

國立交通大學

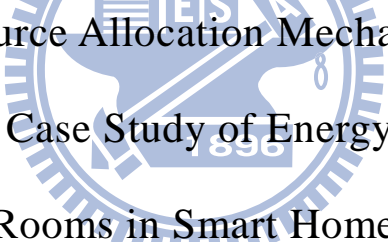
資訊管理研究所

碩士論文

一個能夠滿足群體需求的兩階段資源分配機制

---以智慧家庭房間電力分配為例

A Two-phase Resource Allocation Mechanism for Matching
Group Needs --- A Case Study of Energy Allocation among
Rooms in Smart Home



研究生：楊慕均

指導教授：羅濟群 博士

中華民國 壹 百 年 六 月

一個能夠滿足群體需求的兩階段資源分配機制---以智慧
家庭房間電力分配為例

A Two-phase Resource Allocation Mechanism for Matching Group
Needs--- A Case Study of Energy Allocation among Rooms in Smart
Home

研究生：楊慕均

Student : Mu-Jyun Yang

指導教授：羅濟群

Advisor : Dr. Chi-Chun Lo



A Thesis

Submitted to Institute of Information Management

College of Management

National Chiao Tung University

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master of Science

in

Information Management

June 2011

Hsinchu, Taiwan, the Republic of China

中華民國 壹 百 年 六 月

一個能夠滿足群體需求的兩階段資源分配機制---以智慧

家庭房間電力分配為例

研究生：楊慕均

指導教授：羅濟群 博士

國立交通大學資訊管理研究所

摘要

隨著無所不在的運算興起，環境狀態可以精確、即時的捕捉，加上人性對於便利生活的需求，人們開始關注如何利用情境資訊、察知人的需求，提供自動化服務協助日常活動，現代社會步調快速，大至國家、小至家庭，都有能因應使用者需求與環境變化，立即對握有的資源作出適切分配決策的需要，然而跨越多個目標群體的分配決策與協調工作繁雜，因此，本論文提出一個能滿足群體需求的兩階段資源分配機制作為解決方案，此機制具備快速的整合多個使用者意見、分析處理情境資訊、與快速對有限資源做出優化分配決策的能力。組成此機制的兩階段功能包含：第一階段以修改 Fuzzy TOPSIS 為方案評價機制，提出貼近群體利益的可接受方案集，結果顯示前五名評價方案中，鄰近排名方案平均效用差為+6.71%、平均認同差為+27.36%，此方法確實給予兼具群體效用與認同者較高的評價；第二階段是具情境感知且能快速達成整體利益優化的資源分配子機制，實驗結果顯示本論文之方法與 Akbar 等人的方法解價值差平均在+0.06%到+7.67%之間。智慧家庭案例模擬結果顯示，啟用兩階段資源分配機制犧牲了 5.40%的群體舒適評價為代價可以節省高達 19,48%的電費，能夠有效統籌運作家電，在綠能目標下達成整體成員舒適優化的效果。

關鍵字：模糊理想解類似度偏好順序評估法、多維度多重選擇背包問題、情境感知運算、智慧家庭

A Two-phase Resource Allocation Mechanism for Matching Group Needs---A Case Study of Energy Allocation among Rooms in Smart Home

Student: Mu-Jyun Yang

Advisor: Dr. Chi-Chun Lo

Institute of Information Management
Nation Chiao Tung University

Abstract

With the advent of technologies and the needs of convenient life, people began to focus on how to employ contextual information and provide automated services to support daily. How to coordinate across multiple group and make a good resource allocation is a complex problem. However, fast-paced modern society has made organizations of any size in search of such capability to utilize the resources fast and appropriately depending on changes in user needs or environment state. This thesis proposed a two-phase resource allocation mechanism as a solution. The first is an altered Fuzzy TOPSIS to evaluating alternatives for reaching consensus in each group. Simulation results present that for the top five alternatives the average utility difference to the next alternative in percent is +6.71%, the average approval difference to the next in percent is +27.36%. The second is a context-aware resource allocation process, mainly solving a MMKP. Simulation results show that the proposed algorithm performs average 0.05%~7.67% better than Akbar et al's method. In the smarthome scenario simulation, enabling the proposed mechanism with 24 NTD can save 19.48% cost but only lose 5.40% comfort evaluation for total users.

Key Words: Fuzzy TOPSIS, Multi-Dimensional Multiple-choice Knapsack Problem, Context-aware Computing, Smart Home

誌謝

首先要感謝指導教授羅濟群老師，在研究所的兩年生涯中，無論是平時待人處世，還是在論文寫作中嚴謹而不厭其煩的耳提面命與教誨，使我受益良多，衷心感謝老師的辛苦指導。此外也要感謝我的口試委員：游張松教授、楊亨利教授和劉敦仁教授，口試委員的犀利的建議與斧正，讓我的論文能夠更加的完整與嚴謹。

感謝實驗室的學長姊：鼎元、俊傑、志華、邦曄、斯寅學長和栩嘉學姊，不論是在課業、計畫或是論文研究中都給予我許多建議與幫助，並無私地傳承許多寶貴的經驗給我逐漸成長，讓我能應對在研究上遇到的困難並走向正途。另外還要感謝冠廷、光禹、哲豪、秉賢、孟儒、棉媛、芳儀與靜蓉，兩年來在學業上與生活上的點點滴滴都是美好的回憶。當然也少不了實驗室的學弟妹們，他們帶來各式各樣的歡樂氣氛，為碩二這一年焦躁的生活中添上了不同的色彩。

最後要感謝的是我的家人，感謝有你們在我背後無條件的付出與支持，讓我毫無後顧之憂，能全心全意的，在交大完成學業。沒有這些貴人們，也就沒有此文，由衷的感謝。

目錄

中文摘要.....	i
英文摘要.....	ii
致謝.....	iii
目錄.....	iv
表目錄.....	vi
圖目錄.....	vii
符號對照	viii
第一章緒論	1
1.1 研究背景與動機.....	1
1.2 研究目的與方法.....	2
1.3 章節規劃.....	2
第二章 文獻探討	3
2.1 情境感知運算(Context-aware Computing).....	3
2.2 群體決策.....	4
2.2.1 模糊理論簡介	4
2.2.2 模糊理想解類似度偏好順序評估法(Fuzzy Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution, Fuzzy TOPSIS).....	7
2.3 多維度多重選擇背包問題(Multi-Dimensional Multiple-choice Knapsack Problem, MMKP)	8
2.3.1 多維度多重選擇背包問題	8
2.3.2 以建立 Convex Hull 解決 MMKP.....	9
2.4 智慧家庭(Smart Home)	12
第三章系統方法與設計	14
3.1 問題定義.....	14
3.2 一個能夠滿足群體需求的兩階段資源分配機制.....	15
3.2.1 使用者資訊表示	16

3.2.1.1 使用者偏好.....	16
3.2.1.2 使用者準則偏重與使用者重要性.....	16
3.2.2 階段一：方案評價子機制.....	17
3.2.3 階段二：資源分配子機制.....	21
3.2.4 機制運作流程.....	25
3.3 小結.....	25
第四章模擬結果分析.....	27
4.1 模擬環境.....	27
4.1.1 模擬環境平台.....	27
4.1.2 模擬實驗說明與假設.....	29
4.1.2.1 子機制效能實驗.....	29
4.1.2.2 智慧家庭房間電力分配情境模擬.....	30
4.1.3 評估指標.....	30
4.2 子機制模擬實驗結果分析.....	31
4.2.1 方案評價子機制模擬結果分析.....	31
4.2.2 資源分配子機制模擬結果分析.....	35
4.3 智慧家庭房間電力分配模擬結果分析.....	38
4.4 小結.....	41
第五章結論.....	43
5.1 結論.....	43
5.2 未來發展.....	43
參考文獻.....	45
附錄一 C_HEU 演算法部分虛擬碼.....	49
附錄二 IF_HEU 演算法部分虛擬碼.....	51

表目錄

表 1 準則權重的語意變數.....	6
表 2 使用者權重的語意變數.....	6
表 3 實驗平台環境.....	27
表 4 資料庫表格定義.....	28
表 5 本研究提出的評價方法(proposed)選出的前五名方案(k=2 時).....	32
表 6 本研究提出的評價方法選出的前五名方案(k=5 時).....	33
表 7 本研究提出的評價方法選出的前五名方案(k=10 時).....	34
表 8 d=1 且 G=5(一維資源限制且群體數為 5)的 Uncorrelated 資料實驗結果.....	35
表 9 d=1 且 G=5 的 Correlated 資料實驗結果.....	35
表 10 d=3 且 G=5 的 Uncorrelated 資料實驗結果.....	36
表 11 d=3 且 G=5 的 Correlated 資料實驗結果.....	36
表 12 d=5 且 G=5 的 Uncorrelated 資料實驗結果.....	37
表 13 d=5 且 G=5 的 Correlated 資料實驗結果.....	37
表 14 啟用兩階段機制與否與不同電費限制的效果.....	39
表 15 啟用兩階段機制於不同電費預算下的損益比較.....	40
表 16 應用本論文提出的方法與[35]之方法於兩階段資機制的差異比較.....	41

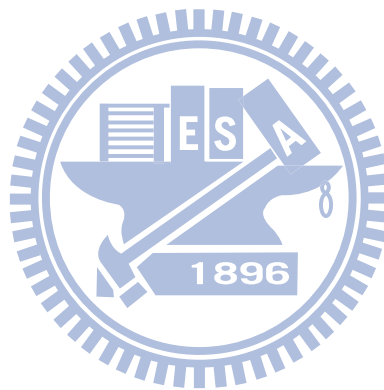
圖目錄

圖 1 三角模糊數的函數圖形.....	5
圖 2 兩個物件群組的形成的 convex hull.....	10
圖 3 整體機制運作流程.....	15
圖 4 第一階段：應用群體決策方法之方案評價機制.....	17
圖 5 群體資源分配機制.....	21
圖 6 C_HEU 的 efficient convex hull 邊界與 IF_HEU 的遞增邊界的比較.....	23
圖 7 兩階段資源分配機制的運作模式.....	25
圖 8 兩階段資源分配積之模擬架構.....	27
圖 9 $k=2$ (群組人數為 2 人時)，所有方案的 RCC 值.....	32
圖 10 $k=5$ ，所有方案的 RCC 值.....	33
圖 11 $k=10$ ，所有方案的 RCC 值.....	34
圖 12 平均執行時間比較圖，單位：秒.....	38
圖 13 啟用兩階段機制與否與不同電費限制的效果.....	39
圖 14 啟用兩階段機制於不同電費預算下的比較圖.....	40

符號對照

g	所屬群體編號
i	方案編號或物件編號
j	評估準則編號
t	使用者編號
D_{gt}	表示使用者，第 g 群體的第 t 個使用者
A_{gi}	表示方案，第 g 群體的第 t 個方案
$\mu_{\tilde{v}_{gjt}}(q_{gij})$	使用者 D_{gt} 對評估準則 C_j 的偏好隸屬函數， \tilde{v}_{gjt} 為一模糊數，表示 D_{gt} 對方案 A_{gi} 之 C_j 的偏好， q_{gij} 表示 A_{gi} 對於 C_j 的設置
C_j	表示準則，第 j 項評估準則
r_{gijt}	表示使用者 D_{gt} 對方案 A_{gi} 準則 C_j 的效用評分
R_{gt}	使用者的 D_{gt} 決策矩陣
w_{gt}, \tilde{w}_{gjt}	D_{gt} 對各評估準則的偏重資訊； D_{gt} 對 C_j 的偏重表示模糊數
p_{gt}	D_{gt} 的使用者重要性權重表示模糊數
AW_{gj}, W_{gj}	群體準則重要性的加總權重；群體準則重要性的比例權重
R_{gij}	方案 A_i 準則 C_j 之群體效用評分
R_g	基於方案準則群體效用評分的決策矩陣
r^*_{gijt}, R^*_{gij}	表示使用者 D_{gt} 對方案 A_{gi} 準則 C_j 的認同與否；方案 A_i 準則 C_j 之群體認同評分
R_g^*	基於方案準則群體認同評分的決策矩陣
$NCDM_g, NADM_g$	正規化 R_g 之決策矩陣；正規化 R_g^* 之決策矩陣
d_{gij}, app_{gij}	$NCDM_g$ 的 i 列 j 欄元素； $NADM_g$ 的 i 列 j 欄元素
$coef_{gj}, \theta_{gj}$	R_g 與 R_g^* 屬於 j 欄元素組成的數列的相關係數；群體 g 對於準則 C_j 之決策比例係數
CIS_g^+, CIS_g^-	基於群體效用平分的正理想解與負理想解
AIS_g^+, AIS_g^-	基於群體認同評分的正理想解與負理想解
$dist_{gi}^+, dist_{gi}^-$	A_{gi} 與正理想解的距離； A_{gi} 與負理想解的距離
RCC_{gi}	A_{gi} 的相對接近度係數
Acc_{gi}	指出是否為可接受方案
SAT_{gi}	A_{gi} 之綜合滿意度評價
$Cost_{gi}$	方案 A_{gi} 的估計成本或資源耗用
$context_g$	群體 g 方案應考量之情境資訊
v_{gi}	群體 g 之物件 i 的價值
x_{gi}	指出群體 g 之物件 i 是否被選擇
$\vec{r}_{S_{gi}}, \vec{RS}$	群體 g 物件 i 的資源需求向量；系統擁有的資源總量向量

q	penalty vector
c	表示哪一維度的資源
$rsum_c$	為所有群體物件第 c 維資源耗用的總和
Rs_c, Rs'_c	系統第 c 為資源的總量；為系統第 c 為資源剩餘可使用量
\vec{rs}_p	penalized 資源向量
rs^*	多元資源耗用向量轉換後所得之一維聚合資源耗用



第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

隨著科技的進步，資訊的傳遞迅速且隨處可得，且無所不在(ubiquitous)的運算與裝置的興起，不論是身邊還是遠處，環境狀態與變化越來越能夠被精確、即時的捕捉，加上人性對於便利生活的需求，隨之而來的便是情境感知運算(Context-Aware Computing)的蓬勃發展，人們開始關注如何利用科技搜集、分析情境資訊與人的需求和意圖，提供適當自動化服務協助日常活動或任務，各種情境感知運算之系統與應用如雨後春筍般被提出。

然而現代社會的步調快速，對於大至國家政府組織、小至家庭個人而言，都有能夠因應使用者利益與環境狀態的變化，立即對握有的資源或預算自動化的作出適切分配決策或建議的需求。舉例來說，節能概念的興起，許多家庭都在思考如何有效的管控水電支出，如何根據家庭成員的喜好與當下環境，統籌運用預算，提供所有房間的家電的設置或建議，盡可能滿足使用者需求；當較具規模之災難發生，當局如何快速的整合專家的評估，採取顧全大局的方案，分配有限的人力物力投入救災。然而上述跨越多個群體或多個資源分配對象的資源協調工作與分配決策是很繁雜的。

由上面提出的議題看來，可以歸納出幾個重點，第一是必須要能快速的整合多個使用者需求的能力、第二是必須要有分析處理情境資訊的能力與能夠快速對有限資源做出優化的分配決策。因此，必須有一套機制，能在動態的環境下，有效率的做出符合整體利益或整體使用者需求的資源分配決策或建議。

本論文利用智慧家庭房間電力分配來驗證機制方法，以往關於智慧建築、智慧家庭的研究中在使用者的舒適與節能兩方面各有偏重，且沒有統籌運作整體家庭家電的概念，應用本研究之機制於智慧家庭中可望在綠能目標下達成整體成員舒適優化的效果。

1.2 研究目的與方法

本研究旨在提出一個能滿足群體需求的兩階段資源分配機制作為上述議題之解決方案，為組織有限的資源有效率的做出符合整體利益的分配規劃。組成此機制的兩個階段功能包含：(1)對於個別群體之群體多目標決策機制，評估方案，提出屬於該特定群體貼近群體利益的可接受方案集；(2)具情境感知，有效率地達成組織整體利益優化的資源分配機制。

第一個階段的重點在於如何評價方案，如何衡量方案滿足使用者需求的程度，本研究提出的調整型模糊理想解類似度偏好順序評估法(Altered Fuzzy Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution Method, Altered Fuzzy TOPSIS)同時考量群體效用與投票式的群體認同兩種多數決為群體評價、篩選屬於該群體的可接受方案。第二階段在於如何在動態環境下作出符合整體利益的資源分配決策，利用情境資訊作待選方案資訊的調整，再以本研究提出的基於遞增邊界(frontier)的多維度多重選擇背包問題(Multiple-choice Knapsack Problem) 離散組合最佳化演算法，快速逼近整體最佳解(方案組合)。以此兩階段機制為組織有限的資源有效率的做出符合整體利益的分配規劃。

1.3 章節規劃

本論文的章節規劃如下：第一章為緒論，闡述研究背景與動機、目的與方法。第二章為文獻探討，介紹相關的研究議題與背景知識，包括情境感知運算、模糊式理想解類似度偏好順序評估調整法、多維度多重選擇背包問題的研究與概述智慧家庭研究發展現況。第三章將對本論文提出的一個能夠滿足群體需求的兩階段資源分配機制進行詳細說明。第四章為實驗結果與分析討論，包含應用於智慧家庭情境的案例模擬實驗。第五章為本論文之總結與簡述未來研究方向。

第二章 文獻探討

在本章節裡，主要介紹及說明本論文主題相關研究內容，本研究所提出之一個能夠滿足群體需求的兩段式資源分配機制中，其功能與機制的運作所需要用的概念與方法，包含：(1)情境感知運算、(2)模糊理想解類似度偏好順序評估法(Fuzzy Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution, Fuzzy TOPSIS)、(3)多維度多重選擇背包問題(Multi-Dimensional Multiple-choice Knapsack Problem, MMKP)與其演算法；接著就(4)智慧家庭(Smart Home)的發展現況與相關研究作探討。接下來的章節將就以上提出之研究背景知識與相關研究分別進行說明。

2.1 情境感知運算(Context-aware Computing)

情境(context)資訊即是任何可以用以描述實體的處境的資訊[9][34]，一個實體可能是任何在使用者與應用程式的互動中有關的人事時地物，舉例來說，在互動的時間點任何可取用的資訊如：空間資訊(地點、方向...)、時間資訊(幾點、幾分、年月日...)、環境資訊(溫度、光照、濕度...)、社交活動、附近資源等都是情境資訊[10][25]。

而由於無所不在的運算蓬勃發展，利用各種裝置對環境的監測，使得各種情境資訊可以被取得，因此對於情境資訊後續的分析、應用的情境感知運算便得以實現。[9]認為一個具情境感知能力的系統，便是能夠依據情境資訊與使用者的任務提供相關的資訊或服務給使用者。情境感知能力意即利用情境資訊的能力，系統必須有整合與萃取不同規格的情境資訊的能力，然後系統以其具備的智能詮釋情境資訊、判斷形勢、最後提供適應性的服務給使用者。[9]歸納出了情境感知系統的特色：對使用者的資訊與服務之呈現、服務執行的自動化、標籤化情境資訊供日後檢索。而相關應用陸續被提出，如[32][33][34]。

2.2 群體決策

群體決策是由一群決策者涉入的決策形式，如此可以納入更多人的意見、決策結果易為群體所接受、增加決策結果正當性。且決策問題日益複雜，結合眾人的意見、各領域的專家的想法所做出的群體決策，才能有效解決這些問題。群體決策方法以如何最佳化群體效用或時間與資源的使用率為目標，然而TOPSIS是一種求取準則效用妥協解的多目標決策方法，已被證明為是為最佳的多目標決策方法之一[28]。透過整合使用者意見的程序，TOPSIS亦用來處理群體決策問題，而為了處理非精確資訊，應用模糊理論之TOPSIS研究亦已被提出[18]，以下分別就模糊數與其Fuzzy TOPSIS程序作介紹。



2.2.1 模糊理論簡介

模糊集合理論(Fuzzy Set Theory)是1965年由Zadeh教授所提出[29]。人類的想法、表達現象的概念往往是模糊的，許多傳統量化方法無法處理這類問題，因而提出一種可以將模糊概念量化的方法，運用歸屬函數的概念表達不明確、不精確的模糊性質，以歸屬函數 $\mu_{\tilde{A}}(x)$ 判別元數於某集合A中之歸屬程度，此函數值須 $0 \leq \mu_{\tilde{A}}(x) \leq 1$ ，模糊理論以程度而非是與不是來判斷元素與集合的關係，改善傳統集合理論的缺失。

模糊數(Fuzzy Number)是由Dubois與Prade在1978[12]年所提出，常見的模糊數為梯形模糊數、三角形模糊數以及矩形模糊數，而其中三角模糊數具有建構容易與計算簡易的特性，因此本研究將以三角模糊數來做為計算的依據。而三角模糊數的定義如下：

定義.三角模糊數(Triangular Fuzzy Number)

若 $\tilde{A} = (L, M, U)$ 為一個三角模糊數其函數圖形如圖1，其隸屬函數可表示 $\mu_{\tilde{A}}(x)$ 為：

$$\mu_{\tilde{A}}(x) \begin{cases} \frac{x-L}{M-L}, & L \leq x \leq M \\ \frac{U-x}{U-M}, & M \leq x \leq U \\ 0 & , otherwise \end{cases} \quad (1)$$

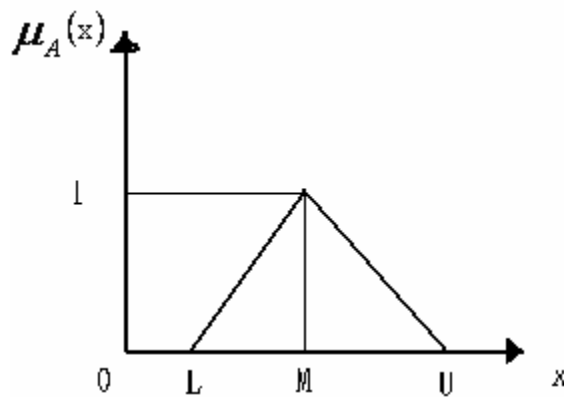


圖 1 三角模糊數的函數圖形

資料來源：「Fuzzy TOPSIS 模式在智慧型手機評選之應用」

語意變數[30]是利用人類語言中的言語詞彙方式表達人對事物、現象的觀感與程度的判斷，以處理那些模糊、定義不明確、無法用傳統量化方法描述的狀況[11]。應用上，藉由定義語意變數，依其所代表之感受程度，語意變數進一步形成一個有等級區分之語意尺度集合，例如：VERY LOW(VL)、LOW(L)、Medium(M)、HIGH(H)、VERY HIGH(VH)等等詞語來表達評估的好壞程度，接著利用對應語意變數之模糊數來估算出感受值。

隸屬度平均積分值法(graded mean integration representation)[1]是一種轉換模糊數為一個明確值(crisp number)的方法，可以減少模糊運算的複雜度，三角模糊數之隸屬度平均積分法定義如下：

定義 2. 隸屬度平均積分值法(graded mean integration representation)

令 $\tilde{A} = (a, b, c)$ 為一個三角形模糊數，此 \tilde{A} 的隸屬度平均積分值法的定義為：

$$P(\tilde{A}) = \frac{1}{6}(a + 4b + c) \quad (2)$$

將語意變數的概念將應用再方案評選的過程中，使用者以語意變數表示自己的意見，包含對方案的觀感與準則的偏重，接著應用隸屬度平均積分值法(計算方法如 equation (2))來取得明確值以簡化後續運算過程[7]。本研究將依此方式，表示使用者在方案評選中的準則偏重與使用者的重要程度。表 1、表 2 分別為表達準則重要性、使用者重要性的語意變數、模糊數與其換算後所得之隸屬度平均積分值。

表 1 準則權重的語意變數

Importance weight of each criterion		
Linguistic variable	Fuzzy number	Graded mean integration representation
Very low(VL)	(0.0,0.1,0.3)	0.1167
Low(L)	(0.1,0.3,0.5)	0.3000
Medium(M)	(0.3,0.5,0.7)	0.5000
High(H)	(0.5,0.7,0.9)	0.7000
Very high(VH)	(0.7,0.9,1.0)	0.8833

表 2 使用者權重的語意變數

Importance weight of each user		
Linguistic variable	Fuzzy number	Graded mean integration representation
Very low(VL)	(0.0,0.1,0.3)	0.1167
Low(L)	(0.1,0.3,0.5)	0.3000
Medium(M)	(0.3,0.5,0.7)	0.5000
High(H)	(0.5,0.7,0.9)	0.7000
Very high(VH)	(0.7,0.9,1.0)	0.8833

2.2.2 Fuzzy TOPSIS

TOPSIS 是一種多準則決策(Multiple Criteria Decision Making, MCDM)方法，由 C.L. Hwang 和 K. Yoon 於 1981 年在其著作“Multiple Attribute Decision: Making Methods and Applications, A State-of-the-Art Survey”中提出。TOPSIS 是根據方案與正理想解(最佳方案)、負理想解(最差方案)的相對距離來評斷方案優劣的方法，正理想解為從所有方案中找到之各準則最佳值，組合而成的理想方案，反之為負理想解評價最高的方案，即是綜合評估距離正理想解最近、距離負理想解最遠的方案。[18]於網路服務的選取與[35]於提供智慧家庭服務中為因應處理不明確資訊的需求，所提出的 Fuzzy TOPSIS 的步驟包含有：

Step1. 整合以三角模糊數表示的使用者的方案評分與使用者準則偏重為決策矩陣(Decision Matrix)

Step2. 將決策矩陣建立成正規化決策矩陣(Normalized Decision Matrix)。

Step3. 建立權重標準化矩陣(Normalized Weighted Decision Matrix)。

Step4. 找出正理想解 A^+ 和負理想解 A^- 。

Step5. 以 Minkowski Distance[19]度量各方案與正理想解的距離 d_i^+ ，以及負理解的距離 d_i^- 。

Step6. 計算各方案與理想解的相對接近係數(Relative Closeness Coefficient, RCC)。
依照各方案的相對接近係數(RCC)排序。

其中在計算與理想解距離的方法中，原始 TOPSIS 是使用 Euclidean Distance，會使得準則權重的效用過於強勢，可能導致結果背離使用者的實際考量，此問題可以 Minkowski Distance， L_p^w 來克服，如下：

$$L_p^w(x, y) = \left[\sum_{j=1}^n W_j |x_j - y_j|^p \right]^{1/p} \quad (3)$$

w_j 為第 j 項準則權重的重要性，且 $p \geq 1$ ，當 $p=2$ 時， L_p^w 即為 weighted Euclidean Distance，[18][35] 提出以 weighted Euclidean Distance 取代原始 TOPSIS 採用之 Euclidean Distance，以降低準則權重的效用。

TOPSIS 法一如傳統群體決策法，以加權平均的方式，將不同的決策者的意見整合，取平均值代表群體共同決策的意見。這種對準則權重與效用加權平均的方式，一則視所有決策者皆為平等，無法體現不同個體在群體中的地位與重要性的資訊，遭致不同地位之個體是否可以將其效用平均的爭議[36]；二則如同大多數群體決策法以加權平均的方式僅單純整合以效用為基礎的意見，則可能在少部分決策者高效用區集中的情形下使得其他決策者的意見被排除，因此傳統群體決策方法以加權平均意見或以如投票表決的多數決法則存在爭議。

2.3 多維度多重選擇背包問題(Multi-Dimensional Multiple-choice Knapsack Problem, MMKP)

首先對多維度多重選擇背包問題(MMKP)與相關研究作介紹，接著對 Akbar 於 2006 年提出適用於有快速回應需求作資源分配之多媒體存取控制系統中之 MMKP 啟發式演算法[2]作說明。

2.3.1 多維度多重選擇背包問題

多維度多重選擇背包問題是 0-1 背包問題(0-1KP) [8]的變形，一個 MMKP 中，有 G 個物件群組，群組 g 有 l_g 個物件，每個物件有價值與 d 個維度的資源需求。MMKP 的目標是從每個物件群組中選取一個物件，在 d 個維度的資源限制下，最大化選取物件的價值總和。MMKP 的數學表示如下：令 v_{gi} 為群體 g 之物件 i 的價值、 $\vec{rS}_{gi} = (rS_{gi1}, rS_{gi2}, \dots, rS_{gid})$ 為群體 g 物件 i 的資源需求向量、 $\vec{RS} = (RS_1, RS_2, \dots, RS_d)$ 為系統擁有的資源總量向量，即為 MMKP 之資源限制，

如此，MMKP 即為：

$$\begin{aligned} \text{maximize Value} &= \sum_{g=1}^G \sum_{i=1}^{l_g} x_{gi} v_{gi} \text{ (objective function)} \\ \text{subject to} & \sum_{g=1}^G \sum_{i=1}^{l_g} x_{gi} r_{s_{gic}} \leq RS_c \text{ (resource constraints)} \end{aligned}$$

其中 Value 為解的價值， $v=1,2,3\dots m$ ， $x_{gi} \in [0,1]$ 用以指出群體 g 之物件 i 是否被選擇，且 $\sum_{i=1}^{l_g} x_{gi} = 1$ 。

目前在MMKP的研究中分為兩大群，一群為確切解的演算法，另一群為以啟發式演算法求取近似解。在尋找MMKP確切解是一個NP-hard的問題，此類研究中，以線性規劃分枝定界法(Branch and Bound with Linear Programming, BBLP)為主，[14]已提出解決了MMKP的確切演算法。即使MMKP的解搜尋空間與其他各類型之KP相比較小，但由於問題的複雜度，確切演算法依然不適合用來處理對時間較為敏感的實務應用問題上[2]，[1]實驗結果顯示了BBLP式演算法的時間需求。另一群的研究方向為以啟發式演算法發現MMKP的近似最佳解，[14]提出HEU啟發式演算法即以轉換多維資源消耗為一維的概念[27]選取物件更新來解決MMKP；M-HEU[15]提出兩段式處理，先找尋可行解，接著對現有解加以改善解決MMKP；Moser's [21]是基於Lagrange multipliers啟發式方法解決MMKP；Akbar等人於2006年提出C-HEU[2]應用了新概念，從物件的資源消耗與價值所建立的二維散佈圖，以位在efficient convex hulls frontier[8][16]的物件為搜尋空間的方法，具高效率且與同等複雜度的方法相比有更佳的最佳化率，適合用於即時資源分配系統之中，以下將作詳細說明。

2.3.2 以建立 Convex Hull 解決 MMKP

C_HEU是一種尋找MMKP近似解的啟發式演算法，採用了efficient convex hull frontier的概念，縮小解搜尋空間。物件的價值為y軸，透過penalty vector設置與

轉換公式[16]將多維資源耗用轉換為一維資源耗用作為x軸，penalty vector的設置與轉換公式如下：

設資源有d維，令 $q = (q_1, q_2, \dots, q_d)$ 為penalty vector， $\vec{rs}_i = (rs_{i1}, rs_{i2}, \dots, rs_{id})$ 為物件資源耗用向量，penalty vector的初始化如下：

$$q_k = \left(\frac{rsum_c}{Rs_c} \right) + 1 \quad (4)$$

$rsum_c$ 為所有群體物件第c維資源耗用的總和， Rs_c 為系統第c為資源的總量。

每一輪求解運算後penalty向量的調整算式如下：

$$q_c = \frac{Rs_c}{Rs'_c + Rs_c} \times q_c + 1 \quad (5)$$

Rs'_c 為系統第c為資源剩餘可使用量。

penalized資源向量為 $\vec{rs}_p = (rs_1q_1, rs_2q_2, \dots, rs_mq_m)$

多維資源耗用轉換為一維資源耗用轉換：

$$rs^* = \|\vec{rs}_p\| \quad (6)$$

本研究也將採用上述之penalty向量設置與轉換公式。

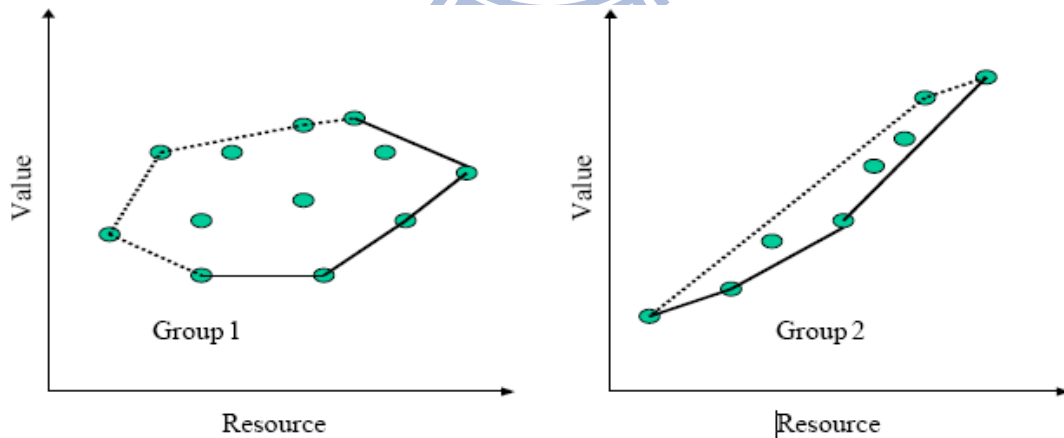


圖 2 兩個物件群組的形成的convex hull

資料來源：“Solving the Multidimensional Multiple-choice Knapsack Problem by Constructing Convex Hulls” [2]

因此，同物件群組的物件可以依價值與物件形成一個二維空間的分佈，各物件群組各別建立convex hull，將所位於efficient convex hull frontier上的線段(segment)集合起來，以線段與x軸的夾角由大而小進行排序，並且以此順序開始作解的替換式搜尋，圖2即為兩個物件群組的物件的二維空間分佈，虛線的線段為efficient convex hull frontier。以下為C_HEU的流程，虛擬碼詳見附錄一。

Step1. 取各群體中最小價值的物件為初始解，若為可行解則記下已發現可行解

Step2. 初始化penalty vector

Step3. 計算目前解的價值

Step4. 對與各物件群體作多維資源耗用轉換為一維資源耗用、取出各物件群體中位於efficient convex hull frontier的線段

Step5. 依線段與x軸的夾角由大而小排序Step4.所取得之所有線段

Step6. 依序對於各線段上的物件作解的替換，嘗試發現另一組解

Step7. 若新的解價值小於舊有解則回復為舊有解，調整penalty vector

Step8. 回到Step4.直到做完三輪

Step9. 若目前解不可行，則沒有發現解；若可行則目前解為最終解

效能上，C-HEU的複雜度為 $O(nlm + nl \lg l + nl \lg n)$ ，其最佳化率落在88%與98%之間，相較於平方複雜度的啟發式演算法，有更高的規模伸縮性，在資源消耗與價值無關的資料集(uncorrelated)中，C_HEU的最佳化率甚至高於部分平方複雜度方法，因此C_HEU適合用於需要快速回應且服務等級與資源需求不成正比的資源分配系統中[2]。由於efficient convex hull frontier的概念，過度縮小解搜尋空間，如圖2(b)遺棄了部分再多一些資源便能選取且價值更高的物件，導致資源無法充分利用取得更佳的解，本研究將C_HEU為基礎提出搜尋空間的改良，作為資源分配子機制。

2.4 智慧家庭(Smart Home)

智慧家庭概念起於1970年代的家庭自動化(Home Automation)技術，科技環境上的不成熟使得相關技術並不被看好，被認為無法改善人類的生活，帶來效益。直到1990年代，隨著科技進步，智慧家庭的概念[3][4][20]逐漸在歐洲受到關注與發展，智慧家庭的目標不僅僅是單純地控制家電，而是如何聰明的運回家電協助日常的工作。因此如何利用情境資訊提供適應性服務成為智慧家庭重要的課題。智慧家庭是整合感測器、無線網路、無所不在的裝置並藉由背後的提供智能的運算單元指揮調控，使居家環境貼近使用者需求，感到更舒適。[24]由多個不同領域面像探討了家庭的概念與辦公室、普通房子的差異，Dey與Zimmerman認為房子不過是一個可供人住的地方，而家庭是一個人可以得到照顧的地方，因此使用者的資訊扮演了很重要的角色。

目前智慧家庭環境的研究與應用，原先以照顧居民、提供使用者舒適的生活的角度出發，如[5][17]討論了多使用者偏好模型的建立以此作提供智慧居家服務、[6][34]提出如何以貝式網路動態的學習多人偏好並提供情境感知的服務，[35]則以群體決策的方法提供最適群體的智慧家庭服務。而近年人類預期能源危機的到來，綠能意識抬頭，有許多相關研究提出，如[13]提出能源感知的智慧家庭，掌握家庭用電情況，[32]提出了一套情境感知耗能分析節能系統給使用者節能建議，[26]則以模糊控制調控家電的運作以達省電目的。在系統開發與架構方面亦有許多研究已被提出，如[37]提出了智慧家庭服務的應用程式框架以加速開發流程與彈性、[35]則討論了服務導向架構的智慧家庭網路、[22]則基於Device Profile與網路服務提出Peer-to-peer式的智慧家庭網路架構。

綜觀目前關於智慧家庭的研究，並沒有統籌整個家庭運作的概念，是以特定機制在一個空間下滿足使用者需求，提供舒適的服務或達成節能目標，而非以整個家庭為單位，一併協同運作，因此本研究將提出一套兩階段機制，可以協助家庭，聰明的統籌運用資源，在預定的節能目標下，分配有限的電力預算，盡可能

滿足整個家庭的使用者的需求。



第三章 一個能夠滿足群體需求的兩階段資源分配機制

3.1 問題定義

本論文欲解決之問題可以分解成兩個部分：第一是必須要能快速的整合多個使用者需求的能力；第二是必須要有分析處理情境資訊的能力與快速對有限資源做出優化的分配決策。第一部分可以視為一個群體決策的過程，針對個別群體進行使用者意見的整合，一個群體中有多個方案與多個使用者，每個方案有多項對應評估準則的屬性，各使用者有對應評估準則的偏好與偏重，利用群體決策的方法將個別使用者對各方案之各項準則的評價整合成為群體評價，最後導引出各方案的群體評價作為後續選擇方案作資源分配的依據，為了使擁有高效用與較多使用者認同的方案有較高的評價，因此必須加入使用者認同與否的考量。第二部分的工作是從各群體取得其方案集後，考量當前情境因素後與資源限制，各從中挑選一個方案實行，即各群體之方案集可視為多個物件群體，在限制下從每個物件群體選出一個物件，因此可以視為一個求解多維度多重選擇背包問題的過程。因此，必須有一套解決方案，能在動態環境下利用情境資訊，有效率的做出符合整體利益或整體使用者需求的資源分配決策或建議，以下將對本論文所提出之兩階段資源分配機制作詳細說明。

3.2 一個能夠滿足群體需求的兩階段資源分配機制

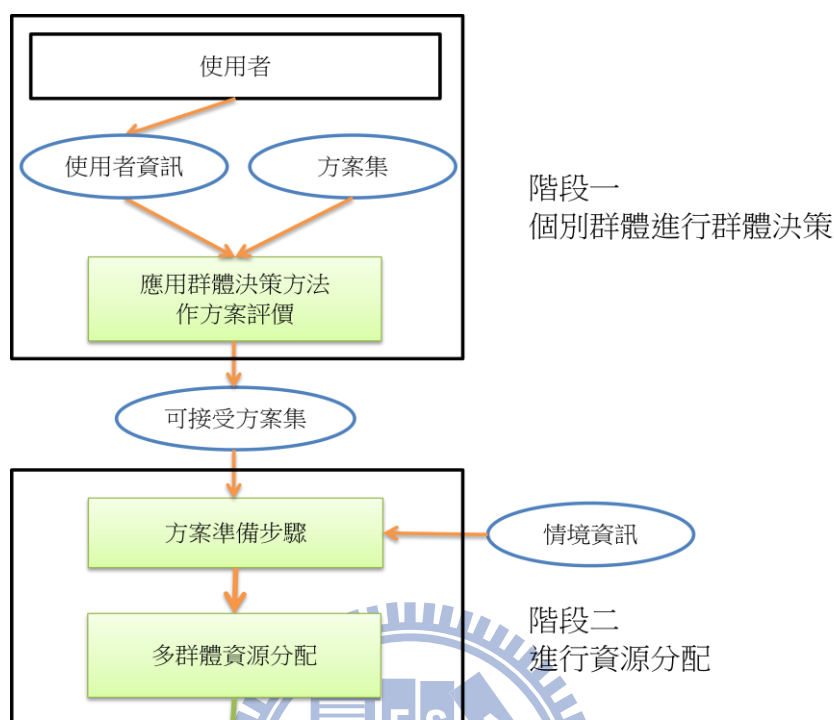


圖 3 整體機制運作流程

本文所提出之機制分為兩階段(圖 3)，第一階段為應用群體決策方法之方案評價機制(圖 3 階段一)，使用者資訊包含了使用者偏好、使用者重要性，方案集為待該群體評價之所有方案，本階段考量了不同使用者個體之重要性差異並依其偏好建構另一項以個體認同為基礎的衡量指標，利用群體決策方法評價方案，篩選方案為可接受方案集，為下一階段提供輸入；第二階段為一個多群體資源分配最佳化機制(圖 3 階段二)，分為兩個步驟：首先為準備步驟，這是一個預先處理性質的步驟，依據各群體所處之環境所收集到之情境資訊，特別是指會影響到方案屬性之情境資訊，輔以合適的估算公式，針對各群體所提出之備選方案集，準備下一步驟處理所需要的資訊，例如方案成本的估算；其次為多群體資源分配步驟，同時為多個群體作方案選擇，利用一個發現 MMKP 問題近似解的演算法快速有效的取得一組高品質的解作為所有群體的資源配置規劃。接下來的段落主要就此機制所使用之(1)機制運作流程、(2)使用者資訊表示、(3)方案評價子機制、(4)資源分配子機制，分別敘述如下。

3.2.1 使用者資訊表示

3.2.1.1 使用者偏好

本研究基於[11]所提出之表示方法，假設群體 g 中有 k 個使用者($D_{g1}, D_{g2}, D_{g3} \dots D_{gk}$)，共同對 m 個方案($A_{g1}, A_{g2}, A_{g3} \dots A_{gm}$)作評價，其中每個方案有 n 項準則($C_1, C_2, C_3 \dots C_n$)。

$$R_{gt} = \begin{matrix} & C_{g1} & C_{g2} & \dots & C_{gn} \\ A_{g1} & r_{g11t} & r_{g12t} & \dots & r_{g1nt} \\ A_{g2} & r_{g21t} & r_{g22t} & \dots & r_{g2nt} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{gm} & r_{gm1t} & r_{gm2t} & \dots & r_{gmnt} \end{matrix}$$

使用者 D_{gt} 的決策矩陣 R_{gt} 本研究以使用者 D_{gt} 之偏好函數(preference member function)計算建立。基於適用性與方便性，使用三角形模糊數表示使用者偏好：

$$\tilde{v}_{gjt} = (v_{gjt1}, v_{gjt2}, v_{gjt3}), j = 1, 2 \dots n; t = 1, 2 \dots k$$

\tilde{v}_{gjt} 為一模糊數，表示使用者 D_{gt} 對方案 A_{gi} 其中一項準則 C_j 的偏好， r_{gijt} 計算如下：

$$r_{gijt} = \mu_{\tilde{v}_{gjt}}(q_{gij}), 0 \leq \mu_{\tilde{v}_{gjt}}(q_{gij}) \leq 1 \quad (7)$$

方案 A_{gi} 對應準則 C_j 的設置 q_{gij} 所能提供給使用者 D_{gt} 的效用為 r_{gijt} ，本研究以使用者 D_{gt} 對準則 C_j 的偏好隸屬函數 $\mu_{\tilde{v}_{gjt}}(q_{gij})$ 評估，計算如 equation (1)定義。

3.2.1.2 使用者準則偏重與使用者重要性

本研究基於[11]所提出之表示方法，每個使用者必須提出自己的決策偏好與其對各準則的重視程度。因此，我們可以分別得到使用者 D_{gt} 對各準則的偏重資訊 w_{gt} ， $t = 1, 2 \dots k$ ，與決策矩陣(decision matrix) R_{gt} ， $t = 1, 2 \dots k$ 。

$$w_{gt} = (\tilde{w}_{g1t}, \tilde{w}_{g2t}, \tilde{w}_{g3t} \dots \tilde{w}_{gnt})$$

使用者 D_{gt} 主觀給予準則 C_j 的重要性權重 \tilde{w}_{gjt} ，以語意變數(linguistic variable)

表示， $weight\ set = \{VL, L, M, H, VH\}$ 。 \tilde{w}_{gjt} 亦可以表示成一個模糊數如下：

$$\tilde{w}_{gjt} = (w_{gjt1}, w_{gjt2}, w_{gjt3}), j = 1, 2 \dots n; t = 1, 2 \dots k$$

每個使用者因其身分地位的不同，都有預先指定的重要性權重，使用者 D_{gt} 的重要性權重 p_{gt} 表示法以語意變數(linguistic variable)表示， $weight\ set = \{VL, L, M, H, VH\}$ 。 p_{gt} 亦可以表示成一個模糊數如下：

$$p_{gt} = (p_{gt1}, p_{gt2}, p_{gt3}), t = 1, 2 \dots k$$

3.2.2 階段一：方案評價子機制

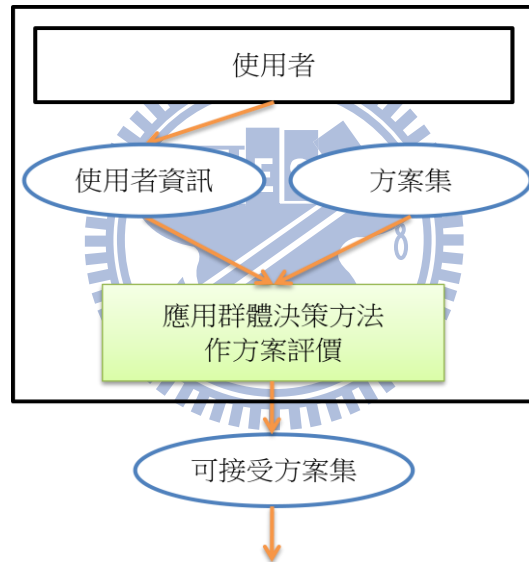


圖 4 第一階段：應用群體決策方法之方案評價機制

本階段為一應用群體決策方法之方案評價機制(圖)，本論文基於[18][35]提出之 Fuzzy TOPSIS 方法為基礎並加以修改，考量了不同使用者個體之重要性差異並依其偏好建構另一項以個體認同為基礎的衡量指標，連同原先以效用分數為基礎的衡量指標，以兩種指標共同評價方案，篩選可接受方案為可接受方案集，為下一階段提供輸入，步驟如圖 3-3 所示，詳細流程分述如下：

Step1. 整合準則重要性權重，將本群體中所有使用者賦予各項準則之重要性權重

進行整合，計算群體準則重要性的比例權重 W_{gj} 。

$$AW_{gj} = \sum_{t=1}^k \tilde{w}'_{gjt} \times p'_{gt} \quad (8)$$

AW_{gj} 是該群體對於準則的 C_j 的準則重要性以決策者個體權重加權總和。 \tilde{w}'_{gjt} 與 p'_{gt} 分別是由 \tilde{w}_{gjt} 與 p_{gt} 的隸屬度平均積分值法(定義如equation (2))取得之權重值。

$$W_{gj} = \frac{AW_{gj}}{\sum_{j=1}^n AW_{gj}} \quad (9)$$

W_{gj} 是該群體對於準則 C_j 經由整合運算後取得之群體準則重要性比例權重。

Step2. 整合方案評分，建立基於準則效用評分的決策矩陣 R_g ，將群體 g 中所有使用者對於方案各項準則的個別評分進行整合運算為群體效用評分 R_{ij} ，計算如下：

$$R_g = \begin{matrix} & \begin{matrix} C_1 & C_2 & \dots & C_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} A_{g1} \\ A_{g2} \\ \vdots \\ A_{gm} \end{matrix} & \begin{bmatrix} R_{g11} & R_{g12} & \dots & R_{g1n} \\ R_{g21} & R_{g22} & \dots & R_{g2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ R_{gm1} & R_{gm2} & \dots & R_{gmn} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

$$R_{gij} = \frac{\sum_{t=1}^k r_{gijt} \times p'_{gt}}{\sum_{t=1}^k p'_{gt}} \quad (10)$$

R_{gij} 是該群體經由整合個別使用者的以自身權重加權後之偏好意見，取得基於方案準則效用評分的方案 A_i 準則 C_j 之群體效用評分。

Step3. 建立基於使用者認同與否的決策矩陣 R^* 。

r^*_{gijt} 表示從準則 C_j 的角度考量使用者 D_{gt} 是否認同方案 A_{gi} ，若方案 A_{gi} 對應準則 C_j 的設置 q_{gij} 落於使用者 D_{gt} 對準則 C_j 的偏好範圍內，則使用者 D_{gt} 認同此方案 A_{gi} 對應準則 C_j 的設置 q_{gij} ， r^*_{gijt} 為1；若不認同 r^*_{gijt} 為0。

$$r^*_{gijt} = \begin{cases} 1, & \text{if } v_{gjt1} \leq q_{gij} \leq v_{gjt4} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (11)$$

並以各使用者 D_{gt} 之使用者權重 p_{gt} 加權取得贊同者平均權重 R^*_{gij} ，建立群體 g 的加權贊同矩陣，計算如下：

$$R_g^* = \begin{matrix} A_{g1} \\ A_{g2} \\ \vdots \\ A_{gm} \end{matrix} \begin{bmatrix} C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ R_{g11}^* & R_{g12}^* & \dots & R_{g1n}^* \\ R_{g21}^* & R_{g22}^* & \dots & R_{g2n}^* \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ R_{gm1}^* & R_{gm2}^* & \dots & R_{gmn}^* \end{bmatrix}$$

$$R_{gij}^* = \frac{\sum_{t=1}^k r_{gijt}^* \times p'_{gt}}{\sum_{t=1}^k p'_{gt}} \quad (12)$$

R_{gij}^* 是該群體經由整合個別使用者以自身權重加權後之認同與否意見，取得基於方案準則認同與否的對於方案 A_i 準則 C_j 之群體認同評分。

Step4. 正規化 R_g 取得正規化矩陣 $NCDM_g$ 、正規化 R_g^* 與取得正規化決策矩陣 $NADM_g$ 。

$$NCDM_g = [d_{gij}]_{m \times n}$$

$$d_{gij} = \frac{R_{gij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^k (R_{gij})^2}} \quad (13)$$

$$NADM_g = [app_{gij}]_{m \times n}$$

$$app_{gij} = \frac{R_{gij}^*}{\sqrt{\sum_{i=1}^k (R_{gij}^*)^2}} \quad (14)$$

Step5. 計算 R_g 、 R_g^* 所有同列元素的相關係數，決定決策比例係數 θ_j 。計算兩矩陣同列元素(屬於準則 C_j)之相關係數 $coef_{gj}$ ，發現 R_g 與 R_g^* 兩個矩陣同列之數值的關係，並依此作為兩種衡量指標計算之決策比例依據。

$$\theta_{gj} = \begin{cases} coef_{gj}, & \text{if } 0.5 \leq coef_{gj} \\ 0.5, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (15)$$

本研究利用對應準則之 $coef_{gj}$ 以調整兩種多數決原則概念之決策比例 θ_{gj} ，若兩數列相關性越高，表示基於方案準則效用的多數決越能傳達類似於舉手表決、人數多數決之方案準則認同多數決的資訊，且準則效用的比較資訊更為細緻，所以當準則效用越具代表性時其決策比例越高。因此 $coef_{gj}$ 越高，準則效用多數決所佔之決策比重越高，若兩數列呈現相關度不高($coef_{gj}$ 小於0.5)時，兩種多數決原則之衡量指標將採對等考量的方式；因此兩數列相關性越強，則方案準則效用的多數決原則所佔比例越大。

稍後將以決策比例為基礎來評價方案，我們可以使得擁有帶來群體高度效用與高度認同之方案取得高評價，並且再帶來相同效用的方案中，依使用者認同的差異分別出方案優劣。

Step6.分別計算基於兩種衡量指標的正理想解(PIS)與負理想解(NIS)。

計算基於方案準則偏好評分之正理想解(CIS_g^+)與負理想解(CIS_g^-), i 為方案集合的索引, j 為準則集合的索引, 計算如下:

$$CIS_g^+ = \{d_{g1}^+, d_{g2}^+ \dots d_{gn}^+\} = \{\max_{i \in I} d_{gij} \mid j \in J\} \quad (16)$$

$$CIS_g^- = \{d_{g1}^-, d_{g2}^- \dots d_{gn}^-\} = \{\min_{i \in I} d_{gij} \mid j \in J\} \quad (17)$$

計算基於方案準則認同之正理想解(AIS_g^+)與負理想解(AIS_g^-), i 為方案集合的索引, j 為準則集合的索引, 計算如下:

$$AIS_g^+ = \{app_{g1}^+, app_{g2}^+ \dots app_{gn}^+\} = \{\max_{i \in I} app_{gij} \mid j \in J\} \quad (18)$$

$$AIS_g^- = \{app_{g1}^-, app_{g2}^- \dots app_{gn}^-\} = \{\min_{i \in I} app_{gij} \mid j \in J\} \quad (19)$$

Step7.測量各方案與 PIS、NIS 的距離。

利用先前(step.6)取得之決定對於準則 C_j 的兩衡量指標決策比例係數 θ_{gj} , 決定兩種衡量指標所佔之決策比重, 加總兩指標與理想解之距離, 依此方法分別計算各方案與 PIS、NIS 的距離。

$$dist_{gi}^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n W_{gj} \left(\theta_{gj} (d_{gij} - d_{gj}^+)^2 + (1 - \theta_{gj}) (app_{gij} - app_{gj}^+)^2 \right)} \quad (20)$$

$$dist_{gi}^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n W_{gj} \left(\theta_{gj} (d_{gij} - d_{gj}^-)^2 + (1 - \theta_{gj}) (app_{gij} - app_{gj}^-)^2 \right)} \quad (21)$$

Step8.計算方案的相對接近度係數 RCC_{gi} (relative closeness coefficient) 並依排序所在位置決定是否為可接受方案。

$$RCC_{gi} = \frac{dist_{gi}^-}{dist_{gi}^+ + dist_{gi}^-} \quad (22)$$

可接受方案指標 Acc_{gi} 如下:

$$Acc_{gi} = \begin{cases} 0, & \text{if } RCC_{gi} \text{ 排序不在前 } \partial\% \\ 1, & \text{if } RCC_{gi} \text{ 排序在前 } \partial\% \end{cases} \quad (23)$$

$$0\% < \partial\% \leq 100\%$$

Step9.以群體成員權重加權，計算各方案之綜合滿意度評價 SAT_{gi} 。

將每個方案 A_{gi} 的相對接近係數 RCC_{gi} 以群體之總成員權重加權，為此方案 A_{gi} 之綜合評價：

$$SAT_{gi} = RCC_{gi} \times \sum_{t=1}^k p'_{gt} \quad (24)$$

有別於 RCC_{gi} 為方案 A_{gi} 於個別群體之決策過程所使用的方案評價， SAT_{gi} 為 RCC_{gi} 利用該群體成員權重加權之方案評價，用於下一階段的多群體組合最佳化之跨團體比較，具有不同總群體權重的群體提出具有相同 RCC 之方案時，同樣 RCC 的方案可以帶給權重較大之群體的效應理應比權重較小之群體多，因此應有較高的評價，因此利用群體權重加權才能夠反映出方案 A_{gi} 所帶來之實質效用。所以總群體權重越大之群體其方案之加權效果越高，如此之方案評價才能適用於第二階段作跨群體的比較，且取得較為合理之結果。

3.2.3 階段二：資源分配子機制

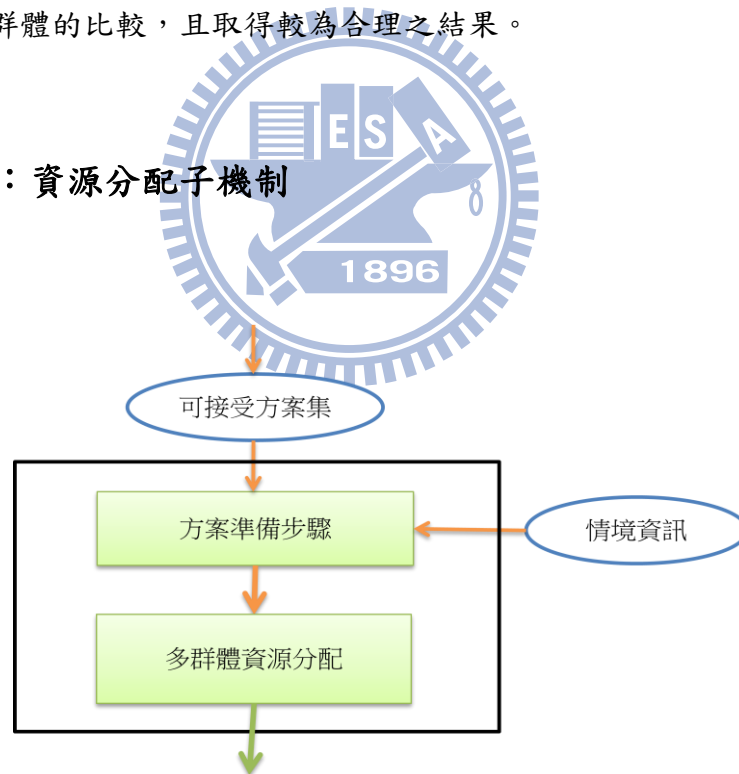


圖 5 群體資源分配機制

第二階段為一個多群體資源分配機制(圖 5)，分為兩個步驟：首先是一個預先處理性質的準備步驟，依據各群體所處之環境所收集到之情境資訊，特別是指

會影響到方案屬性之情境資訊，輔以合適的估算公式，估計與調整各群體所提出之方案集在資源分配運算時所需要的資訊，本研究以利用情境資訊估算方案成本為本步驟之主要功能；其次，第二步驟為多群體方案選擇步驟，在各群體蒐集到之可接受方案集中，應用一個發現 MMKP 問題近似解的演算法，在資源限制下，快速有效的取得一組高品質的解，即為各群體選擇方案，作為所有群體的資源配置規劃。分述如下：

Step1. 利用情境資訊準備方案資訊

利用蒐集到的背景情境資訊，視應用領域，使用適當的公式或以合適的資料來源，估計或修正各群體提出之可接受方案集的資訊，本研究因應研究案例提出成本估算功能，表示如下。

$$Cost_{gi} = CE(A_{gi}, context_g) \quad (25)$$

$Cost_{gi}$ 為方案 A_{gi} 的估計成本或資源耗用，由於方案實行的成本通常與當前環境息息相關，因此本研究利用該群體之當前背景資訊 $context_g$ 與方案 A_{gi} 之內容為參數輔以因應應用領域之適當設計的函數 $CE(A_{gi}, context_g)$ 進行運算

Step2. 有效率的進行多群體資源分配，為所有群體選取方案

此步驟目的為提供一個快速且能夠將資源作最佳化的配置的程序，因此必須在個群體提出之可接受方案集，依其提供之效用評價與資源耗用資訊，在各群體之方案集中分別選擇一個方案實行，即分配資源，在短時間內為多個空間群體在資源限制下作高效用的資源分配。一般情況下，決策組織所要分配的資源其維度(種類)並非只有一維，而待選取之方案所需要耗用的資源也並非只有一維，因此本步驟可以視為求解 MMKP 的程序，在多組方案集中，在多維資源限制下，分別選取一個方案，以最大化所有選取方案之價值總和為目標。本多群體資源分配機制使用之方法係改良自 C_HEU[2] 之啟發式演算法。

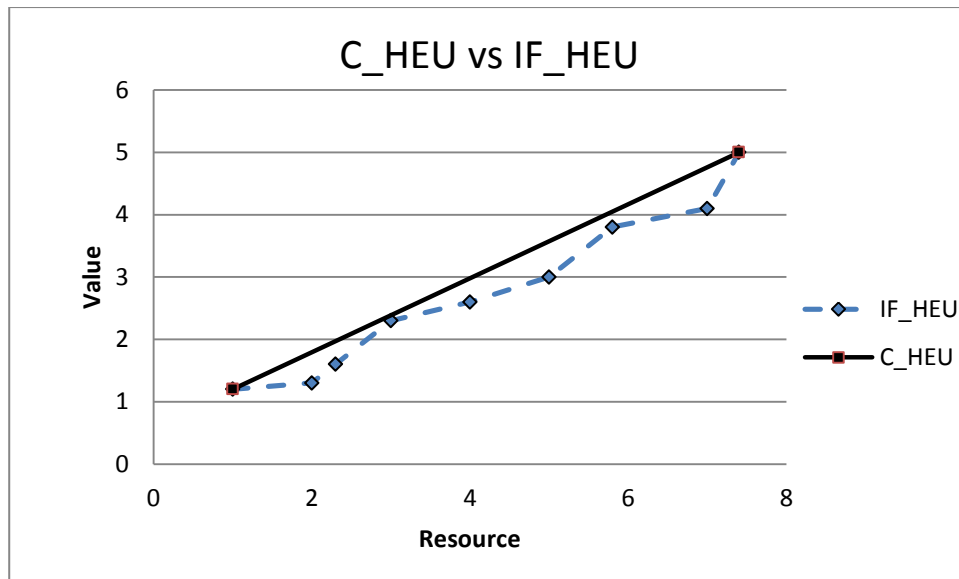


圖 6 C_HEU 的 efficient convex hull 邊界與 IF_HEU 的遞增邊界的比較

C_HEU 先將多維度的資源耗用，轉換為一維的聚合資源耗用後，可將各物件群體以其價值為 y 軸與資源耗用為 x 軸，建立成一個二維的散佈圖，接著以位在 efficient convex hulls frontier 的物件為搜尋空間的方法(圖 6 實線上的物件)，考量到 C_HEU 在大幅削減搜尋空間時，更好的解卻有相當高的可能性發生在被遺棄部分的物件中(如圖 6 在虛線上而不在實現上的物件)，因此當資源還有剩餘時，考慮這些忽略的物件，變有機會得到更佳解。本論文提出之遞增邊界(如圖 6 中落在虛線上的物件)定義為一組物件線段行程的邊界，這些物件由價值最高的物件中聚合資源耗用最低的物件開始，下一個物件為價值次高但聚合資源耗用遞減的物件，以此類推，以聚合資源耗用最低中價值最高的物件結束，而事實上，以一維資源耗用的角度而言，最佳解組合必由位於各物件群組的遞增邊界上的物件組成，因此本論文修正了 C_HEU 犧牲掉找到更好的解之可能性，基於 C_HEU 於第一輪求得的初始解，提出了一個以位在遞增邊界上的物件為搜尋空間之方法，適度增加搜尋空間，並在相同的複雜度等級下，期望取得更佳的近似解。以下為因應本研究提出之滿足群體需求之資源分配機制，提出之 IF_HEU 演算法流程，虛擬碼詳見附錄二。

Step1. 取各群體中最小價值的物件為初始解，若為可行解則記下已發現可行解

Step2. 初始化penalty vector

Step3. 計算目前解的價值

Step4. 對與各物件群體作多維資源耗用轉換為一維資源耗用，若為第一輪則取出各物件群體中位於efficient convex hull frontier的線段；若為第二輪與第三輪則取出各物件群體中位於遞增邊界的線段

Step5. 依線段與x軸的夾角由大而小排序Step4.所取得之所有線段

Step6. 依序對於各線段上的物件作解的替換，嘗試發現另一組解，若新解價值小於舊解且目前沒有可行解，則以此解為目前解，若目前已有可行解則回復為舊解

Step7. 調整penalty vector

Step8. 回到Step4.直到做完三輪

Step9. 若目前解不可行，則沒有發現解；若可行則目前解為最終解

IF_HEU 的演算法流程與 C_HEU 相似，IF_HEU 為基於 C_HEU 的第一輪求得之解，在第二輪後採用位於遞增邊界之線段作角度排序，如此擴大了解搜尋空間，並依此應用剩下之資源作可能的解的改善。由於遞增邊界之線段，使物件考量順序不會若 C_HEU 般，因其 convex hull 的特性，線段依角度遞減排序且其考慮物件順序有資源耗用皆遞增的現象，在物件資源耗用分布較離散的情況下可能發生高資源耗用物件先被選取而稍後價值資源耗用比更佳物件沒有辦法選取之類的資源利用不適當的情況發生，為避免求得解的品質變異過大，因此遞增邊界為基礎的啟發式演算法較適合作為修正程序而非單獨使用。另外以遞增邊界為基礎的搜尋順序中有可能位在資源消耗較高區域的線段因為角度較大而先被考慮，因此線段排序則是角度遞減但其物件順序資源耗用未必遞增，導致較晚考慮之物件可能資源耗用較低可以為新解，導致價值下降，所以價值的比較檢查必須於每次發生於可以因替換物件發現新的解時，避免在有可行解的情況下價值有變小的可能，詳細演算法請參閱附錄二。

3.2.4 機制運作流程

本研究提出之兩階段機制，將所有環境資訊變化的方式分為兩種：(1)只要當使用者資訊(包含群體組成、使用者偏好...等與群體決策相關資訊)改變時、(2)群體成員不變而情境資訊改變，分為兩種運作流程因應之，分別如下圖 7。

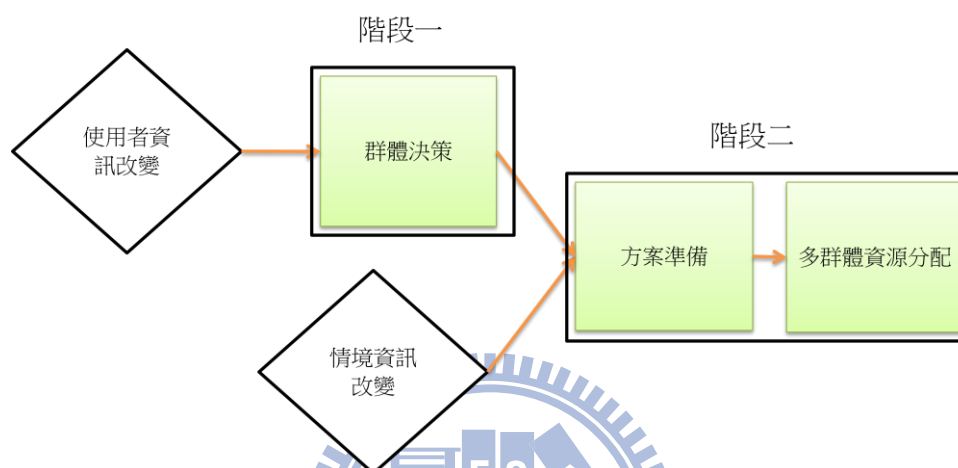


圖 7 兩階段資源分配機制的運作模式

只要當使用者組成或其使用者資訊改變時，必須執行整個機制，在使用者資訊有改變的群體，利用階段一的功能重新整合使用者意見，重新計算方案評價，並將運算結果送至下一階段，並觸發階段二之機制，依據最新的決策資訊，重新分配資源；當僅有與群體決策機制無關之情境資訊改變時，僅需觸發第二階段之機制，依據當前之情境資訊進行方案集的準備活動，緊接著進行資源分配取得新的分配結果。

3.3 小結

以上本論文所提出之兩階段機制，嘗試解決了動態環境下滿足群體需求的多群體資源分配問題，第一階段的 Fuzzy TOPSIS 方案評價機制利用使用者偏好資訊導引出使用者對方案準則認同與否的評估指標，與效用值同時用於方案評價的評估，使得方案評價的意義不僅僅基於效用上的評價，並且帶有多少人(權力)接

受認可此方案的意涵，即效用與認可上的共同評價，使得下一階段的資源分配機制，更有可能選出一組不僅是具有高效用且同時有較多決策者同意支持的總體方案配置。而第二階段的多群體資源分配機制，首先應用了情境感知運算的概念，補足了方案的資源耗用估計之類的決策資訊，接著提出一個求取 MMKP 近似解的啟發式演算法來進行有限資源分配，本研究基於 C_HEU 提出的方法，加入了以遞增邊界為基礎的修正式程序適度擴大了解搜尋空間，能更有效的利用資源以發現最佳的近似解。本論文提出的兩階段資源分配機制結合了以上兩階段子機制，可以有效率的利用有限的資源提供高群體效用與較多使用者認可的資源分配規劃以期更貼近群體需求。



第四章 模擬結果分析

本章將介紹模擬環境與展示模擬實驗結果。首先在模擬實驗環境部分將敘述模擬實驗平台架構與運作、模擬實驗假設與評估指標，接著，將就兩階段子機制與智慧家庭的能源管理案例分別進行實驗數據分析與比較，以驗證系統方法。

4.1 模擬環境

4.1.1 模擬環境平台

本實驗所需的模擬程式皆建置於表 3 的環境中。

硬體環境	Intel Core 2 Duo CPU E8200 @ 2.66Ghz 2.67Ghz 1.87GB RAM
軟體環境	Microsoft Windows 7 Java SDK 6 Jre 6 MySQL 5.5

表 3 實驗平台環境

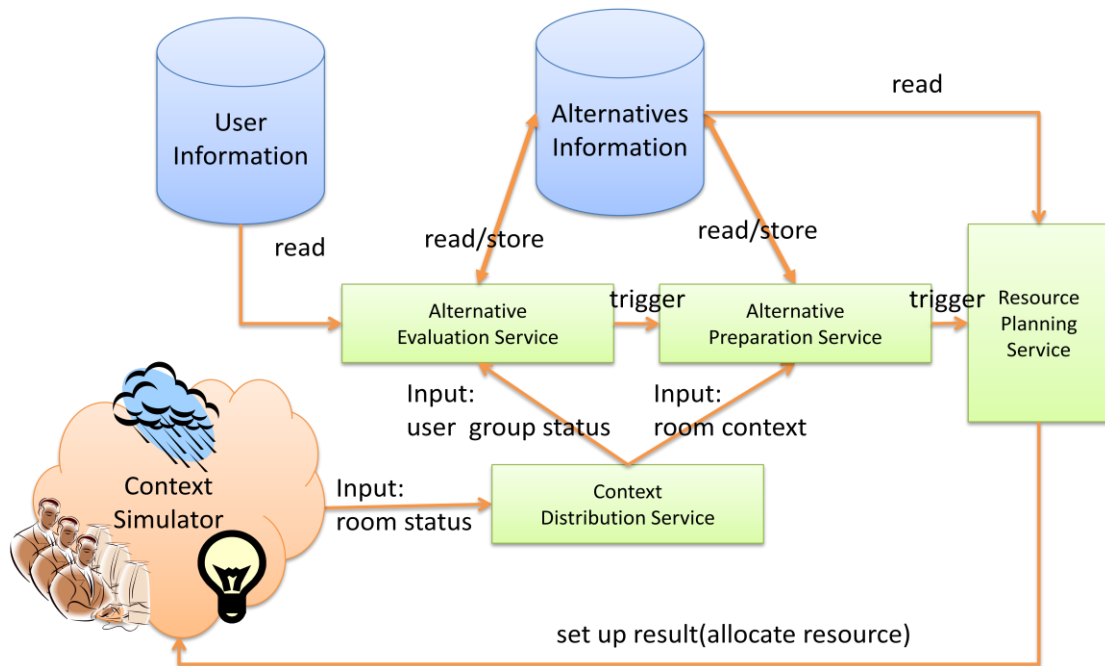


圖 8 兩階段資源分配積之模擬架構

本研究之模擬實驗的系統框架中，如圖 8 所示，包含七個部份：方案資訊 (Alternatives Information) 資料庫、使用者資訊 (User information) 資料庫、情境資訊模擬器 (Context Simulator)、情境資訊發送服務 (Context Distribution Service)、方案評價服務 (Alternative Evaluation Service)、方案準備服務 (Alternative Preparation Service)、資源規劃服務 (Resource Planning Service)。

方案資訊記載各房間群體之方案集所有方案資訊，使用者資訊記載所有使用者的決策相關資訊，兩資料庫之詳細內容如表 3 所示。

表 4 資料庫表格定義

表格名稱	名稱	簡述
方案資訊	GID	使用者群組代號
	AID	方案代號
	C1set	方案空調溫度設置，範圍：16,17,18,...28,29,30
	C2set	方案照明等級設置，範圍：1,2,3
	RCC	方案之相對接近係數
	ACC	指出是否為本群體可接受方案
	SAT	以群體權重加權的 RCC
	COST	方案估算成本
使用者資訊	UID	使用者代號
	Power	使用者重要性等級
	C1pref	使用者對溫度的偏好，定義一個三角模糊數
	C2pref	使用者對照明的偏好，定義一個三角模糊數
	C1imp	使用者對溫度的偏重程度
	C2imp	使用者對溫度的重視程度

整體機制的運作由情境資訊發送服務啟動，情境資訊模擬器負責模擬環境資訊的產生與模擬，這些資訊包含了各房間的使用者群體組成與房間的溫度、照明、

家電設置等背景情境資訊。一旦環境發生改變，模擬器便會將環境資訊發佈給情境資訊發送服務，情境資訊發送服務依據取得之資訊，發送服務由取得模擬環境之各房間中的群體組成與情境資訊，接著依據取得之資訊性質，選擇發送資訊與觸發的服務，如果是使用者群體資訊的改變，則觸發方案評價服務與告知使用者群體組成情形重新評價方案，並接連觸發下一階段機制之方案準備服務與最佳化服務做出新的資源分配規劃；若是屬於房間背景情境資訊的改變，因為不需重新進行與群體決策相關之方案評價流程，情境資訊發送服務只需觸發方案準備服務與告知背景情境改變之房間狀態資訊，方案準備服務重新估算方案成本並觸發最佳化服務，完成資源分配規劃。

4.1.2 模擬實驗說明與假設

4.1.2.1 子機制效能實驗

在第一階段的方案評價子機制模擬實驗中，主要目的為檢視應用於方案評價服務的群體決策方法是否達成預期的效果，本階段實驗假設所有使用者資訊皆已存在使用者資訊資料庫中，使用者的溫度偏好隨機落在攝氏 16 度到攝氏 30 度之間，使用者的照明偏好隨機落在 0.7 根到 3.9 根預設燈管的光照之間，使用者對溫度與照明的重視程度與使用者權重如第三章所述隨機落在五個等級之一，依此規則產生之使用者群體資料對相同的方案集進行評價，方案集由空調溫度設置集合與照明設置集合的卡式積產生，空調溫度設置為 16 到 30 度，照明設置為 1 到 3 根燈管，兩集合的卡式積產生 45 個方案的方案集。

第二階段的資源分配子機制模擬實驗主要目的為測試應用於資源規劃服務中的演算法效能，因此暫不考量情境背景資訊的因素，以隨機產生的物件群體為輸入，分別進行一維與多維資源限制的實驗，測試之物件群體分為有關連 (correlated) 資料與無關連 (uncorrelated) 資料兩類，詳細設定如下：

- (1) 系統各類資源的總量分別為 250 單位。

- (2) 群體 g 物件 i 之價值，以 $v_{gi} = random(1)$ 產生，為一個 0 到 1 的亂數：
- (3) 有關連資料(Correlated)中物件的資源耗用與物件價值有關，因此群組 g 物件 i 之 v 類資源耗用以 $rs_{ijc} = v_{gi} \times 67 + random(33)$ 產生
- (4) 無關聯資料(Uncorrelated)中物件的資源耗用與物件價值無關，因此群組 g 物件 i 之 v 類資源耗用以 $rs_{ijc} = random(100)$ 產生

4.1.2.2 智慧家庭房間電力分配情境模擬

最後，智慧家庭案例的模擬實驗中，本機制必須分配所設定之電費預算給智慧家庭中所有房間，即為各房間電器選出一個方案，依據方案設定為房間中的電器作適當的調控，替各房間決定燈開多亮、冷氣開幾度。假設有有五個房間，且每個房間中有一群使用者，使用者資訊與房間待評價的方案集的假設與第一階段實驗相同，所有房間都是相同的密閉空間，且有相同之空調設備與照明設備，因此各房間有相同家電設置方案集，其空調設備的電力耗用預估、照明設備的電力耗用預估與電費計算的評估方式設計係參考[31][38]提供之數據。由於各房間使用者群體所評價的方案數並不至於過多影響第二階段之運算效率，因此第三章所提及之篩選可接受方案的係數 θ 設為 100，即所有的方案皆屬於可解接受方案集。

4.1.3 評估指標

- (1) 方案的 RCC(相對接近係數)，如第三章定義
- (2) 方案帶給群體的效用評估值與高於平均值多少百分比：

$$Utility_i = \sum_{t=1}^k W_j \times R_{ij} \quad (25)$$

$$Utility_{+i} = \frac{Utility_i - Average\ Utility}{Average\ Utility} \quad (26)$$

- (3) 方案獲得的群體認同評估值與高於平均值多少百分比：

$$Approval_i = \sum_{t=1}^k W_j \times R^*_{ij} \quad (27)$$

$$Approval +_i = \frac{Approval_i - Average Approval}{Average Approval} \quad (28)$$

(4) 求得解的總價值：

$$Value = \sum_{item_{gi} \in sol} v_{gi} \quad (29)$$

(5) 求得解的資源耗用比例：

$$CsR = \frac{\sum_{item_{gi} \in sol} r_{sgic}}{250 \times m} \quad (30)$$

(6) 兩方法求得解的價值差比例：

$$ValueDif = \frac{Value_{IF_HEU} - Value_{C_HEU}}{Value_{C_HEU}} \quad (31)$$

(7) 整體電力分配方案組合的總SAT，SAT如第三章定義：

$$TSAT = \sum_{alternative_{gi} \in sol} SAT_{gi} \quad (32)$$

(8) 整體電力分配方案組合的使用者效用：

$$TUtility = \sum_{alternative_{gi} \in sol} Utility_{gi} \quad (33)$$

$Utility_{gi}$ 為群體 g 方案 i 之群體效用

(9) 整體電力分配方案組合獲得的使用者認同：

$$TApproval = \sum_{alternative_{gi} \in sol} Approval_{gi} \quad (34)$$

$Approval_{gi}$ 為群體 g 方案 i 之群體認同

(10) 整體電力分配方案組合的資源耗用：

$$TCs = \sum_{alternative_{gi} \in sol} Cost_{gic} \quad (35)$$

4.2 子機制模擬實驗結果分析

本節將分別以兩階段之子機制為實驗目標，進行效能測試，以下為兩階段之子機制之模擬結果與分析，分別為方案評價子機制與資源分配子機制。

4.2.1 方案評價子機制模擬結果分析

本實驗目的為檢視應用於方案評價服務的群體決策方法是否達成預期的效

果。在加入考量使用者權重的情況下，將對 [18][35] 提出之 Fuzzy TOPSIS (FTOPSIS) 與本研究提出的改良方法 (proposed) 進行實驗結果的比較分析。以下圖表為三組測試資料的實驗結果，三組測試資料分別為 $k=2$ (使用者群體人數=2)、 $k=5$ 、 $k=10$ 的使用者群體資訊，對相同的方案集，進行方案集評價。

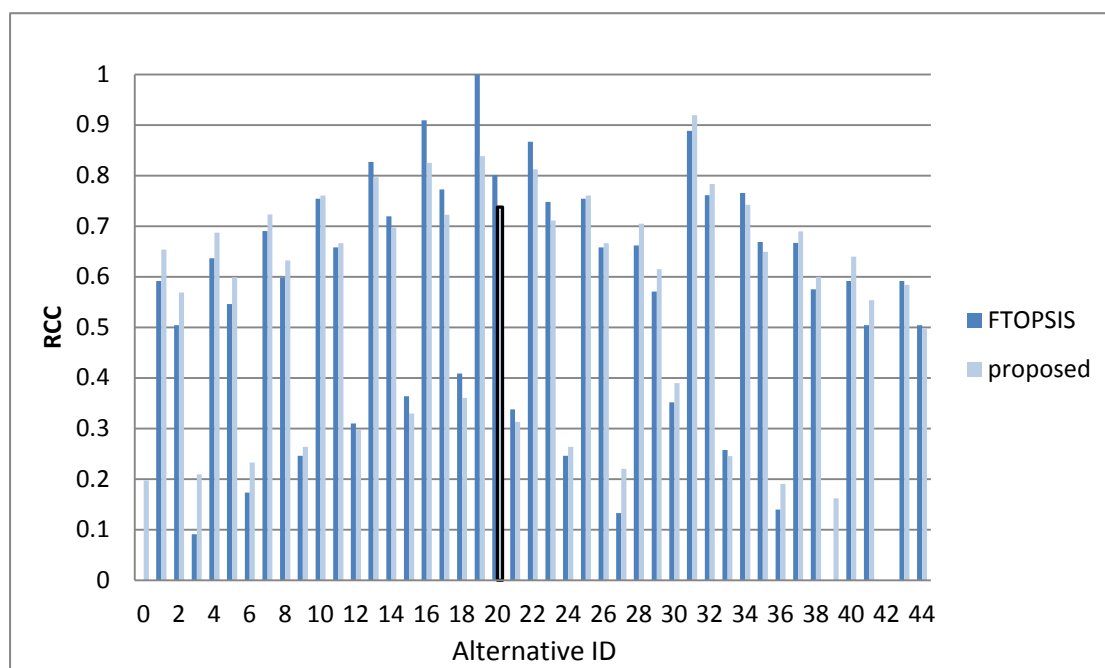


圖 9 $k=2$ (群組人數為 2 人時)，所有方案的 RCC 值

表 5 本研究提出的評價方法 (proposed) 選出的前五名方案 ($k=2$ 時)

Alternative ID	Ranking (propose)	Ranking (FTOPSIS)	Utility+(%)	Approval+(%)
31	1	3	71.58%	40.08%
19	2	1	85.66%	13.69%
16	3	2	74.35%	13.69%
22	4	4	68.70%	13.69%
13	5	5	63.05%	13.69%

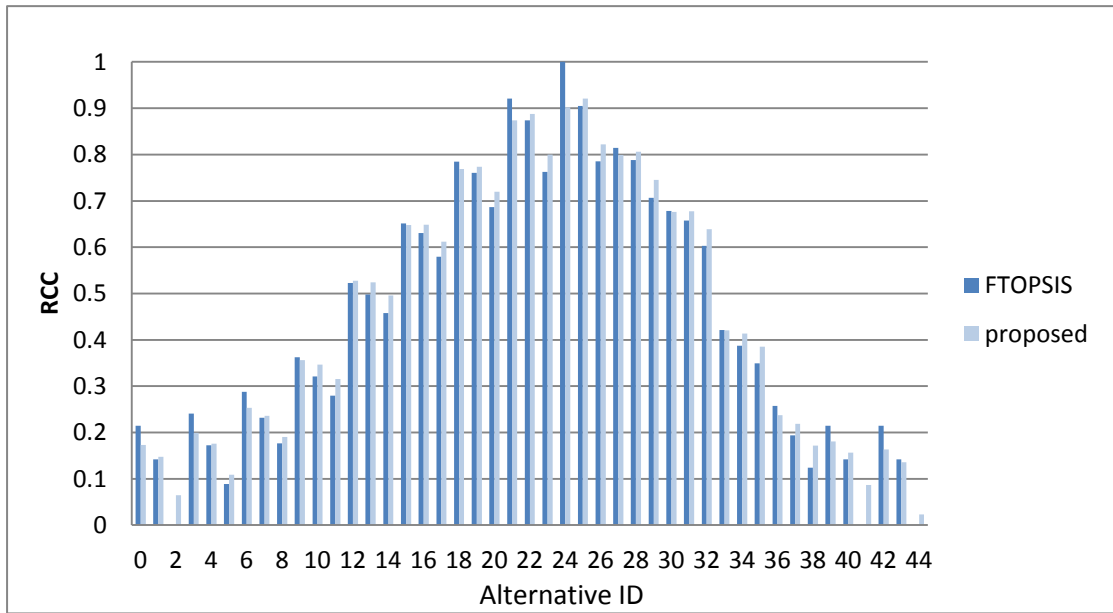


圖 10 k=5，所有方案的 RCC 值

表 6 本研究提出的評價方法選出的前五名方案(k=5 時)

Alternative ID	Ranking (propose)	Ranking (FTOPSIS)	Utility+(%)	Approval+(%)
25	1	3	85.47%	36.59%
24	2	1	98.76%	20.46%
22	3	4	73.60%	36.59%
21	4	2	86.89%	20.46%
26	5	7	64.68%	24.33%

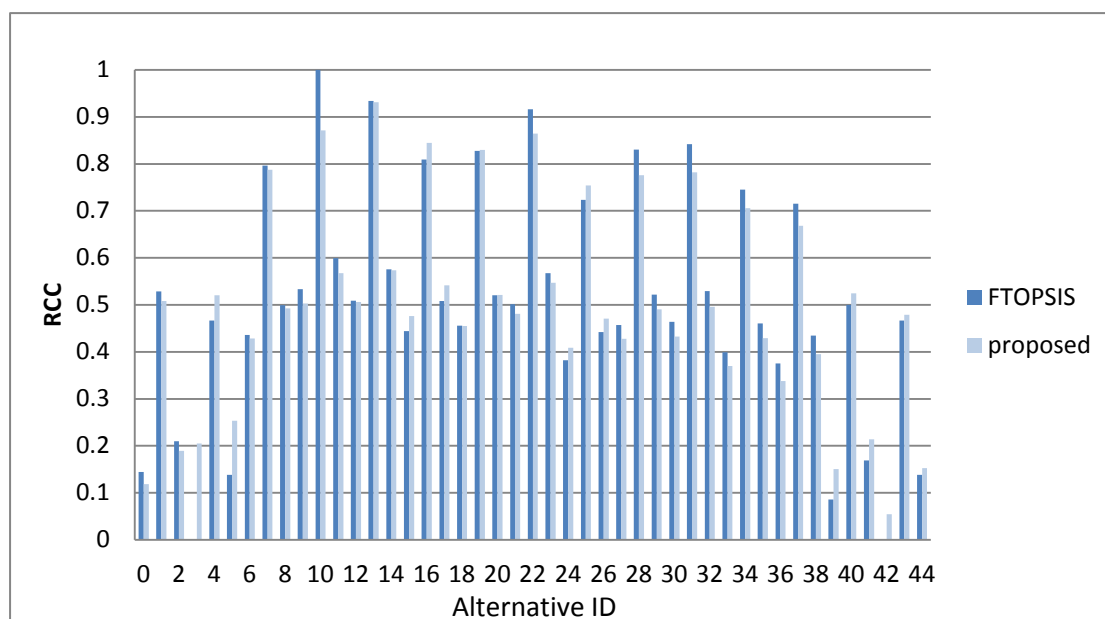


圖 11 k=10，所有方案的 RCC 值

表 7 本研究提出的評價方法選出的前五名方案(k=10 時)

Alternative ID	Ranking (propose)	Ranking (FTOPSIS)	Utility+(%)	Approval+(%)
13	1	2	64.88%	59.55%
10	2	1	72.05%	41.94%
22	3	3	62.91%	44.88%
16	4	7	50.60%	67.10%
19	5	6	52.76%	49.49%

觀察以上實驗結果，由群體對方案集的評價(圖 9、圖 10、圖 11)可以發現，雖然圖形類似，但由兩種評價方法選出的最佳方案皆不同可察知兩種評價方法產生之 RCC 不盡相同，進一步檢視以本研究提出之評價方法(proposed)選出前五名的方案(表 5、表 6、表 7)，顯然兩方法的方案排序有差異，而從 Utility+與 Approval+觀察之，有別於 FTOPSIS 之排名完全係基於使用者效用，本論文之方案評價方法確實有給予兼具使用者效用與使用者認同的方案較高評價之效果。

4.2.2 資源分配子機制模擬結果分析

本實驗目的為檢視應用於資源規劃服務中的求 MMKP 近似解的演算法效能，本研究提出的改良方法 IF_HEU 將與 C_HEU 進行實驗結果的比較分析。

以下為六組測試資料的實驗結果，假設群體數量皆為 5，所有群組物件數量相同，分為一維資源限制測試資料與多維資源限制的測試實驗，皆以 Uncorrelated 性質的資料與 Correlated 性質的資料進行測試。

表 8 d=1 且 G=5(一維資源限制且群體數為 5)的 Uncorrelated 資料實驗結果

Uncorrelated(d=1, G=5)					
Items Size	C_HEU		IF_HEU		ValueDif (%)
	Value	CsR(%)	Value	CsR(%)	
10	4.497439	84.84%	4.502822	85.04%	0.12%
20	4.706390	89.97%	4.709809	90.56%	0.07%
50	4.878694	86.43%	4.880696	88.19%	0.04%
100	4.943107	89.16%	4.944145	90.20%	0.02%

表 9 d=1 且 G=5 的 Correlated 資料實驗結果

Correlated(d=1, G=5)					
Items Size	C_HEU		IF_HEU		ValueDif (%)
	Value	CsR(%)	Value	CsR(%)	
10	3.107097	95.73%	3.178809	98.28%	2.31%
20	3.18987	96.85%	3.264316	98.37%	2.33%
50	3.101834	95.91%	3.195346	98.96%	3.01%
100	3.061638	96.28%	3.15652	99.28%	3.10%

一維資源限制的實驗結果中，在 Uncorrelated 實驗結果(表 8)中，IF_HEU 在

解的品質(Value)與資源利用率(CsR)方面只有些微的改善，是由於 Uncorrelated 的測試資料容易有高價值而低成本的物件存在，因此不在 efficient convex hull frontier 卻在遞增邊界上的物件這類改善的機會較不容易存在因此改善時分有限。但 Correlated 實驗結果(表 9)顯示，IF_HEU 不論是在解的品質與資源利用率上皆有較明顯的改善，而在 Akbar 的研究中[2]實驗數據也說明 C_HEU 在 Correlated 的表現較不理想，本修正法也因而有較大的解改善空間。接下來為四組多維資源限制的實驗數據。

表 10 d=3 且 G=5 的 Uncorrelated 資料實驗結果

Uncorrelated(d=3, G=5)					
Items Size	C_HEU		IF_HEU		ValueDif (%)
	Value	CsR(%)	Value	CsR(%)	
10	4.038391	80.77%	4.068802	83.19%	0.75%
20	4.522622	83.41%	4.552206	85.16%	0.65%
50	4.811328	82.56%	4.824564	84.27%	0.28%
100	4.893677	83.39%	4.902438	85.63%	0.18%

表 11 d=3 且 G=5 的 Correlated 資料實驗結果

Correlated(d=3, G=5)					
Items Size	C_HEU		IF_HEU		ValueDif (%)
	Value	CsR(%)	Value	CsR(%)	
10	2.643506	91.40%	2.727064	94.72%	3.16%
20	2.701287	90.19%	2.841404	95.39%	5.19%
50	2.869252	92.62%	2.948727	95.88%	2.77%
100	2.978416	94.31%	3.034335	96.96%	1.88%

表 12 d=5 且 G=5 的 Uncorrelated 資料實驗結果

Uncorrelated(d=5, G=5)					
Items Size	C_HEU		IF_HEU		ValueDif (%)
	Value	CsR(%)	Value	CsR(%)	
10	3.356947	78.47%	3.438087	81.13%	2.42%
20	4.083495	80.54%	4.202058	83.12%	2.90%
50	4.529243	80.50%	4.584585	83.34%	1.22%
100	4.739861	80.04%	4.788078	82.93%	1.02%

表 13 d=5 且 G=5 的 Correlated 資料實驗結果

Correlated(d=5, G=5)					
Items Size	C_HEU		IF_HEU		ValueDif (%)
	Value	CsR(%)	Value	CsR(%)	
10	2.406567	88.15%	2.535607	92.96%	5.36%
20	2.433981	86.80%	2.626745	93.41%	7.92%
50	2.476987	87.13%	2.696637	94.54%	8.87%
100	2.563108	87.78%	2.781489	94.95%	8.52%

多維資源限制的實驗結果中顯示，不論是三維或是五維資源，IF_HEU 如預期資源利用上更為充分，而解的品質方面，IF_HEU 在 Uncorrelated 的表現只有以些微差距優於 C_HEU，與一維資源限制的情況相同，由於資料特性，使得能用來改善解的物件不多；而在 Correlated 資料的表現上，尤其在五維資源限制的實驗結果可以發現，IF_HEU 的表現明顯優於 C_HEU。最後是五組資料集的平均執行時間的實驗結果，前三組(d=1、d=3、d=5)為上面六組測試資料各自之執行時間平均值，另外提供兩組五維資源限制下物件數量 1000 與 10000 的執行時間測試。

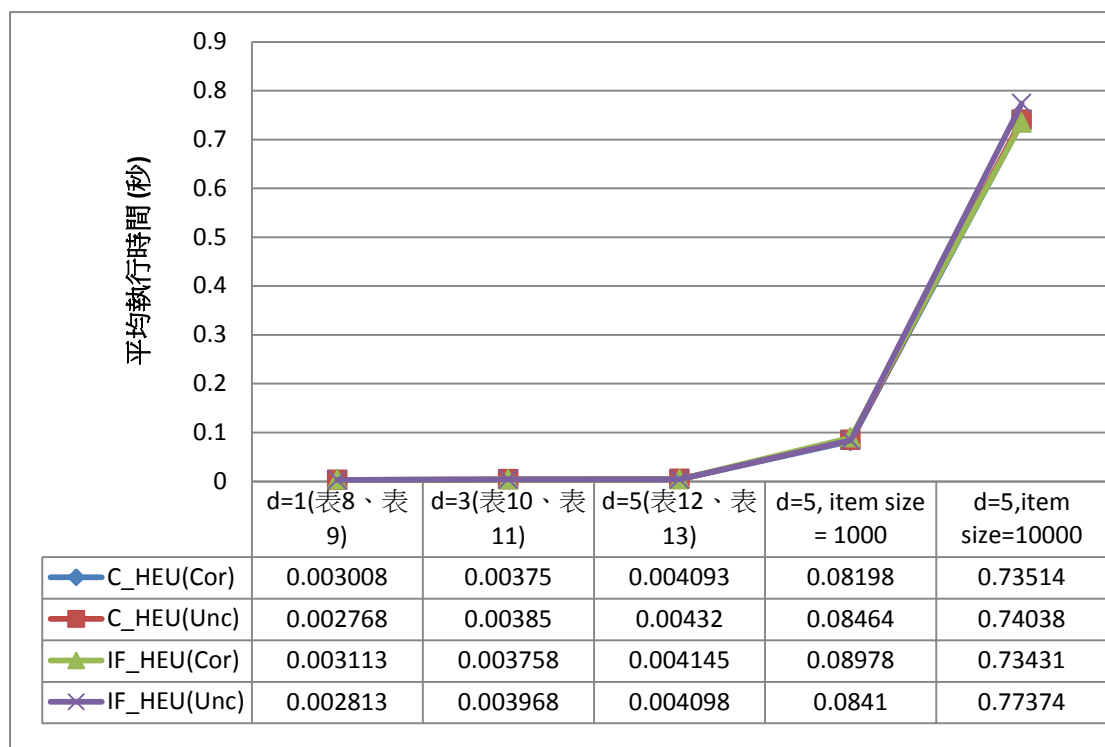


圖 12 平均執行時間比較圖，單位：秒

由上面結果可知，兩演算法各資料及的執行時間上的表現沒有顯著差異，因此，本研究提出的遞增邊界為搜尋空間的啟發式演算法並沒有使搜尋空間過度擴張而造成演算時間上的負擔。從本節的實驗結果可以得知，IF_HEU 不管運用於一維資源限制或多維資源限制下的 MMKP，可以有更充分利用資源的特性，且求得解之品質較佳，尤其在 Correlated 型態的資料中，且在執行時間上，與 C_HEU 十分接近，因此，IF_HEU 的設計概念確實有其效用，可以提供一個快速有效的良好資源分配機制。

4.3 智慧家庭房間電力分配模擬結果分析

本階段實驗目的是以智慧家庭的房間電力分配為案例，檢驗本研究提出之「一個能夠滿足群體需求的兩段式資源分配機制」如何統籌運用家庭電費預算達成智慧家庭的綠能目標，同時兼顧使用者的需求與感受。智慧家庭房間電力分配的模擬實驗包含比較本研究提出的兩階段機制(有電費預算限制)與純粹以使用

者舒適度為主且無預算限制，各個房間以評價最高的方案為家電設置的機制 (Infinite)，最後則比較應用不同方案評價方法於整體兩段式機制中如何影響資源分配的結果。

模擬實驗環境為五個相同房間，每個房間各有一個使用者群體，分別為兩人、三人、五人、七人、十人的使用者群體，總電費限制為每兩小時 24 元，每度電 2.1 元，模擬實驗不包含動態的使用者群體與情境資訊變動情況，而為某個時間點，智慧家庭電力分配機制針對當時的使用者群體組成與情境資訊所作的決策，以下圖表為模擬實驗結果。

表 14 啟用兩階段機制與否與不同電費限制的效果

電費預算	TSAT	TUtility	TApproval	TCs
Infinite	14.58003	7.003194	11.85593	29.75157
28	14.04958	6.704924	11.18129	24.69003
24	14.53328	6.741067	10.6214	23.56706
20	13.7956	6.20461	10.08495	18.89403
16	12.3526	5.552399	9.295661	13.09803

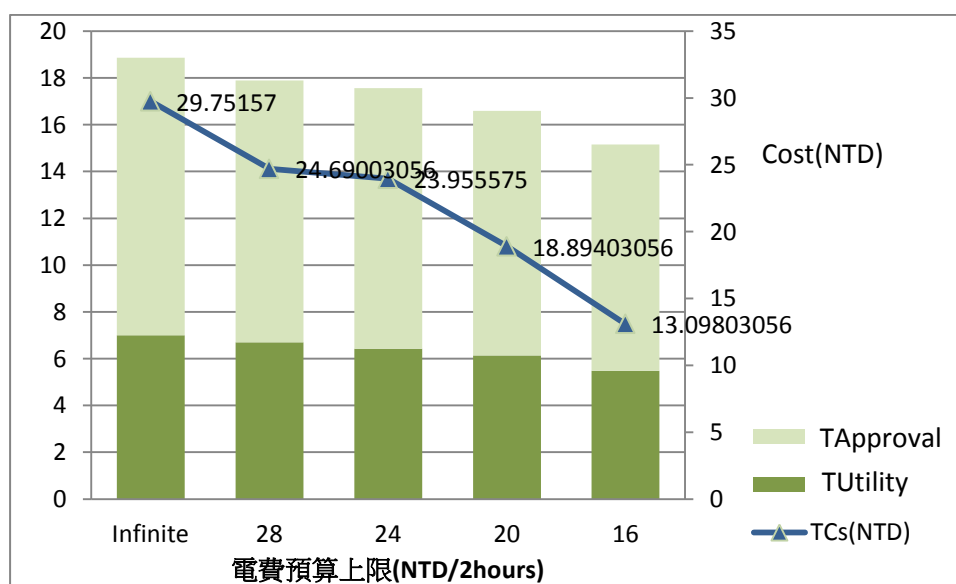


圖 13 啟用兩階段機制與否與不同電費限制的效果

表 15 啟用兩階段機制於不同電費預算下的損益比較

電費預算	TSAT 損失(%)	TUtility 損失 (%)	TApproval 損失(%)	TCs 節省(%)
28	3.64%	4.26%	5.69%	17.01%
24	5.40%	8.18%	6.06%	19.48%
20	9.04%	12.44%	11.75%	36.49%
16	18.41%	21.75%	18.41%	55.98%

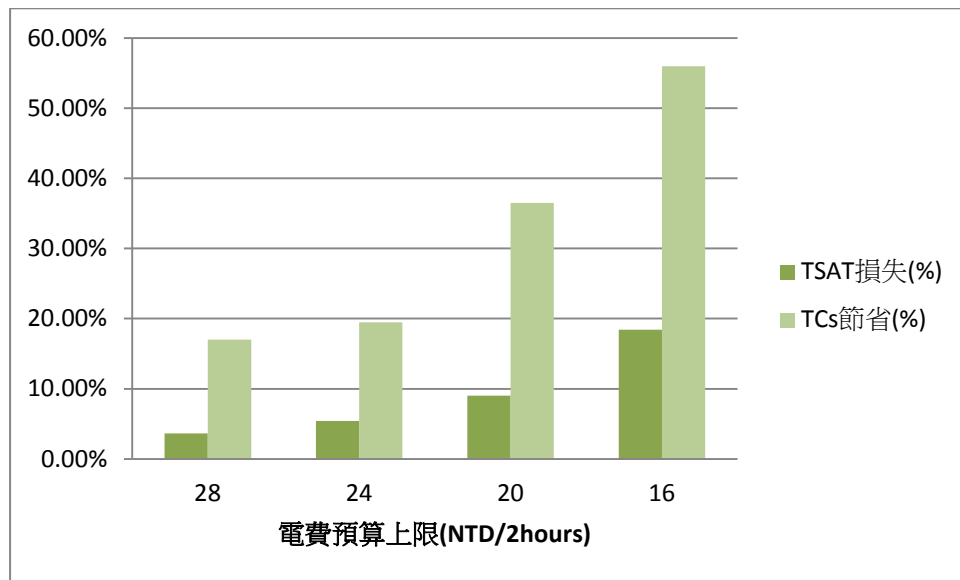


圖 14 啟用兩階段機制於不同電費預算下的比較圖

由上述模擬結果(表 14、圖 13、表 15、圖 14)可知，啟用本論文提出的兩階段機制與未啟用第二階段以最大化整體方案評價的家電設置決策(Infinite)相比，在不同的電費預算上限設置下，都能達到損失少量整體使用者舒適度並且有效的節省電費的效果，能夠達成預先設定的綠能目標，有效的統籌運用整個家庭的電費預算。由表 15 可知，且在多數情況下，TApproval 的損失要比 TUtility 較少，因此本論文提出的整體兩階段機制亦能選擇盡量使更多的使用者滿意的方案為資源分配規劃之能力。

表 16 應用本論文提出的方法與[35]之方法於兩階段資機制的差異比較

電費預算	TUtility 差(%)	TApproval 差(%)	TCs 差(%)
Infinite	-0.01%	6.05%	-3.32%
28	0.00%	0.00%	0.00%
24	-4.61%	4.86%	1.65%
20	-1.17%	3.75%	0.00%
16	-1.31%	4.06%	0.00%
平均	-1.42%	3.74%	-0.33%

由模擬結果(表 16)可知，比較應用本論文修改之 Fuzzy TOPSIS 與[35]的 Fuzzy TOPSIS 為評價方法於兩階段資源分配機制，數據顯示，不論電費預算上限存在與否，以上結果可以說明，多數情況下以本論文提出的 Fuzzy TOPSIS 為方案評價方法可以提供一個使更多使用者同意的家電設置規劃，尤其在無電費上限時，應用本論文提出之評價方法可以選出一組整體使用者效用相當、有更多使用者支持且更省電的方案組合。即本論文提出之修改式 Fuzzy TOPSIS 評價方法具有犧牲了少量的使用者效用為代價選出一個滿足更多使用者、受到更多使用者認同的方案組合，有兼具群體效用與群體認同的效果。

4.4 小結

以個別子機制的模擬結果來看，第一階段之方案評價機制，應用本研究提出的評價方法，由評價前五名方案數據上顯示：當 $k=2$ 、 $k=5$ 、 $k=10$ 時，前一名的方案與後一名的方案之群體效用差百分比平均分別為+3.99%、+9.94%、+6.20%，而群體認同差百分比分別為+48.19%、+24.42%、+9.48%，因此，平均來看本研究提出的方法確實可以給予兼具高群體效用與高群體認同之方案較高之評價，使群體決策的結果比起一般 Fuzzy TOPSIS 更為顧慮到多數人的意見而非單純多數效用的意見；第二階段之資源分配機制，比較本研究提出之 IF_HEU 與 C_HEU，

數據顯示，兩方法之執行時間接近，而在 Uncorrelated 的模擬結果顯示，在 $d=1$ (資源維度為)、 $d=3$ 、 $d=5$ 時，平均價值差百分比分別為+0.06%、+0.47%、+1.89%，相距不大，而在 Correlated 的模擬結果顯示，在 $d=1$ 、 $d=3$ 、 $d=5$ 時，平均價值差百分比分別為+2.69%、+3.25%、+7.67%，改善較為顯著。最後以一個智慧家庭的電力分配為應用情境驗證此兩階段資源分配機制，模擬結果顯示，應用兩階段機制作有限資源分配與只做群體決策選定最佳方案實行(即無電費預算上限)，在四種不同的電費預算(28、24、20、16)設置下平均可以省下 32.24% 的電費而損失的群體效用平均為 11.66%、損失的群體認同平均為 10.48%，而比較不同的方案評價方法應用於兩階段機制，模擬結果顯示在不同的電費預算設置下應用本研究提出方法使整體認同高了 3.74% 而損失了整體效用 1.42%。因此，模擬結果說明了兩個子機制能有效達成預期之目的，而兩階段資源分配機制確實能有效的運用資源滿足群體需求。



第五章 結論

5.1 結論

科技的發展使得資訊迅速流通與促成現代社會快速的步調，以及時下綠能概念的興起，不論小至個人家庭、大至公司行號或政府都有對持有的資源作出適當分配的需求，本論文研究了幾項議題提出了一個整合性的滿足使用者需求的兩階段資源分配機制，此機制可以迅速的整合意見、進行評估並依據當下情境資訊迅速的為有限的資源提出適切的資源分配規劃建議。此機制整合應用了群體決策方法、離散最佳化方法與情境感知運算的概念，因而本論文提出了一併考量使用者效用與認同的模糊 TOPSIS 方法與基於 C_HEU 且以遞增邊界為搜尋空間修正的 MMKP 啟發式演算法，實驗結果證實了以上兩方法皆能達到預期的效果，於整體機制中能夠分別提供良好的子機制功能。最後將此機制用於智慧價庭之房間電力分配的情境中，在各種預算設定下，皆能有效的運用電費，以相對少量的使用者舒適度效用的犧牲，盡可能滿足較多使用者且取得較大幅度的費用上的節省。

5.2 未來發展

未來的研究方向包括：套用不同的方案評價方法，探討與歸納其如何影響機制的決策結果，然後整合不同方案評價方法，使機制可以因應不同的決策需求，啟用適當的評價方法，更具彈性，應用範圍更寬廣；在資源分配機制方面，可以嘗試以本論文提出的遞增邊界改善法作為其他啟發式演算法之後段修正的方式，可以有效避免單純使用遞增邊界搜尋的問題且提升最佳化率；情境資訊的運用能力可以進一步擴充，納入更多情境因素並實作相對應的運算以考量更多現實層面的影響因素，使得決策依憑的資訊更貼近真實情況；最後可以將機制導入真實的

應用系統中，如實際運作於智慧家庭中，調控智慧家庭的家電設備，滿足使用者的家居生活需求。



參考文獻

- [1] M. M. Akbar, "Distributed Utility Model Applied to Optimal Admission Control and QoS Adaptation in Distributed Multimedia Server System and Enterprise Networks", Department of Computer Science, University of Victoria, PhD dissertation, 2002.
- [2] M. M. Akbar, M. S. Rahman, M. Kaykobad, E. G. Manning, G. C. Shoja, "Solving the Multidimensional Multiple-choice Knapsack Problem by Constructing Convex Hulls", *Computers & Operations Research*, vol. 33, No. 5, pp. 1259-1273, 2006.
- [3] F. K. Aldrich, "Smart Homes: Past, Present and Future", *Inside the Smart Home*, pp 17-39, Springer, 2003
- [4] S. T. Alex, R. Harper, L. Swan, S. Izadi, A. Sellen and M. Perry, "Homes that Make Us Smart", *Personal and Ubiquitous Computing*, vol. 11, No. 5, pp. 383-393, 2006.
- [5] L. M. Chen, C. L. Wu, and L. C. Fu, "Automatic Personal Preference Learning System in Intelligent E-home," 8th International Conference on Automation Technology, Taichung, Taiwan, May 2005.
- [6] Z. Y. Chen, C. L. Wu, and L. C. Fu, "Using Semi-supervised Learning to Build Bayesian Network for Personal Preference Modeling in Home Environment," 2006.
- [7] C. C. Chou, "The Canonical Representation of Multiplication Operation On Triangular Fuzzy Numbers", *Computers & Mathematics with Applications*, vol. 45, Issues 10-11, pp. 1601-1610, 2003.
- [8] T. H. Cormen et al, "Introduction to Algorithms", The MIT Press, 1994.
- [9] A. K. Dey, G. D. Abowd, "Towards a Better Understanding of Context and Context-Awareness", *Lecture Notes in Computer Science*, , vol. 1707 , pp. 304-307, 1999
- [10] A. K. Dey, G. D. Abowd, A. Wood, "CyberDesk: A Framework for Providing Self-Integrating Context-Aware Services", *Knowledge-Based Systems*, vol.11,

pp. 3-13, 1999,

- [11] M. Delgado, F. Herrera, E. Herrera-Viedma and L. Martinez, "Combining Numerical and Linguistic Information in Group Decision Making," *Journal of Information Sciences*, vol. 107, pp. 177-194, 1998
- [12] D. Dubois and H. Prade, "Operations on Fuzzy Numbers," *International Journal of Systems Science*, vol. 9, pp. 613-626, 1978
- [13] M. Jahn, M. Jentsch, C. R. Prause, F. Pramudianto, A. Al-Akkad, and R. Reiners. "The Energy Aware Smart Home", 5th International Conference on Future Information Technology(FutureTech), pp. 1-8, Busan, South Korea, May 2010.
- [14] S. Khan, "Quality Adaptation in a Multi-session Adaptive Multimedia System: Model and Architecture", Department of Electrical and Computer Engineering, University of Victoria, PhD dissertation, 1998.
- [15] S. Khan, K. F. Li, E. G. Manning, M. M. Akbar, "Solving the Knapsack Problem for Adaptive Multimedia System", *Studia Informatica Universalis* **2**, pp. 161-182, 2002.
- [16] C. Lee, "On QoS management", School of Computer Science, Carnegie Mellon University, PhD dissertation, 1999.
- [17] Z. H. Lin and L. C. Fu, "Multi-user Preference Model and Service Provision in a Smart Home Environment," 3th IEEE International Conference on Automation Science and Engineering, pp. 759-764, September 2007
- [18] C. C. Lo, D. Y. Chen, C. F. Tsai, K. M. Chao, "Service Selection Based on Fuzzy TOPSIS Method", 2010 IEEE 24th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops, pp.367-372, Perth, Australia, April 2010
- [19] H. Minkowski, "Gesammelte Abhandlungen", Leipzig, Teubner, 1911.
- [20] R. Moeller and A. Sleman, "Wireless Networking Services for Implementation of Ambient Intelligence at Home", 7th International Caribbean Conference on

- Devices, Circuits and Systems, pp. 1-5, 2008
- [21] M. Moser, D. P. Jokanovic, N. Shiratori, "An Algorithm for the Multidimensional Multiple-choice Knapsack Problem", *IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences* E80-A(3), pp. 582-589, 1997.
- [22] J. Parra, M. Hossain, A. Uribarren, E. Jacob and A. El Saddik, "Flexible Smart Home Architecture Using Device Profile for Web Services: A Peer-to-peer Approach", *International Journal of Smart Home*, vol.3, no.2, pp.39-56, 2009.
- [23] J. Pascoe, "Adding Generic Contextual Capabilities to Wearable Computers", *Second International Symposium on Wearable Computers (ISWC'98)*, pp. 92, Pittsburgh, USA, October 1998.
- [24] T. Saizmaa, H. C. Kim, "Smart Home Design: Home or House?", *Third 2008 International Conference on Convergence and Hybrid Information Technology*, vol. 1, pp.143-148, November 2008.
- [25] B. Schilit, N. Adams, R. Want, "Context-Aware Computing Applications". 1st *International Workshop on Mobile Computing Systems and Applications*, pp. 85-90, 1994.
- [26] E. Sierra, A. Hossian, P. Britos, D. Rodriguez and R. García-Martínez; "Fuzzy Control For Improving Energy Management Within Indoor Building Environments" , *Robotics and Automotive Mechanics Conference*, pp. 412-416, Oct. 2007
- [27] Y. Toyoda, "A Simplified Algorithm for Obtaining Approximate Solution to Zero-one Programming Problems", *Management Science*, vol. 21, no.12 , pp. 1417-1427, 1975.
- [28] S. H. Zanakis, A. Solomon, N. Wishart, S. Dublsh, "Multi-attribute Decision Making: A Simulation Comparison of Select Methods", *European Journal of Operation Research*, vol.107, pp.507-529, 1998
- [29] L. A. Zadeh, "Fuzzy Sets", *Information and Control*, vol.8, pp. 338-353. 1965

- [30] L. A. Zadeh, "The Concept of a Linguistic Variable and its Application to Approximate Reasoning," *Information Science*, no.8, pp.199-249(I), 1975.
- [31] MONTHLY ENERGY CONSUMPTION CALCULATOR,
(<http://www.pgvcl.com/calculate.htm>)
- [32] 李元翔,「情境感知耗能分析與節能系統」,國立台灣大學資訊工程研究所,碩士論文,2009。
- [33] 陳筱薇,「以本體論為基礎之情境感知校園景點推薦系統」,國立台灣大學資訊工程研究所,碩士論文,2009。
- [34] 陳智揚,「智慧型家庭之動態個人偏好學習系統及環境感之服務提供」,國立台灣大學資訊工程研究所,碩士論文,2006。
- [35] 程鼎元,「以使用者共識為中心的服務導向塑模方法-以智慧環境為例」,國立交通大學資訊管理研究所,博士論文,2011。
- [36] 馮正民,李穗玲,「由決策習慣探討AHP之評估方法」,中華管理學報,第一卷,第一期,第21-26頁,2000。
- [37] 詹景逸,廖峻鋒,傅立成,陳俊杉,「支援快速開發高彈性智慧居家服務的應用程式框架」,「智慧生活科技區域整合中心計畫」暨「前瞻優質生活環境計畫」聯合成果發表會論文集,台北,台灣,2009。
- [38] 謝桂平,「室內溫度設定與冷氣機耗能之關係」,中華水電冷凍空調月刊96年6月。

附錄一 C_HEU部分演算法虛擬碼

snf: 指出 $current_sol$ 是否為可行解

penalty: *penalty* 向量，多維度資源耗用轉換之用

Feasible(): 檢查解之資源耗用是否在資源限制內，是為可行解，否則反之

Utility(): 計算解之總價值

initial_penalty(): *penalty*向量初始化函數，如第二章介紹

adjust_penalty(): *penalty*向量調整函數，如第二章介紹

inc_frontier: 該群體二維空間中位於遞增邊界之所有線段

$p1, p2$: 二維空間中某線段的兩端點，各自對應著一個物件

Begin Procedure C_HEU ()

1. $current_sol \leftarrow$ The item with lowest value from each group;

2. *if feasible(current_sol)=false then*

3. $snf \leftarrow true$ //Solution not yet found

4. *endif*

5. $penalty = initial_penalty()$ //initialize *penalty*

6. *for repeat* $\leftarrow 1$ to 3 *do* //only three iterations for finding solution

7. $saved_sol \leftarrow current_sol$ //saving the current solution

8. $u \leftarrow Utility(current_sol)$ //saving utility

9. *for each group in the MMKP do*

10. Transform each resource consumption vector of each item to single dimension using vector *penalty*

11. $ch_frontier \leftarrow$ efficient convex hull frontier of the items of the group

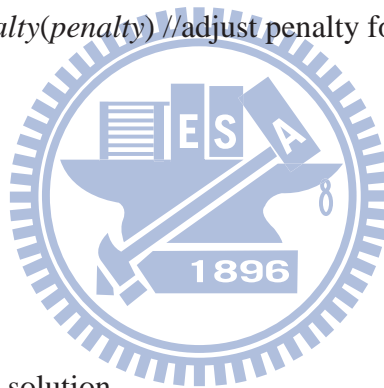
12. $list_of_frontier_segments \leftarrow list_of_frontier_segments + ch_frontier$

13. *endfor*

```

14. Sort the segments of list_of_frontier_segments in descending order according
    to the angle of each segment
15. for each segment in the list_of_frontier_segments do
16.      $p1, p2 \leftarrow$  The items associated with the segment.
17.     adjust_selected_item( $p1$ )//hope to find a feasible solution including  $p1$ 
18.     adjust_selected_item( $p2$ )//hope to find a feasible solution including  $p2$ 
19. end for.
20. if Utility(current_sol) <  $u$  then // New solution is inferior than the saved one
21.     current_sol  $\leftarrow$  saved_sol
22. endif
23. penalty  $\leftarrow$  adjust_penalty(penalty) //adjust penalty for the next iteration
24. end for
25. if snf = true then
26.     Solution Not found
27. else
28.     current_sol is the final solution.
29. endif
end Procedure.

```



Algorithm 1 C_HEU procedure

資料來源：“Solving the Multidimensional Multiple-choice Knapsack Problem by Constructing Convex Hulls” [2]

附錄二 IF_HEU部分演算法虛擬碼

snf: 指出`current_sol`是否為可行解

penalty: *penalty* 向量，多維度資源耗用轉換之用

Feasible(): 檢查解之資源耗用是否在資源限制內，是為可行解，否則反之

Utility(): 計算解之總價值

initial_penalty(): *penalty*向量初始化函數，如第二章介紹

adjust_penalty(): *penalty*向量調整函數，如第二章介紹

inc_frontier: 該群體二維空間中位於遞增邊界之所有線段

p1,p2: 二維空間中某線段的兩端點，各自對應著一個物件

Begin Procedure IF_HEU ()

1. *current_sol* ← The item with lowest value from each group;

2. *if feasible(current_sol) = false then*

3. *snf* ← *true* //Solution not yet found

4. *endif*

5. *penalty* = *initial_penalty()*

6. *for round* ← 1 to 3 *do* //only three iterations for finding solution

7. *saved_sol* ← *current_sol* //saving the current solution

8. *u* ← *Utility(current_sol)* //saving utility

9. *for each group in the MMKP do*

10. Transform each resource consumption vector of each item to single dimension using vector *penalty*.

11. *if round = 1 do*

12. *frontier* ← *efficient convex hull frontier of the items of the group*

13. *else do*

14. $frontier \leftarrow$ increasing frontier of the items of the group

15. $list_of_frontier_segments \leftarrow list_of_frontier_segments + frontier$

16. *endfor*

17. Sort the segments of $list_of_frontier_segments$ in descending order according to the angle of each segment

18. *for* each segment in the $list_of_frontier_segments$ *do*

19. $p1, p2 \leftarrow$ The items associated with the segment.

20. $adjust_selected_item(p1)$

21. $adjust_selected_item(p2)$

22. *end for.*

23. $penalty \leftarrow adjust_penalty(penalty)$ //adjust penalty for the next iteration

24. *end for*

25. *if snf = true then*

26. *Solution Not found*

27. $current_sol \leftarrow$ The item with lowest value from each group;

28. *else*

29. $current_sol$ is the final solution.

30. *endif*

end Procedure.

Algorithm 1 IF_HEU procedure

Begin Procedure adjust_selected_item (p)

1. $current_group \leftarrow$ the group that contains the item corresponding to p .

2. $current_item \leftarrow$ the currently selected item of group $current_group$.

3. $p_item \leftarrow$ item of group $current_group$ denoted by point p .

4. *change the selection of group $current_group$ from $current_item$ to p_item*

5. $feasibility \leftarrow feasibility$ of the resource consumption of $current_sol$
6. if ($feasibility = false$ and $snf = true$) then
7. change the selection of group $current_group$ from $current_item$ to p_item
8. update $saved_sol$
9. else if ($feasibility = false$ and $snf = false$ or $Utility(current_sol) < u$) then
10. $current_sol \leftarrow saved_sol$
11. else
12. $snf \leftarrow false$ //solution found
13. change the selection of group $current_group$ from $current_item$ to p_item
14. update $saved_sol$
15. $u = Utility(current_sol)$
16. endif

Algorithm 2 adjust_selected_item procedure

