



UN SISTEMA DI INTELLIGENZA COMPUTAZIONALE PER LA PREDIZIONE DELLE PORTATE DELLE SORGENTI DI SERINO

Salvatore Rampone Carmine Tiso

**DSGA - Dipartimento di Studi Geologici e Ambientali
Università del Sannio**

OBIETTIVO DELLO STUDIO

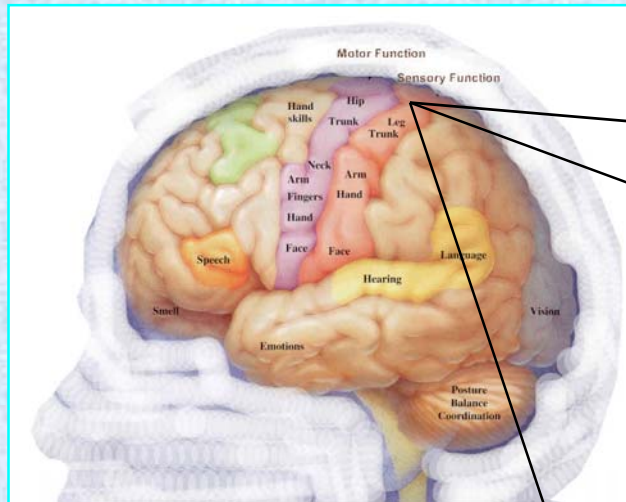
- Applicazione di una rete neurale artificiale ad una problematica idrogeologica
- Predizione, ad un certo tempo t dell'anno idrologico, delle portate di una sorgente di un acquifero carbonatico di cui siano ben conosciute le caratteristiche idrogeologiche e il modello afflussi-deflussi

AREA DI STUDIO: TERMINIO-TUORO

- ❑ Il Terminio-Tuoro è uno degli acquiferi carbonatici più produttivi dell'Italia meridionale.
- ❑ E' un'unità idro-geologica limitata da una cintura impermeabile e ulteriormente divisa in 4 sub-strutture
- ❑ Si è studiata quella afferente le sorgenti di Serino (Urciuoli - Acquaro - Pelosi)

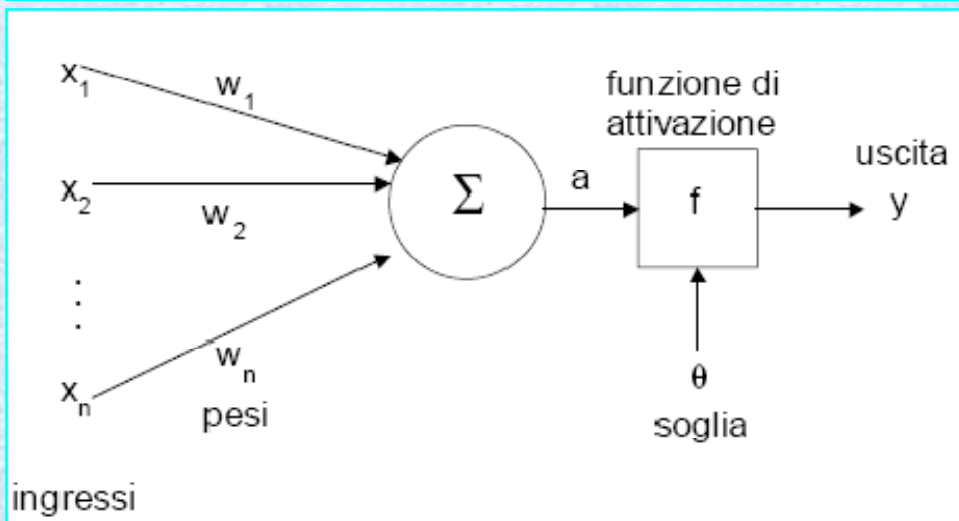
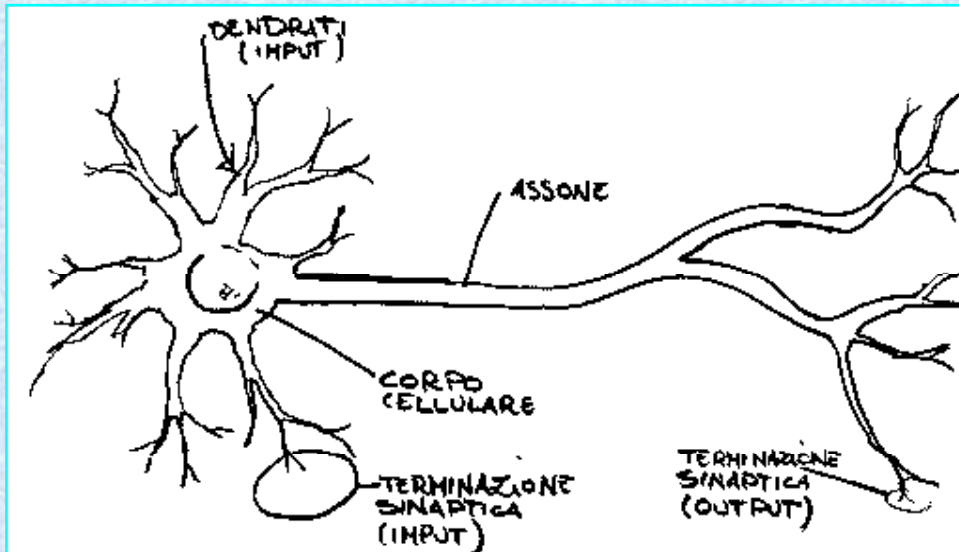


RETI NEURALI



L'uomo è un ottimo esempio di sistema in grado di elaborare informazioni. Utilizza a tale scopo una complessa struttura la cui unità base è una cellula denominata neurone.

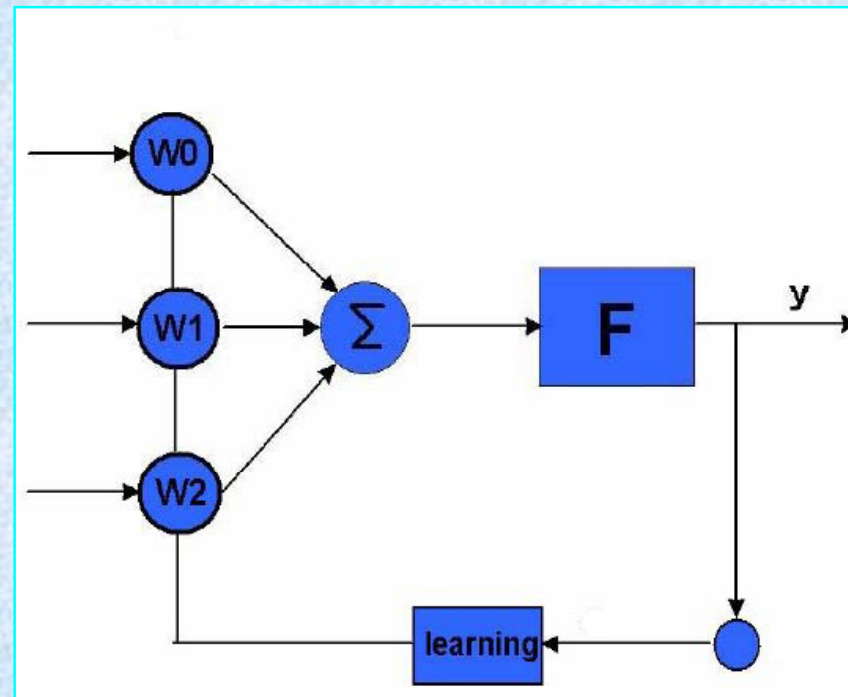
NEURONE ARTIFICIALE



Dalla conoscenza del funzionamento del neurone biologico nasce il neurone artificiale.

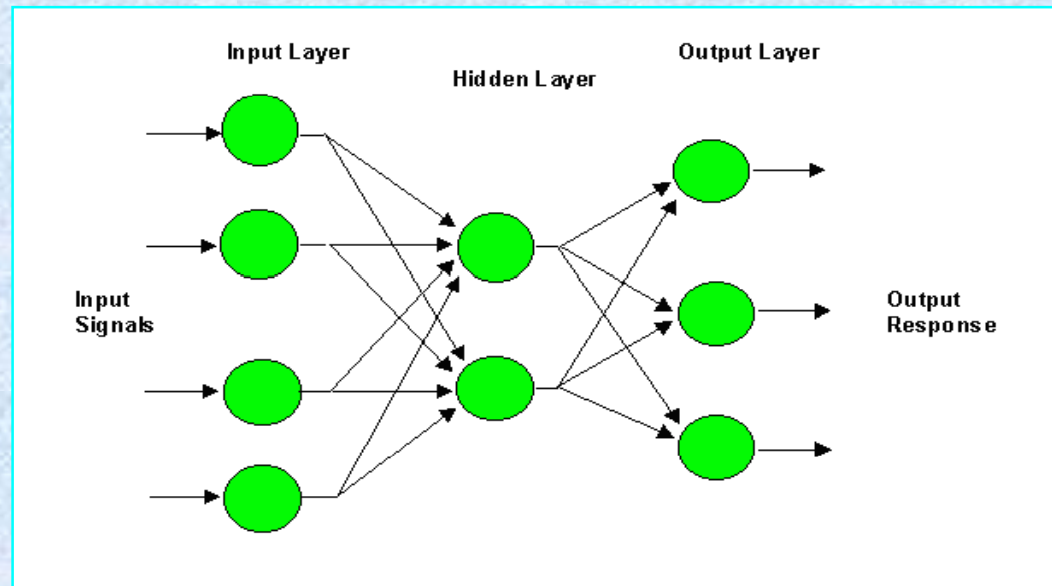
Il neurone esegue la somma pesata dei segnali in ingresso (input) modulati dalle sinapsi (pesi): se il risultato eccede un certo valore di soglia allora il neurone si attiva; altrimenti il neurone rimane in uno stato di riposo.

PERCEPTRON



Il perceptron, primo schema di rete neurale, è in grado di apprendere, perché i suoi pesi sinaptici sono variabili. La rete, attraverso un algoritmo, apprende nel senso che cambia i pesi delle connessioni adattandoli agli esempi che le vengono forniti.

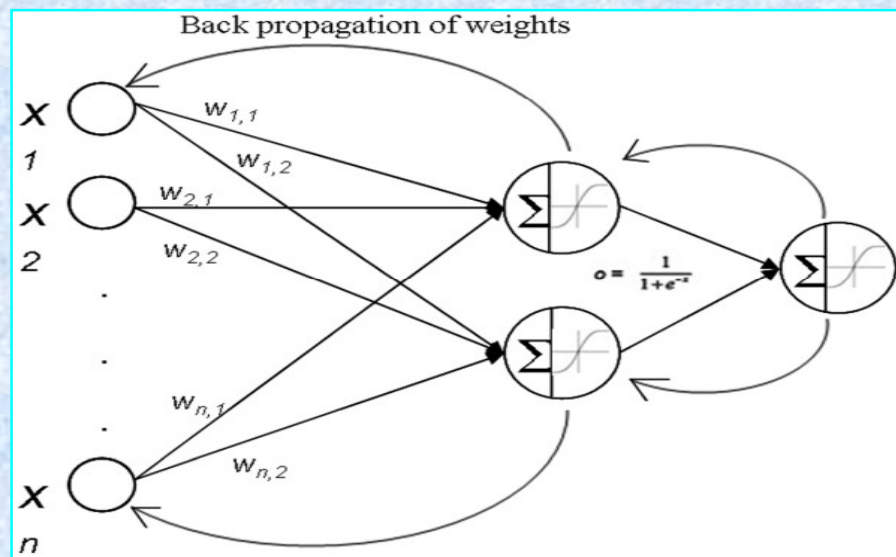
MULTI LAYER PERCEPTRON



Nel perceptron multistrato si definisce una funzione, detta “funzione errore”, che misura la differenza fra le risposte della rete e i valori attesi corrispondenti agli esempi di addestramento della rete.

Attraverso la modifica dei pesi, si induce una dinamica che porta ad una diminuzione della funzione errore, fino a raggiungere un punto di minimo.

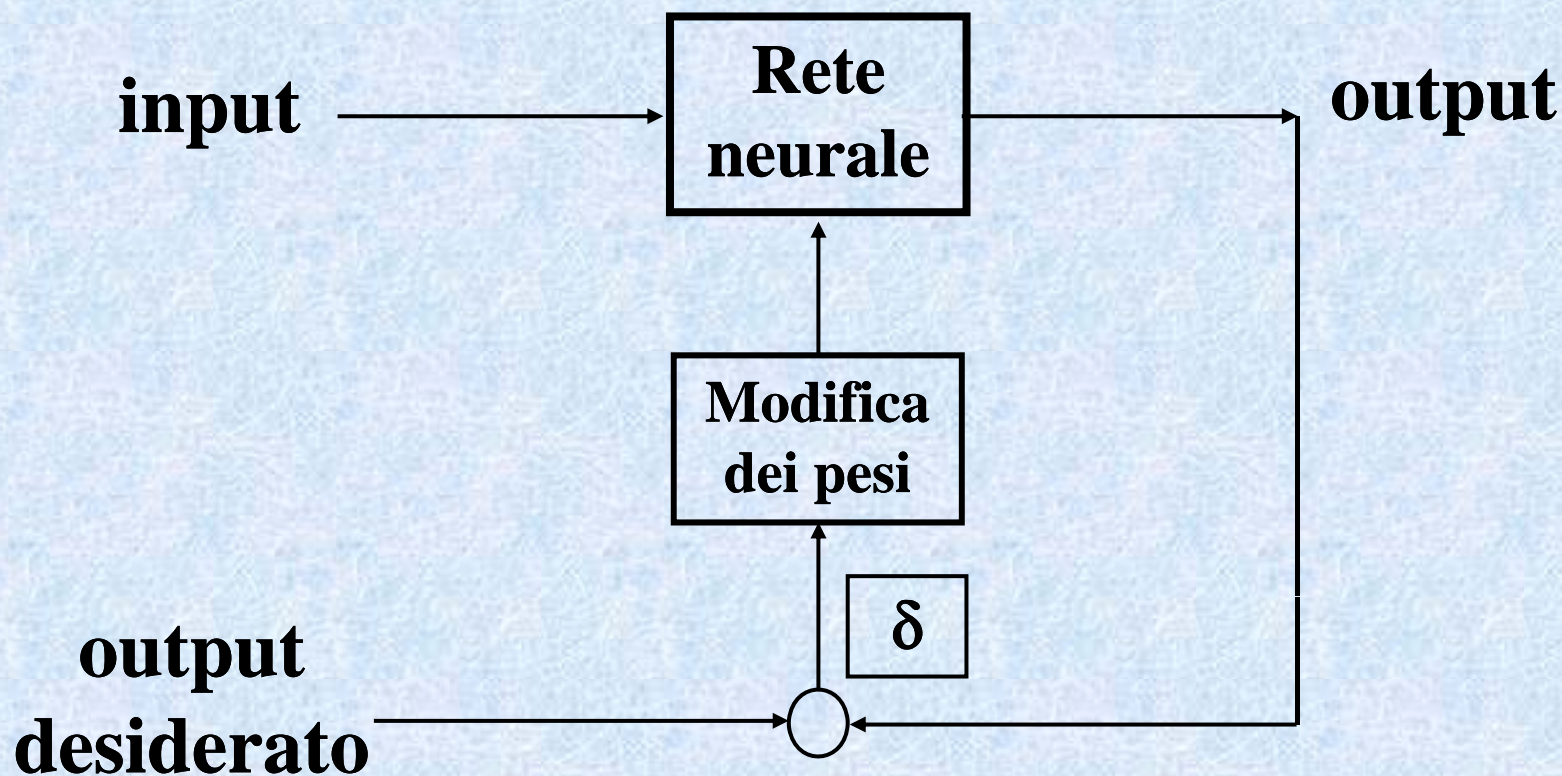
ALGORITMO DI BACK-PROPAGATION



L'algoritmo di Back Propagation può essere schematizzato in due passi fondamentali:

- Forward pass: in cui l'input dato alla rete è propagato dal livello di input a quello successivo e così via fino all'output
- Backward pass: per correggere gradualmente i pesi tra le diverse unità, sulla base delle differenze tra l'output ottenuto e quello atteso, l'errore fatto dalla rete è propagato all'indietro livello per livello modificando i pesi strada facendo.

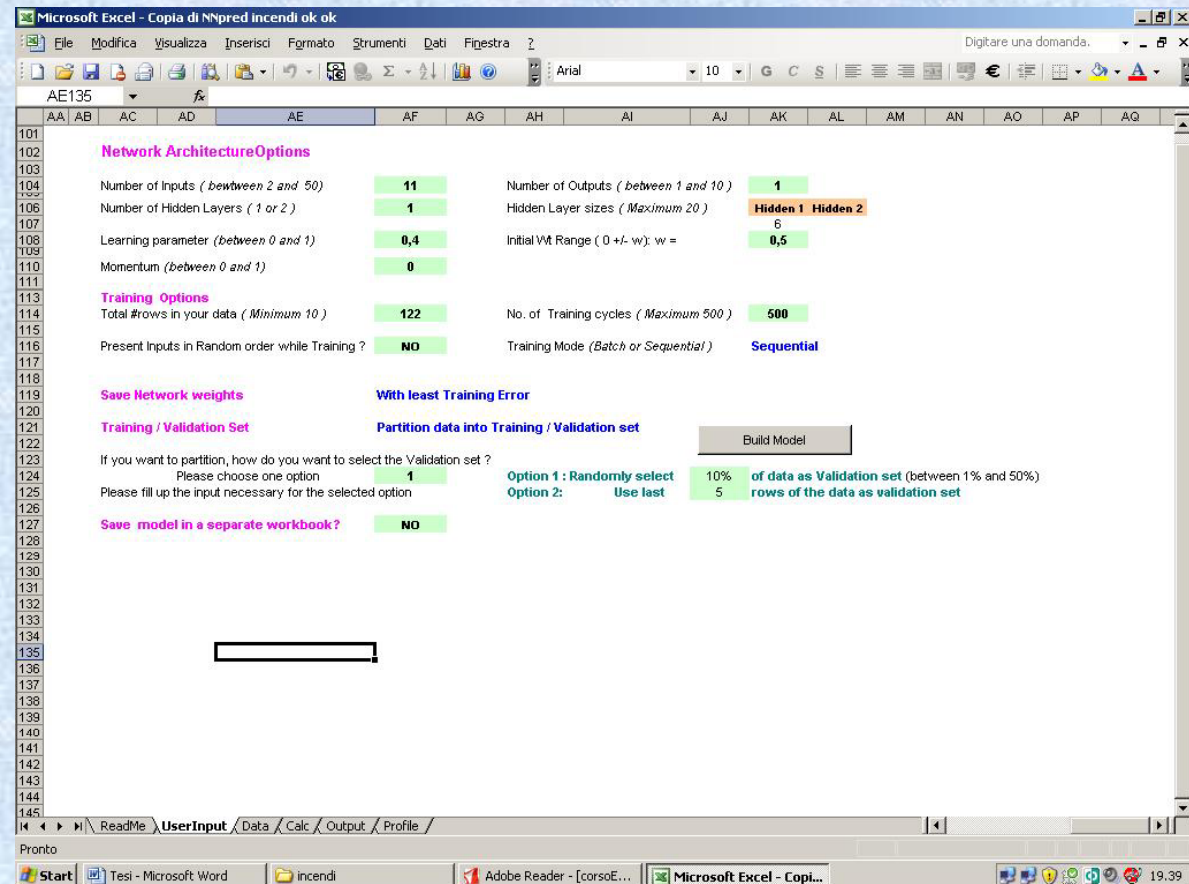
APPRENDIMENTO SUPERVISIONATO



1. si fornisce un input alla rete
2. si calcola l'output fornito dalla rete
3. si calcola l'errore con l'output desiderato
4. si modificano i pesi delle connessioni

NNPRED – NEURAL NETWORK IN EXCEL

Si è realizzata la rete neurale artificiale utilizzando la tool NNpred, una implementazione del Multilayer Perceptron con algoritmo di Backpropagation impiegata per la predizione.



REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA DI INTELLIGENZA COMPUTAZIONALE

1. Precisazione del problema
2. Individuazione classi/valori
3. Preelaborazione ed estrazione delle caratteristiche
4. Individuazione e selezione degli insiemi di training e validation
5. Scelta e configurazione dell'architettura di rete
6. Scelta dei parametri
7. Apprendimento/addestramento
8. Valutazione dei risultati

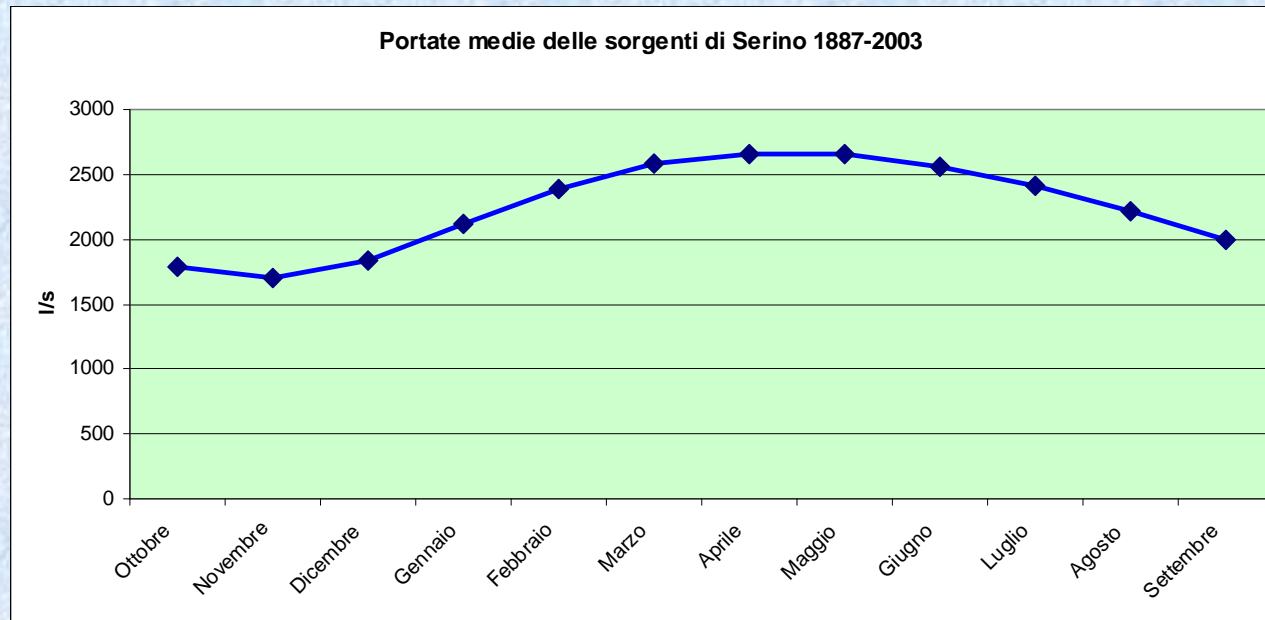
PRECISAZIONE DEL PROBLEMA

1. Data una certa combinazione di caratteristiche relative all'acquifero carbonatico del Terminio-Tuoro, quale sarà la portata di acqua a tre mesi delle sorgenti di Serino (Acquaro – Pelosi - Urciuoli)
2. Il valore in uscita dal modello, la portata sorgiva nel periodo indicato, è espresso in litri al secondo

ESTRAZIONE DELLE CARATTERISTICHE

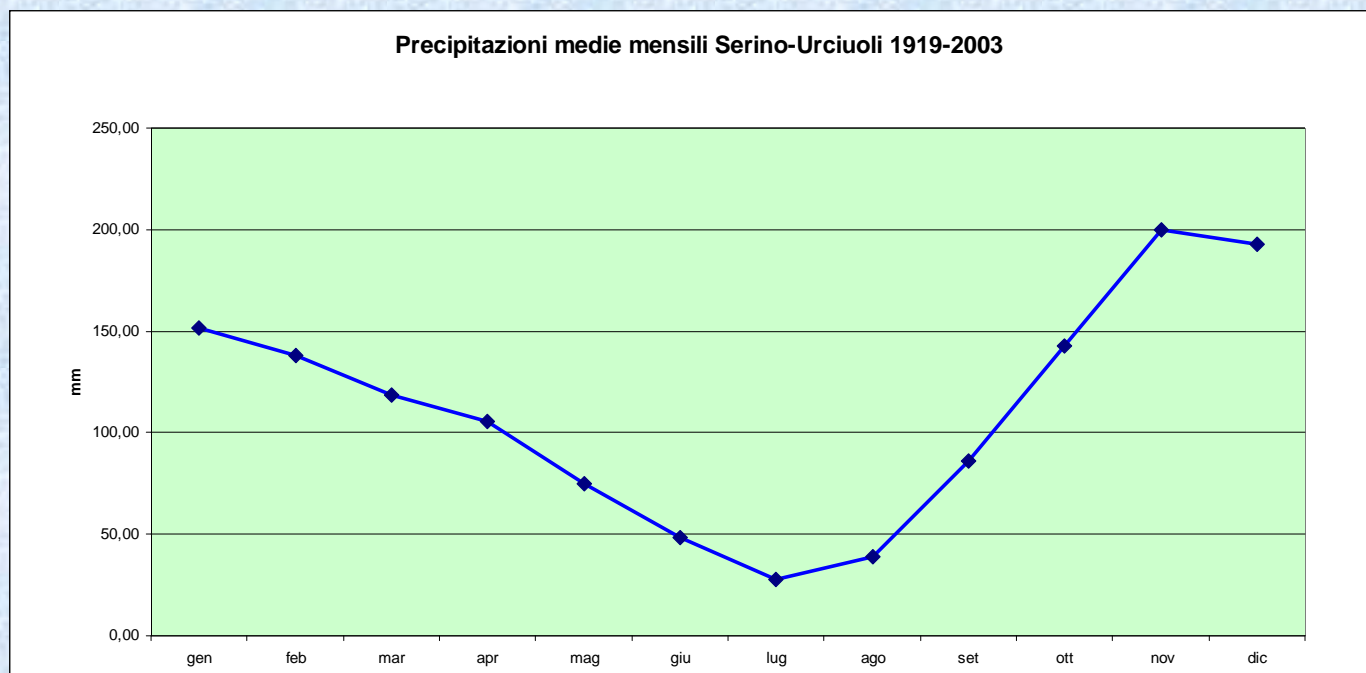
Dall'approfondimento di quelle che sono le caratteristiche che regolano la variazione delle portate delle sorgenti di Serino nel massiccio carbonatico del Terminio-Tuoro durante l'anno idrografico sono apparse più significative 4 classi di parametri:

PORTATE SORGENTI



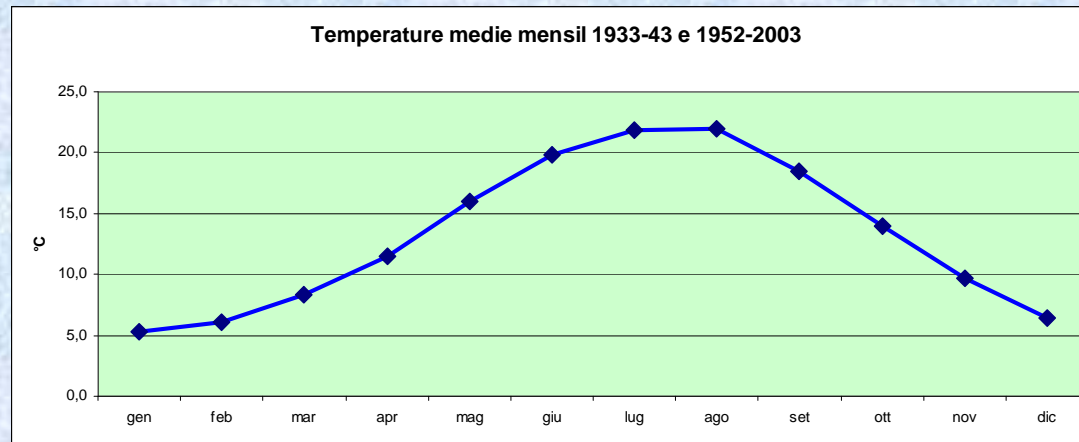
1. medie delle portate dei mesi di luglio-settembre dell'anno precedente
2. media delle portate dei mesi di ottobre-dicembre dell'anno precedente
3. media delle portate dei mesi di gennaio-aprile dell'anno in cui si calcola l'output
4. portata del mese di aprile dell'anno in cui si calcola l'output

PRECIPITAZIONI



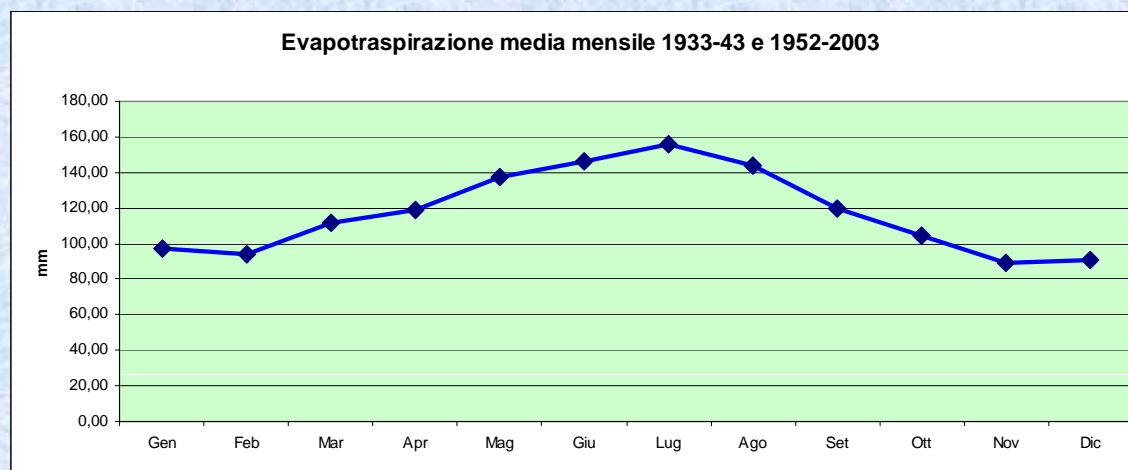
5. sommatoria delle precipitazioni dei mesi di luglio-settembre dell'anno precedente
6. sommatoria delle precipitazioni dei mesi di ottobre-dicembre dell'anno precedente
7. sommatoria delle precipitazioni dei mesi di gennaio-aprile dell'anno in cui si calcola l'output

TEMPERATURE



8. media delle temperature dei mesi di luglio-settembre dell'anno precedente
9. media delle temperature dei mesi di ottobre-dicembre dell'anno precedente
10. media delle temperature dei mesi di gennaio-aprile dell'anno in cui si calcola l'output
11. media delle temperature dell'anno, calcolata dal mese di maggio precedente al mese di aprile in cui si calcola l'output.

EVAPOTRASPIRAZIONE



12. media dell'evapotraspirazione dei mesi di luglio-settembre dell'anno precedente
13. media dell'evapotraspirazione dei mesi di ottobre-dicembre dell'anno precedente
14. media dell'evapotraspirazione dei mesi di gennaio-aprile dell'anno in cui si calcola l'output

ARCHITETTURA RETE E PARAMETRI

Al fine di addestrare la rete neurale artificiale:

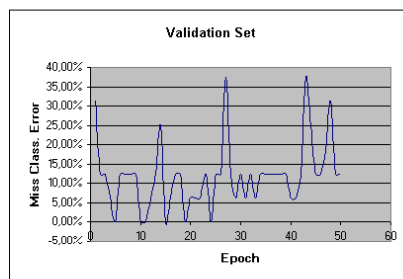
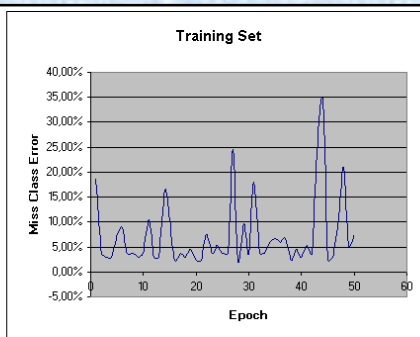
- vengono presentati ad essa 62 esempi totali, di cui il 90% è l'insieme di apprendimento (training set) per addestrare la rete mentre il 10% è l'insieme di verifica (validation set) per valutare quanto la rete ha appreso dal training set ed è in grado di generalizzare;
- si è scelto di iniziare da un'architettura di rete più grande di quella ipoteticamente corretta e la si riduce progressivamente fintanto che ciò comporta una riduzione dell'errore

APPRENDIMENTO

Num. hidden layer	Tasso di apprendimento	Momento	Numero epoche	hidden 1	hidden 2	Range pesi	Validation set	Errore (%) training set	Errore (%) validation set
2	0,9	0	300	10	8	0,5	10%	4,82	7,51
2	0,6	0	300	5	1	0,5	10%	4,80	7,56
2	0,6	0,1	300	4	2	0,5	10%	4,95	7,23
1	0,8	0	300	7	0	0,5	10%	5,24	6,72
1	0,6	0	300	6	0	0,8	10%	5,50	7,18
1	0,6	0	300	6	0	0,5	10%	5,49	6,69
1	0,6	0,2	500	5	0	0,5	10%	4,78	8,16
1	0,8	0	300	5	0	0,5	10%	5,35	7,46
1	0,8	0,2	500	5	0	0,5	10%	4,53	6,81
1	0,6	0,2	200	5	0	0,7	10%	5,65	6,51
1	0,8	0,2	300	5	0	0,5	10%	5,12	6,52
1	0,6	0	300	5	0	0,5	10%	5,73	6,45
1	0,3	0	300	5	0	0,5	10%	6,05	6,22
1	0,7	0,1	500	3	0	0,5	10%	4,90	8,06
1	0,6	0	500	3	0	0,2	10%	5,22	5,73

RISULTATI

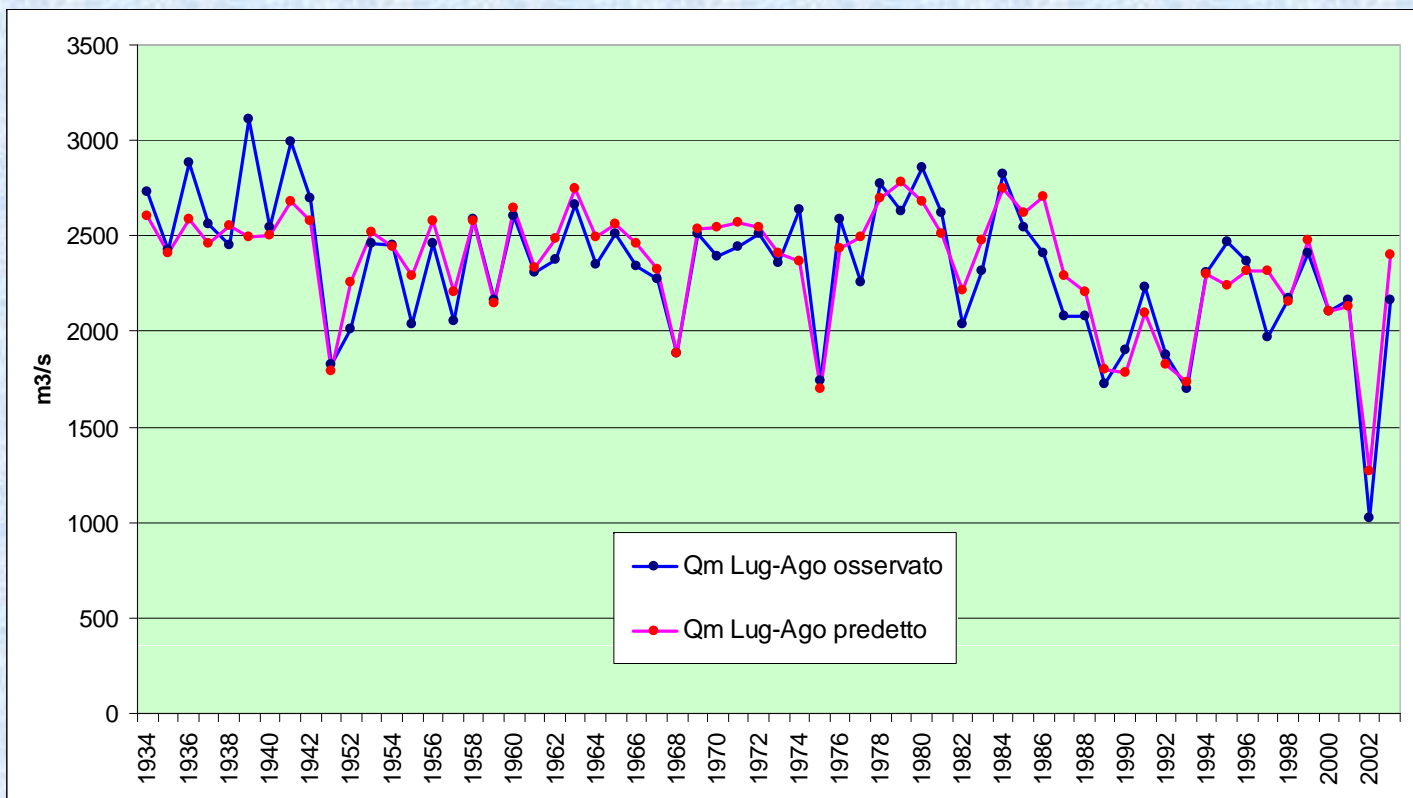
Epoch	% MissClassified (Training Set)	% MissClassified (Validation Set)
1	18,66%	31,25%
2	3,73%	12,50%
3	2,99%	12,50%
4	2,99%	6,25%
5	7,46%	0,00%
6	8,96%	12,50%
7	3,73%	12,50%
8	3,73%	12,50%
9	2,99%	12,50%
10	3,73%	0,00%
11	10,45%	0,00%
12	2,99%	6,25%
13	2,99%	12,50%
14	16,42%	25,00%
15	10,45%	0,00%
16	2,24%	6,25%
17	3,73%	12,50%
18	2,99%	12,50%
19	4,48%	0,00%
20	2,24%	6,25%
21	2,24%	6,25%
22	7,46%	6,25%
23	3,73%	12,50%
24	5,22%	0,00%
25	3,73%	12,50%
26	3,73%	12,50%
27	24,63%	37,50%
28	2,24%	12,50%
29	9,70%	6,25%
30	3,73%	12,50%
31	17,91%	6,25%
32	3,73%	12,50%



	Errore % training set	Errore % validation set
1	5,46	4,09
2	5,02	5,40
3	4,93	8,23
4	5,08	5,58
5	5,22	4,31
6	5,24	5,46
7	5,38	7,39
8	5,22	4,94
9	5,13	7,65
10	5,47	4,25
Media	5,22	5,73

I valori di errore sul training set e sul validation set sono ottenuti come media dei valori di 10 esperimenti, effettuati per ogni configurazione, evitando in tal modo sia prestazioni troppo ottimistiche o, al contrario, peggiori di quanto in realtà siano.

VALUTAZIONE RISULTATI

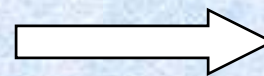
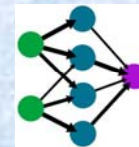
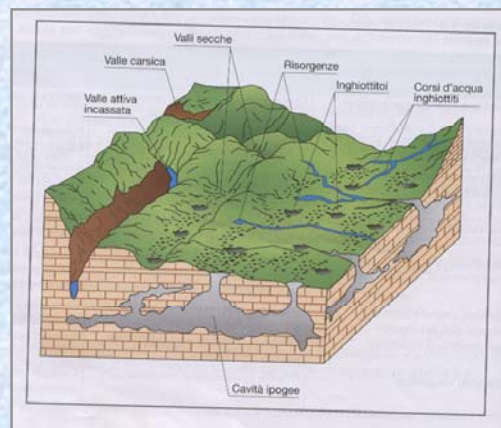


$$R^2 = \left(1 - \frac{\sum (Q_i - Q_i')^2}{\sum (Q_i - Q_c)^2}\right) * 100\% = 71\%$$

$$I_{VF} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i'}{\sum_{i=1}^n Q_i} = 1,007$$

CONCLUSIONI

I risultati suggeriscono che il sistema computazionale è in grado di riprodurre la dinamica complessa presente nell'idrostruttura carbonatica e di offrire un affidabile quadro di riferimento per la predizione delle portate della sorgente studiata.



rampone@unisannio.it

Grazie per l'attenzione