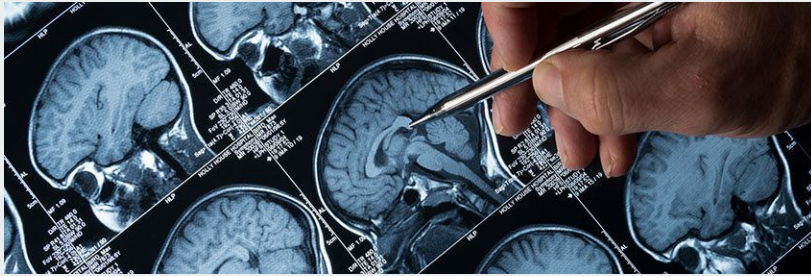


Detection and Classification of Brain Tumor MRI Images with D-CNN

Sapienza Università di Roma - Big Data for Official Statistics





Indice

1

Descrizione del Problema

2

I Numeri del Cancro in Italia

3

Introduzione ed Analisi
della Letteratura

4

Metodologie Proposte

5

Caso Studio


6

Conclusioni



Definizione del problema

- Con il termine “tumore”, si fa riferimento ad una condizione patologica caratterizzata dalla proliferazione incontrollata di cellule che hanno la capacità di infiltrarsi nei normali organi e tessuti dell’organismo alterandone la struttura ed il funzionamento.
- È possibile classificare i tumori in differenti modi, a seconda dell’organo nel quale si sviluppano, del tipo di cellule che si vengono a formare, dello stadio al quale si trova la malattia, dell’aggressività e dalla capacità di sviluppare metastasi.
- Il tumore inizia a svilupparsi quando le mutazioni genetiche interferiscono con il processo ordinario del ciclo cellulare in cui le vecchie cellule muoiono e le nuove vengono formate. Durante questo processo, avvengono delle mutazioni che possono essere di vario tipo e possono coinvolgere diverse cellule, così da formare un *corpus* anomalo che viene definito tumore.

- 
- La diagnosi per immagini (TAC, PET, Risonanza Magnetica, ecc.) è solitamente il metodo principale per la diagnosi dei tumori solidi, soprattutto per quelli che riguardano il cervello, detti anche *tumori cerebrali*. Con questi metodi, si vuole identificare un'eventuale crescita anomala di un gruppo di cellule nervose che occupano uno spazio all'interno del cranio. Una volta identificata la massa d'interesse, essa può essere classificata come *benigna* se non ha invaso altri organi del corpo o *maligna* se invece è capace di riprodursi (processo metastatico)
 - Questo tumore è particolarmente subdolo perché spesso rimane asintomatico fino alla fase di incurabilità, mentre in altri casi i sintomi sono scarsamente specifici ed il rischio che vengano confusi con altre patologie è molto alto.
 - Altra componente critica è la zona del cervello in cui la patologia inizia a svilupparsi, dato che la struttura dell'organo in esame spesso non permette di intervenire chirurgicamente o comunque con tassi di rischio molto elevati. Per questo motivo, è molto importante la gestione preventiva di questa patologia, sottoponendosi a controlli di routine che con un livello di accuratezza molto alto sono in grado di riconoscere l'insorgere della malattia.



I numeri del cancro in Italia

- I tumori del sistema nervoso centrale sono abbastanza rari e rappresentano circa l'1.6% di tutti i tumori. Nel 2020 sono stati registrati 6.122 nuovi casi in Italia, più comuni negli uomini (3.533 casi) che nelle donne (2.589) secondo i dati riportati nel volume *I numeri del cancro in Italia 2020*. (AIOM-AIRTUM)
- La sopravvivenza a 5 anni dalla diagnosi per questo tipo di tumori resta ancora bassa e si attesta attorno al 25 per cento.
- Negli ultimi anni sono state sviluppate diverse tecniche di chirurgia per contrastare questa patologia che continua ad evolversi con differenti forme e caratteristiche.
- In questo studio si vuole dimostrare la capacità previsiva di tecniche statistiche nella classificazione della patologia, analizzando immagini di risonanze magnetiche.



Introduzione ed analisi della letteratura

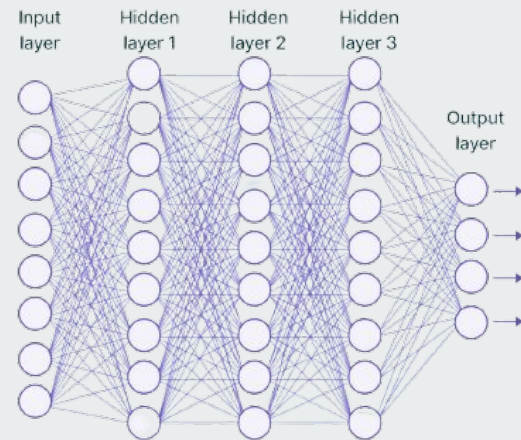
Il tumore al cervello è principalmente classificato in tre categorie:

- Glioma, più comune e solitamente situato nell'encefalo
 - Meningioma, situato solitamente nelle meningi
 - Ipofisario, situato nella ghiandola pituitaria che provoca la produzione di livelli anormali di ormoni
-
- La risonanza magnetica (RM) è una tecnica diagnostica che fornisce immagini dettagliate del corpo umano utilizzando campi magnetici, senza esporre il paziente a radiazioni ionizzanti ed è in grado di fornire un'immagine tridimensionale delle parti interne del corpo.
 - Nonostante tecniche di diagnosi così avanzate siano ormai note, è ancora abbastanza difficile distinguere manualmente tra cellule normali ed anormali. Per questo motivo l'AI è un valido strumento di supporto.

Metodologie Proposte

- Convolutional Neural Network (ConvNet/CNN)

Una rete neurale convoluzionale è un algoritmo di Deep Learning costituito da livelli di nodi, contenenti un livello di input (input layer), uno o più livelli nascosti (hidden layers) ed un livello di output (output layer). Ogni nodo si connette ad un altro ed ha un peso ed una soglia associati. Se l'output di un singolo nodo supera il valore della soglia specificato, quel nodo viene attivato, inviando i dati al livello successivo della rete. In caso contrario, nessun dato viene trasmesso al livello successivo della rete.





Componenti

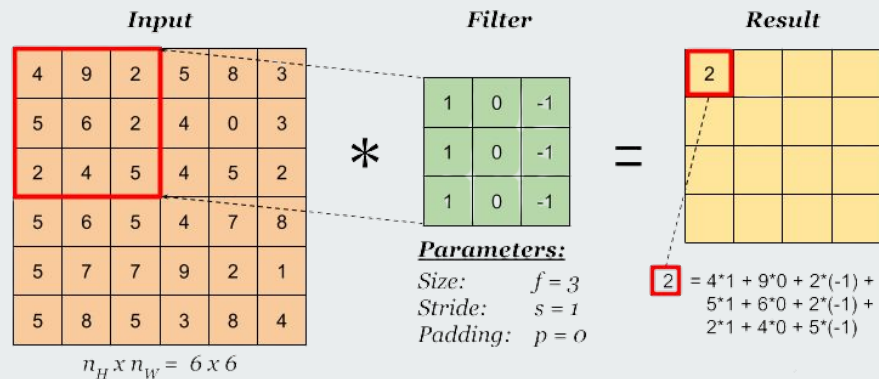
Le reti neurali convoluzionali hanno tre tipi principali di livelli:

- Strato convoluzionale
- Strato di raggruppamento
- Strato completamente connesso

Strato Convoluzionale (Convolution)

Lo strato convoluzionale è il blocco di partenza di una CNN ed al suo interno si verifica la maggior parte del calcolo. Richiede le seguenti componenti:

- Dati in input
- Filtro
- Mappa delle caratteristiche (kernel)

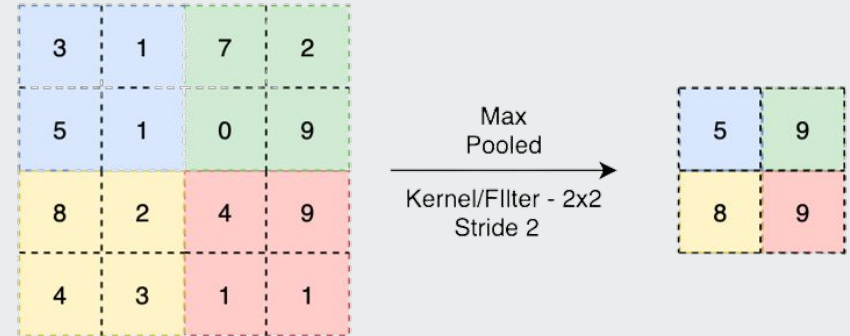



Strato di Raggruppamento (Pooling)

Lo strato di raggruppamento è responsabile per la riduzione della dimensionalità.

Esistono due tipi di raggruppamento:

- Raggruppamento Massimo
- Raggruppamento Medio



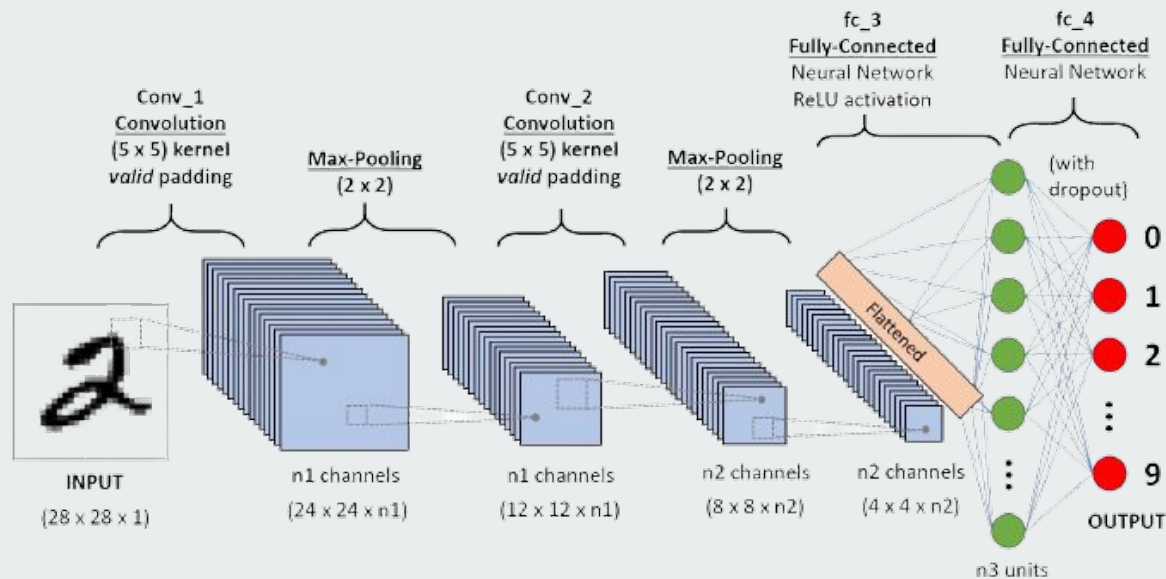


Strato di Raggruppamento Connesso (Fully Connected Layer)

Nel livello completamente connesso, ogni nodo del livello di output si connette direttamente ad un nodo del livello precedente. Questo livello esegue la classificazione basandosi sulle caratteristiche estratte attraverso i livelli precedenti.

Mentre i livelli convoluzionali e di raggruppamento tendono ad utilizzare una funzione di attivazione ReLu (Rectified Linear Unit), i livelli di FC utilizzano una funzione di attivazione softmax per classificare gli input e generare una probabilità compresa tra 0 ed 1.

Architettura





Caso Studio

1

Analisi Esplorativa

2

Splitting Data

3

Pre-Processing

4

Modelli



Obiettivo

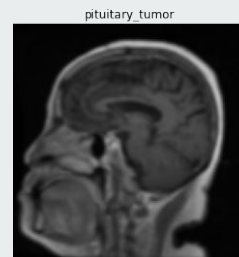
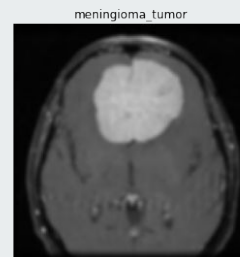
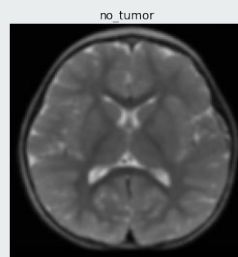
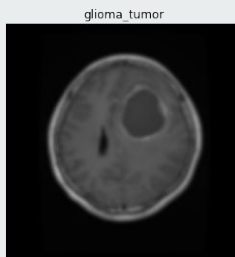
- Lo scopo di questo studio è distinguere e classificare immagini che raffigurano un tumore al cervello, confrontando diversi modelli di Deep Learning

Dataset

Il dataset scelto per l'analisi è disponibile su [kaggle](#).

- 3264 immagini di risonanze magnetiche 2D
- 4 classi:
 - Nessun tumore
 - Pituitario
 - Meningioma
 - Glioma

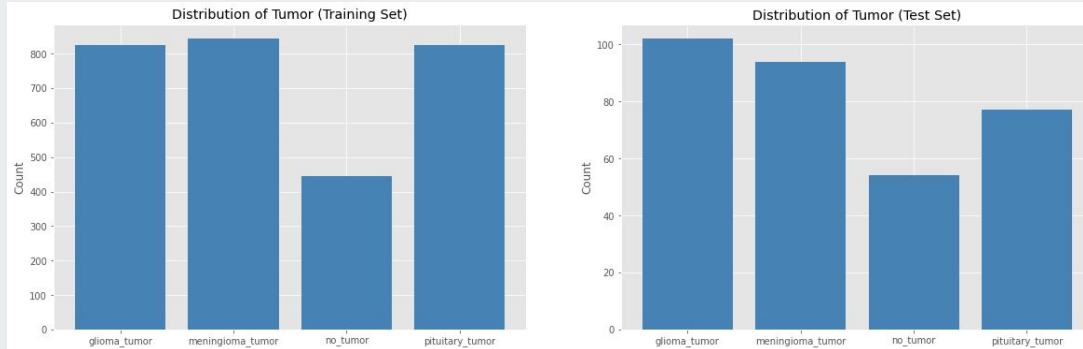
Sample Image for each class



Splitting Data

I dati sono stati splittati nel seguente modo:

- Train Set: 2937 immagini
- Test Set: 327 immagini



Durante la fase di addestramento, il 10% del training set è stato utilizzato come validation set



Pre-Processing

1

Resize dell'immagine

2

Noise Reduction

3

Data Augmentation

4

One-Hot Encode



Resize

- Immagini ridimensionate in una size 150 x 150

Noise Reduction

- Applicazione di un filtro gaussiano per sfocare le immagini e rimuovere il rumore

Data Augmentation

- Rescale
- Rotazione
- Spostamento orizzontale
- Spostamento verticale
- Zoom
- Capovolgimento orizzontale



Modelli

1

Convolutional Neural Network

3

ResNet 50

2

VGG 16

4

EfficientNet B0



Iperparametri

- Batch Size: 32
- Numero di Epoche: 15

Metriche

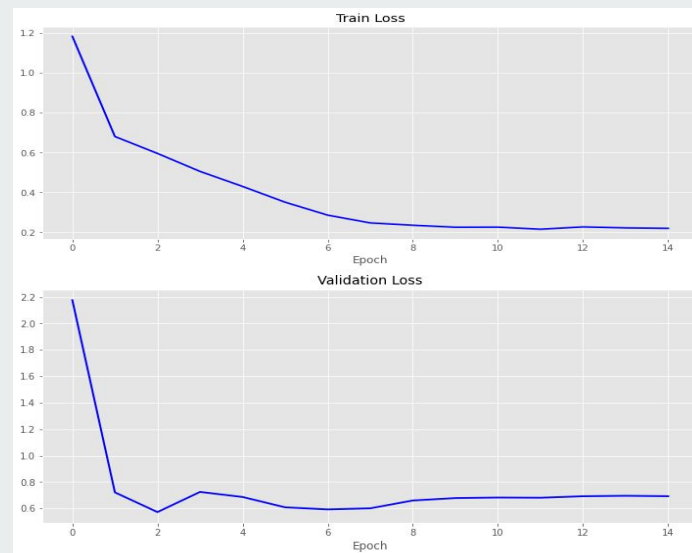
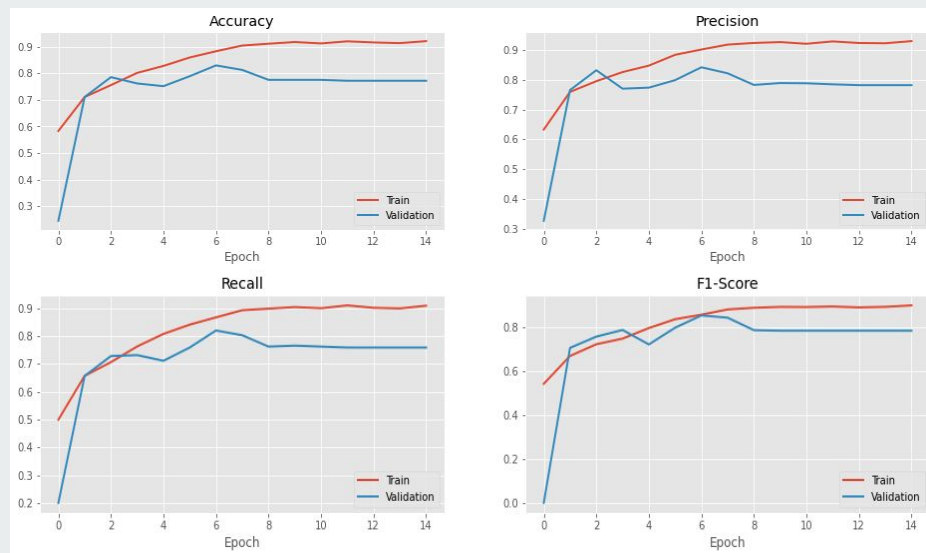
- Accuratezza
- Precisione
- Recall
- F1 Score

Configurazione del Modello

- Checkpoint
- Loss: Categorical Loss Entropy
- Optimizer: Adam

Valutazione delle Performance

Convolutional Neural Network (V. 1)



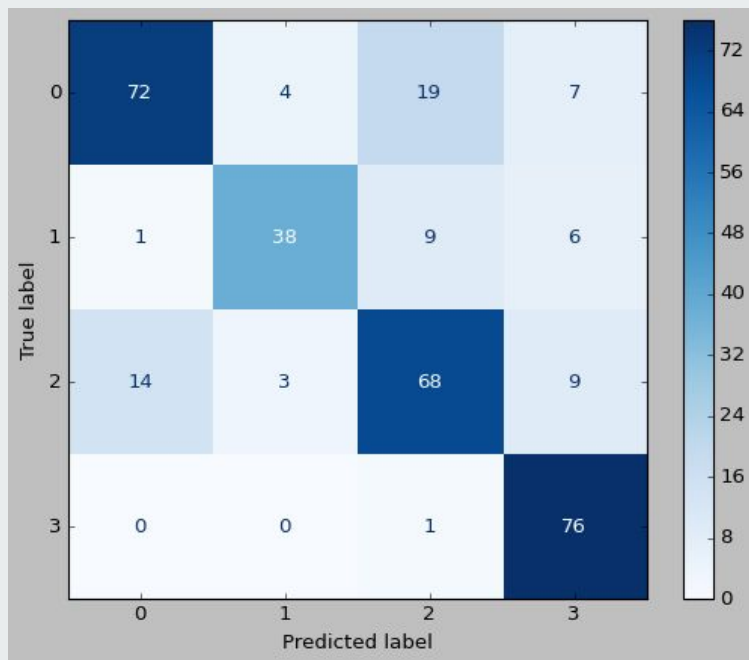


Metriche di riferimento

	Precision	Recall	F1 Score	Supporto
0	0.83	0.71	0.76	102
1	0.84	0.70	0.77	54
2	0.70	0.72	0.71	94
3	0.78	0.99	0.87	77
Accuracy			0.78	327
Micro Avg	0.79	0.78	0.78	327
Weighted Avg	0.78	0.78	0.77	327

- 0: Glioma
- 1: No Tumore
- 2: Meningioma
- 3: Ipofisario

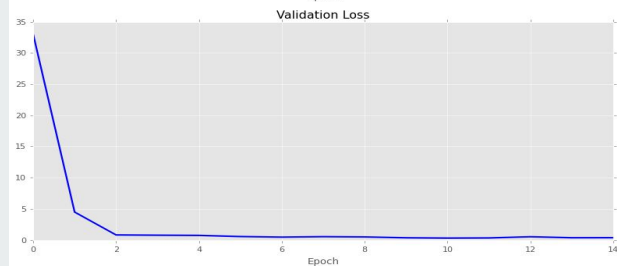
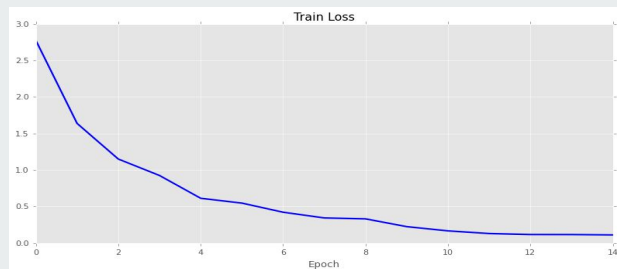
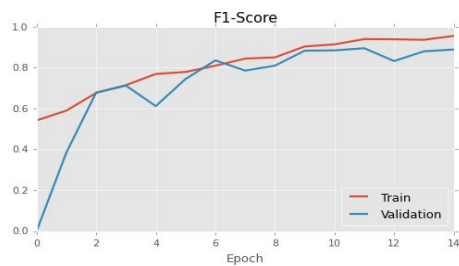
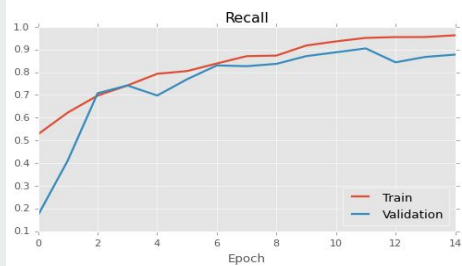
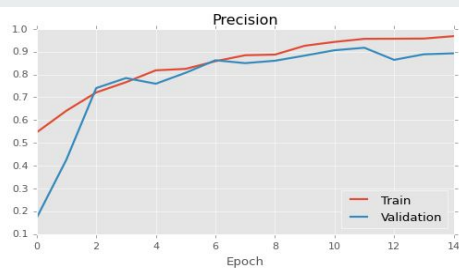
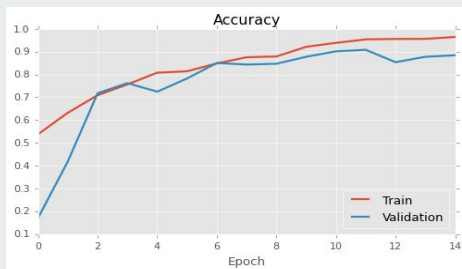
Matrice di Confusione



- Tempo per il training: 43.355 sec.
- Tempo per la previsione: 0.378 sec.
- Numero di parametri: 688.132
 - Trainable: 687.844
 - Non: 288

Valutazione delle Performance

Convolutional Neural Network (V. 2)



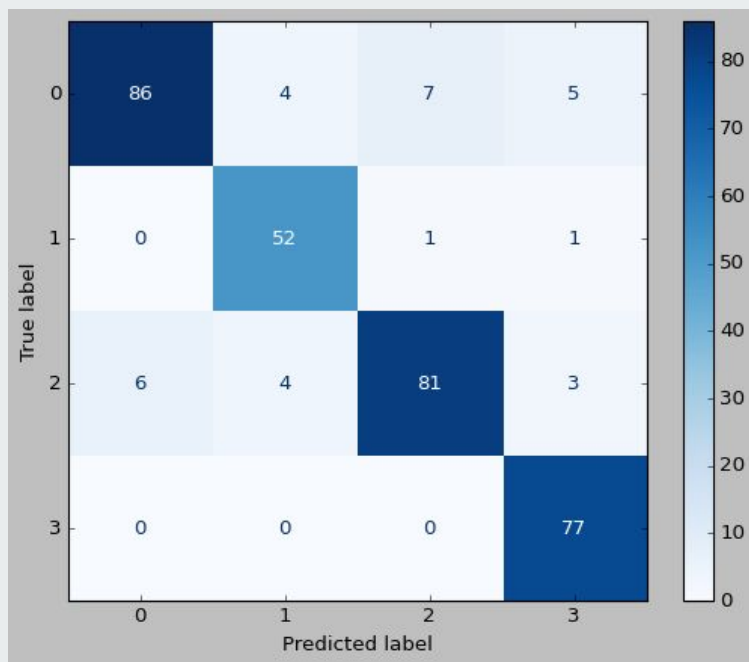


Metriche di riferimento

	Precision	Recall	F1 Score	Supporto
0	0.93	0.84	0.89	102
1	0.87	0.96	0.91	54
2	0.91	0.86	0.89	94
3	0.90	1.00	0.94	77
Accuracy			0.91	327
Micro avg	0.90	0.92	0.91	327
Weighted Avg	0.91	0.91	0.90	327

- 0: Glioma
- 1: No Tumore
- 2: Meningioma
- 3: Ipofisario

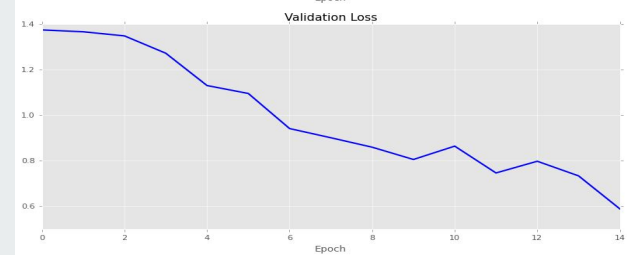
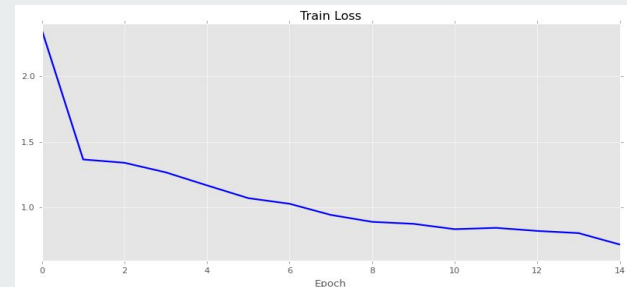
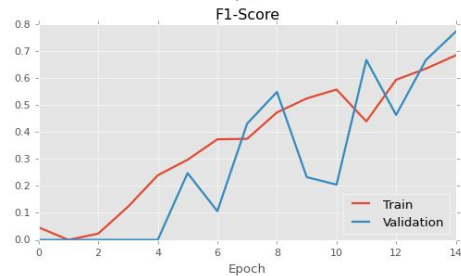
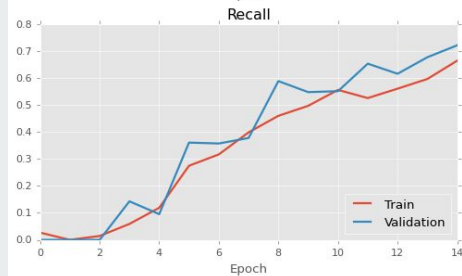
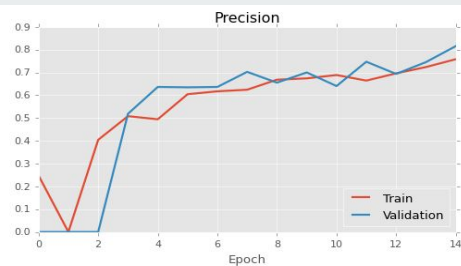
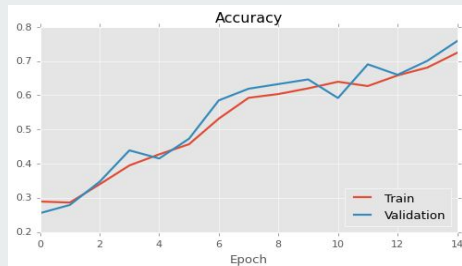
Matrice di Confusione



- Tempo per il training: 143.585 sec.
- Tempo per la previsione: 0.794 sec.
- Numero di parametri: 1.725.572
 - Trainable: 1.724.164
 - Non: 1.408

Valutazione delle Performance

VGG 16



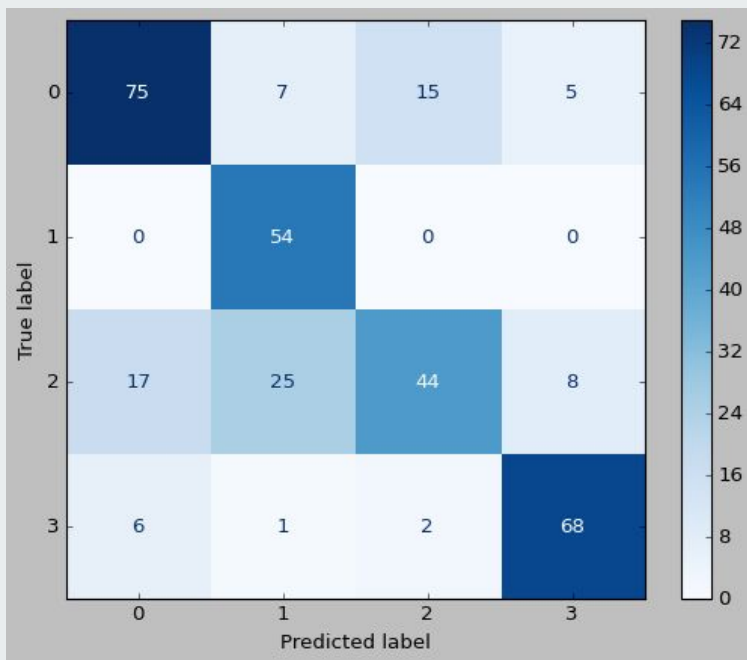


Metriche di riferimento

	Precision	Recall	F1 Score	Supporto
0	0.77	0.74	0.75	102
1	0.62	1.00	0.77	54
2	0.72	0.47	0.57	94
3	0.84	0.88	0.86	77
Accuracy			0.74	327
Micro avg	0.74	0.77	0.74	327
Weighted Avg	0.75	0.74	0.73	327

- 0: Glioma
- 1: No Tumore
- 2: Meningioma
- 3: Ipofisario

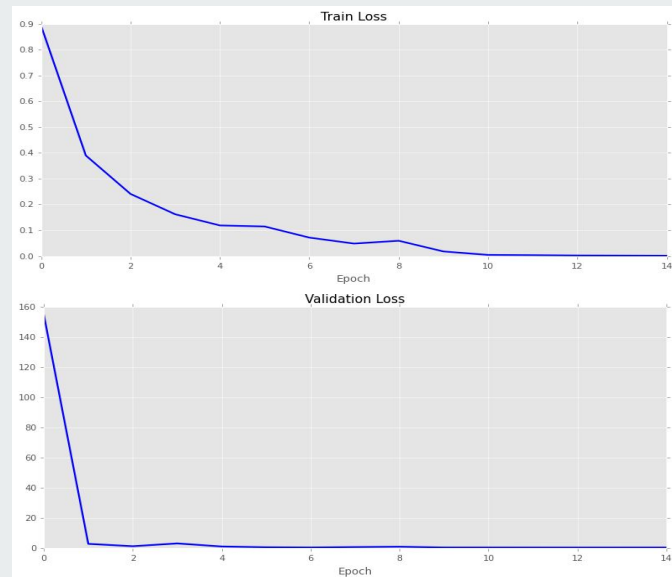
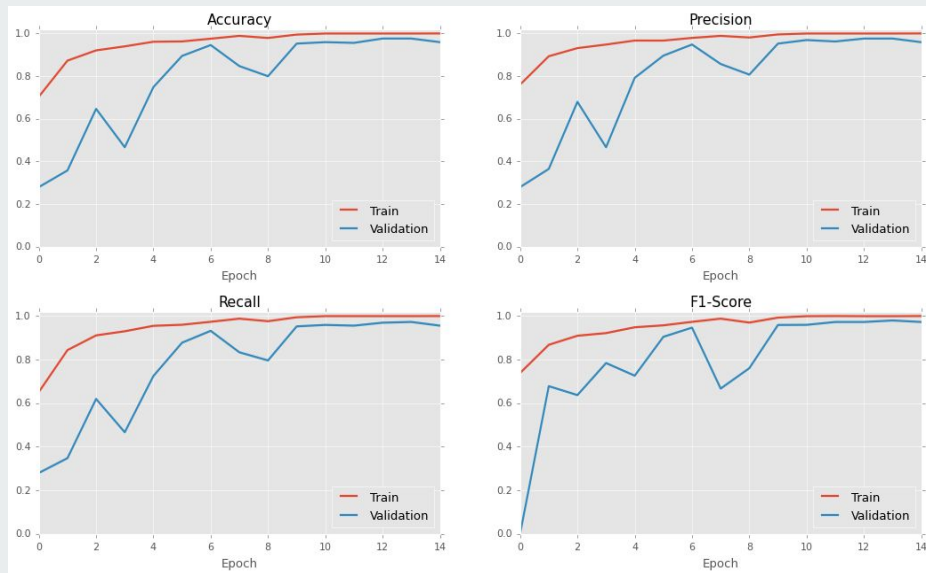
Matrice di Confusione



- Tempo per il training: 323.384 sec.
- Tempo per la previsione: 1.757 sec.
- Numero di parametri: 14.780.868
 - Trainable: 14.780.868
 - Non: 0

Valutazione delle Performance

ResNet 50



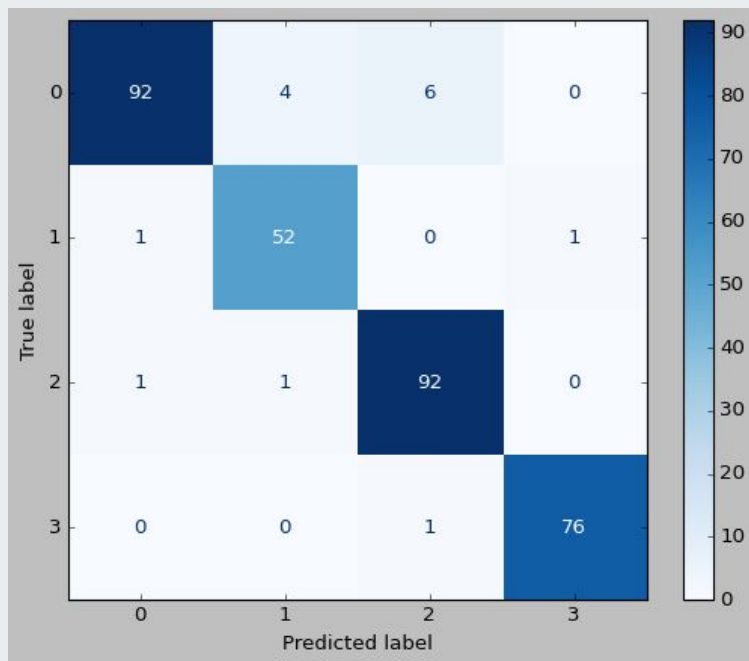


Metriche di riferimento

	Precision	Recall	F1 Score	Supporto
0	0.98	0.90	0.94	102
1	0.91	0.96	0.94	54
2	0.93	0.98	0.95	94
3	0.99	0.99	0.99	77
Accuracy			0.95	327
Micro Avg	0.95	0.96	0.95	327
Weighted Avg	0.96	0.95	0.95	327

- 0: Glioma
- 1: No Tumore
- 2: Meningioma
- 3: Ipofisario

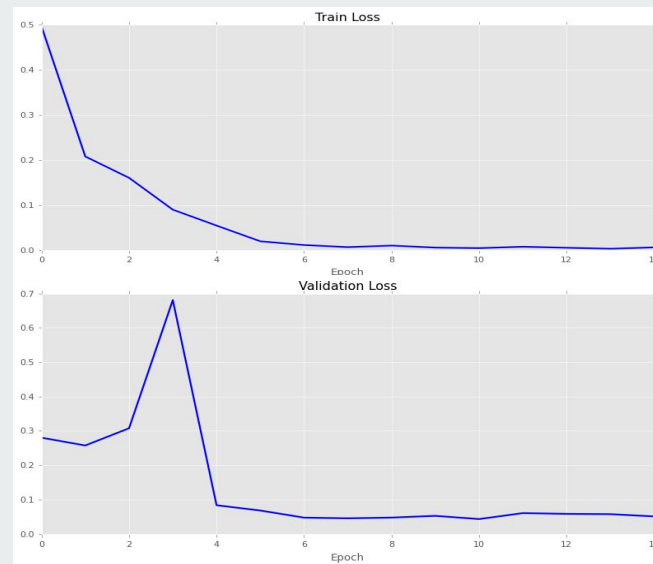
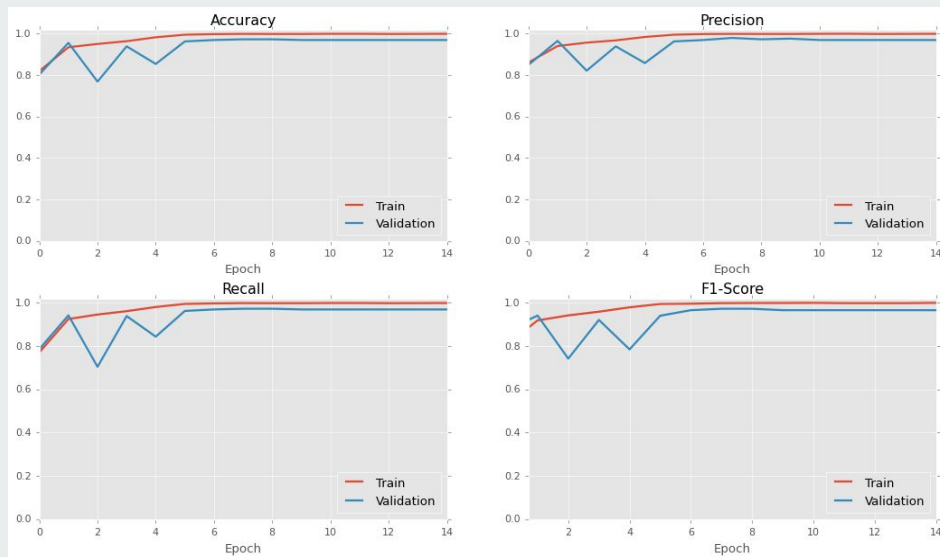
Matrice di Confusione



- Tempo per il training: 267.880 sec.
- Tempo per la previsione: 1.892 sec.
- Numero di parametri: 23.595.908
 - Trainable: 23.542.788
 - Non: 53.120

Valutazione delle Performance

Efficient Net B0



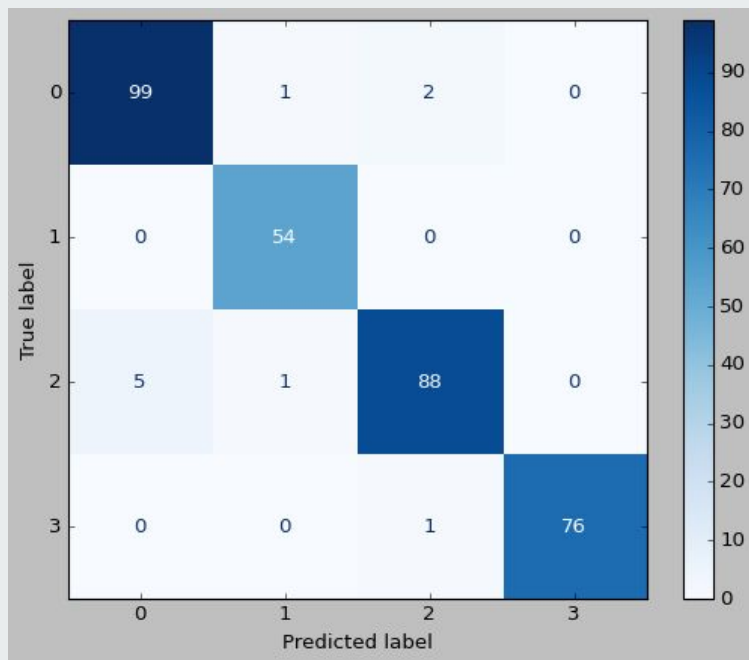


Metriche di riferimento

	Precision	Recall	F1 Score	Supporto
0	0.95	0.97	0.96	102
1	0.96	1.00	0.98	54
2	0.97	0.94	0.95	94
3	1.00	0.99	0.99	77
Accuracy			0.97	327
Micro Avg	0.97	0.97	0.97	327
Weighted Avg	0.97	0.97	0.97	327

- 0: Glioma
- 1: No Tumore
- 2: Meningioma
- 3: Ipofisario

Matrice di Confusione



- Tempo per il training: 270.896 sec.
- Tempo per la previsione: 2.132 sec.
- Numero di parametri: 4.054.695
 - Trainable: 4.012.672
 - Non: 42.023



Summary

	Precision	Recall	F1 Score	Accuracy
CNN V.1	0.78	0.78	0.77	0.78
CNN V.2	0.91	0.91	0.90	0.91
VGG 16	0.75	0.74	0.73	0.74
ResNet 50	0.95	0.96	0.95	0.95
Efficient Net B0	0.97	0.97	0.97	0.97



Conclusioni

Considerando il [paradosso dell'accuratezza](#), le metriche che si consigliano di utilizzare per la valutazione di questo studio, sono Recall e Precision.

Una Recall di 0.97 significa che il modello classificherà correttamente il 97% dei casi positivi (presenza di un tumore), mentre una Precision di 0.97 significa che quando il modello prevede la presenza di un tumore è corretto nel 97% delle volte.

Per avere un buon bilanciamento tra queste due metriche, possiamo studiare il punteggio F1, che rappresenta una media armonica delle misure sopra citate.



Riferimenti

- Detection and Classification of Brain tumors using Deep Convolutional Neural Networks ([link](#)).
- MRI Brain Tumor Image Classification Using a Combined Feature and Image-Based Classifier ([link](#)).
- Identification and classification of brain tumor MRI images with feature extraction using DWT and probabilistic neural network ([link](#)).



Grazie.

