

用於非監督學習的量子卷積神經網路

羅笠鞍¹，郭恩瑞^{2,3}，徐立義^{1,3}

¹ 中原大學物理系

² 陽明交通大學電子物理系

³ 國家理論中心物理組

量子卷積神經網路的參數化量子電路，因為不會出現梯度衰減的貧瘠高原，在量子機器學習中扮演重要的角色。近幾年來，量子卷積神經網路在監督式學習的研究上，有著長足的進步。然而在非監督式學習，卻未獲的相對應的關注，甚至未見基準測試。在本研究中，我們利用「全量子」的卷積神經網路，對於的二元分類任務的非監督學習，進行一系列的研究。首先，我們利用兩個位元的擬設(ansatz)元件，作為編碼器的卷積層與池化層，並藉由古典的隨機梯度下降法，將包含八個量子位元的量子電路中的參數予以最佳化，設計出量子卷積神經網路，作為量子自動編碼器中的編碼器，用以數據降維與特徵提取。利用 MNIST 數據集做為基準測試中，在模擬中的準確率可達 97%以上，利用 IonQ 的量子電腦的實驗中，準確率可達 93%以上。而將編碼器的逆么正轉換作為解碼器，作為數據或影像重建。

更進一步，我們發展非監督學習的量子轉換學習 (transfer learning)。藉由更改部分卷積層的參數，完成另一個非監督式學習的二元分類。在某些 MNIST 數據集的基準測試中，其準確率比現今轉換學習來的好。最後，我們也利用醫療數據集 (MedMINST) 進行，進行一系列的量子卷積神經網絡的非監督學習測試。