

智慧電表用戶選用需求面管理方案關鍵因素之 權重分析

許志義^{1*} 林俊儒²

摘 要

電力需求面管理對節能減碳之效益具有顯著貢獻，已是國際上能源產官學界之共識。台電公司自民國68年即開始實施需求面管理相關措施，近年來推行先進讀表基礎建設的布建計畫，至民國102年底已有24,000高壓用戶全部建置完成，是臺灣實施需求面管理措施的新里程碑。本研究旨在探討臺灣智慧電表高壓產業用戶選用需求面管理方案關鍵因素之權重分析，主要針對台電公司之電力需求面管理方案構面加以分析，將電力需求面管理方案之各項關鍵因素，透過層級分析法作權重的比較，提供未來研擬電力需求面管理方案之參考。本研究透過問卷調查，將問卷對象分為台電專家及學者專家兩個群組，研究結果發現，不論對台電專家群組或學者專家群組而言，「電費優惠」皆是智慧電表用戶選用需求面管理方案中最重要的關鍵因素。在整體問卷實證結果中，關鍵因素之權重排序依次為：電費優惠(0.230)、指標效用(0.173)、每次抑低時間長短(0.161)、臨停通知時間(0.148)、電費優惠時段(0.144)、罰則(0.143)。

關鍵詞：智慧電表、需求面管理、層級分析法、先進讀表基礎建設

1. 前 言

近年來，隨著經濟發展及民眾生活水準提升，對電力的需求也隨之提高。而電力需求的型態具有集中於某個時段內大量消費的特性，例如白天與晚上的用電差異及夏季與冬季的用電差異，導致供電系統容易面臨尖峰離峰負載差距過大，供電不容易調度的情形。為了解決尖離峰時段負載不平衡的情況，台灣電力公司自民國68年起開始實施各項需求面管理方案，以改善系統負載及提升能源使用的效率(許志義和謝嘉豪，2012)。由於環境變遷、環保意識抬頭以及節能減碳等議題越來越受到重視，而傳統電力市場較注重供給面的開發，欠缺需求

面的價格資訊，如用戶之缺電成本、用電偏好及願付價格等。尤其當前電源開發成本日益遞增，加上電業自由化之發展趨勢，許多國家已陸續發展出各種新的需求面管理措施(王京明，2002)。

需求面管理(Demand-Side Management, DSM)主要的目的是透過某些措施改變用戶的用電行為，並規劃出一個對用戶及電力公司雙方都有利的用電需求型態(王煒霖，2007)。其中，需求面管理在節能和負載管理等方面可以提高能源設施可用率，因此能夠減少開發新電源，這是電力需求面管理方案之優點(Lee *et al.*, 2007)。需求面管理方案對於電力供需雙方而言，都是相當重要的節能方案。電力公司可抑

¹ 國立中興大學資訊管理系與應用經濟學系合聘教授、產業發展研究中心主任

² 國立中興大學資訊管理研究所碩士生

*通訊作者, 電話: 04-22857798, E-mail: hsu@nchu.edu.tw

收到日期: 2014年10月28日

修正日期: 2015年03月24日

接受日期: 2015年04月17日

低尖峰負載，減少電力成本；用戶則透過參與各種需求面管理方案，減少用電量、節約電費支出。隨著各種需求面管理方案的提出以及改進，用戶選用合適的需求面管理方案，可藉由電力公司與用戶之間的電力資訊溝通，降低用戶導入需求面管理方案服務的時間與成本，為電力公司、用戶及設備與服務業者達到互利多贏的局面。

隨著近年先進讀表基礎建設(Advanced Metering Infrastructure, AMI)的布置與建設，電力需求面管理應該進一步具廣義之範圍，亦即電力用戶除了改變自身的電力消費型態之外，也可裝設小型太陽能、風力、生質能、儲能系統等分散型供電方式，並搭配智慧型電能資訊管理系統，進而在需求面管理電價誘因下，調節其電力消費多寡的行為(許志義，2012)。此外，電力公司可利用AMI提供的大量用戶用電資訊，細分用戶群的用電特徵，針對不同的目標用戶群對電力需求面管理方案之需求，採取不同的電力需求面管理方案措施，達到鼓勵用戶參與需求面管理方案的效果。在台電公司「先進讀表基礎建設(AMI)」的布建計畫之下，已於民國102年底完成約24,000戶高壓用戶的建置工作。因此，這些高壓電力之產業用戶，應當列為當前最重要的需求面管理分析對象，而分析的焦點首先應該探討這些用戶選擇需求面管理方案之關鍵因素為何？

準此，本研究除了探討電力需求面管理之優點外，實證分析特別針對台電公司所實施高壓用戶適用之各種電力需求面管理方案，應考量的關鍵因素為何？例如：電力之負載率、用戶之電價優惠、尖峰與離峰之電力負載差距等，其中可能影響用戶選用電力需求面管理方案之關鍵影響因素，透過層級分析法(Analytic Hierarchy Process, AHP)，進行分析和評比，從電力需求面管理相關領域之專家與學者觀點了解其重視哪些影響因素，可有助於實際的電力需求面方案應用，即是本文之研究動機與目的。

2. 文獻探討

2.1 電力需求面管理

需求面管理是指電力公司採取一系列適宜的措施和運作方式，透過正確的設計和引導消費方向，激勵和誘導電力用戶改變其電力消費方式及行為，並結合各式新型電能資訊管理系統以及智慧電表等先進電力設備，提高電力需求端的用電效率和用電方式，在完成用電功能的同時降低電量消耗和電力需求，實現低成本的電力服務所進行的管理活動(Bhargava *et al.*, 2009)。

傳統的電力規劃方法在資源方面僅著重於中央主力電廠等供應面的電力資源，而需求面管理的想法是把透過需求面管理所能發掘的節電資源也納入電力規劃，從以往單純供應面管理的供電概念拓寬到更寬闊的資源配置和綜合管理領域，同時考慮供應面和需求面的資源以及所有權的多樣化。透過用戶採用先進技術和高效電力設備，力圖更合理有效的配置和利用電力資源，提高電力使用效率，以較少的電力消耗，尋求電力需求最大程度的滿足，提供用戶更便宜的電力服務，有效配置電力資源，使電力產出更具效益，從而有效促進電力永續發展(經濟部能源局，2006)。

換言之，需求面管理是運用先進的負載管理技術以及鼓勵和誘導用戶，改變其電力消費方式和行為，從而降低尖峰用電量，以平滑電力負載曲線，改善電力系統尖離峰負載，使電力需求分配更趨於合理，從而使電力供應面和電力需求面都能從中獲得滿意的效益(楊志榮和勞德榮，1996)。

需求面管理依其管理目標，主要可區分為能源節約(Energy Conservation)與負載管理(Load Management)兩大類：

(1) 能源節約

節約能源是指透過改變用戶的電力使用型態或方式，其中可能是電力公司鼓勵用戶採用

新式的用電設備，如AMI先進讀表基礎建設與智慧電表等，或給予用戶一些激勵誘因，如電價折扣等，以達到減少電力需求之目的(Sheen, 2005)。

(2)負載管理

負載管理被歸為需量反應的一部分，是指電力公司或用戶進行影響電力系統負載型態，以達到抑低尖峰負載、拉高離峰負載、移轉系統負載的措施(Wenders, 1976)。負載管理可從供給與需求兩方面探討，供應面管理是指電力公司為滿足用電量需求，興建電廠或開發新能源以提高發電量及改善電力傳輸效率等措施，而需求面管理是指電力公司運用管理策略，誘導用戶改變用電時間與用電需求等行為(Lee *et al.*, 2007)。

換言之，負載管理也就是電業運用價格策略、控制用戶負載，並配合教育宣導等，使用戶改變其用電行為，縮短尖離峰用電差距，改善電力系統負載型態，電力業者也能因此獲得減緩電源的開發成本、降低供電成本、提供較便宜的電價，更可以提高能源使用效率，以達到需求面管理的目標。

為兼顧用戶與電力公司雙方權利，負載管理措施可達到的效益有(經濟部能源局，2006)：(1)電力公司：減緩新電源開發壓力及興建成本、降低維修人員調派成本、改善系統供電可靠度、提高公司營運形象。(2)用戶：自行選擇用電成本、調整用電時段，降低大量用電費用；提升用電品質，減少停電之相關損耗。

在一般電力系統的調度模式中，每日和不同季節之間皆存有相當大的差異，尖峰時段高成本的電力負載需要額外的發電設施，才能夠滿足用戶端的需求。同時，也需要提升現有的設備(線路，變壓器等)的供電容量、傳輸和分配用途(Li and Hong, 2014)。為了控制發電和用電雙方的電力平衡，並減少新的發電設施的投資成本，加上隨著智慧電網的發展，智慧家庭可隨時監控用電行為，以降低他們的電力負載以及用電支出，電力業者也可以透過相關的

用電資訊取得重要的用戶消費行為及型態等資訊，並進行後續的負載管理(Borlease, 2013)。

Cappers *et al.* (2010)總結2008年美國電力市場現有的需量反應計畫貢獻度，顯示目前以誘因為基礎的需量反應計畫，無論在供給方或者需求方皆日趨重要。而Aalami *et al.* (2010)將誘因與懲罰納入考量，建構一個關於消費者利益之可停電力模型。該模型顯示，影響可停電力實施績效的主要因素有電價、彈性、誘因以及懲罰。為了進一步評估模型的表現，作者們進行了九種案例之情境分析，在不同誘因、懲罰及彈性之條件下進行試算，得到用戶之利益與誘因正相關、與懲罰負相關以及與彈性呈正相關之結果。

2.2 國內需求面管理之策略

臺灣的需求面管理制度源自台電公司於民國68年，為均衡系統負載，有效利用現有發電設備，緩和新電源開發壓力，開始實施時間電價方案，以誘導用戶減少尖峰用電需求，此即國內推動需求面管理措施之開端。接著於民國76年繼而推出可停電力電價方案，於尖峰時段引導用戶減少或暫停部分需求負載，並給予電價折扣優惠，鼓勵用戶移轉其尖峰用電至離峰時段使用(許志義和黃國璋，2010)。

過去多年來，已陸續實施計畫性減少用電措施4種方案、臨時性減少用電措施4種方案、時間電價、系統尖峰時間用戶配合減少用電優惠電價、季節電價、儲冷式空調系統用電、中央空調系統及箱型空調機週期性暫停用電等措施。經過多年推廣及修訂各項方案，並引導用戶配合選用，對均衡系統負載具相當助益，到102年7月為止，參與台電減少用電措施方案的用戶計有1,633戶。

台電公司已實施需求面管理方案，可分為以價格為基礎以及以誘因激勵為基礎兩大類如下：

(1)以價格為基礎：

由於每個時段之供電成本不同，故電力公

司進行隨時間變動的差別電價，而用戶可以根據不同時段的費率，決定自己的消費方式，例如季節電價、時間電價。

(2)以誘因激勵為基礎：

用戶事先與電力公司約定，在電力系統尖峰期間或電力供應吃緊時，適當地配合降低負載以獲得電費折扣或補貼，例如「系統尖峰時間用戶配合減少用電優惠電價」、「儲冷式空調系統離峰用電優惠電價」、「空調冷氣週期性暫停用電優惠電價」以及「需量反應計畫」等。上述「系統尖峰時間用戶配合減少用電優惠電價」，即原來的可停電力電價，與一般限電、斷電之意義不同，其基本做法乃是由電力公司提供電價誘因而來吸引電力用戶主動參與，在尖峰期間或電力供應發生困難時，誘使電力用戶主動在尖峰時段減少用電，協助電力公司減緩供電壓力，進而減少對新電源之開發成本或降低可能面臨之限電風險。

在推廣需求面管理措施上，如何有效地讓家庭用戶理解並參與需求面管理方案，一直是重要課題。相對而言，需量反應對於產業用戶、政府部門、學校機構等，已經是實施多年的一種成熟的需求面管理工具。但家庭用戶佔了41%的用電量(Xue *et al.*, 2014)，因此如何吸引家庭用戶，從被動到主動參與需求面管理方案，是須要思考以及面臨的挑戰(Delmas *et al.*, 2013)。

Dulleck and Kaufmann (2004)的研究指出，從長遠來看，為用戶提供更多的用電資訊可以影響其電力的需求及消費型態。而要幫助用戶透過用電資訊做出更好的電力消費決策，則必須要了解用戶的個人喜好，透過客製化的方式，甚至是用電資訊的提供方式。因此，了解用戶主動參與需求面管理方案的動機，對於鼓勵和引導家庭用戶採用需求面管理方案是很重要的一環(Vassileva *et al.*, 2012)。

2.3 AMI先進讀表基礎建設

隨著許多國家開始推動智慧電網建設，以

及各種能源改革方案的推行，越來越多國家已開始進行AMI先進讀表基礎建設的建置，期望能透過即時控制與需求面管理，以及電力資訊的蒐集與分析，達到電力資源的最佳化配置與使用。

AMI主要由智慧電表(Smart Meter)、通訊系統與設備、電表資訊管理系統(Meter Database Management System; MDMS)所組成，其中智慧電表為AMI的核心元件。相較於傳統的機械式電表，AMI的優點在於具備雙向通訊功能，因此AMI可連結用電、發電甚至是儲電系統等，並提供各系統之間的資訊相互流通。如圖1所示，透過AMI的建設與發展，可以促成需求面管理與智慧電網的建設；對於電業而言可提升供電品質，並透過時間電價機制，降低尖離峰負載；對於用戶而言可使用電資訊透明化，讓用戶掌握更多資訊，更易於進行用電管理。換言之，AMI的主要優點為促成節能減碳、改善供電品質以及提升經濟效益，並在國家面、電業面、用電戶面三者帶來互利多贏的局面(黃雅琪，2010)。

2.4 智慧電表

智慧電表指可進行較複雜電力運算邏輯之電子電表，透過智慧電表的雙向通訊功能，智慧電表可以即時把用戶用電量的資料傳回電力公司，讓電力公司能更有效地管理電力供應，而用戶也能透過智慧電表提供的各種用電資訊，使用更便宜的費率。智慧電表的優點在於：

- (1) 在用戶和電力公司之間建立起雙向資訊流，提供互動服務，快速回應用戶需求，增強電力公司的電力需求面管理方式，改善電力使用效率。
- (2) 藉由遠端自動化電表管理，節省人力成本，提升工作效率。
- (3) 透過自動資料蒐集，可以有效防範竊電行為。

智慧型電表可以用來監測用電量及費用，

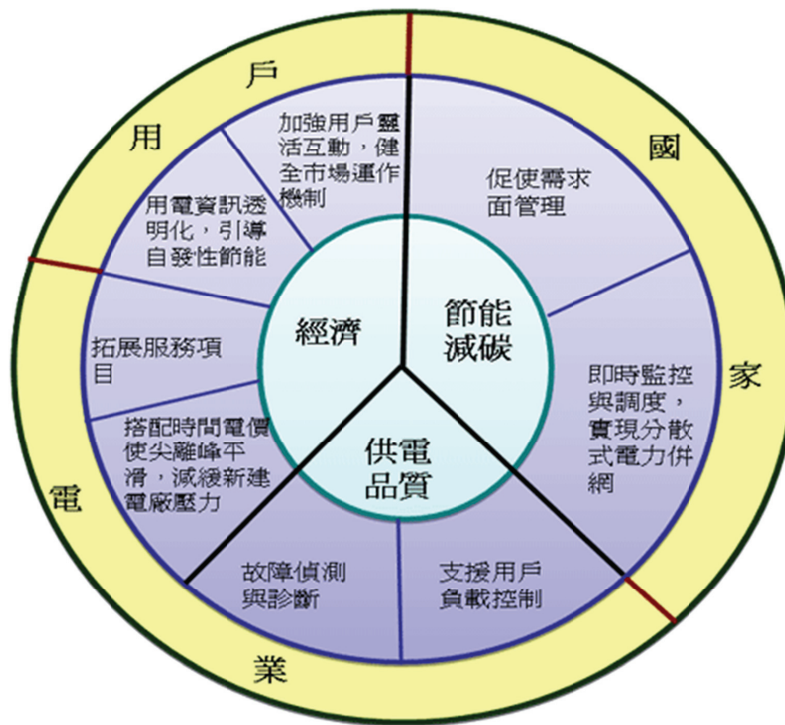


圖1 AMI為國家、電業與用電戶三方面帶來的效益
資料來源：工研院IEK

給予用戶在電能使用上更大的控制權，電力公司也能提供用戶在電力使用上的諮詢。用戶可將一些電力消費轉移到價格便宜的離峰時段，例如電動混合汽車可以在用電需求較低的晚間時段充電。電力用戶可以減少電價較高的用電尖峰時段的用電量，在電價較低的用電離峰時段進行電力消費，以減少電費支出。電力公司也可能實施在電力需求的尖峰時段，遠端調整家電設備開和關的功能，直接控制電力的需求(日經電子報，2009)。

全球智慧電表市場規模隨著智慧電網的布建也隨之提高，Navigant Research的研究預估，全球智慧電表建置量將從2013年的3.13億，至2022年成長到11億(Navigant Research, 2013)。

2.5 AHP層級分析法

層級分析法是由美國匹茲堡大學教授 Thomas L. Saaty於1970年代，為美國國防部進行應變規劃問題研究時，所發展出來的一套決

策分析方法。層級分析法主要應用在不確定及具有多個評估準則的複雜決策問題，將複雜的決策問題系統化，也就是多目標的決策分析。層級分析法將決策問題建構成一個彼此之間相互影響層級結構的形式，由評估者從高層級的評估項目往低層級評估項目逐層來評斷各決策因素之相對權重，可提供決策者、規劃者或評估者選擇適當方案的邏輯判斷和評估，以求得決策分析結果(Saaty, 1980)。

由於層級分析法具備通用性質，所以，對於許多決策問題，只要能將其複雜的問題，分解建構成多個不同的層級，使其更容易分析，而分析的效果也會比未切割之前更好。切割成一個個層級，然後又經過分析以及量化判斷，覓得脈絡後加以綜合評估，以提供決策者選擇適當方案的充分資訊，可以讓決策者有更好的決策評估結果，也可以減少決策錯誤的風險(鄧振源和曾國雄，1989a&b)。

層級分析法具有幾項優點如下(Narasimhan, 1983)：

- (1) 可將主觀的決策模式化，提供較為準確的判斷參考。
- (2) 有相關軟體協助，可進一步作敏感度分析。
- (3) 層級分析法量化的結果可以做為群體決策基礎，做為彼此溝通工具。

依據Saaty (1980)、鄧振源和曾國雄(1989 a&b)與王建武等(2004)過往AHP相關文獻，以下將簡述AHP分析步驟與其相關之計算方法：

步驟一：建構決策問題的分析層級架構

在此步驟中，將決策問題有關之決策因素或準則，依其相互關係而建構成一層級架構，而層級的多寡取決於問題的複雜性和探討問題之深淺而定。在此層級架構下，每一層級內的任意兩個要素，要以上一層級的要素當作評估準則，用來判斷這兩個要素對上一層要素的重要性，換言之，層級是用來探討層級中要素和要素間對問題的影響力。同時，Saaty (1980)指出同一層級下的要素不要超過七個，因為若超過七個要素，評估者容易因勾選題項太多而影響其選擇邏輯，導致影響結果的一致性。層級

的結構主要分為兩種，一是完整層級，表示相鄰兩層的要素皆有關連，如圖2所示，另一是不完整層級，表示相鄰兩層的要素不一定都有完整的關連。

步驟二：建立成對比較矩陣

在此步驟中，依據評估者填答問卷所得之結果，建立成對比較矩陣，並計算各成對比較矩陣之特徵向量，並利用求得之特徵向量以求取各決策準則間之相對權重。評比尺度劃分依Saaty and Vargas (1990)之建議，成對比較以九個評比尺度來表示(表1)，評比尺度包含五個等級，絕對重要、極為重要、頗為重要、稍微重要、同等重要，將其以名目尺度量化成1，3，5，7，9之值，以及介於此五個尺度之間的中間值2，4，6，8，而尺度之選取則可視實際情況而定。

步驟三：計算特徵向量與求出各決策因素之相對權重

層級分析法以特徵向量與最大特徵值來代表各評估因素間之相對權重及檢定成對比較矩

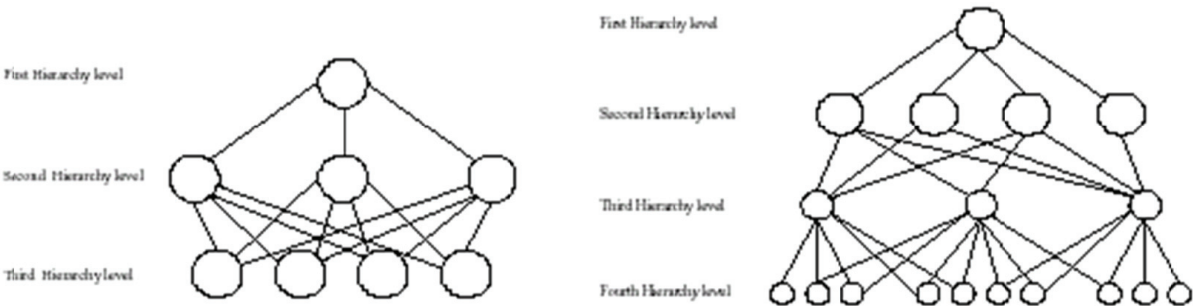


圖2 完整(左)及不完整(右)層級結構圖
資料來源：Saaty, 1980

表1 層級分析法評比尺度

| 評估尺度 | 定義 | 意義說明 |
|------------|----------|------------------|
| 1 | 同等重要 | 兩比較因素具同等重要性 |
| 3 | 稍微重要 | 經驗與判斷稍微傾向喜好某一因素 |
| 5 | 頗為重要 | 經驗與判斷傾向喜好某一因素 |
| 7 | 極為重要 | 實際顯示非常強烈傾向喜好某一因素 |
| 9 | 絕對重要 | 實際顯示肯定絕對喜好某一因素 |
| 2, 4, 6, 8 | 相鄰尺度之中間值 | 需要折衷值時 |

資料來源：Saaty and Vargas, 1990

陣之一致性，針對兩兩決策要素進行比較，將對應的特徵向量標準化後，即可求得各評估準則間的相對權重。

Saaty (1980)提出下列四種計算特徵值與特徵向量的方法：

- (1) 行向量平均值的標準化，又稱為ANC法(Average of normalized columns)：首先將各行標準化，接著將各列標準化之後的元素加總，最後除以各列元素之個數。

$$w_t = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{a_{tj}}{\sum_{i=1}^n a_{ji}} \quad i, j = 1, 2, \dots, n$$

- (2) 列向量平均值的標準化，又稱為NRA法(Normalization of the row average)：首先將各列元素加總，接著將各列標準化而得。

$$w_i = \frac{w_i \sum_{j=1}^n a_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}} \quad i, j = 1, 2, \dots, n$$

- (3) 行向量和倒數的標準化：將各行元素做幾何加總，接著求其倒數並標準化而得。

$$w_i = \frac{(1/\sum_{i=1}^n a_{ij})}{\sum_{j=1}^n (1/\sum_{i=1}^n a_{ij})} \quad i, j = 1, 2, \dots, n$$

- (4) 列向量幾何平均值的標準化，又稱為NGM法(Normalization of the geometric mean of the rows)：將各列元素相乘，取其幾何平均數，最後標準化而得。

$$w_i = \frac{(\prod_{j=1}^n a_{ij})^{\frac{1}{n}}}{\sum_{i=1}^n (\prod_{j=1}^n a_{ij})^{\frac{1}{n}}} \quad i, j = 1, 2, \dots, n$$

步驟四：層級一致性的檢定

決策者進行評估時，對於各評估準則間權重之評斷可能無法完全符合一致性，

則會影響判斷結果的正確性，根據Saaty and Vargas (1990)須檢定成對比較之一致性指標(consistency index, C.I.)，Saaty and Vargas認為C.I.值 ≤ 0.1 時，一致性才為可接受。

$$C. I. = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

根據Oak Ridge National laboratory與Wharton School進行的研究，從評估尺度1-9所產生之正倒值矩陣，在不同之階層數下，具有不同的C.I.值，稱為隨機性指標(Random Index, R.I.)如表2所示，其值隨矩陣階層數增加而增加(鄧振源和曾國雄，1989a&b)。

表2 隨機指標值

| 階數 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| R.I. | N.A. | N.A. | 0.58 | 0.9 | 1.12 | 1.24 | 1.32 | 1.41 |
| 階數 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | |
| R.I. | 1.45 | 1.49 | 1.51 | 1.48 | 1.56 | 1.57 | 1.58 | |

資料來源：Saaty, 1990

而C.I.值與R.I.值的比率，稱為一致性比率(Consistency Ratio, C.R.)，當C.R. ≤ 0.1 時表示決策者在此成對比較矩陣的各評估準則之評斷值是可接受的。其計算公式如下：

$$C. R. = \frac{C. I.}{R. I.}$$

步驟五：求取各層級決策因素相對於最高層級目標之權重

在此步驟中，係依據步驟3所得之各層級相對於上一層級各種決策因素之優先向量(相對權重之向量)，綜合計算出各層級決策因素相對於最高層級目標之權重，即求出綜合優先向量。

3. 研究設計與研究方法

3.1 研究架構

本研究透過AHP法探討智慧電表用戶選用需求面管理方案之關鍵因素，針對現有電力需

求面管理方案，以此法評估關鍵因素之權重排序。首先將複雜的多目標決策問題以類似樹狀圖的層級架構方式表達，經由彙整相關文獻與相關領域專家之前測以及建議，將需求面管理方案之重要關鍵因素，歸納出「指標效用」、「每次抑低時間長短」、「電費優惠時段」、「臨停通知時間」、「電費優惠」及「罰則」等六大項涵蓋需求面管理方案的各項構面之關鍵因素。最後建構如圖3之AHP分析層級架構圖。此AHP分析層級架構由三個層級組成：

- (1) 總層級：此層級為本文之研究目的，由台電專家與學者專家評斷主要層級之相對重要性，進而評估底下層級之權重相對重要性。
- (2) 層級一：智慧電表用戶選用需求面管理方案之關鍵因素，分成「指標效用」、「每次抑低時間長短」、「電費優惠時段」、「臨停通知時間」、「電費優惠」以及「罰則」等六項。
- (3) 層級二：由上述關鍵因素中，延伸出個別的

影響因素。這些影響因素係根據文獻探討與專家訪談之結果，選取其範圍層面較主要的影響因素。

3.2 研究變數定義

架構中各關鍵因素及影響因素分別描述如下：

第一層級關鍵因素：

此部分為影響智慧電表選用需求面管理方案之關鍵因素，為指標效用、每次抑低時間長短、電費優惠時段、臨停通知時間、電費優惠、罰則。

- (1) 指標效用：意旨需求面管理方案之負載管理中各項電力指標。
- (2) 每次抑低時間長短：意旨台電公司依電力系統之需要，抑低用戶電量之時段。
- (3) 電費優惠時段：意旨用戶參與電力需求面管理方案，台電公司提供之電費優惠適用期間。

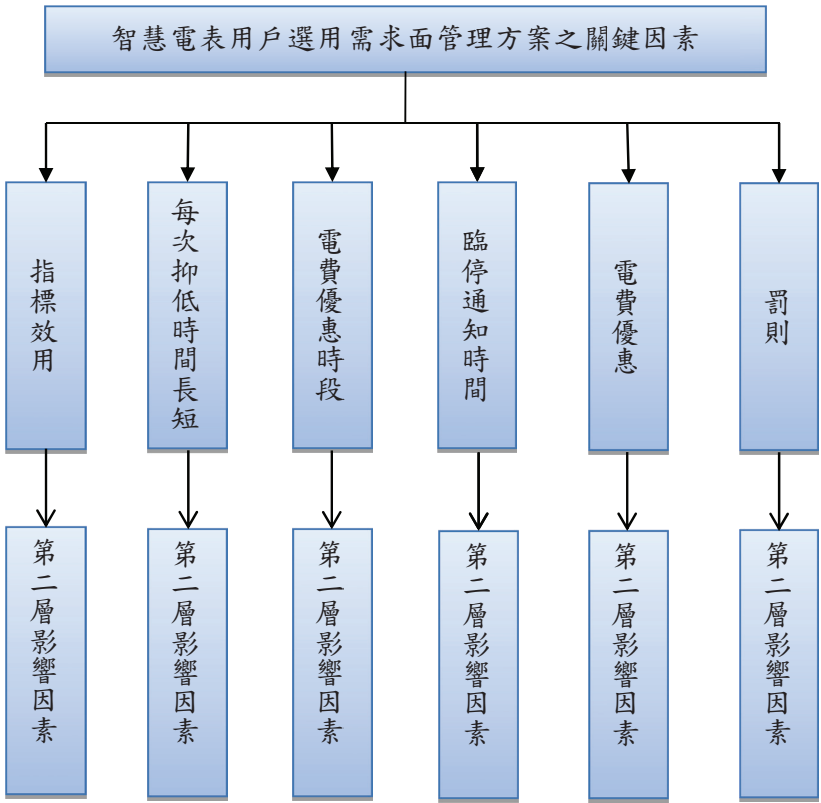


圖3 需求面管理方案之關鍵因素AHP架構
資料來源：本研究繪製

- (4) 臨停通知時間：意旨台電公司依電力系統之需要，抑低用戶電量，並提前通知用戶之時間。
- (5) 電費優惠：意旨用戶參與需求面管理方案，台電公司提供之電費優惠。
- (6) 罰則：意旨用戶未按照合約抑低用電負載時，台電公司訂定之罰則。

第二層級影響因素：

- (1) 指標效用下包含六個影響因素：負載率、尖峰離峰差、抑低負載用電度數、臨停負載抑低度數、參與戶數、方案減少電費收入。
- (2) 每次抑低時間長短下包含四個影響因素：包含1-2小時、2-4小時、4-6小時、6-8小時。
- (3) 電費優惠時段包含兩個影響因素：全年、參加月份。

- (4) 臨停通知時間下包含七個影響因素：包含停電前0-15分鐘、停電前15-30分鐘、停電前30分鐘-2小時、停電前2-4小時、停電前4-6小時、停電前6-8小時、停電前8小時以上。
- (5) 電費優惠下包含兩個影響因素：包含基本電費、流動電費。
- (6) 罰則下包含四個影響因素：包含無罰則、低度罰則、中度罰則、高度罰則。

以上各項關鍵因素之選定，主要係參考表3最後一欄位中之各相關文獻，同時，經過「前測(pretest)」，包括一位台電需求面管理之專家及一位學界全職電力領域研究學者，並根據前測結果，加以調整問卷內容。再送請兩位前測問卷填答者認可後，才進行正式之問卷調查。

表3 本研究選定各關鍵因素所依據之參考文獻

| 影響因素 | 影響因子 | 依據之參考文獻 |
|----------|-------------|--|
| 指標效用 | 負載率 | Marcel & William (2003) Nadel & Geller (1996) |
| | 尖峰離峰差 | |
| | 抑低負載用電度數 | |
| | 臨停負載抑低度數 | |
| | 參與戶數 | |
| | 方案減少電費收入 | |
| 每次抑低時間長短 | 1-2小時 | 謝智宸和張建隆(2008) |
| | 2-4小時 | |
| | 4-6小時 | |
| | 6-8小時 | |
| 電費優惠時段 | 全年 | Khanna & Zilberman (1999) Vine <i>et al.</i> (1998) |
| | 參加月份 | |
| 臨停通知時間 | 停電前0-15分鐘 | 李文選(2004) 郭芳楠(2001) |
| | 停電前15-30分鐘 | |
| | 停電前30分鐘-2小時 | |
| | 停電前2-4小時 | |
| | 停電前4-6小時 | |
| | 停電前6-8小時 | |
| | 停電前8小時以上 | |
| 電費優惠 | 基本電費 | Yang <i>et al.</i> (1991) 李聰穎等 (2005) |
| | 流動電費 | |
| 罰則 | 無罰則 | Balawant (2012) |
| | 低度罰則 | |
| | 中度罰則 | |
| | 高度罰則 | |

資料來源：本研究彙整

3.3 問卷發放與調查對象

本研究之問卷於前測階段，邀請到台電相關領域專家以及兩位相關領域之專任研究人員做問卷之前測。問卷發放期間為2013年11月27日至2013年12月27日。問卷調查對象分為台電專家與學者專家兩個群組，在其相關領域皆十分資深，年資最少為1-3年有四位，並有十位專家資歷超過15年以上。

問卷發出 AHP專家問卷22份，12份問卷係台電專家群組問卷，有10份係學者專家群組問卷，回收問卷總數20份，有效回收率為91%。其中2份因填答不完全，因此視為無效問卷，於有效問卷中，各層級因素之C.I.值若大於 0.1，即不予計入權重計算。

4. 實證結果與分析

4.1 「智慧電表用戶選用需求面管理方案」關鍵因素權重分析

研究結果如表4顯示，第一層整體問卷填答者之權重依序為「電費優惠」(0.230)、「指標效用」(0.173)、「每次抑低時間長短」(0.161)、「臨停通知時間」(0.148)、「電費優惠時段」(0.144)、以及「罰則」(0.143)。

若針對不同群組之問卷填答者，台電專家群組認為「電費優惠」(0.201)最為重要，依序為「指標效用」(0.185)、「每次抑低時間長短」(0.165)、「電費優惠時段」(0.154)、

「罰則」(0.151)、「臨停通知時間」(0.144)。而學者專家群組認為「電費優惠」(0.262)最為重要，依序為「指標效用」(0.160)、「每次抑低時間長短」(0.156)、「臨停通知時間」(0.151)、「罰則」(0.136)、以及「電費優惠時段」(0.134)。

4.2 「智慧電表用戶選用需求面管理方案」影響因素權重分析

如表5之顯示，指標效用下，整體問卷填答者之權重依序為「臨停負載抑低度數」(0.210)、「抑低負載用電度數」(0.205)、以及「方案減少電費收入」(0.166)、「尖峰離峰差」(0.159)、「負載率」(0.141)、「參與戶數」(0.119)。若針對不同群組之問卷填答者，台電專家群組認為「抑低負載用電度數」(0.216)最為重要，依序為「方案減少電費收入」(0.200)、「臨停負載抑低度數」(0.188)、「負載率」(0.140)、「參與戶數」(0.139)、「尖峰離峰差」(0.115)。而學者專家群組認為「臨停負載抑低度數」(0.230)最為重要，依序為「尖峰離峰差」(0.225)、「抑低負載用電度數」(0.185)、「負載率」(0.138)、「方案減少電費收入」(0.127)、「參與戶數」(0.094)。

每次抑低時間長短下，整體問卷填答者之權重依序為「4-6小時」(0.292)、「6-8小時」(0.254)、以及「2-4小時」(0.245)、「1-2小時」(0.208)。若針對不同群組之問卷填答者，台電專家群組認為「6-8小時」(0.352)最為重要，依序為「4-6小時」(0.297)、「2-4小時」

表4 第一層級關鍵因素權重排序

| | 關鍵因素 | 整體 | 台電專家 | 學者專家 |
|-------------------------|----------|-------|-------|-------|
| 智慧電表用戶選用需求面管理方案 關鍵因素 | 指標效用 | 0.173 | 0.185 | 0.160 |
| | 每次抑低時間長短 | 0.161 | 0.165 | 0.156 |
| | 電費優惠時段 | 0.144 | 0.154 | 0.134 |
| | 臨停通知時間 | 0.148 | 0.144 | 0.151 |
| | 電費優惠 | 0.230 | 0.201 | 0.262 |
| | 罰則 | 0.143 | 0.151 | 0.136 |

資料來源：本研究彙整

表5 第二層級影響因素權重排序

| 第一層級 | 第二層級 | 整體 | 台電專家 | 學者專家 |
|----------|-------------|-------|-------|-------|
| 指標效用 | 負載率 | 0.141 | 0.140 | 0.138 |
| | 尖峰離峰差 | 0.159 | 0.115 | 0.225 |
| | 抑低負載用電度數 | 0.205 | 0.216 | 0.185 |
| | 臨停負載抑低度數 | 0.210 | 0.188 | 0.230 |
| | 參與戶數 | 0.119 | 0.139 | 0.094 |
| | 方案減少電費收入 | 0.166 | 0.200 | 0.127 |
| 每次抑低時間長短 | 1-2小時 | 0.208 | 0.171 | 0.252 |
| | 2-4小時 | 0.245 | 0.181 | 0.349 |
| | 4-6小時 | 0.292 | 0.297 | 0.258 |
| | 6-8小時 | 0.254 | 0.352 | 0.141 |
| 電費優惠時段 | 全年 | 0.272 | 0.275 | 0.266 |
| | 參加月份 | 0.728 | 0.725 | 0.734 |
| 臨停通知時間 | 停電前0-15分鐘 | 0.125 | 0.114 | 0.137 |
| | 停電前15-30分鐘 | 0.114 | 0.107 | 0.121 |
| | 停電前30分鐘-2小時 | 0.141 | 0.113 | 0.182 |
| | 停電前2-4小時 | 0.167 | 0.163 | 0.168 |
| | 停電前4-6小時 | 0.183 | 0.209 | 0.152 |
| | 停電前6-8小時 | 0.149 | 0.161 | 0.134 |
| | 停電前8小時以上 | 0.121 | 0.133 | 0.107 |
| 電費優惠 | 基本電費 | 0.569 | 0.701 | 0.346 |
| | 流動電費 | 0.431 | 0.299 | 0.654 |
| 罰則 | 無罰則 | 0.198 | 0.213 | 0.178 |
| | 低度罰則 | 0.313 | 0.287 | 0.351 |
| | 中度罰則 | 0.271 | 0.263 | 0.280 |
| | 高度罰則 | 0.217 | 0.236 | 0.192 |

資料來源：本研究整理

(0.181)、「1-2小時」(0.171)。而學者專家群組認為「2-4小時」(0.349)最為重要，依序為「4-6小時」(0.258)、「1-2小時」(0.252)、「6-8小時」(0.141)。

電費優惠時段下，整體問卷填答者之權重依序為「參加月份」(0.728)、「全年」(0.272)。若針對不同群組之問卷填答者，台電專家群組認為「參加月份」(0.752)最為重要，其次為「全年」(0.275)。學者專家群組認為「參加月份」(0.734)最為重要，其次為「全年」(0.266)。

臨停通知時間下，整體問卷填答者之權重依序為「停電前4-6小時」(0.183)、「停電前2-4小時」(0.167)、「停電前6-8小時」(0.149)

、「停電前30分鐘-2小時」(0.141)、「停電前0-15分鐘」(0.125)、「停電前8小時以上」(0.121)、以及「停電前15-30分鐘」(0.114)。若針對不同群組之問卷填答者，台電專家群組認為「停電前4-6小時」(0.209)最為重要，依序為「停電前2-4小時」(0.163)、「停電前6-8小時」(0.161)、「停電前8小時以上」(0.133)、「停電前0-15分鐘」(0.114)、「停電前30分鐘-2小時」(0.113)、以及「停電前15-30分鐘」(0.107)。而學者專家群組認為「停電前30分鐘-2小時」(0.182)最為重要，依序為「停電前2-4小時」(0.168)、「停電前4-6小時」(0.152)、「停電前0-15分鐘」(0.137)、「停電前6-8小時」(0.134)、「停電前8小時以上」(0.107)。

電費優惠下，整體問卷填答者之權重依序為「基本電費」(0.569)、「流動電費」(0.431)。若針對不同群組之問卷填答者，台電專家群組認為「基本電費」(0.701)最為重要，其次為「流動電費」(0.299)。學者專家群組認為「流動電費」(0.654)最為重要，其次為「基本電費」(0.346)。

罰則下，整體問卷填答者之權重依序為「低度罰則」(0.313)、「中度罰則」(0.271)、以及「高度罰則」(0.217)、「無罰則」(0.198)。若針對不同群組之問卷填答者，台電專家群組認為「低度罰則」(0.287)最為重要，依序為「中度罰則」(0.263)、「高度罰

則」(0.236)、以及「無罰則」(0.213)。而學者專家群組認為「低度罰則」(0.351)最為重要，依序為「中度罰則」(0.280)、「高度罰則」(0.192)、以及「無罰則」(0.178)。

4.3 第二層級影響因素整體權重

針對第二層影響因素進行整體權重分析(表6)，台電專家群組認為：基本電費(0.1408)、參加月份(0.1119)、流動電費(0.602)、6-8小時(0.579)、4-6小時(0.488)為第二層級中前五重要影響因素。學者專家群組認為：流動電費(0.1714)、參加月份(0.0985)、基本電費(0.0908)、2-4小時(0.0545)、低度罰則

表6 第二層級影響因素整體權重

| | 整體 | 台電專家 | 學者專家 |
|-------------|--------|--------|--------|
| 負載率 | 0.0244 | 0.0259 | 0.0221 |
| 尖峰離峰差 | 0.0275 | 0.0213 | 0.0362 |
| 抑低負載用電度數 | 0.0354 | 0.0399 | 0.0297 |
| 臨停負載抑低度數 | 0.0362 | 0.0348 | 0.0369 |
| 參與戶數 | 0.0206 | 0.0258 | 0.0152 |
| 方案減少電費收入 | 0.0286 | 0.0370 | 0.0204 |
| 1-2小時 | 0.0335 | 0.0281 | 0.0394 |
| 2-4小時 | 0.0394 | 0.0297 | 0.0545 |
| 4-6小時 | 0.0470 | 0.0488 | 0.0402 |
| 6-8小時 | 0.0409 | 0.0579 | 0.0220 |
| 全年 | 0.0392 | 0.0425 | 0.0357 |
| 參加月份 | 0.1052 | 0.1119 | 0.0985 |
| 停電前0-15分鐘 | 0.0185 | 0.0164 | 0.0208 |
| 停電前15-30分鐘 | 0.0169 | 0.0154 | 0.0183 |
| 停電前30分鐘-2小時 | 0.0209 | 0.0162 | 0.0275 |
| 停電前2-4小時 | 0.0247 | 0.0235 | 0.0254 |
| 停電前4-6小時 | 0.0270 | 0.0301 | 0.0230 |
| 停電前6-8小時 | 0.0220 | 0.0231 | 0.0202 |
| 停電前8小時以上 | 0.0179 | 0.0191 | 0.0161 |
| 基本電費 | 0.1311 | 0.1408 | 0.0908 |
| 流動電費 | 0.0992 | 0.0602 | 0.1714 |
| 無罰則 | 0.0285 | 0.0323 | 0.0241 |
| 低度罰則 | 0.0451 | 0.0435 | 0.0477 |
| 中度罰則 | 0.0390 | 0.0399 | 0.0380 |
| 高度罰則 | 0.0313 | 0.0357 | 0.0261 |

資料來源：本研究整理

(0.0477)為第二層級中前五重要影響因素。而整體問卷結果顯示：基本電費(0.1311)、參加月份(0.1052)、流動電費(0.0992)、4-6小時(0.0470)、低度罰則(0.0451)為前五重要的影響因素。

4.4 實證分析小結

在需求面管理方案六項關鍵因素中，就整體問卷結果顯示「電費優惠」所佔比例最高，權重為23%，次高比例為「指標效用」，權重為17.3%。在分群方面，台電專家群組顯示「電費優惠」所佔比例最高，權重為20.1%，次高比例為「指標效用」，權重為18.5%；學者專家群組「電費優惠」所佔比例最高，權重為26.2%，次高比例為「指標效用」，權重為16%。可以發現無論是整體問卷、台電專家群組、學者專家群組，皆認為「電費優惠」與「指標效用」是在需求面管理方案中最重要之關鍵因素。

此外在第二層級之25項影響因素，研究結果顯示：

- (1)「指標效用」之「抑低負載用電度數」，在台電專家群組的決策權重為21.6%佔比重最高；「臨停負載抑低度數」，在學者專家群組的決策權重為23%佔比重最高。
- (2)「每次抑低時間長短」之「6-8小時」，在台電專家群組的決策權重為35.2%，為最重要之影響因素；「2-4小時」，在學者專家群組的決策權重為34.9%，為最重要之影響因素。
- (3)「電費優惠時段」之「參加月份」，在台電專家群組的決策權重為72.5%，為最重要之影響因素；「參加月份」，在學者專家群組的決策權重為73.4%，為最重要之影響因素。
- (4)「臨停通知時間」之「停電前4-6小時」，在台電專家群組的決策權重為20.9%，為最重要之影響因素。「停電前30分鐘-2小時」，在學者專家群組的決策權重為18.2%，為最

重要之影響因素。

- (5)「電費優惠」之「基本電費」，在台電專家群組的決策權重為70.1%，為最重要之影響因素。「流動電費」，在學者專家群組的決策權重為65.4%，為最重要之影響因素。
- (6)「罰則」之「低度罰則」，在台電專家群組的決策權重為28.7%，為最重要之影響因素佔比重最高。「低度罰則」，在學者專家群組的決策權重為35.1%，為最重要之影響因素。

第二層影響因素的整體絕對權重分析，台電專家群組認為：基本電費(0.1408)、參加月份(0.1119)、流動電費(0.602)、6-8小時(0.579)、4-6小時(0.488)為第二層級中前五重要影響因素。學者專家群組認為：流動電費(0.1714)、參加月份(0.0985)、基本電費(0.0908)、2-4小時(0.0545)、低度罰則(0.0477)為第二層級中前五重要影響因素。最後在整體問卷實證中發現，基本電費(0.1311)、參加月份(0.1052)、流動電費(0.0992)、4-6小時(0.0470)、低度罰則(0.0451)為權重最高的影響因素，並且這五者的權重超過整體第二層影響因素42%，意指這五個影響因素在智慧電表用戶選用需求面管理方案中，十分具有影響力。

5. 結論與建議

5.1 研究結論

本研究對台電公司所設計各項產業適用之電力需求面管理方案須考量的因素和面向如：電力之負載率、用戶之電價優惠、尖峰與離峰之電力負載差距等，其中可能影響用戶選用電力需求面管理方案之關鍵因素進行分析和評比，從電力需求面管理相關領域之專家與學者觀點了解其重視哪些關鍵因素，既可用於研究，也可以有助於實際的電力需求面方案管理。因此，本研究根據國內外文獻所提及之重要考量因素，並參酌專家意見歸納出各項關鍵

因素，建構智慧電表用戶選用需求面管理方案關鍵因素之分析架構，分別依電力需求面管理相關領域之台電專家、學者專家發放問卷，再經由AHP層級分析法取得智慧電表用戶選用需求面管理方案的重要關鍵因素之權重排序及分析。

研究結果顯示，台電專家群組認為「電費優惠」(0.201)以及「指標效用」(0.185)為前兩重要之關鍵因素，而學者專家群組問卷認為「電費優惠」(0.262)以及「指標效用」(0.160)為前二重要關鍵因素。而整體問卷前二重要關鍵因素也為「電費優惠」(0.230)、「指標效用」(0.173)，可以發現兩個群組皆認為「電費優惠」及「指標效用」為較重要之關鍵因素。

在第二層影響因素中，台電專家群組問卷結果顯示：基本電費(0.1408)、參加月份(0.1119)、流動電費(0.602)、6-8小時(0.579)、4-6小時(0.488)為前五重要影響因素。學者專家群組考量前五重要影響因素為：流動電費(0.1714)、參加月份(0.0985)、基本電費(0.0908)、2-4小時(0.0545)、低度罰則(0.0477)。在整體問卷實證中，基本電費(0.1311)、參加月份(0.1052)、流動電費(0.0992)、4-6小時(0.0470)、低度罰則(0.0451)為前五重要的影響因素，並且這五者的權重超過整體第二層影響因素42%，意指這五個影響因素在智慧電表用戶選用需求面管理方案中有相當的影響力。此外，在整體、台電專家、學者專家的前五重要影響因素中，都有「電費優惠」下之基本電費及流動電費，因此可以發現「電費優惠」在需求面管理方案中，是十分重要的關鍵因素。

總結上述結果，整體問卷實證中發現兩組問卷群組結論有相當程度相似，台電專家與學者專家將「電費優惠」視為智慧電表用戶選用需求面管理方案中最重要的關鍵因素，本研究認為「電費優惠」是僅針對用戶單方面的利益，也就是用戶採用需求面管理後所帶來的電費優惠中，直接反映到利益面上的效益。而

「指標效用」被台電專家與學者專家視為次重要的關鍵因素，本研究認為「指標效用」是兼顧供需雙方利益之持平標準，才能讓供給面、需求面雙方皆達到利益的平衡。在廖珮如和胡憲倫(2008)的臺灣電力需求面管理策略相關研究中，提出影響電力需求面管理架構的四大影響層面，包含技術、經濟、行政、宣導，而專家學者的調查結果認為在此四項層面中，經濟最為重要。在第二階層的前五重要影響因素中的包含「時間電價」以及「免稅與誘因激勵」，該研究結論與本文的結論有相似之處，可以證明「電價優惠」在用戶選用需求面管理方案時，是十分重要的關鍵因素。

值得注意的，層級分析法之研究目的，係萃取出各關鍵因素之相對權重。但如同其他絕大部分的相關文獻，均無法在問卷設計中納入探討這些關鍵因素彼此之間相對權重之「訊息」，傳達給決策者後，究竟可否對其管理層面產生何種影響？應列為本研究之限制。

5.2 研究貢獻

在需求面管理方案過往文獻中，大多以找出最適契約容量、用電設備之控制、每日負載預測等研究為主軸，研究目的大多為對國內外實施之需求面管理策略，進行比較分析以提供實施建議，對於智慧電表用戶選用需求面管理方案的影響著墨較少。因此本研究所提出之分析架構可以作為後續智慧電表用戶選用需求面管理影響因素研究之參考。

在專家領域問卷填答者之實證結果中發現，台電專家在考慮智慧電表用戶選用需求面管理方案之關鍵因素時，考量重點與學者專家者有一定程度相似。台電專家與學者專家所考量之最重要影響因素為電費優惠與指標效用。本研究結果提供台電公司日後發展及改善電力需求面管理方案時簡單且清楚的脈絡，透過不同領域問卷對象的調查分析結果，提供台電公司更好的發展選項，若台電能參考本研究篩選出上述最重要之關鍵因素，做為未來設計產

業用戶需求面管理方案之參考依據，相信應可提高產業用戶選用之意願。

5.3 研究建議

本研究主要是利用AHP法分析智慧電表用戶選用需求面管理方案之關鍵影響因素，並未配合其他分析方法進行分析與實證數據之交叉比對。因此，後續研究者可利用不同之分析方法分析智慧電表用戶選用需求面管理方案之影響因素，例如結合模糊理論發展FAHP架構，利用模糊架構找出之影響因素作分析比較。

本研究僅針對可能影響智慧電表用戶選用需求面管理方案意願的關鍵因素，並未針對現行之需求面管理方案進行個別分析，後續之研究者可以針對現有的計畫性減少用電措施4種方案以及臨時性減少用電措施4種方案，進行用戶的採用現況以及其他因素考量作更深入的分析。

誌 謝

本文作者感謝科技部委託專題研究計畫「動態電價市場/輔助服務市場機制」(MOST103-3113-E-006-011)，及參與台電公司「電力需求端管理技術探勘分析」專題研究，以及審查委員之意見，惟文中若有訛誤，應由作者自負文責。

參考文獻

- 王京明 (2002)，「電業自由化下我國電力需求面管理之未來展望」，財團法人國家政策研究基金會國政研究報告。
- 王建武、王明德、張家祝 (2004)，「改良式分析階層程序法權重求解模式之研究」，臺大工程學刊，第92期，頁11-27。
- 王煒霖 (2007)，「臺灣發電能源配比評估架構-模糊多準則方法之應用」，銘傳大學媒體空間設計研究所碩士論文。
- 日經電子報臺灣版 (2009)，「智慧型電表有助降低能源使用」。
- 李文選 (2004)，「台電公司金門區營業處服務品質之研究」，銘傳大學公共事務學研究所在職專班碩士學位論文。
- 李聰穎、林義傑、詹榮茂、陳俊隆 (2005)，「基因演算法應用於時間電價用戶契約容量選定」，明新學報，第31期，頁87-99。
- 郭芳楠 (2001)，「電業服務品質與顧客滿意度之探討—以台電公司中北部地區工業大用戶為例」，國立政治大學企業管理研究所碩士論文。
- 許志義、黃國暉 (2010)，「臺灣能源需求面管理成本效益分析之應用」，能源經濟學術研討會。
- 許志義、謝嘉豪 (2012)，「台電需求面管理之經濟分析—用戶計畫性減少用電措施案例」，臺灣銀行季刊，第63卷第3期，頁53-84。
- 許志義 (2012)，「我國電力需求面管理之探討」，能源及電力業的挑戰與機會座談會，臺北中技社。
- 黃雅琪 (2010)，「智慧電網產業的先鋒部隊—先進讀表系統發展概況」，工研院電子報，第9910期。
- 楊志榮、勞德榮 (1996)，綜合資源規劃方法與需求方管理技術，北京，中國電力出版社。
- 經濟部能源局 (2006)，「95年長期負載預測與電源開發規劃摘要報告」，經濟部能源局。
- 廖珮如、胡憲倫 (2008)，「臺灣電力需求面管理策略之研究」，臺灣環境資源永續發展研討會。
- 鄧振源、曾國雄 (1989a)，「層級分析法(AHP)的內涵特性與應用(上)」，中國統計學報，第27卷，第6期，頁13707-13724。
- 鄧振源、曾國雄 (1989b)，「層級分析法(AHP)的內涵特性與應用(下)」，中國統計學

- 報, 第27卷, 第7期, 頁13767-13870。
- 謝智宸、張建隆(2008), 「可停電力電價改善方案之研究」, 台電公司委託專案研究計畫報告, 臺北, 臺灣綜合研究院。
- Aalami, H., Moghaddam, M. P. and Yousefi, G., 2010. "Modeling and prioritizing demand response programs in power markets," *Electr. Power Syst. Res.* 80, 426-435.
- Balawant Joshi, 2012. Best practices in designing and implementing energy efficiency obligation schemes.
- Bhargava, N., Singh, B. and Gupta, S., 2009. "Consumption of electricity in Punjab: Structure and growth," *Energy Policy*, 37, 2385-2394.
- Borlease, S., 2013. Smart grids: infrastructure, technology and solutions. CRC Press.
- Cappers, P., Goldman, C. and Kathan, D., 2010. "Demand response in U.S. electricity markets: empirical evidence," *Energy* 35, 1526-1535.
- Delmas, M. A., Fischlein, M. and Asensio, O. I., 2013. "Information strategies and energy conservation behavior: A meta-analysis of experimental studies from 1975 to 2012," *Energy Policy*, 61, 729-739.
- Dulleck, U. and Kaufmann, S., 2004. "Do customer information programs reduce household electricity demand?" *Energy Policy* 32, 1025-1032.
- Khanna, M. and D. Zilberman, 1999. "Barriers to energy efficiency in electricity generation in India," *The Energy Journal*, 20(1), 25-41.
- Lee, D. K., Park, S. Y. and Park, S. U., 2007. "Development of assessment model for demand-side management investment programs in Korea," *Energy Policy*, 35, 5585-5590.
- Li, X. H. and Hong, S. H., 2014. "User-expected price-based demand response algorithm for a home-to-grid system," *Energy*, 64(4), 37-49.
- Marcel, H. D. and William, D. D'haeseleer, 2003. "Demand side management in a competitive European market: Who should be responsible for its implementation" *Energy Policy*, 31, 1307-1314.
- Narasimhan, R., 1983. "An analytical approach to supplier selection", *Journal of Purchasing and Materials Management*, 19(4), 27-32.
- Nadel, S. and Geller, H., 1996. "Utility DSM. What have we learned? Where are we going?" *Energy Policy*, 04, 289-302.
- Navigant Research, 2013. "Smart electric meters, advanced metering infrastructure, and meter communications: Global market analysis and forecasts."
- Sheen J. N., 2005. "Economic profitability analysis of demand side management program," *Energy Conversion and Management*, 46, 2919-2935.
- Saaty, T. L. and Vargas, L. G., 1990. "Prediction, projection and forecasting: applications of the analytic hierarchy process", in *Economics, Finance, Politics, Games, and Sports*. Boston, MA: Kluwer.
- Saaty, T. L., 1980. The analytic hierarchy process. New York: McGraw-Hill.
- Vassileva, I., Wallin, F. and Dahlquist, E., 2012. "Understanding energy consumption behavior for future demand response strategy development". *Energy* 46, 94-100.
- Vine, E. L. Murakoshi, Chiharu, Nakagami, Hidetoshi, 1998. "International ESCO business opportunities and challenges: a Japanese case study", 439-447.
- Wenders, J. T., 1976. "Peak load pricing in the electric utility industry," *Bell J Econ*, 7(1), 232-241.
- Xue, X., Wang, S., Sun, Y. and Xiao, F., 2014.

“An interactive building power demand management strategy for facilitating smart grid optimization,” *Applied Energy* 116, 297-310.

Yang, C. G., Shu, R. T., and Yang, G. K., 1991.

“Load management, determination for the optimal contract capacities,” *Load Management Part II*, Taiwan Power Company Internal Report, pp.105-122.

Weighting Analysis of Key Factors for Choosing Demand-Side Management Programs of Smart Meter Industrial Users

Jyh-Yih Hsu^{1*} Chun-Ju Lin²

ABSTRACT

Electricity demand-side management contributes to lower energy consumption and carbon emissions. In Taiwan, Taipower has implemented a series of demand-side management program since 1979. By the end of 2013, all 24,000 industrial users have installed advanced metering infrastructure (AMI) by Taipower. By doing so, there is a new milestone for those industrial electricity users to participate demand-side management program more actively. Given the above-mentioned background, this paper explores the weightings of key factors for the adoption of demand-side management programs pertaining to industrial electricity users with the smart meter. In order to achieve this objective, analytic hierarchy process (AHP) has been utilized and a market survey has been conducted for two different expert groups, i.e., the Taipower experts and the scholar experts. As a result, this study found that both Taipower experts and scholar experts regard “discounted electricity rates” as the most important factor for electricity demand-side management programs. Other major factors followed are: “indicator effect”, “length of time for reducing electric load”, “length of time notification in advance”, “the period for discounted electricity rate”, and “penalty for violating load reduction rules”.

Keywords: Smart Meter, Demand-Side Management (DSM), Analytic Hierarchy Process (AHP), Advanced Metering Infrastructure (AMI)

¹ Professor, Department of Management Information Systems and Applied Economics; Director, Center for Industrial Development Research, National Chung Hsing University

² Graduate student, Department of Management Information Systems, National Chung Hsing University

* Corresponding Author, Phone: +886-22857798, E-mail: hsu@nchu.edu.tw

Received Date: October 28, 2014

Revised Date: March 24, 2015

Accepted Date: April 17, 2015