

Organized by



# Modelli neurali per la previsione a più passi di variabili meteorologiche

Giorgio Guariso, Matteo Sangiorgio; DEIB, Politecnico di Milano, 20133 Milano; [giorgio.guariso,matteo.sangiorgio@polimi.it](mailto:giorgio.guariso,matteo.sangiorgio@polimi.it)

La previsione dell'andamento delle variabili meteorologiche su un orizzonte sufficientemente lungo è indispensabile per applicare tecniche di controllo evolute (es. controllo predittivo) ai sistemi basati su energie rinnovabili.

Se  $v(t)$  è la variabile in esame e  $\hat{v}(t)$  la relativa previsione su un orizzonte  $h+1$ , sono possibili tre approcci:

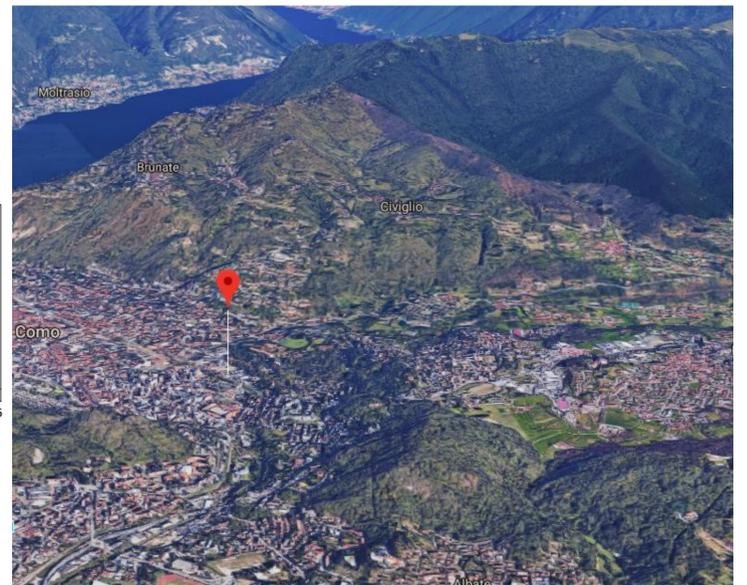
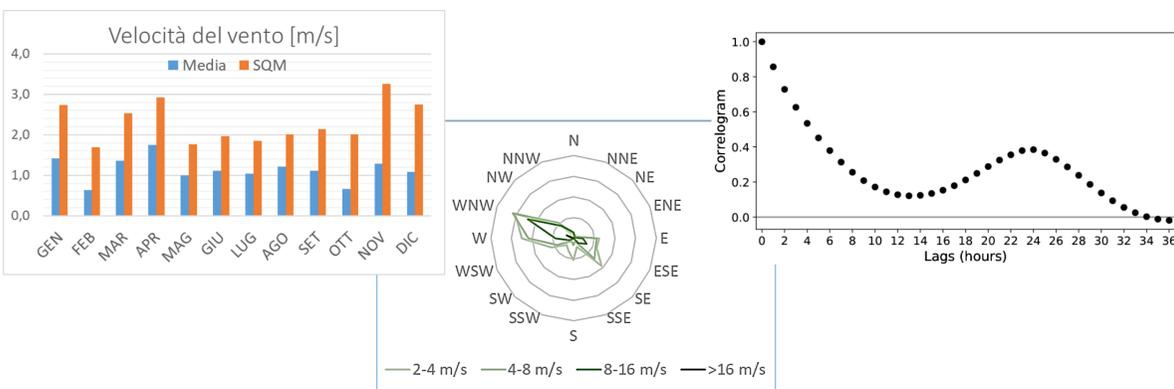
- Ricorsivo**  $\hat{v}(t) = f_r(v(t-1), \dots, v(t-d)); \hat{v}(t+1) = f_r(\hat{v}(t), \dots, v(t+1-d)); \dots; \hat{v}(t+h) = f_r(\hat{v}(t+h-1), \dots, v(t+h-d))$   
 Lo stesso modello viene iterato ad ogni passo
- Multi-modello**  $\hat{v}(t) = f_{m0}(v(t-1), \dots, v(t-d)); \hat{v}(t+1) = f_{m1}(v(t-1), \dots, v(t-d)); \dots; \hat{v}(t+h) = f_{mh}(v(t), \dots, v(t-d))$   
 Si utilizza un modello specifico ad ogni passo
- Multi-output**  $[\hat{v}(t) \ \hat{v}(t+1) \ \dots \ \hat{v}(t+h)] = f_o(v(t-1), \dots, v(t-d))$   
 Si prevede tutto il vettore di  $h$  valori

## IL CASO DI STUDIO

Velocità media oraria del vento alla stazione di Como Università

Lat = 45.80079, Lon = 9.08065, quota = 215 m s.l.m.

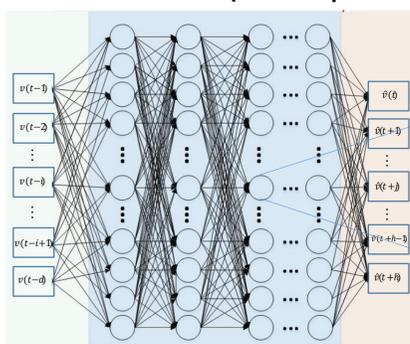
Velocità modeste, elevata variabilità. Dati 2010-2017.



## I MODELLI UTILIZZATI (reti neurali)

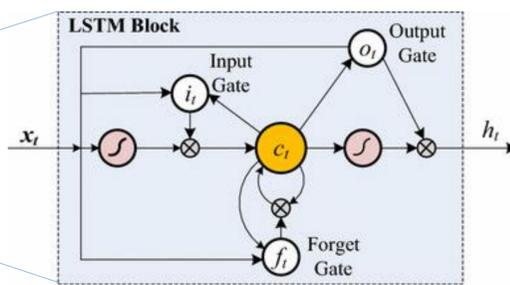
Approccio multi-output:  $h=11, d=24$ . Tre tipologie di rete: 5 strati di 10 neuroni ciascuno, calibrate su dati 2010-16.

FEED-FORWARD (~800 parametri)



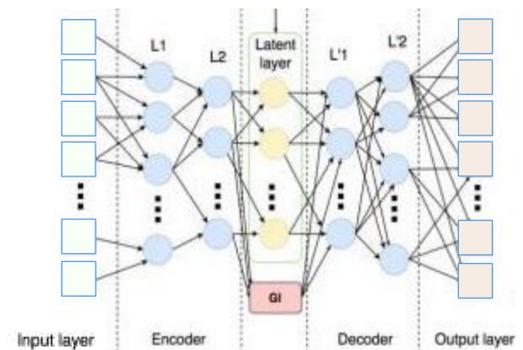
LSTM (~2600 parametri)

Long-short time memory

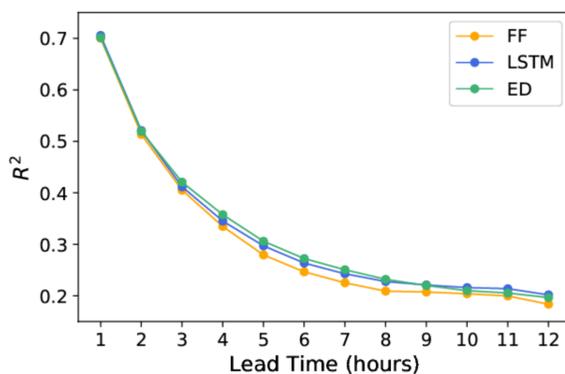


LSTM interconnessa (~3300 parametri)

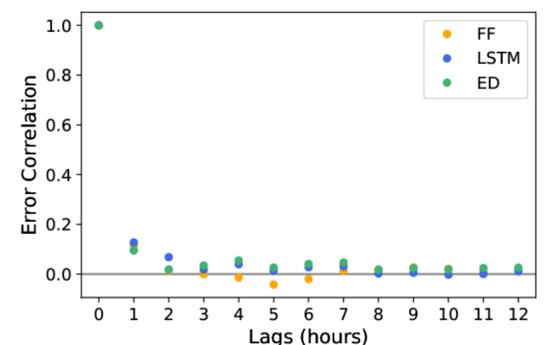
Encoding-decoding



## RISULTATI (test su dati 2017)



Modello	Tempo di training (sec)	MAE a 1 ora	R <sup>2</sup> a 1 ora	MAE a 6 ore	R <sup>2</sup> a 6 ore
FF	114.4	0.70	0.70	1.19	0.25
LSTM	177.5	0.69	0.71	1.14	0.26
ED	210.4	0.69	0.70	1.17	0.27



Le prestazioni di una tradizionale rete *feed-forward* non differiscono sostanzialmente da quelle di architetture più complesse, che d'altra parte richiedono tempi di calcolo decisamente superiori.