

從綠色到綠洲—從消費者的環保視角探討 智慧油電機車的市場接受度

張四薰¹ 吳國鳳^{2*} 邱皓政³ 蔡偉澎⁴

摘 要

本研究擬探究智慧油電機車市場接受度的環保視角，探討消費者如何在追求環保的「綠色」技術和追求理想「綠洲」產品之間，做出折衷。概念化「綠色」為環保、永續和環境友善的選擇，而「綠洲」則表示消費者對能夠滿足所有需求和願望的理想產品的期望。本研究以計畫行為理論為基礎建立模型，考量消費者的知覺價值、環保意識與價值觀，深入分析其與環保消費行為和智慧油電機車購買意願之間的關聯。研究透過在臺灣地區進行的問卷調查，從415名機車使用者中收集資料以驗證模型。

研究結果顯示，知覺形象價值和知覺產品價值對智慧油電機車購買意願有顯著正向影響，並且發現環保意識和價值觀在知覺價值和智慧油電機車購買意願之間具有中介效果。亦發現雖然消費者普遍認同環保的價值，但並未完全轉化為智慧油電機車購買意願的重大購買落差。說明在推動智慧油電機車市場的同時，需要更全面地瞭解消費者的願望和顧慮，尋找「綠色」和「綠洲」之間的理想平衡點。

本研究不僅為理解消費者對智慧油電機車購買意願提供深刻的洞察，也為業者和政策制定者提供重要的策略指南，指明推動更環保選擇的可能途徑和挑戰。

關鍵詞：智慧油電機車，環保消費行為，購買意願，環保意識與價值觀，知覺價值

1. 緒 論

1.1 研究背景與動機

全球氣候變遷已成為當前最受關注的議題之一。隨著全球暖化和極端氣候事件的增加，各國政府和國際組織都在尋求減少碳排放的方法。

交通運輸領域，作為主要的碳排放源(Amin *et al.*, 2020)，其占全球溫室氣體(Greenhouse Gas, GHG)排放總量的四分之一(Bonsu, 2020)，占全球石油消費的64%及能源的27%(聯合國, 2021)。這一數據凸顯交通部門在全球碳排放中的重要地位，意味著該部門在減少碳排放中具有巨大的潛力。為實踐《巴黎協定》與可持續發展目標，全球正推動可持

¹國立臺北商業大學企業管理系 助理教授

²國立臺北商業大學企業管理系 助理教授

³國立臺灣師範大學企業管理學系 特聘教授

⁴輔仁大學金融與國際企業學系 副教授

*通訊作者，電話：02-2322-6456，電郵：kuofeng@ntub.edu.tw

收到日期: 2023年08月31日

修正日期: 2023年11月03日

接受日期: 2023年12月13日

續交通轉型，推估至2050年可節省70萬億美元的資源(聯合國，2021)台灣智慧移動產業協會(Smart Mobility Association Taiwan, SMAT)，針對電動機車目標提出2030年先達成50%(李蘇竣，2022)。

臺灣，作為一個高度工業化的島國，其交通需求和碳排放也日益增加。特別是機車，由於其便捷性和經濟性，已成為臺灣居民日常出行的主要交通工具。平均每三人就有一輛機車，作為機車密度最高的國家之一，其機車排放問題亦成為環境保護的重要課題(Environmental Protection Administration, 2020)。

然而，機車排放的污染物，如一氧化碳、二氧化硫、氮氧化物、揮發性有機物和懸浮微粒等污染物，等，對環境和人體健康造成嚴重的影響(Li *et al.*, 2017)。如何在確保居民出行便捷的同時，也能有效減少機車排放的污染？因此發展節能、低碳的交通工具是各大製造商的重要目標。

相較於傳統機車，環保或電動機車具有省油、低碳、低噪音等優點，符合當今的環保趨勢和消費者需求(Hofstetter *et al.*, 2020)。企業在面臨減少碳排放並保護環境的壓力，在生產、使用和處理過程中，對自然環境和人類健康造成最小影響的產品(Chen and Chai, 2010)。電動機車市場2021年市場規模將近460億美元，2022年至2030年間，電動機車市場預計複合年增長率為10.2%，到2030年將達到約1,095億美元(Statista, 2023)。

儘管其具有多方面的優勢，政府和企業都在積極推廣，電動機車在市場普及率仍然不高。根據統計，截至2022年6月，臺灣的電動機車登記數量約為58.3萬輛(李蘇竣，2022)，全臺超過1,426萬輛機車中，電動機車占總數不到4%(王皓宇，2022)。顯示電動機車在臺灣的普

及率相對較低。

雖然，政府也積極推動機車更新換代，鼓勵民眾購買智慧油電機車或電動機車，並提供相關補助方案(林縉明，2022)，這些政策旨在鼓勵民眾使用更環保、更節能的交通工具，從而達到減少碳排放的目標。

在此背景下，「智慧油電」技術成為機車產業的焦點，在全球受到廣泛的關注。結合油電混合動力，不僅提供更佳的燃油效率，還大幅減少都市行駛時的噪音污染，具有更長的續航里程更低的使用成本等優勢。為消費者提供兼具環保、效能和舒適性的另外選擇。

「智慧油電」是油電混合動力技術，利用電能輔助引擎的啟動、怠速和加速，達到省油、安靜及舒適的駕駛體驗。與傳統的油電混合機車相比，不僅能夠提升燃油效率，同時也大幅度減少都市行駛時的噪音污染。然而，儘管其具有多方優勢，但在臺灣的市場普及率仍然不高，顯示出消費者對於採用智慧油電機車購買意願存在一定的落差。

究竟是什麼原因造成這種落差？是消費者對於新技術的認知不足？還是在評估產品時，更看重其他的因素，例如售價、品質保證或是售後服務？

雖然，消費者對環境永續性、綠色消費、綠色生產的意識更加增強(Hwang *et al.*, 2020；Zou *et al.*, 2021)。但從環保意識與價值觀(Environmental Consciousness and Values)的角度出發，消費者是否真的能夠連結自己的環保信念與購買行為？或是環保只是潮流，並未真正深入消費者的內心？

在此背景下，「智慧油電」技術成為機車產業的焦點，在全球受到廣泛的關注。結合油電混合動力，不僅提供更佳的燃油效率，還大幅減少都市行駛時的噪音污染，具有更長的續航里程更低的使用成本等優勢。為消費者提供

兼具環保、效能和舒適性的另外選擇。

這些問題都需要深入研究與探討，以提供機車製造商更精確的市場策略，進一步推廣「智慧油電」技術，達到環保與經濟的雙贏。因此，本研究探討智慧油電機車的市場接受度，從消費者的環保意識與價值觀、知覺價值(Perceived Value)、環保消費行為(Eco-friendly Consumer Behavior)以及智慧油電機車購買意願(Purchase Intention for Smart Hybrid Motorcycles)等多個角度，深入瞭解其背後的購買動機和障礙，期望能夠為機車產業提供有價值的洞察。

故以「從綠色到綠洲」為題，試圖探討在「綠色」(代表環保和節能的智慧油電技術措施)和「綠洲」(代表消費者對理想產品的期望和追求)之間的張力和平衡。以「綠色」來描述智慧油電機車的環保技術和節能特性，而「綠洲」則用以說明消費者對於找到一款可以滿足節能、環保，並且符合經濟效益需求理想機車的期望。透過探索「綠色」與「綠洲」間的關係，試圖探討市場接受度和消費者的環保視角對於智慧油電機車的重要性。

1.2 研究目的

本研究旨在探索消費者的環保意識與價值觀對其消費行為的影響，特別是在考慮購買智慧油電機車的意願方面。結合環保和經濟的概念，瞭解其間的相互作用。由於消費者對於智慧油電機車購買意願和行為不僅受到產品本身的特性和效益的影響，也受到消費者自身的價值觀、意識和行為的影響。

本研究以計畫行為理論(Theory of Planned Behavior, TPB)為基礎，建構智慧油電機車購買意願和行為研究模型，以完善模型的完整性和適切性。依消費者態度、主觀規範、知覺行為控制、購買意願和購買行為等設立研究變項。同時考慮消費者的個人特徵和情境因素，以性

別、年齡，作為調節變數分析，探討不同特徵和情境下消費者對於智慧油電機車購買意願和行為是否有顯著差異。本研究將從以下幾個方面探討消費者的購買意願和行為：

1. 消費者的環保意識與價值觀：研究消費者是否真的關心環境問題，以及這些意識和價值觀如何影響其購買意願。
2. 知覺價值的中介角色：探討消費者如何評估智慧油電機車的價值，以及這些評估如何影響其購買意願。
3. 環保消費行為的中介效果：研究消費者的環保消費行為如何影響其對智慧油電機車的購買意願。
4. 消費者特徵的調節效果：探討性別、年齡等消費者特徵如何影響其購買意願。

透過這些研究，期望能夠為機車製造商和政府提供有價值的策略建議，以促進智慧油電機車在臺灣的普及。

1.3 研究重要性與貢獻

智慧油電機車，融合內燃機與電動機之動力，能於各種駕駛環境中靈活切換至最佳動力模式，進而實現節能與減少排放的目標。此類產品響應當前環保潮流，且滿足消費者對於經濟、低碳及低噪音的追求。然而，於臺灣，智慧油電機車仍被視為新型產品，其市場潛力與消費者購買模式仍待深入研究。

本研究意欲針對此研究缺口進行探索，深入瞭解消費者對智慧油電機車的購買意向及其背後的購買動機，建立基於計畫行為理論的模型，並納入消費者的知覺價值、環保觀念及其消費行為等變數。進一步分析知覺價值與環保消費行為對於智慧油電機車購買意向的中介作用，並探討性別與年齡如何調節此一關係。

本研究針對智慧油電機車的購買進行深入探討，並在三個層面上為文獻帶來新的啟示。

首先，本文乃首度針對臺灣市場進行分析。鑑於臺灣與其他國家在多方面存在差異，本研究的發現對於理解消費者的環保消費行為如何塑造智慧油電機車購買具有重要意義。此外，亦為政府部門提供策略性建議，以推動智慧油電機車成為未來實現綠色交通的主要選擇。再者，研究所採用的調查問卷涵蓋比過去文獻更為詳盡的影響機制。雖然這些因子在過去的研究中或多或少都有提及，但本研究將其整合，不僅對臺灣智慧油電機車市場提供更詳實的分析，也對這些因子間的關聯性給予深入的詮釋。最後，透過調節效果的分析，測試不同性別與年齡層級的消費者的購買思維，此一發現為實務領域帶來新的視角。

於當代眾多追求環保的產品中，智慧油電機車以其獨特的動力系統，能在各種駕駛情境下適時切換，達到節能與減排的雙重效益(Dornoff *et al.*, 2022)。相較於傳統機車，智慧油電機車更符合現今社會的環保訴求和消費者期望。故選擇以油電混合動力技術創新應用的智慧油電機車作為研究對象，期望能對消費者的購買意向與行為提供更深入的見解。

2. 文獻探討

2.1 油電機車產業技術

在目前多元化的環保機車市場中，完全依賴電動馬達驅動，並需要外接電源來充電電池的純電動機車(Electric Motorcycle, EM)，已經成為占有一席之地的產品類型，Gogoro就是典型代表。另外，氫燃料電池機車(Hydrogen Fuel Cell Motorcycle, HFCM)的開發，是利用氫氣作為燃料來產生電能驅動馬達，並需要外接氫氣加注站來補充氫氣，也在國際上，備受研發關注，以下對油電機車產業技術簡單說明：

油電機車是結合內燃機和電動機的動力系統的機車，利用兩種或以上的能源來驅動輪子，從而提高燃油效率和減少排放。油電機車的技術發展可以分為四種類型：全混合動力(Full Hybrid)、輕混合動力(Mild Hybrid)、續航增強型(Range Extender)和智慧油電(Smart Hybrid) (Fung, 2014)。

全混合動力是指可以同時或分別使用內燃機和電動機來驅動機車的技術，可以根據不同的路況和駕駛需求切換動力模式，從而節省燃料，減少排放，提高效率。

輕混合動力是指使用主要的動力來源(通常是汽油引擎)，並且配備輔助的動力來源(通常是電動馬達)，以提供額外的動力或回收能量的技術，主要是降低燃料消耗，減少排放，增加動力，但是不能單獨使用電動馬達驅動機車。

續航增強型是配備主要的動力來源(通常是電池)，並兼具次要的動力來源(通常是發電機)，以延長電池續航或充電的技術，主要是減少對充電站的依賴，提高續航里程，但是不能單獨使用發電機驅動機車。

智慧油電則是新型的汽車動力系統，結合傳統的內燃機和電動機，可以根據行駛狀況自動調節能源使用，從而提高燃油效率和減少排放，從而達到節能減排的效果 (Nayak, 2023；Energy Saving Trust, 2020)。

油電機車的產業技術發展，反映機車市場的轉型趨勢，展現機車廠商的創新能力和競爭優勢。油電機車的技術不斷進步，為消費者提供更多的選擇和更好的體驗，也為環境和能源帶來正面的影響。

2.2 計畫行為理論

隨著全球環保意識的提高(Dhenge *et al.*, 2022；Yang *et al.*, 2022)，智慧油電機車成為現代交通的新趨勢(Hofstetter *et al.*, 2020)。消費者

在選擇購買時，除了考慮產品的功能性和價格外，環保因素也逐漸成為重要的考量點(Hwang *et al.*, 2020；Zou *et al.*, 2021)

本研究旨在探討消費者購買油電機車的意願和行為，並建立基於計畫行為理論的研究架構模型。計畫行為理論是廣泛用於解釋和預測人類行為的社會心理學理論，認為個人的行為意圖是行為的最直接決定因素，而行為意圖又受到三個因素的影響，分別是態度、主觀規範和知覺行為控制(Ajzen, 1991)。態度是指個人對某行為的評價和偏好，主觀規範是指個人對某行為的社會壓力和期望，知覺行為控制是指個人對某一行為的可行性和困難程度的認知。計畫行為理論已被廣泛應用於各種領域，包括消費者行為、健康行為、教育行為、組織行為等(Ajzen, 2011)，也被用於解釋和預測消費者對於購買環保產品的意願和行為(Paul *et al.*, 2016；Wiernik *et al.*, 2013)。

本研究針對油電機車作為具有節能減碳特性的環保產品，探討其產品屬性與形象如何影響消費者的知覺價值與購買意願。油電機車因為結合汽油引擎和電動馬達的複合動力系統的車輛，具有高效能、低油耗、低排放等優點，被視為是優良環保的交通工具(趙秀春與郭戈，2016)。本文以計畫行為理論為基礎，假設消費者對智慧油電機車購買意願受到其產品屬性和形象的影響，並透過知覺價值作為中介變項。

2.3 文獻推導

2.3.1 環保意識與價值觀對知覺價值、環保消費行為及購買意願的影響

隨著全球環境問題的加劇，綠色消費已成為消費者和學者的關注焦點。特別是在交通領

域，電動車和混合動力汽車作為減少碳排放的替代方案，受到消費者的廣泛關注(Dangelico *et al.*, 2021；Gandhi and Sheorey, 2019)。國際清潔交通理事會(International Council on Clean Transportation)(ICCT, 2021)指出，電動車在其使用壽命期間的溫室氣體排放量遠低於傳統汽油車。此外，國際能源總署(International Energy Agency)(IEA, 2021)也報告稱，混合動力電動車的二氧化碳排放量比傳統汽車減少25%。

環保意識在當代社會中已成為一種核心價值觀，它反映個體對減少對環境的危害的認識、價值判斷和信念(Kim and Chung, 2011)。Ritter *et al.* (2015)指出，當一個人具有強烈的環保意識時，會更加重視環境保護，這將進一步影響對環境問題的態度。Gadenne *et al.* (2011)和Cheung and To (2019)發現，具有環保意識的消費者更有可能形成正面的環保信念和態度，並且這種意識會對其綠色購買行為產生積極影響。Olsen (2022)發現美國消費者中，環境關注與電動車車的購買意圖成顯著正向關係。Cong and Xia (2023)發現韓國，環境問題對態度和購買意願的影響最為顯著。相較之下，在中國，經濟因素(特別是財政誘因)比環境問題更重要。

計劃行為理論提供理論框架，用於探討消費者的購買決策過程。Axsen and Kurani (2013)指出，購買電動車不僅僅是選擇一種新技術，它還意味著消費者需要改變生活方式和交通文化。Sierzchula (2014)進一步指出，消費者的教育和外部刺激，如環境問題的認識，會影響購買電動車的決策。Rezvani *et al.* (2015)認為，結合價值觀和信念理論研究電動車的採用是至關重要的。

Pamungkas (2023)以Yamaha 250cc機車為主題，發現知覺價值和消費者態度對購買意願有顯著的正面影響。綜合上述文獻，本研究提出

以下假設：

H1：環保意識與價值觀對知覺價值有顯著正向關係。

H2：環保意識與價值觀對環保消費行為有顯著正向關係。

H3：環保意識與價值觀對智慧油電機車購買意願有顯著正向關係。

2.3.2 環保消費行為對知覺價值及購買意願的影響

隨著環境議題日益受到重視，消費者的綠色消費行為已成為學術探討的熱門議題。Tripathi and Singh (2016)指出，消費者越來越傾向於選擇具有生態標籤或可回收的產品，以展現其環保意識。此外，電動車作為一種低污染的交通工具，也受到消費者的青睞(Habich-Sobiegalla *et al.*, 2018)。事實上，消費者的綠色行為受到多種因素的影響，包括與產品的關係(Joshi and Rahman, 2015；Khan *et al.*, 2020)。疫情期間，消費者的消費模式發生顯著變化。更加重視綠色消費，認為這是永續發展、環保主義和自然主義的主要來源(Ahmad *et al.*, 2020；Dhir *et al.*, 2021)。

計劃行為理論是用於解釋和預測消費者行為的理論框架，Moon *et al.* (2018)指出，人類行為是根據環境和情境的變化而變化的。Yuriev *et al.* (2020)強調影響消費者行為的多種因素。特別是，消費者的態度和社會規範被認為是影響購買綠色產品意願的主要因素(Maxwell-Smith *et al.*, 2018；Lin and Niu, 2018)。

基於上述文獻回顧，本研究提出以下假設：

H4：環保消費行為對知覺價值有顯著正向關係。

H5：環保消費行為對智慧油電機車購買意願有顯著正向關係。

2.3.3 知覺價值(Perceived Value)

雖然，Suprihartini (2023)探索Hybrid型環保機車產品，結果表明，感知價格變數對綠色購買意願變數沒有顯著影響，但是Chen *et al.* (2017)針對臺灣地區的233名受訪者展開調本，探討其對購買氫電動機車的購買意圖，說明感知價值對於購買意願確實存在正面的影響。此外，Higueras-Castillo (2021)發現知覺價值對西班牙消費者採納電動車的態度有著顯著的正面效果。Pamungkas (2023)以Yamaha 250cc機車為研究對象，探討消費者態度、感知價值以及產品購買意願之間的關聯性，說明消費者態度在感知價值與購買意願之間具有中介的作用，再次確認知覺價值對於購買意願的重要性。基於上述文獻的探討，本研究提出以下假設：

H6：知覺價值對智慧油電機車購買意願有顯著正向關係。

2.3.4 中介效果

在消費者行為學領域，知覺價值被視為關鍵概念，主要涉及消費者對產品或服務的主觀評價，而不是企業的生產(Zeithaml, 1988；Sirdeshmukh *et al.*, 2002；Sumaedi *et al.*, 2012；Yaacob and Baroto, 2019)。Chen和Chang (2012)發現當消費者對環境的知覺價值較高時，其對綠色產品的購買意願也會相對增強，Zhuang等(2021)的元分析研究也印證此一觀點。

感知綠色價值被定義為消費者對產品感知到的環境和永續優勢的整體評估和評估(Chen and Chang, 2012)。綠色消費的研究說明，消費者在綠色購買意向與實際購買行為之間的落差，主要源於認為綠色購買過程「複雜」且「具挑戰性」(Johnstone and Tan, 2015a)。綠色購買不僅需要消費者的持續努力和自我紀律，還需要更多的資源和更強烈的承諾(Johnstone

and Tan, 2015b)。在環保產品的領域中，知覺價值可以在影響購買意願方面發揮關鍵作用。Shaikh *et al.* (2023)針對巴基斯坦卡拉奇的電動車使用進行分析，結果顯示知覺價值及環境關注，為影響消費者購買意向的主要因素。Chen *et al.* (2012)發現知覺價值會影響採納氫電機車的意願。

消費者對於環保產品的購買意願與其綠色價值知覺之間存在顯著的關聯(Roh *et al.*, 2022；Wahyoedi *et al.*, 2023；Zhao and Chen, 2021)。此外，知覺價值與綠色消費之間的關係已被確認(Muraguri *et al.*, 2020)。隨著消費者日益重視環境永續性、綠色消費和綠色生產，這種關聯變得尤為重要(Dhir *et al.*, 2021)。

綜上，本研究推論知覺價值將中介環保意識、環保行為與購買電動機車的意願，並提出以下假設：

H7：知覺價值對智慧油電機車購買意願之間的關係有顯著中介效果。

H7-1：知覺價值會中介環保意識與價值觀與智慧油電機車購買意願之間的關係。

H7-2：知覺價值會中介環保消費行為與智慧油電機車購買意願之間的關係。

H8：環保消費行為對智慧油電機車購買意願之間的關係有顯著中介效果。

H8-1：消費者的環保消費行為會中介環保意識與價值觀與知覺價值之間的關係。

H8-2：消費者的環保消費行為會中介環保消費行為與智慧油電機車購買意願之間的關係。

2.3.5 性別調節效果

在當前的消費者行為研究中，性別和年齡的調節效果受到學者的廣泛關注，因為它們可

能影響不同消費者群體的購買動機和行為。特別是在綠色消費領域，綠色感知價值對綠色意識和綠色滿意度的正向影響已被確認(Rahardja, 2023)。然而，Rahardja (2023)也指出，性別不會調節這些變數之間的關係。

電動車的購買意願在全球範圍內都受到廣泛的關注，但不同地區的結果卻存在差異。例如，Habich-Sobiegalla *et al.* (2018)在俄羅斯的研究中發現，女性的購買意願高於男性，這一結果也得到She *et al.* (2017)在中國的研究支持。同樣，Tiwari *et al.* (2020)在英國的研究中也得出相似的結論。然而，Chen *et al.* (2020)在北歐的研究中卻發現，男性更傾向於購買電動車。

基於上述的文獻回顧，本研究認為性別可能會調節環保意識與價值觀、知覺價值、環保消費行為和智慧油電機車購買意願之間的關係。因此，提出以下假設：

H9：性別對智慧油電機車購買意願研究模型有調節效果。

2.3.5 年齡調節效果

在電動車和電動機車的購買意願中，多項研究已經探討年齡與購買意願之間的關係，但結果並不總是一致的。

首先，Ganak *et al.* (2020)發現在美國，千禧世代消費者的綠色行為受到認知價值的重大影響。暗示年輕消費者可能更注重電動車的環境效益和技術創新。同時，Qian and Yin (2017)實證在中國，年輕消費者更傾向於購買混合插電式和基於電池的電動車。然而，Plötz *et al.* (2014)指出，在德國，中年消費者更可能是電動車的主要購買者，這可能與購買力和對環境的關注有關。相對地，Guerra (2019)發現，印尼年輕消費者更傾向於購買電動機車，這可能與印尼年輕人對機車的普及和對技術的熟悉有

關。

Astuti and Susanti (2022)進一步指出，印尼的年輕和年長消費者都對購買電動機車表現出興趣，但25–34歲的消費者則沒有明顯的購買意願差異。這種U型的年齡效果可能與不同年齡段的消費者對電動機車的認知和需求有關。但是，Wang *et al.* (2016)的研究卻認為年齡不會影響電動車的購買意願。這種不一致可能與地區和文化背景有關。此外，Bjerkkan *et al.* (2016)對挪威純電動車車主進行的調查中發現，激勵群體在年齡、性別和教育程度方面都有明確的差異。意即，不同的年齡群體可能會受到不同的激勵措施的影響，從而影響購買電動車的意願。

綜上所述，年齡在影響消費者購買電動車和電動機車的意願中確實具有影響作用，但其影響可能因地區和文化而異。考慮研究結果的多樣性，本研究提出以下假設：

H10：年齡對智慧油電機車購買意願研究模型有調節效果。

3.1 研究變數操作型定義

本研究採用李克特式五點量表進行各變數的評估，研究架構如圖1所示。

環保意識與價值觀乃指機車騎士對於智慧油電機車的環保關懷程度。以四項問題評估此概念，均以「我會」作為開頭，包括：支持環保消費、為環境盡一份心力、基於空氣污染物排放標準選擇車型、以及基於油耗等級選擇車型(Bansal and Roth, 2000)。一般而言，具有較高環保意識的消費者更可能選擇具有低碳、節能和可回收特性的商品。

知覺價值是綜合性評估的概念，用以衡量機車騎士對智慧油電機車的整體價值感知。此評估涵蓋產品形象、功能、品質以及騎士的情感等多方面因子。參照Zeithaml (1988)的作法，本研究設計七項問題，價格訂價合理、售價經濟實惠、產品品質讓人感到讚賞、使用讓人感到安心。讓我擁有良好的形象、讓我獲得他人認同、讓我獲得良好的評價，以更精確地描述知覺價值。

環保消費行為描述機車騎士對智慧油電

3. 研究方法

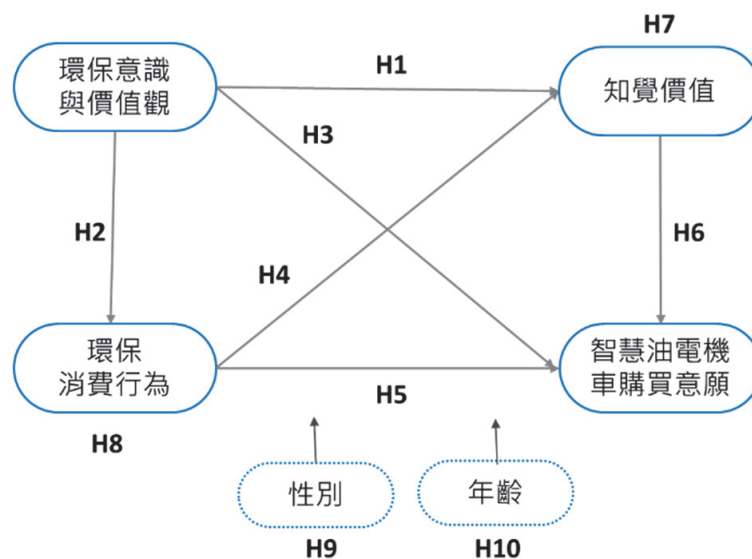


圖1 研究架構圖

資料來源：本研究

機車的消費趨勢。本研究以四項問題評估此行為，均以「我會」作為開頭，包括：選擇油電混合機車以節省油費和減少碳排放、基於環保考量選擇長期污染較少的車型、避免選擇高污染車型，以及在購買時關注產品是否會造成環境污染(Bansal and Roth, 2000)。

智慧油電機車購買意願則用以評估機車騎士對於首選購買智慧油電機車的傾向。本研究考慮五個因素，包括：未來的首選、認為值得購買、推薦他人購買、在預算允許的情況下的首選，以及價格相近時的首選(Zeithaml, 1988)。

3.3 研究標的

如前面文獻探討所述，油電機車具有多種技術形式，智慧油電機車則有多種品牌和型號。因此，選定SYM三陽機車Fiddle DX 150七期雙碟CBS版(連動式煞車系統)和七期雙碟ABS版(防鎖死煞車系統)作為研究對象，進行問卷調查，主要原因是為2022年三陽機車市場影響力共售出25.5萬輛，占累計73.4萬輛的34.74%，是市場上最暢銷的品牌(蘇銘翰，2023)，產品策略和消費者反應具有高度的代表性，能夠反映出市場的主流趨勢和消費者偏好，而Fiddle DX 150系列作為品牌第一款智慧油電混合動力機車的旗艦產品，更代表當前市場上的先進技術和消費者的首選。

其CBS和ABS版本分別代表連動式煞車系統和防鎖死煞車系統兩種技術，在機車安全性和環保性上都具有重要意義。產品具有節能減排、智能控制、安全防護等特色，符合探討的「綠色」技術和「綠洲」產品之間的主題，以瞭解消費者的真實需求和行為。

在問卷的開頭，除填答說明與感謝之詞外，亦明確說明所指的智慧油電機車型號，要求受訪者根據自己對該型號的認知來回答問

題，以減少回收資料的差異性和模糊性。

SYM FIDDLE DX 150是一款符合環保七期法規的油電混合機車，採用智慧油電系統，可以自動切換油電模式，因此在油耗表現上比起一般機車較為省油。此車款在臺灣能源局測試中獲得市區：48.5 km/L、定速：57.3 km/L、平均：51.2 km/L的數據，達到一級能源效率。目前在臺灣已經正式販售，建議售價為新臺幣79,900 (不含強制險及領牌)，因為具有省油、低碳、低噪音等特點，可以享受政府汰舊換新補助方案，最高可省新臺幣6,300元。

4. 實證分析

4.1 描述性統計

本研究採用問卷調查法，以立意抽樣方式，透過社團以及Line轉發。針對臺灣地區的機車使用者為母群體，抽取415位有效樣本進行資料分析。問卷調查於2023年3月至4月期間透過google線上平臺發放和回收，共收回422份問卷，其中7份因為填答不完整或不合理而被排除，有效回收率為98.34%。除探討潛在變數外，調查亦包含受測者人口統計變項(詳見表1)。研究利用SPSS及SmartPLS4.0統計分析軟體進行資料分析。

4.2 信效度分析

本研究在驗證模型的信效度方面，依Hair Jr. et al. (2021)的判斷準則，本研究所有變項的因素負荷都超過0.5的門檻，顯示衡量變項具有良好的信度。其次，構念組合信度CR (Rho_c)與平均內部一致性信度CR (Rho_a) 均達到學術研究所要求的嚴格標準。Rho_a值的範圍從0.770到0.948，顯示問卷題項之間的高度相關性和內部一致性。同時，CR值介於0.784至0.960

表1 人口統計變數

統計變數	單選題	人數	有效%
性別	男性	184	0.443
	女性	231	0.557
年齡	20歲以下	62	0.149
	21-30歲	153	0.369
	31-40歲	52	0.125
	41-50歲	72	0.174
	51-60歲	60	0.145
	61歲以上	16	0.039
教育程度	高中職以下	56	0.135
	專科畢業	49	0.118
	大學畢業	228	0.548
	研究所以上	82	0.198
居住地點	北部地區	174	0.419
	中部地區	170	0.410
	南部地區	63	0.152
	東部地區、離島地區	8	0.019
職業	製造業	33	7.952
	服務業	100	24.096
	軍警公教	39	9.398
	資訊科技業	17	4.096
	金融保險	10	2.410
	自由業	10	2.410
	學生	158	38.072
	其他	48	11.567
平均月收入	2萬以下	159	38.313
	2~3(含)萬	53	12.771
	3~4(含)萬	61	14.699
	4~5(含)萬	42	10.120
	5~6(含)萬	29	6.988
	6~7(含)萬	28	6.747
	7~8(含)萬	17	4.096
	8萬以上	26	6.265
平均一天騎乘機車	0至未滿5公里	210	50.602
	5至未滿10公里	96	23.133
	10至未滿15公里	51	12.289
	15至未滿20公里	24	5.783
	20至未滿25公里	10	2.410
	25至未滿30公里	5	1.205
	30至未滿35公里	6	1.446
	35至未滿40公里	3	0.723
	40至未滿45公里	3	0.723
	45公里以上	7	1.687
最主要用途	上、下班	200	48.193
	上、下學	75	18.072
	業務使用	14	3.373
	接送親屬	14	3.373
	購物	54	13.012
	休閒娛樂	22	5.301
	其他	36	8.675

資料來源：本研究

間，不僅超過0.7的推薦門檻，也避免超過0.95的過高值，從而確保構念信度，並避免冗餘。這些統計指標的結果與Hair *et al.* (2019)的建議以及Dijkstra和Henseler (2015)的標準相符。最後，平均變異萃取(AVE)檢驗，其值介於0.593和0.829間，超越Fornell and Larcker (1981)的0.5的基準，說明研究的潛在變項具有良好的收斂效度(詳見表2)。

根據Fornell and Larcker (1981)的標準，本研究所有潛在變數的AVE值均高於最大共變異量，顯示出良好的區別效度。此外，根據Hair *et al.* (2011)的建議，每個構面的AVE值開根號(對角線上的值)應大於與其他構面的相關係數(非對角線上的值)，本研究的數據也符合此要求。

綜上，表3數據符合區別效度要求，證明本研究構念的有效性，並確保後續結構方程模型分析的可靠性。此外，依表4交叉因素負荷表數據顯示，所有測量題項均滿足區別效度的要求，即每個測量題項與其所屬構面的因素負荷量均高於與其他構面的因素負荷量，證明研究

具有良好的區別效度。

4.3 路徑分析

本研究採用結構方程模型(Structural equation modeling, SEM)來測量智慧油電機車購買意願、環保意識與價值觀、環保消費行為和知覺價值之間的因果關係。

結果顯示，所有的路徑係數(Path coefficient)都是正向的(詳見表5)，表示自變數對因變數有正向的影響，且除環保意識與價值觀對智慧油電機車購買意願的路徑係數外，其他的路徑係數都達到顯著水準($p < .05$)。

其中，環保意識與價值觀對環保消費行為的路徑係數最高($\beta = .862, p < .001$)，表示消費者的環保意識與價值觀越高，其環保消費行為也越高。

另外，知覺價值對智慧油電機車購買意願的路徑係數次之($\beta = .452, p < .001$)，表示消費者對智慧油電機車的形象和產品的評價越高，其智慧油電機車購買意願也越高。

環保消費行為對知覺價值和智慧油電機車

表2 信度分析表

	平均數	標準差	變異數	alpha	CR (rho_a)	CR (rho_c)	AVE
環保意識與價值觀	4.741	0.818	0.669	0.770	0.784	0.853	0.593
環保消費行為	4.859	0.872	0.760	0.886	0.890	0.921	0.745
知覺價值	3.901	1.018	1.037	0.932	0.940	0.945	0.710
智慧油電機車購買意願	4.449	1.114	1.241	0.948	0.949	0.960	0.829

資料來源：本研究

表3 區別效度檢定表

構面	1	2	3	4
1 環保意識與價值觀	0.787			
2 環保消費行為	0.777	0.874		
3 知覺價值	0.578	0.602	0.857	
4 智慧油電機車購買意願	0.631	0.667	0.681	0.907

註：對角線為AVE根號值

資料來源：本研究

表4 交叉因素負荷表

	環保意識與價值觀	環保消費行為	知覺價值	購買意願
EAV1	0.747	0.677	0.426	0.500
EAV2	0.863	0.777	0.517	0.517
EAV3	0.695	0.537	0.306	0.404
EAV4	0.766	0.637	0.530	0.515
CB1	0.717	0.840	0.619	0.703
CB2	0.779	0.915	0.527	0.559
CB3	0.704	0.844	0.428	0.494
CB4	0.773	0.851	0.479	0.489
PIV1	0.568	0.575	0.875	0.639
PIV2	0.556	0.572	0.889	0.624
PIV3	0.557	0.566	0.898	0.625
PP1	0.411	0.404	0.757	0.471
PP2	0.382	0.393	0.777	0.461
PP3	0.471	0.482	0.842	0.601
PP4	0.481	0.508	0.849	0.625
PI1	0.590	0.600	0.609	0.907
PI2	0.557	0.572	0.625	0.920
PI3	0.579	0.602	0.719	0.914
PI4	0.587	0.605	0.597	0.920
PI5	0.564	0.611	0.595	0.890

資料來源：本研究

表5 路徑分析表

路徑	路徑係數	標準差	P 值
環保意識與價值觀 \Rightarrow 環保消費行為	0.862	0.017	0.000
環保意識與價值觀 \Rightarrow 知覺價值	0.272	0.086	0.002
環保意識與價值觀 \Rightarrow 智慧油電機車購買意願	0.134	0.094	0.156
環保消費行為 \Rightarrow 知覺價值	0.367	0.082	0.000
環保消費行為 \Rightarrow 智慧油電機車購買意願	0.270	0.090	0.003
知覺價值 \Rightarrow 智慧油電機車購買意願	0.452	0.047	0.000

資料來源：本研究

購買意願的路徑係數分別為 $\beta = .367$ ($p < .001$)和 $\beta = .270$ ($p < .01$)，表示消費者的實際購買行為會影響其對智慧油電機車的評價和智慧油電機車購買意願。

環保意識與價值觀對知覺價值和智慧油電機車購買意願的路徑係數分別為 $\beta = .272$ ($p < .01$)和 $\beta = .134$ ($p > .05$)，表示消費者的環保觀念

和價值觀會影響其對智慧油電機車的評價，但對其智慧油電機車購買意願的影響不顯著。

綜上所述，假說1至假說6中，除假說3未獲支持外，其餘均獲支持。

4.4 中介效果分析

本研究中知覺價值會中介環保意識與價

值觀與智慧油電機車購買意願之間的關係，且具有部份中介效果。因為環保意識與價值觀對智慧油電機車購買意願的直接效果不顯著($\beta = .134, p > .05$)，但在加入知覺價值後，其間接效果顯著($\beta = .272 \times .452 = .123, p < .05$)，故H7-1獲得支持。

知覺價值會中介環保消費行為與智慧油電機車購買意願之間的關係，且具有部份中介效果。因為環保消費行為對智慧油電機車購買意願的直接效果顯著($\beta = .270, p < .01$)，但在加入知覺價值後，其間接效果也顯著($\beta = .367 \times .452 = .166, p < .01$)，且直接效果比沒有中介變數時要小($\beta = .667, p < .001$)，故H7-2獲得支持。

知覺價值會中介環保意識與價值觀與智慧油電機車購買意願之間的關係，且具有部份中介效果。因為環保意識與價值觀對智慧油電機車購買意願的直接效果不顯著($\beta = .134, p > .05$)，但在加入知覺價值後，其間接效果顯著($\beta = .272 \times .452 = .123, p < .05$)，故H8-1獲得支持。

知覺價值會中介環保消費行為與智慧油電機車購買意願之間的關係，且具有部份中介效果。因為環保消費行為對智慧油電機車購買意願的直接效果顯著($\beta = .270, p < .01$)，但在加入知覺價值後，其間接效果也顯著($\beta = .367 \times .452 = .166, p < .01$)，且直接效果比沒有中介變數時

要小($\beta = .667, p < .001$)，故H8-2獲得支持(詳見圖2)。

4.5 研究結果—Model 2

在探討性別對智慧油電機車購買意願研究模型的調節效果時，本研究發現性別並未對模型中的變數產生顯著的調節作用。如表6所示，性別對於環保消費行為、知覺價值以及購買意願的直接影響均未達到統計學上的顯著水平。這表明無論男性或女性，他們對智慧油電機車的購買意願受到的影響因素相似，性別差異在此研究中並非一個關鍵的調節變數。

此外，當考慮性別與其他變數的交互作用時，如性別與環保消費行為、性別與環保意識與價值觀的交互作用，這些交互作用對於知覺價值和購買意願的影響同樣未達到顯著水平。這進一步說明在智慧油電機車的購買過程中，性別因素不會顯著改變其他變數之間的關係。

在探討年齡對智慧油電機車購買意願研究模型的調節效果時，本研究發現年齡對購買意願的直接影響並不顯著。如表7所示，年齡對環保消費行為、知覺價值以及購買意願的直接影響均未達到統計學上的顯著水平。這表明年齡本身不會直接影響消費者對智慧油電機車的購買意願。

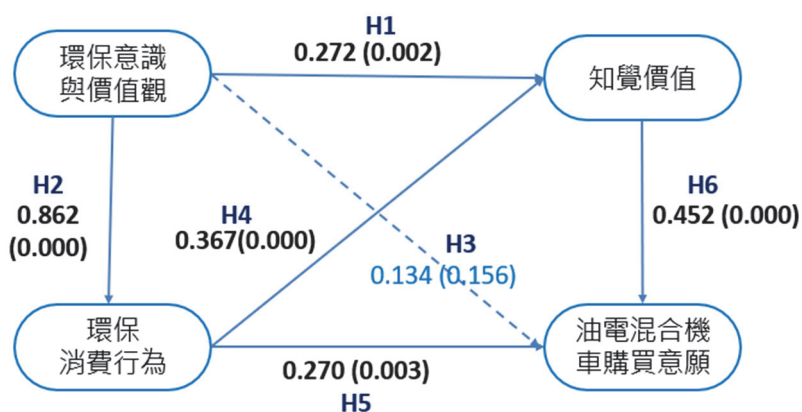


圖2 路徑分析圖

資料來源：本研究

表6 性別對智慧油電機車購買意願研究模型調節效果分析表

	原始樣本估計	樣本均值	標準差	p值
sex \Rightarrow 環保消費行為	-0.061	-0.060	0.051	0.238
sex \Rightarrow 知覺價值	0.005	0.006	0.078	0.945
sex \Rightarrow 購買意願	0.084	0.085	0.064	0.185
環保意識_與價值觀 \Rightarrow 環保消費行為	0.854	0.854	0.028	0.000
環保意識_與價值觀 \Rightarrow 知覺價值	0.328	0.330	0.115	0.004
環保意識_與價值觀 \Rightarrow 購買意願	0.110	0.114	0.147	0.455
環保消費行為 \Rightarrow 知覺價值	0.336	0.336	0.117	0.004
環保消費行為 \Rightarrow 購買意願	0.300	0.295	0.151	0.047
知覺價值 \Rightarrow 購買意願	0.468	0.467	0.076	0.000
sex \times 環保消費行為 \Rightarrow 知覺價值	0.066	0.063	0.171	0.700
sex \times 環保消費行為 \Rightarrow 購買意願	-0.046	-0.044	0.174	0.790
sex \times 環保意識_與價值觀 \Rightarrow 環保消費行為	0.029	0.029	0.054	0.596
sex \times 環保意識_與價值觀 \Rightarrow 知覺價值	-0.133	-0.131	0.177	0.452
sex \times 環保意識_與價值觀 \Rightarrow 購買意願	0.016	0.012	0.182	0.931
sex \times 知覺價值 \Rightarrow 購買意願	-0.031	-0.030	0.101	0.757

資料來源：本研究

表7 年齡對智慧油電機車購買意願研究模型調節效果分析表

	原始樣本估計	樣本均值	標準差	p值
age \Rightarrow 環保消費行為	0.056	0.057	0.027	0.035
age \Rightarrow 知覺價值	-0.080	-0.081	0.039	0.039
age \Rightarrow 購買意願	0.015	0.014	0.034	0.664
環保意識_與價值觀 \Rightarrow 環保消費行為	0.847	0.846	0.021	0.000
環保意識_與價值觀 \Rightarrow 知覺價值	0.298	0.301	0.086	0.001
環保意識_與價值觀 \Rightarrow 購買意願	0.110	0.111	0.095	0.248
環保消費行為 \Rightarrow 知覺價值	0.367	0.366	0.082	0.000
環保消費行為 \Rightarrow 購買意願	0.294	0.293	0.090	0.001
知覺價值 \Rightarrow 購買意願	0.459	0.459	0.047	0.000
age \times 環保消費行為 \Rightarrow 知覺價值	-0.084	-0.080	0.092	0.358
age \times 環保消費行為 \Rightarrow 購買意願	0.209	0.211	0.084	0.013
age \times 環保意識_與價值觀 \Rightarrow 環保消費行為	-0.005	-0.006	0.028	0.854
age \times 環保意識_與價值觀 \Rightarrow 知覺價值	0.133	0.132	0.085	0.118
age \times 環保意識_與價值觀 \Rightarrow 購買意願	-0.121	-0.123	0.084	0.150
age \times 知覺價值 \Rightarrow 購買意願	-0.063	-0.061	0.048	0.190

資料來源：本研究

然而，當考慮年齡與環保消費行為的交互作用時，研究發現年齡對於環保消費行為與購買意願之間的關係具有顯著的調節效果。年齡

與環保消費行為的交互作用對購買意願有顯著正向影響($\beta = 0.209, p < .05$)，亦即，隨著年齡的增長，消費者對環保消費行為的重視程度會增

加，進而提高購買智慧油電機車的意願，說明年齡是重要調節變數，可以增強環保消費行為對購買意願的影響。

5. 結 論

5.1 討論

在當前全球環境問題日益嚴峻的背景下，綠色消費行為已經成為學術和實務上，消費者選擇的重要範疇。本研究從綠色消費主義的視角出發，探討智慧油電機車在市場上的接受度以及消費者對於環保的態度如何影響購買決策。隨著環保意識的提升，消費者在選擇產品時越來越傾向於環保選項，此趨勢不僅反映在對可回收材料或生態標籤產品的偏好上，也顯示在對低污染交通工具的選擇上(Tripathi and Singh, 2016；Habich-Sobiegalia *et al.*, 2018)，電動車和混合動力車作為降低碳足跡的可行選項，引起廣泛的社會關注(Dangelico *et al.*, 2021；Gandhi and Sheorey, 2019)。國際清潔交通理事會(ICCT, 2021)與國際能源總署(IEA, 2021)的報告證實這些綠色交通工具在減少溫室氣體排放方面的顯著優勢。

環保意識作為當代社會的核心價值觀，已經深深植根於個體的認知和行為中。研究顯示，強烈的環保意識能夠促使個體更加關注環境保護，進而影響其對環境問題的態度和行為(Ritter *et al.*, 2015；Gadenne *et al.*, 2011；Cheung and To, 2019)。Olsen (2022)的研究更是直接指出，環境關注與電動車的購買意圖之間存在顯著的正向關係。

本研究以計劃行為理論為框架，用以解釋和預測消費者的購買行為，尤其是在綠色消費領域。研究結果確認消費者的態度、社會規範和知覺行為控制對其購買智慧油電機車的意願

有顯著影響(Maxwell-Smith *et al.*, 2018；Lin and Niu, 2018)。

計劃行為理論提供探討消費者購買決策過程的理論框架，強調態度、社會規範和知覺行為控制對行為意圖的影響(Axsen and Kurani, 2013)。

本研究以SYM三陽機車Fiddle DX 150為標的，探討環保意識與價值觀對知覺價值、環保消費行為，以及智慧油電機車購買意願的影響。研究結果支持H1和H2假設，證實環保意識與價值觀對知覺價值和環保消費行為有顯著的正向關係。

然而，H3假設未得到支持，即環保意識與價值觀對智慧油電機車購買意願的正向影響未達到統計學上的顯著性。這可能暗示在智慧油電機車的購買決策中，除了環保意識外，還有其他因素在起作用，本研究推測可能原因為：環保意識與價值觀是一種抽象的心理態度，可能與實際的購買行為之間存在一定程度的落差或偏差。例如，消費者可能認同環保的理念，但在面對其他的考量因素(如價格、品質、便利性等)時，可能會優先考慮自身的利益或需求，而不一定會選擇環保產品。此一概念如同，如同問卷調查時，消費者認為白色產品好看，但實際買的都是黑色產品，原因是因為考量產品使用週期，黑色在購買之後較耐髒，容易整理，這是心理認知偏差的問題，消費者會以整個使用過程，優先考慮自身的利益或需求。

是故，環保意識與價值觀可能需要透過其他的中介變數(如知覺風險、信任、社會影響等)才能對智慧油電機車購買意願產生影響。例如，消費者可能對環保產品有高度的認同和偏好，但如果消費者對產品的品質或效果感到不確定或不信任，或者受到他人的反對或壓力，可能會降低智慧油電機車購買意願。

智慧油電機車因為是新創產品，上市時間

尚短，消費者可會擔心整個使用的生命週期所發生的問題，因而購買態度較為保守。

此外，環保意識與價值觀可能與智慧油電機車購買意願之間存在非線性或交互作用的關係。例如，消費者可能在某個程度上具有環保意識與價值觀，但如果超過或低於這個程度，可能會對智慧油電機車購買意願產生反效果。又或者，消費者可能在不同情境或產品類別下，表現出不同的環保意識與價值觀，進而影響其智慧油電機車購買意願。可能的原因是涉入程度的不同，畢竟機車的單價較高，對消費者而言，屬高涉入程度的產品。

本研究探討知覺價值在環保意識、環保行為與智慧油電機車購買意願之間所扮演的中介角色。基於Roh *et al.* (2022)、Wahyoedi *et al.* (2023)以及Zhao and Chen (2021)的報告，確認消費者對環保產品的購買意願與其綠色價值知覺之間的顯著關聯。Muraguri *et al.* (2020)的研究也證實知覺價值與綠色消費之間的關係。隨著消費者對環境永續性、綠色消費和綠色生產的重視，這種關聯變得尤為重要(Dhir *et al.*, 2021)。

在綠色消費領域，性別差異對於消費者行為的影響一直是學術研究的重點，本研究的結果顯示，性別並不調節這些變量之間的關係，這與Rahardja (2023)的發現一致。

儘管在全球範圍內對電動車購買意願的研究發現性別差異(Habich-Sobiegalia *et al.*, 2018；She *et al.*, 2017；Tiwari *et al.*, 2020)，但這些差異在不同地區的研究結果中並不一致。例如，在北歐的研究中，男性對於購買電動車的意願似乎更為強烈(Chen *et al.*, 2020)。這些矛盾的發現說明，性別可能在不同文化和市場環境中扮演不同的角色。

本研究未能證實性別在環保意識與價值觀、知覺價值、環保消費行為與智慧油電機車

購買意願之間的關係中具有調節效果。這一結果說明，購買智慧油電機車可能與性別關聯性不大。也就是說，無論消費者是男性還是女性，在購買智慧油電機車產品的動機和決定可能相當相似，都是環保意識與價值觀較強烈的消費者，才會有購買動機。

至於年齡的調節作用，研究的結果顯示，年齡在智慧油電機車購買意願研究模型中並未直接影響購買意願，但年齡在與環保消費行為交互作用時，具顯著的調節效果，能夠增強購買意願的因果關係。此一發現與Plötz *et al.* (2014)在德國的研究相符，中年消費者更可能是電動車的主要購買者，這可能與購買力和對環境的關注有關。說明年齡較大的消費者可能會因為對環境問題的高度認知而更傾向於進行環保消費行為，從而增加購買智慧油電機車的意願。

5.2 理論意涵

本研究基於計畫行為理論Maxwell-Smith *et al.* (2018)與Lin and Niu (2018)的框架，針對臺灣地區消費者購買新創環保產品—智慧油電機車的意向進行深入探討，旨在驗證並拓展計畫行為理論在解釋環保消費決策中的適用性。計畫行為理論強調個體的態度、主觀規範和感知行為控制對購買意向的共同影響(Ajzen, 1991)，為評估消費者環保態度如何轉化為實際的環保購買行為提供堅實的理論基礎。

研究發現環保態度對購買意向的影響，存在知覺價值的中介效果(Kim and Chung, 2011)。驗證消費者在環保價值觀，需要先轉化為對具體產品的知覺價值，才能進一步影響購買決策(Zeithaml, 1988；Chen and Chang, 2012)，此一發現不僅豐富計畫行為理論對消費者複雜決策過程的解釋，也為引導消費者選擇環保新產品提供實踐路徑。

此外，研究將消費者的環保消費行為作為新變數，引入計畫行為理論模型中，發現環保消費行為既可以直接影響購買意向，也可以間接地透過知覺價值影響購買意向(Johnstone and Tan, 2015a；Johnstone and Tan, 2015b)，說明計畫行為理論因果鏈中的新影響機制，不僅為該理論在環保消費領域的應用提供深入的理論支持，同時也拓展並豐富其對消費者環保決策過程的解釋能力。

綜上所述，本研究不僅對計畫行為理論，在新創環保產品環境下的適用性，進行實證驗證，而且藉由檢驗中介效應和引入新變數，豐富計畫行為理論對消費者環保決策的解釋力。本研究發現不僅為計畫行為理論的進一步發展，提供重要的實證支援，並為相關的管理實踐提供指引。

5.3 管理意涵

本研究致力於深化對智慧油電機車市場接受度的理解，透過探討消費者的環保意識、價值觀、知覺價值，以及智慧油電機車購買意願來分析其購買動機和面臨的障礙。將「綠色」代表與環保、永續性和環境友善相關的智慧油電機車技術選擇；而「綠洲」則指的是消費者對理想產品的期望和追求，即可以滿足所有需求和願望的理想產品。

研究的核心是尋找「綠色」和「綠洲」之間的平衡點，並探討消費者在選擇環保產品時是否願意妥協其對「綠洲」的期待。透過實證方法探究環保意識和價值觀如何影響消費者的購買決策，特別是消費對智慧油電機車購買意願。其重要性說明如下：

對於環境保護和永續發展的貢獻：隨著全球氣候變遷和環保意識的抬頭，尋找更綠色、低碳的交通工具成為當務之急。智慧油電機車提供環保、效能高的交通解決方案，可以減少

碳排放和噪音污染，對於改善環境品質和促進永續發展有正面的影響。

對於消費者需求和市場趨勢的反映：現代消費者不僅重視交通工具的功能性，更加關心其對環境的影響。本研究可以解消費者對智慧油電機車的認知、態度及智慧油電機車購買意願，並分析其背後的原因，以反映出消費者的真實需求和市場趨勢。

對於技術進步和創新的推動：智慧油電機車結合電力技術與內燃機技術，提供更高效、安靜和省油的運作模式，具有高的技術研究價值。本研究可以提供技術開發者對於智慧油電機車的優缺點和改善方向的建議，以推動技術進步和創新。

對於市場策略和推廣的指導：瞭解消費者的需求和障礙，可以幫助製造商制定更有效的市場策略，促進產品的銷售和市場接受度。本研究可以提供製造商對於智慧油電機車的定位、區隔、定價、促銷等方面的建議，以指導市場策略和推廣。

對於環保意識和消費者行為的關聯性的探討：本研究深入探討消費者的環保意識和價值觀對其購買智慧油電機車的影響，並發現環保意識和價值觀對於知覺價值和智慧油電機車購買意願有正向的影響，而知覺價值又在環保意識和智慧油電機車購買意願之間起到中介作用。這些發現填補此領域的研究缺口，並提供完整的理論架構。

本研究發現性別在消費者對智慧油電機車的購買意願中並無調節作用，說明在臺灣，推動智慧油電機車市場時，性別差異不應被視為主要的市場細分變量。相反，市場行銷策略應更加投入於提升所有消費者的環保意識和知覺價值，這可能對智慧油電機車的購買意願有更普遍的正面影響。

至於年齡，本研究發現年齡在智慧油電機車

車購買意願中具有調節作用，特別是當與環保消費行為相結合時。說明中年消費者可能更傾向於購買智慧電動機車。是故，業者可以針對不同年齡層設計差異化的經營銷售策略。對於年輕消費者不同的價值觀和期望，可能需要更多地集中在創新性和技術進步，才能符合年輕人對於時尚、前沿和社交連接的期望，願意嘗試新技術，並尋求與個人身份和生活方式相匹配的產品。而對於中老年消費者，則強調產品的環保特性和對社會責任感的貢獻，隨著年齡的增長，購買力的增強，可能更願意支持那些能夠帶來環境益處的產品。強調產品的環保特性可能對這一群體更有吸引力。

5.4 未來研究方向

本研究不僅為當前的市場提供深入的分析，同時也為未來相關領域的研究鋪設基礎，可作為後續研究的參考和啟示。例如，未來可以探討其他影響消費者購買智慧油電機車的因素，如社會影響、品牌形象、產品特徵等；也可以將本研究模型應用到其他類型或品牌的智慧油電機車上，以比較其差異與相似之處。

參考文獻

- 王皓宇，2022。電動機車普及率太低！全台僅 55 萬輛，佔機車總數 4%。TVBS 新聞網。取自 <https://tw.news.yahoo.com/電動機車普及率太低-全台僅5-5萬輛-佔機車總數4-145706665.html>。
- 李蘇竣，2022。去年市佔僅 11% 2040 全面電動化目標落差大 電動機車產業提建言。環境資訊中心。取自 <https://e-info.org.tw/node/234899>。
- 林縉明，2022。政府鼓勵購買電動機車 購車補助延長至 2026 年。聯合報。取自 csrone.com/news/7669。
- 趙秀春與郭戈，2016。混合動力電動汽車能量管理策略研究綜述。自動化學報，42(3)，321-334。
- 聯合國，2021。聯合國推動採用零排放交通工具，促進經濟並減少不平等。聯合國新聞。取自 <https://news.un.org/zh/story/2021/10/1092792>。
- 蘇銘翰，2023。2022 台灣機車市場累計 73.4 萬輛！SYM 以 25.5 萬輛成功登頂。自由時報汽車頻道。取自 <https://tw.stock.yahoo.com/news/2022-台灣機車市場累計-73-4-萬輛-092900590.html>。
- Ahmad, W., W.G. Kim, Z. Anwer and W. Zhuang, 2020. Schwartz personal values, theory of planned behavior and environmental consciousness: how tourists' visiting intentions towards eco-friendly destinations are shaped? *Journal of Business Research*, 110, 228-236. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.01.040>
- Ajzen, I., 1991. The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 179-211. [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90020-T](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T)
- Ajzen, I., 2011. The theory of planned behaviour: Reactions and reflections. *Psychology & Health*, 26(9), 1113-1127. <https://doi.org/10.1080/08870446.2011.613995>
- Amin, A., E. Dogan and Z. Khan, 2020. The impacts of different proxies for financialization on carbon emissions in top-ten emitter countries. *Science of the Total Environment*, 740, 140127.
- Astuti, S.P. and E. Susanti, 2022. The Contribution of Perceived Value to the Intention to

- Purchase Electric Motorcycles. *The Asian Journal of Technology Management*, 15(1), 69-81.
- Axsen, J. and K.S. Kurani, 2013. Connecting plug-in vehicles with green electricity through consumer demand. *Environmental Research Letters*, 8(1), 014045.
- Bansal, P. and K. Roth, 2000. Why companies go green: A model of ecological responsiveness. *Academy of Management Journal*, 43(4), 717-736.
- Bjerkkan, K.Y., T.E. Nørbech and M.E. Nordtømme, 2016. Incentives for promoting battery electric vehicle (BEV) adoption in Norway. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 43, 169-180.
- Bonsu, N.O., 2020. Towards a circular and low-carbon economy: Insights from the transitioning to electric vehicles and net zero economy. *Journal of Cleaner Production*, 256, 120659.
- Chen, C.F., G.Z. de Rubens, L. Noel, J. Kester and B.K. Sovacool, 2020. Assessing the socio-demographic, technical, economic and behavioral factors of Nordic electric vehicle adoption and the influence of vehicle-to-grid preferences. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 121, 109692.
- Chen, H.S., B.K. Tsai and C.M. Hsieh, 2017. Determinants of consumers' purchasing intentions for the hydrogen-electric motorcycle. *Sustainability*, 9(8), 1447.
- Chen, H.-S., C.-Y. Chen, H.-K. Chen, and T. Hsieh, 2012. A Study of Relationships among Green Consumption Attitude, Perceived Risk, Perceived Value toward HydrogenElectric Motorcycle Purchase Intention. *AASRI Procedia*, 2, 163-168. doi: 10.1016/j.aasri.2012.09.029
- Chen, T.B. and L.T Chai, 2010. Attitude towards the environment and green products: Consumers' perspective. *Management Science and Engineering*, 4(2), 27-39.
- Chen, Y. S. and C. H. Chang, 2012. Enhance green purchase intentions: The roles of green perceived value, green perceived risk, and green trust. *Management Decision*, 50(3), 502-520.
- Cheung, M. F. and W. M. To, 2019. An extended model of value-attitude-behavior to explain Chinese consumers' green purchase behavior. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 50, 145-153.
- Cong, J. and T. Xia, 2023. Factors Influencing the Purchase Intention of EVs Among Korean and Chinese Consumers. *Journal of Korea Trade (JKT)*, 27(4), 77-100.
- Dangelico, R. M., F. Nonino and A. Pompei, 2021. Which are the determinants of green purchase behaviour? A study of Italian consumers. *Business Strategy and the Environment*, 30(5), 2600-2620.
- Dhenge, S. A., S. N. Ghadge, M. C. Ahire, S. D., Gorantiwar and M. G. Shinde, 2022. Gender attitude towards environmental protection: a comparative survey during COVID-19 lockdown situation. *Environment, Development and Sustainability*, 1-46. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-02015-6>
- Dhir, A., S. Talwar, M. Sadiq, M. Sakashita P. Kaur, 2021. Green apparel buying behaviour: a stimulus–organism–behaviour–consequence

- (SOBC) perspective on sustainability-oriented consumption in Japan. *Business Strategy and the Environment*, 30, 183-204. <https://doi.org/10.1002/bse.2821>
- Dornoff, J., J. German, A. Deo and A. Dimaratos, 2022. Mild-hybrid vehicles: A near term technology trend for CO₂ emissions reduction. International Council on Clean Transportation. Retrieved from <https://theicct.org/wp-content/uploads/2022/07/mild-hybrid-emissions-jul22.pdf>
- Energy Saving Trust, 2020. E-as-y riders: what can electric motorcycles offer? Retrieved from <https://energysavingtrust.org.uk/e-as-y-riders/>
- Environmental Protection Administration, 2020. New vehicle certification & recall. Retrieved from <https://www.epa.gov.tw/eng/6DFB84DC8C65F910/>
- Fornell, C. and D. F. Larcker, 1981. Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. *Journal of Marketing Research*, 18(1), 39-50.
- Fung, D., 2014. DRIVE, Hybrids explained: Mild v Full v Plug-in v Extended Range Electric Vehicle. Retrieved from <https://www.drive.com.au/news/hybrids-explained-mild-v-full-v-plug-in-v-extended-range-electric-vehicle/>
- Gadenne, D., B. Sharma, D. Kerr and T. Smith, 2011. The influence of consumers' environmental beliefs and attitudes on energy saving behaviours. *Energy Policy*, 39(12), 7684-7694.
- Ganak, J., Y. Chen, D. Liang, H. Liu and T. Chi, 2020. Understanding US millennials' perceived values of denim apparel recycling: insights for brands and retailers. *International Journal of Sustainable Society*, 12(4), 267-290.
- Gandhi, A. and P. Sheorey, 2019. Antecedents of green consumer behaviour: A study of consumers in a developing country like India. *International Journal of Public Sector Performance Management*, 5(3-4), 278-292.
- Guerra, E., 2019. Electric vehicles, air pollution, and the motorcycle city: A stated preference survey of consumers' willingness to adopt electric motorcycles in Solo, Indonesia. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 68, 52-64. doi: 10.1016/j.trd.2017.07.027
- Habich-Sobiegalla, S., G. Kostka and N. Anzinger, 2018. Electric vehicle purchase intentions of Chinese, Russian and Brazilian citizens: An international comparative study. *Journal of Cleaner Production*, 205, 188-200.
- Hair Jr., J. F., G. T. M. Hult, C. M. Ringle and M. Sarstedt, 2021. A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM). Sage publications.
- Hair, J. F., C. M. Ringle and M. Sarstedt, 2011. PLS-SEM: Indeed a silver bullet. *Journal of Marketing Theory and Practice*, 19(2), 139-152.
- Hair, J. F., J. J. Risher M. Sarstedt and C. M. Ringle, 2019. When to use and how to report the results of PLS-SEM. *European Business Review*, 31(1), 2-24. <https://doi.org/10.1108/EBR-11-2018-0203>
- Henseler, J., C. M. Ringle and M. Sarstedt, 2015. A new criterion for assessing discriminant validity in variance-based structural equation modeling. *Journal of the Academy of*

- Marketing Science*, 43, 115-135. <https://doi.org/10.1007/s11747-014-0403-8>
- Higuera-Castillo, E., A. Guillén, L. J. Herrera, and F. Liébana-Cabanillas, 2021. Adoption of electric vehicles: Which factors are really important? *International Journal of Sustainable Transportation*, 15(10), 799-813. <https://doi.org/10.1177/002224377701400320>
- Hofstetter, J., P. Boucharel, F. Atzler and G. Wachtmeister, 2020. Fuel consumption and emission reduction for hybrid electric vehicles with electrically heated catalyst. *SAE International Journal of Advances and Current Practices in Mobility*, 3(2020-37-0017), 702-714.
- Hwang, J., I. Kim and M. A. Gulzar, 2020. Understanding the eco-friendly role of drone food delivery services: deepening the Theory of Planned Behavior. *Sustainability*, 12(4), 1440. <https://doi.org/10.3390/su12041440>
- ICCT, 2021. Greenhouse gas emissions from electric vehicles in the United States. Retrieved from <https://theicct.org/publications/ev-ghg-2021>
- IEA, 2021. Global EV outlook 2021. Retrieved from <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2021>
- Johnstone, M. L. and L. P. Tan, 2015a. Exploring the gap between consumers' green rhetoric and purchasing behaviour. *Journal of Business Ethics*, 132, 311-328.
- Johnstone, M. L. and L. P. Tan, 2015b. An exploration of environmentally-conscious consumers and the reasons why they do not buy green products. *Marketing Intelligence & Planning*, 33(5), 804-825.
- Joshi, Y. and Z. Rahman, 2015. Factors affecting green purchase behaviour and future research directions. *International Strategic Management Review*, 3(1-2), 128-143.
- Khan, M. S., P. Saengon, A. M. N. Alganad, D. Chongcharoen and M. Farrukh, 2020. Consumer green behaviour: An approach towards environmental sustainability. *Sustainable Development*, 28(5), 1168-1180.
- Kim, H. Y. and J. E. Chung, 2011. Consumer purchase intention for organic personal care products. *Journal of Consumer Marketing*, 28(1), 40-47.
- Li, H. C., P. T. Chiueh, S. P. Liu and Y. Y. Huang, 2017. Assessment of different route choice on commuters' exposure to air pollution in Taipei, Taiwan. *Environmental Science and Pollution Research*, 24, 3163-3171.
- Lin, S. T. and H. J. Niu, 2018. Green consumption: Environmental knowledge, environmental consciousness, social norms, and purchasing behavior. *Business Strategy and the Environment*, 27(8), 1679-1688. <https://doi.org/10.1002/bse.2045>
- Maxwell-Smith, M. A., P. J. Conway, J. D. Wright and J. M. Olson, 2018. Translating environmental ideologies into action: The amplifying role of commitment to beliefs. *Journal of Business Ethics*, 153, 839-858. <https://doi.org/10.1007/s10551-016-3338-3>
- Moon, M. A., S. H. Mohel and A. Farooq, 2018. I green, you green, we all green: Testing the extended environmental theory of planned behavior among the university students of Pakistan. *Social Science Journal*, 58, 102-123. <https://doi.org/10.1016/j.soscij.2019.05.001>

- Muraguri, E., S. Jin and A. Samake, 2020. Modeling the role of perceived green value and consumer innovativeness in green products' consumption intention within the theory of planned behavior. *Sustinere: Journal of Environment and Sustainability*, 4(2), 94-116.
- Nayak, A. K., B. Ganguli and P. M. Ajayan 2023. Advances in electric two-wheeler technologies. *Energy Reports*, 9, 3508-3530.
- Olsen, M. R., 2022. SEM Analysis of Extended Theory of Planned Behavior, With Environmental Concern, Willingness to Pay, and Perception of Risk to Understand Intention to Purchase Electric Motorcycles in US. Doctoral dissertation, Trident University International.
- Pamungkas, D. D. A., 2023. The Influence of Perceived Value and Product Involvement Towards Purchase Intention Mediated by Attitude. *Journal of World Science*, 2(7), 989-997.
- Paul, J., A. Modi and J. Patel, 2016. Predicting green product consumption using theory of planned behavior and reasoned action. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 29, 123-134. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2015.11.006>
- Plötz, P., U. Schneider, J. Globisch and E. Dütschke, 2014. Who will buy electric vehicles? Identifying early adopters in Germany. *Transportation Research Part A*, 67, 96-109. doi: 10.1016/j.tra.2014.06.006
- Qian, L. and J. Yin, 2017. Linking Chinese cultural values and the adoption of electric vehicles: The mediating role of ethical evaluation. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 56, 175-188. doi: 10.1016/j.trd.2017.07.029
- Rahardja, C. T., 2023. GREEN PERCEIVED VALUE ON GREEN PRODUCT AWARENESS AND GREEN SATISFACTION MODERATED BY GENDER. *Jurnal Akuntansi dan Manajemen*, 34(2), 73-85.
- Rezvani, Z., J. Jansson and J. Bodin, 2015. Advances in consumer electric vehicle adoption research: A review and research agenda. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 34, 122-136.
- Ritter, Á. M., M. Borchardt, G. L. Vaccaro, G. M. Pereira and F. Almeida, 2015. Motivations for promoting the consumption of green products in an emerging country: exploring attitudes of Brazilian consumers. *Journal of Cleaner Production*, 106, 507-520.
- Roh, T., J. Seok and Y. Kim, 2022. Unveiling ways to reach organic purchase: Green perceived value, perceived knowledge, attitude, subjective norm, and trust. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 67, 102988.
- Shaikh, S., M. A. H. Talpur, F. Baig, F. Tariq and S. H. Khahro, 2023. Adoption of Electric Motorcycles in Pakistan: A Technology Acceptance Model Perspective. *World Electric Vehicle Journal*, 14(10), 278.
- She, Z. Y., Q. Sun, J. J. Ma and B. C. Xie, 2017. What are the barriers to widespread adoption of battery electric vehicles? A survey of public perception in Tianjin, China. *Transport Policy*, 56, 29-40.
- Sierzechula, W., 2014. Factors influencing fleet manager adoption of electric vehicles.

- Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 31, 126-134.
- Sirdeshmukh, D., J. Singh, and B. Sabol, 2002. Consumer Trust, Value, and loyalty in Relational exchanges. *Journal of Marketing*, 66(1), 15-37.
- Statista, 2023. Forecasted size of the electric motorcycle market worldwide from 2020 to 2030. Retrieved from <https://www.statista.com/statistics/1254526/electric-motorcycle-market-size-forecast/>
- Sumaedi, S., I. G. Mahatma, Y. Bakti and M. Yarmen, 2012. The empirical study of public transport passengers' behavioral intentions: The roles of service quality, perceived sacrifice, perceived value, and satisfaction (case study: paratransit passengers in Jakarta, Indonesia). *International Journal for Traffic and Transport Engineering*, 2(1), 83-97.
- Suprihartini, L., D. Herdiansyah, and M. Fahrizal, 2023. The effects of green product knowledge, perceived price and government policy on green purchase intention in buying hybrid motor vehicles.
- Tiwari, V., P. Aditjandra and D. Dissanayake, 2020. Public attitudes towards electric vehicle adoption using structural equation modelling. *Transportation Research Procedia*, 48, 1615-1634.
- Tripathi, A. and M. P. Singh, 2016. Determinants of sustainable/green consumption: A review. *International Journal of Environmental Technology and Management*, 19(3-4), 316-358.
- Wahyoedi, S., A. Wardhana and H. Tannady, 2023. The Role of Green Trust as an Intervening Variable in the Relationship Between Green Brand Image and Green Perceived Value Towards Purchase Intention in Indonesian Local Fashion Products. *JAMBU AIR: Journal of Accounting Management Business and International Research*, 1(1), 17-21.
- Wang, S., J. Fan, D. Zhao, S. Yang and Y. Fu, 2016. Predicting consumers' intention to adopt hybrid electric vehicles: using an extended version of the theory of planned behavior model. *Transportation*, 43(1), 123-143. doi: 10.1007/s11116-014-9567-9
- Wiernik, B. M., D. S. Ones, and S. Dilchert, 2013. Age and environmental sustainability: A meta-analysis. *Journal of Managerial Psychology*, 28(7/8), 826-856. <https://doi.org/10.1108/JMP-07-2013-0231>
- Yaacob, R. and M. B. Baroto, 2019. Influencing Variables Towards the Intention to Purchase (ITP) and Their Research Gaps. *The Asian Journal of Technology Management (AJTM)*, 12(1), 1-14. doi: 10.12695/ajtm.2019.12.1.1
- Yang, B., N. Wu, Z. Tong, and Y. Sun, 2022. Narrative-based environmental education improves environmental awareness and environmental attitudes in Children aged 6-8. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(11), 6483. <https://doi.org/10.3390/ijerph19116483>
- Yuriev, A., M. Dahmen, P. Paillé, O. Boiral, and L. Guillaumie, 2020. Pro-environmental behaviors through the lens of the theory of planned behavior: a scoping review. *Resources, Conservation and Recycling*, 155, 319-334. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104660>

- Zeithaml, V. A., 1988. Consumer perceptions of price, quality, and value: a means-end model and synthesis of evidence. *Journal of Marketing*, 52(3), 2-22.
- Zhao, S., and L. Chen, 2021. Exploring residents' purchase intention of green housings in China: an extended perspective of perceived value. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(8), 4074.
- Zhuang, W., X. Luo and M. U. Riaz, 2021. On the factors influencing green purchase intention: A meta-analysis approach. *Frontiers in Psychology*, 12, 644020.
- Zou, J., Tang, Y., Qing, P., Li, H. and Razzaq, A., 2021. Donation or discount: Effect of promotion mode on green consumption behavior. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(4), 1912.
- Zou, J., Y. Tang, P. Qing, H. Li and A. Razzaq, 2021. Donation or discount: effect of promotion mode on green consumption behavior. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(4), 1912. <https://doi.org/10.3390/ijerph18041912>

From Green to Oasis: Exploring Consumer Acceptance of Smart Hybrid Motorcycles from an Environmental Perspective

Sze-Hsun Sylcien Chang¹ Kuo-Feng Wu^{2*} Hawjeng Chiou³ WeiPen Tsai⁴

ABSTRACT

This study aims to explore the market acceptance of smart hybrid electric motorcycles from an environmental perspective, focusing on how consumers balance the pursuit of 'green' environmentally friendly technologies with their aspirations for an ideal 'oasis' product. 'Green' is conceptualized as choices that represent environmental protection, sustainability, and eco-friendliness, while 'oasis' refers to the ideal product that satisfies all consumer needs and desires. Utilizing the Theory of Planned Behavior (TPB), this study constructs a model that incorporates perceived value, environmental awareness, and values to examine their relationships with environmentally friendly consumer behaviors and purchasing intentions. The model was validated through a questionnaire survey conducted in Taiwan, involving 415 motorcycle users.

The findings reveal that perceived image value and perceived product value significantly positively impact purchase intentions. Additionally, environmental awareness and values were found to mediate the relationship between perceived value and purchase intention. However, a notable gap was observed: while consumers generally recognize the value of environmental protection, this recognition has not fully translated into purchase intentions for smart hybrid electric motorcycles. This discrepancy suggests that effectively promoting this market requires a comprehensive understanding of consumers' desires and concerns, aiming to find an ideal balance between 'green' and 'oasis'.

This study provides valuable insights into consumers' purchase intentions towards smart hybrid electric motorcycles and offers strategic guidance for manufacturers and policymakers. It highlights the potential pathways and challenges in promoting greener choices in the automotive industry.

Keywords: Smart Hybrid Motorcycle, Green Consumption Behavior, Purchase Intention, Environmental Consciousness and Values, Perceived Value.

¹ Assistant Professor, Department of Business Administration, National Taipei University of Business.

² Assistant Professor, Department of Business Administration, National Taipei University of Business.

³ Distinguished Professor, Department of Business Administration, National Taiwan Normal University.

⁴ Assistant Professor, Department of Business Administration, National Taipei University of Business.

*Corresponding Author, Phone: +886-2-23226456, E-mail: kuofeng@ntub.edu.tw

Received Date: August 31, 2023

Revised Date: November 03, 2023

Accepted Date: December 13, 2023