

2. 項目簡介

(項目所屬科學技術領域、主要研究內容、發現點、科學價值、同行引用及評價等內容。)

近年來，機器學習領域得到了研究人員的大量關注，成為十分重要的研究熱點。隨著電腦硬體和軟體技術的迅猛發展，學者們提出了各種新型的機器學習理論和模型，並將它們應用於各種實際問題中。神經網路是機器學習領域中一個非常重要的研究分支，目前最受人關注的深度學習理論即是在神經網路的基礎上發展而來。得益於近來電腦 CPU 和 GPU 計算能力的大幅提高，以現在廣為流行的卷積神經網路為代表的深度結構在各種複雜現實應用中都取得了媲美甚至超越人類的優異表現。但是，目前動輒上百層的深度網路結構的學習需要大量電腦硬體的支援，其訓練過程十分耗時，同時由於存在數量極其龐大的網路參數，要訓練它們就需要用到海量帶標籤的資料。而在一些實際應用中，硬體性能並不足以支撐深度網路的訓練，並且我們希望快速的獲得一個滿足精度要求的模型。另一方面，獲取海量帶標籤的資料也需要昂貴的人工成本。並且，如何理解深度模型以及它們背後的數學機理也是目前未能解決的問題。針對上述關鍵科學問題，項目組在多個國家自然科學基金和澳門科技發展基金等支持下，取得了系統性創新成果，主要發現與創新點如下：

- 1.提出了一種新型的扁平式神經網路結構—寬度學習系統 (Broad Learning System, BLS)，設計了高效而且快速的訓練演算法，提出了對應的增量學習演算法從而大大降低了模型訓練的時間，在分類和回歸等機器學習領域展現出卓越的性能，在效率和性能上達到優秀的平衡。
- 2.證明了寬度學習系統的泛逼近性定理，奠定了寬度學習系統在各種實際應用中的理論基礎，針對複雜圖像資料設計了寬度學習系統各種結構變體，為更為複雜的現實問題提供了基於寬度學習系統的變體模型以及對應的快速增量學習演算法。
- 3.提出了一種新的模糊—神經網路結構：模糊寬度學習系統，利用較少的模糊規則現了更高的分類和回歸精度，完美繼承了寬度學習系統的快速訓練和增量學習的特點，有效緩解了模糊神經網路結構中的規則爆炸問題和提高了學習效率。
- 4.提出了生成型和判別型模糊受限波茲曼機，建立了構造模糊受限波茲曼機的理論基礎，提出了模糊深度置信網路，可以應用於帶有高維特徵和大規模資料的實際問題，在處理不確定和模糊資訊時能實現更好的效果。

本項目相關代表作均發表在計算機科學領域權威期刊和國際性會議上，其中 6 篇發表在 IEEE 頂級會刊上，1 篇論文入選 ESI 前 1% 高被引論文，Web of Science 學術引用 144 次，得到了國內外學者以及研究團隊的高度評價，在國際上引領了相關領域的研究發展方向，尤其是寬度學習相關成果，在各個應用領域得到了廣泛應用。第一完成人為中國自動化學會副理事長，國家千人學者、國家特聘專家、澳門科協副會長，歐洲科學院院士、IEEE Fellow、美國科學促進會 AAAS Fellow (院/會士)、國際模式識別 IAPR Fellow (院/會士)、曾擔任國際期刊 IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems 的主編 (2014-2019)，現擔任國際期刊 IEEE Transactions on Cybernetics 的主編 (2020-2022)，獲得 2018 年 IEEE 系統與控制論的最高學術獎——IEEE Norbert Wiener 獎，入選 2018 年及 2019 年科睿唯安工程學和電腦科學兩個領域的高被引科學家名錄。