

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 Paoletta.



***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).



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI  
**FEDERICO II**

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

## Strategia di Gestione del Dataset.

---

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



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI  
**FEDERICO II**

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?**



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI  
**FEDERICO II**

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**.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI  
**FEDERICO II**

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

### Modello FCNN (Fully Connected).



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

**Limite**: L'operazione di *Flattening* : appiattimento 2D  $\rightarrow$  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.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI  
**FEDERICO II**

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

## **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).

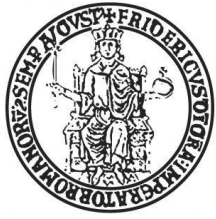




# Confronto Sistematico tra Architetture **FCNN** e **CNN** per la Classificazione su MNIST.

## Configurazioni dei modelli FCNN.

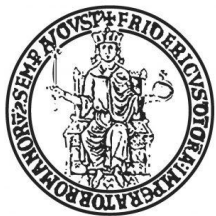
[illegible]



### Configurazioni dei modelli CNN.

---

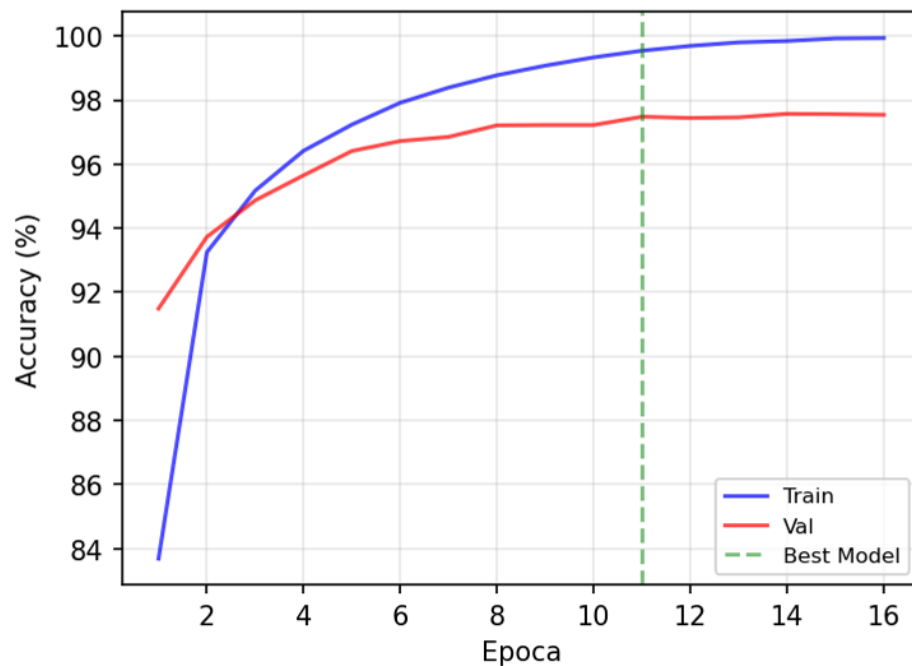
Parametri variabili	Bassa Capacità	Media Capacità	Alta Capacità	Kernel più grande	3 blocchi
Blocchi convoluzionali	2	2	2	2	3
Filtri	[16, 32]	[32, 64]	[64, 128]	[32, 64]	[16, 32, 64]
Dimensione del kernel	3x3	3x3	3x3	5x5	3x3



## Risultati FCNN - Il problema del Vanishing Gradient.

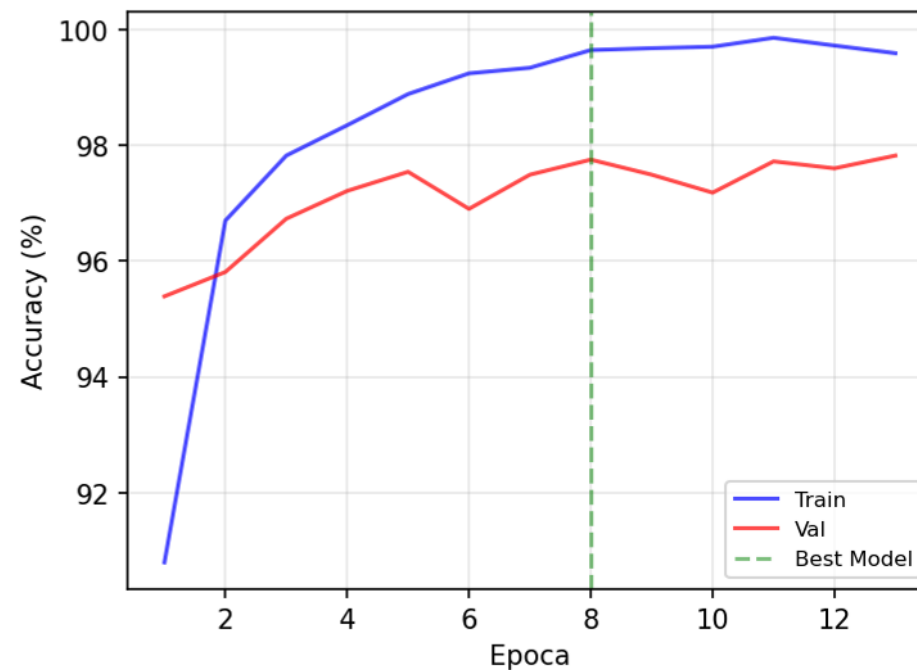
### Sigmoide

fcnn\_2layer\_sigmoid  
Test: 98.00%



### ReLU (migliore)

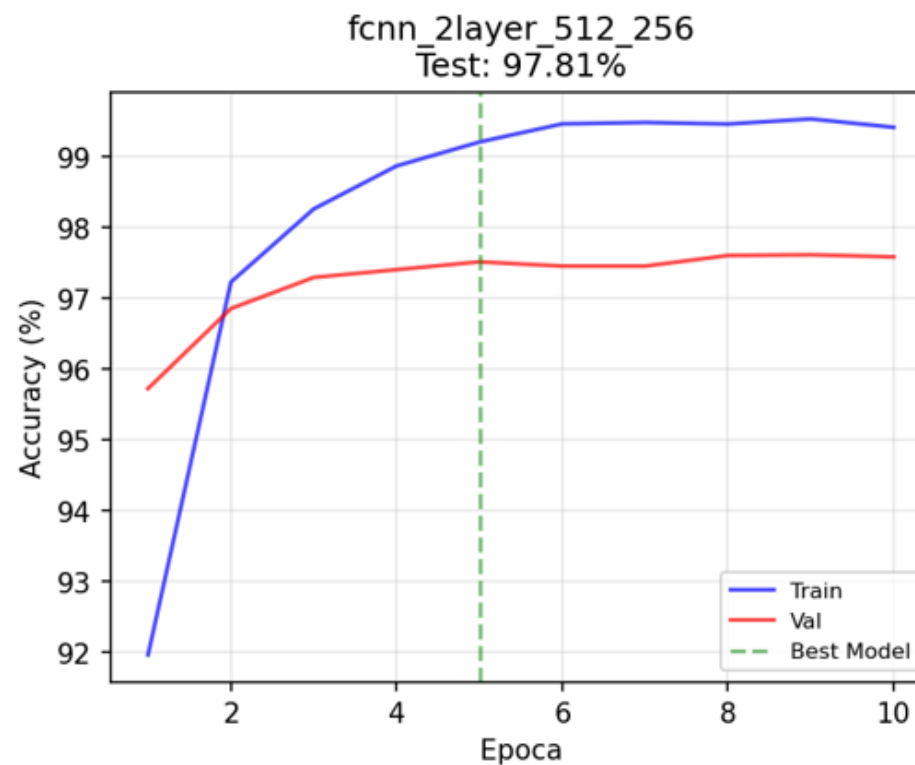
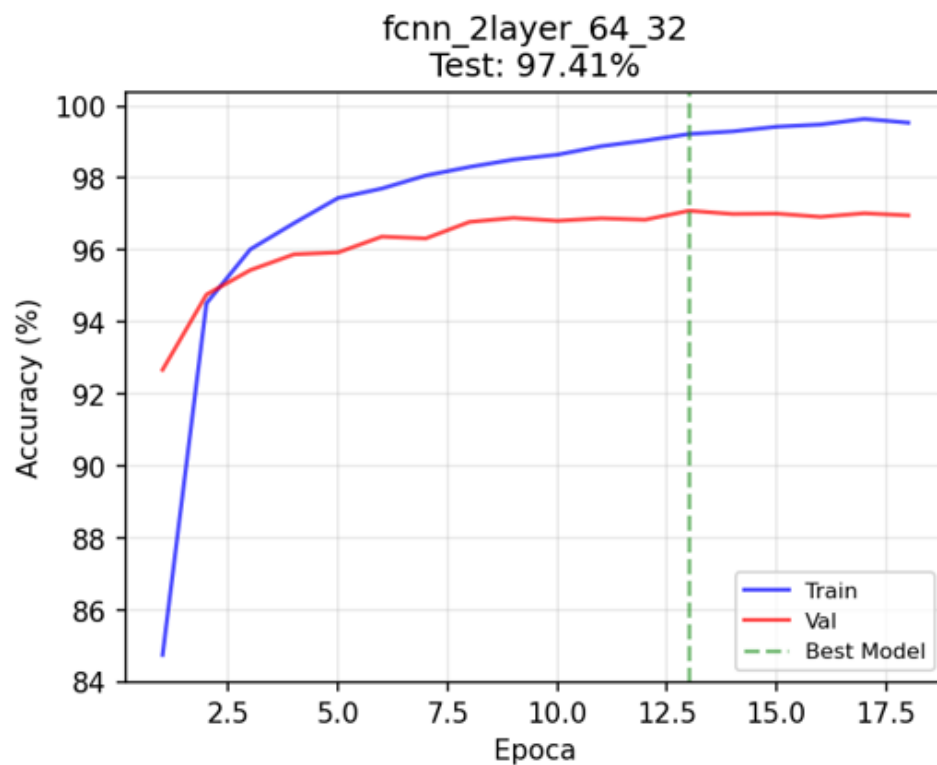
fcnn\_2layer\_relu  
Test: 98.02%





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

## Risultati FCNN – Ampiezze diverse.

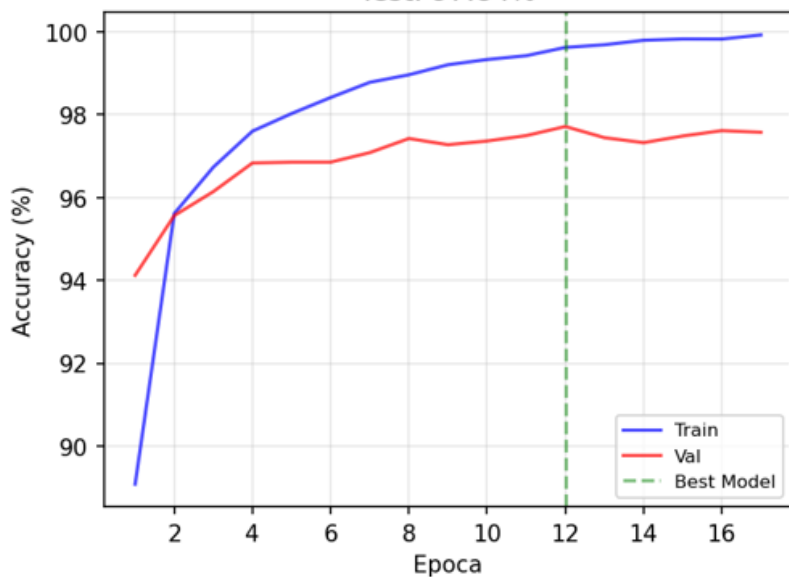




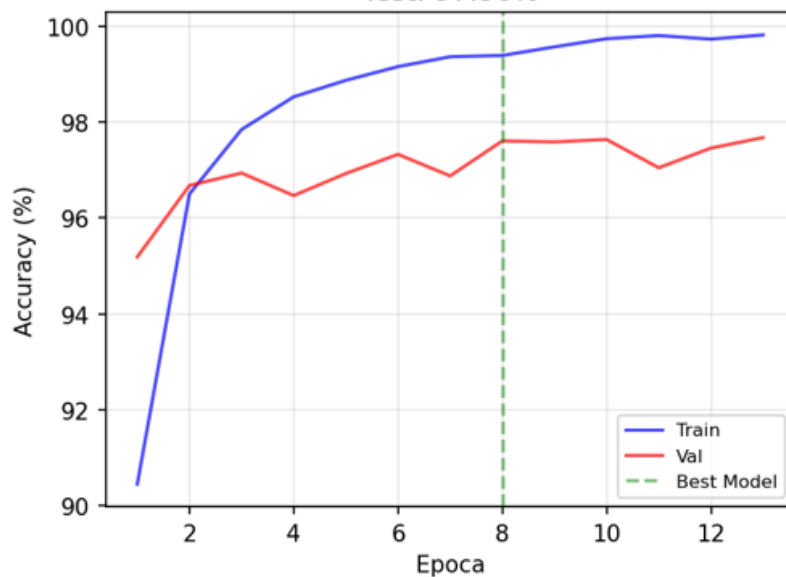
## Confronto Sistematico tra Architetture **FCNN** e **CNN** per la Classificazione su MNIST.

### Risultati FCNN – Numero di hidden layer diverso.

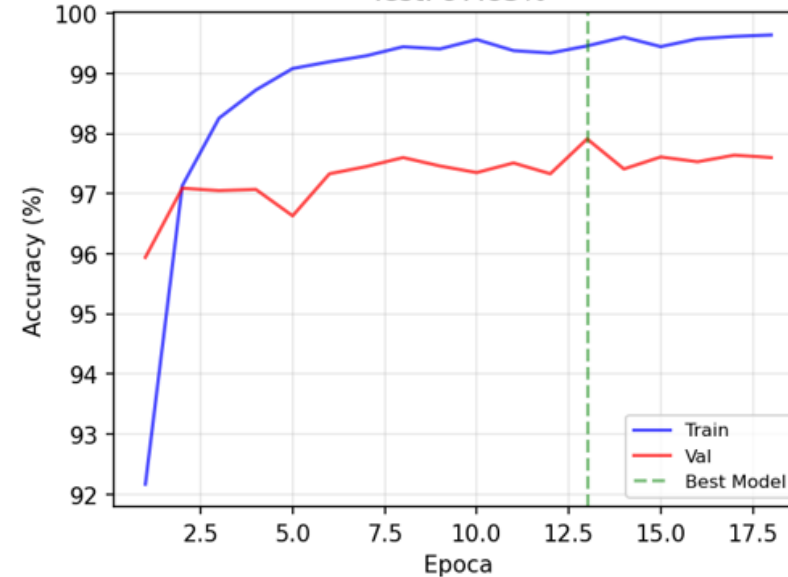
fcnn\_1layer\_128  
Test: 97.84%



fcnn\_2layer\_256\_128  
Test: 97.90%

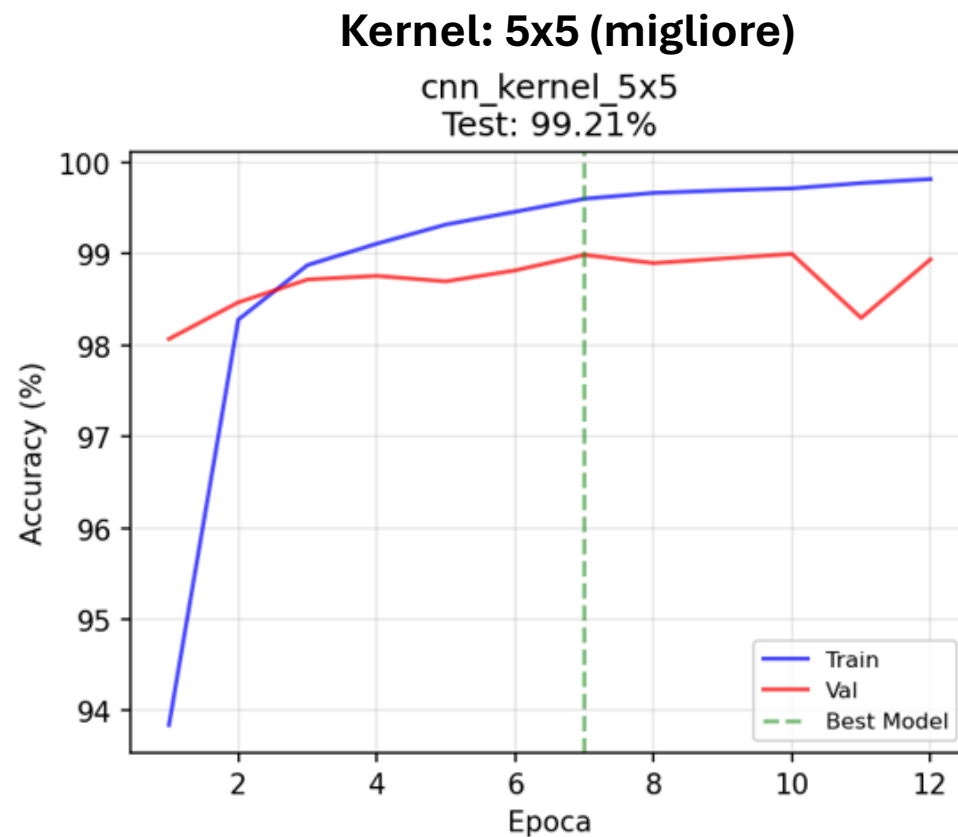
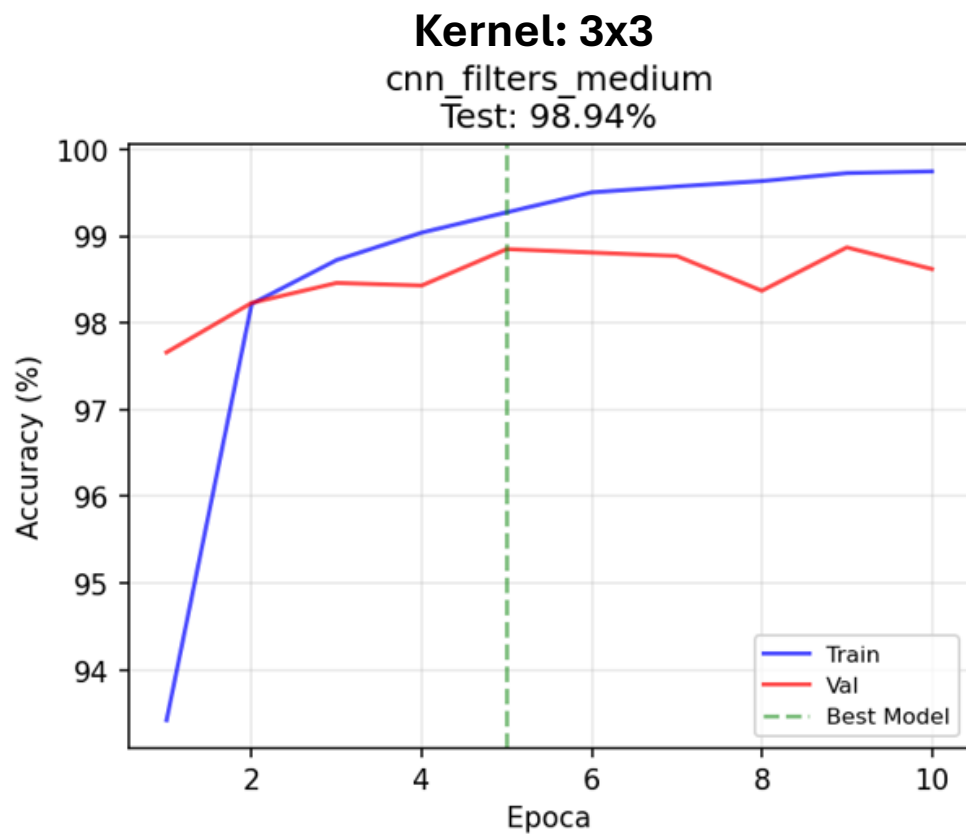


fcnn\_3layer\_512\_256\_128  
Test: 97.83%





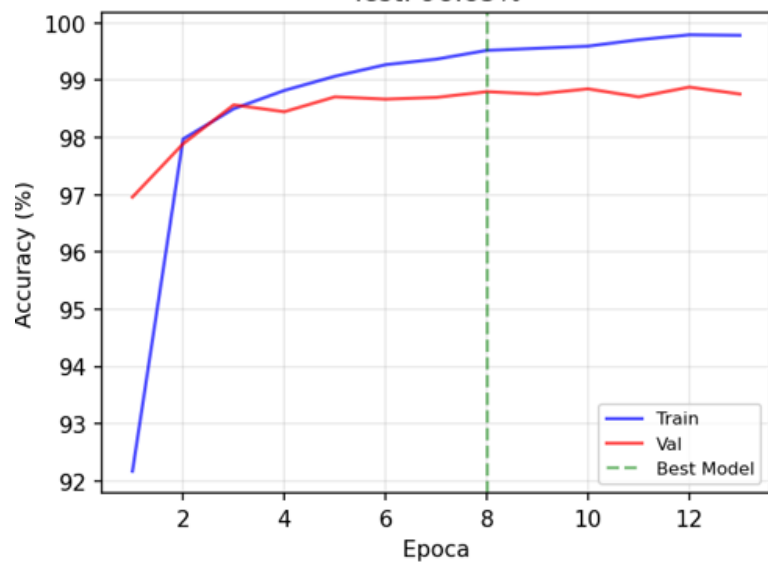
## Risultati CNN – La differenza della dimensione del Kernel.



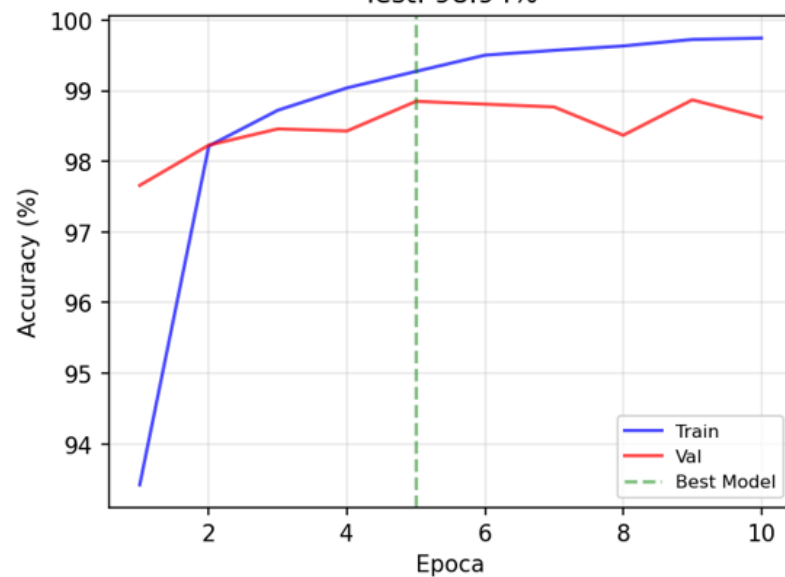


## Risultati CNN – La differenza della dimensione dei filtri convoluzionali.

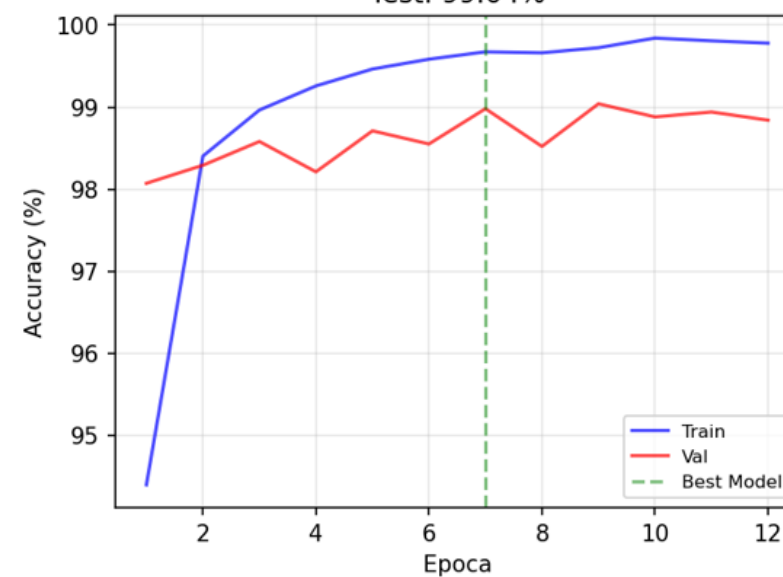
cnn\_filters\_small  
Test: 98.83%



cnn\_filters\_medium  
Test: 98.94%



cnn\_filters\_large  
Test: 99.04%

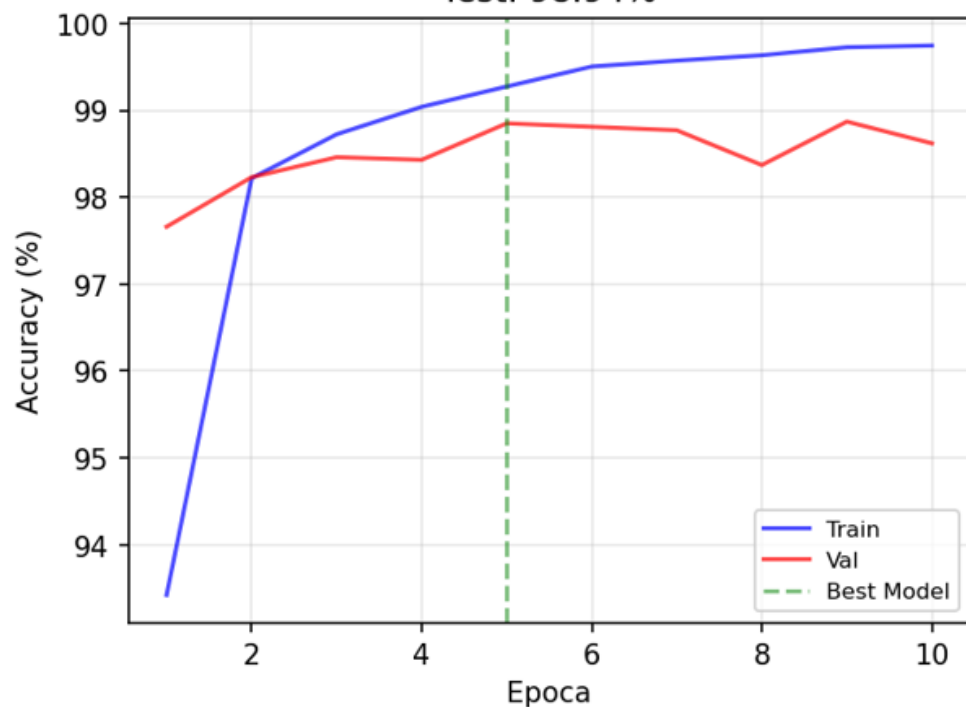




## Risultati CNN – La differenza del numero di blocchi conv - pool.

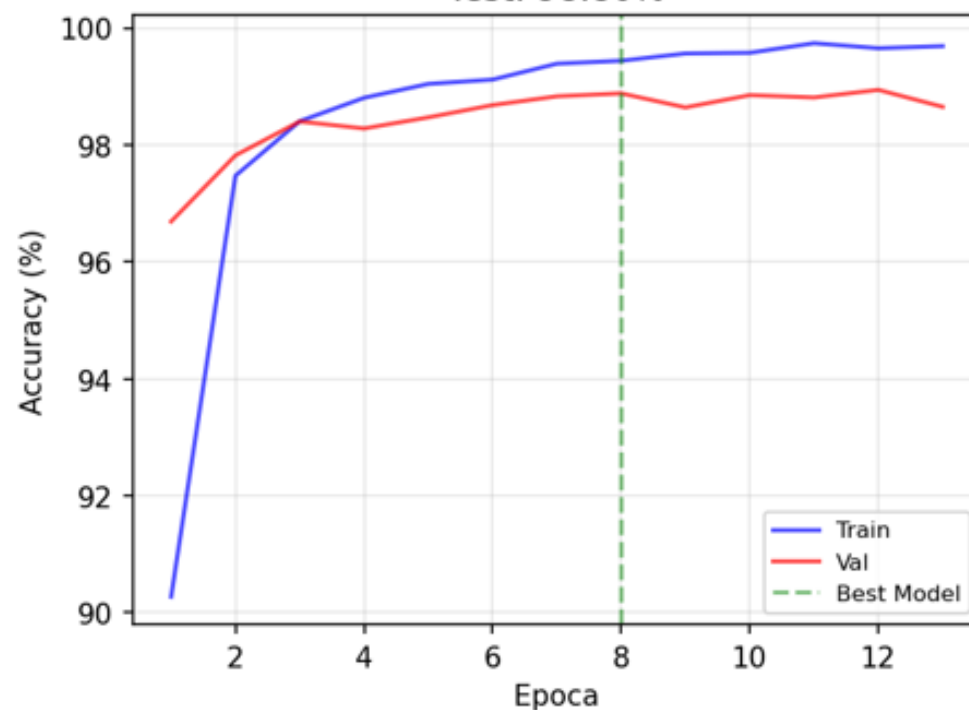
### 2 blocchi conv -pool

cnn\_filters\_medium  
Test: 98.94%



### 3 blocchi conv -pool

cnn\_3blocks  
Test: 98.80%



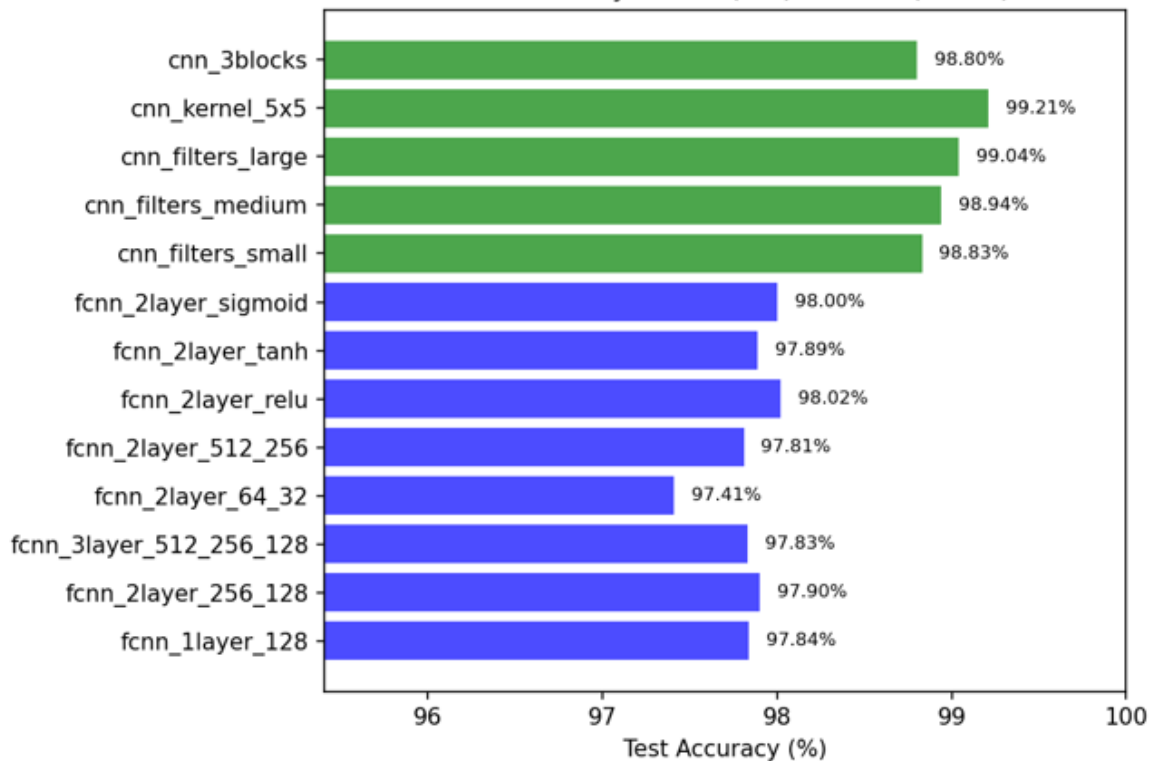




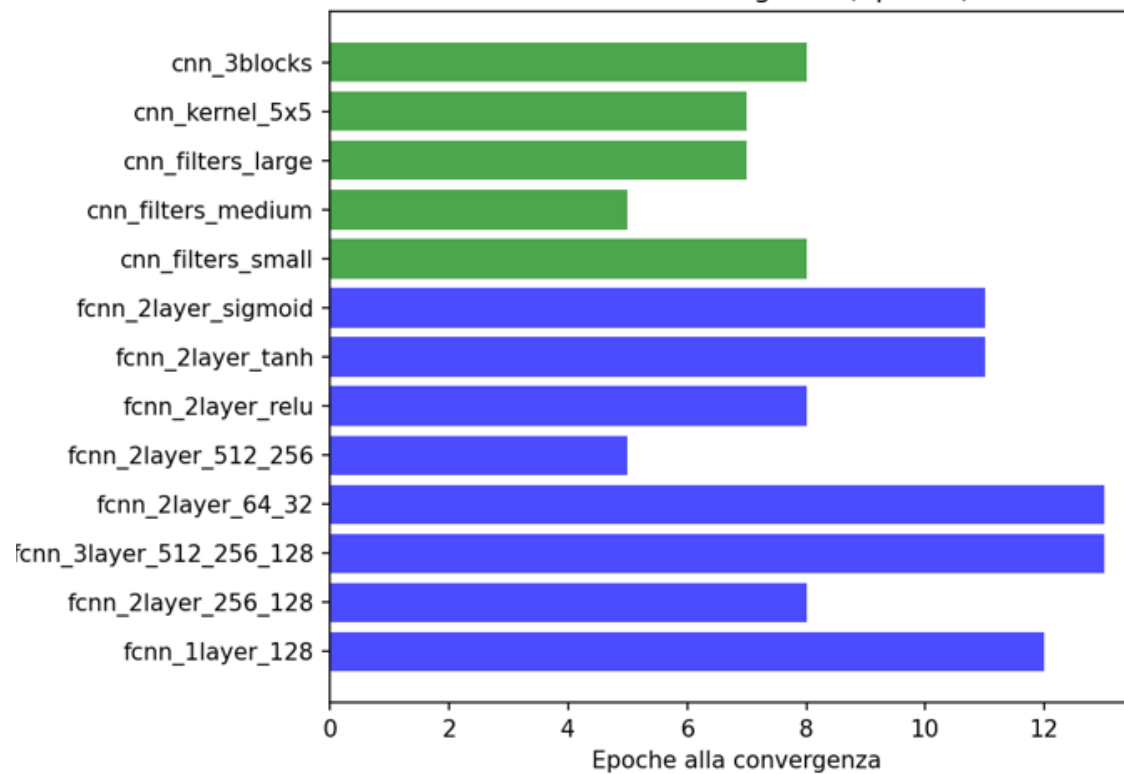
## Confronto Sistematico tra Architetture **FCNN** e **CNN** per la Classificazione su MNIST.

### Risultati aggregati FCNN vs CNN.

Test Accuracy: FCNN (blu) vs CNN (verde)



Velocità di Convergenza (Epoche)

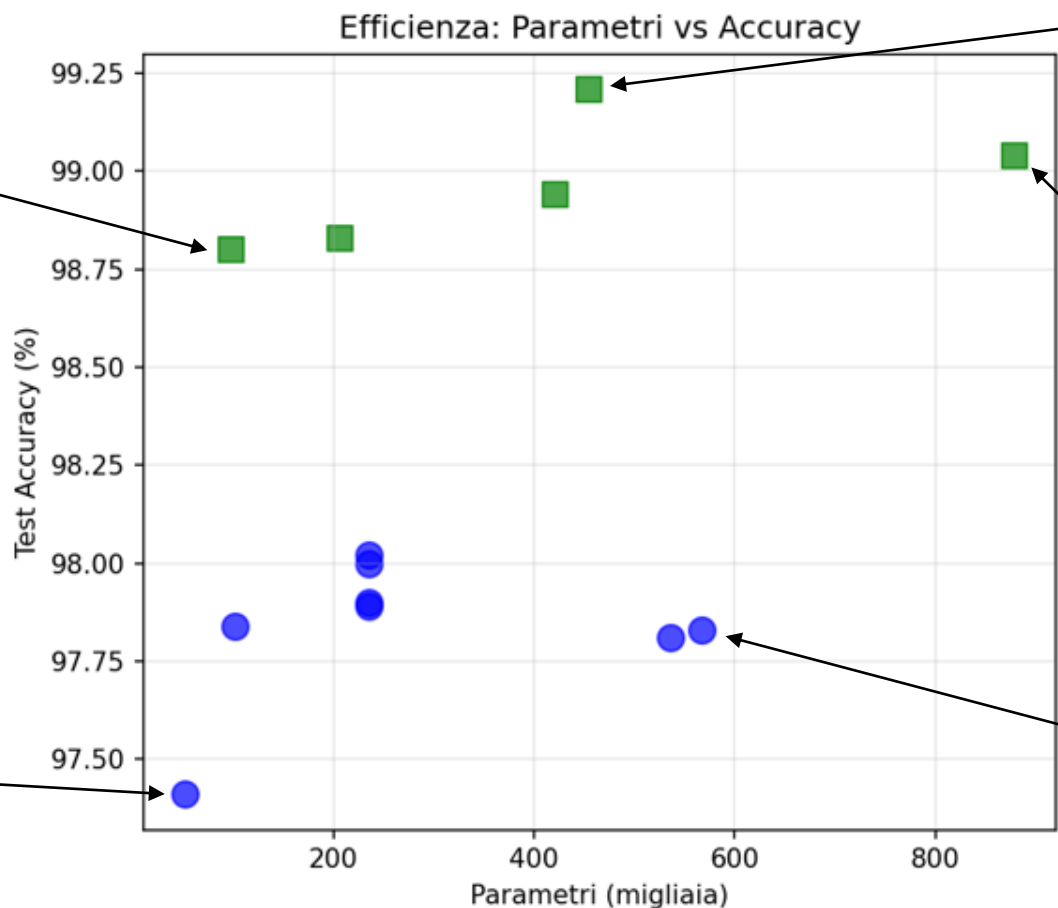




## Confronto finale FCNN vs CNN.

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

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



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 3 hidden layer di dimensione [512, 256, 128] e funzione di attivazione ReLU