

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI  
**FEDERICO II**

Confronto Sistematico tra Architetture **FCNN** e **CNN** per la Classificazione su MNIST.

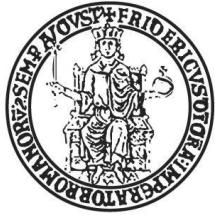
Analisi delle dinamiche di apprendimento, efficienza parametrica e generalizzazione.

Confronto Sistematico tra Architetture **FCNN** e **CNN** per la Classificazione su MNIST.

*Anno Accademico 2025/2026*

---

Alfredo Volpe e Angelo Paolella.



***Pattern Recognition in uno spazio ad alta dimensionalità.***

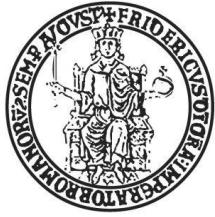
INPUT

Immagini 28×28 in scala di grigi del MNIST.  
Spazio delle feature  $d=784$ .



OUTPUT

Classificazione a 10 classi (Cifre 0-9).



## Strategia di Gestione del Dataset.

---

TRAIN-SET (50K)	VALIDATION-SET (10K)	TEST-SET (10K)
-----------------	----------------------	----------------



Confronto Sistematico tra Architetture **FCNN** e **CNN** per la Classificazione su MNIST.

## **Strategia di Apprendimento.**

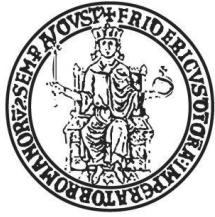
---

Strategia scelta: **mini-batch**.

Ottimizzatore: **Adam**.

**Perché NON Batch o Online?**

**Perché Mini-Batch + Adam?**



Confronto Sistematico tra Architetture **FCNN** e **CNN** per la Classificazione su MNIST.

## **Funzione di Costo e Interpretazione Probabilistica.**

---

Funzione di Loss: **Cross-Entropy**.

Output Layer: **Softmax**.



## Modello FCNN (Fully Connected).

---

INPUT —————→ HIDDEN —————→ OUTPUT

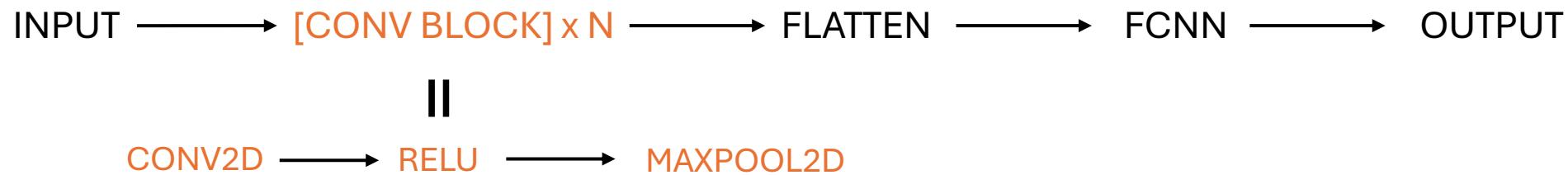
**Parametri variabili :** Numero di hidden layer, ampiezza degli hidden layer, funzioni di attivazione.

**Limite:** L'operazione di *Flattening* : appiattimento 2D →1D.



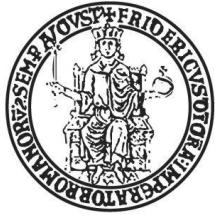
## Modello CNN (Convolutional).

---



**Parametri variabili :** Numero di filtri convoluzionali, grandezza dei kernel e il numero di blocchi convoluzionali - pool.

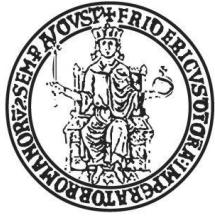
**Punti di forza:** Pesi Condivisi + Pooling.



## Dettagli della configurazioni dei modelli.

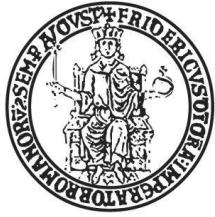
---

**Parametri fissi:** Seed (42), Learning-Rate (0.001), Ottimizzatore (Adam),  
Batch-Size (256), Patience (5), min-Delta (0.15) ed epoche massime (50).



## Configurazioni dei modelli FCNN.

Parametri variabili	1 hidden layer - Shallow Network	2 hidden layers - Baseline	3 hidden layers - Deep Network	2 layers piccoli (rischio collo di bottiglia)	2 layers grandi (alta capacità)	ReLU (Standard)	Tanh (Zero-centered but saturating)	Sigmoid (Vanishing Gradient Risk)
Hidden layers	[128]	[256, 128]	[512, 256, 128]	[64, 32]	[512, 256]	[256, 128]	[256, 128]	[256, 128]
Attivazione	ReLU	ReLU	ReLU	ReLU	ReLU	ReLU	Tanh	Sigmoide



Confronto Sistematico tra Architetture **FCNN** e **CNN** per la Classificazione su MNIST.

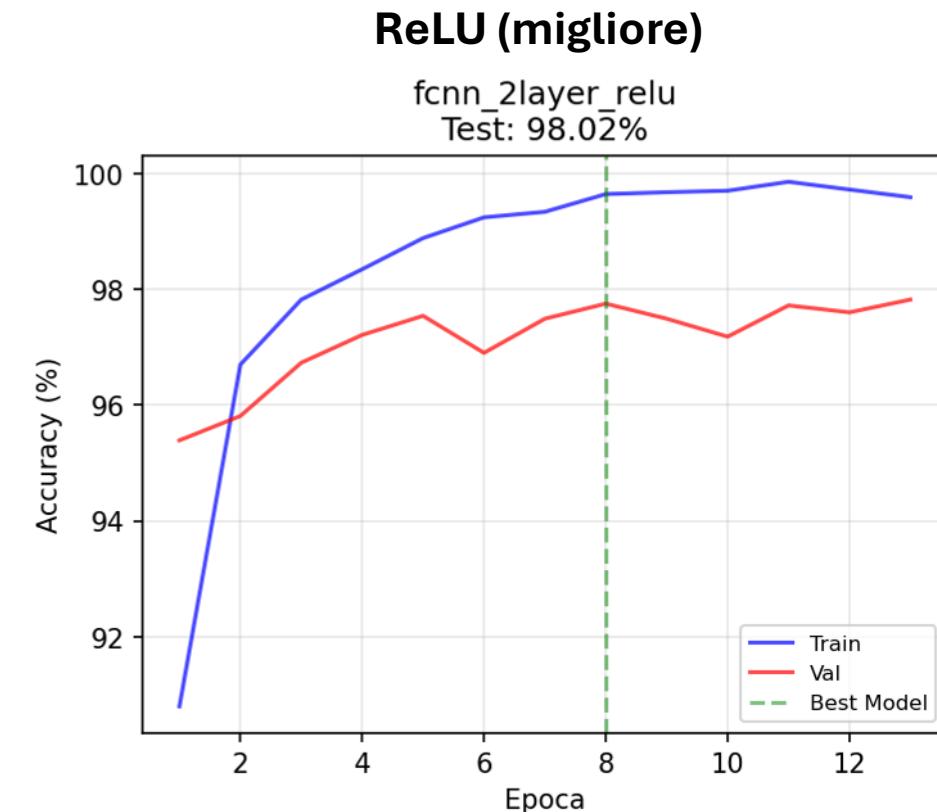
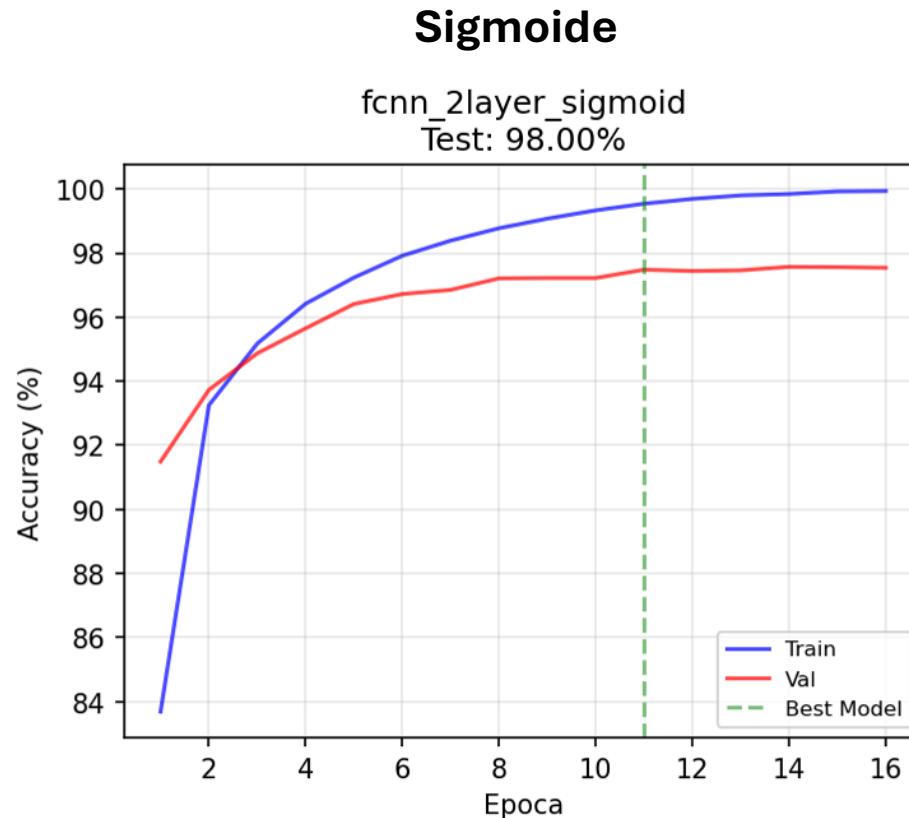
## Configurazioni dei modelli CNN.

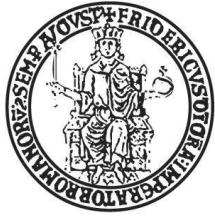
---

Parametri variabili	Bassa Capacità	Media Capacità	Alta Capacità	Kernel più grande	3 blocchi
Blocchi convoluzionali	2	2	2	2	3
Filtri	[16, 32]	[32, 64]	[64, 128]	[32, 64]	[16, 32, 64]
Dimensione del kernel	3x3	3x3	3x3	5x5	3x3



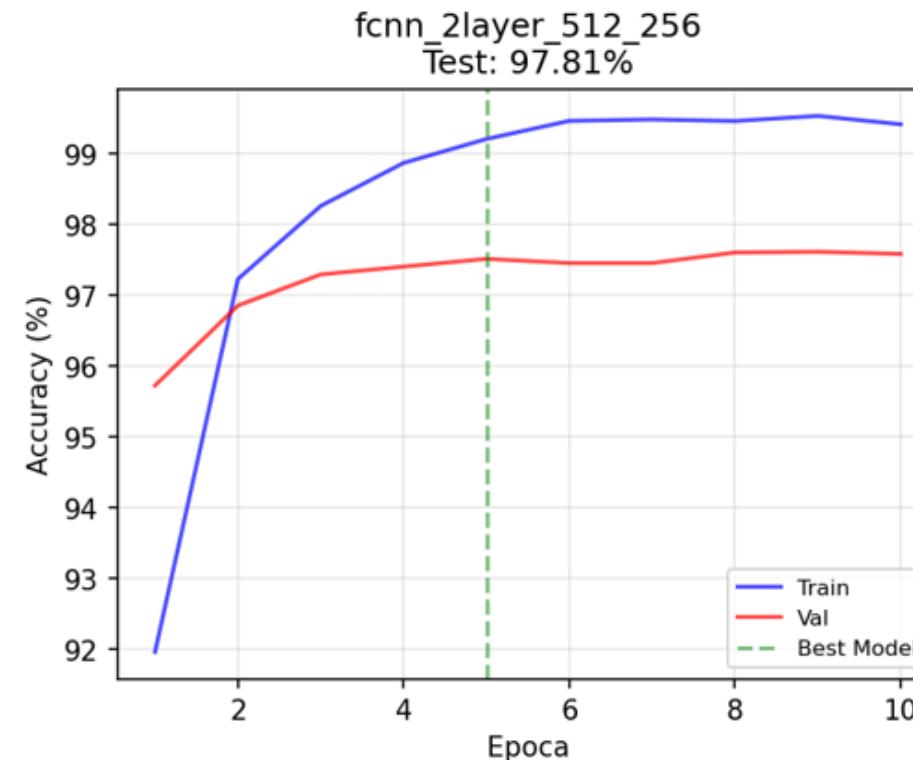
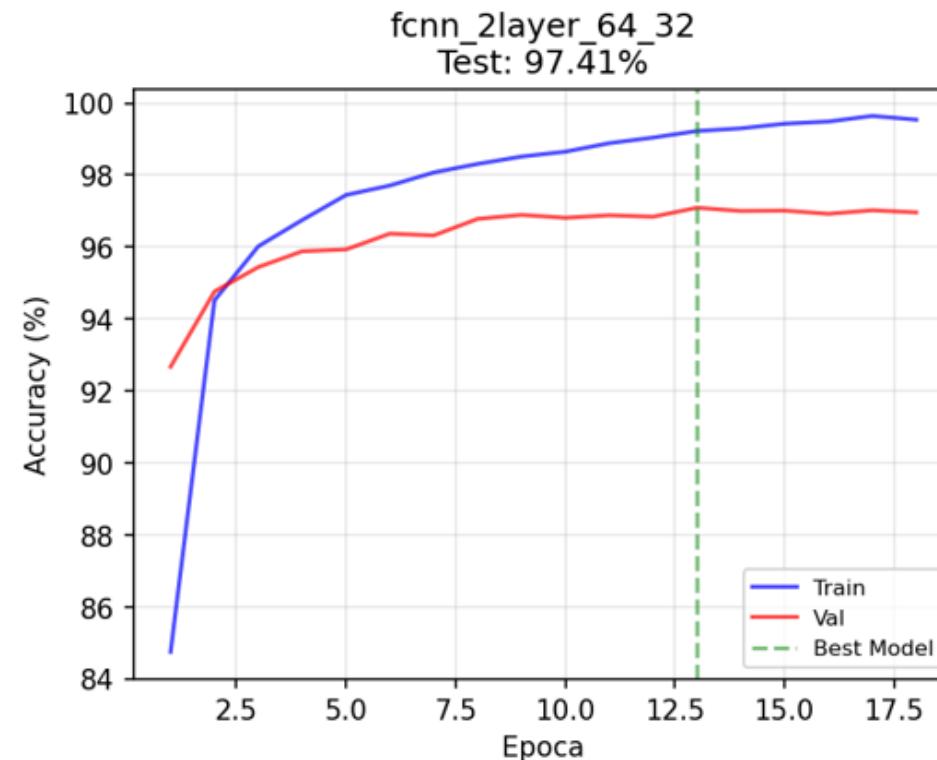
## Risultati FCNN - Il problema del Vanishing Gradient.

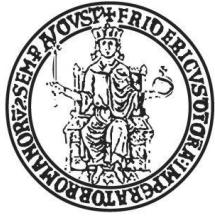




Confronto Sistematico tra Architetture **FCNN** e **CNN** per la Classificazione su MNIST.

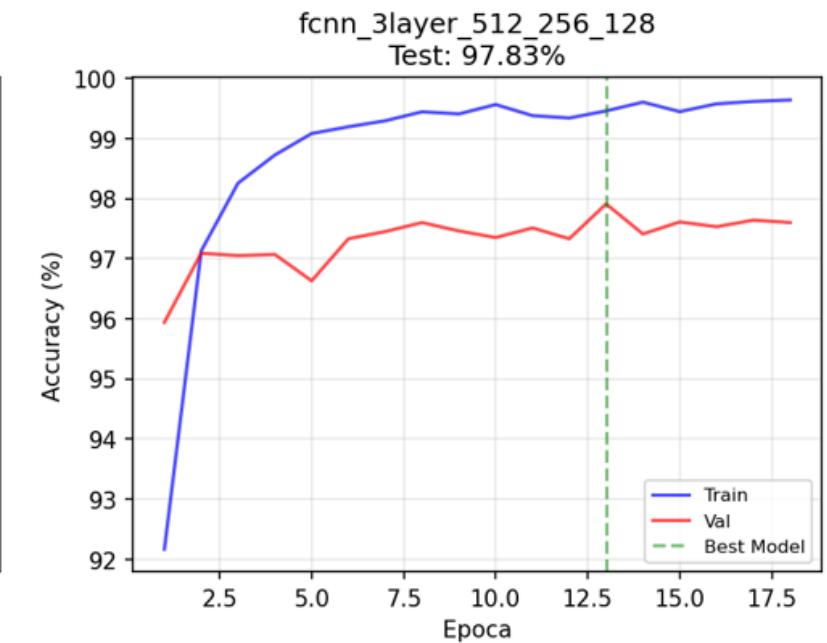
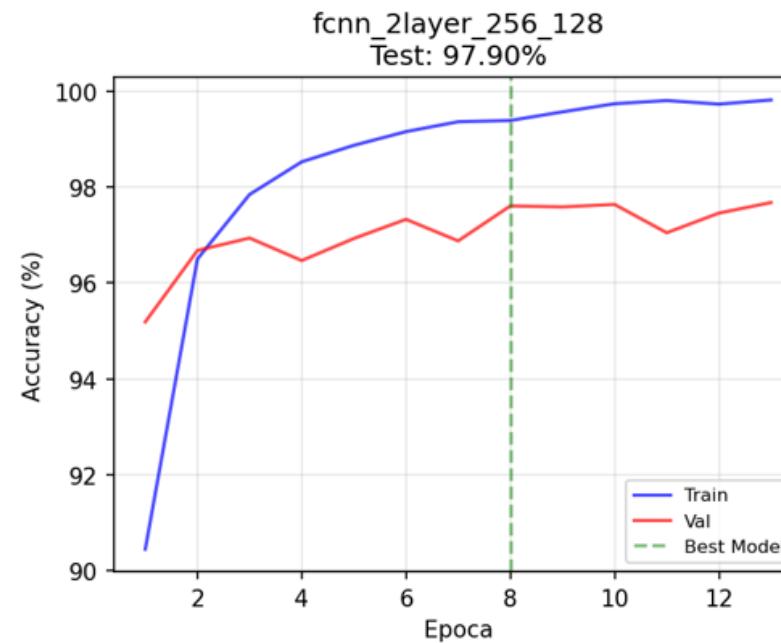
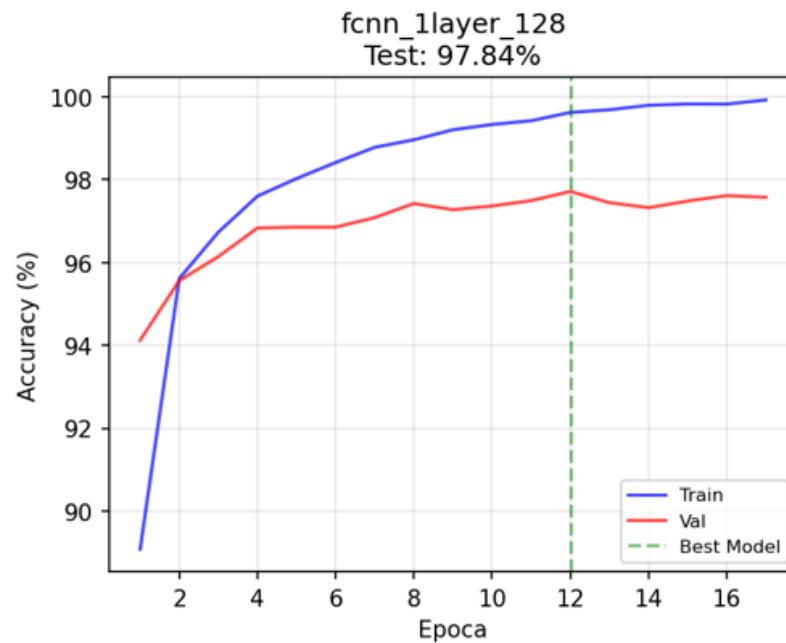
## Risultati FCNN – Ampiezzes diverse.





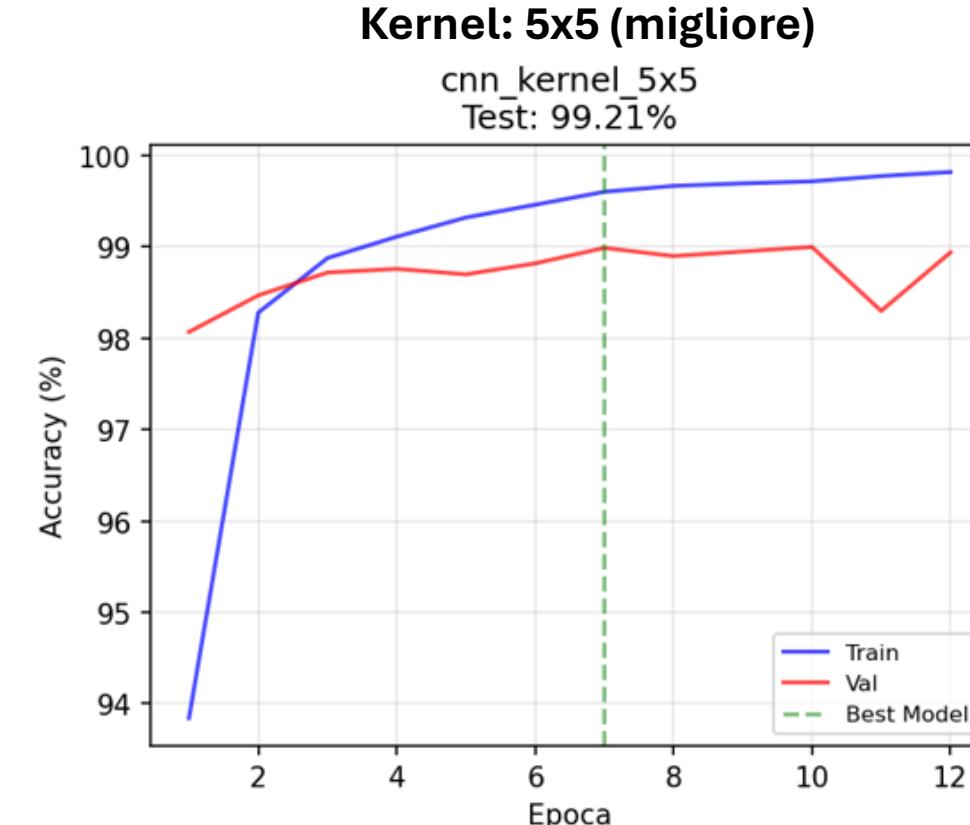
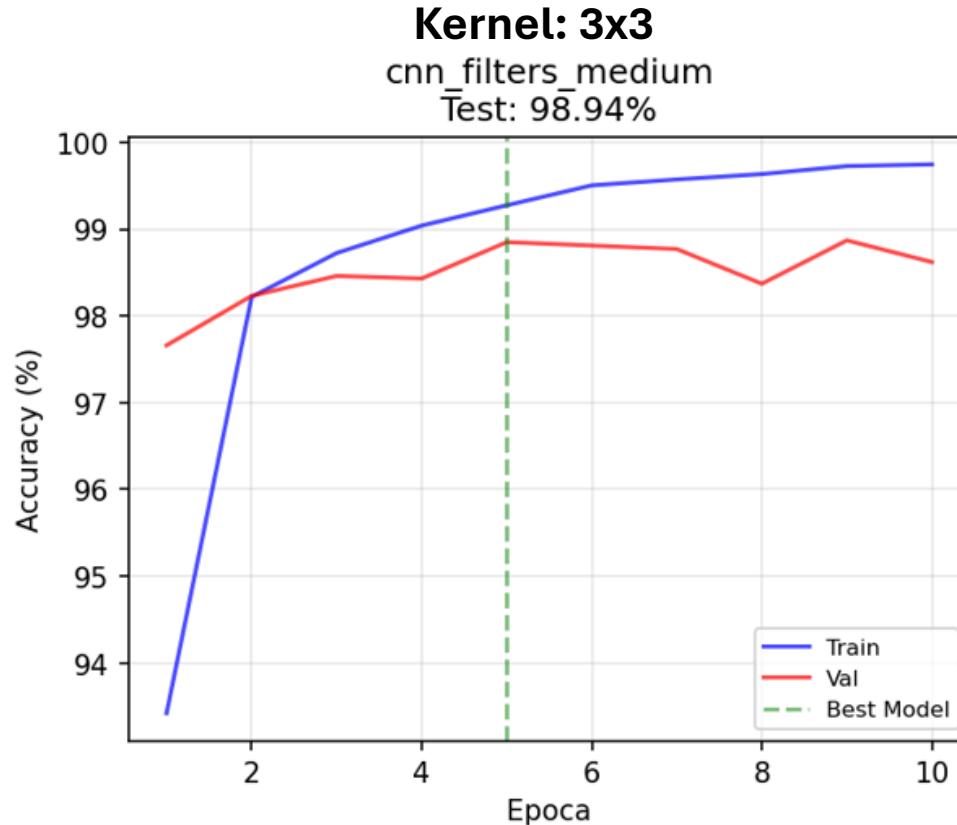
Confronto Sistematico tra Architetture **FCNN** e **CNN** per la Classificazione su MNIST.

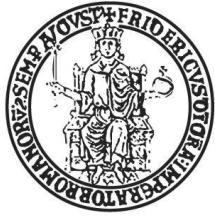
## Risultati FCNN – Numero di hidden layer diverso.



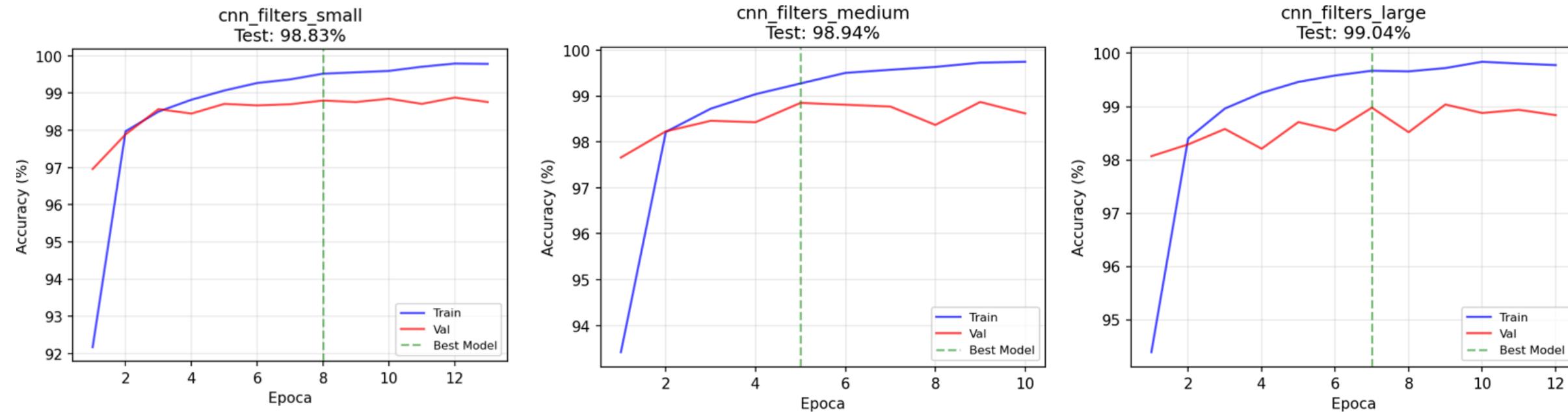


## Risultati CNN – La differenza della dimensione del Kernel.





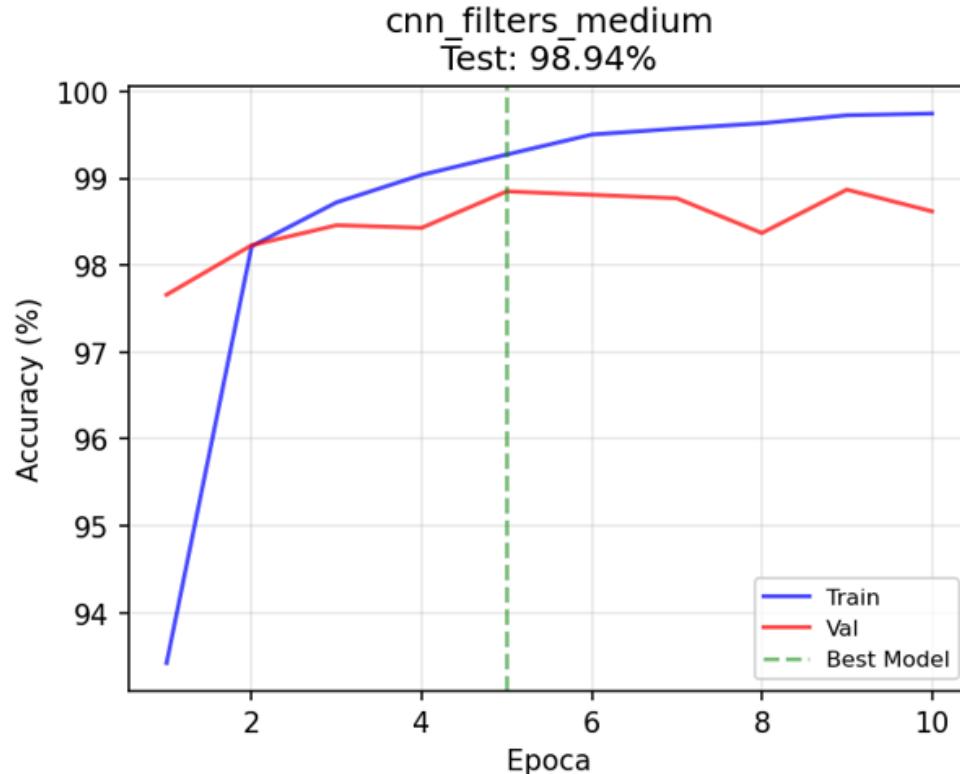
## Risultati CNN – La differenza della dimensione dei filtri convoluzionali.



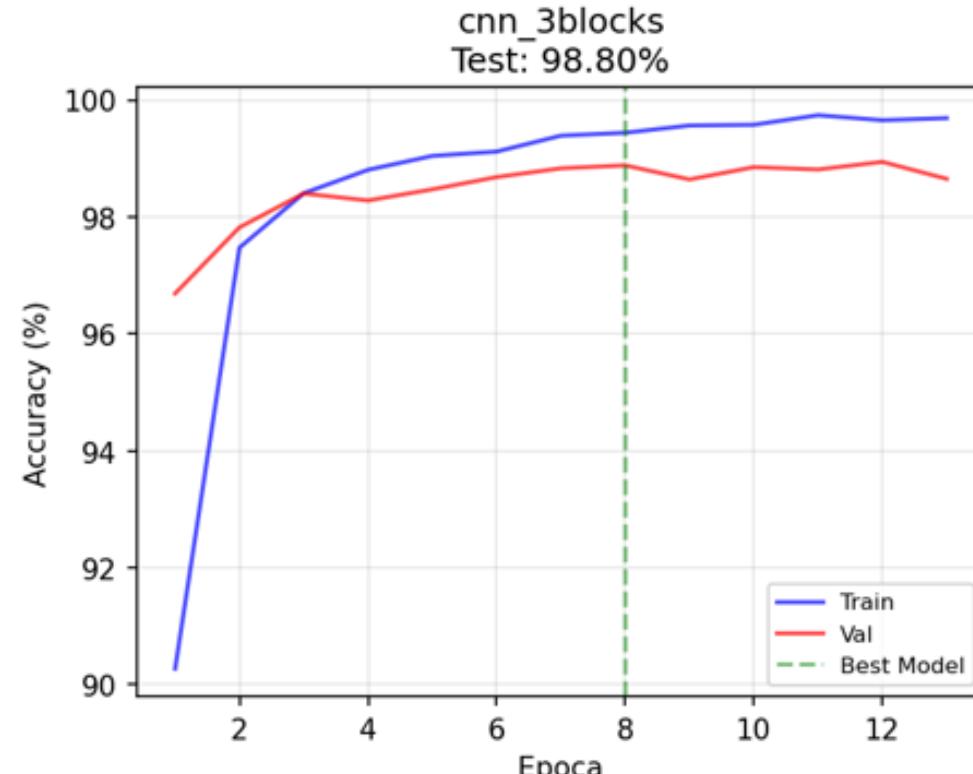


## Risultati CNN – La differenza del numero di blocchi conv - pool.

**2 blocchi conv -pool**

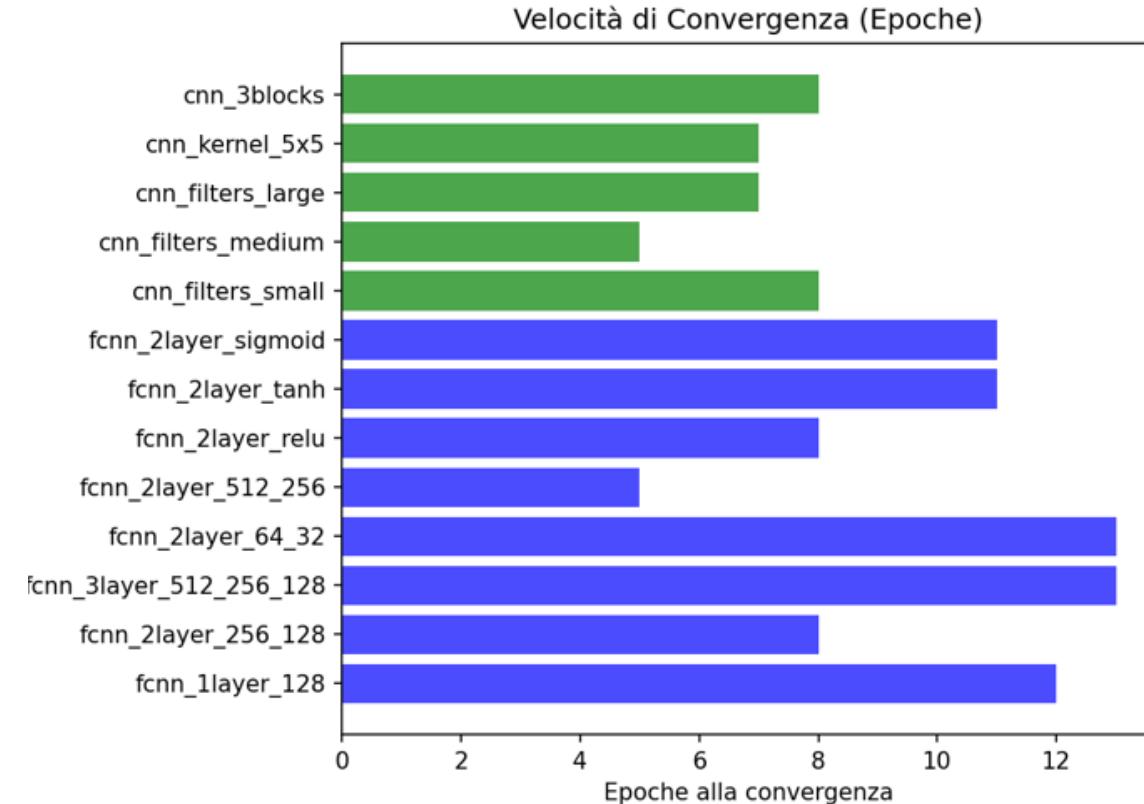
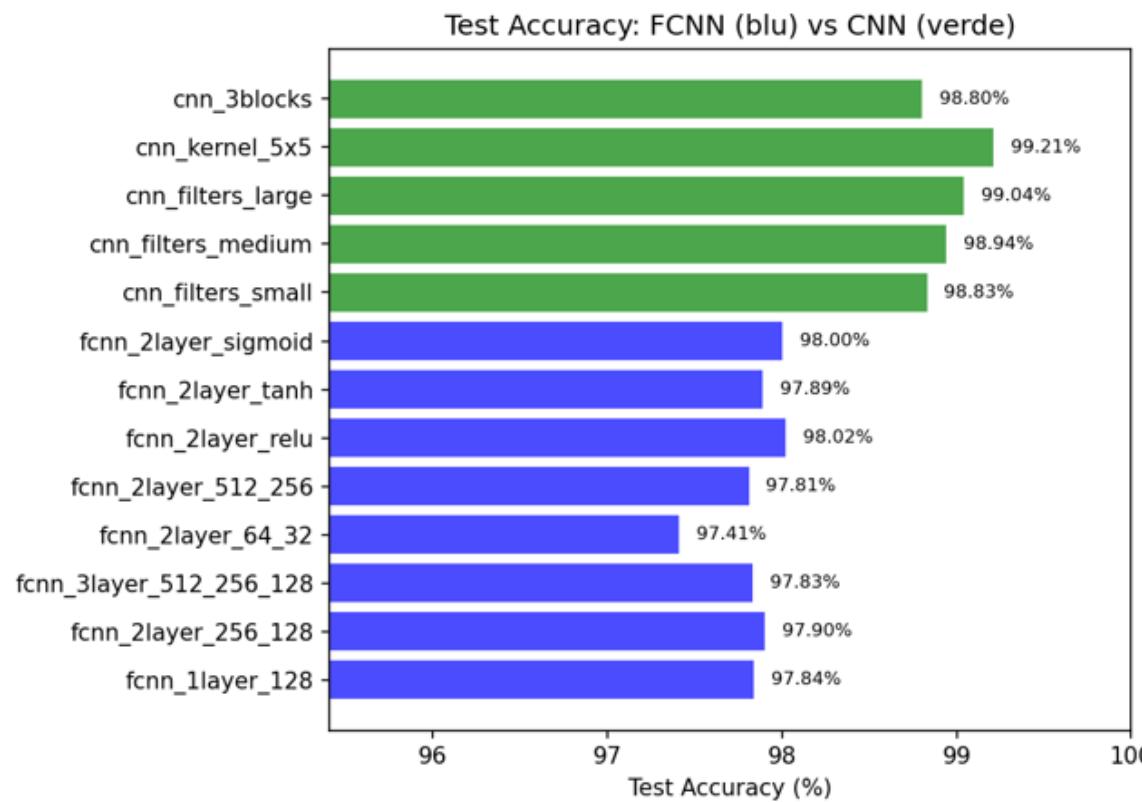


**3 blocchi conv -pool**





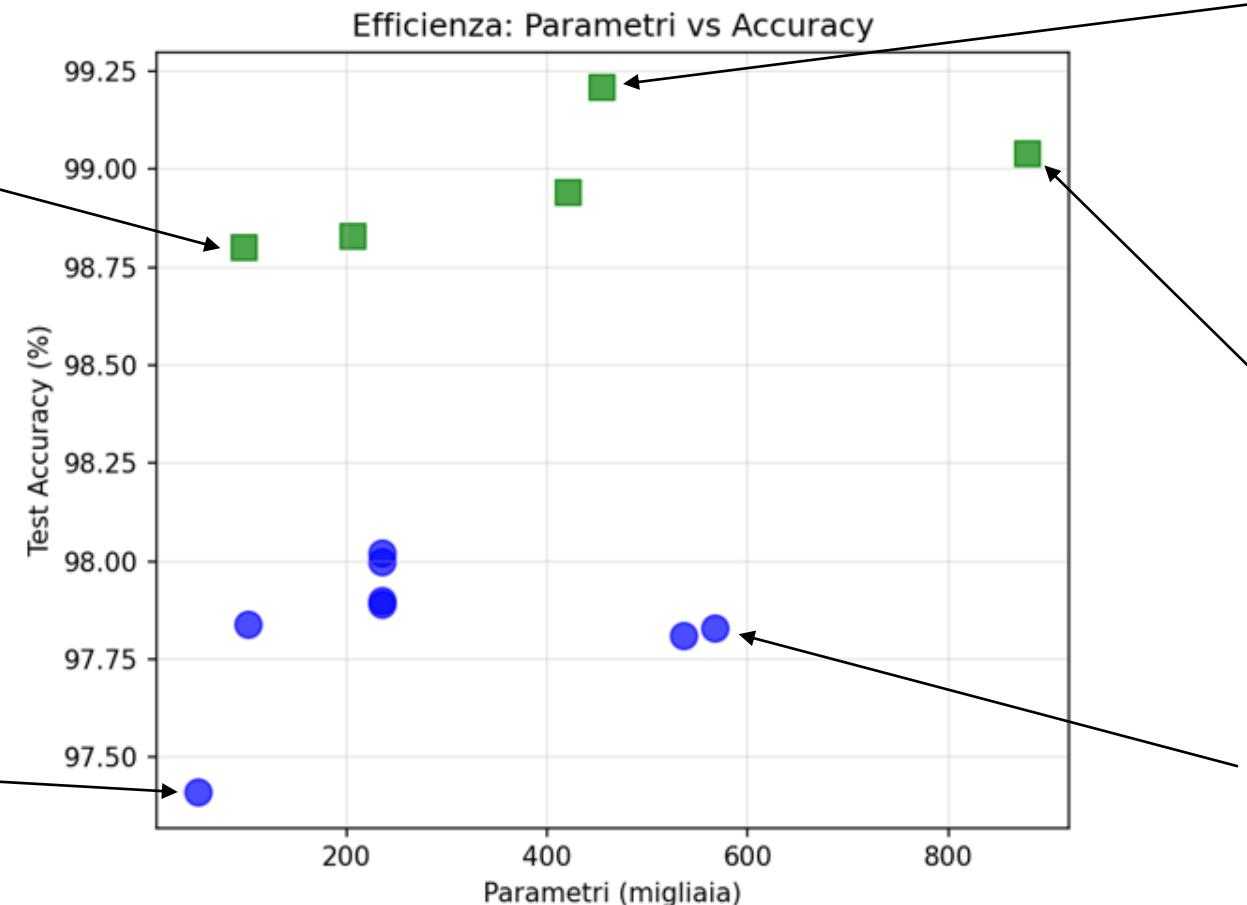
## Risultati aggregati FCNN vs CNN.





### Confronto finale FCNN vs CNN.

Rete **CNN** con 3 blocchi  
conv – pool, dimensione dei  
filtri [16, 32, 64] e  
dimensione del Kernel 3x3



Rete **CNN** con 2 blocchi  
conv – pool, dimensione dei  
filtri [32, 64] e dimensione  
del Kernel 5x5

Rete **CNN** con 2 blocchi  
conv – pool, dimensione dei  
filtri [64, 128] e dimensione  
del Kernel 3x3

Rete **FCNN** con 2 hidden  
layer di dimensione [64, 32] e  
funzione di attivazione ReLU