

科技文化

科學的科學

——人工智能與邏輯學、語言學、
心理學和神經生物學

● 朱嘉明

我們的目光所及，只能在不遠的前方，但是可以看到，那裏有大量需要去做的工作。

——圖靈 (Alan Turing) 〈計算機與智能〉^①

人工智能 (AI) 逐漸成為現代計算機科學的一個分支，其存在的價值在於揭示智能的實質，並生產出一種新的、能以人類智能相似的方式做出反應的智能機器，使其能夠做出具有主動心智的事情。但是，人工智能思想先於概念，源遠流長，可以追溯到柏拉圖 (Plato)、霍布斯 (Thomas Hobbes)、萊布尼茨 (Gottfried W. Leibniz) 和巴貝奇 (Charles Babbage)，他們已經探討和證明智能不僅體現在人類大腦，也可能發生在人造的機器構造系統之中。

在過去半個多世紀，人工智能完成了從機器學習 (machine learning) 到深度學習 (deep learning) 的飛躍，實現了感知、記憶、學習、判斷、推理、行為、情感、心理揣測、意識等認知功能的突破，展現了人工智能存在自我發育和發展，具有認識主體、甚至超越人類的潛質。同時，人工智能研究領域不斷擴大，突破計算機科學的框架，吸納邏輯學、語言學、心理學和神經生物學等學科的學術成果，不僅成為前所未有的跨界科學，而且正在成為「科學的科學」，成為支撐其他科學發展的科學。

一 人工智能與邏輯學

在人類思想史上，邏輯學具有貫穿始終和不可替代的作用。一般來說，邏輯學包括形式邏輯和數理邏輯。形式邏輯，即普通邏輯，研究的是思維規律，包括思維形式及其結構，以及定義、劃分、分析、綜合、試驗、假說等

邏輯方法。亞里士多德 (Aristotle) 是傳統形式邏輯的奠基人，提出了邏輯思維的三大規律 (同一律、矛盾律、排中律)，確定了判斷的定義和分類，制定了演繹三段論 (大前提、小前提、結論) 推理的主要格式和規則，闡述了演繹與歸納的關係。至於數理邏輯，屬現代形式邏輯，又稱符號邏輯，是基於傳統形式邏輯所演化出來的一門新興的邏輯學科。其特徵是通過數學方法研究關於推理證明等問題，內容包括命題演算、謂詞演算、算法理論、遞歸論、證明論、模型論和集合論等。布爾 (George Boole) 是數理邏輯的奠基者。

長期以來，人們普遍認為：任何科學都必須遵循邏輯學的基本原理，因為邏輯學對於任何科學都具有普遍適用性。也就是說，科學需要遵循邏輯學的原理，否則會導致科學論證不嚴密。在計算機和人工智能演進過程中，傳統邏輯學是否繼續具有普遍意義呢？這裏需要肯定圖靈和馮·諾伊曼 (John von Neumann) 的貢獻。誠如論者指出，本世紀中葉，「圖靈作出了偉大的貢獻——將現代邏輯引入了計算機」^②。1958年，馮·諾伊曼在他的《計算機和人腦》(The Computer and the Brain) 中寫道：「我們應該認識：語言在很大程度上只是歷史的事件。人類的多種基本語言，是以各種不同的形式，傳統地傳遞給我們的。這些語言的多樣性，證明在這些語言裏，並沒有甚麼絕對的和必要的東西。正像希臘語或梵語只是歷史的事實而不是絕對的邏輯的必要一樣，我們也只能合理地假定，邏輯和數學也同樣是歷史的、偶然的表達形式」；「人類眼睛上的視網膜，對於眼睛所感受到的視覺，進行了相當的重新組織。這種重新組織，是在視網膜面上實現的；或者更準確地說，是在視覺神經入口的點上，由三個順序相連的突觸實現的；這就是說，只有三個連續的邏輯步驟」，「由此可知，這裏存在着另一種邏輯結構，它和我們在邏輯學、數學中通常使用的理解結構是不同的。前面也講過，這種不同的邏輯結構，其標準是更小的邏輯深度和算數深度 (這比我們在其他同樣條件下所用的邏輯深度和算數深度小得多)。因此，中央神經系統中的邏輯學和數學，當我們把它當作為語言來看時，它一定在結構上和我們日常經驗中的語言有着本質上的不同」^③。

馮·諾伊曼的思想可以概括為兩點：其一，語言、邏輯和數學都是歷史的，而非永恆的；其二，人工智能的邏輯結構，例如視網膜所體現的邏輯結構，很可能是與邏輯學、數學中通常使用的理解結構不同的「另一種邏輯結構」。在這裏，馮·諾伊曼的思考更多是基於猜想，而人工智能的發展史已經和繼續證明了這種猜想。

人工智能的邏輯和傳統邏輯有所不同，它們存在兩個顯而易見的差別：首先，人工智能邏輯以神經網絡為前提。美國心理學家麥卡洛克 (Warren S. McCulloch) 和數學家皮茨 (Walter H. Pitts, Jr.) 並不是簡單地持有一般的唯物主義立場，認為智能是由大腦實現的，他們在〈神經活動中內在思想觀念的邏輯演算〉(“A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity”) 文章中深刻地指出：「一定類型的 (可嚴格定義的) 神經網絡，原則上能夠計算一定類型的邏輯函數。」^④ 此說不僅推進了人工神經網絡 (Artificial Neural Network, ANN)