



國立臺灣大學生物資源暨農學院園藝暨景觀學系

碩士論文

Department of Horticulture and Landscape Architecture

College of Bioresources and Agriculture

National Taiwan University

Master's Thesis

評估自行車道景觀特徵對騎乘者健康效益之影響

Assessing Impacts of Bikeway Landscape Features on

Cyclist's Healthy Benefits

鄭靖騰

Ching-Teng Cheng

指導教授：張俊彥 博士

Advisor: Chun-Yen Chang, Ph.D.

中華民國 113 年 1 月

January, 2024

國立臺灣大學碩士學位論文

口試委員會審定書

MASTER'S THESIS ACCEPTANCE CERTIFICATE
NATIONAL TAIWAN UNIVERSITY

評估自行車道景觀特徵對騎乘者健康效益之影響

Assessing Impacts of Bikeway Landscape Features on Cyclist's Healthy Benefits

本論文係 鄭靖騰 (姓名) R10628314 (學號) 在國立臺灣大學
園藝暨景觀 (系/所/學位學程) 完成之碩士學位論文，於民國 112 年 12 月 25 日
承下列考試委員審查通過及口試及格，特此證明。

The undersigned, appointed by the Department / Graduate Institute of Horticulture and Landscape Architecture
on 25 (date) 12 (month) 2023 (year) have examined a Master's Thesis entitled
above presented by Ching-Teng Cheng (name) R10628314
(student ID) candidate and hereby certify that it is worthy of acceptance.

口試委員 Oral examination committee:

張俊男 歐聖榮 張伯東

(指導教授 Advisor)

林安山 邱立智

系(所、學位學程)主管 Director: 張耀喜

中文摘要



本研究探討騎自行車時景觀特徵對騎乘者生理與心理健康的影響，騎自行車不僅是一種綠色交通工具和有氧運動，對於促進健康和福祉、以及實現永續城市目標具有重要作用，但騎行中對景觀的感知尚未得到充分研究，本研究旨在提供更精確的環境特徵資訊對騎乘者生心理健康效益的影響，運用 Google Vision API 分析騎行時的景觀特徵，結合 ROUVY 和 WAHOO KICKR BIKE V2 智能擬真訓練台進行室內虛擬騎行，搭配 Health Cloud APP、Apple Watch 和 Benegear 胸戴式心率感測器等穿戴裝置實時追蹤騎乘者的生心理數據，包括心跳、心律變異、情緒和景觀偏好，探討車道環境特徵對騎乘者健康和福祉的影響。

本研究發現即便在虛擬騎行環境中，機動車輛的出現仍對騎乘者的生理造成壓力。在車道型式方面，筆直的公路及清晰的車道基礎設施能有效降低騎行者心理壓力並提升安全感，而路肩等明確劃分車道的特徵則與放鬆情緒呈正相關，以及車道標誌對於提升騎乘體驗的重要性。自然環境的部分，山景與遠景等自然元素在促進心理放鬆及減壓上扮演關鍵角色，此外，棕櫚樹、木本植物和草地等植栽綠化特徵與生心理效益正相關。在建成環境中，城市設計的優劣對於緩解心理壓力具有直接影響，顯示出良好城市規劃的必要性。騎乘者特性分析顯示，性別、年齡及 BMI 等個人差異對心率及 HRV 有顯著的影響。

綜上所述，本研究提供了有關自行車道環境中多種環境特徵對騎乘者生理與心理反應的影響與討論，研究結果提供未來自行車道環境規劃設計和改善方向的建議和成效追蹤，特別是在考慮騎乘者健康和福祉方面，提供了重要的參考，期望能同時提升臺灣自行車道環境的騎行體驗，並促進騎乘者的健康效益。

【關鍵詞】：自行車道環境特徵、健康效益、人工智能、室內騎行、穿戴式裝置

英文摘要



In this study, we explored the impact of bikeway landscape features on the physiological and psychological health of cyclists. Utilizing WAHOO KICKR BIKE V2 bike trainer and various wearable devices, we examined how landscape features affect heart rate, heart rate variability, positive emotion and landscape preference during cycling.

The study reveals that the visual presence of motor vehicles, even in virtual environments, elicits physiological stress in riders. Roadway characteristics, such as straight highways and clear lane infrastructures, significantly mitigate psychological stress and enhance safety perception. Furthermore, distinct lane demarcations correlate positively with relaxation. Natural elements like mountainous vistas contribute to mental repose and stress alleviation, while greenery correlates with psychophysiological benefits. Urban design quality directly influences psychological stress mitigation, highlighting the importance of strategic urban planning. The analysis of rider characteristics indicates that gender, age, and BMI significantly affect heart rate and HRV.

In conclusion, this study provides insights into the influence of various landscape features on cyclists' health responses within bikeway. It offers evidence-based recommendations for designing, planning and improving bikeway to enhance cyclists' experiences and healthy benefits, significantly informing future planning towards healthier, more sustainable bikeways.

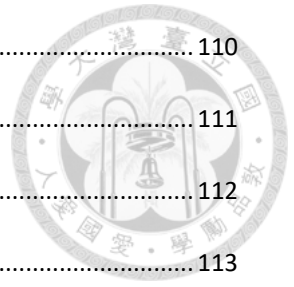
【Keywords】 Bikeway landscape features, Healthy benefits, Artificial intelligence, Indoor cycling, Wearable device

目次



第一章 緒論	1
第一節 研究動機	1
第二節 研究目的	3
第二章 文獻回顧	4
第一節 騎行與景觀感知	4
第二節 騎行景觀感知的影響因子	6
第三節 騎行與生心理效益	14
第三章 研究方法	20
第一節 研究架構與假設	20
第二節 研究變項	22
第三節 研究設計	24
第四節 資料分析方法	31
第四章 研究結果	36
第一節 樣本分析	36
第二節 研究假設驗證	41
第三節 延伸討論	54
第五章 結論與建議	82
第一節 研究結論	82
第二節 研究建議	91
參考文獻	95
附錄一 自行車道景觀特徵與心率、心率變異相關分析彙整表	106

附錄二 實驗招募文宣	110
附錄三 實驗流程圖&注意事項說明	111
附錄四 實驗問卷	112
附錄五 知情同意書	113
附錄六 重要文獻原文摘錄	117



圖次



圖 1 聯合國永續發展目標	1
圖 2 國人休閒活動統計圖	2
圖 3 景觀感知模型.....	5
圖 4 電腦視覺概念圖	13
圖 5 研究架構圖	20
圖 6 虛擬騎行軟體畫面	25
圖 7 ROUVY 自行車道畫面	25
圖 8 KICKR BIKE V2 智能擬真訓練台	26
圖 9 BENEGEAR 胸戴式心率感測器	27
圖 10 HEALTHCLOUD 即時問卷.....	27
圖 11 實驗自行車道路線	28
圖 12 實驗環境.....	30
圖 13 實驗流程圖	30
圖 14 影像分析方法示意圖	31
圖 15 GARMIN BASE CAMP 介面	33

表次



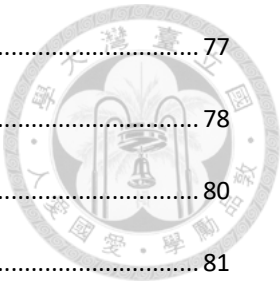
表 1 政府機關自行車道環境因子彙整表	8
表 2 心率變異指標與說明	17
表 3 心理效益問項量表	23
表 4 信心分數閾值標準表	32
表 5 騎乘者特性分析整理表	37
表 6 生理指標樣本整理表	38
表 7 心理指標樣本整理表	39
表 8 GOOGLE VISION API 分析結果之自行車道環境特徵歸納表	40
表 9 自行車道景觀特徵與心率、心率變異相關分析彙整表	43
表 10 自行車道景觀因子與心率、心率變異相關分析彙整表	46
表 11 自行車道景觀特徵與正向情緒、景觀偏好相關分析彙整表	48
表 12 自行車道景觀因子與正向情緒、景觀偏好相關分析彙整表	49
表 13 騎乘者特性與心率、心率變異相關分析彙整表	52
表 14 騎乘者特性與正向情緒、景觀偏好相關分析彙整表	53
表 15 正向情緒與景觀偏好迴歸分析彙整表	54
表 16 車道高程和坡度與心率、心率變異相關分析彙整表	55
表 17 車道高程和坡度與正向情緒、景觀偏好相關分析彙整表	55
表 18 心率之階層迴歸分析彙整表	57
表 19 心率變異 SDNN 之階層迴歸分析彙整表	60
表 20 心率變異 TP 之階層迴歸分析彙整表	64
表 21 心率變異 RMSSD 之階層迴歸分析彙整表	68
表 22 心率變異 HF 之階層迴歸分析彙整表	72
表 23 愉悅情緒之階層迴歸分析彙整表	75

表 24 喚醒情緒之階層迴歸分析彙整表 77

表 25 興奮情緒之階層迴歸分析彙整表 78

表 26 放鬆情緒之階層迴歸分析彙整表 80

表 27 景觀偏好之階層迴歸分析彙整表 81





第一章 緒論

第一節 研究動機

騎自行車作為一種全球普及的活動，既是一種有效的身體鍛煉方式，也是一種環保和高效的交通工具，在台灣，騎自行車深入日常生活，不僅能作為休閒和健身的選擇，亦是重要的移動工具之一。隨著綠色交通和綠色運動的理念日益受到重視，騎自行車不僅對個人身心健康有益，也對促進社會、環境福祉有重要的貢獻，從而推動多個聯合國永續發展目標（圖 1），例如目標 3：良好健康和福祉和目標 11：永續都市與社區(Cf, 2015; Flowers, Freeman, & Gladwell, 2018; Pucher & Buehler, 2012)。



圖 1 聯合國永續發展目標

資料來源：Cf(2015)

根據世界衛生組織的報告，不足的身體活動已是全球死亡的第四大風險因素，每年約有 6% 的死亡案例與此相關，勞動部（2020）的調查顯示，國人主要休閒活動為看電視與上網，這些長時間靜態久坐的行為增加了慢性疾病與心理健康問題的風險，步行與騎自行車為國人最常進行的動態活動，在 2017 年至 2019 年之間

有大幅增加的趨勢（圖 2），可能受到政府推廣自行車道和騎行活動、提升健康意識等因素的推動，國人逐漸重視動態活動和健康生活的方式，其中，根據交通部（2018）的調查顯示，使用自行車人數從 2008 年的 70 萬增加至 2017 年的 511 萬，一年內曾使用單車的人口佔全國人口 56.7%，更反映國人對使用自行車的需求與重要性(交通部統計處, 2018; 勞動部, 2020; World Health Organization, 2010)。

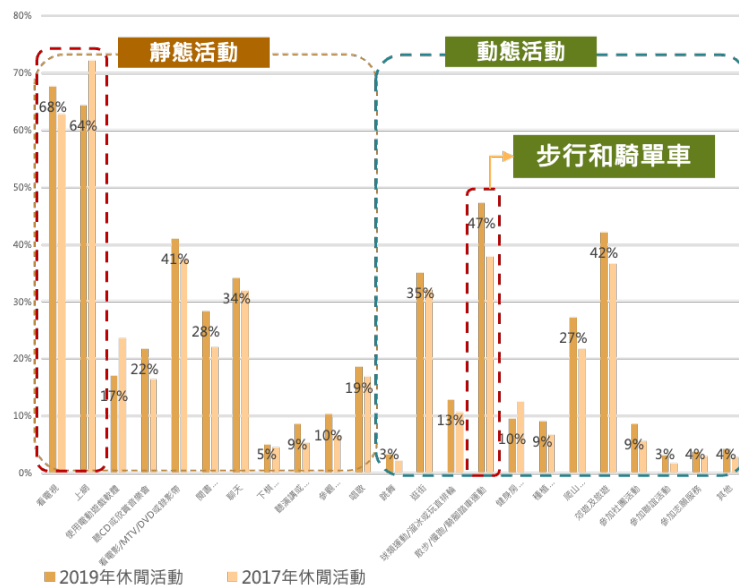


圖 2 國人休閒活動統計圖

資料來源：勞動部（2020）

然而，騎自行車不僅僅是一種移動方式，它還具有獨特的感知體驗，騎行時的景觀感知，即騎乘者如何感受周圍的環境，是一個值得深入探討的主題，與步行、騎車和開車相比，騎自行車提供了一種更直接、更豐富與環境互動的方式，從繁忙的城市街道到寧靜的鄉村小徑，騎乘者通過多感官與車道環境之間的互動豐富其整體的騎行體驗，自行車道環境不僅會影響騎乘者的騎行體驗，也對其心理和生理健康產生影響(Jungnickel & Aldred, 2014; Šťastná, Vaishar, Zapletalová, & Ševelová, 2018)。

第二節 研究目的



隨著國人對於使用自行車的需求日增，以及對騎行帶來的健康效益的重視，自行車道環境成為一個關鍵因素，自行車道環境直接影響著騎乘者的騎行體驗和感受，然而，過去研究主要集中在探討宏觀尺度下環境特徵對騎行的影響，很少從騎乘者的視角出發，深入研究自行車道環境對騎行體驗和健康效益的具體影響，因此，本研究旨在透過客觀的電腦視覺技術分析自行車道環境特徵，並實時測量車道環境變化對騎乘者健康效益的影響，這對改善自行車道環境的規劃與設計、提升騎乘者的騎行體驗及促進騎行的健康效益皆具有重要意義，縱整上述，本研究目的依次歸納如下：

目的一：探討騎行時自行車道景觀特徵對騎乘者心率和心率變異之影響。

目的二：探討騎行時自行車道景觀特徵對騎乘者正向情緒（愉悅、喚醒、興奮、放鬆情緒）和景觀偏好之影響。



第二章 文獻回顧

第一節 騎行與景觀感知

一、騎行

騎行是指使用自行車進行移動的行為，依《道路交通安全法規則》第6條規定，自行車分為腳踏自行車、電動輔助自行車和電動自行車等三種，交通部（2009）提出自行車「雙模定位」模式，自行車即是慢車和速人的結合，立法基準是以車輛時速低於25公里稱為慢車，然而電動自行車作動方式是以電動為主，其行駛速度與腳踏自行車、電動輔助自行車有明顯差異，政府自行車道建置計畫亦不將其納入討論(交通部運輸研究所, 2009, 2017)，因此，本研究之騎行是指使用人力或電力輔助之自行車進行移動的行為。

二、景觀感知

景觀感知（landscape perception）被認為是一種人類和景觀互動的功能，產生景觀感知的過程是由人、景觀和互動結果三個要素構成（圖3），景觀中的顯著特徵會引發人們的感官、認知和情感與之互動，互動的結果產生景觀感知，進一步影響人的心理反應，在生理層面，人被看作是感知環境刺激的觀察者；在認知層面，感知受個人過去經驗、知識、期望和社會文化背景所影響；在互動層面，則是指人在景觀中的活動方式。景觀特性包含了會影響這些互動的元素，包含有形的元素，如天空、建築、植物；或是無形的元素，如風、空氣品質。互動的結果的影響包括有形的變化，如地形或地貌的變化；或是無形的變化，如心理感受、滿意度或個人成就感，並且這些結果會反過來影響人與景觀之間的關係。綜合來看，這表明景觀感知是一個動態的互動過程，其中人的行為和景觀元素相互作用，共同形塑了人們的體驗和對景觀的定義(Ittelson, 1978; Zube, Sell, & Taylor, 1982)。

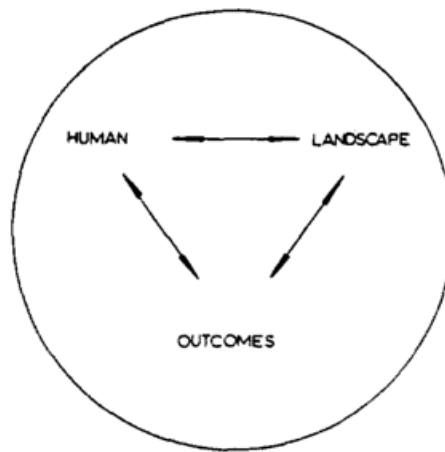


圖 3 景觀感知模型

資料來源：Zube et al (1982)

三、騎行景觀感知

感官在個體與環境互動中扮演轉化外界刺激為內在經驗的關鍵角色，其中，騎行具有獨特的景觀感知，為了順暢的騎行，騎乘者須運用身體和多個感官之間的配合以應對環境的變化，這增強騎乘者感官與景觀的互動，並提升騎乘者的情緒反應。騎行的感官體驗是最直接且豐富的，與步行相比，騎行的距離更遠和身體活動強度更大，在相同的時間內，騎行能接觸更豐富的環境，藉由較高的身體活動能激活感官，喚醒騎乘者的景觀感知；與駕駛或乘坐車輛相比，騎乘者沒有車柱金屬和車窗玻璃的隔離，騎乘者能夠更加貼近感受周圍環境的聲音、氣味和氣候變化，如騎乘者能聽到路邊的聲音、感受到天氣的變化、風的吹拂、聞到周圍環境的氣味和道路震動等細微的感官刺激 (Árnason, Hafsteinsson, Grétarsdóttir, Schram, & Kjartansdóttir, 2015; Cook & Edensor, 2017; Jungnickel & Aldred, 2014)。

速度是影響人們對景觀感知的主要因素之一，與靜態景觀感知相比，動態景觀視覺提供了更豐富的环境訊息並強調一個連續的體驗過程，這種狀態也會隨著觀察者的運動方式而有所不同，在越快的速度下，感知視野往往會集中在前方，導致所謂的「隧道視覺」效應，從而減少對側邊或遠處景觀細節的注意力，高速可能影



響觀察者對經過環境的記憶和認知處理，導致對環境的感知偏向整體印象而非具體細節(Brown, 1931; Gibson, 1963; Gordon, 1965)，這部分研究大多聚焦於汽車駕駛，並使用駕駛模擬器探討速度對視野和感知的影響，發現除了上述的隧道視覺效應外，速度也會影響動態視覺清晰程度、反應和注意力等，視覺和大腦需要時間來處理移動中的物體，速度越快，處理時間越短，結果就是視覺模糊、反應時間延長、注意力集中在關注的事物上，忽略其他不相關的環境刺激(Hussain et al., 2019; Hussain, Almallah, Alhajyaseen, & Dias, 2020; Kemeny & Panerai, 2003)，目前對騎行景觀感知的探討較少，不同的速度會造成觀察者感知周圍環境的差異，若以速度差異進行比較，騎行的平均時速約為 20 至 30 公里/小時，位於步行（3 至 5 公里/小時）和車行速度（40 至 60 公里/小時）之間，由此可推測速度在騎行時對景觀感知的影響涉介於步行與車行之間，包括視覺焦點、感知範圍、感官體驗以及記憶和認知處理的變化。

綜上所述，騎行時的景觀感知涉及身體的力量平衡和協調、與環境有更直接且豐富的互動方式、多感官體驗和動態特性，使騎行在動態景觀感知中提供一個獨特的視角，這種獨特的感知方式對於理解騎行體驗、設計自行車道環境，以及促進騎乘者的生心理健康都具有重要的意義。

第二節 騎行景觀感知的影響因子

一、自行車道景觀因子

根據內政部營建署於 2011 年提出的《市區自行車道-規劃設計模式及效益評估機制之研究》，為營造單車友善環境，研擬自行車道規劃設計模式，提出自行車道建設調查與評估表，包含規劃型式、幾何佈置、鋪面處理、服務設施和其他等五種提升友善騎行的環境因素。交通部運輸研究所於 2017 年提出的《自行車道系統規劃設計參考手冊》中說明自行車道環境在設計上需考慮自行車道的幾何設計，如安

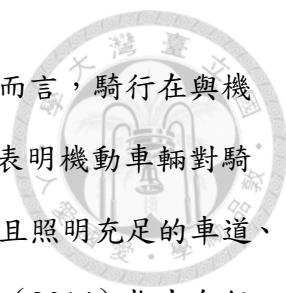


全視距、車道寬度、側向安全淨寬及淨高、線形設計，這些要素確保騎乘者在自行車道上能夠安全舒適地行進；交叉路口穿越及立體穿越設施的設計，則是為了降低與其他交通工具的衝突機會，保障自行車道的連續性和安全性；自行車道的附屬設施，包括鋪面材質、排水系統、欄杆、分隔方式、牽引道設施、辨識及里程標示、導覽牌、自行車停車空間及照明等，這些設施不僅提高了自行車道的實用性，也增強了騎乘體驗的舒適度和便利性；自行車道相關的標誌、標線及號誌的設計，對於指引騎乘路線、提醒注意事項具有關鍵作用；自行車休憩點及補給站的設置，則為騎乘者提供了休息與補給的便利(交通部運輸研究所, 2017)。國土管理署於 2022 年提出的《市區道路及附屬工程設計規範》中強調自行車道鋪面的選材、淨寬要求、線形設計(包括限速、坡度、安全淨高、連續性)以及交叉口或路段中的穿越方式。此外，車道的區隔方式，如實體分隔(緣石、護欄、車阻、欄杆、植槽、綠籬等)和非實體分隔(標線、標字、交通安全設施等)，也是建置友善自行車道環境中不可忽視的重要因素(國土管理署, 2022)，詳細自行車道景觀因子統整如表 1 所示。

表 1 政府機關自行車道環境因子彙整表

政府機關	自行車道環境因子
內政部營建署 (2011) 《市區自行車道-規劃 設計模式及效益評估 機制之研究》	• 規劃型式（車道型式、車道配置、與其他車道區隔、車道通暢性） • 幾何佈設（長度、寬度、淨高、平均坡度、視距） • 鋪面（材質、品質） • 服務設施（照明、自行車停放、補給、維修、休憩設施、植栽種類、租借站、沿線可轉乘大眾運輸） • 其他（機動車輛干擾程度、自行車道維護狀況）
交通部（2017） 《自行車道系統規劃 設計參考手冊》	• 自行車道安全性檢視（車道寬度、警示標誌、護欄、路阻、植栽設置位置） • 自行車道連續性檢視（車道標誌、標線、牽引道） • 自行車道服務設施檢視（休憩、補給、遮蔭設施） • 建議改善項目（鋪面、導引指標、編號牌、里程碑、導覽牌、路口設施及警告標誌、休憩設施）
國土管理署（2022） 《市區道路及附屬工 程設計規範》	• 車道型式（自行車專用、共用道） • 車道鋪面（材質）、車道淨寬 • 車道線形（速率、平曲線最小半徑、橫坡度、超高率、最大縱坡度、縱坡限制長、安全淨高、連續性） • 交叉口（穿越道、標線、鋪面） • 與車道區隔方式（實體分隔、非實體分隔） • 停車空間

資料來源：內政部營建署（2011）、交通部（2017）、國土管理署（2022）



Buehler 和 Dill (2016) 的研究表明對女性和年輕的騎乘者而言，騎行在與機動車輛共用的自行車道上時經常感到不滿和恐懼，大多數研究表明機動車輛對騎行具有顯著的影響，與機動車輛共用車道相比，人們偏好和平緩且照明充足的車道、有明確的車道標線和獨立的自行車道上騎行，Hull 和 O'holleran (2014) 指出自行車道基礎設施對騎乘者的安全感和舒適度有顯著影響，騎乘者會盡量避免與機動車輛產生衝突的機會，例如：避開交通量較大的主要道路、設有路邊停車格的路線、交通標誌、號誌和交叉路口較多的路線，這些車道因子通常被騎乘者視為騎行路線中負面或容易產生事故的路段，須不斷中斷騎行以確保安全，寬敞的自行車道、路面材質和優美的沿線風景，都能大大提升該路線的吸引力和舒適的路感體驗 (Buehler & Dill, 2016; Hull & O'holleran, 2014)。

不同類型的環境對騎行行為有顯著的影響，在繁忙的城市街道上騎行，騎乘者可能受到緊密且高聳建物的壓迫感和車流的喧囂，這會導致更多的騎行風險、感官干擾和空氣污染，從而避開相關的路段，相比之下，Nawrath 等人 (2019) 的研究顯示多數騎乘者更偏好於綠色街道上騎行，甚至願意為此改變路線或選擇更長的騎行距離 (Nawrath, Kowarik, & Fischer, 2019)。天氣、時間 (日夜) 和季節對騎行體驗也有顯著影響，例如：晴朗的天氣能增加騎行的意願，而惡劣天氣則會造成騎行時的不適或挑戰，從而降低騎行意願；日夜之間的差異會影響騎行體驗，夜間騎行提供了一種不同於白天的感官體驗，僅能依靠自行車道上的路燈或自行車燈的照明感知周圍環境的特定部分，使夜間騎行呈現一種特殊的感知方式；季節變化會改變環境的視覺呈現和感官體驗，如春天的花朵和秋天的落葉，季節性的環境變化不僅提升騎乘者的騎行意願，探索自行車道環境因季節呈現不同的美感變化，也提供騎乘者對時間的感知 (Cook & Edensor, 2017; Dill & Gliebe, 2008)。



根據《環境基本法》第 2 條，環境被定義為影響人類生存與發展的各種天然資源及經過人為影響的自然因素，涵蓋了陽光、空氣、水、土壤、陸地、礦產、森林、野生生物、景觀及遊憩、社會經濟、文化、人文史蹟、自然遺蹟及自然生態系統等多方面。在廣泛的定義下，高速公路局於 2003 年發布的《景觀道路相關設施設計及施工參考手冊》中，特別強調了自行車道設計的重要性，其主要目的是保護自行車騎士與行人的安全，同時提供賞景及運動遊憩的機會(高速公路局, 2003)，從此視角來看，影響騎行景觀感知的景觀因子不僅是自行車道結構和安全設施而已，還包括車道沿線的自然和建成景觀因子，這些因子綜合影響騎乘者的景觀感知和騎行體驗。

綜上所述，影響騎行景觀感知的景觀因子不僅限於道路設計的範疇，與車道周圍的自然環境和建成環境緊密相連，本研究將自行車道景觀因子彙整為「機動車輛」、「車道型式」、「自然環境」及「建成環境」四大類，機動車輛涉及自行車與機動車輛之間的互動，對於減少交通事故、提升騎行安全有直接的影響；車道型式則是指自行車道設計與結構，如車道坡度、路面材質、交叉路口、交通號誌或標誌、車道標線、分隔設施等，確保騎行安全、舒適性及導航便利性設施；自然環境則包括自行車道周圍的氣候條件、自然景觀、車道綠化、生態等；建成環境涵蓋自行車道周圍的街景、建築物、基礎設施的關係。在自行車道規劃與設計過程中，全面考慮這些景觀因子的影響，能夠更全面地理解並改善自行車道的整體品質和功能，不僅有利於提升騎行的安全性和舒適度，也對促進環境保護、可持續發展具有重要意義。



二、景觀因子的測量方式

Brownson 等人 (2009) 彙整環境和身體活動相關研究，認為評估方法大致分為三種：感知測量、觀察測量和基於地理資訊系統 (GIS) 的測量，感知測量通常透過訪談或自填問卷進行，反映個人對環境的主觀感知；觀察測量是以審計或系統性觀察進行；基於 GIS 的測量則利用街道網絡和土地利用等空間數據。感知測量被視為主觀測量，關注個體對環境的主觀感受；觀察測量和基於 GIS 的測量則被視為客觀測量，專注於環境特徵的客觀量化，客觀量化的環境數據能減少主觀偏見的可能性，且研究結果可應用層面更廣泛 (Brownson, Hoehner, Day, Forsyth, & Sallis, 2009; Christiansen et al., 2016; Han, 2017; Ma & Dill, 2015)。

在自行車道環境的相關研究中，多數研究聚焦於宏觀尺度的建成環境，探討其對騎行的影響，宏觀尺度涵蓋較大的地理區域，如國家、城市或地區，著重於整體自行車道路網系統的分析，通常使用全球定位系統 (GPS) 和 GIS 進行數據計算，相較之下，微觀尺度則專注於某特定自行車道的環境特徵，過去的研究多使用現地調查、訪談或問卷調查等主觀測量方法，然而這種方式往往耗時、費力且容易因觀察者差異造成結果不一致的狀況，近期研究趨向使用街景圖像、虛擬實境 (Virtual Reality, VR)、擴增實境 (Augmented Reality, AR) 與電腦視覺 (Computer Vision, CV) 技術結合，減少人眼視覺缺陷影響數據品質，並將這種客觀測量方法應用於分析自行車道景觀特徵 (Dong et al., 2023; Ito & Biljecki, 2021; Yang, Wu, Zhou, Gou, & Lu, 2019)。

由於宏觀尺度無法準確反映騎行時的動態視覺感知，本研究主要探討微觀尺度下的客觀測量方式，街景圖像是由汽車駕駛或街道使用者拍攝的圖片，提供與步行和騎行視角相近的視覺圖像，已被證實是一種可靠的環境評估數據來源 (Lu, Yang, Sun, & Gou, 2019; Tran et al., 2020)。近年元宇宙的興起，VR 和 AR 技術在景觀視覺化領域變得越來越重要，VR 通過電腦建模模擬真實環境，但為了降低建



模的難度和渲染的複雜度和大量時間，所模擬的環境常被簡化，有時缺乏真實感，且可能造成部分使用者的動暈症，相比之下，AR 結合了真實場景和虛擬影像，虛擬影像疊加於實際環境之上，透過電腦、電視螢幕或投影螢幕展示，可以提供更接近現實的動態視覺體驗(Azuma, 1997; Ghadirian & Bishop, 2008)，隨著人工智能（Artificial Intelligence, AI）技術的進步，運用街景圖像結合 AI 中的 CV 技術可以實現自動化街景圖像景觀特徵分析，AR 技術提供一種更為直觀和真實的互動方式，更適合應用於實驗中，結合電腦視覺技術提供一種高效且自動化的方式來分析大量的自行車道環境的視覺數據，能快速且精準地識別和量化環境特徵，因此本研究將使用 AR 和 CV 技術以分析環境變化對騎乘者的影響。

（一）擴增實境（AR）

擴增環境（AR）技術通過在真實世界中增加虛擬元素，使得研究參與者能夠在控制的條件下體驗和評估各種環境變化，從而提供更豐富和精確的數據，已被廣泛應用於環境評估、景觀模擬和視覺化相關的研究，AR 技術使得研究者能夠模擬不同的環境場景，例如改變城市街道的綠化程度、調整建築物的設計，或展示未來的城市規劃變化，不僅幫助參與者更好地理解環境變化可能帶來的影響，還便於觀測即時和直觀的環境反應，AR 技術大多應用於環境心理學，研究者可以探究個體對特定環境元素的情感和認知反應，如自然元素對情緒和壓力的影響，並已被證實適合進行心理研究(Ghadirian & Bishop, 2008; Stratmann et al., 2019)。

（二）電腦視覺（CV）

在過往環境評估的研究中，受限於人類視覺限制、耗時費力和易有誤差等問題，想要窮舉所有可能影響的環境特徵幾乎不可能，電腦視覺是一門結合計算機科學、人工智能和圖像處理的跨學科領域，旨在賦予機器類似於人類視覺系統的感知和解釋能力，廣泛應用於大數據分析，例如：人機互動裝置（工業機器人或自動駕駛）、物件偵測（人數或物件數量控管）和資訊管理（影像索引資料庫）等，並發現其在

景觀視覺方面的預測和分析具有巨大潛力(Gülçin & Yalçınkaya, 2022; Mulfari, Celesti, Fazio, Villari, & Puliafito, 2016)，近年受惠於人工智能快速的發展，市面上提供許多平台，讓非程式語言專業者也能使用電腦視覺進行圖像識別分析，例如：Google 和 Microsoft 的圖像識別應用程式介面（Application Programming Interface, API），API 可以根據圖像內容對其進行分類，並返回環境中所有可辨識的特徵標籤（Labels）和信心分數（Confidence score），信心分數以機率（%）顯示，表示環境中出現該特徵的可能機率（圖 4），應用於分析環境綠視率（綠植特徵）、開放度（天空特徵）、建築物和其他特徵的量化指標，使用電腦視覺量化環境特徵已被證明是可靠且有效的客觀指標，並已被用於分析自行車道環境(Ding, Fan, & Gong, 2021; Ito & Biljecki, 2021)。

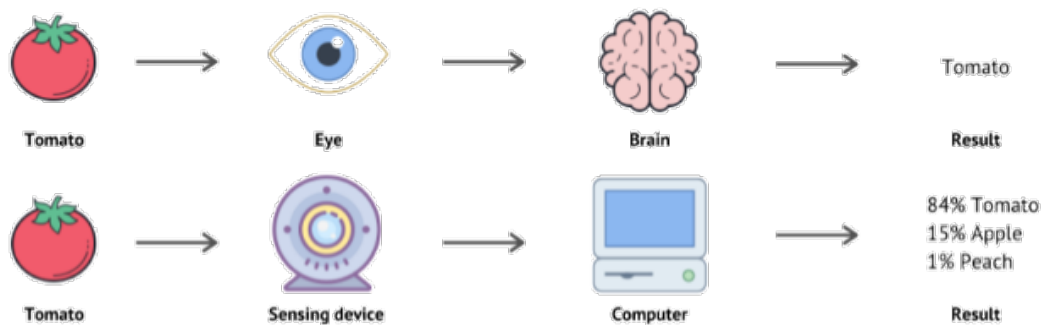


圖 4 電腦視覺概念圖

資料來源：HQSoftware (2019)



第三節 騎行與生心理效益

騎行作為一種全身性的有氧運動，對心血管健康具有顯著益處，能夠增強心臟功能，提升血液循環效率，進而降低心血管疾病的風險，此外，騎行還涉及到大量腿部和核心肌群的運動，有助於增強肌肉力量和骨骼健康，尤其對於預防和減緩骨質疏鬆非常有效，在體重控制和代謝健康方面，騎行作為一種高效的燃脂運動，對於減肥、體重控制以及提高新陳代謝率，從而預防第二型糖尿病等代謝性疾病具有重要作用，規律的騎行習慣能增強免疫系統，提升身體的抗病能力，並有助於改善睡眠質量，調節生理節律，騎行不僅對生理健康有益，也對心理健康產生積極影響，有助於緩解壓力、焦慮和抑鬱，提升正向情緒和整體幸福感(Götschi, Garrard, & Giles-Corti, 2016; Oja et al., 2011)。

在生理層面上，景觀感知對於減輕壓力、調節心率和改善心血管健康具有顯著影響，相較於都市環境，在自然環境中運動可以提供一種放鬆的體驗，有助於降低心率和血壓，從而對心血管系統和自律神經系統產生正面影響，另外，清新空氣和低污染環境對於改善呼吸功能也大有裨益，在空氣質量較好的地區進行運動，如郊外、森林公園或綠地空間，可以增進肺部功能和提高呼吸效率，運動過程中接受多樣景觀環境的視覺刺激，不僅對認知功能有益，還能增強注意力和心智的清晰程度，這些視覺刺激能激活大腦的多個區域，從而提升大腦健康和認知能力；在心理層面上，環境對觀察者視覺和感官刺激直接影響觀察者的情緒狀態，例如：綠色植被、開闊的田野或海岸線，能夠提供一種愉悅、放鬆和心靈平和的體驗，有助於減輕壓力和焦慮，與自然元素的互動不僅促進正向情緒，還能提升整體幸福感和生活滿意度，此外，在自然或愉悅的環境中運動對於減少心理疲勞和恢復精神能量也十分重要，特別是在長時間工作或心理壓力之後，能夠幫助騎乘者恢復精神活力，提高工作效率和生活質量(Broach, Dill, & Gliebe, 2012; P. Chen, Shen, & Childress, 2018;)

Evans-Cowley & Akar, 2014; Gladwell, Brown, Wood, Sandercock, & Barton, 2013; Thompson Coon et al., 2011)。

綜上所述，景觀感知在生心理層面上對觀察者有多種益處，生理部分包括減輕壓力、改善心血管健康、增強免疫系統、改善呼吸功能以及提升認知健康；心理層面包括降低疲勞、恢復精神能量、促進正向情緒和幸福，然而，上述研究多著重於靜態活動或步行和跑步的活動方式，對於騎行活動的探討較少，這表明在推廣騎行活動和自行車道環境設計時，考慮自行車道環境影響的重要性，透過改善騎行環境可以顯著提升公眾健康水平。

一、騎行的生理效益指標

在景觀感知與生心相關的研究中，經常使用心率、心率變異等生理指標判別個體對環境的反應。當心率較高時，代表個體可能處於情緒高漲或壓力的環境中；當心率較低時，代表個體處於放鬆的環境中。自主神經系統包括交感神經（亢奮或焦慮反應）和副交感神經（放鬆或休息反應），並可藉由心率變異衡量活化程度，較低的心率變異表示交感神經活動增加，個體處於壓力、危險、或焦慮的環境；較高的心率變異表示副交感神經活動增加，個體處於放鬆、恢復和休閒的環境(Shaffer & Ginsberg, 2017; Song, Ikei, Igarashi, Takagaki, & Miyazaki, 2015)。步行相關研究發現，相較於都市環境，在公園步行的心率恢復較好，而在森林環境中步行前後的心率皆較低，在森林中步行可增強副交感神經活動和降低交感神經活動(Grazuleviciene et al., 2015; Tsunetsugu, Park, & Miyazaki, 2010)，然而有部分研究結果為不顯著，推測可能原因為步行的活動強度和持續時間不足或現地調查中的空氣品質、交通量和噪音等影響心律變異的反應，並建議藉由室內控制其他環境干擾，進行超過 15 分鐘的身體活動，可觀察到較顯著的心律變異值的變化(Gidlow et al., 2016; Han, 2017)，因此，本研究以心率和心率變異作為騎乘者生理健康效益指標。



（一）心率（Heart Rate, HR）

心率，即每分鐘心臟跳動的次數，單位為 bpm（beats per minute），是評估心血管系統狀態和整體健康的一個重要指標，一般成人的靜息心率通常介於 60 至 100 bpm 之間，女性的心率普遍較男性更高，而運動員或經常進行有氧運動的人通常擁有更低的靜息心率，較低的靜息心率被認為是心血管健康的象徵，與較低的心臟病風險相關(Valentini & Parati, 2009)。此外，心率還會受到壓力、焦慮和情緒狀態的影響，高心率通常反映了個體可能正處於情緒高漲或壓力較大的狀態，而較低的心率則可能表明個體正處於較為放鬆的狀態(Ulrich, 1981)。

（二）心率變異（Heart Rate Variability, HRV）

心率變異（HRV）被認為是衡量心臟對環境變化適應能力的重要指標，心率變異是指心率跳動間隔的微小時間差異，較高的心率變異通常與較佳的心血管健康、壓力管理能力及整體健康狀態相關。心率變異能夠反映自主神經系統的活動與健康狀況，自主神經系統包括交感神經和副交感神經，分別控制著人體在亢奮、焦慮或放鬆、休息狀態下的生理反應，交感神經的活動增加通常與面對壓力、危險或焦慮等情況相關，而副交感神經的活動增加則與放鬆、恢復有關(de Brito et al., 2020; Gaertner et al., 2023; Ikura et al., 2022)，透過分析心率變異，可以評估個體面對環境變化時的生理適應能力，其中 HRV 指標包括時域和頻域指標，時域指標是通過時間序列分析心跳間隔進行統計，較為直觀且易於計算，常見指標包括 SDNN（Standard Deviation of NN intervals）、RMSSD（Root Mean Square of Successive Differences between normal heartbeats）、NN50（The number of pairs of successive NNs that differ by more than 50 ms）和 pNN50（The proportion of NN50 divided by the total number of NN intervals）；頻域指標是通過心跳間隔的時間序列轉換為頻率序列，常見指標包括 TP（Total Power）、HF（High Frequency Power）、LF（Low Frequency Power）和 LF/HF（Low Frequency/High Frequency Ratio），其中 SDNN

值和 TP 值較常用來衡量整體心率變異，而 RMSSD 值和 HF 值則用於評估副交感神經系統的活性（表 2），因此，本研究綜合四個指標來衡量生理壓力，探討在不同自行車道景觀中騎行對心血管健康和壓力水平的影響(Jung, Woo, & Ryu, 2015; Kim, Lim, Chung, & Woo, 2009)。

表 2 心率變異指標與說明

測量指標	說明
SDNN (Standard Deviation of NN intervals)	基於心跳間期的標準差，提供了整體心率變異性的信息，反映長期 HRV 的變化。
TP (Total Power)	表示所有頻率範圍內 HRV 的總和，用於衡量整體心率變異性。
RMSSD (Root Mean Square of the Successive Differences)	反映副交感神經活性，基於連續心跳間期的時間差異。
HF (High Frequency)	高頻範圍內的功率，與副交感神經活性緊密相關，是副交感神經活性的指標。

資料來源：Jung et al (2015)

二、騎行的心理效益指標

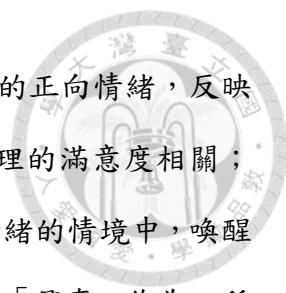
騎行作為一種綠色運動，在促進心理健康方面的效益已經得到廣泛認可，這些效益包括情緒的提升、心理壓力的減輕、注意力的恢復和促進幸福感，其中，情緒被認為是最直接的心理反應，反映個體對環境變化的主觀評價，並進一步影響人與環境的互動，且被視為心理健康的核心指標(Flowers et al., 2018; Lahart, Darcy, Gidlow, & Calogiuri, 2019)。個體對其周圍環境的景觀偏好與情緒調節有直接的關係，研究表明較高的景觀偏好與良好的景觀體驗有關，相較於都市景觀，觀察者往往更加偏好自然景觀，自然景觀能夠提供放鬆和舒緩壓力的效果，例如，觀賞綠色



植物、水體或寬闊的自然景觀，能夠顯著減少焦慮和憂鬱的情緒，增強心理幸福感，這種正面情緒反應對提升整體心理健康狀況非常重要(Hartig, Mitchell, De Vries, & Frumkin, 2014; R. Kaplan & Kaplan, 1989)。Akers 等人（2012）的研究表明，相比於觀看灰色影片，騎行時觀賞綠色自然環境的影片能顯著提升正向情緒，這對於抵抗日常壓力、改善心理狀態具有重要作用，且無論是短暫還是長時間的騎行都能有效降低憤怒、沮喪和焦慮等負向情緒，此外，相較於使用汽車和公共交通工具，騎乘者的滿意度更高，表明騎行能夠促進積極的主觀體驗，並提升個體的整體情感、滿意度和心理健康狀況(Akers et al., 2012; Flowers et al., 2018; Keyes & Lopez, 2009; Kuykendall, Tay, & Ng, 2015; Singleton, 2019)。因此，本研究選擇以正向情緒、景觀偏好和心率變異作為騎乘者心理健康效益指標。

（一）正向情緒

情緒是由環境刺激觸發的最初反應，情緒在騎行過程中扮演著關鍵角色，不僅是反映騎乘者心理層面的重要因素，同時也對健康帶來諸多益處，如欣賞自然美景能增進情感上的滿足和愉悅，有助於緩解壓力、減少焦慮，並提升整體心情(Ittelson, 1973; Ulrich, 1981)。Russell 和 Mehrabian（1974）的研究表明不同的環境會引發個體不同的情緒反應並影響其行為，特別是當人們接觸自然環境時，會產生愉悅（Pleasure）和喚醒（Arousal）等正面情緒，導致他們更加喜愛和親近這樣的環境，Russell 和 Pratt（1980）提出可透過「愉悅」和「喚醒」兩個獨立的垂直向度涵蓋環境中所能誘發的所有情緒(Russell & Mehrabian, 1974; Russell & Pratt, 1980)。適度的興奮情緒可以提高個體的認知能力，包括注意力、動機、記憶和決策等，當人們處於興奮狀態時，有助於提升注意力集中能力和大腦處理信息的速度，低度興奮可能導致注意力不足，影響效率(en k Staats, 2012; S. Kaplan, 1995; Ohly et al., 2016)。放鬆情緒是一種平靜的狀態，有助於緩解緊張的身心狀態，可以改善認知、呼吸和減少精神疾病風險、心理困擾，有助於減少壓力和焦慮等負面情緒(Riches, Azevedo,



Bird, Pisani, & Valmaggia, 2021)。其中，「愉悅」是最常被提及的正向情緒，反映個體對當前環境的正面評價和心理幸福感，通常與滿足感和心理的滿意度相關；「喚醒」描述個體對刺激的反應程度和精神活力程度，在正向情緒的情境中，喚醒常表現為活力和激動，對提升注意力和反應速度具有重要作用；「興奮」作為一種激動的情緒狀態，顯示個體對特定情境的強烈正面反應，也是推動動機和行動的關鍵，並經常用於運動的心理反應；「放鬆」是心理鬆弛的狀態，與減輕壓力和安全感相關，對於探討環境中引起焦慮和壓力反應的特徵至關重要，綜合這些情緒維度，能夠全面地瞭解正向情緒的體驗(Han, 2017; Russell & Pratt, 1980)。

（二）景觀偏好

Rapoport (1977) 認為人們對周圍環境的看法是透過環境認知的過程形成，包括知覺、認知和評估三個階段，人們透過感官（如視覺、聽覺、嗅覺、觸覺）獲取景觀訊息，其次，基於個人過去的經驗、知識、期望及其社會文化背景，對知覺景觀的特性進行詮釋和價值判斷，形成認知和理解，最後，根據過去的經驗、當前需求、期望和心理狀態，對景觀品質進行情感價值和判斷，從而形成對景觀的偏好(Rapoport, 2016)。

景觀偏好被認為是個體對其周圍環境的主觀評價，這種偏好與多種心理和健康效益密切相關，自行車道環境的美觀程度會影響騎行意願和頻率，環境美質大多透過人們的喜好程度衡量，環境美質與喜好程度成正比，並經常使用景觀偏好衡量人們對環境的喜好程度，相較於都市環境，人們偏好較自然的環境，例如：車道的感知綠化程度會促進騎行意願和頻率，並給騎乘者帶來愉悅地騎行體驗(Cole-Hunter et al., 2015; Daniel, 2001; Peng & Han, 2018)。



第三章 研究方法

第一節 研究架構與假設

一、研究架構

目前台灣在自行車道環境相關的研究中，主要採用問卷調查方法來收集參與者對自行車道環境的感知，這些研究強調自行車道環境對騎乘者行為和健康的顯著影響，然而，單靠問卷調查可能會因參與者個人主觀偏見而導致結果出現不一致，為克服這一局限，本研究嘗試採用電腦視覺技術分析自行車道環境特徵，並透過客觀量化的環境數據來探究自行車道環境對騎乘者健康效益的影響，本研究以心率、心率變異、正向情緒和景觀偏好等作為生心理健康效益指標，同時考慮研究參與者個人特性對健康效益的影響，如性別、年齡、身體質量指數、運動和騎行頻率，以及主要使用的單車類型等，並建立相應的研究架構（圖 5）。

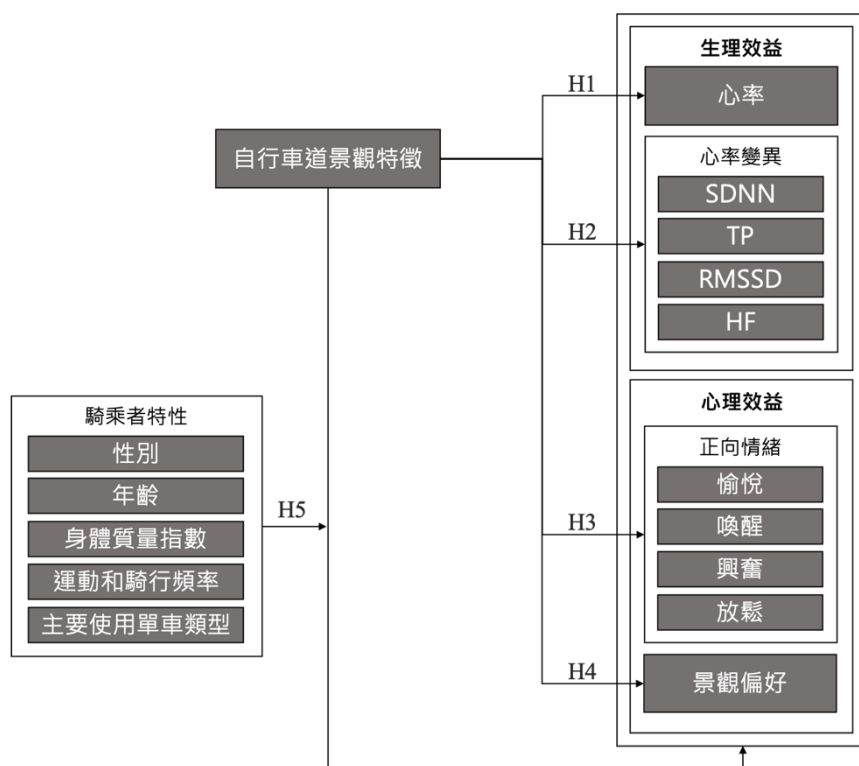


圖 5 研究架構圖



二、研究假設

本研究旨在通過結合景觀感知理論，從景觀、人和互動結果三者的綜合分析角度，更全面地探討自行車道環境對騎乘者健康效益的影響，並根據研究架構圖，列出本研究的研究假設如下：

假設一（H1）：自行車道景觀特徵與心率之間存在相關。

假設二（H2）：自行車道景觀特徵與心率變異之間存在相關。

H2-1：自行車道景觀特徵與 SDNN 值之間存在相關。

H2-2：自行車道景觀特徵與 TP 值之間存在相關。

H2-3：自行車道景觀特徵與 RMSSD 值之間存在相關。

H2-4：自行車道景觀特徵與 HF 值之間存在相關。

假設三（H3）：自行車道景觀特徵與正向情緒之間存在相關。

H3-1：自行車道景觀特徵與愉悅情緒之間存在相關。

H3-2：自行車道景觀特徵與喚醒情緒之間存在相關。

H3-3：自行車道景觀特徵與興奮情緒之間存在相關。

H3-4：自行車道景觀特徵與放鬆情緒之間存在相關。

假設四（H4）：自行車道景觀特徵與景觀偏好之間存在相關。

假設五（H5）：騎乘者特性與心率、心率變異、正向情緒和景觀偏好之間存在相關。

H5-1-1：騎乘者性別與心率和心率變異之間存在相關。

H5-1-2：騎乘者性別與正向情緒和景觀偏好之間存在相關。

H5-2-1：騎乘者年齡與心率和心率變異之間存在相關。

H5-2-2：騎乘者年齡與正向情緒和景觀偏好之間存在相關。

H5-3-1：騎乘者身體質量指數與心率和心率變異之間存在相關。

H5-3-2：騎乘者身體質量指數與正向情緒和景觀偏好之間存在相關。

H5-4-1：騎乘者運動和騎行頻率與心率和心率變異之間存在相關。

H5-4-2：騎乘者運動和騎行頻率與正向情緒和景觀偏好之間存在相關。

H5-5-1：騎乘者主要使用單車類型與心率和心率變異之間存在相關。

H5-5-2：騎乘者主要使用單車類型與正向情緒和景觀偏好之間存在相關。

第二節 研究變項

一、自行車道景觀特徵

本研究透過電腦視覺技術分析自行車道景觀特徵，Google Cloud Vision API 因其廣泛的詞彙庫和對自然、景觀、生態元素的強大識別能力著稱(Ghermandi, Depietri, & Sinclair, 2022; Wilkins et al., 2022)，因此，本研究使用 Google Cloud Vision API 作為自行車道景觀特徵分析平台，該 API 回傳信心分數高於 50%的特徵標籤及對應的信心分數，信心分數表示該特徵出現在圖像中的概率，分數越高，表示圖像中有該特徵的可信度越高，並以此電腦視覺分析結果的特徵標籤作為本研究的自行車道景觀特徵變項進行後續分析。

二、生理效益指標

本研究以心率和心率變異作為生理效益指標，當人們感受到壓力時，心跳會因緊張或提高警覺而加快，反之，處於放鬆狀態時，心跳則會變慢；當人們處在放鬆的狀態下，心跳之間的間隔較大，較高的心率變異表示副交感神經活躍，代表身體處於放鬆狀態；較低的心率變異值，代表身體處於抑鬱、焦慮或壓力狀態，以 SDNN、TP、RMSSD 和 HF 值作為 HRV 測量指標，SDNN 代表心臟對應壓力的能力，TP 代表自主神經系統的整體活化程度，RMSSD 代表短期副交感神經的活化程度，HF 代表長期副交感神經的活化程度，其中，SDNN 和 TP 值衡量整體心率變異分析，RMSSD 和 HF 值評估副交感神經系統的活性，並以穿戴式裝置量測個體每 3 秒的心率狀況和每 30 秒的心率變異狀況。



心率和心率變異並無標準化數值代表生理狀態，數值高低因人而異，通常是與個體自己比較，因此，本研究將受測者實驗前和實驗中的生理數據相減，透過比較差值瞭解不同自行車道景觀特徵與生理反應的關係。

三、心理效益指標

環境中特定的元素會誘發人類產生情緒，並影響人們的喜好程度(Rapoport, 2016; Russell & Pratt, 1980)，本研究以正向情緒和景觀偏好作為心理效益指標，正向情緒以 4 題問項「畫面中的騎行環境使我感到愉悅」、「畫面中的騎行環境使我感到喚醒」、「畫面中的騎行環境使我感到興奮」、「畫面中的騎行環境使我感到放鬆」，景觀偏好 1 題問項「你多喜歡畫面中的騎行環境」，共計 5 題心理效益問項，使用 Likert 五等第量尺進行量測（1=非常不同意，5=非常同意），搭配穿戴式裝置量測個體每 5 分鐘正向情緒和景觀偏好的變化狀況，評分越高表示受測者對當下的自行車道景觀的情緒體驗和喜好程度越高，詳細量表如表 3 所示。

表 3 心理效益問項量表

指標	構面	問句
正向情緒	愉悅	畫面中的騎行環境使我感到愉悅。
	喚起	畫面中的騎行環境使我感到喚起。
	興奮	畫面中的騎行環境使我感到興奮。
	放鬆	畫面中的騎行環境使我感到放鬆。
景觀偏好	景觀偏好	你多喜歡畫面中的騎行環境？



第三節 研究設計

多位學者強調騎乘者在道路上處於較弱勢的位置，面臨諸如摔車、吸入廢氣、體力疲憊等風險，此外，天氣、風速、風向和環境噪音等不可控因素亦可能對騎行為和心律變異值產生影響(Götschi et al., 2016; Šťastná et al., 2018)，為確保參與者的安全並控制上述外部變數，本研究將進行室內虛擬騎行實驗。室內虛擬騎行的優點包括更高的安全性、無時空限制、提供多樣化的騎行路線選擇以及實時騎行數據的獲取，缺點為可能缺乏社交互動和真實騎行的感覺(Stratmann et al., 2019)，本研究專注於探討自行車道環境特徵對騎行者健康效益的影響，而社交互動則不在討論範圍內，目前室內騎行訓練台的技術已經足夠成熟，能夠模擬真實騎行的路感，智能擬真訓練台能夠提供極為接近實際騎乘的體驗。

一、研究器材

(一) 虛擬騎行軟體

虛擬騎行軟體是一種讓騎行愛好者在室內環境下模擬戶外騎行體驗的科技產品，這些軟體通常與室內自行車訓練台配合使用，提供逼真且互動的騎行體驗，虛擬騎行軟體的出現為室內騎行活動帶來了新的可能性，使騎行訓練不再局限於戶外或健身房，尤其在天氣不佳或疫情期間，提供安全且便捷的騎行方式(McIlroy, Passfield, Holmberg, & Sperlich, 2021; Westmattelmann, Grotenhermen, Sprenger, Rand, & Schewe, 2021)。

常見的虛擬騎行軟體包括 ROUVY、Zwift 和 WhiizU，其中，Zwift 和 WhiizU 是以虛擬現實遊戲風格進行騎行，加入了遊戲化的元素，如角色設計、獎勵系統和虛擬世界探索等，ROUVY 提供基於現實世界地點拍攝的高畫質騎行路線影片，使騎乘者能夠體驗到如同在真實路線上騎行的感覺(圖 6)，因此較適合作為本研究的自行車道景觀素材，且在 Covid-19 疫情期間得到了廣泛應用，例如：ROUVY 在

2022 年被交通部選為舉辦線上台灣單車推廣活動的平台，顯示其作為室內騎行和訓練工具的可靠性和受歡迎程度(交通部觀光署, 2022)。



ROUVY 畫面



Zwift 畫面



WhiizU 畫面

圖 6 虛擬騎行軟體畫面

本研究選擇 ROUVY 作為室內虛擬騎行軟體，ROUVY 用戶可自行拍攝現實中的騎行影片並上傳，這使 ROUVY 有大量的自行車道路線素材，然而，不同用戶的拍攝、路線紀錄設備和單車類型之間的差異等都可能影響 ROUVY 上的畫面品質，為使實驗路線品質具一致性，本研究預計的實驗路線皆以交通部與 ROUVY 合作的「Taiwan Cycling Paradise 臺灣自行車騎乘天堂」國際活動中的自行車道路線為主，為了提供清晰且干擾程度最低的自行車道環境畫面，實驗中的各路線都以最高畫質（1440p）搭配 AOC 70 吋 4K HDR 液晶顯示器進行騎行畫面的呈現，同時關閉軟體中所有非必要的資訊（圖 7）。

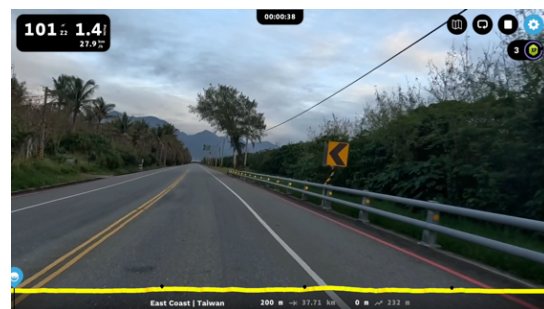
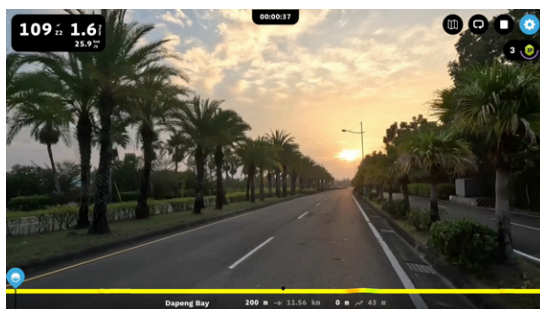


圖 7 ROUVY 自行車道畫面

（二）室內單車訓練台

室內單車訓練台是一種專為室內騎行訓練而設計的裝置，允許騎行愛好者在家中或健身房等室內環境中進行自行車騎行訓練，訓練台能夠追蹤多種騎行數據，如功率、速度、踏頻和心率等，隨著技術的進步，許多訓練台提供可調節的抗阻系統，模擬上坡、下坡或平路騎行的不同阻力，增加騎行的真實性。本研究選擇使用 WAHOO KICKR BIKE V2 智能擬真訓練台（圖 8）是基於其先進的技術和功能，採用電力控制阻力，並精確模擬真實騎行環境，包括坡度、路面質感和風速，此外，該訓練台支援三大變速系統(SRAM、SHIMANO、Campagnolo)、齒比設定和五種可調整車體設計，包含疊高量、前伸量、管後移量、坐墊高度和立管高度等，根據不同騎行者的體型和騎行偏好進行個性化調整，以確保還原騎乘者於自行車道上真實的騎行體驗。



圖 8 KICKR BIKE V2 智能擬真訓練台

(三) 穿戴式裝置

1. Benegear 胸戴式心率感測器

本研究使用 Benegear 胸戴式心率感測器量測心率和心率變異數據，胸戴式心率感測器為非侵入性設計，使用轉接扣和帶有導電膠的 3M 拋棄式黏貼片固定於左胸（圖 9），這種方式可以克服傳統胸帶容易滑動、不易清潔和舒適度不足的問題，並能提高心跳電流訊號的穩定性，比手腕型或手指型心率裝置更精確，分別以每 3 秒和 30 秒紀錄一筆心率和心率變異數值，最後透過 Biosensor Receiver V1.0.8 軟體下載數據。

2. Apple Watch 和 Health Cloud 應用程式

本研究使用 Apple watch 搭配健康景觀研究室(HLHP-NTU)開發的 Health Cloud 即時生心理量測應用程式，可直接在 Apple watch 上回答簡短的即時問卷（圖 10），採用 Likert 五等第量尺（1=非常不同意，5=非常同意）量測騎行體驗當下對自行車道環境的心理反應，並設定每 5 分鐘送出一組心理問項，正向情緒 4 題、景觀偏好 1 題，共計 5 題，5 個題項的順序為隨機排列。



圖 9 Benegear 胸戴式心率感測器



圖 10 HealthCloud 即時問卷



二、研究自行車道路段

為了搭配擴增實境進行室內虛擬騎行體驗，本研究聚焦於交通部觀光局與 ROUVY 平台合作的「Taiwan Cycling Paradise 臺灣自行車騎乘天堂」活動中選定的自行車道路線，鑑於環日月潭和西進武嶺自行車道的坡度較大，不符合實驗要求，因此本研究選取了環大鵬灣、北海岸和東海岸自行車道進行分析。依據 Flowers 等人(2018)和 Han(2017)的建議，將室內騎行體驗時間控制在 30 至 50 分鐘，實驗路段定為 10 公里，以符合平均時速 20 公里/小時的騎行條件。此外，我們採用 Cloud Vision API 進行環境特徵分析，並從中選取特徵總和最高的 10 公里段落作為實驗路段，具體實驗路段為大鵬灣自行車道的 0.2 至 10.2 公里、北海岸自行車道的 4.0 至 14.0 公里以及東海岸自行車道的 0.2 至 10.2 公里（圖 11）。

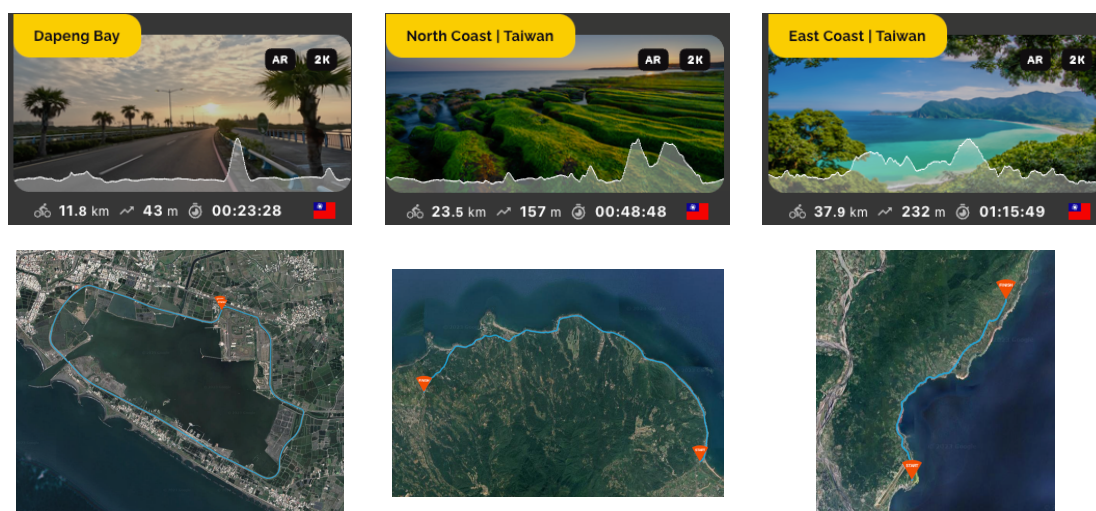


圖 11 實驗自行車道路線

資料來源：ROUVY



三、研究參與者

研究參與者之招募方式是以個人社群媒體（Facebook 和 Instagram）、校內社群媒體（NTU 交流版、台大單車社 NTU Cycling Club）和單車相關社群媒體（師大單車社 NTNU Cycling Club、Nova Bike Works / 恆星單車、Rouvy Taiwan）招募，錄取後以簡單隨機抽樣之方式安排參與者的自行車道路線，由於研究涉及生理和心理數據記錄、室內騎行體驗和景觀感知，因此參與者須符合研究制定之參與條件方能參與實驗，相關條件說明如下：

1. 20~60 歲，身體、心理健康狀況良好。
2. 可單手騎行且具騎行 30 分鐘以上之能力。
3. 視聽能力正常，非色盲可辨識紅色與綠色。
4. 無大腦損傷、腦神經疾病、心血管疾病等病史。
5. 無精神疾病的病史。
6. 非妊娠和哺乳期間。

四、研究流程

本研究由研究者與一位不同性別的研究操作人員一同進行，研究場地為一間安靜不受打擾的教室（圖 12），每次研究參與者為 1 人，參與者須先填寫 Google 線上表單，表單內容包含研究目的、流程、參與時程、地點、參與條件和參與日期和時間，由參與者自行挑選預參與的日期與時間，並於研究地點進行實驗。

實驗當日，研究操作人員事先準備 Benegear 胸戴式心率感測器一組和完成設定的 Apple Watch 一支，待參與者抵達研究地點就座後，操作人員會向參與者說明研究目的、研究流程、研究參與條件，說明完畢後確認參與者清楚瞭解研究內容，並確認身心理狀況符合研究參與條件，且願意參與實驗者簽署知情同意書，接著請參與者填寫基本資料，待參與者填寫完畢後，由和參與者同性別的操作人員協助配戴 Benegear 胸戴式心率感測器和穿戴式裝置，設備配戴完畢後，操作人員會根據

參與者的體型（身高和跨高）使用 wahoo app 計算調整參數對訓練台進行第一階段調整，再詢問參與者偏好的騎行姿勢、變速系統和齒比設定進行訓練台個性化的第二階段調整，訓練台調整完畢後，向其說明研究設備操作方式及研究過程的注意事項，待確認所有研究裝置運行無誤，且參與者對設備操作和注意事項瞭解無誤後即開始室內騎行，完成騎行體驗後，透過 Biosensor Receiver V1.0.8 軟體下載心率和心率變異數據，再由和參與者同性別的操作人員協助卸除 Benegear 胸戴式心率感測器和穿戴式裝置，待確認所有研究裝置卸除完畢即完成實驗，完整的實驗流程約 40~60 分鐘（圖 13）。



圖 12 實驗環境

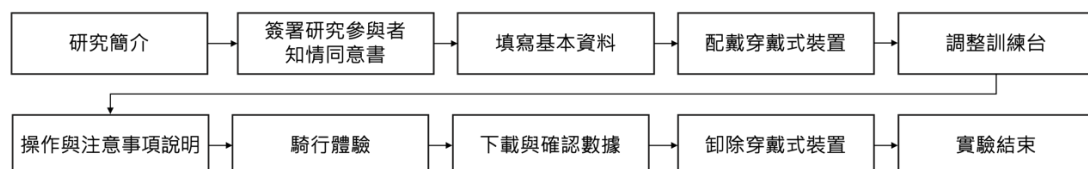


圖 13 實驗流程圖



第四節 資料分析方法

一、影像分析方法

圖像數據來源係使用 MacBook Pro (2021) 錄製騎行時 ROUVY 平台自行車道畫面，藉由研究室現有的程式鏈結至 Google Cloud Platform 平台，並以 JSON 格式啟用 Google Cloud Vision API 功能，批量將圖像數據上傳至 Google Cloud Vision API 進行識別和分析圖像特徵標籤，分析結果以 Excel 表格呈現（圖 14）。

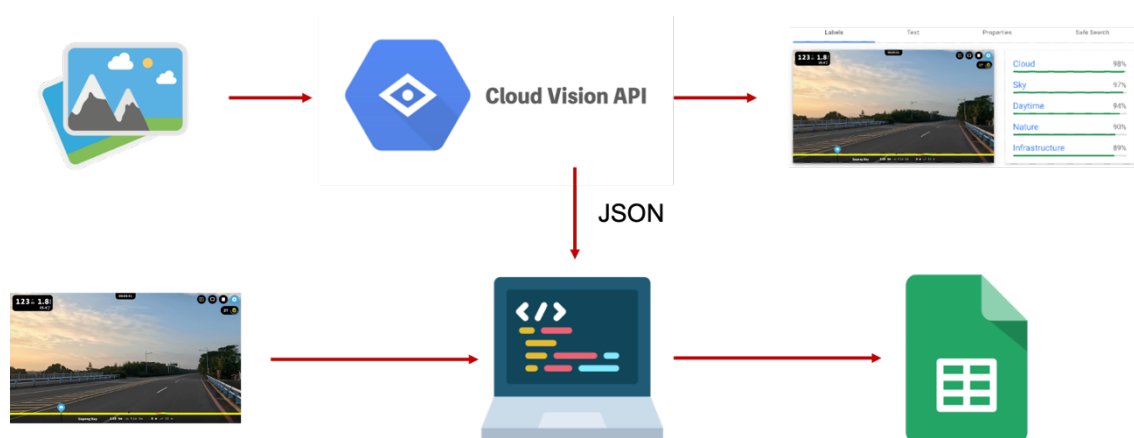


圖 14 影像分析方法示意圖

在地理空間研究中，特徵標籤的信心分數通常透過二元分類（Binary Classification）處理，這種分類方式將元素根據預設閾值分為兩組，當信心分數低於閾值時表示圖像中不存在該特徵，高於閾值則表示存在該特徵(J. Chen, Chen, Li, Zhang, & Long, 2023; Gülçin & Yalçinkaya, 2022)。Microsoft (2023) 建議的對話式 AI 答案信心分數範圍為 0 至 100，其中 0 表示無匹配答案，100 表示完全匹配，並認為超過 70 的信心分數屬於高可信區間（表 4）(Microsoft, 2023)，為了避免中等可信區間（50-70）的潛在誤差影響研究結果，本研究將閾值設定為 70。

本研究在 2023 年 11 月 10 日至 11 月 28 日之間將所有的圖像數據資料上傳至 Google Cloud Vision API 進行自行車道環境特徵的識別和分析，特徵分析結果皆以 Excel 進行整理，根據 Wilkins et al. (2022) 的建議，首先排除樣本數少於 10 的特徵標籤，以保證數據的可靠性，再以信心分數閾值 70 為基準，使用 SPSS 29 版將信心分數小於 70 轉換為 0（無特徵）；大於 70 轉換為 1（有特徵）。

表 4 信心分數閾值標準表

信心分數	分數意涵
90-100	A near exact match of user query and a KB question
>70	High confidence - typically a good answer that completely answers the user's query
50-70	Medium confidence - typically a fairly good answer that should answer the main intent of the user query
30-50	Low confidence - typically a related answer, that partially answers the user's intent
<30	Very low confidence - typically does not answer the user's query, but has some matching words or phrases
0	No match, so the answer is not returned.

資料來源：Microsoft (2023)

二、資料整合方法

（一）自行車道環境特徵資料

本研究旨在探索騎行時自行車道環境對騎乘者健康效益的即時影響，生理數據以每秒記錄，而心理效益數據以每 5 分鐘記錄，由於生心理效益測量時間的差異，圖像數據亦須分為生理分析和心理分析部分。

根據客觀測量環境相關研究的建議和考慮騎行速度(Jiang et al., 2017; Lu et al., 2019; Winters, Brauer, Setton, & Teschke, 2010)，在生理效益分析的圖像數據，本研究採用每 200 公尺設置一個觀測點，每條路線共有 50 個觀測點，總計 150 個觀測點，由研究者手動在每個觀測點進行全螢幕截圖以取得圖像數據；心理效益分析的圖像數據，則是根據心理問卷的回答時間點來選取對應的自行車道環境畫面，由於實驗前的設定和試騎時間，ROUVY 平台上的騎行數據並非該路線實際的公里數，因此，研究者從 ROUVY 平台下載包含路點、軌跡、路程資料的 FIT 檔，並將這些數據匯入 Garmin Base Camp 以顯示詳細的路點和經緯度資料（圖 15），並根據每位參與者心理問卷的回答時間點，精確對應到該路線的實際公里數並截取相應的自行車道環境圖像數據。

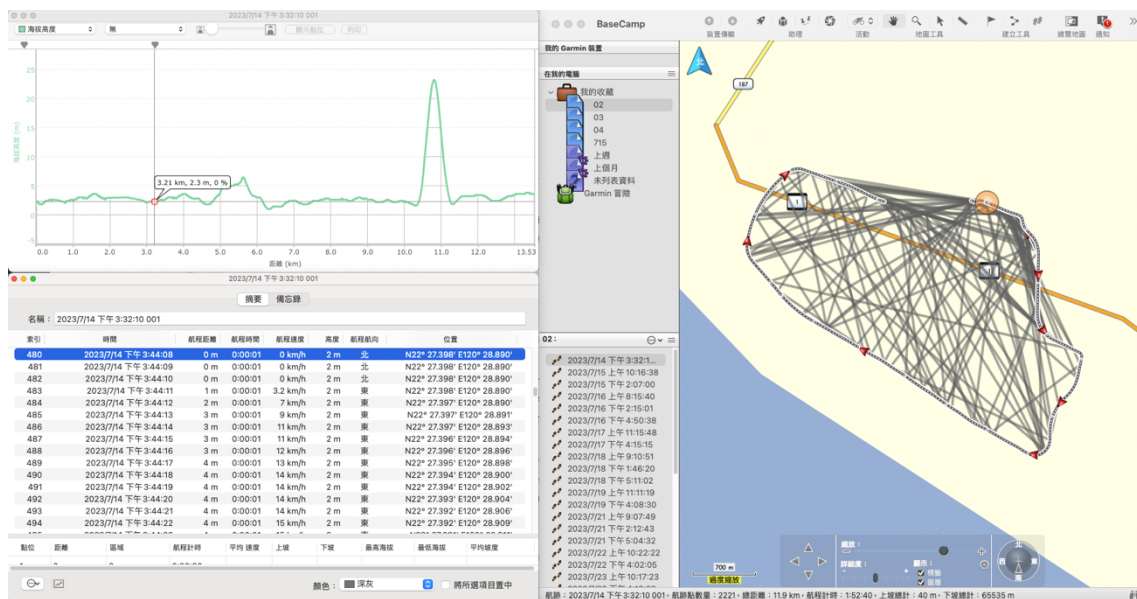


圖 15 Garmin Base Camp 介面



（二）生理效益數據

本研究在分析生理效益時，採用每 200 公尺設置一個觀測點的方法，結合自行車道環境特徵和生理效益數據進行綜合分析，分析資料的整合可分為兩部分，第一部分是取得和整理生理數據，第二部分是整合參與者位於觀測點的時間與該時間點的生理數據。

第一部分的生理數據包括心率以及心率變異指標 SDNN、TP、RMSSD 和 HF 值，這些數據是通過 Benegear 胸戴式心率感測器測量取得，分別以每 3 秒和 30 秒記錄一次心率和心率變異值，並通過 Biosensor Receiver 軟件以 CSV 檔案格式下載，並以 Excel 整合所有參與者的生理數據；第二部分，先從 ROUVY 平台下載包含路點、軌跡、路程資料的 FIT 檔，匯入 Garmin Base Camp 以顯示每位參與者經過觀測點的具體時間點，為提高數據處理的效率，本研究使用 Excel VBA（Visual Basic for Applications）功能進行自動化處理，整合每位參與者位於觀測點時的心率和心率變異數據。

（三）心理效益數據

本研究在分析心理效益時，採用心理問卷的回答時間點來選取對應的自行車道環境畫面，結合自行車道環境特徵和心理效益數據進行綜合分析，分析資料的整合可分為兩部分，第一部分是取得和整理心理數據，第二部分是整合心理數據與對應時間點的自行車道環境特徵。

第一部分的心理數據包括愉悅、喚醒、興奮、放鬆、景觀偏好和幸福感，這些數據是通過 Apple Watch 結合 Health Cloud 測量取得，以每 5 分鐘送出一次問卷，並通過 Health Cloud 平台以 CSV 檔案格式下載，並以 Excel 整合所有參與者的心理數據，Health Cloud 平台匯出的 CSV 檔資料相當完整，僅需根據心理問項代碼調整正向情緒、景觀偏好和幸福感數值的順序，此部分同樣使用 Excel VBA 功能

進行自動化處理；第二部分，以 Excel 整合用於心理效益分析的自行車道環境特徵與第一部分的心理數據。

三、統計分析方法

本研究使用統計分析軟體 IBM SPSS Statistics 29 版分析數據，生理效益分析基於每 200 公尺設置的觀測點上的自行車道環境特徵，及騎乘者位於觀測點的心率和心率變異數據；心理效益的分析基於心理問卷的回答時間點所對應的自行車道環境特徵，及心理問項數據，根據研究假設進行 Pearson 相關分析和迴歸分析，以探究自行車道環境特徵與騎乘者生理及心理效益之間的關聯性。



第四章 研究結果



第一節 樣本分析

一、研究參與者

本研究的資料蒐集期間為 2023 年 7 月 14 日至 7 月 31 日，共有 107 位參與者參加實驗，在性別分佈上，男性參與者有 77 人，佔總數的 72%，平均身體質量指數為 22.82；女性參與者有 30 人，佔 28%，平均身體質量指數為 22.85。平均年齡為 26 歲，其中 23 歲參與者最多（19 人）。

在運動和騎行頻率方面，過去一個月內無規律運動者有 21 人，佔 19.6%；有規律運動者有 86 人，佔 80.4%，其中，不包含騎行且超過 30 分鐘運動次數的平均值為 5.13 次，最長運動持續時間的平均值為 175.94 分鐘，過去一個月內超過 30 分鐘騎行次數的平均值為 4.28 次，最長騎行持續時間的平均值為 138.62 分鐘。

平時主要使用的單車類型方面，公路車使用者有 43 人，佔 40.2%；非公路車使用者有 64 人，佔 59.8%，其中把手類型為彎把的使用者有 39 人，佔 36.4%；非彎把的使用者有 68 人，佔 63.6%，詳細分析結果如表 5 所示。

表 5 騎乘者特性分析整理表

項目	分類	<i>N</i> (<i>S.D.</i>)			
性別	男	77 (72%)			
	女	30 (28%)			
平時主要使用單車	是	43 (40.2%)			
類型是否為公路車	否	64 (59.8%)			
平時主要使用把手	是	39 (36.4%)			
類型是否為彎把	否	68 (63.6%)			
過去一個月內	是	86 (80.4%)			
是否規律運動	否	21 (19.6%)			
項目	分類	<i>M</i>	最小值	最大值	
年齡	年齡	26.26	20	56	
身體質量指數	BMI	22.85	16.8	32	
運動和騎行頻率	超過 30 分鐘的運動次數	5.13	0	30	
	最長運動持續時間	175.94	0	900	
	超過 30 分鐘的騎行次數	4.28	0	24	
	最長騎行持續時間	138.62	0	900	

N=107



二、研究變項

(一) 生理效益

由於騎行活動的強度相對較大，加上心跳產生的電流非常微弱，因此在騎行過程中參與者可能會遇到一些不可控的因素，例如：流汗量大或是身體晃動過大，這些因素可能影響到心率和心率變異數據的接收，導致 27 位參與者的心率和心率變異數據出現缺失的情況，為確保研究結果的準確性和可靠性，扣除那些數據缺失的樣本，因此，最終生理效益分析的有效樣本共有 80 位參與者，對應 50 個觀測點，共計 4000 筆心率和心率變異數據（表 6）。

表 6 生理指標樣本整理表

項目	<i>M</i>	最小值	最大值
HR 差值	25.91	-21	94
SDNN 差值	26.01	3.65	153.25
TP 差值	1072.47	13.32	23485.56
RMSSD 差值	6.09	1.45	39.68
HF 差值	13.61	0.22	283.25

N=4000

(二) 心理效益

實驗路段設定為 10 公里，並以每 5 分鐘送出一組心理問項，評估參與者的心理狀態，由於不同參與者騎行速度存在差異，每位參與者大約填答 4 至 6 次心理問項，有效樣本共 108 位參與者，少數幾筆數據因參與者誤觸造成資料缺失，最終心理效益分析共計收集 549 筆愉悅情緒、550 筆喚醒情緒、551 筆興奮情緒、551 筆放鬆情緒和 551 筆景觀偏好（表 7），5 個心理問項的信度分析 Cronbach's Alpha 值為 0.885，高於 0.7 的可信賴區間，具研究信度。

表 7 心理指標樣本整理表

項目	<i>N</i>	<i>M</i>	最小值	最大值
愉悅	549	3.62	1	5
喚醒	550	3.68	1	5
興奮	551	3.65	1	5
放鬆	551	3.68	1	5
景觀偏好	551	3.72	1	5

(三) 自行車道景觀特徵

使用 Google Cloud Vision API 分析自行車道環境後，最初的特徵分析結果中，用於生理效益分析的圖像共有 206 種特徵標籤；心理效益分析的圖像共有 230 種特徵標籤，根據使用 Google Cloud Vision API 相關研究對特徵數據處理的建議(J. Chen et al., 2023; Gülçin & Yalçinkaya, 2022; Wilkins et al., 2022)，刪除特徵樣本少於 10 和環境不相關的特徵標籤，例如：顏色、螢幕截圖和遊戲畫面等，最終保留 68 種特徵標籤，依據文獻回顧中四種自行車道景觀因子進行分類和合併，具體分類如表 8 所示。

表 8 Google Vision API 分析結果之自行車道環境特徵歸納表

特徵類型	特徵指標	Google Vision API 標籤
機動車輛	機動車輛	Motor vehicle, Car, Driving, Mode of transport, Tire, Traffic, Transport, Vehicle
	車道	Road surface, Asphalt, Road, Lane, Highway, Thoroughfare, Tar, Street, Slope, Path, Line, Shoulder, Intersection, Soil
車道型式	標誌	Signage, Sign, Logo, Street sign, Land lot, signaling device, Traffic sign
	天氣	Sky, Cloud, Cumulus, Morning, Dusk, Evening, Light
自然環境	遠景	Horizon, Mountain, Mountain range
	自然景觀	Landscape, Natural landscape, Nature, Ecoregion, Natural environment
	植栽綠化	Tree, Plant, Palm tree, Terrestrial plant, Arecales, Grass, Vegetation, Woody plant
	生物	Biome
建成環境	都市景觀	Urban design, City, Suburb
	建築物	Building, House
	結構物	Non building structure, Advertising, Infrastructure, Street light, Light fixture, Public utility, Electricity, Lighting, Overhead power line, Pole
	公共設施	



第二節 研究假設驗證

一、假設一 (H1)：自行車道景觀特徵與心率之間存在相關。

根據 Pearson 相關分析結果，Street、signaling device、Dusk、Evening 與心率之間有顯著正相關，Highway、Intersection、Shoulder、Slope、Signage、Mountain、Landscape、Electricity、Overhead power line 與心率之間有顯著負相關（表 9）。

將所有景觀特徵分類合併後，探討自行車道景觀因子與心率之間關係，心率與公共設施之間有顯著正相關，心率與機動車輛、標誌、自然景觀之間有顯著負相關（表 10）。

二、假設二 (H2)：自行車道景觀特徵與心率變異之間存在相關。

H2-1：自行車道景觀特徵與 SDNN 值之間存在相關。

H2-2：自行車道景觀特徵與 TP 值之間存在相關。

H2-3：自行車道景觀特徵與 RMSSD 值之間存在相關。

H2-4：自行車道景觀特徵與 HF 值之間存在相關。

1. 心率變異 SDNN 值

根據 Pearson 相關分析結果，Tire、Traffic、Highway、Shoulder、Slope、Tar、Signage、Traffic sign、Horizon、Mountain、Mountain range、Landscape、Natural landscape、Arecales、Palm tree、Plant、Electricity、Overhead power line 與心率變異 SDNN 值之間有顯著正相關，Motor vehicle、Vehicle、Street、signaling device、Dusk、Evening、Grass、City、Pole、Public utility 與心率變異 SDNN 值之間有顯著負相關（表 9）。

自行車道景觀因子部分，車道、天氣、遠景、自然景觀、植栽綠化、生物與心率變異 SDNN 值之間有顯著正相關，機動車輛、都市景觀、建築物與心率變異 SDNN 值之間有顯著負相關（表 10）。



2. 心率變異 TP 值

Tire、Traffic、、Highway、Shoulder、Slope、Tar、Signage、Traffic sign、Horizon、Mountain、Landscape、Natural landscape、Palm tree、Advertising、Electricity、Overhead power line、Street light 與心率變異 TP 值之間有顯著正相關，Motor vehicle、Vehicle、Street、signaling device、Dusk、Evening、Grass、City、Pole、Public utility 與心率變異 TP 值之間有顯著負相關（表 9）。

自行車道景觀因子部分，車道、天氣、遠景、自然景觀、植栽綠化、生物、公共設施與心率變異 TP 值之間有顯著正相關，機動車輛、都市景觀和建築物與心率變異 TP 值之間有顯著負相關（表 10）。

3. 心率變異 RMSSD 值

Car、Driving、Traffic、Transport、Highway、Intersection、Shoulder、Slope、Signage、Traffic sign、Mountain、Landscape、Natural landscape、Palm tree、Plant、Tree、Building、Electricity、Overhead power line 與心率變異 RMSSD 值之間有顯著正相關，Mode of transport、Vehicle、Asphalt、Street、signaling device、Dusk、Evening、City、Pole 與心率變異 RMSSD 值之間有顯著負相關（表 9）。

自行車道景觀因子部分，車道、標誌、天氣、遠景、自然景觀、植栽綠化、生物與心率變異 RMSSD 值之間有顯著正相關，機動車輛、都市景觀和建築物與心率變異 RMSSD 值之間有顯著負相關（表 10）。

4. 心率變異 HF 值

Driving、Traffic、Transport、Highway、Intersection、Shoulder、Slope、Tar、Signage、Traffic sign、Mountain、Landscape、Natural landscape、Palm tree、Electricity、Overhead power line、Street light 與心率變異 HF 值之間有顯著正相關，Mode of transport、Vehicle、Asphalt、Street、signaling device、Dusk、Evening、City、Pole 與心率變異 HF 值之間有顯著負相關（表 9）。

自行車道景觀因子部分，車道、標誌、天氣、遠景、自然景觀、植栽綠化、生物和公共設施與心率變異 HF 值之間有顯著正相關，都市景觀和建築物與心率變異 HF 值之間有顯著負相關（表 10）。

由於自行車道景觀特徵較多，僅將有顯著相關的特徵標籤彙整如下表 9 所示，完整自行車道景觀特徵分析表詳見附錄一。

表 9 自行車道景觀特徵與心率、心率變異相關分析彙整表

特徵（個數）	心率 HR	心率變異 SDNN	心率變異 TP	心率變異 RMSSD	心率變異 HF
Car (474)	-.044	.072	.020	.147**	.067
Driving (804)	-.061	.053	.035	.129***	.141***
Mode of transport (1412)	.044	-.043	-.029	-.091***	-.102***
Motor vehicle (1177)	-.032	-.108***	-.088**	-.043	-.040
Tire (597)	.033	.156*	.127*	.034	.044
Traffic (1053)	-.054	.098**	.101**	.143***	.188***
Transport (3561)	-.020	.021	.012	.048**	.062**
Vehicle (382)	.092	-.112*	-.101*	-.208***	-.283***
Asphalt (4000)	.018	-.019	-.012	-.045**	-.059***
Highway (4000)	-.087***	.129***	.147***	.081***	.115***
Intersection (256)	-.123*	.091	.080	.252***	.283***
Shoulder (3822)	-.036*	.050*	.059***	.065***	.054***
Slope (2862)	-.065***	.124***	.109***	.084***	.079***
Soil (1426)	-.038	-.003	-.007	-.004	.001

特徵 (個數)	心率	心率變異	心率變異	心率變異	心率變異
	HR	SDNN	TP	RMSSD	HF
Street (2891)	.048**	-.054**	-.048**	-.089***	-.069***
Tar (3184)	-.005	.072***	.064***	.016	.036*
Signage (3692)	-.063***	.069***	.052**	.080***	.063***
signaling device (454)	.095*	-.202***	-.196***	-.207***	-.197***
Traffic sign (411)	-.002	.235***	.197***	.098*	.111*
Dusk (234)	.374***	-.609***	-.541***	-.494***	-.476***
Evening (286)	.119*	-.225***	-.184**	-.150*	-.147*
Horizon (2336)	.039	.084***	.052*	.037	.035
Mountain (1761)	-.106***	.143***	.119***	.175***	.138***
Mountain range (664)	.013	.122**	.067	.057	.036
Landscape (3691)	-.055***	.185***	.151***	.164***	.132***
Natural landscape (3636)	-.017	.042*	.043**	.054**	.042*
Arecales (810)	.037	.085*	.021	-.034	-.018
Grass (1257)	.003	-.085**	-.075**	-.019	-.037
Palm tree (1166)	-.052	.145***	.115***	.085**	.096***
Plant (3442)	-.020	.037*	.030	.036*	.012
Tree (3521)	-.017	.019	.006	.087**	.031
City (781)	.029	-.108**	-.105**	-.115**	-.105**
Urban design (1909)	-.031	.044	.027	.053*	.044
Advertising (3818)	-.012	.017	.036*	-.011	.009



特徵 (個數)	心率 HR	心率變異 SDNN	心率變異 TP	心率變異 RMSSD	心率變異 HF
Building (471)	-.061	.085	.073	.096*	.068
Electricity (808)	-.158***	.233***	.214***	.250***	.231***
Overhead power line (736)	-.163***	.300***	.277***	.232***	.208***
Pole (1246)	.019	-.144***	-.099***	-.083**	-.078**
Public utility (1203)	.008	-.091**	-.063*	-.053	-.045
Street light (2674)	-.021	.038	.049*	.020	.039*

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

表 10 自行車道景觀因子與心率、心率變異相關分析彙整表

景觀因子 (個數)		心率 HR	心率變異 SDNN	心率變異 TP	心率變異 RMSSD	心率變異 HF
機動車輛	機動車輛 (3869)	-.044**	-.026	-.016	.015	.010
車道	車道 (252)	-.018	.060***	.075***	.010	.040*
型式	標誌 (3871)	-.058***	.051**	.035*	.074***	.047**
自然環境	天氣 (4000)	-.013	-.061***	-.055***	-.003	-.025
	遠景 (3216)	.004	.098***	.065***	.074***	.061***
	自然景觀 (3796)	-.047**	.145***	.120***	.131***	.110***
	植栽綠化 (3672)	-.024	.055***	.040*	.061***	.030
	生物 (896)	.045	.005	.010	.008	.001
建成環境	都市景觀 (2236)	-.006	-.029	-.040	-.053*	-.051*
	建築物 (471)	-.024	.067	.054	.068	.035
	結構物 (4000)	-.015	.019	.036	-.008	.009
	公共設施 (3756)	.038*	-.056***	-.029	-.089***	-.047**

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



三、假設三 (H3)：自行車道景觀特徵與正向情緒之間存在相關。

H3-1：自行車道景觀特徵與愉悅情緒之間存在相關。

H3-2：自行車道景觀特徵與喚醒情緒之間存在相關。

H3-3：自行車道景觀特徵與興奮情緒之間存在相關。

H3-4：自行車道景觀特徵與放鬆情緒之間存在相關。

Motor vehicle、Vehicle、Natural landscape、Grass 與愉悅情緒之間有顯著正相關，Electricity 與愉悅情緒之間有顯著負相關。Tire、Vehicle 與喚醒情緒之間有顯著正相關。Electricity 與興奮情緒之間有顯著負相關。Shoulder、Natural landscape、Grass、Terrestrial plant 與放鬆情緒之間有顯著正相關，Electricity 與放鬆情緒之間有顯著負相關（表 11）。自行車道景觀因子部分，機動車輛與喚醒和興奮情緒之間有顯著正相關，植栽綠化與放鬆情緒之間有顯著正相關，都市景觀與放鬆情緒之間有顯著負相關（表 12）。

四、假設四 (H4)：自行車道景觀特徵與景觀偏好之間存在相關。

Motor vehicle、Vehicle、Grass 與景觀偏好之間有顯著正相關（表 11），然而，在自行車道景觀因子部分，所有景觀因子與景觀偏好之間皆無顯著相關，機動車輛、標誌、天氣、遠景、自然景觀、植栽綠化、生物、結構物和公共設施呈正相關，車道、都市景觀和建築物呈負相關，但皆未達顯著水準（表 12）。

表 11 自行車道景觀特徵與正向情緒、景觀偏好相關分析彙整表

特徵	愉悅	喚醒	興奮	放鬆	景觀偏好
Motor vehicle	.086*	.075	.068	.055	.096*
Tire	.055	.088*	.055	.015	.064
Vehicle	.084*	.099*	.068	.045	.096*
Shoulder	.023	.033	-.011	.102*	.002
Natural landscape	.096*	.050	.036	.108*	.037
Grass	.097*	.065	.023	.095*	.120**
Terrestrial plant	.066	.043	-.010	.100*	.006
Electricity	-.102*	-.074	-.126**	-.092*	-.006

愉悅=549；喚醒=550；興奮=551；放鬆=551；景觀偏好=551，* $p<.05$ ** $p<.01$

表 12 自行車道景觀因子與正向情緒、景觀偏好相關分析彙整表

景觀因子		愉悅	喚醒	興奮	放鬆	景觀偏好
機動車輛	機動車輛	.072	.107*	.088*	.028	.064
車道	車道	.022	.022	-.014	.054	-.010
型式	標誌	-.009	.032	-.028	-.023	.023
自然環境	天氣	.020	.034	.064	-.009	.019
	遠景	.048	.041	.026	.035	.046
	自然景觀	.055	.025	-.005	.054	.046
	植栽綠化	.082	.031	.016	.092*	.053
	生物	.024	-.018	-.013	.040	.020
建成環境	都市景觀	-.034	-.030	-.051	-.085*	-.034
	建築物	-.053	.028	.017	-.023	-.024
	結構物	.006	.018	.009	.052	.044
	公共設施	.014	.022	.018	-.033	.002

愉悅=549；喚醒=550；興奮=551；放鬆=551；景觀偏好=551，* $p<.05$

五、假設五 (H5)：騎乘者特性與心率、心率變異、正向情緒和景觀偏好之間存在相關。

H5-1-1：騎乘者性別與心率和心率變異之間存在相關。

H5-1-2：騎乘者性別與正向情緒和景觀偏好之間存在相關。

H5-2-1：騎乘者年齡與心率和心率變異之間存在相關。

H5-2-2：騎乘者年齡與正向情緒和景觀偏好之間存在相關。

H5-3-1：騎乘者身體質量指數與心率和心率變異之間存在相關。

H5-3-2：騎乘者身體質量指數與正向情緒和景觀偏好之間存在相關。

H5-4-1：騎乘者運動和騎行頻率與心率和心率變異之間存在相關。

H5-4-2：騎乘者運動和騎行頻率與正向情緒和景觀偏好之間存在相關。

H5-5-1：騎乘者主要使用單車類型與心率和心率變異之間存在相關。

H5-5-2：騎乘者主要使用單車類型與正向情緒和景觀偏好之間存在相關。

1.性別

性別變項中，男性為 1，女性為 2，生理效益指標中，心率與性別之間有顯著負相關，心率變異 SDNN、TP、RMSSD 值與性別之間有顯著正相關，表示相較於女性參與者，男性參與者的心率顯著較高，心率變異 SDNN、TP、RMSSD 值顯著較低（表 13）；心理效益指標中，愉悅、喚醒、興奮、放鬆和景觀偏好皆與性別之間有顯著負相關，表示相較於女性參與者，男性的生理和心理效益指標有更好的表現（表 14）。

2.年齡

年齡變項中，心率與年齡之間有顯著負相關，心率變異 SDNN、TP、RMSSD、HF 值與年齡之間有顯著正相關，表示年齡越高的參與者，其心率顯著較低，心率變異 SDNN、TP、RMSSD、HF 值顯著較高（表 13）；所有心理效益指標與年齡之間皆無顯著相關（表 14）。



3.身體質量指數 (BMI)

身體質量指數變項中，心率與 BMI 之間有顯著正相關，心率變異 SDNN、TP、RMSSD、HF 值與 BMI 之間有顯著負相關，表示 BMI 越高的參與者，其心率顯著較高，心率變異 SDNN、TP、RMSSD、HF 值顯著較低（表 13）；心理效益指標中，愉悅、喚醒、興奮、放鬆和景觀偏好皆與 BMI 之間有顯著正相關，表示 BMI 較高的參與者，其心理效益指標有更好的表現（表 14）。

4.運動和騎行頻率

運動和騎行頻率變項中，過去一個月內是否規律運動，無規律運動者為 1，有規律運動者為 2，心率與規律運動之間有顯著正相關，心率變異 SDNN 和 RMSSD 值與規律運動之間有顯著負相關，心率與運動次數之間有顯著負相關，心率變異 SDNN、TP、RMSSD、HF 值與運動次數之間有顯著正相關，心率與運動最長持續時間之間有顯著正相關，心率變異 SDNN、RMSSD、HF 值與運動最長持續時間之間有顯著負相關，心率與騎行次數之間有顯著正相關，心率變異 SDNN、RMSSD、HF 值與騎行次數之間有顯著負相關，心率與騎行最長持續時間之間有顯著正相關，心率變異 SDNN、RMSSD、HF 值與騎行最長持續時間之間有顯著負相關（表 13）；心理效益指標中，愉悅、喚醒、興奮、放鬆和景觀偏好皆與規律運動之間有顯著正相關，表示有規律運動的參與者，其心理效益指標有更好的表現，在運動次數變項中，興奮情緒與運動次數之間有顯著負相關（表 14）。

5.主要使用單車類型

在平時主要使用單車類型變項中，平時主要使用的單車類型非公路車為 1，是公路車為 2，把手類型非彎把為 1，把手類型是彎把為 2，心率與單車類型和把手類型之間皆有顯著正相關，心率變異 SDNN、TP、RMSSD、HF 值與平時使用單車類型和把手類型之間皆有顯著負相關（表 13）；心理效益指標中，喚醒和興奮情

緒與平時使用單車類型之間有顯著正相關，表示平時主要使用公路車的參與者，其喚醒和興奮情緒有更好的表現（表 14）。

表 13 騎乘者特性與心率、心率變異相關分析彙整表

騎乘者特性	HR	SDNN	TP	RMSSD	HF
性別	-.219***	.110***	.033*	.196***	-.001
年齡	-.061***	.049**	.040**	.059***	.105***
身體質量指數	.220***	-.126***	-.093***	-.202***	-.132***
過去一個月 是否規律運動	.141***	-.036*	-.026	-.082***	-.028
超過 30 分鐘的 運動次數	-.164***	.085***	.050**	.059***	.093***
最長運動 持續時間	.245***	-.040*	.009	-.079***	-.094***
超過 30 分鐘的 騎行次數	.216***	-.033*	.013	-.054***	-.091***
最長騎行 持續時間	.352***	-.078***	-.005	-.121***	-.111***
平時使用 單車類型	.394***	-.113***	-.038*	-.218***	-.160***
平時使用 把手類型	.361***	-.091***	-.039*	-.184***	-.136***

N=4000，*p<.05 **p<.01 ***p<.001

表 14 騎乘者特性與正向情緒、景觀偏好相關分析彙整表

騎乘者特性	愉悅	喚醒	興奮	放鬆	景觀偏好
性別	-.146***	-.098*	-.088*	-.107*	-.101*
年齡	-.041	.001	-.039	.001	-.081
身體質量指數	.254***	.192***	.230***	.201***	.232***
過去一個月 是否規律運動	.095*	.106*	.114**	.124**	.142***
超過 30 分鐘的 運動次數	-.074	-.043	-.089*	-.057	-.006
最長運動 持續時間	-.031	.012	.013	.061	-.017
超過 30 分鐘的 騎行次數	.015	.080	.034	.059	.066
最長騎行 持續時間	.018	.036	.027	.064	-.009
平時使用 單車類型	.069	.097*	.096*	.070	.077
平時使用 把手類型	.046	.083	.076	.056	.062

愉悅=549；喚醒=550；興奮=551；放鬆=551；景觀偏好=551，* $p < .05$ ** $p < .01$

*** $p < .001$



第三節 延伸討論

一、情緒與景觀偏好

人們在特定景觀中所經歷的正向情緒體驗對其景觀偏好有顯著影響，例如，當個體在某個環境中感受到愉悅或放鬆時，他們更有可能對該環境產生正面的偏好，因此，本研究探討 4 個正向情緒對景觀偏好的影響，根據迴歸分析結果顯示愉悅、興奮和放鬆情緒對景觀偏好有顯著的正向影響，其中，愉悅情緒是影響景觀偏好最重要的正向情緒，其次是興奮感，而放鬆感也有一定的正向影響，而喚醒情緒在本研究中對景觀偏好的影響不顯著，整體而言，分析結果顯示正向情緒與景觀偏好之間存在顯著的正相關，並可解釋景觀偏好 50.4% 的變異量，對景觀偏好具有高度解釋力（表 15）。

表 15 正向情緒與景觀偏好迴歸分析彙整表

心理指標	β	t
愉悅	.496	11.980***
喚醒	-.009	-.222
興奮	.214	4.696***
放鬆	.103	2.698**
R^2	.504	
$Adj R^2$	.500	
F	137.878***	
N	543	

*** $p < .001$



二、車道高程和坡度的影響

生理指標部分，當車道高程升高時，騎乘者需要更多的心臟輸出來滿足肌肉運動需求，從而導致心率上升，且當身體位於較高的高程時，心臟可能處於較高的壓力狀態，反映出較低的 HRV；當車道坡度增加時，心率也會相應增加，心率變異相應降低，表明在更陡峭的坡度上騎行可能需要更大的心臟負荷（表 16）。

表 16 車道高程和坡度與心率、心率變異相關分析彙整表

項目	心率 HR	心率變異 SDNN	心率變異 TP	心率變異 RMSSD	心率變異 HF
高程	.200***	-.068***	-.069***	-.144***	-.123***
平均坡度	.090***	-.055***	-.051**	-.055***	-.056***

N=4000，**p<.01***p<.001

心理指標部分，車道高程和坡度都呈現負相關，表明高程或坡度增加時，景觀偏好會下降，可能反映在較高或較陡峭的地形中，由於身體舒適度的下降或較高的體力要求增加，可能影響騎乘者的情緒反應和對周圍環境的評價，導致較低的正向情緒和景觀偏好表現（表 17）。

表 17 車道高程和坡度與正向情緒、景觀偏好相關分析彙整表

項目	愉悅	喚醒	興奮	放鬆	景觀偏好
高程	-.134**	-.114**	-.087*	-.116**	-.112**
平均坡度	-.148***	-.105*	-.086*	-.166***	-.125**

愉悅=549；喚醒=550；興奮=551；放鬆=551；景觀偏好=551，*p<.05 **p<.01

***p<.001

三、騎乘者特性對自行車道景觀特徵與心率、心率變異、正向情緒和景觀偏好的影響

為了進一步探討騎乘者的特體差異在自行車道景觀特徵對其感知和反應的影響，本研究使用階層迴歸模型進行分析，首先，分別以心率、心率變異（SDNN、TP、RMSSD 和 HF）、正向情緒（愉悅、喚醒、興奮和放鬆）和景觀偏好作為依變項，與其對應具顯著相關的景觀特徵為自變項（階層 1），再將性別、年齡、身體質量指數、運動和騎行頻率、主要使用單車類型等騎乘者特性選入階層迴歸模型中（階層 2）。

（一）心率

分析結果顯示，2 個階層能夠有效解釋心率的 12% 變異量，由各階層個別解釋力來看，與心率具顯著相關的景觀特徵（階層 1）達統計水準（ $F=10.919^{***}$ ），並可解釋 3.4% 的心率變異量，其中 Shoulder 和 Dusk 對心率有顯著正向影響，表示環境中出現這些特徵時，騎乘者的心率越高，Highway、Intersection、Signage、Mountain、Landscape 和 Electricity 對心率有顯著負向影響，表示環境中出現這些特徵時，騎乘者的心率越低，加入騎乘者特性後，模型解釋力增加 8.6%，其中年齡、騎行次數和彎把類型對心率有顯著正向影響，BMI 和運動持續時間對心率有顯著負向影響，並造成景觀特徵的影響程度有所改變，Highway 在兩個階層中的 β 值保持不變（-.063），但 T 值有輕微增加（從 -3.603 增加到 -3.730），這表明加入騎乘者特性後，公路對心率的負面影響在統計上變得更加穩固，Intersection 在階層 2 中的 β 值從 -.031 降到 -.029，T 值幾乎不變（從 -1.969 降到 -1.967），這意味著交叉路口對心率的影響在考慮騎乘者特性後略有降低，但變化不大，Shoulder 的 β 值從階層 1 的 .061 增加到階層 2 的 .063，T 值也從 3.121 增加到 3.360，顯示路肩對心率的正面影響在加入騎乘者特性後變得更加明顯，Mountain 和 Landscape 的 β 值在加入騎乘者特性後下降，顯示這些景觀特徵對心率的負面影響在考慮了騎乘者

個人特性後有所減少，Electricity 的 β 值從-.056 降至-.062，T 值也有所增加，這可能意味著電力設施對心率的負面影響在考慮騎乘者特性後更顯著，詳細分析結果如表 18 所示。

表 18 心率之階層迴歸分析彙整表

特徵/騎乘者特性	階層 1		階層 2	
	β	T	β	T
Highway	-.063	-3.603***	-.063	-3.730***
Intersection	-.031	-1.969*	-.029	-1.967*
Shoulder	.061	3.121**	.063	3.360***
Slope	-.029	-1.511	-.024	-1.323
Street	.012	.705	.015	.906
Signage	-.050	-2.932**	-.050	-3.083**
Signaling device	.004	.229	-.003	-.211
Dusk	.038	2.060*	.036	2.054*
Evening	.008	.486	.008	.502
Mountain	-.061	-3.219**	-.051	-2.815**
Landscape	-.060	-3.550***	-.073	-4.449***
Electricity	-.056	-2.333*	-.062	-2.665**
Overhead power line	-.045	-1.879	-.039	-1.692
性別	-	-	-.009	-.546
年齡	-	-	.175	10.267***
BMI	-	-	-.055	-3.186**
規律運動	-	-	.006	.313



特徵/騎乘者特性	階層 1		階層 2	
	β	T	β	T
運動次數	-	-	-.039	-1.954
運動持續時間	-	-	-.085	-2.212*
騎行次數	-	-	.086	4.059***
騎行持續時間	-	-	.059	1.405
單車類型	-	-	.002	.041
彎把類型	-	-	.232	5.764***
R^2	.034		.120	
$Adj R^2$	.031		.115	
ΔR^2	.034		.086	
F	10.919***		38.799***	
N	3986		3976	

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

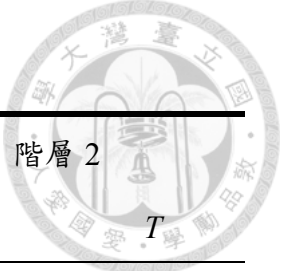


(二) 心率變異

1. 心率變異 SDNN 值

分析結果顯示，2 個階層能夠有效解釋 SDNN 值的 20.7% 變異量，由各階層個別解釋力來看，與 SDNN 值具顯著相關的景觀特徵（階層 1）達統計水準（ $F=28.136^{***}$ ），並可解釋 16.6% 的 SDNN 變異量，其中 Tire、Traffic、Highway、Signage、Traffic sign、Horizon、Mountain、Mountain range、Landscape、Arecales 和 Overhead power line 對 SDNN 值有顯著正向影響，表示環境中出現這些特徵時，騎乘者的 SDNN 值越高，Shoulder、Tar、Dusk、Grass、City 和 Pole 對 SDNN 值有顯著負向影響，表示環境中出現這些特徵時，騎乘者的 SDNN 值越低，加入騎乘者特性後，模型解釋力增加 4.2%，其中性別、運動次數、騎行次數和彎把類型對 SDNN 值有顯著正向影響，BMI、規律運動和單車類型對 SDNN 值有顯著負向影響，並造成景觀特徵的影響程度有所改變，Highway 的 β 值從 .131 增加到 .140，且 T 值從 7.766 增加到 8.463，表明在考慮騎乘者特性後，公路對 SDNN 的正向影響變得更加明顯和穩定，Shoulder 的 β 值從 -.088 下降到 -.091，且 T 值從 -4.327 增加到 -4.569，這表明路肩對 SDNN 的負面影響在加入騎乘者特性後略微增強，Tar 的影響稍有下降， β 值從 -.057 減少到 -.052，而 T 值從 -2.831 減少到 -2.612，顯示在加入騎乘者特性後，瀝青對 SDNN 的負面影響略減少，Traffic sign 和 Mountain 的 β 值和 T 值變化不大，表明這些景觀特徵對 SDNN 的正面影響在加入騎乘者特性後保持穩定，Dusk 的 β 值基本保持不變（-.134 到 -.135），且 T 值略有增加（-6.947 到 -7.149），這可能表明在黃昏時騎行對 SDNN 的負面影響在加入騎乘者特性後變得更加明顯，Horizon、Mountain range、Landscape、Arecales 和 Overhead power line 等特徵的 β 值和 T 值也顯示了類似的趨勢，即對 SDNN 的正面影響在加入騎乘者特性後保持穩定或稍有增強，詳細分析結果如表 19 所示。

表 19 心率變異 SDNN 之階層迴歸分析彙整表



特徵/騎乘者特性	階層 1		階層 2	
	β	T	β	T
Motor vehicle	-.007	-.343	-.008	-.388
Tire	.049	2.469*	.054	2.765**
Traffic	.038	2.636**	.035	2.440*
Vehicle	.002	.092	-.001	-.041
Highway	.131	7.766***	.140	8.463***
Shoulder	-.088	-4.327***	-.091	-4.569***
Slope	.001	.054	.007	.359
Street	-.015	-.697	-.012	-.588
Tar	-.057	-2.831**	-.052	-2.612**
Signage	.068	3.954***	.066	3.938***
Signaling device	.014	.652	.005	.238
Traffic sign	.140	8.192***	.140	8.372***
Dusk	-.134	-6.947***	-.135	-7.149***
Evening	-.014	-.856	-.014	-.882
Horizon	.111	6.444***	.112	6.637***
Mountain	.146	7.437***	.151	7.870***
Mountain range	.076	4.678***	.073	4.636***
Landscape	.139	6.815***	.126	6.309***
Natural landscape	-.028	-1.306	-.027	-1.317
Arecales	.109	4.419***	.111	4.633***

特徵/騎乘者特性	階層 1		階層 2	
	β	T	β	T
Grass	-.101	-6.245***	-.105	-6.661***
Palm tree	-.001	-.042	-.004	-.195
Plant	.005	.288	-.003	-.149
City	-.073	-3.299***	-.069	-3.206**
Electricity	.040	1.705	.030	1.319
Overhead power line	.139	5.965***	.142	6.262***
Pole	-.094	-5.552***	-.097	-5.847***
Public utility	-.002	-.121	-.001	-.029
性別	-	-	.075	4.710***
年齡	-	-	.023	1.444
BMI	-	-	-.073	-4.462***
規律運動	-	-	-.051	-3.004**
運動次數	-	-	.109	5.744***
運動持續時間	-	-	.025	.693
騎行次數	-	-	.086	4.246***
騎行持續時間	-	-	-.078	-1.928
單車類型	-	-	-.175	-4.372***
彎把類型	-	-	.121	3.143**
R^2	.166		.207	
$Adj R^2$	.160		.200	
ΔR^2	.166		.042	

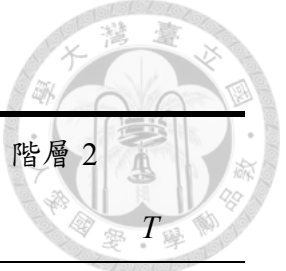
特徵/騎乘者特性	階層 1		階層 2	
	β	T	β	T
F	28.136***		20.967***	
N	3971		3961	

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

2. 心率變異 TP 值

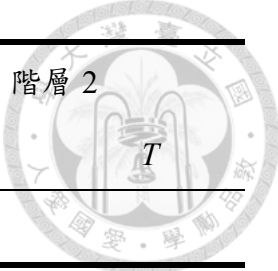
分析結果顯示，2 個階層能夠有效解釋 TP 值的 14.6%變異量，由各階層個別解釋力來看，與 TP 值具顯著相關的景觀特徵(階層 1)達統計水準($F=21.728^{***}$)，並可解釋 12.9%的 TP 變異量，其中 Tire、Traffic、Highway、Signage、Traffic sign Horizon、Mountain、Palm tree、Overhead power line 和 Street light 對 TP 值有顯著正向影響，表示環境中出現這些特徵時，騎乘者的 TP 值越高，Shoulder、Tar、Dusk、Grass、City 和 Pole 對 TP 值有顯著負向影響，表示環境中出現這些特徵時，騎乘者的 TP 值越低，加入騎乘者特性後，模型解釋力增加 1.7%，其中年齡、運動物數和騎行次數對 TP 值有顯著正向影響，BMI 和規律運動對 TP 值有顯著負向影響，並造成景觀特徵的影響程度有所改變，Highway 的 β 值從.128 增加到.135，T 值也從 7.297 增加到 7.710，這表明加入騎乘者特性後，公路對心率變異 TP 的正面影響在統計上變得更加穩固，Shoulder 的 β 值從-.077 變化到階層 2 的-.080，而 T 值從 -3.771 變成-3.914，表示路肩對心率變異 TP 的負面影響在加入騎乘者特性後略為增加，且在統計上仍然顯著，Traffic sign 的 β 值在階層 1 為.120，在階層 2 也維持在.119，T 值在兩個階層中分別為 6.978 和 6.986，顯示交通標誌對 TP 的正面影響在加入騎乘者特性後保持穩定，Dusk 的 β 值在階層 1 為-.109，而在階層 2 為-.110，T 值從-5.676 輕微增加到-5.784，表示黃昏時騎行對心率變異 TP 的負面影響在考慮騎乘者特性後變得略為增強，Mountain 的 β 值從階層 1 的.146 輕微增加到階層 2 的.150，而 T 值從 7.399 增加到 7.657，表明山景對 TP 的正面影響在納入騎乘者特性後變得更加明顯，詳細分析結果如表 20 所示。

表 20 心率變異 TP 之階層迴歸分析彙整表



特徵/騎乘者特性	階層 1		階層 2	
	β	T	β	T
Tire	.066	3.400***	.070	3.615***
Traffic	.034	2.322*	.032	2.168*
Vehicle	-.005	-.212	-.008	-.338
Highway	.128	7.297***	.135	7.710***
Shoulder	-.077	-3.771***	-.080	-3.914***
Slope	-.004	-.217	-.001	-.053
Street	-.026	-1.204	-.025	-1.164
Tar	-.060	-2.917**	-.055	-2.690**
Signage	.044	2.421*	.041	2.289*
Signaling device	-.023	-.997	-.029	-1.285
Traffic sign	.120	6.978***	.119	6.986***
Dusk	-.109	-5.676***	-.110	-5.784***
Evening	-.010	-.568	-.010	-.565
Horizon	.087	5.073***	.088	5.198***
Mountain	.146	7.399***	.150	7.657***
Landscape	.113	5.525	.102	5.015***
Natural landscape	-.008	-.397	-.010	-.476
Grass	-.062	-3.669***	-.065	-3.887***
Palm tree	.039	2.147*	.037	2.066*
City	-.050	-2.216*	-.048	-2.127*

特徵/騎乘者特性	階層 1		階層 2	
	β	T	β	T
Advertising	.008	.493	.010	.626
Electricity	.013	.530	.006	.237
Overhead power line	.142	5.954***	.145	6.101***
Pole	-.083	-4.768***	-.085	-4.939***
Public utility	.013	.717	.014	.769
Street light	.074	4.325***	.074	4.360***
Motor vehicle	.002	.107	.002	.092
性別	-	-	.023	1.416
年齡	-	-	.033	1.982*
BMI	-	-	-.079	-4.646***
規律運動	-	-	-.061	-3.419***
運動次數	-	-	.085	4.284***
運動持續時間	-	-	.005	.128
騎行次數	-	-	.058	2.777**
騎行持續時間	-	-	-.002	-.042
單車類型	-	-	.006	.152
彎把類型	-	-	-.020	-.511
R^2	.129		.146	
$Adj R^2$	.123		.138	
ΔR^2	.129		.017	
F	21.728***		7.836***	



特徵/騎乘者特性	階層 1		階層 2	
	β	T	β	T
N	3972		3962	

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

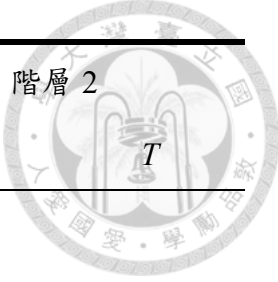
3. 心率變異 RMSSD 值

分析結果顯示，2 個階層能夠有效解釋 RMSSD 值的 22.8%變異量，由各階層個別解釋力來看，與 RMSSD 值具顯著相關的景觀特徵（階層 1）達統計水準（ $F=21.031^{***}$ ），並可解釋 12.9%的 RMSSD 變異量，其中 Driving、Traffic、Highway、Intersection、Signage、Traffic sign、Mountain、Landscape、Palm tree、Tree Building、和 Electricity 對 RMSSD 值有顯著正向影響，表示環境中出現這些特徵時，騎乘者的 RMSSD 值越高，Mode of transport、Asphalt、Shoulder、Dusk、Urban design 和 Pole 對 RMSSD 值有顯著負向影響，表示環境中出現這些特徵時，騎乘者的 RMSSD 值越低，加入騎乘者特性後，模型解釋力增加 9.9%，其中性別、騎行次數和彎把類型對 RMSSD 值有顯著正向影響，BMI、規律運動和單車類型對 RMSSD 值有顯著負向影響，並造成景觀特徵的影響程度有所改變，Mode of transport 的 β 值在兩個階層中幾乎保持不變（從-.063 到-.062），但 T 值有輕微增加（從-3.478 到-3.590）。表示加入騎乘者特性後，交通模式對 RMSSD 的負面影響在統計上變得更加穩固，Traffic 的 β 值從.060 降低到.057，而 T 值基本保持不變（從 4.052 到 4.044），這顯示即使在考慮騎乘者特性之後，交通對 RMSSD 的正面影響依然相對穩定，Highway 的 β 值從.055 增加到.062，同時 T 值從 3.130 增加到 3.713，表明加入騎乘者特性後，公路對 RMSSD 的正面影響變得更強，Shoulder 的 β 值從-.051 變為-.052，而 T 值從-2.550 增加到-2.731，表示路肩對 RMSSD 的負面影響經過騎乘者特性的加入後略有加劇，Traffic sign 的 β 值從.086 降低為.085，但 T 值從 5.072 小幅上升到 5.347，表示交通標誌對 RMSSD 的正面影響在加入騎乘者特性後仍然穩定，甚至略有增強，Mountain 的 β 值從.118 增加到.124，T 值也從 6.077 上升到 6.767，顯示山景對 RMSSD 的正面影響在考慮騎乘者特性後增強，詳細分析結果如表 21 所示。

表 21 心率變異 RMSSD 之階層迴歸分析彙整表

特徵/騎乘者特性	階層 1		階層 2	
	β	T	β	T
Car	-.020	-.685	-.021	-.788
Driving	.038	2.550*	.035	2.470*
Mode of transport	-.063	-3.478***	-.062	-3.590***
Traffic	.060	4.052***	.057	4.044***
Vehicle	.056	1.911	.056	2.048*
Asphalt	-.031	-2.076*	-.028	-1.977*
Highway	.055	3.130**	.062	3.713***
Intersection	.030	1.982*	.028	1.969*
Shoulder	-.051	-2.550*	-.052	-2.731**
Slope	-.006	-.277	.000	.011
Street	-.038	-1.770	-.035	-1.763
Signage	.036	2.115*	.034	2.105*
Signaling device	-.011	-.544	-.018	-.956
Traffic sign	.086	5.072***	.085	5.347***
Dusk	-.081	-4.333***	-.082	-4.657***
Evening	-.003	-.158	-.003	-.173
Mountain	.118	6.077***	.124	6.767***
Landscape	.123	6.129***	.109	5.735***
Natural landscape	.001	.043	.001	.062
Palm tree	.077	4.383***	.074	4.470***

特徵/騎乘者特性	階層 1		階層 2	
	β	T	β	T
Plant	-.022	-1.006	-.025	-1.240
Tree	.099	4.890***	.091	4.736***
City	-.013	-.540	-.012	-.526
Urban design	-.056	-3.050**	-.057	-3.300***
Building	.055	2.833**	.055	3.022**
Electricity	.142	5.675***	.132	5.596***
Overhead power line	.044	1.823	.050	2.209*
Pole	-.036	-2.059*	-.039	-2.419*
性別	-	-	.127	8.075***
年齡	-	-	-.007	-.432
BMI	-	-	-.077	-4.727***
規律運動	-	-	-.072	-4.254***
運動次數	-	-	.095	5.073***
運動持續時間	-	-	.016	.428
騎行次數	-	-	.143	7.149***
騎行持續時間	-	-	-.063	-1.579
單車類型	-	-	-.291	-7.345***
彎把類型	-	-	.095	2.521*
R^2	.129		.228	
$Adj R^2$	.123		.220	
ΔR^2	.129		.099	



特徵/騎乘者特性	階層 1		階層 2	
	β	T	β	T
F	21.031***		50.564***	
N	3971		3961	

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

4. 心率變異 HF 值

分析結果顯示，2 個階層能夠有效解釋 HF 值的 16% 變異量，由各階層個別解釋力來看，與 HF 值具顯著相關的景觀特徵（階層 1）達統計水準（ $F=18.840^{***}$ ），並可解釋 10.6% 的 HF 變異量，其中 Driving、Traffic、Transport、Highway、Signage、Traffic sign、Mountain、Landscape、Palm tree、Electricity 和 Street light 對 HF 值有顯著正向影響，表示環境中出現這些特徵時，騎乘者的 HF 值越高，Mode of transport、Shoulder、Street、Tar、Dusk 和 Pole 對 HF 值有顯著負向影響，表示環境中出現這些特徵時，騎乘者的 HF 值越低，加入騎乘者特性後，模型解釋力增加 5.4%，其中運動次數和彎把類型對 HF 值有顯著正向影響，性別、BMI、運動持續時間和單車類型對 HF 值有顯著負向影響，並造成景觀特徵的影響程度有所改變，Mode of transport 在兩個階層中的 β 值保持不變（-.045），但 T 值有輕微增加（從 -2.572 增加到 -2.649），這表明加入騎乘者特性後，交通模式對心率變異 HF 的負面影響在統計上變得更加穩固，Traffic 的 β 值從 .082 下降到 .074，T 值從 5.455 下降到 5.082，雖然交通對 HF 的正面影響略有下降，但加入騎乘者特性後，其正面影響依然相對穩定。Highway 的 β 值在兩個階層中保持一致（.088），T 值也有輕微的增加（從 4.962 到 5.103），表示公路對心率變異 HF 的正面影響在加入騎乘者特性後仍然穩定，並且略有增強，Shoulder 的 β 值在兩個階層中保持一致（-.044），T 值有輕微的增加（從 -2.142 到 -2.198），表明路肩對 HF 的負面影響在考慮騎乘者特性後變得更明顯，Tar 的 β 值從 -.077 降低到 -.073，T 值從 -3.755 降低到 -3.666，表明雖然柏油路面對 HF 的負面影響略有減少，但仍相對穩定，Mountain 的 β 值從 .140 增加到 .144，而 T 值從 7.040 增加到 7.433，表明山景對 HF 的正面影響在加入騎乘者特性後變得更加明顯，詳細分析結果如表 22 所示。

表 22 心率變異 HF 之階層迴歸分析彙整表

特徵/騎乘者特性	階層 1		階層 2	
	β	T	β	T
Driving	.052	3.471***	.045	3.047**
Mode of transport	-.045	-2.572*	-.045	-2.649**
Traffic	.082	5.455***	.074	5.082***
Transport	.048	3.171**	.040	2.729**
Vehicle	.018	1.034	.019	1.141
Highway	.088	4.962***	.088	5.103***
Intersection	.020	1.321	.018	1.205
Shoulder	-.044	-2.142*	-.044	-2.198*
Slope	-.011	-.562	-.007	-.377
Street	-.043	-2.047*	-.042	-2.050*
Tar	-.077	-3.755***	-.073	-3.666***
Signage	.035	2.033*	.035	2.106*
Signaling device	-.027	-1.344	-.029	-1.472
Traffic sign	.103	5.958***	.101	6.050***
Dusk	-.076	-4.042***	-.076	-4.208***
Evening	-.002	-.137	-.002	-.131
Mountain	.140	7.040***	.144	7.433***
Landscape	.099	5.015***	.094	4.898***
Natural landscape	-.004	-.203	-.005	-.271
Palm tree	.038	2.126*	.038	2.177*

特徵/騎乘者特性	階層 1		階層 2	
	β	T	β	T
City	-.026	-1.191	-.026	-1.192
Electricity	.113	4.475***	.111	4.547***
Overhead power line	.045	1.802	.048	2.006*
Pole	-.057	-3.318***	-.060	-3.598***
Street light	.053	3.198**	.051	3.151**
性別	-	-	-.075	-4.587***
年齡	-	-	.029	1.714
BMI	-	-	-.125	-7.364***
規律運動	-	-	-.013	-.720
運動次數	-	-	.119	6.066***
運動持續時間	-	-	-.134	-3.548***
騎行次數	-	-	-.008	-.380
騎行持續時間	-	-	.058	1.403
單車類型	-	-	-.179	-4.345***
彎把類型	-	-	.104	2.636**
R^2	.106		.160	
$Adj R^2$	.100		.152	
ΔR^2	.106		.054	
F	18.840***		25.408***	
N	3974		3964	

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



(三) 正向情緒

1. 愉悅情緒

分析結果顯示，2 個階層能夠有效解釋愉悅情緒的 14.2% 變異量，由各階層個別解釋力來看，與愉悅情緒具顯著相關的景觀特徵（階層 1）達統計水準（ $F=4.656^{***}$ ），並可解釋 4.1% 的愉悅情緒變異量，其中 Natural landscape 和 Grass 對愉悅情緒有顯著正向影響，表示環境中出現這些特徵時，騎乘者的愉悅情緒越高，Electricity 對愉悅情緒有顯著負向影響，表示環境中出現這些特徵時，騎乘者的愉悅情緒越低，加入騎乘者特性後，模型解釋力增加 10.1%，其中 BMI 和規律運動對愉悅情緒有顯著正向影響，運動次數對愉悅情緒有顯著負向影響，並造成景觀特徵的影響程度有所改變，Natural landscape 的 β 值從 .111 些微增加到 .117，T 值從 2.577 增加到 2.822，表明加入騎乘者特性後，自然景觀對愉悅情緒的正面影響在統計上變得更加穩固，Grass 的 β 值從 .088 輕微降至 .083，T 值從 2.066 微降至 2.036，指出草地對愉悅情緒的正面影響在加入騎乘者特性後略有減弱，但整體影響依然具統計顯著性，Electricity 的 β 值從 -.101 些微降至 -.095，T 值從 -2.406 降至 -2.353，顯示電力設施對愉悅情緒的負面影響在加入騎乘者特性後有所減少，但仍具有統計上的顯著性，詳細分析結果如表 23 所示。

表 23 愉悅情緒之階層迴歸分析彙整表

特徵/騎乘者特性	階層 1		階層 2	
	β	T	β	T
Motor vehicle	.063	1.137	.068	1.282
Vehicle	.073	1.328	.068	1.268
Natural landscape	.111	2.577**	.117	2.822**
Grass	.088	2.066*	.083	2.036*
Electricity	-.101	-2.406*	-.095	-2.353*
性別	-	-	-.060	-1.296
年齡	-	-	-.013	-.293
BMI	-	-	.219	4.915***
規律運動	-	-	.196	3.574***
運動次數	-	-	-.177	-3.414***
運動持續時間	-	-	-.120	-1.544
騎行次數	-	-	-.026	-.476
騎行持續時間	-	-	.040	.500
單車類型	-	-	.092	.809
彎把類型	-	-	-.128	-1.171
R^2	.041		.142	
$Adj R^2$	.032		.118	
ΔR^2	.041		.101	
F	4.656***		6.244***	
N	543		533	

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



2.喚醒情緒

分析結果顯示，2 個階層能夠有效解釋喚醒情緒的 7.3%變異量，由各階層個別解釋力來看，與喚醒情緒具顯著相關的景觀特徵（階層 1）未達統計水準（ $F=2.931$ ），加入騎乘者特性後，模型解釋力增加 6.2%，其中 BMI、規律運動對喚醒情緒有顯著正向影響，詳細分析結果如表 24 所示。

3.興奮情緒

分析結果顯示，2 個階層能夠有效解釋興奮情緒的 11.2%變異量，由各階層個別解釋力來看，與興奮情緒具顯著相關的景觀特徵（階層 1）達統計水準（ $F=8.883^{**}$ ），並可解釋 1.6%的興奮情緒變異量，其中 Electricity 對興奮情緒有顯著負向影響，表示環境中出現這些特徵時，騎乘者的興奮情緒越低，加入騎乘者特性後，模型解釋力增加 9.6%，其中 BMI、規律運動對興奮情緒有顯著正向影響，運動次數對興奮情緒有顯著負向影響，並造成景觀特徵的影響程度有所改變，Electricity 的 β 值從-.126 輕微降至-.129，T 值從-2.980 增加到-3.153，表明加入騎乘者特性後，電力設施對興奮情緒的負面影響在統計上變得更加穩固且顯著，詳細分析結果如表 25 所示。

表 24 喚醒情緒之階層迴歸分析彙整表

特徵/騎乘者特性	階層 1		階層 2	
	β	T	β	T
Tire	.040	.699	.048	.849
Vehicle	.072	1.262	.057	1.016
性別	-	-	-.010	-.204
年齡	-	-	.048	1.049
BMI	-	-	.182	3.963***
規律運動	-	-	.153	2.689**
運動次數	-	-	-.104	-1.941
運動持續時間	-	-	-.085	-1.061
騎行次數	-	-	.051	.911
騎行持續時間	-	-	-.009	-.113
單車類型	-	-	.028	.236
彎把類型	-	-	.003	.024
R^2	.011		.073	
$Adj R^2$	.007		.052	
ΔR^2	.011		.062	
F	2.931		3.585***	
N	547		537	

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

表 25 興奮情緒之階層迴歸分析彙整表

特徵/騎乘者特性	階層 1		階層 2	
	β	T	β	T
Electricity	-.126	-2.980**	-.129	-3.153**
性別	-	-	.013	.281
年齡	-	-	.003	.063
BMI	-	-	.214	4.755***
規律運動	-	-	.217	3.914***
運動次數	-	-	-.231	-4.420***
運動持續時間	-	-	-.010	-.132
騎行次數	-	-	-.025	-.453
騎行持續時間	-	-	-.044	-.547
單車類型	-	-	.121	1.051
彎把類型	-	-	-.112	-1.014
R^2	.016		.112	
$Adj R^2$	.014		.094	
ΔR^2	.016		.096	
F	8.883**		5.815***	
N	549		539	

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



4.放鬆情緒

分析結果顯示，2 個階層能夠有效解釋放鬆情緒的 11%變異量，由各階層個別解釋力來看，與放鬆情緒具顯著相關的景觀特徵（階層 1）達統計水準（ $F=3.807^{**}$ ），並可解釋 3.4%的放鬆情緒變異量，其中 Electricity 對放鬆情緒有顯著負向影響，表示環境中出現這些特徵時，騎乘者的放鬆情緒越低，加入騎乘者特性後，模型解釋力增加 7.6%，其中 BMI、規律運動對放鬆情緒有顯著正向影響，運動次數對放鬆情緒有顯著負向影響，並造成景觀特徵的影響程度有所改變，Electricity 的 β 值從-.092 略微降至-.094，T 值從-2.183 增加到-2.275，表明加入騎乘者特性後，電力設施對放鬆情緒的負面影響變得更加穩固，詳細分析結果如表 26 所示。

（四）景觀偏好

分析結果顯示，2 個階層能夠有效解釋景觀偏好的 11.5%變異量，由各階層個別解釋力來看，與景觀偏好具顯著相關的景觀特徵（階層 1）達統計水準（ $F=4.928^{**}$ ），並可解釋 2.6%的景觀偏好變異量，其中 Grass 對景觀偏好有顯著正向影響，表示環境中出現這些特徵時，騎乘者的景觀偏好越高，加入騎乘者特性後，模型解釋力增加 8.8%，其中 BMI 和規律運動對景觀偏好有顯著正向影響，運動次數對景觀偏好有顯著負向影響，並造成景觀特徵的影響程度有所改變，Grass 的 β 值從.123 略微降至.115，T 值從 2.910 下降至 2.802，表明加入騎乘者特性後，草地對景觀偏好的正面影響略有減弱，但仍具統計上的顯著水準，詳細分析結果如表 27 所示。

表 26 放鬆情緒之階層迴歸分析彙整表

特徵/騎乘者特性	階層 1		階層 2	
	β	T	β	T
Shoulder	.066	1.460	.067	1.514
Natural landscape	.059	1.280	.061	1.364
Grass	.072	1.676	.068	1.627
Terrestrial plant	.053	1.157	.065	1.453
Electricity	-.092	-2.183*	-.094	-2.275*
性別	-	-	-.020	-.430
年齡	-	-	.021	.453
BMI	-	-	.196	4.316***
規律運動	-	-	.181	3.241**
運動次數	-	-	-.194	-3.687***
運動持續時間	-	-	.028	.360
騎行次數	-	-	.020	.369
騎行持續時間	-	-	-.030	-.379
單車類型	-	-	.013	.109
彎把類型	-	-	-.060	-.542
R^2	.034		.110	
$Adj R^2$	.025		.085	
ΔR^2	.034		.076	
F	3.807**		4.562***	
N	545		535	

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

表 27 景觀偏好之階層迴歸分析彙整表

特徵/騎乘者特性	階層 1		階層 2	
	β	T	β	T
Motor vehicle	.046	.837	.053	.995
Vehicle	.074	1.335	.068	1.259
Grass	.123	2.910**	.115	2.802**
性別	-	-	-.016	-.334
年齡	-	-	-.043	-.961
BMI	-	-	.210	4.661***
規律運動	-	-	.212	3.818***
運動次數	-	-	-.113	-2.156*
運動持續時間	-	-	-.101	-1.292
騎行次數	-	-	.059	1.086
騎行持續時間	-	-	-.037	-.467
單車類型	-	-	-.021	-.180
彎把類型	-	-	-.008	-.076
R^2	.026		.115	
$Adj R^2$	.021		.093	
ΔR^2	.026		.088	
F	4.928**		5.365***	
N	547		537	

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

第五章 結論與建議



研究目的為透過客觀的電腦視覺技術分析自行車道環境特徵，並實時測量車道環境變化對騎乘者健康效益的影響，並期望透過研究結果提供自行車道景觀規劃與設計的建議，提升騎乘者的騎行體驗及促進騎行的健康效益，生理效益方面，量測心率和心率變異 SDNN、TP、RMSSD、HF 值作為生理反應指標，心理效益方面，針對愉悅、喚醒、興奮和放鬆等 4 個正向情緒和景觀偏好作為心理反應指標，再進一步探討性別、年齡、身體質量指數、運動和騎行頻率和平時使用單車類型等 5 種騎乘者特性與其心血管指標和心理感受之間的關係，本章節將針對實驗操作之驗證結果進行討論。

第一節 研究結論

一、機動車輛

分析結果顯示機動車輛相關的自行車道景觀特徵與騎乘者的心率之間沒有顯著關聯，這與先前的研究結果不符，先前研究指出當騎乘者感知到潛在的機動車輛碰撞風險和威脅時，會感導焦慮和恐懼，從而導致心理壓力增加和心率上升，本研究推測這一差異是由於實驗在室內虛擬騎行環境中進行的緣故，實驗是位於一個安全的環境中進行，騎乘者不會面臨與機動車輛發生碰撞的風險，因此當畫面中出現機動車輛相關特徵時其心率並無顯著的變化。然而，當畫面中出現交通工具（Mode of transport）汽車（Motor vehicle）車輛（Vehicle）特徵時，心率變異性顯著較低，較低的心率變異與環境引起的壓力和焦慮相關，且與心血管疾病風險增加和較差的心臟健康有關，表示即便不會和機動車輛產生實際的碰撞風險，騎乘者看到機動車輛仍會造成生理壓力，並反映在心率變異的數值上。

研究發現機動車輛與喚醒和興奮情緒呈正相關，推測可能與機動車輛有較快的速度有關，當畫面中出現疾駛而過的機動車輛時會增加騎乘者的感官刺激，並且在安全的室內環境，避免實際碰撞的風險，因此有較高的喚醒和興奮情緒反應，根據參與者的口頭意見回饋，部分參與者提及當畫面中出現機動車輛時，反而會激起其『鬥志』或『勝負欲』。

二、車道型式

（一）車道

公路 (Highway)、交叉路口 (Intersection)、路肩 (Shoulder) 和斜坡 (Slope) 與心率呈負相關，表示畫面中出現筆直公路和車道基礎設施時，騎乘者的心率顯著較低，這與先前研究結果相符，筆直的公路和良好的車道基礎設施 (明確的交叉路口和車道劃分) 使騎乘者更容易觀察道路情況和評估潛在風險，提供更高的騎行控制感，並讓騎乘者感到更安全，其中，路肩與放鬆情緒呈正相關，表示明確的車道劃分與較高的放鬆情緒有關，能減少騎乘者的壓力和緊張感，從而降低身心負荷，並降低心率。

瀝青 (Asphalt) 與心率變異 RMSSD、HF 值呈負相關，本研究推測在瀝青或硬質路面上的路感回饋較高，這可能導致身體需要更多的肌肉收縮來吸收衝擊，造成副交感神經系統的活動降低。街道 (Street) 與心率呈正相關，與心率變異 SDNN、TP、RMSSD、HF 值呈負相關，在街道上騎行可能需要更多的注意力和警覺性，以應對人群、交通和其他潛在的壓力源，這些特徵引起個體的應激反應，導致交感神經激活，抑制副交感神經系統，從而降低心率變異，此外，這也表示實驗路線中的街景是造成騎乘者感到壓力和焦慮的原因之一。



(二) 標誌

標誌 (Signage) 和交通標誌 (Traffic sign) 與心率呈負相關，與 4 個心率變異 SDNN 和 TP 呈正相關，標誌和交通標誌可提供導向、減輕對複雜或不熟悉亂段的認知負荷、避免潛在衝突和增加騎行安全，然而，號誌 (Signaling device) 與心率呈正相關，與 4 個心率變異值皆呈負相關，本研究推測與 ROUVY 畫面延遲有關，當遇到號誌時，因實際錄製影片的騎乘者須等待號誌，造成畫面中的移動速度逐漸變慢，並與實驗參與者當下的騎行強度不符，進而影響騎行體驗，其次，在虛擬騎行環境中仍須遵循號誌可能增加心理負擔，此外，號誌通常位於交通複雜的環境，這可能也造成騎乘者的壓力和焦慮狀態，從而導致較高的心率和較低的心率變異。

三、自然環境

(一) 天氣

黃昏 (Dusk) 與心率呈高度正相關 ($r = .374^{***}$)，與心率變異 SDNN、TP、RMSSD、HF 值呈負相關，表示畫面中出現黃昏時，騎乘者的心率顯著較高，心率變異顯著較低，本研究推測可能因為光線變暗增加騎行者的生理壓力或出現日落時騎乘者的騎行強度更強，如 Cook and Edensor (2017) 所述，陽光是塑造空間體驗的重要因素之一，當夜幕降臨時，景觀呈現出一系列獨特的視覺體驗，例如：光線投射在自然景觀的美麗畫面、天空和雲層色彩的變化，這種自然美景能提供愉悅、平靜和美好的體驗，並將這種對美景的追求轉變成「追日落」的行為，進而增加騎乘者的心率反應，持續較高強度的騎行會減少心率間期的波動，導致心率變異較低。

(二) 遠景

山景 (Mountain) 與心率呈負相關，與心率變異 SDNN、TP、RMSSD、HF 值呈正相關，天際線 (Horizon) 與心率變異 SDNN、TP 值呈正相關，山巒 (Mountain range) 與心率變異 SDNN 呈正相關，觀看具有地形和開闊的景觀，能促進心理放鬆、減輕壓力和焦慮，此結果與先前研究結果相符，Deng et al. (2020) 探討不同城



市公園景觀類型、元素和組合與生心理修復研究結果顯示，具有天然林貌的地形景觀的恢復效果最佳，此外，觀看遠處的山景和景觀可能給人一種心理上的距離感，讓人暫時脫離日常生活的壓力，使心理感到平靜和幸福。

（三）自然景觀

景觀 (Landscape) 與心率呈負相關，與心率變異 SDNN、TP、RMSSD、HF 值呈正相關，自然景觀 (Natural landscape) 與心率變異 SDNN、TP、RMSSD、HF 值呈正相關，與愉悅和放鬆情緒呈正相關，人們天生喜歡接近和欣賞自然景觀，藉由欣賞自然美能引發個體產生愉悅和放鬆反應，其次，在自然環境中能恢復注意力，減少認知疲勞狀態，引發積極情緒和心血管健康，且相較於都市景觀，自然環境當中的壓力源較少，這些因素皆使騎乘者有較佳的騎行體驗。

（四）植栽綠化

棕櫚樹 (Palm tree) 與 4 個心率變異值皆呈正相關，其次，植物 (Plant) 與心率變異 SDNN、RMSSD 呈正相關，檳榔目植物 (Arecales) 與心率變異 SDNN 呈正相關，樹木 (Tree) 與心率變異 RMSSD 呈正相關，草地 (Grass) 與愉悅、放鬆情緒和景觀偏好呈正相關，陸生植物 (Terrestrial plant) 與放鬆情緒呈正相關，此結果表示相較其他與生心理效益皆不顯著的植栽綠化景觀特徵，例如：木本植物 (Woody plant) 和植被 (Vegetation)，自行車道有棕櫚樹、植物、檳榔目植物和樹木時，有助於騎乘者的恢復和心血管健康，而自行車道有陸生植物和草地時，有助於愉悅和放鬆情緒等正向情緒和心理健康，尤其是當環境中有綠地時，還有助於提升環境美質。



四、建成環境

(一) 都市景觀

城市 (City) 與 4 個心率變異值呈負相關，城市設計 (Urban design) 與心率變異 RMSSD 值呈正相關，這與先前研究結果相符，過度都市化造成都市景觀往往與擁擠、雜亂和缺乏安全感等負面觀感有關，同時導致焦慮和壓力增加，而良好的城市規劃和設計可以減輕都市造成的負面影響(Park & Evans, 2016)，根據分析結果表示目前城市景觀可能與擁擠和雜亂等負面觀感較為相關，並使人感到緊張與壓迫，導致較低的心率變異值。

(二) 建築物

建物 (Building) 與心率變異 RMSSD 值呈正相關，本研究推測這可能與建築的功能有關，先前研究發現自行車道沿途有零售商店可提升騎乘者使用該路線的意願和頻率(Gerstenberg, Baumeister, Schraml, & Plieninger, 2020)，提供生活便利和服務的功能性建築，能作為騎行途中的休憩點和補充站，這大大減少騎行的壓力和遇到狀況時的焦慮感受，導致較低的心率變異。

(三) 結構物

廣告 (Advertising) 與心率變異 TP 值呈正相關，廣告的目的在於吸引過路人的注意，可能通過花俏的顏色或燈光來提高觀察者的警覺狀態，這種增強注意力和認知刺激可能是造成心率變異 TP 較高的原因，然而，近期新媒體掀起的市容討論中，認為台灣街道上大多是五顏六色、大小不一和缺乏美學的廣告，不僅嚴重影響市容，且容易造成潛在的安全威脅，例如：廣告看板會對駕駛任務的感知部分產生負面影響(Marciano, 2017)。

(四) 公共設施



電力設施 (Electricity)、高壓電纜 (Overhead power line) 與心率呈負相關，與心率變異 SDNN、TP、RMSSD、HF 值呈正相關，相較於自然景觀，電力設施和高壓電線等特徵與工業化、城市化相關，都市環境通常被認為是忙碌和壓力的來源，然而，這與分析結果不符，本研究推測可能的原因為電力設施和高壓電纜等設施多位於路邊，隨著騎行速度的影響，會使邊緣畫面變得較為模糊，使這些特徵容易被忽略，並非實際造成心率變異值較高的原因，然而，也可能因為電力設施和高壓電纜經常出現於日常生活之中，因此在這些設施附近時騎乘者可能不會感到緊張或不安，這種熟悉感使心率較低，此外，在虛擬騎行環境中，這些設施並不會直接造成移動上的阻礙，這可能很大部分的減少對潛在威脅的擔憂，使個體感到更放鬆，造成自主神經系統和副交感神經系統處於較平衡的狀態，從而降低心率。街燈 (Street light) 與心率變異 TP 值呈正相關，街燈提供夜間照明，是塑造夜間騎行感知的重要因素(Cook & Edensor, 2017)，在光線不足處改善環境的可見性，減少潛在危險的發生，增加夜間騎行時的安全感，使騎乘者感到更加放鬆和安心。

電線桿 (Pole) 與 4 個心率變異皆呈負相關，公共設施 (Public utility) 與心率變異 SDNN、TP 值呈負相關，此外，電氣化設施相關特徵中的電能 (Electricity) 與愉悅、喚醒、興奮和放鬆情緒皆呈負相關，電線桿和公共設施是城市電氣化的重要元素，對完善城市功能至關重要，然而，自行車道中出現電塔、電線桿和高壓電纜等電氣化設施可能造成視覺的雜亂感，並對天際線和車道環境的美感造成負面影響，而其他如變電箱、消防栓等公共設施，其外觀和位置有時可能與周圍環境形成衝突，並容易造成移動上的阻礙，這些特徵不僅造成騎乘者較低的正向情緒表現和心血關風險，還反映出電氣化設施是造成都市與壓力源和負面觀感印象有關的重要因素之一。



五、騎乘者特性

(一) 性別

因生理構造上的差異，與男性相比，女性的心率通常較高，性別變項中，男性為 1，女性為 2，根據分析結果顯示性別與心率呈負相關，表示相較於女性騎乘者，男性騎乘者的心率有較高的表現，這可能與騎行強度和競爭動機有關，實驗中的男性騎乘者大多是單車社員及單車愛好者，往往偏好較高強度的騎行活動，並可能藉由 ROUVY 上的騎行時間或功率等數據與同儕之間進行競賽，導致男性騎乘者的心率高於女性，這點也反映在心率變異值上，心率變異 SDNN、TP、RMSSD 值與性別皆呈正相關，表示相較女性騎乘者而言，男性騎乘者的生理應激水平更高，身體活動最常見的效益是增強情緒(Yeh, Stone, Churchill, Brymer, & Davids, 2017)，本研究與先前研究結果相符，在心理效益部分，相較女性騎乘者，男性騎乘者的 4 個正向情緒和景觀偏好皆有較高的表現。

(二) 年齡

研究結果顯示年齡與心率呈負相關，心臟最大泵血能力會隨著年齡的增長而衰退，導致個體的最大心率降低，這使其生理反應不如年輕騎乘者來得明顯，造成心率顯著較低，然而，也可能是因為較高年齡的騎乘者可能有更規律的生活方式，或因豐富的生活經驗和更熟悉自行車道路線，造成較高年齡騎乘者不易因環境變化影響生理的應激反應，且從分析結果中可知，年齡與 4 個心率變異值皆呈正相關，表示這類騎乘者的自主神經系統相對處於較平衡的狀態，副交感神經系統的調節能力也有較高的表現，心理效益部分，顯示年齡與 4 個正向情緒和景觀偏好皆無相關性，個體在情緒和景觀偏好方面的差異可能很大，可能因審美、個性、生長環境和生活經驗等差異有所不同，此結果表示年齡並非決定正向情緒體驗和景觀偏好的主要因素。



(三) 身體質量指數 (BMI)

BMI 與心率呈正相關，與 4 個心率變異值皆呈負相關，較高的 BMI 通常意味著較高的體重，因此心臟需要更加努力地工作來為身體提供足夠的血液流動，特別是在運動的狀況下，導致 BMI 較高騎乘者的心率顯著較高，此外，BMI 與個體在進行體力活動時的感知努力程度有關，體重較重的人在進行相同體力活動時的能量消耗更高，導致更快的疲勞感和較高的感知努力程度，這與研究結果相符，在實驗設定相同騎行任務（騎行 10 公里）中，較高 BMI 騎乘者的生理壓力顯著較高，並反映在心率變異值上。心理效益部分，BMI 與愉悅、喚醒、興奮、放鬆和景觀偏好皆呈正相關，表示 BMI 較高的參與者，其心理效益指標有更好的表現，在運動與健康相關的研究中，身體質量指數越高的參與者進行運動後的健康效益明顯更好(Lusk, Mekary, Feskanich, & Willett, 2010)，對於身體質量指數較高的人來說，騎行可能被視為克服體能挑戰的一種方式，當他們成功完成騎行能帶來顯著的成就感和自我效能感，從而提升正向情緒，本研究結果亦支持此一論點。

(四) 運動和騎行頻率

規律運動變項中，無規律運動者為 1，有規律運動者為 2，與心率呈正相關，與心率變異 SDNN、RMSSD 值呈負相關，表示規律運動者的心率顯著較高，無規律運動者的心率變異顯著較高，長期規律運動可以改善心臟調節能力和血管彈性，使運動員的心率普遍較一般人更低，然而在較高運動強度下，心率變異會大大降低，並被作為評估運動強度的指標之一(Sandercock & Brodie, 2006)，因此，本研究推測規律運動者因其有更熟練的騎行技巧，並偏好以較高的騎行強度進行實驗，這可能提高其心率反應，並有較低的心率變異值。心理效益部分，規律運動對心理健康有積極的影響，研究結果亦支持此一論點，規律運動者的 4 個正向情緒和景觀偏好皆有較高的表現。



(五) 主要使用單車類型

在平時主要使用單車類型變項中，平時主要使用的單車類型非公路車為 1，是公路車為 2，把手類型非彎把為 1，把手類型是彎把為 2，心率與單車類型和把手類型之間皆有顯著正相關，心率變異 SDNN、TP、RMSSD、HF 值與平時使用單車類型和把手類型之間皆有顯著負相關，彎把公路車的設計目的是為了使騎乘者身體往前傾，以減少騎行期間的風阻，並使車身在高速行駛下更夠有較佳的穩定度，這意味著使用彎把公路車者可能是更專業或經驗豐富的騎乘者，這類騎乘者較常進行高強度騎行和訓練，這在一定程度上解釋其較低的心率變異值。心理效益部分，單車和把手類型與正向情緒和景觀偏好不具相關性，表示單車和把手類型可能對騎行性能有影響，但對騎乘者的情緒和景觀偏好的影響不大，即自行車道環境對於不同單車或把手類型的騎乘者來說，具有相似的騎行體驗。

(六) 加入騎乘者特性後，景觀特徵與心率、心率變異、正向情緒和景觀偏好的關係

在加入騎乘者特性之前，景觀特徵對生心理效益有顯著的影響，例如，自然景觀和草地對心率變異性指標和景觀偏好（如 SDNN、TP、RMSSD、HF）有顯著正向影響，表示這些特徵可能有助於增強心臟調節功能和生理的放鬆狀態，負面的景觀特徵，如電力設施對正向情緒（愉悅、興奮、放鬆）有顯著負向影響。

當加入騎乘者特性後，Highway（公路）的影響在心率變異指標上變得更加穩固且顯著，表明騎乘者特性可能增強公路對騎乘者的生理影響，自然景觀的正面影響在生心理指標上仍然穩定或有所增強，顯示出自然環境和自然元素對促進騎乘者生心理效益的重要性，此外，規律運動和較高的 BMI 與更高的愉悅和興奮情緒相關，這些情緒效益在考慮騎乘者特性後變得更加明顯，而 Electricity（電力設施）對心理指標（愉悅和放鬆）的負面影響雖然略有減少，但仍具統計上的顯著性，顯示高壓電塔、電纜、變電站等電力設施結構對騎乘者心理健康具顯著負向影響。



第二節 研究建議

一、應用建議

總結研究發現和結果，在機動車輛部分，研究發現機動車輛與心率變異呈負相關，表明即使在虛擬騎行環境中，機動車輛的出現也可能引發一定程度的生理壓力。車道型式部分，筆直公路和明確的車道基礎設施能夠減少騎乘的心理壓力和提高安全感，路肩與放鬆情緒呈正相關，進一步強化清晰的車道劃分與騎乘者的心理效益之間的關連性，以及車道標誌和指標的重要性，但過多的號誌可能造成騎乘者的壓力和焦慮狀態。自然環境部分，強調山景、遠景和自然景觀在提供心理放鬆和減壓方面的重要作用，並發現騎乘者可能有「追日落」的行為，以及棕櫚樹、木本植物和草地等特徵與多項生心理效益有關。建成環境部分，良好的城市設計可以降低心理壓力，而混亂的城市環境也可能成為壓力的來源，當中電氣化設施可能是造成目前都市景觀負面影響的重要因素之一。騎乘者特性部分，性別、年齡和身體質量指數對心率和心率變異皆有顯著影響，凸顯在騎行體驗中的個體差異，規律運動與心率的關係，以及運動頻率對心率變異性的影響，揭示運動習慣對心臟調節能力和心血管健康的重要性。

二、研究限制

（一）動態景觀感知的影響因素

在高速移動時，人眼視覺感知會出現隧道效應，及周圍環境變得模糊，焦點集中在前方幾公尺內，然而，電腦視覺處理圖像時，可能無法復現這種動態感知效果，從而影響對重要特徵的評估，此外，人眼視覺對於連續變化的場景有一定的累積和延遲效應，電腦視覺則是即時辨識環境變化，這之間可能存在一定的時間差，可能造成騎乘者的生心理反應是受到前幾秒，甚至前幾分鐘景觀變化的累積而影響。



（二）電腦視覺 vs 人眼辨識

電腦視覺與人眼辨識存在識別和注意力偏差的差距，電腦視覺因其龐大的數據庫，可以識別圖像中的所有可辨識特徵，然而，人眼無法在短時間內識別並記住所有的特徵，且這些特徵在人眼辨識中可能並非騎乘者實際注意到或關注的內容，這之間的差異可能造成客觀量化的景觀數據與主觀的生心理反應之間存在落差，其次，人眼在現實環境中會收到複雜因素的影相，例如：動態變化、色彩對比、光線和視野廣度等，然而，在電腦視覺辨識中無法模擬這種人眼識別的的特殊性。另外，人眼視野範圍接近 135°角，受限於研究場地空間和經費考量，實驗中使用的視野範圍大約只覆蓋 60°角，這也可能影響人眼特徵識別和情感反應狀況。

（三）Vision API 的限制

Vision API 是由 Google 藉由其龐大數據庫進行機器學習的模型，因此無法得知該模型的辨識精確度，表示該模型對不同景觀特徵之間的辨識能力可能存在差異，進一步影響該模型對複雜或多樣的景觀進行特徵分類的限制，例如：對於部分景觀類型無法有效分類並提供對應的景觀特徵標籤，此外，也無法得知圖像中較小或模糊的圖像是否影響其特徵分類或信心分數，限制信心分數判讀的可能性，僅能藉由設定閾值，判別該圖像中是否存在該特徵。

三、後續研究建議

研究結果顯示自行車道景觀特徵對騎乘者生心理指標皆具一定程度的影響，在加入騎乘者特性後，景觀特徵對心率和心率變異的整體解釋力介於 12%至 22.8%之間，4 個正向情緒和景觀偏好的整體解釋力介於 7.3%至 14.2%之間，可發現整體解釋能力有限，本研究推測與幾個原因有關，首先，騎乘者的生理反應、心理健康和情緒狀態受到多種因素的影響，包括動態的景觀感知、騎行強度和時間、整體健康狀況等，其次，研究假設景觀特徵與生心理效益之間存在線性關係，但在騎行的動態景觀感知中，這種關係可能比預想的更複雜，再者，實驗參與者主要是男性青

年，樣本的多樣性可能受到限制，另外，速度對視覺特徵累積的影響可能造成心理指標分數與當下的景觀特徵之間產生誤差，並可能降低模型的解釋力，最後，實驗以室內虛擬騎行限制許多外部環境干擾因素，可能導致景觀特徵和變化對騎乘者生心理的刺激不如室外騎行明顯。

（一）自行車道景觀之探討

受到騎行虛擬軟體上品質狀況不一的限制，本研究僅使用內政部錄製的三條自行車道（北海岸、東海岸和大鵬灣）作為實驗路線，然而，三條路線皆屬於濱海型自行車道，無法完整呈現不同類型自行車道間景觀與騎乘者生心理效益的差異，因此，建議後續研究可以針對更多臺灣不同類型自行車道路線，甚至與國外知名自行車道路線進行比較，以利深入瞭解自行車道景觀與騎乘者效益之間的關係。

（二）受測者之代表性

本研究之實驗參與者以單車社團和個人社群網站上招募為主，收集樣本多以男性青年居多，因此，建議後續研究增加研究參與者樣本的多樣性，如不同年齡、性別、健康狀況和騎行習慣的參與者，並考慮更多可能的影響因子，如：騎行速度、騎行時長等。

（三）研究工具建議

在運動期間量測心率和心率變異值的不易，導致部分數據損失，這種數據缺失在進行運動相關的研究中是一個常見的挑戰，因此，在未來的研究中，探索如何更有效地收集和保存在高強度運動中產生的生理數據，將是提高數據質量的關鍵，例如，使用更先進的監測設備或改善數據收集方法，以減少由於活動強度和外部環境因素導致的數據缺失問題。

（四）速度對視覺特徵累積的影響

騎行速度可能影響騎乘者對周圍環境的感知方式，當騎行速度增加時，視覺特徵累積的速度也會增加，因為騎行者在較短的時間內會經過更多的景觀特徵，如樹



木、建築物、道路標誌等，造成騎乘者無法充分注意或仔細觀察環境，且大腦無法在短時間內處理大量的視覺信息，可能導致對景觀特徵的感知和評估受到影響，影響其心理問項的回覆狀況，建議後續研究可限制一定速度下，比較不同時間斷面時，景觀特徵對心理指標的影響，進一步探討速度對視覺特徵累積的影響和變化。

四、研究貢獻

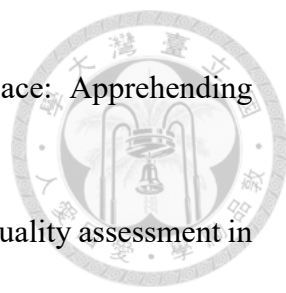
本研究結合景觀設計、心理學和運動科學，為理解騎乘者的動態景觀知覺下，自行車道景觀如何影響騎乘者的生心理狀態提供新的視角，其次，提供室內虛擬騎行環境與實際騎行體驗之間可能存在的差異性，並為自行車道設計提供客觀量化數據的方法與建議，最後，提出騎乘者的個體特性對其騎行體驗和生心理效益影響的重要性，為個性化設計和政策制定提供相關的依據。

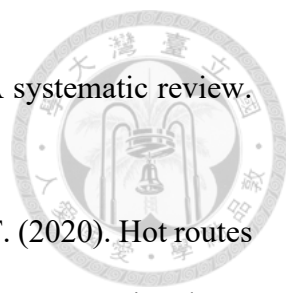
參考文獻

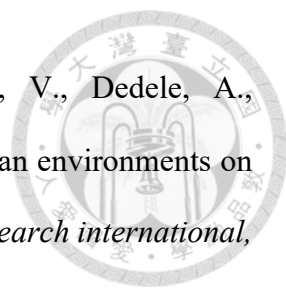


1. 交通部統計處. (2018). 自行車使用狀況調查摘要分析.
2. 交通部運輸研究所. (2009). 自行車推廣策略研究.
3. 交通部運輸研究所. (2017). 自行車道系統規劃設計參考手冊.
4. 交通部觀光署. (2022). 交通部觀光局攜手國際自行車虛擬平台大廠 Rouvy 共同行銷臺灣成為自行車旅遊天堂。.
5. 高速公路局. (2003). 景觀道路相關設施設計及施工參考手冊.
6. 國土管理署. (2022). 市區道路及附屬工程設計規範(111 02 修正版).
7. 勞動部. (2020). 勞工從事休閒活動情形.
8. Akers, A., Barton, J., Cossey, R., Gainsford, P., Griffin, M., & Micklewright, D. (2012). Visual color perception in green exercise: Positive effects on mood and perceived exertion. *Environmental science & technology*, 46(16), 8661-8666.
9. Árnason, A., Hafsteinsson, S. B., Grétarsdóttir, T., Schram, K., & Kjartansdóttir, K. (2015). Speeding Towards the Future through the Past: Landscape, Movement and National Identity. *Landscape Research*, 40(1), 23-38.
10. Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: teleoperators & virtual environments*, 6(4), 355-385.
11. Brito, J. N., Pope, Z. C., Mitchell, N. R., Schneider, I. E., Larson, J. M., Horton, T. H., & Pereira, M. A. (2020). The effect of green walking on heart rate variability: A pilot crossover study. *Environmental research*, 185, 109408.
12. Broach, J., Dill, J., & Gliebe, J. (2012). Where do cyclists ride? A route choice model developed with revealed preference GPS data. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 46(10), 1730-1740.

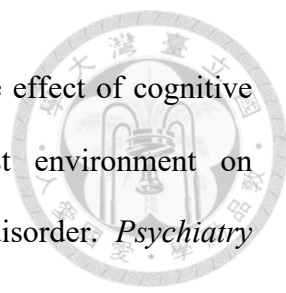
- 
13. Brown, J. F. (1931). The visual perception of velocity. *Psychologische Forschung*, 14(1), 199-232.
14. Brownson, R. C., Hoehner, C. M., Day, K., Forsyth, A., & Sallis, J. F. (2009). Measuring the built environment for physical activity: state of the science. *American journal of preventive medicine*, 36(4), S99-S123. e112.
15. Buehler, R., & Dill, J. (2016). Bikeway networks: A review of effects on cycling. *Transport reviews*, 36(1), 9-27.
16. Cf, O. (2015). Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. *United Nations: New York, NY, USA*.
17. Chen, J., Chen, L., Li, Y., Zhang, W., & Long, Y. (2023). Measuring physical disorder in urban street spaces: a large-scale analysis using street view images and deep learning. *Annals of the American Association of Geographers*, 113(2), 469-487.
18. Chen, P., Shen, Q., & Childress, S. (2018). A GPS data-based analysis of built environment influences on bicyclist route preferences. *International Journal of Sustainable Transportation*, 12(3), 218-231.
19. Christiansen, L. B., Cerin, E., Badland, H., Kerr, J., Davey, R., Troelsen, J., Sugiyama, T. (2016). International comparisons of the associations between objective measures of the built environment and transport-related walking and cycling: IPEN adult study. *Journal of Transport & Health*, 3(4), 467-478.
20. Cole-Hunter, T., Donaire-Gonzalez, D., Curto, A., Ambros, A., Valentín, A., Garcia-Aymerich, J., Jerrett, M. (2015). Objective correlates and determinants of bicycle commuting propensity in an urban environment. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 40, 132-143.

- 
21. Cook, M., & Edensor, T. (2017). Cycling through dark space: Apprehending landscape otherwise. *Mobilities*, 12(1), 1-19.
 22. Daniel, T. C. (2001). Whither scenic beauty? Visual landscape quality assessment in the 21st century. *Landscape and Urban Planning*, 54(1-4), 267-281.
 23. Deng, L., Li, X., Luo, H., Fu, E.-K., Ma, J., Sun, L.-X., Jia, Y. (2020). Empirical study of landscape types, landscape elements and landscape components of the urban park promoting physiological and psychological restoration. *Urban Forestry & Urban Greening*, 48, 126488.
 24. Dill, J., & Gliebe, J. (2008). Understanding and measuring bicycling behavior: A focus on travel time and route choice.
 25. Ding, X., Fan, H., & Gong, J. (2021). Towards generating network of bikeways from Mapillary data. *Computers, Environment and Urban Systems*, 88, 101632.
 26. Dong, L., Jiang, H., Li, W., Qiu, B., Wang, H., & Qiu, W. (2023). Assessing impacts of objective features and subjective perceptions of street environment on running amount: A case study of Boston. *Landscape and Urban Planning*, 235, 104756.
 27. Evans-Cowley, J. S., & Akar, G. (2014). StreetSeen visual survey tool for determining factors that make a street attractive for bicycling. *Transportation Research Record*, 2468(1), 19-27.
 28. Flowers, E. P., Freeman, P., & Gladwell, V. F. (2018). Enhancing the acute psychological benefits of green exercise: An investigation of expectancy effects. *Psychology of sport and exercise*, 39, 213-221.
 29. Gaertner, R. J., Kossmann, K. E., Benz, A. B., Bentele, U. U., Meier, M., Denk, B. F., Pruessner, J. C. (2023). Relaxing effects of virtual environments on the

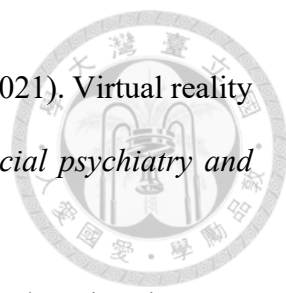
- 
- autonomic nervous system indicated by heart rate variability: A systematic review. *Journal of environmental psychology*, 102035.
30. Gerstenberg, T., Baumeister, C. F., Schraml, U., & Plieninger, T. (2020). Hot routes in urban forests: The impact of multiple landscape features on recreational use intensity. *Landscape and Urban Planning*, 203, 103888.
31. Ghadirian, P., & Bishop, I. D. (2008). Integration of augmented reality and GIS: A new approach to realistic landscape visualisation. *Landscape and Urban Planning*, 86(3-4), 226-232.
32. Ghermandi, A., Depietri, Y., & Sinclair, M. (2022). In the AI of the beholder: A comparative analysis of computer vision-assisted characterizations of human-nature interactions in urban green spaces. *Landscape and Urban Planning*, 217, 104261.
33. Gibson, E. J. (1963). Perceptual learning. *Annual review of psychology*, 14(1), 29-56.
34. Gidlow, C. J., Jones, M. V., Hurst, G., Masterson, D., Clark-Carter, D., Tarvainen, M. P., Nieuwenhuijsen, M. (2016). Where to put your best foot forward: Psychophysiological responses to walking in natural and urban environments. *Journal of environmental psychology*, 45, 22-29.
35. Gladwell, V. F., Brown, D. K., Wood, C., Sandercock, G. R., & Barton, J. L. (2013). The great outdoors: how a green exercise environment can benefit all. *Extreme physiology & medicine*, 2(1), 1-7.
36. Gordon, D. A. (1965). Static and dynamic visual fields in human space perception. *Josa*, 55(10), 1296-1303.
37. Götschi, T., Garrard, J., & Giles-Corti, B. (2016). Cycling as a part of daily life: a review of health perspectives. *Transport reviews*, 36(1), 45-71.

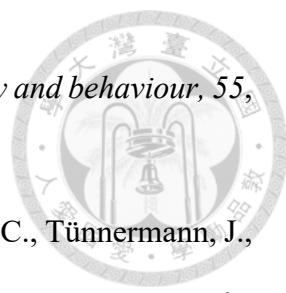
- 
38. Grazuleviciene, R., Vencloviene, J., Kubilius, R., Grizas, V., Dedele, A., Grazulevicius, T., Jones, M. (2015). The effect of park and urban environments on coronary artery disease patients: a randomized trial. *BioMed research international*, 2015.
39. Gülçin, D., & Yalçinkaya, N. M. (2022). Correlating fluency theory-based visual aesthetic liking of landscape with landscape types and features. *Geo-spatial Information Science*, 1-20.
40. Han, K.-T. (2017). The effect of nature and physical activity on emotions and attention while engaging in green exercise. *Urban Forestry & Urban Greening*, 24, 5-13.
41. Hartig, T., Mitchell, R., De Vries, S., & Frumkin, H. (2014). Nature and health. *Annual review of public health*, 35, 207-228.
42. Hull, A., & O'holleran, C. (2014). Bicycle infrastructure: can good design encourage cycling? *Urban, Planning and Transport Research*, 2(1), 369-406.
43. Hussain, Q., Alhajyaseen, W. K., Pirdavani, A., Reinolsmann, N., Brijs, K., & Brijs, T. (2019). Speed perception and actual speed in a driving simulator and real-world: A validation study. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 62, 637-650.
44. Hussain, Q., Almallah, M., Alhajyaseen, W. K., & Dias, C. (2020). Impact of the geometric field of view on drivers' speed perception and lateral position in driving simulators. *Procedia Computer Science*, 170, 18-25.
45. Ikura, H., Katsumata, Y., Seki, Y., Ryuzaki, T., Shiraishi, Y., Miura, K., Fukuda, K. (2022). Real-time analysis of heart rate variability during aerobic exercise in patients with cardiovascular disease. *IJC Heart & Vasculature*, 43, 101147.

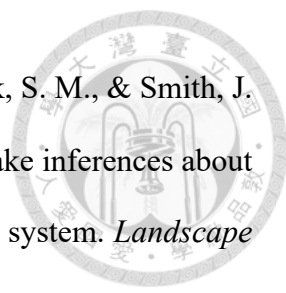
- 
46. Ito, K., & Biljecki, F. (2021). Assessing bikeability with street view imagery and computer vision. *Transportation research part C: emerging technologies*, 132, 103371.
47. Ittelson, W. H. (1973). *Environment and cognition*.
48. Ittelson, W. H. (1978). Environmental perception and urban experience. *Environment and behavior*, 10(2), 193-213.
49. Jiang, B., Deal, B., Pan, H., Larsen, L., Hsieh, C.-H., Chang, C.-Y., & Sullivan, W. C. (2017). Remotely-sensed imagery vs. eye-level photography: Evaluating associations among measurements of tree cover density. *Landscape and Urban Planning*, 157, 270-281.
50. Jung, W. H., Woo, J.-M., & Ryu, J. S. (2015). Effect of a forest therapy program and the forest environment on female workers' stress. *Urban Forestry & Urban Greening*, 14(2), 274-281.
51. Jungnickel, K., & Aldred, R. (2014). Cycling's sensory strategies: How cyclists mediate their exposure to the urban environment. *Mobilities*, 9(2), 238-255.
52. Kaplan, R., & Kaplan, S. (1989). *The experience of nature: A psychological perspective*: Cambridge university press.
53. Kaplan, S. (1995). The restorative benefits of nature: Toward an integrative framework. *Journal of environmental psychology*, 15(3), 169-182.
54. Kemeny, A., & Panerai, F. (2003). Evaluating perception in driving simulation experiments. *Trends in cognitive sciences*, 7(1), 31-37.
55. Keyes, C. L., & Lopez, S. J. (2009). Toward a science of mental health. *Oxford handbook of positive psychology*, 2, 89-95.

- 
56. Kim, W., Lim, S.-K., Chung, E.-J., & Woo, J.-M. (2009). The effect of cognitive behavior therapy-based psychotherapy applied in a forest environment on physiological changes and remission of major depressive disorder. *Psychiatry investigation*, 6(4), 245.
57. Kuykendall, L., Tay, L., & Ng, V. (2015). Leisure engagement and subjective well-being: A meta-analysis. *Psychological bulletin*, 141(2), 364.
58. Lahart, I., Darcy, P., Gidlow, C., & Calogiuri, G. (2019). The effects of green exercise on physical and mental wellbeing: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(8), 1352.
59. Lu, Y., Yang, Y., Sun, G., & Gou, Z. (2019). Associations between overhead-view and eye-level urban greenness and cycling behaviors. *Cities*, 88, 10-18.
60. Lusk, A. C., Mekary, R. A., Feskanich, D., & Willett, W. C. (2010). Bicycle riding, walking, and weight gain in premenopausal women. *Archives of internal medicine*, 170(12), 1050-1056.
61. Ma, L., & Dill, J. (2015). Associations between the objective and perceived built environment and bicycling for transportation. *Journal of Transport & Health*, 2(2), 248-255.
62. Marciano, H. (2017). The effect of billboard design specifications on driving: a pilot study. *Accident Analysis & Prevention*, 104, 174-184.
63. McIlroy, B., Passfield, L., Holmberg, H.-C., & Sperlich, B. (2021). Virtual training of endurance cycling—a summary of strengths, weaknesses, opportunities and threats. *Frontiers in sports and active living*, 3, 631101.

- 
64. Microsoft. (2023). The confidence score of an answer. Retrieved from <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/ai-services/qnamaker/concepts/confidence-score>
65. Mulfari, D., Celesti, A., Fazio, M., Villari, M., & Puliafito, A. (2016). *Using Google Cloud Vision in assistive technology scenarios*. Paper presented at the 2016 IEEE symposium on computers and communication (ISCC).
66. Nawrath, M., Kowarik, I., & Fischer, L. K. (2019). The influence of green streets on cycling behavior in European cities. *Landscape and Urban Planning, 190*, 103598.
67. Ohly, H., White, M. P., Wheeler, B. W., Bethel, A., Ukoumunne, O. C., Nikolaou, V., & Garside, R. (2016). Attention Restoration Theory: A systematic review of the attention restoration potential of exposure to natural environments. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B, 19*(7), 305-343.
68. Oja, P., Titze, S., Bauman, A., De Geus, B., Krenn, P., Reger-Nash, B., & Kohlberger, T. (2011). Health benefits of cycling: a systematic review. *Scandinavian journal of medicine & science in sports, 21*(4), 496-509.
69. Park, G., & Evans, G. W. (2016). Environmental stressors, urban design and planning: implications for human behaviour and health. *Journal of urban design, 21*(4), 453-470.
70. Peng, S.-H., & Han, K.-T. (2018). Assessment of aesthetic quality on soil and water conservation engineering using the scenic beauty estimation method. *Water, 10*(4), 407.
71. Pucher, J., & Buehler, R. (2012). *City cycling*: MIT press.
72. Rapoport, A. (2016). *Human aspects of urban form: towards a man—environment approach to urban form and design*: Elsevier.

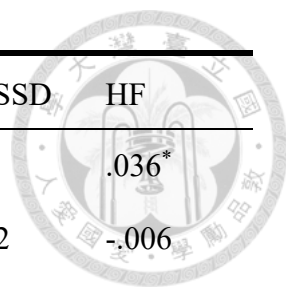
- 
73. Riches, S., Azevedo, L., Bird, L., Pisani, S., & Valmaggia, L. (2021). Virtual reality relaxation for the general population: a systematic review. *Social psychiatry and psychiatric epidemiology*, 56, 1707-1727.
74. Russell, J. A., & Mehrabian, A. (1974). Distinguishing anger and anxiety in terms of emotional response factors. *Journal of consulting and clinical psychology*, 42(1), 79.
75. Russell, J. A., & Pratt, G. (1980). A description of the affective quality attributed to environments. *Journal of personality and social psychology*, 38(2), 311.
76. Sandercock, G., & Brodie, D. (2006). The use of heart rate variability measures to assess autonomic control during exercise. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 16(5), 302-313.
77. Shaffer, F., & Ginsberg, J. P. (2017). An overview of heart rate variability metrics and norms. *Frontiers in public health*, 258.
78. Singleton, P. A. (2019). Walking (and cycling) to well-being: Modal and other determinants of subjective well-being during the commute. *Travel behaviour and society*, 16, 249-261.
79. Song, C., Ikei, H., Igarashi, M., Takagaki, M., & Miyazaki, Y. (2015). Physiological and psychological effects of a walk in urban parks in fall. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(11), 14216-14228.
80. Staats, H. (2012). Restorative environments. *The Oxford handbook of environmental and conservation psychology*, 445.
81. Šťastná, M., Vaishar, A., Zapletalová, J., & Ševelová, M. (2018). Cycling: A benefit for health or just a means of transport? Case study Brno (Czech Republic) and its

- 
- surroundings. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 55, 219-233.
82. Stratmann, L., Buse, D. S., Heinovski, J., Klingler, F., Sommer, C., Tünnermann, J., Dressler, F. (2019). *Psychological feasibility of a virtual cycling environment for human-in-the-loop experiments*. Paper presented at the INFORMATIK 2019: 50 Jahre Gesellschaft für Informatik–Informatik für Gesellschaft (Workshop-Beiträge).
 83. Thompson Coon, J., Boddy, K., Stein, K., Whear, R., Barton, J., & Depledge, M. H. (2011). Does participating in physical activity in outdoor natural environments have a greater effect on physical and mental wellbeing than physical activity indoors? A systematic review. *Environmental science & technology*, 45(5), 1761-1772.
 84. Tran, P. T., Zhao, M., Yamamoto, K., Minet, L., Nguyen, T., & Balasubramanian, R. (2020). Cyclists' personal exposure to traffic-related air pollution and its influence on bikeability. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 88, 102563.
 85. Tsunetsugu, Y., Park, B.-J., & Miyazaki, Y. (2010). Trends in research related to "Shinrin-yoku"(taking in the forest atmosphere or forest bathing) in Japan. *Environmental health and preventive medicine*, 15(1), 27-37.
 86. Ulrich, R. S. (1981). Natural versus urban scenes: Some psychophysiological effects. *Environment and behavior*, 13(5), 523-556.
 87. Valentini, M., & Parati, G. (2009). Variables influencing heart rate. *Progress in cardiovascular diseases*, 52(1), 11-19.
 88. Westmattmann, D., Grotenhermen, J.-G., Sprenger, M., Rand, W., & Schewe, G. (2021). Apart we ride together: The motivations behind users of mixed-reality sports. *Journal of Business Research*, 134, 316-328.

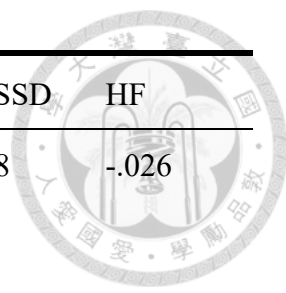
- 
89. Wilkins, E. J., Van Berkel, D., Zhang, H., Dorning, M. A., Beck, S. M., & Smith, J. W. (2022). Promises and pitfalls of using computer vision to make inferences about landscape preferences: Evidence from an urban-proximate park system. *Landscape and Urban Planning*, 219, 104315.
90. Winters, M., Brauer, M., Setton, E. M., & Teschke, K. (2010). Built environment influences on healthy transportation choices: bicycling versus driving. *Journal of urban health*, 87, 969-993.
91. World Health Organization, t. (2010). *Global recommendations on physical activity for health*: World Health Organization.
92. Yang, Y., Wu, X., Zhou, P., Gou, Z., & Lu, Y. (2019). Towards a cycling-friendly city: An updated review of the associations between built environment and cycling behaviors (2007–2017). *Journal of Transport & Health*, 14, 100613.
93. Yeh, H.-P., Stone, J. A., Churchill, S. M., Brymer, E., & Davids, K. (2017). Physical and emotional benefits of different exercise environments designed for treadmill running. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(7), 752.
94. Zube, E. H., Sell, J. L., & Taylor, J. G. (1982). Landscape perception: research, application and theory. *Landscape planning*, 9(1), 1-33.

附錄一 自行車道景觀特徵與心率、心率變異相關分析彙整表

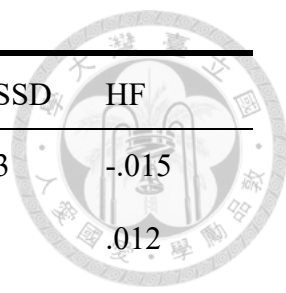
特徵（個數）	HR	SDNN	TP	RMSSD	HF
Car (474)	-.044	.072	.020	.147**	.067
Driving (804)	-.061	.053	.035	.129***	.141***
Mode of transport (1412)	.044	-.043	-.029	-.091***	-.102***
Motor vehicle (1177)	-.032	-.108***	-.088**	-.043	-.040
Tire (597)	.033	.156*	.127*	.034	.044
Traffic (1053)	-.054	.098**	.101**	.143***	.188***
Transport (3561)	-.020	.021	.012	.048**	.062***
Vehicle (382)	.092	-.112*	-.101*	-.208***	-.283***
Asphalt (4000)	.018	-.019	-.012	-.045**	-.059***
Highway (4000)	-.087***	.129***	.147***	.081***	.115***
Intersection (256)	-.123*	.091	.080	.252***	.283***
Lane (4000)	-.005	-.023	.004	-.011	.009
Line (2118)	.030	-.014	-.005	-.014	-.007
Path (1166)	-.047	-.004	-.007	.039	.019
Road (4000)	.023	-.011	-.004	-.011	-.006
Road surface (4000)	.023	-.011	-.004	-.011	-.006
Shoulder (3822)	-.036*	.050*	.059***	.065***	.054***
Slope (2862)	-.065***	.124***	.109***	.084***	.079***
Soil (1426)	-.038	-.003	-.007	-.004	.001
Street (2891)	.048**	-.054**	-.048**	-.089***	-.069***



特徵 (個數)	HR	SDNN	TP	RMSSD	HF
Tar (3184)	-.005	.072***	.064***	.016	.036*
Thoroughfare (3888)	.023	-.011	-.004	-.012	-.006
Land lot (806)	.053	.001	.007	-.035	-.008
Logo (2463)	-.038	-.001	-.004	.007	-.002
Sign (3252)	-.025	.011	.004	.012	.006
Signage (3692)	-.063***	.069***	.052**	.080***	.063***
signaling device (454)	.095*	-.202***	-.196***	-.207***	-.197***
Street sign (822)	-.056	-.006	-.010	.002	-.009
Traffic sign (411)	-.002	.235***	.197***	.098*	.111*
Cloud (3971)	.023	-.011	-.004	-.011	-.006
Cumulus (2445)	.032	.013	.008	-.034	-.023
Dusk (234)	.374***	-.609***	-.541***	-.494***	-.476***
Evening (286)	.119*	-.225***	-.184**	-.150*	-.147*
Light (549)	.067	-.031	-.015	-.037	-.024
Morning (1418)	.035	-.012	-.002	-.012	-.005
Sky (4000)	.023	-.011	-.004	-.011	-.006
Horizon (2336)	.039	.084***	.052*	.037	.035
Mountain (1761)	-.106***	.143***	.119***	.175***	.138***
Mountain range (664)	.013	.122**	.067	.057	.036
Ecoregion (658)	.061	.008	.013	-.032	-.005
Landscape (3691)	-.055***	.185***	.151***	.164***	.132***



特徵 (個數)	HR	SDNN	TP	RMSSD	HF
Natural environment (354)	.086	.010	.015	-.058	-.026
Natural landscape (3636)	-.017	.042*	.043**	.054**	.042*
Nature (1434)	.039	-.013	-.003	-.017	-.008
Arecales (810)	.037	.085*	.021	-.034	-.018
Grass (1257)	.003	-.085**	-.075**	-.019	-.037
Palm tree (1166)	-.052	.145***	.115***	.085**	.096***
Plant (3442)	-.020	.037*	.030	.036*	.012
Terrestrial plant (1022)	.040	.006	.010	.009	.002
Tree (3521)	-.017	.019	.006	.087**	.031
Vegetation (585)	.052	.008	.013	.013	.004
Woody plant (614)	.052	.005	.010	.010	.001
Biome (896)	.045	.005	.010	.008	.001
City (781)	.029	-.108**	-.105**	-.115**	-.105**
Suburb (511)	-.059	.038	.015	.028	.015
Urban design (1909)	-.031	.044	.027	.053*	.044
Advertising (3818)	-.012	.017	.036*	-.011	.009
Building (471)	-.061	.085	.073	.096*	.068
Electricity (808)	-.158***	.233***	.214***	.250***	.231***
House (267)	.020	-.058	-.076	-.030	-.043



特徵 (個數)	HR	SDNN	TP	RMSSD	HF
Infrastructure (3089)	.030	.004	.005	-.033	-.015
Light fixture (924)	-.046	.021	.007	.023	.012
Lighting (491)	.068	-.043	-.023	-.041	-.021
Noubuilding structure (3663)	-.024	.011	.004	.011	.006
Overhead power line (736)	-.163***	.300***	.277***	.232***	.208***
Pole (1246)	.019	-.144***	-.099***	-.083**	-.078**
Public utility (1203)	.008	-.091**	-.063*	-.053	-.045
Street light (2674)	-.021	.038	.049*	.020	.039*

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

附錄二 實驗招募文宣



運用人工智能探討單車景觀對生心理效益之影響

The Influence of Landscape on Cyclist's Psychological and Physiological Health Using Artificial Intelligence

實驗目的

- 運用人工智能分析自行車道環境特徵，並比較不同景觀元素對騎乘者放鬆程度之影響。

時間地點

- 實驗地點：國立臺灣大學校總區-臺大園藝系轉殖溫室旁實驗室
- 招收時間：2023/07/15(六)~2023/09/01(五)
- 招收人數：90人

實驗流程

- 配戴本實驗提供之AppleWatch、HRV心跳帶
- 室內騎行10公里，約30分鐘，並在期間作答簡短問項。

參與條件

- 20~60歲，身體、心理健康狀況良好。
- 可單手騎行且具騎行30分鐘以上之能力。
- 視聽能力正常，非色盲可辨識紅色與綠色。
- 無大腦損傷、腦神經疾病、心血管疾病等病史。
- 無精神疾病的病史。
- 非妊娠和哺乳期間。

參與回饋

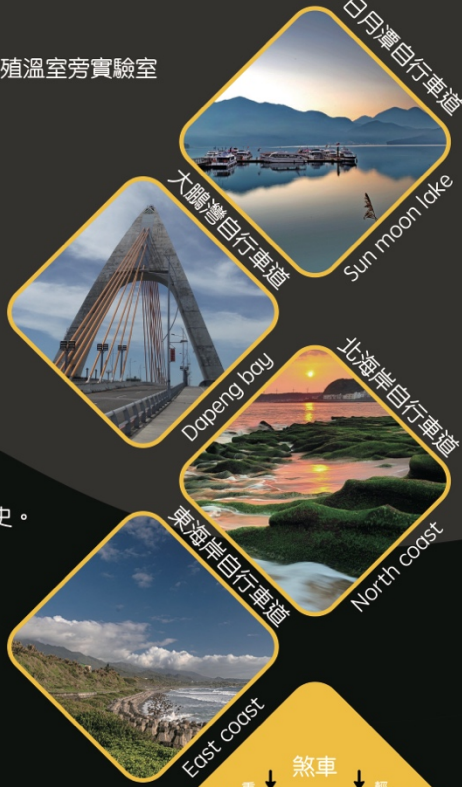
- 完成實驗後，將提供統一超商商品卡300元。



TEL:0988 057 840
Mail:r10628314@g.ntu.edu.tw

國立臺灣大學園藝暨景觀學系-健康景觀研究室
指導教授：張俊彥 博士
碩士班學生：鄭靖騰





附錄三 實驗流程圖&注意事項說明



附錄四 實驗問卷



路線 日期： 受測者編號：

您好，非常歡迎並感謝您參與本研究實驗。

本研究目的為探討自行車道環境的景觀特徵對騎乘者生理(心率、心律變異)和心理(情緒、幸福感)的影響，以室內騎行結合穿戴式裝置 (Apple watch、HRV 心跳帶) 的方式收集受測者騎行體驗當下的生心理資料，透過您的參與，我們將能對建構友善自行車道環境的健康指標提出證據，並可提供騎乘者騎行路線的選擇，藉以促進騎行時的健康效益。

本問卷所有資料僅供學術研究使用，處理過程皆為匿名，絕對不會公開個人內容，請您放心填寫。
再次感謝您的參與，祝您有個美好的體驗。

國立臺灣大學園藝暨景觀學系 健康景觀研究室

指導教授：張俊彥 博士

研究生：鄭靖騰 敬上

A.基本資料

1.性別：☐ 男；☐ 女

2.出生年：西元 年

3.身體質量指數 BMI：

4.過去一個月，是否有規律運動（包含騎單車）？ ☐ 否(請忽略 4.2、4.3 題)；☐ 是(請繼續作答)

4.2 過去一個月，超過 30 分鐘的運動次數為 次

4.3 過去一個月，最長的運動持續時間為 小時 分鐘

5.過去一個月，超過 30 分鐘的騎行次數為 次

6.過去一個月，最長的騎行持續時間為 小時 分鐘

7.請問您平時主要使用的單車類型（單選）？ ☐ 城市車；☐ 公路車；☐ 登山車；☐ 越野車；

☐ 斜躺車；☐ 折疊車；☐ 共享單車；☐ 其他

7.2 承上題，是否為彎把車？ ☐ 否；☐ 是

*BMI=體重 (Kg) /身高² (m²)

B.實驗紀錄 (實驗操作人員填寫)

	實驗前 (量測時間 :)	實驗後 (量測時間 :)
心跳		
血氧		
脈搏		
收縮壓		
舒張壓		

HRV 心跳帶編號：

騎行體驗開始時間 : / 騎行體驗結束時間 :

附錄五 知情同意書



國立臺灣大學研發處版權所有 Copyrights© All rights reserved
2013 年 8 月 30 日國立臺灣大學行為與社會科學研究倫理委員會第 21 次會議通過

國立臺灣大學行為與社會科學研究倫理委員會 研究參與者知情同意書

歡迎您參與本研究！此份文件名為「研究參與者知情同意書」，它將詳述您本研究之相關資訊及您的權利。在研究開始進行及您簽署本同意書之前，研究主持人或研究人員會為您說明研究內容，並回答您的任何疑問。

研究計畫名稱

中文：公園景觀健康？建構心、腦、氣與景觀環境參數的評估系統

英文：Healthy Park Healthy People? Evaluate the Healthy Benefits of Park Landscapes by the Responses of Heart, Brain, and Qi

研究機構名稱：國立台灣大學園藝暨景觀學系

經費來源：中華民國國家科學及技術委員會 National Science and Technology Council / 公園景觀健康？建構心、腦、氣與景觀環境參數的評估系統計畫

研究計畫主持人：張俊彥

職稱：教授

研究計畫協同主持人：

職稱：

(多位共同/協同主持人之計畫，請將資料填寫完整)

※研究計畫聯絡人：葉昂

電話：(02)3366-4859

一、研究目的：(請以研究參與者能理解之方式，說明本研究之內容)

本研究計畫結合人工智慧、穿戴式生心理即時數據資料回饋系統及神經影像學技術，建構整體性之公園綠地健康指標，藉以回應在疫情衝擊下如何調適健康因子。運用 Google Vision AI 技術判讀 Google 街景照片，同時，採用空照圖做為輔助篩選與建立景觀影像資料庫之依據。

本三年期研究計畫經挑選台北市 30 處公園綠地進行現地研究，利用本研究室所開發 Health Cloud 應用程式，使用手機和手錶穿戴裝置，追蹤收集使用者生心理及環境即時資訊。

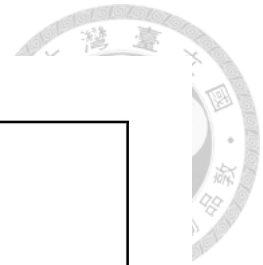
二、參與研究之條件與限制：(研究參與者之納入或排除條件)

納入條件

預計藉由網路問卷方式或現地招收方式邀請符合以下條件參加：

您必須符合以下所有條件方能參加本研究：

- (1) 20 歲~60 歲，且身體、心理健康狀況良好
- (2) 受試期間非妊娠及非哺乳期間
- (3) 視力及聽力正常，非色盲可辨識紅色與綠色



排除條件

若有下列任何情況者，不能參加本研究：

- (1) 過去有大腦損傷、腦神經疾病、心血管疾病等病史
- (2) 過去有精神疾病的病史

三、研究方法與程序：(含研究方法、研究流程、預計招募之參與者總人數、以及研究參與者所需付出之時間)

本實驗將為實驗室進行模擬現地體驗實驗，實驗步驟包含簡介研究計畫及實驗流程、知情同意書閱讀及簽署、穿戴裝置配戴教學、體驗前生心理數據測量、模擬現地體驗、回收穿戴裝置以及體驗後生心理數據測量。

於開始前，先簡介本次計畫目的及實驗流程，內容包含本次研究計畫摘要、計畫主持人和操作人員介紹以及現地實驗步驟。確認受測者了解研究內容後，向其解說知情同意書內容，確保受測者了解實驗參與者之權益、風險和注意事項，同意後簽署知情同意書。

模擬現地體驗前，向受測者解說如何配戴穿戴式裝置以及使用注意事項，並索取受測者之證件作為抵押。待確認測量器材正常運行且受測者了解使用方式後，進行體驗前生心理數據測量，包含心率、血氧濃度、心跳變異率、血壓等生理數值前測；生理數值測量完後，填寫紙本心理問卷測量受測者當下的心理健康指標（包含：感知恢復力5題、壓力知覺量表10題、景觀偏好8題、情緒問卷4題、生活滿意度評估5題、UCLA寂寞量表20題、Lubben社交網路量表6題、自然連結度量表1題、生物多樣性4題、心流體驗量表14題、NASA-TLX量表6題、定位策略11題、路線策略6題及方向感量表15題，共115題）以及相關背景問項，包含性別、出生年份、教育程度、系所年級及運動頻率。

請受測者進行指定環境之現地模擬體驗，於體驗過程中隨時紀錄其心率以及即時環境資訊，並於固定時間間隔藉由手錶發放心理問卷測量受測者當下的心理狀態。

待模擬現地體驗後，回收穿戴式裝置，並歸還證件。於休息期間，填寫紙本「環境氣量表23題、親生命性量表28題、感知恢復力5題、景觀偏好9題、情緒問卷4題、生活滿意度評估5題、UCLA寂寞量表20題、Lubben社交網路量表6題、自然連結度量表1題、生物多樣性4題、心流體驗量表14題、NASA-TLX量表6題、定位策略11題、路線策略6題及方向感量表15題，共157題。待完成問卷後，進行心率、血氧濃度、心跳變異率、血壓等生理數值後測。約耗時1小時20分。

第二年度，新增模擬現地體驗實驗作為輔助現地行走之穿戴式裝置實驗；因此，穿戴式裝置實驗和模擬現地體驗實驗預計1000人。第三年度穿戴式裝置實驗受測者和模擬現地體驗實驗與共計800人。

四、參與研究時之禁忌、限制及應以配合事項：(含研究中對參與者的各項限制，及研究參與者可能需自行負擔之相關費用等，若無亦請註明。)

1. 執行都市公園綠地模擬現地體驗實驗時，受測者應注意其配戴裝置運行順暢，若遇狀況，應及時回報研究人員。
2. 除了回答問卷外，不應更動裝置設定，也盡可能避免使用自己的手機。
3. 以當下體驗為主，盡量放輕鬆。



五、研究潛在風險、發生率及救濟措施：(請說明 1. 對研究參與者有潛在之生理、心理、或個人資訊保密上之風險，或可能產生的任何不適；2. 風險發生率；3. 降低風險與保護研究參與者之方法；4. 風險發生時之處理措施。)

本研究不涉及藥品或醫療技術及器材，功能性磁共振造影對您也不會有任何副作用或危險。只有極少數的人會因關閉在磁場內而產生恐慌，或因躺臥太久而感到不適，若遇上述情況您可隨時按下手邊按鈕告知實驗操作人員，實驗操作人員將會立即中止實驗，並提供適當的協助。若因實驗時間冗長，讓您身心感到不適，請隨時與研究主持人或其他研究人員連絡，尋求說明或協助。您也可隨時提出退出本研究，我們將會尊重您意願。

六、研究效益與對研究參與者之益處：(1. 研究之科學效益；2 對研究參與者之益處，包含給予之車馬費或禮品，以及參與者中途退出之計算方式等，若無亦請註明。)

本研究以模擬方式探討都市公園綠地實體環境對生理及心理影響，實驗純為學術性研究，僅藉由非侵入性儀器測量生心理數值，將不對身體健康狀況進行醫療性評斷。依照不同體驗時長，於完成實驗後，將提供您台幣150至600元車馬費以感謝您的協助。本研究並無任何商業利益，研究參與者若因任何個人原因中途退出或終止實驗，將不給予車馬費，但仍可依據參與者當日實際交通費用執收據照價全額補助。

七、研究可能衍生的商業利益及其拓展應用之約定：(若無亦請註明。)

本研究並無任何商業利益。

八、研究材料保存期限、運用規劃及機密性：(含 1. 研究材料之保存期限、保存方式、運用規劃；2. 涉及可辨識之個人資訊如身分紀錄和隱私資料之機密性，及其保護與處置材料之方式。)

研究計畫主持人不會參與實驗受測者之招募與相關行為，由計畫聯絡人招募受測者，並且本研究將依法把任何可辨識您身分之紀錄與您個人隱私之資料視同機密處理，絕對不會公開，在受測者背景數據中僅顯示受測者編號與性別。研究檔案將保存於國立台灣大學園藝暨景觀學系造園館 204 室之檔案保存箱，僅有研究人員擁有取得權限，直至西元 2026 年 12 月 31 日止，屆時將立即以碎紙機方式銷毀檔案資料。

研究計畫主持人不會參與實驗招募相關行為，且本研究將依法把任何可辨識您身分之紀錄與您個人隱私之資料視同機密處理，絕對不會公開。將來發表研究結果時，您的身份將被充分保密。凡簽署了知情同意書，即表示您同意各項原始紀錄可直接受監測者、稽核者、研究倫理委員會及主管機關檢閱，以確保研究過程與數據，符合相關法律和各種規範要求；上述人員承諾絕對維繫您身分之機密性。

九、損害補償或保險：(含研究參與者之法定權益受損時之補償責任，若無亦請註明。)

無。

(一) 本研究依計畫執行，除可預期之不良事件外，若因參與本研究而發生不良事件或損害，將由計畫主持人負補償責任。以雙方協議方式作為補償。除前述之補償原因與方式外，本研究不提供其他形式之補償。

(二) 您簽署本知情同意書後，在法律上的任何權利不會因此受影響。



十、研究之退出方式及處理：

您可以自由決定是否參加本研究，也可以隨時撤回同意或退出研究。拒絕參加或中途退出實驗，將不會引起任何不愉快或影響日後研究計畫主持人對您的評價，更不會損及您的任何權利。若因任何受測者個人因素未完成實驗，將不給予全額車馬費（模擬現地體驗實驗全額車馬費依照研究時長而定，介於 150-600 元新台幣）。撤回同意或退出研究可透過口頭說明、電話聯絡、email、通訊軟體等方式告知研究者，即可退出研究。若因研究計畫主持人或研究計畫贊助或監督單位於必要時中止該研究之進行，則將照例給予受測者全額車馬費（模擬現地體驗實驗全額車馬費依照研究時長而定，介於 150-600 元新台幣）。

十一、研究參與者權利：

- (一) 本研究已經過國立臺灣大學行為與社會科學研究倫理委員會審查，審查內容包含利益與風險評估、研究參與者照護及隱私保護等，並已獲得核准。委員會係依規範運作，並通過中央目的事業主管機構查核認證之審查組織。若您於研究過程中有任何疑問，或認為權利受到影響、傷害，可直接與國立臺灣大學研究倫理中心聯絡，電話號碼為：
(02)3366-9956、(02)3366-9980。
- (二) 研究計畫主持人或研究人員已經妥善地向您說明了研究內容與相關資訊，並告知可能影響您參與研究意願的所有資訊。若您有任何疑問，可向研究人員詢問，研究人員將真實回答。
- (三) 研究計畫主持人已將您簽署之一式兩份同意書其中一份交給您留存。

十二、研究計畫主持人/研究人員簽名

研究計畫主持人或研究人員已詳細解釋有關本研究計畫中上述研究方法的性質與目的，以及可能產生的危險與利益。

研究人員簽名：_____

日期：____年____月____日

十三、研究參與者簽名同意

本人已詳細瞭解上述研究方法及其可能的益處與風險，有關本研究計畫的疑問，已獲得詳細說明與解釋。本人同意成為本研究計畫的自願研究參與者。

研究參與者簽名：_____

日期：____年____月____日



Árnason, A., Hafsteinsson, S. B., Grétarsdóttir, T., Schram, K., & Kjartansdóttir, K. (2015). Speeding Towards the Future through the Past: Landscape, Movement and National Identity. *Landscape Research*, 40(1), 23-38.

- Thus while movement clearly is important to how people relate to the landscape, different forms of movement afford different relationships and different experiences.

Buehler, R., & Dill, J. (2016). Bikeway networks: A review of effects on cycling. *Transport reviews*, 36(1), 9-27.

- Stated- and revealed-preference studies suggest a hierarchy of cyclist and non-cyclist preferences may exist, favoring separate paths and/or lanes over cycling in roadways with motorized traffic particularly with high volumes of fast-moving motorized traffic.
- Among bike facilities, cyclists and non-cyclists seem to prefer physically separated bike paths or cycle tracks to bike lanes or wide shoulders on roadways.
- When riding on roadways with motorized traffic, cyclists seem to prefer traffic-calmed residential neighborhood streets, lower car traffic volumes, slower car traffic speeds, and roadways without car parking. While this hierarchy of preferences was confirmed in surveys of cyclists in general and inexperienced or more risk-averse cyclists in particular, some experienced cyclists reported a preference for riding in traffic with cars over cycling on separate facilities. Revealed- and stated-route-choice studies indicate that intersections have negative effects on the cycling experience, but that certain characteristics can offset this,

such as having a signal when motorized traffic volumes are high. A handful of studies indicate that cyclists value bicycle-specific traffic control devices at intersections, such as bike boxes, bike traffic signals, and bicycle signal activation.

The limited empirical research on networks indicates the value of measuring networks, rather than just individual link characteristics.

Chen, J., Chen, L., Li, Y., Zhang, W., & Long, Y. (2023). Measuring physical disorder in urban street spaces: a large-scale analysis using street view images and deep learning. *Annals of the American Association of Geographers*, 113(2), 469-487.

- Conventional measurements of physical disorder rely heavily on systematic social observations (SSOs) or neighborhood audits, which are expensive, time-consuming, and sometimes dangerous; thus, they are usually limited in both geographic and temporal coverage. In addition, potential bias exists when different auditors observe the same space, as they assess the environment based on what they visually observe, which might not reflect the objective physical environment. Due to the rapid development of online mapping services, street view images (SVIs) that record the urban landscape along streets have become publicly accessible, providing an alternative approach for auditing physical disorder. As a new type of data source, the SVIs not only break through spatial-temporal limitations, but also provide abundant information on urban street landscapes and have been used in virtual auditing studies.
 - The development of high-performance computing systems and the availability of large-scale annotated data sets offers a new opportunity for the large-scale,
-

automated processing of SVIs using deep learning algorithms. Convolutional neural networks, as classic deep neural networks, can be trained for feature extraction of an SVI and then effectively identify elements in the street space, including but not limited to sidewalks, vehicles, buildings, and green plants.

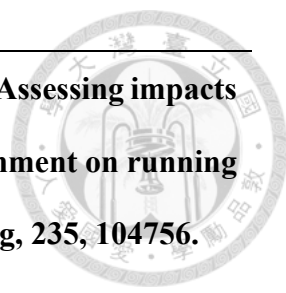
Cole-Hunter, T., Donaire-Gonzalez, D., Curto, A., Ambros, A., Valentín, A., Garcia- Aymerich, J., Jerrett, M. (2015). Objective correlates and determinants of bicycle commuting propensity in an urban environment. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 40, 132-143.

- Physical activity is associated with myriad mental and physical health benefits. Insufficient physical activity may result in cardio-metabolic conditions such as obesity, diabetes, and high blood pressure which rank as leading causes of death and disability globally. An urban environment can facilitate the incorporation of regular physical activity into daily routines, such as with active transport, increasing physical activity levels. Moreover, a substantial population shift from motorised to active transport modes may reduce emissions and improve air quality, while also reducing traffic accidents, bringing greater environmental and public health benefits.
 - Previously, perceptions have been found to be more important predictors of travel behaviour than objective measures of the same environmental characteristics. McGinn and associates (McGinn et al., 2007) found both to be significant, but varying in magnitude. Both objective and perceived measures of the built environment are likely to factor into the valuation of travel modes and resulting decisions about how to travel.
-

Cook, M., & Edensor, T. (2017). Cycling through dark space: Apprehending landscape otherwise. *Mobilities*, 12(1), 1-19.

- By conceiving all landscapes as vital, always in formation, sedentarist notions that landscape can be visually apprehended at a distance by a knowing, gazing subject can be refuted. The mobile experiences we discuss here reveal that visual perception goes well beyond the consumption of the objectified spectacle or ‘static pictorialism’ (Merriman et al. Citation2008, 192), and indeed, greatly depends on the qualities of light (and dark) that suffuse the landscape. Besides foregrounding the distinctive visual experience of the nocturnal landscape while mobile, we exemplify the entanglement of sound and touch with the experience of looking.
 - As Ingold insists, our understanding of space ‘undergoes continuous formation’ as we move through it (Citation2000, 230) – and in this sense, the cyclist moves with the landscape (Adey Citation2010). Cycling does not afford the distanced observation of a romantic gaze (Urry Citation2002), since the cyclist continuously confronts an emerging landscape and must attend to the near-at-hand to ensure safe progress, unlike the rail or bus passenger, for instance, paying particular attention to road surfaces and obstacles that would be irrelevant for car drivers.
-

Dong, L., Jiang, H., Li, W., Qiu, B., Wang, H., & Qiu, W. (2023). Assessing impacts of objective features and subjective perceptions of street environment on running amount: A case study of Boston. *Landscape and Urban Planning*, 235, 104756.



- In prior running environment studies, the macro scale built environment (BE) were mostly investigated to explain the impacts of objective indicators on running behaviors. However, less has been discussed from eye-level SE, and subjective perceptions have been even ignored.
 - Although most of the prior running studies measured the street features using the conventional methods, the wide use of SVI data has provided relatively easy and remote access to abundant eye-level objective data from human perspectives. SVI data is open-sourced and more efficient and accurate at large geographic scales, which has been proved reliable.
 - The improvement of computer vision (CV) allows an accurate and efficient process of extracting visual features from a large number of SVIs automatically. The mentioned technologies have been widely implemented to study physical activity such as walkability and bikeability.
-

Flowers, E. P., Freeman, P., & Gladwell, V. F. (2018). Enhancing the acute psychological benefits of green exercise: An investigation of expectancy effects. *Psychology of sport and exercise*, 39, 213-221.

- A growing body of evidence suggests that greater physiological and psychological benefits occur if exercise takes place in a natural environment. Although a number of theories have been proposed, such as the Biophilia Hypothesis (Wilson, 1984) and Attention Restoration Theory (Kaplan & Kaplan, 1989), the mechanisms for the additional psychological benefits of green exercise compared to urban/indoor exercise are still unclear.

Gerstenberg, T., Baumeister, C. F., Schraml, U., & Plieninger, T. (2020). Hot routes in urban forests: The impact of multiple landscape features on recreational use intensity. *Landscape and Urban Planning*, 203, 103888.

- Comparing the contribution of landscape features to cyclists' and pedestrians' use intensity revealed differences in the order of feature importance. For pedestrians, water bodies were far more important than for cyclists. This may be explained by cyclists using routes to commute between destinations, covering larger distances, and looking for sporting challenges.
-

Ghermandi, A., Depietri, Y., & Sinclair, M. (2022). In the AI of the beholder: A comparative analysis of computer vision-assisted characterizations of human-nature interactions in urban green spaces. *Landscape and Urban Planning*, 217, 104261.

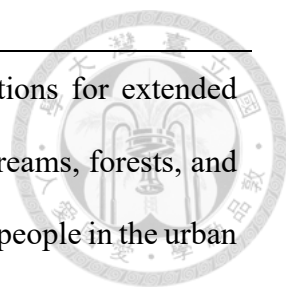
- Previous studies have frequently relied on manual classification of image content. Such approach is however impractical for large databases. Recent studies thus increasingly turn to computer vision in artificial intelligence for automated image content analysis. In such analyses, pre-trained models from commercial cloud services are generally used to label photographs with content-related machine tags. The machine tags are then frequently used to cluster photographs, either based on the subject's theme, the cultural ecosystem services they reflect, or the natural sites under investigation based on shared typologies of human-nature interactions.
 - Among the best-known commercial providers that offer image recognition capabilities, one may count Google Cloud Vision, Clarifai, Microsoft Azure Computer Vision.
 - Among the various options, those most frequently explored in assessments of landscape aesthetics and cultural ecosystem services are Google Cloud Vision.
-

Ito, K., & Biljecki, F. (2021). Assessing bikeability with street view imagery and computer vision. *Transportation research part C: emerging technologies*, 132, 103371.

- previous studies face various issues, such as slow data collection process, the balance between subjectivity and objectivity of data, lack of street-level information, and standardization of spatial granularity.
- The recent availability of street view imagery (SVI) has yielded opportunities for new approaches to urban studies, enabling a wealth of images from the pedestrian and cyclist perspective that may be used to assess walkability and bikeability and that is available remotely.
- In parallel, developments in computer vision (CV) have catalyzed the means to process the profusion of photos automatically and efficiently. They have already been utilized for assessing walkability. SVI and CV are not entirely new to bikeability either. For example, studies by Tran et al., 2020, Gu et al., 2018 have used CV and SVI to assess particular aspects of bikeability.

Kaplan, S. (1995). The restorative benefits of nature: Toward an integrative framework. (15).

- Directed attention plays an important role in human information processing; its fatigue, in turn, has far-reaching consequences. Attention Restoration Theory provides an analysis of the kinds of experiences that lead to recovery from such fatigue. Natural environments turn out to be particularly rich in the characteristics necessary for restorative experiences.
-

-
- 
- Being away. Natural settings are often the preferred destinations for extended restorative opportunities. The seaside, the mountains, lakes, streams, forests, and meadows are all idyllic places for ‘getting away’. Yet for many people in the urban context, the opportunity for getting away to such destinations is not an option. However, the sense of being away does not require that the setting be distant. Natural environments that are easily accessible thus offer an important resource for resting one’s directed attention.
 - Nature is certainly well-endowed with fascinating objects, as well as offering many processes that people find engrossing. Many of the fascinations afforded by the natural setting qualify as ‘soft’ fascinations: clouds, sunsets, snow patterns, the motion of the leaves in the breeze-these readily hold the attention, but in an undramatic fashion. Attending to these patterns is effortless, and they leave ample opportunity for thinking about other things.
 - In the distant wilderness, extent comes easily. But extent need not entail large tracts of land. Even a relatively small area can provide a sense of extent. Trails and paths can be designed so that small areas seem much larger. Miniaturization provides another device for providing a feeling of being in a whole different world, though the area is in itself not extensive. Japanese gardens sometimes combine both of these devices in giving the sense of scope as well as connectedness. Extent also functions at a more conceptual level. For example, settings that include historic artifacts can promote a sense of being connected to past eras and past environments and thus to a larger world. Compatibility. The natural environment is experienced as particularly high in compatibility. It is as if there
-

were a special resonance between the natural setting and human inclinations. For many people, functioning in the natural setting seems to require less effort than functioning in more 'civilized' settings, even though they have much greater familiarity with the latter (Cawte, 1967; Sacks, 1987).

Kaplan, R., & Kaplan, S. (1989). The experience of nature: A psychological perspective: Cambridge university press.

- Water provides an excellent example of an aspect of the natural environment that is highly preferred. Though water seems to be an attractive element, it is also the relationship of the water to its surroundings that is important in the preference. It is, thus, meaningful to examine not only the specific "things" or elements or contents of the natural environment that are preferred but also the relationship among these elements. A landscape is more than the enumeration of the things in the scene. A landscape also Kaplan, R., & Kaplan, S. (1989). The experience of nature: A psychological perspective: Cambridge university press.
 - Preference is intimately tied to basic concerns. We see preference as an expression of underlying human needs. Preference can be expected to be greater for settings in which an organism is likely to thrive and diminished for those in which it may be harmed or rendered ineffective. Thus humans, like other animals, are far more likely to prefer a setting in which they can function effectively.
-

Lu, Y., Yang, Y., Sun, G., & Gou, Z. (2019). Associations between overhead-view and eye-level urban greenness and cycling behaviors. *Cities*, 88, 10-18.

- The inconsistency in the evidence of the effects of urban greenness on cycling behavior can be attributed to varying estimate techniques, scales, unit of analysis for urban greenness. Exposure to urban greenness can often be assessed either subjectively or objectively. Subjective assessment captures resident's perception of urban greenness, such as quantity and quality, using methods such as questionnaires and interviews. However, subjective assessment of urban greenness is prone to recall bias or social desirability bias. Objective assessment often calculates the quantity of urban greenness based on land use datasets or satellite imagery and avoids the bias of self-report methods. In addition, objective methods can collect data efficiently regarding manpower and cost.
 - GSV images provide panoramic streetscape images in many global cities. Those streetscape images were captured by cars or people moving along streets, hence bear a close resemblance to what cyclists see on streets. The amount of street greenness extracted from GSV images, can accurately represent the perceived greenness for cyclists. GSV has been validated as reliable and free data for evaluating general neighborhood environments, urban greenness, or urban open spaces.
-

Russell, J. A., & Pratt, G. (1980). A description of the affective quality attributed to environments. *Journal of personality and social psychology*, 38(2), 311.

- Where eight variables fall on a circle in a two-dimensional space in a manner analogous to points on a compass. The horizontal (east-west) dimension in this spatial metaphor is the pleasure- displeasure dimension, and the vertical (north-south) dimension is arousal-sleep. The remaining four variables do not form independent dimensions, but help to define the quadrants of the space. Excitement need not be defined as an approximate north or as an approximate east; it can be defined precisely as falling at a point in the northeast, the combination of high pleasure and high arousal. Excitement's bipolar opposite, depression, is then defined as a point in the southwest. Distress and its opposite, contentment, similarly form a bipolar dimension (northwest vs. southeast). All other affect terms would be similarly defined as vectors originating from the origin of the space.

Ulrich, R. S. (1981). Natural versus urban scenes: Some psychophysiological effects. *Environment and behavior*, 13(5), 523-556.

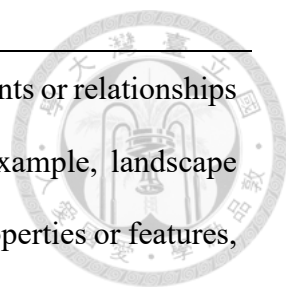
- Compared to the influences of the urban slides, exposures to the two nature categories--especially water had more beneficial influences on psychological states.
- Based on the results from the previous study and the findings of this investigation, it is reasonable to propose tentatively that people benefit most from visual contact with nature, as opposed to urban environments lacking nature, when they are in states of high arousal and anxiety. For individuals experiencing stress or excessive

arousal, nature views appear to reduce arousal more effectively than urban scenes, and hence are more beneficial in a psychophysiological sense.

- Heart activity is an objective indicator of states of psychophysiological arousal or activation. Strong emotions, such as marked anxiety or fear, are associated with high heart rate and increases in blood pressure.

Zube, E. H., Sell, J. L., & Taylor, J. G. (1982). Landscape perception: research, application and theory. *Landscape planning*, 9(1), 1-33.

- To provide a framework for examination of the research, we use a model in which landscape perception is considered as a function of the interaction of humans and the landscape. The human component encompasses past experience, knowledge, expectations and the socio-cultural context of individuals and groups. The landscape component includes both individual elements and landscapes as entities. The interaction results in outcomes which in turn affect both the human and landscape components.
 - The human concept refers to the implicit or explicit assumptions about the nature of humanity, or that feature of humanity that is appealed to in a particular interaction with the Landscape. As examples, people may be referred to on a physiological level as responders to environmental stimuli; others approach humans on a cognitive level as thinkers imposing their value structures or ideals of artistic composition on their assessments of landscapes. The human concept, as referred to here, is not simply the nature of that facet of humanity that interacts with, the landscape, but also the nature of the interaction itself.
-

-
- 
- Landscape properties refer to those tangible or intangible elements or relationships in the landscape that are important to the interaction. For example, landscape inputs may be viewed as composition and form, as physical properties or features, as scale, complexity, naturalism or gestalt; but always viewed from the perspective of the perceptual interaction. In landscape assessment, those properties of the landscape that can be seen as influencing the nature of the interaction and its outcomes are the obvious targets of environmental management. Important to the practical problem of how to modify environments to optimize desired outcomes is the degree to which pertinent tangible elements of the landscape can be identified.
 - Interaction outcome refers to the product which emerges from the human-landscape perceptual interaction. As with the human and landscape elements, outcome must be viewed in its interactional context and may be either tangible (e.g. a state of physical change such as a farm field) or intangible (e.g. a state of mind such as a feeling of satisfaction or personal achievement). The outcomes, in turn, feedback to affect both human and landscape inputs to the interaction. From a management perspective, it is perhaps most useful to view interaction outcome as the goals to be achieved in human-landscape interaction.
-