

# 可拓人工免疫系統應用於多頻譜影像之研究

## Application of Extension Artificial Immune System Approach in MRI Classification

王圳木  
國立勤益科技大學  
cmwang@ncut.edu.tw

朱瑞興  
國立勤益科技大學  
jui\_hsing\_chu@hotmail.com

### 摘要

近年來在醫療上有許多學者紛紛提出人工免疫系統(Artificial Immune System, AIS)的理論與研究，並由於各界廣泛之使用，但對醫學頻譜影像上的應用甚少。本研究旨在建立一種適合醫學頻譜影像分割並加入可拓理論之人工免疫系統(Extension Artificial Immune System, EAIS)之研究；透過可拓人工免疫系統，對於多頻譜影像中龐大的資訊而進行處理，此項處理亦即對各個腦部組織的分割，最後則是分別呈現單一組織影像來顯示實驗結果，來提供醫師參考資料，能夠更準確地判斷症狀之所在，才能為病人爭取更多時間，進行後續動作與執行。

在醫療診斷上，不只有效的治療方法很重要，當然重要的也有採用符合簡單迅速確實的篩檢工具，使得可以早期診斷出腦部症狀的存在，也是很重要的。由於核磁共振造影(Magnetic Resonance Imaging, MRI)的多頻譜影像，因此必須結合所有頻譜影像來進行組織分類，使用電腦與影像處理技術來對影像做個別組織的分類，將背景、白質、灰質、腦脊髓液四種組織強化出來以便醫師之診斷。

**關鍵詞：**人工免疫系統(AIS)、分類(Classification)、可拓理論(Extension Theory)、核磁共振造影(MRI)。

### 1. 前言(Introduction)

醫療診斷是根據許多的病理條件，是經由醫師長久經驗累積和學術認知所判定來的，並決定症狀之所在，進而進行分析和治療。但許多病理的變化是無法用肉眼來觀測而得知的。今天的血液檢驗技術的發明，使得醫師能有更多判斷的依據；但是血液檢驗能取得的病理特徵有限，如腫瘤病變、骨折等，亦無法有效確實地診斷。

核磁共振影像技術(MRI)，由於具備了非侵入性與無輻射傷害的優點，提供了豐富的組織資訊，成為近年來醫學臨床診斷及研究工作不可或缺的利器。MRI 影像進行組織分類時，由於影像是多

頻譜影像，因此如果只以某特定頻譜的單張影像進行處理，會因單張影像資訊不足，無法達到組織分類的目的，所以我們必須結合所有頻譜影像的資訊來做組織的分類，因此使用多頻譜影像處理技術，擷取各個頻譜資訊來進行分類，在臨床上有著相當重要的價值。而隨著不同的參數(如: PD, T1, T2)會產生包含不同訊息的影像。

而本研究之論點，在於提出一套新的方法，是基於免疫學發展而來的可拓理論之人工免疫系統(Extension Artificial Immune System, EAIS)，應用於 MRI 的組織分割，可使醫療效率提昇、降低醫師判讀影像的時間、提供另一份有價值之影像參考資訊。傳統影像處理分類技術是以單純的像素之灰階程度或是閾值和參數的設定，進而使影像達到分類或分割的目的。而可拓人工免疫系統(EAIS)則是提出了計算可拓關聯親和度(Extension Relation Affinity)的概念，其取代了自然免疫系統的擇優、記憶、免疫等觀念，使影像分類之像素處理不再是取決於單純的關聯性，確保分類之效能有一定的水準，使得醫師能憑藉的資訊更正確，診斷效率更高。

本篇論文共分為五個部分，第一部分是說明本研究的摘要、前言及章節架構。第二部分則是自然免疫系統與人工免疫系統關聯的探討。第三部分是可拓理論(Extension Theory)。第四部分是可拓人工免疫系統(EAIS)應用於多頻譜影像之研究上。第五部分則為實驗結果。

### 2. 自然與人工免疫系統(Natural and Artificial Immune System, AIS)

為了使人體不受細菌和外來病毒的感染、入侵，其自然免疫系統確保了人體的健康。透過鑑別自己(Self)與非己(Non-self)的機制，免疫系統可以排除抗原性異物，達到最基本的防禦作用。免疫系統的結構與功能是十分複雜的，而目前在醫學上也有許多現象仍未得到明確的解釋，因此將一些在免疫學中常涉及到的名詞或概念做一些簡單的敘述。

## 2.1 抗原(Antigen, Ag)

在自然免疫系統中，對於所有的外來物都稱之為抗原，也是引起免疫反應的一個分子。當抗原一旦被發現後，將會有許多抗體從免疫系統中產生出來，此時，細胞會增生，引起免疫反應以抵抗入侵物。

## 2.2 免疫反應(Immune Response)

免疫反應一般來說可分為第一次免疫反應及第二次免疫反應和交叉式反應，第一次免疫反應是指免疫系統首次發現抗原，並且產生抗體所花費的時間去排除抗原，則第二次免疫反應則是對已被識別之抗原產生作用可以很快速的增加抗體，並且對已經做過的動作來一次將抗原撲殺，交叉式反應則是當免疫系統已經經由第一次和第二次的兩種抗原同時感染時，此時免疫系統也會記憶之前的抗體並且結合解決抗原一和抗原二的動作來撲殺交叉式抗原的免疫反應，如圖 1 所示。

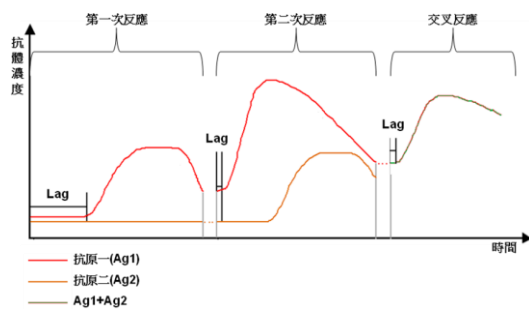


圖 1. 免疫反應

當未知的抗原入侵體內時，並且被免疫系統察覺，此時經由一連串的突變(Mutation)，產生與抗原極具親和度(Affinity)之抗體，如此便可將抗原迅速消滅。換句話說，免疫系統可以記憶每一種抗原，相同的感染如果發生第二次，免疫系統將會更有效率地處理並且快速的增生抗體反應，並準備與下一次的抗原動作。

## 2.3 抗體(Antibody, Ab)

抗體是免疫系統在抗原物質的刺激之下，由漿細胞產生的一種蛋白質複合體。此類蛋白質複合體具有鑑別和抑制外來物質的特性，免疫系統能針對不同的抗原創造出與之相匹配的特殊抗體。

當抗體遇到本身的受體(Receptor)能夠配合抗原時，就會將抗原給抓住，此時為抗原辨識的動作，會將抗原的運作速度變得緩慢，並且與其凝結在一起，讓吞噬細胞吃掉。

## 2.4 親和度(Affinity)

透過免疫細胞與抗體細胞之結合，可以使免疫系統的淋巴細胞達到對抗原識別的目的，而結合的方式則是免疫細胞上的受體(Receptor)與抗原細胞的互補結合，其結合的強度稱為親和度，系統會依照親和度的強度不一去判斷是否還要再進行下一次的抗體訓練動作來增加或改善抗體的親和度，更有效的與抗原做最正確的結合。

此篇論文提到的可拓關聯親和度會在後續章節的可拓人工免疫系統中所提到。

## 2.5 B 細胞(B Cell)

B 細胞(B 淋巴球)是免疫系統的本質，通常都是由骨髓中發育成熟的，有時稱之為朝囊定位細胞(Bursa oriented cells)，主要功能為產生抗體。產生抗體的條件是要受到輔助性 T 細胞的刺激，B 細胞數目大增，並且超過一定的量，便會開始產生分裂，成熟而成為漿細胞若，其輔助性 T 細胞刺激的程度不到一定的量，則 B 細胞將不再複製自己，一段時間過後就會死亡。

## 2.6 T 細胞(T Cell)

T 細胞在免疫反應中扮演著重要的角色，其產生於胸腺中，主要功能是調節其他細胞的正常運作以及直接攻擊入侵病原體。T 細胞成熟後將會移動至周圍淋巴組織中。就調節功能而言，調節 T 細胞可分為輔助性 T 細胞及抑制性 T 細胞。前者的主要功能是刺激 B 細胞，達到傳遞警訊的目的；而後者則是抑制 B 細胞的分裂，因為 B 細胞大量複製自己的動作將有可能導致免疫過度的現象。如圖 2 說明細胞間的關係與如何增生和抑制等行為，人體細胞會分泌出吞噬細胞和淋巴細胞以及補體，其中的吞噬細胞就是把抗體與抗原結合後的產物吞噬掉。



圖 2. 免疫細胞關係圖

## 2.7 人工免疫系統(AIS)

人工免疫系統(Artificial Immune System, AIS)是依照自然免疫系統所演化而成的演算法,其步驟為開始程序,再來是抗原的辨識,先確認抗原的目的以及抗原的動機後,會開始慢慢產生隨機的抗體去計算抗體的親和度去做與抗原的結合動作,再判斷是否滿足撲殺所有抗原的動作,若確認可以進行撲殺後,則會進入輸出結果去開始進行抗體與抗原的結合,並且透過吞噬細胞來進行吞噬撲殺動作;若判斷是否滿足的條件不成立時,抗體群則會去進行自體的複製與淘汰動作,並且將複製後的抗體做一個突變的動作,反覆迭代後,直到滿足條件為止,就是整個人工免疫系統的觀念,如圖 3,為此人工免疫系統的系統流程圖,以下會介紹人工免疫系統演算法與自然免疫系統演算法的關聯,其關聯整個程式的架構以及輸出的條件。

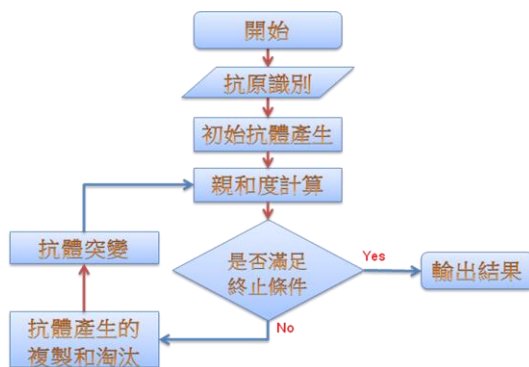


圖 3. 人工免疫系統流程圖

人工免疫系統的機制是多樣的,就如同人體因器官組織之不同,並能分工許多不同性質的工作,學者研究免疫系統多樣的機制,並開發出獨特的 AIS,每一種 AIS 都有獨特的解決問題方式,甚至求解某些問題時,某些演算法能夠更迅速、更精確地解決問題,而某些則不能。這恰巧和現今工程研究所面臨的問題相互符合,雖然求解工程問題的方法很多,但沒有一種方法可以拿來求解所有的工程問題,但人工免疫系統這項嶄新的研究,卻可以根據免疫系統衍生出來的分支,解決各項問題,所謂萬法歸於一宗,人工免疫系統的研究還需要更多學者的投入研究。在此將免疫系統的名詞於工程上問題的對應整理成表 1,以便工程人員研究及對照。

表 1 為自然免疫系統與人工免疫演算法之間的關係,抗原代表著待求解的問題,就是問題的一開始,所有的問題在人工免疫系統都可以當成是抗原,再來是進行抗原的問題識別,確認真正要解決的問題的所有環節,以及解決的方式。抗體則是有可能來解決部分問題,但不能對所有問題做解決的

動作,於是會開始計算整體的評估,對免疫系統來說是計算整體的親和度濃度,抗體透過親和度濃度來判斷問題的可行解,並且判斷是否已經達到最優良解的條件,若滿足則完成演算法,若沒有滿足所匹配的條件時,則會做一系列的促進與抑制抗體的增生後,再進行抗體的突變或細胞分化的動作,重新去產生遺傳的新的抗體群去做親和度計算,再次判斷是否已達成條件,以此類推。

表 1. 自然免疫系統與人工免疫演算法間的關係

自然免疫系統	人工免疫演算法
抗原	待求解的問題
抗原識別	問題識別
抗體	問題的可能解
親和度、濃度	優良解的評估程度
從記憶細胞產生抗體	儲存優化解
抗體的促進和抑制	最佳解的促進與刪除
突變、淋巴細胞分化	尋找最優解到優化解
新抗體產生	利用遺傳產生新抗體

## 3. 可拓理論(Extension Theory)

可拓學是由蔡文研究員為首的中國學者創立的新學科。研究事物拓展的可能性和開拓創新的規律與方法,並用以解決矛盾問題,有別於生物學,機械學,電工學等縱向學科,是與數學,系統論,資訊理論,控制論等相類似的橫斷學科,此篇論文是將可拓加入人工免疫系統進行影像的分類研究。

可拓學是一門交叉學科,它的基本理論是可拓論,特有的方法是可拓方法。可拓工程是可拓理論和方法在各個領域的應用。該研究從 1976 年開始,於 1983 年時發表了第一篇論文。目前,已形成初步的理論框架,並且建立在人工智慧系統、計算機、管理、控制、檢測等領域的應用方法。從廣東發展到大陸各省,逐步發展到香港、台灣,美國、日本、南美洲等世界各地。

以下會介紹可拓的一些專有名詞以及相關理論,像是物元的概念、關聯函數、距、位值及其性質等理論觀念。

### 3.1 物元的概念(Matter-Element)

在矛盾的問題中,不僅是靠數量關係就能解決,因此,我們將人、事、物統稱為事物,事物具有各式各樣的特徵,而每一事物中的某一項特徵會有其相對應的量值。事物的名稱、特徵與特徵相對應的量值是描述事物的三項基本要素。

若將給定事物的名稱為 $N$ ,相對於特徵 $c$ 的量值為 $v$ ,以此用來作為描述事物的基本元素(稱為物元)。事物、特徵與量值稱為物元(Matter-Element)

三要素，我們將物元定義為： $R = (N, c, v)$ ， $N$ (Name) 為名稱、 $c$ (Characteristics) 特徵、 $v$ (Value) 量值。如公式(1)。其多元物元為公式(2)。

$$R = (N, c, c(N)) \quad (1)$$

$$R = (N, C, V) = \begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \\ \dots \\ R_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N, c_1, \langle a_1, b_1 \rangle \\ c_2, \langle a_2, b_2 \rangle \\ \dots \quad \dots \\ c_n, \langle a_n, b_n \rangle \end{bmatrix} \quad (2)$$

由於本篇論文是對 MRI 來做影像分割，所以我們在此定義 MRI 的。如公式(3)

$$R = (N, C, V) = \begin{bmatrix} N, \text{Band}_1, \langle a_1, b_1 \rangle \\ \text{Band}_2, \langle a_2, b_2 \rangle \\ \text{Band}_3, \langle a_3, b_3 \rangle \\ \text{Band}_4, \langle a_4, b_4 \rangle \\ \text{Band}_5, \langle a_5, b_5 \rangle \end{bmatrix} \quad (3)$$

### 3.2 可拓關聯函數 (Extension Relation Function)

當遇到問題時，在處理解決比較實際的問題時，會遇到的各式各樣的實際事物，還有問題的矛盾程度是用事物關於某些量值符合要求的程度來描述的。所有事物的量值有數量的量值和非數量的量值，其中，非數量的量值必須通過數量化變為數量的量值，然後再利用可拓集合在整個實數軸上來研究事物與量值之間的關係，而可拓集合是用關聯函數來描述的，因此要建立實數軸上的關聯函數，才能使解決目前遇到的矛盾問題的過程量化成為可能。

#### 3.2.1 距(Interval Real)

目前在解決問題的目標上，在實域上起作用的是點與區間，而點與點的距離在古典數學中已有定義，即  $\rho(x, y) = |x - y|$ 。為了建立關聯函數，需要定義點與區間的距離，設  $x$  為實域  $(-\infty, +\infty)$  上任一點，則  $X_0 = \langle a, b \rangle$  為實域上任一區間，則點  $x$  與此區間  $X_0$  之距為公式(4)，以及圖 4 為距的示意圖，也就是透過此公式求得出  $x$  到實域的距離。

$$\rho(x, X_0) = \left| x - \frac{a+b}{2} \right| - \frac{b-a}{2} \quad (4)$$

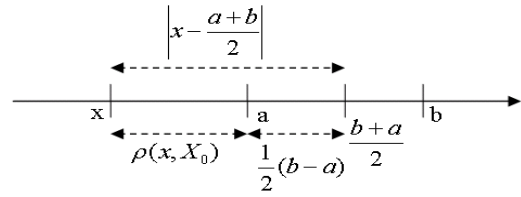


圖 4. 距的示意圖

設  $X = \langle c, d \rangle$  為  $X_0$  之拓展域且  $X_0 \subset X$ ，一般為我們量測得到，但在影像中它不只代表著雜訊區，甚至還包含有部分的實際影像區，所以不容易得知，所以依照經驗值向外擴張如公式(5)

$$\rho_p(x, X) = \left| x - \frac{c+d}{2} \right| - \frac{c-d}{2} \quad (5)$$

#### 3.2.2 位值及其性質 (Positional Distance)

在現實的問題中，除了必需要考慮點與區間的位置關係外，還經常要考慮實域區間與另一區間與一個點與兩個區間的位置關係。點與兩個區間的關係用位置值來描述，稱為位值。

設  $X_0 = \langle a, b \rangle$ ， $X = \langle c, d \rangle$ ，且  $X_0 \subset X$ ，則點  $x$  關於  $X_0$ ， $X$  的位值為公式(6)，以及圖 6 為位值示意圖。

$$D(x, X_0, X) = \begin{cases} \rho_p(x, X) - \rho(x, X_0), & x \notin X_0 \\ -1, & x \in X_0 \end{cases} \quad (6)$$

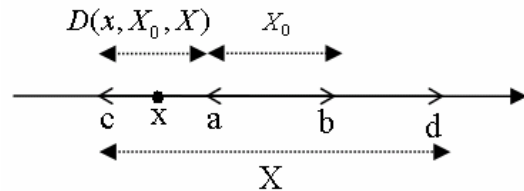


圖 5. 位值示意圖

#### 3.2.3 關聯函數 (Extended Relation Function)

為了可以讓整體影像放在我們指定的區域內，在此計算關聯函數，將我們所有的資料鎖定在這個關聯函數中，為了要讓所有的雜訊範圍包起來，同是使用拓展域來發揮可拓的功能，以下為  $K$  關聯度的計算方式。

設  $X_0 = \langle a, b \rangle$ ， $X = \langle c, d \rangle$ ，且  $X_0 \subset X$ ，且無公共端點，令其公式(7)，其關聯函數圖形如圖 6，依照此篇論文， $K$  關聯值的上限為 0.5，其值為收斂最佳解的值， $K(x)$  大於 0 的部分為實域部分，也是在我們要的範圍內，其小於 0 的部分均為可拓域，以此類推向外拓展，此為可拓的觀念。

$$K(x) = \begin{cases} \frac{-\rho(x, X_o)}{|a-b|} & \rho(x, X_o) < 0, x \in X_o \\ \frac{\rho(x, X_o)}{\rho_p(x, X) - \rho(x, X_o)} & \rho(x, X_o) \geq 0, x \notin X_o \end{cases} \quad (7)$$

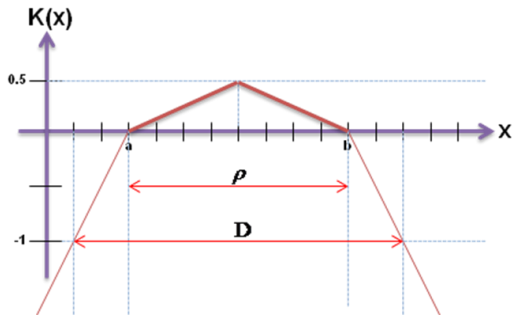


圖 6. 關聯函數圖形

#### 4. 可拓人工免疫系統 (Extension and Artificial Immune System, EAIS)

可拓人工免疫系統 (Extension Artificial Immune System, AIS) 是依照自然免疫系統所演化而成的演算法，其步驟為開始程序，將頻譜影像輸入，再來是抗原的辨識，先確認抗原的目的以及抗原的動機後，會開始慢慢產生隨機的抗體去計算抗體的可拓關聯親和度去做與抗原的結合動作，再判斷是否滿足撲殺所有抗原的動作，若確認可以進行撲殺後，則會進入輸出結果去開始進行抗體與抗原的結合，並且透過吞噬細胞來進行吞噬撲殺動作；若判斷是否滿足的條件不成立時，抗體群則會去進行自體的複製與淘汰動作，並且將複製後的抗體做一個突變的動作，反覆迭代後，直到滿足條件為止，就是整個人工免疫系統的觀念，如圖 7，為此人工免疫系統的系統流程圖，以下會介紹人工免疫系統演算法與自然免疫系統演算法的關聯，其關聯整個程式的架構以及輸出的條件。

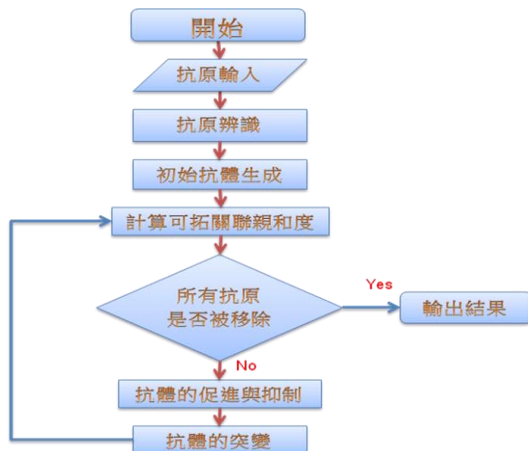


圖 7. 人工免疫系統流程圖

#### 4.1 抗原輸入 (Antigen-Input)

本篇論文是採用核磁共振影像技術 (MRI) 照出來的頻譜影像 3 張，常常會遇到不同組織但性質又非常相似的狀況下，要做判斷某個像素屬於哪一個組織 (本篇論文的組織分別為背景、灰質、白質、腦脊髓液) 是相當的困難，在此以 PD、T1、T2 三種不同頻率的頻譜影像，因為如果是對一張頻譜影像做分類的話會資料不足以證明所有資料，所以我們使用三張不同頻譜的影像當成是我的抗原輸入動作。

由於一開始，我們要確認輸入影像有幾種分類，所以事先將要分類的部分做點選的動作，透過監督式來提供可拓人工免疫系統的抗原輸入的動作。抗原輸入的動作，監督式點選一個像素時，會以三維的方式去呈現出來，如圖 8 的同時點選三個頻譜。

我們在四個組織上分別點選四個不同的組織來做為我們目標要分類的部分，同時也拓展八方向來外擴我們剛剛所點選的 1 個像素形成產生出 3X3 的矩陣向量當成是我的抗元資料來源。

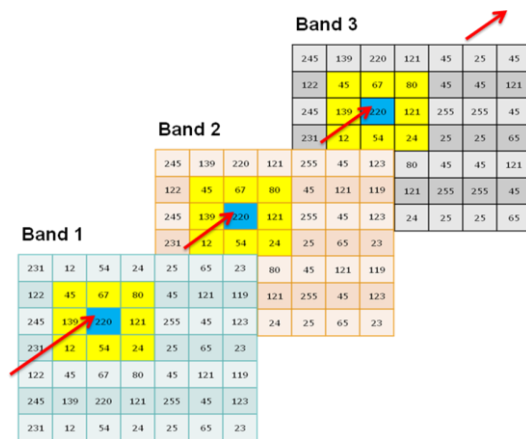


圖 8. 抗原輸入

#### 4.2 抗原辨識 (Antigen- Identification)

在上一個動作的抗原輸入後，我們對點選的 3x3 矩陣做一個轉成一維的動作，形成矩陣為 1x9x4，如圖 9 為抗原識別示意圖，其中藍色區塊為我們手點的像素，則黃色的部分均為外擴的像素，我們點選在將其 4 個組織做一個由小到大的排序動作，是為了要將我們的最大值與最小值當作是我們可拓的物元，決定此物元歸屬於哪一個組織的集合依據，讓我們要找的組織來訂一個標準，取出最大值與最小值之後來形成我們的抗原 3x2x4 辨識後的結果，來提供可拓人工免疫系統的抗原。

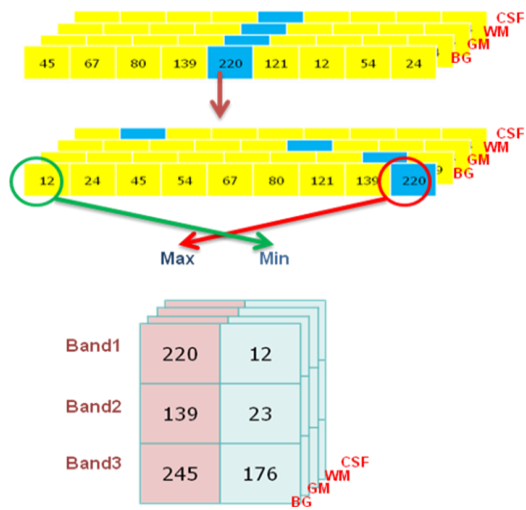


圖 9. 抗原辨識示意圖

#### 4.3 初始抗體生成(Initial Antibody Generate)

抗體是免疫系統在抗原物質的刺激下所產生的複合體，所以為了要與上個步驟 3.2 所產生出來的抗原做一個匹配的特殊抗體，於是我們隨機產生出  $3 \times 4 \times 4$  的抗體來與抗原對應，因為有 4 個分類所以產生 4 組出來，每 1 組有 4 個抗體，每 1 個抗體內有 3 個基因，每 1 個基因為 0 到 255 的灰階值，也代表著對應於影像上的灰階值來與抗原對應的動作。

#### 4.4 計算可拓關聯親和度(Calculate Extension Relation Affinity)

如圖 10 為關聯函數圖形，其中的親和度濃度  $0.5 \geq Affinity\_Ab \geq 0$  的部分為可拓關聯值實域，其 0.5 為本篇論文的可拓人工免疫系統的收斂最佳解， $Affinity\_Ab < 0$  的部分為可拓關聯值得可拓域，以此類推向外拓展。

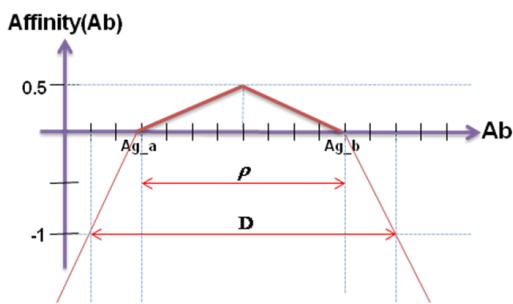


圖 10. 關聯函數圖形

依照前節可拓理論所述，其可拓關聯親和度所對應的公式(8)(9)(10)(11)如下。

$$\rho(Ab, X_o) = \left| Ab - \frac{Ag\_a + Ag\_b}{2} \right| - \frac{Ag\_b - Ag\_a}{2} \quad (8)$$

$$\rho_p(Ab, X) = \left| Ab - \frac{Ag\_c + Ag\_d}{2} \right| - \frac{Ag\_c - Ag\_d}{2} \quad (9)$$

$$D(Ab, X_o, X) = \begin{cases} \rho_p(Ab, X) - \rho(Ab, X_o), & Ab \notin X_o \\ -1, & Ab \in X_o \end{cases} \quad (10)$$

$$Affinity(Ab) = \begin{cases} \frac{-\rho(Ab, X_o)}{|Ag\_a - Ag\_b|}, & \rho(Ab, X_o) < 0, Ab \in X_o \\ \frac{\rho(Ab, X_o)}{\rho_p(Ab, X) - \rho(Ab, X_o)}, & \rho(Ab, X_o) \geq 0, Ab \notin X_o \end{cases} \quad (11)$$

#### 4.5 抗原是否移除(All Antigens are Removed)

當我的抗體已經高於抗體本身的更新率時，就代表我們的抗原已經被移除，進行輸出結果，若還未高於抗體本身的更新率時，會進行抗體的促進與抑制和突變去執行抗體的促進與抑制來等待下一次的與抗原反應動作，反覆動作之後會產生最好的抗體去和抗原匹配，等到找到最佳解並符合所有的抗原的親和度後，會將結果輸出。

#### 4.6 抗體的促進與抑制(Antibody Promote & Inhibition)

在抗體還不符合抗原的匹配標準後，抗體會開始做一連串的促進與抑制動作，以及突變的動作，在抗體的促進與抑制狀況來看，就像是自然免疫系統中的 T 細胞，有輔助型 T 細胞以及抑制型 T 細胞，將抗體進行繁殖的促進以及過多的抑制動作，由與本可拓人工免疫系統是採用  $3 \times 4 \times 4$  的抗體，為了要確定哪一組的抗體比較好，我們取平均值來比較好壞，將最好的丟至第一組的抗體，此為人工免疫系統中擇優選取的動作。

擇優的動作做完後，再將最好的抗體複製兩個到第二組和第三組中，形成一到三組都是最好的抗體，此為人工免疫系統中的促進動作，第四組抗體則是抑制較差的抗體，並且重新生成一組新的抗體，若是隨機抗體比較好的話，可以更快的將整個系統收斂，達到最佳解，如圖 11。

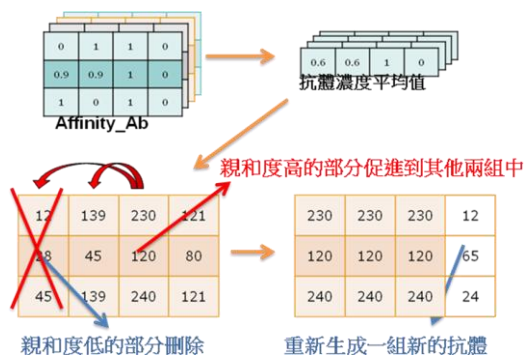


圖 11. 抗體的促進與抑制動作

#### 4.7 抗體的突變(Antibody Mutation)

如圖 12 抗體突變動作所示，我們可以看到這是由剛剛經過 4.6 抗體的促進與抑制步驟得到的結果，我們採用機率性的突變動作，其總突變率為 1/16，其中 1/2 為我的是否進入突變動作，若無則跳出突變動作，進行下一個基因組的突變動作，若有則進入突變，會將灰階值轉成 2 進位方式呈現，隨機的 1/8 機率去選擇位置做 0→1 或是 1→0 的突變動作。

突變完成後會將突變的結果回存到抗體中，並且轉回灰階值，來進行下一步的動作。

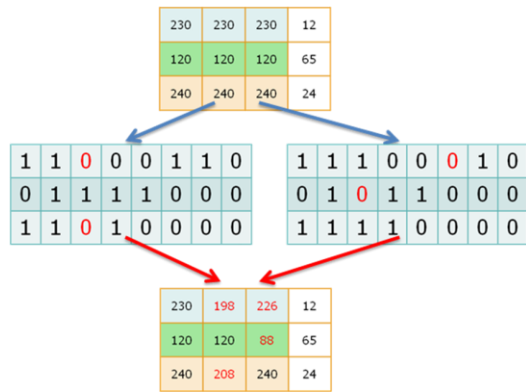


圖 12. 抗體突變動作

#### 4.8 輸出結果(Result Output)

我們透過以上的步驟將抗體訓練到與抗原互相匹配，最後使用影像去對所有抗體做相減的動作，如公式(12)，此動作代表 3 張頻譜影像去和訓練出來的抗體求整體距離，再將距離透過歐斯距離算出來，得到 R 值，透過這個 R 值來對我所有的抗體，其中  $\forall i=1,2..X, \forall j=1,2..Y \forall c=1,2,3$ ，如公式(13)所示。

如圖 13 的輸出結果，我們可以看到 R 分出了 R1、R2、R3、R4 的結果就是將影像作的分割示意圖，最後也要觀察此分類的結果是否好壞，於是我們加入了有滲入雜訊的假造影像，雜訊比分別為 SNR=5dB、SNR=10dB、SNR=15dB、SNR=20dB，目的是為了要讓整體影像所分割出來的結果判斷是否好壞，也會套入最佳解的 Ground Truth 去計算 ROC 評估，來評估可拓人工免疫系統的整體分類結果的正確率以及錯誤率，再和其他方法去做一個比較的動作，確認方法比較好，也是可行的方式的情況下，我們將此結果呈現出來，並進行實際影像的動作來進行在實際探測下的結果。

$$Dist_{ijc} = IMG_{ij} - Ab_c \quad (12)$$

$$R = \sqrt{(Dist_{ijc} Band1)^2 + (Dist_{ijc} Band2)^2 + (Dist_{ijc} Band3)^2} \quad (13)$$

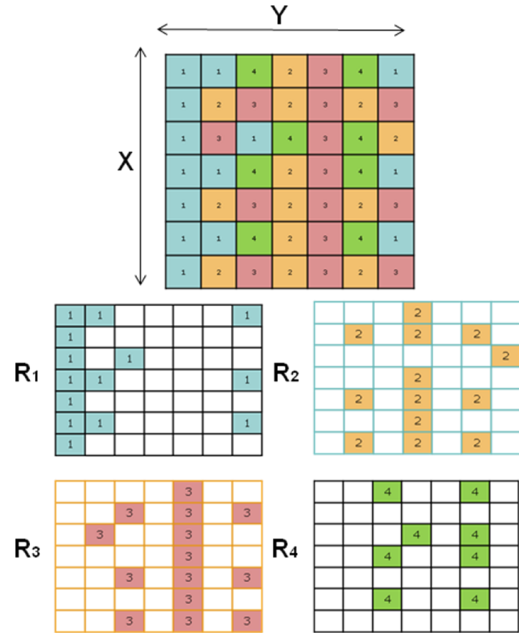


圖 13. 輸出結果

#### 5. 實驗結果

在本篇論文中，我們使用真實的腦部核磁共振造影進行實驗，而真實的成像實驗中使我們能夠評估其作用和效力在醫療診斷。實驗中所使用的真實 MR 影像資料是取自台中榮民總醫院放射科，所用的機器為 Signal 1.5T SYS#GEMSOW，影像為腦部核磁共振多頻譜(Multispectral)影像。真實腦部 MRI 採用了頻率不同的 TR1/TE1=2500ms/20ms、TR2/TE2=1500ms/55ms、TR3/TE3=2500ms/75ms、TR4/TE4=2500ms/100ms、TR5/TE5=500ms/20ms，五組參數所得到一個序列影像。

如圖 14、15 和圖 16、17 是以下分別為兩組不同的真實腦部影像作的實驗結果。我們可以看到透過本篇論文所使用的可拓人工免疫系統演算法 EAIS 所執行出來的分類結果可以很明顯的看到各個組織，並且讓醫生可以很的快速看出病患的症狀。

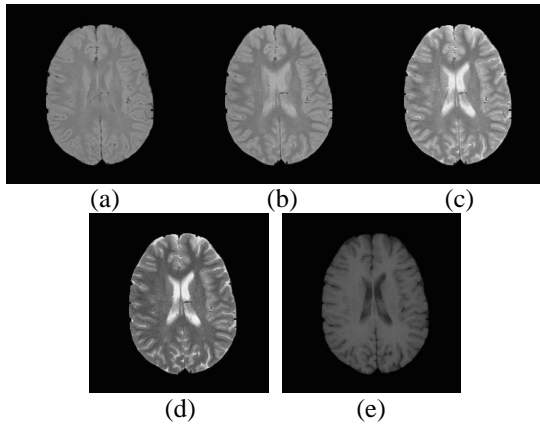


圖 14. 第一組真實腦部 MR 影像

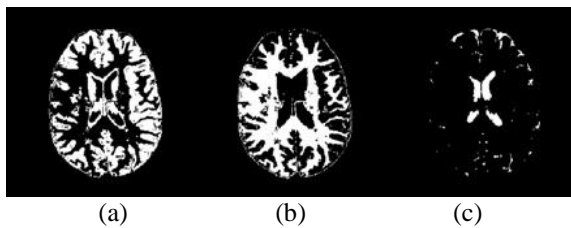


圖 15. 可拓人工免疫系統於第一組真實腦部 MR 影像的分類結果  
(a)灰質(b)白質(c)腦脊髓液

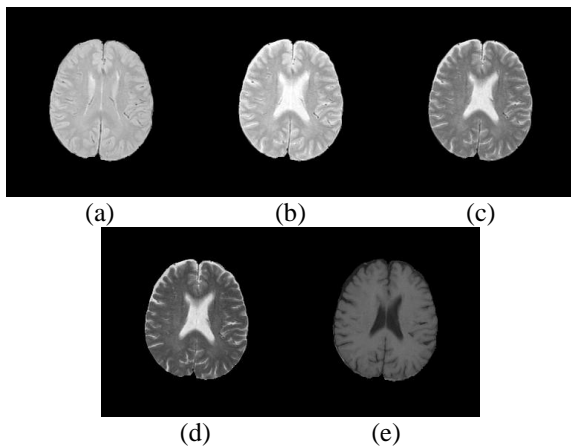


圖 16. 第二組真實腦部 MR 影像

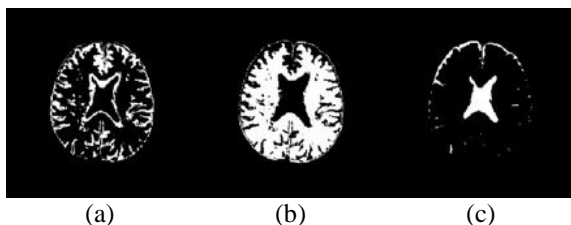


圖 17. 可拓人工免疫系統於第二組真實腦部 MR 影像的分類結果  
(a)灰質(b)白質(c)腦脊髓液

## 參考文獻

- [1] M. S. Yang, Y. J. Hu, K. C. R. Lin and C. C. L. Lin, "Segmentation techniques for tissue differentiation in MRI of Ophthalmology using fuzzy clustering algorithms," *Magnetic Resonance Imaging*, 173-179. 2002.
- [2] W. Cai, "The extension set and incompatibility problem," *Journal of Scientific Exploration*, 1, 81-93, 1983.
- [3] Cai Wen, Yang Chunyan, Lin Weichu, *Methods of Extension Engineering*, Science and Technology Documentation Publishers, 1997
- [4] C.D. Author, "Title of Article," *Journal*, Vol. 06, pp 1-20, June 2006.
- [5] Yang Chunyan, Zhang YongJun, Cai Wen, *Extension Theory and its Application, Mathematic In Practice And Theory* Vol.32 No.2 PP.301-308 March, 2002.
- [6] M. H. Wang, C. P. Hung, "Extension neural network and its applications," *Network Research*, Volume 16, Issues 5-6, PP. 779-784, June-July 2003.
- [7] 楊春燕,張擁軍,蔡文"可拓集合及其應用研究" *Mathematic In Practice And Theory* Vol. 32 No. 2 PP. 301-308 March,2002.
- [8] J. Alirezaie, M. E. Jernigan, and C. Nahmias, "Automatic segmentation of cerebral MR images using artificial neural networks", *IEEE Transactions Nuclear Science*, vol. 45, no. 4, pp. 2174 - 2182, Aug. 1998.
- [9] De Castro L N, Timmis J. "Artificial immune systems:A new computational intelligence approach", [M]. Springer-Verlag, London, 2002.
- [10] Timmis J, Neal M, Hunt J. "Artificial immune systems for data analysis", [J]. *Biosystem*, vol. 55, pp. 143-150, 2000.
- [11] De Castro L N, Von Zuben F. J. "Artificial Immune Systems:Part I-Basic Theory and Applications", *Technical Report-RT DCA*, 1999.
- [12] JIAO L C,WANG L. "A novel genetic algorithm based on immunity", [J].*IEEE Transactions, Man and Cybernetics*, vol. 30, no. 5, pp. 552-561, 2000.