

銘 傳 大 學  
觀光學院觀光事業學系碩士班  
碩 士 論 文

數位孿生、數位雙生、數位對應：

澎湖三維漁港智慧平台

Digital Twin, Digital Shadow, and Cyber-Physical  
Correspondence: The Case of Penghu's 3D Smart Ports

研 究 生： 高大洲

指導教授： 宋永坤 博士

中華民國 114 年 6 月

# 數位孿生、數位雙生、數位對應：澎湖三維漁港智慧平台

碩士生:高大洲

指導教授:宋永坤 博士

銘傳大學觀光學院觀光事業學系碩士班

## 摘要

本研究旨在探討澎湖數位孿生智慧平台對居民創新行為與永續行為之影響，並進一步檢視數位孿生意象與信任於其中所扮演的中介角色。理論上，本研究以 SOR 模型為基礎，以澎湖居民為樣本，透過 Facebook、LINE 與 Instagram 等社群媒體發放 Google 表單問卷，最終共回收 201 份有效問卷，以結構方程模型進行統計分析。結果顯示，居民對數位孿生智慧平台的意象與信任具有顯著影響，並能有效促進其永續行為與創新行為。此外，數位孿生意象與信任在數位孿生與行為意向之間展現出部分中介效果，填補了數位孿生應用於觀光領域的研究缺口，並驗證其於地方治理與智慧觀光中的理論價值。實務上提出建議，並為其他離島或觀光地區導入數位孿生提供參考。

關鍵詞：數位孿生、SOR 理論、創新行為、永續行為、澎湖。

# Digital Twin, Digital Shadow, and Cyber-Physical Correspondence: The Case of Penghu's 3D Smart Ports

Student: Kao, Ta-Chou

Advisor: Sung, Yung-Kun Ph.D.

Department of Tourism, School of Tourism  
Ming Chuan University

## **ABSTRACT**

This study investigates the impact of the Penghu Digital Twin Smart Platform on residents' innovative and sustainable behaviors, with particular attention to the mediating roles of digital twin image and trust. Theoretically, the study adopts the Stimulus–Organism–Response (SOR) model. Empirically, data were collected from Penghu residents through questionnaires distributed via social media platforms including Facebook, LINE, and Instagram. A total of 201 valid responses were obtained and analyzed using Structural Equation Modeling (SEM). The results demonstrate that residents' perceptions of image and trust in the digital twin platform significantly influence their behaviors, effectively promoting both sustainability and innovation. Moreover, digital twin image and trust exhibit partial mediating effects between digital twins and behavioral intentions. These findings not only fill the research gap in tourism-related digital twin applications but also validate their theoretical value in local governance and smart tourism. Practically, this study offers policy recommendations and provides insights for other island regions or tourism destinations considering the adoption of digital twin technologies.

Key word: Digital Twin, SOR theory, Innovative Behavior, Sustainable Behavior, Penghu

## 誌 謝

光陰荏苒，轉眼間已走過五年大學與碩士的學習歲月。回首這段時光，既有埋首書海的勤奮，亦有歷經挫折的磨鍊，更有收穫滿滿的喜悅。能在今日完成碩士論文，為我的學術旅程畫下句點，心中滿溢著無限感恩。尤其是向我的指導教授 **宋永坤 博士** 致以誠摯謝意。老師的風格深深地給我帶來說不盡倒不清的震撼，讓我在這五年中完成了蛻變，過程中也是給予我耐心與實際操作學習。老師的學養風範與人格典範，不僅是我求學路上的明燈，更是「春風化雨」般滋養我成長的重要力量。其次，要感謝一路支持我的家人。「無怨無悔」的支持，是我最堅實的後盾。摯友與同窗的陪伴，亦讓這段漫長旅程增添溫暖，彼此相互勉勵，共同留下回憶。

一路走來，形形色色的眾生成就了我。願以「飲水思源」之心，銘記這份恩情，並以「行穩致遠」的態度，邁向人生的新篇章。。

高大洲 謹誌

中華民國 114 年 6 月

## 第壹章 緒論

本章第一節研究背景概述了澎湖地區，探討隨著觀光的发展，如何加劇了當地的資源浪費與環境壓力，並提出數位孿生如何為澎湖地區提供幫助。第二節研究動機與目的則著重於探討本研究的方向。

### 第一節 研究背景與動機

在永續發展與智慧城市治理逐漸成為全球治理核心議題的背景下，離島地區如何有效運用高科技工具以突破資源限制，已成為迫切而具挑戰性的問題。近年來，台灣已逐步邁入以數位孿生與人工智慧為核心的「軟體定義製造」(Software-Defined Manufacturing, SDM)時代。以台積電、鴻海、廣達、華碩、緯創、雲達與技嘉等科技龍頭為代表，業者透過導入虛擬全景平台(NVIDIA Omniverse)建構高擬真的數位孿生環境，涵蓋從廠房規劃、製程優化到能源管理的多項關鍵環節。舉例而言，台積電與聯發科技合作，開發可將2D CAD圖轉換為3D晶圓廠佈局的AI模擬工具，成功節省了跨樓層管線設計的時間與人力成本(NVIDIA, 2025)。澎湖群島，作為台灣最具代表性的離島行政區，不僅擁有豐富的海洋資源與觀光潛力，亦是聯合國教科文組織「世界最美麗海灣」組織的成員之一。然而，長期以來，澎湖地區發展模式仍大量依賴自然景觀、海產資源、季節性節慶活動等「低垂果實」(low hanging fruit)策略(Kruesi & Remy, 2023)，以獲取快速見效的經濟利益。然而，根據 Kruesi & Remy(2023)針對新加坡中小型飯店永續轉型所提出之觀察，倚賴初級資源與短期策略固然在初期能降低轉型門檻，卻也限制了產業邁向系統化、資料驅動與永續治理的可能性。此觀點亦可映照於澎湖現況：隨著觀光與漁業發展逐漸趨於飽和，氣候風險與人力結構問題日益嚴重，過往依賴「低垂果實」的治理模式已無法應對未來所需的系統性轉型。在此脈絡下，澎湖縣政府與國防中心合作開發之「三維數位港灣智慧管理平台」，可視為臺灣離島導入數位孿生(Digital Twin)技術的重要實例。該平

台以全國首創之方式，透過三維建模、AI模擬運算、氣象資料整合與高效影像辨識，建立虛實整合的智慧漁港管理機制。其應用功能涵蓋船舶進出自動辨識、即時泊位管理、氣候預警回應、航行模擬指引與電子圍籬設定等面向，成功降低人力與時間成本，提升公共治理效率，並兼顧漁業與觀光多元需求。

在澎湖這種內外都須仰賴船隻的模式下，龐大的航運規模還需要面對船舶管理、人力和時間成本上的挑戰（國家網路計算中心，2024）。為了解決這些問題，澎湖開始導入數位雙生的概念，希望透過數位化真實世界、建立虛擬場景並導入城市運作數據，利用 AI 模擬和高速運算來提升管理效率（國家網路計算中心，2024）。然而，發展觀光與保護環境之間始終存在矛盾，如何推動永續發展與環境保護已成為一項重要課題。不僅需要政府的法規保護，民間業者積極參與環境永續的努力亦至關重要。在疫情來襲之前，澎湖原本就有明顯的淡旺季之分，呈現「做半年、休半年」的模式。疫情爆發時，正好處於觀光業的休整期，因此受到的衝擊相對較小。反而在 2020 年 6 月解封、確診數歸零後，澎湖成為踩線團青睞的「類出國」首選地，帶動觀光熱潮，2020 年 7 月來客數激增至 253,121 人次，8月更達 272,045 人次，創下歷年單月新高（澎湖縣政府旅遊處，2022）。然而，隨著疫情持續蔓延、難見終點，觀光業再度受到影響。根據澎湖縣政府旅遊處統計，2021 年全年澎湖旅遊人數僅 618,013 人次，創下近年新低，相較 2020 年的 1,142,920 人次，幾乎減半，足見疫情對澎湖觀光產業的重大衝擊（澎湖縣政府旅遊處，2022）。

數位孿生在現代產業中越來越受歡迎，因為它們可以透過多種方式加強改善組織的作業流程和效果(Rauniyar *et al.*, 2022)。澎湖水試所也開始引進相關科技為保育澎湖環境做使用，例如：使用WSN技術應用於澎湖海域棲地生態與產業環境該計畫利用數位孿生特性使用5組水質測站資料，另研發自記式、低耗電、低成本海用微型定位測溫浮球，並配合其他氣象資料，彙整資料庫後以資料探勘技術交叉探討澎湖海域氣象參數時空間變動之關係與發展預警模式，進行漁業寒害預警、珊瑚白化監測、箱網養殖產業渡冬避寒選址等分析。可提供即時資料與警訊供政府與養殖業者之決策支援，以減少產業損失。

亦可協助監測澎湖周遭海域生物多樣性環境監測（澎湖水試所，2016）。澎湖水試所進行澎湖海域丁香魚資源動態調查，期間於白沙鄉赤崁海域進行水下調查時，在澎湖北海海域水深15米之海底首次以影像記錄到丁香魚的產卵行為，透過水下影像辨識了解海洋物種的生態習性進而生產出不同的保育措施促進資源之永續利用（澎湖水試所，2023）。Belhadi *et al.*, (2021)指出：「數位孿生是實體產品、流程或系統的虛擬複製品，可進行即時監控、分析和最佳化。」數位孿生可以即時顯示工作情況(Ivanov, 2023)，因此管理人員可以很快地發現、了解、處理問題(Bag *et al.*, 2021)。此外，數位的轉型是有助於提高透明度，使工作流程中的工作人員能夠更有效率地合作(Taghizadeh & Taghizadeh, 2021；Rana & Daultani, 2022)。由於數位化，當今工廠和辦公室中的互聯自動化系統可以更順暢地整合(Owida *et al.*, 2022)。人工智慧系統是人類與電腦策略性協同工作的未來關鍵(Bag *et al.*, 2021)。智慧製造架構的構成要素包括原料、資源共享資料、永續性、網路化與生產流程(Ambrogio *et al.*, 2022)。使用在整個產品生命週期中所收集的資料是智慧製造的關鍵組成部分(Ivanov *et al.*, 2021)。

透過使用數位孿生來優化流程並確定需要改進的領域，組織可以提高效率與生產力(Singh *et al.*, 2023)。在數位孿生應用最廣泛的製造產業中，數位孿生可用於識別與消除浪費、減少停機時間並改善品質控制(Belhadi *et al.*, 2021)。數位孿生可模擬與測試不同的場景，使管理人員能夠識別潛在風險並制定應急計畫(Sassanelli *et al.*, 2023)。這有助於最大限度地減少中斷與延誤，確保作業流程保持彈性並能因應變化(Bianco *et al.*, 2023)。

澎湖作為台灣的熱門觀光旅遊景點在做決策時也要考量到永續實踐並以環保方式營運。多數企業領導者將永續視為數位創新的核心要素，從現實層面來看實踐永續行為的組織仍舊是少數(Mubarik *et al.*, 2021)。數位孿生增強了協調性、可見性、彈性與預測能力等特徵，如圖 1-1 所示。它們運用資料建立生產模擬情境，協助決策者選擇最佳方案，實現更高的生產力、精確性與規模經濟(Kamble *et al.*, 2022)。最終，數位孿生可透過提高可見性與透明度、效率與生產力、風險管理能力及協同合作，顯著提升績效

(Belhadi *et al.*, 2021)。管理人員也能藉由運用此技術，可以打造更具彈性、反應更快且效率更高的效果，以因應利害關係人之間的需求(Sharma *et al.*, 2023)。



圖 1-1 數位孿生特徵資料來源: (Singh *et al.*, 2023)

疫情結束後，澎湖縣政府也有積極推動各項觀光活動但成效有限，根據澎湖縣政府最新統計113年相較於去年觀光人數少了184,678人不增反減(澎湖縣政府旅遊處，2023)。由此可見，唯有不斷推陳出新，才能維持旅客對當地與活動的興趣，進而促使他們再次造訪。也如早期學者提到的 21 世紀遊客所著重的已不僅是商品本身，而是旅遊過程中的深刻體驗(Pine & Gilmore, 1998)。一方面帶來業者豐碩的經濟成效，另也滿足遊客的需求，成為具獨特性的行銷體驗，已是當代重要的課題(賴郁臻，2019)。值得慶幸的是，當時正值澎湖的旅遊淡季，這也提供了一個重新調整與定位的契機。未來，大環境的變數，如疫情與政治因素，或許將成為常態，如何應變將是澎湖地區觀光產業的重要課題。

## 第二節 研究目的與問題

本研究旨在檢驗數位孿生、數位孿生信任與形象、創新行為以及永續行為之間的假設關係；澎湖縣如何利用「數位孿生」，在觀光人潮低迷的情形下提升觀光永續發展績效，為數位孿生未來應用與澎湖地區與觀光服務產業提供實務參考，並補足相關研究的不足。經過研究者通過網

路與文獻的查找，發現在臺灣，數位孿生技術的應用尚處於發展初期並且在文獻上並沒有一篇以數位孿生為主軸的文獻並沒有在探討觀光領域，目前主要仍集中於工業製造、醫療照護與城市發展等領域，整體應用範圍仍相對有限（陳昀仟，2021；陳建凱，2023；彭鈺琪，2024；蕭吉甫，2024；孫儷芳，2024）。相較之下，現階段有關於澎湖的文獻大多是聚焦旅遊觀光尤其是在民宿業、觀光業，如：（洪行春等人，2023）遊客再遊意願、王冠中與林芳儀（2024）觀光地意象、蔡昕橙（2023）民宿再宿意願，近年來探討澎湖餐廳的僅有一篇（康桓甄等人，2024），該研究使用標竿管理法，以當地A餐廳樹立品牌成立形象但設定合適之標準、管理階層的全力支持，還是需要不斷地進行流程再造；僅在實務上提供的建議較多；故此衍伸出本研究之研究目的。

研究目的：

1. 檢視數位孿生對數位孿生意象與數位孿生信任的影響。
2. 檢視數位孿生意象對永續行為與創新行為的影響。
3. 檢視數位孿生信任對永續行為與創新行為的影響。
4. 檢視數位孿生意象對數位孿生對永續、創新行為的中介效果。
5. 檢視數位孿生信任對數位孿生對永續、創新行為的中介效果。

### 第三節 研究流程

在第一階段擬定題目時，研究者與指導教授共同探討研究主題，結合研究者的背景以及指導教授的專長領域，由此來決定研究的方向和問題。第二階段擬定大綱時，根據所訂定的題目進行規劃，進行相關文獻的收集、回顧與探討，從中深入了解已有的研究成果，並根據這些探討發展出理論架構，作為本研究的核心基礎。在此基礎上，根據研究目的設計具體的研究假說，並以此進行問卷設計。本研究採用量化研究方法，透過改編以往學者研究中的成果，設計出適合本研究需求的問卷題項。最後，

在問卷回收後，對所得數據進行分析，並希望通過這些分析結果與結論，為本研究提供有力的支持與見解，同時對之後進行相關類型研究的研究者給予研究建議，本研流程及論文格式參考美國心理學會出版手冊。詳見圖 1-2。



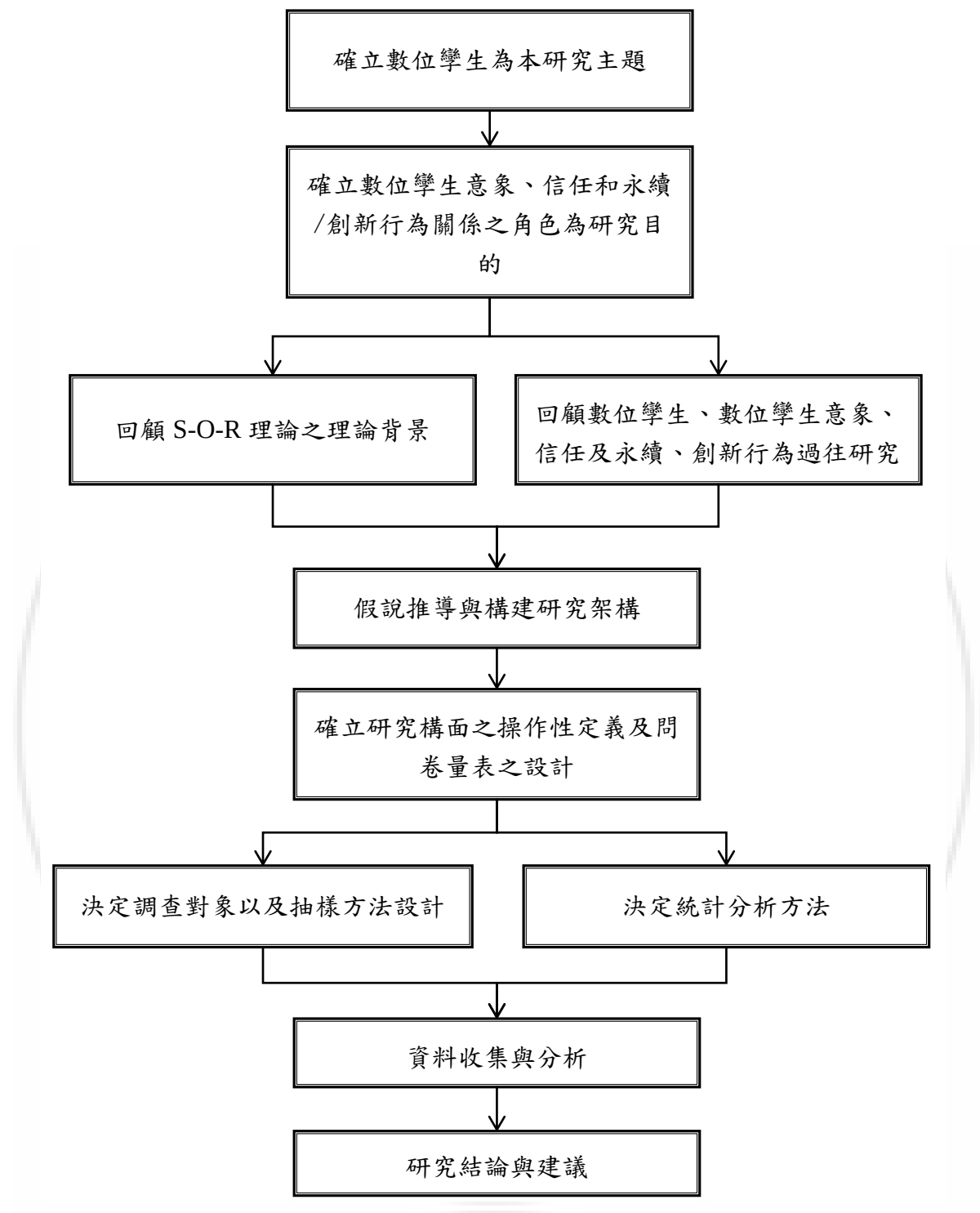


圖 1-2 研究流程圖

## 第貳章 文獻探討

本章節將探討本研究所採用的研究變項之整理與研究課題相關之文獻，依序第一節是SOR理論；第二節是數位學生；第三節是數位學生意象；第四節是數位學生信任；第五節是永續行為；第六節是創新行為；第七節是數位學生、數位學生意象、數位學生信任、永續行為、創新行為的關係。

### 第一節 SOR 理論

SOR理論的架構源自環境心理學領域，其假設環境中存在的刺激能夠影響並改變個體的內部狀態或有機體。這些內在狀態隨後會引發個體的接近或迴避反應(Mehrabian & Russell, 1974)。該模型在評估反應方面具有明顯的效用，因為它能幫助全面了解對外部刺激的感知和態度，並進一步解釋他們隨後的行為(Björk, 2010; Kaniet *et al.*, 2017; Manthiou *et al.*, 2017)。對購買行為感興趣的研究也有應用 SOR 模型來展示不同的刺激成分如何影響消費者的智力和情感評估，從而導致他們的決定(Gil & Jacob 2018; Rahman & Nguyen-Viet 2022)。

Stimulus (S) 作為SOR理論的刺激 (Stimulus)，因為它會影響企業的創新，進而產生一系列的反應，例如提升企業形象、減少對社會或環境的負面影響、增強競爭優勢等。Organism (O) 生物體是個體的內在狀態，以情感和認知狀態為代表。它也被視為刺激和反應之間的中間狀態(Chang & Chen, 2008)。認知狀態是處理現有信息的過程(Fang, 2014)，而情緒狀態反映了個體的感受或情感，如滿足和幸福 (Kamboj *et al.*, 2018)。在這項研究中消費者信任與品牌形象之間存在正相關關係，這會影響參與交易的人如何選擇產品 (Flavian *et al.*, 2005)。根據這個論點，更強的綠色意象會導致人們更傾向於依賴品牌，基於其感知的環境績效、可信度、仁慈和能力(Chen 2010)。同樣作為生物體的信任也是對品牌、產品或服務因其感知的環境績效和可信度而產生的信心或依賴(Chen 2010)。正

如Chen(2010)所言，對產品永續發展的信任源自於對其生態友善性、可靠性和能力的信心，從而增強了對產品的信心。Response (R)反應是基於不同情境因素對他們認知的反應(Parboteeah *et al.*, 2009)。創新行為是指個人在日常工作中的行為，包括製造新產品或提供服務(Rongbin *et al.*, 2022)。它涉及改變和新穎的想法的產生、推廣和利用(Li *et al.*, 2019; Li Y.-B. *et al.*, 2020)。人類對環境負責的行為是指遊客「努力減少環境影響，為環境保護和/或保護工作做出貢獻，並且不干擾目的地的生態系統和生物圈」的行為(Lee *et al.*, 2013)娛樂/旅遊活動的過程。這個術語通常與其他術語互換使用，例如親環境行為、環境相關行為、環境重要行為、永續行為和生態友善行為(Kiatkawsin & Han, 2017)。綜合上述 SOR 理論之敘述，在本項研究中設定刺激為數位孿生，設定個體的變相為數位孿生意象和數位孿生信任，設定反應的變數則為永續行為和創新行為。

## 第二節 數位孿生(Digital Twins)

數位孿生(Digital Twin) 的概念最早是由 Michael Grieves在2002年的產品生命週期管理 (PLM) 研討會上提出的(Grieves, 2002)，當時稱為「PLM 的概念理想型 (Conceptual Ideal for PLM)」(Martinez *et al.*, 2019)。數位孿生的發展歷程可以概括為以下幾個階段：萌芽階段(2002-2010)：概念由 Grieves 提出，並在 2006 年更名為「資訊鏡像模型(Information Mirroring Model)」。發展階段 (2010-2016)：Grieves 在 2010 年正式將其命名為「數位孿生(Digital Twin)」，並開始受到學術界和工業界的關注。2016-至今：隨著網路普及(IoT)、大數據、人工智慧等技術的發展，數位孿生開始在各個領域得到廣泛應用，包括製造、醫療保健、城市規劃等等。數位孿生的定義也隨著其發展而不斷演變。早期的定義主要強調數位孿生是物理實體的虛擬副本(Sharma *et al.*, 2022)。將數位孿生定義為「一組虛擬資訊結構，它從微觀原子級到宏觀幾何級完全描述了潛在或實際的物理製造產品」(Grieves & Vickers, 2017)。然而，隨著數位孿生應用範圍的擴大，最新的定義更加強調數位孿生是一個動態的、不斷演化的系統。現今的數位孿生被理解為一個物理系統在其生命週期中的數位表示(Karagiannis, 2024)，它不僅包括幾何形狀和

物理屬性，還包括行為、狀態、歷史數據以及與系統相關的各種資訊。此外，數位孿生還強調與物理實體的雙向數據交互，通過感測器和數據分析技術，數位孿生可以實時監控物理實體的狀態，並將資料回饋到物理實體，實現對物理實體的優化和控制。

數位孿生(Digital Twins) 是指一個物理系統在其生命週期中的數位表示(Grieves & Vickers, 2017)。這些數位表示可以應用於生命週期的單一或多個或所有階段(Karagiannis, 2024)。它們可用於在設計階段創建低成本原型，以便進行測試和模擬(Karagiannis, 2024)。儘管數位孿生的概念起源於生產領域，但現在這個概念也應用於其他領域，例如，跨越多個組件的系統的數位表示，這些組件可以是物質的或非物質的(Karagiannis 2024; Kirchhof *et al.*, 2020)。

數位孿生通常用於簡化資訊系統與其物理對應物之間的交互，並簡化其使用(Karagiannis, 2024)。此外，數位孿生通常用於支持用戶完成任務 (Karagiannis, 2024)。例如，生產中的數位孿生可用於規劃和控制物理機器，因為它們反映了物理孿生(Singh *et al.*, 2022)。數位孿生可用於分析當前系統，並更好地洞察多個系統組件的組合數據(Kirchhof *et al.*, 2020)。數位孿生是未來最有希望的數位技術之一 (Herterich *et al.*, 2016; Martinez *et al.*, 2019)。它們是一個強大的工具，可用於數位業務決策輔助和服務創建的催化劑 (GE Digital, 2016; Tao *et al.*, 2017)。

瞭解數位孿生的產品生命週期管理 (PLM) 根源對於充分掌握其兩個主要特徵至關重要：它是一個整合了實體產品從概念到處置的整個生命週期的工具。因此，它從根本上處理具有更新和機器學習過程的動態數據 (Tao *et al.*, 2017)。這兩個特徵將數位孿生與所有現有的數位技術區分開來。大多數數位孿生研究都集中在這種平臺的工程和數據傳輸上，而不是應用上 (Kindstrom & Kowalkowski, 2015)。關於數位孿生如何整合到公司運營中及其對公司商業模式的影響，現有研究中知之甚少 (Kindstrom & Kowalkowski, 2015)。數位孿生(Digital Twin)可以被定義為物理產品、流程或系統的虛擬複製品，能夠進行即時監控、分析和優化 (Belhadi *et al.*, 2021; Ivanov, 2023)。過往研究 (Rauniyar *et al.*, 2022) 也指出，數位孿生在管理中越來越普及，因為它們有助於提升績

效。將數位孿生描述為一系列數位元模型(Grieves&Vickers, 2017)，描繪了產品的每個方面，從原子結構到宏觀幾何形狀。對於製造品而言，其數位孿生可以提供與實物檢查一樣多的資訊。部分學者則認為，數位孿生是數位產業的一場革命，例如，車輛的數位孿生是一個虛擬模型，可以在車輛發生故障時分析其零件，從而減少定位和解決問題所需的工作量。(Qaziet al., 2022)

此外，也有學者強調，數位孿生可以即時發現問題和瓶頸，幫助減少工作的中斷。面對不斷變化的需求和供應。(Ivanov et al., 2021) 也發現，借助數位技術，企業可以順利運營並適應不斷變化的環境。數位孿生透過促進合作夥伴之間更好的溝通和協作，幫助企業在運營中變得更加準備充分和具有韌性 (Kazancoglu et al., 2022 ; Kamble et al., 2022)。鑑於這個新興主題的重要性，進一步研究數位孿生對服務業的影響至關重要 (Martinez et al., 2019)。自 2003 年起，隨著通信技術、物聯網、感測技術和大數據分析的快速發展，數位孿生成為了熱門話題。然而，當初的技術仍未足以實現這一概念。2011 年，Grieves 在《Virtually Perfect: Driving Innovative and Lean Products through Product Lifecycle Management》中首次提出了數位孿生的概念，並在 2017 年由 Grieves 和 Vickers 正式命名為「Digital Twin」。2012 年，NASA 將數位孿生定義為利用物模型、感測器和操作數據進行最佳化，反映實體系統狀態的技術，特別在航太業引起了廣泛關注，並引領了更多資源投入到數位孿生研究中(Wu et al., 2020)。放眼國際間，對於數位孿生的應用則已呈現多樣化與跨領域發展的趨勢，包含人文與文化保存等面向。針對文化遺產的保存與再利用，數位孿生技術能夠為歷史建築與文物建立高擬真的數位分身，不僅能完整呈現其樣貌，更可作為修復、重建與保護工作的重要參考依據。以2018年法國巴黎聖母院(Notre-Dame de Paris)火災後的修復作業為例，即運用了數位孿生技術所具備的物理分析、反向工程、時空追蹤與操作模擬等能力，提供施工監造、材料選擇與安裝角度等層面的重要參考(Gros et al., 2023)。另如中國四川，其因具保存價值的特殊結構，透過數位孿生技術重建該建物的歷史資訊，並建立完整的數位資料檔案，以避免傳統紙本資料的散佚與遺漏(Tan et al., 2022)。數位孿生技術逐漸應用於城市治理領域，尤

其在交通調度、災害預警與環境模擬等方面表現突出，建立以即時攝影監控與AI模型為基礎的城市級數位孿生平台，實現突發事件預警與跨單位應變協調，展現智慧城市轉型的可行性（國家網路計算中心 2024）。對離島地區而言，此類應用提供實質依據以發展具韌性與低碳導向的智慧治理系統。

### 第三節 數位孿生意象(Digital Twins image)

(Padgett & Allen, 1997)將意象定義為由消費者的組織關聯所反映的對組織的一組看法。( Nguyen & LeBlanc 1998, 2001)聲稱意象與組織的實體和行為屬性有關，例如企業名稱、架構和各種產品/服務，以及與客戶互動的每個人所傳達的品質意象。隨著環保主義的興起，組織可以調查消費者的態度和行為，以根據消費者的需求區分市場(Jain & Kaur, 2004)。

Wu *et al.*, (2014)指出意象先於滿意度，並且意象在提高滿意度方面起著至關重要的作用。如果一個組織的形象良好，那麼輕微的錯誤是可以容忍的，但如果錯誤經常發生，那麼一個組織的意象就會受損。意象被認為是轉換行為的預測因子，表示意象會對客戶轉換產生負面影響(Han & Hyun, 2013)。確實，Han & Back (2008)確定意象是顧客對產品和服務的態度和行為反應的強烈預測因子。意象通常被概念化為個人對產品/服務/場所及其屬性的信念/印象的集合(Kotler *et al.*, 1993)。意象是基於有關物體及其屬性的資訊或知識而開發的，這些資訊或知識是隨著時間的推移而獲得和處理的(Assael, 1992 ; Lee *et al.*, 2010)。一些研究者斷言意象是由多個階段所構成的認知→情緒→意動→整體(Baloglu & McCleary, 1999)。然而，普遍的觀點是意象是橫斷面的(Assael 1992 ; Kotler *et al.*, 1993 ; Kotler & Gertner 2002)。產品的良好意象由於其重要性，形象長期以來一直是現有消費者行為文獻(Kotler & Gertner, 2002)、環境心理學(Wu *et al.*, 2016)和旅遊業(Lee *et al.*, 2010 ; Wang *et al.*, 2018)。Corrigan(1996)證明，自從愛爾蘭意象得到推廣以來，愛爾蘭取得了顯著的成長。此外，( Hu & Wall, 2005)斷言，環境意象的提升可以增強旅遊業的競爭力。同樣，意象對於企業來說更加重要，尤其是

在消費者環保意識普遍增強和國際環保法規嚴格的情況下。企業可以在產品中體現行銷的概念，以獲得產品的差異化優勢(Chen *et al.*, 2006 ; Peattie, 1992 ; Porter&van der Linde, 1995)。此外，企業在提升意象方面投入大量精力，不僅可以避免環境抗議或懲罰的麻煩，還可以提高客戶對環境願望、永續期望的滿意度。企業意象被定義為「消費者記憶中的聯想所反映的一系列關於企業的看法」(Keller, 1993 ; Kuo & Hsiao, 2008)。基於Keller & Chen先前對形象的定義，(Wang *et al.*, 2018)將意象定義為「對企業的一系列看法，每種看法都與環境承諾和關注相關，這些看法來自於企業在消費者的記憶」。近年來，旅館業競爭激烈，基本上所有飯店都提供同質化的產品和服務(Xiang *et al.*, 2015)。提高飯店形象是幫助飯店在競爭對手中脫穎而出的有效途徑(Bowen & Chen, 2001)。餐廳的有形屬性可以影響顧客對特定餐廳的意象(Namkung, 2013)。隨著旅館業消費者對環保產品和服務的需求增加，意象開始取代整體形象的重要性(Mahasuweerachai & Suttikun, 2022)。此外，正面的意象是公司對主要利害關係人的環境承諾的明確訊號，也是提高環境差異化和獲利能力的有效手段(Martínez, 2018)。因此，企業要建立成功的意象，必須誘導消費者感知該意象是環保的(Chen *et al.*, 2017)；餐廳的意象可以描述為食客對特定餐廳的心理定義，這些定義與環境承諾和關注相關(Jeong *et al.*, 2014)，在對行銷中商店形象的早期研究中，Martineau (1958)發現意象是「商店在購物者心目中被定義的方式，部分是由其功能屬性，部分是由心理因素的光環」。然而，在後來對商店意象的研究中，研究人員更關注與顧客如何感知商店形象相關的功能和物理屬性。早期有學者聲稱商店的意象是商店所賦予的一種感知(Assael, 1992)。與Assael對意象的定義類似，學者後來將商店意象定義為消費者基於特別引人注目的屬性對商店的看法(Bloemer & de Ruyter, 1998)。進一步指出，意象被表達為特定商店的顯著屬性的函數，這些屬性被相互評估和加權。(Bloemer & de Ruyter, 1998)根據顧客對店家形象的認知，可以推導出意象的形成。(Bloemer & de Ruyter, 1998)。同樣，顧客對餐廳意象的看法可以透過實踐的功能來衡量，這對於評估餐廳而言非常重要(Bloemer & de Ruyter, 1998)。

總結以上內容，意象(Image)是企業在消費者心目中形成的重要資產，特別是在環保意識日益增強和國際環保法規日益嚴格的背景下。意象不僅是一種基於功能屬性(如產品與服務)的認知，還包含消費者對企業環境承諾和關注的整體印象(Keller, 1993 ; Wang *et al.*, 2018)。這一形象的形成是基於隨時間積累的資訊與知識處理過程(Assael, 1992)，並受到企業在產品、服務及市場推廣中傳遞的環保訊號的影響。研究表明，意象在影響顧客態度和行為方面具有至關重要的作用。例如，意象與顧客滿意度密切相關(Wu *et al.*, 2014)，並且是一個強烈的預測因子，可以促進企業競爭力與差異化優勢(Chen *et al.*, 2006 ; Wang *et al.*, 2018)。對於餐廳和飯店等服務業，顧客對意象的感知與其實踐的功能表現密切相關(Namkung, 2013 ; Jeong *et al.*, 2014)。此外，良好的意象不僅是企業對社會承諾的明確訊號，也是提升利潤和實現可持續發展的有效手段(Martínez, 2018)。例如，旅遊和餐飲業中的意象不僅能強化品牌忠誠度，還能為顧客提供心理滿足，體現其對目標的支持(Corrigan, 1996; Mahasuweerachai & Suttikun, 2022)。尤其在競爭激烈、產品和服務日益同質化的情況下(Xiang *et al.*, 2015)，意象的塑造成為企業脫穎而出的重要途徑。從實踐層面來看，建立成功的意象需要企業在行銷、產品設計以及消費者教育方面進行整合性努力(Kotler & Gertner, 2002; Porter & van der Linde, 1995)。此外，透過研究意象的功能，可以更有效地衡量和優化消費者對企業或商家意象的感知，進一步提升意象的影響力。

#### 第四節 數位孿生信任(Digital Twins Trust)

(Rousseau *et al.*, 1998)斷言，信任是基於對他人行為或意圖的積極預期而接受脆弱性的意圖。先前的研究認為，信任包括三種信念：正直、仁慈和能力(Blau, 1964 ; Schurr & Ozanne, 1985)。此外，(Ganesan, 1994)認為，信任是基於一方的能力、可靠性和仁慈而產生的期望而願意依賴另一方。因此，信任可以影響他們的購買決策(Gefen & Straub, 2004)。

Chen(2009)參考過往研究(Blau, 1964;Schurr&Ozanne, 1985;Ganesan, 1994)認為信任是“願意依賴產品、服務、或品牌基於對其環境績效的可信度、仁慈和能力所產生的信念或期望。此外，意象對消費者信任有正面的影響，因為它可以降低消費者感知的風險，同時增加執行交易時的購買機率(Flavian et al., 2005)。信任是一個人對可靠性、耐用性和對方融入關係和信念他的行為符合最大利益並且會產生正面的結果受信任方的結果。綠色信任被定義為基於對關心環境的產品的可信度、良好性和能力所產生的信任或期望而願意依賴產品、服務或品牌(Chen et al., 2015)。

在信任的概念中，信任是企業為了維持與消費者的關係而需要建立和維護的一個非常重要的東西。當消費者已經對一個企業產生了信任，那麼這個企業就會為企業帶來更多的獲利價值。此外，Ganesan(1994)認為，信任是基於一方的能力、可靠性和仁慈而產生的期望而願意依賴另一方。因此，顧客信任可以影響他們的購買決策(Gefen & Straub, 2004)。由於一些公司宣傳的新產品包含誤導性和令人困惑的聲明，並誇大其產品的環境價值，客戶不再願意信任他們的產品 (Jannah et al.,2024)，信任有幾個重要的要素，即：信任是過去經驗和行動的發展。性格或特質他人的期望，例如值得信賴和可靠。信任意味著願意將自己置於危險之中。信任意味著對他人感到安全和自信。信任是一個人對關係中另一方的可靠性、持久性和整合性的信念，並相信自己的行為符合最大利益，將為受信任的一方帶來積極的結果。

## 第五節 永續行為(Sustainable behavior)

「永續」(Sustainable)的概念起源可以追溯到永續發展的討論。在 1970 年代，永續發展的概念開始出現(Bramwell & Lane 1993; Serrano *et al.*, 2019)。到了 1980 年代後期，隨著永續發展的官方定義出現，永續性變得越來越重要，並開始深入旅遊研究領域。聯合國世界旅遊組織(UNWTO)在 2005 年將永續旅遊定義為「充分考慮其當前和未來的經濟、社會和環境影響，以滿足遊客、產業、環境和當地社區的需求的旅遊」。這個定義因其官方性和聯合國的背景而被廣泛使用。過去學者曾指出，文獻中「永續性」、「永

續發展」和「永續旅遊」等術語經常被寬鬆且可互換地使用。(Espiner *et al.*, 2019;Liu, 2003) 儘管在旅遊業中採用永續發展目標是一個值得稱讚的目標，但研究顯示，永續性問題通常根源於人類行為，改變(不可持續的)行為對於實施長期解決方案仍然至關重要 (Schultz, 2014)。因此，「永續旅遊行為」指的是有助於社會、自然或環境效益並減少有害影響的行動和消費 (Alazaizeh *et al.*, 2019)。近年來，「永續性」的概念已擴展到不同的領域。在行銷研究中，「永續行銷」指的是採用能最小化對環境和社會的負面影響，同時推廣能提供長期利益的產品或服務的行銷策略 (Sheth & Parvatiyar, 2021; Sun *et al.*, 2014)。永續行銷是一個全面的整合策略，在制定行銷策略時，會平等地考慮環境、社會和經濟問題 (Martin & Schouten, 2014)。公司的永續性實踐包含經濟、社會和環境三個面向 (Elkington, 1997)。永續行銷旨在以最佳方式利用資源，為消費者和公司提供最大的滿意度，同時確保當代和後代子孫都能擁有更好的生活 (Sun *et al.*,2014)。

在不同行業的背景下，發展數位孿生對於永續的持續運作非常有益，因為數位孿生提供數據豐富的環境，可以即時監控、模擬和預測製造過程 (Kamble *et al.*, 2022)。數位孿生可以產生完整的過程或其組成部分的虛擬表示，例如工廠、倉庫和運輸網路 (Cimino *et al.*, 2019)。透過檢查數位孿生的數據，管理人員可以深入了解實體系統的績效並發現改進機會。對於永續性至關重要，因為它使系統能夠適應並從干擾中恢復，提供基本需求，促進創新和創造力，並改進長期規劃 (Nayeri *et al.*, 2023; Owida *et al.*, 2022)。根據過往研究得出，「永續性」的最新理解是一個涵蓋經濟、社會和環境三個面向的概念，旨在實現長期發展，減少負面影響，並為當代和後代創造福祉。這個概念已應用於旅遊、行銷、製造業等多個領域，強調在追求發展的同時，必須兼顧環境保護、社會公平和經濟效益。

## 第六節 創新行為( Innovative Behavior)

Mirowsky & Ross(2007)建議「為了創造性地工作，個人必須進行富有成效的自我表達」。個體需要自主提出獨特的想法，這些想法可以對酒店的實踐、產品、服務和營

運產生環保影響。當個體專注於加強生產的措施和想法被稱為創新行為(Wang *et al.*, 2021)。借鑒這個思路，Hawari (2021)提出創造力是具有意識的一種自我表達練習。他們體驗到自己的價值觀和行為之間的一致性和一致性，從而找到「做事和存在之間的契合點」(Pratt & Ashforth, 2003)，在工作中體驗意義可以激勵和吸引有相同意識的員工進行創造性行為(May *et al.*, 2004)先前的理論和實證研究表明，能力、價值觀、動機和活力可以影響創造力(Ogbeibu *et al.*, 2021; Wenjing *et al.*, 2020)，並且在生態友好的環境中創造性行為得到加強(Ogbeibu *et al.*, 2020)。

根據先前對創造力前因的研究，強烈的環境價值觀往往會將人們的注意力引導到引人注目且有意義的任務和活動上(Steg, 2016)。這些人將這些價值觀融入他們的自我認同中，他們表現出更高的動力去發展新的技能和能力，更深入地參與他們的任務，並擴展他們的思維過程，以產生新的解決方案提出創造力是具有意識的員工的一種自我表達練習。他們體驗到自己的價值觀和行動之間的一致性和一致性，從而找到「做事和存在之間的契合點」(Pratt & Ashforth, 2003)。在工作中體驗意義可以激勵和吸引有同等意識的員工採取創造性行為(May, 2004)，從而「在工作時保持其興趣、價值觀和身份的一致性」(Rosso *et al.*., 2010)。

因此，可以說，擁有創新行為價值觀的人透過從事創造性行為來追求他們的使命取向，這是因為他們將其視為生活目的和意義的一部分。這些人為了組織的利益投入更多的精力來培養、發展和實施他們的創造性技能，因為實現組織目標符合他們的價值觀和人生目標(Duan *et al.*, 2020；Yuan & Woodman, 2010)。

此外，對於具有創新意識的人來說，意義包括一種感覺，即他們正在為比自己更偉大的事情做出貢獻(Steger *et al.*, 2012)。因此，體驗到意義、意義和目的的個人在工作目標方面表現出奉獻、精力和專注，這鼓勵他們為工作目標(包括創造性行為)投入更多努力(Barrick *et al.*, 2013)。總結以上內容，創造力和創新行為是具創新意識的員工在工作中進行自我表達和追求使命的核心途徑。員工通過表達內在的價值觀和行為一致性，實現其個人的生命意義與工作目標的融合(Pratt & Ashforth, 2003)。這種一致性不僅能激勵員

工投入更多的創造性努力，還能讓他們感受到自己為更高的目標做出貢獻的價值(Steger *et al.*, 2012)。此外，具有創新意識的員工在具生態友好的工作環境中，受到組織目標與個人價值觀一致性的驅動，展現出更高的動機和精力(Duan *et al.*, 2020)。這些員工的強烈地價值觀能夠吸引他們專注於具意義的任務和活動，並啟發創新解決方案以解決問題。在這過程中，意義的感知成為驅動創造性行為的重要元素，使員工更能在組織中實現其價值與目標。這些創造、創新行為的成果不僅有助於提升組織的效能，也能促進員工對組織的認同感和投入度。

## 第七節 數位學生、數位學生意象、數位學生信任、永續行為、創新行為的關係

### 一、數位學生對數位學生意象和數位學生信任之間的關係

數位學生包括能夠提供高效提升作業和服務的廣泛技能和能力。這些涉及創新、調整採購模式和採取保護環境的措施(Qu *et al.*, 2022)。數位學生通過結合環境保護、高效實踐和可持續理念來增強傳統競爭力。組織的可持續性依賴於數位學生的發展(Özgül, 2023)。

創新已成為一種積極主動的環境管理方法，主要在企業的製造過程中(Wang *et al.*, 2021)。Corritore *et al.*, (2003)指出人與人之間的關係可分成，誰信任誰以及被信任的對象。個人與個人之間的信任透過科技來彌補，或是技術本身作為信任的對象。此外，意象的信任顯著影響使用者對產品的購買態度與行為。不信任品牌內容的消費者不太可能對該產品採取有利的看法，因此不會購買該產品(Wang *et al.*, 2022)根據以上給出的資訊，可以看出，組織的數位學生是促進創新過程的一個要素。而良好的技術與意象也能當作是信任的表現，提出了以下假設：

H1：數位學生對數位學生信任有正向顯著影響。

H2：數位學生對數位學生意象有正向顯著影響。

## 二、數位學生意象與數位學生信任在數位學生、創新行為和永續行為的中介作用

工作的意義性激發與同事的良好關係、滿足標準和社會認同;此外，工作場所的意義可以提高員工的參與度、創造力和生產力(Milliman *et al.*, 2003)。然而，意義對創新、生產和行為的中介影響的考慮有限。因此，有人認為，激勵他人為了更大的夢想和偉大的事業而從事額外的工作活動，從而產生影響並對自身、組織和社會產生更大的影響。遊客和居民兼消費者對公司情感訊號的信任作為評估品質的參考，使得信任的情感面變得重要(Martínez, 2015)。為了傳達產品的可靠性、實用性和能力並增強消費者信任，過往研究結果顯示企業利用形象、廣告和信任建立策略(Cheung & To, 2021; Lavuri *et al.*, 2022; Wang *et al.*, 2020)。使用者的信任取決於企業的良好意願與行為；因此，使用者產生了光顧企業產品的積極意願。信任是使用者願意使用產品並相信其解決問題的有效性的關鍵驅動力之一(Chen, 2010)。最近的研究建議檢視使用者對零售商的非欺騙性做法的看法以及他們對這些做法的反應的信任中介(Cheung & To, 2021)。研究表明，信任積極加強了意象與購買意願之間的關係(Lavuri *et al.*, 2022)。根據Chen & Chang (2012)的研究，信任調節了購買目標的前因與購買意願之間的連結。同樣，研究表明，對公司透明度努力的信任加強了他們的態度和購買意圖之間的關係(Bhaduri & Ha-Brookshire, 2011)。(Jiang *et al.*, 2025) 這篇研究中提到Affective Events Theory (AET) 情感事件理論;該理論指出，工作場所的事件可以激發員工的積極情緒，這些情緒進而影響其行為選擇。不僅證實了積極情緒對 GIBs的直接促進作用，還闡明了積極正面的情緒其作為中介變數的重要地位。這些結果突出了正向積極情緒的關鍵作用，特別是在面對創新挑戰時。此外，積極的情緒可以提高參與度和創造力，促進創新行為(Chuah & Yu, 2021)基於上述推理，本研究推論信任與意象成為解釋數位學生如何引導創新行為和永續行為的中介。因此，提出以下假設：

H3a：數位學生意象在數位學生與永續行為之間有中介作用。

H3b：數位學生意象在數位學生與創新行為之間有中介作用。

H4a：數位學生信任在數位學生與永續行為之間有中介作用。

H4b：數位學生信任在數位學生與創新行為之間有中介作用。

### 三、數位學生意象、數位學生信任對創新行為的關係

社會信任被視為社會廣泛認可的一套價值觀、規範或信仰，可以指導個人誠實和作地行事，從而促進組織的創新。(Pan *et al.*, 2021)。此外，隨著組織成員知識存量(包括創新知識)的增加，一方面可以突破組織企業治理長期形成的固定思維模式、路徑依賴(Ocasio, 1999)，有效擺脫舊範式下創新的桎梏。根據(Pan *et al.*, 2021)的研究結果發現信任對促進企業創新是顯著的；社會信任帶來了更多的知識資源來支援企業的創新活動。因此或社會廣泛認可的信念以實現社會成果(Chen & Wan, 2020)。研究指出，高社會信任地區的個人傾向於遵守誠實和利他主義的價值觀，遵守社區內的行為準則，並維護其他利益相關者的利益(Guiso *et al.*, 2008; Chen & Wan, 2020)。否則，他們將遭受更多的社會譴責和輿論壓力。此外，具有高度社會信任的環境可以培養活躍的社交網路，進而促使利益相關者之間相對頻繁的互動和合作(Chow & Chan, 2008)。當組織企業品牌進行創新時，也應考慮消費者對品牌的認知(Wu & Ho, 2014)。(Jung *et al.*, 2014)認為使用者可以透過對創新的產品來感知品牌的創新能力。(Wang *et al.*, 2019)認為使用者可以透過創新的產品或服務來感知品牌的獨特性、多樣性和新穎性。消費者能感知到其新穎性。創新行為本身就能吸引消費者，促進他們的意願。也就是說，受眾越覺得產品新穎，就越願意支持該品牌。(Zhang *et al.*, 2020)認為當消費者感知到該組織企業的創新時，他們願意支付更高的代價。(Shams *et al.*, 2017)認為，如果群眾認為一個品牌具有高度創新性，他們就會更願意購買，故此在本研究中推論澎湖的居民也會因為數位學生的意象和信任對創新行為有高度的支持本研究提出以下假設：

H6：數位孿生信任對創新行為的具有正向顯著影響。

H8：數位孿生意象對創新行為的具有正向顯著影響。

#### 四、數位孿生意象、數位孿生信任對永續行為的關係

研究結果顯示遊客對他們對環境負責的行為過往結果表明，特定的情緒對永續行為有顯著的影響。(Xu and Hu, 2024; Su *et al.*, 2020;) 並且永續行為會因為回憶而信任是對另一方會如預期行事的信心水準(Hart & Saunders, 1997)。信任的要素包括：過去經驗的積累、對他人特質如可靠性與誠信的期望、願意承擔風險，以及對他人行為帶來正面結果的信心(Jannah *et al.*, 2024)。正面形象是每個企業長期成功的基本前提(Wang *et al.*, 2018); 信任涉及一個人願意以某種方式行事，因為他相信其他人會給予他所期望的東西，並且一個人通常有這樣的期望：其他人的言語、承諾或陳述是可以信任的。故此本研究推論正面的數位孿生形象和數位孿生信任會對永續行為有影響進而提出以下假設：

H5：數位孿生信任對永續行為的正向顯著影響。

H7：數位孿生意象對永續行為的正向顯著影響。

## 第參章 研究方法

本章節根據第貳章文獻探討，瞭解數位學生、數位學生形象、數位學生信任與創新、永續行為各變項之間的關係，進而建立研究架構與進行的研究方法。本章節包含第一節研究架構，其中含有本研究假設之間的架構。第二節研究樣本與抽樣方法說明如何取樣。第三節研究工具裡解釋各構面題項之由來。第四節資料分析方法與第五節的信效度分析，以檢驗題項是否具有效力。

### 第一節 研究架構

本研究旨在探討以SOR理論所包裝的架構，其中內含第一部份代表刺激的數位學生，接著是第二部份代表心理反應的意象與信任，最後部份由永續行為和創新行為意圖擔任，這項研究旨在探討於數位學生透過反映態度（數位學生的意象與信任）進而延伸出對澎湖當地漁港與漁業觀光永續行為或創新行為意圖。基於上述目的，希冀利用此架構模型，探討澎湖縣，以及其後續的永續或創新行為意理論相關之文獻有所貢獻，詳見圖3-1。同時，亦遵循一般問卷發展程序，創造具信效度之測量工具，以期對SOR理論與相關之文獻有所貢獻，詳見圖3-1。

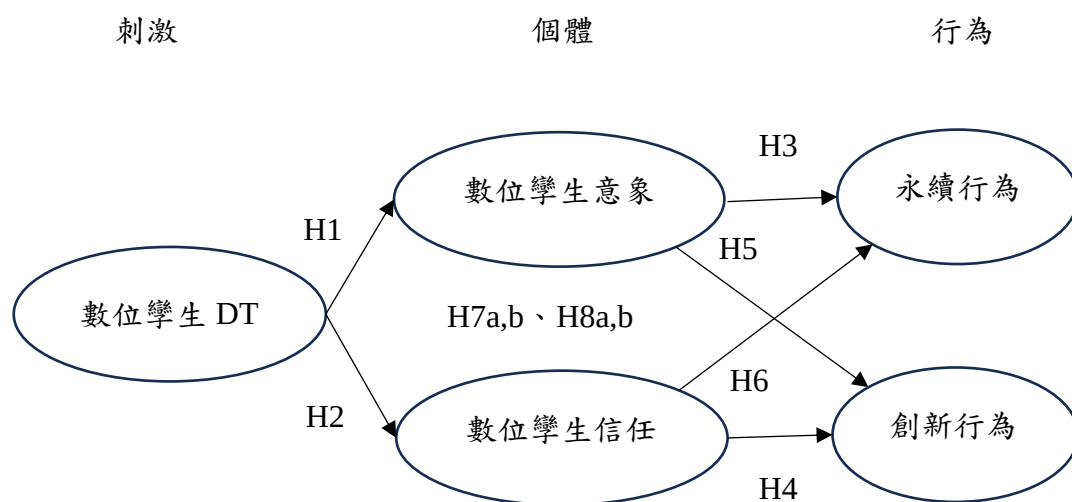


圖 3-1 研究架構圖

## 第二節 研究樣本與抽樣方法

本研究旨在探討數位學生應用於澎湖地區對於居民創新行為與永續行為的影響，以及數位學生意象與信任的中介效果。為了深入瞭解此一新興技術在地區發展中的潛在價值與居民感知程度，本研究特別選擇以澎湖縣作為研究地點原因有二，一是澎湖智慧三維漁港此項創新計畫是全台首創，第一個將數位學生應用並取得豐富成果的地點，不僅獲得國內外廣泛關注，亦榮獲「2024 智慧城市創新應用獎」此重要獎項（國家高速網路與計算中心，2025），象徵地方政府在數位治理與智慧化管理上的高度創新與執行力。第二點是研究者的角色(Horlings *et al.*, 2020)，研究者本身有多重身分（圖3-2），這一特質對研究者角色的形塑與實踐具有關鍵意義。根據過往研究的觀點，研究者並非中立的旁觀者，而是研究過程中的積極參與者，其立場、經驗與認同會深刻影響資料的蒐集、詮釋與行動策略的選擇(Clough, 1992；Fonow & Cook, 1991；Oakley, 1981)。對於一個在地人而言，研究者不僅具備文化語境與地方脈絡的敏銳度，亦擁有與社群之間既有的信任關係，這使得田野進入與深度訪談更為順利，同時也有助於釐清潛藏的社會動力與地方需求。當研究者本

身即為研究場域的一員，其身分便不僅是資料蒐集者，更是地方知識的承載者與行動者。這樣的角色轉換與責任，正是推動在地導向研究與實踐永續轉型的關鍵資源(Horlings et al., 2020)。

澎湖縣作為台灣最具代表性的離島觀光目的地，具有特殊的地理、經濟與文化特性。當地經濟高度依賴觀光產業與漁業資源，但也面臨觀光淡旺季明顯、環境永續壓力增加等問題。且研究者本身家中也有經營當地的紀念品店；因此，也是觀光產業的重要利益關係人，也更直接承受觀光產業所帶來的正負面影響。

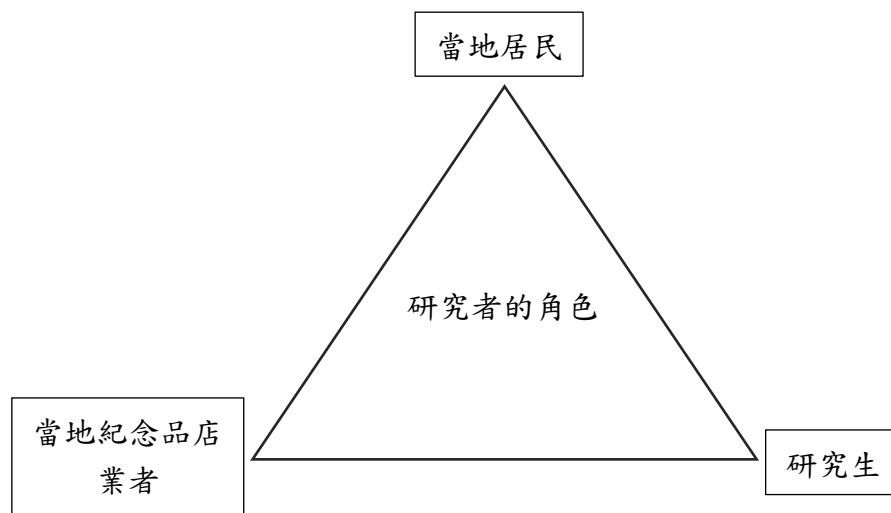


圖 3-2 本研究的研究者的多重身分

此外，澎湖居民對當地的環境資源、觀光發展與地方創新行動具有深刻且長期的觀察與體會，其所提供的資訊能有效反映出數位孿生技術在離島地區推行時可能面臨的挑戰與機會。透過選取澎湖居民為研究樣本，本研究可真實呈現居民的實際需求與期望，進而為地方政府或企業在未來推動數位孿生相關專案時，提供具有參考價值的實務建議。因此，以澎湖居民作為本研究的抽樣對象，除了有助於深入瞭解居民對新技術之接受度與態度外，更可明確地指出未來技術推廣過程中應注意的關鍵議題，為數位孿生技術的地方推廣模式奠定紮實的實證基礎。而在抽樣方法上面，本研究採用滾雪球抽樣之方式，

研究者先將問卷內容發給身邊親朋好友進行發放，之後再請他們轉發至各自的朋友圈，藉此擴散問卷發放的範圍，遂以Google表單建立網路問卷的方式，發放期間自民國114年2月至4月，為期兩個月的時間發放問卷。

### 第三節 問卷設計

採取立意取樣網路調查法，李政忠（2004）建議網路調查應提高樣本的異質性與代表性，應公告在不同的網站上以建立多樣性，故本研究於網路平台（Facebook、Instagram、Line）發出網路問卷，以下將針對預試對象及正式施測對象進行說明。問卷構面分為六個部分，分別為：數位孿生、數位孿生意象、數位孿生信任、永續行為與創新行為，以及人口統計變項。本研究採用網路問卷發放方式進行施測，而計分方式採取Likert七點尺度，受試者根據個人對自身的實際感受勾選，從「非常同意」、「同意」、「有點同意」、「普通」、「有點不同意」、「不同意」、「非常不同意」之中選取切合與個人行為及感受的選項。

#### 一、數位孿生量表

數位孿生量表是參考於(Singh *et al.*,2023)中數位孿生表來編製問卷題項，本研究考量澎湖為離島地區以及抽樣對象之考量，因此對原題項加以改編，符合本研究，共計9題題項，下表3-1為此構面之衡量題項。

原題項 (Singh *et al.*,2023).

Visibility (DT1) – DT enables the direct monitoring of products and services and increases visibility.

Coordination (DT2) – DT enhances the coordination among the SC partners.

Real-time monitoring (DT3) – DT provides real-time monitoring of the process and product, reducing disruption and breakdowns.

Transparency (DT4) – DT increases the transparency in SC.

Flexibility (DT5) – DT enables the SC to react quickly to supply and demand.

Velocity (DT6) – DT reduces the lead time in the SC.

Risk awareness (DT7) – DT provides data that can help predict the risks.

Better decision-making (DT8) – DT enhances the quality of information, which improves better decision-making.

Better demand forecasting (DT9) – DT gathers data from various sources for better forecasting.

更改後題項如表3-1

表 3- 1 數位孿生之題項

| 構面                   | 衡量題項                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 數位孿生<br>Digital twin | <ol style="list-style-type: none"><li>1. 數位孿生（澎湖漁港的智慧管理平台）能直接監控澎湖漁業的漁港觀光的环境狀況，讓一切更清晰可見（能見度）。</li><li>2. 數位孿生（澎湖漁港的智慧管理平台）可以讓澎湖漁業的漁港觀光中不同單位之間的協作更順暢、更高效（共同協作）。</li><li>3. 數位孿生（澎湖漁港的智慧管理平台）可以提供澎湖漁業的漁港觀光的即時資訊監控，例如：人潮數量，說明管理者減少錯誤和突發狀況（即時監控）。</li><li>4. 數位孿生（澎湖漁港的智慧管理平台）可以讓澎湖漁業的漁港觀光的運營更加公開透明，讓遊客和管理單位都能獲得即時資訊（公開透明）。</li><li>5. 數位孿生（澎湖漁港的智慧管理平台）可以說明澎湖漁業</li></ol> |

表 3-1 數位學生之題項(續)

|    |                                                                   |
|----|-------------------------------------------------------------------|
|    | 的漁港觀光中的管理人員根據當前情況快速做出最合適的應對決策（具彈性）。                               |
| 6. | 數位學生（澎湖漁港的智慧管理平台）可以通過計算和分析規劃人流，減少遊客因人流過多而排隊等候的時間（加速處理）。           |
| 7. | 數位學生（澎湖漁港的智慧管理平台）可以提供有助於預測潛在風險的資料，讓管理單位提前預防問題的發生（警覺性）。            |
| 8. | 數位學生（澎湖漁港的智慧管理平台）可以提高資訊的完整性和準確性，幫助澎湖漁業的漁港觀光的管理者做出更明智的決策（較好的決策）。   |
| 9. | 數位學生（澎湖漁港的智慧管理平台）可以收集來自多種來源的資料，協助澎湖漁業的漁港觀光更準確地預測遊客需求與趨勢（較好的需求預測）。 |

## 二、數位學生意象量表

數位學生意象量表是參考於(Prodan *et al.*,2024)中數位學生意象量表來編製問卷題項，本研究考量澎湖為離島地區以及抽樣對象之考量，因此對原題項加以改編，符合本研究，共計 5 題題項，下表 3-2 為此構面之衡量題項。

原題項(Prodan *et al.*,2024)

I think the digital content about wine tourism in Istria enables me to get to know what the wine region has to offer.

I think that the digital content about wine tourism in Istria enables me to understand the quality of services offered by the wine region.

I think that the digital content about wine tourism in Istria enables me to get to know the

wine environment offered by the wine region.

I think that the digital content on wine tourism in Istria enables me to objectively evaluate the wine location.

I think that through digital content about wine tourism in Istria I can get objective assessments of this wine region.

更改後題項如表 3-2

表 3-2 數位孿生意象之題項

| 構面                           | 衡量題向                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 數位孿生意象<br>Digital twin image | <div>1. 我認為有關澎湖漁港觀光所使用的數位孿生（澎湖漁港的智慧管理平台）能夠讓我了解澎湖離島地區的漁業能提供什麼？</div> <div>2. 我認為關於澎湖漁港觀光的數位孿生（澎湖漁港的智慧管理平台）使我能夠理解澎湖離島地區提供的服務品質。</div> <div>3. 我認為關於澎湖的漁港觀光的數位孿生（澎湖漁港的智慧管理平台）使我能夠理解澎湖離島地區提供的旅遊環境。</div> <div>4. 我認為關於澎湖的漁港觀光的數位孿生（澎湖漁港的智慧管理平台）使我能夠客觀地評估澎湖離島地區的漁業/觀光。</div> <div>5. 我認為透過關於澎湖的漁港觀光的數位孿生（澎湖漁港的智慧管理平台），我可以客觀地評量澎湖離島地區觀光漁業。</div> |

### 三、數位孿生信任量表

數位孿生信任量表是參考於(Xu *et al.*,2024)中信任量表來編製問卷題項，本研究考量澎湖為離島地區以及抽樣對象之考量，因此對原題項加以改編，符合本研究，共計6題題項，下表3-3為此構面之衡量題項。

原題項(Xu *et al.*,2024)

- I trust the security of using ICT
- I am sure technology and legal frameworks effectively shield me from online risks
- I believe that the government encourages the use of ICT
- I believe our government to be trustworthy; the government will respect my privacy
- I trust that ICT now has a safe environment, and we can perform ICT related activities with our government
- I trust ICT is helpful in the preparation of my lessons and research

更改後題項

表 3-3 數位孿生信任之構面

| 構面                 | 衡量題向                                        |
|--------------------|---------------------------------------------|
| 數位孿生信任             | 1. 我相信使用數位孿生（澎湖漁港的智慧管理平台）的安全性。              |
| Digital twin trust | 2. 我確信數位孿生（澎湖漁港的智慧管理平台）和法律規範能保護我免受網路上的騷擾行為。 |
|                    | 3. 我相信澎湖縣政府是鼓勵我們使用數位孿生（澎湖漁港的智慧管理平台）。        |

表 3-3 數位孿生信任之構面(續)

4. 我相信澎湖縣政府所提供的數位孿生（澎湖漁港的智慧管理平台）是值得信賴的;澎湖縣政府提供的平台會保護我的隱私。
5. 我相信澎湖縣政府所提供的數位孿生（澎湖漁港的智慧管理平台）能提供一個安全的環境，讓我們可以與澎湖縣政府一起從事相關的漁港觀光的活動。
6. 我相信數位孿生（澎湖漁港的智慧管理平台）對我在從進行澎湖的漁港觀光的相關體驗跟調查中都會帶給我協助。

#### 四、永續行為量表

對永續行為量表是參考於 (Singh *et al.*,2023)中對永續之行為量表來編製問卷題項，本研究考量澎湖為離島地區以及抽樣對象之考量，因此對原題項加以改編，共計3題題項，符合本研究，下表3-4為此構面之衡量題項。

原題項(Singh *et al.*,2023)

Recycling (SUS1) – DT helps in increased recycling opportunities.

Environmentally friendly process (SUS2) – The utilization of Digital twins can contribute to the conservation of raw materials and energy, as well as the reduction in the emissions and wastes produced at the point of origin along the supply chain.

Increased efficiency (SUS3) – DT can make it possible for businesses to achieve efficiency gains and rapid innovation.

更改後題項

表 3-4 永續行為之構面

| 構面                                   | 衡量題向                                                  |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 永續行為                                 | 1. 數位孿生（澎湖漁港的智慧管理平台）有助於澎湖縣政府加強永續漁港觀光的經營與管理。           |
| Environmentally Responsible Behavior | 2. 數位孿生（澎湖漁港的智慧管理平台）有助於澎湖海洋資源的保育同時可以從源頭上降低對海洋環境生態的危害。 |
|                                      | 3. 數位孿生（澎湖漁港的智慧管理平台）可以使得澎湖的商業行為獲得極佳的成果同時也加快地方產業創新的腳步。 |

五、創新行為量表

創新行為量表是參考於(Yepes & López 2023)中的創新行為量表來編製問卷題項，本研究考量澎湖離島地區以及抽樣對象之考量，因此對原題項加以改編，符合本研究，共計3題題項，下表3-5為此構面之衡量題項。

原題項(Yepes & López 2023)

Search for new ways to put ideas into practice.

Search for new solutions to solve problems.

Search for new methods , techniques , or work tools.

更改後題項

表 3-5 創新行為之構面

| 構面                                 | 衡量題向                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 創新行為<br><br>Innovative<br>Behavior | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 我認為澎湖縣政府應該透過數位學生（澎湖漁港的智慧管理平台）的資訊尋找新的方式並付諸行動，以利發展觀光休閒的漁業。</li> <li>2. 我認為澎湖縣政府應透過數位學生（澎湖漁港的智慧管理平台）的資訊尋找新的解決方案來解決或改善現有發展觀光休閒漁業的問題。</li> <li>3. 我認為澎湖縣政府應透過數位學生（澎湖漁港的智慧管理平台）的資訊探索新的方法、技術或工具，以利發展觀光休閒的漁業。</li> </ol> |

## 六、人口統計變項

人口統計變項包括性別、年齡、教育程度、職業類別和月收入情形，共計五個主題。詳見表 3-6

表 3-6 人口統計

| 構面    | 構面題項                                                                        |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 性別    | 男、女                                                                         |
| 年齡    | 20 歲以下、21-30 歲、31-40 歲、<br>41-50 歲、51-60 歲、61 歲以上                           |
| 教育程度  | 國小以下、國中、高中職、<br>大專院校、研究所                                                    |
| 職業類別  | 自由業、工商服務業、軍公教人員、<br>農林漁牧業、家管、學生、退休人員、其他                                     |
| 月收入情形 | 無收入或 20000 元以下、20001 元-30000 元、30001-<br>40000 元、40001 元-50000 元、50000 元或以上 |

## 第四節 資料分析方法

本研究在回收問卷後，採用 IBM SPSS Statistics 26.0 和 IBM AMOS 2.0 進行全面的資料分析，旨在驗證研究模型與假設的適切性與可靠性。分析過程涵蓋多個層面，包括描述性統計，用以呈現樣本基本特徵；信度檢驗，用於評估問卷量表的內部一致性與穩定性；以及結構方程模型分析 (SEM)。在 SEM 分析中，進一步進行路徑分析以檢視變數之間的因果關係，同時評估整體模型的適配度指標 (如 CFI、GFI 和 RMSEA)，以確認模型的整體適用性與解釋力。透過這些分析步驟，研究得以深入了解數據結構與假設的驗證結果，為研究結論提供有力支持。

### 一、描述性統計分析

分析收集到的樣本，受測者的基本資料以敘述性統計來測得整體樣本、個別樣本佔總體的百分比，以了解受測者的性別、年齡、居住地、教育程度及職業等個人資料，餐廳用餐習慣與消費行為。

### 二、常態性檢定

常態性檢定(Normality Test)，是指樣本觀察值的分配結構要符合常態分配的特性，許多的推論分析，都需要符合常態性假設的條件，才能獲得有效且可靠的分析結果。執行參數估計時，資料必須要滿足常態性假設，Kline (1998)提出的標準是一個實用的參考，指出當一組數據的偏態係數，絕對值小於 2，峰度小於 7 時，可以假設數據是常態分佈的。Mardia 係數則是評估多元數據常態性的指標。根據Mardia & Foster (1983)，Mardia 係數是衡量多元數據峰度的統計量。Raykov & Marcoulides (2008) 提到，當Mardia係數小於變數數( $p$ ) + 2 時，即 ( $Mardia < p + 2$ )，則可以認為數據具有多元常態性。

### 三、 效度分析與因素分析

效度是衡量工具能否真實且準確反映所欲測量對象特質或行為的關鍵指標。簡言之，效度反映了一項測試「測量什麼」以及「測得多準確」。當測量的效度越高，表示其結果能更忠實呈現所欲測量對象的真正特性。效度是科學衡量工具中不可或缺的核心要素，若缺乏效度，無論該工具具備其他多麼優秀的特性，最終仍無法發揮其測量功能。因此，無論是採用標準化測驗還是自行設計的衡量工具，都必須對其效度進行充分的評估。在本研究中，效度的評估首先透過兩位學者專家審核問卷題項的內容適切性，以主觀方式評估測量工具外顯形式的有效性，並檢測其表面效度(face validity)。接著，採用探索性因素分析法，以主成分分析中的最大變異法進行因素萃取，基於特定的理論基礎，澄清各題項的潛在特質，並透過實證分析確認測量結果是否與理論假設的內涵一致，以確保其建構效度(construct validity)。綜合上述分析結果，研究中使用的量表在信度與效度方面皆達到可接受的範圍，為後續的數據分析和理論驗證提供了堅實的基礎支持。

### 四、 信度分析

信度在量表測量中具有重要意義，因其可用於評估量表中各題項在測量相同特性時的一致性程度(Benson & Clark, 1982)。信度是指測量結果的一致性(consistency)與穩定性(stability)，為衡量工具的核心品質之一(Nunnally & Bernstein, 1994)。在本研究中，信度的評估採用Cronbach's Alpha系數，這是一種用於衡量量表內部一致性(internal consistency)的方法。

Cronbach's Alpha系數被認為是信度檢測中較為嚴謹的指標，通常被視為信度的底限(lower bound)，也是目前最為廣泛採用的信度衡量方式之一。該係數的理論範圍介於 0 至1，1表示測量結果具有完美的一致性，0則表示完全無一致性。根據 DeVellis (2003)，整體信度值應至少達到 0.7，方能認定量表題項具有可接受的信度。此標準為問卷設計與分析提供了重要的依據，確保測量工具能夠準確且穩定地反映其所欲評估的特質。

## 五、結構方程式模型

本研究旨在驗證因果模式，因此需運用適合分析因果關係的統計方法與程序。針對多個變數間關係架構的分析，主要採用路徑分析法(path analysis)。路徑分析可用於探討具時間先後順序的變數之間，早先發生的變數通過何種途徑影響後續變數；同時，透過驗證性統計分析檢驗研究者所提出的因果模式是否與實際資料相符。本研究中，「數位學生」、「數位學生意象」、「數位學生信任」、「永續行為」及「創新行為」皆為結構方程式模型中的潛在變項，並利用路徑分析探討這些變數間正向與負向影響的結果。

## 六、驗證性因素分析 (CFA)

是基於假設已知的因素結構或存在先驗理論，旨在確認或驗證該因素結構是否與所收集的資料相符。陳寬裕與王正華(2010)指出，在進行結構方程式模型 (SEM) 分析前，研究者應先檢視測量模型，因為測量模型能準確反映研究的構面或因素。他們進一步提到，SEM 模型中的構面是其中的重要組成部分，如果構面本身缺乏信度，其間的連結就失去意義。因此，社會科學與行為科學對 CFA 的重視程度超過 SEM，因為 CFA 能針對模型設定、評估與結果的信心水準提供豐富的資訊。CFA 以理論為基礎，對潛在變數與觀察變數間的關係進行合理假設，並透過統計方法驗證這些假設，是現代統計分析的重要工具。

## 七、結構方程式整體模型配適度分析

在配適度分析中，需參考的指標包括以下數值：卡方值 ( $\chi^2$ )、卡方值與其自由度的比值 ( $\chi^2/df$ )、配適度指標 (Goodness of Fit Index, GFI)、調整後的配適度指標 (Adjusted Goodness of Fit Index, AGFI)、均方根誤差近似值 (Root Mean Square Error of Approximation, RMSEA)、基準配適度指標 (Normed Fit Index, NFI)、非基準配適度指標

(Non-Normed Fit Index, NNFI)、比較配適度指標 (Comparative Fit Index, CFI)、漸增式配適指標 (Incremental Fit Index, IFI)、簡效規範配適指標 (Parsimonious Normed Fit Index, PNFI)、簡效良性配適指標 (Parsimonious Goodness of Fit Index, PGFI) 和比較簡效配適指標 (Parsimonious Comparative Fit Index, PCFI)。詳見表3-7

表 3-7 整體模型配適度標準

| 統計檢定量       | 配適之標準或臨界值              |
|-------------|------------------------|
| $\chi^2$    | 卡方值越小越好                |
| $\chi^2/df$ | 小於 5 才可以接受             |
| GFI         | 大於 0.9 為良好，0.8~0.9 可接受 |
| AGFI        | 大於 0.9 為良好，0.8~0.9 可接受 |
| NFI         | 大於 0.9 為良好，0.8~0.9 可接受 |
| NNFI        | 大於 0.9 為良好             |
| RMSEA       | 小於 0.08 為良好，0.1 以內可接受大 |
| IFI         | 於 0.9 為良好              |
| SRMR        | 小於 0.08                |

## 第肆章 研究結果與分析

本章主要針對以澎湖居民，對於數位孿生、數位孿生意象、數位孿生信任、創新、永續行為之關係進行實證分析，依序分別為第一節描述性統計分析；第二節信效度分析；第三節結構方程模型分析；第四節研究假設檢定分析；第五節中介效果假設檢定分析，爾後進行研究結果之說明。

### 第一節 描述性統計分析

#### 一、樣本特性之描述性分析

本研究將澎湖居民作為本研究的資料蒐集對象，自民國114年2月至4月，為期兩個月的時間發放網路問卷。為確認問卷受試者皆是澎湖居民，故問卷會詢問對象是否為當地居民，以確保問卷調查的有效性，便於研究了解數位孿生和澎湖居民的相互影響。問卷回收總計 201份問卷。以下為本研究調查對象的人口統計變數之描述性統計分析結果，詳見表4-1：

首先，在性別方面，生理女性為113人，佔整體有效樣本數的56.2%，略多於生理男性的88人，佔整體樣本數的43.8%。

其次，在年齡結構方面，以21至30歲之受測者為最多，共83人，佔總樣本數的41.3%，顯示受訪者多數屬於年輕族群；接續為51至60歲，有40人，佔比19.9%。而41至50歲的受測者為32人，佔15.9%。此外，31至40歲者有16人，佔8.0%；60歲以上者為20人，佔10.0%；而20歲以下（但18歲以上）之樣本為10人，佔5.0%，在本研究中所占比例最低。

受測者教育程度而言，以具有大專院校學歷者最多，共有99人，占整體49.3%；其次為高中職學歷，共57人，占28.4%；而具研究所碩士學歷者有25人，占比12.4%。國中學歷的受測者有18人，占9.0%；而博士學歷者僅有2人，占1.0%，所占比例最少。

在職業方面，受測者中以自由業最多，計有45人，占總樣本數之22.4%；學生則有43人，占21.4%；工商服務業從業人員有42人，占20.9%；軍公教人員有21人，占10.4%；其他職業者共27人，占13.4%；家管人員11人，占5.5%；退休人員有7人，占3.5%；而農林漁牧業者僅有5人，占2.5%，是所有職業類別中占比最低者。

最後，受測者的月收入分佈情形方面，以無收入或收入在20,000元以下者居多，有65人，占整體32.3%；其次為月收入30,001元至40,000元，共44人，占21.9%；月收入50,001元以上者有42人，占20.9%；收入介於20,001元至30,000元者則有30人，占14.9%；而月收入40,001元至50,000元者最少，有20人，占10.0%。

表 4-1 描述統計

|    | 人口統計變數        | 次數(n=201) | 百分比(%) |
|----|---------------|-----------|--------|
| 性別 | 生理男           | 88        | 43.8   |
|    | 生理女           | 113       | 56.2   |
| 年齡 | 20 歲以下 18 歲以上 | 10        | 5.0    |
|    | 21-30 歲       | 83        | 41.3   |
|    | 31-40 歲       | 16        | 8.0    |
|    | 41-50 歲       | 32        | 15.9   |
|    | 51-60 歲       | 40        | 19.9   |
|    | 60 歲以上        | 20        | 10.0   |
| 學歷 | 國中            | 18        | 9.0    |
|    | 高中職           | 57        | 28.4   |
|    | 大專院校          | 99        | 49.3   |
|    | (研究所)碩士       | 25        | 12.4   |
|    | 博士            | 2         | 1.0    |
| 職業 | 自由業           | 45        | 22.4   |
|    | 農林漁牧業         | 5         | 2.5    |
|    | 工商服務業         | 42        | 20.9   |

表 4-1 描述統計(續)

|          |                |    |        |
|----------|----------------|----|--------|
|          | 軍公教人員          | 21 | 10.4   |
|          | 家管             | 11 | 5.5    |
|          | 學生             | 43 | 21.4   |
|          | 退休人員           | 7  | 3.5    |
|          | 其他             | 27 | 13.4   |
| 月收入情況    | 無收入或 20000 元以下 | 65 | 32.3   |
|          | 20001-30000 元  | 30 | 14.9   |
|          | 30001-40000 元  | 44 | 21.9   |
|          | 40001-50000 元  | 20 | 10.0   |
|          | 50001 元以上      | 42 | 20.9   |
| 共計 201 人 |                |    | 100.0% |

## 二、構面描述性統計分析

### (一)數位孿生(Digital twin)

由(表4-2)得知，數位孿生(Digital twin)的各題項的平均值介於 5.51 到 5.18 之間，其中題項「數位孿生(澎湖漁港的智慧管理平台)可以收集來自多種來源的資料，協助澎湖漁業的漁港觀光更準確地預測遊客需求與趨勢。」的平均值 5.51 為最高。因此，得知澎湖居民大多看中數位孿生能夠蒐集並整合大量資料預測需要幫助的內容。

表 4-2 數位孿生構面描述性統計分析

| 構面                   | 題號  | 題項                                                  | 平均值  | 標準差   |
|----------------------|-----|-----------------------------------------------------|------|-------|
| 數位孿生<br>Digital twin | DT1 | 數位孿生（澎湖漁港的智慧管理平台）能直接監控澎湖漁業的漁港觀光的環境狀況，讓一切更清晰可見(能見度)。 | 5.18 | 1.599 |

表 4-2 數位孿生構面描述性統計分析(續)

|     |                                                                     |      |       |
|-----|---------------------------------------------------------------------|------|-------|
| DT2 | 數位孿生（澎湖漁港的智慧管理平台）可以讓澎湖漁業的漁港觀光中不同單位之間的協作更順暢、更高效(共同協作)。               | 5.23 | 1.561 |
| DT3 | 數位孿生（澎湖漁港的智慧管理平台）可以提供澎湖漁業的漁港觀光的即時資訊監控，例如：人潮數量，說明管理者減少錯誤和突發狀況(即時監控)。 | 5.40 | 1.523 |
| DT4 | 數位孿生（澎湖漁港的智慧管理平台）可以讓澎湖漁業的漁港觀光的運營更加公開透明，讓遊客和管理單位都能獲得即時資訊(公開透明)。      | 5.47 | 1.526 |
| DT5 | 數位孿生（澎湖漁港的智慧管理平台）可以說明澎湖漁業的漁港觀光中的管理人員根據當前情況快速做出最合適的應對決策(具彈性)。        | 5.41 | 1.460 |
| DT6 | 數位孿生（澎湖漁港的智慧管理平台）可以通過計算和分析規劃人流，減少遊客因人流過多而排隊等候的時間(加速處理)。             | 5.50 | 1.490 |
| DT7 | 數位孿生（澎湖漁港的智慧管理平台）可以提供有助於預測潛在風險的資料，讓管理單位提前預防問題的發生(警覺性)。              | 5.45 | 1.452 |

表 4-2 數位孿生構面描述性統計分析(續)

|     |                                                                   |      |       |
|-----|-------------------------------------------------------------------|------|-------|
| DT8 | 數位孿生（澎湖漁港的智慧管理平台）可以提高資訊的完整性和準確性，幫助澎湖漁業的漁港觀光的管理者做出更明智的決策(較好的決策)。   | 5.36 | 1.521 |
| DT9 | 數位孿生（澎湖漁港的智慧管理平台）可以收集來自多種來源的資料，協助澎湖漁業的漁港觀光更準確地預測遊客需求與趨勢(較好的需求預測)。 | 5.51 | 1.408 |

## (二) 數位孿生意象(Digital twin image)

由(表4-3)得知，數位孿生意象(Digital twin image)的各題項的平均值介於 5.36 到 5.25 之間，其中題項「我認為關於澎湖的漁港觀光的數位孿生(澎湖漁港的智慧管理平台)使我能夠理解澎湖離島地區提供的旅遊環境。」的平均值 5.36為最高。因此，得知澎湖居民相信能夠透過數位孿生理解澎湖的旅遊環境。

表 4-3 數位孿生意象構面描述性統計分析

| 構面                              | 題號   | 題項                                                    | 平均值  | 標準差   |
|---------------------------------|------|-------------------------------------------------------|------|-------|
| 數位孿生意象<br>Digital<br>twin image | DTI1 | 我認為有關澎湖漁港觀光所使用的數位孿生（澎湖漁港的智慧管理平台）能夠讓我了解澎湖離島地區的漁業能提供什麼？ | 5.25 | 1.553 |

表 4-3 數位孿生意象構面描述性統計分析(續)

|      |                                                                          |      |       |
|------|--------------------------------------------------------------------------|------|-------|
| DTI2 | 我認為關於澎湖漁港觀光<br>的數位孿生（澎湖漁港<br>的智慧管理平台）使我<br>能夠理解澎湖離島地<br>區提供的服務品質。        | 5.27 | 1.512 |
| DTI3 | 我認為關於澎湖的漁港<br>觀光的數位孿生（澎湖<br>漁港的智慧管理平台）<br>使我能夠理解澎湖離島<br>地區提供的旅遊環境。       | 5.36 | 1.537 |
| DTI4 | 我認為關於澎湖的漁港<br>觀光的數位孿生（澎湖<br>漁港的智慧管理平台）<br>使我能夠客觀地評估澎<br>湖離島地區的漁業/觀<br>光。 | 5.25 | 1.549 |
| DTI5 | 我認為透過關於澎湖的<br>漁港觀光的數位孿生<br>（澎湖漁港的智慧管理<br>平台），我可以客觀地<br>評量澎湖離島地區觀光<br>漁業。 | 5.26 | 1.492 |

### (三) 數位孿生信任(Digital twin image)

由(表 4-4)得知，數位孿生信任(Digital twin trust)的各題項的平均值介於 5.38 到 4.92 之間，其中題項「我相信澎湖縣政府是鼓勵我們使用數位孿生(澎湖漁港的智慧管理平台)。」的平均值 5.38 為最高。因此，得知澎湖居民相信當地縣政府是鼓勵民眾使用 AI 相關的數位科技。

表 4-4 數位孿生信任之構面

| 構面 | 題號 | 題項 | 平均<br>值 | 標準差 |
|----|----|----|---------|-----|
|----|----|----|---------|-----|

表 4-4 數位孿生信任之構面(續)

|                              |      |                                                                    |      |       |
|------------------------------|------|--------------------------------------------------------------------|------|-------|
| 數位孿生信任<br>Digital twin trust | DTT1 | 我相信使用數位孿生（澎湖漁港的智慧管理平台）的安全性。                                        | 5.00 | 1.591 |
|                              | DTT2 | 我確信數位孿（澎湖漁港的智慧管理平台）和法律規範能保護我免受網路上的騷擾行為。                            | 4.92 | 1.604 |
|                              | DTT3 | 我相信澎湖縣政府是鼓勵我們使用數位孿生（澎湖漁港的智慧管理平台）。                                  | 5.38 | 1.509 |
|                              | DTT4 | 我相信澎湖縣政府所提供的數位孿生（澎湖漁港的智慧管理平台）是值得信賴的;澎湖縣政府提供的平台會保護我的隱私。             | 4.97 | 1.617 |
|                              | DTT5 | 我相信澎湖縣政府所提供的數位孿生（澎湖漁港的智慧管理平台）能提供一個安全的環境，讓我們可以與澎湖縣政府一起從事相關的漁港觀光的活動。 | 5.20 | 1.514 |
|                              | DTT6 | 我相信數位孿生（澎湖漁港的智慧管理平台）對我在從進行澎湖的漁港觀光的相關體驗跟調查中都會帶給我協助。                 | 5.30 | 1.470 |

#### (四) 永續行為(Environmentally Responsible Behavior)

由(表4-5)得知，數位孿生信任(Digital twin trust)的各題項的平均值介於 5.35 到 5.07 之間，其中題項「數位孿生(澎湖漁港的智慧管理平台)有助於澎湖縣政府加強永續漁港觀光的經營與管理。」的平均值 5.35為最高。因此，得知澎湖居民相信數位孿生(澎湖漁港的智慧管理平台)是有助於澎湖縣政府加強永續漁港觀光的經營與管理。

表 4-5 永續行為(Environmentally Responsible Behavior)之構面

| 構面                                                 | 題號   | 題項                                                 | 平均值  | 標準差   |
|----------------------------------------------------|------|----------------------------------------------------|------|-------|
| 永續行為<br>Environmentally<br>Responsible<br>Behavior | ERB1 | 數位孿生（澎湖漁港的智慧管理平台）有助於澎湖縣政府加強永續漁港觀光的經營與管理。           | 5.35 | 1.503 |
|                                                    | ERB2 | 數位孿生（澎湖漁港的智慧管理平台）有助於澎湖海洋資源的保育同時可以從源頭上降低對海洋環境生態的危害。 | 5.07 | 1.606 |
|                                                    | ERB3 | 數位孿生（澎湖漁港的智慧管理平台）可以使得澎湖的商業行為獲得極佳的成果同時也加快地方產業創新的腳步。 | 5.18 | 1.603 |

## (五) 創新行為(Innovative Behavior)

由(表4-5)得知，創新行為(Innovative Behavior)的各題項的平均值介於 5.43 到 5.40 之間，其中題項「我認為澎湖縣政府應透過數位孿生的資訊探索新的方法、技術或工具, 以利發展觀光休閒的漁業。」的平均值 5.43為最高。因此，得知澎湖居民認為政府要推動數位孿生(澎湖漁港的智慧管理平台) 探索新的方法、技術或工具, 以利發展觀光休閒的漁業。

表 4-6 創新行為(Innovative Behavior)之構面

| 構面                                 | 題號  | 題項                                             | 平均值  | 標準差   |
|------------------------------------|-----|------------------------------------------------|------|-------|
| 創新行為<br><br>Innovative<br>Behavior | IB1 | 我認為澎湖縣政府應該透過數位孿生的資訊尋找新的方式並付諸行動,以利發展觀光休閒的漁業。    | 5.40 | 1.460 |
|                                    | IB2 | 我認為澎湖縣政府應透過數位孿生的資訊尋找新的解決方案來解決或改善現有發展觀光休閒漁業的阻礙。 | 5.40 | 1.470 |
|                                    | IB3 | 我認為澎湖縣政府應透過數位孿生的資訊探索新的方法、技術或工具,以利發展觀光休閒的漁業。    | 5.43 | 1.482 |

## 第二節 信效度分析

### 一、常態性分析

對於觀察變項 (題項)是否符合常態性檢定,可透過常態性分析進行判斷,以觀察變項 (題項)之偏態係數及峰度係數來檢驗,當觀察變項 (題項)的偏態係數絕

對值與峰度之絕對值小於 2 時，即表示觀察變數具有常態性，另可藉由 Mardia 係數 (Mardia & Foster, 1983)，Mardia 係數為一般常用的多元峰度指標，可藉以判定多元常態性假設。當 Mardia 係數小於  $p(p+2)$  時 ( $p$  為觀察變數題項數量)，則資料具有多元常態性 (Murcia, Coll, & Garzón, 2009; Raykov & Marcoulides, 2008)。

本研究之本研究中構面之數位孿生、數位孿生意象、數位孿生信任、永續行為與創新行為各個構面題項在結構方程式中測量模型測量之偏態係數 (-5.419 ~ -0.263) 及峰度係數 (0.357 ~ -0.705) 如表 4-7，數值皆符合檢驗標準，且 Mardia 係數為 460.477 而  $p(p+2)=728$ ，大於 Mardia 係數，因此可確認本研究資料之觀察變數具有單變數常態性，並且研究資料也具有多元常態性 (Bollen, 1989; Bollen & Long, 1992)。

表 4-7 構面題項偏態與峰度

| 構面     | 題號   | 偏態     | 峰度     |
|--------|------|--------|--------|
| 數位孿生   | DT1  | -3.575 | -0.705 |
|        | DT2  | -3.5   | -0.642 |
|        | DT3  | -4.635 | 0.393  |
|        | DT4  | -5.419 | 1.034  |
|        | DT5  | -4.282 | 0.598  |
|        | DT6  | -4.892 | 0.358  |
|        | DT7  | -4.116 | 0.076  |
|        | DT8  | -4.724 | 0.628  |
|        | DT9  | -4.424 | 0.96   |
| 數位孿生意象 | DTi1 | -0.677 | -0.038 |
|        | DTi2 | -0.714 | 0.156  |
|        | DTi3 | -0.706 | -0.126 |
|        | DTi4 | -0.606 | -0.325 |
|        | DTi5 | -0.575 | -0.16  |
| 數位孿生信任 | DTt1 | -0.396 | -0.559 |
|        | DTt2 | -0.263 | -0.673 |
|        | DTt3 | -0.668 | -0.244 |
|        | DTt4 | -0.406 | -0.526 |
|        | DTt5 | -0.539 | -0.24  |
|        | DTt6 | -0.723 | 0.187  |
| 永續行為   | IB1  | -0.692 | -0.003 |

表 4-7 構面題向偏態與峰度(續)

|      |     |        |        |
|------|-----|--------|--------|
| 創新行為 | IB2 | -0.67  | -0.077 |
|      | IB3 | -0.696 | -0.086 |
|      | SB1 |        | -0.244 |
|      | SB2 | -0.624 | -0.531 |
|      | SB3 | -0.477 | -0.417 |
|      |     | -0.564 |        |

Mardia 係數=460.477 85.545

## 二、信度檢定

本研究使用 SPSS 檢測各個構面信度，進行問卷一致性及穩定性之判定。當

Cronbach's Alpha 值  $> 0.9$ ，代表問卷具有極好的信度；Cronbach's Alpha 值介於 0.8 到 0.9 之間，代表問卷信度良好；Cronbach's Alpha 值介於 0.7 到 0.8，代表問卷尚可被接受(DeVellis, 2016)。由表4-8得知，本研究之問卷各個構面 Cronbach's Alpha 值介於 0.973~0.925 之間，其值皆達 0.7 以上，量表總信度達 0.989，代表本問卷具有良好的內部一致性。如(表4- 8)，本研究中構面之數位學生Cronbach's Alpha 值為 0.973；數位學生意象Cronbach's Alpha 值為 0.973；數位學生信任 Cronbach's Alpha 值為 0.964；永續行為 Cronbach's Alpha 值為 0.925；創新行為 Cronbach's Alpha 值為 0.964。整體研究架構之信度 Cronbach's Alph 值為 0.989。

表 4-8 各構面信度分析表

| 構面     | 題項數 | Cronbach's Alph 值 | 整體架構信度 |
|--------|-----|-------------------|--------|
| 數位學生   | 9   | 0.973             |        |
| 數位學生意象 | 5   | 0.973             |        |
| 數位學生信任 | 6   | 0.964             | 0.989  |
| 永續行為   | 3   | 0.925             |        |
| 創新行為   | 3   | 0.964             |        |

### 三、效度檢定

利用 AMOS 26.0 進行驗證性因素分析，來處理觀察變項與其潛在變項間的共變關係，並檢驗量表的標準誤 (Standard Error, SE)、標準化因素負荷量 (Standard Factor Loadings, SFL)、多元相關平方值 (Squared Multiple Correlation, SMC)、估計參數 T 值、組合信度 (Composite Reliability, CR)、與平均變異萃取量 (Average Variance Extracted, AVE)，其分析結果如表 4-9。分析標準為 SE 值越小越好，而 SFL 值要介於 0.5 至 0.95 之間 (Bollen & Long, 1993；陳寬裕與王正華，2010)，Chin(1998)表示 SMC 值要大於 0.20，T 值要大於 1.96，CR 值要大於 0.6 (陳寬裕與王正華，2010)。Bagozzi and Yi (1988)表示各構面 AVE 值要大於 0.50。本研究各個構面與題項之數值皆有符合檢定標準，達標以示本研究測量模型有其真實性與準確性存在。

表 4-9 驗證性因素分析表

| 測量<br>變數<br>構面/<br>題項 | 標準誤<br>(Standard<br>Error) | T 值    | 標準因素<br>負<br>荷量 | 多元相關平<br>方 | 組合信度  | 平均變異<br>數<br>萃取量 |
|-----------------------|----------------------------|--------|-----------------|------------|-------|------------------|
|                       | SE                         | CR     | SFL             | SMC        | CR    | AVE              |
| DT                    |                            |        |                 |            | 0.974 | 0.804            |
| DT1                   | 0.405                      | 14.991 | 0.851           | 0.724      |       |                  |
| DT2                   | 0.39                       | 15.516 | 0.87            | 0.756      |       |                  |
| DT3                   | 0.372                      | 16.434 | 0.9             | 0.81       |       |                  |
| DT4                   | 0.378                      | 15.932 | 0.884           | 0.781      |       |                  |
| DT5                   | 0.347                      | 17.552 | 0.935           | 0.873      |       |                  |
| DT6                   | 0.365                      | 16.324 | 0.896           | 0.804      |       |                  |
| DT7                   | 0.351                      | 16.918 | 0.915           | 0.838      |       |                  |
| DT8                   | 0.367                      | 16.891 | 0.915           | 0.836      |       |                  |
| DT9                   | 0.344                      | 16.437 | 0.9             | 0.81       |       |                  |
| DTi                   |                            |        |                 |            | 0.973 | 0.877            |
| DTi1                  | 0.369                      | 17.53  | 0.934           | 0.872      |       |                  |

表 4-9 驗證性因素分析表(續)

|      |       |        |       |       |       |       |
|------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| DTi2 | 0.353 | 18.214 | 0.954 | 0.909 |       |       |
| DTi3 | 0.363 | 17.823 | 0.943 | 0.888 |       |       |
| DTi4 | 0.373 | 17.07  | 0.92  | 0.847 |       |       |
| DTi5 | 0.355 | 17.443 | 0.931 | 0.867 |       |       |
| DTt  |       |        |       |       | 0.963 | 0.814 |
| DTt1 | 0.395 | 15.867 | 0.884 | 0.781 |       |       |
| DTt2 | 0.404 | 15.328 | 0.865 | 0.749 |       |       |
| DTt3 | 0.367 | 16.66  | 0.909 | 0.826 |       |       |
| DTt4 | 0.404 | 15.653 | 0.877 | 0.769 |       |       |
| DTt5 | 0.359 | 17.659 | 0.939 | 0.881 |       |       |
| DTt6 | 0.35  | 17.52  | 0.935 | 0.875 |       |       |
| SB   |       |        |       |       | 0.964 | 0.899 |
| SB1  | 0.354 | 18.04  | 0.951 | 0.905 |       |       |
| SB2  | 0.409 | 14.932 | 0.852 | 0.725 |       |       |
| SB3  | 0.398 | 15.877 | 0.884 | 0.782 |       |       |
| IB   |       |        |       |       | 0.925 | 0.804 |
| IB1  | 0.343 | 18.044 | 0.95  | 0.902 |       |       |
| IB2  | 0.346 | 17.951 | 0.947 | 0.897 |       |       |
| IB3  | 0.349 | 17.952 | 0.947 | 0.897 |       |       |

註 1:DT 為數位學生; DT image 為數位學生意象; DTtrust 為數位學生信任;SB 為永續行為;IB 創新行為。

#### 四、區別效度檢定

為驗證不同構面之間確實存在顯著差異，且無共線性問題，本研究採用相關係數檢定進行區別效度之初步檢查。依據陳寬裕與王正華 (2010) 指出，構面間相關係數若低於 0.8，即可視為彼此相關性偏低，具備初步區別效度。進一步地，研究亦透過平均變異數萃取量 (Average Variance Extracted, AVE) 評估收斂效度。依據 Fornell & Larcker (1981) 之建議，AVE 值應高於 0.50，表示潛在構面能解釋其觀察變項一半以上的變異。本研究中，各構面之 AVE 值分別為 0.670、0.641、0.754 與 0.856，皆超過推薦標準，顯示具備良好的收斂效度。針對區別效度的驗證，亦採用 Fornell-Larcker 準則進行檢定。依據 Hair *et al.* (1998) 主張，當構面之 AVE 平方根大於其與其他構面間的相關係數，且

在比較樣本中符合比率達 75%以上，即可認定構面具備良好的區別效度。由表 4-10 可見，所有構面之 AVE 平方根介於 0.800 至 0.925 之間，均明顯大於其對應之相關係數，顯示對角線數值顯著高於其列與欄之交叉相關值 (Fornell & Larcker, 1981)。綜合而言，本研究所建構之各構面皆符合區別效度與收斂效度之標準 (Hair *et al.*, 2012; Ringle *et al.*, 2015; Sarstedt *et al.*, 2020)。

表 4-10 區別效度檢定表

| 構面                   | MI     | ME     | WE     | ITV    | AVE   |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 數位學生<br>(DTM)        | 0.897  |        |        |        |       |
| 數位學生<br>意象<br>(DTiM) | 0.919* | 0.936  |        |        |       |
| 數位學生<br>信任<br>(DTtM) | 0.853* | 0.872* | 0.902  |        |       |
| 永續行為<br>(SBM)        | 0.867* | 0.875* | 0.881* | 0.948  |       |
| 創新行為<br>(IBM)        | 0.876* | 0.884* | 0.860* | 0.883* | 0.897 |

### 第三節 結構方程模型配適度檢定

在完成信效度檢驗後，為驗證本研究測量模型整體結構之適配情形，進一步進行結構方程模型 (SEM) 之整體配適度檢定。本研究採用多種常見的配適度指標，分為三大類進行評估，分別為：絕對配適度指標、增量配適度指標與精簡配適度指標 (陳寬裕與王正華, 2011)。其中，絕對配適度指標包含：卡方值 ( $\chi^2$ )、卡方自由度比 ( $\chi^2/df$ )、配適度指標 (GFI) 與調整後配適度指標 (AGFI)，以及近似誤差均方根 (RMSEA)。此類指標主要用以檢驗模型與觀察資料間之配適程度，並評估樣本共變異數矩陣與模型估計矩陣間之差異程度。增量配適度指標部分，則包括：基準配適度指標 (NFI)、非基準配適

度指標 (NNFI)、比較配適度指標 (CFI)與漸增式配適度指標 (IFI)。此類指標通常介於 0 至 1 之間，其數值越高表示模型配適度越佳。精簡配適度指標方面，則採用：簡效規範適配指標 (PNFI)、簡效良性適配指標 (PGFI)、以及簡效比較適配指標 (PCFI)，用以反映模型結構之精簡性與解釋力之間的平衡 (Chekalina *et al.*, 2016)。根據文獻建議，GFI 與 AGFI 值介於 0.80 至 0.90 為可接受，大於 0.90 則表示良好；NFI、NNFI、CFI 及 IFI 值皆應大於 0.90；而 PNFI、PGFI 與 PCFI 值則建議應高於 0.50，方可判定模型具備良好的精簡適配性。詳細數據結果如表 4-11 所示。

表 4-11 結構方程模型配適度檢定表

| 統計檢定量    |               | 模型配適度之標準<br>與臨界值            | 模型配適度   | 模型配適度檢定 |
|----------|---------------|-----------------------------|---------|---------|
| 絕對<br>配適 | $\chi^2$      | 卡方值越小越好                     | 788.991 | 不符合標準   |
|          | $\chi^2/df$   | 小於 5<br>小於 3 為良好            | 2.730   | 符合      |
|          | GFI           | 大於 0.9<br>0.8~0.9 可接受       | 0.741   | 可接受     |
|          | AGFI          | 大於 0.9<br>0.8~0.9 可接受       | 0.686   | 可接受     |
|          | RMR           | 小於 0.08                     | 0.073   | 良好      |
|          | SRMR          | 小於 0.08                     | 0.139   | 良好      |
|          | RMSEA         | 0.05~0.08 為良好<br>小於 0.1 可接受 | 0.093   | 良好      |
| 增量<br>配適 | NFI           | 大於 0.9<br>0.8~0.9 可接受       | 0.907   | 良好      |
|          | NNFI<br>(TLI) | 大於 0.9                      | 0.931   | 良好      |
|          | CFI           | 大於 0.9                      | 0.938   | 良好      |
|          | IFI           | 大於 0.9                      | 0.939   | 良好      |
|          | PNFI          | 大於 0.5                      | 0.806   | 良好      |
| 精簡<br>配適 | PGFI          | 大於 0.5                      | 0.610   | 良好      |
|          | PCFI          | 大於 0.5                      | 0.834   | 良好      |

如表 4-11 研究 CFA 原結構模型  $\chi^2$  值為 788.991， $\chi^2/df$  值為 2.730，陳寬裕與王正華（2011）指出  $\chi^2/df$  值要介於 1-5 之間，而從表4-11可知其研究結構模型中，絕對配適度、增量配適度、精簡配適度之檢定數值皆達到規定之標準，故能夠進一步進行研究假設檢定分析。

## 第四節 假設檢定分析

### 一、假設檢定分析

本研究經由驗證與檢定分析詳如表 4-11 模型之數位學生、數位學生意象、數位學生信任、創新、永續行為等研究變數，路徑關係如圖 4-1 中實線代表假設檢定為顯著之路徑，數值為路徑係數，\*表示顯著水準  $p < 0.05$ ，\*\*表示顯著水準  $p < 0.01$ ，\*\*\*表示顯著水準  $p < 0.001$ 。

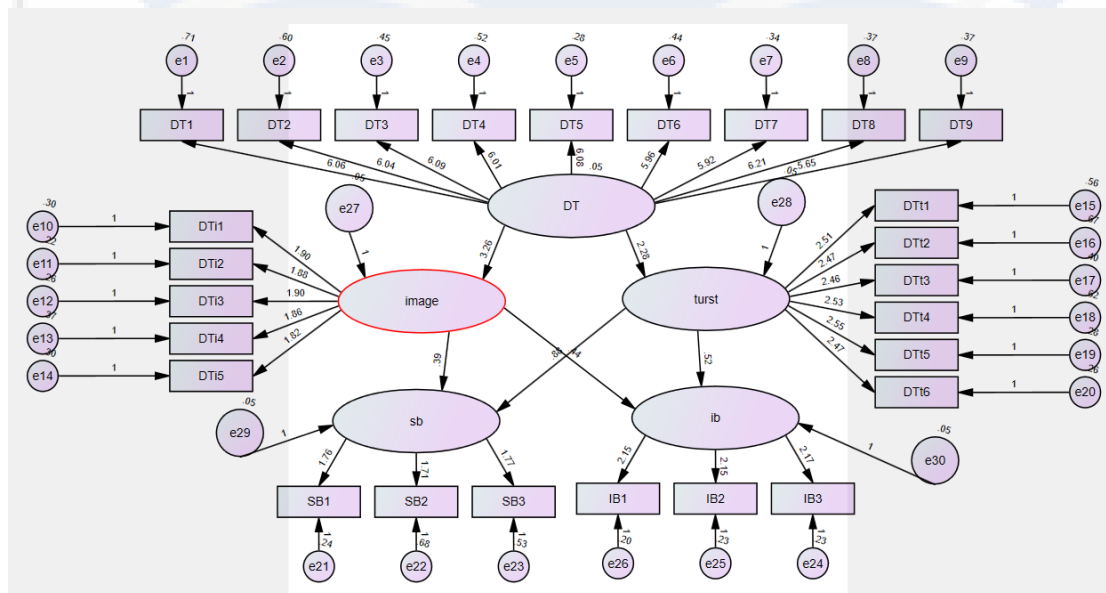


圖 2-1 路徑分析圖

表 4-12 路徑分析表

| 假設 | 路徑               | 路徑<br>值 | CR 值(t 值) | P 值 |      |
|----|------------------|---------|-----------|-----|------|
| H1 | DT → DT<br>image | 0.956   | 10.064    | *** | 假設成立 |
| H2 | DT → DT trust    | 0.916   | 10.431    | *** | 假設成立 |
| H3 | DT image →<br>sb | 0.374   | 4.188     | *** | 假設成立 |
| H4 | DT trust → ib    | 0.450   | 5.093     | *** | 假設成立 |
| H5 | DT trust → sb    | 0.616   | 5.480     | *** | 假設成立 |
| H6 | DT image → ib    | 0.518   | 5.499     | *** | 假設成立 |

註1:DT為數位學生; DT image為數位學生意象; DT trust為數位學生信任;SB為永續行為;IB創新行為。

假設一 (H1): 數位學生對數位學生意象具有正向顯著影響。表示當顧客對數位學生的認知提升時, 將能有效提高其對數位學生意象的感知與認同程度。根據圖 4-1 與表 4-12 所示, 此路徑之標準化係數為 0.956, C.R. 為 10.064, p 值小於 0.001, 達顯著水準, 因此本研究假設一成立。

假設二 (H2): 數位學生對數位學生信任具有正向顯著影響, 說明使用者對數位學生的熟悉與理解, 將有助於增強其信任感。此路徑標準化係數為 0.916, C.R. 為 10.431, p 值小於 0.001, 故假設二亦成立。

假設三 (H3): 數位學生意象對永續行為具有正向顯著影響。當使用者產生對數位學生意象的高度認同時, 將更可能產生永續發展之行為。標準化係數為 0.374, C.R. 為 4.188,  $p < 0.001$ , 因此假設三成立。

假設四 (H4)：數位學生信任對創新行為具有正向顯著影響，顯示使用者若信任數位學生，將更可能願意採取創新行為。該路徑係數為 0.450，C.R. 值為 5.093，p 值達顯著水準，假設四成立。

假設五 (H5)：數位學生信任對永續行為具有正向顯著影響，顯示數位學生信任不僅促進創新，也與永續行為意圖相關聯。其係數為 0.616，C.R. 為 5.480， $p < 0.001$ ，故假設五亦成立。

假設六 (H6)：數位學生意象對創新行為具有正向顯著影響。代表對數位學生意象的感知能強化使用者之創新採行意圖，係數為 0.518，C.R. 為 5.499， $p < 0.001$ ，驗證本研究假設六成立。

## 二、中介效果檢定結果

在結構方程模式 (SEM) 分析中，判斷中介效果是否成立與顯著，需依據三個主要標準進行檢驗：總效果 (Total Effect)、直接效果 (Direct Effect) 與間接效果 (Indirect Effect)，並配合信賴區間 (Confidence Interval, CI) 與顯著性檢定 (p 值)。以下針對本研究中的假說 H3a,b 與 H4a,b (分別對應至  $DT \rightarrow IMAGE \rightarrow SB$  與  $DT \rightarrow IMAGE \rightarrow IB$  與  $DT \rightarrow TRUST \rightarrow SB$  與  $DT \rightarrow TRUST \rightarrow IB$ ) 進行詳細說明。中介效果的判斷主要依據間接效果是否顯著 (Indirect Effect)，並可進一步區分為：

1. 完全中介 (Full Mediation)：間接效果顯著，直接效果不顯著。
2. 部分中介 (Partial Mediation)：間接效果與直接效果皆顯著。
3. 無中介 (No Mediation)：間接效果不顯著。

本研究進行數位學生 (DT) 透過數位學生意象 (IMAGE) 與數位學生信任 (TRUST) 分別對「永續行為 (SB)」與「創新行為 (IB)」之中介效果檢驗，結果(表4-13)如下：

H3a: DT → IMAGE → SB: 中介效果估計值為 0.407, BC 信賴區間為 0.042~0.739, PC 信賴區間為 0.028~0.733, p 值皆小於 0.05 ( $p = 0.036/0.041$ ), 顯示中介效果達統計顯著。DT 對 SB 的直接效果 ( $\beta = 0.515, p = 0.008$ ) 亦顯著, 因此呈現部分中介效果, 假設 H3a 成立。

H3b: DT → IMAGE → IB: 中介效果為 0.401, BC 信賴區間為 0.219~0.805, p 值為 0.003, 亦達顯著水準; 直接效果 0.506 ( $p = 0.014$ ) 亦顯著, 表示部分中介效果成立, 假設 H3b 成立。

H4a: DT → TRUST → SB: 中介效果為 0.508, BC 信賴區間為 0.255~0.761,  $p = 0.001$ , 達高度顯著水準, 直接效果為 0.415 ( $p = 0.004$ ) 仍顯著, 屬於部分中介效果, 假設 H4a 成立。

H4b: DT → TRUST → IB: 中介效果為 0.401, BC 信賴區間為 0.184~0.679,  $p = 0.001$ , 且直接效果為 0.506 ( $p = 0.001$ ) 亦顯著, 為部分中介效果, 假設 H4b 成立。整體而言, 所有中介模型均顯示為部分中介效果, 證實數位學生意象與數位學生信任在數位學生影響永續和創新行為意圖的過程中扮演重要角色。

表 4-13 中介效果信賴區間驗證與檢定分析表

|                      |                 | BC 95% Confidence Interval |          |          |       |      |
|----------------------|-----------------|----------------------------|----------|----------|-------|------|
|                      |                 | 間接效果值                      | BootLLCI | BootULCI | p 值   | 結論   |
| 間接效果 Indirect effect |                 |                            |          |          |       |      |
| H3a                  | DT → IMAGE → SB | 0.407                      | 0.042    | 0.739    | 0.036 | 假說成立 |
| H3b                  | DT → IMAGE → IB | 0.401                      | 0.219    | 0.805    | 0.003 | 假說成立 |
| H4a                  | DT → TRUST → SB | 0.508                      | 0.255    | 0.761    | 0.001 | 假說成立 |
| H4b                  | DT → TRUST → IB | 0.401                      | 0.184    | 0.679    | 0.001 | 假說成立 |

註 1: DT 為數位學生; DT image 為數位學生意象; DTtrust 為數位學生信任; SB 為永續行為; IB 為創新行為。

## 第五章 結論與建議

本研究旨在探討數位孿生技術在澎湖地區推動永續發展與創新行為之潛力，並透過數位孿生意象與數位孿生信任的中介效果進行分析。本研究的主要發現整理如下。

### 第一節 研究結論

本研究探討了數位孿生在澎湖地區永續與創新行為的效用，並深入探討數位孿生意象與數位孿生信任的中介角色。綜合研究分析結果，提出以下主要結論：

在學術上，本研究以澎湖縣數位孿生應用為例，了解數位孿生與SOR理論在澎湖地區與永續與創新行為中的作用。透過數位孿生對居民創新行為與永續行為之影響，拓展了SOR理論中環境刺激（數位孿生）透過中介（數位孿生意象、數位孿生信任）影響個體行為（創新行為、永續行為）的解釋。此外，本研究亦在理論層面上驗證並釐清了「數位孿生意象」與「數位孿生信任」兩個中介變項之間的互動關係，對現有理論提供了豐富且具體的實證支持也補齊了現有文獻的不足。實務上的建議則是圍繞在數位孿生的九大重點上去執行；這些具體的實務建議有助於澎湖地區在數位化與智慧治理方面的實際推動，進一步提供可供其他離島及台灣地區借鑑的典範模式，凸顯本研究對地方永續與創新管理實踐的重要貢獻。

#### 一、能見度（Visibility）

建置智慧視覺化監控平台，導入儀表板系統，以數位孿生技術實時顯示漁港及觀光區域的人流、船舶數量、漁獲交易及環境變化等資訊。

#### 二、共同協作（Collaboration）

建構跨局處智慧協作系統，以統一的數位孿生平台整合環保、觀光、漁業、交通及災害防治單位，使資源共享與跨部門協調更為順暢。

### 三、即時監控（Real-time Monitoring）

在澎湖地區全面佈建感應裝置與智慧攝影機系統，監控澎湖重要景點、生態敏感區及漁港作業狀態，並即時將數據傳輸至中央指揮中心。引進AI即時影像分析與異常狀況偵測，例如非法漁業活動偵測、觀光區域異常人潮分析，提升危機處理的時效性。

### 四、公開透明（Transparency）

建立開放數據平台，主動且定期地公開數位孿生平台蒐集的各項數據，包括漁業統計、生態環境品質、人流統計及交通資訊等，鼓勵民間參與並監督政府作為。

### 五、具彈性（Flexibility）

建構高度模組化的系統架構，使系統能根據特定需求或突發事件快速重新組態，尤其是颱風、海洋生態危機或觀光熱點季節性變化。

### 六、加速處理（Accelerated Processing）

藉由儀表板系統的AI分析能力與即時數據處理功能，顯著實現了資訊的「加速處理」，提高對緊急事件的反應速度及日常管理效率。

### 七、警覺性（Alertness）

儀表板系統內嵌智慧預警機制，提升地方治理的「警覺性」，能主動且即時地偵測環境異常或安全風險，提供提早應對之策略。

### 八、較好的決策（Better Decision-Making）

透過整合其他合作單位所提供的資料讓AI進行預測分析，協助制定「較好的決策」，如漁業管理、觀光資源配置及災害預防措施。

### 九、較好的需求預測（Better Demand Forecasting）

透過歷史數據分析與AI預測模型，提高「較好的需求預測」能力，結合數據預測觀光潮流與漁業觀光情勢，幫助地方產業提前調整策略，確保資源有效利用。

## 第二節 研究限制

一、建議未來研究可擴大研究範圍，進行跨區域比較研究，以驗證本研究結論在不同地方治理與產業條件下的普適性。

二、後續研究可考量採取隨機抽樣方式或擴大樣本數量，以提升樣本代表性與研究結果的推論力。

三、未來研究建議深入探討數位孿生技術應用的實務細節與長期效益評估，尤其在產業實際應用與政策推廣層面上進行更深入的探討，以提供更明確的政策建議。

四、未來可針對不同產業或應用場景中，數位孿生意象與信任如何不同程度地影響行為表現進行比較分析，提供更豐富的理論視野與實務指導。

五、亦建議將澎湖視為「試驗場域」，持續追蹤其數位轉型發展歷程，並與其他台灣本島地區之推動經驗進行對照與比較，以作為推廣智慧治理與數位孿生應用之政策依據。

透過以上的研究限制與建議，期望能為未來相關研究提供更完整的理論基礎與實務方向，進一步推動數位孿生技術在台灣各地方永續發展與創新治理之深入應用。

## 第三節 澎湖願景：從漁業之島到數位科技之島

澎湖縣自古以來以漁業著稱，近年觀光產業蓬勃發展，然而也面臨生態保育、觀光過度集中及淡旺季明顯等問題。數位孿生科技的引入，不僅是因應地方挑戰之有效策略，更是推動澎湖轉型升級的關鍵契機。透過本研究可見，當地居民高度支持數位轉型，並相信科技能帶來實際的效益。因此，未來澎湖可積極規劃建立數位孿生智慧管理示範區，整合漁業管理、生態保育與觀光服務等多項功能，將科技效益全面落實至實際生活中。

期許在不久的將來，澎湖能藉由數位科技之推動，從傳統漁業島嶼逐步蛻變為台灣數位學生科技的模範地區，成為其他離島乃至台灣整體智慧發展的標杆與典範。

## 參考文獻

Assael, H. (1992). Consumer behavior and marketing action.

Alazaizeh, M., Alrawadie, Z., Nawafleh, N., & Daoud, M. (2019). The influence of perceived value, satisfaction and destination image on visit intention to therapeutic tourism destinations. *Heliyon*, 5(10), e02602.

Al-Hawari, M. A., Quratulain, S., & Melhem, S. B. (2021). How and when frontline employees' environmental values influence their green creativity? Examining the role of perceived work meaningfulness and green HRM practices. *Journal of Cleaner Production*, 310, 127598. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127598>

Ambrogio, G., Filice, L., Longo, F., & Padovano, A. (2022). Workforce and supply chain disruption as a digital and technological innovation opportunity for resilient manufacturing systems in the COVID-19 pandemic. *Computers & Industrial Engineering*, 169(1), 108158.

Benson, J., & Clark, F. (1982). A Guide for Instrument Development and Validation. *American Journal of Occupational Therapy*, 36(12), 789–800.  
<https://doi.org/10.5014/ajot.36.12.789>

Bagozzi, R. P., & Yi, Y. (1988). On the evaluation of structural equation models. *Journal of*

the academy of marketing science, 16, 74-94.

Bollen, K. A. (1989). A new incremental fit index for general structural equation

models. *Sociological methods & research*, 17(3), 303-316.

Bollen, K. A., & Long, J. S. (1992). Tests for structural equation models:

introduction. *Sociological Methods & Research*, 21(2), 123-131.

Bramwell, B., & Lane, B. (1993). Sustainable tourism: An evolving global approach. *Journal*

*of sustainable tourism*, 1(1), 1-5.

Bonnes, M., & Gianfranco Secchiaroli. (1995). *Environmental Psychology*. SAGE.

Bloemer, J., & de Ruyter, K. (1998). On the relationship between store image, store

satisfaction and store loyalty. *European Journal of Marketing*, 32(5/6), 499–513.

<https://doi.org/10.1108/03090569810216118>

Baloglu, S., & McCleary, K. W. (1999). A model of destination image formation. *Annals of*

*Tourism Research*, 26(4), 868–897. [https://doi.org/10.1016/s0160-7383\(99\)00030-4](https://doi.org/10.1016/s0160-7383(99)00030-4)

Bowen, J. T., & Chen, S. (2001). The relationship between customer loyalty and customer

satisfaction. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 13(5),

213–

217. [https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/09596110110395893/full/ht](https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/09596110110395893/full/html)

[ml](#)

Björk, P. (2010). Atmospherics on tour operators' websites: Website features that stimulate

emotional response. *Journal of Vacation Marketing*, 16(4), 283–296.

<https://doi.org/10.1177/1356766710372243>

Bhaduri, G., & Ha-Brookshire, J. E. (2011). Do Transparent Business Practices Pay?

Exploration of Transparency and Consumer Purchase Intention. *Clothing and Textiles*

*Research Journal*, 29(2), 135–149. <https://doi.org/10.1177/0887302x11407910>

Barrick, M. R., Mount, M. K., & Li, N. (2013). The Theory of Purposeful Work Behavior:

The Role of Personality, Higher-Order Goals, and Job Characteristics. *Academy of*

*Management Review*, 38(1), 132–153. <https://doi.org/10.5465/amr.2010.0479>

Blau, P. M. (2017). *Exchange and Power in Social Life* (2nd ed.). Routledge.

<https://doi.org/10.4324/9780203792643> (Original work published 1986)

Belhadi, A. (2020). Manufacturing and Service Supply Chain Resilience to the COVID-19

outbreak: Lessons Learned from the Automobile and Airline Industries. *Technological*

*Forecasting and Social Change*, 163(1), 120447.

<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120447>

Bag, S., Yadav, G., Dhamija, P., & Kataria, K. K. (2021). Key resources for industry 4.0

adoption and its effect on sustainable production and circular economy: An empirical

study. *Journal of Cleaner Production*, 281(1), 125233.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125233>

Belhadi, A., Kamble, S., Jabbour, C. J. C., Gunasekaran, A., Ndubisi, N. O., & Venkatesh, M.

(2021). Manufacturing and service supply chain resilience to the COVID-19 outbreak: Lessons learned from the automobile and airline industries. *Technological Forecasting and Social Change*, 163, 120447.

Bianco, D., Bueno, A., Filho, M. G., Latan, H., Devós Ganga, G. M., Frank, A. G., &

Chiappetta Jabbour, C. J. (2022). The role of Industry 4.0 in developing resilience for manufacturing companies during COVID-19. *International Journal of Production Economics*, 256, 108728. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2022.108728>

Clough, P. (1998). The end (s) of ethnography.

Chen, Y.-S., Lai, S.-B., & Wen, C.-T. (2006). The Influence of Green Innovation Performance on Corporate Advantage in Taiwan. *Journal of Business Ethics*, 67(4), 331–339. <https://doi.org/10.1007/s10551-006-9025-5>

Chen, Y.-S. (2007). The Driver of Green Innovation and Green Image – Green Core Competence. *Journal of Business Ethics*, 81(3), 531–543. <https://doi.org/10.1007/s10551-007-9522-1>

Chow, W. S., & Chan, L. S. (2008). Social network, social trust and shared goals in organizational knowledge sharing. *Information & Management*, 45(7), 458–465. <https://doi.org/10.1016/j.im.2008.06.007>

Chen, Y., & Chang, C. (2012). Enhance green purchase intentions: The roles of green perceived value, green perceived risk, and green trust. *Management Decision*, 50(3),

502–520. <https://doi.org/10.1108/00251741211216250>

Chen, Y.-S., Lin, C.-Y., & Weng, C.-S. (2015). The Influence of Environmental Friendliness on Green Trust: The Mediation Effects of Green Satisfaction and Green Perceived Quality. *Sustainability*, 7(8), 10135–10152. <https://doi.org/10.3390/su70810135>

Chen, Y.-S., Hung, S.-T., Wang, T., Huang, A.-Fen., & Liao, Y.-W. (2017). The Influence of Excessive Product Packaging on Green Brand Attachment: The Mediation Roles of Green Brand Attitude and Green Brand Image. *Sustainability*, 9(4), 654. <https://doi.org/10.3390/su9040654>

Chu, K. (2018). Mediating Influences of Attitude on Internal and External Factors Influencing Consumers' Intention to Purchase Organic Foods in China. *Sustainability*, 10(12), 4690. <https://doi.org/10.3390/su10124690>

Cimino, C., Negri, E., & Fumagalli, L. (2019). Review of digital twin applications in manufacturing. *Computers in Industry*, 113, 103130.

Chen, X., & Wan, P. (2019). Social trust and corporate social responsibility: Evidence from China. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 27(2), 485–500. <https://doi.org/10.1002/csr.1814>

Cheung, M. F. Y., & To, W. M. (2021). The Effect of Consumer Perceptions of the Ethics of Retailers on Purchase Behavior and Word-of-Mouth: The Moderating Role of Ethical Beliefs. *Journal of Business Ethics*, 171(4). <https://doi.org/10.1007/s10551-020->

Chuah, S. H.-W., & Yu, J. (2021). The future of service: The power of emotion in human-robot interaction. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 61, 102551.

<https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2021.102551>

DeVellis, R. F. (2003). *Scale development: Theory and applications* (2nd ed.). Thousand Oaks, Calif.: Sage.

DeVellis, R. F. (2016). *Scale development: Theory and applications*. vol. 26 Sage publications. *Los Angeles, London, New Dehli, Singapore, Washington DC, Melbourne.*

Duan, W., Tang, X., Li, Y., Cheng, X., & Zhang, H. (2020). Perceived Organizational Support and Employee Creativity: The Mediation Role of Calling. *Creativity Research Journal*, 1–9. <https://doi.org/10.1080/10400419.2020.1821563>

Elkington, J. (1997). *Cannibals with forks: The triple bottom line of twentieth century business*. Oxford.

Espiner, S., Higham, J., & Orchiston, C. (2019). Superseding sustainability: Conceptualising sustainability and resilience in response to the new challenges of tourism development. In *A research agenda for sustainable tourism* (pp. 21-38). Edward Elgar Publishing.

Fornell, C., & Larcker, D. F. (1981). Evaluating structural equation models with unobservable

- variables and measurement error. *Journal of marketing research*, 18(1), 39-50.
- Fonow, M. M., & Cook, J. A. (1991). Back to the future: A look at the second wave of feminist epistemology and methodology. *Beyond methodology: Feminist scholarship as lived research*, 1-15.
- Flavián, C., Guinalíu, M., & Torres, E. (2005). The influence of corporate image on consumer trust. *Internet Research*, 15(4), 447–470. <https://doi.org/10.1108/10662240510615191>
- Ganesan, S. (1994). Determinants of Long-Term Orientation in Buyer-Seller Relationships. *Journal of Marketing*, 58(2), 1–19. <https://doi.org/10.1177/002224299405800201>
- Grieves, M. (2002). Digital twin of physical systems: Opportunities and challenges. Presented at the ASME 2002 International Mechanical Engineering Congress and Exposition, New Orleans, LA, USA.
- Gefen, D., & Straub, D. W. (2004). Consumer Trust in B2C e-Commerce and the Importance of Social presence: Experiments in e-Products and e-Services. *Omega*, 32(6), 407–424. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2004.01.006>
- GUIO, L., SAPIENZA, P., & ZINGALES, L. (2008). Trusting the Stock Market. *The Journal of Finance*, 63(6), 2557–2600.
- Grieves, M., & Vickers, J. (2017). Digital twin: Mitigating unpredictable, undesirable emergent behavior in complex systems. In *Transdisciplinary perspectives on complex systems* (pp. 85–113). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-38756-7\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-38756-7_4)

Gil, M. T., & Jacob, J. (2018). The relationship between green perceived quality and green purchase intention: a three-path mediation approach using green satisfaction and green trust. *International Journal of Business Innovation and Research*, 15(3), 301.  
<https://doi.org/10.1504/ijbir.2018.089750>

Gros, A., Guillem, A., De Luca, L., Baillieul, É., Duvocelle, B., Malavergne, O., ... & Zimmer, T. (2023). Faceting the post-disaster built heritage reconstruction process within the digital twin framework for Notre-Dame de Paris. *Scientific Reports*, 13(1), 5981.

Hart, P., & Saunders, C. (1997). Power and Trust: Critical Factors in the Adoption and Use of Electronic Data Interchange. *Organization Science*, 8(1), 23–42.  
<https://doi.org/10.1287/orsc.8.1.23>

Hu, W., & Wall, G. (2005). Environmental Management, Environmental Image and the Competitive Tourist Attraction. *Journal of Sustainable Tourism*, 13(6), 619.  
<https://doi.org/10.1080/09669580508668584>

Han, H., & Back, K.-J. (2008). Relationships Among Image Congruence, Consumption Emotions, and Customer Loyalty in the Lodging Industry. *Journal of Hospitality & Tourism Research*, 32(4), 467–490. <https://doi.org/10.1177/1096348008321666>

Hsin Chang, H., & Wen Chen, S. (2008). The impact of online store environment cues on purchase intention. *Online Information Review*, 32(6), 818–841.

<https://doi.org/10.1108/14684520810923953>

Hair Jr, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2010). Multivariate data analysis.

In *Multivariate data analysis* (pp. 785-785).

Hair, J. F., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2012). Partial least squares: the better approach to structural equation modeling?. *Long range planning*, 45(5-6), 312-319.

Han, H., & Hyun, S. S. (2012). Image Congruence and Relationship Quality in Predicting Switching Intention. *Journal of Hospitality & Tourism Research*, 37(3), 303–329.

<https://doi.org/10.1177/1096348012436381>

Herterich, M. M., Eck, A., & Uebernickel, F. (2016). Exploring how digitized products enable industrial service innovation. 24th European Conference on Information Systems, 1–17.

Horlings, L. G., Nieto-Romero, M., Pisters, S., & Soini, K. (2020). Operationalising transformative sustainability science through place-based research: the role of researchers. *Sustainability Science*, 15, 467-484.

Huan Minh Nguyen, & Nguyen, Y. (2023). Do Perceptions of Destination Social Responsibility Contribute to Environmentally Responsible Behavior? A Case Study in Phu Quoc, Vietnam. *Sustainability*, 15(22), 15803–15803.

<https://doi.org/10.3390/su152215803>

Ivanov, D., Dolgui, A., Ralston, P., Blackhurst, J., Spieske, A., Birkel, H., Tsagarakis, K. P.,

- Erkoyuncu, J. A., & Mascle, T. (2021). Supply chain disruption risk management with blockchain: A dynamic literature review. *Sustainability*, 13(9),5494.
- Ivanov, D., Dolgui, A., Ralston, P., Blackhurst, J., Spieske, A., Birkel, H., & Wang, Y. (2021). Supply chain disruption risk management with blockchain: A dynamic literature review. *Sustainability (Switzerland)*, 13(9), 1-20.
- Ivanov, D. (2023). Conceptualisation of a 7-element digital twin framework in supply chain and operations management. *International Journal of Production Research*.
- Ivanov, D. (2024). Conceptualisation of a 7-element digital twin framework in supply chain and operations management. *International Journal of Production Research*, 62(6), 2220-2232.
- Jain, S. K., & Kaur, G. (2004). Green Marketing: An Indian Perspective. *Decision* (0304-0941), 31(2).
- Jeong, E., Jang, S. (Shawn), Day, J., & Ha, S. (2014). The impact of eco-friendly practices on green image and customer attitudes: An investigation in a café setting. *International Journal of Hospitality Management*, 41, 10–20.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2014.03.002>
- Jung, H. S., Kim, K. H., & Lee, C. H. (2014). Influences of perceived product innovation upon usage behavior for MMORPG: Product capability, technology capability, and user centered design. *Journal of Business Research*, 67(10), 2171–2178.

<https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2014.04.027>

Jannah, N., Bahri, M. I., Kismawadi, E. R., & Handriana, T. (2024). The Effect of Green Brand Image and Green Satisfaction on Green Brand Equity Mediated Green Trust Outpatient's. *Quality-Access to Success*, 25(198).

Jiang, S., Bibi, S., Lyu, J., Khan, A., & Li, Z. (2025). Corporate social responsibility needs base philosophy: An integrative multidimensional approach to hospitality employees' green innovative behaviors. *International Journal of Hospitality Management*, 124, 103943. <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2024.103943>

Keller, K. L. (1993). Conceptualizing, Measuring, and Managing Customer-Based Brand Equity. *Journal of Marketing*, 57(1), 1–22.  
<https://doi.org/10.1177/002224299305700101>

Kuo, N.-W., & Hsiao, T.-Y. (2008). An exploratory research of the application of natural capitalism to sustainable tourism management in Taiwan. *Journal of Cleaner Production*, 16(1), 116–124. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2006.11.005> business models. *Keizai-Ronso* (Kyoto University), 198, S126–S146.  
<https://doi.org/10.57475/keizaironso.198.S9>

Kindström, D., & Kowalkowski, C. (2015). Service driven business model innovation: organizing the shift from a product-based to a service-centric business model. *Business Model Innovation: The Organizational Dimension*, Nicolai Foss and

Tina Saebi (Eds.), Oxford University Press, UK, Forthcoming.

Kani, Y., Aziz, Y. A., Sambasivan, M., & Bojei, J. (2017). Antecedents and outcomes of

destination image of Malaysia. *Journal of Hospitality and Tourism Management*, 32,

89–98. <https://doi.org/10.1016/j.jhtm.2017.05.001>

Kamboj, S., Sarmah, B., Gupta, S., & Dwivedi, Y. (2018). Examining branding co-creation in

brand communities on social media: Applying the paradigm of Stimulus-Organism-

Response. *International Journal of Information Management*, 39(0268-4012), 169–

185. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2017.12.001>

Kotler, P., & Gertner, D. (2019). Country as brand, product and beyond: a place marketing

and brand management perspective. *Taylor & Francis*, 55–71.

<https://doi.org/10.4324/9780080477206-13>

Kirchhof, M., Michael, J., Rumpe, B., Varga, A., & Wortmann, A. (2020). What is a digital

twin? Terminology, characteristics, classification. Springer.

Kamble, S. S., Gunasekaran, A., Parekh, H., Mani, V., Belhadi, A., & Sharma, R. (2022).

Digital twin for sustainable manufacturing supply chains: Current trends, future

perspectives, and an implementation framework. *Technological Forecasting and*

*Social Change*, 176, 121448. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121448>

Kazancoglu, I., Ozbiltekin-Pala, M., Mangla, S. K., Kazancoglu, Y., & Jabeen, F. (2022). Role

of flexibility, agility and responsiveness for sustainable supply chain resilience during

COVID-19. *Journal of Cleaner Production*, 362, 132431.

Kamble, S. S., Gunasekaran, A., Parekh, H., Mani, V., Belhadi, A., & Sharma, R. (2022).

Digital twin for sustainable manufacturing supply chains: Current trends, future perspectives, and an implementation framework. *Technological Forecasting and Social Change*, 176, 121448.

Kruesi, M. A., & Remy, D. (2023). Pick the low hanging fruit: Improving the Sustainability of Small and Medium-Sized Hotels in Singapore.

KARAGIANNIS, D. (2024). How digital twins for design thinking support innovative business models. *The Kyoto Economic Review*, 198(S), S123-S146.

Liu, Z. (2003). Sustainable tourism development: A critique. *Journal of Sustainable Tourism*, 11(6), 459–475.

Lee, J.-S., Hsu, L.-T. (Jane), Han, H., & Kim, Y. (2010). Understanding how consumers view green hotels: how a hotel's green image can influence behavioural intentions. *Journal of Sustainable Tourism*, 18(7), 901–914. <https://doi.org/10.1080/09669581003777747>

Lee, T. H., Jan, F. H., & Yang, C. C. (2013). Conceptualizing and measuring environmentally responsible behaviors from the perspective of community-based tourists. *Tourism Management*, 36, 454-468.

Li, G., Wang, X., & Wu, J. (2019). How scientific researchers form green innovation behavior: an empirical analysis of China's enterprises. *Technology in Society*, 56,

134-146.

Li, W., Bhutto, T. A., Xuhui, W., Maitlo, Q., Zafar, A. U., & Ahmed Bhutto, N. (2020).

Unlocking employees' green creativity: The effects of green transformational leadership, green intrinsic, and extrinsic motivation. *Journal of Cleaner Production*, 255(3), 120229. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120229>

Li, Y.-B., Zhang, G.-Q., Wu, T.-J., & Peng, C.-L. (2020). Employee's Corporate Social Responsibility Perception and Sustained Innovative Behavior: Based on the Psychological Identity of Employees. *Sustainability*, 12(20), 8604. <https://doi.org/10.3390/su12208604>

Lavuri, R., Jabbour, C. J. C., Grebinevych, O., & Roubaud, D. (2022). Green factors stimulating the purchase intention of innovative luxury organic beauty products: Implications for sustainable development. *Journal of Environmental Management*, 301(2), 113899. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113899>

Martineau, P. (1958). The personality of the retail store.

Mehrabian, A., & Russell, J. A. (1974). *An approach to environmental psychology*. The MIT Press.

Mardia, K. V., & Foster, K. (1983). Omnibus tests of multinormality based on skewness and kurtosis. *Communications in Statistics-theory and methods*, 12(2), 207-221.

Milliman, J., Czaplewski, A. J., & Ferguson, J. (2003). Workplace spirituality and employee

work attitudes. *Journal of Organizational Change Management*, 16(4), 426–447.

<https://doi.org/10.1108/09534810310484172>

May, D. R., Gilson, R. L., & Harter, L. M. (2004). The psychological conditions of meaningfulness, safety and availability and the engagement of the human spirit at work. *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, 77(1), 11–37.

<https://doi.org/10.1348/096317904322915892>

Mirowsky, J., & Ross, C. E. (2007). Creative Work and Health. *Journal of Health and Social Behavior*, 48(4), 385–403. <https://doi.org/10.1177/002214650704800404>

Murcia, J. A. M., Coll, D. G. C., & Garzón, M. C. (2009). Preliminary validation in Spanish of a scale designed to measure motivation in physical education classes: the Perceived Locus of Causality (PLOC) Scale. *The Spanish journal of psychology*, 12(1), 327–337.

Martin, D. M., & Schouten, J. W. (2014). The answer is sustainable marketing, when the question is: what can we do? *Recherche et Applications en Marketing (English Edition)*, 29(3), 107–109.

Manthiou, A., Ayadi, K., Lee, S. (Ally), Chiang, L., & Tang, L. (Rebecca). (2016). Exploring the roles of self-concept and future memory at consumer events: the application of an extended Mehrabian–Russell model. *Journal of Travel & Tourism Marketing*, 34(4), 531–543. <https://doi.org/10.1080/10548408.2016.1208786>

Martínez García de Leaniz, P., Herrero Crespo, Á., & Gómez López, R. (2017). Customer

responses to environmentally certified hotels: the moderating effect of environmental consciousness on the formation of behavioral intentions. *Journal of Sustainable Tourism*, 26(7), 1160–1177. <https://doi.org/10.1080/09669582.2017.1349775>

Martinez, V., Neely, A., & Ouyang, A. (2019). Service business model innovation: The digital twin technology. University of Cambridge. <https://doi.org/10.17863/CAM.35482>

Mubarik, M. S., Naghavi, N., Mubarik, M., Kusi-Sarpong, S., Khan, S. A., Zaman, S. I., & Kazmi, S. H. A. (2021). Resilience and cleaner production in industry 4.0: Role of supply chain mapping and visibility. *Journal of Cleaner Production*, 292, 126058. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126058>

Mahasuweerachai, P., & Suttikun, C. (2022). The Effect of Green Self-Identity on Perceived Image, Warm Glow and Willingness to Purchase: A New Generation's Perspective towards Eco-Friendly Restaurants. *Sustainability*, 14(17), 10539. <https://doi.org/10.3390/su141710539>

Nunnally, J. C., & Bernstein, I. H. Psychometric theory 3rd ed., New York (1994).

Nguyen, N., & LeBlanc, G. (1998). The mediating role of corporate image on customers' retention decisions: an investigation in financial services. *International Journal of Bank Marketing*, 16(2), 52–65. <https://doi.org/10.1108/02652329810206707>

Nguyen, N., & Leblanc, G. (2001). Corporate image and corporate reputation in customers' retention decisions in services. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 8(4),

227–236. [https://doi.org/10.1016/s0969-6989\(00\)00029-1](https://doi.org/10.1016/s0969-6989(00)00029-1)

Namkung, Y., & Jang, S. (2013). Effects of restaurant green practices on brand equity formation: Do green practices really matter? *International Journal of Hospitality Management*, 33(1), 85–95. <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2012.06.006>

Nayeri, S., Sazvar, Z., & Heydari, J. (2023). Towards a responsive supply chain based on the industry 5.0 dimensions: A novel decision-making method. *Expert Systems with Applications*, 213(PC), 119267.

NVIDIA.(2025) May 19. Digital Twins Power Taiwan's Industrial AI Transformation  
<https://www.youtube.com/watch?v=abFSngiv1jk>

Ocasio, W. (1999). Institutionalized Action and Corporate Governance: The Reliance on Rules of CEO Succession. *Administrative Science Quarterly*, 44(2), 384.  
<https://doi.org/10.2307/2667000>

Ogbeibu, S., Emelifeonwu, J., Senadjki, A., Gaskin, J., & Kaivo-oja, J. (2020). Technological turbulence and greening of team creativity, product innovation, and human resource management: Implications for sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 244(1), 118703. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118703>

Owida, A., Galal, N. M., & Elrafie, A. (2021). Decision-Making Framework for a Resilient Sustainable Production System during COVID-19: An Evidence-Based Research. *Computers & Industrial Engineering*, 107905.

<https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107905>

Owida, A., Galal, N. M., & Elrafie, A. (2022). Decision-making framework for a resilient sustainable production system during COVID-19: An evidence-based research.

*Computers and Industrial Engineering*, 164(December 2021), 107905.

Porter, M. E., & Linde, C. van der. (1995). Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship. *Journal of Economic Perspectives*, 9(4), 97–118.

Peattie, K. (1999). Trappings versus substance in the greening of marketing planning. *Journal of Strategic Marketing*, 7(2), 131–148. <https://doi.org/10.1080/096525499346486>

Padgett, D., & Allen, D. (1997). Communicating Experiences: A Narrative Approach to Creating Service Brand Image. *Journal of Advertising*, 26(4), 49–62.

<https://doi.org/10.1080/00913367.1997.10673535>

Pine, B., & Gilmore, J. H. (1998). Welcome to The Experience Economy. *Harvard Business Review*, July-August, 97–105

Pratt, M. G., & Ashforth, B. E. (2003). Fostering meaningfulness in working and at work. *Positive organizational scholarship: Foundations of a new discipline*, 309, 327.

Parboteeah, D. V., Valacich, J. S., & Wells, J. D. (2009). The Influence of Website

Characteristics on a Consumer's Urge to Buy Impulsively. *Information Systems*

*Research*, 20(1), 60–78. <https://doi.org/10.1287/isre.1070.0157>

- Pan, Z., Liu, L., Bai, S., & Ma, Q. (2021). Can the social trust promote corporate green innovation? Evidence from China. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(37), 52157–52173. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14293-8>
- Prodan, M. P., Tanković, A. Č., & Ritossa, N. (2024). Image, satisfaction, and continued usage intention in wine tourism through digital content marketing. *Wine Economics and Policy*.
- Oakley, A. (2013). Interviewing women: A contradiction in terms. In *Doing feminist research* (pp. 30-61). Routledge.
- Qaziet, A. M., Mahmood, S. H., Haleem, A., Bahl, S., Javaid, M., & Gopal, K. (2022). The impact of smart materials, digital twins (DTs) and Internet of things (IoT) in an industry 4.0 integrated automation industry. *Materials Today: Proceedings*, 62, 18–25.
- Rousseau, D. M., Sitkin, S. B., Burt, R. S., & Camerer, C. (1998). Not So Different After All: A Cross-Discipline View Of Trust. *Academy of Management Review*, 23(3), 393–404. <https://doi.org/10.5465/AMR.1998.926617>
- Raykov, T., & Marcoulides, G. A. (2008). *An introduction to applied multivariate analysis*. Routledge.
- Rosso, B. D., Dekas, K. H., & Wrzesniewski, A. (2010). On the meaning of work: A theoretical integration and review. *Research in Organizational Behavior*, 30(30), 91–127. <https://doi.org/10.1016/j.riob.2010.09.001>

Ringle, C. M., Wende, S., & Becker, J. M. (2015). SmartPLS 3. SmartPLS GmbH,

Boenningstedt. *Journal of Service Science and Management*, 10(3), 32-49.

Rauniyar, K., Wu, X., Gupta, S., Modgil, S., & de Sousa Jabbour, A. B. L. (2022). Risk

management of supply chains in the digital transformation era: contribution and

challenges of blockchain technology. *Industrial Management & Data Systems*, 123(1),

253–277.

Rahman, S. ur, & Nguyen-Viet, B. (2022). Towards sustainable development: Coupling green

marketing strategies and consumer perceptions in addressing greenwashing. *Business*

*Strategy and the Environment*, 32(4).

Rongbin, R., Wan, C., & Zuping, Z. (2022). Research on the relationship between

environmental corporate social responsibility and green innovative behavior: The

moderating effect of moral identity. *Environmental Science and Pollution*

*Research*, 29(34), 52189-52203.

Rana, J., & Daultani, Y. (2022). Mapping the Role and Impact of Artificial Intelligence and

Machine Learning Applications in Supply Chain Digital Transformation: A

Bibliometric Analysis. *Operations Management Research*.

<https://doi.org/10.1007/s12063-022-00335-y>

Rauniyar, K., Wu, X., Gupta, S., Modgil, S., & Lopes de Sousa Jabbour, A. B. (2022). Risk

management of supply chains in the digital transformation era: contribution and

challenges of blockchain technology. *Industrial Management & Data Systems*, 123(1).

<https://doi.org/10.1108/imds-04-2021-0235>

Results - OpenURL Connection - EBSCO. (2025). Ebscohost.com.

<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authType=crawler&jrnl=09669671&asa=N&AN=9702240404&h=8oMcmhvTTN7yTNJOMue%2Ft6MgcgaEjuO1QHyzBJZYBPrfdbAZm7bGLU6hm1m1wOdfWXuXH7T8%2FfkMZv86WTZyA%3D%3D&crl=c>

Schurr, P. H., & Ozanne, J. L. (1985). Influences on Exchange Processes: Buyers'

Preconceptions of a Seller's Trustworthiness and Bargaining Toughness. *Journal of Consumer Research*, 11(4), 939. <https://doi.org/10.1086/209028>

Steger, M. F., Dik, B. J., & Duffy, R. D. (2012). Measuring Meaningful Work: The Work and Meaning Inventory (WAMI). *Journal of Career Assessment*, 20(3), 322-337. <https://doi.org/10.1177/1069072711436160>

Schultz, P. W. (2014). Strategies for promoting proenvironmental behavior: Lots of tools but few instructions. *European Psychologist*, 19(2), 107–117.

Sun, Y., Kim, K. H., & Kim, J. (2014). Examining relationships among sustainable orientation, perceived sustainable marketing performance, and customer equity in fast fashion industry. *Journal of Global Fashion Marketing*, 5(1), 74–86.

Spanjol, J., Tam, L., & Tam, V. (2014). Employer–Employee Congruence in Environmental

- Values: An Exploration of Effects on Job Satisfaction and Creativity. *Journal of Business Ethics*, 130(1), 117–130. <https://doi.org/10.1007/s10551-014-2208-6>
- Shams, R., Brown, M., & Alpert, F. (2017). The role of brand credibility in the relationship between brand innovativeness and purchase intention. *Journal of Customer Behaviour*, 16(2), 145–159. <https://doi.org/10.1362/147539217x14909732699534>
- Serrano, L., Sianes, A., & Ariza-Montes, A. (2019). Using bibliometric methods to shed light on the concept of sustainable tourism. *Sustainability*, 11(24), 6964.
- Sarstedt, M., Ringle, C. M., Cheah, J. H., Ting, H., Moisescu, O. I., & Radomir, L. (2020). Structural model robustness checks in PLS-SEM. *Tourism Economics*, 26(4), 531-554.
- Singh, S. K., Giudice, M. D., Chierici, R., and Graziano, D. (2020). Green innovation and environmental performance: the role of green transformational leadership and green human resource management. *Technol. Forecast. Soc. Chang.* 150:119762. doi: 10.1016/j.techfore.2019.119762
- Su, L., Hsu, M. K., & Boostrom, R. E. (2020). From recreation to responsibility: Increasing environmentally responsible behavior in tourism. *Journal of Business Research*, 109, 557–573. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2018.12.055>
- Sheth, J. N., & Parvatiyar, A. (2021). Sustainable marketing: Market-driving, not market-driven. *Journal of Macromarketing*, 41(1), 150–165.
- Sharma, A., Sethi, S., Ray, A., & Pereira, R. (2022). Digital Twin applications, challenges and

future research directions in manufacturing: A state-of-the-art review. *Journal of Industrial Information Integration*, 30, 100383.

Singh, M., Srivastava, R., Fuenmayor, E., Kuts, V., Qiao, Y., Murray, N., Devine, D.(2022).

Applications of digital twin across industries: A review. *Applied Sciences*, 12(11).

<https://doi.org/10.3390/app12115727>

Singh, G., Singh, S., Daultani, Y., & Chouhan, M. (2023). Measuring the influence of digital twins on the sustainability of manufacturing supply chain: A mediating role of supply chain resilience and performance. *Computers & Industrial Engineering*, 186, 109711.

Singh, G., Rajesh, R., Daultani, Y., & Misra, S. C. (2023). Resilience and sustainability enhancements in food supply chains using Digital Twin technology: A grey causal modelling (GCM) approach. *Computers & Industrial Engineering*, 179, 109172.

Sassanelli, C., Jose Arturo Garza-Reyes, Liu, Y., Augusto, D., & Luthra, S. (2023). The disruptive action of Industry 4.0 technologies cross-fertilizing Circular Economy throughout society. *Computers & Industrial Engineering*, 183, 109548–109548.

<https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109548>

Sharma, M., Antony, R., & Tsagarakis, K. (2023). Green, resilient, agile, and sustainable fresh food supply chain enablers: evidence from India. *Annals of Operations Research*.

<https://doi.org/10.1007/s10479-023-05176-x>

Tao, F., Cheng, J., Qi, Q., Zhang, M., Zhang, H., & Sui, F. (2017). Digital twin-driven product

design, manufacturing and service with big data. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 94(9–12), 3563–3576.

<https://doi.org/10.1007/s00170-017-0233-1>

Tan, J., Leng, J., Zeng, X., Feng, D., & Yu, P. (2022). Digital twin for Xiegong's architectural archaeological research: A case study of Xuanluo Hall, Sichuan, China. *Buildings*, 12(7), 1053.

Taghizadeh, E., & Taghizadeh, E. (2021, March). The impact of digital technology and industry 4.0 on enhancing supply chain resilience. In *Proceedings of the 11th Annual International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Singapore* (pp. 9-11).

UNWTO. (2005). *Making tourism more sustainable: A guide for policy makers*.

Wu, S.-I., & Ho, L.-P. (2014). The Influence of Perceived Innovation and Brand Awareness on Purchase Intention of Innovation Product — An Example of iPhone. *International Journal of Innovation and Technology Management*, 11(04), 1450026.

<https://doi.org/10.1142/s0219877014500266>

Wu, H.-C., & Ai, C.-H. (2016). Synthesizing the effects of experiential quality, excitement, equity, experiential satisfaction on experiential loyalty for the golf industry: The case of Hainan Island. *Journal of Hospitality and Tourism Management*, 29, 41–59.

<https://doi.org/10.1016/j.jhtm.2016.05.005>

- Wu, H.-C., Ai, C.-H., & Cheng, C.-C. (2016). Synthesizing the effects of green experiential quality, green equity, green image and green experiential satisfaction on green switching intention. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 28(9), 2080–2107. <https://doi.org/10.1108/ijchm-03-2015-0163>
- Wang, B., Gao, Y., Su, Z., & Li, J. (2017). The structural equation analysis of perceived product innovativeness upon brand loyalty based on the computation of reliability and validity analysis. *Cluster Computing*, 22(S4), 10207–10217. <https://doi.org/10.1007/s10586-017-1218-4>
- Wang, J., Wang, S., Xue, H., Wang, Y., & Li, J. (2018). Green image and consumers' word-of-mouth intention in the green hotel industry: The moderating effect of Millennials. *Journal of Cleaner Production*, 181, 426–436. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.250>
- Wu, J., Yang, Y., Cheng, X. U. N., Zuo, H., & Cheng, Z. (2020, November). The development of digital twin technology review. In 2020 Chinese Automation Congress (CAC) (pp. 4901-4906). IEEE.
- Wang, D., Walker, T., & Barabanov, S. (2020). A psychological approach to regaining consumer trust after greenwashing: the case of Chinese green consumers. *Journal of Consumer Marketing*, 37(6), 593–603. <https://doi.org/10.1108/jcm-06-2019-3257>
- Wang, D., Weisstein, F. L., Duan, S., & Choi, P. (2021). Impact of Ambivalent Attitudes on

Green Purchase Intentions: the Role of Negative Moods. *International Journal of Consumer Studies*, 46(1). <https://doi.org/10.1111/ijcs.12663>

Wang, Z., Ren, S., Chadee, D., & Sun, C. (2021). The influence of exploitative leadership on hospitality employees' green innovative behavior: A moderated mediation model.

*International Journal of Hospitality Management*, 99, 103058.

<https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2021.103058>

Xiang, Z., Schwartz, Z., Gerdes, J. H., & Uysal, M. (2015). What can big data and text analytics tell us about hotel guest experience and satisfaction? *International Journal of*

*Hospitality Management*, 44(2015), 120–130.

<https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2014.10.013>

Xu, S., & Hu, Y. (2024). Nature-inspired awe toward tourists' environmentally responsible behavior intention. *Tourism Review*, 79(4), 1000-1016.

Xu, S., Khan, K. I., & Shahzad, M. F. (2024). Examining the influence of technological self-efficacy, perceived trust, security, and electronic word of mouth on ICT usage in the

education sector. *Scientific Reports*, 14(1), 16196.

Yuan, F., & Woodman, R. W. (2010). Innovative Behavior in the Workplace: The Role of

Performance and Image Outcome Expectations. *Academy of Management Journal*,

53(2), 323–342. <https://doi.org/10.5465/amj.2010.49388995>

Yepes, V., & López, S. (2023). The knowledge sharing capability in innovative behavior: A

SEM approach from graduate students' insights. *International Journal of*

*Environmental Research and Public Health*, 20(2), 1284.

Zhang, F., Sun, S., Liu, C., & Chang, V. (2020). Consumer innovativeness, product innovation and smart toys. *Electronic Commerce Research and Applications*, 41, 100974.

<https://doi.org/10.1016/j.elerap.2020.100974>

張紹勳、林秀娟（1999）。SPSS for Windows 統計分析—初等統計與高等統計。松崗圖書。

李政忠（2004）。網路調查所面臨的問題與解決建議。資訊社會研究, 6, 1-24。

康桓甄、陳正男、薛景慈、陳立真（2008）。以標竿管理建立海鮮餐廳之最佳實務與標準典範—以澎湖 A 餐廳為例。管理實務與理論研究, 2(3), 148-158。

<https://doi.org/10.29916/JMPP.200809.0010>。

陳寬裕、王正華（2010）。結構方程模型分析實務：AMOS 的運用（初版）。五南圖書出版股份有限公司。。

陳寬裕、王正華（2011）。論文統計分析實務：SPSS 與 AMOS 的運用。五南圖書出版股份有限公司。。

澎湖水產試驗所（2016）。WSN 技術應用於澎湖海域棲地生態與產業環境之監測與分析。[https://www.tfrin.gov.tw/theme\\_data.php?theme=research&id=1386](https://www.tfrin.gov.tw/theme_data.php?theme=research&id=1386)。

賴郁臻（2019）。體外震波療法對膝關節骨性關節炎患者疼痛和身體活動表現之效果：系統性回顧與統合分析。物理治療, 47(4), 295-295。。

陳昀仟（2021）。數位孿生系統應用於移動型機器人（碩士論文，淡江大學電機工程學系機器人碩士班）。<https://hdl.handle.net/11296/xyz123>。

澎湖縣政府旅遊處（2022）。觀光人數統計。取自 2022 年 11 月 15 日，

<https://www.penghu.gov.tw/tourism/home.jsp?id=18&act=view&dataserno=202201250007>。

澎湖縣政府旅遊處（2023）。觀光人數統計（發布日期：2025 年 1 月 23 日）。

<https://www.penghu.gov.tw/tourism/home.jsp?id=18&act=view&dataserno=202501230023>。

澎湖水產試驗所（2023）。首次以影像記錄澎湖海域丁香魚的產卵行為（發布日期：2023 年 1 月 30 日）。

[https://www.tfrin.gov.tw/theme\\_data.php?theme=news&sub\\_theme=news&id=572](https://www.tfrin.gov.tw/theme_data.php?theme=news&sub_theme=news&id=572)。

蔡昕橙（2023）。新冠肺炎疫情下遊客住宿動機與住宿體驗對再宿意願之影響：以澎湖地區民宿為例〔碩士論文，義守大學〕。華藝線上圖書館。

<https://www.airitilibrary.com/Article/Detail?DocID=U00742606202317080300>。

洪行春、李軾揚、許子淵、許言誠、江秉榮 (2023)。澎湖地區民宿遊客活動涉入、滿意度與再遊意願關係之研究。運動與遊憩研究, 17(3), 28-35。

[https://doi.org/10.29423/JSRR.202303\\_17\(3\).03](https://doi.org/10.29423/JSRR.202303_17(3).03)。

陳建凱 (2023)。基於數位學生之元宇宙手套設計與實現 (碩士論文, 淡江大學電機工程學系碩士班)。

王冠中、林芳儀 (2024)。華燈初上：影視旅遊之觀光地意象、旅遊行為意圖。戶外遊憩研究, 37(3), 1-47。https://doi.org/10.6130/JORS.202409\_37(3).0001。

彭鈺琪 (2024)。結合體表心電圖及深度學習發展心血管疾病患者之泛化性風險預測模型與個人化數位學生心臟 (碩士論文, 國立中央大學)。

[http://ir.lib.ncu.edu.tw:444/thesis/view\\_etd.asp?URN=111827001](http://ir.lib.ncu.edu.tw:444/thesis/view_etd.asp?URN=111827001)。

蕭吉甫 (2024)。資訊建模與計算機協助合作工作導入高年級設計工作室教學方法之研究。建築學報, (30), 1-21。

孫儷芳 (2024)。議題融入式教學設計應用：整合行銷科技的泰山在地文化推廣跨領域教學實踐。通識教育學刊, (4), 133-183。

國家高速網路與計算中心 (2024)。國網中心於 2024 智慧城市展示數位創新應用，智慧漁港管理平台成果助澎湖縣榮獲創新應用獎肯定 (發布日期：2024 年 3 月 20 日)。

<https://www.penghu.gov.tw/tourism/home.jsp?id=18&act=view&dataserno=202501230023>。

國家高速網路與計算中心 (2025)。運用數位學生打造智慧港灣新典範：國網中心助攻澎湖漁港管理升級 (發布日期：2025 年 3 月 31 日)。

<https://www.nchc.org.tw/Active/ActiveView/751?mid=172&page=1>。

## 附錄

### 各位受測者您好！

感謝您撥冗參與本次調查。我們正在研究「數位孿生技術」如何應用於澎湖漁港管理，期望透過科技提升海上安全與營運效率。您的寶貴意見將有助於發展更符合需求的智慧漁港系統。什麼是數位孿生？為何重要？數位孿生（Digital Twin）技術透過建立真實世界的數位模型，並結合 AI 運算與即時數據，讓我們能夠模擬、預測與最佳化城市與漁港運作。這項技術已廣泛應用於智慧城市、交通管理、製造業，現在也正邁向漁港與航運領域。「三維數位港灣」這是 2024 年獲得第 11 屆智慧城市創新應用獎，此計畫透過數位孿生技術，整合縣府與氣象局的數據，結合 AI 影像辨識、航行模擬與即時監測，帶來以下突破：極端天氣預警、AI 船舶監控、航行模擬與智能導航、電子圍籬與安全提醒、智慧泊位管理、即時海洋與氣象資訊。這項技術不僅能保護海上作業安全，還能促進觀光船隻管理，創造更高效與永續的智慧漁港生態系統。您的意見可以給這項技術帶來至關重要的影響！

本問卷僅作為研究用途，所有回答皆匿名處理，請您放心填答。感謝您的寶貴時間與參與！更多數位化的影像資訊；可以參考 YouTube 上 6 分 36 秒的影片[數位孿生成功案例 澎湖縣三維漁港智慧管理平台](#)再次感謝您的參與及寶貴意見。使澎湖的漁業發展及觀光產業往創新及永續經營的目標邁進。祝您有美好😊的一天。  
銘傳大學觀光事業學系

銘傳大學 宋永坤 博士  
銘傳大學 高大洲 研究生  
敬上

請您仔細閱讀每一題，依您個人真實感受回答以下各部份的問項，請您於最適當的方格☐打勾。

非常不同意    不同意    有些不同意    普通    有些同意    同意    非常同意

[illegible]

9. 數位學生（澎湖漁港的智慧管理平台）可以收集來自多種來源的資料，協助澎湖漁業的漁港觀光更準確地預測遊客需求與趨勢（較好的需求預測）。



非常不同意   不同意   有些不同意   普通   有些同意   同意   非常同意

- ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

- □ □ □ □ □ □

- 

- 

- ☐
- ☐
- ☐
- ☒
- ☐
- ☐
- ☐

非常不同意   不同意   有些不同意   普通   有些同意   同意   非常同意

- |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|

|                                                                        |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 16. 我確信數位學生（澎湖漁港的智慧管理平台）和法律規範能保護我免受網路上的騷擾行為。                           | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 17. 我相信澎湖縣政府是鼓勵我們使用數位學生（澎湖漁港的智慧管理平台）。                                  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 18. 我相信澎湖縣政府所提供的數位學生（澎湖漁港的智慧管理平台）是值得信賴的;澎湖縣政府提供的平台會保護我的隱私。             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 19. 我相信澎湖縣政府所提供的數位學生（澎湖漁港的智慧管理平台）能提供一個安全的環境，讓我們可以與澎湖縣政府一起從事相關的漁港觀光的活動。 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 20. 我相信數位學生（澎湖漁港的智慧管理平台）對我在從進行澎湖的漁港觀光的相關體驗跟調查中都會帶給我協助。                 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

| 第四部分：永續行為                                              | 非常不同意                    | 不同意                      | 有些不同意                    | 普通                       | 有些同意                     | 同意                       | 非常同意                     |
|--------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 21. 數位學生（澎湖漁港的智慧管理平台）有助於澎湖縣政府加強永續漁港觀光的經營與管理。           | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 22. 數位學生（澎湖漁港的智慧管理平台）有助於澎湖海洋資源的保育同時可以從源頭上降低對海洋環境生態的危害。 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 23. 數位學生（澎湖漁港的智慧管理平台）可以使得澎湖的商業行為獲得極佳的成果同時也加快地方產業創新的腳步。 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

| 第五部分：創新行為 | 非常不同意 | 不同意 | 有些不同意 | 普通 | 有些同意 | 同意 | 非常同意 |
|-----------|-------|-----|-------|----|------|----|------|
|-----------|-------|-----|-------|----|------|----|------|

24. 我認為澎湖縣政府應該透過數位孿生（澎湖漁港的智慧管理平台）的資訊尋找新的方式並付諸行動，以利發展觀光休閒的漁業。

☐☐☐☐☐☐☐

25. 我認為澎湖縣政府應透過數位孿生（澎湖漁港的智慧管理平台）的資訊尋找新的解決方案來解決或改善現有發展觀光休閒漁業的問題。

☐☐☐☐☐☐☐

26. 我認為澎湖縣政府應透過數位孿生（澎湖漁港的智慧管理平台）的資訊探索新的方法、技術或工具,以利發展觀光休閒的漁業。

☐☐☐☐☐☐☐

#### 第六部分：個人基本資料

性別：(1)男、(2)女

年齡：(1)20歲以下、(2)21-30歲、(3)31-40歲、(4)41-50歲、(5)51-60歲、  
(6)61歲以上

教育程度：(1)國小以下、(2)國中、(3)高中職、(4)大專院校、(5)研究所以上

職位：(1)自由業、(2)工商服務業、(3)軍公教人員、(4)農林漁牧業、(5)家管、  
(6)學生、(7)退休人員、(8)其他

月收入情形：(1)無收入或20000元以下、(2)20001元-30000元、  
(3)30001-40000元、(4)40001元-50000元、(5)50000元或以上

問卷到此結束，在此由衷致上謝意，敬祝，健康快樂