

圖書館聯盟訂購電子資源之競標機制 與成本分攤

Bidding Mechanism and Cost Sharing for Licensing

Electronic Resources in Academic Library Consortia

江勁毅* Chin-I Chiang

玄奘大學 國際企業學系

Department of International Business, Hsuan Chuang University

林瑞盛 Rey-Sern Lin

玄奘大學 資訊科學系

Department of Information Science, Hsuan Chuang University

黃明居 Ming-Jiu Hwang

國立交通大學圖書館

National Chiao Tung University Library

摘要：隨著電子資源數量遽增，國內陸續成立許多電子資源聯盟組織，以協助解決各圖書館購買與使用電子資源時所可能面臨的問題。這些聯盟負有許多任務，其中最主要的任務便是與供應商談判各項資源之購買，以及計算聯盟各成員應分攤之成本。由於圖書館聯盟訂購電子資源與成本分攤問題，與電子市集中團體購買商品之行為極為類似，因此，有別於目前圖書館聯盟常見之作業方式，本文根據 Li et al., (2003)所提折扣結盟賽局(Discount coalition game)的概念，提出圖書館聯盟訂購電子資源之結盟機制以及成本分攤方式。數值模擬結果顯示，此種基於競標與合作賽局精神之結盟機制與成本分攤方式，能確保想要訂購電子資源之圖書館都能在聯盟之內，達成聯盟之穩定性，

*通訊作者：新竹市，玄奘大學國際企業學系，E-mail: cichiang@wmail.hcu.edu.tw

這是目前圖書館聯盟採行之作業方式無法達到的；另外，所採用之成本分攤計算方式較其他的方法所得到之預算結餘的變異程度小，顯示具有不錯的公平效果。

關鍵詞：圖書館聯盟；電子資源訂購；競標機制；成本分攤；合作賽局

Abstract: Due to the rapid increase in the variety of electronic resources, many academic library consortia have been formed in Taiwan so as to assist in dealing with issues faced by libraries in purchasing and using electronic resources. The vital missions of a consortium are to negotiate the subscriptions with resource vendors, and then allocate the licensing costs to member libraries. Owing to the similarity between the consortial licensing for electronic resources and the group purchasing in the electronic marketplace, this paper develops a bidding mechanism with egalitarian sharing formulas to solve the existing problems in consortial licensing. The mechanism is based on the concept of Discount Coalition Game (a type of cooperative games) proposed by Li et al. (2003), which differs significantly from the current consortial licenses for electronic resources. Our simulation results of a numerical example demonstrate that the formation mechanism with proposed bidding and egalitarian sharing formulas can ensure the stability of a consortium. This, however, cannot be accomplished by using procedures prevailing in today's consortia. As for the cost allocation among member libraries, the egalitarian sharing formulas also offer lower variance in budgeting compared with other cost sharing methods.

Keywords: Library consortium; Electronic resources licensing; Bidding mechanism; Cost sharing; Cooperative game theory

1. 前言

隨著資訊科技之進步與數位化環境之成熟，圖書館產業之上游出版商紛紛提供電子資源，如電子期刊(E-journals)與電子書(E-books)等供圖書館購買並提供讀者線上的資訊服務(Online Information Service)。為了提供讀者便捷的資訊服務，近年來，國內各研究機構與大專圖書館每年均購買許多相關的電子資源以提升資訊服務品質。然而，由於供應商所提供之電子資源大多為套裝方式(Bundled)，因此價格昂貴且逐年上漲(Frazier, 2001)，但在各圖書館

的經費有限，卻又無法選擇性購買部分電子資源的情形下，圖書館界紛紛研擬對策，針對相關的電子資源訂購成立了相關的圖書館聯盟，以謀求解決的辦法。(Kohl and Sanville, 2006; Gatten, and Sanville, 2004; Nfila and Darko-Ampem, 2002; Allen and Hirshon, 1998)

國內自民國 87 年，國科會科技政策研究與資訊中心為協助國內各學術研究機構順利引進國外最新資訊，特邀集相關單位，共同組成「全國學術電子資訊資源共享聯盟」(CONsortium on Core Electronic Resources in Taiwan, CONCERT)，服務至今，廣受圖書館界之好評與讚賞(張清沼、石美玉，民 89)。隨著電子資源數量遽增，國內亦陸續成立了「臺灣電子書聯盟(TEBNET)」、「數位化(博士)論文典藏聯盟(E-Dissertations)」、「臺灣地區醫學電子館藏資源共享聯盟」、「國科會各研究中心及高速電腦中心學術聯盟」等電子資源聯盟。各聯盟成立的目的是希望藉由聯盟的運作，負責與出版廠商談判與洽商，降低各圖書館之採購成本，以利國內各圖書館順利引進國內外最新資訊，共享數位資源；目前聯盟運作之示意圖如圖 1 所示。

各機構圖書館由原來自行向電子資源供應商或代理商購買的情形(圖 1 虛線部分)，轉變成由聯盟共同購買之方式(圖 1 實線部分)；其各種電子資源的聯盟價格亦經由聯盟負責人與出版廠商談判後確定最後價格。有意購買的機構，依照此聯盟價格購買此項電子資源。

國內所成立的聯盟單位，大多由公部門(如國科會、中研院或教育單位等)支持與補助，聯盟營運的資金來源較無問題，因此，過去各機關購買的電子資源成本，均未包含聯盟營運上所需的成本。但隨著時間轉移，電子資源使用環境成熟，由政府部門補貼並創造電子資源使用環境的階段性任務已完成(如國科會等附屬單位目前已改成財團法人，未來勢必面臨營運成本問題)，未來重要的課題將是如何讓電子資源聯盟能永續經營？電子資源聯盟的營運牽涉許多重要的議題，如資金的來源(Funding)、購買(Purchasing)、談判(Negotiation)、訂價(Pricing)、以及成本的分攤方法(Cost Sharing Methods)等(Hirshon, 2003)。尤其是成本分擔方法，其結果將是聯盟成立與否最直接的影響因素，此外，何種結盟的機制對所有加入聯盟的成員最為有利？或是最可能結盟成功？亦為本文探討的目的。

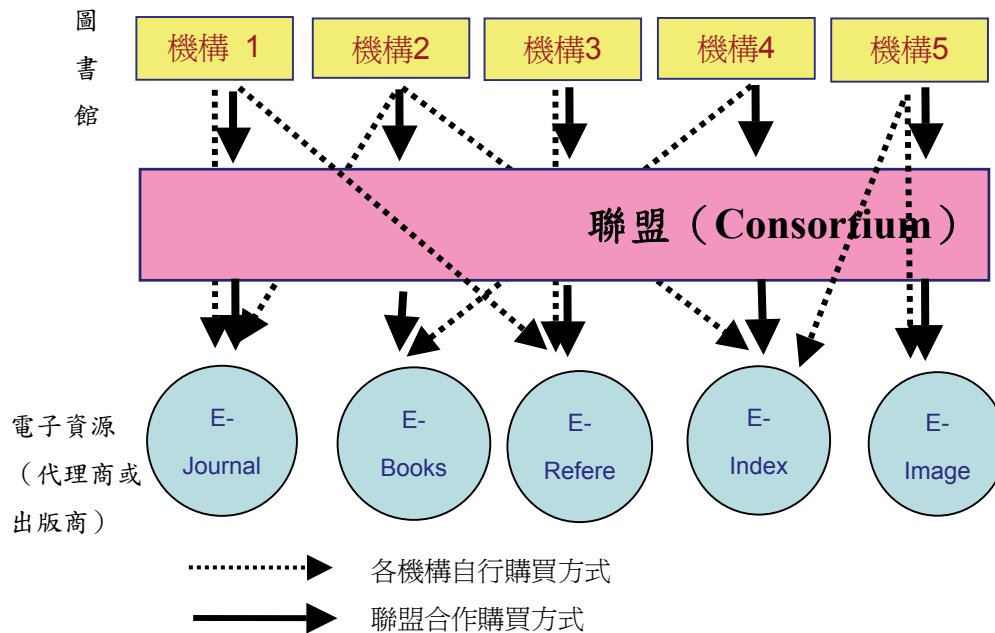


圖 1 圖書館電子資源聯盟示意圖

聯盟共同購買的方式與一般商業交易中之團體購買(Buying Group, or Buying Club)概念相似,主要是希望利用多數買方的力量與賣方協商取得較為優惠之價格;而對於買方來說,此種團體購買之交易成功與否,關鍵在於如何有效地形成團體或聯盟,以及如何公平地分攤購買成本。近年來電子商務之盛行,許多新的商業交易模式不斷出現,而電子市集及其採用之競標(Bidding)、拍賣(Auction)方式更是大行其道。由於電子市集的出現,使得買方比以往更容易形成購買團體,藉以實現買方力量。因此,若圖書館在聯盟合作採購的問題上,能結合電子商務上的若干做法,將能更有效地改善以往的作業效率。

本文主要是針對圖書館聯盟訂購電子資源時,如何透過類似競標的聯盟形成機制以及公平的成本分攤方式,以完成聯盟團體購買電子資源之作業。聯盟形成機制設計主要是根據電子商務中競標的精神,而成本分攤之計算方式則是以合作賽局(Cooperative Game Theory)為理論基礎。第二部分介紹目前常見圖書館聯盟計算成本分攤之方式;第三部分說明合作賽局基本理論與其在公平分配之應用;第四部分是本文主體,詳細說明如何應用電子商務

中競標機制之精神，與適當之成本分攤計算方式來解決圖書館聯盟訂購電子資源之問題；第五部分是聯盟形成機制與成本分攤計算的演算法，並以簡例說明其計算過程；第六部分則是此模式應用於圖書館電子資源聯盟訂購之問題，並與傳統之聯盟方式及成本分攤方法作分析比較，最後是結論與建議。

2. 常見圖書館聯盟之成本分攤

聯盟負責評估各資料庫是否引進與談判等工作，一旦聯盟與廠商談妥了價錢（往往是廠商制訂了一個價錢後，等待圖書館之回應），接下來聯盟要面對的工作就是如何分配採購電子資源之成本。目前常見圖書館聯盟之成本分攤大致可分為以下幾種方式 (Anderson, 2006; Sloan, 1999)：

(一) 機構平均分攤 (Equal Division by Institute, EDI)

此種方法乃不管聯盟內各成員之規模大小，一律平均分攤所有訂購成本。此種方法雖然非常簡單，但卻忽略了各成員圖書館規模大小不同之實際情況，特別是規模小的圖書館，可能會覺得此種分攤方式較為不利。

(二) 機構 FTE 值比例分攤 (Proportional Division by Institutional FTE, PDI)

此種方法則是完全依據各成員圖書館之規模大小來比例分攤成本，而估算規模大小之準則是根據所謂的全職註冊學生當量 (Full Time Equivalent, FTE, Student Enrollment) 為主。全職當量 (FTE) 的決定有許多方式，以下介紹兩種最常用的計算方式：

$$FTE = NS_f + \frac{NS_p}{3} ; \quad (1)$$

其中， NS_f 是指註冊之全職學生總人數，而 NS_p 是指註冊之兼職學生總人數。

$$FTE = \frac{CH_u}{15} + \frac{CH_g}{12} ; \quad (2)$$

其中， CH_u 是指大學部學生總修習學分數，而 CH_g 是指研究所學生總修習學分數。

通常規模大的圖書館對於採用此種分攤方法會覺得較為不利，理由是電子資源供應商的折扣通常會因聯盟的規模愈大而愈多，而規模大的圖書館會認為其對聯盟規模的貢獻較多，沒有理由反而要多分攤成本。

(三) 機構平均與機構 FTE 值比例之混合 (Combination of Equal Division by

Institute and Proportional Division by Institutional FTE, CEPDI)

此種分攤方式乃是結合上述兩種方法，也就是聯盟可以設定某一比例(ρ)使用機構平均分攤法，其餘($1-\rho$)則使用機構 FTE 值比例分攤法。由於這種方式的計算結果會處於上述兩種方法尖端值之間，因此許多聯盟將此種方式視為不錯的妥協方法。

(四) 結餘平均分享(Equal Percentage Savings, EPS)

此種方法則是將聯盟訂購價格(Consortial Price, p^C)與個別訂購價格(List Price for all Institutes, p_i^L)所產生之總成本結餘($TS = \sum_i p_i^L - \sum_i p_i^C$)平均分享。此處之個別訂購價格會隨著各圖書館之規模大小不同而有所差異，因此對第 i 個聯盟成員之分攤成本(AC_i)計算方式為：

$$AC_i = p_i^L \times \left(1 - \frac{TS}{\sum_i p_i^L}\right) \quad (3)$$

(五) 結餘比例分享(Proportional Distribution of Cost Savings, PDS)

此種方法則是將聯盟訂購與個別訂購所產生之成本結餘，根據成員之規模大小之比例分享。

值得注意的是，上述五種方法中，應用比例分攤的方法主要是以圖書館之規模大小來作為分攤之準則，近來則有些研究提出以使用量(Usage-based)作為計算之基準，即依各圖書館前幾年使用量之比例來計算成本之分攤比例。

3. 合作賽局與公平分配

在經濟分析的領域，合作賽局理論經常被應用在有關成本分攤之問題，例如設置基礎設施(如電力、自來水)之費用分攤、機場跑道起降費用之計算等。惟實際應用於圖書館管理方面仍不多見，僅(Hayes, 2003)曾就概念上說明如何應用合作賽局理論來處理圖書館之許多決策問題，例如：館藏資源共享(Sharing of Resources)、合作採購(Cooperative Acquisition)、自動化(Automation)、共享目錄(Shared Cataloging)、館藏空間共享(Shared Storage)和典藏之保存取用(Preservation and Access)。因此本節將介紹說明合作賽局的基本概念，接著第四節闡述如何將合作賽局理論應用於圖書館訂購電子資源

之結盟機制。

一個合作賽局是一個有序對(Ordered Pair)(N, v)，其中 N 是所有參與者所形成的有限集合，又稱之為完全結盟(Grand Coalition)；而 $v: 2^N \rightarrow \mathbf{R}$ 是一個集合函數，將 N 的幂集合(以 2^N 表示)中的任一元素 $S \in 2^N$ 對應至實數軸上的實數 $v(S)$ 。 S 表示參與者所組成的任一結盟(Coalition)形式，而 $v(S)$ 則代表 S 結盟形式的價值(Worth of S)或是成本(Cost of S)，其中， $v(\emptyset) = 0$ 。

在合作賽局的研究中，一個很重要的研究問題是：「當給定一個賽局(N, v)，如果完全結盟 N 形成，則如何將 $v(N)$ 的值分配給所有的參與者？」從數學的角度來看，這個問題的求解觀念就是希望在 \mathbf{R}^N 空間中找到一組向量，或是一個 N 維向量的集合。以設法找到一組向量為基礎的解法，包括：Shapley Value(Shapley, 1953)、Nucleolus(Schmeidler, 1969; Faigle et al., 2001) 以及 τ -value(Tijs and Otten, 1993)等。而以找 N 維向量的集合為解法觀念，較著名的包括：Imputation Set、Core 等。

一個合作競局之報酬向量的計算會根據分析者不同的考量重點，例如：公平性(Fairness)、穩定性(Stability)等，而有不同的求解觀念(Solution Concepts)。為進一步闡述此概念，以下舉最常被應用之解觀念 Core 及 Shapley Value 做進一步說明。

(一) Core

若向量 $x \in \mathbf{R}^N$ 滿足 $\sum_{i \in N} x_i = v(N)$ ，則此向量稱為報酬向量(Payoff Vector)。假使對所有 $i \in N$ ，存在 $x_i \geq v(\{i\})$ ，則報酬向量 $x \in \mathbf{R}^N$ 被稱為 Imputation，其中 x_i 表示 i 參與者的報酬。對給定的競局 v ，將所有 Imputation 所成的集合記為 $I(v)$ 。則所謂競局 v 的 Core， $\text{Core}(v)$ ，是指：

$$\text{Core}(v) = \left\{ x \in I(v) \mid \sum_{i \in S} x_i \geq v(S), \forall S \in 2^N \right\} \quad (4)$$

Core 的概念基本就是基於穩定性的考量，希望所有參與競局者都能共同合作留在完全結盟(N)內，而不要有參與者另外形成結盟($S, \forall S \in 2^N$)，進而維持完全結盟合作的穩定性。因為根據 Core 的定義：任何脫離完全結盟之

參與者形成的結盟所創造的價值 $v(S)$ ，不會比留在完全結盟內而分配得到之報酬總合 $(\sum_{i \in S} x_i)$ 來得好，因此參與競局者也就沒有脫離完全結盟的誘因。

(二) Shapley Value

Shapley Value 的定義表示如下：

$$\Phi_i(v) = \sum_{S \subset N \setminus \{i\}} \frac{|S|!(|N|-|S|-1)!}{|N|!} [v(S \cup \{i\}) - v(S)], \quad (5)$$

其中， $|S|$ 表示集合 S 的元素個數。

$v(S \cup \{i\}) - v(S)$ 表示的是 $\{i\}$ 加入 S 時所增加的(邊際)利潤，也就是 $\{i\}$ 所帶給 S 的利潤。而 $\frac{|S|!(|N|-|S|-1)!}{|N|!}$ 表示 $\{i\}$ 成為 S 中最後加入成員

的機率。因此 Shapley Value 所表示的是 $\{i\}$ 成員為 S 結盟帶來邊際利潤的期望值，因此利用 Shapley Value 來計算參與者 $\{i\}$ 所得到的報酬便是基於公平性的原則。

4. 圖書館聯盟形成之競標機制與成本分攤

目前國內的聯盟運作機制中，都是聯盟成員委託聯盟與供應商議價取得協議價格，再進行成本分攤，然後聯盟成員視自己本身的需求與預算，再決定是否購買電子資源。近來由於電子市集中的拍賣競標機制的風行，許多機構也開始研究將其應用至圖書館聯盟形成之機制，例如美國阿拉巴馬學術圖書館網路(Network of Alabama Academic Libraries, NAAL)即採用此種聯盟形成機制，以下簡單說明此種類似競標(Bidding)機制之運作：

1. 當聯盟與供應商接洽某一電子資源之授權後，聯盟即對所有成員發佈訊息，有意願訂購之成員即主動表達訂購意願，並告知聯盟其願意付出之價錢。

2. 聯盟蒐集到這些回覆後，即向供應商徵詢報價，並依據供應商之報價利用前述之成本分攤方式之一，核算出各有意願訂購之圖書館應分攤之成本，然後告知各圖書館。

3. 假如各圖書館願意支付之價格高於所分應分攤之成本，則聯盟繼續處理後續事宜；然而如果各圖書館願意支付之價格低於所分攤之成本，則聯盟將要求各圖書館重新提出願意支付之價格。

4. 如果有圖書館表明之所願意支付之價格始終低於核算後應分攤之成本，則該圖書館將無法成為此次訂購之聯盟成員之一。

上述步驟 3、4 反覆進行到聯盟能夠形成，圖 2 為競標機制之流程圖。

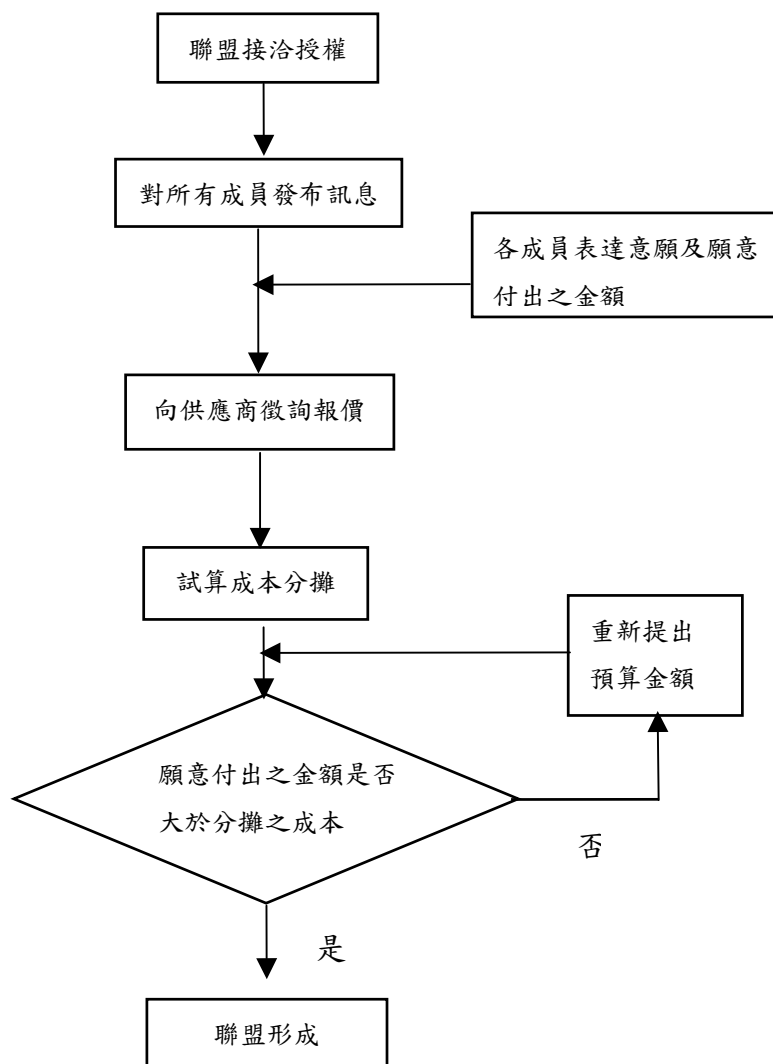


圖 2 類似競標之圖書館聯盟形成機制

4.1 聯盟之形成機制

根據上述之圖書館聯盟形成之競標機制，以下即詳細說明本研究所提之圖書館聯盟的形成機制與成本分攤商方式。

令 $L = \{1, 2, \dots, n\}$ 表示所有要採購電子資源之圖書館所成的集合。對任一圖書館 i 而言，可以根據過去採購的歷史資料，以及當年度之預算數額定出本次採購所願意付出之最高金額 r_i 。而負責與供應商洽談之聯盟則蒐集所有圖書館所提出之採購預算數，但聯盟並不會將此訊息公開給所有之圖書館知悉。接著聯盟則根據所蒐集到之資訊，利用結盟形成之機制，找出一個採購結盟 $C \subseteq L$ ，此採購結盟即可視為一般所謂之團體購買。接著此聯盟即與供應商進行協商，爭取團體購買之折扣；同時，聯盟根據成本分攤的機制，決定出結盟中的各個圖書館，在此次團體購買所要分攤之成本 t_i 。當結盟中之各圖書館得知之所需分攤之成本 t_i 後，各圖書館還可決定是否仍要留在此結盟中，以完成此次採購。

一般來說，供應商均會提供數量折扣(Volume Discount)之價格表(Price Schedule)，換句話說，購買數量愈多，則每單位產品之售價愈低。令單位價格表 $p(m): Z^+ \rightarrow R^+$ 為購買數量 m 之遞減階梯函數(Decreasing Step Function)，即 $m_1 < m_2, p(m_1) \geq p(m_2)$ 。因此，結盟 C 之採購成本可表示為： $\text{cost}(C) = |C|p(|C|)$ ，其中 $|C|$ 表示集合 C 之元素個數。

根據(Li et al., 2003)的定義，所謂的結盟機制 $o: r_i \rightarrow (C, t)$ ，是指根據結盟成員所提之願意付出的價格 r_i ，找出成員的結盟 $C(r_i)$ 以及每一個成員 i 所應付出之成本 $t_i(r_i)$ 。而結盟之價值(Value)則是定義為結盟中每一個成員的價值之總合，與滿足所有成員之需求所應付之最低成本的差，即：

$$v(C, r) = \sum_{i \in C} r_i - |C|p(|C|) \quad (6)$$

結盟中每一個成員之價值 $u_i(o, r_i)$ 可表示為：

$$u_i(o, r_i) = r_i \chi_i - t_i \quad (7)$$

其中 $\chi_i = 1$ ，假使 $i \in C$ ， $\chi_i = 0$ ，其他狀況。

一般常用的結盟機制有以下幾種規則：

(一)、個體理性(Individual Rationality, IR)：結盟中之任一成員都沒有損失，也就是說成員都是自願加入。即： $u_i(o, r_i) \geq 0, \forall i \in L$ 。很明顯的可以看出，若 $i \notin C$ ，則 $u_i = 0, t_i = 0$ 。

(二)、預算平衡(Budget Balance, BB)：系統無移出或轉入之情形，也就是說對結盟中所有成員所收取之費用，剛好等於結盟所產生之成本。即：

$$\sum_{i \in C} t_i(r) = |C|p(|C|)。在此準則下， $v(C, r) = \sum_{i \in C} u_i(o, r)。$$$

(三)、效率(Efficiency, Eff)：結盟中所有成員的效用總合，或是結盟的價值為最大化。即： $C = \arg \max_{S \subset L} v(S, r)$ 。根據此定義，對任一結盟機制 (C', t) 之效率損失(Efficiency Loss, EL)可表示為 $EL = v(C, r) - v(C', r)/v(C, r)$ ，意即使用結盟機制 (C', t) 得到之價值與最佳值比較下，所導致之價值減少之百分比。

(四)、穩定性(Stability)：如果結盟中之部份成員脫離另外結成次聯盟，則此聯盟所得到之價值將不會超過這些次聯盟成員應該付出之成本。因此，對於結盟中的成員而言，將無誘因使其脫離結盟而另組次聯盟。此觀點與合作賽局中之 core 的概念相似，即： $\sum_{i \in C_1} u_i(C, r_i) \geq v(C_1 \cup C_2, r), \forall C_1 \in C$ 且

$$C_2 \in L \setminus C。$$

4.2 聯盟之成本分攤方式

有別於目前圖書館界合作採購時常用的成本分攤方式（如第二節所述），在電子商務中消費者團體購買時，常用之成本分攤方式顯然不是強調成員之規模大小，因此從這個角度來看似乎比較能消弭圖書館規模大小所產生之「不公平」感受。本節即說明幾種在電子商務中常見的團體購買之成本分攤方法，希望能將之應用於圖書館聯盟之成本分攤問題。

(一)、平等分攤法(Egalitarian Sharing, ES)：每一結盟成員所應分攤之成本

$$\text{為： } t_i = \begin{cases} h_C & (n \in \bar{C}) \\ r_i & (n \notin \bar{C}) \end{cases}, \quad (8)$$

其中， h_C 和 \bar{C} 滿足下列兩條件：

$$|C|p(C) = |\bar{C}| \cdot h_C + \sum_{i \in C \setminus \bar{C}} r_i, \quad \bar{C} = \{i \in C | h_C \leq r_i\}. \quad (9)$$

此分攤機制之意涵是使團體購買之總成本恰好被結盟成員完全分攤。而其重點即在於如何使等式 $|C|p(C) = |\bar{C}| \cdot h_C + \sum_{i \in C \setminus \bar{C}} r_i$ 能被滿足，也就是決定 h_C ，

使得結盟成員中願意付之價格 r_i 超過 h_C 者，即集合 \bar{C} ，其所需分攤之成本 t_i 即為價格 h_C ；而結盟成員中願意付之價格低於 h_C 者，即集合 $C \setminus \bar{C}$ ，則以願意付之價格為其分攤之成本。

(二)、後向成本分攤法(Backward Cost Sharing, BC)：此種分攤方法不以公平分攤為主要考量因素，而是鼓勵各欲採購之成員儘量提高其願意付出之價格。換句話說，成員所提出之願意付出之價格愈低者，所需分攤之成本愈高。

(三)、比例補貼法(Proportional Subsidy, PS)：若結盟成員願意付之價格 r_n 低於廠商提供之團體購買價格 h_C 所成之集合以 $C \setminus \bar{C}$ 表示，則 $|C \setminus \bar{C}|p(C \setminus \bar{C}) - \sum_{i \in C \setminus \bar{C}} r_i$ 即表示分攤成本不足(deficit)之數額，而此不足之

數額則必須由結盟成員願意付之價格超過廠商提供之團體購買價格，即集合 \bar{C} ，中之成員來補貼，而補貼之比例則是根據集合 \bar{C} 中成員所願意付之價格高低為準，即願意付出之價格較高者，補貼之比例也較高。

(四)、比例成本法(Proportional Cost, PC)：此種成本分攤機制則完全根據結盟中各成員所提願意付出之價格，依比例計算各成員必須分攤之成本。

(五)、調整後克雷克機制(Adjusted Clarke Mechanism, ACM)：假設以 $C_{-i}(r_i)$ 表示不包含 i 之結盟，並且令 $\tau_i(r) = r_i - v(C, r) + v(C_{-i}, r_{-i})$ ，則此種機制下之成本分攤的計算方法如下：

$$t_i = \begin{cases} r_i & \text{if } \tau_i + \mu > r_i, \\ \tau_i + \mu & \text{otherwise} \end{cases}, \quad (10)$$

其中， μ 表示會使上述成本分攤符合預算平衡原則的一個正數。

根據 Li et al. (2003) 的證明，「當聯盟採用平等分攤法計算所需分攤之成本，並滿足個體理性(IR)及預算平衡(BB)條件之結盟機制，則計算所得之分攤成本是折扣結盟競局(Discount Coalition Game)的核心(Core)解。」換句話說，若結盟所產生之成本以平等分攤法來計算各結盟成員所需分攤之費用，並能滿足個體理性(IR)及預算平衡(BB)條件，則所形成之結盟會是一個合作

競局的核心解，也就是結盟內之成員將不會有任何動機脫離此結盟，而形成其他型式之結盟，因此所形成之結盟具穩定性(Stability)。因此，本研究即採用平等分攤法(ES)作為圖書館聯盟計算成本分攤之方法。

5. 圖書館聯盟形成機制與成本分攤之演算法

在本節中，我們即根據第四節說明之聯盟形成機制與成本分攤計算方式，來設計圖書館採購結盟之實作性演算法，並用簡單之數值例說明演算法運算的過程。

5.1 單一品項合作聯盟演算法(Algorithm for Single-item Buying

Coalition, ASBC) :

ASBC:

Step 0：初始設定值：

C ：代表採購電子資源之聯盟所成的集合， $C = L$ ；

N ：所有採購電子資源的圖書館家數；

K ：單一電子資源可折扣的最大單位量；

輸入：廠商折扣價錢函數 $p(m)$ 和各館願意支付價 $r_i, \forall i=1, 2, \dots, N$ ；

輸出： $t_i, \forall i=1, 2, \dots, N$ 。

Step 1：決定多少單位量的折扣 m ， m 的決定法則由下面判斷：

If $N \geq K$ then $m = K$

Else $m = N$

Step 2：從前一步驟所得之折扣價，檢查是否存在館方願意出的錢低於折扣價($r_i < p(m)$)；如果沒有，則聯盟 C 中各家圖書館實際應付金額即為 r_i ，且聯盟能以 $p(m)$ 的折扣價向商家購得所需品項，並結束；否則，剔除 $r_i < p(m)$

之各館，形成 \bar{C} 並依據(8)、(9)式進行成本分攤計算出 t_i 。

Step 3：根據(7)式檢查各館的價值函數是否為正。如果成立，則 \bar{C} 中各家圖書館實際應付金額為 t_i ，並結束；如果不成立且 $K > 0$ ，則 $K = K - 1$ ，並回到 Step 1 繼續執行。($K \leq 0$ 表示合作局不成立)

下面我們以一數值例說明演算法執行過程。假設某供應商只有一種電子資源商品 g_1 ，而共有五家圖書館， $L = \{b_1, b_2, b_3, b_4, b_5\}$ ，具意願購買此種電子資源。若此供應廠商之折扣價函數 $p(m)$ 如表 1 所示，而各圖書館之預算額度 $r_i, \forall i = 1, 2, \dots, 5$ ，如表 2 所示。

表 1 廠商折扣價函數 $p(m)$

購買數量 m	1	2	3	4
電子資源 g_1 的價格	20	16	12	8

表 2 各圖書館之預算數

圖書館	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5
預算 r_i	30	20	5	10	19

根據 ASBC，其計算步驟如下：

Step 0：初始設定值：

$$C = L = \{b_1, b_2, b_3, b_4, b_5\}; N = 5; K = 4。$$

Step 1：因為 $N \geq K$ ，所以 $m = 4$ ，表示買家欲購買商品 g_1 僅能從供應商拿到 4 個單位量的折扣價 $p(m) = p(|C|) = 8$ 。

Step 2：因為 $r_3 < p(m)$ ，所以從 $C = L = \{b_1, b_2, b_3, b_4, b_5\}$ 暫時剔除 b_3 ，形成 $\bar{C} = \{b_1, b_2, b_4, b_5\}$ ，並進行成本分攤來計算 $t_i, \forall i$ 。由(9)式可得到 $h_C = 8.75$ ，

因此 $t_1 = t_2 = t_4 = t_5 = 8.75$ ， $t_3 = r_3 = 5$ 。

Step 3：根據(7)式檢查各館的價值函數是否為正。由 Step 2 所得明顯看出

條件成立，則表示 \bar{C} 中各家圖書館實際應付金額為 8.75，以及成員 b_3 需付的金額為 5。

假設此供應商改變其折扣價格函數，將購買四單位以上之單價從 8 調整為 10，如表 3 所示。則根據 ASBC 的第一個遞迴當中，Step 2 之 h_C 會產生變化，變成 11.25，如此一來將導致 b_4 的效用值小於 0，即 $r_4 - t_4 = 10 - 11.25 = -1.25 < 0$ ，Step 3 條件無法滿足，所以 K 的值變成 3，而必需執行下一個遞迴。

表 3 廠商調整後之折扣價函數 $p(m)$

購買數量 m	1	2	3	4
電子資源 g_1 的價格	20	16	12	10

下面簡述第二個遞迴的執行過程：

Step 1：因為 $N \geq K$ ，所以 $m=3$ ，表示買家欲購買商品 g_1 僅能從商家拿到 3 個單位量的折扣價 $p(m) = p(|C|) = 12$ 。

Step 2：因為 $r_3 < p(m)$ 且 $r_4 < p(m)$ ，所以要從 $C = L = \{b_1, b_2, b_3, b_4, b_5\}$ 暫時剔除 b_3 和 b_4 ，形成 $\bar{C} = \{b_1, b_2, b_5\}$ 並進行成本分攤來計算 $t_i, \forall i$ 。由(9)式可得到 $h_C = 15$ ，因此 $t_1 = t_2 = t_5 = 15$ ， $t_3 = r_3 = 5$ ， $t_4 = r_4 = 10$ 。

Step 3：根據(7)式檢查各館的價值函數是否為正。由 Step 2 之計算所得可知：
 $r_1 - t_1 = 30 - 15 > 0$ ， $r_2 - t_2 = 20 - 15 > 0$ ， $r_3 - t_3 = 5 - 5 = 0$ ，
 $r_4 - t_4 = 10 - 10 = 0$ ， $r_5 - t_5 = 19 - 15 > 0$ ，

明顯看出各館之價值函數均為正。此結果表示 \bar{C} 中各家圖書館實際應付金額為 15，而成員 b_3 和 b_4 需付的金額分別為 5 和 10。

為了評估方法之有效性，大部份研究會考量演算法之複雜度計算。本演算法的複雜度為 $O(N \times K)$ ，由於 N 和 K 通常都不大，因此可在簡短時間內求得所需問題解。

5.2 多品項合作聯盟演算法(Algorithm for Multi-items Buying

Coalition, AMBC) :

承上，單一品項合作聯盟可視為多品項合作聯盟之特殊情況，所以多品項合作聯盟演算法之設計只需對各別的物品 g_i 重複單一品項合作聯盟演算法。另外，一般價格函數的折扣單位量雖是遞增，但其間距並非固定，譬如，針對某一品項 g_s ，其價格折扣單位量分別為 $n_1 < n_2 < \dots < n_{k_s}$ 。我們可以將前一演算法之參數 K ，找到對應函數 $f(K)$ ，其中 $f(j) = n_j$ ， $j \in \{1, 2, \dots, k_s\}$ 。透過函數 $f(K)$ 的對應，可與實際問題應用面達到一致性。因此，多品項合作聯盟演算法(AMBC)，可表示為對任一品項名 g_s 執行下面之演算法：

AMBC :

初始設定值： C ：代表採購電子資源之聯盟所成的集合， $C = L$ ；

g_s ：代表欲採購之某一電子資源；

N ：所有採購電子資源的圖書館家數；

k_s ：電子資源 g_s 共有多少個折扣數。

輸入：廠商折扣價錢函數 $p(m)$ 和各館願意支付價錢 r_i ， $\forall i = 1, 2, \dots, N$ ；

輸出： t_i 。

Step 1：決定多少單位量的折扣 q 。

If $N \geq f(k_s)$ then $m = f(k_s)$

Else $m = N$

Step 2：從前一步驟所得之折扣價，檢查是否存在館方願意出的錢低於折扣價 ($r_i < p(m)$)。如果沒有，則聯盟 C 中各家圖書館實際應付金額即為 r_i ，且聯盟能以 $p(m)$ 的折扣價向商家購得所需品項，並結束。否則，剔除 $r_i < p(m)$ 之各館，形成 \bar{C} 並並依據(8)、(9)式進行成本分攤計算出 t_i 。

Step 3：根據(7)式檢查各館的價值函數是否為正。如果成立，則 \bar{C} 中各家圖

書館實際應付金額為 t_i ，並結束。如果不成立且 $k_s > 0$ ，則 $k_s = k_s - 1$ ，並回到 Step 1 繼續執行。($k_s \leq 0$ 表示合作局不成立)

6. 模擬數值例之計算與說明

為了驗證本文所提方法之可行性及有效性，本研究選擇國內各大專院校常購買之三家國外電子期刊資料庫為例，分別以 A、B 和 C 電子資料庫稱之。根據如圖 2 的流程，一開始聯盟與各電子資料庫的廠商接洽授權，在取得廠商授權後，聯盟即可透過如電子平台之管道對所有聯盟成員發佈訊息。聯盟成員接受到此訊息後，即根據本身之需求與預算額度，分別利用電子平台之管道向聯盟表達購買意願及所願支付之金額。

假設共有五家圖書館表達意願同時購買三種電子資源，並分別針對三種電子資源提出所願支付之金額，如表 4 所示。

表 4 五家圖書館對三種資料庫所願支付金額表

	單位：美元		
	A	B	C
L_1	2920	19600	4320
L_2	2400	20000	4780
L_3	2500	15900	4100
L_4	2300	16500	3950
L_5	2200	16000	4750

聯盟收到五家圖書館的購買意願及預算金額後，即向三種資料庫的供應商徵詢其產品的價格表。現 A、B、C 三家資料庫之廠商所提供之折扣價格表如表 5 所示，以資料庫 A 為例，如果只有一家圖書館購買，則價格為 2668 美元；若有 2-5 家圖書館購買時，則可獲得折扣，因此每一單位價錢是 2268 美元，以此類推，當購買超過 51 單位量以上時，則統一單位價是 1334 美元。接著，聯盟即根據五家圖書館所願付之金額，與三家廠商之價格表試算三種資料庫團體購買所需之總成本，以及各圖書館應分攤之成本金額。

表 5 三種電子期刊資料庫廠商之價格折扣表

單位：美元

A		B		C	
Site	Price	Site	Price	Site	Price
1	2,668	2-10	17,105	1-19	4,350
2-5	2,268	11-20	16,515	20-29	4,200
6-10	2,000	21-30	16,079	30-39	3,950
11-20	1,867	31-40	16,066	40-49	3,700
21-30	1,735	41-50	16,053	50-	3,350
31-40	1,600	51-60	16,040		
41-50	1,467	61-70	16,027		
51-	1,334	71-80	15,765		
		81-	15,650		

表 6 即為第五節所提之演算法計算之各館所需支付之分攤金額。根據 L_1-L_5 這五家圖書館之預算，對於 A、B、C 三種電子資料庫之採購均可以形成聯盟，而形成聯盟後供應商所提供之折扣價格分別為：A 電子資料庫：2268；B 電子資料庫：17105；和 C 電子資料庫：4350 美元。以 A 電子資料庫為例，由於五家圖書館形成一合作聯盟，這五家向供應商購買 2-5 個單位量的折扣價是 2268，因此所需之總費用為： $2268 \times 5 = 11340$ 。而各家圖書館所需支付之金額如表 6 中第二行所示， L_1 支付 2285、 L_2 支付 2285、 L_3 支付 2285、 L_4 支付 2285、 L_5 支付 2200 美元；即 $11340 = 2285 \times 4 + 2200$ 。對照表 5 可發現，各圖書館支付之金額皆小於它們所能負擔的金額。

表 6 合作聯盟機制下各館應支付金額表

單位：美元

	A	B	C
L_1	2285	18563	4320
L_2	2285	18563	4690
L_3	2285	15900	4100
L_4	2285	16500	3950
L_5	2200	16000	4690

最後，為比較分析本研究之可行性，將本研究所採用之動態結盟方式與平等分攤法(ES)，與傳統圖書館聯盟所使用之成本分擔方式：機構平均分攤(EDI)、機構 FTE 值比例分攤(PDI)、與機構平均與機構 FTE 值比例之混合(CEPDI)三種方法進行比較，比較結果如表 7(a)-(c)所示。表 7(a)是假設各圖書館所願意支付購買 A 電子資源之預算額度與圖書館之 FTE 值成正比，也就是圖書館之購買經費預算額度與圖書館規模大小成正比；而表 7(b)-(c)則是假設各圖書館所願意支付購買 B、C 電子資源之預算額度與圖書館之 FTE 值無關。

在表 7(a)的模擬結果中，若以各圖書館的購買預算(Budget)與所分攤之成本(Allocated Cost)之差額，即節省之費用(Savings)，的變異程度來看，以 CEPDI 之變異程度最小，依次分別為 PDI、ES，而 EDI 之變異程度最大。而在表 7(b)的模擬結果則顯示 ES 的變異最小，依次分別為 CEPDI、EDI，而 PDI 之變異程度最大。表 7(c)的模擬結果則為：ES 的變異最小，依次分別為 EDI、CEPDI，而 PDI 之變異程度最大。所以若將各圖書館加入聯盟後所能節省之費用的差異性定義為公平，則 ES 成本分攤方式不管在各館預算與其規模大小有關與否的情形下，較其他的方法有不錯的公平效果。

另外，從表 7(a)、(b)、(c)的結果也發現，傳統上不管哪一種方法，均會有圖書館無法加入聯盟之情事發生。例如表 7(a)之 L_5 ，當採用 EDI 方式時即因為所分攤之成本超過該館之購買經費預算，因此無法成為購買 A 電子資源之聯盟成員。然而，本研究所使用 ES 分攤法即無此現象發生。只要圖書館提出購買預算均可形成聯盟，不論它所提出的預算與 FTE 值是否成正比。當然本研究假設各圖書館均「誠實」地提出購買預算，而不能有刻意壓低報價之情形，否則當所有圖書館之總購買預算遠低於廠商之價格時，將無法形成購買聯盟。

7. 結論與建議

本研究最主要之貢獻在於，根據電子商務中競標機制之精神與合作賽局的概念，作為圖書館聯盟訂購電子資源時，動態之聯盟形成機制的設計與適當的成本分攤計算。此種動態的聯盟形成機制與成本分攤計算，非常適合於未來圖書館聯盟資訊平台之設計建制。根據本文研究，未來此類圖書館聯盟

表 7 (a) 合作聯盟機制下各館對 A 電子資料庫的支出金額分配及節省成本量

FTE	Budget	EDI		PDI		CEPDI		ES	
		Allocated Cost	Savings	Allocated Cost	Savings	Allocated Cost	Savings	Allocated Cost	Savings
L_1	2920	2268	652	2721.6	198.4	2494.8	425.2	2285	635
L_2	2400	2268	132	2268.0	132.0	2268.0	132.0	2285	115
L_3	2500	2268	232	2494.8	5.2	2381.4	118.6	2285	215
L_4	2300	2268	32	2041.2	258.8	2154.6	145.4	2285	15
L_5	2200	2268*	-68*	1814.4	385.6	2041.2	158.8	2200	0
Total	25000	11340	980	11340	980	11340	980	11340	980
Std.			248.97		126.81		115.38		232.73

表 7 (b) 合作聯盟機制下各館對 B 電子資料庫的支出金額分配及節省成本量

FTE	Budget	EDI		PDI		CEPDI		ES	
		Allocated Cost	Savings	Allocated Cost	Savings	Allocated Cost	Savings	Allocated Cost	Savings
L_1	6000	17105	2495	20526*	-926	18816	784	18562.5	1036.5
L_2	5000	17105	2895	17105	2895	17105	2895	18562.5	1436.5
L_3	5500	17105*	-1205	18816*	-2915.5	17960*	-2060	15900	0
L_4	4500	17105*	-605	15395	1105.5	16250*	250	16500	0
L_5	4000	17105*	-1105	13684	2316	15395*	605	16000	0
Total	25000	85525	2475	85525	2475	85525	2475	85525	2475
Std.			1812.18		2149.40		1577.57		618.82

表 7 (c) 合作聯盟機制下各館對 C 電子資料庫的支出金額分配及節省成本量

	FTE	Budget	EDI		PDI		CEPDI		ES	
			Allocated Cost	Savings	Allocated Cost	Savings	Allocated Cost	Savings	Allocated Cost	Savings
L_1	6000	4320	4350*	-30	5220*	-900	4785*	-465	4320	0
L_2	5000	4780	4350	430	4350	430	4350	430	4690	90
L_3	5500	4100	4350*	-250	4785*	-685	4567.5*	-467.5	4100	0
L_4	4500	3950	4350*	-400	3915	35	4132.5	-182.5	3950	0
L_5	4000	4750	4350	400	3480	1270	3915	835	4690	60
Total	25000	21900	21750	150	21750	150	21750	150	21750	150
Std.				335.80		784.06		518.79		37.95

之資訊平台，除應提供聯盟成員之圖書館訂購之報價功能外，亦應提供電子資源廠商建立其價格表單，使得資訊系統能根據本研究所提之聯盟形成機制與成本分攤方式，扮演中介者之角色，使有意購買之成員形成合作聯盟與供應商完成交易。此外，藉由此種電子資訊平台之建置，也可使交易成本降至最低，而更能發揮合作賽局模型之特色。

誌謝：本研究承蒙國科會經費補助，計畫編號 NSC 94-2416-H-364-002

8. 參考文獻

- 張清沼、石美玉（民 89），「全國學術電子資訊資源共享聯盟概況」，*圖書與資訊學刊*，第 33 期，26-37 頁。
- Allen, B. M. and Hirshon, A. (1998), "Hanging Together to Avoid Hanging Separately: Opportunities for Academic Libraries and Consortia," *Information Technology and Libraries*, 17(1), 36-44.
- Anderson, D. (2006), "Allocation of Costs for Electronic Products in Academic Library Consortia," *College and Research Libraries*, 67(2), 123-135.
- Kohl, D. F., and Sanville, T. (2006), "More Bang for the Buck: Increasing the Effectiveness of Library Expenditures through Cooperation," *Library Trends*, 54(3), 394-410.
- Faigle, U., Kern, W., and Kuipers, J. (2001), "On the Computation of the Nucleolus of a Cooperative Game," *International Journal of Game Theory*, 30(1), 79-98.
- Frazier, K. (2001), "The Librarians' Dilemma: Contemplating the Costs of the "Big Deal"," *D-Lib Magazine*, 7(3). <<http://dx.doi.org/10.1045/march2001-frazier>>

- Gatten, J. N., and Sanville, T. (2004), "An Orderly Retreat from the Big Deal: Is It Possible for Consortia?" *D-Lib Magazine*, 10(10). <http://www.dlib.org/dlib/october04/gatten/10gatten.html>
- Hayes, R. M.(2003), "Cooperative Game Theoretic Models for Decision-Making in Contexts of Library Cooperation," *Library Trends*, 51(3), 441-461.
- Hirshon, A. (2003), "Library Consortium Funding and E-resource Cost-sharing: Goals, Options, and Best Practices," a report for eIFL.net. <http://www.gela.org.ge/eifl/files/present/Arnold%20Hirshon-paper.doc>
- Li, C., Rajan, U., Chawla, S., and Sycara, K. (2003), "Mechanisms for Coalition Formation and Cost Sharing in an Electronic Marketplace," *Proceedings of the 5th International Conference on Electronic Commerce*, 68-77.
- Nfila, R. B., and Darko-Ampem, K. (2002), "Developments in Academic Library Consortia from the 1960s through to 2000: A Review of the Literature," *Library Management*, 23(4/5), 203-212.
- Schmeidler, D. (1969), "The Nucleolus of a Characteristic Function Game," *SIAM Journal on Applied Mathematics*, 17(6), 1163-1170.
- Shapley, L. S. (1953), "A Value of N-person Games," in: Kuhn, H. E. and Tucker, A. W., eds., *Contributions to the Theory of Games II*, Princeton University Press, Princeton, 307-317.
- Sloan, B. (1999), "Allocating Costs in a Consortial Environment: A Methodology for Library Consortia," *OCLC Systems & Services*, 15(1), 45-55.
- Tijs, S., and Otten, G. (1993), "Compromise Values in Cooperative Game Theory," *Top*, 1(1), 1-51.