

計算機科學導論



主講人 姓名 張琪

Name Zhang Qi

澳門城市大學

City University of Macau

第九章 智能系統

本章學習要點:

- 1 人工智能系統
- 2 知識表達及推理方法
- 3 搜索技術
- 4 自然語言處理
- 計算智能
- 6 機器學習方法

- 9.1.1 人工智能
- 人工智能(Artificial Intelligence, AI),又稱爲機器智能(Machine Intelligence, MI),是研究、設計和應用智能機器或智能系統來模擬人類智能活動的能力,以延伸人類智能的科學
- ◆ 人工智能是一門綜合了計算機科學、控制論、信息論、生理學、神經生理學、語言學、哲學的交叉學科
- 人工智能目標是利用各種自動機器或智能機器,模仿、延伸和擴展人的智能,實現某些"機器思維"或腦力活動自動化

- 9.1.1 人工智能
- 人工智能的發展
- 人工智能的起源可以追溯到人類試圖用機器來代替人的部分腦力 勞動開始
- 公元前850年,古希臘就流傳借助機器人幫助人們勞動的神話傳說,公元前 900多年,我國記載有歌舞機器人的傳說,這說明古代關于人工智能已經形成了初步設想
- 17世紀法國物理學家和數學家布萊斯•帕斯卡(Blaise Pascal) 開發了世界上第一台會演算的機械加法器。德國數學家和哲學家威廉·萊布尼茨(Wilhelm Leibniz)在這台加法器的基礎上發展并製成了進行全部四則運算的計算器

- 9.1.1 人工智能
- 人工智能的發展
- 20世紀人工智接連出現很多開創性的進展
- 1936年,英國數學家圖靈在他《理想計算機》一文中提出著名的"圖靈機模型",1945年,他進一步論述了電子數字計算機設計思想,1950年他又在《機器會思考嗎?》一文中提出了著名的"圖靈測試"——一個人在不接觸對方的情况下,通過一種特殊的方式,和對方進行一系列的問答,如果在相當長時間內,他無法根據這些問題判斷對方是人還是計算機,那麽就可以認爲這個計算機具有同人相當的智力,即這台計算機是智能的
- 該測試的本質是讓人類測試機器是不是智能的,自此"人機大戰" 成了人工智能的焦點,在人工智能的發展史中接連上演

- 9.1.1 人工智能
- 人工智能的發展
- 1956年,美國達特茅斯學院的一次歷史性聚會被認爲是人工智能學科正式誕生的標志,此後人工智能進入了快速發展期
- 20世紀70年代,人工智能的發展遇到了瓶頸,即使最杰出的人工智能程序也只能解决問題中最簡單的一部分,也就是說所有人工智能程序都只是"玩具"
- 20世紀80年代中期,在經歷了10多年的低潮之後,人工神經元網絡的研究取得了突破性進展,研究者提出了很多新的神經元網絡模型。從此,人工智能開始了新的發展階段

- 9.1.1 人工智能
- 人工智能的發展
- 2016年1月27日, Google研究者開發的名爲 "阿爾法圍棋" (AlphaGo)的人工智能機器人
- 2018年的第五届世界互聯網大會上,新華社聯合搜狗公司發布 全球首個合成新聞主播—— "AI合成主播"
- 2017年兩會,"人工智能"首次被寫政府工作報告









- 9.1.2 智能行爲
- ●圖靈測試



- 判斷機器是否能够思考的著名思想實驗,測試某機器是否能表現出與人等價或者無法區分的智能,是人工智能哲學方面的第一個嚴肅的提案
- 2014年6月8日,首次有電腦通過圖靈測試
- 更性與非理性推理
 - 理性推理是指在根據事實或前提進行推理判斷事實。
 - 非理性推理則是根據經驗,而不根據事實,不根據前提條件 的推理

- 9.2.1 知識與知識表示
- 知識的概念
 - 知識是人類對客觀世界及其內部運行規律的認識與經驗的總和,是人類利用這些規律改造世界的方法和策略。知識具有相對正確性、不確定性、可表示性和可利用性等幾個特徵
- 知識的表示
 - 知識表示是對知識的一種描述,在人工智能中主要是指適用 于計算機的一種數據結構
 - 知識表示是人工智能研究的基本問題。在人工智能中,經常使用的知識表示方法有一階調詞邏輯表示法、問題歸約表示法、語義網絡表示法、框架表示法、劇本表示法、産生式表示法、狀態空間表示法、過程表示法和面向對象表示法等

- 9.2.2 一階調詞邏輯表示法
- 謂詞邏輯是可以表現出人類思維規律的最準確的符號語言,是在 人工智能中進行知識表達的最重要的方法
- 謂詞,在謂詞邏輯中,原子命題分解成個體詞和謂詞
- 個體詞是可以獨立存在的事或物,包括現實物、精神物和精神事 三種

■ 謂 詞 是 用 來 刻 畫 個 體 詞 的 性 質 的 詞 , 即 刻 畫 事 和 物 之 間 的 某 種 關

係表現的詞



- 9.2.3 經典推理技術
- 推理是人類求解問題的主要思維方法,其任務是利用知識,因此 與知識的表示方法有密切關係
- 推理是指依據一定的規則從己有的事實推出結論的過程
- 經典的推理主要是確定性推理,常見的有規則演繹推理、消解演繹推理、與/或形演繹推理和産生式系統等方法
- 它們建立在經典邏輯的基礎上,運用確定性知識進行精確推理, 也是一種單調性推理

- 9.2.3 經典推理技術
- 規則演繹推理
 - 基于規則的問題求解系統采用易于叙述的if-then(如果-那麼)規則來求解問題
 - 每個if可能與某斷言集中的一個或多個斷言匹配,有時把該 斷言集稱爲工作內存
 - then部分用于規定放入工作內存的新斷言
 - 通常稱每個if部分爲前項,稱每個then部分爲後項。有時, then部分用于規定動作,這時稱這種基于規則的系統爲反 應式系統或産生式系統
 - 基于規則的演繹系統和產生式系統,均有正向推理 (Forward Reasoning)和逆向推理(Backward Reasoning)兩種推理方式
 - 正向推理是指從if部分向then部分推理的過程
 - 逆向推理則是從then部分向if部分推理的過程

- 9.2.3 經典推理技術
- 規則演繹推理
- ●消解演繹推理
- 與/或形演繹推理
- 産生式系統

- 9.2.4 高級知識推理方法
- 現實世界中遇到的問題和事物間的關係往往比較複雜,客觀事物存在的隨機性、模糊性、不完全性和不精確性,導致人們認識上有一定程度的不確定性
- 爲此,需要在不完全和不確定的情况下運用不確定知識進行推理,即進行不確定性推理。此外,求解過程中得到的有關問題的結論也并非隨知識的增加而單調增加。因此,還有必要進行非單調推理的研究。這些推理都不同于經典推理,常被稱爲高級知識推理技術
- 常見的高級知識推理技術有模糊推理、不確定性推理、非單調推理、時序推理等

- 9.2.4 高級知識推理方法
- 邏輯推理和定理證明
- 邏輯推理是人工智能研究中最持久的領域之一。
- 1976年7月,美國University of Illinois(伊利諾伊大學)的凱尼斯·阿佩爾(Kenneth Appel, 1932—2013) 和沃夫岡·哈肯(Wolfgang Haken, 1928—)用三台大型計算機, 花費1200小時, 做了100億個判斷,證明了長達124年未解决的難題——

四色定理



Kenneth Appel Wolfgang Haken

- 9.2.4 高級知識推理方法
- 時序推理
- ●概率推理
- ●限定推理
- 可信度方法
- ●證據理論
- 貝葉斯推理等技術

9.3 搜索技術

- 9.3.1 問題空間與狀態空間
- 問題空間
 - 問題空間是問題解决者對問題客觀陳述的理解,通常由問題的給定條件、目標和允許的認知操作三種成分構成
 - 問題空間是被試在解决問題時對面臨的任務環境的內部表徵, 而不是問題解决的任務環境本身
 - 問題空間會隨著問題解决的進程而逐漸得到豐富和擴展
- ●狀態空間
 - 狀態空間可以視爲一個以狀態變數爲坐標軸的空間,因此系統的狀態可以表示爲此空間中的一個向量

9.3 搜索技術

- 9.3.2 基本搜索策略
- 啓發式搜索
 - 利用問題擁有的啓發信息來引導搜索,達到减少搜索範圍、 降低問題複雜度的目的
 - 具體求解過程中, 啓發式搜索能够利用于該問題有關的信息來簡化搜索過程, 這類信息稱爲啓發信息
 - 通常有兩種情况使用啓發式搜索:一是由于問題陳述和數據 獲取方面存在模糊性,可能會使一個問題沒有一個確定的解; 二是雖然一個問題可能有確定解,但是其狀態空間特別大, 搜索中生成擴展的狀態數會隨著搜索的深度呈指數增長
 - 一個啓發式搜索可能得到一個次最佳解,也可能一無所獲
 - 啓 發 信 息 越 强 , 擴 展 的 無 用 節 點 就 越 少

9.3 搜索技術

- 9.3.3 高級搜索方法
- 遺傳算法(Genetic Algorithm, GA)是利用查爾斯·羅伯特·達爾文(Charles Robert Darwin, 1809—1882)的"適者生存,優勝劣汰"的自然進化規則進行搜索和完成對問題求解的一種新方法
- 遺傳算法的基本思想是在問題的求解過程中,把搜索空間視爲遺傳空間,把問題的每一個可能解看作一個染色體,染色體裏面有基因,所有的染色體組成群體(Population)
- 遺傳算法已用于求解帶有應用前景的一些問題,如遺傳程序設計、 函數優化、排序問題、人工神經網絡、分類系統、計算機圖像處 理、機器人運動規劃等

- 9.4.1 自然語言的發展
- 90年代開始,自然語言處理領域發生了巨大的變化
 - 對系統輸入,要求研製的自然語言處理系統能處理大規模的 真實文本
 - 對系統輸出,要能從中抽取有用的信息
- 兩方面的基礎性工作得到了重視和加强
 - 大規模真實語料庫的研製
 - 大規模、信息豐富的詞典的編制工作



- 9.4.1 自然語言的發展
- ●萌芽期
 - 人類文明經過了幾千年的發展,積累了大量的數學、語言學和物理學知識
 - 阿蘭·圖靈在1936年首次提出了 "圖靈機" 的概念
 - 由于來自機器翻譯的社會需求,這一時期也進行了許多自然語言處理的基礎研究。1948年香農把離散馬爾可夫過程的概率模型應用于描述語言的自動機。接著,他又把熱力學中"熵"的概念引用于語言處理的概率算法中。上世紀50年代初,Kleene研究了有限自動機和正則表達式。1956年,艾弗拉姆·諾姆·喬姆斯基提出了上下文無關語法,并把它運用到自然語言處理中。他們的工作直接引起了基于規則和基于概率這兩種不同的自然語言處理技術的產生。而這兩種不同的自然語言處理方法,又引發了數十年有關基于規則方法和基于概率方法執優孰劣的爭執

- 9.4.1 自然語言的發展
- 發展時期
 - 自然語言處理的研究在這一時期分爲了兩大陣營。一個是基于規則方法的符號派(symbolic),5另一個是采用概率方法的隨機派(stochastic)
 - 在這一時期中,基于規則方法的研究勢頭明顯强于基于概率方法的研究勢頭
 - 從70年代開始,自然語言處理的研究進入了低谷時期。但儘管如此,一些發達國家的研究人員依舊不依不撓地繼續著他們的研究
 - 自然語言處理在這一低谷時期同樣取得了一些成果
 - 由于自然語言處理研究者對于過去的研究進行了反思,有限 狀態模型和經驗主義研究方法也開始復蘇

- 9.4.1 自然語言的發展
- ●復蘇時期
 - 神經網絡模型開始在NLP中被采用,三種主要類型的神經網絡成爲使用最廣泛的:循環神經網絡(Recurrent Neural Networks)、卷積神經網絡(Convolutional Neural Networks)和結構遞歸神經網絡(Recursive Neural Networks)
 - BERT是一個算法模型,它的出現打破了大量的自然語言處理任務的記錄,Google的研發團隊還開放了該模型的代碼, 并提供了一些在大量數據集上預訓練好的算法模型下載方式

- 9.4.2 句法和語義的分析
- 一般把句子的理解分爲以下幾個階段
 - 1. 語法分析,主要目的是將詞的綫性序列變換爲表示詞間關係的結構,并查出違反語言詞間組合規則的詞序列,終止對它們做進一步的處理
 - 2. 語義分析,在語法結構與所涉及任務域中的實體間建立映射
 - 3. 句法分析,對句子和短語的結構進行分析
 - 4. 語音分析,根據音位規則,從語言流中區分出各個獨立的音素,再根據音位形態規則找出各個音節及其對應的詞素或詞
 - 5. 語用分析,利用語用知識對所得句子的語義進行重新解釋來獲得真正的語義

- 9.4.3 機器翻譯
- 機器翻譯就是用計算機來模擬人的翻譯過程
- 用計算機進行機器翻譯的過程可分爲原文輸入、原文分析、譯文綜合和輸出幾個步驟
- 在機器翻譯的領域,有很多難點。比如,語言的複雜程度,上下 文的關聯等等
- 目前業內主要的實現手段有基于規則的、基于實例的、基于統計 的以及基于神經網絡的
 - 基于規則的機器翻譯,根據翻譯的方式可以分爲:直接基于 詞的翻譯、結構轉換的翻譯、中間語的翻譯
 - 基于統計的機器翻譯明顯要比基于規則的高級的多,因爲引入了一些數學的方法,總體上顯得更加專業
 - 基于神經網絡的機器翻譯,影響機器翻譯的結果往往取決于 譯入跟譯出語之間,在詞匯、文法結構、語系甚至文化上的 差异

- 9.4.4 語音識別
- 長期以來,語音識別系統在對每個建模單元的統計概率模型進行描述時,大多采用高斯混合模型(Gaussian Mixture Model, GMM),這種模型適合海量數據訓練
- 2011年,微軟公司在識別系統研究方面取得成果,這種基于深度神經網絡的成果,對語音識別原有的技術框架進行了徹底的改變
- 由于采用了深度神經網絡,特徵之間的相關性得到了充分利用描述,連續多幀的語音特徵并在一起後,形成了一個高維特徵
- 在綫上服務時,深度神經網絡的建模技術能够和傳統的語音識別技術進行無縫對接,大幅度提升了語音識別系統的識別率

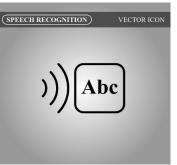
- 9.4.4 語音識別
- 在綫下的服務方法是,在實際解碼過程中,仍采用傳統的HMM 聲學模型、傳統的統計語言模型和傳統的動態WFST解碼器
- 在聲學模型的輸出分布計算時,完全用"神經網絡的輸出後驗概率乘以一個先驗概率來代替傳統HMM模型中的GMM的輸出似然概率"
- 隨著語音識別技術的提高,智能語音由"聽話"變爲了"懂話" 實現了語音交互。究其這種變化的原因,主要體現在以下幾個方面
 - 人工智能算法上的突破
 - 大數據的靈活應用
 - 高速移動數據網絡通道被打通





- 9.4.4 語音識別
- 如今已經進入5G時代,網絡帶寬大幅增加,數據傳輸速率也空前提升,數據流量將不再是制約語音技術發展的條件
- 針對語音識別技術的發展,最能體會到其給生活帶來方便的人士, 首先應是老齡人、低齡人和殘疾人士
- 通過語音識別技術,還能讓人機交互以人類最熟悉和習慣的方式

進行









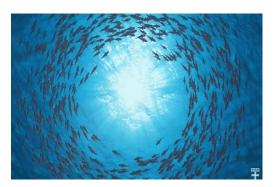
- 計算智能是以生物進化的觀點認識和模擬智能。按照這一觀點,智能是在生物的遺傳、變异、生長以及外部環境的自然選擇中產生的。在用進廢退、優勝劣汰的過程中,適應度高的(頭腦)結構被保存下來,智能水平也隨之提高
- 計算智能就是基于結構演化的智能。計算智能涉及模糊計算、進化計算、神經計算等領域,它的研究和發展反映了當今科學技術多學科交叉與集成的重要發展趨勢

- 9.5.1 計算智能概述
- 計算智能(Computational Intelligence, CI)也稱爲"軟計算",是指借用自然界(生物界)規律的啓迪,根據其原理模仿設計求解問題的算法
- 計算智能技術是將問題對象通過特定的數學模型進行描述,使之 變成可操作、可編程、可計算和可視化的一門學科
- 計算智能技術是一門涉及物理學、數學、生理學、心理學、神經科學、計算機科學、智能技術等交叉學科

- 9.5.2 群體智能
- 群居昆蟲以集體的力量,進行覓食、禦敵、築巢。這種群體所表現出來的"智能",就稱爲群體智能(Swarm Intelligence)
- 群體智能最早被用在細胞機器人系統的描述中,它的控制是分布 式的,不存在中心控制
- 群體智能及其優化計算方法有蟻群優化算法和粒子群優化算法







- 9.5.2 群體智能
- 蟻群優化算法
- 蟻群(Ant Colony)算法是一種用來尋找優化路徑的概率模型, 它是1992年首先由意大利學者多裏戈(Marco Dorigo, 1961—)等人提出,其靈感來源于螞蟻尋找食物過程中發現路徑 的行爲,稱爲蟻群系統
- 優點是較强的魯棒性,對基本蟻群算法模型稍加修改,即可應用于其他問題;分布式計算中,蟻群算法是一種基于種群的進化算法,具有本質幷行性,易于幷行實現;易于與其他方法結合,蟻群算法很容易與其他啓發式算法結合,以改善算法的性能

- 9.5.2 群體智能
- 粒子群優化算法
- 粒子群優化算法(Particle Swarm Optimization, PSO), 它是一種進化計算技術(Evolutionary Computation), 它當時是由Russ Eberhart和James Kennedy教授于1995年提出來的,源于對鳥群捕食的行爲研究, PSO同遺傳算法類似,是一種基于迭代的優化工具
- 系統初始化爲一組隨機解,通過迭代搜尋最優值。但是幷沒有用 遺傳算法用的交叉(Crossover)及變异(Mutation),而是粒子 在解空間追隨最優的粒子進行搜索

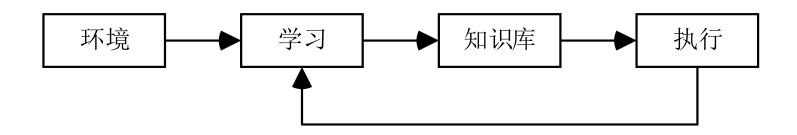
- 9.5.3 人工神經網絡
- 人工神經網絡(Artificial Neural Network, ANN)從信息處理角度對人腦神經元網絡進行抽象,建立某種簡單模型,按不同的連接方式組成不同的網絡
- 神經網絡是一種運算模型,由大量的節點(或稱神經元)之間相互聯接構成。每個節點代表一種特定的輸出函數,稱爲激勵函數(activation function)
- 每兩個節點間的連接都代表一個對于通過該連接信號的加權值,稱之爲權重,這相當于人工神經網絡的記憶
- 人工神經網絡是由大量的簡單基本元件——神經元相互聯接而成的自適應非綫性動態系統。每個神經元的結構和功能比較簡單,但大量神經元組合産生的系統行爲却非常複雜

- 9.5.3 人工神經網絡
- 人工神經網絡在構成原理和功能特點等方面更加接近人腦,它不 是按給定的程序一步一步地執行運算,而是能够自身適應環境、 總結規律、完成某種運算、識別或過程控制。其具有:
 - 1. 自適應,自組織性,可以通過後天學習開發更多功能
 - 2. 泛化能力,即對沒有訓練過的目標,有預測和控制能力
 - 3. 非綫性映射能力,神經網絡的非綫性映射能力,它不需要對系統進行透徹的瞭解,同時能達到輸入與輸出的映射關係, 這就大大簡化設計的難度
 - 4. 高度并行性,神經網絡是根據人的大腦而抽象出來的數學模型,由于人可以同時做一些事,所以從功能的模擬角度上看,神經網絡也應具備很强的并行性的特點

9.6 機器學習方法

- 9.6.1 機器學習簡介
- 機器學習是研究如何使用機器來模擬人類學習活動的一門學科, 它專門研究機器獲取新知識和新技能,并識別現有知識的學問
- ●機器學習是人工智能的核心,是使計算機具有智能的根本途徑
- ●機器學習理論主要是設計和分析一些讓計算機可以自動"學習" 的算法。機器學習算法是一類從數據中自動分析獲得規律,幷利 用規律對未知數據進行預測的算法

- 9.6.2 機器學習的方法與任務
- 機器學習系統的基本結構
- 環境像系統的學習部分提供某些信息,學習部分利用這些信息修改知識庫,以增進系統執行部分完成任務的效能,執行部分根據知識庫完成任務,同時將獲得的信息反饋給學習部分。在具體的應用當中,環境、知識庫、和執行部分决定了具體的工作內容,學習部分所需要解决的問題完全由上述三個部分確定
- 其基本結構如下圖所示



- 9.6.2 機器學習的方法與任務
- 機器學習的方法
 - 被最廣泛采納的兩大機器學習的方法是監督學習 (supervised learning)以及無監督學習(unsupervised learning)。大多數的機器學習(大概70%)是監督學習,無 監督學習大概占10%-20%,有時也會使用半監督和强化學 習這兩個技術
 - 監督學習:算法利用標簽實例進行訓練,就像已知所需輸出的輸入
 - 無監督學習:使用無歷史標簽的相反數據,系統不會被告知 "正確答案"
 - 半監督學習:和監督學習相同,但它同時使用了標簽和無標簽數據進行訓練
 - 强化學習:通過試驗和錯誤發現行動產生的最大回報

- 9.6.2 機器學習的方法與任務
- 機器學習的典型任務
 - 1. 回歸:回歸問題是一個有監督學習問題
 - 2.分類:分類問題是一個有監督學習的模式識別問題
 - 3. 聚類: 聚類問題與分類問題一樣, 也是模式識別的問題, 但聚類問題屬無監督學習的一種
 - 4.降維:在機器學習中經常會碰到一些高維的數據集,而在高維數據情形下會出現數據樣本稀疏,距離計算等困難,這類問題是所有機器學習方法共同面臨的嚴重問題,稱之爲"維度灾難"。另外在高維特徵中容易出現特徵之間的綫性相關,這也就意味著有的特徵是冗餘存在的。基于這些問題,降維思想就出現了

- 9.6.3 簡單統計學習
- 樸素貝葉斯分類器
 - 樸素貝葉斯分類器是一系列以假設特徵之間强(樸素)獨立下 運用貝葉斯定理爲基礎的簡單概率分類器
- 歸納學習
 - 歸納學習旨在從大量的經驗數據中歸納抽取出一般的判定規則和模式,是從特殊情况推導出一般規則的學習方法
- 最大似然估計
 - 最大似然估計是一種統計方法,它用來求一個樣本集的相關概率密度函數的參數

- 9.6.4 擬合問題
- 過擬合問題
 - 過擬合是指爲了得到一致假設而使假設變得過度嚴格。過擬 合問題出現的根本原因是特徵維度過多,模型假設過于複雜, 參數過多,訓練數據過少,噪聲過多,導致擬合的函數完美 的預測訓練集,但是對新數據的測試集預測結果較差,過度 地擬合了訓練數據
- 欠擬合問題
 - 欠擬合是指模型擬合程度不高,數據距離擬合曲綫較遠,或 指模型沒有很好地捕捉到數據特徵,不能够很好地擬合數據

機器人學

- 機器人學是與機器人設計、製造和應用相關的科學。又稱爲機器人技術或機器人工程學,主要研究機器人的控制與被處理物體之間的相互關係
- ●機器人的特點
 - 通用性:指某種執行不同的功能和完成多樣的簡單任務的實際能力
 - 適應性:指其對環境的自適應能力
 - 智能性:智能機器人應具有各種智能特性和功能

機器人學

- 智能機器人的研究領域
- 1. 傳感器和感知系統
 - (1) 各種新型傳感器的開發,包括視覺、聽覺、力覺等
 - (2) 主動視覺、高速運動視覺和模糊視覺信息處理技術
 - (3) 聽覺信息處理和連續語言理解與處理
 - (4) 虛擬現實技術等
- 2. 計算機系統
 - (1) 智能機器人控制計算機系統的體系結構
 - (2) 通用與專用計算機語言
 - (3) 新型計算機與并行處理
 - (3) 人機通信等













機器人學

- 智能機器人的研究領域
- 3. 自動規劃和調度
 - (1) 控制知識的表示和推理
 - (2) 路徑規劃、任務規劃、含有不確定性的規劃等
 - (3) 任務協商與調度
 - (4) 多運動目標的優化和决策等
- 4. 應用研究
 - (1) 智能機器人在交通中的應用
 - (2) 軍用智能機器人
 - (3) 采礦機器人和礦山安全檢測與報警機器人
 - (4) 其他應用









人工智能的應用

















思考題

- 什麼是圖靈測試?請簡要說明。
- 什麽群體智能?請簡要說明。
- 機器學習的典型任務有哪些?請簡要說明。
- 人工智能的應用有哪些?請簡要說明。

休息一下 Take a break

