

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

利用模糊共振理論於 智慧型環境景物影像分析與瞭解系統

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC - 89 - 2213 - E - 009 - 215

執行期間： 89 年 8 月 1 日至 90 年 7 月 31 日

計畫主持人：張志永

共同主持人：

本成果報告包括以下應繳交之附件：

赴國外出差或研習心得報告一份

赴大陸地區出差或研習心得報告一份

出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：國立交通大學電機與控制工程學系

中 華 民 國 90 年 9 月 15 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

利用模糊共振理論於 智慧型環境景物影像分析與瞭解系統

Intelligent Scene Image Analysis and Understanding System
Using Fuzzy Adaptive Resonance Theory

計畫編號：NSC-89-2213-E-009-215

執行期限：89/08/01-90/07/31

主持人：張志永 交通大學電機與控制工程學系

一、中文摘要

本報告提出應用模糊方法論 (fuzzy methodology) 於真實影像的景物分析系統。我們選擇一些戶外景物的影像及紅外線影像來當作分析的對象。在這個系統中，我們利用模糊推理法來分析影像。一開始我們先利用模糊適應共振理論來做初步的分類，然後利用各類的平均值 (means) 以及變異數 (variances) 來建構模糊集合的歸屬函數 (membership function)，接著我們利用分析的景物特性連結一些知識庫 (knowledge base) 來建構模糊若則法則 (fuzzy IF-THEN rules)，我們可以利用監督式學習法 (supervised learning algorithm) 來調整產生模糊若則法則，最後再利用模糊最大-最小推論法 (fuzzy max-min inference) 來分辨影像中的天然景物。根據對一些真實影像的模擬，其結果可證明我們所提出的影像景物分析系統的效果。

關鍵詞：影像瞭解，模糊分群，模糊類神經模型，模糊適應性共振理論

二、英文摘要

This report describes an image analysis system using fuzzy methodology. Some landscapes and outdoor images, which are composed of natural things, are chosen as target images. In the proposed system, several natural elements are analyzed by using fuzzy inference. The first three steps concern with analyzing and then clustering the constituent elements of landscape by using fuzzy adaptive Resonance Theory (fuzzy ART), the characteristics of the elements will be combined with knowledge base to generate fuzzy rules automatically. The

means and variances of the clusters are computed and then used to determine the membership functions of fuzzy sets. Based on the derived membership functions, a supervised learning algorithm is used to generate fuzzy rules. Finally, fuzzy max-min inference is used to classify elements of the image. Simulation on the real pictures of scenery has shown that the proposed image analyzer is very successful because the result is visually confirmed by human observation.

Keywords: Image Understanding, Fuzzy Clustering, Fuzzy Neural Models, Fuzzy Adaptive Resonance Theory

三、研究方法與成果

如前面摘要所述，本計畫進行主要分為 1. 感知器集組階段; 2. 假說確認階段及 3. 模擬測試與成果 等三階段，茲分述如後：

1. 感知器集組階段

進行影像分析與瞭解，首先需要把影像分割成好幾個部份，例如一個校園的影像，某部份可能代表樹木，某部份代表建築物，某部份代表道路等。因此如何將影像分割成數個部份，每部份都代表相同的自然物件如樹木，建築物，道路等，變成影像分析與瞭解的首要課題。我們擬採用模糊適應共振理論(Fuzzy Adaptive Resonant

Theory) [1-6]讓影像圖素自行共振出好幾個類別出來。但欲將影像圖素分類，可由圖素的灰階值(Gray Level)，圖素所在的幾何位置，即水平與垂直位置，圖素附近的紋路(Texture)等特性而加以區別。直覺上圖素的灰階值是首要的分類特徵值，對影像分析與瞭解而言，圖素的垂直位置比較具有自然特性，如天空在樹木、道路、與建築物之上，建築物蓋在土地之上等，有其不變性，是這些特徵向量的特性，亦即影像分析的基本知識。而水平位置幾乎很難有上述自然物體間相對位置上的不變性，故不適宜充當景觀影像分類的特徵。本計畫擬採用圖素的灰階值及其垂直位置當成特徵向量，以進行影像分類。影像，也瞭解了影像的內容與意義。在測試影像分析的精確度方面，我們可以用訓練學習建構模糊法則的影像區域之部份圖素，例如一半用於訓練，一半用於測試，來測試分析之效果，以正確分對比率表示，或者更進如何將上述特徵向量應用於 Fuzzy ART 理論上，有下列兩種方法進行。第一種方法：先以圖素之灰階值經 Fuzzy ART 共振分得幾類，寫成 n_1 類，亦即每一影像圖素可分成 n_1 類中之某類；再將影像中某一行中屬於 n_1 各類的影像圖素個數累加起來，因此每一行形成一個 n_1 維的代表向量，再將這些代表向量由 Fuzzy ART 共振分得 n_2 類。另一種方法：我們直接將圖素的灰階值，垂直坐標直接寫成二維向量，以此代表圖素之二

維向量進行二維向量共振，形成 n_3 種分類。我們利用 Fuzzy ART 分類，需將欲分類的向量正規化，並實行互補編碼 (Complement Coding)，此也是 Fuzzy ART 為何可以推廣 ART1 [3, 5] 模型，從只能分二制式的資料應用到類比信號分類的原因。

2. 假說確認階段

因為影像存有很多不確定因素，例如景物是複雜而多變的，影像攝取隨時間，如每天之早、午、晚，季節等不同都有改變，利用電腦執行影像的分割，而至分析 描述與瞭解有相當的複雜與變異性。面對一個有不確切、混淆，及不完全的不確定信息的影像分析，我們擬採用模糊邏輯工具去處理這些不確定性，同時模糊技術容易將人類對景物分析的知識，以模糊若則法則來描述 [2]；亦即對於影像景物之分析與瞭解，我們希望能建立一組模糊若則法則，應用模糊推論的方式去分辨影像圖素屬於何種自然物體。對此，我們提出以教導式學習 [10]的方法學習影像景物分析的辦法。

依上面所述，若以灰階值先行分類，再以灰階值對垂直坐標分類的第一種方法，我們得到灰階值及其衍生的特性-垂直坐標，兩類群聚，灰階值直接利用 n_1 個模糊變數代表此 n_1 個群聚，而垂直坐標利用 n_2 個模糊變數去代表此 n_2 個群聚，我們擬採用連續性較好的高斯函數型歸屬函數來代表這些模

糊集，每個高斯函數的中心設成所對應群聚的統計平均值，而高斯函數的標準差則設定為這些群聚的統計標準差，唯一的例外是特徵向量的最外圍的兩個模糊集，假設成半邊的高斯函數，如圖一所示，以符合物理意義。

依據乘法原理，我們可產生 $n_1 \hat{\cap} n_2$ 條模糊法則。接著我們可對應於被分析影像中，儘量地劃分出代表各類自然物體的影像區域，此區域的圖素，均是代表路、天空、樹、建築物等自然物體的圖素，將圖素之灰階值與垂直位置對應至有最大的歸屬函數輸出值之模糊集，則此點圖素算成支持建構以此兩個模糊集為前題 (premise) 的法則，而以圖素點為對應之自然物體為結論。我們收集至少含影像一定比例，如 5% 以上之模糊法則為此類影像的理論知識法則，但屬於同一自然物體的某些圖素，其前題或有不同，但卻對應至同一自然物體的結論，對於此種矛盾的若則法則，我們分別累計個別法則支持的個數，以獲得較多支持的模糊法則為代表。至於利用圖素灰階值、垂直坐標一起共振而得 n_3 組的群聚時，我們可以此 n_3 組群聚，對灰階值及垂直位置等兩個坐標投影，分別可對應得 n_3 組群聚，此情況之下我們共得到 $n_3 \hat{\cap} n_3$ 模糊法則可供影像分析與瞭解之用，我們還是利用高斯歸函數去定義 n_3^2 組模糊集，高斯函數之中心及變異數一樣沿用代表群聚的統計平均量與統計變異量。假如代表相鄰兩個群聚的模糊變數

中心假如相當接近時,因其鑑別度差異性不大,我們可以合併此兩個模糊數 [9],如此可減少一些鑑別性不高的模糊法則。

3. 模擬測試與成果

上面所述為建構影像分析與瞭解之模糊推論法則的方法。在模擬測試方面,我們可以利用所設計的模糊法則,進行如校園建築物影像或郊外道路景觀的影像分析與瞭解。將欲分析之影像的每一圖素,經由模糊若則法則推論後,分類成某一自然物體,最後再標記 (labeling) 之,如此就可描述影像,也瞭解了影像的內容與意義。在測試影像分析的精確度方面,我們可以用訓練學習建構模糊法則的影像區域之部份素,例如一半用於訓練,一半用於測試,來測試分析之效果,以正確分對比率表示,或者更進一步用類同的影像,進行模糊法則之影像分析,再進行分析品質之定性評估及計算正確率之定量評比 [7, 8]。我們進行分析一建築物影像,圖一, Fuzzy ART 分類後灰階值對垂直坐標的群聚模糊變數如圖二所示,影像分析後顯示於圖三。

四、結論與討論

本報告提出應用模糊方法論 (fuzzy methodology) 於真實影像的景物分析系統。我們選擇一些戶外景物的影像及紅外線影像來當作分析的對象。在這個系統中,我們利用模糊推

理法來分析影像。一開始我們先利用模糊適應共振理論來做初步的分類,然後利用各類的平均值 (means) 以及變異數 (variances) 來建構模糊集合的歸屬函數 (membership function), 接著我們利用分析的景物特性連結一些知識庫 (knowledge base) 來建構模糊若則法則 (fuzzy IF-THEN rules), 我們可以利用監督式學習法 (supervised learning algorithm) 來調整產生模糊若則法則,最後再利用模糊最大-最小推論法 (fuzzy max-min inference) 來分辨影像中的天然景物。根據對一些真實影像的模擬,其結果可證明我們所提出的影像景物分析系統的效果。

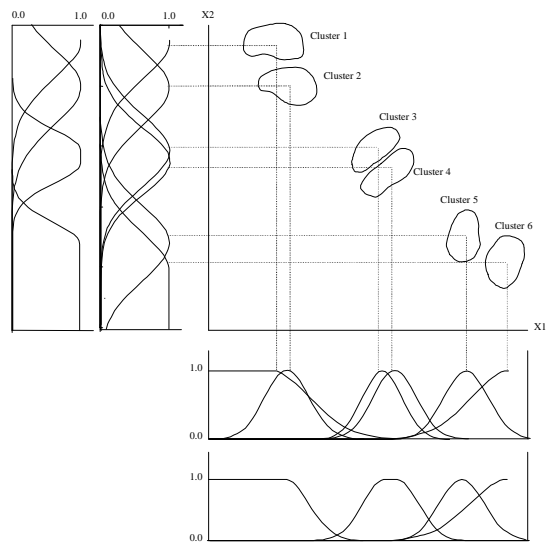
五、參考文獻

1. G. A. Carpenter, S. Grossberg, J. H. Reynolds, and D. B. Rosen, "Fuzzy ARTMAP: A neural network architecture for incremental supervised learning of analog multidimensional maps," *IEEE Trans. Neural Networks*, Vol. 3, No. 5, pp. 698-713, 1992.
2. C. T. Lin and C. S. G. Lee, *Neural Fuzzy Systems: A Neuro-Fuzzy Synergism to Intelligent Systems*, Upper Saddle River, New Jersey: Prentice-Hall, 1996.
3. G. A. Carpenter and S. Grossberg, "A massively parallel architecture for a self-organizing neural pattern

- recognition machine,” *Comput. Vision Graphics Image Process.*, Vol. 37, pp. 54-115, 1987.
4. G. A. Carpenter and S. Grossberg, “ART 2: Self-organization of stable category recognition codes for analog input patterns,” *Appl. Opt.* Vol. 26, pp. 4919-4930, 1987.
 5. G. A. Carpenter and S. Grossberg, “The ART of adaptive pattern recognition by a self-organization neural network,” *Computer*, Vol. 21, No. 3, pp. 77-88, 1988.
 6. G. A. Carpenter and S. Grossberg, “ART 3: Hierarchical search using chemical transmitters in self-organizing pattern recognition architectures,” *Neural Networks*, Vol. 3, No. 2, pp. 129-152, 1990.
 7. K. Fukunaga, *Introduction to Statistical Pattern Recognition*, Ademic Press, New York, 1972.
 8. F. Bereau and B. Dubuisson, “A fuzzy extended K-Nearest Neighbor rule,” *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 44, No. 1, pp. 17-32, Nov. 1991.
 9. Z. Chi and Y. Hong , “Image segmentation using fuzzy rules derived from K-means clusters,” *Journal of Electronic Imaging*, Vol. 4, No. 2, pp. 199-206, 1995.
 10. L. X. Wang and J. M. Mendel, “Generating fuzzy rules by learning from examples,” *IEEE Trans. Syst. Man Cybern*, Vol. 22, No. 6, pp.1414-1427, 1992.



圖一：欲分析之影像



圖二：Fuzzy ART分類後灰階值對垂直坐標的群聚模糊變數



圖三：影像分析後結果