

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫期中報告

以模糊特徵擷取推論系統所建構之智慧型學生模型與教學
代理人(1/2)

An Intelligent Student-Modeling and Pedagogical Agent by
a Characteristic-Point-Based Fuzzy Inference System (1/2)

計畫類別：v 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 91 - 2520 - S - 041 - 001 -

執行期間： 91 年 5 月 1 日至 91 年 12 月 31 日

計畫主持人：殷堂凱助理教授 嘉南藥理科技大學資管系

共同主持人：邱南津副教授 成功大學醫學系核子醫學科

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：嘉南藥理科技大學資訊管理系

中 華 民 國 九 十 一 年 十 二 月 三 十 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫期中報告

以模糊特徵擷取推論系統所建構之智慧型學生模型與教學代理人(1/2)

An Intelligent Student-Modeling and Pedagogical Agent by a Characteristic-Point-Based Fuzzy Inference System (1/2)

計畫編號：NSC 91-2520-S-041-001

執行期限：91年5月1日至91年12月31日

主持人：殷堂凱助理教授 嘉南藥理科技大學資管系

E-mail: qtkyin@mail.chna.edu.tw

共同主持人：邱南津副教授 成功大學醫學系核子醫學科

一、中文摘要

知識經濟是未來產業的根基，為提升企業的競爭力，知識的學習和管理，已成為企業的重要工作之一。美國國防部和白宮科學和技術政策辦公室在1997年11月起動了進階的分散式學習(ADL)計畫，此計畫目的在於加速大量發展動態和有成本效益的學習軟體，以符合21世紀國防與工業上的教育與訓練需求。SCORM是ADL為完成其遠景所提出的模型。

本計畫的目的在於建構一符合SCORM架構之智慧型學生模型與教學代理人。我們將採用一模糊特徵擷取推論系統(CPFIS)，來表達教師的教學專業知識，和學生的學習狀況模型。CPFIS具有個數少的模糊法則的優點，而此優點使知識的呈現更簡潔，人機互動更直接。根據SCORM的架構，使用嵌在學習物件上的學習成效指標，我們可建立起以CPFIS所建構的學生模型，配合位於伺服器上的學習管理系統(LMS)，所含的教學知識庫，可結合成為一智慧型教學系統，機器可自動地依據學生學習成效，安排教材內容，使學習如同在教師指導下，更有效果。

本期中報告為本計畫之第一部份，主要工作為完成在SCORM架構下，以CPFIS所建構的學生模型與教師知識庫。以ADL所提供的教學平台範例RTE1.1與課程範例Content Package為基礎，將模糊教學模組加入至LMS，模糊學生模型加入至用戶端瀏覽器上之Applet中。第一部份僅完成系統的軟體架構部份，在第二部份中，我們將應用此系統來實作一SPM(Statistical Parametric Mapping)的網路教學系統。SPM是腦斷層造影上的主要分析工具，但是其操作必須有基本的統計與影像處理的知識。經由SPM網路教學的實作，期望能提供國內醫事人員一簡易教材，使腦斷層造影分析更容易。

關鍵詞：特徵點、模糊推論系統、SCORM、智慧型教學系統、SPM。

Abstract

To promote the competitive advantage, learning and knowledge management has become one of the major works conducted in enterprises. The Department of Defense and the White House Office of Science and Technology Policy of U.S.A. started the Advanced Distributed Learning (ADL) initiative in November 1997. The purpose of ADL is to accelerate large-scale development of dynamic and cost-effective learning software. It is aimed to meet the education and training needs of Defense and industry in the 21st century. SCORM is the model proposed by ADL to fulfill its vision.

The aim of this research is to construct an intelligent student-model and pedagogical agent by a characteristic-point-based fuzzy inference system (CPFIS) in the structure of SCORM. CPFIS is employed to present the expert knowledge of teachers and the students' status of learning. CPFIS has the advantage of small number of fuzzy rules. This advantage will make fuzzy rules more understandable and the interaction between human being and machine much easier. By using the learning scores embedded in the learning objects, the student model can be constructed by CPFIS. Then, with the learning management system (LMS) in servers, the student model can be combined to become an intelligent tutoring system. The system can automatically arrange the learning contents based on the feedback of the scores of the student's learning. This will make learning more effective and comparable with the learning in the instruction of teachers.

This report is the first part of this research. The major work is to implement both the student model and teacher's knowledge base by CPFIS in the structure of SCORM. Starting from the run-time environment example RTE1.1 and the content package examples of ADL, the teacher's knowledge base and the student model are included in LMS and applets in client sides, respectively. The structure of the system is completed. In the second part, we will apply this LMS to implement a web-based tutoring system for

SPM (Statistical Parametric Mapping). SPM is one of the major tools for analyzing brain tomography. Although it is effective, SPM assumes that the users have fundamental knowledge of statistics and imaging processing. Hopefully, the implementation of the web-based tutoring system of SPM in this research will provide an easy tutorial for local researchers and practitioners in brain tomography.

Keywords: Characteristic points, fuzzy inference system, SCORM, intelligent tutoring system, SPM.

二、緣由與目的

知識經濟是未來產業的根基，在今天的台灣，面對大陸與東南亞低廉人力成本的競爭，本土產業必須走向高附加價值，以創新為企業活力，方能維持競爭優勢，而知識經濟是其中重要的一環。近十年來，網際網路的蓬勃發展，使得網路上知識的傳播更加快速和容易，e-learning 提供傳統教育方式以外，不一樣的新興知識學習的方式。

美國國防部和白宮科學和技術政策辦公室在 1997 年 11 月起動了進階的分散式學習 (Advanced Distributed Learning, ADL) 計畫，此計畫目的在於加速大量發展動態和有成本效益的學習軟體，以符合 21 世紀國防與工業上的教育與訓練需求。Sharable Content Object Reference Model (SCORM) [1]，是 ADL 為完成其遠景所提出的模型。SCORM 為學習物件定義了以網路為主的學習內容聚集模型 (Content Aggregation Model) 和執行環境 (Run-time Environment)。SCORM 的目標在於經由使用可分享的內容物件 (Sharable Content Object, SCO)，學習教材的投資成本，可節省 50 至 80 百分比，而這些 SCO 具有可長期使用 (durable)，可跨平台使用 (interoperable)，可存取 (accessible)，可重複使用 (reusable) 等的特點。

傳統的遠距學習 (distance learning) 強調同步 (synchronous) 的學習技術，使教師與學生不用在同一地點上課。這些技術使用遠距視訊會議的方式，使教室變成一個虛擬教室。SCORM 延伸同步的學習技術至非同步 (asynchronous) 方式。非同步方式並不要求教師與學生在同一時間上課，其衍生出來的教學方式可為電腦為主的教學 (Computer-Based Instruction)，互動式多媒體教學 (Interactive Multimedia Instruction)，智慧型教授系統 (Intelligent Tutoring Systems)，網路教學模擬 (Network Tutorial Simulation)，網路為主的訓練 (Web-Based Training) [1]。非同步方式使學生直接與電腦互動，所以電腦是否能針對不同學生程度與學習進度，來自動安排教材順序的能力，就非常重要。在同步教學環境中，這方面的工作就由教師來擔任。然而在非同步的 SCORM 架構下，教材的安排，就必須由電腦自動執行，所以電腦教學軟體必須具有適應性 (adaptability) 或智慧型功能。因此，本計畫所提教育代理人的目標，在於實作學生模型，依

據學習成效來調整內容，達到非同步的 SCORM 環境下，電腦智慧型自動安排教材的功能。

針對學生模型，許多學者提出了不同的方法。Kalayar 等提出根據學生常犯的錯誤，作出整理，然後系統提供建議給學生，以達到智慧型教學功能 [2]。Ng 等提出以目標/計畫 (goal/plan) 的方式來設計智慧型教學系統，針對 Dijkstra-Gries 程式設計方法的教學 [3]。Fitsilis 等提出以模擬為主的訓練，使用專家系統的方式來模擬電腦教練 (computer coach) 來教學物件導向分析與設計 [4]。Fernandez 和 Sison 提出以機率的方式來描述學生行為中的不確定性，據此作出程式設計初學者的學習階層 [5]。人工智慧在學生模型，也有一些應用。Harp 等使用類神經網路中的 Kohonen 方法來建構學生模型，而此方法與 Knowledge Space Theory 的方法相關 [6]。Principe 等也用類神經網路系統來建構互動式的電子書 [7]。

一些學者也嘗試用模糊集合 (fuzzy set) 的方式來建構學生模型。Ma 和 Zhou 提出以模糊集合作出的模糊評分尺度 (fuzzy grade scale) 來評估學生學習效果 [8]。Hwang 使用模糊理解 (fuzzy reasoning) 來提供學習建議，引導學生提升學習狀態 [9]。Wang 等提出以模糊系統為主的動態知識模型 (dynamic knowledge model) 來建造一混合方式，作成智慧型電腦輔助教學 [10]。除了這些研究之外，Liu 等提出以網路為主的同儕評論 (web-based peer review) 方式，來建構有效的網路學習策略 [11]。Albert 等針對 metadata 的標準，提出新增標準，以方便適應性內容 (adaptive content) 和重複使用 (reuse) 可加入學習物件中 [12]。

本研究計畫提出以一特徵擷取模糊推論系統來實作學生模型 [13]，[14]。此方法有個數少的模糊法則的優點，其在去年的國科會計畫中，已成功地應用到核醫上的骨骼閃爍造影病灶位置的自動標示 [15]，[16]。所以本研究目的之一在於以此推論系統，建構一更有效的智慧型教育代理人。

在此計畫中，我們將實作 SPM (Statistical Parametric Mapping) 網路教學的實作 [17]。SPM 是英國的 K. J. Friston 所帶領的研究，結合影像處理與統計分析，在 SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography)，PET (Positron Emission Tomography)，fMRI (functional Magnetic Resonance Imaging) 等腦斷層造影的分析上，可提供巨觀或序文造影中，統計數值上的差異，而此差異是人為以目視來診斷時，所無法察覺的 [18]，[19]，[20]，[21]，[22]。

雖然 SPM 有實用上的價值，但是其操作使用卻須具備有統計和影像處理的基礎，對一些醫事從業人員來說，其入門門檻並不低。所以本研究計畫之目的之一，在於實作 SPM 網路教學，讓從事腦斷層造影方面的研究人員或學生，可方便地學習 SPM，不分時間和地點，經由網路來獲取 SPM 的簡易教材。

綜合以上所述，本研究的目的是在於

- 發展 SCORM 架構下之教育代理人。

- 實作學生模型，依據學習成效來調整內容，達到非同步的 SCORM 環境下，電腦智慧型自動安排教材的功能。
- 以特徵擷取模糊推論系統來實作學生模型，利用其個數少的模糊法則的優點。

實作 SPM 網路教學，讓從事腦斷層造影方面的研究人員或學生，可方便地學習 SPM，不分時間和地點，經由網路來獲取 SPM 的簡易教材。

三、結果與討論

在 SCORM 執行環境中，主要有三個機制：起動 (Launch)，應用程式介面 (Application Interface, API)，和資料模型 (Data Model)。

起動機制為由 LMS 伺服器啟動教材內容 Asset 或 SCO。在此機制中，SCO 也應建立與 API Adapter 的通訊介面協定，以方便後續 SCO 與 LMS 的資料交換。起動機制將給予 SCO 通訊介面方面的程序，使 SCO 能建立起此通訊介面。

API 機制是 LMS 和 SCO 狀態和資料的交換。SCO 可以經由 API 通知 LMS 學習的狀態，例如：學習開始，學習結束，學習過程遭遇錯誤等，也可傳給 LMS 相關資料，例如：學習分數，學習時間等。

資料模型機制是 LMS 與 SCO 之間真正的資料交換。API 機制位於使用者端 (Client) 而不是位於伺服器端 (Server)。SCO 與 API 機制的資料交換可經由預定好的資料模型機制，由 API Adapter 回傳給位於伺服器上的 LMS。資料模型中的元素，必須是 LMS 與 SCO 中均明確定義好的元素，所以學習內容必須僅使用這些定義好的元素，以確保學習內容可以重複使用。

基於 SCORM 的此三個機制，本研究的代理人可分為三部份。

1. SCO 中的學習成效指標：

針對某一個教材，內容編輯教師可選擇一些關鍵的成效指標，例如在我們的範例，SPM (Statistical Parametric Mapping) 學習中，統計函數學習指標。此指標的數值高低可表達個別學生對於 SPM 中所需的統計概念，熟悉或陌生的程度。假設有 n 個指標， x_1, x_2, \dots, x_n ，則每一個 SCO 均會傳回學生於此 SCO 的 n 個學習成效分數給 API Adapter 中的模糊學生模型 (詳述於下一項目)。我們將使用 SCORM 中所定義好的目標參數，來存放此 n 個學習成效指標。使用 SCORM 中的 `cmi.objectives` 來完成此工作。所使用的參數為

`cmi.objectives._children`：使用 `LMSGetValue()` 呼叫後，將傳回 `CMIStrng255` 字串。在此字串中， n 個學習成效指標可存成 “ $name_1, name_2, \dots, name_n$ ”，其中 $name_i$ 可取有意義之名稱如 “Statistics”。

`cmi.objectives._count`：使用 `LMSGetValue()` 呼叫後，將傳回 `CMInteger` 整數，此整數即為成

效指標的個數 n 。

`cmi.objectives.n.id`：使用 `LMSGetValue()` 呼叫後，將傳回 `CMIdentifier` 字串。由 `cmi.objectives.0.id`, `cmi.objectives.1.id`, 至 `cmi.objectives.(n-1).id`，可分別傳回 n 個學習成效指標的 `id`。也可用 `LMSSetValue()` 呼叫來設計此 n 個學習成效指標的 `id`。

`cmi.objectives.n.score._children`：針對每一個成效指標，有一對應的 `cmi.objectives.i.score._children`， $0 \leq i \leq n-1$ ，來描述其所具有的元素。對我們的系統，每一成效指標均有 “raw,min,max” 3 個分數。使用 `LMSGetValue()` 呼叫後，可傳回 `CMIdentifier` 字串。此字串為 “raw,min,max”。

`cmi.objectives.n.score.raw`：此數值為每一成效指標的分數，其值介於 0 與 100 之間。由 `cmi.objectives.0.score.raw` 到 `cmi.objectives.(n-1).score.raw`，均可由 `LMSGetValue()` 來讀取或 `LMSSetValue()` 來設定。

`cmi.objectives.n.score.max`：此數值為每一成效指標的最大分數，在本研究中設定為 100。每一 `cmi.objectives.i.score.max`， $0 \leq i \leq n-1$ ，均可由 `LMSGetValue()` 來讀取或 `LMSSetValue()` 來設定。

`cmi.objectives.n.score.min`：此數值為每一成效指標的最小分數，在本研究中設定為 0。每一 `cmi.objectives.i.score.min`， $0 \leq i \leq n-1$ ，均可由 `LMSGetValue()` 來讀取或由 `LMSSetValue()` 來設定。

2. API Adapter 中的模糊學生模型：

位於學習者 Browser 上的 API Adapter 是以 Java Applet 來實作。SCO 中所定義的 n 個學習成效指標，可經由 JavaScript 的呼叫，與 API Adapter 中的模糊學生模型來交換資料。將模糊學生模型放在 Client 端的 Applet 中，可將一些複雜且費時的程式運算在 Client 上執行，減少 Server 的運算負荷。特別是本研究所採用的智慧型方法，會使用到倒傳遞 (Backpropagation) 訓練方法，從 Sample 中來調整參數值。此學習方法的特點在於其數千至數萬次的迴圈計算，運算上相當費時。本研究中所採用的特點方法，可大幅地減少此學習階段的運算，在一些實際例子中，如果 Sample 大小在數百之下，運算時間可在數分鐘之內完成。針對學習教材，某一主題所含有的 SCO 數目，若在數百個之間，其內容已相當豐富，所以本研究的特點方法，相當適合 SCORM 上的智慧型運算。以下為 SCORM 中 API Adapter 的標頭 [1]：

```
public class API extends Applet
{
    public String LMSInitialize(String parameter) {...}
    public String LMSGetValue(String element) {...}
    public String LMSSetValue(String element, String value) {...}
    public String LMSCommit(String parameter) {...}
}
```

```

public String LMSFinish(String parameter) {...}
public String LMSGetLastError() {...}
public String LMSGetErrorString(String errorCode)
{...}
public String LMSGetDiagnostic(String errorCode)
{...}
}

```

在此標頭裏，我們將模糊學生模型嵌入至一組協同合作的 Applet 中。藉助 LMSSetValue() 的呼叫，可將個別 SCO 的 n 個學習成效指標，傳回到模糊學生模型中，來評估學生針對個別 SCO 的學習結果，以便教學代理人可自動地調整教材的內容，來模擬教學老師的教學過程。

來自於 SCO 中的成效指標，經過 API Adapter 中的標頭時，會起動 StudentInterface.java 中的元件。此介面元件會進一步將數值傳給 StudentMain.java 主程式。主程式作整理後，於適當時機可起動 CPFIS.java 中的參數訓練的運算，而 MathUtil.java 為一輔助的包括矩陣運算的數學計算套件。這些元件詳述如下：

StudentInterface.java：介面元件。除了接收由 SCO 傳送過來的學習成效指標，也負責將 StudentMain.java 中，所建構的模糊學生模型結果，傳送至 LMS Server，此介面元件主要是與在標頭中的 LMSInitialize()，LMSGetValue()，LMSSetValue()，LMSFinish()，部份程式碼共同作用。當這些呼叫由 SCO 起動，目的地為 LMS Server 時，介面元件會攔截這些呼叫，把適當的訊息往 StudentMain 主程式傳送，或將主程式產生的結果，以搭便車的方式，傳送至 SCO 或是 LMS Server。

StudentMain.java：本元件為模糊學生模型的主元件，負責整個模型的統籌管理。當程式起動時，主程式中的參數均設為起始值，在程式執行中，主程式一直監控學生的學習狀態，藉由 StudentInterface.java 傳送過來的成效指標，作一些判斷後，於適當時機起動 CPFIS.java 中的模糊推論系統的建構。因 Java 為一多工的語言，費時的訓導過程可在另一執行緒上運算，主程式可配合 SCO 順序的 timing，與 SCO 作即時的回應。主程式也負責將學生模糊的結果，回傳給 LMS Server，以便 LMS Server 可動態地依據學生學習的結果，來調整教材。回傳的時機是配合 SCO 結束時，所呼叫的 LMSFinish() 來作用。

CPFIS.java：CPFIS (Characteristic-Point-Based Fuzzy Inference System) 是本研究的推論系統，負責將一些 SCO 所傳回的預設的成效指標，經由學習流程，轉換為一以模糊法則為元素的模糊知識庫。此知識庫使用自然語言的若則語句來描述學生的學習成效，所使用的模糊特徵擷取推論系統有使用少數法則的優點，個數少的模糊法則，可讓 LMS Server 上的教學設計更方便。當 SCO 結束時，這些知識庫中的模糊法則，將經由主程式傳送至 LMS Server。本元件是實作在與主程式 StudentMain.java 不同的執行緒上，以便訓練過程的耗時計算，不致於影響主程式與 SCO 的持續呈現，避免學習內容有暫停

的情況。

MathUtil.java：此元件為一群數學運算的副程式，例如矩陣的運算，來協助 CPFIS 運算過程中所需的數學計算。

這些元件組成在 Client 端上的模糊學生模型，其運算執行在學生的 PC 上，避免 Server 的負荷太大。

3. LMS Server 上的模糊教學模組：

模糊教學模組的功能方塊與 Client 端上的模糊學生模型類似，但是本功能方塊是執行在 Server 端上，且因為必須建立教師的教材知識庫，所以必須有圖形使用者介面，與教師互動。這些元件描述如下：

TeacherInterface.java：接收由 SCO 傳送過來的模糊學生模型中的參數，傳遞至主程式 TeacherMain.java 中，以進一步地反應學生的學習成效。同時，當一 SCO 結束時，主程式也會透過此介面元件，起動另一新的 SCO。

TeacherMain.java：主程式，負責模糊教學模組的統籌管理工作。主程式含有一對 SCO 排序的功能，根據教學知識庫回傳的個別 SCO 的迫切起動分數高低，來作教材的排序，依次把迫切度由高至低的 SCO，透過介面元件 TeacherInterface.java 來起動。

TeacherFIS.java：此元件為一模糊推論系統 (FIS)，除了具有以模糊學生模型作輸入，來推論個別 SCO 的迫切程度外，還擁有一模糊法則建構的知識庫。教師的專業知識，可對每一 SCO，根據其與 n 個成效指標的關係，建構此 SCO 的模糊法則。

MathUtil.java：此元件為一群數學計算的副程式，協助在 TeacherFIS.java 中，所使用到如矩陣運算等複雜函數的運算。

UserInterface.java：此元件為一 GUI (Graphic User Interface) 的使用者介面，扮演模糊教學模組與教師之間的橋樑。主要的功能為鍵入 TeacherFIS.java 推論系統中的模糊知識庫。另外學生學習狀態方面的資訊，也可經由此 GUI 元件來呈現，提供教材實施的成效，使教師能進一步來變更其先前所建構的知識庫，使教學效果更好。

四、計畫成果自評

本研究已完成第一部份，系統的軟體架構部份。系統的驗證與 SPM 網路教學系統的實作，將以此系統為基礎架構，陸續於第二部份中完成。

五、參考文獻

- [1] Advanced Distributed Learning, Sharable content object reference model, Version 1.2, <http://www.adlnet.org/>, Oct. 2001.
- [2] M. Kalayar, H. Ikematsu, T. Hirashima, and A. Takeuchi, "Intelligent tutoring system for search

- algorithm," in ICCE/SchoolNet 2001, <http://www.lisa.src.ncu.edu.tw/ICCE2001/main.htm> 1, 2001.
- [3] F. Ng, G. Butler, and J. Kay, "An intelligent tutoring system for the Dijkstra-Gries methodology," *IEEE Trans. Software Eng.*, vol. 21, no. 5, pp. 415--428, May 1995.
- [4] P. Fitsilis, A. Kameas, and P. Pintelas, "ORIENRMAN:an intelligent tutor for the ORIENT software development methodology," *Software Eng. J.*, vol. 11, no. 4, pp. 206--214, July 1996.
- [5] K. S. L. Fernandez and R. Sison, "A probabilistic student model in novice programming," in ICCE/SchoolNet 2001, <http://www.lisa.src.ncu.edu.tw/ICCE2001/main.htm> 1, 2001.
- [6] S. A. Harp, T. Samad, and M. Villano, "Modeling student knowledge with self-organizing feature maps," *IEEE Trans. Syst., Man, Cybern.*, vol. 25, no. 5, pp. 727--737, May 1995.
- [7] J. C. Principe, N. R. Euliano, and W. C. Lefebvre, "Innovating adaptive and neural systems instruction with interactive electronic books," *Proc. of the IEEE*, vol. 88, no. 1, pp. 81--95, Jan. 2000.
- [8] J. Ma and D. Zhou, "Fuzzy set approach to the assessment of student 包 entered learning," *IEEE Trans. Education*, vol. 43, no. 2, pp. 237--241, May 2000.
- [9] G. J. Hwang, "A knowledge-based system as an intelligent learning advisor on computer networks," in 1999 IEEE Int. Conf. Syst., Man, Cybern., Tokyo, Japan, Oct. 1999, vol. 2, pp. 153--158.
- [10] X. H. Wang, F. Tong, D. Deneux, and R. Soenen, "Dynamic fuzzy knowledge networks: a kind of hybrid model for the individual teaching in ICAI," in IEEE Int. Conf. Syst., Man, Cybern., Beijing, China, Oct. 1996, vol. 4, pp. 2833--2834.
- [11] E. Z. F. Liu, S. S. J. Lin, C. H. Chiu, and S. M. Yuan, "Web-based peer review: the learner as both adapter and reviewer," *IEEE Trans. Education*, vol. 44, no. 3, pp. 246--251, Aug. 2001.
- [12] D. Albert, C. Hockemeyer, O. Conlan, and V. Wade, "Reusing adaptive learning resources," in ICCE/SchoolNet 2001, <http://www.lisa.src.ncu.edu.tw/ICCE2001/main.htm> 1, 2001.
- [13] T. K. Yin, *Fuzzy modeling and control: a characteristic-point approach*, Ph.D. thesis, Purdue Univ., Indiana, U. S. A., 1996.
- [14] T. K. Yin and C. S. G. Lee, "A characteristic-point-based fuzzy inference system," in 1996 Asian Fuzzy Syst. Symp., Taiwan, 1996, pp. 533--538.
- [15] T. K. Yin and N. T. Chiu, "An interactive bone-scintigraphy diagnosis by a characteristic-point-based fuzzy inference system," in Proc. 6th Conf. Artificial Intelligence and Applications, Kao-hsiung, Taiwan, Nov. 2001, pp. 652--657.
- [16] T. K. Yin, "ScintiAna," <http://mis.chna.edu.tw/qtinyin/research>.
- [17] SPM99 Manual, <http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm>, 2001.
- [18] J. B. Poline, A. P. Holmes, K. J. Worsley, and K. J. Friston, "Statistical inference and the theory of random fields," <http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm>.
- [19] K. J. Friston, "Basic concepts and overview," <http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm>.
- [20] O. J. Braddick, J. M. D. O'Brien, J. Wattam-Bell, J. Atkinson, and R. Turner, "Form and motion coherence activate independent, but not dorsal/ventral segregated networks in the human brain," *Current Biology*, vol. 10, pp. 731--734, June 2000.
- [21] J. C. Rajapakse and J. Piyaratna, "Bayesian approach to segmentation of statistical parametric maps," *IEEE Trans. Biomedical Eng.*, vol. 48, no. 10, pp. 1186--1194, Oct. 2001.
- [22] M. Signorini, E. Paulesu, K. Friston, D. Perani, A. Colleluori, G. Lucignani, F. Grassi, V. Bettinardi, R. S. J. Frackowiak, and F. Fazio, "Rapid assessment of regional cerebral metabolic abnormalities in single subjects with quantitative and nonquantitative [18F]FDG PET:a clinical validation of statistical parametric mapping," *NeuroImage*, vol. 9, pp. 63--80, 1999.