**Riepilogo: Deep RNN (Reti Neurali Ricorrenti Profonde)**

Le **RNN standard** funzionano bene da sole, ma per apprendere funzioni molto complesse si possono **impilare più livelli di RNN** per creare **modelli più profondi**.

**📌 Differenza tra una rete neurale standard e una Deep RNN**

* In una **rete neurale standard**, i dati passano attraverso **più livelli nascosti** prima di arrivare all'output.
* In una **Deep RNN**, invece, ogni livello della rete viene "srotolato" nel tempo, creando più livelli ricorrenti.

**📌 Struttura di una Deep RNN**

* Si usa la notazione **a[l]<t>**, dove:
  + **l** indica il livello della rete
  + **t** indica il momento nel tempo
* Ogni livello ha i propri parametri Wa[l]W\_a[l]Wa​[l] e ba[l]b\_a[l]ba​[l].
* L’attivazione di un neurone a livello **l** e tempo **t** dipende sia dall’input **del livello sottostante**, sia dall’**attivazione precedente nel tempo**.

**📌 Profondità delle RNN**

* A differenza delle reti neurali profonde (che possono avere 100+ livelli), le RNN **non vengono impilate troppo in profondità**.
* **3 livelli** di RNN sono già molto, perché la dimensione temporale aumenta rapidamente la complessità del modello.

**📌 Architetture avanzate**

* Le **RNN profonde** possono essere combinate con altri livelli **densi** (senza connessioni ricorrenti) per migliorare l’apprendimento.
* Non si usano solo RNN semplici: si possono sostituire con **GRU**, **LSTM** o **Bidirectional RNN**.
* Le **RNN bidirezionali profonde** sono molto potenti, ma anche costose in termini computazionali.