模、環境設定、微氣候模擬、資料輸入與輸出、成果評估與比較。研究指出使用環境模擬工具輔助設計策略，是根據輸入的模型以及氣候資料，並即時性地模擬與分析並以視覺化的方式在模型上呈現，使建築物理環境的概念及策略在建築設計階段中可以立即地討論與修正，過程中建立學生環境分析與設計概念之間的邏輯思維 (吳聿淇，2021；Attia et.al，2013)，培養學生發現問題、解決問題的能力。

建築設計結合物理環境模擬顯著提升學習成效及知識與技術認知。 林權萱等人 (2021) 指出物理環境模擬軟體的學習成效來自於對軟體的操作熟悉度及背景知識的了解，因此建議課程應整合理論與應用，同時相關建模與學習經驗能提升學習效率，因此建議應根據物理環境模擬軟體的複雜性來安排循序漸進的課程規劃與時間安排 (Göçer 等人，2015；Ovesen，2014)。

4. 教學設計與規劃 (Teaching Planning)

本研究計畫根據「物理環境模擬」和「建築設計（七）」課程內容以及安排「課後大專生研究室」計畫來協助學生申請校內外大專生研究計畫，提出教學、應用、研究三種不同向度的專題任務，設計(1)模擬軟體學習領域、(2)輔助建築設計領域以及(3)課後大專生研究領域的教學主題。

(1) 模擬軟體學習領域：

「物理環境模擬」課程主要學習物理環境模擬軟體 Ladybug 的基本功能與操作方式，整合 3D 建模和環境資料視覺化模擬與分析，並適時加強學生建築物理的理論基礎。課程設計以單元式且循序漸進的方式訓練學生 Ladybug 軟體的基本功能與操作方式（圖 1），其介面具備引導和即時回饋功能，透過環境資料視覺化（Data Visualization）呈現，加強與學生之間的討論，有效建立物理環境理論基礎。

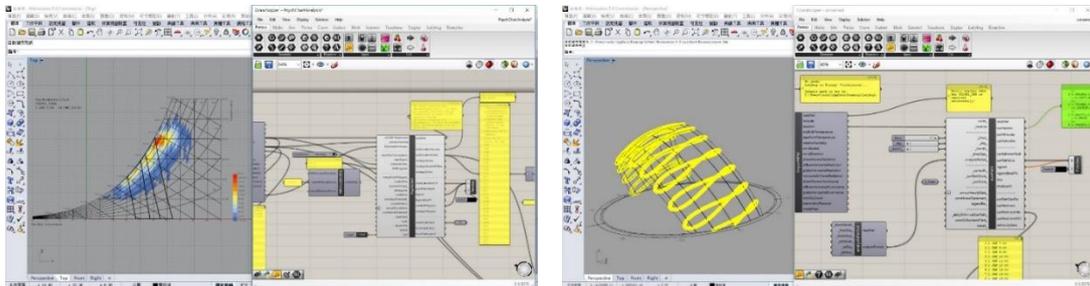


圖 1、Ladybug Tools 環境資料視覺化模擬功能

(2) 輔助建築設計領域：

「建築設計（七）」課程主要引導學生使用物理環境模擬軟體來輔助建築設計。課程設計配合既有大四設計課題目 Bratislava Campus STU 國際學生競圖（圖 2），指導學生從 3D 建模、氣候資料下載與應用、物理環境模擬與建築能耗分析、設計策略與檢討等較務實的設計考量，有效整合環境分析與設計概念，建立學生重視建築物理與建築設計之間的邏輯思維。

109 學年度第二學期 / Second (Summer) Semester 2021
中國文化大學建築及都市設計學系 / Department of Architecture and Urban Design, CCU
H649 建築設計(八) / H649 Architecture Design 8

Student Architectural Competition for a Conceptual Design of the Slovak University of Technology in Bratislava

STU 校園改造設計
吳華淇老師組

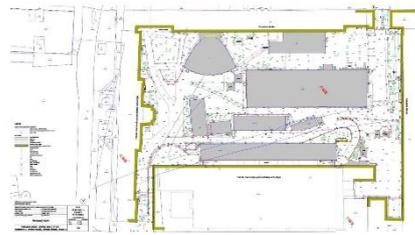
Type: Competition Announcement (Student Competitions)
Website: <https://www.inspireit.com/en/awards/documents>
Organizers: CTU in Prague, Department of Architecture
Registration Deadline: July 14, 2021 11:30 PM
Submission Deadline: October 01, 2021 12:00 AM
Price: Free

Competition Subject:
The goal of the competition is to obtain ideas for a representative center of STU in Bratislava. It should include the STU innovative science center, educational, social, multi-purpose and leisure spaces such as interiors, exteriors and part of the rectore's workplaces.
The STU center should serve to students, teachers, researchers and STU employees, as well as profession experts, municipal authorities and the public.
Its goal is to create conditions for cooperation of the professionals and academic environment, and to serve as an important city space for communication with public. This would be emphasized by the openness of the area and its connection to the main public spaces of the city.
The diverse localization and the absence of the common campus of STU motivates the creation of the common representative center with intention to strengthen the importance of the historically established University core, today formed by 4 faculties

- Faculty of Civil Engineering
- Faculty of Mechanical Engineering
- Faculty of Chemical and Food Technology
- Faculty of Architecture in the city center.

The proposed development location in the city center, its location in relation to the main urban spaces (Námestí Slobody, Kollárovo square, Starohorská street) with links to important buildings in the area such as the Government, the Ministry of Transportation and Construction of the Slovak Republic, the National Bank of Slovakia, the Slovak Radio and Television building, the New Stage theater or the Design Center, provide preconditions for a synergistic effect of the new STU University Center and the strengthening of importance and visibility of STU.

1



Required program:
The design of buildings or a set of buildings, as well as verification of the possibility of transformation of the heavy laboratory building in the courtyard of the STU campus in Bratislava must include the following functional spaces:

- Innovative interdisciplinary research center STU, startup center, cooperation with practice / 4000 m³
- Presentation (experiential) center of science and research / 1000 m³
- Administrative offices of the Rectorate in connection to research / 500 m²
- Social, exhibition and multipurpose spaces / 1000 m²
- Media library, study rooms / 500 m²
- Workshops / 300 m²
- Info services, entrance area / 500 m²
- Catering, restaurants, cafes / 500 m²
- Technical background / 500 m²
- Underground garage (under the building and part of the yard) (approx. 300 places) / 7500 m²

Max. 17500 m²

Local program for the use of free space:

- Spaces for gatherings
- Spaces for relaxation
- Educational spaces in the exteriors
- Areas for presentations and exhibitions
- Areas for formal and informal meetings
- Outdoor seating for social events - Amphitheatre
- Sport grounds
- Pavilions
- Greecery
- Minimization of parking spaces at above-ground level

An important part of the transformation of the STU courtyard is the possibility of implementation in stages
分期實現的可行性

2

圖 2、「建築設計（七）」課程設計題目

(3) 大專生研究領域：

「課後大專生研究室」計畫主要提升研究環境和拓展軟體技術，培養學生研究興趣與創造力。「課後大專生研究室」計畫主要開放給修完「物理環境模擬」課程且有興趣進一步學習的本系學生。研究室固定每星期三下午 1 點到 5 點討論時間，每一兩個月舉辦研究分享會（圖 3），以環境模擬與分析為主題，探討軟體技術與應用，發揮學生的學習潛能，培養自主學習，協助學生參與校內每年十月大專生研究計畫申請及每年二月國科會大專生研究計畫申請。



圖 3、研究分享會

5. 研究設計與執行方法 (Research Methodology)

本教學實踐研究以物理環境模擬為主題，分別於「物理環境模擬」、「建築設計（七）」課程以及「課後大專生研究室」計畫安排教學、應用、研究不同領域的教學設計，並且在課程結束後進行無記名問卷和訪談來評估教學品質與學習成效。問卷將針對教學內容的實用性、學習效果及學生的滿意度進行調查，而訪談則進一步了解學生對教學過程的回饋及建議。本研究透過專題導向學習的多元化教學設計，探討各領域課程的學習目標與方法，了解各領域課程的適當性和有效性，進而改善未來的教學設計，使其更加符合學生的學習需求，以拓展電腦輔助設計的觀念與技術，提高學生學習動力與成就感。

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

(1) 教學過程與成果

「物理環境模擬」課程將物理環境模擬軟體 Ladybug 的基本功能整理成單元式講義（圖 4），不僅學習 Ladybug 的基本功能與操作方式，同時借用 Ladybug 來介紹建築物理的基本概念。軟體 Ladybug 的操作介面具備引導和即時回饋功能（IRS），能提示使用者需要的數據及可能輸入錯誤的地方，使教學由單方向轉為互動模式，提供學生自我學習與思考的可行性，並且 Ladybug 模擬成果可即時地以資料視覺化（Data Visualization）的方式呈現，能加強學生對物理環境分析的理解。長久使用下來，使枯燥的理論知識也能自然地熟記與建立。

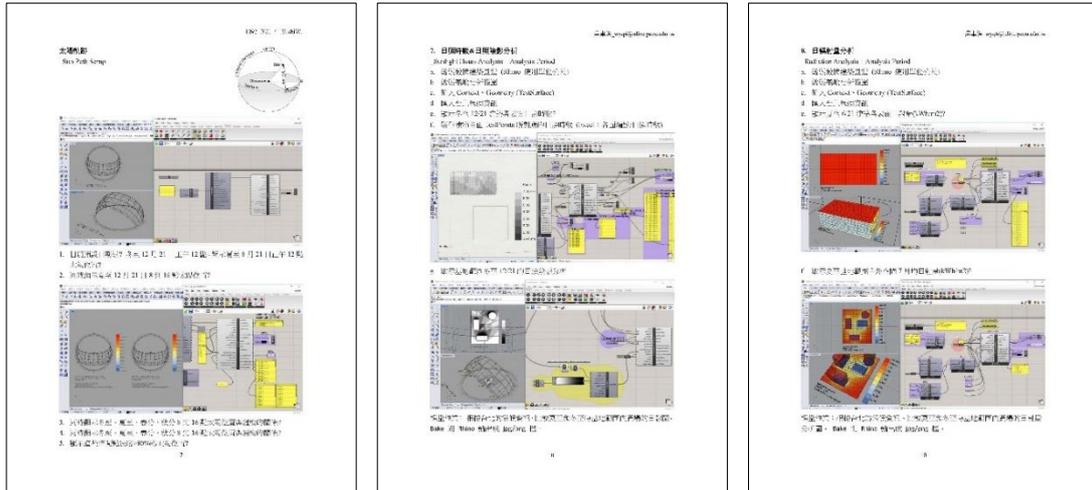


圖 4、單元式講義

「建築設計（七）」課程將規劃物理環境模擬輔助建築設計專題，實踐以環境分析和節能成效來思考設計策略與方法，強調物理環境與建築設計之間的邏輯思維。透過軟體 Ladybug 有效整合 3D 環境模型與氣候資料，並且直接在模型上呈現物理環境的模擬與分析，使物理環境的概念及策略在建築設計階段中可立即討論與修正，有效能掌握環境資料、效能分析、設計策略，整合設計形式與功能性，使設計的成果更具有說服力。然而，目前大部分學生僅能將「物理環境模擬」課程中所學應用在基地分析階段，協助學生做出簡單的設計策略（圖 5），僅非常小部分透過引導將物理環境的數據真正的直接的影響建築設計的造型（圖 6）。

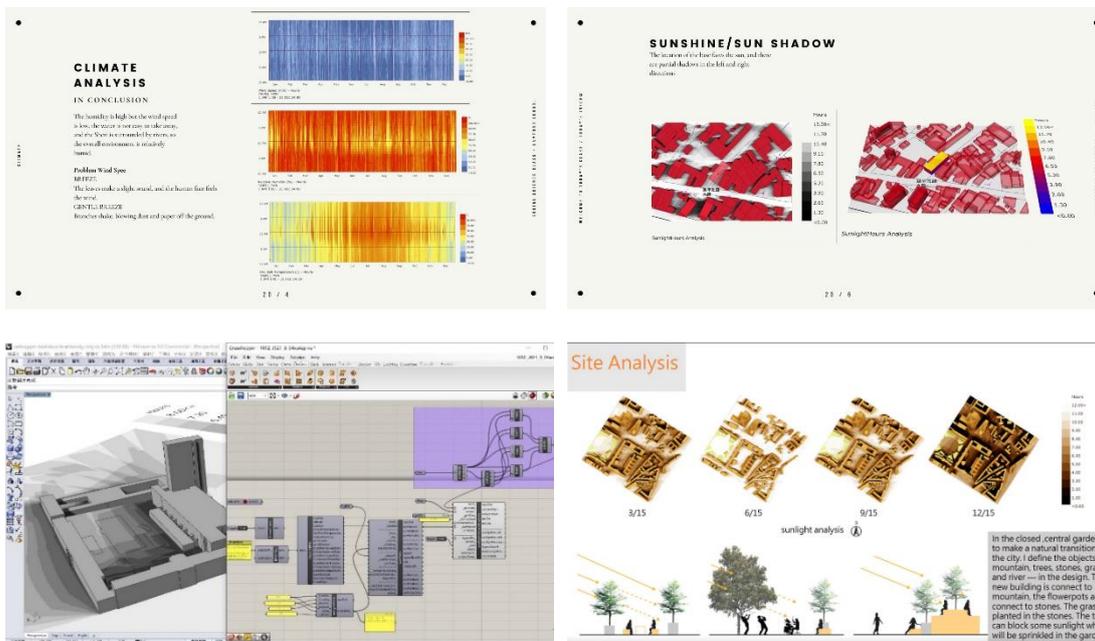


圖 5、基地分析與建築設計討論

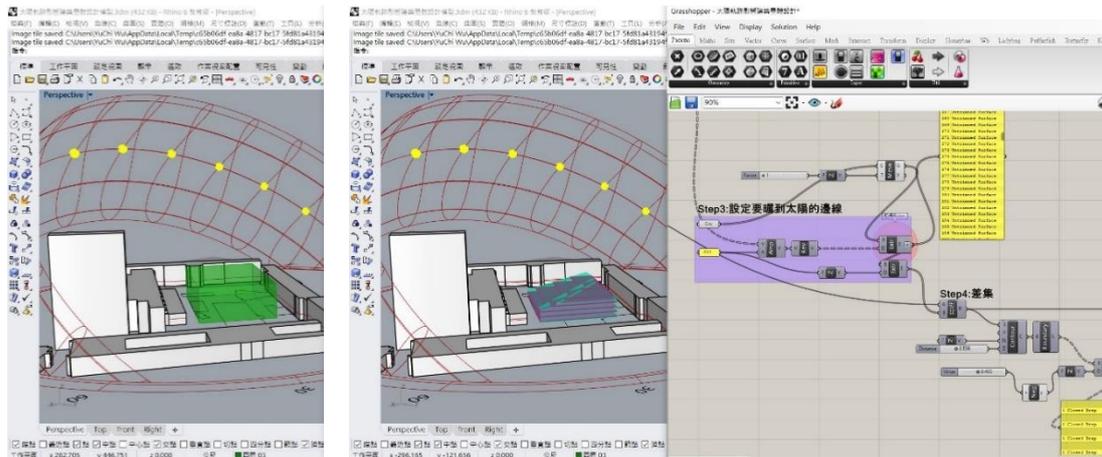


圖 6、物理環境的數據真正的直接的影響建築設計的造型

「課後大專生研究室」鼓勵對物理環境模擬有興趣的學生參與每星期三下午 1-5 點的研究室討論，透過教師的引導，學生們以 PBL 專題方式探討環境模擬與分析、軟體技術與應用，發揮學生的學習潛能，培養自主學習。自 108 學年開始至 112 學年結束，大致有十二位固定班底，平均每年有 2 人因為「物理環境模擬」、「建築設計（七）」課程，對物理環境模擬有興趣進而進入研究室嘗試進一步的學習與應用，每位學生大多都自發性的參與一年以上的研究，大多皆有申請校內外大專生研究並發表於國內研討會（圖 7）。

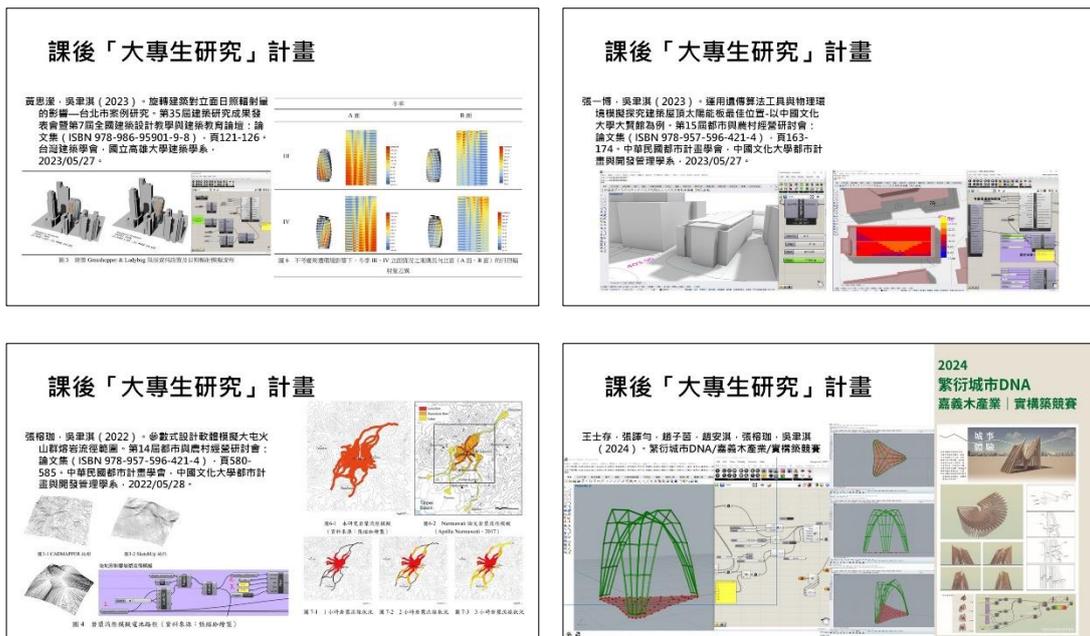


圖 7、課後大專生研究成果

(2) 教師教學反思

教學現場發現學生對於新工具以及制式化分析操作流程接受度相當高，然而當這些工具應用在設計課具體基地時，過程中會遇到很多模型與數據之間銜接的

問題，考驗學生對基礎工具 Grasshopper (GH) 操作和空間邏輯思考的熟練度。另外，新工具同時也帶來新的設計方法，教學發現若學生不熟悉環境數據與概念設計之間的邏輯思維，環境數據對於設計的影響與應用對學生來說是很難想像的。因此，在物理環境模擬輔助建築設計專題之前，應加入大量的案例研究，協助學生了解以環境分析和節能成效來思考的設計策略與方法。

透過長期對「課後大專生研究室」的觀察，指導者需提出明確的研究時程與進度，制定固定的討論時間，給予學生足夠的研究與準備的時間，並安排學生參與國內外的研討會(圖 8)，讓學生覺得這是一種習慣，也是一種榮譽。指導者需考慮學生的研究興趣，適時地引導他們選擇合適的研究方向或題目，通過定期討論與資訊分享來拓展研究的深度，確實能達到相互啟發的效果，實現教學相長。

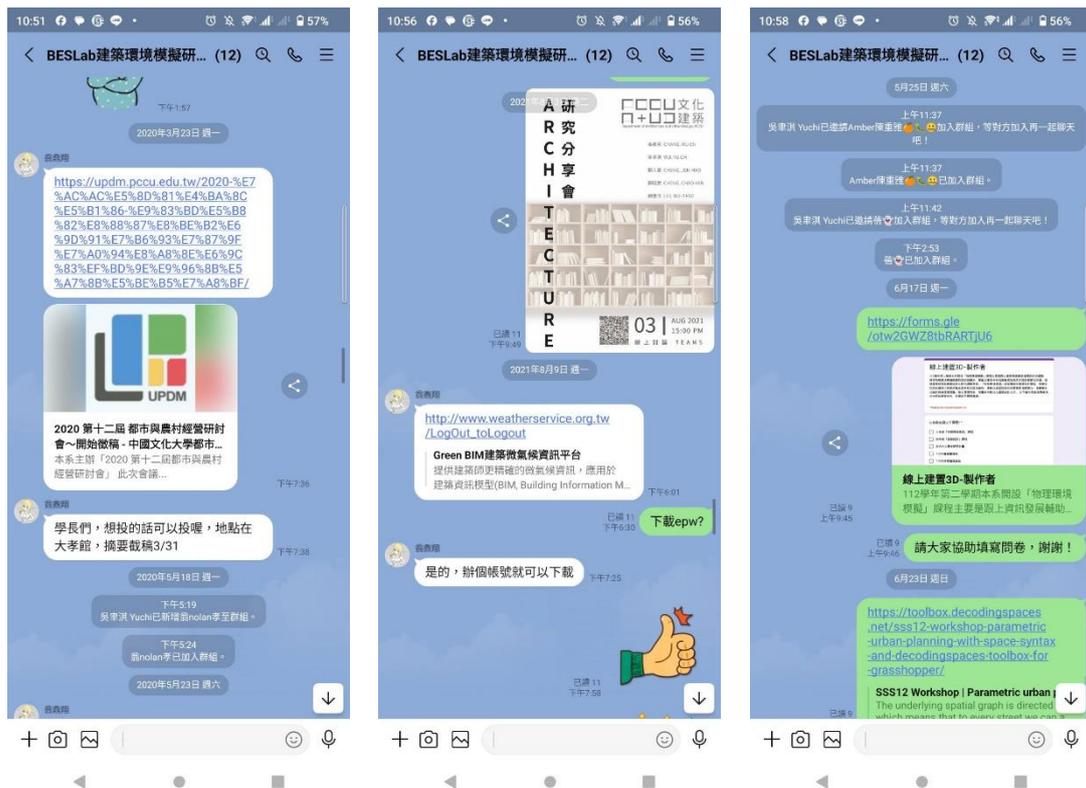


圖 8、課後大專生研究群組

(3) 學生學習回饋

本研究計畫分別於「物理環境模擬」、「建築設計(七)」課程以及「大專生研究」計畫安排相應程度和領域的物理環境模擬教學與專題任務，課程結束後透過無記名問卷和訪談的方式來評估教學品質與學習成效。圖 9 顯示 16 道題目依據 7 等級之李克特量表 (Likert scale) 進行程度區間調查，7 代表非常同意、6 代表同意、5 代表有點同意、4 代表持中立意見、3 代表有點不同意、2 代表不同意、1 代表非常不同意，分別顯示「物理環境模擬」教學領域 A 群、「建築設計(七)」應用領域 B 群、課後大專生研究領域 C 群的平均數值。

整體來說，圖 9 顯示隨著教學 A、應用 B、研究 C 的課程深度增加，C 群人數相對較少，對本課程設計評價大多 C>B>A (題 14)：顯示本課程設計能輔助建築設計在環境分析和節能成效的思考 (題 1)；軟體回饋功能 (IRS) 能減少軟體學習的困難度 (題 2)；資料視覺化 (Data Visualization) 能加強對環境分析的理解 (題 3)；透過案例來學習物理能減少軟體學習的困難度 (題 4)；本課程設計拓展學生對建築環境分析的技術 (題 8)；拓展電腦輔助設計的觀念與技術 (題 9)；能感受到電腦輔助設計工具的優勢 (題 12)；能增加對電腦輔助設計的接受度 (題 13)。

隨著教學 A、應用 B、研究 C 的課程深度增加、自由度提高，對本課程軟體困難度逐漸降低 C<B<A (題 15)；顯示本課程入門難，透過教學、應用、研究的訓練能具備發現問題、解決問題的技術與能力。

延續教學 A、應用 B 多呈現在設計階段的环境分析，真正影響設計造型的分析非常少。B 群最同意物理環境模擬軟體能增加學習興趣與動力 (題 5)；整體課程內容非常實用 (題 6)；拓展學生對建築環境分析的認識 (題 7)；能訓練 Teamwork 溝通討論的能力 (題 11)。學生反映教學 A 最能普遍訓練學生建築物理與建築設計之間的邏輯思維的能力 (題 10)。

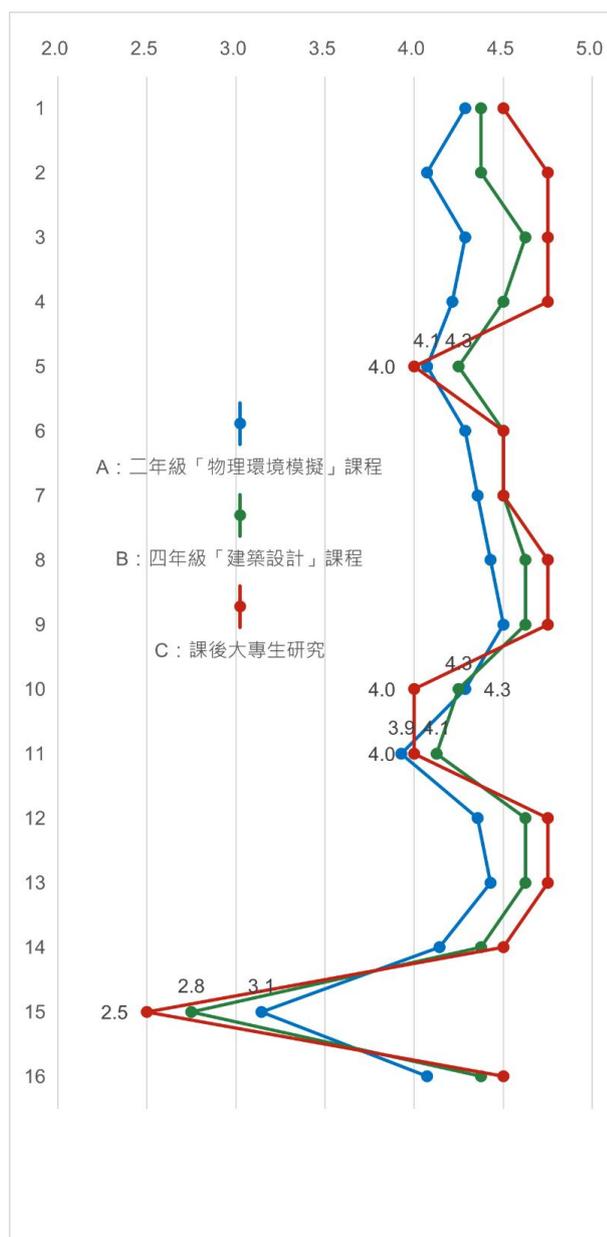


圖 9、問卷評估教學品質與學習成效

7. 建議與省思 (Recommendations and Reflections)

本教學實踐研究計畫旨在嘗試拉近物理環境與建築設計的教學方法，同時也期待拉近建築設計與真實環境之間的距離。根據物理環境結合建築設計所帶來的

新工具以及新的設計方法，提出教學、應用、研究的專題任務，分別透過「物理環境模擬」課程來學習物理環境模擬工具；「建築設計（七）」課程應用物理環境模擬輔助建築設計；「課後大專生研究室」拓展研究技術和培養自主學習。本研究探討相關課程的學習範圍與程度，並明確制定教學目標與方法，探討教學設計和學生學習成效，培養未來技術人才。

二、參考文獻 (References)

- 林權萱, 蔡耀賢, & 陳柏睿. (2021). 建築環境模擬分析整合於設計流程之教育成效評估. *建築學報*, (116_S), 1-19.
- 吳聿淇. (2021). 物理環境模擬輔助建築及都市設計之教學案例. *建築學報*, (117_S), 21-29.
- Attia, S., De Herde, A., Gratia, E., & Hensen, J. L. (2013, March). Achieving informed decision-making for net zero energy buildings design using building performance simulation tools. In *Building Simulation* (Vol. 6, No. 1, pp. 3-21). Tsinghua Press.
- Bassolino, E., & Ambrosini, L. (2016). Parametric environmental climate adaptive design: the role of data design to control urban regeneration project of Borgo Antignano, Naples. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 216, 948-959.
- Göçer, Ö., & Dervishi, E. (2015). The use of building performance simulation tools in undergraduate program course training. In *Proceedings of BS2015: 14th Conference of International Building Performance Simulation Association*.
- Naboni, E. (2013). Environmental Simulation Tools in Architectural Practice. *Proceedings of PLEA2013 - 29th Conference, Sustainable Architecture for a Renewable Future*. Munich, Germany 10-12 September 2013.
- Naboni, E. (2014). Integration of Outdoor Thermal and Visual Comfort in Parametric Design. *Proceedings of the 30th International PLEA Conference* (pp. 1-10). 16-18 December 2014, CEPT University, Ahmedabad, India.
- Ovesen, N. (2014, September). Accommodating Different Learning Styles: Bridging Math and Form. In *Design Education & Human Technology Relations: Proceedings of the 16th International Conference on Engineering and Product Design Education* (pp. 714-719). Design Society.
- Samir, H., Sammakieh, J. K., & Abed, R. M. (2019, November). The Utilization of Environmental Simulation Tools in Architectural Design Education. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 397, No. 1, p. 012017). IOP Publishing.
- Ladybug Tools <https://www.ladybug.tools/ladybug.html>