

# 理 學 院

## 109 學 年 度 第 二 學 期 模 組 化 課 程

數值影像重建三維模型之理論與應用

State-of-the-Art in Image-based 3D Reconstruction

授課教師

任職單位

畢業學校

楊孟學

國立成功大學理學院

國立成功大學 地球科學系

課程類別

學分數

選必修

開課人數

其他注意事項

Lecture  
+  
Recitation

1.5

選修

12

學生須自備筆記型電腦，並預留約 20GB 以上之磁碟空間

先修課程或先備能力：

無

課程難易度：

難  中偏難  中偏易  易

建議修課學生背景：

適合各領域學生修習

教學方法：

講授 50%、實作 30%、討論及報告 20%

評量方式：

問題考試 30 %、報告 40 %、實驗操作 30 %

補充說明：

1. 個人實作課程評分 (30%)：學生可根據上課所提到的三維重建演算法，自行選用合適的器材取像重建三維點雲 (3D point clouds) 及模型渲染 (mesh rendering)。模型重建的完整度及紋理特徵的還原度為作品評估之依據。
2. 三次問題考試 (30%)：分別於第二、三及四堂課進行，成績比重各佔 10%，共 30%，考試內容為前一天上課主題。
3. 討論報告 (40%)：除了個人實作成果，本課程根據選課人數將學生分為數小組，小組可自行選用合適的參數完成三維模型之建置、點雲的空間分析。最後一天下午，各小組將分析過程中所發現的問題及結果與同學分享討論。

學習規範：

無

~ 接續下頁 ~

# 理學院

## 109 學年度第二學期模組化課程

### 課程概述：

隨著電腦運算及數值最佳化能力提升，利用三維離散點雲的重建是現今人工智慧發展的重要方向，應用十分廣泛，如無人駕駛、智慧城市或工業 4.0 等相關領域皆蒙受其利。本課程將講授當前主要的測距技術，如：即時距離感測、運動回復結構以及雷射掃描技術。課程主軸將涵蓋以影像匹配之方式重建三維點雲及立體模型之理論並配合所產製之多時序點雲資料來量測三維空間上的空間及時間尺度上的特徵及變化。

本課程將引導學生使用隨身的相機及容易上手的開源軟體來重建三維模型，並利用開放開源的點雲分析軟體進行多時序的三維點雲分析。學生將從中學習影像匹配及模型重建的原理並將學習調整模型參數使三維模型更為完臻。此外，產出的離散點雲則可用於計算空間及時間上的變異或將點雲資料作為模型渲染、物件分類或偵測的應用。

本課程由基礎理論和實作兩部分組成。18 個小時的理論講授課程包括三維測距技術的基本原理、特徵匹配演算法以及點雲分析的經典演算法和優化演算法。修課學生在完成理論課程後，必須參加另外的 9 個小時的實作課程，該部分由軟體操作活動組成，學生將單獨或與其他學生一起製作高品質的三維模型。其主題將是跨學科領域，目的為使學生能夠獲得跨學科的實踐經驗。共 27 小時的密集課程是由教學、期刊文章閱讀和實作任務所組成的課程，使學生熟悉三維模型重建的理論和實踐。

### 課程概述(英文)：

With the development in computational power and numerical optimization, using discrete point clouds to reconstruct the 3D model has become the highlight in the field of artificial intelligence, such as autonomous driving, smart city, or Industry 4.0. This lecture will cover the fundamental principle of three-dimensional ranging technology, such as real-time range sensing, Structure from Motion (SfM), and LiDAR system. Next, the focus will be to use image matching algorithms and apply them to derive discrete point clouds as well as the reconstruction of 3D surface models.

The derived point clouds are very useful and powerful in measuring the variation of objects over time and space. Also, the hands-on section is to use low-cost cameras and handy open-source software to reconstruct 3D models, the point cloud analysis will be included in the hands-on section. The students will learn the fundamental principle of image matching and have the capability to tune the parameters to obtain a better 3D model, while the derived point clouds are able to facilitate applications such as spatial and temporal analysis, mesh rendering, classification or object detection.

The course consists of an obligatory theoretical and a practical training. The 18 hours of theoretical lectures provide the fundamental principle of three-dimensional ranging technologies, feature matching algorithms, as well as classical and optimized algorithms for point cloud analysis. After theoretical training, students must attend practical training of 9 hours, consisting of workshop activities, and teamwork to produce high-quality 3D models. Project topics will be interdisciplinary that enable students to gain hands-on experience across disciplinary boundaries. The 27 hours intensive course is a program that combines teaching, readings, and assignments, which facilitate students to become familiar with the theory and practice of 3D model reconstruction.

# 理學院

## 109 學年度第二學期模組化課程

課程進度：

堂次	時間	進度說明
2021/2/1(一)	09:00-15:30	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 何謂點雲?</li><li>2. 三維資料展示與結構</li><li>3. 三維測距技術的種類及原理：<ol style="list-style-type: none"><li>3.1. Real-time range sensing</li><li>3.2. Structure from Motion</li><li>3.3. LiDAR</li></ol></li><li>午休 (1 小時)</li><li>4. 實作課程：<ol style="list-style-type: none"><li>4.1. 軟體安裝及測試</li><li>4.2. 基本操作解說</li><li>4.3. 使用範例檔案實作</li></ol></li></ol>
2021/2/2(二)	09:00-15:30	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 考試測驗</li><li>2. 從影像到三維模型</li><li>3. 影像特徵偵測與匹配的原理與計算<ol style="list-style-type: none"><li>3.1. SIFT 特徵偵測演算法</li><li>3.2. RANSAC 演算法</li></ol></li><li>4. 三維模型的精度評估及參數調整</li><li>午休 (1 小時)</li><li>5. 實作課程：<ol style="list-style-type: none"><li>5.1. 校園選材及取像</li><li>5.2. 利用取像資料重建立體模型</li></ol></li></ol>
2021/2/3(三)	09:00-15:30	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 考試測驗</li><li>2. 大量的離散點雲如何快速且有效率的運算</li><li>3. 點雲運算演算法<ol style="list-style-type: none"><li>3.1. K-d tree</li><li>3.2. Octree</li></ol></li><li>午休 (1 小時)</li><li>4. 實作課程：<ol style="list-style-type: none"><li>4.1. 校園選材及取像</li><li>4.2. 不同時期資料的對位</li><li>4.3. 模型精度評估</li></ol></li></ol>
2021/2/4(四)	09:00-15:30	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 考試測驗</li><li>2. 點雲資料如何進行比較</li><li>3. 多時序點雲資料的計算與分析<ol style="list-style-type: none"><li>3.1. Iterative Closest Point (ICP)</li><li>3.2. Cloud to Cloud distance (C2C)</li></ol></li></ol>

# 理 學 院

## 109 學 年 度 第 二 學 期 模 組 化 課 程

		3.3. Multiscale Model to Model Cloud Comparison (M3C2) 午休 (1 小時) 4. 實作課程： 4.1. 點雲運算(距離、取樣、方向性特徵)
2021/2/5(五)	09:00-15:30	1. 點雲分割與特徵偵測 2. 點雲自動化分類 3. 模型渲染及應用 午休 (1 小時) 4. 分組報告 -多時序點雲資料的分析結果與問題討論

課程學習目標：

1. 三維資料結構的分類
2. 三維測距技術的種類及其原理
3. 影像特徵萃取、匹配與三維重建的原理
4. 多時序點雲資料分析及其應用

課程的重要性、跨域性與時代性：

三維測距技術的蓬勃發展加速了人工智慧的發展，舉凡自動駕駛、醫學、建築、智慧工業乃至於遊戲產業領域皆蒙受其利。本課程講授現今最先進發展之測繪技術以及相關的演算法，課程內容亦適合非空間資訊領域及非資訊科學之學生參與。學生將透過實作課程了解三維測距技術的原理以及實際將影像匹配演算法用於三維立體模型的建置，也進一步分析多時序的點雲資料，藉此引導學生能將課堂中所學應用於自身的研究之中。

參考書目：

Carrivick, J. L., Smith, M. W., & Quincey, D. J. (2016). Structure from Motion in the Geosciences. John Wiley & Sons.

其他備註：

1. 學生須自備筆記型電腦，並預留約 20GB 以上之磁碟空間。
2. 適用之作業系統包括：  
Windows x64 位元, Linux 64 位元, macOS (OS X 10.13 以上)。
3. 本課程所有內容將以 Windows 作業系統作為講解範例。