

專家系統在都市計劃之應用

林建元*

關鍵語 人工智慧, 專家系統, 都市計劃

摘要 專家系統為人工智慧應用技術之一支, 在醫療工程、商業及其他許多領域之發展頗為迅速且獲重大成果。專家系統在都市計劃領域充滿了發展潛力, 可惜直到最近幾年才受重視, 陸續發展了一些雛型系統。除此發展初期, 選擇適當之作業項目與方式, 著手雛型系統之發展, 將有助於經驗之獲取與信心之培養, 奠定後續發展基礎。本論文建議以智慧型決策支援系統之專家系統應用方式較適合都市計劃之複雜本質。此外並建議若干具有高度發展潛力之應用項目與研究發展方向, 供有意發展者參考。

一 前言

隨著微電子技術的進步, 尤其是近年來微電腦功能的快速提升與價格日趨下降, 電腦正逐漸成為都市計劃領域重要的作業工具。對於都市計劃作業人員而言, 不一定要瞭解電腦如何製造, 卻必須知道如何才能充分而且有效地利用電腦。然而, 都市計劃在電腦應用方面之發展程度, 顯著地落後於電腦技術的進步。以號稱電腦軟體技術最具革命性的人工智慧技術而言, 當專家系統在醫學、化工、土木、交通工程與管理等許多領域之應用都有重大進步之際, 其在都市計劃之發展則尚處於萌芽階段。專家系統係一種以“符號處理”(symbolic processing)為基礎的電腦應用程式, 與傳統以“數值處理”(numeric processing)為主的電腦程式有極大的差異, 其功能正好可以彌補傳統程式處理非數字方法的弱點, 在知識性質相當複

雜的都市計劃領域, 有極大的應用潛力。際此初期發展階段, 選擇適合專家系統作業之應用項目與方式, 著手雛型系統之發展, 將可收事半功倍之效, 奠定後續發展之基礎。本文首先介紹專家系統之性質, 以區位專家系統(LES)為例說明專家系統之建立方法與程序, 進而討論專家系統在都市計劃領域之潛在應用方式與研究題目, 研擬若干課題作為我國都市計劃領域未來研究發展專家系統之參考。

二 專家系統

專家系統(Expert System, 簡稱ES)為人工智慧應用技術的一支。其發展始自1960年代初期, 而以近幾年進步最為突出。專家系統其實就是一套交談式電腦應用程式, 但它以“符號”處理為基礎, 和以“數值”處理為主的傳統電腦程式大不相同。將所謂的

*國立台灣大學建築暨城鄉研究所副教授

1990年 1月 8日受稿, 同年 1月25日初審修改通過

知識利用一定的符號加以表達，專家系統再應用這些符號以迅速而有效地解決特定領域的知識性問題，因此它又被稱為以知識為基礎的專家系統 (Knowledge-Based Expert System, 簡稱KBES)。

在專家系統之運作下，法則 (rules)，事實 (facts) 以及一般的知識都存在電腦記憶體內，配合使用者以交談方式輸入資料並進行推論，進而解答特定的問題。一個專家系統係由知識庫 (Knowledge Base)，推理機 (Inference Engine)，使用者介面 (User Interface) 及工作區 (Work space, 又稱 Context)，解釋模組 (Explanation Module) 及知識蒐集模組 (Knowledge Acquisition Module) 六大部分組成。 [Waterman 1986]

早期狹義的專家系統係指一個電腦應用程式具有某一專業領域的專家知識，而能在該領域提供與一般真正專家相同的專業功能，亦即人類專家的存在為發展電腦專家系統之先決條件。因此專家系統之發展必須邀請兩種人物共同參與，一種為特定專業領域的專家，提供專家知識；另一種為知識工程師，負責蒐集專家知識並納入知識庫。近年來，隨著專家系統理論與應用工具之發展，觀念逐漸轉變，任何利用專家系統技術與工具所發展的電腦應用程式均可廣義地稱為專家系統。在此廣義定義之下，專家系統之應用範圍也就無需加以的限制，擬欲電腦化的項目 (或任務) 適不適合專家系統技術之處理才是真正的關鍵。

與傳統程式比較之下，傳統程式運算法則之設計大都在求最適解，而專家系統之直覺法則，在為大多數情況求得可接受之解。另一項特徵為專家系統係一知識密集型的電腦系統，而傳統程式只重複利用小量的知識。此外，專家系統將推理機與知識庫分開處理的方式，使專家系統之發展可充分利用現成

的專家系統發展工具，專家系統對其推理過程與結果的解釋能力也是傳統程式所無法相比。

專家系統是否適用於都市計劃領域，為一頗受爭議之問題，反對者認為都市計劃必須處理社會、經濟、政治，以及實質發展等許多學域的相關活動，規劃活動中的問題求解方法亦屬多向度，規劃師的智慧很難利用人為方式仿製。而且由於每個規劃師有其個自的理念，對同一問題的解決也常有不同的看法，要對都市計劃專家的知識範圍與內容作一明確的定義也就異常困難 [Han and Kim 1989]。

另一種反對的理由則認為專家系統之發展並不經濟，需要投入大量的人力與時間，尤其是知識的蒐集為一重要瓶頸，系統的維護也需要相當的人力投入。更重要者，都市計劃所面對的問題都是個案處理，且其間有相當大的差異，專家系統之應用效益也就顯得相對有限。雖然如此，專家系統程式的撰寫與修改卻比傳統程式語言容易得多，規劃師只須處理知識庫之內容，推理機之功能可由電腦專業人員處理與提供。事實上，目前專家系統套裝工具 (ES shells) 種類繁多，功能豐富且價格低廉，形勢相當有利。事實上，由於知識庫與推理機的分開處理，使知識庫得以輕易地提昇成長。有關專家系統的成本效益問題尚有待將來實務的驗證。

以知識為基礎的專家系統固然無法和它們所模仿的真正專家表現一樣好，卻有若干優點使它值得推展應用，茲分別略述如下： [Smith et al. 1988]

- (1) 提高知識可及性。只要電腦正常運作，專家系統每天24小時都可提供服務，大部份人類專家卻只能在正常上班時間提供服務，而且經常因為太忙而無法提供服務，一旦離開或退休，其專業知識亦隨之消失於原工作地方。通常，在同一時間內一位專

家一次只能照顧一位客人，而專家系統透過廉價的個人電腦可廣泛地提供使用機會。經過細心設計的專家系統並可改進決策成本與品質。

- (2)減輕專家負擔。專家可免除回答一大堆經常問到的問題，而可集中精神處理較新或較有創意的問題。
- (3)智慧結晶化。一些具有豐富實務經驗的專家，在多年之後常會忘了許多判斷的背後理由。在某些情況下，知識工程師可以幫助這些隱含原因的發掘，將專家的智慧結晶以外顯且有用的形式加以表達，而且其他人也可將新的知識加入知識庫，以促進知識的成長。
- (4)推論一致性。某些情形下，專家與實務人員也無法對其答案保持一致性，而會忽略一些重要的因素，設計良好的專家系統當可避免此種缺憾。
- (5)知識保留與傳播。透過專家系統，一個工作組織內的專業知識可加以保留或傳授予他人，甚至可將其知識出售以牟取利潤。
- (6)協助訓練。專家系統可用以提昇新進工作人員的專業知識，減少專家在新人訓練上之負擔。
- (7)多重知識來源。根據一位專家的知識所建立的專家系統或許其表現很難超越該專家之能力，但一個集合數位專家知識而成的專家系統卻有可能超越單獨一位專家的個別表現。
- (8)克服語言障礙。問題的解釋可以繪圖表達，避免使用大量的文字去描述一複雜的概念，此對專業詞彙認識有限的人將特別有利。

三 專家系統之建立方法

專家系統之建立依問題性質、系統目標與建構工具之不同，而有不同建立程序。一般而言，建立程序可劃分為以下五個步

驟：[Hayes (eds), 1985]。

- (1)問題確定：首先確立問題及解答之範圍、概念與特徵。
- (2)概念化：將知識表達與知識控制策略的整體結構概念加以定義。
- (3)正式化：利用專家系統發展工具或語言將知識加以組織與表達。
- (4)實施：知識工程師將正式化的知識加以組織，使之與問題的特性相容。
- (5)測試：將專家系統的表现績效與行為透過適當設計的方式與真正專家加以比較評估。

目前為止，已發展完成的都市計劃專家系統並不多見，至於經過一定程序評估的系統，除區位專家系統之外，就已有的文獻尚未發現其他案例。因此以下將以區位專家系統之發展作為實例說明。

區位專家系統 (Locational Expert System, LES) 發展於1987年，其主要功能為對多準則區位模式 (LOCATOR III) 的使用者提供有關模式操作與應用之專業知識，以便模式順利操作並產生良好的設施區位設計；亦即利用區位專家系統的功能，與LOCATOR III 加以整合後可為區位分析人員提供智慧型的決策支援。有關區位專家系統的知識蒐集、控制策略與系統結構、法則建構與系統評估等各項茲分別說明如下：[Lin 1987, 林建元 a 1988]。

1. 知識蒐集

知識蒐集為建構專家系統之首項要務，許多專家系統因為無法突破知識蒐集的瓶頸而無法建立。在早期狹義專家系統的定義下，人類專家之存在是建立專家系統的先決條件，近期以來的發展趨勢則不再限於人類專家的知識，不論是書面或其他形式之知識，只要是屬於某一種特定領域的專業知識，可透過知識工程加以組織與表達者，皆可作為專家系統的知識來源。區位專家系統的專家知識

自兩方面，一為LOCATOR III 模式發展者對模式深入瞭解的知識，另一則為LOCATOR III 模式使用者由操作過程中所累積的經驗。以專家系統方式將模式發展者的知識提供給使用者有別於一般電腦系統所提供的線上協助(online Help)功能。線上協助只能告訴使用者如何操作電腦，而不提供諮詢作用，將模式發展者的專家知識提供給使用者，可促使模式使用者更有效地應用模式。在區位專家系統中，模式發展者所提供的知識包括有關LOCATOR III 內部結構的知識與如何適當地闡釋模式的輸出結果。模式使用者的經驗為區位專家系統的另一知識來源，表現突出的使用者常有其獨到的看法與經驗，可作為後來使用者的參考。

2. 控制策略與系統結構

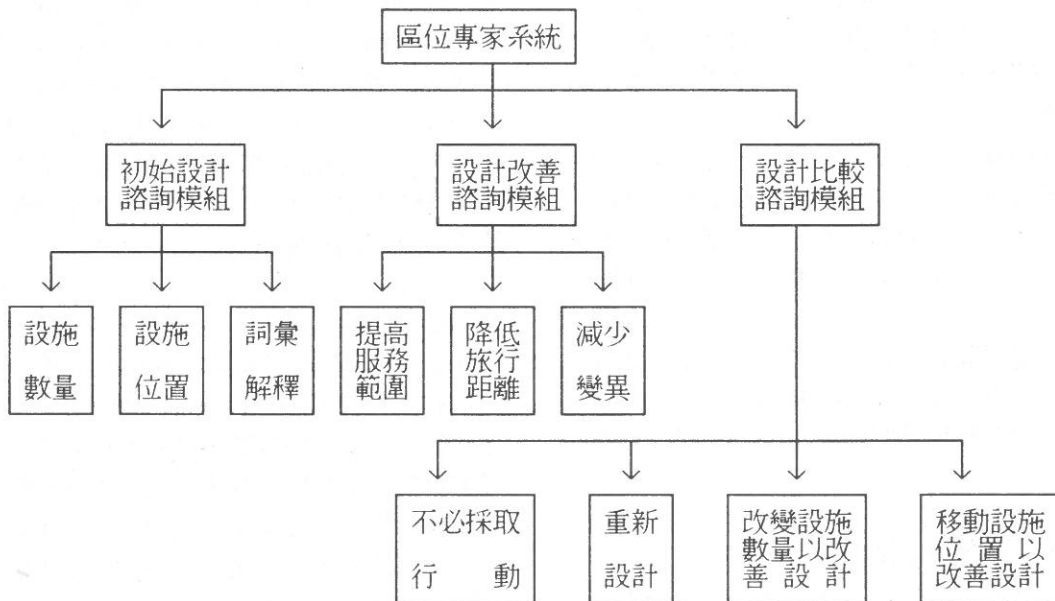
推理機為一個專家系統的控制中心，其推理可分向前鍵結與向後鍵結兩種方式，由於向後鍵結對診斷性與分類性的應用較為適用，區位專家系統選擇了向後鍵結推理方式。

當有數條法則同時適用時，則優先適用先遭遇的法則。

圖1 顯示區位專家系統係由初始設計、設計改善與設計比較三大諮詢模組所整合而成。初始設計咨詢模組旨在引導使用者迅速地建立良好的初始設計，分析師可能得到的建議包括：為滿足最低規定所需的設施數量，一組可作為初始設計的設施區位，以及LOCATOR III 一些專用名詞的解釋。設計改善諮詢模組係在設施數量不變的情況下，提供診斷性資訊以改善區位設計之績效水準，建議具有提高服務範圍或減少總旅行時間的潛在地點，以及如何移動設施位置以降低設施之間工作負荷量或平均旅行時間的差異。設計比較諮詢模組可為一特定設計在多準則評估環境下之表現提供診斷性的訊息，諮詢之目的在指出區位設計案在多準則評估最有可能改進排名的設計調整方向。

3. 法則建構

區位專家系統之建構係以INSIGHT 2+為



(圖1) 區位專家系統結構

主，Turbo PASCAL為輔。INSIGHT 2+係由LEVEL 5公司在IBM PC/AT上所發展的專家系統建構工具，很適於法則基礎式知識庫的知識表達方式，向前鍵結與向後鍵結兩種推理方式都可適用，尤其是它與傳統程式語言的互適性能，非常有利於專家系統與模擬系統的整合。Turbo PASCAL則用以發展介面程式以加強專家系統的人機介面功能及系統檔案之轉換。經過正式化程序，一共建立了六十六條法則，其中初始設計模組三十條，設計改善模組六條，設計比較模組三十條。

4. 系統評估

區位專家系統的評估程序包括兩個階段，第一階段類似傳統程式的偵錯工作，確保專家系統之知識運作合理而一致；第二階段則為專家系統效用的評估，測試專家系統在一定問題領域中知識能力的表現。對於區位專家系統而言。第二階段的測試其實就是要比較利用區位專家系統從事區位設計的人是否比沒有利用專家系統的人以更快的方式利用區位模式以設計出表現更好的區位設計。

為進行第二階段的評估，測試方法必須加以謹慎地設計。首先將區位設計問題劃分成五個與十個設施二種不同複雜程度的問題，然後再對多準則評估作業之各個評估準則分別假設四組權重，利用區位模式LOCATOR III的最適求解功能，分別為五個與十個設施求出總加權旅行時間最小的區位解，以下簡稱為最適區位解。根據這些資料，以LOCATOR III為工具，請了學生分別求解五個設施與十個設施的區位設計，請他們設計出比最適區位解在多準則評估中表現更好的區位設計。在沒有時間限制的狀況下，五個設施的設計組中，九個學生有五個產生比最適區位解排名更前的設計，而在十個設施的一組，十六個學生都產生比最適區位解排名更高的區位設計。由於最適區位解偏重於加權旅行時間的考慮，在多準則評估環境下，就無法保證

它仍穩穩居“第一”的排名。根據此項結果，再選擇一位未參與上述試驗的學生，利用區位專家系統解決相同的設施區位問題，結果發現不但所費時間更短，結果也輕易的躍居五個設施與十個設施區位設計比賽的第一名，亦即比前面沒有專家系統協助的學生表現得更為出色，證明區位專家系統在LOCATOR III的操作上確有顯著的輔助效益。

四 專家系統在都市計劃之應用方式

專家系統在都市計劃領域之應用主要有二種方式可循，一種為完全以符號處理方式建立獨立運作之專家系統；另一則與傳統以數值分析為主的決策支援系統加以整合，以充分發揮電腦輔助規劃之功能，後一方式即所謂智慧型決策支援系統。都市計劃所涵蓋之知識領域相當廣泛，二種應用方式都有很大的應用潛力，在規劃分析方面，尤以智慧型決策支援系統最具發展潛力。

大多數的都市計劃個案係由多個問題領域所構成，各問題各有不同的解決方法，且其解決方法可透過專家系統作不同程度之改善。以公車路線規劃為例，最佳化技術很適於設計出營運成本最小或利潤最大的公車路線，專家系統則可參考最佳解，配合殘障或老年人口之需求而加以適當的修正。此一假設表示唯有透過不同技術的整合，電腦才能有效地處理都市計劃問題。專家系統與其他資訊系統整合以提高系統效用正是目前專家系統的主要發展趨勢，此一趨勢固然反映專家系統之發展有一定的限制，也同時說明了其他資訊系統將可因專家系統之整合而發揮更大的功能。

所謂決策支援系統是一種電腦系統的應用觀念，利用電腦以支援決策者解決半結構化的問題。決策活動所面臨的問題依性質可分成結構化、半結構化與非結構化等三種類

態，結構化問題之解決程序可以明確地事先加以描述，按一定的步驟解題，銀行櫃台出納員的提款動作即一明顯例子，由於其決策程序非常明顯且可以事先設定，銀行提款的任務乃可利用電子提款機完全替代工作。非結構化決策問題之解決根本無法加以具體地描述，例如雜誌封面的設計，此類決策問題並未牽涉任何計算工作，其求解亦無法加以程式化，傳統以數值分析為基礎的電腦程式也就無法幫忙。介於上述二者之間的就是半結構化的決策問題，即決策任務中有部份工作可利用電腦替代人力，也有部份還是需要決策者的判斷 (Judgement) 才能完成任務。例如人口預測固然可以依賴電腦計算，但預測結果之解釋與應用仍有賴規劃師的判斷。對於半結構化決策問題，電腦的最佳應用方式便是以模型提供計算分析能力，協助可結構化處理的部份，再根據分析結果由決策者依據本身的知識與偏好作最後的決定，換言之，利用電腦協助決策者制定決策，而不是替代決策者的決策工作。這種以電腦協助人類腦力的決策支援方式與傳統強調以電腦替代人力的管理資訊系統有著極大的差別，管理資訊系統著重於工作效率之，提高而決策支援系統則著重於決策效能的提昇[Keen, 1987]。

決策支援系統主要包含三大部份，(一) 資料庫：含各種初級及處理過的資料；(二) 模式庫：含各種作業研究、模擬模型與其他預測性模型等；(三) 使用者介面：用以協助使用者與系統之間的交談互動。決策支援系統與傳統管理資訊系統最大的差別便在於模式庫的部份，模式庫內的數學模型可提供計算分析能力，數學模型可以是作業研究上的最適化模型，也可以是模擬模型。如表1之比較所示，從決策支援系統與專家系統二者在功能上不但具有高度的互補性，甚至是具有相依性，二者的整合將可對半結構化與非

結構化的決策任務提供更為充分的支援，此種整合的系統即所謂的智慧型決策支援系統，是目前決策支援系統最主要的發展方向之一，頗適合都市計劃決策問題複雜本質的需要。[Turban 1988]。

智慧型決策支援系統的發展課題之一便是專家系統與模式庫所含模型之整合方式。使“系統性數值分析”與“符號處理”得以發揮互補功能。整合結果可因二者是否具有互動關係而分為模型顧問系統 (Modelling Advisory System) 與智慧型模擬系統 (Intelligent Simulation System) 二類。在模型顧問系統中，專家系統模型各自獨立發揮功能，專家系統憑其有關模型應用的知識，協助模型使用者克服模型應用過程中的各種可能困難。例如對使用者建議在何種情況下使用何種模擬模型較為適當，或是某些模型輸入資料應該如何準備較為妥當。在這種整合系統下，專家系統只就使用者問題提出建議，模型仍由使用者另行操作。

在一個智慧型的決策支援系統下，透過智慧型前端介面 (Intelligent Front-End)，不但可由專家系統直接呼叫模擬模型，亦可在模擬模型之應用過程中呼叫專家系統提供

[表1] 決策支援系統與專家系統之比較

系統類別 項目	決策支援系統	專家系統
目標	協助人腦	模仿與替代人腦系統
決策制定者	人	專家知識之轉移
系統主要功能	協助決策制定	機器問人
查詢方向	人問機器	個別使用者
服務對象	個別或群體使用者	符號處理
操作內容	數值計算	狹窄範圍
問題範圍	問題複雜且廣泛	程序性與事實性知識
資料庫	事實性知識	

顧問，即專家系統與模型二者之間具有互動的作用。整合的系統可大大地擴充了模型的功能，例如規劃(Planning)，排程(scheduling)，建立假設規則(hypothesis formulation)，甚至處理不確定或不充分的資料。就工作程序上應用傳統的模擬模型，人們須先設計或選擇一個模型，假設一種狀況(Scenario)並輸入資料，執行模型運算，分析模擬結果，決定是否再模擬另一個狀況，重複以上的步驟。在這種模擬的過程中，模型本身既無法告訴人們那一種模型最適合決策所面對的問題，也不告訴人們如何將模型做最有效的利用以求合理的結果。智慧型決策支援系統創造了一個完全不同的模型使用環境，經與電腦交談的結果，系統將根據使用者的問題與目標選擇適當的模擬模型，進而提供適當的答案。

除了模型的操作程序不同以外，二者還有一些特徵上的不同。例如傳統決策支援系統的模擬模型偏重數值分析，有一定的演算步驟，著重資料流的控制，模型使用過程中有許多工作要另外準備(如決定樣本數，設計假設狀況等)，而且模型無法執行事先未經準備的工作。在另一方面，智慧型模擬模型側重符號處理，無固定求解過程，系統結構與領域知識分開處理，儘量容納決策所需的專業知識，減輕模型使用者的負擔，甚至模型還具有學習能力(以目前的人工智慧技術，此點還無法做到)。總之，智慧型模擬系統的最大特點就在於使模擬模型的使用者不必是經過特殊訓練的專才，而是一般的使用者，進而對決策的過程做直接的支援。事實上，前節所介紹的區位專家系統就是依照這種發展構想而設計。

發展專家系統的另一必須考慮因素為工具之選擇。專家系統工具之主要功能在簡化專家系統的建立工作，其範圍包括高階程式語言以至低階支援設施。這種專供建立專家

系統的程式語言有稱知識工程語言，由於它們具有特定用途，因此不像一般的高階語言具又彈性。一般而言，知識可分成骨架式系統(Skeletal systems)與一般用途系統(general-purpose system)兩大類，前者其實為一架空的專家系統，是一個沒有知識庫，而只有推理機與支援程式。專家系統PROSPECTOR把知識庫掏空後，變成一個骨架式知識系統，稱為KAS，同樣地，像專家系統MYCIN，切除知識庫以後就成了EMYCIN。

就目前專家系統的發展而言，以骨架式系統應用最為普遍，這類系統語言又稱專家系統骨架(Expert System Shell)。除了KAS與EMYCIN之外，比較著名的還有M1/S1, OPS5, KES, GURU, EXSYS, INSIGHT 與VP-EXPERT。專家系統骨架特別適合發展者以"非程式"方法建立專家系統。它們的操作效率視其設計原則與程式語言而不同。選擇專家系工具必須考慮的因素包括所要發展系統的規模，(影響及電腦容量與其他支援設備的需求)，發展小組的工作經驗(決定是否選擇容易使用但功能較少或複雜多功能的系統)，已有系統的投資與設備，所有處理的知識內容與性質等。對智慧型決策支援系統之發展而言，最重要的考慮則是與傳統程式的互適性，以達系統整合功能。

五 專家系統在都市計劃之可能應用

在早期專家系統必須模仿真正人類專家知識的狹隘定義之下，專家系統應用項目之選擇首應考慮特定問題之是否存有真正人類專家，這種考慮隨著廣義專家系統之興起，已不是重要的因素。真正的關鍵在於所選的問題是否具有"符號處理"本質，適合專家系統技術之應用，而且問題也應具有相當深度，以免小題大作，造成氾濫。都市計劃之研究領域相當廣泛，專家系統之發展初期，如能

慎選適當的項目進行發展，不但可以減少可能遭遇的挫折，初期發展的良好績效將可加強後續工作推動的信心。茲選擇若干具有應用潛力的研究題目分別敘述如下。

(1) 法規專家系統

都市計畫及建築法規涵蓋的範圍相當廣泛，其問題非一般人所能輕易處理，將熟悉法規且能善加利用者稱為專家乃無庸置疑。由於法規知識無法以數字處理，一直是電腦應用最弱的一環，以知識為基礎的專家系統為此領域帶來了新的機會。在環境規劃方面，法規專家系統將可解釋規劃過程可能遭遇的法令問題，甚至積極地為尚未進行的規劃提供建議。目前都市計畫方面已發展的法規專家系統均以建立環境規劃標準為主，例如澳洲雪梨大學(University of Sydney)所發展的建築法規專家系統DATALEX，英國營建工業研究與資訊協會(Building Industry Research and Information Association)利用專家系統將法定環境噪音與空氣污染標準加以自動化，在環境政策與法規之制訂與應用上發揮很大的功效[Wyatt 1989]。如果法規專家系統發展得宜，除了協助非專家之法規知識諮詢，更重要的是法規審查透過電腦作業，也許可以減少部份人為因素的誤差或不必要的主觀判斷，在都市計畫及建築管理之審查上具有重大意義，法規專家系統頗值得我國發展。

澳洲的營建法規協調委員會(Australian Uniform Building Regulations Coordinating Council, AUBRCC)目前正將建築法規建成立專家系統，預期該系統可能產生的效益包括：(一)快速而輕易地檢查建築法規的邏輯一致性，並可建議修改的地方；(二)可將建築法規重新組織，以去除互相矛盾的地方，將法規以較容易被接受的形式加以表達；(三)彌補法規熟悉人員的不足；(四)提供規劃師一個快速而

且有效的工具以檢驗設計案之可能變異，並可協助人員的訓練。

(2) 土地使用管制

土地使用分區管制問題(Zoning Problem)同時牽涉到空間性與歷史性資料，如何將土地使用加以適當地分類，並將每一塊土地指定為一種特定的使用，為一極為複雜的決策過程。針對此一特殊需要，J.C.Smith 等人於1987年在澳洲 Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization(CSIRO) 的資助下，完成了空間專家系統(SPECS, Spatial Expert micro-Computer System)。(Smith, et al. 1987)。SPECS為空間設計決策支援系統REEFPLAN的一個模組，以法則為基礎表達專家知識，評估不同分區管制計畫案的優缺點，並利用電腦繪圖作為介面，以加強資訊表達效果。另外日本東京大學都市工程系也在朝此一方向研究[Yan 1989]。土地使用分區管制計畫之擬訂為都市土地使用計劃之重要活動，其過程常需要規劃師的專家判斷，如能將資深規劃師之經驗累積成為知識庫，則在新手之訓練上必將產生重大效益。

(3) 規劃分析工具之選用

由於都市計劃之領域相當廣泛，為協助規劃師從事各種問題分析，學界陸續發展了許多的分析方法、工具與電腦模型，其中有些簡單易懂，有些則是複雜異常，尤其是大型的電腦模型，以土地使用規劃模型為例就有DRAM, TOPAZ, DYLAN以及其他許多模型。由於每個模型都隱含一些不同的假設，各有其優缺點與適用範圍的限制，如何針對不同問題選用適當的規劃工具，非經專業訓練，不易完成任務。再者，判釋複雜模型的輸出結果也是一般模型使用者常遭遇的困難。結合專家系統技術與模擬模型的智慧型模擬系統在這方面具有很大的發展潛力，區位專家系統即為一例，其他尚有許多類似系統值得

發展〔林建元，1988〕。

(4) 多準則評估方法之選擇與操作

多準則評估為決策科學與都市計劃近年來重要發展方向之一。基於真實世界之方案選擇大都必須考慮到二個以上相互衝突的目標，如何應用客觀而且合理的評估方法以協助決策者或規劃師選擇一較令人滿意的方案，為都市計劃師的重要任務。例如電廠之區位選擇，公共設施之配置等問題往往同時必須考慮到經濟、公平、環境等不同目標的得失。近年來多準則評估發展迅速，對各種質化、量化或混合型態的決策問題幾乎都有許多不同的評估方法可供利用。同樣地，各方法都有其應用限制，操作也不簡單，如何將各種有關多準則評估方法的專門知識發展成為專家系統以供規劃師查詢，為一具體而且可行的發展項目，交通大學廖彩雲君曾以此為碩士論文進行探討，可惜缺乏系統驗證與評估〔廖彩雲，1987，此一領域尚值得繼續深入發展。

(5) 地理資訊系統輔助工具

地理資訊系統為都市計劃的一種分析工具，它是一套電腦輔助空間資料輸入、儲存、尋取、分析與展示的系統、其功能為將各種詳細的地理資料(包括圖形資料與屬性資料)整合成有系統的地理資料庫，再透過應用軟體工具，將各種相關訊息以文字、數字、圖表或搭配地圖的形式，提供給規劃者及決策者使用。問題是使用者經過一定程序之訓練可以學會地理資訊系統之操作，卻不一定知道如何將地理資訊系統加以適當的應用。例如地圖套疊分析(overlay analysis)為空間資料分析最常見的方法，各層圖(layer)可分派予不同的權重，然而權重之分派必須視問題性質及分析目的而有不同的調整，傳統之使用手冊無法提供此類諮詢服務，如何透過專家系統以輔助地理資訊系統在都市計劃之應用，為一具高度潛力的研究領域，

Diamond 曾對此一可能性進行深入分析並予高度推薦。〔Diamond et al. 1988〕。

(6) 土地估價

土地估價是一門知識型態極為特殊的研究領域，雖然有許多的估價公式可用，最關鍵的部份卻是估價師的"專家判斷"，其活動性質幾乎是一種藝術，而無法將其決策過程完全予以結構化。以台灣的情形而言，受到傳統風水觀念的影響，在估價活動中"法則"知識比數字運算占更重要的地位。以一般人學習如何估算不動產之市價，尚且不易，建立土地估價專家系統難度更高。既使如此，如能發展一專家系統用以估計所謂的"公告現值"或"公告地價"，作為客觀的地價評定依據，則可具有充分的實質效益。土地估價專家系統將是都市計劃領專家系統最具挑戰性的發展項目之一。

六 結 論

專家系統為人工智慧應用技術之一支，近幾年來發展迅速，在醫療、化學、工程與管理等領域之發展相當成功。由於專家系統係以符號之處理為基礎，適合非結構性的決策問題，在知識範圍廣泛而且複雜的都市計劃領域，充滿了各種潛力的應用機會。在都市計劃中，專家系統可以有多种不同的應用方式，其中以智慧型決策支援系統較切合都市計劃問題之本質。智慧型決策支援系統利用專家系統方法彌補了傳統模式在解決非結構化問題方面之弱點，而成為一完整的決策輔助工具。無論國內外，專家系統在都市計劃領域均處於發展初期，發展項目之選擇格外重要，項目選擇得宜，系統可順利發展並獲致顯著效益，建立更進一步發展的信心與技術基礎。本文建議了法規專家系統、土地使管制、規劃分析工具之選用、多準則評估方法之選擇與操作、地理資訊系統輔助工具以及土地估價等六個具高度發展潛力的應用

項目供國人參考，當然，專家系統在都市計劃之應用並不以此六項為限。系統建構工具之選擇，並無一定公式，惟應注意與傳統程式之間的介面能力，以方便決策支援系統與專家系統之整合。至於未來更長期的研究則應注意神經網路分析技術 (Neural Network Analysis) 之發展。

專家系統在都市計劃要成為有效的應用工具，在知識表達、知識蒐集、衝突協調以及系統評估等各方面均有必要進一步加以研究，茲分別略述如下：

(1) 知識表達方法

知識庫有如專家系統的大腦，存放著各種有用的知識。由於有些知識之本身並不明確，如何正確地表達與處理不確定資訊成為專家系統的重要發展課題之一。目前以機率理論 (尤其是貝氏理論) 為基礎的處理方法，其適用的一般性尚值得懷疑。對於可較為明確定義的一些醫療或法律問題，傳統的機率理論似已足夠，對於個案差異性甚大的都市計劃問題，如何設計一致而且合理的知識表達與處理方法為未來的重要研究課題。

(2) 知識蒐集

無論發展何種專家系統，知識蒐集永遠是一個無法避免的瓶頸，專家系統所表現的聰明程度完全視其知識庫內容之品質而定，而知識蒐集本身就是一個耗費人力與時間的過程。對於知識範圍涵蓋廣大的都市計劃領域而言，為發展具有充分知識的專家系統，如何設計經濟而有效的知識蒐集途徑為系統發展過程必須設法突破的困難。

(3) 衝突協調

在專家系統的推理過程中，有時會發生數條法則同時都可適用於同一問題的狀況，如未事先設計一定的衝突協調策略，專家系統通常會自動採取推理過程第一個遭遇的適用法則加以應用，並繼續進行後續的推理工作，如此可能忽略了其他更為適當的法則，

應用上層知識 (Meta-Knowledge) 或可彌補此項缺點。所謂上層知識係指專家系統中有關知識使用與控制方法的知識。未來如何配合都市計劃問題的特質而適當地發展 "上層知識" 或其他方式以協調專家系統推理過程所遭遇的法則適用衝突問題為一重要之研究項目。

(4) 系統評估

這是目前所有專家系統發展最感困難而最關鍵的一環。專家系統在測試方面有其先天性的困難，它不像傳統的程式具有明確的運算程序，以致難以作全面完整性與正確性的評估。對許多運算程式而言，驗證的問題也許只是對其模式基礎的假設加以測試即可，如其假設為使用者所接受則程式便不難加以測試。然而專家系統的功能並不在於產生完全正確的答案，而在於回答出令人可以接受的答案，問題是怎麼樣才是 "可接受"。都市計劃專家之間本來就難有共同一致的看法，如何能要求電腦的專家系統與都市計劃具有一致的判斷呢？然而一個專家系統若未經過適當評估，則又如何證明其 "專家" 的能力？顯然專家系統的評估方法必須視問題之性質而加以個別設計，除本文第三節所介紹的區位專家系統之評估方式外，尚有許多潛在的評估方法值得進一步研究。

參考文獻

1. Bonsall, P.W. and Kirby, H.R.; 1986, "The Role of Expert Systems in Transport", in Bonsall, R.W. (eds) *Information Technology Applications in Transport*, Science Press.
2. Borgers, Aloys and Timmermans, Harry, 1989, 08, 22~25, "A Decision Support and Expert System for Retail Planning", in *Proceedings of International Conference on*

- Computers in Urban Planning and Urban Management, pp.341~352.
3. Davis, J.R. and Grant, I.W. , 1987 , "ADAPT : A Knowledge - Based Decision Support System for Producing Zoning Schemes", Environment and Planning B, 14(1), pp.53~66.
 4. Diamond, J.T. and Wright, J.R. , 1988 , " Design of An Integrated Spatial Information System for Multiobjective Land-Use Planning ", @Environment and Planning B: Planning and Design, Vol.15, pp. 205~214.
 5. Han, San-Yun and Kim, Tschangho John; "Can Expert Systems Help with Planning ? ", Journal of the American Planning Association , Summer 1989, PP. 296~308.
 6. Keen, Peter G.W. , 1987 、 03 , "Decision Support Systems :The Next Decade". Decision Support Systems , PP.253~265.
 7. Ligeza, Antoni , 1988 , "Expert Systems Approach to Decision Support" European Journal of Operational Research, No.37, PP.100~110.
 8. Lin, Chien-Yuan , 1987 , " Development of An Intelligent Decision Support System for Central Facility Location Problems ", Ph.D. Dissertation, University of Washington , Seattle, WA.
 9. Singh, Madan G. et al. , 1988 、 09~08 , "A Hybrid Knowledge- Based System for Allocation Problems ", INTERFACES, 18:5, pp.13~22.
 10. Smith, J.L. et al. , 1988 , " Knowledge - Based Decision Support for Environmental Planning", in Newton, P. W.(eds) Desktop Planning, pp.196~204.
 11. Turban, Efraim , 1988 , Decision Support and Expert Eystems, Macmillan.
 12. Waterman, Donald , 1986 , << A Guide to Expert Systems, Addison-Wesley >>.
 13. Wyatt, R. , 1988 , " An Advisory System for Strategic Planning ", in Newton, P.W. (eds) Desktop Planning, pp.140-145.
 14. Yan, W., Shimizu, E. and Nakamura, Hideo , 1989 、 08 、 22~ 25 , " A Knowledge-Based Computer System for Zoning ", in Proceedings of International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management, Hongkong, pp.339.
 15. Yeh, A. Gar-On, 1988 、 07 , "Microcomputers in Urban Planning :Applications, Constraints, and Impacts ", Environment and Planning B: Planning and Design, Vol.15(3), pp.237~374.
 16. 林建元 , 1988 、 10 , " 智慧型都市模擬系統 ", 都市與計劃, 第十五卷, pp.47~62.
 17. 林建元 a , 1989 、 03 , " 區位決策支援系統之建立 ", 國立台灣大學建築與城鄉研究學報, 第四卷第一期.
 18. 林建元 b , 1989 、 05 、 12 , " 我國地理資訊系統未來發展方向之擬議 ", 第八屆測量學術及應用研討會論文集, pp.519 ~ 537.
 19. 廖彩雲 , 1987 、 06 , " 運輸路網改善評估之專家系統雛型設計—多目標評估方法之應用 ", 交通大學運輸研究所碩士論文.

Applications of Expert System in Urban Planning

by **Chien-Yuan Lin**, Associate Professor, Graduate Institute of Building and Planning National Taiwan Univ.

KEYWORDS Artificial Intelligence . Expert System . Urban Planning

ABSTRACT Expert system is a branch of artificial intelligence applications, which has been successfully applied in medical, engineering, commercial and other fields in the past few years. Although expert system has a lot of application potentials in urban planning, it was not noticed until a couple of prototype systems were developed recently. At this beginning stage of expert system development in urban planning, choosing an appropriate application approach and topics for prototype system development could help researchers a lot in accumulating experience and establishing confidence. This paper suggests intelligent decision support system as the most appropriate expert system application style in urban planning. Some potential applications and future research directions are proposed as well.