

逢甲大學學生報告 ePaper

電動汽車充電樁設置課題之探討

Research On The Setting Of Charging Piles For Electric Vehicles

作者：許程皓、鄭曉庭、許珮鈺、林蓉蓉、蘇柏郡

系級：運輸與物流系

學號：D0917983、D0958705、D0989695、D0958811、D1090481

開課老師：蘇昭銘

課程名稱：交通法規與政策

開課系所：運輸與物流系三乙

開課學年：111 學年度 第一學期

摘要

近年來在電動車產業蓬勃發展之下，戶外電動車充電樁之需求也越加明顯，截至 2022 年 5 月為止，台中市電動汽車數有 3256 輛，據預估，2040 年全球電動車銷售量將突破 5 億台。而為了達到充分利用資源，同時提高使用者對充電樁的設置滿意度，減少使用者對於充電樁設置的不信任感，進而增加營運效益以促進充電樁營運建商設置充電樁。

因此本研究為改善現況之電動汽車充電樁設置之研究，故主要內容為針對使用者問卷滿意度進行統計調查與分析，作為設置分析上之依據，並藉由 LINGO 最佳化之分析，形成更加完整且顯著的設置模型，得出最佳化設置數量，並利用情境分析與敏感度分析之方法，模擬各種情境下所造成之成本，提供廠商設置標準，並藉此增加使用者及潛在使用者在使用之滿意度，同時提高潛在使用者購買，力求充電樁發揮出自己最大的效益，也不會浪費多餘的資源。

最終利用重要性與滿意度調查分析(IPA)，瞭解顧客對充電樁所提供的服務表現之主觀感受進行分析，並以滿意度與重要性作為評估的基礎，繪製出二維的矩陣圖形，以作為本研究最終滿意度分析之結果。

關鍵詞: 電動車、充電樁、統計調查與分析、最佳化、重要性與滿意度調查分析 (IPA)

Abstract

With the vigorous development of the electric vehicle industry in recent years, the demand for outdoor electric vehicle charging piles has become more and more obvious. As of May 2022, there are 3,256 electric vehicles in Taichung City. According to estimates, the global sales of electric vehicles in 2040 will exceed 500 million units. In order to make full use of resources, improve users' satisfaction with the installation of charging piles, reduce users' distrust of charging piles, and increase operational efficiency to promote charging pile operators and builders to set up charging piles.

Therefore, this research is a research on improving the current setting of electric vehicle charging piles, so the main content is to conduct statistical investigation and analysis on the satisfaction of user questionnaires, as the basis for setting analysis, and through the analysis of LINGO optimization, a more comprehensive A complete and significant configuration model to obtain the optimal configuration quantity, and use the method of scenario analysis and sensitivity analysis to simulate the costs caused by various scenarios, provide manufacturers with configuration standards, and thereby increase users and potential users In terms of user satisfaction, while increasing the purchase of potential users, we strive to maximize the benefits of charging piles without wasting excess resources.

Finally, the Importance and Satisfaction Investigation Analysis (IPA) is used to analyze the subjective feelings of customers on the service performance provided by the charging pile, and the satisfaction and importance are used as the basis of evaluation to draw a two-dimensional matrix graph to As a result of the final satisfaction analysis of this study.

Keyword: Electric car 、 Charging pile 、 Statistical Investigation and Analysis 、 Optimize 、 Importance and Satisfaction Survey Analysis (IPA)

目錄

第一章 緒論.....	6
1.1 研究動機.....	6
1.2 研究目的.....	6
1.3 研究內容.....	6
1.4 研究範圍.....	7
1.5 研究流程與時程.....	7
第二章 文獻回顧.....	9
2.1 最佳化電動車充電樁配置數量.....	9
2.2 充電產業營運模式.....	14
2.3 小結.....	16
第三章 研究方法.....	17
3.1 統計方法.....	17
3.1.1 抽樣誤差(Sampling Error).....	17
3.1.2 信度分析(Reliability Analysis).....	17
3.1.3 卡方檢定(Chi-Squared Test).....	18
3.1.4 單因子變異數分析(One-way analysis of variance, ANOVA).....	18
3.2 最佳化模式.....	18
3.2.1 問題描述.....	18
第四章 研究結果.....	20
4.1 敘述性統計.....	20
4.1.1 問卷題目說明.....	20
4.1.2 問卷統計形式.....	22
4.1.3 問卷結果說明.....	22
4.2 卡方檢定與單因子變異數分析結果.....	29
4.3 最佳化模式結果.....	31
4.3.1 數學定式.....	31
4.3.2 範例測試.....	32
4.4 小結.....	44
第五章 結論與建議.....	45
5.1 結論.....	45
參考資料.....	47

圖目錄

圖 1 研究範圍示意圖.....	7
圖 2 研究流程圖.....	8
圖 3 研究甘特圖.....	8
圖 4 性別比.....	23
圖 5 年齡組成.....	24
圖 6 居住地(人).....	24
圖 7 目前是否有電動車.....	25
圖 8 過去如何前往.....	25
圖 9 對於自己居住區域戶外電動車充電裝設置數量滿意度.....	26
圖 10 對於自己居住區域戶外電動車充電裝設置地區分布滿意度.....	26
圖 11 若提升居住區域戶外動車充電裝設置數量達多少供需比例會有最好之滿意度.....	27
圖 12 居住區域戶外電動車充電裝設置地區分布能夠更加平均之滿意度.....	27
圖 13 對於自己居住區域戶外電動車充電裝設置數量重要度.....	28
圖 14 對於自己居住區域戶外電動車充電裝設置地區分布重要度.....	28
圖 15 對於自己居住區域戶外電動車充電裝設置地區分布能夠更加平均之重要度.....	29
圖 16 範例測試程式碼.....	33
圖 17 範例測試執行結果.....	33
圖 18 範例測試需求數量.....	34
圖 19 建設成本+5%、+10%、-5%、-10%之敏感度分析.....	40
圖 20 增加移動式充電樁程式碼.....	43
圖 21 增加移動式充電樁建設總成本.....	43
圖 22 增加移動式充電樁需求數量.....	44
圖 23 台中民眾對於充電樁重要性與滿意度調查分析(IPA).....	45

表目錄

表 1 最佳化電動車充電樁配置數量文獻.....	9
表 2 充電產業營運模式文獻.....	15
表 3 台中市各區現有充電樁數量.....	18
表 4 問卷題目說明(背景資料).....	20
表 5 填答者背景資料(目前不具有電動車).....	21
表 6 填答者背景資料(含所有填答者).....	21
表 7 百分之九十五信賴區間下容許誤差與樣本大小資料表.....	22
表 8 整體充電樁設置滿意度資料信度.....	23
表 9 整體充電樁設置重要度資料信度.....	23
表 10 性別與居住地(人)樣本分析表.....	29
表 11 性別與是否具有電動車樣本分析.....	30
表 12 居住地(人)對於居住區周邊充電樁之滿意程度.....	30
表 13 居住地(人)對於居住區周邊充電樁之重要程度.....	31
表 14 充電裝建置成本.....	34
表 15 充電裝建置數量.....	34
表 16 充電裝建置費用.....	35
表 17 建設成本+5%費用.....	36
表 18 建設成本+5%數量.....	36
表 19 建設成本+5%的成本.....	36
表 20 建設成本+10%費用.....	37
表 21 建設成本+10%數量.....	37
表 22 建設成本+10%成本.....	37
表 23 建設成本-5%費用.....	38
表 24 建設成本-5%數量.....	38
表 25 建設成本-5%成本.....	38
表 26 建設成本-10%費用.....	39
表 27 建設成本-10%數量.....	39
表 28 建設成本-10%成本.....	39
表 29 增加移動式充電樁為供給建置成本.....	41

第一章 緒論

1.1 研究動機

近年來，電動車產業越來越蓬勃發展。由於能源危機與環境污染的問題，在交通領域使用電動車取代傳統車被視為解決環境問題的有效手段。因此，越來越普遍的電動交通工具也接續推出。從最基本的電動腳踏車、電動汽車，到電動公車等等，都需要使用充電的方式來維持運行。因此電動車的能源來源充電樁，其設置數量及區域，也成為像隨處可得的加油站成為重要的課題。目前截至 2022 年 5 月為止，台中市電動汽車數有 3256 輛，據預估，2040 年全球電動車銷售量將突破 5 億台，蓬勃發展的電動車產業更顯其充電樁需求之重要。

1.2 研究目的

為了達到充分利用資源，同時提高使用者對充電樁的設置滿意度，減少對於充電樁設置的不信任感，並增加營運效益進而促進充電樁營運建商設置充電樁，本組決定深入研究此主題。進行充電樁效益需求的分析，得出以充電樁營運商綜合效益最大化為優化目標的模型，使充電樁設置達到最佳化。充電樁營運商綜合效益所考慮的因素包括：充電樁營運經濟收入、充電樁服務的級別和充電分布均衡，並從台中地區充電樁設置現況對於電動車使用者之滿意度進行分析，力求充電樁發揮出自己最大的效益，也不會浪費多餘的資源。

1.3 研究內容

本研究為改善現況之電動汽車充電樁設置之研究，故主要內容為針對使用者問卷滿意度與重要度進行統計調查與分析，作為設置分析上之依據，並藉由 LINGO 之分析，形成更加完整且顯著的設置模型，得出最佳化設置數量，並利

用情境分析與敏感度分析之方法，模擬各種情境下所造成之成本，提供業者設置建議，藉此增加使用者及潛在使用者在使用之滿意度，並同時提高潛在使用者購買。

1.4 研究範圍

本研究以台中市各區作為電動汽車充電樁設置之依據，其地區範圍包含西屯區、南屯區、北屯區、北區、西區、中區、東區、南區、大甲區、大安區、清水區、沙鹿區、梧棲區、龍井區、大肚區、和平區、東勢區、后里區、外埔區、豐原區、神岡區、石岡區、新社區、太平區、霧峰區、烏日區、大雅區、大里區、潭子區等 29 區作為本研究之範圍，其範圍如下圖 1 紅框內容所示。

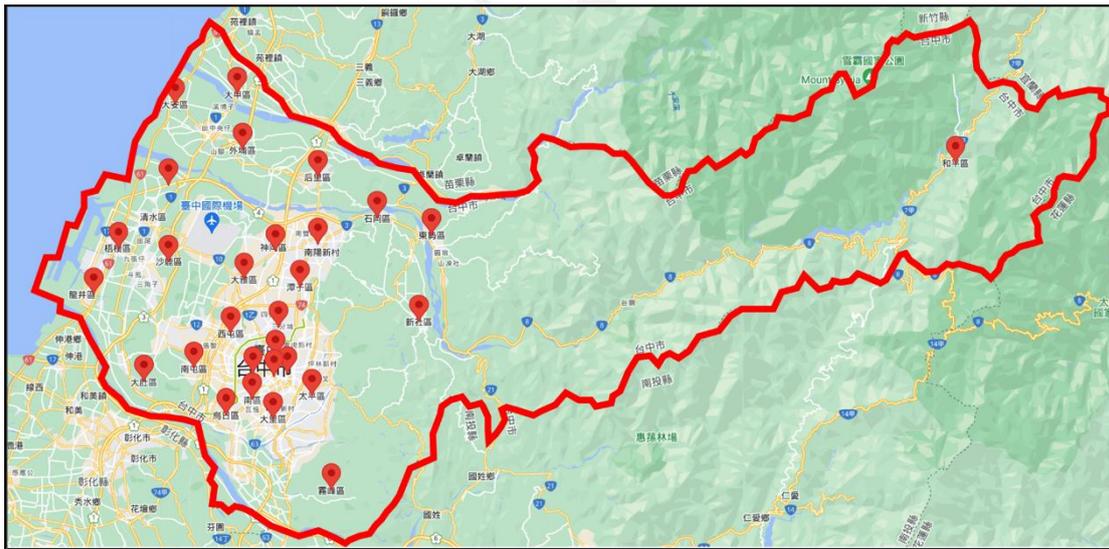


圖 1 研究範圍示意圖

1.5 研究流程與時程

本研究在確定主題後，依循研究方向蒐集相關文獻，並藉由使用者心理進而設計相關問卷調查，並作為民眾在使用時之滿意度與重要度分析以及非使用者之未來潛在需求，並藉由該基礎用 LINGO 來進一步研擬電動汽車充電樁最佳化設置數量及區域，最終將結果做分析，本研究根據分析出的結果得出結論及建議。本研究流程如圖 2 所示，研究甘特圖如圖 3 所示。

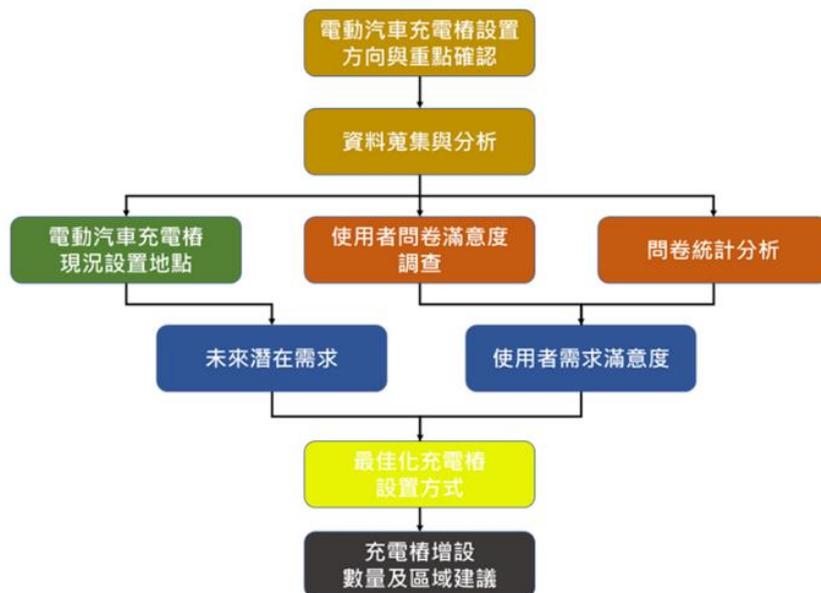


圖 2 研究流程圖

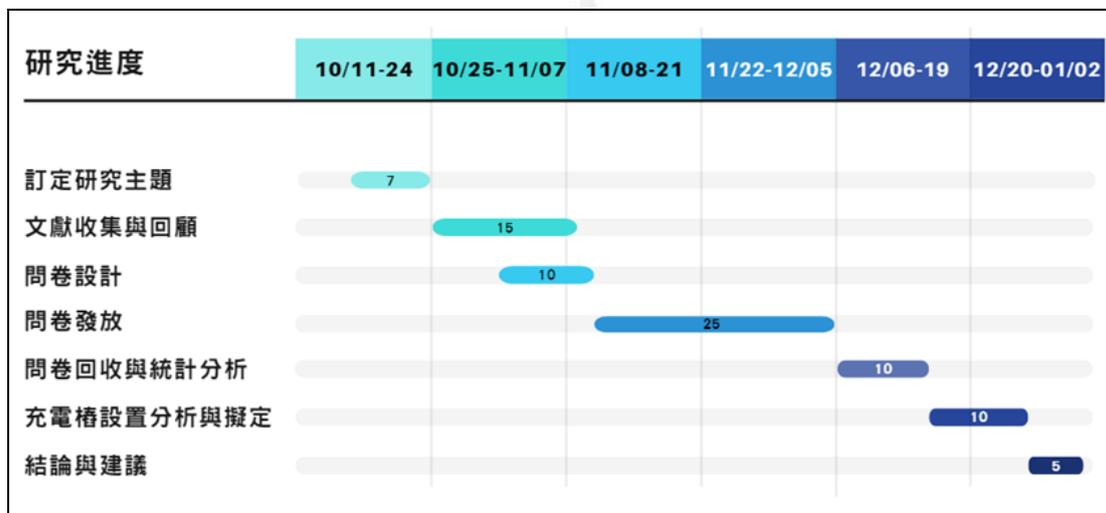


圖 3 研究甘特圖

資料來源:本研究繪製

第二章 文獻回顧

本研究蒐集之文獻主要係包含(1)最佳化電動汽車充電樁配置數量與(2)充電產業營運模式，進行電動汽車充電樁設置之探討。

2.1 最佳化電動汽車充電樁配置數量

其內容如下表 1 所示。

表 1 最佳化電動汽車充電樁配置數量文獻

作者 (年份)	主題	研究方法	結論
國立高雄海洋科技大學輪機工程研究所碩士學術論文 (楊竣丞 2013)	電動汽車充電站策略性配置之研究 (楊竣丞 2013)	建構隨機規劃數學模型 (蒙地卡羅模擬法)、最佳化演算法 (基因演算法)	<ul style="list-style-type: none"> ● 電動汽車充電站配電系統中採用遺傳法的最佳位置的問題以提出一種新的方法 (楊竣丞 2013)。 ● 有和沒有的最優充電站位置的系統操作的性能，進行比較和分析系統電壓不平衡造成的影響。結果寶明，充電站的策略佈局減輕電動汽車充電分布網路系統運行性能和電壓品質的影響是有幫助的 (楊竣丞 2013)。 ● 利用基因演算法所搜尋到的最佳化充電站配置，再以不同的充電站配置的策略做比較，可以看出充電站有最佳化配置的模式得到損失最小 (楊竣丞 2013)。

<p>可再生能源第 36 卷第 4 期期刊學術論文(李盛偉等 2018)</p>	<p>面向用戶需求的電動汽車充電站最優規劃模型研究(李盛偉等 2018)</p>	<p>建立定容和送址模型、最優解策略</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 隨著充電站數量的增加，用戶的充電時間成本及充電站的平均利用率都在下降，在充電站數量為 12 時，用戶所耗費的時間成本最少，相應的充電站的平均利用率也最低(李盛偉等 2018)。 ● 建模過程中，引入表示用戶主觀意願的狀態指示變亮，建立更貼合實際的優化模型。求解模型時，為平衡用戶充電時間成本與充電站運營效益之間的關係，建立充電站定容模型；採用改進的免疫遺傳算法進行求解，得到不同充電站數量的最優站址容量；最後，選取運營商收益最大的規劃方案。本文提出的方法進行充電站佈局規劃，不僅可以保證充電樁的利用率，減少繞行距離及耗費的時間成本，給用戶提供更舒心的充電服務，還可以提高運營商的收益，有利於電動汽車的推廣(李盛偉等 2018)。
--	--	------------------------	---

<p>中國知識機組設 施工程期刊學術 論文(呂媛等 2022)</p>	<p>需求響應下 的電動汽車 充電設施配 置模型(呂媛 等 2022)</p>	<p>建立充電行 為模型、建立 設施規劃模 型、敏感性分 析</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 激勵型需求響應下，在一定的用戶需求響應比例下，代表電動汽車的集合運營商獲得需求響應獎勵，其投資回報率大於無需求響應情形，如果申報需求響應後，需求響應不到位，集合運營商將面臨需求響應懲罰，收益回報率降低(呂媛等 2022)。 ● 電動汽車的峰谷電價是依據地區總負荷的峰谷時段制定的，往往與電動汽車充電負荷的峰谷時段不相符，會造成隨著需求響應比例的增加，電鍍汽車的日最大充電負荷將變大，導致充電站的利用率下降，進而收益率下降。電動汽車的負荷調節作用與充電站盈利率之平衡有待進一步研究(呂媛等 2022)。
---	---	--	---

<p>中國科技核心期刊計算機系統應用論文(張璐璐等 2020)</p>	<p>電動汽車典型快充站優化運行配置方法(張璐璐等 2020)</p>	<p>建立典型快充站優化運行配置模型、遺傳優化算法</p>	<ul style="list-style-type: none">● 通過算例比較得出電動汽車快速充電站的最佳設計模式，可以通過使用可再生能源發電來提高盈利能力，同時需要與電網連接以保證充電站的工作穩定性(張璐璐等 2020)。● 本研究對建設電動汽車充電站、促進新能源發電，以及實現更可持續的能源管理有著重要意義(張璐璐等 2020)。
-------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------	---



<p>電工電能新技術 第38卷第4期 刊學術論文 (李文超等 2019)</p>	<p>計及電池使用壽命的電動汽車充電站儲能容量配置方法(李文超等 2019)</p>	<p>建立容量配置模型、粒子群優化算法</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 分析充電站的負荷特點，有助於合理選擇儲能電池利用模式，達到經濟最優的目標。根據算例分析，當充電站負荷相對較平穩且積極響應峰谷價差的情況下，配置儲能電池用於削峰填谷在經濟性沒有優勢，但用於規劃建設的充電站是可以有效降低成本。而針對負荷波動大，且夜晚無充電的充電站，兩種配置場景在經濟性上均值得考慮(李文超等 2019)。 ● 電池壽命的影響因素較多，單獨使用兩流計數法和電池等效壽命模型建立的電池壽命模型還不能完全符合實際要求，如何能做好電池使用壽命的不確定性表達或建模是需要進一步研究(李文超等 2019)。 ● 實際中充電站類型較多，如何對充電站進行合理分類並能夠根據提出的指標快速確定該充電站是否值得配置儲能是需要進一步研究(李文超等 2019)。
--	--	-------------------------	--

國立臺灣大學 工業工程學研 究所碩士學術 論文(張雯婷 2020)	基於時空過 程模型預測 電動汽車充 電需求(張雯 婷 2020)	建構模擬模 型、收集資料	<ul style="list-style-type: none">● 最適切於台北市電動汽車充電事件點模式之模型以時空高斯過程模型較佳(張雯婷 2020)。● 未來可運用該模型來預測台北市電動汽車充電需求的潛在時空分佈(張雯婷 2020)。
---	--	-----------------	--

參考資料:電動車充電站策略性配置之研究(楊竣丞 2013)、面向用戶需求的電動汽車充電站最優規劃模型研究(李盛偉等 2018)、需求響應下的電動汽車充電設施配置模型(呂媛等 2022)、電動汽車典型快充站優化運行配置方法(張璐璐等 2020)、計及電池使用壽命的電動汽車充電站儲能容量配置方法(李文超等 2019)、基於時空過程模型預測電動汽車充電需求(張雯婷 2020)。

2.2 充電產業營運模式

其內容如下表 2 所示。



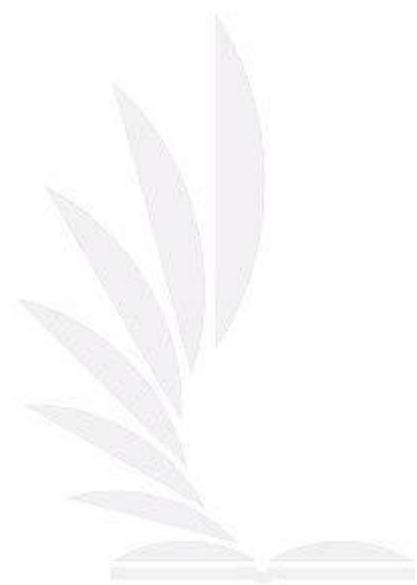
表 2 充電產業營運模式文獻

作者 (年份)	主題	研究方法	結論
中華大學資訊工程學系碩士班碩士學術論文(陳信凱 2014)	以多目標遺傳演算法規劃具動態需求之電動車充電站設置問題(陳信凱 2014)	建立問題模型、多目標遺傳演算法	<ul style="list-style-type: none"> ● 利用多目標遺傳演算法可以提供決策者多組非支配解來選擇建置電動車充電站的位置。(陳信凱 2014) ● 採用種子繼承式可以使多目標遺傳演算法在相同計算成本下獲得較好非支配解(陳信凱 2014)。
國立台灣大學管理學院商學研究所碩士學術論文(吳采儒 2021)	台灣保時捷充電網絡佈局策略(吳采儒 2021)	分析個案、文獻蒐集	<ul style="list-style-type: none"> ● 充電基礎建設是電動車的核⼼關鍵，沒有充電設備，性能再好的電動車都無法銷售出去(吳采儒 2021)。 ● 充電站的佈局策略不僅影響了民眾對於電動車的接受程度、電動車的銷售量，也是集團電動化大方向是否成功的關鍵(吳采儒 2021)。
國立中央大學企業管理學系碩士學術論文(陳玉蕙 2013)	台灣電動車產業需求面商業模式(陳玉蕙 2013)	質性研究、文獻回顧	<ul style="list-style-type: none"> ● 各國皆採用多元化之電動車商業模式(陳玉蕙 2013)。 ● 台灣則以整車銷售之產品導向商業模式作為主軸，以車輛租賃之服務導向商業模式為輔(陳玉蕙 2013)。

參考資料:以多目標遺傳演算法規劃具動態需求之電動車充電站設置問題(陳信凱 2014)、台灣保時捷充電網絡佈局策略(吳采儒 2021)、台灣電動車產業需求面商業模式(陳玉蕙 2013)。

2.3 小結

藉由上述相關文獻之蒐集後，本研究將進行充電站與充電樁配置最佳化之設計為主要探討方向，再藉由其它相關論文進行補充，以達到更加完整之規劃模式。並參考研究方法之模型，以建立最佳化電動車充電樁配置數量之模型，更貼近實際需求。



第三章 研究方法

本研究之進行除利用文獻回顧之方法參考國內外相關論文研究等，亦使用問卷統計分析之方式，藉以了解旅客電動車使用者滿意度與重要度之感受，作為本研究充電樁規劃之參考，期盼研究最後得出之結論可更貼近民眾之想法，增加使用者之滿意程度。本研究之問卷係採用線上問卷(google 問卷)方式發放，問卷發放時間預期 111 年 11 月 8 日至 111 年 12 月 3 日，共為期 25 天，於回收後進行抽樣誤差之調查，再將問卷進行信度分析，以評估該問卷之可信度，之後再進行卡分檢定及單因子變異數分析，了解問卷之兩類變數間的關係及內容之獨立性檢定，以及多組之間的平均數差異，了解組別之間效果的顯著性，並於事後比較及確認各組之差異情形。並利用問卷蒐集回饋後之結果，以民眾對於充電裝供需比例之最佳滿意度進行最佳化設置之評估，在有限之資源下，得出最有效益之建設方案。

3.1 統計方法

3.1.1 抽樣誤差(Sampling Error)

在抽樣時，由於樣本只是從母群體中抽取出來的部分的觀察值，因此由樣本所得到的統計量(statistic)自不能完整描述出代表母群體性質的母數(parameter)，會有某種程度的誤差(error)的存在，這些誤差即為抽樣誤差(教育部教育百科 1999)。例如，假設母群體的平均數為 μ ，則當每次從母群體中抽取 n 個樣本時，也可以算出一個平均數，此時 μ 與 之差即為抽樣誤差。一般而言，當樣本數愈大時，抽樣誤差就會愈小，也正因如此，研究常使用大樣本進行研究，其目的就是要讓樣本的統計量能正確地估計出母群體的母數，提高推論的正確性(教育部教育百科 1999)。

3.1.2 信度分析(Reliability Analysis)

所謂信度是衡量沒有誤差的程度，也是測驗結果的一致性(consistency)程度，信度是以衡量的變異理論為基礎(魏汝偵 2011)。衡量誤差可分為系統性誤差及隨機性誤差。一般而言，大部份的誤差是系統性的(從偏差而來)。所謂系統性誤差也被視成常數性(constant)誤差。而隨機性誤差(random error)則不是一種常數性誤差，其原因可能來自情境因素，或者被受測者一時的情緒而影響。衡量誤差可能的來源如下：1.由回應者(respondent)產生的誤差 2.由情境因素產生的誤差 3.由衡量者產生的誤差 4.由衡量工具產生的誤差。其中，計算出的內部一致性係數須至少大於 0.5(最佳效果是大於 0.7)，才能證明資料具可信度。

3.1.3 卡方檢定(Chi-Squared Test)

假定母體個體可依兩種分類標準來分類，則可由樣本透過卡方檢定來判斷此兩種分類標準是否獨立；其中，當卡方值小於 0.05 時，表示具有顯著差異，當二者具有顯著差異時，則分析之資料具有關聯性。此卡方檢定是利用皮爾森(Pearson)近似式 $\chi^2_{(r-1)(c-1)} = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c (o_{ij} - e_{ij})^2 / e_{ij}$ 近似於自由度 $(r-1)(c-1)$ 的卡方分配，以此統計量來作為檢定分類標準是否獨立的統計量。

3.1.4 單因子變異數分析(One-way analysis of variance, ANOVA)

單因子變異數分析可用於比較兩個樣本的平均值是否顯著不同，在此方法中，「Y」通常是變量及數值，而「X」僅為一個變量，因此，「X」與「Y」的關係是單向的。ANOVA 用以檢驗原假設，該假設表明所有組中的樣本均來自具有相同平均值的總體，為此，對總體標準差進行檢定，這種檢定依賴於各種假設。ANOVA 產生之 F 統計量，即平均值之間計算的變異數與樣本內變異數的比率。如果組間平均值來自具有相同平均值的總體，則組間平均值之間的變異數應低於樣本變異數，遵循中央極限定理。因此，較高的比率表示樣本來自具有不同平均值的群體。在假設的部分，若滿足(1)應變量殘差呈常態分佈或近似常態分布(2)母體參數間的變異數的是相等的(3)給定組別的應變數是獨立同分布(Independent and identically distributed random variables)的常態隨機變數等以上假設，則此單因子變異數分析之結果具可靠性。

3.2 最佳化模式

3.2.1 問題描述

因本組選定台中市西屯區、沙鹿區、豐原區及大里區為分析地點，根據 111 年 11 月公路總局統計之電動汽車登記數量，西屯區 769 輛，沙鹿區 116 輛，豐原區 143 輛，大里區 184 輛。而國際能源總署訂定之標準與使用者滿意度之調查，車樁比均為 2:1。故本研究範圍中之西屯區充電樁需由目前建設之 192 樁增加至 398 樁，需增設 206 樁；沙鹿區充電樁需由目前 11 樁增加至 58 樁，需增設 47 樁；豐原區充電樁需由 38 樁增加至 72 樁，需增設 34 樁；大里區充電樁需由 19 增加至 92 樁，需增設 73 樁，如下表 3 示。

表 3 台中市各區現有充電樁數量

		現有充電樁數量			
充電樁功率等級		西屯區	沙鹿區	豐原區	大里區
	慢充	147	5	32	12
	快充	29	4	0	2
	超級	16	2	6	5
	總計	192	11	38	19

資料來源:Plugshare

根據上述現況與標準車樁比之比較，得出各地區充電樁與標準車樁比之落差，將此落差設定為模式欲滿足之需求量，並根據目前市場設置不同等級充電樁的成本價格做為模型參數設定之，以求出各地區充電樁最佳安裝數量與最小安裝成本。

本研究以最佳化通電樁設置成本作為目標。並以充電站等級 i 至滿足需求地點 j 的數量作為決策變數的依據；且因實務上具有各地需求加總小於等於各充電站等級供給總量及對於所有等級充電站設置數量要大於等於零之限制；其輸入之參數則為供給充電站功率等級 S_i 與需求地點 D_j 之數量作為參考之依據。為更方便描述概念性模式之內容，可簡化為下(一)~(四)所述。

(一)目標函數:

(1)最小化各等級充電樁設置成本

(二)限制式:

(1)各地需求加總小等於各充電站等級供給總量

(2)所有等級充電站設置數量要大於等於零

(三)決策變數:

(1)充電站等級 i 至滿足需求地點 j 的數量

(四)參數:

供給充電站功率等級 S_i

(1) S_1 =慢充充電站可滿足需求地點的供給量為 206 個;

因此 $X_{11}+X_{12}+X_{13}+X_{14}$ 要等於 206 個。

(2) S_2 =快充充電站可滿足需求地點的供給量為 47 個;

因此 $X_{21}+X_{22}+X_{23}+X_{24}$ 要等於 47 個。

(3) S_3 =超級充電站可滿足需求地點的供給量為 42 個;

因此 $X_{31}+X_{32}+X_{33}+X_{34}$ 要等於 42 個。

需求地點 D_j

(1) D_1 =西屯區對於各功率等級充電站的需求量為 206 個;

因此 $X_{11}+X_{21}+X_{31}$ 要等於 206 個。

(2) D_2 =沙鹿區對於各功率充電站的需求量為 47 個;

因此 $X_{12}+X_{22}+X_{32}$ 要等於 47 個。

(3) D_3 =豐原區對於各功率等級充電站的需求量為 38 個;

因此 $X_{13}+X_{23}+X_{33}$ 要等於 38 個。

(4) D_4 =大里區對於各功率等級充電站的需求量為 73 個;

因此 $X_{14}+X_{24}+X_{34}$ 要等於 73 個。

第四章 研究結果

根據第二章節——文獻回顧與第三章節——研究方法之統計分析結果與最佳化模式，將分為以下章節詳述之。

4.1 敘述性統計

4.1.1 問卷題目說明

本研究問卷，針對戶外電動車充電樁使用者滿意度與重要度進行調查，探討使用者對於充電樁設置數量、充電樁設置區域分布與充電樁供需比例進行研究，並作為本研究之參考依據。其內容包括填答者之資料背景、是否有電動車以及對未來是否有購買電動車意願進行調查，其詳細內容如下說明。

一、 填答者背景資料

針對填答問卷者，將了解其基本背景資料，以便研究後續進行相關檢定分析，本研究調查之背景資料分別有生理性別、年齡層、填答者居住地以及其是否去過太魯閣國家公園，詳下表 4 問卷題目說明(背景資料)所示。

表 4 問卷題目說明(背景資料)

題目	作答內容(皆為單選題)
生理性別	男 女
年齡	<ul style="list-style-type: none"> ● 18~25 歲 ● 26~33 歲 ● 34~41 歲 ● 42~49 歲 ● 50~57 歲 ● 58~64 歲 ● 65 歲以上
居住地(人)	<ul style="list-style-type: none"> ● 西屯區、南屯區、北屯區、北區、西區、中區、東區、南區 ● 大甲區、大安區、清水區、沙鹿區、梧棲區、龍井區、大肚區 ● 和平區、東勢區、后里區、外埔區、豐原區、神岡區、石岡區 ● 新社區、太平區、霧峰區、烏日區、大雅區、大里區、潭子區 ● 其他
目前是否有電動車	是 否

資料來源:本研究彙整

二、 填答者背景資料(目前不具有電動車)

為更加詳細了解填答者之填答背景資料與充電樁設置數量、充電樁設置區域分布與充電樁供需比例進行探討，本研究對問卷填答者亦進行更深入之資料調查，該背景資料主要針對目前不具有電動車之填答者進行未來是否有購買電動車意願之調查，以了解該填答者未來是否有購買電動車的意願，為後續之改善參考提供依據，詳下表 5 填答者背景資料(目前不具有電動車)所示。

表 5 填答者背景資料(目前不具有電動車)

題目	作答內容
將來是否有購買電動車的意願	是 否

資料來源:本研究彙整

三、 填答者背景資料(含所有填答者)

因此作答區之填答者包含所有背景之使用者，故此作答區之作答內容不另外分別作答，且此處將針對使用者對於充電樁設置數量、充電樁設置區域分布與充電樁供需比例進行研究，並根據該項內容之滿意度與重要度作為後續之改善參考提供依據，詳下表 6 填答者背景資料(含所有填答者)所示。

表 6 填答者背景資料(含所有填答者)

題目	作答內容
對於自己居住區域戶外電動車充電裝設置數量滿意度	李克特五尺度量表 非常不滿意→非常滿意
對於自己居住區域戶外電動車充電裝設置地區分布滿意度	李克特五尺度量表 非常不滿意→非常滿意
提升居住區域戶外動車充電裝設置數量達多少供需比例會有最好之滿意度。如 1:2(即一支充電樁可供兩個使用者使用)	<ul style="list-style-type: none"> ● 1:2 ● 1:3 ● 1:4 ● 1:5 ● 1:6
對於自己居住區域戶外電動車充電裝設置地區分布能夠更加平均之滿意度	李克特五尺度量表 非常不滿意→非常滿意
對於自己居住區域戶外電動車充電裝設置數量重要度	李克特五尺度量表 非常不重要→非常重要
對於自己居住區域戶外電動車充電裝設置地區分布重要度	李克特五尺度量表 非常不重要→非常重要
對於自己居住區域戶外電動車充電裝設置地區分布能夠更加平均之重要度	李克特五尺度量表 非常不重要→非常重要

4.1.2 問卷統計形式

本研究計畫調查方式為 Google 線上問卷調查，並基於實際應用考量均無法亦無需進行全面普查，因此採抽樣調查方式進行資料收集。故本計畫之調查計畫就研究母體之定義、選定抽樣方式、選定抽樣對象（時間、受訪者）、決定樣本大小進行說明。

一、 定義研究母體

抽樣母體定義為調查期間，所接收到問卷之全國民眾約 2400 萬人(含所有電動車與非電動車之使用者)。

二、 選定抽樣方式

本計畫採用隨機抽樣之方式調查。

三、 選定抽樣對象

因研究採隨機特性，故採用線上公開隨機問答之形式發放，其發放時間 111 年 11 月 8 日至 111 年 12 月 3 日，共為期 25 天。

四、 決定樣本大小

決定抽樣樣本大小之因素包含:母體大小、估計之信賴區間、母體之變異度，統計分析上的考量因素等(Lin 1976)。在 95%之信賴度下，容許估計誤差在±6%內時，所需要本只需 267 即可，如下表 7 所示。

表 7 百分之九十五信賴區間下容許誤差與樣本大小資料表

Size of population	Sample Size for Reliability of				
	±1%	±2%	±3%	±4%	±5%
1,000	-	-	-	375	278
2,000	-	-	696	462	322
3,000	-	1334	787	500	341
4,000	-	1500	842	522	350
5,000	-	1622	879	536	357
10,000	4899	1936	964	566	370
20,000	6489	2144	1013	583	377
50,000	8057	2291	1045	593	381
100,000	8762	2345	1056	597	383
500,000~∞	9423	2390	1065	600	384

資料來源：(Lin 1976 p.446.)

4.1.3 問卷結果說明

本研究問卷由 111 年 11 月 8 日至 111 年 12 月 3 日，共為期 25 天，總計回收 313 份問卷，有效問卷 313 份，有效問卷比 100%。據 4.1.2 所述及表

4-4 之資料顯示，此份問卷在百分之九十五信賴區間下誤差值在±6%內；再依據 3.2 信度分析之統計，可得知整體充電樁設置滿意度資料表 8 之信度，因此可得知整體充電樁設置滿意度資料信度為 0.521 大於 0.5 因此具有可信度，如下表 8 所示；整體充電樁設置重要度資料如表 9 之信度，因此可得知整體充電樁設置重要度資料信度為 0.572 大於 0.5 因此具有可信度，如下表 9 所示。

表 8 整體充電樁設置滿意度資料信度

可靠性統計量	
Cronbach 的 Alpha	目數
.521	3

資料來源:本研究彙整

表 9 整體充電樁設置重要度資料信度

可靠性統計量	
Cronbach 的 Alpha	目數
.572	3

資料來源:本研究彙整

其表單問卷回收結果如下所示。

一、填答者背景資料

1. 性別比

經由回饋表單得知，男性占 50.8%(159 人)女性占 49.2%(154 人)，如圖 4 示，總計 313 名。

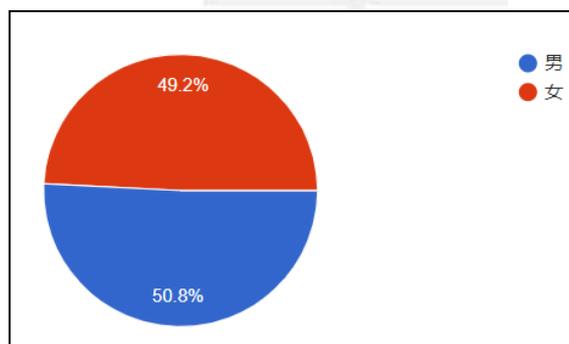


圖 4 性別比

2. 年齡組成

經由回饋表單得知，18~25 歲占 17.9%(56 人)，26~33 歲占 13.4%(42 人)，34~41 歲占 24.3%(76 人)，42~49 歲占 23%(72 人)，50~57 歲占 17.9%(56 人)，58~64 歲占 3.5%(11 人)，65 歲以上占 0%(0 人)，如圖 5 示，共 313 人。

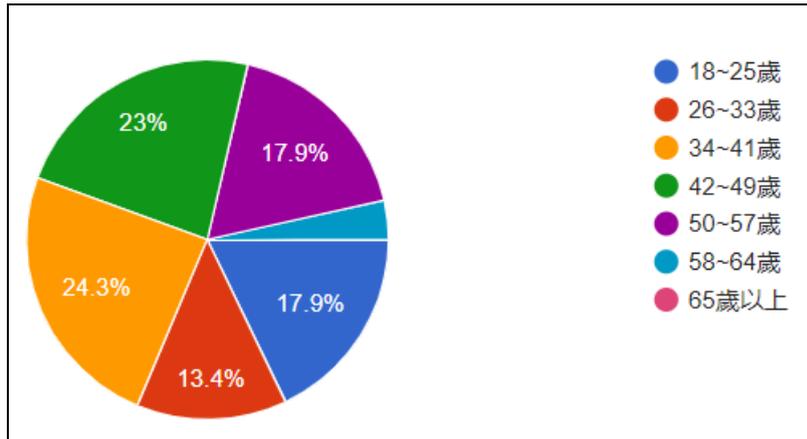


圖 5 年齡組成

3. 居住地(人)

經由回饋表單得知，西屯區、南屯區、北屯區、北區、西區、中區、東區、南區占 70%(219 人)，大甲區、大安區、清水區、沙鹿區、梧棲區、龍井區、大肚區占 9.3%(29 人)，和平區、東勢區、后里區、外埔區、豐原區、神岡區、石岡區占 6.7%(21 人)，新社區、太平區、霧峰區、烏日區、大雅區、大里區、潭子區占 7%(22 人)，其他占 7%(22 人)，如圖 6 示，共 313 人。

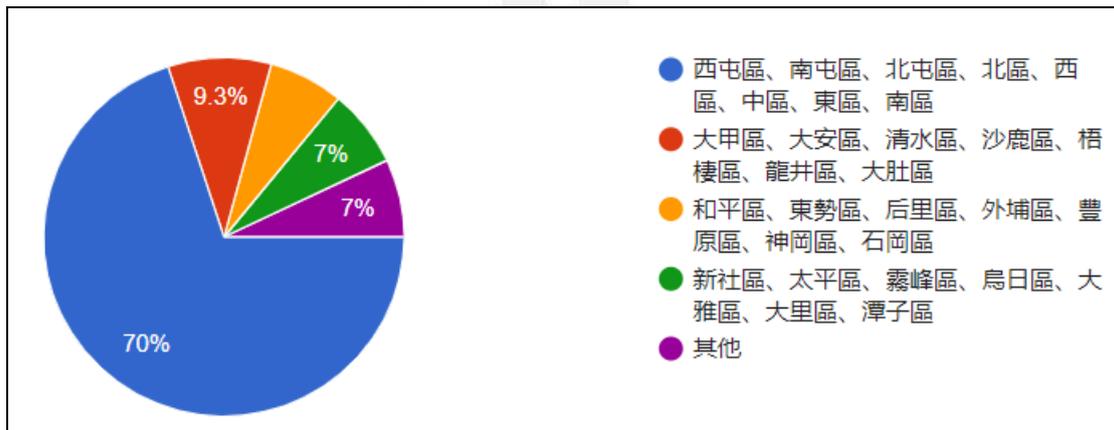


圖 6 居住地(人)

4. 目前是否有電動車

經由回饋表單得知，目前有電動車占 54%(169 人)，目前沒有電動車占 46%(144 人)，如圖 7 示，共 313 人。

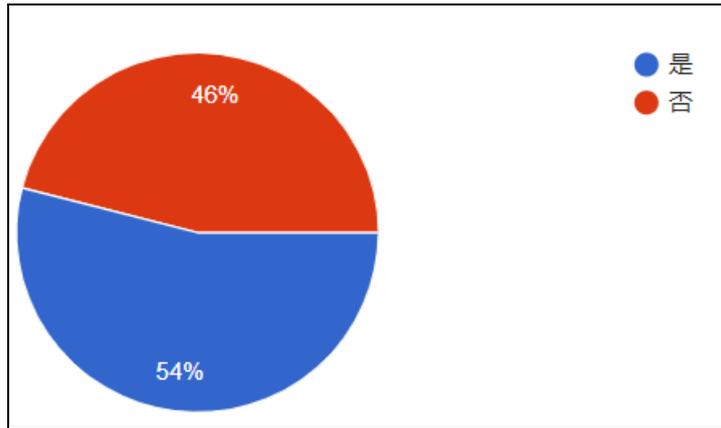


圖 7 目前是否有電動車

二、填答者背景資料(目前不具有電動車)

1. 未來是否有購買電動車意願

經由回饋表單得知，有購買電動車意願占 59.7%(86 人)，無購買電動車意願占 40.3%(58 人)，如圖 8 示，共 144 人。

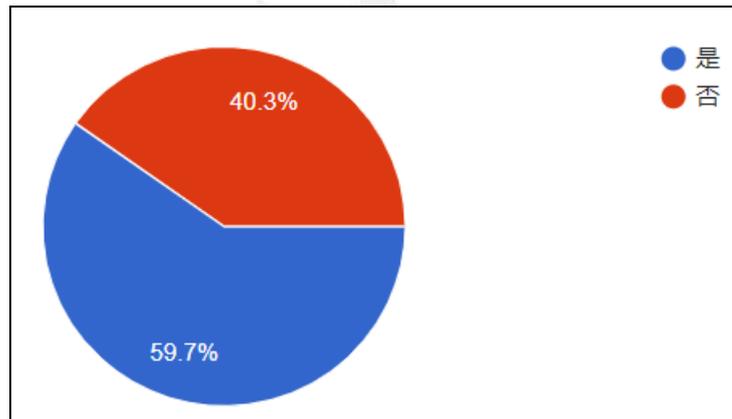


圖 8 過去如何前往

三、填答者背景資料(含所有填答者)

1. 對於自己居住區域戶外電動車充電裝設置數量滿意度

經由回饋表單得知，程度 1 非常不滿意占 16.9%(53 人)，程度 2 不滿意占 34.2%(107 人)，程度 3 普通占 42.8%(134 人)，程度 4 滿意占 4.8%(15 人)，程度 5 非常滿意占 1.3%(4 人)，如圖 9 示，共 313 人。

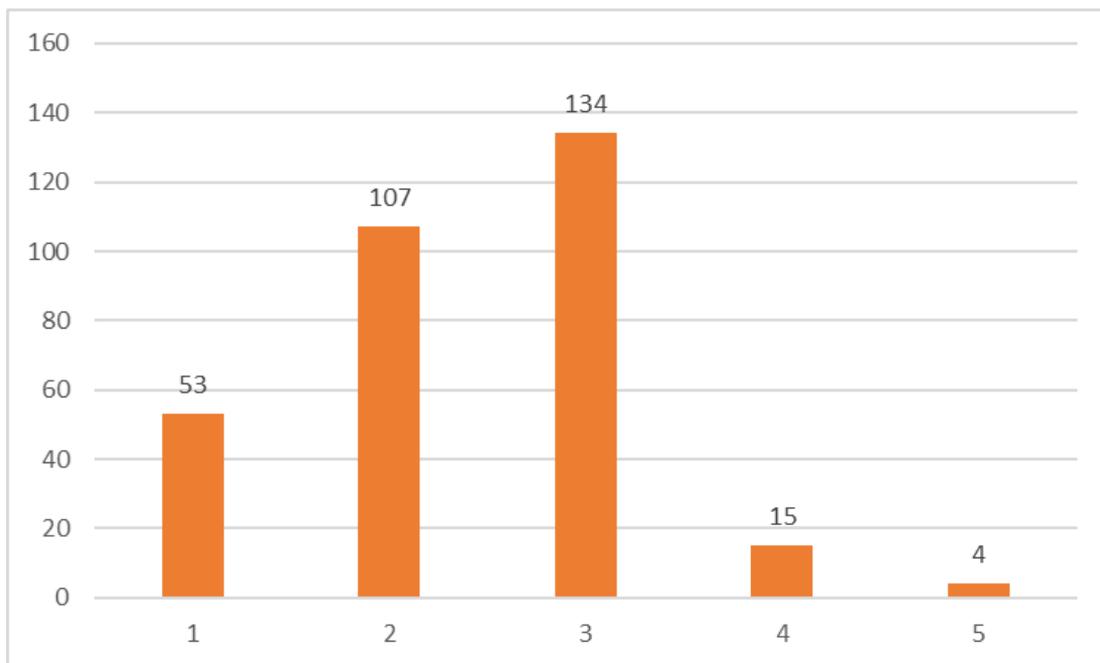


圖 9 對於自己居住區域戶外電動車充電裝設置數量滿意度

2. 對於自己居住區域戶外電動車充電裝設置地區分布滿意度

經由回饋表單得知，程度 1 非常不滿意占 24.3%(76 人)，程度 2 不滿意占 30.4%(95 人)，程度 3 普通占 40.9%(128 人)，程度 4 滿意占 2.9%(9 人)，程度 5 非常滿意占 1.6%(5 人)，如圖 10 示，共 313 人。

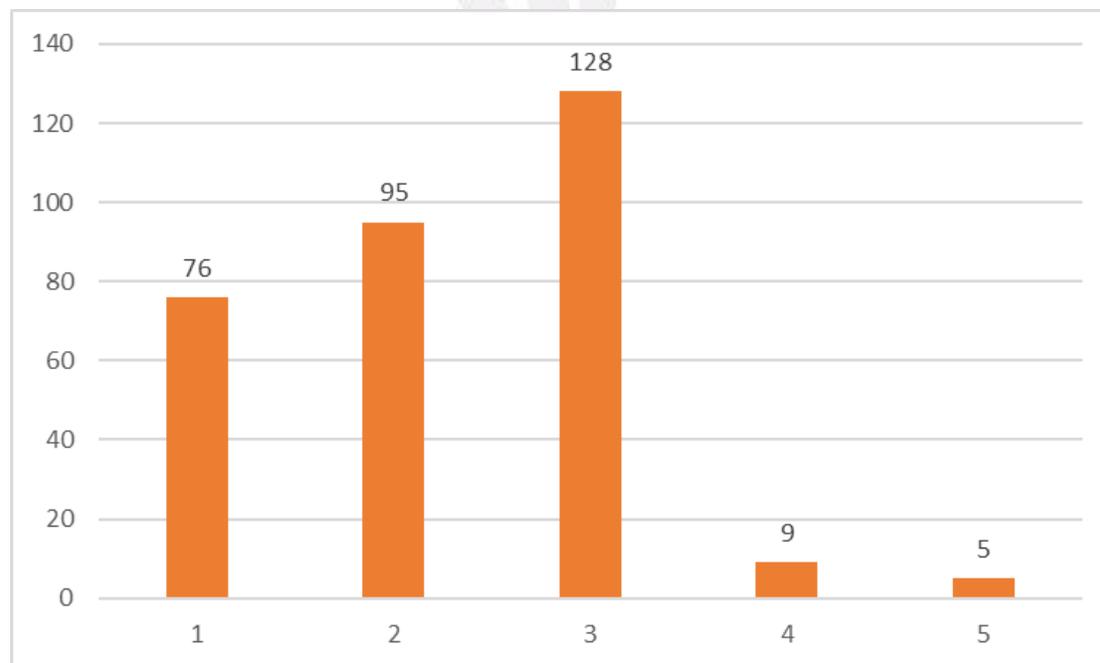


圖 10 對於自己居住區域戶外電動車充電裝設置地區分布滿意度

3. 若提升居住區域戶外動車充電裝設置數量達多少供需比例會有最好之滿意度。如 1:2(即一支充電樁可供兩個使用者使用)

經由回饋表單得知，1:2 占 73.5%(230 人)，1:3 佔 22.4%(70 人)，1:4 占 12.8%(40 人)，1:5 占 2.2%(7 人)，1:6 占 1.6%(5 人)，如圖 11 示，共 313 人。

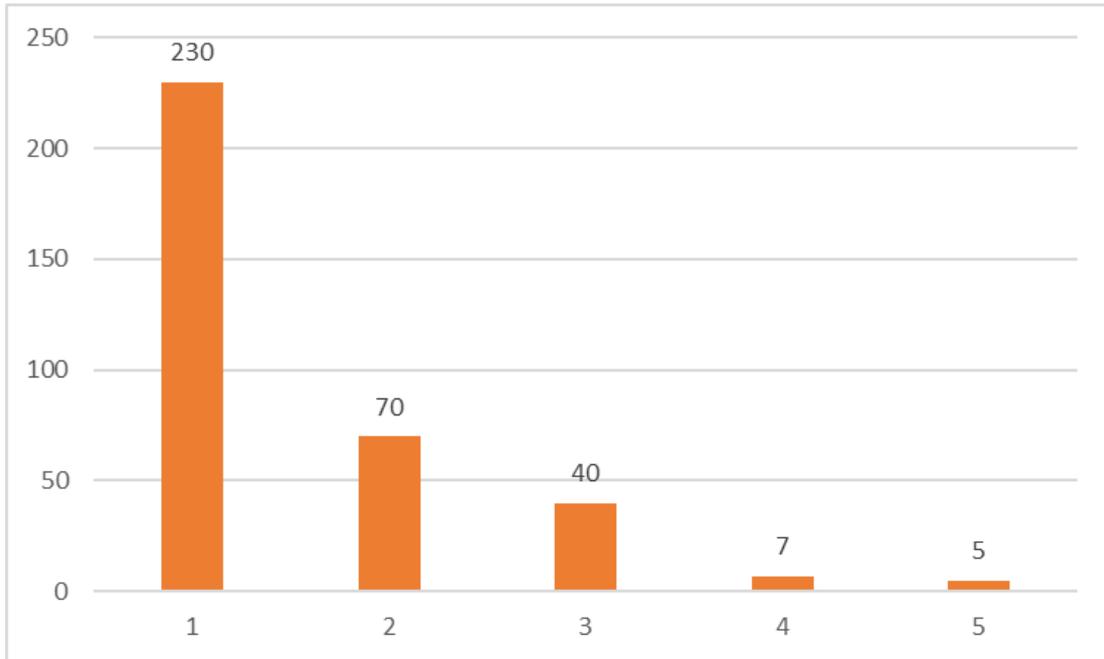


圖 11 若提升居住區域戶外動車充電裝設置數量達多少供需比例會有最好之滿意度

4. 對於自己居住區域戶外電動車充電裝設置地區分布能夠更加平均之滿意度

經由回饋表單得知，程度 1 非常不滿意占 1.3%(4 人)，程度 2 不滿意占 3.2%(10 人)，程度 3 普通占 33.2%(104 人)，程度 4 滿意占 35.8%(112 人)，程度 5 非常滿意占 26.5%(83 人)，如圖 12 示，共 313 人。

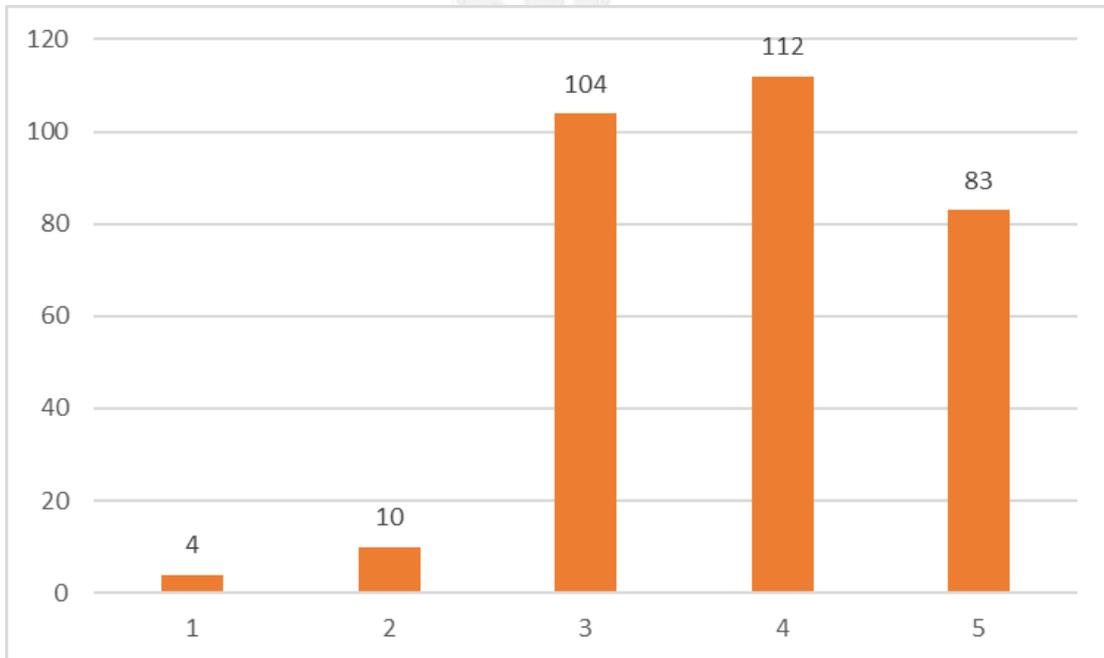


圖 12 居住區域戶外電動車充電裝設置地區分布能夠更加平均之滿意度

5. 對於自己居住區域戶外電動車充電裝設置數量重要度

經由回饋表單得知，程度 1 非常不重要占 1.5%(5 人)，程度 2 不重要占 3.5%(12 人)，程度 3 普通占 24%(75 人)，程度 4 重要占 26%(80 人)，程度 5 非常重要占 45%(141 人)，如圖 13 示，共 313 人。

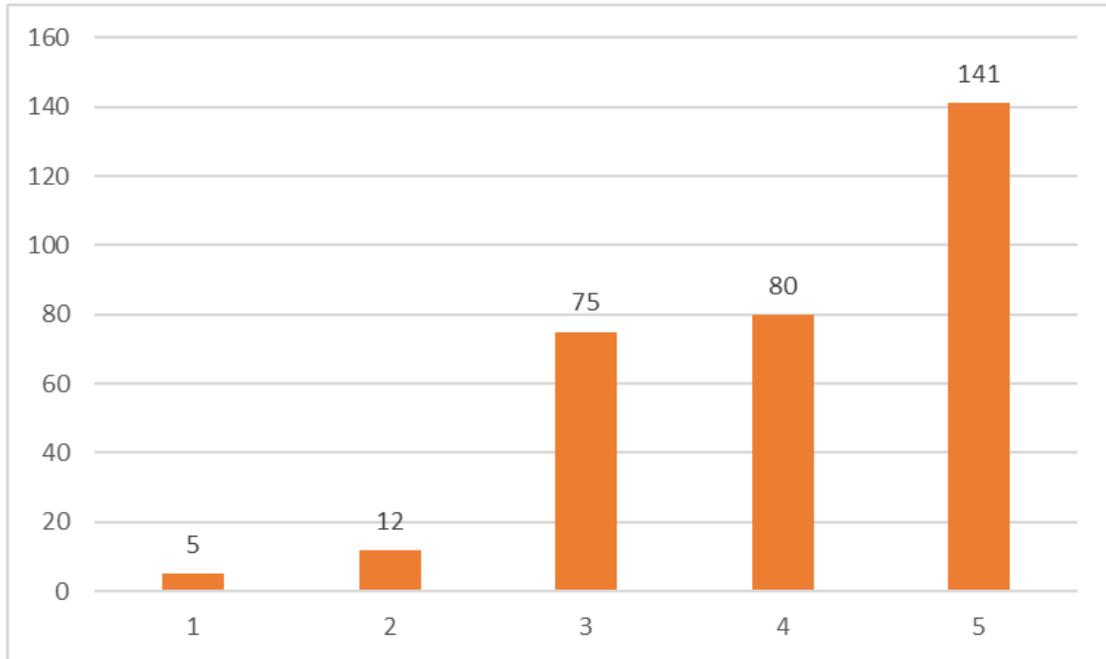


圖 13 對於自己居住區域戶外電動車充電裝設置數量重要度

6. 對於自己居住區域戶外電動車充電裝設置地區分布重要度

經由回饋表單得知，程度 1 非常不重要占 2.2%(7 人)，程度 2 不重要占 3.8%(12 人)，程度 3 普通占 26%(82 人)，程度 4 重要占 30.4%(94 人)，程度 5 非常重要占 37.6%(118 人)，如圖 14 示，共 313 人。

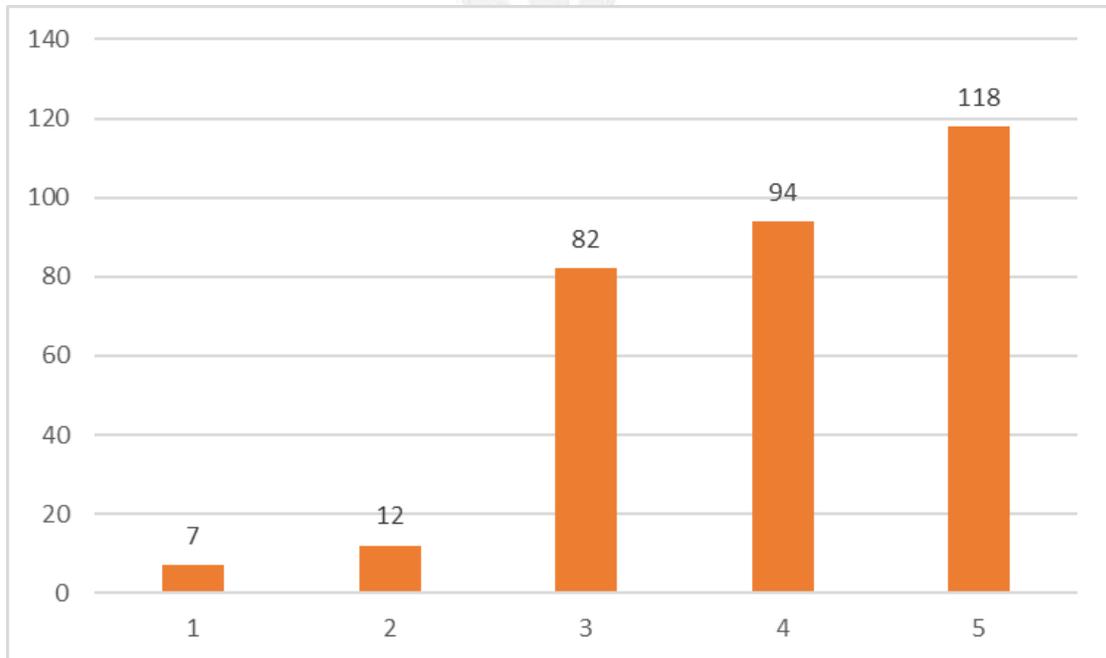


圖 14 對於自己居住區域戶外電動車充電裝設置地區分布重要度

7. 對於自己居住區域戶外電動車充電裝設置地區分布能夠更加平均之重要度

經由回饋表單得知，程度 1 非常不重要占 1.9%(6 人)，程度 2 不重要占 2.8%(9 人)，程度 3 普通占 26.5%(83 人)，程度 4 重要占 31.7%(98 人)，程度 5 非常重要占 37.3%(117 人)，如圖 15 示，共 313 人。

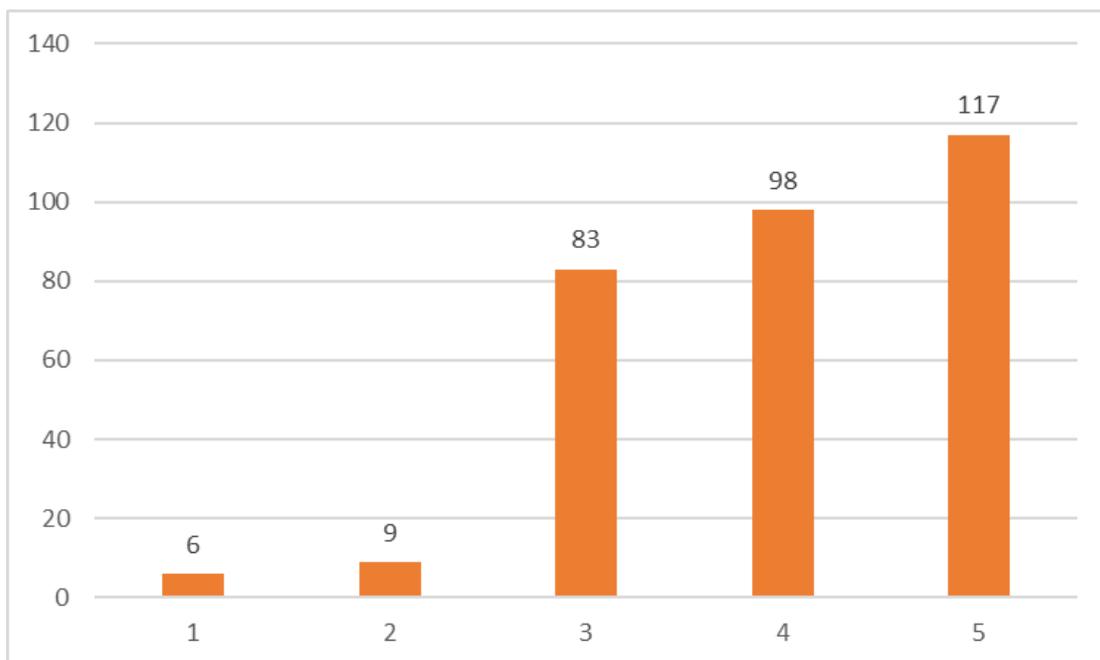


圖 15 對於自己居住區域戶外電動車充電裝設置地區分布能夠更加平均之重要度

4.2 卡方檢定與單因子變異數分析結果

本節將依 4.1.3 問卷結果說明之作答，進行卡方檢定與單因子變異數分析，了解其問卷作答結果是否具有顯著性之差異。

一、卡方檢定

因本研究想了解性別對於填答者之背景資料是否有顯著差異，進而影響問卷最終所造成之結果，故下述內容將針對性別與居住地(人)及目前是否有電動車進行卡方檢定。

1. 性別與居住地(人)

填答問卷之民眾，以男性多於女性，經卡方檢定顯示數量無顯著差異 $p=0.091(p>0.05)$ ，故可得知性別與居住地(人)之間數量差距並無影響，其詳細結果如下表 10 示。

表 10 性別與居住地(人)樣本分析表

	西屯區	大甲區	和平區	新社區	其他	總計
男	114	9	13	14	9	159
女	105	20	8	8	13	154
總計	219	29	21	22	22	313

資料來源:本研究彙整

2. 性別與目前有無電動車

填答問卷之民眾，其男女組成比例以男性為多；以卡方檢定是否具有電動車之差異，結果顯示受訪者在有無電動車比例上具有顯著差異，其值為 $p=0.011$ ，故可得知性別與是否具有電動車，其中男性為有電動車者多於女性，而女性無電

動車者多於男性，且整體而言男性與女性之間數量差距存在影響，以男性較多，詳細結果如下表 11 所示。

表 11 性別與是否具有電動車樣本分析

	有電動車	無電動車	總計
男	97	62	159
女	72	82	154
總計	169	144	313

資料來源:本研究彙整

二、單因子變異數分析

因本研究想了解民眾對於電動車充電樁各項因素之滿意度與重要度是否有顯著性差異，故以此作為統計方法。

1. 居住地(人)對於電動車充電樁之滿意程度

依據單因子變異數分析之結果可得知，居住地(人)對於自己居住區域戶外電動車充電裝設置數量滿意度，雖其值小於 0.05(0.004)，但經事後比較(雪費法)可得之無顯著性差異，各居住地(人)之間皆偏向不滿意者為最多；居住地(人)對於自己居住區域戶外電動車充電裝設置地區分布滿意度，其值為 0.061 無顯著性之影響，且經事後比較(雪費法)也為無顯著性差異，其各居住地(人)之間皆偏向不滿意者為最多；居住地(人)對於提升居住區域戶外動車充電裝設置數量達多少供需比例會有最好之滿意度，其值為 0.054 無顯著性之影響，且經事後比較(雪費法)也為無顯著性差異，各居住地(人)選擇 1:2 為最多；居住地(人)對於自己居住區域戶外電動車充電裝設置地區分布能夠更加平均之滿意度，雖其值小於 0.05(0.044)，但經事後比較(雪費法)可得之無顯著性差異，各居住地(人)之間皆偏向滿意者為最多。如下表 12 所示。

表 12 居住地(人)對於居住區周邊充電樁之滿意程度

題目	顯著性	事後比較(雪費法)
對於自己居住區域戶外電動車充電裝設置數量滿意度	0.004	無顯著性差異
對於自己居住區域戶外電動車充電裝設置地區分布滿意度	0.061	無顯著性差異
提升居住區域戶外動車充電裝設置數量達多少供需比例會有最好之滿意度。如 1:2(即一支充電樁可供兩個使用者使用)	0.054	無顯著性差異

對於自己居住區域戶外 電動車充電裝設置地區 分布更加平均之滿意度	0.044	無顯著性差異
--	-------	--------

資料來源:本研究彙整

2. 居住地(人)對於電動車充電樁之重要程度

依據單因子變異數分析之結果可得知,居住地(人)對於自己居住區域戶外電動車充電裝設置數量重要度,雖其值小於 0.05(0.042),但經事後比較(雪費法)可得之無顯著性差異,各居住地(人)之間皆偏向重要者為最多;居住地(人)對於自己居住區域戶外電動車充電裝設置地區分布滿意度,其值為 0.057 無顯著性之影響,且經事後比較(雪費法)也為無顯著性差異,其各居住地(人)之間皆偏向滿意者為最多;居住地(人)對於自己居住區域戶外電動車充電裝設置地區分布能夠更加平均之重要度,雖其值小於 0.05(0.046),但經事後比較(雪費法)可得之無顯著性差異,各居住地(人)之間皆偏向滿意者為最多。如下表 13 所示。

表 13 居住地(人)對於居住區周邊充電樁之重要程度

題目	顯著性	事後比較(雪費法)
對於自己居住區域戶外 電動車充電裝設置數量 滿意度	0.042	無顯著性差異
對於自己居住區域戶外 電動車充電裝設置地區 分布滿意度	0.057	無顯著性差異
對於自己居住區域戶外 電動車充電裝設置地區 分布更加平均之滿意度	0.046	無顯著性差異

資料來源:本研究彙整

4.3 最佳化模式結果

4.3.1 數學定式

在模式定式前,茲定義模式所使用之參數及決策變數如下。

目標式:

$$\text{Minimize } Z = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^4 C_{ij} * X_{ij}$$

參數定義:

C_{ij} 從充電站功率等級 i 至滿足需求地點 j 的數量

決策變數:

X_{ij} 從充電站功率等級 i 至滿足需求地點 j 的建設數量

限制式:

$$\sum_{i=1}^3 X_{ij} = S_i \text{ for } i=1,2,3 \text{ (58 千瓦、120 千瓦、250 千瓦功率充電站)}$$

$$\sum_{j=1}^4 C_{ij} = D_j \text{ for } j=1,2,3,4 \text{ (西屯區、豐原區、大里區、沙鹿區四地)}$$

$$X_{ij} \geq 0 \quad \forall i, j \text{ (} X_{ij} \text{ 要大於等於 0 對於所有 } i \text{ 跟 } j \text{)}$$

$$i = 1,2,3 \text{ (58 千瓦、120 千瓦、250 千瓦功率充電站)}$$

$$j = 1,2,3,4 \text{ (西屯區、豐原區、大里區、沙鹿區)}$$

4.3.2 範例測試

本研究根據 4.3.1 中之數學定式將其轉換並帶入 LINGO 最佳化模式進行分析，其內容如下所示。

LINGO 程式碼

1. 定義參數:

(1) R/1..3/: SUPPLY; 代表供給充電站功率等級: 慢充、快充、超級

(2) C/1..4/: DEMAND; 代表四個不同需求的需求地點

(3) LINK(R,C): X, COST; 代表建置成本

2. 導入參數:

(1) SUPPLY = 124 123 113;

導入慢充、快充、超級充電站分別的供給量

(2) DEMAND = 206 47 34 73

導入甲乙丙丁四地各自的需求量

(3) COST = 5 5 5 5

200 200 200 300

300 300 300 300;

供給至各地的建設成本

3. 輸入目標式:

MIN = @SUM(LINK(I,J): X(I,J) * COST(I,J));

最小化建置成本 = 單位建設數量 * 單位建設成本

4. 輸入限制式:

@FOR(R(I): @SUM(LINK(I,J)): X(I,J) <= SUPPLY(I));

@FOR(C(J): @SUM(LINK(I,J)): X(I,J) = DEMAND(J));

@FOR(LINK(I,J): @GIN(X(I,J)));

```
Lingo Model - Chargestation
MODEL:
SETS:
R/1..3/:SUPPLY;
C/1..4/:DEMAND;
LINK(R,C):X,COST;
END SETS

DATA:
SUPPLY = 124 123 113;
DEMAND = 206 47 34 73;

COST =
    5   5   5   5
  200 200 200 200
  300 300 300 300;
END DATA

MIN = @SUM(LINK(I,J):X(I,J) * COST(I,J));
@FOR(R(I):@SUM(LINK(I,J):X(I,J)) <= SUPPLY(I));
@FOR(C(J):@SUM(LINK(I,J):X(I,J)) = DEMAND(J));
@FOR(LINK(I,J):@GIN(X(I,J)));
END
```

圖 16 範例測試程式碼

執行結果:

根據上述 Lingo 模式所建置後所得之結果，可發現最低之建置總成本為 59120 萬元，如下圖 17 所示。

(1) 建置總成本:59120(萬元)

Global optimal solution found.	
Objective value:	59120.00
Objective bound:	59120.00
Infeasibilities:	0.000000
Extended solver steps:	0
Total solver iterations:	10
Elapsed runtime seconds:	0.11

圖 17 範例測試執行結果

(2) 各供給至需求數量

根據上述 Lingo 模式所建置後所得之結果，可發現西屯區慢充建置數量為 144 樁，快充 0 樁，超級充 82 樁；沙鹿區慢充建置數量為 0 樁，快充 47 樁，超級充 0 樁；豐原區慢充建置數量為 0 樁，快充 3 樁，超級充 31 樁；大里區慢充建置數量為 0 樁，快充 73 樁，超級充 0 樁。如下圖 18 所示

X(1, 1)	124.0000	5.000000
X(1, 2)	0.000000	5.000000
X(1, 3)	0.000000	5.000000
X(1, 4)	0.000000	5.000000
X(2, 1)	0.000000	200.0000
X(2, 2)	47.00000	200.0000
X(2, 3)	3.000000	200.0000
X(2, 4)	73.00000	200.0000
X(3, 1)	82.00000	300.0000
X(3, 2)	0.000000	300.0000
X(3, 3)	31.00000	300.0000
X(3, 4)	0.000000	300.0000

圖 18 範例測試需求數量

(3) 建置費用

各地區慢充、快充及超級充建置成本均為 5 萬、200 萬及 300 萬元，其西屯區需求為 206 樁、沙鹿區需求為 47 樁、豐原區需求為 34 樁、大里區需求為 73 樁，如下表 14 所示。

表 14 充電裝建置成本

費用	西屯區	沙鹿區	豐原區	大里區	供給
慢充	5	5	5	5	124
快充	200	200	200	200	123
超級	300	300	300	300	113
需求	206	47	34	73	

資料來源:本研究彙整

建設數量

根據上述 Lingo 模式所建置後所得之結果，可發現西屯區慢充建置數量為 144 樁，快充 0 樁，超級充 82 樁；沙鹿區慢充建置數量為 0 樁，快充 47 樁，超級充 0 樁；豐原區慢充建置數量為 0 樁，快充 3 樁，超級充 31 樁；大里區慢充建置數量為 0 樁，快充 73 樁，超級充 0 樁。其西屯區需求為 206 樁、沙鹿區需求為 47 樁、豐原區需求為 34 樁、大里區需求為 73 樁，如下表 15 所示。

表 15 充電裝建置數量

費用	西屯區	沙鹿區	豐原區	大里區	供給
慢充	124	0	0	0	124
快充	0	47	3	73	123
超級	82	0	31	0	113
需求	206	47	34	73	

資料來源:本研究彙整

結果

根據上述 Lingo 模式所建置後所得之結果，可發現西屯區建置費用為 25220 萬元、沙鹿區建置費用為 9400 萬元、豐原區建置費用為 9900 萬元、大里區建置費用為 14600 萬元，其總金額為 59120 萬元，如下表 16 所示。

表 16 充電裝建置費用

	萬元
總金額	59120
西屯區	25220
沙鹿區	9400
豐原區	9900
大里區	14600

資料來源:本研究彙整

4. 參數設置

- (a)慢充建設成本為 5 萬元
- (b)快充成本為 200 萬元
- (c)超級充成本為 300 萬元
- (d)慢充供給量為 124
- (e)快充供給量為 123
- (f)超級充供給量為 113
- (g)西屯區總需求量為 206
- (h)沙鹿區總需求量為 34
- (i)豐原區總需求量為 47
- (j)大里區總需求量為 73
- (k)得出西屯區成本為 25220 萬元
- (l)沙鹿區成本為 9400 萬元
- (m)豐原區成本為 9900 萬元
- (n)大里區成本為 14600 萬元
- (o)總營收為 59120 萬元

一、敏感度分析

本研究調動單位建置費用，並依此進行+5%、+10%、-5%、-10%運費調整，觀察其對目標式綜建置成本的影響。其內容如下示。

1. 建設成本+5%

各地區慢充、快充及超級充建置成本均為 5.25 萬、210 萬及 315 萬元，其西屯區需求為 206 樁、沙鹿區需求為 47 樁、豐原區需求為 34 樁、大里區需求為 73 樁，如下表 17 所示。

表 17 建設成本+5%費用

費用	西屯區	沙鹿區	豐原區	大里區	供給
慢充	5.25	5.25	5.25	5.25	124
快充	210	210	210	210	123
超級	315	315	315	315	113
需求	206	47	34	73	

資料來源:本研究彙整

建設數量:

根據上述 Lingo 模式所建置後所得之結果,可發現西屯區慢充建置數量為 124 樁,快充 0 樁,超級充 82 樁;沙鹿區慢充建置數量為 0 樁,快充 47 樁,超級充 0 樁;豐原區慢充建置數量為 0 樁,快充 3 樁,超級充 31 樁;大里區慢充建置數量為 0 樁,快充 73 樁,超級充 0 樁。其西屯區需求為 206 樁、沙鹿區需求為 47 樁、豐原區需求為 34 樁、大里區需求為 73 樁,如下表 18 所示。

表 18 建設成本+5%數量

費用	西屯區	沙鹿區	豐原區	大里區	供給
慢充	124	0	0	0	124
快充	0	47	3	73	123
超級	82	0	31	0	113
需求	206	47	34	73	

資料來源:本研究彙整

Lingo 計算後,各地區建置成本+5%的成本:

根據上述 Lingo 模式所建置後所得之結果,可發現西屯區建置費用為 26481 萬元、沙鹿區建置費用為 9870 萬元、豐原區建置費用為 10395 萬元、大里區建置費用為 15330 萬元,其總金額為 62076 萬元,如下表 19 所示。

表 19 建設成本+5%的成本

	萬元
總金額	62076
西屯區	26481
沙鹿區	9870
豐原區	10395
大里區	15330

資料來源:本研究彙整

2.建設成本+10%

各地區慢充、快充及超級充建置成本均為 5.5 萬、220 萬及 330 萬元，其西屯區需求為 206 樁、沙鹿區需求為 47 樁、豐原區需求為 34 樁、大里區需求為 73 樁，如下表 20 所示。

表 20 建設成本+10%費用

費用	西屯區	沙鹿區	豐原區	大里區	供給
慢充	5.5	5.5	5.5	5.5	124
快充	220	220	220	220	123
超級	330	330	330	330	113
需求	206	47	34	73	

資料來源:本研究彙整

建設數量:

根據上述 Lingo 模式所建置後所得之結果，可發現西屯區慢充建置數量為 124 樁，快充 0 樁，超級充 82 樁；沙鹿區慢充建置數量為 0 樁，快充 47 樁，超級充 0 樁；豐原區慢充建置數量為 0 樁，快充 3 樁，超級充 31 樁；大里區慢充建置數量為 0 樁，快充 73 樁，超級充 0 樁。其西屯區需求為 206 樁、沙鹿區需求為 47 樁、豐原區需求為 34 樁、大里區需求為 73 樁，如下表 21 所示。

表 21 建設成本+10%數量

費用	西屯區	沙鹿區	豐原區	大里區	供給
慢充	124	0	0	0	124
快充	0	47	3	73	123
超級	82	0	31	0	113
需求	206	47	34	73	

資料來源:本研究彙整

Lingo 計算後，各地區建置成本+10%的成本:

根據上述 Lingo 模式所建置後所得之結果，可發現西屯區建置費用為 27742 萬元、沙鹿區建置費用為 10340 萬元、豐原區建置費用為 10890 萬元、大里區建置費用為 16060 萬元，其總金額為 65032 萬元，如下表 22 所示。

表 22 建設成本+10%成本

	萬元
總金額	65032
西屯區	27742
沙鹿區	10340
豐原區	10890
大里區	16060

資料來源:本研究彙整

3.建設成本-5%

各地區慢充、快充及超級充建置成本均為 4.75 萬、190 萬及 285 萬元，其西屯區需求為 206 樁、沙鹿區需求為 47 樁、豐原區需求為 34 樁、大里區需求為 73 樁，如下表 23 所示。

表 23 建設成本-5%費用

費用	西屯區	沙鹿區	豐原區	大里區	供給
慢充	4.75	4.75	4.75	4.75	124
快充	190	190	190	190	123
超級	285	285	285	285	113
需求	206	47	34	73	

資料來源:本研究彙整

建設數量:

根據上述 Lingo 模式所建置後所得之結果，可發現西屯區慢充建置數量為 124 樁，快充 0 樁，超級充 82 樁；沙鹿區慢充建置數量為 0 樁，快充 47 樁，超級充 0 樁；豐原區慢充建置數量為 0 樁，快充 3 樁，超級充 31 樁；大里區慢充建置數量為 0 樁，快充 73 樁，超級充 0 樁。其西屯區需求為 206 樁、沙鹿區需求為 47 樁、豐原區需求為 34 樁、大里區需求為 73 樁，如下表 24 所示。

表 24 建設成本-5%數量

費用	西屯區	沙鹿區	豐原區	大里區	供給
慢充	124	0	0	0	124
快充	0	47	3	73	123
超級	82	0	31	0	113
需求	206	47	34	73	

資料來源:本研究彙整

Lingo 計算後，各地區建置成本-5%的成本:

根據上述 Lingo 模式所建置後所得之結果，可發現西屯區建置費用為 23959 萬元、沙鹿區建置費用為 8930 萬元、豐原區建置費用為 9405 萬元、大里區建置費用為 13870 萬元，其總金額為 56102 萬元，如下表 25 所示。

表 25 建設成本-5%成本

	萬元
總金額	56102
西屯區	23959
沙鹿區	8930
豐原區	9405
大里區	13870

資料來源:本研究彙整

3. 建設成本-10%

各地區慢充、快充及超級充建置成本均為 4.5 萬、180 萬及 270 萬元，其西屯區需求為 206 樁、沙鹿區需求為 47 樁、豐原區需求為 34 樁、大里區需求為 73 樁，如下表 26 所示。

表 26 建設成本-10%費用

費用	西屯區	沙鹿區	豐原區	大里區	供給
慢充	4.5	4.5	4.5	4.5	124
快充	180	180	180	180	123
超級	270	270	270	270	113
需求	206	47	34	73	

資料來源:本研究彙整

建設數量:

根據上述 Lingo 模式所建置後所得之結果，可發現西屯區慢充建置數量為 124 樁，快充 0 樁，超級充 82 樁；沙鹿區慢充建置數量為 0 樁，快充 47 樁，超級充 0 樁；豐原區慢充建置數量為 0 樁，快充 3 樁，超級充 31 樁；大里區慢充建置數量為 0 樁，快充 73 樁，超級充 0 樁。其西屯區需求為 206 樁、沙鹿區需求為 47 樁、豐原區需求為 34 樁、大里區需求為 73 樁，如下表 27 所示。

表 27 建設成本-10%數量

費用	西屯區	沙鹿區	豐原區	大里區	供給
慢充	124	0	0	0	124
快充	0	47	3	73	123
超級	82	0	31	0	113
需求	206	47	34	73	

資料來源:本研究彙整

Lingo 計算後，各地區建置成本-10%的成本:

根據上述 Lingo 模式所建置後所得之結果，可發現西屯區建置費用為 22698 萬元、沙鹿區建置費用為 8460 萬元、豐原區建置費用為 8910 萬元、大里區建置費用為 13140 萬元，其總金額為 53208 萬元，如下表 28 所示。

表 28 建設成本-10%成本

	萬元
總金額	53208
西屯區	22698
沙鹿區	8460
豐原區	8910
大里區	13140

資料來源:本研究彙整

建設成本+5%、+10%、-5%、-10%之敏感度分析圖:

根據敏感度分析之結果可發現，建設成本在+10%時將有最高成本之影響，+5%時影響次之，-5%時所需成本逐漸減小，至-10%時將有最低之建置成本，由此可看出充電樁的建置成本對於總成本而具有是敏感影響度的，如下圖 19 所示。

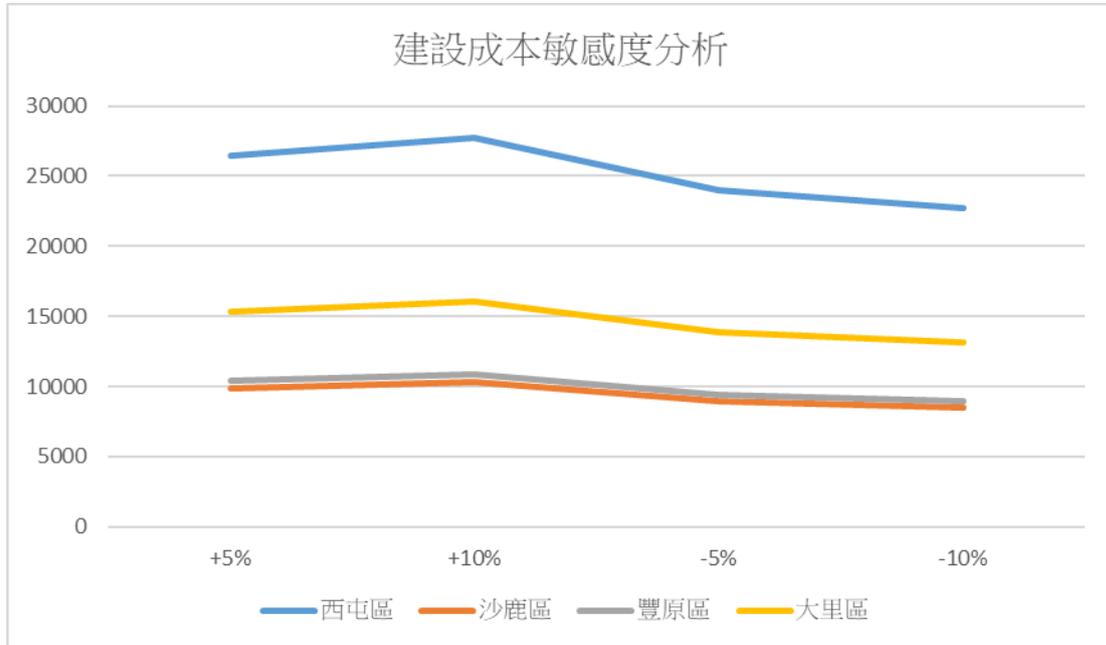


圖 19 建設成本+5%、+10%、-5%、-10%之敏感度分析

情境分析

(一) 概念性模式

目標式: 最大化宿舍無人車營利

決策變數: 各物品送至各目的地的數量

限制式:

- 物品送至每個目的地的數量要等於物品供給量
- 目的地對於所有物品配送數量要等於目的地需求
- 對於所有配送物品數量要大於等於 0

(二) 數學模式

目標式: $\text{Minimize } Z = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^4 C_{ij} * X_{ij}$

決策變數: X_{ij} 從供給各等級充電站 i 至滿足需求地點 j 的數量

參數: C_{ij} 從供給各等級充電站 i 至滿足需求地點 j 的建設成本

限制式: $\sum_{i=1}^4 X_{ij} = S_i$ for $i=1, 2, 3, 4$ (58 千瓦、120 千瓦、250 千瓦功率充電站及移動式充電站)

$\sum_{j=1}^4 C_{ij} = D_j$ for $j=1, 2, 3, 4$ (西屯區、豐原區、大里區、沙鹿區四地)

$X_{ij} \geq 0 \forall i, j$ (X_{ij} 要大於等於 0 對於所有 i 跟 j)

$i = 1, 2, 3, 4$ (58 千瓦、120 千瓦、250 千瓦功率充電站及移動式充電樁)

$j=1,2,3,4$ (西屯區、豐原區、大里區、沙鹿區)

參數:

1. 改變情境: 增加供給移動式充電樁, 觀察其情境變化。

2. 供給充電站 S:

(1) S1=慢充充電站可滿足需求地點的供給量為 206 個;

因此 $X_{11}+X_{12}+X_{13}+X_{14}$ 要等於 206 個。

(2) S2=快充充電站可滿足需求地點的供給量為 47 個;

因此 $X_{21}+X_{22}+X_{23}+X_{24}$ 要等於 47 個。

(3) S3=超級充電站可滿足需求地點的供給量為 42 個;

因此 $X_{31}+X_{32}+X_{33}+X_{34}$ 要等於 42 個。

需求地點 D

(1) D1=西屯區對於各功率等級充電站的需求量為 206 個;

因此 $X_{11}+X_{21}+X_{31}$ 要等於 206 個。

(2) D2=沙鹿區對於各功率等級充電站的需求量為 47 個;

因此 $X_{12}+X_{22}+X_{32}$ 要等於 47 個。

(3) D3=豐原區對於各功率等級充電站的需求量為 38 個;

因此 $X_{13}+X_{23}+X_{33}$ 要等於 38 個。

(4) D4=大里區對於各功率等級充電站的需求量為 73 個;

因此 $X_{14}+X_{24}+X_{34}$ 要等於 73 個。

增加移動式充電樁為供給的情境分析

各地區慢充、快充、超級充及移動式建置成本均為 5 萬、200 萬及 300 萬元及 150 萬元, 其西屯區需求為 296 樁、沙鹿區需求為 137 樁、豐原區需求為 124 樁、大里區需求為 163 樁, 如下表 29 所示

表 29 增加移動式充電樁為供給建置成本

設置成本(萬元)						
地點						
充電樁等級		西屯區	沙鹿區	豐原區	大里區	供給
	慢充	5	5	5	5	124
	快充	200	200	200	200	123
	超級	300	300	300	300	113
	移動式	150	150	150	150	360
需求		296	137	124	163	

LINGO 程式碼

其移動式充電樁供給數量為 360, 西屯區需求量由 206 增加至 296 沙鹿區需求量由 47 增加至 137 豐原區需求量由 34 增加至 124 大里區需求量由 73 增加至 163。

1. 定義參數:

(1)R/1..4/:SUPPLY; 代表供給充電站功率等級:慢充、快充、超級、移動式

(2)C/1..4/:DEMAND; 代表四個不同需求的需求地點

(3)LINK(R,C): X,COST; 代表建置成本

2. 導入參數:

(1)SUPPLY =124 123 113 360;

導入慢充、快充、超級充電站分別的供給量

(2)DEMAND = 296 137 124 73

導入甲乙丙丁四地各自的需求量

(3)COST = 5 5 5 5

200 200 200 300

300 300 300 300

150 150 150 150

供給至各地的建設成本

3. 輸入目標式:

MIN = @SUM(LINK(I,J): X(I,J) * COST(I,J);

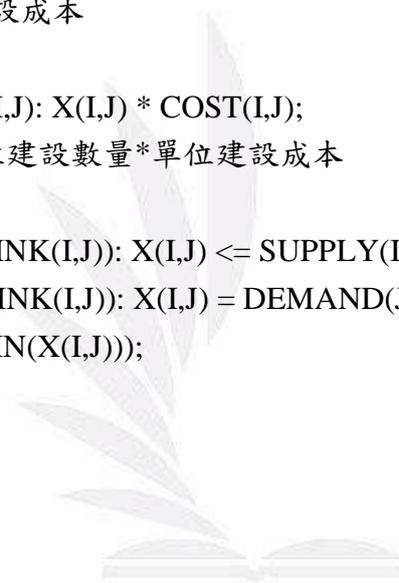
最小化建置成本=單位建設數量*單位建設成本

4. 輸入限制式:

@FOR(R(I):@SUM(LINK(I,J)): X(I,J) <= SUPPLY(I));

@FOR(C(J):@SUM(LINK(I,J)): X(I,J) = DEMAND(J));

@FOR(LINK(I,J):@GIN(X(I,J)));



```
Lingo Model - Chargestation
MODEL:
SETS:
R/1..4/:SUPPLY;
C/1..4/:DEMAND;
LINK(R,C):X,COST;
END SETS

DATA:
SUPPLY = 124 123 113 360;
DEMAND = 296 137 124 163;

COST = 5 5 5 5
      200 200 200 200
      300 300 300 300
      150 150 150 150;
END DATA

MIN = @SUM(LINK(I,J):X(I,J) * COST(I,J));
@FOR(R(I):@SUM(LINK(I,J):X(I,J)) <= SUPPLY(i));
@FOR(C(J):@SUM(LINK(I,J):X(I,J)) = DEMAND(J));
@FOR(LINK(I,J):@GIN(X(I,J)));
END
```

圖 20 增加移動式充電樁程式碼

建設總成本:

根據上述 Lingo 模式所建置後所得之結果，可發現其總金額為 65032 萬元，如下圖 21 所示。

```
Global optimal solution found.
Objective value:           113120.0
Objective bound:           113120.0
Infeasibilities:           0.000000
Extended solver steps:     0
Total solver iterations:    7
Elapsed runtime seconds:   0.18
```

圖 21 增加移動式充電樁建設總成本

各供給至需求數量:

根據上述 Lingo 模式所建置後所得之結果，可發現西屯區慢充建置數量為 124 樁，快充 0 樁，超級充 82 樁，移動式 0 樁；沙鹿區慢充建置數量為 0 樁，快充 47 樁，超級充 0 樁，移動式 0 樁；豐原區慢充建置數量為 0 樁，快充 3 樁，

超級充 31 樁，移動式 0 樁；大里區慢充建置數量為 0 樁，快充 73 樁，超級充 0 樁，移動式 163 樁。如下圖 22 所示。

X(1, 1)	0.000000	5.000000
X(1, 2)	124.0000	5.000000
X(1, 3)	0.000000	5.000000
X(1, 4)	0.000000	5.000000
X(2, 1)	123.0000	200.0000
X(2, 2)	0.000000	200.0000
X(2, 3)	0.000000	200.0000
X(2, 4)	0.000000	200.0000
X(3, 1)	113.0000	300.0000
X(3, 2)	0.000000	300.0000
X(3, 3)	0.000000	300.0000
X(3, 4)	0.000000	300.0000
X(4, 1)	60.00000	150.0000
X(4, 2)	13.00000	150.0000
X(4, 3)	124.0000	150.0000
X(4, 4)	163.0000	150.0000

圖 22 增加移動式充電樁需求數量

4.4 小結

本章節先以抽樣誤差與信度分析之敘述性統計方式，以確認樣本之數據誤差及是否具有一致性之程度，經結果顯示其在 95% 信心水準之下有 $\pm 6\%$ 之誤差，並得知整體充電樁設置滿意度與重要度具有可靠度。同時再藉由問卷結果之說明，初步了解填答者在各問題間之作答情況，以利後續之統計檢定之進行。

在卡方檢定與單因子變異數分析針對各項問題之統計結果顯示，整體而言各問題間均無顯著性之差異，且對於充電樁之設置數量、地區及分布情況多偏向不滿意者居多，而對於充電樁之設置數量、地區及分布情況偏向重要者居多，由此可推知民眾對於電動車充電樁之滿意度尚存在一定程度之提升需求。

因此，藉由第四章統計檢定之方式分析後，可得知現況下充電樁存在許多待改善空間。故本研究藉由最佳化模式之建立，在結合成本與建設數量的滿意度下，以最大化建置效益，不但能提升民眾對於需求之滿意度，更能提升電動車的使用率，減少油車在廢氣排放下之汙染，打造環境永續的生活環境。

第五章 結論與建議

隨著電動車產業市場逐漸壯大，戶外電動車充電樁之需求量也隨之上升，然而現況下之戶外電動車充電樁設置之數量明顯不足。故本研究藉由第三章研究方法與第四章研究結果之成果，給予充電樁在數量及地區分布上之建議，期盼藉由本研究之內容，提升充電樁設置數量，並進一步提升電動車的市場，減少油車在廢氣排放下之汙染，打造環境永續的生活環境。

5.1 結論

本研究透過滿意度與重要度統計分析之方式，了解民眾對於充電樁設置數量、充電樁設置地區及提升充電樁設置數量上的滿意度與重要度進行分析，從中了解現況下民眾對於充電樁之相關議題普遍認為有待改善之空間。因此，本研究透過最佳化充電樁設置數量與地區，作為研究之最終結果，並根據敏感度分析及情境分析模式下所需之總成本進行探討，以達到最具效益之建設方式。而本研究具有持續精進之精神，因此藉由重要性與滿意度調查分析(IPA)，進一步了解民眾對於充電樁之重要性及滿意度之觀點，如下圖 23 所示，解決使用者認為最重要之地方，並期盼經由本研究之成果來提高民眾在使用充電樁時之滿意度。

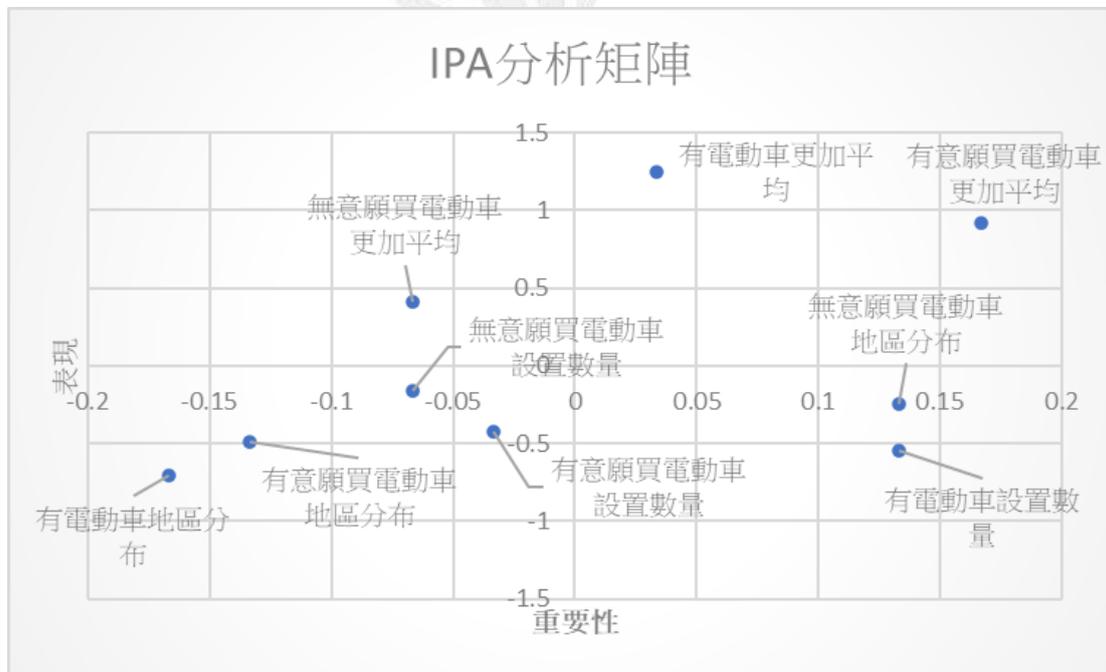


圖 23 台中民眾對於充電樁重要性與滿意度調查分析(IPA)

5.2 建議

經本研究之問卷調查及統計分析後之結果顯示，現況下之充電樁設置數量及地區依然有待改善之空間。故本研究利用最佳化模式之建立，並從中找出最佳之建設數量與地區，不但能提升民眾在充電樁使用上之滿意度，更能在最低建設成本的方式下，達到最大化之建置效益，不但能使資源不過於浪費，更能有效的滿足民眾對於電動車充電樁之需求。



參考資料

- 陳信凱(2014)，「以多目標遺傳演算法規劃具動態需求之電動車充電站設置問題」，中華大學資訊工程學系碩士論文。
- 陳玉慧(2013)，「台灣電動車產業需求面商業模式」，國立中央大學企業管理系碩士論文。
- 吳采儒(2021)，「台灣保時捷充電網絡佈局策略」，國立臺灣大學商學研究所碩士論文。
- 張雯婷(2020)，「基於時空過程模型預測電動汽車充電需求」，國立臺灣大學工業工程學研究所碩士論文。
- 教育部教育百科 | 教育雲線上字典(2023)，讀取於:2023 年 3 月 3 日，網址 :https://pedia.cloud.edu.tw/Home/list?search=%E6%8A%BD%E6%A8%A3%E8%AA%A4%E5%B7%AE&order=keyword_title (accessed 3.3.23)。
- 李盛偉、孫巧、白星振、葛磊蛟、李鵬飛(2018)「面向用戶需求的電動汽車充電站最優規劃模型研究」，可再生能源，第四期，頁 568-573。
- 魏汝偵(2011)，「製造業資訊部門進行 ITIL 流程改善的案例研究」，國立交通大學管理學院資訊管理學程碩士論文。
- 李文超、童亦斌、張維戈(2019)「計及電池使用壽命的電動汽車充電站儲能容量配置方法」，電工電能新技術，第四期。
- 張璐璐、朱光雲、施寅躍、柯慧敏(2020)「電動汽車典型快充站優化運行配置方法」，計算機系統應用，第二十九卷，第八期。
- 楊竣丞(2013)，「電動車充電站策略性配置之研究」，國立高雄海洋科技大學輪機工程研究所碩士論文。
- 呂媛、和永秀、王可蕙、蘇鳳宇(2022)「需求響應下的電動汽車充電設施配置模型」，現代電力，第三十九卷，第四期，頁 469-477。
- Lin, E.C., 1976. Glycerol dissimilation and its regulation in bacteria. *Annu Rev Microbiol* 30, 535–578.