

1) Qual è l'idea di base dell'algoritmo backpropagation per l'addestramento di reti neurali?

Dispense "Reti Neurali"

2) Nell'ambito dell'apprendimento automatico cosa si intende per generalizzazione e overfitting?

Dispense "Fondamenti"

3) Rispetto a K-means l'approccio di clustering EM con Gaussian mixture quali maggiori flessibilità consente?

Dispense "Clustering"

4) Indicare le principali "stagioni" nello sviluppo dell'intelligenza artificiale e machine learning.

Dispense "Introduzione"

---

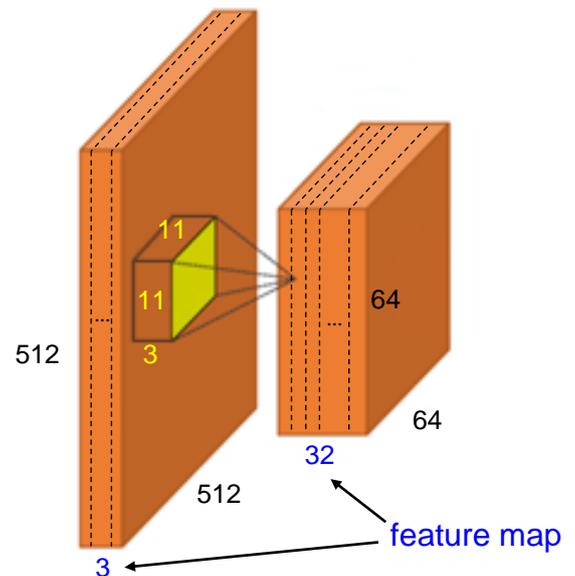
5) Dati un volume di input ed uno di output relativi a un livello di convoluzione in una CNN, aventi le seguenti dimensioni:

- *Volume Input:*  $3 \times 512 \times 512$
- *Volume Output:*  $32 \times 64 \times 64$

Considerando che ciascun filtro abbia dimensioni:

- *Dimensione Filtro:*  $3 \times 11 \times 11$

Si calcoli il numero totale di connessioni e di pesi del livello (NON considerando i bias) motivando la risposta.



### Svolgimento

Ogni neurone del livello di output ( $32 \times 64 \times 64$ ) è connesso con tanti neuroni del livello di input pari alla dimensione del filtro ( $3 \times 11 \times 11$ ).

Pertanto il **numero totale di connessioni** è  $(32 \times 64 \times 64) \cdot (3 \times 11 \times 11) = 47579136$ .

Il **numero totale di pesi**, invece, risulta molto più piccolo giacché in una CNN i pesi di ciascun filtro sono condivisi da tutti i neuroni contenuti in una stessa feature map. Visto che il numero di feature map è uguale a 32, e il numero di input per ciascun filtro è pari a ( $3 \times 11 \times 11$ ), il numero totale di pesi (NON considerando il bias) è  $(3 \times 11 \times 11) \times 32 = 11616$ .

6) Dato un insieme di pattern tri-dimensionali composto da 4 elementi:

$$\left\{ \begin{bmatrix} 4.8 \\ 1.3 \\ 6.9 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} -0.7 \\ 1.8 \\ 3.2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} -5.8 \\ 9.6 \\ 6.5 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 5.1 \\ -5.3 \\ -1.5 \end{bmatrix} \right\}$$

Calcolare il vettore medio ( $\boldsymbol{\mu}$ ) e la matrice di covarianza ( $\boldsymbol{\Sigma} = [\sigma_{ij}]$ ).

Si ricorda che ogni elemento della matrice di covarianza può essere calcolato come

$$\sigma_{ij} = \sigma_{ji} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (x_{ki} - \mu_i) \cdot (x_{kj} - \mu_j)$$

dove  $x_{km}$  è l' $m$ -esimo elemento del  $k$ -esimo pattern, e  $n$  il numero di pattern.

### Svolgimento

$$\boldsymbol{\mu} = \begin{bmatrix} 0.85 \\ 1.85 \\ 3.78 \end{bmatrix}$$

$$\boldsymbol{\Sigma} = \begin{bmatrix} 20.07 & -21.01 & -6.83 \\ -21.01 & 27.87 & 14.29 \\ -6.83 & 14.29 & 11.34 \end{bmatrix}$$

7) Un multiclassificatore, composto da 4 classificatori combinati a livello di decisione utilizzando la Majority vote rule, viene utilizzato per riconoscere pattern appartenenti a 5 classi. Nella tabella seguente sono riportati gli output restituiti dai singoli classificatori ( $C_i$ ) dati in input 4 diversi pattern ( $\mathbf{p}_j$ ). Riportare la classe di output restituita dal multiclassificatore motivandone la risposta.

	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$
$\mathbf{p}_1$	1	2	1	3
$\mathbf{p}_2$	1	5	5	5
$\mathbf{p}_3$	1	2	4	4
$\mathbf{p}_4$	3	2	3	1

### Svolgimento

	Voti Classi					Classe scelta
	1	2	3	4	5	
$\mathbf{p}_1$	2	1	1	0	0	1
$\mathbf{p}_2$	1	0	0	0	3	5
$\mathbf{p}_3$	1	1	0	2	0	4
$\mathbf{p}_4$	1	1	2	0	0	3