

# 資訊學門(二)

## 人工智慧領域學門

### 規劃

參與規劃教授(按姓名筆劃排列):

李育杰教授  
林智仁教授  
林守德教授  
林軒田教授  
吳毅成教授  
許永真教授  
許舜欽教授  
許鈞南教授  
張嘉惠教授  
廖純中教授  
蘇豐文教授

# 人工智慧領域

## 領域概述

「人工智慧」這個領域名稱，首先在 1956 年的 Dartmouth Conference 中，由舉辦人之一的 John McCarthy 初次使用，當時主要以複製人類的智慧為目標，早期較為成功的研究方向有 Reasoning、Natural Language Processing、Expert Systems 等。自從 Claude E. Shannon 在 1950 年提出用電腦製作下棋程式的概念，到了 1997 年，電腦程式深藍(Deep Blue)戰勝西洋棋世界棋王卡斯帕洛夫(Garry Kasparov)，肯定了人工智慧的成就。在古典人工智慧中，Alan Turing 為「人工智慧」定義了一個明確的目標：若能讓數台電腦與人夾雜在一起，透過某種介面與測試人員進行互動，而測試人員無論使用什麼方法，皆無法分辨哪些是人、哪些是電腦，則該電腦可說是有「智慧」，這項測試方法即為著名的 Turing's Test。在 1990 年，Hugh Loebner 將 Turing's Test 的概念具體化成 Loebner Prize，這項競賽至今仍每年舉行，並有不少新技術誕生。然而，現代對於人工智慧這個名詞，有著更為深刻的認識的原因，來自電腦處理巨量資料的能力，從而獲得『知識』與『智慧』，或建立代理人來替人們服務。古典與現代人工智慧的差別在於，前者著重於模擬人類的邏輯思維模式，而後者則善用今日電腦的高速計算能力與大量記憶體等優勢，來解決原本需要人類智慧的困難問題。這個觀念的開啓，使得研究者不再侷限於讓電腦以人腦的思考模式來解決問題，而是對電腦量身訂做一套適合它的方法，因此造就了機器學習(Machine Learning)、資料探勘(Data Mining)、以及智慧型代理人(Intelligent Agents)等子領域的成功，更提供許多可能性與研究課題，來豐富人工智慧的技术與其應用性。

以下將針對整個人工智慧領域中的六大子領域：Machine Learning and Data Mining、Intelligent Agents、AI on the Web and in the Cloud、Social Network and Graph Mining、AI and Games、Emerging AI Technologies for Multidisciplinary Studies，分別就各項子領域之主題概述、國內外發展現況與世界發展之趨勢加以闡述，並將羅列各項子領域之關鍵熱門研究課題與一般性研究課題，俾利國

內從事人工智慧研究之同仁們得以掌握人工智慧領域之研究趨勢與世界主流研究團隊及其主要研究課題。此外，也羅列一些已發展較完整或較成熟的研究課題讓同仁們同時參考，由於已發展成熟的研究議題，近幾年來在各主流國際會議與期刊中已較無發表之空間，原則是較不鼓勵鑽研之研究課題。希望透過這樣的一個規劃，讓同仁們在做研究時能夠有個方向，儘量從事主流議題之研究，並進而開創新的研究領域與方法，讓台灣也能與世界一流的研究單位有一較高下的機會。

## **重點子領域一、機器學習與資料探勘(Machine Learning and Data Mining)**

### **主題概述**

機器學習與資料探勘，是近年最為流行的子領域之一，專門處理大量資料間的相關性，使電腦具有學習能力，並以得到的知識來應付未來遭遇的問題。由於近年來其他領域對於分析歸納大量資料的需求逐漸增加，機器學習與資料探勘發展出許多重要技術例如 Structure Prediction、Adaptive and Online Learning、Stream Mining、Kernel Methods、Graphical Models、Soft Computing 等以解決實際問題。目前機器學習與資料探勘在許多領域皆有應用，例如生醫資訊、自然語言處理、圖形識別與信號處理、文件檢索、行銷決策輔助、使用者行為分類、機器人與自動控制等，不勝枚舉。目前在機器學習方面，最大瓶頸在於如何從超高維度資料中，自動選取出重要之變數(Attribute)與萃取出隱藏於其中的合理模型。而資料探勘方面，則應著重於複雜型態資料的探勘演算法，以及擷取資料內涵的複雜結構。本子領域在許多重要的國際研討會，如 ICML、NIPS、COLT、UAI、KDD、ECML/PKDD、SDM、ICDM 等，均有許多國際一流研究學者參與，競爭非常激烈，錄取率甚至有低於十分之一的情形。不過，台大資工林智仁教授團隊研發的 LIBSVM 廣被國際間使用；2008 及 2010 年台大資工團隊在 KDDCUP 競賽中，均榮獲第一名的成績，使我們對於台灣研究團隊仍抱持很大的信心。各位同仁若對此領域有興趣，可享有廣大的資源與現成軟體可供利用，大大縮短開發時間。

### **國內外發展現況**

國內對於機器學習與資料探勘的研究團隊相當多，包含台灣大學、台灣科技大

學、交通大學、成功大學、高雄大學等。其中包含支撐向量機(Support Vector Machine)、機器學習軟體設計(Machine Learning Software Design)、知識發現與資料探勘(Knowledge Discovery and Data Mining)、自然語言處理(Natural Language Processing)、社群網路分析(Social Network Analysis)等。國外著名的機器學習與資料探勘的團隊包括美國卡內基美隆大學研究長期學習(Never Ending Learning)、大腦影像(Brain Image)、教育資料探勘(Educational Data Mining)等眾多議題的 Machine Learning Department；美國柏克萊大學從事統計機器學習的統計機器學習實驗室(Statistical Machine Learning Group)；美國麻省理工學院從事人工智慧應用研究的資訊科學及人工智慧實驗室(Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory)；美國史丹佛大學從事人工智慧技術與應用，包含知識系統(Knowledge System)、機器學習與機器人學(Machine Learning and Robotics)、自然語言處理(Natural Language Processing)、多代理人系統(Multi-agent System)等的人工智慧實驗室(AI Laboratory)。歐盟跨國性整合計畫 PASCAL 2(Pattern Analysis, Statistical Modeling and Computational Learning)專門發展如智慧型介面(Intelligent Interface)、適應認知系統(Adaptive Cognitive System)等先進技術，研究主題包含大腦與電腦介面(Brain Computer Interface)、自然語言處理(Natural Language Processing)、資訊擷取(Information Retrieval)等。Google/Yahoo!/Microsoft 等大型網路公司也都有許多機器學習與資料探勘的重要研究團隊，研究主題涵蓋人工智慧與資料探勘(Artificial Intelligence and Data Mining)、機器學習(Machine Learning)、自然語言處理(Natural Language Processing)與機器人學(Robotics)等。

## 世界發展之趨勢

機器學習與資料探勘近年來較為熱門的研究主題有整合方法(Ensemble Methods)、增強式學習(Reinforcement Learning)、矩陣分解(Matrix Factorization)、深度學習(Deep Learning)、降階法(Dimensionality Reduction)、分群法(Clustering)、半監督式學習(Semi-supervised Learning)、線上學習(Online Learning)、主動式學習(Active Learning)等。在近年的 KDDCUP 的前三名作品中，可說幾乎皆使用 Ensemble Methods；而其他主題則在熱門國際研討會 ICML 中含有較多的論文數量。本子領域目前所遭遇的問題瓶頸在於超高維度巨量資料如何找到有效率的學習方法上，目前有矩陣分解(Matrix Factorization)、降階法(Dimensionality Reduction)、線上學習(Online Learning)等，這些方法可增加學習的效率，並得到不錯的學習效果。增強式學習(Reinforcement Learning)則常與機器人學(Robotics)相結合。同仁們在了解當前世界趨勢的同時，也請不忘保有發掘創意的可能性，畢竟許多研究主題仍須依賴更佳的解決之道，才能將研究領域推至一更高境界。

## 關鍵研究課題

機器學習方面：

- 超高效能巨量、超高維度、超巨量類別機器學習演算法、平行化機器學習演算法(Very High Performance Machine Learning Algorithms for Large Data Size, Very High Dimensional and Very Large Number of Classes)
- 線上及主動學習演算法(Online and Active Learning Algorithms)
- 適應與轉移學習演算法(Adaptive and Transfer Learning Algorithms)
- 無監督式學習、分群法(Unsupervised Learning, Semi-supervised Learning, Clustering Algorithms)
- 資訊融合與集成學習(Information Fusion and Ensemble Learning)

資料探勘方面：

- 網狀資料的資料探勘：網頁連結網路、論文引用網路、蛋白質交作用網路等
- 超高效能特徵值方法(Eigenvalue Methods): 奇異值分解(Singular Value Decomposition)，主要元件分析(Principal Component Analysis)、獨立元件分析(Independent Component Analysis)演算法等

理論發展方面：

- 維度與學習效果關係的理論發展：指數模型(Exponential Models)、Boosting 演算法、以及支持向量機(Support Vector Machines)所使用的核函數(Kernel Functions)
- 各式學習問題之抽象化及連結歸約(Reduction)
- 其他機器學習的新理論探討：以遊戲理論探討學習演算法(Learning as A Game)等

## 一般性研究課題

- 增強式學習(Reinforcement Learning)
- 類神經網路(Neural Networks)
- 知識表徵(Knowledge Representation)
- 模糊系統(Fuzzy Systems)
- 生物式智慧系統(Biological-inspired Intelligent System)

## 已發展成熟之研究議題

- 專家系統之規則式學習(Expert Systems for Rule Learning)
- 啟發函數搜尋(Heuristic Search in Small Artificial Domains)

- 小資料集(i.e.資料筆數乘以維度不足 1000 者)之分類方法(Learning Classifiers from Small Data Sets)
- 高頻率關連規律之探勘法(Mining Frequent Association Rules from Data)
- 古典 Fuzzy/GA/NN 之應用(Applications of Classical Fuzzy/GA/NN)

## 重點子領域二、智慧型代理人系統(Intelligent Agents)

### 主題概述

智慧型代理人系統(Intelligent Agents)是一個新興且發展快速的子領域，其研究主題相當多且非常廣泛。代理人的功用是替人們處理事務或解決問題，例如智慧型資訊代理人可幫助我們在網際網路中四處尋找資料、智慧型旅遊代理人可替我們做行程規劃等。多代理人系統則是以分工合作的方式來完成使用者指定的任務，常需要有溝通、協調等機制。一個智慧型代理人相當於一個個體，而眾多代理人則形成一個社群。區別一個智慧型代理人軟體與一般軟體的方法，需看它是否具備自主性、社會性、適應性、行動能力、反應與預設活動、個人化等特性。而這些種種課題，即是智慧型代理人系統中的研究範圍，大致可分為代理人系統開發(Agent-based System Development)、代理人系統學習(Agent Learning)、代理人推論(Agent Reasoning)、代理人合作(Agent Cooperation)、代理人理論、模型與架構(Agent Theories, Models, and Architectures)、代理人社群(Agent Societies)、代理人溝通(Agent Communication)、經濟典範(Economic Paradigm)、代理人模擬(Agent-based Simulations)等。智慧型代理人領域中最頂尖的國際研討會 AAMAS 在 2010 年甚至包含 30 個 Workshop，其熱門的程度可見一斑。

### 國內外發展現況

國內研究智慧型代理人的團隊相對較少，有台灣大學研究多代理人系統的許永真教授、中研院資訊所許聞廉教授的智慧型代理人系統實驗室，清華大學蘇豐文教授研究虛擬代理人的情緒反應與社會互動行為，中華大學、台南大學、高雄大學也有研究團隊，主題則以多代理人系統為主。國外研究團隊則相當多，如美國有南加州大學從事代理人與多代理人系統的 Milind Tambe 教授團隊、麻州大學的 Victor Lesser 團隊、密西根大學的 Mike Wellman 研究多代理人市場競標模型與 Edmond Durfee 的多代理人規劃(Multi-agent Planning)技術也值得了解、卡內基美隆大學有 Katia Sycara 為首之研究多代理人系統(Multi-agent System) 的智慧型代理人實驗(Intelligent Software Agents Lab)。澳洲墨爾本大學也有以 Liz Sonenberg 為首的智慧型代理人實驗室研究以代理人程式語言(Agent

Programming Languages)與代理人導向之軟體工程(Agent-oriented Software Engineering)為主。歐洲方面英國南開普敦大學的 Nick Jennings 以代理人協調協商為代表、利物普大學的 Mike Woodridge 以 BDI 邏輯代理人為代表、朴次茅斯大學研究辯論式協商(Argument-based Negotiation)與代理人模擬(Agent-based Simulations)、荷蘭烏特列茲大學的 Frank Dignum 則以社會標準行為(Social Norms)與代理人組織(Agent Organization)見長。賽局理論方面以以色列巴伊蘭大學的 Sarit Kraus 的聯盟形成問題(Coalition Formation Problems)、美國華盛頓大學聖路易斯分校的 Tuomas Sandholm 所研究的機制設計與以及日本九州大學 Yokoo Mokoto 在 Vickrey-Clarke-Groves(VCG)拍賣會下的杜絕假名叫價(False-name-proof Bid)機制等，都是相當理論的研究。應用問題可以從美國德州 IHMC Jeff. Bradshaw 的人機互動與密西根 H. Van Dyke Parunak 的多代理人組織架構與環境為起始搜集相關研究資料。至於有關代理人與機器學習相關的研究可以從 Peter Stone 與 Manuela Veloso, 與 Sandip Sen 等人之研究了解。新進同仁若想快速進入此子領域，可參考清華大學在 2010 年首度於國內舉辦之「智慧型代理人暑期學校研討會」，以取得相關資料。在 2011 年，AAMAS 研討會也將在國內舉辦。

## 世界發展之趨勢

智慧型代理人系統是一項龐大的子領域，其所包含的研究主題數量非常多。智慧型代理人技術從萌芽到發展至今至少已有十年以上，代理人系統的標準化與工具開發也有一定的成果。但是對於其基礎理論與仍然存在許多挑戰。其理論基礎上源於建構理性(Rational)利己與非理性(情緒與社會性)利它的代理人之推理與互動行為產生。對於多代理人的群體決策(Group Decision)與聯盟形成(Coalition Formation)的動機與機制仍存在很多數學、心理學、經濟學、社會學與計算科學間的理論交集的有趣問題。代理人的行為如何受到本身個性心理、環境社會的影響與規範而產生彼此的互動，如何化解彼此資源與目標的衝途協調出較有效率之最佳解，如何在各自歧異的偏好下做出最佳有效之集體決策，如何防堵不肖代理人操弄虛擬設定制度，建構可信賴的多代理人互動平台等為代理人領域的重要關鍵性議題。在多代理人系統(Multi-agent Systems)中特別強調協調溝通以產生團隊合作與競爭的決策模式與技術，包含協商與辯論(Negotiation and Argumentation)、合作競爭下的推理與機制分析如戲局理論、多代理人模擬(Multi-agent-based Simulation)。多代理人系統也可以用於模擬很複雜的人類社會生態包括經濟市場、政治投票行為、戰爭模擬、教育娛樂情境、災難防治、能源資源調配等。代理人可與動畫技術結合，模擬真人之心理與肢體動態與情緒反應，產生如虛擬歌星，虛擬導播等虛擬人物，甚至融入娛樂遊戲以產生互動式戲劇與故事。同時，代理人也可與機器人實體結合作多機器人團隊競合遊戲，如已知的機器人足球賽或各種情境領域的人機互動的應用。

由於智慧型代理人系統的應用相當廣泛，可供研究的主題也非常多，對於新進同仁來說，要選到一個競爭較少的主題，難度並不會太大，基本上在各個主要的研究主題中，都有相當程度的發展空間。基本上模擬多代理人的社會與互動的研究與機制將是研究的重要方向與趨勢，與傳統人工智慧僅只考慮建構單一獨立的智慧型系統有很大的區別。

## 關鍵研究課題

- 多代理人增強式學習(Multi-agent Reinforcement Learning)
- 多代理人溝通與協調(Multi-agent Communication and Coordination)
- 擬真模擬代理人(Believable Virtual Agents for Entertainment Games)
- 多代理人學習與人機互動學習(Multi-agent Learning and Learning from Agent-human Interactions)
- 代理人導向程式與軟體工程(Agent Oriented Programming and Software Engineering)
- 大尺度多代理人系統與社會模擬(Large Scale Multi-agent Systems and Social Simulation)
- 多代理人競爭與合作機制(Multi-agent Competitive and Cooperation)
- 有關社會規範之推論(Agent Reasoning about Social Norms)與計算組織學(Computational Organization)
- 集體決策與社會選擇理論(Collective Decision and Social Choice Theories)
- 擬真代理人之情緒與社會計算(Affection and Social Computing for Believable Agents)
- 形式本體論(Formal Ontology)

## 一般性研究課題

- 代理之正式模型與架構(Formal Models of Agency and Architecture)
- 人工社群系統與模擬(Artificial Social Systems and Simulation)
- 信任及聲譽之建構模型與機制(Trust and Reputation Models and Mechanisms)
- 電子化市場及機制設計(Electronic Markets and Mechanism Design)
- 合作與非合作式賽局理論(Cooperative and Non-cooperative Game Theory)
- 多代理人溝通理論與模式包括：語言行為理論(Speech Act)、辯論(Argumentation)、協商(Negotiation)及討價還價(Bargaining)等。



- 基於代理人之服務導向與格網計算(Agent-based Service-oriented and Grid Computing)

## 已發展成熟之研究議題

- 單一代理人之推理模式
- 單一代理人之學習模式或個人化學習
- 多代理人固定簡單溝通協商(Negotiation)與通信協定(Communication Protocol)
- 多代理人拍賣市場應用
- 簡易行走式代理人平台(Simple Mobile Computing Platform)
- 利用已發展工具建構特定領域之本體知識(Ontology)

## 重點子領域三、智慧型全球資訊網與雲端運算(AI on the Web and in the Cloud)

### 主題概述

全球資訊網(World Wide Web)是世人協力共同建立的寶貴資源，在這個平台上，新的資訊、服務與應用不斷地被創造與使用，因為大量而且多樣的資訊所衍生的資訊檢索、資料探勘問題，開創了有別於傳統人工智慧挑戰的新議題，因此 Web 的興起也曾被 O'Leary 喻為人工智慧的復興契機；事實上機器學習在 Web 的資訊檢索及擷取(Web Retrieval & Information Extraction)、資料探勘(Web Mining)、及 Web 經濟學(Web Economics)等各個層面，應用可以說是相當廣，以下就這三個層面分別說明如下。

網頁檢索(Web Retrieval)是使用者最常用、也最基本的服務，除了傳統網頁搜尋，人名搜尋、地址搜尋、意見搜尋等也都是 Web 上因應使用者需求而產生的創新服務，而這些應用所需的資訊擷取(Information Extraction)技術也多仰賴機器學習及統計模型的結果。從過去基本的文件分類(Text Classification)、鏈結分析(Link Analysis)，到現今的排序學習(Learning to Rank)、主題分析(Topic Analysis)、人名的區分(Name Disambiguation)、地址的正規化(Address Standardization)，到處都可以看到統計式機器學習與最佳化的蹤跡。

網路探勘(Web Mining)指的是從網頁內容(Web Content)、網頁結構(Web Structure)、網站記錄(Web Logs)、使用者標記(User Tags)等不同形態資料中，發

掘出有用的資訊，進而提供網頁搜尋、意見檢索及各種類型的應用服務使用。例如 Web 2.0 網站中眾多使用者產生的部落格文章(Blog Posts)、標籤(Tags)、維基百科(Wikipedia)所提供的資訊及資訊間的關聯、搜尋關鍵字記錄(Search Query Logs)、網頁瀏覽記錄(Browsing Logs)等都是目前廣為運用與分析的對象。

廣告計算(Computational Advertising)與 Web 經濟學(Web Economics)則是近年來新興的主題。由於網路使用者習慣於免費的網路資源，因此廣告收入一直是非電子商務網站的主要收入來源。因應這樣的需求，如何將有 Web Marketing 需求的廣告客戶(Advertisers)與擁有使用者流量的網站經營者(Web Publisher)，透過合適的配對與仲介，以及自動化的出價機制，讓廣告價格得以合理反應市場現況，也因此有廣告計算與 Web 經濟學的研究主題。

智慧型雲端運算(AI in the Cloud / Intelligent Cloud Computing)，是一項具有發展潛力的研究領域，它主要研究如何與具有網路功能的設備相結合，發展出各種新的智慧型計算模式，以達到隨時隨地使用任何裝置以存取各種服務的目的。在 2008 年，Google 已提出「Intelligent Cloud」的需求，而 IBM 公司更提出「智慧地球」、與「智慧雲服務」等概念。行政院在 2010 年也選定經濟部提報跨部會雲端運算發展方案 15 項推動計畫。由此觀之，在雲端運算的領域中，人工智慧將佔有舉足輕重的地位。針對雲端運算的未來性考量，我們非常希望國內同仁以台灣整體發展為先，如能優先發展出具代表性的技術或產品，台灣就有機會與各國雲端產業相抗衡。

## 國內外發展現況

近年來國內外有非常多的研究團隊從事於網路探勘方面的研究，相關研究成果可見於 WWW、SIGIR、WSDM、CIKM、KDD 等頂尖國際會議。在這些頂尖國際會議中也多次舉辦網路搜尋與網路探勘相關的介紹課程(Tutorial)，由其中可以觀察到相關理論、技術、和應用的發展方向，以下就舉幾個近三年所舉辦的介紹課程為例說明。

Yahoo! Research 的 Ricardo Baeza-Yates 和 Rosie Jones 兩位研究人員在 SIGIR 2008 講授網頁探勘搜尋(Web Mining for Search)課程，內容包括了網路搜尋如網頁爬行與索引(Web Crawling and Indexing)、查詢處理與排序(Query Processing and Ranking)、使用者介面(User Interface)等相關子題。微軟亞洲研究院的 Daxin Jiang 與 Hang Li 兩位研究人員、和加拿大西蒙弗雷澤大學 Jian Pei 教授在 SIGIR 2010 共同講授搜尋與瀏覽記錄探勘之網頁資訊擷取(Search and Browsing Log Mining for Web Information Retrieval)研究議題，探討查詢和瀏覽紀錄對於提升文件檢索的技術。美國艾摩雷大學的 Eugene Agichtein 教授也同時在國際會議 AAI 2010

和 WWW 2010 分別講授如何由搜尋瀏覽紀錄中推論搜尋者的意向(Inferred Searcher Intent)課題，顯示這個研究方向的重要性。另外 Yahoo! Research 的 Andrei Broder、Evgeniy Gabrilovich、Vanja Josifovski 三人在 CIKM 2009、IJCAI 2009、SIGIR 2010 針對廣告計算(Computational Advertising)開設介紹課程，則是廣告計算相關研究現況的最佳切入點。

近年來因應電子商務與 Web 經濟學的發展，與網頁貨幣化(Web Monetization)、廣告計算相關題材的論文，不僅在 WWW、SIGIR、CIKM、WSDM 屢見不鮮，也促成新的研討會：例如 NISS(National Institute of Statistical Sciences)於 2009 年舉辦第一屆廣告計算 Workshop、ACM 舉辦的 Conference on Recommender Systems, Electronic Commerce 等會議；除此之外 Workshop on Internet and Network Economics(WINE)，則是涉及理論，經濟，社會學，管理，數學等跨領域的新興計算，也都可見到人工智慧的在其中扮演重要的角色。

## 世界發展之趨勢

智慧型全球資訊網原本是一項人工智慧的應用，但由於全球資訊網的發展腳步相當快速，不斷有革命性的平台與架構誕生，反過來影響與促進人工智慧的發展。網路發展至今不僅創造出愈來愈多樣化的內容，同時也孕育相當多面向的搜尋需求。但是不管內容型態的變化如何，從網路內容、標記、結構中挖掘隱含的知識，並整合來自外顯資料(如 Metadata、RDF、Wikipedia、ODP、Yahoo!Answer)和內隱資料(如 Text Anchors、Queries Clicks)的資訊，有效率地支持以人為中心的應用服務則是網路發展不變的方向。

舉例來說，Web 2.0 世代後，眾多使用者貢獻的資料以及對於產品、書籍、旅遊經驗的分享，引領意見檢索與探勘的需求。一個可以呈現網路上正反意見與支持理由的搜尋引擎，不僅可以提供使用者購買產品依據，也可做為企業市場預測、政府施政滿意度的參考。因此如何應用人工智慧及網路資訊，提昇意見探勘的準確度，也是這個議題的挑戰之處。

另一方面，排序學習問題(Learning to Rank)的提出與機率式的潛藏語意分析(Latent Semantic Analysis)則是最佳化方法在統計學習應用的典型範例。事實上最大似然估計(Maximum Likelihood Estimation)及貝氏推估(Bayesian Approach)等方法可以說是文件分析的利器。再加以近年來的移轉式學習(Transfer Learning)以及共分群(Co-clustering)等問題，人工智慧在網頁文件探勘上可以發揮的空間仍相當可觀。

再者，網路廣告是基於使用者、廣告主、網站經營者之間的生態系統，廣告代理平台與廣告效益評估系統必需確保廣告主所付出的投資有一定的報酬率，才能使網路廣告市場有相當的競爭力。因此廣告效益評估將是網路廣告的能否持續成

長的關鍵。因此動態計費模式、廣告關鍵字拍賣、展示廣告拍賣(Ad Auction)等仍是廣告計算關注的焦點。另外目前當紅的線上影片(Video)、社群網路(Social Media)、以及手機(Mobile Devices)等，是繼原本橫幅廣告、搜尋關鍵字廣告以及網頁廣告之外的新興研究主題。而電子商務、線上拍賣所面臨的市場經濟，包括拍賣市場價格如何決定，何時會趨於平衡，則是整個市場能否健全發展的關鍵研究。

最後，雲端運算是一項新的概念，它的技術仍依賴網際網路(Internet)、分散式系統(Distributed Systems)、網格計算(Grid Computing)等。本領域的興起過程是由企業提出願景、投資開發、完成雲端資料中心與網路、提供學術研究經費、刺激雲端運算學術研究。這波新潮流能持續多久，也許是觀望者心中的疑問。然而，我們可以看到，由於人們對於計算服務的大量需求，早期的平行處理(Parallel Processing)，進化而成為分散式計算(Distributed Computing)、普及計算(Ubiquitous Computing)，以至目前的雲端計算(Cloud Computing)，它們對於「廣泛提供計算資源」的目標從未改變。在經歷這樣一段過程中，「智慧」的地位已愈來愈顯著，因此諸如機器學習與資料探勘、智慧型代理人等人工智慧領域技術，可預期的將會在全球資訊網、自然語言處理、行動網路(Mobile Web)有更多實質的應用與發揮。

## 關鍵研究課題

- 排序學習(Learning to Rank)
- 意圖分析與偵測(Intent Analysis and Detection)
- 意見探勘與情緒分析(Opinion Mining and Sentiment Analysis)
- 查詢記錄分析(Query Log Analysis)
- 機器學習在資訊擷取上的應用(Machine Learning for Information Extraction)
- 異質資源外顯與內隱知識的擷取和融合(Extraction and Fusion of Explicit and Implicit Knowledge from Heterogeneous Resources)
- 廣告計算(Computational Advertising: Sponsored Search, Content Match, Graphical Ads Delivery, Targeting)
- 新興廣告媒體(New Advertising Media: Mobile Advertising, Community Marketing and Social Advertising, Online Video Advertising)
- 廣告效益評估與市場預測(Advertisement Measurement and Market Prediction)
- 雲端評估(Cloud Evaluation)
- 雲端服務品質(Cloud Quality of Service)
- 雲端智慧型商務(Business Intelligence in the Cloud)

- 雲端智慧型供應鏈(Supply Chain Intelligence in the Cloud)

## 一般性研究課題

- 垂直搜尋(Opinion Retrieval, Person Name Search, Address Search)
- 社會媒體探勘(Social Media Mining)
- 群眾智慧探索(Discovery of Wisdom of Crowds)
- 鏈結分析與圖形探勘(Link Analysis and Graph Mining)
- 推薦系統(Recommendation, Reputation and Trust Systems)
- 線上評論與意見評比(Economics Aspects of Online Reviews, Reputations, and Ratings)
- 廣告平台(Advertising Infrastructure: Tools, Platforms, Networks, Exchanges, Automation, Audience Intelligence)
- 廣告拍賣(Ad Auction, Markets and Exchange)

## 重點子領域四：社群網路與圖形上的探勘(Social Network and Graph Mining)

### 主題概述

社群網路研究(Social Network Analysis)為近年來新興的領域，結合社會科學對於人類社群行為的觀察，進而以數學或計算模型解釋、甚至預測人類社群現象。目前已有許多知名國內外學者相繼深入探究，除了資訊科學家之外，其中成員更不乏統計學家，社會學家、甚至物理學家的參與。自早期提出的六度分隔理論(Six Degree of Separation)以及長尾理論(Long Tail Theory)當中，科學家已經能夠發掘人類社群所具有的普遍特徵與現象。近年，隨著電腦網路的發達與普及使得我們能便利地、詳細地蒐集大規模的社交行為。科學家開始熱衷於探討與分析：如何於大規模的個體中找到子部落或社群(Community Detection)，病毒或資訊如何於人群中傳遞(Cascade Behavior in Networks)以及哪些個體扮演著關鍵的角色(Centrality Theory)，甚至個體間互動連結的推測與學習(Link Prediction)。而圖形學習與探勘(Graph Learning and Mining)則是在研究能夠在圖形上面作智慧型資訊處理的方法，常被應用在社群網路以及網際網路上。

體認到此一趨勢，近幾年 ACM 與 IEEE 相關重要會議，如 SIGKDD、SIGIR，ICML，ICDM 接受社群網路探勘以及圖形學習之論文比例大增，在 2010 年 SIGKDD 更有約二分之一的會議論文與社群網路以及圖形探勘相關。同時 ACM

與 IEEE 兩大計算機學會也開始舉辦了幾個和社群網路直接相關的會議，如 Advances in Social Network Analysis and Mining(ASONAM)與 IEEE Social Computing(Social-Com)等會議。另一方面，IEEE 和 ACM 的一些期刊如 TKDD 於 2009 年的 special issue “Social Computing, Behavioral Modeling, and Prediction”，TIST 於 2010 年的 special issue: “Computational Models of Collective Intelligence in the Social Web”，都可見近年來社群網路研究之重要性。

## 國內外發展現況

國內近年來已經有不少團隊開始積極投入，在網路社群偵測、異常個體偵測、圖形學習演算法及應用分析等研究課題都已有不錯的成果，而許多圖形學習的方法如 HMM，CRF 都已經被應用在許多其他領域如自然語言，生物資訊等。於國內外已有眾多研究團隊開始投身研究於社群網路探勘領域中，社群網路與圖形學習相關的論文陸續發表在 SIGIR、SIGKDD、ICDM、ICML 等一流國際會議上。同時許多相對應的介紹課程(Tutorial)也現身於許多知名國際會議中，自其中我們可理解到該領域的理論、技術與應用的發展。以下便舉數個近兩年內所舉辦的介紹課程為例。

社群網路圖型結構提供研究者另外一層面向來探索與學習社群網路中的資訊。在過去的數年間，了解社群網路拓撲結構並建立模型已成一重要議題。卡內基美隆大學 Christos Faloutsos 教授以及 Hanghang Tong 共同於 CIKM 2008 Tutorial 中講授：大型圖形探勘之型態、工具與個案研究(Large Graph Mining: Patterns, Tools and Case Studies)。於該課程之中探討各式社群網路普遍共通的現象以及偵測方法，並提出數個個案研究，其中包含：病毒與影響力量的傳播(Virus/Influence Propagation)、部落格網路分析(Blog Analysis)、以及網路交易平台詐欺行為偵測(eBay Fraud Detection)等。

史丹佛大學 Jure Leskovec 教授與卡內基美隆大學 Christos Faloutsos 教授於 WWW 2008 年介紹課程中講授大型圖形結構與傳播之探勘工具，探討大型動靜態網路結構之統計特質(Statistical Properties of Static and Evolving Networks)與模型建立(Model Generators)、剖析圖形中資訊傳播現象(Diffusion and Influence Propagation)、圖形矩陣分解(Graph Decomposition)、以及知名微軟 MSN Instant Messenger 案例研究。2009 年，Jure Leskovec 於 ICML 會議中講授社群暨資訊網路之模型建立，內容主要探討目前機器學習之於社群網路探勘的應用與發展。2010 年，史丹佛大學 Michael Mahoney 教授於 KDD 2010 會議介紹課程中講授議題：大型社群與資訊網路圖形探勘之幾何工具(Geometric Tools for Graph Mining of Large Social and Information Networks)，該課程涵蓋多數揭露與辨識社群資訊網路拓撲結構的演算法與統計方法。

傳統社群網絡探勘研究多專注於以同質關係所建立起的網絡，相較少有研究文獻探討異質社群網絡。伊利諾大學香檳分校 Jiawei Han 教授與伊利諾大學芝加哥分校 Philip S. Yu 教授等人於 KDD 2010 介紹課程中共同介紹異質社群網絡架構與特質。原先在同質網絡的已被解決或深究的議題，對應至異質網絡後便成了新的挑戰。此外，同四位研究者，也於該年在 SIGMOD 2010 會議講授題目：資料庫知識探勘之資訊網路分析方法(Mining Knowledge from Databases: An Information Network Analysis Approach)，將異質網絡探勘技術帶入資料庫探勘中。

另外較著名的研究團隊尚有史丹佛大學的 Dphne Koller 團隊，提出機率式關聯模型(Probabilistic Relational Model)，麻省州立大學的 David Jenson 團隊提出提出統計為本的方法分析社群以及國安問題。

## 世界發展之趨勢

由於早期社群網絡探勘資料取得不易，網絡探勘研究多著重於靜態同質性網絡上，而未考量兩個重要的因子：時間與多樣化的關係。然而隨著社交服務平台(Social Network Services)的普及運用，現今能取得資料之豐富性與多樣性遠超過以往研究資料，整合多樣觀點於研究之中是目前重要課題之一。過去數年社群網路探勘研究領域主要在針對各種常見問題的演算法：如個體重要度評估(如 Centrality Theory)、社群偵測(Community Detection)、影響力傳播模型建置(Social Influence Model)等議題。一旦將時間、多樣化的關係等因子納入考量後，動態異質性的社群網絡將呈全新樣貌，使得原先討論的議題成為全新的挑戰。而圖形相關之學習探勘的演算法，因為電腦計算能力的提升，很多過去無法實現的技術在現在都變得容易，未來的發展趨勢包括如何能夠更準確的抓住不同節點之間的相關性加以應用在自動學習上，以及如何能夠快速有效率、甚至結合雲端技術提升圖形學習與探勘演算法的效能，將會是研究者注重的議題。

最後，社交網站服務(Social Networking Service)成為了一種使用者產生資訊(User-Generated Data)的平台，因此，除了使用者提供的人際關係資訊外，這些社交服務的資訊內容(Content)自然而然成為一種社交情境資訊(Contextual Information)，一些議題如特定社群偵測(Special Community Detection)、人際關係預測(Link Prediction)、個人化推薦服務(Personalized Recommendation)均可因內容資訊的引進而獲得效果上的提升，因此，如何設計方法來有效整合連結(Link)與內容(Content)來輔助網路探勘，也將是接下來該領域的主要課題之一。

## 關鍵研究課題

- 社群網路上的分類學習(Classification for Social Networks)
- 社群網路上的資訊擴散與傳播(Information Propagation on Social)

Networks)

- 雲端運算在圖形學習上之應用 ( Cloud Computing on Graph Learning )
- 異值性社群網路分析方法 ( Analyzing Heterogeneous Social Networks )
- 圖形為本之監督學習 ( Supervised Learning on Graphs )
- 圖形為本之非監督學習 ( Unsupervised Learning on Graphs )
- 大型圖形探勘演算法設計 ( Design of Large-scaled Mining Algorithm for Online Social Network Analysis )

## 一般性研究課題

- 社交關係預測 ( Link Prediction in Social Networks )
- 網路攻擊容忍度分析 ( Resilience to Attack for Relationship Networks )
- 線上動態社群網路之分析 ( Analysis on Online Dynamic Social Networks )
- 串連樣式分析 ( Social Cascade Analysis )
- 半指導式圖形學習 ( Semi-supervised Graph Learning )
- 社群網路之頻繁樣式探勘 ( Frequent Pattern Mining for Online Social Networks )
- 圖形模型 ( Graphical Models )

## 已發展成熟之研究議題

- 線上網路社群之偵測 ( Community Detection in Online Social Networks )
- 個體重要性排名 ( Individual Importance Ranking on Networks )
- 偵測詭異個體與行為 ( Outlier and Anomaly Detection for Social Networks )
- 同質性網路上的中心化演算法 ( Centrality Theory on Homogeneous Networks )
- 同質性網路上的連結偵測 ( Link Prediction on Homogeneous Social Networks )
- 馬可夫隨機場 ( Markov Random Field )
- 機率關係模型 ( Probability Relational Mode )



## 重點子領域五、人工智慧與遊戲(AI and Games)

### 主題概述

電腦遊戲(Computer Games)在人工智慧一直扮演非常重要的角色，除了教育、娛樂等目的外，更重要的是從這裡可以探索人工智慧的奧秘。在 2002 年，Jonathan Schaeffer & H. J. van den Herik 提及「西洋棋之於人工智慧，如同果蠅之於基因」。遊戲可依參與人數分為單人遊戲、兩人遊戲、多人遊戲；其他分類包括完美資訊(Perfect Information)、統計因素、角色扮演等。單人遊戲有 15-puzzle、數獨(Sudoku)、Light-out 等。兩人遊戲並具完美資訊，通常是棋盤遊戲或統稱對局遊戲。多人遊戲包括橋牌、麻將、線上角色扮演遊戲。對於遊戲，人工智慧之研究在於提升電腦玩遊戲之智慧或使之較為接近人類行為。

在遊戲領域中，最重要的是對局遊戲。自從深藍打敗西洋棋世界棋王卡斯帕洛夫之後，鼓舞了研究學者對人工智慧的信心，因而造就了今日棋盤遊戲雨後春筍的景象，許多國家的學者紛紛投入各種棋類的研究，如西洋棋、象棋、圍棋、六子棋（由交大資工吳毅成教授所發明）、將棋等，在國際知名組織 ICGA 每年所舉辦的比賽除了西洋棋以外，電腦奧林匹亞競賽(Computer Olympiad)中包含超過 20 種遊戲。深藍的成功並不代表電腦的智慧已超越人腦，事實上，目前西洋棋的人腦對電腦大賽中，電腦與西洋棋世界棋王的棋力大約相當，在困難度最高的 19 路圍棋方面，電腦的棋力仍只有大約初段，在許多對局遊戲中仍需尋求方法來提升電腦棋力，同時也為人工智慧的技術境界的提升做出貢獻。在研究方法上，每種棋類可視為一個設計好的問題(Problem)，針對不同問題提出不同的策略或演算法。例如西洋棋與象棋適合以  $\alpha$ - $\beta$  切捨搜尋法( $\alpha$ - $\beta$  Pruning Search)、NegaScout 等搜尋演算法來處理、圍棋目前則流行蒙地卡羅搜尋演算法(Monte Carlo Tree Search Algorithms)、協助解出遊戲(如西洋跳棋、六子棋開局)的證明數搜尋(Proof Number Search)，如何在搜尋中有效使用平行處理的技術、如何有效增加棋類知識、如何善用有限時間思考等，也是主要的研究課題。

在單人遊戲方面，主要目標在解出許多遊戲問題。過去主要以解 15-puzzle 或 24-puzzle 為主要研究對象，發展出有用的 A\*搜尋演算法、棋形資料庫(Pattern Database)。近期，有更多有趣的新遊戲出現，如數獨(Sudoku)、Light-out、Nonogram、Nurikabe 等。

在多人角色扮演方面，它的目標不像對局遊戲一樣，追求達到或超越世界頂尖棋手的棋力，而是使玩家在進行遊戲時，覺得遊戲中電腦所扮演的角色可以與之有互動，不至於每次皆用相同策略即可輕鬆破關，但又不能太過聰明，看穿玩家所有策略，降低玩家的興致。在研究方法上，機器學習與資料探勘、智慧型代理人

等相關技術皆可使用。

## 國內外發展現況

國內從事棋類遊戲的研究團隊在長榮大學有長期鑽研棋類遊戲的許舜欽教授團隊、中央研究院從事電腦象棋研究的徐讚昇教授團隊、交通大學從事六子棋研究的吳毅成教授團隊、師範大學從事圍棋、六子棋等棋類研究的林順喜教授團隊、東華大學從事圍棋研究的顏士淨教授團隊、中原大學從事電腦象棋研究的陳志昌教授團隊、世新大學從事遊戲製作的鄭武堯教授團隊、澎湖科技大學從事組合對局遊戲的高國元教授團隊等。國內在線上多人角色扮演方面的研究團隊相當多，包含中央研究院（陳昇瑋教授）、交通大學（孫春在教授）、台灣科技大學、台北教育大學、台南大學、東華大學、嘉義大學、世新大學、新竹教育大學等研究團隊，研究主題則包含遊戲設計(Game Design)、遊戲控制(Game Control)、線上遊戲設計(Online Game Design)、3D 遊戲設計、遊戲式學習(Learning in Games)、遊戲建模(Modeling)等項目。國外著名的棋類遊戲研究團隊如下：有從事各種遊戲及相關搜尋技術(Game Search)的荷蘭提堡大學之 van den Herik 教授團隊、加拿大阿爾伯塔大學之 Schaeffer 教授團隊及從事 Hex 遊戲的 Ryan B. Hayward 教授團隊、從事圍棋 Monte Carlo Search 研究之法國 Oliver Teytaud 教授團隊、冰島大學從事西洋棋研究的 Yngvi Björnsson 團隊；從事電腦將棋研究的日本北陸先端科技大學、飯田弘之教授團隊及東京農工大學小谷善行教授團隊等。電玩遊戲研究團隊則有荷蘭提堡大學的 Pieter Spronck 教授團隊等。

另外值得注意的發展是利用平行處理來研發解決許多遊戲問題。例如許多圍棋程式、象棋程式發展者，運用平行處理來提高棋力；加拿大阿爾伯塔大學之 Schaeffer 教授團隊，運用多台電腦來解掉西洋跳棋(Checkers)問題（發表於科學期刊）；交通大學吳毅成教授發展志願型運算來解出許多六子棋開局，並同時與許舜欽教授、林順喜教授、東華大學顏士淨教授、中原大學陳志昌教授、澎湖科技大學高國元教授等共組團隊，研發解決新的遊戲問題。

## 世界發展之趨勢

近年來對局遊戲領域中較熱門的研究主題為圍棋與蒙地卡羅演算法(Monte Carlo Algorithm in Go)、Proof Number Search、增強式學習(Reinforcement Learning)、平行演算法等，然而並不代表其他主題就沒有研究價值。在 ICGA 兩年間隔舉辦的 Computer Game Conference 及 Conference on Advances in Computer Games 中大多數的主題皆相當獨特，可見對局遊戲領域中，每種遊戲因其規則不同，研究的焦點也各異。當中也不乏未解問題，例如西洋棋與象棋殘局問題(Endgame Problems in Chess and Chinese Chess)、歷史圖形交互作用(Graph History Interaction)等。同時也有許多值得開發的問題，例如自動化知識取得(Automatic

Knowledge Abstraction)、機器學習與對局遊戲(Machine Learning in Games)、智慧型教學系統(Intelligent Tutoring System)，這些問題雖然不熱門，但對於對局遊戲的發展，卻是關鍵的突破點，不可等閒視之。在電玩遊戲方面，處理追逐、閃躲、成群結隊以及避開障礙物、解決路徑尋找問題、AI 描述機制、規則 AI 系統、不確定狀態處理等，皆為重要的主題。

## 關鍵研究課題

- 蒙地卡羅搜尋演算法(Monte Carlo Tree Search Algorithms)
- 平行遊戲搜尋演算法(Parallel Search for Game Trees)
- 組合對局遊戲(Combinatorial Games)
- 遊戲問題之解決，如解 Othello、解國際規則之連珠棋等。
- 自動化知識取得(Automatic Knowledge Abstraction)
- 善用有限時間搜尋(Use Time Wisely)
- 智慧型教學系統(Intelligent Tutoring System)
- 三維電腦遊戲(3D Computer Games)

## 一般性研究課題

- 啟發函數(Heuristic Function)
- 象棋棋規之處理(Handling Rules in Chinese Chess)
- 歷史圖形交互作用(Graph History Interaction)
- 搜尋走法排序(Move Ordering in Search)
- 基因演算法(Genetic Algorithms)
- 益智遊戲(Puzzle Games)
- 線上遊戲(Online Ggames)
- 角色扮演(Role-playing Game AI)
- 即時戰略(Real-time Strategy AI)
- 第一人稱射擊遊戲(First-person Shooter AI)

## 已發展成熟之研究議題

- 樹狀結構搜尋法，如  $\alpha$ - $\beta$  Pruning、Nega Scout 等
- 傳統五子棋、日本棋規之連珠棋問題（已被證明先手方必勝）
- 西洋跳棋問題（已有全盤面之資料庫）
- 西洋棋人工智慧程式
- 同形表(Transposition Table)、空著切捨(Null-move Pruning)、歷史路

## 重點子領域六、AI 在跨領域的新興應用(Emerging AI Technologies for Multidisciplinary Studies)

### 主題概述

回顧資訊科學家 John McCarthy 宣稱有智慧的電腦可在十年內創造出來，45 年後在今天，我們再度在人工智慧領域中見到曙光。上述五大子領域的研究成就，也成功地應用於各種不同的場域。史丹佛大學 Stanford Racing Team 的無人駕駛自動車以 6 小時 53 分成功穿越 131 英哩的山路，獲得 DARPA(Defense Advanced Research Projects Agency) 2005 Grand Challenge 兩佰萬美金的獎金。主流 IT 產業如 Google, Microsoft, 及 Yahoo! 等紛紛在以人工智慧、語音辨識及電腦視覺驅動的 Computing 及 Mobile Interface 上投資大量經費。以人工智慧推動的遠端代理人及火星探測器(Remote Agent and Mars Exploration Rovers)已在火星上運作七年，比其設計者所預估的運作時間多出五年之久。科學資料常常是巨量且複雜的，許多領域的資料，科學家常不知如何下手分析它們，因此他們套用人工智慧中的機器學習方法(Machine Learning)，在沒有精確求解方法與完備模型的情況下仍可處理巨量的資料集合。這種自動發現大自然中的定律的技術使人工智慧跨進了一個原本只有人類才能進入的領域，類似的技術已經常被應用在市場及財務分析學。可見人工智慧在各領域的應用，皆佔相當重要的地位。

### 國內外發展現況

近年來頂尖的台灣學者在人工智慧學術研究領域有非常突出的表現，不少作品發表在頂尖的國際研討會，如 AAI, IJCAI, NIPS, ICML, KDD, SIGIR, WWW, AAMAS 等等，甚至獲得最佳論文獎，在國際學術競賽表現也非常優異，屢次在 KDDCup 及 BioCreative 競賽獲得前三名。所以台灣的學者與世界最佳的人工智慧學者比較，有極佳的競爭力。然而，這些成果僅限於學術研究，對於台灣最亟需解決的問題，卻鮮有發揮的空間。相反的先進國家的人工智慧研究在各領域都扮演了非常重要的角色，人工智慧畢業的博士生除了學術界以外，有非常多在產業界或非營利研究機構就業的機會。因此必須設法讓台灣優異的人工智慧學術研究能發揮在解決台灣面對的嚴重經濟、社會、環保等諸多問題。

### 世界發展之趨勢

先進國家的人工智慧技術不但可與社會、自然等領域相結合的，而且位居重要的

角色。以人工智慧技術來解決防災預警、災害救援、醫療照護等方面的問題，在先進國家行之已久。台灣目前所面臨的嚴重天然災害問題，尤其是地震和水災等。天然災害的預測、預防、救災、以及災後的資料分析，都有 AI 技術可以發揮的空間。例如人工智慧的資料探勘(Data Mining)技術可以用於災後的資料分析，目前各先進國家如日本已經在進行這樣的應用，甚至用於分析台灣八八風災的『深層崩壞』現象，並將分析結果應用在具有類似地理特徵的日本防災工作。人工智慧的代理人規劃(Agent Planning)，動作規劃(Motion Planning)技術可以用於災難救援資源最佳化的工作。另外，永續發展也是台灣所面臨的嚴重問題，環境保護與發展的平衡，新興綠色能源的開發，這些看似與電腦資訊、AI 毫不相關，但是在世界先進國家的發展中，AI 卻扮演非常重要的角色。除了利用大量資料進行資料探勘(Data Mining)進入所有科學研究領域所造成無可避免的人工智慧應用以外，許多永續發展問題牽涉到資源的最佳化利用，而這些最佳化問題又極端地複雜與不確定，傳統數學、作業研究所發展的技巧根本無法應付，必須開發以人工智慧為基礎的智慧型最佳化方法才有可能解決。舉例而言，風力發電因為風力的不穩定造成電力生產的不穩定，如此品質的電源供應無法滿足實際應用的需求，利用人工智慧不確定性推論(AI Uncertainty Reasoning) 與多代理人最佳化(Multi-agent Optimization) 技術進行即時的供電儲電決策可以使風力發電可行性提高。

在保健醫療與居家看護問題方面，台灣人的平均壽命落後先進國家的水準甚多，國民常暴露於嚴重的致病危險因子中，經常性地處於疾病狀態，因此就醫的頻率比其他國家異常的高。人工智慧應用於生物醫學的研究，由於政策性的輔導，目前處於蓬勃發展的狀態，但是實際產出醫療產品則尚有待加強。至於應用於公共衛生，流行病的預測與防制，則為具有開發潛力的範圍。其他還有智慧型醫療環境與監測感應設備等都是值得鼓勵開發的研究課題。

## 結論

以上各節整理出人工智慧領域中六大子領域的關鍵熱門、一般性、及較成熟共三類的研究主題，提供給同仁們選擇研究課題時作為參考。關鍵熱門的研究主題通常是較新的題目，尚未被深入研究、困難的問題，因此可研究者可發揮的空間較大，如能找到適合的解法，做出良好的實驗結果，將有機會刊登在頂級會議或期刊。然而熱門的題目必須與全球研究團隊競爭，必須在時間上比其他人早發表、或者在方法上有獨到之處、實驗結果優於先發表者，才能被刊登出來。而一

般性的研究主題，則仍有研究空間，由於入門門檻較高，或重要性相對較低，因此對於大多數的同仁來說，研究這類主題較能有穩定的成果，也是不錯的選擇。而較成熟的研究主題，則因為大部分的可行方法幾乎已被研究過，比較難再有發展空間，除非同仁在方法上或應用上有重大突破，否則一般來說這個部分原則上不鼓勵同仁選擇。希望同仁在選擇研究主題時，除了考慮領域的熱門性、以及可獲得補助的多寡之外，也需要考慮台灣整體的競爭力、以及未來的發展趨勢，才不致於所選領域只是熱門一時，短短幾年便退潮了。本規劃所選的領域，包含當今流行的機器學習與資料探勘、智慧型代理人系統等，並有極具發展潛力的智慧型全球資訊網與雲端運算、社群網路與圖形上的探勘、在遊戲產業存在商機的人工智慧與遊戲、以及 AI 在跨領域的新興應用等。本規劃提供大方向給對於人工智慧有興趣但尚未找到明確題目的同仁，可以有許多不錯的選擇，也避免選錯題目，導致浪費寶貴的時間，卻無法有滿意的成果。人工智慧領域在台灣有許多資深的學者專家，也有一些研討會，例如人工智慧學會每年所舉辦的 TAAI 研討會，在國外也有許多研討會及期刊等，我們鼓勵同仁多與世界接軌，以了解人工智慧領域之全貌與趨勢，不但站在巨人的肩膀上，也走在時代的前端，實現美好的研究生涯，對學術界、國家、社會做出貢獻。

## 主題參考文獻

### 重要研討會與期刊

- ACM Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (ACM SIGKDD)
- ACM Conference on Recommender Systems (ACM Recommender Systems)
- ACM International Conference on Web Search and Data Mining (ACM WSDM)
- ACM Special Interest Group on Electronic Commerce (ACM SIGecom)
- ACM Special Interest Group on Information Retrieval (ACM SIGIR)
- ACM Workshop on NetGames (SIGCOMM)
- Conference on Artificial Intelligence (AAAI)
- Conference on Learning Theory (COLT)
- European Conference on Machine Learning and Principles and Practice of Knowledge Discovery in Databases (ECML/PKDD)

- European Workshop on Multi-agent Systems (EUMAS)
- Game Programming Workshop (GPW)
- GAMEON Conferences
- ICGA International Conference on Advances in Computer Games (ACG)
- ICGA International Conference on Computer Games (CG)
- IEEE Conference on Computational Intelligence and Games
- IEEE International Conference on Data Mining (ICDM)
- IEEE International Conference on Social Computing (SocialCom)
- Innovative Applications of Artificial Intelligence Conference (IAAI)
- International Conference on Advances in Social Network Analysis and Mining (ASONAM)
- International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems(AAMAS)
- International Conference on Information and Knowledge Management (CIKM)
- International Conference on Intelligent Agent Technology (IAT)
- International Conference on Intelligent Virtual Agents (IVA)
- International Conference on Machine Learning (ICML)
- International Conference on Principles and Practice of Multi-Agent Systems (PRIMA)
- International Conference on Theoretical Aspects of Rationality and Knowledge (TARK)
- International Joint Conferences on Artificial Intelligence (IJCAI)
- International World Wide Web Conference (WWW)
- Neural Information Processing Systems (NIPS)
- SIAM International Conference on Data Mining (SDM)
- Uncertainty in Artificial Intelligence (UAI)
- Workshop on Internet and Network Economics(WINE)
- ACM Transactions on Knowledge Discovery from Data
- ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology
- AI in Design (AID)
- AI in Education (AIED)
- AI in Medicine
- Autonomous Agents and Multi-Agent Systems (IFAAMAS, Springer)
- Data Mining and Knowledge Discovery
- ICGA Journal
- IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games (T-CIAIG)
- IEEE Transactions on Evolutionary Computation
- IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering

- INTEGERS
- International Journal of Agent-Oriented Software Engineering (IJAOSE, Inderscience)
- Journal of Machine Learning Research (JMLR)
- Machine Learning Journal (MLJ)
- Medical Image Analysis
- Theoretical Computer Science
- Web Intelligence and Agent Systems: An International Journal (WIAS, IOSPress)
- Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web(Elsevier)

概述論文(Survey paper)及教學文章(Tutorial)

- Agent Technology: Computing as Interaction -- A Roadmap for Agent-Based Computing, Compiled, written and edited by Michael Luck, Peter McBurney, Onn Shehory, Steve Willmott and the AgentLink Community, (2005), <http://www.agentlink.org/roadmap/al3rm.pdf>
- B. Bouzy and T. Cazenave. Computer Go: An AI-Oriented Survey, *Artificial Intelligence*, 132(1), 39–103, (October 2001).
- Broder, E. Josifovski, V. Gabilovich. Information Retrieval Challenge on Computational Advertising, *SIGIR 2010*.
- C. Faloutsos, G. Miller, and C. Tsourakakis. Large Graph-Mining: Power Tools and Practitioner's Guid, *KDD 2009*
- C.J.C. Burges, A Tutorial on Support Vector Machines for Pattern Recognition
- C. M. Bishop. Pattern Recognition and Machine Learning
- D. Jiang, J. Pei, and H. Li. (2010). Search and Browsing Log Mining for Web Information Retrieval: Challenging, Methods and Applications. *Tutorial at SIGIR 2010*, Geneva, Swiss.
- E. Agichtein. (2010b). Inferring Searcher Intent. *Tutorial at WWW 2010*, Raleigh, NC, USA.
- G. Adomavicius, and A. Tuzhilin. Context-Aware Recommender Systems, *ACM Conference on Recommender Systems 2008*.
- H. J. van den Herik, J. W. H. M. Uiterwijk, and J. van Rijswijk. Games solved: Now and in the Future. *Artificial Intelligence*, 134:277–311, 2002.
- I. H. Witten, E. Frank. Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques
- J. Golbeck. Using Social Trust for Recommender Systems, *ACM Conference on Recommender Systems 2009*.
- J. Han, Y. Sun, X. Yan, and P. S. Yu, Mining Heterogeneous Information Networks, *KDD 2010*



- J. Leskovec. Modeling Social and Information Networks: Opportunities for Machine Learning, *ICML 2009*
- J. Leskovec, and C. Faloutsos. Tools for Large Graph Mining: Structure and Diffusion, *WWW 2008*
- K. Murphy. A Brief Introduction to Graphical Models and Bayesian Networks
- L. Galway , D. Charles , M. Black. Machine Learning in Digital Games: a survey, *Artificial Intelligence Review*, v.29 n.2, p.123-161, April 2008.
- M. Mahoney. Geometric Tools for Graph Mining of Large Social and Information Networks, *KDD 2010*
- M. Woodridge. Introduction to Multi-agent Systems, 2<sup>nd</sup> edition, 2009, John-Wiley and Sons Ltd.
- Multi-agent Systems-- A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence Edited by Gerhard Weiss, 1999, MIT press.
- P. McBurney and A. Omicini, Editorial Special Issue on Foundations, Advanced Topics and Industrial Perspectives of Multi-agent Systems, *Journal of Autonomous agent and Multiagent Systems*, 17:367–371, (2009).
- R. Baeza-Yates (2009). Mining the Web 2.0. Keynote Speech at WWW 2009, Madrid.
- R. Polikar. Ensemble Based Systems in Decision Making
- S. Franklin and A. Graesser, Is it an Agent, or just a Program?: A Taxonomy for Autonomous Agents, *Proceedings of the Third International Workshop on Agent Theories, Architectures, and Languages*, Springer-Verlag, (1996).
- T. A. Marsland , M. Campbell, A Survey of Enhancements to the Alpha-beta Algorithm, *Proceedings of the ACM '81 conference*, p.109-114, January 1981.
- T. A. Marsland , M. Campbell, Parallel Search of Strongly Ordered Game Trees, *ACM Computing Surveys (CSUR)*, v.14 n.4, p.533-551, Dec. 1982.

## 誌謝

我們由衷感謝黃一元總經理、林文揚教授、洪宗貝教授、何正信教授、潘正祥教授、吳怡樂教授、李漢銘教授、李健興教授、林正堅教授、洪盟峰教授、許聞廉研究員、陳榮靜教授、廖斌毅教授、錢炳全教授、劉昭麟教授、鮑興國教授與曾新穆教授於規劃書撰寫期間提供寶貴意見。