

從大台北都會地區使用者觀點探討居家空間之智慧電表採用傾向與推行策略

周瑞生*

國立臺灣科技大學 營建工程系 教授

林國泰

國立臺灣科技大學 營建工程系 研究助理

林良澤

恩可語股份有限公司 總經理

摘要

近年來全球暖化、極端氣候等現象日趨嚴重，促使國際間對於節能永續發展的議題愈益重視。基於當前電能供給與國家經濟發展及民生需求息息相關，更因臺灣適逢用戶端之電力網路的基礎設備持續老化，無形中也造成電力的額外損失。爰此，先進國家積極開源節流，研擬具體節約措施與管理對策。有鑑於各國電能管理的近程發展，多提出節能控制儀器智慧電表，希冀經由自動化耗能監測機制，採擷使用者的用電態樣，藉以優化用電趨勢，改善能源營運績效。臺灣目前正處智慧電網初期部署階段，住宅用電尚未普及安裝智慧電表。因此，探討居家空間智慧電表的採用傾向與推行策略，是當前之課題所在。本文首先從文獻回顧分析，歸納瞭解使用者實際採用的考量因子，進而用以評估一般住宅用戶在現代化科技應用的接受程度。資料收集採問卷填答方式，隨機方便抽樣訪談，量化使用者對智慧電表的預期接受程度。分析方法則係應用結構方程模式，驗證評估指標對於構面值的解釋能力。其次，藉由分析結果推求消費者採用意願指數作為現況基值，並從指標重要性與使用者感受程度二維分析，辨識影響採用傾向的重要因素，反饋規劃後續推行策略的實證依據。文末則從量化分析結果配合受訪者的有效填答建議，探討質性意涵。研究發現可釐清使用者主要的考量面向暨其因果關連，用以整體評估安裝使用意願，並做為日後能源相關管理單位，從社會人文層面及科技行銷推廣的評估重點，促成永續節能發展的目標。

關鍵字：智慧電表，結構方程模式，採用意願指數，重要度與感受程度二維分析，市場策略

SMART METER ADOPTION PROPENSITY AND IMPLEMENTATION STRATEGY FOR RESIDENTIAL USERS IN TAIPEI AREA

Jui-Sheng Chou*

Professor, Department of Civil and Construction Engineering, National Taiwan University of Science and Technology, Taiwan

Guo-Tai Lin

Graduate Research Assistant, Department of Civil and Construction Engineering, National Taiwan University of Science and Technology, Taiwan

Liang-Tse Lin

General Manager, En Ke Yu Co., Ltd

ABSTRACT

Power supply is closely related to the economic development and daily needs of the people in a country. However, in Taiwan, the infrastructure of electrical grids in the consumer end is deteriorating, which intangibly results in additional electricity losses. Thus, numerous developed countries have actively formulated measures and

management strategies to reduce energy consumption. In the recent development of power management, numerous countries have proposed using smart meters for energy-conservation control. Specifically, they intend to use an automatic energy consumption monitoring system to record the electricity consumption pattern of consumers, thereby optimizing an electricity consumption trend and improving the efficiency of energy usage. Taiwan is currently at the initial stage of smart grid deployment. Smart meters have not been widely installed to monitor residential electricity consumption; therefore, investigating the adoption propensity and implementation strategies of smart meters in residential buildings is a critical research topic at present. This study began with a literature review to identify the factors considered by users in their actual adoption of smart meters and subsequently assessed general residential consumers' acceptance degree of contemporary technologies. Structured questionnaires were used to interview a randomly selected sample to quantify users' expected acceptance degree to the use of smart meters. Structural equation modeling was employed to verify the explanatory power between assessment criteria and dimensions. Based on the analysis result, the consumer adoption propensity index was employed as the baseline for the current consumers' willingness to use smart meters. A two-dimensional analysis based on importance and perceptions of potential users was conducted to identify the crucial indicators that influenced the adoption propensity. The indicators served as the feedback for the basis of subsequent implementation strategies. Implications were discussed qualitatively at the end of this paper. The analytical findings clarify the primary factors considered by consumers and can be used to assess the intention of people to install smart meters. Therefore, energy management authorities can adopt a social and humanistic perspective to continually enhance strategies for technology marketing, thereby achieving the goals of energy conservation and sustainable development.

Keywords: Smart Meter; Structural Equation Modeling; Consumer Adoption Propensity Index; Importance-Consumer Perceived Expectation Analysis; Market Strategy

一、緒論

全球經濟繁榮至今，人民生活大幅改善，人口持續膨脹的同時，地球能源物料卻日益減少，國際能源價格屢屢創下新高。臺灣屬海島式國家，98%燃料能源仰賴進口，而國人每年能源消費平均成長率約 0.62%(經濟部能源局，2013)，再加上國內電價無法隨著國際能源價格變動而恣意調整，導致管理單位的能源配置規劃問題日趨嚴峻。

由於國內用戶端電力網路的基礎設施持續老化，無形間造成額外的電力損耗，實已影響供電的品質、穩定度、安全與成本效益。在無法即時全面汰舊換新電力基礎設備之際，先進國家陸續推行節能控制儀器智慧電表(Smart Meter)(D. N.-y. Mah, Wu, Ip, & Hills, 2013; Verbong, Beemsterboer, & Sengers, 2013)，希冀經由自動化監測耗能電量，時序性紀錄電能使用，分析用電行為，進而建構用電趨勢預測模式，繼而優化後續用電行為。

爰此，各國主管電力能源單位(如：中、美、日、韓)將佈設智慧電網視為因應重點策略(Chopra & Kundra, 2011; N. Mah & Institute, 2011; Xu, Xue, & Wong, 2014)。當前臺灣全國安裝電表戶數約 1,312 萬戶，傳統機械電表用戶佔 98%，電子式電表 1.8%，智慧型電表僅 0.2%(台灣電力公司，2013)，行政院經濟部遂於 2012 年 11 月正式宣佈，推動長達 20 年的「智慧電網總體規劃方案」，預計投入預算達新台幣 1,400 億元(經濟部能源局，2012)。

回顧過去數年，國內外公部門政策施行與民間認知存有落差，經常出現分歧。以美國科羅拉多州為例，2008 年底開始推行建置智慧電網，由 Xcel 能源公司主導相關計畫事宜，然由於廠商宣導不周，造成多數民眾持反對意見不願安裝智慧電表，再加上 Xcel 能源公司錯估情勢低估建置成本，因而實際成效不如預期(Helms, 2013)。

臺灣刻正進行澎湖智慧電網示範場域，目前處於用戶能源管理系統化的測試階段(黃台中，2013)，

尚未針對以使用者導向的事前安裝意願評估，故本研究欲從消費者觀點探尋智慧電表的採用傾向及其關鍵影響因子，進而研擬推行策略，提出因應之道。

本研究旨在研析用戶端應用智慧電表於家庭住宅的使用傾向，故先行回顧消費者對科技使用意向之相關文獻，確立評估構面與衡量指標，並據以發展評量問卷，依便利抽樣法(convenience sampling method)，收集樣本資料。接續，應用結構方程模式(structural equation modeling, SEM)檢測構面與指標的信效度，建立構面間之因果關係。

此外，指標篩選的量化分析結果，可發展消費者採用意願指數，藉以推論現下氛圍的採用傾向程度，做為日後行銷策略施行後的比較基準。其次，依指標重要性與預期使用感受度二維分析，區隔重點關注的使用意願因子，配合質性 SWOT 分析，推展因應策略，希能有效回饋現行節能推行策略，進而提升能源經營管理效率。

二、文獻回顧

2-1 臺灣現行電表佈設

現今臺灣使用電表，分別有傳統機械電表、電子式電表與智慧型電表，如圖 1 所示。一般住家大部分使用傳統機械電表，而電子式電表屬中小式產業用於紀錄階段性歷程，智慧式電表則尚處測試階段。



圖 1、現行電表種類

當代傳統機械電表係利用感測方式，讓圓盤隨著電流旋轉量測使用電量，然時間一久，軸支撐逐漸老化，導致摩擦力增加，旋轉速度變慢，紀錄電量的精確性亦隨之降低。

相對地，智慧電表的精確度較佳且較為敏銳，能偵測微弱電流，故換裝後可能導致電費微幅上漲，致使民眾觀感不佳具排斥性。以臺灣為例，傳統機械電表精確度為 2.0%；而智慧電表的精確度達

0.5%(林常平 & 陳貽評, 2011)。

又，傳統機械電表無法區分用電時間與對應電量，僅有單一資料欄位，即度數電價。而智慧電表可紀錄多達 10 種以上資料欄位，包含管理用資料欄位、實際使用能源價格、根據分/時/日/月/季/年的消費紀錄。故，電力公司可掌握用戶端的使用資料，作為能源調度系統最佳化之決策資訊，也可提供電量開啟偵測，即時發現異常事件(Chou & Telaga, 2014; Leeds, 2009; 陳文瑞, 2011)，進而提供更多數據分析服務，精確標示能源使用量，並透過網路及時回報。

智慧電表為智慧電網之基礎元件，具有網路通訊功能的電表，能自動遠端計量消耗能源，資訊傳遞方便，可收集用電量、瓦斯和用水的量測(Gurung, Stewart, Beal, & Sharma, 2015; Qiu & Deconinck, 2011)。

智慧電表的基礎建設，如**錯誤! 找不到參照來源。**所示，透過室內顯示器(IHD)和網路的通訊功能，即時監測電量，將資料主動提供給消費者或電力事業公司，亦可同時進行雙向溝通，開啟更多的售後服務契機。

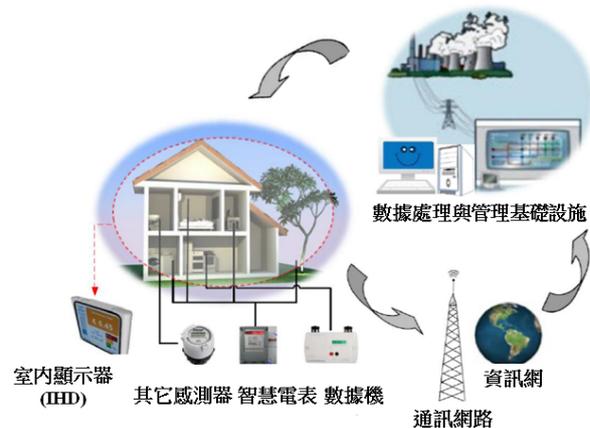


圖 2、智慧電表基礎建設

2-2 臺灣智慧電表推動規劃概況

行政院於 2012 年 9 月正式核定「智慧電網總體規劃方案」，如表 1 所示。該方案預計於 2015 年完成高壓智慧式電表佈建，並啟動低壓電表建置工作，同時完成位於澎湖低碳島專案計畫試運轉場域，驗證智慧電網效能。預期 2020 年普及 600 萬(低壓)用

戶，2030 年達成全國高低壓智慧電表系統建置完成(經濟部能源局，2012)。

表 1、台灣智慧電網總體架構規劃

願景	建立高品質、高效率和環境友善的智慧化電力網，促進低碳社會及永續發展的實現		
目標	確保穩定供電	促進節能減碳	
	提高綠能使用	引領低碳產業	
時程	前期布建 (2011~2015)	推廣擴散 (2016~2020)	廣泛應用 (2021~2030)
構面	智慧發電與調度、智慧輸電、智慧配電、智慧用戶、智慧電網產業發展、智慧電網環境建構		

資料來源：(經濟部能源局，2012)

經濟部能源局目前正著手規劃全台計有 10 萬戶示範採用低壓智慧電表；而由科技部主導的澎湖智慧電網示範場域，已累計 1000 戶低壓智慧式電表布建、30 戶智慧家庭建置與時間電價試行(黃台中，2013)。智慧電網的主要參與者有：政府、供應者、業者、消費族群等，各參與者的關注事項有所區別，如表 2 所敘。

表 2、參與者之關注事項

參與者	關注項目
政府(經濟部能源局)	能源、環境問題，提高可再生能源的建置部署，能源產業的振興，穩定供電，促進經濟發展。
能源供應者(台電、綠能產業)	定價機制與成本回收，能源充足，促進科技的創新和電網部署，綠能產業發展。
智慧電表業者	建立業界標準，資訊整合優化分析，帶動周邊產業發展(智慧家電)，創造利潤。
消費族群	即時用電資訊，增進能源效益，合理電價。

資料來源：(Yuan, Shen, Pan, Zhao, & Kang, 2014; 經濟部能源局, 2012)

2-3 智慧電表的效益與使用風險

智慧電表之效益可分為直接與間接效益，直接

效益為減少人工抄表之成本，避免人為因素所造成的損失或失誤。

以美國電力公司為例，由於人工成本昂貴，除都會區用戶較為集中外，仍有許多用戶居住在市郊外，導致讀表成本居高不下。而智慧電表可降低人工抄表所花費的時間及成本，且建構的電網系統可幫助電力公司進行竊電偵測，降低相關財務損失。

其間接效益則可紀錄用戶之用電時間與用電量，收集使用者完整的用電資訊，供日後用電趨勢分析與優化用電行為之數據基礎(Chou & Yutami, 2014; Moore & Butle, 2009)。

另，英國全國消費者委員會也指出，政府建設智慧電網有如下效益：(1)改善零售市場的競爭性；(2)改善電費的精確性；(3)消費者的資訊反饋有助於減少電費；(4)降低預付電費方案的建設成本與改善方便性；(5)降低碳排放，保護環境；(6)促使新電費費率產生；(7)提供消費者新的服務。(National C, 2014; Moore & Butle, 2009)

臺灣刻正研擬推行浮動電價機制及進行相關配套電價合理化方案，初步規劃為期一年檢討一次能源燃料成本，目前相關條文正於立法院審理中(經濟部能源局, 2014)。由於智慧電表並非省電儀器，而係需配合時間電價(time of use rates)，用戶可利用公開的電價資訊(如表 3)，決定用電時機，減輕尖峰供電壓力(蕭代基 & 張明杰, 2013)，降低電力耗損，達到穩定供電的效益。

表 3、時間電價

按戶計收	時間	電度	價格
週一至週五	尖峰08:00~22:00	每度	4.06
	離峰22:00~08:00	每度	2.35
週六、日及國定假日	離峰時間全日	每度	2.35

資料來源：臺灣電力公司實驗智慧電網(Smart Grid)

時間電價

以往電力公司使用傳統電表，僅需記載用戶姓名、住址、繳費金額等資料。裝設智慧電表後，將可存取更多資訊，如用電習慣、用電時間，若遭有心人士獲取個人習性，用於不法，可能造成人身財

產的威脅(Efthymiou & Kalogridis, 2010)。

此外，若用戶為減少電費，竄改用電數據，許多重要的資訊、指令皆從網路傳送，若遭駭客、木馬程式惡意攻擊，將造成難以預估的傷害和損失(California State University Sacramento, 2012)。

故智慧電表的安裝，植基在完善的基礎建設與通訊設備，需要成本較高的軟硬體設施與維護成本，若高價的感測設備遭到竊取或破壞，亦會使電力公司的負擔增加(Sridhar, Hahn, & Govindarasu, 2012; 陳斌魁 & 籃宏偉, 2013)。

準此，用電行為的私密性問題在許多電力公司與相關電表通訊廠商已逐漸受到重視。由於個人資訊隱私為先進科技之隱憂，多國相關業者仍致力加強管控資安維護(Ab Rahman & Choo, 2015; Depuru, Wang, & Devabhaktuni, 2011)。然資訊安全問題層出不窮，亦是智慧電表未來普及應用的重大挑戰之一。

2-4 新興科技接受程度評估理論

Davis (1989)提出科技接受模式(technology acceptance model, TAM)，以理性行為模式(the reasoned action model, TRA)為基礎，認為有用性(perceived usefulness, PU)及易用性(perceived ease of use, PEU)，可解釋或預測科技採用意圖。基於心理學理論，人們在特有環境的情境下，感知行為將透過知覺價值，直接或間接地影響使用者對於科技的接受程度(Davis, Bagozzi, & Warshaw, 1989)。

之後，Legis 等(2003)指出，科技接受度模式架構，應需納入人文與社會變化的影響、創新接納度等變數(Legrís, Ingham, & Collerette, 2003)。Benbasat 與 Barki (2007)回顧相關科技接受模式的研究後認為，往後的研究主軸應著重於探討有用性的前置因素(antecedents) 和 使行用為 的 結果(consequences)(Benbasat & Barki, 2007)。

承如前述，智慧電表的採用傾向類似新興資訊科技(information technology, IT)的採用與否，取決於

用戶對於該系統的知覺感受。對潛在的使用者，需求著重於知覺價值的有用性與易用性(Chou &

Yutami, 2014; Krishnamurti et al., 2012)。

因此本研究對於消費者在接受新穎科技上，採用主觀角度、認知效用性與易用性，試圖解釋消費用戶預期使用行為意圖，依據文獻歸納整理構面量測指標，設計對應之問卷訪談題項(以下或稱變項因子、衡量指標)如表 4，解析探討居家空間之智慧電表採用傾向。

下節即針對表內構面路徑假設進行扼要說明，進而呈現構面及衡量指標的因果關係結構假設路徑示意圖(圖 3)。

2-4-1 預期使用之推論

臺灣住宅尚未普及安裝智慧電表，因此本研究使用“預期”的情境係根據 Rossiter 與 Braithwaite (2013)，認為消費者尚未使用科技產品時，應先行預測該科技產品的接受程度，並辨識行銷重點。產品推廣的過程中，消費者產生之初期印象甚為重要，日後將影響實際行為意圖與意願，而因個人感受程度不同，對於科技產物的要求也有所不一。

理論上，具有預期心理，可有效促進消費者滿意的心緒，將提升採納接受新式科技產物(Lee & Lehto, 2013; Rossiter & Braithwaite, 2013)。因此，本文提出以下假設路徑：

H1：預期效用(perceived expected usefulness, PEU)對用戶期望滿意度具有正向顯著的影響

H2：預期效用對使用態度有正向顯著的影響

H3：預期效用對使用意願具正向顯著的影響

2-4-2 易於使用性

科技產品採用的首要考量重點在於使用性(usage)、便利性(convenient)與實務性(substantive)，新穎產品的推出常會出現難以使用的刻板印象，產生疑慮。為此，產品的特性，應符合消費者的日常習慣與需求，而需求影響產品使用之態度，態度則形成行為意圖，行為意圖係構成實際行為的主要前因(Rogers, 1995; Venkatesh et al., 2003)。

若客戶在操作過程中，不需付出過多努力，便易於運用，即可提升使用動機。據此，假設路徑如下：

H4: 易於使用性(perceived expected ease of use, PEEU)

對用戶期望滿意度具有正向顯著影響

H5: 易於使用性對預期效用有正向顯著的影響

H6: 易於使用性對使用態度有正向顯著的影響

H7: 易於使用性對使用意願有正向顯著的影響

2-4-3 預期風險

每逢消費者在面臨全新未知的產品時，都須重新瞭解、過目評估。當用戶的感受，存在過高的風險時，心理上容易產生反感排斥，可能使消費者無法做出客觀的判斷。在用戶尚未使用前，事前的不確定性與產品所提供的資訊，都會影響個人主觀的判定，一旦消費者無法掌握產品的功能，則會直接影響對其產品之使用行為。

然而，對於科技信任度越高，其風險感受程度相對越低，故科技產品應讓潛在用戶先行試用，可改善知覺風險(Udo et al., 2010)。針對上述，研究假設路徑如下：

H8: 預期風險(perceived risk, PR)對用戶期望滿意度具有顯著的影響

H9: 預期風險對預期效用具有顯著的影響

H10: 預期風險對易於使用性具有顯著的影響

H11: 預期風險對使用態度具有顯著的影響

H12: 預期風險對使用意願具有顯著的影響

2-4-4 用戶期望滿意度

每當新式產品上市，消費者常抱持期待與觀望的心態，立場尚未明確。消費者會比較新式產品與現有產品之實用價值，若新式產品無法高於現有產品的實質效益時，便可能拒絕使用。

由於每位消費者的個人內在感知程度的差異性，產品評價是否與消費者預期心理一致，將會連帶影響產品滿意與否，進而形成個人的消費使用選擇(Lee & Lehto, 2013; Liu et al., 2013)。依此，研究假設描述如下：

H13: 用戶期望滿意度(user expected satisfaction, UES)對使用態度具有正向顯著影響

H14: 用戶期望滿意度對使用意願具有正向顯著影響

H15: 使用態度(attitude towards behavior, ATB)對使用

意願具有正向顯著的影響

2-4-5 能源成本與隱私安全性

智慧電表之偵測能源的精確度較為敏銳，相對可能提高在能源計價(D. N.-y. Mah et al., 2012)。本研究認為，能源價格的變動對於使用者預期風險具顯著影響。

另，由於智慧電表可監控居家用電行為，資料傳輸伴隨著竊取或外流的風險，而風險高低取決於個人本身對隱私的敏感程度與忍受程度(Depuru et al., 2011; Richards & Solove, 2007)。因而，假設影響路徑如下：

H16: 能源成本(energy tariff/cost, ETC)對預期風險具有顯著的影響

H17: 隱私安全性(privacy/safety concern, PSC)對預期風險具有顯著影響

2-4-6 社會影響

整體社會的認知以個人及社會環境的行為相互影響，個人行為態度包含認知性(cognitive)、情感性(affective)以及行為性(behavioral)，透過三者之互動，將容易左右他人的認知與理念。

個人或群體在社會行為上，所認知產品的效用，源自於不同環境中的各種意見，在心理上感受到他人的偏好程度，對事物的判斷容易受到影響(Shibl et al., 2013; Son et al., 2012)。故，理論路徑如下：

H18: 社會影響(social influence/subjective norms, SIN)對預期效用具有顯著的影響

2-4-7 資訊回饋功能與科技複雜性

科技研究模式文獻指出，透過展示說明該科技產品的功能與特點，可有效影響消費者對產品的認知價值與信任，亦可預測對產品的最後抉擇(Son et al., 2012)。當消費者認為該科技產品的使用過程中，能即時獲取實質相關資訊，有利於未來使用之影響。一般認為使用者對於科技的接受程度，取決於容易學習使用操作，過於複雜的功能會降低使用率(Son et al., 2012; Taylor & Todd, 1995)。綜合上述，假設路徑如下：

H19: 資訊回饋功能(program contents/ features, PCF)

對預期效用有顯著的影響
H20：科技複雜性(technological complexity, TC)對易於使用性有正向顯著的影響

最後，統整以上構面關聯假說，繪製智慧電表採用傾向理論評估模式，如圖 3 所示，相關量測指標說明如表 4。

表 4、問卷構面與量測指標

構面	構面定義	衡量指標	相關文獻
社會影響(SIN)	外在環境影響個人觀點，受到多數人的舉動思想而約束	(SIN1)政策要求用戶必須安裝智慧電表 (SIN2)安裝智慧電表將會改變用電行為 (SIN3)周遭朋友建議安裝智慧電表 (SIN4)工作環境安裝智慧電表，則消費者將會安裝 (SIN5)若有人主動建議安裝，將會安裝智慧電表	(Shibl, Lawley, & Debusse, 2013; Son, Park, Kim, & Chou, 2012)
資料回饋功能(PCF)	供應商回饋資訊、提供客戶需求之功效、個人感知有效資源	(PCF1)資訊傳遞上能消除人為讀表之錯誤 (PCF2)顯示器即時提供能源消耗狀況 (PCF3)控制電量價格和即時調整 (PCF4)可分析消費行為與監控消耗 (PCF5)資訊回饋和檢索功能可預測改變消耗習慣	(Son et al., 2012; Taylor & Todd, 1995)
隱私安全性(PSC)	關於使用的過程中，所有相關過程、系統、隱密等資訊，保護程度	(PSC1)安裝後隱私不會受影響 (PSC2)能源消耗的資訊會被保護 (PSC3)個人資料會被保護 (PSC4)將會有效防止網路駭客竊取能源資訊 (PSC5)智慧電網會偵查犯罪並允許能源公司迅速作出回應	(Depuru et al., 2011; Richards & Solove, 2007)
能源成本(ETC)	安裝智慧電表在住家的能源費率	(ETC1)安裝後能源帳單不會增加 (ETC2)安裝後不會增加額外的成本 (ETC3)能源負擔不會增加 (ETC4)促進節能和使用效率 (ETC5)僅支付用戶所使用的能源	(D. N.-y. Mah, van der Vleuten, Hills, & Tao, 2012)
科技複雜性(TC)	科技複雜的難易程度	(TC1)容易讀取顯示器的資訊 (TC2)容易查看使用記錄 (TC3)透過智慧電表系統網站評估用電特性 (TC4)容易查看數據 (TC5)瞭解智慧電表的資訊系統的安全架構	(Son et al., 2012; Taylor & Todd, 1995)
預期效用(PEU)	個人期待的表现程度	(PEU1)提高能源的控制 (PEU2)即時讓使用者知道能源消耗的成本 (PEU3)瞭解智慧電表的效益 (PEU4)提供即時資訊和價格 (PEU5)改善能源供應和服務品質 (PEU6)希望智慧電表是有效用的	(Lee & Lehto, 2013; Rossiter & Braithwaite, 2013)

構面	構面定義	衡量指標	相關文獻
易於使用性(PEEU)	先進科技的使用 簡單性	(PEEU1)簡單學習 (PEEU2)即時得到資訊 (PEEU3)容易操作智慧電表 (PEEU4)清楚獲得訊息 (PEEU5)簡易的從設備得到資訊 (PEEU6)易於使用智慧電表	(Rogers, 1995; Venkatesh, Morris, Davis, & Davis, 2003)
預期風險(PR)	風險影響程度	(PR1)智慧電表值得投資 (PR2)智慧電表的效用不好可能不使用 (PR3)與其它測量技術相比，智慧電表具有更多的不確定性 (PR4)儀器的資訊不確定性 (PR5)智慧電表的學習操作複雜 (PR6)使用智慧電表並非不智的決定	(Udo, Bagchi, & Kirs, 2010)
用戶期望滿意度(UES)	用戶期待提供設備服務資訊的滿意程度	(UES1)智慧電表的設備能滿足能源需求 (UES2)安裝智慧電表具有遠見 (UES3)安裝是必要的節能措施 (UES4)能源消耗的服務 (UES5)使用智慧電表將是愉快的經歷 (UES6)安裝屋內	(Lee & Lehto, 2013; Liu, Wang, & Mol, 2013)
使用態度(ATB)	個人情感預期使用程度與行為態度	(ATR1)使用智慧電表是好的節能措施 (ATR2)樂意安裝 (ATR3)明智的選擇 (ATR4)使用起來令人愉悅 (ATR5)使用智慧電表是進步的想法	(Liu et al., 2013)
使用意願(BIU)	個人的使用意願	(BIU1)明年安裝智慧電表 (BIU2)未來使用智慧電表 (BIU3)下個測量儀器使用智慧電表 (BIU4)建議他人在家中使用的智慧電表 (BIU5)將採用智慧電表	(Davis et al., 1989; Liu et al., 2013)

三、研究方法

一般的線性迴歸模式或多層次分析僅能探討自變數對單一依變數的影響，無法滿足複雜的變數關係。然而，結構方程模式(SEM)係類屬多變量統計方法(Hair, 2010; Kline, 2011)，其結合因素與路徑分析，可同時處理潛在變量之間的因果關係。因此，本研究用結構方程模式，衡量使用者的智慧電表採用

傾向意願及確認影響因子。

3-1 結構方程模式

結構方程模式(SEM)針對因果關係的量化檢定，在社會人文科學領域應用相當廣泛，如教育、心理、生物、醫學、經濟等(Iacobucci, 2010; Shibl et al., 2013)。其結合路徑分析(path analysis)、驗證性因素分析(confirmatory factor analysis, CFA)及結構迴歸模式(structural regression models)之特性，假設潛在變數

(latent variables)無法直接觀測，必須藉由顯現性之指標變數(indicator)予以量化。在因果模式中，潛在變數(構面)可分為外生變數(exogenous variable)與內行

變數(endogenous variable)兩類。外生變數係本身來自因果模式外的變數，會影響其他變數之效果，而內行變數則是受外生變數或系統中其它變數影響。

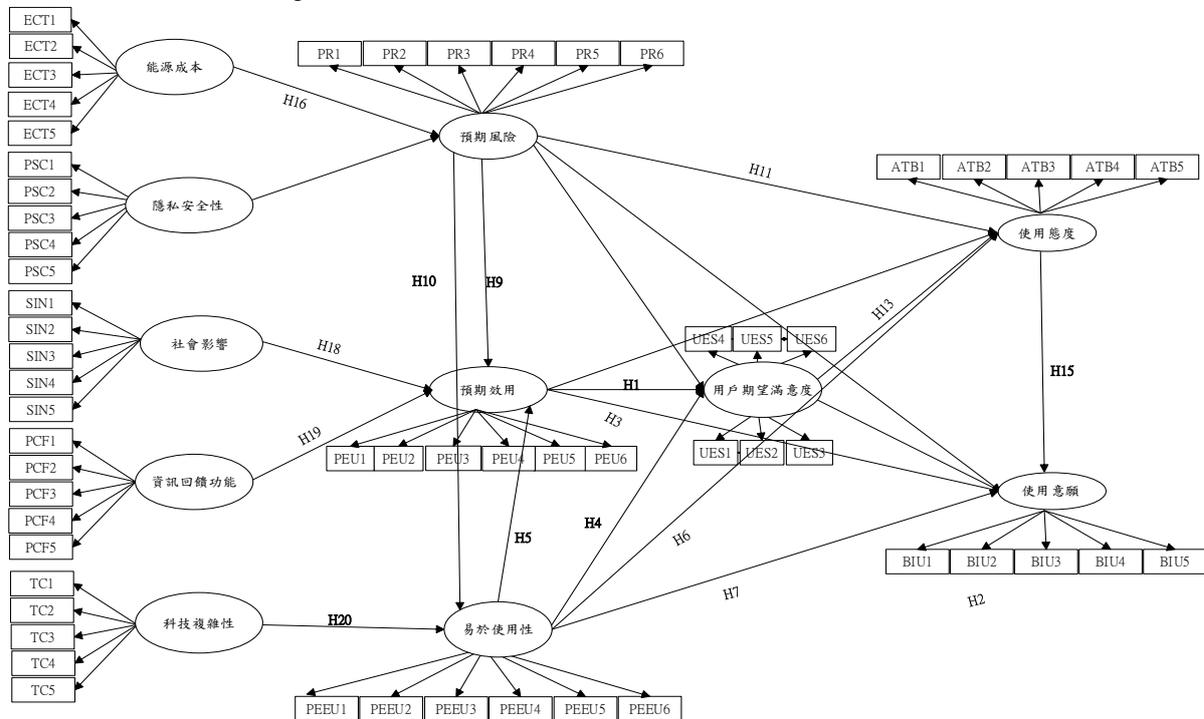


圖 3、智慧電表採用傾向結構理論模式

結構方程模式具有兩種型態：測量模式(measurement model)為建立顯現性指標變數與隱藏性變數(外生或內行變數)間的線性關係；結構模式(structural model)則用來界定外生或稱隱藏性自變數(latent independent variables)與內行亦稱隱藏性依變數(latent dependent variables)間的線性關係，其可完成結構系統的評估量測與確認因果路徑，並同時考量測量誤差的問題。

測量模式方程式，如公式(1)、公式(2)所示：

$$X = \Lambda_x \xi + \delta \tag{1}$$

$$Y = \Lambda_y \eta + \varepsilon \tag{2}$$

上述方程式中， X ($q \times 1$) 為外生變數所組成之行向量， Λ_x ($q \times n$) 為外生變數與 ξ ($n \times 1$) 外生變數之因素負荷行向量， δ ($q \times 1$) 為外生變數之誤差項行向量。 Y ($p \times 1$) 為內行變數所組成之行向量， Λ_y ($p \times m$) 為內行變數與 η ($m \times 1$) 內行變數之因素負荷矩陣， ε ($p \times 1$) 為內行變數之誤差項行向量。

結構模式方程式如公式(3)所示：

$$\eta = B \eta + \Gamma \xi + \zeta \tag{3}$$

其中， η ($m \times 1$) 為內行變數行向量， B ($m \times m$) 為內行變數間之迴歸係數矩陣， Γ ($m \times n$) 係外生變數對內行變數之迴歸係數矩陣， ξ ($n \times 1$) 外生變數， ζ ($m \times 1$) 誤差項之行向量。

結構方程模式係以共變數統計分析方法進行估算，檢定母體共變數與樣本共變數之間的差異，導出特定參數以進行整體模式的評鑑與分析(Hair 2010)。共變數分析方法的基本假設是由衡量變數之共變數矩陣來設定參數，如公式(4)所示：

$$\Sigma = \Sigma(\theta) \tag{4}$$

其中， Σ 為衡量變數之母體共變數矩陣， θ 為模式參數之向量，而 $\Sigma(\theta)$ 為 θ 的共變數矩陣。從 Σ 到 $\Sigma(\theta)$ 關係之基本概念為辨識(identification)、推估(estimation)及評估(assessment)模式之適配性。

目前結構方程模式常用的推估方法為最大似估計法(maximum likelihood estimation, MLE)，係指在樣本近似常態分配下，進行 $\Sigma(\theta)$ 矩陣重製之估計方式，其使用疊代的程序以獲得樣本共變數矩陣與母體共變數矩陣之間的差異值為最小(Hair, 2010;

Kline, 2011), 最大似估計法函數如公式(5)所示:

$$F_{ML} = \log|\Sigma(\theta)| - \log|S| + \text{tr}(S\Sigma(\theta)^{-1}) - (m+n) \quad (5)$$

其中, $\Sigma(\theta)$ 為估計母體共變數矩陣, S 為樣本共變數矩陣, 當估計矩陣與樣本矩陣完全契合時, $\Sigma(\theta)$ 矩陣與 S 矩陣之值會相等, 而 $\text{tr}(S\Sigma(\theta)^{-1})$ 亦會等於 $(m+n)$, 因 FML 為 0, 即表示假設模式為完美適配。

3-2 模式評估

3-2-1 信效度分析

信度(reliability)係評估構面的穩定性及可靠度, 衡量結果的一致性程度(Kuppam & Pendyala, 2001)。常用的內部一致性信度評估的「Cronbach's α 係數」為可直接分析相關程度的信度指標, 多以 0.7 為門檻值。另一信度檢測為組成信度(composite reliability, CR), 為所有測量變數的信度組合而成, 亦表示構面指標的內部一致性, 信度愈高, 顯示內部一致性愈高, Hair(2010)建議組成信度值為 0.7 以上(Hair, 2010)。

建構效度(validity)可分為收斂效度(convergent validity)與區別效度(discriminate validity)。收斂效度指一構面之多重指標彼此間的聚合或關連程度, 常用的測量方式, 為因素負荷量(factor loading)與平均變異萃取量(average variance extracted, AVE); 當所屬同一構面指標的因素負荷量高, 則效度佳; AVE 則是評估各量測變數對該潛在變數的變異解釋能力, Fornell 與 Larcker 學者建議 AVE 標準值應在 0.5 以上(Fornell & Larcker, 1981)。

另, 區別效度為當兩個不同構面之相關程度低, 則表示具有區別效度, 其判斷準則為每一個構面之 AVE 平方根應大於構面間的相關係數。

3-2-2 適配度分析

為檢視研究建構的理論模式對實證蒐集資料特徵的適配性, 可採取以下適配度指標作為衡量準則(Hair, 2010); 分別為卡方自由度比(χ^2/df)、適配度指標(goodness of fit index, GFI)、調整後適配度指標(adjusted goodness of fit index, AGFI)、增值適配指標(incremental fit index, IFI)、比較適配度指標

(comparative fit index, CFI), 及平均近似誤差均方根(root mean square error of approximation, RMSEA)。

3-3 中介與調節效果

當理論模式的假設路徑成立時, 即可進而檢測具意涵的中介與調節效果。若自變數(X)係經由中介變數(mediator variables)途徑影響依變數(Y), 此效果即是透過中介因子(M)分為部分中介或完全中介, 而影響程度則稱為中介效果, 如圖 4 所示。

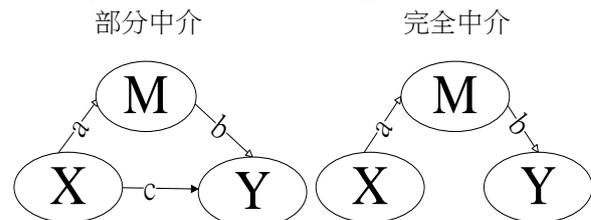


圖 4、中介效果路徑圖

當檢驗係數 c 顯著(圖 4), 則 M 具為部分中介效果, 顯示自變數可直接或透過中介因子影響依變數。若檢驗係數 c 不顯著時, 其僅能透過中介因子影響, 則稱完全中介, 表自變數需經由中介因子方能影響依變數。

調節變數(moderator variables), 為一個自變數且會直接影響另一個自變數與依變數之間的關係。可將質性(qualitative)(例: 性別、年齡或學歷等)量化(quantitative)。調節變數即為自變數(X)與依變數(Y)的相關會因調節水準的不同, 而得到不同的相關程度, 此效果為調節變數與外生變數的交互作用影響, 檢驗路徑結果若為(* <0.05 , ** <0.01 , *** <0.001), 表示具調節效果(Baron & Kenny, 1986; Ro, 2012)

3-4 消費者採用意願指數(CAP index)

Ratchford 與 Barnhart(2012)曾運用「科技接受傾向」(technology adoption propensity, TAP)指數, 預測消費者接受新科技的程度(Ratchford & Barnhart, 2012)。此外, Fornell 等(1996)為瞭解消費者的感受, 轉換成供應商的行銷作為, 提出「顧客滿意度指數」(customer satisfaction index, CSI)衡量產業績效(Fornell, Johnson, Anderson, Cha, & Bryant, 1996)。

故本研究整合 CSI、TAP 概念與 SEM 分析成果, 提出消費者採用意願指數(consumer adoption propensity index, CAP index)(Chou & Yeh, 2013), 如

公式(6)所示，評估消費者對於現行智慧電表的採納接受程度。

$$\text{CAP index} = \frac{\sum_{j=1}^n S_j y_j - \sum_{j=1}^n S_j}{(r-1) \sum_{j=1}^n S_j} \times 100 \quad (6)$$

上述公式中，CAP 值 0-100 分，分數愈高，顯示使用者的採用意願愈高， y_j 為潛在消費者使用意願之衡量變數的平均數， S_j 為因素負荷量權重， r 為問卷所使用之李克特尺度量數(1 非常不同意至 7 非常同意)。

3-5 重要性-感受程度分析法

Sampson 和 Showalter(1999)認為重要性-績效表現分析法(importance -performance analysis, IPA)，可呈現消費者對產品表現情形的期望與評價，便於作為管理資源分配優先排序的準則(Sampson & Showalter, 1999)。本研究遂以評估指標重要性-潛在使用者感受程度二維分析(importance-consumer perceived expectation, ICPE)，釐清消費者的期望需求與接受程度暨其影響因子的重要性，以利提出推行策略與實質決策。

如圖 5 所示，首先分別計算問卷題項之「感受程度(x)」平均值與其對應之影響程度(權重)即「重要性(y)」，繪製於二維平面座標，依 x 與 y 之平均值可切分成四個象限(I, II, III, IV)；第一象限(I)：表示指標重要性與消費者感受程度皆高，落於此象限內的指標屬性應為優先考量重點區(main priority)；第二象限(II)：表示重要性高但感受程度低，落於此象限內的屬性應受高度關注(high consideration)；第三象限(III)：表示重要性與感受程度皆低，落於此象限內的指標可視為次要重點區(low priority)；第四象限(IV)：表示重要性低而感受程度高，落於此象限內的指標應保持持續關注區(opportunity)，待時空環境變遷，原先未受關切的指標可能成為後續影響採用的重點指標。

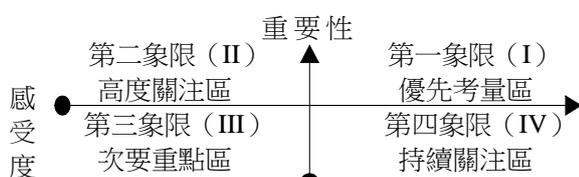


圖 5、重要性-潛在使用者感受程度二維分析

3-6 質性分析

社會科學的研究方法略分為「質性分析」與「量化分析」；質性分析可經由語言或文字的敘述，加以理解個案內的情境模式，量化分析則是透過抽樣調查，進行統計分析，並以數據結果，預測、評估、驗證或推論事物。

結合質性與量化的研究方法則稱為實用主義(pragmatism)(Creswell & Miller, 2000; David, 2006)，本研究即係整合質性的強弱危機分析法(SWOT)與前述結構方程量化方法之優點，探討資訊成因與管理意涵，歸納分析結果，進而提出探討智慧電表的推行策略。

四、實證分析

4-1 抽樣調查與敘述性統計分析

Schumacker 與 Lomax(2004)認為結構方程模式分析之樣本數，若低於 150 個樣本數，則分析結果的可靠度低(Schumacker & Lomax, 2004)。本研究透過問卷實測，以隨機便利抽樣法(convenience sampling method)，針對大台北地區(臺北市及新北市)，發放 300 份紙本問卷，其中有效回收問卷 270 份、無效問卷 30 份，樣本社經背景與特性分析，如表 5 所示。

在受訪者中，男性佔 58.5%大於女性 41.5%；教育程度，以大學或大專佔 44.1%；職業以服務業佔多數達 38.5%，而年齡大多分布在中年(46-64 歲)及老年(65 歲以上)佔 48.9%，家庭用電費率多介於 1000~2000 元(34.8%)，其次 2000~3000 元(27.4%)，而 4000 元以上(14.1%)。智慧電表的認知約有 66.7%受訪者，從未看過或聽過；而曾經聽聞，但對於智慧電表一無所知者佔 24.4%，顯示多數受訪者對於智慧電表的認知不足。值得注意的是，曾經使用智慧電表者僅佔 1.1%，凸顯智慧電表的採用，尚有推展的市場。

表 5、受訪民眾社經特性

問項	敘述	分布	百分比 (%)
性別	男性	158	58.5
	女性	112	41.5
	總計	270	100
年齡	20 歲以下	4	1.5
	21-25	29	10.7
	26-30	18	6.7
	31-35	36	13.3
	36-40	24	8.9
	41-45	27	10.0
	46-50	37	13.7
	51-55	31	11.5
	56-60	27	10.0
	61 歲以上	37	13.7
教育程度	國中、國中以下	31	11.5
	高中	79	29.3
	大學或大專	119	44.0
	研究所	41	15.2
支付電費帳單的時間	2 年以下	38	14.1
	2 - 5 年	37	13.7
	6 - 10 年	29	10.7
	11 - 15 年	31	11.5
	16 - 20 年	26	9.6
	20 年以上	109	40.4
目前的職業	學生	11	4.1
	服務業	104	38.4
	工業、製造業	35	13.0
	軍公教	38	14.1
	家庭主婦	35	13.0
	林、漁、畜牧、礦業	3	1.1
	企業家	1	0.4
	退休	20	7.4
家庭平均每次電費費用 (每 2 個月) 平時用電	1000 元以下	31	11.5
	1000~2000 元	94	34.8
	2000~3000 元	74	27.4
	3000~4000 元	33	12.2
	4000 元以上	38	14.1

問項	敘述	分布	百分比 (%)
目前居住縣市	台北市	108	40.0
	新北市	130	48.1
	其它	32	11.9
智慧電表應用在智慧電網上的認知	從未看過聽過	180	66.7
	曾經聽聞，然一無所知	66	24.4
曾經使用智慧電表	普通	19	7.0
	熟悉	5	1.9
	非常熟悉	0	0.0
曾經使用智慧電表	從沒使用過	267	98.9
	曾經使用過	3	1.1

4-2 智慧電表採用傾向影響指標之驗證性分析

由於評估構面屬於心理測量變數，無法直接衡量填答者的想法，需藉由驗證性因素分析(CFA)，確認潛在變數與觀察指標(measurement variables)之間的關聯是否具有信度與效度(Brown, 2012)。檢驗各構面信度之方法最常使用 Cronbach's Alpha (α)及組成信度，而效度檢驗則以因素負荷量與 AVE 進行構面檢測(Hair 2010)。

本研究的 Cronbach's Alpha (α)係數，如表 6 所示，皆大於 0.7，表示觀察指標與構面間具有良好的信度。組成信度值介於 0.867~0.943，超過 0.7 的建議門檻，顯示指標的內部一致性高。AVE 則值介於 0.687 至 0.806，亦大於 0.5 的臨界值。分析結果顯示問卷資料的觀察指標對構面具有合理的信度與效度。

在進一步的區別效度檢驗中，將各構面間的相關係數與 AVE 平方根，彙整於表 7。分析發現「用戶期望滿意度」與「使用態度」之相關係數為 0.847，而「用戶期望滿意度」與「使用態度」的 AVE 平方根分別 0.808 及 0.918，相較其值，並未同時大於 0.847，顯示兩者構面的區別度小於之間的關聯性。因此，合併構面為「用戶期望的使用滿意度」，並重新量化分析結構關係於表 6。

表 6、修正後驗證性分析

構面	觀察 指標	因素負 荷量	AVE	組成 信度	信度 α
資料	PCF1	0.956	0.742	0.895	0.926
回饋	PCF2	0.816			
功能	PCF3	0.803			
能源	ETC2	0.960	0.806	0.943	0.948
成本	ETC3	0.885			
	ETC4	0.904			
	ETC5	0.837			
科技	TC2	0.818	0.751	0.923	0.926
複雜	TC3	0.947			
性	TC4	0.891			
	TC5	0.802			
預期	PEU1	0.876	0.786	0.936	0.952
效用	PEU2	0.902			
	PEU3	0.878			
	PEU4	0.890			
易於	PEEU1	0.831	0.792	0.938	0.946
使用	PEEU2	0.860			
性	PEEU4	0.936			
	PEEU5	0.928			
預期	PR4	0.708	0.687	0.867	0.861
風險	PR5	0.903			
	PR6	0.863			
用戶	UES3	0.832	0.757	0.940	0.951
期望	UES6	0.796			
的使	ATR1	0.890			
用滿	ATR2	0.930			
意度	ATR5	0.897			
使用	BIU1	0.841	0.734	0.917	0.934
意願	BIU3	0.903			
	BIU4	0.805			
	BIU5	0.874			

4-3 採用傾向理論模式修正

理論模式與觀測資料之適配度不佳時，為改善模式的適配性，通常會進行模式調校(model modification)，故修正後的最終模式具 13 組假設路徑。

初始模式與最終模式的適配指標，如表 8 所示，最終模式的配適度，皆符合建議標準，圖 6 為模式修正後之結構影響路徑圖及各項的評量指標。

特別一提的是，於結構方程模式的路徑分析顯著水準($p < 0.05$)檢定中，社會影響對預期效用不具有顯著影響($p = 0.859$)，以及隱私安全性對預期風險亦不具顯著影響($p = 0.702$)。經由路徑分析(path analysis)結果顯示，計有 9 組假設路徑經統計顯著水準檢定成立，如表 9 所示。

4-4 中介與調節之影響

圖 7 為可能具備中介效果的構面路徑，故運用拔靴法(bootstrap method)進行特定信賴區間檢定法(95% 信賴水準)，若信賴區間不包含 0，表示具部份中介效果，若信賴區間包含 0 時，則表示屬完全中介。

分析發現，提升智慧電表的「易於使用性」對「用戶期望的使用滿意度」有直接影響，同時「預期效用」可扮演中介效果，影響用戶期望的使用滿意度。因此，開發易使用的智慧電表，可提升用戶滿意度，同時可達智慧電表的預期成效。

此外，「預期風險」對「用戶期望的使用滿意度」有直接影響，「易於使用性」亦具中介效果，同時影響用戶期望的使用滿意度。因此，降低智慧電表之使用風險情形，可增進用戶滿意度，若同步考量易於使用性，可促進使用者的滿意度。

而由最終模式路徑分析結果，發現構面間並不具備調節效果，故未列入其中。

表 7、區別效度檢定表

構面	SIN	PCF	PSC	ETC	TC	PEU	PEEU	PR	UES	ATR	BIU
SIN	0.882										
PCF	0.693	0.875									
PSC	0.260	0.513	0.896								
ETC	0.440	0.576	0.650	0.900							
TC	0.547	0.712	0.478	0.647	0.852						
PEU	0.526	0.713	0.502	0.667	0.805	0.878					
PEEU	0.521	0.638	0.424	0.645	0.789	0.785	0.890				
PR	0.421	0.341	0.133	0.198	0.364	0.316	0.420	0.831			
UES	0.635	0.717	0.326	0.512	0.722	0.758	0.749	0.569	0.808		
ATR	0.674	0.648	0.217	0.404	0.616	0.606	0.659	0.609	0.847	0.918	
BIU	0.677	0.566	0.126	0.330	0.433	0.492	0.498	0.451	0.667	0.769	0.859

註：社會影響(SIN)、資訊回饋功能(PCF)、隱私安全性(PSC)、能源成本(ETC)、科技複雜性(TC)、預期效用(PEU)、易於使用性(PEEU)、預期風險(PR)、用戶期望滿意度(UES)、使用態度(ATR)、使用意願(BIU)

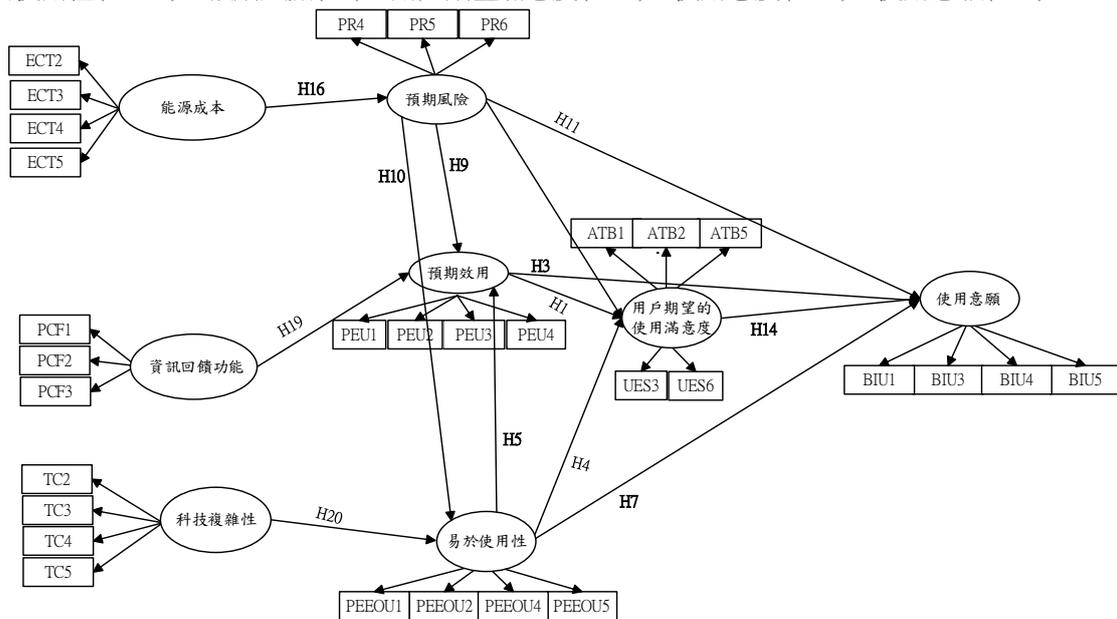


圖 6、修正後智慧電表結構理論模式

表 8、初始模式與最終模式適配度檢定表

適配指標	建議標準	初始模式	最終模式
X ² /df	<3	2.868	2.553
GFI	>0.8	0.624	0.810
AGFI	>0.7	0.592	0.770
IFI	>0.9	0.850	0.932
CFI	>0.9	0.849	0.932
RMSEA	<0.1	0.082	0.076

4-5 採用意願指數

表 10 呈現整體消費者時下採用意願指數(CAP Index)，並分別以性別、年齡、學歷、職業與智慧電表的認知進行分析與討論。若以雷達圖依五項群組類別(如圖 8)發現：女性較男性的採用意願略低；年齡層以壯年族群略高；學歷為研究所意願較高。職業方面，軍公教意願最高，其次是工業與製造業；智慧電表的認知，則是曾經聽聞，然一無所知者，

比從未看過聽過者的意願較高。

表 9、最終模式路徑分析檢測表

研究路徑	顯著水準	假設成立
H1 預期效用→用戶期望的使用滿意度	顯著**	是
H3 預期效用→使用意願	不顯著	否
H4 易於使用性→用戶期望的使用滿意度	顯著***	是
H5 易於使用性→預期效用	顯著***	是
H7 易於使用性→使用意願	不顯著	否
H8 預期風險→用戶期望的使用滿意度	顯著***	是
H9 預期風險→預期效用	不顯著	否
H10 預期風險→易於使用性	顯著***	是
H11 預期風險→使用意願	不顯著	否
H14 用戶期望的使用滿意度→使用意願	顯著*	是
H16 能源成本→預期風險	顯著**	是
H19 資訊回饋功能→預期效用	顯著***	是
H20 科技複雜性→易於使用性	顯著***	是

註：*為顯著水準達(p<0.05)，**為顯著水準達(p<0.01)，***為顯著水準達(p<0.001)

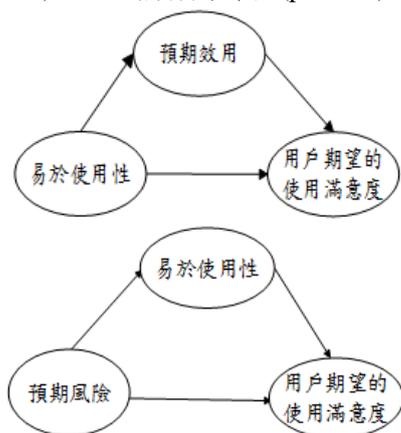


圖 7、修正模式之中介檢驗

表 10、台灣智慧電表消費者採用意願指數

資料類別	分類項目	消費者採用意願指數
性別	男性	58.74
	女性	55.88
	整體	57.54
年齡	青年(30歲以下)	57.55
	壯年(31-44歲)	59.87
	中年與老年(45-65以上)	55.72
學歷	高中	54.35
	大學或大專	59.35
	研究所	63.90
職業	服務業	56.85
	工業、製造業	60.48
	軍公教	63.27
	家庭主婦	52.51
	其它	56.37
智慧電表的認知	從未看過聽過	55.44
	曾經聽聞，然一無所知	61.40

4-6 採用意願之衡量指標重要性與使用者接受程度

在重要性與使用者預期感受程度二維分析顯示(圖 9)：優先考量重點區(I)之因子，為易於使用性(PEEU)構面，包含的變項因子有「PEEU1 簡單學習」、「PEEU2 即時得到資訊」、「PEEU4 清楚獲得訊息」及「PEEU5 簡易的從設備得到資訊」。

上述分析表示受訪用戶對於 PEEU 的感知需求及重要性皆高，為使用科技產品的首要訴求。故供應商或決策者應持續提升智慧電表的操作設計，使用趨於簡單易懂，便於消費者認同。

高度關注區(II)：預期風險(PR)構面及用戶期望使用滿意度(UES+ATB)構面，此區變項計有七項；「PR5 智慧電表的學習操作複雜」、「PR6 使用智慧電表並非不智的決定」、「UES3 家中安裝為必須之事」、「UES6 安裝屋內」、「ATB1 使用智慧電表是好的節能措施」、「ATB2 樂意安裝」、「ATB5 使用智慧電表是進步的想法」。

整體而言，(UES+ATB)構面變項的重要性為最

高，表示消費者對智慧電表能否改善能源的相關議題，較為重視；然相對的感受程度低，因為受訪者對智慧電表的安裝與否，取決於政策執行方向。預期風險(PR)的感受度偏低且重要性略低。可能的原由為消費者在未來接觸的情況下，擔心安裝、學習操作智慧電表的過程曲折，亦不知其使用效益及風險，故不輕易做出對自己可能不利之事。為此，供應者需事先提供詳細宣導，減少日後不確定之因子，降低使用者的承擔風險。

次要重點區(III)：資訊回饋功能(PCF)和預期風險(PR)構面，此區共有二變項；「PCF1 資訊傳遞上能消除人為讀表之錯誤」、「PR4 儀器的資訊不確定性」。其中，PR4 指標的感受度偏低，顯示消費者無法容忍，智慧電表仍存有相當的風險，但其對使用者的重要性低，僅需達到基本個人資料系統軟、硬體之維護。爰此，供應商應主動維護系統管理，減少儀器設備的出錯率，並能隨時反應客服諮詢事宜。

持續關注區(IV)：資訊回饋功能(PCF)、能源成本(ETC)、科技複雜性(TC)、預期效用(PEU)構面，該區變項計有十三項；「PCF2 顯示器即時提供能源消耗狀況」、「PCF3 控制電量價格和即時調整」、「ETC2 安裝後不會增加額外的成本」、「ETC3 能源負擔不會增加」、「ETC4 促進節能和使用效率」、「ETC5 僅支付用戶所使用的能源」、「TC2 容易查看使用記錄」、「TC3 透過智慧電表系統網站評估功能性」、「TC4 容易查看數據」、「TC5 了解智慧電表的資訊系統架構」、「PEU1 提高能源的控制」、「PEU2 即時讓使用者知道能源消耗的成本」、「PEU3 瞭解智慧電表的效益」、「PEU4 提供即時資訊和價格」。

由分析圖表(圖 9 與表 6)發現，受訪者對 PCF 與 ETC 的指標群感受度高，顯示電力資訊能夠及時回饋、隨時管控電量等需求，能促進能源使用效率，亦不希望增加額外負擔。同時，受訪民眾認為，以不改變能源成本係最基本的要求。然於 TC 及 PEU 指標群，顯示供應商在安裝智慧電表時，應清楚表達實際可能面臨的使用情形，提供情境模擬分析報告及使用指南，配合時段資訊達到最佳化管理，提

高能源消耗控制。

4-7 管理應用策略分析

本研究以文件分析法的概念，萃取受訪者(132 份有效問卷)填答時的實際情形，適當彙整相關資料，針對問答题項，進行質化統計，如表 11-13 所示。

題式一：請問，您認為為何智慧電表必須被應用在未來的住宅建築中？

表 11、為何智慧電表必須被應用在未來的住宅建築-填答情況

填答內容	百分比
方便查看能源數據、資料透明化、能有效控制家中能源使用量、減少不必要的消耗	63.8%
科技先進化，應用智慧式設備於生活中，不佔空間	16.0%
節能為國際趨勢，未來政策導向	10.6%
節省人力開銷，不會有人為操表的失誤	9.6%

資料來源：本研究蒐集整理

題式二：請問，您對決策者(政府或公共事業公司)在未來全面實施智慧電表的使用策略與方式的建議是？

表 12、您對決策者(政府或公共事業公司)在未來全面實施智慧電表的使用策略與方式的建議是-填答情況

填答內容	百分比
政府或公共事業單位自行吸收設備費	21.8%
推銷使用益處，政府公告舉辦座談會，多方宣導(如:媒體、廣告)	19.3%
安裝智慧電表，政府補助優惠，中低收入戶免費	15.1%
說明功用，操作簡易，提供節約方針	9.2%
配合政策，後續配套措施，由政府統一管理	8.4%
系統安全，不增加使用者負擔，防堵駭客，個資保密	7.6%
新建的房子應先行安裝	5.9%
小區域試辦，進而全面推廣實施	5.0%
廣納民意，杜絕弊端，依個人意願安裝	4.2%
盡速實施	3.4%

資料來源：本研究蒐集整理

題式三：請問，您對於智慧電表在未來的應用上有何建議？

表 13、在未來的應用上有何建議-填答情況

填答內容	百分比
設計人性化的操作介面	39.2%
個資保護、系統安全、隱私維護	17.6%
能源費用計算清楚，給予能源使用建議	15.7%
提升能源及再生能源效益	13.7%
能迅速掌握能源使用情形，如：網路、手機 APP 查詢	13.7%

資料來源：本研究蒐集整理

本研究進而藉由強弱危機分析法(SWOT)，闡釋現階段經營推廣智慧電表的市場利基，結合質性與量化分析結果，論述利弊得失，策進能源管理效率。

針對智慧電表現下發展的內部優勢(strength)與劣勢(weakness)及外部環境的機會(opportunity)與威脅(threat)，對應如下。

SWOT 分析：

優勢(S)：自動讀取電表數據、即時傳遞資訊(S1)；檢測損毀異常讀數及竊取用電(S2)；避免人為疏忽提升服務效率(S3)；降低電路損失、供電穩定(S4)；節省人工抄表，人為讀表失誤(S5)；有助於整合再生能源發展(S6)(El-hawary, 2014)；潛在使用者龐大(S7)。

劣勢(W)：智慧電表精準度高，可能導致電費增加(W1)；安裝智慧電表的基礎設施初期成本高(W2)；安裝設定繁雜、資金欠缺、時程冗長、使用彈性欠佳(W3)；智慧電表連接網路，需承擔隱私揭露風險或遭第三者竊取利用(W4)；智慧電表的技術對於部分用戶相比之下較目前電表複雜(W5)。

機會(O)：臺灣目前構思提升再生能源之產能，有利發展再生能源(O1)；國人節能環保意識抬頭(O2)；臺灣住宅多未安裝智慧電表(O3)；消費者鮮少瞭解實

際能源消耗(O4)；提高供電品質，降低營運成本(O5)。

威脅(T)：大多數的臺灣用戶不熟悉智慧電表(T1)；對於新興科技保持懷疑觀望心態(T2)；涉及隱私問題觀感不佳(T3)；用戶傾向易於簡單使用(T4)；能源市場尚未明確，有待立法支持(T5)；消費者對政府欠缺信任感(T6)；欠缺培育人才整合(T7)。

營運策略：

SO 策略：「SO1」：讀表資料自動維護更新、加強檢測漏電、毀損、隨時啟動維修機制(S1-S5、O4)；「SO2」：鋪設未來住宅安裝的前置作業(S7、O3)；「SO3」：促進再生能源之電網相容，持續倡導節能新知(S6、O1、O2)(Kabalcı, 2015)；「SO4」：詳細紀錄消耗數據，預測規劃電能使用時程(O1、S1、S4)。

WO 策略：「WO1」：加強公共事業與私人企業合作投資，掌握趨勢，吸引外資，並採使用者付費方式(W2、W3、O1、3)(Giordano & Fulli, 2012)；「WO2」：主動宣傳提供諮詢，舉辦座談會(W1、W2、W4、W5、O1、O2、O4)；「WO3」：擬定配套措施(W4、W5、O1、O4)。

ST 策略：「ST1」：整合培育相關技術與管理人才(S1-S7、T1-T5)；「ST2」：安裝時，詳細說明功能與效益(S2、S4、D7、T5-T7)；「ST3」：確保能源市場機制，增加經營績效(S6、T5、T6)。

WT 策略：「WT1」：多層次防護系統，隨時更新維護保護個資，用戶設定驗證碼，密碼隨時更新(W4、T2-T5)；「WT2」：人性化設計，資訊回饋功能簡單易懂(T1、T2、T4、W5)；「WT3」：正式實施前，明確立法保障(W4、T5-T7)；「WT4」：智慧電表安裝補貼，提升意願(W1、W2、T2、T6)。

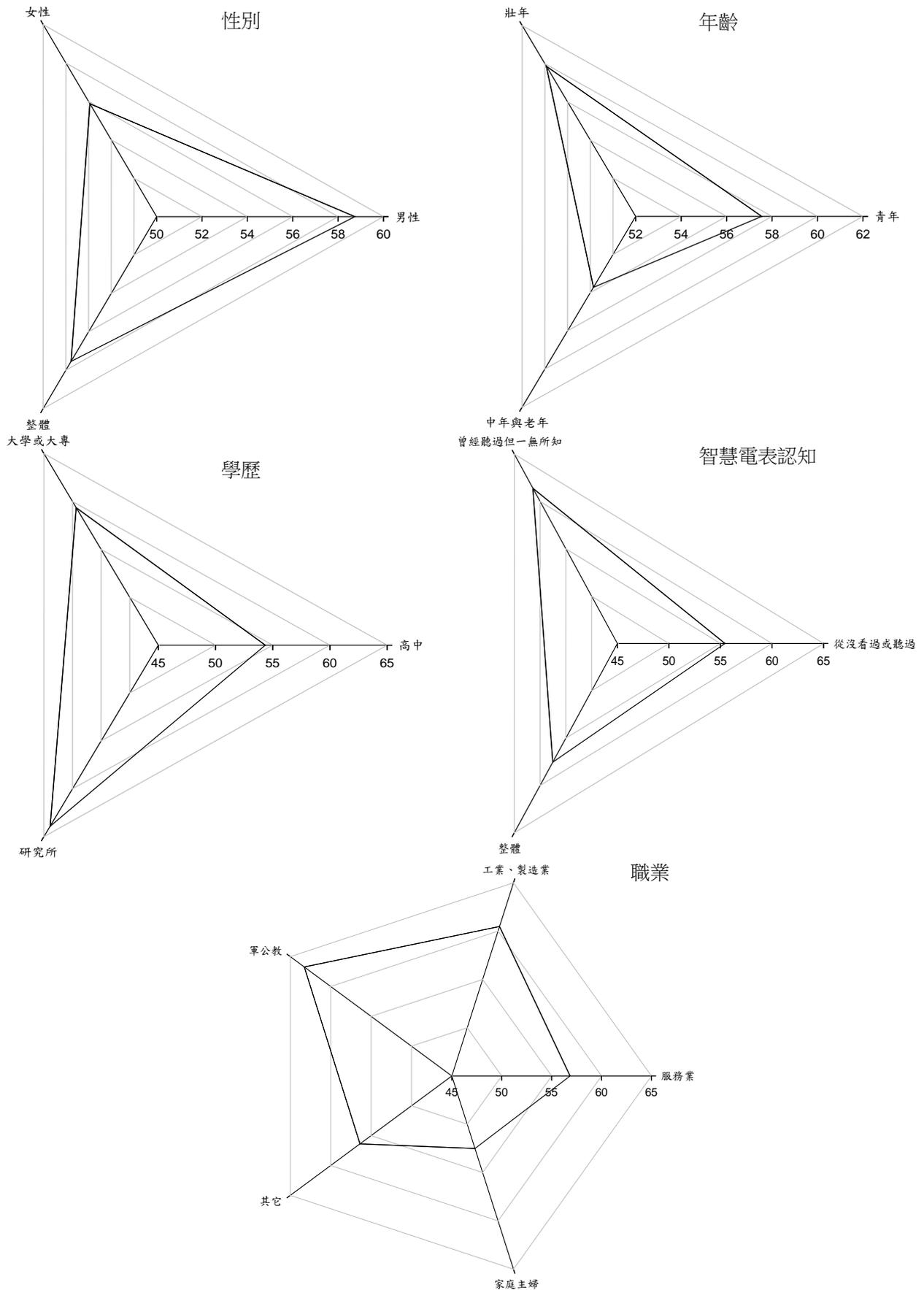


圖 8、消費者採用意願指數權重對比

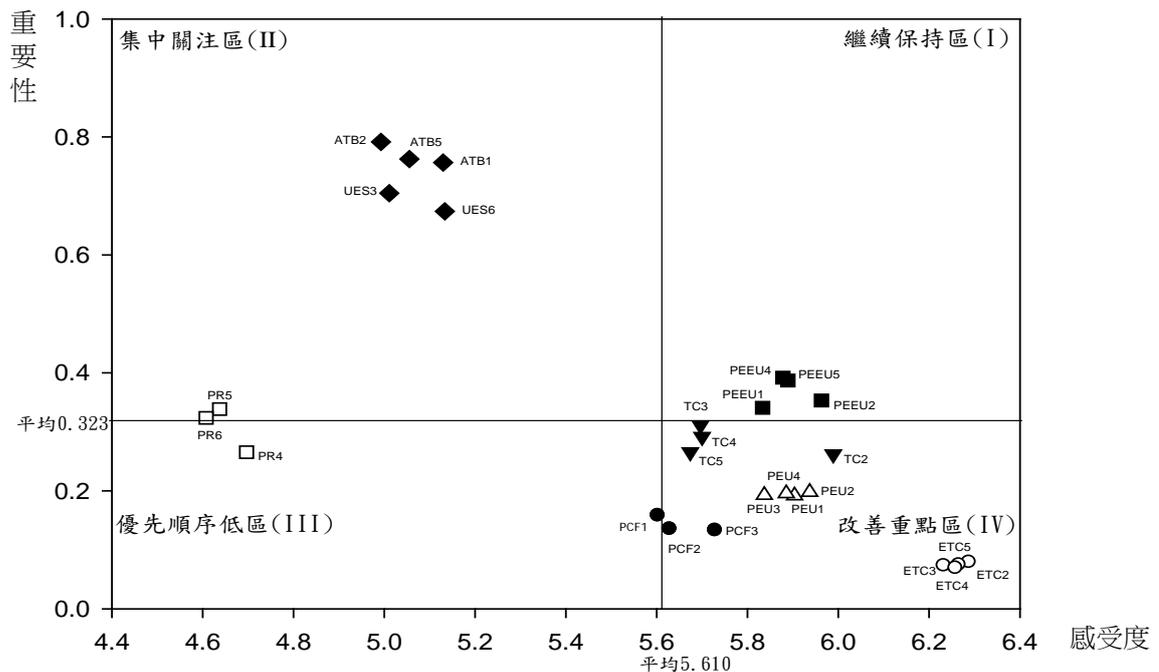


圖 9、重要性與使用者預期感受程度二維分析

4-7 問題

本研究以文件分析法的概念，萃取受訪者(132份有效問卷)填答時的實際情形，適當彙整相關資料，針對問答題項，進行質化統計，如表 11-13 所示。

題式一：請問，您認為為何智慧電表必須被應用在未來的住宅建築中？

表 14、為何智慧電表必須被應用在未來的住宅建築-填答情況

填答內容	百分比
方便查看能源數據、資料透明化、能有效控制家中能源使用量、減少不必要的消耗	63.8%
科技先進化，應用智慧式設備於生活中，不佔空間	16.0%
節能為國際趨勢，未來政策導向	10.6%
節省人力開銷，不會有人為操表的失誤	9.6%

資料來源：本研究蒐集整理

題式二：請問，您對決策者(政府或公共事業公司)在未來全面實施智慧電表的使用策略與方式的建議是？

表 15、您對決策者(政府或公共事業公司)在未來全面實施智慧電表的使用策略與方式的建議是-填答情況

填答內容	百分比
政府或公共事業單位自行吸收設備費	21.8%
推銷使用益處，政府公告舉辦座談會，多方宣導(如:媒體、廣告)	19.3%
安裝智慧電表，政府補助優惠，中低收入戶免費	15.1%
說明功用，操作簡易，提供節約方針	9.2%
配合政策，後續配套措施由政府統一管理	8.4%
系統安全，不增加使用者負擔，防堵駭客，個資保密	7.6%
新建的房子應先行安裝	5.9%
小區域試辦，進而全面推廣實施	5.0%
廣納民意，杜絕弊端，依個人意願安裝	4.2%
盡速實施	3.4%

資料來源：本研究蒐集整理

題式三：請問，您對於智慧電表在未來的應用上有何建議？

表 16、在未來的應用上有何建議-填答情況

填答內容	百分比
設計人性化的操作介面	39.2%
個資保護、系統安全、隱私維護	17.6%
能源費用計算清楚，給予能源使用建議	15.7%
提升能源及再生能源效益	13.7%
能迅速掌握能源使用情形，如：網路、手機 APP 查詢	13.7%

資料來源：本研究蒐集整理

本研究進而藉由強弱危機分析法(SWOT)，闡釋現階段經營推廣智慧電表的市場利基，結合質性與量化分析結果，論述利弊得失，策進能源管理效率。

針對智慧電表現下發展的內部優勢(strength)與劣勢(weakness)及外部環境的機會(opportunity)與威脅(threat)，對應如下。

SWOT 分析：

優勢(S)：自動讀取電表數據、即時傳遞資訊(S1)；檢測損毀異常讀數及竊取用電(S2)；避免人為疏忽提升服務效率(S3)；降低電路損失、供電穩定(S4)；節省人工抄表，人為讀表失誤(S5)；有助於整合再生能源發展(S6)(El-hawary, 2014)；潛在使用者龐大(S7)。

劣勢(W)：智慧電表精準度高，可能導致電費增加(W1)；安裝智慧電表的基礎設施初期成本高(W2)；安裝設定繁雜、資金欠缺、時程冗長、使用彈性欠佳(W3)；智慧電表連接網路，需承擔隱私揭露風險或遭第三者竊取利用(W4)；智慧電表的技術對於部分用戶相比之下較目前電表複雜(W5)。

機會(O)：臺灣目前構思提升再生能源之產能，有利發展再生能源(O1)；國人節能環保意識抬頭(O2)；臺灣住宅多未安裝智慧電表(O3)；消費者鮮少瞭解實際能源消耗(O4)；提高供電品質，降低營運成本(O5)。

威脅(T)：大多數的臺灣用戶不熟悉智慧電表(T1)；對於新興科技保持懷疑觀望心態(T2)；涉及隱私問題觀感不佳(T3)；用戶傾向易於簡單使用(T4)；能源市場尚未明確，有待立法支持(T5)；消費者對政府欠缺信任感(T6)；欠缺培育人才整合(T7)。

營運策略：

SO 策略：「SO1」：讀表資料自動維護更新、加強檢測漏電、毀損、隨時啟動維修機制(S1-S5、O4)；「SO2」：鋪設未來住宅安裝的前置作業(S7、O3)；「SO3」：促進再生能源之電網相容，持續倡導節能新知(S6、O1、O2)(Kabalci, 2015)；「SO4」：詳細紀錄消耗數據，預測規劃電能使用時程(O1、S1、S4)。

WO 策略：「WO1」：加強公共事業與私人企業合作投資，掌握趨勢，吸引外資，並採使用者付費方式(W2、W3、O1、3)(Giordano & Fulli, 2012)；

「WO2」：主動宣傳提供諮詢，舉辦座談會(W1、W2、W4、W5、O1、O2、O4)；「WO3」：擬定配套措施(W4、W5、O1、O4)。

ST 策略：「ST1」：整合培育相關技術與管理人才(S1-S7、T1-T5)；「ST2」：安裝時，詳細說明功能與效益(S2、S4、D7、T5-T7)；「ST3」：確保能源市場機制，增加經營績效(S6、T5、T6)。

WT 策略：「WT1」：多層次防護系統，隨時更新維護保護個資，用戶設定驗證碼，密碼隨時更新(W4、T2-T5)；「WT2」：人性化設計，資訊回饋功能簡單易懂(T1、T2、T4、W5)；「WT3」：正式實施前，明確立法保障(W4、T5-T7)；「WT4」：智慧電表安裝補貼，提升意願(W1、W2、T2、T6)。

五、結論與建議

本文基於量化與質性研究方法論，實證分析當前潛在智慧電表用戶預期心理之採用意願，以下歸納資料分析結果，以為決策者斟酌採納之行銷推廣依據。

5-1 研究結論

從結構方程模式分析結果顯示，「易於使用性」和「預期效用」構面，直接或間接影響「用戶期望的使用滿意度」。依量化影響性，可優先針對「UES3 安裝是必要的節能措施」、「UES6 安裝屋內」、「ATB1 使用智慧電表是好的節能措施」、「ATB2 樂意安裝」、「ATB5 使用智慧電表是進步的想法」指標，視為宣導推動節能政策之理念，以為因應。

能源供應者應持續改善服務品質，致力於：

「PEU2 即時讓使用者知道能源消耗的成本」、「PEU3 瞭解智慧電表的效益」、「PEU4 提供即時資訊和價格」。而電表業者應著重提昇平台作業系統品質，讓使用者「PEEU1 簡單學習」、「PEEU2 即時得到資訊」、「PEEU4 清楚獲得訊息」、「PEEU5 簡易的從設備得到資訊」，並有效統合配置高可靠度的雲端資訊系統，以提高民眾之滿意度。

而「預期風險」和「易於使用性」構面，皆可影響「用戶期望的使用滿意度」。使用者對「PR4 儀器的資訊不確定性」、「PR5 智慧電表的學習操作複雜」感到憂心，亟待業者推廣宣導，揭示產品之使用說明與產品潛在的不確定因素；而消費者應理性評估科技產品既存的不確定性風險。

依消費者整體採用意願指數，從社經特性顯示女性(55.88)，教育程度略低(54.35)，且位於中老年層(55.72)，職業為家庭主婦(52.51)而從未聽過智慧電表(55.44)者，相對較無採用意願；曾經聽聞，然一無所知者(61.40)的採用意願又高於從未聽過智慧電表的族群，實屬智慧電表的知識傳遞，將有助於採用傾向。鑑此，供應商實施宣導過程中，內容說明應力圖簡要易懂，除口語及文字外，可利用網路媒體行銷宣傳智慧電表之益處，鼓勵民眾共同參與周知。

此外，本研究利用重要性與感受程度二維分析，檢驗各項指標之分佈。實證分析發現，使用者優先考量的因子為「PEEU1 簡單學習」、「PEEU2 即時得到資訊」、「PEEU4 清楚獲得訊息」、「PEEU5 簡易的從設備得到資訊」，可作為業者營運策略重點。受訪民眾亦自覺「UES3 家中安裝為必須之事」、「UES6 安裝屋內」、「ATB1 使用智慧電表是好的節能措施」、「ATB2 樂意安裝」、「ATB5 使用智慧電表是進步的想法」，應為政府持續推動規劃節能環保教育致使民眾有所自覺。

然「PR4 儀器的資訊不確定性」、「PR5 智慧電表的學習操作複雜」、「PR6 使用智慧電表並非不智的決定」之感受度稍低，顯示消費者關切軟硬體之完善度。據此，業者應致力於資訊安全的可靠性，並降低儀器錯誤率；又反觀用戶應保有風險是不可

避免之心態，建立正確的使用態度，容忍風險的存在。

值得持續關注的因子有：「PCF2 顯示器即時提供能源消耗狀況」、「PCF3 控制電量價格和即時調整」，政府與供應商應予加強能源控管，並即時調節反應電價。另亦考量「ETC2 安裝後不會增加額外的成本」、「ETC3 能源負擔不會增加」、「ETC4 促進節能和效率」、「ETC5 僅支付用戶所使用的能源」。故供應商應求能源預測最佳化之使用時機，並研擬具體優化使用機制。業者則應關注「TC2 容易查看使用記錄」、「TC3 透過智慧電表系統網站評估用電特性」、「TC4 容易查看數據」、「TC5 瞭解智慧電表的資訊系統的安全架構」，加強網路系統的維護平台，可供更新能源消耗資料。

最後，從質性探索發現，填答者重視「方便查看能源數據；希資料透明化、能有效控制家中能源使用量、減少不必要的能源消耗」，業者可列為爾後智慧電表功能設計的基本需求之一。並應尋求「安裝智慧電表，政府補助優惠，中低收入戶免費」與「政府或公共事業單位自行吸收安裝費」的可能性；另從大眾傳播媒體「多方宣導」，以便提升民眾對智慧節能之接受度。設備供應商應朝「設計人性化的操作介面」與「個資保護、系統安全、隱私維護」，整合技術資源，分析管理優化使用者用電行為，進而建立市場標準機制。

總結研究成果，智慧電表之採用意向正處萌芽階段。因此，當前臺灣民眾的預期感受傾向與推動重點，係藉由強弱危機分析(SWOT)結合結構方程量化模式，具體擬定未來智慧電表發展之相關營運策略方針，期許提供能源相關管理單位與設備開發廠商，參酌瞭解用戶預期使用之理念，以達永續能源經營管理之目標。

5-2 研究建議與未來方向

公共事務政策的推行需瞭解民眾之期盼與需求，本文聚焦智慧電網節能政策施行重點及未來發展方向，因而提出以下建議供後續研究參酌：

第一、績效標竿：本研究提出消費者採用意願

指數(CAP Index)的評估方法，可在未來持續監測觀察採用意願趨勢，做為推廣績效之標竿基準。而後續之研究，可增加已使用智慧電表的消費者，進行往後電能管理與需量反應之通訊措施，研析電表使用效益。

第二、科技面向：目前一台智慧電表，僅供一戶住家紀錄能源消耗。後續供應商及產學單位，或可設計單台智慧電表，同時量測多戶的能耗，降低建置成本。未來操作介面應朝易於使用性設計，提昇安全防護之辨識，增強資訊的隱私性；能源業者可參酌電量消耗數據，研擬優化用電管理智能。

目前，臺灣裝設智慧電表仍於初期階段，亦尚未有關於探討成本效益之研究(如:可節省的人工抄表成本、生命周期成本等)。因此，未來政府如何訂定「夜間、離峰優惠電價」，降低智慧型電表設備採購、安裝費，創造民眾採用誘因，進而瞭解用電行為，疏緩可能的尖峰用電壓力，將決定未來智慧電表推動之成效。

第三、社會人文：德國目前正處佈設智慧電表階段，政策提倡以人本自然的角度的，宣導民眾建構對環境無害之節能居家科技設備(Gerpott & Paukert, 2013)。而美國部份區域已證實智慧電表的裝設可節省抄表人工費用及減少抄表誤差。決策者亦可效尤，研析如何使民眾瞭解智慧電表的節能與直接效益，以增加安裝意願。後續研究可萃取先進地區值得借鏡政策，作為國內未來推行智慧電網的策略綱要。

第四、防災預警：消防單位與民間廠商或電力公司合作，結合消防自動斷電設施，於住宅發生火警或天然災害事故時，可自動預警斷電，即時反應，以達居家防災之目的。

第五、社會福利：各項能源政策的施行，如：使用的時間、浮動電價用電類別等，對於此類條例應同時考量弱勢族群，建構合理能源計價優惠，以增進社會福祉。

六、致謝

本研究感謝行政院科技部多年期研究計畫「智慧電網監測資料探勘技術流程建構與用電異常預測

即時反應系統開發」及「以智慧電網巨量資料研析用電趨勢暨建構多準則最佳化節能決策資訊系統」，於研究執行期間的支持與部份經費補助，特此申謝。

七、參考文獻

1. Ab Rahman, N. H., and Choo, K.-K. R., 2015, "A survey of information security incident handling in the cloud," *Computers & Security*, Vol. 49, pp. 45-69.
2. Baron, R. M., and Kenny, D. A., 1986, "The moderator-mediator variable distinction in social psychological research: Conceptual, strategic, and statistical considerations," *Journal of personality and social psychology*, Vol. 51, p. 1173.
3. Benbasat, I., and Barki, H., 2007, "Quo vadis, TAM?" *Journal of the Association for Information Systems*, Vol. 8, pp. 211-218.
4. Brown, T. A., 2012, "Confirmatory factor analysis for applied research.", NY, USA: The Guilford Press.
5. California State University Sacramento. 2012, "Smart Grid Cyber Security Potential Threats, Vulnerabilities and Risks," Public Interest Energy Research (PIER) Program Interim Project Report.
6. Chopra, A., and Kundra, V., 2011, "A Policy Framework for The 21st Century Grid: Enabling Our Secure Energy Future," Executive Office of the President of the United State, Washington, D.C.
7. Chou, J.-S., and Telaga, A. S., 2014, "Real-time detection of anomalous power consumption," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 33, pp. 400-411.
8. Chou, J.-S., and Yeh, C.-P., 2013, "Influential constructs, mediating effects, and moderating effects on operations performance of high speed rail from passenger perspective," *Transport Policy*, Vol. 30, pp. 207-219.

9. Chou, J.-S., and Yutami, G. A. N. I., 2014, "Smart meter adoption and deployment strategy for residential buildings in Indonesia," *Applied Energy*, Vol. 128, pp. 336-349.
10. Creswell, J. W., and Miller, D. L., 2000, "Determining validity in qualitative inquiry," *Theory into practice*, Vol. 39, pp. 124-130.
11. David, A. d. V., 2006, "社會研究法設計," (莊靜怡, Trans.).
12. Davis, F. D., Bagozzi, R. P., and Warshaw, P. R., 1989, "User acceptance of computer technology: a comparison of two theoretical models," *Management science*, Vol. 35, pp. 982-1003.
13. Depuru, S. S. S. R., Wang, L., and Devabhaktuni, V., 2011, "Smart meters for power grid: Challenges, issues, advantages and status," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 15, pp. 2736-2742.
14. Efthymiou, C., and Kalogridis, G., 2010, "Smart grid privacy via anonymization of smart metering data," *First IEEE International Conference on Smart Grid Communications*.
15. El-hawary, M. E., 2014, "The Smart Grid—State-of-the-art and Future Trends," *Electric Power Components and Systems*, Vol. 42, pp. 239-250.
16. Fornell, C., Johnson, M. D., Anderson, E. W., Cha, J., and Bryant, B. E., 1996, "The American customer satisfaction index: Nature, purpose, and findings," *Journal of marketing*, Vol. 60, pp. 7-18.
17. Fornell, C., and Larcker, D. F., 1981, "Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error," *Journal of Marketing Research (JMR)*, Vol. 18, pp. 39-50.
18. Gerpott, T. J., and Paukert, M., 2013, "Determinants of willingness to pay for smart meters: An empirical analysis of household customers in Germany," *Energy Policy*, Vol. 61, pp. 483-495.
19. Giordano, V., and Fulli, G., 2012, "A business case for Smart Grid technologies: A systemic perspective," *Energy Policy*, Vol. 40, pp. 252-259.
20. Gurung, T. R., Stewart, R. A., Beal, C. D., and Sharma, A. K., 2015, "Smart meter enabled water end-use demand data: platform for the enhanced infrastructure planning of contemporary urban water supply networks," *Journal of Cleaner Production*, Vol. 87, pp. 642-654.
21. Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., and Anderson, R. E., 2010, "Multivariate Data Analysis: A global perspective," NJ, USA: Pearson Education International.
22. Helms, M., 2013, "The lessons of smart grid test in Boulder," <
<http://finance-commerce.com/2013/04/the-lessons-of-smart-grid-test-in-boulder/>>
23. Iacobucci, D., 2010, "Structural equations modeling: Fit Indices, sample size, and advanced topics," *Journal of Consumer Psychology*, Vol. 20, pp. 90-98.
24. Kabalci, E., 2015, "A smart monitoring infrastructure design for distributed renewable energy systems," *Energy Conversion and Management*, Vol. 90, pp. 336-346.
25. Kline, R. B., 2011, "Principles and practice of structural equation modeling," NY: The Guilford Press.
26. Krishnamurti, T., Schwartz, D., Davis, A., Fischhoff, B., de Bruin, W. B., Lave, L., and Wang, J., 2012, "Preparing for smart grid technologies: A behavioral decision research approach to understanding consumer expectations about smart meters," *Energy Policy*, Vol. 41, pp. 790-797.
27. Kuppam, A. R., and Pendyala, R. M., 2001, "A structural equations analysis of commuters' activity and travel patterns," *Transportation*, Vol. 28, pp. 33-54.

28. Lee, D. Y., and Lehto, M. R., 2013, "User acceptance of YouTube for procedural learning: An extension of the Technology Acceptance Model," *Computers & Education*, Vol. 61, pp. 193-208.
29. Leeds, D. J., 2009, "The smart grid in 2010: Market segments, applications and industry players," GTM Research, July.
30. Legris, P., Ingham, J., and Colletette, P., 2003, "Why do people use information technology? A critical review of the technology acceptance model," *Information & Management*, Vol. 40, pp. 191-204.
31. Liu, W., Wang, C., and Mol, A. P. J., 2013, "Rural public acceptance of renewable energy deployment: The case of Shandong in China," *Applied Energy*, Vol. 102, pp. 1187-1196.
32. Mah, D. N.-y., van der Vleuten, J. M., Hills, P., and Tao, J., 2012, "Consumer perceptions of smart grid development: Results of a Hong Kong survey and policy implications," *Energy Policy*, Vol. 49, pp. 204-216.
33. Mah, D. N.-y., Wu, Y.-Y., Ip, J. C.-m., and Hills, P. R., 2013, "The role of the state in sustainable energy transitions: A case study of large smart grid demonstration projects in Japan," *Energy Policy*, Vol. 63, pp. 726-737.
34. Mah, N., and Institute, K., 2011, "Governing the Transition of Socio-technical Systems: A Case Study of the Development of Smart Grids in Korea," Kadoorie Institute, University of Hong Kong.
35. Moore, S., and Butle, S., 2009, "Addressing energyActive Smart Grid Analytics™ Maximizing Your Smart Grid Investment," Itron White Paper Itron Enterprise Edition™ Meter Data Management.
36. Qiu, Z., and Deconinck, G., 2011, "Smart meter's feedback and the potential for energy savings in household sector: A survey," *Networking, 2011 IEEE International Conference on Sensing and Control (ICNSC)*.
37. Ratchford, M., and Barnhart, M., 2012, "Development and validation of the technology adoption propensity (TAP) index," *Journal of Business Research*, Vol. 65, pp. 1209-1215.
38. Richards, N. M., and Solove, D. J., 2007, "Privacy's Other Path: Recovering the Law of Confidentiality," *Geo. LJ*, Vol. 96, pp. 123-182.
39. Ro, H., 2012, "Moderator and Mediator effects in hospitality research," *International Journal of Hospitality Management*, Vol. 31, pp. 952-961.
40. Rogers, E. M., 1995, "Diffusion of innovations," New York: Free Press.
41. Rossiter, J. R., and Braithwaite, B., 2013, "C-OAR-SE-based single-item measures for the two-stage Technology Acceptance Model," *Australasian Marketing Journal (AMJ)*, Vol. 21, pp. 30-35.
42. Sampson, S. E., and Showalter, M. J., 1999, "The performance-importance response function: Observations and implications," *Service Industries Journal*, Vol. 19, pp. 1-25.
43. Schumacker, R. E., and Lomax, R. G., 2004, "A Beginner's Guide to Structural Equation Modeling," Lawrence Erlbaum Associates.
44. Shibl, R., Lawley, M., and Debuse, J., 2013, "Factors influencing decision support system acceptance," *Decision Support Systems*, Vol. 54, pp. 953-961.
45. Son, H., Park, Y., Kim, C., and Chou, J.-S., 2012, "Toward an understanding of construction professionals' acceptance of mobile computing devices in South Korea: An extension of the technology acceptance model," *Automation in Construction*, Vol. 28, pp. 82-90.
46. Sridhar, S., Hahn, A., and Govindarasu, M., 2012, "Cyber-physical system security for the electric

- power grid,” Proceedings of the IEEE, Vol. 100, pp. 210-224.
47. Taylor, S., and Todd, P., 1995, “Assessing IT usage: The role of prior experience,” MIS quarterly, Vol. 19(4), pp. 561-570.
 48. Udo, G. J., Bagchi, K. K., and Kirs, P. J., 2010, “An assessment of customers’ e-service quality perception, satisfaction and intention,” International Journal of Information Management, Vol. 30, pp. 481-492.
 49. Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., and Davis, F. D., 2003, “User acceptance of information technology: Toward a unified view,” MIS quarterly, Vol. 27, pp. 425-478.
 50. Verbong, G. P. J., Beemsterboer, S., and Sengers, F., 2013, “Smart grids or smart users? Involving users in developing a low carbon electricity economy,” Energy Policy, Vol. 52, pp. 117-125.
 51. Xu, Z., Xue, Y., and Wong, K. P., 2014, “Recent Advancements on Smart Grids in China,” Electric Power Components and Systems, Vol. 42, pp. 251-261.
 52. Yuan, J., Shen, J., Pan, L., Zhao, C., and Kang, J., 2014, “Smart grids in China,” Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 37, pp. 896-906.
 53. 台灣電力公司，2013，資訊用戶。
 54. 林常平、陳貽評，2011，「從消費端看智慧電表問題」，能源報導，pp. 8-12.
 55. 陳文瑞，2011，「智慧電網之先進讀表發展與應用」，NCP Newsletter，Vol. 28，pp. 2-5.
 56. 陳斌魁、籃宏偉，2013，「智慧電網及推動再生能源面臨的挑戰」，台灣能源及電力業之挑戰與機會(II) - 財團法人中技社，專題報告 2013-2004，pp. 2111-2140.
 57. 黃台中，2013，「能源局推智慧電網示範場域」 < <https://tw.news.yahoo.com/能源局-推智慧電網示範場域-213000858.html> >
 58. 經濟部能源局，2012，「智慧電網總體規劃方案」 < <http://energymonthly.tier.org.tw/> >
 59. 經濟部能源局，2013，「經濟部推廣酷涼節能服盼全民共同響應」 < www.moea.gov.tw >
 60. 經濟部能源局，2014，「電價燃料條款機制自98年起實施，均公開上網並送立法院備查」 < http://web3.moeaboe.gov.tw/ecw/PDA.aspx?kind=1&news_id=2549 >
 61. 蕭代基、張明杰，2013「推動「浮動電價」的前提及條件以及「浮動電價」計費公式及方式之合理性」，台灣能源及電力業之挑戰與機會(II) - 財團法人中技社專題報告 2013-04，pp. 3-15.
 62. United Kindom, 2008, “The Consumer Implications of Smart Meter,” National Consumer Council.

稿日期：2015年6月14日。

第一次送審日期：2015年6月15日。

第一次審畢日期：2015年7月21日。

第二次送審日期：2015年8月07日。

第二次審畢日期：2015年8月24日。

修改日期：2015年9月02日。

接受日期：2015年9月05日。