Framework Convolutional Neural Network

Il modello utilizzato per la cassificazione binaria (tracciato Nomrale o tracciato Anormale) di ECG è una rete convoluzionata sequenziale con 5 layer,che ha la seguente struttura:
-I primi 4 layer sono composti da:
  -Conv1D
  -BathcNorm1D
  - MaxPool1D
  -Funzione di attivazione RELU

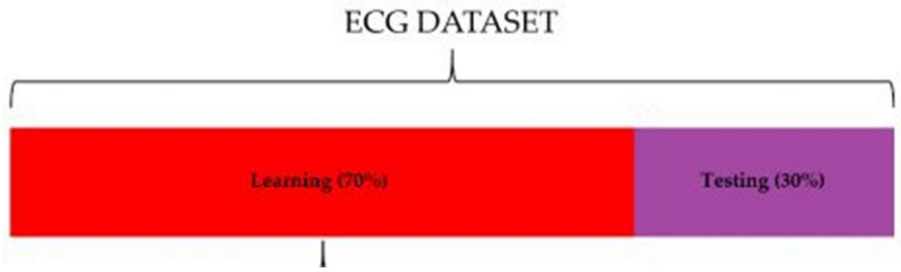
-L'ultimo layer è composto:
  -AveragePooling1D
  -Layer Flatter
  -Layer Dense con funzione di attivazione Soft Max

Implementazione della CNN

```
'''layer 1'''
cnn = Sequential()
cnn.add(Conv1D(2**num_unit, kernel_size=initial_kernel_size,strides=strides, input_shape=(10800,1)))
cnn.add(BatchNormalization())
cnn.add(MaxPooling1D(pool_size=maxpooling_poolsize))
cnn.add(Activation(activation))


'''layer 2'''
cnn.add(Conv1D(2**num_unit,kernel_size=kernel_size))
cnn.add(BatchNormalization())
cnn.add(MaxPooling1D(pool_size=maxpooling_poolsize))
cnn.add(Activation(activation))

'''layer 3'''
cnn.add(Conv1D(2**(num_unit+1),kernel_size=kernel_size))
cnn.add(BatchNormalization())
cnn.add(MaxPooling1D(pool_size=maxpooling_poolsize))
cnn.add(Activation(activation))

'''layer 4'''
cnn.add(Conv1D(2**(num_unit+2),kernel_size=kernel_size))
cnn.add(BatchNormalization())
cnn.add(MaxPooling1D(pool_size=maxpooling_poolsize))
cnn.add(Activation(activation))

'''layer 5'''
cnn.add(AveragePooling1D(pool_size = avg_poolsize))
cnn.add(Flatten())
cnn.add(Dense(n_classes, kernel_initializer=kernel_initializer, activation='softmax'))
return cnn
```

Training , Validation and Testing

prima di effettuare il trening , la validazione e il test l' intero dataset e stato diviso in due parti così divise:
-70% di learning set
-30% di test set



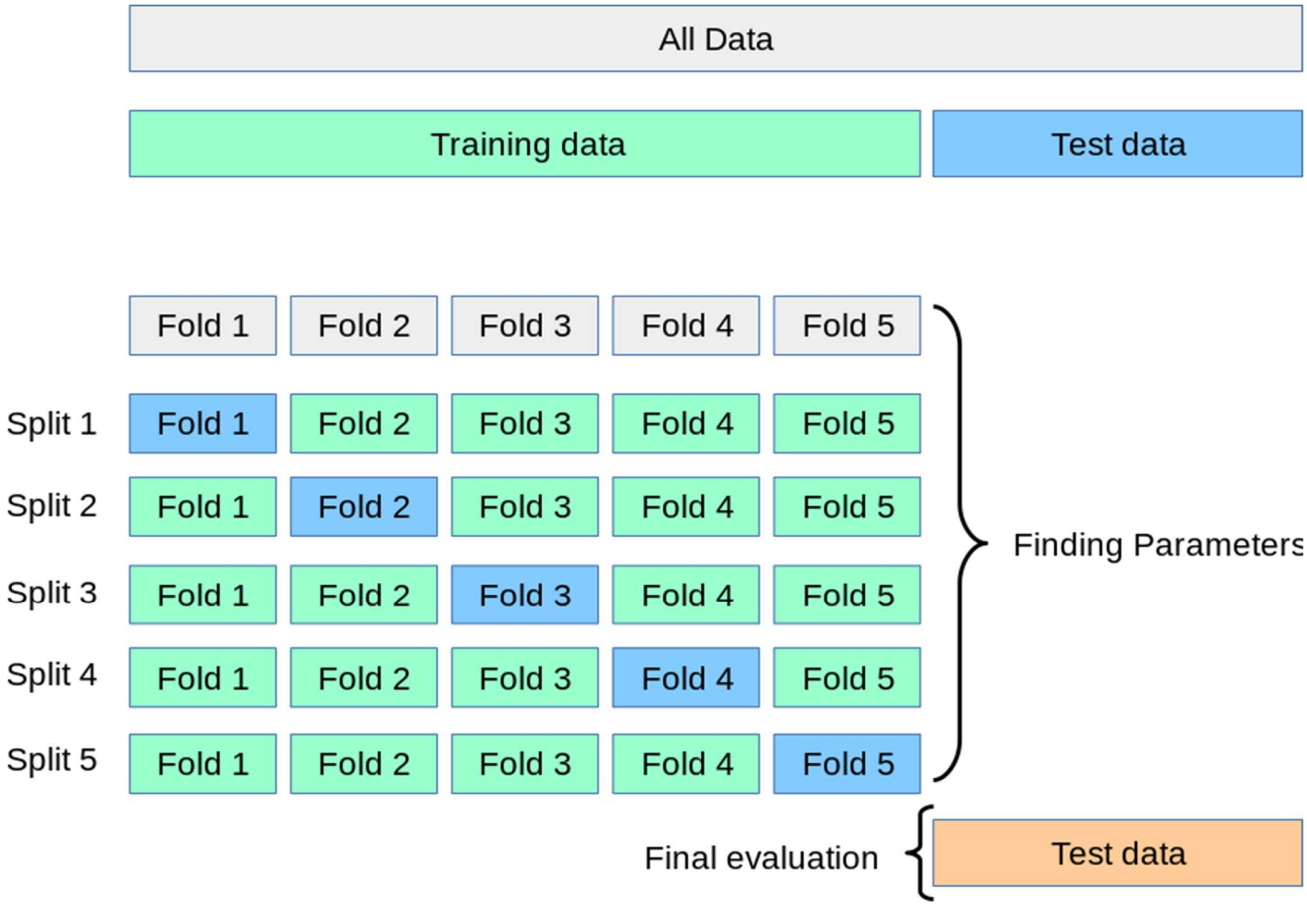
Per la **validazione** degli iperparametri del modello è stata utilizzata la *convalida incrociata K-Fold* con k=10 sul set di Learning.

A ogni iterazione del k-Fold si sono effettuate le seguenti operazoni:
-Creazione della CNN
- Il learning set è stato diviso ulteriormente in k parti dove k-1 parti sono state utilizzate per l' addestramento(trainingSet) e la restante parte come validation set

```
for train, val in kfold.split(LearningX,LearningY):
    model = CNN_loader()

    trainingSet_X = LearningX[train]
    trainingSet_y = LearningY[train]

    validation_X  = LearningX[val]
    validation_Y  = LearningY[val]
```

- Fit del modello con il *traning set* e il *validation set*
- E' stata calcolata l' accuratezza e il rcall

```
loss,acc,recall = model.evaluate( validation_X, validation_Y,batch_size=batch_size, verbose=1)
ACCURACY.append(acc)
LOSSLESS.append(loss)
RECALL.append(recall)

print("Model Results: ")
print("lossless =  " + str(loss))
print("accuracy = " + str(acc))
print("recall =  " + str(recall))
```



Alla fine delle varie iterazioni si è calcolata la media e la deviazione standard delle accuratezze e del recall.

Dopo aver effettuato la **validazione** è stata effettuata la **predizione**.

Per la **predizione** la rete è stata addestrata sull' intero learning set e successivamente si è effettuata la predizione per i dati del test set utilizzando il modello appena creato.

Figura1
Nella figura1 è presentato un esempio di convalida incrociata k-fold con k=5.

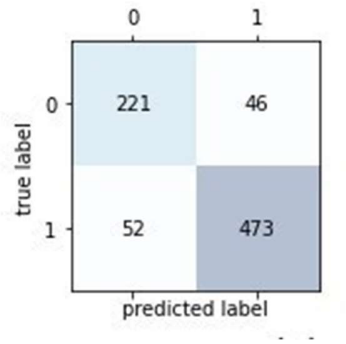
In fine si è visualizzata la matrice di confusione e le seguenti metriche:
-Precision
-Recall
-F1

Scelta iperparametri

Per la scelta degli iperparametri si è fatto riferimento all' articolo "*Automatic ECG Diagnosis Using Convolutional Neural Network di Roberta Avanzato and Francesco Beritelli*" e gli iperparametri scelti inizialmente sono stati i seguenti:

```
#Parametres
#-----------------------------------
EPOCHS = 100
BATCH_SIZE = 24
MAXPOOL_POOL_SIZE = 4
AVGPOOL_POOL_SIZE = 2
KERNEL_SIZE = 4
OPTIMIZER = tensorflow.keras.optimizers.Adam
ACTIVATION = 'relu'
KERNEL_INITIALIZER = 'normal'
STRIDES = 4
NUM_UNIT = 7  # 2^NUM_UNIT  128 unit
LOSS_FUNCTION = 'binary_crossentropy'
INITIAL_KERNEL_SIZE = 80
LEARNING_RATE = 0.1

#--------------------------------



def CNN_LOAD():
    model =  createCNN(num_unit = NUM_UNIT,
                       initial_kernel_size = INITIAL_KERNEL_SIZE,
                       strides = STRIDES ,
                       kernel_initializer = KERNEL_INITIALIZER,
                       maxpooling_poolsize = MAXPOOL_POOL_SIZE ,
                       activation= ACTIVATION,
                       avg_poolsize = AVGPOOL_POOL_SIZE,
                       kernel_size = KERNEL_SIZE)
    model.compile(optimizer=OPTIMIZER(lr = LEARNING_RATE), loss=LOSS_FUNCTION, m
    return model
```

I risultati ottenuti con questi iperparametri sono stati i seguenti:



	precision	recall	f1-score	support
N	0.81	0.83	0.82	267
A	0.91	0.90	0.91	525
accuracy			0.88	792
macro avg	0.86	0.86	0.86	792
weighted avg	0.88	0.88	0.88	792

Direcotry ".\tests\test_with_initial_params"

Test effettuati per il miglioramento del modello

Per migliorare i risultati ottenuti (visti in precedenza) sono stati effettuati una serie di test cambiando gli iperparametri della CNN.
I risultati considerati più rilevanti sono riassunti nella seguente tabella.

	Testing Result			Validation Result	
Test	Recall A	Recall N	Accuracy	avg_accuracy	avg_recall
1	0,99	0,40	0,80	0,834 +/- 0,029	0,956 +/- 0,002
2	0,90	0,83	0,88	0,889 +/- 0,023	0,968 +/- 0,002
3	0,91	0,72	0,85	0,841 +/- 0,036	0,961 +/- 0,002
4	0,94	0,77	0,89	0,861 +/- 0,045	0,964 +/- 0,002
5	0,95	0,77	0,88	0,754 +/- 0.096	0,901 +/- 0,003
6	0,95	0,85	0,92	0,765 +/- 0,072	0,891 +/- 0,003
7	0,98	0,51	0,83	0,845 +/- 0,038	0,925 +/- 0,003
8	0,91	0,78	0,87	0,856 +/- 0,026	0,967 +/- 0,003

Per ogni Test effettuato è stato salvato il modello addestrato.
Per avere più informazioni sui test effettuati è possibile consultare le cartelle nella seguente cartella "./tests/test_with_other_params/ "

I modelli secondo noi migliori sono quelli ottenuto con il test numero 6 e 5.