

Informatica – Prova di laboratorio, 30 giugno 2022

RETI NEURALI

Preparazione. Le *reti neurali* sono modelli matematici non lineari in cui l'informazione viene propagata e modificata tramite regole a catena. Esse vengono spesso impiegate in problemi di apprendimento supervisionato, quali per esempio i problemi di regressione e di classificazione.

In questa prova considereremo un semplice modello di rete neurale monodimensionale definito da una serie di operazioni non lineari applicate ad un valore di input come segue:

$$\text{NN}(x) : x \rightarrow g(w_1 \cdot x) \rightarrow g(w_2 \cdot g(w_1 \cdot x)) \rightarrow g(w_3 \cdot g(w_2 \cdot g(w_1 \cdot x))) \rightarrow \text{out} \quad (1)$$

dove:

- (i) x è l'input del modello, mentre out è l'output fornito dal modello.
- (ii) w_i sono i parametri del modello rappresentati da un array di numeri reali.
- (iii) $g(\cdot)$ è la funzione di attivazione che applica operazioni non lineari. Nel caso specifico usiamo la funzione (non lineare) *sigmoide*:

$$g(t) = \frac{1}{1 + e^{-t}}$$

Caricamento parametri. Fissata la funzione di attivazione, i parametri (w_1, w_2, w_3) della rete neurale definiscono in modo univoco il modello non lineare. I parametri vengono ricavati in modo iterativo attraverso una procedura di “allenamento” basata su qualche strategia di ottimizzazione. A seconda della strategia di allenamento selezionata si possono ovviamente ricavare diversi valori dei parametri.

Inferenza. Per ricostruire la predizione finale, il software di rete neurale dovrà:

- Definire la funzione di attivazione g e la regola a catena definita in equazione 1.
- Caricare i parametri del modello (w_1, w_2, w_3) .
- Determinare la classificazione per un insieme di valori di ingresso.

Il progetto *alla pagina seguente* chiede di realizzare un software che simuli una rete neurale capace di classificare dei valori numerici razionali, contenuti in un array, come positivi o negativi: se un valore è classificato positivo la rete restituirà un valore $\text{out} \geq 0.5$, altrimenti restituirà un valore $\text{out} < 0.5$. Diversi set di parametri, ottenuti con diverse tecniche di addestramento, verranno forniti attraverso un file, e sarà nostro compito determinare il miglior set di parametri per il problema di classificazione considerato.

Specifiche del progetto, leggete attentamente \Rightarrow

SPECIFICHE DEL PROGETTO

Il file `data.dat` sulla macchina `tolab.fisica.unimi.it` nella cartella `/home/comune/20220630_Dati/` contiene, riga per riga, un numero imprecisato di numeri reali (`double`). Questi saranno i valori x_i da classificare, come positivi o negativi, attraverso la rete neurale.

1. Caricare tutti gli elementi descritti nel file `data.dat` in un array `x` di tipo `double` allocato dinamicamente. Stampare a video:
 - (i) Il numero di elementi caricati,
 - (ii) Il numero di elementi positivi (≥ 0),
 - (iii) Il numero di elementi negativi (< 0).

La rete neurale è stata allenata come classificatore di numeri positivi e negativi, cioè per ogni valore x_i , la predizione $NN(x_i)$ sarà considerata:

- positiva se $NN(x_i) \geq 0.5$,
- negativa se $NN(x_i) < 0.5$.

Come abbiamo visto, la funzione NN è completamente specificata, una volta fissata la funzione di attivazione $g(\cdot)$, dai parametri (w_1, w_2, w_3) . Il file `params.dat` nella `/home/comune/20220630_Dati` contiene, su ciascuna riga, una terne di valori razionali (`double`) che rappresentano i parametri della rete neurale (w_1, w_2, w_3) ottenuti in una sessione di allenamento. Definita la struttura:

```
struct neuralnet{
    double w1;    // parametro 1 della rete neurale
    double w2;    // parametro 2 della rete neurale
    double w3;    // parametro 3 della rete neurale
};
```

2. Caricare tutti i parametri descritti nel file `params.dat` in un array di tipo `neuralnet` allocato dinamicamente. Stampare a video:
 - (i) Il numero di terne caricate (numero di righe del file),
 - (ii) La descrizione completa delle prime 5 e delle ultime 5 terne di parametri.

Definita la funzione

```
bool NN(double v, neuralnet pars);
```

che restituisce `true` se il valore `v` è classificato dalla rete specificata da `pars` come positivo e `false` altrimenti

3. Per ogni *modello di rete neurale* (set di parametri) calcolare le predizioni per tutti gli elementi di x_i da classificare e stampare a video la percentuale di elementi predetti correttamente.
4. Identificare il modello dalle prestazioni migliori, ovvero quello avente una percentuale di previsioni corrette maggiore, stampare a video il rispettivo set di parametri.

ATTENZIONE! Tutti i risultati, oltre che stampati a video *con opportune diciture*, devono essere salvati in un file `risultati.dat` corredati dalle stesse diciture.

Istruzioni per la consegna del progetto e per la copia in remoto di file e cartelle \Rightarrow

ISTRUZIONI PER LA CONSEGNA DEL PROGETTO

Il vostro software deve essere predisposto in una cartella denominata `cognome_matricola` che deve essere copiata in `/home/comune/20220630_Risultati` sulla macchina `tolab.fisica.unimi.it`

Nella cartella `cognome_matricola` devono essere inclusi:

- un `makefile` che tramite i comandi `make compila` e `make esegui` consenta rispettivamente di compilare e di eseguire il programma,
- i files `data.dat` e `params.dat` dei dati di input del progetto,
- il file `risultati.dat` prodotti dal programma,
- tutti e soli i `.C` `.cpp` `.cxx` e `.h` `.hpp` utili alla soluzione del problema.

Valutazione del progetto. *La valutazione terrà conto sia della qualità dei risultati sia della struttura e dell'organizzazione del codice; per chiarire, sono graditi uso di funzioni e compilazione separata, mentre non è gradito un `main` onnicomprensivo. I progetti che non compilano o che entrano in loop dopo il lancio verranno immediatamente classificati come insufficienti.*

ISTRUZIONI PER LA COPIA IN REMOTO DI FILE E CARTELLE

Per copiare i file dati da `tolab` al vostro computer usate il comando

```
scp username@tolab.fisica.unimi.it:<sorgente> <destinazione>
```

Per copiare la cartella contenente il vostro svolgimento su `tolab` usate il comando

```
scp -r <cartella> username@tolab.fisica.unimi.it:<destinazione>
```