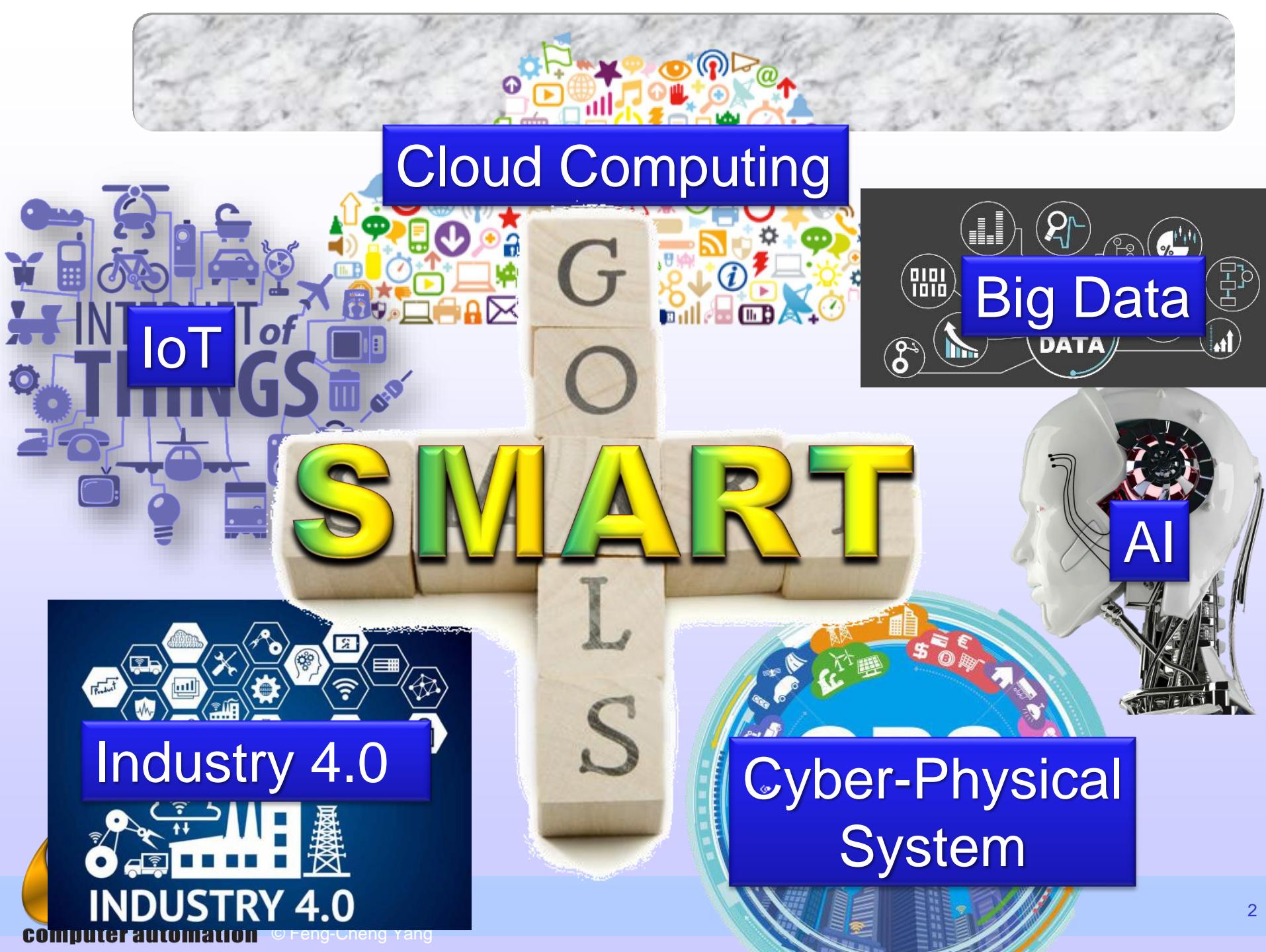


# Introduction to Soft Computing

Feng-Cheng Yang 楊輝正



Enthusiasm • Leadership • Innovation • Teamwork • Excellence  
**NTU** 國立臺灣大學工業工程學研究所



# Cloud Computing

# Big Data

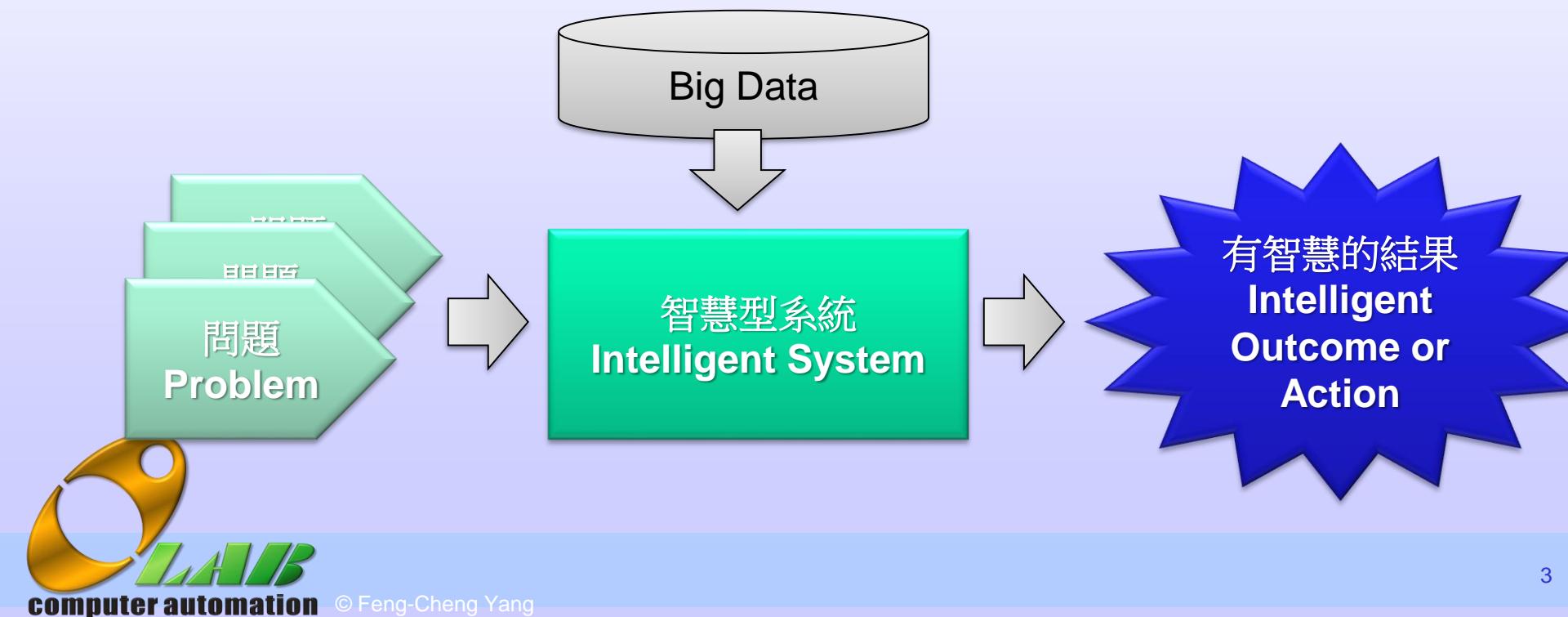
# SMART

# Industry 4.0

# Cyber-Physical System

# 當前科技躍進的目標 (Goal of Emerging Technology)

## 智慧型系統 Intelligent (Smart) Systems



# 智慧X (Smart X, Intelligent X)

## ✿ X→各式各樣的應用

### ✿ 智慧型X (物)

- 智慧型洗衣機、智慧型冰箱、智慧手表、智慧電表、Alpha Go、...

### ✿ 智慧型X (系統)

- 智慧型運輸系統、智慧型居家監控系統、智慧型客戶服務系統、智慧型X產業系統、智慧城市、...

### ✿ 智慧X (行為)

- 智慧製造、智慧決策、...

- ✿ 人工智慧 (artificial intelligence)
- ✿ 機器學習 (machine learning)
- ✿ 機器智能 (machine intelligence)
- ✿ 柔性計算 (soft computing)

柔性計算的目的  
產生智慧系統、行為

# 計算—柔性、硬性 (Computing, Hard, Soft)

## ✿ 電腦程序運算 (computing)

## ✿ 硬性計算 (Hard Computing)

- 典型的問題求解 (conventional computing)
- 需要明確能解析的模式、公式 (precisely stated analytical model)
- 複雜問題有深奧的公式求解需要冗長的計算時間
  - ◆ 譬如：汽車動力模擬系統
- 日常事務問題常沒有理想的解析模式 (analytical models are valid for ideal cases)

## ✿ 柔性計算 (Soft Computing)

- 容忍模式不精確、不確定、部分真實、近似模式或甚沒有模式 (tolerant of imprecision, uncertainty, partial truth, approximation)
- 符合人心 (human mind)

# 硬性計算 (Hard Computing)

- ✿ 精準、明確、嚴格 (precision, certainty, rigor)
- ✿ 人們日常生活問題常不能要求精準、精確
  - 辨識問題 (recognition problems)
    - ◆ 手寫 handwriting、語音 speech、物件 objects, 影像 images
  - 機器人定位 (mobile robot coordination)、預測 (forecasting)
- ✿ 問題高度複雜，精確答案無法在有生之年運算求得
  - 各種組合決策問題 (combinatorial problems)
  - NP (Non-deterministic Polynomial time) 問題

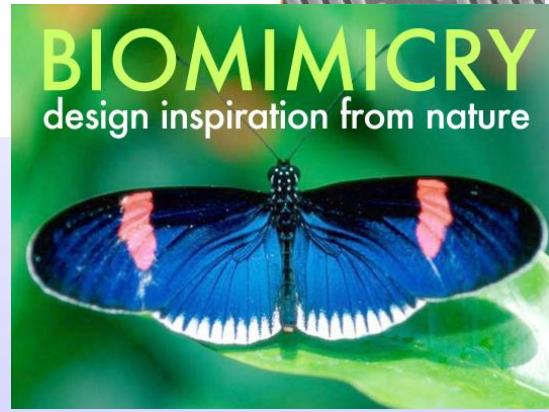
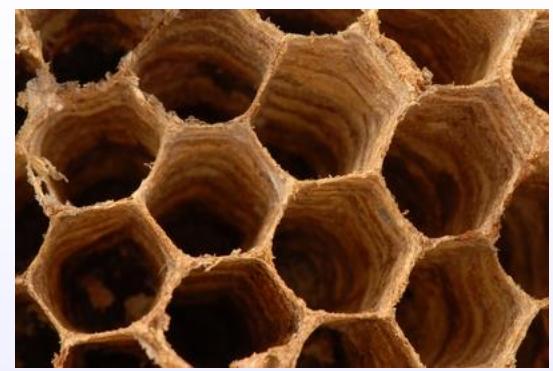
# 柔性計算 (Soft Computing)

- ✿ 世事泰半是非精確、非明確 (pervasively imprecise and uncertain)
- ✿ 精準和明確需要巨大的成本 (precision and certainty carry a cost)
- ✿ 遊走非精確、非明確、非絕對正確的餘裕範圍 (exploit the tolerance for imprecision, uncertainty, partial truth)
- ✿ 企求全盤掌握、具強韌性、和低成本 (achieve tractability, robustness and low solution cost)
- ✿ 師法自然、生態、生物、物理、化學
  - 仿生、仿自然計算 (biomimicry)

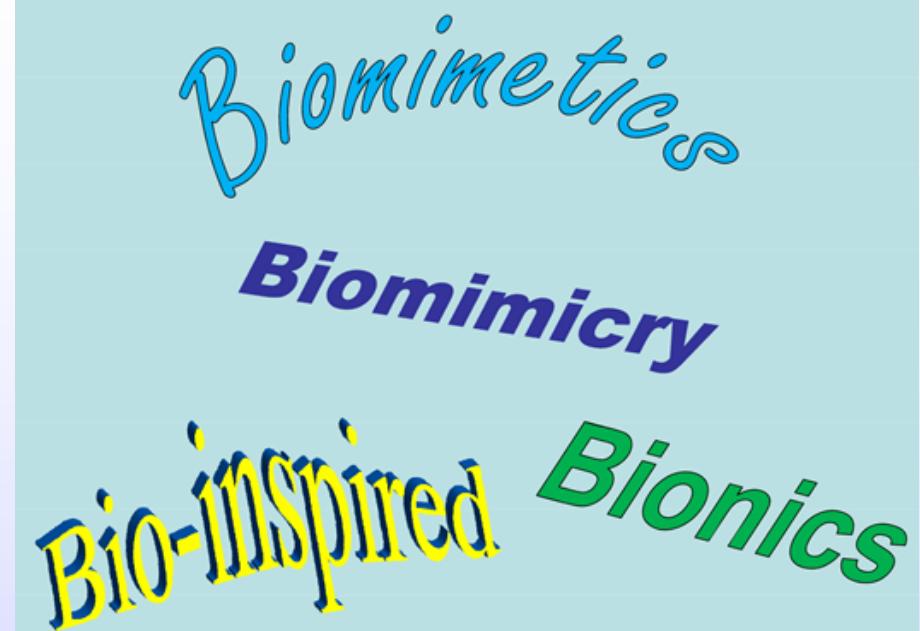
# 仿生學 (Biomimicry)

- ✿ 學習自然的模式，以使用它們的設計和程序，解決人類問題的新興科學 (a new science that studies nature's models and then uses these designs and processes to solve human problems)
- ✿ 硬體技術 (hardware techniques)
  - 已有少數產品強調仿生
- ✿ 軟體技術 (software techniques)
  - 柔性計算已大量仿生
  - 人腦神經元網路、生物遺傳演化、群居生物智慧、各領域專家達人、自然物理演化法則、人類文明演化...

# 仿生 (Biomimicry)



# 產品依循仿生學設計 (Biomimetic)



Riblets / High Modulus Carbon Fibers / Gecko Tackle



# 柔性計算的應用 (Soft Computation Application)

- ✿ 手寫辨識 (handwriting recognition)
- ✿ 汽車控制 (automotive )
- ✿ 影像處理 (image processing)
- ✿ 決策支援系統 (decision-support systems)
- ✿ 模糊類神經系統 (neuro-fuzzy systems)
- ✿ 模糊邏輯控制 (fuzzy logic control)
- ✿ ...

# 柔性計算的特性 (Unique Property of Soft Computing)

- ✿ 從試驗的資料中學習 (learning from experimental data)
- ✿ 使用通用化的逼近或內察技術 (approximating or interpolating)
- ✿ 由過往學習過的輸入和輸出，對未見的新輸入，產生實用的輸出 (produce outputs from previously unseen inputs by using outputs from previous learned inputs)

# 柔性計算的技術組成 (Principal Constituents of Soft Computing)

## ✿ 模糊邏輯 Fuzzy Logic (FL)

- 模糊集合、模糊推理、模糊運算
- 師法人類

## ✿ 類神經網路 Neural Networks (NN)

- 師法人類腦神經元運作

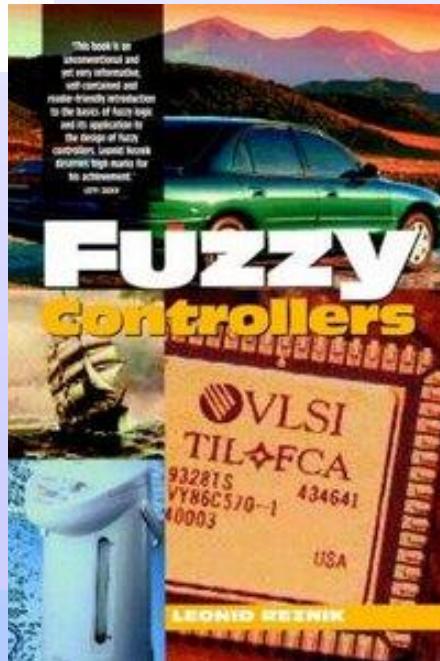
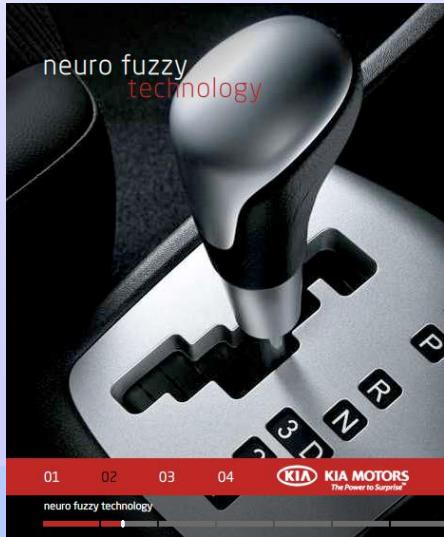
## ✿ 演化式演算 Evolutionary Computation (EC)

- 啟發式優化演算法 meta heuristic algorithms
- 師法大自然生物、物理、化學、天行演化原理

## ✿ 機器學習 Machine Learning (ML)

## ✿ 機率推論 Probabilistic Reasoning (PR)

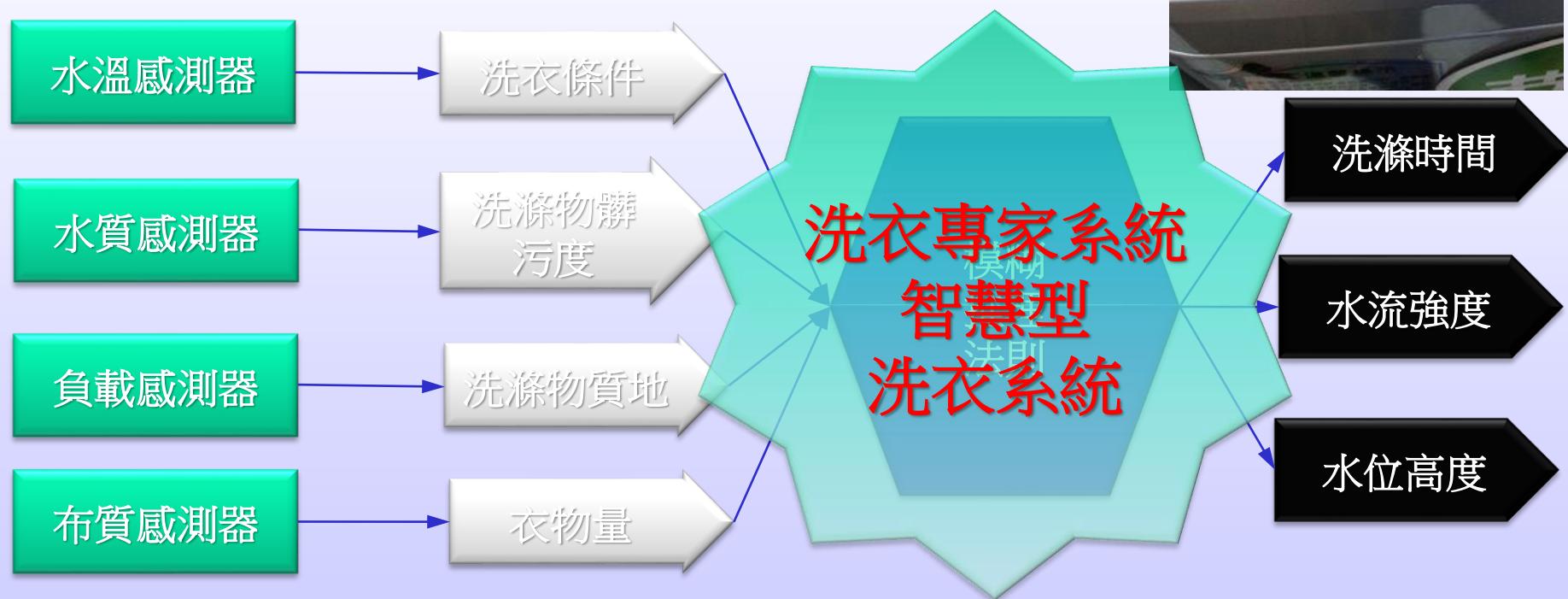
# 模糊家電、控制器 (Fuzzy Logic Controllers, Appliances)



# 模糊理論應用

✿ 技術成熟，廣用於家用及工業控制上

■ Neuro Fuzzy 控制洗衣機



# Intelligent Fuzzy System Demo

- ✿ 試建一個簡單的智慧型洗衣系統
- ✿ 輸入：髒污度、份量
- ✿ 輸出：運轉強度
- ✿ 程序：

## ■ 訂定模糊語彙

- ◆ 髢污度：極髒、髒、普通、乾淨
- ◆ 份量：大量、適中、少量
- ◆ 運轉強度：特強、強、中、弱、最弱

## ■ 訂定洗衣專家的模糊法則

- ◆ 如果極髒且大量，強度特強
- ◆ 如果乾淨且少量，強度最弱
- ◆ 如果普通且適中，強度中
- ◆ 如果髒且大量，強度強
- ◆ 如果普通且少量，強度弱
- ◆ ...



# Intelligent Fuzzy System Demo

# Demo

# 柔性計算的技術組成 (Principal Constituents of Soft Computing)

## ✿ 模糊邏輯 Fuzzy Logic (FL)

- 模糊集合、模糊推理、模糊運算
- 師法人類

## ✿ 類神經網路 Neural Networks (NN)

- 師法人類腦神經元運作

## ✿ 演化式演算 Evolutionary Computation (EC)

- 啟發式優化演算法 meta heuristic algorithms
- 師法大自然生物、物理、化學、天行演化原理

## ✿ 機器學習 Machine Learning (ML)

## ✿ 機率推論 Probabilistic Reasoning (PR)

# 啟發式優化演算法 (Meta Heuristic Algorithms)

- ✿ 柔性計算的優化演算法，師法動物習性、行為在近十年內蔚為風潮
- ✿ 上自飛禽下至走獸、昆蟲甚至海裡的魚、蝦都有師法
  - 蟻拓優化演算法 Ant Colony Optimization Algorithm
  - 貓群優化法 Cat Swarm Optimization
  - 磷蝦團演算法 Krill Herd algorithm
  - 螢火蟲演算法 Firefly Algorithm
  - 蝙蝠演算法 Bat Algorithm
  - 珊瑚優化演算法 Coral-reef Optimization Algorithm
  - 布穀鳥搜尋演算法 Cuckoo Search Algorithm

# 啟發式優化演算法 (Meta Heuristic Algorithms)

✿ 上自飛禽下至走獸、昆蟲甚至海裡的魚、蝦都有學者師法 (續)

- 粒子團優化演算法 Particle Swarm Optimization
- 灰狼優化 Grey Wolf Optimizer
- 蛙跳演算法 Shuffled Frog Leaping Algorithm
- 海豚回音定位演算法 Dolphin Echolocation
- 人工蜜蜂屯拓演算法 Artificial Bee Colony Algorithm
- 蜜蜂匹配優化演算法 Honeybees Mating Optimization Algorithm
- 蜜蜂擇偶優化演算法 Marriage in Honey Bees Optimization Algorithm

# 啟發式優化演算法 (Meta Heuristic Algorithms)

✿ 部分啟發式演算法的創意來自自然界及物理或生物演化定律的觀察

- 基因(遺傳)演算法 Genetic Algorithm
- 人工免疫系統 Artificial Immune System
- 重力搜尋演算法 Gravitational Search Algorithm
- 化學反應優化法 Chemical Reaction Optimization
- 仿水流優化法 Water Flow-like Algorithm
- 協和搜尋演算法 Harmony Search Algorithm
- 荷電系統搜尋法 Charged System Search
- 雜草叢生優化法 Invasive Weed Optimization
- 帝國競爭演算法 Imperialist Competitive Algorithm
- 磁場荷電系統搜尋法 Magnetic Charged System Search
- 智慧水滴演算法 Intelligent Water Drop Algorithm

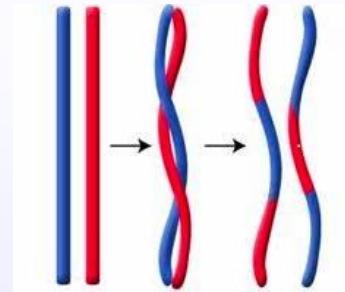
# 三個著名的啟發式優化演算法 (Three Popular Meta Heuristic Algorithms)

- ✿ 基因(遺傳)演算法 Genetic Algorithm
- ✿ 蟻拓優化演算法 Ant Colony Optimization
- ✿ 粒子團優化演算法 Particle Swarm Optimization

# 遺傳(基因)優化演算法 (Genetic Algorithm)

- ✿ 模仿生物「適者生存」 Mimic the Principles of Biology "survival of the fittest"
  - 汰弱存強(或物競天擇) Preserve better solutions; Discard inferior ones
- ✿ 模仿生物體的基因演化
- ✿ 群體為基的最佳解演化技術 Population-based evolutionary optimization
  - 一群染色體代表一群解，進行朝優演化
  - 基因演算：Genetic operations:
    - ◆ 交配、突變、天擇(篩選) Crossover, Mutation, Selection

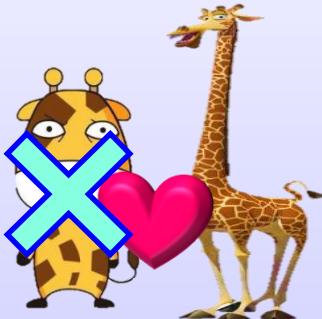
# 遺傳(基因)優化演算法 (Genetic Algorithm)



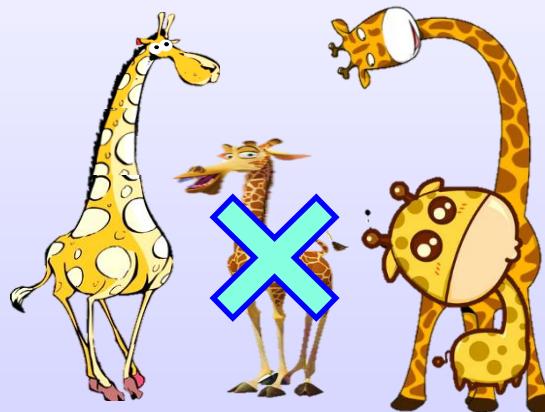
篩選 selection



交配 crossover

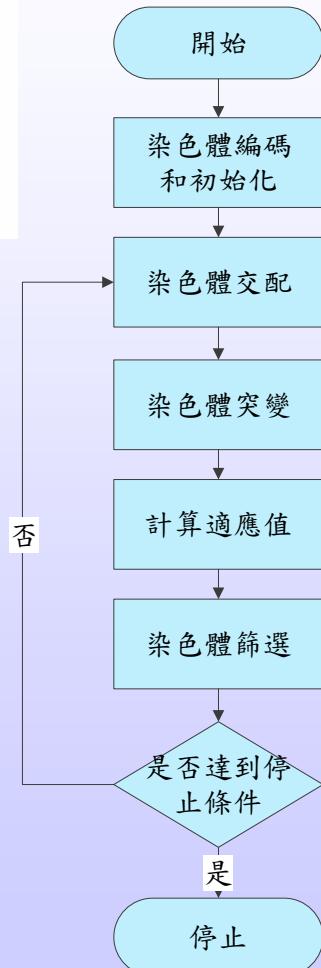


交配 crossover



突變 mutate

身高越高者適應值高 High Fitness for Taller Ones



# 蟻拓優化演算法 (Ant Colony Optimization)



# 蟻拓優化演算法 (Ant Colony Optimization)



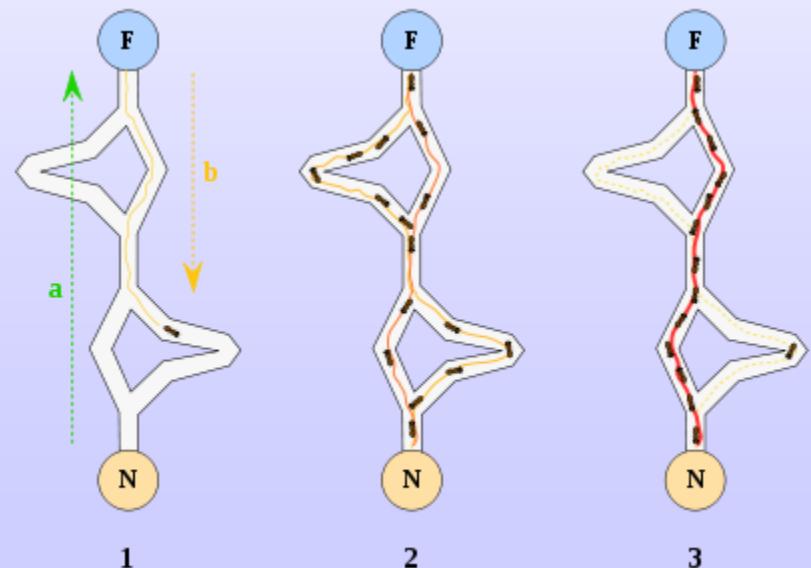
# 蟻拓優化演算法 (Ant Colony Optimization)

## ✿ 螞蟻覓食路徑都是最短的

- 透過遺留地面的費洛蒙傳遞訊息
- 短路徑會有愈多螞蟻行經，強度愈強
- 長路徑強度弱、愈少螞蟻依循

## ✿ 群體為基使用費洛蒙和啟發式資訊朝優演化

- 一群螞蟻扮演解代理人
- 參看費洛蒙資料以建構較佳解朝優演化
- 費洛蒙由表現佳的螞蟻依其解添加引導量



# 粒子團優化演算法 (Particle Swarm Optimization)

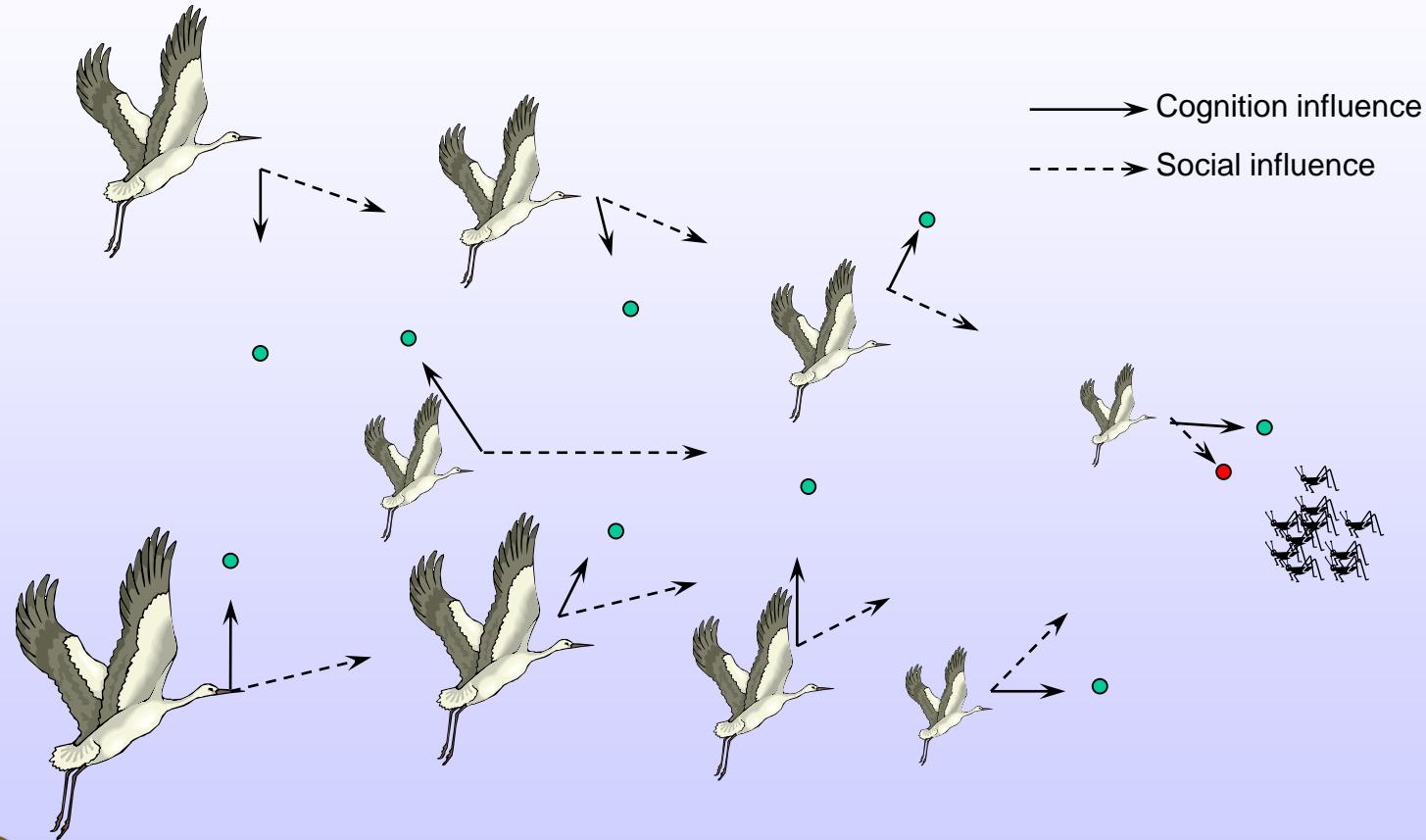


# 粒子團優化演算法 (Particle Swarm Optimization)

## ✿ 群體生物在覓食、遷徙、抗敵等有群體智慧表現

- 群居生物有自我認知和社群導引的屬性 Self Cognition and Social Inference
- 一群群居生物抽象看成一個粒子群
- 每個粒子代表一個解代理人
- 透過自我和社群的因子，決定解演化的方向，以朝優演化

# 生物的群體智慧 (Swarm Intelligence)



# 啟發式演算法 Demo

# Demo

# 柔性計算的技術組成 (Principal Constituents of Soft Computing)

## ✿ 模糊邏輯 Fuzzy Logic (FL)

- 模糊集合、模糊推理、模糊運算
- 師法人類

## ✿ 類神經網路 Neural Networks (NN)

- 師法人類腦神經元運作

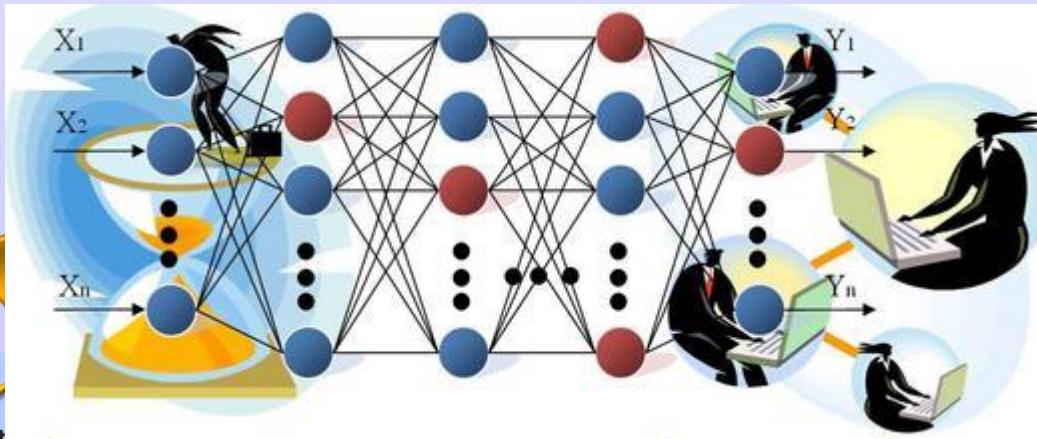
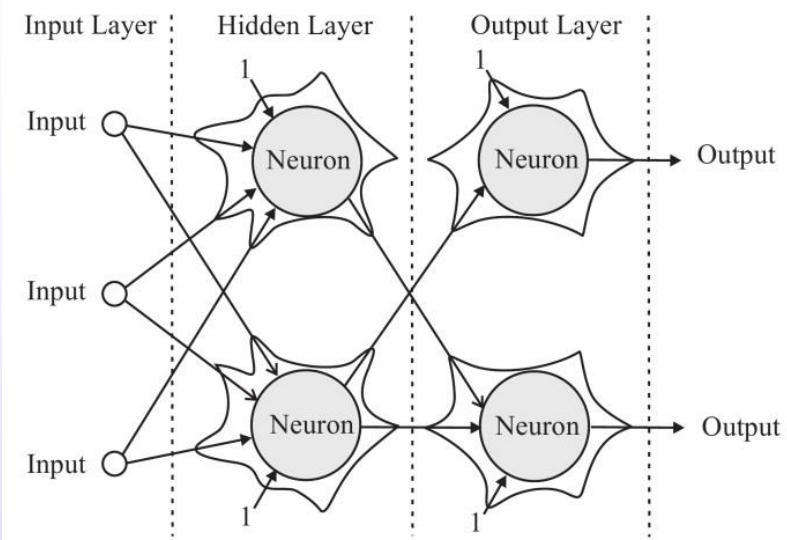
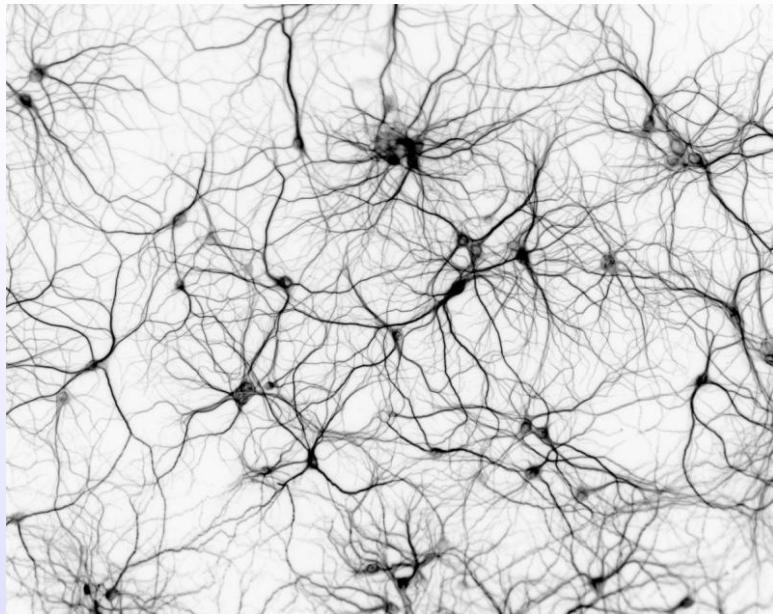
## ✿ 演化式演算 Evolutionary Computation (EC)

- 啟發式優化演算法 meta heuristic algorithms
- 師法大自然生物、物理、化學、天行演化原理

## ✿ 機器學習 Machine Learning (ML)

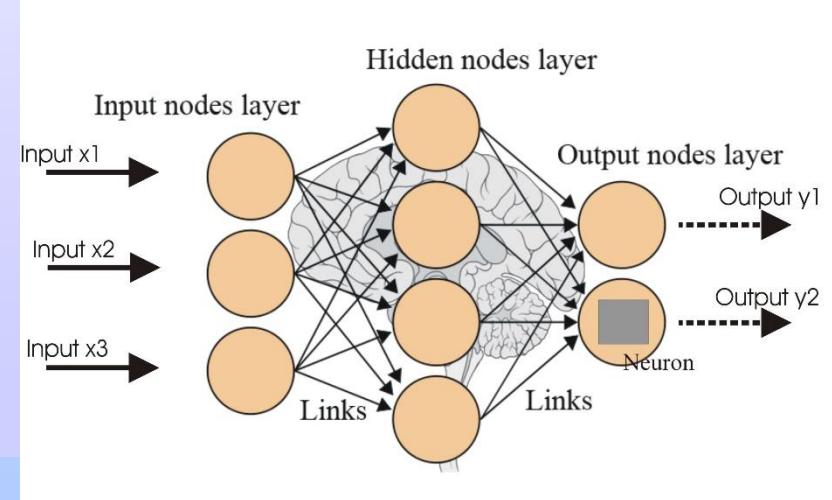
## ✿ 機率推論 Probabilistic Reasoning (PR)

# 類神經網路 (Artificial Neural Network)



# 類神經網路 (Neural Network)

- ✿ 模仿人類腦神經連結和訊息傳遞的模式，組成運算單元
- ✿ 具有輸入神經元和輸出神經元，以及隱藏層神經元
- ✿ 神經元間有權值，代表專家或智慧系統的參數
- ✿ 透過一群已知輸入 / 輸出值的資料，進行參數調整
  - 類神經網路訓練
- ✿ 可代表任何智慧系統或專家系統
  - 如：醫學診斷、物件辨識、資料分類



# Neural Network Application Demo

# Demo

# ANN Application Demo 1

## ✿ 花卉分類專家

- Iris資料集

## ✿ 英國統計學家Ronald A. Fisher

- 燕尾科花卉有三種：*Iris Setosa*、*Iris Versicolour*、及*Iris Virginica*。
- 由花萼及花瓣的長與寬決定，沒有分類公式



# ANN Application Demo 2

## ✿ 葡萄酒分類專家

- Wine資料集

## ✿ 三種培育方式的作物釀製成三種葡萄酒

- 成分結構和外在性質不同

## ✿ 依照酒的11種成分含量值和外觀分類，沒有公式

- 如酒精、蘋果酸、各種酚、顏色、色澤的量測值



# ANN Application Demo 3

## ✿ CSI 鑑識專家

- Glass資料集

- ✿ 七種玻璃來源：包括玻璃容器、頭燈、桌面玻璃板、車窗、及建築物窗戶等
- ✿ 由折射率和12種化學元素含量加以鑑識，沒有公式
  - 例如Na、Mg、Al、及Si等。



# ANN Application Demo 4

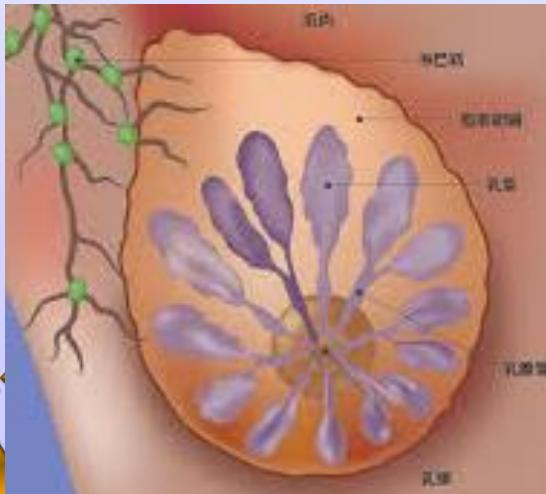
## ✿ 乳癌診斷專家

- Brest Cancer Wisconsin資料集

## ✿ 區分成良性乳癌及惡性乳癌兩類

- 由九種與癌症相關的醫學量測值判定，沒有公式

- 例如 Clump thickness、Marginal adhesion、及 Bland chromatin 等



## Q&A

Q & A