

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 營建工程競標流程決策輔助系統之研究

### A Decision Support System for Construction Project Bidding Process.

計畫編號：NSC 90-2211-E-009-056-

執行期限：90年8月1日至91年7月31日

主持人：曾仁杰 交通大學土木系副教授

計畫參與人員：何春玲 交通大學土木系研究生

#### 一、中文摘要

營造業中，工程專案的取得維繫著公司的永續發展，然而目前國內營造市場競爭強烈，廠商除了選擇標案外，更必需在有限的期間內完成投標作業，若廠商能對自身的準備投標流程做完整規劃與評估作業，則有助於做出正確的投標決策。本研究透過 IDEF0(Integration DEFinition language 0)流程分析法對投標流程進行分析，了解準備投標流程中各階段影響投標決策的資訊與資訊間的相互關係，並針對這些決策資訊探討其影響因素，最後以 STROBOSCOPE(State and Resoure Based Simulation of Construction Process)建構投標決策網圖，並發展競標決策輔助系統，輔助廠商進行標案的評選決策與競標的價格決策。

**關鍵詞：**競標理論、投標決策、IDEF、STROBOSCOPE

#### Abstract

The survival of a construction contractor depends on continuous flow of awarded projects. To obtain projects, the contractor is required to search project opportunities on a daily basis and bid on suitable projects. Recently because of the widespread use of computers and internet, more and more bid invitations including public work project are announced on the internet. Because of the easy access to digitalized business opportunities, the amount of bid invitation information for the contractor for review

each day is increased. However, limited by the available resource and time, the contractor must decide the level of effort he wants to be devoted to for each invitation. The decision of bidding includes the level of effort the contractor to devote in the bidding process, and the bidding price. Many bidding models have been developed. However, most of them focus on the determination of the optimal bidding price. Few dealt with the issue of determining the optimal level of effort the contractor should be devoted to, which require the consideration of many qualitative and fuzzy variables instead of quantitative variables as in the traditional bidding models.

The proposed research will focus on the analysis of variables that may be considered to determine the level of effort under a uncertain competitive environment. We expect the model be able to explain questions such as why a contractor roughly estimated one project but estimate another project in a great detail; and why he gave up the bidding opportunity after an on-site visit or query about the project owner.

**Keywords:** bidding model and strategy, IDEF, work flow analysis, Stroboscope, simulation

#### 二、前言

營造業中，工程專案的取得維繫著公司的永續發展，投標決策是獲得工程專案的重要關鍵。隨著工程市場的競爭愈趨強烈，廠商莫不用盡其極地取得工程承攬，但在國內的營造市場往往是不完全競爭市場，資訊未能透明公開化，在決策時往往

需考量到許多非量化因素，廠商也可能因個案狀況改變決策模式，造成對競標決策的影響。

電腦化應用於營造業已相當普遍，估價工程師在競標決策過程中，常使用估價系統估算出工程專案之成本，再以自身累積的專家知識和經驗數據調整為投標價參與競標。近年來競標決策支援系統的發展已能對於廠商自身的決策因素做一完整考量，但仍無法輔助廠商在投標過程進行完整的決策評估與分析，如此對於提高決策的正確性並無幫助。

因此，若能將競標決策的知識與經驗作統合性的歸納整理，透過電腦系統的輔助對工程專案的競標進行可行性分析及提供有利標價，將能有效提升廠商的得標機率並獲得合理的利潤。

### 三、競標相關理論

競標為目前國內大部分廠商取得工程之方法，大部分的競標理論以探討最低價決標制度為主，少部分涉及其他的合約授與方法，如最有利標制度以評分最高的標案決標。在以往的競標理論中，約可分為統計模式、多評準決策分析模式、賽局模式與人工智慧模式。

#### (1)統計模式：

Gates[Gates 1967]對於營建工程中成本、價格與風險的關係，他認為任兩個營建廠商的成本關係是一個隨機變數的關係，而完工成本也不一定與估計成本相同，所以競標價格的決定並不特別考慮估計成本，而是直接取決於投標價格的降低比率與得標機率與投標人數的關係。蓋茨模型應用早期的兩人賽局與多人賽局的概念，是專門為營建工程所發展的競標模型。

Carr[Carr 1982, 1983]以蓋茨模型為發展基礎但是並不限於蓋茨模型與傅利曼模型的假設，納入工程個案特性、外部經濟環境、競爭特性這三大類影響標本比(LBC)預測的潛在獨立變數，並引入了複迴歸分析方法(Multiple Regression Analysis)探討競標策略，在各廠商的成本分佈與對手投標價格可以分析估計的前題下導出競標的一般化模式。Seydel[Seydel

1990]提出以多因素的考慮方法決定毛利潤率值，他考慮了利潤、風險、工作的連續性三個有關價格的主要因素。Griffis[Griffis 1992]提出針對蓋茨模型的機率計算方式求出得標的機率。

#### (2)多評準決策分析模式：

陳耀光[陳耀光 1994]以美國傳統競標模型之理論為基礎，並針對其未考慮到的各項不確定性因素加以修正，在其整合性競標策略中，該研究之優點為具理論基礎並提供業界可實際參考使用的競標模型，較其他競標模型更具有準確性及實用性。但為了測驗模型之實際操作能力並檢討其實用範圍，則必須以案例進行模擬並檢討之，以回饋修正原模型。然此模型之評估以統計方法及工程經濟分析為主，評估過程中需經過大量的資料整理及計算，才能得到最後的評估結果，若以人工計算將耗費大量時間成本，故需設計電腦程式進行實際模擬才得以進一步討論。

#### (3)賽局模式：

吳道生[吳道生 1997]以賽局理論分析公共工程合約授與之策略，其認為合約授與屬於資訊不對稱之不合作賽局，針對議價、比價、競標、三段標與合理標五種合約授與方法，探討各種方法之賽局模型。其後續研究以賽局理論建立營建工程競標問題的架構，使用線性多變量統計方法、倒傳遞類神經網路及類神經模糊方法建立決策模式，分別就領標決策、算標決策、投標決策與價格決策四個階段，進行決策模式的效用比較與分析。

該研究之優點為利用賽局理論建構之營建工程競標賽局的理論架構較完整，且以人工智慧的分析方法取代統計確能達到一定的分析預測能力。缺點為分析資料不易收集、分析過程較為費時及廠商決策模式互不相同，在實際應用上較為困難。

#### (4)人工智慧模式：

郭文達[郭文達 1996]以問卷調查與專家訪談，分析影響國內工程投標決策之因素，並利用AHP層級分析法做權重計算與門檻值的比較，建立一「工程投標決策

輔助系統」。該研究優點為利用層級分析法的層級概念表達出工程投標決策所需考量之因素，並以專家系統輔助決策，過程迅速。缺點為使用者很難針對影響因素給定一特定評分，造成結果較不客觀。

吳文良[吳文良 1997]以案例式系統將過去的投標案例建入資料庫，當有新標案時，則可透過將過去最相似的案例做修正來推估新標案的工程成本。其依投標的目的建構了三個子系統：「案例式工程成本概算系統」，採用案例式推理的方法估算工程總價；「工程投標案例搜尋系統」，利用案例式系統案例的取得來對案例作搜尋，以獲得所需之案例，做為工程投標決策之參考；「工程投標決策系統」，透過專家系統將投標影響因素建構至知識庫中，透過經驗法則評估各項影響因素對投標決策的影響程度，對是否投標提供一個參考依據。

#### 四、投標流程分析

本研究利用描述功能模型之 IDEF0(Integration DEFinition language 0)流程分析法，探討規劃投標流程所需之層次，並描述營建工程競標流程的輸入、控制、機制和輸出。並將準備投標之流程(圖 1)分為 A1 領標評估、A2 算標評估、A3 初步估算、A4 成本估算、A5 準備投標文件和 A6 參與競標六個階段，並根據這六個子階段再探討其運作流程。

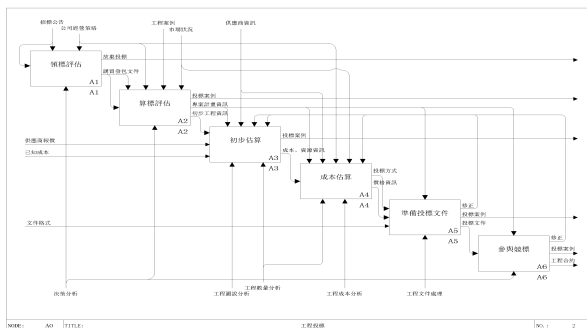


圖 1 A0 工程投標(展開)

領標評估階段(A1)為承包商在取得招標資訊時，依據招標公告的內容、業主資訊及公司經營策略來對標案做初期的評

估，並依據評估的結果實際領標或放棄標案；算標評估階段(A2)為承包商購買招標說明文件後，在取得標案更詳細的資訊下，針對標案的內容、圖說文件、契約文件、規範文件、公司經營策略、外在環境等決策資訊做進一步的評估，決定是否進行投標並進入估算作業；初步估算階段(A3)以上一階段所分析之資訊擬定工程計畫，包括施工計畫、品質計畫、安全計畫等做為估算的準則，並計算工程數量與估算工程概略成本，評估工程獲益性；成本估算階段(A4)除了計算工程成本外，並估算本工程相關利潤，做為標價的考量；準備投標文件階段(A5)根據招標要求整理投標文件並遞送投標資料；參與競標階段(A6)則依實際的開標程序作業，並根據業主的反應而做適當的調整，最後產生競標結果。

#### 五、投標決策因素

由 IDEF0 對投標流程分析之結果，可以清楚的了解各個階段準備作業之決策資訊，這些資訊代表影響投標決策的因素，本研究再以各階段決策資訊分析其影響因素，此外決策資訊的種類有很多，由於本研究利用決策資訊來建構決策網，在評估上必需找出一合適的轉換方式將其屬性表達出來，因此我們將決策資訊屬性與對應方式分類如表 1。本研究以廠商評估標案的角度來探討其在評估時所依據的屬性種類，以及該決策因素適合的評估方式與使用於模擬的轉換方式，做為建構投標決策網圖和模擬的依據。

#### 六、競標決策輔助系統

##### (1)系統架構

本研究以使用者對於投標資訊的各影響因素輸入其評估值，引入投標資料庫中與標案相關的轉換值，並透過本研究建立的投標決策轉換機制轉換為決策模擬的評估值，使用者可依據自己條件的不同，輸入合適的參數控制。最後由系統跑出模擬的結果，提供使用者決策的考量。本研究之系統架構如圖 2。

表 1 領標評估階段決策資訊的影響因素。

決策資訊	決策因素	使用者輸入值	評估方式	對應方式	備註
招標公告	工程種類	種類	定值	單→單	建築工程、橋樑工程、道路工程
	工程位址	位址	定值	單→單	縣市、市區、郊區
	工期天數	天數	定值	單→單	合約工期
	工期急迫性	層級	區間	單→區	急迫程度
	工程規模	金額	定值	單→單	預算、押標金
	困難程度	層級	區間	單→區	完工困難程度
	危險程度	層級	區間	單→區	施工危險程度
業主資訊	財務狀況	金額	區間	區→區	資本額、流動資產/負債、淨值
	工程提供量	金額	區間	區→區	待建工程總金額
	業務往來量	金額	定值	單→單	過去合作工程金額
公司經營策略	業務需求量	金額	定值	單→單	業務需求金額
	聲譽提升度	層級	區間	單→區	提升知名度程度
	技術提升度	層級	區間	單→區	技術提升程度
	目前工作負荷量	金額	定值	單→單	目前承攬工程總金額
	相關工程實績	金額	定值	單→單	工程實績總金額
	人力調度	層級	區間	單→區	人力調度等級
	資源取得度	層級	區間	單→區	資源取得等級
	下包配合度	層級	區間	單→區	下包配合度等級

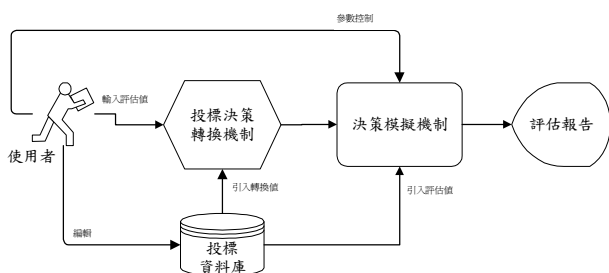


圖 2 系統架構

### (2) 標案可行性

標案的可行性在評估該標案是否要繼續進行後續的準備投標作業，透過訂定各決策因素的權重值與利用模糊理論(Fuzzy Theory)中三角模糊數轉換的決策因素之投標意願評估的乘積，與可接受的最低標案評估值相比以輔助決策。式 1 為經過正規化的標案可行性評估模型。

### (3) 最適合標價

最適合標價的運算模型為假設各競爭廠商之間的成本相同，在估算出工程成本與工程利潤總合的基本標價後，透過對利潤決策因素的評估其預計利潤收益與可犧牲的利率比率，計算出該標額所應獲得的合理利潤加上工程成本即為該標案的最適合標價。其計算模型為式 2。

式 1：可行性評估模型

$$Bv = \frac{\sum_i^n W_i V_i}{\sum_i^n W_i}$$

$Bv$ : 投標可行性

$W$ : 決策因素之權重

$V$ : 決策因素之投標意願評估值

$i$ : 投標決策因素  $i$

式 2：最適合標價

$$Bp = C + r$$

$$r = \sum_{j=1}^n B_j \cdot L_j$$

$Bp$ : 標價

$C$ : 成本

$r$ : 利潤

$B$ : 預估利潤收益

$L$ : 可減少之利潤比率

$j$ : 利潤決策因素  $j$

#### (4) 決策網圖(STROBOSCOPE 網圖)

STROBOSCOPE(State and Resource Based Simulation of Construction Process)[Martinez 1996]，為包含一連串程式語法的模擬工具，這些語法由具有獨特行為的元件組成，且這些元件可透由語法或表達方式而附予其屬性，可以詳細地模擬準備投標之決策過程。本研究用以建立投標過程中資訊的流向與影響因素的評估，同時考慮決策資訊的不確定因素，架構出投標流程決策評估網圖，模擬廠商是否應進行投標的決策評估與適合的競標價格決策。圖 3 為領標評估階段的決策網圖。

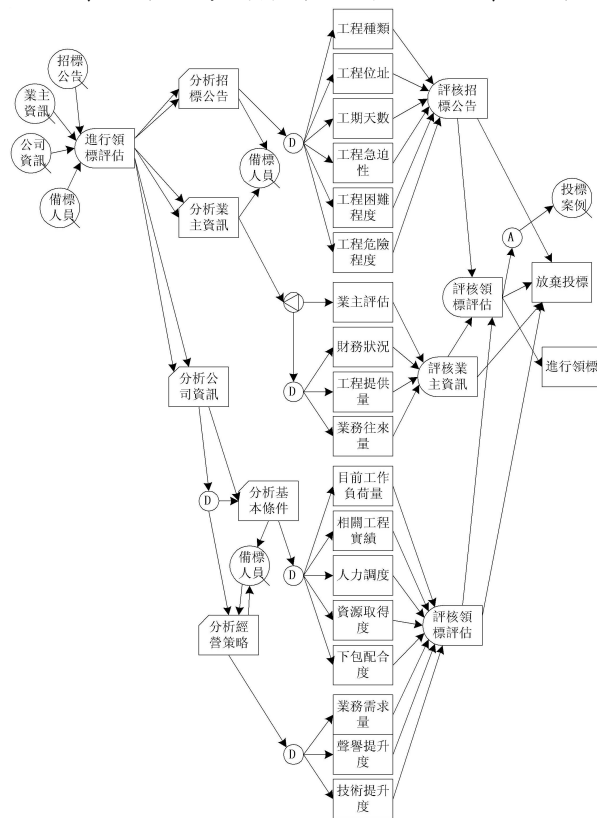


圖 3 領標評估決策網圖

#### 七、結論

施工模擬在各領域發展已有初步成果，其理論是根據流程規劃的方式，並利用其可以模擬符合現實狀況運作的過程來處理所面臨的相同問題。在準備投標的過程中，若廠商能依據本身經營策略與外在資訊的收集分析，建立屬於自己的競標決策輔助系統，將可對工程標案做最完善的評估考量與最合理決策。

本研究透過對國內廠商投標流程分析，將投標流程的各個作業之關係明確探

討了解，並分析出各作業所需的決策資訊與該作業的處理事項。再者對於決策之相關的決策因素做一分析，並探討其所適合的評估模式，再以模擬理論的三角模糊數將其量化為較合理的評估值進行決策的模擬。透過對投標流程各階段的模擬評估標案可行性，將可預先篩除不適合的標案，減少投標成本的不必要支出，並針對適合的標案模擬其競標之合理標價，使廠商得標的機率增加且能順利將工程的完成。

#### 八、參考文獻

- [2]吳道生，營建工程競標模式之研究，博士論文，台灣大學土木工程研究所，台北，1997。
- [3]Gates, M., "Bidding Strategies And Probabilities" Journal of Construction Engineering And Management, Vol. 93, No. 1, 1967, pp. 75-115.
- [5]Carr R. I., "General Bidding Model", Journal of the Construction Engineering and Management, ASCE, Vol. 108, No. CO4, 1982, pp. 639-650.
- [7]Seydel, J. and D. Olson, "Bids Considering Multiple Criteria", Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, Vol. 116, No. 4, 1990, pp. 609-623.
- [8]Griffis, F. H., "Bidding Strategy: Winning Over Key Competitors", Journal of the Construction Engineering and Management, ASCE, Vol. 118, No. 1, 1992, pp. 151-165.
- [9]陳耀光，整合性競標策略模型之研究，第七屆建築研究成果發表會論文集，1994，第 631-637 頁。
- [10]郭文達，工程投標決策之初步分析與應用，碩士論文，中央大學土木工程研究所，中壢，1996。
- [11]吳文良，案例式系統在工程投標初步決策之應用，碩士論文，淡江大學土木工程研究所，台北，1997。
- [15]Martinez, J. C., "STROBOSCOPE-State and Resource Based Simulation of Construction Process", Ph. D. Dissertation, U. of Michigan, Ann Arbor, Michigan, 1996.

