

# 分散式整合智慧型電腦輔助工程系統於結構工程之應用 Development of A Distributed Integrated Intelligent Computer Aided Engineering System for Structural Engineering

計畫編號：NSC 87-2211-E-009-029

執行期限：86年8月1日至87年7月31日

主持人：洪士林 國立交通大學土木工程學系

## 一、 中文摘要

營建自動化的發展需仰賴電腦輔助工程技術的進步，然而電腦在目前所扮演的角色仍偏重輔助計算工作，對於決策性問題及經驗性問題仍需依賴資深的工程師。再者一項土木工程案例從規劃、設計到施工需要許多不同專門領域工程人員，相同的資訊在不同領域所需的知識表示法都不一樣，因此需建立多型(polymorphism)知識表示法。前述兩點為營建自動化的瓶頸，前者為人工智慧技術研究的範疇，後者為分散式和物件導向技術有關。因此本研究計畫的目的在發展一套結合人工智慧技術的智慧型的分散式電腦輔助系統，考慮到執行計畫者的專長，將以應用於結構分析與結構設計方面為主要研究範疇。

關鍵字：多型知識表示法、分散式、物件導向

## Abstract

Computers are widely used in aiding engineering design. The CAD/CAE systems improve the engineers' efficiency in computing and data analysis, but are poor in experience dependent tasks. For civil engineering, a highly efficient CAD/CAE system has following characters: fast computing, distribution topology, polymorphism knowledge representation (Object oriented), and intelligence. Herein, we will develop an automated, powerful computer aide environment. The novel

CAD/CAE system is firstly applied to structural engineering.

**Keywords:** Polymorphism, Distribution

## 二、 緣由與目的

在土木工程領域上，整和型的電腦輔助系統的概念在國內外都已有有人提出，如 Fenves(1988)提出將土木工程的結構、大地、營管等各部門以統一的電腦輔助系統管理的概念，徐德修(1995)和林昌佑(1995)對於不同套裝軟體間的整合。一棟建築物由設計到完成，需經過建築製圖、基礎設計、結構分析、施工和營建管理等步驟，目前業界的作法是將上述各步驟交由不同的單位執行，然而不同部門相同資訊的取得上效能不佳，例如經費在繪建築圖時就需估算，但較準確的估算卻需在結構分析設計完成後。目前的電腦輔助系統如 Auto CAD、ETABS 等對於建築製圖和結構分析上對工程師提供了許多的幫助，在營建管理方面也有許多的軟體程式提高了營建管理的效率，但各個電腦輔助系統之間由於資料交換不易，往往需要透過人工方式交換資訊，使得各設計步驟的電腦輔助的工作無法一氣呵成，營建自動化的目標也顯得效能不佳。因此整合型的電腦輔助系統於土木工程是需要的。

整合土木工程是需要的電腦輔助系統有兩大瓶頸。第一是土木工程為一經驗導向的工作，有經驗的工程師才能有效率的設計出安全且經濟的設

計，然而要一個工程師了解所有部門的專門知識是不合理的；再者資訊要能順利流通於不同部門的電腦輔助系統，知識的表示法需有更有效率的方式。人工智慧技術的運用可替代工程師處理經驗性問題，具多型特徵的物件導向觀念則適和在分散式的整合式環境使用。研究人工智慧技術於土木工程應用的文獻相當多如 Vanluchene and Sun(1990)、Ivezic and Garrett(1994)、Adeli and Hung(1995)、Maher and Zhang(1993) 討論類神經網路於結構工程的應用；葉怡成(1995)討論案例基推論在土木工程設計上的應用；Hung and Jan(1997, 1999)以模糊類神經網路解結構工程問題。

本報告目的在發展一套具累積知識、推理能力並能模擬土木工程師在設計時處理問題思考方式的智慧型電腦輔助設計系統，選擇在結構分析與結構設計兩個方面著手。第一年將報告案例基推理在鋼骨結構房屋設計初步設計實作情形。

### 三、 結果與討論

本計畫原申請三年計畫，經國科會審議通過為一年計畫，故僅將原研究計畫中第一年的研究議題完成，此報告亦就本年度所完成部份的成果提出成果。第一年所提的計畫其預期目標係以人工智慧(案例基推理與類神經網路)技術輔助房屋結構初步設計。

#### 1. 建立鋼骨結構房屋初步斷面設計案例資料

(一)以門架法建立樓高九到十五層樓於不同載重、地震力下梁、柱尺寸。決定變數為樓層數、梁跨數、長向梁長、短向梁長、地震區域係數、活載重、隔間牆重等七項。輸出變數為上中下三種梁、柱斷面尺寸。

(二)以結構分析 ETBAS 軟體檢核並調整為最輕斷面。總計 384 個知識案例及 64 個驗證案例。

表一 案例資料

決定變數	內容
樓高	9-15
梁跨數	2-4
長向梁長	9-12m
短向梁長	6-10m
地震區域係數	0.18, 0.23, 0.28
活載重	200-350kg/m <sup>2</sup>
隔間牆重	100-250kg/m

#### 2. 整合式案例基推理

(一)特徵值加權值決定法:ESTEEM 為一物件導向式案例基推理軟體。其提供了決定特徵值權重的功能，可依造案例資料結果對決定變數的敏感程度調整權值。

(二)案例選取:自定相似度函數，小於門檻值的案例將被選取並計算平均值。

(三)案例調整:由系統計算各決定變數的修正率，修正平均案例和驗證案例的之間的差異。

#### 3. 非監督式模糊類神經網路推理(UFN)

(一)案例索引:利用單層非監督式類神經網路完成驗證案例和知識案例間的比對工作，並將比對結果以模糊集表示。

(二)特徵值加權值決定法:以監督式學習方式對 UFN 類神經網路的工作參數與以最佳

化。

- (三) 案例調整: 以反模糊理論的 COG 法作為資料分析的策略, 推算出驗證案例結果。

#### 4. 整合式和 UFN 推理模式的推理結果的比較

表二 相對誤差比較表

	合式案例 基推理	UFN
特徵值未加權(梁)	6.86%	5.81%
特徵值加權(梁)	5.25%	3.06%
特徵值未加權(柱)	10.21%	6.82%
特徵值加權(柱)	7.42%	3.79%

#### 5. 討論

- (一) 案例基推理方式已証實可適用於輔助房屋結構初始斷面設計的工作, 由於整個計算過程從案例比對、分析、推算斷面等步驟都不需工程師的介入, 而且隨著案例資料的增加系統具有自我調整工作參數的能力達到機械自我學習的。
- (二) 案例的特徵值加權對於案例基推理方法有很大的影響性, 由計劃結果發現, 適當的特徵值加權選取在兩個方法分別能大幅降低誤差, 且單靠工程師的經驗法則是無法尋找到最適當的特徵值加權值, 借助監督式類神經網路或數學最佳化方法可幫助解決這個問題。

#### 四、 計畫成果自評

- (一) 案例基推理技術對於矩形行架鋼骨房屋結構的初步分析能提供輔助結構矩陣分析所需的初始斷面, 雖然在整個設計流程中僅提供

一次梁柱斷面資料, 但以報告中結果來看其成效已接近有經驗的工程師。

- (二) 在本報告的研究中發現, 案例知識表示法對於人工智慧技術應用的結果有很大的影響性, 除靠工程師經驗尋求較合理的知識表示法外, 以知識工程的角度來面對此問題將會有更大的收穫。
- (三) UFN 網路為適和平行化和分散式計算的網路架構, 其不僅適用於房屋結構初設計, 對於更大架構的分散式整合環境系統仍具有極佳的適用性。

#### 五、 參考文獻

- [1] Adeli, H. and Hung, S.L., "Machine Learning: Neural Networks Genetic Algorithms, and Fuzzy System," John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, 1995.
- [2] Fenves, S.J., Flemming, U., Hendrickson, C., Maher, M.L., and Schmitt, G. "An Integrated Software Environment for Building Design and Construction," 1998
- [3] Ivezic, N. and Garrett, Jr. J.H., "A Neural Network-Based Machine Learning Approach for Supporting Synthesis," Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis, and Manufacturing, Vol. 8, pp. 143-161, 1994.
- [4] Maher, M.L. and Zhang, D.M., "CADSYN: A Case-Based Design Process Model," Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing, Vol. 7, No. 2, pp. 97-110, 1993.
- [5] Hung, S.L. and Jan, J.C. "Machine Learning Engineering Analysis-An Unsupervised Fuzzy Neural Network Learning Model," Proceedings of Intelligent Information System (IIS'97), Grand Bahama, December 8-10, IEEE Computer Society, California, pp. 156-160, 1997.

- [6] Hung, S.L. and Jan, J.C. "Machine Learning Engineering Analysis and Design-An Integrated Fuzzy Neural Network Learning Model," Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, 1999.(Accepted)
- [7] Vanluchene,R.D. and Sun,R., "Neural Networks in Structural Engineering, " Microcomputers in Civil Engineering 5, pp.207-215, 1990.
- [8] 徐德修、蔡堯欽，"視窗化結構分析設計系統"，八十四年電子計算機於土木水利工程應用論文研討會，第一冊，第 35-46 頁，1995。
- [9] 劉裕仁、莊耀文、林昌佑，"整合型房屋結構分析設計系統"，八十四年電子計算機於土木水利工程應用論文研討會，第一冊，第 1-12 頁，1995。
- [10] 陳美蓉、葉怡成、李錫霖 (1995)，"以案例基推論作鋼結構斷面的初始設計"，八十四年電子計算機於土木水利工程應用論文研討會，第一冊，第 321-332 頁。